

جمهورية العراق

وزارة التخطيط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

وزارة الإعمار والإسكان

والبلديات والأشغال العامة

دائرة المباني

مدونة الخرسانة المسلحة والعادية

مدونة بناء عراقية

م.ب.ع. ٣٠٤



الطبعة الاولى

٢٠٢٣م-١٤٤٤هـ

جمهورية العراق

وزارة التخطيط

الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية

وزارة الإعمار والإسكان

والبلديات والأشغال العامة

دائرة المباني

مدونة الخرسانة المسلحة والعادية

مدونة بناء عراقية

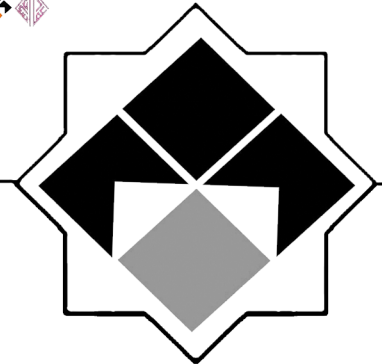
م.ب.ع. ٣٠٤

إن هذه المواصفة معتمدة رسمياً وملزمة بموجب قانون الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية ومنشورة في جريدة الوقائع العراقية في إصدارها ذي العدد ٤٦٨٤ في ٢٠٢٢/٨/١ وجميع ما تحويه من اشتراطات ملزمة الاتباع والتطبيق من قبل الجهات الحكومية والقطاع الخاص لجميع المشاريع الانشائية وقطاع التشييد في جمهورية العراق وكل نسخة غير مختومة بختم الوزارة صاحبة حقوق الطبع والنشر والتوزيع تعتبر مزورة. وزارة الاعمار والإسكان والبلديات والأشغال العامة



الطبعة الاولى

٢٠٢٣م-١٤٤٤هـ



الفريق العامل على إعداد مدونة الخرسانة المسلحة والعادية

الأستاذ المساعد الدكتور احسان علي صائب

الاستاذ المساعد الدكتور رياض جواد عزيز

الاستاذ الدكتور زين العابدين محمد رؤوف

الأستاذ الدكتور هاني محمد فهمي

المدرس الدكتور عمار عبد الجبار

الاستاذ المساعد الدكتورة أسماء مهدي علي

المهندسة هبة عبد الرزاق يوسف

الفريق العامل على تدقيق مدونة الخرسانة المسلحة والعادية

الأستاذ الدكتور خالد عبد العزيز زكريا

الاستاذ المساعد الدكتور محمد نجم محمود

الاستاذ المساعد الدكتور طلال عبد الرحيم جرجيس

المدرس الدكتور صهيب يحيى الدرزي

المحتويات Contents

الصفحة	المحتويات
الباب 1 المتطلبات العامة General Requirements	
1/1	1-1 المتطلبات العامة General Requirements
2/1	2-1 مصطلحات المدونة Code Notation
الباب 2 المواد ومتطلبات الديمومة Materials and Durability Requirements	
1/2	1-2 فحوص المواد Tests of Materials
5/2	2-2 متطلبات الديمومة Durability Requirements
الباب 3 نوعية وخط ووضخ الخرسانة Concrete Quality, Mixing and Placing	
1/3	1-3 مقدمة Introduction
2/3	2-3 اختيار نسب خط الخرسانة
2/3	3-3 نسب الخط بموجب الخلطات التجريبية أو الخبرة الحقلية أو كليهما
6/3	4-3 نسب الخط عند عدم توافر الخلطات التجريبية أو الخبرة الحقلية
6/3	5-3 تخفيض معدل مقاومة الانضغاط
6/3	6-3 تقويم وقبول الخرسانة
11/3	7-3 تهيئة المعدات آلات وعدد صب الخرسانة Preparation of Equipment and Place of Deposit
11/3	8-3 الخط Mixing
12/3	9-3 نقل الخرسانة الطرية Conveying of Fresh Concrete
12/3	10-3 صب الخرسانة الطرية Depositing of Fresh Concrete
13/3	11-3 معالجة الخرسانة (الانضاج) Curing
13/3	12-3 متطلبات الصب في الطقس البارد Cold Weather Requirements
14/3	13-3 متطلبات الصب في الطقس الحار Hot Weather Requirements
الباب 4 القوالب، والاجزاء المظمورة، والمفاصل الإنشائية وتفاصيل حديد التسليح Formwork, Embedments, Construction Joints and Reinforcement Details	
1/4	1-4 تصميم القوالب
1/4	2-4 رفع القوالب والمساند واعادة الاسناد
2/4	3-4 الاجزاء المظمورة في الخرسانة Embedments in Concrete
3/4	4-4 المفاصل الإنشائية Construction Joints

4/4	4-5 تفاصيل حديد التسليح Details of Reinforcement
4/4	4-5/1 العققات القياسية Standard Hooks
4/4	4-5/2 الاقطار الأقل للحني Minimum Bend Diameters
5/4	4-5/3 حني القضبان Bending
5/4	4-5/4 مظهر سطح حديد التسليح Surface Conditions of Reinforcement
6/4	4-5/5 وضع وتثبيت حديد التسليح Placing of Reinforcement
6/4	4-5/6 حدود التباعد لحديد التسليح Spacing Limits for Reinforcement
7/4	4-5/7 حماية حديد التسليح بالخرسانة Concrete Protection for Reinforcement
9/4	4-5/8 تفاصيل حديد التسليح للاعمدة Reinforcement Details for Columns
10/4	4-5/9 حديد التسليح المستعرض لعناصر الأنضغاط
12/4	4-5/10 التسليح المستعرض لعناصر الانحناء Lateral reinforcement for Flexural Members
13/4	4-5/11 تسليح الانكماش والحرارة Shrinkage and Temperature Reinforcement
13/4	4-5/12 متطلبات التكامل الانشائي Requirements for Structural Integrity
الباب 5 المتطلبات العامة للتحليل و التصميم General Requirements for Analysis and Design	
1/5	5-1 طرائق التصميم Design Method
1/5	5-2 الأحمال Loading
1/5	5-3 طرائق التحليل Methods of Analysis
3/5	5-4 إعادة توزيع العزوم في عناصر الانحناء المستمرة
3/5	5-5 معامل المرونة Modulus of Elasticity
3/5	5-6 الخرسانة خفيفة الوزن Lightweight Concrete
4/5	5-7 الجساءة Stiffness
4/5	5-8 الجساءة الفعالة Effective Stiffness لحساب الانحرافات الجانبية
4/5	5-9 طول الفضاء Span Length
5/5	5-10 الاعمدة Columns
5/5	5-11 تنسيق (ترتيب) الاحمال الحية Arrangement of Live Load
5/5	5-12 تشييد العتبات بمقطع على شكل الحرف T T-beam Construction
6/5	5-13 تشييد العوارض Joist construction

الباب 6 متطلبات المقاومة والتشغيلية Strength and Serviceability Requirements	
1/6	1-6 عام General
1/6	2-6 المقاومة الاسمية المطلوبة Required Nominal Strength
3/6	3-6 المقاومة التصميمية Required Design Strength
4/6	4-6 المقاومة التصميمية لحديد التسليح Design Strength for Reinforcement
4/6	5-6 السيطرة على الانحرافات Control of Deflections
الباب 7 الانحناء والأحمال المحورية Flexure and Axial Loads	
1/7	1-7 المجال Scope
1/7	2-7 فرضيات التصميم Design Assumptions
2/7	3-7 متطلبات ومبادئ عامة General Principles and Requirements
4/7	4-7 المسافة بين المساند الجانبية لعناصر الانحناء
4/7	5-7 التسليح الأقل لعناصر الانحناء Minimum Reinforcement of Flexural Members
4/7	6-7 توزيع تسليح الانحناء في العتبات والبلاطات العاملة باتجاه واحد
6/7	7-7 العتبات العميقة Deep Beams
7/7	8-7 الابعاد التصميمية لعناصر الانضغاط
7/7	9-7 حدود التسليح لعناصر الانضغاط
7/7	10-7 تأثيرات النحافة في عناصر الانضغاط Slenderness Effects in Compression Members
13/7	11-7 العناصر المحملة محورياً والساندة لانظمة البلاطات
13/7	12-7 انتقال احمال الاعمدة خلال انظمة الارضيات
13/7	13-7 عناصر الانضغاط المركبة Composite Compression Members
15/7	14-7 مقاومة الاسناد Bearing Strength
الباب 8 القص واللي Shear and Torsion	
1/8	1-8 مقاومة القص Shear Strength
3/8	2-8 مقاومة القص الموجودة لدى الخرسانة Shear strength provided by concrete
5/8	3-8 مقاومة القص الموجودة لدى حديد تسليح القص Shear strength provided by shear reinforcement
8/8	4-8 التصميم لعزم اللي Design for Torsion
15/8	5-8 طريقة احتكاك القص Shear Friction Method
18/8	6-8 العتبات العميقة Deep Beams

18/8	7-8 المتطلبات التصميمية الخاصة بالكثائف والطنف Provisions for brackets and corbels
21/8	8-8 المتطلبات التصميمية الخاصة بالجدران Design Requirements for Walls
23/8	9-8 انتقال العزوم إلى الأعمدة Transfer of Moments to Column
23/8	10-8 المتطلبات التصميمية للبلاطات والأسس Design Requirement for Slabs and Footings
26/8	11-8 الفتحات في البلاطات Openings in Slabs
27/8	12-8 انتقال العزوم في مناطق اتصال البلاطات مع الأعمدة Transfer of moment in slab-column connections
الباب 9 أطوال التثبيت وتوصيل قضبان التسليح Development and Splices of Reinforcement	
1/9	1-9 مقدمة عن أطوال التثبيت لقضبان التسليح
1/9	2-9 أطوال التثبيت لقضبان تسليح الشد المحرز وأسلاك الشد المحززة Development of bars and deformed wire in tension deformed
3/9	3-9 أطوال التثبيت لقضبان أو أسلاك تسليح الانضغاط المحرز Development of Deformed Bars or Wires in Compression
4/9	4-9 أطوال التثبيت لحزم القضبان Development of Bundled Bars
4/9	5-9 أطوال التثبيت للعققات القياسية في الشد Development of Standard Hooks in Tension
7/9	6-9 أطوال التثبيت للقضبان ذات الرؤوس والقضبان المحززة المثبتة ميكانيكياً في الشد Development of Headed Mechanically Anchored Deformed Bars in Tension
8/9	7-9 أطوال التثبيت لشبكات أسلاك التسليح المحززة الملحومة في الشد Development of Deformed Welded Wire Mesh Reinforcement in Tension
9/9	8-9 مقدمة عن أطوال التثبيت لقضبان تسليح الانحناء Development of Flexural Reinforcement - General
10/9	9-9 أطوال التثبيت لحديد تسليح الانحناء الموجب Development of Positive Moment Reinforcement
12/9	10-9 أطوال التثبيت لحديد تسليح الانحناء السالب Development of Negative Moment Reinforcement
13/9	11-9 أطوال التثبيت لحديد تسليح الوتر Development of Web Reinforcement
16/9	12-9 مقدمة عن وصلات حديد التسليح Splices of Reinforcement- General
الباب 10 أنظمة البلاطات باتجاهين Two-Way Slab Systems	
1/10	1-10 مقدمة عامة General
2/10	2-10 تسليح البلاطات Slab-Reinforcement
6/10	3-10 الفتحات في أنظمة البلاطات Openings in Slabs Systems

7/10	4-10 مناهج التصميم Design Procedures
8/10	5-10 تصميم البلاطات المسلحة باتجاهين بطريقة معاملات العزوم Design of Two Way Slabs by Method of Moment Coefficients
12/10	6-10 طريقة التصميم المباشر Direct Design Method
الباب 11 الجدران Walls	
1/11	1-11 مقدمة Introduction
1/11	2-11 متطلبات عامة
2/11	3-11 الحدود الأقل لحديد التسليح Minimum Reinforcement
3/11	4-11 الجدران المصممة كعناصر انضغاط Walls Designed as Compression Members
3/11	5-11 طرق التصميم التجريبية Empirical Design Methods
4/11	6-11 الجدران غير الحاملة Non-bearing Walls
4/11	7-11 الجدران كعتبات أرضية Walls as Grade Beams
4/11	8-11 تصميم الجدران النحيفة بالطريقة البديلة Alternative Design of Slender Walls
الباب 12 الأسس Footings	
1/12	1-12 المقدمة Introduction
1/12	2-12 الأحمال وردود الأفعال Loads and Reactions
1/12	3-12 الأسس الساندة لاعمدة وقواعد ذات مقاطع دائرية او مضلعات منتظمة Footings Supporting Circular or Regular Polygon-shaped Columns or Pedestal
1/12	4-12 العزوم في الأسس Moments in Footings
2/12	5-12 القص في الأسس Shear in Footings
3/12	6-12 اطوال تثبيت حديد التسليح في الأسس Development of Reinforcement in Footings
3/12	7-12 العمق الفعال الأدنى للأساس Minimum Effective Footing Depth
4/12	8-12 انتقال القوة عند قواعد الاعمدة والجدران والدعامات المسلحة Transfer of Force at Base of Columns , Walls , or Reinforced Pedestals
5/12	9-12 الاسس المائلة او المدرجة Sloped or Stepped Footings
5/12	10-12 الأسس المشتركة والأسس الحصرية Combined Footings and Mats
الباب 13 العناصر الخرسانية المركبة تحت تأثير الانحناء Composite Concrete Flexural Members	
1/13	1-13 المقدمة Introduction

1/13	2-13 متطلبات عامة
2/13	3-13 التدعيم Shoring
2/13	4-13 مقاومة القص الشاقولي Vertical Shear Strength
2/13	5-13 مقاومة القص الافقي Horizontal Shear Strength
3/13	6-13 رباطات القص الافقي Ties for Horizontal Shear
الباب 14 القشريات وعناصر الصفائح المطوية Shells and Folded Plate Members	
1/14	1-14 مقدمة عامة General
2/14	2-14 التحليل والتصميم Design and Analysis
3/14	3-14 المقاومة التصميمية للمواد Design Strength of Materials
4/14	4-14 تسليح القشريات Shell Reinforcement
5/14	5-14 متطلبات التشييد Construction Requirements
الباب 15 الخرسانة العادية الإنشائية Structural Plain Concrete	
1/15	1-15 مقدمة عامة General
2/15	2-15 المفاصل Joints
2/15	3-15 طريقة التصميم Design Method
3/15	4-15 التصميم باستخدام طريقة المقاومة Strength Design Method
5/15	5-15 الجدران Walls
6/15	6-15 الأسس Footings
8/15	7-15 القواعد Pedestals
الملاحق	
1/أ	الملحق أ : نماذج دعائم الانضغاط والشد Strut and Tie Models
1/ب	الملحق ب متطلبات بديلة لعناصر الانحناء والانضغاط الخرسانية الإنشائية Alternative Provisions for Reinforced and Prestressed Concrete Flexural and Compression Members
1/ج	الملحق ج المعاملات البديلة للأحمال وتقليل المقاومة Alternative Load and Strength Reduction Factors
1/د	الملحق د المصطلحات الفنية مرتبة بحسب الحروف الانكليزية
1/هـ	الملحق هـ المصطلحات الفنية المرتبة بحسب الحروف الهجائية العربية

الباب 1

عام General

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكى للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكى لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-1 المتطلبات العامة General Requirements

1/1-1 مقدمة (Introduction) [6،1]

1/1/1-1 تحتوي هذه المدونة على المتطلبات الدنيا لتصميم وتشيد العناصر الخرسانية الانشائية بموجب متطلبات مجموعة المدونات التي تصدرها وزارة الاعمار والاسكان والجهات الفنية ذات العلاقة والتي تشكل هذه المدونة جزءا من هذه المجموعة. تمثل هذه المدونة الحدود الدنيا للمعايير المقبولة فيما يخص المواد والتصميم واعمال التشيد للخرسانة العادية والمسلحة.

يجب ان لا تقل مقاومة انضغاط الاسطوانات القياسية للخرسانة (f'_c) عن (17 ميكاباسكال) اما بالنسبة للحدود العليا لمقاومة الخرسانة (f'_c) فيجب اتباع الحدود المثبتة في الاشتراطات المؤشرة في فقرات هذه المدونة.

2/1/1-1 تعد هذه المدونة جزءا" متمما لمواصفات الابنية المعتمدة لدى وزارة الاعمار والاسكان والجهات الفنية الاخرى ويجب ان تستعمل لجميع الامور المتعلقة بتصميم وتشيد المنشآت الخرسانية ويستثنى من ذلك الحالات التي لا تتوافق فيها المتطلبات العامة المنصوص عليها في بعض فقرات هذه المدونة مع المتطلبات التخصصية المبينة بشكل اكثر تفصيلا في المدونات الاخرى المعتمدة.

3/1/1-1 تعد هذه المدونة واجبة التطبيق فيما يتعلق بامور التصميم والتشيد وخواص المواد عند حصول عدم توافق بين المتطلبات المذكورة فيها مع المتطلبات المنصوص عليها في المواصفات المشار اليها في هذه المدونة.

4/1/1-1 للمنشآت غير المألوفة كالأقواس والحاويات (bins) والصوامع (السايلوات) والمداخن والمنشآت المقاومة للانفجارات فأن اشتراطات هذه المدونة تكون واجبة الاتباع حيثما كانت قابلة للتطبيق.

5/1/1-1 لا تشمل هذه المدونة متطلبات التصميم والتنفيذ لجميع انواع الركائز والدعامات ولا تشمل تصميم وتشيد المنشآت المعرضة لاحمال الزلازل حيث يمكن الاستعانة بالمدونات العراقية المتخصصة في هذا المجال او الاستعانة بالمدونات العالمية المتخصصة التي يوافق على اعتمادها رب العمل.

1-1/1/6 لا تشمل هذه المدونة تصميم وتشبيد البلاطات المستندة مباشرة إلى الأرض (slab on grade) إلا إذا كانت هذه البلاطات تقوم بنقل الأحمال الشاقولية أو القوى الجانبية من أجزاء المنشأ الأخرى إلى التربة.

1-1/2 المرتسمات والمواصفات [1 ، 2]

1-1/2/1 يجب ان تتوافر نسخ مختومة بختم الجهة المصممة المرخصة من المخططات التصميمية والتفاصيل النموذجية والمواصفات الخاصة باعمال تنفيذ المنشآت الخرسانية، وان تتضمن هذه المخططات والتفاصيل والمواصفات ما يلي:

- أ- اسم وتاريخ إصدار المدونة وملحقاتها التي اعتمدت في التصميم.
- ب- الأحمال الحية والأحمال الأخرى المستعملة في التصميم.
- ج- مقاومة الانضغاط المحددة للخرسانة في العمر المطلوب أو مقاومة انضغاط الخرسانة المطلوبة خلال مراحل تشييد كل جزء من أجزاء المنشأ.
- د- اجهاد الخضوع المطلوب لحديد التسليح
- هـ- مقاسات ومواقع كافة العناصر الإنشائية ومقاسات حديد التسليح وقضبان التثبيت.
- و- اشتراطات التغير في الابعاد الناتج من الزحف والانكماش ودرجة الحرارة.
- ز- طول التثبيت لحديد التسليح ومواقع واطول وصلات التراكب.
- ح- نوع وموقع وصلات التثبيت الميكانيكية ووصلات اللحام لحديد التسليح.
- ط- تفاصيل ومواقع كافة مفاصل النقل او مفاصل العزل للخرسانة العادية الانشائية بموجب متطلبات الباب الخامس عشر من هذه المدونة.

1-1/2/2 يجب ان تحتوي الحسابات التصميمية على رسوم توضيحية عندما تطلبها الجهة المستفيدة. كما يسمح بإجراء التحليلات والتصاميم باستعمال برامج الحاسوب مع ضرورة تقديم فرضيات التصميم والمدخلات (input) ونتائج التحليل والتصميم.

1-1/2 مصطلحات المدونة (Code Notation) [1 ، 2]

- | | |
|-----------|--|
| a | عمق المستطيل المكافئ لمنحنى الاجهاد (مم) |
| a_v | فضاء القص ويساوي المسافة من مركز الحمل المركز الى: |
| 1- | وجه المسند العناصر المستمرة أو الناتئة، أو |
| 2- | مركز المسند للعناصر بسيطة الاسناد (مم) |
| A_b | مساحة القضيب المنفرد (individual bar) او السلك (wire) (مم ²) |
| A_{brg} | مساحة التحميل الصافية للود ذي الرأس (stud) ومسمار التثبيت الملولب (anchorbolt) او قضيب حديد التسليح المحرز ذو الرأس (headed deformed bar) (مم ²) |

A_c	مساحة المقطع الخرساني المقاوم لانتقال القص (مم ²)
A_{ch}	مساحة مقطع العنصر الانشائي مقاسا من الحافات الخارجية لحديد التسليح المستعرض (مم ²)
A_{cp}	المساحة المحاطة بالحدود الخارجية للمقطع الخرساني (مم ²)
A_{cs}	مساحة المقطع عند نهاية واحدة للدعامة (strut). في نموذج (الدعامة- الرباطات) يؤخذ عموديا على محور الدعامة (مم ²)
A_{cv}	مساحة حديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد (S) (مم ²)
A_{cw}	مساحة المقطع الخرساني للدعامة المفردة (individual pier)، أو لجزء الجدار الأفقي أو العتبة المتحدة لمقاومة للقص (مم ²)
A_t	مساحة حديد تسليح الاكتاف (bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) المقاومة للزوم المعاملة (مم ²)
A_g	المساحة الاجمالية للمقطع (مم ²)
A_h	المساحة الاجمالية لحديد تسليح القص الموازي الى حديد تسليح الشد الرئيس في الاكتاف او دعامة الحافة الناتئة (مم ²)
A_j	مساحة المقطع الفعال في منطقة الربط في المستوي الموازي الى مستوى حديد التسليح الذي يولد القص في منطقة الربط (مم ²)
A_ℓ	المساحة الكلية لحديد التسليح الطولي لمقاومة اللي (مم ²)
$A_{\ell,min}$	المساحة الاقل لحديد التسليح الطولي لمقاومة اللي (مم ²)
A_n	مساحة حديد تسليح الاكتاف (bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) المقاومة لقوة الشد N_{uc} (مم ²)
A_{nz}	مساحة وجه منطقة العقدة او مساحة المقطع الذي يمر بمنطقة العقدة (مم ²)
A_o	المساحة الاجمالية المحاطة بمسار جريان القص (shear flow) (مم ²)
A_{oh}	المساحة المحاطة بمراكز حديد تسليح اللي العرضي المغلق القريب من الحافة الخارجية للمقطع (مم ²)
A_s	مساحة حديد التسليح الطولي غير مسبق الاجهاد (nonprestressed) في منطقة الشد (مم ²)
A'_s	مساحة حديد تسليح الانضغاط (مم ²)
A_{sc}	مساحة حديد تسليح الشد الرئيس في الاكتاف (bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) (مم ²)
A_{sh}	مساحة المقطع الكلية لحديد التسليح المستعرض (شاملة الرباطات المتقاطعة) ضمن مسافة تباعد s والعمودي على البعد b_c (مم ²)
A_{si}	المساحة الكلية لسطح حديد التسليح الموزع على مسافة تباعد s_i في الطبقة i التي تتقاطع مع

الدعامة (strut) والتي يثبت فيها حديد تسليح بزواوية α_i بالنسبة الى محور الدعامة (مم ²)	A_{smin}
المساحة الاقل لحديد تسليح الانحناء (مم ²)	A_{st}
المساحة الكلية لحديد التسليح الطولي غير مسبق الإجهاد (مم ²)	A_{sx}
مساحة مقطع الحديد الإنشائي او الأنابيب (tubing or pipe) في المقطع المركب (مم ²)	A_t
مساحة ذراع واحد من حديد تسليح الاطواق المغلقة التي تقاوم اللي بمسافة تباعد مقدارها s بين طوق واخر (مم ²)	A_{tr}
المساحة الكلية لجميع حديد التسليح المستعرض بمسافة تباعد s الذي يتقاطع مع مستوي الانشطار المحتمل ضمن حديد تسليح التثبيت (مم ²)	A_{ts}
مساحة حديد التسليح غير مسبق الاجهاد في الرباطات (مم ²)	A_v
مساحة حديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد s (مم ²)	A_{vd}
المساحة الكلية لحديد التسليح في كل مجموعة من القضبان القطرية في العتبة المتحددة ذات التسليح القطري (مم ²)	A_{vf}
مساحة حديد تسليح القص والاحتكاك (مم ²)	A_{vh}
مساحة حديد تسليح القص الموازي لحديد تسليح شد الانحناء ضمن مسافة تباعد s_2 (مم ²)	A_{vmin}
المساحة الدنيا لحديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد s (مم ²)	A_l
مساحة التحميل (مم ²)	A_2
مساحة القاعدة السفلى لأكبر هرم مخروطي (pyramid) او اسفين مخروطي (tapered)	A_2
مساحة مقطع مخروطي (cone) الذي يقع كلياً ضمن المسند وتكون قاعدته العليا هي مساحة تحميل الاسناد (bearing) وجوانبه مائلة بمقدار (1 عمودي: 2 افقي) (مم ²)	b
عرض وجه العنصر المعرض للانضغاط (مم)	b_c
مقاس المقطع العرضي لمركز العنصر مأخوذاً من الحافات الخارجية لحديد التسليح المستعرض الذي يؤلف المساحة Ash (مم)	b_o
محيط المقطع الحرج للقص في البلاطات والاسس (مم)	b_s
عرض الدعامة (strut) (مم)	b_t
عرض ذلك الجزء من المقطع الحاوي على اطواق حديد التسليح المغلقة لمقاومة اللي (مم)	b_v
عرض المقطع العرضي عند سطح التماس المراد استقصاء القص الافقي عنده (مم)	b_w
عرض الوترة (web width) أو قطر المقطع الدائري (مم)	b_1
مقاس المقطع الحرج b_o مأخوذاً باتجاه الفضاء المحدد لقيم العزوم (مم)	b_2
مقاس المقطع الحرج مأخوذاً باتجاه عمودي على b_1 (مم)	B_n
مقاومة تحميل الاسناد الاسمية (نت)	

B_u	أحمال الاسناد المعاملة (نت)
c	المسافة من ليف الانضغاط الابعد الى محور التعادل (مم)
c_b	1) أصغر مسافة من مركز القضيب أو السلك الى اقرب سطح للخرسانة أو
	2) نصف مسافة التباعد المركزية بين القضبان او الاسلاك(مم)
c_c	غطاء الحماية الصافي لحديد التسليح (مم)
c_t	المسافة من الوجه الداخلي للعمود الى حافة البلاطة وتقاس موازيا الى c_1 على ان لا تتجاوز قيمة c_1 (مم)
c_1	بعد العمود المستطيل او العمود المكافئ للمستطيل، أو قبعة العمود (capital) او الاكتاف (bracket) مقاسا باتجاه الفضاء الذي تحسب العزوم عنده(مم)
c_2	بعد العمود المستطيل او العمود المكافئ للمستطيل، أو قبعة العمود (capital) او الاكتاف (bracket) مقاسا باتجاه عمودي على c_1 (مم)
C	ثابت يحدد العلاقة بين خواص اللي للبلاطة والعتبة
C_m	معامل العلاقة بين شكل العزم الحقيقي وشكل العزم المكافئ المنتظم
d	المسافة من وجه الحافة النهائية للخرسانة المعرضة لقوى الضغط الى مركز حديد تسليح الشد الطولي (مم)
d'	المسافة من وجه الحافة النهائية للخرسانة المعرضة لقوى الضغط الى مركز حديد تسليح الانضغاط الطولي (مم)
d_b	قطر القضيب او السلك (مم)
d_{pile}	قطر الركيزة عند قاعدة الاساس(مم)
d_t	المسافة من وجه الحافة النهائية للخرسانة المعرضة لقوى الضغط الى مركز حديد تسليح الشد الطولي القريب من سطح الخرسانة (مم)
D	الاحمال الميتة او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة
E	تأثيرات احمال الزلازل او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة
E_c	معامل المرونة للخرسانة (ميكاباسكال)
E_{cb}	معامل المرونة للعتبة الخرسانية (ميكاباسكال)
E_{cs}	معامل المرونة للبلاطة الخرسانية (ميكاباسكال)
E_l	جساءة الانحناء لعناصر الانضغاط (ميكاباسكال)
E_s	معامل المرونة لحديد التسليح وحديد الانشاء (ميكاباسكال)
f'_c	مقاومة الانضغاط المطلوبة للخرسانة لاسطوانة قياسية بعمر 28 يوماً (ميكاباسكال)
f_{ce}	مقاومة الانضغاط الفعلية للخرسانة عند الدعامه (strut) أو منطقة العقدة

	(nodal zone) (ميكاباسكال)	
f'_{cr}	معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة المستعملة كأساس لاختيار نسب خلط الخرسانة (ميكاباسكال)	
f_{ct}	معدل مقاومة شد الانشطار للخرسانة خفيفة الوزن (ميكاباسكال)	
f_d	الاجهاد الناتج من الاحمال الميتة غير المعاملة عند الليف الابعد للمقطع الذي تتولد عنده اجهادات الشد نتيجة الاحمال الخارجية المسلطة (ميكاباسكال)	
f_r	معايير الكسر للخرسانة (modulus of rupture) او مقاومة الشد الانحنائي (flexural strength) (ميكاباسكال)	
f_{cu}	مقاومة الانضغاط المطلوبة لمكعبات الخرسانة (ميكاباسكال)	
f_s	اجهاد الشد المحسوب في حديد سبق الإجهاد تحت تأثير الأحمال الخدمية (service load) (ميكاباسكال)	
f'_s	الاجهاد في حديد تسليح الانضغاط (compression reinforcement) تحت تأثير الاحمال المعاملة (factored loads) (ميكاباسكال)	
f_t	اجهاد الشد في الليف الأبعد في جزء المقطع الذي سبق ان تعرض الى اجهادات انضغاط محسوباً تحت تأثير الاحمال الخدمية وباستعمال خواص المقطع الاجمالي (ميكاباسكال)	
f_y	مقاومة الخضوع المطلوبة لحديد التسليح (ميكاباسكال)	
f_{yt}	مقاومة الخضوع المطلوبة f_y لحديد التسليح المستعرض (ميكاباسكال)	
F	الأحمال الناتجة من وزن وضغط السوائل ذات الكثافة المعروفة ذات الارتفاع المسيطر الأكبر او العزوم والقوى ذات العلاقة	
F_n	المقاومة الاسمية للدعامه (strut) ، أو الرباطات (tie) او منطقة العقدة (nodal zone) (نت)	
F_{mn}	المقاومة الاسمية لوجه منطقة العقدة (nodal zone) (نت)	
F_{ns}	المقاومة الاسمية للدعامه (strut) (نت)	
F_{nt}	المقاومة الاسمية للرباط (tie) (نت)	
F_u	القوة المعاملة التي تؤثر في الدعامه (strut) ، أو الرباط (tie) ، أو مساحة التحميل اومنطقة العقدة (nodal zone) في أنموذج (الدعامه- الرباط) (نت)	
h	السمك او العمق الكلي للعنصر الانشائي (مم)	
h_v	عمق مقطع رأس القص (مم)	
h_w	ارتفاع الجدار الاجمالي من القاعدة الى القمة او ارتفاع جزء من الجدار المأخوذ في الحساب (مم)	
h_x	اكبر مسافة تباعد مركزية افقية للرباطات المستعرضة او اذرع الاطواق (hoop) على كل اوجه العمود (مم)	

H	الاحمال الناتجة من وزن وضغط التربة او الماء في التربة او مواد اخرى او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة
I	عزم القصور الذاتي للمقطع عند مركز المقطع (مم ⁴)
I_b	عزم القصور الذاتي للمقطع الاجمالي للعتبات حول المحور المركزي (مم ⁴)
I_{cr}	عزم القصور الذاتي للمقطع المشقق المحول الى خرسانة (cracked section) (مم ⁴)
I_e	عزم القصور الذاتي الفعال لحساب الانحراف (مم ⁴)
I_g	عزم القصور الذاتي للمقطع الخرساني الاجمالي (gross section) حول محور مركز الثقل مع اهمال حديد التسليح (مم ⁴)
I_s	عزم القصور الذاتي للمقطع الاجمالي للبلاطة حول المحور المركزي المعرف لحساب α_f و β_f (مم ⁴)
I_{se}	عزم القصور الذاتي لحديد التسليح حول المحور المركزي لمقطع العنصر (مم ⁴)
I_{sx}	عزم القصور الذاتي لمقاطع الحديد الانشائي او الانابيب (tubing or pipe) حول المحور المركزي لمقاطع العناصر المركبة (مم ⁴)
k	معامل الطول الفعال لعناصر الانضغاط
K_{tr}	دليل حديد التسليح المستعرض
ℓ	طول فضاء العتبة او البلاطة باتجاه واحد، او المسافة الصافية للعناصر الناتئة (مم)
ℓ_a	الطول الاضافي المظمور الى ما بعد الخط المركزي للمسند او نقطة الانقلاب (مم)
ℓ_c	طول عنصر الانضغاط في الهيكل مقاسا من مراكز نقاط الربط في الهيكل (مم)
ℓ_d	طول تثبيت الشد للقضيب او السلك المحرز او حديد تسليح السلك المحرز الملحوم (مم)
ℓ_{dc}	طول تثبيت الضغط للقضيب او السلك المحرز (مم)
ℓ_{dh}	طول تثبيت الشد للقضبان او الاسلاك المحرزة التي تحتوي على عقفة قياسية مقاسا من المقطع الحرج الى نهاية العقفة الخارجية (مم)
ℓ_n	طول الفضاء الصافي مقاسا بين مركزي المساند (مم)
ℓ_s	الفضاء القصير للبلاطة ℓ_s ويمثل المسافة المركزية (center to center distance) بين المساند بالاتجاه القصير او المسافة الصافية بين المساند في الاتجاه القصير مضافاً لها ضعف سمك البلاطة، ايها اقل.
ℓ_o	الطول مقاسا من وجه منطقة الربط على طول محور العنصر الانشائي الذي يجب توفير حديد التسليح المستعرض المطلوب على امتداده (مم)
ℓ_o	الفضاء القصير للبلاطة، وهو المسافة المركزية (center to center distance) بين المساند بالاتجاه القصير او المسافة الصافية بين المساند في الاتجاه القصير مضافاً له ضعف سمك

البلاطة، أيهما أقل.	
الطول غير المسند لعنصر الانضغاط (مم).	ℓ_u
طول ذراع رأس القص من مركز الحمل المركز او رد الفعل(مم).	ℓ_v
طول الجدار الاجمالي او طول جزء الجدار المأخوذ باتجاه قوة القص(مم).	ℓ_w
طول الفضاء بالاتجاه الذي تحسب العزوم بموجبه مقاسا بين مركزي المساند(مم).	l_1
طول الفضاء العمودي على l_1 مقاسا بين مركزي المساند(مم).	l_2
الاحمال الحية او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة	L
الاحمال الحية للسقف او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة	L_r
العزم الاكبرفي العنصر الناتج من الاحمال الخدمية في المرحلة التي يحسب فيها الانحراف(Deflection) (نت. مم).	M_a
العزم المضخم (المكبر) لادخال تأثير انحناء العنصر في تصميم عنصر الانضغاط (نت. مم)	M_c
عزم التشقق (نت.مم)	M_{cr}
العزم المسبب لتشقق الانحناء في المقطع الناتج من الاحمال الخارجية المسلطة(نت. مم)	M_{cre}
العزم المضخم المعدل لحساب تأثير الانضغاط المحوري(نت. مم)	M_m
العزم المضخم الاكبر في المقطع الخرساني الناتج من الاحمال الخارجية المسلطة (نت.مم)	M_{max}
عزم الانحناء الاسمي للمقطع الخرساني (نت. مم)	M_n
مقاومة الانحناء الاسمية للعتبة شاملة البلاطة تحت تأثير الشد عند منطقة ربط الهيكل (نت. مم)	M_{nb}
مقاومة الانحناء الاسمية للعمود عند منطقة ارتباطه بالهيكل وتحسب للقوة المحورية المعاملة، التي تكون متوافقة مع اتجاه القوى العرضية المأخوذة في الحساب والتي تؤدي الى اقل مقاومة انحناء للعمود(نت. مم)	M_{nc}
العزم الاستاتيكي الكلي المضخم(نت. مم)	M_o
مقاومة العزم اللدن المطلوب للمقطع العرضي لرأس القص(نت. مم)	M_p
العزم المضخم الناتج من الاحمال المسببة ازاحة جانبية مؤثرة (نت. مم)	M_s
العزم المضخم لجزء البلاطة المتوازن مع العزم عند المسند(نت. مم)	M_{slab}
عزم الانحناء المضخم للمقطع الخرساني (نت.مم)	M_u
العزم عند منتصف ارتفاع الجدار الناتج من الاحمال المعاملة الجانبية والعمودية غير المحورية غير شامل تأثيرات الحمل - الازاحة ($P\Delta$ effects) (نت. مم)	M_{ua}
مقاومة العزم الناتجة من حديد تسليح رأس القص(نت. مم)	M_v
اصغر عزم مضخم عند نهاية عنصر الانضغاط، يؤخذ موجب اذا كان انحناء العنصر مفردا	M_1

ويؤخذ سالباً إذا كان انحناء العنصر مزدوجاً (نت. مم)	
العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط التي يعمل فيها العزم M_1 الناتج من الاحمال غير المسببة ازاحة جانبية مؤثرة (نت. مم)	M_{1ns}
العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط التي يعمل فيها العزم M_1 الناتج من الاحمال المسببة ازاحة جانبية مؤثرة المحسوب باستعمال التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى (نت. مم)	M_{1s}
اكبر عزم مضخم عند نهاية عنصر الانضغاط. اذا كانت الاحمال العرضية تقع بين المساند فتكون قيمة M_2 مساوية لأكبر عزم في العنصر، قيمة العزم M_2 موجبة دائماً (نت. مم)	M_2
القيمة الاقل للعزم M_2 (نت. مم)	$M_{2,min}$
العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط التي يعمل فيها العزم M_2 الناتج من الاحمال غير المسببة ازاحة جانبية مؤثرة المحسوب باستعمال التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى (نت. مم)	M_{2ns}
العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط التي يعمل فيها العزم M_2 الناتج من الاحمال المسببة ازاحة جانبية مؤثرة المحسوب باستعمال التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى (نت. مم)	M_{2s}
عدد المفردات (items)، مثال على ذلك فحوص المقاومة، القضبان (bars)، الاسلاك (wires)، اجهزة التثبيت ذات الجذيلة المفردة (monostrand anchorage device)، قضبان التثبيت (anchors)، اذرع رأس القص (shear head arms)	n
القوة المحورية المعاملة العمودية على المقطع العرضي التي تحدث متلازمة مع V_u أو T_u ، تؤخذ موجبة للانضغاط وسالبة للشد (نت)	N_u
قوة الشد الافقية المعاملة المسلطة فوق الاكشاف (bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) التي تحدث متلازمة مع V_u وتؤخذ موجبة للشد (نت)	N_{uc}
المحيط الخارجي للمقطع الخرساني (مم)	P_{cp}
المحيط المحدد بمراكز حديد تسليح اللي المستعرض القريب من الحافة الخارجية للمقطع (مم)	P_h
المقاومة المحورية الاسمية عند ظروف توازن الانفعال (نت)	P_b
حمل الانبعاج الحرج (نت)	P_c
المقاومة المحورية الاسمية لمقطع العنصر (نت)	P_n
القيمة الاكبر المسموحة للمقاومة المحورية الاسمية لمقطع العنصر (P_n) (نت)	$P_{n,max}$
المقاومة المحورية الاسمية عندما تكون المسافة اللامركزية e مساوية الى صفر (نت)	P_o
الحمل المحوري غير المضخم لتصميم المقطع في منتصف الارتفاع متضمناً تاثيرات وزنه	P_s

(نت)	
القوة المحورية المعاملة تؤخذ موجبة للانضغاط وسالبة للشد(نت)	P_u
الحمل الميت المضخم لوحدة المساحة	q_{Du}
الحمل الحي المضخم لوحدة المساحة	q_{Lu}
الحمل المضخم لوحدة المساحة	q_u
دليل الاستقرار للطابق	Q
نصف قطر التدويم (gyration) لمقطع عنصر الانضغاط	r
الاحمال الناتجة من الامطار او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة	R
مسافة التباعد المركزية بين قضبان حديد التسليح والاسلاك والمثبتات(مم)	s
مسافة التباعد المركزية لحديد تسليح الطبقة i القريبة من سطح العنصر(مم)	s_i
مسافة التباعد المركزية لحديد التسليح العرضي ضمن الطول l (مم)	s_o
مسافة التباعد المركزية لحديد التسليح الطولي للقص او اللي(مم)	s_2
احمال الثلوج او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة	S
العزم او القص او القوة المحورية في منطقة الارتباط التي تتوافق مع تولد المقاومة المتوقعة في مواقع نقاط الخضوع المطلوبة مبنية على اساس الآلية المعطاة للتشوهات الجانبية غير المرنة آخذين في الحسبان تأثير الاحمال الشاقولية واحمال الهزات الارضية	S_e
معامل المقطع المرن(مم ³)	S_m
المقاومة الاسمية للانحناء او القص او القوى المحورية لمنطقة الارتباط	S_n
الانحراف المعياري لنتائج فحص النماذج الخرسانية	S_s
مقاومة الخضوع لوصلات الربط بالاعتماد على f_y للعزم او القص او القوى المحورية	S_y
سمك جدار المقطع المجوف (مم)	t
التأثير المتراكم للحرارة، والزحف، والانكماش، والهطول المتفاوت وتمدد الخرسانة المعادلة للانكماش	T
المقاومة الاسمية لعزوم اللي (نت. مم)	T_n
عزم اللي المضخم في المقطع(نت. مم)	T_u
المقاومة المطلوبة لمقاومة الاحمال المعاملة او القوى والعزوم الداخلية ذات العلاقة	U
اجهاد القص الاسمي(ميكباسكال)	v_n
مقاومة القص الاسمية في الخرسانة (نت)	V_c
مقاومة القص الاسمية في الخرسانة عند حدوث تشقق قطري ناتج من اشتراك العزوم وقوى القص(نت)	V_{ci}

مقاومة القص الاسمية في الخرسانة عند حدوث تشقق قطري ناتج من اجهادات الشد الرئيسية في الوتر (نت)	V_{cw}
قوة القص في المقطع نتيجة الاحمال الميتة غير المعاملة (نت)	V_d
قوة القص التصميمية المرافقة لتولد مقاومة العزم المحتملة للعنصر (نت)	V_e
قوة القص المعاملة للمقطع الناتجة من الاحمال الخارجية المسلطة والتي تتزامن مع M_{max} (نت)	V_i
مقاومة القص الاسمية (نت)	V_n
مقاومة القص الافقية الاسمية (نت)	V_{nh}
مقاومة القص الاسمية في حديد تسليح القص (نت)	V_s
قوة القص المعاملة للمقطع (نت)	V_u
قوة القص المعاملة عند المقطع الحرج للبلاطة باتجاهين الناتجة من الاحمال الشاقولية (نت)	V_{ug}
القص الافقي المضخم في الطابق (نت)	V_{us}
وزن وحدة الحجوم للخرسانة العادية او الكثافة المكافئة للخرسانة خفيفة الوزن (نت/م ³)	W_c
الحمل المضخم لوحدة الطول للعتبة او البلاطة باتجاه واحد	W_u
حمل الرياح او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة	W
اقصر مقياس شاملا جزء المقطع المستطيل (مم)	x
اطول مقياس شاملا جزء المقطع المستطيل (مم)	y
المسافة مقاسة من محور النقل المركزي للمقطع الاجمالي باهمال حديد التسليح (مم)	y_t
الزاوية التي تعرف دوران حديد التسليح	α
معامل يحدد المشاركة النسبية بين مقاومة الخرسانة الى مقاومة جدران القص الاسمية	α_c
نسبة جساءة الانحناء لمقطع العتبة الى جساءة الانحناء لعرض البلاطة المحصور جانبيا بين مراكز الالواح المتجاورة على جانبي العتبة	α_f
معدل قيمة α_f لكل العتبات على حافات اللوح (panel)	α_{fm}
α_f باتجاه 1	α_{f1}
α_f باتجاه 2	α_{f2}
الزاوية بين محور الدعامة (strut) والقضبان في الطبقة i لحديد التسليح الذي يعبر تلك الدعامة	α_i
ثابت يستعمل لحساب V_c في البلاطات والاسس	α_s
نسبة جساءة الانحناء لذراع رأس القص الى مقطع البلاطة المركبة المعنية	α_v
النسبة بين المقياس الاطول الى المقياس الاقصر عند التعامل مع الفضاء الصافي للبلاطات	β

بالاتجاهين، او جوانب العمود، او مساحة الحمل المركز او رد الفعل، او جوانب الاساس	
نسبة مساحة حديد التسليح المقطوع الى المساحة الكلية لحديد تسليح الشد في المقطع	β_b
نسبة تستعمل لحساب تقليل جساءة الاعمدة الناتجة من الاحمال المحورية الدائمية	β_{dns}
نسبة تستعمل لحساب تقليل جساءة الاعمدة الناتجة من الاحمال الجانبية الدائمية	β_{ds}
معامل حساب تأثير تثبيت الرباطات العرضية (ties) في مقاومة الانضغاط الفعالة لمنطقة العقدة	β_n
معامل حساب تأثير التشققات وحديد تسليح الحصر في مقاومة الانضغاط الفعالة للخرسانة في الدعامة (strut)	β_s
نسبة جساءة اللي للمقطع عند حافة العتبة الى جساءة الانحناء لعرض شريحة البلاطة مساويا الى طول فضاء العتبة او المسافة بين مركزي الاسناد	β_t
معامل الربط بين عمق المستطيل المكافئ لمنطقة اجهاد الضغط الى عمق المحور المحايد	β_l
معامل يستعمل لتحديد العزم غير المتوازن المنقول بواسطة الانحناء في منطقة الربط بين الاعمدة والبلاطات	γ_f
معامل يستعمل لحساب جزء حديد التسليح الواقع في منتصف شريط الاساس	γ_s
معامل يستعمل لتحديد العزم غير الموازن المنقول بواسطة عدم تمركز القص في منطقة الربط بين العمود والبلاطة	γ_v
معامل تضخيم العزوم الذي يعكس تأثير انحناء العنصر بين نهايات عنصر الانضغاط	δ
معامل تضخيم العزوم للهيكل غير المدعمة لمنع الازاحة الجانبية والذي يعكس تأثير الازاحة العرضية الناتجة من الاحمال الشاقولية والاحمال الجانبية	δ_s
الازاحة التصميمية (مم)	δ_u
الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار المسبب لعزم التشقق M_{cr} (مم)	Δ_{cr}
الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار المسبب لمقاومة الانحناء الاسمية M_n (مم).	Δ_n
الانحراف الجانبي النسبي بين اعلى واسفل الطابق الناتج من القوى الجانبية المحسوبة باستعمال التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى (مم)	Δ_o
الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار الناتج من الاحمال غير المعاملة (الخدمية) (مم)	Δ_s
الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار الناتج من الاحمال المعاملة (مم)	Δ_u
انفعال الشد الصافي في طبقة حديد تسليح الشد القريبة من غطاء الخرسانة عند المقاومة	ε_t

الاسمية ويستثنى من ذلك الانفعالات الناتجة من سبق الاجهاد الفعال، الزحف، الانكماش ودرجة الحرارة	
الزاوية المحصورة بين محور الدعامة (strut) والانضغاط القطري او مجال الانضغاط وحبل الشد للعنصر	θ
معامل تعديل يعكس انخفاض الخواص الميكانيكية للخرسانة خفيفة الوزن نسبة الى الخرسانة العادية التي لها مقاومة الانضغاط نفسها	λ
معامل لاضافة الانحراف الاضافي الناتج من التأثيرات طويلة الامد	λ_{Δ}
معامل الاحتكاك	μ
معامل تأثير الزمن للاحمال الدائمة	ζ
A_s مقسومة على bd	ρ
$A's$ مقسومة على bd	ρ'
A_s/bd التي تنتج ظروف الانفعال الموازن	ρ_b
نسبة مساحة حديد التسليح الطولي الموزع الى مساحة مقطع الخرسانة الاجمالي العمودي على ذلك التسليح	ρ_l
نسبة حجم حديد التسليح الحلزوني (spiral) الى الحجم الكلي لجزء العنصر المحصور به مقاسا من الحافات الخارجية للحلزون	ρ_s
نسبة مساحة حديد التسليح المستعرض الموزع الى مساحة مقطع الخرسانة الاجمالي العمودي على ذلك التسليح	ρ_t
نسبة مساحة حديد تسليح الرباطات الى مساحة سطح التماس	ρ_v
نسبة A_s الى $b_w d$	ρ_w
معامل تخفيض المقاومة	ϕ
معامل يستعمل لتعديل طول التثبيت بالاعتماد على طبقة الحماية لحديد التسليح	ψ_e
معامل يستعمل لتعديل طول التثبيت بالاعتماد على قطر حديد التسليح	ψ_s
معامل يستعمل لتعديل طول التثبيت بالاعتماد على موقع حديد التسليح	ψ_t
معامل يستعمل لتعديل طول التثبيت لسلك حديد التسليح الملحوم تحت تأثير الشد	ψ_w
دليل حديد تسليح الشد للمقاطع ذات الشفاه	Ω
دليل حديد تسليح الانضغاط للمقاطع ذات الشفاه	ω'
قوة الانضغاط المؤثرة عند منطقة العقدة	C
الاجهاد في الطبقة i لحديد التسليح القريب من سطح الخرسانة (ميكاباسكال)	f_{si}
جساءة اللي لعنصر اللي، او العزم لكل وحدة دوران	K_t

الطول الذي يجب تثبيت الرباط عنده (مم)	l_{anc}
عرض التحميل (مم)	l_b
رد الفعل (نت)	R
قوة الشد المؤثرة عند منطقة العقدة (نت)	T
عرض الدعامة (strut) العمودي على محورها (مم)	w_s
الارتفاع الفعال للخرسانة المتمحور مع محور الرباط الذي يستعمل لتحديد مقاس منطقة العقدة (مم)	w_t
أكبر ارتفاع للخرسانة المتمحور مع محور الرباط الذي يستعمل لتحديد مقاس منطقة العقدة (مم)	$w_{t,max}$
أكبر انفعال ممكن عند الليف الأبعد للانضغاط.	ϵ_{su}

المراجع

- [1] ACI Committee 318 (2008) “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 473 pp.
- [2] مركز بحوث البناء – مؤسسة البحث العلمي، 1987 “الكود العراقي للخرسانة المسلحة”، بغداد، 68 صفحة.
- [3] “*Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE/ SEI7-05)* ” ASCE, Reston, VA, 2005,408pp.
- [4] “*International Building Codes*”, International Codes Council, Falls Church, VA, 2006,679 pp.
- [5] Uniform Building Code, V.2, “*Structural Engineering Design Provisions* ”, 1997 Edition, International Conference of Building Officials Whittier, A, 1997, 492PP.

الباب 2

المواد ومتطلبات الديمومة

Materials and Durability Requirements

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-2 فحوص المواد (Tests of Materials) [6 ، 1]

1/1-2 عام

1/1/1-2 يحق لدائرة المهندس المقيم أو من يمثلها طلب فحص أي من المواد التي تستعمل في تشييد الخرسانة وذلك للتأكد من كون هذه المواد تستوفي متطلبات النوعية المحددة في المواصفات والمخططات وجداول الكميات.

2/1/1-2 يجب أن تجرى فحوص المواد وفحوص الخرسانة بموجب أي مواصفات تعتمدها الجهات الفنية المختصة.

3/1/1-2 ينبغي الاحتفاظ بسجل متكامل لفحوص المواد وفحوص الخرسانة لدى دائرة المهندس المقيم لمدة لا تقل عن سنتين بعد انتهاء تنفيذ المشروع ويجب أن تكون مهياًة للتدقيق خلال مراحل تنفيذ العمل.

2/1-2 المواد السمنتية (Cementitious Materials) [8 ، 3 ، 1]

1/2/1-2 يجب أن تطابق المواد السمنتية المواصفات المدرجة لاحقاً او المواصفات القياسية العراقية النافذة (إن وجدت) أو أي مواصفات مماثلة تعتمدها الجهات الفنية المختصة وكما يلي:

أ- السمنت البورتلاندي (Portland cement) المواصفة العراقية 1984/5 مع ملاحق التعديل والمواصفة ASTM C150 – 07

ب- مخاليط السمنت الهيدروليكي (Blended hydraulic cements) : ASTM C 595/ 07

ج- السمنت التمديدي الهيدروليكي (Expansive hydraulic cement) المواصفة العراقية 1992/1711 والمواصفة ASTM C845-04

د- السمنت الهيدروليكي البورتلاندي (Hydraulic cement) ASTM C1157-07

هـ- الرماد المتطاير والبوزلانا الطبيعية (Fly ash and natural pozzolan) : ASTM C618-08

و- حبيبات خبث الافران المطحونة (Ground-granulated blast-furnace slag) ASTM C989-82

2/2/1-2 يجب أن تتوافق المواد السمنتية التي تستعمل في الأعمال الخرسانية مع أسس اختيار الخلطة الخرسانية المشار إليها في الفصل (2-3) لتلافي حدوث تباين في الانحراف المعياري لنتائج الفحوص.

3/1-2 الركام (Aggregates) [4 ، 2 ، 1]

1/3/1-2 يجب أن يطابق الركام المستعمل (الطبيعي أو خفيف الوزن) المواصفة العراقية (45) لسنة 1984 أو أي من المواصفات ذات العلاقة التي تتوافق مع المتطلبات المنصوص عليها في شروط تنفيذ العمل (يمكن استعمال نوعيات أخرى من الركام المطابق بالفحوص أو الناجح بالاستعمال لإنتاج خرسانة ذات مقاومة وديمومة تستوفي متطلبات الجهات الفنية ذات العلاقة).

2/3/1-2 المقاس الاسمي الأكبر للركام الخشن يجب أن لا يزيد على كل من:

أ- $(\frac{1}{5})$ أصغر بعد بين جوانب القالب كما في العناصر الإنشائية ذات الوتر النحيفة (thin web).

ب- $(\frac{1}{3})$ عمق البلاطات الخرسانية (slabs).

ج- $(\frac{3}{4})$ أصغر بعد صافٍ بين قضبان الحديد المنفردة والأسلاك وحزم القضبان وقضبان سبق الإجهاد والجداول (strands) والوتار (tendons) أو قنوات حفظ الجداول (ducts).

يمكن عدم اعتماد هذه المحددات إذا ارتأى المهندس الاستشاري من ذوي الخبرة والاختصاص ذلك أو إذا كانت الخرسانة المستعملة ذات قابلية تشغيل وطريقة رص مناسبتين بحيث لا تتولد فجوات (voids) أو فراغات بين مكوناتها (honeycombs).

4/1-2 الماء (Water) [10 ، 5 ، 2 ، 1]

1/4/1-2 يجب أن يلبي الماء المستعمل لخط الخرسانة متطلبات المواصفة العراقية 1992/1703 أو أي من المواصفات المماثلة ذات العلاقة.

2/4/1-2 يجب أن يكون ماء الخلط (وأي ماء متواجد بشكل رطوبة ممتصة في مكونات الخلطة الخرسانية الأخرى) خالياً من أيونات الكلوريدات عند استعماله في الخرسانة الحاوية على أجزاء مطمورة مصنوعة من مادة الألمنيوم وبموجب متطلبات الباب الثالث.

5/1-2 حديد التسليح (Steel Reinforcement) [6 ، 1]

1/5/1-2 يجب ان يكون حديد التسليح من النوع المحرز باستثناء الحديد المستعمل للأطواق الحلزونية او لسبق الاجهاد او لحديد اوتاد القص ذات الرؤوس والحديد الانشائي (structural steel) وحديد الأنابيب حيث يسمح باستعمال حديد املس.

2/5/1-2 يجب ان يلبي لحام قضبان التسليح اي مواصفة دولية يعتمدها رب العمل كما يجب تحديد نوع ومواقع الوصلات الملحومة والمتطلبات الاخرى للحام قضبان التسليح بموجب المخططات التصميمية او مواصفات المشروع.

3/5/1-2 التسليح المحرز (Deformed Reinforcement)

1/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق قضبان التسليح المحرزة المتطلبات المنصوص عليها في المواصفات الدولية أو اي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل .

أ- فولاذ الكربون (ASTM A615M (carbon steel)

ب- فولاذ منخفض السبيكة (ASTM A706M (low-alloy steel)

ج- فولاذ ضد الصدأ (ASTM A955M (stainless steel)

د- فولاذ سكك الحديد وفولاذ المحاور (ASTM A966M (rail steel and axle steel)

2/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق قضبان التسليح المحرزة احدى المواصفات الدولية او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل المشار اليها في العبارة (1/3/5/1-2) او اي مواصفة عربية او عالمية يعتمدها باستثناء القضبان التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 ميكاباسكال) حيث ان اجهاد الخضوع لمثل هذه القضبان يمثل الاجهاد المناظر لانفعال مقداره (0.35%). لاحظ الفصل(6-4) من هذه المدونة.

3/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق شبكات القضبان التي تستعمل في تسليح الخرسانة متطلبات المواصفة (ASTM A184M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل. يجب ان تحقق قضبان التسليح المستعملة في الشبكات متطلبات المواصفة (ASTM A 615M او ASTM A706M او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

4/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق الاسلاك المحرزة المستعملة لتسليح الخرسانة متطلبات المواصفة (ASTMA496M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل، باستثناء الاسلاك التي يكون مقاسها اصغر من (MD25) ولا يزيد مقاسها على (MD200)، ما لم يسمح بذلك طبقاً للعبارة (2-6/3/5/1). مع مراعاة حساب اجهاد الخضوع المناظر لانفعال مقداره (0.35%) بالنسبة للاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 ميكاباسكال).

5/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق اسلاك التسليح الملساء الملحومة متطلبات المواصفة ASTM A185M او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل باستثناء الاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 ميكاباسكال) ، فيحسب اجهاد الخضوع المناظر لانفعال مقداره (0.35%) مع مراعاة ان لا تزيد مسافات

التباعد بين تقاطعات اللحام على (300مم) بالاتجاه الذي يحسب بموجبه الاجهاد باستثناء اسلاك التسليح الملحومة التي تستعمل بوضعها أطواقاً" كما مبين في البند(9-2/11).

6/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق اسلاك التسليح المحززة الملحومة متطلبات المواصفة (ASTM A497M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل باستثناء الاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 ميكاباسكال) ، فيحسب اجهاد الخضوع المناظر لانفعال مقداره (0.35%) مع مراعاة ان لا تزيد مسافات التباعد بين تقاطعات اللحام على (400 مم) بالاتجاه الذي يحسب بموجبه الاجهاد باستثناء اسلاك التسليح الملحومة التي تستعمل بوصفها اطواقاً" كما مبين في البند(9-2/11).

7/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق قضبان التسليح المغلونة متطلبات المواصفة (ASTM A767M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل. وينبغي ان تحقق قضبان التسليح المطلية بمادة الايبوكسي متطلبات المواصفة (ASTM A775M او ASTM A934M) او اي مواصفة مماثلة يوافق عليها رب العمل. كما يجب ان تحقق القضبان المغلونة او المطلية بمادة الايبوكسي متطلبات المواصفات المذكورة في العبارة (2-1/3/5/1).

8/3/5/1-2 يجب ان تحقق الاسلاك المطلية بمادة الايبوكسي واسلاك التسليح الملحومة متطلبات المواصفة (ASTM A884M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

4/5/1-2 التسليح الأملس (Plain Reinforcement)

1/4/5/1-2 ينبغي ان تكون القضبان الملساء المستعملة في التسليح الحزوني مطابقة للمتطلبات المذكورة في العبارة (2-1/3/5/1) (أ) و(ب).

2/4/5/1-2 يجب ان تكون الاسلاك الملساء المستعملة في التسليح الحزوني مطابقة للمواصفة (ASTM A82M) او أي مواصفة مماثلة يوافق عليها رب العمل باستثناء الاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 نت/مم²) حيث ان اجهاد الخضوع لمثل هذه الأسلاك يمثل الاجهاد المناظر لانفعال مقداره (0.35%).

5/5/1-2 أوتاد تسليح القص ذات الرؤوس (Headed Shear Stud Reinforcement)

ينبغي ان تحقق أوتاد تسليح القص ذات الرؤوس ومجاميعها متطلبات المواصفة (ASTM A1044M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

6/1-2 المضافات (Admixtures) [9 ، 6 ، 2 ، 1]

1/6/1-2 يجب أن تلبى المضافات المستعملة لتقليل كميات الماء أو تعديل زمن التصلب للخرسانة أو مضافات الهواء المقصود (air-entraining admixtures) متطلبات المواصفة القياسية العراقية (1989/1431) والمواصفة العراقية (1992 /1748) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

2/6/1-2 يجب إستحصل موافقة الجهة الاستشارية ذات الخبرة والاختصاص عند استعمال مضافات لا تتوافق مع متطلبات الفقرة (1/6/1-2).

3/6/1-2 على العموم يجب عدم استعمال المضافات الحاوية على كلوريد الكالسيوم calcium (chloride) أو المضافات التي تحتوي على أيونات الكلوريدات في الخرسانة الحاوية على اجزاء مطمورة مصنوعة من مادة الألمنيوم أو عند استعمال قوالب دائمية أو أجزاء مطمورة مصنوعة من الفولاذ المغلون. لاحظ البند (1/2-2) والبند (2/3-4).

4/6/1-2 يجب أن تتوافق المضافات المستعملة في الخرسانة الحاوية على سمنت تمديدي (expansive cement) (المطابق للمواصفة القياسية العراقية 1711 لسنة 1992 وأي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل) مع نوعية السمنت المستعمل وأن لا تولد أي تأثيرات سلبية محتملة على الخرسانة المنتجة.

7/1-2 خزن المواد (Storage of Materials) [2 ، 1]

1/7/1-2 يجب أن تحفظ المواد السمنتية والركام والمضافات بشكل يمنع تلفها أو اختلاطها مع مواد غريبة.
2/7/1-2 لا يجوز استعمال المواد التالفة أو التي اختلطت مع مواد غريبة لإنتاج الخرسانة.

2-2 متطلبات الديمومة (Durability Requirements) [4 ، 1]

1/2-2 فئات التعرض وانواعها (Exposure Categories and Classes)

يتم تعيين انواع التعرض بناء على تقدير شدة تعرض العناصر الإنشائية الخرسانية لكل فئة من فئات التعرض المبينة في الجدول (1/2-2).

الجدول 2-1/2 : فئات وأنواع التعرض [1]

ظرف التعرض	النوع	الشدة	الفئة	
خرسانة غير معرضة لدورات من التجمد والذوبان	F0	F خرسانة تتعرض الى التجمد و الذوبان	
خرسانة معرضة لدورات من التجمد والذوبان والى الرطوبة أحيانا	F1	متوسطة		
خرسانة معرضة لدورات من التجمد والذوبان والى الرطوبة بصورة مستمرة	F2	قاسية		
خرسانة معرضة لدورات من التجمد والذوبان ويتماس مستمر مع الرطوبة مع تعرضها إلى مذيبيات الجليد الكيميائية	F3	قاسية جدا		
الكبريتات الذاتية في الماء (SO ₄) ppm	التربة الحاوية على كبريتات (SO ₄) قابلة للذوبان في الماء (نسبة وزنية)		S خرسانة تتعرض الى الكبريتات	
SO ₄ <150	SO ₄ <0.1	S0	
150 ≤ SO ₄ <1500 ماء البحر	0.1 ≤ SO ₄ < 0.2	S1		متوسطة
1500 ≤ SO ₄ ≤ 10000	0.2 ≤ SO ₄ ≤ 2.00	S2		قاسية
SO ₄ > 10000	SO ₄ > 2.00	S3		قاسية جدا
في تماس مع الماء بدون الحاجة لخرسانة ذات نفاذية واطئة	P0	P خرسانة تتطلب نفاذية واطئة	
في تماس مع الماء مع الحاجة الى خرسانة ذات نفاذية واطئة	P1	مطلوب		
خرسانة جافة او محمية من الرطوبة	C0	C خرسانة تتطلب حماية حديد التسليح من التآكل	
خرسانة معرضة للرطوبة لكنها غير معرضة للكوريدات الخارجية	C1	متوسطة		
خرسانة معرضة للرطوبة ومعرضة لمصدر خارجي من الكلوريدات ناتجة من المذيبيات الكيميائية او الأملاح أو مياه مالحة أو مياه البحر أو رذاذ من هذه المصادر	C2	قاسية		

2/2-2 متطلبات الخلطات الخرسانية [1 ، 2]

اعتمادا على انواع التعرض المحددة في الجدول (2-1/2) يجب أن تتوافق الخلطات الخرسانية مع المتطلبات الأكثر شدة في الجدول (2-2/2).

الجدول 2-2: متطلبات الخرسانة استنادا الى نوع التعرض [1]

المتطلبات الأقل الإضافية		المقاومة الأقل f'_c (MPa)	النسبة الاكبر للماء/المواد السمنتية (1)	نوع التعرض		
تحديدات اعتمادا على المادة السمنتية	محتوى الهواء					
.....	.....			F0	
.....	الجدول (3/2-2)			F1		
.....	الجدول (3/2-2)			F2		
	الجدول (3/2-2)			F3		
المضافات الحاوية على كلوريد الكالسيوم	انواع المواد السمنتية(2)					
	ASTM C1157	ASTM C595	ASTM C150			
لا يوجد تقييد	لا يوجد تقييد لأي نوع	لا يوجد تقييد لأي نوع	لا يوجد تقييد لأي نوع	17	S0
لا يوجد تقييد	MS	(7) IP(MS) (7)IS< 70 (7) (MS)	(3)II*	28	0.5	S1
غير مسموح	HS	IP(HS) IS< 70 (7) (HS)	(4)V**	31	0.45	S2

تكملة الجدول 2-2: متطلبات الخرسانة استناداً الى نوع التعرض [1]

المتطلبات الأقل الإضافية			المقاومة الأقل $f'c$ (MPa)	للماء/المواد السمنتية (1)	نوع التعرض	
غير مسموح	HS + بوزولانا او رماد	IP + بوزولانا او رماد (<70) (HS) + بوزولانا او رماد (<70)	V + بوزولانا او رماد	31	0.45	S3
.....			17	.....	P0
.....			28	0.5	P1	
الفقرات ذات العلاقة	المحتوى الأكبر المسموح به لأيون الكلوريد (Cl ⁻) في الخرسانة (كنسبة مئوية إلى وزن السمنت) (5)					
	الخرسانة المسلحة					
لا يوجد	1		17	.....	C0
	0.3		17	.....	C1
(6) ACI	0.15		35	0.4	C2	
<p>(*) سمنت بورتلاندي معتدل حرارة الاماهة</p> <p>(**) سمنت بورتلاندي مقاوم لأملح الكبريتات</p> <p>(1) لا تشمل الخرسانة خفيفة الوزن</p> <p>(2) يسمح باستعمال مواد سمنتية مختلفة بدلا من تلك المدرجة في الجدول (2/2-2) على أن يتم فحصها لمقاومة الأملاح وتتوافق مع معايير البند (4/2-2)</p> <p>(3) في حالات التعرض لماء البحر يسمح باستعمال أنواع أخرى من السمنت البورتلاندي الذي يحتوي على ثلاثي الومينات الكالسيوم C3A لا يزيد عن (10%) إذا كانت نسبة الماء الى المواد السمنتية لا تتجاوز (0.4).</p> <p>(4) يسمح بأستعمال انواع اخرى من السمنت المتوافرة مثل نوع السمنت البورتلاندي الاعتيادي وسمنت سريع التصلب لنوعي التعرض S1 أو S2 إذا كان محتوى ثلاثي الومينات الكالسيوم C3A يقل عن (8%) او (5%) على التوالي وبموجب المواصفة الامريكية للسمنت ASTM C150.</p> <p>(5) محتوى ايونات الكلوريدات الذائبة في الماء الناتجة من المكونات المتضمنة الماء والركام والمواد السمنتية والمضافات يجب أن يحسب اعتمادا على الخلطة الخرسانية المبينة بالمواصفة الأمريكية ASTM C1218M او أي مواصفة قياسية عراقية معتمدة او أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل بعمر يتراوح ما بين (28) و(42) يوماً</p> <p>(6) يجب تحقيق متطلبات الفقرات الخاصة بظروف التأكل .</p> <p>(7) نوعيات من السمنت الممزوج والمعرف بموجب المواصفة الامريكية</p> <p>[8] ASTM C595</p>						

3/2-2 المتطلبات الإضافية لتعرض الخرسانة إلى الانجماد والذوبان [1 ، 2]

1/3/2-2 الخرسانة عادية الوزن وخفيفة الوزن تحت تأثير أنواع التعرض F1, F2, و F3 يجب أن تكون مقصودة الهواء (air-entrained) وبمحتوى هواء كما مبين في الجدول (3/2-2) ويكون مقدار التفاوت في محتوى الهواء بحدود ($\pm 1.5\%$). يسمح بتقليل محتوى الهواء المبين في الجدول (3/2-2) بمقدار (1%) عند استعمال خرسانة تزيد مقاومتها على (35 نت/مم²).

الجدول 3/2-2 : محتوى الهواء الكلي للخرسانة المعرضة لدورات من الانجماد والذوبان [1]

محتوى الهواء (%)		المقاس الاسمي الأكبر للركام (مم)*
التعرض لنوع (F2, F3)	التعرض من نوع (F1)	
7.5	6	9.5
7.0	5.5	12.5
6.0	5.0	19.0
6.0	4.5	25.0
5.5	4.5	37.5

* تراجع المواصفة المواصفة القياسية العراقية 1984/30 و ASTM C33 او أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل للتفاوت المسموح به لحالة الركام ذي المقاسات الأكبر.

2/3/2-2 يجب ان لا تتجاوز كمية البوزلانا التي تتضمن الرماد المتطاير وغبار السليكا وخبث الافران في الخرسانة المعرضة الى النوع (F3) الحدود المبينة في الجدول (4/2-2).

الجدول 2-4/2 : متطلبات الخرسانة المعرضة الى النوع (F3)[1]

اعلى نسبة وزنية محسوبة على اساس جميع المواد السمنتية	المواد السمنتية
25	الرماد المتطاير او اي بوزلانا اخرى بموجب (ASTMC618) أو أي مواصفة يعتمدها رب العمل
50	خبث الافران بموجب (ASTMC989) أو أي مواصفة يعتمدها رب العمل
10	غبار السليكا بموجب (ASTMC1240) أو أي مواصفة يعتمدها رب العمل
*50	مجموع الرماد المتطاير او اي بوزلانا اخرى، خبث الافران وغبار السليكا أو أي مواصفة يعتمدها رب العمل
*35	مجموع الرماد المتطاير او اية بوزلانا اخرى وغبار السليكا أو أي مواصفة يعتمدها رب العمل
* يجب ان لا يزيد محتوى الرماد المتطاير وغبار السليكا على 25% و10% على التوالي من الوزن الكلي للمواد السمنتية	

2-4/2 بدائل المواد السمنتية للخرسانة المعرضة للكبريتات

يسمح باستعمال توليفة من مواد سمنتية بديلة عن تلك المبينة في الجدول (2-2/2) وذلك عندما تلي هذه البدائل متطلبات فحوص مقاومة الكبريتات و تتوافق مع المعايير المبينة في الجدول (2-2/5).

الجدول 2-5: متطلبات المواد السمنتية في الخرسانة المعرضة للكبريتات الذائبة في الماء [1]

التمدد الأقصى استناداً إلى المواصفة ASTM C595 أو أي مواصفة قياسية عراقية معتمدة (ان وجدت) أو أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل			نوع التعرض
بعمر 6 أشهر	بعمر 12 شهراً	بعمر 18 شهراً	
0.1 %	.....	.....	S1
0.05 %	0.1 %	.....	S2
.....	.....	0.1 %	S3
يطبق متطلب حد التمدد عند 12 شهراً عندما يتجاوز التمدد المحسوب بعمر 6 أشهر الحد المسموح به			

المراجع:

[1] ACI Committee 318 (2008) "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 473 pp.

[2] مركز بحوث البناء - مؤسسة البحث العلمي، "الكود العراقي للخرسانة المسلحة"، بغداد، 1987، 68 صفحة.

[3] المواصفة العراقية رقم 5، "السمنت البورتلاندي"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد 1984، 8 صفحات

[4] المواصفة العراقية رقم 45، "ركام المصادر الطبيعية المستعملة في الخرسانة والبناء"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد 1984، 16 صفحة.

[5] المواصفة العراقية رقم 1703، "الماء المستخدم في خلط الخرسانة"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد 1992، 12 صفحة.

[6] ASTM C494/ C494M-05a, "Standard Specification for Chemical Admixtures for concrete".

[7] ASTM C595/ C595M-14, "Standard Specification for Blended Hydraulic Cements", 13pp

[8] المواصفة العراقية رقم 1711، "السمنت التمديدي الهيدروليكي K"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد 1992، 15 صفحة.

[9] المواصفة العراقية رقم 1431، "مضافات الخرسانة"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد 1989، 12 صفحة.

[10] المواصفة العراقية رقم 1748، "المواد البوزولانية المستعملة كمضافات معدنية في خرسانة السمنت البورتلاندي"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، 1992، 15 صفحة.

الباب 3

نوعية خلط ووضع الخرسانة

Concrete Quality, Mixing and Placing

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-3 مقدمة (Introduction) [6 ، 1]

1/1-3 يجب أن يتم اختيار نسب خلط الخرسانة الإنشائية لتحقيق المتطلبات التالية:

- أ- معدل مقاومة انضغاط (f'_{cr}) كما مشار إليه في البند (3-3/2) وأن تلي معايير الديمومة بموجب الباب الثاني.
- ب- أن يكون تواتر نتائج فحوص الخرسانة المنتجة التي تقل مقاومتها عن (f'_c) في حدوده الدنيا وكما مشار إليه في الفقرة (3-3/6).
- ج- أن لا تقل مقاومة الانضغاط للخرسانة الإنشائية المستعملة لأغراض هذه المدونة عن (17 نت/مم²).

2/1-3 يجب ان تكون متطلبات مقاومة الانضغاط للخرسانة الإنشائية (f'_c) مبنية على نتائج فحوص نماذج من المكعبات او الأسطوانات التي تحضر وتتحص بموجب البند (3-3/6).

3/1-3 تكون مقاومة الانضغاط (f'_c) مبنية على نتائج الفحوص للخرسانة بعمر 28 يوما ما لم يذكر عمر مغاير للفحص على المخططات أو المواصفات المعتمدة في التصميم.

4/1-3 ينبغي أن لا تعتمد مقاومة الشد الانشطاري (splitting tensile strength) لتقويم قبول الخرسانة في الحقل (field acceptance of concrete).

5/1-3 يجب أن تلي الخرسانة المسلحة بالألياف الحديدية متطلبات المواصفة الأمريكية (ASTM-C1116) أو أي مواصفة أخرى يعتمدها رب العمل. وينبغي أن لا تقل مقاومة الخرسانة المسلحة بالألياف الحديدية عن المتطلبات المذكورة في البند (1-3/1).

2-3 اختيار نسب خلط الخرسانة [7 ، 2 ، 1]

1/2-3 يجب أن تحقق نسب المواد المستعملة لإنتاج الخرسانة المتطلبات التالية:

أ- قابليه تشغيل (workability) وقوام ملائم (consistency) يسمح للخرسانة بالتغلغل في القالب وحول حديد التسليح بدون حدوث انغزال (segregation) لمكونات الخرسانة بعضها عن بعض أو حدوث نضح مفرط (excessive bleeding) وفقا لمتطلبات المواصفات العراقية النافذة.

ب- تحقيق متطلبات كافة أصناف المؤثرات البيئية التي تتعرض لها الخرسانة بموجب الباب الثاني.

ج- تحقيق متطلبات فحوص مقاومة الانضغاط المذكورة في الفصل (3-6) المتعلقة بتقويم وقبول الخرسانة.

3-2/2 عندما تستعمل مواد مختلفة لإنتاج الخرسانة لصب أجزاء من العناصر الإنشائية فيجب تقويم جميع الخلطات المنتجة من هذه المواد.

3-3 نسب الخلط بموجب الخلطات التجريبية أو الخبرة الحقلية أو كليهما [1 ، 2 ، 10]

3-3/1 الانحراف المعياري للنماذج

3-3/1/1 يمكن حساب الانحراف المعياري S_s عندما تتوفر لدى الجهة المنتجة للخرسانة نتائج فحوص مسجلة دوريا خلال فترة لا تتجاوز 12 شهرا ويجب أن تتوفر في نتائج الفحوص التي استعملت لحساب معامل الانحراف المعياري S_s ما يلي:

أ- أن تكون المواد التي استعملت لإنتاج الخرسانة وطرائق السيطرة النوعية التي اعتمدت لصب نماذج الخرسانة والظروف الأخرى في سجل نتائج الفحوص مماثلة للمواد وطرائق السيطرة النوعية التي ستعتمد لإنتاج وصب نماذج الخرسانة المطلوبة.

ب- أن تمثل النتائج المثبتة في سجل الفحوص مقاومة الانضغاط المطلوبة للخرسانة المنتجة أو تمثل مقاومة انضغاط ضمن فروق (± 7 نت/مم²) عن مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_c)

ج- يجب أن يتضمن سجل الفحوص ثلاثين فصفا متعاقبا على الأقل أو يتألف من مجموعتين من الفحوص المتعاقبة مجموعها ثلاثين فصفا على الأقل كما مبين في الفقرة (3-6/2/3) ما عدا ما مذكور في الفقرة (3-3/1/2).

3-3/1/2 عندما لا تتوفر لدى الجهة المنتجة للخرسانة سجلات نتائج تحقق متطلبات العبارة (3-3/1/1/ج) مع توفر نتائج فحوص بعمر لا يزيد على (12) شهرا عددها يتراوح بين (15-29) فصفا متعاقبا عندئذ يمكن استخراج معامل الانحراف المعياري S_s كحاصل ضرب لمعامل الانحراف المعياري المحسوب من نتائج الفحوص المتوافرة في معامل تضخيم كما مبين في الجدول (3-3/1).

الجدول 3-1 : معامل تضخيم الانحراف المعياري للنماذج عندما يكون عدد النماذج المتوافرة اقل من

30 فصفاً [1]

عدد الفحوص *	معامل تضخيم الانحراف المعياري للنماذج
أقل من 15	يستعمل الجدول (3-1/3/ب)
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 أو أكثر	1.00
* يتم اعتماد النسبة والتناسب لعدد الفحوص التي تقع ضمن الحدود المذكورة.	

3-2/2 معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة

3-3/1/2

أ- في حالة السماح بنسبة 5% من النتائج التي تقل عن المقاومة المطلوبة يحسب معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) الذي يعد الأساس لاختيار نسب الخلط بالاعتماد على الجدول (3-3/2/أ) ويحسب معامل الانحراف المعياري S_s بموجب الفقرتين (3-3/1) و (3-3/2).

الجدول 3-3/2/أ: معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة عندما تكون قيمها محسوبة اعتماداً على الانحراف

المعياري للنتائج بدرجة ثقة (95%) [9]

معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (ميكاباسكال)	مقاومة الانضغاط المحددة (ميكاباسكال)
تستعمل اكبر قيمة محسوبة من العلاقتين (3-3/1) و (3-3/2) $f'_{cr} = f'_c + 1.64S_s$ (3-3/1) $f'_{cr} > f'_c + 0.3f'_{cu} *$ (3-3/2)	$f'_c \leq 35$
تستعمل اكبر قيمة محسوبة من العلاقتين (3-3/1) و (3-3/3) $f'_{cr} = f'_c + 1.64S_s$ (3-3/1) $f'_{cr} = f'_c + 10$ (3-3/3)	$f'_c > 35$

* f'_{cu} : مقاومة انضغاط المكعبات الخرسانية ($f'_c / 0.8$)

ب - في حالة السماح بنسبة 1% من النتائج التي تقل عن المقاومة المطلوبة يحسب معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) الذي يعد الأساس لاختيار نسب الخلط بالاعتماد على الجدول (3-3/2/ب) ويحسب معامل

الجدول 3-2/3ب: معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة عندما تكون قيمها محسوبة اعتمادا على الانحراف المعياري للنتائج بدرجة ثقة 99% [1]

معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (ميكاباسكال)	مقاومة الانضغاط المحددة (ميكاباسكال)
تستعمل اكبر قيمة محسوبة من العلاقتين (4/3-3) و(5/3-3) $f'_{cr} = f'_c + 1.34 S_s \dots (4/3-3)$ $f'_{cr} = f'_c + 2.33 S_s - 3.5 \dots (5/3-3)$	$f'_c \leq 35$
تستعمل اكبر قيمة محسوبة من العلاقتين (4/3-3) و(6/3-3) $f'_{cr} = f'_c + 1.34 S_s \dots (4/3-3)$ $f'_{cr} = 0.9f'_c + 2.33 S_s \dots (6/3-3)$	$f'_c > 35$

3-2/2/3/1-2 عندما لا تتوافر لدى الجهة المنتجة للخرسانة نتائج فحوص حقلية لحساب معامل الانحراف المعياري S_s المستوفي لمتطلبات الفقرتين (1/1/3-3) أو (2/1/3-3) عندئذ يجب حساب معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) من الجدولين (3/3/3-3) و(3/3/3-ب) ويكون توثيق معدل مقاومة الانضغاط بموجب متطلبات البند (3/3-3).

الجدول 3-3/3/3أ: معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة عند عدم توافر بيانات لحساب الانحراف المعياري للنماذج بدرجة ثقة (95%)

معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (ميكاباسكال)	مقاومة الانضغاط المحددة (ميكاباسكال)
$f'_{cr} = f'_c + 0.6f'_c$	$f'_c \leq 21$
$f'_{cr} = f'_c + 13$	$f'_c > 21$

الجدول 3-3/3/3ب: معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة عند عدم توافر بيانات لحساب الانحراف المعياري للنماذج بدرجة ثقة (99%)

معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (ميكاباسكال)	مقاومة الانضغاط المحددة (ميكاباسكال)
$f'_{cr} = f'_c + 7.0$	$f'_c < 21$
$f'_{cr} = f'_c + 8.3$	$21 \leq f'_c \leq 35$
$f'_{cr} = 1.10f'_c + 5.0$	$f'_c > 35$

3-3/3 توثيق معدل مقاومة الانضغاط

- إن التوثيق المطلوب الذي يضمن جعل نسب خلط الخرسانة المنتجة تحقق معدل مقاومة انضغاط مساوية أو أكبر لمعدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) يجب أن يتألف من:
- أ- سجل نتائج الفحوص الحقلية (الموقعية) لمقاومة الخرسانة أو:
 - ب- سجلات نتائج متعددة لفحوص مقاومة الخرسانة أو:
 - ج- الخلطات التجريبية.

1/3/3-3

- أ- في حالة اعتماد سجل نتائج الفحوص لحساب معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) بموجب الفقرتين (1/1/3-3) و (2/1/3-3) يجب أن تكون المواد المستعملة لإنتاج الخرسانة المطلوبة مماثلة للمواد المستعملة في سجل الفحوص .
- ب- المتغيرات في المواد المستعملة والظروف المصاحبة ونسب الخلط التي يتضمنها سجل الفحوص ينبغي أن تكون مشابهة قدر الإمكان لتلك التي ستعمل في العمل.
- ج- لأغراض توثيق معدل المقاومة المتوقعة، يجب أن يشتمل سجل نتائج الفحوص على عشرة فحوص متعاقبة عندما يكون عدد الفحوص اقل من ثلاثين فحصاً أو أن هذه الفحوص المسجلة تمت خلال فترة زمنية لا تقل عن 45 يوماً.
- د- نسب الخلط المطلوبة للخرسانة يمكن أن يستحصل عليها بإجراء استكمال خطي (linear interpolation) بين قيم المقاومة وقيم نسب الخلط لسجلي فحصين أو أكثر من الفحوص التي تليها جميعها متطلبات الفقرة (1/3/3-3).

2/3/3-3 عند عدم وجود سجل معتمد لنتائج الفحوص الحقلية فينبغي أن تحقق نسب خلط الخرسانة

المستنبطة على أساس الخلطات التجريبية المتطلبات التالية:

- أ- استعمال المواد المجهزة في موقع العمل لإجراء الخلطات التجريبية.
- ب- يجب ان تحقق نسب الخلط المستعملة في الخلطات التجريبية مجالا لمقاومة الانضغاط يقع ضمنه معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة f'_{cr} ويحقق متطلبات الديمومة بموجب الباب الثاني.
- ج- يجب أن يكون هطول الخرسانة الطرية في الخلطات التجريبية ضمن الحدود المطلوبة في العمل.
- د- يجب صب ومعالجة ثلاثة مكعبات بقياس (150×150×150) مم أو اسطوانتين بقياس (300×150) مم أو ثلاث اسطوانات بقياس (200×100) مم على الأقل لكل خلطة تجريبية. كما تفحص هذه النماذج بعمر 28 يوماً أو بالعمر المحدد للحصول على المقاومة التصميمية المطلوبة (f'_c).

هـ- ينبغي أن تستعمل نتائج مقاومة الانضغاط بالأعمار المطلوبة التي استخرجت من الخلطات التجريبية لاستنباط نسب الخلط لإنتاج الخرسانة المطلوبة في العمل. كما ينبغي أن تحقق الخلطة الخرسانية المقترحة معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة في البند (3-2/3) وتحقق متطلبات الديمومة المنصوص عليها في الباب الثاني.

3-4 نسب الخلط عند عدم وجود الخلطات التجريبية أو الخبرة الحقلية [1 ، 2]

3-4/1 في حالة كون المقاومة التصميمية للخرسانة لا تزيد على (35 ميكاباسكال) وعند عدم وجود البيانات المشار إليها في الفصل (3-3)، فإن نسب الخلط للخرسانة ينبغي أن تحدد اعتماداً على الخبرة والمعلومات المتوفرة بعد استحصال موافقة الجهة الاستشارية. ويجب أن يكون معدل مقاومة الانضغاط المستعملة كأساس لاختيار نسب خلط (f'_{cr}) للخرسانة المنتجة باستعمال مواد مشابهة لتلك التي ستستعمل في العمل أكبر من المقاومة التصميمية المطلوبة f'_c بمقدار (8 ميكاباسكال) على الأقل.

3-4/2 يجب أن تحقق نسب الخلط متطلبات الديمومة بموجب الباب الثاني ومعايير فحص مقاومة الانضغاط المشار إليها في الفصل (3-6).

3-5 تخفيض معدل مقاومة الانضغاط [1 ، 2]

عند توافر بيانات مقاومة الانضغاط خلال تقدم العمل فيمكن تقليل المقدار التي تزيد فيه معدل مقاومة الانضغاط (f'_{cr}) المطلوبة على المقاومة التصميمية (f'_c) على أن يؤخذ في الحسبان ما يلي :-
أ- وجود نتائج 30 فحصاً أو أكثر وان يكون معدل نتائجها (الذي حسب باستعمال معامل الانحراف المعياري للنماذج أو المحسوب بموجب الفقرة (3-1/2/3)) يتجاوز متطلبات الفقرة (3-1/1/3) أو

ب- وجود نتائج 15-29 فحصاً وأن يكون معدلها (الذي حسب باستعمال معامل الانحراف المعياري للنماذج أو المحسوب بموجب الفقرة (3-1/2/3)) يتجاوز متطلبات الفقرة (3-2/1/3).
ج- تحقق متطلبات ظروف التعرض (exposure categories) بموجب متطلبات الباب الثاني.

3-6 تقويم وقبول الخرسانة [1 ، 2]

3-6/1 يجب فحص الخرسانة بموجب متطلبات البنود (3-2/6) إلى (3-5/6). ولا بد من إجراء الفحوص على الخرسانة الطرية من قبل فنيين مؤهلين في موقع العمل. تهيأ النماذج المطلوبة لإجراء فحوص المقاومة على أن يؤخذ في الحسبان ما يلي:

- أ- تهيئة النماذج المطلوبة لغرض المعالجة تحت الظروف الموقعية (الحقلية) .
- ب- تهيئة النماذج المطلوبة لغرض الفحص في المختبر .
- ج- تسجيل درجة حرارة الخرسانة الطرية للنماذج التي ستفحص .

3-6/2 تكرار الفحوص

3-6/1

أ- تؤخذ النماذج (samples) لفحوص المقاومة لكل نوع من أنواع الخرسانة المستعملة في اليوم الواحد بموجب الجدول (3-6/4) على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم أيها أكثر تكراراً.

الجدول 3-6/4: تكرار النماذج بحسب مقاومة انضغاط الخرسانة

تكرار العينات	مقاومة انضغاط الخرسانة (ميكاباسكال)
نموذج لكل 10 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	32
نموذج لكل 25 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	28 - 20
نموذج لكل 50 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	12

ب- تؤخذ النماذج (samples) لفحوص المقاومة لكل نوع من أنواع الخرسانة المستعملة في اليوم الواحد بالاعتماد على نوع العناصر الإنشائية أو المنشآت بموجب الجدول (3-6/5) على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم أيها أكثر تكراراً.

الجدول 3-6/5: تكرار النماذج بحسب نوع المنشأ

تكرار العينات	نوع المنشأ
نموذج واحد لكل 10 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	الأعمدة والعتبات
نموذج واحد لكل 25 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	منشآت خزانات المياه (water retaining structures)
نموذج واحد لكل 50 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	المنشآت الرئيسية من الخرسانة المسلحة
نموذج واحد لكل 100 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	خرسانة كتلية غير مسلحة (mass concrete) ذات مقاومة انضغاط أكبر من (16 ميكاباسكال)
نموذج واحد لكل 200 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	خرسانة كتلية غير مسلحة (mass concrete) ذات مقاومة انضغاط أقل من (16 ميكاباسكال)

ج - في حالة اختلاف عدد النماذج بموجب الفقرتين (أ، ب) المذكورتين انفا" يعتمد العدد الاكبر منها

3-2/6 في حالة كون حجم الخرسانة المجهزة للمشروع لا يسمح بالحصول على خمس عينات على الأقل لكل نوع من أنواع الخرسانة المستعملة، فتنخب خمس عينات بصورة عشوائية من وجبات الخرسانة المجهزة. وفي حالة كون كمية الخرسانة المجهزة لا تسمح بانتخاب خمس عينات فتنخب عينة من كل وجبة من وجبات الخرسانة المجهزة.

3-3/2 يعرف نموذج الفحص (strength test) للنموذج الواحد (sample) بأنه النموذج الذي يتألف من معدل نتائج فحص المقاومة لعينتين من اسطوانتين بمقاسات 150مم×300مم على الأقل أو معدل نتائج فحص المقاومة لثلاث اسطوانات بمقاس 100مم×200مم على الأقل أو معدل نتائج فحص المقاومة لثلاث عينات من مكعبات بمقاس 150مم×150مم×150مم على الأقل. تفحص جميع العينات بعمر 28 يوماً أو بموجب العمر المحدد في المخططات وجداول الكميات.

3-3/6 عينات المعالجة القياسية (Standard-Cured Specimens)

3-3/6-1 يجب أن تؤخذ عينات نماذج فحوص المقاومة بموجب أي مواصفة أخرى ذات علاقة يوافق عليها رب العمل.

3-3/6-2 يتم نمذجة ومعالجة وفحص المكعبات أو الاسطوانات الخرسانية بموجب المواصفة العراقية 3829 لسنة 2002 أو أي مواصفة مماثلة ذات علاقة تعتمد عليها الجهة المستفيدة.

3-3/6-3 تعد نتائج فحص المقاومة (strength test) لأي نوع من أنواع الخرسانة المستعملة مقبولة عند تحقق المتطلبات التالية:

- أ- في حالة السماح بنسبة 5% من النتائج تقل عن المقاومة المطلوبة تطبق الاشتراطات التالية:
 1. يجب أن يزيد المعدل الحسابي (Arithmetic average) لنتائج اي ثلاثة فحوص متعاقبة على المقاومة المطلوبة بمقدار (3.5 ميكاباسكال) عندما تقل المقاومة المطلوبة عن (35 ميكاباسكال) او بمقدار $(0.1 f_c)$ عندما تساوي المقاومة المطلوبة او تزيد على (35 ميكاباسكال).
 2. يجب أن لا تقل مقاومة الانضغاط لأي عينة من عينات فحوص المقاومة عن المقاومة المطلوبة بمقدار (2 ميكاباسكال) للخرسانة التي لا تزيد مقاومة الانضغاط المطلوبة لها على (35 ميكاباسكال) ولا عن $(0.07 f_c)$ للخرسانة التي تزيد مقاومة الانضغاط المطلوبة لها على (35 ميكاباسكال) . وعند استعمال المكعبات الخرسانية بدلا من العينات الاسطوانية فتستعمل معاملات تحويل مناسبة لغرض تعديل مقاومة انضغاط المكعبات الى ما يكافؤها من مقاومة انضغاط الاسطوانات.

ب- في حالة السماح بنسبة 1% من النتائج تقل عن المقاومة المطلوبة تطبق الاشتراطات التالية:

1. يكون المعدل الحسابي (arithmetic average) لنتائج اية ثلاثة فحوص متعاقبة (three consecutive strength test) مساويا او يزيد على مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_c).
2. يجب أن لا تقل مقاومة الانضغاط لأي عينة من عينات فحوص المقاومة عند استعمال النماذج الاسطوانية عن مقاومة الانضغاط المطلوبة بمقدار (3.5 ميكاباسكال) للخرسانة التي لا تزيد مقاومة الانضغاط المطلوبة لها على (35 ميكاباسكال) ولا عن ($0.1f'_c$) للخرسانة التي تزيد مقاومة الانضغاط المطلوبة لها على (35 ميكاباسكال). وعند استعمال المكعبات الخرسانية بدلا من العينات الاسطوانية فتستعمل معاملات تحويل مناسبة لغرض تعديل مقاومة انضغاط المكعبات الى ما يكافؤها من مقاومة انضغاط الاسطوانات.

4/3/6-3 عندما يقل عدد الفحوص عن ثلاثة، يؤخذ المعدل للعدد الموجود من الفحوص ويجرى التقويم بموجبه.

5/3/6-3 في حالة فشل أي فحص مقاومة في مطابقة متطلبات أي من العبارتين الثانويتين ($2-3/3/6-3$) او ($2-3/3/6-3$) فان الخرسانة الممثلة بهذا الفحص فقط تعد غير مطابقة لمتطلبات المقاومة.

6/3/6-3 في حالة فشل اكثر من فحص واحد للمقاومة في مطابقة متطلبات العبارة الثانوية ($2-3/3/6-3$) او ($2-3/3/6-3$) او اذا فشل معدل مقاومة لأي ثلاث نتائج متعاقبة للمقاومة في مطابقة متطلبات العبارة الثانوية ($1-3/3/6-3$) او ($1-3/3/6-3$) فتعد الخرسانة الممثلة بالمجاميع الثلاثة المتعاقبة غير مطابقة لمتطلبات المقاومة.

7/3/6-3 في حالة عدم تحقق متطلبات الفقرة ($3/3/6-3$) يجب اتخاذ التدابير لزيادة معدل نتائج مقاومة الانضغاط لعينات الفحص (strength test) وعند عدم تحقق متطلبات العبارة ($3/3/6-3$) فتعتمد المتطلبات المذكورة في البند ($5/6-3$).

4/6-3 النماذج المعالجة حقلياً (Field-Cured Specimens)

1/4/6-3 يجب أن تتيسر نتائج فحوص المقاومة للنماذج المعالجة تحت الظروف الحقلية في حالة رغبة الجهة المشرفة الحصول عليها.

2/4/6-3 تجرى الفحوص المشار إليها في الفقرة ($1/4/6-3$) بموجب أي مواصفة يوافق عليها رب العمل.

3/4/6-3 تؤخذ النماذج المعالجة حقلياً وتصب في القوالب في وقت صب النماذج المعالجة مختبرياً نفسه ومن العينة نفسها.

4/4/6-3 يجب تحسين إجراءات الحماية ومعالجة الخرسانة في حالة كون نتائج المقاومة للعينات المعالجة حقلياً عند عمر الفحص المطلوب اقل من (85%) من نتائج المقاومة لنظيراتها المعالجة مختبرياً. أما

إذا كانت مقاومة العينات المعالجة حقلياً تزيد على (f'_c) بأكثر من 3.5 ميكاباسكال عندئذ لا داعي لتطبيق حدود النسبة (85%).

3-6/5 التحقق من القيم المنخفضة لنتائج فحص المقاومة

3-6/5/1 إذا كانت أي من نتائج فحص المقاومة المذكورة في الفقرة (3-6/3/3) للعينات المعالجة مختبرياً تقل عن (f'_c) بمقدار يزيد على القيم المثبتة في العبارتين الثانويتين (3-6/3/3-أ/2 أو 3-6/3/3-ب/2) أو إذا كانت نتائج فحوص العينات المعالجة حقلياً تؤكد عدم كفاية الحماية والمعالجة بموجب الفقرة (3-6/4) ففي هذه الحالة يجب اتخاذ الإجراءات اللازمة للتأكد من سعة المنشأ لتحمل (Load carrying capacity) بأنها غير معرضة للخطر.

3-6/5/2 إذا ثبت احتمالية أن الخرسانة قليلة المقاومة وبينت الحسابات أن قابلية التحمل قد تأثرت بشكل ملموس عندئذ يجب إجراء فحوص اللباب (core tests) لعينات تؤخذ من المنطقة المشكوك في تحملها. تجرى فحوص اللباب بموجب المواصفات العراقية أو أي مواصفة ذات علاقة تعتمد عليها الجهة المشرفة.

في مثل هذه الحالات تؤخذ عينات فحص اللباب (cores) لكل فحص مقاومة يقل مقداره عن القيم المثبتة في العبارتين الثانويتين ((3-6/3/3-أ/2 أو 3-6/3/3-ب/2)).

3-6/5/3 تنقل عينات فحص اللباب إلى المختبر وهي رطبة في أوعية بلاستيكية لا تمتص الماء تغلق بإحكام لتفادي فقدان الرطوبة. وتفحص هذه النماذج بموجب متطلبات المواصفات العراقية النافذة أو أي مواصفة ذات علاقة تعتمد عليها الجهة المشرفة.

تفحص عينات اللباب بعد مدة لا تقل عن 48 ساعة ولا تزيد على سبعة أيام بعد اكتمال الحصول عليها من الخرسانة المراد التحقق من مقاومتها.

3-6/5/4 تعد خرسانة المنطقة التي أخذت منها نماذج اللباب مقبولة من الناحية الإنشائية إذا كان معدل مقاومة الانضغاط لثلاث عينات لباب لا تقل عن ($0.85 f'_c$) على شرط أن لا تقل مقاومة الانضغاط لأي من هذه النماذج الثلاثة عن ($0.75 f'_c$). كما يسمح باخذ عينات لباب اضافية لغرض الفحص من مناطق الخرسانة اذا كانت نتائج مقاومة المأخوذة منها شاذة او مشتتة.

3-6/5/5 إذا لم تتحقق معايير العبارة (3-6/5/4) ولم يتحقق من السلامة الإنشائية للخرسانة، فيمكن للجهات المخولة أن تطلب إجراء تقويم إنشائي للمنشأ اوجزه منه للتحقق من مطابقته لمعايير الامان بموجب هذه المدونة. ويجرى التقويم الانشائي بموجب المواصفات القياسية العراقية النافذة او اي مواصفات ذات علاقة يوافق عليها رب العمل أو تتخذ إجراءات أخرى مناسبة.

3-7 تهيئة آلات وعدد صب الخرسانة Preparation of Equipment and Place of Deposit [1 ، 2]

تتضمن التهيئة لصب الخرسانة الإجراءات التالية:

- أ- أن تكون كافة آلات وعدد خلط ونقل الخرسانة نظيفة.
- ب- يجب إزالة جميع المخلفات والأوساخ والأتربة والجليد (إن وجد) من منطقة صب الخرسانة.
- ج- يجب تزييت القوالب بصورة جيدة.
- د- ينبغي ترطيب وحدات البناء التي ستملأ بالخرسانة (masonry filler units) بالماء والتي تكون بتماس مباشر مع الخرسانة.
- هـ- ينبغي تنظيف سطوح قضبان التسليح جيداً من طبقات المواد الضارة.
- و- ينبغي التخلص من المياه الموجودة في مواضع صب الخرسانة قبل مباشرة الصب ما لم يتم تستعمل الآلات الخاصة بالصب تحت الماء (termite).
- ز- ينبغي تنظيف سطوح الخرسانة المتصلبة من غشاء الخرسانة (laitance) والمواد الغريبة الأخرى قبل مباشرة صب الخرسانة الإضافية الجديدة.

3-8 الخلط (Mixing) [1 ، 2]

- 3-8/1 ينبغي خلط الخرسانة بشكل جيد لحين الحصول على قوام متجانس لمكوناتها ويجب ان تفرغ الخلطة تماما من حاوية الخلط (mixer) قبل تعبئتها بخلطة جديدة.
- 3-8/2 ينبغي ان تتم عملية خلط ونقل الخرسانة الجاهزة (ready mixed concrete) وفقاً لمتطلبات إي مواصفة تعتمدها الجهة المشرفة.
- 3-8/3 يجب أن تجري عملية خلط الخرسانة في الموقع على وفق ما يلي:
 - أ- يجري الخلط باستعمال خلاطات (batch mixers) ذات نوعية توافق عليها الجهة المشرفة.
 - ب- تكون سرعة دوران الخلاط بموجب السرعة المحددة من قبل الشركة المصنعة.
 - ج- يستمر خلط الخرسانة لفترة لا تقل عن (1.5) دقيقة بعد أن يكتمل وضع جميع مواد الخلط في حاوية الخلط ما لم تعتمد مدة خلط اقل تحقق متطلبات تجانس الخلطة الخرسانية المنصوص عليها في المواصفات العراقية النافذة أو أي مواصفة تعتمدها الجهة المشرفة.
 - د- تجرى أعمال المناولة والتعبئة والخلط بموجب أي مواصفة تعتمدها الجهة المشرفة.
 - هـ- يجب تهيئة سجل لتوثيق ما يلي:

1. عدد الخلطات المنتجة.
2. نسب مواد الخلط المستعملة.
3. الموقع التقريبي لمحل صب الخرسانة في الموقع.
4. وقت وتاريخ خلط وصب الخرسانة.
5. يفضل اعتماد الخلط على أساس النسب الوزنية كلما كان ذلك ممكناً.
- 6.

3-9 نقل الخرسانة الطرية (Conveying of Fresh Concrete) [1 ، 2]

3-9/1 ينبغي إيصال الخرسانة إلى محل الصب النهائي بالطرائق التي تمنع انفصال المواد أو فقدانها.
3-9/2 يجب أن تكون آلات أو وسائل النقل لها القابلية على تجهيز الخرسانة الطرية إلى موقع الصب بدون أن يحدث انفصال لمكوناتها وبدون انقطاعات زمنية بين دفعات الخلطات المتعاقبة لمنع فقدان لدونة وقابلية تشغيل الخرسانة الطرية.

3-10 صب الخرسانة الطرية (Depositing of Fresh Concrete) [1 ، 2]

3-10/1 ينبغي وضع الخرسانة في أثناء الصب في محل قريب من موقعها النهائي كلما أمكن ذلك لتجنب انفصال مكوناتها نتيجة لانسيابها أو معالجتها يدويا.
3-10/2 ينبغي أن تجرى عملية صب الخرسانة الطرية بوتيرة تحافظ على استمرارية لدونها (طراوتها) لتتغلغل في الفراغات بين قضبان حديد التسليح بشكل انسيابي.
3-10/3 لا يجوز صب الخرسانة المعاد ترطيبها أو تلك التي أعيد خلطها بعد مرور فترة التصلب الابتدائي إلا بموافقة الجهة المشرفة.

3-10/4 ينبغي أن تستمر عمليات صب الخرسانة بدون توقف لحين إكمال صب منطقة معينة معرفة بحدودها أو حددت مسبقا بفواصل ويستثنى من ذلك ما هو محدد بالفقرة الخاصة بالمفاصل الإنشائية في المواصفات الفنية للأعمال المدنية (م.ب.ع. 300) أو أي مدونة تعتمد عليها الجهة المشرفة.
3-10/5 ينبغي أن تكون السطوح العلوية للطبقات (lifts) الشاقولية للخرسانة المصبوبة وداخل القوالب مستوية بشكل عام.

3-10/6 عند الحاجة إلى وضع فواصل إنشائية، فتنفذ بموجب الفقرة الخاصة بالمفاصل الإنشائية في المواصفات الفنية للأعمال المدنية (م.ب.ع. 300) أو أي مدونة تعتمد عليها الجهة المشرفة.

3-10/7 يجب أن ترص الخرسانة الطرية بصورة جيدة بإتباع طرائق مناسبة خلال عملية الصب بحيث تتغلغل الخرسانة في الفراغات بين قضبان حديد التسليح والأجزاء المظمورة وعند أركان القوالب.

3-11 معالجة الخرسانة (Curing)

3-11/1 يجب أن تبقى الخرسانة رطبة مدة لا تقل عن سبعة أيام وأن لا تقل درجة الحرارة خلال هذه المدة عن (10م) ويستثنى من ذلك الخرسانة التي تحقق مقاومة عالية مبكرا (high-early strength concrete).

3-11/2 يجب أن تبقى الخرسانة التي تحقق مقاومة عالية مبكرا (high-early strength concrete) بحالة رطبة مدة بعد إكمال صبها لا تقل عن ثلاثة أيام على الأقل وأن تكون درجة الحرارة خلال هذه المدة أعلى من (10م) ما لم تنفذ المعالجة بموجب متطلبات الفقرة (3-11/3).

3/11-3 المعالجة المعجلة (Accelerated Curing)

1/3/11-3 لتسريع اكتساب المقاومة وتقليل مدة المعالجة ، يسمح باستعمال الوسائل التالية:

أ- المعالجة بالبخر عالي الضغط.

ب- المعالجة بالبخر تحت الضغط الجوي.

ج- المعالجة بالحرارة والرطوبة.

د- أي وسائل أخرى مقبولة.

2/3/11-3 عند مرحلة تحميل معينة، يجب أن تحقق المعالجة المعجلة للخرسانة مقاومة انضغاط لا تقل عن المقاومة التصميمية المطلوبة لتلك المرحلة.

3/3/11-3 يجب أن تحقق عملية المعالجة المعجلة متطلبات ديمومة مكافئة لمتطلبات الديمومة المشار إليها في الفقرتين (1/11-3) و(2/11-3).

12-3 متطلبات الصب في الطقس البارد (Cold Weather Requirements) [8 ، 2 ، 1]

1/12-3 يجب تهيئة الآلات المناسبة لتسخين مكونات خلط الخرسانة وحماية الخرسانة في أثناء الانجماد أو عندما يكون الطقس قريبا من حالة الانجماد.

2/12-3 يجب أن تكون مكونات الخرسانة وقضبان التسليح والقوالب والمواد المائلة والأرض الملامسة للخرسانة خالية من الجليد.

3/12-3 يجب عدم استعمال المواد المتجمدة أو تلك الحاوية على قطع الثلج.

13-3 متطلبات الصب في الطقس الحار (Hot Weather Requirements) [9 ، 2 ، 1]

عند الطقس الحار، ينبغي إيلاء عناية خاصة لمكونات الخرسانة وطرائق إنتاجها ومناولتها وصبها وحمايتها ومعالجتها لمنع حدوث ارتفاع ملموس في درجة حرارة الخرسانة أو تبخر الماء منها. إن هذه الأمور قد تؤثر سلبا في المقاومة والمتطلبات الخدمية للعناصر والمنشآت الخرسانية.

[1] ACI Committee 318 (2008), “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 473 pp.

[2]

مركز بحوث البناء - مؤسسة البحث العلمي، "الكود العراقي للخرسانة المسلحة"، بغداد، 1987، 68 صفحة.

[3] ACI Committee 211, “*Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete (ACI 211, 2-98) (Reapproved 2004)*”, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1998, 20pp.

[4] ASTM C1077-07, “*Standard Practice for Laboratories Testing Concrete for Laboratory Evaluation*,” ASTM, West Conshohocken, PA, 2007, 6pp.

[5] ASTM D3665-07, “*Standard Practice for Random Sampling of Construction Materials*,” ASTM, West Conshohocken, PA, 2007, 13pp.

[6] ACI Committee 214, “*Evaluation of Strength Test Results of Concrete (ACI 214R-02)*”, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2002, 20pp.

[7] ACI Committee 306, “*Cold Weather Concreting (ACI 306R-88) (Reapproved 2002)*,” American Concrete Institute, Farmington Hill, MI, 1988, 23 pp.

[8] ACI Committee 305, “*Hot Weather Concreting (ACI 305R-99) (Reapproved 2002)*,” American Concrete Institute, Farmington Hill, MI, 1999, 20 pp

[9] التميمي / علي عبد الحسين ، البحراني / حسين شاكر ، صالح/ حيدر حسين، عبد الحسين/ حيدر علي ومحمد علي/ سرمد " مناقشة احصائية لطريقة تقويم الخرسانة بموجب الكود العربي الموحد للخرسانة "، بحث مقدم الى مشروع المدونات العراقية وتطبيق الكودات العربية الموحدة للبناء / وزارة الاعمار والاسكان العراقية / 2014، 20 صفحة.

الباب 4

القوالب، والاجزاء المطمورة، والمفاصل الانشائية وتفاصيل حديد التسليح Formwork, Embedments, Construction Joints and Reinforcement Details

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

4-1 تصميم القوالب [1 ، 4]

4-1/1 يجب ان تصمم القوالب بحيث تعطي الشكل النهائي للمنشأ الذي يتلاءم مع الاشكال والمحاور ومقاسات العناصر الانشائية كما هو مثبت في المخططات التصميمية والمواصفات.

4-1/2 يجب أن تكون القوالب متينة جيدة الاحكام بحيث تمنع تسرب المونة.

4-1/3 يجب أن تكون القوالب مدعمة بصورة جيدة ومربوطة مع بعضها بحيث تحافظ على موقعها وشكلها.

4-1/4 يجب أن تصمم القوالب ومساندها بحيث لا تلحق ضرراً بأجزاء المنشأ المنفذة سابقاً.

4-1/5 عند تصميم القوالب يجب أخذ العوامل التالية في الحسبان:

أ- معدل تجهيز وطريقة صب الخرسانة.

ب- الأحمال المسلطة في أثناء التنفيذ شاملة الأحمال الشاقولية والافقية واحمال الصدم.

ج- المتطلبات الخاصة بقوالب المنشآت القشرية والصفائح المطوية والقباب والخرسانة المستعملة للأغراض المعمارية والعناصر المشابهة الأخرى.

4-2 رفع القوالب والمساند واعادة الاسناد [1 ، 2]

4-2/1 رفع القوالب (Removal of Forms)

يجب رفع القوالب بطريقة لا تؤثر في الأداء الوظيفي للمنشأ من حيث التحمل والاستعمال، وان تكون مقاومة الخرسانة بعد رفع القوالب (Removal of Forms) ذات مقدار كاف لمنع حدوث اضرار فيها في اثناء رفع القوالب.

4-2/2 رفع المساند واعادة الاسناد (Removal of Shoring and Reshoring)

تطبق الاشتراطات المنصوص عليها في الفقرات التالية على البلاطات والعتبات ماعدا تلك التي تصب مباشرة على الارض. ويكون المتعهد بالتنفيذ مسؤولاً عن وضع خطة عمل للكيفية التي يتم

- بها رفع الاسناد عن القوالب او اعادته ومسؤولاً عن تقديم حسابات الاحمال التي ستنتقل الى المنشأ في اثناء رفع واعادة اسناد القوالب على ان يتم تنفيذ ذلك بموجب التالي:
- أ- يقوم المتعهد بالتنفيذ بتقديم التحليل الانشائي وبيانات مقاومة الانضغاط للخرسانة التي ستستعمل للتهيئة لرفع القوالب والاسناد عند طلب رب العمل ذلك.
- ب- لا يجوز اسناد احمال التشييد او رفع الاسناد عن اي جزء من اجزاء المنشأ تحت التنفيذ ما لم يكتسب ذلك الجزء من المنشأ مع الاجزاء الاخرى المكمله له ونظام اسناده المقاومة الكافية (sufficient strength) لاسناد وزنه الذاتي واحمال التشييد الاخرى المسلطة عليه.
- ج- يتم التأكد من التحمل الكافي للمنشأ بواسطة التحليل الانشائي تحت تأثير الاحمال المفترضة وتحمل القوالب وانظمة الاسناد ومقدار مقاومة الخرسانة. ويتم التحقق من مقدار مقاومة الانضغاط للخرسانة باعتماد فحوص لنماذج اسطوانية او مكعبات من الخرسانة معالجة حقلياً او بطرائق اخرى شرط موافقة الجهة المستفيدة.

3-4 الاجزاء المطمورة في الخرسانة (Embedments in Concrete) [1 ، 2]

- 1/3-4 يسمح بطمر مختلف المواد المصنعة من مواد غير ضارة في الخرسانة بموجب متطلبات هذه الفقرة شرط عدم عدها بديلاً "إنشائياً" للخرسانة المزاحة.
- 2/3-4 يجب ان يغلف اي جزء مطمور في الخرسانة مصنوع من الالمنيوم لمنع تفاعله مع الخرسانة اولمنع الفعل الالكتروليتي (electrolytic action) بين الالمنيوم والحديد.
- 3/3-4 يجب ان لا تؤثر الانابيب والمقاطع الفولاذية وكافة الاجزاء المطمورة التي تمتد داخل العناصر الانشائية كالبلاطات والجدران والعتبات في مقاومة هذه العناصر تأثيراً كبيراً.
- 4/3-4 يجب ان لا تزيح القنوات والانابيب ومثبتاتها التي تمتد داخل العمود اكثر من (4%) من مساحة مقطعه العرضي الذي اعتمد في حساب المقاومة او المقطع اللازم للحماية من الحريق.
- 5/3-4 يجب ان تخضع الانابيب والقنوات المثبتة داخل العناصر الخرسانية (عدا العابر منها) للشروط التالية:
- أ- يجب ان لا يزيد البعد الخارجي للجزء المطمور على $(\frac{1}{3})$ سمك البلاطة او الجدار او العتبة المطمور داخلها.
- ب- يجب ان لا تقل المسافة بين محاور مراكز الاجزاء المطمورة على ثلاثة امثال قطرها او عرضها.
- ج- يجب ان لا تؤثر الاجزاء المطمورة في متانة التشييد تأثيراً كبيراً.
- 6/3-4 يمكن عد الانابيب والقنوات المطمورة في الخرسانة بديلاً إنشائياً للخرسانة المزاحة عندما تكون تحت تأثير اجهادات الضغط اذا تحقق ما يلي:

أ- اذا لم تكن معرضة للصدأ او اي ضرر آخر.

ب- اذا كانت مصنوعة من الحديد المغلون او غير المغلف او من الفولاذ بحيث لا يقل سمكها عن سمك الانابيب الفولاذية المعتمدة.

ج- ان لا يزيد قطرها الداخلي الاسمي على (50مم) ولا تقل المسافة بين محاور مراكزها عن ثلاثة امثال قطرها.

4-3/7 تصمم الانابيب ومثبتاتها لتقاوم تأثيرات المواد والضغط والحرارة التي ستتعرض لها.

4-3/8 لا يجوز امرار اي سائل او غاز او بخار في الانابيب المطبورة ما لم تكتسب الخرسانة مقاومتها التصميمية ويستثنى من ذلك الماء الذي لا تتجاوز درجة حرارته (32°م) وضغطه لا يزيد على (0.35) ميكاباسكال.

4-3/9 توضع الانابيب المطبورة في البلاطات المصمتة (solid slabs) بين التسليح العلوي والسفلي ما لم تستعمل هذه الانابيب لغراض التسخين بالحرارة الاشعاعية او اذابة الثلج.

4-3/10 يجب ان لا يقل الغطاء الخرساني للانابيب والقنوات ومثبتاتها عن (40مم) للخرسانة المعرضة للظروف الجوية او الملامسة للتربة، ولا يقل عن (20 مم) في حالة عدم تعرض الخرسانة لمثل هذه الظروف.

4-3/11 تستعمل قضبان تسليح بمساحة لا تقل عن (0.002) من مساحة المقطع الخرساني بشكل متعامد مع الانابيب.

4-3/12 يجب ان تُشكّل وتثبت الانابيب والقنوات المطبورة بطريقة لا تؤدي الى قطع وحني او ازاحة قضبان التسليح من مواقعها.

4-4 المفاصل الإنشائية (Construction Joints) [1 ، 2]

4-4/1 ينبغي تنظيف سطوح المفاصل الانشائية وازالة غطاء الخرسانة او القشرة السمنتية (laitance) عنها.

4-4/2 ينبغي ترطيب المفاصل الانشائية وازالة الماء المتجمع فيها مباشرة قبل صب الخرسانة الجديدة.

4-4/3 يجب تنفيذ واختيار مواقع المفاصل الانشائية بحيث لا تؤثر سلباً في مقاومة المنشأ ومن الضروري اتخاذ التدابير اللازمة لنقل قوى القص والقوى الاخرى خلال هذه المفاصل. لاحظ (8-9/4/5)

4-4/4 ينبغي ان تكون مواقع المفاصل الانشائية في البلاطات والعتبات والروافد ضمن ثلث الفضاء الوسطي.

4-4/5 يجب ان تحرف المفاصل الانشائية في الروافد (girders) عن مواقعها بمسافة صغرى لا تقل عن ضعف عرض العتبات القاطعة لها.

4-6/4 يجب ان لا يباشر صب العتبات والروافد والبلاطات المستندة الى اعمدة او جدران ما لم يكتمل تصلب خرسانة العناصر الشاقولية الساندة.

4-7/4 يجب ان تصب العتبات (beams) والروافد (girders) والاكثاف (haunches) والالواح المتدلية (drop panels) وقبعات القص (shear caps) وتيجان الاعمدة (capitals) في وقت واحد مع السطحات (slab system) ما لم يذكر خلاف ذلك في المخططات التصميمية والمواصفات.

4-5 تفاصيل حديد التسليح (Details of Reinforcement) [1 ، 2 ، 5 ، 6 ، 7]

4-1/5 العققات القياسية (Standard Hooks)

يقصد بمصطلح (العققة القياسية) المستعملة في هذه المدونة احد التعاريف التالية:

4-1/1/5 حني القضبان بزاوية (180°) مع امتداد مقداره (4d_b) على ان لا يقل هذا الامتداد عن (65 مم) عند النهايات الحرة للقضبان.

4-2/1/5 حني القضبان بزاوية (90°) مع امتداد مقداره (12 d_b) عند النهايات الحرة للقضبان.

4-3/1/5 عققات الاطواق (stirrups) والرباطات المستعرضة (lateral ties).

أ- قضبان بقطر (16مم) أو اقل: حني القضبان بزاوية (90) درجة مع امتداد مقداره (6 d_b) عند النهايات الحرة للقضبان ؛ أو

ب- قضبان بقطر (20مم) و(22مم) و(25مم): حني القضبان بزاوية (90) درجة مع امتداد مقداره (12d_b) عند النهايات الحرة للقضبان.

ج- قضبان بقطر (25مم) واقل: حني القضبان بزاوية (135) درجة مع امتداد مقداره (6d_b) عند النهايات الحرة للقضبان.

4-2/5 الاقطار الأقل للحني (Minimum Bend Diameters)

4-1/2/5 يبين الجدول (4-1/5) الاقطار الدنيا لحنية القضبان مقاسة من الوجه الداخلي لها، باستثناء قضبان الاطواق والرباطات المستعرضة.

الجدول 4-1/5: الاقطار الأقل للحني للقضبان [1]

القطر الأقل للحنية	مقاس قطر القضبان (مم)
6d _b	25-10
8 d _b	35-30
10 d _b	56-42

2/2/5-4 يجب ان لا يقل القطر الداخلي لعققات الاطواق والرباطات المستعرضة لاقطار لا تزيد على (16مم) عن (4d_b) اما للقضبان التي يزيد قطرها على (16 مم) ، فإن قطر الحنية لها يكون بموجب ما ورد في الجدول (2/5-4).

الجدول 2/5-4: الاقطار الأقل لحني الاطواق والرباطات المستعرضة [1]

القطر الأقل للحني	مقاس قطر القضبان (مم)
4 d _b	16-10
6 d _b	25-18
8 d _b	35-30
10 d _b	56-42

3/2/5-4 يجب ان لا يقل القطر الداخلي للحنية في اسلاك التسليح الملحومة المستعملة للأطواق والرباطات المستعرضة عن (4d_b).

3/5-4 حني القضبان (Bending)

1/3/5-4 يجب ان تحنى قضبان التسليح بدون تسخين ما لم تحصل الموافقة على ذلك من قبل الجهات التصميمية المختصة.

2/3/5-4 يجب ان لا تحنى القضبان المطمورة جزئياً (partially embedded) في الخرسانة موقعياً ما لم يسمح بذلك في المخططات التصميمية او تستحصل موافقة الجهات التصميمية المختصة.

4/5-4 مظهر سطح حديد التسليح (Surface Conditions of Reinforcement)

1/4/5-4 عند صب الخرسانة ، يجب ان يكون سطح حديد التسليح خالياً من الاطيان والزيوت أو أي طلاء غير معدني يؤدي الى تقليل الترابط مع الخرسانة. ويسمح بطلاء القضبان بمادة الايبوكسي بموجب المواصفات التي يعتمدها رب العمل.

2/4/5-4 يمكن قبول قضبان حديد التسليح التي يكون على سطحها صدأ أو قشور ناتجة من الدلفنة في الصنع (mill scale) او كلاهما، شريطة ان تكون الابعاد الأقل (بما فيها ارتفاع الحزوز مطابقة لما جاء في المواصفات التي يعتمدها رب العمل

4-5/5 وضع وتثبيت حديد التسليح (Placing of Reinforcement)

4-5/5/1 يجب تثبيت حديد التسليح وحديد سبق الاجهاد وقنوات سبق الاجهاد اللاحق في مواقعها بدقة وان تسند جيدا قبل صب الخرسانة كما يجب ضبط مواقعها بحيث تكون الازاحة ضمن التفاوتات المسموحة كما مبين في العبارتين الثانويتين (4-5/5/1) و (4-5/5/2).

4-5/5/1 تكون التفاوتات المسموحة للعمق الفعال (d) والحد الأدنى للغطاء الخرساني في العناصر المعرضة للانحناء والانضغاط والجدران بموجب ما مثبت في الجدول (4-5/3).

الجدول 4-5/3: النقصان المسموح فيما يخص الحد الأدنى لكل من العمق الفعال وغطاء الخرسانة

للعناصر المعرضة للانحناء والانضغاط والجدران [1]

العمق الفعال (مم)	النقصان المسموح فيما يخص الحد الأدنى للعمق الفعال (مم)	النقصان المسموح فيما يخص الحد الأدنى للحد الأقل لغطاء الخرسانة (مم)
$d \leq 200$	± 10	-10
$d > 200$	± 13	-13

كما ان التفاوت المسموح للحد الأقل لغطاء الخرسانة يجب ان لا يتجاوز ثلث سمك الغطاء الخرساني المثبت في المخططات التصميمية والمواصفات الفنية الخاصة بالمشروع.

4-5/5/2 التفاوتات المسموحة بالمواقع الطولية للثني ونهايات حديد التسليح تكون بمقدار (± 50) مم عدا النهايات الطرفية للكثائف (corbels) حيث تكون السماحات بمقدار (± 13 مم) وتكون السماحات في النهايات الطرفية لبقية العناصر بمقدار (± 25 مم)، كما يجب استعمال سماحات غطاء الخرسانة المثبتة في (4-5/5/1) للنهايات الطرفية للعناصر الخرسانية.

4-5/5/2 لا يسمح بلحام القضبان المتقاطعة لاغراض تثبيت شبكات حديد التسليح الا بموافقة الجهات التصميمية المختصة.

4-5/6 حدود التباعد لحديد التسليح (Spacing Limits for Reinforcement)

4-5/6/1 يجب ان لا تقل المسافة الصافية بين قضبان التسليح المتوازية في الطبقة الواحدة عن قطر القضيب (d_b) أو عن (25مم) ايهما اكبر مع ملاحظة متطلبات (2-1/3/2).

4-5/6/2 في حالة توزيع قضبان حديد التسليح المتوازية على طبقتين أو اكثر، فيجب تثبيت قضبان التسليح في الطبقات العليا مباشرة فوق قضبان التسليح في الطبقات السفلى مع تأمين مسافة صافية بين الطبقات لا تقل عن (25 مم).

4-3/6/5 يجب ان لا تقل المسافة الصافية بين قضبان التسليح الطولية لأعضاء الانضغاط المحلزنة او المطوقة (spiral and tied compression members) عن (1.5 db) او عن (40 مم) ايهما اكبر مع مراعاة متطلبات الفقرة (2-3/2).

4-4/6/5 تطبق حدود المسافة الصافية بين قضبان التسليح على المسافات الصافية بين وصلات التراكب او الوصلات المتماسة والمتجاورة وكذلك القضبان.

4-5/6/5 يجب ان لا يزيد التباعد بين قضبان التسليح الرئيسية لمقاومة الانحناء في الجدران والبلاطات ما عدا الروافد الثانوية (joist) الخرسانية، على ثلاثة امثال سمك الجدار أو البلاطة او (450 مم) ايهما اقل.

4-6/6/5 حزم القضبان (Bundled Bars)

أ - يجب ان لا يزيد عدد القضبان المتوازية والمتماسة في الحزمة التي تعمل كمجموعة واحدة على اربعة قضبان.

ب - ينبغي ان تحاط حزم القضبان بأطواق (stirrups) أو رباطات مستعرضة (ties).

ج - لا يجوز استعمال الحزم في العتبات المسلحة (Beams) بقضبان يزيد قطرها على (32 مم).

د - في عناصر الانحناء المسلحة بحزم القضبان يجب ايقاف امتداد قضبان التسليح المفردة ضمن الحزم في مواقع مختلفة من فضاء العنصر بحيث تتباعد فيما بينها بمسافات متدرجة لا تقل عن (40 db).

هـ - عندما تكون متطلبات حدود التباعد (spacing limitation) وغطاء الخرسانة (concrete cover) مبنية على اساس قطر القضيب فينبغي معاملة حزم القضبان باعتبارها قضيب مفرد ذي قطر مكافئ لمساحات قضبان الحزمة.

4-7/5-4 حماية حديد التسليح بالخرسانة (Concrete Protection for Reinforcement)

4-1/7/5-4 الخرسانة المصبوبة موقعا (Cast-in-place concrete)

يجب ان يكون الحد الأقل لغطاء الخرسانة لحماية حديد التسليح كما في الجدول (4-4/5)، عدا الحالات التي يتطلب فيها غطاء حماية أكبر وفقا للفقرتين (4-4/7/5) أو (4-6/7/5).

الجدول 4-4/5: الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني لنوع المنشأ الخرساني

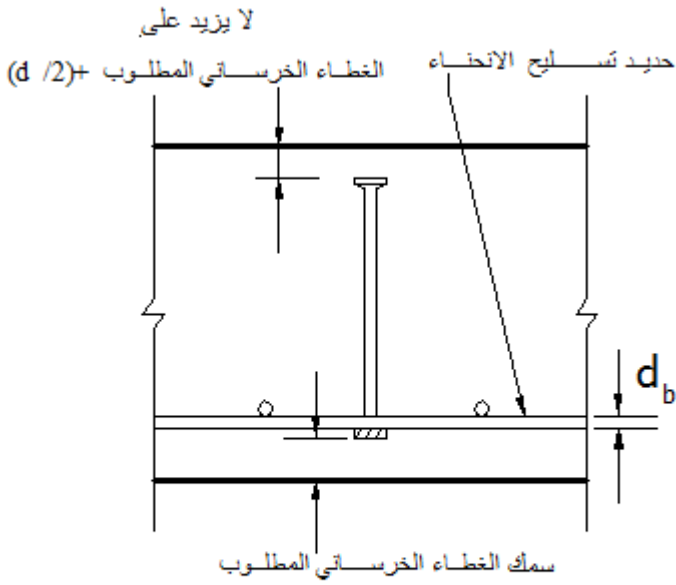
سمك غطاء الخرسانة (مم)	الحالة
75	1 الخرسانة المصبوبة على التربة مباشرة او على تماس دائم معها
	2 الخرسانة المعرضة للتربة والعوامل الجوية
50	قضيب ذو قطر 18 مم الى 57 مم:
40	قضيب ذو قطر 16 مم فأصغر او اسلاك من الصنف MW200 أو MD200
	3 الخرسانة غير المعرضة للعوامل الجوية أو غير الملامسة للتربة
	البلاطات والجدران والروافد الثانوية (joists):
40	قضبان ذات قطر 43 مم أو 57 مم
20	قضبان ذات قطر 36 مم فأصغر
	العتبات والاعمدة (beams and columns)
40	التسليح الرئيسي والاطواق والتسليح الحلزوني (spirals) والرباطات المستعرضة
	الأعضاء القشرية والصفائح المطوية (Shells, folded plate members)
20	قضبان ذات قطر 18 مم فأكبر
13	قضبان ذات قطر 16 مم فأصغر او اسلاك من الصنف MW200 او MD200.

4-4/5/2 حزم القضبان (Bundled Bars)

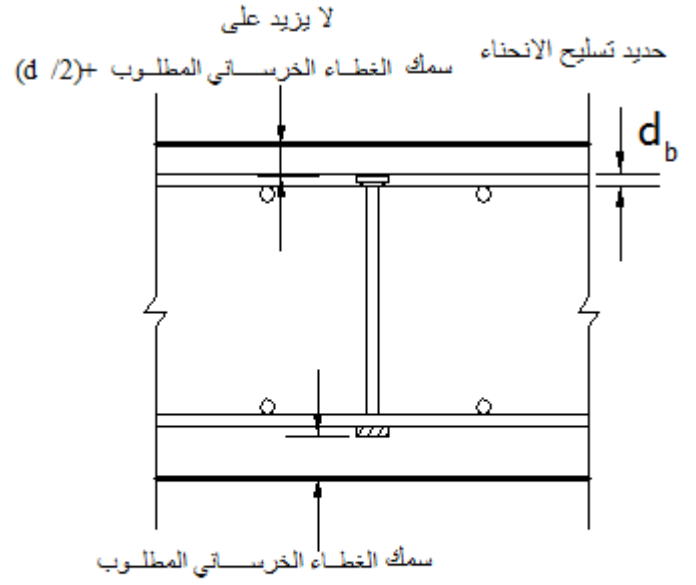
يجب ان لا يقل سمك غطاء الحماية لحزم القضبان عن القطر المكافئ لمجموع مساحات قضبان الحزمة على ان لا يزيد على (50مم) إلا في حالة الخرسانة المصبوبة على التربة مباشرة او على تماس دائم معها فإن غطاء الحماية يجب ان لا يقل عن (75مم).

4-4/5/3 أوتاد تسليح القص (Shear Stud Reinforcement)

يجب ان لا يقل غطاء الخرسانة لحماية أوتاد القص كما هو مطلوب لتغطية حديد تسليح العنصر الذي تستعمل فيه أوتاد تسليح القص كما مبين بالشكل (4-4/5).



(ب) اساس مع قضبان حديد تسليح عند الطبقة السفلى فقط



(أ) بلاطة مع قضبان حديد تسليح بطبقتين سفلى وعلوى

الشكل 4-1/5: متطلبات الغطاء الخرساني لوتاد تسليح القص [1]

4/7/5-4 الخرسانة المعرضة الى بيئة تآكل قاسية (Concrete Exposed to Corrosive Environments)

يجب زيادة سمك غطاء الخرسانة بصورة مناسبة عند تعرض الخرسانة الى ظروف بيئية قاسية بموجب اصناف التعرض المذكورة في الباب الثاني من هذه المدونة.

4/7/5-5 الاضافات المستقبلية (Future Extensions)

يجب حماية حديد التسليح والاجزاء المغروزة والمطمورة الأخرى (inserts) والالواح المخصصة للربط مع الاضافات المستقبلية من ظروف التآكل.

4/7/5-6 الحماية من الحريق (Fire Protection)

عند التعرض الى الحريق يجب اعتماد سمك غطاء خرساني يزيد على ما ورد في الفقرات (4/7/5-1) الى (4/7/5-5).

4/8/5-8 تفاصيل حديد التسليح للاعمدة (Reinforcement Details for Columns)

4/8/5-1 القضبان المزاحة بحنيتها قليلاً (Offset Bars)

يجب ان تحقق القضبان الطولية المزاحة بحنيتها قليلاً ما يلي:

أ- لا يزيد ميل الجزء المائل للقضيب المزاح بحنية قليلاً عن محور العمود بمقدار (1) أفقي لكل (6) عمودي.

ب- يجب ان تكون اجزاء القضيب الواقعة فوق الجزء المزاح بحنيه قليلاً وتحتة موازية لمحور العمود.
ج- يجب وضع اسناد مناسب في منطقة ازاحة القضبان باستعمال رباطات مستعرضة او تسليح حلزوني يصمم لمقاومة (1.5) مرة بقدر المركبة الافقية للقوة المحسوبة في الجزء المائل من القضيب المزاح. ويجب ان توضع هذه الرباطات المستعرضة او التسليح الحلزوني عند مواضع تبعد بمسافة لا تزيد على (1.5م) عن نقاط الحني.

د- ينبغي ان تحنى القضبان المزاحة بالحني قبل وضعها في القالب كما ورد في البند (4-3/5).

هـ- لا تراح القضبان الطولية جانبا اذا كانت ازاحة وجه العمود تزيد على (75م)، وفي هذه الحالة يجب استعمال قضبان منفصلة (separate dowels) وترتبط قضبان التسليح الطولي للعمود باستعمال وصلات تراكب (lap splices) بالقرب من وجه العمود المزاح. ويجب ان تحقق وصلات التراكب متطلبات وصلات قضبان من التسليح المحززة.

2/8/5-4 مناطق الاتصال (Connections)

أ- في مناطق اتصال العناصر الرئيسية للهيكل الانشائي ببعضها (كالأعمدة مع العتبات) يجب أن يتحقق تطويق لكل من وصلات تراكب التسليح المستمر ونقاط تثبيت التسليح الذي يتوقف امتداده في تلك المناطق.

ب- ينبغي ان يتحقق التطويق في مناطق الاتصال باستعمال خرسانة اضافية (external concrete) او باستعمال رباطات مستعرضة مغلقة (closed ties) او حديد حلزوني او اطواق حديدية.

9/5-4 حديد التسليح المستعرض لعناصر الأنضغاط

في حالة الحاجة الى تسليح القص او اللي يجب ان يحقق التسليح المستعرض لأعضاء الانضغاط متطلبات الفقرتين (4-1/9/5) و(4-2/9/5) مع تحقيق متطلبات الباب السادس من هذه المدونة.

1/9/5-4 التسليح الحلزوني (Spiral)

يجب ان يحقق التسليح الحلزوني لعناصر الانضغاط المتطلبات التالية:

أ - يجب ان يتكون التسليح الحلزوني من قضبان أو اسلاك موزعة بمسافات متساوية وان تكون ذات مقاس وطريقة تجميع تسمح بالمناولة والوضع بدون تشويه الابعاد التصميمية.

ب- يجب ان لا يقل قطر التسليح الحلزوني المستعمل عند التنفيذ بطريقة الصب الموقعي عن (10 م).

ج- يجب ان لا تتجاوز المسافة الصافية بين لفات التسليح الحلزوني (75 م) ولا تقل عن (25 م)، مع ملاحظة الفقرة (2-2/3/1).

د- يجب أن يتحقق تثبيت التسليح الحلزوني بعمل ما مقداره (1.5) لفة اضافية لقضيب او سلك التسليح الحلزوني عند نهاية التسليح الحلزوني.

هـ- يجب وضع وصلات في التسليح الحلزوني في حالة الحاجة اليها كما يلي:

1- لا يقل طول وصلات التراكب عن (300مم) ولا عن الطول المذكور في احدى النقاط الخمس

التالية ايهما اكبر:

48d _b	قضيب أو سلك محرز غير مطلي
72d _b	قضيب أو سلك املس غير مطلي
72d _b	قضيب أو سلك مطلي بمادة الأيبوكسي
48d _b	قضيب أو سلك املس غير مطلي ذو عقفة قياسية بموجب متطلبات العقفات القياسية للرباطات والاطواق (stirrups & ties) بموجب متطلبات الفقرة (4-1/3/5) عند نهايات التسليح المتراكب الحلزوني. يجب تثبيت العقفة القياسية ضمن اللب الخرساني المحصور ضمن التسليح الحلزوني.
48d _b	قضيب أو سلك محرز مطلي ذو عقفة قياسية بموجب متطلبات العقفات القياسية للرباطات والاطواق (stirrups & ties) بموجب متطلبات الفقرة (4-1/3/5) عند نهايات التسليح المتراكب الحلزوني. يجب تثبيت العقفة القياسية ضمن اللب الخرساني المحصور ضمن التسليح الحلزوني.

2- استعمال وصلات ملحومة او مثبتة ميكانيكيا بموجب متطلبات الفقرة (9-3/12) من هذه المدونة.

و- يجب ان يمتد التسليح الحلزوني من اعلى الاساس أو البلاطة في اي طابق الى مستوى ادنى تسليح افقي للعناصر المستندة الى العمود او المرتبطة به.

ز- عندما لا ترتبط العتبات او الكتائف مع جميع جوانب العمود فعندئذ يجب ان تمتد الرباطات المستعرضة فوق مستوى نهاية التسليح الحلزوني والى اسفل البلاطة او لوح التدلي (drop panel) او قبعة القص (shear cap).

ح- يجب ان يمتد التسليح الحلزوني في الاعمدة ذات التيجان (column capital) الى المستوى الذي يصبح فيه قطر أو عرض تاج العمود مساويا الى ضعفي قطر أو عرض العمود.

ط- يجب تثبيت الحديد الحلزوني في موقعه وان يكون على استقامة واحدة وبدقة كبيرة.

4-2/9/5 الرباطات (Ties)

يجب ان يحقق تسليح الرباطات المستعرضة (lateral ties) في اعضاء الانضغاط المتطلبات التالية:

4-9/5/2/1 يجب تطويق كافة القضبان برباطات مستعرضة لا يقل قطرها عن (10 مم) عندما يكون قطر القضبان الطولية (32مم) أو اصغر، وان تكون بقطر لا يقل عن (12مم) عندما يكون قطر القضبان الطولية (36مم) و(43مم) و(57مم) وكذلك لحزم القضبان الطولية. كما يمكن استعمال الاسلاك المحرزة او شبكات سلكية ملحومة ذات المساحة المكافئة .

4-9/5/2/2 يجب أن لا تزيد مسافات التباعد الشاقولية بين الرباطات المستعرضة على القيمة الأقل من المحددات التالية:

أ- 16 مرة بقدر قطر قضبان التسليح الطولية.

ب- 48 مرة بقدر قطر الرباطات او الاسلاك المستعرضة.

ج- البعد الأقل لمقطع عنصر الانضغاط.

4-9/5/3/2 يجب مراعاة المحددات التالية عند ترتيب الرباطات المستعرضة ضمن مقطع عنصر الانضغاط:

أ- تعد القضبان الطولية مسندة برباطات مستعرضة عندما تكون الزاوية بين فرعي الرباط المستعرض المحيط بالقضيب الطولي لا تزيد على (135 درجة).

ب- يجب وضع مسند عرضي لجميع القضبان الطولية في الاركان والقضبان الطولية الاخرى على التناوب.

ج- يجب ان لا يبعد اي قضيب غير مسند عن القضيب الطولي المسند بالرباطات المستعرضة بمسافة تزيد على (150 مم).

د- يسمح باستخدام رباط مفرد على شكل دائرة كاملة عندما تكون القضبان الطولية موزعة على محيط دائري.

4-9/5/4/2 يجب ان لا تبتعد الرباطات المستعرضة عن السطح العلوي للأساس او البلاطة في اي طابق بمسافة شاقولية تزيد على نصف مسافة التباعد بين الرباطات المستعرضة وتستمر حتى موضع لا يبعد عن مستوى ادنى تسليح افقي طولي بمسافة تزيد على نصف مسافة التباعد بين الرباطات.

4-9/5/5/2 عندما يحاط العمود من كافة جوانبه بعتبات او كتائف فيمكن ايقاف الرباطات المستعرضة بمسافة لا تزيد على (75مم) تحت مستوى التسليح السفلي لأوطاً عتبة او كتيفة.

4-5/10 التسليح المستعرض لعناصر الانحناء (Lateral reinforcement for Flexural Members)

4-5/10/1 يجب احاطة تسليح الانضغاط في العتبات برباطات او اطواق تحقق متطلبات الفقرة (4-9/5/2) او باستعمال اسلاك حديدية ملحومة ذات مساحة مكافئة، ويجب وضع هذه الرباطات او الاطواق خلال المنطقة التي تتطلب استعمال تسليح الانضغاط.

4-10/2 عند تعرض عناصر الانحناء الى اجهادات متعاكسة (stress reversals) او عندما تتعرض الى عزوم لي عند المساند، فيجب وضع تسليح عرضي مكون من رباطات مغلقة او اطواق مغلقة او تسليح حلزوني يحيط بتسليح الانحناء.

4-11/5 تسليح الانكماش والحرارة (Shrinkage and Temperature Reinforcement)

4-11/5-1 ينبغي وضع حديد تسليح لمقاومة الاجهادات الناتجة من الحرارة والانكماش بالاتجاه المتعامد مع حديد تسليح الانحناء في البلاطات الانشائية التي فيها تسليح الانحناء باتجاه واحد فقط.

4-11/5-2 ينبغي وضع حديد تسليح الحرارة والانكماش بموجب متطلبات العبارة (4-11/5-3).

4-11/5-3 ينبغي ان تحقق مساحة حديد التسليح للانكماش والحرارة النسب الأقل التالية من مساحة حديد التسليح الى المساحة الاجمالية لمقطع الخرسانة على ان لا تقل هذه النسبة عن (0.0015):

أ- البلاطات المسلحة بقضبان تسليح محززة ذات إجهاد خضوع

مقداره (280 ميكاباسكال) او (380 ميكاباسكال). 0.002

ب- البلاطات المسلحة بقضبان تسليح محززة او اسلاك ملحومة

بأجهاد خضوع مقداره (420 ميكاباسكال). 0.0018

ج- البلاطات التي يستعمل فيها حديد تسليح ذو إجهاد خضوع يزيد

على (420 ميكاباسكال) مقاسا عند انفعال الخضوع (yield strain)
$$\frac{0.0018 \times 420}{f_y}$$

4-11/5-4 يجب ان لا تزيد مسافة التباعد بين قضبان التسليح المستعملة لأغراض الانكماش والحرارة على ثلاثة امثال سمك البلاطة ولا تزيد على (350 مم) .

4-11/5-5 في جميع المقاطع التي تسليح لمقاومة اجهادات الانكماش والحرارة ينبغي ان يصل حديد التسليح هذا الى مقاومة خضوعه في الشد f_y بموجب متطلبات الباب التاسع من هذه المدونة.

4-12/5 متطلبات التكامل الانشائي (Requirements for Structural Integrity)

لغرض تحقيق متطلبات التكامل الانشائي للعناصر التي يتألف منها المنشأ يجب أن يتحقق ربط جميع هذه العناصر سوية بشكل فعال لتتحقق المتطلبات المنصوص عليها في هذه المدونة.

المراجع:

[1] ACI Committee 318 (2008) “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 473 pp.

[2] مركز بحوث البناء – مؤسسة البحث العلمي، “الكود العراقي للخرسانة المسلحة”، بغداد، 1987، 68

صفحة.

[3] ACI Committee 347, “*Guide to Formwork for Concrete (ACI 347-04)*” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2004, 32pp.

[4] Hurd, M. K., and ACI Committee 347, “*Formwork for Concrete*”, SP-4, 7th Edition, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005, 500pp.

[5] ACI Committee 315, “*ACI Detailing Manual-2004*”, SP-66 American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2004, 212pp.

[6] Stecich, J. Hanson, J.M. and Rice, P. F. “*Bending and Straightening of Grade 60 Reinforcing Bars*”, Concrete International Design &Construction, V.6, No.8, Aug.1984, pp.14-23.

[7] Kemp, E.L.: Brezny, F.S. and Unterspan, J.A., “*Effect of Rust and Scale on the Bond Characteristics of Deformed Reinforcing Bars*”, ACI Journal, Proceedings V.65, No.9 Sept. 1968, pp.743-756.

الباب 5

المتطلبات العامة للتحليل والتصميم

General Requirements for Analysis and Design

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكى للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكى لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-5 طرائق التصميم (Design Methods) [2، 1]

1/1-5 عند تصميم المنشآت الخرسانية، يجب اختيار خصائص عناصر المنشأ لتلبي متطلبات المقاومة المناسبة بموجب اشتراطات هذه المدونة باستعمال معاملات الأحمال ومعاملات تقليل المقاومة ϕ المحددة في الباب السادس من هذه المدونة.

2/1-5 يسمح باستعمال الاشتراطات المذكورة في الملحق (ب) عند تصميم الخرسانة المسلحة.

2-5 الأحمال (Loading) [3، 1]

1/2-5 إن اشتراطات التصميم لهذه المدونة مبنية على أساس أن المنشآت يجب أن تصمم لمقاومة كافة الأحمال المسلطة.

2/2-5 عند تصميم المنشآت لمقاومة أحمال الرياح والزلازل، يجب أن تصمم أجزاء المنشأ التي تكمل بعضها بعضاً (integral structural parts) لمقاومة كافة الأحمال الجانبية.

3/2-5 يجب الأخذ في الحسبان تأثيرات القوى الناتجة منسبقة الإجهاد، وأحمال الرفع، والاهتزاز، والصدم، والانكماش، والتغيرات في درجات الحرارة، والزحف، والتمدد الحاصل في الخرسانة المعادلة للانكماش (shrinkage-compensating concrete) والهبوط المتفاوت للأسس.

3-5 طرائق التحليل (Methods of Analysis) [4 ، 2 ، 1]

1/3-5 يجب أن تصمم عناصر الهياكل أو المنشآت المستمرة لمقاومة التأثيرات العظمى للأحمال المعاملة التي يستحصل عليها باستعمال نظرية التحليل المرن باستثناء ما ورد في الفصل (4-5) كما يسمح بتبسيط التصميم باستعمال الفرضيات المبينة في الفصول (5-7) إلى (5-11).

2/3-5 باستثناء الخرسانة مسبقة الإجهاد، يسمح باستعمال الطرائق التقريبية لتحليل الهياكل الإنشائية في الأبنية التي تكون طرائق الإنشاء والفضاءات وارتفاعات الطوابق فيها مألوفة (usual).

5-3/3 كبديل لتحليل الهياكل (frames analysis)، يسمح بتصميم العتبات المستمرة والبلاطات العاملة

باتجاه واحد فقط باستعمال القيم التقريبية للعزوم وقوى القص المبينة لاحقاً في هذا البند على ان تتحقق فيها جميع المتطلبات التالية من (أ) إلى (هـ).

أ- العتبة المستمرة تتألف من فضاءين أو أكثر.

ب- تكون الفضاءات متساوية تقريبا على ان لا يزيد الفضاء الأكبر لأي فضاءين متجاورين على الفضاء الأصغر بمقدار (20%).

ج- تكون الأحمال موزعة بشكل منتظم (uniform distributed load)

د- لا يزيد الحمل الحي غير المعامل (live load) على ثلاثة امثال الحمل الميت غير المعامل (dead load)

هـ- تكون العناصر موشورية (prismatic) اي ذات مقطع متماثل على طول الفضاء.

لحساب العزوم السالبة عند المساند يؤخذ طول الفضاء (l_n) مساويا لمعدل الطول الصافي لفضاءين متجاورين.

العزوم الموجبة

الفضاءات الطرفية

$$\frac{Wu l_n^2}{11}$$

المسند الطرفي غير مستمر وغير مقيد

$$\frac{Wu l_n^2}{14}$$

المسند الطرفي غير مستمر ومقيد

$$\frac{Wu l_n^2}{16}$$

الفضاءات الداخلية

العزوم السالبة على الوجه الخارجي لأول مسند داخلي

$$\frac{Wu l_n^2}{9}$$

فضاءين

$$\frac{Wu l_n^2}{10}$$

أكثر من فضاءين

$$\frac{Wu l_n^2}{11}$$

العزوم السالبة على الأوجه الأخرى للمساند الداخلية

$$\frac{Wu l_n^2}{12}$$

العزم السالب على أوجه كافة المساند للبلاطات ذات الفضاءات التي لا تتجاوز (3) أمتار والعتبات التي تكون فيها نسبة مجموع جساءات الأعمدة إلى جساءات العتبات تتجاوز (8) في كل نهاية من الفضاء

العزم السالب على الوجه الداخلي للمسند الخارجي للعناصر المشيدة بصورة متكاملة (Integrated) مع المساند

$$\frac{Wu l_n^2}{24}$$

عندما يكون المسند عتبة محيطية (رباط مسلح) (spandrel beam)

$$\frac{Wu l_n^2}{16}$$

$$\frac{1.15Wu l_n}{2}$$

$$\frac{Wu l_n}{2}$$

عندما يكون المسند عموداً"

القص في العناصر الطرفية عند وجه أول مسند داخلي

القص عند كافة الأوجه الأخرى

4/3-5 يسمح باستعمال نماذج دعائم الانضغاط والرباطات لتصميم الخرسانة الإنشائية كما مبين في الملحق (أ).

4-5 إعادة توزيع العزوم في عناصر الانحناء المستمرة [2، 1]

1/4-5 باستثناء الحالات التي تستعمل فيها القيم التقريبية للعزوم، يسمح بتقليل العزوم المعاملة المحسوبة بنظرية التحليل المرن في المقاطع التي ينشأ فيها العزم السالب الأكبر أو العزم الموجب الأكبر لأي فضاء من فضاءات عناصر الانحناء المستمرة ولأي فرضية لتوزيع الأحمال بما لا يتجاوز ($\epsilon_r, 1000$) على أن لا يتجاوز التقليل (20%).

2/4-5 يعاد توزيع العزوم فقط عندما تكون قيمة ϵ_r مساوية أو أكبر من (0.0075) عند المقطع المراد تقليل العزم فيه.

3/4-5 ينبغي استعمال العزم بعد التقليل لحساب العزوم المعاد توزيعها عند المقاطع الأخرى ضمن الفضاءات. ويجب المحافظة على التوازن الاستاتيكي بعد إعادة توزيع العزوم لكل حالة من حالات توزيع الأحمال.

5-5 معامل المرونة (Modulus of Elasticity) [6 ، 5 ، 2 ، 1]

1/5-5 يسمح أن يعد معامل المرونة E_c للخرسانة المسلحة مساوياً لـ ($w^{1.5} 0.043\sqrt{f'_c}$) ميكا باسكال لقيم w_c تتراوح بين (1440 إلى 2560) كغم/م³. يسمح باستعمال معامل المرونة E_c مساوياً إلى $4700\sqrt{f'_c}$ للخرسانة العادية (normal weight concrete)

2/5-5 يسمح أن يعد معامل المرونة E_s لحديد التسليح غير سابق الإجهاد مساوياً 200000 نت/مم².

6-5 الخرسانة خفيفة الوزن (Lightweight Concrete) [2، 1]

عند استعمال الخرسانة خفيفة الوزن، ما لم يذكر بشكل محدد غير ذلك، يعتمد معامل التعديل (λ) لتقليل قيمة $\sqrt{f'_c}$ حيثما يذكر هذا المقدار في جميع المعادلات وال فقرات في هذه المدونة حيث أن:

$$\lambda = 0.85 \text{ لخرسانة الرمل خفيفة الوزن.}$$

$$\lambda = 0.75 \text{ لكافة انواع الخرسانة خفيفة الوزن.}$$

$$\lambda = 1.0 \text{ للخرسانة العادية.}$$

ويمكن حساب قيمة (λ) من العلاقة التالية إذا ما ذكرت قيمة معدل مقاومة الانشطار بالشد (average splitting tensile strength) الموصوفة للخرسانة خفيفة الوزن f_{ct} .

$$\lambda = f_{ct} / 0.56 \sqrt{f'_c} \leq 1.0 \quad \dots\dots (1/6-5)$$

7-5 الجساءة (Stiffness) [2، 1]

1/7-5 يسمح باستعمال مجموعة من الفرضيات المناسبة لحساب جساءة الانحناء والتي النسبية للأعمدة والجدران وأنظمة البلاطات والسقوف. ويجب ان تستعمل هذه الفرضيات عند إجراء التحليل بشكل متوافق.

2/7-5 يجب أن تؤخذ في الحسبان تأثيرات سمك المقطع عند حساب العزوم وتصميم العناصر.

8-5 الجساءة الفعالة لحساب الانحرافات الجانبية [2، 1]

1/8-5 لحساب الانحرافات الجانبية لأنظمة البناء من الخرسانة المسلحة الناتجة من الأحمال الجانبية غير المعاملة (الخدمية) تستعمل إما نظرية التحليل الخطي بعد تضخيم جساءة الانحناء المحسوبة بموجب متطلبات البند (2/8-5) بمقدار (1.4) أو قد تستعمل تحليلات أكثر تفصيلاً. خصائص العناصر يجب أن لا تزيد على خصائص المقطع الإجمالية.

2/8-5 تحسب الانحرافات الجانبية لأنظمة البناء من الخرسانة المسلحة الناتجة من الأحمال الجانبية المعاملة إما باستعمال نظرية التحليل الخطي بجساءة العنصر المعرفة كما مبين في (أ) أو (ب)، أو باستعمال تحليلات أكثر تفصيلاً والتي يؤخذ فيها في الحسبان تقليل جساءة كافة العناصر تحت ظروف التحميل:

أ- باستعمال خصائص المقاطع المذكورة في الفقرة (1/4/10-7).

ب- باستعمال (50%) من الجساءات المحسوبة على أساس خصائص المقطع الاجمالي.

9-5 طول الفضاء (Span Length) [2، 1]

1/9-5 يعد طول الفضاء للعناصر غير المصبوبة سوية مع المساند (not built integrally with supports) مساوياً للفضاء الصافي بين المساند مضافاً إليه عمق العنصر على ان لا يتجاوز طول الفضاء المسافة بين مراكز المساند .

2/9-5 يؤخذ طول الفضاء مساوياً للمسافة بين مراكز المساند لحساب العزوم عند إجراء التحليل الانشائي للهياكل او الانشاءات المستمرة .

3/9-5 يسمح باعتماد العزوم عند اوجه المساند لتصميم العتبات المصبوبة سوية مع المساند .

4/9-5 يسمح بتحليل البلاطات المصمتة (solid) او المضلعة (ribbed) والمصبوبة سوية مع المساند وبفضاء صافٍ لايزيد على (3 م) كبلطات مستمرة بسيطة الاسناد للفضاء الصافي للبلاطة ويهمل عرض العتبات.

10-5 الاعمدة (Columns) [2، 1]

1/10-5 ينبغي تصميم الاعمدة لمقاومة القوى المحورية الناتجة من الاحمال المعاملة المسلطة من كافة بلاطات الطوابق او السقوف والعزم الاقصى الناتج من الاحمال المعاملة العاملة على الفضاء المفرد والمجاور للطابق او السقف المعني .كما ينبغي الاخذ في الحسبان حالة التحميل التي تولد أكبر نسبة عزم الى الحمل المحوري.

2/10-5 ينبغي الأخذ في الحسبان تأثير الاحمال غير المتوازية للطوابق والسقوف على الأعمدة الخارجية والداخلية وتأثير الحمل اللامركزي الناتج من اسباب اخرى في الهياكل والانشاءات المستمرة.

3/10-5 يسمح بحساب العزوم المتولدة نتيجة للاحمال الشاقولية في الاعمدة بافتراض ان حافات الاعمدة البعيدة المصبوبة سوية مع المنشأ مقيدة الدوران (fixed).

4/10/1-5 تحسب مقاومة العزم في اي طابق اوسقف بواسطة توزيع العزوم على الاعمدة فوق الطابق وتحتة بموجب جساءة الاعمدة النسبية وحالات التقيد.

11-5 تنسيق (ترتيب) الاحمال الحية (Arrangement of Live Load) [2، 1]

1/11-5 يسمح بافتراض ان :

(أ) الحمل الحي مسلط على الطابق او السقف المعني فقط .

(ب) النهاية البعيدة للاعمدة المصبوبة سوية مع المنشأ مقيدة الدوران (fixed).

2/11-5 يسمح بافتراض ان تنسيق الحمل الحي يتحدد بتجميعات الاحمال التالية:

(أ) حمل ميت معامل على جميع الفضاءات مضاف اليه حمل حي معامل كامل على فضاءين متجاورين .

(ب) حمل ميت معامل على جميع الفضاءات مضاف اليه حمل حي معامل كامل موزع على فضاءات متبادلة .

12-5 تشييد العتبات بمقطع على شكل الحرف T (T-beam Construction) [2، 1]

1/12-5 ينبغي تشييد العتبات بمقطع على شكل الحرف (T) بحيث يتم صب الشفة والوترة لتعملا سوية وبخلافه يجب ربطهما سوية بشكل فعال.

2/12-5 ينبغي ان لا يزيد عرض البلاطة الفعال الذي يعمل كشفة للعتبة بمقطع على شكل الحرف (T) على $(\frac{1}{4})$ طول فضاء العتبة على ان لا يزيد الجزء الناتئ من الشفة على جانبي الوترة على:

- أ) ثمان أضعاف سمك البلاطة و
ب) $\frac{1}{2}$ المسافة الصافية للوترة المجاورة.

5-12/3 للعتبات بمقطع على شكل الحرف (T) ذات شفة ناتئة من جهة واحدة فقط لا يزيد عرض الجزء الناتئ الفعال للشفة على:

- أ) $\frac{1}{12}$ من طول الفضاء للعتبة.
ب) ستة أضعاف سمك البلاطة.
ج) $\frac{1}{2}$ المسافة الصافية للوترة المجاورة.

5-12/4 عند استعمال العتبات بمقطع على شكل الحرف (T) باعتبارها عتبة مفردة ولأجل ان تتييسر مساحة انضغاط اضافية بواسطة الشفة يجب ان لا يقل سمك الشفة عن $(\frac{1}{2})$ عرض الوتره ولا يزيد عرض الشفة الفعال على اربعة اضعاف عرض الوتره (web).

5-12/5 عندما يكون حديد تسليح الانحناء الرئيس للبلاطات التي تسلك سلوك شفة للعتبة بمقطع على شكل الحرف (T) (باستثناء تشييد العوارض Joist construction) موازيا لمحور العتبة، فيجب وضع حديد تسليح عرضي في اعلى البلاطة بموجب ما يلي:

5-12/5/1 يحسب تصميم التسليح العرضي تحت تأثير الحمل المعامل المسلط على الجزء المتدلي (over hang) من البلاطة الذي يعد سلوكه سلوك عتبة ناتئة (cantilever).

5-12/5/2 ينبغي ان لا تزيد مسافات التباعد بين حديد التسليح العرضي على خمسة أضعاف سمك البلاطة ولا على (350مم).

5-13 تشييد العوارض (Joist construction) [1، 2]

5-13/1 يتألف تشييد العوارض من تركيبية مصبوبة سوية من أضلاع خرسانية موزعة بشكل منتظم وبلاطة فوق الأضلاع مرتبة بفضاءات باتجاه واحد او اتجاهين متعامدين.

5-13/2 يجب ان لا يقل عرض الاضلاع عن (100مم) ولا يزيد عمق الضلع على (3.5) أضعاف العرض الاقل للضلع.

5-13/3 يجب ان لا تتجاوز المسافة الصافية بين الاضلاع (750مم) .

5-13/4 تشييد العوارض التي لا تلبى المحددات المنصوص عليها في البنود (5-1/3) الى (5-3/3) بان تصمم كبلاطات وعتبات اعتيادية.

5/13-5 عند وضع القنوات والانابيب المظمورة ضمن البلاط بموجب متطلبات العبارة (4-5/10/1) فيجب ان يكون سمك البلاطة اكبر بمقدار (25مم) من العمق الكلي للقناة او الأنبوب عند اي نقطة من نقاط الجزء المظمور. كما يجب ان لا يؤثر وجود القنوات او الانابيب في مقاومة المنشأ كثيرا.

6/13-5 عند التشييد بالعوارض, يسمح بزيادة مقاومة القص للخرسانة (V_c) بمقدار (10%) على ما هو محدد في الباب الثامن من المدونة.

المراجع:

[1]ACI Committee 318,“*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute,(2008), 473 pp.

[2] مركز بحوث البناء – مؤسسة البحث العلمي، “الكود العراقي للخرسانة المسلحة”، بغداد، 1987، 68

صفحة

[3] “*Minimum Design Loads for Building and Other Structures (ASCE/SEI 7-05)*.” ASCE, Reston, VA, 2005.

[4] Vanderbilt, M.D., and Corley, W.G., “*Frame Analysis of Concrete Building*”, Concrete International, V.5, No. 12, Dec. 1983, pp.33-43.

[5] Pauw, A., “*Static Modulus of Elasticity of Concrete as Affected by Density*”, ACI JOURNAL, Proceeding, V.57, No. 6, Dec.190, pp.679-687.

[6] ASTM C469-02, “*Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson’s Ratio of Concrete in Compression*”, ASTM, West Conshohocken, PA, 2002, 5pp.

الباب 6

متطلبات المقاومة والتشغيلية

Strength and Serviceability Requirements

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكى للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكى لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-6 عام (General) [2 ، 1]

1/1-6 يجب ان تصمم المنشآت والعناصر الانشائية بحيث تكون مقوماتها التصميمية (design strengths) في جميع المقاطع على الاقل مساوية الى تلك المحسوبة للأحمال والقوى المعاملة (required strengths) على وفق تجميعات الأحمال التي نصت عليها هذه المدونة.

2/1-6 يجب ان تحقق العناصر الانشائية جميع متطلبات هذه المدونة لضمان الاداء الملائم (adequate performance) تحت تأثير احمال التشغيل.

2-6 المقاومة الاسمية المطلوبة (Required Nominal Strength) [3 ، 1]

1/2-6 يجب ان لا تقل المقاومة الاسمية المطلوبة (U) اللازمة لمقاومة الحمل الميت (D) والحمل الحي (L) عن:

$$U = 1.4D + 1.7L \dots\dots\dots (1/2-6)$$

حيث ان:

U : المقاومة المطلوبة اللازمة لمقاومة الاحمال المعاملة والعزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

D : الاحمال الميتة او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

L : الاحمال الحية او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

2/2-6 اذا تضمن التصميم مقاومة لاحمال الرياح (W) او الهزات الارضية (E)، فيجب الاخذ في الحسبان تجميعات الاحمال الميتة والحية والرياح او الهزات الارضية معاً لتحديد المقاومة المطلوبة (U) وكما يلي:

$$U = 0.75 (1.4D + 1.7L) + (1.6W \text{ or } 1.0 E) \dots\dots\dots (2/2-6)$$

وكذلك

$$U = 0.75 (0.9D) + (1.6W \text{ or } 1.0 E) \dots\dots\dots (3/2-6)$$

حيث ان:

W : احمال الرياح او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

E : احمال الهزات الارضية او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

وفي حالة عدم وجود احمال حية، تحدد المقاومة المطلوبة (U) كما مبين تالياً:

$$U = 0.9 D + 1.3 W \dots\dots\dots (4/2-6)$$

على ان لا تقل القيمة المحددة للمقاومة المطلوبة اي من تجميعات الاحمال المذكورة في المعادلات (2/2-6) و(3/2-6) عن تلك المحددة في المعادلة (1/2-6).

3/2-6 عندما تكون احمال الهزات الارضية (E) قد حسبت بالاعتماد على القوى الزلزالية في المستوى الخدمي فيجب استعمال المعامل ($1.4 E$) بدلاً من المعامل ($1.0 E$) المذكور في العلاقتين (2/2-6) و (3/2-6).

4/2-6 اذا تضمن التصميم مقاومة الأحمال الناتجة من وزن وضغط التربة والناتجة من ضغط الماء في التربة او في المواد الاخرى، فيجب ان لا تقل المقاومة المطلوبة (U) المحسوبة في البنود (1/2-6) و(2/2-6) و(3/2-6) عن:

$$U = 1.4D + 1.7 L + 1.7 H \dots\dots\dots (5/2-6)$$

حيث ان:

H : الاحمال الناتجة من وزن وضغط التربة، ضغط الماء الساكن في التربة او في المواد الاخرى او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

في الحالة التي توضع فيها الاحمال الميتة والحية بشكل يقلل من تأثيرات احمال وزن وضغط التربة (H) فان المقاومة المطلوبة تحدد من العلاقة التالية:

$$U = 0.9D + 1.7H \dots\dots\dots (6/2-6)$$

على ان لا تقل المقاومة المطلوبة عن القيمة المحددة في العلاقة (2/2-6).

5/2-6 وإذا تضمن التصميم تأثير الاحمال الناتجة من وزن وضغط السوائل ذات الكثافات المعروفة (F) والتي تكون ارتفاعاتها القصوى قابلة للسيطرة عليها، فيجب ضرب هذه الاحمال في (1.4) مع اضافتها الى تجميعات الاحمال المتضمنة الاحمال الحية (L) المذكورة في الفقرات السابقة.

حيث ان:

F : الاحمال الناتجة من ضغط السوائل ذات الكثافات المعروفة والتي تكون ارتفاعاتها القصوى قابلة للسيطرة عليها، او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

6/2-6 إذا أُخذت مقاومة التأثير الصدمي للاحمال (impact effects) في الحساب في التصميم، فيجب تضمين هذه التأثيرات كنسبة من الاحمال الحية.

7/2-6 اذا كانت التأثيرات الانشائية للهبوط المتفاوت للاسس والزحف والانكماش وتمدد الخرسانة المعادلة للانكماش (shrinkage compensating concrete) او التأثيرات الناتجة من التغير في درجة الحرارة ذات اهمية ومؤثرة بشكل ملحوظ في التصميم، فان المقاومة المطلوبة (U) يجب ان تكون على الاقل مساوية لـ:

$$U = 0.75 (1.4D + 1.4T + 1.7L) \dots\dots\dots (7/2-6)$$

على ان لا تقل (U) عن:

$$U = 1.4(D+T) \dots\dots\dots (8/2-6)$$

حيث ان:

T : مجموع تأثيرات الحرارة والزحف والانكماش والهبوط المتفاوت والتغيرات الناتجة من الخرسانة المعادلة للانكماش.

يجب ان تبنى تأثيرات الهبوط المتفاوت والزحف والانكماش والتغيرات في درجات الحرارة على تقديرات واقعية (realistic assessments) مشابهة لتلك التي تحدث تحت ظروف التشغيل.

3-6 المقاومة التصميمية المطلوبة (Required Design Strength) [2 ، 1]

1/3-6 يجب ان تؤخذ المقاومة التصميمية في حالات الانحناء (flexure) والحمل المحوري (axial load) والقص (shear) واللي (torsion) التي يوفرها العنصر الانشائي وروابطه ببقية العناصر ومقاطع العرضية مساوية الى المقاومة الاسمية (nominal strength) المحسوبة طبقاً لمتطلبات وافترضات هذه المدونة بعد معاملتها بمعاملات تقليل المقاومة ϕ .

2/3-6 يؤخذ معامل تقليل المقاومة (ϕ) كما مبين في الفقرات التالية:

1/2/3-6 انحناء بدون حمل محوري (المقاطع التي يتحكم فيها فشل الشد) (tension controlled sections) = 0.9 . راجع البند (4/3-7) من الباب السابع من المدونة

2/2/3-6 حمل محوري او حمل محوري مع انحناء . (في حالة الحمل المحوري مع الانحناء، يجب معاملة كل من المقاومة الاسمية للحمل المحوري والمقاومة الاسمية للعزم بمعامل واحد ومناسب لـ (ϕ)).

أ- شد محوري او شد محوري مع انحناء (المقاطع التي يتحكم فيها فشل الشد) (tension controlled sections) = 0.90 . راجع البند (4/3-7) من الباب السابع من المدونة

ب- انضغاط محوري او انضغاط محوري مع انحناء (المقاطع التي يتحكم فيها فشل الانضغاط (compression controlled sections)).

1. عناصر مسلحة حلزونياً طبقاً للفقرة (4-1/9/5) من هذه المدونة = 0.75

2. عناصر مسلحة أخرى = 0.70

راجع البند (7-4/3) من الباب السابع من المدونة

في الحالات التي تكون فيها قيم الانضغاط المحوري قليلة، يمكن زيادة قيم معامل تقليل المقاومة (ϕ) طبقاً لما يأتي:

أ- في المناطق التي يتراوح فيها انفعال الشد الصافي في حديد تسليح الشد الأبعد (عند حدود المقاومة الاسمية)، بين قيمته لحالة المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالانضغاط وقيمته لحالة المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالشد، يسمح بزيادة قيمة معامل تقليل المقاومة (ϕ) بشكل خطي من تلك التي تخص المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالانضغاط المذكور انفاً الى (0.9) مع زيادة انفعال الشد من حده الى حالة المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالشد والبالغ (0.005).

ب- كبديل اخر لما ورد في (أ) وفي حالة استعمال الملحق (ب) من هذه المدونة يمكن استعمال ما يلي:

1. في العناصر التي لا تزيد فيها قيمة (f_y) على (420 ميكاباسكال) وذات التسليح المتناظر والتي

تكون فيها قيمة $\frac{d-d'}{h}$ لا تقل عن (0.70)، يمكن زيادة قيمة معامل تقليل المقاومة (ϕ)

خطياً الى (0.90) عندما تتناقص قيمة ($P_n \phi$) من ($0.10 f'_c A_g$) الى الصفر.

حيث ان:

h: السمك الكلي للعنصر، مم.

d': المسافة من الليف الأبعد المضغوط الى مركز تسليح الانضغاط، مم.

d_s: المسافة من الليف الأبعد المشدود الى مركز تسليح الشد، مم.

P_n: المقاومة الاسمية للحمل المحوري عند لا مركزية (eccentricity) معينة، نت.

f'_c: مقاومة الانضغاط المميزة للخرسانة، ميكاباسكال.

A_g: المساحة الإجمالية للمقطع، مم².

2. في العناصر الخرسانية المسلحة الأخرى، يمكن زيادة قيمة معامل تقليل المقاومة (ϕ) خطياً

الى (0.90) عندما تتناقص قيمة ($P_n \phi$) عن ($0.10 f'_c A_g$) او ($P_b \phi$) ايهما اصغر الى

الصفر. حيث ان (p_b) هي المقاومة الاسمية للحمل المحوري عند حالات الانفعال المتوازنة

(balanced strain conditions)، بالنيوتن.

3/2/3-6 القص واللي = 0.85

4/2/3-6 القوى المسندية (bearing) على الخرسانة (ما عدا مناطق تثبيت الاجهاد اللاحق) = 0.70

5/2/3-6 أنموذج دعامات الشد والانضغاط ومناطق العقد الخاصة بها والتحميل المباشر ووجه العقد و

مساحات الاسناد لهذه النماذج بموجب الملحق (أ) = 0.85

4-6 المقاومة التصميمية لحديد التسليح (Design Strength for Reinforcement) [2 ، 1]

يجب ان لا تتجاوز قيم (f_y) المستعملة في الحسابات التصميمية (550 ميكاباسكال) ما عدا حديد سبق الاجهاد. حيث ان (f_y) مقاومة الخضوع المميزة لحديد التسليح، نتامم².

5-6 السيطرة على الانحرافات (Control of Deflections) [6 ، 5 ، 2 ، 1]

1/5-6 يجب ان تصمم العناصر الخرسانية المسلحة المعرضة الى انحناء لتكون لها جساءة كافية (adequate stiffness) للحد من الانحرافات والتشوهات والتي تؤثر سلباً في المقاومة والقابلية التشغيلية للمنشأ.

2/5-6 المنشآت العاملة باتجاه واحد (One-way Construction)

1/2/5-6 يجب أن تتحقق متطلبات الانحراف للمنشآت العاملة باتجاه واحد، والتي لا تحمل او تتصل بقواطع او تشييدات اخرى يُحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة، بوضع حد أقل لسك مقطعها وكما مبين في الجدول (1/5-6) ما لم تبيّن حسابات الانحراف ان استعمال سمك اقل للمقطع لن يؤثر سلباً في المنشأ.

الجدول 1/5-6 : السمك الأقل للعتبات والبلاطات العاملة باتجاه واحد [1]

نوع الإسناد				نوع العنصر
ناتئ Cantilever	مستمر من النهايتين Both ends Continuous	مستمر من جانب واحد One end Continuous	إسناد بسيط Simply Supported	
$\ell/10$	$\ell/28$	$\ell/24$	$\ell/20$	بلاطات صلبة (soild slabs) عاملة باتجاه واحد
$\ell/8$	$\ell/21$	$\ell/18.5$	$\ell/16$	عتبات او بلاطات مضلعة (ribbed slabs) عاملة باتجاه واحد

حيث ان:

ℓ : طول فضاء العتبة او البلاطة العاملة باتجاه واحد؛ أو طول البروز الصافي للجزء الناتئ (cantilever)، مقاسا بالمليمتر.

تستعمل القيم المعطاة في الجدول (1/5-6) لعناصر الخرسانة عادية الوزن (normal weight concrete) المسلحة بحديد تسليح ذي اجهاد خضوع (f_y) مساو لـ (420 ميكاباسكال). وللحالات الاخرى يجب ان تُعدّل القيم كما يلي:

أ- للخرسانة خفيفة الوزن (lightweight concrete) فان القيم تضرب في المعامل $(1.65 - 0.0003 wc)$ على ان لا يقل المعامل عن (1.10) حيث ان (wc) تمثل كثافة الخرسانة مقاسة بـ كغم/م³.

ب- اذا اختلفت قيمة اجهاد الخضوع (f_y) عن (420 ميكاباسكال) ، فالقيم يجب ان تضرب في المعامل $0.4 + \frac{f_y}{700}$.

2/2/5-6 في الحالات التي تتطلب حساب الانحراف ، يجب ان تحسب الانحرافات الآتية (التي تحدث فور تسليط الاحمال) بالطرائق العادية (usual methods) او باستعمال صيغ خاصة بالانحرافات المرنة مع الاخذ في الحسبان تأثير التشققات والتسليح في جساءة العناصر.

3/2/5-6 ما لم يتم الحصول على قيم الجساءة بالتحليل الدقيق والشامل، فان الانحراف الآتي يحسب باستعمال معامل مرونة الخرسانة E_c المحسوب كما هو مبين في البند (5-1/5) وباستعمال عزم قصور ذاتي فعال يحسب كما يلي على ان لا يتجاوز I_g :

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \quad \dots(1/5-6)$$

حيث ان:

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \quad \dots\dots\dots(2/5-6)$$

$$f_r = 0.62 \lambda \sqrt{f'_c} \quad \dots\dots\dots(3/5-6)$$

حيث ان:

E_c : معامل المرونة للخرسانة، ميكاباسكال.

I_e : عزم القصور الذاتي الفعال لحساب الانحراف، مم⁴.

I_g : عزم القصور الذاتي حول محور مركز الثقل (centroidal axis) للمقطع الاجمالي للخرسانة (gross concrete section) مع اهمال التسليح، مم⁴.

M_{cr} : عزم التشقق، نت.مم.

M_a : العزم الأكبر للعضو تحت احمال التشغيل عند المرحلة التي يحسب فيها الانحراف، نت.مم.

I_{cr} : عزم القصور الذاتي للمقطع المتشقق، مم⁴.

f_r : معامل الكسر (التصدع) للخرسانة، ميكاباسكال.

y_t : المسافة من محور مركز الثقل للمقطع الاجمالي للخرسانة، مع اهمال التسليح، الى الليف الأبعد المشدود، مم.

λ : عامل يعكس النقصان في الخواص الميكانيكية للخرسانة خفيفة الوزن .

4/2/5-6 يؤخذ عزم القصور الذاتي الفعال في العناصر المستمرة كمعدل للقيم المحسوبة من المعادلة (1/5-6) للمقاطع الحرجة (critical sections) للعزم الموجب والعزم السالب. للعناصر الثابتة المقطع او الموشورية (prismatic) ، يسمح باعتماد عزم القصور الذاتي الفعال المحسوب من المعادلة (1/5-6) عند منتصف الفضاءات البسيطة والمستمرة، وعند المسند للاجزاء الناتئة (cantilevers).

5/2/5-6 ما لم تحسب الانحرافات بالتحليل الدقيق والشامل، فان الانحرافات الاضافية الطويلة الامد الناتجة من الزحف والانكماش للعناصر المعرضة للانحناء (سواء كانت من الخرسانة العادية أم خفيفة الوزن) يجب ان تحسب بضرب الانحراف الآني الناتج من الاحمال المستمرة في المعامل $(\lambda\Delta)$. حيث ان:

$$\lambda\Delta = \frac{\xi}{1+50\rho'} \dots\dots\dots (4/5-6)$$

$\lambda\Delta$: مضاعف (multiplier) يأخذ في الحسبان الزيادة الحاصلة في الانحراف بسبب التأثيرات طويلة الامد.

ξ : معامل يعتمد على زمن تسليط الاحمال المستمرة ويكون مساويا لـ :

2	لفترة تحميل (5) سنوات او اكثر
1.4	لفترة تحميل (12) شهرا"
1.2	لفترة تحميل (6) أشهر
1.0	لفترة تحميل (3) أشهر

ρ' : نسبة تسليح الانضغاط غير المسبق للإجهاد، $\frac{A'_s}{bd}$

حيث ان:

A'_s : مساحة تسليح الانضغاط، مم².

b : عرض المقطع في منطقة الانضغاط، مم.

d : المسافة من الليف الأبعد المضغوط الى مركز تسليح الشد، مم.

وتؤخذ قيمة ρ' في منتصف الفضاءات البسيطة والمستمرة وعند المسند للاجزاء الناتئة.

6/2/5-6 يجب ان لا يتجاوز الانحراف المحسوب بموجب العبارات (2/2/5-6) حتى (5/2/5-6) الحدود الكبرى المحددة في الجدول (2/5-6).

الجدول 6-2/5 : الحدود الكبرى المسموحة للانحراف [1]

حد الانحراف	الانحراف الواجب اخذه في الحسبان	نوع العضو
ℓ /180	الانحراف الآني الناتج من الاحمال الحية	سقوف مستوية (flat roofs) لا تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة
ℓ /360		ارضيات (floors) لا تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة
ℓ /480	الانحراف الكلي الناتج بعد وضع العناصر غير الانشائية (مجموع الانحراف طويل الامد الناتج من الاحمال المستمرة والانحراف الآني لأي زيادة في الاحمال الحية)	سقوف او ارضيات تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة
ℓ /240		سقوف او ارضيات تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية لا يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة

3/5-6 المنشآت العاملة باتجاهين (Two- Way Constructions)

1/3/5-6 تتضمن هذه العبارة متطلبات الحدود الأقل لسلك البلاطات او المنشآت الاخرى العاملة باتجاهين والمصممة بموجب اشتراطات الباب العاشر من هذه المدونة والتي تتطابق مع متطلبات الفقرة (2/1/6-10).

يجب ان يحقق سمك البلاطات التي لا تحتوي على عتبات داخلية حولية ممتدة بين المساند على جميع حافات البلاطة متطلبات الفقرة (2/3/5-6) او (4/3/5-6)، اما سمك البلاطات الحاوية على عتبات حولية ممتدة بين المساند على جميع حافات البلاطة فيجب أن يحقق متطلبات الفقرة (3/3/5-6) او (4/3/5-6).

2/3/5-6 للبلاطات غير الحاوية على عتبات داخلية حولية ممتدة بين المساند وتكون نسبة الفضاء الطويل الى الفضاء القصير فيها لا تزيد على 2.0 يجب ان يحسب السمك الاقل لهذه البلاطات طبقاً لاشتراطات الجدول (3/2-6) مع مراعاة ان لا يقل السمك عن القيم التالية:

أ) البلاطات غير الحاوية على الواح متدللية (drop panels) كما معرفة في البند (5/2-10) = 125مم

ب) البلاطات الحاوية على الواح متدللية (drop panels) كما معرفة في البند (5/2-10) = 100مم

3/3/5-6 للبلاطات الحاوية على عتبات حولية ممتدة بين المساند على جميع حافات البلاطة يجب حساب السمك الأقل للبلاطة بموجب ما يلي:

أ) يجب اعتماد اشتراطات الفقرة (2/3/5-6) عندما تكون α_{fm} لا تزيد على 0.2

ب) عندما تكون α_{fm} اكبر من 0.2 ولا تزيد عن 2.0 يجب حساب السمك الأقل بموجب ما

$$h = \frac{\ell_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)} \quad \dots\dots\dots(5/5-6)$$

مع مراعاة ان لا يقل سمك البلاطة عن 125مم في جميع الاحوال.

ج) عندما تكون قيمة α_{fm} اكبر من 2.0 فيجب ان لا يقل السمك الأقل للبلاطة عن السمك المحسوب في العلاقة التالية:

$$h = \frac{\ell_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad \dots\dots\dots(6/5-6)$$

مع مراعاة ان لا يقل سمك البلاطة عن 90 مم في جميع الاحوال.

د) عند الحافات غير المستمرة يجب وضع عتبة طرفية ذات نسبة جساءة α_f لا تقل عن 0.8 وفي حالة عدم وضع مثل هذه العتبة يجب زيادة السمك الأقل للبلاطة المطلوب بموجب العلاقتين (5/5-6) و(6/5-6) بمقدار لا يقل عن 10% في لوح البلاطة (slab panel) الذي يشتمل على حافة غير مستمرة. في العبارة (3/3/5-6/ب) و(3/3/5-6/ج) يمثل الحد ℓ_n الفضاء الصافي للبلاطة باتجاهها الطويل محسوبا من اوجه العتبات. اما الحد β المستعمل في العلاقتين (5/5-6) و(6/5-6) فانه يمثل الفضاء الصافي بالاتجاه الطويل للوح البلاطة الى الفضاء الصافي في اتجاه لوح البلاطة القصير.

4/3/5-6 يمكن استعمال سمك للبلاطة يقل عن الحد الأقل المطلوب في الفقرات (1/3/5-6) و (2/3/5-6) و(3/3/5-6) وذلك عندما تكون قيم الانحراف المحسوبة لا تزيد على الحدود المثبتة في الجدول (2/5-6) مع مراعاة ان تؤخذ في الحسبان المتطلبات التالية عند حساب قيم الانحرافات:

1- مقاسات وشكل لوح البلاطة

2- شروط إستناد البلاطة إلى حافاتها

3- طبيعة التقييد عند حافات لوح البلاطة

4- معامل المرونة للخرسانة E_c بموجب متطلبات البند (1/5-5)

5- يحسب عزم القصور الذاتي الفعال I_e بموجب العلاقة (1/5-6)

ويجب حساب الانحرافات الإضافية طويلة الامد على وفق متطلبات الفقرة (2/2/5-6).

الجدول 6-3: السمك الأقل للبلاطات بدون عتبات داخلية¹ [1]

اجهاد الخضوع $2f_y$ MPa	بلاطات بدون الواح متدلية (without drop panels)			بلاطات تشتمل على الواح متدلية ³ (with drop panels)		
	الواح خارجية		الواح داخلية	الواح خارجية		الواح داخلية
	بدون عتبات طرفية	تشتمل على عتبات طرفية ⁴		بدون عتبات طرفية	تشتمل على عتبات طرفية ⁴	
280	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

1- للبلاطات العاملة باتجاهين يمثل الحد ℓ_n الفضاء الصافي للبلاطة باتجاهها الطويل محسوباً من اوجه مساند البلاطات بدون عتبات ويكون محسوباً من اوجه العتبات او المساند الاخرى (كالجدران) في الحالات الاخرى.

2- في الحالات التي يكون فيها اجهاد الخضوع f_y يقع بين القيم المبينة في الجدول عندها يمكن حساب السمك الأقل للبلاطات باستعمال الاستكمال الخطي (linear interpolation).

3- يجب ان تكون ابعاد الالواح المتدلية وسمكها كما وردت في البند (9/1-10).

4- عندما تشتمل البلاطة على عتبات طرفية (edge beams) ممتدة بين الاعمدة على طول الحافات الخارجية ينبغي ان لا تقل قيمة α_f للعتبة الطرفية عن 0.8.

4/5-6 السيطرة على الانحرافات في العناصر الخرسانية المركبة (Control of Deflection in Composite Members).

1/4/5-6 العناصر المدعمة (Shored Members)

إذا كانت العناصر المعرضة للأنحاء مدعمة خلال التشييد بحيث يمكن للمقطع المركب ان يقاوم تأثير الاحمال الميتة عند رفع المساند المؤقتة فإنه يمكن اعتبار العناصر المركبة مكافئة لميثلاتها المصبوبة سوية (monolithically cast members) لغرض حساب الانحرافات. عند حساب الانحرافات يجب ان يؤخذ في الحسبان تأثير التقوس الناتج عن الانكماش التفاضلي (differential shrinkage) لجزء المقطع المصبوب موقعياً وجزء المقطع المسبق الصب (cast in place and precast components)

2/4/5-6 العناصر غير المدعمة (UnShored Members)

1/2/4/5-6 إذا كان سمك جزء العنصر المسبق الصب (precast flexural part) من العنصر المركب يلبي متطلبات الانحراف المبينة في الجدول (2/5-6) عندها تنتفي الحاجة لحساب الانحراف للعنصر المركب.

2/2/4/5-6 إذا كان سمك العنصر المركب (composite member) يلبي متطلبات الانحراف المبينة في الجدول (2/5-6) عندها تنتفي الحاجة لحساب الانحراف الحاصل بعد ان تتصلب الخرسانة ويتصرف العنصر كعنصر مركب مع مراعاة حساب الانحرافات الحاصلة في جزء العنصر المسبق الصب (precast part) والناتجة عن مقدار وزمن الحمل المسلط قبل ان يتصرف العنصر كعنصر مركب.

3/2/4/5-6 يجب ان لا تتجاوز الانحرافات المحسوبة بموجب الفقرتين (1/2/4/5-6) و (2/2/4/5-6) الحدود المبينة في الجدول (2/5-6).

[1] ACI Committee 318 “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, (2008), 473 pp.

[2] مركز بحوث البناء – مؤسسة البحث العلمي "الكود العراقي للخرسانة المسلحة"، بغداد، 1987، 68

صفحة.

[3] “*Minimum Design Loads for Building and Other Structures SEI/ASCE 7-02*”, ASCE, Reston, VA, 2002. 376pp.

[4] “*Deflections of Concrete Structures*”, SP-43, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2003, 38pp.

[5] Branson, D.E.,

“*Instantaneous and Time-Dependent Deflections on Simple and Continuous Reinforced Concrete Beams*,” HPR Report No. 7 Part 1, Alabanma Highway Department, Bureau of Public Roads, Aug.1965, pp.1-78.

[6] ACI Committee 435, “*Deflections of Reinforced Concrete Flexural Members (ACI 435.2R-66)*,” ACI Journal, Proceedings V.63, No.6, June 1966, pp.637-674.

الباب 7

الانحناء والأحمال المحورية

Flexure and Axial Loads

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الأمريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الأمريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-7 المجال (Scope) [1]

يجب ان تطبق اشتراطات هذا الباب لتصميم العناصر المعرضة للانحناء او الاحمال المحورية او لأشتراك الانحناء مع الاحمال المحورية.

2-7 فرضيات التصميم (Design Assumptions) [1 ، 3 ، 4 ، 5]

1/2-7 يجب ان يعتمد تصميم المقاومة للعناصر المعرضة للانحناء والاحمال المحورية على الفرضيات مقدمة في البنود (2/2-7) الى (7/2-7) اضافة الى الايفاء بشروط التوازن وتوافق الانفعالات.

2/2-7 يفترض ان يكون الانفعال الأكبر المستعمل في الحسابات في ليف الانضغاط الأبعد للخرسانة مساويا الى (0.003).

3/2-7 يفترض ان يتناسب الانفعال في التسليح والخرسانة مع البعد على المحور المحايد، باستثناء العتبات العميقة يستعمل فيها التحليل الذي يعد توزيع الانفعال فيها لا خطيا. وكاجراء بديل يمكن السماح باستعمال طريقة نموذج دعامة الانضغاط ورباط الشد.

4/2-7 تهمل مقاومة الشد للخرسانة في حسابات الانحناء والاحمال المحورية للخرسانة المسلحة.

5/2-7 عندما يكون الاجهاد في التسليح يقل عن اجهاد الخضوع f_y في هذه الحالة يؤخذ الاجهاد مساويا الى معامل مرونة الحديد (E_s) مضروباً في انفعال الحديد ، وفي حالة كون الانفعالات تزيد على الانفعال المرافق لاجهاد الخضوع (f_y)، عندئذ تعد الاجهادات في التسليح غير معتمدة على الانفعال وتساوي (f_y).

6/2-7 يفترض ان تكون العلاقة بين توزيع الاجهادات في الخرسانة وانفعال الخرسانة على شكل مستطيل او شبه منحرف او قطع زائد او أي شكل آخر يستنتج من نتائج اختبارية.

7/2-7 تتحقق متطلبات البند (6/2-7) باستعمال توزيع اجهادات الخرسانة بشكل مستطيل مكافئ بحسب الشروط التالية :

7-1/7/2 تقاس المسافة (c) من ليف انفعال الانضغاط الأعظم الى المحور المحايد باتجاه عمودي مع المحور المحايد.

7-2/7/2 يفترض أن اجهاد الخرسانة مساوٍ الى $(0.85f'_c)$ وموزع بانتظام على منطقة الانضغاط المكافئة والمحاطة بحافات المقطع العرضي وخط مستقيم موازٍ للمحور المحايد وعلى مسافة $(a = \beta_1 c)$ من ليف الخرسانة ذي انفعال الانضغاط الأكبر.

7-3/7/2 للخرسانة التي لها مقاومة (f'_c) تتراوح بين (17-28) ميكاباسكال، يجب اخذ قيمة (β_1) مساوية لـ (0.85) وتقل خطياً بمعدل (0.05) لكل (7) ميكاباسكال تزيد على (28) ميكاباسكال على ان لا تقل عن (0.65) كما في العلاقة التالية:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.007(f'_c - 28) \geq 0.65 \quad \dots\dots\dots(1/2-7)$$

7-3 متطلبات ومبادئ عامة (General Principles and Requirements) [1 ، 5 ، 6 ، 7]

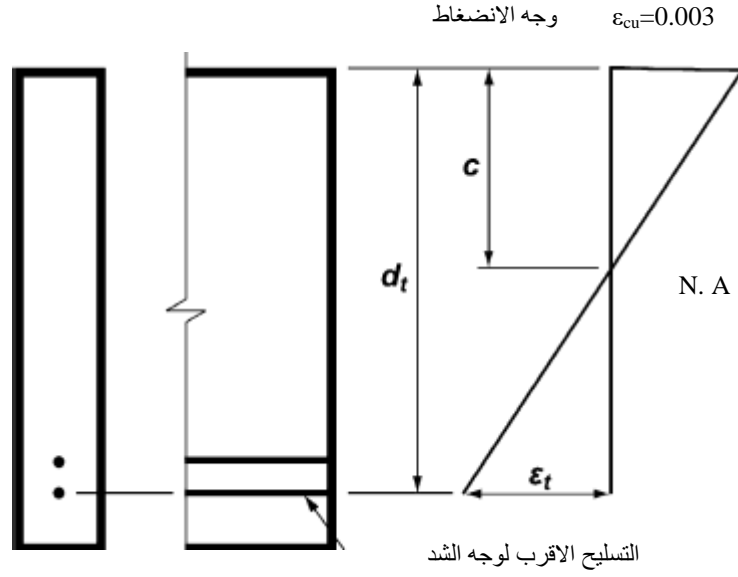
7-1/3 يجب ان يكون تصميم المقاطع العرضية المعرضة للانحناء والاحمال المحورية او كليهما معتمداً على توافق الاجهاد والانفعال باستعمال الفرضيات الواردة في الفصل (7-2).

7-2/3 تعد مقاطع العناصر الانشائية (cross-section) في حالة انفعال توازني عند بلوغ الانفعال في حديد تسليح الشد قيمة مساوية الى انفعال الخضوع $(\epsilon_t = \frac{f_y}{E_s})$ عندما يبلغ انفعال الانضغاط في الليف الأبعد (extreme fiber) لخرسانة المقطع قيمة انفعال نهائي مقدارها $(\epsilon_{cu} = 0.003)$.

7-3/3 تصنف مقاطع العناصر الانشائية (cross sections) مقاطع يتحكم فيها فشل الانضغاط اذا كان انفعال الشد الصافي (net tensile strain) (ϵ_t) في حديد التسليح الابعده على المحور المحايد (N.A.) مساوياً الى او اقل من قيمة الانفعال اللازم لكي يعد الانضغاط متحكماً في فشل المقطع وذلك عندما يكون انفعال الانضغاط في الليف الأبعد للمقطع قد بلغ حده النهائي وهو $(\epsilon_{cu} = 0.003)$.

يعرف الانفعال اللازم لكي يعد الانضغاط متحكماً في فشل المقطع على انه انفعال الشد الصافي في حديد التسليح عند شروط الانفعال التوازني كما مبين في الشكل (7-1/3)

يمكن افتراض ان حد الانفعال في حديد التسليح اللازم على اساس ان الانضغاط هو المتحكم في فشل المقطع مساوياً الى (0.002) وذلك عند استعمال حديد تسليح ذي اجهاد خضوع مقداره 420 ميكاباسكال



الشكل 7-1/3 : توزيع الانفعالات وانفعال الشد الصافي [1]

7-4/3 تعد مقاطع العناصر الانشائية مقاطع يسيطر عليها فشل الشد عندما يكون انفعال الشد الصافي الأكبر في حديد الشد (ϵ_t) مساويا او يزيد على (0.005) حينما تصل خرسانة الانضغاط حد انفعالها النهائي المفروض والمساوي لـ (0.003).

7-5/3 في حالة عناصر الانحناء غير مسبقة الإجهاد والعناصر غير مسبقة الإجهاد التي تحمل انضغاطا محوريا معاملا اقل من ($0.10 f'_c A_g$) فان قيمة (ϵ_t) عند المقاومة الاسمية يجب ان لا تقل عن (0.004). يسمح باستعمال تسليح انضغاط بالترافق مع تسليح شد إضافي لزيادة مقاومة عناصر الانضغاط.

7-6/3 يجب ان لا تزيد المقاومة المحورية التصميمية ($P_n \phi$) على ($P_{n,max} \phi$) المحسوبة بالمعادلة (7-1/3) او (7-2/3).

7-1/6/3 للعناصر غير سابقة الاجهاد والتي لها تسليح مطابق للفقرة (4-2/9/5)

$$\phi P_{n,max} = 0.80 \phi [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad \dots\dots (7-1/3)$$

7-2/6/3 للعناصر غير مسبقة الاجهاد والتي لها تسليح حلزوني مطابق للبند (4-1/9/5)

$$\phi P_{n,max} = 0.85 \phi [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad \dots\dots(7-2/3)$$

7-3/6/3 يجب ان تصمم العناصر المعرضة لحمل انضغاط محوري لأكبر عزم يمكن ان يترافق مع الحمل المحوري ويجب ان لا يزيد الحمل المحوري المعامل ($P_n \phi$) عند لا تمركزية معينة على القيمة المحددة في البند (7-6/3). كما يجب تكبير العزم الأكبر (M_u) لأخذ تأثيرات النحافة بموجب الفصل (7-10).

7-4 المسافة بين المساند الجانبية لعناصر الانحناء [1 ، 9 ، 10]

7-1/4 يجب الاخذ في الحسبان تأثيرات اللامركزية الجانبية للأحمال عند تحديد مسافات التباعد للمساند الجانبية.

7-2/4 يجب ان لا يزيد التباعد بين المساند الجانبية للعتبات على (50) مرة بقدر عرض الجناح او العرض الأقل لشفة اووجه الانضغاط.

7-5 التسليح الأقل لعناصر الانحناء Minimum Reinforcement of Flexural Members [1]

7-1/5 يجب ان لا تقل مساحة حديد التسليح المتوفرة (A_s) في كل مقطع لعنصر الانحناء باستثناء ما ورد في البنود (7-2/5)، (7-3/5)، (7-4/5) عما يلي:

$$A_{s,min} = b_w d \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \dots\dots\dots(7-1/5)$$

على ان لا تقل عن ($1.4 b_w d / f_y$)

7-2/5 للعناصر المحددة ستاتيكيًا وعندما تكون الشفة في الشد فان ($A_{s,min}$) يجب ان لا تقل عن القيمة المذكورة في المعادلة (7-1/5)، باستثناء أن تحل ($2b_w$) محل أي من (b_w) في كل مقطع او عرض الشفة ايهما اقل.

7-3/5 لا يجب تحقيق متطلبات البندين (7-1/5) و(7-2/5) اذا كانت (A_s) المستعملة تزيد بما لا يقل على ثلث ما مطلوب بموجب التحليل.

7-4/5 في البلاطات الانشائية والاسس ذات السمك المنتظم فان ($A_{s,min}$) باتجاه الفضاء يجب ان تساوي تلك المطلوبة بموجب الفقرة (4-3/11/5). ويجب ان لا تزيد مسافة التباعد العظمى لهذا التسليح على (2.5) مرة بقدر السمك ولا على (400مم).

7-6 توزيع تسليح الانحناء في العتبات والبلاطات العاملة باتجاه واحد [1 ، 11 ، 12]

7-1/6 يصف هذا الفصل قواعد توزيع تسليح الانحناء للسيطرة على تشققات الانحناء في العتبات والبلاطات العاملة باتجاه واحد.

7-2/6 يكون توزيع تسليح الانحناء في البلاطات العاملة باتجاهين بموجب متطلبات الفصل (10-2).

3/6-7 يجب ان يوزع تسليح شد الانحناء بانتظام في مناطق الشد الأكبر الناتج من الانحناء بحسب متطلبات البند (4/6-7).

4/6-7 يجب ان لا تتجاوز مسافة التباعد للتسليح الأقرب لوجه الشد (s) تلك التي تحسب من العلاقة التالية:

$$380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c \quad \dots\dots (1/6-7)$$

على ان لا تتجاوز المسافة $(280/f_s) \cdot 300$.
حيث ان:

c_c : المسافة الأقل محسوبة من سطح حديد التسليح الى وجه الشد (الغطاء الصافي لحديد التسليح).
وفي حالة وجود قضيب اوسلك واحد فقط اقرب الى وجه الشد الأكبر فأن s المستعملة في المعادلة (1/6-7) تساوي عرض وجه الشد الأكبر.

يجب ان يحسب اجهاد الشد (f_s) في حديد التسليح الأقرب لوجه الشد وتحت احمال التشغيل اعتماداً على العزوم غير المعاملة، ويسمح بجعل قيمة (f_s) مساوية لـ $(2/3 f_y)$.

5/6-7 المتطلبات المنصوص عليها في البند (4/6-7) غير كافية للمنشآت المعرضة لظروف قاسية جداً او مصممة لتكون مانعة لفاذ الماء (watertight) حيث من اللازم اجراء تحريات واتخاذ احتياطات خاصة باجراء تجارب على نماذج خرسانية معرضة لظروف التعرض القاسية نفسها في الموقع والتي تتعلق بنوعية الخرسانة وطريقة الرص وغطاء الخرسانة.

6/6-7 عندما يتجاوز ارتفاع العتبة او العتبة الثانوية (Joist) (900مم) فيجب توزيع تسليح طولي سطحي بانتظام على طول الوجهين الجانبيين للعضو ويجب ان يمتد هذا التسليح حتى مسافة $(0.5h)$ من وجه الشد، وتطبق متطلبات مسافة التباعد المذكورة في البند (4/6-7).
حيث ان:

c_c : اقل مسافة من سطح الحافة النهائية للتسليح السطحي الى الوجه الجانبي للعنصر:

ويمكن تضمين هذا التسليح في حسابات المقاومة في حالة اجراء تحليل توافق الانفعالات لتحديد الاجهاد في القضبان المنفردة او الأسلاك.

7/6-7 عندما تكون اجنحة العتبة التي مقطعتها على شكل الحرف (T) للمنشأ معرضة للشد، يجب ان يوزع جزء من تسليح شد الانحناء في العرض الفعال للجناح كما محدد بالفصل (5-12) او عرض يساوي $(1/10)$ من الفضاء ايهما اقل. أما اذا كان العرض الفعال للجناح يزيد على $(1/10)$ من الفضاء، فيجب وضع تسليح طولي في الجزأين الخارجيين من الجناح.

7-7 العتبات العميقة (Deep Beams) [13 ، 1]

1/7-7 العتبات العميقة هي عناصر محملة على احد الواجهه ومسندة على الوجه المقابل بحيث يمكن ان تتولد دعائم انضغاط (compression struts) بين الاحمال والمساند وتمتلك اما:

أ) فضاءات صافية (l_n) تساوي او تقل عن اربع مرات بقدر العمق الكلي للعنصر، او

ب) مناطق مع احمال مركزة ضمن عمق العنصر من وجه المسند.

ينبغي تصميم العتبات العميقة اما بالأخذ في الحسبان التوزيع اللاخطي للانفعال، او تصمم بالاعتماد على الملحق (أ) مع الاخذ في الحسبان تأثير الانبعاج الجانبي (lateral buckling).

2/7-7 يجب ان تكون المساحة الأقل لتسليح شد الانحناء متوافقة مع متطلبات البند (5-7).

3/7-7 يحسب (V_n) للعتبات العميقة بموجب الفصل (6-8).

4/7-7 يجب ان يحقق التسليح الافقي والشاقولي الأقل على الواجهه الجانبية للعتبات العميقة متطلبات البند (أ-3/3) او البندين (4/6-8) او (5/6-8).

7-8 الابعاد التصميمية لعناصر الانضغاط [13 ، 1]

1/8 عناصر الانضغاط المصبوبة سويةً مع جدار

يجب أن لا تزيد الحدود الخارجية للمقطع العرضي الفعال لعنصر الانضغاط المسلح حلزونياً او برباطات ومصبوب سويةً مع جدار خرساني او مع دعامة على (40مم) خارج تسليح الحلزون او الرباط.

2/8 عناصر الانضغاط المنفردة بتسليح حلزوني متعدد

يجب أن تؤخذ الحدود الخارجية للمقطع العرضي الفعال لعنصر الانضغاط مسلح باثنين او اكثر من الحلزونات المتداخلة على مسافة خارج الحدود القصوى للحلزون تساوي الغطاء الخرساني الأقل اللازم وجوده بموجب البند (4-7/5).

3/8 حدود المقطع

يسمح لعنصر الانضغاط اذا كان ذا مقطع اكبر من متطلبات الاحمال أن يسلمح اعتماداً على متطلب الحد الأقل للتسليح وان تكون مقاومته معتمدة على مساحة فعالة ذات قيمة أقل من (A_g)، ولكنها لا تقل عن نصف المساحة الكلية. لاتطبق هذه الاشتراطات على الهياكل الانشائية الخاصة او الجدران الانشائية الخاصة والمصممة بموجب متطلبات الهزات الارضية والزلازل.

4/8 عنصر الانضغاط الدائري المكافئ

يسمح باستعمال المساحة الاجمالية كلها لتصميم عنصر انضغاط له مقطع عرضي مربع او مثنى او أي شكل آخر باستعمال مقطع دائري بديل بقطر يساوي اقل بعد جانبي للمقطع الفعلي ويجب ان تعتمد حسابات المساحة الاجمالية للمقطع المأخوذ في الحساب ونسبة التسليح اللازم وضعها والمقاومة التصميمية على ذلك المقطع الدائري.

9-7 حدود التسليح لعناصر الانضغاط [1 ، 14]

7- 1/9 يجب ان لا يقل عدد قضبان التسليح الطولية عن (4) قضبان محصورة ضمن رباطات مستطيلة او دائرية، ولا يقل عن (3) قضبان محصورة ضمن رباطات مثلثة الشكل ولا عن (6) قضبان محصورة بجزونات بموجب البند (7-3/9).

7- 2/9 يجب ان لا تقل مساحة حديد التسليح الطولي A_{st} لعناصر الانضغاط غير المركبة عن $(0.01 A_g)$ ولا تزيد على $(0.08 A_g)$.

7- 3/9 يجب ان لا تقل النسبة الحجمية للتسليح الحلزوني (ρ_s) على المقدار في العلاقة التالية :

$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}} \quad \dots\dots\dots (1/9-7)$$

ويجب ان لا تتجاوز قيمة (f_{yt}) المستعملة في المعادلة في (7-1/9) على (600) ميكاباسكال وعندما تزيد (f_{yt}) على (420) ميكاباسكال يجب ان لا تستعمل وصلات التراكب طبقا للعبارة (4-5/1/9-هـ-1)

10-7 تأثيرات النحافة في عناصر الانضغاط

[16 ، 15 ، 1 (Slenderness Effects in Compression Members)]

7- 1/10 يمكن اهمال تأثيرات النحافة في الحالات التالية:

(أ) لعناصر الانضغاط المدعمة جانبياً لمقاومة الانحراف الجانبي (braced against sidesway) وعندما تحقق العلاقة التالية:

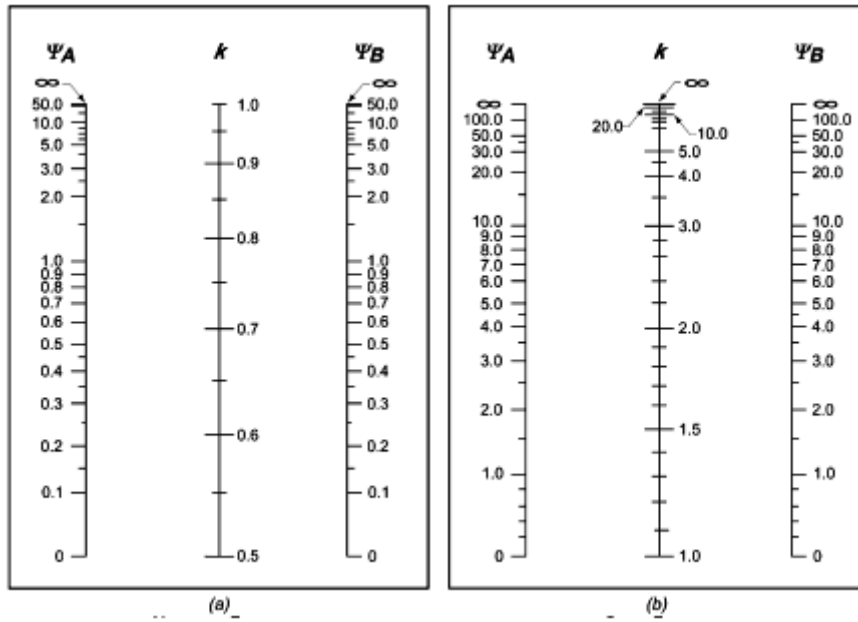
$$\frac{k l_u}{r} \leq 34 - 12(M_1/M_2) \leq 40 \quad \dots\dots\dots (1/10-7)$$

(ب) لعناصر الانضغاط غير المدعمة جانبياً لمقاومة الانحراف الجانبي (not braced against sidesway) وعندما تحقق العلاقة التالية:

$$\frac{k \ell_u}{r} \leq 22$$

حيث أن قيمة معامل الطول (k) تؤخذ من الشكل (7-10/1)

حيث ان (M_1/M_2) الفعال موجبة عندما يكون انحناء العمود بتقوس مفرد (single curvature) وتكون سالبة عندما يكون انحناء العمود بتقوس مزدوج (double curvature).
ويسمح أن تعد عناصر الانضغاط مدعمة جانبياً لمقاومة الانحراف الجانبي عندما تكون الجساءة الكلية لعناصر التدعيم التي تقاوم الحركة الجانبية لطابق معين لا تقل عن (12) مرة بقدر الجساءة الاجمالية للاعمدة في ذلك الطابق.



للمنشآت المقاومة للانحراف الجانبي
(الحالة المدعمة)

للمنشآت غير المقاومة للانحراف الجانبي
(الحالة غير المدعمة)

الشكل 7-10/1 : قيمة معامل الطول الفعال [1]

7-10/1/1 يسمح أن يعد نصف قطر التدويم (r) للمقاطع المستطيلة مساوياً الى ($0.3h$) حيث (h) تمثل المقاس الكلي لمقطع العمود باتجاه احتساب الاستقرار ويعد مساوياً ل ($0.25d$) للمقاطع الدائرية التي قطرها يساوي (d). اما بالنسبة للمقاطع الاخرى فيسمح بحساب نصف قطر التدويم (r) لمقطع الخرسانة الاجمالي.

7-10/1/2 يعد الطول غير المدعم لعناصر الانضغاط (ℓ_u) في اي اتجاه مساوياً للمسافة الصافية بين بلاطات الطوابق او العتبات او العناصر الاخرى التي لها القابلية لتحقيق تدعيم جانبي في ذلك الاتجاه. عندما تكون الاعمدة ذات تيجان او اكتاف فيقاس (ℓ_u) من اسفل حافة التاج او الكتف في المستوي المعني.

7-10/2 عند عدم اهمال تأثيرات النحافة ضمن السماحات المذكورة في البند (7-10/1) يكون تصميم عناصر الانضغاط والعتبات المقيدة وعناصر التدعيم الاخرى معتمداً على مقدار القوى والعزوم المعاملة والمحسوبة استناداً الى التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية والذي يحقق متطلبات البنود (7-10/3) و(7-10/4) او (7-10/5). كما يجب ان تحقق هذه العناصر المتطلبات المنصوص عليها في الفقرات (7-10/1) و(7-10/2).

7-10/2 ينبغي ان لا تزيد نسبة العزم شاملاً التأثير اللاخطي من الدرجة الثانية الى العزم المحسوب استناداً الى التحليل الخطي من الدرجة الاولى على (1.4) لعناصر الانضغاط وعتبات التدعيم او العناصر الانشائية الاخرى.

7-10/2 تؤخذ تأثيرات التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية على طول عناصر الانضغاط كما يمكن السماح بحساب هذه التأثيرات بواسطة طريقة تضخيم العزوم (moment magnification) المذكورة في البند (7-10/6).

7-10/3 التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية (Nonlinear Second- Order Analysis)

عند استعمال التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية يجب الاخذ في الحسبان التصرف اللاخطي للمواد وتقوس العنصر والانحراف الجانبي ومدة التحميل والانكماش والزحف وطريقة اتصال الاعمدة مع الاسس.

7-10/4 التحليل المرن من الدرجة الثانية (Elastic Second Order Analysis)

يجب الاخذ في الحسبان تأثير الاحمال المحورية ووجود مناطق متشققة على طول عنصر الانضغاط وتأثير مدة التحميل في تحديد خصائص مقطع العمود عند استعمال التحليل المرن من الدرجة الثانية.

7-10/4 تحسب خصائص مقاطع عناصر المنشأ كما مبين تالياً:

أ) معامل المرونة (E_c) بموجب البند (5-1/5).

ب) عزم القصور الذاتي (I)

عناصر الانضغاط:

الاعمدة = $0.70 I_g$

الجران - غير متشققة = $0.70 I_g$

الجران - متشققة = $0.35 I_g$

عناصر الانحناء:

العتبات = $0.35 I_g$

البلاطات المسطحة والبلاطات ذات التيجان = $0.25 I_g$

ج) المساحة = $0.10 A_g$

2/4/10-7 عند وجود احمال جانبية دائمية فان عزم القصور الذاتي I لعناصر الانضغاط يحسب وتقلل

$$\left(\frac{1}{1 + \beta_{ds}} \right)$$

حيث ان:

β_{ds} : هي نسبة قوى القص الدائمة المعاملة نفسها ضمن طابق معين الى قوى القص المعاملة العظمى في ذلك الطابق المحسوبة مع تجميعات الاحمال على ان لاتزيد قيمة النسبة على (1.0).

5/10-7 طريقة تضخيم العزوم (Moment Magnification Procedure)

ينبغي تصنيف الاعمدة والطوابق في المنشآت استناداً الى كونها مدعمة جانبياً او غير مدعمة جانبياً. تصمم الاعمدة في الهياكل او الطوابق المدعمة جانبياً بموجب متطلبات البند (6/10-7). اما الاعمدة غير المدعمة جانبياً فتصمم بموجب البند (7/10-7).

1/5/10-7 يسمح بافتراض العمود في المنشأ مدعماً جانبياً اذا كانت الزيادة في العزوم المتولدة عند نهايات الاعمدة والمحسوبة باستعمال التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية لا تزيد على (5%) من تلك المحسوبة بطرائق التحليل الخطي من الدرجة الاولى.

2/5/10-7 كما يسمح بافتراض ان الطابق ضمن المنشأ مدعماً جانبياً اذا كان دليل الاستقرار له (Q) مساوياً لـ

$$Q = \frac{\sum P_u \Delta_o}{V_{us} \ell_c} \leq 0.05 \quad (3/10-7)$$

حيث ان:

$\sum P_u$ و V_{us} تمثلان الحمل الشاقولي الكلي والقص الافقي على التوالي عند حساب دليل الاستقرار له.

Δ_o : تمثل الانحراف الجانبي بين اعلى واسفل الطابق تحت تأثير (V_{us}) باستعمال التحليل الخطي من الدرجة الاولى.

6/10-7 طريقة تضخيم العزم - الحالة المدعمة

(Moment Magnification Procedure- Nonsway)

1/6/10-7 يضخم تأثير القوى المحورية المعاملة P_u والعزوم المعاملة المكبرة M_c على عناصر الانضغاط المدعمة لتشمل تأثير تقوس العنصر، كالتالي:

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \quad \dots\dots\dots(4/10-7)$$

حيث ان :

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0.75P_c}} \geq 1.0 \quad \dots\dots\dots (5/10-7)$$

وان :

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k\ell_u)^2} \quad \dots\dots\dots (6/10-7)$$

تؤخذ قيمة EI كالتالي:

$$EI = \frac{0.4E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad \dots\dots\dots (7/10-7)$$

أو

$$EI = \frac{(0.2E_c I_g + E_s I_{se})}{1 + \beta_{dns}} \quad \dots\dots\dots (8/10-7)$$

2/6/10-7 يمثل المعامل (β_{dns}) نسبة الحمل المحوري الدائم المعامل الأكبر الى الحمل المحوري المعامل الأكبر والمعتمد على نفس تجميعات الاحمال على ان لا تزيد قيمة (β_{dns}) على (1.0).

3/6/10-7 يسمح باعتبار مقدار معامل الطول الفعال (k) مساوياً الى (1.0) كحد اعلى للحالة المدعمة.

4/6/10-7 للعناصر غير المعرضة لاحمال جانبية بين المساند، تؤخذ قيمة (C_m) كالتالي:

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_1}{M_2} \quad \dots\dots\dots(9/10-7)$$

حيث ان ($\frac{M_1}{M_2}$) موجبة عندما يكون انحناء العمود بتقوس مفرد (single curvature) وتكون سالبة عندما

يكون انحناء العمود بتقوس مزدوج (double curvature). للعناصر المعرضة لاحمال جانبية بين المساند فتعد قيمة (C_m) مساوية لـ (1.0).

5/6/10-7 يجب ان لا تقل قيمة (M_2) الواردة في المعادلة (4/10-7) على:

$$M_{2,min} = P_n(15 + 0.03h) \quad \dots\dots\dots(10/10-7)$$

حول المحاور بشكل منفصل.

للعناصر التي تتجاوز فيها قيمة ($M_{2,min}$) قيمة (M_2) تؤخذ قيمة (C_m) مساوية لـ (1.0) في المعادلة (5/10-7) او تحسب بالاستناد الى النسبة بين العزوم عند نهايات العمود.

7/10-7 طريقة تضخيم العزوم - الحالة غير المدعمة (Moment Magnification Procedure - Sway)

1/7/10-7 تحسب العزوم (M_1) و (M_2) عند نهايات عنصر الانضغاط المفرد كالتالي:

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \quad \dots\dots\dots(11/10-7)$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \quad \dots\dots\dots(12/10-7)$$

حيث ان (δ_s) تحسب على وفق الفقرتين (4/7/10-7) او (5/7/10-7).

2/7/10-7 تصمم عناصر الانحناء لتتحمل العزوم المضخمة الكلية عند نهايات عنصر الانضغاط في المفاصل.

3/7/10-7 يمكن حساب قيمة معامل الطول الفعال (k) باستعمال قيم (E_c) و (I) المنصوص عليها في الفقرة (1/4/10-7) على ان لا تقل على (1.0).

4/7/10-7 يحسب مقدار معامل تكبير العزم (δ_s) من العلاقة:

$$\delta_s = \frac{1}{1-Q} \geq 1 \quad \dots\dots\dots(13/10-7)$$

اما اذا تجاوزت قيمة (δ_s) (1.5) فيجب حسابها طبقاً للفقرة (5/7/10-7).

5/7/10-7 يسمح بحساب قيمة (δ_s) كالتالي:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0.75 \sum P_c}} \geq 1 \quad \dots\dots\dots(14/10-7)$$

حيث ($\sum P_u$) يمثل مجموع الاحمال الشاقولية المعاملة في الطابق و ($\sum P_c$) يمثل مجموع مقاومة الاعمدة المقاومة للازاحة الجانبية في الطابق وقيمة (P_c) تحسب من المعادلة (6/10-7) بعد ان تحسب قيمة معامل الطول الفعال (k) بموجب الشكل (10-1/7) و (EI) من الفقرة (1/6/10-7).

7- 11 العناصر المحملة محورياً والساندة لأنظمة البلاطات [1]

يجب أن تصمم العناصر المحملة محورياً والساندة لأنظمة البلاطات والمحددة بالفصل (10-1) بموجب متطلبات هذا الفصل وبموجب المتطلبات الإضافية في الفصل الخاص بالبلاطات العاملة باتجاهين.

7-12 انتقال أحمال الأعمدة خلال أنظمة الأرضيات [1 ، 6]

عندما تكون مقاومة الانضغاط لخرسانة العمود (f'_c) أكبر من (1.4) مرة بقدر مقاومة انضغاط مقاومة الأرضية، يجب أن يتحقق انتقال الحمل خلال نظام الأرضية بموجب متطلبات البندين (7-12/1) أو (7-12/2).

7-12/1 يجب وضع خرسانة العمود والتي لها مقاومة محددة في موضع العمود من الطابق. ويجب ان تمتد خرسانة السطح العلوي للعمود داخل البلاطة (600 مم) من وجه العمود وتصب بموجب متطلبات البندين (4-6/4) و(4-7/4).

7-12/2 لأغراض التصميم يجب أن لا تزيد النسبة بين مقاومة خرسانة العمود الى مقاومة خرسانة البلاطة على (2.0).

7-13 عناصر الانضغاط المركبة (Composite Compression Members) [1 ، 6]

7-13/1 تشمل عناصر الانضغاط المركبة جميع العناصر المسلحة طولياً بمقاطع فولاذية إنشائية أو انابيب حديدية مع قضبان الطولية أو بدونها.

7-13/2 يجب أن تنقل الأحمال المحورية في العنصر المركب المراد تحميلها باسناد مباشر على خرسانة العنصر المركب بواسطة عناصر أو أكتاف.

7-13/3 تحسب مقاومة العنصر المركب تحت الظروف المحددة نفسها والمطبقة على عناصر الخرسانة المسلحة العادية.

7-13/4 يجب أن تنتقل جميع الأحمال المحورية غير المتحقق انتقالها باسناد على خرسانة العنصر المركب بواسطة الربط المباشر مع مقاطع الفولاذ الإنشائية أو الأنابيب.

7-13/5 لتقييم تأثيرات النحافة (slenderness effects) يجب ان لا يزيد نصف قطر التدويم (r) على القيمة المبينة في المعادلة التالية :

$$r = \sqrt{\frac{(E_c I_g / 5) + E_s I_{sx}}{(E_c A_g / 5) + E_s A_{sx}}} \dots\dots\dots(1/13-7)$$

ولحسابات بديلة مبسطة تحسب (EI) المذكورة في المعادلة (7-10/6) اما بموجب المعادلة (7-10/8) او كالتالي:

$$EI = \frac{(E_c I_g / 5)}{1 + \beta_d} + E_s I_{sx} \dots\dots\dots(2/13-7)$$

6/13-7 لب الخرسانة المحصور داخل الفولاذ الإنشائي (Structural Steel Encased Concrete Core)

1/6/13-7 ينبغي أن لا يقل سمك فولاذ التغليف في العنصر المركب على القيمتين التاليتين:

$$\text{للمقاطع الدائرية بقطر } h \sqrt{\frac{f_y}{8E_s}} \dots\dots\dots (2/13-7)$$

$$b \sqrt{\frac{f_y}{3E_s}} \text{ لكل وجه بعرض } b \dots\dots\dots (3/13-7)$$

2/6/13-7 يسمح باستعمال القضبان الطولية الواقعة ضمن لب الخرسانة المغلف لغرض حساب (A_{sx}) و (I_{sx}).

7/13-7 التسليح الحلزوني حول لب من الفولاذ الإنشائي (Spiral Reinforcement around Structural Steel Core)

يجب أن يحقق العنصر المركب المسلح بتسليح حلزوني حول المقطع الفولاذي الإنشائي المتطلبات المنصوص عليها في الفقرات (3/7/13-7) و (4/7/13-7).

1/7/13-7 تكون مقاومة الخضوع التصميمية للمقطع الفولاذي مساوية إلى مقاومة الخضوع الأقل المحددة لصف المقطع الفولاذي المستعمل بشرط أن لا تزيد على (350) ميكاباسكال.

2/7/13-7 ينبغي أن يحقق حديد التسليح الحلزوني المتطلبات المذكورة في البند (3/9-7).

3/7/13-7 يجب ان لا تقل مساحة القضبان الطولية الواقعة ضمن التسليح الحلزوني على (0.01) ولا تزيد على (0.08) من المساحة الصافية للمقطع الخرساني.

4/7/13-7 يسمح باستعمال القضبان الطولية الواقعة ضمن التسليح الحلزوني في حساب (A_{sx}) و (I_{sx}).

8/13-7 تسليح الرباطات حول لب المقطع الفولاذي الإنشائي (Tie Reinforcement around Structural Steel Core)

ينبغي أن يحقق المقطع المركب المسلح برباطات مستعرضة حول لب المقطع الفولاذي الإنشائي المتطلبات المنصوص عليها في العبارات (1/8/13-7) إلى (7/8/13-7).

1/8/13-7 تكون مقاومة الخضوع التصميمية للمقطع الفولاذي الإنشائي مساوية إلى مقاومة الخضوع الدنيا المحددة لصف المقطع الفولاذي المستخدم بشرط أن لا تزيد على (350) ميكاباسكال.

2/8/13-7 ينبغي أن تمتد الرباطات المستعرضة جميعها حول لب الفولاذ الإنشائي.

7-3/8/13 يجب ان لا يقل قطر الرباطات المستعرضة على (0.02) مضروبة في مقياس البعد الجانبي الاكبر من بعدي للعنصر المركب، على ان لا يقل قطر الرباطات على (10 مم) وان لا يزيد على (16مم). ويسمح باستعمال اسلاك تسليح ملحومة ذات مساحة مكافئة.

7-4/8/13 يجب ان لا تزيد مسافة التباعد العمودية على (16) مرة قطر القضبان الطولية ولا على (48) مرة بقدر قطر قضيب الرباط المستعرض ولا على نصف مقياس البعد الاقل للعنصر المركب.

7-5/8/13 يجب ان لا تقل نسبة حديد التسليح الطولي ضمن الرباطات عن (0.01) ولا تزيد على (0.08) من المساحة الصافية للمقطع الخرساني.

7-6/8/13 يجب وضع قضيب حديد طولي في كل زاوية من زوايا المقطع الخرساني المستطيل الشكل على ان لا تزيد مسافة التباعد بين كل قضيبين طوليين متجاورين على نصف مقياس البعد الاصغر للعنصر المركب.

7-7/8/13 يسمح باستعمال مساحة مقطع قضبان التسليح الطولية ضمن الرباطات في حساب (A_{sx}) و(I_{sx}).

7-14 مقاومة الاسناد Bearing Strength [1]

يجب ان لا تزيد مقاومة التحميل التصميمية للخرسانة على ($0.85 \phi A_1 f'_c$) *Error! Bookmark not defined.* في كافة الجوانب اكبر من المساحة المحملة، عندئذ يسمح بضرب مقاومة التحميل التصميمية للمساحة المحملة في المقدار ($\sqrt{A_1/A_2}$) على ان لا يزيد هذا المقدار على (2).

المراجع

[1] ACI Committee 318 “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, (2008), 473 pp.

[2] Council of Standards Australia, “Australian Standard: Concrete Structures, AS360”, Standards Australia International Ltd, Sydney, Australia, 2001, 181pp.

[3] Leslie, k. E.; RaJagelan, K. S.; and Everard, N. J., “Flexural Behavior of High Strength Concrete Beams”, ACI Journal, proceedings V. 7, No. 9, Sep. 1976, pp. 517-521

[4] Karr, P. H.; Hanson, N. W., and Cappell, H. t.; “Strain Characteristics of High Strength Concrete.” Douglas McHenry International Symposium on Concrete Structures SP-55, American Concrete Institute , Farming Hills , MI,1987, pp.16-185.

- [5] Mattock, A. H.; Kriz, L. B.; and Hognestad, E., "Rectangular Concrete Stress Distribution in ultimate Strength Design" ,ACI Journal, proceedings V. 57, No. 8, Feb. 1961, pp. 875-928.
- [6] ACI Committee 340, ACI Design Handbook, (ACI 340R- 97M-08),SP-17(97) American Concrete Institute, Farming Hills, MI, 1997, 482pp.
- [7] CRSI Handbook, 9th Edition, "Concrete Reinforcing Steel Institute", Schaumburg, IL, 2002,648 pp.
- [8] Bresler, B.; "Design Criteria for Reinforced Concrete Columns under Axial Load and Biaxial Bending", ACI Journal, Proceedings V. 57, No.5, Nov. 1960, pp. 481-490.
- [9] Hansell, W. and Winter, G., "Lateral Stability of Reinforced Concrete Beams", ACI Journal, Proceedings, V. 56, No.3, Sept., 1959, pp. 193-214.
- [10] Sant, J. K. and Bletzacker, R.W., "Experimental Study of Lateral Stability of Reinforced Concrete Beams," ACI Journal, Proceedings V. 58, No.6, Dec. 1961, pp. 713-736.
- [11] Gergely, P. and Lutz,, L. A., "Maximum Crack Width In Reinforced Concrete Flexural Members", American Concrete Institute , Farmington Hills , MI,1968 pp.87-117
- [12] Base, G.D.; and Reed, J. B., "An Investigation of the Crack Control Characteristics of Various Types of Bar in Reinforced Concrete Beams", Research Report No.18, Cement and Concrete Association, London, Dec. 1966, 44 pp.
- [13] Furlong, R. W., "Columns Slenderness and Charts for Design," ACI Journal, Proceedings, V.68, No. 1, Jan.1971, pp 9-18.
- [14] Reinforced Concrete column Investigation – "Tentative Final Report of Committee 105," ACI Journal, Proceedings V. 29, No. 5, Feb. 1933, pp.275-282.
- [15] MacGregor, J.G., Breen,J.E., and Pfrange, E.O., "Design of Slender Concrete Columns,"ACI Journal , Proceedings V.67, No.1Jan.1970, pp.6-28.
- [16] Ford, J, S.; Change, D. C.; and Breen J. E., "Design Indications from Tests of Unbraced Multipanel Concrete Frames," Concrete International; Design and Construction, V.3, No. 3, Mar.1981, pp.37-47.

الباب 8

القص واللي

Shear and Torsion

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-8 مقاومة القص [1 ، 3]

1/1-8 باستثناء العناصر الإنشائية المصممة بموجب الملحق (أ) من هذه المدونة، تصمم المقاطع الإنشائية المعرضة لقوى القص بموجب العلاقة:

$$\phi V_n \geq V_u \dots\dots\dots(1/1-8)$$

حيث أن (V_u) هي قوة القص المعاملة في المقطع المأخوذ في الحساب و (V_n) هي مقاومة القص الاسمية (nominal shear strength) المحسوبة من العلاقة:

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots(2/1-8)$$

حيث أن (V_c) هي مقاومة القص الاسمية الموجودة لدى الخرسانة محسوبة طبقاً للفصل (2-8) أو الفصل (10-8). أما (V_s) فتتمثل مقاومة القص الاسمية الموجودة لدى حديد التسليح محسوبة وفقاً للفصل (3-8) والبند (8/8-8) أو الفصل (10-8).

1/1/1-8 عند تحديد قيمة (V_c) يجب أن يؤخذ في الحساب (حيثما كان ذلك قابلاً للتطبيق) تأثيرات قوى الشد المحورية الناتجة من الزحف والانكماش في العناصر الإنشائية المقيدة. كما ينبغي تضمين تأثيرات قوى الانضغاط المائلة الناتجة من الانحناء في العناصر الإنشائية ذات العمق المتغير.

2/1/1-8 عند تحديد قيمة (V_n) يجب أن يؤخذ في الحساب تأثير وجود أي فتحات (openings) في العناصر الإنشائية.

2/1-8 يجب أن لا تزيد قيم $\sqrt{f'_c}$ المستعملة في هذا الفصل على (8.0) ميكاباسكال.

3/1-8 ينبغي حساب القيمة العظمى لـ (V_u) على مسافة (d) من مساند العناصر الخرسانية غير سابقة الإجهاد كما مبين في الشكل (2/1-8)، (أما بخصوص العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد فان تصاميم

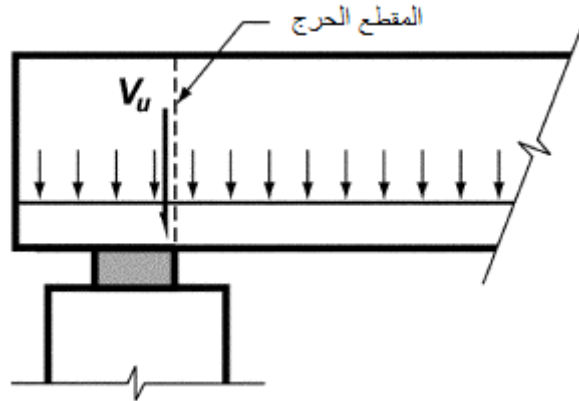
القص تتم بموجب متطلبات المدونة العراقية للعناصر الخرسانية مسبقة الإجهاد) طبقاً للفقرة (8-1/3/1) إذا تحققت جميع الاشتراطات التالية:

أ- عندما تكون الأحمال مسلطة على الوجه العلوي أو بالقرب منه وبخلاف ذلك فإن موقع المقطع الحرج يؤخذ عند وجه المسند كما مبين في الشكل (8-1/1).

ب- عندما يولد رد فعل المسند، الذي يكون في اتجاه قوى القص المسلطة نفسها، انضغاطاً في المناطق الطرفية (end regions) وبخلاف ذلك فإن موقع المقطع الحرج يؤخذ عند وجه المسند كما مبين في الشكل (8-2/1-ج).

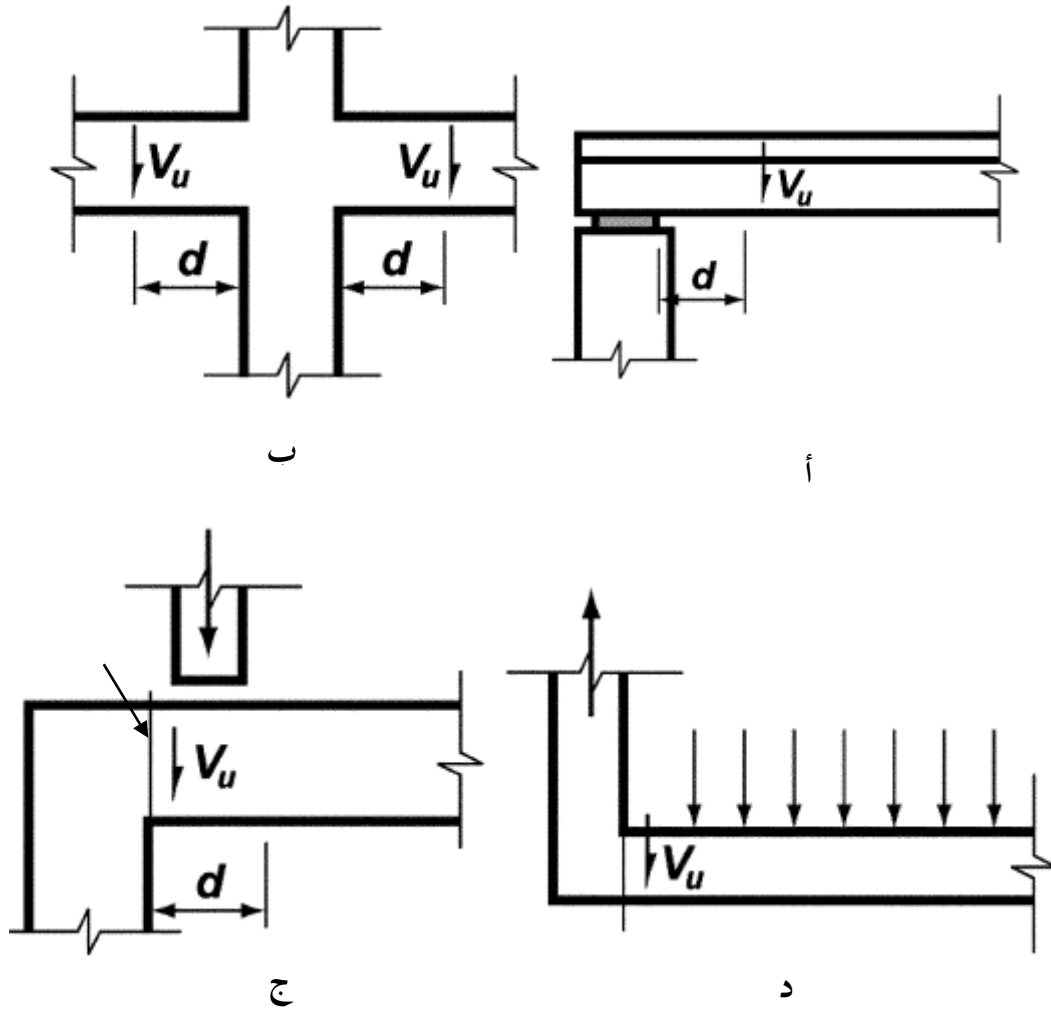
ج- في حالة وجود حمل مركز (concentrated load) بين وجه المسند والمقطع الحرج كما مبين في الشكل (8-2/1-د) وبخلاف ذلك فإن موقع المقطع الحرج يؤخذ عند وجه المسند.

8-1/3/1 ينبغي أن تصمم المقاطع الحرجة (critical sections) الواقعة على مسافة d من وجه المسند لتحتمل القوة (V_u) المحسوبة على مسافة d من وجه المسند كما مبين في الشكلين (8-2/1-أ) و (8-2/1-ب).



الشكل 8-1/1: موقع المقطع الحرج للقص للعنصر المعرض لأحمال قرب الوجه الأسفل [2]

8-2/3/1 يجب تطبيق المتطلبات الخاصة المنصوص عليها في البنود من (8-2/3) إلى (8-6/3) على العتبات العميقة (deep beams) والكتائف (brackets) والطنف (corbels) والجدران (walls) والبلاطات (slabs) والأسس (foundations).



الشكل 2/1-8: حالات المساند المختلفة لاختيار الموقع الحرج لقوة القص المعاملة V_u [2]

2-8 مقاومة القص الموجودة لدى الخرسانة (Shear strength provided by concrete) [3 ، 4 ، 5 ، 21 ، 22 ، 23]

1/2-8 ينبغي أن تحسب مقاومة القص الموجودة لدى الخرسانة (V_c) بموجب متطلبات الفقرات من (1/1/2-8) إلى (3/1/2-8) إلا إذا استعملت حسابات أكثر تفصيلاً طبقاً لبند (2/2-8). كما ينبغي اعتماد قيمة المعامل λ الواردة في جميع فقرات هذا الباب بموجب متطلبات البند (1/3-8) يستثنى من ذلك المتطلبات المنصوص عليها في الفصل (5-6).

1/1/2-8 تحسب قيمة (V_c) في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وعزوم انحناء فقط بموجب العلاقة:

$$\dots\dots\dots(1/2-8)$$

$$V_c = \lambda \sqrt{f'_c} \frac{b_w d}{6}$$

2/1/2-8 في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وقوى انضغاط محورية تحسب قيمة (V_c) من العلاقة:

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \frac{b_w d}{6} \dots\dots\dots(2/2-8)$$

في هذه العلاقة يجب قياس قيمة الحد (N_u / A_g) ب ميكاباسكال وان تكون إشارة (N_u) موجبة.

3/1/2-8 في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وقوى شد محورية محسوسة تعد قيمة (V_c) مساوية إلى الصفر إلا إذا تطلب الأمر إجراء حسابات أكثر دقة باستعمال الفقرة (3/2/2-8).

2/2-8 يمكن حساب مقاومة القص الموجودة لدى الخرسانة (V_c) باستعمال الحسابات التفصيلية بموجب الفقرات من (1/2/2-8) إلى (3/2/2-8).

1/2/2-8 يمكن حساب قيمة (V_c) في المقاطع الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وعزوم انحناء فقط باستعمال العلاقة:

$$V_c = (0.16 \lambda \sqrt{f'_c} + 17 \rho_w \frac{V_u d}{M_u}) b_w d \dots\dots\dots(3/2-8)$$

في العلاقة (3/2-8) يجب أن لا تتجاوز (V_c) المقدار ($0.28 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$) وأن لا يزيد الحد ($V_u d / M_u$) على (1.0) حيث أن (M_u) هو العزم الذي يتزامن مع القوة (V_u) عند تسليطها على المقطع المأخوذ في الحسابان.

2/2/2-8 ينبغي حساب (V_c) في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وقوى انضغاط من العلاقة (3/2-8) مع إحلال قيمة العزم (M_m) المعروف بالعلاقة (4/2-8) محل العزم (M_u) وفي هذه الحالة يمكن للحد ($V_u d / M_u$) أن يكون أكبر من (1.0).

$$M_m = M_u - N_u \left(\frac{4h - d}{8}\right) \dots\dots\dots(4/2-8)$$

في هذه الحالة يجب أن لا تتجاوز (V_c) المقدار التالي:

$$V_c = 0.28\lambda\sqrt{f'_c}b_wd\sqrt{1+\frac{0.29N_u}{A_g}} \dots\dots\dots(5/2-8)$$

في هذه العلاقة يجب قياس الحد (N_u/A_g) ب ميكاباسكال وعندما تكون قيمة (M_m) المحسوبة بموجب العلاقة $(4/2-8)$ سالبة في هذه الحالة يجب حساب (V_c) من العلاقة $(5/2-8)$.

3/2/2-8 تحسب قيمة (V_c) في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوة قص وقوة شد محورية محسوسة من العلاقة:

$$V_c = 0.17\left(1+\frac{0.29N_u}{A_g}\right)\lambda\sqrt{f'_c}b_wd \dots\dots\dots (6/2-8)$$

ويجب أن لا تكون قيمة (V_c) المحسوبة بموجب هذه العلاقة أقل من الصفر، كما ينبغي أن يعوض عن قيمة قوة الشد (N_u) فيها بإشارة سالبة وتكون وحدات الحد (N_u/A_g) ب ميكاباسكال.

4/2/2-8 في العناصر الخرسانية الدائرية يجب أن تؤخذ المساحة لإيجاد قيمة (V_c) على أنها حاصل ضرب قطر المقطع في العمق الفعال (effective depth) للمقطع الخرساني كما يمكن أن تعد قيمة العمق الفعال (d) مساوية إلى ثمانية أعشار قطر المقطع.

3-8 مقاومة القص الموجودة لدى حديد تسليح القص (Shear strength provided by shear reinforcement) [8 ، 7 ، 6 ، 2]

1/3-8 انواع حديد تسليح القص (Types of Shear Reinforcement)

1/1/3-8 يمكن استعمال حديد تسليح القص المؤلف من الأنواع التالية:

- أ- الأظواق (stirrups) المتعامدة مع المحور الطولي للعنصر الخرساني.
- ب- حديد تسليح حلزوني (spirals) أو رباطات دائرية (circular ties).
- ج- شبكات أسلاك التسليح الملحومة (welded wire reinforcement) والتي تكون فيها الأسلاك متعامدة مع المحور الطولي للعنصر الخرساني.

2/1/3-8 كذلك يمكن أن يتألف حديد تسليح القص للعناصر الخرسانية من أي من الأنواع التالية :

- أ- الأظواق (stirrups) التي تصنع زاوية مقدارها (45 درجة) أو أكثر مع حديد تسليح الشد الطولي للعنصر الخرساني.
- ب- حديد التسليح الطولي ذو الجزء المنحني (bent portion) بزاوية لا تقل عن (30°) مع حديد تسليح الشد الطولي للعنصر الخرساني.

ج- استعمال النوعين المبينين في كل من (أ) و(ب) سوية.

2/3-8 قيم الإجهادات (f_y) و(f_{yt}) المستعملة كل من في تصميم حديد تسليح القص يجب أن لا تتجاوز (420 نت/مم²) ويستثنى من ذلك شبكات أسلاك التسليح المحززة الملحومة (welded deformed wire reinforcement) حيث يجب أن لا تتجاوز قيم (f_t) و(f_{yt}) (540 ميكاباسكال).

3/3-8 يجب أن يستمر امتداد الأطواق والقضبان والأسلاك المستعملة كحديد تسليح قص إلى مسافة مساوية إلى العمق الفعال (d) مقاسة من ليف الانضغاط الأبعد (extreme compression fiber) كما ينبغي تثبيت حديد القص عند الطرفين طبقاً للفصل (9-11).

4/3-8 **حدود مسافات التباعد لحديد تسليح القص (Spacing Limits for Shear Reinforcement)**

1/4/3-8 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد لحديد تسليح القص المتعامد مع المحور الطولي للعنصر الخرساني مقدار ($d/2$) ولا (600 مم).

2/4/3-8 يجب أن تكون مسافة التباعد بين الأطواق المائلة وكذلك المسافة بين حديد التسليح الطولي المحني (longitudinal bent reinforcement) بحيث يلزم ان يتقاطع كل خط مائل بزاوية (45 درجة) يمتد نحو المسند (مقاساً من منتصف عمق مقطع العنصر ($d/2$) باتجاه حديد تسليح الشد الطولي) مع خط واحد من حديد تسليح القص في الأقل.

3/4/3-8 يجب تقليل حدود مسافات التباعد العظمى الواردة في الفقرتين (1/4/3-8) و(2/4/3-8) إلى النصف وذلك عندما تتجاوز قيمة (V_s) المقدار ($\sqrt{f'_c} b_w d / 3$).

5/3-8 **المسافات الأقل لحديد تسليح القص (Minimum Area of Shear Reinforcement)**

1/5/3-8 يجب وضع مساحة أقل لحديد تسليح القص ($A_{v,min}$) في جميع العناصر الخرسانية المعرضة للانحناء عندما تتجاوز (V_u) قيمة الحد ($\phi V_c / 2$) ويستثنى من ذلك العناصر التالية:

أ- البلاطات الصلدة (solid slabs) والأسس.

ب- العوارض (joists) الخرسانية المعرفة بموجب البند (3-5).

ج- العتبات الخرسانية التي لا يتجاوز عمقها الكلي (h) (250 مم).

د- الوحدات المجوفة (hollow core units) ذات عمق كلي غير مغطى (total untopped depth) لا يتجاوز (300 مم) وكذلك الوحدات المجوفة التي تكون فيها قيمة (V_u) لا تزيد على ($0.5\phi V_c$).

هـ- العتبات الخرسانية المتكاملة (integral) مع البلاطات الخرسانية التي لا يزيد عمقها الكلي (h)

(600 مم) و عمقها الكلي لا يتجاوز (2.5) مرة بقدر سمك الشفة (flange) ولا نصف عرض

الوترة (web).

2/5/3-8 عندما يكون وضع حديد القص واجباً طبقاً لمتطلبات الفقرة (8-3/5/1) أو طبقاً لمتطلبات المقاومة وعندما يسمح البند (8-4/1) بإهمال عزوم اللي في هذه الحالة يجب أن تحسب المساحة الأقل لحديد تسليح القص ($A_{v,min}$) بموجب العلاقة:

..... **Error! Bookmark not defined.** (8-3/1)

$$A_{v,min} = 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{b_w S}{f_{yt}}$$

مع مراعاة أن لا تقل المساحة ($A_{v,min}$) المحسوبة بموجب هذه العلاقة عن $0.35 \frac{b_w S}{f_{yt}}$

6/3-8 تصميم حديد تسليح القص (Design of Shear Reinforcement)

1/6/3-8 عندما تتجاوز قيمة (V_u) مقاومة القص الموجودة لدى الخرسانة ($V_c \phi$) في هذه الحالة يجب وضع حديد تسليح القص لتحقيق متطلبات العلاقتين (8-1/1) و (8-2/1) كما ينبغي أن تحسب مقاومة القص (V_s) الموجودة لدى حديد تسليح القص طبقاً لل فقرات من (8-3/6/2) إلى (8-9/6/3).

2/6/3-8 عندما يكون تسليح حديد القص متعامداً مع المحور الطولي للعنصر

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{S} \dots \dots \dots (8-3/2)$$

حيث أن (A_v) تمثل مساحة حديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد (S).

3/6/3-8 عندما يتكون حديد تسليح القص من رباطات دائرية مستعرضة (circular ties) أو حديد تسليح حلزوني (spirals) في هذه الحالة ينبغي أن تحسب (V_s) بموجب العلاقة (8-3/2) حيث أن قيمة (d) معرفة بموجب الفقرة (8-2/2/4) للمقاطع الدائرية. كما يجب أن تكون مساحة تسليح القص (A_v) في العناصر الدائرية ضمن مسافة التباعد (S) مساوية إلى ضعف مساحة مقطع الرباط الدائري (circular tie) المستعرض أو التسليح الحلزوني المستعرض. ويجب أن تقاس مسافة التباعد (S) بالاتجاه الموازي لحديد التسليح الطولي كما يمثل (f_{yt}) إجهاد الخضوع في الرباط الدائري أو التسليح الحلزوني.

4/6/3-8 عند استعمال أطواق مائلة كحديد تسليح للقص في هذه الحالة تحسب (V_s) بموجب العلاقة:

$$V_s = \frac{A_v f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) d}{s} \dots\dots\dots(3/3-8)$$

حيث أن (α) تمثل الزاوية المحصورة بين الطوق المائل والمحور الطولي للعنصر الخرساني وتقاس مسافة التباعد (S) في الاتجاه الموازي لحديد التسليح الطولي.

5/6/3-8 عندما يكون حديد تسليح القص مكوناً من قضيب مفرد أو مجموعة مفردة من قضبان متوازية تحنى جميعها إلى الأعلى عند البعد نفسه عن المسند في هذه الحالة تحسب مقاومة القص الموجودة لدى حديد التسليح بموجب العلاقة:

$$V_s = A_v f_y \sin \alpha \dots\dots\dots(4/3-8)$$

يجب أن لا تتجاوز قيمة (V_s) المحسوبة بموجب هذه العلاقة المقدار $(0.25\sqrt{f'_c} b_w d)$ كما تمثل (α) الزاوية المحصورة بين القضبان المحنية إلى الأعلى والمحور الطولي للعنصر الخرساني.

6/6/3-8 عندما يكون حديد تسليح القص مكوناً من مجموعة من القضبان المتوازية المحنية أو مجاميع من قضبان التسليح المتوازية المحنية (بزاوية مقدارها (α)) إلى الأعلى عند مسافات مختلفة عن المسند في هذه الحالة تحسب (V_s) بموجب العلاقة $(3/3-8)$.

7/6/3-8 يعد الجزء المركزي الذي يمثل ثلاثة أرباع الطول المائل لأي قضيب منحني هو التسليح الفعال فقط لمقاومة القص.

8/6/3-8 عند استعمال أكثر من نوع واحد من حديد القص لتسليح الجزء نفسه من العنصر الخرساني في هذه الحالة تكون قيمة (V_s) الكلية مساوية إلى مجموع القيم الموجودة لدى مختلف أنواع حديد تسليح القص.

9/6/3-8 يجب أن لا تزيد مقاومة القص الموجودة لدى حديد التسليح (V_s) على $(2/3\sqrt{f'_c} b_w d)$.

4-8 التصميم لعزم اللي (Design for Torsion) [2 ، 9 ، 10 ، 11 ، 12]

يجب أن يجري التصميم لمتطلبات عزم اللي وفقاً لمتطلبات البنود من $(1/4-8)$ إلى $(6/4-8)$.

1/4-8 قيمة عزم اللي الاستهلاكي (Threshold Torsion)

يسمح بإهمال تأثيرات اللي إذا كانت قيمة عزم اللي المعامل (T_u) أقل من:
للعناصر المعرضة إلى عزم لي:

$$T_u < \phi 0.08 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots\dots\dots(1/4-8)$$

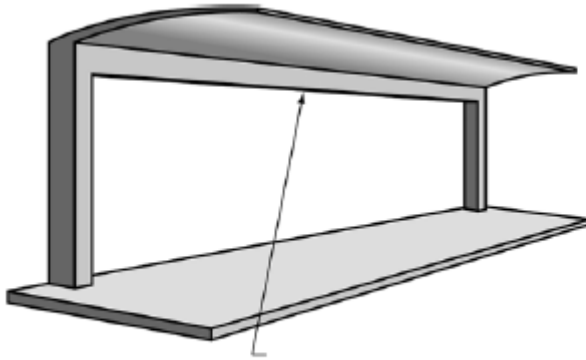
للعناصر المعرضة إلى قوى شد أو قوى انضغاط محورية إضافة إلى عزم اللي

$$T_u < \phi 0.083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 A_g \lambda \sqrt{f'_c}}} \dots\dots\dots (2/4-8)$$

في العناصر المجنحة المعزولة (isolated flanged members) والعناصر المصبوبة سوية مع البلاطة (cast monolithically with the slab) يجب أن يكون عرض الجناح المستعمل لحساب (A_{cp}) و (P_{cp}) محققاً متطلبات البند (8/1-10)، ويستثنى من ذلك العناصر التي يكون فيها المقدار $(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}})$ المحسوب للعتبة المجنحة أقل من المقدار المحسوب للعتبة نفسها بإهمال الأجنحة. في هذه الحالة يجب إهمال تأثير وجود الأجنحة.

2/4-8 حساب عزم اللي المعامل (Calculation of Factored Torsional Moment)

1/2/4-8 إذا كان عزم اللي المعامل (T_u) في العنصر الإنشائي مطلوباً للمحافظة على التوازن (equilibrium torque) وتزيد قيمته على القيمة الأقل المحسوبة بموجب البند (1/4-8) في هذه الحالة يجب أن يصمم العنصر لمقاومة عزم اللي طبقاً للبند من (3/4-8) إلى (6/4-8) كما مبين بالشكل (1/4-8).



لا يمكن تقليل عزم اللي التصميمي لهذه العتبة لأن إعادة توزيع العزوم غير ممكنة

الشكل 1/4-8: لا يمكن تقليل عزم اللي في هذا المنشأ [2]

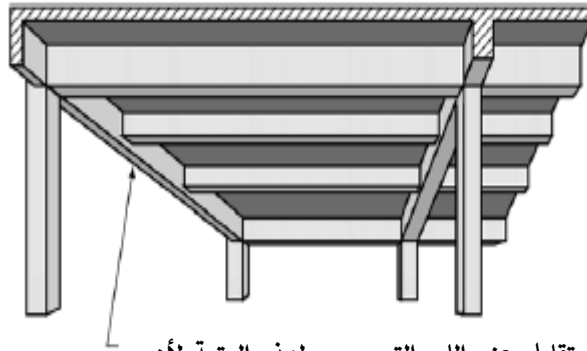
2/2/4-8 في المنشآت غير المحددة ستاتيكيًا (statically indeterminate structures) والتي يمكن تقليل مقدار عزم اللي المسلط عليها بسبب إمكانية إعادة توزيع القوى الداخلية في أثناء حدوث التشققات عندها يمكن تقليل القيمة العظمى لعزم اللي إلى إحدى القيم المبينة التالية:
أ- للعناصر الخرسانية الموصوفة مقاطعها في الفقرة (4/2/4-8).

$$T_u = \phi \frac{\lambda}{3} \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots\dots\dots (3/4-8)$$

ب- للعناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى شد أو انضغاط محورية إضافة إلى عزم اللي.

$$T_u = \phi \frac{\lambda}{3} \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 A_g \lambda \sqrt{f'_c}}} \dots\dots\dots (4/4-8)$$

في الحالتين (أ) و(ب) يجب استعمال عزوم الانحناء وقوى القص المعاد توزيعها المسلطة على العناصر الإنشائية المتاخمة والمرتبطة (adjoining members) مع العنصر الإنشائي المعرض لعزم اللي عند تصميم هذه العناصر كما مبين بالشكل (2/4-8).
كما ينبغي عدم تغيير المساحة (A_{cp}) للمقاطع المجوفة واحلال المساحة الإجمالية (A_g) محلها في العلاقات المذكورة في الفقرة (2/2/4-8).



يمكن تقليل عزم اللي التصميمي لهذه العتبة لأن العزوم ينبغي ان يعاد توزيعها

الشكل 2/4-8: يمكن تقليل عزم اللي التصميمي في هذا المنشأ [2]

3/2/4-8 يمكن أن تعد أحمال اللي المسلطة على العنصر الإنشائي عن طريق البلاطة المجاورة أحمالاً منتظمة التوزيع على طول العنصر الإنشائي المعرض لعزوم اللي إلا إذا حسبت هذه الأحمال باستعمال تحليلات أكثر دقة.

4/2/4-8 ينبغي أن تصمم المقاطع الواقعة على مسافة تقل عن (d) من وجه المسند لمقاومة عزوم لي لا تقل عن عزم اللي (T_u) المحسوب على مسافة (d) من وجه المسند إلا إذا سلب عزم لي مركز ضمن هذه المسافة، عندها يكون المقطع الحرج للتصميم واقعاً عند وجه المسند.

3/4-8 مقاومة عزوم اللي (Torsional Moment Strength)

1/3/4-8 يجب أن تحقق أبعاد المقطع الإنشائي العلاقة التالية:

المقاطع الصلدة (solid sections)

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 2/3 \sqrt{f'_c} \right) \dots\dots\dots(5/4-8)$$

المقاطع المجوفة (hollow sections)

$$\left(\frac{V_u}{b_w d} \right) + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \right) \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 2/3 \sqrt{f'_c} \right) \dots\dots\dots(6/4-8)$$

2/3/4-8 إذا كان سمك جدار المقطع المجوف متغيراً على طول المحيط عندها يجب إجراء تقويم للعلاقة

(6/4-8) بحيث تكون قيمة الطرف الأيسر للعلاقة أكبر ما يمكن، وبشكل عام فإن القيمة العظمى

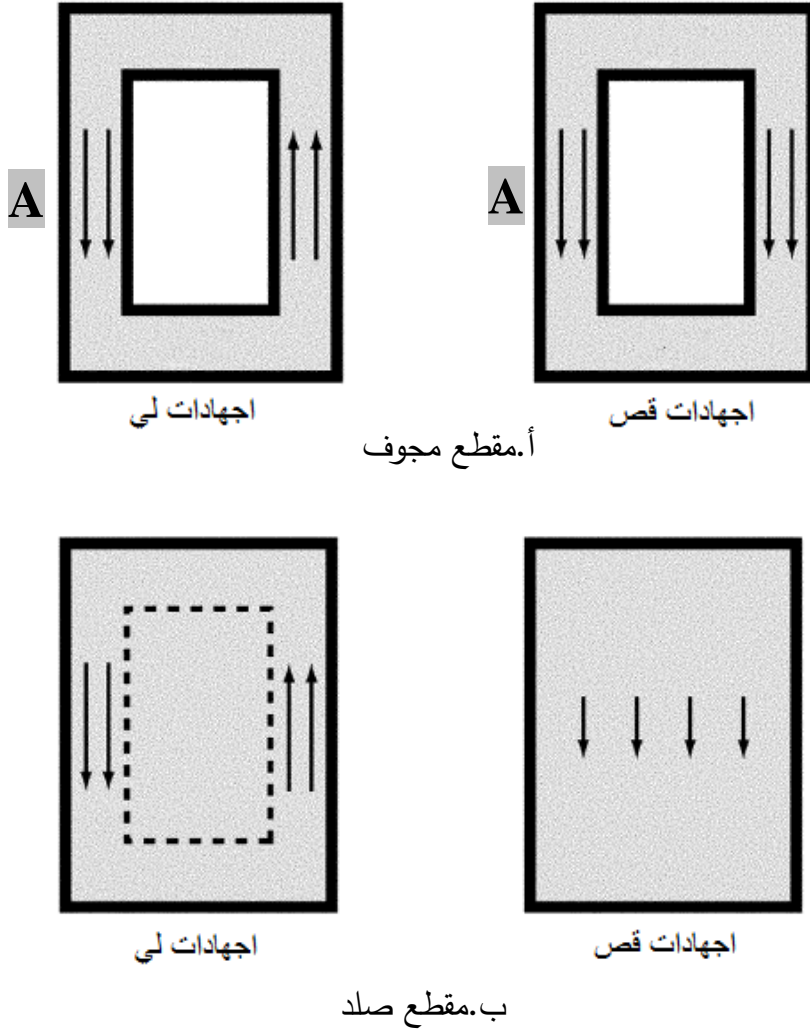
للطرف الأيسر تكون في المنطقة التي تكون فيها اجهادات القص واجهادات اللي تعمل باتجاه واحد

كما هو الحال عند النقطة (A) المبينة في الشكل (3/4-8).

3/3/4-8 إذا كان سمك الجدار أقل من (A_{oh}/P_h) فيكون الطرف الأيسر في العلاقة (6/4-8) مساوياً

الى $\left(\frac{V_u}{b_w d} \right) + \left(\frac{T_u}{1.7 A_{oh} t} \right)$ حيث أن (t) يمثل سمك جدار المقطع المجوف في الموقع الذي دقت

عنده الإجهادات.



الشكل 8-3/4: جميع إجهادات القص واللي [2]

4/3/4-8 يجب أن لا تزيد قيم (f_y) و (f_{yt}) المستعملة لتصميم حديد تسليح اللي على (420) ميكاباسكال.

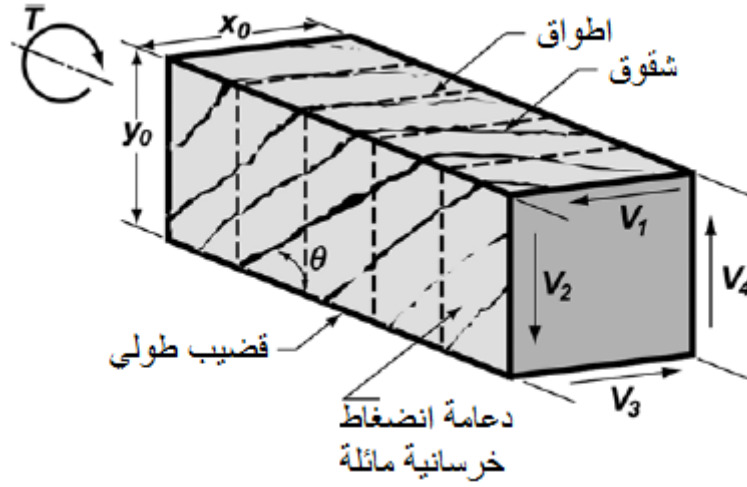
5/3/4-8 عندما يتجاوز (V_u) قيمة عزم اللي الاستهلاكي (threshold torsion) ينبغي تصميم المقطع بالاعتماد على العلاقة التالية:

$$\phi T_n \geq T_u \quad \dots\dots\dots(7/4-8)$$

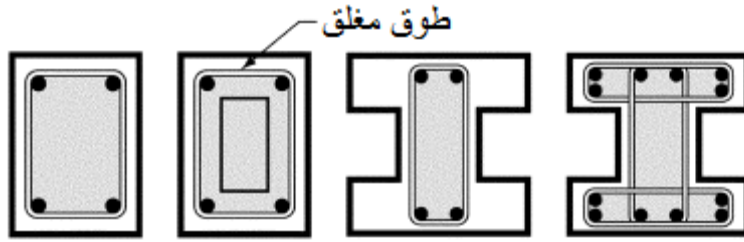
6/3/4-8 يجب أن تحسب المقاومة الاسمية لعزم اللي (T_n) من العلاقة:

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{S} \cot \theta \quad \dots\dots\dots(8/4-8)$$

حيث أن قيمة (A_o) تساوي ($0.85A_{oh}$) ويجب أن تكون الزاوية (θ) محصورة بين (30 درجة) و(60 درجة) ويمكن أن تؤخذ مساوية إلى (45 درجة) كما مبين بالشكل (8-4/4).



أ. تمثيل المسنم الفضائي



المساحة المظلمة = A_{oh}

ب. تعريف المساحة A_{oh}

الشكل 8-4/4: التعريف الخاص بالمساحة A_{oh} [2]

7/3/4-8 يجب أن لا تقل مساحة حديد التسليح الطولي الإضافية لمقاومة عزوم اللي A_ℓ عن:

$$A_\ell = \frac{A_t}{S} P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta \dots\dots\dots (9/4-8)$$

حيث أن الزاوية (θ) هي القيمة المستعملة في العلاقة (8/4-8) و قيمة المقدار (A_t/S) هي القيمة نفسها المستعملة في العلاقة (8/4-8).

كما أن (f_{yt}) يمثل إجهاد الخضوع لحديد تسليح اللي العرضي المغلق و (f_y) يمثل إجهاد الخضوع لحديد تسليح اللي الطولي.

8/3/4-8 يجب أن يضاف حديد التسليح المطلوب لمقاومة عزم اللي إلى ذلك التسليح المطلوب لمقاومة قوة القص وعزم الانحناء والقوة المحورية التي تعمل بالاشتراك مع عزم اللي كما ينبغي أن تحقق المتطلبات الأكثر تشدداً الخاصة بمسافات تباعد حديد التسليح وطريقة ترتيبه.

4/4-8 تفاصيل حديد تسليح اللي (Details of Torsional Reinforcement) [2 ، 13]

1/4/4-8 يجب أن يتألف حديد تسليح اللي من القضبان الطولية بالإضافة إلى نوع واحد أو أكثر من الأنواع التالية:

- أ- أطواق مغلقة (closed stirrups) أو رباطات مستعرضة مغلقة (closed ties) متعامدة مع المحور الطولي للعنصر الخرساني.
- ب- تسليح حلزوني (spiral reinforcement).
- ج- هيكل حديدي مغلق (closed cage) متألف من أسلاك تسليح ملحومة بضمنها أسلاك عرضية متعامدة مع المحور الطولي للعنصر الإنشائي.

2/4/4-8 يجب تثبيت حديد تسليح اللي المستعرض بواسطة إحدى الطرائق التالية :

أ- بعمل عقفات قياسية تصنع زاوية مقدارها (135 درجة) مع قضبان التسليح الطولي (135-degree standard hook).

ب- في المناطق التي تكون فيها الخرسانة المحيطة بالرباطات التي تثبت حديد تسليح اللي محمية من التشطي (spalling) بوجود شفة (flange) أو بلاطة أو أي عنصر إنشائي مشابه عندها يكون التثبيت بموجب متطلبات الفقرتين (1/2/11-9) و(2/2/11-9) أو الفقرة (3/2/11-9).

3/4/4-8 يجب تثبيت حديد تسليح اللي الطولي عند طرفيه.

4/4/4-8 في المقاطع المجوفة المعرضة لعزوم اللي يجب أن تكون المسافة من الخط المركزي (centerline) لحديد تسليح اللي العرضي إلى الوجه الداخلي للجدار لا تقل عن $(0.5 A_{oh}/P_h)$.

5/4/4-8 المساحة الأقل لحديد تسليح اللي (Minimum Torsion Reinforcement)

1/5/4/4-8 يجب وضع المساحة الأقل لحديد تسليح اللي في جميع المناطق التي يتجاوز فيها عزم اللي (Tu) قيمة العزم الاستهلاكي المبينة في البند (1/4-8).

2/5/4/4-8 عندما يكون حديد تسليح اللي مطلوباً بحسب العبارة (1/5/4/4-8) فإن المساحة الأقل للأطواق المغلقة المستعرضة تحسب باستعمال العلاقة:

$$(A_v + 2A_t) = 0.065 \sqrt{f'_c} \frac{b_w S}{f_{yt}} \dots\dots\dots (10/4-8)$$

على أن لا تقل المساحة الأقل عن $(0.35 b_w S / f_{yt})$.

3/5/4/4-8 عندما يكون حديد تسليح اللي مطلوباً بموجب العبارة (8-4/4/5/1) فإن المساحة الأقل الكلية لحديد تسليح اللي الطولي ($A_{\ell, \min}$) يجب أن تحسب باستعمال العلاقة:

$$A_{\ell, \min} = \frac{0.45 \sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{S} \right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \dots\dots\dots (11/4-8)$$

على أن لا يقل المقدار (A_t/S) عن ($0.175 b_w/f_y$).

كما إن الإجهاد (f_{yt}) يخص الأطواق العرضية المغلقة لحديد تسليح اللي والإجهاد (f_y) يخص حديد تسليح اللي الطولي.

5/4-8 مسافات التباعد لحديد تسليح اللي (Spacing of Torsion Reinforcement)

1/5/4-8 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين حديد تسليح اللي المستعرض المقدار الأقل من ($P_h/8$) و(300 مم).

2/5/4-8 يجب توزيع حديد تسليح اللي الطولي على المحيط الداخلي للأطواق المغلقة بمسافة تباعد عظمى لا تزيد على (300 مم). كما ينبغي وضع قضيب طولي واحد على الأقل عند كل ركن من أركان الطوق المغلق مع مراعاة أن لا يقل قطر القضبان الطولية عن ($S/24$) أو (12 مم) أيهما أكبر. حيث أن (S) تمثل مسافة التباعد بين الأطواق المستعرضة.

3/5/4-8 يجب أن يستمر امتداد حديد تسليح اللي الطولي والعرضي مسافة لا تقل عن ($d + b_t$) مقاسة من بعد المقطع الذي تظهر التحليلات عدم الحاجة إلى استعمال حديد تسليح اللي عنده.

5-8 طريقة احتكاك القص (Shear Friction Method) [2 ، 14 ، 15 ، 16]

1/5-8 تستعمل متطلبات هذه الفقرة عندما يكون من المناسب أن يؤخذ في الحسبان نقل قوى القص خلال مستوٍ معين كما هو الحال في الشقوق المتولدة أو الشقوق الكامنة (potential) بين السطوح البينية للخرسانة المصبوبة على مرحلتين في أوقات مختلفة أو بين السطوح البينية لمادتين مختلفتين.

2/5-8 ينبغي أن يكون تصميم المقاطع المعرضة لانتقال قوى القص المبينة في البند (8-5/1) معتمداً على العلاقة (8-1/1) حيث أن مقاومة القص الاسمية (V_n) تحسب طبقاً لمتطلبات البندين (8-3/5) و(8-4/5).

3/5-8 ينبغي افتراض أن الشقوق تتولد على طول مستوي القص المأخوذ في الحسبان. كما ينبغي تصميم مساحة حديد تسليح احتكاك القص المطلوبة (A_{vf}) التي تمر خلال مستوي القص طبقاً لمتطلبات البند (8-4/5).

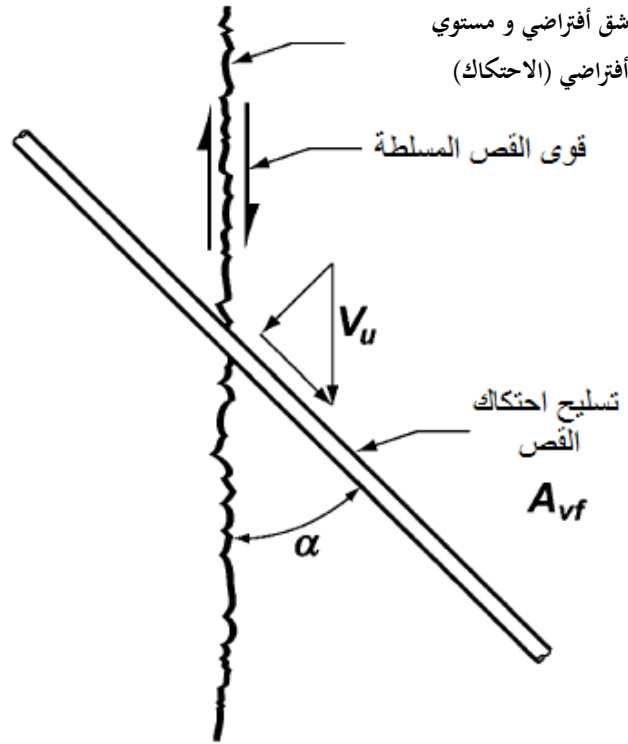
ينبغي تطبيق متطلبات البنود من (5/5-8) إلى (10/5-8) في جميع حسابات المقاومة اللازمة لانتقال قوى القص.

4/5-8 التصميم بطريقة احتكاك القص (shear-friction design method)

1/4/5-8 عندما يكون تسليح احتكاك القص متعامداً مع مستوي القص في هذه الحالة ينبغي حساب مقاومة القص الاسمية (V_n) من العلاقة

$$V_n = A_{vf} f_y \mu \dots\dots\dots(1/5-8)$$

حيث أن (μ) معامل الاحتكاك طبقاً للعلاقة (3/4/5-8).



الشكل (1/5-8): حديد تسليح احتكاك القص الذي يميل بزاوية عن الشق المفترض [2]

2/4/5-8 عندما يكون تسليح احتكاك القص مائلاً نسبة إلى سطح الاحتكاك بحيث أن قوة الاحتكاك تسبب قوى شد في تسليح احتكاك القص عندها ينبغي حساب (V_n) من العلاقة:

$$V_n = A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \dots\dots (2/5-8)$$

حيث أن (α) تمثل الزاوية المحصورة بين تسليح احتكاك القص ومستوي الاحتكاك.

3/4/5-8 يجب أن يؤخذ معامل الاحتكاك (μ) المذكور في العلاقتين (1/5-8) و (2/5-8) كما يلي:

- 1.4 λ - خرسانة مصبوبة بشكل موحد (monolithically).
- 1.0 λ - خرسانة ملامسة لسطح صلب يخشن بشكل مقصود (roughened intentionally) كما معرف بالفقرة (9/4/5-8).
- 0.6 λ - خرسانة ملامسة لسطح صلب لم يخشن بشكل مقصود (not intentionally roughened).
- 0.7 λ - الخرسانة المثبتة إلى مقاطع حديدية إنشائية (structural steel) باستعمال الأوتاد ذوات الرؤوس (headed studs) أو قضبان تسليح (لاحظ الفقرة (10/4/5-8)).

حيث أن ($\lambda = 1.0$) للخرسانة عادية الوزن (normal weight) و (0.75) للخرسانة خفيفة الوزن.

5/4/5-8 يجب أن لا يزيد إجهاد الخضوع (f_y) المستعمل في تصاميم حديد التسليح احتكاك القص على (420 ميكاباسكال).

6/4/5-8 يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية (V_n) القيم التالية :

- أ- للخرسانة عادية الوزن المصبوبة بشكل موحد (monolithic) أو الخرسانة الملامسة لسطح صلب يخشن بشكل مقصود يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية (V_n) القيمة الأقل من القيم التالية ($0.2 f' c A_c$) و ($3.3 + 0.08 f' c A_c$) و ($10A_c$). حيث أن (A_c) تمثل مساحة المقطع الذي يقاوم انتقال القص (shear transfer).
- ب- لجميع الحالات الأخرى يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية (V_n) على ($0.2 f' c A_c$) ولا على ($5.5A_c$). في حالة اختلاف مقاومة الانضغاط بين السطوح الخرسانية المتلامسة عندها يجب استعمال مقاومة الانضغاط الأقل عند حساب مقاومة القص الاسمية (V_n).

7/4/5-8 يجب أن يتحقق وجود مقاومة لقوى الشد الصافية (net tension) المسلطة على مستوي القص

بوضع حديد تسليح إضافي. أما قوى الضغط الصافية الدائمة المسلطة على مستوي القص فيجب أن تضاف إلى الحد ($A_{vf} f_y$) (القوة المتولدة في تسليح احتكاك القص) وذلك عند حساب المساحة المطلوبة لاحتكاك القص (A_{vf}).

8/4/5-8 يجب أن يوضع حديد تسليح احتكاك القص بشكل ملائم على طول مستوي القص وينبغي أن يثبت عند الجهتين باستعمال عققات التثبيت (embedment hooks) أو عن طريق لحام حديد التسليح بأجهزة خاصة (special devices) وذلك لغرض بلوغ إجهاد الخضوع (f_y) في حديد التسليح.

9/4/5-8 لغرض تحقيق متطلبات البند (8-4/5)، يجب أن يكون السطح البيني (interface) الذي يحصل خلاله انتقال القص بين الخرسانة الجديدة والخرسانة المتصلبة في وقت سابق خالياً من غشاء الخرسانة (laitance). كما ينبغي تخشين هذا السطح البيني إلى عمق بحدود (6مم) وذلك عند افتراض أن قيمة معامل الاحتكاك (μ) مساوية إلى (1.0λ).

10/4/5-8 عندما تنقل قوى القص بين الخرسانة والمقاطع الحديدية الإنشائية بواسطة الاوتاد ذوات الرؤوس (headed studs) أو قضبان تسليح، في هذه الحالة يجب أن تكون المقاطع الحديدية الإنشائية نظيفة وخالية من الطلاء.

8-6 العتبات العميقة (Deep Beams) [2 ، 17]

8-6/1 يجب اعتماد متطلبات هذه الفقرة للعناصر التي لا يتجاوز فضاءها الصافي (l_n) أربعة أضعاف عمقها الكلي. كذلك تطبق هذه المتطلبات في العناصر ذات المناطق التي تسلط فيها الأحمال المركزة ضمن مسافة تبعد عن المسند تساوي ضعف العمق الكلي للعنصر عندما تكون الأحمال مسلطة على وجه معين في حين تكون ردود الأفعال مسلطة على الوجه المعاكس بحيث تتولد دعائم انضغاط (compression struts) بين الأحمال و ردود الأفعال عند المساند.

8-6/2 يجب تصميم العتبات العميقة إما بواسطة التحليلات اللاخطية بموجب الفقرة (7-1/1/2) أو بالاستعانة بالملحق (أ) من هذه المدونة.

8-6/3 يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية V_n للعتبات العميقة المقدار $(0.80\sqrt{f'_c}b_w d)$.

8-6/4 يجب أن لا تقل مساحة حديد تسليح القص المتعامد مع حديد تسليح الشد المقاوم للانحناء (A_v) عن $(0.0025 b_w S)$ ، على أن لا تتجاوز مسافة التباعد (S) أيّاً من المقدارين $(d/5)$ و (300 مم) .

8-6/5 يجب أن لا تقل مساحة حديد تسليح القص الموازية إلى تسليح الشد المقاوم للانحناء (A_{vf}) عن $(0.0025 b_w S_2)$ ، على أن لا تتجاوز مسافة التباعد (S_2) أيّاً من المقدارين $(d/5)$ و (300 مم) .

8-6/6 يمكن وضع مساحة حديد التسليح المستوفي لمتطلبات البند (أ-3/3) بدلاً من الحدود الأقل الموصوفة في الفقرتين (8-4/6) و (8-5/6).

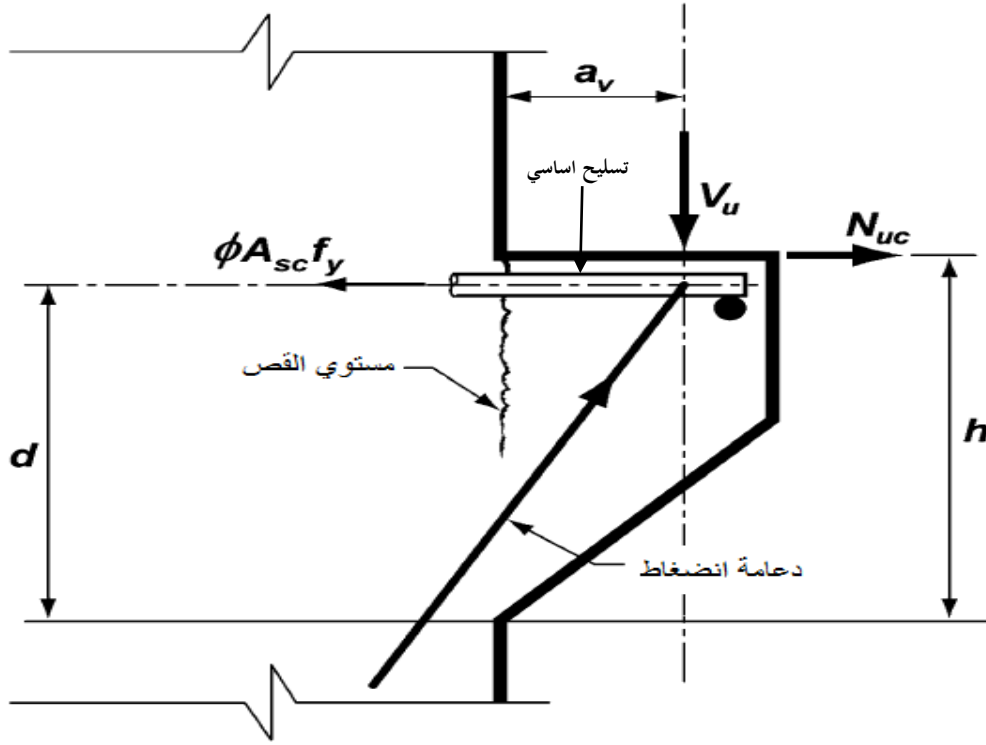
8-7 المتطلبات الخاصة بالكثائف والطنف Provisions for brackets and corbels [2,18]

8-7/1 يجب تصميم الكثائف والطنف الناتئة من الأعمدة أو الجدران ذات نسبة فضاء قص إلى العمق (a_v/d) لا تتجاوز (2) بالاستعانة بالملحق (أ). كما يجب أن تحقق الكثائف والطنف متطلبات البندين

(8-3/7) و (8-4/7) وذلك عندما :

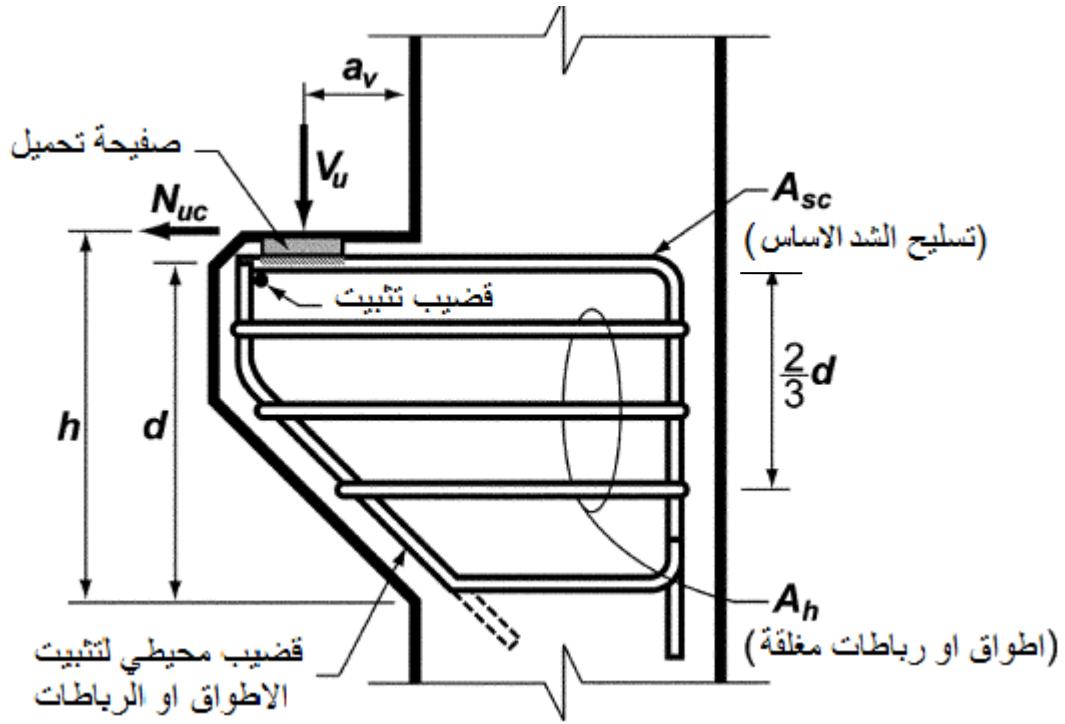
أ- لا تزيد النسبة (a_v/d) على (1.0).

ب- تتعرض الكتائف أو الطنف إلى قوة شد أفقية معاملة (N_{uc}) لا تزيد على قوة القص (V_u) كما يجب تطبيق متطلبات البند (2/7-8) أو الفقرات (2/3/7-8) و (5/3/7-8) و (6/3/7-8) و (7/3/7-8) في تصميم الكتائف والطنف مع مراعاة أن يحدد العمق الفعال (d) للمقطع عند وجه المسند كما مبين في الشكل (1/7-8).



الشكل 1/7-8: التمثيل الإنشائي للقوى المؤثرة في الكتيفة [2]

2/7-8 يجب أن لا يقل عمق الكتائف أو الطنف عند حافة منطقة التحميل (edge of bearing area) الخارجية عن $(0.5d)$ كما مبين بالشكل (2/7-8).



الشكل 8-7/2: تفاصيل حديد التسليح في الكتيبة [2]

8-7/3 يجب تصميم المقطع الذي يقع عند وجه المسند لمقاومة قوة القص المسلحة بالتزامن مع العزم $(V_u a_v + N_{uc}(h-d))$ بالإضافة إلى قوة الشد المعاملة الأفقية (N_{uc}) .

8-7/3/1 يجب أن يكون معامل تقليل المقاومة (ϕ) مساوياً إلى (0.75) في جميع حسابات تصميم الكتل التي تجري وفقاً للفصل (8-7).

8-7/3/2 ينبغي أن تصمم مساحة حديد تسليح احتكاك القص (A_{vf}) المجهزة لمقاومة قوة القص (V_u) طبقاً لمتطلبات الفصل (8-5) مع مراعاة ما يلي:

أ- في الخرسانة عادية الوزن (normal weight concrete) يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية (V_n) القيمة الأصغر من $(0.2 f'_c A_c)$ و $(3.0 + 0.08 f'_c) b_w d$ و $(11 b_w d)$.

ب- في الخرسانة خفيفة الوزن يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية على $(0.2 - 0.07 a_v / d) f'_c b_w d$ ولا على $(5.5 - 2.0 a_v / d) b_w d$.

8-7/3/3 يجب أن تحسب مساحة حديد التسليح المجهزة (A_f) لمقاومة العزم المعامل الذي مقداره $(V_u a_v + N_{uc}(h-d))$ طبقاً للفصلين (7-2) و (7-3).

8-7/3/4 يجب أن تحسب مساحة حديد A_n الخاص بمقاومة قوة الشد المعاملة (N_{uc}) العلاقة (ϕ) مع مراعاة ما يلي: $A_n f_y \geq N_{uc}$

أ- يجب أن تعد قوة الشد (N_{uc}) حملاً حياً مسلطاً على العنصر حتى لو نتجت هذه القوة من تقييد الزحف أو الانكماش أو التغير في درجة الحرارة.

ب- يجب أن لا تقل القوة (N_{uc}) عن ($0.2V_u$) إلا إذا اتخذت التدابير اللازمة لتحاشي تولد قوى الشد.

5/3/7-8 يجب أن لا تقل مساحة حديد التسليح الشد الأساسي (A_{sc}) المؤشرة في الشكل (2/7-8) عن

$$(A_f + A_n) \text{ ولا عن } \left(\frac{2A_{vf}}{3} + A_n\right) .$$

6/3/7-8 ينبغي أن لا تقل المساحة الكلية للأطواق المغلقة أو الرباطات (A_h) الموازية لحديد تسليح الشد

الأساس عن ($0.5(A_{sc} - A_n)$) مع مراعاة توزيع المساحة (A_h) بشكل منتظم ضمن العمق ($2/3d$)

القريب من حديد تسليح الشد الأساس.

7/3/7-8 يجب أن لا تقل النسبة (A_{sc}/d_b) عن ($0.04(f'_c/f_y)$).

8/3/7-8 يجب تثبيت حديد تسليح الشد الأساس عند الوجه الأمامي للكثائف أو الطنف الناتئة من الأعمدة

أو الجدران بواسطة إحدى الطرائق التالية :

أ- بواسطة حني حديد تسليح الشد الرئيس إلى الخلف لتشكيل حلقة أفقية.

ب- بواسطة لحام إنشائي لقضيب مستعرض ذي قطر يساوي على الأقل قطر حديد التسليح

الأساس.

كما يجب تصميم اللحام بحيث يتولد إجهاد في حديد تسليح الشد الأساس مساوٍ إلى إجهاد

الخصوع (f_y).

ج- بواسطة أي وسائل أخرى تحقق التثبيت المطلوب.

9/3/7-8 يجب أن لا تبرز مساحة الإسناد للكثائف أو الطنف خارج الجزء المستقيم

(straight portion) لحديد تسليح الشد الأساس ولا تبرز خارج الوجه الداخلي لقضيب التثبيت

المستعرض.

8-8 المتطلبات التصميمية الخاصة بالجدران (Design Requirements for Walls) [2 ، 19 ، 20]

1/8-8 يجب أن تصمم الجدران لمقاومة قوى القص المتعامدة مع وجه الجدار طبقاً لاشتراطات الفصل

(10-8) الخاصة بالبلاطات. كما ينبغي أن تجرى التصميم لقوى القص الأفقية العاملة في مستوى

الجدار طبقاً للبنود من (2/8-8) إلى (8/8-8). وكخيار آخر يسمح بتصميم الجدران التي لا يتجاوز

ارتفاعها ضعف طولها لمقاومة قوى القص بموجب الملحق (أ) من هذه المدونة.

2/8-8 تصمم المقاطع الأفقية لمقاومة قوى القص العاملة في مستوي الجدار اعتماداً على العلاقتين (1/1-8) و(2/1-8) حيث يجب أن تحسب مقاومة الخرسانة للقص (V_c) طبقاً للبندين (5/8-8) و (6/8-8).

3/8-8 يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية (V_n) العاملة في مستوي الجدار عند أي مقطع أفقي على ($0.80\sqrt{f'_c}hd$)، حيث أن h يمثل سمك الجدار و(d) يمثل العمق الفعال المعروف بموجب البند (4/8-8).

4/8-8 عند تصميم الجدران لمقاومة قوى القص العاملة في مستوي الجدار ينبغي أن يؤخذ العمق الفعال (d) مساوياً إلى ($0.8\ell_w$)، حيث أن (ℓ_w) يمثل الطول الكلي للجدار.

5/8-8 عند تعرض الجدران لقوى انضغاط محورية يجب أن لا تزيد مقاومة الخرسانة لقوى القص (V_c) على ($0.16\lambda\sqrt{f'_c}hd$)، كما ينبغي أن لا تتجاوز (V_c) القيمة المحسوبة بموجب الفقرة (3/2/2-8) عندما تتعرض الجدران لقوى شد محورية.

6/8-8 ينبغي تصميم المقاطع التي تبتعد عن قاعدة الجدار بمسافة لا تزيد على ($\ell_w/2$) أو نصف ارتفاع الجدار أيهما أقل للتحمل قوة القص (V_c) نفسها المحسوبة على مسافة ($\ell_w/2$) أو نصف ارتفاع الجدار أيهما أقل.

7/8-8 عندما تكون قوة القص المسلطة (V_u) أقل من ($0.5\phi V_c$) ينبغي وضع حديد تسليح القص وفقاً للبند (8/8-8) أو بموجب متطلبات الباب الحادي عشر من هذه المدونة. أما في حالة تجاوز (V_u) المقدار ($0.5\phi V_c$) عندها يجب تسليح الجدار لمقاومة القص بموجب متطلبات البند (8/8-8).

8/8-8 تصميم حديد تسليح القص للجدران (Design Of Shear Reinforcement for Walls)

1/8/8-8 يجب وضع حديد تسليح افقي لمقاومة القص عندما تتجاوز قوة القص المعاملة (V_u) المقدار ($V_c \phi$) تحقيقاً لمتطلبات العلاقتين (1/1-8) و(2/1-8) حيث تحسب مقاومة القص (V_s) بواسطة العلاقة:

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S} \dots\dots\dots(1/8-8)$$

حيث أن (A_v) تمثل مساحة حديد تسليح القص الأفقي ضمن مسافة تباعد (S) ويحسب العمق الفعال (d) وفقاً للفقرة (4/4/3-8) كما ينبغي وضع حديد تسليح القص الشاقولي طبقاً للفقرة (4/8/8-8).

2/8/8-8 يجب أن لا تقل نسبة حديد تسليح القص الأفقي إلى المساحة الإجمالية (gross area) لخرسانة المقطع العمودي (ρ_t) عن (0.0025).

3/8/8-8 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين قضبان تسليح القص الأفقي في الجدران المسافة الأصغر من ($3h$) و ($\ell_w/5$) و (300 مم).

4/8/8-8 يجب أن لا تقل نسبة حديد تسليح القص الشاقولي إلى المساحة الإجمالية لخرسانة المقطع الأفقي (ρ_t) عن (0.0025) ولا عن النسبة المحددة بموجب العلاقة (4/3-8).

$$\rho_t = 0.0025 + 0.5 \left(2.5 - \frac{h_w}{\ell_w}\right) (\rho_t - 0.0025) \dots\dots\dots (2/8-8)$$

يجب مراعاة أن لا تزيد قيمة النسبة (ρ_t) المحسوبة باستعمال هذه العلاقة على النسبة (ρ_t) المطلوبة طبقاً للفقرة (1/8/8-8).

في العلاقة (2/8-8) (ℓ_w) يمثل الطول الكلي للجدار و (h_w) يمثل الارتفاع الكلي للجدار.

5/8/8-8 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين قضبان تسليح القص الشاقولي في الجدران المسافة الأصغر من ($3h$) و ($\ell_w/3$) و (400 مم).

9-8 انتقال العزوم إلى الأعمدة (Transfer of Moments to Column) [2]

عندما تسبب أحمال الجاذبية (gravity loads) أو أحمال الرياح أو أي قوى جانبية أخرى انتقالاً للعزوم إلى الأعمدة في مناطق اتصالها مع العناصر الإنشائية المرتبطة معها، في هذه الحالة يجب أن تؤخذ في الحسبان قوى القص الناتجة من انتقال العزوم عند تصميم حديد التسليح المستعرض في الأعمدة.

10-8 المتطلبات التصميمية للبلاطات والأسس [2 ، 9 ، 10 ، 11 ، 12]

(Design Requirements for Slabs and Footings)

1/10-8 تكون مقاومة البلاطات والأسس لقوى القص في المناطق القريبة من الأعمدة والأحمال المركزة أو ردود الأفعال محكومة بالشرط الأشد من الشرطين التاليين:

1/1/10-8 القص العامل باتجاه واحد (One Way Shear Action)

للتحري عن هذا النوع من القص ينبغي أن تمتد المقاطع الحرجة المأخوذة في الحسبان على كل عرض البلاطة أو الأساس.

8-10/2 القصر العامل باتجاهين (Two Way Shear Action)

للتحري عن هذا النوع من القصر يجب اختيار المقاطع الحرجة بالمواقع التي يكون فيها المحيط (b_o) بأصغر قيمة ممكنة مع مراعاة أن لا يكون موقع المقطع الحرج على مسافة تقل عن ($d/2$) مقياساً من:

1. حافات أو زوايا الأعمدة أو الأحمال المركزة أو مناطق ردود الأفعال.

2. المناطق التي يتغير فيها سمك البلاطات مثل حافات تيجان الأعمدة (column capitals) أو

الألواح المتدلنية (drop panels). كما يجب تصميم البلاطات والأسس لمقاومة القصر العامل

باتجاهين وفقاً للفقرات من (8-10/2) إلى (8-10/4).

8-10/3 ينبغي أن تتألف المقاطع الحرجة للأعمدة المربعة أو المستطيلة ومناطق الأحمال المركزة

ومناطق ردود الأفعال من أربعة جوانب مستقيمة.

8-10/2 ينبغي أن تصمم البلاطات أو الأسس لمقاومة القصر العامل باتجاهين اعتماداً على العلاقتين

(8-10/1) و (8-10/2). كما يجب أن تحسب مقاومة القصر للخرسانة (V_c) طبقاً للفقرة

(8-10/3) أو الفقرة (8-10/3).

أما مقاومة القصر (V_s) الموجودة لدى حديد التسليح فيجب حسابها طبقاً للبند (8-10/3). وفي حالة

انتقال العزوم بين البلاطة والعمود فيجب تطبيق اشتراطات الفصل (8-11).

إن مقاومة القصر لخرسانة البلاطات والأسس تساوي القيمة الأصغر المحسوبة من كل من (أ) و (ب) و (ج)

المبينة لاحقاً:

$$V_c = \lambda \sqrt{f_c} \frac{b_o d}{3} \quad \text{أ- (8-10/1)}$$

حيث أن (β) هي نسبة الجانب الأطول إلى الجانب الأقصر لمقطع العمود أو الأحمال المركزة أو

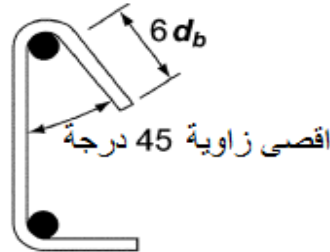
منطقة ردود الأفعال.

$$V_c = (1 + \frac{2}{\beta}) \lambda \sqrt{f_c} \frac{b_o d}{6} \quad \text{ب- (8-10/2)}$$

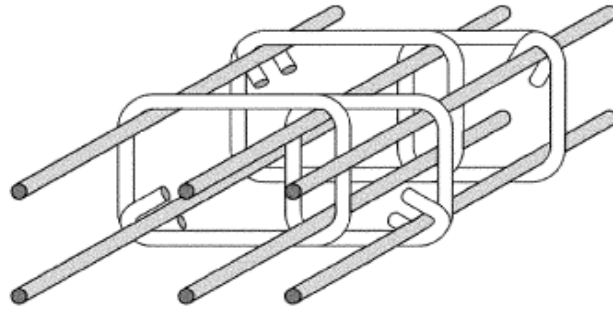
$$V_c = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2) \lambda \sqrt{f_c} \frac{b_o d}{12} \quad \text{ج- (8-10/3)}$$

حيث أن مقدار (α_s) يساوي (40) للأعمدة الداخلية و(30) للأعمدة عند الحافات و(20) للأعمدة عند الأركان.

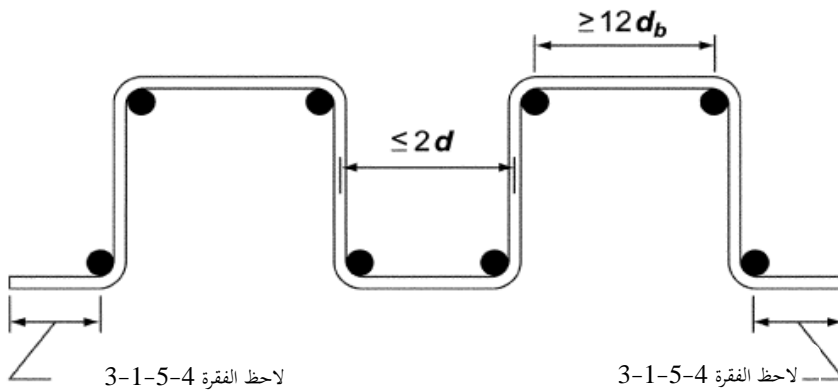
3/10-8 يمكن أن يتألف حديد تسليح القص في الأسس والبلاطات (ذات عمق فعال d) لا يقل عن (150 مم) ولا عن (16) مرة بقدر قطر قضبان القص) من قضبان أو أسلاك أو أطواق مكونة من ساق واحدة أو سيقان متعددة، كما مبين في الشكل (1/10-8). كما ينبغي مراعاة تطبيق اشتراطات الفقرات من (1/3/10-8) إلى (3/3/10-8) على حديد تسليح القص.



أ. طوق أو قضيب مؤلف من ساق مفردة



ب. أطواق مغلقة



ج. طوق أو قضيب مؤلف من سيقان متعددة

الشكل 1/10-8: الأطواق ذات السيقان المفردة أو المتعددة المستعملة في تسليح القص للبلاطات [2]

1/3/10-8 يجب حساب مقاومة القص الاسمية (V_n) بواسطة العلاقة (8-1/2) مع مراعاة أن لا تزيد قيمة (V_c) على المقدار ($\lambda\sqrt{f_c'} \frac{b_o d}{6}$) وأن تحسب (V_s) وفقاً لمتطلبات للفصل (8-3).

يجب أن تعد مساحة حديد تسليح القص (A_v) مساوية إلى مجموع مساحات جميع سيقان حديد تسليح القص الموزعة على خط محيطي (peripheral line) يشابه الشكل الهندسي لمحيط مقطع العمود.

2/3/10-8 يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية (V_n) على ($\lambda\sqrt{f_c'} \frac{b_o d}{2}$).

3/3/10-8 يجب أن لا تتجاوز المسافة بين وجه العمود والخط الأول لسيقان الأطواق التي تحيط بالعمود المقدار ($d/2$). وينبغي أن لا تتجاوز مسافات التباعد بين الأطواق المتجاورة في الخط الأول من تسليح القص المقدار ($2d$) مقاسة باتجاه يوازي وجه العمود. كما يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين الخطوط المتعاقبة لحديد تسليح القص التي تحيط بالعمود المقدار ($d/2$) مقاساً بالاتجاه المتعامد على وجه العمود.

4/3/10-8 يجب أن يحقق تسليح القص في البلاطات متطلبات التثبيت المنصوص عليها في البند (9-11) وأن يرتبط مع حديد التسليح الطولي للانحناء في الاتجاه المأخوذ في الحساب.

4/10-8 يمكن استعمال المقاطع الحديدية الإنشائية (structural steel and channel sections) كرؤوس قص لمقاومة قوى القص المسلطة عند الأعمدة كما يمكن استعمال الاوتاد ذوات الرؤوس (headed studs) المثبتة بشكل متعامد مع مستوي البلاطة أو الأساس كتسليح لمقاومة قوى القص. في هذه الحالة يمكن الاستعانة بالمدونات العالمية كمدونة معهد الخرسانة الأمريكي لإجراء التصميم.

11-8 الفتحات في البلاطات (Openings in Slabs) [2]

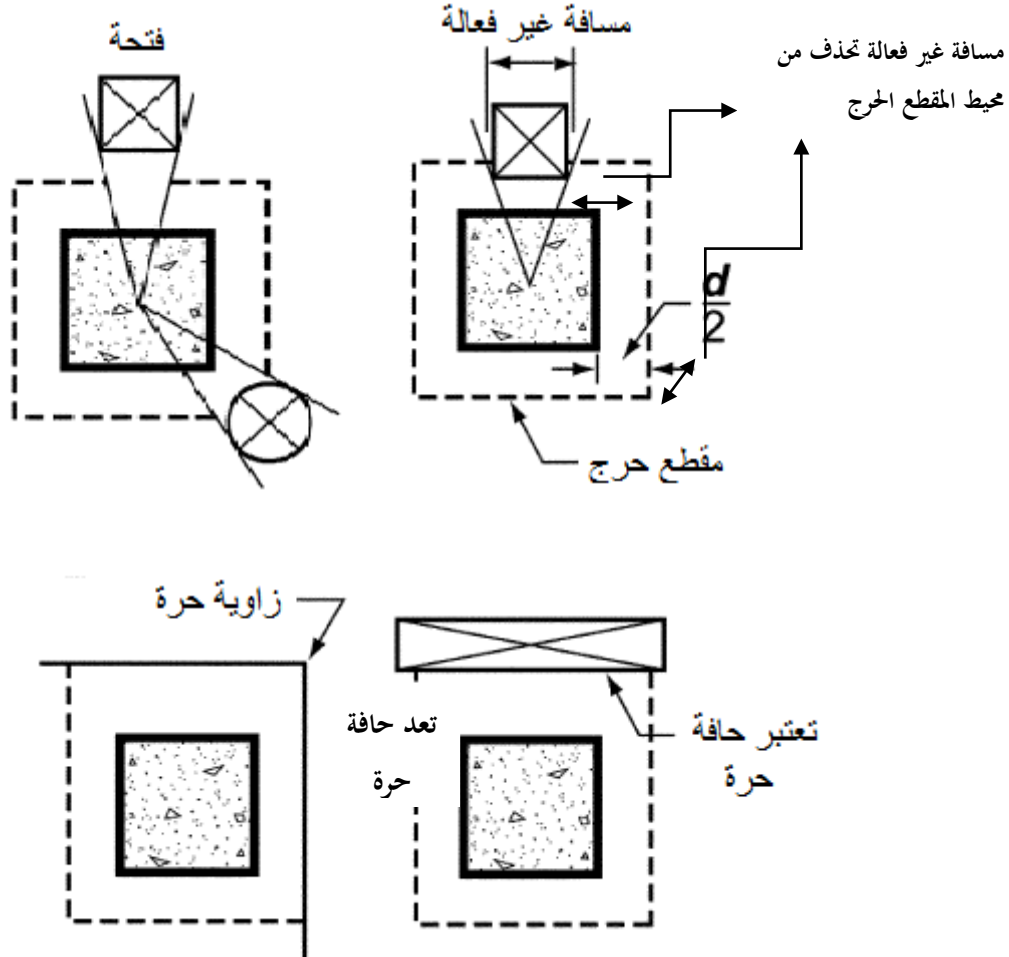
في البلاطات الحاوية على فتحات تكون مواقعها على مسافة تقل عن (10) أضعاف سمك البلاطة مقاسة من منطقة ردود الأفعال أو مناطق الأحمال المركزة، أو عندما تكون البلاطات المسطحة (flat slabs) حاوية على فتحات تقع ضمن شرائح الأعمدة (column strips) (راجع الباب العاشر) في هذه الحالة يجب أن تعدل مقاطع القص الحرجة المعرفة في العبارة (8-1/10-2) بموجب اشتراطات البند التالي:

1/11-8 للبلاطات الخالية من الألواح المتدللية (Drop Panels)

يجب إهمال ذلك الجزء من محيط المقطع الحرج الذي تتقاطع معه الخطوط المستقيمة المرسومة من مركز العمود أو مركز الحمل المركز أو مركز منطقة ردود الافعال والمماسة لحدود الفتحات (openings boundaries) كما مبين في الشكل (8-1/11).

2/11-8 للبلاطات الحاوية على الألواح المتدلية (Drop Panels)

يكون الجزء غير الفعال من محيط المقطع الحرج نصف ذلك الجزء المحسوب في حالة البلاطات الخالية من الألواح المتدلية.



الشكل 8-11/1: تأثير الفتحات والحافات الحرة في محيط المقاطع الحرجة للقص (الخطوط المقطعة

تشير إلى المحيط الفعال) [2]

12-8 انتقال العزوم في مناطق اتصال البلاطات مع الأعمدة (Transfer of moment in slab-column connections)

1/12-8 عندما تسبب أحمال الجاذبية أو أحمال الرياح أو أية قوى جانبية أخرى عزمًا غير متوازن (M_u) بين البلاطة والعمود فإن جزء العزم ($\gamma_f M_u$) يجب أن ينتقل عن طريق الانحناء طبقاً للبند (3/4-10) أما بقية العزم غير المتوازن ($\gamma_v M_u$) فيجب أن يعد منتقلاً عن طريق الاختلاف

اللامركزي للقص (eccentricity of shear) حول مركز المقطع الحرج المعروف بالفقرة (2/1/10-8) حيث أن:

$$\gamma_v = (1 - \gamma_f) \dots\dots\dots (1/12-8)$$

2/12-8 يجب أن يعد إجهاد القص الناتج من انتقال العزوم عن طريق لامركزية القص يتغير بشكل خطي حول مركز المقاطع الحرجة المعرفة في الفقرة (2/1/10-8) كما ينبغي أن لا يزيد إجهاد القص الأقصى بسبب قوة القص (V_u) وعزم الانحناء (M_u) على المقدار ($V_n \phi$):
أ- للأعضاء بدون تسليح قص

$$\phi v_n = \frac{\phi V_c}{(b_o d)} \dots\dots\dots (2/12-8)$$

حيث أن (V_c) معرفة في البند (2/10-8).

ب- للأعضاء المسلحة بحديد القص

$$\phi v_n = \frac{\phi (V_c + V_s)}{(b_o d)} \dots\dots\dots (3/12-8)$$

حيث أن (V_c) و (V_s) معرفتان في الفقرة (1/3/10-8). وينبغي أن يأخذ التصميم في الحسبان التغير في قيمة إجهاد القص حول العمود المتسبب عن قوة القص والعزم مع مراعاة أن لا يتجاوز إجهاد القص هذا المقدار ($\phi (0.16 \lambda \sqrt{f'_c})$) عند المقطع الحرج الواقع على مسافة ($d/2$) مقاسةً من الخط الأبعد لسيقان الأطواق المحيطة بالعمود.

المراجع

[1] مركز بحوث البناء - مؤسسة البحث العلمي، "الكود العراقي للخرسانة المسلحة"، بغداد، 1987، 68 صفحة.

[2] ACI Committee 318 "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, (2008), 473 pp.

[3] Joint Committee, "Recommendation Practice and Standard Specification for Concrete and Reinforced Concrete," Proceedings, ASCE, V.66, No. 6, part 2 June 1940, 81 pp.

[4] Joint ACI-ASCE Committee 326 (now 426), "Shear and Diagonal Tension," ACI Journal, Proceedings, pp.277-334; and No. 3, Mar1962, pp. 352-396.

[5] Ozcebe, G.; Ersoy, U.; and Tankut, T., "Evolution of Minimum Shear Reinforcement for Higher Strength Concrete," ACI Journal, V.96, No. 3 May-June1999, pp.361-368.

[6] Guimares, G. N.; Kreger, M. E.; and Jirsa, J. O., "Evolution of Joint Shear provisions for Interior Beam -Column- Slab Connections Using High Strength Material ", ACI Journal, V.89, No. 1, Jan.-Feb.1992, pp.89-98.

- [7] Angelakos, D.; Bentz, E. C.; and Collins, M. D., "Effect of Concrete Strength and Minimum Strips on Shear Strength of Large Members ", ACI Journal, V.98, No. 3 May-June 2001, pp.290-300.
- [8] Brown, M. D.; Bayrak, O.; and Jirsa, J. O., "Design for Shear Based on Loading Conditions," ACI Journal, V.103, No. 4 July-Aug. 2006, pp.541-550.
- [9] Hsu, T. T. C.; "Torsion of Structural Concrete – Behavior of reinforced Concrete Rectangular Members", Torsion of Structural Members, American Concrete Institute Farmington Hills, MI 1968, pp.291-306.
- [10] Collins, M. P.; and Lampert , P., "Redistribution of Moment of Cracking- the Key to Simpler Torsion design" Torsion of Structural Members , American Concrete Institute Farmington Hills , MI 1973, pp.343-383.
- [11] Hsu, T. T. C.; and Burton, K. S.; "Design of Reinforced Spandrel Beams," Proceedings, ASCE, V.100, No. ST.1 Jan. 1974, 209-229 pp.
- [12] Hsu, T. T. C.; "Shear Flow Zone in Torsion of Reinforced Concrete," Proceedings, ASCE, V.73, No. 9 Sept. 1976, 506-511 pp.
- [13] Mitchell, D. and Collins, M. P.; "Detailing for Torsion" ACI Journal, Proceedings, V.116, No. 11 Nov. 1990, 3206-3226 pp.
- [14] Birkeland, P.W., and Birkeland, H. W.; "Connection in Precast Concrete Construction," ACI Journal, Proceedings, V.63, No. 3, Mar. 1966, 345-368 pp.
- [15] Mattock, A. H. and Li, W. K.; "Shear Transfer in Lightweight Reinforced," Journal of the Concrete Institute, V.21, No. 1 Jan.-Feb. 1976, 20-39 pp.
- [16] Mattock, A. H., "Shear Transfer in having Reinforcement at Angel to the Shear Plan," American Concrete Institute Farmington Hills, MI 1974, pp.17-42.
- [17] Rogowsky, D. M. and MacGregor, J. G. "Design of Reinforced Concrete Deep Beams" Concrete International, V. 8, No.8, Aug. 1986, pp. 46-58.
- [18] Mattock, A. H., and Soonwang, K.; "The Behavior of Reinforced Concrete Corbels" Journal of Prestressed Concrete Institute, V.21, No. 1 Mar. - Apr. 1976, 52-77 pp.
- [19] Cardenas, A. E., and Hognstad, E., "Design Provisions for Shear Walls", ACI Journal, Proceedings, V.70, No. 3, Mar. 1973, 221-230 pp.
- [20] Barda, F.; Hanson, J. M; and Corely, W. G., "Shear Strength of Low- Rise Walls with Boundary Elements" Reinforced Concrete Structures In Seismic Zones. SP-53, American Concrete Institute Farmington Hills, MI 1977, pp.149-202.
- [21] Joint ACI-ASCE Committee 426, "The Shear of Reinforced Concrete Members-Slabs" Proceedings, V.100, No. ST8, Aug. 1974, pp.1543-1591.
- [22] Joint ACI-ASCE Committee 421 (now 426), "Shear Reinforcement for Slabs", (ACI 421.IR-99) American Concrete Institute, Farmington Hills, MI 1999, pp.15.
- [23] Corely, W. G., and Hawkins N. M., "Shear Head Reinforcement for Slabs" ACI Journal, Proceedings, V.65, No. 10, Oct. 1968, 811-824 pp.

الباب 9

أطوال التثبيت وتوصيل قضبان التسليح

Development and Splices of Reinforcement

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

9-1 مقدمة عن أطوال التثبيت لقضبان التسليح [3- 1] Development of reinforcement - General
يجب أن يتحقق نشوء قوى الشد أو الانضغاط في حديد التسليح على كل جانب من جانبي أي مقطع من مقاطع العنصر الإنشائي الخرساني المحسوبة في مرحلة التصميم من خلال مد حديد التسليح بطول التثبيت المطلوب أو باستعمال قضبان محززة ذات رؤوس (headed deformed bars) أو تنفيذ عقفة عند طرف القضيب أو يتم التثبيت بواسطة وسائل التثبيت الميكانيكية (mechanical devices) كما يمكن استعمال طريقة أو أكثر من طرائق التثبيت المذكورة آنفاً سوية.

9-1/1 يجب تحقيق متطلبات السلامة الإنشائية بالإضافة إلى متطلبات هذا الفصل التي تؤثر في تفاصيل وترتيب حديد التسليح وكذلك متطلبات التكامل الإنشائي (structural integrity).
9-1/2 يجب أن لا تزيد قيم $\sqrt{f'_c}$ المستعملة في هذا الفصل على المقدار (8.0) ميكاباسكال.

9-2 أطوال التثبيت لقضبان تسليح الشد المحرز وأسلاك الشد المحززة Development of deformed bars and deformed wire in tension [1 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7]

9-2/1 يجب حساب طول التثبيت l_d للقضبان المحززة أو السلك المحرز تحت تأثير الشد بموجب متطلبات البند (9-2/2) او متطلبات البند (9-3/2) مع مراعاة استعمال عوامل التعديل المناسبة الواردة في البنود (9-4/2) و(9-5/2) على أن لا يقل l_d عن 300 مم.

9-2/2 يمكن تحقيق طول التثبيت l_d للقضبان أو الأسلاك المحززة بموجب الجدول (2-1/2).

الجدول 2-1/2 : طول التثبيت بالنسبة الى أقطار حديد التسليح

حدود مسافات التباعد والغطاء الخرساني لحماية التسليح	للقضبان بقطر 19مم أو أقل	للقضبان بقطر 22مم أو أكثر
<p>في حالة تحقق الاشتراطات التالية:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. غطاء الحماية الخرساني لا يقل عن d_b. 2. مسافة التباعد الصافية بين القضبان أو الأسلاك المثبتة أو الموصولة لا تقل عن d_b. 3. لا تقل الأطواق والرباطات (ties) خلال طول التثبيت ℓ_d عن المتطلبات الدنيا لهذه المدونة 4. أو أن لا تقل مسافات التباعد الصافية بين القضبان أو الأسلاك الممدودة المثبتة أو الموصولة عن $(2d_b)$ وأن لا يقل غطاء الحماية الخرساني عن d_b. 	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
للحالات الأخرى.	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

9-3/2 يمكن تحقيق طول التثبيت ℓ_d للقضبان المحززة أو السلك المحزز من العلاقة:

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e \Psi_s}{1.1 \sqrt{f'_c} \lambda \left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b \quad \dots\dots(1/2-9)$$

في هذه العلاقة يجب أن لا تزيد قيمة حد الحصر $(C_b + k_{tr})/d_b$ على (2.5). كما ان قيمة المقدار k_{tr} تحسب بموجب العلاقة :

$$K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{s n} \quad \dots\dots(2/2-9)$$

حيث أن:

n يمثل عدد القضبان أو الأسلاك التي سيتم عقفها أو مدّها وتثبيتها على طول مستوي الانفلاق (plane of splitting) كما يسمح باستعمال قيمة K_{tr} مساوية إلى الصفر لتسهيل عملية التصميم حتى بوجود حديد تسليح عرضي.

4/2-9 إن قيم المعاملات (Ψ) المذكورة في علاقات أطوال التثبيت في حالة الشد المذكورة في الفصل (2-9) هي كما يلي:

أ- للقضبان ذات القطر 19 مم أو أقل تكون قيمة ($\Psi_s = 0.8$) في حين أنها للقضبان ذات القطر 22 مم أو أكثر تكون مساوية إلى ($\Psi_s = 1.0$).

ب- عندما يوضع حديد التسليح الأفقي بحيث يوجد سمك من الخرسانة الطرية أسفل طول التثبيت أو وصلة القضيب لا يقل عن 300 مم في هذه الحالة تكون قيمة المعامل (Ψ_t) تساوي (1.3)، أما في الحالات الأخرى فإن ($\Psi_t = 1.0$).

ج- ولحالة القضبان أو الأسلاك المطلية بمادة الايبوكسي التي يكون سمك غطاء الحماية فيها أقل من ($3d_b$) أو أن تكون مسافات التباعد الصافية بينها لا تقل عن ($6d_b$) فإن قيمة ($\Psi_e = 1.5$) أما للحالات الأخرى فإن قيمة تساوي $\Psi_e = 1.2$ وفي حالة القضبان والأسلاك غير المطلية أو تلك المطلية بالخارصين (المغلونة) فإن ($\Psi_e = 1.0$) وفي جميع الأحوال يجب أن لا يزيد المقدار ($\Psi_e \Psi_t$) على 1.7.

د- عند استعمال الخرسانة خفيفة الوزن يجب أن لا تزيد قيمة λ على 0.75. أما بالنسبة للخرسانة عادية الوزن (normal weight concrete) فإن $\lambda = 1.0$.

5/2-9 يسمح بتقليل طول التثبيت (l_d) إذا كان حديد التسليح المستعمل لعنصر الانحناء يزيد على ما يتطلبه التصميم الإنشائي، يستثنى من ذلك الحالة التي يكون فيها طول التثبيت مطلوباً لتوليد إجهاد الخضوع (f_y) أو إذا كان التسليح مصمماً بحسب شروط تصميم الزلازل. وتكون نسبة التقليل مساوية إلى ($A_{S\text{المجهزة}} / A_{S\text{التصميم}}$).

3-9 أطوال التثبيت لقضبان أو أسلاك تسليح الانضغاط المحرز [1]

(Development of Deformed Bars or Wires in Compression)

1/3-9 يجب أن يحدد طول التثبيت (l_d) للقضبان المحززة أو السلك المحرز في حالة الانضغاط بحسب متطلبات البند (2/3-9) مع تحديد معاملات التعديل المناسبة بموجب البند (3/3-9)، وفي كافة الأحوال يجب أن لا يقل الطول (l_{dc}) عن (200 مم).

2/3-9 يحسب طول التثبيت (l_d) من العلاقة ($0.25 f_y / \lambda \sqrt{f'_c}$) db على أن لا يقل عن $[0.045 f_y] d_b$ حيث تؤخذ قيمة λ كما عرفت في الفقرة (4/2-9-د)، مع ملاحظة ان الثابت (0.045) تكون وحداته ميكاباسكال.

9-3/3 يسمح بضرب طول التثبيت (l_{dc}) بالمعاملات المناسبة التالية:

أ- في حالة كون التسليح أكثر مما يتطلبه التحليل: ($A_{S_{مجزئة}} / A_{S_{المطلوبة في التصميم}}$).

ب- عندما يكون حديد التسليح محاطاً بتسليح حلزوني لا يقل قطره عن 6 مم ولا تزيد مسافة التباعد بين لفات الحلزون على 100 مم أو عندما يكون حديد التسليح محاطاً بأطواق لا يقل قطرها عن 12 مم وتكون مطابقة لما ذكر في الفقرة (4-2/9/5) ولا تزيد مسافة تباعد مراكزها على (100 مم) $= 0.75$.

9-4 أطوال التثبيت لحزم القضبان (Development of Bundled Bars)

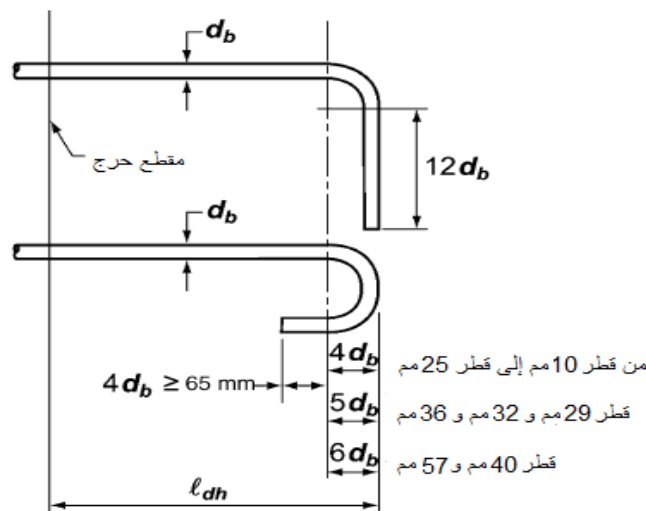
9-4/1 يجب أن تساوي أطوال التثبيت للقضبان المفردة الموجودة ضمن حزمة قضبان معرضة لقوى شد أو انضغاط (1.2) مرة بقدر طول التثبيت لقضيب مشابه منفرد إذا كانت الحزمة مؤلفة من ثلاثة قضبان، أو (1.33) مرة بقدر طول التثبيت لقضيب مشابه منفرد إذا كانت الحزمة مؤلفة من أربعة قضبان .

9-4/2 لغرض تحديد مسافات التباعد وغطاء الحماية الواردة في الفقرة (9-2/2) وحد الحصر في الفقرة (9-3/2) والمعامل Ψ_e يجب أن تعامل حزمة القضبان كقضيب واحد يحسب قطره المكافئ من المساحة الكلية للقضبان الحزمة ويكون مركز ثقل القضيب المكافئ متطابقاً مع مركز ثقل الحزمة وذلك لتحديد المعاملات المناسبة المذكورة في البندين (9-3/2) و (9-4/2).

9-5 أطوال التثبيت للعققات القياسية في الشد [1 ، 8 ، 9]

(Development of Standard Hooks in Tension)

9-5/1 يحسب طول التثبيت (l_{dh}) في حالة الشد للقضبان المحززة التي تنتهي بعقفة نظامية بموجب البند (9-5/2) مع مراعاة استعمال معاملات التعديل المناسبة الواردة في البند (9-3/5) على أن لا يقل طول التثبيت (l_{dh}) عن $8d_b$ ولا عن 150 مم كما مبين بالشكل (9-5/1).



الشكل 9-5/1: تفاصيل القضبان المعقوفة للحصول على العقفة القياسية

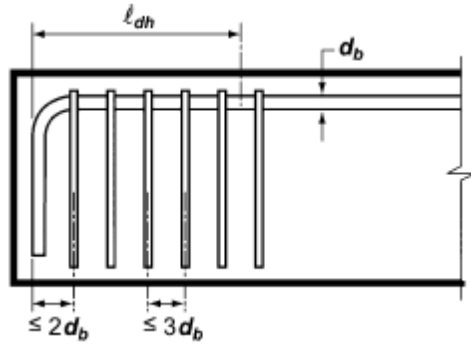
2/5-9 يحسب طول التثبيت للقضبان المحززة بموجب العلاقة:

$$l_{dh} = \left(\frac{0.25 \psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b \dots \dots \dots (1/5-9)$$

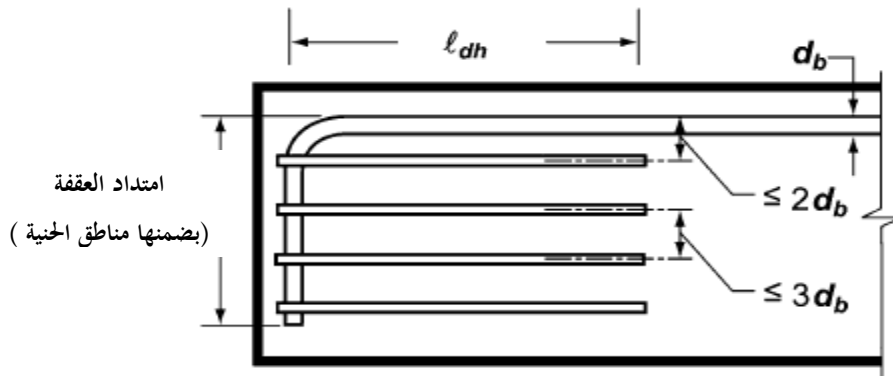
مع التعويض عن ψ_e بقيمة 1.2 في حالة القضبان المطلية بمادة الايبوكسي مع مراعاة أن تكون قيمة λ مساوية إلى 0.75 للخرسانة الخفيفة الوزن، اما في الحالات الأخرى فان $\psi_e = 1.0$ و $\lambda = 1.0$.

3/5-9 يجب أن يضرب طول التثبيت (l_{dh}) المذكور في البند (2/5-9) بمعاملات تقليل طول التثبيت المناسبة التالية:

أ- لحالة القضبان بقطر 36مم أو أصغر والتي يوجد في عققاتها غطاء جانبي متعامد مع مستوى العقفة سمكه لا يقل عن 65مم وتكون العقفة بزواوية 90 درجة والتي لا يقل فيها غطاء الخرسانة للقضيب بعد العقفة عن 50مم يكون مقدار المعامل (0.70).



الشكل 2/5-9: الأطواق والرباطات الموضوعة بصورة متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته



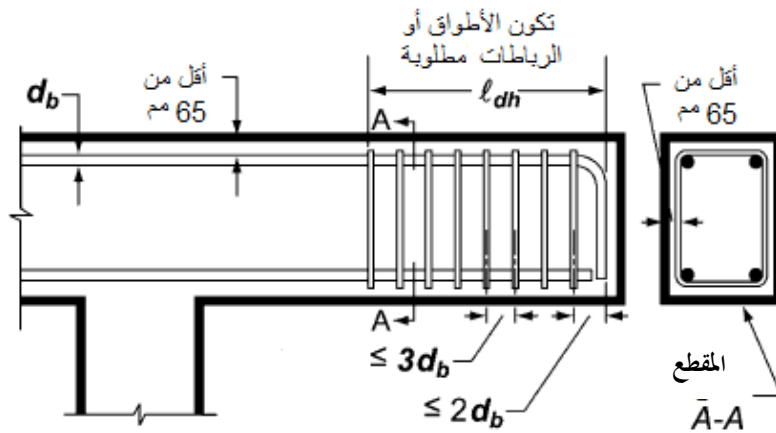
الشكل 3/5-9: الأطواق والرباطات الموضوعة بصورة موازية للقضيب المطلوب تثبيته

ب- للقضبان بقطر 36 مم أو أصغر المعقوفة بزاوية 90 درجة والتي تكون اما محاطة بأطواق (stirrups) أو رباطات (ties) متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته وبمسافات تباعد لا تزيد على $3d_b$ على كامل طول التثبيت (l_{dh}) أو أن تكون محاطة بأطواق أو رباطات موازية للقضيب المطلوب تثبيته وبمسافات تباعد لا تزيد على $3d_b$ على امتداد طول العقفة مضافة له مسافة الحنية يستعمل معامل تقليل مقداره (0.80).

ج- القضبان بقطر 36 مم أو أصغر المعقوفة بزاوية 180 درجة والمحاطة بأطواق أو رباطات متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته وبمسافة تباعد لا تزيد على $3d_b$ على كامل طول التثبيت (l_{dh}) يكون مقدار المعامل (0.80).

د- عند وضع حديد تسليح يزيد عما هو مطلوب في التحليل وفي حالة كون التثبيت غير مطلوب لتوليد (f_y) عندها يكون معامل التقليل مساوياً الى ($A_{st} / A_{st,design}$) للفقرتين (ب) و(ج) المذكورتين آنفاً يكون d_b هو قطر القضيب المعقوف ويجب ان يحيط أول طوق أو رباط بمنطقة الحني (bent portion) ضمن مسافة $2d_b$ على الجانب الخارجي للحنية.

9-4/5 بالنسبة للقضبان المثبتة بواسطة عقفة نظامية عند النهايات الطرفية للعناصر الخرسانية ذات غطاء حماية من الجانبين ومن أعلى (أو أسفل) العقفة يقل عن 65 مم عندها يجب أن يحاط القضيب المعقوف بأطواق (stirrups) أو رباطات (ties) متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته وبمسافات تباعد لا تزيد على $3d_b$ على كامل طول التثبيت (l_{dh})، كما ينبغي أن يحيط أول طوق أو رباط بمنطقة حنية العقفة ضمن مسافة $2d_b$ على الجانب الخارجي للحنية، حيث ان d_b هو قطر القضيب المعقوف. في هذه الحالة يجب عدم استعمال معاملات الفقرتين (9-3/5-ب) و (9-3/5-ج) كما مبين بالشكل (9-4/5).



الشكل 9-4/5: تفصيل تثبيت القضبان المعقوفة بشكل نظامي

9-5/5 لا تعد العفقات فعالة في تثبيت القضبان المعرضة لقوى الانضغاط.

9-6 أطوال التثبيت للقضبان ذات الرؤوس والقضبان المحززة المثبتة ميكانيكياً في الشد [1,10,11,12]

(Development of Headed Mechanically Anchored Deformed Bars in Tension)

9-1/6 يحدد طول التثبيت (ℓ_{dt}) للقضبان المحززة والمجهزة برؤوس تحت قوى الشد طبقاً للفقرة (9-2/6)، ويجوز استعمال الرؤوس لتثبيت القضبان المحززة تحت قوى الشد إذا تحققت الشروط التالية:

أ- قطر القضيب لا يزيد على 36مم.

ب- إجهاد الخضوع (f_y) لا يزيد على 420 ميكاباسكال.

ج- يجب أن لا تقل مساحة التحميل الصافية للرأس (A_{brg}) عن ($4A_b$).

د- يجب أن لا تقل مسافة التباعد الصافية بين القضبان عن ($4d_b$).

هـ- يجب أن لا يقل غطاء الحماية الصافي عن ($2d_b$).

و- يجب أن تكون الخرسانة عادية الوزن.

9-2/6 يجب أن تتحقق الشروط التالية للقضبان المحززة والمجهزة برؤوس لغرض تلبية متطلبات الفقرة (2-5/5/1-2):

أ- يجب أن يكون طول التثبيت (ℓ_{dt}) في حالة الشد مساوياً إلى $(0.2\psi_e f_y / \sqrt{f'_c})d_b$ على أن لا تزيد قيمة مقاومة الانضغاط للخرسانة الداخلة في حساب (ℓ_{dt}) على (40) ميكاباسكال،

وأن تؤخذ قيمة المعامل ψ_e مساويةً إلى (1.2) في حالة استعمال حديد تسليح مطلي بمادة الإيبوكسي وتكون قيمته مساويةً إلى (1.0) في الحالات الأخرى.

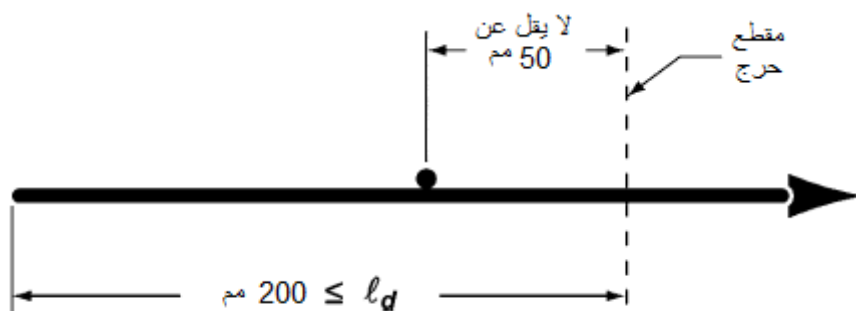
ب- يجب أن لا يقل الطول (ℓ_{dt}) عن ($8d_b$) ولا عن (150 مم).

9-3/6 لا تعد الرؤوس فعالة في تثبيت القضبان المعرضة لقوى الانضغاط.

9-7 أطوال التثبيت لشبكات أسلاك التسليح المحززة الملحومة في الشد [13,1]

(Development of Deformed Welded Mesh Wire Reinforcement in Tension)

9-1/7 يحسب طول التثبيت (ℓ_d) لشبكات الأسلاك المحززة الملحومة المعرضة لقوى الشد مقاساً من موقع المقطع الحرج إلى طرف السلك كما مبين بالشكل (9-1/7)، كحاصل ضرب طول التثبيت (ℓ_{dt}) المحسوب طبقاً للبندين (9-2/2) أو (9-3/2) في معامل الأسلاك المحززة الملحومة (ψ_w) المحسوب بموجب البندين (9-2/7) أو (9-3/7) على أن لا يقل طول التثبيت عن 200مم. وتستنثى من هذه الحسابات أطوال التراكب للوصلات المبينة في الفصل (9-5).



الشكل 9-1/7: تثبيت شبكات الأسلاك المحززة الملحومة

9-2/7 في شبكات الأسلاك المحززة الملحومة الحاوية على قضيب يمتد بشكل عرضي واحد على الأقل ضمن المسافة (l_d) ويبعد هذا القضيب المستعرض مسافة لا تقل 50 مم عن موقع المقطع الحرج، يجب أن يأخذ (ψ_w) القيمة الأكبر من المقدارين ($f_y - 240 / f_y$) و ($5d_b / S$) على أن لا تتجاوز قيمة (ψ_w) (1.0) حيث أن S هي مسافة التباعد بين الأسلاك المطلوب تثبيتها.

9-3/7 في الحالات التي لا تحقق فيها اشتراطات البند (9-2/7) أي في شبكات الاسلاك المحززة الملحومة غير الحاوية على قضبان تمتد بشكل مستعرض ضمن المسافة (l_d)، أو عند وجود قضيب واحد يبعد مسافة تقل عن 50 مم عن موقع المقطع الحرج، تكون قيمة ψ_w مساوية لـ (1.0).

9-4/7 يجب تحديد طول التثبيت في شبكات أسلاك التسليح الملساء أو المحززة الملحومة والتي يكون مقاسها أكبر من (D-31) وفقاً للبند (9-5/7).

9-5/7 يجب أن لا يقل طول التثبيت (l_d) في شبكات الأسلاك الملساء المعرضة لقوى شد عن:

$$l_d = 3.3 \frac{A_b}{S} \frac{f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} \quad \dots\dots\dots (9-1/7)$$

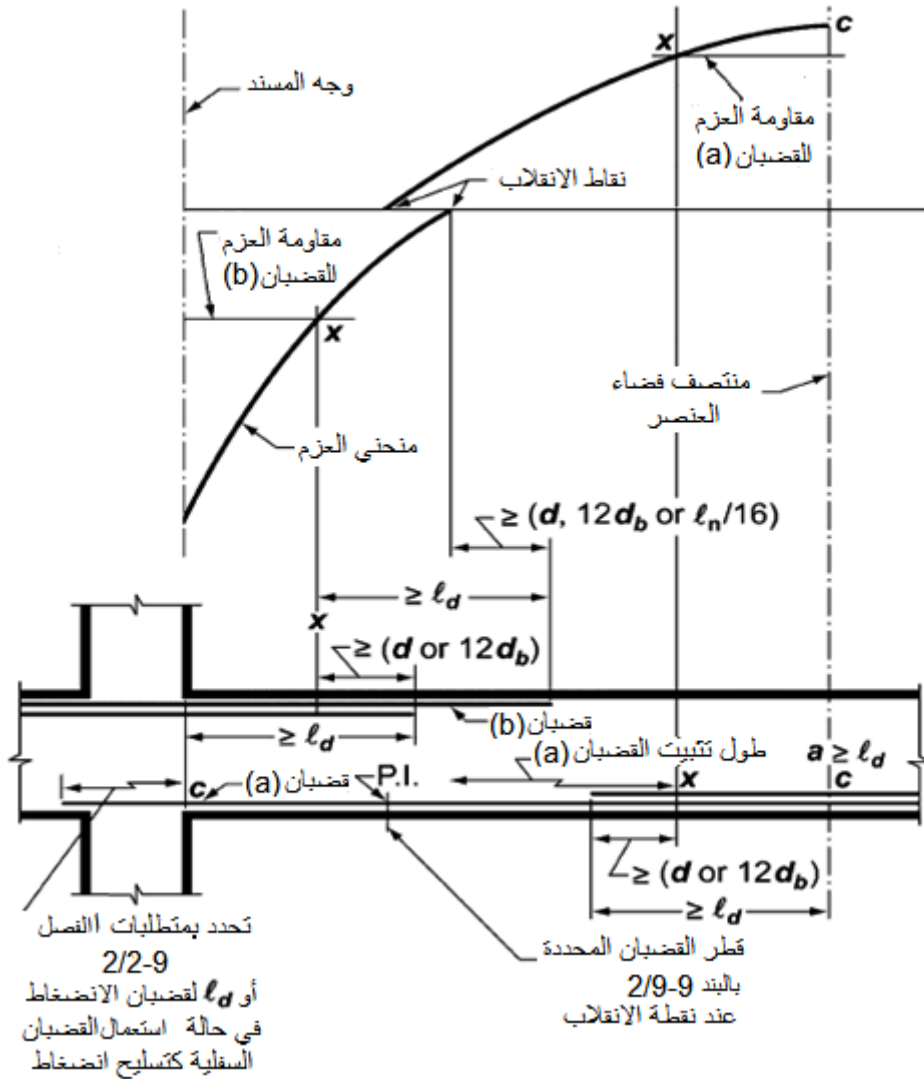
حيث يجب قياس (l_d) من موقع المقطع الحرج إلى أبعد سلك مستعرض. كما ان S تمثل مسافة التباعد بين الأسلاك المطلوب تثبيتها وقيمة λ كما هو معرف في الفقرة (9-4/2-د) مع مراعاة أن لا يقل (l_d) عن 150 مم. ويستثنى من ذلك حساب أطوال تراكب الوصلات المبينة في الفصل (9-5).

9-8 مقدمة عن أطوال التثبيت لقضبان تسليح الانحناء [1]

(Development of Flexural Reinforcement - General)

9-1/8 يسمح بتثبيت حديد تسليح الشد بواسطة الحني خلال الوتر (web) حتى يصبح مستمراً مع التسليح الموجود على الوجه المقابل للعنصر.

9-2/8 إن مواقع المقاطع الحرجة التي يجب تثبيت حديد التسليح عندها في عناصر الانحناء هي عند نقاط الإجهاد الأعظم، وعند النقاط الواقعة ضمن الفضاء التي يتم عندها إيقاف أو حني التسليح المجاور لها على أن يراعى تحقيق اشتراطات البند (9-2/9).



الشكل 9-1/8: أطوال التثبيت لقضبان الانحناء في عتبة مستمرة

9-3/8 ينبغي أن يمتد حديد التسليح لمسافة تساوي القيمة الأكبر من العمق الفعال لمقطع العنصر (d) و ($12d_b$) مقاسة من المقطع الذي تنتفي عنده الحاجة لوضع تسليح لمقاومة الانحناء. يستثنى من ذلك مناطق مساند العتبات البسيطة ومناطق الطرف الحر للعتبات الناتئة.

9-4/8 يجب أن يمتد حديد التسليح المستمر مسافة تثبيت إضافية لا تقل عن (l_d) بعد نقطة الحني أو نقطة إيقاف تسليح حديد الشد التي تنتفي عندها الحاجة لوضع حديد تسليح يقاوم الانحناء.

9-5/8 لا يسمح بإيقاف مد قضبان تسليح الانحناء في منطقة الشد إلا إذا توافرت الاشتراطات التالية:

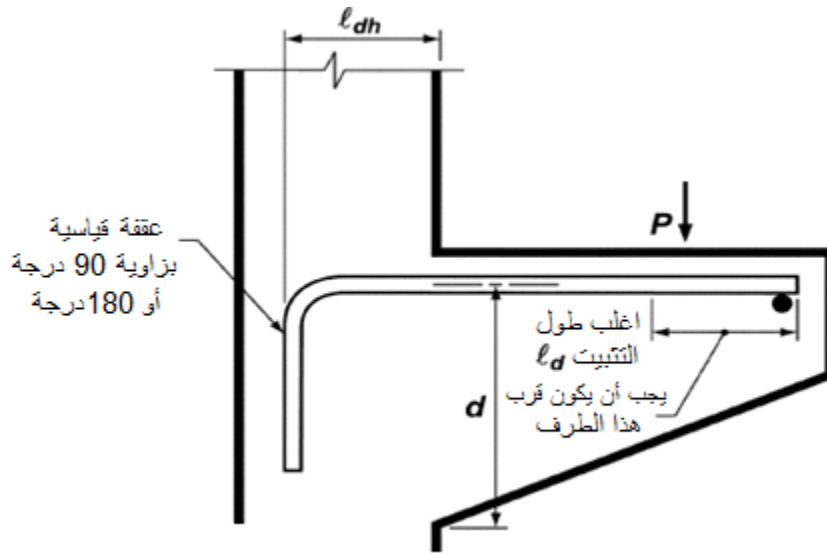
9-1/5/8 ينبغي أن لا تتجاوز قوة القص المعاملة المقدار $(2/3)\phi V_n$ عند نقطة إيقاف حديد التسليح.

9-2/5/8 عند وضع مساحة معينة من حديد تسليح الأطواق على طول كل قضيب أو سلك موقوف على مسافة ($3/4d$) مقاسة من نقطة الإيقاف على شرط أن تفيض مساحة الأطواق عن تلك المطلوبة للقص

واللي مع مراعاة أن لا تقل مساحة الأطواق الفائضة عن $(0.45b_w S / f_{yt})$ وأن لا تتجاوز مسافة تباعدها المقدار $(d/8\beta_b)$.

3/5/8-9 عند وضع حديد التسليح المستمر المؤلف من قضبان ذات قطر 36 مم أو أصغر وبمساحة تساوي ضعف المساحة المطلوبة لمقاومة الانحناء عند نقطة الإيقاف، على ألا تتجاوز قوة القص (V_u) المقدار $(3/4)\phi V_n$.

6/8-9 يجب أن يتحقق تثبيت كاف لحديد تسليح الشد في عناصر الانحناء عندما لا يكون إجهاد حديد التسليح متناسباً بشكل خطي مع العزم. ومن الأمثلة على ذلك الأسس المدرجة أو المائلة أو متغيرة المقطع والكتائف (brackets) وعناصر الانحناء العميقة أو العناصر التي لا يكون حديد تسليح الشد فيها موازياً لوجه الانضغاط. لاحظ الشكل (2/8-9).



الشكل 2/8-9: العناصر الخرسانية التي تعتمد بشكل أساس على التثبيت عند الأطراف

9-9 أطوال التثبيت لحديد تسليح الانحناء الموجب [1]

(Development of Positive Moment Reinforcement)

1/9-9 يجب أن يمتد ما لا يقل عن ثلث حديد تسليح الانحناء الموجب على طول فضاء العنصر وإلى داخل المساند، أما في العناصر المستمرة فيجب أن يمتد ما لا يقل عن ربع حديد تسليح الانحناء الموجب على طول فضاء العنصر وإلى داخل المساند. كما ينبغي أن يمتد هذا التسليح داخل مساند العتبات مسافة لا تقل عن 150 مم.

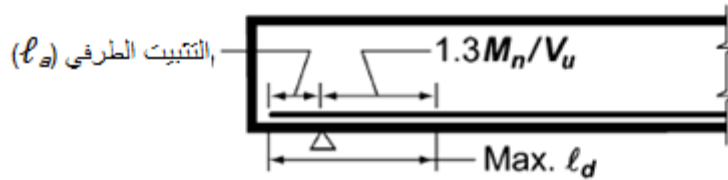
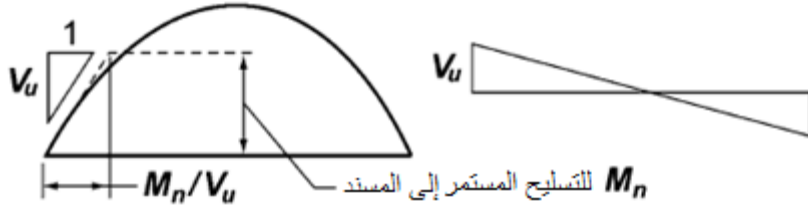
2/9-9 في المساند البسيطة وكذلك عند نقاط الانقلاب يتحدد قطر حديد تسليح العزم الموجب بحيث يحقق طول التثبيت (l_d) المحسوب وفقاً للفصل (2-9) متطلبات العلاقة (1/9-9).

$$l_d \leq \frac{M_n}{V_u} + l_a \quad \dots\dots\dots (1/9-9)$$

حيث (M_n) هي مقاومة العزوم الاسمية المحسوبة على أساس ان جميع حديد التسليح عند المقطع قد بلغ إجهاد الخضوع (f_y).

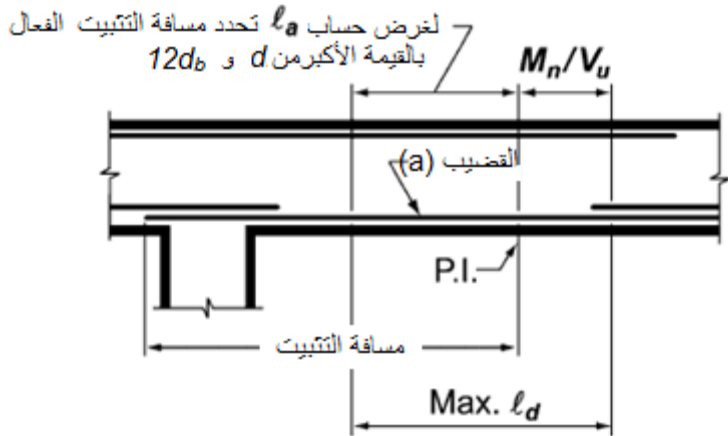
(V_u) هي قوة القص المعاملة المحسوبة عند المقطع.

(ℓ_a) عند المسند يمثل طول التثبيت المحسوب بعد مركز المسند أو إن (ℓ_a) عند نقطة الانقلاب هو القيمة الأكبر من (d) و ($12d_b$)، ويمكن زيادة المقدار (M_n/V_u) بمقدار (30%) عندما تكون أطراف حديد التسليح محصورة بردود أفعال الانضغاط.



ملاحظة: لا يستعمل المعامل 1.3 إلا إذا كان رد الفعل يحصر اطراف حديد التسليح

أ- المقاس الأكبر للقضيب عند المسند البسيط



ب- المقاس الأكبر للقضيب (a) عند نقطة الانقلاب

الشكل 9-9: مفاهيم تحديد المقاس الأكبر للقضبان

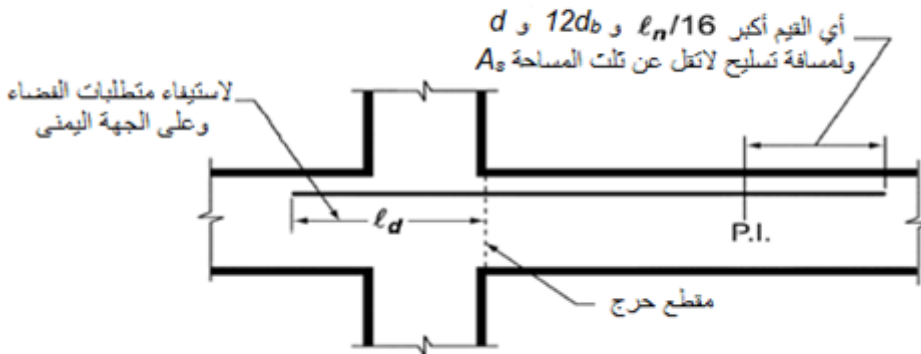
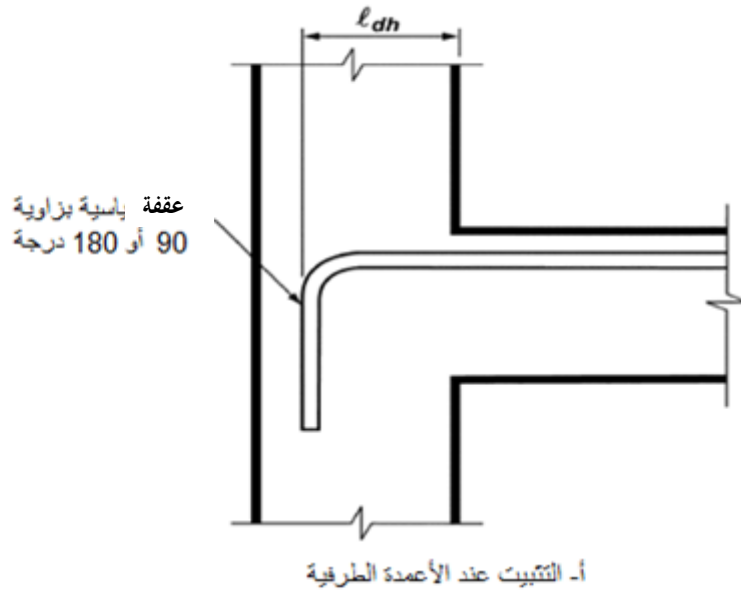
9-3 في العتبات العميقة بسيطة الإسناد يجب تثبيت حديد تسليح الشد للعزوم الموجبة إلى وجه المساند لبلوغ قيمة إجهاد الخضوع (f_y) يستثنى من ذلك العناصر المصممة بإتباع طريقة الملحق (أ) من هذه المدونة. كما ينبغي تثبيت حديد تسليح الشد للعزوم الموجبة وفقاً لمتطلبات البند (أ-3/4)، ويجب أن

يكون حديد تسليح الشد للعزوم الموجبة مستمراً عند المساند الداخلية للعتبات العميقة المستمرة أو أن يكون مترابكاً مع حديد تسليح الفضاءات المجاورة.

10-9 أطوال التثبيت لحديد تسليح الانحناء السالب [1]

(Development of Negative Moment Reinforcement)

1/10-9 يجب أن يثبت حديد تسليح العزم السالب في العناصر المستمرة أو المقيدة أو العناصر الناتئة أو أي عنصر من عناصر الهياكل الجاسئة (rigid frames) في المنطقة الواقعة داخل العنصر الساند إما بمده بحسب أطوال التثبيت المطلوبة أو بعمل العفقات أو بواسطة أجهزة التثبيت الميكانيكية كما مبين بالشكل (1/10-9).



ملاحظة: يصبح مثل هذا التثبيت عادة جزءاً من حديد تسليح الفضاء المجاور.

الشكل 1/10-9: أطوال التثبيت لحديد تسليح العزوم السالبة

9-10/2 يجب أن يستمر امتداد حديد تسليح العزم السالب باطوال تثبيت ممتدة إلى الفضاء بموجب متطلبات الفصل (9-1) والبند (9-3/8).

9-10/3 في المساند الداخلية لعناصر الانحناء العميقة يجب أن يكون حديد الشد للوزن السالبة مستمراً مع نظيره الخاص بالفضاءات المجاورة.

9-10/4 يجب أن تمتد أطوال تثبيت لمسافة لا تقل عن القيمة الأكبر من العمق الفعال (d) و ($12d_b$) و ($l_n/16$) بعد نقطة الانقلاب (inflection point). ويجب أن لا تقل مساحة حديد التسليح الممتد خلال اطوال التثبيت عن ثلث مساحة حديد الشد الكلي المخصص لمقاومة العزم السالب عند المساند (يلاحظ الشكل 9-10/1 ب).

9-11 أطوال التثبيت لحديد تسليح الوتر [1]

9-11/1 يجب أن يكون حديد تسليح الوتر (web) قريباً قدر الإمكان من سطوح الشد والانضغاط للعنصر بحسب ما تسمح به متطلبات غطاء الحماية ومتطلبات التقارب (proximity) مع أنواع التسليح الأخرى.

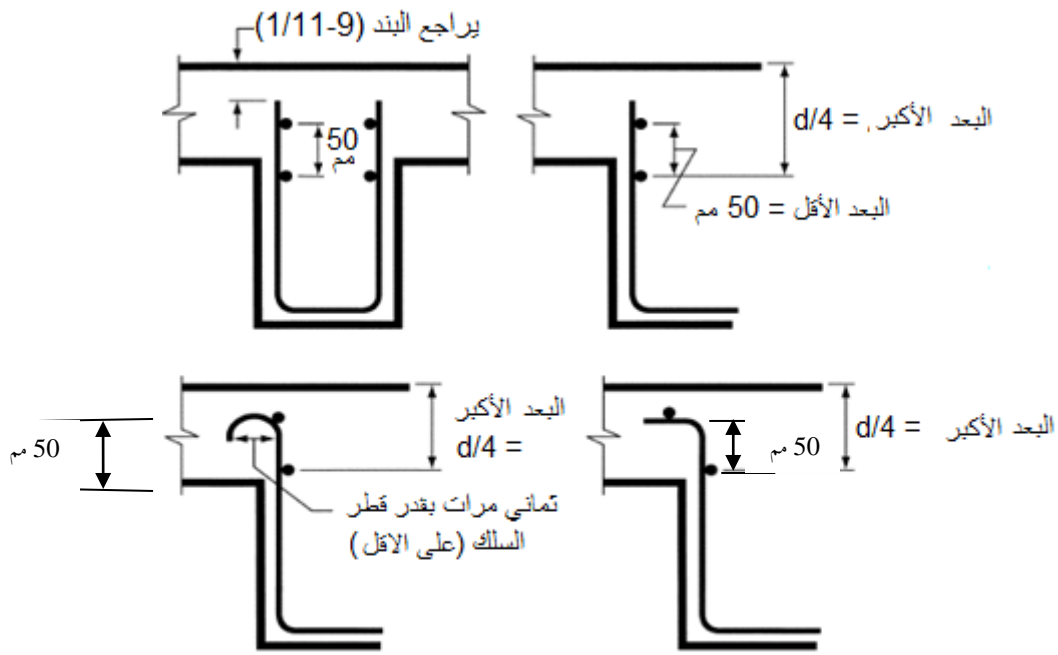
9-11/2 يجب أن تثبت أطراف الأطواق وحيدة الساق أو الأطواق بشكل (U) المفرد أو المتعدد بإحدى الطرائق التالية:

9-11/2/1 يجب تنفيذ عققات قياسية حول قضبان التسليح الطولي قطر (16) مم أو أصغر وللأسلاك من النوع MD200 وكذلك القضبان نوات الاقطار (19 و 20 و 25) مم التي يكون اجهاد الخضوع (f_{yt}) لها مساوياً الى 280 ميكاباسكال أو اقل.

9-11/2/2 يجب عمل عقفة قياسية للأطواق نوات الاقطار (16 مم) و (20 مم) و (25 مم) ذات إجهاد خضوع (f_{yt}) يزيد على (280) ميكاباسكال والتي تحيط بالقضيب الطولي. تنفذ هذه العقفة مضافاً إليها طول تثبيت يمتد بين منتصف ارتفاع العنصر والنهاية الخارجية البعيدة للعقفة مساوياً الى أو يزيد على المقدار $(\lambda \sqrt{f'_c}) / 0.17 d_b f_{yt}$.

9-11/2/3 يجب أن يتوافر لكل ساق من شبكة الأسلاك الملساء الملحومة التي تكون طوقاً بسيطاً على شكل الحرف (U) المفرد أحد الشرطين التاليين:

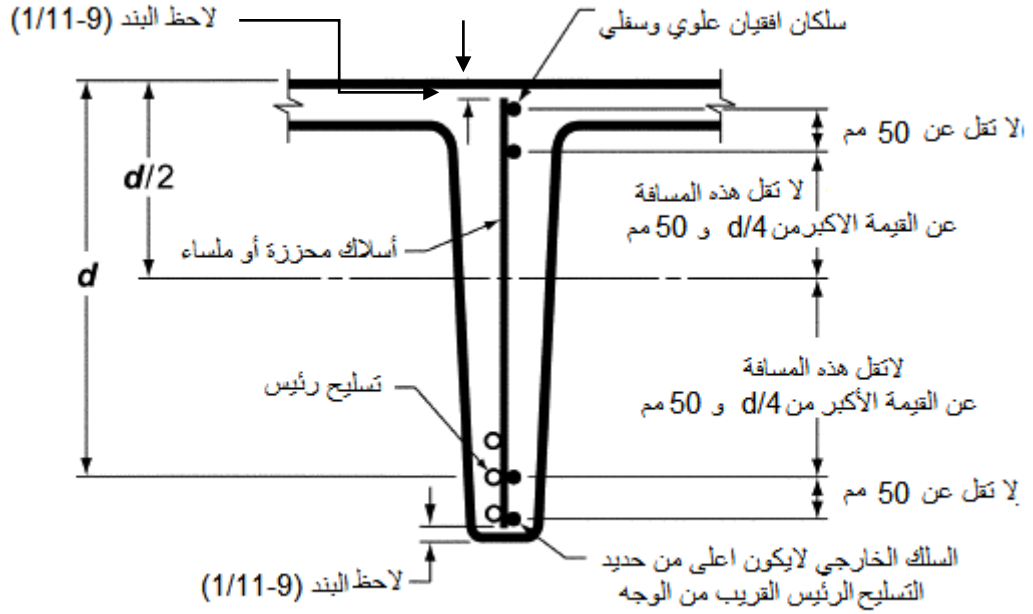
- أ- سلكان طوليان بمسافة تباعد 50 مم على طول العنصر الإنشائي عند قمة الشكل (U).
- ب- سلك طولي يوضع على بعد لا يزيد على ($d/4$) من وجه الانضغاط، وسلك ثانٍ أقرب إلى وجه الانضغاط ويبعد عن السلك الأول بما لا يقل عن 50 مم. كما ينبغي أن يوضع السلك الثاني على ساق الطوق بعد الحنية (bend) أو عند الحنية التي تكون ذات قطر داخلي لا يقل عن $8d_b$. يلاحظ الشكل (9-11/1)



الشكل 9-1/11: التثبيت في منطقة الانضغاط للأطواق على شكل الحرف (U) المصنعة من شبكات الأسلاك الملحومة

4/2/11-9 يوضع سلكان طوليان عند كل طرف من طرفي الطوق منفرد الساق المنفذ بواسطة شبكات الأسلاك الملحومة وتكون مسافة التباعد بين السلكين (50 مم) ويبعد السلك الداخلي مسافة لا تقل القيمة الأكبر من $(d/4)$ و(50 مم)، مقاسة من منتصف العمق الفعال $(d/2)$. يلاحظ الشكل (1/11-9)

كما ينبغي أن لا يبعد السلك الطولي الخارجي عند وجه الشد عن الوجه بأكثر من بعده عن تسليح الانحناء الرئيس الأقرب الى الوجه المذكور.



الشكل 9-2/11: تثبيت تسليح القص على شكل ساق مفردة مصنعة من شبكات الأسلاك الملحومة

9-2/11 عند تثبيت الحديد في نظام العوارض (joist construction) المعرفة في الفصل (5-1) تنفذ عقدة قياسية للقضبان ذات قطر 12 مم او الأسلاك من النوع (MD130) أو الأصغر منها.

9-3/11 في الأطواق على شكل الحرف (U) المفرد أو المتعدد يجب أن تحيط كل حنية في الجزء المستمر من الطوق المثبت عند أطرافه بقضيب طولي.

9-4/11 إذا امتدت القضبان الطولية المحنية (bars bent) التي تعمل كتسليح قص إلى داخل منطقة الشد فيجب أن تكون مستمرة مع التسليح الطولي، اما إذا امتدت إلى داخل منطقة الانضغاط فيجب أن تثبت بعد منتصف الارتفاع الفعال ($d/2$) كما هو مطلوب لأطوال التثبيت وفقاً للبند (9-2).

9-5/11 تعد أزواج الأطواق أو الرباطات المستعرضة (lateral ties) على شكل الحرف (U) الموضوعة بحيث تشكل طوقاً مغلقاً أنها قد تراكبت بشكل تام وذلك عندما يكون طول وصلة التراكب مساوياً إلى $(1.3l_d)$.

في العناصر التي لا يقل عمقها عن 450 مم إذا كانت قيمة $Ab f_y t$ لا تزيد على 40 كيلوننت لكل ساق من سيقان الطوق عندها يمكن أن تعد الوصلات كافية، شريطة أن تمتد سيقان الأطواق على كل العمق الموجود في العنصر.

9-12 مقدمة عن وصلات حديد التسليح (Splices of Reinforcement- General) [1]

9-12/1 ينبغي أن تنفذ وصلات التسليح بموجب ما هو موضح في المخططات التصميمية ووثائق المقابلة أو المواصفات الفنية ، أو بعد استحصال موافقة الجهات الفنية التصميمية.

9-12/2 وصلات التراكب (Lap Splices)

9-12/2/1 لا يجوز استعمال وصلات التراكب في القضبان التي يزيد قطرها على 36 مم، ويستثنى من ذلك ما ورد في الفقرة (9-12/4/3) والفقرة (12-8/2/3).

9-12/2/2 يجب حساب وصلات تراكب حزم القضبان اعتماداً على الطول المطلوب لوصل القضبان المفردة ضمن الحزمة مع تحقيق زيادة في طول الوصلة طبقاً للفصل (9-4) كما يجب أن لا تتجاوز (overlap) وصلات القضبان المفردة ضمن الحزمة علاوة على ذلك يحظر وصل الحزمة كلها كمجموعة بالتراكب.

9-12/2/3 في عناصر الانحناء يجب أن لا تزيد مسافة التباعد العرضي بين القضبان الموصولة بوصلات تراكب غير متلامسة (noncontact) على خمس الطول المطلوب للوصل أو 150 مم أيهما أقل.

9-12/3 الوصلات الميكانيكية والوصلات الملحومة (Mechanical and Welded Splices)

9-12/3/1 يسمح باستعمال الوصلات الميكانيكية أو التوصيل باللحام.

9-12/3/2 يجب أن يحقق التوصيل بالمشببات الميكانيكية في حالتها الشد أو الانضغاط إجهاداً لا يقل عن (125%) من إجهاد الخضوع (f_y) للقضبان الموصولة .

9-12/3/3 باستثناء ما اشترط عليه في هذه المدونة، يجب أن تجري جميع أنواع اللحام طبقاً لمتطلبات اللحام الإنشائي بموجب المواصفات المعتمدة من قبل رب العمل.

9-12/3/4 يجب أن تحقق وصلات اللحام إجهاداً لا يقل عن (125%) من إجهاد الخضوع (f_y) للقضبان الملحومة.

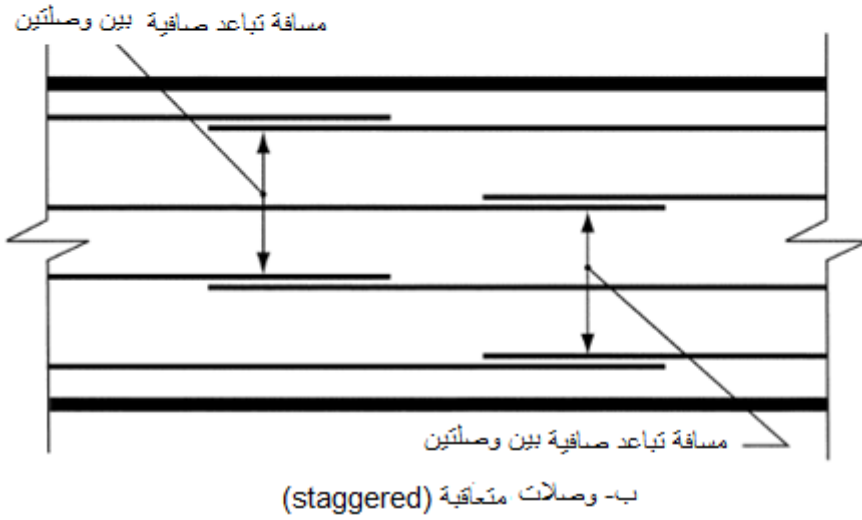
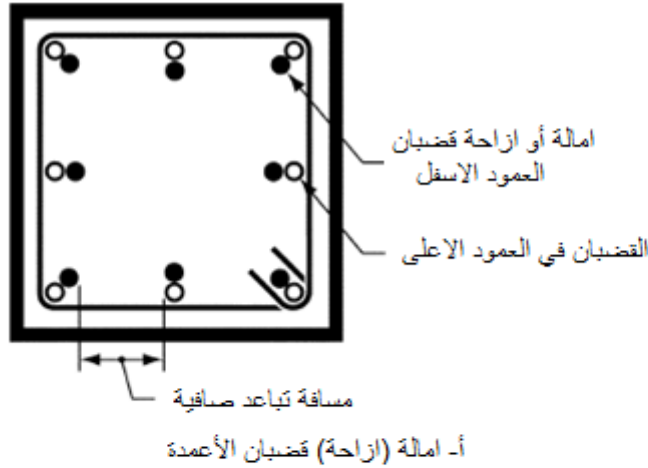
9-12/4 وصلات قضبان التسليح أو أسلاك التسليح المحززة في الشد [1]

9-12/4/1 يجب أن يكون طول التراكب الأقل في وصلات تراكب الشد كما هو مطلوب لوصلات الصنفين (A) و(B) المبيينين تالياً على أن لا يقل طول التراكب عن 300 مم حيث:

- وصلات الصنف (A)..... $1.0 \ell_d$.

- وصلات الصنف (B)..... $1.3 \ell_d$.

حيث ان طول التثبيت (ℓ_d) يحسب طبقاً للفصل (9-2) لضمان بلوغ إجهاد الخضوع (f_y) مع عدم التقيد بكل من الحد الأقل 300 مم المذكور في الفقرة، وتقليل طول التثبيت بضربه في معامل التقليل المذكور في البند (9-5/2).



الشكل 9-12: المسافة الصافية بين القضبان الموصولة

9-12/4/2 يجب أن تكون وصلات التراكب في القضبان المحززة أو السلك المحزز المعرضة للشد من الصنف (B)، ويسمح باستعمال وصلات من الصنف (A) عند تحقق كلا الشرطين التاليين: ان لا تقل مساحة حديد التسليح الموجود على طول التراكب الكلي عن ضعف المساحة المطلوبة بموجب التحليل، وأن يتم تراكب ما لا يزيد على نصف المساحة الموجودة من حديد التسليح ضمن مسافة الوصلة.

9-12/4/3 عند استعمال وصلات تراكب لقضبان شد ذات أقطار مختلفة فيجب أن يكون طول الوصلة مساوياً إلى القيمة الأكبر من طول التثبيت (l_d) للقضيب ذي القطر الأكبر وطول وصلة تراكب الشد للقضيب ذي القطر الأصغر.

9-12/4/4 عندما تكون مساحة التسليح الفعلية اقل من ضعف المساحة المطلوبة بموجب التحليل ينبغي أن تحقق الوصلات الملحومة أو الوصلات الميكانيكية متطلبات الفقرتين (9-12/3/2) و (9-12/3/4).

9-5/4/12 يجب تنفيذ الوصلات في عناصر الشد (tension tie members) بشكل وصلات ملحومة كاملة أو ميكانيكية بشكل تام، وذلك طبقاً لمتطلبات الفقرتين (9-2/3/12) أو (9-4/3/12) كما يجب ان تترتب الوصلات في القضبان المتجاورة بالتعاقب (staggered) وعلى مسافات لا تقل عن 750مم.

9-5/12 وصلات قضبان التسليح المحززة في الانضغاط [1]

(Splices of Deformed Bars in Compression)

9-1/5/12 يجب أن تكون أطوال وصلات التراكب في حالة الانضغاط كما يلي:

أ- $(0.071 f_y d_b)$ في حالة كون إجهاد الخضوع f_y لا يزيد على 420 ميكاباسكال.

ب- $(0.13 f_y - 24) d_b$ في حالة كون إجهاد الخضوع f_y يتجاوز 420 ميكاباسكال.

ج- لا يقل طول الوصلة عن 300 مم.

عند استعمال خرسانة ذات مقاومة انضغاط تقل عن 21 ميكاباسكال يجب زيادة طول وصلة التراكب بمقدار ثلث الطول المطلوب.

9-2/5/12 عندما تكون القضبان المعرضة للانضغاط والموصولة بالتراكب ذات أقطار مختلفة فينبغي أن

يمثل طول التراكب المطلوب القيمة الأكبر مما يلي:

أ- طول التوصيل للقضيب ذي القطر الأصغر.

ب- طول التثبيت للقضيب ذي القطر الأكبر.

ويمكن أن توصل القضبان ذات الأقطار 43 و 57 مم بالتراكب مع القضبان ذات قطر 36 مم أو أصغر.

9-3/5/12 يجب أن تحقق الوصلات الملحومة أو الميكانيكية المعرضة للانضغاط متطلبات احدى

العبارتين (9-2/3/12) أو (9-4/3/12).

9-4/5/12 وصلات التحميل الطرفية (End Bearing Splices)

9-1/4/5/12 في القضبان المعرضة للانضغاط يسمح بنقل إجهاد الانضغاط باستعمال وصلات تحميل

طرفية فقط. تنفذ هذه الوصلات بواسطة قطع النهاية الطرفية بشكل قائم (square cut) مع تحقيق

تماس مركزي (concentric contact) بواسطة أجهزة مناسبة.

9-2/4/5/12 يجب أن تتوقف أطراف القضبان عند سطوح مستوية متعامدة مع محور القضبان (الزاوية

المسموحة للتفاوتات تكون ضمن (1.5 درجة))، كما يجب أن تتركب بإسناد كامل لا يميل بأكثر من

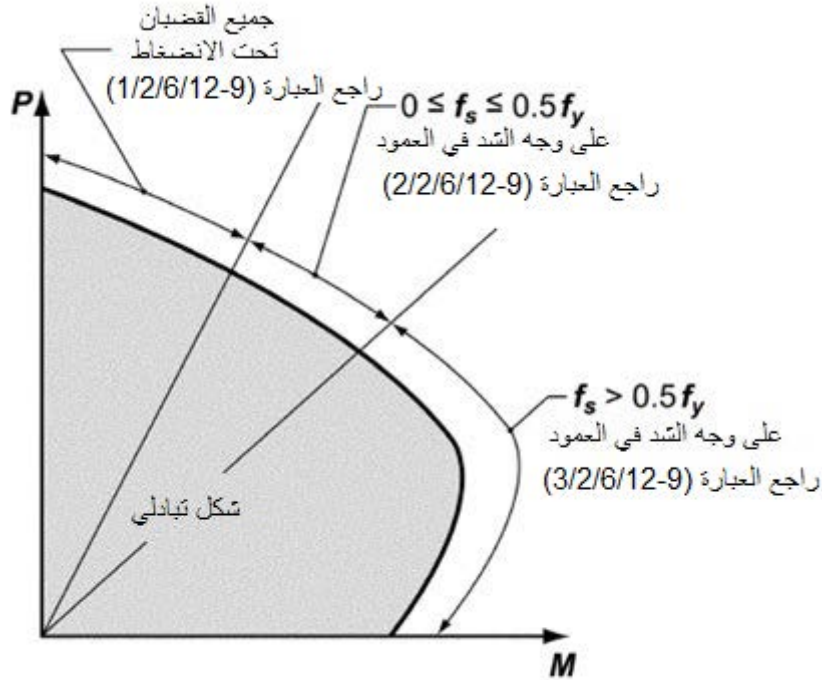
3 درجة بعد إكمال التنفيذ.

9-3/4/5/12 تستعمل وصلات التحميل الطرفية في العناصر الحاوية على رباطات مغلقة أو أطواق

مغلقة أو تسليح حلزوني (spirals) فقط.

6/12-9 متطلبات الوصلات في الأعمدة (Splice Requirements for Columns) [1]

1/6/12-9 تستعمل وصلات التراكب ووصلات اللحام التخالفي (butt welding) والوصلات الميكانيكية ووصلات التحميل الطرفية في الأعمدة مع الأخذ في الحسبان المتطلبات المنصوص عليها في الفقرات من (2/6/12-9) وإلى (4/6/12-9). ويجب أن تحقق الوصلات متطلبات حالات تجميع الأحمال (load combinations) كافة في العمود.



الشكل 2/12-9: المتطلبات الخاصة بوصلات تراكب الأعمدة

2/6/12-9 وصلات التراكب في الأعمدة (Lap Splices in Columns)

1/2/6/12-9 عندما تكون الإجهادات الناتجة من الأحمال المعاملة في القضبان هي إجهادات انضغاط، فإن وصلات التراكب يجب أن تحقق متطلبات العبارتين (1/4/5/12-9) و(2/4/5/12-9) وكذلك تحقق متطلبات العبارتين (4/2/6/12-9) أو (5/2/6/12-9) إذا كانت هاتان الفقرتان قابلة للتطبيق.

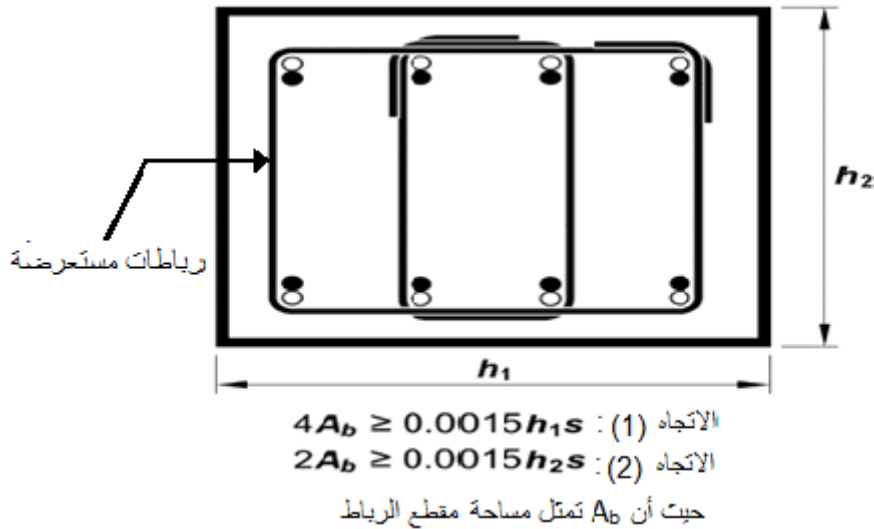
2/2/6/12-9 عندما تولد الأحمال المعاملة إجهادات شد في القضبان لا يتجاوز مقدارها $0.5f_y$ ، فينبغي أن تكون وصلات التراكب من الصنف (B) وذلك إذا تم وصل أكثر من نصف القضبان عند مقطع معين.

أو يمكن أن تكون وصلات الشد هذه من الصنف (A) إذا تم وصل أقل من نصف القضبان في مقطع معين مع مراعاة أن تتعاقب (staggered) وصلات التراكب الأخرى على مسافات مقدارها ℓ_d .

3/2/6/12-9 عندما تولد الأحمال المعاملة إجهادات شد في القضبان يتجاوز مقدارها $0.5f_y$ فان وصلات التراكب يجب أن تكون من الصنف (B).

4/2/6/12-9 في عناصر الانضغاط المجهزة بريباطات مستعرضة (lateral ties) وعندما تكون هذه الرباطات ممتدة على طول وصلة التراكب ولها مساحة فعالة لا تقل عن $0.0015h_s$ في كلا الاتجاهين فإنه يسمح بضرب طول وصلات التراكب بالمعامل (0.85) مع مراعاة أن لا يقل طول وصلة التراكب عن (300 مم). كما يجب أن تستعمل السيقان المتعامدة مع البعد (h) في حساب المساحة الفعالة.

5/2/6/12-9 في عناصر الانضغاط المجهزة بتسليح حلزوني (spirals) يسمح بضرب طول وصلات التراكب للقضبان المحاطة بالتسليح الحلزوني بالمعامل (0.75) مع مراعاة أن لا يقل طول وصلة التراكب عن (300 مم).



الشكل 3/12-9: تطبيق متطلبات العبارة (4/2/6/12-9)

3/6/12-9 الوصلات الميكانيكية أو وصلات اللحام في الأعمدة (Mechanical or Welded Splices in Columns)

يجب أن تحقق الوصلات المثبتة ميكانيكياً أو وصلات اللحام في الأعمدة متطلبات احدي الفقرتين (2/3/12-9) أو (4/3/12-9).

9-4/6/12 وصلات التحميل الطرفية في الأعمدة (End-Bearing Splices in Columns)

يمكن استعمال وصلات التحميل الطرفية المتوافقة مع متطلبات الفقرة (9-4/5/12) في قضبان الأعمدة المعرضة إلى إجهادات انضغاط على أن تتعاقب (staggered) هذه الوصلات أو أن توضع قضبان إضافية في مواقع الوصل مع مراعاة أن تتولد مقاومة شد في القضبان المستمرة على امتداد كل وجه من أوجه العمود (طبقاً لمقدار إجهاد الخضوع f_y) لا تقل عن حاصل ضرب المقدار $(0.25f_y)$ في مساحة حديد التسليح الشاقولي عند ذلك الوجه.

9-5/6/12 وصلات التراكب لشبكات الأسلاك المحززة الملحومة في الشد [1]

(Splices of Welded Deformed Wire Reinforcement in Tension)

9-1/5/6/12 وصلات شبكات أسلاك اللحام المحززة في الشد

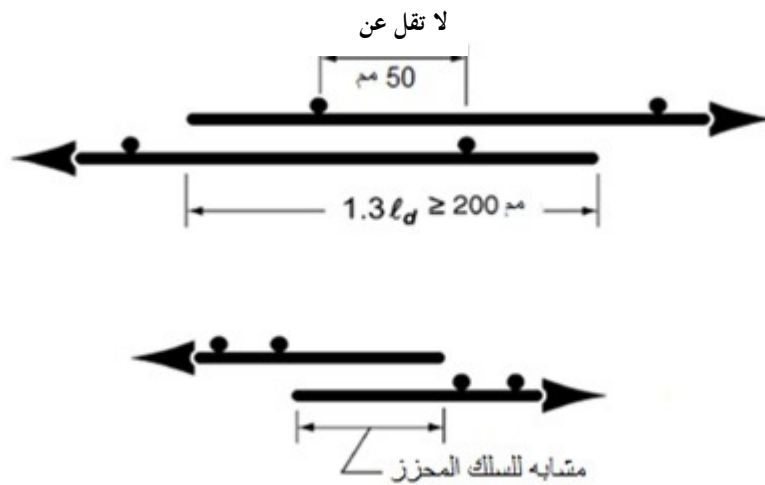
9-1/5/6/12 يجب أن لا يقل طول وصلات التراكب الأقل لشبكة الأسلاك المحززة الملحومة مقاساً بين طرفي كل شبكة أسلاك عن القيمة الأكبر من $(1.3\ell_d)$ و (200 مم) مع مراعاة أن لا تقل مسافة التراكب المقاسة بين أبعد الأسلاك في شبكة الأسلاك عن 50 مم، حيث ان (ℓ_d) يحسب طبقاً لمتطلبات الفصل (7-9) لغرض ضمان بلوغ إجهاد الخضوع (f_y) .

9-2/1/5/6/12 يجب حساب اطوال وصلات التراكب لشبكات الأسلاك المحززة الملحومة التي لا تحتوي

على أسلاك عرضية ضمن طول التراكب بشكل يماثل حساب وصلات التراكب للسلك المحرز.

9-3/1/5/6/12 يجب تطبيق متطلبات العبارة (9-2/5/6/12) عند عمل وصلات تراكب لشبكات

أسلاك ملحومة تحوي على أسلاك ملساء أو أسلاك محززة ذات اقطار اكبر من المقاس (MD200) ممدودة في اتجاه مد وصلة التراكب نفسه، وكذلك تطبق هذه المتطلبات عند عمل وصلة تراكب بين شبكة أسلاك ملحومة محززة وشبكة أسلاك ملحومة ملساء.



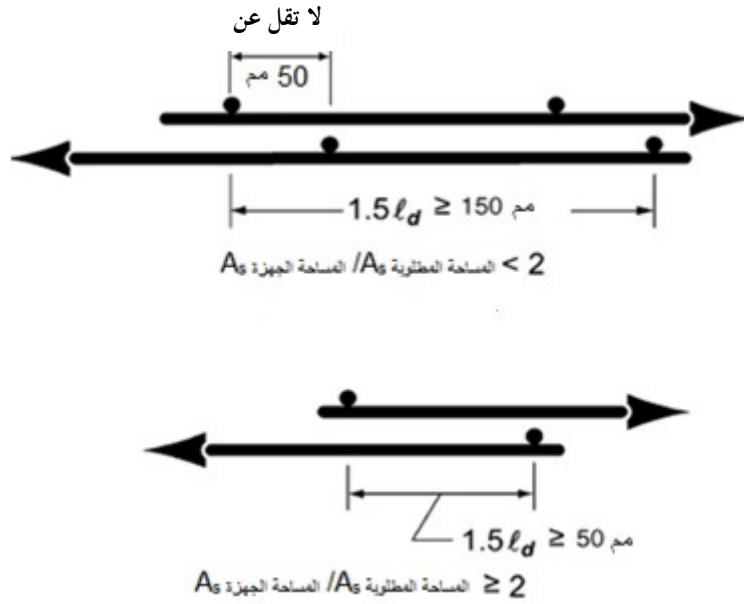
الشكل 9-4/12: وصلات التراكب لشبكات الأسلاك المحززة

9-12/5/6/2 وصلات شبكات الأسلاك الملساء الملحومة في الشد

يجب أن يحسب طول وصلات التراكب الأقل لشبكة الأسلاك الملساء الملحومة بموجب العبارتين (9-12/5/6/1) و (9-12/5/6/2).

9-12/5/6/1 عندما تقل مساحة التسليح المجهزة لوصلات التراكب عند وصلات التراكب عن ضعف المساحة المطلوبة في التحليل فان طول التراكب المقاس بين أبعد سلكين عرضيين لكل شبكة أسلاك يجب أن لا يقل عن مسافة تباعد الأسلاك العرضية مضافاً لها (50 مم) ولا يقل عن $(1.5\ell_d)$ ولا عن (150مم)، حيث أن (ℓ_d) يمثل طول التثبيت الذي يضمن بلوغ إجهاد الخضوع f_y .

9-12/5/6/2 عندما لا تقل مساحة التسليح المجهزة عند وصلات التراكب عن ضعف المساحة المطلوبة في التحليل فان طول التراكب بين أبعد سلكين عرضيين لكل شبكة يجب أن لا يقل عن $(1.5\ell_d)$ ولا عن (50مم)، حيث أن (ℓ_d) يمثل طول التثبيت الذي يضمن بلوغ إجهاد الخضوع (f_y) .



الشكل 9-5/2: وصلات التراكب لشبكات الأسلاك الملساء

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. ACI Committee 408, "Bond Stress- The State of the Art," ACI Journal, Proceedings V.63, No. 11, Nov. 1966, pp. 1161-1188.
3. ACI Committee 408, "Suggested Development, Splice, and Standard Hook Provisions for Deformed Bars in Tension (ACI 408.IR-90)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1990, 3pp.
4. Jirsa, J. O.; Lutz, L. A.; and Gergely, P., "Rationale for Suggested Development, Splice, and Standard Hook Provisions for Deformed Bars in tension," Concrete International: Design and Construction, V. 1, No.7, July 1979, pp. 47-61.
5. Azizinamini, A.; Chisala, and Ghosh, S. K., " Tension Development Length of Reinforcing Bars Embedded in High Strength Concrete," Engineering Structures, V.17, No. 7. 1995, pp. 512-522.
6. Jirsa, J. O. and Breen, J. E, "Influence of Casting Position and Shear on Development and splice Length – Design Recommendation," Research report 242—3F, Center for Transportation Research, Breau of Engineering Research University of Texas and Austin, Nov. 1981.
7. Jeeanty, P.R.; Mitchell, D.; and Mirza , M.S., "Investigation of Top Bar' Effects in Beams," ACI Structural Journal, V.85, No. 3, May –June 1988, pp.167-174.
8. Jirsa, J. O. and Marques, J. L.G., "A Study of Hooked Bar Anchorages in Beam –Column Joints," ACI Journal, Proceedings V. 72, No. 2, May 1975, pp. 210-217.
9. Hamnd , B. S.; Jirsa, J. O. and D' Abreu, N. I., "Anchorage Strength of Epoxy –Coated Hooked Bars" , ACI Structural Journal , V.90, No.2, Mar.-Apr. 1993 pp. 210-217
10. Thomposon , M. K.; Ziehl, M. J.; Jirsa , J. O and Breen, "CCT Nodes Anchored by Headed Bars – Part 1: Behavior of Nodes "ACI Structural Journal , V.102, No.6, Nov.-Dec.2005, pp. 808-815
11. Thomposon, M. K.; Jirsa, J.O.; and Breen, J. E, "CCT Nodes Anchored by Headed Bars – Part 2: Capacity of Nodes "ACI Structural Journal, V.103, No.1, Jan. - Feb. 2006, pp. 65-73.
12. Thomposon , M. K.; Ledesma, A.; Jirsa, J. O and Breen, J. E. "Lap Splices Anchored by Headed Bars," ACI Structural Journal, V.103, No. 2, Mar.-Apr.2006, pp. 271-279.
13. Bartoletti, S. J., and Jirsa, J. O.; "Effects of Epoxy –Coating on Anchorage and Development of Welded Wire Fabric," ACI Structural Journal, V. 92, No. 6, Nov. -Dec. 1995, pp. 757-764.

الباب 10

أنظمة البلاطات باتجاهين

Two-Way Slab Systems

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الأمريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الأمريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-10 مقدمة عامة (General) [2 ، 1]

1-10/1 تطبق فقرات الباب العاشر على أنظمة البلاطات الخرسانية المسلحة لمقاومة الانحناء في أكثر من اتجاه واحد ويمكن لهذه البلاطات أن تحتوي على عتبات ممتدة بين المساند (slabs supported by edge beams) أو أن تكون بدون عتبات (flat slabs).

1-10/2 تعد البلاطات الصلدة والبلاطات المحصورة بين الأضلاع (ribs) الممتدة باتجاهين أو بين العتبات الممتدة في اتجاهين مشمولة في مجال تطبيقات هذا الفصل.

1-10/3 يجب أن يحدد السمك الأقل للبلاطات المصممة طبقاً لمتطلبات هذا الفصل.

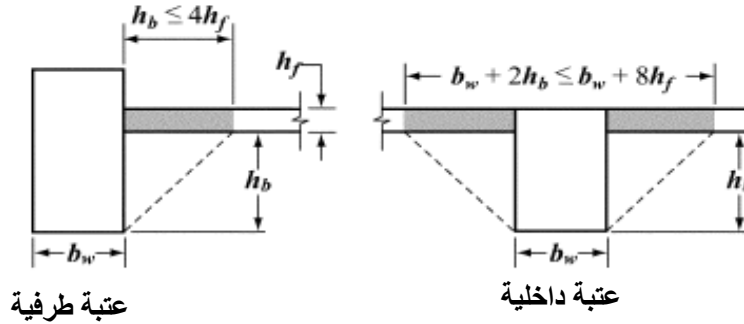
1-10/4 يمكن أن تستند أنظمة البلاطات إلى أعمدة أو جدران، وفي حالة الإستناد إلى أعمدة فإن الأبعاد (C_1) و (C_2) والبعد الصافي (ℓ_n) تعتمد على المساحة الفعالة للإسناد والمحددة بتقاطع السطح الأسفل للبلاطة أو اللوح المتدلي (drop panel) (إن وجد) مع أكبر مخروط دائري قائم، أو أكبر هرم قائم أو اسفين متغير المقطع (tapered wedge) والتي تقع سطوحها ضمن العمود أو تاج العمود أو الكتيفة (bracket) مع مراعاة أن تميل جميع هذه السطوح عن محور العمود بزاوية لا تزيد على (45 درجة) لتاج العمود.

1-10/5 الشريحة الجانبية عند محاور الأعمدة أو الجدران (column strip) هي شريحة تصميمية ذات عرض على كل جانب من جوانب خط محاور الأعمدة أو الجدران (column centerline) مساو إلى $(0.25\ell_1)$ أو $(0.25\ell_2)$ أيهما أصغر (إلا إذا ذكر خلاف ذلك) كما يمكن أن تتضمن الشريحة الجانبية عتبات إن وجدت.

1-10/6 الشريحة الوسطية (middle strip) هي الشريحة التصميمية المحاطة بشريحتين جانبيتين (two-column strips).

1-10/7 تحدد حافات لوح البلاطة (slab panel) بالخطوط المركزية (centerlines) للأعمدة أو العتبات أو الجدران.

10-8/1 يتضمن مقطع العتبة في المنشآت المنفذة عناصرها بشكل مترابط مع بعضها البعض (monolithic casting) أو المنشآت المركبة بشكل تام (fully composite construction) ذلك الجزء من البلاطة المنفذ على كل جانب من جانبي العتبة، والممتد الى مسافة تساوي مسقط العتبة أعلى أو أدنى البلاطة، أيهما أكبر، على أن لا يزيد هذا الجزء على أربعة أمثال سمك البلاطة وكما هو موضح في الشكل (10-1/1).



الشكل 10-1/1 : جزء البلاطة الذي يجب إضافته إلى مقطع العتبة [2]

10-9/1 يجب أن يحقق اللوح المتدلي (drop panel) الذي يستعمل لتقليل كمية حديد التسليح لمقاومة العزم السالب (negative moment reinforcement) عند الأعمدة، أو يستعمل لتقليل الحد الأدنى لسمك البلاطة، الخصائص التالية:

- أ- ان يكون ممتداً في كلا الاتجاهين مسافة مقاسة من مركز خط الإسناد (support centerline) لا تقل عن سدس الفضاء مقاساً بين مراكز المساند وفي الاتجاه نفسه.
- ب- ان يكون ذا امتداد أسفل البلاطة مساوٍ على الأقل إلى ربع سمك البلاطة.

10-2 تسليح البلاطات (Slab-Reinforcement) [2 ، 4 ، 5 ، 6]

10-1/2 في انظمة البلاطات المسلحة باتجاهين يجب حساب كمية حديد التسليح اعتماداً على مقدار العزوم في المقاطع الحرجة، كما ينبغي أن لا تقل هذه الكمية عن كمية حديد التسليح المطلوبة طبقاً للعبارة (3/11/5-4).

10-2/2 يجب أن يمتد حديد تسليح العزوم الموجبة المتعامد مع الحافة غير المستمرة (discontinuous edge) إلى حافة البلاطة بشكل مستقيم (straight) أو معقوف (hooked) بمسافة تثبيت لا تقل عن (150مم) داخل العتبات المحيطة (spandrel beams) أو الأعمدة أو الجدران.

10-3/2 في البلاطات الصلدة يجب أن لا تزيد مسافة التباعد بين قضبان التسليح في المقاطع الحرجة عن ضعف سمك البلاطة.

10-4/2 حديد التسليح في منطقة العزوم السالبة المتعامد مع الحافات غير المستمرة (discontinuous edges)، ينبغي أن يحنى أو يعقف أو يثبت داخل العتبة المحيطة (Spandrel beam) أو الأعمدة أو

الجدران. ويجب أن يمتد من وجه المسند إلى داخل الفضاء مسافة التثبيت المطلوبة طبقاً لمتطلبات الباب التاسع.

5/2-10 عندما لا تكون البلاطة مستندة إلى عتبة محيطية أو جدار عند حافتها غير المستمرة أو عندما تكون البلاطة ناتئة (cantilever) عن مسندها عند الحافة غير المستمرة في هذه الحالة يسمح بتثبيت (anchorage) حديد التسليح ضمن البلاطة.

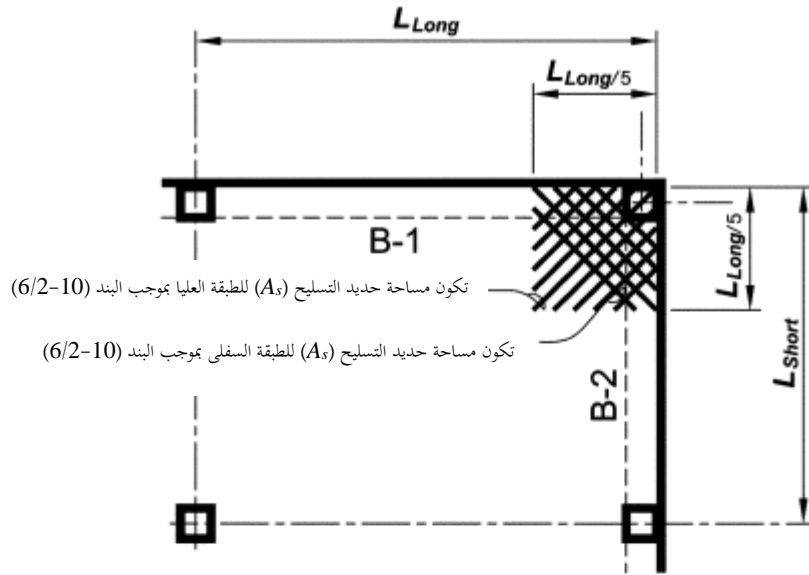
6/2-10 في حالة الأركان الخارجية للبلاطات التي تستقر عليها جدران طرفية (edge walls)، أو عند تلك الأركان الخارجية التي تمتد عندها عتبة طرفية واحدة أو أكثر ذات نسبة جساءة (α_f) تزيد على (1.0)، يجب وضع حديد التسليح العلوي والسفلي عند تلك الأركان بحسب ما تشترطه الفقرتان (1/6/2-10) و(4/6/12-10).

1/6/2-10 يجب أن يكون حديد التسليح العلوي والسفلي للأركان الخارجية كافياً لمقاومة عزم (لكل وحدة عرض من البلاطة) مساوٍ إلى أكبر عزم موجب (لكل وحدة عرض) مسلط على لوح البلاطة.

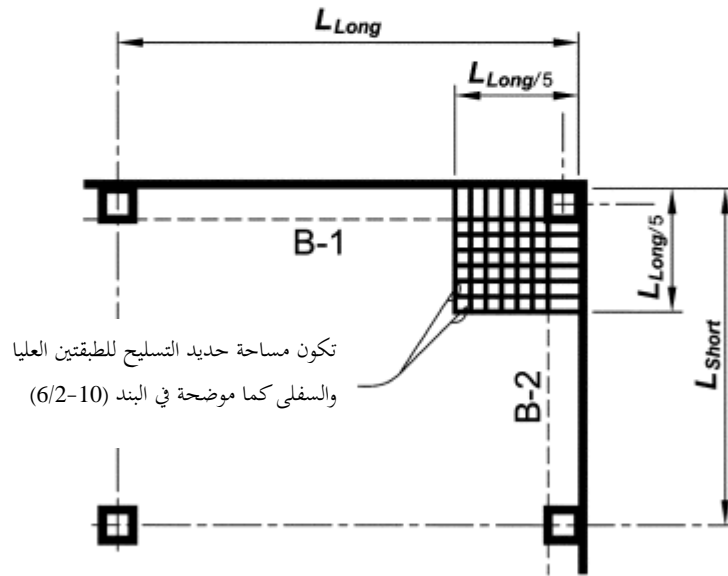
2/6/2-10 يجب افتراض أن العزم المسلط في الوجه العلوي للبلاطة يكون حول المحور المتعامد مع الوتر (diagonal) المرسوم من الأركان. كما يفترض أن العزم المسلط في الوجه الأسفل للبلاطة يكون حول المحور الموازي للوتر المرسوم من أركان البلاطة.

3/6/2-10 يجب أن يمتد حديد تسليح الأركان لمسافة في كلا الاتجاهين مقاسة من الأركان مساوية إلى خمس طول الفضاء الأكبر للوح البلاطة (slab panel).

4/6/2-10 يجب أن يكون حديد تسليح الأركان العلوي موازياً إلى الوتر ويكون حديد التسليح السفلي متعامداً مع الوتر في أسفل البلاطة كما مبين في الشكل (10-1/2). وكبديل آخر يمكن وضع حديد تسليح الأركان على شكل شبكتين موازيتين إلى جوانب البلاطة في أعلى البلاطة واسفلها.



البديل 1



البديل 2

الملاحظات:

1. يُختار احد البديلين (1) أو (2) عندما تكون نسبة الجساءة (α_f) للعتبتين (B-1) او (B-2) اكبر من 1.0.
2. إن أكبر مسافة تباعد مسموحة بين قضبان حديد التسليح هي ضعف سمك البلاطة.

الشكل 10-1/2: تفاصيل حديد تسليح الاركان الخارجية للبلاطات [2]

7/2-10 في البلاطات المسطحة (flat slabs) يجب أن تكون أبعاد اللوح المتدلي عند استعماله لتقليل كمية حديد التسليح للعزم السالب فوق العمود بحسب متطلبات الفقرة (9/1-10). ولغرض حساب كمية حديد التسليح المطلوبة يجب أن لا يؤخذ سمك اللوح المتدلي أسفل البلاطة اكبر من ربع المسافة من حافة اللوح المتدلي إلى وجه العمود (column face) أو تاج العمود (column capital).

8/2-10 تفاصيل حديد التسليح في البلاطات غير الحاوية على عتبات (Details of Reinforcement in Slabs without Beams)

1/8/2-10 إضافة إلى متطلبات الفصل (2-10) يجب أن يمتد حديد تسليح البلاطات غير الحاوية على عتبات إلى المسافات الأقل المبينة في الشكل (2/2-10).

الشريحة	الموقع	مساحة حديد التسليح الدنيا في المقطع	بدون الواح متدلية	الواح متدلية	
شريحة جانبية	تسليح علوي	50% المتبقي			
	تسليح سفلي	100%			
شريحة وسطية	تسليح علوي	100%			
	تسليح سفلي	50% المتبقي			
			<p>مسند طرفي (بلاطة غير مستمرة)</p>	<p>مسند داخلي (بلاطة مستمرة)</p>	<p>مسند طرفي (بلاطة غير مستمرة)</p>

الشكل 2/2-10: مسافات الامتداد الأقل لحديد تسليح البلاطات بدون عتبات [2]

2/8/2-10 يجب أن تتحقق امتدادات حديد تسليح العزم السالب بعد وجه المسند المبينة في الشكل (2/2-10) اعتماداً على متطلبات الفضاء الأطول في حالة كون البلاطات المتجاورة غير متساوية الفضاءات.

3/8/2-10 يسمح باستعمال حديد التسليح المحني (bent bars) فقط عندما تسمح نسبة العمق إلى طول الفضاء (depth-span ratio) بعمل حنيات (bends) في حديد التسليح بزاوية (45 درجة) أو أقل.

10-4/8/2 في الهياكل الإنشائية الحاوية على بلاطات مسلحة باتجاهين والتي تستعمل كعنصر أساس لمقاومة الأحمال الجانبية (lateral loads) يجب تحديد أطوال القضبان التسليح بواسطة التحليل وينبغي أن لا تكون أقل من تلك المبينة في الشكل (10-2/2).

10-5/8/2 يجب أن تكون كل قضبان أو أسلاك التسليح للطبقة السفلى للبلاطة ضمن الشريحة الجانبية (column strip) لكل اتجاه مستمرة أو موصولة بوصلات الصنف (class B) من وصلات الشد (tension splice) أو تكون موصولة بوصلات ميكانيكية أو ملحومة (mechanical or welded) (splices) بحسب البند (9-3/12).

كما يجب أن تكون مواقع الوصلات كما مبينة في الشكل (10-2/2) كما ينبغي مد قضبيي تسليح على الأقل في كل اتجاه ضمن الطبقة السفلى من تسليح الشرائح الجانبية (column strip) يمران في المنطقة المحددة بالتسليح الطولي للأعمدة ويثبتان عند المساند الطرفية.

10-6/8/2 في البلاطات المرفوعة (lift slab) عندما لا يمكن من الناحية العملية إمرار ما لا يقل عن قضبيين من تسليح الطبقة السفلى خلال العمود كما هو مطلوب طبقاً للعبارة (10-5/8/2) فإنه يجب أن يمرا خلال حلقة الرفع (lifting collar) عند الأعمدة قضيبان أو سلكان مرتبطان من تسليح الطبقة السفلى (bottom bars) على الأقل في كل اتجاه. كما ينبغي لهذين القضبيين أن يكونا قريبين قدر الإمكان من الأعمدة، ومستمرين أو موصولين بوصلات الصنف (class A). أما فيما يخص الأعمدة الطرفية، فإنه يجب أن يثبت حديد التسليح عند حلقة الرفع.

10-3 الفتحاح في أنظمة البلاطات (Openings in Slabs Systems) [2 ، 4]

10-1/3 يسمح بوجود الفتحاح ذات المقاسات المختلفة في أنظمة البلاطات طبقاً لمتطلبات الفصلين (6-2) و(6-3) إذا اثبت التحليل ان المقاومة الاسمية التصميمية مساوية على الأقل إلى المقاومة المطلوبة مع مراعاة تحقيق متطلبات التشغيلية (serviceability conditions) بما في ذلك تحديدات الانحراف (deflection limits).

10-2/3 وكبديل آخر للتحليل المطلوب في البند (10-1/3) يسمح بوجود الفتحاح في أنظمة البلاطات غير الحاوية على عتبات طبقاً للفقرات (10-1/2/3) إلى (10-3/2/3).

10-1/2/3 يسمح بوجود الفتحاح بأي مقاسات ضمن المساحة المشتركة المحددة بتقاطع الشرائح الوسطية مع مراعاة المحافظة على كمية حديد التسليح الكلية المطلوبة في لوح بلاطة مماثلة غير حاوية على فتحة.

10-2/2/3 يسمح بوجود فتحاح في تقاطعات الشرائح الجانبية شريطة أن لا يتعارض أكثر من ثمن كمية حديد التسليح المطلوبة مع الفتحة على أن تضاف كمية مكافئة من حديد التسليح على جوانب تلك الفتحة.

10-3/2/3 يسمح بوجود فتحات في المساحة المشتركة المحددة بتقاطع شريحة وسطية مع شريحة جانبية شريطة أن تكون مساحة التسليح المتوقفة عند الفتحة لا تتجاوز ربع كمية التسليح لكل شريحة مع مراعاة ان تضاف كمية من حديد التسليح موزعة على جوانب الفتحة مكافئة لكمية التسليح المتوقفة بسبب وجود الفتحات.

10-4/2/3 يجب أن تتحقق متطلبات القص المبينة في البند (8-7/8) من هذه المدونة.

10-4 مناهج التصميم (Design Procedures) [2 ، 7 ، 8]

10-1/4 يجب أن تصمم أنظمة البلاطات بأي طريقة تحقق شروط التوازن (equilibrium) والتوافق الهندسي (geometric compatibility) إذا بينت الطريقة ان المقاومة التصميمية عند أي مقطع تكون على الأقل مساوية للمقاومة الاسمية المطلوبة بموجب الفصلين (6-2) و(6-3) مع مراعاة تحقق شروط التشغيلية (serviceability) بضمنها أن حدود الانحرافات قد تحققت.

10-1/1/4 يمكن استعمال طريقة معاملات العزوم المذكورة في الفصل (10-5) او اتباع طريقة التصميم المباشر (direct design method) المذكورة في الفصل (10-6) لتصميم أنظمة البلاطات المعرضة إلى أحمال الجاذبية والمشملة على بلاطات مستندة الى جدران او عتبات تمتد بين مساند الأعمدة أو الجدران الحاملة.

10-2/1/4 يجب أن يؤخذ في الحسبان عند تحليل الهياكل الإنشائية المعرضة للأحمال الجانبية تأثير التشققات ووجود حديد التسليح في جساءة العناصر الإنشائية المكونة للهياكل.

10-3/1/4 يسمح بتجميع نتائج تحليل الأحمال الشاقولية مع نتائج تحليل الأحمال الجانبية.

10-2/4 يجب أن تكون أبعاد البلاطات والعتبات الممتدة بين المساند (إن وجدت) متناسبة مع قيم العزوم المعاملة التي يتعرض لها أي مقطع.

10-3/4 إذا تسببت أحمال الجاذبية أو الأحمال الجانبية المتسببة عن الرياح والهزات الأرضية أو أي حمل جانبي آخر في انتقال العزوم بين البلاطات والأعمدة فان جزء العزم غير المتوازن (unbalanced moment) يجب أن ينتقل بواسطة الانحناء (by flexure) وفقاً لل فقرات من (10-2/3/4) إلى (10-3/3/4).

10-1/3/4 يجب أن ينتقل جزء العزم غير المتوازن وغير المنقول بالانحناء بواسطة لامركزية القص (eccentricity of shear) وفقاً لمتطلبات البند (8-1/12).

10-2/3/4 يعد جزء العزم غير المتوازن والمحدد بالقيمة ($\gamma_f M_u$) منتقلاً بواسطة الانحناء ضمن عرض فعال من البلاطة يقع بين خطوط تبعد خارج الوجوه المتقابلة للعمود أوتاج العمود أو الوجوه المتقابلة للوح المتدلي وبمقدار مرة ونصف بقدر سمك البلاطة أو مرة ونصف بقدر سمك اللوح المتدلي ($1.5h$).

حيث أن (M_{II}) يمثل العزم المعامل المطلوب انتقاله والمعامل (γ_f) يحسب من العلاقة التالية:

$$\gamma_f = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{3}\right) \sqrt{b_1/b_2}} \dots\dots\dots (1/4-10)$$

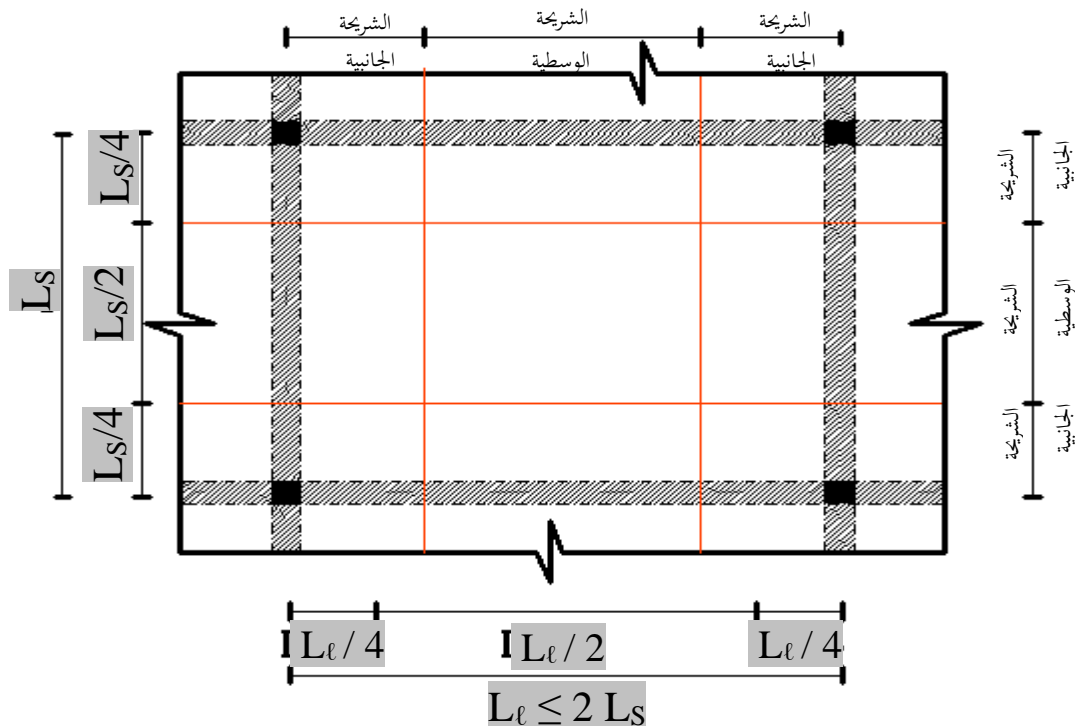
3/3/4-10 يجب تركيز حديد التسليح فوق الأعمدة بمسافات متقاربة أو وضع حديد تسليح إضافي لمقاومة العزوم عند منطقة عرض البلاطة الفعال المعرفة في الفقرة (2/3/4-10).

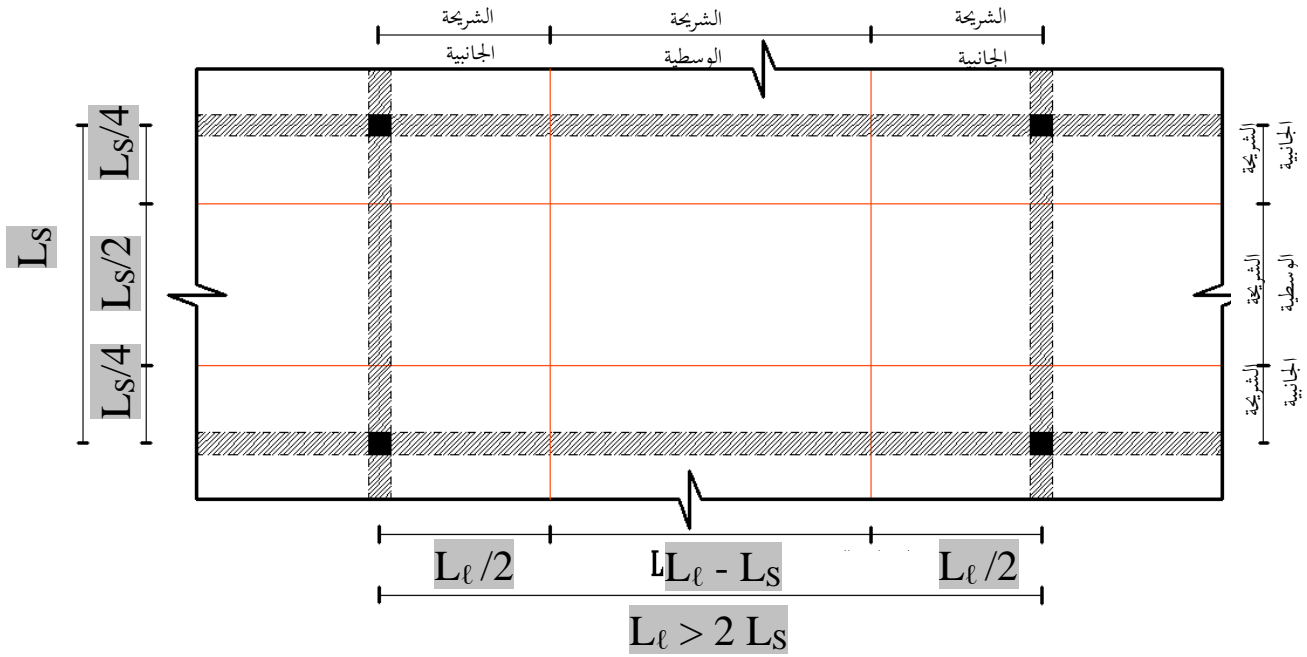
4/4-10 يجب إجراء التصميم الخاصة بانتقال الأحمال من البلاطة إلى الأعمدة والجدران الساندة بواسطة القص واللي وفقاً لمتطلبات الباب الثامن من هذه المدونة.

**5-10 تصميم البلاطات المسلحة باتجاهين بطريقة معاملات العزوم [3]
(Design of Two Way Slabs by Method of Moment Coefficients)**

تعتمد هذه الطريقة على جدول لمعاملات العزوم لحالات متعددة من البلاطة مستندة في حافاتها الأربعة. استخرجت هذه المعاملات بالاعتماد على التحليل المرن مع الأخذ في الحسبان إعادة التوزيع غير المرن لعزوم البلاطة (inelastic moment redistribution).

1/5-10 يجب أن يعد كل لوح بلاطة (slab panel) مسلحاً باتجاهين متعامدين ومكوناً من شرائح وسطية (middle strips) وشرائح جانبية قرب المساند (column strips) ممتدة في كلا الاتجاهين كما في الشكل (1/5-10).





الشكل 10-1/5 : توزيع الشرائح الوسطية والجانبية الخاصة بالبلاطات المصممة بطريقة معاملات العزوم [3]

10-2/5 التحديدات (Limitations)

تستعمل هذه الطريقة للبلاطات الصلدة (solid slabs) أو المضلعة (ribbed slabs)، ويمكن أن تكون البلاطة مستمرة (continuous) أو معزولة (isolated). وفي جميع الأحوال يجب أن تكون البلاطة مستندة عند حافاتها الأربعة إلى عتبات أو جدران منفذة سوية مع البلاطة بحيث تترايط المساند والبلاطة سوية مع بعضها البعض (monolithic casting).

10-3/5 عزوم الانحناء في الشرائح الوسطية (Bending Moments in Middle Strips)

ينبغي حساب عزوم الانحناء (M_u) في الشرائح الوسطية من العلاقة:

$$M_u = coeff . q_u \ell_s^2 \dots\dots\dots(1/5-10)$$

حيث أن (q_u) يمثل الأحمال الكلية المضخمة المسلطة على البلاطة. و (ℓ_s) يمثل الفضاء القصير للبلاطة ويكون مساوياً إلى المسافة المركزية (center to center distance) بين المساند بالاتجاه القصير (L_s) أو المسافة الصافية بين المساند في الاتجاه القصير مضافاً لها ضعف سمك البلاطة أيهما اقل. يمثل (coeff.) معاملات العزوم السالبة والموجبة عند المقاطع الحرجة لمختلف حالات استناد البلاطة عند حافاتها كما مبين في الجدول (10-1/5).

الجدول 10-1/5: معاملات العزوم للبلاطات العاملة باتجاهين [3]

الاتجاه الطويل، لكل نسب الفضاءات	الاتجاه القصير						معاملات العزوم بموجب الفصل (10-5)	
	نسبة الفضاء القصير إلى الفضاء الطويل $m = \frac{L_s}{L_\ell}$							
	0.5 أو أقل	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	العزوم	
							الحالة (1) لوحة البلاطة الداخلي	
0.033	0.083	0.063	0.055	0.048	0.040	0.033	عند الحافة المستمرة	العزم
—	—	—	—	—	—	—	عند الحافة غير المستمرة	السالب
0.025	0.062	0.047	0.041	0.036	0.03	0.025	العزم الموجب في منتصف الفضاء	
							الحالة (2) بلاطة ذات حافة واحدة غير مستمرة	
0.041	0.085	0.069	0.062	0.055	0.048	0.041	عند الحافة المستمرة	العزم
0.021	0.042	0.035	0.031	0.027	0.024	0.021	عند الحافة غير المستمرة	السالب
0.031	0.64	0.052	0.047	0.041	0.036	0.031	العزم الموجب في منتصف الفضاء	
							الحالة (3) بلاطة ذات حافتين غير مستمرتين	
0.049	0.090	0.078	0.071	0.064	0.057	0.049	عند الحافة المستمرة	العزم
0.025	0.045	0.039	0.036	0.032	0.028	0.025	عند الحافة غير المستمرة	السالب
0.037	0.068	0.059	0.054	0.048	0.043	0.037	العزم الموجب في منتصف الفضاء	
							الحالة (4) بلاطة ذات ثلاث حافات غير مستمرة	
0.058	0.098	0.090	0.082	0.074	0.066	0.058	عند الحافة المستمرة	العزم
0.029	0.049	0.045	0.041	0.037	0.033	0.029	عند الحافة غير المستمرة	السالب
0.044	0.074	0.068	0.062	0.056	0.050	0.044	العزم الموجب في منتصف الفضاء	

تتمة الجدول 10-5: معاملات العزوم للبلاطات العاملة باتجاهين [3]

الاتجاه الطويل، لكل نسب الفضاءات	الاتجاه القصير						معاملات العزوم بموجب الفصل (5-10)
	نسبة الفضاء القصير إلى الفضاء الطويل $m = \frac{L_s}{L_\ell}$						
							الحالة (5) بلاطة ذات أربع حافات غير مستمرة
—	—	—	—	—	—	—	عند الحافة المستمرة
0.033	0.055	0.05 3	0.04 7	0.04 3	0.03 8	0.033	العزم السالب عند الحافة غير المستمرة
0.050	0.083	0.08 0	0.07 2	0.06 4	0.05 7	0.050	العزم الموجب في منتصف الفضاء

ملاحظة: يمكن استعمال معاملات العزوم للتصميم بطريقة الإجهادات المسموحة (working design method)

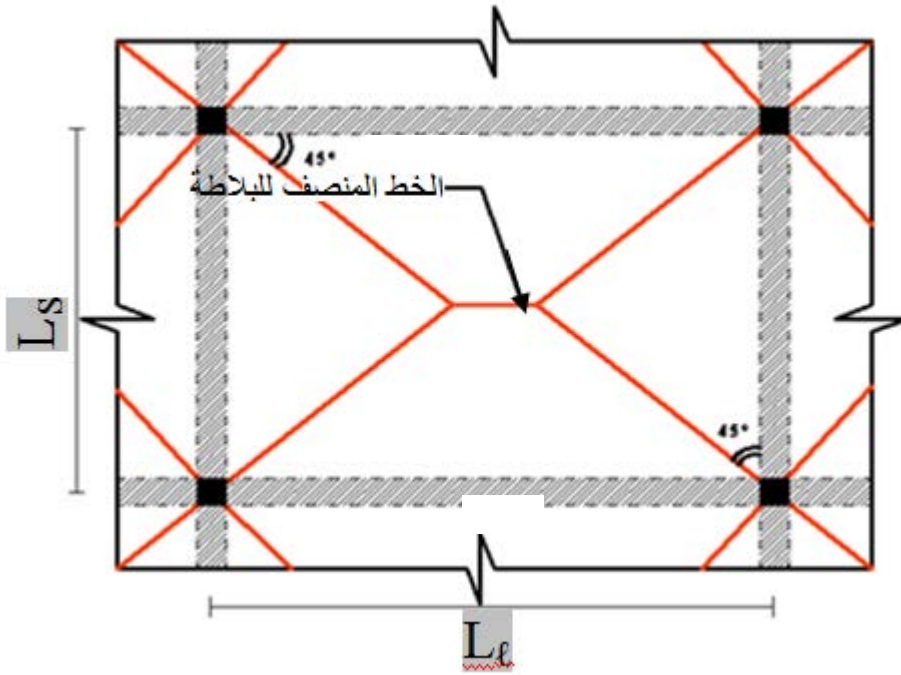
10-5/4 عزوم الانحناء في الشرائح الجانبية (Bending Moments in Column Strips)

ينبغي أن تكون معدلات العزوم الموجبة والسالبة في الشرائح الجانبية مساوية إلى ثلثي عزوم الانحناء المناظرة (corresponding) في الشرائح الوسطية.

10-5/5 في المساند الداخلية بين بلاطتين متجاورتين عندما يقل العزم السالب على جهة من المسند عن ثمانية أعشار (0.8) العزم السالب على الجهة الثانية من المسند فإنه يمكن توزيع ثلثي الفرق بين العزمين بشكل يتناسب مع جساءة (stiffness) البلاطتين المتجاورتين.

10-5/6 الأحمال المسلطة على مساند البلاطة

يمكن افتراض أن أحمال البلاطة المستطيلة الشكل المسلطة على المساند تمثل أحمال تلك المساحات من البلاطة المحددة بتقاطع الخطوط المرسومة من أركان البلاطة بزاوية مقدارها 45 درجة مع الخط المنصف للضلع القصير من البلاطة الموازي لحافة البلاطة الطويلة وكما مبين في الشكل (10-5/2).



الشكل 10-2/5 : توزيع أحمال البلاطة المسطحة على المساند [3]

ويمكن تحديد عزوم الانحناء المسطحة على مساند البلاطة بصورة تقريبية باستعمال أحمال مكافئة موزعة بشكل منتظم (equivalent uniform loads) لكل متر من طول المسند وكما يلي:

- الحمل المنتشر على المسند القصير لكل متر من طول المسند $\frac{q_u L_s}{3}$
 - الحمل المنتشر على المسند الطويل لكل متر من طول المسند $\frac{q_u L_s}{3} \left(\frac{3-m^2}{2} \right)$
- حيث أن m تمثل نسبة الفضاء المركزي القصير للبلاطة إلى الفضاء المركزي الطويل لها $(m = \frac{L_s}{L_l})$

10-6 طريقة التصميم المباشر (Direct Design Method)

10-6/1 حدود التطبيق (Limitations) [1 ، 2]

يمكن تصميم أنظمة البلاطات التي تحقق التحديدات المبينة في الفقرات من (10-6/1) إلى (10-6/8) باستعمال طريقة التصميم المباشر:

10-6/1 يجب أن لا تزيد نسبة الفضاء الطويل إلى الفضاء القصير (مقاسة بين مراكز المساند) لكل لوح بلاطة مستطيلة على (2.0).

10-6/2 يجب أن يتوافر في البلاطة ما لا يقل عن ثلاثة فضاءات مستمرة في كل اتجاه.

10-6/3 يجب أن لا تختلف أطوال الفضاءات المتعاقبة (مقاسة بين مراكز المساند) في كل اتجاه بأكثر من ثلث الفضاء الأطول.

10-4/1/6 يجب أن تكون كافة الأحمال متسببة عن الجاذبية فقط وموزعة بشكل منتظم على لوح البلاطة كله (slab panel). كما يجب أن لا تزيد مقادير الأحمال الحية غير المعاملة على ضعف مقادير الأحمال الميتة.

10-5/1/6 يجب أن لا تزيد مسافة إزاحة مراكز الأعمدة (column offset) عن الخطوط المركزية للفضاءات في كل اتجاه (مقاسة بين مراكز المساند) على 10% من طول الفضاء المركزي مقاساً باتجاه الإزاحة.

10-6/1/6 في لوح البلاطة (slab panel) الحاوي على عتبات ممتدة إلى المساند على جميع الحافات الأربعة يجب أن تحقق نسب جساءة (stiffness ratios) العتبات في اتجاهين متعامدين متطلبات العلاقة:

$$\frac{1}{5} \leq \frac{\alpha_{f_1} l_2^2}{\alpha_{f_2} l_1^2} \leq 5.0 \dots\dots\dots (1/6-10)$$

حيث تحسب قيمة كل من (α_{f_1}) و (α_{f_2}) من العلاقة:

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} \dots\dots\dots (2/6-10)$$

10-7/1/6 لا يجوز تطبيق إعادة توزيع العزوم المسموحة في الفصل (4-5) على أنظمة البلاطات المصممة طبقاً لطريقة التصميم المباشر.

10-8/1/6 يسمح بقبول الاختلافات عن الحدود المنصوص عليها في البند (10-1/6)، إذا أظهرت التحليلات ان متطلبات البند (10-1/4) قد تحققت.

10-2/6 العزم الساكن المعامل الكلي في الفضاء (Total Factored Static Moment for a Span) [2 ، 9]

10-1/2/6 يجب أن يحسب العزم الساكن المعامل الكلي (M_o) لفضاء شريحة محاطة عرضياً بالخطوط المركزية لألواح البلاطة (slab panel) على طرفي الخطوط المركزية للمساند.

10-2/2/2 يجب أن لا تقل القيمة المطلقة عن مجموع العزم الموجب المعامل مضافاً له معدل العزوم السالبة المعاملة في كل اتجاه عن:

$$M_o = \frac{q_u l_2 l_n^2}{8} \dots\dots\dots (3/6-10)$$

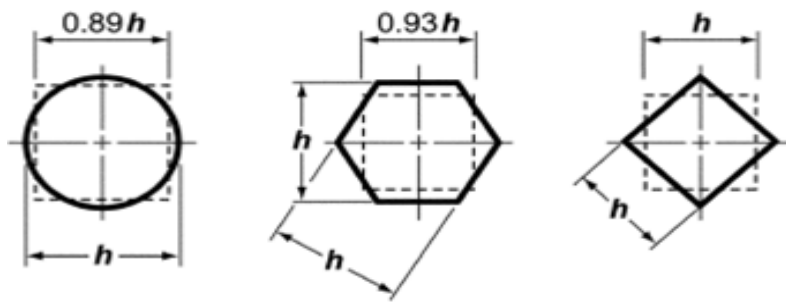
حيث أن

l_n : طول الفضاء الصافي في الاتجاه الذي تحسب عنده العزوم

10-3/2/6 إذا اختلفت الفضاءات العرضية للشريحة عند أي من جوانب محاور المساند فيجب أن تؤخذ قيمة (l_2) في العلاقة (10-3/6) مساوية إلى معدل الفضاءات العرضية المتجاورة.

4/2/6-10 عندما يكون الفضاء المأخوذ في الحساب موازياً ومجاوراً لحافة طرفية عندها يجب أن يعوض عن العرض (l_2) بالمسافة الممتدة من طرف الحافة حتى الخط المركزي للوح في العلاقة (3/6-10).

5/2/6-10 يجب أن يمتد الفضاء الصافي (l_n) بين وجوه الأعمدة أو تيجانها (capitals) أو الكنائف (brackets) أو الجدران الساندة مع مراعاة أن لا تقل قيمة (l_n) المعوض عنها في العلاقة (3/6-10) عن ($0.65l_1$). كما يجب أن تعامل المساند ذات الأشكال الدائرية أو الأشكال المنتظمة متعددة الأضلاع كأنها مساند مربعة مكافئة لها بالمساحة وكما موضح في الشكل (1/6-10):



الشكل 10-1/6: المقاطع المربعة المكافئة لمقاطع المساند ذات الأشكال المنتظمة متعددة الأضلاع

والاشكال الدائرية [2]

3/6-10 العزوم المعاملة السالبة والموجبة (Negative and Positive Factored Moments) [2,10]

1/3/6-10 يجب أن تقع المقاطع الحرجة للعزوم السالبة المضخمة في أوجه المساند المربعة أو المستطيلة وتعامل المساند ذات الأشكال الدائرية أو الأشكال المنتظمة متعددة الأضلاع كمساند مربعة الشكل لها المساحة نفسها.

2/3/6-10 يجب أن يجزأ العزم الساكن المعامل الكلي، (M_o) في الفضاءات الداخلية للبلطة كما يلي:

- العزم السالب المعامل $0.65 M_o$.

- العزم الموجب المعامل $0.35 M_o$.

3/3/6-10 يجب أن يجزأ العزم المعامل الساكن الكلي، (M_o) في الفضاءات الطرفية (end spans) كما مبين في الجدول (1/6-10).

الجدول 10-1/6: معاملات العزوم في الفضاءات الطرفية للبلاطة [2]

نوع العزم	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	الحافة الطرفية غير مقيدة	البلاطة تحتوي على عتبات ممتدة بين جميع المساند	المساند الداخلية	بوجود عتبة طرفية	بدون عتبة طرفية	الحافة الطرفية مقيدة كلياً
العزم السالب المعامل الداخلي	0.75	0.70	0.70	0.70	0.65
العزم الموجب المعامل	0.63	0.57	0.52	0.50	0.35
العزم السالب الطرفي المعامل	0	0.16	0.26	0.30	0.65

10-4/3/6 يجب أن تصمم مقاطع العزوم السالبة عند المساند الداخلية لتقاوم العزم الأكبر من العزوم السالبة المتولدة في الفضاءين المتجاورين الملتقيين في المسند الداخلي المشترك.

10-5/3/6 يجب أن تكون أبعاد العتبات الطرفية أو أطراف حافة البلاطة (في حالة عدم وجود عتبات طرفية) مناسبة لمقاومة أحمال اللي الناتجة من العزوم السالبة المعاملة في الحافات الطرفية.

10-6/3/6 إن قيمة العزم المعامل الناتج من الاحمال المتسببة عن الجاذبية والمنقل بين البلاطة والعمود الطرفي (edge column) طبقاً لمتطلبات الفقرة (10-1/3/4) تساوي $(0.3M_o)$.

10-4/6-10 العزوم المعاملة في الشرائح الجانبية (Factored Moments in Column Strips) [2 ، 10]

10-1/4/6-10 يجب أن تصمم الشرائح الجانبية لتقاوم النسب المئوية الميئة في الجدول (10-2/6) من العزوم السالبة المعاملة عند الحافات الداخلية اعتماداً على النسبة l_2/l_1 .

الجدول 10-2/6: النسب المئوية المصممة بموجبها العزوم السالبة عند الحافات الداخلية [2]

l_2/l_1	0.5	1.0	2.0
$(\alpha_{fl}l_2/l_1) = 0$	75	75	75
$(\alpha_{fl}l_2/l_1) \geq 1.0$	90	75	45

يمكن إجراء الاستكمال الخطي (Linear Interpolation) بين القيم المذكورة في الجدول (10-2/6) إذا اقتضت الضرورة.

10-2/4/6 يجب أن تصمم الشرائح الجانبية لتقاوم النسب المئوية المبينة في الجدول (10-3/6) من العزوم السالبة المعاملة عند الحافات الطرفية اعتمادا على النسبة ℓ_2/ℓ_1 .

الجدول 10-3/6: النسب المئوية للعزوم السالبة المعاملة عند الحافات الطرفية [2]

ℓ_2/ℓ_1		0.5	1.0	2.0
$(\alpha_{fl}\ell_2/\ell_1) = 0$	$\beta_f=0$	100	100	100
	$\beta_f \geq 2.5$	75	75	75
$(\alpha_{fl}\ell_2/\ell_1) \geq 1.0$	$\beta_f=0$	100	100	100
	$\beta_f \geq 2.5$	90	75	45

يمكن إجراء الاستكمال الخطي (Linear Interpolation) بين القيم المذكورة في الجدول (10-3/6) إذا اقتضت الضرورة.

حيث تحسب كل من قيمة (β_f) من العلاقة (10-4/6) وقيمة C من العلاقة (10-5/6)

$$\beta_f = \frac{E_{cb}C}{2E_{cs}I_s} \dots\dots\dots (10-4/6)$$

$$C = \sum \left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \dots\dots\dots (10-5/6)$$

ملاحظة: للمقاطع المجنحة على شكل الحرف L أو T ينبغي حساب الثابت C بتقسيم المقاطع إلى اجزاء مستطيلة (كما معرف في البند (10-8/1)) ومن ثم تجميع قيم C لكل جزء.

10-3/4/6 عندما تكون المساند مؤلفة من أعمدة أو جدران تمتد لمسافة تساوي أو تزيد على $(0.75 \ell_2)$ المستعملة لحساب العزم (M_o) ، في هذه الحالة ينبغي أن تعد قيم العزوم السالبة موزعة بشكل منتظم (uniformly distributed) عبر المسافة (ℓ_2) .

10-4/4/6 يجب أن تصمم الشرائح الجانبية عند الأعمدة أو الجدران لتقاوم النسب المئوية من العزوم السالبة المعاملة المبينة في الجدول (10-4/6).

الجدول 10-4/6: النسب المئوية للعزوم السالبة الموجبة [2]

ℓ_2/ℓ_1	0.5	1.0	2.0
$(\alpha_{fl}\ell_2/\ell_1) = 0$	60	60	60
$(\alpha_{fl}\ell_2/\ell_1) \geq 1.0$	90	75	45

يمكن إجراء الاستكمال الخطي (Linear Interpolation) بين القيم المذكورة في الجدول (10-6/4) إذا اقتضت الضرورة.

10-6/4/5 في أنظمة البلاطات الحاوية على عتبات تمتد بين المساند ينبغي أن تصمم بلاطة الشرائح الجانبية لتقاوم ذلك الجزء من عزوم الشريحة الجانبية الذي لا تقاومه العتبات.

10-6/5 العزوم المعاملة في العتبات (Factored Moments in Beams) [2, 10]

10-6/5/1 يجب أن تصمم العتبات الممتدة بين المساند لتقاوم 85% من عزم الشريحة الجانبية إذا كانت النسبة $(\alpha_{fl}l_2/l_1)$ للعتبة لا تقل عن (1.0).

10-6/5/2 إذا كانت النسبة $(\alpha_{fl}l_2/l_1)$ محصورة بين الصفر والواحد، عندها يجب أن تقاوم العتبات الممتدة بين المساند نسبة من عزوم الشريحة الجانبية تحدد قيمتها بواسطة الاستكمال الخطي بين (0.0 %) و(85%).

10-6/5/3 إضافة إلى العزوم المحسوبة للأحمال المنتشرة طبقاً للفقرات (10-6/2/2) و (10-6/5/1) و(10-6/5/2) يجب أن تصمم العتبات لتقاوم العزوم الناتجة من الأحمال المركزة المباشرة أو الأحمال المنتشرة بشكل مباشر على العتبات بما في ذلك وزن الجزء من العتبة البارز فوق أو تحت مستوى البلاطة.

10-6/6 العزوم المعاملة في الشرائح الوسطية (Factored Moments in Middle Strips) [10 ، 2]

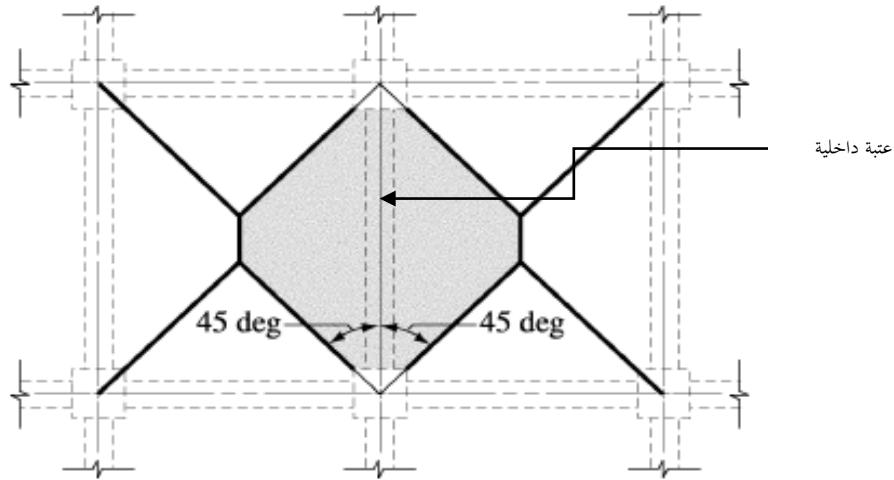
10-6/6/1 يعد ذلك الجزء من العزوم المعاملة الموجبة أو السالبة غير المخصص للشرائح الجانبية خاصاً بنصفي الشريحة الوسطية المناظرة التابعة للشريحة التصميمية.

10-6/6/2 يجب أن تصمم كل شريحة وسطية لتقاوم مجموع العزوم المخصصة للنصفيين المكونين للشريحة.

10-6/6/3 يجب أن تصمم الشريحة الوسطية الموازية والمجاورة لحافة مستندة إلى جدار لتقاوم ضعف العزم المخصص لنصف الشريحة الوسطية التابعة للخط الأول من المساند الداخلية.

10-6/7 قوى القص المعاملة في أنظمة البلاطات الحاوية على عتبات (Factored Shear Forces in Slab System with Beams) [10 ، 2]

10-6/7/1 يجب أن تصمم العتبات ذات نسبة $(\alpha_{fl}l_2/l_1)$ لا تقل عن (1.0) لتقاوم قوى القص المتسببة عن الأحمال المعاملة المسلطة على أجزاء المساحات المحاطة بخطوط تميل بزاوية (45 درجة) مرسومة من أركان البلاطة ومتقاطعة مع الخطوط المركزية (centerlines) لألواح البلاطات المجاورة لهذه العتبات، المرسومة موازية للحافات الطويلة وكما مبين في الشكل (10-6/2).



الشكل 2/6-10: المساحة المخصصة لقوى القص المسلطة على عتبة داخلية [2]

2/7/6-10 يسمح باستعمال الاستكمال الخطي عند تصميم العتبات لمقاومة قوى القص في حالة كون تلك العتبات ذات نسبة $(\alpha_{ff}l_2/l_1)$ أقل من (1.0) بافتراض ان العتبة لا تحمل أي أحمال عندما تكون قيمة $(\alpha_{ff}=0)$.

3/7/6-10 بالإضافة إلى قوى القص المحسوبة طبقاً للفقرتين (1/7/6-10) و(2/7/6-10) فإن العتبات يجب أن تصمم لتقاوم قوى القص المتسببة عن الأحمال المعاملة المسلطة بشكل مباشر عليها.

4/7/6-10 يسمح بحساب مقاومة البلاطات للقص بافتراض ان الأحمال تنتقل إلى العتبات الساندة طبقاً لإحدى الفقرتين (1/7/6-10) أو (2/7/6-10)، كما ينبغي أن تتحقق مقاومة القص الكلي المسلط على لوح البلاطة.

5/7/6-10 ينبغي أن تحقق مقاومة القص متطلبات الباب (8) من هذه المدونة.

8/6-10 العزوم المعاملة في الأعمدة والجدران (Factored Moments in Columns and Walls) [10 ، 2]

1/8/6-10 يجب أن تصمم الأعمدة والجدران المنفذة سوية (monolithic casting) مع أنظمة البلاطات (حيث ترتبط الأعمدة والجدران مع عناصر نظام البلاطة) لتقاوم العزوم المتولدة من الأحمال المعاملة المسلطة على البلاطة.

2/8/6-10 عند المساند الداخلية يجب أن تصمم العناصر الساندة (الأعمدة والجدران) الواقعة فوق منسوب البلاطة واسفلها لتقاوم العزم المضخم المحسوب من العلاقة (6/6-10) أو بشكل يتناسب خطياً مع جساءة (stiffness) العناصر الساندة.

$$M_u = 0.07[(q_{DU} + 0.5q_{LU})l_2l_n^2 - q_{DU}l_2'(l_n')^2] \dots\dots\dots(6/6-10)$$

حيث أن (l_n') و (l_2') و (q_{DU}) تخص الفضاء الأقصر من الفضاءين المتجاورين على جهتي العناصر الساندة.

المراجع

1. مركز بحوث البناء - مؤسسة البحث العلمي، " الكود العراقي للخرسانة المسلحة"، بغداد، 1987، 68 صفحة.
2. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
3. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Reinforcement Concrete", American Concrete Institute, 1963, 112pp.
4. Hatcher, D. S.; Sozen, M. A.; and Siess, C. P., "Test of a Reinforcement Concrete Flat Plate," Proceedings, ASCE, V. 91, No.ST5, Oct.1965, pp. 205-23.
5. Hatcher, D. S.; Sozen, M. A.; and Siess, C. P., "Test of a Reinforcement Concrete Flat Plate," Proceedings, ASCE, V. 95, No.ST6, June1969, pp. 1051-1072.
6. Mitchell, D.; and Cook, W. D; "Preventing Progressive Collapse of Slab Structures," Journal of Structural Engineering, ASCE, V. 110, No. 7, July 1984, pp. 1513-1532.
7. Carpenter, J. E.; Kaar, P. H.; and Corley, W. G., "Design of Ductile Flat-Plate Structures to Resist Earthquakes," Proceedings, Fifth World Conference on Earthquake Engineering Rome, June 1973, International Association for earthquake Engineering, V. 2, pp. 2016-2019.
8. Morrison, D. G., and Sozen, M. A., "Response of Reinforced Concrete Plate- Column Connections to Dynamic and Static Horizontal Loads," Structural Research Series No. 490, Civil Engineering Studies, University of Illinois, Apr. 1981, 249 pp.
9. Nichols J.R., " Statical Limitation upon the Steel Requirement in Reinforced Concrete Flat Slab Floors," Transaction, ASCE V.77,1914,pp.1670- 1736.
10. Gamble, WL., "Moments in Beam Supported Slabs ," ACI Journal , Proceedings V.69,No.3, Mar.1972,pp. 149-157.

الباب 11

الجدران

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-11 مقدمة (Introduction) [1, 2]

1/1-11 تطبق المتطلبات المنصوص عليها في هذا الباب على تصاميم الجدران المعرضة لأحمال محورية او تلك التي تكون معرضة إلى أحمال محورية بالاشتراك مع عزوم انحناء.

2/1-11 تصمم الجدران الساندة الناتئة (cantilever retaining walls) بالاعتماد على متطلبات تصاميم الانحناء المنصوص عليها في الباب السابع من هذه المدونة على أن يستعمل الحد الأقل لكمية حديد التسليح الأفقي بموجب متطلبات البند (11-3/3).

2-11 متطلبات عامة [1,2]

1/2-11 يجب أن تصمم الجدران لمقاومة الأحمال اللامركزية (eccentric loads) والأحمال الجانبية أو أي أحمال أخرى قد تتعرض لها هذه الجدران.

2/2-11 يجب أن تصمم الجدران المعرضة لأحمال محورية طبقاً للفصلين (11-2) و(11-3) وأي من الفصول (11-4) و(11-5) و(11-8).

3/2-11 تصمم الجدران لمقاومة قوى القص طبقاً للفصل (8-8).

4/2-11 يجب ان لا يتجاوز الطول الأفقي الفعال للجدران المعرضة لأحمال مركزة المسافة بين مراكز الأحمال المتجاورة او عرض منطقة التحميل مضافاً إليها أربعة أمثال سمك الجدار ما لم يتم التحقق من ذلك عن طريق التحليل الإنشائي.

5/2-11 يجب أن تثبت الجدران بالعناصر الإنشائية المتقاطعة معها كالبلاطات (slabs) والسقوف (roofs) والدعامات (buttresses) و الأسس (footings).

6/2-11 يجب ان تحقق عناصر الانضغاط المشيدة سويةً مع الجدران (monolithic casting) متطلبات الفقرة (7-1/8).

7/2-11 يسمح بتعديل كمية حديد التسليح ومحددات سمك الجدران المنصوص عليها في الفصلين (11-3) و (11-5) عندما يشير التحليل الإنشائي الى أن هذا التعديل يحقق بمتطلبات المقاومة والاستقرارية.

8/2-11 ينبغي أن يتم انتقال القوى إلى الأسس عند قاعدة الجدار طبقاً لمتطلبات الفصل (12-8).

3-11 الحدود الأقل لحديد التسليح (Minimum Reinforcement) [1,2,3]

1/3-11 يجب أن يحقق الحد الأقل لحديد التسليح العمودي والأفقي متطلبات البندين (11-2/3) و (11-3/3) او متطلبات كمية حديد التسليح لأغراض القص المنصوص عليها في الباب الثامن أيهما اكبر.

2/3-11 يجب ان تكون النسبة الأقل لمساحة حديد التسليح الشاقولي إلى المساحة الإجمالية للمقطع الخرساني (ρ) كالتالي :

أ- (0.0012) للقضبان المحززة التي لا يتجاوز قطرها (16مم) وذات إجهاد خضوع لا يقل عن (420 ميكاباسكال) او.

ب- (0.0012) لأسلاك التسليح الملحومة التي لايزيد مقاسها على (MW200) او (MD200).

ج- (0.0015) للقضبان المحززة و اسلاك التسليح الملحومة الأخرى غير المشمولة في (أ) و(ب).

3/3-11 يجب ان تكون النسبة الأقل لمساحة حديد التسليح الافقي إلى المساحة الإجمالية للمقطع الخرساني (ρ_t) كالتالي :

أ- (0.002) للقضبان المحززة التي لايزيد قطرها على (16مم) وذات إجهاد خضوع لا يقل عن (420 ميكاباسكال) او.

ب- (0.0020) لأسلاك الحديد الملحومة التي لايزيد مقاسها على (MW200) او (MD200)

ج- (0.0025) للقضبان المحززة واسلاك التسليح الأخرى غير المشمولة في (أ) و(ب).

4/3-11 في الجدران التي يزيد سمكها على (250مم) باستثناء جدران الطوابق تحت الارضية (الأقبية) (basement walls) ينبغي ان يكون حديد التسليح فيها موزعا في كلا الاتجاهين وبطبقتين موازيتين لوجهي الجدار كالتالي :

أ- طبقة واحدة لا تقل عن ($\frac{1}{2}$) ولا تزيد على ($\frac{2}{3}$) كمية حديد التسليح الكلية المطلوبة لكل اتجاه وتثبت بمسافة لا تقل عن (50مم) ولا تزيد على ($\frac{1}{3}$) سمك الجدار من وجه الجدار الخارجي.

ب- اما الطبقة الاخرى فتشتمل على كمية حديد التسليح المتبقية من حديد التسليح الكلي ويجب ان تثبت بمسافة لا تقل عن (20مم) ولا تزيد على ($\frac{1}{3}$) سمك الجدار مقاسة من وجه الجدار الداخلي.

5/3-11 يجب ان لا تزيد مسافة التباعد بين قضبان التسليح الافقية والعمودية على القيمة الأكبر من ضعف سمك الجدار و (400 مم).

6/3-11 لا توجد ضرورة لتطويق قضبان حديد التسليح الشاقولية في الجدار برباطات مستعرضة عندما تكون مساحة حديد التسليح العمودي لا تزيد على (1%) من المساحة الإجمالية

للمقطع الخرساني او عندما لا توجد ضرورة لاستعمال حديد التسليح الشاقولي كتسليح انضغاط (compression reinforcement).

7/3-11 إضافة الى المتطلبات الأقل لحديد التسليح المطلوبة بموجب البند (11-1/3) يجب وضع ما لا يقل عن قضيب حديد تسليح ذوي قطر (16مم) في الجدران التي تسليح بطبقتين من الحديد بالاتجاهين ووضع قضيب حديد تسليح واحد ذي قطر (16مم) في الجدران التي تسليح بطبقة واحدة من الحديد بالاتجاهين حول فتحات الشبابيك وفتحات الأبواب والفتحات الأخرى ذات المقاسات المماثلة لها. كما ينبغي تثبيت هذه القضبان في أركان الفتحات لضمان بلوغ اجهاد الخضوع المطلوب عند تعرض الجدار لقوى الشد.

4-11 الجدران المصممة كعناصر انضغاط (Walls Designed as Compression Members) [1,3,4]

استثناءً من متطلبات الفصل (11-5)، يجب تصميم الجدران المعرضة للأحمال المحورية او الاحمال المحورية واحمال الانحناء معاً كعناصر انضغاط بموجب الفصول (7-2) و (7-3) و (7-10) و (7-11) و (7-14) و (11-1) و (11-3)

5-11 طرائق التصميم التجريبية (Empirical Design Methods) [1,3]

1/5-11 يسمح بتصميم الجدران ذات المقاطع المستطيلة الصلدة (solid) بواسطة طرائق التصميم التجريبية المبينة في متطلبات هذه الفقرة إذا كانت محصلة الأحمال المعاملة تقع ضمن الثلث الوسطي من سمك الجدار الكلي و عندما تحقق هذه الجدران المحددات المنصوص عليها في الفصول (11-2) و (11-3) و (11-5).

2/5-11 تحسب المقاومة التصميمية المحورية (ϕP_n) للجدران التي تحقق المحددات المنصوص عليها في (11-1/5) طبقاً للعلاقة (11-1/5) مالم تصمم بموجب الفصل (11-4).

$$\phi P_n = 0.55 \phi f_c' A_g \left[1 - \left(\frac{k \ell_c}{32h} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(1/5-11)$$

حيث ان ϕ هي معامل يخص المقاطع التي تسيطر عليها حالة الانضغاط (compression controlled) بموجب العبارة (6-2/2/3-6)، ومعامل الطول الفعال (k) هو كالتالي :
للجدران المقيدة ضد الإزاحة الجانبية (braced walls) في الأعلى والأسفل.

أ- مقيدة الدوران (restrained against rotation) عند احدى او كلتا النهايتين العليا والسفلى=0.8

ب- غير مقيدة الدوران في كلتا النهايتين =1.0

للجدران غير المقيدة ضد الإزاحة الجانبية (unbraced walls)=2.0

3/5-11 السمك الأقل للجدران المصممة بالطريقة التجريبية (Minimum Thickness of Walls)
(Designed by Empirical Design Method)

1/3/5-11 يجب ان لا يقل سمك الجدران الحاملة عن المقدار الأقل من $(\frac{1}{20})$ من الارتفاع والطول المسند

ولا يقل عن (150مم) بأي حال من الاحوال.

2/3/5-11 يجب أن لا يقل سمك الجدران الخارجية للطوابق تحت الارضية (الأقبية) وجدران الأسس عن (200مم).

6-11 الجدران غير الحاملة (Non-bearing Walls) [1]

يجب أن لا يقل سمك الجدران غير الحاملة عن القيمة الأقل من (120مم) و $(\frac{1}{25})$ من المسافة الأقل

بين العناصر العاملة كمساند جانبية.

7-11 الجدران التي تعامل كعتبات أرضية (Walls as Grade Beams) [1,4,5]

1/7-11 تصمم الجدران التي تعامل كعتبات أرضية تحتوي على تسليح علوي وسفلي لتحقيق متطلبات

العزوم بموجب المحددات المنصوص عليها في الفصول (2-7) الى (7-8) من هذه المدونة . اما

بالنسبة لمتطلبات تصميم الجدران كعتبات ارضية لمقاومة قوى القص فتعتمد المحددات المذكورة في

الباب الثامن من هذه المدونة.

2/7-11 ينبغي أن تحقق الأجزاء الظاهرة فوق مستوى سطح الأرض من العتبات الأرضية المتطلبات

المنصوص عليها في الفصل (3-11).

8-11 تصميم الجدران النحيفة بالطريقة البديلة (Alternative Design of Slender Walls) [1,3,6]

1/8-11 عندما يكون شد الانحناء هو المسيطر في تصميم الجدران تحت تأثير القوى المسلطة الواقعة

خارج مستوى الجدار (out of plane) فيجب ان تعد المتطلبات المنصوص عليها في الفصل

(8-11) محققة لمتطلبات الفصل (7-10).

2/8-11 عندما تصمم الجدران طبقا للفصل (8-11) فيجب أن تتحقق متطلبات البنود من

(1/8-11) إلى (6/8-11).

1/2/8-11 ينبغي تصميم لوح الجدار (panel wall) كعنصر إنشائي بسيط الإسناد (supported simply)

معرض لأحمال محورية (y loaded axial) وأحمال جانبية منتظمة التوزيع واقعة خارج مستوى

الجدار (out of plane lateral load) ، بحيث تتولد أعظم العزوم والانحرافات في منتصف الفضاء .

2/2/8-11 يجب أن يكون مقطع اللوح ثابتا (constant) على طول ارتفاع الجدار . ولا يعد مقطع الجدار

منتظما عند وجود فتحات الشبابيك أو الفتحات الكبيرة الأخرى حيث يجب الأخذ في الحسبان تأثير

فتحات الشبابيك في الجدران عند التصميم.

3/2/8-11 تصمم الجدران بموجب متطلبات الشد المسيطر (tension controlled).

4/2/8-11 يجب أن تحقق كمية حديد التسليح متطلبات المقاومة التصميمية طبقاً للعلاقة (1/8-11).

$$\phi M_n \geq M_{cr} \dots\dots\dots(1/8-11)$$

حيث يحسب M_{cr} باستعمال معامل الكسر (التصدع) (modulus of rupture) من العلاقة (3/5-6).

5/2/8-11 عند تعرض الجدار إلى أحمال شاقولية مركزة (concentrated gravity loads)، تعد هذه الأحمال موزعة بانتظام على شريحة من الجدار يكون عرضها مساوياً لضعف عرض التحميل أو مساوياً لمسافة التباعد بين الأحمال الشاقولية المركزة أيهما أقل على أن لا يتجاوز عرض التحميل حافات لوح الجدار.

6/2/8-11 يجب أن لا يتجاوز الإجهاد الشاقولي (P_u/A_g) المتولد في المقطع عند منتصف ارتفاع الجدار ($0.06 f'_c$)

3/8-11 يجب أن يكون مقدار العزوم التصميمية (ϕM_n) تحت التأثير المشترك أحمال الانحناء و الأحمال المحورية عند منتصف ارتفاع الجدار كما يلي:

$$\phi M_n \geq M_u \dots\dots\dots(2/8-11)$$

حيث أن

$$M_u = M_{ua} + P_u \Delta_u \dots\dots\dots(3/8-11)$$

حيث ان M_{ua} هو أقصى عزم معامل في منتصف ارتفاع الجدار الناتج من الأحمال الجانبية والأحمال الشاقولية اللامركزية ولا تدخل في حسابه تأثيرات الحمل -الأزاحة (P-Δ).

حيث أن:

$$\Delta_u = \frac{5 M_u \ell_c^2}{(0.75) 48 E_c I_{cr}} \dots\dots\dots(4/8-11)$$

و تحسب قيمة M_u من العلاقة (5/8-11)

$$M_u = \frac{M_{ua}}{1 - \frac{5 P_u \ell_c^2}{(0.75) 48 E_c I_{cr}}} \dots\dots\dots(5/8-11)$$

وتحسب قيمة I_{cr} من العلاقة (6/8-11)

$$I_{cr} = \frac{E_s}{E_c} \left(A_s + \frac{P_u}{f_y} \frac{h}{2d} \right) (d - c)^2 + \frac{l_w c^3}{3} \quad \dots\dots\dots(6/8-11)$$

شريطة أن لا تقل قيمة (E_s/E_c) عن (6.0).

9/2/6-11 يجب أن لا يتجاوز أقصى انحراف خارج مستوى الجدار (out of plane deflection) متمثلاً بـ

(Δ_s) تحت تأثير الأحمال الخدمية متضمناً تأثيرات الحمل - الأزرحة (P- Δ) ، عن $(l_c/150)$.

يتم حساب قيمة (Δ_s) من العلاقة (7/8-11) في حالة تجاوز العزم الأقصى المتولد في منتصف

ارتفاع الجدار الناتج من الأحمال الخدمية الجانبية و الأحمال الشاقولية اللامركزية (M_a) متضمناً

تأثيرات الحمل - الأزرحة (P- Δ) المقدار $(2/3)M_{cr}$

$$\Delta_s = (2/3)\Delta_{cr} + \frac{(M_a - (2/3)M_{cr})}{(M_n - (2/3)M_{cr})} (\Delta_n - (2/3)\Delta_{cr}) \quad \dots\dots\dots(7/8-11)$$

أما إذا كانت قيمة M_a لا تتجاوز $(2/3)M_{cr}$ ، فتحسب (Δ_s) من العلاقة (8/8-11)

$$\Delta_s = \left(\frac{M_a}{M_{cr}} \right) \Delta_{cr} \quad \dots\dots\dots(8/8-11)$$

حيث ان :

$$\Delta_{cr} = \frac{5M_{cr} \ell_c^2}{48E_c I_g} \quad \dots\dots\dots(9/8-11)$$

$$\Delta_n = \frac{5M_n \ell_c^2}{48E_c I_{cr}} \quad \dots\dots\dots(10/8-11)$$

وتحسب قيمة (I_{cr}) من العلاقة (6/8-11).

1. ACI Committee 318, “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. Council of Standards Australia, “*Australian Standard: Concrete Structures, AS360*”, Standards Australia International Ltd, Sydney, Australia, 2001, 181pp.
3. Oberlander, G. D., and Everard, N. J., “*Investigation of Reinforced Concrete Walls*,” ACI Journal, Proceedings V.74, No. 6, June 1977, pp. 256-263.
4. Kripanarayanan, K. M., “*Interesting Aspects of the Empirical Wall Design Equation*,” ACI Journal, Proceedings V. 74, No. 5, May 1977, pp. 204-207.
5. Uniform Building Code, “*Structural Engineering Design Provisions*,” V. 2, International Conference of Building Officials Whittier, CA, 1997, 492 pp.
6. Athey, J. W., ed., “*Test Report on Slender Walls*,” Southern California Chapter of the American Concrete Institute and Structural Engineers, Association of Southern California, Los Angeles, CA, 1982, 129 pp.

الباب 12

الأسس

Footings

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-12 المقدمة (Introduction) [2 ، 1]

1/1-12 تطبق المتطلبات المنصوص عليها في هذا الباب على تصاميم الأسس المفردة (isolated) والمشاركة (combined) والاسس الحصييرية (rafts).

2/1-12 تتضمن الفقرة (10-11) المتطلبات الاضافية لتصميم الأسس المشاركة والاسس الحصييرية.

2-12 الأحمال وردود الأفعال (Loads and Reactions) [3 ، 2 ، 1]

1/2-12 تصمم الأسس لمقاومة الأحمال المعاملة وردود الأفعال الناتجة منها بما يتلاءم والمتطلبات التصميمية المنصوص عليها في هذه المدونة والمتطلبات المذكورة في هذا الباب.

2/2-12 تحدد مساحة قاعدة الاساس او عدد وترتيب الركائز بالاعتماد على كل من القوى وعزوم الانحناء غير المعاملة المنقلة من الأسس الى التربة او الركائز، وبالاعتماد على الاجهادات المسموحة في التربة او تحمل الركائز المسموح المحسوب استناداً الى اساسيات ميكانيك التربة.

3/2-12 للأسس المسندة الى ركائز، تكون حسابات العزوم وقوى القص معتمدة على افتراض ان رد فعل أي ركيزة يكون في مركزها.

3-12 الأسس الساندة لاعمدة وقواعد ذات مقاطع دائرية او مضلعات منتظمة [3 ، 1]

(Footings Supporting Circular or Regular Polygon-Shaped Columns or Pedestal)

يسمح بمعاملة الاعمدة او القواعد الخرسانية ذات المقاطع الدائرية او المقاطع المضلعة المنتظمة كعناصر مربعة ذات مقطع مكافئ بالمساحة لغرض تحديد مواقع المقاطع الحرجة للعزوم والقص واطوال التثبيت في الاسس.

4-12 العزوم في الأسس (Moments in Footings) [1,3,4]

1/4-12 تحسب عزوم الانحناء المسلطة على أي مقطع من الأساس بالاعتماد على تمرير مستو عمودي خلال الأساس ويكون حساب العزم الناتج من القوى المسلطة على المساحة الكلية للأساس وعلى جانب واحد من هذا المستوي.

2/4-12 يحسب العزم المعامل الأعظم (M_u) للأسس المفردة بموجب البند (12-1/4) عند مواقع المقاطع الحرجة التالية:

أ- عند أوجه الأعمدة او قواعد الاعمدة او الجدران الخرسانية المسلحة المستندة الى الاسس.

ب- عند منتصف المسافة بين مركز وحافة الجدار بالنسبة للاس التي تسند جدران البناء.

ج- عند منتصف المسافة بين وجه العمود وحافة صفيحة القاعدة (steel base plate) بالنسبة للأسس الساندة لأعمدة ذوات قاعدة فولاذية.

3/4-12 يوزع حديد التسليح بشكل منتظم على العرض الاجمالي للأساس بالنسبة للاس العاملة باتجاه واحد والاسس المربعة العاملة باتجاهين.

4/4-12 يوزع حديد التسليح للاس المستطيلة العاملة باتجاهين طبقاً للفقرتين (12-1/4/4) و (12-2/4/4).

1/4/4-12 يوزع حديد التسليح الطولي بمسافات متساوية على العرض الاجمالي لمقطع الأساس .

2/4/4-12 يجب توزيع جزء من حديد التسليح الكلي بالاتجاه القصير مقداره ($\gamma_s A_s$) بصورة منتظمة على عرض الشريحة (band width) التي مركزها هو مركز العمود او القاعدة وعرضها بقدر طول الضلع القصير للاساس ويوزع المتبقي من حديد التسليح ($(1-\gamma_s)A_s$) بشكل منتظم على جهتي هذه الشريحة.

حيث ان: $\gamma_s = \frac{2}{\beta + 1}$ (12-1/4)

وان (β) تمثل نسبة طول الاساس الى عرضه .

5-12 القص في الأسس (Shear in Footings)(1,4,5)

1/5-12 ينبغي ان تحقق الأسس التي تستند الى تربة او صخور متطلبات مقاومة القص المنصوص عليها في الفقرة (8-6/3).

2/5-12 يتحدد موقع المقطع الحرج لحساب قوى القص بموجب متطلبات الفصل الثامن ويتم قياسه من وجه العمود او الدعامه او الجدار للاس التي تسند هذه العناصر. اما بالنسبة للاس الساندة للاعمدة او الدعامات ذات صفيحة القاعدة الفولاذية فيتحدد المقطع الحرج طبقاً للفقرة (12-2/4-ج).

3/5-12 عندما تكون المسافة بين محور أي ركيزة ومحور العمود اكبر من ضعف المسافة بين سطح قبة الركيزة العلوي وقمة الركيزة عندها يجب ان تحقق قبة الركيزة متطلبات البند (8-6/3) والبند (12-4/5). اما بالنسبة لقبعات الركائز الاخرى فيجب ان تحقق متطلبات الملحق (أ) او متطلبات

البندين (6/3-8) و (4/1-12). وعند الاستعانة بالملحق (أ) فيجب حساب مقاومة الانضغاط الفعالة لخرسانة دعائم الانضغاط f_{ce} بموجب الفقرة (أ-2/2/3-ب).

4/5-12 تحسب قوى القص لأي مقطع في الأساس المستند الى ركائز بموجب الفقرات (1/4/5-12) الى (3/4/5-12).

1/4/5-12 إن رد الفعل الكلي لاي ركيزة يبعد مركزها بمسافة $(d_{pile}/2)$ او اكثر مقاسة خارج المقطع المختار في الأساس سيولد اجهادات قص على ذلك المقطع.

2/4/5-12 إن رد الفعل الكلي لاي ركيزة يبعد مركزها بمسافة $(d_{pile}/2)$ او اكثر مقاسة داخل (نحو) المقطع المختار في الأساس لن يولد اجهادات قص على ذلك المقطع.

3/4/5-12 عندما يكون موقع مركز الركيزة يقع بين المحددات المذكورة في الفقرتين (1/4/5-12) و (2/4/5-12) عندئذ يحسب مقدار قوى القص بواسطة الاستكمال الخطي بين القيمة العظمى له عند المقطع الذي يبعد مسافة مقدارها $(d_{pile}/2)$ خارج المقطع وبين القيمة الصغرى له (صفر) عند المقطع الذي يبعد مسافة مقدارها مقدارها $(d_{pile}/2)$ داخل المقطع.

6-12 اطوال تثبيت حديد التسليح في الأسس (Development of Reinforcement in Footings) [3 ، 1]

1/6-12 تكون اطوال التثبيت لحديد التسليح في الأسس بموجب المتطلبات المنصوص عليها في الباب التاسع.

2/6-12 يجب نقل قوى الشد والانضغاط المحسوبة في حديد التسليح لأي مقطع في الأساس وعلى جانبي المقطع باطوال تثبيت او عققات شد (hooks) في حالة الشد او اجهزة تثبيت ميكانيكية او بواسطة اكثر من وسيلة لتثبيت حديد التسليح.

3/6-12 يجب أن تعد مواقع المقاطع الحرجة لتثبيت حديد التسليح كما ذكر في البند (2/4-12) لأقصى عزم معامل M_u وفي كافة المستويات الشاقولية الاخرى التي يحدث فيها تغير في المقطع او في كمية حديد التسليح.

7-12 العمق الفعال الأقل للأساس (Minimum Effective Footing Depth) [1]

يجب ان لا يقل العمق الفعال للأساس مقاساً من طبقة حديد التسليح السفلى عن (200مم) للأسس التي تستند الى التربة ولا يقل عن (350مم) للأسس التي تستند الى ركائز.

12-8 انتقال القوة عند قواعد الاعمدة والجدران والدعامات المسلحة [1]

(Transfer of Force at Base of Columns, Walls, or Reinforced Pedestals)

12-8/1 يجب ان تنتقل القوى والعزوم عند قاعدة العمود او الجدار او الدعامات الى الاسس الساندة بواسطة الاسناد المباشر على الخرسانة (bearing on concrete) وحديد التسليح والاوئاد (dowels) والتوصيلات الميكانيكية (mechanical connectors).

12-8/1/1 يجب ان لايتجاوز اجهاد الاسناد المسلط على الخرسانة عند سطح التماس بين العناصر الساندة والمسنودة مقاومة اسناد الخرسانة لكلا سطحي التماس طبقاً لمتطلبات البند (7-14).

12-8/2/1 يجب ان يكون حديد التسليح او الاوئاد او التوصيلات الميكانيكية بين العناصر المسنودة والساندة كافياً لنقل :

أ- قوة الانضغاط الاجمالية التي تزيد على قوة اسناد الخرسانة للعنصر الساند او المسنود.

ب- أي قوة شد محسوبة عبر السطوح البينية (across interface).

كما يجب ان يحقق حديد التسليح او الاوئاد او الوصلات الميكانيكية المتطلبات المذكورة في الفصل (12-8).

12-8/3/1 اذا تطلب الامر نقل العزوم المحسوبة الى الدعامات او الاساس الساند فينبغي ان يحقق حديد التسليح او الاوئاد او التوصيلات الميكانيكية المتطلبات المنصوص عليها في البند (9-12/6).

12-8/4/1 يجب ان يكون نقل القوة الجانبية الى الدعامات او الاساس الساند طبقاً لمتطلبات القص الاحتكاكي (shear - friction provisions) المنصوص عليها في الفصل (8-5) او بأي اساليب اخرى مناسبة.

12-8/2/2 لاعمال صب الخرسانة موقعياً يجب ان يحقق حديد التسليح متطلبات البند (12-8/1) وذلك عن طريق مد حديد التسليح الطولي خلال الدعامات الساندة او الاساس او باستعمال الاوئاد.

12-8/1/2 يجب ان لا تقل مساحة حديد التسليح عند السطح البيني عن $(0.005A_g)$ للأعمدة والدعامات المصبوبة موقعياً، حيث ان (A_g) تمثل المساحة الاجمالية للمقطع المستند الى الاساس.

12-8/2/2/2 ينبغي ان لا تقل مساحة حديد تسليح الجدران عند السطح البيني الواقع بين الجدار والاساس عن الحد الأقل لحديد التسليح الشاقولي المبين في البند (11-3/2) .

12-8/3/2 يسمح باستعمال وصلات التراكب (lap splices) لحديد تسليح الطولي للاساس ذي القطر (43مم) والقطر (57مم) فقط عندما يكون تحت تأثير الانضغاط مع استعمال اوئاد تحقق متطلبات حديد التسليح المطلوبة في الفصل (12-8). وهذه الاوئاد يجب ان لا يزيد قطرها على (36مم) ويجب أن تمتد الى داخل العناصر المسنودة مسافة لا تقل عن القيمة الاكبر من طول وصلة تراكب حديد التسليح الالضغط وطول التثبيت بالضغط (l_{dc}) للقضبان ذات قطر (43مم) او

(57م) المستعملة، كما يجب أن تمتد هذه داخل الاساس مسافة لا تقل عن طول التثبيت بالضغط (l_{dc}) للوتد.

9-12 الاسس المائلة او المدرجة (Sloped or Stepped Footings) [4 ، 1]

يجب ان تكون زاوية الميل في الاسس المائلة او عمق وموقع التدرجات في الاسس المدرجة ملائمة لتحقيق متطلبات التصميم عند أي مقطع من مقاطع الاساس المائل [لاحظ ايضاً البند (9-6/8)].

10-12 الأسس المشتركة والأسس الحصيرية (Combined Footings and Mats) [4 ، 1]

1/10-12 تصمم الأسس الساندة لاكثر من عمود او دعامة او جدار لمقاومة الاحمال المعاملة وردود الافعال المتولدة طبقاً لمتطلبات التصميم المناسبة المذكورة في هذه المدونة.

2/10-12 لايسمح باستعمال طريقة التصميم المباشر المبينة في الفصل العاشر من هذه المدونة لتصميم الاسس المشتركة والأسس الحصيرية .

3/10-12 يجب ان يتلاءم توزيع اجهادات الانضغاط المسلطة على التربة الواقعة تحت الاسس المشتركة والاسس الحصيرية مع خواص التربة وخواص المنشأ وان يعتمد التوزيع على المبادئ الاساسية لميكانيك التربة.

4/10-12 يجب ان يحقق حديد تسليح الاسس الحصيرية في أي اتجاه من الاتجاهات الرئيسية الحدود الأقل المبينة في الفقرة (4-2/11/5) ويجب ان لا تزيد مسافات التباعد بين قضبان التسليح على (350م).

المراجع

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. International Code Council, "International Building Code", International Code Council, INC., 2009, 731pp.
3. ACI Committee 336 "Suggested Analysis and Design Procedures for Combined Footings and Mats", (ACI 336.2R-88) (Reapproved 2002), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1988, 21 pp.
4. Kramrisch. F., and Rogers, P., "Simplified design of Combined Footings," Proceedings, ASCE, V. 87, No. SM5, Oct. 1961, p.19.
5. Adebar, P.; Kuchma, and Collins, M. P., "Strut-and Tie Models for the Design of Pile Caps: An Experimental Study," ACI Structural Journal, V. 87, No. 1, Jan.-Feb. 1990, pp. 81-92.

الباب 13

العناصر الخرسانية المركبة تحت تأثير الانحناء

Composite Concrete Flexural Members

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-13 المقدمة (Introduction) [2 ، 1]

1/1-13 تطبق متطلبات هذا الباب لتصميم العناصر الخرسانية المركبة تحت تأثير الانحناء والتي تكون إما عناصر خرسانية مسبقة الصب أو عناصر خرسانية مصبوبة موقعياً أو كليهما، وتنفذ أجزاء هذه العناصر بصورة مستقلة لكنها ستتربط فيما بينها فيما بعد بشكل يضمن عملها كوحدة واحدة تحت تأثير الاحمال.

2/1-13 تطبق جميع متطلبات هذه المدونة على العناصر الخرسانية المركبة باستثناء التعديلات المنصوص عليها في هذا الباب.

2-13 متطلبات عامة (General Requirements) [3 ، 2 ، 1]

1/2-13 يجب التحقق من اداء كافة أجزاء العنصر المركب تحت تأثير جميع حالات التحميل الحرجة.

2/2-13 يسمح ان يستعمل العنصر المركب كله او جزء منه لمقاومة قوى القص والعزوم المسلطة عليه.

3/2-13 عند وجود اختلاف في خواص العنصر المركب (كالمقاومة المحددة، وزن وحدة الحجم أو اي خواص اخرى) فتعتمد خواص ذلك الجزء من العنصر او القيم الأكثر حرجاً منها عند اعداد التصاميم.

4/2-13 عند حساب المقاومة للعناصر المركبة، لا يجوز التمييز بين العناصر المدعمة عند الإنشاء و العناصر غير المدعمة عند الإنشاء، مع الأخذ في الحسبان متطلبات البند (5/2-13).

5/2-13 ينبغي تصميم كافة أجزاء العناصر المركبة لاسناد جميع الاحمال المسلطة قبل أن يكتسب العنصر المركب مقاومته التصميمية بشكل كامل).

6/2-13 يجب ان تحقق العناصر المركبة متطلبات السيطرة على الانحرافات المنصوص عليها في البند (4/5-6).

7/2-13 ينبغي وضع حديد التسليح المطلوب لتقليل التشققات ولمنع حدوث انفصال الاجزاء المكونة للعنصر المركب.

13-3 التدعيم (Shoring) [3 ، 2 ، 1]

يجب عدم رفع التدعيم ما لم تكن العناصر المدعمة خواصها التصميمية اللازمة لتحمل كافة الاحمال المسلطة وللسيطرة على الانحراف والتشققات وقت رفع التدعيم.

13-4 مقاومة القص الشاقولي (Vertical Shear Strength) [2 ، 1]

13-4/1 تصمم العناصر المركبة لمقاومة القص الشاقولي طبقاً للمتطلبات المنصوص عليها في الباب الثامن كما هو الحال للعناصر المصبوبة سويماً ولشكل المقطع العرضي نفسه.

13-4/2 يجب ان يثبت حديد تسليح القص كلياً داخل اجزاء العنصر المركب المترابطة طبقاً لمتطلبات الفصل (9-11).

13-4/3 يسمح أن يدخل حديد تسليح القص الممدود والمثبت (anchored shear) وأن يعد كرباطات في حسابات حديد التسليح اللازم ليقاوم القص الافقي.

13-5 مقاومة القص الافقي (Horizontal Shear Strength) [3 ، 2 ، 1]

13-5/1 في العنصر المركب، يجب التحقق من الانتقال الكلي لقوى القص الافقية بين سطوح التماس لاجزاء العناصر المترابطة (interconnected elements).

13-5/2 يجب ان تحسب المسافة d كمسافة من ليف الانضغاط الابعد للمقطع المركب كله الى مركز تسليح الشد الطولي.

13-5/3 يجب ان تصمم المقاطع الخرسانية المركبة المعرضة الى قوى القص الأفقي باستعمال العلاقة التالية ما لم تحسب مقاومتها الاسمية للقص بموجب البند (13-4/5).

$$V_u \leq \phi V_{nh} \quad \dots \quad (13-5/1)$$

حيث ان:

V_{nh} : مقاومة القص الاسمية بموجب متطلبات الفقرات من (13-5/1) الى (13-5/4).

13-5/3/1 يجب ان لا تزيد قيمة المقاومة الاسمية للقص الافقي (V_{nh}) على ($0.55 b_v d$) عندما تكون سطوح التماس للخرسانة نظيفة وخالية من غطاء الخرسانة ومخشنة بشكل مقصود.

13-5/3/2 عندما تستعمل المساحة الأقل من الرباطات المقاومة للقص الأفقي المحسوبة بموجب الفصل (13-6) وعندما تكون سطوح التماس نظيفة وخالية من غطاء الخرسانة لكنها غير مخشنة بشكل مقصود، عندئذ لايجوز أن تكون قيمة مقاومة القص الأفقي للخرسانة (V_{nh}) اكبر من ($0.55 b_v d$).

13-3/3/5 يجب ان تكون مقاومة القص الافقي مساوية لـ $(\lambda b_v d) \rho_v f_y (1.8 + 0.6)$ على ان لا تزيد عن $(3.5 b_v d)$ وذلك عند استعمال الرباطات طبقاً للفصل (13-6) وتكون سطوح التماس نظيفة وخالية من غشاء الخرسانة ومخشنة بشكل مقصود لعمق (6 مم) تقريباً. وتحسب قيمة المعامل (λ) طبقاً للفقرة (8-3/4/5) و $(\rho_v = A_v / b_v s)$

13-4/3/5 في حالة تجاوز قيمة القص المعامل عند المقطع المراد تصميمه $(3.5 b_v d \phi)$ يصمم حديد تسليح القص الافقي بموجب متطلبات الفقرة (8-4/5).

13-4/5 كبديل للبند (13-3/5)، يمكن حساب قيمة القص الافقية اعتماداً على حساب التغير الفعلي في قوة الانضغاط او الشد في اي جزء من اجزاء العنصر المركب، على ان تتخذ التدابير اللازمة لنقل هذه القوى الى العناصر الساندة كقوى قص افقي (horizontal shear).
يجب ان لا تزيد قوة القص الافقية المعاملة V_u على مقاومة القص الافقية $(V_{nh} \phi)$ التي أشير الى كيفية حسابها في الفقرات (13-1/3/5) الى (13-4/3/5) على ان تستعمل مساحة سطح التماس بدلاً من $(b_v d)$.

يجب ان تعكس النسبة بين مساحة الرابط الى مسافة التباعد بين الرباطات على طول العنصر بصورة تقريبية متطلبات توزيع قوى القص في العناصر المصممة لمقاومة قوى القص الافقية بموجب البند (13-4/5).

13-1/4/5 وعند استعمال رباطات لنقل قوى القص الافقي محسوبة بموجب متطلبات هذا الفصل، في حالة وجود شد عند سطح التماس بين اجزاء العناصر المترابطة مع بعضها يسمح بنقل قوى القص بالتماس عند توافر الحد الأقل من الرباطات المذكورة مقداره في الفصل (13-6).

13-6 رباطات القص الافقي (Ties for Horizontal Shear) [5 ، 4 ، 3 ، 1]

13-1/6 عند استعمال الرباطات (ties) لنقل القص الافقي، يجب ان لا تقل مساحة الرباط عن تلك المساحة المطلوبة في الفقرة (8-2/5/3) وان لا تزيد مسافة التباعد على اربعة أضعاف البعد الأقل للعنصر المسنود على ان لا تتجاوز (600 مم).

13-2/6 تشمل رباطات القص الافقي على القضبان او الأسلاك المفردة والاطواق متعددة الاذرع او الاذرع الشاقولية لتسليح الاسلاك الملحومة.

13-3/6 يجب ان تثبت الرباطات كلياً عبر اجزاء العناصر المترابطة طبقاً للفصل (9-1).

1. ACI Committee 318, “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. Specification for Structural Steel Buildings-Allowable Stress Design and Plastic Design, with Commentary”, June 1989, and “*Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings*,”Sept. 1986, American Institute of Steel Construction, Chicago,IL.
3. Kaar, P. H.; Kriz, L. B.; and Hongnestad, E., “*Precast-prestressed Concrete Bridges: (1) Pilot tests of Continuous Girders*,” Journal, PCA Research and Development Laboratories, V. 2, May 1960, pp.21-37.
4. Saemann, J. C., and Washa, G. W., “*Horizontal Shear Connections between Precast Beams and Cast-in Place Slabs*,” ACI Journal, Proceedings V. 61, No. 11, Nov. 1964, pp. 1383-1409. Also see laboratories, V.2, No. 2, May 1960, pp.38-58.
5. Hanson, N.W., “*Precast-Prestressed Concrete Bridges: Horizontal Shear Connections*,” Journal, PCA Research and Development Laboratories, V. 2, No. 2, May 1960, pp. 38-58.

الباب 14

القشريات والصفائح المطوية Shells and Folded Plate Members

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-14 مقدمة عامة (General) [5 ، 4 ، 2 ، 1]

تطبق اشتراطات هذا الفصل على العناصر القشرية الخرسانية الرقيقة والصفائح الخرسانية المطوية بضمنها الأضلاع (ribs) والعناصر الخرسانية في حافات العناصر القشرية أو الصفائح المطوية. كما ينبغي تطبيق جميع اشتراطات هذه المدونة في حالة عدم تعارضها مع اشتراطات هذا الباب على المنشآت القشرية النحيفة.

1-14/1 العناصر القشرية الرقيقة (Thin Shells Members)

تعرف بأنها منشآت ثلاثية الأبعاد مكونة من بلاطة مقوسة مفردة أو غير مفردة أو من صفائح مطوية ذات سمك قليل مقارنة مع أبعادها الأخرى. وتتميز القشريات الرقيقة بتصرفها الثلاثي الأبعاد لنقل الأحمال الذي يتحدد اعتماداً على شكلها الهندسي وطريقة إسنادها وطبيعة الأحمال المسلطة.

1-14/2 الصفائح المطوية (Folded Plates)

هي نوع من المنشآت القشرية تتكون من ارتباط بلاطات قليلة السمك على طول حافاتها لتشكل منشأ فضائياً ثلاثي الأبعاد.

1-14/3 القشريات المضلعة (Ribbed Shells)

وهي منشآت فضائية تتحدد بخطوط بين الأضلاع (ribs) الخرسانية ويمكن أن تملأ الفضاءات بين الأضلاع الخرسانية ببلاطات رقيقة أو تترك فارغة.

1-14/4 العناصر المساعدة (Auxiliary Members)

وهي عبارة عن أضلاع أو عتبات طرفية تحقق زيادة في المقاومة و الجساءة (stiffness) أو تسهم في إسناد القشريات، وتعمل هذه العناصر بشكل مترابط مع العناصر القشرية.

1-14/5 التحليل المرن (Elastic Analysis)

هو تحليل التشوهات (deformations) والقوى الداخلية اعتماداً على حالة التوازن وتوافق الانفعالات والسلوك المرن. ويعد التحليل المرن حلاً مناسباً بشكل تقريبي للسلوك الثلاثي الأبعاد للعنصر القشري بالاشتراك مع عناصره المساعدة (auxiliary members).

14-6/1 التحليل غير المرن`

هو تحليل التشوهات (deformations) والقوى الداخلية اعتماداً على حالة التوازن والعلاقات اللاخطية بين الإجهاد والانفعال للخرسانة وحديد التسليح مع الأخذ في الحسبان التشقق (cracking) والتأثيرات المتعلقة بالزمن. ويجب أن يمثل هذا التحليل حلاً تقريبياً مناسباً للسلوك الثلاثي الأبعاد للعنصر القشري بالاشتراك مع العناصر المساعدة.

14-7/1 التحليل التجريبي (Experimental Analysis)

هوطريقة التحليل المعتمدة على قياس التشوهات أو الانفعالات أو كليهما للمنشأ أو للنموذج (model) المنشأ. ويعتمد التحليل التجريبي اما على السلوك المرن او السلوك غير المرن للعناصر القشرية.

14-2 التحليل والتصميم (Design and Analysis) [5 ، 4 ، 2 ، 1]

14-1/2 يعد السلوك المرن أساساً مقبولاً لتحديد قيم القوى الداخلية والازاحات للعناصر القشرية الرقيقة، وتستند حسابات هذا السلوك الى التحليل الإنشائي الذي يفترض أن المنشأ الخرساني غير متشقق ويحتوي على عناصر تتصرف بصورة مرنة خطياً (linearly elastic) ومتجانسة (homogeneous) ولها خواص متماثلة في جميع الاتجاهات (isotropic) مع افتراض أن نسبة بواسون (Poisson's Ratio) للخرسانة تساوي صفراً .

14-2/2 ينبغي استعمال التحليلات غير المرنة (inelastic analyses) إذا تبين أنها تحقق أساساً أمناً للتصميم.

14-3/2 يجب تدقيق توازن القوى الداخلية والأحمال الخارجية للتأكد من إنسجام النتائج.

14-4/2 يمكن اعتماد طرق تجريبية أو عددية (numerical) للتحليل إذا تبين إن تلك الطرائق تحقق أساساً أمناً للتصميم.

14-5/2 يمكن اعتماد طرائق تقريبية للتحليل إذا تبين إن تلك الطرائق تحقق أساساً أمناً للتصميم.

14-6/2 يجب أن يتناسب سمك العناصر القشرية وتسليحها مع المقاومة المطلوبة والتشغيلية (serviceability) باعتماد إما طريقة المقاومة للتصميم طبقاً للبند (1/1-5) أو طريقة التصميم المبينة في الفقرة (2/1-5).

14-7/2 ينبغي التحري عن وتدقيق إستقرارية المنشأ القشري ويجب أن تثبت الحسابات التصميمية عدم حدوث فشل بسبب اللاستقرارية (instability).

14-8/2 يجب أن تصمم العناصر المساعدة (auxiliary members) طبقاً لضوابط هذه المدونة ويمكن افتراض أن جزء العنصر القشري المساوي لعرض الشفة (flange) المحدد في الفصل (5-12)، يعمل مع العنصر المساعد في مثل هذه الاجزاء من القشرة، كما يجب أن يكون حديد التسليح المتعامد مع

العنصر المساعد مساوياً على الأقل لحديد التسليح المطلوب لشفة عتبة مجنحة (T-beam) طبقاً للبند (5/12-5).

14-9/2 يجب أن يعتمد التصميم بطريقة المقاومة لبلاطات العناصر القشرية المعرضة لقوى الانحناء والقوى الغشائية (membrane forces) على توزيع الإجهادات والانفعالات المستخرجة من التحليل المرن أو التحليل غير المرن.

14-10/2 في حالة توقع حدوث تشققات غشائية (membrane crackings) في مناطق معينة يجب أن تكون مقاومة الانضغاط الاسمية للخرسانة بالاتجاه الموازي للشقوق في هذه المناطق مساوية إلى $0.4f_c'$. **Error! Bookmark not defined.**

14-3 المقاومة التصميمية للمواد (Design Strength of Materials) [1 ، 2 ، 7]

14-1/3 يجب أن لا يزيد إجهاد الخضوع لحديد التسليح f_y عن 420 ميكاباسكال .

14-2/3 يجب أن لا تقل مقاومة الانضغاط للخرسانة بعمر 28 يوماً عن 21 ميكاباسكال.

14-4 تسليح القشريات (Shell Reinforcement) [1 ، 7 ، 8]

14-1/4/1 يجب وضع حديد تسليح العناصر القشرية لمقاومة إجهادات الشد الناتجة من القوى الغشائية الداخلية، وكذلك لمقاومة الشد الناتج من عزوم الانحناء وعزوم اللي ولغرض الحد من الانكماش وعرض الشقوق الناتجة من تغير درجة الحرارة ومسافة التباعد بين الشقوق. كما يجب وضع حديد تسليح عند حافات العنصر القشري (shell boundaries) وعند مواقع تسليط الأحمال على العناصر القشرية والفتحات (shell openings).

14-2/4 يجب وضع حديد تسليح الشد باتجاهين أو أكثر بشكل مناسب بحيث أن مقاومة حديد التسليح في أي اتجاه تكون مساوية أو تزيد على مركبات القوى الداخلية في ذلك الاتجاه. وكبديل اخر يمكن حساب حديد التسليح المطلوب لمقاومة القوى الغشائية الداخلية في البلاطة على انه يمثل حديد التسليح المطلوب لمقاومة قوى الشد المحورية بالإضافة إلى قوة الشد الناتجة من احتكاك القص اللازمة لنقل قوى القص عبر أي مقطع من الغشاء. في هذه الحالة يجب أن لا يتجاوز معامل الاحتكاك (μ) القيمة المبينة في الفقرة (8-3/4/5).

14-3/4 يجب أن لا تقل مساحة تسليح العنصر القشري عند أي مقطع مقاسة باتجاهين متعامدين عن مساحة تسليح الانكماش للبلاطة أو التسليح الحراري المطلوب طبقاً للفقرة (4-11/5).

14-4/4 يحسب حديد التسليح المقاوم لقوى القص وعزوم الانحناء حول المحاور الواقعة في مستوى بلاطة العنصر القشري بموجب الابواب (7) و (8) و (10) من هذه المدونة.

14-5/4 يجب أن تحدد مساحة حديد تسليح العنصر القشري المقاوم للشد بحيث أن حديد التسليح يبلغ إجهاد الخضوع (yield stress) قبل حدوث تهشم الخرسانة المعرضة للانضغاط أو قبل حدوث الانبعاج (buckling) في العنصر القشري.

14-6/4 في المناطق المعرضة إلى قوى شد عالية يجب وضع حديد التسليح باتجاهات قوى الشد الغشائية الرئيسية (principal tensile membrane and forces) إذا كان ذلك ممكناً من الناحية العملية أما إذا كان ذلك غير ممكن من الناحية العملية، عندها يجب وضع حديد التسليح المقاوم للإجهادات الغشائية في اتجاهين أو أكثر.

14-7/4 يجب تدقيق كفاية كمية حديد التسليح بخصوص علاقتها بالسيطرة على التشققات عند الأحمال التشغيلية إذا كان اتجاه حديد التسليح يتغير بزاوية أكبر من 10 درجات عن اتجاه قوة الشد الغشائية الرئيسية (principal tensile membrane force).

14-8/4 عندما يتغير مقدار إجهاد الشد الغشائي الرئيس المتولد في العنصر القشري بصورة كبيرة ضمن مساحة سطح القشرة فان حديد التسليح المقاوم لقوى الشد الكلية يجب تركيزه في المناطق المعرضة لأكبر إجهاد شد إذا كان هذا الاجراء يحقق أساساً أمناً للتصميم. مع ذلك يجب أن لا تقل نسبة حديد التسليح للقشرة في أي جزء من منطقة الشد عن 0.0035 مع مراعاة أن تحسب نسبة حديد التسليح على أساس السمك الكلي للقشرة.

14-9/4 يجب أن تحسب كمية حديد التسليح المطلوبة لمقاومة عزوم الانحناء بأن يؤخذ في الحسبان الفعل المتزامن للقوى الغشائية المحورية العاملة في الموقع نفسه مع مراعاة انه عندما يكون مطلوباً استعمال حديد تسليح لمقاومة عزوم الانحناء في وجه واحد من العنصر القشري، فانه يجب وضع كميات متساوية من هذا التسليح تكون قريبةً من سطحي العنصر القشري حتى إذا لم يشر التحليل إلى وجود عزوم انحناء متعكسة (reversal moments).

14-10/4 يجب أن لا تزيد مسافة تباعد حديد تسليح العنصر القشري في أي اتجاه عن 350مم ولا تزيد على ثلاثة أضعاف سمك العنصر القشري ايهما اصغر.

14-11/4 يجب تثبيت حديد التسليح في منطقة النقاء العنصر القشري مع العناصر الساندة أو العناصر الطرفية، كما يمكن لحديد التسليح أن يمتد خلال هذه العناصر الامتدادات المطلوبة وفقاً لاشتراطات الباب (9) من هذه المدونة باستثناء أن يكون طول التثبيت (development length) الأقل مساوياً إلى $1.2l_d$ وأن لا يقل عن 500 مم.

14-12/4 يجب الالتزام بمتطلبات الباب (9) من هذه المدونة فيما يخص طول الوصلات (splice length) لتسليح القشرة، باستثناء ان أقل طول لوصلات قضبان الشد يكون مساوياً إلى 1.2 مضروباً في القيمة المطلوبة في الباب (9) على أن لا يقل هذا الطول عن 450 مم. كما أن عدد الوصلات

المستعملة في تسليح الشد الرئيس ينبغي أن يكون بالمقدار الأقل لتسهيل التنفيذ. وحيثما تكون الوصلات ضرورية عندئذ يجب وضعها بشكل متعاقب الترتيب (staggered) وعلى مسافة لا تقل عن l_d وأن لا تزيد مساحة مقطع الوصلات المترابطة عند أي مقطع على ثلث حديد التسليح.

14-5 متطلبات التشييد (Construction Requirements) [1 ، 9 ، 10]

14-5/1 عندما يعتمد رفع القوالب على قيمة معامل المرونة E_c للخرسانة بسبب متطلبات الاستقرار أو الانحراف فيجب أن تحدد قيمة معامل المرونة المستعملة بإجراء فحوص الانحناء لنماذج عتبات خرسانية معالجة حقلياً (field curing).

كما يجب تعيين عدد النماذج المطلوب فحصها وأبعادها وتحديد طريقة الفحص من قبل جهات فنية مختصة.

14-5/2 ينبغي أن تحدد وثائق المقاولات التفاوتات المسموحة لشكل وهيئة العنصر القشري. أما إذا كانت التفاوتات في الشكل التي تحصل في أثناء التنفيذ أكبر من تلك المحددة في وثائق المقاوله عندها يجب اجراء تحليلات مناسبة لمعرفة تأثير هذه التفاوتات وأن تتخذ التدابير اللازمة المعالجة بما يحقق سلوكاً آمناً للعنصر القشري.

المراجع

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. ACI Committee 334, "Concrete Shell Structures- Practice and Commentary", (ACI 334.1R-92), (Reapproved 2002), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1992, 10pp.
3. ACI Committee 334, "Reinforced Concrete Cooling Tower Shells - Practice and Commentary", (ACI 334.2R-91) (Reapproved 2002), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1991, 9 pp.
4. Billinton, D. P., "Thin Shell Concrete Structures", 2nd Edition, McGraw-Hill Book Co., New York, 1982, 373 pp.
5. Hyperbolic Paraboloid Shells, SP-110, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1988, 184 pp.
6. Scordelis, A. C., "Non-Linear Material, Geometric, and Time Dependent Analysis of Reinforced and Prestressed Concrete Shells", Bulletin. International Association for Shells and Spatial Structures, Madrid, Spain, No.102, Apr. 1990, pp. 199 -210.
7. Fialkow, M. N., "Compatible Stress and Cracking in Reinforced Concrete Membranes with Multidirectional Reinforcement," ACI Structural Journal, V. 88, No. 4 July-Aug. 1991, pp. 445-457.

8. ACI Committee 224, "*Control of Cracking in Concrete Structures*", (ACI 224R-01)(Reapproved 2002) American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2001, 46 pp.
9. Tedesko, A., "*Construction Aspects of Thin Shell Structures*," ACI Structural Journal, Proceedings V.8, No. 1, Jan. 1986, pp.13-17.
10. Huber, R. W., "*Air Supported Forming –Will it Work?*" Concrete International, V. 8, No.1 Jan.1986, pp.13-17.

الباب 15

الخرسانة العادية الإنشائية Structural Plain Concrete

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-15 مقدمة عامة (General) [2 ، 1]

1/1-15 يتناول هذا الباب المتطلبات الأقل لتصميم وتشيد عناصر الخرسانة العادية الإنشائية المصبوبة موقِعياً .

2/1-15 يجب تطبيق المتطلبات المنصوص عليها في أبواب هذه المدونة على الخرسانة العادية الإنشائية ما لم يتعارض ذلك مع متطلبات هذا الباب. إن الفصول والبنود والفقرات المعنية بهذا الأمر هي [(1-1) إلى (5/5-4)، (1/6/5-4)، (2/6/5-4)، (4/6/5-4)، (7/5-4)، (2-6)].

3/1-15 يجب تطبيق اشتراطات هذا الباب كلما كان ذلك ممكناً على المنشآت غير التقليدية كالجدران المحصنة (shielding walls) ومنشآت الخدمات المشيدة تحت الأرض والجدران الثقيلة الوزن (gravity walls) والجدران.

4/1-15 المحددات (Limitations)

يحدد استعمال الخرسانة العادية الإنشائية في الحالات التالية:

أ- العناصر المستندة بصورة مستمرة الى التربة أو تلك المستندة الى عناصر إنشائية أخرى لها القابلية على ان تعمل كمسند شاقولي.

ب- العناصر الني يؤدي فعل التقوس (arch action) فيها إلى تولد إجهادات انضغاط تحت تأثير مختلف ظروف التحمل.

ج- الجدران وقواعد الأعمدة كما هو مبين في الفصلين (5-15) و (7-15) مع مراعاة عدم استعمال الخرسانة العادية الإنشائية في الأعمدة.

5/1-15 لا تشمل متطلبات هذا الباب تصميم وتنفيذ الركائز المصبوبة موقِعياً أو الدعائم المغروزة في التربة.

15-6/1 الحد الأقل للمقاومة المميزة (Minimum specified strength)

يجب أن لا تقل مقاومة الانضغاط المحددة للخرسانة العادية الإنشائية عن القيمة الأكبر من القيم المذكورة في البند (1-1/1) أو تلك التي تحقق متطلبات الديمومة في الباب (2) أيهما أكبر.

15-2 المفاصل (Joints) [3 ، 1]

15-1/2 يجب وضع مفاصل الانكماش (contraction) أو مفاصل العزل (isolation) لتقسيم عناصر الخرسانة العادية الإنشائية إلى عناصر انحناء غير مستمرة. كما يجب اختيار أبعاد كل عنصر بشكل يحد من قيمة الإجهادات المتولدة بسبب تقييد الحركات الناتجة من الزحف والانكماش وتأثيرات الحرارة.

15-2/2 عند تحديد عدد ومواقع مفاصل الانكماش أو مفاصل العزل يجب أن يؤخذ في الحسبان تأثيرات الظروف المناخية واختيار المواد ونسبها وطريقة خلطها ووضعها ومعالجة (curing) الخرسانة. كما ينبغي أن يؤخذ في الحسبان تأثير درجة تقييد الحركة والإجهادات الناتجة من الأحمال المسلطة وتقنية التشييد.

15-3 طريقة التصميم (Design Method) [5 ، 4 ، 3 ، 1]

15-1/3 يجب أن تحسب القوى والأحمال المعاملة بموجب تجميعات الأحمال (load combinations) المبينة في الفصل (2-6).

15-2/3 في حالة تجاوز المقاومة المطلوبة قيمة المقاومة التصميمية الموجودة لدى الخرسانة العادية الإنشائية فإنه ينبغي وضع حديد تسليح، حيث يعامل العنصر حينئذ على أنه عنصر خرساني مسلح طبقاً للمتطلبات التصميمية المناسبة المنصوص عليها في هذه المدونة.

15-3/3 ينبغي أن تؤخذ مقاومة الشد للخرسانة في الحسبان عند تصميم عناصر الخرسانة العادية الإنشائية وذلك عند إتباع اشتراطات الفصل (2-15).

15-4/3 يجب أن يعتمد التصميم بطريقة المقاومة لعناصر الخرسانة العادية الإنشائية المعرضة للانحناء والأحمال المحورية على افتراض علاقة خطية بين الإجهاد والانفعال في حالتي الشد والانضغاط.

15-5/3 في عناصر الخرسانة العادية الإنشائية ينبغي عدم تخصيص أي مساهمة في المقاومة لحديد التسليح في حالة احتواء عناصر الخرسانة العادية الإنشائية على مثل هذا الحديد.

15-6/3 في عناصر الخرسانة العادية المفردة يجب أن لا تنتقل قوى الشد خلال الحافات الخارجية ومفاصل التمدد ومفاصل الانكماش أو العزل. كما ينبغي عدم افتراض وجود أي استمرارية في الانحناء الناتج من الشد بين عنصرين متجاورين مشيدين من الخرسانة العادية الإنشائية.

15-7/3 عند حساب مقاومة الانحناء للعنصر ومقاومته للانحناء بالاشتراك مع الحمل المحوري ومقاومته للقص يجب أن يعتمد التصميم على المقطع الإجمالي (gross cross section) للعنصر. يستثنى من

ذلك حالة الخرسانة الملامسة للتربة حيث ينبغي ان يؤخذ السمك (h) بقيمة أقل من العمق الكلي للعنصر بمقدار 50مم.

4-15 التصميم بواسطة طريقة المقاومة (Strength Design Method) [5 ، 4 ، 1]

1/4-15 يجب تصميم المقاطع المعرضة للانحناء بالاعتماد على العلاقة التالية:

Error! Bookmark not defined. $\phi M_n \geq M_u$ (1/4-15)

حيث أن قيمة M_n تحسب بموجب العلاقة التالية في حالة كون الشد هو الذي يحكم التصميم:

$$M_n = 0.40 \lambda \sqrt{f'_c} S_m \text{(2/4-15)}$$

وفي حالة كون قوى الانضغاط هي التي تحكم التصميم يكون:

$$M_n = 0.85 f'_c S_m \text{(3/4-15)}$$

حيث أن الحد (S_m) يمثل معامل المقطع المرن (elastic section modulus).

2/4-15 يجب تصميم المقاطع المعرضة لقوى الانضغاط بموجب العلاقة التالية:

$$\phi P_n \geq P_u \text{(4/4-15)}$$

حيث أن قيمة P_n تحسب من العلاقة:

$$P_n = 0.6 f'_c \left[1 - \left(\frac{\ell_c}{32h} \right)^2 \right] A_l \text{(5/4-15)}$$

حيث أن A_l تمثل المساحة المحملة (loaded area).

3/4-15 يجب أن تصمم العناصر المعرضة للانحناء بالاشتراك مع قوى الانضغاط المحورية بحيث يحقق

تصميمها على وجه الانضغاط العلاقة التالية:

$$P_u / \phi P_n + M_u / \phi M_n \leq 1 \text{(6/4-15)}$$

ويحقق تصميمها على وجه الشد العلاقة التالية:

$$M_u/S_m - P_u/A_g \leq 0.4 \phi \lambda \sqrt{f'_c} \quad \dots\dots(7/4-15)$$

4/4/1-15 يجب تصميم المقاطع المستطيلة المعرضة لقوى القص اعتماداً على العلاقة التالية:

$$\phi V_n \geq V_u \quad \dots\dots(8/4-15)$$

حيث تحسب قيمة V_n للقص العامل باتجاه واحد (one way shear) بموجب العلاقة التالية:

$$V_n = 0.11 \lambda \sqrt{f'_c} b_w h \quad \dots\dots(9/4-15)$$

كما يجب حساب قيمة V_n للقص العامل باتجاهين (two way shear) من العلاقة التالية:

$$V_n = 0.11 \left[1 + \left(\frac{2}{\beta} \right) \right] \lambda \sqrt{f'_c} b_o h \quad \dots\dots(10/4-15)$$

على أن لا تتجاوز قيمة V_n المقدار $(0.22 \lambda \sqrt{f'_c} b_o h)$ في العلاقة (10/4-15) تمثل النسبة بين طول الضلع الطويل إلى الضلع القصير لمنطقة الحمل المركز أو مساحة منطقة ردود الأفعال.

5/4-15 يجب أن تصمم مناطق الإسناد المعرضة لقوى الانضغاط اعتماداً على العلاقة:

$$\phi B_n \geq B_u \quad \dots\dots(11/4-15)$$

حيث أن (B_u) تمثل قوة حمل الاسناد المعاملة (factored bearing force) و (B_n) تمثل مقاومة التحميل الاسمية للمساحة المعرضة للحمل A_1 ، كما تحسب المقاومة (B_n) من العلاقة التالية:

$$B_n = 0.85 f'_c A_1 \quad \dots\dots(12/4-15)$$

باستثناء الحالة التي يكون فيها مستوي الإسناد ذا مساحة أوسع على جميع جوانب مساحة التحميل عندها يجب ضرب المقاومة الاسمية (B_n) بالمقدار $\sqrt{A_2 / A_1}$ الذي يجب أن لا يزيد على 2. حيث أن (A_2) هي مساحة مستوي الإسناد (supporting surface area).

6/4-15 الخرسانة خفيفة الوزن (Light Weight Concrete)

يجب استعمال قيمة معامل التعديل (λ) الخاص بالخرسانة خفيفة الوزن الوارد في هذا الفصل طبقاً لمتطلبات الفصل (5-6) ما لم يذكر خلاف ذلك.

5-15 الجدران (Walls) [5 ، 3 ، 1]

1/5-15 يجب أن تستند جدران الخرسانة العادية الإنشائية بشكل مستمر الى التربة أو القواعد أو جدران الأسس أو العتبات الأرضية (grade beams) أو على العناصر الإنشائية الأخرى بما يهئ مسنداً مستمراً للأحمال الشاقولية.

2/5-15 يجب أن تصمم جدران الخرسانة العادية الإنشائية لمقاومة الأحمال الشاقولية والجانبية والأنواع الأخرى من الأحمال المسلطة عليها.

3/5-15 يجب أن تصمم جدران الخرسانة العادية الإنشائية لمسافة الاختلاف المركزية (eccentricity) الناتجة من أكبر عزم مصاحب للحمل المحوري على ان لاتقل مسافة الاختلاف المركزية عن ($0.10h$).

في حالة كون محصلة جميع الأحمال المضخمة تقع ضمن الثلث الوسطي لسمك الجدار الكلي فان التصميم يجب أن يتوافق مع متطلبات البند (3/4-15) أو (5/5-15) وبخلاف ذلك فان التصميم يجب أن يكون طبقاً للبند (3/4-15) فقط.

4/5-15 يجب أن يتم التصميم لمقاومة قوى القص طبقاً للبند (4/4-15).

5/5-15 طريقة التصميم الوضعية (Empirical Design Method)

1/5/5-15 ينبغي أن تصمم الجدران الصلدة (solid walls) ذات المقاطع المستطيلة المشيدة من الخرسانة العادية الإنشائية بموجب العلاقة (1/5-15) في حالة كون محصلة جميع الأحمال المضخمة واقعة ضمن الثلث الوسطي لسمك الجدار الكلي.

2/5/5-15 يجب أن تصمم الجدران المعرضة لأحمال انضغاط محورية اعتماداً على العلاقة التالية:

$$\phi P_n \geq P_u \quad \dots\dots\dots(1/5-15)$$

حيث أن (P_u) تمثل القوة المحورية المعاملة (factored axial force) في حين ان (P_n) هي مقاومة الأحمال المحورية الاسمية المحسوبة من العلاقة التالية:

$$P_n = 0.45 f'_c A_g \left[1 - \left(\frac{\ell_c}{32h} \right)^2 \right] \quad \dots\dots(2/5-15)$$

6/5/1-15 المحددات (Limitations)

1/6/5-15 يجب أن لا يتجاوز الطول الأفقي الذي يعد فعالاً لمقاومة كل حمل مركز مسلط على جدار المسافة بين مراكز الأحمال المسلطة، ولكن يجب أن لا يزيد على عرض مساحة اسناد التحميل مضافاً إليه أربعة أمثال سمك الجدار.

2/6/5-15 باستثناء اشتراطات الفقرة (3/6/5-15) يجب أن لا يقل سمك الجدران الساندة عن النسبة (1/24) من الارتفاع أو الطول غير المسند (unsupported length) للجدار أيهما أقصر ولا يقل أيضاً عن 150مم.

3/6/5-15 يجب أن لا يقل سمك الجدران الخارجية (exterior walls) لأجزاء البناية تحت الأرض (السرديب) (exterior basement walls) وجدران الأسس عن 200مم.

4/6/5-15 يجب تدعيم الجدران لتقاوم الإزاحة الجانبية (lateral translation)، (لاحظ الفصل (3-15) والبند(7/3-15)).

5/6/5-15 يجب وضع ما لا يقل عن قضيبين بقطر 16مم حول فتحات الأبواب والشبابيك في الجدران مع مراعاة أن تمتد هذه القضبان مسافة لا تقل عن 600مم خارج نطاق زوايا تلك الفتحات.

6-15 الأسس (Footings) [5 ، 2 ، 1]

1/6-15 يجب أن تصمم أسس الخرسانة العادية الإنشائية لمقاومة الأحمال المعاملة وردود الأفعال المؤثرة بما يتناسب مع متطلبات التصميم لهذه المدونة وبموجب اشتراطات البنود من (2/6-15) إلى (8/6-15).

2/6-15 يجب حساب أبعاد مساحة قاعدة الأساس بالاعتماد على القوى غير المعاملة (unfactored forces) والعزوم غير المعاملة المنتقلة عبر الأساس إلى التربة وبموجب قابلية انضغاط التربة المسموحة استناداً إلى خصائص التربة.

3/6-15 يجب أن لا تستعمل الخرسانة العادية الإنشائية في الأسس المستندة إلى ركائز (piles).

4/6-15 يجب أن لا يقل سمك أسس الخرسانة العادية الإنشائية عن 250مم. (لاحظ البند(7/3-15)).

5/6-15 ينبغي حساب أكبر عزم معامل مسلط على الأسس عند المقاطع التالية:

أ- عند وجه العمود أو وجه قاعدة العمود أو وجه الجدار.

ب- عند منتصف المسافة بين مركز الجدار ووجه الجدار بالنسبة للأسس الساندة لجدران من وحدات بنائية (masonry wall).

ج- عند منتصف المسافة بين وجه العمود وحافة صفيحة القاعدة الفولاذية في أسفل العمود للأساس الساند لعمود يرتكز على صفيحة قاعدة فولاذية عند قاعدته (steel base plate).

15-6/6 القص في أسس الخرسانة العادية (Shear in Plain Concrete Footings)

15-6/6/1 يجب حساب قوى القص المعاملة V_u طبقاً للفقرة (15-6/6/2) عند موقع المقطع الحرج المقاس من وجه العمود أو قاعدة العمود أو الجدار وذلك بالنسبة للأسس التي تسند عموداً أو قاعدة عمود أو جداراً ، اما بالنسبة للأسس التي تسند عموداً مجهزاً بصفيحة قاعدة فولاذية (steel base plate) عند طرفه الأسفل عندئذ يحدد المقطع الحرج عند الموقع المعرف بالفقرة (15-6/6/5-ج).

15-6/6/2 يجب أن تحكم مقاومة القص (ϕV_n) لأسس الخرسانة العادية الإنشائية قرب مواضع الأحمال المركزة أو ردود الأفعال بموجب الشرط الأشد من الشرطين التاليين:

أ- قوى القص العاملة باتجاه واحد: يمتد المقطع الحرج في المستوي المار عبر العرض الكلي للأساس وعلى مسافة تساوي (h) مقياساً من وجه الحمل المركزي أو منطقة ردود الأفعال مع مراعاة أن يصمم الأساس طبقاً للعلاقة (15-9/4).

ب- قوى القص العاملة باتجاهين: حيث يكون المقطع الحرج متعامداً مع مستوي الأساس ومحيط المقطع الحرج (b_o) أقل ما يمكن شريطة أن لا يكون موقع المقطع الحرج على بعد يقل عن ($h/2$) من وجه الحمل المركز أو منطقة رد الفعل، وعند تحقق متطلبات هذا الشرط يجب أن يصمم الأساس طبقاً للعلاقة (15-10/4).

15-7/6 يجب التعامل مع الأعمدة أو قواعد الأعمدة ذات المقاطع المدورة أو المقاطع المضلعة المنتظمة على انها عناصر ذات مقاطع مربعة لها مساحة مكافئة وذلك لتحديد موقع المقاطع الحرجة للعزوم والقص.

15-8/6 يجب أن لا تزيد قوة التحميل المعاملة (B_n) (factored bearing force) المسلطة على الخرسانة عند سطح التماس بين الأساس والعنصر الإنشائي المستند الى الأساس على مقاومة التحميل الاسمية (ϕB_n) لأي من السطحين المعرفين في البند (15-5/4).

15-7 القواعد (Pedestals)

15-1/7 يجب أن لا تزيد نسبة الارتفاع غير المسند (unsupported length) الى معدل البعد الأقل لمقطع القواعد المشيدة من الخرسانة العادية على 3.

15-2/7 يجب أن تصمم القواعد المشيدة من الخرسانة العادية لتقاوم الأحمال الشاقولية والجانبية وأية أحمال أخرى مسلطة على القواعد.

3/7-15 يجب أن لا يتجاوز أقصى حمل محوري معامل (P_u) مسلط على القواعد المشيدة من الخرسانة العادية المقاومة التصميمية الاسمية للتحمل (ϕB_n) المحسوبة بموجب البند (5/4-15).

المراجع

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. ACI Committee 117, "Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary", (ACI 117-06), American Concrete Institute, 2006, 70pp.
3. (CEN) European Committee for Standardization, "DD ENV 1992-1-6, Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part 1.6: General rules-Plain Concrete Structures", 1996, 24pp.
4. Canadian Commission on Building and Fire Codes and National Research Council of Canada "National Building Code of Canada: Volume 2", National Research Council of Canada, 2005, 344pp.
5. Council of Standards Australia "Australian Standard: Concrete Structures, AS360", Standards Australia International Ltd, Sydney, Australia, 2001, 181pp.

الملحق (أ)

نماذج دعامات الانضغاط والشد Strut and Tie Models

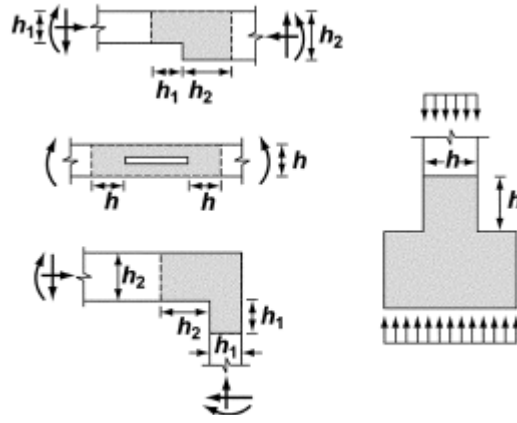
أ-1 التعاريف (Definitions) [4 ، 3 ، 2 ، 1]

المنطقة ب (B-region)

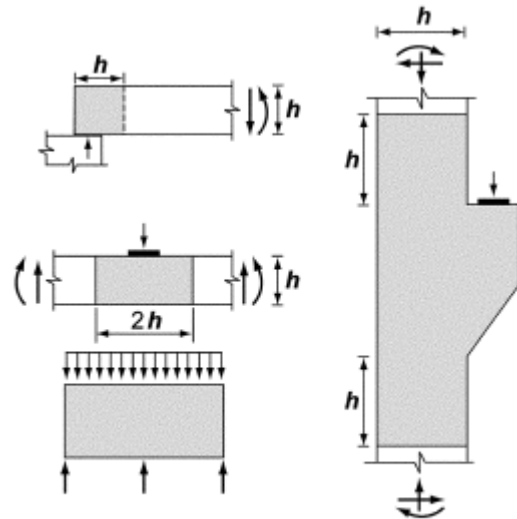
تعرف المنطقة ب بأنها جزء العنصر الذي يمكن أن تطبق عليه فرضية المقاطع المستوية (plane sections) لنظرية الانحناء المذكورة في البند (3/2-7).

الانقطاع (عدم الاستمرارية) (discontinuity)

يعرف الانقطاع انه التغير المفاجئ في الشكل الهندسي (geometry) أو الأحمال.



أ. الانقطاعات (عدم الاستمرارية) في الشكل الهندسي



ب. الانقطاعات (عدم الاستمرارية) في الاحمال والشكل الهندسي

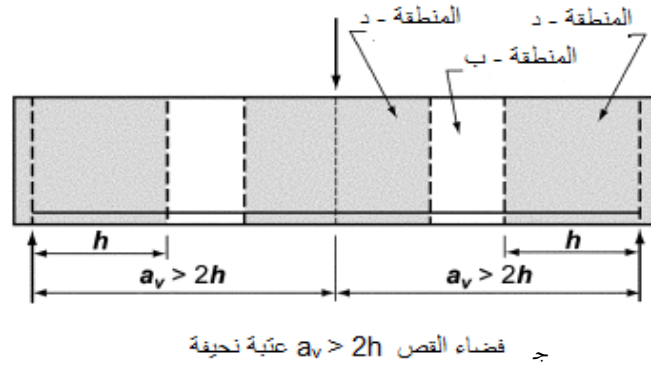
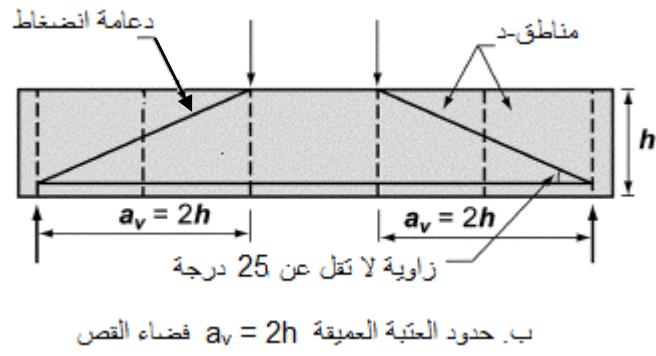
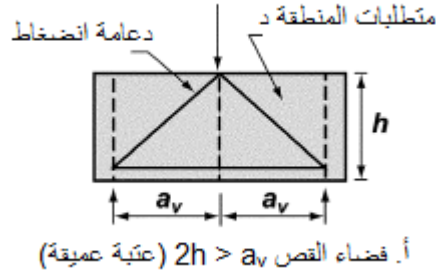
الشكل أ-1/1: المناطق د (D) والانقطاعات

المنطقة د (D-region)

هي جزء العنصر الخرساني الواقع ضمن مسافة h من موقع انقطاع الأحمال أو عدم استمرارية الشكل الهندسي.

العتبة العميقة (deep beam)

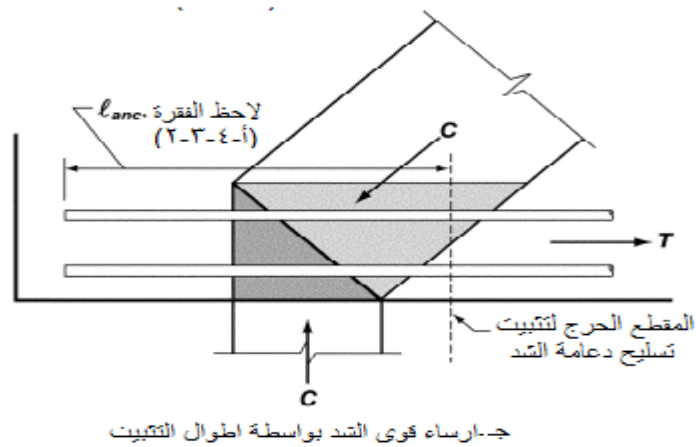
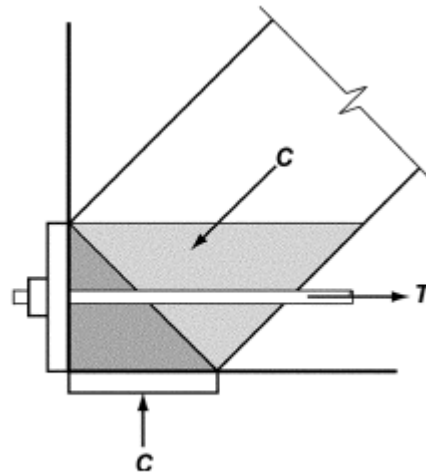
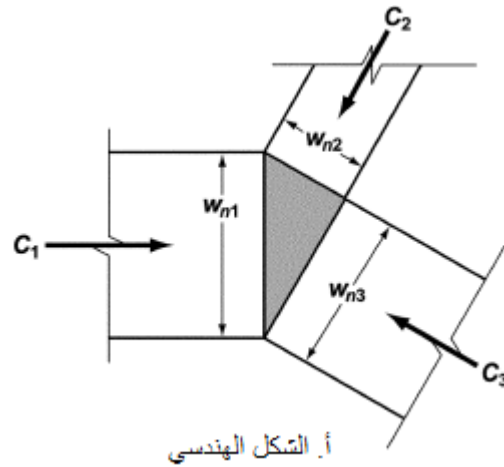
ينبغي تطبيق متطلبات البندين (1/7-7) و (1/6-8) لتوصيف العتبة العميقة.



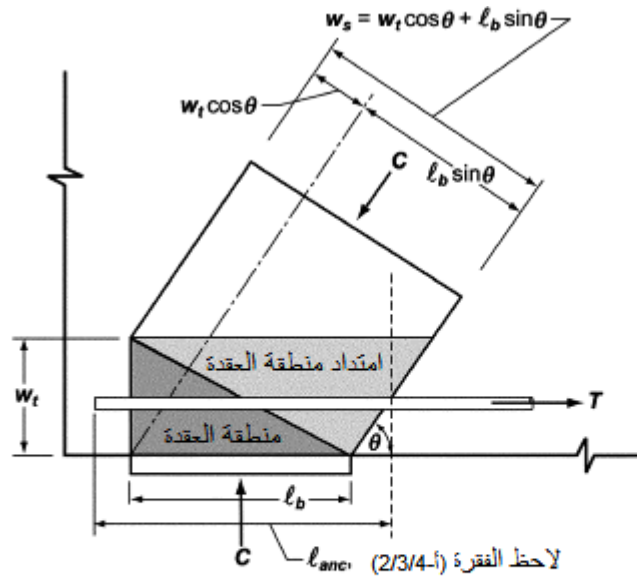
الشكل أ-2/1: وصف العتبات العميقة والعتبات النحيفة

منطقة العقدة (nodal zone)

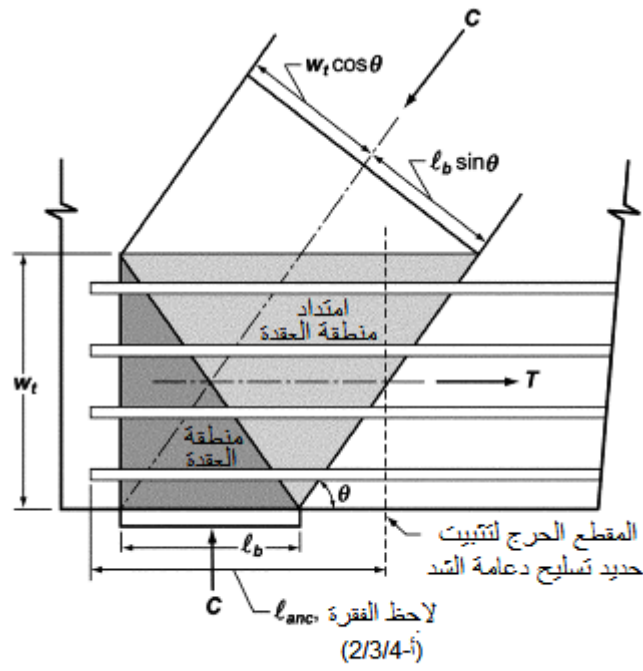
هي المنطقة التي تمثل الخرسانة الواقعة حول العقدة والتي يفترض انها تنقل قوى الانضغاط والشد من خلال العقدة.



الشكل أ-3/1: العقد الهيدروستاتيكية (hydrostatic nodes)

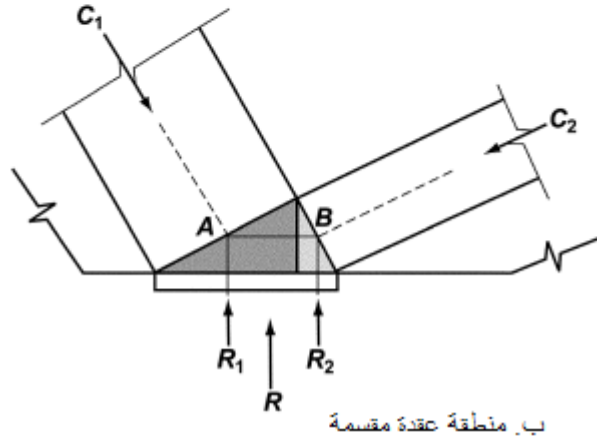
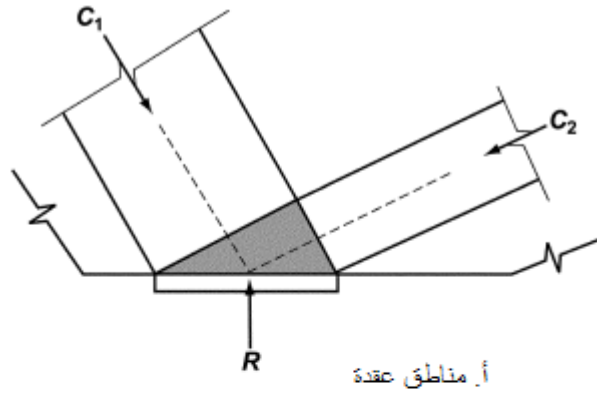


أ. طبقة واحدة من حديد التسليح



ب. حديد تسليح موزع بشكل منتظم

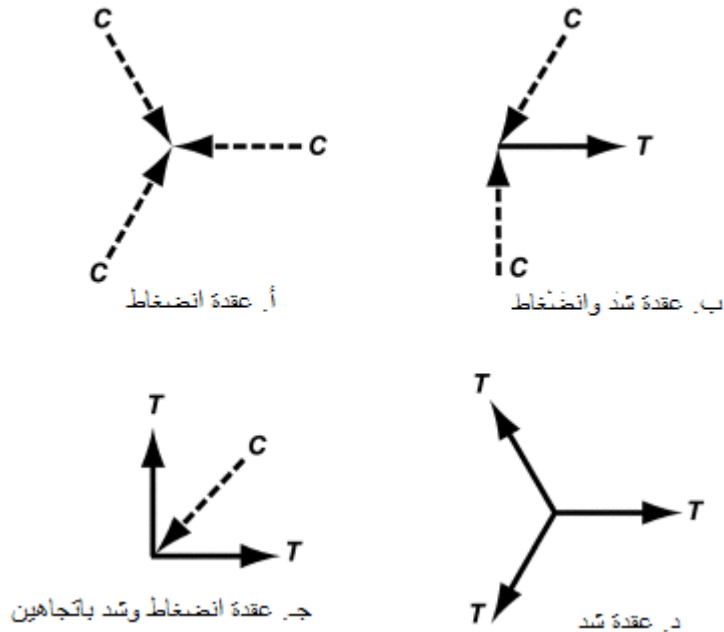
الشكل أ-4/1: امتداد منطقة العقدة وتوزيع القوى



الشكل أ-5/1: تقسيم منطقة العدة

العقدة (node)

النقطة الواقعة في مفصل أنموذج تقاطع دعامة الانضغاط والشد وهي النقطة التي تتقاطع فيها محاور دعامة الانضغاط والشد والقوى المركزة العاملة في مفصل التقاطع.



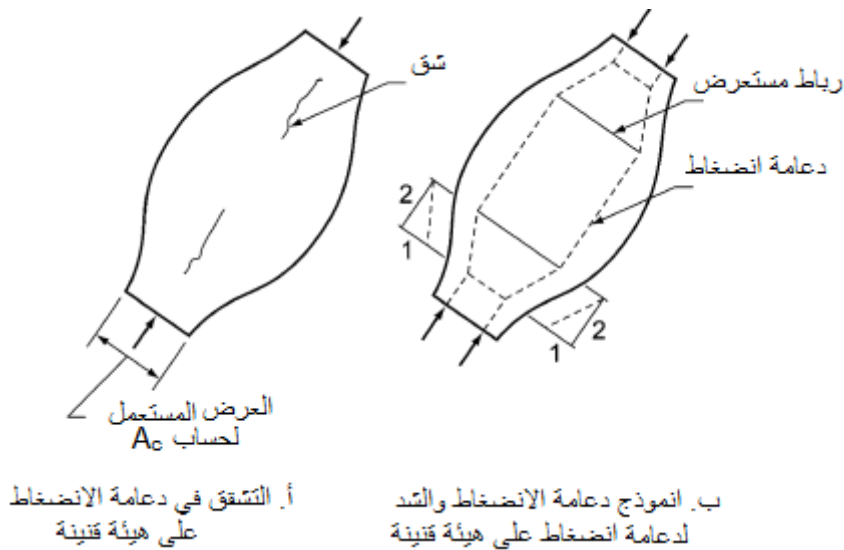
الشكل أ-6/1: تصنيف العقد

دعامة الانضغاط (strut)

هو عنصر الانضغاط في نموذج دعامة الانضغاط والشد؛ تمثل دعامة الانضغاط محصلة حقل (field) قوى الانضغاط المتوازية أو المنتشرة على شكل مروحة (fan).

دعامة انضغاط على هيئة قنينة (bottle-shaped strut)

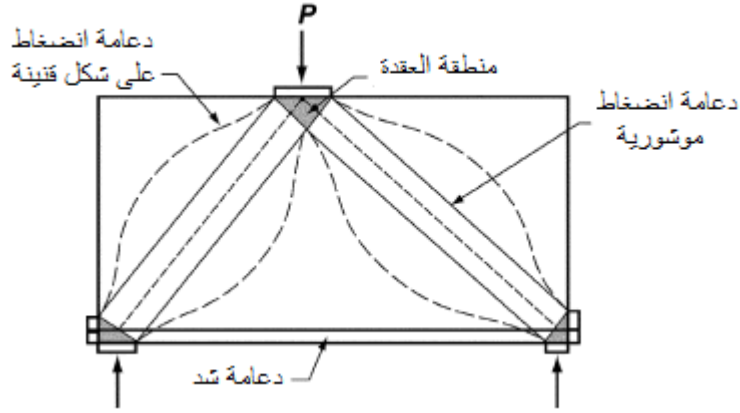
الدعامة التي تكون عرضها عند منتصف طولها أكبر من عرضها عند طرفيها.



الشكل أ-7/1 : دعامة انضغاط على هيئة قنينة

أنموذج دعامات الشد والانضغاط (strut and tie model)

هو عبارة عن عنصر إنشائي لنموذج مسنم أو للمنطقة (د) لعنصر مشابه مكون من دعامات شد وانضغاط متصلة عند مناطق العقد وبإمكانها نقل الأحمال المعاملة إلى المساند أو المناطق (ب) المتاخمة.



الشكل أ-8/1: وصف أنموذج دعامات الانضغاط والشد

دعامة الشد (tie)

هي عنصر الشد ضمن أنموذج دعامات الشد والانضغاط.

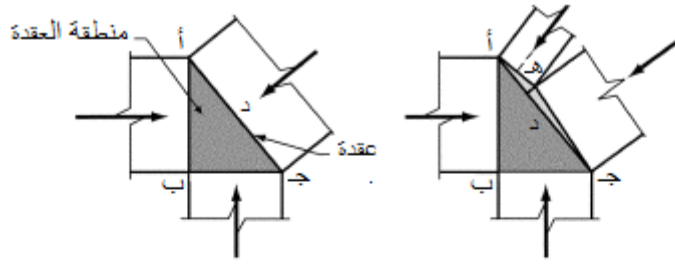
أ-2 نهج تصميم أنموذج دعامات الشد والانضغاط [1,2,5,6]

(Strut and Tie Model Design Procedure)

أ-1/2 يجب أن تصمم العناصر الخرسانية الإنشائية أو المناطق (د) الواقعة ضمن هذه العناصر من خلال افتراض العنصر أو المنطقة كمسمن (truss model). ويتألف أنموذج المسنم من دعامات الشد والانضغاط والعقد المعرفة في الفصل (أ-1). ينبغي أن يكون الأنموذج قادراً على نقل جميع الأحمال المعاملة إلى المساند أو المناطق (ب) المتاخمة.

أ-2/2 يجب أن يكون أنموذج دعامات الانضغاط والشد في حالة توازن مع الأحمال المسلطة وردود الأفعال.

أ-3/2 عند تحديد الشكل الهندسي للمسمن يجب الأخذ في الحسبان أبعاد دعامات الشد والانضغاط ومناطق العقد (nodal zones).



أ. ثلاث دعائم ضغط تعمل في منطقة العقدة

ب. يمكن تعويض الدعائين أ و ج هـ بالدعائين ب و ج هـ



ج. أربع قوى عاملة عند العقدة د



د. تحليل القوى على الجانب الأيمن من العقدة (د) المبينة بالشكل ج

الشكل أ-1/2: تحليل القوى العاملة في منطقة العقدة

أ-4/2 يمكن لدعامات الشد (ties) أن تتقاطع مع دعائم الانضغاط. كما يمكن لدعامات الانضغاط أن تتقاطع أو تتداخل مع بعضها البعض عند العقد فقط.

أ-5/2 يجب أن لا تقل الزاوية θ (وهي الزاوية المحصورة بين محاور أية دعامة شد أو دعامة انضغاط تتقاطع عند عقدة منفردة) عن 25 درجة.

أ-6/2 يجب أن يعتمد تصميم دعائم الانضغاط ودعامات الشد والمناطق العقدية (nodal zones) على العلاقة التالية:

$$\phi F_n \geq F_u \quad \dots\dots(1/2-أ)$$

حيث أن F_u تمثل القوة المعاملة العاملة على دعائم الانضغاط والشد أو احد أوجه منطقة العقدة في حين أن F_n تمثل المقاومة الاسمية لدعامات الانضغاط والشد أو منطقة العقدة (nodal zone) وتحدد قيمة معامل تقليل المقاومة ϕ طبقاً لمتطلبات الفقرة (6-5/2/3) من هذه المدونة.

أ-3 مقاومة دعائم الانضغاط (Strength of Struts) [1,2,7,8]

أ-1/3 يجب ان تمثل المقاومة الاسمية لدعامات الانضغاط غير المسلحة باتجاهها الطولي (F_{ns}) القيمة الأصغر عند طرفي الدعامة وتحسب بموجب العلاقة:

$$F_{ns} = f_{ce} A_{cs} \quad \dots\dots(1/3-أ)$$

حيث أن (A_{cs}) تمثل مساحة مقطع احد طرفي دعامة الانضغاط وتمثل (f_{ce}) القيمة الأصغر من القيم المبينة في أ و ب التاليين:

- أ- مقاومة الانضغاط الفعالة لخرسانة دعامة الانضغاط المبينة في البند (أ-2/3).
- ب- مقاومة الانضغاط الفعالة لخرسانة منطقة العقدة (nodal zone) كما مبين في البند (أ-2/5).

أ-2/3 يجب حساب مقاومة الانضغاط الفعالة لخرسانة دعامة الانضغاط (f_{ce}) طبقاً للعلاقة التالية:

$$f_{ce} = 0.85 \beta_s f_c' \quad \dots\dots (أ-2/3)$$

أ-1/2/3 لدعامة الانضغاط ذات مساحة مقطع منتظم على طول الدعامة $\beta_s = 1.0$

أ-2/2/3 في دعامات الانضغاط التي يكون عرض مقطعها الوسطي أكبر من عرضها عند العقد (الدعامة على هيئة قنينة):

أ- إذا كان حديد التسليح يحقق متطلبات البند (أ-3/3) $\beta_s = 0.75$

ب- إذا كان حديد التسليح لا يحقق متطلبات البند (أ-3/3) $\beta_s = 0.60\lambda$

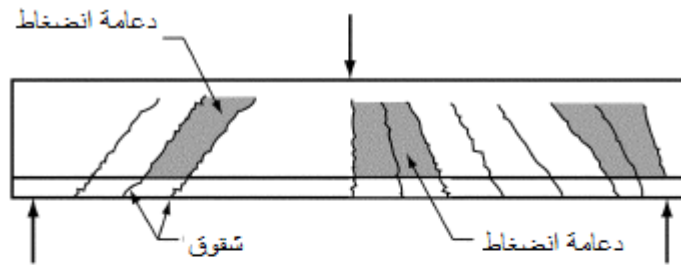
حيث أن قيمة λ تكون كما هو معرف في البند (5-6).

أ-3/2/3 قيمة β_s للدعامة في عناصر الشد (Tension members) أو الدعامة التي تمثل شفة

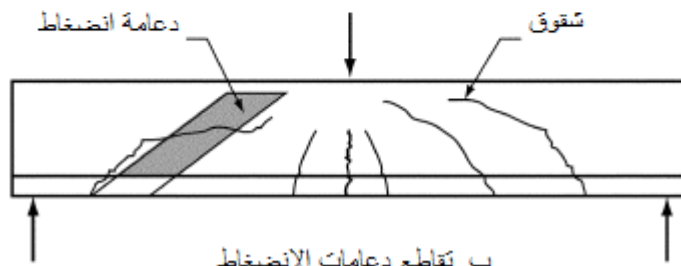
العنصر المعرضة للشد (tension flanges) $\beta_s = 0.4$

أ-4/2/3 لجميع الحالات التي لم تذكر آنفاً $\beta_s = 0.60\lambda$

كما مبين في الشكل (أ-1/3)



أ. دعامة الانضغاط في وتيرة عتية بوجود شقوق مائلة موازية إلى الدعامة ($\beta_s = 0.6\lambda$)



ب. تقاطع دعامة الانضغاط مع الشقوق المائلة (المنحرفة) ($\beta_s = 0.6\lambda$)

الشكل أ-1/3: أنواع تمثيل دعامة الانضغاط

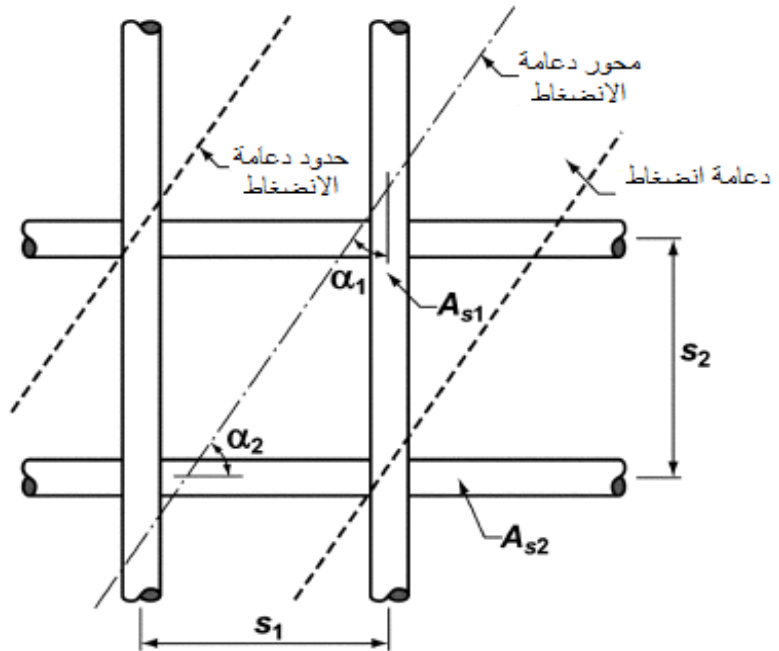
أ-3/3 إذا استخدمت قيمة β_s الموصوفة في الفقرة (أ-2/3) (أ) فإنه يجب أن يقطع محور دعامة الانضغاط بحديد تسليح مناسب لمقاومة قوى الشد المستعرضة والمتسببة من قوة الضغط المنتشرة في الدعامة. ويمكن افتراض ان قوة الانضغاط في الدعامة تنتشر مع محور الدعامة بميل مقداره 1:2 [(2) بالاتجاه الطولي / (1) بالاتجاه المستعرض].

أ-1/3/3 عندما لا تتجاوز قيمة إجهاد انضغاط الخرسانة (f_c') 40 نت/مم² عندها يجب ان تحقق متطلبات البند (أ-3/3) حيث يجب أن يقطع محور الدعامة بطبقات من حديد التسليح التي تحقق متطلبات العلاقة التالية:

$$\sum \frac{A_{si}}{b_s S_i} \sin \alpha_i \geq 0.003 \quad \dots\dots(3/3-أ)$$

حيث أن A_{si} تمثل المساحة الكلية لحديد التسليح السطحي بمسافة تباعد S_i عن طبقة التسليح (i) التي تقطع الدعامة بزاوية مقدارها (α_i) مع محور الدعامة.

أ-2/3/3 يجب وضع حديد التسليح المطلوب وفقاً لاشتراطات البند (أ-3/3) باتجاهين متعامدين يميلان بزاويتي α_1 و α_2 مع محور دعامة الانضغاط أو باتجاه واحد وبزاوية (α) لا تقل عن (45 درجة).



الشكل أ-2/3: حديد التسليح المتقاطع مع دعامة انضغاط

أ-4/3 عند توافر نتائج تجريبية وتحليلية موثقة يسمح بزيادة قيمة مقاومة الانضغاط الفعالة لدعامات الانضغاط وذلك في حالة استعمال حديد تسليح حاصر (confining reinforcement) مؤلف من رباطات طولية موازية لمحور الدعامة ورباطات مستعرضة او تسليح حلزوني متعامد مع محور الدعامة.

أ-5/3 يسمح باستعمال حديد تسليح انضغاط لزيادة مقاومة الدعامة ويجب أن يثبت هذا التسليح بإحكام وأن يكون موازياً لمحور الدعامة ويقع ضمن عرض الدعامة وأن يحاط ورباطات مستعرضة (lateral ties) أو تسليح حلزوني (spiral). وفي هذه الحالة تحسب المقاومة الاسمية للدعامة المسلحة طولياً بموجب العلاقة التالية:

$$F_{ns} = f_{ce} A_{cs} + A'_s f'_s \quad \dots\dots (4/3-أ)$$

أ-4 مقاومة دعامة الشد (Strength of Ties) [8 ، 7 ، 6 ، 1]

أ-1/4 يجب أن تحسب المقاومة الاسمية لدعامة الشد F_{nt} طبقاً للعلاقة التالية:

$$F_{nt} = A_{ts} f_y \quad \dots (1/4-أ)$$

حيث أن:

A_{ts} مساحة حديد التسليح المجهز في دعامة الشد مقاسة ب(مم²)

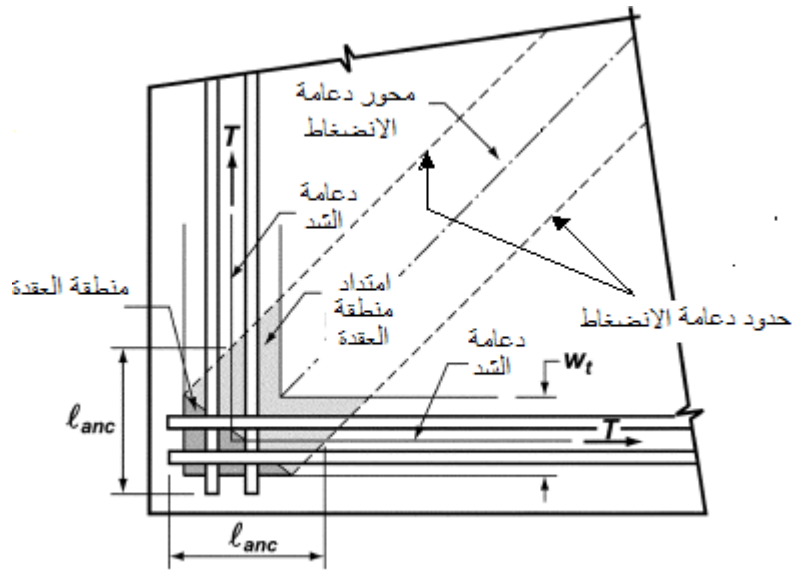
أ-2/4 في أنموذج دعامة الانضغاط والشد يجب أن يتطابق محور حديد تسليح دعامة الشد مع محور الدعامة.

أ-3/4 يجب تثبيت حديد تسليح دعامة الشد بواسطة أجهزة ميكانيكية (mechanical devices) أو عققات قياسية (standard hooks) أو ان تكون قضبان الحديد مستقيمة لها أطوال تثبيت تحقق متطلبات الفقرات من (أ-1/3/4) إلى (أ-4/3/4).

أ-1/3/4 يجب أن تولد مناطق العقد الفرق بين القوة في دعامة الشد (tie force) عند أحد جانبي العقدة والقوة في دعامة الشد عند الجانب الآخر.

أ-2/3/4 في مناطق العقد التي تثبت دعامة شد واحدة يجب أن تتولد قوة الشد الكاملة في النقطة الفاصلة التي يترك عندها مركز حديد تسليح دعامة الشد منطقة العقدة ويدخل فضاء العتبة.

أ-3/3/4 في مناطق العقد التي تثبت دعامة شد أو أكثر يجب أن تتولد قوة الشد الكاملة في كل اتجاه في النقطة الفاصلة التي يترك عندها مركز حديد تسليح دعامة الشد المنطقة التي تمثل امتداد منطقة العقدة (extended nodal zone).



الشكل أ-3/3: امتداد منطقة العقد التي تثبت دعامتي شد

أ-4/3/4 يجب أن يثبت حديد التسليح المستعرض المستوفي لمتطلبات البند (أ-3/3) بموجب اشتراطات الفصل (9-11).

أ-5 مقاومة منطقة العقد (Strength of Nodal Zone)

أ-1/5 يجب أن تحسب مقاومة الانضغاط الاسمية لمنطقة العقد (F_{mn}) باستخدام العلاقة:

$$F_{mn} = f_{ce} A_{nz} \quad \dots (1/5-أ)$$

حيث أن f_{ce} تمثل مقاومة الانضغاط الفعالة للخرسانة في منطقة العقد كما وصفت في البند (أ-2/5)

في حين أن المساحة A_{nz} هي القيمة الأصغر من (أ) و (ب) المبينين في التالي:

أ- مساحة وجه منطقة العقد عند الوجه الذي تعمل عنده القوة (F_u) على أن تؤخذ باتجاه متعامد مع خط تأثير القوة (F_u).

ب- مساحة المقطع المار خلال منطقة العقد وتؤخذ باتجاه متعامد مع خط تأثير محصلة القوى في المقطع.

أ-2/5 يجب أن لا يتجاوز الإجهاد الفعال للانضغاط f_{ce} المحسوب على أحد أوجه منطقة العقد المتسبب عن قوى دعامات الشد و الانضغاط القيمة المحسوبة من العلاقة:

$$f_{ce} = 0.85 \beta_n f'_c \quad \dots (2/5-أ)$$

حيث أن قيمة β_n تحسب طبقاً للفقرتين (أ-1/2/5) و (أ-2/2/5).

أ-1/2/5 في مناطق العقد المحددة بدعامات انضغاط أو مساحات اسناد التحميل (Bearing area) أو كليهما $\beta_n = 1$

- أ-2/2/5 في مناطق العقد التي تثبت دعامة شد واحدة $\beta_n = 0.8$
- أ-3/2/5 في مناطق العقد التي تثبت دعامة شد أو أكثر $\beta_n = 0.6$

المراجع

1. ACI Committee 318, “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473 pp.
2. Collins, M. P.; Kriz, L. B.; and Mitchell, D., “*Prestressed Concrete Structures*, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1991, 766pp.
3. MacGregor, J. G., Reinforce Concrete: Mechanics and Design, 3rd Edition. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1997, 939 pp.
4. FIP Recommendations, Practical Design of Structural Concrete, FIP – Commission 3, “Practical Design,” Pub.: SETO. London, Sept.1999.
5. Muttoni, A.; Schwartz, J.;and Thurlimann, B., Design of Concrete Structures with Stress Fields, Birkhauser, Boston, MA, 1997,143 pp.
6. Joint ACI-ASCE Committee 445, “Recent Approaches to Shear Design of Structural Concrete (ACI 445R-99),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1991, pp. 551-556.
7. Bergmeister, K.; Jirsa, J.O.; and Breen, J. E, “Dimensioning of the Nodes and Development of the Reinforcement,” IABSE Colloquium Stuttgart 1991, International Association for Bridge and Structural Engineering, Zurich, 1991, pp. 551-556.

الملحق (ب)

متطلبات بديلة لعناصر الانحناء والانضغاط الخرسانية الانشائية

Alternative Provisions for Reinforced and Prestressed

Concrete Flexural and Compression Members

ب-1 المجال (Scope) [4 ، 3 ، 2 ، 1]

يسمح بتصميم عناصر الانحناء وعناصر الانضغاط بموجب متطلبات الملحق (ب). عند استعمال هذا الملحق في التصميم يجب استبدال (ب-1/1) و (ب-1/1/1) و (ب-2/1/1) و (ب-3/1/1) محل البند (3/4-5) المذكورة في الباب الخامس من هذه المدونة، ويجب أن يحل البند (ب-2/1) محل (3/3-7) و (4/3-7)، (5/3-7) المذكورة في الباب السابع من هذه المدونة.

ب-1/1 اعادة توزيع العزوم في عناصر الانحناء المستمرة وغير مسبقة الإجهاد

(Redistribution of Moments in Continuous Nonprestressed Flexural Members)

ب-1/1/1 باستثناء الحالات التي تستعمل فيها القيم التقريبية للعزوم، يسمح بتقليل العزوم المعاملة المحسوبة بنظرية التحليل المرن عند مقاطع العزوم القصوى السالبة او الموجبة لاي فضاء من فضاءات عناصر الانحناء المستمرة لأي فرضية لتوزيع الاحمال بضربها في معامل تقليل لا تتجاوز قيمته:

$$\dots\dots\dots (ب-1/1) 20 \left(1 - \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \right) \%$$

ب-2/1/1 يعاد توزيع العزوم فقط عندما يكون المقطع المراد تقليل العزم فيه مصمماً بحيث لا تزيد (ρ) او (ρ - ρ') على (0.5 ρ_b) حيث:

$$\rho_b = \left(\frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (ب-2/1)$$

ب-3/1/1 يجب استعمال العزم المقللة قيمته لحساب العزوم المعاد توزيعها عند المقاطع الاخرى ضمن الفضاءات. ويجب المحافظة على حالة التوازن الساكن (static equilibrium) بعد اعادة توزيع العزوم لكل حالة من حالات توزيع الاحمال.

ب-2/1 مبادئ ومتطلبات عامة (General Principles & Requirements)

في عناصر الانحناء والعناصر المعرضة لفعل مشترك من الانحناء مع حمل انضغاط محوري حيث (P_n ϕ) اقل من القيمة الأقل من (0.1 f'_c A_g) او (P_b ϕ)، يجب ان لا تزيد نسبة التسليح (ρ)

المتوافرة على (0.75) من النسبة (ρ_b) والتي تعطي حالات انفعال متوازنة للمقطع عندما يكون تحت تأثير الانحناء وبدون الاشتراك مع حمل محوري. اما للعناصر المسلحة بتسليح أنضغاط فان النسبة (ρ_b) التي تتم موازنتها بتسليح الانضغاط، لايلزم تقليلها بمعامل التقليل (0.75).

المراجع

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473 pp.
2. Collins, M. P.; Kriz, L. B.; and Mitchell, D., "Prestressed Concrete Structures, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1991, 766pp.
3. MacGregor, J. G., Reinforce Concrete: Mechanics and Design, 3rd Edition. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1997, 939 pp.
4. FIP Recommendations, Practical Design of Structural Concrete, FIP – Commission 3, "Practical Design," Pub.: SETO. London, Sept.1999.

الملحق (ج)

المعاملات البديلة للأحمال وتقليل المقاومة

Alternative Load and Strength Reduction Factors

ج-1 يسمح باجراء التصميم للخرسانة الإنشائية المسلحة والعادية باستعمال تجميعات الأحمال ومعاملات تقليل المقاومة المذكورة في هذا الملحق بدلا من تلك المذكورة في الفصلين (2-6) و (3-6) من هذه المدونة. يسمح بتصميم المنشآت والعناصر الإنشائية بحيث تكون مقوماتها التصميمية (design strengths) في جميع المقاطع على الأقل مساوية الى تلك المحسوبة للأحمال والقوى المعاملة (required strengths) على وفق تجميعات الأحمال التي نص عليها هذا الملحق.

ج-2/1 يجب ان تحقق العناصر الإنشائية جميع متطلبات هذا الملحق لضمان الاداء الملائم (adequate performance) تحت تأثير احمال التشغيل.

ج-2 المقاومة الاسمية المطلوبة (Required Nominal Strength) [3 ، 1]

ج-1/2 يجب ان لا تقل المقاومة الاسمية المطلوبة (U) اللازمة لمقاومة الاحمال المعاملة المذكورة معادلات تجميع الاحمال عن المقادير التالية:

$$U = 1.4(D + F) \quad \text{..... (ج-1/2)}$$

$$U = 1.2 (D + F+T) + 1.6(L+H) + 0.5 (Lr \text{ or } S \text{ or } R) \quad \text{..... (ج-2/2)}$$

$$U = 1.2 D + 1.6(Lr \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0 L \text{ or } 0.8 W) \quad \text{..... (ج-3/2)}$$

$$U = 1.2 D + 1.6W + 1.0 L + (0.5 Lr \text{ or } S \text{ or } R) \quad \text{..... (ج-4/2)}$$

$$U = 1.2 D + 1.6E + 1.0 L + 0.2S \quad \text{..... (ج-5/2)}$$

$$U = 0.9 D + 1.6W + 1.6 H \quad \text{..... (ج-6/2)}$$

$$U = 0.9 + 1.6E + 1.6 H \quad \text{..... (ج-7/2)}$$

حيث ان :

U : المقاومة المطلوبة اللازمة لمقاومة الاحمال المعاملة او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

D: الاحمال الميتة او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

L: الاحمال الحية او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

W: احمال الرياح او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

E: احمال الهزات الارضية او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

F: الاحمال الناتجة من وزن وضغط السوائل ذات الكثافات المعروفة والتي تكون ارتفاعاتها القصوى قابلة للسيطرة عليها.

H: الاحمال الناتجة من وزن وضغط التربة وضغط الماء في التربة او في المواد الاخرى او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

T: مجموع تأثيرات الحرارة والزحف والهبوط المتفاوت والتغيرات الناتجة من الخرسانة القابلة للأنكماش.

R: احمال الامطار او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

S: احمال الثلوج او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

Lr: الاحمال الحية المسلطة على سطوح الابنية او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

يجب مراعاة الملاحظات التالية عند تطبيق المعادلات المذكورة في هذا البند:

أ. يسمح بتقليل معاملات الاحمال الحية (L) المذكورة في المعادلات (ج-3/2) و (ج-4/2) و (ج-5/2) الى (0.5) في جميع المنشآت عدا الكراجات ومناطق التجمع العامة وكذلك في المساحات التي تزيد فيها الاحمال الحية (L) على (4.8 كيلونيوتن/متر مربع).

ب. يسمح باستعمال المعامل (1.3 W) بدلاً من (1.6 W) في المعادلتين (ج-4/2) و (ج-6/2) وذلك عند عدم تقليل احمال الرياح (W) بضربها بمعامل الاتجاه.

ج. عندما تكون احمال الهزات الارضية قد حسبت بالاعتماد على القوى الزلزالية في المستوى الخدمي فيجب استعمال المعامل (1.4E) بدلاً من (1.0 E) في المعادلتين (ج-5/2) و (ج-7/2).

د. يجب اعتبار معامل الاحمال (H) (الناتجة من وزن وضغط التربة وضغط الماء في التربة او المواد الاخرى) مساوياً الى الصفر في المعادلتين (ج-6/2) و (ج-7/2) وذلك عندما تكون تأثيرات الاحمال (H) معاكسة لتلك الناتجة من احمال الرياح (W) واحمال الهزات الارضية (E). هذه الحالة تحدث عندما يسלט ضغط التربة الجانبي (lateral earth pressure) قوى معاكسة للقوى الناتجة عن الاحمال الاخرى.

ج-2/2 اذا أُخذت مقاومة التأثير الصدمي للاحمال (impact effects) في الحساب في التصميم، فيجب تضمين هذه التأثيرات كنسبة من الاحمال الحية (L).

ج-3 المقاومة التصميمية المطلوبة (Required Design Strength)

تستعمل معاملات المقاومة المذكورة في هذا الملحق مع تجميعات الاحمال المعاملة البديلة المذكورة في الفصل (ج-2).

ج-1/3 يجب ان تؤخذ المقاومة التصميمية في حالات الانحناء (flexure) والحمل المحوري (axial load) والقص (shear) واللي (torsion) التي يوفرها العنصر الانشائي وروابطه ببقية العناصر ومقاطع العرضية مساوية الى المقاومة الاسمية (nominal strength) المحسوبة طبقاً لمتطلبات وافتراضات هذه المدونة بعد معاملتها بمعاملات تقليل المقاومة ϕ .

ج-2/3 يؤخذ معامل تقليل المقاومة (ϕ) كما مبين في الفقرات التالية:

ج-1/2/3 انحناء بدون حمل محوري (المقاطع التي يتحكم فيها فشل الشد (tension controlled sections) = 0.90. راجع البند (4/3-7) من الباب السابع من هذه المدونة.

ج-2/2/3 حمل محوري او حمل محوري مع انحناء. (في حالة الحمل المحوري مع الانحناء، يجب معاملة كل من المقاومة الاسمية للحمل المحوري والمقاومة الاسمية للعزم بمعامل واحد ومناسب لـ (ϕ)).

أ- شد محوري او شد محوري مع انحناء (المقاطع التي يتحكم فيها فشل الشد (tension controlled sections) راجع البند (4/3-7) من الباب السابع من المدونة) = 0.90

ب- انضغاط محوري او انضغاط محوري مع انحناء (المقاطع التي يتحكم فيها فشل الانضغاط (compression controlled sections) :

1. عناصر مسلحة حلزونياً طبقاً للفقرة (4-1/9/5) من هذه المدونة = 0.75

2. عناصر مسلحة أخرى = 0.65

راجع البند (4/3-7) من الباب السابع من هذه المدونة.

في الحالات التي تكون فيها قيم الانضغاط المحوري قليلة، يمكن زيادة قيم معامل تقليل المقاومة (ϕ) طبقاً لما يأتي:

أ- في المناطق التي يتراوح فيها انفعال الشد الصافي في حديد تسليح الشد الابعد (عند حدود المقاومة الاسمية)، بين قيمته لحالة المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالانضغاط وقيمه لحالة المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالشد، يسمح بزيادة قيمة معامل تقليل المقاومة (ϕ) بشكل خطي من تلك التي تخص المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالانضغاط المذكور انفاً الى (0.9) مع زيادة انفعال الشد من حده الى حالة المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالشد والبالغ (0.005).

ب- كبديل اخر لما ورد في (أ) وفي حالة استعمال الملحق (ب) من هذه المدونة يمكن استعمال ما يأتي:

1. في العناصر التي لا تزيد فيها قيمة (f_y) على (420 نت/مم²) وذات التسليح المتناظر والتي تكون فيها قيمة $\frac{d-d'}{h}$ لا تقل عن (0.70)، يمكن زيادة قيمة معامل تقليل المقاومة (ϕ) خطياً الى (0.90) عندما تتناقص قيمة ($P_n \phi$) من ($0.10 f'_c A_g$) الى الصفر.

حيث ان:

h: السمك الكلي للعنصر، مم.

d': المسافة من الليف الأبعد المضغوط الى مركز تسليح الانضغاط، مم.

d_s: المسافة من الليف الأبعد المشدود الى مركز تسليح الشد، مم.

P_n: المقاومة الاسمية للحمل المحوري عند لا مركزية (eccentricity) معينة، نت.

f'_c: مقاومة الانضغاط المميزة للخرسانة، نت/مم².

A_g: المساحة الإجمالية للمقطع، مم².

2. في العناصر الخرسانية المسلحة الأخرى، يمكن زيادة قيمة معامل تقليل المقاومة (ϕ) خطياً الى (0.90) عندما تتناقص قيمة ($P_n \phi$) عن ($0.10 f'_c A_g$) او ($P_b \phi$) ايهما اصغر الى الصفر. حيث ان (p_b) هي المقاومة الاسمية للحمل المحوري عند حالات الانفعال المتوازنة (balanced strain conditions)، بالنيوتن.

ج-3/2/3 القص واللي=0.75

ج-4/2/3 القوى المسندية (bearing) على الخرسانة (ما عدا مناطق تثبيت الاجهاد اللاحق) =0.65

ج-5/2/3 أنموذج دعائم الشد والانضغاط ومناطق العقد الخاصة بها والتحميل المباشر ووجه العقد و مساحات الاسناد لهذه النماذج بموجب الملحق (أ) = 0.75.

المراجع:

- [1] “*Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE/ SEI7-05)*” ASCE, Reston, VA, 2005.
- [2] “*International Building Codes*”, International Codes Council, Falls Church, VA, 2006.
- [3] “*BOCA National Building Code*,” 12th Edition, Building Officials and Code Administration International Inc. Country Club Hills, IL, 1993, 357, pp.

الملحق (د)

المصطلحات الفنية مرتبة بحسب الحروف الانكليزية

Accelerated curing	معالجة معجلة
Across interface	عبر السطوح البينية
Adequate performance	أداء ملائم
Adequate stiffness	جساءة كافية
Admixtures	مضافات
Aggregates	ركام
Air-entrained	مقصودة الهواء
Air-entraining admixtures	مضافات الهواء المقصود
Alternative Design of Slender Walls	تصميم الجدران النحيفة بالطريقة البديلة
Anchor bolt	مسمار تثبيت ملولب
Anchorage	تثبيت
Anchored shear	قص مثبت
Anchors	قضبان التثبيت
Arch action	فعل القوس
Arithmetic average	معدل حسابي
Arrangement of Live Load	تنسيق (ترتيب) الأحمال الحية
Auxiliary members	عناصر مساعدة
Average splitting tensile strength	معدل مقاومة الانشطار بالشد
Axial load	حمل محوري
Axially loaded members supporting slab systems	عناصر محملة محوريا سائدة لأنظمة البلاطات
Balanced strain conditions	حالات الانفعال المتوازنة
Band width	عرض الشريحة
Bars	قضبان

Batch mixers	خلاطات وجبات
Beams	عتبات
Beams and columns	عتبات وأعمدة
Bearing Forces	قوى اسناد التحميل
Bearing area	مساحات أسناد التحميل
Bearing on concrete	أسناد التحميل على الخرسانة
Bearing strength	مقاومة أسناد التحميل
Bending	الأنحاء (الثني)
Bending Moments in Column Strips	عزوم الأنحاء في شرائح الأعمدة الجانبية
Bending Moments in Middle Strips	عزوم الأنحاء في الشرائح الوسطية
Bent bars	حديد التسليح المحني
Bent portion	جزء منحني
Bins	حاويات
Blended hydraulic cements	خلاطات السمنت الهيدروليكي
Both ends Continuous	مستمر من الطرفين
Bottle-shaped strut	دعامة انضغاط على هيئة قنينة
Bottom bars	تسليح الطبقة السفلى
Braced against sidesway	عناصر الأنضغاط مدعمة لمقاومة الانحراف الجانبي
Braced walls	جدران مدعمة
Bracket	كتيفة
B-region	المنطقة ب
Buckling	انبعاج
Bundled bars	حزم القضبان
Butt welding	اللحام التخالفي
Buttresses	دعامات
Calcium chloride	كلوريد الكالسيوم

Calculation of factored torsional moment	حساب عزم اللي المعامل
Cantilever	ناتئة
Carbon steel	فولاذ الكربون
Cast-in-place concrete	خرسانة مصبوبة موقعا
Cementitious materials	مواد سمنتية
Center to center distance	مسافة مركزية
Centerline	خط مركزي
Centroidal axis	محور مركز الثقل
Circular ties	رباطات دائرية
Class A	صنف ا
Class B	صنف ب
Closed cage	هيكل حديدي مغلق
Closed stirrups	أطواق مغلقة
Closed ties	رباطات مستعرضة مغلقة
Code notation	مصطلحات المدونة
Cold weather requirements	متطلبات الصب في الطقس البارد
Column capital	تاج العمود
Column centerline	الخط المركزي لمحاور الأعمدة
Column face	وجه العمود
Column offset	مسافة تزحيف مراكز الأعمدة
Column strip	الشريحة الجانبية عند محاور الأعمدة او الجدران
Combined	مشتركة
Combined Footings and Mats	الأسس المشتركة والأسس الحصيرية
Composite compression members	عناصر الأنضغاط المركبة
Composite concrete flexural members	عناصر خرسانية مركبة تحت تأثير الانحناء

Compression control	أنضغاط مسيطر
Compression Reinforcement	تسليح أنضغاط
Compression strut	دعامة أنضغاط
Concentrated gravity loads	أحمال الجاذبية المركزة
Concentrated load	حمل مركز
Concentric contact	تماس مركزي
Concrete Exposed to Corrosive Environments	خرسانة معرضة الى بيئة تآكل
Concrete intentionally roughed	خرسانة ذات سطح مخشن بشكل مقصود
Concrete Protection for Reinforcement	حماية الخرسانة لحديد التسليح
Concrete Quality, Mixing and Placing	نوعية وخط ووضخ الخرسانة
Confining reinforcement	حديد تسليح حاصر
Connections	مناطق الأتصال
Consistency	قوام متجانس
Construction joints	مفاصل أنشائية
Construction requirements	متطلبات التشييد
Continuous	مستمرة
Contraction joints	مفاصل الأنكماش
Control of deflections	السيطرة على الأنحرافات
Conveying of fresh concrete	نقل الخرسانة الطرية
Corbels	الطنف
Core tests	فحوص اللباب
Cast monolithically with the slab	عناصر مصبوبة سوية مع البلاطة
Cracked section	مقطع متشقق
Cracking	تشقق
Critical sections	مقاطع حرجة
Curing	معالجة الخرسانة (الاماهة)
Dead load	حمل ميت

Deep beams	عتبات عميقة
Definitions	تعريف
Deflection	انحراف
Deflections limits	حدود الانحراف
Deformations	تشوهات
Deformed reinforcement	تسليح محزز
Depositing of fresh concrete	صب الخرسانة الطرية
Depth-span ratio	نسبة العمق الى طول الفضاء
Design and analysis	تحليل وتصميم
Design assumptions	فرضيات التصميم
Design Dimensions for Compression Members	الأبعاد التصميمية لعناصر الأنضغاط
Design for Torsion	التصميم لعزم اللي
Design method	طرق التصميم
Design of formwork	تصميم القوالب
Design of shear reinforcement	تصميم حديد تسليح القص
Design of shear reinforcement for walls	تصميم حديد تسليح القص للجدران
Design of two way slabs by method of moment coefficients	تصميم البلاطات العاملة باتجاهين بطريقة معاملات العزوم
Design procedures	مناهج التصميم
Design Provisions for brackets and corbels	اشتراطات تصميم بالكثائف والطنف
Design requirement for slabs and footings	المتطلبات التصميمية للبلاطات والأسس
Design requirement for walls	المتطلبات التصميمية الخاصة بالجدران
Design strength	مقاومة تصميمية
Design strength for reinforcement	المقاومة التصميمية لحديد التسليح
Design strength of materials	مقاومة تصميمية للمواد
Details of reinforcement	تفاصيل حديد التسليح

Details of reinforcement in slab system without Beams	تفاصيل حديد التسليح في انظمة البلاطات غير الحاوية على عتبات
Details of torsional reinforcement	تفاصيل حديد تسليح اللي
Development and splices of reinforcement	أطوال التثبيت والتوصيل لقضبان التسليح
Development length	طول التثبيت
Development of bundled bars	أطوال التثبيت لحزم القضبان
Development of deformed bars and deformed wires in Tension	أطوال التثبيت لقضبان تسليح الشد المحرز وأسلاك الشد المحززة
Development of deformed bars or wires in compression	أطوال التثبيت للقضبان او أسلاك التسليح المحززة في الانضغاط
Reinforcement development of flexural	أطوال التثبيت لقضبان تسليح الأنحاء
Development of headed mechanically anchored deformed bars in tension	أطوال التثبيت للقضبان ذات الرؤوس والقضبان المحززة المثبتة ميكانيكيا في الشد
Development of negative moment reinforcement	أطوال التثبيت لحديد تسليح الأنحاء السالب
Development of positive moment reinforcement	أطوال التثبيت لحديد تسليح الانحاء الموجب
Development of reinforcement in footings	أطوال تثبيت حديد تسليح الأسس
Development of standard hooks in tension	أطوال التثبيت للعكفات القياسية في الشد
Development of web reinforcement	أطوال التثبيت لحديد تسليح الوتر
Development of welded wire reinforcement in Tension	أطوال التثبيت لشبكات أسلاك التسليح المحززة الملحومة في الشد
Diagonal	وتر
Direct design method	طريقة التصميم المباشر
Discontinuity	عدم الاستمرارية
Discontinuous edges	حافات غير مستمرة
Distance between lateral supports of flexural members	المسافة بين المساند الجانبية لعناصر الانحاء
Distribution of flexural reinforcement in beams	توزيع تسليح الانحاء في العتبات والبلاطات

and one-way slabs	العاملة باتجاه واحد
Double curvature	تقوس مزدوج
Dowels	اوتاد
Drawings and specifications	مرتسمات ومواصفات
D-region	منطقة د
Drop panel	لوح متدلي
Strand ducts	قنوات حفظ الجداول
Durability requirement	متطلبات الديمومة
Eccentric loads	احمال لامركزية
Eccentricity	لا مركزية
Eccentricity of shear	لامركزية القص
Edge beams	عتبات طرفية
Edge column	عمود طرفي
Edge of bearing area	حافة منطقة التحميل
Edge strip	شرائح جانبية
Edge walls	جدران طرفية
Effective stiffness	جساءة فعالة
Elastic analysis	تحليل مرن
Elastic second order analysis	التحليل المرن من الدرجة الثانية
Elastic section modulus	معامل المقطع المرن
Electrolytic action	فعل الكتروليتي
Embedment hooks	عققات التثبيت
Embedded parts in concrete	الاجزاء المطمورة في الخرسانة
Empirical design method	طريقة التصميم الوضعية
End regions	مناطق طرفية
End spans	فضاءات طرفية

End-bearing splices in columns	وصلات التحميل الطرفية في الاعمدة
Equilibrium	توازن
Equilibrium torque	عزم اللي لغرض التوازن
Equivalent uniform loads	أحمال مكافئة موزعة بشكل منتظم
Excessive bleeding	نضح مفرط
Expansive cement	سمنت تمددي
Expansive hydraulic cement	سمنت تمددي هيدروليكي
Experimental analysis	تحليل تجريبي
Exposure categories and classes	فئات التعرض و انواعها
Extended nodal zone	امتداد منطقة العقدة
Exterior basement walls	جدران الاقبية الخارجية
Exterior walls	جدران خارجية
External concrete	خرسانة خارجية
Extreme compression fiber	ليف الانضغاط الاقصى
Extremes fiber	ليف اقصى
Factored axial force	قوة محورية معاملة
Factored bearing force	قوة التحميل المعاملة
Factored load	احمال معاملة
Factored Moment in Column Strips	عزوم معاملة في الشرائح الجانبية
Factored Moment in Middle Strips	عزوم معاملة في الشرائح الوسطية
Factored moments in beams	عزوم معاملة في العتبات
Factored moments in columns and walls	عزوم معاملة في الاعمدة والجدران
Factored shear forces in slab system with beams	قوى القص المعاملة في انظمة البلاطات الحاوية على عتبات
Fan	مروحة
Field	حقل
Field acceptance of concrete	قبول الخرسانة في الحقل

Field curing	معالجة حقلية
Field-cured specimens	نماذج معالجة حقلية
Fire protection	حماية من الحريق
Fixed	مقيدة
Flange	شفة
Flat roofs	سقوف مستوية
Flat slabs	بلاطات بدون عتبات (مسطحة)
Flexural strength	مقاومة الانحناء
Flexure	انحناء
Flexure and axial loads	انحناء واحمال محورية
Floors	ارضيات
Fly ash and natural pozzolan	رماد متطاير والبوزلانا الطبيعية
Folded plates	صفائح مطوية
Footings	أسس
Footings supporting circular or regular Polygon-shaped columns or pedestal	اسس سائدة لأعمدة وقواعد ذات مقاطع دائرية او ذات مقاطع بشكل مضلعات منتظمة
Formworks	القوالب
Embedment	الاجزاء المغمورة
Foundations	أسس
Frames analysis	تحليل الهياكل
Fully composite construction	منشآت مركبة بشكل تام
Future extensions	اضافات مستقبلية
General principles and requirements	متطلبات ومبادئ عامة
General requirement for analysis and design	متطلبات عامة للتحليل والتصميم
Geometric compatibility	التوافق الهندسي
Girders	روافد

Grade beams	عتبات ارضية
Gravity loads	احمال الجاذبية
Gross area	مساحة اجمالية
Gross cross section	مقطع اجمالي
Ground-granulated blast-furnace slag	حبيبات خبث الافران المطحونة
Headed deformed bar	قضيب حديد التسليح محرز الراس
Headed deformed bars	قضبان محرزة ذات رؤوس
Headed studs	أوتاد ذوات رؤوس
High-early strength	مقاومة عالية مبكرة
Hollow core units	وحدات مجوفة
Hollow sections	مقاطع مجوفة
Homogeneous	متجانسة
Honeycombs	فراغات بين مكونات الخرسانة
Hook	عكفة
Horizontal shear	قص افقي
Horizontal shear strength	مقاومة القص الافقي
Hot weather requirements	متطلبات الصب في الطقس الحار
Hydraulic cement	سمنت هيدروليكي
Hydrostatic nodes	عقد هيدروستاتيكية
Impact effects	تأثيرات الصدم
Individual bar	القضيب المنفرد
Individual pier	دعامة مفردة
Inelastic analysis	تحليل غيرمرن
Inelastic moment redistribution	اعادة التوزيع غير المرن للعزوم
Inflection point	نقطة الانقلاب
Input	مدخلات
Instability	لاستقرارية

Integral	تكامل
Integral structural parts	اجزاء المنشأ التي تكمل بعضها بعضاً"
Interconnected elements	اجزاء العناصر المترابطة
Interface	سطح بيني
Interlocking spirals	حلزونات متداخلة
Isolated compression member	عنصر انضغاط منفردة
Isolated	معزولة
Isolated flanged members	عناصر مجنحة معزولة
Isolated foundations	اسس مفردة
Isolation joints	مفاصل العزل
Isotropic	متماثلة في جميع الاتجاهات
Items	مفردات
Joints	مفاصل
Joist	روافد ثانوية
Joist construction	تشبيد الروافد
Laitance	غشاء الخرسانة او القشرة السمنتية
Lap splices	وصلات التراكب
Lap Splices in Columns	وصلات التراكب في الاعمدة
Lateral buckling	الانبعاج الجانبي
Lateral loads	احمال جانبية
Lateral reinforcement for flexural members	تسليح مستعرض لعناصر الانحناء
Lateral ties	رباطات مستعرضة
Lateral translation	ازاحة جانبية
Lifting collar	حلقة الرفع
Light weight concrete	خرسانة خفيفة الوزن
Limitations	تحديدات او حدود التطبيق

Limits for reinforcement of compression members	حدود التسليح لعناصر الانضغاط
Linear interpolation	تناسب خطي
Linearly elastic	مرنة خطياً
Live load	حمل حي
Load combinations	تجميعات الاحمال
Loaded area	مساحة محملة
Loading	احمال
Loads and reactions	احمال وردود الافعال
Longitudinal bent reinforcement	حديد التسليح الطولي المنحني
Longitudinal skin reinforcement	تسليح طولي سطحي
Low-alloy steel	فولاذ منخفض السبيكة
Masonry filler units	وحدات البناء المائلة
Masonry wall	جدران البناء
Mass concrete	خرسانة كتلية
Materials and durability requirements	المواد ومتطلبات الديمومة
Mechanical and welded splices	وصلات ميكانيكية ووصلات ملحومة
Mechanical connectors	توصيلات ميكانيكية
Mechanical devices	آلات ميكانيكية
Mechanical or welded splices	وصلات ميكانيكية او ملحومة
Mechanical or welded splices in columns	وصلات ميكانيكية او وصلات ملحومة في الأعمدة
Members cast monolithically	عناصر مصبوبة سوية
Membrane cracking	تشققات غشائية
Membrane forces	قوى غشائية
Methods of analysis	طرق التحليل
Middle strips	شرائح وسطية
Mill scale	صدا او قشور ناتجة من الدلفنة في الصنع

Minimum area of shear reinforcement	المساحة الأقل لحديد تسليح القص
Minimum bend diameters	الاقطار الأقل للحنى
Minimum effective footing depth	العمق الفعال الأقل للاساس
Minimum reinforcement	الحدود الأقل لحديد التسليح
Minimum reinforcement of flexural members	التسليح الأقل لعناصر الانحناء
Minimum specified strength	الحد الادنى للمقاومة المميزة
Minimum thickness of walls designed by empirical design method	السك الادنى للجدران المصممة بالطريقة التجريبية
Minimum torsion reinforcement	المساحة الأقل لحديد تسليح اللي
Mixer	حاوية الخلط
Mixing	خلط
Model	انموذج
Modulus of elasticity	معامل المرونة
Modulus of rupture	معامل الكسر (التصدع)
Moment magnification	تضخيم العزوم
Moment magnification procedure	طريقة تضخيم العزوم
Moment magnification procedure- nonsway case	طريقة تضخيم العزم- الحالة المدعمة
Moment magnification procedure-sway case	طريقة تضخيم العزوم- الحالة غيرالمدعمة
Moments in footings	العزوم في الاسس
Monolithic casting	مصبوبة سوية
Multiplier	مضاعف
Negative and positive factored moments	عزوم معاملة سالبة وموجبة
Negative moment reinforcement	حديد التسليح لمقاومة العزم السالب
Net tensile strain	انفعال الشد الصافي
Net tension	الشد الصافي
Nodal zone	منطقة العقدة

Node	عقدة
Nominal shear strength	مقاومة القص الاسمية
Nominal strength	مقاومة اسمية
Non-bearing walls	جدران غير حاملة
Noncontact	غير متلامس
Nonlinear second-order analysis	تحليل لاخطي من الدرجة الثانية
Nonprestressed	غير سابق الاجهاد
Normal weight concrete	خرسانة عادية الوزن
Not braced against sidesway	غير مدعمة جانبيا لمقاومة الانحراف الجانبي
Not built integrally with supports	عناصر غير مصبوبة سوية مع المساند
Numerical	عددي
Offset bars	قضبان مزاحة
One end Continuous	مستمر من طرف واحد
One way shear	القص العامل باتجاه واحد
One way shear action	القص الذي يؤثر في اتجاه واحد
One-way Construction	منشآت عاملة باتجاه واحد
Openings	فتحات
Openings boundaries	حدود الفتحات
Openings in slabs	الفتحات في البلاطات
Openings in slabs Systems	الفتحات في أنظمة البلاطات
Out of plane deflection	انحراف خارج مستوى العنصر
Out of plane lateral load wall	احمال جانبية واقعة خارج مستوى الجدار
Over hang	جزء متدلٍ
Overhanging flange	شفة متدلّية
Overlap	تداخل
Panel	لوح
Pedestals	قواعد

Peripheral line	خط محيطي
Pier	دعامة
Piles	ركائز
Placing of reinforcement	وضع وتثبيت حديد التسليح
Plain reinforcement	تسليح املس
Plane of splitting	مستوي الانفلاق
Plane sections	مقاطع مستوية
Portland cement	سمنت بورتلاندي
Possion's ratio	نسبة بواسون
Potential	كامن
Preparation of equipment and place of deposit	تهيئة آلات وعدد صب الخرسانة
Principal tensile member force	قوة الشد الغشائية الرئيسية السطحية
Prismatic	موشورية
Proximity	متطلبات التقارب
Pyramid	هرم
Rafts	الاسس الحصيرية
Rail steel and axle steel	فولاذ سكك الحديد وفولاذ المحاور
Transfer of moment in sab-column connection	انتقال العزوم في مناطق اتصال البلاطات مع الاعمدة
Ready mix concrete	الخرسانة الجاهزة
Realistic assessments	تقديرات واقعية
Redistribution of moments in continuous Nonprestressed flexural members	اعادة توزيع العزوم في عناصر الانحناء المستمرة غير سابقة الاجهاد
Reinforcement details for columns	تفاصيل حديد التسليح للاعمدة
Removal of forms	رفع القوالب
Removal of Shoring and Reshoring	رفع المساند واعادة الاسناد

Required strength	مقاومة مطلوبة
Requirements for structural integrity	متطلبات التكامل الانشائي
Restrained against rotation	مقيدة الدوران
Reversal moments	عزوم انحناء معاكسة
Ribbed shells	قشريات مضلعة
Ribbed slabs	بلاطات مضلعة
Ribs	اضلاع
Rigid frames	عناصر الهياكل الجاسئة
Roofs	سقوف
Samples	عينات
Scope	مجال
Separate dowels	قضبان منفصلة
Serviceability conditions	متطلبات التشغيل
Shear	قص
Shear and Torsion	القص واللي
Shear cap	قبعة القص
Shear flow	جريان القص
Shear friction method	طريقة احتكاك القص
Shear head arms	اذرعة راس القص
Shear in footings	القص في الاسس
Shear in plain concrete footings	القص في اسس الخرسانة العادية
Shear strength	مقاومة القص
Shear strength provided by concrete	مقاومة القص الموجودة لدى الخرسانة
Shear strength provided by shear reinforcement	مقاومة القص الموجودة لدى حديد تسليح
Shear stud reinforcement	القص
Shear transfer	اوتاد تسليح القص
	انتقال القص

Shear-friction design method	التصميم بطريقة احتكاك القص
Shear friction provisions	متطلبات القص الاحتكاكي
Shell boundaries	حدود العنصر قشري
Shell reinforcement	تسليح القشريات
Shells and folded plate members	القشريات وعناصر الصفائح المطوية
Shift slab	بلاطات مرفوعة
Shoring	تدعيم
Shrinkage and temperature reinforcement	تسليح الانكماش والحرارة
Shrinkage compensating concrete	تمدد الخرسانة المعادلة للانكماش
Silica fume	غبار السيلكا
Simple support	مسند بسيط
Single curvature	الانحناء بتقوس مفرد
Slab on grade	بلاطات مستندة مباشرة الى الارض
Slab panel	لوح البلاطة
Slab system	انظمة البلاطات
Slab-reinforcement	تسليح البلاطات
Slabs supported by edge beams	بلاطات مستندة الى عتبات طرفية
Slenderness effects in compression members	تأثيرات النحافة في عناصر الانضغاط
Sloped or stepped footings	اسس مائلة او مدرجة
Solid sections	مقاطع صلدة
Solid slabs	بلاطات صلدة
Solid walls	جدران صلدة
Spacing limitation	متطلبات حدود التباعد
Spacing limits for reinforcement	حدود مسافات التباعد لحديد التسليح
Spacing limits for shear reinforcement	حدود مسافات التباعد لحديد تسليح القص
Spacing of torsion reinforcement	مسافات التباعد لحديد تسليح اللي

Spalling	تشظير
Span length	طول الفضاء
Spandrel beam	عتبة محيطية
Special devices	أجهزة خاصة
Spiral	حلزوني
Spiral and tied compression members	اعضاء الانضغاط المحلزنة او المطوقة
Spiral reinforcement	تسليح حلزوني
Spiral reinforcement around structural steel core	التسليح المحلزن حول لب المقطع الفولاذي الانشائي
Splice length	طول الوصلة
Splice requirements for columns	متطلبات الوصلات في الاعمدة
Splices of deformed bars and deformed wires in tension	وصلات قضبان التسليح او اسلاك التسليح المحلزنة في الشد
Splices of deformed bars in compression	وصلات قضبان التسليح المحلزنة في الانضغاط
Splices of deformed plain wire reinforcement in tension	وصلات شبكات اسلاك اللحام المحلزنة في الشد
Splices of welded deformed wire reinforcement in tension	وصلات التراكب لشبكات الاسلاك المحلزنة الملحومة في الشد
Splices of welded plain wire reinforcement in tension	وصلات شبكات الاسلاك الملساء الملحومة في الشد
Square cut	قطع بشكل قائم
Staggered	تتعاقب
Stainless steel	فولاذ مقاوم للصدأ
Standard hooks	عققات قياسية
Standard-cured specimens	نماذج معالجة قياسية
Stands	جدائل

Static equilibrium	توازن ساكن
Statically indeterminate structures	منشآت غير محددة ستاتيكا
Steel base plate	صفحة فولاذية عند القاعدة
Steel reinforcement	حديد التسليح
Stiffness	جساءة
Stiffness ratios	نسب الجساءة
Stirrups	اطواق
Storage of materials	خزن المواد
Straight	مستقيم
Straight portion	جزء مستقيم
Strength and serviceability requirements	متطلبات المقاومة والتشغيل
Strength design method	تصميم باستخدام طريقة المقاومة
Strength of nodal zone	مقاومة منطقة العقد
Strength of struts	مقاومة دعائم الانضغاط
Strength of Ties	مقاومة دعائم الشد
Strength test	فحص المقاومة
Stress reversals	اجهادات متعاكسة
Structural integrity	تكامل انشائي
Structural plain concrete	خرسانة عادية انشائية
Structural steel	مقاطع حديدية انشائية
Structural steel encased concrete core	لب الخرسانة المحصور داخل الفولاذ الانشائي
Strut and tie model	انموذج دعائم الشد والانضغاط
Strut and tie model design procedure	نهج (نظام) تصميم انموذج دعائم الشد والانضغاط
Studs	الاوتاد ذوات الرؤوس

Sufficient strength	مقاومة كافية
Support centerline	مركز خط الاسناد
Supporting surface area	مساحة مستوي الاسناد
Surface conditions of reinforcement	مظهر سطح حديد التسليح
Tapered wedge	اسفين مخروطي
T-beam	عتبة مجنحة
T-beam construction	تشبيد العتبات المجنحة
Tendons	اوتار
Tension controlled	الشد المسيطر
Tension flanges	شفة معرضة للشد
Tension members	عناصر الشد
Tension splice	وصلات الشد
Tests of Materials	فحوص المواد
Thin shells members	عناصر قشرية رقيقة
Thin web	وترة نحيفة
Three consecutive strength test	ثلاثة فحوص متعاقبة
Threshold torsion	عزم اللي الاستهلاكي
Tie	رباط
Tie force	قوة دعامة الشد
Tie Reinforcement around Structural Steel Core	تسليح الرباطات حول لب المقطع الفولاذي الانشائي
Ties	دعامات الشد
Ties for horizontal shear	رباطات القص الافقي
Torsion	لي
Torsional moment strength	مقاومة عزوم اللي
Total factored static moment for a span	العزم الساكن المعامل الكلي في الفضاء
Total untopped depth	عمق كلي غير مغطى

Transfer of Moments to Column	انتقال العزوم الى الاعمدة
Transfer of Force at Base of Columns ,Walls , or Reinforced Pedestals	انتقال القوة عند قواعد الاعمدة والجدران والدعامات المسلحة
Transmission of Columns Loads through Floor Systems	انتقال احمال الاعمدة خلال انظمة الارضيات
Truss model	انموذج مسنم
Two way shear action	القص العامل باتجاهين
Two-way slab systems	انظمة البلاطات العاملة باتجاهين
Types of Shear Reinforcement	انواع حديد تسليح القص
Unbalanced moment	عزم غير متوازن
Unbraced walls	جدران غير مسندة
Unfactored forces	قوى غير معاملة
Uniform distributed load	احمال موزعة بشكل منتظم
Unsupported length	طول غير مسند
Unsupported length	طول غير مسند
Usual methods	طرائق اعتيادية
Vertical shear strength	مقاومة القص الشاقولي
Voids	فجوات
Wall panel	لوح الجدار
Walls	جدران
Walls as grade beams	جدران تعامل كعتبات ارضية
Walls designed as compression members	جدران تصمم كعناصر انضغاط
Water	ماء
Water retaining structures	منشآت خزانات المياه
Watertight	مانعة لنفاذ الماء
Web	وترة
Web width	عرض الوتره

Welded deformed wire reinforcement

شبيكات اسلاك التسليح المحززة الملحومة

Welded wire reinforcement

شبيكات اسلاك التسليح الملحومة

Wires

اسلاك

Slabs with drop panels

بلاطات تشتمل على الواح متدلّية

Slabs without drop panels

بلاطات بدون الواح متدلّية

Workability

قابليته تشغيل

Working design method

طريقة اجهاد التشغيل

Yield stress

اجهاد الخضوع

الملحق (هـ)

المصطلحات الفنية المرتبة بحسب الحروف الهجائية العربية

Interconnected elements	اجزاء العناصر المترابطة
Integral structural parts	اجزاء المنشأ التي تكمل بعضها بعضاً"
Yield stress	اجهاد الخضوع
Stress reversals	اجهادات متعاكسة
Special devices	اجهزة خاصة
Mechanical devices	اجهزة ميكانيكية
Loading	احمال
Gravity loads	احمال الجاذبية
Lateral loads	احمال جانبية
Out of plane lateral load wall	احمال جانبية واقعة خارج مستوي الجدار
Concentrated gravity loads	احمال الجاذبية المركزة
Eccentric loads	احمال لامركزية
Axial loads	احمال محورية
Factored loads	احمال معاملة
Equivalent uniform loads	احمال مكافئة موزعة بشكل منتظم
Uniform distributed load	احمال موزعة بشكل منتظم
Loads and reactions	احمال وردود الافعال
Adequate performance	أداء ملائم
Shear head arms	اذرعة راس القص
Unsupported length	ارتفاع غير مسند
Floors	ارضيات
Lateral translation	ازاحة جانبية
Separate dowels	اوتاد منفصلة
Footings	أسس

Foundations	أسس
Footings supporting circular or regular polygon-shaped columns or pedestal	أسس سائدة لاعمدة وقواعد ذات مقاطع دائرية او مقاطع ذات مضلعات منتظمة
Sloped or stepped footings	اسس مائلة او مدرجة
Isolated foundations	اسس مفردة
Tapered wedge	اسفين مخروطي
Wires	اسلاك
Simply supported	اسناد بسيط
Bearing on concrete	اسناد (التحميل) على الخرسانة
Future extensions	اضافات مستقبلية
Ribs	اضلاع
Stirrups	اطواق
Closed stirrups	اطواق مغلقة
Development of negative moment reinforcement	اطوال التثبيت لحديد تسليح الانحناء السالب
Development of positive moment reinforcement	اطوال التثبيت لحديد تسليح الانحناء الموجب
Development of web reinforcement	اطوال التثبيت لحديد تسليح الوتر
Development of bundled bars	اطوال التثبيت لحزم القضبان
Development of welded wire reinforcement in tension	اطوال التثبيت لشبكات اسلاك التسليح الملحومة في الشد
Development of deformed bars or wires in compression	اطوال التثبيت لقضبان او اسلاك تسليح الانضغاط المحرز
Development of deformed bars and deformed wires in Tension	اطول التثبيت لقضبان تسليح الشد المحرز واسلاك الشد المحرزة
Development of standard hooks in tension	اطوال التثبيت للعققات القياسية في الشد
Development of headed mechanically anchored deformed bars in tension	اطوال التثبيت في الشد للقضبان ذات الرؤوس والقضبان المحرزة المثبتة ميكانيكياً

Development and splices of reinforcement	اطوال التثبيت ووصلات قضبان التسليح
Development of reinforcement in footings	اطوال تثبيت حديد التسليح في الاسس
Inelastic moment redistribution	اعادة التوزيع غير المرن لعزوم البلاطة
Redistribution of moments in slabs continuous nonprestressed flexural members	اعادة توزيع العزوم في عناصر الانحناء المستمرة غير سابقة الاجهاد
Spiral and tied compression members	اعضاء الانضغاط المحلزنة او المطوقة
Shells, folded plate members	اعضاء قشرية وصفائح مطوية
Brackets	اكتاف
Design dimensions for compression members	الابعاد التصميمية لعناصر الانضغاط
Geometric compatibility	التوافق الهندسي
Embedded parts in concrete	الأجزاء المغمورة في الخرسانة
Eccentricity of shear	الاختلاف اللامركزي للقص
Rafts	الأسس الحصيرية
Combined footings and mats	الأسس المشتركة والاسس الحصيرية
Columns	الاعمدة
Minimum bend diameters	الاقطار الأقل للحنى
Serviceability	التشغيل
Minimum specified strength	الحد الأقل للمقاومة المميزة
Minimum reinforcement	الحدود الأقل لحديد التسليح
Column centerline	الخط المركزي لمحاور الاعمدة
Minimum thickness of walls designed by empirical design method	السك الأقل للجدران المصممة بالطريقة التجريبية
Net tension	الشد الصافي
Tension controlled	الشد المسيطر
Class A	الصف ا
Class B	الصف ب
Corbels	الطنف

Openings in slabs systems	الفتحات في انظمة البلاطات
One way shear action	القص عامل في اتجاه واحد
Two way shear action	القص عامل في اتجاهين
Formwork	القوالب
Design requirement for walls	المتطلبات التصميمية الخاصة بالجدران
Design requirement for slabs and footings	المتطلبات التصميمية للبلاطات والاسس
Minimum torsion reinforcement	المساحة الأقل لحديد تسليح اللي
Center to center distance	المسافة من المركز الى المركز
Extended nodal zone	امتداد منطقة العقدة
Construction joints	المفاصل الانشائية
Buckling	انبعاج
Transmission of columns loads through floor systems	انتقال احمال الاعمدة خلال انظمة الارضيات
Transfer of moments to column	انتقال العزوم الى الاعمدة
Transfer of moment in slab-column connection	انتقال العزوم في مناطق اتصال البلاطات مع الاعمدة
Shear transfer	انتقال القص
Transfer of force at base of columns ,walls , or reinforced pedestals	انتقال القوة عند قواعد الاعمدة والجدران والدعامات المسلحة
Deflection	انحراف
Out of plane deflection	انحراف خارج مستوى العنصر
Flexure	انحناء
Flexure and axial loads	انحناء واحمال محورية
Compression control	انضغاط مسيطر
Two-way slab systems	انظمة البلاطات باتجاهين
Net tensile strain	انفعال الشد الصافي
Model	انموذج
Truss model	انموذج المسنم

Strut and tie model	انموذج دعامات الانضغاط و الشد
Dowels	اوتاد
Shear studs reinforcement	اوتاد تسليح القص
Separate dowels	اوتاد منفصلة
Tendons	اوتار
Headed studs	اوتاد ذوات رؤوس
Anchor bolt	مسمار ملولب
Slabs	بلاطات
Slabs without drop panels	بلاطات بدون الواح متدلّية
Flat slabs	بلاطات مسطحة بدون عتبات
Slabs with drop panels	بلاطات تشتمل على الواح متدلّية
Solid slabs	بلاطات صلدة
Two-way slab constructions	بلاطات عاملة باتجاهين
Lift slab	بلاطات مرفوعة
Slab on grade	بلاطات مستندة مباشرة الى الارض
Ribbed slabs	بلاطات مضلعة
By flexure	بواسطة الانحناء
Lateral buckling	الانبعاج الجانبي
Column capital	تاج العمود
Slenderness effects in compression members	تأثيرات النحافة في عناصر الانضغاط
Staggered	تعاقب
Anchorage	تثبيت
Load combinations	تجميعات الاحمال
Limitations	تحديدات
Deflection limits	تحديدات الانحراف
Experimental analysis	التحليل التجريبي

Elastic second order analysis	التحليل المرن من الدرجة الثانية
Frames analysis	تحليل الهياكل
Inelastic analysis	تحليل غير مرن
Nonlinear second-order analysis	تحليل لاخطي من الدرجة الثانية
Elastic analysis	تحليل مرن
Design and analysis	تحليل وتصميم
Shoring	تدعيم
Minimum reinforcement of flexural members	تسليح الادنى لعناصر الانحناء
Compression reinforcement	تسليح الانضغاط
Shrinkage and temperature reinforcement	تسليح الانكماش و الحرارة
Slab-reinforcement	تسليح البلاطات
Tie reinforcement around structural steel core	تسليح الرباطات حول لب المقطع الفولاذي الانشائي
Bottom bars	تسليح الطبقة السفلى
Shell reinforcement	تسليح القشريات
Spiral reinforcement around structural steel core	التسليح المحازن حول لب المقطع الفولاذي الانشائي
Plain reinforcement	تسليح املس
Compression reinforcement	تسليح انضغاط
Spiral reinforcement	تسليح حلزوني
Longitudinal skin reinforcement	تسليح طولي سطحي
Deformed reinforcement	تسليح محرز
Lateral reinforcement for flexural members	تسليح مستعرض لعناصر الانحناء
Edge beams	عتبات طرفية
Spalling	تشظي
Cracking	تشقق
Membrane cracking	تشققات غشائية
Deformations	تشوهات
T-beam construction	تشبيد العتبات نوع T

Joist construction	تشبيد العوارض
Design of two way slabs by method of moment coefficients	تصميم البلاطات العاملة باتجاهين بطريقة معاملات العزوم
Alternative design of slender walls	تصميم الجدران النحيفة بالطريقة البديلة
Design of formwork	تصميم القوالب
Strength design method	تصميم باستخدام طريقة المقاومة
Shear-friction design method	تصميم بطريقة احتكاك القص
Design of shear reinforcement	تصميم حديد تسليح القص
Design of shear reinforcement for walls	تصميم حديد تسليح القص للجدران
Design for torsion	تصميم لعزم اللي
Definitions	تعاريف
Details of Reinforcement	تفاصيل حديد التسليح
Details of reinforcement in slab system without beams	تفاصيل حديد التسليح في انظمة البلاطات غير الحاوية على عتبات
Reinforced details for columns	تفاصيل حديد التسليح للاعمدة
Details of torsional reinforcement	تفاصيل حديد تسليح اللي
Realistic assessments	تقديرات واقعية
Double curvature	تقوس مزدوج
Single curvature	تقوس مفرد
Integral	تكامل
Structural integrity	تكامل انشائي
Moment magnification	تكبير العزوم
Spacing limitation	متطلبات حدود التباعد
Concentric contact	تماس مركزي
Shrinkage compensating concrete	تقلص الخرسانة المعادلة للانكماش
Linear interpolation	تناسب خطي

Arrangement of Line Load	تنسيق (ترتيب) الاحمال الحية
Preparation of Equipment and Place of Deposit	تهيئة آلات وعدد صب الخرسانة الطرية
Equilibrium	توازن
Static equilibrium	توازن ساكن
Distribution of Flexural Reinforcement in Beams and One-Way Slabs	توزيع تسليح الانحناء في العتبات والبلاطات العاملة باتجاه واحد
Mechanical connectors	توصيلات ميكانيكية
Capitals	تيجان
Three consecutive strength test	ثلاثة فحوص متعاقبة
Strands	جداول
Walls	جدران
Masonry wall	جدران البناء
Exterior walls	جدران خارجية
Cantilever retaining walls	جدران سائدة ناتئة
Solid walls	جدران صلدة
Edge walls	جدران طرفية
Non-bearing walls	جدران غير حاملة
Unbraced walls	جدران غير مسندة
Walls as grade beams	جدران تعامل كعتبات ارضية
Braced walls	جدران مسندة
Walls designed as compression members	جدران مصممة كعناصر انضغاط
Over hang	جزء متدل
Straight portion	جزء مستقيم
Bent portion	جزء منحنى
Stiffness	جساءة
Effective stiffness	جساءة فعالة
Adequate stiffness	جساءة كافية

Discontinuous edges	حافات غير مستمرة
Edge of bearing area	حافة منطقة التحميل
Balanced strain conditions	حالات الانفعال المتوازنة
Bins	حاويات
Mixer	حاوية الخلط (خلاطة)
Ground-granulated blast-furnace slag	حبيبات خبث الافران المطحونة
Spacing limits for reinforcement	حدود التباعد لحديد التسليح
Limits for reinforcement of compression members	حدود التسليح لعناصر الانضغاط
Openings boundaries	حدود الفتحات
Spacing limits for shear reinforcement	حدود مسافات التباعد لحديد تسليح القص
Steel reinforcement	حديد التسليح
Longitudinal bent reinforcement	حديد التسليح الطولي المنحني
Bent bars	حديد التسليح المنحني
Negative moment reinforcement	حديد التسليح لمقاومة العزم السالب
Types of shear reinforcement	انواع حديد تسليح القص
Confining reinforcement	حديد تسليح حاصر
Spirals	حديد تسليح حلزوني
Bundled bars	حزم القضبان
Calculation of Factored Torsional Moment	حساب عزم اللي المعامل
Field	حقل
Interlocking spirals	حلزونات متداخلة
Spiral	حلزوني
Lifting collar	حلقة الرفع
Concrete Protection for Reinforcement	حماية الخرسانة لحديد التسليح
Fire protection	حماية من الحريق
Live load	حمل حي غير معامل

Axial load	حمل محوري
Concentrated load	حمل مركز
Dead load	حمل ميت
Bar bending	حني القضبان
Bends	حنيات
Bend	حنية
External concrete	خرسانة خارجية
Light weight concrete	خرسانة خفيفة الوزن
Normal weight concrete	خرسانة اعتيادية الوزن
Structural plain concrete	خرسانة عادية انشائية
Mass concrete	خرسانة كتلية
Monolithic concrete	خرسانة مصبوبة بشكل موحد
Cast-in-place concrete	خرسانة مصبوبة موقعا
Concrete exposed to corrosive environments	خرسانة معرضة الى بيئة تآكل
Concrete intentionally roughed	خرسانة ذات سطح مخشن بشكل مقصود
Storage of materials	خزن المواد
Peripheral line	خط محيطي
Centerline	خط مركزي
Centerlines	خطوط مركزية
Blended hydraulic cements	خلائط السمنت الهيدروليكي
Batch mixers	خلاطات وجبات
Ready mix concrete	خرسانة جاهزة الخلط
Compression strut	دعامة انضغاط
Buttresses	دعامات
Compression struts	دعامات انضغاط
Pier	دعامة
Bottle-shaped strut	دعامة انضغاط على هيئة قنينة

Stud	الاوراد ذات الرؤوس
Ties for horizontal shear	رباطات القص الافقي
Lateral ties	رباطات مستعرضة
Circular ties	رباطات دائرية
Closed ties	رباطات مستعرضة مغلقة
Removal of forms	رفع القوالب
Removal of forms, shores and reshoring	رفع القوالب والمساند واعادة الاسناد
Removal of Shoring and Reshoring	رفع المساند واعادة الاسناد
Piles	ركائز
Aggregates	ركام
Girders	روافد
Exterior basement walls	جدران الاقبية الخارجية
Interface	سطح بيني
Slab systems	انظمة بلاطات
Roofs	سقوف
Flat roofs	سقوف مستوية
Wire	سلك
Portland cement	سمنت بورتلاندي
Expansive cement	سمنت تمديدي
Expansive hydraulic cement	سمنت تمديدي هيدروليكي
Hydraulic cement	سمنت هيدروليكي
Fly ash and natural pozzolan	رماد متطاير والبوزلانا الطبيعية
Control of deflections	السيطرة على الانحرافات
Welded deformed wire reinforcement	شبكات اسلاك التسليح المحززة الملحومة
Welded wire reinforcement	شبكات اسلاك التسليح الملحومة
Edge strip	شرائح جانبية

Middle strips	شرائح وسطية
Flange	شفة
Geometry	شكل هندسي
Depositing of fresh concrete	صب الخرسانة الطرية
Folded plates	صفائح مطوية
Steel base plate	صفيحة فولاذية
Steel base plate	صفيحة فولاذية عند القاعدة
Methods of analysis	طرائق التحليل
Design method	طرائق التصميم
Empirical design methods	طرائق التصميم التجريبية
Usual methods	طرائق اعتيادية
Shear friction method	طريقة احتكاك القص
Working design method	طريقة الاجهادات التشغيلية
Design method	طريقة التصميم
Direct design method	طريقة التصميم المباشر
Empirical design method	طريقة التصميم الوضعية
Moment magnification procedure- nonsway case	طريقة تكبير العزم-الحالة المدعمة
Moment magnification procedure	طريقة تكبير العزوم
Moment magnification procedure- sway case	طريقة تكبير العزوم- الحالة غير المدعمة
Development length	طول التثبيت
Span length	طول الفضاء
Splice length	طول الوصلة
Unsupported length	طول غير مسند
Exposure categories	ظروف التعرض
Across interface	عبر السطوح البينية
Beams	عتبات
Grade beams	عتبات ارضية

Spandrel beams	عتبات محيطية
Edge beams	عتبات طرفية
Deep beams	عتبات عميقة
Slabs supported by edge beams	بلاطات مسندة الى عتبات طرفية
Beams and columns	عتبات واعمدة
Spandrel beam	عتبة محيطية
T-beam	عتبة مجنحة
Numerical	عددية
Discontinuity	عدم الاستمرارية
Band width	عرض الشريحة
Overhanging flange	عرض الشفة المجنحة
Web width	عرض الوتره
Total factored static moment for a span	عزم الساكن المعامل الكلي في الفضاء
Centroidal axis	عزم القصور الذاتي حول محور مركز الثقل
Gross section	عزم القصور الذاتي للمقطع الخرساني الاجمالي
Threshold torsion	عزم اللي الاستهلاكي
Equilibrium torque	عزم اللي المطلوب للتوازن
Unbalanced moment	عزم غير متوازن
Bending moments in column strips	عزوم الانحناء في الشرائح الجانبية
Bending moments in middle strips	عزوم الانحناء في الشرائح الوسطية
Reversal moments	عزوم انحناء متعاكسة
Moments in footings	العزوم في الاسس
Negative and positive factored moments	عزوم معاملة سالبة وموجبة
Factored moments in columns and walls	عزوم معاملة في الاعمدة والجدران
Factored moment in middle strips	عزوم معاملة في الشرائح الوسطية
Factored moments in beams	عزوم معاملة في العتبات

Factored moment in column strips	عزوم معاملة في الشرائح الجانبية
Hydrostatic nodes	عقد هيدروستاتيكية
Node	عقدة
Embedment hooks	عققات التثبيت
Hooks	عققات شد
Standard hooks	عققات قياسية
Minimum effective footing depth	عمق الفعال الاقل للاساس
Edge column	عمود طرفي
Total untopped depth	عمق كلي غير مغطى
Composite compression members	عناصر الانضغاط المركبة
Isolated compression member	عنصر انضغاط منفرد
Tension members	عناصر الشد
Rigid frames	الهياكل الجاسئة
Thin web	وترة نحيفة
Composite concrete flexural members	عناصر خرسانية مركبة تحت تاثير الانحناء
Not built integrally with supports	عناصر غير مصبوبة سوية مع المساند
Thin shells members	عناصر قشرية رقيقة
Isolated flanged members	عناصر مجنحة معزولة
Axially loaded members supporting slab systems	عناصر محملة محوريا سائدة لانظمة البلاطات
Auxiliary members	عناصر مساعدة
Members cast monolithically	عناصر مصبوبة سوية مع البلاطة
Cast monolithically with the slab	عناصر مصبوبة سوية مع البلاطة
Shell boundaries	حدود العنصر القشري
Tension flanges	عنصر معرضة للشد
Samples	عينات
Silica fume	غبار السيلكا

Laitance	غشاء الخرسانة او القشرة السمنتية
Nonprestressed	غير سابق الاجهاد
Not braced against sidesway	غير مدعمة لمقاومة الانحراف الجانبي
Exposure categories and classes	فئات التعرض و انواعها
Openings in Slabs	فتحات في بلاطات
Voids	فجوات
Strength test	فحص المقاومة
Tests of Materials	فحوص المواد
Core tests	فحوصات اللباب
Honeycombs	فراغات بين مكونات الخرسانة
Design assumptions	فرضيات التصميم
End spans	فضاءات طرفية
Arch action	فعل القوس
Electrolytic action	فعل الكتروليتي
Carbon steel	فولاذ الكربون
Rail steel	فولاذ سكك الحديد
Axle steel	فولاذ المحاور
Stainless steel	فولاذ مقاوم الصدا
Low-alloy steel	فولاذ منخفض السبيكة
Workability	قابليه التشغيل
Shear cap	قبعة القص
Field acceptance of concrete	قبول الخرسانة في الحقل
Ribbed shells	قشريات مضلعة
Shells and folded plate members	قشريات وعناصر الصفائح المطوية
Horizontal shear	قص افقي
Shear in plain concrete footings	قص في اسس الخرسانة العادية

Anchored shear	قص مثبت
Shear and torsion	القص واللي
Anchors	قضبان التثبيت
Headed deformed bars	قضبان محززة ذات رؤوس
Offset bars	قضبان مزاحة
Bounded	قضبان او سلكان مرتبطنان
Square cut	قطع بشكل قائم
Pedestals	قواعد
Consistency	قوام ملائم
Factored bearing force	قوة التحميل المعاملة
Principal tensile membrane	قوة الشد الغشائية الرئيسية
Tie force	قوة دعامة الشد
Factored axial force	قوة محورية معاملة
Factored shear forces in slab system with beams	قوى القص معاملة في انظمة البلاطات الحاوية على عتبات
Membrane forces	قوى غشائية
Unfactored forces	قوى غير معاملة
Required strengths	المقاومة المطلوبة
Potential	كامنة
Brackets	كتائف
Bracket	كتيفة
Calcium chloride	كلوريد الكالسيوم
Overlap	تراكب
Eccentricity	اللا مركزية
Instability	اللاستقرارية
Eccentricity of shear	لامركزية القص
Structural steel encased concrete core	لب الخرسانة المحصور بفولاذ انشائي

Panel	لوح
Slab panel	لوح البلاطة
Wall panel	لوح الجدار
Extremes fiber	ليف اقصى
Extreme compression fiber	ليف الانضغاط الاقصى
Water	ماء
Watertight	مانعة لنفاز الماء
General principles& requirements	مباديء ومتطلبات عامة
Homogeneous	متجانسة
Staggered	متجاورة بالتعاقب
Serviceability conditions	متطلبات الاستخدام
Construction requirements	متطلبات التشييد
Proximity	متطلبات التقارب
Requirements for structural integrity	متطلبات التكامل الانشائي
Durability requirement	متطلبات الديمومة
Hot weather requirements	متطلبات الصب في الطقس الحار
Shear friction provisions	اشتراطات القص الاحتكاكي
Strength and serviceability requirements	متطلبات المقاومة والاستخدام
Splice requirements for columns	متطلبات الوصلات في الاعمدة
Design provisions for brackets and corbels	اشتراطات التصميم بالكثائف والطنف
General requirements	متطلبات عامة
General requirements for analysis and design	متطلبات عامة للتحليل و التصميم
General principles and requirements	متطلبات ومبادئ عامة
Isotropic	متماثلة في جميع الاتجاهات
Scope	مجال
Input	مدخلات

Braced against sidesway	مدعمة لمقاومة الانحراف الجانبي
Drawings and specifications	مرتسمات ومواصفات
Support centerline	مركز خط الاسناد
Linearly elastic	مرنة خطياً
Fan	مروحة
Bearing areas	مساحة أسناد التحميل
Minimum area of shear reinforcement	مساحات الدنيا لحديد تسليح القص
Gross area	مساحة اجمالية
Individual bar	القضيب المنفرد
Individual pier	مساحة المقطع الخرساني لدعامة المفردة
Loaded area	مساحة محملة
Supporting surface area	مساحة سطحية الاسناد
Tubing or pipe	مساحة مقطع الحديد الانشائي او الانابيب
Shear flow Path	مسار جريان القص
Spacing of torsion reinforcement	مسافات التباعد لحديد تسليح اللي
Distance between lateral supports of flexural Members	مسافة بين المساند الجانبية لعناصر الانحناء
Column offset	مسافة ترحيف مراكز الاعمدة
Straight	مستقيم
Both ends continuous	مستمر من الطرفين
One end continuous	مستمر من طرف واحد
Plane of splitting	مستوي الانفلاق
Combined	مشتركة
Monolithic casting	مشيدة سويا
References	مصادر
Code notation	مصطلحات المدونة
Admixtures	مضافات

Air-entraining admixtures	مضافات الهواء المقصود
Surface conditions of reinforcement	الشروط السطحية لحديد التسليح
Curing	معالجة الخرسانة (الاماهة)
Field curing	معالجة حقلية
Accelerated curing	معالجة معجلة
Modulus of rupture	معامل الكسر (التصدع)
Modulus of elasticity	معامل المرونة
Elastic section modulus	معامل المقطع المرن
Arithmetic average	معدل حسابي
Average splitting tensile strength	معدل مقاومة الانشطار بالشد
Isolated	معزولة
Contraction Joints	مفاصل التقلص
Isolation joints	مفاصل العزل
Construction joints	مفاصل انشائية
Items	مفردات
Critical sections	مقاطع حرجة
Solid sections	مقاطع صلادة
Hollow sections	مقاطع مجوفة
Plane sections	مقاطع مستوية
Nominal strength	مقاومة اسمية
Impact effects	تأثيرات صدمية
Bearing strength	مقاومة اسناد التحميل
Flexural strength	مقاومة الانحناء
Nominal shear strength	مقاومة القص الاسمية
Shear strength provided by concrete	مقاومة القص التي توفرها الخرسانة
Shear strength provided by shear reinforcement	مقاومة القص التي يوفرها حديد تسليح القص

Vertical shear strength	مقاومة القص الشاقولي
Design strength of materials	مقاومة تصميمية للمواد
Design strength for reinforcement	مقاومة تصميمية لحديد التسليح
Required strength	مقاومة تصميمية مطلوبة
Strength of struts	مقاومة دعائم الانضغاط
High-early strength	مقاومة عالية مبكرا
Torsional moment strength	مقاومة عزوم اللي h
Sufficient strength	مقاومة كافية
Strength of nodal zone	مقاومة منطقة العقد
Introduction	مقدمة
Cracked section	مقطع متشقق
Fixed	مقيدة
Restrained against rotation	مقيدة الدوران
Corresponding	مماثلة
Connections	مناطق الاتصال
Nodal zones	مناطق العقد
End regions	مناطق طرفية
Design procedures	مناهج التصميم
Water retaining structures	منشآت خزانات المياه
Statically indeterminate structures	منشآت غير محددة ستاتيكيا
Fully composite construction	منشآت مركبة بشكل تام
B-region	منطقة ب
D-region	منطقة د
Cementitious materials	مواد سمنتية
Materials and durability requirements	المواد ومتطلبات الديمومة
Prismatic	موشورية
Cantilever	ناتئة

Stiffness ratios	نسب جساءة
Depth-span ratio	نسبة العمق الى طول الفضاء
Possion's ratio	نسبة بواسون
Excessive bleeding	نضح مفرط
Inflection point	نقطة الانقلاب
Conveying of fresh concrete	نقل الخرسانة الطرية
Standard-cured specimens	نماذج المعالجة القياسية
Concrete quality, mixing and placing	نوعية خلط ووضع الخرسانة
Pyramid	هرم
Closed cage	هيكل حديدي مغلق
Diagonal	وتر
Web	وترة
Column face	وجه العمود
Masonry filler units	وحدات البناء المائلة
Hollow core units	وحدات مجوفة
End-bearing splices in columns	وصلات التحميل الطرفية في الاعمدة
Lap splices	وصلات التراكب
Lap splices in columns	وصلات التراكب في الاعمدة
Splices of deformed bars in compression	وصلات قضبان التسليح المحززة في الانضغاط
Splices of deformed bars and deformed wires in tension	وصلات قضبان التسليح او اسلاك التسليح المحززة في الشد
Mechanical or welded splices	وصلات ميكانيكية او ملحومة
Mechanical or welded splices in columns	وصلات ميكانيكية او وصلات اللحام في الاعمدة
Mechanical and welded splices	وصلات ميكانيكية ووصلات ملحومة
Placing of reinforcement	وضع وتثبيت حديد التسليح

الباب 1

عام General

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-1 المتطلبات العامة General Requirements

1/1-1 مقدمة (Introduction) [6،1]

1/1/1-1 تحتوي هذه المدونة على المتطلبات الدنيا لتصميم وتشيد العناصر الخرسانية الانشائية بموجب متطلبات مجموعة المدونات التي تصدرها وزارة الاعمار والاسكان والجهات الفنية ذات العلاقة والتي تشكل هذه المدونة جزءا من هذه المجموعة. تمثل هذه المدونة الحدود الدنيا للمعايير المقبولة فيما يخص المواد والتصميم واعمال التشيد للخرسانة العادية والمسلحة.

يجب ان لا تقل مقاومة انضغاط الاسطوانات القياسية للخرسانة (f'_c) عن (17 ميكاباسكال) اما بالنسبة للحدود العليا لمقاومة الخرسانة (f'_c) فيجب اتباع الحدود المثبتة في الاشتراطات المؤشرة في فقرات هذه المدونة.

2/1/1-1 تعد هذه المدونة جزءا " متمما لمواصفات الابنية المعتمدة لدى وزارة الاعمار والاسكان والجهات الفنية الاخرى ويجب ان تستعمل لجميع الامور المتعلقة بتصميم وتشيد المنشآت الخرسانية ويستثنى من ذلك الحالات التي لا تتوافق فيها المتطلبات العامة المنصوص عليها في بعض فقرات هذه المدونة مع المتطلبات التخصصية المبينة بشكل اكثر تفصيلا في المدونات الاخرى المعتمدة.

3/1/1-1 تعد هذه المدونة واجبة التطبيق فيما يتعلق بامور التصميم والتشيد وخواص المواد عند حصول عدم توافق بين المتطلبات المذكورة فيها مع المتطلبات المنصوص عليها في المواصفات المشار اليها في هذه المدونة.

4/1/1-1 للمنشآت غير المألوفة كالاقواس والحاويات (bins) والصوامع (السايلوات) والمداخن والمنشآت المقاومة للانفجارات فأن اشتراطات هذه المدونة تكون واجبة الاتباع حيثما كانت قابلة للتطبيق.

5/1/1-1 لا تشمل هذه المدونة متطلبات التصميم والتنفيذ لجميع انواع الركائز والدعامات ولا تشمل تصميم وتشيد المنشآت المعرضة لاحمال الزلازل حيث يمكن الاستعانة بالمدونات العراقية المتخصصة في هذا المجال او الاستعانة بالمدونات العالمية المتخصصة التي يوافق على اعتمادها رب العمل.

1-1/1/6 لا تشمل هذه المدونة تصميم وتشبيد البلاطات المستندة مباشرة إلى الأرض (slab on grade) إلا إذا كانت هذه البلاطات تقوم بنقل الأحمال الشاقولية أو القوى الجانبية من أجزاء المنشأ الأخرى إلى التربة.

1-1/2 المرتسمات والمواصفات [1 ، 2]

1-1/2/1 يجب ان تتوافر نسخ مختومة بختم الجهة المصممة المرخصة من المخططات التصميمية والتفاصيل النموذجية والمواصفات الخاصة باعمال تنفيذ المنشآت الخرسانية، وان تتضمن هذه المخططات والتفاصيل والمواصفات ما يلي:

- أ- اسم وتاريخ إصدار المدونة وملحقاتها التي اعتمدت في التصميم.
- ب- الأحمال الحية والأحمال الأخرى المستعملة في التصميم.
- ج- مقاومة الانضغاط المحددة للخرسانة في العمر المطلوب أو مقاومة انضغاط الخرسانة المطلوبة خلال مراحل تشييد كل جزء من أجزاء المنشأ.
- د- اجهاد الخضوع المطلوب لحديد التسليح
- هـ- مقاسات ومواقع كافة العناصر الإنشائية ومقاسات حديد التسليح وقضبان التثبيت.
- و- اشتراطات التغير في الابعاد الناتج من الزحف والانكماش ودرجة الحرارة.
- ز- طول التثبيت لحديد التسليح ومواقع واطول وصلات التراكب.
- ح- نوع وموقع وصلات التثبيت الميكانيكية ووصلات اللحام لحديد التسليح.
- ط- تفاصيل ومواقع كافة مفاصل النقل او مفاصل العزل للخرسانة العادية الانشائية بموجب متطلبات الباب الخامس عشر من هذه المدونة.

1-1/2/2 يجب ان تحتوي الحسابات التصميمية على رسوم توضيحية عندما تطلبها الجهة المستفيدة. كما يسمح بإجراء التحليلات والتصاميم باستعمال برامج الحاسوب مع ضرورة تقديم فرضيات التصميم والمدخلات (input) ونتائج التحليل والتصميم.

1-1/2 مصطلحات المدونة (Code Notation) [1 ، 2]

- | | |
|-----------|---|
| a | عمق المستطيل المكافئ لمنحنى الاجهاد (مم) |
| a_v | فضاء القص ويساوي المسافة من مركز الحمل المركز الى: |
| 1- | وجه المسند العناصر المستمرة أو الناتئة، أو |
| 2- | مركز المسند للعناصر بسيطة الاسناد (مم) |
| A_b | مساحة القضيب المنفرد (individual bar) او السلك (wire) (مم ²) |
| A_{brg} | مساحة التحميل الصافية للوتد ذي الرأس (stud) ومسمار التثبيت الملولب (anchorbolt) او قضيب حديد التسليح المحرز ذو الرأس (headed deformed bar) (مم ²) |

A_c	مساحة المقطع الخرساني المقاوم لانتقال القص (مم ²)
A_{ch}	مساحة مقطع العنصر الانشائي مقاسا من الحافات الخارجية لحديد التسليح المستعرض (مم ²)
A_{cp}	المساحة المحاطة بالحدود الخارجية للمقطع الخرساني (مم ²)
A_{cs}	مساحة المقطع عند نهاية واحدة للدعامة (strut). في نموذج (الدعامة- الرباطات) يؤخذ عموديا على محور الدعامة (مم ²)
A_{cv}	مساحة حديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد (S) (مم ²)
A_{cw}	مساحة المقطع الخرساني للدعامة المفردة (individual pier)، أو لجزء الجدار الأفقي أو العتبة المتحدة لمقاومة للقص (مم ²)
A_t	مساحة حديد تسليح الاكتاف (bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) المقاومة للزوم المعاملة (مم ²)
A_g	المساحة الاجمالية للمقطع (مم ²)
A_h	المساحة الاجمالية لحديد تسليح القص الموازي الى حديد تسليح الشد الرئيس في الاكتاف او دعامة الحافة الناتئة (مم ²)
A_j	مساحة المقطع الفعال في منطقة الربط في المستوي الموازي الى مستوى حديد التسليح الذي يولد القص في منطقة الربط (مم ²)
A_ℓ	المساحة الكلية لحديد التسليح الطولي لمقاومة اللي (مم ²)
$A_{\ell,min}$	المساحة الاقل لحديد التسليح الطولي لمقاومة اللي (مم ²)
A_n	مساحة حديد تسليح الاكتاف (bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) المقاومة لقوة الشد N_{uc} (مم ²)
A_{nz}	مساحة وجه منطقة العقدة او مساحة المقطع الذي يمر بمنطقة العقدة (مم ²)
A_o	المساحة الاجمالية المحاطة بمسار جريان القص (shear flow) (مم ²)
A_{oh}	المساحة المحاطة بمراكز حديد تسليح اللي العرضي المغلق القريب من الحافة الخارجية للمقطع (مم ²)
A_s	مساحة حديد التسليح الطولي غير مسبق الاجهاد (nonprestressed) في منطقة الشد (مم ²)
A'_s	مساحة حديد تسليح الانضغاط (مم ²)
A_{sc}	مساحة حديد تسليح الشد الرئيس في الاكتاف (bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) (مم ²)
A_{sh}	مساحة المقطع الكلية لحديد التسليح المستعرض (شاملة الرباطات المتقاطعة) ضمن مسافة تباعد s والعمودي على البعد b_c (مم ²)
A_{si}	المساحة الكلية لسطح حديد التسليح الموزع على مسافة تباعد s_i في الطبقة i التي تتقاطع مع

الدعامة (strut) والتي يثبت فيها حديد تسليح بزاوية α_i بالنسبة الى محور الدعامة (مم ²)	A_{smin}
المساحة الاقل لحديد تسليح الانحناء (مم ²)	A_{st}
المساحة الكلية لحديد التسليح الطولي غير مسبق الإجهاد (مم ²)	A_{sx}
مساحة مقطع الحديد الإنشائي او الأنابيب (tubing or pipe) في المقطع المركب (مم ²)	A_t
مساحة ذراع واحد من حديد تسليح الاطواق المغلقة التي تقاوم اللي بمسافة تباعد مقدارها s بين طوق واخر (مم ²)	A_{tr}
المساحة الكلية لجميع حديد التسليح المستعرض بمسافة تباعد s الذي يتقاطع مع مستوي الانشطار المحتمل ضمن حديد تسليح التثبيت (مم ²)	A_{ts}
مساحة حديد التسليح غير مسبق الاجهاد في الرباطات (مم ²)	A_v
مساحة حديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد s (مم ²)	A_{vd}
المساحة الكلية لحديد التسليح في كل مجموعة من القضبان القطرية في العتبة المتحددة ذات التسليح القطري (مم ²)	A_{vf}
مساحة حديد تسليح القص والاحتكاك (مم ²)	A_{vh}
مساحة حديد تسليح القص الموازي لحديد تسليح شد الانحناء ضمن مسافة تباعد s_2 (مم ²)	A_{vmin}
المساحة الدنيا لحديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد s (مم ²)	A_l
مساحة التحميل (مم ²)	A_2
مساحة القاعدة السفلى لأكبر هرم مخروطي (pyramid) او اسفين مخروطي (tapered)	A_2
مساحة مقطع مخروطي (cone) الذي يقع كلياً ضمن المسند وتكون قاعدته العليا هي مساحة تحميل الاسناد (bearing) وجوانبه مائلة بمقدار (1 عمودي: 2 افقي) (مم ²)	b
عرض وجه العنصر المعرض للانضغاط (مم)	b_c
مقاس المقطع العرضي لمركز العنصر مأخوذاً من الحافات الخارجية لحديد التسليح المستعرض الذي يؤلف المساحة Ash (مم)	b_o
محيط المقطع الحرج للقص في البلاطات والاسس (مم)	b_s
عرض الدعامة (strut) (مم)	b_t
عرض ذلك الجزء من المقطع الحاوي على اطواق حديد التسليح المغلقة لمقاومة اللي (مم)	b_v
عرض المقطع العرضي عند سطح التماس المراد استقصاء القص الافقي عنده (مم)	b_w
عرض الوتر (web width) أو قطر المقطع الدائري (مم)	b_1
مقاس المقطع الحرج b_o مأخوذاً باتجاه الفضاء المحدد لقيم العزوم (مم)	b_2
مقاس المقطع الحرج مأخوذاً باتجاه عمودي على b_1 (مم)	B_n
مقاومة تحميل الاسناد الاسمية (نت)	

B_u	أحمال الاسناد المعاملة (نت)
c	المسافة من ليف الانضغاط الابعد الى محور التعادل (مم)
c_b	(1) أصغر مسافة من مركز القضيب أو السلك الى اقرب سطح للخرسانة أو
	(2) نصف مسافة التباعد المركزية بين القضبان او الاسلاك(مم)
c_c	غطاء الحماية الصافي لحديد التسليح (مم)
c_t	المسافة من الوجه الداخلي للعمود الى حافة البلاطة وتقاس موازيا الى c_1 على ان لا تتجاوز قيمة c_1 (مم)
c_1	بعد العمود المستطيل او العمود المكافئ للمستطيل، أو قبعة العمود (capital) او الاكتاف (bracket) مقاسا باتجاه الفضاء الذي تحسب العزوم عنده(مم)
c_2	بعد العمود المستطيل او العمود المكافئ للمستطيل، أو قبعة العمود (capital) او الاكتاف (bracket) مقاسا باتجاه عمودي على c_1 (مم)
C	ثابت يحدد العلاقة بين خواص اللي للبلاطة والعتبة
C_m	معامل العلاقة بين شكل العزم الحقيقي وشكل العزم المكافئ المنتظم
d	المسافة من وجه الحافة النهائية للخرسانة المعرضة لقوى الضغط الى مركز حديد تسليح الشد الطولي (مم)
d'	المسافة من وجه الحافة النهائية للخرسانة المعرضة لقوى الضغط الى مركز حديد تسليح الانضغاط الطولي (مم)
d_b	قطر القضيب او السلك (مم)
d_{pile}	قطر الركيزة عند قاعدة الاساس(مم)
d_t	المسافة من وجه الحافة النهائية للخرسانة المعرضة لقوى الضغط الى مركز حديد تسليح الشد الطولي القريب من سطح الخرسانة (مم)
D	الاحمال الميتة او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة
E	تأثيرات احمال الزلازل او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة
E_c	معامل المرونة للخرسانة (ميكاباسكال)
E_{cb}	معامل المرونة للعتبة الخرسانية (ميكاباسكال)
E_{cs}	معامل المرونة للبلاطة الخرسانية (ميكاباسكال)
E_l	جساءة الانحناء لعناصر الانضغاط (ميكاباسكال)
E_s	معامل المرونة لحديد التسليح وحديد الانشاء (ميكاباسكال)
f'_c	مقاومة الانضغاط المطلوبة للخرسانة لاسطوانة قياسية بعمر 28 يوماً (ميكاباسكال)
f_{ce}	مقاومة الانضغاط الفعلية للخرسانة عند الدعامة (strut) أو منطقة العقدة

(ميكباسكال) (nodal zone)	
معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة المستعملة كأساس لاختيار نسب خلط الخرسانة	f'_{cr}
(ميكباسكال)	
معدل مقاومة شد الانشطار للخرسانة خفيفة الوزن (ميكباسكال)	f_{ct}
الاجهاد الناتج من الاحمال الميتة غير المعاملة عند الليف الأبعد للمقطع الذي تتولد عنده	f_d
اجهادات الشد نتيجة الاحمال الخارجية المسلطة (ميكباسكال)	
معايير الكسر للخرسانة (modulus of rupture) او مقاومة الشد الانحنائي	f_r
(flexural strength) (ميكباسكال)	
مقاومة الانضغاط المطلوبة لمكعبات الخرسانة (ميكباسكال)	f_{cu}
اجهاد الشد المحسوب في حديد سبق الإجهاد تحت تأثير الأحمال الخدمية (service load)	f_s
(ميكباسكال)	
الاجهاد في حديد تسليح الانضغاط (compression reinforcement) تحت تأثير الاحمال	f'_s
المعاملة (factored loads) (ميكباسكال)	
اجهاد الشد في الليف الأبعد في جزء المقطع الذي سبق ان تعرض الى اجهادات انضغاط	f_t
محسوبا تحت تأثير الاحمال الخدمية وباستعمال خواص المقطع الاجمالي (ميكباسكال)	
مقاومة الخضوع المطلوبة لحديد التسليح (ميكباسكال)	f_y
مقاومة الخضوع المطلوبة f_y لحديد التسليح المستعرض (ميكباسكال)	f_{yt}
الأحمال الناتجة من وزن وضغط السوائل ذات الكثافة المعروفة ذات الارتفاع المسيطر	F
الأكبر او العزوم والقوى ذات العلاقة	
المقاومة الاسمية للدعامة (strut) ، أو الرباطات (tie) او منطقة العقدة (nodal zone) (نت)	F_n
المقاومة الاسمية لوجه منطقة العقدة (nodal zone) (نت)	F_{nn}
المقاومة الاسمية للدعامة (strut) (نت)	F_{ns}
المقاومة الاسمية للرباط (tie) (نت)	F_{nt}
القوة المعاملة التي تؤثر في الدعامة (strut) ، أو الرباط (tie) ، أو مساحة التحميل او منطقة	F_u
العقدة (nodal zone) في أنموذج (الدعامة- الرباط) (نت)	
السمك او العمق الكلي للعنصر الانشائي (مم)	h
عمق مقطع رأس القص (مم)	h_v
ارتفاع الجدار الاجمالي من القاعدة الى القمة او ارتفاع جزء من الجدار المأخوذ في الحساب	h_w
(مم)	
اكبر مسافة تباعد مركزية افقية للرباطات المستعرضة او اذرع الاطواق (hoop) على كل	h_x
اوجه العمود (مم)	

H	الاحمال الناتجة من وزن وضغط التربة او الماء في التربة او مواد اخرى او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة
I	عزم القصور الذاتي للمقطع عند مركز المقطع (مم ⁴)
I_b	عزم القصور الذاتي للمقطع الاجمالي للعتبات حول المحور المركزي (مم ⁴)
I_{cr}	عزم القصور الذاتي للمقطع المشقق المحول الى خرسانة (cracked section) (مم ⁴)
I_e	عزم القصور الذاتي الفعال لحساب الانحراف (مم ⁴)
I_g	عزم القصور الذاتي للمقطع الخرساني الاجمالي (gross section) حول محور مركز الثقل مع اهمال حديد التسليح (مم ⁴)
I_s	عزم القصور الذاتي للمقطع الاجمالي للبلاطة حول المحور المركزي المعرف لحساب α_f و β_t (مم ⁴)
I_{se}	عزم القصور الذاتي لحديد التسليح حول المحور المركزي لمقطع العنصر (مم ⁴)
I_{sx}	عزم القصور الذاتي لمقاطع الحديد الانشائي او الانابيب (tubing or pipe) حول المحور المركزي لمقاطع العناصر المركبة (مم ⁴)
k	معامل الطول الفعال لعناصر الانضغاط
K_{tr}	دليل حديد التسليح المستعرض
ℓ	طول فضاء العتبة او البلاطة باتجاه واحد، او المسافة الصافية للعناصر الناتئة (مم)
ℓ_a	الطول الاضافي المظمور الى ما بعد الخط المركزي للمسند او نقطة الانقلاب (مم)
ℓ_c	طول عنصر الانضغاط في الهيكل مقاسا من مراكز نقاط الربط في الهيكل (مم)
ℓ_d	طول تثبيت الشد للقضيب او السلك المحرز او حديد تسليح السلك المحرز الملحوم (مم)
ℓ_{dc}	طول تثبيت الضغط للقضيب او السلك المحرز (مم)
ℓ_{dh}	طول تثبيت الشد للقضبان او الاسلاك المحرزة التي تحتوي على عقفة قياسية مقاسا من المقطع الحرج الى نهاية العقفة الخارجية (مم)
ℓ_n	طول الفضاء الصافي مقاسا بين مركزي المساند (مم)
ℓ_s	الفضاء القصير للبلاطة ℓ_s ويمثل المسافة المركزية (center to center distance) بين المساند بالاتجاه القصير او المسافة الصافية بين المساند في الاتجاه القصير مضافاً لها ضعف سمك البلاطة، ايها اقل.
ℓ_o	الطول مقاسا من وجه منطقة الربط على طول محور العنصر الانشائي الذي يجب توفير حديد التسليح المستعرض المطلوب على امتداده (مم)
ℓ_o	الفضاء القصير للبلاطة، وهو المسافة المركزية (center to center distance) بين المساند بالاتجاه القصير او المسافة الصافية بين المساند في الاتجاه القصير مضافاً له ضعف سمك

البلاطة، أيهما أقل.	
الطول غير المسند لعنصر الانضغاط (مم).	ℓ_u
طول ذراع رأس القص من مركز الحمل المركز او رد الفعل (مم).	ℓ_v
طول الجدار الاجمالي او طول جزء الجدار المأخوذ باتجاه قوة القص (مم).	ℓ_w
طول الفضاء بالاتجاه الذي تحسب العزوم بموجبه مقاسا بين مركزي المساند (مم).	l_1
طول الفضاء العمودي على l_1 مقاسا بين مركزي المساند (مم).	l_2
الاحمال الحية او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة	L
الاحمال الحية للسقف او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة	L_r
العزم الاكبر في العنصر الناتج من الاحمال الخدمية في المرحلة التي يحسب فيها الانحراف (Deflection) (نت. مم).	M_a
العزم المضخم (المكبر) لادخال تأثير انحناء العنصر في تصميم عنصر الانضغاط (نت. مم)	M_c
عزم التشقق (نت. مم)	M_{cr}
العزم المسبب لتشقق الانحناء في المقطع الناتج من الاحمال الخارجية المسلطة (نت. مم)	M_{cre}
العزم المضخم المعدل لحساب تأثير الانضغاط المحوري (نت. مم)	M_m
العزم المضخم الاكبر في المقطع الخرساني الناتج من الاحمال الخارجية المسلطة (نت. مم)	M_{max}
عزم الانحناء الاسمي للمقطع الخرساني (نت. مم)	M_n
مقاومة الانحناء الاسمية للعتبة شاملة البلاطة تحت تأثير الشد عند منطقة ربط الهيكل (نت. مم)	M_{nb}
مقاومة الانحناء الاسمية للعمود عند منطقة ارتباطه بالهيكل وتحسب للقوة المحورية المعاملة، التي تكون متوافقة مع اتجاه القوى العرضية المأخوذة في الحساب والتي تؤدي الى اقل مقاومة انحناء للعمود (نت. مم)	M_{nc}
العزم الاستاتيكي الكلي المضخم (نت. مم)	M_o
مقاومة العزم اللدن المطلوب للمقطع العرضي لرأس القص (نت. مم)	M_p
العزم المضخم الناتج من الاحمال المسببة ازاحة جانبية مؤثرة (نت. مم)	M_s
العزم المضخم لجزء البلاطة المتوازن مع العزم عند المسند (نت. مم)	M_{slab}
عزم الانحناء المضخم للمقطع الخرساني (نت. مم)	M_u
العزم عند منتصف ارتفاع الجدار الناتج من الاحمال المعاملة الجانبية والعمودية غير المحورية غير شامل تأثيرات الحمل - الازاحة ($P\Delta$ effects) (نت. مم)	M_{ua}
مقاومة العزم الناتجة من حديد تسليح رأس القص (نت. مم)	M_v
اصغر عزم مضخم عند نهاية عنصر الانضغاط، يؤخذ موجب اذا كان انحناء العنصر مفردا	M_1

ويؤخذ سالباً إذا كان انحناء العنصر مزدوجاً (نت. مم)	
العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط التي يعمل فيها العزم M_1 الناتج من الاحمال غير المسببة ازاحة جانبية مؤثرة (نت. مم)	M_{1ns}
العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط التي يعمل فيها العزم M_1 الناتج من الاحمال المسببة ازاحة جانبية مؤثرة المحسوب باستعمال التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى (نت. مم)	M_{1s}
اكبر عزم مضخم عند نهاية عنصر الانضغاط. اذا كانت الاحمال العرضية تقع بين المساند فتكون قيمة M_2 مساوية لأكبر عزم في العنصر، قيمة العزم M_2 موجبة دائماً (نت. مم)	M_2
القيمة الاقل للعزم M_2 (نت. مم)	$M_{2,min}$
العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط التي يعمل فيها العزم M_2 الناتج من الاحمال غير المسببة ازاحة جانبية مؤثرة المحسوب باستعمال التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى (نت. مم)	M_{2ns}
العزم المضخم عند نهاية عنصر الانضغاط التي يعمل فيها العزم M_2 الناتج من الاحمال المسببة ازاحة جانبية مؤثرة المحسوب باستعمال التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى (نت. مم)	M_{2s}
عدد المفردات (items)، مثال على ذلك فحوص المقاومة، القضبان (bars)، الاسلاك (wires)، اجهزة التثبيت ذات الجذيلة المفردة (monostrand anchorage device)، قضبان التثبيت (anchors)، اذرع رأس القص (shear head arms)	n
القوة المحورية المعاملة العمودية على المقطع العرضي التي تحدث متلازمة مع V_u أو T_u ، تؤخذ موجبة للانضغاط وسالبة للشد (نت)	N_u
قوة الشد الافقية المعاملة المسلطة فوق الاكتاف (bracket) او دعامة الحافة الناتئة (corbel) التي تحدث متلازمة مع V_u وتؤخذ موجبة للشد (نت)	N_{uc}
المحيط الخارجي للمقطع الخرساني (مم)	P_{cp}
المحيط المحدد بمراكز حديد تسليح اللي المستعرض القريب من الحافة الخارجية للمقطع (مم)	P_h
المقاومة المحورية الاسمية عند ظروف توازن الانفعال (نت)	P_b
حمل الانبعاج الحرج (نت)	P_c
المقاومة المحورية الاسمية لمقطع العنصر (نت)	P_n
القيمة الاكبر المسموحة للمقاومة المحورية الاسمية لمقطع العنصر (P_n) (نت)	$P_{n,max}$
المقاومة المحورية الاسمية عندما تكون المسافة اللامركزية e مساوية الى صفر (نت)	P_o
الحمل المحوري غير المضخم لتصميم المقطع في منتصف الارتفاع متضمناً تاثيرات وزنه	P_s

(نت)	
القوة المحورية المعاملة تؤخذ موجبة للانضغاط وسالبة للشد(نت)	P_u
الحمل الميت المضخم لوحدة المساحة	q_{Du}
الحمل الحي المضخم لوحدة المساحة	q_{Lu}
الحمل المضخم لوحدة المساحة	q_u
دليل الاستقرار للطابق	Q
نصف قطر التدويم (gyration) لمقطع عنصر الانضغاط	r
الاحمال الناتجة من الامطار او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة	R
مسافة التباعد المركزية بين قضبان حديد التسليح والاسلاك وال مثبتات(مم)	s
مسافة التباعد المركزية لحديد تسليح الطبقة i القريبة من سطح العنصر(مم)	s_i
مسافة التباعد المركزية لحديد التسليح العرضي ضمن الطول l (مم)	s_o
مسافة التباعد المركزية لحديد التسليح الطولي للقص او اللي(مم)	s_2
احمال الثلوج او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة	S
العزم او القص او القوة المحورية في منطقة الارتباط التي تتوافق مع تولد المقاومة المتوقعة في مواقع نقاط الخضوع المطلوبة مبنية على اساس الآلية المعطاة للتشوهات الجانبية غير المرنة آخذين في الحسبان تأثير الاحمال الشاقولية واحمال الهزات الارضية	S_e
معامل المقطع المرن(مم ³)	S_m
المقاومة الاسمية للانحناء او القص او القوى المحورية لمنطقة الارتباط	S_n
الانحراف المعياري لنتائج فحص النماذج الخرسانية	S_s
مقاومة الخضوع لوصلات الربط بالاعتماد على f_y للعزم او القص او القوى المحورية	S_y
سمك جدار المقطع المجوف (مم)	t
التأثير المتراكم للحرارة، والزحف، والانكماش، والهطول المتفاوت وتمدد الخرسانة المعادلة للانكماش	T
المقاومة الاسمية لعزوم اللي (نت. مم)	T_n
عزم اللي المضخم في المقطع(نت. مم)	T_u
المقاومة المطلوبة لمقاومة الاحمال المعاملة او القوى والعزوم الداخلية ذات العلاقة	U
اجهاد القص الاسمي(ميكباسكال)	v_n
مقاومة القص الاسمية في الخرسانة (نت)	V_c
مقاومة القص الاسمية في الخرسانة عند حدوث تشقق قطري ناتج من اشتراك العزوم وقوى القص(نت)	V_{ci}

مقاومة القص الاسمية في الخرسانة عند حدوث تشقق قطري ناتج من اجهادات الشد الرئيسية في الوتر (نت)	V_{cw}
قوة القص في المقطع نتيجة الاحمال الميتة غير المعاملة (نت)	V_d
قوة القص التصميمية المرافقة لتولد مقاومة العزم المحتملة للعنصر (نت)	V_e
قوة القص المعاملة للمقطع الناتجة من الاحمال الخارجية المسلطة والتي تتزامن مع M_{max} (نت)	V_i
مقاومة القص الاسمية (نت)	V_n
مقاومة القص الافقية الاسمية (نت)	V_{nh}
مقاومة القص الاسمية في حديد تسليح القص(نت)	V_s
قوة القص المعاملة للمقطع (نت)	V_u
قوة القص المعاملة عند المقطع الحرج للبلاطة باتجاهين الناتجة من الاحمال الشاقولية(نت)	V_{ug}
القص الافقي المضخم في الطابق(نت)	V_{us}
وزن وحدة الحجم للخرسانة العادية او الكثافة المكافئة للخرسانة خفيفة الوزن(نت/م ³)	w_c
الحمل المضخم لوحدة الطول للعتبة او البلاطة باتجاه واحد	w_u
حمل الرياح او العزوم والقوى الداخلية ذات العلاقة	W
اقصر مقياس شاملا جزء المقطع المستطيل (مم)	x
اطول مقياس شاملا جزء المقطع المستطيل(مم)	y
المسافة مقاسة من محور النقل المركزي للمقطع الاجمالي باهمال حديد التسليح (مم)	y_t
الزاوية التي تعرف دوران حديد التسليح	α
معامل يحدد المشاركة النسبية بين مقاومة الخرسانة الى مقاومة جدران القص الاسمية	α_c
نسبة جساءة الانحناء لمقطع العتبة الى جساءة الانحناء لعرض البلاطة المحصور جانبيا بين مراكز الالواح المتجاورة على جانبي العتبة	α_f
معدل قيمة α_f لكل العتبات على حافات اللوح (panel)	α_{fm}
α_f باتجاه l_1	α_{f1}
α_f باتجاه l_2	α_{f2}
الزاوية بين محور الدعامة (strut) والقضبان في الطبقة i لحديد التسليح الذي يعبر تلك الدعامة	α_i
ثابت يستعمل لحساب V_c في البلاطات والاسس	α_s
نسبة جساءة الانحناء لذراع رأس القص الى مقطع البلاطة المركبة المعنية	α_v
النسبة بين المقياس الاطول الى المقياس الاقصر عند التعامل مع الفضاء الصافي للبلاطات	β

بالاتجاهين، او جوانب العمود، او مساحة الحمل المركز او رد الفعل، او جوانب الاساس	
نسبة مساحة حديد التسليح المقطوع الى المساحة الكلية لحديد تسليح الشد في المقطع	β_b
نسبة تستعمل لحساب تقليل جساءة الاعمدة الناتجة من الاحمال المحورية الدائمية	β_{dns}
نسبة تستعمل لحساب تقليل جساءة الاعمدة الناتجة من الاحمال الجانبية الدائمية	β_{ds}
معامل حساب تأثير تثبيت الرباطات العرضية (ties) في مقاومة الانضغاط الفعالة لمنطقة العقدة	β_n
معامل حساب تأثير التشققات وحديد تسليح الحصر في مقاومة الانضغاط الفعالة للخرسانة في الدعامة (strut)	β_s
نسبة جساءة اللي للمقطع عند حافة العتبة الى جساءة الانحناء لعرض شريحة البلاطة مساويا الى طول فضاء العتبة او المسافة بين مركزي الاسناد	β_t
معامل الربط بين عمق المستطيل المكافئ لمنطقة اجهاد الضغط الى عمق المحور المحايد	β_l
معامل يستعمل لتحديد العزم غير المتوازن المنقول بواسطة الانحناء في منطقة الربط بين الاعمدة والبلاطات	γ_f
معامل يستعمل لحساب جزء حديد التسليح الواقع في منتصف شريط الاساس	γ_s
معامل يستعمل لتحديد العزم غير المتوازن المنقول بواسطة عدم تمركز القص في منطقة الربط بين العمود والبلاطة	γ_v
معامل تضخيم العزوم الذي يعكس تأثير انحناء العنصر بين نهايات عنصر الانضغاط	δ
معامل تضخيم العزوم للهيكل غير المدعمة لمنع الازاحة الجانبية والذي يعكس تأثير الازاحة العرضية الناتجة من الاحمال الشاقولية والاحمال الجانبية	δ_s
الازاحة التصميمية (مم)	δ_u
الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار المسبب لعزم التشقق M_{cr} (مم)	Δ_{cr}
الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار المسبب لمقاومة الانحناء الاسمية M_n (مم).	Δ_n
الانحراف الجانبي النسبي بين اعلى واسفل الطابق الناتج من القوى الجانبية المحسوبة باستعمال التحليل المرن للهيكل من الدرجة الاولى (مم)	Δ_o
الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار الناتج من الاحمال غير المعاملة (الخدمية) (مم)	Δ_s
الانحراف غير المحوري المحسوب عند منتصف ارتفاع الجدار الناتج من الاحمال المعاملة (مم)	Δ_u
انفعال الشد الصافي في طبقة حديد تسليح الشد القريبة من غطاء الخرسانة عند المقاومة	ε_t

الاسمية ويستثنى من ذلك الانفعالات الناتجة من سبق الاجهاد الفعال، الزحف، الانكماش ودرجة الحرارة	
الزاوية المحصورة بين محور الدعامة (strut) والانضغاط القطري او مجال الانضغاط وحبل الشد للعنصر	θ
معامل تعديل يعكس انخفاض الخواص الميكانيكية للخرسانة خفيفة الوزن نسبة الى الخرسانة العادية التي لها مقاومة الانضغاط نفسها	λ
معامل لاضافة الانحراف الاضافي الناتج من التاثيرات طويلة الامد	λ_{Δ}
معامل الاحتكاك	μ
معامل تأثير الزمن للاحمال الدائمة	ζ
A_s مقسومة على bd	ρ
$A's$ مقسومة على bd	ρ'
A_s/bd التي تنتج ظروف الانفعال الموازن	ρ_b
نسبة مساحة حديد التسليح الطولي الموزع الى مساحة مقطع الخرسانة الاجمالي العمودي على ذلك التسليح	ρ_t
نسبة حجم حديد التسليح الحلزوني (spiral) الى الحجم الكلي لجزء العنصر المحصور به مقاسا من الحافات الخارجية للحلزون	ρ_s
نسبة مساحة حديد التسليح المستعرض الموزع الى مساحة مقطع الخرسانة الاجمالي العمودي على ذلك التسليح	ρ_t
نسبة مساحة حديد تسليح الرباطات الى مساحة سطح التماس	ρ_v
نسبة A_s الى $b_w d$	ρ_w
معامل تخفيض المقاومة	ϕ
معامل يستعمل لتعديل طول التثبيت بالاعتماد على طبقة الحماية لحديد التسليح	ψ_e
معامل يستعمل لتعديل طول التثبيت بالاعتماد على قطر حديد التسليح	ψ_s
معامل يستعمل لتعديل طول التثبيت بالاعتماد على موقع حديد التسليح	ψ_t
معامل يستعمل لتعديل طول التثبيت لسلك حديد التسليح الملحوم تحت تأثير الشد	ψ_w
دليل حديد تسليح الشد للمقاطع ذات الشفاه	Ω
دليل حديد تسليح الانضغاط للمقاطع ذات الشفاه	ω'
قوة الانضغاط المؤثرة عند منطقة العقدة	C
الاجهاد في الطبقة i لحديد التسليح القريب من سطح الخرسانة (ميكاباسكال)	f_{si}
جساءة اللي لعنصر اللي، او العزم لكل وحدة دوران	K_t

الطول الذي يجب تثبيت الرباط عنده (مم)	l_{anc}
عرض التحميل (مم)	l_b
رد الفعل (نت)	R
قوة الشد المؤثرة عند منطقة العقدة (نت)	T
عرض الدعامه (strut) العمودي على محورها (مم)	w_s
الارتفاع الفعال للخرسانة المتمحور مع محور الرباط الذي يستعمل لتحديد مقاس منطقة العقدة (مم)	w_t
أكبر ارتفاع للخرسانة المتمحور مع محور الرباط الذي يستعمل لتحديد مقاس منطقة العقدة (مم)	$w_{t,max}$
أكبر انفعال ممكن عند الليف الأبعد للانضغاط.	ϵ_{su}

المراجع

- [1] ACI Committee 318 (2008) “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 473 pp.
- [2] مركز بحوث البناء – مؤسسة البحث العلمي، 1987 “الكود العراقي للخرسانة المسلحة”، بغداد، 68 صفحة.
- [3] “*Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE/ SEI7-05)* ” ASCE, Reston, VA, 2005,408pp.
- [4] “*International Building Codes*”, International Codes Council, Falls Church, VA, 2006,679 pp.
- [5] Uniform Building Code, V.2, “*Structural Engineering Design Provisions* ”, 1997 Edition, International Conference of Building Officials Whittier, A, 1997, 492PP.

الباب 2

المواد ومتطلبات الديمومة

Materials and Durability Requirements

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-2 فحوص المواد (Tests of Materials) [6 ، 1]

1/1-2 عام

1/1/1-2 يحق لدائرة المهندس المقيم أو من يمثلها طلب فحص أي من المواد التي تستعمل في تشييد الخرسانة وذلك للتأكد من كون هذه المواد تستوفي متطلبات النوعية المحددة في المواصفات والمخططات وجداول الكميات.

2/1/1-2 يجب أن تجرى فحوص المواد وفحوص الخرسانة بموجب أي مواصفات تعتمد عليها الجهات الفنية المختصة.

3/1/1-2 ينبغي الاحتفاظ بسجل متكامل لفحوص المواد وفحوص الخرسانة لدى دائرة المهندس المقيم لمدة لا تقل عن سنتين بعد انتهاء تنفيذ المشروع ويجب أن تكون مهياًة للتدقيق خلال مراحل تنفيذ العمل.

2/1-2 المواد السمنتية (Cementitious Materials) [8 ، 3 ، 1]

1/2/1-2 يجب أن تطابق المواد السمنتية المواصفات المدرجة لاحقاً او المواصفات القياسية العراقية النافذة (إن وجدت) أو أي مواصفات مماثلة تعتمد عليها الجهات الفنية المختصة وكما يلي:

أ- السمنت البورتلاندي (Portland cement) المواصفة العراقية 1984/5 مع ملاحق التعديل والمواصفة ASTM C150 – 07

ب- مخاليط السمنت الهيدروليكي (Blended hydraulic cements) : ASTM C 595/ 07

ج- السمنت التمديدي الهيدروليكي (Expansive hydraulic cement) المواصفة العراقية 1992/1711 والمواصفة ASTM C845-04

د- السمنت الهيدروليكي البورتلاندي (Hydraulic cement) ASTM C1157-07

هـ- الرماد المتطاير والبوزلانا الطبيعية (Fly ash and natural pozzolan) : ASTM C618-08

و- حبيبات خبث الافران المطحونة (Ground-granulated blast-furnace slag) ASTM C989-82

2/2/1-2 يجب أن تتوافق المواد السمنتية التي تستعمل في الأعمال الخرسانية مع أسس اختيار الخلطة الخرسانية المشار إليها في الفصل (2-3) لتلافي حدوث تباين في الانحراف المعياري لنتائج الفحوص.

3/1-2 الركام (Aggregates) [4 ، 2 ، 1]

1/3/1-2 يجب أن يطابق الركام المستعمل (الطبيعي أو خفيف الوزن) المواصفة العراقية (45) لسنة 1984 أو أي من المواصفات ذات العلاقة التي تتوافق مع المتطلبات المنصوص عليها في شروط تنفيذ العمل (يمكن استعمال نوعيات أخرى من الركام المطابق بالفحوص أو الناجح بالاستعمال لإنتاج خرسانة ذات مقاومة وديمومة تستوفي متطلبات الجهات الفنية ذات العلاقة).

2/3/1-2 المقاس الاسمي الأكبر للركام الخشن يجب أن لا يزيد على كل من:

أ- $(\frac{1}{5})$ أصغر بعد بين جوانب القالب كما في العناصر الإنشائية ذات الوتر النحيفة (thin web).

ب- $(\frac{1}{3})$ عمق البلاطات الخرسانية (slabs).

ج- $(\frac{3}{4})$ أصغر بعد صافٍ بين قضبان الحديد المنفردة والأسلاك وحزم القضبان وقضبان سبق الإجهاد

والجدائل (strands) والوتار (tendons) أو قنوات حفظ الجداول (ducts).

يمكن عدم اعتماد هذه المحددات إذا ارتأى المهندس الاستشاري من ذوي الخبرة والاختصاص ذلك أو إذا كانت الخرسانة المستعملة ذات قابلية تشغيل وطريقة رص مناسبة بحيث لا تتولد فجوات (voids) أو فراغات بين مكوناتها (honeycombs).

4/1-2 الماء (Water) [10 ، 5 ، 2 ، 1]

1/4/1-2 يجب أن يلبي الماء المستعمل لخط الخرسانة متطلبات المواصفة العراقية 1992/1703 أو أي من المواصفات المماثلة ذات العلاقة.

2/4/1-2 يجب أن يكون ماء الخلط (وأي ماء متواجد بشكل رطوبة ممتصة في مكونات الخلطة الخرسانية الأخرى) خالياً من أيونات الكلوريدات عند استعماله في الخرسانة الحاوية على أجزاء مطمورة مصنوعة من مادة الألمنيوم وبموجب متطلبات الباب الثالث.

5/1-2 حديد التسليح (Steel Reinforcement) [6 ، 1]

1/5/1-2 يجب ان يكون حديد التسليح من النوع المحرز باستثناء الحديد المستعمل للأطواق الحلزونية او لسبق الاجهاد او لحديد اوتاد القص ذات الرؤوس والحديد الانشائي (structural steel) وحديد الأنابيب حيث يسمح باستعمال حديد املس.

2/5/1-2 يجب ان يلبي لحام قضبان التسليح اي مواصفة دولية يعتمدها رب العمل كما يجب تحديد نوع ومواقع الوصلات الملحومة والمتطلبات الاخرى للحام قضبان التسليح بموجب المخططات التصميمية او مواصفات المشروع.

3/5/1-2 التسليح المحرز (Deformed Reinforcement)

1/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق قضبان التسليح المحرزة المتطلبات المنصوص عليها في المواصفات الدولية أو اي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل .

أ- فولاذ الكربون (ASTM A615M (carbon steel)

ب- فولاذ منخفض السبيكة (ASTM A706M (low-alloy steel)

ج- فولاذ ضد الصدأ (ASTM A955M (stainless steel)

د- فولاذ سكك الحديد وفولاذ المحاور (ASTM A966M (rail steel and axle steel)

2/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق قضبان التسليح المحرزة احدى المواصفات الدولية او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل المشار اليها في العبارة (1/3/5/1-2) او اي مواصفة عربية او عالمية يعتمدها باستثناء القضبان التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 ميكاباسكال) حيث ان اجهاد الخضوع لمثل هذه القضبان يمثل الاجهاد المناظر لانفعال مقداره (0.35%). لاحظ الفصل (4-6) من هذه المدونة.

3/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق شبكات القضبان التي تستعمل في تسليح الخرسانة متطلبات المواصفة (ASTM A184M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل. يجب ان تحقق قضبان التسليح المستعملة في الشبكات متطلبات المواصفة (ASTM A 615M او ASTM A706M او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

4/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق الاسلاك المحرزة المستعملة لتسليح الخرسانة متطلبات المواصفة (ASTMA496M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل، باستثناء الاسلاك التي يكون مقاسها اصغر من (MD25) ولا يزيد مقاسها على (MD200)، ما لم يسمح بذلك طبقاً للعبارة (2-6/3/5/1). مع مراعاة حساب اجهاد الخضوع المناظر لانفعال مقداره (0.35%) بالنسبة للاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 ميكاباسكال).

5/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق اسلاك التسليح الملساء الملحومة متطلبات المواصفة ASTM A185M او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل باستثناء الاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 ميكاباسكال) ، فيحسب اجهاد الخضوع المناظر لانفعال مقداره (0.35%) مع مراعاة ان لا تزيد مسافات

التباعد بين تقاطعات اللحام على (300مم) بالاتجاه الذي يحسب بموجبه الاجهاد باستثناء اسلاك التسليح الملحومة التي تستعمل بوضعها أطواقاً" كما مبين في البند(9-2/11).

6/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق اسلاك التسليح المحززة الملحومة متطلبات المواصفة (ASTM A497M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل باستثناء الاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 ميكاباسكال) ، فيحسب اجهاد الخضوع المناظر لانفعال مقداره (0.35%) مع مراعاة ان لا تزيد مسافات التباعد بين تقاطعات اللحام على (400 مم) بالاتجاه الذي يحسب بموجبه الاجهاد باستثناء اسلاك التسليح الملحومة التي تستعمل بوصفها اطواقاً" كما مبين في البند(9-2/11).

7/3/5/1-2 ينبغي ان تحقق قضبان التسليح المغلونة متطلبات المواصفة (ASTM A767M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل. وينبغي ان تحقق قضبان التسليح المطلية بمادة الايبوكسي متطلبات المواصفة (ASTM A775M او ASTM A934M) او اي مواصفة مماثلة يوافق عليها رب العمل. كما يجب ان تحقق القضبان المغلونة او المطلية بمادة الايبوكسي متطلبات المواصفات المذكورة في العبارة (2-1/3/5/1).

8/3/5/1-2 يجب ان تحقق الاسلاك المطلية بمادة الايبوكسي واسلاك التسليح الملحومة متطلبات المواصفة (ASTM A884M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

4/5/1-2 التسليح الأملس (Plain Reinforcement)

1/4/5/1-2 ينبغي ان تكون القضبان الملساء المستعملة في التسليح الحزوني مطابقة للمتطلبات المذكورة في العبارة (2-1/3/5/1) (أ) و(ب).

2/4/5/1-2 يجب ان تكون الاسلاك الملساء المستعملة في التسليح الحزوني مطابقة للمواصفة (ASTM A82M) او أي مواصفة مماثلة يوافق عليها رب العمل باستثناء الاسلاك التي يتجاوز فيها اجهاد الخضوع (420 نت/مم²) حيث ان اجهاد الخضوع لمثل هذه الأسلاك يمثل الاجهاد المناظر لانفعال مقداره (0.35%).

5/5/1-2 أوتاد تسليح القص ذات الرؤوس (Headed Shear Stud Reinforcement)

ينبغي ان تحقق أوتاد تسليح القص ذات الرؤوس ومجاميعها متطلبات المواصفة (ASTM A1044M) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

6/1-2 المضافات (Admixtures) [9 ، 6 ، 2 ، 1]

1/6/1-2 يجب أن تلبى المضافات المستعملة لتقليل كميات الماء أو تعديل زمن التصلب للخرسانة أو مضافات الهواء المقصود (air-entraining admixtures) متطلبات المواصفة القياسية العراقية (1989/1431) والمواصفة العراقية (1992 /1748) او أي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل.

2/6/1-2 يجب إستحصل موافقة الجهة الاستشارية ذات الخبرة والاختصاص عند استعمال مضافات لا تتوافق مع متطلبات الفقرة (1/6/1-2).

3/6/1-2 على العموم يجب عدم استعمال المضافات الحاوية على كلوريد الكالسيوم calcium (chloride) أو المضافات التي تحتوي على أيونات الكلوريدات في الخرسانة الحاوية على اجزاء مطمورة مصنوعة من مادة الألمنيوم أو عند استعمال قوالب دائمية أو أجزاء مطمورة مصنوعة من الفولاذ المغلون. لاحظ البند (1/2-2) والبند (2/3-4).

4/6/1-2 يجب أن تتوافق المضافات المستعملة في الخرسانة الحاوية على سمنت تمديدي (expansive cement) (المطابق للمواصفة القياسية العراقية 1711 لسنة 1992 وأي مواصفة مماثلة يعتمدها رب العمل) مع نوعية السمنت المستعمل وأن لا تولد أي تأثيرات سلبية محتملة على الخرسانة المنتجة.

7/1-2 خزن المواد (Storage of Materials) [2 ، 1]

1/7/1-2 يجب أن تحفظ المواد السمنتية والركام والمضافات بشكل يمنع تلفها أو اختلاطها مع مواد غريبة.
2/7/1-2 لا يجوز استعمال المواد التالفة أو التي اختلطت مع مواد غريبة لإنتاج الخرسانة.

2-2 متطلبات الديمومة (Durability Requirements) [4 ، 1]

1/2-2 فئات التعرض وانواعها (Exposure Categories and Classes)

يتم تعيين انواع التعرض بناء على تقدير شدة تعرض العناصر الإنشائية الخرسانية لكل فئة من فئات التعرض المبينة في الجدول (1/2-2).

الجدول 2-1/2 : فئات وأنواع التعرض [1]

ظرف التعرض	النوع	الشدة	الفئة	
خرسانة غير معرضة لدورات من التجمد والذوبان	F0	F خرسانة تتعرض الى التجمد و الذوبان	
خرسانة معرضة لدورات من التجمد والذوبان والى الرطوبة أحيانا	F1	متوسطة		
خرسانة معرضة لدورات من التجمد والذوبان والى الرطوبة بصورة مستمرة	F2	قاسية		
خرسانة معرضة لدورات من التجمد والذوبان ويتماس مستمر مع الرطوبة مع تعرضها إلى مذيبيات الجليد الكيميائية	F3	قاسية جدا		
الكبريتات الذاتية في الماء (SO ₄) ppm	التربة الحاوية على كبريتات (SO ₄) قابلة للذوبان في الماء (نسبة وزنية)		S خرسانة تتعرض الى الكبريتات	
SO ₄ <150	SO ₄ <0.1	S0	
150 ≤ SO ₄ <1500 ماء البحر	0.1 ≤ SO ₄ < 0.2	S1		متوسطة
1500 ≤ SO ₄ ≤ 10000	0.2 ≤ SO ₄ ≤ 2.00	S2		قاسية
SO ₄ > 10000	SO ₄ > 2.00	S3		قاسية جدا
في تماس مع الماء بدون الحاجة لخرسانة ذات نفاذية واطئة	P0	P خرسانة تتطلب نفاذية واطئة	
في تماس مع الماء مع الحاجة الى خرسانة ذات نفاذية واطئة	P1	مطلوب		
خرسانة جافة او محمية من الرطوبة	C0	C خرسانة تتطلب حماية حديد التسليح من التآكل	
خرسانة معرضة للرطوبة لكنها غير معرضة للكوريدات الخارجية	C1	متوسطة		
خرسانة معرضة للرطوبة ومعرضة لمصدر خارجي من الكلوريدات ناتجة من المذيبيات الكيميائية او الأملاح أو مياه مالحة أو مياه البحر أو رذاذ من هذه المصادر	C2	قاسية		

2/2-2 متطلبات الخلطات الخرسانية [1 ، 2]

اعتمادا على انواع التعرض المحددة في الجدول (2-1/2) يجب أن تتوافق الخلطات الخرسانية مع المتطلبات الأكثر شدة في الجدول (2-2/2).

الجدول 2-2: متطلبات الخرسانة استنادا الى نوع التعرض [1]

المتطلبات الأقل الإضافية		المقاومة الأقل f'_c (MPa)	النسبة الاكبر للماء/المواد السمنتية (1)	نوع التعرض
تحديدات اعتمادا على المادة السمنتية	محتوى الهواء			
.....			
.....	الجدول (3/2-2)		0.45	F1
.....	الجدول (3/2-2)		0.45	F2
	الجدول (3/2-2)		0.45	F3
المضافات الحاوية على كلوريد الكالسيوم	انواع المواد السمنتية(2)			
	ASTM C1157	ASTM C595	ASTM C150	
لا يوجد تقييد	لا يوجد تقييد لأي نوع	لا يوجد تقييد لأي نوع	.....	S0
لا يوجد تقييد	MS	(7) IP(MS) (7)IS< 70 (7) (MS)	0.5	S1
غير مسموح	HS	IP(HS) IS< 70 (7) (HS)	0.45	S2

تكملة الجدول 2-2: متطلبات الخرسانة استناداً الى نوع التعرض [1]

المتطلبات الأقل الإضافية			المقاومة الأقل $f'c$ (MPa)	للماء/المواد السمنتية (1)	نوع التعرض	
غير مسموح	HS + بوزولانا او رماد	IP + بوزولانا او رماد (<70) (HS) + بوزولانا او رماد (<70)	V + بوزولانا او رماد	31	0.45	S3
.....			17	.....	P0
.....			28	0.5	P1	
الفقرات ذات العلاقة	المحتوى الأكبر المسموح به لأيون الكلوريد (Cl ⁻) في الخرسانة (كنسبة مئوية إلى وزن السمنت) (5)					
	الخرسانة المسلحة					
لا يوجد	1		17	.....	C0
	0.3		17	.....	C1
(6) ACI	0.15		35	0.4	C2	
<p>(*) سمنت بورتلاندي معتدل حرارة الاماهة</p> <p>(**) سمنت بورتلاندي مقاوم لأملح الكبريتات</p> <p>(1) لا تشمل الخرسانة خفيفة الوزن</p> <p>(2) يسمح باستعمال مواد سمنتية مختلفة بدلا من تلك المدرجة في الجدول (2-2/2) على أن يتم فحصها لمقاومة الأملاح وتتوافق مع معايير البند (2-2/4)</p> <p>(3) في حالات التعرض لماء البحر يسمح باستعمال أنواع أخرى من السمنت البورتلاندي الذي يحتوي على ثلاثي الومينات الكالسيوم C3A لا يزيد عن (10%) اذا كانت نسبة الماء الى المواد السمنتية لا تتجاوز (0.4).</p> <p>(4) يسمح باستعمال انواع اخرى من السمنت المتوافرة مثل نوع السمنت البورتلاندي الاعتيادي وسمنت سريع التصلب لنوعي التعرض S1 أو S2 اذا كان محتوى ثلاثي الومينات الكالسيوم C3A يقل عن (8%) او (5%) على التوالي وبموجب المواصفة الامريكية للسمنت ASTM C150.</p> <p>(5) محتوى ايونات الكلوريدات الذائبة في الماء الناتجة من المكونات المتضمنة الماء والركام والمواد السمنتية والمضافات يجب أن يحسب اعتمادا على الخلطة الخرسانية المبينة بالمواصفة الأمريكية ASTM C1218M او أي مواصفة قياسية عراقية معتمدة او أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل بعمر يتراوح ما بين (28) و(42) يوماً</p> <p>(6) يجب تحقيق متطلبات الفقرات الخاصة بظروف التأكل .</p> <p>(7) IP, MS, HS, IS نوعيات من السمنت الممزوج والمعرف بموجب المواصفة الامريكية</p> <p>[8] ASTM C595</p>						

3/2-2 المتطلبات الإضافية لتعرض الخرسانة إلى الانجماد والذوبان [1 ، 2]

1/3/2-2 الخرسانة عادية الوزن وخفيفة الوزن تحت تأثير أنواع التعرض F1, F2, و F3 يجب أن تكون مقصودة الهواء (air-entrained) وبمحتوى هواء كما مبين في الجدول (3/2-2) ويكون مقدار التفاوت في محتوى الهواء بحدود ($\pm 1.5\%$). يسمح بتقليل محتوى الهواء المبين في الجدول (3/2-2) بمقدار (1%) عند استعمال خرسانة تزيد مقاومتها على (35 نت/مم²).

الجدول 3/2-2 : محتوى الهواء الكلي للخرسانة المعرضة لدورات من الانجماد والذوبان [1]

محتوى الهواء (%)		المقاس الاسمي الأكبر للركام (مم)*
التعرض لنوع (F2, F3)	التعرض من نوع (F1)	
7.5	6	9.5
7.0	5.5	12.5
6.0	5.0	19.0
6.0	4.5	25.0
5.5	4.5	37.5

* تراجع المواصفة المواصفة القياسية العراقية 1984/30 و ASTM C33 او أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل للتفاوت المسموح به لحالة الركام ذي المقاسات الأكبر.

2/3/2-2 يجب ان لا تتجاوز كمية البوزلانا التي تتضمن الرماد المتطاير وغبار السليكا وخبث الافران في الخرسانة المعرضة الى النوع (F3) الحدود المبينة في الجدول (4/2-2).

الجدول 2-4/2 : متطلبات الخرسانة المعرضة الى النوع (F3)[1]

اعلى نسبة وزنية محسوبة على اساس جميع المواد السمنتية	المواد السمنتية
25	الرماد المتطاير او اي بوزلانا اخرى بموجب (ASTMC618) أو أي مواصفة يعتمدها رب العمل
50	خبث الافران بموجب (ASTMC989) أو أي مواصفة يعتمدها رب العمل
10	غبار السليكا بموجب (ASTMC1240) أو أي مواصفة يعتمدها رب العمل
*50	مجموع الرماد المتطاير او اي بوزلانا اخرى، خبث الافران وغبار السليكا أو أي مواصفة يعتمدها رب العمل
*35	مجموع الرماد المتطاير او اية بوزلانا اخرى وغبار السليكا أو أي مواصفة يعتمدها رب العمل
* يجب ان لا يزيد محتوى الرماد المتطاير وغبار السليكا على 25% و 10% على التوالي من الوزن الكلي للمواد السمنتية	

2-4/2 بدائل المواد السمنتية للخرسانة المعرضة للكبريتات

يسمح باستعمال توليفة من مواد سمنتية بديلة عن تلك المبينة في الجدول (2-2/2) وذلك عندما تلي هذه البدائل متطلبات فحوص مقاومة الكبريتات و تتوافق مع المعايير المبينة في الجدول (2-2/5).

الجدول 2-5: متطلبات المواد السمنتية في الخرسانة المعرضة للكبريتات الذائبة في الماء [1]

التمدد الأقصى استناداً إلى المواصفة ASTM C595 أو أي مواصفة قياسية عراقية معتمدة (ان وجدت) أو أي مواصفة مماثلة معتمدة من قبل رب العمل			نوع التعرض
بعمر 6 أشهر	بعمر 12 شهراً	بعمر 18 شهراً	
0.1 %	.....	.....	S1
0.05 %	0.1 %	.....	S2
.....	.....	0.1 %	S3
يطبق متطلب حد التمدد عند 12 شهراً عندما يتجاوز التمدد المحسوب بعمر 6 أشهر الحد المسموح به			

المراجع:

[1] ACI Committee 318 (2008) "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 473 pp.

[2] مركز بحوث البناء - مؤسسة البحث العلمي، "الكود العراقي للخرسانة المسلحة"، بغداد، 1987، 68 صفحة.

[3] المواصفة العراقية رقم 5، "السمنت البورتلاندي"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد 1984، 8 صفحات

[4] المواصفة العراقية رقم 45، "ركام المصادر الطبيعية المستعملة في الخرسانة والبناء"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد 1984، 16 صفحة.

[5] المواصفة العراقية رقم 1703، "الماء المستخدم في خلط الخرسانة"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد 1992، 12 صفحة.

[6] ASTM C494/ C494M-05a, "Standard Specification for Chemical Admixtures for concrete".

[7] ASTM C595/ C595M-14, "Standard Specification for Blended Hydraulic Cements", 13pp

[8] المواصفة العراقية رقم 1711، "السمنت التمديدي الهيدروليكي K"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد 1992، 15 صفحة.

[9] المواصفة العراقية رقم 1431، "مضافات الخرسانة"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، بغداد 1989، 12 صفحة.

[10] المواصفة العراقية رقم 1748، "المواد البوزولانية المستعملة كمضافات معدنية في خرسانة السمنت البورتلاندي"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، 1992، 15 صفحة.

الباب 3

نوعية خلط ووضع الخرسانة

Concrete Quality, Mixing and Placing

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-3 مقدمة (Introduction) [1 ، 6]

1/1-3 يجب أن يتم اختيار نسب خلط الخرسانة الإنشائية لتحقيق المتطلبات التالية:

- أ- معدل مقاومة انضغاط (f'_{cr}) كما مشار إليه في البند (3-3/2) وأن تلي معايير الديمومة بموجب الباب الثاني.
- ب- أن يكون تواتر نتائج فحوص الخرسانة المنتجة التي تقل مقاومتها عن (f'_c) في حدوده الدنيا وكما مشار إليه في الفقرة (3-3/6).
- ج- أن لا تقل مقاومة الانضغاط للخرسانة الإنشائية المستعملة لأغراض هذه المدونة عن (17 نت/مم²).

2/1-3 يجب ان تكون متطلبات مقاومة الانضغاط للخرسانة الإنشائية (f'_c) مبنية على نتائج فحوص نماذج من المكعبات او الأسطوانات التي تحضر وتتحص بموجب البند (3-3/6).

3/1-3 تكون مقاومة الانضغاط (f'_c) مبنية على نتائج الفحوص للخرسانة بعمر 28 يوما ما لم يذكر عمر مغاير للفحص على المخططات أو المواصفات المعتمدة في التصميم.

4/1-3 ينبغي أن لا تعتمد مقاومة الشد الانشطاري (splitting tensile strength) لتقويم قبول الخرسانة في الحقل (field acceptance of concrete).

5/1-3 يجب أن تلي الخرسانة المسلحة بالألياف الحديدية متطلبات المواصفة الأمريكية (ASTM-C1116) أو أي مواصفة أخرى يعتمدها رب العمل. وينبغي أن لا تقل مقاومة الخرسانة المسلحة بالألياف الحديدية عن المتطلبات المذكورة في البند (1-3/1).

2-3 اختيار نسب خلط الخرسانة [1 ، 2 ، 7]

1/2-3 يجب أن تحقق نسب المواد المستعملة لإنتاج الخرسانة المتطلبات التالية:

أ- قابليه تشغيل (workability) وقوام ملائم (consistency) يسمح للخرسانة بالتغلغل في القالب وحول حديد التسليح بدون حدوث انغزال (segregation) لمكونات الخرسانة بعضها عن بعض أو حدوث نضح مفرط (excessive bleeding) وفقا لمتطلبات المواصفات العراقية النافذة.

ب- تحقيق متطلبات كافة أصناف المؤثرات البيئية التي تتعرض لها الخرسانة بموجب الباب الثاني.

ج- تحقيق متطلبات فحوص مقاومة الانضغاط المذكورة في الفصل (3-6) المتعلقة بتقويم وقبول الخرسانة.

3-2/2 عندما تستعمل مواد مختلفة لإنتاج الخرسانة لصب أجزاء من العناصر الإنشائية فيجب تقويم جميع الخلطات المنتجة من هذه المواد.

3-3 نسب الخلط بموجب الخلطات التجريبية أو الخبرة الحقلية أو كليهما [1 ، 2 ، 10]

3-3/1 الانحراف المعياري للنماذج

3-3/1/1 يمكن حساب الانحراف المعياري S_s عندما تتوافر لدى الجهة المنتجة للخرسانة نتائج فحوص مسجلة دوريا خلال فترة لا تتجاوز 12 شهرا ويجب أن تتوافر في نتائج الفحوص التي استعملت لحساب معامل الانحراف المعياري S_s ما يلي:

أ- أن تكون المواد التي استعملت لإنتاج الخرسانة وطرائق السيطرة النوعية التي اعتمدت لصب نماذج الخرسانة والظروف الأخرى في سجل نتائج الفحوص مماثلة للمواد وطرائق السيطرة النوعية التي ستعتمد لإنتاج وصب نماذج الخرسانة المطلوبة.

ب- أن تمثل النتائج المثبتة في سجل الفحوص مقاومة الانضغاط المطلوبة للخرسانة المنتجة أو تمثل مقاومة انضغاط ضمن فروق (± 7 نت/مم²) عن مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_c)

ج- يجب أن يتضمن سجل الفحوص ثلاثين فصفا متعاقبا على الأقل أو يتألف من مجموعتين من الفحوص المتعاقبة مجموعها ثلاثين فصفا على الأقل كما مبين في الفقرة (3-6/2/3) ما عدا ما مذكور في الفقرة (3-3/1/2).

3-3/1/2 عندما لا تتوافر لدى الجهة المنتجة للخرسانة سجلات نتائج تحقق متطلبات العبارة (3-3/1/1/ج)

مع توفر نتائج فحوص بعمر لا يزيد على (12) شهرا عددها يتراوح بين (15-29) فصفا متعاقبا عندئذ يمكن استخراج معامل الانحراف المعياري S_s كحاصل ضرب لمعامل الانحراف المعياري المحسوب من نتائج الفحوص المتوافرة في معامل تضخيم كما مبين في الجدول (3-3/1).

الجدول 3-1/3 : معامل تضخيم الانحراف المعياري للنماذج عندما يكون عدد النماذج المتوافرة اقل من 30 فحصاً [1]

عدد الفحوص *	معامل تضخيم الانحراف المعياري للنماذج
أقل من 15	يستعمل الجدول (3-1/3/ب)
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 أو أكثر	1.00
*يتم اعتماد النسبة والتناسب لعدد الفحوص التي تقع ضمن الحدود المذكورة.	

3-2/3 معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة

3-1/2/3

أ- في حالة السماح بنسبة 5% من النتائج التي تقل عن المقاومة المطلوبة يحسب معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) الذي يعد الأساس لاختيار نسب الخلط بالاعتماد على الجدول (3-2/3/أ) ويحسب معامل الانحراف المعياري S_s بموجب الفقرتين (3-1/1/3) و (3-2/1/3).

الجدول 3-2/3/أ: معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة عندما تكون قيمها محسوبة اعتماداً على الانحراف المعياري للنتائج بدرجة ثقة (95%) [9]

معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (ميكاباسكال)	مقاومة الانضغاط المحددة (ميكاباسكال)
تستعمل اكبر قيمة محسوبة من العلاقتين (3-1/3) و (3-2/3) $f'_{cr} = f'_c + 1.64S_s$ (3-1/3) $f'_{cr} > f'_c + 0.3f'_{cu}$ * (3-2/3)	$f'_c \leq 35$
تستعمل اكبر قيمة محسوبة من العلاقتين (3-1/3) و (3-3/3) $f'_{cr} = f'_c + 1.64S_s$ (3-1/3) $f'_{cr} = f'_c + 10$ (3-3/3)	$f'_c > 35$

* f'_{cu} : مقاومة انضغاط المكعبات الخرسانية ($f'_c / 0.8$)

ب - في حالة السماح بنسبة 1% من النتائج التي تقل عن المقاومة المطلوبة يحسب معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) الذي يعد الأساس لاختيار نسب الخلط بالاعتماد على الجدول (3-2/3/ب) ويحسب معامل

الجدول 3-2/3ب: معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة عندما تكون قيمها محسوبة اعتمادا على الانحراف المعياري للنتائج بدرجة ثقة 99% [1]

معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (ميكاباسكال)	مقاومة الانضغاط المحددة (ميكاباسكال)
تستعمل اكبر قيمة محسوبة من العلاقتين (4/3-3) و(5/3-3) $f'_{cr} = f'_c + 1.34 S_s \dots (4/3-3)$ $f'_{cr} = f'_c + 2.33 S_s - 3.5 \dots (5/3-3)$	$f'_c \leq 35$
تستعمل اكبر قيمة محسوبة من العلاقتين (4/3-3) و(6/3-3) $f'_{cr} = f'_c + 1.34 S_s \dots (4/3-3)$ $f'_{cr} = 0.9f'_c + 2.33 S_s \dots (6/3-3)$	$f'_c > 35$

3-2/2/3/1-2 عندما لا تتوافر لدى الجهة المنتجة للخرسانة نتائج فحوص حقلية لحساب معامل الانحراف المعياري S_s المستوفي لمتطلبات الفقرتين (1/1/3-3) أو (2/1/3-3) عندئذ يجب حساب معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) من الجدولين (3/3/3-أ) و(3/3/3-ب) ويكون توثيق معدل مقاومة الانضغاط بموجب متطلبات البند (3/3-3).

الجدول 3-3/3/3أ: معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة عند عدم توافر بيانات لحساب الانحراف المعياري للنماذج بدرجة ثقة (95%)

معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (ميكاباسكال)	مقاومة الانضغاط المحددة (ميكاباسكال)
$f'_{cr} = f'_c + 0.6f'_c$	$f'_c \leq 21$
$f'_{cr} = f'_c + 13$	$f'_c > 21$

الجدول 3-3/3/3ب: معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة عند عدم توافر بيانات لحساب الانحراف المعياري للنماذج بدرجة ثقة (99%)

معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (ميكاباسكال)	مقاومة الانضغاط المحددة (ميكاباسكال)
$f'_{cr} = f'_c + 7.0$	$f'_c < 21$
$f'_{cr} = f'_c + 8.3$	$21 \leq f'_c \leq 35$
$f'_{cr} = 1.10f'_c + 5.0$	$f'_c > 35$

3-3/3 توثيق معدل مقاومة الانضغاط

- إن التوثيق المطلوب الذي يضمن جعل نسب خلط الخرسانة المنتجة تحقق معدل مقاومة انضغاط مساوية أو أكبر لمعدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) يجب أن يتألف من:
- أ- سجل نتائج الفحوص الحقلية (الموقعية) لمقاومة الخرسانة أو:
 - ب- سجلات نتائج متعددة لفحوص مقاومة الخرسانة أو:
 - ج- الخلطات التجريبية.

1/3/3-3

- أ- في حالة اعتماد سجل نتائج الفحوص لحساب معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_{cr}) بموجب الفقرتين (1/1/3-3) و(2/1/3-3) يجب أن تكون المواد المستعملة لإنتاج الخرسانة المطلوبة مماثلة للمواد المستعملة في سجل الفحوص .
- ب- المتغيرات في المواد المستعملة والظروف المصاحبة ونسب الخلط التي يتضمنها سجل الفحوص ينبغي أن تكون مشابهة قدر الإمكان لتلك التي ستستعمل في العمل.
- ج- لأغراض توثيق معدل المقاومة المتوقعة، يجب أن يشتمل سجل نتائج الفحوص على عشرة فحوص متعاقبة عندما يكون عدد الفحوص اقل من ثلاثين فحصاً أو أن هذه الفحوص المسجلة تمت خلال فترة زمنية لا تقل عن 45 يوماً.
- د- نسب الخلط المطلوبة للخرسانة يمكن أن يستحصل عليها بإجراء استكمال خطي (linear interpolation) بين قيم المقاومة وقيم نسب الخلط لسجلي فحصين أو أكثر من الفحوص التي تلبي جميعها متطلبات الفقرة (1/3/3-3).

2/3/3-3 عند عدم وجود سجل معتمد لنتائج الفحوص الحقلية فينبغي أن تحقق نسب خلط الخرسانة

المستنبطة على أساس الخلطات التجريبية المتطلبات التالية:

- أ- استعمال المواد المجهزة في موقع العمل لإجراء الخلطات التجريبية.
- ب- يجب ان تحقق نسب الخلط المستعملة في الخلطات التجريبية مجالا لمقاومة الانضغاط يقع ضمنه معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة f'_{cr} ويحقق متطلبات الديمومة بموجب الباب الثاني.
- ج- يجب أن يكون هطول الخرسانة الطرية في الخلطات التجريبية ضمن الحدود المطلوبة في العمل.
- د- يجب صب ومعالجة ثلاثة مكعبات بقياس (150×150×150) مم أو اسطوانتين بقياس (300×150) مم أو ثلاث اسطوانات بقياس (200×100) مم على الأقل لكل خلطة تجريبية. كما تفحص هذه النماذج بعمر 28 يوماً أو بالعمر المحدد للحصول على المقاومة التصميمية المطلوبة (f'_c).

هـ- ينبغي أن تستعمل نتائج مقاومة الانضغاط بالأعمار المطلوبة التي استخرجت من الخلطات التجريبية لاستنباط نسب الخلط لإنتاج الخرسانة المطلوبة في العمل. كما ينبغي أن تحقق الخلطة الخرسانية المقترحة معدل مقاومة الانضغاط المطلوبة في البند (3-2/3) وتحقق متطلبات الديمومة المنصوص عليها في الباب الثاني.

3-4 نسب الخلط عند عدم وجود الخلطات التجريبية أو الخبرة الحقلية [1 ، 2]

3-4/1 في حالة كون المقاومة التصميمية للخرسانة لا تزيد على (35 ميكاباسكال) وعند عدم وجود البيانات المشار إليها في الفصل (3-3)، فإن نسب الخلط للخرسانة ينبغي أن تحدد اعتماداً على الخبرة والمعلومات المتوفرة بعد استحصال موافقة الجهة الاستشارية. ويجب أن يكون معدل مقاومة الانضغاط المستعملة كأساس لاختيار نسب خلط (f'_{cr}) للخرسانة المنتجة باستعمال مواد مشابهة لتلك التي ستستعمل في العمل أكبر من المقاومة التصميمية المطلوبة f'_c بمقدار (8 ميكاباسكال) على الأقل.

3-4/2 يجب أن تحقق نسب الخلط متطلبات الديمومة بموجب الباب الثاني ومعايير فحص مقاومة الانضغاط المشار إليها في الفصل (3-6).

3-5 تخفيض معدل مقاومة الانضغاط [1 ، 2]

عند توافر بيانات مقاومة الانضغاط خلال تقدم العمل فيمكن تقليل المقدار التي تزيد فيه معدل مقاومة الانضغاط (f'_{cr}) المطلوبة على المقاومة التصميمية (f'_c) على أن يؤخذ في الحسبان ما يلي :-
أ- وجود نتائج 30 فحصاً أو أكثر وان يكون معدل نتائجها (الذي حسب باستعمال معامل الانحراف المعياري للنماذج أو المحسوب بموجب الفقرة (3-1/2/3)) يتجاوز متطلبات الفقرة (3-1/1/3) أو

ب- وجود نتائج 15-29 فحصاً وأن يكون معدلها (الذي حسب باستعمال معامل الانحراف المعياري للنماذج أو المحسوب بموجب الفقرة (3-1/2/3)) يتجاوز متطلبات الفقرة (3-2/1/3).
ج- تحقق متطلبات ظروف التعرض (exposure categories) بموجب متطلبات الباب الثاني.

3-6 تقويم وقبول الخرسانة [1 ، 2]

3-6/1 يجب فحص الخرسانة بموجب متطلبات البنود (3-2/6) إلى (3-5/6). ولا بد من إجراء الفحوص على الخرسانة الطرية من قبل فنيين مؤهلين في موقع العمل. تهيأ النماذج المطلوبة لإجراء فحوص المقاومة على أن يؤخذ في الحسبان ما يلي:

- أ- تهيئة النماذج المطلوبة لغرض المعالجة تحت الظروف الموقعية (الحقلية) .
- ب- تهيئة النماذج المطلوبة لغرض الفحص في المختبر .
- ج- تسجيل درجة حرارة الخرسانة الطرية للنماذج التي ستفحص .

3-6/2 تكرار الفحوص

3-6/1

أ- تؤخذ النماذج (samples) لفحوص المقاومة لكل نوع من أنواع الخرسانة المستعملة في اليوم الواحد بموجب الجدول (3-6/4) على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم أيها أكثر تكراراً.

الجدول 3-6/4: تكرار النماذج بحسب مقاومة انضغاط الخرسانة

تكرار العينات	مقاومة انضغاط الخرسانة (ميكاباسكال)
نموذج لكل 10 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	32
نموذج لكل 25 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	28 - 20
نموذج لكل 50 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	12

ب- تؤخذ النماذج (samples) لفحوص المقاومة لكل نوع من أنواع الخرسانة المستعملة في اليوم الواحد بالاعتماد على نوع العناصر الإنشائية أو المنشآت بموجب الجدول (3-6/5) على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم أيها أكثر تكراراً.

الجدول 3-6/5: تكرار النماذج بحسب نوع المنشأ

تكرار العينات	نوع المنشأ
نموذج واحد لكل 10 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	الأعمدة والعتبات
نموذج واحد لكل 25 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	منشآت خزانات المياه (water retaining structures)
نموذج واحد لكل 50 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	المنشآت الرئيسية من الخرسانة المسلحة
نموذج واحد لكل 100 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	خرسانة كتلية غير مسلحة (mass concrete) ذات مقاومة انضغاط أكبر من (16 ميكاباسكال)
نموذج واحد لكل 200 م ³ على أن لا يقل عدد النماذج عن نموذج واحد في اليوم	خرسانة كتلية غير مسلحة (mass concrete) ذات مقاومة انضغاط أقل من (16 ميكاباسكال)

ج - في حالة اختلاف عدد النماذج بموجب الفقرتين (أ، ب) المذكورتين انفا" يعتمد العدد الاكبر منها

3-2/6 في حالة كون حجم الخرسانة المجهزة للمشروع لا يسمح بالحصول على خمس عينات على الأقل لكل نوع من أنواع الخرسانة المستعملة، فتنخب خمس عينات بصورة عشوائية من وجبات الخرسانة المجهزة. وفي حالة كون كمية الخرسانة المجهزة لا تسمح بانتخاب خمس عينات فتنخب عينة من كل وجبة من وجبات الخرسانة المجهزة.

3-3/2 يعرف نموذج الفحص (strength test) للنموذج الواحد (sample) بأنه النموذج الذي يتألف من معدل نتائج فحص المقاومة لعينتين من اسطوانتين بمقاسات 150مم×300مم على الأقل أو معدل نتائج فحص المقاومة لثلاث اسطوانات بمقاس 100مم×200مم على الأقل أو معدل نتائج فحص المقاومة لثلاث عينات من مكعبات بمقاس 150مم×150مم×150مم على الأقل. تفحص جميع العينات بعمر 28 يوماً أو بموجب العمر المحدد في المخططات وجداول الكميات.

3-3/6 عينات المعالجة القياسية (Standard-Cured Specimens)

3-3/6-1 يجب أن تؤخذ عينات نماذج فحوص المقاومة بموجب أي مواصفة أخرى ذات علاقة يوافق عليها رب العمل.

3-3/6-2 يتم نمذجة ومعالجة وفحص المكعبات أو الاسطوانات الخرسانية بموجب المواصفة العراقية 3829 لسنة 2002 أو أي مواصفة مماثلة ذات علاقة تعتمد عليها الجهة المستفيدة.

3-3/6-3 تعد نتائج فحص المقاومة (strength test) لأي نوع من أنواع الخرسانة المستعملة مقبولة عند تحقق المتطلبات التالية:

- أ- في حالة السماح بنسبة 5% من النتائج تقل عن المقاومة المطلوبة تطبق الاشتراطات التالية:
 1. يجب أن يزيد المعدل الحسابي (Arithmetic average) لنتائج اي ثلاثة فحوص متعاقبة على المقاومة المطلوبة بمقدار (3.5 ميكاباسكال) عندما تقل المقاومة المطلوبة عن (35 ميكاباسكال) او بمقدار $(0.1 f_c)$ عندما تساوي المقاومة المطلوبة او تزيد على (35 ميكاباسكال).
 2. يجب أن لا تقل مقاومة الانضغاط لأي عينة من عينات فحوص المقاومة عن المقاومة المطلوبة بمقدار (2 ميكاباسكال) للخرسانة التي لا تزيد مقاومة الانضغاط المطلوبة لها على (35 ميكاباسكال) ولا عن $(0.07 f_c)$ للخرسانة التي تزيد مقاومة الانضغاط المطلوبة لها على (35 ميكاباسكال) . وعند استعمال المكعبات الخرسانية بدلا من العينات الاسطوانية فتستعمل معاملات تحويل مناسبة لغرض تعديل مقاومة انضغاط المكعبات الى ما يكافؤها من مقاومة انضغاط الاسطوانات.

ب- في حالة السماح بنسبة 1% من النتائج تقل عن المقاومة المطلوبة تطبق الاشتراطات التالية:

1. يكون المعدل الحسابي (arithmetic average) لنتائج اية ثلاثة فحوص متعاقبة (three consecutive strength test) مساويا او يزيد على مقاومة الانضغاط المطلوبة (f'_c).

2. يجب أن لا تقل مقاومة الانضغاط لأي عينة من عينات فحوص المقاومة عند استعمال النماذج الاسطوانية عن مقاومة الانضغاط المطلوبة بمقدار (3.5 ميكاباسكال) للخرسانة التي لا تزيد مقاومة الانضغاط المطلوبة لها على (35 ميكاباسكال) ولا عن ($0.1f'_c$) للخرسانة التي تزيد مقاومة الانضغاط المطلوبة لها على (35 ميكاباسكال). وعند استعمال المكعبات الخرسانية بدلا من العينات الاسطوانية فتستعمل معاملات تحويل مناسبة لغرض تعديل مقاومة انضغاط المكعبات الى ما يكافؤها من مقاومة انضغاط الاسطوانات.

4/3/6-3 عندما يقل عدد الفحوص عن ثلاثة، يؤخذ المعدل للعدد الموجود من الفحوص ويجرى التقويم بموجبه.

5/3/6-3 في حالة فشل أي فحص مقاومة في مطابقة متطلبات أي من العبارتين الثانويتين ($2-3/3/6-3$) او ($2-3/3/6-3$) فان الخرسانة الممثلة بهذا الفحص فقط تعد غير مطابقة لمتطلبات المقاومة.

6/3/6-3 في حالة فشل اكثر من فحص واحد للمقاومة في مطابقة متطلبات العبارة الثانوية ($2-3/3/6-3$) او ($2-3/3/6-3$) او اذا فشل معدل مقاومة لأي ثلاث نتائج متعاقبة للمقاومة في مطابقة متطلبات العبارة الثانوية ($1-3/3/6-3$) او ($1-3/3/6-3$) فتعد الخرسانة الممثلة بالمجاميع الثلاثة المتعاقبة غير مطابقة لمتطلبات المقاومة.

7/3/6-3 في حالة عدم تحقق متطلبات الفقرة ($3/3/6-3$) يجب اتخاذ التدابير لزيادة معدل نتائج مقاومة الانضغاط لعينات الفحص (strength test) وعند عدم تحقق متطلبات العبارة ($3/3/6-3$) فتعتمد المتطلبات المذكورة في البند ($5/6-3$).

4/6-3 النماذج المعالجة حقلياً (Field-Cured Specimens)

1/4/6-3 يجب أن تتيسر نتائج فحوص المقاومة للنماذج المعالجة تحت الظروف الحقلية في حالة رغبة الجهة المشرفة الحصول عليها.

2/4/6-3 تجرى الفحوص المشار إليها في الفقرة ($1/4/6-3$) بموجب أي مواصفة يوافق عليها رب العمل.

3/4/6-3 تؤخذ النماذج المعالجة حقلياً وتصب في القوالب في وقت صب النماذج المعالجة مختبرياً نفسه ومن العينة نفسها.

4/4/6-3 يجب تحسين إجراءات الحماية ومعالجة الخرسانة في حالة كون نتائج المقاومة للعينات المعالجة حقلياً عند عمر الفحص المطلوب اقل من (85%) من نتائج المقاومة لنظيراتها المعالجة مختبرياً. أما

إذا كانت مقاومة العينات المعالجة حقلياً تزيد على (f'_c) بأكثر من 3.5 ميكاباسكال عندئذ لا داعي لتطبيق حدود النسبة (85%).

3-6/5 التحقق من القيم المنخفضة لنتائج فحص المقاومة

3-6/5/1 إذا كانت أي من نتائج فحص المقاومة المذكورة في الفقرة (3-6/3/3) للعينات المعالجة مختبرياً تقل عن (f'_c) بمقدار يزيد على القيم المثبتة في العبارتين الثانويتين (3-6/3/3-أ-2 أو 3-6/3/3-ب-2) أو إذا كانت نتائج فحوص العينات المعالجة حقلياً تؤكد عدم كفاية الحماية والمعالجة بموجب الفقرة (3-6/4) ففي هذه الحالة يجب اتخاذ الإجراءات اللازمة للتأكد من سعة المنشأ لتحمل (Load carrying capacity) بأنها غير معرضة للخطر.

3-6/5/2 إذا ثبت احتمالية أن الخرسانة قليلة المقاومة وبينت الحسابات أن قابلية التحمل قد تأثرت بشكل ملموس عندئذ يجب إجراء فحوص اللباب (core tests) لعينات تؤخذ من المنطقة المشكوك في تحملها. تجرى فحوص اللباب بموجب المواصفات العراقية أو أي مواصفة ذات علاقة تعتمد عليها الجهة المشرفة.

في مثل هذه الحالات تؤخذ عينات فحص اللباب (cores) لكل فحص مقاومة يقل مقداره عن القيم المثبتة في العبارتين الثانويتين ((3-6/3/3-أ-2 أو 3-6/3/3-ب-2)).

3-6/5/3 تنقل عينات فحص اللباب إلى المختبر وهي رطبة في أوعية بلاستيكية لا تمتص الماء تغلق بإحكام لتفادي فقدان الرطوبة. وتفحص هذه النماذج بموجب متطلبات المواصفات العراقية النافذة أو أي مواصفة ذات علاقة تعتمد عليها الجهة المشرفة.

تفحص عينات اللباب بعد مدة لا تقل عن 48 ساعة ولا تزيد على سبعة أيام بعد اكتمال الحصول عليها من الخرسانة المراد التحقق من مقاومتها.

3-6/5/4 تعد خرسانة المنطقة التي أخذت منها نماذج اللباب مقبولة من الناحية الإنشائية إذا كان معدل مقاومة الانضغاط لثلاث عينات لباب لا تقل عن ($0.85 f'_c$) على شرط أن لا تقل مقاومة الانضغاط لأي من هذه النماذج الثلاثة عن ($0.75 f'_c$). كما يسمح باخذ عينات لباب اضافية لغرض الفحص من مناطق الخرسانة اذا كانت نتائج مقاومة المأخوذة منها شاذة او مشتتة.

3-6/5/5 إذا لم تتحقق معايير العبارة (3-6/5/4) ولم يتحقق من السلامة الإنشائية للخرسانة، فيمكن للجهات المخولة أن تطلب إجراء تقويم إنشائي للمنشأ اوجزه منه للتحقق من مطابقته لمعايير الامان بموجب هذه المدونة. ويجرى التقويم الانشائي بموجب المواصفات القياسية العراقية النافذة او اي مواصفات ذات علاقة يوافق عليها رب العمل أو تتخذ إجراءات أخرى مناسبة.

3-7 تهيئة آلات وعدد صب الخرسانة Preparation of Equipment and Place of Deposit [1 ، 2]

تتضمن التهيئة لصب الخرسانة الإجراءات التالية:

- أ- أن تكون كافة آلات وعدد خلط ونقل الخرسانة نظيفة.
- ب- يجب إزالة جميع المخلفات والأوساخ والأتربة والجليد (إن وجد) من منطقة صب الخرسانة.
- ج- يجب تزييت القوالب بصورة جيدة.
- د- ينبغي ترطيب وحدات البناء التي ستملأ بالخرسانة (masonry filler units) بالماء والتي تكون بتماس مباشر مع الخرسانة.
- هـ- ينبغي تنظيف سطوح قضبان التسليح جيداً من طبقات المواد الضارة.
- و- ينبغي التخلص من المياه الموجودة في مواضع صب الخرسانة قبل مباشرة الصب ما لم يتم تستعمل الآلات الخاصة بالصب تحت الماء (termite).
- ز- ينبغي تنظيف سطوح الخرسانة المتصلبة من غشاء الخرسانة (laitance) والمواد الغريبة الأخرى قبل مباشرة صب الخرسانة الإضافية الجديدة.

3-8 الخلط (Mixing) [1 ، 2]

- 3-8/1 ينبغي خلط الخرسانة بشكل جيد لحين الحصول على قوام متجانس لمكوناتها ويجب ان تفرغ الخلطة تماماً من حاوية الخلط (mixer) قبل تعبئتها بخلطة جديدة.
- 3-8/2 ينبغي ان تتم عملية خلط ونقل الخرسانة الجاهزة (ready mixed concrete) وفقاً لمتطلبات إي مواصفة تعتمدها الجهة المشرفة.
- 3-8/3 يجب أن تجري عملية خلط الخرسانة في الموقع على وفق ما يلي:
 - أ- يجري الخلط باستعمال خلاطات (batch mixers) ذات نوعية توافق عليها الجهة المشرفة.
 - ب- تكون سرعة دوران الخلاط بموجب السرعة المحددة من قبل الشركة المصنعة.
 - ج- يستمر خلط الخرسانة لفترة لا تقل عن (1.5) دقيقة بعد أن يكتمل وضع جميع مواد الخلط في حاوية الخلط ما لم تعتمد مدة خلط اقل تحقق متطلبات تجانس الخلطة الخرسانية المنصوص عليها في المواصفات العراقية النافذة أو أي مواصفة تعتمدها الجهة المشرفة.
 - د- تجرى أعمال المناولة والتعبئة والخلط بموجب أي مواصفة تعتمدها الجهة المشرفة.
 - هـ- يجب تهيئة سجل لتوثيق ما يلي:

1. عدد الخلطات المنتجة.
2. نسب مواد الخلط المستعملة.
3. الموقع التقريبي لمحل صب الخرسانة في الموقع.
4. وقت وتاريخ خلط وصب الخرسانة.
5. يفضل اعتماد الخلط على أساس النسب الوزنية كلما كان ذلك ممكناً.
- 6.

3-9 نقل الخرسانة الطرية (Conveying of Fresh Concrete) [1 ، 2]

3-9/1 ينبغي إيصال الخرسانة إلى محل الصب النهائي بالطرائق التي تمنع انفصال المواد أو فقدانها.
3-9/2 يجب أن تكون آلات أو وسائل النقل لها القابلية على تجهيز الخرسانة الطرية إلى موقع الصب بدون أن يحدث انفصال لمكوناتها وبدون انقطاعات زمنية بين دفعات الخلطات المتعاقبة لمنع فقدان لدونة وقابلية تشغيل الخرسانة الطرية.

3-10 صب الخرسانة الطرية (Depositing of Fresh Concrete) [1 ، 2]

3-10/1 ينبغي وضع الخرسانة في أثناء الصب في محل قريب من موقعها النهائي كلما أمكن ذلك لتجنب انفصال مكوناتها نتيجة لانسيابها أو معالجتها يدويا.
3-10/2 ينبغي أن تجرى عملية صب الخرسانة الطرية بوتيرة تحافظ على استمرارية لدونها (طراوتها) لتتغلغل في الفراغات بين قضبان حديد التسليح بشكل انسيابي.
3-10/3 لا يجوز صب الخرسانة المعاد ترطيبها أو تلك التي أعيد خلطها بعد مرور فترة التصلب الابتدائي إلا بموافقة الجهة المشرفة.

3-10/4 ينبغي أن تستمر عمليات صب الخرسانة بدون توقف لحين إكمال صب منطقة معينة معرفة بحدودها أو حددت مسبقا بفواصل ويستثنى من ذلك ما هو محدد بالفقرة الخاصة بالمفاصل الإنشائية في المواصفات الفنية للأعمال المدنية (م.ب.ع. 300) أو أي مدونة تعتمد عليها الجهة المشرفة.
3-10/5 ينبغي أن تكون السطوح العلوية للطبقات (lifts) الشاقولية للخرسانة المصبوبة وداخل القوالب مستوية بشكل عام.

3-10/6 عند الحاجة إلى وضع فواصل إنشائية، فتنفذ بموجب الفقرة الخاصة بالمفاصل الإنشائية في المواصفات الفنية للأعمال المدنية (م.ب.ع. 300) أو أي مدونة تعتمد عليها الجهة المشرفة.

3-10/7 يجب أن ترص الخرسانة الطرية بصورة جيدة بإتباع طرائق مناسبة خلال عملية الصب بحيث تتغلغل الخرسانة في الفراغات بين قضبان حديد التسليح والأجزاء المظمورة وعند أركان القوالب.

3-11 معالجة الخرسانة (Curing)

3-11/1 يجب أن تبقى الخرسانة رطبة مدة لا تقل عن سبعة أيام وأن لا تقل درجة الحرارة خلال هذه المدة عن (10م) ويستثنى من ذلك الخرسانة التي تحقق مقاومة عالية مبكرا (high-early strength concrete).

3-11/2 يجب أن تبقى الخرسانة التي تحقق مقاومة عالية مبكرا (high-early strength concrete) بحالة رطبة مدة بعد إكمال صبها لا تقل عن ثلاثة أيام على الأقل وأن تكون درجة الحرارة خلال هذه المدة أعلى من (10م) ما لم تنفذ المعالجة بموجب متطلبات الفقرة (3-11/3).

3/11-3 المعالجة المعجلة (Accelerated Curing)

1/3/11-3 لتسريع اكتساب المقاومة وتقليل مدة المعالجة ، يسمح باستعمال الوسائل التالية:

أ- المعالجة بالبخر عالي الضغط.

ب- المعالجة بالبخر تحت الضغط الجوي.

ج- المعالجة بالحرارة والرطوبة.

د- أي وسائل أخرى مقبولة.

2/3/11-3 عند مرحلة تحميل معينة، يجب أن تحقق المعالجة المعجلة للخرسانة مقاومة انضغاط لا تقل عن المقاومة التصميمية المطلوبة لتلك المرحلة.

3/3/11-3 يجب أن تحقق عملية المعالجة المعجلة متطلبات ديمومة مكافئة لمتطلبات الديمومة المشار إليها في الفقرتين (1/11-3) و(2/11-3).

12-3 متطلبات الصب في الطقس البارد (Cold Weather Requirements) [8 ، 2 ، 1]

1/12-3 يجب تهيئة الآلات المناسبة لتسخين مكونات خلط الخرسانة وحماية الخرسانة في أثناء الانجماد أو عندما يكون الطقس قريبا من حالة الانجماد.

2/12-3 يجب أن تكون مكونات الخرسانة وقضبان التسليح والقوالب والمواد المائلة والأرض الملامسة للخرسانة خالية من الجليد.

3/12-3 يجب عدم استعمال المواد المتجمدة أو تلك الحاوية على قطع الثلج.

13-3 متطلبات الصب في الطقس الحار (Hot Weather Requirements) [9 ، 2 ، 1]

عند الطقس الحار، ينبغي إيلاء عناية خاصة لمكونات الخرسانة وطرائق إنتاجها ومناولتها وصبها وحمايتها ومعالجتها لمنع حدوث ارتفاع ملموس في درجة حرارة الخرسانة أو تبخر الماء منها. إن هذه الأمور قد تؤثر سلبا في المقاومة والمتطلبات الخدمية للعناصر والمنشآت الخرسانية.

[1] ACI Committee 318 (2008), “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 473 pp.

[2]

مركز بحوث البناء - مؤسسة البحث العلمي، "الكود العراقي للخرسانة المسلحة"، بغداد، 1987، 68 صفحة.

[3] ACI Committee 211, “*Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete (ACI 211, 2-98) (Reapproved 2004)*”, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1998, 20pp.

[4] ASTM C1077-07, “*Standard Practice for Laboratories Testing Concrete for Laboratory Evaluation*,” ASTM, West Conshohocken, PA, 2007, 6pp.

[5] ASTM D3665-07, “*Standard Practice for Random Sampling of Construction Materials*,” ASTM, West Conshohocken, PA, 2007, 13pp.

[6] ACI Committee 214, “*Evaluation of Strength Test Results of Concrete (ACI 214R-02)*”, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2002, 20pp.

[7] ACI Committee 306, “*Cold Weather Concreting (ACI 306R-88) (Reapproved 2002)*,” American Concrete Institute, Farmington Hill, MI, 1988, 23 pp.

[8] ACI Committee 305, “*Hot Weather Concreting (ACI 305R-99) (Reapproved 2002)*,” American Concrete Institute, Farmington Hill, MI, 1999, 20 pp

[9] التميمي / علي عبد الحسين ، البحراني / حسين شاکر ، صالح/ حيدر حسين، عبد الحسين/ حيدر علي ومحمد علي/ سرمد " مناقشة احصائية لطريقة تقويم الخرسانة بموجب الكود العربي الموحد للخرسانة "، بحث مقدم الى مشروع المدونات العراقية وتطبيق الكودات العربية الموحدة للبناء / وزارة الاعمار والاسكان العراقية / 2014، 20 صفحة.

الباب 4

القوالب، والاجزاء المطمورة، والمفاصل الانشائية وتفاصيل حديد التسليح Formwork, Embedments, Construction Joints and Reinforcement Details

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

4-1 تصميم القوالب [1 ، 4]

4-1/1 يجب ان تصمم القوالب بحيث تعطي الشكل النهائي للمنشأ الذي يتلاءم مع الاشكال والمحاور ومقاسات العناصر الانشائية كما هو مثبت في المخططات التصميمية والمواصفات.

4-1/2 يجب أن تكون القوالب متينة جيدة الاحكام بحيث تمنع تسرب المونة.

4-1/3 يجب أن تكون القوالب مدعمة بصورة جيدة ومربوطة مع بعضها بحيث تحافظ على موقعها وشكلها.

4-1/4 يجب أن تصمم القوالب ومساندها بحيث لا تلحق ضرراً بأجزاء المنشأ المنفذة سابقاً.

4-1/5 عند تصميم القوالب يجب أخذ العوامل التالية في الحسبان:

أ- معدل تجهيز وطريقة صب الخرسانة.

ب- الأحمال المسلطة في أثناء التنفيذ شاملة الأحمال الشاقولية والافقية واحمال الصدم.

ج- المتطلبات الخاصة بقوالب المنشآت القشرية والصفائح المطوية والقباب والخرسانة المستعملة للأغراض المعمارية والعناصر المشابهة الأخرى.

4-2 رفع القوالب والمساند واعادة الاسناد [1 ، 2]

4-2/1 رفع القوالب (Removal of Forms)

يجب رفع القوالب بطريقة لا تؤثر في الأداء الوظيفي للمنشأ من حيث التحمل والاستعمال، وان تكون مقاومة الخرسانة بعد رفع القوالب (Removal of Forms) ذات مقدار كاف لمنع حدوث اضرار فيها في اثناء رفع القوالب.

4-2/2 رفع المساند واعادة الاسناد (Removal of Shoring and Reshoring)

تطبق الاشتراطات المنصوص عليها في الفقرات التالية على البلاطات والعتبات ماعدا تلك التي تصب مباشرة على الارض. ويكون المتعهد بالتنفيذ مسؤولاً عن وضع خطة عمل للكيفية التي يتم بها رفع

الاسناد عن القوالب او اعادته ومسؤولاً عن تقديم حسابات الاحمال التي ستنقل الى المنشأ في اثناء رفع واعادة اسناد القوالب على ان يتم تنفيذ ذلك بموجب التالي:

أ- يقوم المتعهد بالتنفيذ بتقديم التحليل الانشائي وبيانات مقاومة الانضغاط للخرسانة التي ستستعمل للتهيئة لرفع القوالب والاسناد عند طلب رب العمل ذلك.

ب- لا يجوز اسناد احمال التشييد او رفع الاسناد عن اي جزء من اجزاء المنشأ تحت التنفيذ ما لم يكتسب ذلك الجزء من المنشأ مع الاجزاء الاخرى المكمله له ونظام اسناده المقاومة الكافية (sufficient strength) لاسناد وزنه الذاتي واحمال التشييد الاخرى المسلطة عليه.

ج- يتم التأكد من التحمل الكافي للمنشأ بواسطة التحليل الانشائي تحت تأثير الاحمال المفترضة وتحمل القوالب وانظمة الاسناد ومقدار مقاومة الخرسانة. ويتم التحقق من مقدار مقاومة الانضغاط للخرسانة باعتماد فحوص لنماذج اسطوانية او مكعبات من الخرسانة معالجة حقلياً او بطرائق اخرى شرط موافقة الجهة المستفيدة.

3-4 الاجزاء المطمورة في الخرسانة (Embedments in Concrete) [1 ، 2]

1/3-4 يسمح بطمر مختلف المواد المصنعة من مواد غير ضارة في الخرسانة بموجب متطلبات هذه الفقرة شرط عدم عدها بديلاً "إنشائياً" للخرسانة المزاحة.

2/3-4 يجب ان يغلف اي جزء مطمور في الخرسانة مصنوع من الالمنيوم لمنع تفاعله مع الخرسانة اولمنع الفعل الالكتروليتي (electrolytic action) بين الالمنيوم والحديد.

3/3-4 يجب ان لا تؤثر الانابيب والمقاطع الفولاذية وكافة الاجزاء المطمورة التي تمتد داخل العناصر الانشائية كالبلاطات والجدران والعتبات في مقاومة هذه العناصر تأثيراً كبيراً.

4/3-4 يجب ان لا تزح القنوات والانابيب ومثبتاتها التي تمتد داخل العمود اكثر من (4%) من مساحة مقطعه العرضي الذي اعتمد في حساب المقاومة او المقطع اللازم للحماية من الحريق.

5/3-4 يجب ان تخضع الانابيب والقنوات المثبتة داخل العناصر الخرسانية (عدا العابر منها) للشروط التالية:

أ- يجب ان لا يزيد البعد الخارجي للجزء المطمور على $(\frac{1}{3})$ سمك البلاطة او الجدار او العتبة المطمور داخلها.

ب- يجب ان لا تقل المسافة بين محاور مراكز الاجزاء المطمورة على ثلاثة امثال قطرها او عرضها.

ج- يجب ان لا تؤثر الاجزاء المطمورة في متانة التشييد تأثيراً كبيراً.

6/3-4 يمكن عد الانابيب والقنوات المطمورة في الخرسانة بديلاً إنشائياً للخرسانة المزاحة عندما تكون تحت تأثير اجهادات الضغط اذا تحقق ما يلي:

أ- اذا لم تكن معرضة للصدأ او اي ضرر آخر.

ب- اذا كانت مصنوعة من الحديد المغلون او غير المغلف او من الفولاذ بحيث لا يقل سمكها عن سمك الانابيب الفولاذية المعتمدة.

ج- ان لا يزيد قطرها الداخلي الاسمي على (50مم) ولا تقل المسافة بين محاور مراكزها عن ثلاثة امثال قطرها.

4-3/7 تصمم الانابيب ومثبتاتها لتقاوم تأثيرات المواد والضغط والحرارة التي ستتعرض لها.

4-3/8 لا يجوز امرار اي سائل او غاز او بخار في الانابيب المظمورة ما لم تكتسب الخرسانة مقاومتها التصميمية ويستثنى من ذلك الماء الذي لا تتجاوز درجة حرارته (32°م) وضغطه لا يزيد على (0.35) ميكاباسكال.

4-3/9 توضع الانابيب المظمورة في البلاطات المصمتة (solid slabs) بين التسليح العلوي والسفلي ما لم تستعمل هذه الانابيب لاغراض التسخين بالحرارة الاشعاعية او اذابة الثلج.

4-3/10 يجب ان لا يقل الغطاء الخرساني للانابيب والقنوات ومثبتاتها عن (40مم) للخرسانة المعرضة للظروف الجوية او الملامسة للتربة، ولا يقل عن (20 مم) في حالة عدم تعرض الخرسانة لمثل هذه الظروف.

4-3/11 تستعمل قضبان تسليح بمساحة لا تقل عن (0.002) من مساحة المقطع الخرساني بشكل متعامد مع الانابيب.

4-3/12 يجب ان تُشكّل وتثبت الانابيب والقنوات المظمورة بطريقة لا تؤدي الى قطع وحني او ازاحة قضبان التسليح من مواقعها.

4-4 المفاصل الإنشائية (Construction Joints) [1 ، 2]

4-4/1 ينبغي تنظيف سطوح المفاصل الانشائية وازالة غشاء الخرسانة او القشرة السمنتية (laitance) عنها.

4-4/2 ينبغي ترطيب المفاصل الانشائية وازالة الماء المتجمع فيها مباشرة قبل صب الخرسانة الجديدة.

4-4/3 يجب تنفيذ واختيار مواقع المفاصل الانشائية بحيث لا تؤثر سلباً في مقاومة المنشأ ومن الضروري اتخاذ التدابير اللازمة لنقل قوى القص والقوى الأخرى خلال هذه المفاصل. لاحظ (8-9/4/5)

4-4/4 ينبغي ان تكون مواقع المفاصل الانشائية في البلاطات والعتبات والروافد ضمن ثلث الفضاء الوسطي.

4-4/5 يجب ان تحرف المفاصل الانشائية في الروافد (girders) عن مواقعها بمسافة صغرى لا تقل عن ضعف عرض العتبات القاطعة لها.

4-4/6 يجب ان لا يباشر صب العتبات والروافد والبلاطات المستندة الى اعمدة او جدران ما لم يكتمل تصلب خرسانة العناصر الشاقولية الساندة.

4-4/7 يجب ان تصب العتبات (beams) والروافد (girders) والاكثاف (haunches) والالواح المتدللية (drop panels) وقبعات القص (shear caps) وتيجان الاعمدة (capitals) في وقت واحد مع السطحات (slab system) ما لم يذكر خلاف ذلك في المخططات التصميمية والمواصفات.

4-5 تفاصيل حديد التسليح (Details of Reinforcement) [1 ، 2 ، 5 ، 6 ، 7]

4-5/1 العقفات القياسية (Standard Hooks)

يقصد بمصطلح (العقفة القياسية) المستعملة في هذه المدونة احد التعاريف التالية:

4-5/1/1 حني القضبان بزواوية (180°) مع امتداد مقداره ($4d_b$) على ان لا يقل هذا الامتداد عن (65 مم) عند النهايات الحرة للقضبان.

4-5/1/2 حني القضبان بزواوية (90°) مع امتداد مقداره ($12d_b$) عند النهايات الحرة للقضبان.

4-5/1/3 عقفات الاطواق (stirrups) والرباطات المستعرضة (lateral ties).

أ- قضبان بقطر (16مم) أو اقل: حني القضبان بزواوية (90) درجة مع امتداد مقداره ($6d_b$) عند النهايات الحرة للقضبان ؛ أو

ب- قضبان بقطر (20مم) و(22مم) و(25مم): حني القضبان بزواوية (90) درجة مع امتداد مقداره ($12d_b$) عند النهايات الحرة للقضبان.

ج- قضبان بقطر (25مم) و(اقل): حني القضبان بزواوية (135) درجة مع امتداد مقداره ($6d_b$) عند النهايات الحرة للقضبان.

4-5/2 الاقطار الأقل للحنى (Minimum Bend Diameters)

4-5/2/1 يبين الجدول (4-5/1) الاقطار الدنيا لحنية القضبان مقاسة من الوجه الداخلي لها، باستثناء قضبان الاطواق والرباطات المستعرضة.

الجدول 4-5/1: الاقطار الأقل للحنى للقضبان [1]

مقاس قطر القضبان (مم)	القطر الأقل للحنية
25-10	$6d_b$
35-30	$8d_b$
56-42	$10d_b$

2/2/5-4 يجب ان لا يقل القطر الداخلي لعققات الاطواق والرباطات المستعرضة لاقطار لا تزيد على (16مم) عن (4d_b) اما للقضبان التي يزيد قطرها على (16 مم) ، فإن قطر الحنية لها يكون بموجب ما ورد في الجدول (2/5-4).

الجدول 2/5-4: الاقطار الأقل لحني الاطواق والرباطات المستعرضة [1]

القطر الأقل للحني	مقاس قطر القضبان (مم)
4 d _b	16-10
6 d _b	25-18
8 d _b	35-30
10 d _b	56-42

3/2/5-4 يجب ان لا يقل القطر الداخلي للحنية في اسلاك التسليح الملحومة المستعملة للأطواق والرباطات المستعرضة عن (4d_b).

3/5-4 حني القضبان (Bending)

1/3/5-4 يجب ان تحنى قضبان التسليح بدون تسخين ما لم تحصل الموافقة على ذلك من قبل الجهات التصميمية المختصة.

2/3/5-4 يجب ان لا تحنى القضبان المطمورة جزئياً (partially embedded) في الخرسانة موقعياً ما لم يسمح بذلك في المخططات التصميمية او تستحصل موافقة الجهات التصميمية المختصة.

4/5-4 مظهر سطح حديد التسليح (Surface Conditions of Reinforcement)

1/4/5-4 عند صب الخرسانة ، يجب ان يكون سطح حديد التسليح خالياً من الاطيان والزيوت أو أي طلاء غير معدني يؤدي الى تقليل الترابط مع الخرسانة. ويسمح بطلاء القضبان بمادة الايبوكسي بموجب المواصفات التي يعتمدها رب العمل.

2/4/5-4 يمكن قبول قضبان حديد التسليح التي يكون على سطحها صدأ أو قشور ناتجة من الدلفنة في الصنع (mill scale) او كلاهما، شريطة ان تكون الابعاد الأقل (بما فيها ارتفاع الحزوز مطابقة لما جاء في المواصفات التي يعتمدها رب العمل

4-5/5 وضع وتثبيت حديد التسليح (Placing of Reinforcement)

4-5/5/1 يجب تثبيت حديد التسليح وحديد سبق الاجهاد وقنوات سبق الاجهاد اللاحق في مواقعها بدقة وان تسند جيدا قبل صب الخرسانة كما يجب ضبط مواقعها بحيث تكون الازاحة ضمن التفاوتات المسموحة كما مبين في العبارتين الثانويتين (4-5/5/1) و (4-5/5/2).

4-5/5/1 تكون التفاوتات المسموحة للعمق الفعال (d) والحد الأدنى للغطاء الخرساني في العناصر المعرضة للانحناء والانضغاط والجدران بموجب ما مثبت في الجدول (4-5/3).

الجدول 4-5/3: النقصان المسموح فيما يخص الحد الأدنى لكل من العمق الفعال وغطاء الخرسانة

للعناصر المعرضة للانحناء والانضغاط والجدران [1]

العمق الفعال (مم)	النقصان المسموح فيما يخص الحد الأدنى للحد الأقل لغطاء الخرسانة (مم)	النقصان المسموح فيما يخص الحد الأدنى للعمق الفعال (مم)
$d \leq 200$	-10	± 10
$d > 200$	-13	± 13

كما ان التفاوت المسموح للحد الأقل لغطاء الخرسانة يجب ان لا يتجاوز ثلث سمك الغطاء الخرساني المثبت في المخططات التصميمية والمواصفات الفنية الخاصة بالمشروع.

4-5/5/2 التفاوتات المسموحة بالمواقع الطولية للثني ونهايات حديد التسليح تكون بمقدار (± 50) مم عدا النهايات الطرفية للكثائف (corbels) حيث تكون السماحات بمقدار (± 13 مم) وتكون السماحات في النهايات الطرفية لبقية العناصر بمقدار (± 25 مم)، كما يجب استعمال سماحات غطاء الخرسانة المثبتة في (4-5/5/1) للنهايات الطرفية للعناصر الخرسانية.

4-5/5/2 لا يسمح بلحام القضبان المتقاطعة لاغراض تثبيت شبكات حديد التسليح الا بموافقة الجهات التصميمية المختصة.

4-5/6 حدود التباعد لحديد التسليح (Spacing Limits for Reinforcement)

4-5/6/1 يجب ان لا تقل المسافة الصافية بين قضبان التسليح المتوازية في الطبقة الواحدة عن قطر القضيب (d_b) أو عن (25مم) ايهما اكبر مع ملاحظة متطلبات (2-3/1-2).

4-5/6/2 في حالة توزيع قضبان حديد التسليح المتوازية على طبقتين أو اكثر، فيجب تثبيت قضبان التسليح في الطبقات العليا مباشرة فوق قضبان التسليح في الطبقات السفلى مع تأمين مسافة صافية بين الطبقات لا تقل عن (25 مم).

4-3/6/5 يجب ان لا تقل المسافة الصافية بين قضبان التسليح الطولية لأعضاء الانضغاط المحلزنة او المطوقة (spiral and tied compression members) عن (1.5 d_b) او عن (40 مم) ايهما اكبر مع مراعاة متطلبات الفقرة (2-3/2).

4-4/6/5 تطبق حدود المسافة الصافية بين قضبان التسليح على المسافات الصافية بين وصلات التراكب او الوصلات المتماسة والمتجاورة وكذلك القضبان.

4-5/6/5 يجب ان لا يزيد التباعد بين قضبان التسليح الرئيسية لمقاومة الانحناء في الجدران والبلاطات ما عدا الروافد الثانوية (joist) الخرسانية، على ثلاثة امثال سمك الجدار أو البلاطة او (450 مم) ايهما اقل.

4-6/6/5 حزم القضبان (Bundled Bars)

أ - يجب ان لا يزيد عدد القضبان المتوازية والمتماسة في الحزمة التي تعمل كمجموعة واحدة على اربعة قضبان.

ب - ينبغي ان تحاط حزم القضبان بأطواق (stirrups) أو رباطات مستعرضة (ties).

ج - لا يجوز استعمال الحزم في العتبات المسلحة (Beams) بقضبان يزيد قطرها على (32 مم).

د - في عناصر الانحناء المسلحة بحزم القضبان يجب ايقاف امتداد قضبان التسليح المفردة ضمن الحزم في مواقع مختلفة من فضاء العنصر بحيث تتباعد فيما بينها بمسافات متدرجة لا تقل عن (40 d_b).

هـ - عندما تكون متطلبات حدود التباعد (spacing limitation) وغطاء الخرسانة (concrete cover) مبنية على اساس قطر القضيب فينبغي معاملة حزم القضبان باعتبارها قضيب مفرد ذي قطر مكافئ لمساحات قضبان الحزمة.

4-7/5-4 حماية حديد التسليح بالخرسانة (Concrete Protection for Reinforcement)

4-1/7/5-4 الخرسانة المصبوبة موقعا (Cast-in-place concrete)

يجب ان يكون الحد الأقل لغطاء الخرسانة لحماية حديد التسليح كما في الجدول (4-4/5)، عدا الحالات التي يتطلب فيها غطاء حماية أكبر وفقا للفقرتين (4-4/7/5) أو (4-6/7/5).

الجدول 4-4/5: الحد الأدنى لسمك الغطاء الخرساني لنوع المنشأ الخرساني

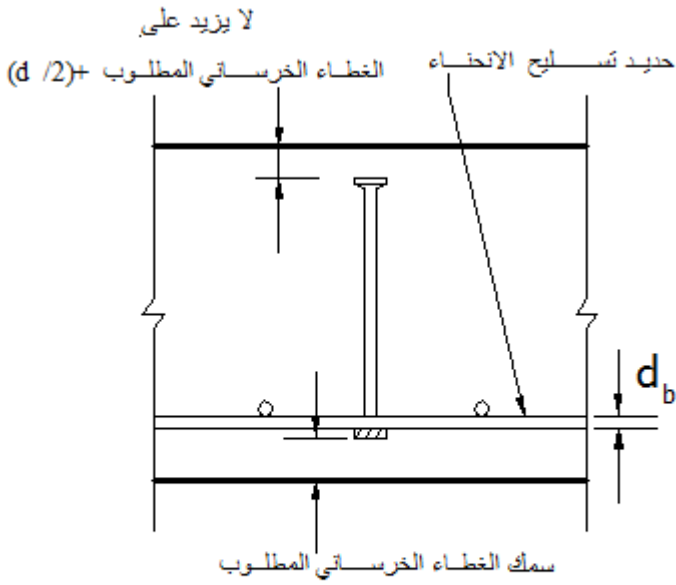
الحالة	سمك غطاء الخرسانة (مم)
1	75
2	الخرسانة المصبوبة على التربة مباشرة او على تماس دائم معها
	الخرسانة المعرضة للتربة والعوامل الجوية
	قضيب ذو قطر 18 مم الى 57 مم:
3	قضيب ذو قطر 16 مم فأصغر او اسلاك من الصنف MW200 أو MD200
	الخرسانة غير المعرضة للعوامل الجوية أو غير الملامسة للتربة
	البلاطات والجدران والروافد الثانوية (joists):
	قضبان ذات قطر 43 مم أو 57 مم
	قضبان ذات قطر 36 مم فأصغر
	العتبات والاعمدة (beams and columns)
	التسليح الرئيسي والاطواق والتسليح الحلزوني (spirals) والرباطات المستعرضة
	الأعضاء القشرية والصفائح المطوية (Shells, folded plate members)
	قضبان ذات قطر 18 مم فأكبر
	قضبان ذات قطر 16 مم فأصغر او اسلاك من الصنف MW200 او MD200.
13	

4-4/5/2 حزم القضبان (Bundled Bars)

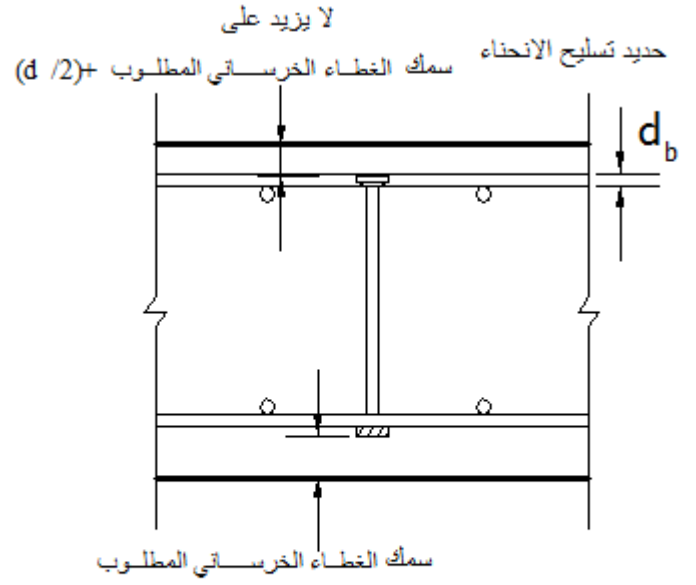
يجب ان لا يقل سمك غطاء الحماية لحزم القضبان عن القطر المكافئ لمجموع مساحات قضبان الحزمة على ان لا يزيد على (50مم) إلا في حالة الخرسانة المصبوبة على التربة مباشرة او على تماس دائم معها فإن غطاء الحماية يجب ان لا يقل عن (75مم).

4-4/5/3 أوتاد تسليح القص (Shear Stud Reinforcement)

يجب ان لا يقل غطاء الخرسانة لحماية أوتاد القص كما هو مطلوب لتغطية حديد تسليح العنصر الذي تستعمل فيه أوتاد تسليح القص كما مبين بالشكل (4-1/5).



(ب) اساس مع قضبان حديد تسليح عند الطبقة السفلى فقط



(أ) بلاطة مع قضبان حديد تسليح بطبقتين سفلى وعلوى

الشكل 4-1/5: متطلبات الغطاء الخرساني لوتاد تسليح القص [1]

4/7/5-4 الخرسانة المعرضة الى بيئة تآكل قاسية (Concrete Exposed to Corrosive Environments)

يجب زيادة سمك غطاء الخرسانة بصورة مناسبة عند تعرض الخرسانة الى ظروف بيئية قاسية بموجب اصناف التعرض المذكورة في الباب الثاني من هذه المدونة.

4/7/5-5 الاضافات المستقبلية (Future Extensions)

يجب حماية حديد التسليح والاجزاء المغروزة والمطمورة الأخرى (inserts) والالواح المخصصة للربط مع الاضافات المستقبلية من ظروف التآكل.

4/7/5-6 الحماية من الحريق (Fire Protection)

عند التعرض الى الحريق يجب اعتماد سمك غطاء خرساني يزيد على ما ورد في الفقرات (1/7/5) الى (5/7/5-4).

4/8/5-8 تفاصيل حديد التسليح للاعمدة (Reinforcement Details for Columns)

4/8/5-1 القضبان المزاحة بحنيتها قليلاً (Offset Bars)

يجب ان تحقق القضبان الطولية المزاحة بحنيتها قليلاً ما يلي:

أ- لا يزيد ميل الجزء المائل للقضيب المزاح بحنية قليلاً عن محور العمود بمقدار (1) أفقي لكل (6) عمودي.

ب- يجب ان تكون اجزاء القضيب الواقعة فوق الجزء المزاح بحنيه قليلاً وتحتة موازية لمحور العمود.
ج- يجب وضع اسناد مناسب في منطقة ازاحة القضبان باستعمال رباطات مستعرضة او تسليح حلزوني يصمم لمقاومة (1.5) مرة بقدر المركبة الافقية للقوة المحسوبة في الجزء المائل من القضيب المزاح. ويجب ان توضع هذه الرباطات المستعرضة او التسليح الحلزوني عند مواضع تبعد بمسافة لا تزيد على (1.5م) عن نقاط الحني.

د- ينبغي ان تحنى القضبان المزاحة بالحني قبل وضعها في القالب كما ورد في البند (4-3/5).

هـ- لا تراح القضبان الطولية جانبا اذا كانت ازاحة وجه العمود تزيد على (75م)، وفي هذه الحالة يجب استعمال قضبان منفصلة (separate dowels) وتربط قضبان التسليح الطولي للعمود باستعمال وصلات تراكب (lap splices) بالقرب من وجه العمود المزاح. ويجب ان تحقق وصلات التراكب متطلبات وصلات قضبان من التسليح المحززة.

2/8/5-4 مناطق الاتصال (Connections)

أ- في مناطق اتصال العناصر الرئيسية للهيكال الانشائي ببعضها (كالأعمدة مع العتبات) يجب أن يتحقق تطويق لكل من وصلات تراكب التسليح المستمر ونقاط تثبيت التسليح الذي يتوقف امتداده في تلك المناطق.

ب- ينبغي ان يتحقق التطويق في مناطق الاتصال باستعمال خرسانة اضافية (external concrete) او باستعمال رباطات مستعرضة مغلقة (closed ties) او حديد حلزوني او اطواق حديدية.

9/5-4 حديد التسليح المستعرض لعناصر الأنضغاط

في حالة الحاجة الى تسليح القص او اللي يجب ان يحقق التسليح المستعرض لأعضاء الانضغاط متطلبات الفقرتين (1/9/5-4) و (2/9/5-4) مع تحقيق متطلبات الباب السادس من هذه المدونة.

1/9/5-4 التسليح الحلزوني (Spiral)

يجب ان يحقق التسليح الحلزوني لعناصر الانضغاط المتطلبات التالية:

أ - يجب ان يتكون التسليح الحلزوني من قضبان أو اسلاك موزعة بمسافات متساوية وان تكون ذات مقاس وطريقة تجميع تسمح بالمناولة والوضع بدون تشويه الابعاد التصميمية.

ب- يجب ان لا يقل قطر التسليح الحلزوني المستعمل عند التنفيذ بطريقة الصب الموقعي عن (10 م).

ج- يجب ان لا تتجاوز المسافة الصافية بين لفات التسليح الحلزوني (75 م) ولا تقل عن (25 م)، مع ملاحظة الفقرة (2-2/3/1).

د- يجب أن يتحقق تثبيت التسليح الحلزوني بعمل ما مقداره (1.5) لفة اضافية لقضيب او سلك التسليح الحلزوني عند نهاية التسليح الحلزوني.

هـ - يجب وضع وصلات في التسليح الحزوني في حالة الحاجة اليها كما يلي:

1- لا يقل طول وصلات التراكب عن (300مم) ولا عن الطول المذكور في احدى النقاط الخمس التالية ايهما اكبر:

48d _b	قضيب أو سلك محرز غير مطلي
72d _b	قضيب أو سلك املس غير مطلي
72d _b	قضيب أو سلك مطلي بمادة الأيبوكسي
48d _b	قضيب أو سلك املس غير مطلي ذو عقفة قياسية بموجب متطلبات العقفات القياسية للرباطات والاطواق (stirrups & ties) بموجب متطلبات الفقرة (4-1/3/5) عند نهايات التسليح المتراكب الحزوني. يجب تثبيت العقفة القياسية ضمن اللب الخرساني المحصور ضمن التسليح الحزوني.
48d _b	قضيب أو سلك محرز مطلي ذو عقفة قياسية بموجب متطلبات العقفات القياسية للرباطات والاطواق (stirrups & ties) بموجب متطلبات الفقرة (4-1/3/5) عند نهايات التسليح المتراكب الحزوني. يجب تثبيت العقفة القياسية ضمن اللب الخرساني المحصور ضمن التسليح الحزوني.

2- استعمال وصلات ملحومة او مثبتة ميكانيكيا بموجب متطلبات الفقرة (9-3/12) من هذه المدونة.

و- يجب ان يمتد التسليح الحزوني من اعلى الاساس أو البلاطة في اي طابق الى مستوى ادنى تسليح افقي للعناصر المستندة الى العمود او المرتبطة به.

ز- عندما لا ترتبط العتبات او الكتائف مع جميع جوانب العمود فعندئذ يجب ان تمتد الرباطات المستعرضة فوق مستوى نهاية التسليح الحزوني والى اسفل البلاطة او لوح التذلي (drop panel) او قبعة القص (shear cap).

ح- يجب ان يمتد التسليح الحزوني في الاعمدة ذات التيجان (column capital) الى المستوى الذي يصبح فيه قطر أو عرض تاج العمود مساويا الى ضعفي قطر أو عرض العمود.

ط- يجب تثبيت الحديد الحزوني في موقعه وان يكون على استقامة واحدة وبدقة كبيرة.

4-2/9/5 الرباطات (Ties)

يجب ان يحقق تسليح الرباطات المستعرضة (lateral ties) في اعضاء الانضغاط المتطلبات التالية:

4-2/9/5-1 يجب تطويق كافة القضبان برباطات مستعرضة لا يقل قطرها عن (10 مم) عندما يكون قطر القضبان الطولية (32مم) أو اصغر، وان تكون بقطر لا يقل عن (12مم) عندما يكون قطر القضبان

الطولية (36مم) و(43مم) و(57مم) وكذلك لحزم القضبان الطولية. كما يمكن استعمال الاسلاك المحززة او مشبكات سلكية ملحومة ذات المساحة المكافئة .

4-2/9/5 يجب أن لا تزيد مسافات التباعد الشاقولية بين الرباطات المستعرضة على القيمة الأقل من المحددات التالية:

أ- 16 مرة بقدر قطر قضبان التسليح الطولية.

ب- 48 مرة بقدر قطر الرباطات او الاسلاك المستعرضة.

ج- البعد الأقل لمقطع عنصر الانضغاط.

4-3/2/9/5 يجب مراعاة المحددات التالية عند ترتيب الرباطات المستعرضة ضمن مقطع عنصر الانضغاط:

أ- تعد القضبان الطولية مسندة برباطات مستعرضة عندما تكون الزاوية بين فرعي الرباط المستعرض المحيط بالقضيب الطولي لا تزيد على (135 درجة).

ب- يجب وضع مسند عرضي لجميع القضبان الطولية في الاركان والقضبان الطولية الاخرى على التناوب.

ج- يجب ان لا يبعد اي قضيب غير مسند عن القضيب الطولي المسند بالرباطات المستعرضة بمسافة تزيد على (150 مم).

د- يسمح باستخدام رباط مفرد على شكل دائرة كاملة عندما تكون القضبان الطولية موزعة على محيط دائري.

4-4/2/9/5 يجب ان لا تبتعد الرباطات المستعرضة عن السطح العلوي للأساس او البلاطة في اي طابق

بمسافة شاقولية تزيد على نصف مسافة التباعد بين الرباطات المستعرضة وتستمر حتى موضع لا يبعد عن مستوى ادنى تسليح افقي طولي بمسافة تزيد على نصف مسافة التباعد بين الرباطات.

4-5/2/9/5 عندما يحاط العمود من كافة جوانبه بعتبات او كتائف فيمكن ايقاف الرباطات المستعرضة بمسافة لا تزيد على (75مم) تحت مستوى التسليح السفلي لأوطاً عتية او كتيفة.

4-10/5-4 التسليح المستعرض لعناصر الانحناء (Lateral reinforcement for Flexural Members)

4-1/10/5-4 يجب احاطة تسليح الانضغاط في العتبات برباطات او اطواق تحقق متطلبات الفقرة (4-

2/9/5) او باستعمال اسلاك حديدية ملحومة ذات مساحة مكافئة، ويجب وضع هذه الرباطات او الاطواق خلال المنطقة التي تتطلب استعمال تسليح الانضغاط.

4-2/10/5-4 عند تعرض عناصر الانحناء الى اجهادات متعكسة (stress reversals) او عندما تتعرض الى

عزوم لي عند المساند، فيجب وضع تسليح عرضي مكون من رباطات مغلقة او اطواق مغلقة او تسليح حلزوني يحيط بتسليح الانحناء .

4-11/5-4 تسليح الانكماش والحرارة (Shrinkage and Temperature Reinforcement)

4-1/11/5 ينبغي وضع حديد تسليح لمقاومة الاجهادات الناتجة من الحرارة والانكماش بالاتجاه المتعامد مع حديد تسليح الانحناء في البلاطات الانشائية التي فيها تسليح الانحناء باتجاه واحد فقط.

4-2/11/5 ينبغي وضع حديد تسليح الحرارة والانكماش بموجب متطلبات العبارة (4-3/11/5).

4-3/11/5 ينبغي ان تحقق مساحة حديد التسليح للانكماش والحرارة النسب الأقل التالية من مساحة حديد التسليح الى المساحة الاجمالية لمقطع الخرسانة على ان لا تقل هذه النسبة عن (0.0015):

أ- البلاطات المسلحة بقضبان تسليح محززة ذات إجهاد خضوع مقداره

(280 ميكاباسكال) او (380 ميكاباسكال). 0.002

ب- البلاطات المسلحة بقضبان تسليح محززة او اسلاك ملحومة بأجهاد

خضوع مقداره (420 ميكاباسكال). 0.0018

ج- البلاطات التي يستعمل فيها حديد تسليح ذو إجهاد خضوع يزيد

على (420 ميكاباسكال) مقاسا عند انفعال الخضوع (yield strain)
 $\frac{0.0018 \times 420}{f_y}$

4-4/11/5 يجب ان لا تزيد مسافة التباعد بين قضبان التسليح المستعملة لأغراض الانكماش والحرارة على ثلاثة امثال سمك البلاطة ولا تزيد على (350 مم) .

4-5/11/5 في جميع المقاطع التي تسليح لمقاومة اجهادات الانكماش والحرارة ينبغي ان يصل حديد التسليح هذا الى مقاومة خضوعه في الشد f_y بموجب متطلبات الباب التاسع من هذه المدونة.

4-12/5 متطلبات التكامل الانشائي (Requirements for Structural Integrity)

لغرض تحقيق متطلبات التكامل الانشائي للعناصر التي يتألف منها المنشأ يجب أن يتحقق ربط جميع هذه العناصر سوية بشكل فعال لتحقيق المتطلبات المنصوص عليها في هذه المدونة.

المراجع:

[1] ACI Committee 318 (2008) "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 473 pp.

[2] مركز بحوث البناء - مؤسسة البحث العلمي، "الكود العراقي للخرسانة المسلحة"، بغداد، 1987، 68 صفحة.

[3] ACI Committee 347, "Guide to Formwork for Concrete (ACI 347-04)" American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2004, 32pp.

[4] Hurd, M. K., and ACI Committee 347, "Formwork for Concrete", SP-4, 7th Edition, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005, 500pp.

[5] ACI Committee 315, "ACI Detailing Manual-2004", SP-66 American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2004, 212pp.

[6] Stecich, J. Hanson, J.M. and Rice, P. F. "Bending and Straightening of Grade 60 Reinforcing Bars", Concrete International Design & Construction, V.6, No.8, Aug.1984, pp.14-23.

[7] Kemp, E.L.: Brezny, F.S. and Unterspan, J.A., "Effect of Rust and Scale on the Bond Characteristics of Deformed Reinforcing Bars", ACI Journal, Proceedings V.65, No.9 Sept. 1968, pp.743-756.

الباب 5

المتطلبات العامة للتحليل والتصميم

General Requirements for Analysis and Design

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكى للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكى لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-5 طرائق التصميم (Design Methods) [2، 1]

1/1-5 عند تصميم المنشآت الخرسانية، يجب اختيار خصائص عناصر المنشأ لتلبي متطلبات المقاومة المناسبة بموجب اشتراطات هذه المدونة باستعمال معاملات الأحمال ومعاملات تقليل المقاومة ϕ المحددة في الباب السادس من هذه المدونة.

2/1-5 يسمح باستعمال الاشتراطات المذكورة في الملحق (ب) عند تصميم الخرسانة المسلحة.

2-5 الأحمال (Loading) [3، 1]

1/2-5 إن اشتراطات التصميم لهذه المدونة مبنية على أساس أن المنشآت يجب أن تصمم لمقاومة كافة الأحمال المسلطة.

2/2-5 عند تصميم المنشآت لمقاومة أحمال الرياح والزلازل، يجب أن تصمم أجزاء المنشأ التي تكمل بعضها بعضاً (integral structural parts) لمقاومة كافة الأحمال الجانبية.

3/2-5 يجب الأخذ في الحسبان تأثيرات القوى الناتجة منسبقة الإجهاد، وأحمال الرفع، والاهتزاز، والصدم، والانكماش، والتغيرات في درجات الحرارة، والزحف، والتمدد الحاصل في الخرسانة المعادلة للانكماش (shrinkage-compensating concrete) والهبوط المتفاوت للأسس.

3-5 طرائق التحليل (Methods of Analysis) [4 ، 2 ، 1]

1/3-5 يجب أن تصمم عناصر الهياكل أو المنشآت المستمرة لمقاومة التأثيرات العظمية للأحمال المعاملة التي يستحصل عليها باستعمال نظرية التحليل المرن باستثناء ما ورد في الفصل (4-5) كما يسمح بتبسيط التصميم باستعمال الفرضيات المبينة في الفصول (5-7) إلى (5-11).

2/3-5 باستثناء الخرسانة مسبقة الإجهاد، يسمح باستعمال الطرائق التقريبية لتحليل الهياكل الإنشائية في الأبنية التي تكون طرائق الإنشاء والفضاءات وارتفاعات الطوابق فيها مألوفة (usual).

5-3/3 كبديل لتحليل الهياكل (frames analysis)، يسمح بتصميم العتبات المستمرة والبلاطات العاملة

باتجاه واحد فقط باستعمال القيم التقريبية للعزوم وقوى القص المبينة لاحقاً في هذا البند على ان تتحقق فيها جميع المتطلبات التالية من (أ) إلى (هـ).

أ- العتبة المستمرة تتألف من فضاءين أو أكثر.

ب- تكون الفضاءات متساوية تقريبا على ان لا يزيد الفضاء الأكبر لأي فضاءين متجاورين على الفضاء الأصغر بمقدار (20%).

ج- تكون الأحمال موزعة بشكل منتظم (uniform distributed load)

د- لا يزيد الحمل الحي غير المعامل (live load) على ثلاثة امثال الحمل الميت غير المعامل (dead load)

هـ- تكون العناصر موشورية (prismatic) اي ذات مقطع متماثل على طول الفضاء.

لحساب العزوم السالبة عند المساند يؤخذ طول الفضاء (l_n) مساويا لمعدل الطول الصافي لفضاءين متجاورين.

العزوم الموجبة

الفضاءات الطرفية

$$\frac{Wu l_n^2}{11}$$

المسند الطرفي غير مستمر وغير مقيد

$$\frac{Wu l_n^2}{14}$$

المسند الطرفي غير مستمر ومقيد

$$\frac{Wu l_n^2}{16}$$

الفضاءات الداخلية

العزوم السالبة على الوجه الخارجي لأول مسند داخلي

$$\frac{Wu l_n^2}{9}$$

فضاءين

$$\frac{Wu l_n^2}{10}$$

أكثر من فضاءين

$$\frac{Wu l_n^2}{11}$$

العزوم السالبة على الأوجه الأخرى للمساند الداخلية

$$\frac{Wu l_n^2}{12}$$

العزم السالب على أوجه كافة المساند للبلاطات ذات الفضاءات التي لا تتجاوز (3) أمتار والعتبات التي تكون فيها نسبة مجموع جساءات الأعمدة إلى جساءات العتبات تتجاوز (8) في كل نهاية من الفضاء

العزم السالب على الوجه الداخلي للمسند الخارجي للعناصر المشيدة بصورة متكاملة (Integrated) مع المساند

$$\frac{Wu l_n^2}{24}$$

عندما يكون المسند عتبة محيطية (رباط مسلح) (spandrel beam)

$$\frac{Wu l_n^2}{16}$$

$$\frac{1.15Wu l_n}{2}$$

$$\frac{Wu l_n}{2}$$

عندما يكون المسند عموداً"

القص في العناصر الطرفية عند وجه أول مسند داخلي

القص عند كافة الأوجه الأخرى

4/3-5 يسمح باستعمال نماذج دعائم الانضغاط والرباطات لتصميم الخرسانة الإنشائية كما مبين في الملحق (أ).

4-5 إعادة توزيع العزوم في عناصر الانحناء المستمرة [2، 1]

1/4-5 باستثناء الحالات التي تستعمل فيها القيم التقريبية للعزوم، يسمح بتقليل العزوم المعاملة المحسوبة بنظرية التحليل المرن في المقاطع التي ينشأ فيها العزم السالب الأكبر أو العزم الموجب الأكبر لأي فضاء من فضاءات عناصر الانحناء المستمرة ولأي فرضية لتوزيع الأحمال بما لا يتجاوز ($\epsilon_r, 1000$) على أن لا يتجاوز التقليل (20%).

2/4-5 يعاد توزيع العزوم فقط عندما تكون قيمة ϵ_r مساوية أو أكبر من (0.0075) عند المقطع المراد تقليل العزم فيه.

3/4-5 ينبغي استعمال العزم بعد التقليل لحساب العزوم المعاد توزيعها عند المقاطع الأخرى ضمن الفضاءات. ويجب المحافظة على التوازن الاستاتيكي بعد إعادة توزيع العزوم لكل حالة من حالات توزيع الأحمال.

5-5 معامل المرونة (Modulus of Elasticity) [6 ، 5 ، 2 ، 1]

1/5-5 يسمح أن يعد معامل المرونة E_c للخرسانة المسلحة مساوياً لـ ($w^{1.5} 0.043\sqrt{f'_c}$) ميكا باسكال لقيم w_c تتراوح بين (1440 إلى 2560) كغم/م³. يسمح باستعمال معامل المرونة E_c مساوياً إلى $4700\sqrt{f'_c}$ للخرسانة العادية (normal weight concrete)

2/5-5 يسمح أن يعد معامل المرونة E_s لحديد التسليح غير سابق الإجهاد مساوياً 200000 نت/مم².

6-5 الخرسانة خفيفة الوزن (Lightweight Concrete) [2، 1]

عند استعمال الخرسانة خفيفة الوزن، ما لم يذكر بشكل محدد غير ذلك، يعتمد معامل التعديل (λ) لتقليل قيمة $\sqrt{f'_c}$ حيثما يذكر هذا المقدار في جميع المعادلات وال فقرات في هذه المدونة حيث أن:

$$\lambda = 0.85 \text{ لخرسانة الرمل خفيفة الوزن.}$$

$$\lambda = 0.75 \text{ لكافة انواع الخرسانة خفيفة الوزن.}$$

$$\lambda = 1.0 \text{ للخرسانة العادية.}$$

ويمكن حساب قيمة (λ) من العلاقة التالية إذا ما ذكرت قيمة معدل مقاومة الانشطار بالشد (average splitting tensile strength) الموصوفة للخرسانة خفيفة الوزن f_{ct} .

$$\lambda = f_{ct}/0.56\sqrt{f'_c} \leq 1.0 \quad \dots\dots (1/6-5)$$

7-5 الجساءة (Stiffness) [2، 1]

1/7-5 يسمح باستعمال مجموعة من الفرضيات المناسبة لحساب جساءة الانحناء واللي النسبية للأعمدة والجدران وأنظمة البلاطات والسقوف. ويجب ان تستعمل هذه الفرضيات عند إجراء التحليل بشكل متوافق.

2/7-5 يجب أن تؤخذ في الحسبان تأثيرات سمك المقطع عند حساب العزوم وتصميم العناصر.

8-5 الجساءة الفعالة لحساب الانحرافات الجانبية [2، 1]

1/8-5 لحساب الانحرافات الجانبية لأنظمة البناء من الخرسانة المسلحة الناتجة من الأحمال الجانبية غير المعاملة (الخدمية) تستعمل إما نظرية التحليل الخطي بعد تضخيم جساءة الانحناء المحسوبة بموجب متطلبات البند (2/8-5) بمقدار (1.4) أو قد تستعمل تحليلات أكثر تفصيلاً. خصائص العناصر يجب أن لا تزيد على خصائص المقطع الإجمالية.

2/8-5 تحسب الانحرافات الجانبية لأنظمة البناء من الخرسانة المسلحة الناتجة من الأحمال الجانبية المعاملة إما باستعمال نظرية التحليل الخطي بجساءة العنصر المعرفة كما مبين في (أ) أو (ب)، أو باستعمال تحليلات أكثر تفصيلاً والتي يؤخذ فيها في الحسبان تقليل جساءة كافة العناصر تحت ظروف التحميل:

أ- باستعمال خصائص المقاطع المذكورة في الفقرة (1/4/10-7).

ب- باستعمال (50%) من الجساءات المحسوبة على أساس خصائص المقطع الاجمالي.

9-5 طول الفضاء (Span Length) [2، 1]

1/9-5 يعد طول الفضاء للعناصر غير المصبوبة سوية مع المساند (not built integrally with supports) مساوياً للفضاء الصافي بين المساند مضافاً إليه عمق العنصر على ان لا يتجاوز طول الفضاء المسافة بين مراكز المساند .

2/9-5 يؤخذ طول الفضاء مساوياً للمسافة بين مراكز المساند لحساب العزوم عند إجراء التحليل الانشائي للهياكل او الانشاءات المستمرة .

3/9-5 يسمح باعتماد العزوم عند اوجه المساند لتصميم العتبات المصبوبة سوية مع المساند .

4/9-5 يسمح بتحليل البلاطات المصمتة (solid) او المضلعة (ribbed) والمصبوبة سوية مع المساند وبفضاء صافٍ لايزيد على (3 م) كبلطات مستمرة بسيطة الاسناد للفضاء الصافي للبلاطة ويهمل عرض العتبات.

10-5 الاعمدة (Columns) [2، 1]

1/10-5 ينبغي تصميم الاعمدة لمقاومة القوى المحورية الناتجة من الاحمال المعاملة المسلطة من كافة بلاطات الطوابق او السقوف والعزم الاقصى الناتج من الاحمال المعاملة العاملة على الفضاء المفرد والمجاور للطابق او السقف المعني .كما ينبغي الاخذ في الحسبان حالة التحميل التي تولد أكبر نسبة عزم الى الحمل المحوري.

2/10-5 ينبغي الأخذ في الحسبان تأثير الاحمال غير المتوازية للطوابق والسقوف على الأعمدة الخارجية والداخلية وتأثير الحمل اللامركزي الناتج من اسباب اخرى في الهياكل والانشاءات المستمرة.

3/10-5 يسمح بحساب العزوم المتولدة نتيجة للاحمال الشاقولية في الاعمدة بافتراض ان حافات الاعمدة البعيدة المصبوبة سوية مع المنشأ مقيدة الدوران (fixed).

4/10/1-5 تحسب مقاومة العزم في اي طابق او سقف بواسطة توزيع العزوم على الاعمدة فوق الطابق وتحتة بموجب جساءة الاعمدة النسبية وحالات التقيد.

11-5 تنسيق (ترتيب) الاحمال الحية (Arrangement of Live Load) [2، 1]

1/11-5 يسمح بافتراض ان :

(أ) الحمل الحي مسلط على الطابق او السقف المعني فقط .

(ب) النهاية البعيدة للاعمدة المصبوبة سوية مع المنشأ مقيدة الدوران (fixed).

2/11-5 يسمح بافتراض ان تنسيق الحمل الحي يتحدد بتجميعات الاحمال التالية:

(أ) حمل ميت معامل على جميع الفضاءات مضاف اليه حمل حي معامل كامل على فضاءين متجاورين .

(ب) حمل ميت معامل على جميع الفضاءات مضاف اليه حمل حي معامل كامل موزع على فضاءات متبادلة .

12-5 تشييد العتبات بمقطع على شكل الحرف T (T-beam Construction) [2، 1]

1/12-5 ينبغي تشييد العتبات بمقطع على شكل الحرف (T) بحيث يتم صب الشفة والوترة لتعملا سوية وبخلافه يجب ربطهما سوية بشكل فعال.

2/12-5 ينبغي ان لا يزيد عرض البلاطة الفعال الذي يعمل كشفة للعتبة بمقطع على شكل الحرف (T) على $(\frac{1}{4})$ طول فضاء العتبة على ان لا يزيد الجزء الناتئ من الشفة على جانبي الوترة على:

- أ) ثمان أضعاف سمك البلاطة و
ب) $\frac{1}{2}$ المسافة الصافية للوترة المجاورة.

3/12-5 للعتبات بمقطع على شكل الحرف (T) ذات شفة ناتئة من جهة واحدة فقط لا يزيد عرض الجزء الناتئ الفعال للشفة على:

- أ) $\frac{1}{12}$ من طول الفضاء للعتبة.
ب) ستة أضعاف سمك البلاطة.
ج) $\frac{1}{2}$ المسافة الصافية للوترة المجاورة.

4/12-5 عند استعمال العتبات بمقطع على شكل الحرف (T) باعتبارها عتبة مفردة ولأجل ان تتييسر مساحة انضغاط اضافية بواسطة الشفة يجب ان لا يقل سمك الشفة عن $(\frac{1}{2})$ عرض الوتره ولا يزيد عرض الشفة الفعال على اربعة اضعاف عرض الوتره (web) .

5/12-5 عندما يكون حديد تسليح الانحناء الرئيس للبلاطات التي تسلك سلوك شفة للعتبة بمقطع على شكل الحرف (T) (باستثناء تشييد العوارض Joist construction) موازيا لمحور العتبة، فيجب وضع حديد تسليح عرضي في اعلى البلاطة بموجب ما يلي:

1/5/12-5 يحسب تصميم التسليح العرضي تحت تأثير الحمل المعامل المسلط على الجزء المتدلي (over hang) من البلاطة الذي يعد سلوكه سلوك عتبة ناتئة (cantilever) .

2/5/12-5 ينبغي ان لا تزيد مسافات التباعد بين حديد التسليح العرضي على خمسة أضعاف سمك البلاطة ولا على (350مم) .

13-5 تشييد العوارض (Joist construction) [2، 1]

1/13-5 يتألف تشييد العوارض من تركيبية مصبوبة سوية من أضلاع خرسانية موزعة بشكل منتظم وبلاطة فوق الأضلاع مرتبة بفضاءات باتجاه واحد او اتجاهين متعامدين .

2/13-5 يجب ان لا يقل عرض الاضلاع عن (100مم) ولا يزيد عمق الضلع على (3.5) أضعاف العرض الاقل للضلع .

3/13-5 يجب ان لا تتجاوز المسافة الصافية بين الاضلاع (750مم) .

4/13-5 تشييد العوارض التي لا تلبى المحددات المنصوص عليها في البنود (5-1/3) الى (5-3/3) بان تصمم كبلاطات وعتبات اعتيادية .

5/13-5 عند وضع القنوات والانابيب المظمورة ضمن البلاط بموجب متطلبات العبارة (4-5/10/1) فيجب ان يكون سمك البلاطة اكبر بمقدار (25مم) من العمق الكلي للقناة او الأنبوب عند اي نقطة من نقاط الجزء المظمور. كما يجب ان لا يؤثر وجود القنوات او الانابيب في مقاومة المنشأ كثيرا.

6/13-5 عند التشييد بالعوارض, يسمح بزيادة مقاومة القص للخرسانة (V_c) بمقدار (10%) على ما هو محدد في الباب الثامن من المدونة.

المراجع:

[1]ACI Committee 318,“*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute,(2008), 473 pp.

[2] مركز بحوث البناء - مؤسسة البحث العلمي، “الكود العراقي للخرسانة المسلحة”، بغداد، 1987، 68

صفحة

[3] “*Minimum Design Loads for Building and Other Structures (ASCE/SEI 7-05)*.” ASCE, Reston, VA, 2005.

[4] Vanderbilt, M.D., and Corley, W.G., “*Frame Analysis of Concrete Building*”, Concrete International, V.5, No. 12, Dec. 1983, pp.33-43.

[5] Pauw, A., “*Static Modulus of Elasticity of Concrete as Affected by Density*”, ACI JOURNAL, Proceeding, V.57, No. 6, Dec.190, pp.679-687.

[6] ASTM C469-02, “*Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson’s Ratio of Concrete in Compression*”, ASTM, West Conshohocken, PA, 2002, 5pp.

الباب 6

متطلبات المقاومة والتشغيلية

Strength and Serviceability Requirements

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكى للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكى لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-6 عام (General) [2 ، 1]

1/1-6 يجب ان تصمم المنشآت والعناصر الانشائية بحيث تكون مقاوماتها التصميمية (design strengths) في جميع المقاطع على الاقل مساوية الى تلك المحسوبة للأحمال والقوى المعاملة (required strengths) على وفق تجميعات الأحمال التي نصت عليها هذه المدونة.

2/1-6 يجب ان تحقق العناصر الانشائية جميع متطلبات هذه المدونة لضمان الاداء الملائم (adequate performance) تحت تأثير احمال التشغيل.

2-6 المقاومة الاسمية المطلوبة (Required Nominal Strength) [3 ، 1]

1/2-6 يجب ان لا تقل المقاومة الاسمية المطلوبة (U) اللازمة لمقاومة الحمل الميت (D) والحمل الحي (L) عن:

$$U = 1.4D + 1.7L \dots\dots\dots (1/2-6)$$

حيث ان:

U : المقاومة المطلوبة اللازمة لمقاومة الاحمال المعاملة او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

D : الاحمال الميتة او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

L : الاحمال الحية او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

2/2-6 اذا تضمن التصميم مقاومة لاحمال الرياح (W) او الهزات الارضية (E)، فيجب الاخذ في الحسبان تجميعات الاحمال الميتة والحية والرياح او الهزات الارضية معاً لتحديد المقاومة المطلوبة (U) وكما يلي:

$$U = 0.75 (1.4D + 1.7L) + (1.6W \text{ or } 1.0 E) \dots\dots\dots (2/2-6)$$

وكذلك

$$U = 0.75 (0.9D) + (1.6W \text{ or } 1.0 E) \dots\dots\dots (3/2-6)$$

حيث ان:

W : احمال الرياح او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

E : احمال الهزات الارضية او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

وفي حالة عدم وجود احمال حية، تحدد المقاومة المطلوبة (U) كما مبين تالياً:

$$U = 0.9 D + 1.3 W \dots\dots\dots (4/2-6)$$

على ان لا تقل القيمة المحددة للمقاومة المطلوبة اي من تجميعات الاحمال المذكورة في المعادلات (2/2-6) و(3/2-6) عن تلك المحددة في المعادلة (1/2-6).

3/2-6 عندما تكون احمال الهزات الارضية (E) قد حسبت بالاعتماد على القوى الزلزالية في المستوى الخدمي فيجب استعمال المعامل ($1.4 E$) بدلاً من المعامل ($1.0 E$) المذكور في العلاقتين (2/2-6) و(3/2-6).

4/2-6 اذا تضمن التصميم مقاومة الأحمال الناتجة من وزن وضغط التربة والناتجة من ضغط الماء في التربة او في المواد الاخرى، فيجب ان لا تقل المقاومة المطلوبة (U) المحسوبة في البنود (1/2-6) و(2/2-6) و(3/2-6) عن:

$$U = 1.4D + 1.7 L + 1.7 H \dots\dots\dots (5/2-6)$$

حيث ان:

H : الاحمال الناتجة من وزن وضغط التربة، ضغط الماء الساكن في التربة او في المواد الاخرى او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

في الحالة التي توضع فيها الاحمال الميتة والحية بشكل يقلل من تأثيرات احمال وزن وضغط التربة (H) فان المقاومة المطلوبة تحدد من العلاقة التالية:

$$U = 0.9D + 1.7H \dots\dots\dots (6/2-6)$$

على ان لا تقل المقاومة المطلوبة عن القيمة المحددة في العلاقة (2/2-6).

5/2-6 وإذا تضمن التصميم تأثير الاحمال الناتجة من وزن وضغط السوائل ذات الكثافات المعروفة (F) والتي تكون ارتفاعاتها القصوى قابلة للسيطرة عليها، فيجب ضرب هذه الاحمال في (1.4) مع اضافتها الى تجميعات الاحمال المتضمنة الاحمال الحية (L) المذكورة في الفقرات السابقة.

حيث ان:

F : الاحمال الناتجة من ضغط السوائل ذات الكثافات المعروفة والتي تكون ارتفاعاتها القصوى قابلة للسيطرة عليها، او العزوم والقوى الداخلية الناشئة عنها.

6/2-6 إذا أُخذت مقاومة التأثير الصدمي للاحمال (impact effects) في الحسابان في التصميم، فيجب تضمين هذه التأثيرات كنسبة من الاحمال الحية.

7/2-6 اذا كانت التأثيرات الانشائية للهبوط المتفاوت للاسس والزحف والانكماش وتمدد الخرسانة المعادلة للانكماش (shrinkage compensating concrete) او التأثيرات الناتجة من التغير في درجة الحرارة ذات اهمية ومؤثرة بشكل ملحوظ في التصميم، فان المقاومة المطلوبة (U) يجب ان تكون على الاقل مساوية لـ:

$$U = 0.75 (1.4D + 1.4T + 1.7L) \quad \dots\dots\dots (7/2-6)$$

على ان لا تقل (U) عن:

$$U = 1.4(D+T) \quad \dots\dots\dots (8/2-6)$$

حيث ان:

T : مجموع تأثيرات الحرارة والزحف والانكماش والهبوط المتفاوت والتغيرات الناتجة من الخرسانة المعادلة للانكماش.

يجب ان تبنى تأثيرات الهبوط المتفاوت والزحف والانكماش والتغيرات في درجات الحرارة على تقديرات واقعية (realistic assessments) مشابهة لتلك التي تحدث تحت ظروف التشغيل.

3-6 المقاومة التصميمية المطلوبة (Required Design Strength) [2 ، 1]

1/3-6 يجب ان تؤخذ المقاومة التصميمية في حالات الانحناء (flexure) والحمل المحوري (axial load) والقص (shear) واللي (torsion) التي يوفرها العنصر الانشائي وروابطه ببقية العناصر ومقاطعها العرضية مساوية الى المقاومة الاسمية (nominal strength) المحسوبة طبقاً لمتطلبات وافتراضات هذه المدونة بعد معاملتها بمعاملات تقليل المقاومة ϕ .

2/3-6 يؤخذ معامل تقليل المقاومة (ϕ) كما مبين في الفقرات التالية:

1/2/3-6 انحناء بدون حمل محوري (المقاطع التي يتحكم فيها فشل الشد (tension controlled sections) = 0.9 . راجع البند (4/3-7) من الباب السابع من المدونة

2/2/3-6 حمل محوري او حمل محوري مع انحناء . (في حالة الحمل المحوري مع الانحناء، يجب معاملته كل من المقاومة الاسمية للحمل المحوري والمقاومة الاسمية للعزم بمعامل واحد ومناسب لـ (ϕ)).

أ- شد محوري او شد محوري مع انحناء (المقاطع التي يتحكم فيها فشل الشد (tension controlled sections) = 0.90 . راجع البند (4/3-7) من الباب السابع من المدونة)

ب- انضغاط محوري او انضغاط محوري مع انحناء (المقاطع التي يتحكم فيها فشل الانضغاط (compression controlled sections) .:

1. عناصر مسلحة حلزونياً طبقاً للفقرة (4-1/9/5) من هذه المدونة = 0.75

2. عناصر مسلحة أخرى = 0.70

راجع البند (7-4/3) من الباب السابع من المدونة

في الحالات التي تكون فيها قيم الانضغاط المحوري قليلة، يمكن زيادة قيم معامل تقليل المقاومة (ϕ) طبقاً لما يأتي:

أ- في المناطق التي يتراوح فيها انفعال الشد الصافي في حديد تسليح الشد الأبعد (عند حدود المقاومة الاسمية)، بين قيمته لحالة المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالانضغاط وقيمته لحالة المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالشد، يسمح بزيادة قيمة معامل تقليل المقاومة (ϕ) بشكل خطي من تلك التي تخص المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالانضغاط المذكور انفاً الى (0.9) مع زيادة انفعال الشد من حده الى حالة المقاطع التي يتحكم فيها الفشل بالشد والبالغ (0.005).

ب- كبديل اخر لما ورد في (أ) وفي حالة استعمال الملحق (ب) من هذه المدونة يمكن استعمال ما يلي:

1. في العناصر التي لا تزيد فيها قيمة (f_y) على (420 ميكاباسكال) وذات التسليح المتناظر والتي تكون فيها قيمة $\frac{d-d'}{h}$ لا تقل عن (0.70)، يمكن زيادة قيمة معامل تقليل المقاومة (ϕ)

خطياً الى (0.90) عندما تتناقص قيمة ($P_n \phi$) من ($0.10 f'_c A_g$) الى الصفر.

حيث ان:

h: السمك الكلي للعنصر، مم.

d': المسافة من الليف الأبعد المضغوط الى مركز تسليح الانضغاط، مم.

d_s: المسافة من الليف الأبعد المشدود الى مركز تسليح الشد، مم.

P_n: المقاومة الاسمية للحمل المحوري عند لا مركزية (eccentricity) معينة، نت.

f'_c: مقاومة الانضغاط المميزة للخرسانة، ميكاباسكال.

A_g: المساحة الإجمالية للمقطع، مم².

2. في العناصر الخرسانية المسلحة الأخرى، يمكن زيادة قيمة معامل تقليل المقاومة (ϕ) خطياً

الى (0.90) عندما تتناقص قيمة ($P_n \phi$) عن ($0.10 f'_c A_g$) او ($P_b \phi$) ايهما اصغر الى

الصفر. حيث ان (p_b) هي المقاومة الاسمية للحمل المحوري عند حالات الانفعال المتوازنة

(balanced strain conditions)، بالنيوتن.

3/2/3-6 القص واللي = 0.85

4/2/3-6 القوى المسندية (bearing) على الخرسانة (ما عدا مناطق تثبيت الاجهاد اللاحق) = 0.70

5/2/3-6 أنموذج دعامات الشد والانضغاط ومناطق العقد الخاصة بها والتحميل المباشر ووجه العقد و

مساحات الاسناد لهذه النماذج بموجب الملحق (أ) = 0.85

4-6 المقاومة التصميمية لحديد التسليح (Design Strength for Reinforcement) [2 ، 1]

يجب ان لا تتجاوز قيم (f_y) المستعملة في الحسابات التصميمية (550 ميكاباسكال) ما عدا حديد سبق الاجهاد. حيث ان (f_y) مقاومة الخضوع المميزة لحديد التسليح، نتامم².

5-6 السيطرة على الانحرافات (Control of Deflections) [6 ، 5 ، 2 ، 1]

1/5-6 يجب ان تصمم العناصر الخرسانية المسلحة المعرضة الى انحناء لتكون لها جساءة كافية (adequate stiffness) للحد من الانحرافات والتشوهات والتي تؤثر سلباً في المقاومة والقابلية التشغيلية للمنشأ.

2/5-6 المنشآت العاملة باتجاه واحد (One-way Construction)

1/2/5-6 يجب أن تتحقق متطلبات الانحراف للمنشآت العاملة باتجاه واحد، والتي لا تحمل او تتصل بقواطع او تشييدات اخرى يُحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة، بوضع حد أقل لسماك مقطعها وكما مبين في الجدول (1/5-6) ما لم تبين حسابات الانحراف ان استعمال سمك اقل للمقطع لن يؤثر سلباً في المنشأ.

الجدول 1/5-6 : السمك الأقل للعتبات والبلاطات العاملة باتجاه واحد [1]

نوع الإسناد				نوع العنصر
ناتئ Cantilever	مستمر من النهايتين Both ends Continuous	مستمر من جانب واحد One end Continuous	إسناد بسيط Simply Supported	
$\ell/10$	$\ell/28$	$\ell/24$	$\ell/20$	بلاطات صلدة (soild slabs) عاملة باتجاه واحد
$\ell/8$	$\ell/21$	$\ell/18.5$	$\ell/16$	عتبات او بلاطات مضلعة (ribbed slabs) عاملة باتجاه واحد

حيث ان:

ℓ : طول فضاء العتبة او البلاطة العاملة باتجاه واحد؛ أو طول البروز الصافي للجزء الناتئ (cantilever)، مقاسا بالمليمتر.

تستعمل القيم المعطاة في الجدول (1/5-6) لعناصر الخرسانة عادية الوزن (normal weight concrete) المسلحة بحديد تسليح ذي اجهاد خضوع (f_y) مساو لـ (420 ميكاباسكال). وللحالات الاخرى يجب ان تُعدّل القيم كما يلي:

أ- للخرسانة خفيفة الوزن (lightweight concrete) فان القيم تضرب في المعامل ($wc - 0.0003$ - 1.65) على ان لا يقل المعامل عن (1.10) حيث ان (wc) تمثل كثافة الخرسانة مقاسة بـ كغم/م³.

ب- اذا اختلفت قيمة اجهاد الخضوع (f_y) عن (420 ميكاباسكال) ، فالقيم يجب ان تضرب في المعامل $0.4 + \frac{f_y}{700}$.

2/2/5-6 في الحالات التي تتطلب حساب الانحراف ، يجب ان تحسب الانحرافات الآتية (التي تحدث فور تسليط الاحمال) بالطرائق العادية (usual methods) او باستعمال صيغ خاصة بالانحرافات المرنة مع الاخذ في الحسبان تأثير التشققات والتسليح في جساءة العناصر .

3/2/5-6 ما لم يتم الحصول على قيم الجساءة بالتحليل الدقيق والشامل، فان الانحراف الآتي يحسب باستعمال معامل مرونة الخرسانة E_c المحسوب كما هو مبين في البند (1/5-5) وباستعمال عزم قصور ذاتي فعال يحسب كما يلي على ان لا يتجاوز I_g :

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] I_{cr} \quad \dots(1/5-6)$$

حيث ان:

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \quad \dots\dots\dots(2/5-6)$$

$$f_r = 0.62 \lambda \sqrt{f'_c} \quad \dots\dots\dots(3/5-6)$$

حيث ان:

E_c : معامل المرونة للخرسانة، ميكاباسكال.

I_e : عزم القصور الذاتي الفعال لحساب الانحراف، مم⁴.

I_g : عزم القصور الذاتي حول محور مركز الثقل (centroidal axis) للمقطع الاجمالي للخرسانة (gross concrete section) مع اهمال التسليح، مم⁴.

M_{cr} : عزم التشقق، نت.مم.

M_a : العزم الأكبر للعضو تحت احمال التشغيل عند المرحلة التي يحسب فيها الانحراف، نت.مم.

I_{cr} : عزم القصور الذاتي للمقطع المتشقق، مم⁴.

f_r : معامل الكسر (التصدع) للخرسانة، ميكاباسكال.

y_t : المسافة من محور مركز الثقل للمقطع الاجمالي للخرسانة، مع اهمال التسليح، الى الليف الأبعد المشدود، مم.

λ : عامل يعكس النقصان في الخواص الميكانيكية للخرسانة خفيفة الوزن .

4/2/5-6 يؤخذ عزم القصور الذاتي الفعال في العناصر المستمرة كمعدل للقيم المحسوبة من المعادلة (6)- (1/5) للمقاطع الحرجة (critical sections) للعزم الموجب والعزم السالب. للعناصر الثابتة المقطع او

الموشورية (prismatic) ، يسمح باعتماد عزم القصور الذاتي الفعال المحسوب من المعادلة (6-5/1) عند منتصف الفضاءات البسيطة والمستمرة، وعند المسند للاجزاء الناتئة (cantilevers).

6-5/2/5 ما لم تحسب الانحرافات بالتحليل الدقيق والشامل، فإن الانحرافات الاضافية الطويلة الامد الناتجة من الزحف والانكماش للعناصر المعرضة للانحناء (سواء كانت من الخرسانة العادية أم خفيفة الوزن) يجب ان تحسب بضرب الانحراف الآني الناتج من الاحمال المستمرة في المعامل $(\lambda\Delta)$.
حيث ان:

$$\lambda\Delta = \frac{\xi}{1+50\rho'} \dots\dots\dots (6-5/4)$$

$\lambda\Delta$: مضاعف (multiplier) يأخذ في الحسبان الزيادة الحاصلة في الانحراف بسبب التأثيرات طويلة الامد.

ξ : معامل يعتمد على زمن تسليط الاحمال المستمرة ويكون مساويا لـ :

2	لفترة تحميل (5) سنوات او اكثر
1.4	لفترة تحميل (12) شهرا"
1.2	لفترة تحميل (6) أشهر
1.0	لفترة تحميل (3) أشهر

ρ' : نسبة تسليح الانضغاط غير المسبق للإجهاد، $\frac{A'_s}{bd}$

حيث ان:

A'_s : مساحة تسليح الانضغاط، مم².

b : عرض المقطع في منطقة الانضغاط، مم.

d : المسافة من الليف الأبعد المضغوط الى مركز تسليح الشد، مم.

وتؤخذ قيمة ρ' في منتصف الفضاءات البسيطة والمستمرة وعند المسند للاجزاء الناتئة.

6-5/2/5 يجب ان لا يتجاوز الانحراف المحسوب بموجب العبارات (6-5/2/2) حتى (6-5/2/5) الحدود الكبرى المحددة في الجدول (6-5/2).
6-5/2/5

الجدول 6-5/2 : الحدود الكبرى المسموحة للانحراف [1]

نوع العضو	الانحراف الواجب اخذه في الحسبان	حد الانحراف
-----------	---------------------------------	-------------

$\ell / 180$	الانحراف الآني الناتج من الاحمال الحية	سقوف مستوية (flat roofs) لا تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة
$\ell / 360$		ارضيات (floors) لا تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة
$\ell / 480$	الانحراف الكلي الناتج بعد وضع العناصر غير الانشائية (مجموع الانحراف طويل الامد الناتج من الاحمال المستمرة والانحراف الآني لأي زيادة في الاحمال الحية)	سقوف او ارضيات تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة
$\ell / 240$		سقوف او ارضيات تحمل او تتصل بعناصر غير انشائية لا يحتمل ان تتضرر بالانحرافات الكبيرة

6-3/5 المنشآت العاملة باتجاهين (Two- Way Constructions)

6-3/5-1 تتضمن هذه العبارة متطلبات الحدود الأقل لسمك البلاطات او المنشآت الاخرى العاملة باتجاهين والمصممة بموجب اشتراطات الباب العاشر من هذه المدونة والتي تتطابق مع متطلبات الفقرة (10-2/1/6).

يجب ان يحقق سمك البلاطات التي لا تحتوي على عتبات داخلية حولية ممتدة بين المساند على جميع حافات البلاطة متطلبات الفقرة (6-2/3/5) او (6-4/3/5)، اما سمك البلاطات الحاوية على عتبات حولية ممتدة بين المساند على جميع حافات البلاطة فيجب أن يحقق متطلبات الفقرة (6-3/3/5) او (6-4/3/5).

6-2/3/5-2 للبلاطات غير الحاوية على عتبات داخلية حولية ممتدة بين المساند وتكون نسبة الفضاء الطويل الى الفضاء القصير فيها لا تزيد على 2.0 يجب ان يحسب السمك الاقل لهذه البلاطات طبقاً لاشتراطات الجدول (6-3/2) مع مراعاة ان لا يقل السمك عن القيم التالية:

أ) البلاطات غير الحاوية على الواح متدللية (drop panels) كما معرفة في البند (10-5/2) = 125مم

ب) البلاطات الحاوية على الواح متدللية (drop panels) كما معرفة في البند (10-5/2) = 100مم

6-3/3/5-3 للبلاطات الحاوية على عتبات حولية ممتدة بين المساند على جميع حافات البلاطة يجب حساب السمك الأقل للبلاطة بموجب ما يلي:

أ) يجب اعتماد اشتراطات الفقرة (6-2/3/5) عندما تكون α_{fm} لا تزيد على 0.2

ب) عندما تكون α_{fm} اكبر من 0.2 ولا تزيد عن 2.0 يجب حساب السمك الأقل بموجب ما

$$h = \frac{\ell_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)} \dots\dots\dots(5/5-6)$$

مع مراعاة ان لا يقل سمك البلاطة عن 125مم في جميع الاحوال.

ج) عندما تكون قيمة α_{fm} اكبر من 2.0 فيجب ان لا يقل السمك الأقل للبلاطة عن السمك المحسوب في العلاقة التالية:

$$h = \frac{\ell_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots(6/5-6)$$

مع مراعاة ان لا يقل سمك البلاطة عن 90 مم في جميع الاحوال.

د) عند الحافات غير المستمرة يجب وضع عتبة طرفية ذات نسبة جساءة α_f لا تقل عن 0.8 وفي حالة عدم وضع مثل هذه العتبة يجب زيادة السمك الأقل للبلاطة المطلوب بموجب العلاقتين (6-5/5) و(6-6/5) بمقدار لا يقل عن 10% في لوح البلاطة (slab panel) الذي يشتمل على حافة غير مستمرة. في العبارة (6-3/3/5-6/ب) و(6-3/3/5-6/ج) يمثل الحد ℓ_n الفضاء الصافي للبلاطة باتجاهها الطويل محسوباً من اوجه العتبات. اما الحد β المستعمل في العلاقتين (6-5/5) و(6-6/5) فانه يمثل الفضاء الصافي بالاتجاه الطويل للوح البلاطة الى الفضاء الصافي في اتجاه لوح البلاطة القصير.

- 6-4/3/5 يمكن استعمال سمك للبلاطة يقل عن الحد الأقل المطلوب في الفقرات (6-1/3/5) و (6-2/3/5) وذلك عندما تكون قيم الانحراف المحسوبة لا تزيد على الحدود المثبتة في الجدول (6-2/5) مع مراعاة ان تؤخذ في الحسبان المتطلبات التالية عند حساب قيم الانحرافات:

1- مقاسات وشكل لوح البلاطة

2- شروط إستناد البلاطة إلى حافاتها

3- طبيعة التقييد عند حافات لوح البلاطة

4- معامل المرونة للخرسانة E_c بموجب متطلبات البند (5-1/5)

5- يحسب عزم القصور الذاتي الفعال I_e بموجب العلاقة (6-1/5)

ويجب حساب الانحرافات الإضافية طويلة الامد على وفق متطلبات الفقرة (6-2/2/5).

الجدول 6-3/5: السمك الأقل للبلاطات بدون عتبات داخلية¹ [1]

اجهاد الخضوع 2f_y MPa	بلاطات بدون الواح متدلّية (without drop panels)			بلاطات تشتمل على الواح متدلّية ³ (with drop panels)		
	الواح خارجية		الواح داخلية	الواح خارجية		الواح داخلية
	بدون عتبات طرفية	تشتمل على عتبات طرفية ⁴		بدون عتبات طرفية	تشتمل على عتبات طرفية ⁴	
280	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

1- للبلاطات العاملة باتجاهين يمثل الحد ℓ_n الفضاء الصافي للبلاطة باتجاهها الطويل محسوباً من اوجه مساند البلاطات بدون عتبات ويكون محسوباً من اوجه العتبات او المساند الاخرى (كالجدران) في الحالات الاخرى.

2- في الحالات التي يكون فيها اجهاد الخضوع f_y يقع بين القيم المبينة في الجدول عندها يمكن حساب السمك الأقل للبلاطات باستعمال الاستكمال الخطي (linear interpolation).

3- يجب ان تكون ابعاد الالواح المتدلّية وسمكها كما وردت في البند (10-9/1).

4- عندما تشتمل البلاطة على عتبات طرفية (edge beams) ممتدة بين الاعمدة على طول الحافات الخارجية ينبغي ان لا تقل قيمة α_f للعتبة الطرفية عن 0.8.

4/5-6 السيطرة على الانحرافات في العناصر الخرسانية المركبة (Control of Deflection in Composite Members).

1/4/5-6 العناصر المدعمة (Shored Members)

إذا كانت العناصر المعرضة للانحناء مدعمة خلال التشييد بحيث يمكن للمقطع المركب ان يقاوم تأثير الاحمال الميتة عند رفع المساند المؤقتة فإنه يمكن اعتبار العناصر المركبة مكافئة لميثلاتها المصبوبة سوية (monolithically cast members) لغرض حساب الانحرافات. عند حساب الانحرافات يجب ان يؤخذ في الحسبان تأثير التقوس الناتج عن الانكماش التفاضلي (differential shrinkage) لجزء المقطع المصبوب موقعياً وجزء المقطع المسبق الصب (cast in place and precast components)

2/4/5-6 العناصر غير المدعمة (UnShored Members)

1/2/4/5-6 إذا كان سمك جزء العنصر المسبق الصب (precast flexural part) من العنصر المركب يلبي متطلبات الانحراف المبينة في الجدول (2/5-6) عندها تنتفي الحاجة لحساب الانحراف للعنصر المركب.

2/2/4/5-6 إذا كان سمك العنصر المركب (composite member) يلبي متطلبات الانحراف المبينة في الجدول (2/5-6) عندها تنتفي الحاجة لحساب الانحراف الحاصل بعد ان تتصلب الخرسانة ويتصرف العنصر كعنصر مركب مع مراعاة حساب الانحرافات الحاصلة في جزء العنصر المسبق الصب (precast part) والنتيجة عن مقدار وزمن الحمل المسلط قبل ان يتصرف العنصر كعنصر مركب.

3/2/4/5-6 يجب ان لا تتجاوز الانحرافات المحسوبة بموجب الفقرتين (1/2/4/5-6) و (2/2/4/5-6) الحدود المبينة في الجدول (2/5-6).

المراجع

[1] ACI Committee 318 “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, (2008), 473 pp.

[2] مركز بحوث البناء - مؤسسة البحث العلمي "الكود العراقي للخرسانة المسلحة"، بغداد، 1987، 68

صفحة.

[3] "Minimum Design Loads for Building and Other Structures SEI/ASCE 7-02", ASCE, Reston, VA, 2002. 376pp.

[4] "Deflections of Concrete Structures", SP-43, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2003, 38pp.

[5] Branson, D.E.,

"Instantaneous and Time-Dependent Deflections on Simple and Continuous Reinforced Concrete Beams," HPR Report No. 7 Part 1, Alabama Highway Department, Bureau of Public Roads, Aug.1965, pp.1-78.

[6] ACI Committee 435, "Deflections of Reinforced Concrete Flexural Members (ACI 435.2R-66)," ACI Journal, Proceedings V.63, No.6, June 1966, pp.637-674.

الباب 7

الانحناء والأحمال المحورية

Flexure and Axial Loads

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الأمريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الأمريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-7 المجال (Scope) [1]

يجب ان تطبق اشتراطات هذا الباب لتصميم العناصر المعرضة للانحناء او الاحمال المحورية او لأشتراك الانحناء مع الاحمال المحورية.

2-7 فرضيات التصميم (Design Assumptions) [1 ، 3 ، 4 ، 5]

1/2-7 يجب ان يعتمد تصميم المقاومة للعناصر المعرضة للانحناء والاحمال المحورية على الفرضيات مقدمة في البنود (2/2-7) الى (7/2-7) اضافة الى الايفاء بشروط التوازن وتوافق الانفعالات.

2/2-7 يفترض ان يكون الانفعال الأكبر المستعمل في الحسابات في ليف الانضغاط الأبعد للخرسانة مساويا الى (0.003).

3/2-7 يفترض ان يتناسب الانفعال في التسليح والخرسانة مع البعد على المحور المحايد، باستثناء العتبات العميقة يستعمل فيها التحليل الذي يعد توزيع الانفعال فيها لا خطيا. وكاجراء بديل يمكن السماح باستعمال طريقة نموذج دعامة الانضغاط ورباط الشد.

4/2-7 تهمل مقاومة الشد للخرسانة في حسابات الانحناء والاحمال المحورية للخرسانة المسلحة.

5/2-7 عندما يكون الاجهاد في التسليح يقل عن اجهاد الخضوع f_y في هذه الحالة يؤخذ الاجهاد مساويا الى معامل مرونة الحديد (E_s) مضروباً في انفعال الحديد ، وفي حالة كون الانفعالات تزيد على الانفعال المرافق لاجهاد الخضوع (f_y)، عندئذ تعد الاجهادات في التسليح غير معتمدة على الانفعال وتساوي (f_y).

6/2-7 يفترض ان تكون العلاقة بين توزيع الاجهادات في الخرسانة وانفعال الخرسانة على شكل مستطيل او شبه منحرف او قطع زائد او أي شكل آخر يستنتج من نتائج اختبارية.

7/2-7 تتحقق متطلبات البند (6/2-7) باستعمال توزيع اجهادات الخرسانة بشكل مستطيل مكافئ بحسب الشروط التالية :

7-1/7/2 تقاس المسافة (c) من ليف انفعال الانضغاط الأعظم الى المحور المحايد باتجاه عمودي مع المحور المحايد.

7-2/7/2 يفترض أن اجهاد الخرسانة مساوٍ الى $(0.85f'_c)$ وموزع بانتظام على منطقة الانضغاط المكافئة والمحاطة بحافات المقطع العرضي وخط مستقيم موازٍ للمحور المحايد وعلى مسافة $(a = \beta_1 c)$ من ليف الخرسانة ذي انفعال الانضغاط الأكبر.

7-3/7/2 للخرسانة التي لها مقاومة (f'_c) تتراوح بين (17-28) ميكاباسكال، يجب اخذ قيمة (β_1) مساوية لـ (0.85) وتقل خطياً بمعدل (0.05) لكل (7) ميكاباسكال تزيد على (28) ميكاباسكال على ان لا تقل عن (0.65) كما في العلاقة التالية:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.007(f'_c - 28) \geq 0.65 \quad \dots\dots\dots(1/2-7)$$

7-3 متطلبات ومبادئ عامة (General Principles and Requirements) [1 ، 5 ، 6 ، 7]

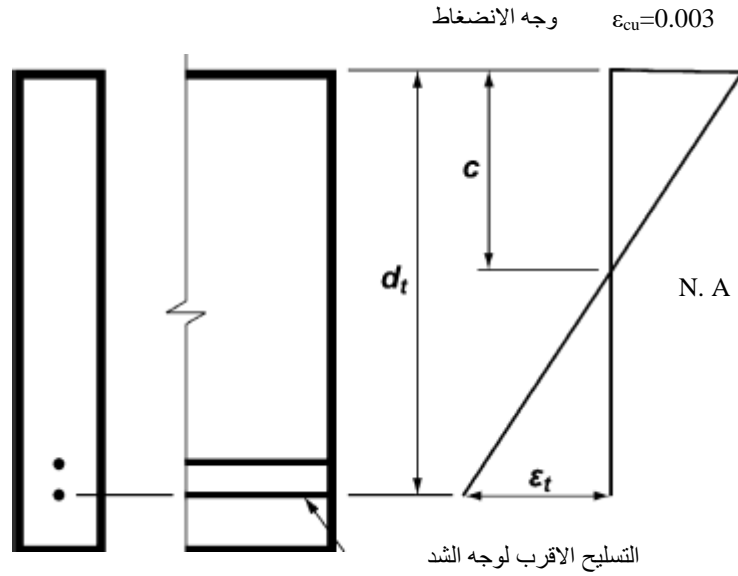
7-1/3 يجب ان يكون تصميم المقاطع العرضية المعرضة للانحناء والاحمال المحورية او كليهما معتمداً على توافق الاجهاد والانفعال باستعمال الفرضيات الواردة في الفصل (7-2).

7-2/3 تعد مقاطع العناصر الانشائية (cross-section) في حالة انفعال توازني عند بلوغ الانفعال في حديد تسليح الشد قيمة مساوية الى انفعال الخضوع $(\epsilon_t = \frac{f_y}{E_s})$ عندما يبلغ انفعال الانضغاط في الليف الأبعد (extreme fiber) لخرسانة المقطع قيمة انفعال نهائي مقدارها $(\epsilon_{cu} = 0.003)$.

7-3/3 تصنف مقاطع العناصر الانشائية (cross sections) مقاطع يتحكم فيها فشل الانضغاط اذا كان انفعال الشد الصافي (net tensile strain) (ϵ_t) في حديد التسليح الابعد على المحور المحايد (N.A.) مساوياً الى او اقل من قيمة الانفعال اللازم لكي يعد الانضغاط متحكماً في فشل المقطع وذلك عندما يكون انفعال الانضغاط في الليف الأبعد للمقطع قد بلغ حده النهائي وهو $(\epsilon_{cu} = 0.003)$.

يعرف الانفعال اللازم لكي يعد الانضغاط متحكماً في فشل المقطع على انه انفعال الشد الصافي في حديد التسليح عند شروط الانفعال التوازني كما مبين في الشكل (7-1/3)

يمكن افتراض ان حد الانفعال في حديد التسليح اللازم على اساس ان الانضغاط هو المتحكم في فشل المقطع مساوياً الى (0.002) وذلك عند استعمال حديد تسليح ذي اجهاد خضوع مقداره 420 ميكاباسكال



الشكل 7-1/3 : توزيع الانفعالات وانفعال الشد الصافي [1]

7-4/3 تعد مقاطع العناصر الانشائية مقاطع يسيطر عليها فشل الشد عندما يكون انفعال الشد الصافي الأكبر في حديد الشد (ϵ_t) مساويا او يزيد على (0.005) حينما تصل خرسانة الانضغاط حد انفعالها النهائي المفروض والمساوي لـ (0.003).

7-5/3 في حالة عناصر الانحناء غير مسبقة الإجهاد والعناصر غير مسبقة الإجهاد التي تحمل انضغاطا محوريا معاملا اقل من ($0.10 f'_c A_g$) فان قيمة (ϵ_t) عند المقاومة الاسمية يجب ان لا تقل عن (0.004). يسمح باستعمال تسليح انضغاط بالترافق مع تسليح شد إضافي لزيادة مقاومة عناصر الانضغاط.

7-6/3 يجب ان لا تزيد المقاومة المحورية التصميمية ($P_n \phi$) على ($P_{n,max} \phi$) المحسوبة بالمعادلة (7-1/3) او (7-2/3).

7-1/6/3 للعناصر غير سابقة الاجهاد والتي لها تسليح مطابق للفقرة (4-2/9/5)

$$\phi P_{n,max} = 0.80 \phi [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad \dots\dots (7-1/3)$$

7-2/6/3 للعناصر غير مسبقة الاجهاد والتي لها تسليح حلزوني مطابق للبند (4-1/9/5)

$$\phi P_{n,max} = 0.85 \phi [0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \quad \dots\dots(7-2/3)$$

7-3/6/3 يجب ان تصمم العناصر المعرضة لحمل انضغاط محوري لأكبر عزم يمكن ان يترافق مع الحمل المحوري ويجب ان لا يزيد الحمل المحوري المعامل ($P_n \phi$) عند لا تمرکزية معينة على القيمة المحددة في البند (7-6/3). كما يجب تكبير العزم الأكبر (M_u) لأخذ تأثيرات النحافة بموجب الفصل (7-10).

7-4 المسافة بين المساند الجانبية لعناصر الانحناء [1 ، 9 ، 10]

7-1/4 يجب الاخذ في الحسبان تأثيرات اللامركزية الجانبية للأحمال عند تحديد مسافات التباعد للمساند الجانبية.

7-2/4 يجب ان لا يزيد التباعد بين المساند الجانبية للعتبات على (50) مرة بقدر عرض الجناح او العرض الأقل لشفة اووجه الانضغاط.

7-5 التسليح الأقل لعناصر الانحناء Minimum Reinforcement of Flexural Members [1]

7-1/5 يجب ان لا تقل مساحة حديد التسليح المتوفرة (A_s) في كل مقطع لعنصر الانحناء باستثناء ما ورد في البنود (7-2/5)، (7-3/5)، (7-4/5) عما يلي:

$$A_{s,min} = b_w d \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \dots\dots\dots(7-1/5)$$

على ان لا تقل عن ($1.4 b_w d / f_y$)

7-2/5 للعناصر المحددة ستاتيكيًا وعندما تكون الشفة في الشد فان ($A_{s,min}$) يجب ان لا تقل عن القيمة المذكورة في المعادلة (7-1/5)، باستثناء أن تحل ($2b_w$) محل أي من (b_w) في كل مقطع او عرض الشفة ايهما اقل.

7-3/5 لا يجب تحقيق متطلبات البندين (7-1/5) و(7-2/5) اذا كانت (A_s) المستعملة تزيد بما لا يقل على ثلث ما مطلوب بموجب التحليل.

7-4/5 في البلاطات الانشائية والاسس ذات السمك المنتظم فان ($A_{s,min}$) باتجاه الفضاء يجب ان تساوي تلك المطلوبة بموجب الفقرة (4-3/11/5). ويجب ان لا تزيد مسافة التباعد العظمى لهذا التسليح على (2.5) مرة بقدر السمك ولا على (400م).

7-6 توزيع تسليح الانحناء في العتبات والبلاطات العاملة باتجاه واحد [1 ، 11 ، 12]

7-1/6 يصف هذا الفصل قواعد توزيع تسليح الانحناء للسيطرة على تشققات الانحناء في العتبات والبلاطات العاملة باتجاه واحد.

7-2/6 يكون توزيع تسليح الانحناء في البلاطات العاملة باتجاهين بموجب متطلبات الفصل (10-2).

3/6-7 يجب ان يوزع تسليح شد الانحناء بانتظام في مناطق الشد الأكبر الناتج من الانحناء بحسب متطلبات البند (4/6-7).

4/6-7 يجب ان لا تتجاوز مسافة التباعد للتسليح الأقرب لوجه الشد (s) تلك التي تحسب من العلاقة التالية:

$$380 \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2.5c_c \quad \dots\dots (1/6-7)$$

على ان لا تتجاوز المسافة $(280/f_s) \cdot 300$.
حيث ان:

c_c : المسافة الأقل محسوبة من سطح حديد التسليح الى وجه الشد (الغطاء الصافي لحديد التسليح).
وفي حالة وجود قضيب اوسلك واحد فقط اقرب الى وجه الشد الأكبر فأن s المستعملة في المعادلة (1/6-7) تساوي عرض وجه الشد الأكبر.

يجب ان يحسب اجهاد الشد (f_s) في حديد التسليح الأقرب لوجه الشد وتحت احمال التشغيل اعتماداً على العزوم غير المعاملة، ويسمح بجعل قيمة (f_s) مساوية لـ ($2/3 f_y$).

5/6-7 المتطلبات المنصوص عليها في البند (4/6-7) غير كافية للمنشآت المعرضة لظروف قاسية جداً او مصممة لتكون مانعة لفاذ الماء (watertight) حيث من اللازم اجراء تحريات واتخاذ احتياطات خاصة باجراء تجارب على نماذج خرسانية معرضة لظروف التعرض القاسية نفسها في الموقع والتي تتعلق بنوعية الخرسانة وطريقة الرص وغطاء الخرسانة.

6/6-7 عندما يتجاوز ارتفاع العتبة او العتبة الثانوية (Joist) (900مم) فيجب توزيع تسليح طولي سطحي بانتظام على طول الوجهين الجانبيين للعضو ويجب ان يمتد هذا التسليح حتى مسافة (0.5h) من وجه الشد، وتطبق متطلبات مسافة التباعد المذكورة في البند (4/6-7).
حيث ان:

c_c : اقل مسافة من سطح الحافة النهائية للتسليح السطحي الى الوجه الجانبي للعنصر:
ويمكن تضمين هذا التسليح في حسابات المقاومة في حالة اجراء تحليل توافق الانفعالات لتحديد الاجهاد في القضبان المنفردة او الأسلاك.

7/6-7 عندما تكون اجنحة العتبة التي مقطعتها على شكل الحرف (T) للمنشأ معرضة للشد، يجب ان يوزع جزء من تسليح شد الانحناء في العرض الفعال للجناح كما محدد بالفصل (5-12) او عرض يساوي (1/10) من الفضاء ايهما اقل. أما اذا كان العرض الفعال للجناح يزيد على (1/10) من الفضاء، فيجب وضع تسليح طولي في الجزأين الخارجيين من الجناح.

7-7 العتبات العميقة (Deep Beams) [13 ، 1]

1/7-7 العتبات العميقة هي عناصر محملة على احد الواجهه ومسندة على الوجه المقابل بحيث يمكن ان تتولد دعائم انضغاط (compression struts) بين الاحمال والمساند وتمتلك اما:

أ) فضاءات صافية (ρ_n) تساوي او تقل عن اربع مرات بقدر العمق الكلي للعنصر، او

ب) مناطق مع احمال مركزة ضمن عمق العنصر من وجه المسند.

ينبغي تصميم العتبات العميقة اما بالأخذ في الحسبان التوزيع اللاخطي للانفعال، او تصمم بالاعتماد على الملحق (أ) مع الاخذ في الحسبان تأثير الانبعاج الجانبي (lateral buckling).

2/7-7 يجب ان تكون المساحة الأقل لتسليح شد الانحناء متوافقة مع متطلبات البند (5-7).

3/7-7 يحسب (V_n) للعتبات العميقة بموجب الفصل (6-8).

4/7-7 يجب ان يحقق التسليح الافقي والشاقولي الأقل على الواجهه الجانبية للعتبات العميقة متطلبات البند (أ-3/3) او البندين (4/6-8) او (5/6-8).

7-8 الابعاد التصميمية لعناصر الانضغاط [13 ، 1]

1/8 عناصر الانضغاط المصبوبة سويةً مع جدار

يجب أن لا تزيد الحدود الخارجية للمقطع العرضي الفعال لعنصر الانضغاط المسلح حلزونياً او برباطات ومصبوب سويةً مع جدار خرساني او مع دعامة على (40مم) خارج تسليح الحلزون او الرباط.

2/8 عناصر الانضغاط المنفردة بتسليح حلزوني متعدد

يجب أن تؤخذ الحدود الخارجية للمقطع العرضي الفعال لعنصر الانضغاط مسلح باثنين او اكثر من الحلزونات المتداخلة على مسافة خارج الحدود القصوى للحلزون تساوي الغطاء الخرساني الأقل اللازم وجوده بموجب البند (4-7/5).

3/8 حدود المقطع

يسمح لعنصر الانضغاط اذا كان ذا مقطع اكبر من متطلبات الاحمال أن يسلمح اعتماداً على متطلب الحد الأقل للتسليح وان تكون مقاومته معتمدة على مساحة فعالة ذات قيمة أقل من (A_g)، ولكنها لا تقل عن نصف المساحة الكلية. لاتطبق هذه الاشتراطات على الهياكل الانشائية الخاصة او الجدران الانشائية الخاصة والمصممة بموجب متطلبات الهزات الارضية والزلازل.

4/8 عنصر الانضغاط الدائري المكافئ

يسمح باستعمال المساحة الاجمالية كلها لتصميم عنصر انضغاط له مقطع عرضي مربع او مثن او أي شكل آخر باستعمال مقطع دائري بديل بقطر يساوي اقل بعد جانبي للمقطع الفعلي ويجب ان تعتمد حسابات المساحة الاجمالية للمقطع المأخوذ في الحساب ونسبة التسليح اللازم وضعها والمقاومة التصميمية على ذلك المقطع الدائري.

9-7 حدود التسليح لعناصر الانضغاط [1 ، 14]

7- 1/9 يجب ان لا يقل عدد قضبان التسليح الطولية عن (4) قضبان محصورة ضمن رباطات مستطيلة او دائرية، ولا يقل عن (3) قضبان محصورة ضمن رباطات مثلثة الشكل ولا عن (6) قضبان محصورة بجزونات بموجب البند (7-3/9).

7- 2/9 يجب ان لا تقل مساحة حديد التسليح الطولي A_{st} لعناصر الانضغاط غير المركبة عن $(0.01 A_g)$ ولا تزيد على $(0.08 A_g)$.

7- 3/9 يجب ان لا تقل النسبة الحجمية للتسليح الحلزوني (ρ_s) على المقدار في العلاقة التالية :

$$\rho_s = 0.45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}} \quad \dots\dots\dots (1/9-7)$$

ويجب ان لا تتجاوز قيمة (f_{yt}) المستعملة في المعادلة في (7-1/9) على (600) ميكاباسكال وعندما تزيد (f_{yt}) على (420) ميكاباسكال يجب ان لا تستعمل وصلات التراكب طبقا للعبارة (4-5/1/9-هـ-1)

10-7 تأثيرات النحافة في عناصر الانضغاط

[16 ، 15 ، 1 (Slenderness Effects in Compression Members)]

7- 1/10 يمكن اهمال تأثيرات النحافة في الحالات التالية:

(أ) لعناصر الانضغاط المدعمة جانبياً لمقاومة الانحراف الجانبي (braced against sidesway) وعندما تحقق العلاقة التالية:

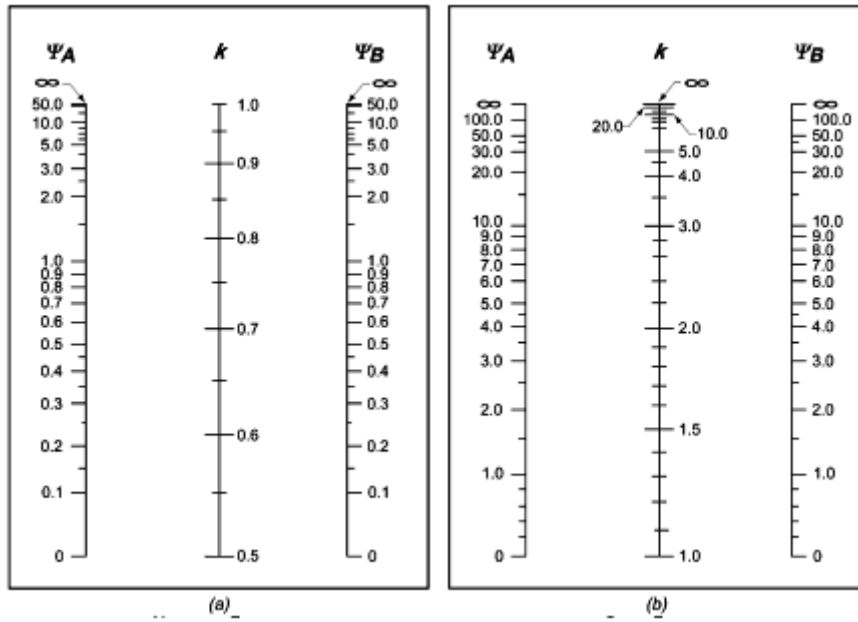
$$\frac{k l_u}{r} \leq 34 - 12(M_1/M_2) \leq 40 \quad \dots\dots\dots (1/10-7)$$

(ب) لعناصر الانضغاط غير المدعمة جانبياً لمقاومة الانحراف الجانبي (not braced against sidesway) وعندما تحقق العلاقة التالية:

$$\frac{k \ell_u}{r} \leq 22$$

حيث أن قيمة معامل الطول (k) تؤخذ من الشكل (7-10/1)

حيث ان (M_1/M_2) الفعال موجبة عندما يكون انحناء العمود بتقوس مفرد (single curvature) وتكون سالبة عندما يكون انحناء العمود بتقوس مزدوج (double curvature).
ويسمح أن تعد عناصر الانضغاط مدعمة جانبياً لمقاومة الانحراف الجانبي عندما تكون الجساءة الكلية لعناصر التدعيم التي تقاوم الحركة الجانبية لطابق معين لا تقل عن (12) مرة بقدر الجساءة الاجمالية للاعمدة في ذلك الطابق.



للمنشآت المقاومة للانحراف الجانبي
(الحالة المدعمة)

للمنشآت غير المقاومة للانحراف الجانبي
(الحالة غير المدعمة)

الشكل 7-10/1 : قيمة معامل الطول الفعال [1]

7-10/1/1 يسمح أن يعد نصف قطر التدويم (r) للمقاطع المستطيلة مساوياً الى ($0.3h$) حيث (h) تمثل المقاس الكلي لمقطع العمود باتجاه احتساب الاستقرار ويعد مساوياً لـ ($0.25d$) للمقاطع الدائرية التي قطرها يساوي (d). اما بالنسبة للمقاطع الاخرى فيسمح بحساب نصف قطر التدويم (r) لمقطع الخرسانة الاجمالي.

7-10/1/2 يعد الطول غير المدعم لعناصر الانضغاط (ℓ_u) في اي اتجاه مساوياً للمسافة الصافية بين بلاطات الطوابق او العتبات او العناصر الاخرى التي لها القابلية لتحقيق تدعيم جانبي في ذلك الاتجاه. عندما تكون الاعمدة ذات تيجان او اكتاف فيقاس (ℓ_u) من اسفل حافة التاج او الكتف في المستوي المعني.

7-10/2 عند عدم اهمال تأثيرات النخافة ضمن السماحات المذكورة في البند (7-10/1) يكون تصميم عناصر الانضغاط والعتبات المقيدة وعناصر التدعيم الاخرى معتمداً على مقدار القوى والعزوم المعاملة والمحسوبة استناداً الى التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية والذي يحقق متطلبات البنود (7-10/3) و(7-10/4) او (7-10/5). كما يجب ان تحقق هذه العناصر المتطلبات المنصوص عليها في الفقرات (7-10/1) و(7-10/2).

7-10/2/1 ينبغي ان لا تزيد نسبة العزم شاملاً التأثير اللاخطي من الدرجة الثانية الى العزم المحسوب استناداً الى التحليل الخطي من الدرجة الاولى على (1.4) لعناصر الانضغاط وعتبات التدعيم او العناصر الانشائية الاخرى.

7-10/2/2 تؤخذ تأثيرات التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية على طول عناصر الانضغاط كما يمكن السماح بحساب هذه التأثيرات بواسطة طريقة تضخيم العزوم (moment magnification) المذكورة في البند (7-10/6).

7-10/3 التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية (Nonlinear Second- Order Analysis)

عند استعمال التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية يجب الاخذ في الحسبان التصرف اللاخطي للمواد وتقوس العنصر والانحراف الجانبي ومدة التحميل والانكماش والزحف وطريقة اتصال الاعمدة مع الاسس.

7-10/4 التحليل المرن من الدرجة الثانية (Elastic Second Order Analysis)

يجب الاخذ في الحسبان تأثير الاحمال المحورية ووجود مناطق متشققة على طول عنصر الانضغاط وتأثير مدة التحميل في تحديد خصائص مقطع العمود عند استعمال التحليل المرن من الدرجة الثانية.

7-10/4/1 تحسب خصائص مقاطع عناصر المنشأ كما مبين تالياً:

أ) معامل المرونة (E_c) بموجب البند (5-1/5).

ب) عزم القصور الذاتي (I)

عناصر الانضغاط:

الاعمدة = $0.70 I_g$

الجران - غير متشققة = $0.70 I_g$

الجران - متشققة = $0.35 I_g$

عناصر الانحناء:

العتبات = $0.35 I_g$

البلاطات المسطحة والبلاطات ذات التيجان = $0.25 I_g$

ج) المساحة = $0.10 A_g$

7-10/2/4 عند وجود احمال جانبية دائمية فان عزم القصور الذاتي I لعناصر الانضغاط يحسب وتقلل

$$\text{قيمه بقسمتها على المقدار } \left(\frac{1}{1 + \beta_{ds}} \right)$$

حيث ان:

β_{ds} : هي نسبة قوى القص الدائمية المعاملة نفسها ضمن طابق معين الى قوى القص المعاملة العظمى في ذلك الطابق المحسوبة مع تجميعات الاحمال على ان لا تزيد قيمة النسبة على (1.0).

7-10/5 طريقة تضخيم العزوم (Moment Magnification Procedure)

ينبغي تصنيف الاعمدة والطوابق في المنشآت استناداً الى كونها مدعمة جانبياً او غير مدعمة جانبياً. تصمم الاعمدة في الهياكل او الطوابق المدعمة جانبياً بموجب متطلبات البند (7-10/6). اما الاعمدة غير المدعمة جانبياً فتصمم بموجب البند (7-10/7).

7-10/1/5 يسمح بافتراض العمود في المنشأ مدعماً جانبياً اذا كانت الزيادة في العزوم المتولدة عند نهايات الاعمدة والمحسوبة باستعمال التحليل اللاخطي من الدرجة الثانية لا تزيد على (5%) من تلك المحسوبة بطرائق التحليل الخطي من الدرجة الاولى.

7-10/2/5 كما يسمح بافتراض ان الطابق ضمن المنشأ مدعماً جانبياً اذا كان دليل الاستقرار له (Q) مساوياً لـ

$$Q = \frac{\sum P_u \Delta_o}{V_{us} \ell_c} \leq 0.05 \quad (7-10/3)$$

حيث ان:

$\sum P_u$ و V_{us} تمثلان الحمل الشاقولي الكلي والقص الافقي على التوالي عند حساب دليل الاستقرار له.

Δ_o : تمثل الانحراف الجانبي بين اعلى واسفل الطابق تحت تأثير (V_{us}) باستعمال التحليل الخطي من الدرجة الاولى.

7-10/6 طريقة تضخيم العزم - الحالة المدعمة

(Moment Magnification Procedure- Nonsway)

7-10/1/6 يضخم تأثير القوى المحورية المعاملة P_u والعزوم المعاملة المكبرة M_c على عناصر الانضغاط المدعمة لتشمل تأثير تقوس العنصر، كالتالي:

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \quad \dots\dots\dots(7-10/4)$$

حيث ان :

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0.75P_c}} \geq 1.0 \quad \dots\dots\dots (5/10-7)$$

وان :

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k\ell_u)^2} \quad \dots\dots\dots (6/10-7)$$

تؤخذ قيمة EI كالتالي:

$$EI = \frac{0.4E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad \dots\dots\dots (7/10-7)$$

أو

$$EI = \frac{(0.2E_c I_g + E_s I_{se})}{1 + \beta_{dns}} \quad \dots\dots\dots (8/10-7)$$

2/6/10-7 يمثل المعامل (β_{dns}) نسبة الحمل المحوري الدائم المعامل الأكبر الى الحمل المحوري المعامل الأكبر والمعتمد على نفس تجميعات الاحمال على ان لا تزيد قيمة (β_{dns}) على (1.0).

3/6/10-7 يسمح باعتبار مقدار معامل الطول الفعال (k) مساوياً الى (1.0) كحد اعلى للحالة المدعمة.

4/6/10-7 للعناصر غير المعرضة لاحمال جانبية بين المساند، تؤخذ قيمة (C_m) كالتالي:

$$C_m = 0.6 + 0.4 \frac{M_1}{M_2} \quad \dots\dots\dots(9/10-7)$$

حيث ان ($\frac{M_1}{M_2}$) موجبة عندما يكون انحناء العمود بتقوس مفرد (single curvature) وتكون سالبة عندما

يكون انحناء العمود بتقوس مزدوج (double curvature). للعناصر المعرضة لاحمال جانبية بين المساند فتعد قيمة (C_m) مساوية لـ (1.0).

5/6/10-7 يجب ان لا تقل قيمة (M_2) الواردة في المعادلة (4/10-7) على:

$$M_{2,min} = P_n(15 + 0.03h) \quad \dots\dots\dots(10/10-7)$$

حول المحاور بشكل منفصل.

للعناصر التي تتجاوز فيها قيمة ($M_{2,min}$) قيمة (M_2) تؤخذ قيمة (C_m) مساوية لـ (1.0) في المعادلة (5/10-7) او تحسب بالاستناد الى النسبة بين العزوم عند نهايات العمود.

7/10-7 طريقة تضخيم العزوم - الحالة غير المدعمة (Moment Magnification Procedure - Sway)

1/7/10-7 تحسب العزوم (M_1) و (M_2) عند نهايات عنصر الانضغاط المفرد كالتالي:

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \quad \dots\dots\dots(11/10-7)$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \quad \dots\dots\dots(12/10-7)$$

حيث ان (δ_s) تحسب على وفق الفقرتين (4/7/10-7) او (5/7/10-7).

2/7/10-7 تصمم عناصر الانحناء لتتحمل العزوم المضخمة الكلية عند نهايات عنصر الانضغاط في المفاصل.

3/7/10-7 يمكن حساب قيمة معامل الطول الفعال (k) باستعمال قيم (E_c) و (I) المنصوص عليها في الفقرة (1/4/10-7) على ان لا تقل على (1.0).

4/7/10-7 يحسب مقدار معامل تكبير العزم (δ_s) من العلاقة:

$$\delta_s = \frac{1}{1-Q} \geq 1 \quad \dots\dots\dots(13/10-7)$$

اما اذا تجاوزت قيمة (δ_s) (1.5) فيجب حسابها طبقاً للفقرة (5/7/10-7).

5/7/10-7 يسمح بحساب قيمة (δ_s) كالتالي:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0.75 \sum P_c}} \geq 1 \quad \dots\dots\dots(14/10-7)$$

حيث ($\sum P_u$) يمثل مجموع الاحمال الشاقولية المعاملة في الطابق و ($\sum P_c$) يمثل مجموع مقاومة الاعمدة المقاومة للازاحة الجانبية في الطابق وقيمة (P_c) تحسب من المعادلة (6/10-7) بعد ان تحسب قيمة معامل الطول الفعال (k) بموجب الشكل (10-1/7) و (EI) من الفقرة (1/6/10-7).

7- 11 العناصر المحملة محورياً والساندة لأنظمة البلاطات [1]

يجب أن تصمم العناصر المحملة محورياً والساندة لأنظمة البلاطات والمحددة بالفصل (10-1) بموجب متطلبات هذا الفصل وبموجب المتطلبات الإضافية في الفصل الخاص بالبلاطات العاملة باتجاهين.

7-12 انتقال أحمال الأعمدة خلال أنظمة الأرضيات [1 ، 6]

عندما تكون مقاومة الانضغاط لخرسانة العمود (f'_c) أكبر من (1.4) مرة بقدر مقاومة انضغاط مقاومة الأرضية، يجب أن يتحقق انتقال الحمل خلال نظام الأرضية بموجب متطلبات البندين (7-12/1) أو (7-12/2).

7-12/1 يجب وضع خرسانة العمود والتي لها مقاومة محددة في موضع العمود من الطابق. ويجب ان تمتد خرسانة السطح العلوي للعمود داخل البلاطة (600 مم) من وجه العمود وتصب بموجب متطلبات البندين (4-6/4) و(4-7/4).

7-12/2 لأغراض التصميم يجب أن لا تزيد النسبة بين مقاومة خرسانة العمود الى مقاومة خرسانة البلاطة على (2.0).

7-13 عناصر الانضغاط المركبة (Composite Compression Members) [1 ، 6]

7-13/1 تشمل عناصر الانضغاط المركبة جميع العناصر المسلحة طولياً بمقاطع فولاذية إنشائية أو انابيب حديدية مع قضبان الطولية أو بدونها.

7-13/2 يجب أن تنقل الأحمال المحورية في العنصر المركب المراد تحميلها باسناد مباشر على خرسانة العنصر المركب بواسطة عناصر أو أكتاف.

7-13/3 تحسب مقاومة العنصر المركب تحت الظروف المحددة نفسها والمطبقة على عناصر الخرسانة المسلحة العادية.

7-13/4 يجب أن تنتقل جميع الأحمال المحورية غير المتحقق انتقالها باسناد على خرسانة العنصر المركب بواسطة الربط المباشر مع مقاطع الفولاذ الإنشائية أو الأنابيب.

7-13/5 لتقييم تأثيرات النحافة (slenderness effects) يجب ان لا يزيد نصف قطر التدويم (r) على القيمة المبينة في المعادلة التالية :

$$r = \sqrt{\frac{(E_c I_g / 5) + E_s I_{sx}}{(E_c A_g / 5) + E_s A_{sx}}} \dots\dots\dots(1/13-7)$$

ولحسابات بديلة مبسطة تحسب (EI) المذكورة في المعادلة (7-10/6) اما بموجب المعادلة (7-10/8) او كالتالي:

$$EI = \frac{(E_c I_g / 5)}{1 + \beta_d} + E_s I_{sx} \dots\dots\dots(2/13-7)$$

6/13-7 لب الخرسانة المحصور داخل الفولاذ الإنشائي (Structural Steel Encased Concrete Core)

1/6/13-7 ينبغي أن لا يقل سمك فولاذ التغليف في العنصر المركب على القيمتين التاليتين:

$$\text{للمقاطع الدائرية بقطر } h \quad h \sqrt{\frac{f_y}{8E_s}} \quad \dots\dots (2/13-7)$$

$$\text{لكل وجه بعرض } b \quad b \sqrt{\frac{f_y}{3E_s}} \quad \dots\dots (3/13-7)$$

2/6/13-7 يسمح باستعمال القضبان الطولية الواقعة ضمن لب الخرسانة المغلف لغرض حساب (A_{sx}) و (I_{sx}) .

7/13-7 التسليح الحلزوني حول لب من الفولاذ الإنشائي (Spiral Reinforcement around Structural Steel Core)

يجب أن يحقق العنصر المركب المسلح بتسليح حلزوني حول المقطع الفولاذي الإنشائي المتطلبات المنصوص عليها في الفقرات (3/7/13-7) و (4/7/13-7).

1/7/13-7 تكون مقاومة الخضوع التصميمية للمقطع الفولاذي مساوية إلى مقاومة الخضوع الأقل المحددة لصف المقطع الفولاذي المستعمل بشرط أن لا تزيد على (350) ميكاباسكال.

2/7/13-7 ينبغي أن يحقق حديد التسليح الحلزوني المتطلبات المذكورة في البند (3/9-7).

3/7/13-7 يجب ان لا تقل مساحة القضبان الطولية الواقعة ضمن التسليح الحلزوني على (0.01) ولا تزيد على (0.08) من المساحة الصافية للمقطع الخرساني.

4/7/13-7 يسمح باستعمال القضبان الطولية الواقعة ضمن التسليح الحلزوني في حساب (A_{sx}) و (I_{sx}) .

8/13-7 تسليح الرباطات حول لب المقطع الفولاذي الإنشائي (Tie Reinforcement around Structural Steel Core)

ينبغي أن يحقق المقطع المركب المسلح برباطات مستعرضة حول لب المقطع الفولاذي الإنشائي المتطلبات المنصوص عليها في العبارات (1/8/13-7) إلى (7/8/13-7).

1/8/13-7 تكون مقاومة الخضوع التصميمية للمقطع الفولاذي الإنشائي مساوية إلى مقاومة الخضوع الدنيا المحددة لصف المقطع الفولاذي المستخدم بشرط أن لا تزيد على (350) ميكاباسكال.

2/8/13-7 ينبغي أن تمتد الرباطات المستعرضة جميعها حول لب الفولاذ الإنشائي.

7-3/8/13 يجب ان لا يقل قطر الرباطات المستعرضة على (0.02) مضروبة في مقياس البعد الجانبي الاكبر من بعدي للعنصر المركب، على ان لا يقل قطر الرباطات على (10 مم) وان لا يزيد على (16مم). ويسمح باستعمال اسلاك تسليح ملحومة ذات مساحة مكافئة.

7-4/8/13 يجب ان لا تزيد مسافة التباعد العمودية على (16) مرة قطر القضبان الطولية ولا على (48) مرة بقدر قطر قضيب الرباط المستعرض ولا على نصف مقياس البعد الاقل للعنصر المركب.

7-5/8/13 يجب ان لا تقل نسبة حديد التسليح الطولي ضمن الرباطات عن (0.01) ولا تزيد على (0.08) من المساحة الصافية للمقطع الخرساني.

7-6/8/13 يجب وضع قضيب حديد طولي في كل زاوية من زوايا المقطع الخرساني المستطيل الشكل على ان لا تزيد مسافة التباعد بين كل قضيبين طوليين متجاورين على نصف مقياس البعد الاصغر للعنصر المركب.

7-7/8/13 يسمح باستعمال مساحة مقطع قضبان التسليح الطولية ضمن الرباطات في حساب (A_{sx}) و(I_{sx}).

7-14 مقاومة الاسناد Bearing Strength [1]

يجب ان لا تزيد مقاومة التحميل التصميمية للخرسانة على ($0.85 f'_c A_1$) *Error! Bookmark not defined.* في كافة الجوانب اكبر من المساحة المحملة، عندئذ يسمح بضرب مقاومة التحميل التصميمية للمساحة المحملة في المقدار ($\sqrt{A_1/A_2}$) على ان لا يزيد هذا المقدار على (2).

المراجع

[1] ACI Committee 318 “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, (2008), 473 pp.

[2] Council of Standards Australia, “Australian Standard: Concrete Structures, AS360”, Standards Australia International Ltd, Sydney, Australia, 2001, 181pp.

[3] Leslie, k. E.; RaJagelan, K. S.; and Everard, N. J., “Flexural Behavior of High Strength Concrete Beams”, ACI Journal, proceedings V. 7, No. 9, Sep. 1976, pp. 517-521

[4] Karr, P. H.; Hanson, N. W., and Cappell, H. t.; “Strain Characteristics of High Strength Concrete.” Douglas McHenry International Symposium on Concrete Structures SP-55, American Concrete Institute , Farming Hills , MI,1987, pp.16-185.

- [5] Mattock, A. H.; Kriz, L. B.; and Hognestad, E., "Rectangular Concrete Stress Distribution in ultimate Strength Design" ,ACI Journal, proceedings V. 57, No. 8, Feb. 1961, pp. 875-928.
- [6] ACI Committee 340, ACI Design Handbook, (ACI 340R- 97M-08),SP-17(97) American Concrete Institute, Farming Hills, MI, 1997, 482pp.
- [7] CRSI Handbook, 9th Edition, "Concrete Reinforcing Steel Institute", Schaumburg, IL, 2002,648 pp.
- [8] Bresler, B.; "Design Criteria for Reinforced Concrete Columns under Axial Load and Biaxial Bending", ACI Journal, Proceedings V. 57, No.5, Nov. 1960, pp. 481-490.
- [9] Hansell, W. and Winter, G., "Lateral Stability of Reinforced Concrete Beams", ACI Journal, Proceedings, V. 56, No.3, Sept., 1959, pp. 193-214.
- [10] Sant, J. K. and Bletzacker, R.W., "Experimental Study of Lateral Stability of Reinforced Concrete Beams," ACI Journal, Proceedings V. 58, No.6, Dec. 1961, pp. 713-736.
- [11] Gergely, P. and Lutz,, L. A., "Maximum Crack Width In Reinforced Concrete Flexural Members", American Concrete Institute , Farmington Hills , MI,1968 pp.87-117
- [12] Base, G.D.; and Reed, J. B., "An Investigation of the Crack Control Characteristics of Various Types of Bar in Reinforced Concrete Beams", Research Report No.18, Cement and Concrete Association, London, Dec. 1966, 44 pp.
- [13] Furlong, R. W., "Columns Slenderness and Charts for Design," ACI Journal, Proceedings, V.68, No. 1, Jan.1971, pp 9-18.
- [14] Reinforced Concrete column Investigation – "Tentative Final Report of Committee 105," ACI Journal, Proceedings V. 29, No. 5, Feb. 1933, pp.275-282.
- [15] MacGregor, J.G., Breen,J.E., and Pfrange, E.O., "Design of Slender Concrete Columns,"ACI Journal , Proceedings V.67, No.1Jan.1970, pp.6-28.
- [16] Ford, J, S.; Change, D. C.; and Breen J. E., "Design Indications from Tests of Unbraced Multipanel Concrete Frames," Concrete International; Design and Construction, V.3, No. 3, Mar.1981, pp.37-47.

الباب 8

القص واللي

Shear and Torsion

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-8 مقاومة القص [1 ، 3]

1/1-8 باستثناء العناصر الإنشائية المصممة بموجب الملحق (أ) من هذه المدونة، تصمم المقاطع الإنشائية المعرضة لقوى القص بموجب العلاقة:

$$\phi V_n \geq V_u \dots\dots\dots(1/1-8)$$

حيث أن (V_u) هي قوة القص المعاملة في المقطع المأخوذ في الحساب و (V_n) هي مقاومة القص الاسمية (nominal shear strength) المحسوبة من العلاقة:

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots(2/1-8)$$

حيث أن (V_c) هي مقاومة القص الاسمية الموجودة لدى الخرسانة محسوبة طبقاً للفصل (2-8) أو الفصل (10-8). أما (V_s) فتمثل مقاومة القص الاسمية الموجودة لدى حديد التسليح محسوبة وفقاً للفصل (3-8) والبند (8/8-8) أو الفصل (10-8).

1/1/1-8 عند تحديد قيمة (V_c) يجب أن يؤخذ في الحساب (حيثما كان ذلك قابلاً للتطبيق) تأثيرات قوى الشد المحورية الناتجة من الزحف والانكماش في العناصر الإنشائية المقيدة. كما ينبغي تضمين تأثيرات قوى الانضغاط المائلة الناتجة من الانحناء في العناصر الإنشائية ذات العمق المتغير.

2/1/1-8 عند تحديد قيمة (V_n) يجب أن يؤخذ في الحساب تأثير وجود أي فتحات (openings) في العناصر الإنشائية.

2/1-8 يجب أن لا تزيد قيم $\sqrt{f'_c}$ المستعملة في هذا الفصل على (8.0) ميكاباسكال.

3/1-8 ينبغي حساب القيمة العظمى لـ (V_u) على مسافة (d) من مساند العناصر الخرسانية غير سابقة الإجهاد كما مبين في الشكل (2/1-8)، (أما بخصوص العناصر الخرسانية سابقة الإجهاد فان تصاميم

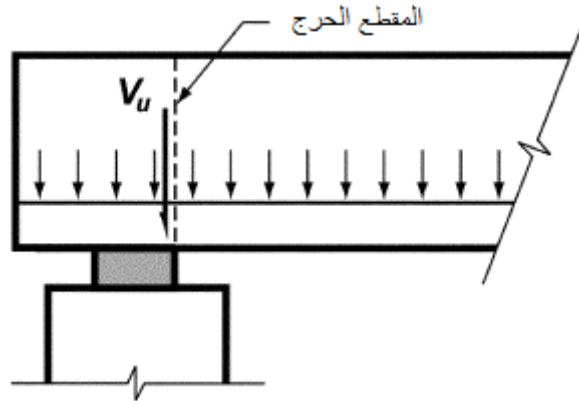
القص تتم بموجب متطلبات المدونة العراقية للعناصر الخرسانية مسبقة الإجهاد) طبقاً للفقرة (8-1/3/1) إذا تحققت جميع الاشتراطات التالية:

أ- عندما تكون الأحمال مسلطة على الوجه العلوي أو بالقرب منه وبخلاف ذلك فإن موقع المقطع الحرج يؤخذ عند وجه المسند كما مبين في الشكل (8-1/1).

ب- عندما يولد رد فعل المسند، الذي يكون في اتجاه قوى القص المسلطة نفسها، انضغاطاً في المناطق الطرفية (end regions) وبخلاف ذلك فإن موقع المقطع الحرج يؤخذ عند وجه المسند كما مبين في الشكل (8-2/1-ج).

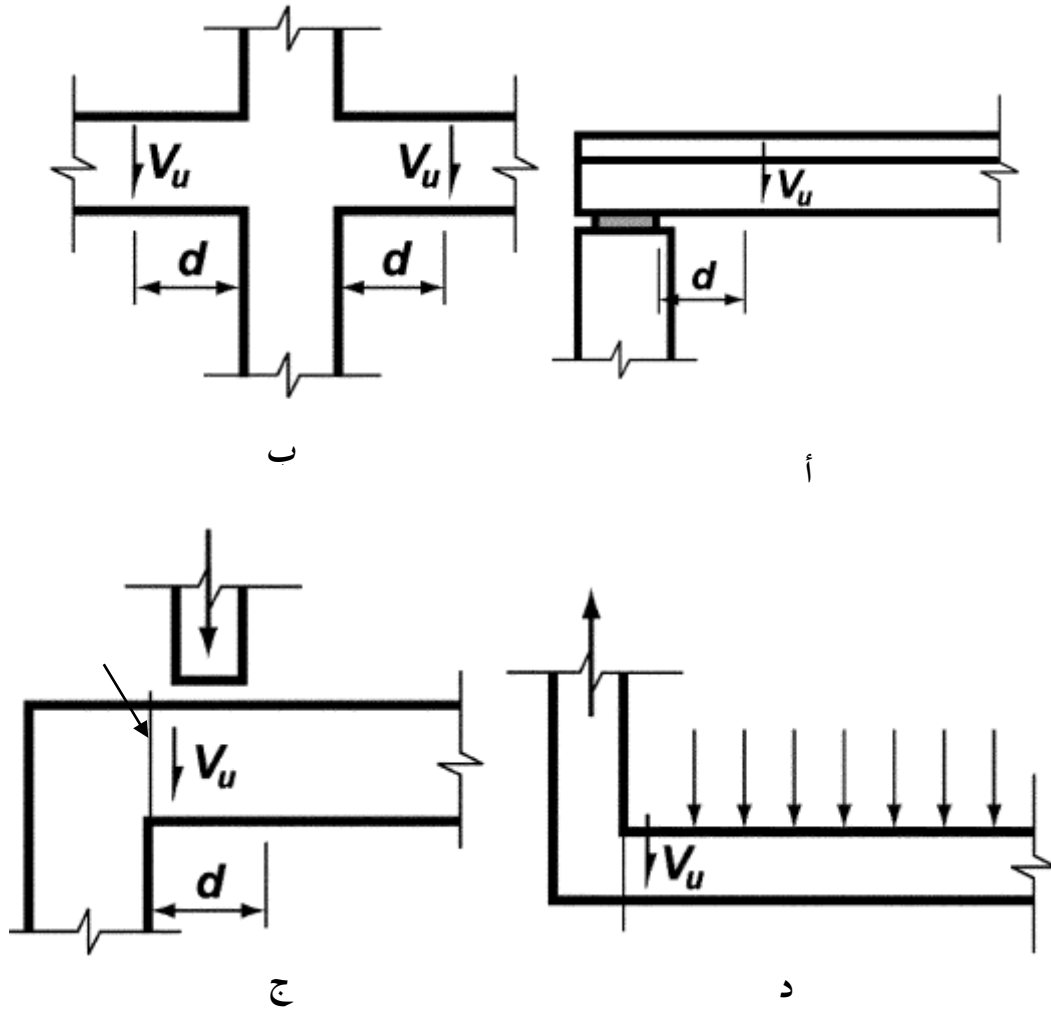
ج- في حالة وجود حمل مركز (concentrated load) بين وجه المسند والمقطع الحرج كما مبين في الشكل (8-2/1-د) وبخلاف ذلك فإن موقع المقطع الحرج يؤخذ عند وجه المسند.

8-1/3/1 ينبغي أن تصمم المقاطع الحرجة (critical sections) الواقعة على مسافة d من وجه المسند لتتحمل القوة (V_u) المحسوبة على مسافة d من وجه المسند كما مبين في الشكلين (8-2/1-أ) و(8-2/1-ب).



الشكل 8-1/1: موقع المقطع الحرج للقص للعنصر المعرض لأحمال قرب الوجه الأسفل [2]

8-2/3/1 يجب تطبيق المتطلبات الخاصة المنصوص عليها في البنود من (8-2/3) إلى (8-6/3) على العتبات العميقة (deep beams) والكتائف (brackets) والطنف (corbels) والجدران (walls) والبلاطات (slabs) والأسس (foundations).



الشكل 2/1-8: حالات المساند المختلفة لاختيار الموقع الحرج لقوة القص المعاملة V_u [2]

2-8 مقاومة القص الموجودة لدى الخرسانة (Shear strength provided by concrete) [3 ، 4 ، 5 ، 21 ، 22 ، 23]

1/2-8 ينبغي أن تحسب مقاومة القص الموجودة لدى الخرسانة (V_c) بموجب متطلبات الفقرات من (1/1/2-8) إلى (3/1/2-8) إلا إذا استعملت حسابات أكثر تفصيلاً طبقاً لبند (2/2-8). كما ينبغي اعتماد قيمة المعامل λ الواردة في جميع فقرات هذا الباب بموجب متطلبات البند (1/3-8) يستثنى من ذلك المتطلبات المنصوص عليها في الفصل (5-6).

1/1/2-8 تحسب قيمة (V_c) في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وعزوم انحناء فقط بموجب العلاقة:

$$\dots\dots\dots(1/2-8)$$

$$V_c = \lambda \sqrt{f'_c} \frac{b_w d}{6}$$

2/1/2-8 في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وقوى انضغاط محورية تحسب قيمة (V_c) من العلاقة:

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \frac{b_w d}{6} \dots\dots\dots(2/2-8)$$

في هذه العلاقة يجب قياس قيمة الحد (N_u/A_g) ب ميكاباسكال وان تكون إشارة (N_u) موجبة.

3/1/2-8 في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وقوى شد محورية محسوسة تعد قيمة (V_c) مساوية إلى الصفر إلا إذا تطلب الأمر إجراء حسابات أكثر دقة باستعمال الفقرة (3/2/2-8).

2/2-8 يمكن حساب مقاومة القص الموجودة لدى الخرسانة (V_c) باستعمال الحسابات التفصيلية بموجب الفقرات من (1/2/2-8) إلى (3/2/2-8).

1/2/2-8 يمكن حساب قيمة (V_c) في المقاطع الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وعزوم انحناء فقط باستعمال العلاقة:

$$V_c = (0.16 \lambda \sqrt{f'_c} + 17 \rho_w \frac{V_u d}{M_u}) b_w d \dots\dots\dots(3/2-8)$$

في العلاقة (3/2-8) يجب أن لا تتجاوز (V_c) المقدار ($0.28 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$) وأن لا يزيد الحد ($V_u d/M_u$) على (1.0) حيث أن (M_u) هو العزم الذي يتزامن مع القوة (V_u) عند تسليطها على المقطع المأخوذ في الحسابان.

2/2/2-8 ينبغي حساب (V_c) في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى قص وقوى انضغاط من العلاقة (3/2-8) مع إحلال قيمة العزم (M_m) المعروف بالعلاقة (4/2-8) محل العزم (M_u) وفي هذه الحالة يمكن للحد ($V_u d/M_u$) أن يكون أكبر من (1.0).

$$M_m = M_u - N_u \left(\frac{4h-d}{8}\right) \dots\dots\dots(4/2-8)$$

في هذه الحالة يجب أن لا تتجاوز (V_c) المقدار التالي:

$$V_c = 0.28\lambda\sqrt{f'_c}b_wd\sqrt{1+\frac{0.29N_u}{A_g}} \dots\dots\dots(5/2-8)$$

في هذه العلاقة يجب قياس الحد (N_u/A_g) ب ميكاباسكال وعندما تكون قيمة (M_m) المحسوبة بموجب العلاقة (4/2-8) سالبة في هذه الحالة يجب حساب (V_c) من العلاقة (5/2-8).
3/2/2-8 تحسب قيمة (V_c) في العناصر الخرسانية المعرضة إلى قوة قص وقوة شد محورية محسوسة من العلاقة:

$$V_c = 0.17\left(1+\frac{0.29N_u}{A_g}\right)\lambda\sqrt{f'_c}b_wd \dots\dots\dots (6/2-8)$$

ويجب أن لا تكون قيمة (V_c) المحسوبة بموجب هذه العلاقة أقل من الصفر، كما ينبغي أن يعوض عن قيمة قوة الشد (N_u) فيها بإشارة سالبة وتكون وحدات الحد (N_u/A_g) ب ميكاباسكال.

4/2/2-8 في العناصر الخرسانية الدائرية يجب أن تؤخذ المساحة لإيجاد قيمة (V_c) على أنها حاصل ضرب قطر المقطع في العمق الفعال (effective depth) للمقطع الخرساني كما يمكن أن تعد قيمة العمق الفعال (d) مساوية إلى ثمانية أعشار قطر المقطع.

3-8 مقاومة القص الموجودة لدى حديد تسليح القص (Shear strength provided by shear reinforcement) [8 ، 7 ، 6 ، 2]

1/3-8 انواع حديد تسليح القص (Types of Shear Reinforcement)

1/1/3-8 يمكن استعمال حديد تسليح القص المؤلف من الأنواع التالية:

- أ- الأَطواق (stirrups) المتعامدة مع المحور الطولي للعنصر الخرساني.
- ب- حديد تسليح حلزوني (spirals) أو رباطات دائرية (circular ties).
- ج- شبكات أسلاك التسليح الملحومة (welded wire reinforcement) والتي تكون فيها الأسلاك متعامدة مع المحور الطولي للعنصر الخرساني.

2/1/3-8 كذلك يمكن أن يتألف حديد تسليح القص للعناصر الخرسانية من أي من الأنواع التالية :

- أ- الأَطواق (stirrups) التي تصنع زاوية مقدارها (45 درجة) أو أكثر مع حديد تسليح الشد الطولي للعنصر الخرساني.
- ب- حديد التسليح الطولي ذو الجزء المنحني (bent portion) بزاوية لا تقل عن (30°) مع حديد تسليح الشد الطولي للعنصر الخرساني.

ج- استعمال النوعين المبينين في كل من (أ) و(ب) سوية.

2/3-8 قيم الإجهادات (f_y) و(f_{yt}) المستعملة كل من في تصميم حديد تسليح القص يجب أن لا تتجاوز (420 نت/مم²) ويستثنى من ذلك شبكات أسلاك التسليح المحززة الملحومة (welded deformed wire reinforcement) حيث يجب أن لا تتجاوز قيم (f_t) و(f_{yt}) (540) ميكاباسكال.

3/3-8 يجب أن يستمر امتداد الأطواق والقضبان والأسلاك المستعملة كحديد تسليح قص إلى مسافة مساوية إلى العمق الفعال (d) مقاسة من ليف الانضغاط الأبعد (extreme compression fiber) كما ينبغي تثبيت حديد القص عند الطرفين طبقاً للفصل (9-11).

4/3-8 حدود مسافات التباعد لحديد تسليح القص (Spacing Limits for Shear Reinforcement)

1/4/3-8 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد لحديد تسليح القص المتعامد مع المحور الطولي للعنصر الخرساني مقدار ($d/2$) ولا (600 مم).

2/4/3-8 يجب أن تكون مسافة التباعد بين الأطواق المائلة وكذلك المسافة بين حديد التسليح الطولي المحني (longitudinal bent reinforcement) بحيث يلزم ان يتقاطع كل خط مائل بزاوية (45 درجة) يمتد نحو المسند (مقاساً من منتصف عمق مقطع العنصر ($d/2$) باتجاه حديد تسليح الشد الطولي) مع خط واحد من حديد تسليح القص في الأقل.

3/4/3-8 يجب تقليل حدود مسافات التباعد العظمى الواردة في الفقرتين (1/4/3-8) و(2/4/3-8) إلى النصف وذلك عندما تتجاوز قيمة (V_s) المقدار ($(\sqrt{f'_c} b_w d / 3)$).

5/3-8 المسافات الأقل لحديد تسليح القص (Minimum Area of Shear Reinforcement)

1/5/3-8 يجب وضع مساحة أقل لحديد تسليح القص ($A_{v,min}$) في جميع العناصر الخرسانية المعرضة للانحناء عندما تتجاوز (V_u) قيمة الحد ($(\phi V_c / 2)$) ويستثنى من ذلك العناصر التالية:

أ- البلاطات الصلدة (solid slabs) والأسس.

ب- العوارض (joists) الخرسانية المعرفة بموجب البند (3-5).

ج- العتبات الخرسانية التي لا يتجاوز عمقها الكلي (h) (250 مم).

د- الوحدات المجوفة (hollow core units) ذات عمق كلي غير مغطى (total untopped depth) لا يتجاوز (300 مم) وكذلك الوحدات المجوفة التي تكون فيها قيمة (V_u) لا تزيد على ($0.5\phi V_c$).

هـ- العتبات الخرسانية المتكاملة (integral) مع البلاطات الخرسانية التي لا يزيد عمقها الكلي (h)

(600 مم) و عمقها الكلي لا يتجاوز (2.5) مرة بقدر سمك الشفة (flange) ولا نصف عرض

الوترة (web).

2/5/3-8 عندما يكون وضع حديد القص واجباً طبقاً لمتطلبات الفقرة (8-1/5/3) أو طبقاً لمتطلبات المقاومة وعندما يسمح البند (8-1/4) بإهمال عزوم اللي في هذه الحالة يجب أن تحسب المساحة الأقل لحديد تسليح القص ($A_{v,min}$) بموجب العلاقة:

..... **Error! Bookmark not defined.** (8-1/3)

$$A_{v,min} = 0.062 \sqrt{f'_c} \frac{b_w S}{f_{yt}}$$

مع مراعاة أن لا تقل المساحة ($A_{v,min}$) المحسوبة بموجب هذه العلاقة عن $0.35 \frac{b_w S}{f_{yt}}$

6/3-8 تصميم حديد تسليح القص (Design of Shear Reinforcement)

1/6/3-8 عندما تتجاوز قيمة (V_u) مقاومة القص الموجودة لدى الخرسانة ($V_c \phi$) في هذه الحالة يجب وضع حديد تسليح القص لتحقيق متطلبات العلاقتين (8-1/1) و (8-2/1) كما ينبغي أن تحسب مقاومة القص (V_s) الموجودة لدى حديد تسليح القص طبقاً لل فقرات من (8-2/6/3) إلى (8-9/6/3).

2/6/3-8 عندما يكون تسليح حديد القص متعامداً مع المحور الطولي للعنصر

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{S} \dots \dots \dots (8-2/3)$$

حيث أن (A_v) تمثل مساحة حديد تسليح القص ضمن مسافة التباعد (S).

3/6/3-8 عندما يتكون حديد تسليح القص من رباطات دائرية مستعرضة (circular ties) أو حديد تسليح حلزوني (spirals) في هذه الحالة ينبغي أن تحسب (V_s) بموجب العلاقة (8-2/3) حيث أن قيمة (d) معرفة بموجب الفقرة (8-4/2/2) للمقاطع الدائرية. كما يجب أن تكون مساحة تسليح القص (A_v) في العناصر الدائرية ضمن مسافة التباعد (S) مساوية إلى ضعف مساحة مقطع الرباط الدائري (circular tie) المستعرض أو التسليح الحلزوني المستعرض. ويجب أن تقاس مسافة التباعد (S) بالاتجاه الموازي لحديد التسليح الطولي كما يمثل (f_{yt}) إجهاد الخضوع في الرباط الدائري أو التسليح الحلزوني.

4/6/3-8 عند استعمال أطواق مائلة كحديد تسليح للقص في هذه الحالة تحسب (V_s) بموجب العلاقة:

$$V_s = \frac{A_v f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) d}{s} \dots\dots\dots(3/3-8)$$

حيث أن (α) تمثل الزاوية المحصورة بين الطوق المائل والمحور الطولي للعنصر الخرساني وتقاس مسافة التباعد (S) في الاتجاه الموازي لحديد التسليح الطولي.

5/6/3-8 عندما يكون حديد تسليح القص مكوناً من قضيب مفرد أو مجموعة مفردة من قضبان متوازية تحنى جميعها إلى الأعلى عند البعد نفسه عن المسند في هذه الحالة تحسب مقاومة القص الموجودة لدى حديد التسليح بموجب العلاقة:

$$V_s = A_v f_y \sin \alpha \dots\dots\dots(4/3-8)$$

يجب أن لا تتجاوز قيمة (V_s) المحسوبة بموجب هذه العلاقة المقدار $(0.25\sqrt{f'_c} b_w d)$ كما تمثل (α) الزاوية المحصورة بين القضبان المحنية إلى الأعلى والمحور الطولي للعنصر الخرساني.

6/6/3-8 عندما يكون حديد تسليح القص مكوناً من مجموعة من القضبان المتوازية المحنية أو مجاميع من قضبان التسليح المتوازية المحنية (بزاوية مقدارها (α)) إلى الأعلى عند مسافات مختلفة عن المسند في هذه الحالة تحسب (V_s) بموجب العلاقة $(3/3-8)$.

7/6/3-8 يعد الجزء المركزي الذي يمثل ثلاثة أرباع الطول المائل لأي قضيب منحني هو التسليح الفعال فقط لمقاومة القص.

8/6/3-8 عند استعمال أكثر من نوع واحد من حديد القص لتسليح الجزء نفسه من العنصر الخرساني في هذه الحالة تكون قيمة (V_s) الكلية مساوية إلى مجموع القيم الموجودة لدى مختلف أنواع حديد تسليح القص.

9/6/3-8 يجب أن لا تزيد مقاومة القص الموجودة لدى حديد التسليح (V_s) على $(2/3\sqrt{f'_c} b_w d)$.

4-8 التصميم لعزم اللي (Design for Torsion) [2 ، 9 ، 10 ، 11 ، 12]

يجب أن يجري التصميم لمتطلبات عزم اللي وفقاً لمتطلبات البنود من (1/4-8) إلى (6/4-8).

1/4-8 قيمة عزم اللي الاستهلاكي (Threshold Torsion)

يسمح بإهمال تأثيرات اللي إذا كانت قيمة عزم اللي المعامل (T_u) أقل من:
للعناصر المعرضة إلى عزم لي:

$$T_u < \phi 0.08 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots\dots\dots(1/4-8)$$

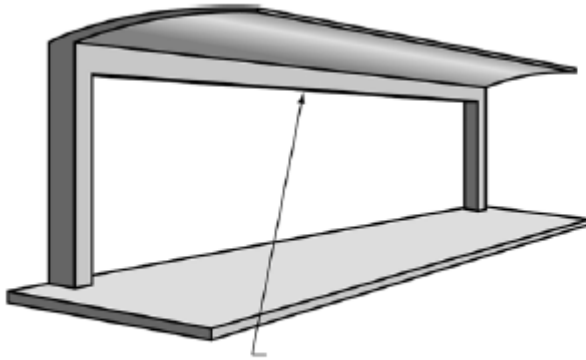
للعناصر المعرضة إلى قوى شد أو قوى انضغاط محورية إضافة إلى عزم اللي

$$T_u < \phi 0.083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 A_g \lambda \sqrt{f'_c}}} \dots\dots\dots (2/4-8)$$

في العناصر المجنحة المعزولة (isolated flanged members) والعناصر المصبوبة سوية مع البلاطة (cast monolithically with the slab) يجب أن يكون عرض الجناح المستعمل لحساب (A_{cp}) و (P_{cp}) محققاً متطلبات البند (8/1-10)، ويستثنى من ذلك العناصر التي يكون فيها المقدار $(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}})$ المحسوب للعتبة المجنحة أقل من المقدار المحسوب للعتبة نفسها بإهمال الأجنحة. في هذه الحالة يجب إهمال تأثير وجود الأجنحة.

2/4-8 حساب عزم اللي المعامل (Calculation of Factored Torsional Moment)

1/2/4-8 إذا كان عزم اللي المعامل (T_u) في العنصر الإنشائي مطلوباً للمحافظة على التوازن (equilibrium torque) وتزيد قيمته على القيمة الأقل المحسوبة بموجب البند (1/4-8) في هذه الحالة يجب أن يصمم العنصر لمقاومة عزم اللي طبقاً للبند من (3/4-8) إلى (6/4-8) كما مبين بالشكل (1/4-8).



لا يمكن تقليل عزم اللي التصميمي لهذه العتبة لأن إعادة توزيع العزوم غير ممكنة

الشكل 1/4-8: لا يمكن تقليل عزم اللي في هذا المنشأ [2]

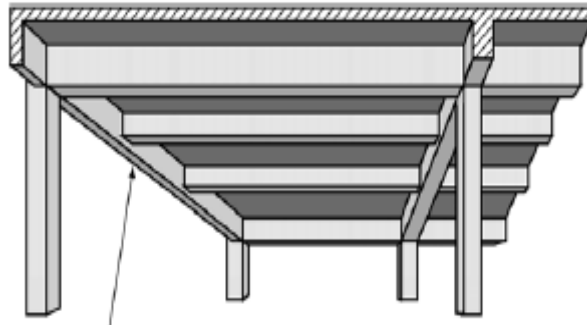
2/2/4-8 في المنشآت غير المحددة ستاتيكيًا (statically indeterminate structures) والتي يمكن تقليل مقدار عزم اللي المسلط عليها بسبب إمكانية إعادة توزيع القوى الداخلية في أثناء حدوث التشققات عندها يمكن تقليل القيمة العظمى لعزم اللي إلى إحدى القيم المبينة التالية:
أ- للعناصر الخرسانية الموصوفة مقاطعها في الفقرة (4/2/4-8).

$$T_u = \phi \frac{\lambda}{3} \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots\dots\dots (3/4-8)$$

ب- للعناصر الخرسانية المعرضة إلى قوى شد أو انضغاط محورية إضافة إلى عزم اللي.

$$T_u = \phi \frac{\lambda}{3} \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 A_g \lambda \sqrt{f'_c}}} \dots\dots\dots (4/4-8)$$

في الحالتين (أ) و(ب) يجب استعمال عزوم الانحناء وقوى القص المعاد توزيعها المسلطة على العناصر الإنشائية المتاخمة والمرتبطة (adjoining members) مع العنصر الإنشائي المعرض لعزم اللي عند تصميم هذه العناصر كما مبين بالشكل (2/4-8).
كما ينبغي عدم تغيير المساحة (A_{cp}) للمقاطع المجوفة واحلال المساحة الإجمالية (A_g) محلها في العلاقات المذكورة في الفقرة (2/2/4-8).



يمكن تقليل عزم اللي التصميمي لهذه العتبة لأن العزوم ينبغي ان يعاد توزيعها

الشكل 2/4-8: يمكن تقليل عزم اللي التصميمي في هذا المنشأ [2]

3/2/4-8 يمكن أن تعد أحمال اللي المسلطة على العنصر الإنشائي عن طريق البلاطة المجاورة أحمالاً منتظمة التوزيع على طول العنصر الإنشائي المعرض لعزوم اللي إلا إذا حسبت هذه الأحمال باستعمال تحليلات أكثر دقة.

4/2/4-8 ينبغي أن تصمم المقاطع الواقعة على مسافة تقل عن (d) من وجه المسند لمقاومة عزوم لي لا تقل عن عزم اللي (T_u) المحسوب على مسافة (d) من وجه المسند إلا إذا سلب عزم لي مركز ضمن هذه المسافة، عندها يكون المقطع الحرج للتصميم واقعاً عند وجه المسند.

3/4-8 مقاومة عزوم اللي (Torsional Moment Strength)

1/3/4-8 يجب أن تحقق أبعاد المقطع الإنشائي العلاقة التالية:

المقاطع الصلدة (solid sections)

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 2/3 \sqrt{f'_c} \right) \dots\dots\dots(5/4-8)$$

المقاطع المجوفة (hollow sections)

$$\left(\frac{V_u}{b_w d} \right) + \left(\frac{T_u P_h}{1.7 A_{oh}^2} \right) \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 2/3 \sqrt{f'_c} \right) \dots\dots\dots(6/4-8)$$

2/3/4-8 إذا كان سمك جدار المقطع المجوف متغيراً على طول المحيط عندها يجب إجراء تقويم للعلاقة

(6/4-8) بحيث تكون قيمة الطرف الأيسر للعلاقة أكبر ما يمكن، وبشكل عام فإن القيمة العظمى

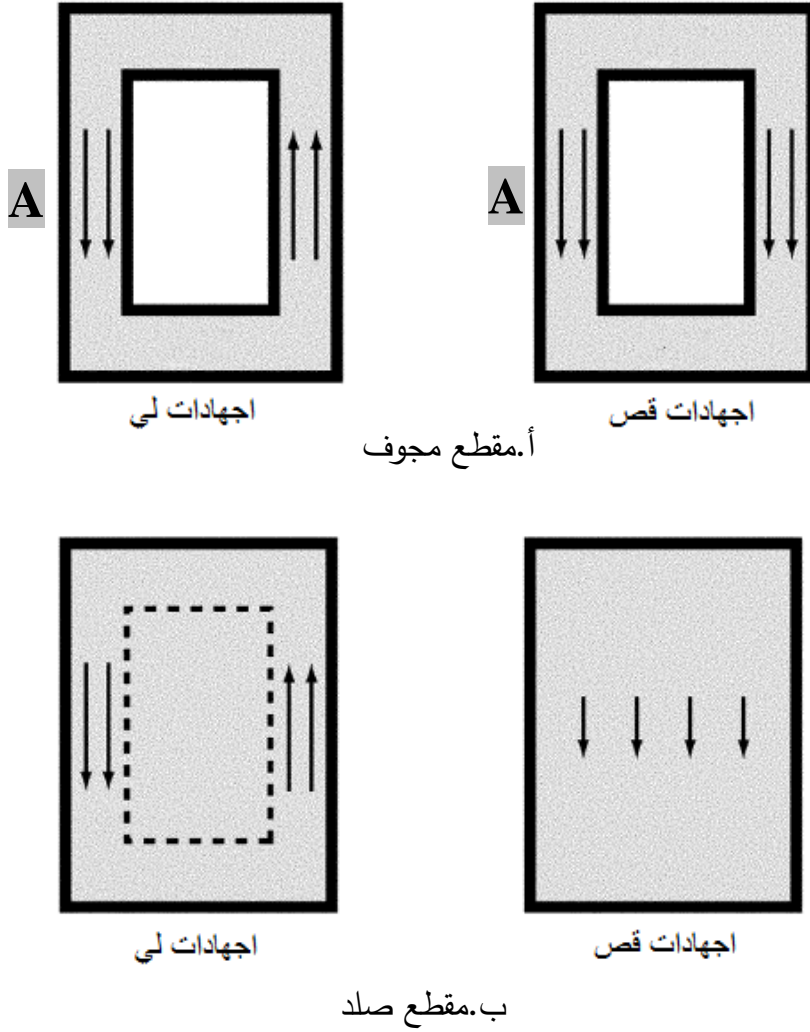
للطرف الأيسر تكون في المنطقة التي تكون فيها اجهادات القص واجهادات اللي تعمل باتجاه واحد

كما هو الحال عند النقطة (A) المبينة في الشكل (3/4-8).

3/3/4-8 إذا كان سمك الجدار أقل من (A_{oh}/P_h) فيكون الطرف الأيسر في العلاقة (6/4-8) مساوياً

الى $\left(\frac{V_u}{b_w d} \right) + \left(\frac{T_u}{1.7 A_{oh} t} \right)$ حيث أن (t) يمثل سمك جدار المقطع المجوف في الموقع الذي دقت

عنده الإجهادات.



الشكل 8-3/4: جميع إجهادات القص واللي [2]

4/3/4-8 يجب أن لا تزيد قيم (f_y) و (f_{yt}) المستعملة لتصميم حديد تسليح اللي على (420) ميكاباسكال.

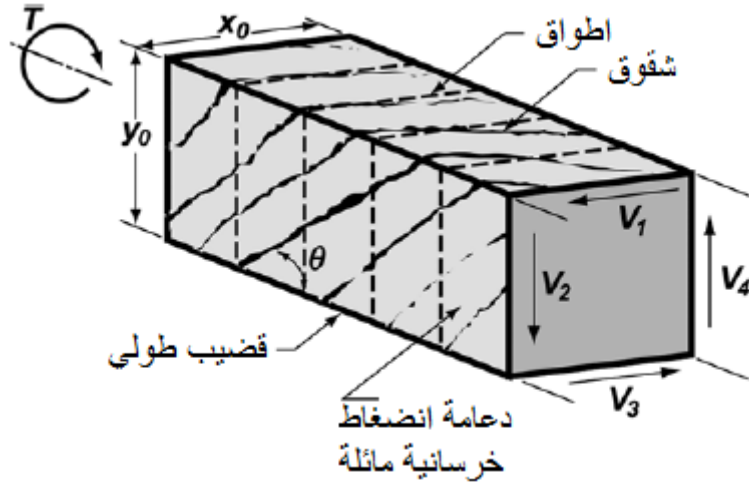
5/3/4-8 عندما يتجاوز (V_u) قيمة عزم اللي الاستهلاكي (threshold torsion) ينبغي تصميم المقطع بالاعتماد على العلاقة التالية:

$$\phi T_n \geq T_u \quad \dots\dots\dots(7/4-8)$$

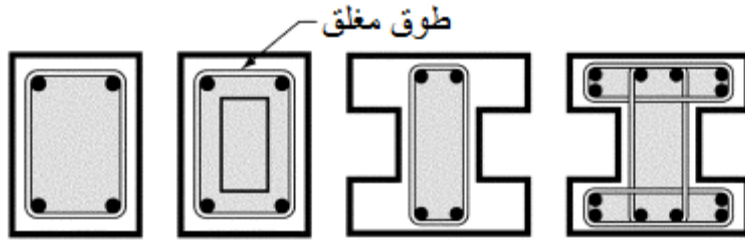
6/3/4-8 يجب أن تحسب المقاومة الاسمية لعزم اللي (T_n) من العلاقة:

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{S} \cot \theta \quad \dots\dots\dots(8/4-8)$$

حيث أن قيمة (A_o) تساوي ($0.85A_{oh}$) ويجب أن تكون الزاوية (θ) محصورة بين (30 درجة) و(60 درجة) ويمكن أن تؤخذ مساوية إلى (45 درجة) كما مبين بالشكل (4/4-8).



أ. تمثيل المسنم الفضائي



A_{oh} = المساحة المظللة

ب. تعريف المساحة A_{oh}

الشكل 8-4/4: التعريف الخاص بالمساحة A_{oh} [2]

7/3/4-8 يجب أن لا تقل مساحة حديد التسليح الطولي الإضافية لمقاومة عزوم اللي A_ℓ عن:

$$A_\ell = \frac{A_t}{S} P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot^2 \theta \dots\dots\dots (9/4-8)$$

حيث أن الزاوية (θ) هي القيمة المستعملة في العلاقة (8/4-8) و قيمة المقدار (A_t/S) هي القيمة نفسها المستعملة في العلاقة (8/4-8).

كما أن (f_{yt}) يمثل إجهاد الخضوع لحديد تسليح اللي العرضي المغلق و (f_y) يمثل إجهاد الخضوع لحديد تسليح اللي الطولي.

8/3/4-8 يجب أن يضاف حديد التسليح المطلوب لمقاومة عزم اللي إلى ذلك التسليح المطلوب لمقاومة قوة القص وعزم الانحناء والقوة المحورية التي تعمل بالاشتراك مع عزم اللي كما ينبغي أن تحقق المتطلبات الأكثر تشدداً الخاصة بمسافات تباعد حديد التسليح وطريقة ترتيبه.

4/4-8 تفاصيل حديد تسليح اللي (Details of Torsional Reinforcement) [2 ، 13]

1/4/4-8 يجب أن يتألف حديد تسليح اللي من القضبان الطولية بالإضافة إلى نوع واحد أو أكثر من الأنواع التالية:

- أ- أطواق مغلقة (closed stirrups) أو رباطات مستعرضة مغلقة (closed ties) متعامدة مع المحور الطولي للعنصر الخرساني.
- ب- تسليح حلزوني (spiral reinforcement).
- ج- هيكل حديدي مغلق (closed cage) متألف من أسلاك تسليح ملحومة بضمنها أسلاك عرضية متعامدة مع المحور الطولي للعنصر الإنشائي.

2/4/4-8 يجب تثبيت حديد تسليح اللي المستعرض بواسطة إحدى الطرائق التالية :

أ- بعمل عقفات قياسية تصنع زاوية مقدارها (135 درجة) مع قضبان التسليح الطولي (135-degree standard hook).

ب- في المناطق التي تكون فيها الخرسانة المحيطة بالرباطات التي تثبت حديد تسليح اللي محمية من التشطي (spalling) بوجود شفة (flange) أو بلاطة أو أي عنصر إنشائي مشابه عندها يكون التثبيت بموجب متطلبات الفقرتين (1/2/11-9) و(2/2/11-9) أو الفقرة (3/2/11-9).

3/4/4-8 يجب تثبيت حديد تسليح اللي الطولي عند طرفيه.

4/4/4-8 في المقاطع المجوفة المعرضة لعزوم اللي يجب أن تكون المسافة من الخط المركزي (centerline) لحديد تسليح اللي العرضي إلى الوجه الداخلي للجدار لا تقل عن $(0.5 A_{oh}/P_h)$.

5/4/4-8 المساحة الأقل لحديد تسليح اللي (Minimum Torsion Reinforcement)

1/5/4/4-8 يجب وضع المساحة الأقل لحديد تسليح اللي في جميع المناطق التي يتجاوز فيها عزم اللي (Tu) قيمة العزم الاستهلاكي المبينة في البند (1/4-8).

2/5/4/4-8 عندما يكون حديد تسليح اللي مطلوباً بحسب العبارة (1/5/4/4-8) فإن المساحة الأقل للأطواق المغلقة المستعرضة تحسب باستعمال العلاقة:

$$(A_v + 2A_t) = 0.065 \sqrt{f'_c} \frac{b_w S}{f_{yt}} \dots\dots\dots (10/4-8)$$

على أن لا تقل المساحة الأقل عن $(0.35 b_w S / f_{yt})$.

3/5/4/4-8 عندما يكون حديد تسليح اللي مطلوباً بموجب العبارة (1/5/4/4-8) فإن المساحة الأقل الكلية لحديد تسليح اللي الطولي ($A_{\ell, \min}$) يجب أن تحسب باستعمال العلاقة:

$$A_{\ell, \min} = \frac{0.45 \sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{S} \right) P_h \frac{f_{yt}}{f_y} \dots\dots\dots (11/4-8)$$

على أن لا يقل المقدار (A_t/S) عن ($0.175 b_w/f_y$).

كما إن الإجهاد (f_{yt}) يخص الأطواق العرضية المغلقة لحديد تسليح اللي والإجهاد (f_y) يخص حديد تسليح اللي الطولي.

5/4-8 مسافات التباعد لحديد تسليح اللي (Spacing of Torsion Reinforcement)

1/5/4-8 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين حديد تسليح اللي المستعرض المقدار الأقل من ($P_h/8$) و(300 مم).

2/5/4-8 يجب توزيع حديد تسليح اللي الطولي على المحيط الداخلي للأطواق المغلقة بمسافة تباعد عظمى لا تزيد على (300 مم). كما ينبغي وضع قضيب طولي واحد على الأقل عند كل ركن من أركان الطوق المغلق مع مراعاة أن لا يقل قطر القضبان الطولية عن ($S/24$) أو (12 مم) أيهما أكبر. حيث أن (S) تمثل مسافة التباعد بين الأطواق المستعرضة.

3/5/4-8 يجب أن يستمر امتداد حديد تسليح اللي الطولي والعرضي مسافة لا تقل عن ($d + b_t$) مقاسة من بعد المقطع الذي تظهر التحليلات عدم الحاجة إلى استعمال حديد تسليح اللي عنده.

5-8 طريقة احتكاك القص (Shear Friction Method) [2 ، 14 ، 15 ، 16]

1/5-8 تستعمل متطلبات هذه الفقرة عندما يكون من المناسب أن يؤخذ في الحسبان نقل قوى القص خلال مستوٍ معين كما هو الحال في الشقوق المتولدة أو الشقوق الكامنة (potential) بين السطوح البينية للخرسانة المصبوبة على مرحلتين في أوقات مختلفة أو بين السطوح البينية لمادتين مختلفتين.

2/5-8 ينبغي أن يكون تصميم المقاطع المعرضة لانتقال قوى القص المبينة في البند (1/5-8) معتمداً على العلاقة (1/1-8) حيث أن مقاومة القص الاسمية (V_n) تحسب طبقاً لمتطلبات البندين (3/5-8) و(4/5-8).

3/5-8 ينبغي افتراض أن الشقوق تتولد على طول مستوي القص المأخوذ في الحسبان. كما ينبغي تصميم مساحة حديد تسليح احتكاك القص المطلوبة (A_{vf}) التي تمر خلال مستوي القص طبقاً لمتطلبات البند (4/5-8).

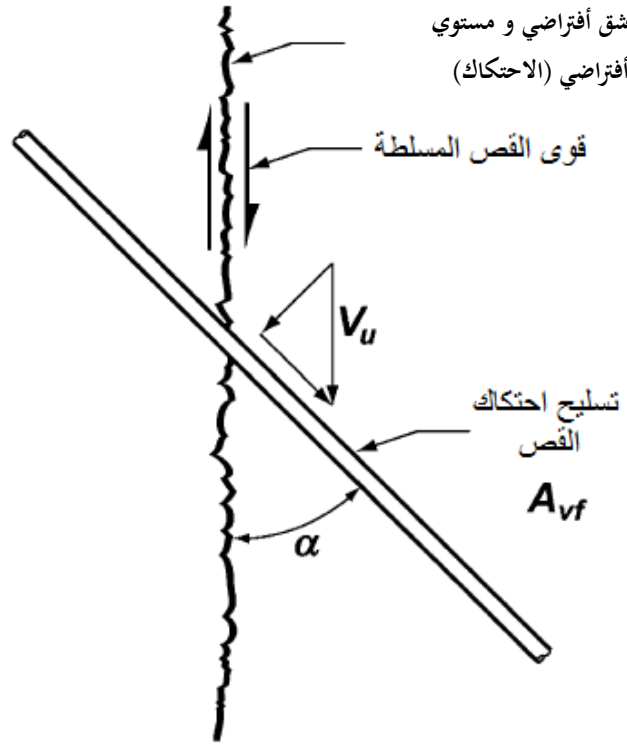
ينبغي تطبيق متطلبات البنود من (5/5-8) إلى (10/5-8) في جميع حسابات المقاومة اللازمة لانتقال قوى القص.

4/5-8 التصميم بطريقة احتكاك القص (shear-friction design method)

1/4/5-8 عندما يكون تسليح احتكاك القص متعامداً مع مستوي القص في هذه الحالة ينبغي حساب مقاومة القص الاسمية (V_n) من العلاقة

$$V_n = A_{vf} f_y \mu \dots\dots\dots(1/5-8)$$

حيث أن (μ) معامل الاحتكاك طبقاً للعبارة (3/4/5-8).



الشكل (1/5-8): حديد تسليح احتكاك القص الذي يميل بزاوية عن الشق المفترض [2]

2/4/5-8 عندما يكون تسليح احتكاك القص مائلاً نسبة إلى سطح الاحتكاك بحيث أن قوة الاحتكاك تسبب قوى شد في تسليح احتكاك القص عندها ينبغي حساب (V_n) من العلاقة:

$$V_n = A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) \dots\dots (2/5-8)$$

حيث أن (α) تمثل الزاوية المحصورة بين تسليح احتكاك القص ومستوي الاحتكاك.

3/4/5-8 يجب أن يؤخذ معامل الاحتكاك (μ) المذكور في العلاقتين (8-1/5) و (8-2/5) كما يلي:

- 1.4 λ - خرسانة مصبوبة بشكل موحد (monolithically).
- 1.0 λ - خرسانة ملامسة لسطح صلب يخشن بشكل مقصود (roughened intentionally) كما معرف بالفقرة (8-9/4/5).
- 0.6 λ - خرسانة ملامسة لسطح صلب لم يخشن بشكل مقصود (not intentionally roughened).
- 0.7 λ - الخرسانة المثبتة إلى مقاطع حديدية إنشائية (structural steel) باستعمال الأوتاد ذوات الرؤوس (headed studs) أو قضبان تسليح (لاحظ الفقرة (8-10/4/5)).

حيث أن ($\lambda = 1.0$) للخرسانة عادية الوزن (normal weight) و (0.75) للخرسانة خفيفة الوزن.

5/4/5-8 يجب أن لا يزيد إجهاد الخضوع (f_y) المستعمل في تصاميم حديد التسليح احتكاك القص على (420 ميكاباسكال).

6/4/5-8 يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية (V_n) القيم التالية :

- أ- للخرسانة عادية الوزن المصبوبة بشكل موحد (monolithic) أو الخرسانة الملامسة لسطح صلب يخشن بشكل مقصود يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية (V_n) القيمة الأقل من القيم التالية ($0.2 f' c A_c$) و ($3.3 + 0.08 f' c A_c$) و ($10A_c$). حيث أن (A_c) تمثل مساحة المقطع الذي يقاوم انتقال القص (shear transfer).
- ب- لجميع الحالات الأخرى يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية (V_n) على ($0.2 f' c A_c$) ولا على ($5.5A_c$). في حالة اختلاف مقاومة الانضغاط بين السطوح الخرسانية المتلامسة عندها يجب استعمال مقاومة الانضغاط الأقل عند حساب مقاومة القص الاسمية (V_n).

7/4/5-8 يجب أن يتحقق وجود مقاومة لقوى الشد الصافية (net tension) المسلطة على مستوي القص

بوضع حديد تسليح إضافي. أما قوى الضغط الصافية الدائمة المسلطة على مستوي القص فيجب أن تضاف إلى الحد ($A_{vf} f_y$) (القوة المتولدة في تسليح احتكاك القص) وذلك عند حساب المساحة المطلوبة لاحتكاك القص (A_{vf}).

8/4/5-8 يجب أن يوضع حديد تسليح احتكاك القص بشكل ملائم على طول مستوي القص وينبغي أن يثبت عند الجهتين باستعمال عققات التثبيت (embedment hooks) أو عن طريق لحام حديد التسليح بأجهزة خاصة (special devices) وذلك لغرض بلوغ إجهاد الخضوع (f_y) في حديد التسليح.

9/4/5-8 لغرض تحقيق متطلبات البند (8-4/5)، يجب أن يكون السطح البيني (interface) الذي يحصل خلاله انتقال القص بين الخرسانة الجديدة والخرسانة المتصلبة في وقت سابق خالياً من غشاء الخرسانة (laitance). كما ينبغي تخشين هذا السطح البيني إلى عمق بحدود (6مم) وذلك عند افتراض أن قيمة معامل الاحتكاك (μ) مساوية إلى (1.0λ).

10/4/5-8 عندما تنقل قوى القص بين الخرسانة والمقاطع الحديدية الإنشائية بواسطة الاوتاد ذوات الرؤوس (headed studs) أو قضبان تسليح، في هذه الحالة يجب أن تكون المقاطع الحديدية الإنشائية نظيفة وخالية من الطلاء.

8-6 العتبات العميقة (Deep Beams) [2 ، 17]

8-6/1 يجب اعتماد متطلبات هذه الفقرة للعناصر التي لا يتجاوز فضاءها الصافي (l_n) أربعة أضعاف عمقها الكلي. كذلك تطبق هذه المتطلبات في العناصر ذات المناطق التي تسلط فيها الأحمال المركزة ضمن مسافة تبعد عن المسند تساوي ضعف العمق الكلي للعنصر عندما تكون الأحمال مسلطة على وجه معين في حين تكون ردود الأفعال مسلطة على الوجه المعاكس بحيث تتولد دعائم انضغاط (compression struts) بين الأحمال و ردود الأفعال عند المساند.

8-6/2 يجب تصميم العتبات العميقة إما بواسطة التحليلات اللاخطية بموجب الفقرة (7-1/1/2) أو بالاستعانة بالملحق (أ) من هذه المدونة.

8-6/3 يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية V_n للعتبات العميقة المقدار $(0.80\sqrt{f'_c}b_w d)$.

8-6/4 يجب أن لا تقل مساحة حديد تسليح القص المتعامد مع حديد تسليح الشد المقاوم للانحناء (A_v) عن $(0.0025 b_w S)$ ، على أن لا تتجاوز مسافة التباعد (S) أيّاً من المقدارين $(d/5)$ و (300 مم) .

8-6/5 يجب أن لا تقل مساحة حديد تسليح القص الموازية إلى تسليح الشد المقاوم للانحناء (A_{vf}) عن $(0.0025 b_w S_2)$ ، على أن لا تتجاوز مسافة التباعد (S_2) أيّاً من المقدارين $(d/5)$ و (300 مم) .

8-6/6 يمكن وضع مساحة حديد التسليح المستوفي لمتطلبات البند (أ-3/3) بدلاً من الحدود الأقل الموصوفة في الفقرتين (8-4/6) و (8-5/6).

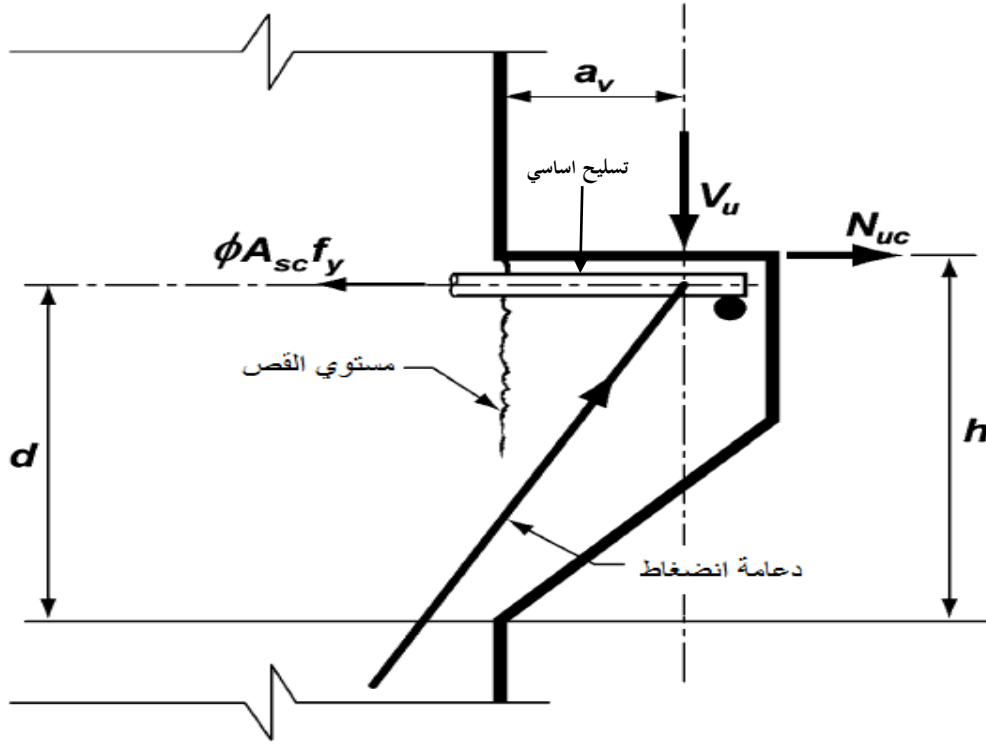
8-7 المتطلبات الخاصة بالكتائف والطنف Provisions for brackets and corbels [2,18]

8-7/1 يجب تصميم الكتائف والطنف الناتئة من الأعمدة أو الجدران ذات نسبة فضاء قص إلى العمق (a_v/d) لا تتجاوز (2) بالاستعانة بالملحق (أ). كما يجب أن تحقق الكتائف والطنف متطلبات البندين

(8-3/7) و (8-4/7) وذلك عندما :

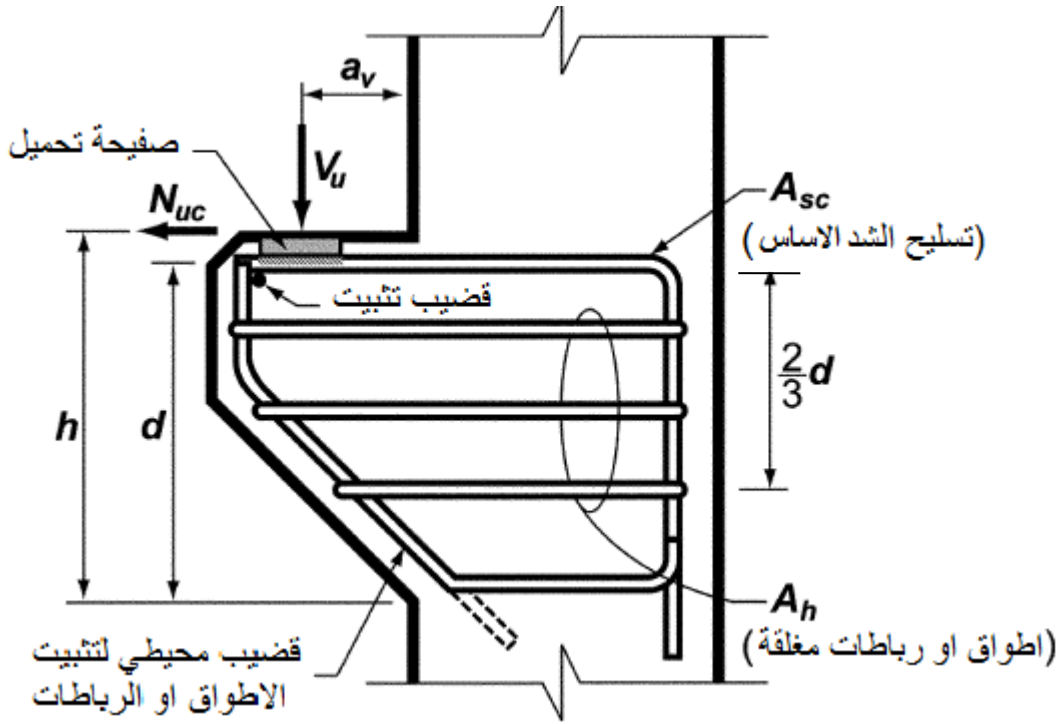
أ- لا تزيد النسبة (a_v/d) على (1.0).

ب- تتعرض الكتائف أو الطنف إلى قوة شد أفقية معاملة (N_{uc}) لا تزيد على قوة القص (V_u) كما يجب تطبيق متطلبات البند (2/7-8) أو الفقرات (2/3/7-8) و (5/3/7-8) و (6/3/7-8) و (7/3/7-8) في تصميم الكتائف والطنف مع مراعاة أن يحدد العمق الفعال (d) للمقطع عند وجه المسند كما مبين في الشكل (1/7-8).



الشكل 1/7-8: التمثيل الإنشائي للقوى المؤثرة في الكتيفة [2]

2/7-8 يجب أن لا يقل عمق الكتائف أو الطنف عند حافة منطقة التحميل (edge of bearing area) الخارجية عن ($0.5d$) كما مبين بالشكل (2/7-8).



الشكل 8-7/2: تفاصيل حديد التسليح في الكتيبة [2]

8-7/3 يجب تصميم المقطع الذي يقع عند وجه المسند لمقاومة قوة القص المسلطة بالتزامن مع العزم $(V_u a_v + N_{uc}(h-d))$ بالإضافة إلى قوة الشد المعاملة الأفقية (N_{uc}) .

8-7/3/1 يجب أن يكون معامل تقليل المقاومة (ϕ) مساوياً إلى (0.75) في جميع حسابات تصميم الكتائف التي تجري وفقاً للفصل (8-7).

8-7/3/2 ينبغي أن تصمم مساحة حديد تسليح احتكاك القص (A_{vf}) المجهزة لمقاومة قوة القص (V_u) طبقاً لمتطلبات الفصل (8-5) مع مراعاة ما يلي:

أ- في الخرسانة عادية الوزن (normal weight concrete) يجب أن لا تتجاوز مقاومة القص الاسمية (V_n) القيمة الأصغر من $(0.2 f'_c A_c)$ و $(3.0 + 0.08 f'_c) b_w d$ و $(11 b_w d)$.

ب- في الخرسانة خفيفة الوزن يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية على $(0.2 - 0.07 a_v / d) f'_c b_w d$ ولا على $((5.5 - 2.0 a_v / d) b_w d)$.

8-7/3/3 يجب أن تحسب مساحة حديد التسليح المجهزة (A_f) لمقاومة العزم المعامل الذي مقداره $(V_u a_v + N_{uc}(h-d))$ طبقاً للفصلين (7-2) و (7-3).

8-7/3/4 يجب أن تحسب مساحة حديد A_n الخاص بمقاومة قوة الشد المعاملة (N_{uc}) العلاقة) $A_n f_y \geq N_{uc} \phi$ مع مراعاة ما يلي:

أ- يجب أن تعد قوة الشد (N_{uc}) حملاً حياً مسلطاً على العنصر حتى لو نتجت هذه القوة من تقييد الزحف أو الانكماش أو التغير في درجة الحرارة.

ب- يجب أن لا تقل القوة (N_{uc}) عن ($0.2V_u$) إلا إذا اتخذت التدابير اللازمة لتحاكي تولد قوى الشد.

5/3/7-8 يجب أن لا تقل مساحة حديد التسليح الشد الأساسي (A_{sc}) المؤشرة في الشكل (2/7-8) عن $(A_f + A_n)$ ولا عن $(\frac{2A_{vf}}{3} + A_n)$.

6/3/7-8 ينبغي أن لا تقل المساحة الكلية للأطواق المغلقة أو الرباطات (A_h) الموازية لحديد تسليح الشد الأساس عن ($0.5(A_{sc} - A_n)$) مع مراعاة توزيع المساحة (A_h) بشكل منتظم ضمن العمق ($2/3d$) القريب من حديد تسليح الشد الأساس.

7/3/7-8 يجب أن لا تقل النسبة (A_{sc}/d_b) عن ($0.04(f'_c/f_y)$).

8/3/7-8 يجب تثبيت حديد تسليح الشد الأساس عند الوجه الأمامي للكثائف أو الطنف الناتجة من الأعمدة أو الجدران بواسطة إحدى الطرائق التالية :

أ- بواسطة حني حديد تسليح الشد الرئيس إلى الخلف لتشكيل حلقة أفقية.

ب- بواسطة لحام إنشائي لقضيب مستعرض ذي قطر يساوي على الأقل قطر حديد التسليح الأساس.

كما يجب تصميم اللحام بحيث يتولد إجهاد في حديد تسليح الشد الأساس مساوٍ إلى إجهاد الخضوع (f_y).

ج- بواسطة أي وسائل أخرى تحقق التثبيت المطلوب.

9/3/7-8 يجب أن لا تبرز مساحة الإسناد للكثائف أو الطنف خارج الجزء المستقيم (straight portion) لحديد تسليح الشد الأساس ولا تبرز خارج الوجه الداخلي لقضيب التثبيت المستعرض.

8-8 المتطلبات التصميمية الخاصة بالجدران (Design Requirements for Walls) [20 ، 19 ، 2]

1/8-8 يجب أن تصمم الجدران لمقاومة قوى القص المتعامدة مع وجه الجدار طبقاً لاشتراطات الفصل (10-8) الخاصة بالبلاطات. كما ينبغي أن تجرى التصميم لقوى القص الأفقية العاملة في مستوى الجدار طبقاً للبنود من (2/8-8) إلى (8/8-8). وكخيار آخر يسمح بتصميم الجدران التي لا يتجاوز ارتفاعها ضعف طولها لمقاومة قوى القص بموجب الملحق (أ) من هذه المدونة.

2/8-8 تصمم المقاطع الأفقية لمقاومة قوى القص العاملة في مستوي الجدار اعتماداً على العلاقتين (1/1-8) و(2/1-8) حيث يجب أن تحسب مقاومة الخرسانة للقص (V_c) طبقاً للبندين (5/8-8) و (6/8-8).

3/8-8 يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية (V_n) العاملة في مستوي الجدار عند أي مقطع أفقي على ($0.80\sqrt{f'_c}hd$)، حيث أن h يمثل سمك الجدار و(d) يمثل العمق الفعال المعروف بموجب البند (4/8-8).

4/8-8 عند تصميم الجدران لمقاومة قوى القص العاملة في مستوي الجدار ينبغي أن يؤخذ العمق الفعال (d) مساوياً إلى ($0.8\ell_w$)، حيث أن (ℓ_w) يمثل الطول الكلي للجدار.

5/8-8 عند تعرض الجدران لقوى انضغاط محورية يجب أن لا تزيد مقاومة الخرسانة لقوى القص (V_c) على ($0.16\lambda\sqrt{f'_c}hd$)، كما ينبغي أن لا تتجاوز (V_c) القيمة المحسوبة بموجب الفقرة (3/2/2-8) عندما تتعرض الجدران لقوى شد محورية.

6/8-8 ينبغي تصميم المقاطع التي تبتعد عن قاعدة الجدار بمسافة لا تزيد على ($\ell_w/2$) أو نصف ارتفاع الجدار أيهما أقل للتحمل قوة القص (V_c) نفسها المحسوبة على مسافة ($\ell_w/2$) أو نصف ارتفاع الجدار أيهما أقل.

7/8-8 عندما تكون قوة القص المسلطة (V_u) أقل من ($0.5\phi V_c$) ينبغي وضع حديد تسليح القص وفقاً للبند (8/8-8) أو بموجب متطلبات الباب الحادي عشر من هذه المدونة. أما في حالة تجاوز (V_u) المقدار ($0.5\phi V_c$) عندها يجب تسليح الجدار لمقاومة القص بموجب متطلبات البند (8/8-8).

8/8-8 تصميم حديد تسليح القص للجدران (Design Of Shear Reinforcement for Walls)

1/8/8-8 يجب وضع حديد تسليح أفقي لمقاومة القص عندما تتجاوز قوة القص المعاملة (V_u) المقدار ($V_c \phi$) تحقيقاً لمتطلبات العلاقتين (1/1-8) و(2/1-8) حيث تحسب مقاومة القص (V_s) بواسطة العلاقة:

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S} \dots\dots\dots(1/8-8)$$

حيث أن (A_v) تمثل مساحة حديد تسليح القص الأفقي ضمن مسافة تباعد (S) ويحسب العمق الفعال (d) وفقاً للفقرة (4/4/3-8) كما ينبغي وضع حديد تسليح القص الشاقولي طبقاً للفقرة (4/8/8-8).

2/8/8-8 يجب أن لا تقل نسبة حديد تسليح القص الأفقي إلى المساحة الإجمالية (gross area) لخرسانة المقطع العمودي (ρ_t) عن (0.0025).

3/8/8-8 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين قضبان تسليح القص الأفقي في الجدران المسافة الأصغر من ($3h$) و ($\ell_w/5$) و (300 مم).

4/8/8-8 يجب أن لا تقل نسبة حديد تسليح القص الشاقولي إلى المساحة الإجمالية لخرسانة المقطع الأفقي (ρ_l) عن (0.0025) ولا عن النسبة المحددة بموجب العلاقة (4/3-8).

$$\rho_l = 0.0025 + 0.5 \left(2.5 - \frac{h_w}{\ell_w}\right) (\rho_t - 0.0025) \dots\dots\dots (2/8-8)$$

يجب مراعاة أن لا تزيد قيمة النسبة (ρ_l) المحسوبة باستعمال هذه العلاقة على النسبة (ρ_t) المطلوبة طبقاً للفقرة (1/8/8-8).

في العلاقة (2/8-8) (ℓ_w) يمثل الطول الكلي للجدار و (h_w) يمثل الارتفاع الكلي للجدار.

5/8/8-8 يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين قضبان تسليح القص الشاقولي في الجدران المسافة الأصغر من ($3h$) و ($\ell_w/3$) و (400 مم).

9-8 انتقال العزوم إلى الأعمدة (Transfer of Moments to Column) [2]

عندما تسبب أحمال الجاذبية (gravity loads) أو أحمال الرياح أو أي قوى جانبية أخرى انتقالاً للعزوم إلى الأعمدة في مناطق اتصالها مع العناصر الإنشائية المرتبطة معها، في هذه الحالة يجب أن تؤخذ في الحسبان قوى القص الناتجة من انتقال العزوم عند تصميم حديد التسليح المستعرض في الأعمدة.

10-8 المتطلبات التصميمية للبلاطات والأسس [2 ، 9 ، 10 ، 11 ، 12]

(Design Requirements for Slabs and Footings)

1/10-8 تكون مقاومة البلاطات والأسس لقوى القص في المناطق القريبة من الأعمدة والأحمال المركزة أو ردود الأفعال محكومة بالشرط الأشد من الشرطين التاليين:

1/1/10-8 القص العامل باتجاه واحد (One Way Shear Action)

للتحري عن هذا النوع من القص ينبغي أن تمتد المقاطع الحرجة المأخوذة في الحسبان على كل عرض البلاطة أو الأساس.

2/1/10-8 القص العامل باتجاهين (Two Way Shear Action)

للتحري عن هذا النوع من القص يجب اختيار المقاطع الحرجة بالمواقع التي يكون فيها المحيط (b_o) بأصغر قيمة ممكنة مع مراعاة أن لا يكون موقع المقطع الحرج على مسافة تقل عن ($d/2$) مقياساً من:

1. حافات أو زوايا الأعمدة أو الأحمال المركزة أو مناطق ردود الأفعال.

2. المناطق التي يتغير فيها سمك البلاطات مثل حافات تيجان الأعمدة (column capitals) أو

الألواح المتدلنية (drop panels). كما يجب تصميم البلاطات والأسس لمقاومة القص العامل

باتجاهين وفقاً للفقرات من (2/10-8) إلى (4/10-8).

3/1/10-8 ينبغي أن تتألف المقاطع الحرجة للأعمدة المربعة أو المستطيلة ومناطق الأحمال المركزة

ومناطق ردود الأفعال من أربعة جوانب مستقيمة.

2/10-8 ينبغي أن تصمم البلاطات أو الأسس لمقاومة القص العامل باتجاهين اعتماداً على العلاقتين

(1/1-8) و(2/1-8). كما يجب أن تحسب مقاومة القص للخرسانة (V_c) طبقاً للفقرة

(1/3/10-8) أو الفقرة (2/3/10-8).

أما مقاومة القص (V_s) الموجودة لدى حديد التسليح فيجب حسابها طبقاً للبند (3/10-8). وفي حالة

انتقال العزوم بين البلاطة والعمود فيجب تطبيق اشتراطات الفصل (8-11).

إن مقاومة القص لخرسانة البلاطات والأسس تساوي القيمة الأصغر المحسوبة من كل من (أ) و(ب) و(ج)

المبينة لاحقاً:

$$V_c = \lambda \sqrt{f_c} \frac{b_o d}{3} \quad \text{أ-} \quad (1/10-8)$$

حيث أن (β) هي نسبة الجانب الأطول إلى الجانب الأقصر لمقطع العمود أو الأحمال المركزة أو

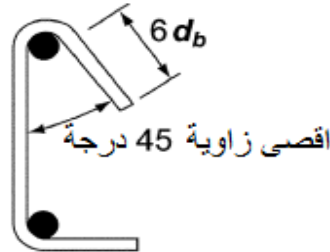
منطقة ردود الأفعال.

$$V_c = (1 + \frac{2}{\beta}) \lambda \sqrt{f_c} \frac{b_o d}{6} \quad \text{ب-} \quad (2/10-8)$$

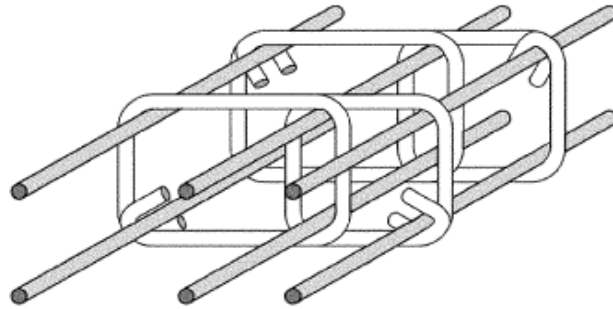
$$V_c = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2) \lambda \sqrt{f_c} \frac{b_o d}{12} \quad \text{ج-} \quad (3/10-8)$$

حيث أن مقدار (α_s) يساوي (40) للأعمدة الداخلية و(30) للأعمدة عند الحافات و(20) للأعمدة عند الأركان.

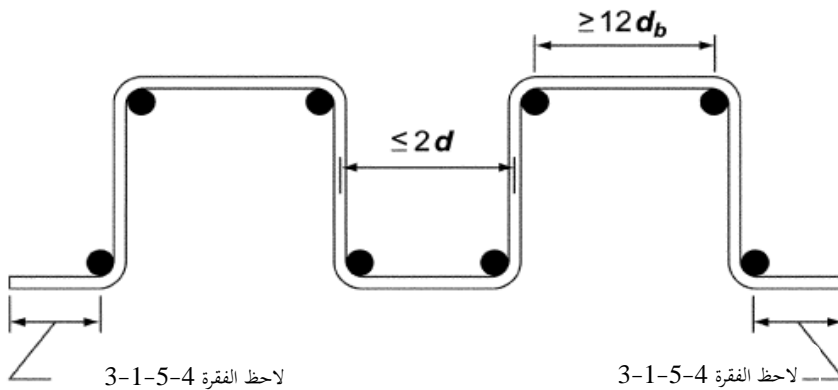
3/10-8 يمكن أن يتألف حديد تسليح القص في الأسس والبلاطات (ذات عمق فعال d) لا يقل عن (150 مم) ولا عن (16) مرة بقدر قطر قضبان القص) من قضبان أو أسلاك أو أطواق مكونة من ساق واحدة أو سيقان متعددة، كما مبين في الشكل (1/10-8). كما ينبغي مراعاة تطبيق اشتراطات الفقرات من (1/3/10-8) إلى (3/3/10-8) على حديد تسليح القص.



أ. طوق أو قضيب مؤلف من ساق مفردة



ب. أطواق مغلقة



ج. طوق أو قضيب مؤلف من سيقان متعددة

الشكل 1/10-8: الأطواق ذات السيقان المفردة أو المتعددة المستعملة في تسليح القص للبلاطات [2]

1/3/10-8 يجب حساب مقاومة القص الاسمية (V_n) بواسطة العلاقة (2/1-8) مع مراعاة أن لا تزيد قيمة (V_c) على المقدار ($\lambda\sqrt{f_c'} \frac{b_o d}{6}$) وأن تحسب (V_s) وفقاً لمتطلبات للفصل (3-8).

يجب أن تعد مساحة حديد تسليح القص (A_v) مساوية إلى مجموع مساحات جميع سيقان حديد تسليح القص الموزعة على خط محيطي (peripheral line) يشابه الشكل الهندسي لمحيط مقطع العمود.

2/3/10-8 يجب أن لا تزيد مقاومة القص الاسمية (V_n) على ($\lambda\sqrt{f_c'} \frac{b_o d}{2}$).

3/3/10-8 يجب أن لا تتجاوز المسافة بين وجه العمود والخط الأول لسيقان الأطواق التي تحيط بالعمود المقدار ($d/2$). وينبغي أن لا تتجاوز مسافات التباعد بين الأطواق المتجاورة في الخط الأول من تسليح القص المقدار ($2d$) مقياسة باتجاه يوازي وجه العمود. كما يجب أن لا تتجاوز مسافة التباعد بين الخطوط المتعاقبة لحديد تسليح القص التي تحيط بالعمود المقدار ($d/2$) مقياساً بالاتجاه المتعامد على وجه العمود.

4/3/10-8 يجب أن يحقق تسليح القص في البلاطات متطلبات التثبيت المنصوص عليها في البند (9-11) وأن يرتبط مع حديد التسليح الطولي للانحناء في الاتجاه المأخوذ في الحساب.

4/10-8 يمكن استعمال المقاطع الحديدية الإنشائية (structural steel and channel sections) كرؤوس قص لمقاومة قوى القص المسلطة عند الأعمدة كما يمكن استعمال الاوتاد ذوات الرؤوس (headed studs) المثبتة بشكل متعامد مع مستوي البلاطة أو الأساس كتسليح لمقاومة قوى القص. في هذه الحالة يمكن الاستعانة بالمدونات العالمية كمدونة معهد الخرسانة الأمريكي لإجراء التصميم.

11-8 الفتحات في البلاطات (Openings in Slabs) [2]

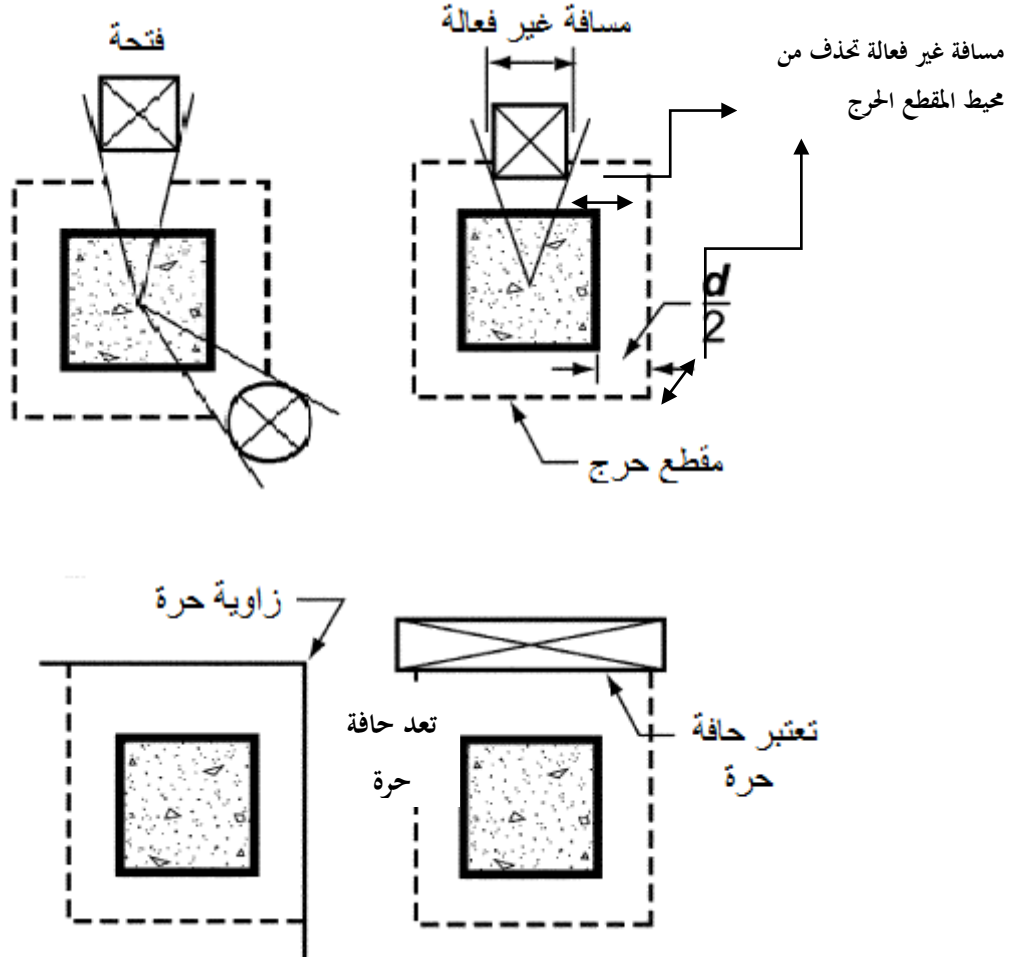
في البلاطات الحاوية على فتحات تكون مواقعها على مسافة تقل عن (10) أضعاف سمك البلاطة مقياسة من منطقة ردود الأفعال أو مناطق الأحمال المركزة، أو عندما تكون البلاطات المسطحة (flat slabs) حاوية على فتحات تقع ضمن شرائح الأعمدة (column strips) (راجع الباب العاشر) في هذه الحالة يجب أن تعدل مقاطع القص الحرجة المعرفة في العبارة (2/1/10-8) بموجب اشتراطات البند التالي:

1/11-8 للبلاطات الخالية من الألواح المتدللية (Drop Panels)

يجب إهمال ذلك الجزء من محيط المقطع الحرج الذي تتقاطع معه الخطوط المستقيمة المرسومة من مركز العمود أو مركز الحمل المركز أو مركز منطقة ردود الافعال والتماسة لحدود الفتحات (openings boundaries) كما مبين في الشكل (1/11-8).

8-11/2 للبلاطات الحاوية على الألواح المتدلية (Drop Panels)

يكون الجزء غير الفعال من محيط المقطع الحرج نصف ذلك الجزء المحسوب في حالة البلاطات الخالية من الألواح المتدلية.



الشكل 8-11/1: تأثير الفتحات والحافات الحرة في محيط المقاطع الحرجة للقص (الخطوط المقطعة تشير إلى المحيط الفعال) [2]

8-12 انتقال العزوم في مناطق اتصال البلاطات مع الأعمدة (Transfer of moment in slab-column connections)

8-12/1 عندما تسبب أحمال الجاذبية أو أحمال الرياح أو أية قوى جانبية أخرى عزمًا غير متوازن (M_u) بين البلاطة والعمود فإن جزء العزم ($\gamma_f M_u$) يجب أن ينتقل عن طريق الانحناء طبقاً للبند (3/4-10) أما بقية العزم غير المتوازن ($\gamma_v M_u$) فيجب أن يعد منتقلاً عن طريق الاختلاف

اللامركزي للقص (eccentricity of shear) حول مركز المقطع الحرج المعرف بالفقرة (2/1/10-8) حيث أن:

$$\gamma_v = (I - \gamma_f) \dots\dots\dots (1/12-8)$$

2/12-8 يجب أن يعد إجهاد القص الناتج من انتقال العزوم عن طريق لامركزية القص يتغير بشكل خطي حول مركز المقاطع الحرجة المعرفة في الفقرة (2/1/10-8) كما ينبغي أن لا يزيد إجهاد القص الأقصى بسبب قوة القص (V_u) وعزم الانحناء (M_u) على المقدار ($V_n \phi$):
أ- للأعضاء بدون تسليح قص

$$\phi v_n = \frac{\phi V_c}{(b_o d)} \dots\dots\dots (2/12-8)$$

حيث أن (V_c) معرفة في البند (2/10-8).

ب- للأعضاء المسلحة بحديد القص

$$\phi v_n = \frac{\phi (V_c + V_s)}{(b_o d)} \dots\dots\dots (3/12-8)$$

حيث أن (V_c) و (V_s) معرفتان في الفقرة (1/3/10-8). وينبغي أن يأخذ التصميم في الحسبان التغير في قيمة إجهاد القص حول العمود المتسبب عن قوة القص والعزم مع مراعاة أن لا يتجاوز إجهاد القص هذا المقدار ($\phi (0.16 \lambda \sqrt{f'_c})$) عند المقطع الحرج الواقع على مسافة ($d/2$) مقاسةً من الخط الأبعد لسيقان الأطواق المحيطة بالعمود.

المراجع

[1] مركز بحوث البناء - مؤسسة البحث العلمي، "الكود العراقي للخرسانة المسلحة"، بغداد، 1987، 68 صفحة.

[2] ACI Committee 318 "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, (2008), 473 pp.

[3] Joint Committee, "Recommendation Practice and Standard Specification for Concrete and Reinforced Concrete," Proceedings, ASCE, V.66, No. 6, part 2 June 1940, 81 pp.

[4] Joint ACI-ASCE Committee 326 (now 426), "Shear and Diagonal Tension," ACI Journal, Proceedings, pp.277-334; and No. 3, Mar1962, pp. 352-396.

[5] Ozcebe, G.; Ersoy, U.; and Tankut, T., "Evolution of Minimum Shear Reinforcement for Higher Strength Concrete," ACI Journal, V.96, No. 3 May-June1999, pp.361-368.

[6] Guimares, G. N.; Kreger, M. E.; and Jirsa, J. O., "Evolution of Joint Shear provisions for Interior Beam -Column- Slab Connections Using High Strength Material ", ACI Journal, V.89, No. 1, Jan.-Feb.1992, pp.89-98.

- [7] Angelakos, D.; Bentz, E. C.; and Collins, M. D., "Effect of Concrete Strength and Minimum Strips on Shear Strength of Large Members ", ACI Journal, V.98, No. 3 May-June 2001, pp.290-300.
- [8] Brown, M. D.; Bayrak, O.; and Jirsa, J. O., "Design for Shear Based on Loading Conditions," ACI Journal, V.103, No. 4 July-Aug. 2006, pp.541-550.
- [9] Hsu, T. T. C.; "Torsion of Structural Concrete – Behavior of reinforced Concrete Rectangular Members", Torsion of Structural Members, American Concrete Institute Farmington Hills, MI 1968, pp.291-306.
- [10] Collins, M. P.; and Lampert , P., "Redistribution of Moment of Cracking- the Key to Simpler Torsion design" Torsion of Structural Members , American Concrete Institute Farmington Hills , MI 1973, pp.343-383.
- [11] Hsu, T. T. C.; and Burton, K. S.; "Design of Reinforced Spandrel Beams," Proceedings, ASCE, V.100, No. ST.1 Jan. 1974, 209-229 pp.
- [12] Hsu, T. T. C.; "Shear Flow Zone in Torsion of Reinforced Concrete," Proceedings, ASCE, V.73, No. 9 Sept. 1976, 506-511 pp.
- [13] Mitchell, D. and Collins, M. P.; "Detailing for Torsion" ACI Journal, Proceedings, V.116, No. 11 Nov. 1990, 3206-3226 pp.
- [14] Birkeland, P.W., and Birkeland, H. W.; "Connection in Precast Concrete Construction," ACI Journal, Proceedings, V.63, No. 3, Mar. 1966, 345-368 pp.
- [15] Mattock, A. H. and Li, W. K.; "Shear Transfer in Lightweight Reinforced," Journal of the Concrete Institute, V.21, No. 1 Jan.-Feb. 1976, 20-39 pp.
- [16] Mattock, A. H., "Shear Transfer in having Reinforcement at Angel to the Shear Plan," American Concrete Institute Farmington Hills, MI 1974, pp.17-42.
- [17] Rogowsky, D. M. and MacGregor, J. G. "Design of Reinforced Concrete Deep Beams" Concrete International, V. 8, No.8, Aug. 1986, pp. 46-58.
- [18] Mattock, A. H., and Soonwang, K.; "The Behavior of Reinforced Concrete Corbels" Journal of Prestressed Concrete Institute, V.21, No. 1 Mar. - Apr. 1976, 52-77 pp.
- [19] Cardenas, A. E., and Hognstad, E., "Design Provisions for Shear Walls", ACI Journal, Proceedings, V.70, No. 3, Mar. 1973, 221-230 pp.
- [20] Barda, F.; Hanson, J. M; and Corely, W. G., "Shear Strength of Low- Rise Walls with Boundary Elements" Reinforced Concrete Structures In Seismic Zones. SP-53, American Concrete Institute Farmington Hills, MI 1977, pp.149-202.
- [21] Joint ACI-ASCE Committee 426, "The Shear of Reinforced Concrete Members-Slabs" Proceedings, V.100, No. ST8, Aug. 1974, pp.1543-1591.
- [22] Joint ACI-ASCE Committee 421 (now 426), "Shear Reinforcement for Slabs", (ACI 421.IR-99) American Concrete Institute, Farmington Hills, MI 1999, pp.15.
- [23] Corely, W. G., and Hawkins N. M., "Shear Head Reinforcement for Slabs" ACI Journal, Proceedings, V.65, No. 10, Oct. 1968, 811-824 pp.

الباب 9

أطوال التثبيت وتوصيل قضبان التسليح

Development and Splices of Reinforcement

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

9-1 مقدمة عن أطوال التثبيت لقضبان التسليح [3- 1] Development of reinforcement - General

يجب أن يتحقق نشوء قوى الشد أو الانضغاط في حديد التسليح على كل جانب من جانبي أي مقطع من مقاطع العنصر الإنشائي الخرساني المحسوبة في مرحلة التصميم من خلال مد حديد التسليح بطول التثبيت المطلوب أو باستعمال قضبان محززة ذات رؤوس (headed deformed bars) أو تنفيذ عقفة عند طرف القضيب أو يتم التثبيت بواسطة وسائل التثبيت الميكانيكية (mechanical devices) كما يمكن استعمال طريقة أو أكثر من طرائق التثبيت المذكورة آنفاً سوية.

9-1/1 يجب تحقيق متطلبات السلامة الإنشائية بالإضافة إلى متطلبات هذا الفصل التي تؤثر في تفاصيل وترتيب حديد التسليح وكذلك متطلبات التكامل الإنشائي (structural integrity).

9-1/2 يجب أن لا تزيد قيم $\sqrt{f'_c}$ المستعملة في هذا الفصل على المقدار (8.0) ميكاباسكال.

9-2 أطوال التثبيت لقضبان تسليح الشد المحرز وأسلاك الشد المحززة Development of deformed bars and deformed wire in tension [1 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7]

9-2/1 يجب حساب طول التثبيت l_d للقضبان المحززة أو السلك المحرز تحت تأثير الشد بموجب متطلبات البند (9-2/2) او متطلبات البند (9-3/2) مع مراعاة استعمال عوامل التعديل المناسبة الواردة في البنود (9-4/2) و(9-5/2) على أن لا يقل l_d عن 300 مم.

9-2/2 يمكن تحقيق طول التثبيت l_d للقضبان أو الأسلاك المحززة بموجب الجدول (2-1/2).

الجدول 2-1/2 : طول التثبيت بالنسبة الى أقطار حديد التسليح

حدود مسافات التباعد والغطاء الخرساني لحماية التسليح	للقضبان بقطر 19مم أو أقل	للقضبان بقطر 22مم أو أكثر
<p>في حالة تحقق الاشتراطات التالية:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. غطاء الحماية الخرساني لا يقل عن d_b. 2. مسافة التباعد الصافية بين القضبان أو الأسلاك المثبتة أو الموصولة لا تقل عن d_b. 3. لا تقل الأطواق والرباطات (ties) خلال طول التثبيت ℓ_d عن المتطلبات الدنيا لهذه المدونة 4. أو أن لا تقل مسافات التباعد الصافية بين القضبان أو الأسلاك الممدودة المثبتة أو الموصولة عن $(2d_b)$ وأن لا يقل غطاء الحماية الخرساني عن d_b. 	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.7 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$
للحالات الأخرى.	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.4 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1.1 \lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$

9-3/2 يمكن تحقيق طول التثبيت ℓ_d للقضبان المحززة أو السلك المحزز من العلاقة:

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e \Psi_s}{1.1 \sqrt{f'_c} \lambda \left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b \quad \dots (1/2-9)$$

في هذه العلاقة يجب أن لا تزيد قيمة حد الحصر $(C_b + k_{tr})/d_b$ على (2.5). كما ان قيمة المقدار k_{tr} تحسب بموجب العلاقة :

$$K_{tr} = \frac{40A_{tr}}{s n} \quad \dots (2/2-9)$$

حيث أن:

n يمثل عدد القضبان أو الأسلاك التي سيتم عقفها أو مداها وتثبيتها على طول مستوي الانفلاق (plane of splitting) كما يسمح باستعمال قيمة K_{tr} مساوية إلى الصفر لتسهيل عملية التصميم حتى بوجود حديد تسليح عرضي.

4/2-9 إن قيم المعاملات (Ψ) المذكورة في علاقات أطوال التثبيت في حالة الشد المذكورة في الفصل (2-9) هي كما يلي:

أ- للقضبان ذات القطر 19 مم أو أقل تكون قيمة ($\Psi_s = 0.8$) في حين أنها للقضبان ذات القطر 22 مم أو أكثر تكون مساوية إلى ($\Psi_s = 1.0$).

ب- عندما يوضع حديد التسليح الأفقي بحيث يوجد سمك من الخرسانة الطرية أسفل طول التثبيت أو وصلة القضيب لا يقل عن 300 مم في هذه الحالة تكون قيمة المعامل (Ψ_t) تساوي (1.3)، أما في الحالات الأخرى فإن ($\Psi_t = 1.0$).

ج- وحالة القضبان أو الأسلاك المطلية بمادة الايبوكسي التي يكون سمك غطاء الحماية فيها أقل من ($3d_b$) أو أن تكون مسافات التباعد الصافية بينها لا تقل عن ($6d_b$) فإن قيمة ($\Psi_e = 1.5$) أما للحالات الأخرى فإن قيمة تساوي $\Psi_e = 1.2$ وفي حالة القضبان والأسلاك غير المطلية أو تلك المطلية بالخارصين (المغلونة) فإن ($\Psi_e = 1.0$) وفي جميع الأحوال يجب أن لا يزيد المقدار ($\Psi_e \Psi_t$) على 1.7.

د- عند استعمال الخرسانة خفيفة الوزن يجب أن لا تزيد قيمة λ على 0.75. أما بالنسبة للخرسانة عادية الوزن (normal weight concrete) فإن $\lambda = 1.0$.

5/2-9 يسمح بتقليل طول التثبيت (l_d) إذا كان حديد التسليح المستعمل لعنصر الانحناء يزيد على ما يتطلبه التصميم الإنشائي، يستثنى من ذلك الحالة التي يكون فيها طول التثبيت مطلوباً لتوليد إجهاد الخضوع (f_y) أو إذا كان التسليح مصمماً بحسب شروط تصميم الزلازل. وتكون نسبة التقليل مساوية إلى ($A_{s\text{المجهزة}} / A_{s\text{المطلوبة في التصميم}}$).

3-9 أطوال التثبيت لقضبان أو أسلاك تسليح الانضغاط المحرز [1]

(Development of Deformed Bars or Wires in Compression)

1/3-9 يجب أن يحدد طول التثبيت (l_d) للقضبان المحززة أو أسلاك المحرز في حالة الانضغاط بحسب متطلبات البند (2/3-9) مع تحديد معاملات التعديل المناسبة بموجب البند (3/3-9)، وفي كافة الأحوال يجب أن لا يقل الطول (l_{dc}) عن (200 مم).

2/3-9 يحسب طول التثبيت (l_d) من العلاقة $(0.25 f_y / \lambda \sqrt{f'_c}) db$ على أن لا يقل عن $[0.045 f_y] d_b$ حيث تؤخذ قيمة λ كما عرفت في الفقرة (4/2-9-د)، مع ملاحظة ان الثابت (0.045) تكون وحداته ميكاباسكال.

9-3/3 يسمح بضرب طول التثبيت (l_{dc}) بالمعاملات المناسبة التالية:

أ- في حالة كون التسليح أكثر مما يتطلبه التحليل: ($A_{S_{الموجودة}} / A_{S_{التصميم}}$).

ب- عندما يكون حديد التسليح محاطاً بتسليح حلزوني لا يقل قطره عن 6 مم ولا تزيد مسافة التباعد بين لفات الحلزون على 100 مم أو عندما يكون حديد التسليح محاطاً بأطواق لا يقل قطرها عن 12 مم وتكون مطابقة لما ذكر في الفقرة (4-2/9/5) ولا تزيد مسافة تباعد مراكزها على (100 مم) $= 0.75$.

9-4 أطوال التثبيت لحزم القضبان (Development of Bundled Bars)

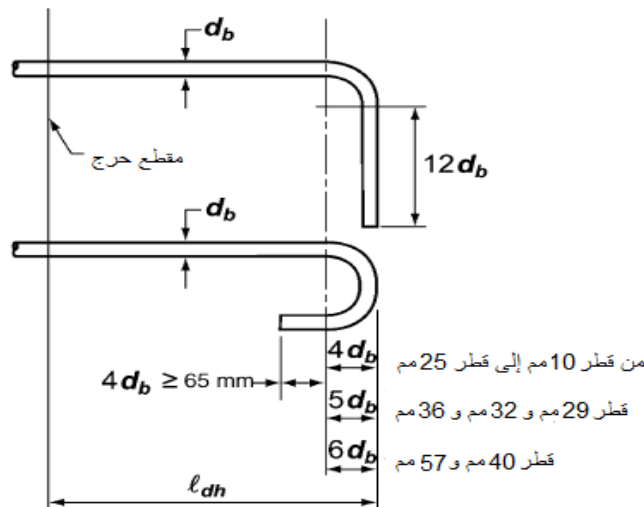
9-4/1 يجب أن تساوي أطوال التثبيت للقضبان المفردة الموجودة ضمن حزمة قضبان معرضة لقوى شد أو انضغاط (1.2) مرة بقدر طول التثبيت لقضيب مشابه منفرد إذا كانت الحزمة مؤلفة من ثلاثة قضبان، أو (1.33) مرة بقدر طول التثبيت لقضيب مشابه منفرد إذا كانت الحزمة مؤلفة من أربعة قضبان .

9-4/2 لغرض تحديد مسافات التباعد وغطاء الحماية الواردة في الفقرة (9-2/2) وحد الحصر في الفقرة (9-3/2) والمعامل Ψ_e يجب أن تعامل حزمة القضبان كقضيب واحد يحسب قطره المكافئ من المساحة الكلية للقضبان الحزمة ويكون مركز ثقل القضيب المكافئ متطابقاً مع مركز ثقل الحزمة وذلك لتحديد المعاملات المناسبة المذكورة في البندين (9-3/2) و (9-4/2).

9-5 أطوال التثبيت للعققات القياسية في الشد [1 ، 8 ، 9]

(Development of Standard Hooks in Tension)

9-5/1 يحسب طول التثبيت (l_{dh}) في حالة الشد للقضبان المحززة التي تنتهي بعقفة نظامية بموجب البند (9-5/2) مع مراعاة استعمال معاملات التعديل المناسبة الواردة في البند (9-3/5) على أن لا يقل طول التثبيت (l_{dh}) عن $8d_b$ ولا عن 150 مم كما مبين بالشكل (9-5/1).



الشكل 9-5/1: تفاصيل القضبان المعقوفة للحصول على العقفة القياسية

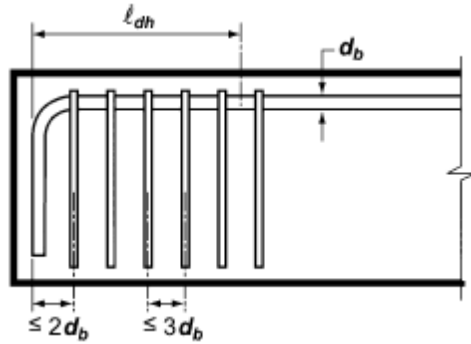
2/5-9 يحسب طول التثبيت للقضبان المحززة بموجب العلاقة:

$$\ell_{dh} = \left(\frac{0.25 \psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b \dots \dots \dots (1/5-9)$$

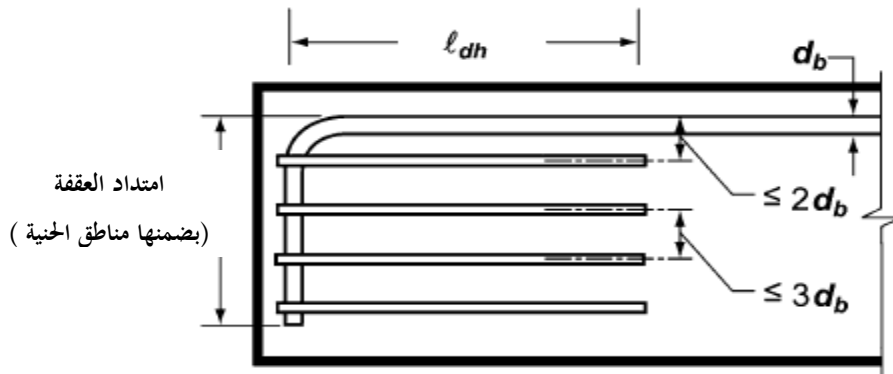
مع التعويض عن ψ_e بقيمة 1.2 في حالة القضبان المطلية بمادة الايبوكسي مع مراعاة أن تكون قيمة λ مساوية إلى 0.75 للخرسانة الخفيفة الوزن، اما في الحالات الأخرى فان $\psi_e = 1.0$ و $\lambda = 1.0$.

3/5-9 يجب أن يضرب طول التثبيت (ℓ_{dh}) المذكور في البند (2/5-9) بمعاملات تقليل طول التثبيت المناسبة التالية:

أ- لحالة القضبان بقطر 36مم أو أصغر والتي يوجد في عققاتها غطاء جانبي متعامد مع مستوى العقفة سمكه لا يقل عن 65مم وتكون العقفة بزواوية 90 درجة والتي لا يقل فيها غطاء الخرسانة للقضيب بعد العقفة عن 50مم يكون مقدار المعامل (0.70).



الشكل 2/5-9: الأطواق والرباطات الموضوعة بصورة متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته



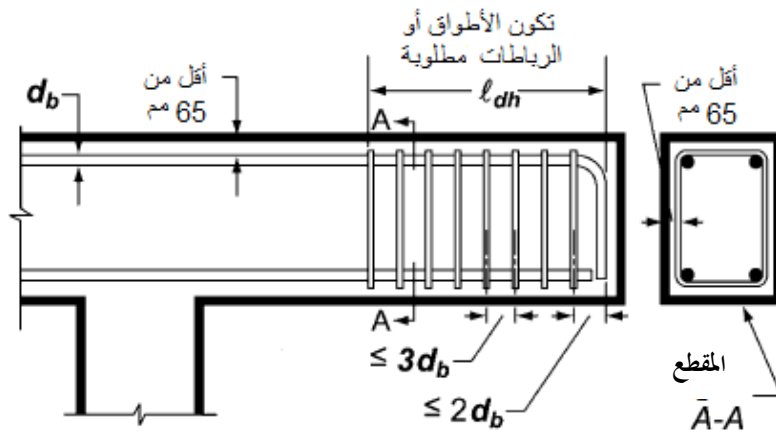
الشكل 3/5-9: الأطواق والرباطات الموضوعة بصورة موازية للقضيب المطلوب تثبيته

ب- للقضبان بقطر 36 مم أو أصغر المعقوفة بزاوية 90 درجة والتي تكون اما محاطة بأطواق (stirrups) أو رباطات (ties) متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته وبمسافات تباعد لا تزيد على $3d_b$ على كامل طول التثبيت (l_{dh}) أو أن تكون محاطة بأطواق أو رباطات موازية للقضيب المطلوب تثبيته وبمسافات تباعد لا تزيد على $3d_b$ على امتداد طول العقفة مضافة له مسافة الحنية يستعمل معامل تقليل مقداره (0.80).

ج- القضبان بقطر 36 مم أو أصغر المعقوفة بزاوية 180 درجة والمحاطة بأطواق أو رباطات متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته وبمسافة تباعد لا تزيد على $3d_b$ على كامل طول التثبيت (l_{dh}) يكون مقدار المعامل (0.80).

د- عند وضع حديد تسليح يزيد عما هو مطلوب في التحليل وفي حالة كون التثبيت غير مطلوب لتوليد (f_y) عندها يكون معامل التقليل مساوياً الى ($A_{S_{المجهز}} / A_{S_{التصميم}}$).
للفقرتين (ب) و(ج) المذكورتين آنفاً يكون d_b هو قطر القضيب المعقوف ويجب ان يحيط أول طوق أو رباط بمنطقة الحني (bent portion) ضمن مسافة $2d_b$ على الجانب الخارجي للحنية.

9-4/5 بالنسبة للقضبان المثبتة بواسطة عقفة نظامية عند النهايات الطرفية للعناصر الخرسانية ذات غطاء حماية من الجانبين ومن أعلى (أو أسفل) العقفة يقل عن 65 مم عندها يجب أن يحاط القضيب المعقوف بأطواق (stirrups) أو رباطات (ties) متعامدة مع القضيب المطلوب تثبيته وبمسافات تباعد لا تزيد على $3d_b$ على كامل طول التثبيت (l_{dh})، كما ينبغي أن يحيط أول طوق أو رباط بمنطقة حنية العقفة ضمن مسافة $2d_b$ على الجانب الخارجي للحنية، حيث ان d_b هو قطر القضيب المعقوف. في هذه الحالة يجب عدم استعمال معاملات الفقرتين (9-3/5-ب) و (9-3/5-ج) كما مبين بالشكل (9-4/5).



الشكل 9-4/5: تفصيل تثبيت القضبان المعقوفة بشكل نظامي

9-5/5 لا تعد العفقات فعالة في تثبيت القضبان المعرضة لقوى الانضغاط.

9-6 أطوال التثبيت للقضبان ذات الرؤوس والقضبان المحززة المثبتة ميكانيكياً في الشد [1,10,11,12]

(Development of Headed Mechanically Anchored Deformed Bars in Tension)

9-1/6 يحدد طول التثبيت (ℓ_{dt}) للقضبان المحززة والمجهزة برؤوس تحت قوى الشد طبقاً للفقرة (9-2/6)، ويجوز استعمال الرؤوس لتثبيت القضبان المحززة تحت قوى الشد إذا تحققت الشروط التالية:

أ- قطر القضيب لا يزيد على 36مم.

ب- إجهاد الخضوع (f_y) لا يزيد على 420 ميكاباسكال.

ج- يجب أن لا تقل مساحة التحميل الصافية للرأس (A_{brg}) عن ($4A_b$).

د- يجب أن لا تقل مسافة التباعد الصافية بين القضبان عن ($4d_b$).

هـ- يجب أن لا يقل غطاء الحماية الصافي عن ($2d_b$).

و- يجب أن تكون الخرسانة عادية الوزن.

9-2/6 يجب أن تتحقق الشروط التالية للقضبان المحززة والمجهزة برؤوس لغرض تلبية متطلبات الفقرة (5/5/1-2):

أ- يجب أن يكون طول التثبيت (ℓ_{dt}) في حالة الشد مساوياً إلى $(0.2\psi_e f_y / \sqrt{f'_c})d_b$ على أن لا تزيد قيمة مقاومة الانضغاط للخرسانة الداخلة في حساب (ℓ_{dt}) على (40) ميكاباسكال،

وأن تؤخذ قيمة المعامل ψ_e مساويةً إلى (1.2) في حالة استعمال حديد تسليح مطلي بمادة الإيبوكسي وتكون قيمته مساويةً إلى (1.0) في الحالات الأخرى.

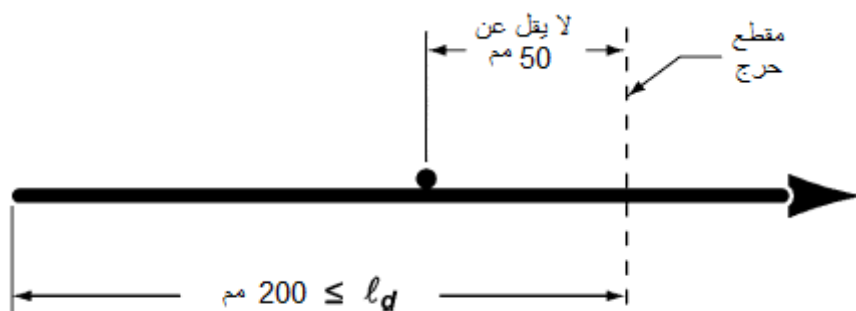
ب- يجب أن لا يقل الطول (ℓ_{dt}) عن ($8d_b$) ولا عن (150 مم).

9-3/6 لا تعد الرؤوس فعالة في تثبيت القضبان المعرضة لقوى الانضغاط.

9-7 أطوال التثبيت لشبكات أسلاك التسليح المحززة الملحومة في الشد [13,1]

(Development of Deformed Welded Mesh Wire Reinforcement in Tension)

9-1/7 يحسب طول التثبيت (ℓ_d) لشبكات الأسلاك المحززة الملحومة المعرضة لقوى الشد مقاساً من موقع المقطع الحرج إلى طرف السلك كما مبين بالشكل (9-1/7)، كحاصل ضرب طول التثبيت (ℓ_{dt}) المحسوب طبقاً للبندين (9-2/2) أو (9-3/2) في معامل الأسلاك المحززة الملحومة (ψ_w) المحسوب بموجب البندين (9-2/7) أو (9-3/7) على أن لا يقل طول التثبيت عن 200مم. وتستثنى من هذه الحسابات أطوال التراكب للوصلات المبينة في الفصل (9-5).



الشكل 9-1/7: تثبيت شبكات الأسلاك المحززة الملحومة

9-2/7 في شبكات الأسلاك المحززة الملحومة الحاوية على قضيب يمتد بشكل عرضي واحد على الأقل ضمن المسافة (l_d) ويبعد هذا القضيب المستعرض مسافة لا تقل 50 مم عن موقع المقطع الحرج، يجب أن يأخذ (ψ_w) القيمة الأكبر من المقدارين ($f_y - 240/f_y$) و ($5d_b/S$) على أن لا تتجاوز قيمة (ψ_w) (1.0) حيث أن S هي مسافة التباعد بين الأسلاك المطلوب تثبيتها.

9-3/7 في الحالات التي لا تحقق فيها اشتراطات البند (9-2/7) أي في شبكات الاسلاك المحززة الملحومة غير الحاوية على قضبان تمتد بشكل مستعرض ضمن المسافة (l_d)، أو عند وجود قضيب واحد يبعد مسافة تقل عن 50 مم عن موقع المقطع الحرج، تكون قيمة ψ_w مساوية لـ (1.0).

9-4/7 يجب تحديد طول التثبيت في شبكات أسلاك التسليح الملساء أو المحززة الملحومة والتي يكون مقاسها أكبر من (D-31) وفقاً للبند (9-5/7).

9-5/7 يجب أن لا يقل طول التثبيت (l_d) في شبكات الأسلاك الملساء المعرضة لقوى شد عن:

$$l_d = 3.3 \frac{A_b f_y}{S \lambda \sqrt{f'_c}} \quad \dots\dots\dots (9-1/7)$$

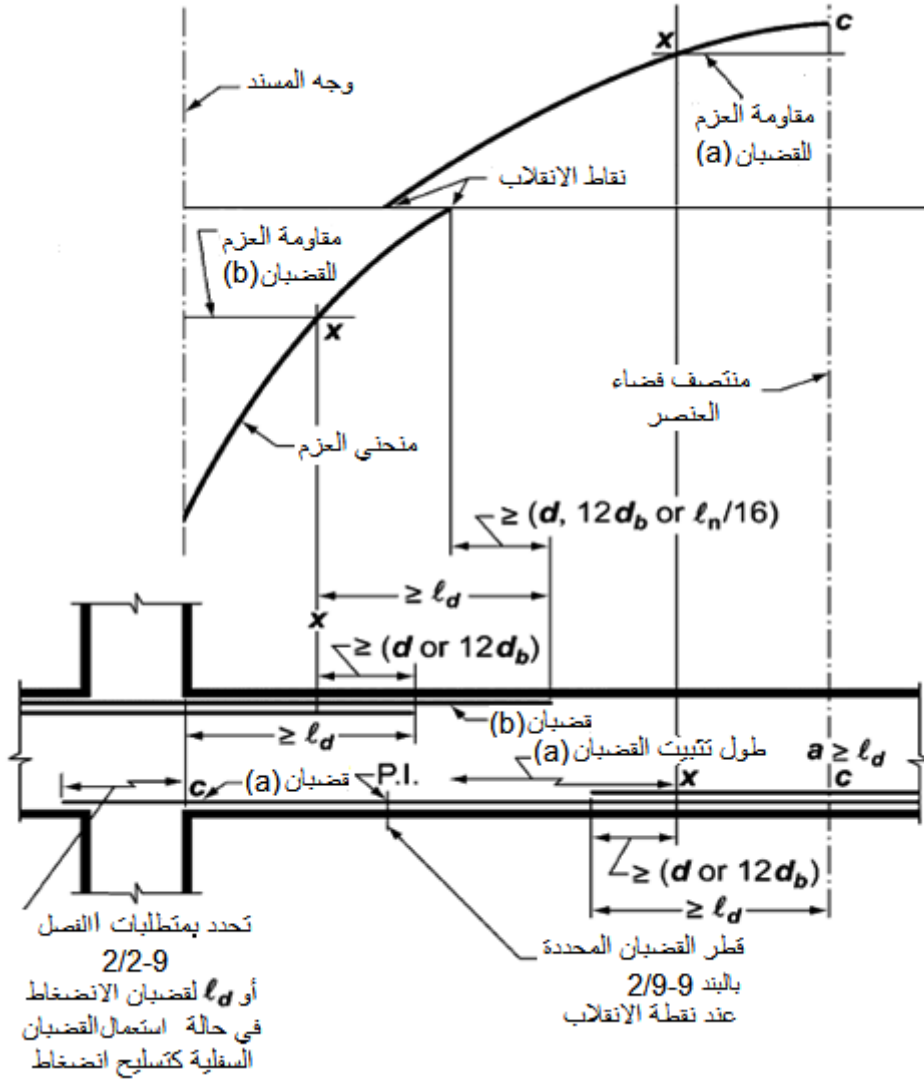
حيث يجب قياس (l_d) من موقع المقطع الحرج إلى أبعد سلك مستعرض. كما ان S تمثل مسافة التباعد بين الأسلاك المطلوب تثبيتها وقيمة λ كما هو معرف في الفقرة (9-4/2-د) مع مراعاة أن لا يقل (l_d) عن 150 مم. ويستثنى من ذلك حساب أطوال تراكب الوصلات المبينة في الفصل (9-5).

9-8 مقدمة عن أطوال التثبيت لقضبان تسليح الانحناء [1]

(Development of Flexural Reinforcement - General)

9-1/8 يسمح بتثبيت حديد تسليح الشد بواسطة الحني خلال الوترة (web) حتى يصبح مستمراً مع التسليح الموجود على الوجه المقابل للعنصر.

9-2/8 إن مواقع المقاطع الحرجة التي يجب تثبيت حديد التسليح عندها في عناصر الانحناء هي عند نقاط الإجهاد الأعظم، وعند النقاط الواقعة ضمن الفضاء التي يتم عندها إيقاف أو حني التسليح المجاور لها على أن يراعى تحقيق اشتراطات البند (9-2/9).



الشكل 9-1: أطوال التثبيت لقضبان الانحناء في عتبة مستمرة

9-3/8 ينبغي أن يمتد حديد التسليح لمسافة تساوي القيمة الأكبر من العمق الفعال لمقطع العنصر (d) و $(12d_b)$ مقاسة من المقطع الذي تنتفي عنده الحاجة لوضع تسليح لمقاومة الانحناء. يستثنى من ذلك مناطق مساند العتبات البسيطة ومناطق الطرف الحر للعتبات الناتئة.

9-4/8 يجب أن يمتد حديد التسليح المستمر مسافة تثبيت إضافية لا تقل عن (l_d) بعد نقطة الحني أو نقطة إيقاف تسليح حديد الشد التي تنتفي عندها الحاجة لوضع حديد تسليح يقاوم الانحناء.

9-5/8 لا يسمح بإيقاف مد قضبان تسليح الانحناء في منطقة الشد إلا إذا توافرت الاشتراطات التالية:

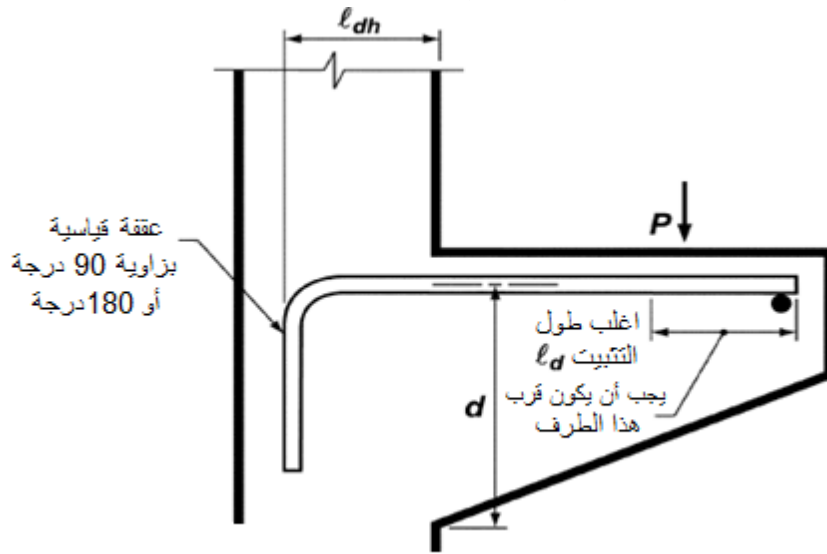
9-1/5/8 ينبغي أن لا تتجاوز قوة القص المعاملة المقدار $(2/3)\phi V_n$ عند نقطة إيقاف حديد التسليح.

9-2/5/8 عند وضع مساحة معينة من حديد تسليح الأطواق على طول كل قضيب أو سلك موقوف على مسافة $(3/4d)$ مقاسة من نقطة الإيقاف على شرط أن تفيض مساحة الأطواق عن تلك المطلوبة للقص

واللي مع مراعاة أن لا تقل مساحة الأطواق الفائضة عن $(0.45b_w S / f_{yt})$ وأن لا تتجاوز مسافة تباعدها المقدار $(d/8\beta_b)$.

3/5/8-9 عند وضع حديد التسليح المستمر المؤلف من قضبان ذات قطر 36 مم أو أصغر وبمساحة تساوي ضعف المساحة المطلوبة لمقاومة الانحناء عند نقطة الإيقاف، على ألا تتجاوز قوة القص (V_u) المقدار $(3/4)\phi V_n$.

6/8-9 يجب أن يتحقق تثبيت كاف لحديد تسليح الشد في عناصر الانحناء عندما لا يكون إجهاد حديد التسليح متناسباً بشكل خطي مع العزم. ومن الأمثلة على ذلك الأسس المدرجة أو المائلة أو متغيرة المقطع والكتائف (brackets) وعناصر الانحناء العميقة أو العناصر التي لا يكون حديد تسليح الشد فيها موازياً لوجه الانضغاط. لاحظ الشكل (2/8-9).



الشكل 2/8-9: العناصر الخرسانية التي تعتمد بشكل أساس على التثبيت عند الأطراف

9-9 أطوال التثبيت لحديد تسليح الانحناء الموجب [1]

(Development of Positive Moment Reinforcement)

1/9-9 يجب أن يمتد ما لا يقل عن ثلث حديد تسليح الانحناء الموجب على طول فضاء العنصر وإلى داخل المساند، أما في العناصر المستمرة فيجب أن يمتد ما لا يقل عن ربع حديد تسليح الانحناء الموجب على طول فضاء العنصر وإلى داخل المساند. كما ينبغي أن يمتد هذا التسليح داخل مساند العتبات مسافة لا تقل عن 150 مم.

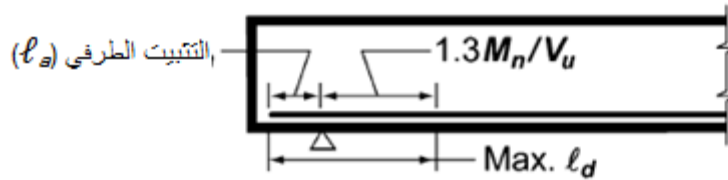
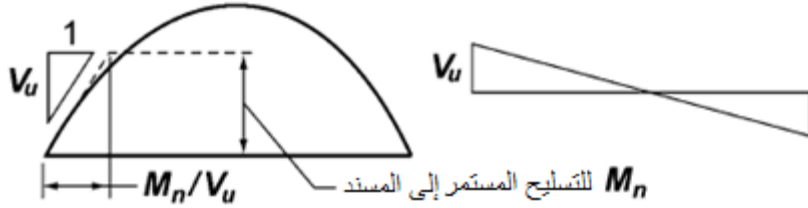
2/9-9 في المساند البسيطة وكذلك عند نقاط الانقلاب يتحدد قطر حديد تسليح العزم الموجب بحيث يحقق طول التثبيت (l_d) المحسوب وفقاً للفصل (2-9) متطلبات العلاقة (1/9-9).

$$l_d \leq \frac{M_n}{V_u} + l_a \quad \dots\dots\dots (1/9-9)$$

حيث (M_n) هي مقاومة العزوم الاسمية المحسوبة على أساس ان جميع حديد التسليح عند المقطع قد بلغ إجهاد الخضوع (f_y).

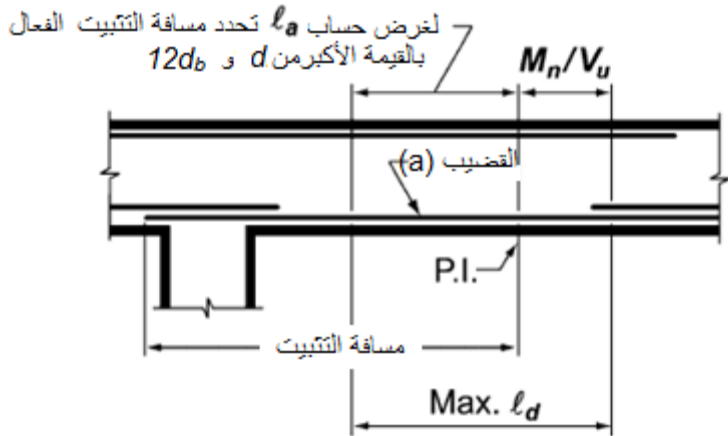
(V_u) هي قوة القص المعاملة المحسوبة عند المقطع.

(ℓ_a) عند المسند يمثل طول التثبيت المحسوب بعد مركز المسند أو إن (ℓ_a) عند نقطة الانقلاب هو القيمة الأكبر من (d) و ($12d_b$)، ويمكن زيادة المقدار (M_n/V_u) بمقدار (30%) عندما تكون أطراف حديد التسليح محصورة بردود أفعال الانضغاط.



ملاحظة: لا يستعمل المعامل 1.3 إلا إذا كان رد الفعل يحصر اطراف حديد التسليح

أ- المقاس الأكبر للقضيب عند المسند البسيط



ب- المقاس الأكبر للقضيب (a) عند نقطة الانقلاب

الشكل 9-1: مفاهيم تحديد المقاس الأكبر للقضبان

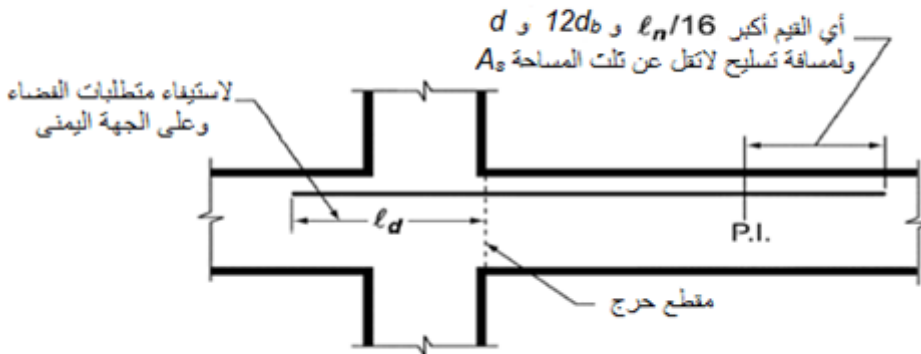
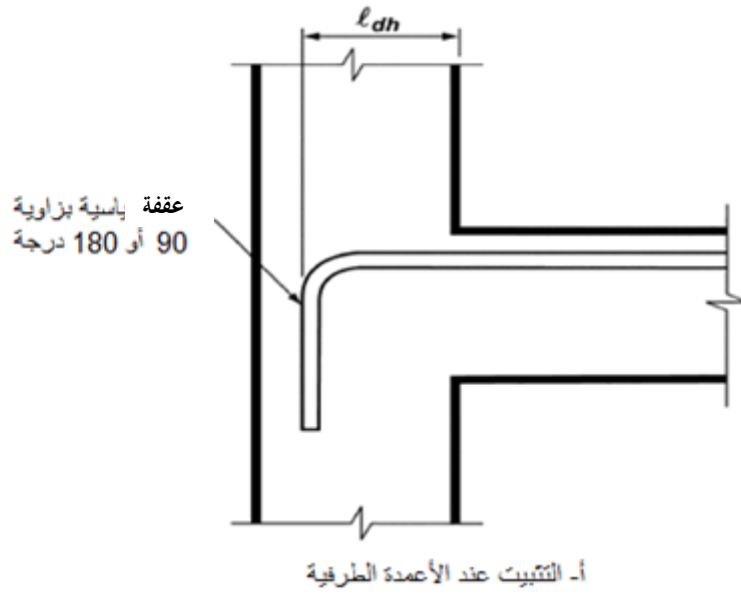
9-3/9 في العتبات العميقة بسيطة الإسناد يجب تثبيت حديد تسليح الشد للعزوم الموجبة إلى وجه المساند لبلوغ قيمة إجهاد الخضوع (f_y) يستثنى من ذلك العناصر المصممة بإتباع طريقة الملحق (أ) من هذه المدونة. كما ينبغي تثبيت حديد تسليح الشد للعزوم الموجبة وفقاً لمتطلبات البند (أ-3/4)، ويجب أن

يكون حديد تسليح الشد للعزوم الموجبة مستمراً عند المساند الداخلية للعتبات العميقة المستمرة أو أن يكون مترابكاً مع حديد تسليح الفضاءات المجاورة.

10-9 أطوال التثبيت لحديد تسليح الانحناء السالب [1]

(Development of Negative Moment Reinforcement)

1/10-9 يجب أن يثبت حديد تسليح العزم السالب في العناصر المستمرة أو المقيدة أو العناصر الناتئة أو أي عنصر من عناصر الهياكل الجاسئة (rigid frames) في المنطقة الواقعة داخل العنصر الساند إما بمده بحسب أطوال التثبيت المطلوبة أو بعمل العفقات أو بواسطة أجهزة التثبيت الميكانيكية كما مبين بالشكل (1/10-9).



ملاحظة: يصبح مثل هذا التثبيت عادة جزءاً من حديد تسليح الفضاء المجاور.

الشكل 1/10-9: أطوال التثبيت لحديد تسليح العزوم السالبة

9-10/2 يجب أن يستمر امتداد حديد تسليح العزم السالب باطوال تثبيت ممتدة إلى الفضاء بموجب متطلبات الفصل (9-1) والبند (9-3/8).

9-10/3 في المساند الداخلية لعناصر الانحناء العميقة يجب أن يكون حديد الشد للوزن السالبة مستمراً مع نظيره الخاص بالفضاءات المجاورة.

9-10/4 يجب أن تمتد أطوال تثبيت لمسافة لا تقل عن القيمة الأكبر من العمق الفعال (d) و ($12d_b$) و ($\ell_n/16$) بعد نقطة الانقلاب (inflection point). ويجب أن لا تقل مساحة حديد التسليح الممتد خلال اطوال التثبيت عن ثلث مساحة حديد الشد الكلي المخصص لمقاومة العزم السالب عند المساند (يلاحظ الشكل 9-10/1 ب).

9-11 أطوال التثبيت لحديد تسليح الوتر [1]

9-11/1 يجب أن يكون حديد تسليح الوتر (web) قريباً قدر الإمكان من سطوح الشد والانضغاط للعنصر بحسب ما تسمح به متطلبات غطاء الحماية ومتطلبات التقارب (proximity) مع أنواع التسليح الأخرى.

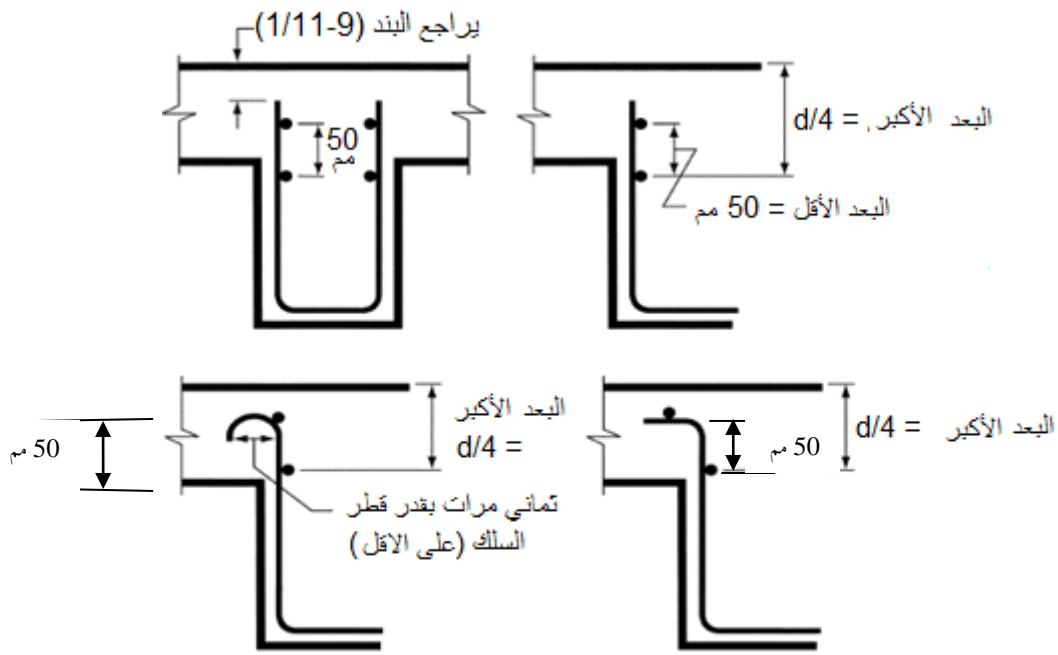
9-11/2 يجب أن تثبت أطراف الأطواق وحيدة الساق أو الأطواق بشكل (U) المفرد أو المتعدد بإحدى الطرائق التالية:

9-11/2/1 يجب تنفيذ عققات قياسية حول قضبان التسليح الطولي قطر (16) مم أو أصغر وللأسلاك من النوع MD200 وكذلك القضبان نوات الاقطار (19 و 20 و 25) مم التي يكون اجهاد الخضوع (f_{yt}) لها مساوياً الى 280 ميكاباسكال أو اقل.

9-11/2/2 يجب عمل عقفة قياسية للأطواق نوات الاقطار (16 مم) و (20 مم) و (25 مم) ذات إجهاد خضوع (f_{yt}) يزيد على (280) ميكاباسكال والتي تحيط بالقضيب الطولي. تنفذ هذه العقفة مضافاً إليها طول تثبيت يمتد بين منتصف ارتفاع العنصر والنهاية الخارجية البعيدة للعقفة مساوياً الى أو يزيد على المقدار $(\lambda \sqrt{f'_c}) / 0.17 d_b f_{yt}$.

9-11/2/3 يجب أن يتوافر لكل ساق من شبكة الأسلاك الملساء الملحومة التي تكون طوقاً بسيطاً على شكل الحرف (U) المفرد أحد الشرطين التاليين:

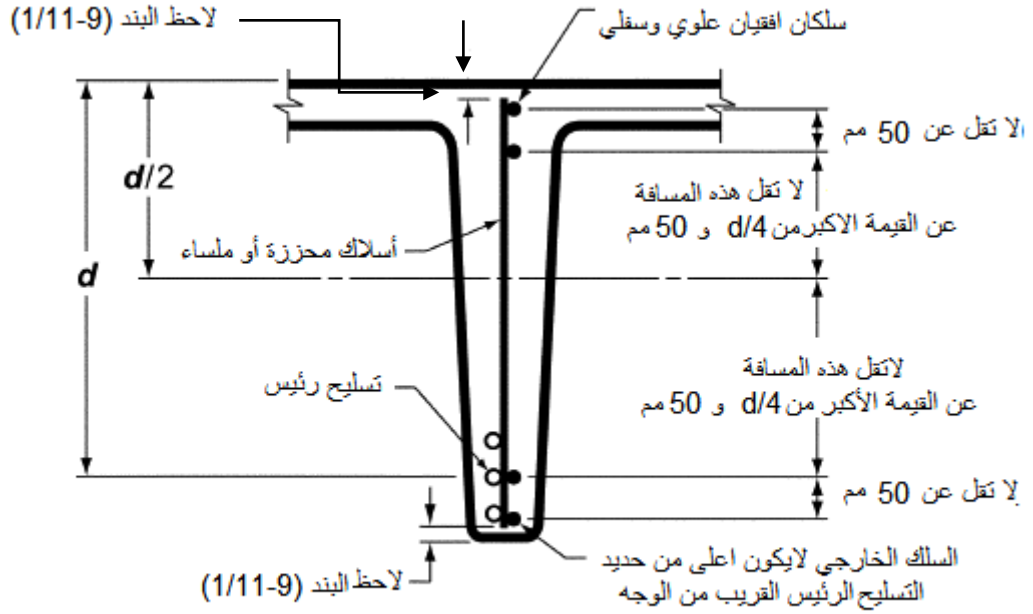
- أ- سلكان طوليان بمسافة تباعد 50 مم على طول العنصر الإنشائي عند قمة الشكل (U).
- ب- سلك طولي يوضع على بعد لا يزيد على ($d/4$) من وجه الانضغاط، وسلك ثانٍ أقرب إلى وجه الانضغاط ويبعد عن السلك الأول بما لا يقل عن 50 مم. كما ينبغي أن يوضع السلك الثاني على ساق الطوق بعد الحنية (bend) أو عند الحنية التي تكون ذات قطر داخلي لا يقل عن $8d_b$. يلاحظ الشكل (9-11/1)



الشكل 9-1/11: التثبيت في منطقة الانضغاط للأطواق على شكل الحرف (U) المصنعة من شبكات الأسلاك الملتصاء الملحومة

4/2/11-9 يوضع سلكان طوليان عند كل طرف من طرفي الطوق منفرد الساق المنفذ بواسطة شبكات الأسلاك الملحومة وتكون مسافة التباعد بين السلكين (50 مم) ويبعد السلك الداخلي مسافة لا تقل القيمة الأكبر من $(d/4)$ و(50 مم)، مقاسة من منتصف العمق الفعال $(d/2)$. يلاحظ الشكل (1/11-9)

كما ينبغي أن لا يبعد السلك الطولي الخارجي عند وجه الشد عن الوجه بأكثر من بعده عن تسليح الانحناء الرئيس الأقرب الى الوجه المذكور.



الشكل 9-11/2: تثبيت تسليح القص على شكل ساق مفردة مصنعة من شبكات الأسلاك الملحومة

9-11/5/2 عند تثبيت الحديد في نظام العوارض (joist construction) المعرفة في الفصل (5-1) تنفذ عقفة قياسية للقضبان ذات قطر 12 مم أو الأسلاك من النوع (MD130) أو الأصغر منها.

9-11/3 في الأطواق على شكل الحرف (U) المفرد أو المتعدد يجب أن تحيط كل حنية في الجزء المستمر من الطوق المثبت عند أطرافه بقضيب طولي.

9-11/4 إذا امتدت القضبان الطولية المحنية (bars bent) التي تعمل كتسليح قص إلى داخل منطقة الشد فيجب أن تكون مستمرة مع التسليح الطولي، أما إذا امتدت إلى داخل منطقة الانضغاط فيجب أن تثبت بعد منتصف الارتفاع الفعال ($d/2$) كما هو مطلوب لأطوال التثبيت وفقاً للبند (9-2).

9-11/5 تعد أزواج الأطواق أو الرباطات المستعرضة (lateral ties) على شكل الحرف (U) الموضوعة بحيث تشكل طوقاً مغلقاً أنها قد تراكبت بشكل تام وذلك عندما يكون طول وصلة التراكب مساوياً إلى $(1.3l_d)$.

في العناصر التي لا يقل عمقها عن 450 مم إذا كانت قيمة $Ab f_y t$ لا تزيد على 40 كيلوننت لكل ساق من سيقان الطوق عندها يمكن أن تعد الوصلات كافية، شريطة أن تمتد سيقان الأطواق على كل العمق الموجود في العنصر.

9-12 مقدمة عن وصلات حديد التسليح (Splices of Reinforcement- General) [1]

9-12/1 ينبغي أن تنفذ وصلات التسليح بموجب ما هو موضح في المخططات التصميمية ووثائق المقابلة أو المواصفات الفنية ، أو بعد استحصال موافقة الجهات الفنية التصميمية.

9-12/2 وصلات التراكب (Lap Splices)

9-12/2/1 لا يجوز استعمال وصلات التراكب في القضبان التي يزيد قطرها على 36 مم، ويستثنى من ذلك ما ورد في الفقرة (9-12/4/3) والفقرة (12-8/2/3).

9-12/2/2 يجب حساب وصلات تراكب حزم القضبان اعتماداً على الطول المطلوب لوصل القضبان المفردة ضمن الحزمة مع تحقيق زيادة في طول الوصلة طبقاً للفصل (9-4) كما يجب أن لا تتجاوز (overlap) وصلات القضبان المفردة ضمن الحزمة علاوة على ذلك يحظر وصل الحزمة كلها كمجموعة بالتراكب.

9-12/2/3 في عناصر الانحناء يجب أن لا تزيد مسافة التباعد العرضي بين القضبان الموصولة بوصلات تراكب غير متلامسة (noncontact) على خمس الطول المطلوب للوصل أو 150 مم أيهما أقل.

9-12/3 الوصلات الميكانيكية والوصلات الملحومة (Mechanical and Welded Splices)

9-12/3/1 يسمح باستعمال الوصلات الميكانيكية أو التوصيل باللحام.

9-12/3/2 يجب أن يحقق التوصيل بالمشببات الميكانيكية في حالتها الشد أو الانضغاط إجهاداً لا يقل عن (125%) من إجهاد الخضوع (f_y) للقضبان الموصولة .

9-12/3/3 باستثناء ما اشترط عليه في هذه المدونة، يجب أن تجري جميع أنواع اللحام طبقاً لمتطلبات اللحام الإنشائي بموجب المواصفات المعتمدة من قبل رب العمل.

9-12/3/4 يجب أن تحقق وصلات اللحام إجهاداً لا يقل عن (125%) من إجهاد الخضوع (f_y) للقضبان الملحومة.

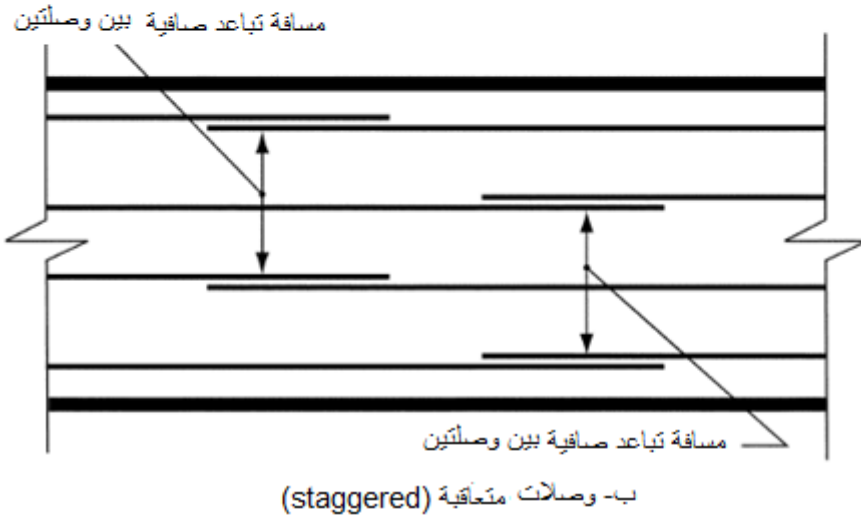
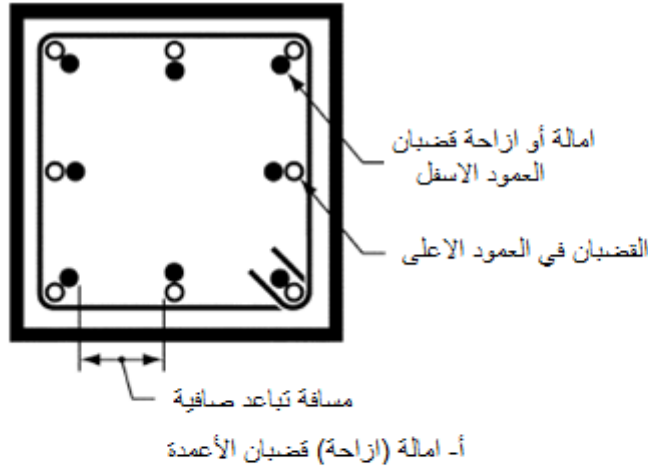
9-12/4 وصلات قضبان التسليح أو أسلاك التسليح المحززة في الشد [1]

9-12/4/1 يجب أن يكون طول التراكب الأقل في وصلات تراكب الشد كما هو مطلوب لوصلات الصنفين (A) و(B) المبيينين تالياً على أن لا يقل طول التراكب عن 300 مم حيث:

- وصلات الصنف (A)..... $1.0 \ell_d$.

- وصلات الصنف (B)..... $1.3 \ell_d$.

حيث ان طول التثبيت (ℓ_d) يحسب طبقاً للفصل (9-2) لضمان بلوغ إجهاد الخضوع (f_y) مع عدم التقيد بكل من الحد الأقل 300 مم المذكور في الفقرة، وتقليل طول التثبيت بضربه في معامل التقليل المذكور في البند (9-5/2).



الشكل 9-12: المسافة الصافية بين القضبان الموصولة

9-12/4/2 يجب أن تكون وصلات التراكب في القضبان المحززة أو السلك المحزز المعرضة للشد من الصنف (B)، ويسمح باستعمال وصلات من الصنف (A) عند تحقق كلا الشرطين التاليين: ان لا تقل مساحة حديد التسليح الموجود على طول التراكب الكلي عن ضعف المساحة المطلوبة بموجب التحليل، وأن يتم تراكب ما لا يزيد على نصف المساحة الموجودة من حديد التسليح ضمن مسافة الوصلة.

9-12/4/3 عند استعمال وصلات تراكب لقضبان شد ذات أقطار مختلفة فيجب أن يكون طول الوصلة مساوياً إلى القيمة الأكبر من طول التثبيت (l_d) للقضيب ذي القطر الأكبر وطول وصلة تراكب الشد للقضيب ذي القطر الأصغر.

9-12/4/4 عندما تكون مساحة التسليح الفعلية اقل من ضعف المساحة المطلوبة بموجب التحليل ينبغي أن تحقق الوصلات الملحومة أو الوصلات الميكانيكية متطلبات الفقرتين (9-12/3/2) و (9-12/3/4).

9-5/4/12 يجب تنفيذ الوصلات في عناصر الشد (tension tie members) بشكل وصلات ملحومة كاملة أو ميكانيكية بشكل تام، وذلك طبقاً لمتطلبات الفقرتين (9-2/3/12) أو (9-4/3/12) كما يجب ان تترتب الوصلات في القضبان المتجاورة بالتعاقب (staggered) وعلى مسافات لا تقل عن 750مم.

9-5/12 وصلات قضبان التسليح المحززة في الانضغاط [1]

(Splices of Deformed Bars in Compression)

9-1/5/12 يجب أن تكون أطوال وصلات التراكب في حالة الانضغاط كما يلي:

أ- $(0.071 f_y d_b)$ في حالة كون إجهاد الخضوع f_y لا يزيد على 420 ميكاباسكال.

ب- $(0.13 f_y - 24) d_b$ في حالة كون إجهاد الخضوع f_y يتجاوز 420 ميكاباسكال.

ج- لا يقل طول الوصلة عن 300 مم.

عند استعمال خرسانة ذات مقاومة انضغاط تقل عن 21 ميكاباسكال يجب زيادة طول وصلة التراكب بمقدار ثلث الطول المطلوب.

9-2/5/12 عندما تكون القضبان المعرضة للانضغاط والموصولة بالتراكب ذات أقطار مختلفة فينبغي أن

يمثل طول التراكب المطلوب القيمة الأكبر مما يلي:

أ- طول التوصيل للقضيب ذي القطر الأصغر.

ب- طول التثبيت للقضيب ذي القطر الأكبر.

ويمكن أن توصل القضبان ذات الأقطار 43 و 57 مم بالتراكب مع القضبان ذات قطر 36 مم أو أصغر.

9-3/5/12 يجب أن تحقق الوصلات الملحومة أو الميكانيكية المعرضة للانضغاط متطلبات احدى

العبارتين (9-2/3/12) أو (9-4/3/12).

9-4/5/12 وصلات التحميل الطرفية (End Bearing Splices)

9-1/4/5/12 في القضبان المعرضة للانضغاط يسمح بنقل إجهاد الانضغاط باستعمال وصلات تحميل

طرفية فقط. تنفذ هذه الوصلات بواسطة قطع النهاية الطرفية بشكل قائم (square cut) مع تحقيق

تماس مركزي (concentric contact) بواسطة أجهزة مناسبة.

9-2/4/5/12 يجب أن تتوقف أطراف القضبان عند سطوح مستوية متعامدة مع محور القضبان (الزاوية

المسموحة للتفاوتات تكون ضمن (1.5 درجة))، كما يجب أن تتركب بإسناد كامل لا يميل بأكثر من

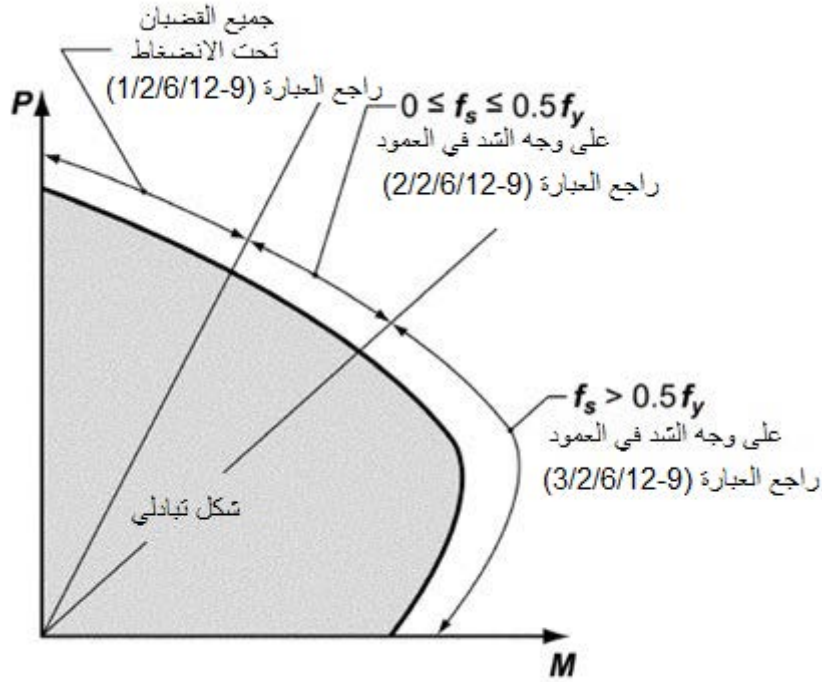
3 درجة بعد إكمال التنفيذ.

9-3/4/5/12 تستعمل وصلات التحميل الطرفية في العناصر الحاوية على رباطات مغلقة أو أطواق

مغلقة أو تسليح حلزوني (spirals) فقط.

6/12-9 متطلبات الوصلات في الأعمدة (Splice Requirements for Columns) [1]

1/6/12-9 تستعمل وصلات التراكب ووصلات اللحام التخالفي (butt welding) والوصلات الميكانيكية ووصلات التحميل الطرفية في الأعمدة مع الأخذ في الحسبان المتطلبات المنصوص عليها في الفقرات من (2/6/12-9) وإلى (4/6/12-9). ويجب أن تحقق الوصلات متطلبات حالات تجميع الأحمال (load combinations) كافة في العمود.



الشكل 2/12-9: المتطلبات الخاصة بوصلات تراكب الأعمدة

2/6/12-9 وصلات التراكب في الأعمدة (Lap Splices in Columns)

1/2/6/12-9 عندما تكون الإجهادات الناتجة من الأحمال المعاملة في القضبان هي إجهادات انضغاط، فإن وصلات التراكب يجب أن تحقق متطلبات العبارتين (1/4/5/12-9) و(2/4/5/12-9) وكذلك تحقق متطلبات العبارتين (4/2/6/12-9) أو (5/2/6/12-9) إذا كانت هاتان الفقرتان قابلة للتطبيق.

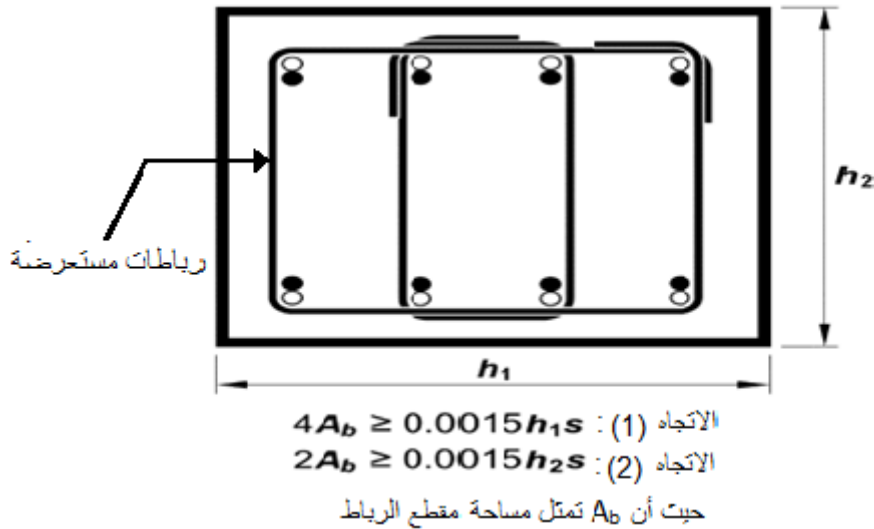
2/2/6/12-9 عندما تولد الأحمال المعاملة إجهادات شد في القضبان لا يتجاوز مقدارها $0.5f_y$ ، فينبغي أن تكون وصلات التراكب من الصنف (B) وذلك إذا تم وصل أكثر من نصف القضبان عند مقطع معين.

أو يمكن أن تكون وصلات الشد هذه من الصنف (A) إذا تم وصل أقل من نصف القضبان في مقطع معين مع مراعاة أن تتعاقب (staggered) وصلات التراكب الأخرى على مسافات مقدارها ℓ_d .

3/2/6/12-9 عندما تولد الأحمال المعاملة إجهادات شد في القضبان يتجاوز مقدارها $0.5f_y$ فان وصلات التراكب يجب أن تكون من الصنف (B).

4/2/6/12-9 في عناصر الانضغاط المجهزة بريباطات مستعرضة (lateral ties) وعندما تكون هذه الرباطات ممتدة على طول وصلة التراكب ولها مساحة فعالة لا تقل عن $0.0015h_s$ في كلا الاتجاهين فإنه يسمح بضرب طول وصلات التراكب بالمعامل (0.85) مع مراعاة أن لا يقل طول وصلة التراكب عن (300 مم). كما يجب أن تستعمل السيقان المتعامدة مع البعد (h) في حساب المساحة الفعالة.

5/2/6/12-9 في عناصر الانضغاط المجهزة بتسليح حلزوني (spirals) يسمح بضرب طول وصلات التراكب للقضبان المحاطة بالتسليح الحلزوني بالمعامل (0.75) مع مراعاة أن لا يقل طول وصلة التراكب عن (300 مم).



الشكل 3/12-9: تطبيق متطلبات العبارة (4/2/6/12-9)

3/6/12-9 الوصلات الميكانيكية أو وصلات اللحام في الأعمدة (Mechanical or Welded Splices in Columns)

يجب أن تحقق الوصلات المثبتة ميكانيكياً أو وصلات اللحام في الأعمدة متطلبات احدي الفقرتين (2/3/12-9) أو (4/3/12-9).

9-4/6/12 وصلات التحميل الطرفية في الأعمدة (End-Bearing Splices in Columns)

يمكن استعمال وصلات التحميل الطرفية المتوافقة مع متطلبات الفقرة (9-4/5/12) في قضبان الأعمدة المعرضة إلى إجهادات انضغاط على أن تتعاقب (staggered) هذه الوصلات أو أن توضع قضبان إضافية في مواقع الوصل مع مراعاة أن تتولد مقاومة شد في القضبان المستمرة على امتداد كل وجه من أوجه العمود (طبقاً لمقدار إجهاد الخضوع f_y) لا تقل عن حاصل ضرب المقدار $(0.25f_y)$ في مساحة حديد التسليح الشاقولي عند ذلك الوجه.

9-5/6/12 وصلات التراكب لشبكات الأسلاك المحززة الملحومة في الشد [1]

(Splices of Welded Deformed Wire Reinforcement in Tension)

9-1/5/6/12 وصلات شبكات أسلاك اللحام المحززة في الشد

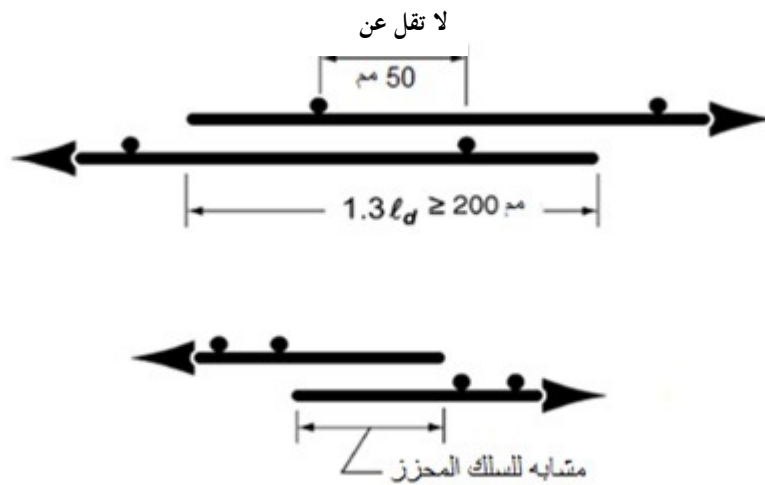
9-1/5/6/12 يجب أن لا يقل طول وصلات التراكب الأقل لشبكة الأسلاك المحززة الملحومة مقاساً بين طرفي كل شبكة أسلاك عن القيمة الأكبر من $(1.3\ell_d)$ و (200 مم) مع مراعاة أن لا تقل مسافة التراكب المقاسة بين أبعد الأسلاك في شبكة الأسلاك عن 50 مم ، حيث ان (ℓ_d) يحسب طبقاً لمتطلبات الفصل (7-9) لغرض ضمان بلوغ إجهاد الخضوع (f_y) .

9-2/1/5/6/12 يجب حساب اطوال وصلات التراكب لشبكات الأسلاك المحززة الملحومة التي لا تحتوي

على أسلاك عرضية ضمن طول التراكب بشكل يماثل حساب وصلات التراكب للسلك المحرز.

9-3/1/5/6/12 يجب تطبيق متطلبات العبارة (9-2/5/6/12) عند عمل وصلات تراكب لشبكات

أسلاك ملحومة تحوي على أسلاك ملساء أو أسلاك محززة ذات اقطار أكبر من المقاس (MD200) ممدودة في اتجاه مد وصلة التراكب نفسه، وكذلك تطبق هذه المتطلبات عند عمل وصلة تراكب بين شبكة أسلاك ملحومة محززة وشبكة أسلاك ملحومة ملساء.



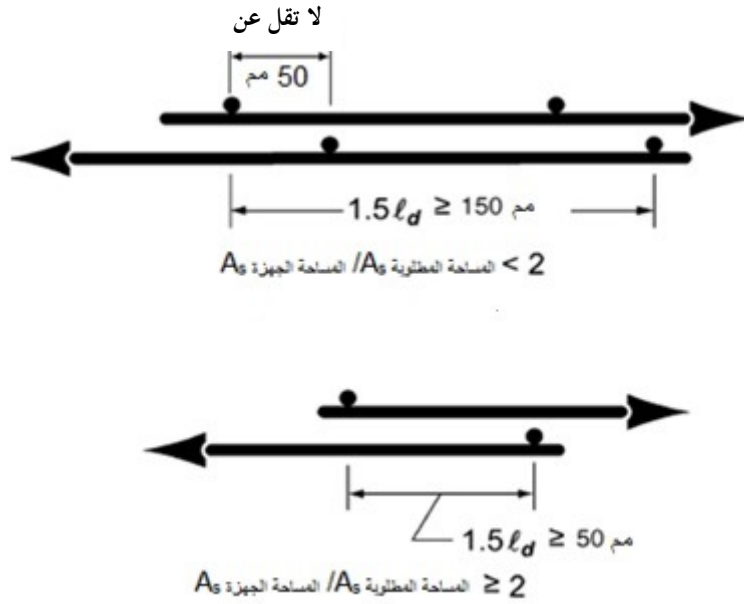
الشكل 9-4/12: وصلات التراكب لشبكات الأسلاك المحززة

9-12/5/6/2 وصلات شبكات الأسلاك الملساء الملحومة في الشد

يجب أن يحسب طول وصلات التراكب الأقل لشبكة الأسلاك الملساء الملحومة بموجب العبارتين (9-12/5/6/1) و (9-12/5/6/2).

9-12/5/6/1 عندما تقل مساحة التسليح المجهزة لوصلات التراكب عند وصلات التراكب عن ضعف المساحة المطلوبة في التحليل فان طول التراكب المقاس بين أبعد سلكين عرضيين لكل شبكة أسلاك يجب أن لا يقل عن مسافة تباعد الأسلاك العرضية مضافاً لها (50 مم) ولا يقل عن $(1.5\ell_d)$ ولا عن (150مم)، حيث أن (ℓ_d) يمثل طول التثبيت الذي يضمن بلوغ إجهاد الخضوع f_y .

9-12/5/6/2 عندما لا تقل مساحة التسليح المجهزة عند وصلات التراكب عن ضعف المساحة المطلوبة في التحليل فان طول التراكب بين أبعد سلكين عرضيين لكل شبكة يجب أن لا يقل عن $(1.5\ell_d)$ ولا عن (50مم)، حيث أن (ℓ_d) يمثل طول التثبيت الذي يضمن بلوغ إجهاد الخضوع (f_y) .



الشكل 9-5/2: وصلات التراكب لشبكات الأسلاك الملساء

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. ACI Committee 408, "Bond Stress- The State of the Art," ACI Journal, Proceedings V.63, No. 11, Nov. 1966, pp. 1161-1188.
3. ACI Committee 408, "Suggested Development, Splice, and Standard Hook Provisions for Deformed Bars in Tension (ACI 408.IR-90)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1990, 3pp.
4. Jirsa, J. O.; Lutz, L. A.; and Gergely, P., "Rationale for Suggested Development, Splice, and Standard Hook Provisions for Deformed Bars in tension," Concrete International: Design and Construction, V. 1, No.7, July 1979, pp. 47-61.
5. Azizinamini, A.; Chisala, and Ghosh, S. K., " Tension Development Length of Reinforcing Bars Embedded in High Strength Concrete," Engineering Structures, V.17, No. 7. 1995, pp. 512-522.
6. Jirsa, J. O. and Breen, J. E, "Influence of Casting Position and Shear on Development and splice Length – Design Recommendation," Research report 242—3F, Center for Transportation Research, Breau of Engineering Research University of Texas and Austin, Nov. 1981.
7. Jeeanty, P.R.; Mitchell, D.; and Mirza , M.S., "Investigation of Top Bar' Effects in Beams," ACI Structural Journal, V.85, No. 3, May –June 1988, pp.167-174.
8. Jirsa, J. O. and Marques, J. L.G., "A Study of Hooked Bar Anchorages in Beam –Column Joints," ACI Journal, Proceedings V. 72, No. 2, May 1975, pp. 210-217.
9. Hamnd , B. S.; Jirsa, J. O. and D' Abreu, N. I., "Anchorage Strength of Epoxy –Coated Hooked Bars" , ACI Structural Journal , V.90, No.2, Mar.-Apr. 1993 pp. 210-217
10. Thomposon , M. K.; Ziehl, M. J.; Jirsa , J. O and Breen, "CCT Nodes Anchored by Headed Bars – Part 1: Behavior of Nodes "ACI Structural Journal , V.102, No.6, Nov.-Dec.2005, pp. 808-815
11. Thomposon, M. K.; Jirsa, J.O.; and Breen, J. E, "CCT Nodes Anchored by Headed Bars – Part 2: Capacity of Nodes "ACI Structural Journal, V.103, No.1, Jan. - Feb. 2006, pp. 65-73.
12. Thomposon , M. K.; Ledesma, A.; Jirsa, J. O and Breen, J. E. "Lap Splices Anchored by Headed Bars," ACI Structural Journal, V.103, No. 2, Mar.-Apr.2006, pp. 271-279.
13. Bartoletti, S. J., and Jirsa, J. O.; "Effects of Epoxy –Coating on Anchorage and Development of Welded Wire Fabric," ACI Structural Journal, V. 92, No. 6, Nov. -Dec. 1995, pp. 757-764.

الباب 10

أنظمة البلاطات باتجاهين

Two-Way Slab Systems

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الأمريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الأمريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-10 مقدمة عامة (General) [2 ، 1]

1-10/1 تطبق فقرات الباب العاشر على أنظمة البلاطات الخرسانية المسلحة لمقاومة الانحناء في أكثر من اتجاه واحد ويمكن لهذه البلاطات أن تحتوي على عتبات ممتدة بين المساند (slabs supported by edge beams) أو أن تكون بدون عتبات (flat slabs).

1-10/2 تعد البلاطات الصلدة والبلاطات المحصورة بين الأضلاع (ribs) الممتدة باتجاهين أو بين العتبات الممتدة في اتجاهين مشمولة في مجال تطبيقات هذا الفصل.

1-10/3 يجب أن يحدد السمك الأقل للبلاطات المصممة طبقاً لمتطلبات هذا الفصل.

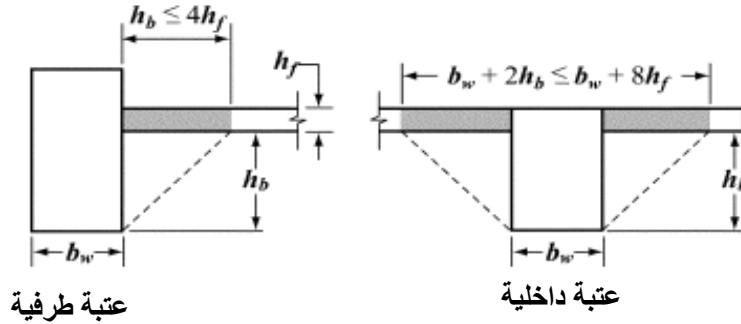
1-10/4 يمكن أن تستند أنظمة البلاطات إلى أعمدة أو جدران، وفي حالة الإستناد إلى أعمدة فإن الأبعاد (C_1) و (C_2) والبعد الصافي (ℓ_n) تعتمد على المساحة الفعالة للإسناد والمحددة بتقاطع السطح الأسفل للبلاطة أو اللوح المتدلي (drop panel) (إن وجد) مع أكبر مخروط دائري قائم، أو أكبر هرم قائم أو اسفين متغير المقطع (tapered wedge) والتي تقع سطوحها ضمن العمود أو تاج العمود أو الكتيفة (bracket) مع مراعاة أن تميل جميع هذه السطوح عن محور العمود بزاوية لا تزيد على (45 درجة) لتاج العمود.

1-10/5 الشريحة الجانبية عند محاور الأعمدة أو الجدران (column strip) هي شريحة تصميمية ذات عرض على كل جانب من جوانب خط محاور الأعمدة أو الجدران (column centerline) مساو إلى $(0.25\ell_1)$ أو $(0.25\ell_2)$ أيهما أصغر (إلا إذا ذكر خلاف ذلك) كما يمكن أن تتضمن الشريحة الجانبية عتبات إن وجدت.

1-10/6 الشريحة الوسطية (middle strip) هي الشريحة التصميمية المحاطة بشريحتين جانبيتين (two-column strips).

1-10/7 تحدد حافات لوح البلاطة (slab panel) بالخطوط المركزية (centerlines) للأعمدة أو العتبات أو الجدران.

10-8/1 يتضمن مقطع العتبة في المنشآت المنفذة عناصرها بشكل مترابط مع بعضها البعض (monolithic casting) أو المنشآت المركبة بشكل تام (fully composite construction) ذلك الجزء من البلاطة المنفذ على كل جانب من جانبي العتبة، والممتد الى مسافة تساوي مسقط العتبة أعلى أو أدنى البلاطة، أيهما أكبر، على أن لا يزيد هذا الجزء على أربعة أمثال سمك البلاطة وكما هو موضح في الشكل (10-1/1).



الشكل 10-1/1 : جزء البلاطة الذي يجب إضافته إلى مقطع العتبة [2]

10-9/1 يجب أن يحقق اللوح المتدلي (drop panel) الذي يستعمل لتقليل كمية حديد التسليح لمقاومة العزم السالب (negative moment reinforcement) عند الأعمدة، أو يستعمل لتقليل الحد الأدنى لسمك البلاطة، الخصائص التالية:

- أ- ان يكون ممتداً في كلا الاتجاهين مسافة مقاسة من مركز خط الإسناد (support centerline) لا تقل عن سدس الفضاء مقاساً بين مراكز المساند وفي الاتجاه نفسه.
- ب- ان يكون ذا امتداد أسفل البلاطة مساوٍ على الأقل إلى ربع سمك البلاطة.

10-2 تسليح البلاطات (Slab-Reinforcement) [2 ، 4 ، 5 ، 6]

10-1/2 في انظمة البلاطات المسلحة باتجاهين يجب حساب كمية حديد التسليح اعتماداً على مقدار العزوم في المقاطع الحرجة، كما ينبغي أن لا تقل هذه الكمية عن كمية حديد التسليح المطلوبة طبقاً للعبارة (3/11/5-4).

10-2/2 يجب أن يمتد حديد تسليح العزوم الموجبة المتعامد مع الحافة غير المستمرة (discontinuous edge) إلى حافة البلاطة بشكل مستقيم (straight) أو معقوف (hooked) بمسافة تثبيت لا تقل عن (150مم) داخل العتبات المحيطة (spandrel beams) أو الأعمدة أو الجدران.

10-3/2 في البلاطات الصلدة يجب أن لا تزيد مسافة التباعد بين قضبان التسليح في المقاطع الحرجة عن ضعف سمك البلاطة.

10-4/2 حديد التسليح في منطقة العزوم السالبة المتعامد مع الحافات غير المستمرة (discontinuous edges)، ينبغي أن يحنى أو يعقف أو يثبت داخل العتبة المحيطة (Spandrel beam) أو الأعمدة أو

الجدران. ويجب أن يمتد من وجه المسند إلى داخل الفضاء مسافة التثبيت المطلوبة طبقاً لمتطلبات الباب التاسع.

5/2-10 عندما لا تكون البلاطة مستندة إلى عتبة محيطية أو جدار عند حافتها غير المستمرة أو عندما تكون البلاطة ناتئة (cantilever) عن مسندها عند الحافة غير المستمرة في هذه الحالة يسمح بتثبيت (anchorage) حديد التسليح ضمن البلاطة.

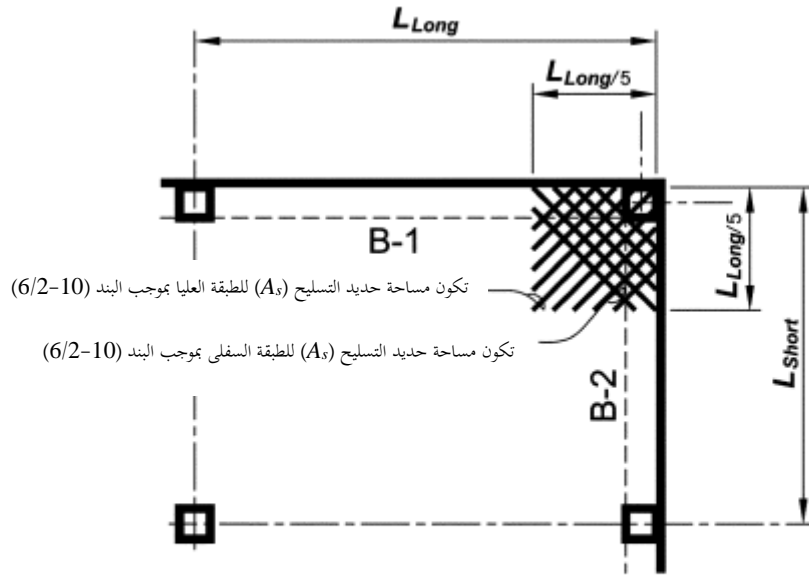
6/2-10 في حالة الأركان الخارجية للبلاطات التي تستقر عليها جدران طرفية (edge walls)، أو عند تلك الأركان الخارجية التي تمتد عندها عتبة طرفية واحدة أو أكثر ذات نسبة جساءة (α_f) تزيد على (1.0)، يجب وضع حديد التسليح العلوي والسفلي عند تلك الأركان بحسب ما تشترطه الفقرتان (10-1/6/2) و(10-4/6/12).

1/6/2-10 يجب أن يكون حديد التسليح العلوي والسفلي للأركان الخارجية كافياً لمقاومة عزم (لكل وحدة عرض من البلاطة) مساوٍ إلى أكبر عزم موجب (لكل وحدة عرض) مسلط على لوح البلاطة.

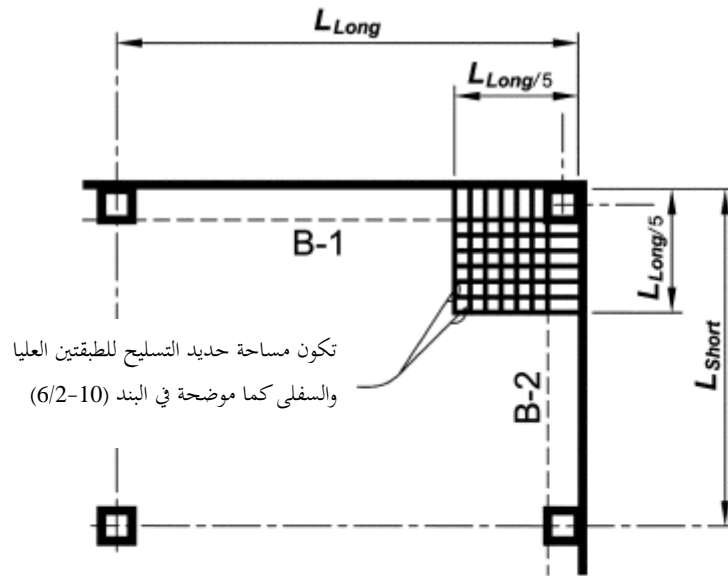
2/6/2-10 يجب افتراض أن العزم المسلط في الوجه العلوي للبلاطة يكون حول المحور المتعامد مع الوتر (diagonal) المرسوم من الأركان. كما يفترض أن العزم المسلط في الوجه الأسفل للبلاطة يكون حول المحور الموازي للوتر المرسوم من أركان البلاطة.

3/6/2-10 يجب أن يمتد حديد تسليح الأركان لمسافة في كلا الاتجاهين مقاسة من الأركان مساوية إلى خمس طول الفضاء الأكبر للوح البلاطة (slab panel).

4/6/2-10 يجب أن يكون حديد تسليح الأركان العلوي موازياً إلى الوتر ويكون حديد التسليح السفلي متعامداً مع الوتر في أسفل البلاطة كما مبين في الشكل (10-1/2). وكبديل آخر يمكن وضع حديد تسليح الأركان على شكل شبكتين موازية إلى جوانب البلاطة في أعلى البلاطة وأسفلها.



البديل 1



البديل 2

الملاحظات:

1. يُختار احد البديلين (1) أو (2) عندما تكون نسبة الجساءة (α_f) للعتبتين (B-1) او (B-2) اكبر من 1.0.
2. إن أكبر مسافة تباعد مسموحة بين قضبان حديد التسليح هي ضعف سمك البلاطة.

الشكل 10-1/2: تفاصيل حديد تسليح الاركان الخارجية للبلاطات [2]

10-7/2 في البلاطات المسطحة (flat slabs) يجب أن تكون أبعاد اللوح المتدلي عند استعماله لتقليل كمية حديد التسليح للعزم السالب فوق العمود بحسب متطلبات الفقرة (10-9/1).
ولغرض حساب كمية حديد التسليح المطلوبة يجب أن لا يؤخذ سمك اللوح المتدلي أسفل البلاطة اكبر من ربع المسافة من حافة اللوح المتدلي إلى وجه العمود (column face) أو تاج العمود (column capital).

8/2-10 تفاصيل حديد التسليح في البلاطات غير الحاوية على عتبات (Details of Reinforcement in Slabs without Beams)

1/8/2-10 إضافة إلى متطلبات الفصل (2-10) يجب أن يمتد حديد تسليح البلاطات غير الحاوية على عتبات إلى المسافات الأقل المبينة في الشكل (2/2-10).

الشريحة	الموقع	مساحة حديد التسليح الدنيا في المقطع	بدون الواح متدلية	الواح متدلية
شريحة جانبية	تسليح علوي	50% المتبقي		
	تسليح سفلي	100%		
شريحة وسطية	تسليح علوي	100%		
	تسليح سفلي	50% المتبقي		

الشكل 2/2-10: مسافات الامتداد الأقل لحديد تسليح البلاطات بدون عتبات [2]

2/8/2-10 يجب أن تتحقق امتدادات حديد تسليح العزم السالب بعد وجه المسند المبينة في الشكل (2-10) اعتماداً على متطلبات الفضاء الأطول في حالة كون البلاطات المتجاورة غير متساوية الفضاءات.

3/8/2-10 يسمح باستعمال حديد التسليح المحني (bent bars) فقط عندما تسمح نسبة العمق إلى طول الفضاء (depth-span ratio) بعمل حنيات (bends) في حديد التسليح بزاوية (45 درجة) أو أقل.

10-4/8/2 في الهياكل الإنشائية الحاوية على بلاطات مسلحة باتجاهين والتي تستعمل كعنصر أساس لمقاومة الأحمال الجانبية (lateral loads) يجب تحديد أطوال القضبان التسليح بواسطة التحليل وينبغي أن لا تكون أقل من تلك المبينة في الشكل (10-2/2).

10-5/8/2 يجب أن تكون كل قضبان أو أسلاك التسليح للطبقة السفلى للبلاطة ضمن الشريحة الجانبية (column strip) لكل اتجاه مستمرة أو موصولة بوصلات الصنف (class B) من وصلات الشد (tension splice) أو تكون موصولة بوصلات ميكانيكية أو ملحومة (mechanical or welded) (splices) بحسب البند (9-3/12).

كما يجب أن تكون مواقع الوصلات كما مبينة في الشكل (10-2/2) كما ينبغي مد قضبيي تسليح على الأقل في كل اتجاه ضمن الطبقة السفلى من تسليح الشرائح الجانبية (column strip) يمران في المنطقة المحددة بالتسليح الطولي للأعمدة ويثبتان عند المساند الطرفية.

10-6/8/2 في البلاطات المرفوعة (lift slab) عندما لا يمكن من الناحية العملية إمرار ما لا يقل عن قضبيين من تسليح الطبقة السفلى خلال العمود كما هو مطلوب طبقاً للعبارة (10-5/8/2) فإنه يجب أن يمرا خلال حلقة الرفع (lifting collar) عند الأعمدة قضيبان أو سلكان مرتبطان من تسليح الطبقة السفلى (bottom bars) على الأقل في كل اتجاه. كما ينبغي لهذين القضبيين أن يكونا قريبين قدر الإمكان من الأعمدة، ومستمرين أو موصولين بوصلات الصنف (class A). أما فيما يخص الأعمدة الطرفية، فإنه يجب أن يثبت حديد التسليح عند حلقة الرفع.

10-3 الفتحاح في أنظمة البلاطات (Openings in Slabs Systems) [2 ، 4]

10-1/3 يسمح بوجود الفتحاح ذات المقاسات المختلفة في أنظمة البلاطات طبقاً لمتطلبات الفصلين (6-2) و(6-3) إذا اثبت التحليل ان المقاومة الاسمية التصميمية مساوية على الأقل إلى المقاومة المطلوبة مع مراعاة تحقيق متطلبات التشغيلية (serviceability conditions) بما في ذلك تحديدات الانحراف (deflection limits).

10-2/3 وكبديل آخر للتحليل المطلوب في البند (10-1/3) يسمح بوجود الفتحاح في أنظمة البلاطات غير الحاوية على عتبات طبقاً للفقرات (10-1/2/3) إلى (10-3/2/3).

10-1/2/3 يسمح بوجود الفتحاح بأي مقاسات ضمن المساحة المشتركة المحددة بتقاطع الشرائح الوسطية مع مراعاة المحافظة على كمية حديد التسليح الكلية المطلوبة في لوح بلاطة مماثلة غير حاوية على فتحة.

10-2/2/3 يسمح بوجود فتحاح في تقاطعات الشرائح الجانبية شريطة أن لا يتعارض أكثر من ثمن كمية حديد التسليح المطلوبة مع الفتحة على أن تضاف كمية مكافئة من حديد التسليح على جوانب تلك الفتحة.

10-3/2/3 يسمح بوجود فتحات في المساحة المشتركة المحددة بتقاطع شريحة وسطية مع شريحة جانبية شريطة أن تكون مساحة التسليح المتوقفة عند الفتحة لا تتجاوز ربع كمية التسليح لكل شريحة مع مراعاة ان تضاف كمية من حديد التسليح موزعة على جوانب الفتحة مكافئة لكمية التسليح المتوقفة بسبب وجود الفتحات.

10-4/2/3 يجب أن تتحقق متطلبات القص المبينة في البند (8-7/8) من هذه المدونة.

10-4 مناهج التصميم (Design Procedures) [2 ، 7 ، 8]

10-1/4 يجب أن تصمم أنظمة البلاطات بأي طريقة تحقق شروط التوازن (equilibrium) والتوافق الهندسي (geometric compatibility) إذا بينت الطريقة ان المقاومة التصميمية عند أي مقطع تكون على الأقل مساوية للمقاومة الاسمية المطلوبة بموجب الفصلين (6-2) و(6-3) مع مراعاة تحقق شروط التشغيلية (serviceability) بضمنها أن حدود الانحرافات قد تحققت.

10-1/1/4 يمكن استعمال طريقة معاملات العزوم المذكورة في الفصل (10-5) او اتباع طريقة التصميم المباشر (direct design method) المذكورة في الفصل (10-6) لتصميم أنظمة البلاطات المعرضة إلى أحمال الجاذبية والمشملة على بلاطات مستندة الى جدران او عتبات تمتد بين مساند الأعمدة أو الجدران الحاملة.

10-2/1/4 يجب أن يؤخذ في الحسبان عند تحليل الهياكل الإنشائية المعرضة للأحمال الجانبية تأثير التشققات ووجود حديد التسليح في جساءة العناصر الإنشائية المكونة للهياكل.

10-3/1/4 يسمح بتجميع نتائج تحليل الأحمال الشاقولية مع نتائج تحليل الأحمال الجانبية.

10-2/4 يجب أن تكون أبعاد البلاطات والعتبات الممتدة بين المساند (إن وجدت) متناسبة مع قيم العزوم المعاملة التي يتعرض لها أي مقطع.

10-3/4 إذا تسببت أحمال الجاذبية أو الأحمال الجانبية المتسببة عن الرياح والهزات الأرضية أو أي حمل جانبي آخر في انتقال العزوم بين البلاطات والأعمدة فان جزء العزم غير المتوازن (unbalanced moment) يجب أن ينتقل بواسطة الانحناء (by flexure) وفقاً للفقرات من (10-2/3/4) إلى (10-3/3/4).

10-1/3/4 يجب أن ينتقل جزء العزم غير المتوازن وغير المنقول بالانحناء بواسطة لامركزية القص (eccentricity of shear) وفقاً لمتطلبات البند (8-1/12).

10-2/3/4 يعد جزء العزم غير المتوازن والمحدد بالقيمة $(\gamma_f M_u)$ منتقلاً بواسطة الانحناء ضمن عرض فعال من البلاطة يقع بين خطوط تبعد خارج الوجوه المتقابلة للعمود أوتاج العمود أو الوجوه المتقابلة للوح المتدلي وبمقدار مرة ونصف بقدر سمك البلاطة أو مرة ونصف بقدر سمك اللوح المتدلي $(1.5h)$.

حيث أن (M_u) يمثل العزم المعامل المطلوب انتقاله والمعامل (γ_f) يحسب من العلاقة التالية:

$$\gamma_f = \frac{1}{1 + \left(\frac{2}{3}\right) \sqrt{b_1/b_2}} \dots\dots\dots (1/4-10)$$

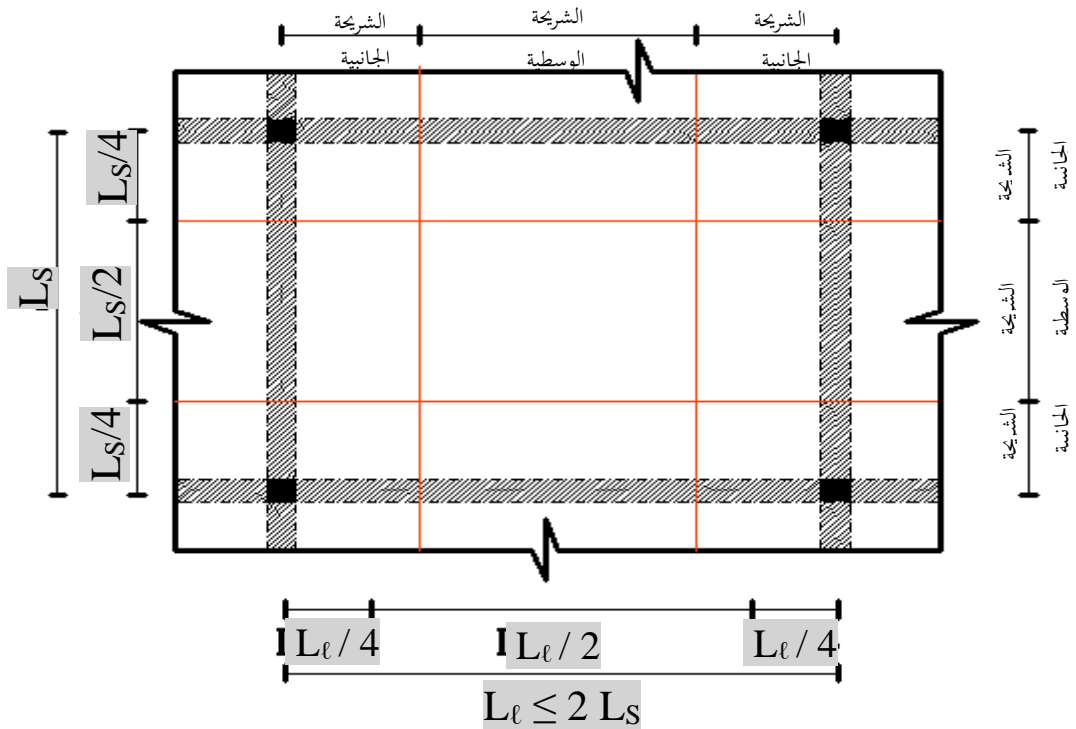
10-3/3/4 يجب تركيز حديد التسليح فوق الأعمدة بمسافات متقاربة أو وضع حديد تسليح إضافي لمقاومة العزوم عند منطقة عرض البلاطة الفعال المعرفة في الفقرة (10-2/3/4).

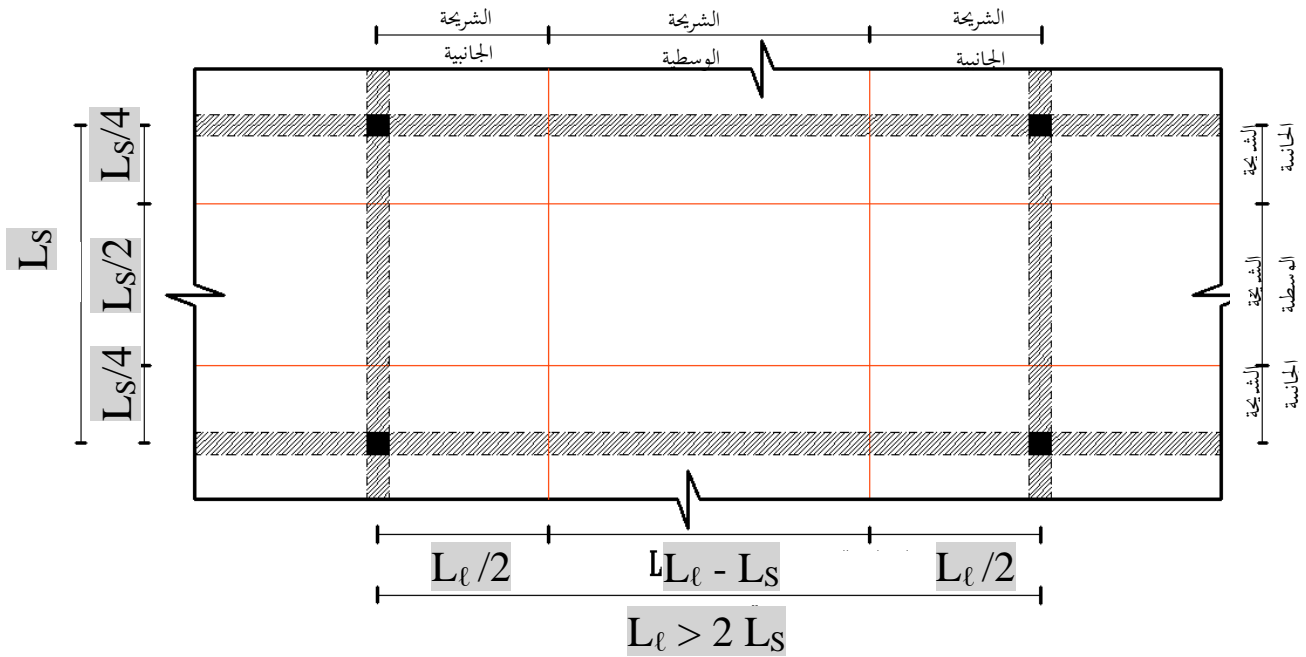
10-4/4 يجب إجراء التصميم الخاصة بانتقال الأحمال من البلاطة إلى الأعمدة والجدران الساندة بواسطة القص واللي وفقاً لمتطلبات الباب الثامن من هذه المدونة.

10-5 تصميم البلاطات المسلحة باتجاهين بطريقة معاملات العزوم [3]
(Design of Two Way Slabs by Method of Moment Coefficients)

تعتمد هذه الطريقة على جدول لمعاملات العزوم لحالات متعددة من البلاطة مستندة في حافاتها الأربعة. استخرجت هذه المعاملات بالاعتماد على التحليل المرن مع الأخذ في الحسبان إعادة التوزيع غير المرن لعزوم البلاطة (inelastic moment redistribution).

10-1/5 يجب أن يعد كل لوح بلاطة (slab panel) مسلحاً باتجاهين متعامدين ومكوناً من شرائح وسطية (middle strips) وشرائح جانبية قرب المساند (column strips) ممتدة في كلا الاتجاهين كما في الشكل (10-1/5).





الشكل 10-1: توزيع الشرائح الوسطية والجانبية الخاصة بالبلاطات المصممة بطريقة معاملات العزوم [3]

10-2 التحديدات (Limitations)

تستعمل هذه الطريقة للبلاطات الصلدة (solid slabs) أو المضلعة (ribbed slabs)، ويمكن أن تكون البلاطة مستمرة (continuous) أو معزولة (isolated). وفي جميع الأحوال يجب أن تكون البلاطة مستندة عند حافاتها الأربعة إلى عتبات أو جدران منفذة سوية مع البلاطة بحيث تترايط المساند والبلاطة سوية مع بعضها البعض (monolithic casting).

10-3 عزوم الانحناء في الشرائح الوسطية (Bending Moments in Middle Strips)

ينبغي حساب عزوم الانحناء (M_u) في الشرائح الوسطية من العلاقة:

$$M_u = coeff \cdot q_u \cdot \ell_s^2 \dots\dots\dots(1/5-10)$$

حيث أن (q_u) يمثل الأحمال الكلية المضخمة المسلطة على البلاطة.

و(ℓ_s) يمثل الفضاء القصير للبلاطة ويكون مساوياً إلى المسافة المركزية (center)

(to center distance) بين المساند بالاتجاه القصير (L_s) أو المسافة الصافية بين المساند في الاتجاه القصير

مضافاً لها ضعف سمك البلاطة أيهما اقل.

يمثل (coeff.) معاملات العزوم السالبة والموجبة عند المقاطع الحرجة لمختلف حالات استناد البلاطة عند

حافاتها كما مبين في الجدول (10-1).

الجدول 10-1/5: معاملات العزوم للبلطات العاملة باتجاهين [3]

الاتجاه الطويل، لكل نسب الفضاءات	الاتجاه القصير						معاملات العزوم بموجب الفصل (10-5)	
	نسبة الفضاء القصير إلى الفضاء الطويل $m = \frac{L_s}{L_\ell}$							
	0.5 أو أقل	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	العزوم	
							الحالة (1) لوحة البلاطة الداخلي	
0.033	0.083	0.063	0.055	0.048	0.040	0.033	العزم	عند الحافة المستمرة
—	—	—	—	—	—	—	السالب	عند الحافة غير المستمرة
0.025	0.062	0.047	0.041	0.036	0.03	0.025	العزم الموجب في منتصف الفضاء	
							الحالة (2) بلاطة ذات حافة واحدة غير مستمرة	
0.041	0.085	0.069	0.062	0.055	0.048	0.041	العزم	عند الحافة المستمرة
0.021	0.042	0.035	0.031	0.027	0.024	0.021	السالب	عند الحافة غير المستمرة
0.031	0.64	0.052	0.047	0.041	0.036	0.031	العزم الموجب في منتصف الفضاء	
							الحالة (3) بلاطة ذات حافتين غير مستمرتين	
0.049	0.090	0.078	0.071	0.064	0.057	0.049	العزم	عند الحافة المستمرة
0.025	0.045	0.039	0.036	0.032	0.028	0.025	السالب	عند الحافة غير المستمرة
0.037	0.068	0.059	0.054	0.048	0.043	0.037	العزم الموجب في منتصف الفضاء	
							الحالة (4) بلاطة ذات ثلاث حافات غير مستمرة	
0.058	0.098	0.090	0.082	0.074	0.066	0.058	العزم	عند الحافة المستمرة
0.029	0.049	0.045	0.041	0.037	0.033	0.029	السالب	عند الحافة غير المستمرة
0.044	0.074	0.068	0.062	0.056	0.050	0.044	العزم الموجب في منتصف الفضاء	

تنمة الجدول 10-1/5: معاملات العزوم للبلاطات العاملة باتجاهين [3]

الاتجاه الطويل، لكل نسب الفضاءات	الاتجاه القصير						معاملات العزوم بموجب الفصل (10-5)
	نسبة الفضاء القصير إلى الفضاء الطويل $m = \frac{L_s}{L_\ell}$						
							الحالة (5) بلاطة ذات أربع حافات غير مستمرة
—	—	—	—	—	—	—	عند الحافة المستمرة
0.033	0.055	0.05 3	0.04 7	0.04 3	0.03 8	0.033	العزم السالب عند الحافة غير المستمرة
0.050	0.083	0.08 0	0.07 2	0.06 4	0.05 7	0.050	العزم الموجب في منتصف الفضاء

ملاحظة: يمكن استعمال معاملات العزوم للتصميم بطريقة الإجهادات المسموحة (design method) working)

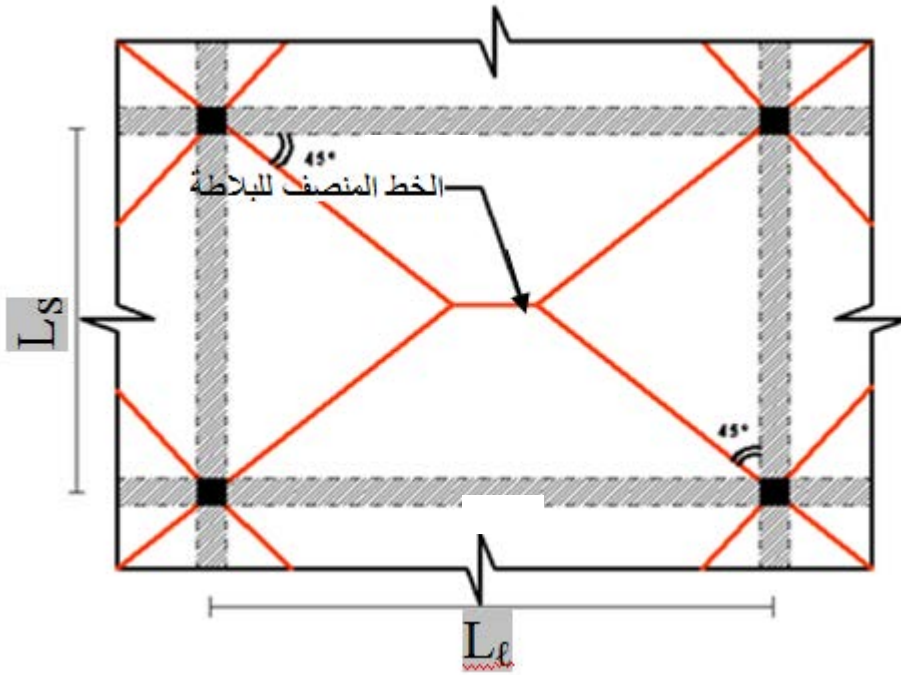
10-4/5 عزوم الانحناء في الشرائح الجانبية (Bending Moments in Column Strips)

ينبغي أن تكون معدلات العزوم الموجبة والسالبة في الشرائح الجانبية مساوية إلى ثلثي عزوم الانحناء المناظرة (corresponding) في الشرائح الوسطية.

10-5/5 في المساند الداخلية بين بلاطتين متجاورتين عندما يقل العزم السالب على جهة من المسند عن ثمانية أعشار (0.8) العزم السالب على الجهة الثانية من المسند فإنه يمكن توزيع ثلثي الفرق بين العزمين بشكل يتناسب مع جساءة (stiffness) البلاطتين المتجاورتين.

10-6/5 الأحمال المسطرة على مساند البلاطة

يمكن افتراض أن أحمال البلاطة المستطيلة الشكل المسطرة على المساند تمثل أحمال تلك المساحات من البلاطة المحددة بتقاطع الخطوط المرسومة من أركان البلاطة بزاوية مقدارها 45 درجة مع الخط المنصف للضلع القصير من البلاطة الموازي لحافة البلاطة الطويلة وكما مبين في الشكل (10-2/5).



الشكل 10-2/5 : توزيع أحمال البلاطة المسلطة على المساند [3]

ويمكن تحديد عزوم الانحناء المسلطة على مساند البلاطة بصورة تقريبية باستعمال أحمال مكافئة موزعة بشكل منتظم (equivalent uniform loads) لكل متر من طول المسند وكما يلي:

- الحمل المنتشر على المسند القصير لكل متر من طول المسند $\frac{q_u L_s}{3}$
 - الحمل المنتشر على المسند الطويل لكل متر من طول المسند $\frac{q_u L_s}{3} \left(\frac{3-m^2}{2} \right)$
- حيث أن m تمثل نسبة الفضاء المركزي القصير للبلاطة إلى الفضاء المركزي الطويل لها $(m = \frac{L_s}{L_l})$

10-6 طريقة التصميم المباشر (Direct Design Method)

10-6/1 حدود التطبيق (Limitations) [1 ، 2]

يمكن تصميم أنظمة البلاطات التي تحقق التحديدات المبينة في الفقرات من (10-6/1) إلى (10-6/8) باستعمال طريقة التصميم المباشر:

10-6/1 يجب أن لا تزيد نسبة الفضاء الطويل إلى الفضاء القصير (مقاسة بين مراكز المساند) لكل لوح بلاطة مستطيلة على (2.0).

10-6/2 يجب أن يتوافر في البلاطة ما لا يقل عن ثلاثة فضاءات مستمرة في كل اتجاه.

10-6/3 يجب أن لا تختلف أطوال الفضاءات المتعاقبة (مقاسة بين مراكز المساند) في كل اتجاه بأكثر من ثلث الفضاء الأطول.

10-4/1/6 يجب أن تكون كافة الأحمال متسببة عن الجاذبية فقط وموزعة بشكل منتظم على لوح البلاطة كله (slab panel). كما يجب أن لا تزيد مقادير الأحمال الحية غير المعاملة على ضعف مقادير الأحمال الميتة.

10-5/1/6 يجب أن لا تزيد مسافة إزاحة مراكز الأعمدة (column offset) عن الخطوط المركزية للفضاءات في كل اتجاه (مقاسة بين مراكز المساند) على 10% من طول الفضاء المركزي مقاساً باتجاه الإزاحة. 10-6/1/6 في لوح البلاطة (slab panel) الحاوي على عتبات ممتدة إلى المساند على جميع الحافات الأربعة يجب أن تحقق نسب جساءة (stiffness ratios) العتبات في اتجاهين متعامدين متطلبات العلاقة:

$$\frac{1}{5} \leq \frac{\alpha_{f1} l_2^2}{\alpha_{f2} l_1^2} \leq 5.0 \dots\dots\dots (1/6-10)$$

حيث تحسب قيمة كل من (α_{f1}) و (α_{f2}) من العلاقة:

$$\alpha_f = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cs} I_s} \dots\dots\dots (2/6-10)$$

10-7/1/6 لا يجوز تطبيق إعادة توزيع العزوم المسموحة في الفصل (5-4) على أنظمة البلاطات المصممة طبقاً لطريقة التصميم المباشر.

10-8/1/6 يسمح بقبول الاختلافات عن الحدود المنصوص عليها في البند (10-1/6)، إذا أظهرت التحليلات ان متطلبات البند (10-1/4) قد تحققت.

10-2/6 العزم الساكن المعامل الكلي في الفضاء (Total Factored Static Moment for a Span) [2 ، 9]

10-1/2/6 يجب أن يحسب العزم الساكن المعامل الكلي (M_o) لفضاء شريحة محاطة عرضياً بالخطوط المركزية لألواح البلاطة (slab panel) على طرفي الخطوط المركزية للمساند.

10-2/2/2 يجب أن لا تقل القيمة المطلقة عن مجموع العزم الموجب المعامل مضافاً له معدل العزوم السالبة المعاملة في كل اتجاه عن:

$$M_o = \frac{q_u l_n^2}{8} \dots\dots\dots (3/6-10)$$

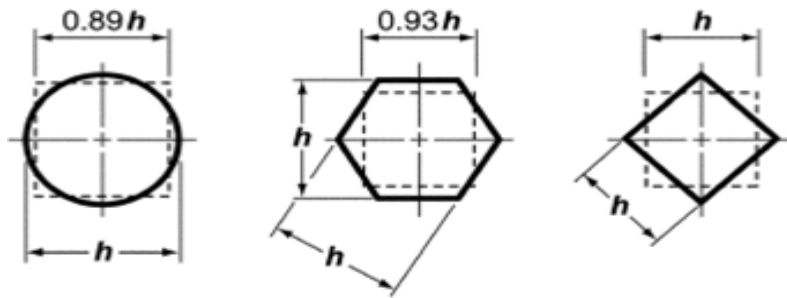
حيث أن

l_n : طول الفضاء الصافي في الاتجاه الذي تحسب عنده العزوم

10-3/2/6 إذا اختلفت الفضاءات العرضية للشريحة عند أي من جوانب محاور المساند فيجب أن تؤخذ قيمة (l_2) في العلاقة (10-3/6) مساوية إلى معدل الفضاءات العرضية المتجاورة.

4/2/6-10 عندما يكون الفضاء المأخوذ في الحساب موازياً ومجاوراً لحافة طرفية عندها يجب أن يعوض عن العرض (l_2) بالمسافة الممتدة من طرف الحافة حتى الخط المركزي للوح في العلاقة (3/6-10).

5/2/6-10 يجب أن يمتد الفضاء الصافي (l_n) بين وجوه الأعمدة أو تيجانها (capitals) أو الكتائف (brackets) أو الجدران الساندة مع مراعاة أن لا تقل قيمة (l_n) المعوض عنها في العلاقة (3/6-10) عن ($0.65l_1$). كما يجب أن تعامل المساند ذات الأشكال الدائرية أو الأشكال المنتظمة متعددة الأضلاع كأنها مساند مربعة مكافئة لها بالمساحة وكما موضح في الشكل (1/6-10):



الشكل 1/6-10: المقاطع المربعة المكافئة لمقاطع المساند ذات الأشكال المنتظمة متعددة الأضلاع والأشكال الدائرية [2]

3/6-10 العزوم المعاملة السالبة والموجبة (Negative and Positive Factored Moments) [2,10]

1/3/6-10 يجب أن تقع المقاطع الحرجة للعزوم السالبة المضخمة في أوجه المساند المربعة أو المستطيلة وتعامل المساند ذات الأشكال الدائرية أو الأشكال المنتظمة متعددة الأضلاع كمساند مربعة الشكل لها المساحة نفسها.

2/3/6-10 يجب أن يجزأ العزم الساكن المعامل الكلي، (M_o) في الفضاءات الداخلية للبلطة كما يلي:

- العزم السالب المعامل $0.65 M_o$.
- العزم الموجب المعامل $0.35 M_o$.

3/3/6-10 يجب أن يجزأ العزم المعامل الساكن الكلي، (M_o) في الفضاءات الطرفية (end spans) كما مبين في الجدول (1/6-10).

الجدول 1/6-10: معاملات العزوم في الفضاءات الطرفية للبلطة [2]

نوع العزم	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	الحافة الطرفية غير مقيدة	البلاطة تحتوي على عتبات ممتدة بين جميع المساند	البلاطة لا تحتوي على عتبات بين المساند الداخلية		الحافة الطرفية مقيدة كلياً
			بدون عتبة طرفية	بوجود عتبة طرفية	
العزم السالب المعامل الداخلي	0.75	0.70	0.70	0.70	0.65
العزم الموجب المعامل	0.63	0.57	0.52	0.50	0.35
العزم السالب الطرفي المعامل	0	0.16	0.26	0.30	0.65

10-4/3/6 يجب أن تصمم مقاطع العزوم السالبة عند المساند الداخلية لتقاوم العزم الأكبر من العزوم السالبة المتولدة في الفضاءين المتجاورين الملتقيين في المسند الداخلي المشترك.

10-5/3/6 يجب أن تكون أبعاد العتبات الطرفية أو أطراف حافة البلاطة (في حالة عدم وجود عتبات طرفية) مناسبة لمقاومة أحمال اللي الناتجة من العزوم السالبة المعاملة في الحافات الطرفية.

10-6/3/6 إن قيمة العزم المعامل الناتج من الاحمال المتسببة عن الجاذبية والمنقل بين البلاطة والعمود الطرفي (edge column) طبقاً لمتطلبات الفقرة (10-1/3/4) تساوي $(0.3M_o)$.

10-4/6 العزوم المعاملة في الشرائح الجانبية (Factored Moments in Column Strips) [10 ، 2]

10-1/4/6 يجب أن تصمم الشرائح الجانبية لتقاوم النسب المئوية المبينة في الجدول (10-2/6) من العزوم السالبة المعاملة عند الحافات الداخلية اعتماداً على النسبة l_2/l_1 .

الجدول 10-2/6: النسب المئوية المصممة بموجبها العزوم السالبة عند الحافات الداخلية [2]

l_2/l_1	0.5	1.0	2.0
$(\alpha_{fl}l_2/l_1) = 0$	75	75	75
$(\alpha_{fl}l_2/l_1) \geq 1.0$	90	75	45

يمكن إجراء الاستكمال الخطي (Linear Interpolation) بين القيم المذكورة في الجدول (10-2/6) إذا اقتضت الضرورة.

10-2/4/6 يجب أن تصمم الشرائح الجانبية لتقاوم النسب المئوية المبينة في الجدول (10-3/6) من العزوم السالبة المعاملة عند الحافات الطرفية اعتمادا على النسبة ℓ_2/ℓ_1 .

الجدول 10-3/6: النسب المئوية للعزوم السالبة المعاملة عند الحافات الطرفية [2]

ℓ_2/ℓ_1		0.5	1.0	2.0
$(\alpha_{fl}\ell_2/\ell_1) = 0$	$\beta_f=0$	100	100	100
	$\beta_f \geq 2.5$	75	75	75
$(\alpha_{fl}\ell_2/\ell_1) \geq 1.0$	$\beta_f=0$	100	100	100
	$\beta_f \geq 2.5$	90	75	45

يمكن إجراء الاستكمال الخطي (Linear Interpolation) بين القيم المذكورة في الجدول (10-3/6) إذا اقتضت الضرورة.

حيث تحسب كل من قيمة (β_f) من العلاقة (10-4/6) وقيمة C من العلاقة (10-5/6)

$$\beta_f = \frac{E_{cb}C}{2E_{cs}I_s} \dots\dots\dots (10-4/6)$$

$$C = \sum \left(1 - 0.63 \frac{x}{y} \right) \frac{x^3 y}{3} \dots\dots\dots (10-5/6)$$

ملاحظة: للمقاطع المجنحة على شكل الحرف L أو T ينبغي حساب الثابت C بتقسيم المقاطع إلى اجزاء مستطيلة (كما معرف في البند (10-8/1)) ومن ثم تجميع قيم C لكل جزء.

10-3/4/6 عندما تكون المساند مؤلفة من أعمدة أو جدران تمتد لمسافة تساوي أو تزيد على $(0.75 \ell_2)$ المستعملة لحساب العزم (M_o) ، في هذه الحالة ينبغي أن تعد قيم العزوم السالبة موزعة بشكل منتظم (uniformly distributed) عبر المسافة (ℓ_2) .

10-4/4/6 يجب أن تصمم الشرائح الجانبية عند الأعمدة أو الجدران لتقاوم النسب المئوية من العزوم المعاملة المبينة في الجدول (10-4/6).

الجدول 10-4/6: النسب المئوية للعزوم المعاملة الموجبة [2]

ℓ_2/ℓ_1	0.5	1.0	2.0
$(\alpha_{fl}\ell_2/\ell_1) = 0$	60	60	60
$(\alpha_{fl}\ell_2/\ell_1) \geq 1.0$	90	75	45

يمكن إجراء الاستكمال الخطي (Linear Interpolation) بين القيم المذكورة في الجدول (10-6/4) إذا اقتضت الضرورة.

10-6/4/5 في أنظمة البلاطات الحاوية على عتبات تمتد بين المساند ينبغي أن تصمم بلاطة الشرائح الجانبية لتقاوم ذلك الجزء من عزوم الشريحة الجانبية الذي لا تقاومه العتبات.

10-6/5 العزوم المعاملة في العتبات (Factored Moments in Beams) [2, 10]

10-6/5/1 يجب أن تصمم العتبات الممتدة بين المساند لتقاوم 85% من عزم الشريحة الجانبية إذا كانت النسبة $(\alpha_{fl} \ell_2 / \ell_1)$ للعتبة لا تقل عن (1.0).

10-6/5/2 إذا كانت النسبة $(\alpha_{fl} \ell_2 / \ell_1)$ محصورة بين الصفر والواحد، عندها يجب أن تقاوم العتبات الممتدة بين المساند نسبة من عزوم الشريحة الجانبية تحدد قيمتها بواسطة الاستكمال الخطي بين (0.0 %) و (85%).

10-6/5/3 إضافة إلى العزوم المحسوبة للأحمال المنتشرة طبقاً للفقرات (10-6/2/2) و (10-6/5/1) يجب أن تصمم العتبات لتقاوم العزوم الناتجة من الأحمال المركزة المباشرة أو الأحمال المنتشرة بشكل مباشر على العتبات بما في ذلك وزن الجزء من العتبة البارز فوق أو تحت مستوى البلاطة.

10-6/6 العزوم المعاملة في الشرائح الوسطية (Factored Moments in Middle Strips)]

[10 ، 2

10-6/6/1 يعد ذلك الجزء من العزوم المعاملة الموجبة أو السالبة غير المخصص للشرائح الجانبية خاصاً بنصفي الشريحة الوسطية المناظرة التابعة للشريحة التصميمية.

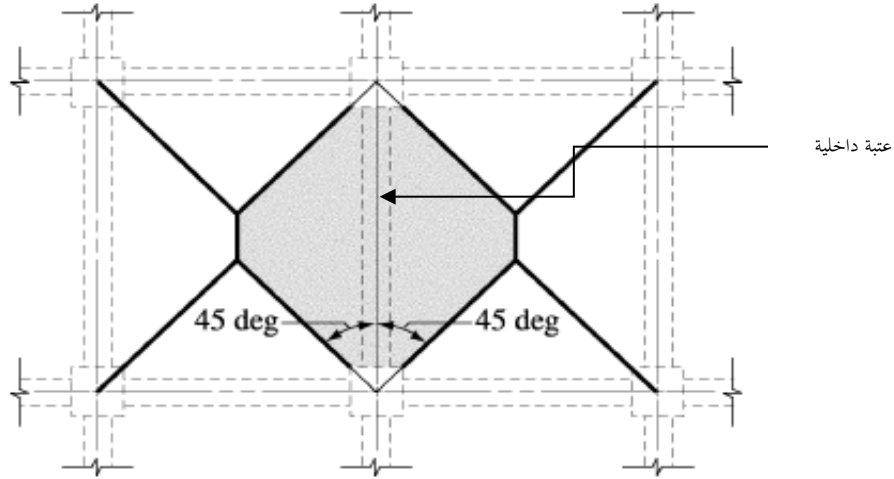
10-6/6/2 يجب أن تصمم كل شريحة وسطية لتقاوم مجموع العزوم المخصصة للنصفين المكونين للشريحة.

10-6/6/3 يجب أن تصمم الشريحة الوسطية الموازية والمجاورة لحافة مستندة إلى جدار لتقاوم ضعف العزم المخصص لنصف الشريحة الوسطية التابعة للخط الأول من المساند الداخلية.

10-6/7 قوى القص المعاملة في أنظمة البلاطات الحاوية على عتبات (Factored Shear Forces in

(Slab System with Beams) [10 ، 2]

10-6/7/1 يجب أن تصمم العتبات ذات نسبة $(\alpha_{fl} \ell_2 / \ell_1)$ لا تقل عن (1.0) لتقاوم قوى القص المتسببة عن الأحمال المعاملة المسلطة على أجزاء المساحات المحاطة بخطوط تميل بزاوية (45 درجة) مرسومة من أركان البلاطة ومقاطعة مع الخطوط المركزية (centerlines) لألواح البلاطات المجاورة لهذه العتبات، المرسومة موازية للحافات الطويلة وكما مبين في الشكل (10-6/2).



الشكل 2/6-10: المساحة المخصصة لقوى القص المسلطة على عتبة داخلية [2]

2/7/6-10 يسمح باستعمال الاستكمال الخطي عند تصميم العتبات لمقاومة قوى القص في حالة كون تلك العتبات ذات نسبة $(\alpha_{fl}l_2/l_1)$ أقل من (1.0) بافتراض ان العتبة لا تحمل أي أحمال عندما تكون قيمة $(\alpha_{fl}=0)$.

3/7/6-10 بالإضافة إلى قوى القص المحسوبة طبقاً للفقرتين (1/7/6-10) و(2/7/6-10) فإن العتبات يجب أن تصمم لتقاوم قوى القص المتسببة عن الأحمال المعاملة المسلطة بشكل مباشر عليها.

4/7/6-10 يسمح بحساب مقاومة البلاطات للقص بافتراض ان الأحمال تنتقل إلى العتبات الساندة طبقاً لإحدى الفقرتين (1/7/6-10) أو (2/7/6-10)، كما ينبغي أن تتحقق مقاومة القص الكلي المسلط على لوح البلاطة.

5/7/6-10 ينبغي أن تحقق مقاومة القص متطلبات الباب (8) من هذه المدونة.

8/6-10 العزوم المعاملة في الأعمدة والجدران (Factored Moments in Columns and Walls)

[10 ، 2]

1/8/6-10 يجب أن تصمم الأعمدة والجدران المنفذة سوية (monolithic casting) مع أنظمة البلاطات (حيث ترتبط الأعمدة والجدران مع عناصر نظام البلاطة) لتقاوم العزوم المتولدة من الأحمال المعاملة المسلطة على البلاطة.

2/8/6-10 عند المساند الداخلية يجب أن تصمم العناصر الساندة (الأعمدة والجدران) الواقعة فوق منسوب البلاطة واسفلها لتقاوم العزم المضخم المحسوب من العلاقة (6/6-10) أو بشكل يتناسب خطياً مع جساءة (stiffness) العناصر الساندة.

$$M_u = 0.07 \left[(q_{DU} + 0.5q_{LU}) l_2 l_n^2 - q_{DU} l_2' (l_n')^2 \right] \dots\dots\dots (6/6-10)$$

حيث أن (l'_n) و (l'_2) و (q_{DU}) تخص الفضاء الأقصر من الفضاءين المتجاورين على جهتي العناصر الساندة.

المراجع

1. مركز بحوث البناء - مؤسسة البحث العلمي، " الكود العراقي للخرسانة المسلحة"، بغداد، 1987، 68 صفحة.
2. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
3. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Reinforcement Concrete", American Concrete Institute, 1963, 112pp.
4. Hatcher, D. S.; Sozen, M. A.; and Siess, C. P., "Test of a Reinforcement Concrete Flat Plate," Proceedings, ASCE, V. 91, No.ST5, Oct.1965, pp. 205-23.
5. Hatcher, D. S.; Sozen, M. A.; and Siess, C. P., "Test of a Reinforcement Concrete Flat Plate," Proceedings, ASCE, V. 95, No.ST6, June1969, pp. 1051-1072.
6. Mitchell, D.; and Cook, W. D; "Preventing Progressive Collapse of Slab Structures," Journal of Structural Engineering, ASCE, V. 110, No. 7, July 1984, pp. 1513-1532.
7. Carpenter, J. E.; Kaar, P. H.; and Corley, W. G., "Design of Ductile Flat-Plate Structures to Resist Earthquakes," Proceedings, Fifth World Conference on Earthquake Engineering Rome, June 1973, International Association for earthquake Engineering, V. 2, pp. 2016-2019.
8. Morrison, D. G., and Sozen, M. A., "Response of Reinforced Concrete Plate- Column Connections to Dynamic and Static Horizontal Loads," Structural Research Series No. 490, Civil Engineering Studies, University of Illinois, Apr. 1981, 249 pp.
9. Nichols J.R., " Statical Limitation upon the Steel Requirement in Reinforced Concrete Flat Slab Floors," Transaction, ASCE V.77,1914,pp.1670- 1736.
10. Gamble, WL., "Moments in Beam Supported Slabs ," ACI Journal , Proceedings V.69,No.3, Mar.1972,pp. 149-157.

الباب 11

الجدران

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-11 مقدمة (Introduction) [1, 2]

1-11/1 تطبق المتطلبات المنصوص عليها في هذا الباب على تصاميم الجدران المعرضة لأحمال محورية او تلك التي تكون معرضة إلى أحمال محورية بالاشتراك مع عزوم انحناء.

1-11/2 تصمم الجدران الساندة النائئة (cantilever retaining walls) بالاعتماد على متطلبات تصاميم الانحناء المنصوص عليها في الباب السابع من هذه المدونة على أن يستعمل الحد الأقل لكمية حديد التسليح الأفقي بموجب متطلبات البند (11-3/3).

2-11 متطلبات عامة [1,2]

1-11/2 يجب أن تصمم الجدران لمقاومة الأحمال اللامركزية (eccentric loads) والأحمال الجانبية أو أي أحمال أخرى قد تتعرض لها هذه الجدران.

1-11/2/2 يجب أن تصمم الجدران المعرضة لأحمال محورية طبقاً للفصلين (11-2) و(11-3) وأي من الفصول (11-4) و(11-5) و(11-8).

1-11/2/3 تصمم الجدران لمقاومة قوى القص طبقاً للفصل (8-8).

1-11/2/4 يجب ان لا يتجاوز الطول الأفقي الفعال للجدران المعرضة لأحمال مركزة المسافة بين مراكز الأحمال المتجاورة او عرض منطقة التحميل مضافاً إليها أربعة أمثال سمك الجدار ما لم يتم التحقق من ذلك عن طريق التحليل الإنشائي.

1-11/2/5 يجب أن تثبت الجدران بالعناصر الإنشائية المتقاطعة معها كالبلاطات (slabs) والسقوف (roofs) والدعامات (buttresses) و الأسس (footings).

1-11/2/6 يجب ان تحقق عناصر الانضغاط المشيدة سويةً مع الجدران (monolithic casting) متطلبات الفقرة (1/8-7).

1-11/2/7 يسمح بتعديل كمية حديد التسليح ومحددات سمك الجدران المنصوص عليها في الفصلين (11-3) و (11-5) عندما يشير التحليل الإنشائي الى أن هذا التعديل يحقق بمتطلبات المقاومة والاستقرارية.

1-11/2/8 ينبغي أن يتم انتقال القوى إلى الأسس عند قاعدة الجدار طبقاً لمتطلبات الفصل (11-8).

11-3 الحدود الأقل لحديد التسليح (Minimum Reinforcement) [1,2,3]

11-3/1 يجب أن يحقق الحد الأقل لحديد التسليح العمودي والأفقي متطلبات البندين (11-2/3) و (11-1)

(3/3) او متطلبات كمية حديد التسليح لأغراض القص المنصوص عليها في الباب الثامن أيهما اكبر.

11-3/2 يجب ان تكون النسبة الأقل لمساحة حديد التسليح الشاقولي إلى المساحة الإجمالية للمقطع

الخرساني (ρ) كالتالي :

أ- (0.0012) للقضبان المحززة التي لا يتجاوز قطرها (16مم) وذات إجهاد خضوع لا

يقبل عن (420 ميكاباسكال) او.

ب- (0.0012) لأسلاك التسليح الملحومة التي لايزيد مقاسها على (MW200) او (MD200).

ج- (0.0015) للقضبان المحززة و اسلاك التسليح الملحومة الأخرى غير المشمولة في (أ) و(ب).

11-3/3 يجب ان تكون النسبة الأقل لمساحة حديد التسليح الأفقي إلى المساحة الإجمالية للمقطع الخرساني

(ρ_t) كالتالي :

أ- (0.002) للقضبان المحززة التي لايزيد قطرها على (16مم) وذات إجهاد خضوع لا يقل عن

(420 ميكاباسكال) او.

ب- (0.0020) لأسلاك الحديد الملحومة التي لايزيد مقاسها على (MW200) او (MD200)

ج- (0.0025) للقضبان المحززة واسلاك التسليح الأخرى غير المشمولة في (أ) و(ب).

11-3/4 في الجدران التي يزيد سمكها على (250مم) باستثناء جدران الطوابق تحت الارضية (الأقبية) (walls

basement) ينبغي ان يكون حديد التسليح فيها موزعا في كلا الاتجاهين وبطبقتين موازيتين لوجهي

الجدار كالتالي :

أ- طبقة واحدة لا تقل عن ($\frac{1}{2}$) ولا تزيد على ($\frac{2}{3}$) كمية حديد التسليح الكلية المطلوبة لكل اتجاه

وتثبت بمسافة لا تقل عن (50مم) ولا تزيد على ($\frac{1}{3}$) سمك الجدار من وجه الجدار الخارجي.

ب- اما الطبقة الاخرى فتشتمل على كمية حديد التسليح المتبقية من حديد التسليح الكلي ويجب ان

تثبت بمسافة لا تقل عن (20مم) ولا تزيد على ($\frac{1}{3}$) سمك الجدار مقاسة من وجه الجدار الداخلي.

11-3/5 يجب ان لا تزيد مسافة التباعد بين قضبان التسليح الأفقية والعمودية على القيمة الأكبر من ضعف

سمك الجدار و (400 مم).

11-3/6 لاتوجد ضرورة لتطويق قضبان حديد التسليح الشاقولية في الجدار برباطات مستعرضة

عندما تكون مساحة حديد التسليح العمودي لا تزيد على (1%) من المساحة الإجمالية

للمقطع الخرساني او عندما لا توجد ضرورة لاستعمال حديد التسليح الشاقولي كتسليح

انضغاط (compression reinforcement).

7/3-11 إضافة الى المتطلبات الأقل لحديد التسليح المطلوبة بموجب البند (11-3/1) يجب وضع ما لا يقل عن قضيب حديد تسليح ذوي قطر (16مم) في الجدران التي تسليح بطبقتين من الحديد بالاتجاهين ووضع قضيب حديد تسليح واحد ذي قطر (16مم) في الجدران التي تسليح بطبقة واحدة من الحديد بالاتجاهين حول فتحات الشبابيك وفتحات الأبواب والفتحات الأخرى ذات المقاسات المماثلة لها. كما ينبغي تثبيت هذه القضبان في أركان الفتحات لضمان بلوغ اجهاد الخضوع المطلوب عند تعرض الجدار لقوى الشد.

4-11 الجدران المصممة كعناصر انضغاط (Walls Designed as Compression Members) [1,3,4]

استثناءً من متطلبات الفصل (11-5)، يجب تصميم الجدران المعرضة للأحمال المحورية او الاحمال المحورية واحمال الانحناء معاً كعناصر انضغاط بموجب الفصول (7-2) و (7-3) و (7-10) و (7-7) و (11) و (7-14) و (11-1) و (11-3)

5-11 طرائق التصميم التجريبية (Empirical Design Methods) [1,3]

1/5-11 يسمح بتصميم الجدران ذات المقاطع المستطيلة الصلدة (solid) بواسطة طرائق التصميم التجريبية المبينة في متطلبات هذه الفقرة إذا كانت محصلة الأحمال المعاملة تقع ضمن الثلث الوسطي من سمك الجدار الكلي و عندما تحقق هذه الجدران المحددات المنصوص عليها في الفصول (11-3) و (11-5).

2/5-11 تحسب المقاومة التصميمية المحورية (ϕP_n) للجدران التي تحقق المحددات المنصوص عليها في (11-5/1) طبقاً للعلاقة (11-5/1) مالم تصمم بموجب الفصل (11-4).

$$\phi P_n = 0.55 \phi f_c' A_g \left[1 - \left(\frac{k \ell_c}{32h} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(1/5-11)$$

حيث ان ϕ هي معامل يخص المقاطع التي تسيطر عليها حالة الانضغاط (compression controlled) بموجب العبارة (6-2/3/3-ب)، ومعامل الطول الفعال (k) هو كالتالي :

للجدران المقيدة ضد الإزاحة الجانبية (braced walls) في الأعلى والأسفل.

أ- مقيدة الدوران (restrained against rotation) عند احدى او كلتا النهايتين العليا والسفلى=0.8

ب- غير مقيدة الدوران في كلتا النهايتين =1.0

للجدران غير المقيدة ضد الإزاحة الجانبية (unbraced walls)=2.0

3/5-11 السمك الأقل للجدران المصممة بالطريقة التجريبية (Minimum Thickness of Walls Designed by Empirical Design Method)

11-1/3/5 يجب ان لا يقل سمك الجدران الحاملة عن المقدار الأقل من $(\frac{1}{20})$ من الارتفاع والطول المسند ولا يقل عن (150مم) بأي حال من الاحوال.

11-2/3/5 يجب أن لا يقل سمك الجدران الخارجية للطوابق تحت الارضية (الأقبية) وجدران الأسس عن (200مم).

11-6 الجدران غير الحاملة (Non-bearing Walls) [1]

يجب أن لا يقل سمك الجدران غير الحاملة عن القيمة الأقل من (120مم) و $(\frac{1}{25})$ من المسافة الأقل بين العناصر العاملة كمساند جانبية.

11-7 الجدران التي تعامل كعتبات أرضية (Walls as Grade Beams) [1,4,5]

11-7/1 تصمم الجدران التي تعامل كعتبات أرضية تحتوي على تسليح علوي وسفلي لتحقيق متطلبات العزوم بموجب المحددات المنصوص عليها في الفصول (2-7) الى (7-8) من هذه المدونة . اما بالنسبة لمتطلبات تصميم الجدران كعتبات ارضية لمقاومة قوى القص فتعتمد المحددات المذكورة في الباب الثامن من هذه المدونة.

11-2/7 ينبغي أن تحقق الأجزاء الظاهرة فوق مستوى سطح الأرض من العتبات الأرضية المتطلبات المنصوص عليها في الفصل (3-11).

11-8 تصميم الجدران النحيفة بالطريقة البديلة (Alternative Design of Slender Walls) [1,3,6]

11-8/1 عندما يكون شد الانحناء هو المسيطر في تصميم الجدران تحت تأثير القوى المسلطة الواقعة خارج مستوى الجدار (out of plane) فيجب ان تعد المتطلبات المنصوص عليها في الفصل (11-8) محققة لمتطلبات الفصل (7-10).

11-2/8 عندما تصمم الجدران طبقا للفصل (11-8) فيجب أن تتحقق متطلبات البنود من (1/8) إلى (6/8-11).

11-1/2/8 ينبغي تصميم لوح الجدار (panel wall) كعنصر إنشائي بسيط الإسناد (supported simply) معرض لأحمال محورية (axially loaded) وأحمال جانبية منتظمة التوزيع واقعة خارج مستوي الجدار (out of plane lateral load) ، بحيث تتولد أعظم العزوم والانحرافات في منتصف الفضاء .

11-2/2/8 يجب أن يكون مقطع اللوح ثابتا (constant) على طول ارتفاع الجدار . ولا يعد مقطع الجدار منتظما عند وجود فتحات الشبابيك أو الفتحات الكبيرة الأخرى حيث يجب الأخذ في الحسبان تأثير فتحات الشبابيك في الجدران عند التصميم.

11-3/2/8 تصمم الجدران بموجب متطلبات الشد المسيطر (tension controlled).

4/2/8-11 يجب أن تحقق كمية حديد التسليح متطلبات المقاومة التصميمية طبقاً للعلاقة (1/8-11).

$$\phi M_n \geq M_{cr} \dots\dots\dots(1/8-11)$$

حيث يحسب M_{cr} باستعمال معامل الكسر (التصدع) (modulus of rupture) من العلاقة (3/5-6).

5/2/8-11 عند تعرض الجدار إلى أحمال شاقولية مركزة (concentrated gravity loads)، تعد هذه الأحمال

موزعة بانتظام على شريحة من الجدار يكون عرضها مساوياً لضعف عرض التحميل أو مساوياً لمسافة

التباعد بين الأحمال الشاقولية المركزة أيهما أقل على أن لا يتجاوز عرض التحميل حافات لوح الجدار.

6/2/8-11 يجب أن لا يتجاوز الإجهاد الشاقولي (P_u/A_g) المتولد في المقطع عند منتصف ارتفاع الجدار

$$(0.06 f_c')$$

3/8-11 يجب أن يكون مقدار العزوم التصميمية (ϕM_n) تحت التأثير المشترك أحمال الانحناء و الأحمال

المحورية عند منتصف ارتفاع الجدار كما يلي:

$$\phi M_n \geq M_u \dots\dots\dots(2/8-11)$$

حيث أن

$$M_u = M_{ua} + P_u \Delta_u \dots\dots\dots(3/8-11)$$

حيث ان M_{ua} هو أقصى عزم معامل في منتصف ارتفاع الجدار الناتج من الأحمال الجانبية والأحمال

الشاقولية اللامركزية ولا تدخل في حسابه تأثيرات الحمل -الأزاحة (P-Δ).

حيث أن:

$$\Delta_u = \frac{5 M_u \ell_c^2}{(0.75) 48 E_c I_{cr}} \dots\dots\dots(4/8-11)$$

و تحسب قيمة M_u من العلاقة (5/8-11)

$$M_u = \frac{M_{ua}}{1 - \frac{5 P_u \ell_c^2}{(0.75) 48 E_c I_{cr}}} \dots\dots\dots(5/8-11)$$

وتحسب قيمة I_{cr} من العلاقة (6/8-11)

$$\dots\dots\dots(6/8-11)$$

$$I_{cr} = \frac{E_s}{E_c} \left(A_s + \frac{P_u}{f_y} \frac{h}{2d} \right) (d - c)^2 + \frac{l_w c^3}{3}$$

شريطة أن لا تقل قيمة (E_s/E_c) عن (6.0).

9/2/6-11 يجب أن لا يتجاوز أقصى انحراف خارج مستوى الجدار (out of plane deflection) متمثلاً بـ

(Δ_s) تحت تأثير الأحمال الخدمية متضمناً تأثيرات الحمل - الأزرحة $(P-\Delta)$ ، عن $(l_c/150)$.

يتم حساب قيمة (Δ_s) من العلاقة (7/8-11) في حالة تجاوز العزم الأقصى المتولد في منتصف ارتفاع

الجدار الناتج من الأحمال الخدمية الجانبية و الأحمال الشاقولية اللامركزية (M_a) متضمناً تأثيرات

الحمل - الأزرحة $(P-\Delta)$ المقدار $(2/3)M_{cr}$

$$\Delta_s = (2/3)\Delta_{cr} + \frac{(M_a - (2/3)M_{cr})}{(M_n - (2/3)M_{cr})} (\Delta_n - (2/3)\Delta_{cr}) \quad \dots\dots\dots(7/8-11)$$

أما إذا كانت قيمة M_a لا تتجاوز $(2/3)M_{cr}$ ، فتحسب (Δ_s) من العلاقة (8/8-11)

$$\Delta_s = \left(\frac{M_a}{M_{cr}} \right) \Delta_{cr} \quad \dots\dots\dots(8/8-11)$$

حيث أن :

$$\Delta_{cr} = \frac{5 M_{cr} l_c^2}{48 E_c I_{cr}} \quad \dots\dots\dots(9/8-11)$$

$$\Delta_n = \frac{5 M_n l_c^2}{48 E_c I_{cr}} \quad \dots\dots\dots(10/8-11)$$

$$\Delta_n = \frac{5 M_n l_c^2}{48 E_c I_{cr}}$$

وتحسب قيمة (I_{cr}) من العلاقة (6/8-11).

المراجع

1. ACI Committee 318, “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. Council of Standards Australia, “*Australian Standard: Concrete Structures, AS360*”, Standards Australia International Ltd, Sydney, Australia, 2001, 181pp.
3. Oberlander, G. D., and Everard, N. J., “*Investigation of Reinforced Concrete Walls,*” ACI Journal, Proceedings V.74, No. 6, June 1977, pp. 256-263.
4. Kripanarayanan, K. M., “*Interesting Aspects of the Empirical Wall Design Equation,*” ACI Journal, Proceedings V. 74, No. 5, May 1977, pp. 204-207.
5. Uniform Building Code, “*Structural Engineering Design Provisions,*” V. 2, International Conference of Building Officials Whittier, CA, 1997, 492 pp.
6. Athey, J. W., ed., “*Test Report on Slender Walls,*” Southern California Chapter of the American Concrete Institute and Structural Engineers, Association of Southern California, Los Angeles, CA, 1982, 129 pp.

الباب 12

الأسس

Footings

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-12 المقدمة (Introduction) [2 ، 1]

1/1-12 تطبق المتطلبات المنصوص عليها في هذا الباب على تصاميم الأسس المفردة (isolated) والمشاركة (combined) والاسس الحصيرية (rafts).

2/1-12 تتضمن الفقرة (10-11) المتطلبات الاضافية لتصميم الأسس المشاركة والاسس الحصيرية.

2-12 الأحمال وردود الأفعال (Loads and Reactions) [3 ، 2 ، 1]

1/2-12 تصمم الأسس لمقاومة الأحمال المعاملة وردود الأفعال الناتجة منها بما يتلاءم والمتطلبات التصميمية المنصوص عليها في هذه المدونة والمتطلبات المذكورة في هذا الباب.

2/2-12 تحدد مساحة قاعدة الاساس او عدد وترتيب الركائز بالاعتماد على كل من القوى وعزوم الانحناء غير المعاملة المنقلة من الأسس الى التربة او الركائز، وبالاعتماد على الاجهادات المسموحة في التربة او تحمل الركائز المسموح المحسوب استناداً الى اساسيات ميكانيك التربة.

3/2-12 للأسس المسندة الى ركائز، تكون حسابات العزوم وقوى القص معتمدة على افتراض ان رد فعل أي ركيزة يكون في مركزها.

3-12 الأسس الساندة لاعمدة وقواعد ذات مقاطع دائرية او مضلعات منتظمة [3 ، 1]

(Footings Supporting Circular or Regular Polygon-Shaped Columns or Pedestal)

يسمح بمعاملة الاعمدة او القواعد الخرسانية ذات المقاطع الدائرية او المقاطع المضلعة المنتظمة كعناصر مربعة ذات مقطع مكافئ بالمساحة لغرض تحديد مواقع المقاطع الحرجة للعزوم والقص واطوال التثبيت في الاسس.

4-12 العزوم في الأسس (Moments in Footings) [1,3,4]

1/4-12 تحسب عزوم الانحناء المسلطة على أي مقطع من الأساس بالاعتماد على تمرير مستو عمودي خلال الأساس ويكون حساب العزم الناتج من القوى المسلطة على المساحة الكلية للأساس وعلى جانب واحد من هذا المستوي.

2/4-12 يحسب العزم المعامل الأعظم (M_u) للأسس المفردة بموجب البند (12-1/4) عند مواقع المقاطع الحرجة التالية:

أ- عند أوجه الأعمدة او قواعد الاعمدة او الجدران الخرسانية المسلحة المستندة الى الاسس.

ب- عند منتصف المسافة بين مركز وحافة الجدار بالنسبة للاس التي تسند جدران البناء.

ج- عند منتصف المسافة بين وجه العمود وحافة صفيحة القاعدة (steel base plate) بالنسبة للأسس الساندة لأعمدة زوات قاعدة فولاذية.

3/4-12 يوزع حديد التسليح بشكل منتظم على العرض الاجمالي للأساس بالنسبة للاس العاملة باتجاه واحد والاسس المربعة العاملة باتجاهين.

4/4-12 يوزع حديد التسليح للاس المستطيلة العاملة باتجاهين طبقاً للفقرتين (12-1/4/4) و (12-2/4/4).

1/4/4-12 يوزع حديد التسليح الطولي بمسافات متساوية على العرض الاجمالي لمقطع الأساس .

2/4/4-12 يجب توزيع جزء من حديد التسليح الكلي بالاتجاه القصير مقداره ($\gamma_s A_s$) بصورة منتظمة على عرض الشريحة (band width) التي مركزها هو مركز العمود او القاعدة وعرضها بقدر طول الضلع القصير للاساس ويوزع المتبقي من حديد التسليح ($(1-\gamma_s)A_s$) بشكل منتظم على جهتي هذه الشريحة.

حيث ان: $\gamma_s = \frac{2}{\beta + 1}$ (1/4-12)

وان (β) تمثل نسبة طول الاساس الى عرضه .

5-12 القص في الأسس (Shear in Footings)(1,4,5)

1/5-12 ينبغي ان تحقق الأسس التي تستند الى تربة او صخور متطلبات مقاومة القص المنصوص عليها في الفقرة (8-6/3).

2/5-12 يتحدد موقع المقطع الحرج لحساب قوى القص بموجب متطلبات الفصل الثامن ويتم قياسه من وجه العمود او الدعامه او الجدار للاس التي تسند هذه العناصر. اما بالنسبة للاس الساندة للاعمدة او الدعامات ذات صفيحة القاعدة الفولاذية فيتحدد المقطع الحرج طبقاً للفقرة (12-2/4-ج).

3/5-12 عندما تكون المسافة بين محور أي ركيزة ومحور العمود اكبر من ضعف المسافة بين سطح قبة الركيزة العلوي وقمة الركيزة عندها يجب ان تحقق قبة الركيزة متطلبات البند (8-6/3) والبند (12-4/5). اما بالنسبة لقبعات الركائز الاخرى فيجب ان تحقق متطلبات الملحق (أ) او متطلبات

البندين (6/3-8) و (4/1-12). وعند الاستعانة بالملحق (أ) فيجب حساب مقاومة الانضغاط الفعالة لخرسانة دعائم الانضغاط f_{ce} بموجب الفقرة (أ-2/2/3-ب).

4/5-12 تحسب قوى القص لأي مقطع في الأساس المستند الى ركائز بموجب الفقرات (1/4/5-12) الى (3/4/5-12).

1/4/5-12 إن رد الفعل الكلي لاي ركيزة يبعد مركزها بمسافة $(d_{pile}/2)$ او اكثر مقاسة خارج المقطع المختار في الأساس سيولد اجهادات قص على ذلك المقطع.

2/4/5-12 إن رد الفعل الكلي لاي ركيزة يبعد مركزها بمسافة $(d_{pile}/2)$ او اكثر مقاسة داخل (نحو) المقطع المختار في الأساس لن يولد اجهادات قص على ذلك المقطع.

3/4/5-12 عندما يكون موقع مركز الركيزة يقع بين المحددات المذكورة في الفقرتين (1/4/5-12) و (2/4/5-12) عندئذ يحسب مقدار قوى القص بواسطة الاستكمال الخطي بين القيمة العظمى له عند المقطع الذي يبعد مسافة مقدارها $(d_{pile}/2)$ خارج المقطع وبين القيمة الصغرى له (صفر) عند المقطع الذي يبعد مسافة مقدارها مقدارها $(d_{pile}/2)$ داخل المقطع.

6-12 اطوال تثبيت حديد التسليح في الأسس (Development of Reinforcement in Footings)

[3 ، 1]

1/6-12 تكون اطوال التثبيت لحديد التسليح في الأسس بموجب المتطلبات المنصوص عليها في الباب التاسع.

2/6-12 يجب نقل قوى الشد والانضغاط المحسوبة في حديد التسليح لأي مقطع في الأساس وعلى جانبي المقطع باطوال تثبيت او عقفات شد (hooks) في حالة الشد او اجهزة تثبيت ميكانيكية او بواسطة اكثر من وسيلة لتثبيت حديد التسليح.

3/6-12 يجب أن تعد مواقع المقاطع الحرجة لتثبيت حديد التسليح كما ذكر في البند (2/4-12) لأقصى عزم معامل M_{II} وفي كافة المستويات الشاقولية الاخرى التي يحدث فيها تغير في المقطع او في كمية حديد التسليح.

7-12 العمق الفعال الأقل للأساس (Minimum Effective Footing Depth) [1]

يجب ان لا يقل العمق الفعال للأساس مقاساً من طبقة حديد التسليح السفلى عن (200مم) للأسس التي تستند الى التربة ولا يقل عن (350مم) للأسس التي تستند الى ركائز.

8-12 انتقال القوة عند قواعد الاعمدة والجدران والدعامات المسلحة [1]

(Transfer of Force at Base of Columns, Walls, or Reinforced Pedestals)

1/8-12 يجب ان تنتقل القوى والعزوم عند قاعدة العمود او الجدار او الدعامات الى الاسس الساندة بواسطة الاسناد المباشر على الخرسانة (bearing on concrete) وحديد التسليح والاوئاد (dowels) والتوصيلات الميكانيكية (mechanical connectors).

1/1/8-12 يجب ان لايتجاوز اجهاد الاسناد المسلط على الخرسانة عند سطح التماس بين العناصر الساندة والمسنودة مقاومة اسناد الخرسانة لكلا سطحي التماس طبقاً لمتطلبات البند (7-14).

2/1/8-12 يجب ان يكون حديد التسليح او الاوتاد او التوصيلات الميكانيكية بين العناصر المسنودة والساندة كافياً لنقل :

أ- قوة الانضغاط الاجمالية التي تزيد على قوة اسناد الخرسانة للعنصر الساند او المسنود.

ب- أي قوة شد محسوبة عبر السطوح البينية (across interface).

كما يجب ان يحقق حديد التسليح او الاوتاد او الوصلات الميكانيكية المتطلبات المذكورة في الفصل (8-12).

3/1/8-12 اذا تطلب الامر نقل العزوم المحسوبة الى الدعامات او الاساس الساند فينبغي ان يحقق حديد التسليح او الاوتاد او التوصيلات الميكانيكية المتطلبات المنصوص عليها في البند (9-12/6).

4/1/8-12 يجب ان يكون نقل القوة الجانبية الى الدعامات او الاساس الساند طبقاً لمتطلبات القص الاحتكاكي (shear - friction provisions) المنصوص عليها في الفصل (8-5) او بأي اساليب اخرى مناسبة.

2/8-12 لاعمال صب الخرسانة موقِعياً يجب ان يحقق حديد التسليح متطلبات البند (12-8/1) وذلك عن طريق مد حديد التسليح الطولي خلال الدعامات الساندة او الاساس او باستعمال الاوتاد.

1/2/8-12 يجب ان لا تقل مساحة حديد التسليح عند السطح البيني عن $(0.005A_g)$ للأعمدة والدعامات المصبوبة موقِعياً، حيث ان (A_g) تمثل المساحة الاجمالية للمقطع المستند الى الاساس.

2/2/8-12 ينبغي ان لا تقل مساحة حديد تسليح الجدران عند السطح البيني الواقع بين الجدار والاساس عن الحد الأقل لحديد التسليح الشاقولي المبين في البند (11-3/2) .

3/2/8-12 يسمح باستعمال وصلات التراكب (lap splices) لحديد تسليح الطولي للاساس ذي القطر (43مم) والقطر (57مم) فقط عندما يكون تحت تأثير الانضغاط مع استعمال اوتاد تحقق متطلبات حديد التسليح المطلوبة في الفصل (8-12). وهذه الاوتاد يجب ان لا يزيد قطرها على (36مم) ويجب أن تمتد الى داخل العناصر المسنودة مسافة لا تقل عن القيمة الاكبر من طول وصلة تراكب حديد التسليح الالضغط وطول التثبيت بالضغط (l_{dc}) للقضبان ذات قطر (43مم) او

(57م) المستعملة، كما يجب أن تمتد هذه داخل الأساس مسافة لا تقل عن طول التثبيت بالضغط (l_{dc}) للوتد.

9-12 الأساس المائلة او المدرجة (Sloped or Stepped Footings) [4 ، 1]

يجب ان تكون زاوية الميل في الاسس المائلة او عمق وموقع التدرجات في الاسس المدرجة ملائمة لتحقيق متطلبات التصميم عند أي مقطع من مقاطع الأساس المائل [لاحظ ايضاً البند (9-6/8)].

10-12 الأساس المشتركة والأسس الحصيرية (Combined Footings and Mats) [4 ، 1]

1/10-12 تصمم الأسس الساندة لاكثر من عمود او دعامة او جدار لمقاومة الاحمال المعاملة وردود الافعال المتولدة طبقاً لمتطلبات التصميم المناسبة المذكورة في هذه المدونة.

2/10-12 لايسمح باستعمال طريقة التصميم المباشر المبينة في الفصل العاشر من هذه المدونة لتصميم الاسس المشتركة والأسس الحصيرية .

3/10-12 يجب ان يتلاءم توزيع اجهادات الانضغاط المسلطة على التربة الواقعة تحت الاسس المشتركة والاسس الحصيرية مع خواص التربة وخواص المنشأ وان يعتمد التوزيع على المبادئ الاساسية لميكانيك التربة.

4/10-12 يجب ان يحقق حديد تسليح الاسس الحصيرية في أي اتجاه من الاتجاهات الرئيسة الحدود الأقل المبينة في الفقرة (4-2/11/5) ويجب ان لا تزيد مسافات التباعد بين قضبان التسليح على (350م).

المراجع

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. International Code Council, "International Building Code", International Code Council, INC., 2009, 731pp.
3. ACI Committee 336 "Suggested Analysis and Design Procedures for Combined Footings and Mats", (ACI 336.2R-88) (Reapproved 2002), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1988, 21 pp.
4. Kramrisch. F., and Rogers, P., "Simplified design of Combined Footings," Proceedings, ASCE, V. 87, No. SM5, Oct. 1961, p.19.
5. Adebar, P.; Kuchma, and Collins, M. P., "Strut-and Tie Models for the Design of Pile Caps: An Experimental Study," ACI Structural Journal, V. 87, No. 1, Jan.-Feb. 1990, pp. 81-92.

الباب 13

العناصر الخرسانية المركبة تحت تأثير الانحناء

Composite Concrete Flexural Members

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-13 المقدمة (Introduction) [2 ، 1]

1/1-13 تطبق متطلبات هذا الباب لتصميم العناصر الخرسانية المركبة تحت تأثير الانحناء والتي تكون إما عناصر خرسانية مسبقة الصب أو عناصر خرسانية مصبوبة موقعياً أو كليهما، وتنفذ أجزاء هذه العناصر بصورة مستقلة لكنها ستتربط فيما بينها فيما بعد بشكل يضمن عملها كوحدة واحدة تحت تأثير الاحمال.

2/1-13 تطبق جميع متطلبات هذه المدونة على العناصر الخرسانية المركبة باستثناء التعديلات المنصوص عليها في هذا الباب.

2-13 متطلبات عامة (General Requirements) [3 ، 2 ، 1]

1/2-13 يجب التحقق من اداء كافة أجزاء العنصر المركب تحت تأثير جميع حالات التحميل الحرجة.

2/2-13 يسمح ان يستعمل العنصر المركب كله او جزء منه لمقاومة قوى القص والعزوم المسلطة عليه.

3/2-13 عند وجود اختلاف في خواص العنصر المركب (كالمقاومة المحددة، وزن وحدة الحجم أو اي خواص اخرى) فتعتمد خواص ذلك الجزء من العنصر او القيم الأكثر حرجاً منها عند اعداد التصاميم.

4/2-13 عند حساب المقاومة للعناصر المركبة، لا يجوز التمييز بين العناصر المدعمة عند الإنشاء و العناصر غير المدعمة عند الإنشاء، مع الأخذ في الحسبان متطلبات البند (5/2-13).

5/2-13 ينبغي تصميم كافة أجزاء العناصر المركبة لاسناد جميع الاحمال المسلطة قبل أن يكتسب العنصر المركب مقاومته التصميمية بشكل كامل).

6/2-13 يجب ان تحقق العناصر المركبة متطلبات السيطرة على الانحرافات المنصوص عليها في البند (4/5-6).

7/2-13 ينبغي وضع حديد التسليح المطلوب لتقليل التشققات ولمنع حدوث انفصال الاجزاء المكونة للعنصر المركب.

13-3 التدعيم (Shoring) [3 ، 2 ، 1]

يجب عدم رفع التدعيم ما لم تكن العناصر المدعمة خواصها التصميمية اللازمة لتحمل كافة الاحمال المسلطة وللسيطرة على الانحراف والتشققات وقت رفع التدعيم.

13-4 مقاومة القص الشاقولي (Vertical Shear Strength) [2 ، 1]

13-4/1 تصمم العناصر المركبة لمقاومة القص الشاقولي طبقاً للمتطلبات المنصوص عليها في الباب الثامن كما هو الحال للعناصر المصبوبة سويماً ولشكل المقطع العرضي نفسه.

13-4/2 يجب ان يثبت حديد تسليح القص كلياً داخل اجزاء العنصر المركب المترابطة طبقاً لمتطلبات الفصل (9-11).

13-4/3 يسمح أن يدخل حديد تسليح القص الممدود والمثبت (anchored shear) وأن يعد كرباطات في حسابات حديد التسليح اللازم ليقاوم القص الافقي.

13-5 مقاومة القص الافقي (Horizontal Shear Strength) [3 ، 2 ، 1]

13-5/1 في العنصر المركب، يجب التحقق من الانتقال الكلي لقوى القص الافقية بين سطوح التماس لاجزاء العناصر المترابطة (interconnected elements).

13-5/2 يجب ان تحسب المسافة d كمسافة من ليف الانضغاط الابعد للمقطع المركب كله الى مركز تسليح الشد الطولي.

13-5/3 يجب ان تصمم المقاطع الخرسانية المركبة المعرضة الى قوى القص الأفقي باستعمال العلاقة التالية ما لم تحسب مقاومتها الاسمية للقص بموجب البند (13-4/5).

$$V_u \leq \phi V_{nh} \quad \dots \quad (13-5/1)$$

حيث ان:

V_{nh} : مقاومة القص الاسمية بموجب متطلبات الفقرات من (13-5/1) الى (13-5/4).

13-5/3/1 يجب ان لا تزيد قيمة المقاومة الاسمية للقص الافقي (V_{nh}) على ($0.55 b_v d$) عندما تكون سطوح التماس للخرسانة نظيفة وخالية من غطاء الخرسانة ومخشنة بشكل مقصود.

13-5/3/2 عندما تستعمل المساحة الأقل من الرباطات المقاومة للقص الأفقي المحسوبة بموجب الفصل (13-6) وعندما تكون سطوح التماس نظيفة وخالية من غطاء الخرسانة لكنها غير مخشنة بشكل مقصود، عندئذ لايجوز أن تكون قيمة مقاومة القص الأفقي للخرسانة (V_{nh}) اكبر من ($0.55 b_v d$).

13-3/3/5 يجب ان تكون مقاومة القص الافقي مساوية لـ $(1.8 + 0.6 \rho_v f_y) \lambda b_v d$ على ان لا تزيد عن $(3.5 b_v d)$ وذلك عند استعمال الرباطات طبقاً للفصل (13-6) وتكون سطوح التماس نظيفة وخالية من غشاء الخرسانة ومخشنة بشكل مقصود لعمق (6 مم) تقريباً. وتحسب قيمة المعامل (λ) طبقاً للفقرة (8-3/4/5) و $(\rho_v = A_v / b_v s)$

13-4/3/5 في حالة تجاوز قيمة القص المعامل عند المقطع المراد تصميمه $(3.5 b_v d \phi)$ يصمم حديد تسليح القص الافقي بموجب متطلبات الفقرة (8-4/5).

13-4/5 كبديل للبند (13-3/5)، يمكن حساب قيمة القص الافقية اعتماداً على حساب التغير الفعلي في قوة الانضغاط او الشد في اي جزء من اجزاء العنصر المركب، على ان تتخذ التدابير اللازمة لنقل هذه القوى الى العناصر الساندة كقوى قص افقي (horizontal shear).
يجب ان لا تزيد قوة القص الافقية المعاملة V_u على مقاومة القص الافقية $(V_{nh} \phi)$ التي أشير الى كيفية حسابها في الفقرات (13-1/3/5) الى (13-4/3/5) على ان تستعمل مساحة سطح التماس بدلاً من $(b_v d)$.

يجب ان تعكس النسبة بين مساحة الرابط الى مسافة التباعد بين الرباطات على طول العنصر بصورة تقريبية متطلبات توزيع قوى القص في العناصر المصممة لمقاومة قوى القص الافقية بموجب البند (13-4/5).

13-1/4/5 وعند استعمال رباطات لنقل قوى القص الافقي محسوبة بموجب متطلبات هذا الفصل، في حالة وجود شد عند سطح التماس بين اجزاء العناصر المترابطة مع بعضها يسمح بنقل قوى القص بالتماس عند توافر الحد الأقل من الرباطات المذكورة مقداره في الفصل (13-6).

13-6 رباطات القص الافقي (Ties for Horizontal Shear) [5 ، 4 ، 3 ، 1]

13-1/6 عند استعمال الرباطات (ties) لنقل القص الافقي، يجب ان لا تقل مساحة الرباط عن تلك المساحة المطلوبة في الفقرة (8-2/5/3) وان لا تزيد مسافة التباعد على اربعة أضعاف البعد الأقل للعنصر المسنود على ان لا تتجاوز (600 مم).

13-2/6 تشتمل رباطات القص الافقي على القضبان او الأسلاك المفردة والاطواق متعددة الاذرع او الاذرع الشاقولية لتسليح الاسلاك الملحومة.

13-3/6 يجب ان تثبت الرباطات كلياً عبر اجزاء العناصر المترابطة طبقاً للفصل (9-1).

1. ACI Committee 318, “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. Specification for Structural Steel Buildings-Allowable Stress Design and Plastic Design, with Commentary”, June 1989, and “*Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings*,”Sept. 1986, American Institute of Steel Construction, Chicago,IL.
3. Kaar, P. H.; Kriz, L. B.; and Hongnestad, E., “*Precast-prestressed Concrete Bridges: (1) Pilot tests of Continuous Girders*,” Journal, PCA Research and Development Laboratories, V. 2, May 1960, pp.21-37.
4. Saemann, J. C., and Washa, G. W., “*Horizontal Shear Connections between Precast Beams and Cast-in Place Slabs*,” ACI Journal, Proceedings V. 61, No. 11, Nov. 1964, pp. 1383-1409. Also see laboratories, V.2, No. 2, May 1960, pp.38-58.
5. Hanson, N.W., “*Precast-Prestressed Concrete Bridges: Horizontal Shear Connections*,” Journal, PCA Research and Development Laboratories, V. 2, No. 2, May 1960, pp. 38-58.

الباب 14

القشريات والصفائح المطوية Shells and Folded Plate Members

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-14 مقدمة عامة (General) [5 ، 4 ، 2 ، 1]

تطبق اشتراطات هذا الفصل على العناصر القشرية الخرسانية الرقيقة والصفائح الخرسانية المطوية بضمنها الأضلاع (ribs) والعناصر الخرسانية في حافات العناصر القشرية أو الصفائح المطوية. كما ينبغي تطبيق جميع اشتراطات هذه المدونة في حالة عدم تعارضها مع اشتراطات هذا الباب على المنشآت القشرية النحيفة.

1-14/1 العناصر القشرية الرقيقة (Thin Shells Members)

تعرف بأنها منشآت ثلاثية الأبعاد مكونة من بلاطة مقوسة مفردة أو غير مفردة أو من صفائح مطوية ذات سمك قليل مقارنة مع أبعادها الأخرى. وتتميز القشريات الرقيقة بتصرفها الثلاثي الأبعاد لنقل الأحمال الذي يتحدد اعتماداً على شكلها الهندسي وطريقة إسنادها وطبيعة الأحمال المسلطة.

1-14/2 الصفائح المطوية (Folded Plates)

هي نوع من المنشآت القشرية تتكون من ارتباط بلاطات قليلة السمك على طول حافاتها لتشكل منشأ فضائياً ثلاثي الأبعاد.

1-14/3 القشريات المضلعة (Ribbed Shells)

وهي منشآت فضائية تتحدد بخطوط بين الأضلاع (ribs) الخرسانية ويمكن أن تملأ الفضاءات بين الأضلاع الخرسانية ببلاطات رقيقة أو تترك فارغة.

1-14/4 العناصر المساعدة (Auxiliary Members)

وهي عبارة عن أضلاع أو عتبات طرفية تحقق زيادة في المقاومة و الجساءة (stiffness) أو تسهم في إسناد القشريات، وتعمل هذه العناصر بشكل مترابط مع العناصر القشرية.

1-14/5 التحليل المرن (Elastic Analysis)

هو تحليل التشوهات (deformations) والقوى الداخلية اعتماداً على حالة التوازن وتوافق الانفعالات والسلوك المرن. ويعد التحليل المرن حلاً مناسباً بشكل تقريبي للسلوك الثلاثي الأبعاد للعنصر القشري بالاشتراك مع عناصره المساعدة (auxiliary members).

14-6/1 التحليل غير المرن`

هو تحليل التشوهات (deformations) والقوى الداخلية اعتماداً على حالة التوازن والعلاقات اللاخطية بين الإجهاد والانفعال للخرسانة وحديد التسليح مع الأخذ في الحسبان التشقق (cracking) والتأثيرات المتعلقة بالزمن. ويجب أن يمثل هذا التحليل حلاً تقريبياً مناسباً للسلوك الثلاثي الأبعاد للعنصر القشري بالاشتراك مع العناصر المساعدة.

14-7/1 التحليل التجريبي (Experimental Analysis)

هوطريقة التحليل المعتمدة على قياس التشوهات أو الانفعالات أو كليهما للمنشأ أو للنموذج (model) المنشأ. ويعتمد التحليل التجريبي اما على السلوك المرن او السلوك غير المرن للعناصر القشرية.

14-2 التحليل والتصميم (Design and Analysis) [5 ، 4 ، 2 ، 1]

14-1/2 يعد السلوك المرن أساساً مقبولاً لتحديد قيم القوى الداخلية والازاحات للعناصر القشرية الرقيقة، وتستند حسابات هذا السلوك الى التحليل الإنشائي الذي يفترض أن المنشأ الخرساني غير متشقق ويحتوي على عناصر تتصرف بصورة مرنة خطياً (linearly elastic) ومتجانسة (homogeneous) ولها خواص متماثلة في جميع الاتجاهات (isotropic) مع افتراض أن نسبة بواسون (Poisson's Ratio) للخرسانة تساوي صفراً .

14-2/2 ينبغي استعمال التحليلات غير المرنة (inelastic analyses) إذا تبين أنها تحقق أساساً أمناً للتصميم.

14-3/2 يجب تدقيق توازن القوى الداخلية والأحمال الخارجية للتأكد من إنسجام النتائج.

14-4/2 يمكن اعتماد طرق تجريبية أو عددية (numerical) للتحليل إذا تبين إن تلك الطرائق تحقق أساساً أمناً للتصميم.

14-5/2 يمكن اعتماد طرائق تقريبية للتحليل إذا تبين إن تلك الطرائق تحقق أساساً أمناً للتصميم.

14-6/2 يجب أن يتناسب سمك العناصر القشرية وتسليحها مع المقاومة المطلوبة والتشغيلية (serviceability) باعتماد إما طريقة المقاومة للتصميم طبقاً للبند (1/1-5) أو طريقة التصميم المبينة في الفقرة (2/1-5).

14-7/2 ينبغي التحري عن وتدقيق إستقرارية المنشأ القشري ويجب أن تثبت الحسابات التصميمية عدم حدوث فشل بسبب اللااستقرارية (instability).

14-8/2 يجب أن تصمم العناصر المساعدة (auxiliary members) طبقاً لضوابط هذه المدونة ويمكن افتراض أن جزء العنصر القشري المساوي لعرض الشفة (flange) المحدد في الفصل (5-12)، يعمل مع العنصر المساعد في مثل هذه الاجزاء من القشرة، كما يجب أن يكون حديد التسليح المتعامد مع

العنصر المساعد مساوياً على الأقل لحديد التسليح المطلوب لشفة عتبة مجنحة (T-beam) طبقاً للبند (5/12-5).

14-9/2 يجب أن يعتمد التصميم بطريقة المقاومة لبلاطات العناصر القشرية المعرضة لقوى الانحناء والقوى الغشائية (membrane forces) على توزيع الإجهادات والانفعالات المستخرجة من التحليل المرن أو التحليل غير المرن.

14-10/2 في حالة توقع حدوث تشققات غشائية (membrane crackings) في مناطق معينة يجب أن تكون مقاومة الانضغاط الاسمية للخرسانة بالاتجاه الموازي للشقوق في هذه المناطق مساوية إلى $0.4f_c'$. **Error! Bookmark not defined.**

14-3 المقاومة التصميمية للمواد (Design Strength of Materials) [1 ، 2 ، 7]

14-1/3 يجب أن لا يزيد إجهاد الخضوع لحديد التسليح f_y عن 420 ميكاباسكال .

14-2/3 يجب أن لا تقل مقاومة الانضغاط للخرسانة بعمر 28 يوماً عن 21 ميكاباسكال.

14-4 تسليح القشريات (Shell Reinforcement) [1 ، 7 ، 8]

14-1/4/1 يجب وضع حديد تسليح العناصر القشرية لمقاومة إجهادات الشد الناتجة من القوى الغشائية الداخلية، وكذلك لمقاومة الشد الناتج من عزوم الانحناء وعزوم اللي ولغرض الحد من الانكماش وعرض الشقوق الناتجة من تغير درجة الحرارة ومسافة التباعد بين الشقوق. كما يجب وضع حديد تسليح عند حافات العنصر القشري (shell boundaries) وعند مواقع تسليط الأحمال على العناصر القشرية والفتحات (shell openings).

14-2/4 يجب وضع حديد تسليح الشد باتجاهين أو أكثر بشكل مناسب بحيث أن مقاومة حديد التسليح في أي اتجاه تكون مساوية أو تزيد على مركبات القوى الداخلية في ذلك الاتجاه. وكبديل اخر يمكن حساب حديد التسليح المطلوب لمقاومة القوى الغشائية الداخلية في البلاطة على انه يمثل حديد التسليح المطلوب لمقاومة قوى الشد المحورية بالإضافة إلى قوة الشد الناتجة من احتكاك القص اللازمة لنقل قوى القص عبر أي مقطع من الغشاء. في هذه الحالة يجب أن لا يتجاوز معامل الاحتكاك (μ) القيمة المبينة في الفقرة (8-3/4/5).

14-3/4 يجب أن لا تقل مساحة تسليح العنصر القشري عند أي مقطع مقاسة باتجاهين متعامدين عن مساحة تسليح الانكماش للبلاطة أو التسليح الحراري المطلوب طبقاً للفقرة (4-11/5).

14-4/4 يحسب حديد التسليح المقاوم لقوى القص وعزوم الانحناء حول المحاور الواقعة في مستوى بلاطة العنصر القشري بموجب الابواب (7) و (8) و (10) من هذه المدونة.

14-5/4 يجب أن تحدد مساحة حديد تسليح العنصر القشري المقاوم للشد بحيث أن حديد التسليح يبلغ إجهاد الخضوع (yield stress) قبل حدوث تهشم الخرسانة المعرضة للانضغاط أو قبل حدوث الانبعاج (buckling) في العنصر القشري.

14-6/4 في المناطق المعرضة إلى قوى شد عالية يجب وضع حديد التسليح باتجاهات قوى الشد الغشائية الرئيسية (principal tensile membrane and forces) إذا كان ذلك ممكناً من الناحية العملية أما إذا كان ذلك غير ممكن من الناحية العملية، عندها يجب وضع حديد التسليح المقاوم للإجهادات الغشائية في اتجاهين أو أكثر.

14-7/4 يجب تدقيق كفاية كمية حديد التسليح بخصوص علاقتها بالسيطرة على التشققات عند الأحمال التشغيلية إذا كان اتجاه حديد التسليح يتغير بزاوية أكبر من 10 درجات عن اتجاه قوة الشد الغشائية الرئيسية (principal tensile membrane force).

14-8/4 عندما يتغير مقدار إجهاد الشد الغشائي الرئيس المتولد في العنصر القشري بصورة كبيرة ضمن مساحة سطح القشرة فان حديد التسليح المقاوم لقوى الشد الكلية يجب تركيزه في المناطق المعرضة لأكبر إجهاد شد إذا كان هذا الاجراء يحقق أساساً أمناً للتصميم. مع ذلك يجب أن لا تقل نسبة حديد التسليح للقشرة في أي جزء من منطقة الشد عن 0.0035 مع مراعاة أن تحسب نسبة حديد التسليح على أساس السمك الكلي للقشرة.

14-9/4 يجب أن تحسب كمية حديد التسليح المطلوبة لمقاومة عزوم الانحناء بأن يؤخذ في الحسبان الفعل المتزامن للقوى الغشائية المحورية العاملة في الموقع نفسه مع مراعاة انه عندما يكون مطلوباً استعمال حديد تسليح لمقاومة عزوم الانحناء في وجه واحد من العنصر القشري، فانه يجب وضع كميات متساوية من هذا التسليح تكون قريبةً من سطحي العنصر القشري حتى إذا لم يشر التحليل إلى وجود عزوم انحناء متعكسة (reversal moments).

14-10/4 يجب أن لا تزيد مسافة تباعد حديد تسليح العنصر القشري في أي اتجاه عن 350مم ولا تزيد على ثلاثة أضعاف سمك العنصر القشري ايهما اصغر.

14-11/4 يجب تثبيت حديد التسليح في منطقة النقاء العنصر القشري مع العناصر الساندة أو العناصر الطرفية، كما يمكن لحديد التسليح أن يمتد خلال هذه العناصر الامتدادات المطلوبة وفقاً لاشتراطات الباب (9) من هذه المدونة باستثناء أن يكون طول التثبيت (development length) الأقل مساوياً إلى $1.2l_d$ وأن لا يقل عن 500 مم.

14-12/4 يجب الالتزام بمتطلبات الباب (9) من هذه المدونة فيما يخص طول الوصلات (splice length) لتسليح القشرة، باستثناء ان أقل طول لوصلات قضبان الشد يكون مساوياً إلى 1.2 مضروباً في القيمة المطلوبة في الباب (9) على أن لا يقل هذا الطول عن 450 مم. كما أن عدد الوصلات

المستعملة في تسليح الشد الرئيس ينبغي أن يكون بالمقدار الأقل لتسهيل التنفيذ. وحيثما تكون الوصلات ضرورية عندئذ يجب وضعها بشكل متعاقب الترتيب (staggered) وعلى مسافة لا تقل عن l_d وأن لا تزيد مساحة مقطع الوصلات المتراكبة عند أي مقطع على ثلث حديد التسليح.

14-5 متطلبات التشييد (Construction Requirements) [1 ، 9 ، 10]

14-5/1 عندما يعتمد رفع القوالب على قيمة معامل المرونة E_c للخرسانة بسبب متطلبات الاستقرار أو الانحراف فيجب أن تحدد قيمة معامل المرونة المستعملة بإجراء فحوص الانحناء لنماذج عتبات خرسانية معالجة حقلياً (field curing).

كما يجب تعيين عدد النماذج المطلوب فحصها وأبعادها وتحديد طريقة الفحص من قبل جهات فنية مختصة.

14-5/2 ينبغي أن تحدد وثائق المقاوله التفاوتات المسموحة لشكل وهيئة العنصر القشري. أما إذا كانت التفاوتات في الشكل التي تحصل في أثناء التنفيذ أكبر من تلك المحددة في وثائق المقاوله عندها يجب اجراء تحليلات مناسبة لمعرفة تأثير هذه التفاوتات وأن تتخذ التدابير اللازمة المعالجة بما يحقق سلوكاً آمناً للعنصر القشري.

المراجع

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. ACI Committee 334, "Concrete Shell Structures- Practice and Commentary", (ACI 334.1R-92), (Reapproved 2002), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1992, 10pp.
3. ACI Committee 334, "Reinforced Concrete Cooling Tower Shells - Practice and Commentary", (ACI 334.2R-91) (Reapproved 2002), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1991, 9 pp.
4. Billinton, D. P., "Thin Shell Concrete Structures", 2nd Edition, McGraw-Hill Book Co., New York, 1982, 373 pp.
5. Hyperbolic Paraboloid Shells, SP-110, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1988, 184 pp.
6. Scordelis, A. C., "Non-Linear Material, Geometric, and Time Dependent Analysis of Reinforced and Prestressed Concrete Shells", Bulletin. International Association for Shells and Spatial Structures, Madrid, Spain, No.102, Apr. 1990, pp. 199 -210.
7. Fialkow, M. N., "Compatible Stress and Cracking in Reinforced Concrete Membranes with Multidirectional Reinforcement," ACI Structural Journal, V. 88, No. 4 July-Aug. 1991, pp. 445-457.

8. ACI Committee 224, "*Control of Cracking in Concrete Structures*", (ACI 224R-01)(Reapproved 2002) American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2001, 46 pp.
9. Tedesko, A., "*Construction Aspects of Thin Shell Structures*," ACI Structural Journal, Proceedings V.8, No. 1, Jan. 1986, pp.13-17.
10. Huber, R. W., "*Air Supported Forming –Will it Work?*" Concrete International, V. 8, No.1 Jan.1986, pp.13-17.

الباب 15

الخرسانة العادية الإنشائية Structural Plain Concrete

* ينبغي مراجعة الكراس الصادر عن المعهد الامريكي للخرسانة (ACI) (اصدار 2014) (والمثبت في نهاية المدونة كدليل استرشادي) لغرض الربط بين البنود الواردة في الكود الامريكي لاصدار 2014 والبنود الواردة في هذه المدونة).

1-15 مقدمة عامة (General) [2 ، 1]

1/1-15 يتناول هذا الباب المتطلبات الأقل لتصميم وتشديد عناصر الخرسانة العادية الإنشائية المصبوبة موقِعياً .

2/1-15 يجب تطبيق المتطلبات المنصوص عليها في أبواب هذه المدونة على الخرسانة العادية الإنشائية ما لم يتعارض ذلك مع متطلبات هذا الباب. إن الفصول والبنود والفقرات المعنية بهذا الأمر هي [(1-1) إلى (5/5-4)، (1/6/5-4)، (2/6/5-4)، (4/6/5-4)، (7/5-4)، (2-6)].

3/1-15 يجب تطبيق اشتراطات هذا الباب كلما كان ذلك ممكناً على المنشآت غير التقليدية كالجدران المحصنة (shielding walls) ومنشآت الخدمات المشيدة تحت الأرض والجدران الثقيلة الوزن (gravity walls) والجدران.

4/1-15 المحددات (Limitations)

يحدد استعمال الخرسانة العادية الإنشائية في الحالات التالية:

أ- العناصر المستندة بصورة مستمرة الى التربة أو تلك المستندة الى عناصر إنشائية أخرى لها القابلية على ان تعمل كمسند شاقولي.

ب- العناصر النني يؤدي فعل التقوس (arch action) فيها إلى تولد إجهادات انضغاط تحت تأثير مختلف ظروف التحمل.

ج- الجدران وقواعد الأعمدة كما هو مبين في الفصلين (5-15) و (7-15) مع مراعاة عدم استعمال الخرسانة العادية الإنشائية في الأعمدة.

5/1-15 لا تشمل متطلبات هذا الباب تصميم وتنفيذ الركائز المصبوبة موقِعياً أو الدعائم المغروزة في التربة.

15-6/1 الحد الأقل للمقاومة المميزة (Minimum specified strength)

يجب أن لا تقل مقاومة الانضغاط المحددة للخرسانة العادية الإنشائية عن القيمة الأكبر من القيم المذكورة في البند (1-1/1) أو تلك التي تحقق متطلبات الديمومة في الباب (2) أيهما أكبر.

15-2 المفاصل (Joints) [3 ، 1]

15-1/2 يجب وضع مفاصل الانكماش (contraction) أو مفاصل العزل (isolation) لتقسيم عناصر الخرسانة العادية الإنشائية إلى عناصر انحناء غير مستمرة. كما يجب اختيار أبعاد كل عنصر بشكل يحد من قيمة الإجهادات المتولدة بسبب تقييد الحركات الناتجة من الزحف والانكماش وتأثيرات الحرارة.

15-2/2 عند تحديد عدد ومواقع مفاصل الانكماش أو مفاصل العزل يجب أن يؤخذ في الحسبان تأثيرات الظروف المناخية واختيار المواد ونسبها وطريقة خلطها ووضعها ومعالجة (curing) الخرسانة. كما ينبغي أن يؤخذ في الحسبان تأثير درجة تقييد الحركة والإجهادات الناتجة من الأحمال المسلطة وتقنية التشييد.

15-3 طريقة التصميم (Design Method) [5 ، 4 ، 3 ، 1]

15-1/3 يجب أن تحسب القوى والأحمال المعاملة بموجب تجميعات الأحمال (load combinations) المبينة في الفصل (2-6).

15-2/3 في حالة تجاوز المقاومة المطلوبة قيمة المقاومة التصميمية الموجودة لدى الخرسانة العادية الإنشائية فإنه ينبغي وضع حديد تسليح، حيث يعامل العنصر حينئذ على أنه عنصر خرساني مسلح طبقاً للمتطلبات التصميمية المناسبة المنصوص عليها في هذه المدونة.

15-3/3 ينبغي أن تؤخذ مقاومة الشد للخرسانة في الحسبان عند تصميم عناصر الخرسانة العادية الإنشائية وذلك عند إتباع اشتراطات الفصل (2-15).

15-4/3 يجب أن يعتمد التصميم بطريقة المقاومة لعناصر الخرسانة العادية الإنشائية المعرضة للانحناء والأحمال المحورية على افتراض علاقة خطية بين الإجهاد والانفعال في حالتي الشد والانضغاط.

15-5/3 في عناصر الخرسانة العادية الإنشائية ينبغي عدم تخصيص أي مساهمة في المقاومة لحديد التسليح في حالة احتواء عناصر الخرسانة العادية الإنشائية على مثل هذا الحديد.

15-6/3 في عناصر الخرسانة العادية المفردة يجب أن لا تنتقل قوى الشد خلال الحافات الخارجية ومفاصل التمدد ومفاصل الانكماش أو العزل. كما ينبغي عدم افتراض وجود أي استمرارية في الانحناء الناتج من الشد بين عنصرين متجاورين مشيدين من الخرسانة العادية الإنشائية.

15-7/3 عند حساب مقاومة الانحناء للعنصر ومقاومته للانحناء بالاشتراك مع الحمل المحوري ومقاومته للقص يجب أن يعتمد التصميم على المقطع الإجمالي (gross cross section) للعنصر. يستثنى من

ذلك حالة الخرسانة الملامسة للتربة حيث ينبغي ان يؤخذ السمك (h) بقيمة أقل من العمق الكلي للعنصر بمقدار 50مم.

4-15 التصميم بواسطة طريقة المقاومة (Strength Design Method) [5 ، 4 ، 1]

1/4-15 يجب تصميم المقاطع المعرضة للانحناء بالاعتماد على العلاقة التالية:

Error! Bookmark not defined. $\phi M_n \geq M_u \dots\dots(1/4-15)$

حيث أن قيمة M_n تحسب بموجب العلاقة التالية في حالة كون الشد هو الذي يحكم التصميم:

$$M_n = 0.40 \lambda \sqrt{f'_c} S_m \dots\dots(2/4-15)$$

وفي حالة كون قوى الانضغاط هي التي تحكم التصميم يكون:

$$M_n = 0.85 f'_c S_m \dots\dots(3/4-15)$$

حيث أن الحد (S_m) يمثل معامل المقطع المرن (elastic section modulus).

2/4-15 يجب تصميم المقاطع المعرضة لقوى الانضغاط بموجب العلاقة التالية:

$$\phi P_n \geq P_u \dots\dots(4/4-15)$$

حيث أن قيمة P_n تحسب من العلاقة:

$$P_n = 0.6 f'_c \left[1 - \left(\frac{\ell_c}{32h} \right)^2 \right] A_l \dots\dots(5/4-15)$$

حيث أن A_l تمثل المساحة المحملة (loaded area).

3/4-15 يجب أن تصمم العناصر المعرضة للانحناء بالاشتراك مع قوى الانضغاط المحورية بحيث يحقق

تصميمها على وجه الانضغاط العلاقة التالية:

$$P_u / \phi P_n + M_u / \phi M_n \leq 1 \dots\dots(6/4-15)$$

ويحقق تصميمها على وجه الشد العلاقة التالية:

$$M_u/S_m - P_u/A_g \leq 0.4 \phi \lambda \sqrt{f'_c} \quad \dots\dots(7/4-15)$$

4/4/1-15 يجب تصميم المقاطع المستطيلة المعرضة لقوى القص اعتماداً على العلاقة التالية:

$$\phi V_n \geq V_u \quad \dots\dots(8/4-15)$$

حيث تحسب قيمة V_n للقص العامل باتجاه واحد (one way shear) بموجب العلاقة التالية:

$$V_n = 0.11 \lambda \sqrt{f'_c} b_w h \quad \dots\dots(9/4-15)$$

كما يجب حساب قيمة V_n للقص العامل باتجاهين (two way shear) من العلاقة التالية:

$$V_n = 0.11 \left[1 + \left(\frac{2}{\beta} \right) \right] \lambda \sqrt{f'_c} b_o h \quad \dots\dots(10/4-15)$$

على أن لا تتجاوز قيمة V_n المقدار $(0.22 \lambda \sqrt{f'_c} b_o h)$ في العلاقة (10/4-15) تمثل النسبة بين طول الضلع الطويل إلى الضلع القصير لمنطقة الحمل المركز أو مساحة منطقة ردود الأفعال.

5/4-15 يجب أن تصمم مناطق الإسناد المعرضة لقوى الانضغاط اعتماداً على العلاقة:

$$\phi B_n \geq B_u \quad \dots\dots(11/4-15)$$

حيث أن (B_u) تمثل قوة حمل الاسناد المعاملة (factored bearing force) و (B_n) تمثل مقاومة التحميل الاسمية للمساحة المعرضة للحمل A_1 ، كما تحسب المقاومة (B_n) من العلاقة التالية:

$$B_n = 0.85 f'_c A_1 \quad \dots\dots(12/4-15)$$

باستثناء الحالة التي يكون فيها مستوي الإسناد ذا مساحة أوسع على جميع جوانب مساحة التحميل عندها يجب ضرب المقاومة الاسمية (B_n) بالمقدار $\sqrt{A_2 / A_1}$ الذي يجب أن لا يزيد على 2. حيث أن (A_2) هي مساحة مستوي الإسناد (supporting surface area).

15-6/4 الخرسانة خفيفة الوزن (Light Weight Concrete)

يجب استعمال قيمة معامل التعديل (λ) الخاص بالخرسانة خفيفة الوزن الوارد في هذا الفصل طبقاً لمتطلبات الفصل (5-6) ما لم يذكر خلاف ذلك.

15-5 الجدران (Walls) [1 ، 3 ، 5]

15-1/5 يجب أن تستند جدران الخرسانة العادية الإنشائية بشكل مستمر الى التربة أو القواعد أو جدران الأسس أو العتبات الأرضية (grade beams) أو على العناصر الإنشائية الأخرى بما يهئ مسنداً مستمراً للأحمال الشاقولية.

15-2/5 يجب أن تصمم جدران الخرسانة العادية الإنشائية لمقاومة الأحمال الشاقولية والجانبية والأنواع الأخرى من الأحمال المسلطة عليها.

15-3/5 يجب أن تصمم جدران الخرسانة العادية الإنشائية لمسافة الاختلاف المركزية (eccentricity) الناتجة من أكبر عزم مصاحب للحمل المحوري على ان لاتقل مسافة الاختلاف المركزية عن ($0.10h$).

في حالة كون محصلة جميع الأحمال المضخمة تقع ضمن الثلث الوسطي لسمك الجدار الكلي فان التصميم يجب أن يتوافق مع متطلبات البند (15-3/4) أو (15-5/5) وبخلاف ذلك فان التصميم يجب أن يكون طبقاً للبند (15-3/4) فقط.

15-4/5 يجب أن يتم التصميم لمقاومة قوى القص طبقاً للبند (15-4/4).

15-5/5 طريقة التصميم الوضعية (Empirical Design Method)

15-1/5/5 ينبغي أن تصمم الجدران الصلدة (solid walls) ذات المقاطع المستطيلة المشيدة من الخرسانة العادية الإنشائية بموجب العلاقة (15-1/5) في حالة كون محصلة جميع الأحمال المضخمة واقعة ضمن الثلث الوسطي لسمك الجدار الكلي.

15-2/5/5 يجب أن تصمم الجدران المعرضة لأحمال انضغاط محورية اعتماداً على العلاقة التالية:

$$\phi P_n \geq P_u \quad \dots\dots\dots(15-1/5)$$

حيث أن (P_u) تمثل القوة المحورية المعاملة (factored axial force) في حين ان (P_n) هي مقاومة الأحمال المحورية الاسمية المحسوبة من العلاقة التالية:

$$P_n = 0.45 f'_c A_g \left[1 - \left(\frac{\ell_c}{32h} \right)^2 \right] \quad \dots\dots(2/5-15)$$

6/5/1-15 المحددات (Limitations)

1/6/5-15 يجب أن لا يتجاوز الطول الأفقي الذي يعد فعالاً لمقاومة كل حمل مركز مسلط على جدار المسافة بين مراكز الأحمال المسلطة، ولكن يجب أن لا يزيد على عرض مساحة اسناد التحميل مضافاً إليه أربعة أمثال سمك الجدار.

2/6/5-15 باستثناء اشتراطات الفقرة (3/6/5-15) يجب أن لا يقل سمك الجدران الساندة عن النسبة (1/24) من الارتفاع أو الطول غير المسند (unsupported length) للجدار أيهما أقصر ولا يقل أيضاً عن 150مم.

3/6/5-15 يجب أن لا يقل سمك الجدران الخارجية (exterior walls) لأجزاء البناية تحت الأرض (السرديب) (exterior basement walls) وجدران الأسس عن 200مم.

4/6/5-15 يجب تدعيم الجدران لتقاوم الإزاحة الجانبية (lateral translation)، (لاحظ الفصل (3-15) والبند(7/3-15)).

5/6/5-15 يجب وضع ما لا يقل عن قضيبين بقطر 16مم حول فتحات الأبواب والشبابيك في الجدران مع مراعاة أن تمتد هذه القضبان مسافة لا تقل عن 600مم خارج نطاق زوايا تلك الفتحات.

6-15 الأسس (Footings) [5 ، 2 ، 1]

1/6-15 يجب أن تصمم أسس الخرسانة العادية الإنشائية لمقاومة الأحمال المعاملة وردود الأفعال المؤثرة بما يتناسب مع متطلبات التصميم لهذه المدونة وبموجب اشتراطات البنود من (2/6-15) إلى (8/6-15).

2/6-15 يجب حساب أبعاد مساحة قاعدة الأساس بالاعتماد على القوى غير المعاملة (unfactored forces) والعزوم غير المعاملة المنتقلة عبر الأساس إلى التربة وبموجب قابلية انضغاط التربة المسموحة استناداً إلى خصائص التربة.

3/6-15 يجب أن لا تستعمل الخرسانة العادية الإنشائية في الأسس المستندة إلى ركائز (piles).

4/6-15 يجب أن لا يقل سمك أسس الخرسانة العادية الإنشائية عن 250مم. (لاحظ البند(7/3-15)).

5/6-15 ينبغي حساب اكبر عزم معامل مسلط على الأسس عند المقاطع التالية:

أ- عند وجه العمود أو وجه قاعدة العمود أو وجه الجدار.

ب- عند منتصف المسافة بين مركز الجدار ووجه الجدار بالنسبة للأسس الساندة لجدران من وحدات بنائية (masonry wall).

ج- عند منتصف المسافة بين وجه العمود وحافة صفيحة القاعدة الفولاذية في أسفل العمود للأساس الساند لعمود يرتكز على صفيحة قاعدة فولاذية عند قاعدته (steel base plate).

15-6/6 القص في أسس الخرسانة العادية (Shear in Plain Concrete Footings)

15-6/6/1 يجب حساب قوى القص المعاملة V_u طبقاً للفقرة (15-6/6/2) عند موقع المقطع الحرج المقاس من وجه العمود أو قاعدة العمود أو الجدار وذلك بالنسبة للأسس التي تسند عموداً أو قاعدة عمود أو جداراً ، اما بالنسبة للأسس التي تسند عموداً مجهزاً بصفيحة قاعدة فولاذية (steel base plate) عند طرفه الأسفل عندئذ يحدد المقطع الحرج عند الموقع المعرف بالفقرة (15-6/6-5ج).

15-6/6/2 يجب أن تحكم مقاومة القص (ϕV_n) لأسس الخرسانة العادية الإنشائية قرب مواضع الأحمال المركزة أو ردود الأفعال بموجب الشرط الأشد من الشرطين التاليين:

أ- قوى القص العاملة باتجاه واحد: يمتد المقطع الحرج في المستوي المار عبر العرض الكلي للأساس وعلى مسافة تساوي (h) مقياساً من وجه الحمل المركزي أو منطقة ردود الأفعال مع مراعاة أن يصمم الأساس طبقاً للعلاقة (15-9/4).

ب- قوى القص العاملة باتجاهين: حيث يكون المقطع الحرج متعامداً مع مستوي الأساس ومحيط المقطع الحرج (b_o) أقل ما يمكن شريطة أن لا يكون موقع المقطع الحرج على بعد يقل عن ($h/2$) من وجه الحمل المركز أو منطقة رد الفعل، وعند تحقق متطلبات هذا الشرط يجب أن يصمم الأساس طبقاً للعلاقة (15-10/4).

15-7/6 يجب التعامل مع الأعمدة أو قواعد الأعمدة ذات المقاطع المدورة أو المقاطع المضلعة المنتظمة على انها عناصر ذات مقاطع مربعة لها مساحة مكافئة وذلك لتحديد موقع المقاطع الحرجة للعزوم والقص.

15-8/6 يجب أن لا تزيد قوة التحميل المعاملة (B_n) (factored bearing force) المسلطة على الخرسانة عند سطح التماس بين الأساس والعنصر الإنشائي المستند الى الأساس على مقاومة التحميل الاسمية (ϕB_n) لأي من السطحين المعرفين في البند (15-5/4).

15-7 القواعد (Pedestals)

15-1/7 يجب أن لا تزيد نسبة الارتفاع غير المسند (unsupported length) الى معدل البعد الأقل لمقطع القواعد المشيدة من الخرسانة العادية على 3.

15-2/7 يجب أن تصمم القواعد المشيدة من الخرسانة العادية لتقاوم الأحمال الشاقولية والجانبية وأية أحمال أخرى مسلطة على القواعد.

3/7-15 يجب أن لا يتجاوز أقصى حمل محوري معامل (P_u) مسلط على القواعد المشيدة من الخرسانة العادية المقاومة التصميمية الاسمية للتحمل (ϕB_n) المحسوبة بموجب البند (5/4-15).

المراجع

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473pp.
2. ACI Committee 117, "Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary", (ACI 117-06), American Concrete Institute, 2006, 70pp.
3. (CEN) European Committee for Standardization, "DD ENV 1992-1-6, Eurocode 2: Design of Concrete Structures, Part 1.6: General rules-Plain Concrete Structures", 1996, 24pp.
4. Canadian Commission on Building and Fire Codes and National Research Council of Canada "National Building Code of Canada: Volume 2", National Research Council of Canada, 2005, 344pp.
5. Council of Standards Australia "Australian Standard: Concrete Structures, AS360", Standards Australia International Ltd, Sydney, Australia, 2001, 181pp.

الملحق (أ)

نماذج دعامات الانضغاط والشد Strut and Tie Models

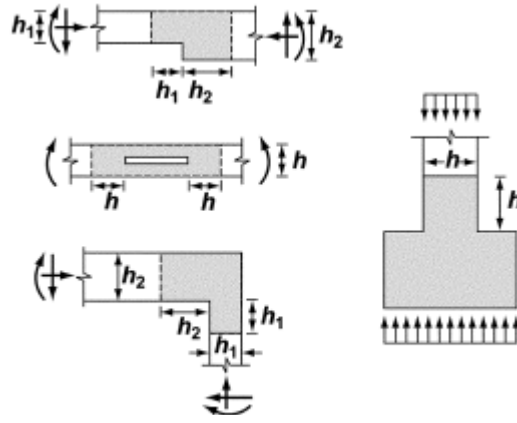
أ-1 التعاريف (Definitions) [4 ، 3 ، 2 ، 1]

المنطقة ب (B-region)

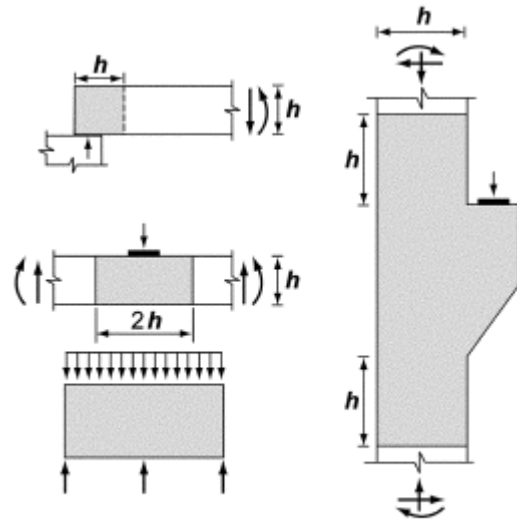
تعرف المنطقة ب بأنها جزء العنصر الذي يمكن أن تطبق عليه فرضية المقاطع المستوية (plane sections) لنظرية الانحناء المذكورة في البند (3/2-7).

الانقطاع (عدم الاستمرارية) (discontinuity)

يعرف الانقطاع انه التغير المفاجئ في الشكل الهندسي (geometry) أو الأحمال.



أ. الانقطاعات (عدم الاستمرارية) في الشكل الهندسي



ب. الانقطاعات (عدم الاستمرارية) في الاحمال والشكل الهندسي

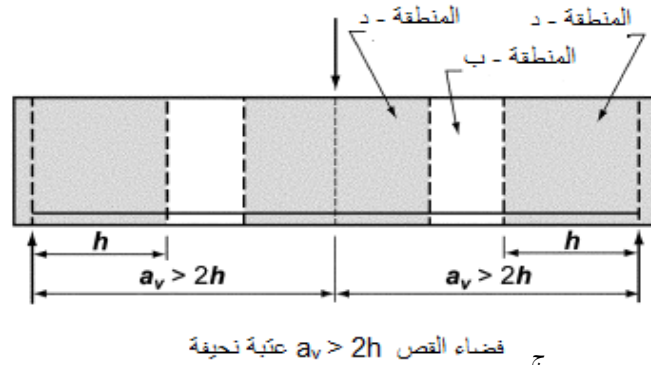
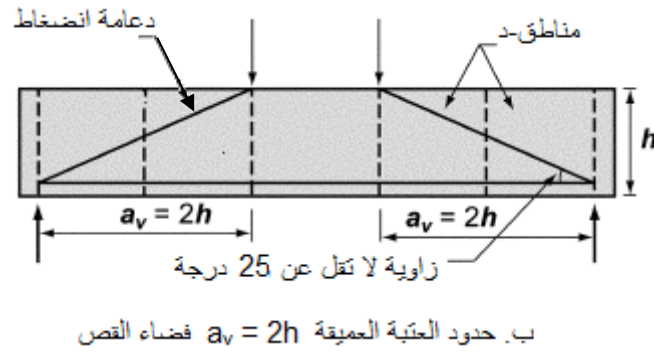
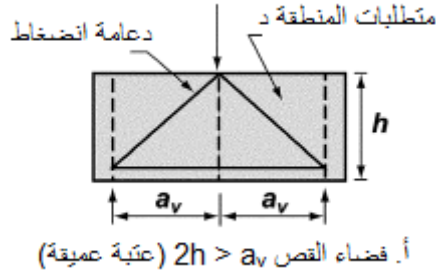
الشكل أ-1/1: المناطق د (D) والانقطاعات

المنطقة د (D-region)

هي جزء العنصر الخرساني الواقع ضمن مسافة h من موقع انقطاع الأحمال أو عدم استمرارية الشكل الهندسي.

العتبة العميقة (deep beam)

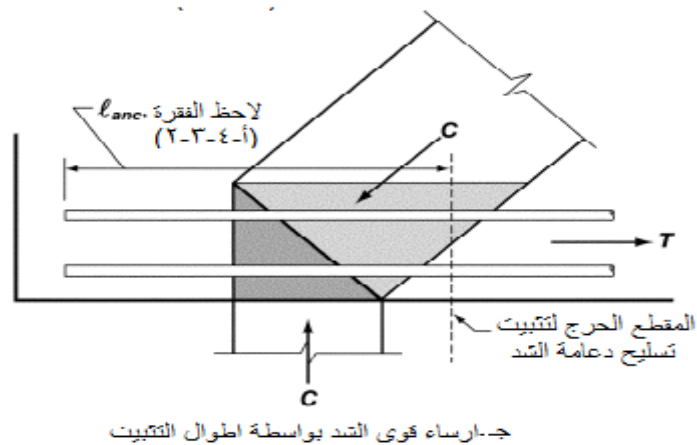
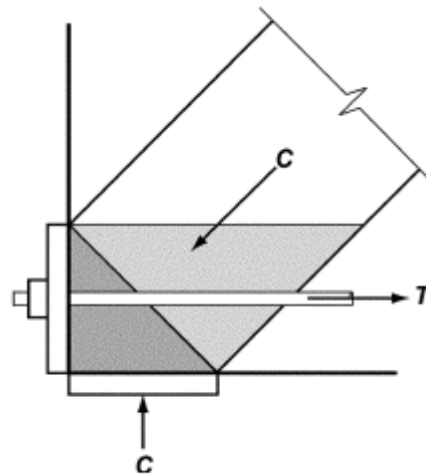
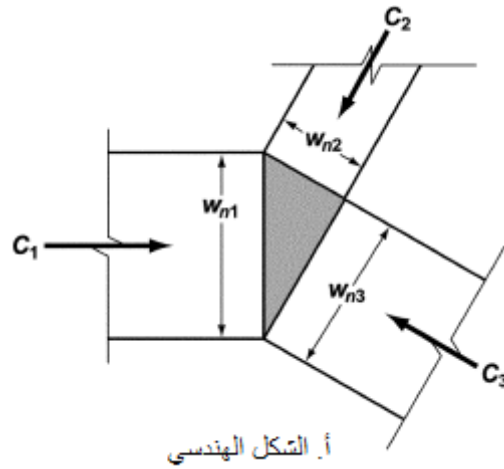
ينبغي تطبيق متطلبات البندين (1/7-7) و (1/6-8) لتوصيف العتبة العميقة.



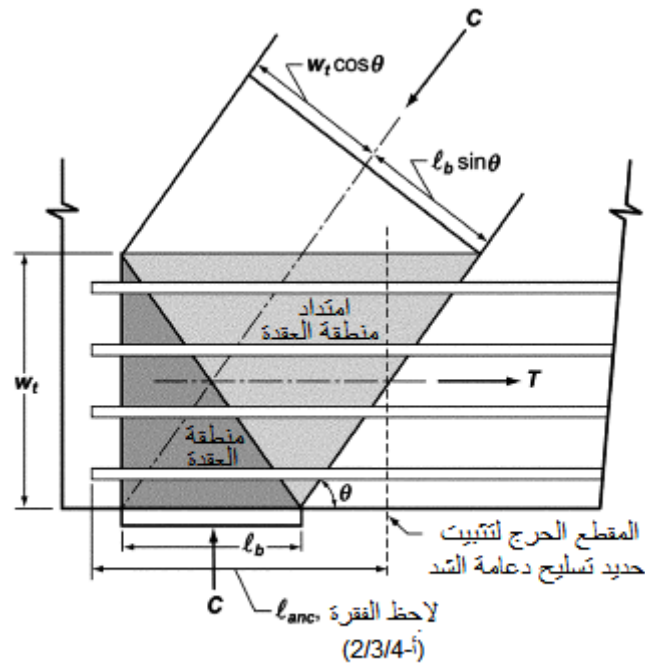
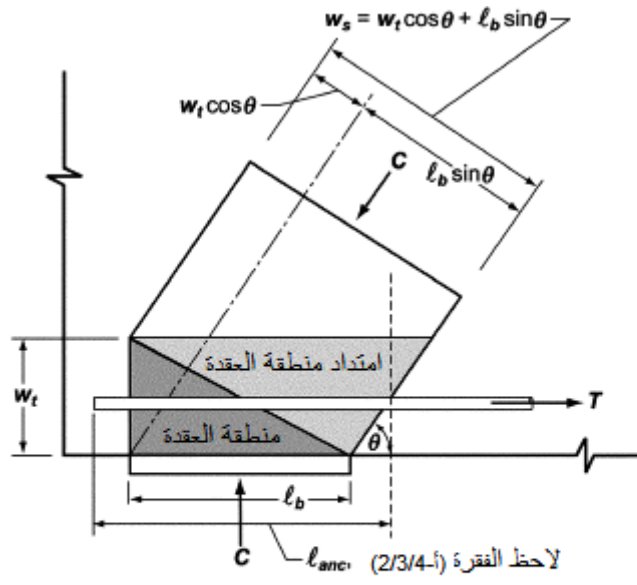
الشكل أ-2/1: وصف العتبات العميقة والعتبات النحيفة

منطقة العقدة (nodal zone)

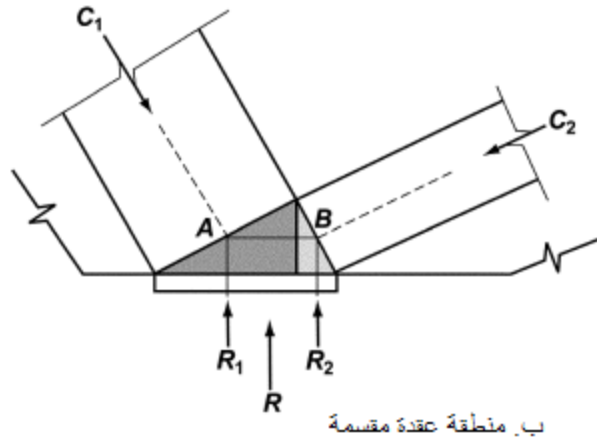
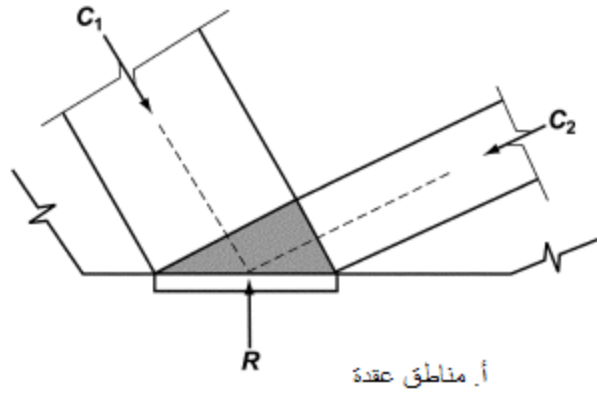
هي المنطقة التي تمثل الخرسانة الواقعة حول العقدة والتي يفترض انها تنقل قوى الانضغاط والشد من خلال العقدة.



الشكل أ-3/1: العقد الهيدروستاتيكية (hydrostatic nodes)



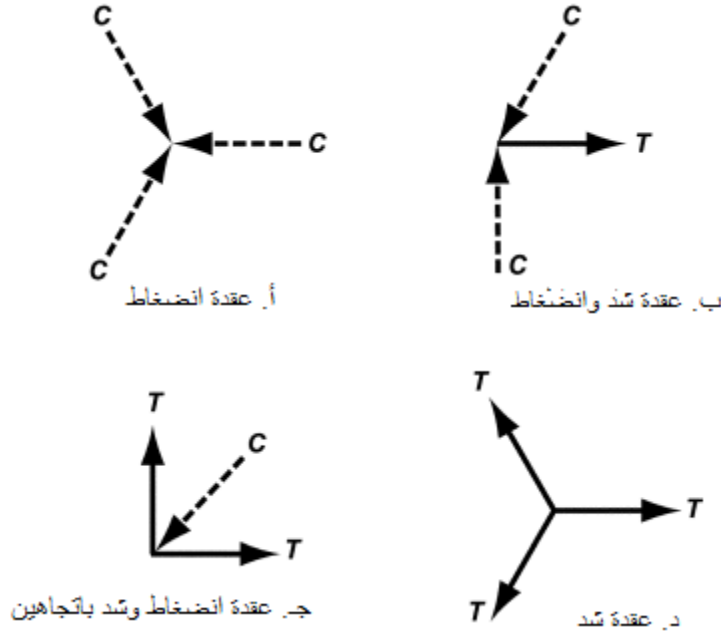
الشكل أ-4/1: امتداد منطقة العقدة وتوزيع القوى



الشكل أ-5/1: تقسيم منطقة العقدة

العقدة (node)

النقطة الواقعة في مفصل أنموذج تقاطع دعامات الانضغاط والشد وهي النقطة التي تتقاطع فيها محاور دعامات الانضغاط والشد والقوى المركزة العاملة في مفصل التقاطع.



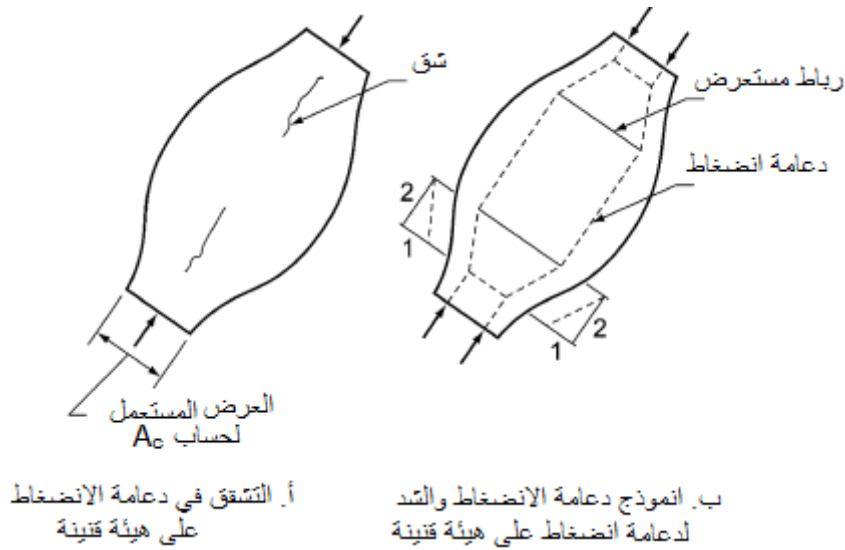
الشكل أ-6/1: تصنيف العقد

دعامة الانضغاط (strut)

هو عنصر الانضغاط في نموذج دعامات الانضغاط والشد؛ تمثل دعامة الانضغاط محصلة حقل (field) قوى الانضغاط المتوازية أو المنتشرة على شكل مروحة (fan).

دعامة انضغاط على هيئة قنينة (bottle-shaped strut)

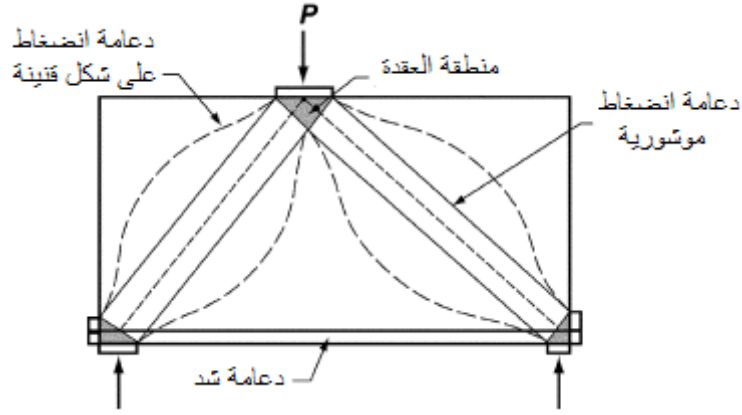
الدعامة التي تكون عرضها عند منتصف طولها أكبر من عرضها عند طرفيها.



الشكل أ-7/1 : دعامة انضغاط على هيئة قنينة

أنموذج دعامات الشد والانضغاط (strut and tie model)

هو عبارة عن عنصر إنشائي لنموذج مسنم أو للمنطقة (د) لعنصر مشابه مكون من دعامات شد وانضغاط متصلة عند مناطق العقد وبإمكانها نقل الأحمال المعاملة إلى المساند أو المناطق (ب) المتاخمة.



الشكل أ-8/1: وصف أنموذج دعامات الانضغاط والشد

دعامة الشد (tie)

هي عنصر الشد ضمن أنموذج دعامات الشد والانضغاط.

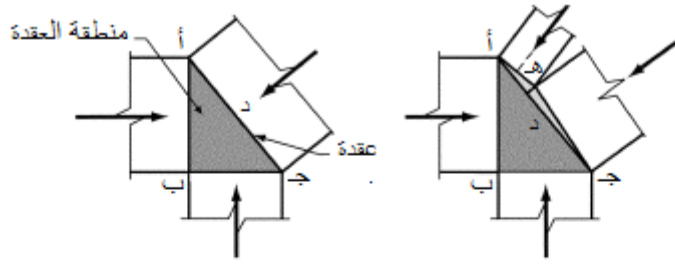
أ-2 نهج تصميم أنموذج دعامات الشد والانضغاط [1,2,5,6]

(Strut and Tie Model Design Procedure)

أ-1/2 يجب أن تصمم العناصر الخرسانية الإنشائية أو المناطق (د) الواقعة ضمن هذه العناصر من خلال افتراض العنصر أو المنطقة كمسمن (truss model). ويتألف أنموذج المسنم من دعامات الشد والانضغاط والعقد المعرفة في الفصل (أ-1). ينبغي أن يكون الأنموذج قادراً على نقل جميع الأحمال المعاملة إلى المساند أو المناطق (ب) المتاخمة.

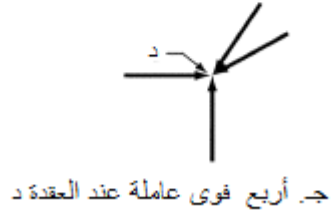
أ-2/2 يجب أن يكون أنموذج دعامات الانضغاط والشد في حالة توازن مع الأحمال المسلطة وردود الأفعال.

أ-3/2 عند تحديد الشكل الهندسي للمسمن يجب الأخذ في الحسبان أبعاد دعامات الشد والانضغاط ومناطق العقد (nodal zones).



أ. ثلاث دعائم ضغط تعمل في منطقة العقدة

ب. يمكن تعويض الدعائم أ، ب، ج و د هـ بالدعامتين أ، ج



ج. أربع قوى عاملة عند العقدة د



د. تحليل القوى على الجانب الأيمن من العقدة (د) المبينة بالشكل ج

الشكل أ-1/2: تحليل القوى العاملة في منطقة العقدة

أ-4/2 يمكن لدعامات الشد (ties) أن تتقاطع مع دعائم الانضغاط. كما يمكن لدعامات الانضغاط أن تتقاطع أو تتداخل مع بعضها البعض عند العقد فقط.

أ-5/2 يجب أن لا تقل الزاوية θ (وهي الزاوية المحصورة بين محاور أية دعامة شد أو دعامة انضغاط تتقاطع عند عقدة منفردة) عن 25 درجة.

أ-6/2 يجب أن يعتمد تصميم دعائم الانضغاط ودعامات الشد والمناطق العقدية (nodal zones) على العلاقة التالية:

$$\phi F_n \geq F_u \quad \text{.....(1/2-أ)}$$

حيث أن F_u تمثل القوة المعاملة العاملة على دعائم الانضغاط والشد أو احد أوجه منطقة العقدة في حين أن F_n تمثل المقاومة الاسمية لدعامات الانضغاط والشد أو منطقة العقدة (nodal zone) وتحدد قيمة معامل تقليل المقاومة ϕ طبقاً لمتطلبات الفقرة (6-5/2/3) من هذه المدونة.

أ-3 مقاومة دعائم الانضغاط (Strength of Struts) [1,2,7,8]

أ-1/3 يجب ان تمثل المقاومة الاسمية لدعامات الانضغاط غير المسلحة باتجاهها الطولي (F_{ns}) القيمة الأصغر عند طرفي الدعامة وتحسب بموجب العلاقة:

$$F_{ns} = f_{ce} A_{cs} \quad \text{.....(1/3-أ)}$$

حيث أن (A_{cs}) تمثل مساحة مقطع احد طرفي دعامة الانضغاط وتمثل (f_{ce}) القيمة الأصغر من القيم المبينة في أ و ب التاليين:

- أ- مقاومة الانضغاط الفعالة لخرسانة دعامة الانضغاط المبينة في البند (أ-2/3).
- ب- مقاومة الانضغاط الفعالة لخرسانة منطقة العقدة (nodal zone) كما مبين في البند (أ-2/5).

أ-2/3 يجب حساب مقاومة الانضغاط الفعالة لخرسانة دعامة الانضغاط (f_{ce}) طبقاً للعلاقة التالية:

$$f_{ce} = 0.85 \beta_s f_c' \quad \dots\dots (أ-2/3)$$

أ-1/2/3 لدعامة الانضغاط ذات مساحة مقطع منتظم على طول الدعامة $\beta_s = 1.0$

أ-2/2/3 في دعامات الانضغاط التي يكون عرض مقطعها الوسطي أكبر من عرضها عند العقد (الدعامة على هيئة قنينة):

أ- إذا كان حديد التسليح يحقق متطلبات البند (أ-3/3) $\beta_s = 0.75$

ب- إذا كان حديد التسليح لا يحقق متطلبات البند (أ-3/3) $\beta_s = 0.60\lambda$

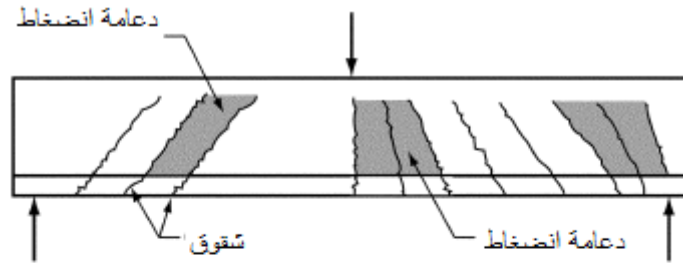
حيث أن قيمة λ تكون كما هو معرف في البند (5-6).

أ-3/2/3 قيمة β_s للدعامة في عناصر الشد (Tension members) أو الدعامة التي تمثل شفة

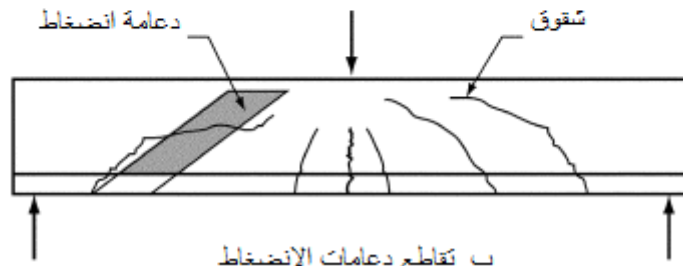
العنصر المعرضة للشد (tension flanges) $\beta_s = 0.4$

أ-4/2/3 لجميع الحالات التي لم تذكر آنفاً $\beta_s = 0.60\lambda$

كما مبين في الشكل (أ-1/3)



أ. دعامة الانضغاط في وتره عتية بوجود شقوق مائلة موازية إلى الدعامة ($\beta_s = 0.6\lambda$)



ب. تقاطع دعامة الانضغاط مع الشقوق المائلة (المنحرفة) ($\beta_s = 0.6\lambda$)

الشكل أ-1/3: أنواع تمثيل دعامة الانضغاط

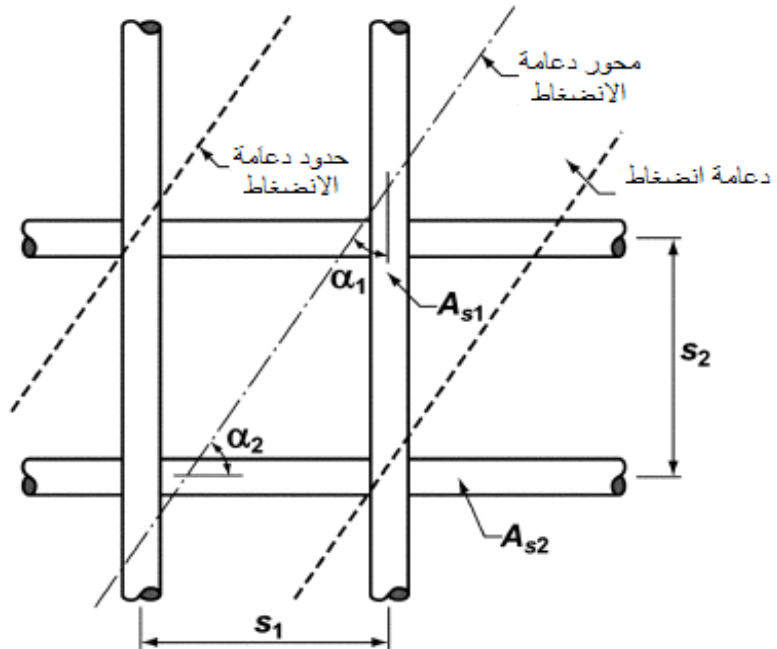
أ-3/3 إذا استخدمت قيمة β_s الموصوفة في الفقرة (أ-2/2/3) (أ) فإنه يجب أن يقطع محور دعامة الانضغاط بحديد تسليح مناسب لمقاومة قوى الشد المستعرضة والمتسببة من قوة الضغط المنتشرة في الدعامة. ويمكن افتراض ان قوة الانضغاط في الدعامة تنتشر مع محور الدعامة بميل مقداره 1:2 [(2) بالاتجاه الطولي / (1) بالاتجاه المستعرض].

أ-1/3/3 عندما لا تتجاوز قيمة إجهاد انضغاط الخرسانة (f_c') 40 نت/مم² عندها يجب ان تحقق متطلبات البند (أ-3/3) حيث يجب أن يقطع محور الدعامة بطبقات من حديد التسليح التي تحقق متطلبات العلاقة التالية:

$$\sum \frac{A_{si}}{b_s S_i} \sin \alpha_i \geq 0.003 \quad \dots\dots(3/3-أ)$$

حيث أن A_{si} تمثل المساحة الكلية لحديد التسليح السطحي بمسافة تباعد S_i عن طبقة التسليح (i) التي تقطع الدعامة بزاوية مقدارها (α_i) مع محور الدعامة.

أ-2/3/3 يجب وضع حديد التسليح المطلوب وفقاً لاشتراطات البند (أ-3/3) باتجاهين متعامدين يميلان بزاويتي α_1 و α_2 مع محور دعامة الانضغاط أو باتجاه واحد وبزاوية (α) لا تقل عن (45 درجة).



الشكل أ-2/3: حديد التسليح المتقاطع مع دعامة انضغاط

أ-4/3 عند توافر نتائج تجريبية وتحليلية موثقة يسمح بزيادة قيمة مقاومة الانضغاط الفعالة لدعامات الانضغاط وذلك في حالة استعمال حديد تسليح حاصر (confining reinforcement) مؤلف من رباطات طولية موازية لمحور الدعامات ورباطات مستعرضة او تسليح حلزوني متعامد مع محور الدعامات.

أ-5/3 يسمح باستعمال حديد تسليح انضغاط لزيادة مقاومة الدعامات ويجب أن يثبت هذا التسليح بإحكام وأن يكون موازياً لمحور الدعامات ويقع ضمن عرض الدعامات وأن يحاط ورباطات مستعرضة (lateral ties) أو تسليح حلزوني (spiral). وفي هذه الحالة تحسب المقاومة الاسمية للدعامات المسلحة طولياً بموجب العلاقة التالية:

$$F_{ns} = f_{ce} A_{cs} + A'_s f'_s \quad \dots\dots (4/3-أ)$$

أ-4 مقاومة دعامات الشد (Strength of Ties) [1 ، 6 ، 7 ، 8]

أ-1/4 يجب أن تحسب المقاومة الاسمية لدعامات الشد F_{nt} طبقاً للعلاقة التالية:

$$F_{nt} = A_{ts} f_y \quad \dots (1/4-أ)$$

حيث أن:

A_{ts} مساحة حديد التسليح المجهز في دعامات الشد مقاسة بـ(مم²)

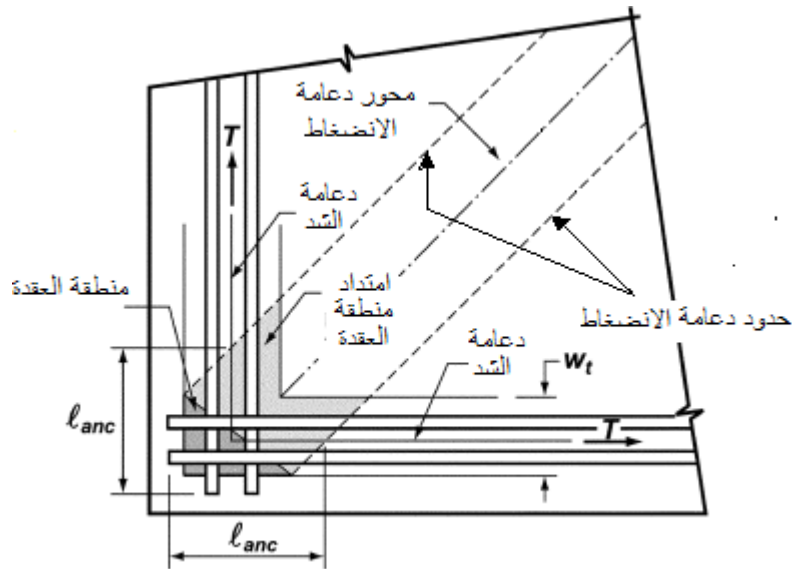
أ-2/4 في أنموذج دعامات الانضغاط والشد يجب أن يتطابق محور حديد تسليح دعامات الشد مع محور الدعامات.

أ-3/4 يجب تثبيت حديد تسليح دعامات الشد بواسطة أجهزة ميكانيكية (mechanical devices) أو عققات قياسية (standard hooks) أو ان تكون قضبان الحديد مستقيمة لها أطوال تثبيت تحقق متطلبات الفقرات من (أ-1/3/4) إلى (أ-4/3/4).

أ-1/3/4 يجب أن تولد مناطق العقد الفرق بين القوة في دعامات الشد (tie force) عند أحد جانبي العقدة والقوة في دعامات الشد عند الجانب الآخر.

أ-2/3/4 في مناطق العقد التي تثبت دعامات شد واحدة يجب أن تتولد قوة الشد الكاملة في النقطة الفاصلة التي يترك عندها مركز حديد تسليح دعامات الشد منطقة العقدة ويدخل فضاء العتبة.

أ-3/3/4 في مناطق العقد التي تثبت دعامتي شد أو أكثر يجب أن تتولد قوة الشد الكاملة في كل اتجاه في النقطة الفاصلة التي يترك عندها مركز حديد تسليح دعامات الشد المنطقة التي تمثل امتداد منطقة العقدة (extended nodal zone).



الشكل أ-3/3: امتداد منطقة العقدة التي تثبت دعامتي شد

أ-4/3/4 يجب أن يثبت حديد التسليح المستعرض المستوفي لمتطلبات البند (أ-3/3) بموجب اشتراطات الفصل (9-11).

أ-5 مقاومة منطقة العقد (Strength of Nodal Zone)

أ-1/5 يجب أن تحسب مقاومة الانضغاط الاسمية لمنطقة العقدة (F_{mn}) باستخدام العلاقة:

$$F_{mn} = f_{ce} A_{nz} \quad \dots (1/5-أ)$$

حيث أن f_{ce} تمثل مقاومة الانضغاط الفعالة للخرسانة في منطقة العقدة كما وصفت في البند (أ-2/5)

في حين أن المساحة A_{nz} هي القيمة الأصغر من (أ) و (ب) المبينين في التالي:

أ- مساحة وجه منطقة العقدة عند الوجه الذي تعمل عنده القوة (F_u) على أن تؤخذ باتجاه متعامد مع خط تأثير القوة (F_u).

ب- مساحة المقطع المار خلال منطقة العقدة وتؤخذ باتجاه متعامد مع خط تأثير محصلة القوى في المقطع.

أ-2/5 يجب أن لا يتجاوز الإجهاد الفعال للانضغاط f_{ce} المحسوب على أحد أوجه منطقة العقدة المتسبب عن قوى دعامة الشد و الانضغاط القيمة المحسوبة من العلاقة:

$$f_{ce} = 0.85 \beta_n f'_c \quad \dots (2/5-أ)$$

حيث أن قيمة β_n تحسب طبقاً للفقرتين (أ-1/2/5) و (أ-2/2/5).

أ-1/2/5 في مناطق العقد المحددة بدعامة انضغاط أو مساحات اسناد التحميل (Bearing area) أو

$$\beta_n = 1 \dots \dots \dots \text{كليهما}$$

- أ-2/2/5 في مناطق العقد التي تثبت دعامة شد واحدة $\beta_n = 0.8$
- أ-3/2/5 في مناطق العقد التي تثبت دعامتي شد أو أكثر $\beta_n = 0.6$

المراجع

1. ACI Committee 318, “*Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*”, (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473 pp.
2. Collins, M. P.; Kriz, L. B.; and Mitchell, D., “*Prestressed Concrete Structures*, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1991, 766pp.
3. MacGregor, J. G., Reinforce Concrete: Mechanics and Design, 3rd Edition. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1997, 939 pp.
4. FIP Recommendations, Practical Design of Structural Concrete, FIP – Commission 3, “Practical Design,” Pub.: SETO. London, Sept.1999.
5. Muttoni, A.; Schwartz, J.;and Thurlimann, B., Design of Concrete Structures with Stress Fields, Birkhauser, Boston, MA, 1997,143 pp.
6. Joint ACI-ASCE Committee 445, “Recent Approaches to Shear Design of Structural Concrete (ACI 445R-99),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1991, pp. 551-556.
7. Bergmeister, K.; Jirsa, J.O.; and Breen, J. E, “Dimensioning of the Nodes and Development of the Reinforcement,” IABSE Colloquium Stuttgart 1991, International Association for Bridge and Structural Engineering, Zurich, 1991, pp. 551-556.

الملحق (ب)

متطلبات بديلة لعناصر الانحناء والانضغاط الخرسانية الانشائية

Alternative Provisions for Reinforced and Prestressed

Concrete Flexural and Compression Members

ب-1 المجال (Scope) [4 ، 3 ، 2 ، 1]

يسمح بتصميم عناصر الانحناء وعناصر الانضغاط بموجب متطلبات الملحق (ب). عند استعمال هذا الملحق في التصميم يجب استبدال (ب-1/1) و (ب-1/1/1) و (ب-2/1/1) و (ب-3/1/1) محل البند (5-3/4) المذكورة في الباب الخامس من هذه المدونة، ويجب أن يحل البند (ب-2/1) محل (3-7) و (ب-7-3/4)، (5/3-7) المذكورة في الباب السابع من هذه المدونة.

ب-1/1 اعادة توزيع العزوم في عناصر الانحناء المستمرة وغير مسبقة الإجهاد

(Redistribution of Moments in Continuous Nonprestressed Flexural Members)

ب-1/1/1 باستثناء الحالات التي تستعمل فيها القيم التقريبية للعزوم، يسمح بتقليل العزوم المعاملة المحسوبة بنظرية التحليل المرن عند مقاطع العزوم القصوى السالبة او الموجبة لاي فضاء من فضاءات عناصر الانحناء المستمرة لأي فرضية لتوزيع الاحمال بضربها في معامل تقليل لا تتجاوز قيمته:

$$20 \left(1 - \frac{\rho - \rho'}{\rho_b} \right) \% \quad (\text{ب-1/1}) \dots\dots\dots$$

ب-2/1/1 يعاد توزيع العزوم فقط عندما يكون المقطع المراد تقليل العزم فيه مصمماً بحيث لا تزيد (ρ) او ($\rho - \rho'$) على ($0.5 \rho_b$) حيث:

$$\rho_b = \left(\frac{0.85 \beta_1 f'_c}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{ب-2/1}) \dots\dots\dots$$

ب-3/1/1 يجب استعمال العزم المقللة قيمته لحساب العزوم المعاد توزيعها عند المقاطع الاخرى ضمن الفضاءات. ويجب المحافظة على حالة التوازن الساكن (static equilibrium) بعد اعادة توزيع العزوم لكل حالة من حالات توزيع الاحمال.

ب-2/1 مبادئ ومتطلبات عامة (General Principles & Requirements)

في عناصر الانحناء والعناصر المعرضة لفعل مشترك من الانحناء مع حمل انضغاط محوري حيث ($P_n \phi$) اقل من القيمة الأقل من ($0.1 f'_c A_g$) او ($P_b \phi$)، يجب ان لا تزيد نسبة التسليح (ρ) المتوافرة على (0.75) من النسبة (ρ_b) والتي تعطي حالات انفعال متوازنة للمقطع عندما يكون تحت

تأثير الانحناء وبدون الاشتراك مع حمل محوري. اما للعناصر المسلحة بتسليح أنضغاط فان النسبة (ρ_b) التي تتم موازنتها بتسليح الانضغاط، لايلزم تقليلها بمعامل التقليل (0.75).

المراجع

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary", (ACI 318M-08), American Concrete Institute, 2008, 473 pp.
2. Collins, M. P.; Kriz, L. B.; and Mitchell, D., "Prestressed Concrete Structures, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1991, 766pp.
3. MacGregor, J. G., Reinforce Concrete: Mechanics and Design, 3rd Edition. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1997, 939 pp.
4. FIP Recommendations, Practical Design of Structural Concrete, FIP – Commission 3, "Practical Design," Pub.: SETO. London, Sept.1999.