



Mat foundation design

According to the ACI code

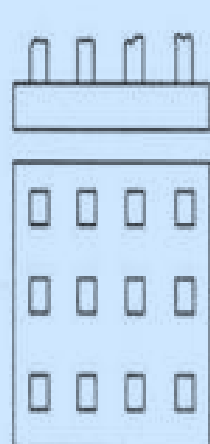
Part 1

تصميم الأساس الحصري
وفق الكود الأمريكي
د. ماجد البنا



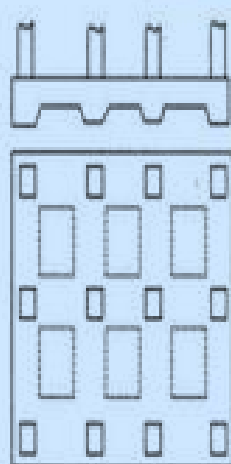
Consultant Designer
Dr. Majid Al-Bana

Part 1

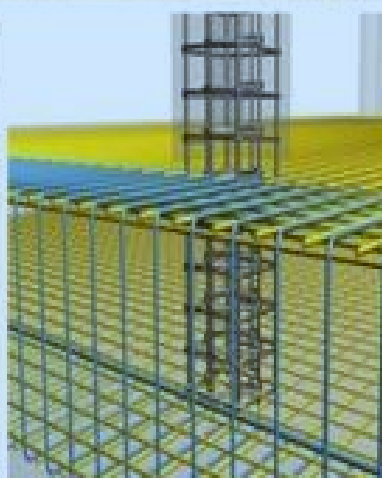


Plan view

Section



Section



Contact

+9647702724811

majidalbana@hotmail.com

www.majidalbana.com

March 2020

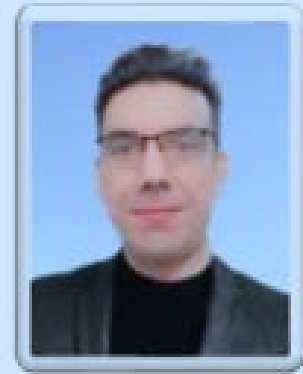


Mat foundation design

According to the ACI code

Part 1

تصميم الاساس
الحصيري
وفق الكود الامريكي
د. ماجد البنا



Consultant Designer
Dr. Majid Al-Bana

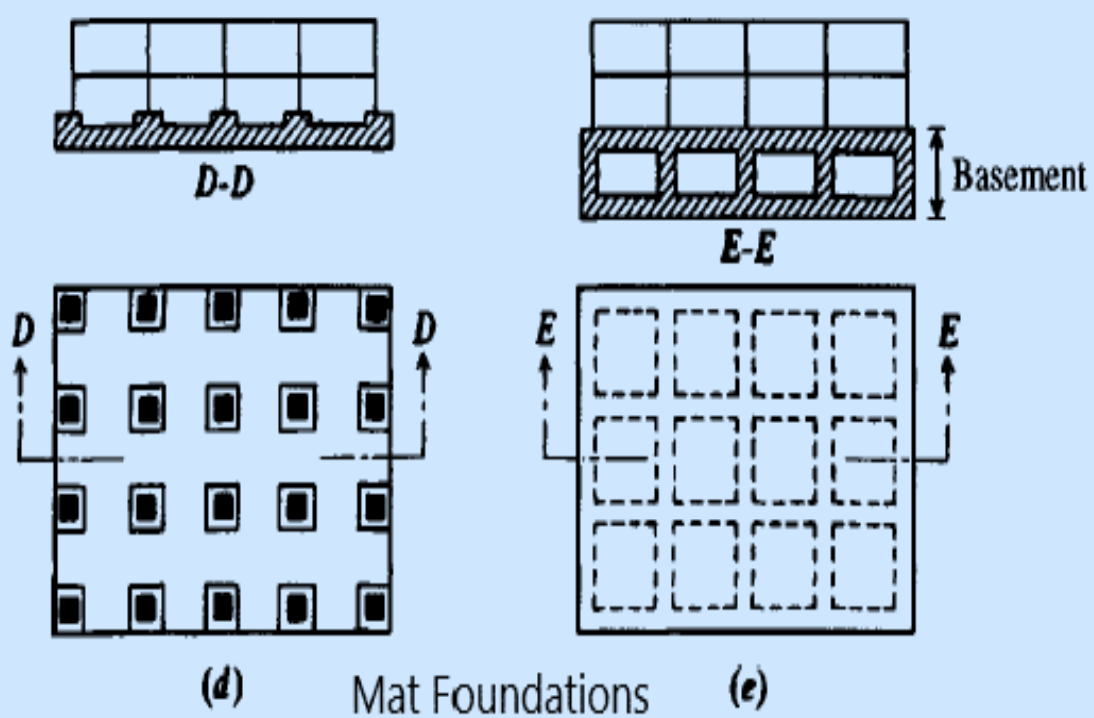
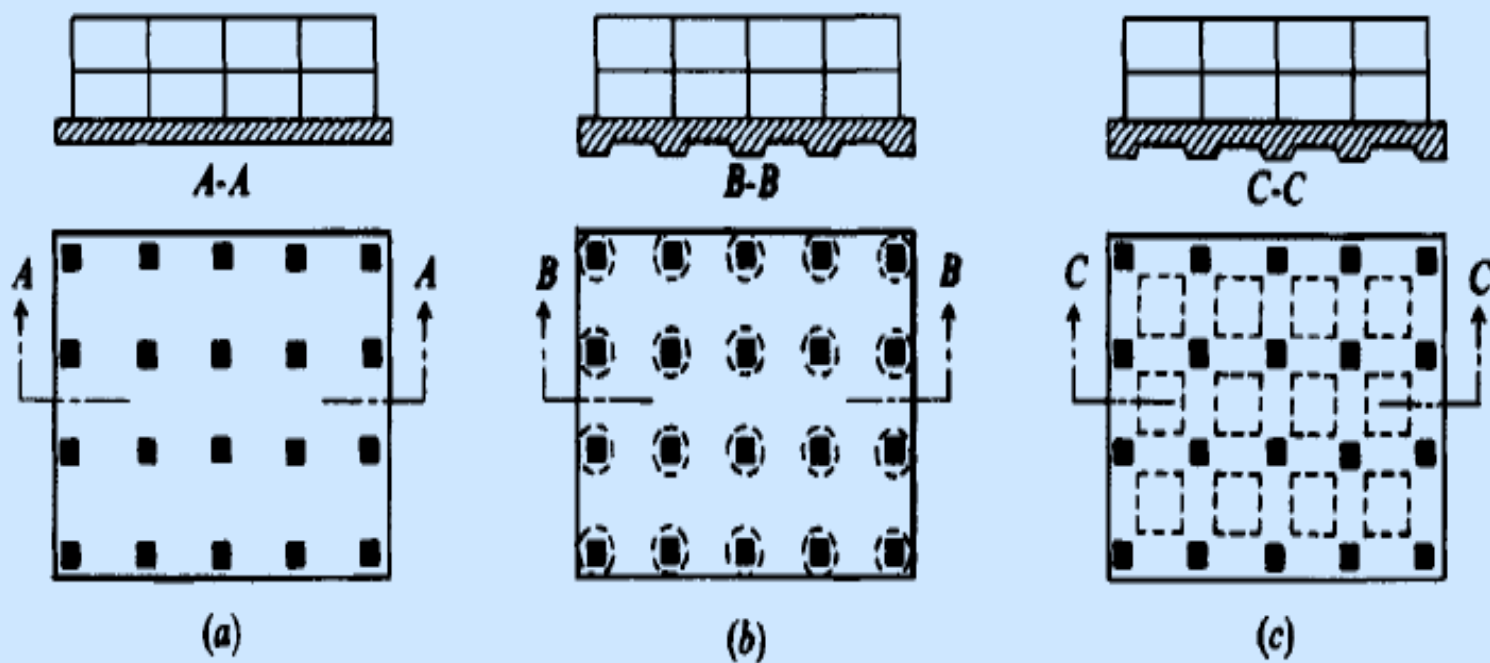
Part 1

Contact

 +9647702724811

 majidalbana@hotmail.com

 www.majidalbana.com



الاساس الحصري

الحصيرة:

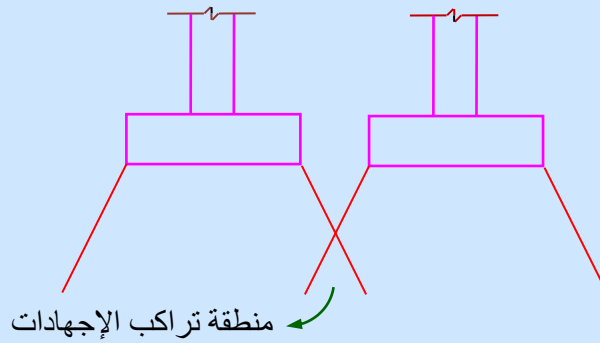
هي عبارة عن أساس مشترك , قد يشمل كامل مساحة المنشأة بحيث يحمل الجدران والأعمدة ويسمى عندها بـ « **الحصيرة العامة** » وقد يشمل جزءاً من مساحة المنشأة ويسمى عندها بـ « **الحصيرة الجزئية** » وهي تنقل إلى التربة حمولة ثلاثة أعمدة على الأقل لا تقع على استقامة واحدة .

✦ حالات استخدام الحصيرة

1- عندما تكون التربة ذات قدرة تحمل ضعيفة , أو عندما تكون حمولات الأعمدة كبيرة والمجازات فيما بينها صغيرة , بحيث تصبح مجموع مساحات الأساسات المنفردة تعطي كلفة اقتصادية أكبر من الحصيرة .

✓ ملاحظة:

إذا تم استخدام الأساسات السطحية الأخرى في حالة تربة ذات قدرة تحمل ضعيفة فإن الأساسات سوف تغطي أكثر من نصف مساحة المبنى , بالإضافة إلى أن تقارب الأساسات يؤدي إلى تراكم الإجهادات مع بعضها وبالتالي إلى زيادة الهبوط في منطقة تراكم الإجهادات « هبوط تفاضلي » .



2- تستخدم كأساسات مرنة للمنشآت ذات الكتلة الواحدة , كالخزانات الأرضية والصوامع والمآذن والمداخن والأبراج .

3- تستخدم للمنشآت ذات الحساسية العالية للهبوط التفاضلي .

4- للترب ذات الانضغاطية العالية , حيث نحسب الهبوط على الإجهاد الصافي وهو الفرق بين الضغط الناجم عن الحمولات الحية والميتة والضغط الناجم عن وزن التربة المزاحة , أي :

$$P_{DL} + P_{LL} - P_s = P_{net} = P_{eff}$$

حيث:

P_{DL} الضغط الناجم عن الحمولات الميتة .

P_{LL} الضغط الناجم عن الحمولات الحية .

P_s الضغط الناجم عن وزن التربة المزاحة .

P_{net} الإجهاد الصافي .

P_{eff} الإجهاد الفعال .

فإذا جعلنا القيمة السابقة صفراً, أي إذا أزحنا وزناً من التربة مساوياً للضغط الناجم عن الحمولات يكون الهبوط مساوياً للصفر - نظرياً - وفي هذه الحالة نسمي هذا النوع من الحوائط بـ « الحصيرة العائمة » .

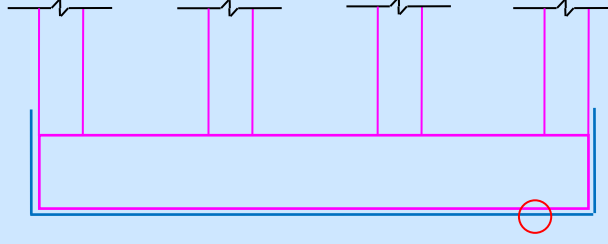
ولكن عملياً عند إزاحة التربة يحدث انتفاخ , ثم عند وضع المنشأ تهبط وتتغير خواص التربة أثناء الحفر وبعده بسبب تغير الحالة الإجهادية في التربة , ومع ذلك يمكن الحصول على هبوط ضمن الحدود المسموحة - عملياً - .

5- للترب متباينة الخواص أو الترب الحاوية على جيوب ضعيفة أو جيوب صلبة أو تكهفات .

✓ ملاحظة:

نواجه جيوباً صلبة إذا تحقق ذلك طبيعياً , أو عند البناء فوق منشأ قديم تمت إزالته .

6- عند التأسيس على تربة ذات منسوب مياه جوفية مرتفع , حيث يؤدي استخدام الحصيرة إلى إعطاء البناء مناعة عالية ضد تسرب المياه إلى الأقبية والأساسات , وذلك بسبب سهولة عزل الحصيرة التي تستخدم في نفس الوقت كبلاطة للقبو .



♦ مميزات الحصيرة

بالإضافة إلى الميزات التي ذكرت في الفقرة السابقة , فإن استخدام الحصيرة يؤدي إلى:

- 1- زيادة قدرة تحمل التربة , بسبب زيادة عرض الأساس وزيادة عمق التأسيس , حيث أن عمق التأسيس يحسب من أرضية القبو بالنسبة للأساسات الأخرى (منفردة , مستمرة , مشتركة) بينما يحسب من سطح الأرض الطبيعية بالنسبة للحصيرة العامة
- 2- تخفيض الإجهاد المطبق , بسبب زيادة سطح الاستناد .
- 3- جعل الهبوط أكثر انتظاماً , وذلك بالرغم من زيادة الهبوط الكلي الناتج عن زيادة عرض الأساس , ولكن تنقص قيمة الهبوط التفاضلي .
- 4- إدخال طبقات جديدة في مجال التأثير بالإجهادات , حيث أن العرض الكبير لأساس الحصيرة يؤدي إلى انتشار الإجهادات في التربة إلى عمق كبير .

♦ أنواع الحصائر

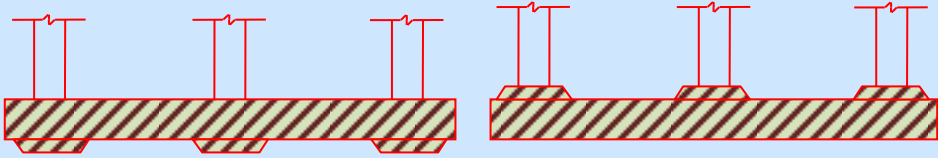
1- الحصيرة الصماء:

وهي حصيرة ذات سماكة واحدة في جميع أجزاء المنشأ وتستند إليها كافة الأعمدة والجدران , وتستخدم في حالة أعمدة ذات أحمال ضعيفة إلى متوسطة وتباعداً صغيراً فيما بينها .



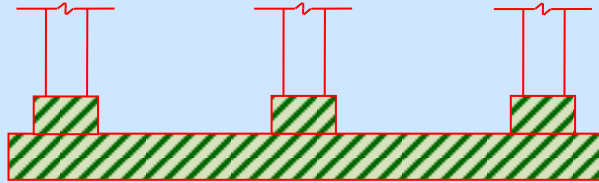
2- الحصيرة الصماء ذات التيجان:

وهي الحصيرة التي تتم زيادة سماكتها عند الأعمدة من أسفل الحصيرة أو من الأعلى , وتستخدم إذا كانت حمولات الأعمدة كبيرة حيث تتم زيادة السماكة لمقاومة القص والثقب وعزم الانعطاف السالب .



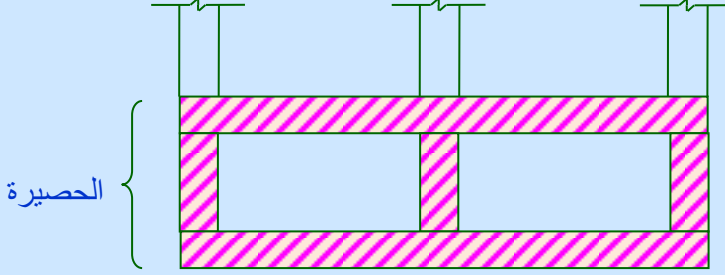
3- الحصيرة العادية ذات الجوائز « سقف مقلوب »:

وهي حصيرة ذات سماكة منتظمة مع زيادة سماكتها عند محاور الأعمدة بشكل جوائز , ويمكن أن تكون هذه الجوائز باتجاه واحد أو باتجاهين , وتصمم كالسقف المقلوب .



4- الحصيرة الصندوقية:

تستخدم في حالة عزوم الانعطاف الكبيرة , حيث الحمولات كبيرة والمجازات بين الأعمدة كبيرة , وفي هذه الحالة تكون صلابة الحصيرة عالية جداً ووزنها خفيف نسبياً.



✓ ملاحظة:

في الحصيرة ذات الجوانز , إذا وجدنا أن سماكة الجوانز كبيرة نسبياً نقوم بزيادة السماكة أكثر ونصب بلاطة لنحصل على حصيرة صندوقية , حيث نحافظ على الفراغ ولا نردمه .

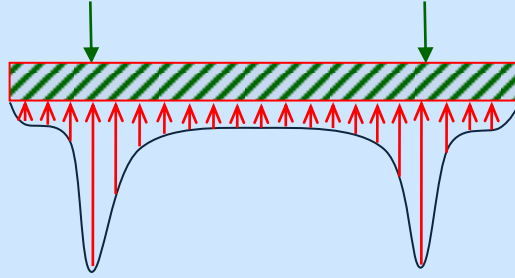
✦ تصميم الحصيرة

❖ توزيع إجهادات التماس أسفل الحصيرة

لدينا عدة حالات هي:

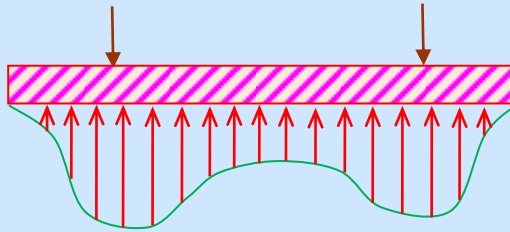
1- إذا كانت التربة تحت الحصيرة عالية الصلابة , غير قابلة للانضغاط , غير قابلة للهبوط:

في هذه الحالة يكون رد فعل التربة محصوراً في مناطق الأعمدة , وتعتبر الحصيرة مرنة بالنسبة للتربة تحتها وتصمم على هذا الأساس « نظريات المرونة » .



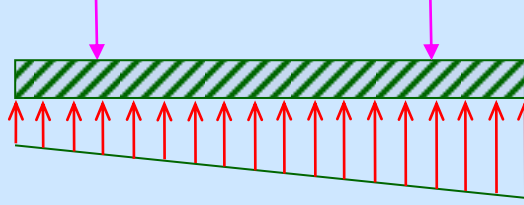
2- حالة التأسيس على تربة مقاومة , أي قابلة للانضغاط ولكنها لا تنضغط كثيراً بل تقاوم نسبياً :

في هذه الحالة يزداد رد فعل التربة في منطقة الحمولات ويقل كلما ابتعدنا عنها ولكن لا يكون محصوراً تحت الأعمدة , وبالتالي فإن توزيع الإجهادات يكون متموجاً بحيث تزداد شدته بشكل ملحوظ تحت الأعمدة , وهنا تعتبر الحصيرة صلبة نسبياً .



3- حالة التربة الضعيفة:

في هذه الحالة تكون التربة ذات انضغاطية عالية , وبالتالي سيكون توزيع الإجهادات منتظم أو خطي , وهنا تعتبر الحصيرة جسماً صلباً بالنسبة للتربة تحتها ويتم تصميمها على هذا الأساس .



❖ الاختلاف بين إجهادات التماس الفعلية والمحسوبة

إن الإجهادات الفعلية سوف تختلف عن الإجهادات المحسوبة (الحسابية) للأسباب التالية:

- 1- إن افتراض التوزيع المنتظم للإجهادات تحت الحصيرة هو افتراض لا يطابق الواقع , حيث يختلف توزيع الإجهادات حسب نوع التربة .
- 2- إن هبوط الحصيرة سوف يكون على شكل طبق مقعر في حال وجود الطبقات المنضغطة تحت الحصيرة .
- 3- إن احتواء التربة على بعض التكهفات أو الجيوب الضعيفة أو الجيوب الصلبة سوف يتسبب بتوزيع متباين للإجهادات .

÷ تصميم الحصيرة باعتبارها بلاطة مصمتة ×

لنفرض أنه لدينا منشأة محمولة على مجموعة من الأعمدة , وأردنا تصميم حصيرة لهذه الأعمدة .

سيكون لدينا المعطيات التالية :

- قدرة تحمل التربة q_a .
- حمولات الأعمدة v_i .
- أبعاد الأعمدة $l \times b$.
- التباعدات بين محاور الأعمدة s_i .

✖ خطوات التصميم

❧ 1- إيجاد أبعاد الحصيرة كما يلي:

$$A = L \times B = \frac{\sum v_i}{q_a}$$

حيث

$\sum v_i$ مجموع حمولات الأعمدة على الحصيرة .

q_a قدرة تحمل التربة .

A مساحة الحصيرة .

ويجب الانتباه إلى اختيار أبعاد الحصيرة بحيث تضم الأعمدة كحد أدنى , وتبعد عن محور الأعمدة الطرفية $1m$ كحد أعلى .

نلاحظ حسب الشرط السابق أنه يجب أن يكون البروز:

$$e_{max} = 1m \quad , \quad e_{min} = \frac{b}{2}$$

❧ 2- بعد اعتماد قيم أبعاد الحصيرة , نحسب الإجهاد الفعلي تحت الحصيرة :

$$q = \frac{\sum v_i}{L \times B}$$

❧ 3- نحدد عرض الشرائح المسندية من العلاقة :

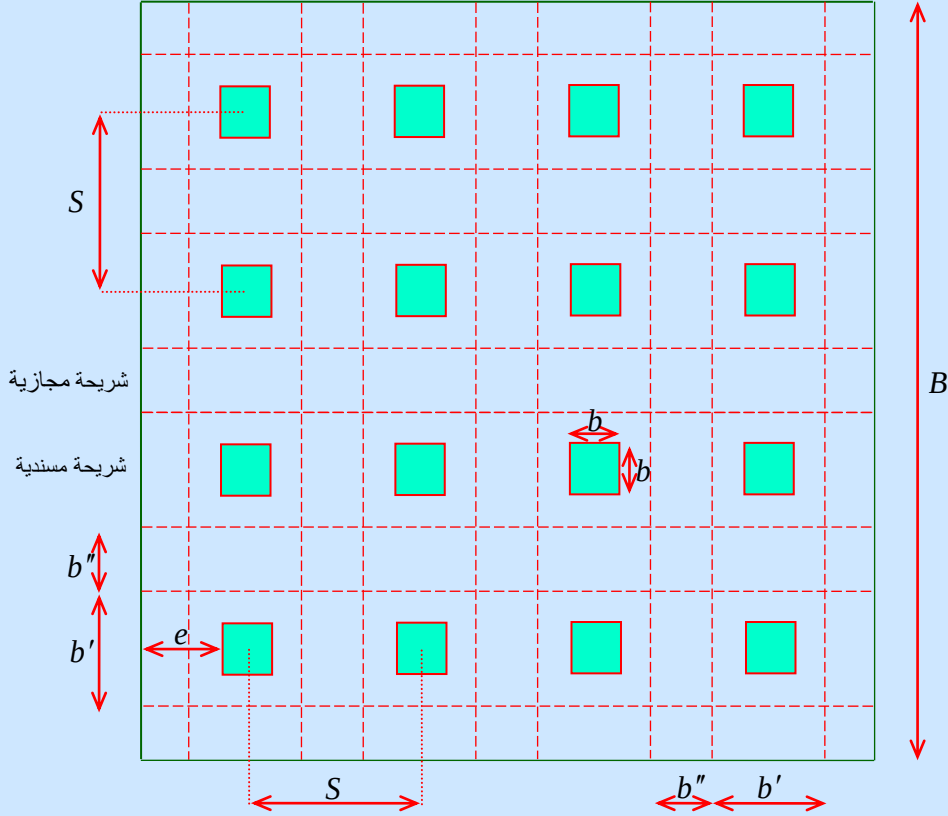
$$b' = b + 2d$$

حيث b' عرض الشريحة المسندية .

b عرض العمود .

d الارتفاع الفعال للحصيرة , وسنعتبره عشر التباعد بين المحاور

$$d = 0.1 \times s$$



◀ 4- نحسب الحمولة المكافئة للعزم w_m :

$$w_m = \frac{2}{3} \cdot q \cdot s$$

حيث

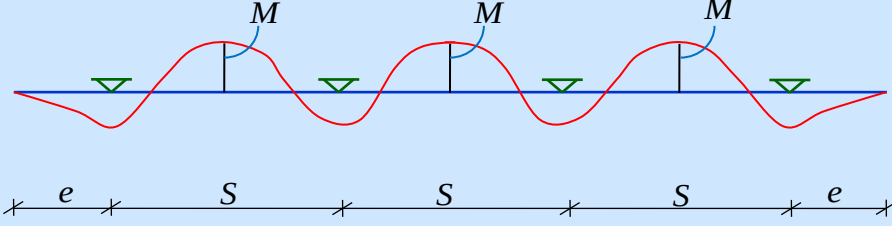
q الإجهاد الفعلي المطبق .

s التباعد بين محاور الأعمدة .

◀ 5- نحدد العزم وسط المجاز وعند المسند :

$$M = \frac{w_m \cdot s^2}{12}$$

لاحظ أن الشريحة المسندية هي عبارة عن جانز مقلوب:



◀ 6- نحسب الحمولة المكافئة للقص :

$$w_Q = \frac{1}{2} \cdot q \cdot s$$

◀ 7- نحدد قوة القص عند وجه العمود :

$$Q = 0.6 \times w_Q \times s$$

◀ 8- نحسب الارتفاع الفعال من العزم كما يلي :

$$d_m = c_2 \sqrt{\frac{M}{b'}}$$

حيث

b' عرض الشريحة المسندية

$$c_2 = 0.304$$

◀ 9- نحسب الارتفاع الفعال من علاقة القص كما يلي :

$$d_Q = \frac{Q}{j \cdot b' \cdot \bar{\tau}}$$

حيث

$$\bar{\tau} = 6 \text{ Kg} / \text{cm}^2 \text{ الإجهاد المسموح على القص .}$$

b' عرض الشريحة المسندية

$$j = 0.9$$

◀ 10- وبالتالي يكون الارتفاع الفعال :

$$d = \max (d_m , d_Q) \Rightarrow h = d + 5$$

ويجب أن يكون $h \geq \frac{S}{8}$, ويفضل أن يكون $h \leq \frac{S}{6}$.

◀ 11- نتحقق من الثقب للأعمدة على الحصىرة , حيث توجد قوة الثقب من العلاقة التالية :

$$V_p = P - q (l + \frac{2}{3}d) (b + \frac{2}{3}d)$$

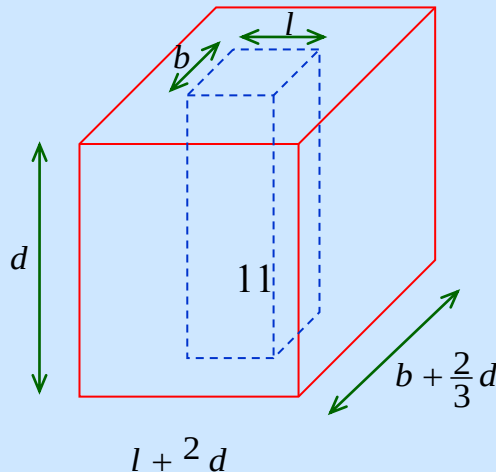
حيث P حمولة العمود

q الإجهاد الفعلي

◀ 12- توجد إجهاد الثقب من العلاقة :

$$q_p = \frac{V_p}{2d (l + b + 1.33d)} \leq 6 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

حيث أن المقام يعبر عن المساحة الجانبية لمكعب ارتفاعه d ومساحة قاعدته مساحة الثقب .

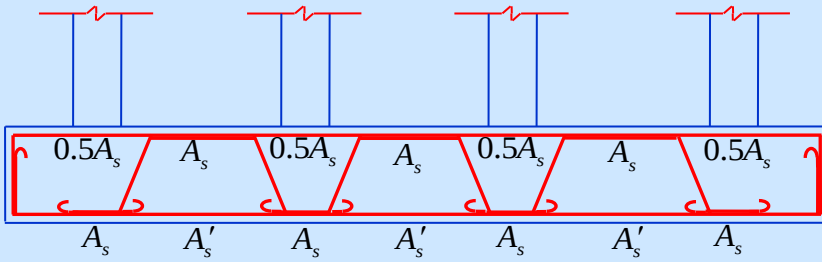


◀ 13- نوجد التسليح العامل العلوي في وسط المجاز :

$$A_s = \frac{M}{j \cdot d \cdot f_s}$$

حيث $f_s = 1400 \text{ Kg/cm}^2$ إجهاد الفولاذ .

ويوزع التسليح كما هو موضح في الشكل:



◀ 14- نضع في وسط المجازات (بين المساند) تسليح إنشائي سفلي :

$$A'_s = 0.3\% \times h \times 100$$

◀ 15- ندرس الشريحة المجازية:

- عرضها هو الفراغات بين الشرائح المسندية:

$$b'' = s - b'$$

- تسليحها العلوي والسفلي هو :

$$A_s'' = 0.3\% \times h \times 100$$

♦ مثال

المطلوب تصميم حصيرة مؤلفة من 25 عمود , متوضعة على خمسة صفوف (مربعة) , حمولة الأعمدة متساوية $v = 70t$, أبعاد الأعمدة 40×40 , قدرة تحمل التربة $q_a = 0.6 \text{ Kg/cm}^2$, والتباعد بين الأعمدة بالاتجاهين $s = 4m$

♦ الحل

نحدد في البداية مساحة الحصيرة:

$$A = \frac{\sum v_i}{q_a} = \frac{25 \times 70}{6} = 291.67 \text{ m}^2$$

« ننتبه أننا قمنا بتحويل q_a من Kg/cm^2 إلى t/m^2 . »

نحدد أبعاد الحصيرة باعتبارها مربعة :

$$A = B^2 = 291.67 \Rightarrow B = 17.1m$$

نتحقق من هذا البعد هل يضم الأعمدة أم لا , وهل هناك ظفر أم لا :

$$e = \frac{B - 4s}{2} = \frac{17.1 - 4 \times 4}{2} = 0.55m < 1m \text{ ok .}$$

نوجد الإجهاد الفعلي :

$$q = \frac{\sum v_i}{B^2} = \frac{25 \times 70}{17.1^2} = 5.98t/m^2$$

نوجد عرض الشرائح المسندية المارة بالأعمدة :

$$b' = b + 2d \quad , \quad d = 0.1 \times s = 0.1 \times 4 = 0.4m$$

$$\Rightarrow b' = 0.4 + 2 \times 0.4 = 1.2m$$

نوجد الحمولة المكافئة للعزم :

$$w_m = \frac{2}{3} \cdot q \cdot s = \frac{2}{3} \times 5.98 \times 4 = 15.95t/m$$

نحدد العزم :

$$M = \frac{w_m \cdot s^2}{12} = \frac{15.95 \times 4^2}{12} = 21.27 t \cdot m$$

نوجد الحمولة المكافئة للقص :

$$w_Q = \frac{1}{2} \cdot q \cdot s = \frac{1}{2} \times 5.98 \times 4 = 11.96 t/m$$

نحدد قوة القص عند وجه العمود :

$$Q = 0.6 \times w_Q \times s = 0.6 \times 11.96 \times 4 = 28.7 t$$

نحدد الارتفاع الفعال من علاقة العزم :

$$d_m = c_2 \sqrt{\frac{M}{b'}} = 0.304 \sqrt{\frac{21.27 \times 10^5}{120}} \Rightarrow d_m = 45 cm$$

نحدد الارتفاع الفعال من علاقة القص :

$$d_Q = \frac{Q}{j \cdot b' \cdot \bar{\tau}} = \frac{28.7 \times 10^3}{0.9 \times 120 \times 6} = 45 cm$$

وبالتالي يكون الارتفاع الفعال :

$$d = \max (d_m , d_Q) = 45 cm$$

وبالتالي يكون ارتفاع الحصيرة :

$$h = d + 5 = 50 cm$$

ومن الملاحظ أن :

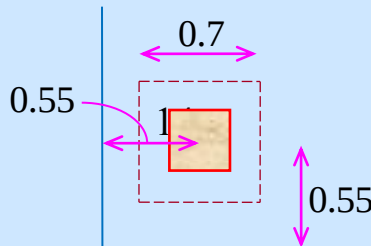
$$\frac{s}{8} \leq h \leq \frac{s}{6}$$

نتحقق على الثقب :

نلاحظ أن الأعمدة الطرفية هي الأخطر , وبالتالي لتحديد مساحة

الثقب نتحقق في البداية أن المسافة الطرفية $0.55m$ تكفي لحدوث

الثقب على الطرف:



$$a = b + \frac{2}{3}d = 0.4 + \frac{2}{3} \times 0.45 = 0.7m$$

وبالتالي تكون مساحة الثقب :

$$A = a^2 = 0.7^2 = 0.49 m^2$$

وتكون قوة الثقب :

$$V_p = P - q \times A = 70 - 5.98 \times 0.49 = 67.07 t$$

نوجد المساحة الجانبية لمكعب الثقب كما يلي :

$$S_e = d \times 4a = 45 \times 4 \times 70 = 12600 cm^2$$

وبالتالي يكون إجهاد الثقب :

$$q_p = \frac{V_p}{S_e} = \frac{67.07 \times 10^3}{12600} = 5.32 < 6 Kg/cm^2$$

نوجد التسليح العامل :

$$A_s = \frac{M}{j \cdot d \cdot f_s} = \frac{21.27 \times 10^5}{0.9 \times 45 \times 1400} = 37.51 cm^2 \Rightarrow A_s = 12 \phi 20$$

نضع تسليح إنشائي سفلي وسط المجاز بين المساند :

$$A'_s = 0.3\% \times h \times 100 = 15 cm^2/m' \Rightarrow A'_s = 10 \phi 14/m'$$

ننتقل إلى الشريحة المجازية :

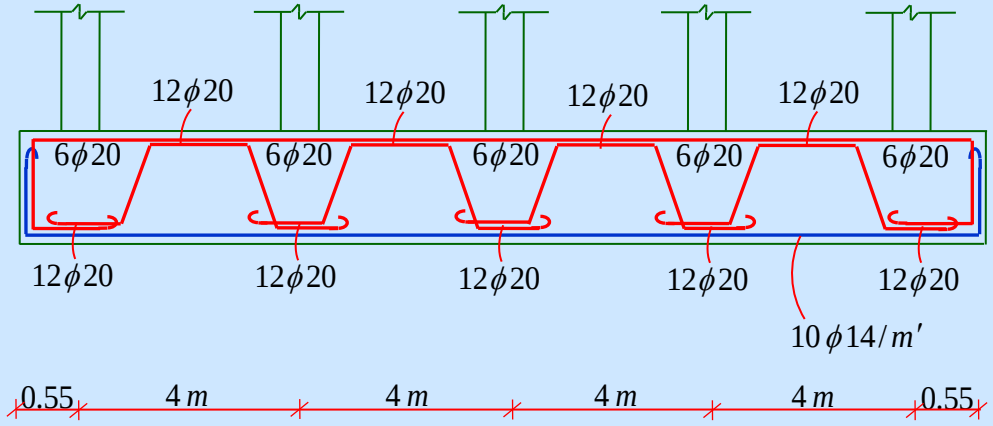
عرضها :

$$b'' = s - b' = 4 - 1.2 = 2.8m$$

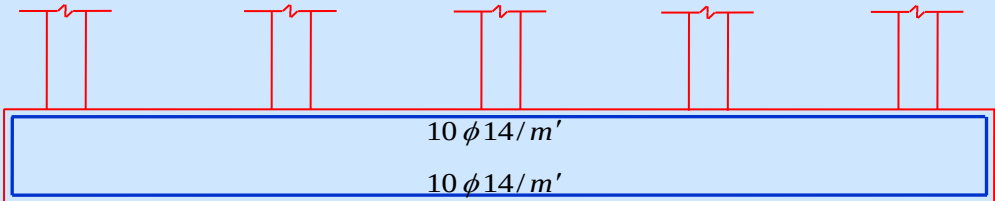
نضع تسليح إنشائي علوي وسفلي قيمته :

$$A_s'' = 10 \phi 14 / m'$$

• الشكل التالي يبين مقطعاً في الشريحة المسندية :



• الشكل التالي يبين مقطعاً في الشريحة المجازية :



÷ تصميم الحصيرة باعتبارها بلاطة معصبة ×

✱ خطوات التصميم ✱

◀ 1- إيجاد أبعاد الحصيرة كما يلي:

$$A = L \times B = \frac{\sum v_i}{q_a}$$

حيث $\sum v_i$ مجموع حمولات الأعمدة على الحصيرة .

q_a قدرة تحمل التربة .

A مساحة الحصيرة .

◀ 2- بعد اعتماد قيم أبعاد الحصيرة , نحسب الإجهاد الفعلي تحت الحصيرة :

$$q = \frac{\sum v_i}{L \times B}$$

◈ تصميم البلاطة

◀ 3- بما أننا سنعتبر الحصيرة بلاطة تعمل باتجاهين , لذلك يأخذ كل اتجاه جزء من الحمولة الموزعة على كامل مساحة الحصيرة كما يلي :

$$w_1 = \alpha_1 \cdot q \quad , \quad w_2 = \alpha_2 \cdot q$$

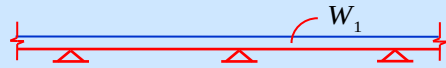
حيث تؤخذ عوامل التوزيع α_1 و α_2 من الكود حسب القيمة $L \times B$.

وفي الحالة التي يكون فيها $L = B$ تكون عوامل التوزيع $\alpha_1 = \alpha_2 = 0.5$

وبالتالي أصبحت البلاطة تدرس كجائزين مستمرين في الاتجاهين بعرض $1m$:



في الاتجاه B



في الاتجاه L

◀ 4- نحسب العزم في الاتجاهين كما يلي :

$$M_1 = \frac{w_1 \cdot s_1^2}{12} , \quad M_2 = \frac{w_2 \cdot s_2^2}{12}$$

◀ 5- نوجد الارتفاع الفعال من العزم الأخطر :

$$d = c_2 \sqrt{\frac{M}{100}} \Rightarrow h = d + 5$$

حيث

$$M = \max (M_1 , M_2) , \quad c_2 = 0.304$$

◀ 6- نوجد التسليح العلوي العامل في الاتجاهين (نكسحه عند المساند) :

$$A_{s_1} = \frac{M_1}{j \cdot d \cdot f_s} , \quad A_{s_2} = \frac{M_2}{j \cdot d \cdot f_s}$$

◀ 7- نضع تسليح إنشائي سفلي :

$$A'_s = 0.003 \times b \times h$$

♦ تصميم الجوائز

◀ 1- نوجد الحمولة المكافئة للعزم :

$$w_m = \alpha \cdot q \cdot s$$

حيث α عامل يأخذ بعين الاعتبار علاقة مجازي البلاطة ببعضهما , وفي الحالة

التي يكون فيها $L = B$ تكون قيمته $\alpha = \frac{2}{3}$.

◀ 2- نوجد العزم :

$$M = \frac{w_m \times s^2}{10}$$

◀ 3- نوجد الحمولة المكافئة للقص :

$$w_Q = \beta \cdot q \cdot s$$

حيث β عامل يأخذ بعين الاعتبار علاقة مجازي البلاطة ببعضهما , وفي الحالة التي يكون فيها $L = B$ تكون قيمته $\beta = 0.5$.

◀ 4- نحدد قوة القص :

$$Q = 0.6 \times w_Q \times s$$

◀ 5- نحسب الارتفاع الفعال:

$$d = c_2 \sqrt{\frac{M}{b}} \Rightarrow h = d + 5$$

حيث b عرض الجائز , ويؤخذ بعرض العمود أو أكثر .

◀ 6- نوجد التسليح العلوي (نكسحه عند المساند) :

$$A_s = \frac{M}{j \cdot d \cdot f_s}$$

◀ 7- نوجد τ لتحديد تسليح القص :

$$\tau = \frac{Q}{j \cdot d \cdot b}$$

في هذه الحالة نستخدم أساور عادية كتسليح قص ولتكن مثلاً $4 \phi 8 \text{ mm} / 15 \text{ cm}$, ونحسب إجهاد القص الذي تعطيه هذه الأساور , وما تبقى نحمله لحديد الشد المكسح .

♦ مثال

المطلوب تصميم حصيرة مؤلفة من 25 عمود , متوضعة على خمسة صفوف (مربعة) , حمولة الأعمدة متساوية $v = 70t$, أبعاد الأعمدة 40×40 , قدرة تحمل التربة $q_a = 0.6 \text{ Kg/cm}^2$, والتباعد بين الأعمدة بالاتجاهين $s = 4m$ « باعتبار الحصيرة بلاطة معصبة » .

♦ الحل

نحدد في البداية مساحة الحصيرة :

$$A = \frac{\sum v_i}{q_a} = \frac{25 \times 70}{6} = 291.67 \text{ m}^2$$

« ننتبه أننا قمنا بتحويل q_a من Kg/cm^2 إلى t/m^2 » .

نحدد أبعاد الحصيرة باعتبارها مربعة :

$$A = B^2 = 291.67 \Rightarrow B = 17.1m$$

نوجد الإجهاد المطبق تحت الحصيرة :

$$q = \frac{\sum v_i}{B^2} = \frac{25 \times 70}{17.1^2} = 5.98 t/m^2$$

♦ تصميم البلاطة

$$L = B \Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2 = 0.5$$

$$\Rightarrow w_1 = \alpha_1 \cdot q = 0.5 \times 5.98 = 2.99 t/m^2$$

$$w_2 = \alpha_2 \cdot q = 0.5 \times 5.98 = 2.99 t/m^2$$

نحسب العزوم :

$$M_1 = M_2 = \frac{w_1 \cdot s^2}{12} = \frac{2.99 \times 4^2}{12} = 3.99 t \cdot m / m'$$

نوجد الارتفاع الفعال من العزم الأخطر :

$$M = \max (M_1 , M_2) = 3.99 t \cdot m / m'$$

$$\Rightarrow d = c_2 \sqrt{\frac{M}{100}} = 0.304 \sqrt{\frac{3.99 \times 10^5}{100}} = 19.2 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow d = 20 \text{ cm} \Rightarrow h = 25 \text{ cm}$$

نوجد التسليح العلوي العامل في الاتجاهين (نكسحه عند المساند) :

$$A_{s_1} = A_{s_2} = \frac{M_1}{j \cdot d \cdot f_s} = \frac{3.99 \times 10^5}{0.9 \times 20 \times 1400} = 15.83 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

$$\Rightarrow A_{s_1} = A_{s_2} = 8 \phi 16 / \text{m}'$$

نضع تسليح إنشائي سفلي :

$$A'_s = 0.003 \times b \times h = 0.003 \times 100 \times 25 = 7.5 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

$$\Rightarrow A'_s = 7 \phi 12 / \text{m}'$$

♦ تصميم الجوائز

نوجد الحمولة المكافئة للعزم :

$$w_m = \frac{2}{3} \times q \times s = \frac{2}{3} \times 5.98 \times 4 = 15.95 \text{ t/m}$$

نوجد العزم في وسط المجاز :

$$M = \frac{w_m \times s^2}{10} = \frac{15.95 \times 4^2}{10} = 25.52 \text{ t} \cdot \text{m}$$

نوجد الحمولة المكافئة للقص :

$$w_Q = 0.5 \times q \times s = 0.5 \times 5.98 \times 4 = 11.96 \text{ t/m}$$

نوجد القص عند المساند :

$$Q = 0.6 \times w_Q \times s = 0.6 \times 11.96 \times 4 = 28.7 \text{ t}$$

نحسب الارتفاع الفعال كما يلي :

$$d = c_2 \sqrt{\frac{M}{b}} = 0.304 \sqrt{\frac{25.52 \times 10^5}{40}} = 76.79 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow d = 80 \text{ cm} \quad \Rightarrow h = 85 \text{ cm}$$

نوجد التسليح العلوي (نكسحه عند المساند) :

$$A_s = \frac{M}{j \cdot d \cdot f_s} = \frac{25.52 \times 10^5}{0.9 \times 80 \times 1400} = 25.32 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow A_s = 7 \phi 22$$

نوجد إجهاد القص τ لتحديد تسليح القص :

$$\tau = \frac{Q}{j \cdot d \cdot b} = \frac{28.7 \times 10^3}{0.9 \times 80 \times 40} = 9.97 \text{ Kg/cm}^2$$

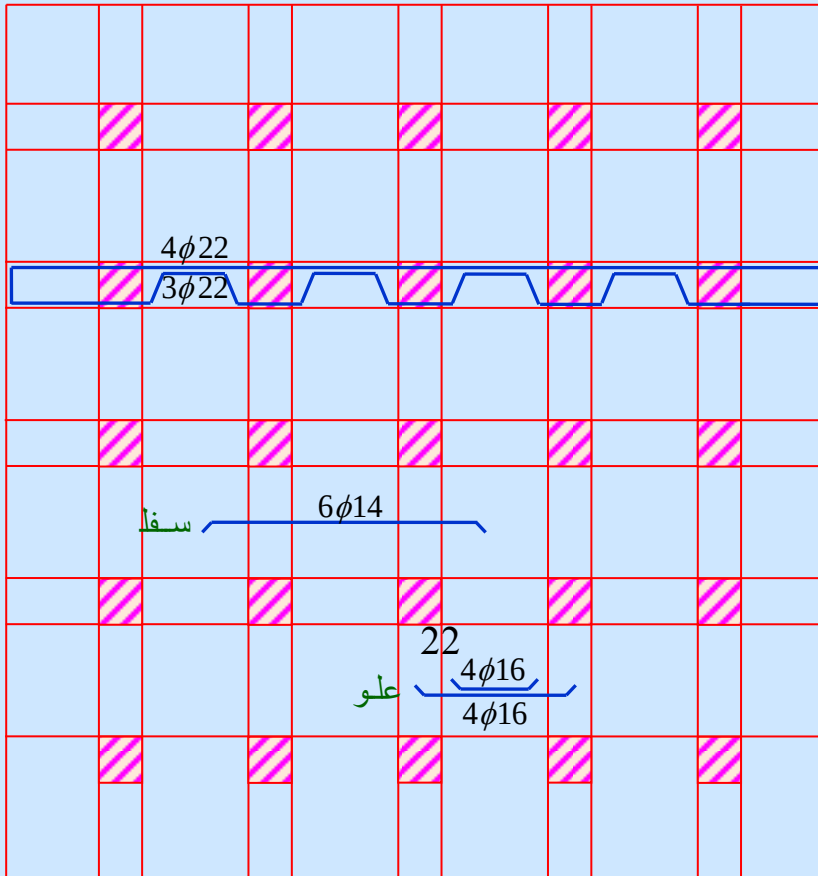
في هذه الحالة نستخدم أساور عادية كتسليح قص ولتكن مثلاً

$4 \phi 8 \text{ mm} / 15 \text{ cm}$, ونحسب إجهاد القص τ_1 الذي تعطيه هذه الأساور :

$$\tau_1 = \frac{n \cdot a_s \cdot f_s}{b \cdot s} = \frac{4 \times \frac{\pi}{4} \times 0.8^2 \times 1400}{40 \times 15} = 4.69 \text{ Kg/cm}^2$$

أما الجزء المتبقي من الإجهاد والذي يساوي $\tau_2 = \tau - \tau_1 = 5.28 \text{ Kg/cm}^2$

فنحمله على الحديد المكسح .

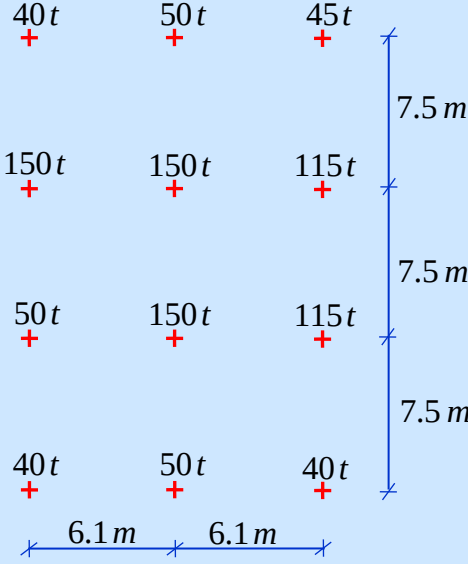


÷ تصميم الحصيرة بالطريقة التقريبية (التقليدية)

×

في هذه الطريقة سندرس الحالة العامة للحصيرة , أي أن مركز الحمولة لا ينطبق على مركز الحصيرة .

◆ مثال



يطلب تصميم حصيرة لمجموعة الأعمدة

المبينة في الشكل , علماً أن:

- أبعاد الأعمدة 40×40

- قدرة تحمل التربة الصافية

$$\bar{q} = 0.5 \text{ Kg /cm}^2$$

◆ الحل

◀ 1- لنفرض مبدئياً أن الحصيرة عبارة عن مستطيل يحوي الأعمدة مع مسافة راحة بمقدار 10 cm , وبالتالي تكون أبعاد الحصيرة :

$$\left. \begin{aligned} B &= 2 (6.1 + 0.2 + 0.1) = 12.8 \text{ m} \\ L &= 7.5 \times 3 + 2 (0.2 + 0.1) = 23.1 \text{ m} \end{aligned} \right\} \Rightarrow (12.8 \times 23.1)$$

◀ 2- تحديد مركز ثقل الحمولة:

سنعتبر المحاور الافتراضية مارة بالأعمدة اليسرى والأعمدة السفلى فنجد :

$$\sum v_i = 40 \times 3 + 45 + 50 \times 3 + 150 \times 3 + 115 \times 2 = 995 \text{ t}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i \cdot v_i}{\sum v_i} \Rightarrow$$

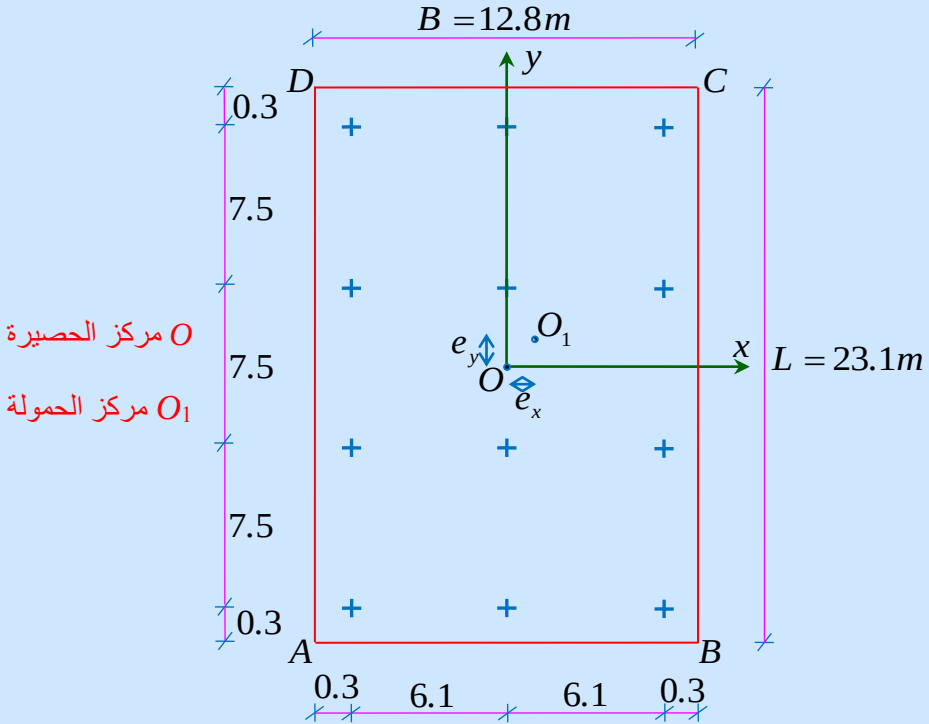
$$\bar{x} = \frac{(40 \times 2 + 150 + 50) \times 0 + (50 \times 2 + 150 \times 2) \times 6.1 + (45 + 40 + 115 \times 2) \times 12.2}{995}$$

$$\Rightarrow \boxed{\bar{x} = 6.31 \text{ m}}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i \cdot v_i}{\sum v_i} \Rightarrow$$

$$\frac{40 + 50 + 40) + 7.5 (50 + 150 + 115) + 15 (150 \times 2 + 115) + 22.5 (40 + 50 + 45)}{995}$$

$$\Rightarrow \boxed{\bar{y} = 11.68 \text{ m}}$$



3- نحدد القيم التالية :

$$e_x = \bar{x} - 6.1 = 6.31 - 6.1 \Rightarrow e_x = 0.21 \text{ m}$$

$$e_y = \bar{y} - 11.25 = 11.68 - 11.25 \Rightarrow e_y = 0.43 \text{ m}$$

وبالتالي يكون :

$$M_y = (\sum v_i) \cdot e_x = 995 \times 0.21 = 208.95 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_x = (\sum v_i) \cdot e_y = 995 \times 0.43 = 427.85 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$I_x = \frac{B \cdot L^3}{12} = \frac{12.8 \times 23.1^3}{12} = 13148.15 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{L \cdot B^3}{12} = \frac{23.1 \times 12.8^3}{12} = 4037.02 \text{ m}^4$$

لاحظ أن توجيه المحاور يتم وفق موقع O_1 أي أننا نعتبر الربع الأول للمحاور هو الذي يحوي O_1 .

◀ 4- نحدد الإجهادات المؤثرة على الحصيرة عند زواياها الأربعة (A, B, C, D) من العلاقة العامة للإجهادات :

$$q = \frac{\sum v_i}{L \times B} + \frac{M_x}{I_x} y + \frac{M_y}{I_y} x$$

بالتعويض في العلاقة نجد :

$$q = \frac{995}{12.8 \times 23.1} + \frac{427.85}{13148.15} y + \frac{208.95}{4037.02} x$$

$$\Rightarrow q = 3.37 + 0.033 y + 0.052 x$$

● عند الزاوية A :

$$\left. \begin{array}{l} x_a = -6.4 \\ y_a = -11.55 \end{array} \right\} \Rightarrow q_a = 2.66 \text{ t/m}^2$$

● عند الزاوية B :

$$\left. \begin{array}{l} x_b = +6.4 \\ y_b = -11.55 \end{array} \right\} \Rightarrow q_b = 3.32 \text{ t/m}^2$$

• عند الزاوية C :

$$\left. \begin{array}{l} x_c = +6.4 \\ y_c = +11.55 \end{array} \right\} \Rightarrow q_c = 4.08 \text{ t/m}^2$$

• عند الزاوية D :

$$\left. \begin{array}{l} x_d = -6.4 \\ y_d = +11.55 \end{array} \right\} \Rightarrow q_d = 3.42 \text{ t/m}^2$$

◀ 5- نتحقق من الإجهادات تحت الحصورة كما يلي :

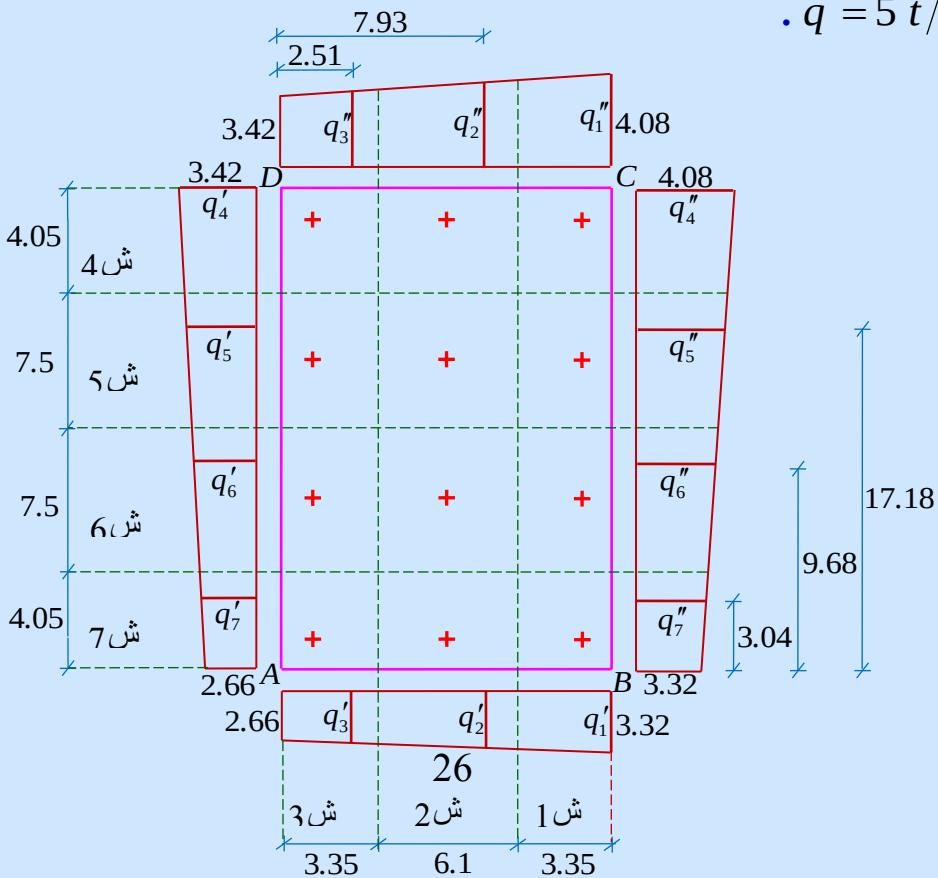
$$q_{\min} \geq 0 \Leftrightarrow q_{\min} = q_a = 2.66 > 0 \text{ ..ok}$$

$$q_{\max} \leq \bar{q} \Leftrightarrow q_{\max} = q_c = 4.08 < 5 \text{ ..ok}$$

حيث

$\bar{q}$ هي قدرة تحمل التربة الصافية , وقيمتها معطاة في نص المسألة

$$\cdot \bar{q} = 5 \text{ t/m}^2$$



◀ 6- نقسم الحصيرة إلى شرائح طولية وشرائح عرضية , وذلك بوضع خطوط طولية وعرضية المسافة بينها هي نفس المسافة بين محاور الأعمدة , ثم نوجد الطول الباقي للشرائح الطرفية (كما هو موضح في الشكل) .
ثم نأخذ لكل شريحة إجهاد منتظم هو :

$$q_i = \frac{q_i' + q_i''}{2}$$

حيث

q_i' أو q_i'' هي وسطي الإجهاد الكبير والإجهاد الوسطي للشريحة (i) .
وذلك من أجل جميع الشرائح عدا الشريحتين الحاويتين على الزاوية المقابلة لأكبر إجهاد $q_{\max}$, حيث تكون q_i' أو q_i'' هي الإجهاد الأكبر على عرض الشريحة .
♦ سوف نستخدم قاعدة شبه المنحرف لإيجاد q_i' و q_i'' لكل شريحة كما يلي :

$$q = q_{\min} + \frac{x}{L} (q_{\max} - q_{\min})$$

حيث

x هي بعد q عن $q_{\min}$.

♦ ثم نوجد العزم الناتج عن كل شريحة M_i من القانون التالي :

$$M_i = \frac{q_i \times l^2}{10}$$

حيث l هي التباعد بين محاور الأعمدة الموازي للشريحة .
والحساب يكون كما يلي :

• الشريحة الأولى : « شريحة طرفية تحوي الزاوية C »

$$q_1' = 3.32 \text{ t/m}^2$$

$$q_1'' = 4.08 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{q_1' + q_1''}{2} = 3.7 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow M_1 = \frac{q_1 \times l^2}{10} = \frac{3.7 \times 7.5^2}{10} = 20.81 \text{ t} \cdot \text{m}$$

● الشريحة الثانية :

$$q_2' = 2.66 + \frac{7.93}{12.8} (3.32 - 2.66) = 3.07 \text{ t/m}^2$$

$$q_2'' = 3.42 + \frac{7.93}{12.8} (4.08 - 3.42) = 3.82 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow q_2 = \frac{q_2' + q_2''}{2} = 3.45 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow M_2 = \frac{q_2 \times l^2}{10} = \frac{3.45 \times 7.5^2}{10} = 19.41 \text{ t} \cdot \text{m}$$

● الشريحة الثالثة :

$$q_3' = 2.66 + \frac{2.51}{12.8} (3.32 - 2.66) = 2.79 \text{ t/m}^2$$

$$q_3'' = 3.42 + \frac{2.51}{12.8} (4.08 - 3.42) = 3.55 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow q_3 = \frac{q_3' + q_3''}{2} = 3.17 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow M_3 = \frac{q_3 \times l^2}{10} = \frac{3.17 \times 7.5^2}{10} = 17.83 \text{ t} \cdot \text{m}$$

● الشريحة الرابعة « شريحة طرفية تحوي الزاوية C »

$$q_4' = 3.42 \text{ t/m}^2$$

$$q_4'' = 4.08 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow q_4 = \frac{q'_4 + q''_4}{2} = 3.75 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow M_4 = \frac{q_4 \times l^2}{10} = \frac{3.75 \times 6.1^2}{10} = 13.95 \text{ t} \cdot \text{m}$$

● الشريحة الخامسة :

$$q'_5 = 2.66 + \frac{17.18}{23.1} (3.42 - 2.66) = 3.23 \text{ t/m}^2$$

$$q''_5 = 3.32 + \frac{17.18}{23.1} (4.08 - 3.32) = 3.89 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow q_5 = \frac{q'_5 + q''_5}{2} = 3.56 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow M_5 = \frac{q_5 \times l^2}{10} = \frac{3.56 \times 6.1^2}{10} = 13.25 \text{ t} \cdot \text{m}$$

● الشريحة السادسة :

$$q'_6 = 2.66 + \frac{9.68}{23.1} (3.42 - 2.66) = 2.98 \text{ t/m}^2$$

$$q''_6 = 3.32 + \frac{9.68}{23.1} (4.08 - 3.32) = 3.64 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow q_6 = \frac{q'_6 + q''_6}{2} = 3.31 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow M_6 = \frac{q_6 \times l^2}{10} = \frac{3.31 \times 6.1^2}{10} = 12.32 \text{ t} \cdot \text{m}$$

● الشريحة السابعة :

$$q'_7 = 2.66 + \frac{3.04}{23.1} (3.42 - 2.66) = 2.76 \text{ t/m}^2$$

$$q''_7 = 3.32 + \frac{3.04}{23.1} (4.08 - 3.32) = 3.42 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow q_7 = \frac{q_7' + q_7''}{2} = 3.09 \text{ t/m}^2$$

$$\Rightarrow M_7 = \frac{q_7 \times l^2}{10} = \frac{3.09 \times 6.1^2}{10} = 11.50 \text{ t} \cdot \text{m}$$

7- نحسب الارتفاع الفعال للحصيرة:

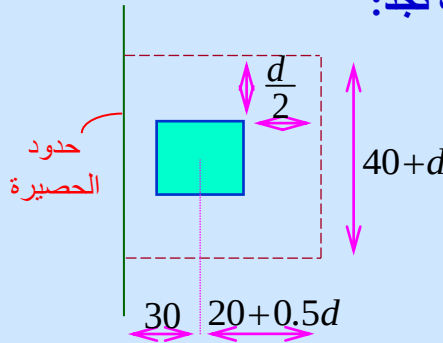
نحسبه في هذه الحالة من شرط الثقب , حيث نلاحظ من قيم القوى ومواضع الأعمدة أن أخطر عمود هو العمود الطرفي الذي قيمة حملته 150 t .

وهنا يجب الانتباه إلى أن حساب الثقب يختلف عما تعلمناه سابقاً من ناحيتين :

1- قيمة زيادة أبعاد العمود هي $\frac{d}{2}$ وليس $\frac{d}{3}$.

2- نأخذ القوة المطبقة كاملة دون حساب قوة الثقب , أي $V_p = P$.

من علاقة إجهاد الثقب نجد:



$$\tau_p = \frac{P}{s_p} \Rightarrow s_p = \frac{P}{\tau_p}$$

ولكن

$$s_p = [(40 + d) + (50 + 0.5d) \times 2] \times d$$

$$= (140 + 2d) d$$

حيث s_p هي المساحة الجانبية لمكعب الثقب .

وبفرض $\tau_p = 8 \text{ Kg/cm}^2$ نجد :

$$(140 + 2d)d = \frac{150 \times 10^3}{8} \Rightarrow d = 67.96 \text{ cm}$$

وبالتالي سوف نتماد :

$$d = 70 \text{ cm} \Rightarrow h = 80 \text{ cm}$$

◀ 8- حساب التسليح

♦ التسليح الطولي الموازي لطول الحصيرة :

بما أن عزوم الشرائح الطولية قيمها قريبة من بعضها , لذلك سوف نحسب التسليح على العزم الأكبر ثم نعمم كما يلي :

$$M_{\max} = M_1 = 20.81 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{20.81 \times 10^5}{0.9 \times 70 \times 1400} = 23.59 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\Rightarrow A_s = 5 \phi 25/\text{m}'$$

♦ التسليح العرضي الموازي لعرض الحصيرة :

بما أن عزوم الشرائح العرضية قيمها قريبة من بعضها , لذلك سوف نحسب التسليح على العزم الأكبر ثم نعمم كما يلي :

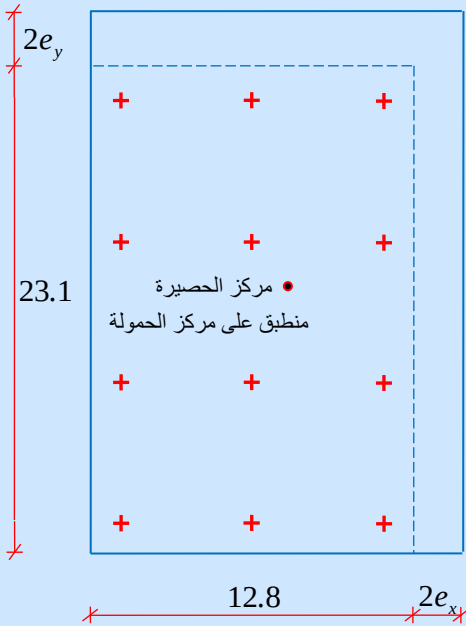
$$M_{\max} = M_4 = 13.95 \text{ t} \cdot \text{m}$$

$$\Rightarrow A'_s = \frac{13.95 \times 10^5}{0.9 \times 70 \times 1400} = 15.85 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

$$\Rightarrow A'_s = 4 \phi 25/\text{m}'$$

♦ ملاحظة:

بالنسبة للمثال السابق , إذا كنا نعرف مسبقاً أن حمولات الأعمدة ثابتة وبالتالي اللامركزية ثابتة , فيمكننا تحويل الإجهادات تحت الحصيرة إلى إجهادات منتظمة وذلك بإزاحة مركز ثقل الحصيرة إلى مركز ثقل الحمولة « أي بمقدار e_x , e_y » وبذلك نستطيع دراسة الحصيرة كما درسناها سابقاً.



♦ ملاحظة:

إذا كان لدينا جدران بدلاً من الأعمدة , نقوم بتحويل حمولة كل جدار إلى حمولة مركزة نقطة تطبيقها في مركز ثقل الجدار ونتابع الحل كأنها حمولة عمود .