- الحصيـرة العـامة -

الحصيرة:

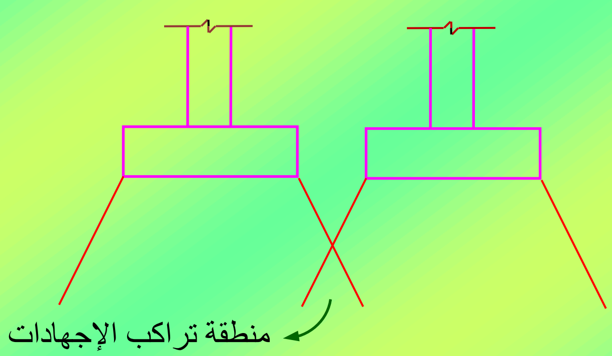
هي عبارة عن أساس مشترك , قد يشمل كامل مساحة المنشأة بحيث يحمل الجدران والأعمدة ويسمى عندها بـ « الحصيرة العامة » وقد يشمل جزءاً من مساحة المنشأة ويسمى عندها بـ « الحصيرة الجزئية » وهي تنقل إلى التربة حمولة ثلاثة أعمدة على الأقل لا تقع على استقامة واحدة .

✦ 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 تراكب الإجهادات مع بعضها وبالتالي إلى زيادة الهبوط في منطقة تراكب 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 ـ نظرياً ـ وفي هذه الحالة نسمي هذا النوع من الحصائر بـ « الحصيرة العائمة » .

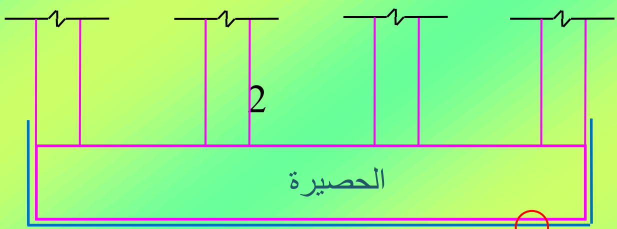
ولكن عملياً عند إزاحة التربة يحدث انتفاخ , ثم عند وضع المنشأ تهبط وتتغير خواص التربة أثناء الحفر وبعده بسبب تغير الحالة الإجهادية في التربة , ومع ذلك يمكن الحصول على هبوط ضمن الحدود المسموحة ـ عملياً ـ .

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 .



✦ مـيزات الحصـيـرة

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

1- زيادة قدرة تحمل التربة , بسبب زيادة عرض الأساس وزيادة عمـق 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 بـالرغم مـن زيـادة الهبوط الكلـي النـاتج عن زيادة عرض الأساس , ولكن تنقص قيمة الهبوط التفاضلي .

4- إدخـال طبقـات جديـدة فـي مجـال التـأثر بالإجهـادات , حيـث أن العـرض الكبيـر لأساس الحصيرة يؤدي إلى انتشار الإجهادات في التربة إلى عمق كبير .

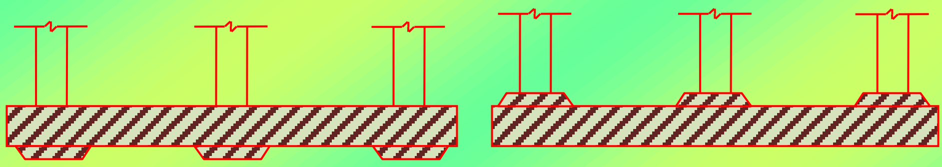
✦ أنـواع الـحـصـائـر

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 وتباعد صغير فيما بينها .

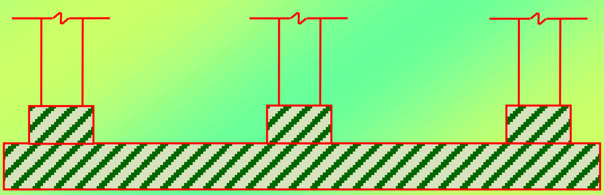
2- الحصيرة الصماء ذات التيجان:

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 .



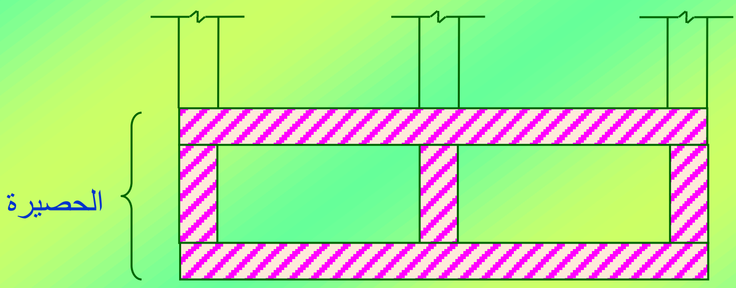
3- الحصيرة العادية ذات الجوائز « سقف مقلوب »:

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

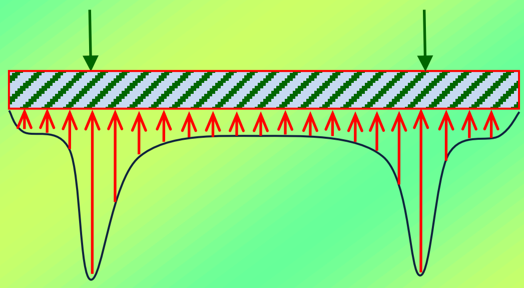
✦ تصـمـيـم الـحـصــيرة

❖ توزع إجـهـادات التمـاس أسـفل الحصيـرة

لدينا عدة حالات هي:

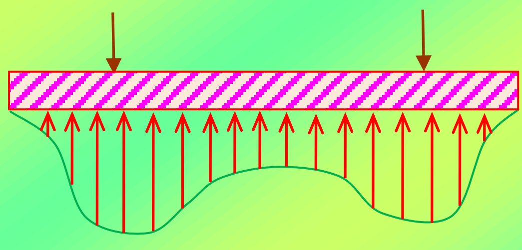
1- إذا كانت التربة تحت الحصيرة عالية الصلابة , غير قابلة للانضغاط , غير قابلة للهبوط:

فـي هـذه الحالـة يكـون رد فعـل التربـة محصـورا ً فـي منــاطق الأعمـدة , وتعتبـر الحصيرة مرنـة بالنسبة للتربة تحتها وتصمم على هذا الأساس « نظريات المرونـة » .



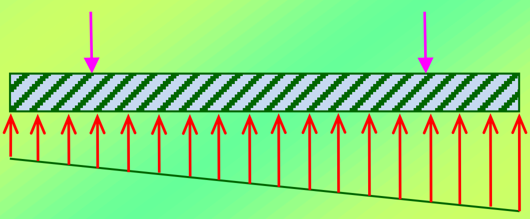
2- حالة التأسيس على تربة مقاومة , أي قابلة للانضـغاط ولكنهـا لا تنضـغط كثيرا ً بل تقاوم نسبيا ً :

في هذه الحالة يزداد رد فعل التربـة قي منطقـة الحمـولات ويقل كلمـا ابتعدنـا عنـهـا ولكن لا يكون محصورا ً تحت الأعمدة , وبالتالي فإن توزع الإجهادات يكـون متموجـا ً بحيث تزداد شدته بشكل ملحوظ تحت الأعمدة , وهنا تعتبر الحصيرة صلبة نسبيا ً.



3- حالة التربـة الضعيفة:

فـي هـذه الحالـة تكـون التربـة ذات انضـغاطية عاليـة , وبالتـالي سـيكون تـوزع الإجهادات منتظم أو خطي , وهنا تعتبر الحصيرة جسماً صلباً بالنسبة للتربـة تحتهـا ويتم تصميمها على هذا الأساس .



❖ الاختـلاف بين إجهـادات التمـاس الفعليـة والمحسـوبة

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

1- إن افتـراض التـوزع المنـتظم للإجهـادات تحت الحصـيرة هو افتـراض لا يطـابق الواقع , حيث يختلف توزع الإجهادات حسب نوع التربة .

2- إن هبوط الحصيرة سوف يكون على شكل طبـق مقعر فـي حـال وجـود الطبقـات المنضغطة تحت الحصيرة .

3- إن احتواء التربة على بعض التكهفات أو الجيوب الضـعيفة أو الجيـوب الصلبة سوف يتسبب بتوزع 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:

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

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

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

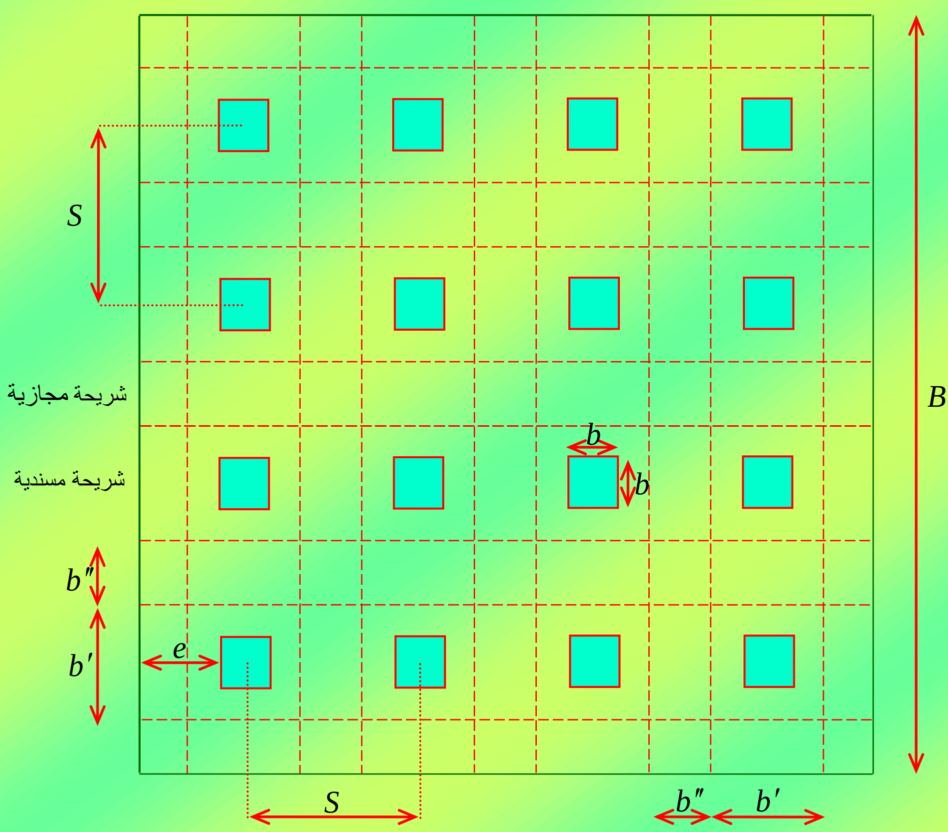
3- نحدد عرض الشرائح المسندية من العلاقة :

$$b' = b + 2d$$

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

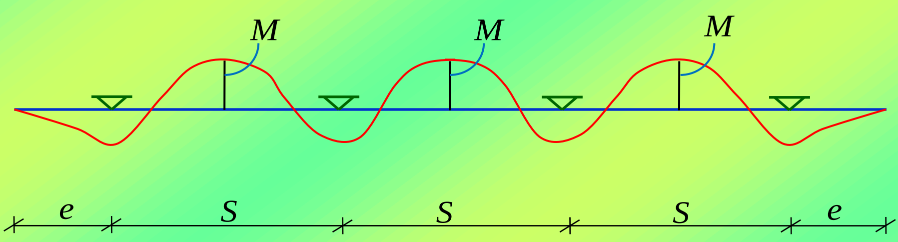
q **الإجهاد الفعلي المطبق .**

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 جائز 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

$\bar{\tau} = 6\ Kg/cm^2$ **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 الحصيرة , حيث نوجد قوة الثقب من العلاقة التالية :**

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

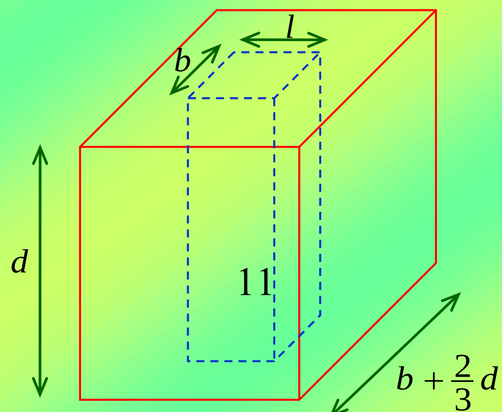
حيث P **حمولة العمود**

q **الإجهاد الفعلي**

➢ **12- نوجد إجهاد الثقب من العلاقة :**

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

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

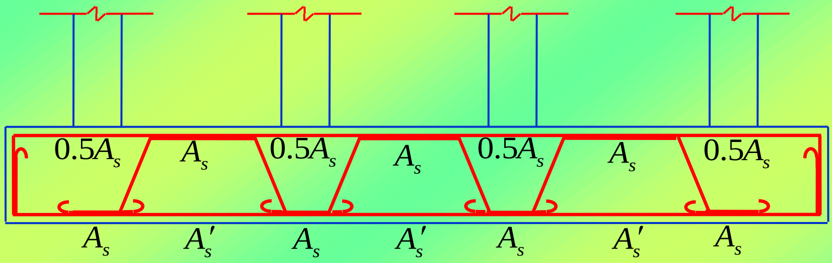


➢ **13- نوجد التسليح العامل العلوي في وسط المجاز :**

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

حيث $f_s = 1400\ Kg/cm^2$ **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 $q_a = 0.6\ Kg/cm^2$, والتباعد بين الأعمدة بالاتجاهين $s = 4m$

◊ الحل

نحدد في البداية مساحة الحصيرة:

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

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

نحدد أبعاد الحصيرة باعتبارها مربعة :

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

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

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

نوجد الإجهاد الفعلي :

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

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 :

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

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 :

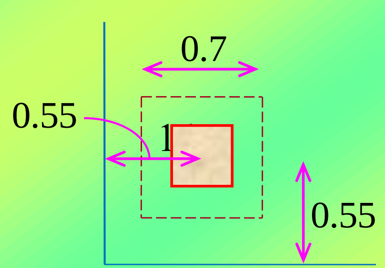
$$h = d + 5 = 50\, cm$$

ومن الملاحظ أن :

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

نتحقق على الثقب :

نلاحظ أن الأعمدة الطرفية هي الأخطر , وبالتالي لتحديد مساحة الثقب نتحقق في البداية أن المسافة الطرفية $0.55 m$ تكفي لحدوث الثقب على الطرف:



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

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 :

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

نضع تسليح إنشائي سفلي وسط المجاز بين المساند :

$$A_s' = 0.3\% \times h \times 100 = 15\ cm^2/m' \quad \Rightarrow A_s' = 10\,\phi\, 14/m'$$

ننتقل إلى الشريحة المجازية :

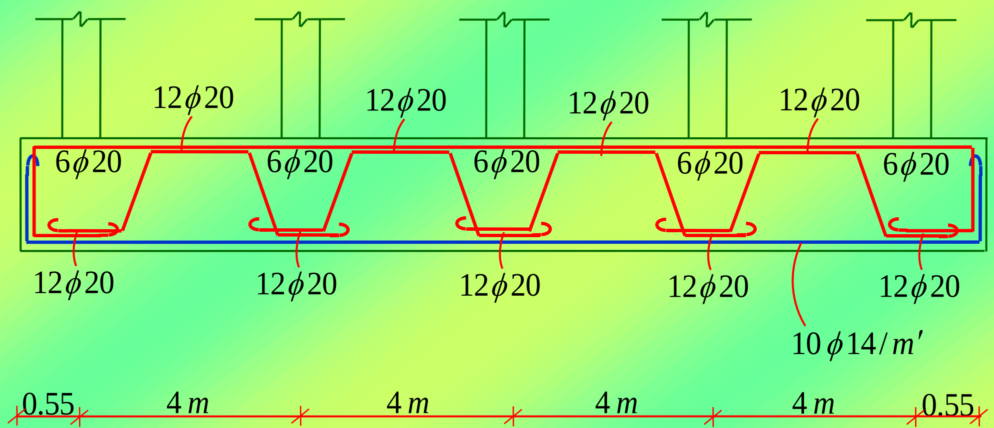
عرضها :

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

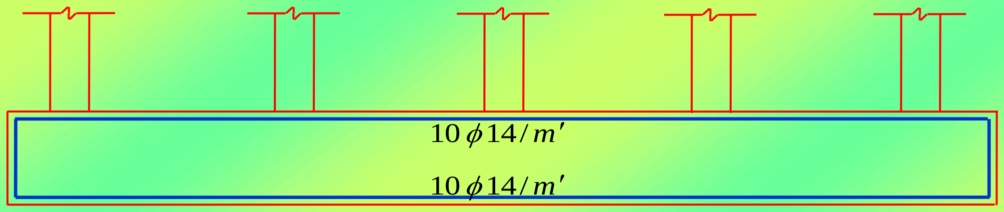
نضع تسليح إنشائي علوي وسفلي قيمته :

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

• **الشكل التالي يبين مقطعاً في الشريحة المسندية :**



• **الشكل التالي يبين مقطعاً في الشريحة المجازية :**



÷ تصميم الحصيرة باعتبارها بلاطة معصبة ×

⌘ خطوات التصميـم ⌘

➢ **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 :**

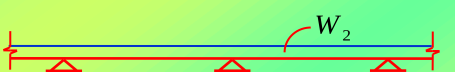
$$w_1 = \alpha_1 \cdot q \qquad , \qquad w_2 = \alpha_2 \cdot q$$

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 L



في الاتجاه B

➢ **4- نحسب العزوم في الاتجاهين كما يلي :**

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

➢ **5- نوجد الارتفاع الفعال من العزم الأخطر :**

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

حيث

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

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

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

➢ **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:**

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

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 $4\phi 8\, mm / 15\, cm$, ونحسب إجهاد القص الذي تعطيه هذه الأساور , وما تبقى نحمله لحديد الشد المكسح .

◈ مثـال

المطلوب تصميم حصيرة مؤلفـة من 25 عمـود , متوضـعة علـى خمسـة صفوف (مربعـة) , حمولـة الأعمـدة متسـاوية $v = 70t$, أبعـاد الأعمـدة 40×40 , قـدرة تحمل التربة $q_a = 0.6\,Kg/cm^2$, والتباعد بين الأعمـدة بالاتجـاهين $s = 4m$ « باعتبار الحصيرة بلاطة معصبة » .

◈ الحـل

نحدد في البداية مساحة الحصيرة :

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

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

نحدد أبعاد الحصيرة باعتبارها مربعة :

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

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**

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

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

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

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 :

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

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

$$\Rightarrow\ d = 20\, cm \quad \Rightarrow\ h = 25\, cm$$

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

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

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

نضع تسليح إنشائي سفلي :

$$A_s' = 0.003\times b\times h = 0.003\times 100\times 25 = 7.5\ cm^2/m'$$

$$\Rightarrow\ A_s' = 7\,\phi 12/\,m'$$

◈ **تصميم الجوائز**

نوجد الحمولة المكافئة للعزم :

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

نوجد العزم في وسط المجاز :

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

نوجد الحمولة المكافئة للقص :

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

نوجد القص عند المساند :

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

نحسب الارتفاع الفعال كما يلي :

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

$$\Rightarrow\ d = 80\,cm \quad \Rightarrow\ h = 85\,cm$$

نوجد التسليح العلوي (نكسحه عند المساند) :

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

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

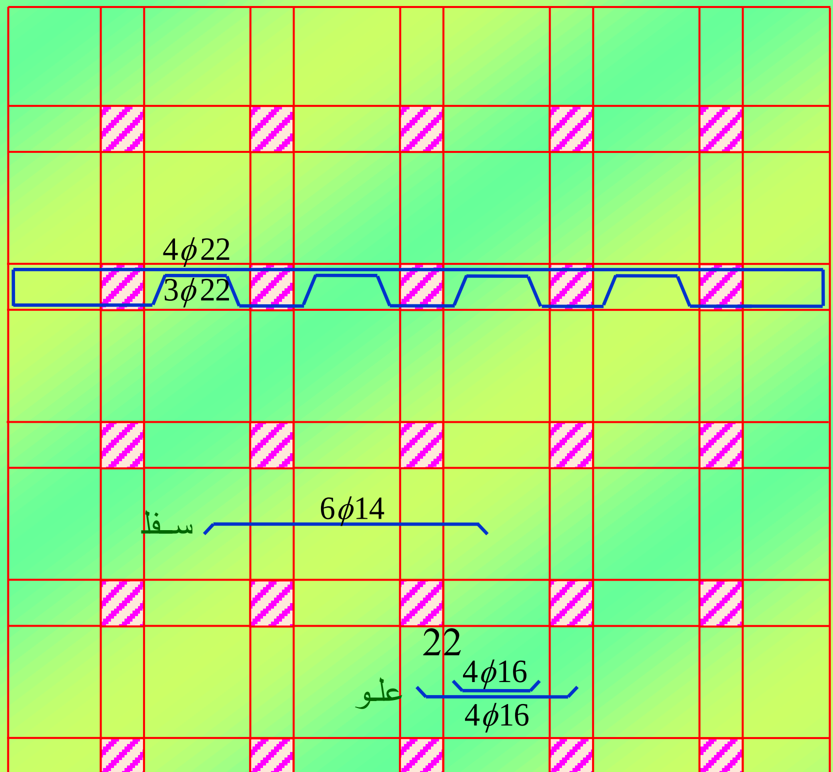
نوجد إجهاد القص τ لتحديد تسليح القص :

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

في هذه الحالة نستخدم أساور عادية كتسليح قص ولتكن مثلاً $4\,\phi\,8\,mm/15\,cm$, ونحسب إجهاد القص τ_1 الذي تعطيه هذه الأساور :

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

أما الجزء المتبقي من الإجهاد والذي يساوي $\tau_2 = \tau - \tau_1 = 5.28\ Kg/cm^2$ **فنحمله على الحديد المكسح .**

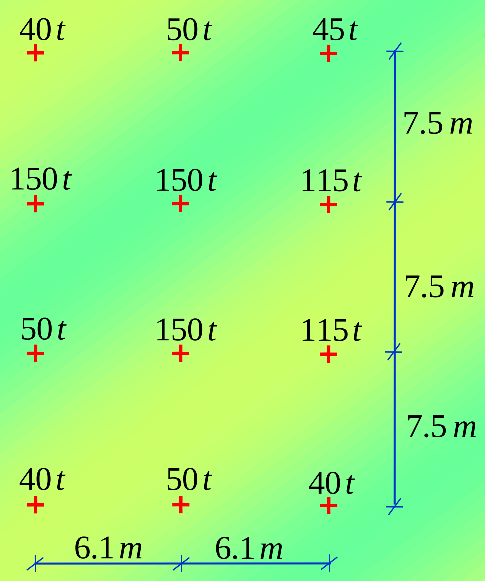


÷ تصميم الحصيرة بالطريقة التقريبية (التقليدية)

×

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

◈ مثال



يطلب تصميم حصيرة لمجموعة الأعمدة المبينة في الشكل , علماً أن:

- أبعاد الأعمدة 40×40

- قدرة تحمل التربة الصافية

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

◈ الحل

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

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

➢ **2- تحديد مركز ثقل الحمولة:**

سنعتبر المحاور الافتراضية مارة بالأعمدة اليسرى والأعمدة السفلى فنجد :

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

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

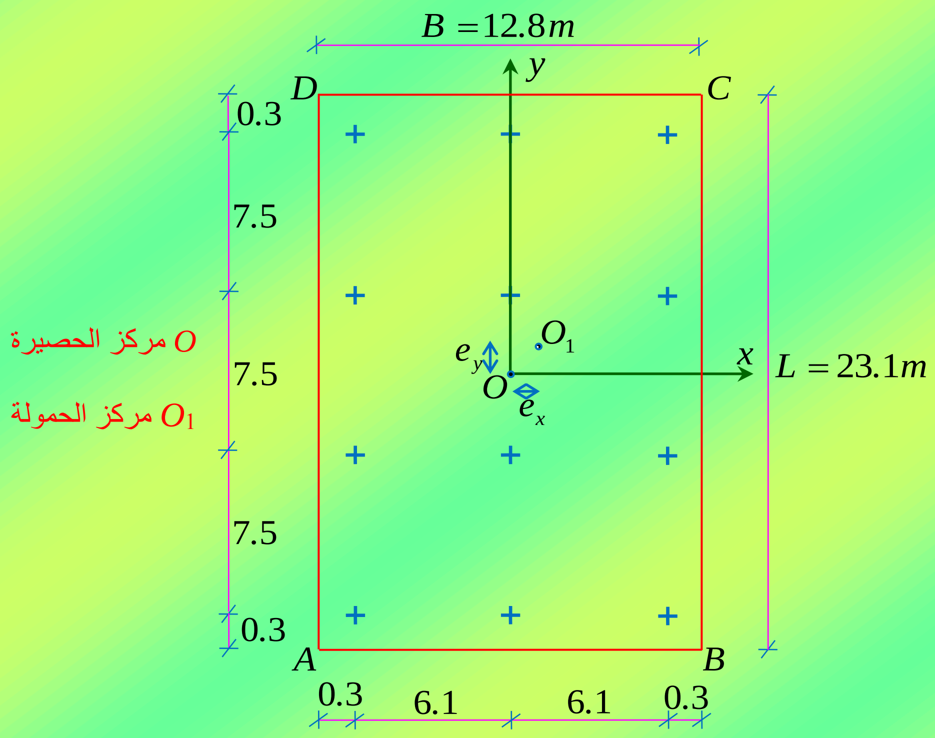
$$\bar{x} = \frac{(40\times 2+150+50)\times 0+(50\times 2+150\times 2)\times 6.1+(45+40+115\times 2)\times 12.2}{995}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{\bar{x} = 6.31\, m}$$

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

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

$$\Rightarrow \quad \boxed{\bar{y} = 11.68\, m}$$



➢ **3- نحدد القيم التالية :**

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

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

وبالتالي يكون :

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

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

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

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

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 :**

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

- **عند الزاوية B :**

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

• عند الزاوية C :

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

• عند الزاوية D :

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

➢ 5- نتحقق من الإجهادات تحت الحصيرة كما يلي :

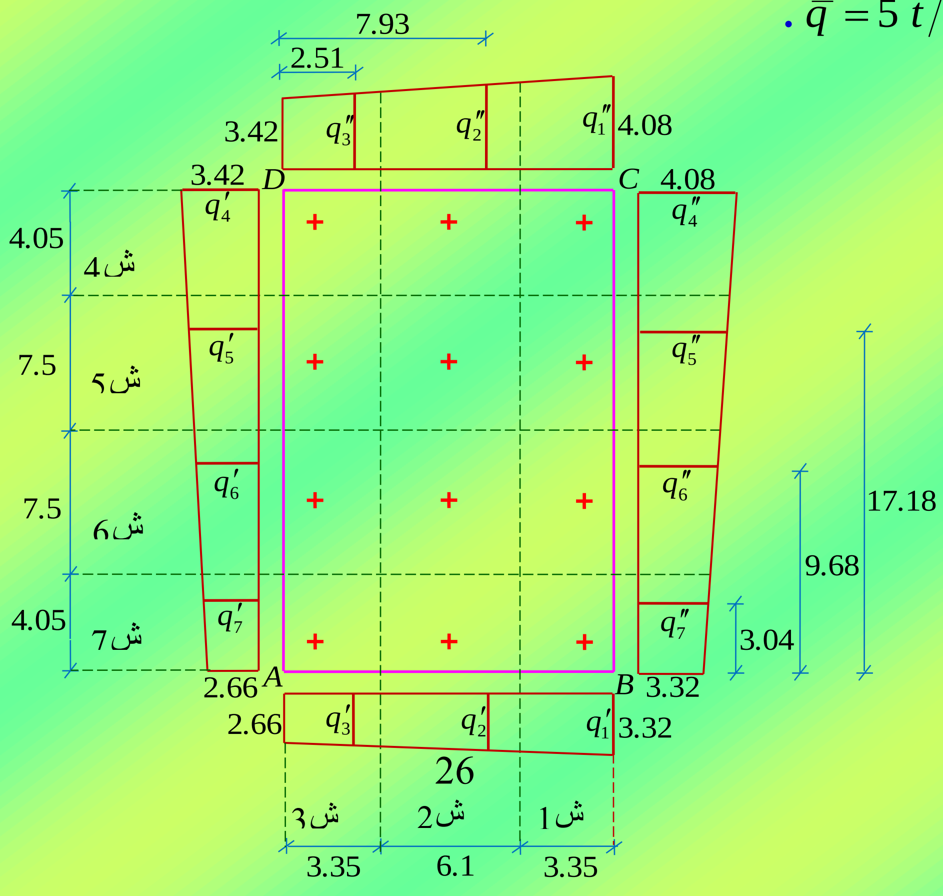
$$q_{\min} \geq 0 \quad \Leftrightarrow \quad q_{\min} = q_a = 2.66 > 0 \ \ ...ok$$

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

حيث

$\bar{q}$ هـي قـدرة تحمـل التربـة الصـافية , وقيمتهـا معطـاة فـي نـص المسـألة

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



➢ **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 :**

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

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 **»**

$$q_1' = 3.32 \ t/m^2$$

$$q_1'' = 4.08 \ t/m^2$$

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

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

- **الشريحة الثانية :**

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

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

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

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

- **الشريحة الثالثة :**

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

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

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

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

- **الشريحة الرابعة « شريحة طرفية تحوي الزاوية C »**

$$q_4' = 3.42 \ t/m^2$$

$$q_4'' = 4.08 \ t/m^2$$

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

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

- **الشريحة الخامسة :**

$$q_5' = 2.66 + \frac{17.18}{23.1}(3.42 - 2.66) = 3.23\ t/m^2$$

$$q_5'' = 3.32 + \frac{17.18}{23.1}(4.08 - 3.32) = 3.89\ t/m^2$$

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

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

- **الشريحة السادسة :**

$$q_6' = 2.66 + \frac{9.68}{23.1}(3.42 - 2.66) = 2.98\ t/m^2$$

$$q_6'' = 3.32 + \frac{9.68}{23.1}(4.08 - 3.32) = 3.64\ t/m^2$$

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

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

- **الشريحة السابعة :**

$$q_7' = 2.66 + \frac{3.04}{23.1}(3.42 - 2.66) = 2.76\ t/m^2$$

$$q_7'' = 3.32 + \frac{3.04}{23.1}(4.08 - 3.32) = 3.42\ t/m^2$$

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

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

➢ **7- نحسب الارتفاع الفعال للحصيرة:**

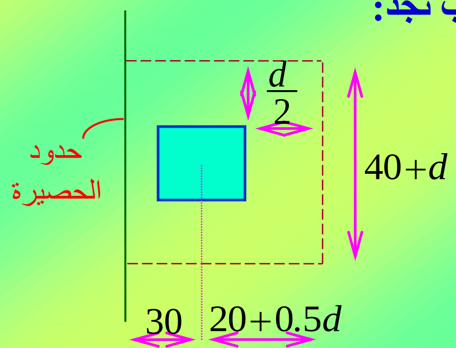
نحسبه في هذه الحالة من شرط الثقب , حيث نلاحظ من قيم القوى ومواضع الأعمدة أن أخطر عمود هو العمود الطرفي الذي قيمة حمولته $150\,t$.

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:



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

ولكن

$$s_p = [(40 + d) + (50 + 0.5d) \times 2] \times d$$
$$= (140 + 2d)d$$

حيث s_p هي المساحة الجانبية لمكعب الثقب .

وبفرض $\tau_p = 8\ Kg/cm^2$ نجد :

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

وبالتالي سوف نعتمد :

$$d = 70\,cm \quad \Rightarrow h = 80\,cm$$

➢ 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 :

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

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

$$\Rightarrow \quad A_s = 5\,\phi\,25/m'$$

♦ 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 :

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

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

$$\Rightarrow \quad A'_s = 4\,\phi\,25/m'$$

♦ **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 .