جامعة حماة
كلية الهندسة المدنية
قسم الهندسة الجيوتكنيكية

هندسة الأساسات ٢

المحاضرات ٢و٣و٤:

بحث: الحصائر

د. كنان زين العابدين

لطلاب السنة الرابعة

(منهاج الدفعة الأولى ٢٠١٩-٢٠٢٠)

٤-١١ الحصيرة العامـــة :

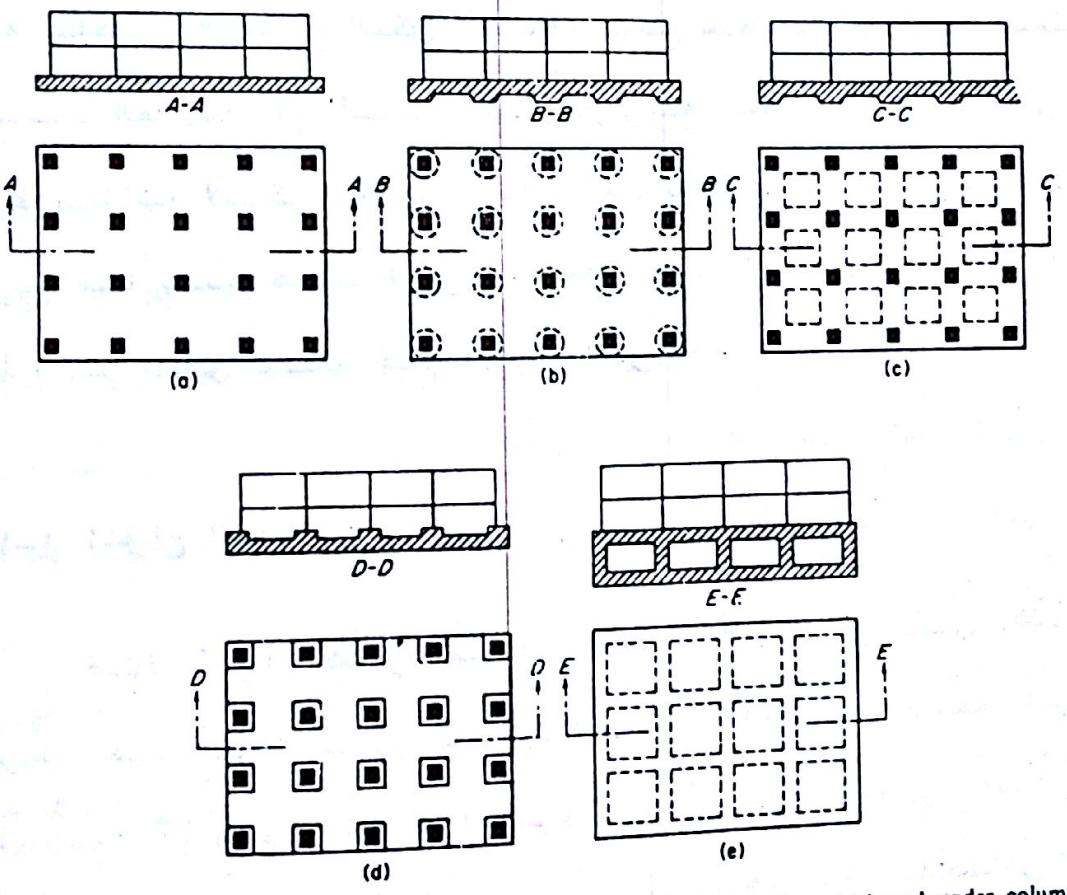
وهي عبارة عن أساسات مشتركة قد تشغل كافة مساحة المنـــشأة وبالتالي فهي تحمل كافة العناصر الانشائية من أعمدة وجدران وتسمـــى عندها بالحصيرة العامة وقد تشغل جزءا من مساحة المنشأة وتسمى عندها بالحصيرة الجزئية . وتستخدم الحصيرة العامة في التربة الغير متجانســة كاحتواء التربة على جيوب غضارية أو عندما تتكون التربة من صخـــور مفتتة وأخرى جيدة . كما تستخدم عند وجود تكهفات في التربـــــة أو امكانية تشكلها بسبب دون بعض الاملاح في الموجودة في التربة ،كما يمكن أن تستخدم للتقليل من الهبوط التفاضلي فقط اذ أن الهبوط الاجمالي يكون كبيرا كما تستخدم في حالة كون التربة ضعيفة أو الحمولات كبيرة جدا . وحتى تكون الحصيرة أمينة يجب أن يكون الهبوط الاجمالي والهبوط التفاضلي بين نقاطها مقبولان كما يجب أن لاتتجاوز الاجهادات على التربة تحملها المسموح .

ان الهبوط الكلي يمكن أن يكون معدوما تماما اذا ما أصبح مجموع الحمولات الميتة والحية مساويا الى وزن التربة المزالة واذا ما تطابق مركز المحصلة العامة للحمولات مع مركز ثقل الحفرية . وهذا لايكون محيحا الا اذا تمكنا من اجراء عمليات الحفر بدون أى تغير لخواص التربة فاذا كان الاجهاد المطبق على التربة قبل وبعد التنفيذ متساويان فان التربة لن تعاني من أى تشوهات الا أنه لايمكن أن نحافظ على خواص التربة أثناء الحفر وبعده لاننا نغير من حالة الاجهادات في التربة فاذا ازلنا قسما من التربة نكون قد خفضنا الاجهادات فيها وبذلك يحصل بعض الانتفاخ الذى يغير قليلا من خواص التربة الا أنه في حالة الرمل الكثيف يمكن أن نقلل من تغير خواصه فيما لو قمنا بأخذ بعض الترتيبات الخاصة باجراء الحفر . الشكل (٤-٣٧) يوضح هذه الحالة والتي تسمى بالاساسات العائمة أو أساسات التعويض ومنه يمكن أن نستنتج أن منع الهبوط نهائيا لايمكن تحقيقه عمليا وذلك بسبب وجود دورة تحميل وتفريغ مما يسبب هبوط ظاهرى نتيجة اعادة التحميل بالاضافة الى هبوط دائم مطلق نتيجة عدم مرونة التربة .

٤-١١-١ انواع الحصائر :

هناك أنواع كثيرة منها الحصيرة الصماء أو يسمى بالحصيرة الفطرية ،هذا النوع يناسب الفتحات الصغيرة والحمولات الخفيفة الى المتوسطة الشكل(٤-٣٨ آ) ويمكن في هذا النوع زيادة سماكة الحصيرة عند الاعمدة أو عمل مصاطب أسفل الحصيرة أو من الاعلى وعندها تسمى بالحصائر الفطرية ذات التيجان الشكل(٤-٣٨- ب) ونلاحظ بالشكل(٤-٣٨- جـ)و(٤-٣٨- هـ)الحصائر

الصندوقية التي تستخدم كثيرا في حال كون عزوم الانعطاف كبيرة المسافات بين الاعمدة الكبيرة جدا ،في هذا النوع تكون صلابة الحصيرة كبيرة جدا مع حولات ذاتية خفيفة للحصيرة الا أن توزع الاجهادات يكون غير منتظم ويمكن تخفيف الهبوطات التفاضلية في مثل هذا النوع الى قيمها الدنيا كما يوجد حصائر بجيزان طولية وعرضية (سقف مقلوب) هذا الحل يخفف كثيرا من سماكة البلاطة كما يضفي على الحصيرة صلابة كبيرة وهنا يمكن أن تعمل البلاطات باتجاه واحد أو اتجاهين وذلك بحسب ابعادها وتحسب وتصمم كما هو معروف في البيتون المسلح .



Common types of mat foundations. (*a*) Flat plate; (*b*) plate thickened under columns; (*c*) beam-and-slab; (*d*) plate with pedestals; (*e*) basement walls as part of mat.

الشكل (٤ـ ٣٨)

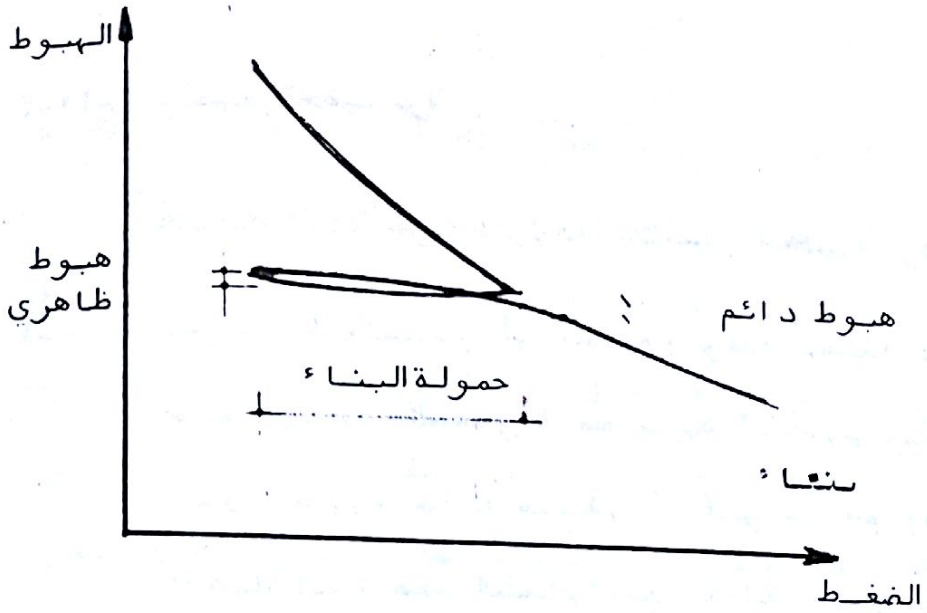
٤-١١-٢ تصميم الحصيـــرة :

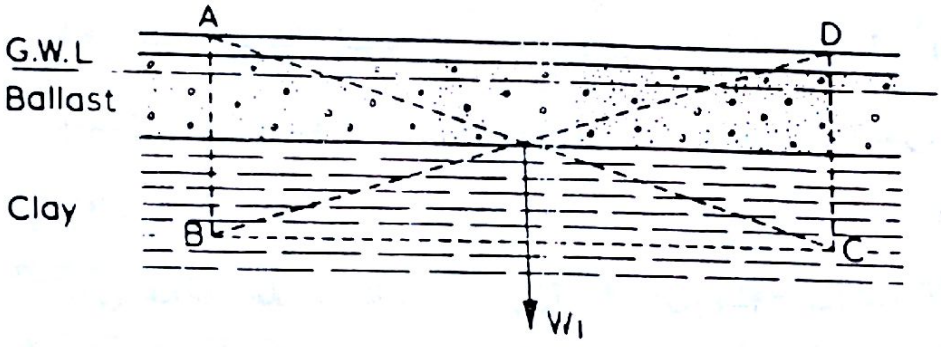
هنـالك ثلاثة طرق معروفة لتصميم الحصيرة وهي :

١- الطريقة التقليدية أو الصلبة : وهذه تعتمد على أن الحصيـــرة صلبة تماما بالمقارنة مع تربة التأسيس ويكون توزع الاجهادات أسفل الحصيرة خطيا منتظم أو غير منتظم وفيه تنطبق محصلة الاجهادات (ضغط التماس) مع محصلة القوى بما فيها وزن الحصيرة الذاتي الشكل(٤-٣٩ آ) .

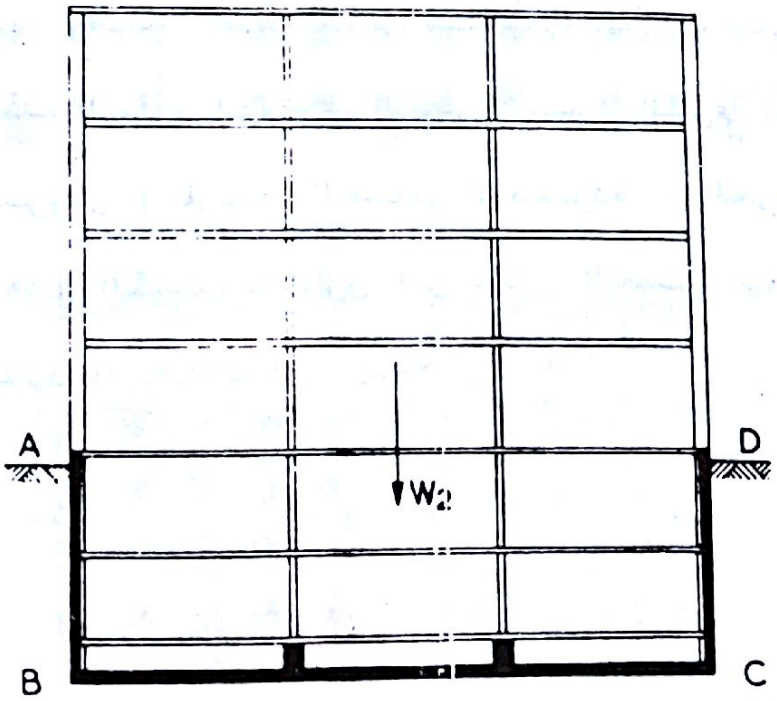
٢- الطريقة المرنة المبسطة : تفترض هذه الطريقة أن التربة مرنة ويمكن ان تشبه بعدد لامتناهي من النوابض المرنة المتماثلة والتي لاتتأثر ببعضها البعض . ان قيمة ثابتة النابض تساوي الى عامل صلابة التربة K_S الشكل(٤-٣٩ ب) .

٣- الطريقة المرنة : وهنا يفترض ان التربة تتصرف كوسط مرن حقيقي وفيها يحدث تفاعل ستاتيكي بين الحصيرة والتربة الحاملة لها ويلزم لحل الحصيرة بهذا النوع استخدام الحاسب الالكتروني (طريقة العناصر المحدودة . الفروق المنتهية) وفي هذا الكتاب سنتطرق الى حساب الحصيرة بالطريقة التقليدية فقط الشكل (٤-٣٩ ج) .


الهبوط
هبوط
ظاهري
هبوط دائم
حمولة البناء
بناء
الضغط

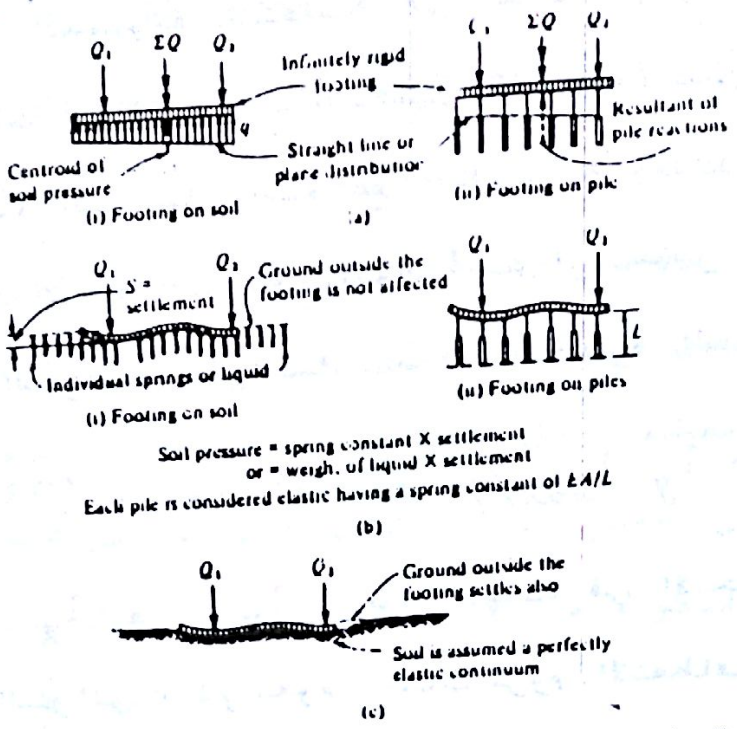

A
D
G.W.L
Ballast
Clay
B
C
W1

(a)


A
D
W2
B
C

(b)

الشكل (٤ – ٣٧) .



الشكل (٤-٣٩)

Design methods. (a) Rigid method (conventional); (b) simplified elastic foundation; (c) elastic method (true elastic continuum).

٤-١١-٣- تصميم الحصيرة بالطريقة التقليدية

يمكن تطبيق هذه الطريقة عندما تكون الخطوة او المسافة بين محاور الاعمدة متقاربة في الاتجاهين ولايزيد الفرق عن 20% وتتلخص بحساب محصلة الحمولات الميتة والحية الواصلة الى نهايات الاعمدة وتحديد نقطة تطبيقها وبالتالي حساب الاجهادات او ضغط التماس في اى نقطة من الحصيرة بالعلاقة :

$$\sigma = \frac{\Sigma V}{B \cdot L} \pm \frac{M_y \cdot X}{I_y} \pm \frac{M_x \cdot y}{I_x}$$

وهنا يجب ان تتم المقارنة بين الاجهادات المطبقة على التربة والاجهادات المسموحة فاذا كانت الاجهادات المطبقة ضمن

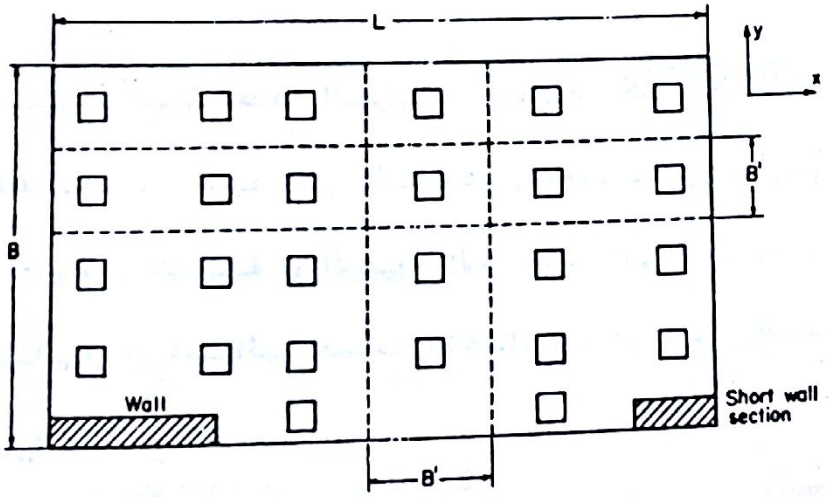
الحدود المسموحة انتقلنا الى حساب الهبوطات الكلية والتفاضلية (يجب أخذ مختلف حالات التحميل الممكنة) ضمن الحدود المقبولة انتقلنا الى حساب المقاطع البيتونية وحديد التسليح اما اذا لم تكن كذلك عندها يجب تغيير عمق التأسيس او تغيير ابعاد الحصيرة لزيادة تحمل التربة ويمكن حساب سماكة الحصيرة الفطرية كالتالي :

$$d = (l_x + l_y)_{max/7} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (78)$$

(أو ٨ بدل ٧ حسب الكود)

حيث l_x و l_y خطوة الاعمدة في الاتجاه x والاتجاه y على التوالي . ثم نقوم بحساب عزوم الانعطاف واجهادات القص كما هو معروف تماما بعد تقسيم الحصيرة الى شرائح طولية وعرضية كما موضح بالشكل (٤-٤٠) وحساب عزوم الانعطاف الموجبة والسالبة بالعلاقة :

$$M = \frac{q \cdot l^2}{10} \quad .$$



Rigid-mat design. Walls may create problems in a "rigid" design.

الشكل (٤-٤٠)

وفي الحصائر الفطرية لايوضع حديد خاص بالقص لذلك يجب أن تكفي سماكة الحصيرة الفطرية لامتصاص جميع الاجهادات (قص ، عزوم

انعطاف) دون اخذ تسليح خاص باجهادات القص ونحقق اجهاد القص المحيطي على بعد (d/2) من اوجه العمود لاكبر حمولة عمود وهنا يمكن ان يكون محيط القص مكون من اربعة اطراف او ثلاثة او حتى طرفين فقط (عمود ركني) وعندما يكون الارتفاع اللازم لتحقيق القص اكبر بكثير من الارتفاع اللازم لتحقيق العزم الاعظمي يمكن عندها عمل تاج او مصطبة اسفل الحصيرة او اعلاها كما موضح بالشكل (٤-٣٨ ب) اما عن تصميم الحصائر ذات الجيزان فهي لاتختلف مطلقا عن تصميم الاسقف المكونة من بلاطات مصمتةوجيزان طولية وعرضية .

***

٤-١١-٤- توصيات عامة :

عند تنفيذ حصيرة عامة على تربة صلبة جدا فان توزع ضغط التماس يكون كما موضح بالشكل (٤-٤١ آ) حيث يكون رد فعل التربة مركزا اسفل الاعمدة وبالتالي فان الحصيرة العامة تتعرض الى اجهادات داخلية بسيطة في الفتحات نظرا لصغر ضغط التماس أو رد فعل التربة في تلك المناطق بينما يكون ضغط التماس اعظميا اسفل الاعمدة اما اذا تم التأسيس على تربة صلبة فان تموج رد فعل التربة يكون بصورة اقل كما موضح بالشكل (٤-٤١ ج) واخيرا اذا شيدت الحصيرة العامة على تربة طرية كما في معظم الحالات فان توزع الاجهادات يكون خطيا وهو ماتم فرضه عند تصميم الحصيرة العامة في الطريقة التقليدية وبصرف النظر عن كل ماسبق قوله فان ضغط التماس يختلف عما شرحناه سابقا للاسباب التالية :

١- في حال استخدام حصيرة عامة على طبقة منضغطة فان ضغط التماس يكون اعظميا عند الاطراف ومع ذلك فان الهبوط يكون بشكل جرسي كما موضح بالشكل (٤-٤٢ آ) .

٢- ان التربة غير متجانسة بشكل عام وقد تحوي على جيوب وتكهفات في باطنها مما يؤدي الى هبوطات تفاضلية غير منتظمة الشكل (٤-٤٢ ب) .

٣- يجب وضع مقاطع تسليح اضافية سفلية وعلوية لمقاومة الاجهادات الغير محسوبة .

٤- لتجنب الهبوطات التفاضلية ننصح بتشييد المنشأة العلوية

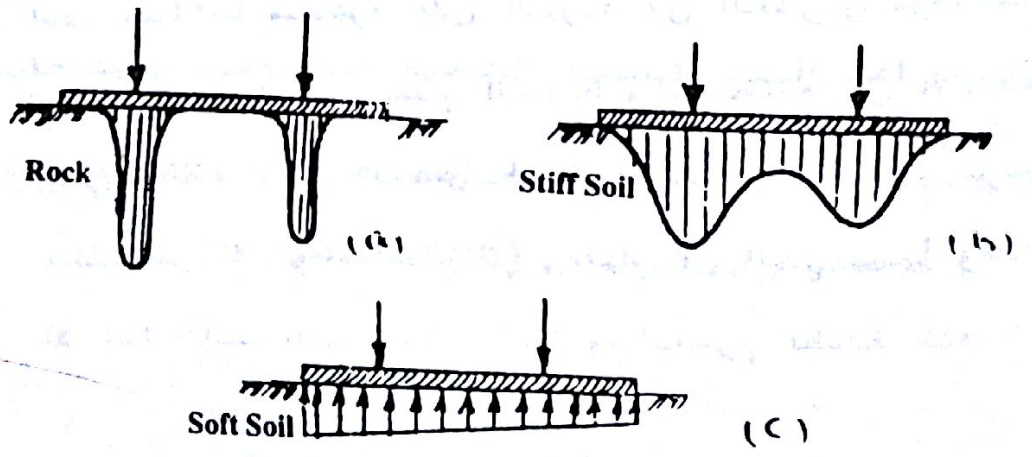
يتم معه تحميل التربة بشكل متناظر .

التحقق من ان محصلة الحمولات الحية والميتة تقع ضمن النواة المركزية دائما اثناء التنفيذ وبعد انتهاءه علما بأن معظم الحمولة تقريبا تطبق في حالة الابنية العادية والمكاتب بينما تكون الحمولة الحية هي الغالبة في حالة الابنية الصناعية والمعامل والمستودعات .

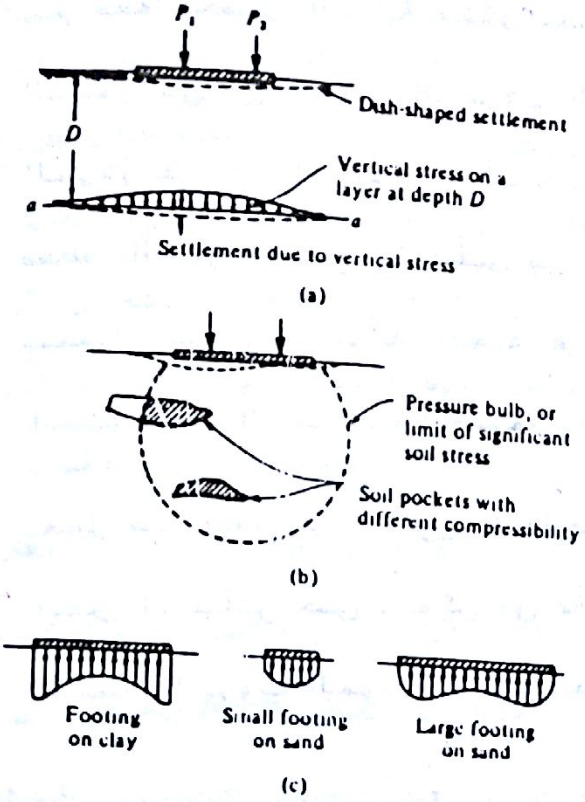
٦- يفضل صب طبقة من بيتون النظافة وبسماكة (50) سنتمترا اسفل الحصائر حتى نتمكن من صف الحديد على سطح نظيف وعدم السماح لهروب المونة الاسمنتية ضمن مسامات التربة .

٧- في حال كون تربة التأسيس غير متجانسة يفضل وضع طبقة من الرمل ورصها بشكل جيد اسفل الحصيرة وذلك للتقليل من الهبوطات التفاضلية قدر الامكان .

٨- في صوامع الحبوب العالية يتغير مكان تطبيق محصلة الحمولات بشكل كبير وفي كثير من الاحيان تطبق الحمولات بشكل غير متناظر لذلك ننصح بدراسة كل اشكال التحميل الممكنة وتحديد الهبوطات التفاضلية الناجمة عنها لتحديد الزيادات في عروم الانعطاف والجهود القاطعة .



الشكل (٤-٤١)



الشكل (٤-٤٢)

٤-١٢- الشيناجات (Semelles):

الشيناجات عناصر انشائية تصل بين الاعمدة او الاساسات لتقوم بحمل الجدران في الطابق الارضي وتنفذ بحيث لايقل عمق منسوبها العلوي عن 0.20 متر عن منسوب الرصيف المجاور او ارضية الاقبية في حال وجودها .

ان وظيفة الشيناجات الاساسية هي حمل الجدران حيث لايجوز ابدا بناءها مباشرة على التربة لان الجدران سوف تعاني من هبوطات تؤدي بدورها الى تصدع الحائط وانفصاله عن الاعمدة وعن الجيزان التي تعلوه . ان البعض يظن ان الشيناجات تقوم بربط الاساسات لتقلل من الهبوط التفاضلي والدوران الذي ينشأ وهذا لايكون صحيحا الا اذا كانت الشيناجات صلبة وذات عزم عطالة كاف لامتصاص الجهود

مشروع :

لدينا الحصيرة القطرية المستوية المبينة في الشكل .

جميع الأعمدة أبعادها $\ell \times b = 40 \times 40\ cm^2$

حمولات الأعمدة الاستثمارية الكلية مبينة على الشكل .

قدرة التحمل الكلية المسموح بها لتربة التأسيس : $q_{all} = 125\ KPa$

مواصفات البيتون و الفولاذ : $f'_c = 25\ MPa$, $f_y = 360\ MPa$

والمطلوب :

1- تحقق من ضغط التماس الكلي أسفل الحصيرة إذا علمت أن وزن الحصيرة وما فوقها يقدر بنسبة 10 % من حمولات الأعمدة

2- صمم هذه الحصيرة القطرية المستوية كحصيرة صلبة بالطريقة التقليدية .

يمكن البدء بالحل والتواصل معي على الماسنجر

على أن يحدد موعد تسليم المشروع لاحقاً

د. كنان زين العابدين

- **مسألة حصيرة:**

ليكن لدينا الأعمدة الموضحة في الشكل وبجانب كل عمود حمولته وأبعاد المحاور:

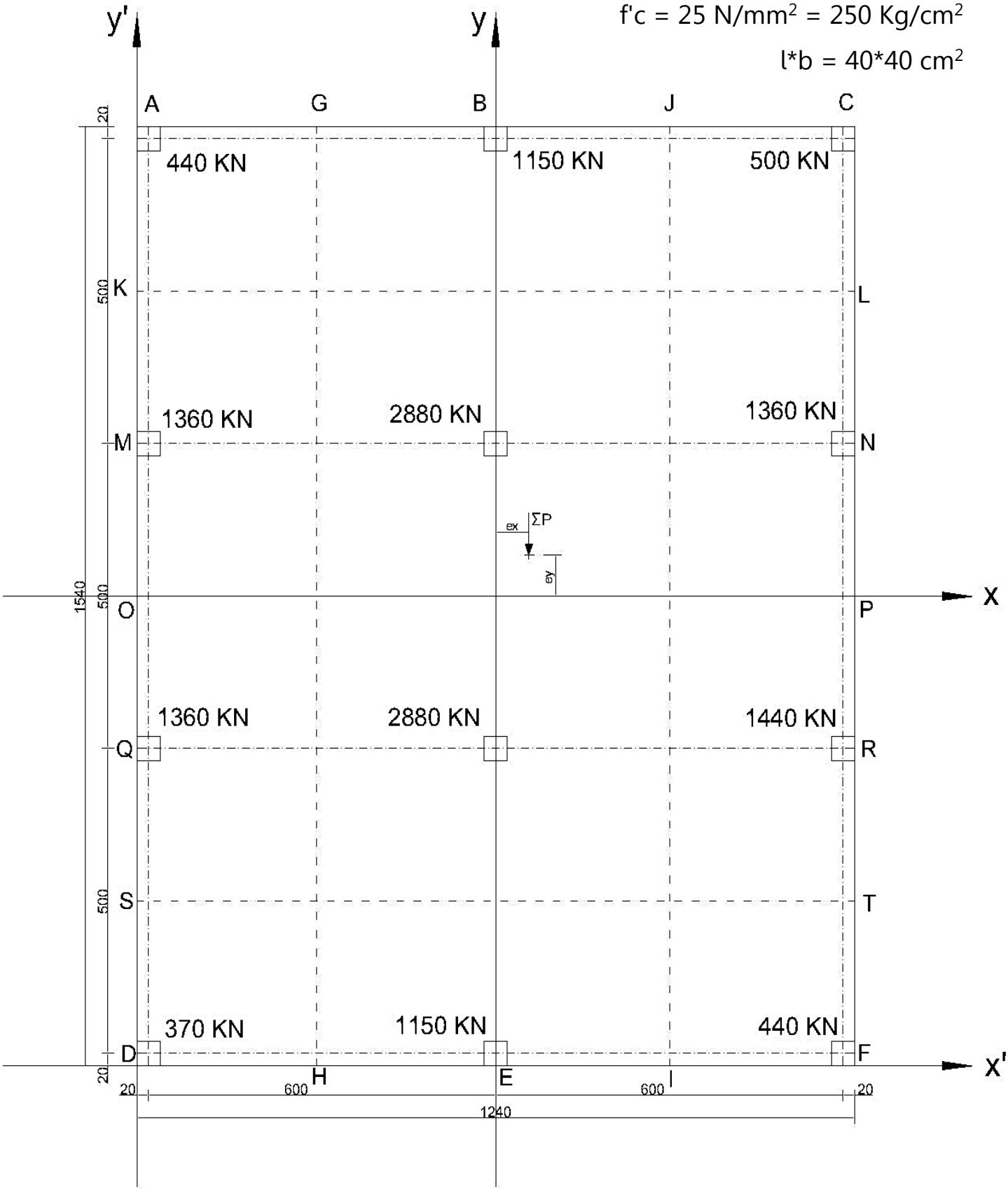
- **المعطيات:**

qall = 125 KPa : تحمل التربة

$fy = 360\ N/mm^2 = 3600\ Kg/cm^2$

$f'c = 25\ N/mm^2 = 250\ Kg/cm^2$

$l*b = 40*40\ cm^2$



خطوات الحل :

نحسب الإجهادات الاستثمارية الكلية المنقولة من الأساس إلى التربة مع إدخال تأثير وزن الحصيرة وما فوقها والذي يساوي 10% من حمولات الأعمدة تقريباً.

$$q_i = \frac{1,1\Sigma N_i}{A} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{I_x} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{I_y}$$

حيث: إحداثيات نقطة تطبيق المحصلة ($1,1R = 1,1\Sigma N_i$) هي:

$$x' = \frac{1,1\Sigma(N_i \cdot x_i)}{1,1R} = \frac{\Sigma(N_i \cdot x_i)}{R}$$

$$y' = \frac{1,1\Sigma(N_i \cdot y_i)}{1,1R} = \frac{\Sigma(N_i \cdot y_i)}{R}$$

وبسبب عدم انطباق هذه النقطة على مركز الثقل الهندسي للحصيرة ينتج لدينا لامركزية بالاتجاهين: $e_x = x' - \frac{B}{2}$ ($:B//x$), $e_y = y' - \frac{L}{2}$ ($:L//y$)

ونحسب عزمي الانطاف الناتجين عن اللامركزية بالاتجاهين:

$$M_x = 1,1R \cdot |e_y| \quad , \quad M_y = 1,1R \cdot |e_x|$$

وعزما العطالة: $I_x = \frac{B \cdot L^3}{12}$ ($:B//x$), $I_y = \frac{L \cdot B^3}{12}$ ($:L//y$)

ونأخذ إشارات x_i و y_i (إحداثيات النقاط الزاوية الأربع للحصيرة) بعد إعادة توجيه المحورين x و y بحيث تكون نقطة تطبيق المحصلة ($1,1R$) واقعة في الربع الأول.

ويجب أن تحقق الإجهادات الأربع شرطين:

$q_{i\,min} \geq 0$

$q_{i\,max} \leq q_{all}$ (أي جميعها أكبر من الصفر وأصغر من q_{all})

وعندما يكون لدينا $q_{all}^{(n)}$ فإننا نحسب الإجهادات المذكورة دون إدخال الوزن الذاتي للحصيرة وما فوقها ثم نقارن مع $q_{all}^{(n)}$ بدلاً من q_{all}.

ثم نحسب ضغط التماس الصافي المصعد:

نصعد حمولات الأعمدة بالعامل: 1,6 (ولا ندخل وزن الحصيرة وما فوقها في الحساب):

$$R_u = \Sigma N_{ui} = 1,6\ \Sigma N_i = 1,6\ R$$

وفي حال تم حساب اللامركزية في الخطوات السابقة بإدخال الوزن الذاتي للحصيرة وما فوقها، فإننا نعيد هنا حساب اللامركزية من جديد:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma(N_{ui} \cdot x_i)}{\Sigma N_{ui}} \quad , \quad \bar{y} = \frac{\Sigma(N_{ui} \cdot y_i)}{\Sigma N_{ui}}$$

$$e_x = \bar{x} - \frac{B}{2} \quad , \quad e_y = \bar{y} - \frac{L}{2}$$

وتكون العزوم: $M_{ux} = R_u \cdot |e_y| \ , \ M_{uy} = R_u \cdot |e_x|$

ونحسب الإجهادات الصافية المصعدة الطبقة من الحصيرة على التربة عند النقاط الزاوية الأربع للحصيرة:

$$q_{ui} = \frac{R_u}{A} \pm \frac{M_{ux} \cdot y_i}{I_x} \pm \frac{M_{uy} \cdot x_i}{I_y}$$

وسنستفيد من هذه العادلة أيضاً لحساب q_{ui} عند أطراف الشرائح عند تقسيم الحصيرة إلى شرائح.

نقوم بتقسيم الحصيرة إلى شرائح بالاتجاهين بحيث تكون الحدود الفاصلة بين هذه الشرائح مارة من منتصفات المسافات بين الأعمدة وتسمى النقاط الطرفية للشرائح ونحسب q_{ui} عند كل نقطة من هذه النقاط باستخدام العلاقة السابقة (أو بالتوسط ولكنه أقل دقة).

ونتابع بتصميم كل شريحة من هذه الشرائح كما يأتي:

نحدد طول الشريحة L_s وعرضها B_s، ونحدد الإجهاد الوسطي تحت الشريحة بأخذ المتوسط الحسابي لقيم q_{ui} تحت النقاط الزاوية الأربع لهذه الشريحة، وليكن q_{us}.

وتكون القوة المحصلة الناتجة عن رد فعل التربة الوسطي تحت الشريحة:

$$F_{us} = q_{us} \cdot L_s \cdot B_s$$

ونحسب مجموع حمولات الأعمدة الموجودة ضمن الشريحة:

$$\Sigma N_{us} = 1,6 \Sigma N_s$$

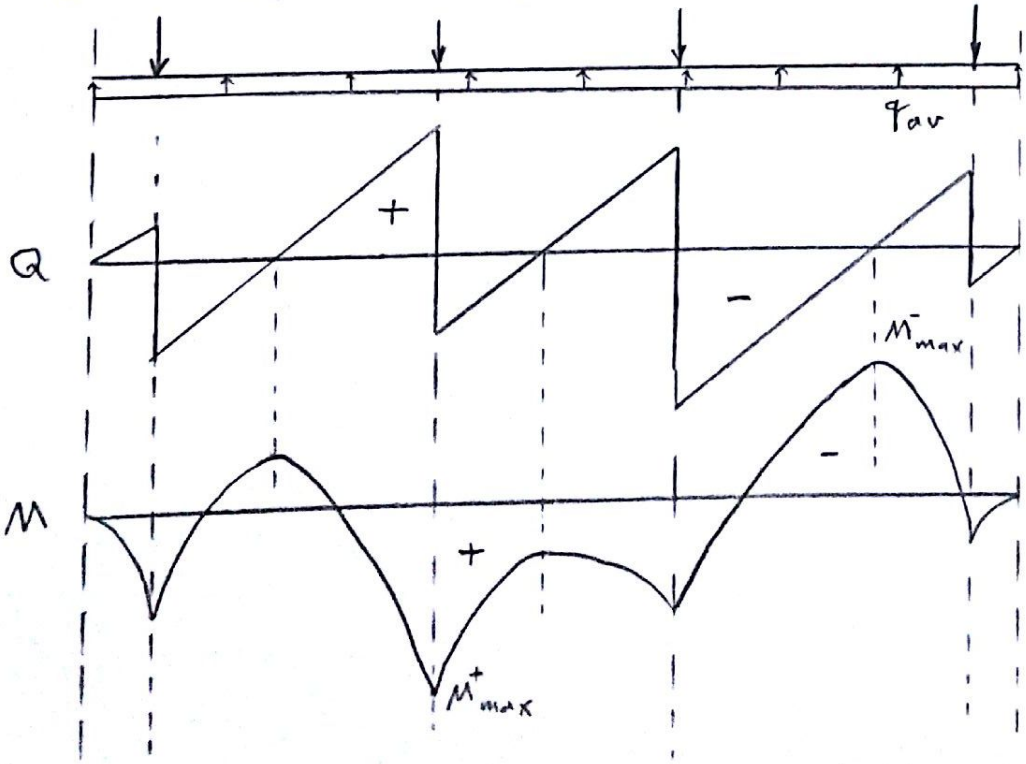
ونلاحظ أن $F_{us} \neq \Sigma N_{us}$ وهذا ناتج عن إهمال قوى القص بين الشرائح واعتبارها تعمل بشكل منفصل. ولحل هذا الإشكال نأخذ القيمة الوسطية للقيمتين المذكورتين $F_{av} = \frac{F_{us} + \Sigma N_{us}}{2}$

ونوجد من خلالها رد فعل التربة الموزع على المتر الطولي من الشريحة:

$$q_{av} = \frac{F_{av}}{L_s} \qquad [t/m]$$

ونقوم بالتعديل الآتي:

نوجد العامل α: $\alpha = \frac{F_{av}}{\Sigma N_{us}}$ ونعدل جميع حمولات الأعمدة الموجودة ضمن الشريحة بضربها بالعامل α، ونستخدم هذه الحمولات مع رد الفعل q_{av} برسم مخطط الجسم الحر للشريحة وإيجاد قوى القص وعزوم الانطاف الناشئة فيها. وعلى سبيل المثال قد تكون بالشكل الآتي:



كما يمكن استخدام ثوابت الكمر التقريبية لرسم المخططات.

ثم نقوم بتحديد ارتفاع الحصيرة بتحقيق جميع الشروط وبعدها نقوم بحساب التسليح اللازم ، وعادة يتم تعميم تسليح الشريحة الأخطر.

شرط الصلابة :

يشترط الكمرة في حالة البلاطة القطرية :

$$H \geq \frac{L_{max}}{8}$$

حيث : L_{max} أكبر مسافة ضوء بين عمودين متجاورين بالاتجاهين .

$$H \geq 40 \text{ cm}$$

شرط الثقب المباشر :

نقوم بتحقيق هذا الشرط لأخطر عمود ركني وأخطر عمود طرفي وأخطر عمود داخلي . (العمود الأخطر في كل نوع هو المحمل بالحمولة الأكبر وذلك عندما تكون أبعاد الأعمدة متساوية ، وإلا نحقق جميع الأعمدة) .

$$\tau_u = \frac{Q_u}{b_o \cdot d} \leq \bar{\tau} = 1{,}7\sqrt{f_c'} \qquad [kg/cm^2]$$

حيث Q_u هي القوة المسببة للثقب المباشر : $Q_u = N_u - \sigma_{u(u)}(l \cdot b)$

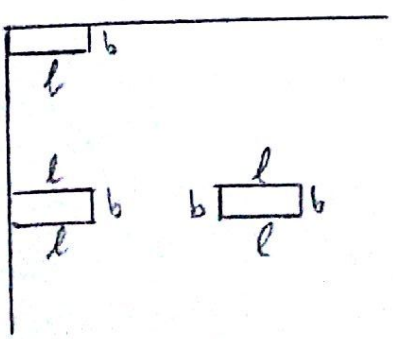
$\sigma_{u(u)}$ هو رد فعل التربة الصافي المصعد عند العمود المدروس ، ويمكن أن يؤخذ بشكل تقريبي مساوياً لـ $\sigma_{u\,av}$ للشريحة :

$$\sigma_{u\,av} = \frac{F_{av}}{L_s \cdot B_s} = \frac{q_{av}}{B_s}$$

أو يؤخذ بشكل أدق من المعادلة التي تعطي الإجهادات الصافية المصعدة تحت نعل الحصيرة (q_{ui}) بتعويض إحداثيات مركز العمود المدروس .

$d = H - 7\,cm$ الارتفاع الفعال

b_o محيط القص بالثقب المباشر وقد يكون لديا مستويا قص (في حالة العمود الركني) أو ثلاثة (في حالة العمود الطرفي) أو أربعة (في حالة العمود الداخلي) .



شرط الثقب غير المباشر :

نحقق الشرط على بعد $\frac{d}{2}$ من جميع وجوه العمود بالاتجاهات الممكنة ، وهي اتجاهان في حالة العمود الركني ، وثلاثة في حالة العمود الطرفي وأربعة في حالة العمود الداخلي .

$$\tau_u = \frac{Q_u}{0,85 \cdot b_o \cdot d} \leq \bar{\tau}_u = \sqrt{f_c} \quad [Kg/cm^2]$$

شرط القص الجائزي :

نحقق هذا الشرط عند المقطع الخطر الذي يكون على بعد d من الوجه الأخطر للعمود الأخطر (ذي الحمولة الأكبر) في الشريحة المدروسة ، حيث نأخذ قوة القص Q_u عند هذا المقطع الخطر من مخطط القص للشريحة ونحقق الشرط :

$$\tau_u = \frac{Q_u}{0,85 \cdot b \cdot d} \leq \bar{\tau}_u = 0,8\sqrt{f_c} \quad [Kg/cm^2]$$

حيث b : عرض الشريحة المدروسة .

حساب التسليح :

نحسب التسليح العلوي باستخدام أكبر عزم سالب ، ونحسب التسليح السفلي باستخدام أكبر عزم موجب .

$$A_o = \frac{M_u}{0,9 \cdot b \cdot 0,85 f_c \cdot d^2} \quad , \quad \alpha = 1 - \sqrt{1 - 2A_o}$$

$$\gamma = 1 - \frac{\alpha}{2} \quad , \quad A_s = \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot \gamma \cdot d} \quad , \quad \mu = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

ونتحقق : $\mu_{min} = \frac{9}{f_y} \leq \mu \leq \mu_{max} = 0,5\mu_b = 0,5 \frac{4500}{6300 + f_y} \frac{\bar{f}_c}{f_y}$

(f_c , f_y $[Kg/cm^2]$)