السؤال الثاني: (٦٠ درجة)

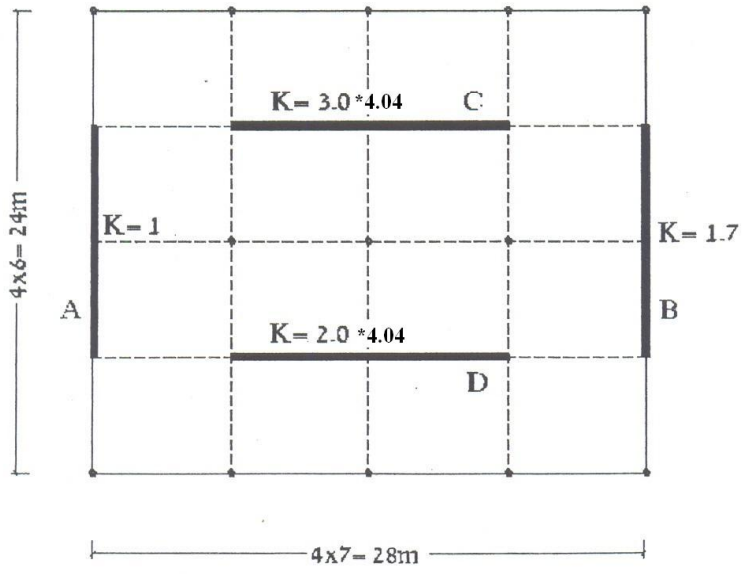
المسقط الأفقي المبين هو لمبنى سكني عادي مؤلف من أربعة طوابق متكررة، ارتفاع كل منها 3.6 m ، و يقع ضمن المنطقة (2C)، حيث Z=0.25 . فإذا فرضنا أن مجموع أوزان الأحمال الميتة للطابق الواحد تساوي 1000 ton، و أن مركز الكتل هو في مركز مسقط المبنى فالمطلوب:

١- حساب قوة القص القاعدي للمبنى (بالطريقة الاستاتيكية المكافئة، وبفرض أن جدران القص تتحمل كامل الحمل الزلزالي) و ذلك عندما يتعرض المبنى لزلزال بالاتجاه الموازي لطول الجدار **A**.

٢- حساب الأحمال الأفقية المطبقة على جدار القص **A** في كل طابق، و ذلك عندما يتعرض المبنى لزلزال بالاتجاه الموازي لطول الجدار **A**.

٣- تصميم المقطع العرضي لجدار القص **A** بأسفل الجدار (فوق الأساسات مباشرة)، إذا فرضنا أن عرض الجدار يساوي 20 cm و طوله يساوي 1200 cm و أنه يتعرض لأحمال شاقولية استثمارية من كل طابق، مُحصلتها (في مركز الجدار) 100 ton أحمال ميتة و 20 ton أحمال حية، و ذلك لحالة تحميل واحدة فقط (تشمل أحمال الزلازل). يُهمل التسليح بجانبي الجدار و يُكتفى بتسليح الأعمدة المخفية بنهايتي الجدار (للتسهيل)، و يمكن الاستعانة بعلاقات الكود أو بمنحنيات الترابط الموجودة بالورقة المرفقة مع الأسئلة أو بأي منحنيات ترابط أخرى مناسبة.

٤- تصميم أساس جدار القص **A**، و ذلك لحالة تحميل واحدة فقط (تشمل أحمال الزلازل)، مع افتراض أن سمك التربة فوق الأساس يساوي 30 cm



مع العلم أن المقاومة المميزة للبيتون f_c'=200 kg/cm² وإجهاد الخضوع للفولاذ f_y = 4000 kg/cm² وأن قدرة تحمل التربة المسموح للهبوط q_a= 3 kg/cm² وتحمل التربة للمقاومة q_a= 4 kg/cm² (أي نعتمد q_a= 3.5 kg/cm² لحساب القوة الزلزالية) ووزن

الجدار غير داخل في الحمولات الشاقولية. إذا لم يحدد منسوب التأسيس يمكن للتسهيل افتراض السطح العلوي للأساس مع سطح الأرض.

١) حساب قوة القص القاعدي في الاتجاه الشاقولي:

$$V = \frac{C_V I}{RT} W$$

$$\left.\begin{array}{l} Z = 0.25 \\ q_a = 3.5\ kg/cm2 \end{array}\right\} \Rightarrow \quad C_a = 0.25, \quad C_v = 0.25$$

$$I = 1$$

$$R = 4.5$$

$$T_A = \gamma_t\ (h_n)^{3/4} = 0.0488 \times (4 \times 3.6)^{3/4} = 0.3607\,\text{sec}$$

$$1.4 \times T_A = 1.4 \times 0.3607 = 0.505\,\text{sec}$$

يسمح بزيادة قيمة الدور التقريبية بنسبة لا تزيد عن ٤٠% في حال وجود تحليل ديناميكي بما لا يزيد عن قيمة الدور الديناميكي (وفي هذا المثال سنتابع بالقيمة التقريبية دون زيادة).

$$T\ = 0.3607\,\text{sec}$$

$$W = 4 \times 1000 = 4000\,t$$

$$V_1 = \frac{0.25 \times 1}{4.5 \times 0.3607} \times 4000 = 616\,t$$

$$V_{\max} = \frac{2.5 C_a I}{R} W = \frac{2.5 \times 0.25 \times 1}{4.5} \times 4000 = 555.6\,t$$

$$V_{\min} = 0.11 C_a I W = 0.11 \times .25 \times 1 \times 4000 = 110\,t$$

$$V_{\min} = 110\,t \le V \le V_{\max} = 555.6\,t$$

$$V = V_{\max} = 555.6\,t$$

٢) حساب الأحمال الأفقية المطبقة على جدار القص A في كل طابق:

$$V = F_t + \sum_{i=1}^{4} F_i$$

$$T = 0.3607\,\text{sec} \quad \Rightarrow F_t = 0\,t$$

$$F_x = \frac{V\, w_x\, h_x}{\sum_{i=1}^{4} w_x\, h_x}$$

$$N = 1 \quad \Rightarrow w_1 = 1000\, t,\ h_1 = 3.6\, m \quad \Rightarrow \quad w_1\, h_1 = 3600$$

$$N = 2 \quad \Rightarrow w_2 = 1000\, t,\ h_2 = 7.2\, m \quad \Rightarrow \quad w_2\, h_2 = 7200$$

$$N = 3 \quad \Rightarrow w_3 = 1000\, t,\ h_3 = 10.8\, m \quad \Rightarrow \quad w_3\, h_3 = 10800$$

$$N = 4 \quad \Rightarrow w_4 = 1000\, t,\ h_4 = 14.4\, m \quad \Rightarrow \quad w_4\, h_4 = 14400$$

$$\sum w_x\, h_x = 3600 + 7200 + 10800 + 14400 = 36000$$

وبالتالي تكون القوة الأفقية المؤثرة في كل طابق:

$$F_1 = \frac{555.6 \times 3600}{36000} = 55.56\, t$$

$$F_2 = \frac{555.6 \times 7200}{36000} = 111.12\, t$$

$$F_3 = \frac{555.6 \times 10800}{36000} = 166.68\, t$$

$$F_4 = \frac{555.6 \times 14400}{36000} = 222.24\, t$$

$$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 55.56 + 111.12 + 166.68 + 222.24 = 555.6\, t \quad ok$$

- لحساب القوة المطبقة على الجدار A في الطابق الأول نحسب ما يلي:

١. حساب مركز القساوة للطابق: وذلك بأخذ مركز الإحداثيات في الزاوية اليسارية السفلى للمسقط (علما أنه يمكن أخذ أية نقطة أخرى من المسقط).

$$x_{CR} = \frac{\sum_{j=1}^{m} x_i\, k_{yj}}{\sum_{j=1}^{m} k_{yj}}$$

$$x_{CR} = \frac{0 \times 1 + 28 \times 1.7}{1 + 1.7} = 17.6\, m$$

$$y_{CR} = \frac{\sum_{j=1}^{m} y_i \, k_{xj}}{\sum_{j=1}^{m} k_{xj}}$$

$$y_{CR} = \frac{6 \times 2 + 18 \times 3}{2 + 3} = 13.2 \, m$$

٢. حساب اللامركزية:

$$e_x = x_{CR} - x_{CG} = 17.6 - 14 = 3.6 \, m$$

$$e_y = y_{CR} - y_{CG} = 13.2 - 12 = 1.2 \, m$$

٣. حساب عزم الفتل المؤثر من قوة زلزالية بالاتجاه Y :

$$M_t = V_y \, \overline{e_x} - V_x \, \overline{e_y}$$

$$\overline{e_x} = e_x + 0.05 \, L_x = 3.6 + 0.05 \times 28 = 5 \, m$$

$$\overline{e_y} = e_y + 0.05 \, L_y = 1.2 + 0.05 \times 24 = 2.4 \, m$$

يؤخذ 0.05Lx و 0.05Ly بإشارة موجبة أو سالبة بما يعطي أثر أكبر.

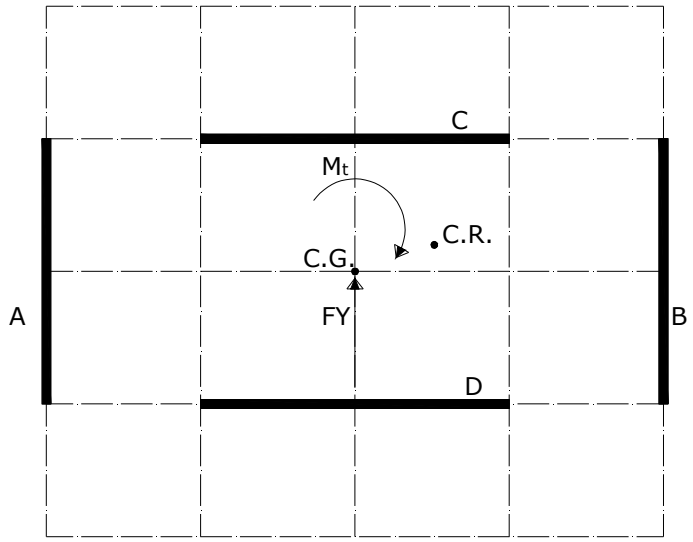
$$M_t = 55.6 \times 5 - 0 \times 2.4 = 278 \, t.m$$

٤. حساب جزء القوة المؤثرة في الجدار A من القوة الزلزالية عند كل طابق:

$$F_{xj} = \frac{k_{xj}}{\sum k_{xj}} V_x + \frac{k_{xj} \, Y_j}{\sum (k_{yj} \, X_j^2 + k_{xj} Y_j^2)} M_t$$

$$F_{yj} = \frac{k_{yj}}{\sum k_{yj}} V_y + \frac{k_{yj} \, X_j}{\sum (k_{yj} \, X_j^2 + k_{xj} Y_j^2)} M_t$$

حيث الإحداثيات المعطاة في هذه العلاقة تقاس من مركز القساوة. ويجب الانتباه إلى استعمال الإشارات الصحيحة لعزم الفتل وإحداثيات الجدار أو يرسم شكل بسيط يظهر هل هناك جمع أو طرح لقيمة القوة الناتجة من عزم الفتل.(عزم الفتل المؤثر سالب لأنه مع عقارب الساعة حول مركز الصلابة وإحداثي الجدار A سالب فينتج أن المركبة من العزم هي بنفس اتجاه المركبة من القوة الزلزالية).



حساب عزم القساوة القطبية حول مركز القساوة:

$$\sum(k_{yj}\ X_j^2 + k_{xj}Y_j^2) = 1\times17.6^2 + 1.7\times10.4^2 + 2\times4.04\times7.2^2 + 3\times4.04\times4.8^2 = 1192$$

$$k_{xj} = 0, \quad V_x = 0 \quad \Rightarrow\ F_{xA} = 0\,t$$

$$F_{yA} = \frac{1}{1+1.7}\times55.6 + \frac{1\times17.6}{1192}\times278 = 24.68\,t$$

وبتكرار العمليات السابقة من أجل بقية الطوابق مع اعتبار أن إحداثيات مركز القساوة ثابتة لجميع الطوابق يكون:

- جزء القوة المطبقة على الجدار A في الطابق الثاني من القوة الزلزالية:

$$M_t = 111.12\times5 - 0\times2.4 = 555.6\,t.m$$

$$k_{xj} = 0, \quad V_x = 0 \quad \Rightarrow\ F_{xA} = 0\,t$$

$$F_{yA} = \frac{1}{1+1.7}\times111.12 + \frac{1\times17.6}{1192}\times555.6 = 49.36\,t$$

يلاحظ في هذا المثال أن جزء القوة يساوي ضعف جزء القوة المؤثرة على الجدار في الطابق الأول.

- جزء القوة المطبقة على الجدار A في الطابق الثالث من القوة الزلزالية:

$$M_t = 166.68\times5 - 0\times2.4 = 833.4\,t.m$$

$$k_{xj} = 0, \quad V_x = 0 \quad \Rightarrow\ F_{xA} = 0\,t$$

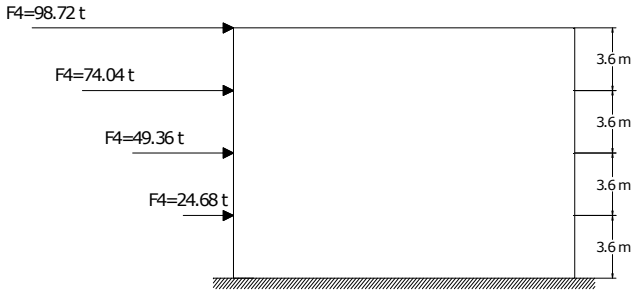
$$F_{yA} = \frac{1}{1+1.7} \times 166.68 + \frac{1 \times 17.6}{1192} \times 833.4 = 74.04\, t$$

- جزء القوة المطبقة على الجدار A في الطابق الرابع من القوة الزلزالية:

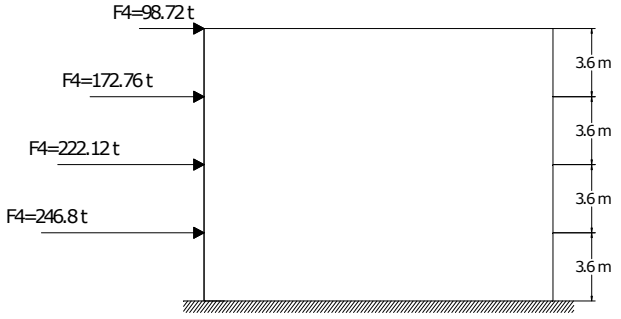
$$M_t = 222.24 \times 5 - 0 \times 2.4 = 1111.2\, t.m$$

$$k_{xj} = 0, \quad V_x = 0 \quad \Rightarrow \; F_{xA} = 0\, t$$

$$F_{yA} = \frac{1}{1+1.7} \times 222.24 + \frac{1 \times 17.6}{1192} \times 1111.2 = 98.72\, t$$



الجزء من القوة الزلزاليــة المؤثر على الجدار A



قوى القص المؤثرة على الجدار A
من الزلازل

٣) تصميم المقطع العرضي لجدار القص A فوق الأساس مباشرة:

$$Comb. = 1.1 \times (1.2\, DL + 0.5\, LL + 0.5 C_a I\, DL + E)$$

$$Comb. = 1.1 \times (1.2\, DL + 0.5\, LL + 0.125\, DL + E)$$

$$Comb. = 1.4575\, DL + 0.55\, LL + 1.1E$$

$$N_u = 1.4575 \times (4 \times 100 + 4 \times 0.2 \times 12 \times 2.5 \times 3.6) + 0.55 \times (4 \times 20) + 1.1 \times 0 = 752.9\, t$$

$$M_u = 1.4575 \times 0 + 0.55 \times 0 + 1.1 \times (98.72 \times 14.4 + 74.04 \times 10.8 + 49.36 \times 7.2 + 24.68 \times 3.6)$$
$$M_u = 2931.98\, t.m$$

$$0.9 \le \Omega = 0.9 - 0.5\,(\frac{N_u}{N_c}) \ge 0.65$$

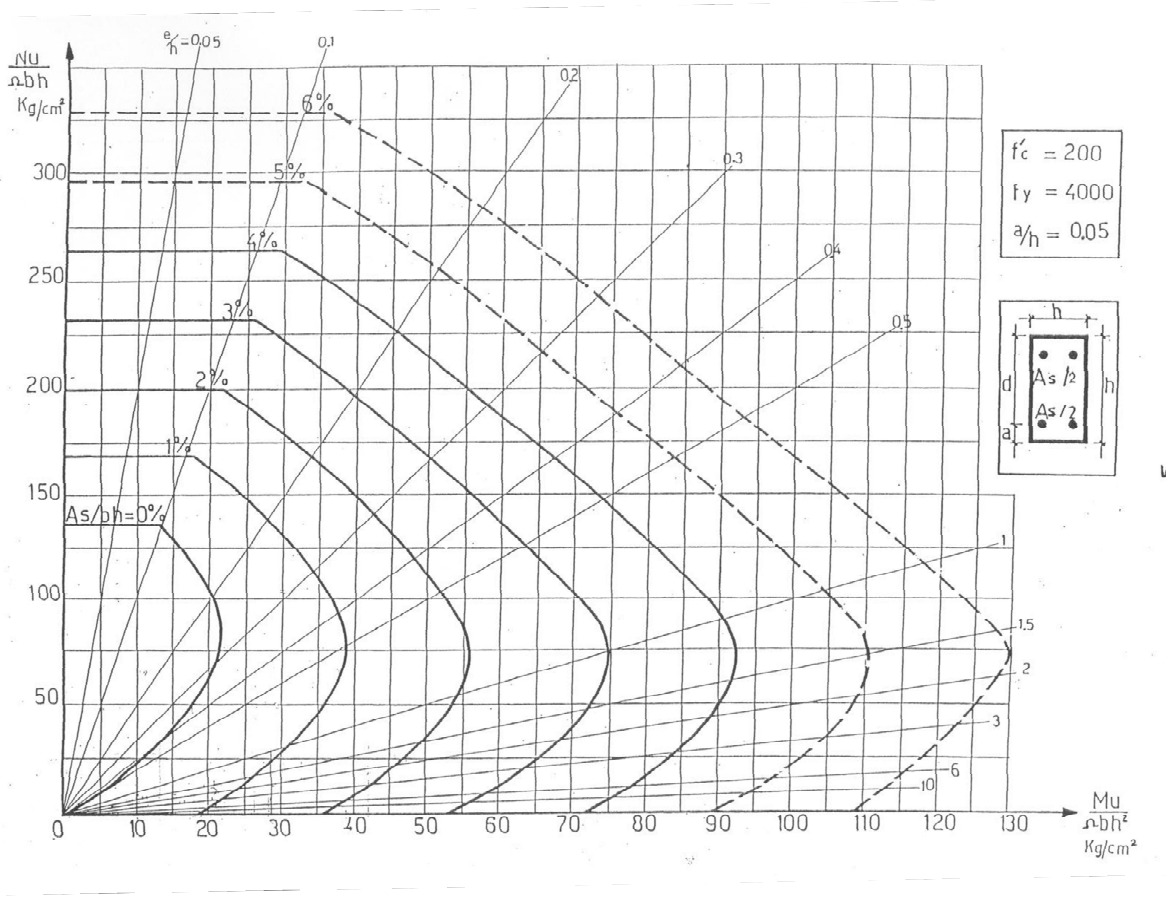
$$N_c = 0.85\, f_c^{'}\, A_c^{'} = 0.85 \times 200 \times 20 \times 1200 \times 10^{-3} = 4080\, t$$

$$\Omega = 0.9 - 0.5\,(\frac{752.9}{4080}) = 0.808$$

على أنه يمكن في الامتحان اعتماد قيمة ل Ω افتراضية تتراوح بين ٠,٦٥ و ٠,٩.

$$\frac{N_u}{\Omega\, b\, h} = \frac{752.9 \times 10^3}{0.808 \times 20 \times 1200} = 38.8\ kg/cm^2$$

$$\frac{M_u}{\Omega\, b\, h^2} = \frac{2931.98 \times 10^5}{0.808 \times 20 \times 1200^2} = 12.6\ kg/cm^2$$



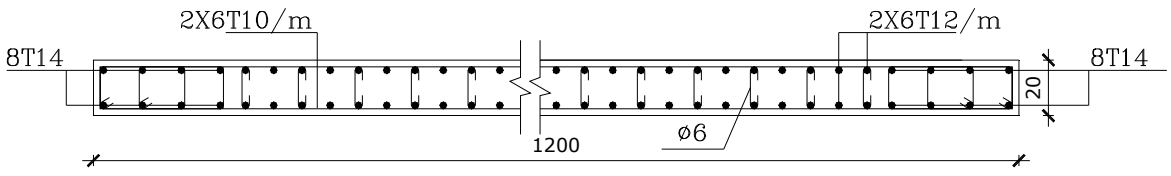
بالعودة إلى مخطط الترابط نجد أن نسبة التسليح الموافقة هي النسبة الدنيا

لذلك نضع تسليح الجدار كما يلي:

$$A_s = 0.006\ b\ h = 0.006 \times 20 \times 100 = 12\ cm^2 / m'$$

كان يمكن أخذ النسبة الدنيا في الوسط 0.003 إنما لكون الجدار صغير السماكة تم زيادتها.

نستخدم تسليح شاقولي 2x6T12/m' (على أنه كان يمكن استخدام 2x6T10/m') وتسليح عرضي 2X6T10/m' مع أعمدة مخفية في الطرفين 20x60 cm بتسليح طولي 8T14 و تسليح عرضي 2ϕ8/10 – 20cm .



٤) تصميم أساس الجدار A:

$$N'_u = 752.9\ t, \quad M'_u = 2931.98\ t.m, \quad Q_u = 1.1 \times 246.8 = 271.48\ t$$

بفرض أن الوزن الذاتي للأساس:

$$W_u = 1.4575 \times 2.2 \times 16 \times 1 \times 2.5 = 128.26\ t$$

$$M_u = 2931.98 + 271.48 \times 1 = 3203.46\ t.m$$
$$N_u = 752.9 + 128.26 = 881.16\ t$$

$$N_u = 881.16\ t, \quad M_u = 3203.46\ t.m$$

$$\sigma = \frac{N_u}{A} \pm \frac{M_u}{I} y$$

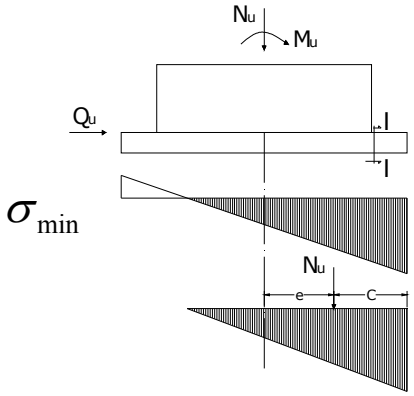
بفرض أن عرض الأساس B=220 cm وطول الأساس L=1600cm

$$A = 2.2 \times 16 = 35.2\ m^2$$

$$I = \frac{b\ h^3}{12} = \frac{2.2 \times (16)^3}{12} = 750.93\ m^4$$

$$\sigma_{\max} = \frac{881.16}{35.2} + \frac{3203.46}{750.93} \times 8 = 25.03 + 34.13 = 59.16\ \ t/m^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{881.16}{35.2} - \frac{3203.46}{750.93} \times 8 = 25.03 - 34.13 = -9.1\ \ t/m^2$$



$\sigma_{\min}$

$\sigma_{\max}$

$$\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}} = \frac{59.16}{-} > 2 \quad \Rightarrow \sigma_{\max} = 59.16 \ \ t/m^2 \le 2 \times 30 = 60\, t/m^2 \quad ok$$

$$e = \frac{3203.13}{881.16} = 3.64 \ \ m$$

$$C = \frac{L}{2} - e = \frac{16}{2} - 3.64 = 4.36 \ \ m$$

$$\sigma_{\max} = \frac{2\ N_u}{3\ C\ B} = \frac{2 \times 881.16}{3 \times 4.36 \times 2.2} = 61.24 \ \ t/m^2$$

يلزم زيادة عرض الأساس ٠,١ م لتحقيق الإجهاد حيث يصبح:

$$\sigma_{\max} = 61.24 \times \frac{2.2}{2.3} = 59 \ \ t/m^2$$

$$\sigma_{I-I} = \sigma_{\max} \frac{3C - (2m)}{3\ C} = 59 \times \frac{3 \times 4.36 - 2}{3 \times 4.36} = 50 \ \ t/m^2$$

$$V_1 = 50 \times 2 \times 2.3 = 230\, t$$

$$V_2 = \frac{1}{2}(59 - 50) \times 2 \times 2.3 = 20.7\, t$$

$$M_u = 230 \times 1 + 20.7 \times 2 \times \frac{2}{3} = 258\, t.m$$

بفرض أن ارتفاع الأساس H=100 cm

$$A_s = \frac{258 \times 10^5}{0.9 \times 0.9 \times 93 \times 4000} = 86\ cm^2$$

نستخدم 18T25 على كامل عرض المقطع أي 8T25/m'

أما التسليح الثانوي فيحسب من الإجهادات وهو بحدود ٠,٢٥ في هذه الحالة من الرئيسي فنأخذ 5T16/m' . ويؤخذ التسليح العلوي في الاتجاه الطولي ٥٠% من التسليح السفلي و أيضا بالاتجاه العرضي ٥٠% من ذلك التسليح السفلي.

يلاحظ في هذا المثال أنه تم تعديل عزم العطالة للجدارين بالاتجاه X بتصعيد عزم العطالة لهما حوالي ٤ مرات مع ذلك نجد أن النتائج النهائية بالاتجاه Y المدروس لم تختلف إلا بنسبة صغيرة ناتجة عن زيادة مساهمة الجدارين بالاتجاه X في تحمل عزوم الفتل . وهذه النتيجة بالطبع تنحصر بالاتجاه Y أما بالاتجاه X فحتماً يكون للجدارين المكبر عطالتهما تأثير كبير في تصغير الانتقالات الناتجة من الزلازل بالاتجاه X .