

steel structures

2,25



WELCOME

3rd year
civil eng.

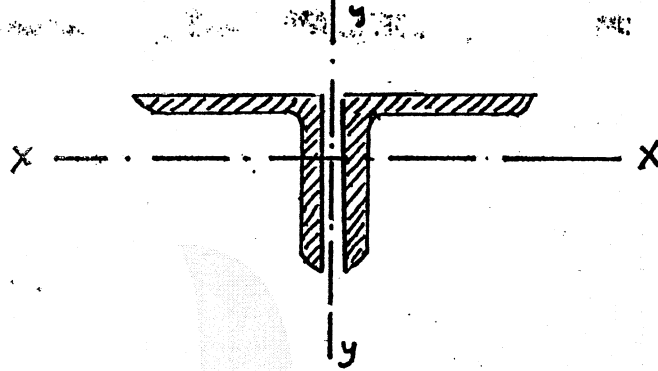


NO. (9)

with my best wishes

خطوات تصميم عضو ضغط قطاعه 2 angles back to back

3 steps



- 1 - يتم أولاً حساب متطلبات التصميم لأي عضو ضغط $C = r \cdot \tan$
- $b_x = \sqrt{m}$
 - $b_y = \sqrt{m}$

2 Section Selection:-

- يتم اختيار قطاع مناسب باستخدام الـ charts الموجودة في data Book الخاصة بتصميم الـ 2 angles back to back
- وكمثال عبارة عن 2 charts لإستنتاج قطاع مناسب
- ← chart لإستنتاج القطاع بمعلومية C , b_x
 - ← chart لإستنتاج القطاع بمعلومية C , b_y
- كـ هذه الـ charts مكونة من :-

- 1] المحور الرأسى يعطى القوة بالطن $[C]$
- 2] المحور الأفقى طول الإنفعال $[b_x \text{ أو } b_y]$ بالسلم
- 3] المنحنيات وحى تعبر عن الزوايا كل خط يعبر عن رسم الـ 2 angles back to back

Chart ②

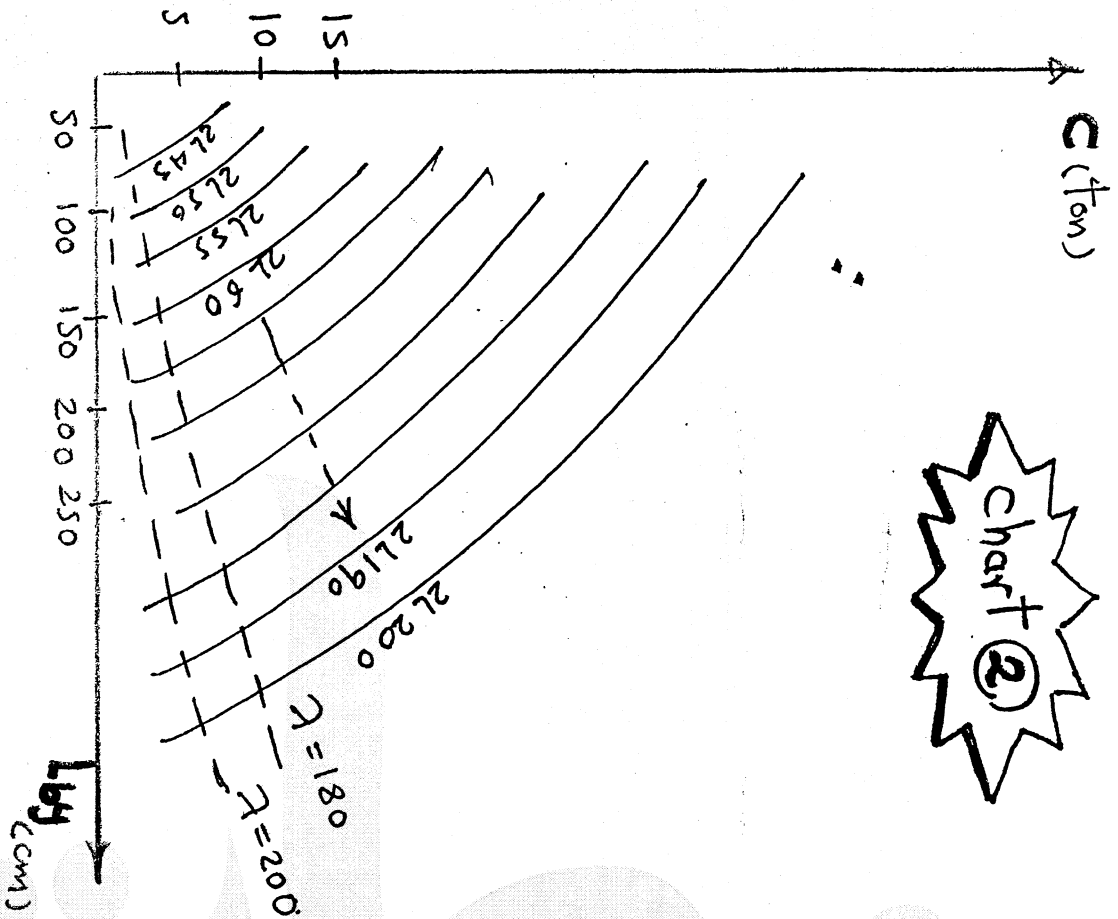
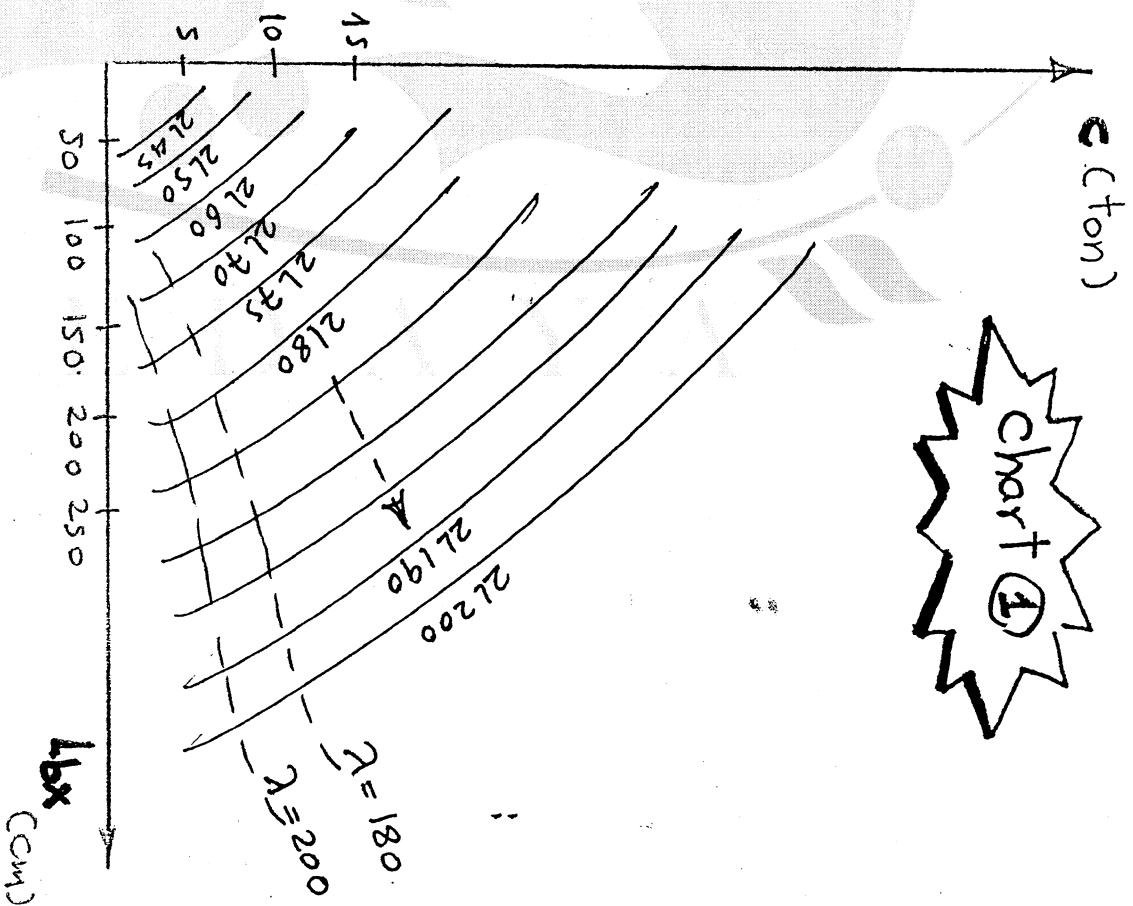


Chart ①



خطوات اختيار قطاع مناسب

→ From chart ①:

1. يتم عمل خط أفقي عند قيمة قوة الضغط المؤثرة على العنصر [C].
2. يتم عمل خط رأسي عند قيمة (λ) للعنصر.
3. تنتج لنا نقطة تقاطع تمثل قطاع معين.

→ From chart ②:

1. يتم عمل خط أفقي عند قيمة قوة الضغط المؤثرة على العنصر [C].
2. يتم عمل خط رأسي عند قيمة (λ) للعنصر.
3. تنتج لنا نقطة تقاطع تمثل قطاع آخر.

← يتم مقارنة القطاع الذي تم إيجاده بواسطة chart ① بالقطاع الذي تم إيجاده بواسطة chart ② ونأخذ القطاع الأكبر ويتم عمل check عليه.

ملاحظات عامة

← الخط ال dotted أسفل المنحنيات يمثل قيمة $\lambda = 180$ والخط الآخر يمثل قيمة $\lambda = 200$.

← وبذلك لاختار قطاع تحت الخط الذي يمثل $\lambda = 180$ بالنسبة للأعضاء في المنشأ الرئيسي لأنه (λ) سوف تكون أكبر من 180

← ولانختار قطاع تحت خط ال $\lambda = 200$ بالنسبة للأعضاء ال bracing لأنه (λ) سوف تكون أكبر من 200

كـ إذا كانت نقطة التقاطع أسفل الخط ال dotted :

كـ يتم عمل إمتداد للخط الرأسى عند الزاوية الأكبر حتى يتقاطع مع أول زاوية فوق الخط ال dotted وبذلك نختار هذه الزاوية ويتم عمل check عليها.

③ Checks:-

① check of Minimum angle:-

كـ ويتم عمل هذا ال check في حالة وصلات المسامير فقط
(in Case of Bolted Connections only)

→ if $a - t > 3d$ O.K

② Check of Stiffness:-

From tables $A = \sqrt{cm^2}$

$r_x = \sqrt{cm}$

g.p ال → $r_y = \sqrt{cm}$

$\lambda_x = \frac{l_{bx}}{r_x} = \sqrt{\quad}$

$\lambda_y = \frac{l_{by}}{r_y} = \sqrt{\quad}$

$\lambda_{max} = \sqrt{\quad} < 180$ O.K

③ Check of strength:-

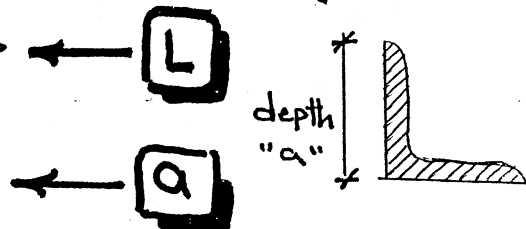
→ if $fact = \frac{C}{A} < \underline{f_c}$ O.K code page "29"

④ check of length to depth ratio :-

$$\text{if } \boxed{\frac{L}{a} \leq 60} \quad \underline{\underline{\text{O.K}}}$$

هو طول العضو "الذي أنا به راسه" في المساحة الأفقية

طول رجل الزاوية



ملاحظة هامة

يتم عمل هذا check على الأعضاء الأفقية والمائلة فقط ولا يتم عمله على الأعضاء الرأسية.

⑤ check of Spacer's location :-

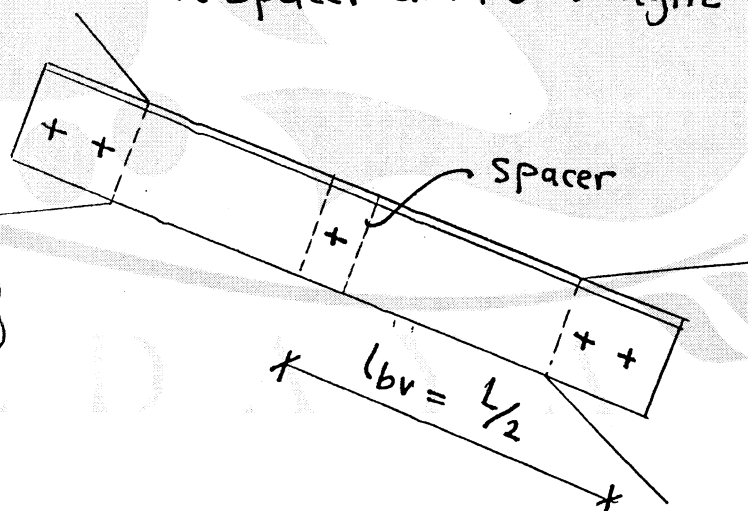
→ assume one spacer at mid length.

يتم عمل هذا check

للتأكد من عدم حدوث

انبعاج محلي

local buckling



يتم فرض وضع Spacer واحد في منتصف العضو ويتم حساب λ_v

$$\boxed{\lambda_v = \frac{l_{bv}}{r_v} = \checkmark \nless \lambda_{max}}$$

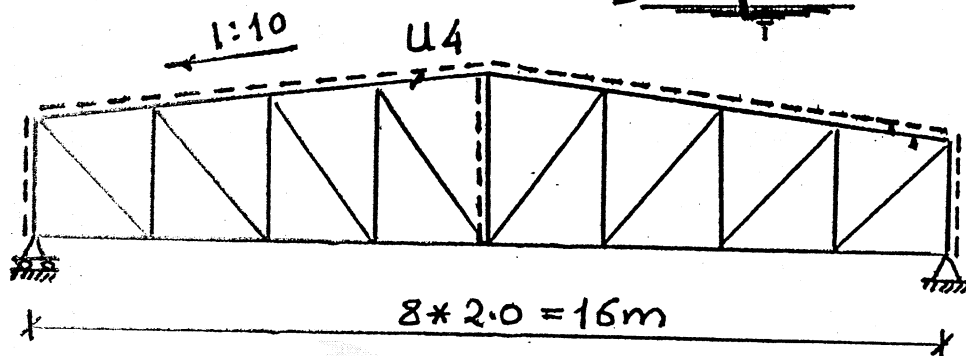
$l_{bv} \rightarrow = L/2$

$r_v \rightarrow$ From tables

Example ①

- for the shown Truss:

مسألة لمخاضرة



• Given:-

- the Compression Force in member $U_4 = -20 \text{ ton}$
- st. (37) - $t_{g.p} = 8 \text{ mm}$
- Bolts Diameter = 20 mm M20 (8.8).

• Required:-

- Design the member U_4 as 2 angles back to back.

Solution

1

* Force (C) = 20 ton

* Buckling length:-

$$\text{length of member } U_4 (L) = \frac{2.0}{\cos \alpha} = 2.01 \text{ m} \approx 2.0 \text{ m}$$

$$l_{bin} = l_{bx} = L = 2 \text{ m}$$

$$l_{bout} = l_{by} = L = 2 \text{ m}$$

2

Section Selection:-

From charts:- ① $C = 20^{\text{ton}}$ & $l_{bx} = 200 \text{ cm} \rightarrow 2L 75$

② $C = 20^{\text{ton}}$ & $l_{by} = 200 \text{ cm} \rightarrow 2L 70$

∴ Try 2L 75

3 checks:-

(1) Construction: $a > 3d + t$

سلك رجل الزاوية لمعرضة
نفتح الجدول الخاص بـ L75
ونشوف $r_{لا} = t$

$$75 > 3(20) + 8 = 68 \quad \underline{\text{O.K.}}$$

(2) check of slenderness:-

for 2ls $75 \times 75 \times 8$

From tables:-

- $A = 23 \text{ cm}^2$

- $r_x = 2.26 \text{ cm}$

- $r_y = 3.39 \text{ cm}$

$$\lambda_x = \frac{l_{bx}}{r_x} = \frac{200}{2.26} = 88.5$$

$$\lambda_y = \frac{l_{by}}{r_y} = \frac{200}{3.39} = 58$$

$$\lambda_{\max} = 88.5 < 180 \quad \underline{\text{O.K.}}$$

(3) check of strength:-

$$\lambda_{\max} < 100 \Rightarrow F_c = 1.4 - 0.000065 (88.5)^2$$

+ st. 37

$$= 0.89 \text{ t/cm}^2$$

$$F_{\text{fact}} = \frac{C}{A} = \frac{20}{23} = 0.86 \text{ t/cm}^2 < 0.89 \text{ t/cm}^2$$

O.K.

(4) check of length to depth ratio:-

$$\frac{L}{a} = \frac{2000}{75} = 26.6 < 60 \quad \underline{\underline{\text{O.K}}}$$

(5) check of spacer's location:-

→ assume one spacer at Mid length

from table $r_y = 1.46 \text{ cm}$.

$$l_{by} = \frac{L}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ cm}.$$

$$\lambda_y = \frac{l_{by}}{r_y} = \frac{100}{1.46} = 68.49 < 88.5 \quad \underline{\underline{\text{O.K}}}$$

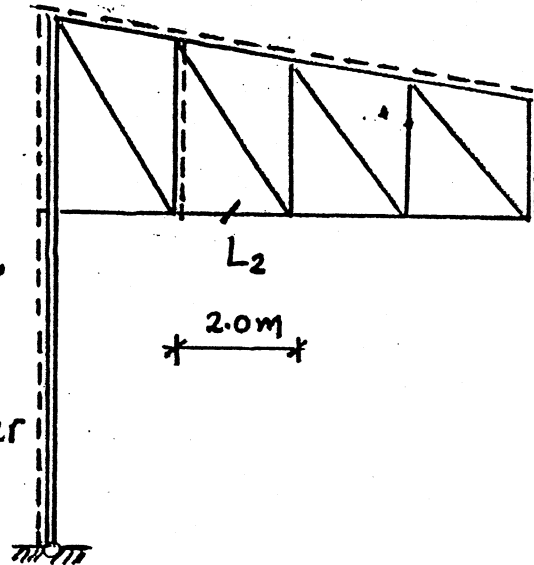
**∴ Use 2Ls 75 × 75 × 8
with Spacer at Mid length**

Example ②

- for the shown structure:-

• Given:-

- comp. Force in member $L_2 = -15 \text{ ton}$
- $t_{gp} = 10 \text{ mm}$
- welded connections



• Required:-

check the safety of the member L_2 as $2Ls 90 \times 90 \times 9$.

Solution

1

* Force = 15 ton

* Buckling length:-

length of member L_2 (L) = 2.0m

$l_{bin} = l_b x = L = 2.0 \text{ m}$

$l_{bout} = l_{by} = 3L = 6.0 \text{ m}$.

لا خلاف أن

القطاع given وبالتالي لا يتم عمل خطوة اختيار
(Section Selection) القطاع

الوصلات كما وبالتالي لا يتم عمل التحقق
الخاصة Check of Min. angle

القطاع وبالتالي يتم عمل Check of stiffness

* check of strength

* check of length to depth & check of spacer location.

2) (1) check of stiffness:-

from tables:- $A = 31 \text{ cm}^2$

$$r_x = 2.74 \text{ cm}$$

$$r_y = 4.09 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{l_{bx}}{r_x} = \frac{200}{2.74} = 73$$

$$\lambda_y = \frac{l_{by}}{r_y} = \frac{600}{4.09} = 146.7$$

$$\lambda_{max} = 146.7 < 180 \quad \underline{\underline{\text{ok}}}$$

(2) check of strength:-

$$\lambda_{max} > 100 \Rightarrow F_c = \frac{7500}{(\lambda_{max})^2}$$

$$F_c = \frac{7500}{(146.7)^2} = 0.348 \text{ t/cm}^2$$

$$P_{act} = \frac{C}{A} = \frac{15}{31} = 0.48 \text{ t/cm}^2 > F_c \quad \underline{\underline{\text{not ok}}}$$

Sec. is Not safe

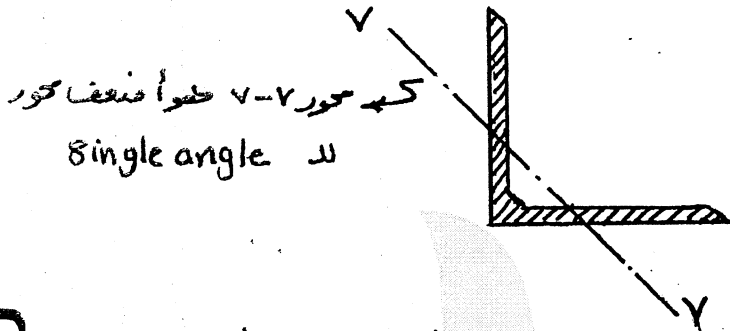
(3) check of length to depth:-

$$\frac{L}{a} = \frac{2000}{90} = 22.22 < 60 \quad \underline{\underline{\text{ok}}}$$

خطوات تصميم عضو ضغط قطاعه

Single angle

3 steps



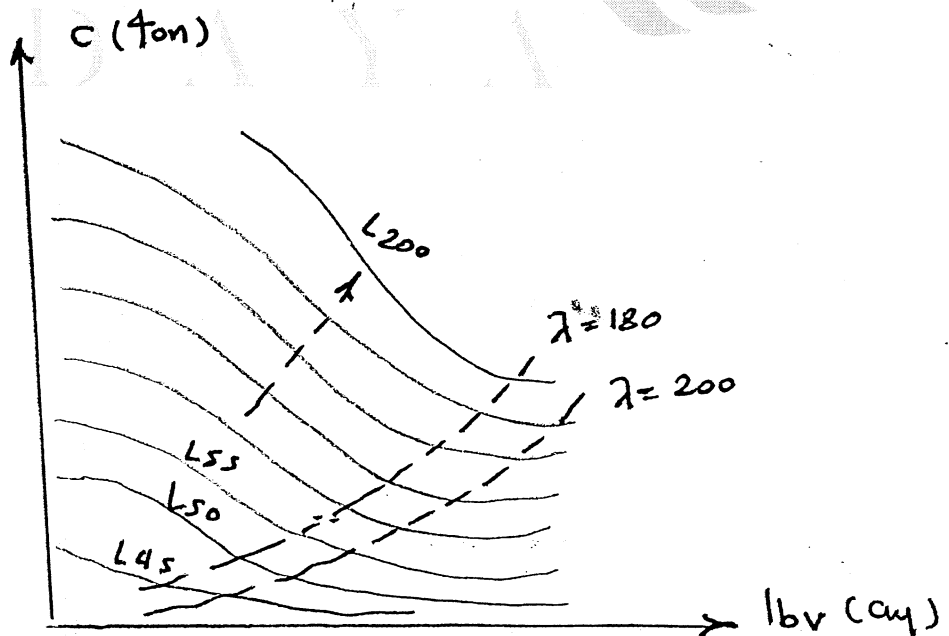
1. $C = \sqrt{t_{on}}$ يتم أولاً حساب متطلبات التصميم لأي عضو ضغط

$$\left. \begin{array}{l} l_{bin} = \sqrt{\quad} \\ l_{bout} = \sqrt{\quad} \end{array} \right\} l_{bv} = \max \text{ of } l_{bin} \& l_{bout}$$

2. Section Selection :-

يتم اختيار القطاع باستخدام الـ charts عن طريق قيمة القوة (c) وطول الإنبعاث حول محور v (l_{bv})

لاحظ هنا يوجد chart واحد فقط يتم إيجاد القطاع منه مباشرة
يراعى هنا أيضاً الخط الـ dotted الخاص بـ $\lambda = 180$ والخط الخاص بـ $\lambda = 200$



③ Checks:-

① check of construction:-

← يتم عمل هذا check في حالة وصلات المسامير فقط

(in case of Bolted Connections Only)

→ if $a - t > 3d$ O.K or $a > 3d + t$

② check of stiffness:-

From tables $A = r^2 cm^2$

$$r_v = r cm$$

$$\lambda_v = \frac{L_{bv}}{r_v} \nless 180 \text{ OK}$$

③ Check of strength:-

→ if $fact = \frac{C}{A_{IL}} < 0.6 F_c$ O.K

ملاحظة عامة جداً

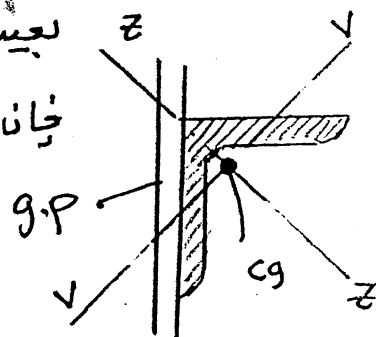
← في حالة ال single angle عند عمل check of stresses

تقارن بـ $0.6 F_c$ وليس F_c وذلك حيث أنه ال G.P. الخاص به

بال single angle [وهو نقطة تقاطع محور ل- و محور ع- ع]

بعيد عن ال G.P. وبالتالي لابد من عمل ثقل المحور، وبالتالي

فإن هذا التخميف يكون نتيجة ال eccentricity



④ check of length to depth ratio:-

→ يتم عمل هذا ال check للأعضاء الأفقية والمائلة فقط
ولا يتم عمل هذا ال check على الأعضاء الرأسية

$$\rightarrow \frac{L}{a} \nless 60$$

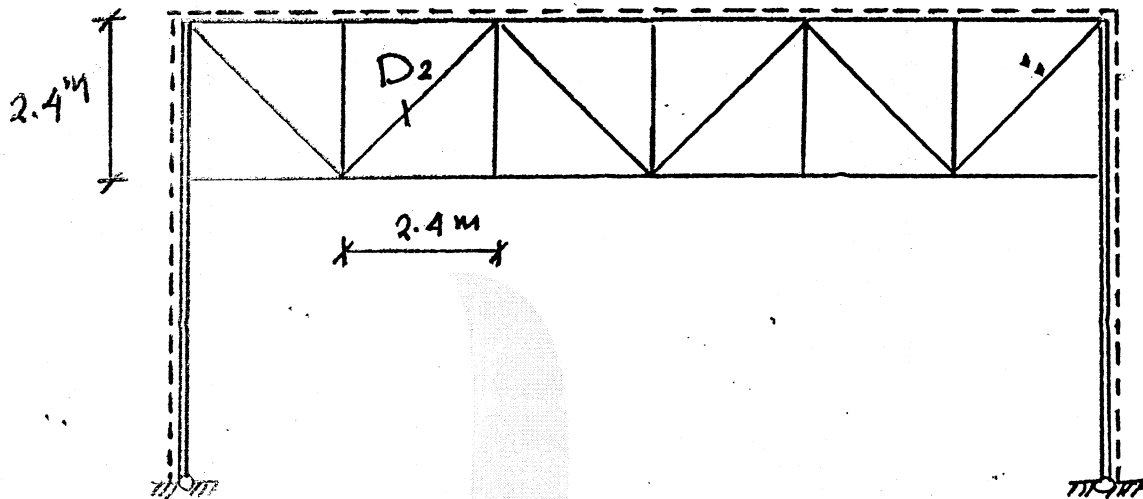


→ لا يوجد check of spacer حيث أن هناك واحدة واحدة لا يتم استخدام spacers.

→ إذا كان معطى القطاع وطُبِعَ عمل check of safty
وكانت $\lambda_v > 180$ نقول not safe
ولا تكمل باقى ال checks.

Example ③

مسألة العنابر



• Given :-

- Force in member $D_2 = -5 \text{ ton}$
- Bolts diameter = 20 mm , st. (37)

• Required :-

- Design the member D_2 as a single angle

Solution

1 * Force = - 5 ton

* Buckling length:-

$$\text{length of member } D_2 (L) = 2.4\sqrt{2} = 3.4 \text{ m}$$

$$l_{bin} = L = 3.4 \text{ m}$$

$$l_{bout} = L = 3.4 \text{ m}$$

$$\therefore l_{bv} = 3.4 \text{ m}$$

2 Section Selection:-

From chart single angle buckling about v-axis

$$C = 5 \text{ ton} \text{ \& } l_{bv} = 340 \text{ cm} \Rightarrow \text{L 120}$$

3 checks:-(1) check of construction:-

$$a > 3d + t$$

$$120 > 3(20) + 11 = 71 \quad \underline{\underline{ok}}$$

(2) check of stiffness:-from tables:-

$$A = 25.4 \text{ cm}^2$$

$$r_v = 2.25 \text{ cm}$$

$$\lambda_v = \frac{l_{bv}}{r_v} = \frac{340}{2.25} = 144.7 < 180 \quad \underline{\underline{ok}}$$

(3) check of strength:-

$$\lambda > 100 \Rightarrow F_c = \frac{7500}{(\lambda_{max})^2}$$

$$F_c = \frac{7500}{(144.7)^2} = 0.36 \text{ t/cm}^2$$

$$0.6 F_c = 0.6 (0.36) = 0.216 \text{ t/cm}^2$$

$$P_{act} = \frac{C}{A} = \frac{5}{25.4} = 0.196 \text{ t/cm}^2 < 0.6 F_c \quad \underline{\underline{ok}}$$

(4) check of length to depth ratio:-

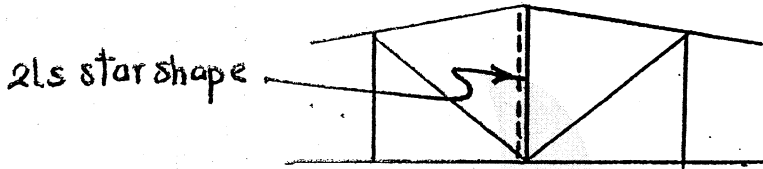
$$\frac{L}{a} = \frac{2400}{120} = 20 < 60 \quad \underline{\underline{ok}}$$

\therefore use single angle L 120

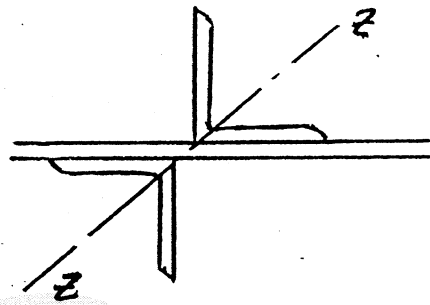
خطوات تصميم عضو ضغط قطاعه 2 angles Star Shape

3 steps

← هذا القطاع غالباً يكون هو قطاع العنصر
الرأسي في مستقيمات ال Truss .



← في هذا القطاع فإن المحور الإضافي
يكون هو محور (z-z) .

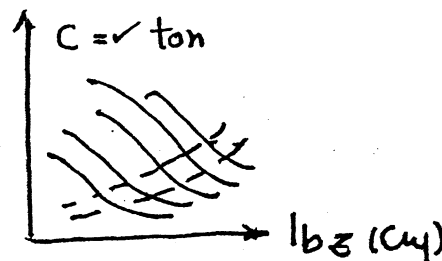


$$\begin{aligned} & \text{1} \quad C = \checkmark \text{ ton} \\ & \left. \begin{aligned} l_{bin} &= \checkmark \\ l_{bout} &= \checkmark \end{aligned} \right\} l_{bz} = \max \text{ of } l_{bin} \text{ \& } l_{bout} \end{aligned}$$

2 Section Selection:-

← يتم اختيار قطاع مناسب باستخدام ال charts ولكن في حالة
ال Star shape يوجد chart واحد فقط للدينجاجة حول محور (z)
وخصوصاً الأضعف بالنسبة لـ star shape .

← ويرى أنه لاختيار قطاع تحت الخط ال dotted الذي يمثل $\lambda = 180$
وذلك بالنسبة للعنشاء الأساسي. ولإختيار قطاع تحت الخط
الذي يمثل $\lambda = 200$ وذلك بالنسبة لأعضاء ال bracing .



③ Checks:-

① Check of Construction:-

← يتم عمل هذا الـ check في حالة وصلات المسامير فقط

(in Case of Bolted Connections Only)

→ if $a - t > 3d$ o.k or $a > 3d + t$

② Check of stiffness:-

from tables $A = \sqrt{cm^2}$
 $r_z = \sqrt{cm}$

$\lambda_z = \frac{l_{bz}}{r_z} \nlessgtr 180$ o.k

عدد حديد
الزواجر الواحد

③ Check of strength:-

→ if $f_{act} = \frac{C}{A} < F_c$ o.k

④ Check of spacer's location:-

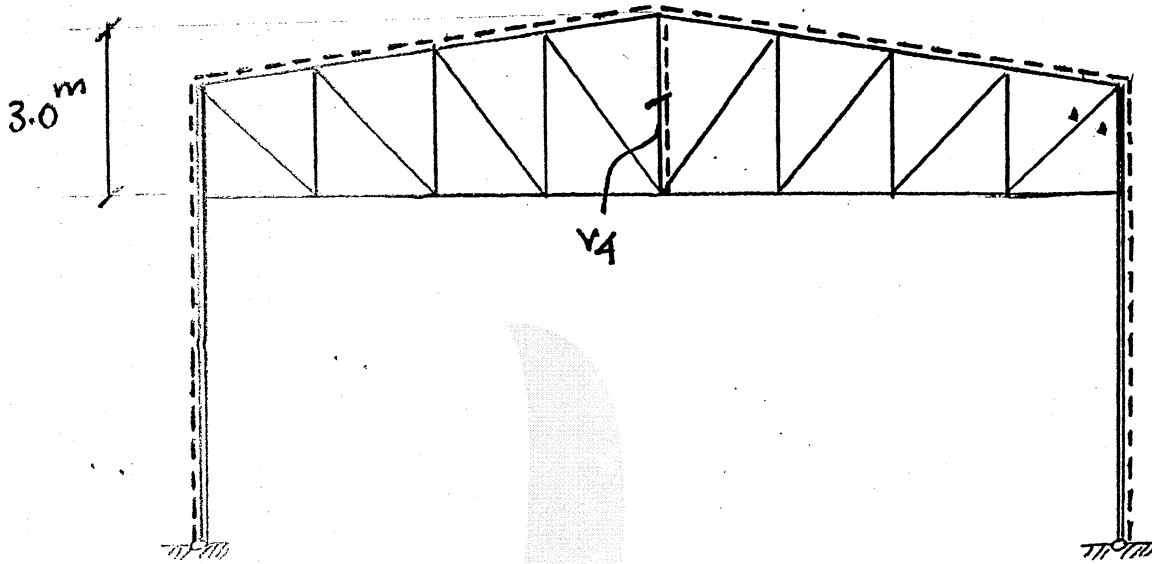
Assume one spacer at mid length

$\lambda_v = \frac{l_{bv}}{r_v} = \sqrt{\quad} \nlessgtr \lambda_z$

← إذا كانت $\lambda_v > \lambda_z$ نضع spacer في $\frac{1}{3}$ و $\frac{2}{3}$

Example ④

- for the shown structure :-



• Given :-

- Force in member $V_4 = - 7 \text{ ton}$
- Bolts diameter = 16 mm
- st. (37) , t.g.p = 10 mm.

• Required :-

- check the Safty of the member V_4 as 2 angles star-shape $70 \times 70 \times 7$

Solution

①

$$C = - 7 \text{ ton}$$

$$l_{bin} = 3.0 \text{ m}$$

$$l_{bout} = 3.0 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} l_{bin} = 3.0 \text{ m} \\ l_{bout} = 3.0 \text{ m} \end{array} \right\} l_{bz} = 3.0 \text{ m}.$$

القطاع معطى وبالنسبة لـ لا يتم عمل خطبة = اختيار

(Section selection) - القطاع

لا حاجة

2 Checks:-

(1) check of construction:-

$$a > 3d + t$$

$$70 > 3(16) + 7 = 55 \quad \underline{\text{o.k.}}$$

(2) check of stiffness:-

From Tables:-

$$\left\{ \begin{array}{l} A_{2L} = 2A_{1L} \\ r_{z2L} = r_{z1L} \end{array} \right\} \quad \begin{array}{l} A = 2 \times 9.4 = 18.8 \text{ cm}^2 \\ r_z = 2.67 \text{ cm} \end{array}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{bz}}{r_z} = \frac{300}{2.67} = 112.3 < 180 \quad \underline{\text{o.k.}}$$

(3) check of strength:-

$$\lambda_{max} > 100 \rightarrow F_c = \frac{7500}{(\lambda_{max})^2} = \frac{7500}{(112.3)^2} = 0.59 \text{ t/cm}^2$$

$$P_{fact} = \frac{C}{A} = \frac{7}{18.8} = 0.37 \text{ t/cm}^2 < F_c \quad \underline{\text{o.k.}}$$

Section is safe as 2L 70x70x7 starshape

(4) check of spacer's location:-

→ assume a spacer at mid length

$$l_{bv} = 1.5 \text{ m} \quad , \quad r_v = 1.36 \text{ cm}$$

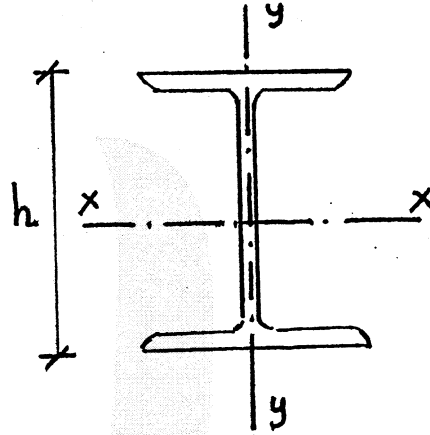
$$\lambda_v = \frac{l_{bv}}{r_v} = \frac{150}{1.36} = 110.3 < \lambda_z = 112.3$$

.. o.k.

خطوات تصميم عضو ضغط قطاعه

I-Section [IPE - HEA]

3 steps



1

$$C = \checkmark \text{ ton}$$

$$l_{bx} = \checkmark$$

$$l_{by} = \checkmark$$

2

Section Selection:-

يتم اختيار قطاع مناسب باستخدام charts من ال 2 angles back to back
تقارن حيث يوجد chart لـ l_{bx} و l_{by} يتم اختيار
قطاع من كل واحد وتأخذ الأكبر

$$\text{from chart ①} \rightarrow C = \checkmark \ \& \ l_{bx} = \checkmark \Rightarrow \text{IPE} \# h_1$$

$$\text{from chart ②} \rightarrow C = \checkmark \ \& \ l_{by} = \checkmark \Rightarrow \text{IPE} \# h_2$$

مع مراعاة أنه يجب أن تختار قطاع تحت الـ
dotted والذي يعطيه $\lambda = 180$

3) Checks:-

(1) check of stiffness:-

$$\left. \begin{aligned} \lambda_x &= \frac{lb_x}{r_x} = \checkmark \neq 180 \\ \lambda_y &= \frac{lb_y}{r_y} = \checkmark \neq 180 \end{aligned} \right\} \lambda_{max} \neq 180$$

(2) check of strength:-

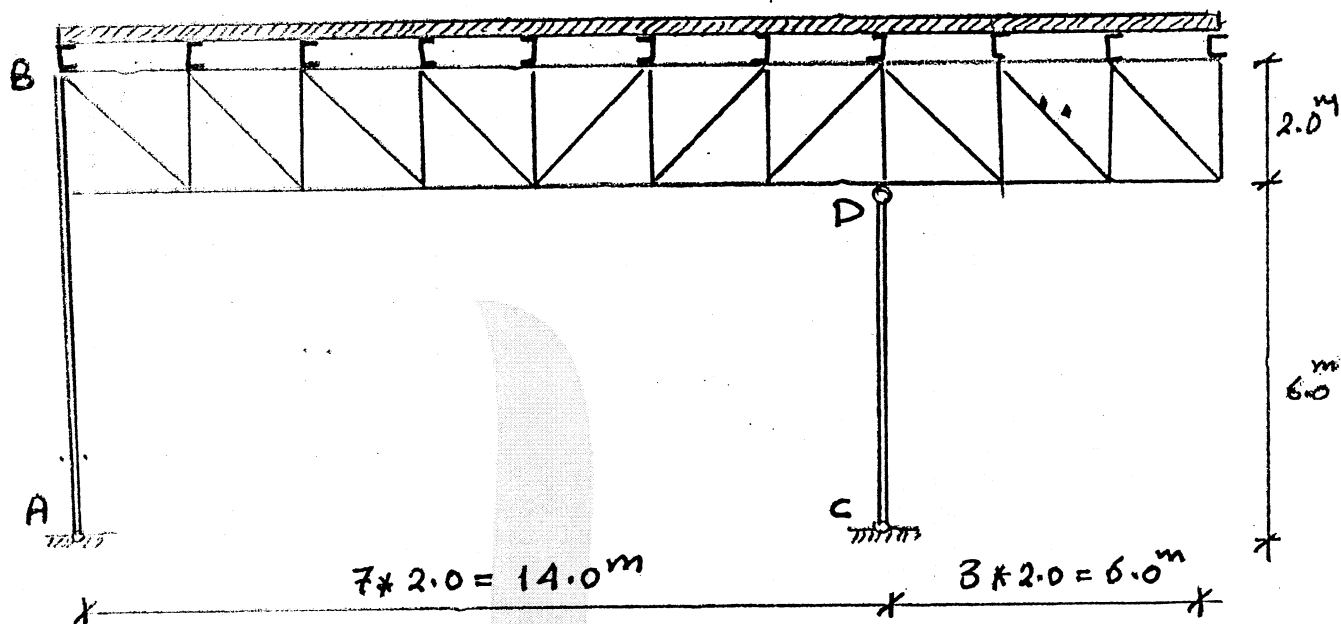
$$\lambda_{max} = \checkmark$$

$$\rightarrow \text{From Code page (29)} \Rightarrow F_c = \checkmark + l_{cy}^2$$

if $\boxed{P_{fact} = \frac{C}{A} = \checkmark < P_c}$ O.K

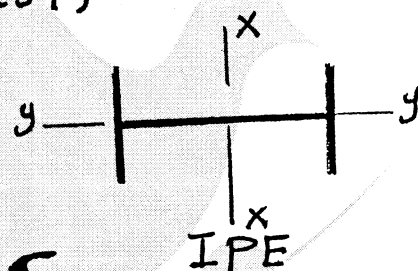
Example ⑤

for the shown structure:-



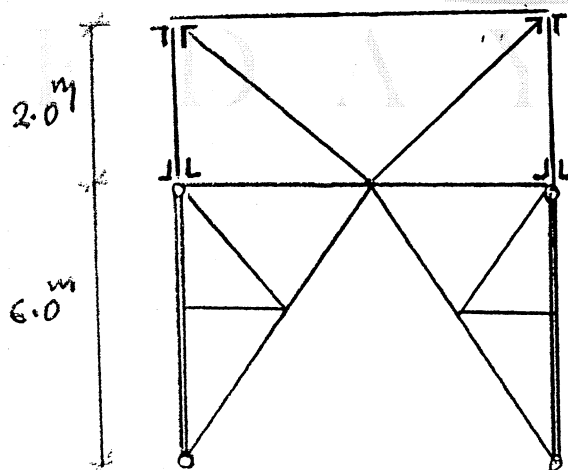
Given:-

- spacing = 6.0m , 8t. (37)
- total D.L = 60 kg/m²
- total L.L = 100 kg/m²



Req:-

Design the member **DC**

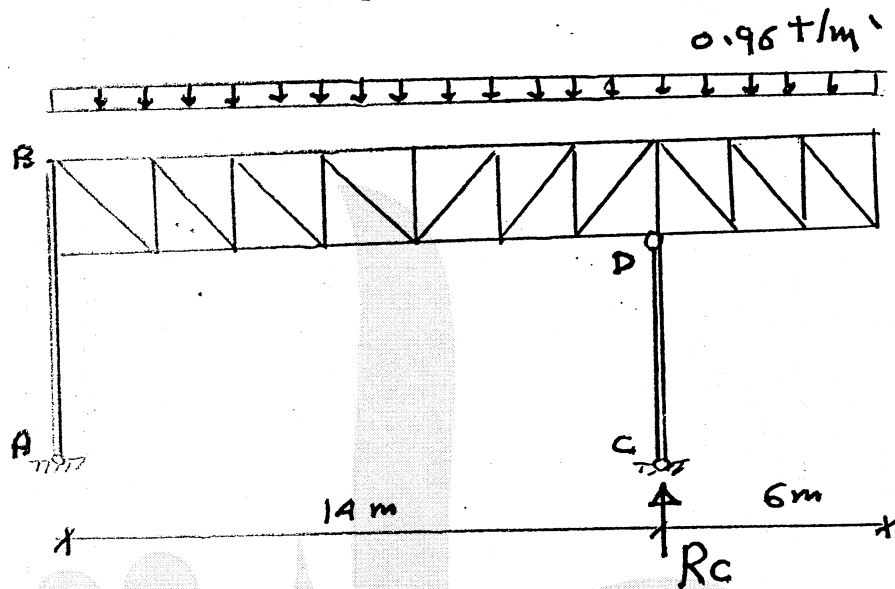


S.V.

Solution

$$w_{tot} = (60 + 100) \times 6 = 960 \text{ kg/m} = 0.96 \text{ t/m}$$

S ↗



$$\sum M @ A = 0.0$$

$$0.96 (20) \times (10) = R_c \times 14$$

$$R_c = 13.72 \text{ ton}$$

⇒ ∴ Column CD subjected to comp. force = 13.72 ton

1 $C = 13.72 \text{ ton}$

$l_{bx} = 6.0 \text{ m}$

$l_{by} = 3.0 \text{ m}$

2 Section Selection:-

From charts

Try

IPF No. 220

3 checks:-

(1) check of stiffness:-

From tables:- $r_x = 9.11 \text{ cm}$

$r_y = 2.48 \text{ cm}$

$$\lambda_x = \frac{l_{bx}}{r_x} = \frac{600}{9.11} = 65.8 < 180$$

$$\lambda_y = \frac{l_{by}}{r_y} = \frac{300}{2.48} = 120.9 < 180 \quad \underline{\text{O.K.}}$$

$$\lambda_{\max} = 120.9 < 180 \quad \underline{\text{O.K.}}$$

(2) check of strength:-

$$\lambda_{\max} = 120.9 > 100 \Rightarrow f_c = \frac{7500}{(\lambda_{\max})^2}$$

$$f_c = \frac{7500}{(120.9)^2} = 0.52 \text{ t/cm}^2$$

$$f_{\text{act}} = \frac{C}{A} = \frac{13.72}{33.4} = 0.41 \text{ t/cm}^2 < f_c \quad \underline{\text{O.K.}}$$

Area from tables

\therefore Use IPE No. 220

السؤال في الإمتحان يكون بطريقة من ④ طرق

① Design the member as 2Ls Back To Back :

كما إذا كان السؤال بهذه الطريقة نقوم بعمل الـ 3 خطوات السابقة وصى:-

A] $C = \checkmark$
 $L_{bx} = \checkmark$, $L_{by} = \checkmark$

B] Find a suitable Section (From charts)

C] checks

② Check the Member as 2Ls a * a * t :

كما في هذه الحالة يكون القطاع معطى ومطلوب عمل check عليه
 الحالة يتم عمل خطوتين فقط .

A] $C = \checkmark$
 $L_{bx} = \checkmark$, $L_{by} = \checkmark$

C] Checks

③ Find a suitable section for the Member

كما في هذه الحالة يكون مطلوب فقط إيجاد قطاع مناسب
 من المخططات وبالتالي يتم عمل خطوتين فقط .

A] $C = \checkmark$, $L_{bx} = \checkmark$ & $L_{by} = \checkmark$

B] Suitable Section

from charts...

④ Find the Compression Capacity of Member (*)

← في هذه الحالة يكون القطاع مُعْطًى ومطلوب حساب أقصى قوة ضغط يمكن أن يتحملها القطاع

$$\therefore C_{max} = \text{max stress} \times \text{Area of section}$$

$$\therefore \boxed{C_{max} = F_c \times \text{Area}}$$

← وبالتالي يتم حساب F_c بعلومية L_{bx} و L_{by} وحساب

C_{max} ومنها نحسب λ

