

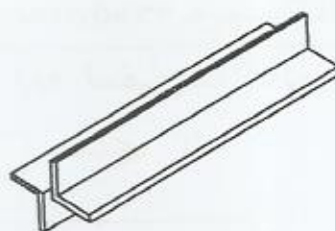
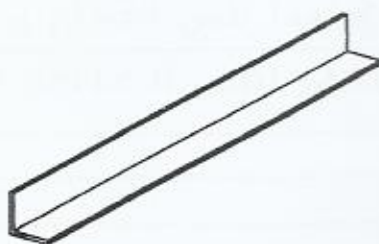
Steel α_{WL}

A/r



P
0,0.

Design of Compression Members



(2012-2013)

Design of Compression member

و فى هذا الدرس سوف نتعلم تصميم ال *Compression members* و لكن قبل
البدأ فى تصميم هذه ال *members* نحتاج الى *Introduction* كبيرة :

Introduction to design Compression members

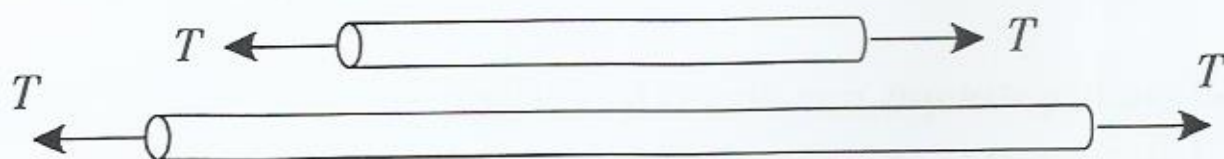
- 1) Comparison between tension and compression members.
- 2) Allowable stresses in compression members.
- 3) Approximate values for radius of gyration.
- 4) Tie plates.
- 5) Classification of sections according to dimensions.
- 6) Allowable buckling in compression.

1) Comparison between tension and compression members.

لمعرفة الفرق بين ال *Compression members* و ال *Tension members*.

فى حالة وجود *2 members* لهما نفس القطاع و لكن طولهما مختلف

1- فى حالة تعرضهما هما الاثنان لنفس ال *Tension force*

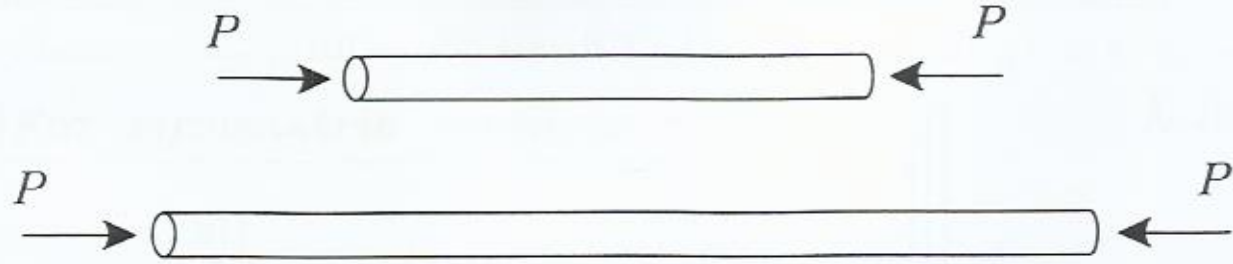


نجد أن الانهيار سيحدث للاثنان فى نفس اللحظة و عند نفس قيمة الحمل تقريبا
و ذلك لان مقاومة ال *member* للشد لا تعتمد على طوله .

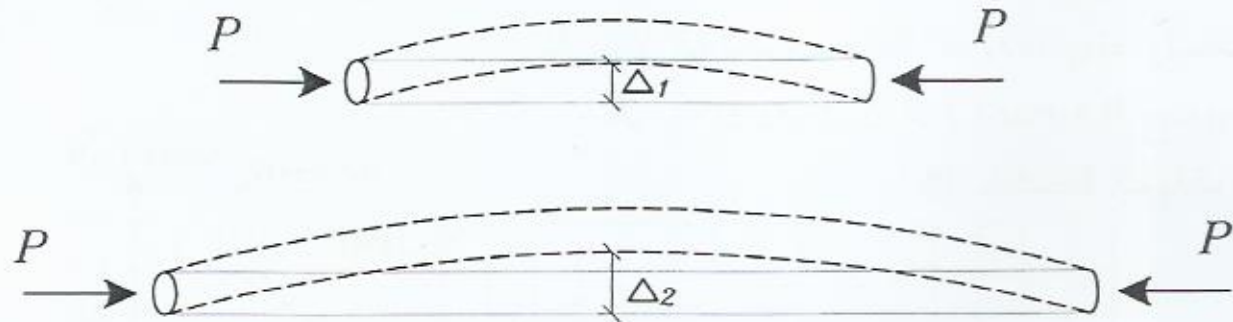
حيث أن الانهيار فى الشد معناه حدوث *Yielding* و ال *Yielding* سيحدث فى نفس
الوقت لل *2 members* و هذا معناه أن مجازا مقاومة الشد ثابتة و لا تتغير
من عنصر لآخر و لا تتغير حسب الطول .

$$F_t = 1.40 t \setminus cm^2$$

٢- فى حالة تعرضهما هما الاثنان لنفس ال *Compression force*



و فى هذه الحالة سيحدث الانهيار للعنصر الطويل أولا و ذلك نتيجة حدوث *Buckling* و يكون معتمد على الطول فكلما زاد الطول زاد ال *Buckling* مما يضعف من ال *member* و هذا معناه أن مقاومة الضغط ليست ثابتة و انما تعتمد على الطول و على الانبعاج الحادث به .



حيث أن (2) *member* أطول من (1) *member* فيحدث له *Buckling* أكبر و بالتالى Δ_2 أكبر من Δ_1 فتكون مقاومة (2) *member* للضغط أضعف من (1) *member* و بالتالى لا يتحمل قوى ضغط مثل (1) *member* .

كلما زاد ال *Buckling* \Leftarrow قلت مقاومة الضغط

كلما قل ال *Buckling* \Leftarrow زادت مقاومة الضغط

و بالتالى سنجد أن قيمة ال $\underline{F_c}$ ليست ثابتة و انما تعتمد على ال $\underline{\lambda}$.

أى أننا يمكننا القول أن مقاومة الضغط ستكون أقل من مقاومة الشد و أنها تعتمد بشكل رئيسى على ال *Buckling* .

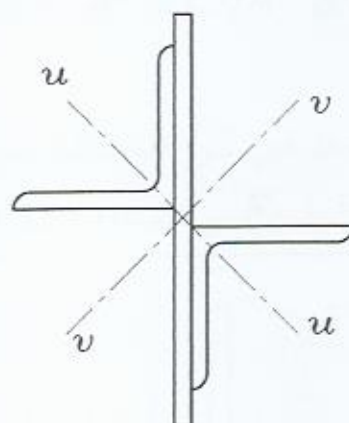
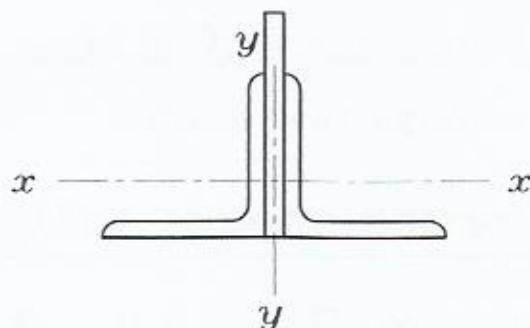
$$F_c = F_t - \text{Buckling Term}$$

2) Allowable stresses in compression members

توجد معادلات فى الكود لحساب مقاومة الضغط F_c و بالطبع ستكون معتمدة

a) For symmetric sections :

على ال λ .

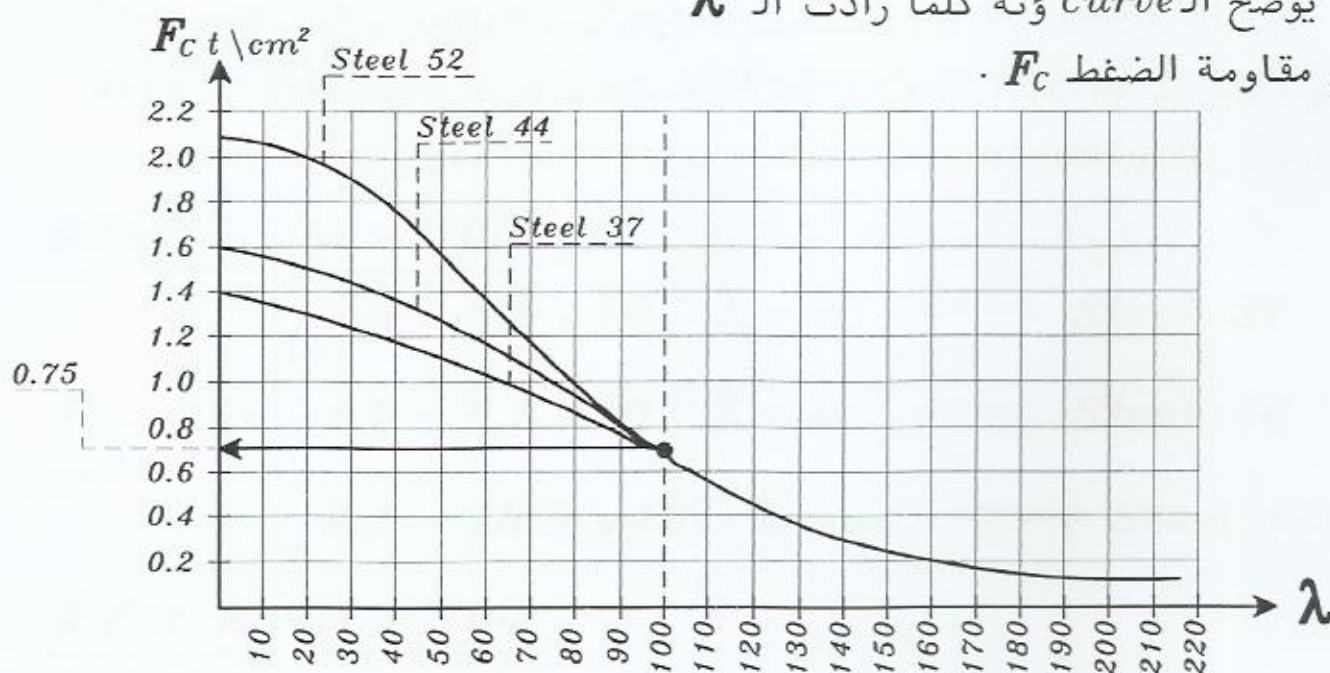


و العلاقة بين ال F_c و ال λ موضحة فى ال Curve التالى و الذى نستطيع منه

أن نحصل على مقاومة الضغط المقابلة لى λ .

كما يوضح ال Curve و أنه كلما زادت ال λ

نقل مقاومة الضغط F_c .



و لكن توجد معادلات بالكود من الممكن استخدامها بدلا من استخدام ال Curve.

For $\lambda_{max} \leq 100$
$$F_c = 0.58F_y - \frac{(0.58F_y - 0.75)}{10^4} \lambda_{max}^2$$

$$F_c = 1.4 - 6.5 * 10^{-5} \lambda_{max}^2 \quad t/cm^2 \implies \text{Steel 37}$$

$$= 1.6 - 8.5 * 10^{-5} \lambda_{max}^2 \quad t/cm^2 \implies \text{Steel 44}$$

$$= 2.1 - 13.5 * 10^{-5} \lambda_{max}^2 \quad t/cm^2 \implies \text{Steel 52}$$

For $\lambda_{max.} > 100$

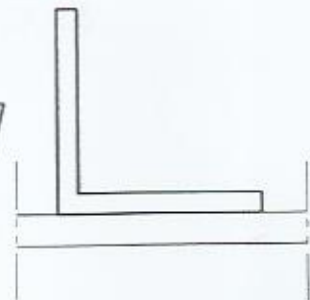
$$F_c = \frac{7500}{\lambda_{max.}^2} \text{ t/cm}^2 \longrightarrow \text{For st.37 \& st.44 \& st.52}$$

و من الملاحظ في كل المعادلات السابقة أنه كلما زادت قيمة λ كلما قلت مقاومة الضغط F_c و المعادلات السابقة كلها Empirical equations.

b) For unsymmetric sections :

$$F_c = 0.6 * [F_c \text{ for symmetric sections}]$$

Reduction Factor



في حالة ال Compression نستخدم Reduction Factor Δ Stresses و هو مقابل ال Reduction Factor المستخدم في ال Tension Δ Area لاخذ تأثير ال Eccentricity الحادثة في ال unsymmetric sections

For $\lambda_{max.} \leq 100$

$$F_c = 0.6 * \begin{bmatrix} 1.4 - 6.5 * 10^{-5} \lambda_{max.}^2 \longrightarrow \text{Steel 37} \\ 1.6 - 8.5 * 10^{-5} \lambda_{max.}^2 \longrightarrow \text{Steel 44} \\ 2.1 - 13.5 * 10^{-5} \lambda_{max.}^2 \longrightarrow \text{Steel 52} \end{bmatrix} \text{ t/cm}^2$$

For $\lambda_{max.} > 100$

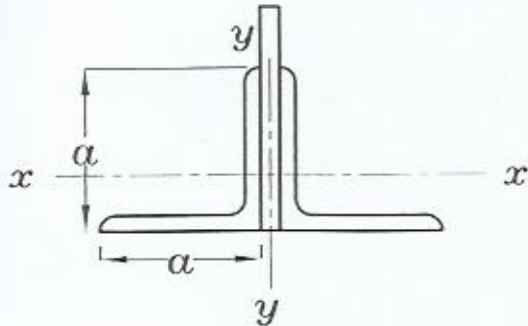
$$F_c = 0.6 * \frac{7500}{\lambda_{max.}^2} \longrightarrow \text{For st.37 \& st.44 \& st.52}$$

Where

$$\lambda_{max.} \xrightarrow{\text{الأكبر من}} \lambda_{in} \& \lambda_{out}$$

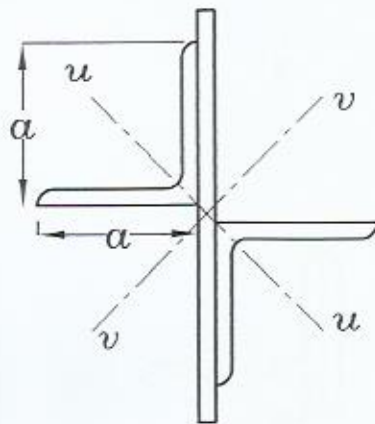
3) Approximate values for radius of gyration

في بعض الحسابات سنحتاج معرفة قيمة تقريبية للـ Radius of gyration نسبة من طول رجل الـ angle و تكون هذه القيم التقريبية كالتالي :

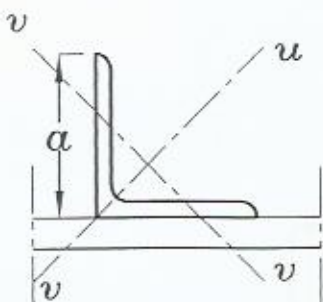


$$r_x = 0.3 a$$

$$r_y = 0.45 a$$



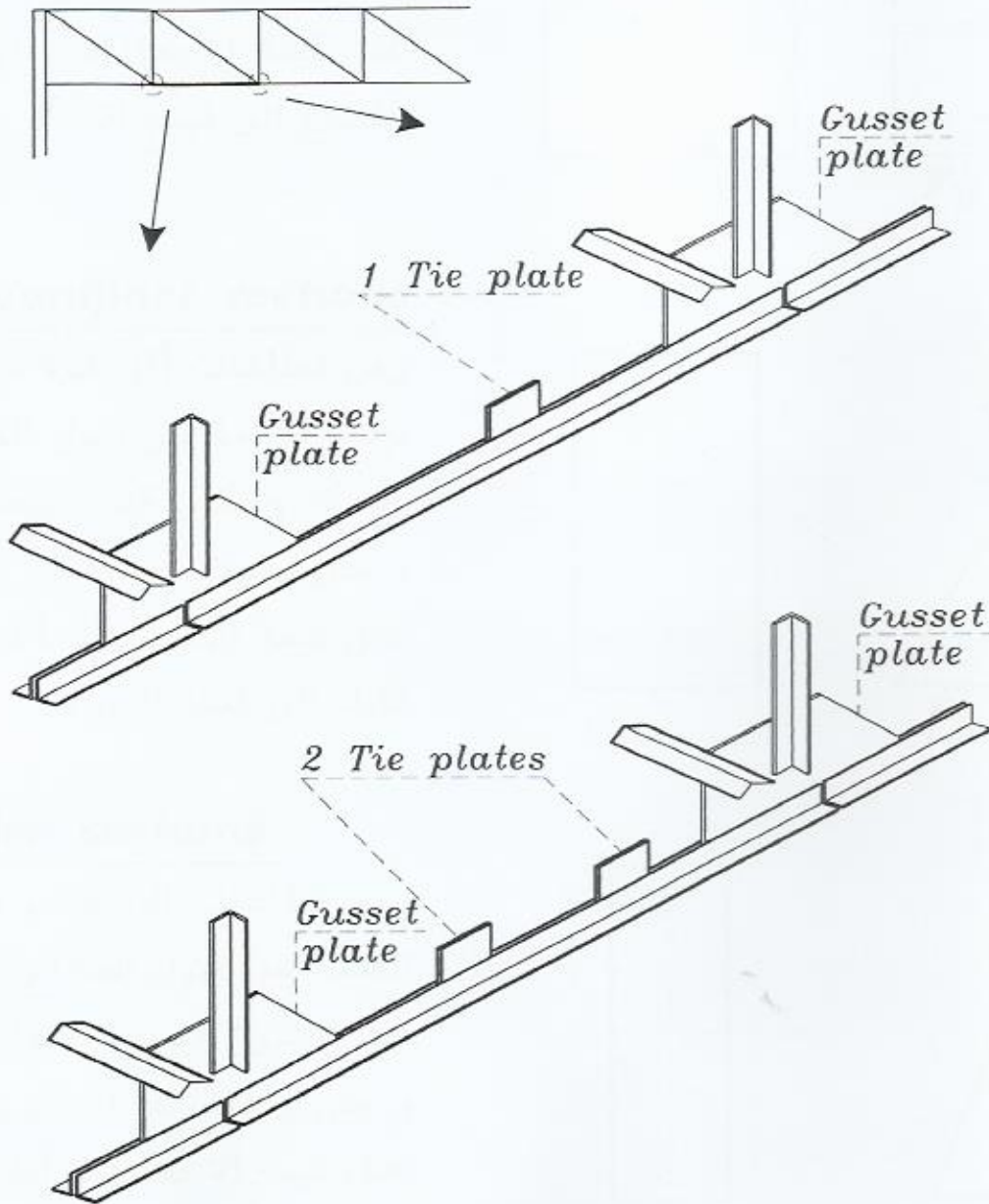
$$r_u = 0.385 a$$



$$r_v = 0.20 a$$

4) Tie plates

فى حالة ال *members* المكونه من 2 angles لكى نضمن حدوث ال *Buckling* سواء ال *In plane* أو ال *Out of plane* لا 2 angles كما درسنا سابقا نحتاج الى وضع *Tie plates* فى المسافة بين ال *Joints* .
و فى حالة عدم استخدام *Tie plates* من الممكن أن يحدث *Local Buckling* لكل واحدة من 2 angles على حدا و بالتالى يضعف أكثر من مقاومة الضغط .



و نقوم بوضع *Tie plate* أو اثنان حسب الحاجة كما سنرى فيما بعد .

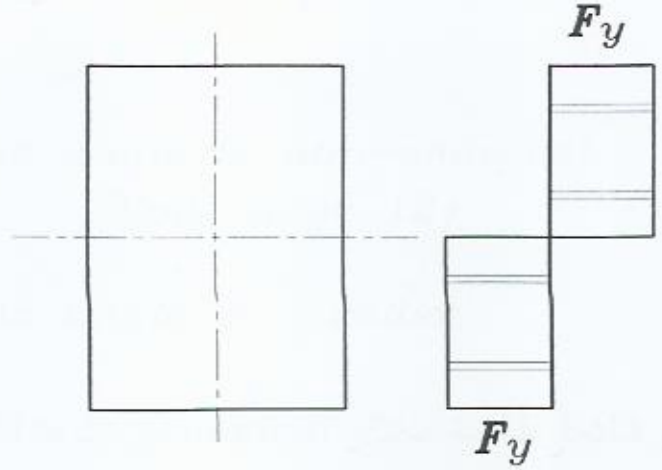
5) Classification of sections according to dimensions

نظري

تنقسم ال Sections الى ثلاثة أنواع و هم :

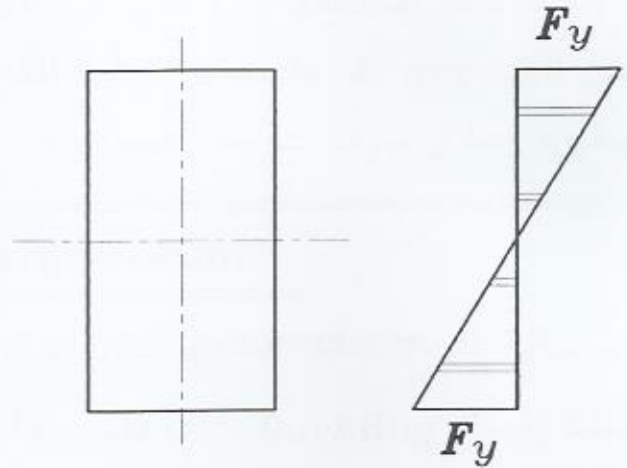
a) Compact sections

و هي القطاعات القوية و التي تكون النسبة بين طول القطاع و سمكه صغيرة و تكون قدرة تحملها عالية و حتى يحدث لها انهيار لابد أن تصل قيمة الاجهادات على كل نقاط القطاع الى قيمة ال F_y .



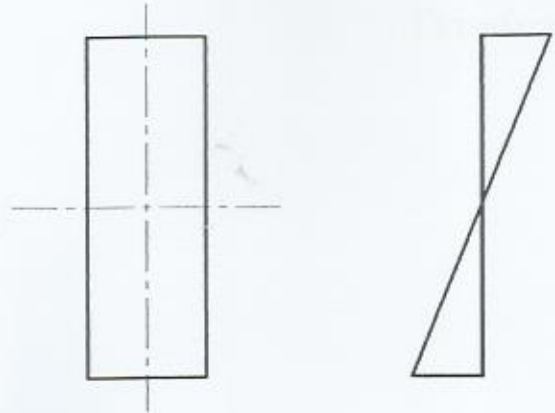
b) Non-Compact sections

وهي قطاعات أقل قوة من السابقة تزداد النسبة بين طول القطاع و سمكه و تكون قدرة تحملها أقل و حتى يحدث لها انهيار يكفى أن تصل قيمة الاجهادات أطراف القطاع فقط الى قيمة ال F_y .



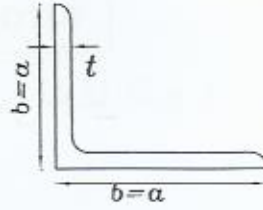
c) Slender sections

وهي قطاعات النحيفة و فيها تزداد النسبة بين طول القطاع و سمكه جدا و تكون قدرة تحملها أقل بكثير و حتى يحدث لها انهيار يكفى أن تصل قيمة الاجهادات أطراف القطاع الى قيمة أصغر من F_y و تعتمد هذه القيمة على نحافة القطاع .



و سوف ندرس هذه القطاعات بالتفصيل فيما بعد .

In case of equal angles



If $\frac{b}{t} \leq \frac{23}{\sqrt{F_y}} \implies$ The angle is non-compact
(Code page 12)

If $\frac{b}{t} > \frac{23}{\sqrt{F_y}} \implies$ The angle is Slender

و دائما طالما نختار ال angle من ال Tables فسوف تكون non-compact

و القطاعات ال Compact مثل ال IPE & HEB أما ال non-compact
مثل ال Channels & angles أما القطاعات ال Slender تكون بتخانات
صغيرة جدا و سوف ندرسها فيما بعد .

6) Allowable buckling in compression

فى حالة ال Compression فان ال Buckling يضعف من مقاومة الضغط .

كلما زاد ال Buckling \implies قلت مقاومة الضغط

وبالتالى فالكود لا يسمح بحدوث ال Buckling بقيمة كبيرة كما فى حالة
ال Tension .

Tension $\implies \lambda \leq 300$

Compression $\implies \lambda \leq 180$

Design Procedure

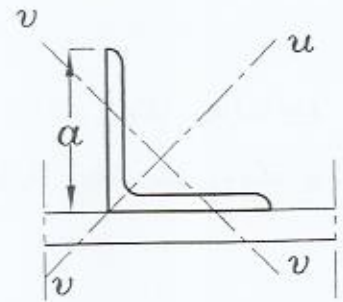
1) Unsymmetric sections

وهى القطاعات التى يكون فيها ال C.g لقطاع ال member غير منطبق على C.g

ال Gusset plate .

1) Data

- * Length = ✓ } given
- * Force = ✓ }
- * $l_{b\ out} = \checkmark \Rightarrow$ Calculated



يتم حساب ال $l_{b\ out}$ كما درسنا سابقا .

2) Choice of section

نحاول اختيار قطاع بحيث يكون أمن فى ال Stresses و ال Buckling مع العلم أن خطوة ال Choice of section هى مجرد تخمين للقطاع و لكن المهم هى خطوة ال Checks .

و حيث أننا لا نعرف قيمة مقاومة الضغط لأنها تعتمد على ال Buckling و الذى بدوره يعتمد على أبعاد القطاع الغير موجود حتى الان فاننا نفترض رقم لمقاومة و لكنه بالتأكيد سيكون أقل من $1.40\ t/cm^2$ و ليكن مثلا $0.75\ t/cm^2$ و من الممكن فرض أى رقم آخر و بالتالى يمكن الحصول على ال angle التى تعطى هذا الاجهاد .

From stresses Unsymmetric sections

$$\text{assume } F_c = 0.6 * 0.75\ t/cm^2 = 0.45\ t/cm^2$$

$$\therefore A_g = \frac{\text{force}}{F_c} = \checkmark\ cm^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}}$ $L\ a_1 * a_1 * t$

كما نقوم باختيار ال angle التى تجعل قيمة ال λ أقل من ال maximum و لتكن مثلا 100 و يفضل رقم 100 حيث أنه قيمة ال λ المقابلة لـ $F_c = 0.75\ t/cm^2$

From buckling

assume $\lambda = 100$

$$\therefore 100 = \frac{l_{b out}}{r_v} = \frac{l_{b out}}{0.20 a_2} \Rightarrow a_2 = \checkmark$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}} \angle a_2 * a_2 * t$

وبالتالى يكون لدينا 2 angles تم اختيارهم ثم نقوم بأخذ الـ Average لهما و تكون هذه هي الـ angle التى سنقوم بعمل الـ Checks عليها .

$$a_{av} = \frac{a_1 + a_2}{2} \Rightarrow \text{Choose } \angle a_{av} * a_{av} * t$$

Where min. angle $\begin{cases} 45 * 45 * 5 & (\text{Welded}) \\ a_{min.} = 1.1 * 3 \phi & (\text{Bolted}) \end{cases}$

كان من الممكن اختيار أى angle من الجدول مباشرة و عمل الـ Checks عليها و فى حالة انها Unsafe نختار angle أخرى و هكذا حتى تكون Safe و لكن نشتغل بالطريقة التى تم شرحها لضمان عدم الحاجة الى كثير من الـ Trials .

3) Checks

Buckling

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_v} = \checkmark \leq 180$$

$r_{v \perp}$ = من الجدول

Stresses

Unsymmetric sections

$$* F_C = 0.60 * \begin{cases} 1.4 - 6.5 * 10^{-5} \lambda_{out}^2 & \text{St.37 } \lambda_{out} \leq 100 \\ \frac{7500}{\lambda_{out}^2} & \lambda_{out} > 100 \end{cases}$$

$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{A_{g \perp}} = \checkmark \leq F_C$$

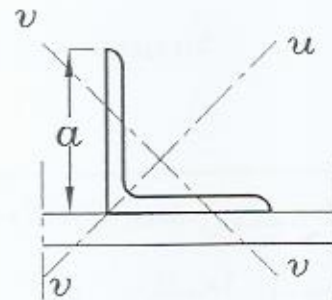
ملحوظة هامة

فى ال *Compression member* دائما نشغل بال *gross area* حيث أن مكان المسمار لا يعتبر فراغ لانه معرض لضغط و ليس شد .

و بالتالى يكون ملخص الخطوات السابقة كالتالى

1) Data

- * *Length* = ✓ } given
- * *Force* = ✓ }
- * *l_{bout}* = ✓ ⇒ Calculated



2) Choice of section

From stresses

assume $F_c = 0.6 * 0.75 t \setminus cm^2$

$$\therefore A_g \sqsubset = \frac{\text{force}}{F_c} = \checkmark \text{ cm}^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}} \sqsubset a_1 * a_1 * t$

From buckling

assume $\lambda = 100$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bout}}{r_v} = \frac{l_{bout}}{0.20 a_2} \Rightarrow a_2 = \checkmark$$

$$a_{av} = \frac{a_1 + a_2}{2} \Rightarrow \text{Choose } \sqsubset a_{av} * a_{av} * t$$

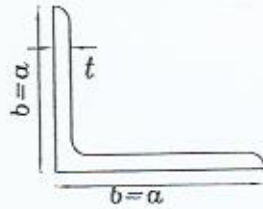
From Construction

Where min. angle \sqsubset $45 * 45 * 5$ (Welded)
 $\alpha_{min.} = 1.1 * 3 \phi$ (Bolted)

3) Checks

من المفترض أولا التأكد أن ال angle هي Non-Compact .

a) Class of section (Compactness)



$$\frac{b}{t} \leq \frac{23}{\sqrt{F_y}} \implies \text{The angle is non-compact} \\ (\text{Code page 12})$$

و دائما ستكون Non-Compact و حيث أن الدكتور لم يذكر هذا ال Check فمن الممكن اهماله .

b) Buckling (Slenderness)

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{v_L}} = \checkmark \leq \boxed{180} \quad \text{من الكود}$$

r_{v_L} = من الجدول

c) Stresses

$$* F_C = 0.60 * \begin{cases} 1.4 - 6.5 * 10^{-5} \lambda_{out}^2 & \text{St.37 } \lambda_{out} \leq 100 \\ \frac{7500}{\lambda_{out}^2} & \lambda_{out} > 100 \end{cases} \quad \text{من الكود}$$

$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{A_{g_L}} = \checkmark \leq F_C$$

Design Procedure

2) Symmetric sections

وهي القطاعات التي يكون فيها ال C.g لقطاع ال member منطبق على ال C.g لل Gusset plate .

a) Double angle

1) Data

- * Length = \checkmark } given
- * Force = \checkmark }
- * $l_{bin} = \checkmark$ } Calculated
- * $l_{bout} = \checkmark$ }

يتم حساب ال l_{bin} و ال l_{bout} كما درسنا سابقا .

2) Choice of section

From stresses

assume $F_c = 0.75 t / cm^2$

$$\therefore A_{g \angle} = \frac{\text{force}}{F_c} = \checkmark cm^2$$

$$\therefore A_{g \angle} = \frac{A_{g \angle}}{2} = \checkmark cm^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}} \angle a_1 * a_1 * t$

From buckling

assume $\lambda_{out} = \lambda_{in} = 100$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bin}}{r_x} = \frac{l_{bin}}{0.30 a_2}$$

$$\Rightarrow a_2 = \checkmark cm$$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bout}}{r_y} = \frac{l_{bout}}{0.45 a_3}$$

$$\Rightarrow a_3 = \checkmark cm$$

$$a_{av} = \frac{a_1 + (\overset{\text{الأكبر}}{a_2 \text{ Or } a_3})}{2} = \checkmark cm \Rightarrow \text{Choose } \angle a_{av} * a_{av} * t$$

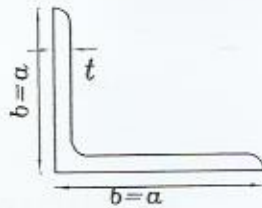
From Construction

Where min. angle $\begin{cases} 45 * 45 * 5 & (\text{Welded}) \\ a_{min} = 1.1 * 3\phi & (\text{Bolted}) \end{cases}$

3) Checks

من المفترض أولا التأكد أن ال angle هي Non-Compact

a) Class of section (Compactness)



$$\frac{b}{t} \leq \frac{23}{\sqrt{F_y}} \implies \text{The angle is non-compact} \quad (\text{Code page 12})$$

b) Buckling (Slenderness)

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_{x_{\perp L}}} = \checkmark \leq \boxed{180} \quad \text{من الكود}$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{y_{\perp L}}} = \checkmark \leq \boxed{180} \quad \text{من الكود}$$

Where

$$\boxed{r_{x_{\perp L}} = r_{x_L} \text{ من الجدول}}$$

$$\boxed{r_{y_{\perp L}} = \sqrt{r_{y_L}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2}}$$

تُحسب

$$t_{cp} = 1 \text{ cm}$$

c) Stresses

$$* F_C = \begin{cases} 1.4 - 6.5 \cdot 10^{-5} \lambda_{max}^2 & \text{St.37 } \lambda_{max} \leq 100 \\ \frac{7500}{\lambda_{max}^2} & \lambda_{max} > 100 \end{cases} \quad \text{من الكود}$$

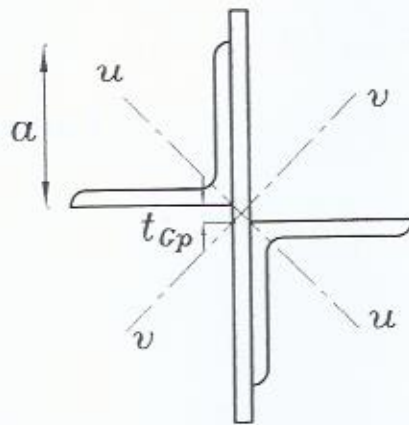
$$\lambda_{max.} \xrightarrow{\text{الأكبر من}} \lambda_{in} \text{ \& } \lambda_{out}$$

$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{2 * A_{g_L}} = \checkmark \leq F_C$$

b) Star shape

1) Data

- * Length = \checkmark } given
- * Force = \checkmark }
- * $l_{b\ out} = \checkmark \Rightarrow$ Calculated



يتم حساب ال $l_{b\ out}$ كما درسنا سابقا .

2) Choice of section

From stresses

assume $F_c = 0.75 t \setminus cm^2$

$$\therefore A_{g\ \setminus} = \frac{\text{force}}{F_c} = \checkmark \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_{g\ \setminus} = \frac{A_{g\ \setminus}}{2} = \checkmark \text{ cm}^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}} \setminus a_1 * a_1 * t$

From buckling

assume $\lambda = 100$

$$\therefore \lambda_{out} = 100 = \frac{l_{b\ out}}{r_u} = \frac{l_{b\ out}}{0.38 a_2}$$

$$\Rightarrow a_2 = \checkmark \text{ cm}$$

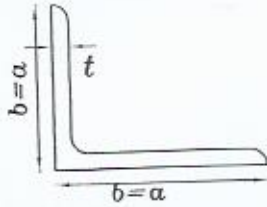
$$a_{av} = \frac{a_1 + a_2}{2} = \checkmark \text{ cm} \Rightarrow \text{Choose } \setminus a_{av} * a_{av} * t$$

From Construction

Where min. angle $\begin{cases} 45 * 45 * 5 & (\text{Welded}) \\ a_{min.} = 1.1 * 3 & (\text{Bolted}) \end{cases}$

3) Checks من المفترض أولاً التأكد أن الـ angle هي Non-Compact .

a) Class of section (Compactness)



$$\frac{b}{t} \leq \frac{23}{\sqrt{F_y}} \implies \text{The angle is non-compact} \quad (\text{Code page 12})$$

b) Buckling (Slenderness)

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{u_{\perp}}} = \checkmark \leq \boxed{180} \quad \text{من الكود} \quad \boxed{r_{u_{\perp}} = r_{u_L} \text{ من الجدول}}$$

c) Stresses

$$* F_C = \begin{cases} 1.4 - 6.5 * 10^{-5} \lambda_{out}^2 & \text{St.37 } \lambda_{out} \leq 100 \\ \frac{7500}{\lambda_{out}^2} & \lambda_{out} > 100 \end{cases} \quad \text{من الكود}$$

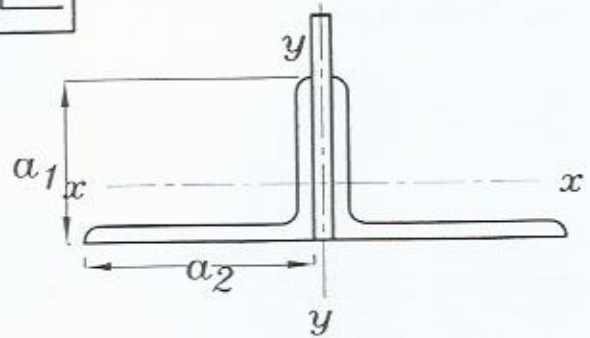
$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{2 * A_{g_L}} = \checkmark \leq F_C$$

C) Double unequal angles

1) Data

* Length = \checkmark } given
 * Force = \checkmark }

* $l_{bin} = \checkmark$ } Calculated
 * $l_{bout} = \checkmark$ }



$$r_{x\text{—}} \approx 0.28 a_1$$

$$r_{y\text{—}} \approx 0.48 a_2$$

يتم حساب ال l_{bin} و ال l_{bout} كما درسنا سابقا .

2) Choice of section

From stresses

assume $F_c = 0.75 t \text{ cm}^2$

$$\therefore A_{g\text{—}} = \frac{\text{force}}{F_c} = \checkmark \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_{g\text{—}} = \frac{A_{g\text{—}}}{2} = \checkmark \text{ cm}^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}}$ $\text{—} a_1 * a_2 * t$

From buckling

assume $\lambda_{out} = \lambda_{in} = 100$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bin}}{r_x} = \frac{l_{bin}}{0.28 \bar{a}_1}$$

$$\Rightarrow \bar{a}_1 = \checkmark \text{ cm}$$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bout}}{r_y} = \frac{l_{bout}}{0.48 \bar{a}_2}$$

$$\Rightarrow \bar{a}_2 = \checkmark \text{ cm}$$

$$a_{1av} = \frac{a_1 + \bar{a}_1}{2}$$

$$a_{2av} = \frac{a_2 + \bar{a}_2}{2}$$

Choose $\text{—} a_{1av} * a_{2av} * t$

From Construction

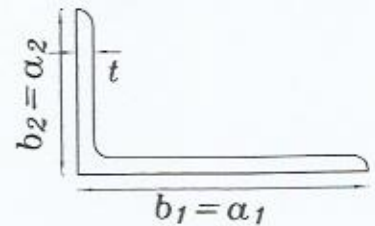
Where min. angle $\begin{cases} 45 * 45 * 5 & (\text{Welded}) \\ a_{1min} = 1.1 * 3 & (\text{Bolted}) \end{cases}$

3) Checks

من المفترض أولاً التأكد أن الـ angle هي Non-Compact

a) Class of section (Compactness)

$$\left. \begin{aligned} \frac{b_1}{t} &\leq \frac{23}{\sqrt{F_y}} \\ \frac{b_2}{t} &\leq \frac{23}{\sqrt{F_y}} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{The angle is non-compact} \\ &(\text{Code page 12}) \end{aligned}$$



b) Buckling (Slenderness)

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b\ in}}{r_{x\ \perp}} = \checkmark \leq 180 \quad \text{من الكود}$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b\ out}}{r_{y\ \perp}} = \checkmark \leq 180 \quad \text{من الكود}$$

خذ بالك

محاور الـ Unequal angles معكوسة في الجدول

Where

$$r_{x\ \perp} = r_{y\ \perp} \quad \text{من الجدول}$$

$$r_{y\ \perp} = \sqrt{r_{x\ \perp}^2 + (e_x + \frac{t_{cp}}{2})^2}$$

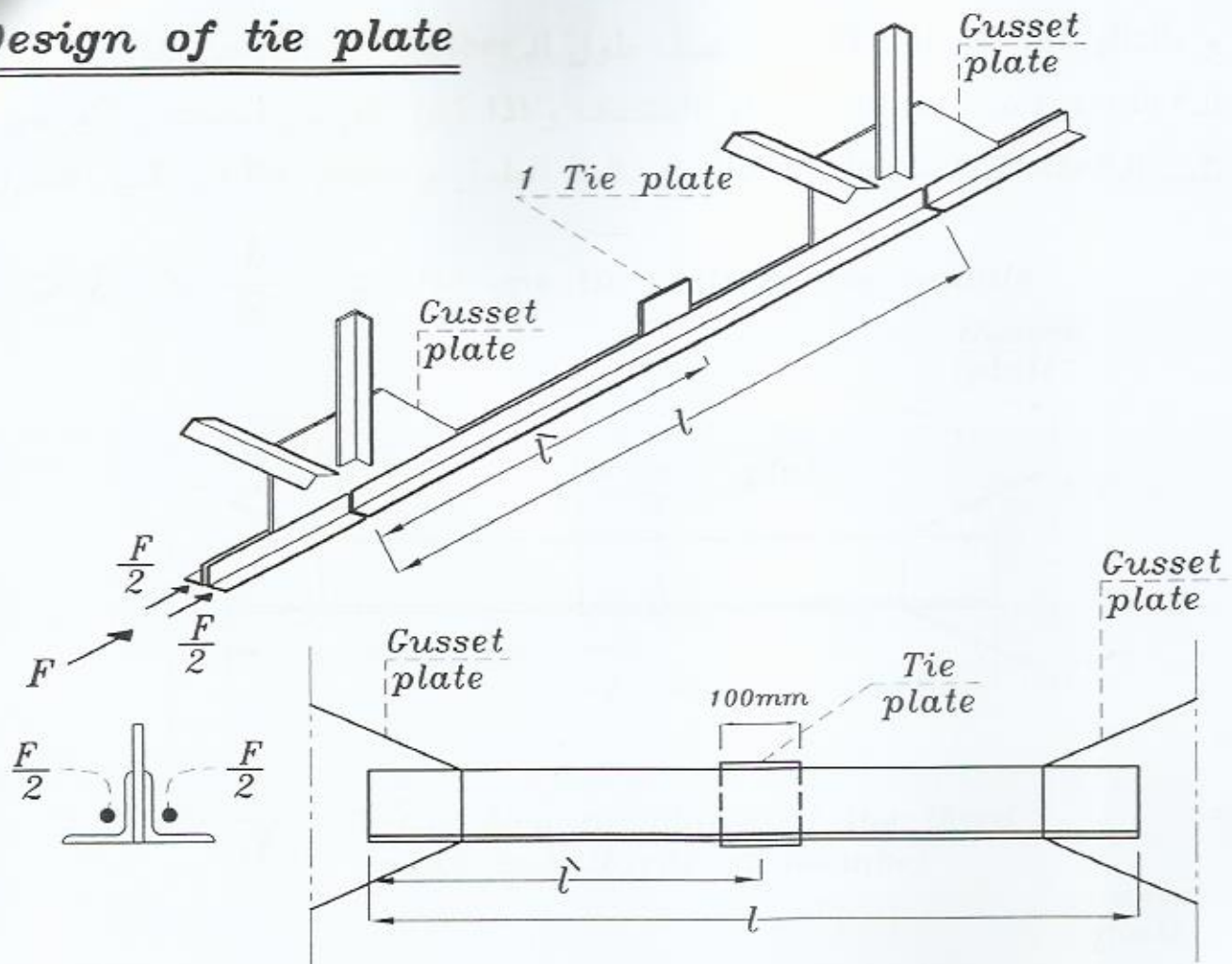
c) Stresses

$$* F_C = \begin{cases} 1.4 - 6.5 * 10^{-5} \lambda_{max}^2 & \text{St.37 } \lambda_{max} \leq 100 \\ \frac{7500}{\lambda_{max}^2} & \lambda_{max} > 100 \end{cases} \quad \text{من الكود}$$

$$\lambda_{max.} \xrightarrow{\text{الأكبر من}} \lambda_{in} \ \& \ \lambda_{out}$$

$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{2 * A_{g\perp}} = \checkmark \leq F_C$$

Design of tie plate



القوة (F) المؤثرة على الـ *member* تتوزع على الـ *2 angles* بالتساوى و بالتالى من الممكن أن يحدث *Buckling* لكل منهما على حدا أكبر من *Buckling* الذى يحدث للاثنتان معا و لذلك نقوم بوضع الـ *Tie plate* و هدفه ان يمنع الـ *Local Buckling* الذى يحدث لكل *angle* على حدا ويضمن حدوث الـ *Total Buckling* الذى يحدث للاثنتان معا .

$$\lambda_{max.} = \sqrt{\text{الأكبر من}} \rightarrow \lambda_{in} \text{ \& \& } \lambda_{out}$$

$$\lambda_v = \frac{\bar{l}}{r_v} \leq \lambda_{max.}$$

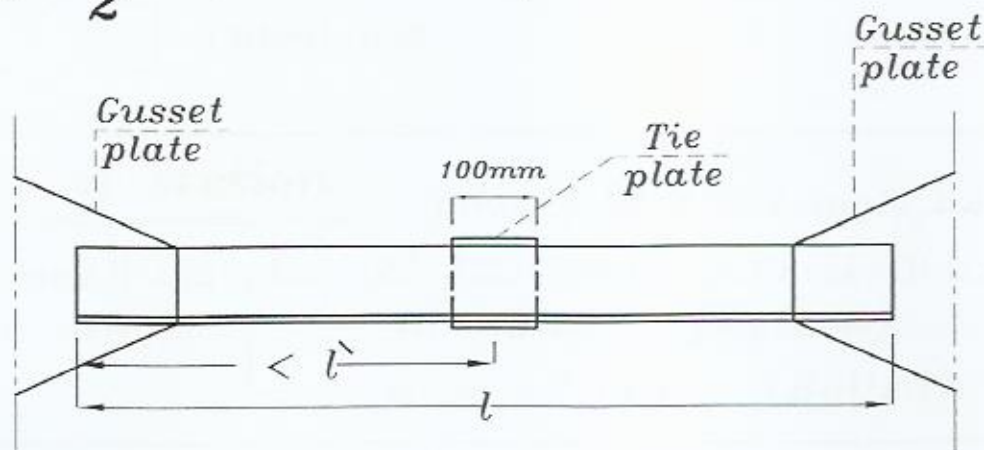
$$\bar{l} = \lambda_{max.} * r_v \quad \text{حفظ}$$

$$\therefore \bar{l} = \lambda_{max.} * r_v$$

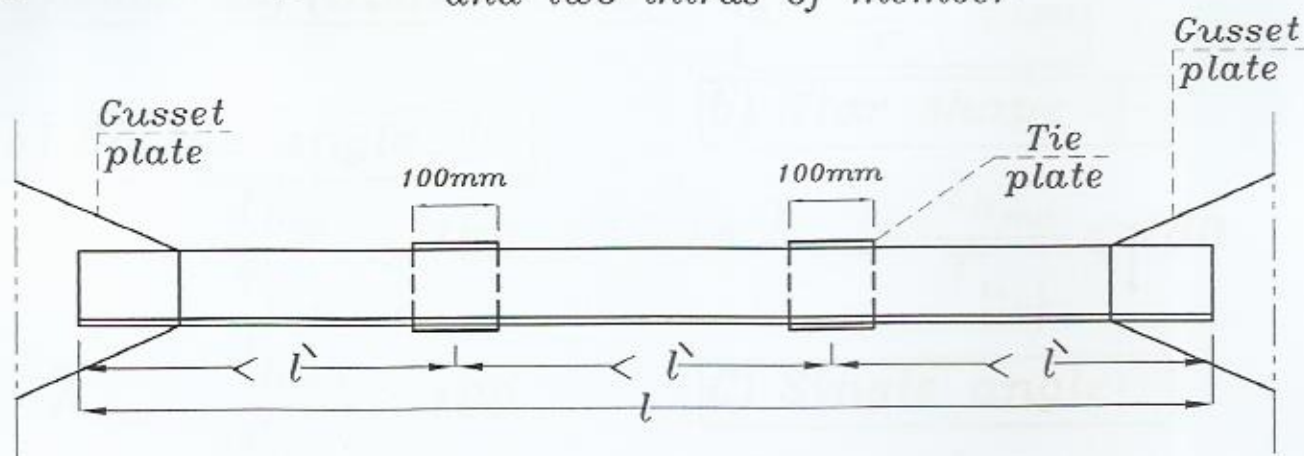
حيث أن الـ \bar{l} هو الطول الذى يمكن أن يترك بدون تربيط حتى تكون قيمة الـ *Local Buckling* أقل من الـ *Total Buckling* و بالتالى لا يحدث .

و بالتالى اذا كان الـ \bar{l} اكبر من نصف طول الـ member و اقل من طول الـ member نضع Tie plate فى المنتصف و اذا كان اقل من النصف و اكبر من ثلث الـ member نضع Tie plate فى ثلث الطول و Tie plate فى ثلثين الطول .

$$l > \bar{l} > \frac{l}{2} \Rightarrow \text{Use one tie plate at the middle}$$



$$\frac{l}{2} > \bar{l} > \frac{l}{3} \Rightarrow \text{Use two tie plates at the third and two thirds of member}$$



و لكن عادة ما تكون $\bar{l} > \frac{l}{2}$ Use one tie plate at the middle

ملحوظة

نستخدم على الاقل Tie plate واحد فى منتصف الـ member المكون من

. Two elements

لا نستخدم Tie plate عندما يكون الـ member مكون من One element .

Design of zero member

و هو ال member الذى تكون القوة به تساوى صفر و يتم تصميمه كأنه member عليه Tension & Compression و لكن بدون عمل Check stress لعدم وجود قوة به أساسا .

1) Data

$$\begin{aligned} * l_{b \text{ in}} &= \checkmark \\ * l_{b \text{ out}} &= \checkmark \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} * l_{b \text{ in}} &= \checkmark \\ * l_{b \text{ out}} &= \checkmark \end{aligned}} \right\} \text{Calculated}$$

2) Choice of section

نستخدم أصغر angle لأنها لا تقاوم force

و اذا وجدنا ال Checks عليها Unsafe نختار أكبر منها و نعيد ال Checks

$$\begin{aligned} \text{Use min. angle} \quad & \boxed{45 \times 45 \times 5} \quad (\text{Welded}) \\ & \boxed{a_{\text{min.}} = 1.1 \times 3} \quad (\text{Bolted}) \end{aligned}$$

3) Checks

a) Buckling (Slenderness)

$$\lambda = \frac{l_b}{r} \leq 180$$

a) Double angle

$$* \lambda_{\text{in}} = \frac{l_{b \text{ in}}}{r_{x \text{ } \perp \perp}} \leq 180$$

$$* \lambda_{\text{out}} = \frac{l_{b \text{ out}}}{r_{y \text{ } \perp \perp}} \leq 180$$

b) Star shape

$$* \lambda_{\text{out}} = \frac{l_{b \text{ out}}}{r_{u \text{ } \perp \perp}} \leq 180$$

c) Single angle

$$* \lambda_{\text{out}} = \frac{l_{b \text{ out}}}{r_{v \text{ } \perp \perp}} \leq 180$$

b) Deflection

$$* \frac{\text{Length}}{\text{depth}} = \frac{L}{d} \leq 60$$

$$\text{a) Double angle } \perp \perp \implies d = a$$

$$\text{b) Star shape } \perp \perp \implies d = 2a + t_{c.p}$$

$$\text{c) Single angle } \perp \implies d = a$$

Notes :

1) If the design is according to (Case II)

هذه ال (Case II) معناها أن ال Force نتيجة ال (D.L + L.L + W.L) وفي هذه الحالة فإن ال allowable stresses تزيد بنسبة 20% .

For tension member $\Rightarrow F_t = 1.2 * 1.4 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$

For Compression member

\Rightarrow Allowable comp. stress = $1.2 * F_c \text{ t} \setminus \text{cm}^2$

2) Use (A_{gross}) for compression member

في ال Compression member دائما نشغل بال gross area سواء كان Bolted أو Welded حيث أن مكان المسمار لا يعتبر فراغ لأنه معرض لضغط و ليس شد .

3) For verticals and diagonals

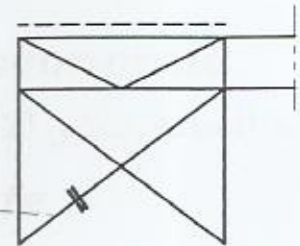
إذا زادت ال angle عن $\angle 80 * 80 * 8$ يفضل استخدام Double angle بدلا من استخدام ال Single angle .

4) Allowable buckling ratios :

For tension member $\Rightarrow \lambda \leq 300$

For Comp. member $\Rightarrow \lambda \leq 180$

For bracing member $\Rightarrow \lambda \leq 200$



5) Another method for choice of section

From stresses

assume $F_c = 1.0 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$

$$\therefore A_{g\angle} = \frac{\text{force}}{1} \Rightarrow a_1 = \checkmark$$

From buckling

assume $\lambda = 180$

$$\therefore 180 = \frac{l_b}{r} \Rightarrow a_2 = \checkmark$$

لن نستخدم هذه الطريقة

Use the bigger of a_1 & a_2

6) For sections with thickness greater than 40mm

بالنسبة للقطاعات ذات التخانات الاكبر من 40mm فان مقاومة الضغط تتغير

قليلا و تكون كالتالى :

For $\lambda_{max.} \leq 100$

$$F_c = 1.3 - 5.5 * 10^{-5} \lambda_{max.}^2 \implies \text{Steel 37}$$

$$= 1.5 - 7.5 * 10^{-5} \lambda_{max.}^2 \implies \text{Steel 44}$$

$$= 2.0 - 12.5 * 10^{-5} \lambda_{max.}^2 \implies \text{Steel 52}$$

7) Ratio between actual and allowable stresses

من المفترض بعد الانتهاء من التصميم أن نقوم بمقارنة ال *Actual stress* بال *Allowable stress* و نجد احدى الحالات التالية

$$\# \frac{\text{Actual stress}}{\text{Allowable stress}} = \frac{f_c}{F_c} < 0.9 \implies \text{Safe but waste}$$

و من المفترض فى هذه الحالة أن نختار *angle* أصغر و نعيد ال *Checks* .
و لكن فى الامتحان اذا لم يتوفر الوقت لا نعيد الحسابات و نكتب فقط أن

القطاع *Safe but waste*

$$\# \frac{\text{Actual stress}}{\text{Allowable stress}} = \frac{f_c}{F_c} = 0.9 \Rightarrow 1.0$$

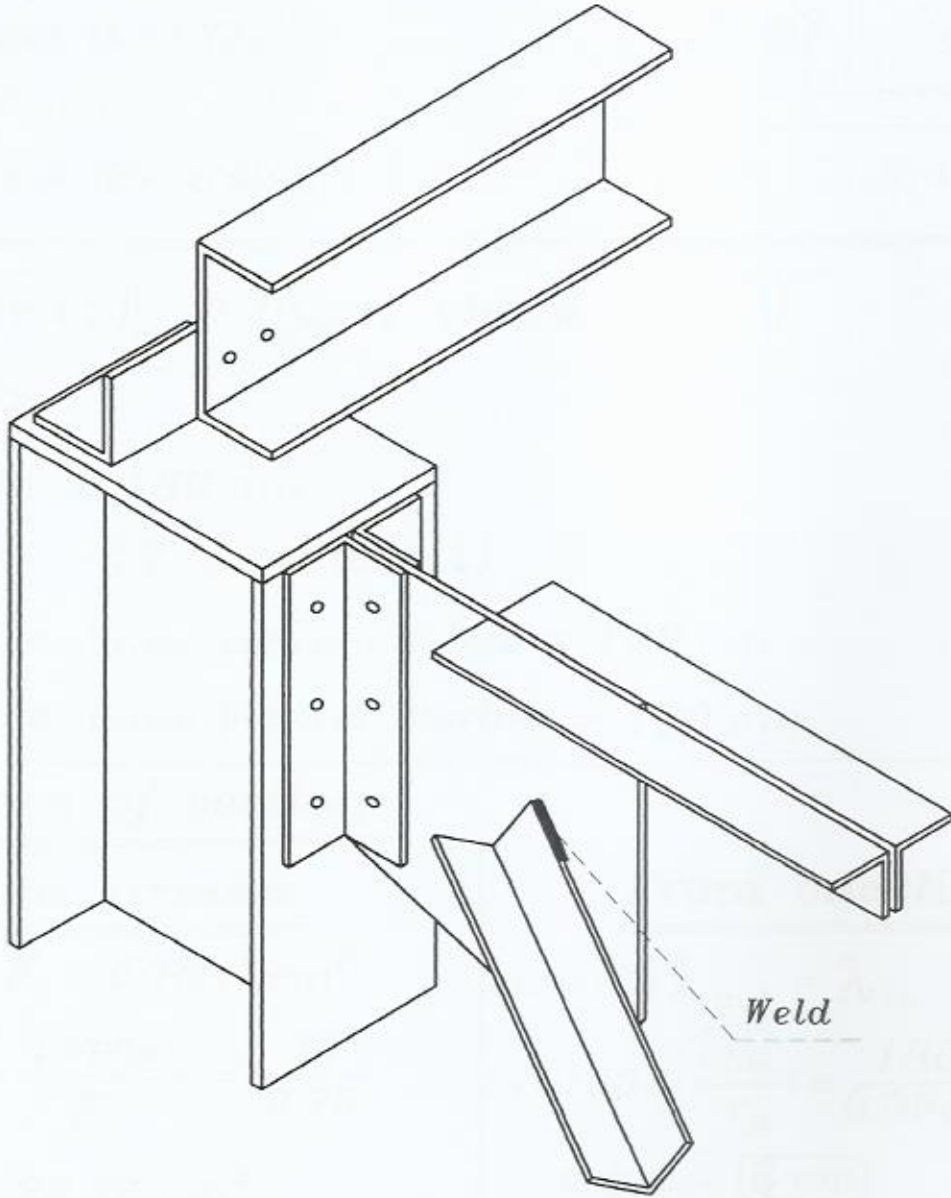
\implies *Safe and economic*

هذه الحالة تعتبر الاكثر توفيراً .

$$\# \frac{\text{Actual stress}}{\text{Allowable stress}} = \frac{f_c}{F_c} > 1.0 \implies \text{Unsafe}$$

نختار قطاع أكبر ثم نعيد ال *Checks* و نكرر المحاولة حتى نصل الى قطاع *Safe*

- 8) أحيانا يكون الـ *member* المراد تصميمه *Welded* في الـ *Gusset Plate* و يكون الـ *Gusset Plate* مربوط *Bolted* في العمود . و سوف ندرس هذا بالتفصيل في الـ *Connections* و لكن في هذه الحالة يعامل الـ *member* معاملة الـ *Welded Member* .

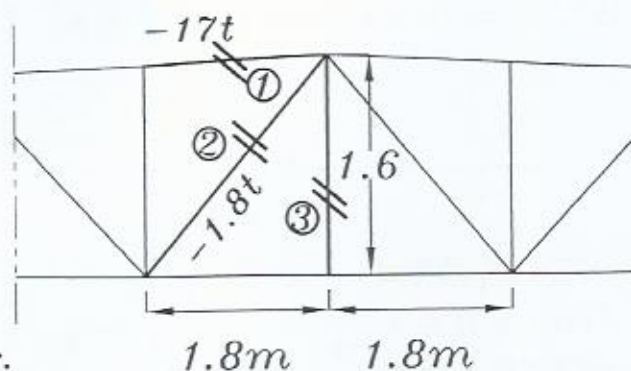


Example

For the shown truss, design the three marked members

Data :

- * Steel used is st.37
- * $t_{cp} = 10 \text{ mm}$
- * Bolts used are ordinary bolts.



Member (1) \Rightarrow Upper chord \Rightarrow

1) Data

- * Length = 180 cm
- * Force = -17 ton (Case A)
- * $l_{bin} =$ Distance between joints = 180 cm
- * $l_{bout} =$ Distance between Purlins = 180 cm

2) Choice of section

From stresses

* assume $F_c = 0.75 \text{ t/cm}^2$

$$\therefore A_{g \perp L} = \frac{\text{force}}{F_c} = \frac{17}{0.75} = 22.37 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_{g \perp} = \frac{A_{g \perp L}}{2} = \frac{22.37}{2} = 11.33 \text{ cm}^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}} \text{L } 80 \times 80 \times 8$

From buckling

* assume $\lambda_{out} = \lambda_{in} = 100$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bin}}{r_x} = \frac{180}{0.30 a_2}$$

$$\Rightarrow a_2 = \boxed{6 \text{ cm}}$$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bout}}{r_y} = \frac{180}{0.45 a_3}$$

$$\Rightarrow a_3 = 4 \text{ cm}$$

$$a_{av} = \frac{a_1 + (\overset{\text{الأكبر}}{a_2 \text{ or } a_3})}{2} = \frac{8 + 6}{2} = 7 \text{ cm}$$

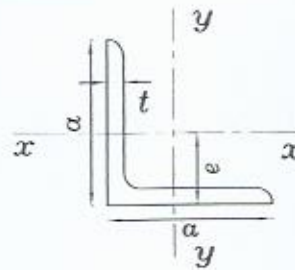
From Construction

> minimum angle $\alpha_{min.} = 1.1 * 3 \phi = 1.1 * 3 * 1.6 = 5.28 \text{ cm}$

Choose $\angle 70 * 70 * 7$

3) Checks

من المفترض أولا التأكد أن α angle تكون Non-Compact .



$\angle 70 * 70 * 7$

$$A = 9.4 \text{ cm}^2$$

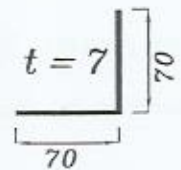
$$e = 1.97 \text{ cm}$$

$$r_x = r_y = 2.12 \text{ cm}$$

$$r_v = 1.37 \text{ cm}$$

a) Class of section

$$* \frac{b}{t} = \frac{70}{7} = 10 < \frac{23}{\sqrt{F_y}} = \frac{23}{\sqrt{2.4}} = 14.84$$



\Rightarrow The section is non-compact (Code page 12)

b) Buckling (Slenderness)

$$r_{x_{\angle}} = r_{x_L} \text{ من الجدول } = 2.12 \text{ cm}$$

assume $t_{cp} = 1 \text{ cm}$

$$r_{y_{\angle}} = \sqrt{r_{y_L}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{2.12^2 + (1.97 + \frac{1.0}{2})^2} = 3.26 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_{x_{\angle}}} = \frac{180}{2.12} = 84.9 < 180 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{y_{\angle}}} = \frac{180}{3.26} = 55.2 < 180 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Stress

$$\lambda_{max.} = 84.9 \leq 100$$

$$* F_C = 1.4 - 6.5 * 10^{-5} \lambda_{max.}^2 = 1.4 - 6.5 * 10^{-5} (84.90)^2$$
$$= 0.93 \text{ t/cm}^2$$

$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{2 * A_{g\angle}} = \frac{17}{2 * 9.40} = 0.90 \text{ t/cm}^2$$

$$\leq F_C \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$\frac{f_c}{F_c} = \frac{0.90}{0.93} = 0.97 \Rightarrow (\text{Safe and economic})$$

Design of tie plate

$$\lambda_v \leq \lambda_{max.}$$

$$\frac{l'}{r_{vL}} = \frac{l'}{1.37} \leq 84.9 \Rightarrow l' \leq 1.37 * 84.9 = 116.3 \text{ cm}$$

$$l' \leq 116.3 \text{ cm}$$

$$l > l' > \frac{l}{2} \Rightarrow \text{Use one tie plate at the middle of member}$$

Member (2) \Rightarrow Diagonal \Rightarrow 

1) Data

$$* \text{Length} = \sqrt{180^2 + 160^2} = 241 \text{ cm}$$

$$* \text{Force} = -1.8 \text{ ton (Case A)}$$

$$* l_{bin} = \text{Distance between joints} = 241 \text{ cm}$$

$$* l_{bout} = 241 \text{ cm}$$

2) Choice of section

From stresses

$$* \text{assume } F_c = 0.60 * 0.75 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

Unsymmetric section

$$\therefore A_{g \perp} = \frac{\text{force}}{F_c} = \frac{1.8}{0.45}$$

$$= 4.0 \text{ cm}^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}} \perp 45 * 45 * 5$

From buckling

$$* \text{assume } \lambda_{out} = 100$$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bout}}{r_v} = \frac{241}{0.20 a_2}$$

$$\Rightarrow a_2 = \boxed{12.05 \text{ cm}}$$

$$a_{av} = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{4.5 + 12.05}{2} = 8.2 \text{ cm}$$

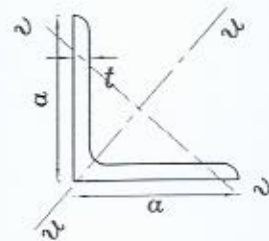
From Construction

$$> \text{minimum angle } a_{min.} = 1.1 * 3 \phi = 1.1 * 3 * 1.6 = 5.28 \text{ cm}$$

Choose $\angle 80 * 80 * 8$

3) Checks

من المفترض أولاً التأكد أن الـ angle تكون Non-Compact



$\angle 85 * 85 * 8$

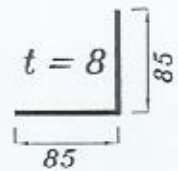
$$A = 12.3 \text{ cm}^2$$

$$r_v = 1.55 \text{ cm}$$

a) Class of section

$$* \frac{b}{t} = \frac{85}{8} = 10.7 < \frac{23}{\sqrt{F_y}} = \frac{23}{\sqrt{2.4}} = 14.84$$

\Rightarrow The section is non-compact (Code page 12)



b) Buckling (Slenderness)

$$r_{vL} = \text{من الجدول} = 1.55 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{vL}} = \frac{241}{1.55} = 155.48 < 180 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Stress

$$\lambda_{max.} = 155.48 > 100$$

$$* F_C = 0.6 * \frac{7500}{\lambda_{max.}^2} = 0.6 * \frac{7500}{155.48^2} = 0.19 \text{ t / cm}^2$$

Unsymmetric

$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{A_{gL}} = \frac{1.8}{12.30} = 0.15 \text{ t/cm}^2$$

$$\leq F_C \Rightarrow (\text{Safe})$$


$$* \frac{f_C}{F_C} = \frac{0.15}{0.19} = 0.79 \Rightarrow (\text{Safe but waste})$$

و من المفترض في هذه الحالة أن نختار angle أصغر و نعيد ال Checks .

Design of tie plate

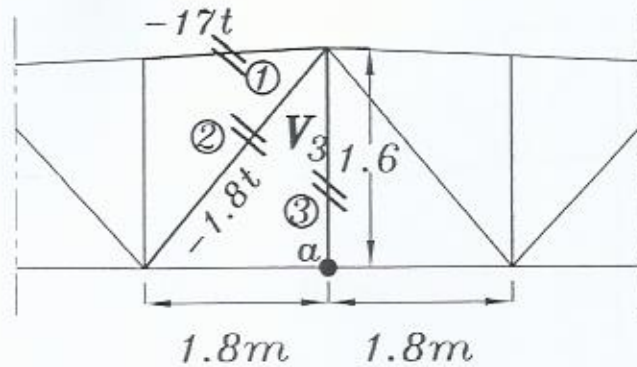
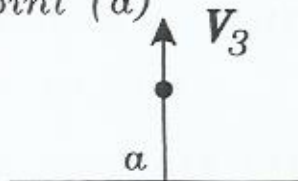
No tie plate \Rightarrow As it is one angle

Member (3)

⇒ **Vertical** ⇒ 

at long. bracing

⇒ From equilibrium of joint (a)



$$\Sigma Y = 0 \Rightarrow V_3 = 0 \Rightarrow \text{Zero member}$$

1) Data

* Length = 160 cm


* Force = Zero member

* $l_{b\text{ in}}$ = Distance between joints = 160 cm

* $l_{b\text{ out}}$ = 160 cm

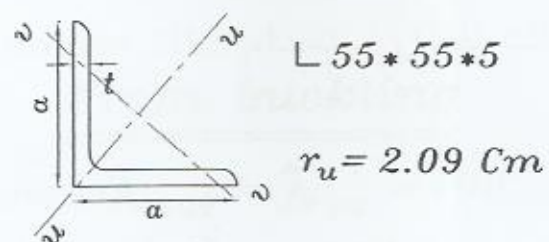
2) Choice of section

$$\text{minimum angle } \alpha_{\min.} = 1.1 \cdot 3 \phi = 1.1 \cdot 3 \cdot 1.6 = 5.28 \text{ cm}$$

Choose  55*55*5

3) Checks

$$r_{u \text{ } \angle} = r_{u \text{ L}} = \text{من الجدول} = 2.09 \text{ cm}$$



a) Buckling (Slenderness)

$$* \lambda_{\text{out}} = \frac{l_{b\text{ out}}}{r_{v \text{ L}}} = \frac{160}{2.09} = 67.56 < 180 \Rightarrow (\text{Safe})$$

b) Deflection

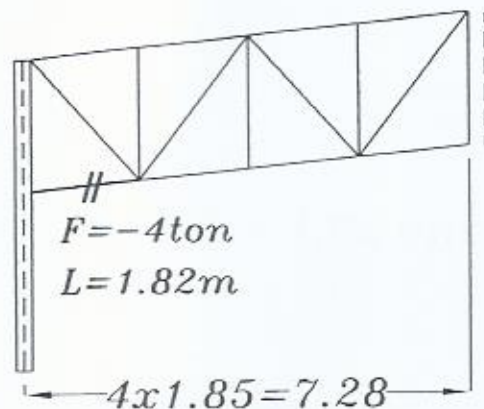
No check deflection for vertical member

Example

For the shown truss, design economic section for the marked member.

Data :

- * Steel used is st.37
- * $t_{cp} = 10 \text{ mm}$
- * Bolts used are ordinary bolts. M14



Member (1) \Rightarrow Lower chord \Rightarrow

1) Data

- * Length = 182 cm
- * Force = -4 ton (Case A)
- * l_{bin} = Distance between joints = 182 cm
- * l_{bout} = Distance long. bracing = 728 cm

2) Choice of section

حيث أن المطلوب هو تصميم economic section وكذلك $l_{bout} \gg l_{bin}$ لذلك يفضل استخدام Unequal angles.

From stresses

* assume $F_c = 0.75 \text{ t/cm}^2$

$$\therefore A_{g\angle} = \frac{\text{force}}{F_c} = \frac{4}{0.75}$$

$$= 5.33 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_{g\angle} = \frac{A_{g\angle}}{2} = \frac{5.33}{2}$$

$$= 2.67 \text{ cm}^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}} \angle 60 \times 30 \times 5$

From buckling

* assume $\lambda_{out} = \lambda_{in} = 100$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bin}}{r_x} = \frac{180}{0.28 a_1}$$

$$\Rightarrow a_1 = 6.5 \text{ cm}$$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bout}}{r_y} = \frac{180}{0.48 a_2}$$

$$\Rightarrow a_2 = 15.17 \text{ cm}$$

$$a_{1av} = \frac{a_1 + \bar{a}_1}{2} = \frac{3 + 6.5}{2} = 4.75 \text{ cm}$$

$$a_{2av} = \frac{a_2 + \bar{a}_2}{2} = \frac{6 + 15.17}{2} = 10.6 \text{ cm}$$

$$\text{minimum angle } a_{1min} = 1.1 * 3 \phi = 1.1 * 3 * 1.4 = 4.62 \text{ cm}$$

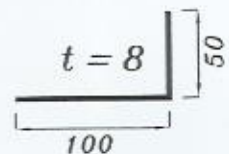
Choose $\angle 100 * 50 * 8$

3) Checks

a) Class of section

$$* \frac{b'}{t} = \frac{50}{8} = 6.25 < \frac{23}{\sqrt{F_y}} = \frac{23}{\sqrt{2.4}} = 14.84$$

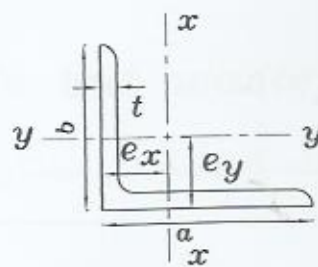
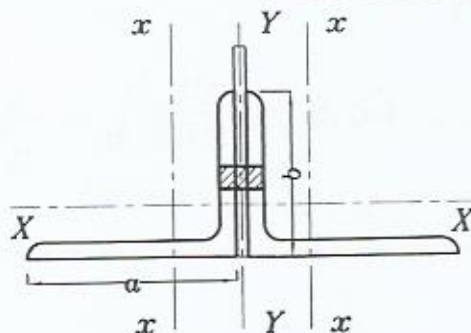
$$* \frac{b'}{t} = \frac{100}{8} = 12.5 < \frac{23}{\sqrt{F_y}} = \frac{23}{\sqrt{2.4}} = 14.84$$



⇒ The section is non-compact (Code page 12)

خذ بالك

محاور الـ Unequal angles معكوسة في الجدول



$$\begin{aligned} \angle 100 * 50 * 8 \\ A &= 8.93 \text{ cm}^2 \\ e_x &= 3.49 \text{ cm} \\ r_x &= 3.20 \text{ cm} \\ r_y &= 1.32 \text{ cm} \end{aligned}$$

b) Buckling (Slenderness)

$$r_{x_{\perp}} = r_{y_{\perp}} \text{ من الجدول } = 1.32 \text{ cm}$$

$$t_{cp} = 1 \text{ cm}$$

$$r_{y_{\perp}} = \sqrt{r_{x_{\perp}}^2 + (e_x + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{3.20^2 + (3.49 + \frac{1.0}{2})^2} = 5.11 \text{ cm} \\ \simeq 0.48 * a_2$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_{x_{\perp}}} = \frac{182}{1.32} = 137.8 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{y_{\perp}}} = \frac{728}{5.11} = 142.4 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Stress

$$\lambda_{max.} = 142.4 > 100$$

$$* F_C = \frac{7500}{\lambda_{max.}^2} = \frac{7500}{142.40^2} = 0.369 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{2 * A_{g\perp}} = \frac{4.0}{2 * 8.93} = 0.23 \text{ t} \setminus \text{cm}^2 \\ \leq F_C \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \frac{f_C}{F_C} = \frac{0.23}{0.369} = 0.54 \Rightarrow (\text{Safe but waste})$$

و من المفترض في هذه الحالة أن نختار angle أصغر و نعيد الـ Checks .

Design of tie plate

$$\lambda_v \leq \lambda_{max.}$$

$$\frac{l'}{r_{vL}} = \frac{l'}{1.06} \leq 142.4 \Rightarrow l' \leq 1.06 * 142.4 = 150.9 \text{ cm}$$

$$l' \leq 150.9 \text{ cm} > \frac{l}{2} \Rightarrow \text{Use one tie plate at the middle of member}$$

In case of using M16

هذه ال angle تحقق كل ال Checks أى أنها Safe و لكن لو حسبنا أقل بعد للطول الذى يتم وضع المسامير به

$$\text{minimum angle } b_{min.} = 1.1 * 3 \phi = 1.1 * 3 * 1.6 = 5.28 \text{ cm}$$

نجد أن أقل بعد لـ b هو 5.28 cm و ال angle المختارة $100 * 50 * 8$ \angle و بالتالى كان لابد من البداية اختيار angle أخرى أو من الممكن تكبير هذه ال angle بدون اعادة ال Checks لأنها بالتأكيد ستكون Safe

Choose $\angle 100 * 65 * 7$

Example

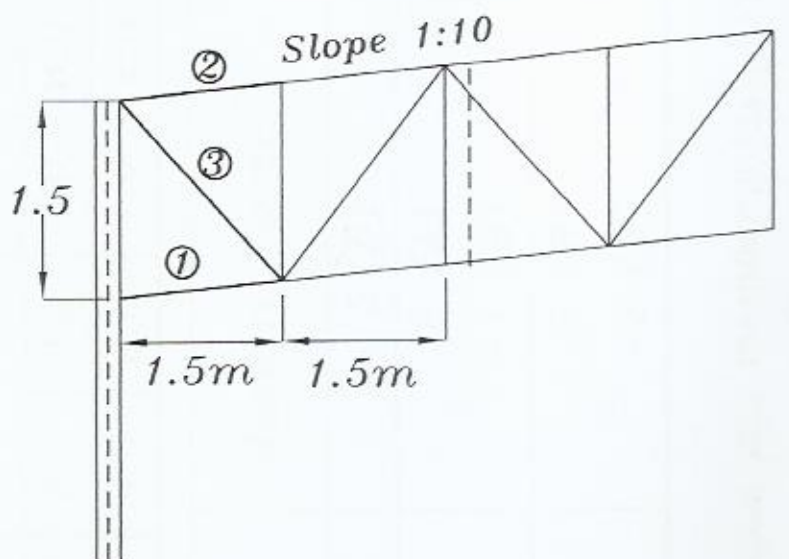
Using M16 bolts and 10mm thick gusset plate, it is required design the marked members shown in figure (1). The forces of the marked members are as follows :

Member (1) : $D.L = -4t$, $L.L = -8t$, $W.L = -3t$, $W.R = +1t$

Member (2) : $D.L = +3t$, $L.L = +5t$, $W.L = +1t$, $W.R = -4t$

Member (3) : one angle is required

$D.L = +1t$, $L.L = +3t$, $W.L = +1t$, $W.R = -3t$



Case (B)

Case (A)

Member	D.L	L.L	W.L	W.R	D+L	D+L + W.L + W.R	D	Case (A)	Case (B)
1	-4.0	-8.0	-3.0	1.0	-12	-15	-7.0	-12	-15
2	3.0	5.0	1.0	-4.0	8.0	9.0	4.0	+8	$+9$ -1
3	1.0	3.0	1.0	-3.0	4.0	5.0	2.0	+4	$+4.5$ -2

Case A هي الحقيقة
Case B هي الحقيقة

Member	$\frac{\text{Case (B)}}{\text{Case (A)}}$	Design Force
1	$15/12 = 1.25 > 1.2$	-15 (B)
2	$9/8 = 1.125 < 1.2$ $-1/0 > 1.2$	8 (A) & -1 (B)
3	$5.0/4 = 1.25 > 1.2$ $-2/0 > 1.2$	5 (B) & -2 (B)

معناه أن هذا ال member سيتم تصميمه مرتان الأولى على (Case A) والثانية على (Case B) $F=1(Comp.)$

معناه أن هذا ال member سيتم تصميمه مرة واحدة فقط على (Case B) $F=15(Tens.)$

Member (1) \Rightarrow Lower chord \Rightarrow 

1) Data

* Length = 150 cm

* Force = -15 ton (Case B)

* l_{bin} = Distance between joints = 150 cm

* l_{bout} = Distance between long. bracing = 300 cm

2) Choice of section

From stresses

* assume $F_c = 0.75 * 1.2 t \setminus cm^2$
Case (B)

$$\therefore A_{g \perp L} = \frac{\text{force}}{F_c} = \frac{15}{0.75 * 1.2}$$

$$= 16.60 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_{g \perp} = \frac{A_{g \perp L}}{2} = \frac{16.6}{2}$$

$$= 8.30 \text{ cm}^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}}$ \perp 65 * 65 * 7

From buckling

* assume $\lambda_{out} = \lambda_{in} = 100$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bin}}{r_x} = \frac{150}{0.30 a_2}$$

$$\Rightarrow a_2 = 5 \text{ cm}$$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bout}}{r_y} = \frac{300}{0.45 a_3}$$

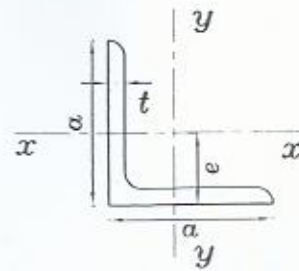
$$\Rightarrow a_3 = \boxed{6.7 \text{ cm}}$$

$$a_{av} = \frac{a_1 + (\overset{\text{الأكبر}}{a_2 \text{ Or } a_3})}{2} = \frac{6.5 + 6.7}{2} = 6.6 \text{ cm}$$

Choose \perp 70 * 70 * 7

> minimum angle $a_{min.} = 1.1 * 3 \phi = 1.1 * 3 * 1.6 = 5.28 \text{ cm}$

3) Checks

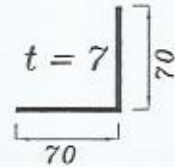


$$\begin{aligned} L & 70 \times 70 \times 7 \\ A & = 9.4 \text{ cm}^2 \\ e & = 1.97 \text{ cm} \\ r_x & = r_y = 2.12 \text{ cm} \\ r_v & = 1.37 \text{ cm} \end{aligned}$$

a) Class of section

$$* \frac{b}{t} = \frac{70}{7} = 10 < \frac{23}{\sqrt{F_y}} = \frac{23}{\sqrt{2.4}} = 14.84$$

\Rightarrow The section is non-compact (Code page 12)



b) Buckling (Slenderness)

$$r_{x_{\text{JL}}} = r_{x_L} \text{ من الجدول} = 2.12 \text{ cm}$$

assume $t_{cp} = 1 \text{ cm}$

$$r_{y_{\text{JL}}} = \sqrt{r_{y_L}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{2.12^2 + (1.97 + \frac{1.0}{2})^2} = 3.26 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_{x_{\text{JL}}}} = \frac{150}{2.12} = 70.7 < 180 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{y_{\text{JL}}}} = \frac{300}{3.26} = 92.2 < 180 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Stress

$$\lambda_{max.} = 92.2 \leq 100$$

$$* F_C = 1.2 * [1.4 - 6.5 * 10^{-5} \lambda_{max}^2] = 1.2 * [1.4 - 6.5 * 10^{-5} (92.20)^2] \\ = 1.02 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{2 * A_{g_L}} = \frac{15}{2 * 9.40} = 0.80 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

$$\leq F_C \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \frac{f_C}{F_C} = \frac{0.80}{1.02} = 0.79 \Rightarrow (\text{Safe but waste})$$

Design of tie plate

$$\lambda_v \leq \lambda_{max.}$$

$$\frac{l'}{r_{v_L}} = \frac{l'}{1.37} \leq 92.2 \Rightarrow l' \leq 1.37 * 92.2 = 126.0 \text{ cm}$$

$$l' \leq 126.0 \text{ cm} > \frac{l}{2} \Rightarrow \text{Use one tie plate at the middle of member}$$

Member (2) \Rightarrow Upper chord \Rightarrow 

1) Data

* Length = 150 cm

* Design on Force = +8 ton (Case A)

& Check on Force = -1 ton (Case B)

* l_{bin} = Distance between joints = 150 cm

* l_{bout} = Distance between Purlins = 150 cm

2) Choice of section

سنقوم بعمل ال Choice of section على أساس ال Tension حيث أنه أكبر
بكثير من ال Compression .

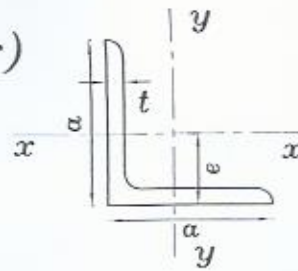
$$A_{g_L} = \frac{\text{Force (ton)}}{0.85 * F_t \text{ (t/cm}^2\text{)}} = \frac{8}{0.85 * 1.4} = 6.72 \text{ cm}^2$$

Symmertic bolted

$$A_{g_L} = \frac{6.72}{2} = 6.36 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{من الجدول}} \boxed{\text{Choose L } 55 * 55 * 5}$$

$$> \text{ minimum angle } \alpha_{min.} = 1.1 * 3 \phi = 1.1 * 3 * 1.6 = 5.28 \text{ cm}$$

3) Checks (Tension member)



L 55*55*7

$A = 5.32 \text{ cm}^2$

$e = 1.52 \text{ cm}$

$r_x = r_y = 1.66 \text{ cm}$

$r_v = 1.07 \text{ cm}$

$$A_{net} = 2 [A_{gross \perp} - (\phi + 0.2 \text{ cm}) * t_{\perp}]$$

$$= 2 [5.32 - (1.6 + 0.2 \text{ cm}) * 0.5] = 8.84 \text{ cm}^2$$

a) Stress Tension

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \frac{8}{2 * 8.84} = 0.90 \text{ t / cm}^2$$

مساحة ال angle التي تم حسابها $\leq F_t = 1.40 \text{ t / cm}^2$
(Safe)

b) Buckling (Slenderness)

$$r_{x \perp} = r_{x \perp} \text{ من الجدول} = 1.66 \text{ cm}$$

$$\text{assume } t_{cp} = 1 \text{ cm}$$

$$r_{y \perp} = \sqrt{r_{y \perp}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{1.66^2 + (1.52 + \frac{1.0}{2})^2} = 2.13 \text{ cm}$$

نعمل Check buckling على انه Compression member بدلا من عمله على ال Tension و اعادته في ال Compression حيث أن ال Compression هو ال Critical

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b \text{ in}}}{r_{x \perp}} = \frac{150}{1.66} = 90.36 < 180 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b \text{ out}}}{r_{y \perp}} = \frac{150}{2.13} = 70.42 < 180 \Rightarrow (\text{Safe})$$

من الممكن عدم حساب ال λ_{out} حيث أن ال $l_{b \text{ in}} = l_{b \text{ out}}$ و ال $r_{x \perp} < r_{y \perp}$ دائما و بالتالي لا داعي لحساب ال $r_{y \perp}$

C) Deflection

$$* \frac{L}{d} = \frac{150 \text{ cm}}{5.5 \text{ cm}} = 27.3 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

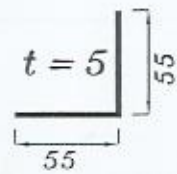
$$\Rightarrow \boxed{\text{Use } \angle 55 \times 55 \times 5}$$

Checks (Compression force)

لا نحتاج الى عمل Check buckling لاننا عملناه فى الخطوة السابقة

a) Class of section

$$* \frac{b}{t} = \frac{55}{5} = 11 < \frac{23}{\sqrt{F_y}} = \frac{23}{\sqrt{2.4}} = 14.84$$



\Rightarrow The section is non-compact (Code page 12)

C) Stress

$$\lambda_{max.} = 90.36 \leq 100$$

$$* F_C = 1.2 * [1.4 - 6.5 * 10^{-5} \lambda_{max.}^2] = 1.2 * [1.4 - 6.5 * 10^{-5} (92.20)^2] \\ = 1.04 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{2 * A_{g\angle}} = \frac{1}{2 * 5.32} = 0.09 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

$$A_{g\angle} \text{ فى حالة ال Compression نستخدم } \leq F_C \Rightarrow (\text{Safe})$$

Design of tie plate

$$\lambda_v \leq \lambda_{max.}$$

$$\frac{l'}{r_{v\angle}} = \frac{l'}{1.07} \leq 90.36 \Rightarrow l' \leq 1.07 * 90.36 = 97.0 \text{ cm}$$

$$l' \leq 97.0 \text{ cm}$$

$$l > l' > \frac{l}{2} \Rightarrow \text{Use one tie plate at the middle of member}$$

Member (3) \Rightarrow Diagonal \Rightarrow L

1) Data

* Length = $\sqrt{150^2 + 150^2} = 212 \text{ cm}$

* Design on Force = +5 ton (Case B)

& Check on Force = -2 ton (Case B)

* l_{bin} = Distance between joints = 150 cm

* l_{bout} = Distance between Purlins = 150 cm

2) Choice of section

$$A_{g_L} = \frac{\text{Force (ton)}}{0.65 * F_t (t \setminus \text{cm}^2) * 1.2} = \frac{5}{0.65 * 1.4 * 1.2} = 4.11 \text{ cm}^2$$

Unsymmetric bolted Case B

من الجدول \Rightarrow Choose L 55 * 55 * 5

> minimum angle $\alpha_{min.} = 1.1 * 3 \phi = 1.1 * 3 * 1.6 = 5.28 \text{ cm}$

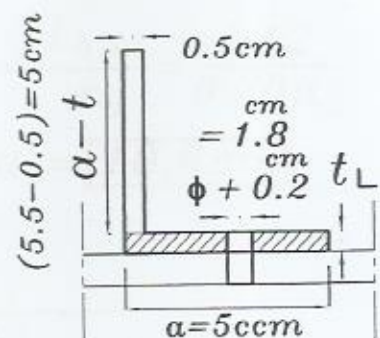
3) Checks (Tension member)

$$A_1 = [\alpha - (\phi + 0.2 \text{ cm})] * t_L$$

$$= [5.5 - (1.6 + 0.2)] * 0.5 = 1.85 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = [\alpha - t_L] * t_L$$

$$= [5.5 - 0.5] * 0.5 = 2.50 \text{ cm}^2$$



$$A_{net} = A_1 + A_2 \left[\frac{3A_1}{3A_1 + A_2} \right] = 1.85 + 2.50 * \left[\frac{3 * 1.85}{3 * 1.85 + 2.50} \right]$$

$$= 3.57 \text{ cm}^2$$

a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{\text{net}}} = \frac{\text{Force}}{A_L} = \frac{5}{3.57} = 1.40 \text{ t/cm}^2$$

مساحة ال angle التي تم حسابها

$$\leq F_t = 1.40 * 1.2 \text{ t/cm}^2$$

(Safe) Case B

b) Buckling (Slenderness)

$$r_{vL} = \text{من الجدول} = 1.07 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{\text{out}} = \frac{l_{\text{bout}}}{r_{vL}} = \frac{212}{1.07} = 198 > 180 \Rightarrow (\text{Unsafe})$$

c) Deflection

$$* \frac{L}{d} = \frac{212 \text{ cm}}{5.5 \text{ cm}} = 38.5 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

هذه ال angle تكون Unsafe في حالة ال Compression و بالتالي نحتاج الى تكبيرها و من الممكن فرض أى angle أكبر أو من الممكن عمل التالي

From stresses

$$* \text{assume } F_C = 0.60 * 0.75 * 1.2 \text{ t/cm}^2$$

$$\therefore A_{gL} = \frac{\text{force}}{F_C} = \frac{2.0}{0.54}$$

$$= 3.70 \text{ cm}^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}}$ L 45 * 45 * 5

From buckling

$$* \text{assume } \lambda_{\text{out}} = 100$$

$$\therefore 100 = \frac{l_{\text{bout}}}{r_v} = \frac{212}{0.20 a_2}$$

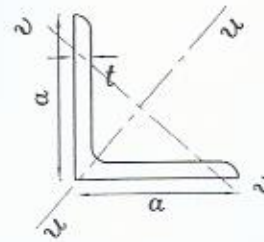
$$\Rightarrow a_2 = \boxed{10.6 \text{ cm}}$$

$$a_{\text{av}} = \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{4.5 + 10.60}{2} = 7.55 \text{ cm}$$

Choose L 75 * 75 * 7

$$> \text{minimum angle } a_{\text{min.}} = 1.1 * 3 \phi = 1.1 * 3 * 1.6 = 5.28 \text{ cm}$$

3) Checks (Compression force)

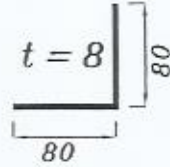


$$\begin{aligned} & \angle 80 \times 80 \times 8 \\ & A = 10.1 \text{ cm}^2 \\ & r_v = 1.45 \text{ cm} \end{aligned}$$

a) Class of section

$$* \frac{b}{t} = \frac{80}{8} = 10 < \frac{23}{\sqrt{F_y}} = \frac{23}{\sqrt{2.4}} = 14.84$$

\Rightarrow The section is non-compact (Code page 12)



b) Buckling

$$r_{v_L} = \text{من الجدول} = 1.45 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{v_L}} = \frac{212}{1.45} = 146.2 < 180 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Stress

$$\lambda_{max.} = 136.8 > 100$$

Case B

$$* F_C = \frac{7500}{\lambda_{max.}^2} * 1.2 * 0.6 = \frac{7500}{146.20^2} * 1.2 * 0.6 = 0.25 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$




Unsymmetric

$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{A_{g_L}} = \frac{2.0}{10.10} = 0.19 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

$$\leq F_C \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \frac{f_C}{F_C} = \frac{0.19}{0.25} = 0.80 \Rightarrow (\text{Safe but waste})$$

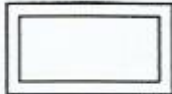
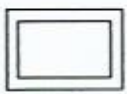
NOTES

نم نكتمل مادختسا تاخاطق ىرخا ريغ لا  ،  ،  دن ع ميصت لا
(tension & comp. members)

other sections that can be used :-



Pipe section.



Hollow square or rectangular section.

(S.H.S)

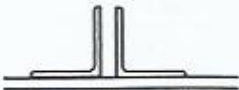
(R.H.S)



Double channels back to back.



single channels.



unsymmetric equal angles.

و لكننا لن نستخدم هذه القطاعات فى المسائل الا عند الطلب

و لذلك دائما نصمم ال Comp. members على أنها One angle أو 2 angles
الا اذا طلب قطاع آخر .

In plane buckling حول المحور الافقى للقطاع

of plane buckling حول المحور الرأسى للقطاع .

و دائما نكتب أسماء المحاور كما هي مكتوبة فى الجدول منعا للخطبة .

For Channels in tables



بالنسبة للقطاعات ال *Channels* الموجودة فى الجداول نجد أن محور (y) هو المحور الموازى لل *Web* و محور (x) هو المحور الموازى لل *Flange* .

و بالتالى عند وضع ال *Web* رأسى كما فى *Figure 3*

فى ال *Truss* دائما يكون ال *In plane buckling* حول المحور الافقى للقطاع و ال *Out of plane buckling* حول المحور الرأسى للقطاع .

$$\lambda_{in} = \frac{l_{b\ in}}{r_x} \quad \lambda_{out} = \frac{l_{b\ out}}{r_y}$$

عند وضع الضلع ال *Web* أفقى كما فى *Figure 4*

فى ال *Truss* دائما يكون ال *In plane buckling* حول المحور الافقى للقطاع و ال *Out of plane buckling* حول المحور الرأسى للقطاع .

$$\lambda_{in} = \frac{l_{b\ in}}{r_y} \quad \lambda_{out} = \frac{l_{b\ out}}{r_x}$$

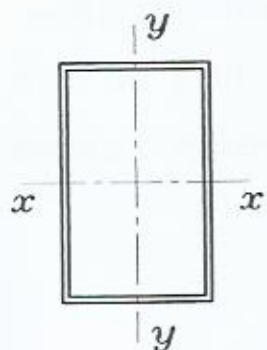
و فى الحالتين تكون ال r_x من الجدول بينما r_y لابد من حسابها لان محور y تغير مكانه عند وضع *2 channels* معا و بالتالى فقيمة r_y & I_y سوف تتغير .

$$r_y = \sqrt{r_y^2 + (e + \frac{t_c}{2})^2} \quad \text{تُحسب}$$

t_c

For rectangular hollow section

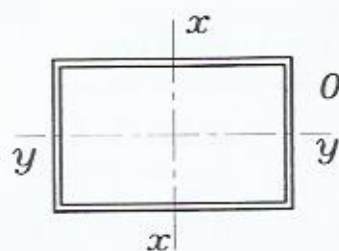
فى حالة وضع الضلع الطويل رأسى



نجد أن محور X هو الذى يقاوم *In plane buckling*
و محور y هو الذى يقاوم *Out of plane buckling*

$$\lambda_{in} = \frac{l_{b\ in}}{r_x} \quad \lambda_{out} = \frac{l_{b\ out}}{r_y}$$

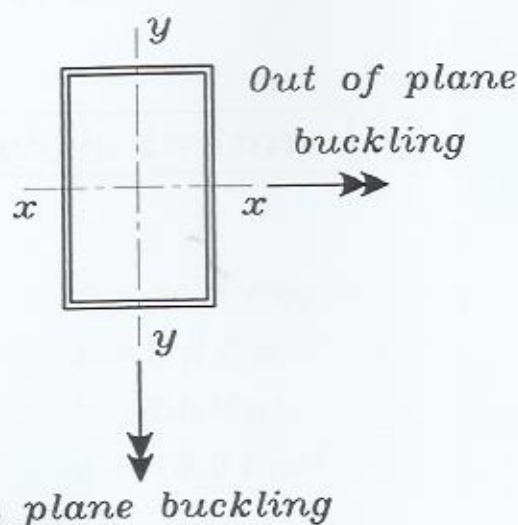
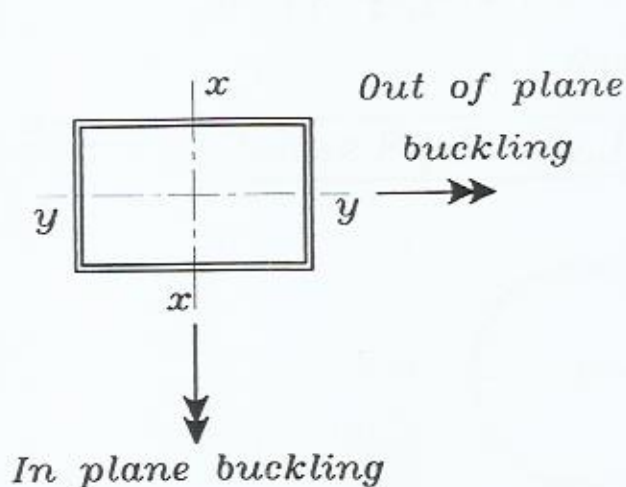
فى حالة وضع الضلع الطويل أفقى



نجد أن محور X هو الذى يقاوم *Out of plane buckling*
و محور y هو الذى يقاوم *In plane buckling*

$$\lambda_{in} = \frac{l_{b\ in}}{r_y} \quad \lambda_{out} = \frac{l_{b\ out}}{r_x}$$

و حيث أن $r_x > r_y$ لذلك يفضل اذا كان $l_{b\ out} > l_{b\ in}$ أن نضع الضلع الطويل أفقى حتى تكون قيمة $l_{b\ out}$ الكبيرة بتقسم على r_x و هى أكبر من r_y و هذا يحدث كثيرا فى حالة *Lower chord* حيث أنه فى الاغلب تكون $l_{b\ out} > l_{b\ in}$.

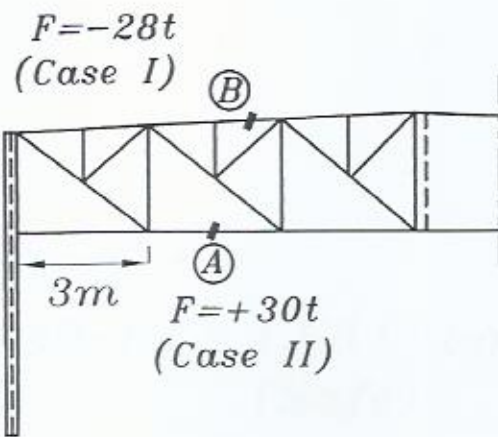


Example

Design the marked members

* A \Rightarrow As hollow pipe section

* B \Rightarrow As hollow square section



Member (A)

1) Data

* Length = 300 cm

* Design on Force = +30 ton (Case II)

* l_{bin} = Distance between joints = 300 cm

* l_{bout} = Distance between long. bracing = 900 cm

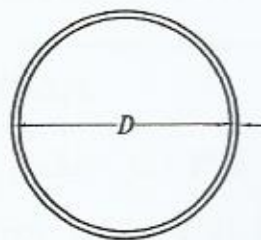
2) Choice of section

$$A_{pipe} = \frac{\text{Force (ton)}}{F_t (t \setminus cm^2) * 1.2} = \frac{30}{1.4 * 1.2} = 17.86 cm^2$$

Case B

من الجدول

\Rightarrow Choose Pipe No.108 with $t=6mm$



$$D = 10.8 \text{ Cm}$$

$$t = 0.6 \text{ Cm}$$

$$r = 3.61 \text{ Cm}$$

$$A = 19.2 \text{ Cm}^2$$

Minimum thickness for any welded member = 5mm

3) Checks

a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{\text{pipe}}} = \frac{30}{19.2} = 1.56 \text{ t/cm}^2$$
$$\leq F_t = 1.40 * 1.2 = 1.68 \text{ t/cm}^2$$

(Safe)

b) Slenderness

$$r = \text{من الجدول} = 3.61 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r} = \frac{300}{3.61} = 83.10 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r} = \frac{900}{3.61} = 249.3 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Deflection

$$* \frac{L}{d} = \frac{300 \text{ cm}}{10.8 \text{ cm}} = 27.7 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

Member (B)

1) Data

$$* \text{Length} = 150 \text{ cm}$$

$$* \text{Design on Force} = -28 \text{ ton (Case I)}$$

$$* l_{b_{in}} = \text{Distance between joints} = 150 \text{ cm}$$

$$* l_{b_{out}} = \text{Distance between Purlins} = 150 \text{ cm}$$

2) Choice of section

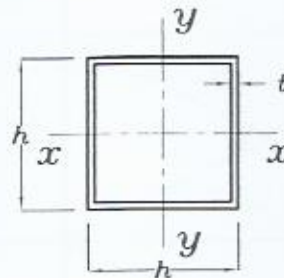
حتى لا نضطر الى حفظ القيم التقريبية لـ r لكل القطاعات سنقوم باختيار هذا القطاع حسب الـ Stress فقط و نفترض الـ $\text{Allowable compression stress}$ أى قيمة أقل من الـ 1.40 t/cm^2

assume $F_C = 1.00 \text{ t/cm}^2$

$$A_{\text{square}} = \frac{\text{Force (ton)}}{F_C (\text{t/cm}^2)} = \frac{28}{1.0} = 28.0 \text{ cm}^2$$

من الجدول \Rightarrow Choose S.H.S 100 * 100 * 8 mm

S.H.S \Rightarrow Square hollow section



$$h = 10 \text{ Cm}$$

$$t = 0.80 \text{ Cm}$$

$$r = 3.74 \text{ Cm}$$

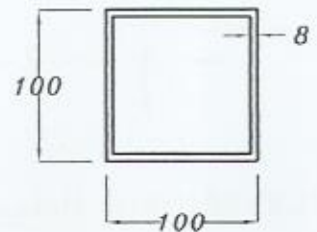
$$A = 29.1 \text{ Cm}^2$$

3) Checks

a) Class of section

$$* \frac{b}{t} = \frac{100}{8} = 12.5 < \frac{64}{\sqrt{F_y}} = \frac{23}{\sqrt{2.4}} = 41.31$$

\Rightarrow The section is compact



a) Buckling (Slenderness)

$$r_v = \text{من الجدول} = 3.74 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{In} = \lambda_{out} = \frac{l_{b \text{ out}}}{r} = \frac{150}{3.74} = 40.10 < 180 \Rightarrow (\text{Safe})$$

b) Stress

$$\lambda_{\text{max.}} = 40.10 \leq 100$$

$$* F_C = 1.4 - 6.5 * 10^{-5} \lambda_{\text{max.}}^2 = 1.4 - 6.5 * 10^{-5} (40.10)^2$$

$$= 1.29 \text{ t/cm}^2$$

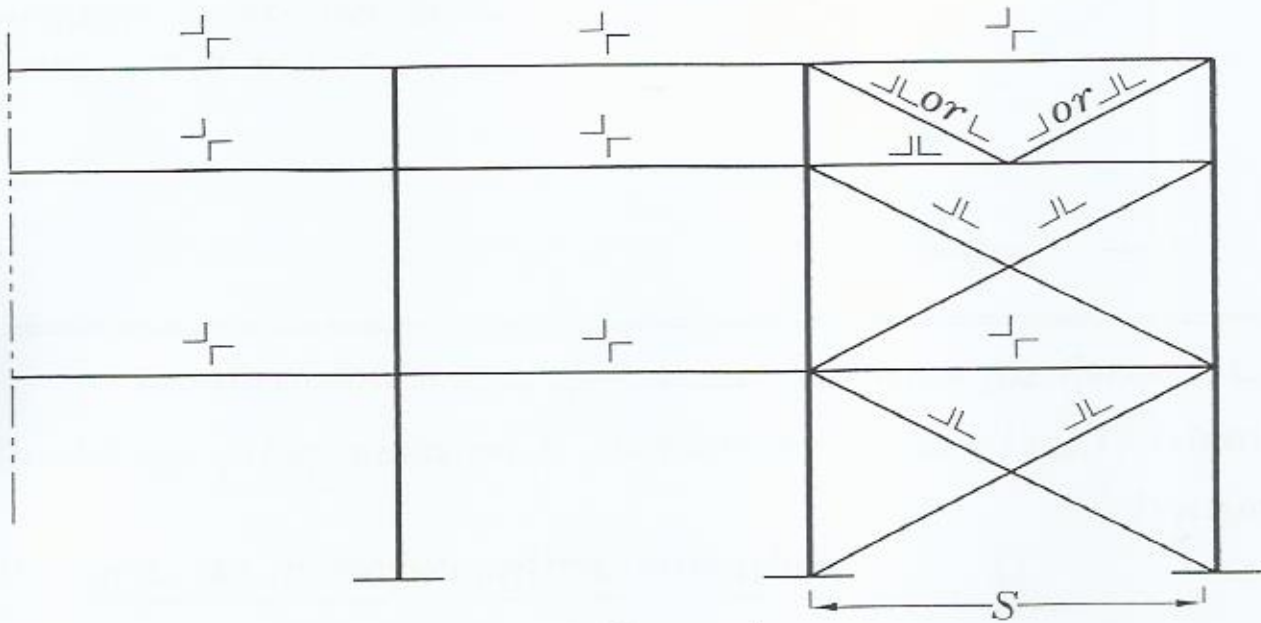
$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{A_{\text{S.H.S}}} = \frac{28}{29.1} = 0.96 \text{ t/cm}^2$$

$$\leq F_C \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \frac{f_C}{F_C} = \frac{0.96}{1.29} = 0.75 \Rightarrow (\text{Safe but waste})$$

و من المفترض في هذه الحالة أن نختار section أصغر و نعيد ال Checks .

Vertical bracing



Vertical bracing

* ال members الطويلة و التي فى الاغلب طولها يساوى ال Spacing بين

ال main systems تؤخذ Star shaped لمقاومة ال Deflection .

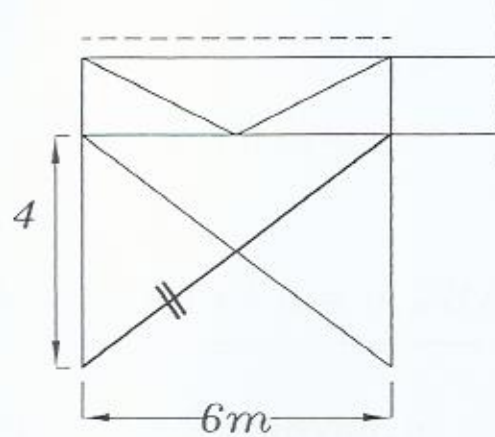
* باقى ال members من الممكن أن تكون Single angle أو back to back

و لكن لو كانت طويلة يفضل أن تكون back to back


Example

Design the shown marked bracing member. (Bolts are M16).

Force = ± 3 ton



طالما ال Force على ال member متساوية في حالة ال Compression و ال Tension فنبدأ بتصميم ال member على ال Compression ثم نزود Checks ال Tension.

Design as compression member \Rightarrow 

1) Data

$$* \text{Length} = 0.5 * \sqrt{400^2 + 600^2} = 360 \text{ cm}$$

$$* \text{Force} = +3 \text{ ton}$$

$$* l_{bin} = \text{Distance between joints} = 360 \text{ cm}$$

$$* l_{bout} = 1.50 * 360 = 540 \text{ cm}$$

2) Choice of section

From stresses

$$* \text{assume } F_C = 0.75 \text{ t/cm}^2$$

$$\therefore A_{g \perp L} = \frac{\text{force}}{F_C} = \frac{3}{0.75}$$

$$= 4.0 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_{g \perp} = \frac{A_{g \perp L}}{2} = \frac{4.0}{2}$$

$$= 2.0 \text{ cm}^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}}$ $\perp 35 * 35 * 4$

From buckling

$$* \text{assume } \lambda_{out} = \lambda_{in} = 100$$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bin}}{r_x} = \frac{360}{0.30 a_2}$$

$$\Rightarrow a_2 = 12 \text{ cm}$$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bout}}{r_y} = \frac{540}{0.45 a_3}$$

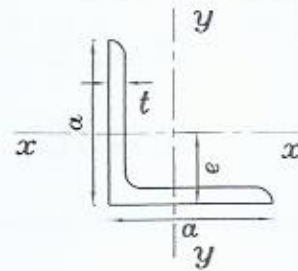
$$\Rightarrow a_3 = \boxed{12 \text{ cm}}$$

$$a_{av} = \frac{a_1 + (\overset{\text{الأكبر}}{a_2 \text{ or } a_3})}{2} = \frac{3.5 + 12}{2} = 7.75 \text{ cm}$$

Choose $\angle 80 \times 80 \times 8$

$$> \text{minimum angle } \alpha_{min.} = 1.1 \times 3 \phi = 1.1 \times 3 \times 1.6 = 5.28 \text{ cm}$$

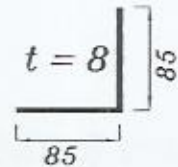
3) Checks



$$\begin{aligned} & \angle 80 \times 80 \times 8 \\ & A = 12.3 \text{ cm}^2 \\ & e = 2.26 \text{ cm} \\ & r_x = r_y = 2.42 \text{ cm} \\ & r_v = 1.55 \text{ cm} \end{aligned}$$

a) Class of section

$$* \frac{b}{t} = \frac{80}{8} = 10 < \frac{23}{\sqrt{F_y}} = \frac{23}{\sqrt{2.4}} = 14.84$$



\Rightarrow The section is non-compact (Code page 12)

b) Buckling (Slenderness)

$$r_{x_{\angle L}} = r_{x_L} \text{ من الجدول } = 2.42 \text{ cm}$$

assume $t_{cp} = 1 \text{ cm}$

$$r_{y_{\angle L}} = \sqrt{r_{y_L}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{2.42^2 + (2.26 + \frac{1.0}{2})^2} = 3.67 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_{x_{\angle L}}} = \frac{360}{2.42} = 148.67 < 200 \Rightarrow \text{(Safe)}$$

Bracing

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{y_{\angle L}}} = \frac{540}{3.67} = 147.1 < 200 \Rightarrow \text{(Safe)}$$

Bracing

C) Stress

$$\lambda_{max.} = 148.7 > 100$$

$$*F_C = \frac{7500}{\lambda_{max.}^2} = \frac{7500}{148.67^2} = 0.34 \text{ t/cm}^2$$

$$*f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{2 * A_{gL}} = \frac{3}{2 * 12.3} = 0.12 \text{ t/cm}^2$$

$$\leq F_C \Rightarrow (\text{Safe})$$

Design of tie plate

$$\lambda_v \leq \lambda_{max.}$$

$$\frac{l^{\setminus}}{r_{vL}} = \frac{l^{\setminus}}{1.55} \leq 92.2 \Rightarrow l^{\setminus} \leq 1.55 * 148.7 = 230.5 \text{ cm}$$

$$l^{\setminus} \leq 230.5 \text{ cm} > \frac{l}{2} \Rightarrow \text{Use one tie plate at the middle of member}$$

Check as tension member

a) Stress

حيث أن ال member هو Bolted لذلك في حالة ال Tension نستخدم A_{net}

$$A_{net} = 2 [A_{gross \perp} - (\phi + 0.2 \text{ cm}) * t_{\perp}]$$
$$= 2 [12.3 - (1.6 + 0.2 \text{ cm}) * 0.8] = 21.7 \text{ cm}^2$$

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \frac{3}{2 * 21.7} = 0.138 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

مساحة ال angle التي تم حسابها

$$\leq F_t = 1.40 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

(Safe)

b) Slenderness

لا نحتاج الى عمل Check buckling لاننا عملناه في الخطوة السابقة
وال allowable buckling ratio في ال Tension أكبر من ال Compression

c) Deflection

$$* \frac{L}{d} = \frac{360 \text{ cm}}{8 \text{ cm}} = 45.0 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

Choose $\perp 80 * 80 * 8$

Example

A vertical truss is constructed to support an advertising board as shown in figure. The truss consists of two columns and a series of diagonal and horizontal members as shown. It is required to :

1) Design member (1) knowing that

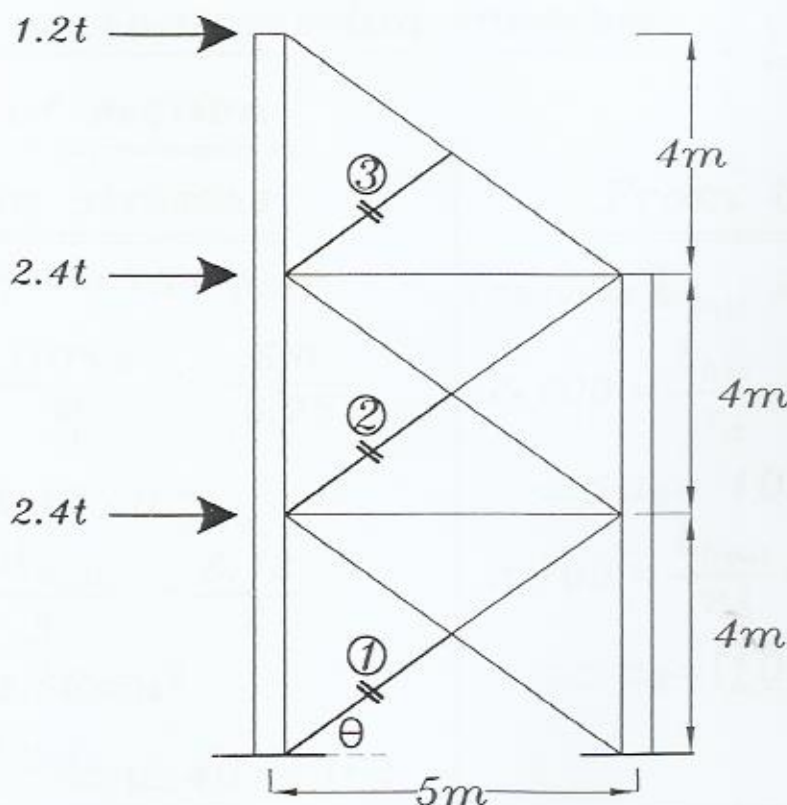
$$F = \pm \frac{Q}{2 * \cos \theta}$$

Where :

$F \Rightarrow$ Force in the member

$Q \Rightarrow$ summation of shear forces above the member

$\theta \Rightarrow$ Slope angle of the member with horizontal



Member (1)

1) Data

$$* \text{Length} = 0.5 * \sqrt{400^2 + 500^2} = 320 \text{ cm}$$

$$* l_{bin} = \text{Distance between joints} = 320 \text{ cm}$$

$$* l_{bout} = 1.50 * 320 = 480 \text{ cm}$$

$$* \text{Force} = \pm \frac{Q}{2 * \cos \theta}$$

$$* Q = 1.2 + 2.4 + 2.4 = 6 \text{ t}$$

$$* \theta = 38.66^\circ$$

$$\text{Force} = \pm \frac{6}{2 * \cos 38.66} = \pm 3.84 \text{ ton}$$

Design as compression member \Rightarrow 

Choice of section

From stresses

$$* \text{assume } F_c = 0.75 \text{ t/cm}^2$$

$$\therefore A_{g \perp L} = \frac{\text{force}}{F_c} = \frac{6.0}{0.75} \\ = 5.12 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_{g \perp} = \frac{A_{g \perp L}}{2} = \frac{5.12}{2} \\ = 2.56 \text{ cm}^2$$

Choose $\xrightarrow{\text{tables}}$ $\perp 40 * 40 * 4$

From buckling

$$* \text{assume } \lambda_{out} = \lambda_{in} = 100$$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bin}}{r_x} = \frac{320}{0.30 \alpha_2}$$

$$\Rightarrow \alpha_2 = 10.67 \text{ cm}$$

$$\therefore 100 = \frac{l_{bout}}{r_y} = \frac{480}{0.45 \alpha_3}$$

$$\Rightarrow \alpha_3 = \boxed{10.67 \text{ cm}}$$

$$\alpha_{av} = \frac{\alpha_1 + (\overset{\text{الأكبر}}{\alpha_2 \text{ or } \alpha_3})}{2} = \frac{4 + 10.67}{2} = 7.33 \text{ cm}$$

Choose $\angle 75 \times 75 \times 7$

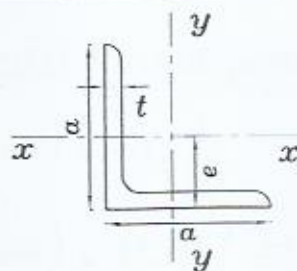
$$> \text{minimum angle } \alpha_{\min.} = 1.1 \times 3 \phi = 1.1 \times 3 \times 1.6 = 5.28 \text{ cm}$$

3) Checks

$$r_{x\angle} = r_{xL} \text{ من الجدول} = 2.28 \text{ cm}$$

$$\text{assume } t_{cp} = 1 \text{ cm}$$

$$r_{y\angle} = \sqrt{r_{yL}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{2.28^2 + (2.03 + \frac{1.0}{2})^2} = 3.37 \text{ cm}$$



$\angle 75 \times 75 \times 7$

$$A = 10.1 \text{ cm}^2$$

$$e = 2.03 \text{ cm}$$

$$r_x = r_y = 2.28 \text{ cm}$$

$$r_v = 1.45 \text{ cm}$$

a) Buckling (Slenderness)

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b\text{ in}}}{r_{x\angle}} = \frac{320}{2.28} = 140.35 < 200 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b\text{ out}}}{r_{y\angle}} = \frac{480}{3.37} = 142.43 < 200 \Rightarrow (\text{Safe})$$

b) Stress

$$\lambda_{\max.} = 142.43 > 100$$

$$* F_C = \frac{7500}{\lambda_{\max.}^2} = \frac{7500}{142.43^2} = 0.369 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

$$* f_C = \text{actual stress} = \frac{\text{force}}{2 * A_{gL}} = \frac{6.0}{2 * 10.1} = 0.19 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

$$\leq F_C \Rightarrow (\text{Safe})$$

Design of tie plate

$$\lambda_v \leq \lambda_{\max.}$$

$$\frac{l^{\setminus}}{r_{vL}} = \frac{l^{\setminus}}{1.45} \leq 92.2 \Rightarrow l^{\setminus} \leq 1.55 * 142.4 = 206.5 \text{ cm}$$

$$l^{\setminus} \leq 206.5 \text{ cm} > \frac{l}{2} \Rightarrow \text{Use one tie plate at the middle of member}$$

Check as tension member

a) Stress

حيث أن ال member هو Bolted لذلك في حالة ال Tension نستخدم A_{net}

$$A_{net} = 2 [A_{gross \perp} - (\phi + 0.2 \text{ cm}) * t_{\perp}]$$
$$= 2 [10.1 - (1.6 + 0.2 \text{ cm}) * 0.8] = 17.68 \text{ cm}^2$$

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \frac{6.0}{2 * 17.68} = 0.217 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

مساحة ال angle التي تم حسابها $\leq F_t = 1.40 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$
(Safe)

b) Slenderness

لا نحتاج الى عمل Check buckling لاننا عملناه في الخطوة السابقة
و ال allowable buckling ratio في ال Tension أكبر من ال Compression

c) Deflection

$$* \frac{L}{d} = \frac{320 \text{ cm}}{7.5 \text{ cm}} = 42.67 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

Choose $\perp 75 * 75 * 7$

Member (2)

$$* \text{Force} = \pm \frac{Q}{2 * \cos \theta}$$

$$* Q = 1.2 + 2.4 = 3.6 \text{ t}$$

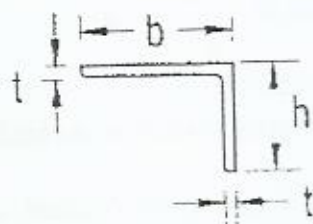
$$* \theta = 38.66^\circ$$

$$\text{Force} = \pm \frac{3.6}{2 * \cos 38.66} = \pm 2.30 \text{ ton}$$

Member (3) Zero member

Table (2.1d) Maximum Width to Thickness Ratios for Compression Elements

(d) Angles:



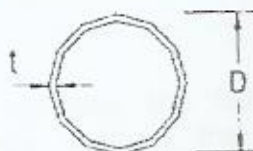
(Does not apply to angles in continuous contact with other components)

Class	Section In Compression
Stress distribution across section	
<u>Non-compact</u>	$b/t \leq 23/\sqrt{F_y}$; $(b+h)/2t \leq 17/\sqrt{F_y}$ (*)

Class	Section In Compression
(e) <u>T-Section:</u>	

<u>Non-compact</u>	$b/t \leq 30/\sqrt{F_y}$
--------------------	--------------------------

(f) Tubular Section:



Class	Section In Bending and/or Compression
<u>1. Compact</u>	$D/t \leq 165/\sqrt{F_y}$
<u>2. Non-Compact</u>	$D/t \leq 211/\sqrt{F_y}$

F_y in t/cm^2

(*) For unequal leg angles

$$\lambda_q \geq 1.2 \quad q_b = \frac{0.9}{\lambda_q} (0.35 F_y) \dots\dots\dots 2.10$$

2.6.4 Allowable Stress in Axial Compression F_c

On the gross section of axially loaded symmetric compression members (having compact, non-compact, or slender sections) in which the shear center coincides with the center of gravity of the section and meeting all the width-thickness ratio requirements of Clause 2.6.1:

For λ = slenderness ratio = $kl/r < 100$ (see Chapter 4 for definition of terms):

$$F_c = 0.58F_y - \frac{(0.58F_y - 0.75)}{10^4} \lambda^2 \dots\dots\dots 2.11$$

Grade of Steel	F_c (t/cm ²)		
	$t \leq 40$ mm	$40 \text{ mm} < t \leq 100$ mm	
St 37	$F_c = (1.4 - 0.000065\lambda^2)$	$F_c = (1.3 - 0.000055\lambda^2)$	2.12
St 44	$F_c = (1.6 - 0.000085\lambda^2)$	$F_c = (1.5 - 0.000075\lambda^2)$	2.13
St 52	$F_c = (2.1 - 0.000135\lambda^2)$	$F_c = (2.0 - 0.000125\lambda^2)$	2.14

For all grades of steel:

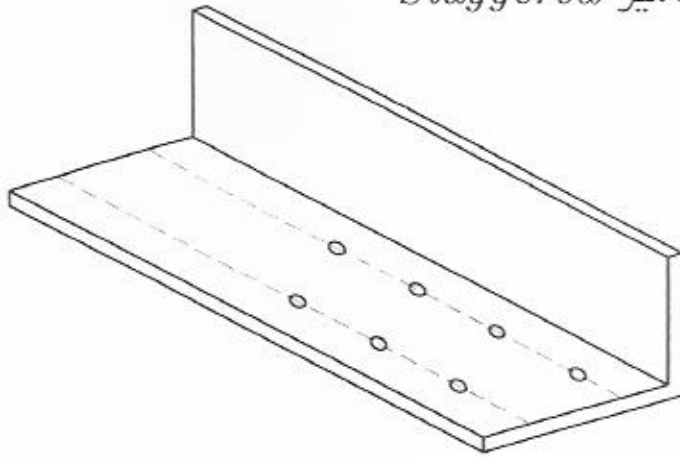
For $\lambda = kl/r \geq 100$:

$$F_c = 7500/\lambda^2 \dots\dots\dots 2.15$$

For compact and non-compact sections, the full area of the section shall be used, while for slender sections, the effective area shall be used, as given in Tables 2.3 & 2.4.

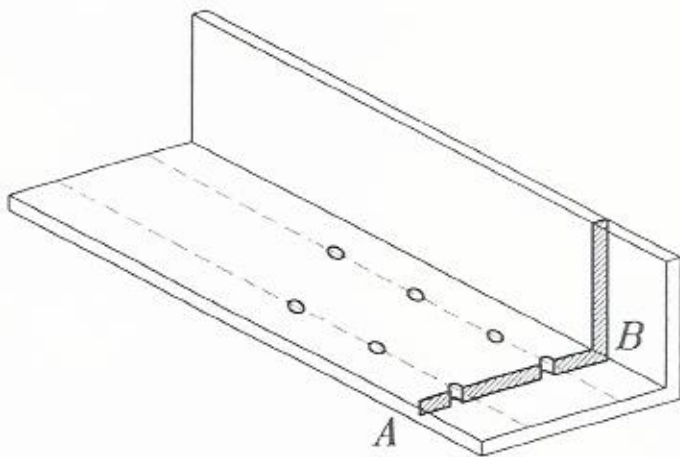
In case of sections eccentrically connected to gusset plates (e.g., one angle), unless a more accurate analysis is used, the allowable compressive stresses shall be reduced by 40% of F_c in case the additional bending stresses due to eccentricity are not calculated.

فى الحالة السابقة تم رص المسامير *Staggered*

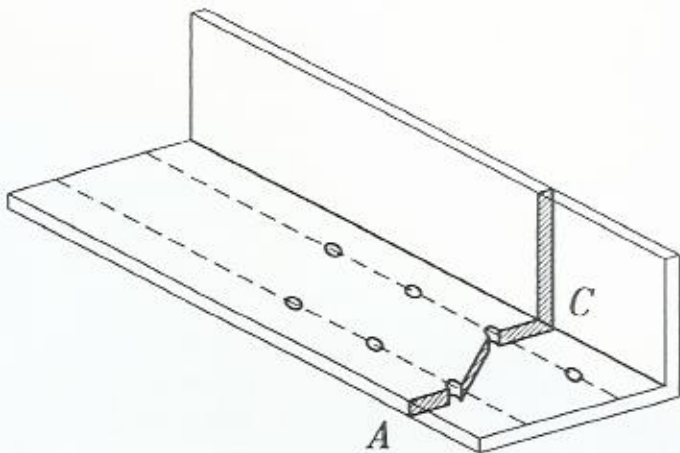


الشكل الاساسى

و فى هذه الرصة هناك احتمالان للكسر و هما كالتالى



الاحتمال الاول



الاحتمال الثانى