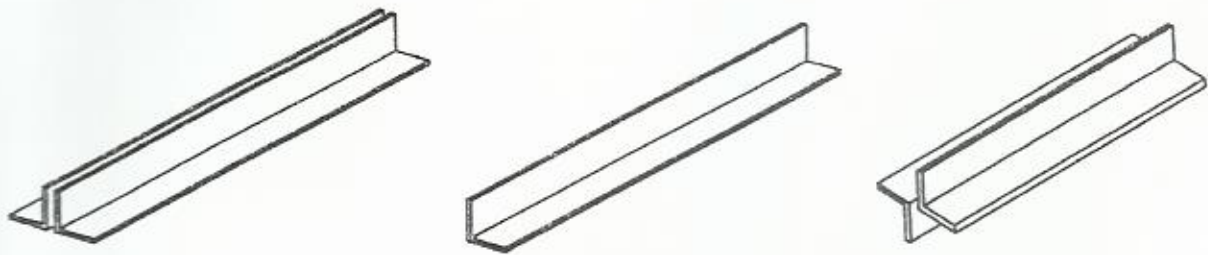


Steel 2012

A / ٢ ٤

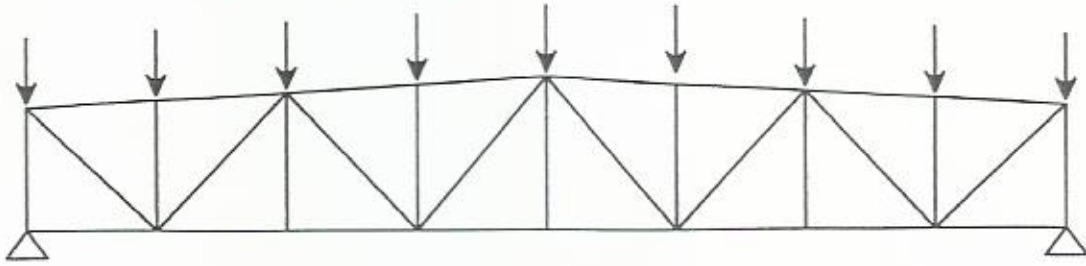


Design of Tension Members



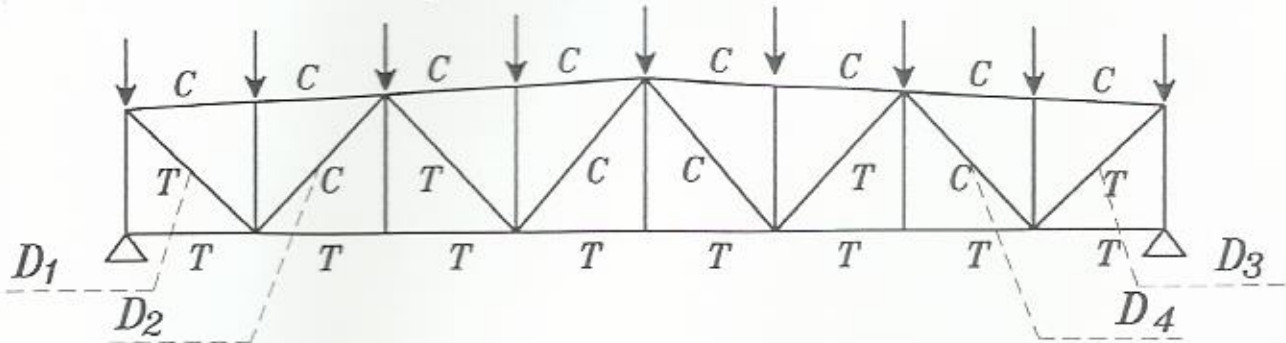
(2012-2013)

Design of tension member

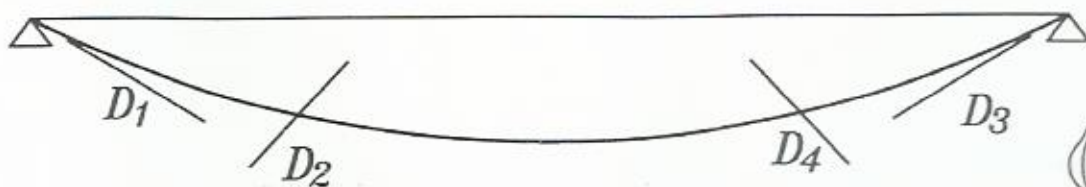
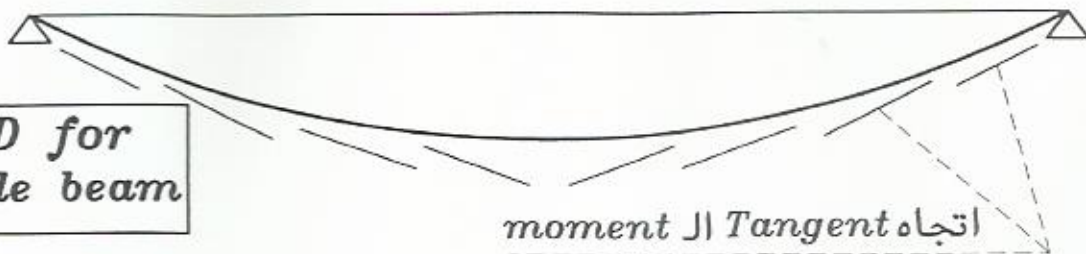


من الممكن بدون حل ال *Truss* أن نعرف لبعض ال *members* ما اذا كانت ال *Forces* بها شد أو ضغط .

- ١- نتعامل مع ال *Truss* كأنه كمره و نرسم ال *moment* عليه .
- ٢- بالنسبة لل *upper chord* و ال *lower chord* يكون الموجود منهم ناحية ال *moment* عليه *Tension* و الموجود الناحية الاخرى عليه *compression* .
- ٣- بالنسبة لل *diagonals* اذا كان مائلا فى نفس اتجاه ال *Tangent* ال *moment* يكون عليه *Tension* و اذا كان مائلا عكس ال *Tangent* ال *moment* يكون عليه *compression* .
- ٤- بالنسبة لل *Verticals* لابد من حلها لمعرفة نوع القوة فيها .



**B.M.D for
simple beam**



For upper chord \Rightarrow moment ال اتجاه عكس في

\Rightarrow Compression members

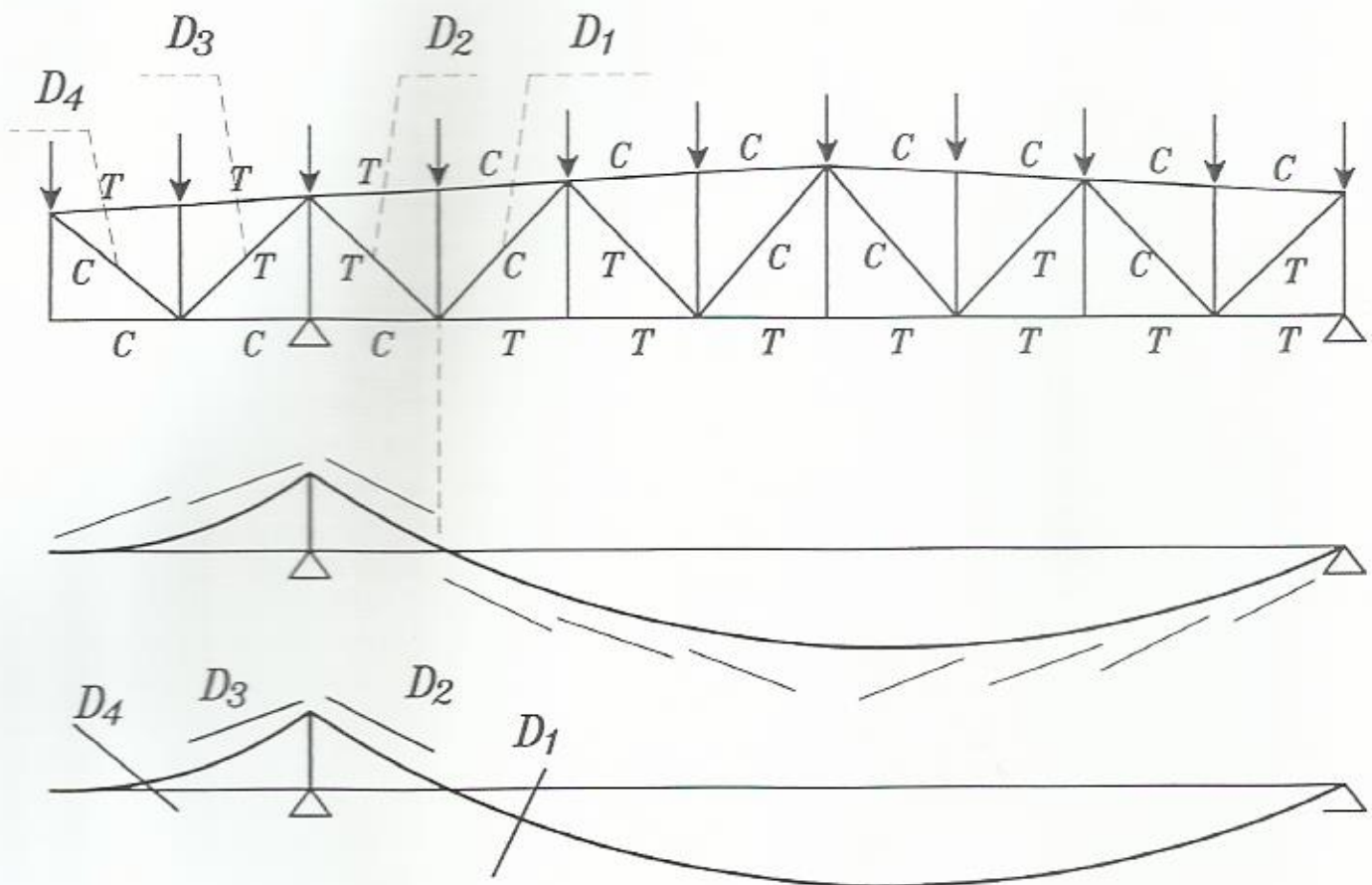
For lower chord \Rightarrow moment ال اتجاه نفس في

\Rightarrow Tension members

For diagonals moment

\Rightarrow Tension اللى موجودين في نفس اتجاه Tnagent ال moment يكون D_3 و D_1 مثل .

\Rightarrow Compression اللى موجودين في عكس اتجاه Tnagent ال moment يكون D_4 و D_2 مثل .



ملحوظة هامة جدا

عند رسم ال *Truss* فى ال *layout* نضع ال *diagonals* فى اتجاه *Tangent* ال *moment* حتى يكون عليها *Tension* حيث أن الحديد يقاوم الشد أفضل من الضغط بعكس الخرسانة .

$+Ve \Rightarrow$ Tension force

$-Ve \Rightarrow$ Compression force

و بذلك نجد أن *Truss* ال *members* من الممكن أن تكون أحد الحالات التالية :

1- Tension member

2- Compression member

3- Zero member

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

Introduction to design tension members

- 1) Calculation of stresses
- 2) Grades of steel
- 3) Allowable stresses
- 4) Buckling length of members
- 5) Sections used in design
- 6) Slenderness ratio and radius of gyration
- 7) Approximate values for radius of gyration
- 8) Gross area and Net area
- 9) Minimum angles used in design
- 10) Classification of sections

1) Calculation of stresses

$$\# \text{ Stress} \Rightarrow \text{اجهاد} \Rightarrow \frac{\text{Force}}{\text{Area}}$$

و سوف نقوم باستخدام نظام معين للوحدات فى التصميم و هو كالتالى

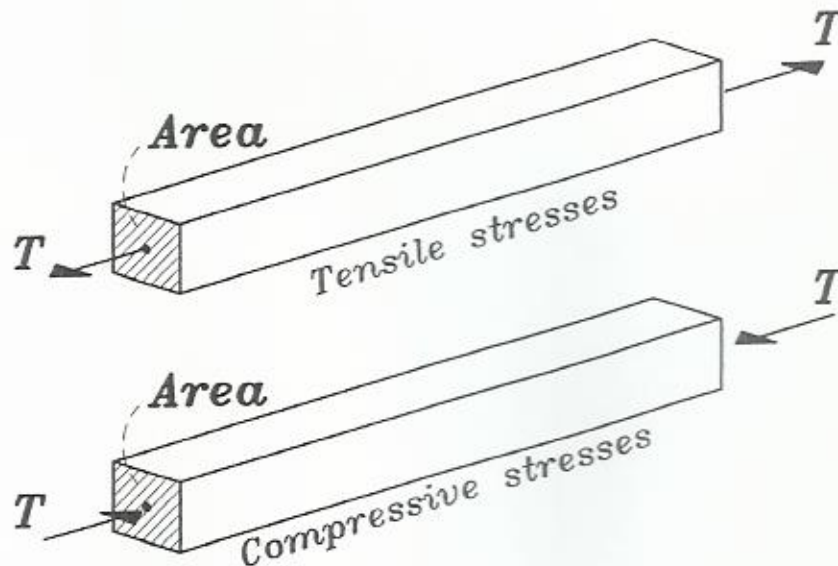
$$\# \text{ Force} \Rightarrow \text{ton}$$

$$\# \text{ Length} \Rightarrow \text{Cm}$$

وبالتالى عند حساب الاجهاد و هو قوة على مساحة تكون وحداته:

$$\# \text{ Stress} \Rightarrow \text{ton} \setminus \text{Cm}^2$$

و الاجهادات العمودية على القطاع نوعين و هما ال *Tensile stresses* و ال *Compressive stresses*.



$$\text{Stress} = \frac{\text{Force (ton)}}{\text{Area (Cm}^2\text{)}}$$

2) Grades of steel

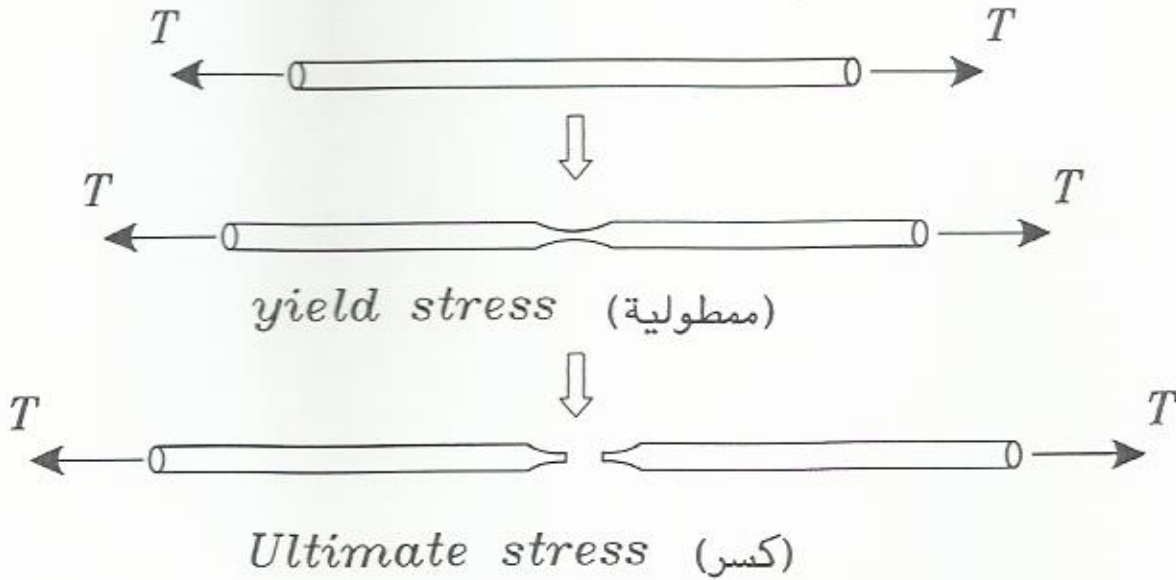
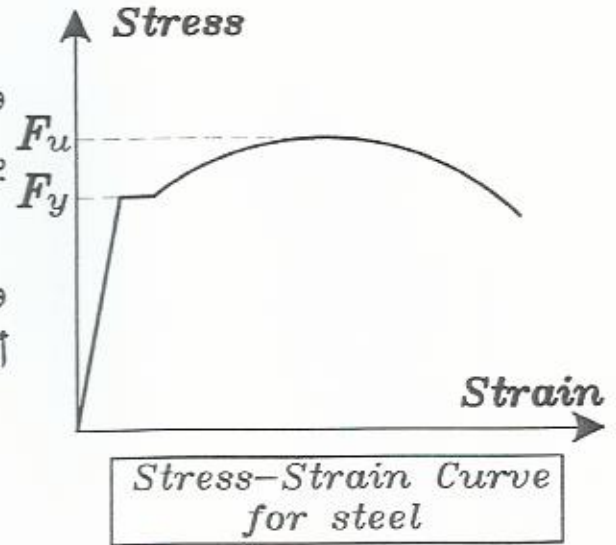
يوجد ثلاثة أنواع من الحديد و أى نوع يوجد له Stress-Strain Curve

$F_y \Rightarrow$ yield stress

و يسمى باجهاد الممتطولية و هو الاجهاد الذى يحدث عنده استطالة كبيرة فى الحديد .

$F_u \Rightarrow$ Ultimate stress

و هو أكبر اجهاد يستطيع الحديد تحمله قبل أن يحدث كسر له .



Grades of steel	$F_y (t \setminus cm^2)$	$F_u (t \setminus cm^2)$
St. 37 (24/36)	2.40	3.60
St. 44 (28/44)	2.80	4.40
St. 52 (36/52)	3.60	5.20

3) Allowable stresses

ال *Allowable stress* هو الاجهاد الذى يجب الا يزيد اجهاد العنصر الانشائى عنه و الا يعتبر *Unsafe*.

من المفترض الا يزيد الاجهاد عن أى عنصر حديد عن ال F_y لان حدوث ممطولية كبيرة يعنى بالنسبة لنا بداية الانهيار و بالتالى فيمكننا اعتبار أى *member* أنه يستطيع التحمل حتى ال F_y بأمان .

لابد فى التصميم دائما من وجود معامل امان (*Factor of safety*) و معامل الامان هنا هو اننا نعلم ان العنصر الانشائى يتحمل حتى F_y و لكننا فى التصميم نعتبر أن ال *Allowable stress* أقل من ال F_y .

$$\text{Allowable tensile stress} = 0.58 * F_y$$

(F_t) (*Factor of safety*)

For st. 37

$$F_t = 0.58 * F_y = 0.58 * 2.4 = 1.4 \text{ t/cm}^2$$

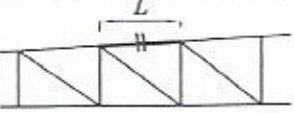
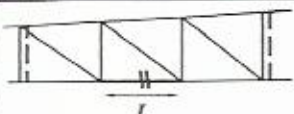
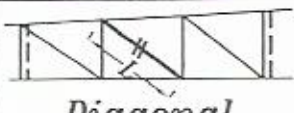





و هذا معناه انه عند حساب ال *Stresses* لحديد 37 لاي عنصر انشائى يجب الا تزيد عن 1.4 t/cm^2 .


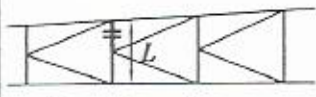


و بنفس الطريقة يمكن حساب ال *Allowable stress* لباقي أنواع الحديد و لكننا أغلب دراستنا هذا العام ستكون على حديد 37 .

4) Buckling length of members

قد تم دراسته بالتفصيل فى الدرس السابق ووصلنا للملخص التالى

Summary of buckling length (Code pages 56 & 57)

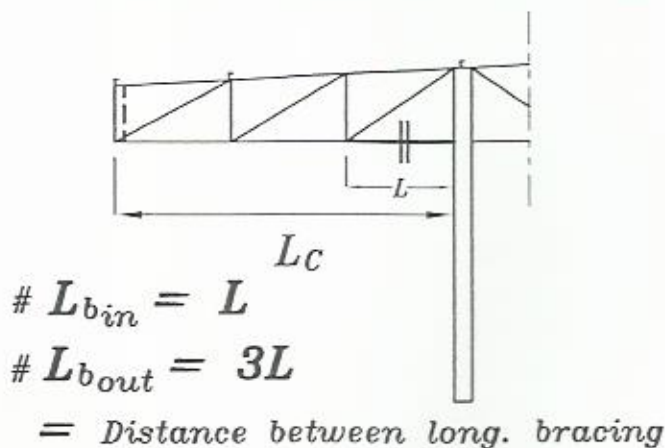
	L_{bin}	L_{bout}
 Upper chord for any Truss	distance between joints. $L_{bin} = L$	distance between purlins. $L_{bout} = L$
 Lower chord for any Truss	distance between joints. $L_{bin} = L$	distance between longitudinal bracing $L_{bout} = 3L$
Vertical and Diagonals		
 Diagonal	distance between joints. $L_{bin} = L$	$L_{bout} = L$
 Vertical	distance between joints. $L_{bin} = L$	$L_{bout} = L$
 small vertical	distance between joints. $L_{bin} = L$	$L_{bout} = 1.2L$
 small diagonal	distance between joints. $L_{bin} = L$	$L_{bout} = 1.2L$
 Vertical	distance between joints. $L_{bin} = L$	$L_{bout} = L$
 Diagonal	distance between joints. $L_{bin} = L$	$L_{bout} = L$

	L_{bin}	L_{bout}
 <i>Diagonal</i>	<i>distance between joints.</i> $L_{bin} = L$	$L_{bout} = 1.2L$
 <i>Vertical</i>	<i>distance between joints.</i> $L_{bin} = 0.5L$	$L_{bout} = L$
 <i>Diagonal</i>	<i>distance between joints.</i> $L_{bin} = 0.5L$	$L_{bout} = 0.75L$
 <i>Vertical</i>	<i>distance between joints.</i> $L_{bin} = L$	$L_{bout} = L$

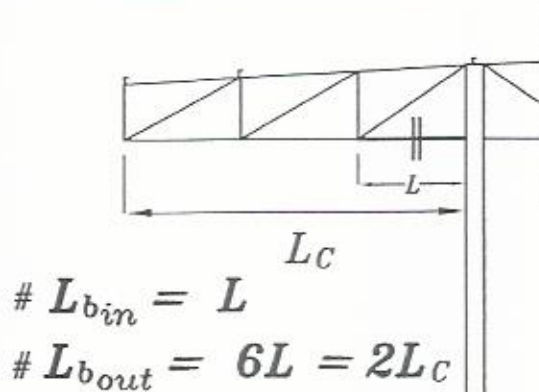
Special cases

1- Lower chord in cantilever truss

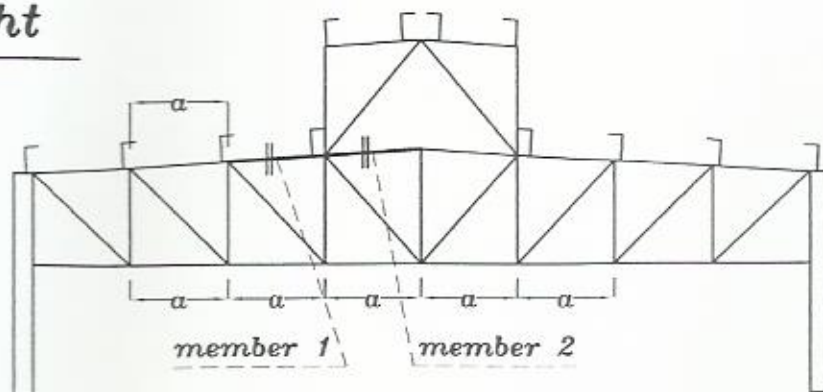
a) with longitudinal bracing



b) without longitudinal bracing



2- Sky light



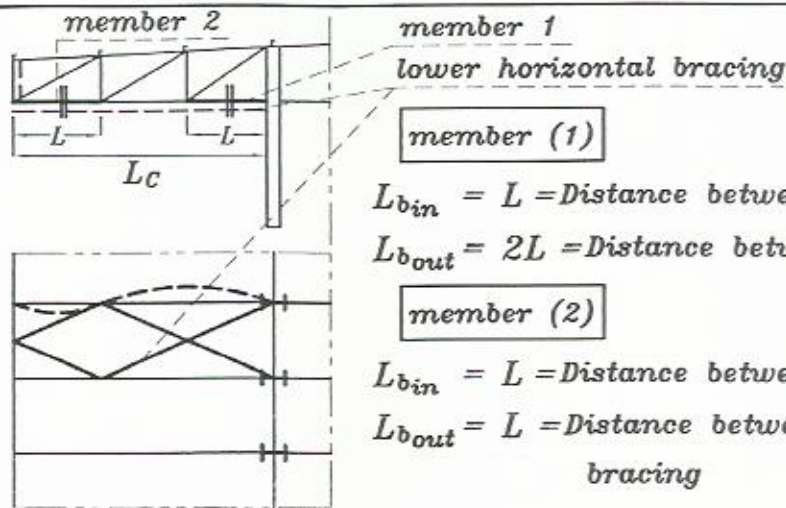
member (1)

$L_{bin} = a = \text{Distance between joints}$
 $L_{bout} = a = \text{Distance between purlins}$

member (2)



$L_{bin} = a = \text{Distance between joints}$
 $L_{bout} = 2a = \text{Distance between purlins}$

3- Using lower horizontal bracing



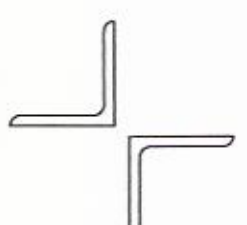

5) Sections used in design

في الاغلب نستخدم ال *Angles* في *Truss* ال *members* و لكن بأشكال مختلفة

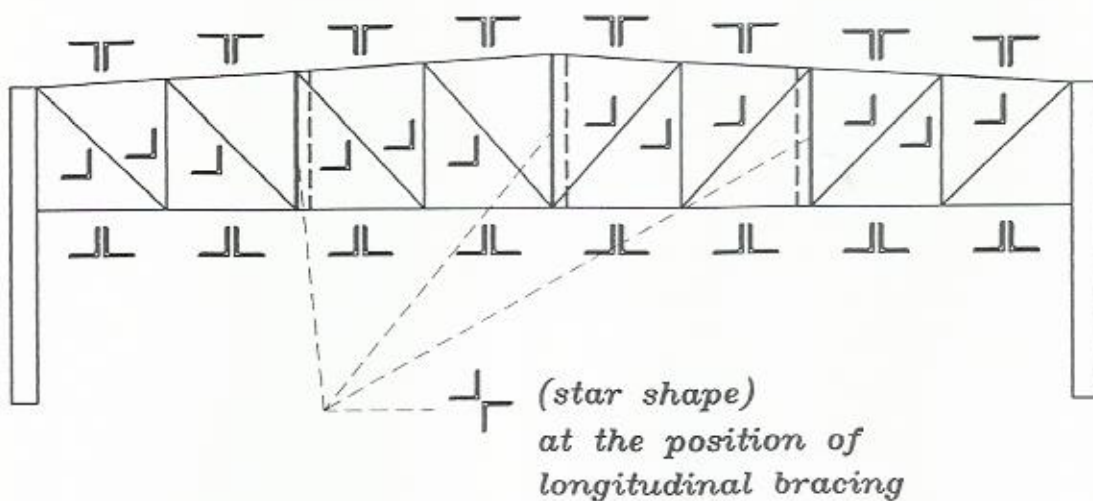


 تُستخدم في ال *Upper chord members* & *Lower chord members*
 (double angle back to back)

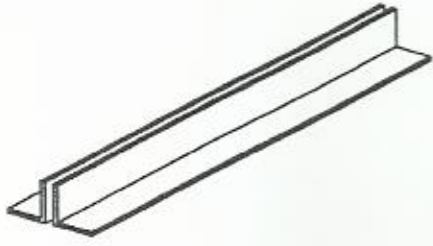


 تُستخدم في ال *Verticals* & *Diagonals*
 (single angle)



 تُستخدم في ال *Verticals* الموجودة عند أماكن ال *Longitudinal bracing*.
 و تُستخدم في ال *members* الطويلة ($L > 4m$)
 (star shape)

و سوف نعرف السبب في ذلك بعد أن نتعلم كيفية التصميم .

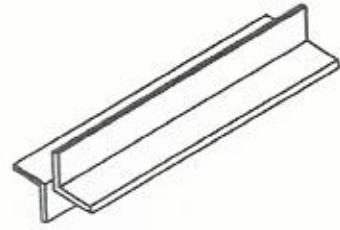




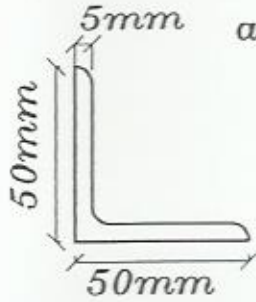
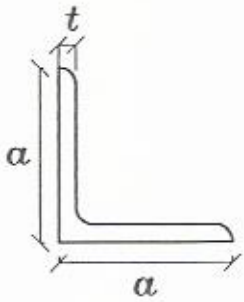
(double angle
back to back)



(single angle)

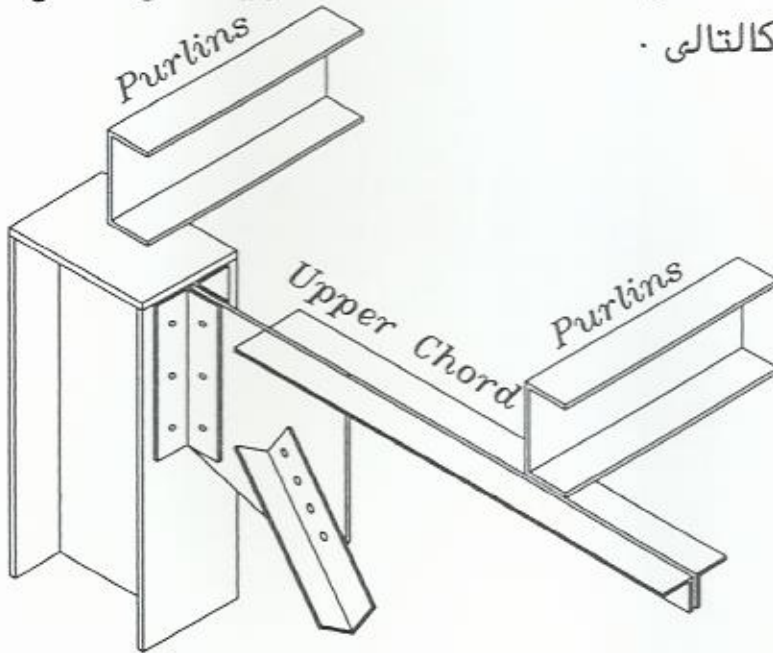


(Star Shape)



ويتم تسمية ال angle كالتالي $\alpha * \alpha * t$ angle
فمثلا $50 * 50 * 5$ angle تكون كالتالي

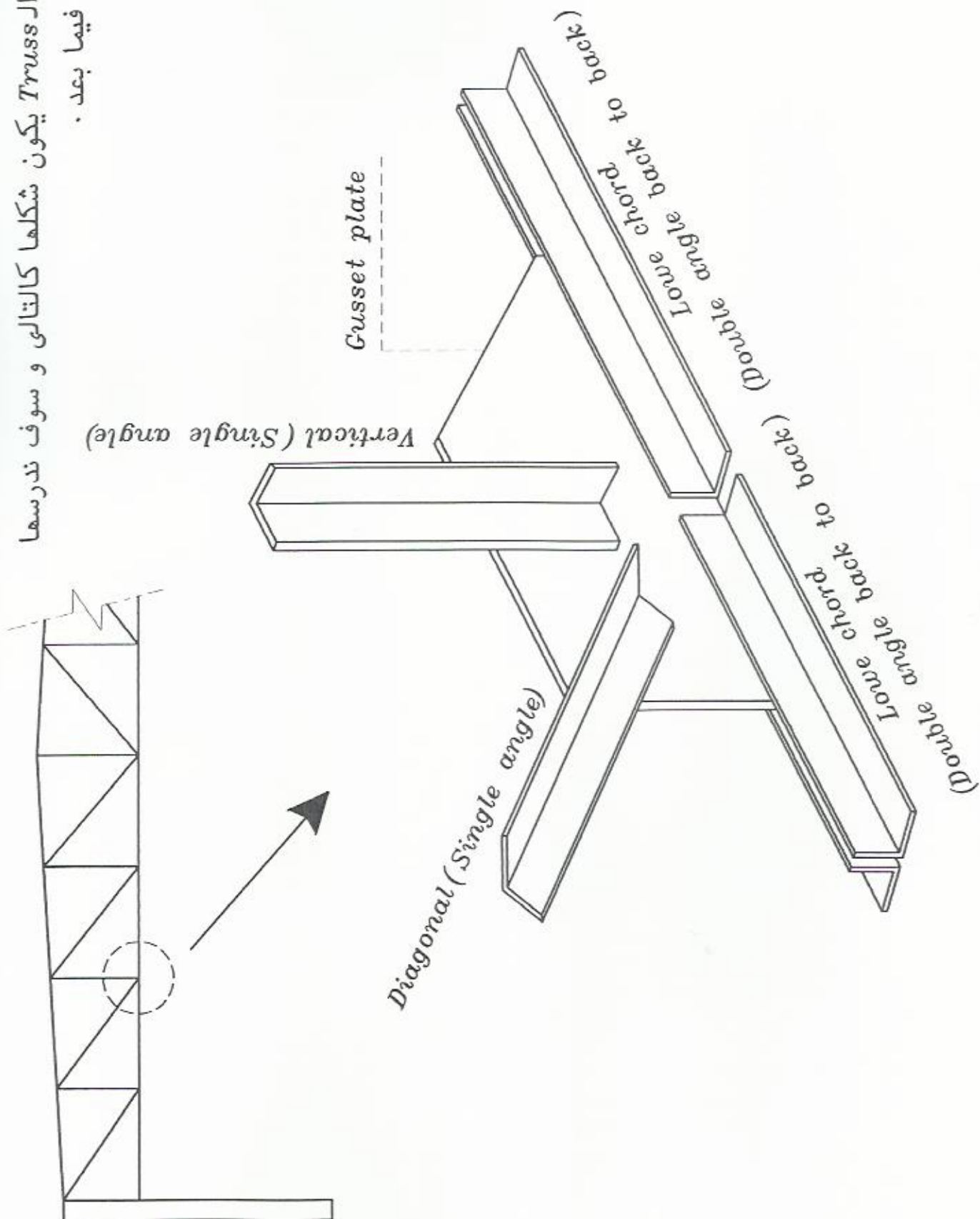
يتم وضع 2 angles back to back لل Upper Chord حتى تتمكن من
سند ال Purlins عليها كالتالي .



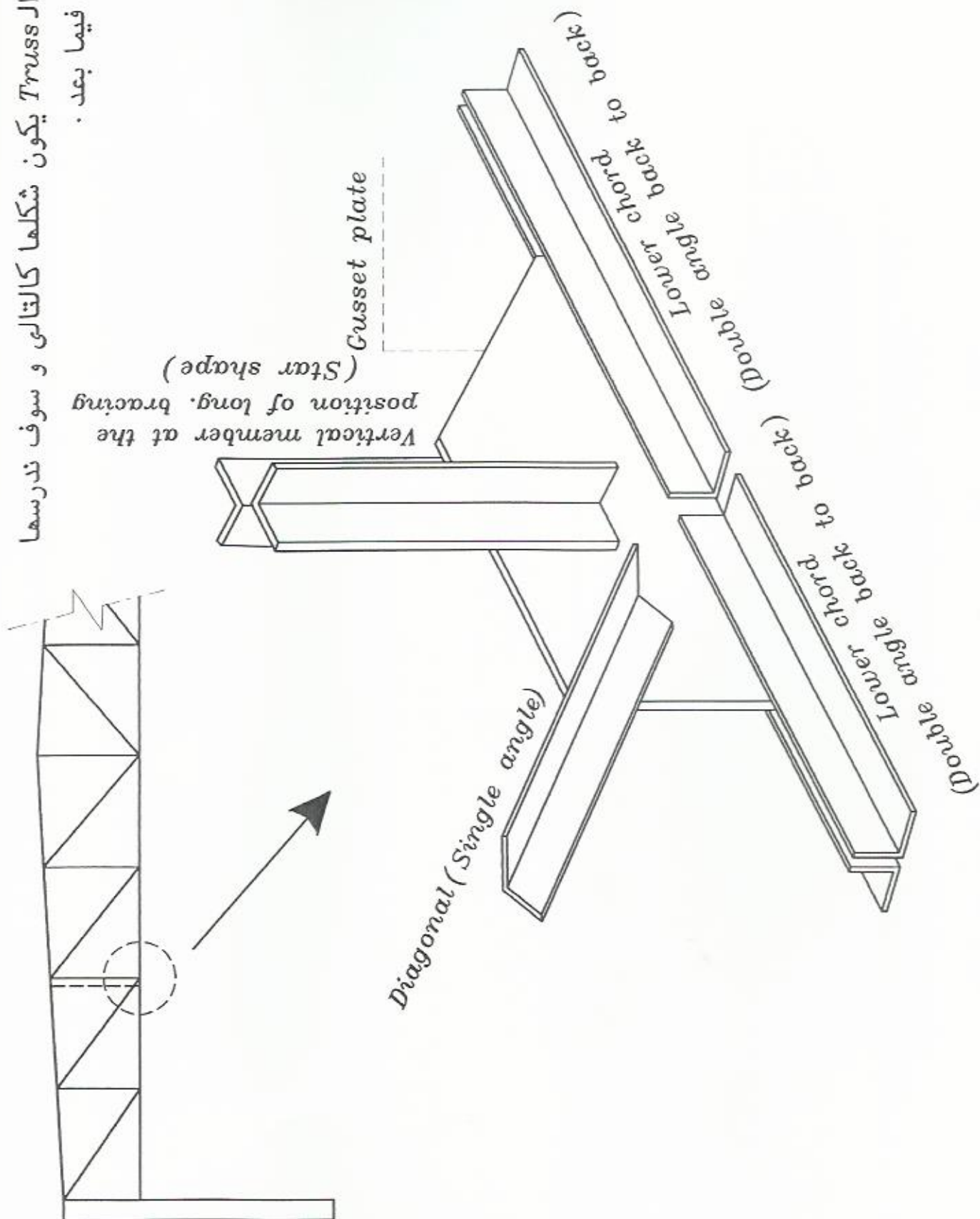
ملحوظة هامة

عند تصميم ال Verticals & Diagonals لو زادت ال Single angle عن
ال $90 \times 90 \times 9$ angle يمكن استخدام Double angles (back to back)
بدلا من ال Single angle لانه غالبا ما يكون أوفر .

و Truss Joint يكون شكلها كالتالى و سوف ندرسها بالتفصيل فيما بعد .



و Truss ال Joint يكون شكلها كالتالى و سوف ندرسها بالتفصيل فيما بعد .



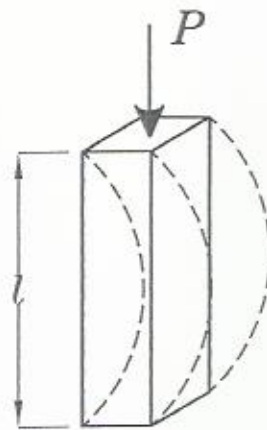
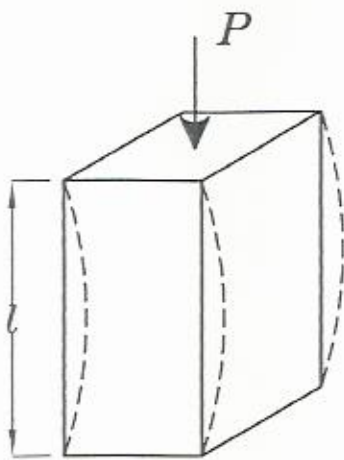
6) Slenderness ration (λ) and radius of gyration (r)

radius of gyration (r)

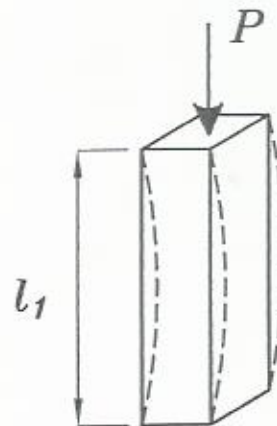
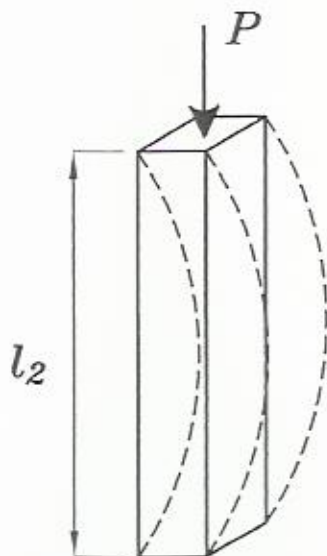
$$r = \sqrt{\frac{\text{Inertia (I)}}{\text{Area (A)}}} \text{ (cm)} \quad r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

Slenderness ration (λ) معامل النحافة

و لمعرفة سبب دراسة ال (λ) نتخيل وجود 2 members يؤثر عليهما نفس قيمة ال Force و لهما نفس الطول و لكن قطاعهما متغير نجد أنهما لن يحدث لهما نفس ال Buckling .



و بنفس الفكرة لو وحدنا القطاع و غيرنا الطول نجد أنهما لن يحدث لهما نفس ال Buckling .



و بذلك نجد أن ال Buckling يعتمد على الطول و على ابعاد القطاع و لكى نعرف مقدار ال Buckling الحادث لى member نحتاج لحساب ال (λ) .

$$\lambda = \frac{l_b}{r} \Rightarrow \text{Buckling length (cm)} \\ \Rightarrow \text{radius of gyration (cm)}$$

و كما درسنا سابقا فان ال Buckling length يحسب مرتين و هم ال In plane buckling length و ال Out of plane buckling length و ذلك للتعبير عن نحافة ال member و مقدار ال Buckling الحادث له فى ال Inplane و ال Out of plane و كل اتجاه نقسمه على ال r فى اتجاهه .

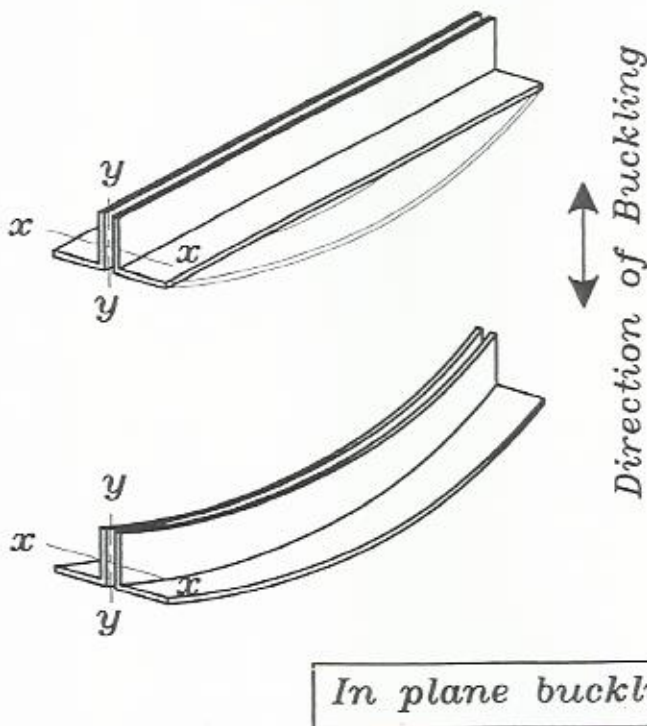
$$\lambda_{in} = \frac{l_{b\ in}}{r_{in}}$$

$$\lambda_{out} = \frac{l_{b\ out}}{r_{out}}$$

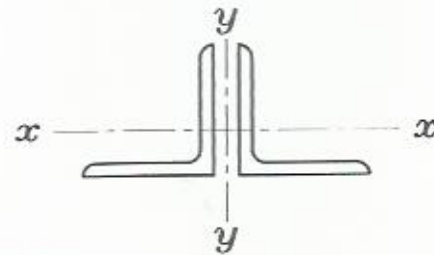
و دائما يحدث ال Buckling حول المحاور الرئيسية (Principal axis) و هى محورى التماثل للشكل أو محور التماثل و العمودى عليه فى حالة التماثل حول محور واحد فقط .

و سوف ندرس حساب ال (λ) لل members التى سبق الحديث عنها

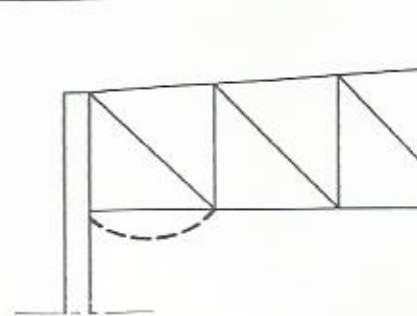
For Double angle



و قد ذكرنا وجود نوعين من ال Buckling



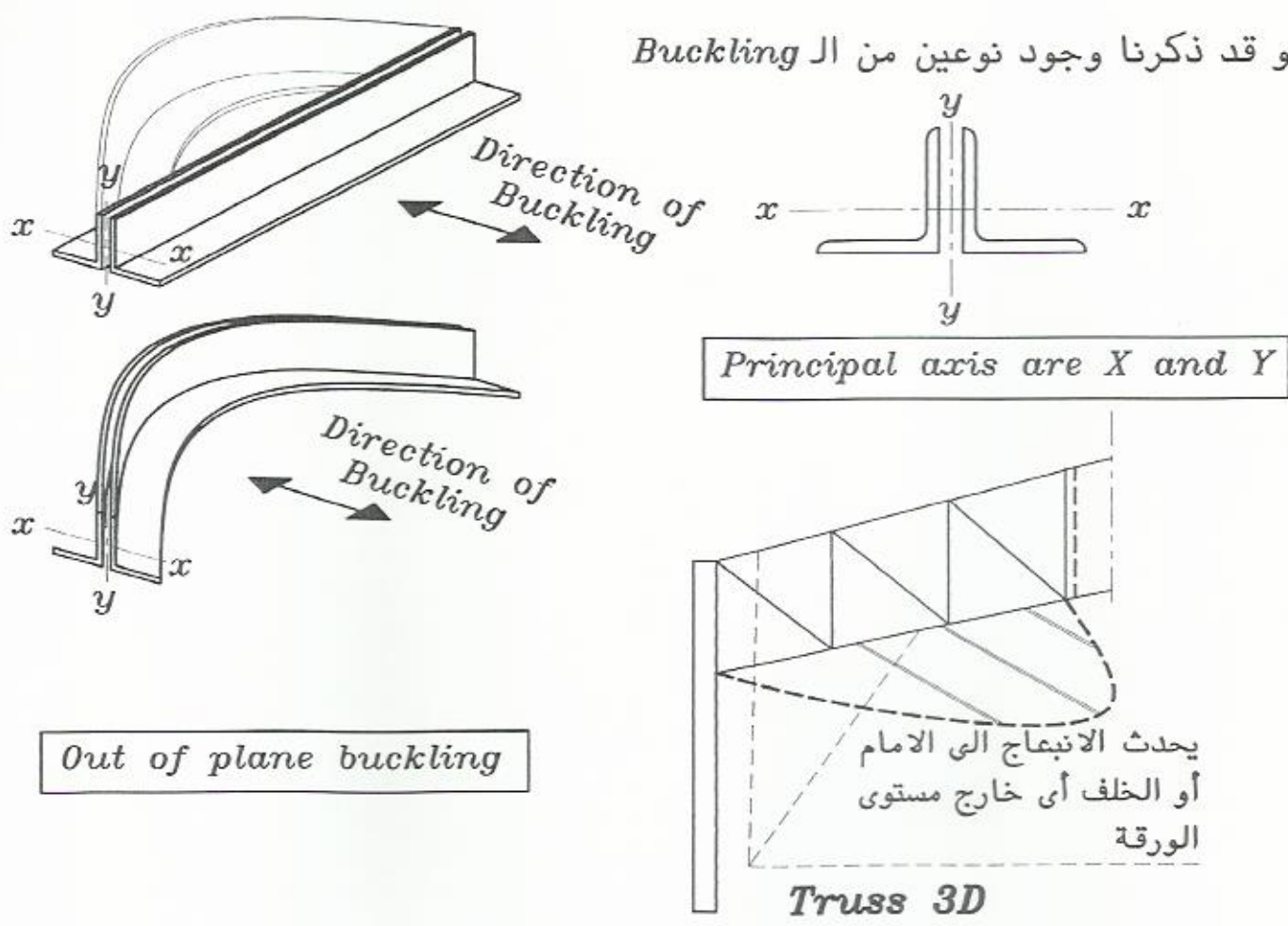
Principal axis are X and Y



عندما يحدث ال *In plane Buckling* فى ال *Truss* نجد أنه يحدث لاعلى أو لاسفل أى أنه عمودى على محور (X) وبالتالى يكون محور (X) هو الذى يقاوم هذا النوع من ال *Buckling*.

$$\lambda_{in} = \frac{l_{b in}}{r_{in}} = \frac{l_{b in}}{r_x}$$

و قد ذكرنا وجود نوعين من ال *Buckling*



عندما يحدث ال *Out of plane Buckling* فى ال *Truss* نجد أنه يحدث للامام أو الخلف أى أنه عمودى على محور (Y) وبالتالى يكون محور (Y) هو الذى يقاوم هذا النوع من ال *Buckling*.

$$\lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{out}} = \frac{l_{b out}}{r_y}$$

For Double angle $\angle\angle$

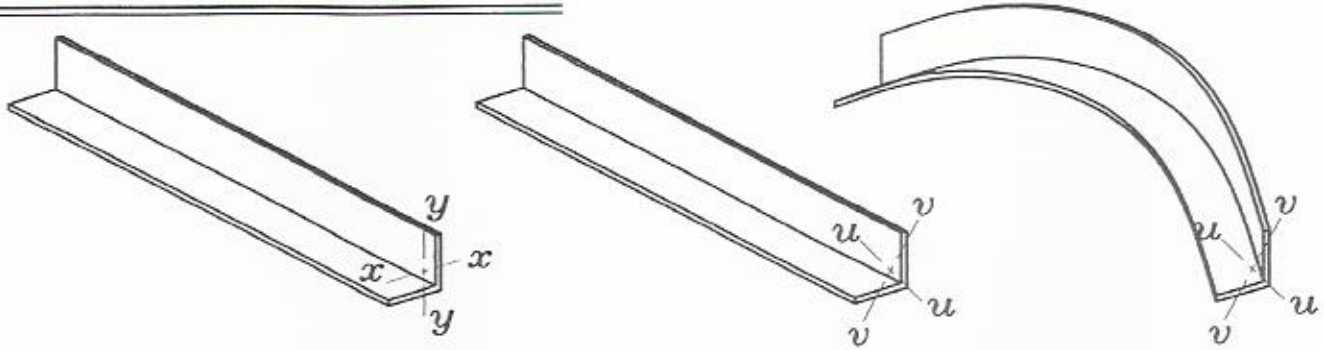
In plane buckling occurs around X-axis

Out of plane buckling occurs around Y-axis

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

و فى حالة حدوث Buckling على المائل فى الفراغ فانه يعتبر Out of plane buckling لانه يكون خارج المستوى

For Single angle \angle



فى حالة ال Single angle فان ال (X and Y) ليست هى ال Principal axis و انما ال Principal axis هى ال (u and v) و هى مائله بزاوية ٤٥ و حيث أن ال Buckling يحدث حول ال Principal axis فانه دائما يكون مائل و بالتالى فى حالة ال Single angle دائما يحدث Out of plane buckling .

$$\lambda_{out 1} = \frac{l_{b out}}{r_u} \angle \quad \lambda_{out 2} = \frac{l_{b out}}{r_v} \angle$$

و لكننا لا نحتاج الى حساب ال (λ) مرتين لاننا يهمنى فقط ال Critical و هى الاكبر و حيث أن الطول ثابت فاننا نأخذ الاصغر من ال (r) وفى حالة ال Single angle تكون ال r_v هى الاصغر .

The V-axis is more critical than the U-axis for single angles

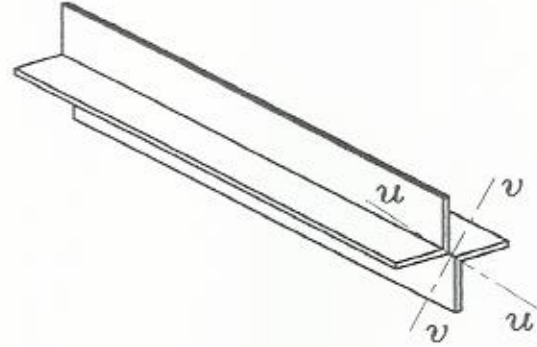
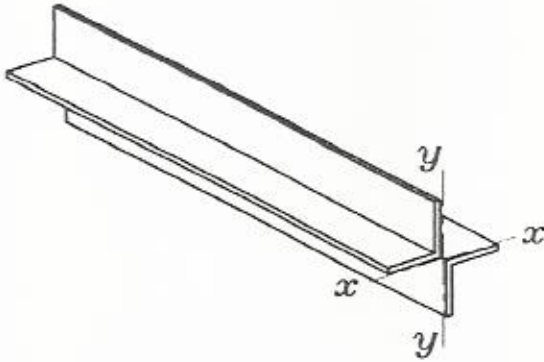
For Single angle L

There is only out of plane buckling

Critical Out of plane buckling occurs around V-axis

$$\lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{V L}}$$

For Star shape



في حالة ال Star shape فان ال (X and Y) ليست هي ال Principal axis
وانما ال Principal axis هي ال (u and v) وهي مائله بزاوية ٤٥ و حيث
أن ال Buckling يحدث حول ال Principal axis فانه دائما يكون مائل
و بالتالي في حالة ال Star shape دائما يحدث Out of plane buckling.

$$\lambda_{out 1} = \frac{l_{b out}}{r_{u L}}$$

$$\lambda_{out 2} = \frac{l_{b out}}{r_{v L}}$$

و لكننا لا نحتاج الى حساب ال (λ) مرتين لاننا يهملنا فقط ال Critical و هي الاكبر
و حيث أن الطول ثابت فاننا نأخذ الاصغر من ال (r) وفي حالة ال Single angle
تكون ال r_u هي الاصغر.

و ذلك لانه يحدث نقل محاور لمحور (v) و بالتالي فيكون هو الاكبر.

The U-axis is more critical than the V-axis for single angles

For Star shape

There is only out of plane buckling

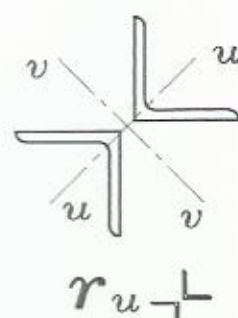
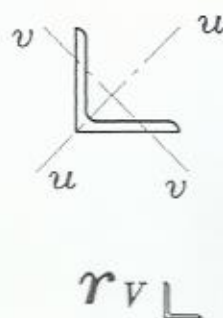
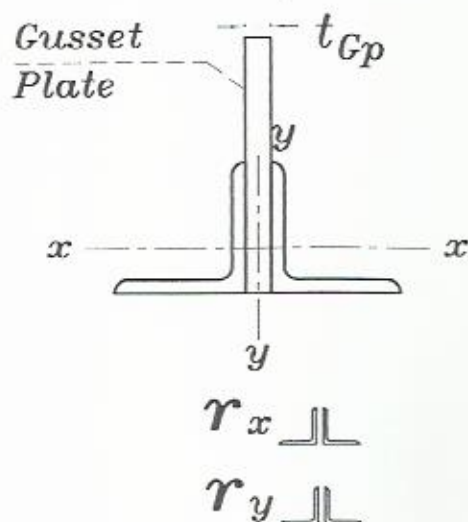
Critical Out of plane buckling occurs around V-axis

$$\lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_u}$$

طريقة حساب ال (r) فى الحالات السابقة

الجداول الموجودة هى جداول ال Single angle فقط و بالتالى فان القيم التى من الممكن الحصول عليها هى ال (r) لـ Single angle ما أى قيم أخرى لـ (r) يجب حسابها .

والقيم التى نحتاجها فى الحالات السابقة هى :



For Double angle

لا يوجد نقل محاور بين محور (x) لـ Single angle و محور (x) لـ Double angle عند حساب ال Inertia .

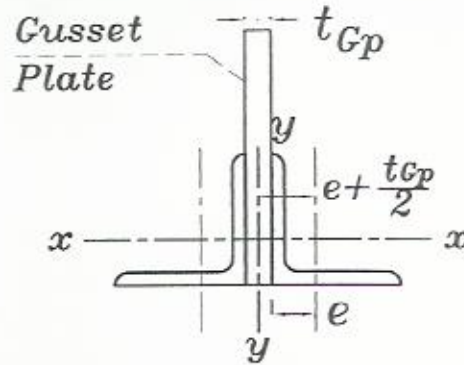
$$r_{x_{\perp L}} = \sqrt{\frac{I_{x_{\perp L}}}{A_{\perp L}}} = \sqrt{\frac{2I_{x_{\perp L}}}{2A_{\perp L}}} = \sqrt{\frac{I_{x_{\perp L}}}{A_{\perp L}}} = r_{x_{\perp L}}$$

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

و لكن يوجد نقل محاور بين محور (y) لـ Single angle و محور (y) لـ Double angle عند حساب ال Inertia .

$$r_{y_{\perp L}} = \sqrt{\frac{I_{y_{\perp L}}}{A_{\perp L}}} = \sqrt{\frac{2[I_{yL} + A_L(e + \frac{t_{cp}}{2})^2]}{2A_L}} = \sqrt{\frac{I_{yL}}{A_L} + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2}$$

من الجدول r_{yL}^2



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

و في حالة عدم اعطاء ال t_{cp} نفرضها 1 cm .

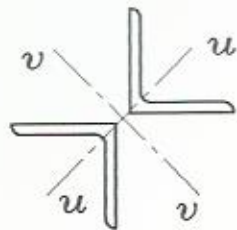
For Single angle L

$$r_{vL} = \text{من الجدول}$$

For Star shape

لا يوجد نقل محاور بين محور (u) لـ Single angle و محور (u) لـ Star shape عند حساب ال Inertia .

$$r_{u_{\perp L}} = \sqrt{\frac{I_{u_{\perp L}}}{A_{\perp L}}} = \sqrt{\frac{2I_{uL}}{2A_L}} = \sqrt{\frac{I_{uL}}{A_L}} = r_{uL}$$





$$r_{u_{\perp L}} = r_{uL} \text{ من الجدول}$$

Slenderness ration (λ) and
radius of gyration (r)


ملخص

For Double angle 


$$\lambda_{in} = \frac{l_{b in}}{r_{x \text{ $$

$$\lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{y \text{ $$


For Single angle 


$$\lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{v \text{ $$

For Star shape 

$$\lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{u \text{ $$

For Double angle 

$$r_{x \text{ $$

$$r_{y \text{ $$


تُحسب

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

For Single angle 

$$r_{v \text{ $$

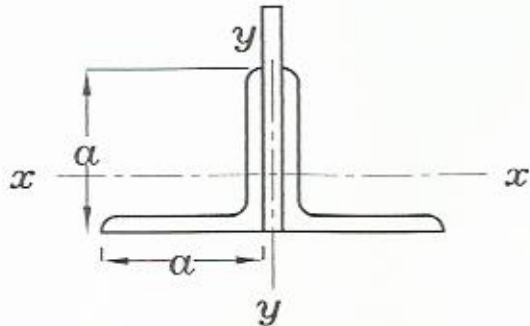
For Star shape 

$$r_{u \text{ $$

و بالتالى فاننا لن نحتاج الى حساب سوى الـ $r_{y \text{ $

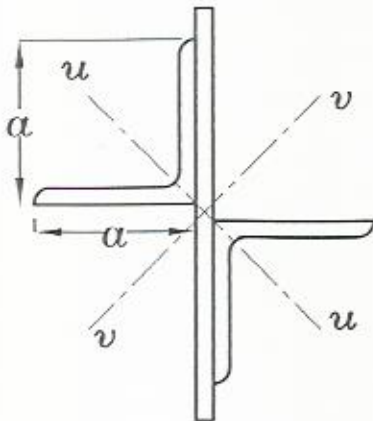
7) Approximate values for radius of gyration

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

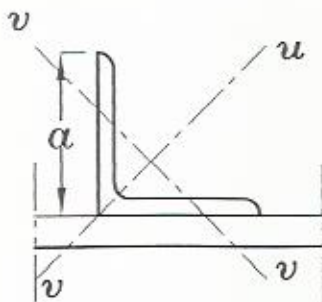


$$r_x = 0.3 a$$

$$r_y = 0.45 a$$



$$r_u = 0.385 a$$



$$r_v = 0.20 a$$

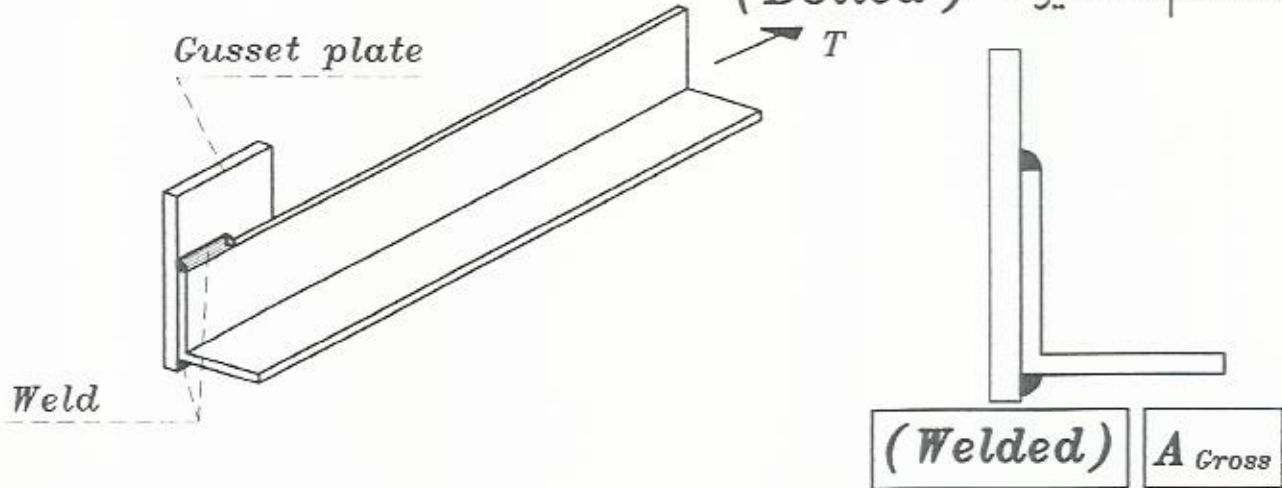
8) Gross area and Net area

A_{Gross} & A_{net}

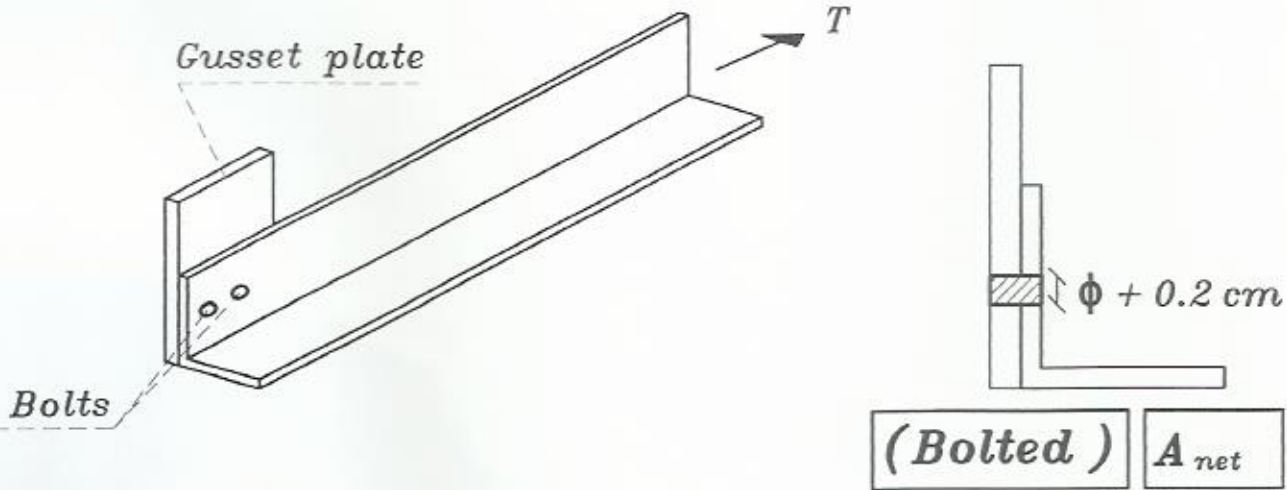
توجد طريقتان لربط ال *angle* مع ال *Gusset plate* و هما :

١- استخدام لحام . (*Welded*)

٢- استخدام مسامير . (*Bolted*)



فى حالة اللحام نجد أن مساحة مقطع ال *angle* كلها مستخدمة لتقاوم ال *force* (لا يوجد فراغات المسامير) و تسمى المساحة فى هذه الحالة (A_{Gross}) .



فى حالة المسامير نجد أن جزء من مساحة ال *angle* لا تستخدم لمقاومة ال *force* (و هذا الجزء هو مساحة المسامير + الخلوص و يكون ٢ مم) و تسمى المساحة فى هذه الحالة (A_{Net}) .

و لفهم الفرق بين المساحتين

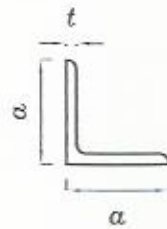
فى حالة وجود member معرض لقوة شد معينة مثلا 5 ton و مطلوب تصميمه مرتين مرة على أنه Bolted و الاخرى على انه Welded .

ف نجد أنه رغم ثبات القوة فى الحالتين لكن ال angle فى حالة ال Bolted تكون أكبر من ال angle فى حالة ال welded .

و ذلك لان جزء كبير من ال angle فى حالة ال Bolted لا تستخدم لمقاومة ال force (و هذا الجزء هو مساحة المسمار + الخلوص و يكون ٢ مم) و بالتالى يجب أن نزيد من مساحة ال angle حتى نعوض هذا النقص فى المساحة بعكس ال welded حيث تكون المساحة كلها مستغلة فى مقاومة ال force .

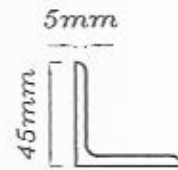
9) Minimum angles used

دائما يتم تسمية ال angle كالتالى $a \times a \times t$



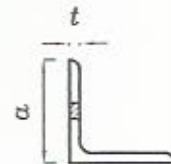
و يوجد minimum لل Bolted angles و ال welded angles

Minimum welded angles $\Rightarrow 45 \times 45 \times 5$

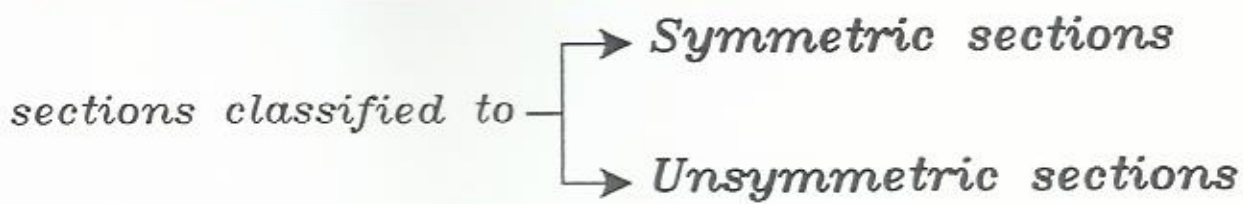


Minimum Bolted angles $\Rightarrow a \times a \times t$

$$\Rightarrow a = 3 \phi * 1.1$$



10) Classification of sections

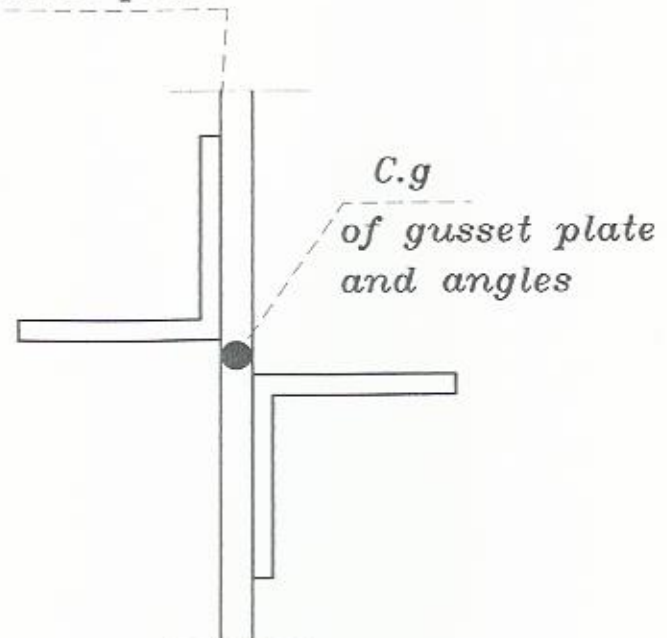
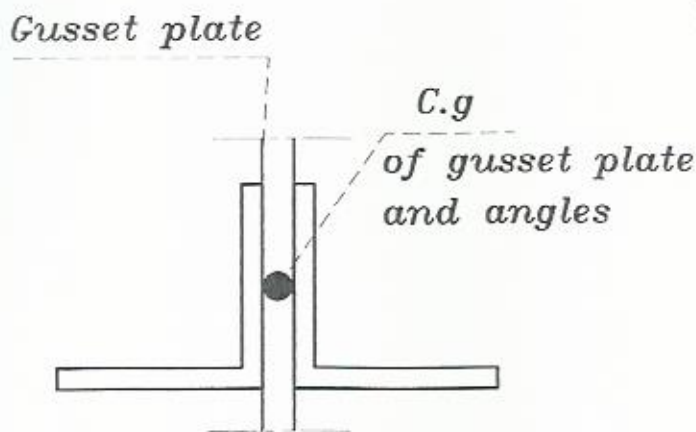


Symmetric sections

وهى القطاعات التى يكون فيها ال C.g لقطاع ال member منطبق على ال C.g لل Gusset plate .

و هذا يكون فى حالة ال - ال و ال -

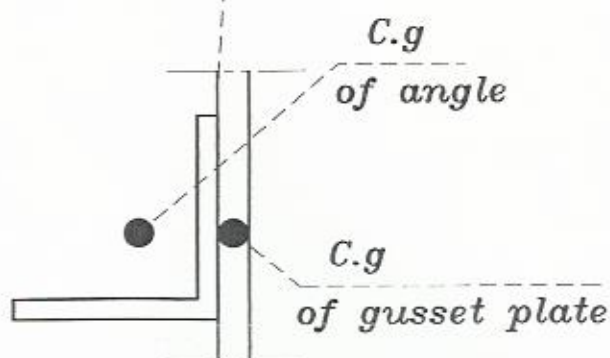
Gusset plate



Unsymmetric sections

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

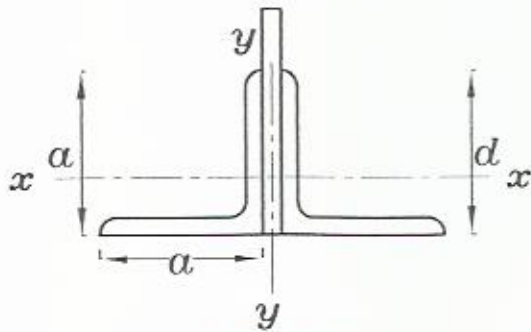
و هذا يكون فى حالة ال -



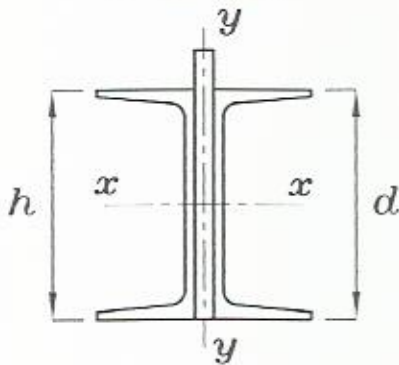
Design Procedure

1) Symmetric sections

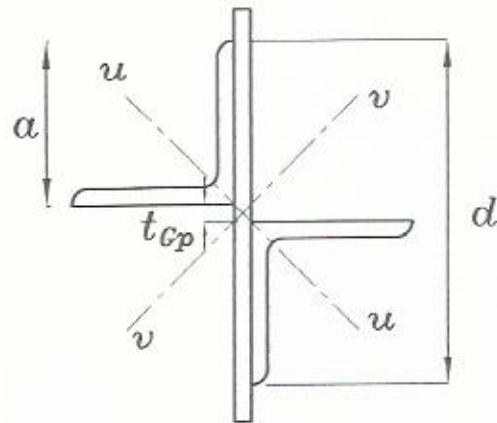
وهي القطاعات التي يكون فيها ال C.g لقطاع ال member منطبق على ال C.g
لا Gusset plate .



$$d = a$$



$$d = h$$



$$d = 2a + t_{cp}$$

حيث أن ال d هو Depth القطاع .

A) Design of 2 angles back to back

1) Data

* Length = ✓
* Force = ✓ } given

* $l_{b\ in}$ = ✓
* $l_{b\ out}$ = ✓ } Calculated

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

2) Choice of section

نقوم بعمل اختيار للقطاع بناء على ثلاثة اشتراطات و نختار أكبر Angle تحقق هذه الاشتراطات .

a - From Stress Condition

Allowable tensile stress

$$\text{Stress} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}} \Rightarrow \text{Take the stress} = F_t = 0.58 F_y$$

$$\Rightarrow F_t = 0.58 F_y \xrightarrow{\text{For st.37}} = \boxed{1.4 \text{ t} \setminus \text{cm}^2}$$

For welded connection

$$A_{g \perp L} = \frac{\text{Force (ton)}}{F_t (t \setminus \text{cm}^2)} = \checkmark \text{ cm}^2$$

For Bolted connection

$$A_{g \perp L} = \frac{\text{Force (ton)}}{0.85 * F_t (t \setminus \text{cm}^2)} = \checkmark \text{ cm}^2$$

حيث أنه في حالة ال bolted connection تكون مساحة ال angle الفعلية أقل من مساحتها الكلية حيث أننا نطرح فراغ المسمار .

$$A_{Bolt} \simeq 15\% A_{Gross} \Rightarrow A_{net} \simeq 0.85 A_{Gross}$$

و لذلك نضع ال 0.85 في المعادلة كمعامل تخفيض .

$$\Rightarrow A_{g \perp L} = \frac{A_{g \perp L}}{2} = \checkmark \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{من الجدول}} \boxed{\text{Choose } \perp L \ a_1 * a_1 * t}$$

حيث ندخل بقيمة ال Area و نختار ال (a) التي تعطى هذه ال Area أو أكبر

b - From Slenderness Condition

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b in}}{r_{in} \Rightarrow r_{x \perp L}} = \checkmark \leq \boxed{300} \text{ من الكود}$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{out} \Rightarrow r_{y \perp L}} = \checkmark \leq \boxed{300} \text{ من الكود}$$

نختار Angle بحيث لا تزيد

ال Slenderness ratio عن الارقام الموجودة بالكود .

و حيث أننا فى مرحلة اختيار ال *Angle* فاننا نستخدم القيم التقريبية
لـ *Radius of gyration*.

$$\text{assume } \lambda_{out} = \lambda_{in} = 300$$

$$\therefore 300 = \frac{l_{bin}}{r_x} = \frac{l_{bin}}{0.30a_2} \Rightarrow a = \sqrt{\quad} \text{ cm}$$

$$\therefore 300 = \frac{l_{bout}}{r_y} = \frac{l_{bout}}{0.45a_3} \Rightarrow a = \sqrt{\quad} \text{ cm}$$

نأخذ الاكبر و نسميه a_2

C - From Construction Condition

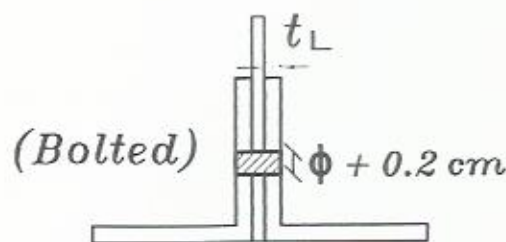
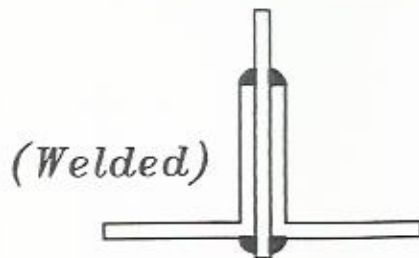
minimum angle $\begin{cases} 45 * 45 * 5 & (\text{Welded}) \quad a_3 = 45 \text{ mm} \\ a = 1.1 * 3 \phi & (\text{Bolted}) \quad a_3 = 1.1 * 3 \phi \end{cases}$

ثم نختار من الجداول ال *Angle* الاكبر من a_1 & a_2 & a_3

3) Checks

$$A_{net \perp L} = 2 * A_{gross \perp L} \Rightarrow (\text{Welded})$$

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



دائما ال *Checks* هى اننا نقارن قيم *actual* و هى الناتجة من حسابتنا بقيم *Allowable* و هى المسموح بها الموجودة فى الكود و حتى يكون التصميم آمن
يجب الا تزيد القيم ال *actual* عن القيم ال *Allowable*.
و سوف نقوم بعمل ال *Checks* على ثلاثة قيم و هم :

a) Stress

حتى نتأكد أن ال Stress ال actual الموجود على القطاع لا يزيد عن ال Allowable الموجود في الكود .

For st.37

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \sqrt{t} \text{ cm}^2 \leq F_t = \boxed{1.4 t \text{ cm}^2}$$

b) Slenderness (Stiffness)

حتى نتأكد من عدم حدوث Buckling كبير لل member .

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b in}}{r_{in} \Rightarrow r_{x \perp L}} = \sqrt{\leq \boxed{300}} \text{ من الكود}$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{out} \Rightarrow r_{y \perp L}} = \sqrt{\leq \boxed{300}} \text{ من الكود}$$

من الجدول

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

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

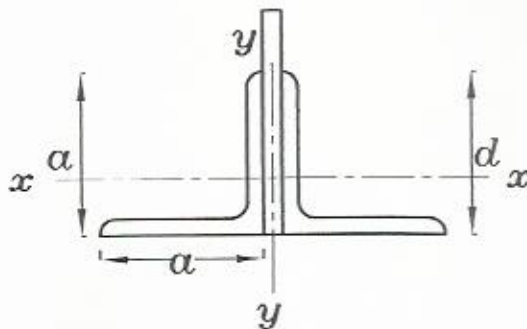
تُحسب

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

c) Length to depth ratio. (Deflection)

حتى نتأكد من عدم حدوث Deflection ظاهر لل member و لا نحسب قيمة ال Deflection و انما نحسب نسبة الطول الى ال depth حيث أنه كلما زادت هذه القيمة معناه زيادة ال Deflection و نقارنها بقيمة Allowable من الكود .

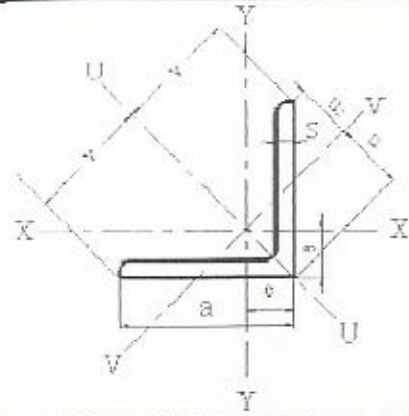
$$* \frac{\text{Length}}{\text{depth}} = \frac{L}{d} = \frac{L}{a} \leq \boxed{60} \text{ من الكود}$$



ملحوظة هامة

عند اختيار angle من الجداول يجب اختيار اول تخانة

EQUAL ANGLES



Size		Weight	Area	Dimensions				Axis X-X and Y-Y			Axis U-U		Axis V-V		
a	s			e	v	u ₁	u ₂	I	S	r	I _u	r _u	I _v	S _v	r _v
mm	mm	kg/m	cm ²	cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm ³	cm
30	3	1.36	1.74	0.84	2.12	1.18	1.04	1.41	0.85	0.90	2.24	1.14	0.57	0.48	0.5
	4	1.78	2.27	0.89		1.24	1.05	1.81	0.88	0.89	2.85	1.12	0.76	0.61	0.5
	5	2.18	2.78	0.92		1.30	1.07	2.16	1.04	0.88	3.41	1.11	0.91	0.70	0.5
35	3	1.60	2.04	0.95	2.47	1.36	1.23	2.29	0.90	1.06	3.63	1.34	0.95	0.70	0.6
	4	2.10	2.67	1.00		1.41	1.24	2.96	1.18	1.05	4.68	1.33	1.24	0.88	0.6
	5	2.57	3.28	1.04		1.47	1.25	3.56	1.45	1.04	5.63	1.31	1.49	1.10	0.6
40	4	2.42	3.08	1.12	2.83	1.58	1.40	4.48	1.58	1.21	7.09	1.52	1.88	1.18	0.7
	5	2.97	3.79	1.18		1.64	1.42	5.43	1.91	1.20	8.64	1.51	2.22	1.35	0.7
	6	3.52	4.48	1.20		1.70	1.43	6.33	2.26	1.19	9.98	1.49	2.67	1.57	0.7
45	5	3.38	4.30	1.28	3.18	1.81	1.58	7.83	2.43	1.35	12.40	1.70	3.25	1.80	0.8
	6	4.00	5.09	1.32		1.87	1.59	9.16	2.88	1.34	14.50	1.89	3.85	2.05	0.8
	7	4.60	5.86	1.36		1.92	1.61	10.40	3.31	1.33	16.40	1.67	4.39	2.29	0.8
50	5	3.77	4.80	1.40	3.54	1.98	1.76	11.00	3.05	1.51	17.40	1.90	4.59	2.32	0.9
	6	4.47	5.69	1.45		2.04	1.77	12.80	3.51	1.50	20.40	1.89	5.24	2.57	0.9
	7	5.15	6.56	1.49		2.11	1.78	14.60	4.15	1.49	23.10	1.88	6.02	2.85	0.9
55	5	4.18	5.32	1.52	3.89	2.15	1.93	14.70	3.70	1.66	23.30	2.09	6.11	2.84	1.0
	6	4.95	6.31	1.56		2.21	1.94	17.80	4.40	1.66	27.40	2.08	7.24	3.26	1.0
	8	6.46	8.23	1.64		2.32	1.97	22.10	5.72	1.64	34.80	2.06	9.35	4.03	1.0
60	6	5.42	6.91	1.69	4.24	2.39	2.11	22.80	5.29	1.82	36.10	2.29	9.43	3.85	1.1
	8	7.09	9.03	1.77		2.50	2.14	29.10	6.88	1.80	46.10	2.26	12.10	4.84	1.1
	10	8.69	11.10	1.85		2.62	2.17	34.90	8.41	1.78	55.10	2.23	14.60	5.57	1.1
65	7	6.83	8.70	1.85	4.60	2.62	2.29	33.40	7.13	1.96	53.00	2.47	13.80	5.27	1.2
	8	7.73	9.85	1.89		2.67	2.31	37.50	8.13	1.95	59.40	2.46	15.60	5.84	1.2
	9	8.82	11.00	1.93		2.73	2.32	41.30	9.04	1.94	65.40	2.44	17.20	6.30	1.2

N.A.=not available for this angle size

أى أننا مثلاً عند الحاجة الى اختيار angle مساحتها 6 cm^2 فاننا من الافضل ان نختار $60 * 60 * 6$ و لا نختار $55 * 55 * 6$

B) Design of 2 angles STAR SHAPE



1) Data

* Length = ✓
* Force = ✓ } given

* $l_{b\ out} = \checkmark$ — Calculated
يتم حساب ال $l_{b\ out}$ كما درسنا سابقا .

2) Choice of section

نقوم بعمل اختيار للقطاع بناء على ثلاثة اشتراطات و نختار أكبر Angle
a - From Stress Condition تحقق هذه الاشتراطات .

Allowable tensile stress

$$\text{Stress} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}} \Rightarrow \text{Take the stress} = F_t = 0.58 F_y$$

$$\Rightarrow F_t = 0.58 F_y \xrightarrow{\text{For st.37}} = 1.4 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

For welded connection

$$A_{g\ \perp} = \frac{\text{Force (ton)}}{F_t (t \setminus \text{cm}^2)} = \checkmark \text{ cm}^2$$

For Bolted connection

$$A_{g\ \perp} = \frac{\text{Force (ton)}}{0.85 * F_t (t \setminus \text{cm}^2)} = \checkmark \text{ cm}^2$$

حيث أنه في حالة ال bolted connection تكون مساحة ال angle الفعلية أقل من مساحتها الكلية حيث أننا نطرح فراغ المسمار .

$$A_{Bolt} \simeq 15\% A_{Gross} \Rightarrow A_{net} \simeq 0.85 A_{Gross}$$

و لذلك نضع ال 0.85 في المعادلة كمعامل تخفيض .

$$\Rightarrow A_{g\ \perp} = \frac{A_{g\ \perp}}{2} = \checkmark \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{من الجدول}} \text{Choose } \perp a_1 * a_1 * t$$

حيث ندخل بقيمة ال Area و نختار ال (a) التي تعطى هذه ال Area أو أكبر

b - From Slenderness Condition

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{out} \Rightarrow r_{u-L}} = \sqrt{} \leq \boxed{300} \text{ من الكود}$$

نختار Angle بحيث لا تزيد
ال Slenderness ratio عن الارقام
الموجودة بالكود .

و حيث أننا فى مرحلة اختيار ال Angle فاننا نستخدم القيم التقريبية

assume $\lambda_{out} = 300$

لا Radius of gyration .

$$\therefore 300 = \frac{l_{b out}}{r_u} = \frac{l_{b out}}{0.38 a_3} \Rightarrow a_2 = \sqrt{} \text{ cm}$$

C - From Construction Condition

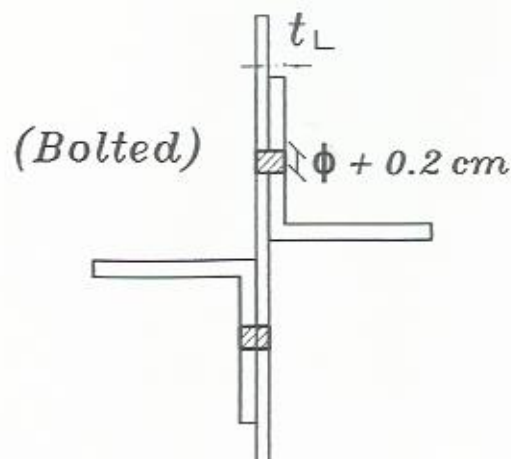
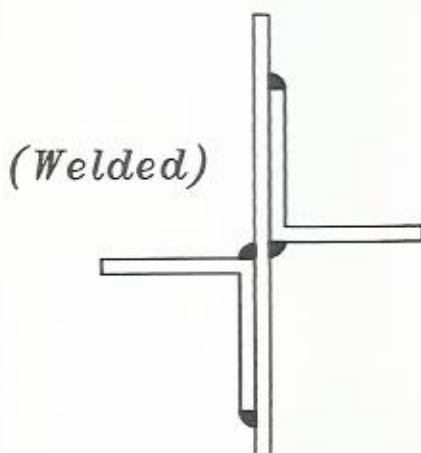
minimum angle $\begin{cases} 45 * 45 * 5 & (Welded) \quad a_3 = 45 \text{ mm} \\ a = 1.1 * 3 \phi & (Bolted) \quad a_3 = 1.1 * 3 \phi \end{cases}$

ثم نختار من الجداول ال Angle الاكبر من a_1 & a_2 & a_3

3) Checks

$$A_{net-L} = 2 * A_{gross-L} \Rightarrow (Welded)$$

$$A_{net-L} = 2 [A_{gross-L} - (\phi + 0.2 \text{ cm}) * t_L] \Rightarrow (Bolted)$$



a) Stress

حتى نتأكد أن ال Stress ال actual الموجود على القطاع لا يزيد عن ال Allowable الموجود في الكود .

For st.37

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net \perp L}} = \sqrt{t \setminus cm^2} \leq F_t = \boxed{1.4 t \setminus cm^2}$$

b) Slenderness (Stiffness)

حتى نتأكد من عدم حدوث Buckling كبير لل member .

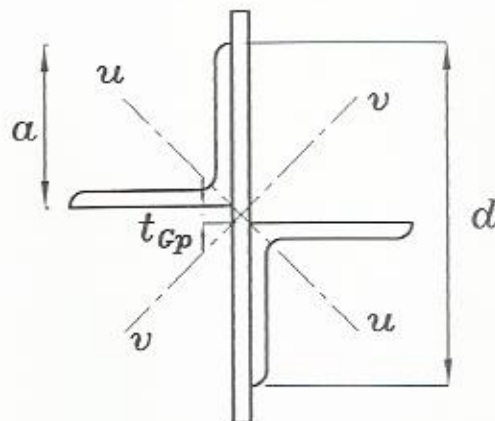
$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{out} \Rightarrow r_{u \perp L}} = \sqrt{\leq \boxed{300}} \text{ من الكود}$$

$$\boxed{r_{u \perp L} = r_{uL} \text{ من الجدول}}$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

حتى نتأكد من عدم حدوث Deflection ظاهر لل member و لا نحسب قيمة ال Deflection و انما نحسب نسبة الطول الى ال depth حيث أنه كلما زادت هذه القيمة معناه زيادة ال Deflection و نقارنها بقيمة Allowable من الكود .

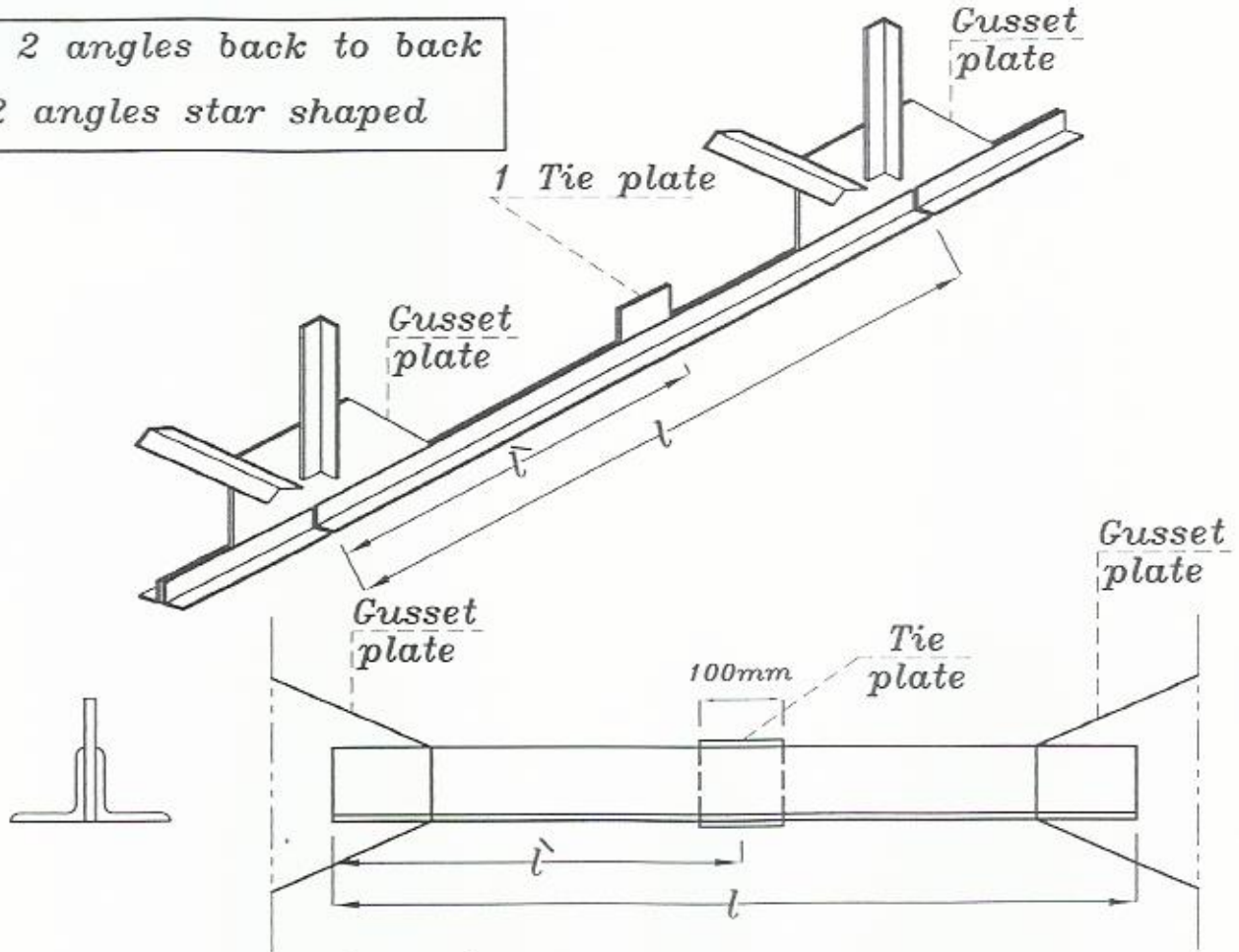
$$* \frac{\text{Length}}{\text{depth}} = \frac{L}{d} = \frac{L}{2a + t_{cp}} \leq \boxed{60} \text{ من الكود}$$



Design of tie plate

لن نقوم بحسابه في ال *Tension Members*
لانه لم يشرح في المحاضرة و لكن سوف يستخدم في
ال *Compression Members*

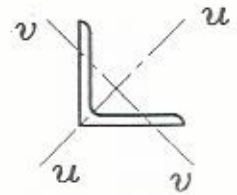
For 2 angles back to back
or 2 angles star shaped



حسابات ال *Slenderness* السابقة مبنية على أساس أن ال *2 angles* في حالة حدوث *Buckling* لهما يكون للقطاع كله أي لا *2 angles* معا و لكن في عدم وجود تربيط بينهما الا المسامير او اللحام الموجود فقط مع ال *Gusset plate* فمن الممكن أن يحدث *Buckling* لكل منهما على حدا أكبر من *Buckling* الذي يحدث للاثنان معا و لذلك اذا زاد ال *Local Buckling* الذي يحدث لكل *angle* على حدا نقوم بوضع *Tie plate* و هدفه ان يمنع ال *Local Buckling* الذي يحدث لكل *angle* على حدا ويضمن حدوث ال *Total Buckling* الذي يحدث للاثنان معا .
و حيث أن ال *Local Buckling* يحدث لكل *angle* على حدا فانه يكون حول محور *v* لا *angle*

$$\lambda_v = \frac{l}{r_v} \leq \lambda_{max.} = 300$$

$$\boxed{\bar{l} = 300 * r_v}$$



$$\boxed{r_{vL} = \text{من الجدول}}$$

حيث أن \bar{l} هو الطول الذي يمكن أن يترك بدون تربيط حتى تكون لا يحدث
Local Buckling .

و بالتالى اذا كان \bar{l} أكبر من طول ال member لا نحتاج الى وضع Tie plate
و اذا كان \bar{l} أكبر من نصف طول ال member نضع Tie plate فى
المنتصف و اذا كان أقل من النصف و أكبر من ثلث طول ال member نضع
Tie plate فى ثلث الطول و Tie plate فى ثلثين الطول .

$$\bar{l} > l \Rightarrow \text{No tie plate}$$

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

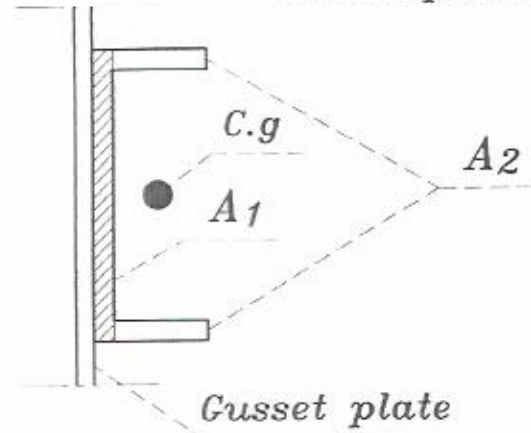
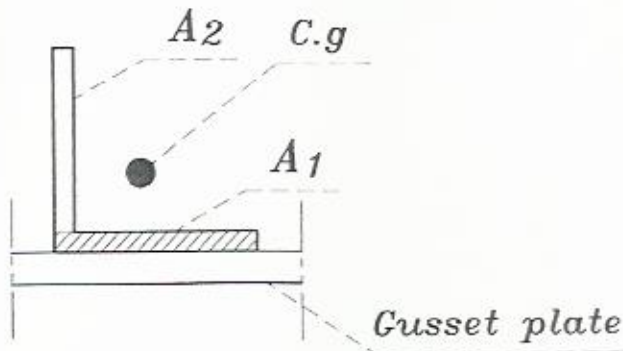
$$\frac{l}{2} > \bar{l} > \frac{l}{3} \Rightarrow \text{Use two tie plates at the third and two thirds of member}$$

ملحوظة

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

2) Unsymmetric sections

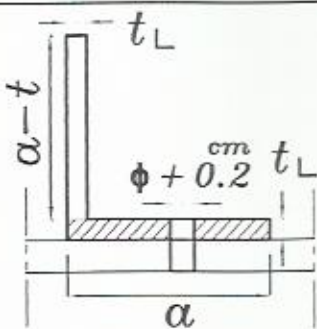
وهي القطاعات التي يكون فيها ال C.g لقطاع ال member غير منطبق على C.g ال Gusset plate .



نتيجة وجود Eccentricity بين ال member و ال Gusset plate فان الجزء من ال Area الغير متصل بال Gusset plate و هو A2 نقوم بتقليله في الحسابات و ذلك لانه لن يكون كله effective حيث أنه غير متصل بال Gusset plate و لذلك نقوم بضرب ال A_{net} في Reduction factor و يكون كالتالي

$$A_{net} = A_1 + A_2 \left[\text{Reduction factor} \right] = A_1 + A_2 \left[\frac{3A_1}{3A_1 + A_2} \right]$$

a) For bolted connection



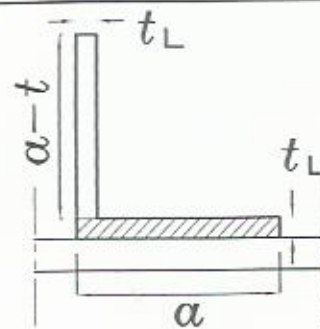
$$A_1 = [a - (\phi + 0.2 \text{ cm})] * t_L$$

Area of connected part

$$A_2 = [a - t_L] * t_L$$

Area of unconnected part

b) For welded connection



$$A_1 = a * t_L$$

Area of connected part

$$A_2 = [a - t_L] * t_L$$

Area of unconnected part

Design Procedure

a) For bolted connection

1) Data

* Length = ✓
* Force = ✓ } given

* $l_{b\ out} = \checkmark$ Calculated

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

2) Choice of section

نقوم بعمل اختيار للقطاع بناء على ثلاثة اشتراطات و نختار أكبر Angle
تحقق هذه الاشتراطات .
a - From Stress Condition

Allowable tensile stress

$$\text{Stress} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}} \Rightarrow \text{Take the stress} = F_t = 0.58 F_y$$

$$\Rightarrow F_t = 0.58 F_y \xrightarrow{\text{For st.37}} = \boxed{1.4 \text{ t} \setminus \text{cm}^2}$$

$$\Rightarrow A_{g\ L} = \frac{\text{Force (ton)}}{0.85 * 0.85 * F_t (t \setminus \text{cm}^2)} = \checkmark \text{ cm}^2$$

حيث أنه في حالة ال bolted connection تكون مساحة ال angle الفعلية أقل من مساحتها الكلية حيث أننا نطرح فراغ المسمار .

$$A_{Bolt} \simeq 15\% A_{Gross} \implies A_{net} \simeq 0.85 A_{Gross}$$

و لذلك نضع ال 0.85 في المعادلة كمعامل تخفيض .
أما ال 0.85 الأخرى فهي تقريبا ال Reduction factor نتيجة ال eccentricity
والذي لا نستطيع حسابه لعدم معرفتنا قيمة ال A_1 و ال A_2 .

ملحوظة هامة

ال Reduction factor نتيجة ال eccentricity والذي لا نستطيع حسابه لعدم معرفتنا قيمة ال A_1 و ال A_2 . هو قيمة تقريبية و تؤخذ من 0.75 الى 0.85

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

0.85 * 0.85

من الجدول \Rightarrow Choose $\perp a_1 * a_1 * t$

حيث ندخل بقيمة ال Area و نختار ال (a) التي تعطى هذه ال Area أو أكبر
b - From Slenderness Condition

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{out} \Rightarrow r_{v_L}} = \checkmark \leq \boxed{300} \text{ من الكود}$$

نختار Angle بحيث لا تزيد
 ال Slenderness ratio عن الارقام
 الموجودة بالكود .

و حيث أننا فى مرحلة اختيار ال Angle فاننا نستخدم القيم التقريبية
 لل Radius of gyration .
 assume $\lambda_{out} = 300$

$$\therefore 300 = \frac{l_{b out}}{r_v} = \frac{l_{b out}}{0.20 a_3} \Rightarrow a_2 = \checkmark \text{ cm}$$

C - From Construction Condition

$$\text{minimum angle } a = 1.1 * 3 \phi \text{ (Bolted)} \quad a_3 = 1.1 * 3 \phi$$

ثم نختار من الجداول ال Angle الاكبر من a_1 & a_2 & a_3

3) Checks

Calculate A_1 & A_2 & A_{net}

$$A_{net} = \checkmark \text{ cm}^2$$

For bolted connection

a) Stress

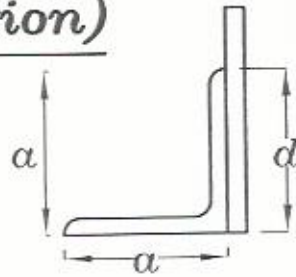
$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net_L}} = \checkmark \text{ t} \setminus \text{cm}^2 \leq F_t = \boxed{1.4 \text{ t} \setminus \text{cm}^2} \text{ For st.37}$$

b) Slenderness (Stiffness)

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{out} \Rightarrow r_{v_L} \Rightarrow \text{من الجدول}} = \checkmark \leq \boxed{300} \text{ من الكود}$$

C) Length to depth ratio. (Deflection)

$$* \frac{\text{Length}}{\text{depth}} = \frac{L}{d} = \frac{L}{a} \leq \boxed{60} \text{ من الكود}$$



ملحوظة هامة

ال *Actual stresses* و *Capital letters* تكون *Allowable stresses* ال
تكون *Small letters* .

$f_t \implies \text{Actual stresses}$

$F_t \implies \text{Allowable stresses}$

b) For welded connection

1) Data

* Length = ✓
* Force = ✓ } given

* $l_{b\ out} = \checkmark$ Calculated
يتم حساب ال $l_{b\ out}$ كما درسنا سابقا .

2) Choice of section

نقوم بعمل اختيار للقطاع بناء على ثلاثة اشتراطات و نختار أكبر Angle
a - From Stress Condition تحقق هذه الاشتراطات .

Allowable tensile stress

$$\text{Stress} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}} \Rightarrow \text{Take the stress} = F_t = 0.58 F_y$$

$$\Rightarrow F_t = 0.58 F_y \xrightarrow{\text{For st.37}} = 1.4 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

$$\Rightarrow A_{g\ L} = \frac{\text{Force (ton)}}{0.85 * F_t (t \setminus \text{cm}^2)} = \checkmark \text{ cm}^2$$

ال 0.85 هي تقريبا ال Reduction factor نتيجة ال eccentricity
و الذى لا نستطيع حسابه لعدم معرفتنا قيمة ال A_1 و ال A_2 .

من الجدول \Rightarrow Choose $L_{a_1 * a_1 * t}$

حيث ندخل بقيمة ال Area و نختار ال (a) التى تعطى هذه ال Area أو أكبر

ملحوظة هامة

ال Reduction factor نتيجة ال eccentricity و الذى لا نستطيع حسابه لعدم معرفتنا قيمة ال A_1 و ال A_2 . هو قيمة تقريبية و تؤخذ من 0.75 الى 0.85

b - From Slenderness Condition

$$* \lambda_{Out} = \frac{l_{b\ out}}{r_{out} \Rightarrow r_{v\ L}} = \checkmark \leq \overset{\text{من الكود}}{300}$$

نختار Angle بحيث لا تزيد
ال Slenderness ratio عن الارقام
الموجودة بالكود .

و حيث أننا في مرحلة اختيار ال Angle فاننا نستخدم القيم التقريبية

لا Radius of gyration .

assume $\lambda_{out} = 300$

$$\therefore 300 = \frac{l_{b out}}{r_v} = \frac{l_{b out}}{0.20 a_3} \Rightarrow a_2 = \sqrt{\quad} \text{ cm}$$

C - From Construction Condition

minimum angle 45 * 45 * 5 (Welded) $a_3 = 45 \text{ mm}$

ثم نختار من الجداول ال Angle الاكبر من a_1 & a_2 & a_3

3) Checks

Calculate A_1 & A_2 & A_{net}

$A_{net} = \sqrt{\quad} \text{ cm}^2$
For welded connection

a) Stress

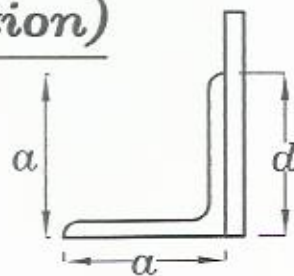
$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net L}} = \sqrt{\quad} \text{ t / cm}^2 \leq F_t = \boxed{1.4 \text{ t / cm}^2} \quad \text{For st.37}$$

b) Slenderness (Stiffness)

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b out}}{r_{out}} \Rightarrow r_{v L} \Rightarrow \text{من الجدول} = \sqrt{\quad} \leq \boxed{300} \text{ من الكود}$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

$$* \frac{\text{Length}}{\text{depth}} = \frac{L}{d} = \frac{L}{a} \leq \boxed{60} \text{ من الكود}$$



ملحوظة هامة

ال *Allowable stresses* تكون *Capital letters* و ال *Actual stresses* تكون *Small letters* .

$f_t \implies$ Actual stresses

$F_t \implies$ Allowable stresses

ملحوظة هامة

فى حالة ما اذا كان ال *Design* على (B) *Case* فهذا يعنى ان ال *Forces* داخل فيها *Secondary loads* مثل ال *Wind loads* و حيث أنها أحمال غير موجودة على ال *member* بصفة دائمة فاننا نزيد من قيمة ال *Allowable stresses* بنسبة 20% .

Case (A)

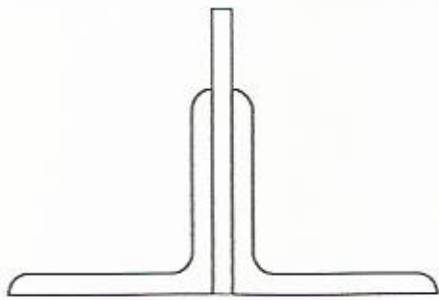
$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \sqrt{t \setminus cm^2} \leq F_t = \overset{\text{For st.37}}{1.4 t \setminus cm^2}$$

Case (B) D.L & L.L & W.L Or D.L & W.L

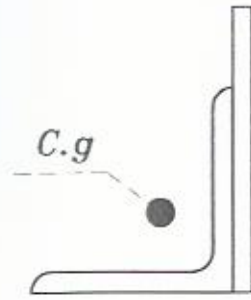
$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \sqrt{t \setminus cm^2} \leq F_t = \overset{\text{For st.37}}{1.4 * \underline{\underline{1.2}} t \setminus cm^2}$$

سؤال نظري

Compare between symmetric & unsymmetric sections.
Or what is the main difference between symmetric & unsymmetric sections ?

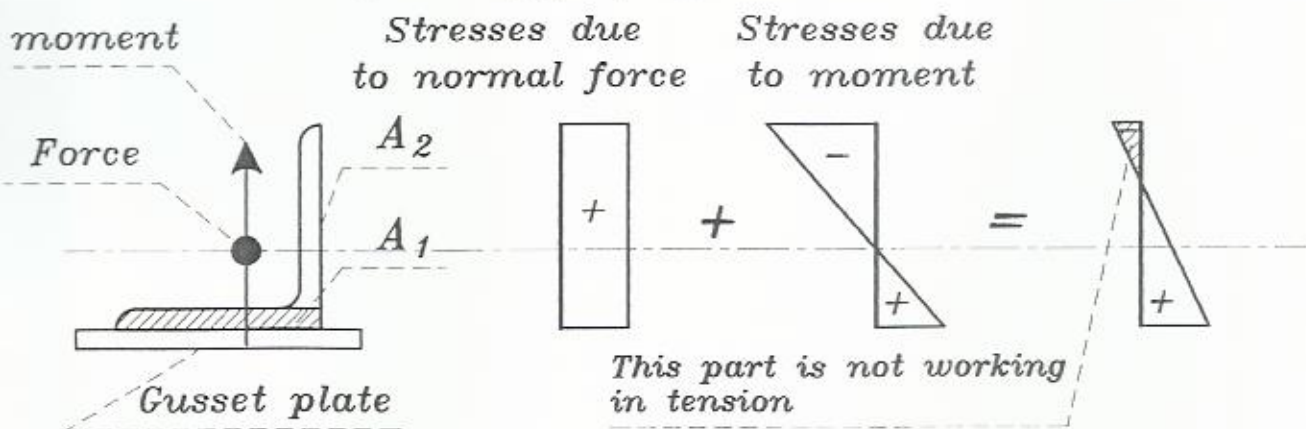


Symmetric section



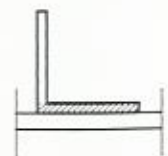
Unsymmetric section

ال Force تؤثر دائما في C.g ال member و هو في حالة ال Unsymmetric section لا يكون منطبق على C.g ال Gusset plate و بالتالي لكي تنتقل ال Force من ال member الى ال Gusset plate تنتقل عن طريق Force و moment .

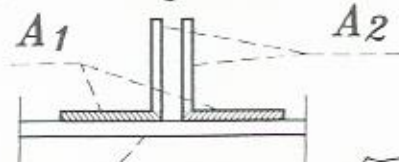


و هذا الجزء الغير مؤثر (Not working) يمكن حسابه عن طريق ضرب ال (Unconnected area) A_2 في ال Reduction factor .

$$\text{Reduction factor} = \left[\frac{3A_1}{3A_1 + A_2} \right] \text{ For single unsymmetric angle}$$



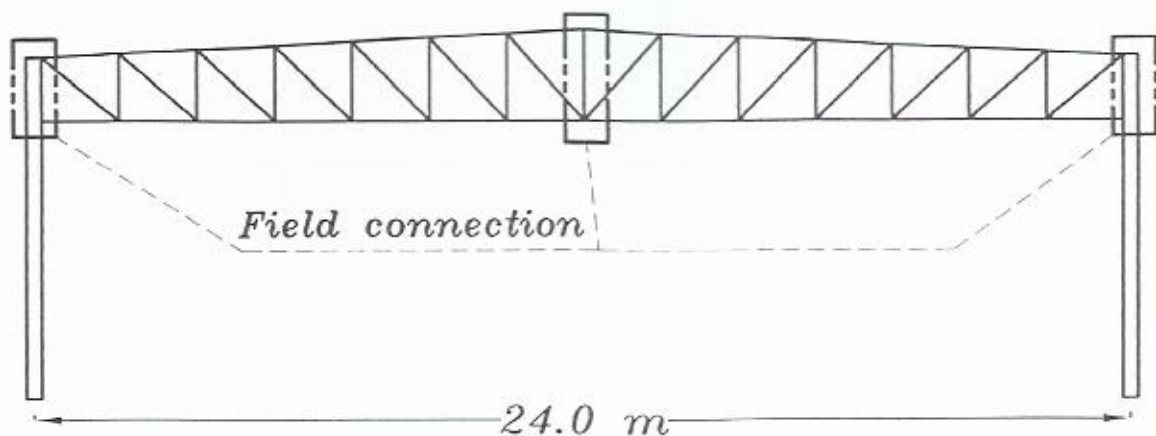
$$\text{Reduction factor} = \left[\frac{5A_1}{5A_1 + A_2} \right] \text{ For double unsymmetric angle}$$



Gusset plate

بينما فى حالة ال *Symmetric section* يكون ال *C.g* ال *member* هو نفسه *C.g* ال *Gusset plate* و بالتالى لكى تنتقل ال *Force* من ال *member* الى ال *Gusset plate* لا تنتقل عن طريق *moment*.

Design of truss members



أكبر طول لى *steel element* يمكن نقله من المصنع للموقع هو ١٢ م حيث أن أكبر طول سيارة نقل هو ١٢ م و لذلك لو كان طول ال *Truss* أكبر من ١٢ م و هو دائما هكذا فانه يتم نقل ال *Truss* على كذا جزء بحيث لا يزيد طول الجزء الواحد عن ١٢ م و يتم تربيطهم معا فى الموقع . و تسمى هذه الوصلة فى الموقع بال *Field connection*.

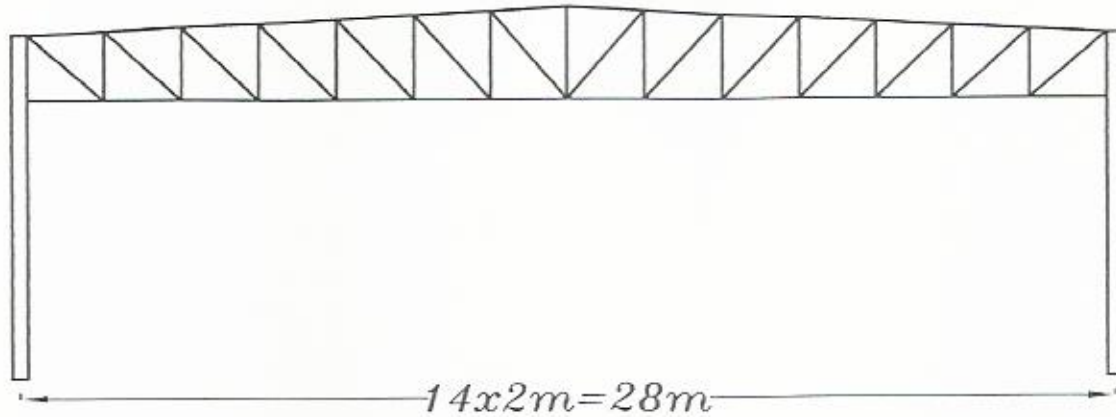
كل ال *connections* ال *Truss* يتم تصميمها على انها *Welded connections* ماعدا ال *Field connection* تصمم على انها *Bolted connections*.

و لكى يتم تصميم ال *Tension member* على انه *welded* لابد أن تكون ال *connection* فى نهايتيه *welded* أما لو كانت احدى نهايتيه *Bolted* يصمم ال *Tension member* على انه *Bolted*.

بعد الانتهاء من تصميم كل ال *Tension member* و ال *Compression member* نقوم بتوحيد القطاعات كلها لتصبح فى حدود اربع أو خمس قطاعات لا *angles* و ذلك لتسهيل الطلب من المصنع و تقليل الوصلات .

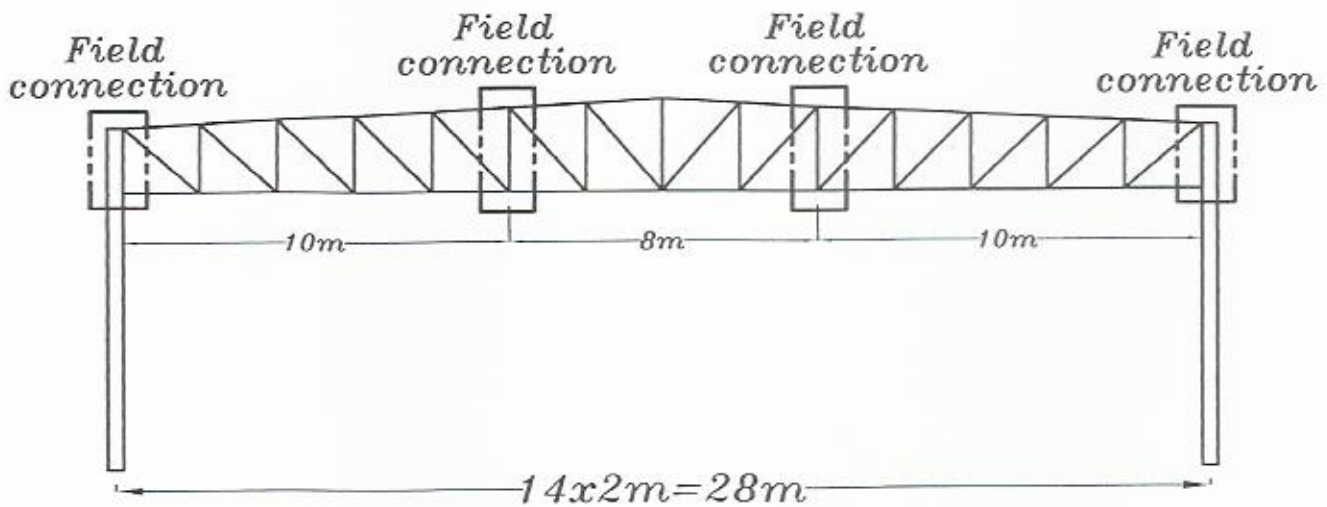
Example

For the shown truss, determine the positions of the field connections and determine which members are bolted and which are welded. Also determine the positions of the longitudinal bracing.



Solution

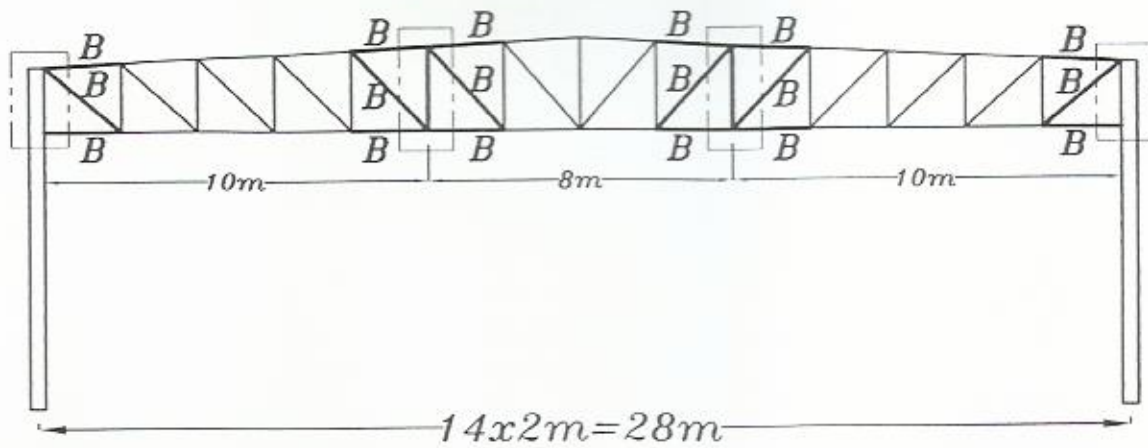
Positions of field connections



دائماً تكون ال Field connection مع العمود وبالنسبة لا Truss يجب الا تزيد المسافة بين كل Field connection و اللى بعدها لا تزيد عن ١٢ م .

أى member متصل بال Field connection يكون Bolted و أى member آخر يكون welded .

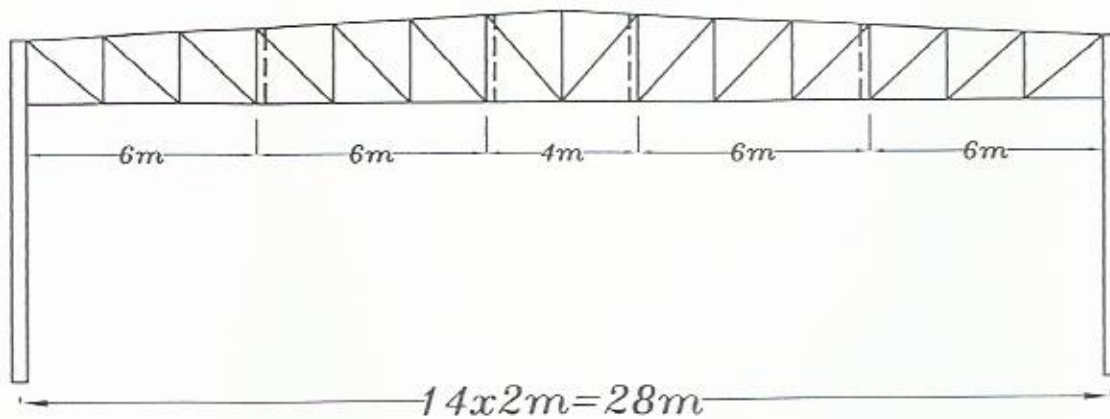
Bolted and welded members



الmembers المكتوب عليها (B) هي ال Bolted و باقى ال members تكون welded .

Positions of longitudinal bracing

المسافات بين ال longitudinal bracing لا تزيد عن ٨ م .



Example

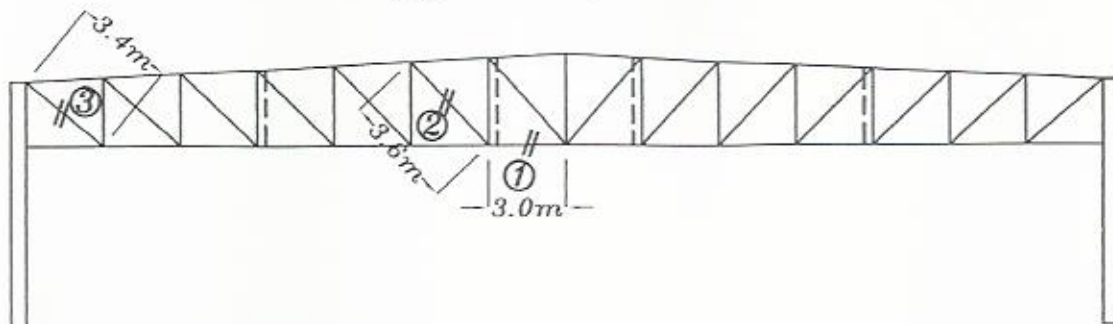
For the shown truss, it is required to design the marked members:

* Member 1 (welded) \Rightarrow Force = + 30 ton (Case B)


* Member 2 (Bolted) \Rightarrow Force = + 6 ton (Case A)

* Member 3 (welded) \Rightarrow Force = + 20 ton (Case A)

(Bolts used are M16, $t_{c,p}=10\text{mm}$)



Solution

Member (1) \Rightarrow Lower chord \Rightarrow  Welded

1) Data

* Length = 300 cm

* Force = + 30 ton (Case B)

* $l_{b\text{ in}}$ = Distance between joints = 300 cm

* $l_{b\text{ out}}$ = Distance between longitudinal bracing

$$= 2 * 300 = 600 \text{ cm}$$

2) Choice of section

a - From Stress Condition

$$A_{g_{\text{JL}}} = \frac{\text{Force (ton)}}{1.20 * F_t \text{ (t/cm}^2\text{)}} = \frac{30}{1.2 * 1.4} = 17.86 \text{ cm}^2$$

Case (B) symmetric welded

$$A_{g_L} = \frac{17.86}{2} = 8.93 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{من الجدول}} \boxed{\text{Choose } L 70 * 70 * 7}$$

$a_1 = 7.0 \text{ cm}$

b - From Slenderness Condition

assume $\lambda_{out} = \lambda_{in} = 300$

$$\begin{aligned} \therefore 300 &= \frac{l_{bin}}{r_{x_{LL}}} = \frac{300}{0.30a} \Rightarrow a = 3.33 \text{ cm} \\ \therefore 300 &= \frac{l_{bout}}{r_{y_{LL}}} = \frac{600}{0.45a} \Rightarrow a = 4.44 \text{ cm} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{نأخذ الأكبر} \\ a_2 = 4.44 \text{ cm} \end{array} \right\}$$

C - From Construction Condition

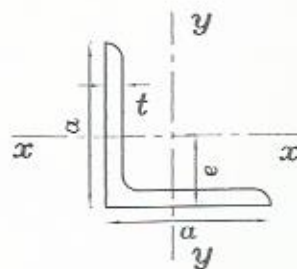
minimum angle $45 * 45 * 5$ (Welded) $a_3 = 45 \text{ mm}$

ثم نختار من الجداول الـ Angle الأكبر من a_1 & a_2 & a_3

$$\boxed{\text{Choose } L 70 * 70 * 7}$$

3) Checks

a) Stress



$L 70 * 70 * 7$
 $A = 9.4 \text{ cm}^2$
 $e = 1.97 \text{ cm}$
 $r_x = r_y = 2.12 \text{ cm}$
 $r_v = 1.37 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} * f_t &= \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \frac{\text{Force}}{2 * A_L} = \frac{30}{2 * 9.4} = 1.595 \text{ t / cm}^2 \quad \text{Case (B)} \\ &\leq F_t * 1.2 = 1.4 * 1.2 \\ &= 1.68 \text{ t / cm}^2 \\ &\quad \text{(Safe)} \end{aligned}$$

مساحة الـ angle التي تم اختيارها
من الجدول

b) Slenderness (Stiffness)

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

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

$$r_{y_{\text{JL}}} = \sqrt{r_{y_L}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{2.12^2 + (1.97 + \frac{1.0}{2})^2} = 3.25 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_{x_{\text{JL}}}} = \frac{300}{2.12} = 141.51 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{y_{\text{JL}}}} = \frac{600}{3.25} = 184.6 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

$$* \frac{L}{d} = \frac{300 \text{ cm}}{7 \text{ cm}} = 42.9 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{Use JL } 70 * 70 * 7}$$

Member (2) \Rightarrow Diagonal \Rightarrow  Bolted

1) Data

* Length = 360 cm

* Force = +6 ton (Case A)

* $l_{b\text{ in}}$ = Distance between joints = 360 cm لا نحتاج الى حسابها

* $l_{b\text{ out}}$ = 360 cm

2) Choice of section

a - From Stress Condition

$$A_g \angle = \frac{\text{Force (ton)}}{0.65 * F_t \text{ (t/cm}^2\text{)}} = \frac{6}{0.65 * 1.4} = 6.59 \text{ cm}^2$$

Unsymmetric bolted

من الجدول \Rightarrow Choose $\angle 60 * 60 * 6$ $a_1 = 60 \text{ mm} = 6 \text{ cm}$

b - From Slenderness Condition

assume $\lambda_{\text{out}} = 300$

$$\therefore 300 = \frac{l_{b\text{ out}}}{r_{v\angle}} = \frac{360}{0.20 a_2} \Rightarrow a_2 = 6.0 \text{ cm}$$

c - From Construction Condition

minimum angle $a_{\text{min}} = a_3 = 1.1 * 3 \phi = 1.1 * 3 * 1.6 = 5.28 \text{ cm}$

ثم نختار من الجداول ال Angle الاكبر من a_1 & a_2 & a_3

Choose $\angle 60 * 60 * 6$

3) Checks

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

$$= [6 - (1.6 + 0.2)] * 0.6 = 2.52 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = [a - t_L] * t_L$$

$$= [6 - 0.6] * 0.6 = 3.24 \text{ cm}^2$$

$$A_{net} = A_1 + A_2 \left[\frac{3A_1}{3A_1 + A_2} \right] = 2.52 + 3.24 * \left[\frac{3 * 2.52}{3 * 2.52 + 3.24} \right]$$

$$= 4.79 \text{ cm}^2$$

a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \frac{\text{Force}}{A_L} = \frac{6}{4.79} = 1.250 \text{ t/cm}^2$$

مساحة ال angle التي تم حسابها

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

(Safe)

b) Slenderness (Stiffness)

$$r_{v_L} = \text{من الجدول} = 1.17 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b \text{ out}}}{r_{v_L}} = \frac{360}{1.17} = 307.7 > 300 \Rightarrow (\text{Unsafe})$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{Try } L \ 65 * 65 * 7}$$

$$r_{v_L} = \text{من الجدول} = 1.26 \text{ cm}$$

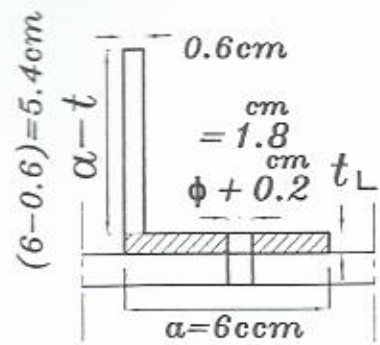
$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b \text{ out}}}{r_{v_L}} = \frac{360}{1.26} = 285.7 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

لا نحتاج الى اعادة Check على ال Stress لانه اكيد سيكون Safe

c) Length to depth ratio. (Deflection)

$$* \frac{L}{d} = \frac{360 \text{ cm}}{6.5 \text{ cm}} = 55.4 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{Use } L \ 65 * 65 * 7}$$



Member (3) \Rightarrow Diagonal \Rightarrow  Welded

1) Data

* Length = 340 cm

* Force = +20 ton (Case A)

* $l_{b\text{ in}}$ = Distance between joints = 340 cm

* $l_{b\text{ out}}$ = 340 cm

2) Choice of section

a - From Stress Condition

$$A_{g\text{ L}} = \frac{\text{Force (ton)}}{0.85 * F_t \text{ (t/cm}^2\text{)}} = \frac{20}{0.85 * 1.4} = 16.8 \text{ cm}^2$$

Unsymmetric welded

من الجدول \Rightarrow

Choose L 100*100*10

و حيث أن ال Single angle أكبر من L 90*90*9 لذلك يفضل استخدام Double angle

$$A_{g\text{ L}} = \frac{\text{Force (ton)}}{1.0 * F_t \text{ (t/cm}^2\text{)}} = \frac{20}{1.0 * 1.4} = 14.28 \text{ cm}^2$$

Symmetric welded

$$A_{g\text{ L}} = \frac{14.28}{2} = 7.14 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{من الجدول}} \text{Choose L 65*65*7}$$

$a_1 = 6.50 \text{ cm}$

b - From Slenderness Condition

assume $\lambda_{\text{out}} = 300$

$$\therefore 300 = \frac{l_{b\text{ out}}}{r_{y\text{ L}}} = \frac{360}{0.20 a_2} \Rightarrow a_2 = 6.0 \text{ cm}$$

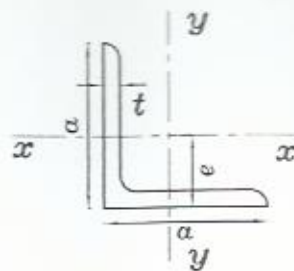
C - From Construction Condition

minimum angle 45*45*5 (Welded) $a_3 = 45 \text{ mm}$

ثم نختار من الجداول الـ Angle الأكبر من α_1 & α_2 & α_3

Choose $\angle 65 \times 65 \times 7$

3) Checks



$\angle 65 \times 65 \times 7$

$A = 8.7 \text{ Cm}^2$

$e = 1.85 \text{ Cm}$

$r_x = r_y = 1.96 \text{ Cm}$

a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{\text{net}}} = \frac{\text{Force}}{2 * A_L} = \frac{20}{2 * 8.7} = 1.15 \text{ t/cm}^2$$

مساحة الـ angle التي تم اختيارها من الجدول.

$$\leq F_t = 1.40 \text{ t/cm}^2 \quad (\text{Safe})$$

b) Slenderness (Stiffness)

$$r_{x_{\angle L}} = r_{x_L} \text{ من الجدول} = 1.96 \text{ cm}$$

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

$$r_{y_{\angle L}} = \sqrt{r_{y_L}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{1.96^2 + (1.85 + \frac{1.0}{2})^2} = 3.06 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_{x_{\angle L}}} = \frac{340}{1.96} = 173.4 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

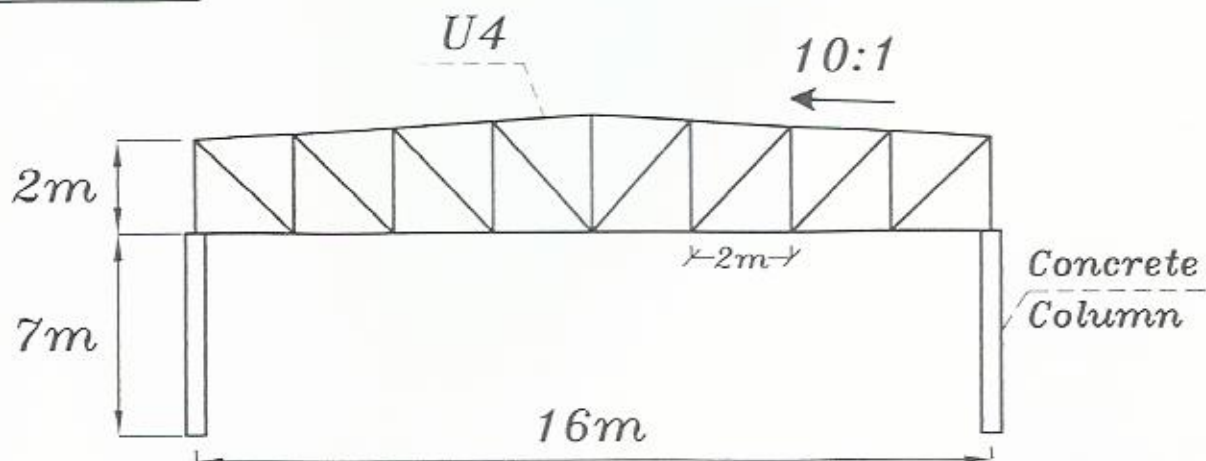
$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{y_{\angle L}}} = \frac{340}{3.06} = 111.11 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

$$* \frac{L}{d} = \frac{340 \text{ cm}}{6.5 \text{ cm}} = 52.3 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

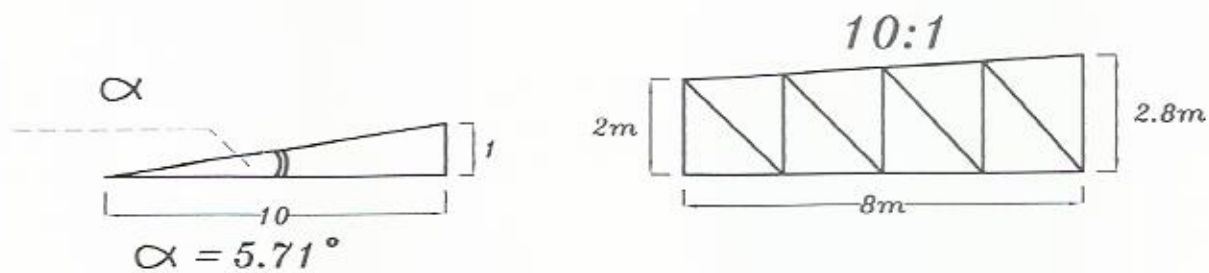
⇒ Use $\angle 65 \times 65 \times 7$

Example



The truss shown in the above figure is the main system of a factory building. The spacing between the main systems is 6m. The covering material used is single layer galvanized steel sheets. It is required to :

- 1) Calculate the loads affecting the truss due to dead loads, live loads and wind loads. For wind load take $q=70 \text{ kg/m}^2$.
- 2) Calculate the force affecting the upper chord member U4 due to dead, live and wind loads.
- 3) Design the upper chord member U4 (welded).



1) Loads affecting on the truss

1-Dead load

Using single layer corrugated sheets

$$\Rightarrow W_c = 6 \text{ kg/m}^2$$

As span = 16 m < 20 m \Rightarrow Take $W_s = 20 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned} P_{D.L.} &= W_c \left(\frac{a}{\cos \alpha} * S \right) + W_s (a * S) \\ &= 6 * \left(\frac{2}{\cos 5.71} * 6 \right) + 20 * (2 * 6) \end{aligned}$$

$$P_{D.L.} = 312.35 \text{ kg} = 0.312 \text{ ton}$$

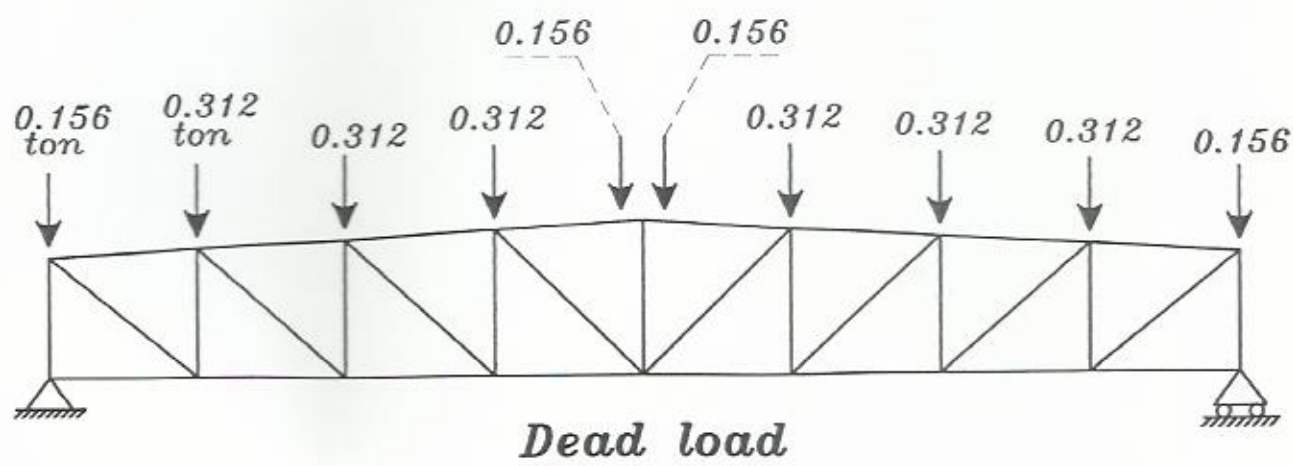
2-Live load

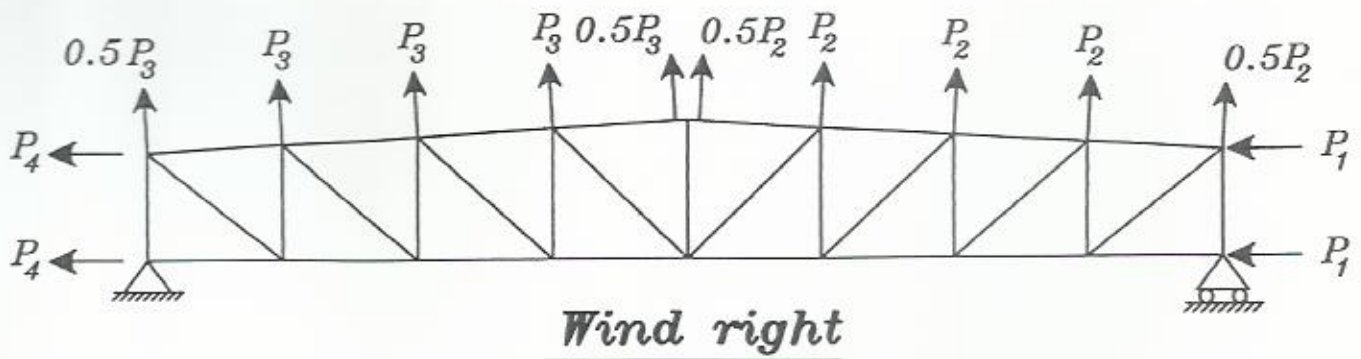
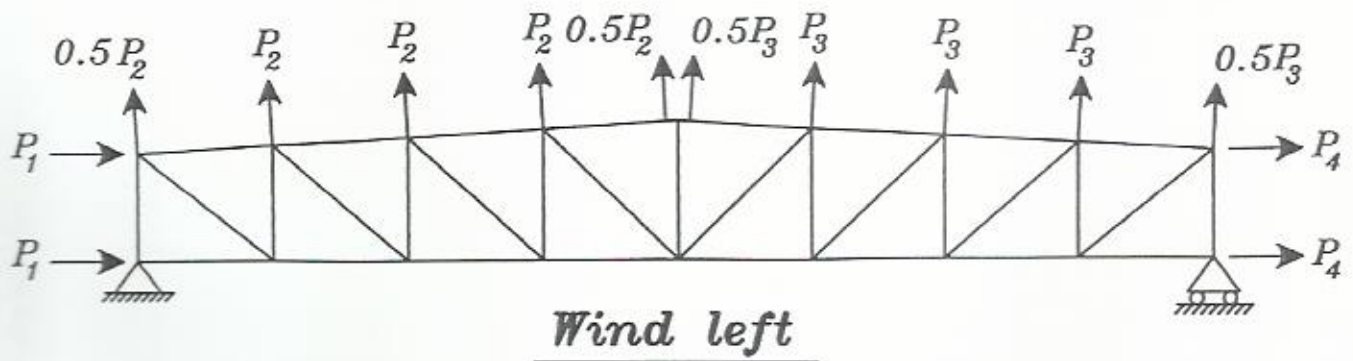
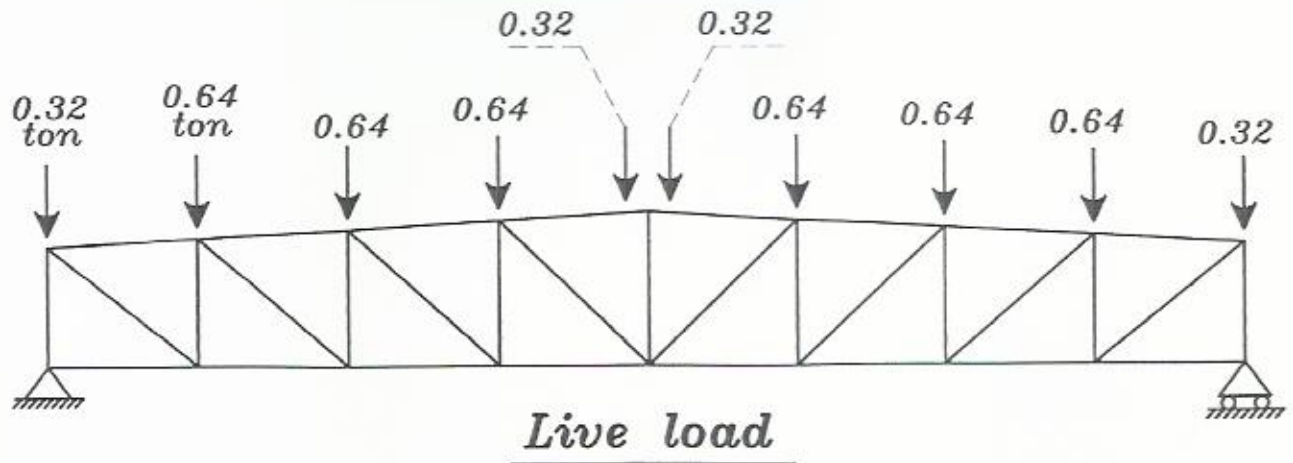
Assume inaccessible roof $\Rightarrow W_{L.L.} = 60 - (66.67 \tan \alpha)$

$$W_{L.L.} = 60 - (66.67 * \tan 5.71) = 53.33 \text{ kg/m}^2 \geq 20 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{L.L.} = W_{L.L.} (a * S) = 53.33 * (2 * 6) = 640 \text{ kg}$$

$$P_{L.L.} = 640 \text{ kg} = 0.64 \text{ ton}$$





في حالة وجود عود خرسانة فاننا لن ندرس تأثير الـ *Wind* على العمود و انما ندرسه على الـ *Truss* فقط و بالتالي لابد أن تؤثر الاحمال على الـ *Joints* فقط .

3-Wind load

$$\# \text{ Height} = 7 + 2.8 = 9.8 \text{ m} \Rightarrow k = 1.0$$

$$\# \text{ Given} \Rightarrow q = 70 \text{ kg/m}^2$$

كان من المفترض حساب الـ q كما في الدرس السابق و لكنها هنا معطاه و لذلك سنأخذها مباشرة بالقيمة المعطاه .

$$\# \boxed{C_1} \Rightarrow \alpha = 90^\circ \Rightarrow \boxed{C_1 = +0.80}$$

$$\boxed{C_2} \Rightarrow \text{Slope } 10:1 \Rightarrow \boxed{C_2 = -0.80}$$

$$\boxed{C_3 = -0.50} \quad \boxed{C_4 = -0.50}$$

$$\# W_{W_1} = C_1 * k * q = +0.80 * 1 * 70 = 56 \text{ kg/m}^2$$

$$\Rightarrow P_1 = W_{W_1} * S * \frac{h}{2} = 56 * 6 * \frac{2}{2} = 336 \text{ kg}$$

$$\# W_{W_2} = C_2 * k * q = -0.80 * 1 * 70 = -56 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow P_2 &= W_{W_2} * \frac{a}{\cos \alpha} * S = -56 * \frac{2}{\cos 5.71} * 6 \\ &= -675 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\# W_{W_3} = C_3 * k * q = -0.50 * 1 * 70 = -35 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow P_3 &= W_{W_3} * \frac{a}{\cos \alpha} * S = -35 * \frac{2}{\cos 5.71} * 6 \\ &= -422 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\# W_{W_4} = C_4 * k * q = -0.50 * 1 * 70 = -35 \text{ kg/m}^2$$

$$\Rightarrow P_4 = W_{W_4} * S * \frac{h}{2} = -35 * 6 * \frac{2}{2} = -210 \text{ kg}$$

$$P_1 = 336 \text{ kg/m}$$

$$P_2 = -675 \text{ kg}$$

$$P_3 = -422 \text{ kg}$$

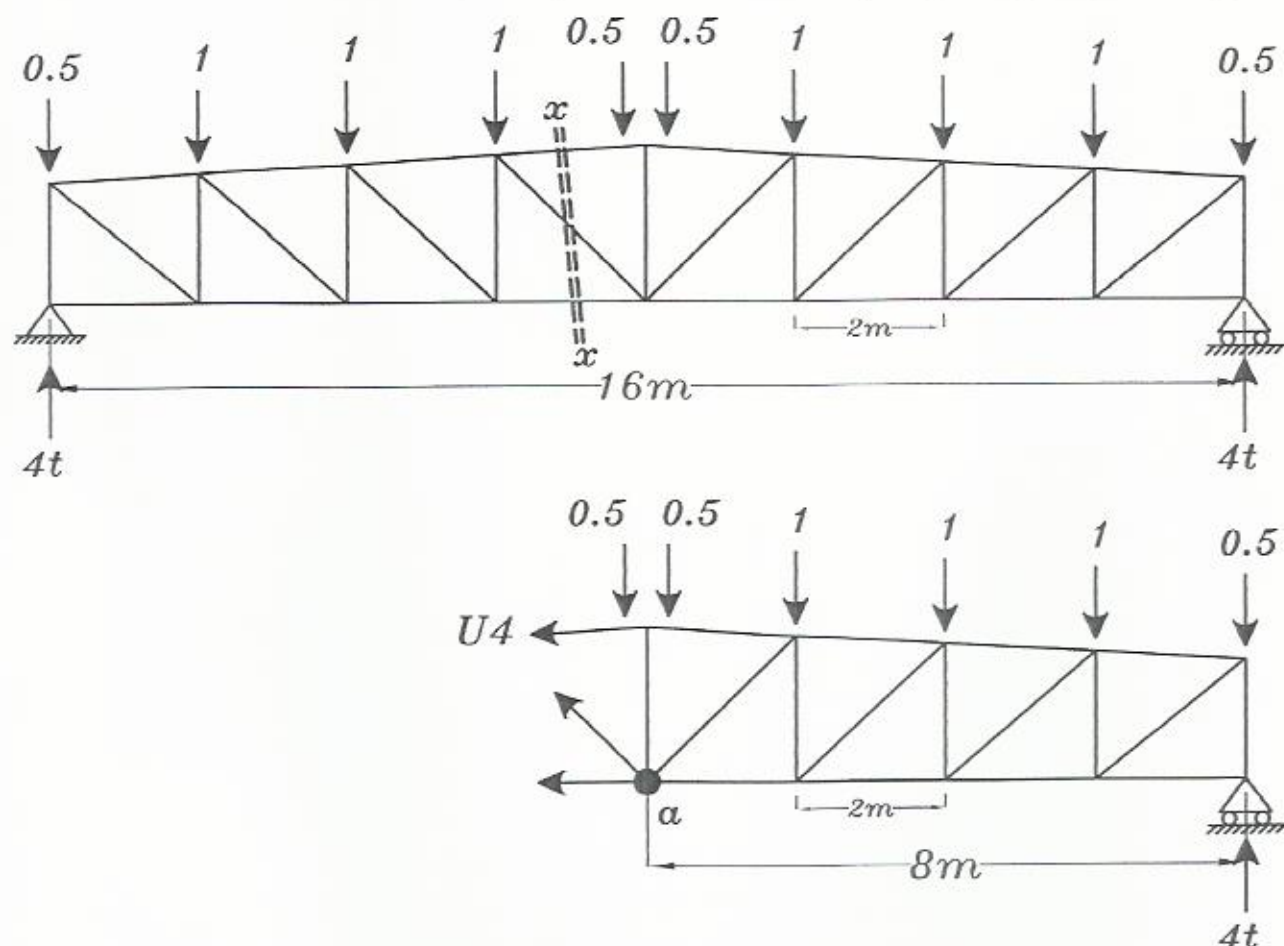
$$P_4 = -210 \text{ kg/m}$$

2) Force affecting member U4

Dead & Live loads

وبدلاً من تعقيد الحسابات سنضع مكان كل قوة ١ طن و في البداية و المنتصف حيث يوجد نصف قيمة الحمل سنضع نصف طن .

و لاجاد القوة في ال member (U4) نأخذ section (x-x)



نعمل الميل في ال Upper chord لانه صغير و نحله كأنه أفقى .

$$\sum M @ a = 0$$

$$4 * 8 - 0.5 * 8 - 1 * [6 + 4 + 2] + U4 * 2.8 = 0$$

$$\Rightarrow U4 = - 5.714 t$$

و بالضرب في قيمة ال $P_{D.L.}$ و $P_{L.L.}$ يمكننا ايجاد قيمة القوة في ال member

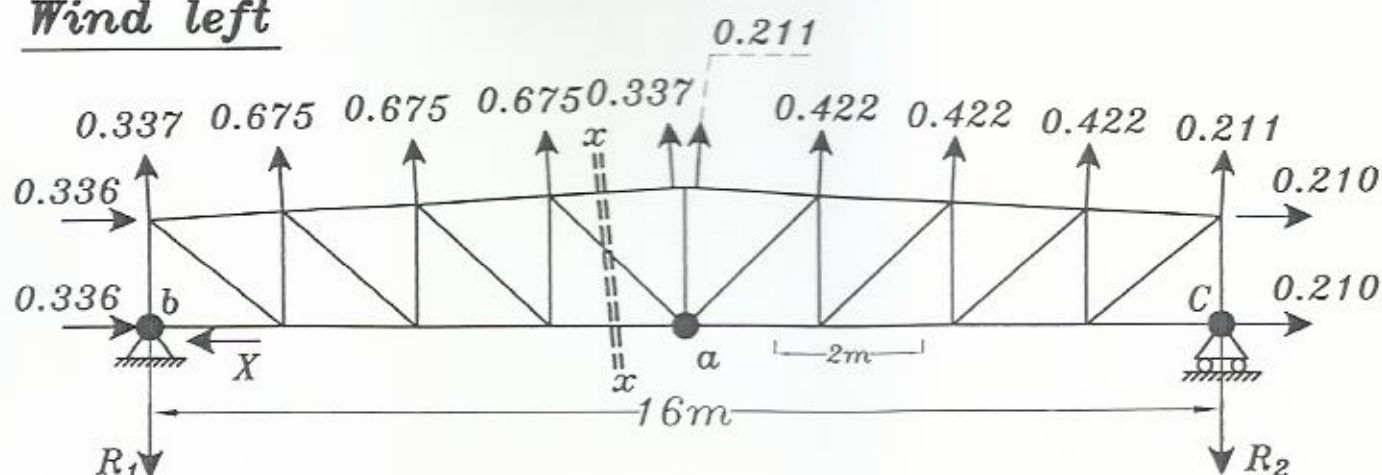
$$\text{Due to dead load} \Rightarrow U8 = - 5.714 * 0.312 = - 1.783 t$$

$$\text{Due to live load} \Rightarrow U8 = - 5.714 * 0.64 = - 3.657 t$$

$$F_{D.L.} = - 1.783 t$$

$$F_{L.L.} = - 3.657 t$$

Wind left



نعمل الميل في ال Upper chord لانه صغير و نحله كأنه أفقى .

To find $R_2 \Rightarrow \Sigma M @ b = 0$

$$-R_2 * 16 + 0.211 * 16 - 0.422 * [14 + 12 + 10] + 0.548 * 8 + 0.675 * [6 + 4 + 2] - 0.210 * 2 - 0.336 * 2 = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{R_2 = 1.872 \text{ t}}$$

To find $X \Rightarrow \Sigma X = 0 \Rightarrow \boxed{X = 1.092 \text{ t}}$

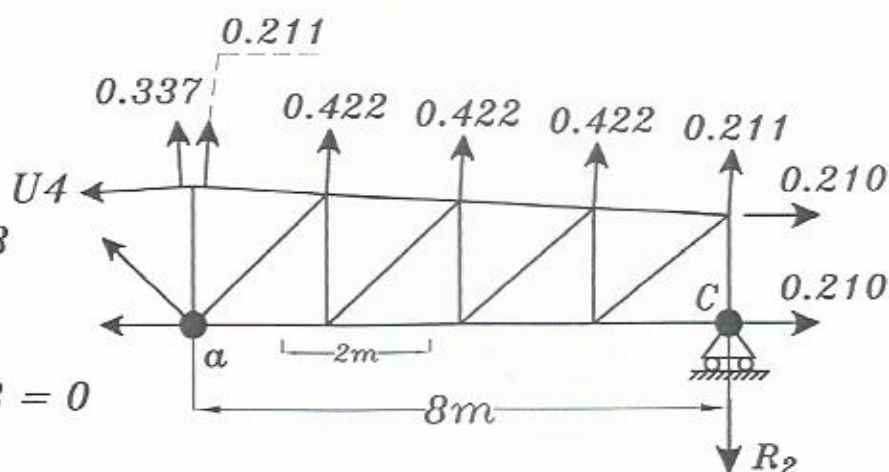
To find $R_1 \Rightarrow \Sigma Y = 0 \Rightarrow \boxed{R_1 = 2.516 \text{ t}}$

To find $U_4 \Rightarrow$

$$\Sigma M @ b = a$$

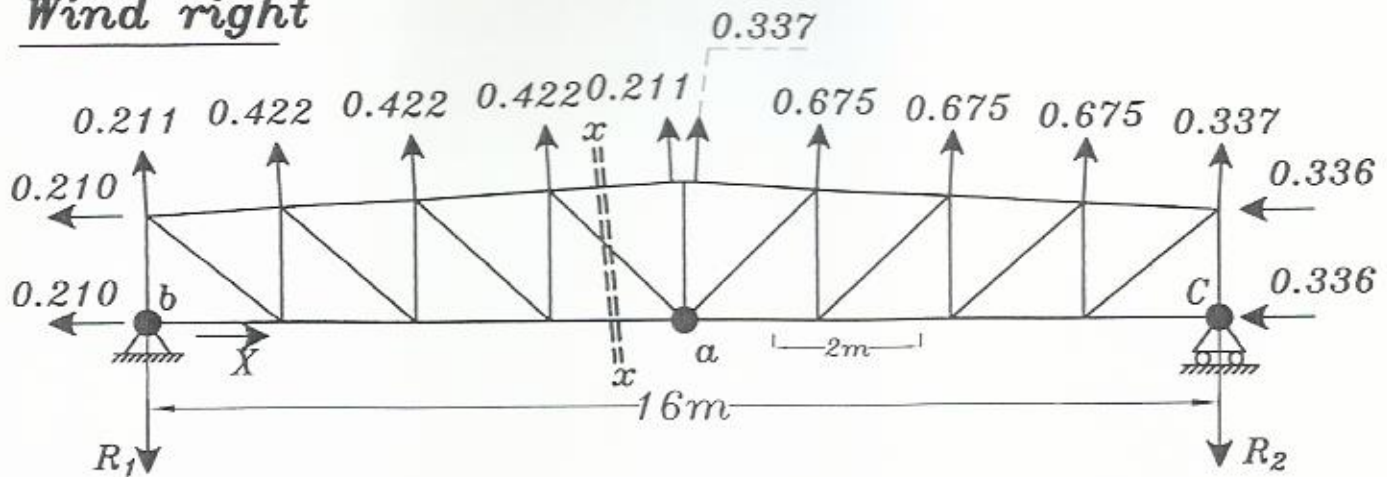
$$-1.872 * 8 + 0.211 * 8 + 0.422 * [6 + 4 + 2] - 0.210 * 2 + U_4 * 2.8 = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{U_4 = + 3.08 \text{ t}}$$



$$\boxed{F_{W.L} = + 3.08 \text{ t}} \quad (\text{Tension})$$

Wind right



نعمل الميل في ال Upper chord لانه صغير و نحله كأنه أفقى .

To find $R_2 \Rightarrow \sum M @ C = 0$

$$-R_1 * 16 + 0.211 * 16 - 0.422 * [14 + 12 + 10] + 0.548 * 8 + 0.675 * [6 + 4 + 2] - 0.210 * 2 - 0.336 * 2 = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{R_1 = 1.872 \text{ t}}$$

To find $X \Rightarrow \sum X = 0 \Rightarrow \boxed{X = 1.092 \text{ t}}$

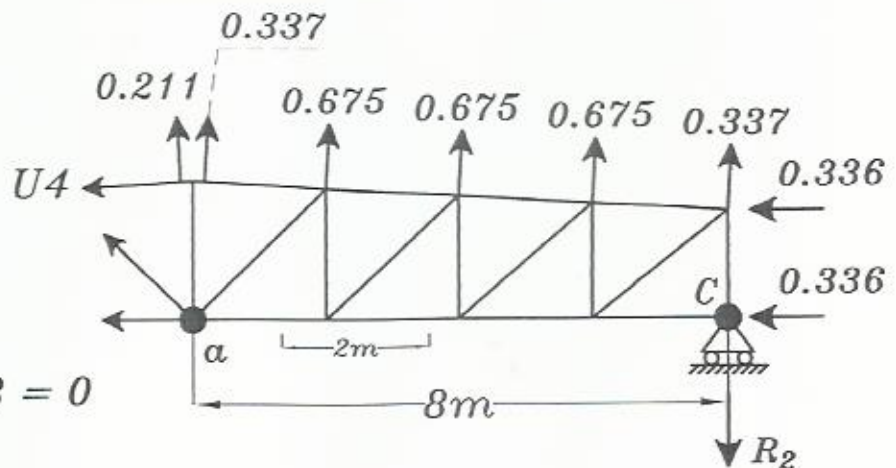
To find $R_1 \Rightarrow \sum Y = 0 \Rightarrow \boxed{R_2 = 2.516 \text{ t}}$

To find $U_4 \Rightarrow$

$$\sum M @ b = a$$

$$2.516 * 8 - 0.337 * 8 - 0.675 * [6 + 4 + 2] - 0.336 * 2 - U_4 * 2.8 = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{U_4 = + 3.08 \text{ t}}$$



$$\boxed{F_{W.R} = + 3.08 \text{ t}} \quad (\text{Tension})$$

3) Design of U4 welded member

Member	D.L	L.L	W.L	W.R	Case (A) D+L	Case (B)				Case (A)	Case (B)
						D+L + W.L	D+L + W.R	D + W.L	D + W.R		
U ₄	-1.783	-3.657	+3.08	+3.08	-5.44	-2.36	-2.36	+1.297	+1.297	-5.44	-2.36 & +1.297

Member	$\frac{\text{Case (B)}}{\text{Case (A)}}$	Design Force
U ₄	$\frac{2.36}{5.44} = 0.43 < 1.2$ $\frac{1.297}{0} > 1.2$	-5.44 (A) & +1.297 (B)

و من المفترض أن نقوم بتصميم هذا ال member مرتين :

⇒ As compression member ⇒ $F = -5.44 \text{ t (A)}$

⇒ As Tension member ⇒ $F = +1.297 \text{ t (B)}$

و حيث أننا لم ندرس سوى تصميم ال Tension member فسوف نصمم فقط ال member على ال Tension و فيما بعد سندرس تصميم ال Compression .

Member (U4) ⇒ Upper chord ⇒ 

1) Data

* Length = 200 cm

* Force = +1.297 ton (Case B)

* $l_{b \text{ in}}$ = Distance between joints = 200 cm

* $l_{b \text{ out}}$ = 200 cm

2) Choice of section

a - From Stress Condition

$$A_{g \text{ JL}} = \frac{\text{Force (ton)}}{1.20 * F_t \text{ (t/cm}^2\text{)}} = \frac{1.297}{1.2 * 1.4} = 0.77 \text{ cm}^2$$

Case (B)

symmetric welded

$$A_{g_L} = \frac{0.77}{2} = 0.39 \text{ cm}^2 \xrightarrow[\alpha_1 = 3.0 \text{ cm}]{\text{من الجدول}} \text{angle أصغر}$$

b - From Slenderness Condition

$$\text{assume } \lambda_{out} = \lambda_{in} = 300$$

$$\begin{aligned} \therefore 300 &= \frac{l_{bin}}{r_{x_{\perp L}}} = \frac{200}{0.30\alpha} \Rightarrow \alpha = 2.22 \text{ cm} \\ \therefore 300 &= \frac{l_{bout}}{r_{y_{\perp L}}} = \frac{200}{0.45\alpha} \Rightarrow \alpha = 2.96 \text{ cm} \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{نأخذ الأكبر} \\ \alpha_2 = 2.96 \text{ cm} \end{array} \right\}$$

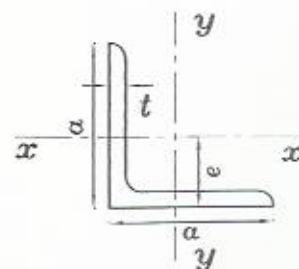
C - From Construction Condition

minimum angle $45 * 45 * 5$ (Welded) $\alpha_3 = 45 \text{ mm}$

ثم نختار من الجداول الـ Angle الأكبر من α_1 & α_2 & α_3

Choose L 45 * 45 * 5

3) Checks



L 45 * 45 * 5
 $A = 4.3 \text{ cm}^2$
 $e = 1.28 \text{ cm}$
 $r_x = r_y = 1.35 \text{ cm}$
 $r_v = 0.87 \text{ cm}$

a) Stress

$$\begin{aligned} * f_t &= \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \frac{\text{Force}}{2 * A_L} = \frac{1.297}{2 * 4.3} = 0.150 \text{ t / cm}^2 \quad \text{Case (B)} \\ &\leq F_t * 1.2 = 1.4 * 1.2 \\ &= 1.68 \text{ t / cm}^2 \quad \text{(Safe)} \end{aligned}$$

مساحة الـ angle التي تم اختيارها من الجدول

b) Slenderness (Stiffness)

$$r_{x_{\perp L}} = r_{x_L} \text{ من الجدول} = 1.35 \text{ cm}$$

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

$$r_{y_{\perp L}} = \sqrt{r_{y_L}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{1.35^2 + (1.28 + \frac{1.0}{2})^2} = 2.23 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_{x_{\angle L}}} = \frac{200}{1.35} = 148.1 < 300 \Rightarrow (Safe)$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{y_{\angle L}}} = \frac{200}{2.23} = 59.68 < 300 \Rightarrow (Safe)$$

C) Length to depth ratio. (Deflection)

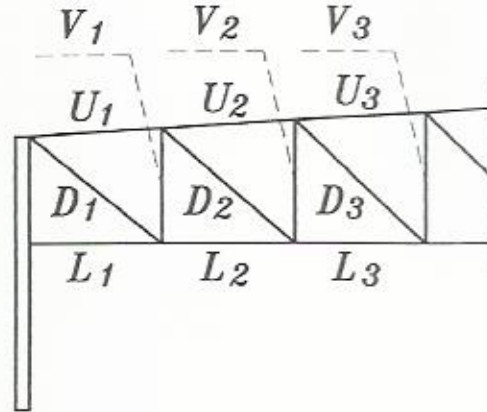
$$* \frac{L}{d} = \frac{200 \text{ cm}}{4.5 \text{ cm}} = 44.4 \leq 60 \Rightarrow (Safe)$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{Use } \angle L 45 * 45 * 5}$$

ويجب أن نقوم بعمل Check على $45 * 45 * 5$ $\angle L$ على أن عليها Compression قيمته $(-5.44 B)$ و هذا سنوضحه فيما بعد .

Notes :

فى حالة ما اذا كان المطلوب حساب ال *Forces* فى كل ال *members* يجب مراعاة تسمية ال *members* كالاتى :



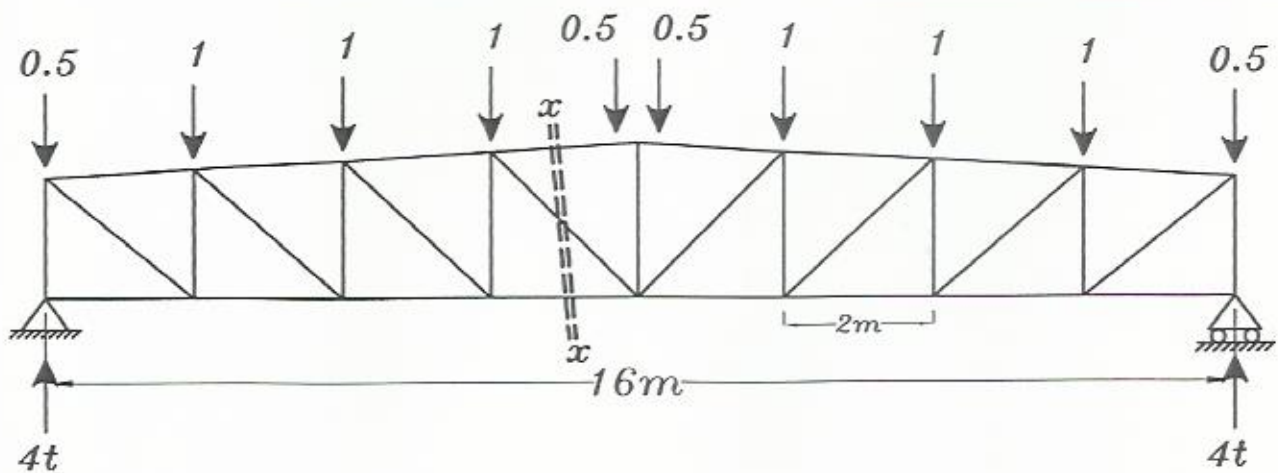
Upper chord $\Rightarrow U_1 \& U_2 \& U_3 \& \dots$

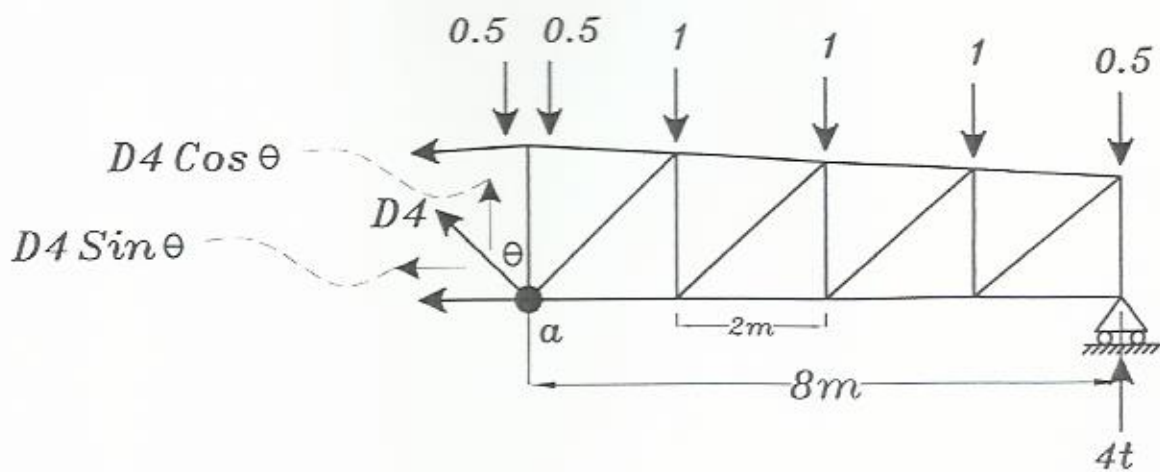
Lower chord $\Rightarrow L_1 \& L_2 \& L_3 \& \dots$

Diagonals $\Rightarrow D_1 \& D_2 \& D_3 \& \dots$

Verticals $\Rightarrow V_1 \& V_2 \& V_3 \& \dots$

لو مطلوب فى المسألة السابقة ايجاد ال *Force* فى ال *Diagonal (D4)*



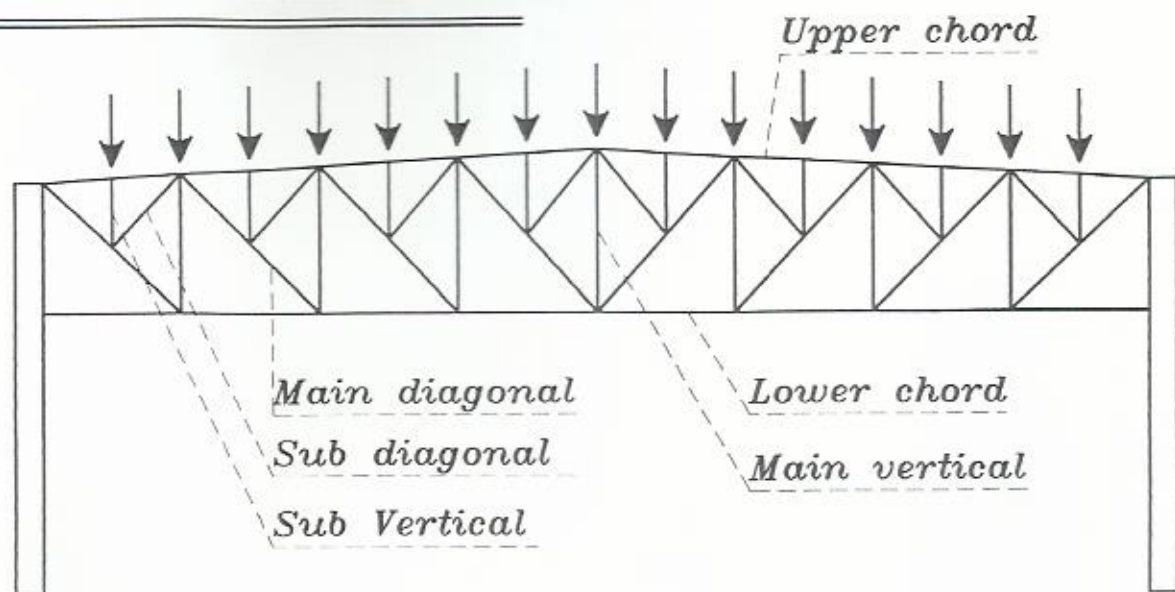


$$\Sigma Y = 0$$

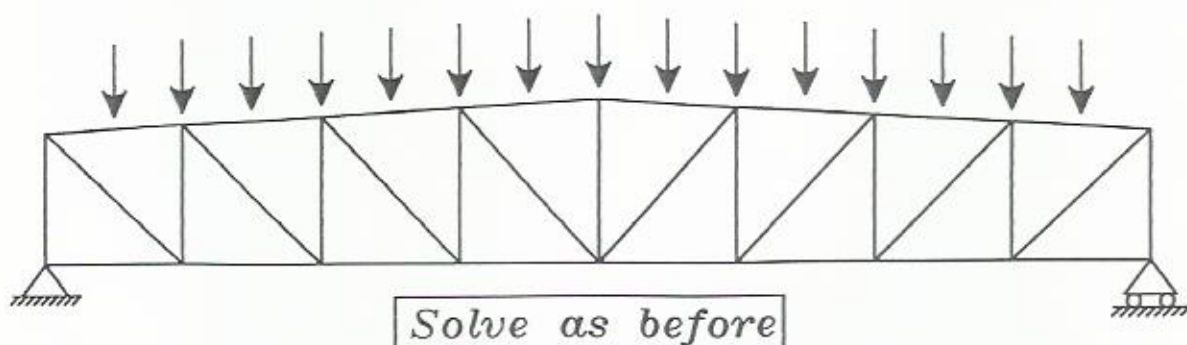
$$D4 \cos \theta - 0.5 - 0.5 - 1 - 1 - 1 - 0.5 + 4 = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{D4 = \frac{0.5}{\cos \theta}}$$

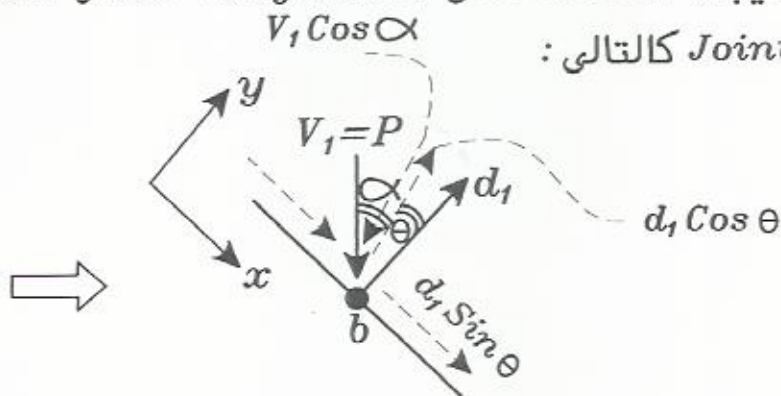
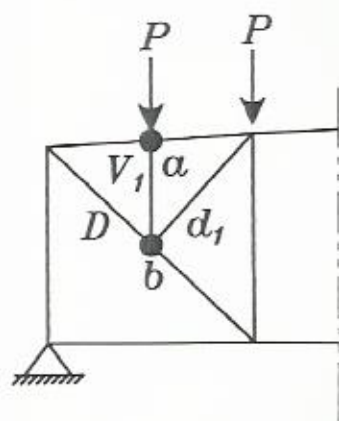
For Sub-divided truss



عند حل ال Sub-divided truss لايجاد ال Forces فى ال Upper chord و ال Lower chord و ال Main vertical و ال Main diagonal نقوم باهمال ال Sub diagonal و ال Sub Vertical و نحله كما نحل ال N-Truss .



و لايجاد ال Forces فى ال Sub diagonal و ال Sub Vertical نعمل اتزان
لل Joint كالتالى :



From equilibrium of joint (a) $\Rightarrow V_1 = -P$ (Compression)

From equilibrium of joint (b)

$$\Rightarrow \Sigma Y = 0 \Rightarrow V_1 \cos \alpha = d_1 \cos \theta$$

$$\Rightarrow \boxed{V_1 = + d_1 \frac{\cos \alpha}{\cos \theta}} \text{ (Tension)}$$

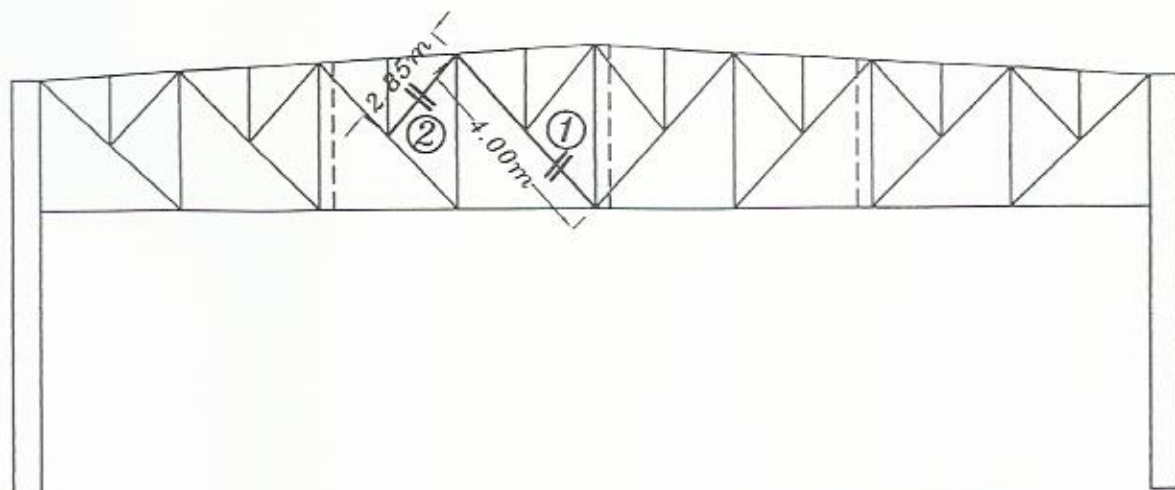
نحل ال Sub diagonal و ال Sub Vertical فى أول باكية و نأخذ قيمهم
لباقى الباقيات كلها أى أننا نعمل اتزان لل Joints فى أول باكية فقط.

Example

For the shown truss, it is required to design the marked members :

member (1) (welded) \Rightarrow Force = + 6 ton (Case A)

member (2) (welded) \Rightarrow Force = + 1.1 ton (Case A)



Member (1) \Rightarrow Diagonal \Rightarrow

1) Data

* Length = 200 cm

* Force = + 6 ton (Case A)

* $l_{b\text{ in}}$ = Distance between joints = 200 cm لا نحتاج الى حسابها

* $l_{b\text{ out}}$ = 400 cm

2) Choice of section

a - From Stress Condition

$$A_{g\text{ L}} = \frac{\text{Force (ton)}}{0.85 * F_t \text{ (t/cm}^2\text{)}} = \frac{6}{0.85 * 1.4} = 5.04 \text{ cm}^2$$

Unsymmetric welded

من الجدول \Rightarrow Choose L 55*55*5 $a_1 = 5.5 \text{ cm}$

b - From Slenderness Condition

assume $\lambda_{out} = 300$

$$\therefore 300 = \frac{l_{bout}}{r_{vL}} = \frac{400}{0.20a_2} \Rightarrow a_2 = 6.67 \text{ cm}$$

C - From Construction Condition

minimum angle $45 \times 45 \times 5$ (Welded) $a_3 = 45 \text{ mm}$

ثم نختار من الجداول الـ Angle الأكبر من a_1 & a_2 & a_3

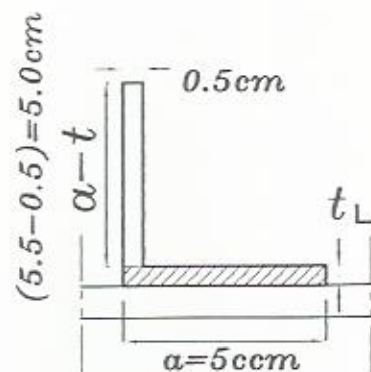
Choose $\angle 70 \times 70 \times 7$

3) Checks

$$A_1 = a * t_L$$
$$= 7.0 * 0.7 = 4.90 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = [a - t_L] * t_L$$
$$= [7.0 - 0.7] * 0.7 = 4.41 \text{ cm}^2$$

$$A_{net} = A_1 + A_2 \left[\frac{3A_1}{3A_1 + A_2} \right] = 4.90 + 4.41 * \left[\frac{3 * 4.90}{3 * 4.90 + 4.41} \right]$$
$$= 8.29 \text{ cm}^2$$



a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \frac{\text{Force}}{A_L} = \frac{6}{8.29} = 0.72 \text{ t/cm}^2$$

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

b) Slenderness (Stiffness)

$$r_{v_L} = \text{من الجدول} = 1.37 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{v_L}} = \frac{400}{1.37} = 291 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

Distance between joints

$$* \frac{L}{d} = \frac{200 \text{ cm}}{7.0 \text{ cm}} = 28.6 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

\Rightarrow Use $\angle 70 \times 70 \times 7$

Member (2) \Rightarrow Diagonal \Rightarrow 

1) Data

$$* \text{Length} = 285 \text{ cm}$$

$$* \text{Force} = +1.1 \text{ ton (Case A)}$$

$$* l_{b_{in}} = \text{Distance between joints} = 285 \text{ cm} \quad \text{لا نحتاج الى حسابها}$$

$$* l_{b_{out}} = 1.2 * 285 = 342 \text{ cm}$$

2) Choice of section

a - From Stress Condition

$$A_{g_L} = \frac{\text{Force (ton)}}{0.85 * F_t \text{ (t/cm}^2\text{)}} = \frac{1.1}{0.85 * 1.4} = 0.92 \text{ cm}^2$$

Unsymmetric welded

$$\text{من الجدول} \Rightarrow \text{Choose } \angle 30 \times 30 \times 3 \quad a_1 = 3.0 \text{ cm}$$

b - From Slenderness Condition

assume $\lambda_{out} = 300$

$$\therefore 300 = \frac{l_{bout}}{r_{vL}} = \frac{342}{0.20a_2} \Rightarrow a_2 = 5.70 \text{ cm}$$

C - From Construction Condition

minimum angle $45 \times 45 \times 5$ (Welded) $a_3 = 45 \text{ mm}$

ثم نختار من الجداول الـ Angle الأكبر من a_1 & a_2 & a_3

Use minimum angle $\angle 60 \times 60 \times 6$

3) Checks

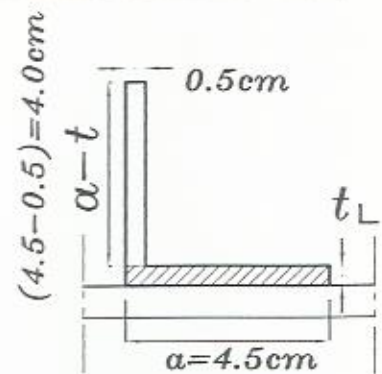
$$A_1 = a * t_L$$

$$= 6.0 * 0.6 = 3.60 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = [a - t_L] * t_L$$

$$= [6.0 - 0.6] * 0.6 = 3.24 \text{ cm}^2$$

$$A_{net} = A_1 + A_2 \left[\frac{3A_1}{3A_1 + A_2} \right] = 3.60 + 3.24 * \left[\frac{3 * 3.60}{3 * 3.60 + 3.24} \right]$$
$$= 6.09 \text{ cm}^2$$



a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \frac{\text{Force}}{A_L} = \frac{6}{3.79} = 0.29 \text{ t/cm}^2$$

مساحة الـ angle التي تم حسابها

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

(Safe)

b) Slenderness (Stiffness)

$$r_{vL} = \text{من الجدول} = 1.17 \text{ cm}$$

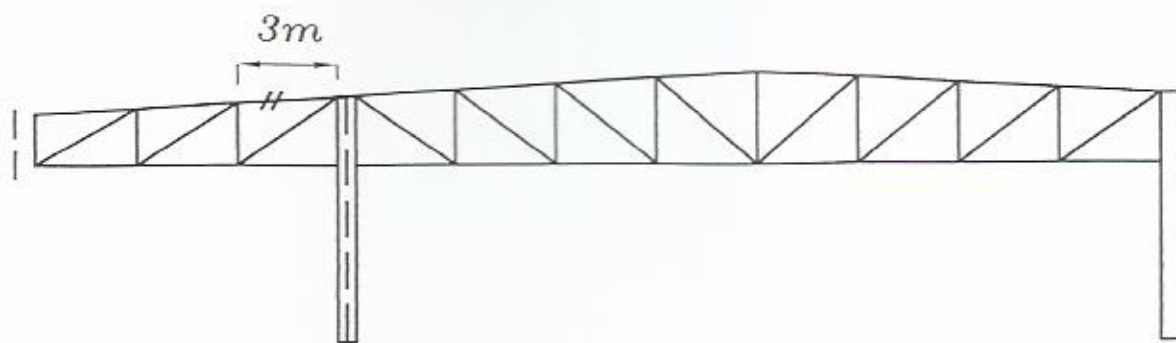
$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{v_L}} = \frac{342}{1.17} = 292.0 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

$$* \frac{L}{d} = \frac{\overset{\text{Distance between joints}}{285 \text{ cm}}}{6.0 \text{ cm}} = 47.5 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

\Rightarrow Use L 60*60*6

Example



For the shown truss, it is required to design the marked member knowing that:

Force = +3 ton case (A)
bolts used are M20, $t_{gp} = 10$ mm

Member \rightarrow upper chord \rightarrow \angle

* Data:

- force = +3 ton
- l_{bin} = distance between joints = 300 cm
- length = 300 cm
- l_{bout} = distance between purlins = 300 cm

* Choice of sec.:

$$A_{g_{\angle}} = \frac{\text{force}}{\underbrace{0.85 \cdot 1.4}_{\substack{\text{symmetric} \\ \text{bolted}}}} = \frac{3}{1.19} = 2.52 \text{ cm}^2$$

$$A_{g_{\angle}} = \frac{2.52}{2} = 1.26 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{tables}} \angle 30 \times 30 \times 3$$

$$\xrightarrow{\text{use min. angle}} a_{min} = 3.3\phi = 3.3 \times 2.0 = 6.6 \text{ cm}$$

use $\angle 70 \times 70 \times 7$

* Checks:

a) stress :

$$\bullet f_{act} = \frac{\text{force}}{A_{net}} = \frac{3}{16.84} = 0.178 \text{ t/cm}^2 < 1.4 \text{ t/cm}^2 \text{ (safe)}$$

where:

$$A_{net \perp} = 2[A_{g \perp} - (\phi + 0.2 \text{ cm}) \times t_L] \\ = 2[9.4 - (2 + 0.2) \times 0.7] = 16.84 \text{ cm}^2$$

b) slenderness :

$$- r_{x \perp} = r_{x_L} = 2.12 \text{ cm} \text{ (نم لودج)}$$

$$- r_{y \perp} = \sqrt{(r_{y_L})^2 + \left(e + \frac{t_{G.p}}{2}\right)^2} = \sqrt{(2.12)^2 + (1.97 + 0.5)^2} \\ = 3.25 \text{ cm}$$

$$\bullet \lambda_{in} = \frac{l_{bin}}{r_{x \perp}} = \frac{300}{2.12} = 141.51 < 300 \text{ (safe)}$$

$$\bullet \lambda_{out} = \frac{l_{bout}}{r_{y \perp}} = \frac{300}{3.25} = 92.3 < 300 \text{ (safe)}$$

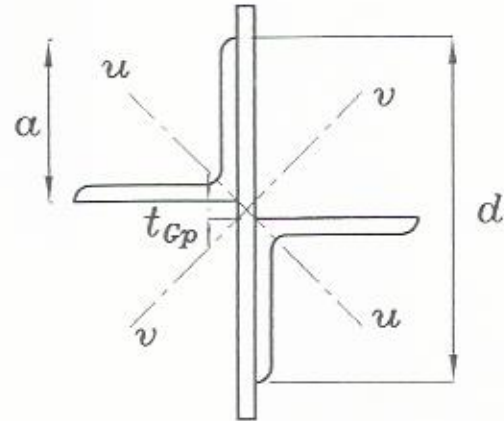
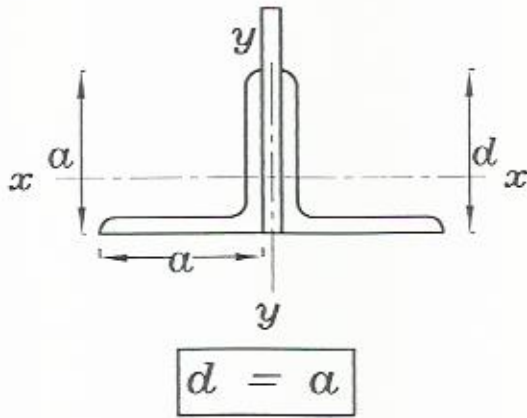
c) Length to depth ratio. (Deflection)

$$\bullet \frac{L}{d} = \frac{300 \text{ cm}}{7 \text{ cm}} = 42.9 < 60 \text{ (safe)}$$

\therefore use 70x70x7

ملحوظة هامة

فى حالة الـ *long members* يفضل استخدام الـ \star *star shape* بدل من الـ \angle *Double angle*.



حيث أن الـ d هو *Depth* القطاع .

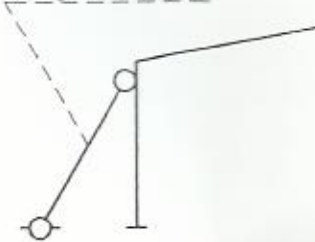
فى الـ *long members* غالبا الـ *Deflection* يكون *Unsafe* و حيث أن *Check* الـ *Deflection* هو عبارة عن (L/d) فحتى تقل القيمة نحتاج الى زيادة الـ *Depth* و لذلك يفضل استخدام الـ \star *star shape*.

$$\frac{L}{d} \leq 60$$

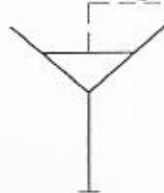
We need to increase (d) when (L) is big

و يعتبر الـ *member* أنه *long member* تقريبا اذا زاد طوله عن ٤ م .

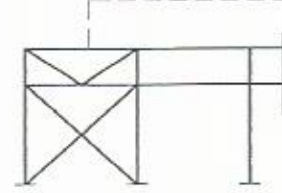
long member



long member

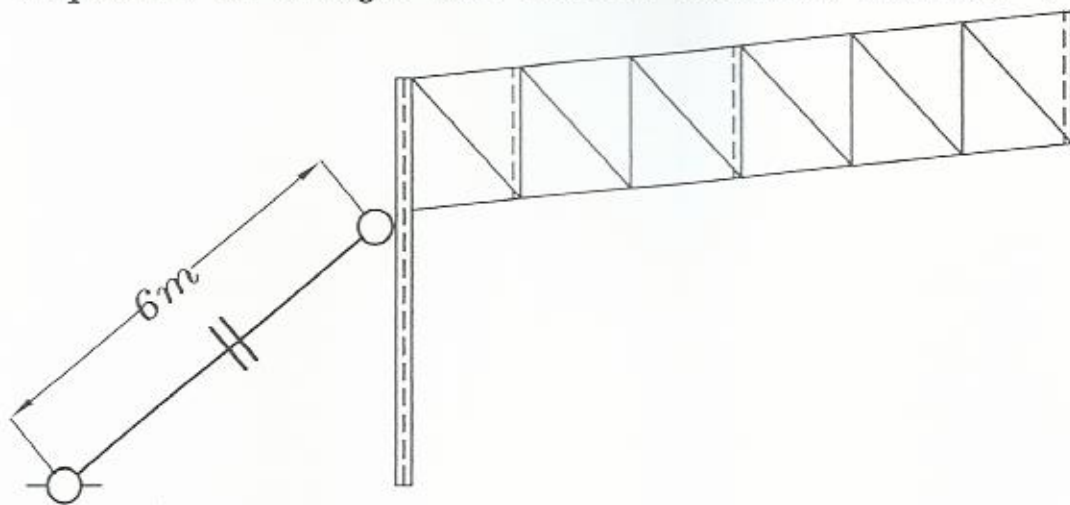


long member



Example

It is required to design the shown marked member .

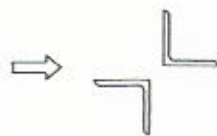


Force = + 12 ton case (A) , bolts used are M16

$t_{gp} = 10 \text{ mm}$

Bolts (M16) $\Rightarrow \phi = 16 \text{ mm}$

$L > 4m \Rightarrow \text{Long member}$



1) Data

* Length = 600 cm

* Force = + 12 ton (Case A)

* l_{bin} = Distance between joints = 600 cm لا نحتاج الى حسابها

* $l_{bout} = 600 \text{ cm}$

2) Choice of section

a - From Stress Condition

$$A_{g_L} = \frac{\text{Force (ton)}}{0.85 * F_t \text{ (t/cm}^2\text{)}} = \frac{12}{0.85 * 1.4} = 10.08 \text{ cm}^2$$

Symmetric bolted

$$A_{g_L} = \frac{10.08}{2} = 5.04 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{من الجدول}} \text{Choose } L \ 55 * 55 * 5$$

b - From Slenderness Condition

assume $\lambda_{out} = 300$

$$\therefore 300 = \frac{l_{bout}}{r_{u-L}} = \frac{600}{0.38a_2} \Rightarrow a_2 = 5.29 \text{ cm}$$

C - From Construction Condition

minimum angle $a_{min} = a_3 = 1.1 * 3 \phi = 1.1 * 3 * 1.6 = 5.28 \text{ cm}$

ثم نختار من الجداول ال Angle الاكبر من a_1 & a_2 & a_3

Use minimum angle $\angle 55 * 55 * 5$

هذا ال member يكون Bolted لان طوله كبير و منفصل عن ال Truss .

ملحوظة هامة

في ال members الطويلة يفضل عند عمل Choice of section أن ندخل معنا ضمن شروط الاختيار ال Length to depth ratio أي نحسب ال Angle التي تحقق أمان هذا الشرط .

d) from (Length to depth ratio)

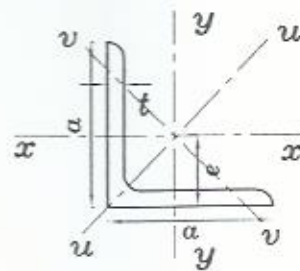
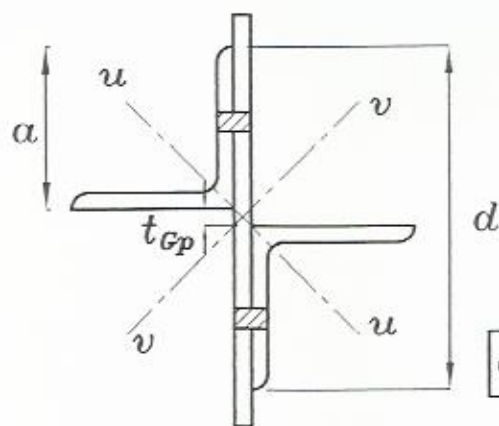
$$* \frac{L}{d} = \frac{600 \text{ cm}}{2a_4 + t_{cp}} = \frac{600 \text{ cm}}{2 * a_4 + 1} \leq 60$$

$$a_4 = 4.5 \text{ cm}$$

و نختار الاكبر من a_1 & a_2 & a_3 & a_4

Use minimum angle $\angle 55 * 55 * 5$

3) Checks



L 55*55*5
 $A = 5.32 \text{ cm}^2$
 $r_u = 2.09 \text{ cm}$
 $r_v = 1.07 \text{ cm}$

$$d = 2a + t_{cp}$$

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

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

a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \frac{12}{8.84} = 1.35 \text{ t/cm}^2$$

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

b) Slenderness (Stiffness)

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

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b \text{ out}}}{r_{u \perp}} = \frac{600}{2.09} = 287.1 < 300 \Rightarrow \text{(Safe)}$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

$$* \frac{L}{d} = \frac{600 \text{ cm}}{2a + t_{cp}} = \frac{600 \text{ cm}}{2 * 5.5 + 1} = 50.0 \leq 60 \Rightarrow \text{(Safe)}$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{Use } \perp 55 * 55 * 5}$$

الـ member السابق مربوط بالعمود و طوله كبير و بالتالى يكون Bolted حيث أنه لا يمكن نقله من المصنع الى الموقع بهذا الطول و هو مربوط بالعمود .

Check need for tie plate

لن نقوم بعمل هذا الـ Check لانه لم يشرح فى المحاضرة و لكن سوف يستخدم فى
الـ Compression Members

$$\lambda_v \leq \lambda_{max.} = 300$$

$$\frac{l^{\vee}}{r_{vL}} = \frac{l^{\vee}}{1.07} \leq 300 \Rightarrow l^{\vee} \leq 1.07 * 300 = 321 \text{ cm}$$

$$l^{\vee} \leq 321 \text{ cm} > \frac{l}{2} \& < l \Rightarrow \text{Use one tie plate at mid span}$$

ملحوظة هامة

من الممكن استخدام الـ *Unequal angles* فى حالة الحاجة الى r_y كبيرة أى عندما يكون الـ *Out of plane buckling length* كبير أو اذا طلب استخدامها فى المسألة .

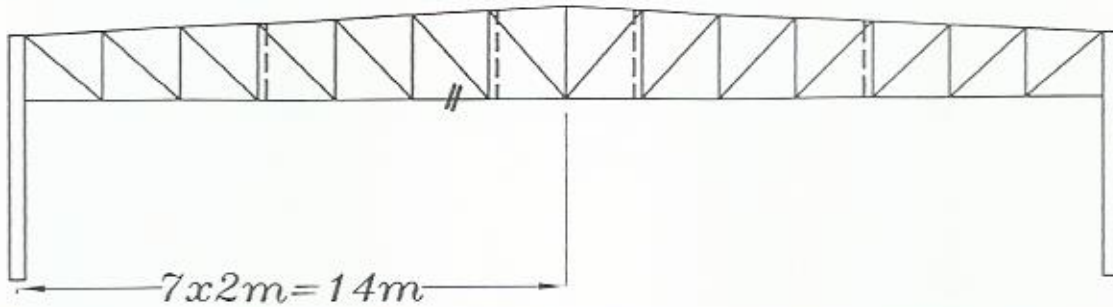
حيث أنه فى حالة الـ *Out of plane buckling length* الكبير نحتاج الى زيادة الـ r_y و اذا استخدمنا الـ *Equal angles* سنجد أننا نحتاج الى زيادة طول رجلي الـ *Equal angles* و بالتالى تزيد الـ r_y و الـ r_x فى حين أننا لا نحتاج سوى لزيادة الـ r_y أما الـ *Unequal angles* يزيد طول رجل واحدة فقط و بالتالى من الممكن زيادة الـ r_y التى نحتاجها و بالتالى هذا أوفر .

Example

Design the marked member using *unequal angles* knowing that :

Force = + 20 ton case (II) , bolts used are M16

$t_{cp} = 10 \text{ mm}$



Member

⇒ Lower chord ⇒

1) Data

* Length = 200 cm

* Force = + 20 ton (Case A)

* l_{bin} = Distance between joints = 200 cm

* l_{bout} = Distance between long. bracing
= 600 cm

2) Choice of section

$$A_{g\angle} = \frac{\text{Force (ton)}}{1.20 * F_t (t \setminus cm^2) * 0.85} = \frac{20}{1.2 * 1.4 * 0.85} = 14.00 \text{ cm}^2$$

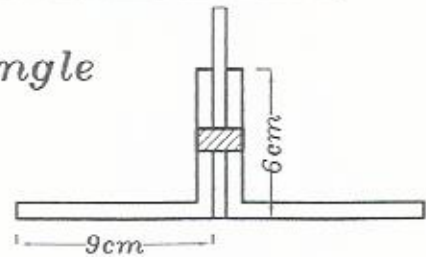
Case (B) symmetric bolted

$$A_{g\angle} = \frac{14.00}{2} = 7.0 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{من الجدول}} \boxed{\text{Choose } \angle 90 * 60 * 6}$$

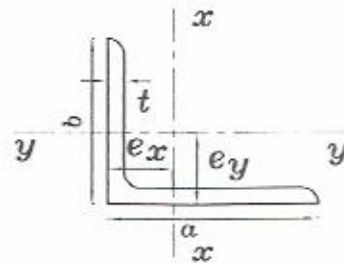
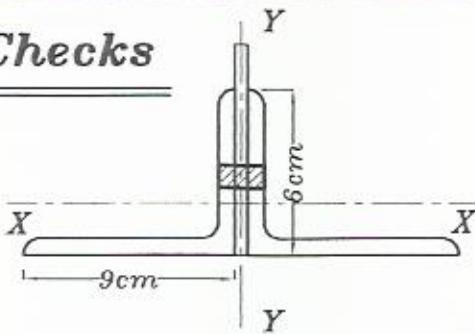
$$a = 60 \text{ mm} = 6.0 \text{ cm} > \text{minimum angle}$$

$$a_{min} = 1.1 * 3 \phi = 1.1 * 3 * 1.6 = 5.28 \text{ cm}$$

المسمار يكون فى الضلع الذى طوله 6.0 cm



3) Checks



$$\begin{aligned} \angle 90 * 60 * 6 \\ A &= 8.96 \text{ cm}^2 \\ e_x &= 2.87 \text{ cm} \\ r_x &= 2.87 \text{ cm} \\ r_y &= 1.72 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

$$= 2 [8.96 - (1.6 + 0.2 \text{ cm}) * 0.6] = 15.22 \text{ cm}^2$$

a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{net}} = \frac{20}{15.22} = 1.31 \text{ t} \setminus \text{cm}^2$$

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

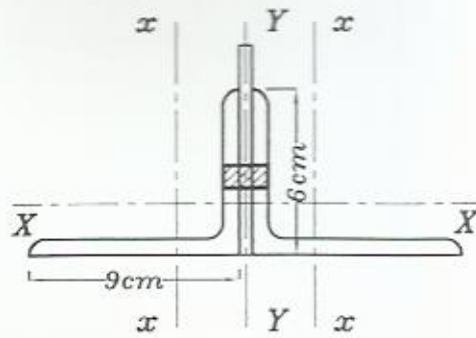
مساحة ال angles التى تم حسابها

b) Slenderness (Stiffness)

خذ بالك

محاور الـ Unequal angles معكوسة فى الجدول

$$r_{x\angle} = r_{y\angle} \text{ من الجدول} = 1.72 \text{ cm}$$



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

$$r_{y_{\perp L}} = \sqrt{r_{x_{\perp L}}^2 + (e_x + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{2.87^2 + (2.89 + \frac{1.0}{2})^2} = 4.44 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_{x_{\perp L}}} = \frac{200}{1.72} = 141.51 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_{y_{\perp L}}} = \frac{600}{4.44} = 135.13 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

C) Length to depth ratio. (Deflection)

$$* \frac{L}{d} = \frac{200 \text{ cm}}{6 \text{ cm}} = 33.3 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

البعد الرأسى للقطاع هو الذى يقاوم ال Deflection

→ Use $\perp\text{L } 90*60*6$

Maximum Capacity

Maximum strength of tension member

ال *Maximum capacity* هي عبارة عن أكبر *Tension force* يستطيع القطاع تحملها و تحسب من معادلة التصميم و لكن بالعكس .

$$\frac{\text{Force}}{A_{net}} \leq F_t$$

و لحساب ال *Maximum capacity* نعتبر أن القطاع تحمل أكبر *Stress* و هو ال F_t و بالتالي تصبح المعادلة كالتالي .

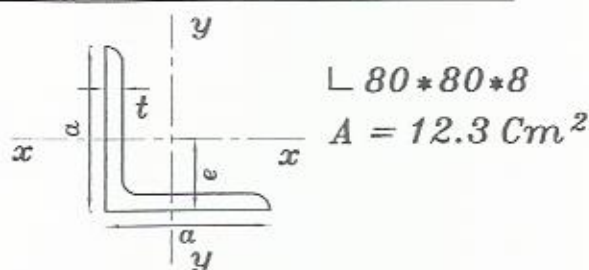
$$\text{Force} = F_t * A_{net}$$

(Maximum capacity)

Example

Calculate the maximum force that can be carried (resisted) by single and double angle 80x80x8 welded and bolted (M16).

Solution



1) Double angle (Bolted)

$$A_{net} = 2 [A_{gross \angle} - (\phi + 0.2 \text{ cm}) * t_{\angle}]$$
$$= 2 [12.3 - (1.6 + 0.2 \text{ cm}) * 0.8] = 21.72 \text{ cm}^2$$

$$\text{Force}_{Max.} = F_t * A_{net} = 1.4 * 21.72 = 30.41 \text{ t}$$

2) Double angle (Welded)

$$A_{net} = 2 * A_{gross \perp} = 2 * 12.3 = 24.6 \text{ cm}^2$$

$$Force_{Max.} = F_t * A_{net} = 1.4 * 24.60 = 34.44 t$$

3) Single angle (Bolted)

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

$$= [8 - (1.6 + 0.2)] * 0.8 = 4.96 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = [\alpha - t_{\perp}] * t_{\perp}$$

$$= [6 - 0.8] * 0.8 = 5.76 \text{ cm}^2$$

$$A_{net} = A_1 + A_2 \left[\frac{3A_1}{3A_1 + A_2} \right] = 4.96 + 5.76 * \left[\frac{3 * 4.96}{3 * 4.96 + 5.76} \right]$$
$$= 9.10 \text{ cm}^2$$

$$Force_{Max.} = F_t * A_{net} = 1.4 * 9.10 = 12.75 t$$

4) Single angle (Welded)

$$A_1 = \alpha * t_{\perp}$$

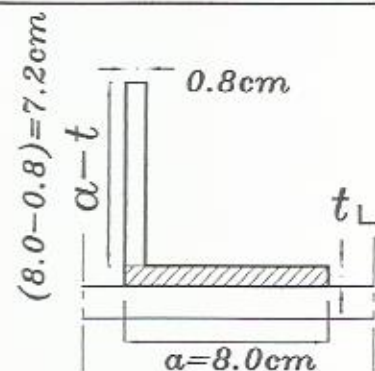
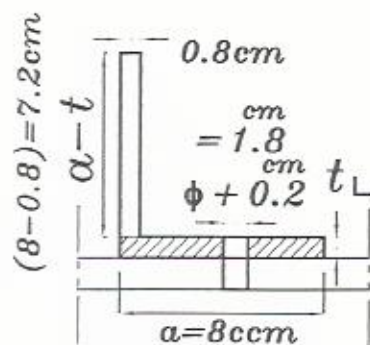
$$= 8.0 * 0.8 = 6.40 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = [\alpha - t_{\perp}] * t_{\perp}$$

$$= [8.0 - 0.80] * 0.8 = 5.76 \text{ cm}^2$$

$$A_{net} = A_1 + A_2 \left[\frac{3A_1}{3A_1 + A_2} \right] = 6.40 + 5.70 * \left[\frac{3 * 6.40}{3 * 6.40 + 5.76} \right]$$
$$= 10.8 \text{ cm}^2$$

$$Force_{Max.} = F_t * A_{net} = 1.4 * 10.8 = 15.16 t$$



لو نفس المسألة السابقة و كان مطلوب حساب ال Capacity على (B) Case
تكون بنفس الطريقة بالظبط مع ضرب ال F_t في 1.20

1) Double angle (Bolted)

$$Force_{Max.} = 1.2 * F_t * A_{net} = 1.2 * 1.4 * 21.72 = 36.49 t$$

2) Double angle (Welded)

$$Force_{Max.} = 1.2 * F_t * A_{net} = 1.2 * 1.4 * 24.60 = 41.33 t$$

3) Single angle (Bolted)

$$Force_{Max.} = 1.2 * F_t * A_{net} = 1.2 * 1.4 * 9.10 = 15.30 t$$

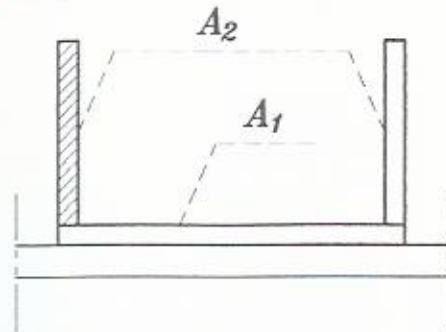
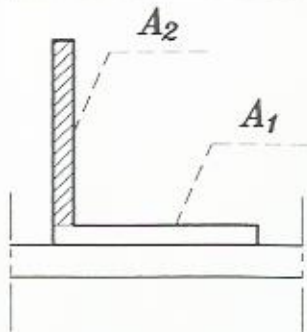
4) Single angle (Welded)

$$Force_{Max.} = 1.2 * F_t * A_{net} = 1.2 * 1.4 * 10.8 = 18.19 t$$

Important notes for tension member

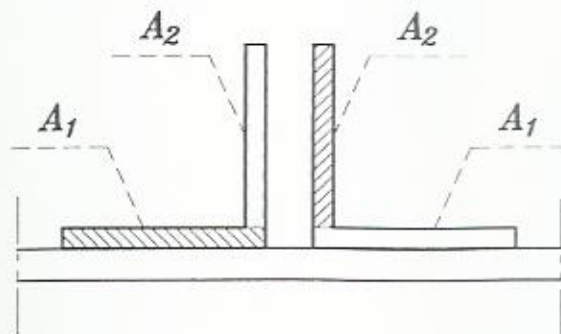
1) different examples for unsymmetric sections

For single angle or single channel



$$A_{net} = A_1 + A_2 \left[\text{Reduction factor} \right] = A_1 + A_2 \left[\frac{3A_1}{3A_1 + A_2} \right]$$

For double symmetric angles



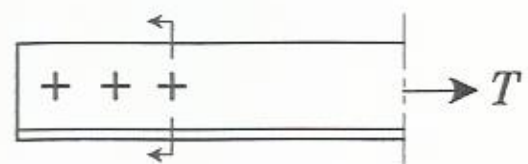
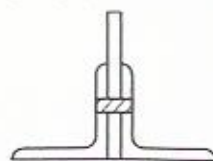
$$A_{net} = A_1 + A_2 \left[\text{Reduction factor} \right] = A_1 + A_2 \left[\frac{5A_1}{5A_1 + A_2} \right]$$

$A_1 \Rightarrow$ net area of connected leg

$A_2 \Rightarrow$ area of unconnected leg

2) different cases of A_{net}

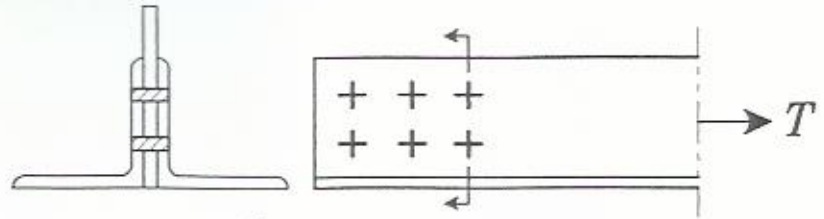
عند تصميم الـ bolted member نفترض وجود صف واحد مسامير في الـ angle



$$A_{net_L} = 2 [A_{gross_L} - \text{One hole}]$$

$$A_{net_L} = 2 [A_{gross_L} - (\phi + 0.2 \text{ cm}) * t_L]$$

و لكن فى بعض الحالات قد تكون الـ $angle$ كبيرة و القوة المؤثرة عليها كبيرة بحيث أنه يتم رص المسامير على صفين و فى هذه الحالة نطرح فراغ مسمارين

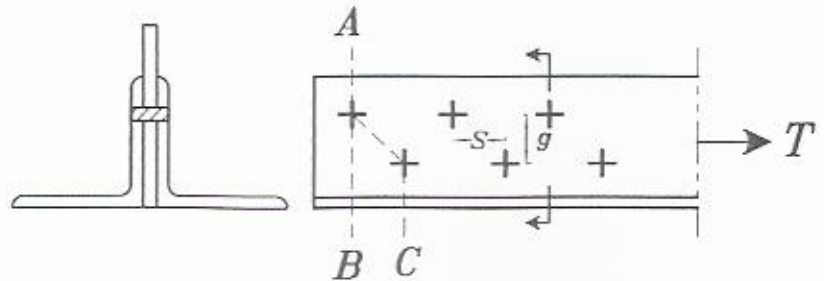


$$A_{net \perp L} = 2 [A_{gross \perp L} - Two \text{ holes}]$$

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

مهم

و فى بعض الحالات قد يتم رص المسامير *Staggered*



Sec (AB) \Rightarrow 1 Bolt \Rightarrow Sec. رأسى

Sec (AC) \Rightarrow 2 Bolts \Rightarrow Sec. مائل

$$A_{net \text{ for (path AB)}} = 2 [A_{gross \perp L} - (\phi + 0.2 \text{ cm}) * t_L]$$

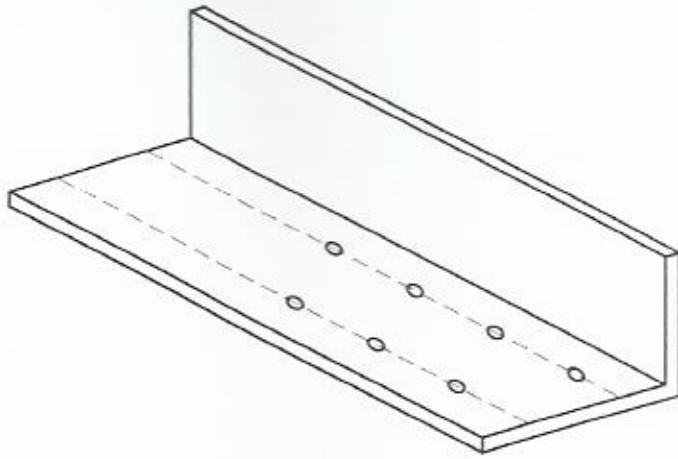
$A_{net \text{ for (path AC)}}$

$$= 2 [A_{gross \perp L} - 2 * (\phi + 0.2 \text{ cm}) * t_L + \frac{S^2}{4g} * t_L]$$

لتعويض الزيادة فى المساحة المائلة

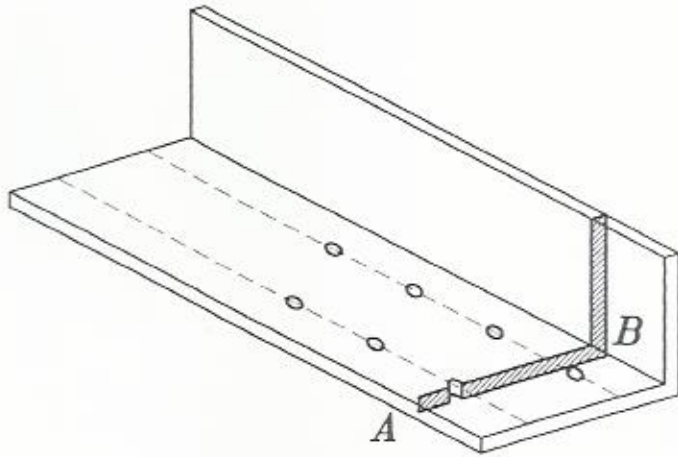
ثم نكمل الحسابات باستخدام الـ A_{net} الاصغر من الاثنان .

فى الحالة السابقة تم رص المسامير *Staggered*

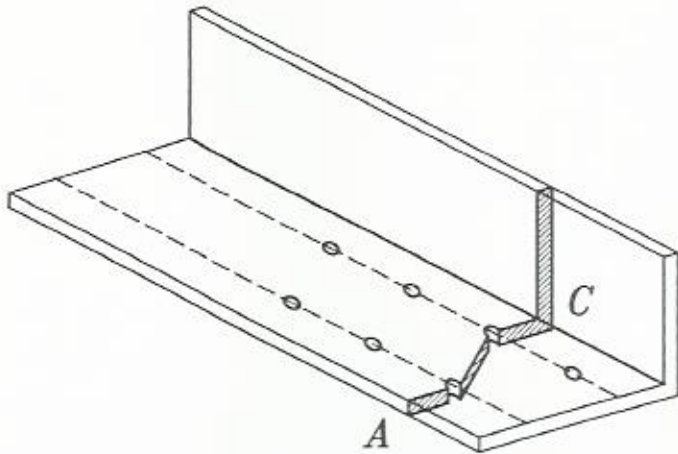


الشكل الاساسى

و فى هذه الرصة هناك احتمالان للكسر و هما كالتالى



الاحتمال الاول



الاحتمال الثانى

Design of tension member Using different sections

من الممكن استخدام مقاطعات أخرى فى تصميم ال *Tension members* غير ال *angles* مثل

Pipes - Square hollow sections - Rectangular hollow sections - Channels - I.Sections -----

و لكننا لن نستخدم هذه المقاطعات فى المسائل الا عند الطلب

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

ملحوظة هامة

فى ال *Truss* دائما يكون ال *In plane buckling* حول المحور الافقى للقطاع و ال *Out of plane buckling* حول المحور الرأسى للقطاع .
و دائما نكتب أسماء المحاور كما هى مكتوبة فى الجدول منعا للخطبة .

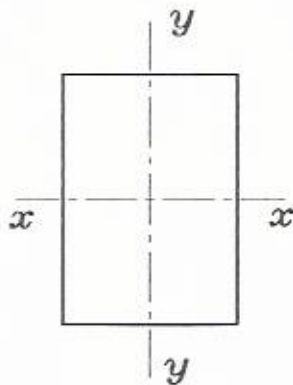


Figure 1

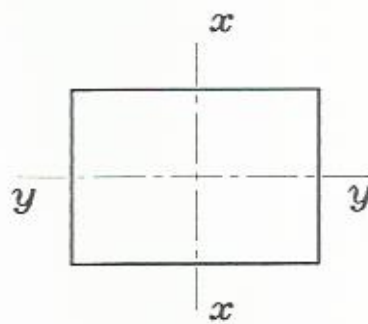


Figure 2

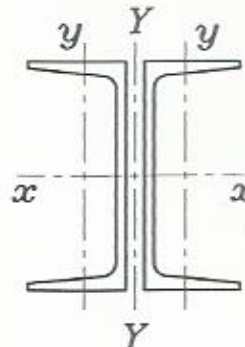


Figure 3

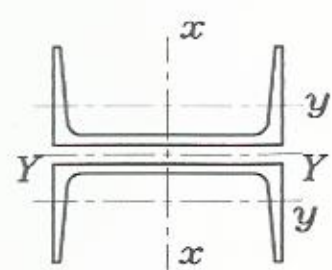


Figure 4

For box sections in tables



بالنسبة للقطاعات الـ *Box sections* الموجودة في الجداول نجد أن محور (y) هو المحور الموازي للضلع الطويل و محور (x) هو المحور الموازي للضلع القصير .
و بالتالي عند وضع الضلع الطويل رأسى كما في *Figure 1*

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

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

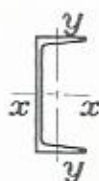
عند وضع الضلع الطويل أفقى كما في *Figure 2*

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

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

و في الحالتين تكون الـ r_x و الـ r_y من الجداول حيث أن محاور القطاع نفسه لم تتغير .

For Channels in tables



بالنسبة للقطاعات الـ *Channels* الموجودة في الجداول نجد أن محور (y) هو المحور الموازي للـ *Web* و محور (x) هو المحور الموازي للـ *Flange* .

و بالتالي عند وضع الـ *Web* رأسى كما في *Figure 3*

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

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

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

فى الـ *Truss* دائما يكون الـ *In plane buckling* حول المحور الأفقى للقطاع و الـ *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 الـ 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 .

$$r_{x[C]} = r_{x[\text{من الجدول}]}$$

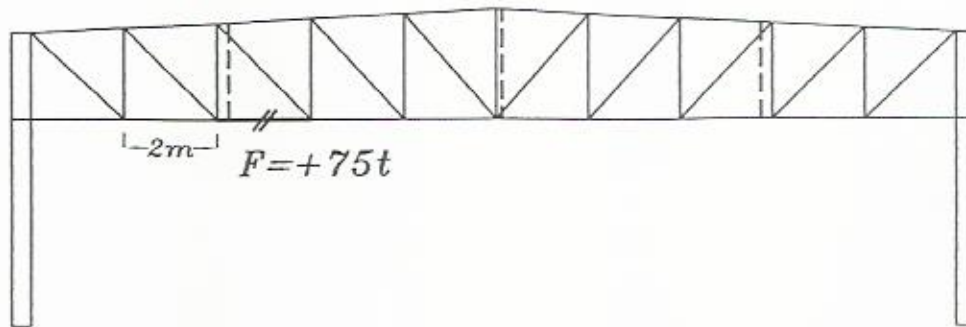
$$r_{y[C]} = \sqrt{r_{y[\text{من الجدول}]}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2} \quad \text{تُحسب}$$

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

Example

Design the shown truss members as :

- 1) Pipes
- 2) Square hollow sections
- 3) Rectangular hollow sections
- 4) 2 Channels back to back



Solution

1) As pipe

1) Data

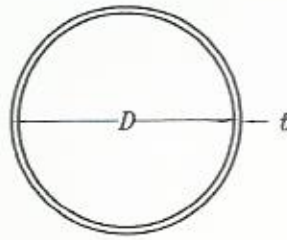
- * Length = 200 cm
- * Force = +75 ton (Case A)
- * $l_{b \text{ out}} = \text{Distance between joints} = 200 \text{ cm}$
- * $l_{b \text{ out}} = 600 \text{ cm}$

2) Choice of section

$$A_{g \bigcirc} = \frac{\text{Force (ton)}}{F_t (t \setminus \text{cm}^2)} = \frac{75}{1.4} = 53.6 \text{ cm}^2$$

من الجدول \Rightarrow Choose Pipe 273 * 7 mm

3) Checks



$$D = 27.3 \text{ Cm}$$

$$t = 0.7 \text{ Cm}$$

$$r = 9.4 \text{ Cm}$$

$$A = 58.5 \text{ Cm}^2$$

a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{\text{net}}} = \frac{75}{58.8} = 1.28 \text{ t/cm}^2$$

مساحة ال pipe التي تم اختيارها من الجدول $\leq F_t = 1.40 \text{ t/cm}^2$
(Safe)

b) Slenderness (Stiffness)

$$r_x = r_y \text{ من الجدول} = 9.40 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_x} = \frac{200}{9.40} = 21.0 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_y} = \frac{600}{9.40} = 63.80 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Deflection (Length to depth ratio)

$$* \frac{L}{d} = \frac{200 \text{ cm}}{27.3 \text{ cm}} = 7.3 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

\Rightarrow Use Pipe 273 *7

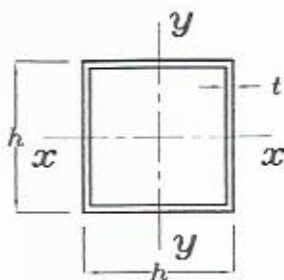
2) As Square hollow section

2) Choice of section

$$A = \frac{\text{Force (ton)}}{F_t (\text{t/cm}^2)} = \frac{75}{1.4} = 53.6 \text{ cm}^2$$

من الجدول \Rightarrow Choose square 250 *250*6 mm

3) Checks



$$\begin{aligned}h &= 25 \text{ Cm} \\t &= 0.63 \text{ Cm} \\r &= 9.94 \text{ Cm} \\A &= 61.2 \text{ Cm}^2\end{aligned}$$

a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{\text{net}}} = \frac{75}{61.2} = 1.20 \text{ t/cm}^2$$

مساحة ال section التي تم اختيارها من الجدول $\leq F_t = 1.40 \text{ t/cm}^2$
(Safe)

b) Slenderness (Stiffness)

$$r_x = r_y \text{ من الجدول} = 9.94 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_x} = \frac{200}{9.94} = 20.12 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_y} = \frac{600}{9.94} = 60.0 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

$$* \frac{L}{d} = \frac{200 \text{ cm}}{25.0 \text{ cm}} = 8.0 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

\Rightarrow Use square 250 * 250 * 6

3) As Rectangular hollow section

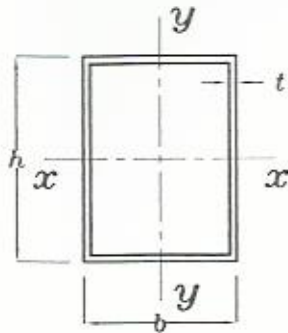
2) Choice of section

$$A = \frac{\text{Force (ton)}}{F_t \text{ (t/cm}^2\text{)}} = \frac{75}{1.4} = 53.6 \text{ cm}^2$$

من الجدول \Rightarrow Choose square 300 * 200 * 6.3 mm

فى حالة وضع الضلع الطويل رأسى

3) Checks



$$b = 20 \text{ Cm}$$

$$h = 30 \text{ Cm}$$

$$t = 0.63 \text{ Cm}$$

$$r_x = 11.3 \text{ Cm} \quad r_y = 8.30 \text{ Cm}$$

$$A = 61.2 \text{ Cm}^2$$

a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{\text{net}}} = \frac{75}{61.2} = 1.20 \text{ t/cm}^2$$

$$\leq F_t = 1.40 \text{ t/cm}^2 \quad (\text{Safe})$$

مساحة ال section التى تم اختيارها من الجدول

b) Slenderness (Stiffness)

$$r_x = \text{من الجدول} = 11.3 \text{ cm}$$

$$r_y = \text{من الجدول} = 8.30 \text{ cm}$$

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

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b_{in}}}{r_x} = \frac{200}{11.3} = 17.7 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b_{out}}}{r_y} = \frac{600}{8.30} = 72.3 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

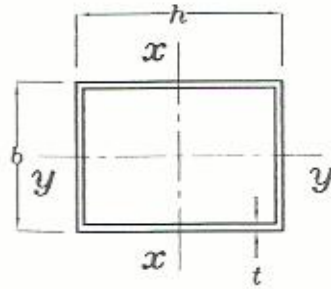
$$* \frac{L}{d} = \frac{200 \text{ cm}}{30.0 \text{ cm}} = 6.70 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

البعد الرأسى للقطاع

→ Use square 300 * 200 * 6.3

فى حالة وضع الضلع الطويل أفقى

3) Checks



a) Stress

الخواص لم تتغير
بينما وضع القطاع
هو الذى تغير
 $b = 20 \text{ Cm}$
 $h = 30 \text{ Cm}$
 $t = 0.63 \text{ Cm}$
 $r_x = 11.3 \text{ Cm}$ $r_y = 8.30 \text{ Cm}$
 $A = 61.2 \text{ Cm}^2$

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{\text{net}}} = \frac{75}{61.2} = 1.20 \text{ t/cm}^2 \quad \text{هذا ال Check}$$

لم يتغير
مساحة ال section التى تم اختيارها
من الجدول .

$$\leq F_t = 1.40 \text{ t/cm}^2 \quad (\text{Safe})$$

b) Slenderness (Stiffness)

$$r_x = 11.3 \text{ cm} \quad \text{من الجدول} \quad r_y = 8.30 \text{ cm} \quad \text{من الجدول}$$

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

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b \text{ in}}}{r_y} = \frac{200}{8.30} = 24.0 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b \text{ out}}}{r_x} = \frac{600}{11.3} = 53.0 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

$$* \frac{L}{d} = \frac{200 \text{ cm}}{20.0 \text{ cm}} = 10 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

البعد الرأسى للقطاع

⇒ Use square 300 * 200 * 6.3

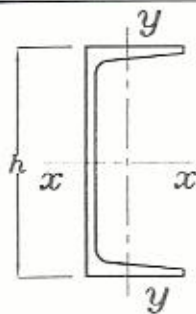
4) As 2 channels back to back

2) Choice of section

$$A_{g\text{C}} = \frac{\text{Force (ton)}}{F_t \text{ (t/cm}^2\text{)}} = \frac{75}{1.4} = 53.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{g\text{C}} = \frac{53.60}{2} = 26.8 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{من الجدول}} \boxed{\text{Choose C 180}}$$

3) Checks



$$b = 7 \text{ Cm}$$

$$h = 18 \text{ Cm}$$

$$r_x = 6.95 \text{ Cm}$$

$$r_y = 2.02 \text{ Cm}$$

$$A = 28.0 \text{ Cm}^2$$

$$e = 1.92 \text{ Cm}$$

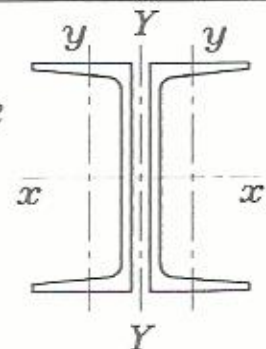
عند وضع ال Web رأسى

a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{\text{net}}} = \frac{\text{Force}}{2 * A_{\text{C}}} = \frac{75}{2 * 28} = 1.34 \text{ t/cm}^2$$

مساحة ال channel التى تم اختيارها من الجدول .

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



b) Slenderness (Stiffness)

$$r_{x\text{C}} = r_{x\text{C}} \text{ من الجدول} = 6.95 \text{ cm}$$

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

$$r_{y\text{C}} = \sqrt{r_{y\text{C}}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{2.02^2 + (1.92 + \frac{1.0}{2})^2} = 3.15 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b\text{ in}}}{r_{x\text{C}}} = \frac{200}{6.95} = 28.80 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b\text{ out}}}{r_{y\text{C}}} = \frac{600}{3.15} = 190.0 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

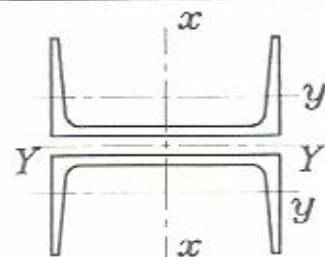
$$* \frac{L}{d} = \frac{200 \text{ cm}}{18 \text{ cm}} = 11.1 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

البعد الرأسى للقطاع

عند وضع ال Web أفقى

هذا ال Check

لم يتغير



a) Stress

$$* f_t = \frac{\text{Force}}{A_{\text{net}}} = \frac{\text{Force}}{2 * A_c} = \frac{75}{2 * 28}$$

مساحة ال channel التى تم اختيارها من الجدول

$$= 1.34 \text{ t} \setminus \text{cm}^2 \leq F_t * 1.2 = 1.40 \text{ t} \setminus \text{cm}^2 \quad (\text{Safe})$$

b) Slenderness (Stiffness)

$$r_{x_{\square}} = r_{x_{\square}} \text{ من الجدول} = 6.95 \text{ cm}$$

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

$$r_{y_{\square}} = \sqrt{r_{y_{\square}}^2 + (e + \frac{t_{cp}}{2})^2} = \sqrt{2.02^2 + (1.92 + \frac{1.0}{2})^2} = 3.15 \text{ cm}$$

$$* \lambda_{in} = \frac{l_{b \text{ in}}}{r_{y_{\square}}} = \frac{200}{3.15} = 63.0 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

$$* \lambda_{out} = \frac{l_{b \text{ out}}}{r_{x_{\square}}} = \frac{600}{6.95} = 86.33 < 300 \Rightarrow (\text{Safe})$$

c) Length to depth ratio. (Deflection)

$$* \frac{L}{d} = \frac{200 \text{ cm}}{2 * 7 + 1} = 13.3 \leq 60 \Rightarrow (\text{Safe})$$

البعد الرأسى للقطاع

4.2.2 The slenderness ratio of a tension member shall not exceed λ_{max} of Table 4.2

Table (4.2) Maximum Slenderness Ratio for Tension Members

Member	λ_{max}
Buildings:	
Tension members	300
Bridges:	
Tension members in railway bridges	160
Tension members in roadway bridges	180
Vertical hangers	300
Bracing systems	200

* The use of rods and cables in bracing systems or as a main tension member is prohibited in this code.

4.3 BUCKLING FACTOR (K)

4.3.1 The recommended values for the buckling length factor (K - Equation 4.1) are given in Table 4.3 for members with well-defined (idealized) end conditions.

4.3.2 Trusses

4.3.2.1 The effective buckling length (KL) of a compression member in a truss is either obtained from Tables 4.4 and 4.5 for buildings and bridges respectively, or determined from an elastic critical buckling analysis of the truss.

4.3.2.2 For a simply supported truss, with laterally unsupported compression chords and with no cross-frames but with each end of the truss adequately restrained (Figure 4.1), the effective buckling length (KL), shall be taken equal to 0.75 of the truss span.

$$\frac{3A_1}{3A_1 + A_2}$$

9.3

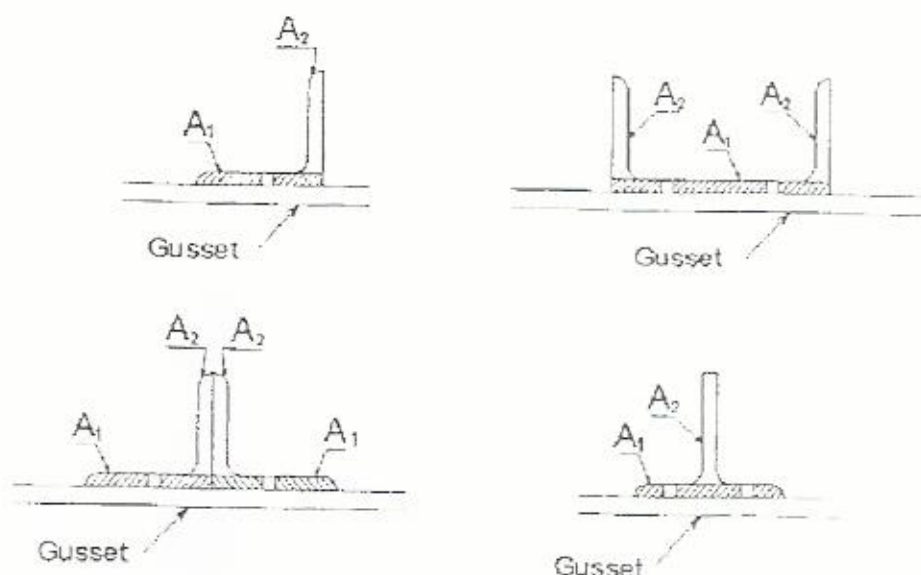


Figure (9.3) Single Angles, Channels and T-Sections Connected to Gusset Plates

Where :

A_1 = Net area of connected leg.

A_2 = Area of unconnected leg.

For back to back double angles connected to one side of a gusset or section, the angles may be designed individually as given above.

Where lug angles are used in the connection of single angle the net area of the whole member shall be taken as effective.

ii- Double Angles

For back to back double angles connected to one side of a gusset or section which are:

1. In contact or separated by a distance not exceeding the thickness of the parts with solid packing pieces, or

*Complementary Requirements
for Design and Construction*

2. Connected by bolts or welding such that the slenderness ratio of the individual components does not exceed 80,

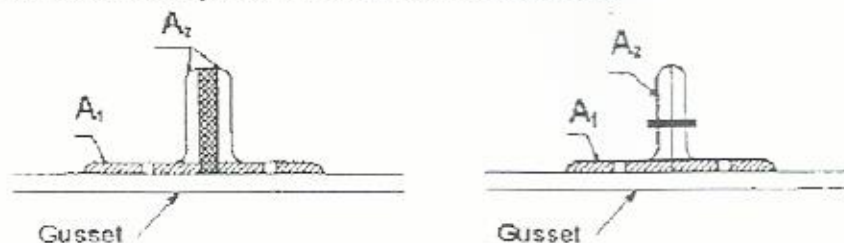


Figure (9.4) Double Angles Connected to Gusset Plates

then the effective area may be taken as the net area of the connected legs plus the area of the outstanding legs multiplied by :

$$\frac{5A_1}{5A_1 + A_2} \dots\dots\dots 9.4$$

Where :

A_1 = Net area of connected leg.

A_2 = Area of unconnected leg.

9.2.2.4 Connections and Splices

The connections at ends of tension or compression members in trusses shall be designed on the actual forces in the members.

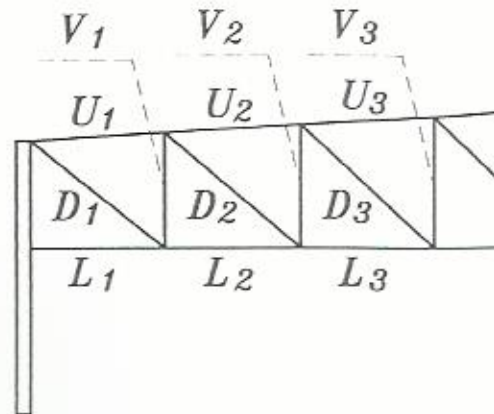
The full splices of members of the section shall be designed on the maximum strength.

9.2.3 Columns and Column Bases

Proper provision shall be made to transfer the column loads and moments, if any, to the foundations.

Notes :

فى حالة ما اذا كان المطلوب حساب ال Forces فى كل ال members
يجب مراعاة تسمية ال members كالتى :



Upper chord $\Rightarrow U_1 \& U_2 \& U_3 \& \text{-----}$

Lower chord $\Rightarrow L_1 \& L_2 \& L_3 \& \text{-----}$

Diagonals $\Rightarrow D_1 \& D_2 \& D_3 \& \text{-----}$

Verticals $\Rightarrow V_1 \& V_2 \& V_3 \& \text{-----}$

و فى حالة اعطاء ال Forces فى كل ال members و طلب تصميم هذه
ال members كالتالى مثلاً

Member	D.L	L.L	W.L	W.R
L_1	8.0	10.0	- 8.0	3.0
L_2	12.0	17.0	-14.0	10.0
D_1	3.0	- 5.0	6.20	- 3.0
U_1	- 0.2	14.0	-14.7	-11.2
U_2	- 2.4	-15.3	15.2	-13.1
F_n	✓	✓	✓	✓

Case (B)

Case (A)

Member	D.L	L.L	W.L	W.R	D+L	D+L + W.L	D+L + W.R	D	D + W.L	D + W.R	Case (A)	Case (B)
L_1	8.0	10.0	-8.0	3.0	18.0	10.0	21.0	0	11.0	11.0	+18	+21
L_2	12.0	17.0	-14.0	10.0	29.0	15.0	39.0	-2.0	22.0	22.0	+29	+39
D_1	3.0	-5.0	6.20	-3.0	-2.0	4.20	-5.0	9.20	0	0	-2	+9.2
U_1	-0.2	14.0	-14.7	-11.2	13.8	-0.9	25.0	-15.0	11.0	11.0	+13.8	+29
U_2	-2.4	-15.3	15.2	-13.1	-17.7	-2.50	-30.9	12.8	-15.6	-15.6	-17.7	+12.8
F_n	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

حساب قيمة A من Case A
حساب قيمة B من Case B

Member	$\frac{\text{Case (B)}}{\text{Case (A)}}$	Design Force
L_1	$21/18 = 1.17 < 1.2$	18 (A)
L_2	$39/29 = 1.34 > 1.2$ $-2/0 > 1.2$	39 (B) & -2 (B)
D_1	$-5/-2 = 2.5 > 1.2$ $9.2/0 > 1.2$	9.2 (B) & -5 (B)
U_1	$25/13.8 = 1.81 > 1.2$ $-15/0 > 1.2$	25 (B) & -15 (B)
U_2	$-30.9/-17.7 = 1.75 > 1.2$ $12.8/0 > 1.2$	12.8 (B) & -30.9 (B)

معناه أن هذا ال member سيتم تصميمه مرتان الأولى على (CaseB) (CaseA) مرة واحدة فقط على (CaseA) $F=12.8(\text{Tens.})$ و الثانية على (CaseB) $F=30.9(\text{Comp.})$

معناه أن هذا ال member سيتم تصميمه مرة واحدة فقط على (CaseA) $F=18(\text{Tens.})$