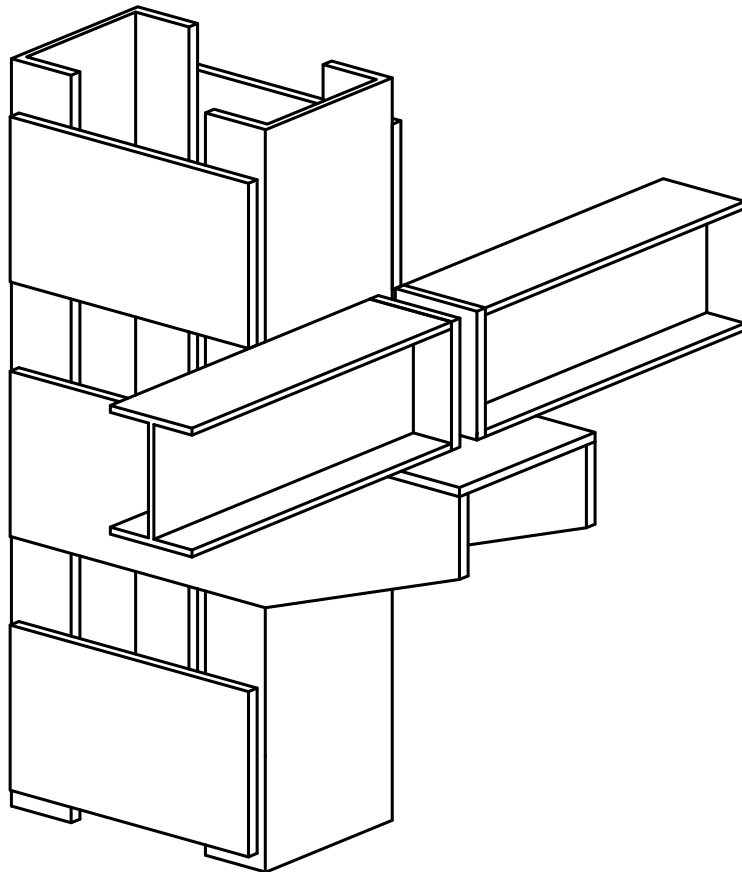


Design of Eccentric Connections Subjected to Torsion



Eccentric Connections

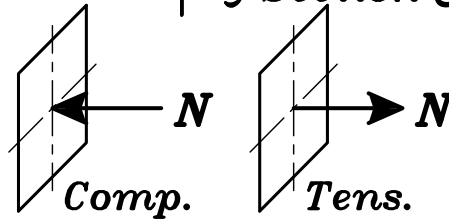
هي الConnections التي تؤثر عليها Forces بالإضافة الى moments أيضا و هذه ال moments من الممكن أن تكون Bending moments أو Torsional moments .

و قبل دراسة هذه الConnections لابد من مراجعة أنواع ال Straining Actions المؤثرة على أى قطاع و كيفية حسابها :

درسنا فى العام السابق ال Straining actions وهى عبارة عن القوى التي من المحتمل أن تؤثر على أى Section وهم ستة Straining actions

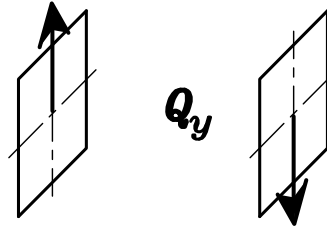
1 - N (Normal Force)

و هى القوة فى اتجاه محور (Z) و تكون اما شد أو ضغط



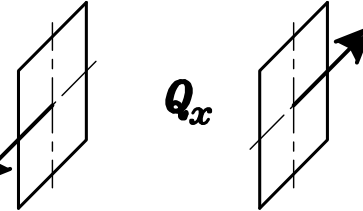
2 - Q_y (Shear Force)

و هى القوة فى اتجاه محور (Y)



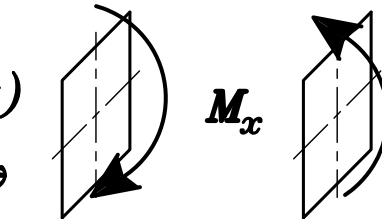
3 - Q_x (Shear Force)

و هى القوة فى اتجاه محور (X)



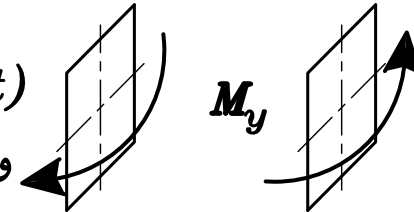
4 - M_x (Bending moment)

وهو عزم الدوران حول محور (X)



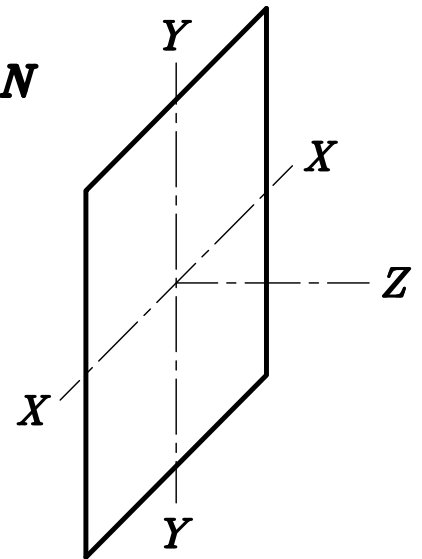
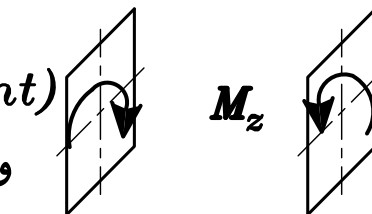
5 - M_y (Bending moment)

وهو عزم الدوران حول محور (Y)



6 - M_z (Torsional moment)

وهو عزم الدوران حول محور (Z)

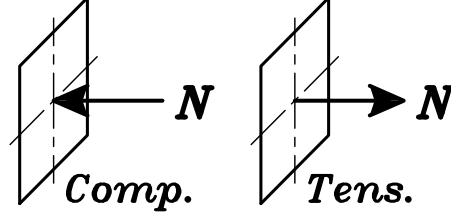


و الستة *Straining actions* ينتج عنهم نوعين من الاجهادات و هما

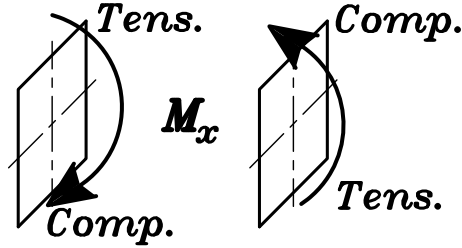
1 – Normal Stresses

و هى ال *Stresses* التى ينتج عنها ضغط أو شد على ال *Section* و قد درسنا هذه ال *Stresses* فى العام السابق و ال *Straining actions* التى ينتج عنها هذا النوع هم ثلاثة

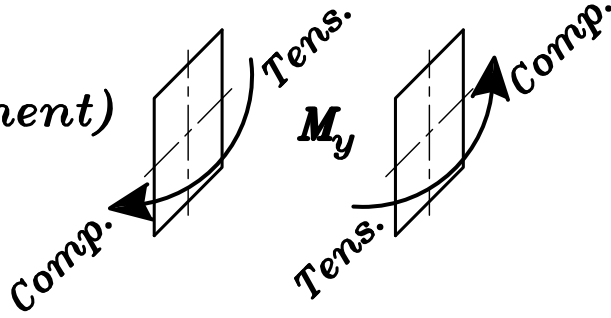
1 – N (Normal Force)



2 – M_x (Bending moment)



3 – M_y (Bending moment)

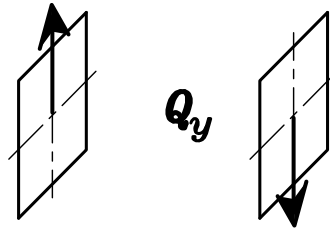


حيث أننا تعلمنا أن ال *Compression* يكون ناحية رأس سهم ال *moment* و ال *Tension* يكون ناحية ذيل السهم .

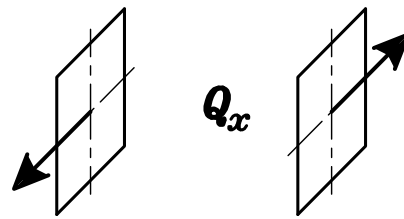
2 – Shear Stresses

و هى ال *Stresses* التى ينتج عنها *Friction* مع ال *Section* و هذه هى موضوع هذا الدرس و ال *Straining actions* التى ينتج عنها هذا النوع هم ثلاثة

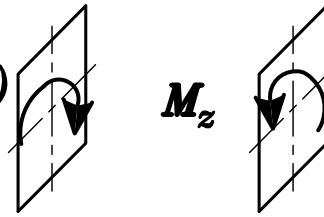
1 – Q_y (Shear Force)



2 - Q_x (Shear Force)



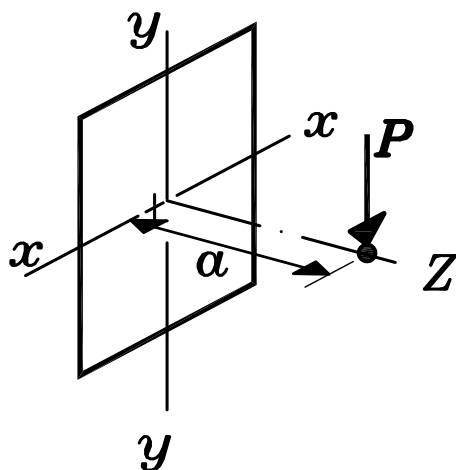
3 - M_z (Torsional moment)



ملحوظة هامة

القوة التي توازي المحور أو تقطعه لا تسبب عزوم حول هذا المحور .

Example



$$N = 0$$

$$M_X = P * a \quad \downarrow$$

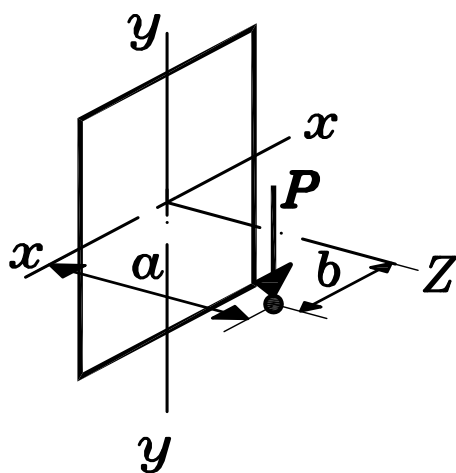
$$Q_X = 0$$

$$M_Y = 0$$

$$Q_Y = P \quad \downarrow$$

$$M_Z = 0$$

Example



$$N = 0$$

$$M_X = P * a \quad \downarrow$$

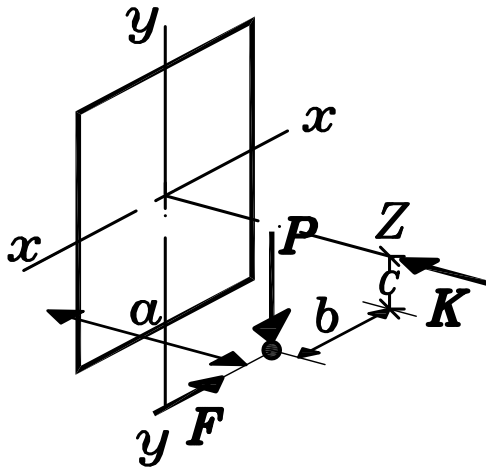
$$Q_X = 0$$

$$M_Y = 0$$

$$Q_Y = P \quad \downarrow$$

$$M_Z = P * b \quad \curvearrowright$$

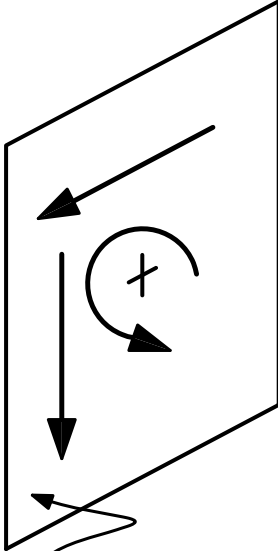
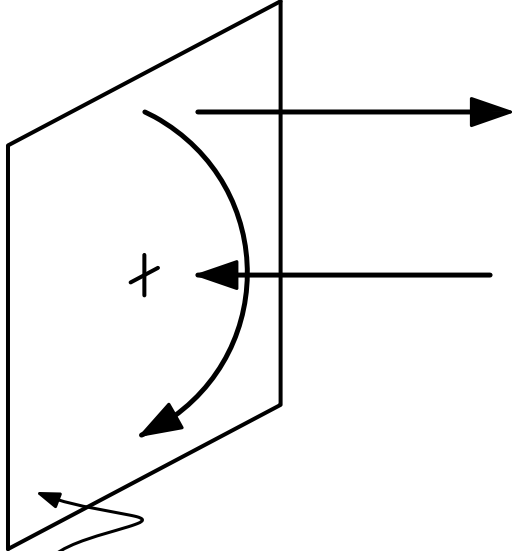
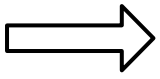
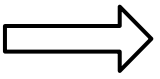
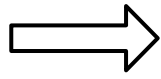
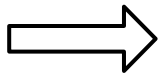
Example



$$N = K \text{ (Comp.)} \quad M_X = P * a \quad \downarrow$$

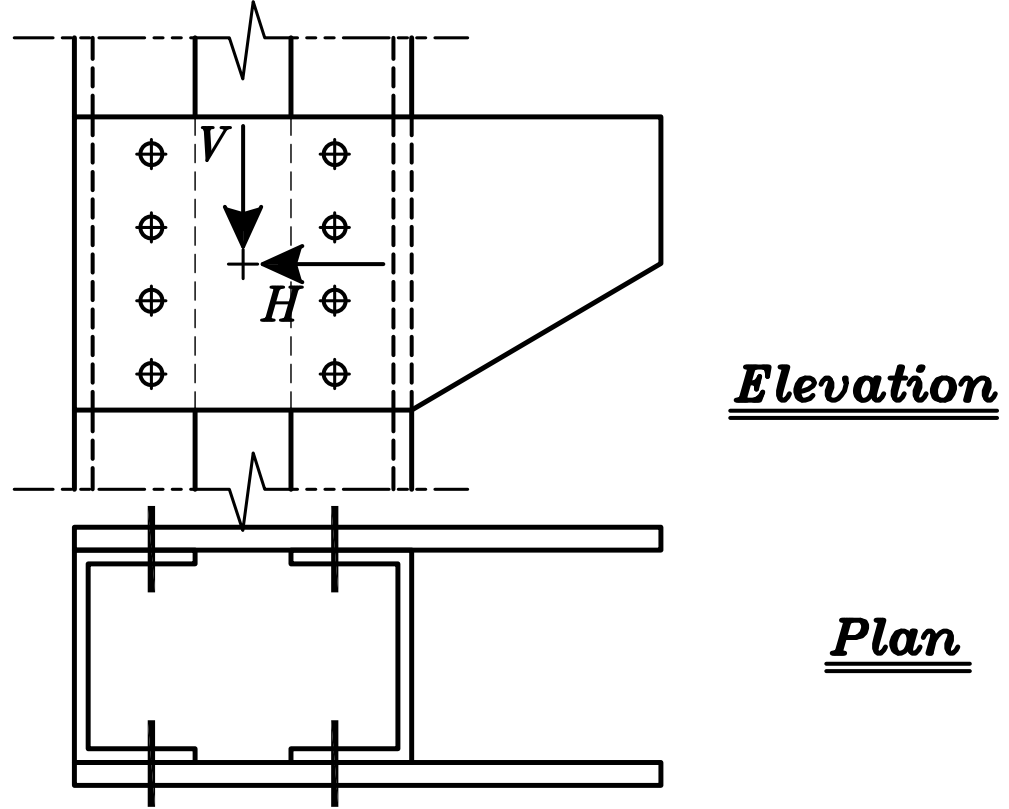
$$Q_X = F \quad \nearrow \quad M_Y = F * a \quad \nearrow$$

$$Q_Y = P \quad \downarrow \quad M_Z = P * b + F * c \quad \curvearrowright$$

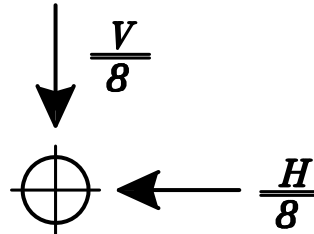
<i>Eccentric Connections Subjected to Torsion</i>	<i>Eccentric Connections Subjected to Bending</i>
<p>القوى و العزوم فى نفس مستوى ال <i>Connections</i></p>  <p>Plane of the connection</p>	<p>القوى و العزوم عمودية على مستوى ال <i>Connections</i></p>  <p>Plane of the connection</p>
<p><i>Shear Forces</i></p>  <p>قوى فى نفس مستوى ال <i>connection</i></p> <p><i>Torsional Moment</i></p>  <p>عزوم فى نفس مستوى ال <i>connection</i></p>	<p><i>Normal Forces</i></p>  <p>قوى عمودية على مستوى ال <i>connection</i></p> <p><i>Bending Moment</i></p>  <p>عزوم عمودية على مستوى ال <i>connection</i></p>
<p><i>Shear Forces</i></p> <p><i>Torsional Moment</i></p> <p><i>Shear Stresses</i></p>	<p><i>Normal Forces</i></p> <p><i>Bending Moment</i></p> <p><i>Normal Stresses</i></p>

Eccentric Connections subjected to Torsion(Bolted)

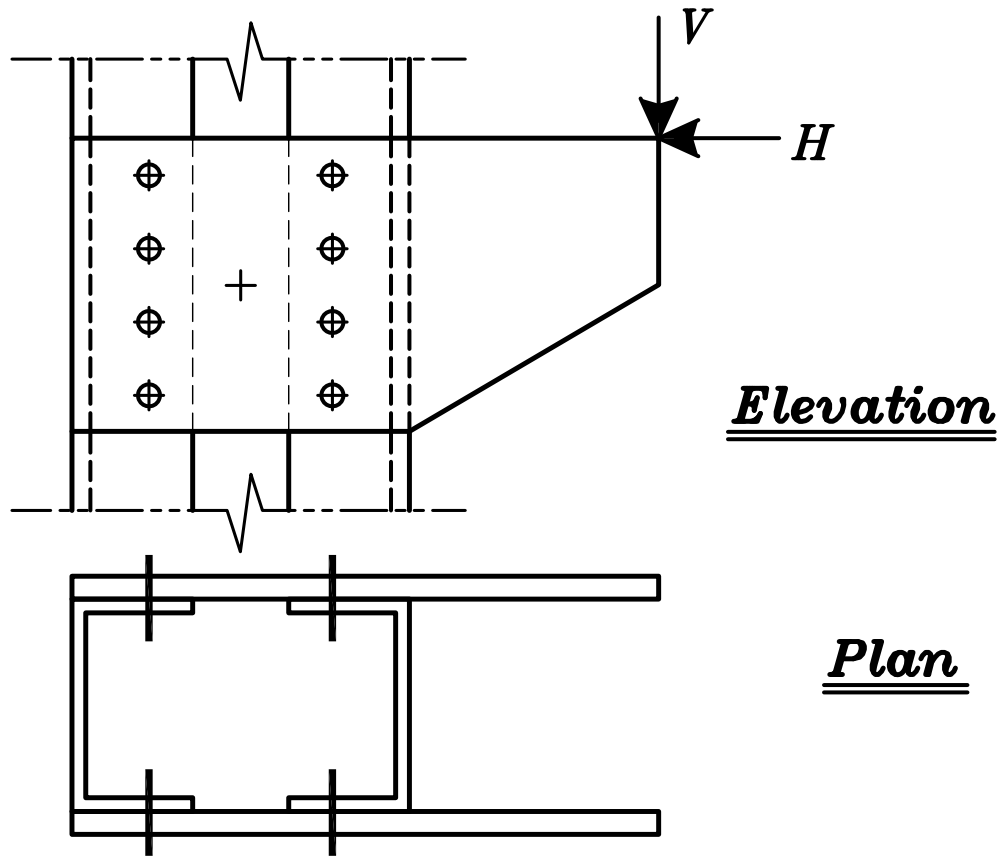
لو ال *Shear forces* المؤثرة على المسامير تؤثر في ال *C.g* المسامير فان ال *Forces* تتوزع على المسامير بالتساوي و هذا كما درسنا في درس ال *Connections* حيث دائما كان الحمل يؤثر في ال *C.g* المسامير.



فمثلا هنا ال *Forces* تتوزع على المسامير بالتساوي لانها تؤثر في ال *C.g*.
و بالتالي القوة الرأسية (V) تتوزع على المسامير بالتساوي فكل مسمار يأخذ ($\frac{V}{8}$)
و بالتالي القوة الافقية (H) تتوزع على المسامير بالتساوي فكل مسمار يأخذ ($\frac{H}{8}$)
و هنا نجد أن كل المسامير يؤثر عليها نفس القوة فكل مسمار نجد عليه



و لكن لو ال *Forces* لا تؤثر في ال *C.g* المسامير فان القوة لا تتوزع بالتساوي على المسامير و هذا ما سوف نتعلمه في هذا الدرس و السبب في ذلك أنه طالما أن ال *Forces* لا تؤثر في ال *C.g* المسامير فهذا معناه وجود *Torsional moment* على المسامير بالإضافة الى ال *Forces*.



و لمعرفة ال *Forces* المؤثرة على كل مسمار نقوم بالتالى
 ١- ننقل ال *Forces* الى ال *C.g* المسامير فنتنقل بنفس قيمتها بالاضافة الى

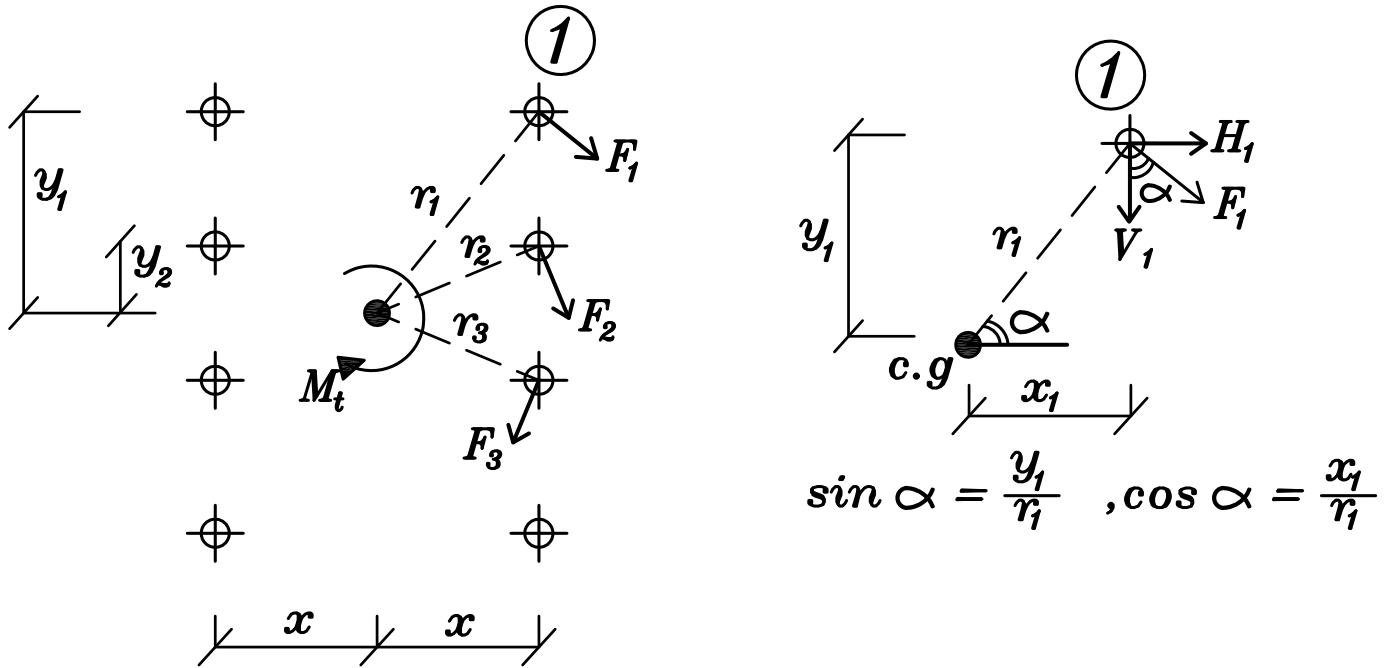
ال *Torsional moment* .

٢- لحساب قيمة ال *Torsional moment* (M_t) نأخذ عزوم القوى حول ال *C.g* .
 ٣- نحسب القوة الافقية و الرأسية على كل مسمار و فى هذه الحالة تكون عبارة
 عن مجموع القوة نتيجة ال *Forces* اللى نقلناها لـ *C.g* بالاضافة الى القوة
 الناتجة من ال (M_t) .

٤- ما يهمنا هو أكبر مسمار عليه *Force* و لحساب القوى المؤثرة عليه لابد من
 تحديده أولاً و يسمى بالـ *Critical bolt* و هو المسمار الذى تكون محصلة القوة
 الافقية و الرأسية فى نفس اتجاه الحمل الناتج من ال (M_t)

و يكون تأثير ال *Torsional Moment* على المسامير عبارة عن قوة عمودية على
 محور المسمار أى أنه يتحول فى النهاية الى *Shear force* فى المسمار و كيفية
 حساي هذه القوة فى الصفحة القادمة .

Effect of torsional moments on bolts :



املك تداز قفاسم رامس ملان ع لآ (r) c.g املك داز ريثأت لآ M_t

$$\Rightarrow \frac{F_1}{r_1} = \frac{F_2}{r_2} = \frac{F_3}{r_3} = \dots \quad (1)$$

$$\text{and } M_t = F_1 * r_1 + F_2 * r_2 + F_3 * r_3 + \dots \quad (2)$$

$$\Rightarrow \text{From Eq.(1)} \Rightarrow F_2 = \frac{F_1}{r_1} \cdot r_2 \quad \& \quad F_3 = \frac{F_1}{r_1} \cdot r_3 \quad \& \quad F_4 = \dots$$

Substitute in Eq.(2)

$$\therefore M_t = F_1 * r_1 + \left(\frac{F_1}{r_1} \cdot r_2\right) r_2 + \left(\frac{F_1}{r_1} \cdot r_3\right) r_3 + \dots$$

$$M_t = F_1 * r_1 + \frac{F_1}{r_1} \cdot r_2^2 + \frac{F_1}{r_1} \cdot r_3^2 + \dots$$

$$M_t * r_1 = F_1 * r_1^2 + F_1 * r_2^2 + F_1 * r_3^2 + \dots$$

$$M_t * r_1 = F_1 * [r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + \dots]$$

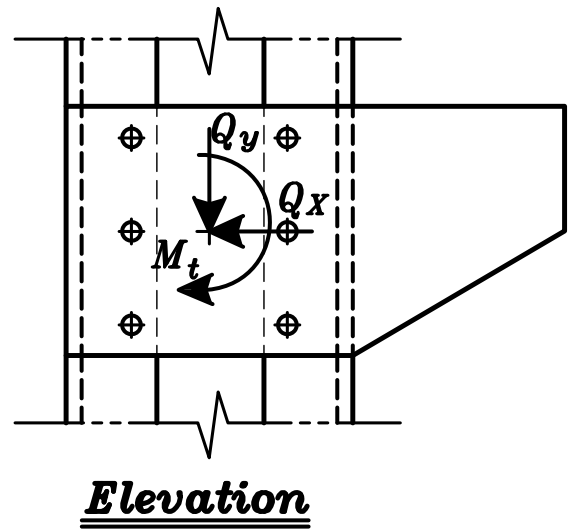
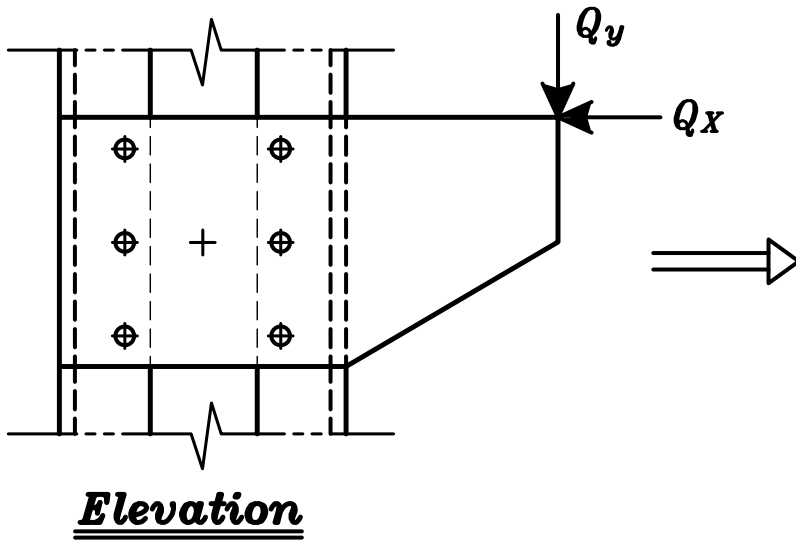
$$M_t * r_1 = F_1 * \sum r^2 \Rightarrow \boxed{F_1 = \frac{M_t}{\sum r^2} * r_1}$$

$$\Rightarrow H_1 = F_1 \sin \alpha = \frac{M_t}{\sum r^2} * r_1 * \frac{y_1}{r_1} \Rightarrow \boxed{H_1 = \frac{M_t}{\sum r^2} * y_1}$$

$$\Rightarrow V_1 = F_1 \cos \alpha = \frac{M_t}{\sum r^2} * r_1 * \frac{x_1}{r_1} \Rightarrow \boxed{V_1 = \frac{M_t}{\sum r^2} * x_1}$$

طريقة تحديد المسمار ال *Critical*

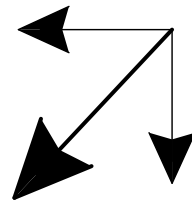
- ١- يتم تحديد اتجاه الحمل الافقى .
- ٢- يتم تحديد اتجاه الحمل الرأسى .
- ٣- يتم تحديد اتجاه محصلة الحمل الافقى و الرأسى .
- ٤- يتم تحديد اتجاه الحمل الناتج عن (M_t) لكل مسمار و هو عبارة عن خط عمودى على الخط الواصل من ال $C.g$ الى كل مسمار و فى اتجاه دوران ال (M_t) .
- ٥- يكون المسمار ال *Critical* هو المسمار الذى عنده محصلة الحمل الافقى و الرأسى فى اتجاه الحمل الناتج من ال (M_t) .



Step 1

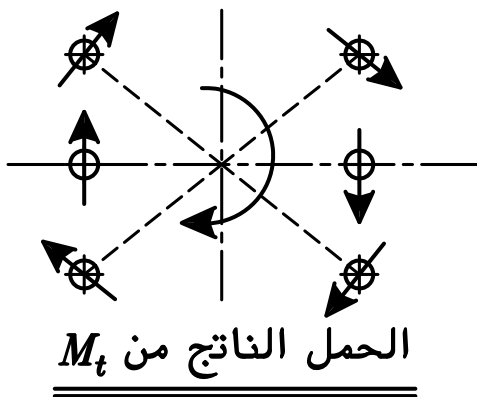


Step 2

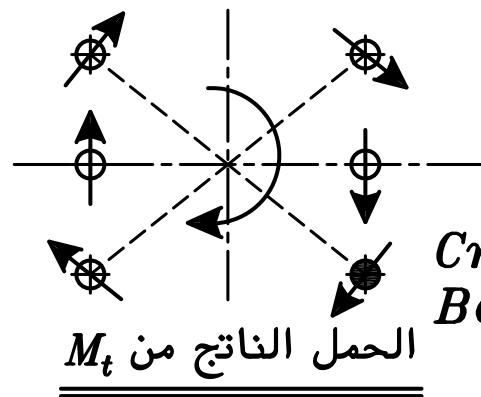


محصلة الحمل الافقى
و الرأسى

Step 3



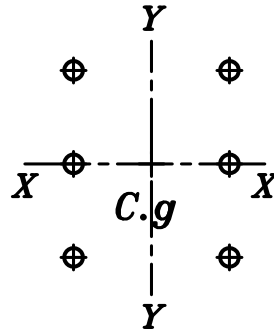
Step 4



Step 5

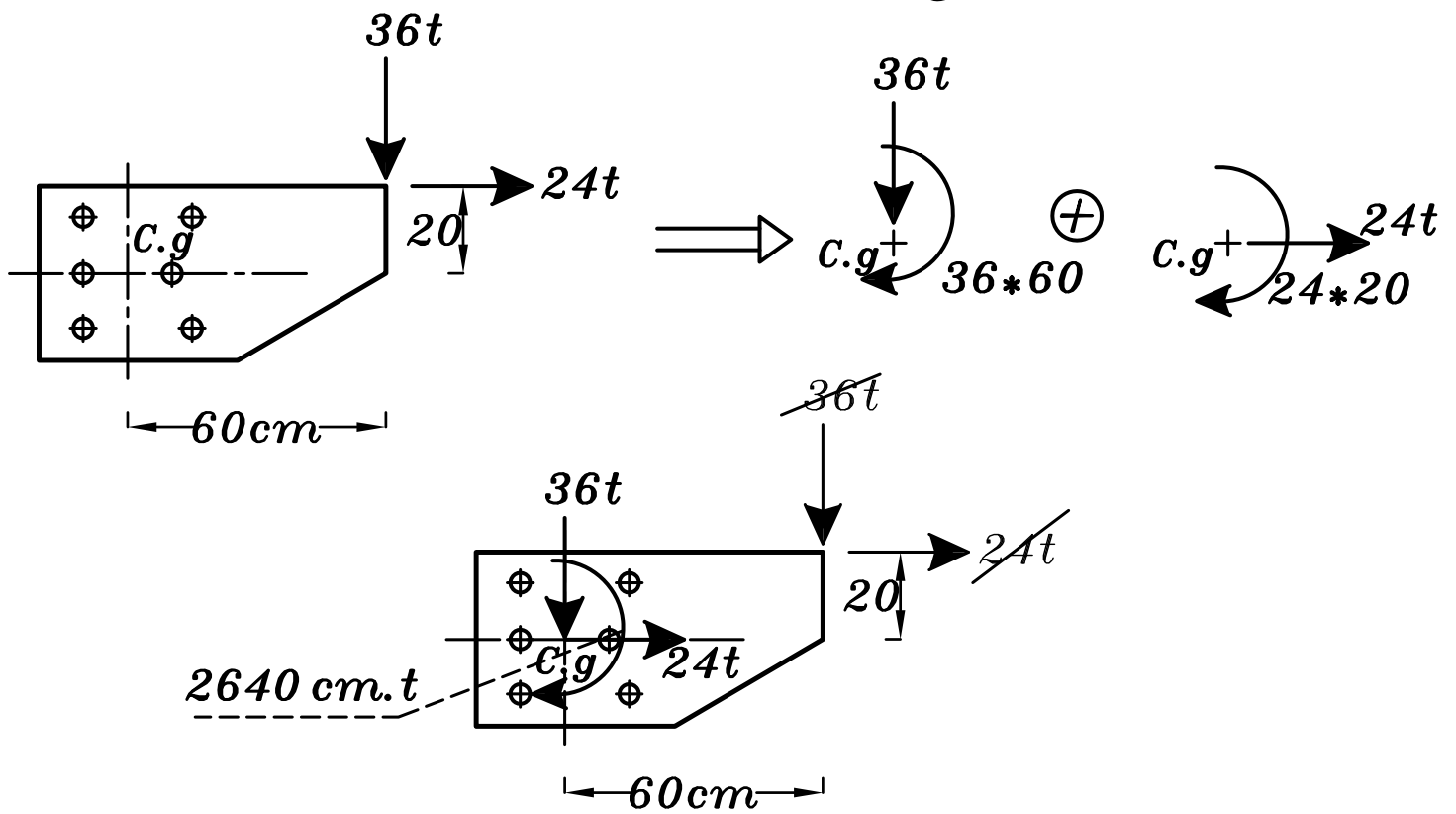
Critical Bolt

القوى الخارجية المؤثرة على ال *Connection* وهى ال Q_y & Q_x تسبب *Torsion* و بالتالى تكون القوة المؤثرة على المسامير غير متساوية و المسمار الذى يتعرض لأكبر قوة هو أول مسمار سوف يحدث له الكسر و نسميه بال *Critical bolt* و قد تعلمنا تحديد مكانه و الان نتعلم كيفية ايجاد القوة به (R).
 ١- يجب تحديد ال $C.g$ لل *Bolts* باعتبارها مجموعة قطاعات دائرية.

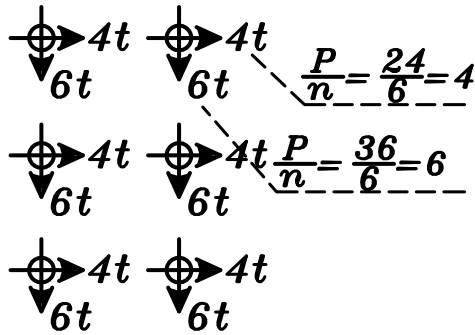


من التماثل محور X فى المنتصف و محور Y فى المنتصف.

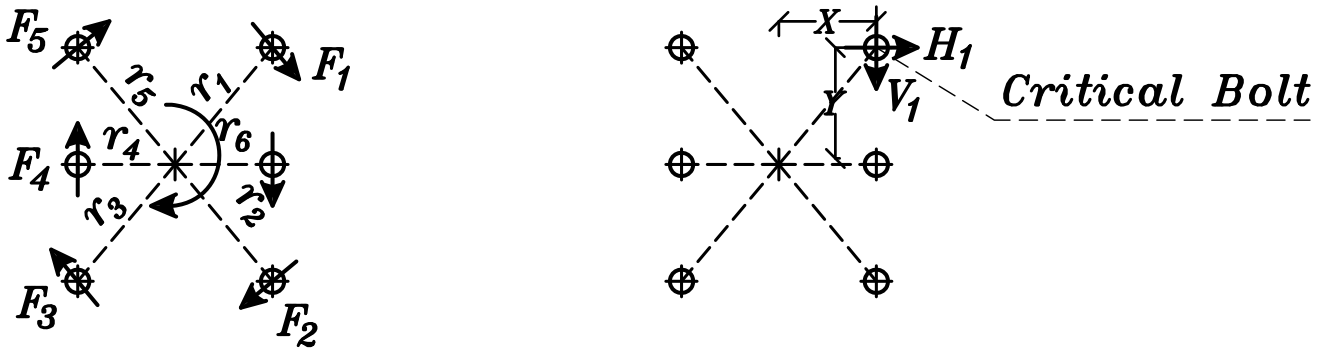
٢- يجب نقل الاحمال الى $C.g$ المسامير مع مراعاة أن الحمل ينتقل ب *Force* و *moment* و يكون مجموع هذه ال *moments* هو ال (M_t).
 36t
 24t
 20
 60cm
 2640 cm.t
 60cm



٣- يجب توزيع الاحمال الـ $36t \& 24t \& 2640cm.t$ على المسامير كالتالى
أولا نوزع الحمل الـ $30t$ أى الحمل الرأسى على المسامير بالتساوى
ثانيا نوزع الحمل الـ $20t$ أى الحمل الافقى على المسامير بالتساوى



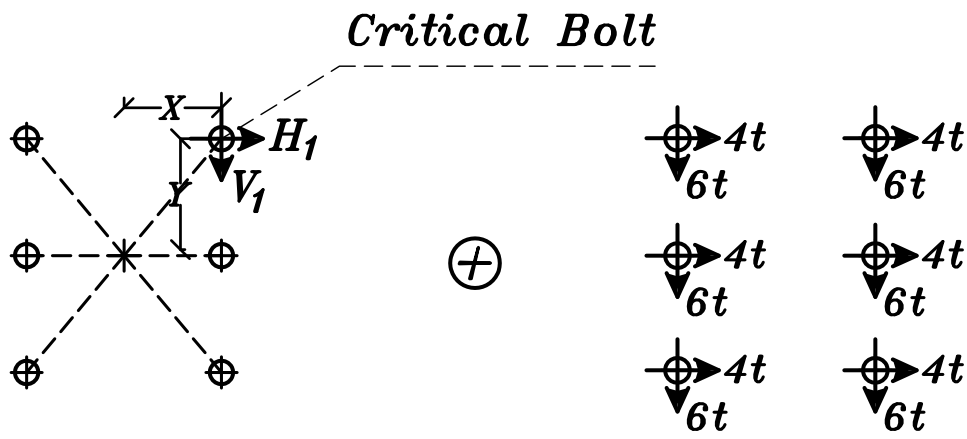
ثالثا نوزع العزم $2640cm.t$ على المسامير كالتالى



$$H_1 = \frac{M_t}{\sum r^2} (Y) \quad \& \quad V_1 = \frac{M_t}{\sum r^2} (X)$$

و لايجاد القوة النهائية فى كل مسمار نجمع المركبة الافقية و الرأسية لـ $Force$ نتيجة الـ M_t و نجمعها على الـ $Force$ الافقية و الرأسية على كل مسمار نتيجة توزيع الـ $30t \& 20t$ ثم نحسب الـ $Resultant$.

و بالطبع فان المسمار الـ $Critical$ هو المسمار الذى يكون عليه مركبة الـ $Force$ نتيجة الـ M_t فى نفس اتجاه الـ $Force$ الافقية و الرأسية نتيجة توزيع الـ $30t \& 20t$.
و لذلك نكتفى بحساب القوى على المسمار الـ $Critical$.



و لحساب ال Force على المسمار ال Critical

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

و المحصلة R للمسمار ال Critical سوف نقارنها بقدرة تحمل المسمار و التي تختلف حسب نوع المسامير كالتالى

For Bearing connections with non-pretensioned bolts

$$R < R_{Least} \begin{cases} R_{Shear} \\ R_{Bearing} \end{cases}$$

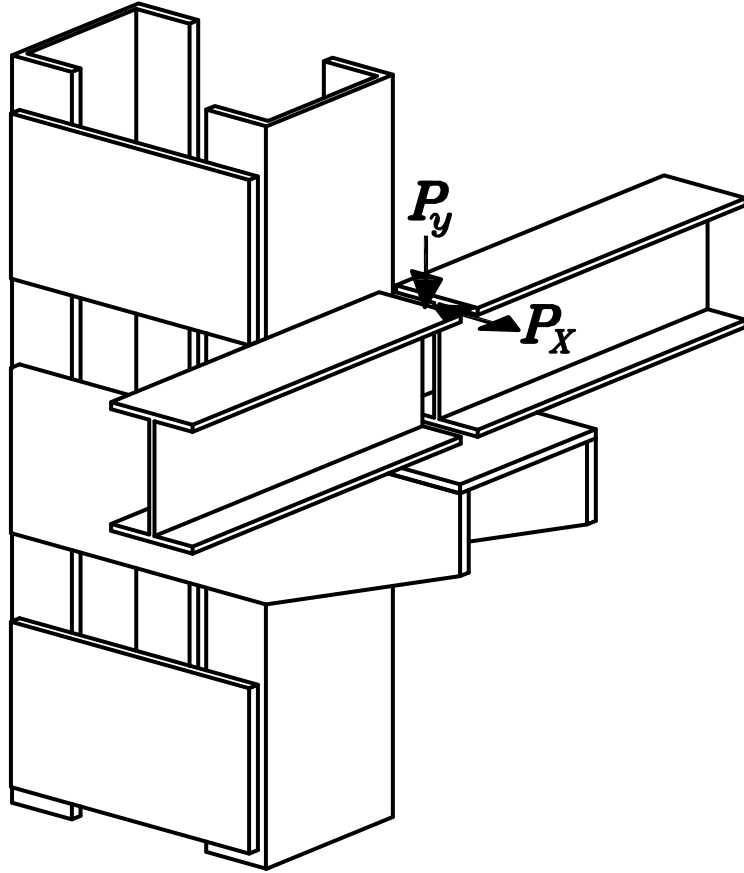
For Bearing connections with pretensioned bolts

$$R < R_{Least} \begin{cases} R_{Shear} \\ R_{Bearing} \end{cases}$$

For Slip critical connections with pretensioned bolts

$$R < P_s$$

و فى هذا الدرس المطلوب منا هو تصميم ال *Connection* بين ال *Combined Cloumn* و هو عبارة عن عمود مكون من جزئين *2-Channels* مثلا و هذا سوف ندرسه عند تصميم الاعمدة فيما بعد و بين ال *Bracket* .



و لذلك فانا نحتاج أولا الى حساب الاحمال المنقولة من ال *Crane Girder* الى ال *Bracket* كما فعلنا فى درس ال *Crane Girder* .

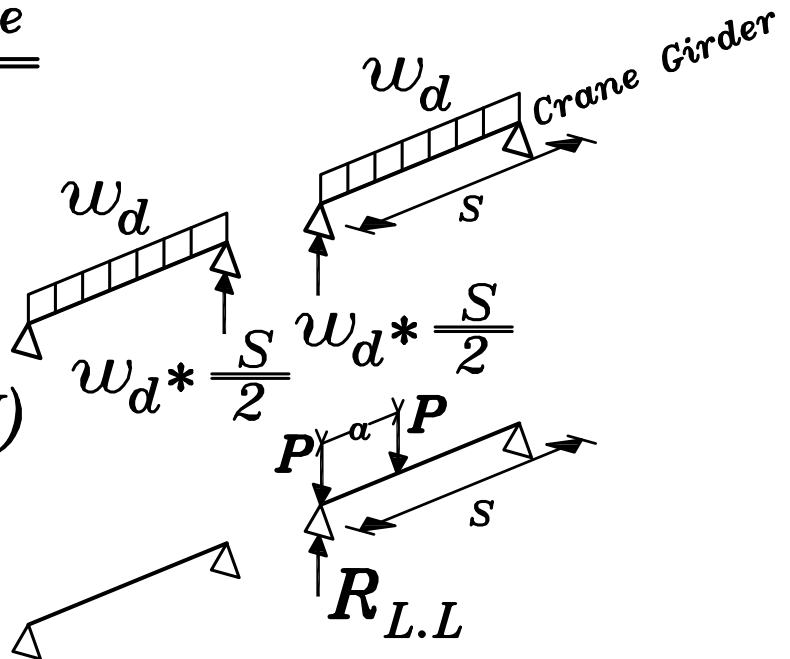
Case Of single Crane

$$R_{D.L} = w_d * \frac{S}{2} * 2$$

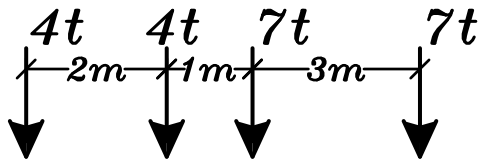
$$R_{L.L}$$

$$P_y = R_{D.L} + R_{L.L}(1+I)$$

$$P_x = \frac{1}{10} R_{L.L}$$



Case Of Double Crane

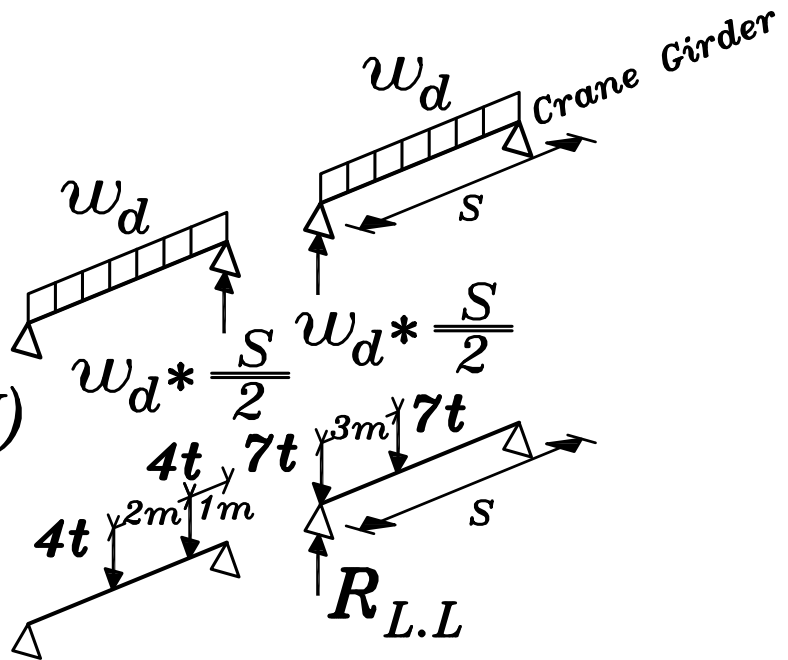


$$R_{D.L} = w_d * \frac{S}{2} * 2$$

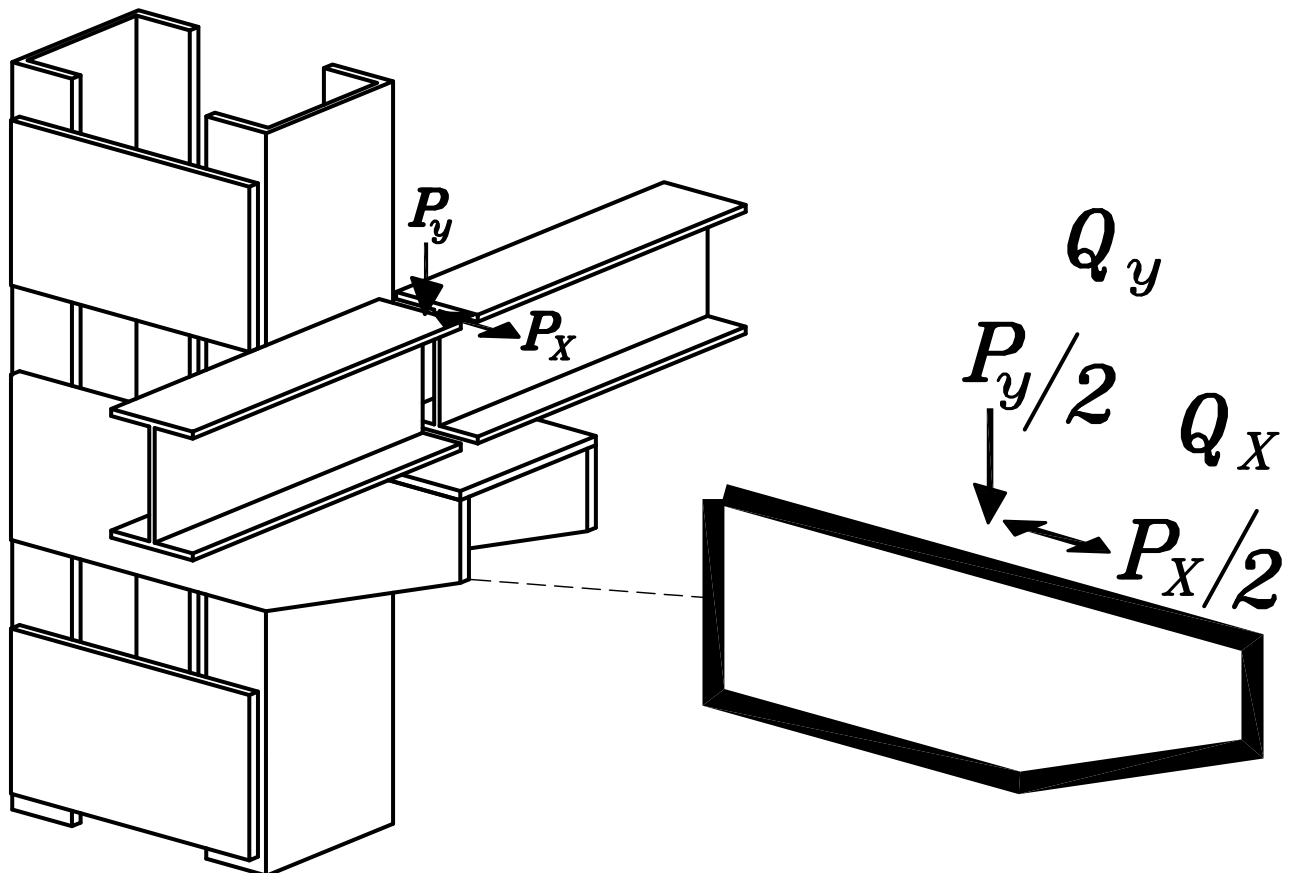
$$R_{L.L}$$

$$P_y = R_{D.L} + R_{L.L}(1+I)$$

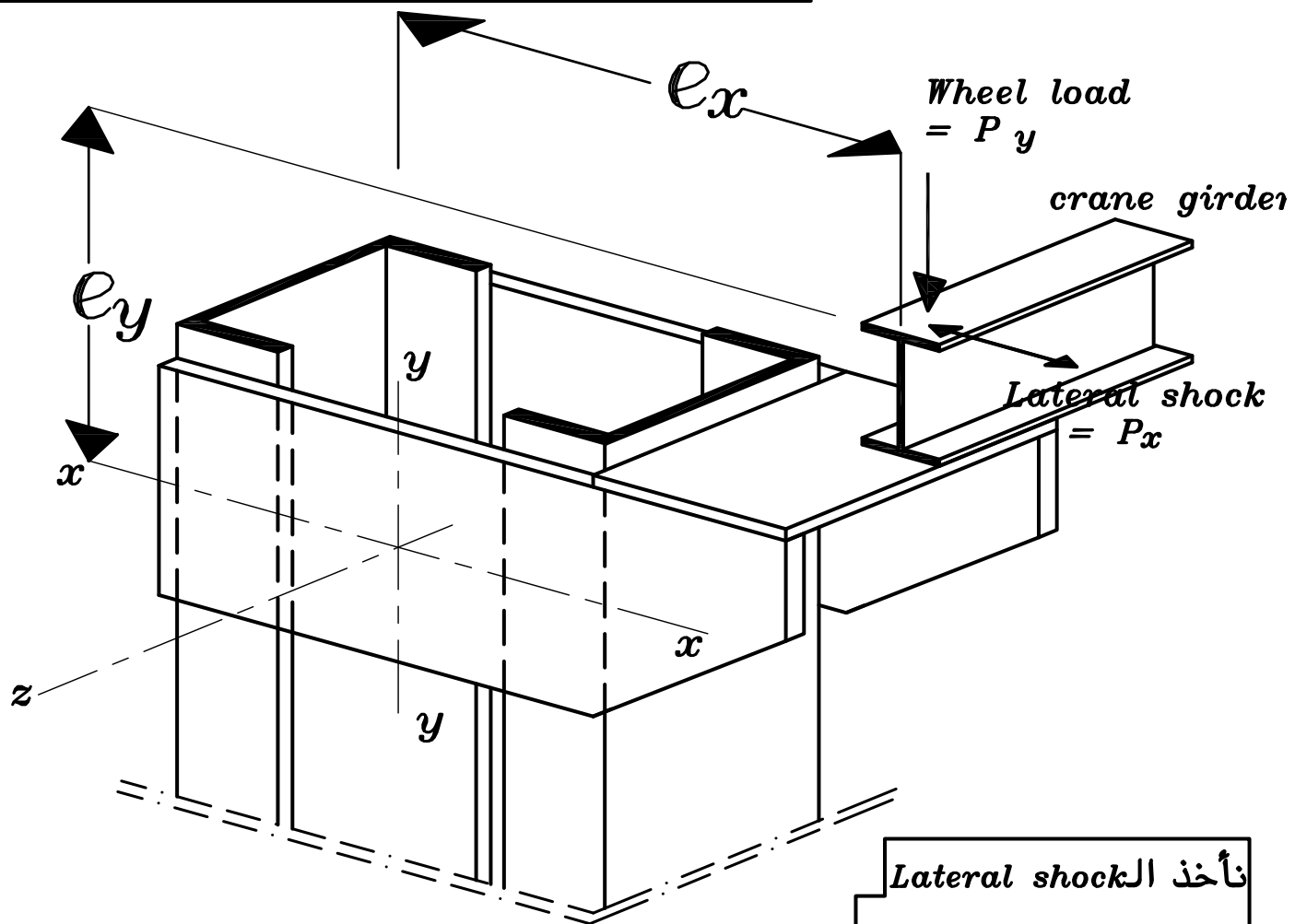
$$P_x = \frac{1}{10} R_{L.L}$$



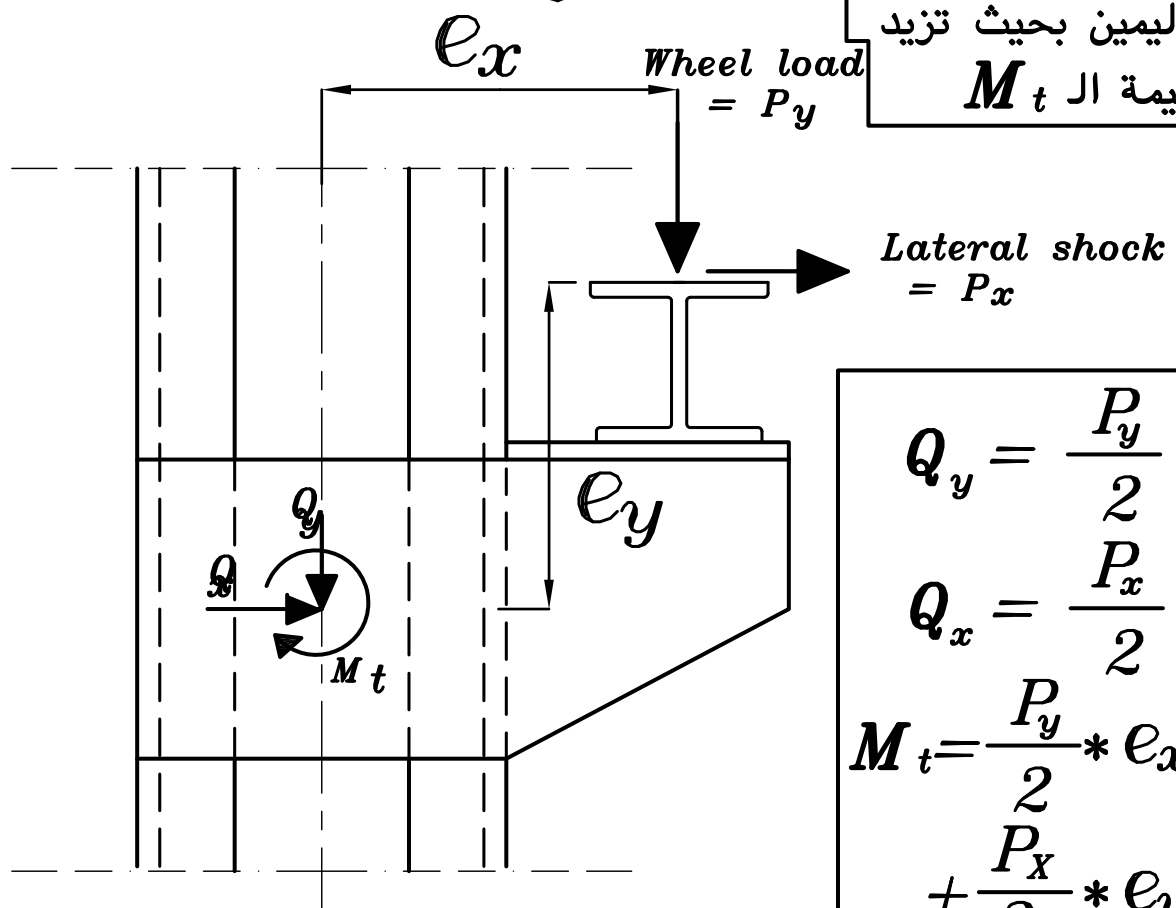
و بالنظر الى ال *Combined Cloumn* نجد أن ال *Bracket* عبارة عن 2 plates
و بذلك تتوزع الاحمال على ال 2 plates



Straining actions for bracket :



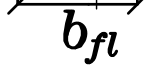
نأخذ الـ *Lateral shock*
الى اليمين بحيث تزيد
من قيمة الـ M_t



$$Q_y = \frac{P_y}{2}$$

$$Q_x = \frac{P_x}{2}$$

$$M_t = \frac{P_y}{2} * e_x + \frac{P_x}{2} * e_y$$



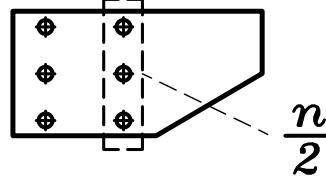
خطوات تصميم ال Bolted Connection

1- Dimensioning

نفرض أبعاد ال Plate و نفرض عدد المسامير و المسافات بينها كالتالى

$$h = (1 \Rightarrow 1.25) d$$

$$P = \text{Pitch} = (4 \Rightarrow 5) \phi$$



نقرب $\frac{n}{2}$ للصغر و هى عدد المسامير فى ناحية واحدة $\Rightarrow \frac{n}{2} = \frac{h_{\text{assumed}}}{P}$

$$h_{\text{actual}} = \left(\frac{n}{2}\right)_{\text{Chosen}} * \text{Pitch}$$

دائما نقرب ال C لرقم صحيح يمكن تنفيذه فى المصنع $\Rightarrow C = d + 2e_c - b_{fl}$

2- Straining actions

نقوم بحساب C.g المسامير و حساب ال Straining actions عند هذا ال C.g

$$Q_y = \frac{P_y}{2} \quad Q_x = \frac{P_x}{2}$$

$$M_t = \frac{P_y}{2} * e_x + \frac{P_x}{2} * e_y$$

3- Calculate the force on critical Bolt and Check

$$R_x = \frac{Q_x}{n} + \frac{M_t}{\sum r^2} (y_1)$$

$$R_y = \frac{Q_y}{n} + \frac{M_t}{\sum r^2} (x_1)$$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad \text{Force in critical Bolt}$$

$x \& y \Rightarrow$

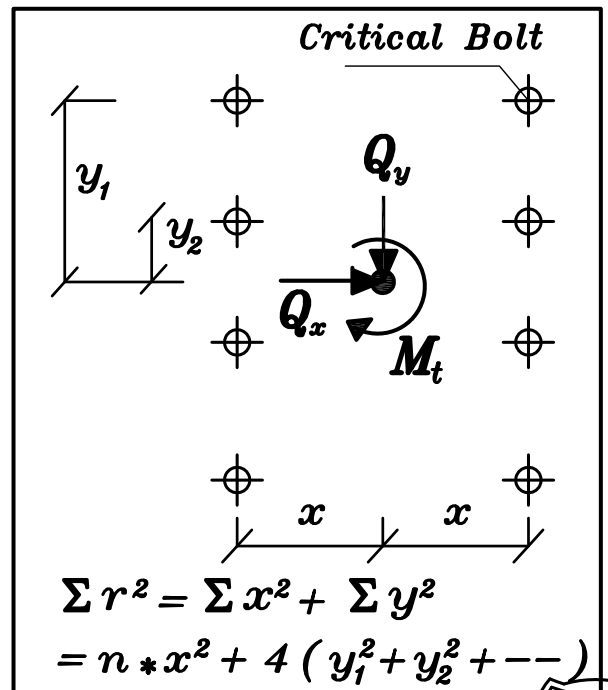
البعد الرأسى و الافقى لكل مسمار عن C.g

$x_1 \Rightarrow$

البعد الافقى للمسمار ال Critical عن C.g المسامير

$y_1 \Rightarrow$

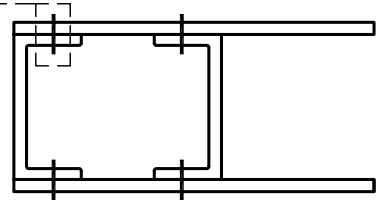
البعد الرأسى للمسمار ال Critical عن C.g المسامير



ثم نقوم بعمل Check على القوة فى المسمار ال Critical

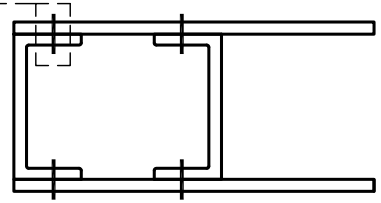
For Bearing connections with non-pretensioned bolts

$$R < R_{Least} \left[\begin{array}{l} R_{Single\ Shear\ (SS)} \\ R_{Bearing} \end{array} \right]$$



For Bearing connections with pretensioned bolts

$$R < R_{Least} \left[\begin{array}{l} R_{Single\ Shear\ (SS)} \\ R_{Bearing} \end{array} \right]$$



For Slip critical connections with pretensioned bolts

$$R < P_s$$

Where :

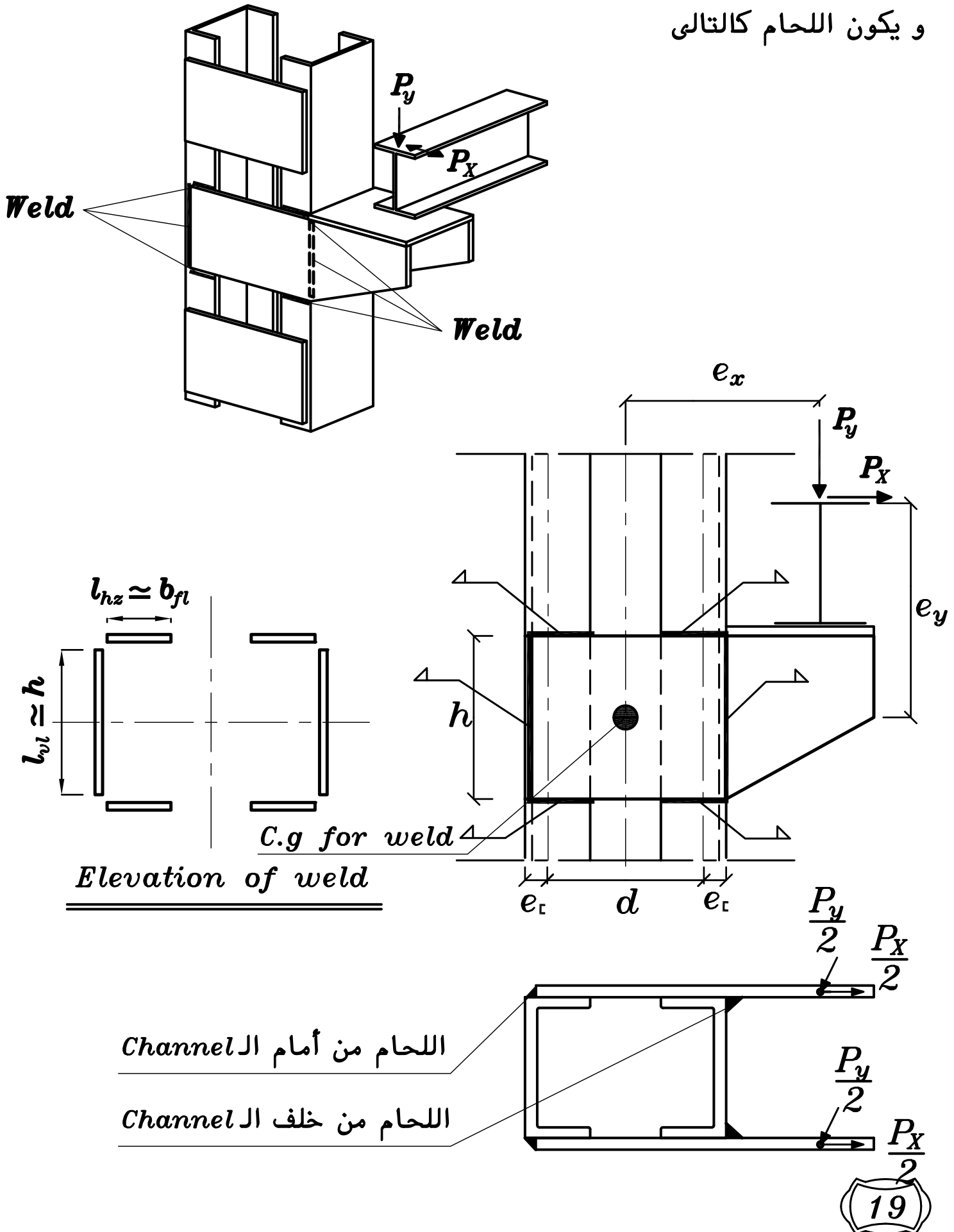
$$R_{Shear} = \left[\begin{array}{l} 0.25 F_{Ub} \\ 0.20 F_{Ub} \end{array} \right] * A_s * n \quad \begin{array}{l} (1) \\ \text{For single shear} \end{array}$$

$$R_{bearing} = \underset{(0.8)}{\phi} * F_{Us} * d * t_{min} \left[\begin{array}{l} t_{Plate} \\ t_{Flange} \end{array} \right]$$

If unsafe Increase n and recheck

Eccentric Connections subjected to Torsion(Welded)

من الممكن استخدام ال *Weld* لربط ال *Bracket* مع العمود بدلا من المسامير
و يكون اللحام كالتالى



خطوات تصميم الWelded Connection

1- Dimensioning

نفرض أبعاد ال Plate و نفرض سمك اللحام كالتالى

Assume

$$* h = d$$

* Size of weld

$$\begin{array}{l} S_{min} = 6 \text{ mm} \\ S_{max} = \text{الاصغر} \end{array} \left[\begin{array}{l} t_{G.Plates} \\ t_{Flange} \end{array} \right]$$

و نبدأ بفرض ال $S = 1 \text{ cm}$

ثم نقوم بحساب ال Properties of area للحام حول ال C.g كالتالى

Properties of Weld

$$* A_{wvl} = 2 * l_{vl} * s \text{ cm}^2$$

$$* A_{whz} = 4 * l_{hz} * s \text{ cm}^2$$

$$* A_{Total} = A_{whz} + A_{wvl}$$

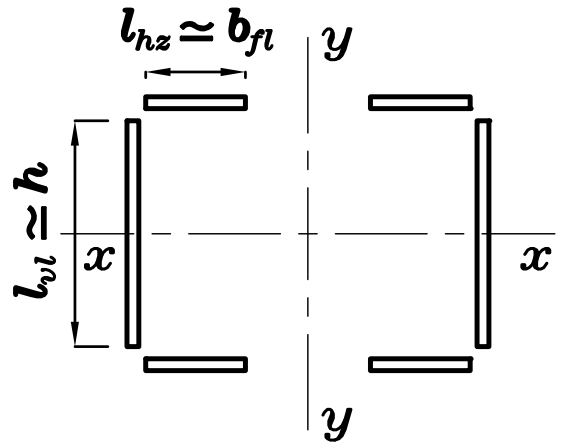
$$* I_{xw} = \text{-----} \text{ cm}^4$$

ال I حول محور x للحام

$$* I_{yw} = \text{-----} \text{ cm}^4$$

ال I حول محور y للحام

$$* I_p = I_{xw} + I_{yw} \text{ (Polar moment of inertia)}$$



2- Straining actions

نقوم بحساب ال C.g المسامير و حساب ال Straining actions عند هذا ال C.g

$$Q_y = \frac{P_y}{2} \quad Q_x = \frac{P_x}{2}$$

$$M_t = \frac{P_y}{2} * e_x + \frac{P_x}{2} * e_y$$

فى حالة اللحام توجد قاعدة هامة جدا و هى أن اللحام دائما يحمل القوة الى فى اتجاهه فقط فاللحام الرأسى يحمل القوة الرأسية و اللحام الافقى يحمل القوة الافقية و فى حالة وجود *Torsional moment* فانه ينتج عنه قوة فى اللحام الرأسى و الافقى .

و لكن للتسهيل سوف نقوم بتوزيع القوى الرأسية و الافقية على ال A_{Total} كما فى المحاضرة .

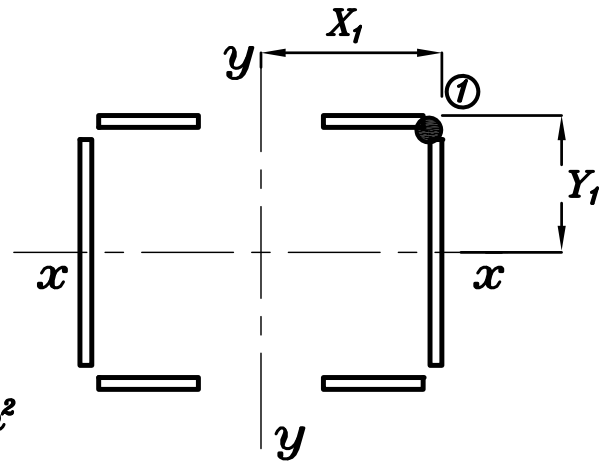
3- Check Stresses

Point (1)

$$q_x = \frac{Q_x}{A_{Total}} + \frac{M_t}{I_P} * Y_1$$

$$q_y = \frac{Q_y}{A_{Total}} + \frac{M_t}{I_P} * X_1$$

$$q_R = \sqrt{q_{1x}^2 + q_{1y}^2} \leq 0.2F_u = 0.72 \text{ t/Cm}^2$$



حيث أن مقاومة اللحام هى $0.2F_u$ و ال F_u هو ال *Ultimate steel strenght* و يساوى 3.60 t/Cm^2 فى حالة *steel 37* .

If unsafe Increase S and recheck

أو من الممكن الحصول على سمك اللحام من المعادلة التالية

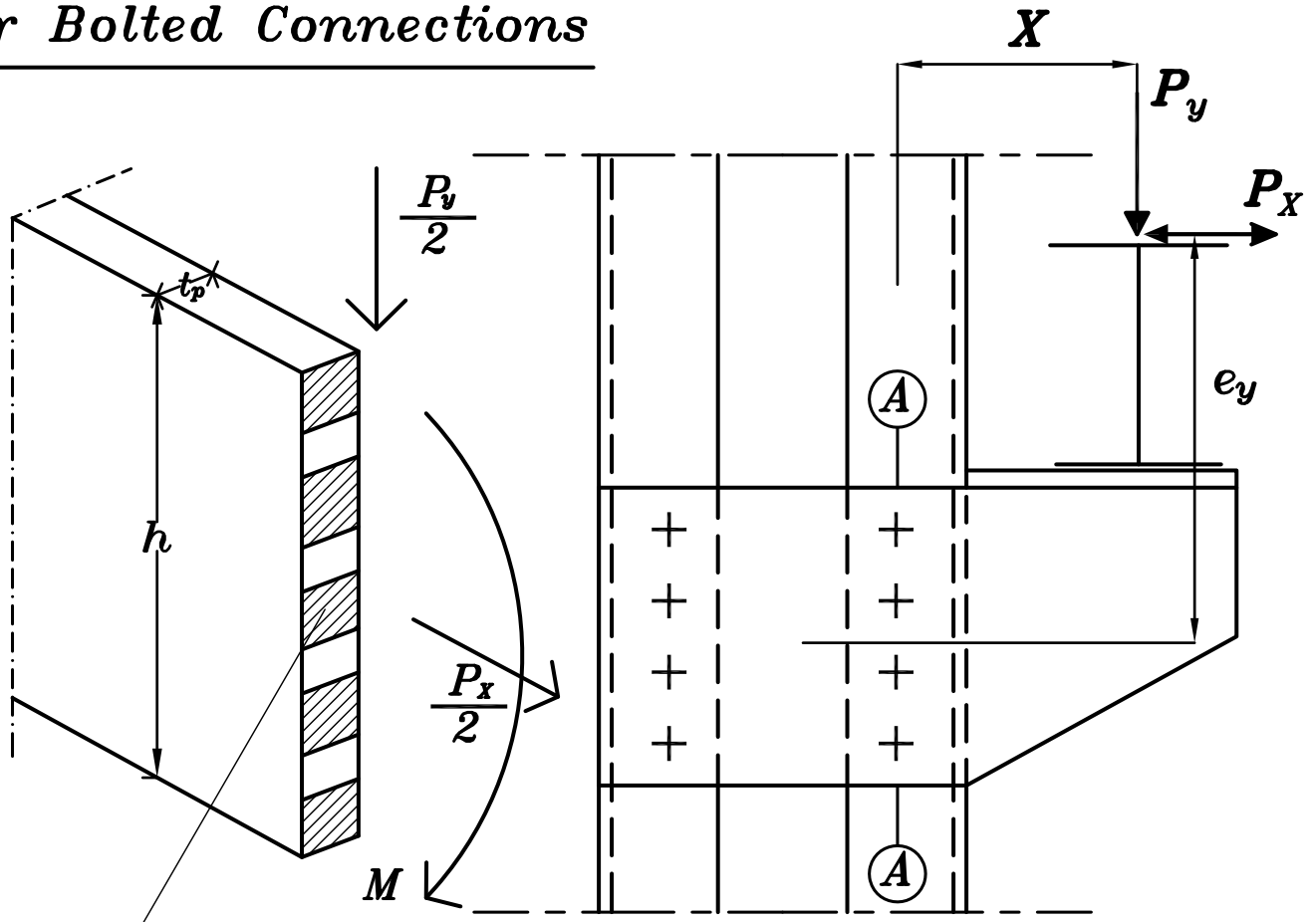
$$S_{new} = \frac{q_R}{0.2F_u} * S_{old} = \frac{q_R}{0.2F_u} * 1 \text{ Cm}$$

و فى حالة اذا كانت ال S_{new} أكبر من 3 Cm نقوم بزيادة ال h و اعادة ال *Checks* .

و من المفترض بعد تصميم ال *Connection* سواء كانت *Bolted* أو *Welded* أن نقوم بعمل *Check* على ال *Plate* حيث أنه من الممكن أن ينهار نتيجة ال *Shear Stresses* أو ال *Normal Stresses* .

خطوات عمل Check على Gusset Plate

For Bolted Connections



Section A-A Critical section for the plate

* Assume $t_p = 10 \Rightarrow 15 \text{ mm}$

1- Straining actions

نقوم بحساب C.g المسامير و حساب ال Straining actions عند C.g Sec. A-A

$$Q_y = \frac{P_y}{2} \quad Q_x = \frac{P_x}{2}$$

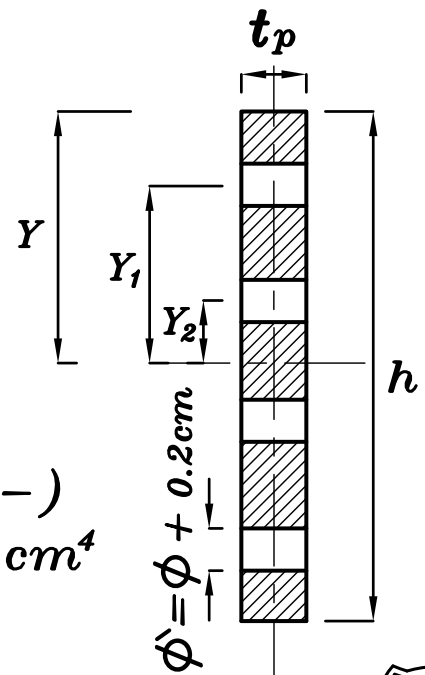
$$M_t = \frac{P_y}{2} * X + \frac{P_x}{2} * e_y$$

2- Properties of area

$$* A_{net} = h * t_p - (\phi' * n') * t_p \quad \text{cm}^2$$

$$* I_{X_{net}} = \frac{h * t_p^3}{12} - 2 \phi' * t_p * (y_1^2 + y_2^2 + \dots) \quad \text{cm}^4$$

* $n' \Rightarrow$ عدد المسامير في ال Section



Section A-A (22)

3- Check Stresses

Normal Stresses

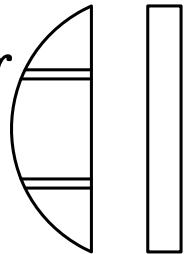
$$f = \frac{N}{A_{net}} + \frac{M_x}{I_{x_{net}}} Y \quad \not\geq 0.58 F_y$$

Shear stresses

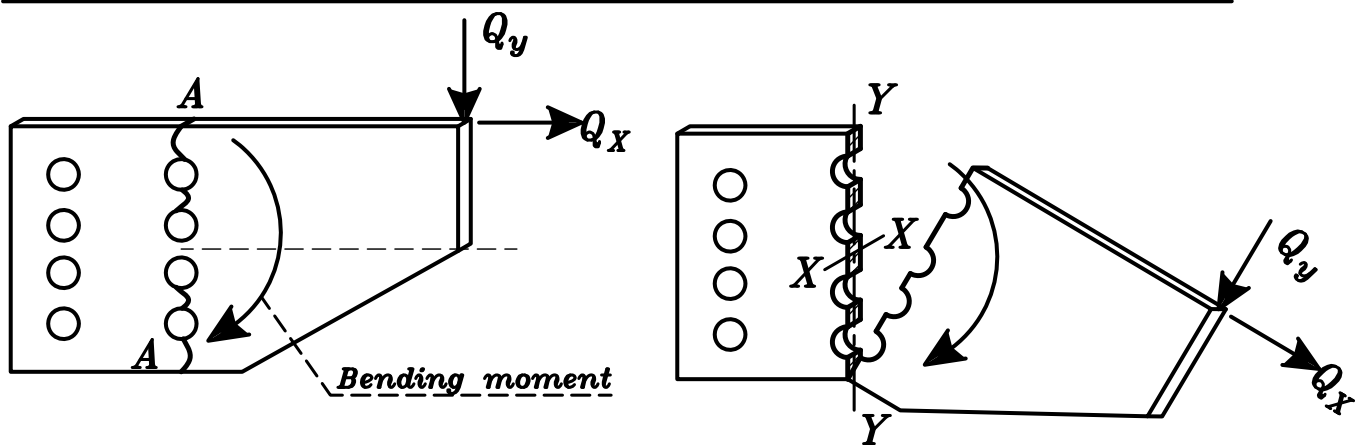
$$q = \frac{3}{2} * \frac{Q}{A_{net}} \quad \not\geq 0.35 F_y$$

Shear stress
for rectangular
section

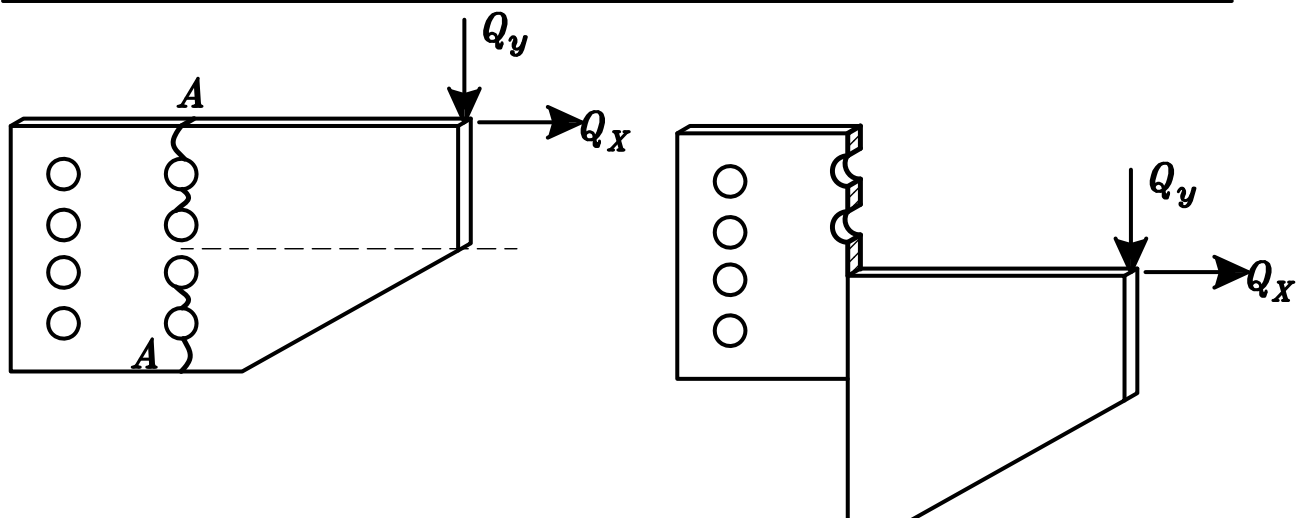
$$= \frac{3}{2} \frac{Q}{A}$$



If unsafe Increase t_p and recheck



شكل الانهيار نتيجة ال Normal stresses



شكل الانهيار نتيجة ال Shear stresses

For bolted with slip critical pretensioned bolts

نفس خطوات *Check plate* بالضغط و لكن الفرق الوحيد أننا نشتغل على

ال A_{gross} و ليس A_{net} .

Properties of area

$$* A_{gross} = h * t_p \quad cm^2$$

$$* I_{X_{gross}} = \frac{h * t_p^3}{12} \quad cm^4$$

Check Stresses

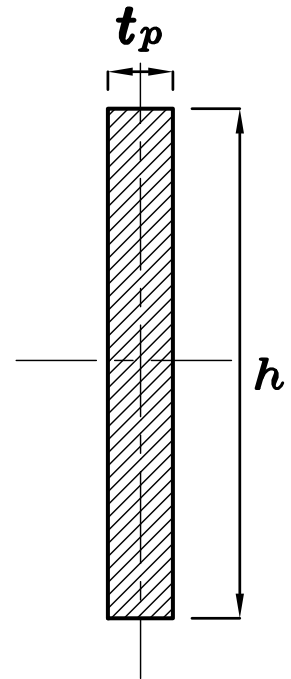
Normal Stresses

$$f = \frac{N}{A_{gross}} + \frac{M_x}{I_{X_{gross}}} Y \quad \not\geq 0.58 F_y$$

$\frac{h}{2}$

Shear stresses

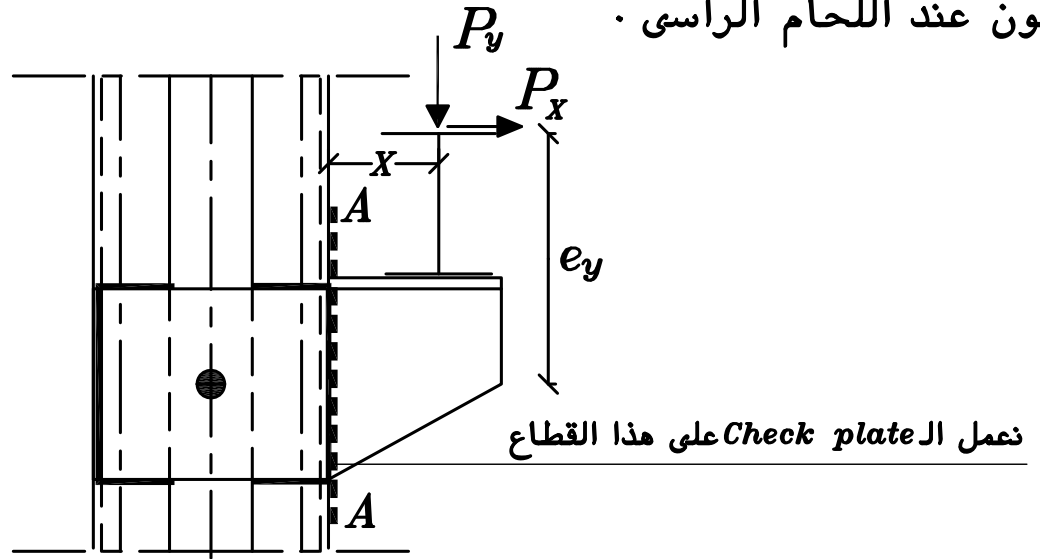
$$q = \frac{3}{2} * \frac{Q}{A_{gross}} \quad \not\geq 0.35 F_y$$



Section A-A

For Welded Connections

نفس خطوات *Check plate* و لكن يوجد فرقان عن الـ *non-pretensioned* الاول اننا نشتغل على الـ A_{gross} و ليس A_{net} و الثانى أن مكان الـ *Section* يكون عند اللحام الرأسى .



Section A-A Critical section for the plate

* Assume $t_p = 10 \Rightarrow 15 \text{ cm}$

1- Straining actions

نقوم بحساب *C.g* المسامير و حساب الـ *Straining actions* عند *Sec. A-A*

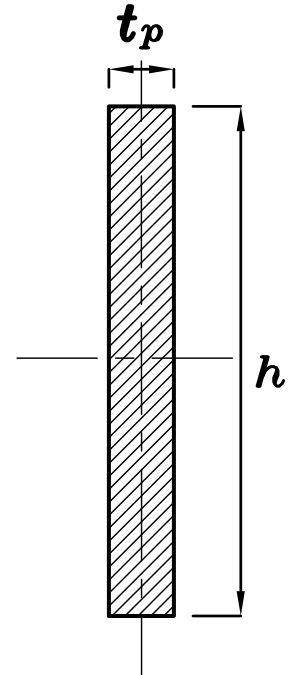
$$Q_y = \frac{P_y}{2} \quad Q_x = \frac{P_x}{2}$$

$$M_t = \frac{P_y}{2} * X + \frac{P_x}{2} * e_y$$

Properties of area

$$* A_{gross} = h * t_p \quad \text{cm}^2$$

$$* I_{X_{gross}} = \frac{h * t_p^3}{12} \quad \text{cm}^4$$



Section A-A

Check Stresses

Normal Stresses

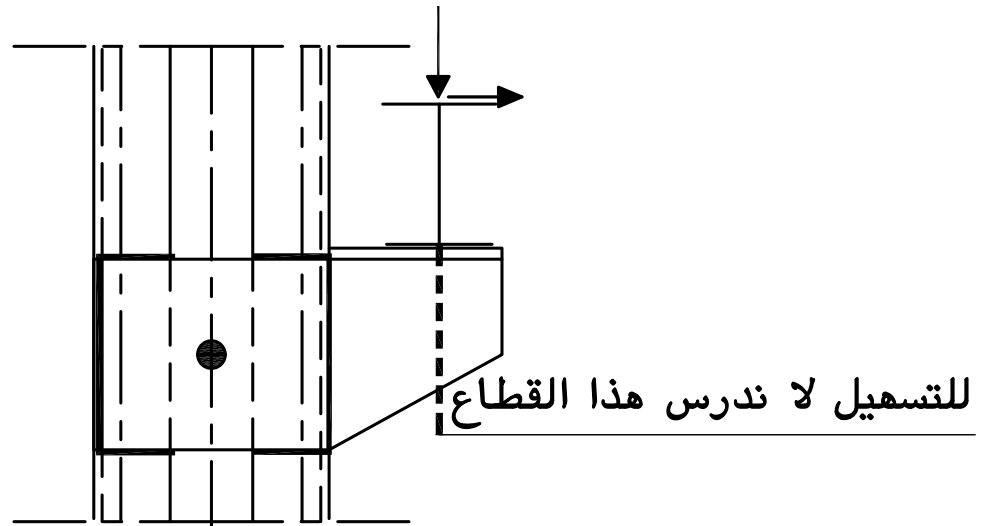
$$f = \frac{N}{A_{gross}} + \frac{M_x}{I_{x_{gross}}} Y \leq 0.58 F_y$$

$\frac{h}{2}$

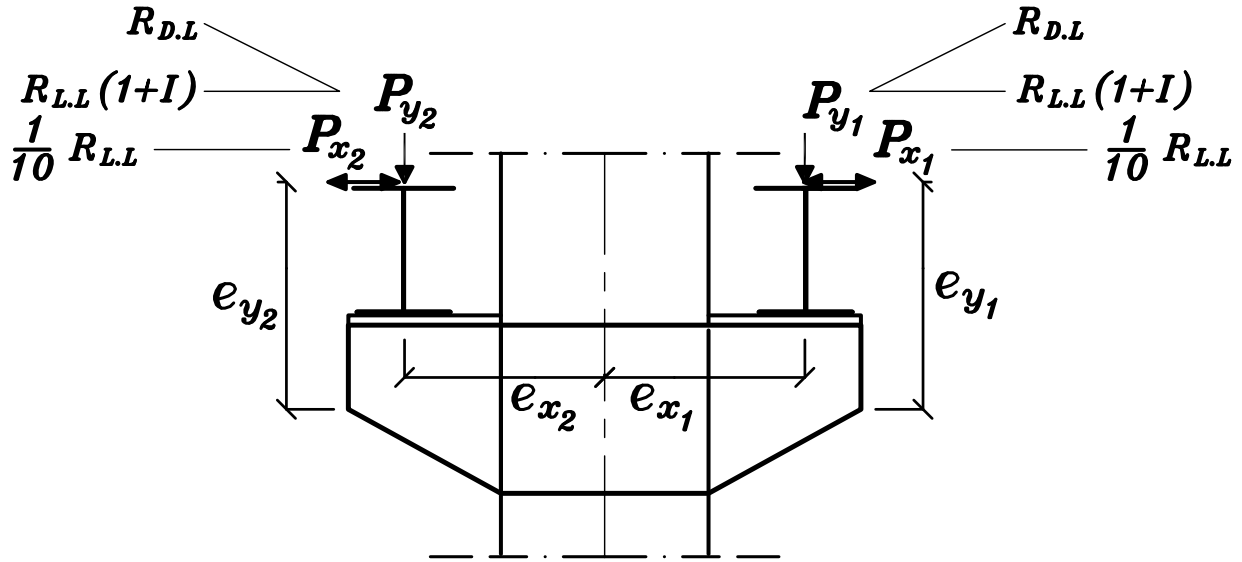
Shear stresses

$$q = \frac{3}{2} * \frac{Q}{A_{gross}} \leq 0.35 F_y$$

وان كان من المفترض أن نقوم بعمل *Check Shear* عند *Section* تحت
ال *Crane girder* مباشرة حيث تكون مساحة مقطع ال *Plate* أقل .
و لكن للتسهيل نأخذه عند نفس مكان ال *Section* السابق .



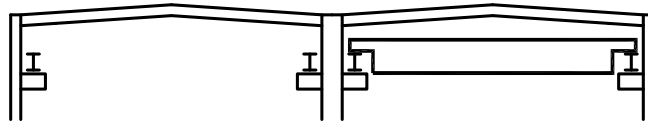
Bracket Carries two crane girders



فى حالة وجود ال *Double bracket* نحتاج الى عمل حالات تحميل لنحصل على ال *maximum straining actions* و تكون الخطوة الوحيدة المتغيرة فى المسألة هى كيفية ايجاد ال *maximum straining actions* أما الباقي فيكون كما هو . و هنا نحتاج الى عمل حالتين تحميل

1-Case of maximum torsion :

نقوم بتحميل *Total Load* على ال *Bracket* اليمين و *Dead Load* على ال *Bracket* الشمال و نحسب ال *Straining actions* فى الحالتين و نأخذ الاكبر منهما .

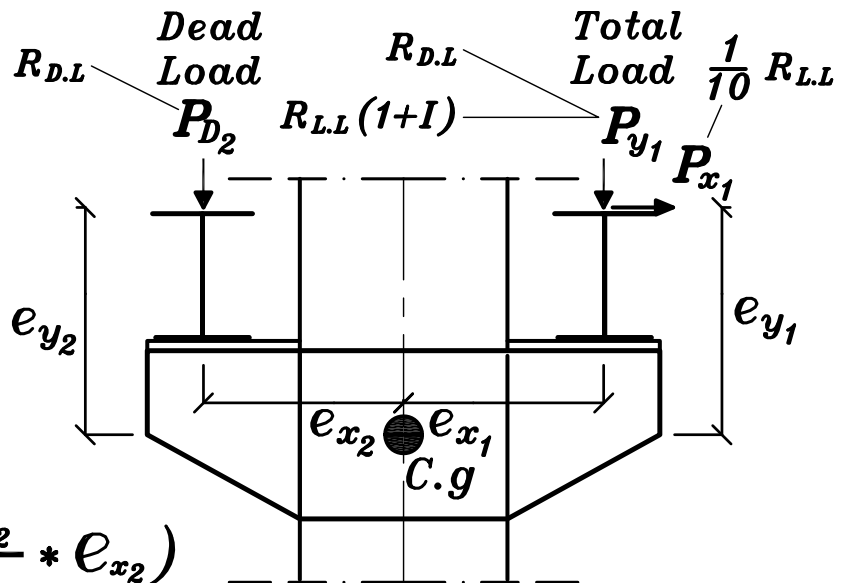


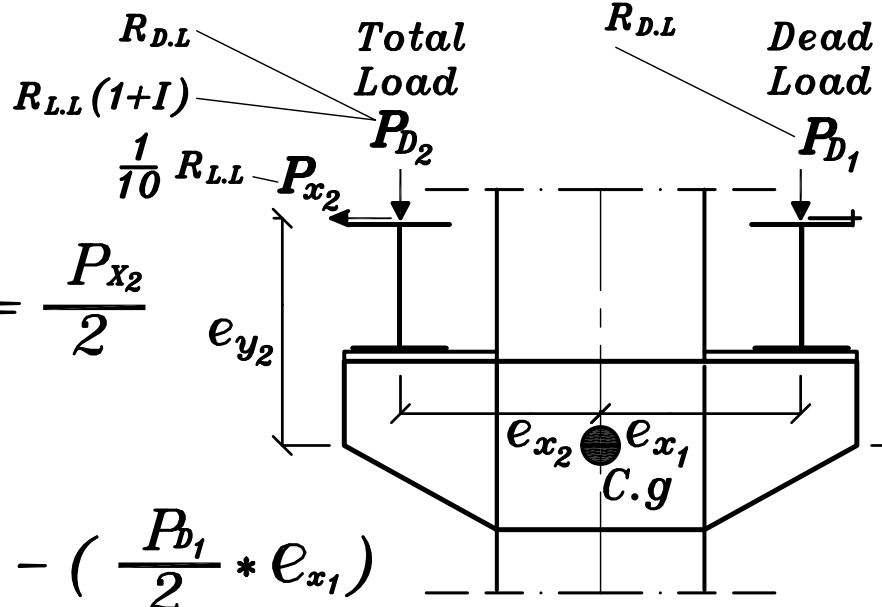
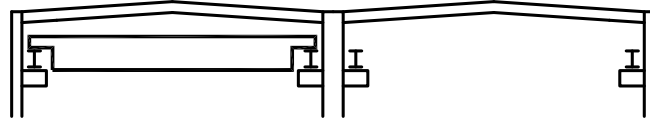
لا يوجد P_{x2} لاننا محملين شمال
 P_{x1} و $Dead load$ نأخذ اتجاه
 يمين لزيادة ال *Torsion*

$$Q_y = \frac{P_{y1} + P_{D2}}{2} \quad Q_x = \frac{P_{x1}}{2}$$

$$M_t = \left(\frac{P_{y1}}{2} * e_{x1} \right)$$

$$+ \left(\frac{P_{x1}}{2} * e_{y1} \right) - \left(\frac{P_{D2}}{2} * e_{x2} \right)$$





$$Q_y = \frac{P_{y2} + P_{D1}}{2} \quad Q_x = \frac{P_{x2}}{2}$$

$$M_t = \left(\frac{P_{y2}}{2} * e_{x2} \right)$$

$$+ \left(\frac{P_{x2}}{2} * e_{y2} \right) - \left(\frac{P_{D1}}{2} * e_{x1} \right)$$

ونختار الحالة التي تعطى أكبر *Torsion* و نأخذ ال *Straining actions* لها
ثم نقوم بعمل *Check* على ال *Critical Bolt* في حالة المسامير و عمل *Check*
على نقطتين في حالة اللحام كما سبق تماما و لكن باستخدام
ال *Straining actions* الجديدة .

و في الاغلب نصل الى الحالة التي تعطى أكبر *Torsion* بالنظر و ذلك لان في
الاغلب تكون الاحمال الكبيرة لها مسافات أبعد عن العمود و بالتالي تكون هي
التي تعطى أكبر *Torsion* .

2-Case of maximum Shear :

$$Q_y = \frac{P_{y_1} + P_{y_2}}{2}$$

$$Q_x = \frac{P_{x_1} + P_{x_2}}{2}$$

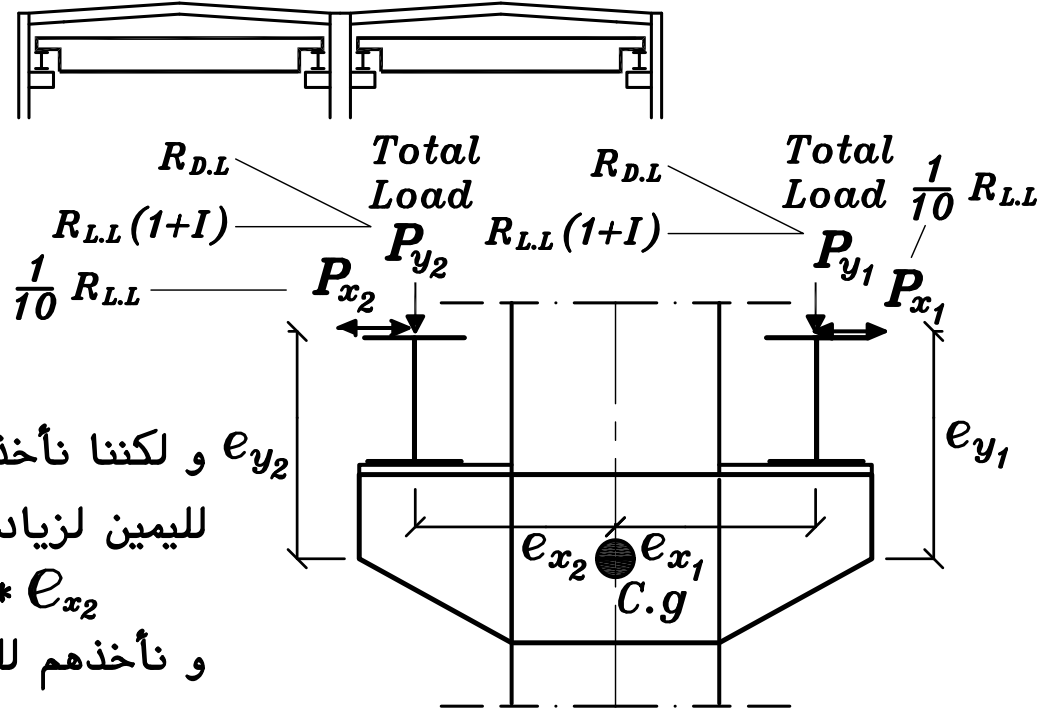
P_{x_1} & P_{x_2} و لكننا نأخذ اتجاه ال e_{y_2}

لليمين لزيادة ال M_t فى حالة

$$P_{y_1} * e_{x_1} > P_{y_2} * e_{x_2}$$

و نأخذهم لليساار فى حالة

$$P_{y_2} * e_{x_2} > P_{y_1} * e_{x_1}$$



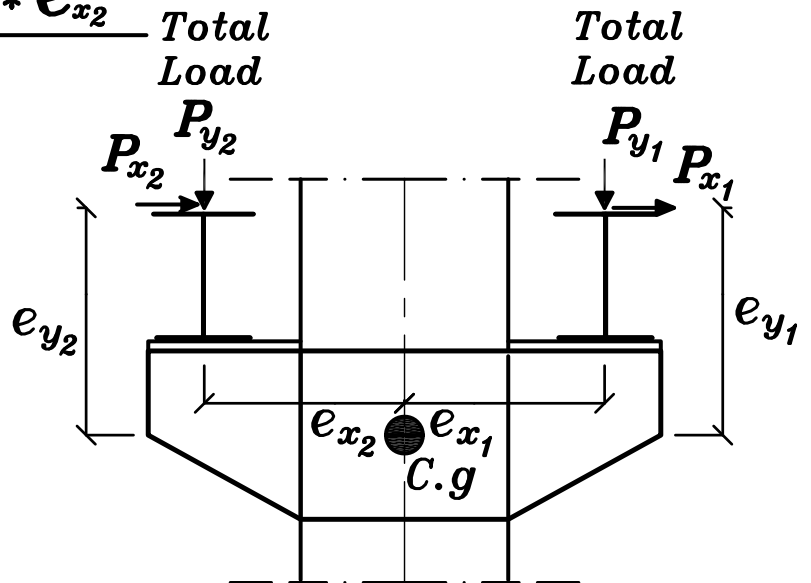
Case of $P_{y_1} * e_{x_1} > P_{y_2} * e_{x_2}$

$$M_t = \left(\frac{P_{y_1}}{2} * e_{x_1} \right)$$

$$+ \left(\frac{P_{x_1}}{2} * e_{y_1} \right)$$

$$+ \left(\frac{P_{x_2}}{2} * e_{y_2} \right)$$

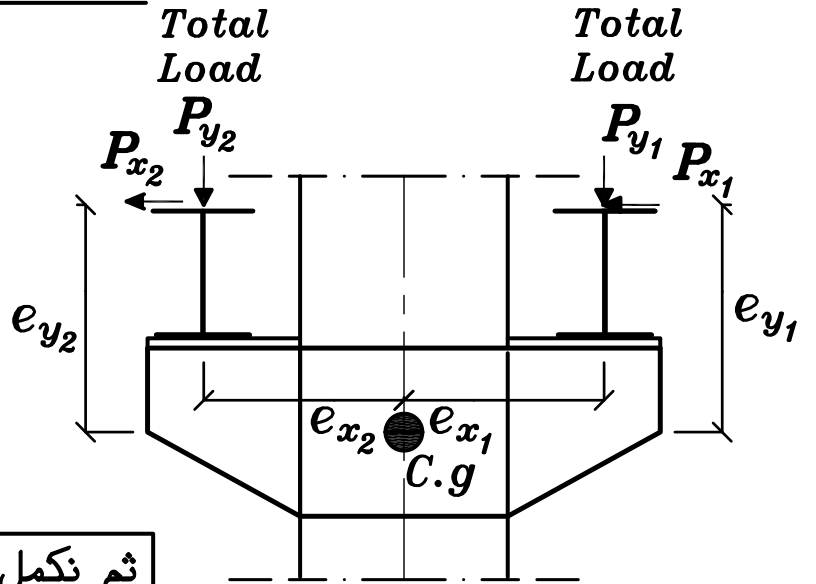
$$- \left(\frac{P_{y_2}}{2} * e_{x_2} \right)$$



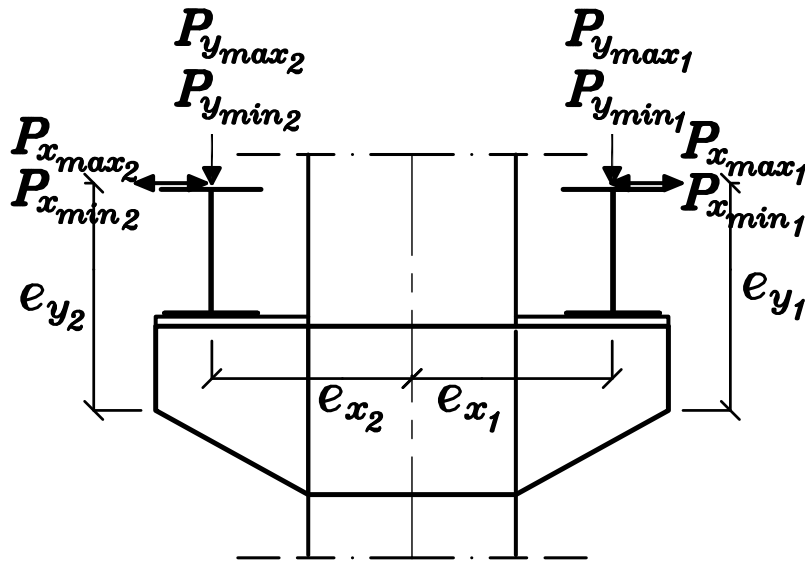
Case of $P_{y2} * e_{x2} > P_{y1} * e_{x1}$

$$M_t = \left(\frac{P_{y2}}{2} * e_{x2} \right) + \left(\frac{P_{x2}}{2} * e_{y2} \right) + \left(\frac{P_{x1}}{2} * e_{y1} \right) - \left(\frac{P_{y1}}{2} * e_{x1} \right)$$

ثم نكمل الحل كما سبق



و من الممكن أن يعطى الاحمال ال *Maximum* و ال *Minimum* مباشرة كالتالى



Where:

$$P_{y_{max1}} = R_{D.L1} + R_{L.L1}(1+I)$$

$$P_{y_{min1}} = R_{D.L1}$$

$$P_{x_{max1}} = \frac{1}{10} R_{L.L1}$$

$$P_{x_{min1}} = 0$$

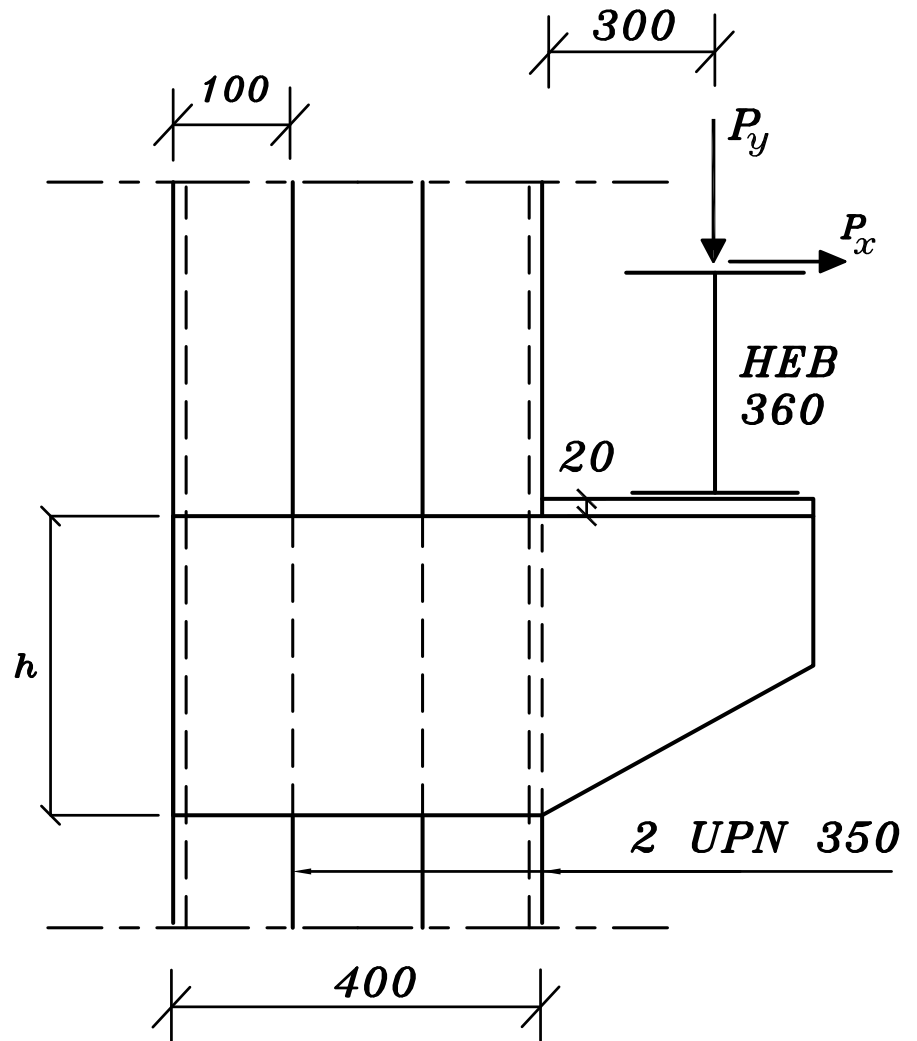
$$P_{y_{max2}} = R_{D.L2} + R_{L.L2}(1+I)$$

$$P_{y_{min2}} = R_{D.L2}$$

$$P_{x_{max2}} = \frac{1}{10} R_{L.L2}$$

$$P_{x_{min2}} = 0$$

Example :-

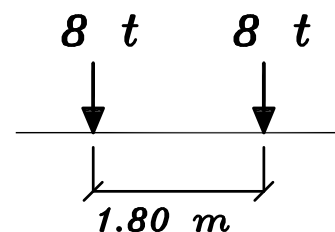


It is required to design the connection shown in the fig. using :

- a) Bearing type non-pretensioned bolts M20 grade 4.6*
- b) Slip critical pretensioned bolts M20 grade 10.9*
- c) Welded connection*
- d) Check the plate cross section in each case .*

Data

– wheel Loads of carne girder are as shown



– Spacing between columns = $6.00\ m$

Solution

Loads from crane girder

$$R_{D.L.} = * W_{D.L.} S$$

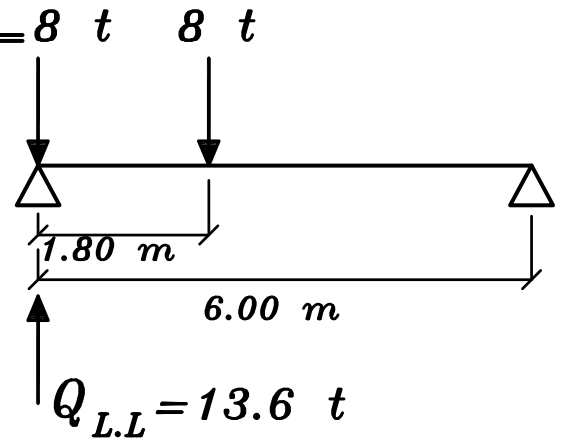
$$= 0.142 * 6 = 0.852 \text{ t}$$

نم لودجلا o.w.

$$\therefore P_y = R_{D.L.} + Q_{L.L.} (1 + I)$$

$$= 0.852 + 13.6 * 1.25 = 17.85 \text{ t}$$

$$P_x = \frac{1}{10} Q_{L.L.} = 1.36 \text{ t}$$



a) Bearing type non-pretensioned bolts M20 grade 4.6

1-Dimensioning

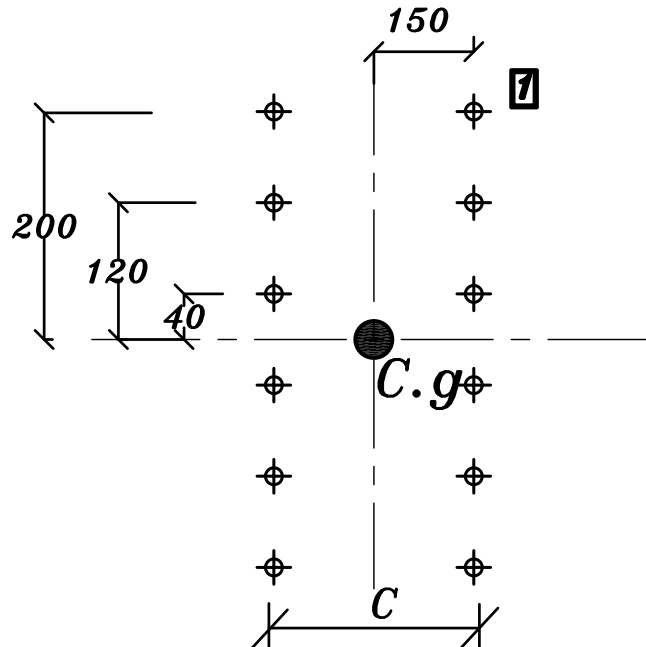
assume $h = 1.25 * 400 = 500 \text{ mm}$

$$p = 4 \phi = 4 * 20 = 80 \text{ mm}$$

$$\therefore \frac{n}{2} = \frac{h}{p} = \frac{500}{80} = 6.25 \rightarrow \text{take } \frac{n}{2} = 6 \text{ bolts}$$

take $e = \frac{p}{2} = 40 \text{ mm}$, $p = 80 \text{ mm}$

$$\frac{n}{2} = 6 \text{ bolts} \rightarrow h = 6 * 80 = 480 \text{ mm}$$



$$C = 400 - \textcircled{100}$$

$$= 300 \text{ mm}$$

b_{fL}

2-Straining actions

- $Q_x = \frac{P_x}{2} = \frac{1.36}{2} = 0.68 \text{ t}$
- $Q_y = \frac{P_y}{2} = \frac{17.85}{2} = 8.93 \text{ t}$
- $M_t = 8.93(0.2 + 0.3) + 0.68(0.36 + 0.02 + \frac{0.48}{2}) = 4.88 \text{ m.t.}$

3-Calculate the force on critical Bolt and Check Bolt 1

$$\sum r^2 = \sum (x^2 + y^2) = nx^2 + 4(y_1^2 + y_2^2 + \dots)$$
$$\therefore \sum r^2 = 12(15)^2 + 4(\overline{4}^2 + \overline{12}^2 + \overline{20}^2) = 4940 \text{ cm}^2$$

$$\therefore R_x = \frac{Q_x}{n} + \frac{M_t}{\sum r^2} * y_1 = \frac{0.68}{12} + \frac{4.88 * 100}{4940} * 20 = 2.03 \text{ t}$$

$$R_y = \frac{Q_y}{n} + \frac{M_t}{\sum r^2} * x_1 = \frac{8.93}{12} + \frac{4.88 * 100}{4940} * 15 = 2.23 \text{ t}$$

$$\therefore R_1 = \sqrt{2.03^2 + 2.23^2} = 3.01 \text{ t}$$

$$\therefore R_{S.S} = 0.25 F_{Ub} * A_s * n$$

$$= (0.25 * 4) * \left(\frac{\pi (2)^2}{4} \right) * 1.0 = 3.14 \text{ t}$$

$$\therefore R_b = \alpha * F_{Us} * d * t_{min} \begin{cases} t_{Plate} = 1.5 \text{ cm} \text{ assumed} \\ t_{Flange} = 2.2 \text{ cm} \end{cases}$$

$$= 0.8 * 3.6 * 2.0 * 1.5 = 8.64 \text{ t}$$

$$\therefore R_{Least} = 3.14 \text{ t}$$

$$\therefore R_1 < R_{Least}$$

\therefore Safe

b) Slip critical pretensioned bolts M20 grade 10.9

لا نحتاج الى حساب القوة على المسامير و لكن المتغير الوحيد هو مقاومة المسامير

ال P_S و لكن من العمود المكتوب عليه Bridges and cranes

$$\bullet P_S = 3.85 \text{ ton (code pg. 106) (Bridges and cranes column)}$$

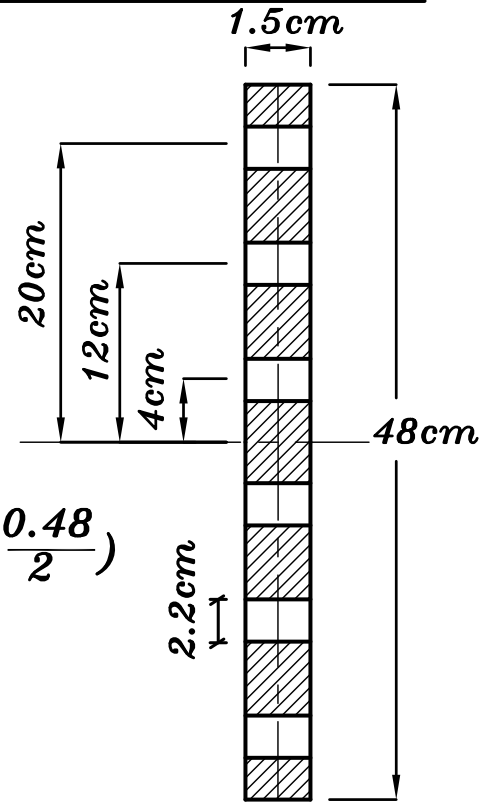
$$\bullet R_1 = \text{same as before} = 3.01 \text{ ton} < P_S \therefore \text{Safe}$$

-Check on the plate's section for case of non-pretensioned

Assume $t_p = 15 \text{ mm}$

- Straining actions

- $N = \frac{P_x}{2} = \frac{1.36}{2} = 0.68 \text{ ton}$
- $Q_y = \frac{P_y}{2} = \frac{17.85}{2} = 8.925 \text{ ton}$
- $M_x = 8.925 * (0.3 + \frac{0.1}{2}) + 0.68 * (0.36 + 0.02 + \frac{0.48}{2})$
 $= 3.54 \text{ m.ton}$



- Properties of the plate:

- $A_{net} = 48 * 1.5 - (22 * 1.5) * 6 = 52.2 \text{ cm}^2$
- $I_x = \frac{48^3 * 1.5}{12} - (2 * 2.2 * 1.5) (4^2 + 12^2 + 20^2) = 10128 \text{ cm}^4$

- Check stresses

- $f = \frac{N}{A_{net}} + \frac{M}{I_x} * Y = \frac{0.68}{52.2} + \frac{3.54 * 100}{10128} * \frac{48}{2}$
 $= 0.85 \text{ t/cm}^2 < 1.4 \text{ t/cm}^2 \text{ safe}$
- $q = \frac{3}{2} \frac{Q}{A_{net}} = \frac{3}{2} * \frac{8.925}{52.2} = 0.25 \text{ t/cm}^2 < 0.84 \text{ t/cm}^2$
(safe)

-Check on the plate's section for case of pretensioned Bolts

➡ (using the gross area for the plate)

لا نحتاج الى دراسته لاننا نشتغل بال Gross Area و بالتالى يكون Safe

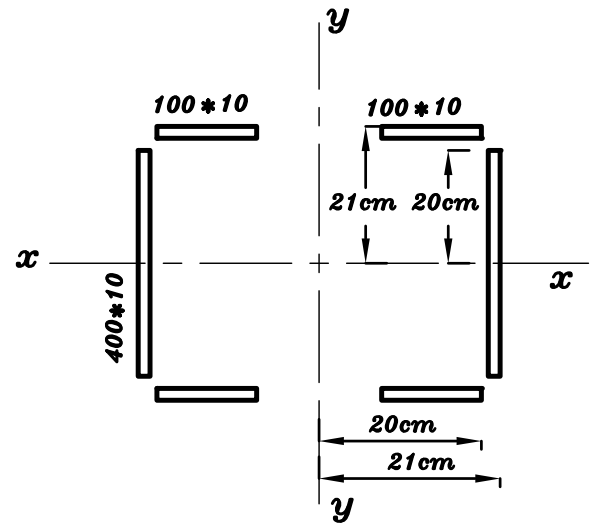
لانها اكيد اكبر من ال Net Area

C) Welded connection

Assume $h = d = 400 \text{ mm}$

size of weld = 10 mm

Properties of weld



$$\bullet A_{whz.} = 4 * 10 * 1 = 40 \text{ cm}^2$$

$$\bullet A_{wvl.} = 2 * 40 * 1 = 80 \text{ cm}^2$$

$$\bullet A_{tot.} = 40 + 80 = 120 \text{ cm}^2$$

$$I_{x_w} = \frac{40^3 * 1}{12} * 2 + 4 \left[(10 * 1) \left(\frac{40}{2} + \frac{1}{2} \right)^2 \right] = 27476.6 \text{ cm}^4$$

$$I_{y_w} = 2 \left[40 * 1 * 20^2 \right] + 4 \left[\frac{10^3 * 1}{12} + (10 * 1) * 15^2 \right] = 41333.3 \text{ cm}^4$$

$$I_p = I_x + I_y = 68809.9 \text{ cm}^4$$

– Straining actions on weld

$$\bullet Q_x = 0.68 \text{ ton} \quad \bullet Q_y = 8.93 \text{ ton}$$

$$\bullet M_t = 8.93 * 0.5 + 0.68 \left(0.36 + 0.02 + \frac{0.4}{2} \right) = 4.86 \text{ m.ton}$$

– Check stresses

$$\bullet q_x = \frac{0.68}{120} + \frac{4.86 * 100}{68809.9} * 21 = 0.154 \text{ t/cm}^2$$

$$\bullet q_y = \frac{8.93}{120} + \frac{4.86 * 100}{68809.9} * 21 = 0.222 \text{ t/cm}^2$$

$$q_{res.} = \sqrt{0.15^2 + 0.222^2} = 0.27 \text{ t/cm}^2$$

$$\leq 0.2 F_u = 0.72 \text{ t/cm}^2 \quad (\text{safe})$$

• safe but waste we can decrease the size of weld & recheck.

-Check on the plate's section for case of weld

Sec(A-A)

Assume $t_p = 15 \text{ mm}$

- Straining actions

- $N = 0.68 \text{ ton}$ • $Q_y = 8.925 \text{ ton}$
- $M_x = 8.925 * 0.3 + 0.68 * (0.36 + 0.02 + \frac{0.48}{2})$
 $= 3.1 \text{ m.ton}$

- properties of plate:

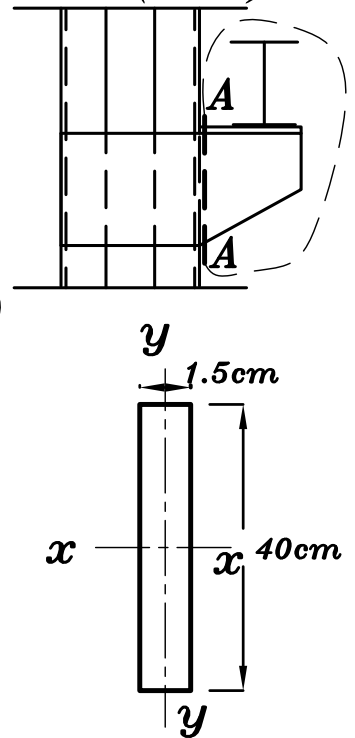
$$A_{net} = 40 * 1.5 = 60 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{40^3 * 1.5}{12} = 8000 \text{ cm}^4$$

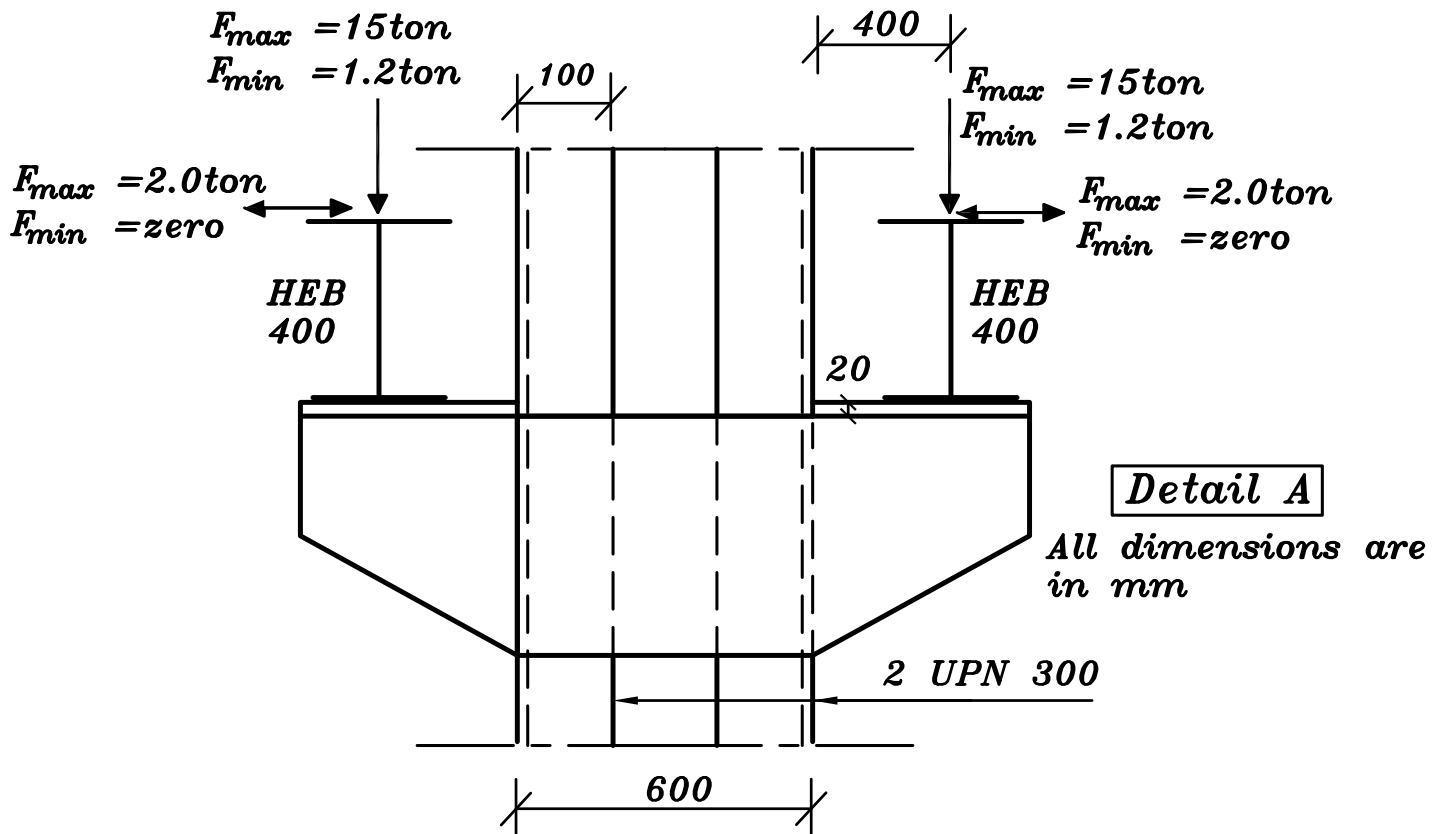
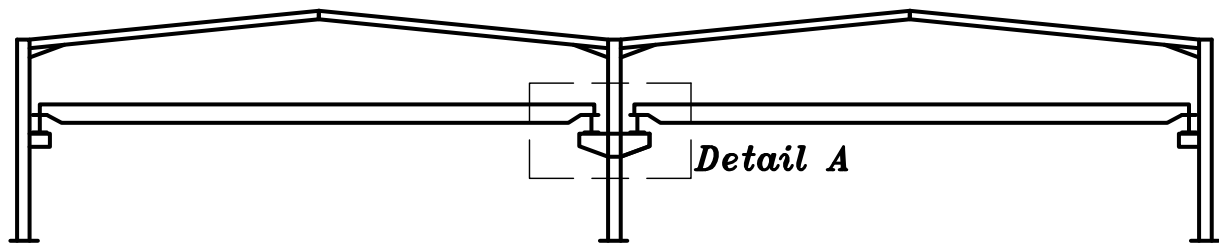
- Check stresses

$$\begin{aligned} \bullet f &= \frac{N}{A_{net}} + \frac{M}{I_x} * Y = \frac{0.68}{60} + \frac{3.1 * 100}{8000} * \frac{40}{2} \\ &= 0.786 \text{ t/cm}^2 < 1.4 \text{ t/cm}^2 \text{ safe} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet q &= \frac{3}{2} \frac{Q}{A_{net}} = \frac{3}{2} * \frac{8.925}{60} \\ &= 0.099 \text{ t/cm}^2 < 0.84 \text{ t/cm}^2 \text{ safe} \end{aligned}$$



Example :-



For the industrial building shown in figure, it is required to design the crane bracket connection to the main frame column at A using M24 Grade 8.8 (Bearing type nonpretensioned bolts) (Threads are excluded from shear plane) Then design the bracket plate.

Solution

ملحوظة هامة

ليس من الشرط استخدام مسامير Grade 8.8 دائما على أنها *Pretensioned bolt* فمن الممكن أن تكون *non-pretensioned* وهنا هي *non-pretensioned*

1-Dimensioning

assume $h = 1.25 * 600 = 750 \text{ mm}$

$$p = 4\phi = 4 * 24 = 96 \text{ mm}$$

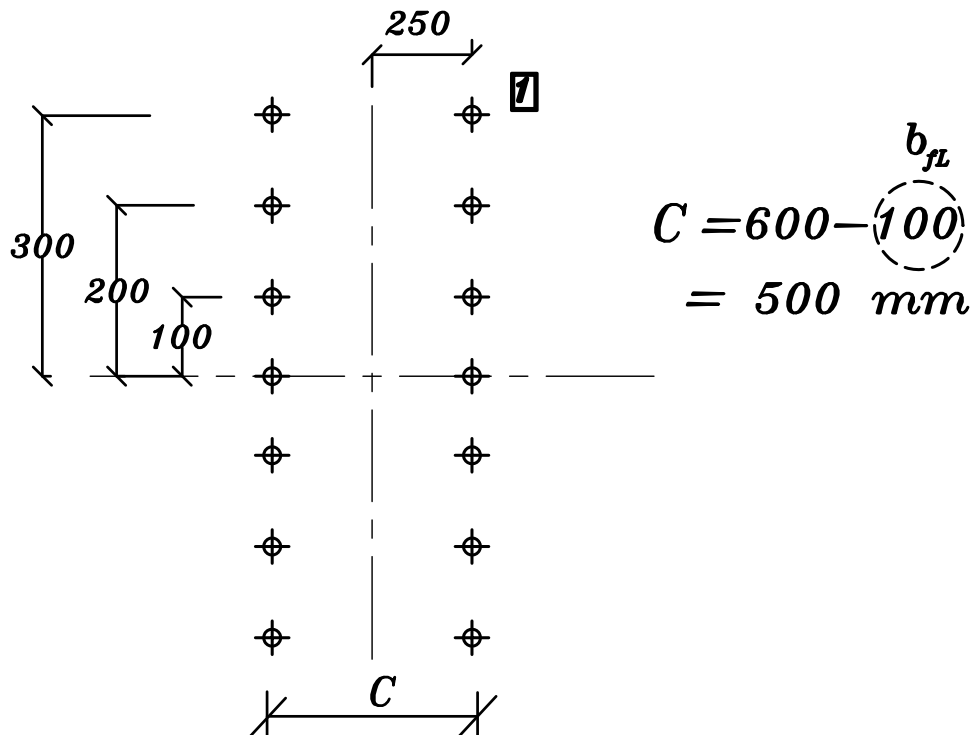
$$\therefore \frac{n}{2} = \frac{h}{p} = \frac{750}{96} = 7.8 \rightarrow$$

take $\frac{n}{2} = 7 \text{ bolts}$

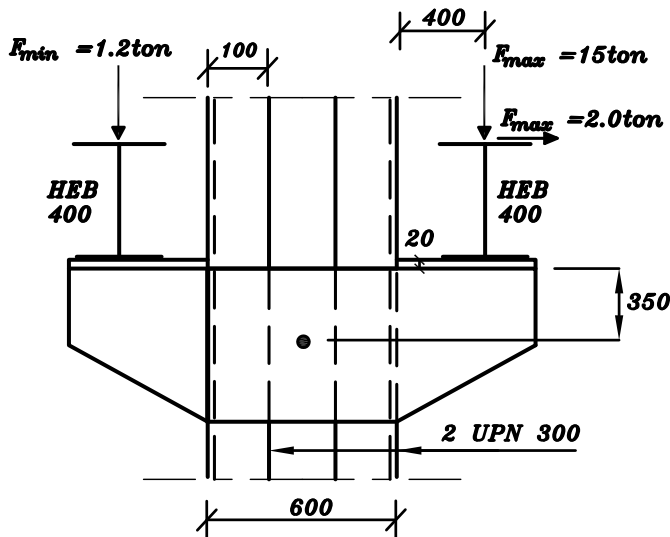
take $P = 100 \text{ mm}$

take $e = \frac{p}{2} = 50 \text{ mm}$

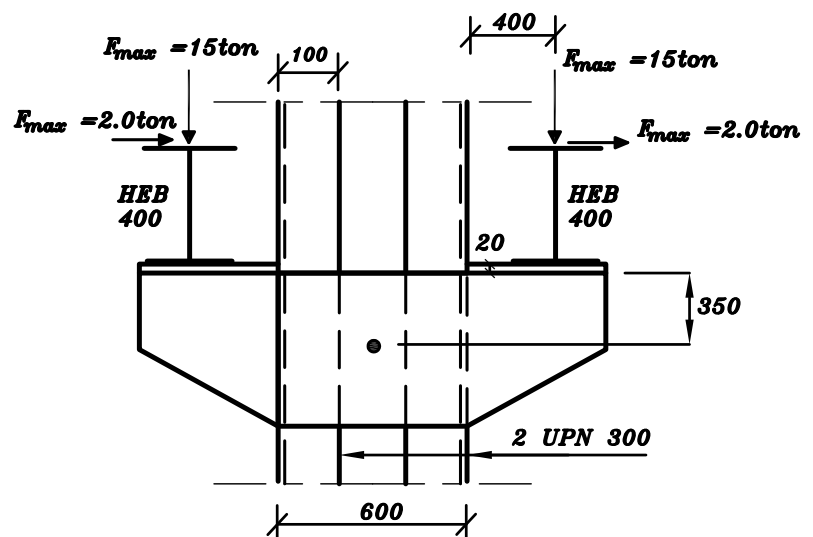
$$\frac{n}{2} = 7 \text{ bolts} \rightarrow h = 7 * 100 = 700 \text{ mm}$$



2-Straining actions



Case of maximum torsional moment



Case of maximum shear force

a) Case of maximum torsional moment :

$$\begin{aligned}
 \bullet Q_x &= \frac{P_x}{2} = \frac{2.0}{2} = 1.0 \text{ t} & \bullet Q_y &= \frac{P_y}{2} = \frac{(15+1.2)}{2} = 8.1 \text{ t} \\
 \bullet M_t &= (15/2)(40+30) + (2/2)(40+2.0+35) - (1.2/2)(40+30) \\
 &= 560 \text{ cm.ton}
 \end{aligned}$$

b) Case of maximum shear force :

$$\begin{aligned}
 \bullet Q_x &= \frac{P_x}{2} = \frac{(2+2)}{2} = 2.0 \text{ t} & \bullet Q_y &= \frac{P_y}{2} = \frac{(15+15)}{2} = 15 \text{ t} \\
 \bullet M_t &= (2/2)(40+35+2) * 2 = 154 \text{ cm.ton}
 \end{aligned}$$

3-Calculate the force on critical Bolt and Check Bolt 1

We have to check on the critical bolt two times
(For the two cases)

$$\sum r^2 = \sum (x^2 + y^2) = nx^2 + 4(y_1^2 + y_2^2 + \dots)$$

$$\therefore \sum r^2 = 14 (25)^2 + 4 (10^2 + 20^2 + 30^2) = 14350 \text{ cm}^2$$

a) Case of maximum torsional moment :

$$\therefore R_x = \frac{Q_x}{n} + \frac{M_t}{\sum r^2} * y_1 = \frac{1.0}{14} + \frac{560}{14350} * 30 = 1.24 \text{ t}$$

$$R_y = \frac{Q_y}{n} + \frac{M_t}{\sum r^2} * x_1 = \frac{8.1}{14} + \frac{560}{14350} * 25 = 1.55 \text{ t}$$

$$\therefore R_1 = \sqrt{1.24^2 + 1.55^2} = 1.985 \text{ t}$$

$$\therefore R_{S.S} = 0.20 F_{Ub} * A_S * n$$

$$= (0.20 * 8) * \left(\frac{\pi (2.4)^2}{4} \right) * 1.0 = 9.04 \text{ t}$$

$$R_b = \alpha * F_{Us} * d * t_{min} \begin{cases} t_{Plate} = 1.5 \text{ cm} \text{ assumed} \\ t_{Flange} = 2.2 \text{ cm} \end{cases}$$
$$= 0.8 * 3.6 * 2.4 * 1.5 = 10.3 \text{ t}$$

$$\therefore \boxed{\therefore R_1 < R_{Least}} \quad \therefore \text{ Safe}$$

b) Case of maximum shear force :

$$\therefore R_x = \frac{Q_x}{n} + \frac{M_t}{\sum r^2} * y_1 = \frac{2.0}{14} + \frac{154}{14350} * 30 = 0.464 \text{ t}$$

$$R_y = \frac{Q_y}{n} + \frac{M_t}{\sum r^2} * x_1 = \frac{15}{14} + \frac{154}{14350} * 25 = 1.34 \text{ t}$$

$$\therefore R_1 = \sqrt{0.464^2 + 1.34^2} = 1.41 \text{ t}$$

$$R_{Least} = 9.04 \text{ t}$$

$$\therefore \boxed{R_1 < R_{Least}} \quad \therefore \text{ Safe}$$

نلاحظ أن القوة الحقيقية على المسمار أقل بكثير من مقاومة المسمار و لذلك
فان التصميم Waste و لذلك من الممكن تقليل ارتفاع ال Plate و تقليل عدد
المسامير و اعادة ال Checks

Design the bracket plate :

نحسب ال Straining actions على
ال Plate من احدى الناحيتين فقط لان
ال brackets 2 متماثلين تماما

Assume

$$t_p = 15 \text{ mm}$$

– Straining actions

- $N = \frac{P_x}{2} = \frac{2.0}{2} = 1.0 \text{ ton}$
- $Q_y = \frac{P_y}{2} = \frac{15.0}{2} = 7.5 \text{ ton}$
- $M_x = 7.5 * (0.4 + \frac{0.1}{2}) + 1.0 * (0.40 + 0.02 + \frac{0.70}{2}) = 4.14 \text{ m.ton}$

– Properties of the plate:

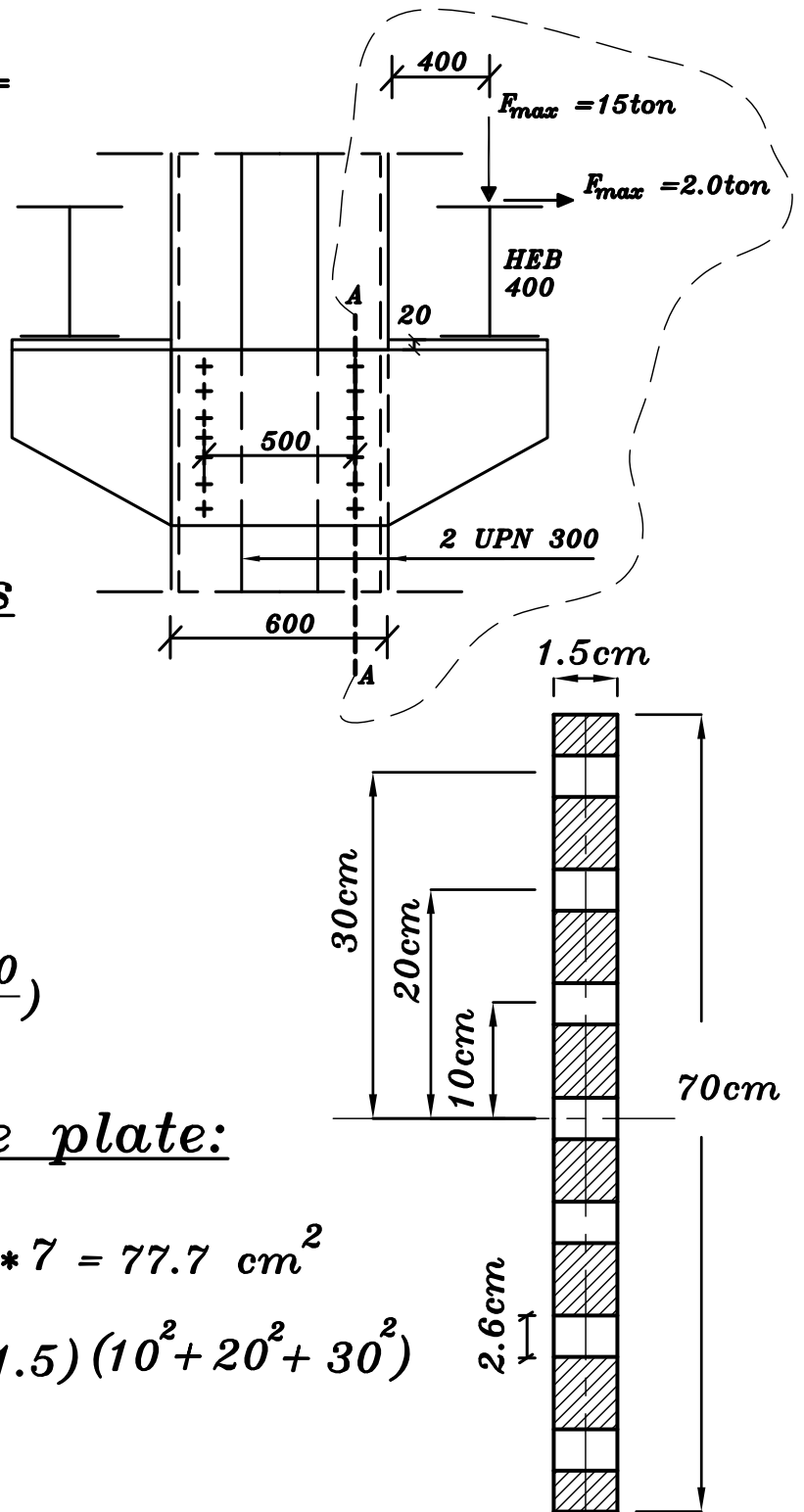
- $A_{net} = 70 * 1.5 - (2.6 * 1.5) * 7 = 77.7 \text{ cm}^2$
- $I_x = \frac{70^3 * 1.5}{12} - (2 * 2.6 * 1.5) (10^2 + 20^2 + 30^2) = 31955 \text{ cm}^4$

– Check stresses

$$f = \frac{N}{A_{net}} + \frac{M}{I_x} * Y = \frac{1.0}{77.7} + \frac{4.14 * 100}{31955} * \frac{70}{2} = 0.46 \text{ t/cm}^2 < 1.4 \text{ t/cm}^2 \text{ safe}$$

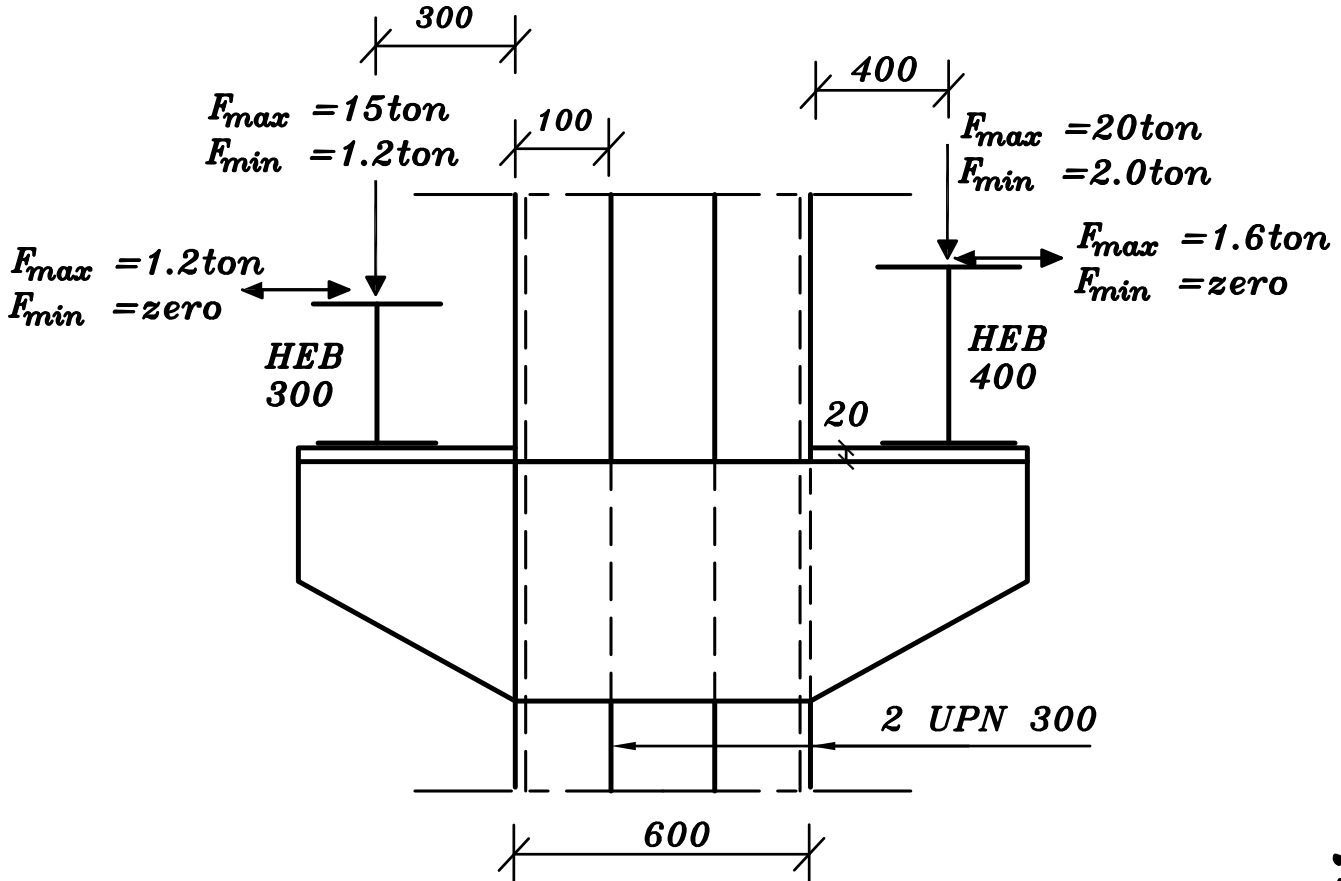
$$q = \frac{3}{2} \frac{Q}{A_{net}} = \frac{3}{2} * \frac{7.50}{77.7} = 0.06 \text{ t/cm}^2 < 0.84 \text{ t/cm}^2$$

(safe) من الممكن تصغير سمك ال Plate و اعادة ال Check مرة أخرى لانه Waste



فكرة مهمة

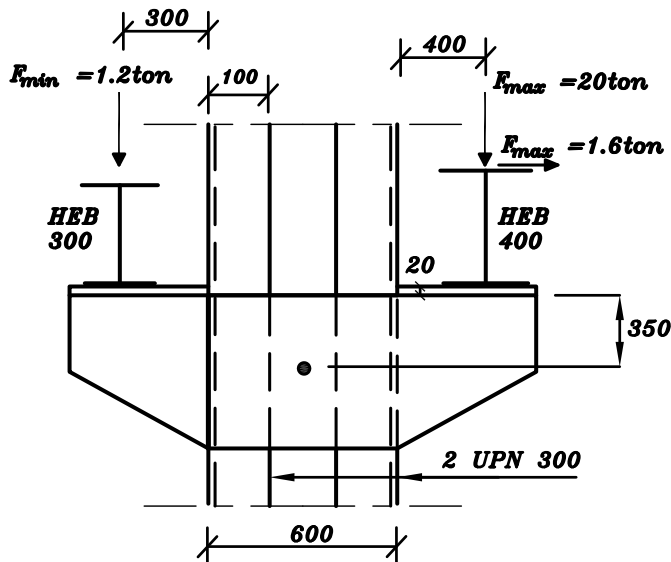
لو نفس المسألة السابقة و لكن ليست متماثلة



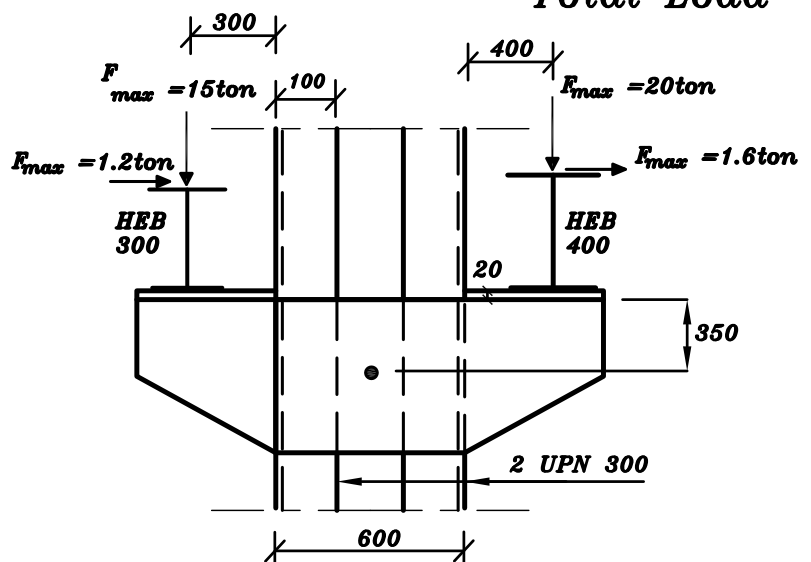
أولا

عند عمل حالة ال *Maximum Torsion* نحمل الناحية التي بها أحمال أعلى

Total Load



Case of maximum torsional moment



Case of maximum shear force

a) Case of maximum torsional moment :

- $Q_x = \frac{P_x}{2} = \frac{1.6}{2} = 0.8 \text{ t}$
- $Q_y = \frac{P_y}{2} = \frac{(20+1.2)}{2} = 10.6 \text{ t}$

- $M_t = (20/2) (40 + 30) + (1.6/2) (40 + 2.0 + 35) - (1.2/2)(30 + 30)$
 $= 725.6 \text{ cm.ton}$

b) Case of maximum shear force :

$$\bullet Q_x = \frac{P_x}{2} = \frac{(1.6+1.2)}{2} = 1.4 \text{ t} \quad \bullet Q_y = \frac{P_y}{2} = \frac{(20+15)}{2} = 17.5 \text{ t}$$

$$\bullet \quad M_t = (20/2) (40 + 30) + (1.6/2) (40 + 2.0 + 35) - (15/2) (30 + 30) - (1.2/2) (30 + 2.0 + 35) = 271.4 \text{ cm.ton}$$

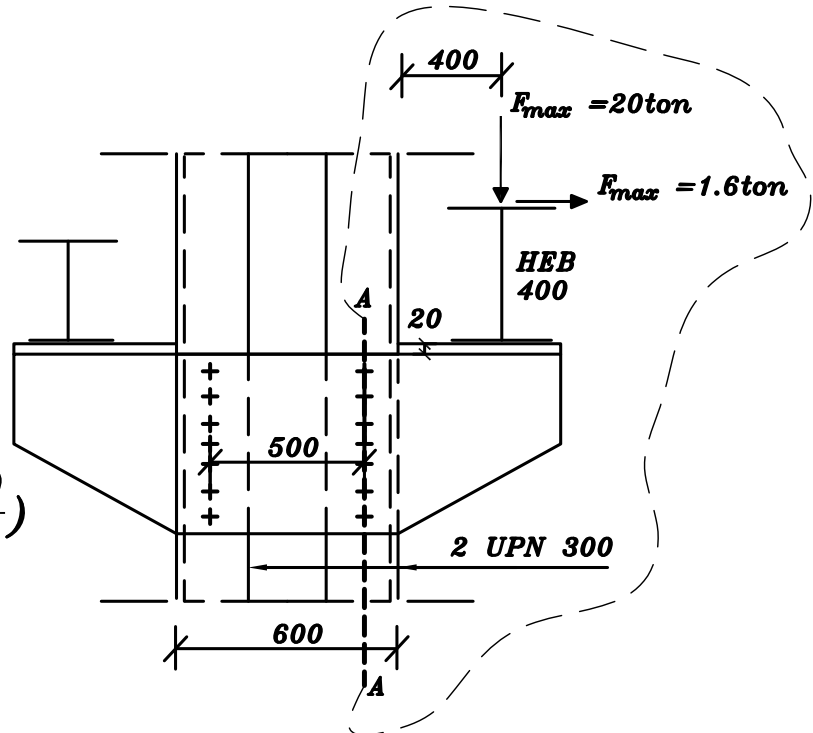
ثانيا

عند تصميم ال *bracket plate* نحسب ال *Straining actions* من ناحية اليمين حيث أنها هى الناحية التى بها *Loads* قيمتها أكبر من الناحية الأخرى

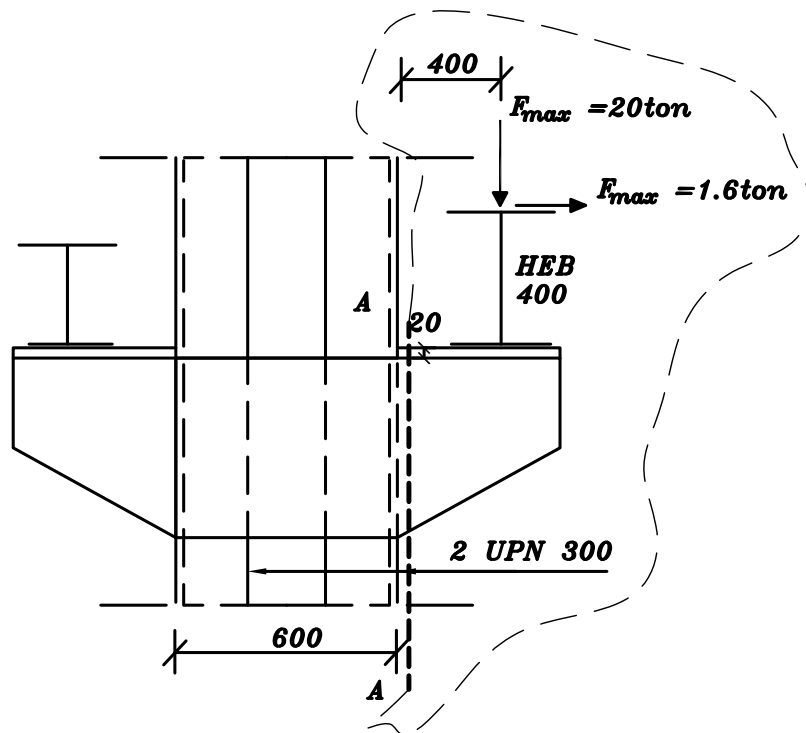
$$\bullet N = \frac{P_x}{2} = \frac{1.6}{2} = 0.8 \text{ ton}$$

$$\bullet \quad Q_y = \frac{P_y}{2} = \frac{20.0}{2} = 10 \text{ ton}$$

$$\bullet M_x = 10 * (0.4 + \frac{0.1}{2}) + 0.8 * (0.40 + 0.02 + \frac{0.70}{2}) = 5.12 \text{ m.ton}$$



و فى حالة ال *Welded connection* يكون ال *Section* على وش العمود



- $N = \frac{P_x}{2} = \frac{1.6}{2} = 0.8 \text{ ton}$
- $Q_y = \frac{P_y}{2} = \frac{20.0}{2} = 10 \text{ ton}$
- $M_x = 10 * (0.4) + 0.8 * (0.40 + 0.02 + \frac{0.70}{2}) = 4.62 \text{ m.ton}$

