

Shear Flow

نسألکم الدعاء

Table of Contents

* <i>Complementary Shear Stresses</i>	-----	<i>Page 2</i>
* <i>Shear Flow</i>	-----	<i>Page 3</i>
* <i>Examples</i>	-----	<i>Page 8</i>

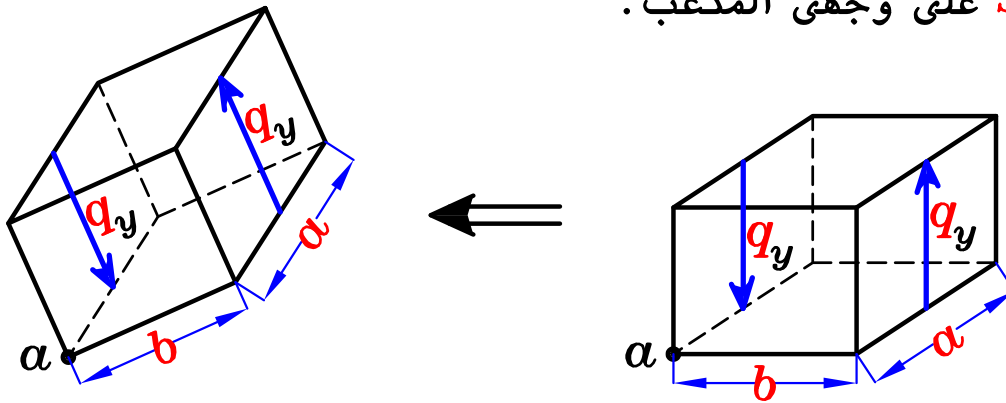
SHEAR FLOW

قبل البدء بهذا الدرس لابد أن نفهم مبدأ مهم جداً وهو

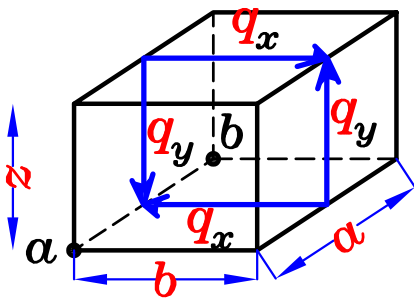
ال *Complementary shear stresses*

Complementary shear stresses

عند وجود مكعب يؤثر عليه *Shear stresses* رأسى كما بالشكل فهذا المكعب من الممكن أن يحدث له دوران و ذلك لوجود *Couple* نتيجة ال *Shear stress* على وجهى المكعب .



و حتى يكون المكعب *Stable* و لا يحدث الدوران تتولد *Shear stresses* أفقية بحيث تكون *Couple* اتجاهه يكون عكس اتجاه ال *Couple* الناتج من ال *Shear stresses* الرأسية بحيث يظل المكعب *Stable* .



و لايجاد علاقة ال q_y و ال q_x نأخذ ΣM حول الخط حيث أنه لكي يكون المكعب *Stable* لابد أن يكون

$$\Sigma M_{ab} = 0$$

$$\Sigma M_{ab} = 0$$

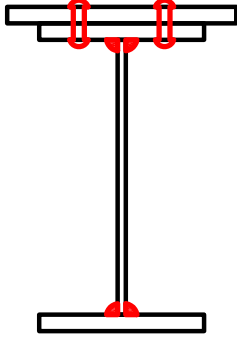
$$(q_y \times a \times z) \times b - (q_x \times b \times a) \times z = 0$$

$$\boxed{q_y = q_x}$$

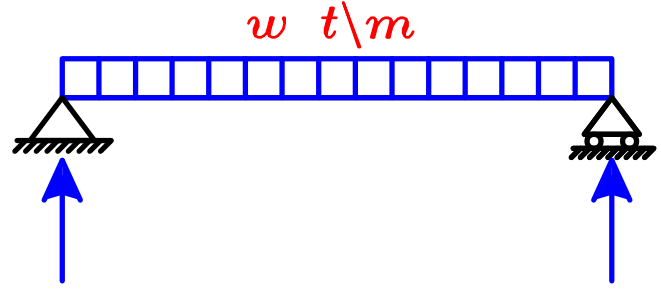
any vertical shear stress is accompanied by horizontal shear stress

SHEAR FLOW

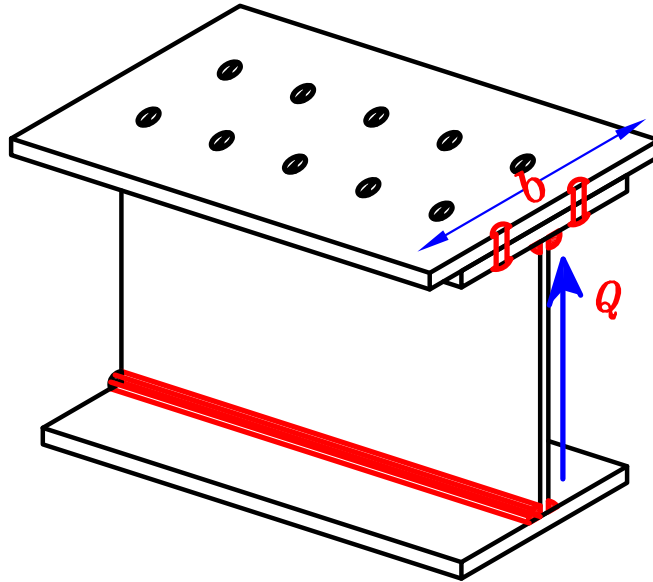
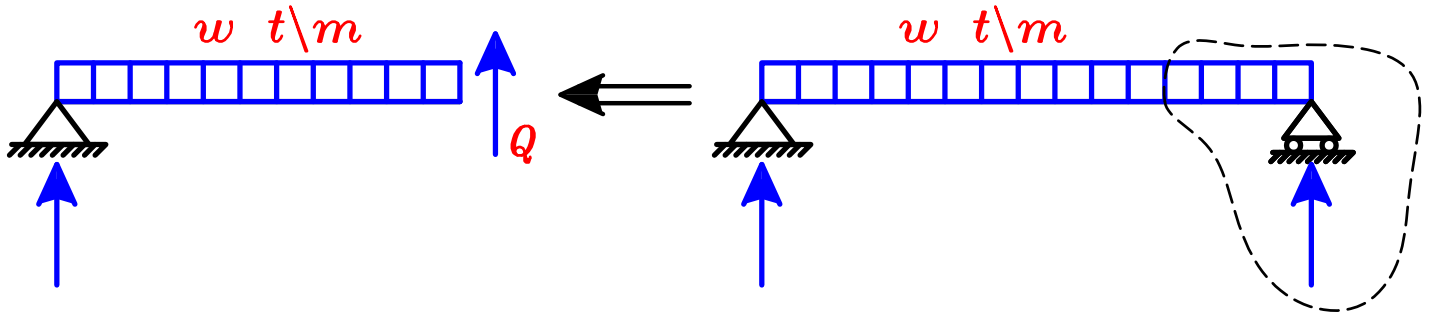
عند وجود كمرة و عليها أحمال رأسية مثل كل الكمرات الموجودة فى المنشآت و ليكن قطاع الكمرة كما هو موضح بالشكل عبارة عن **Steel Plates** و متربطين معا بمسامير أو لحام .



Beam cross section

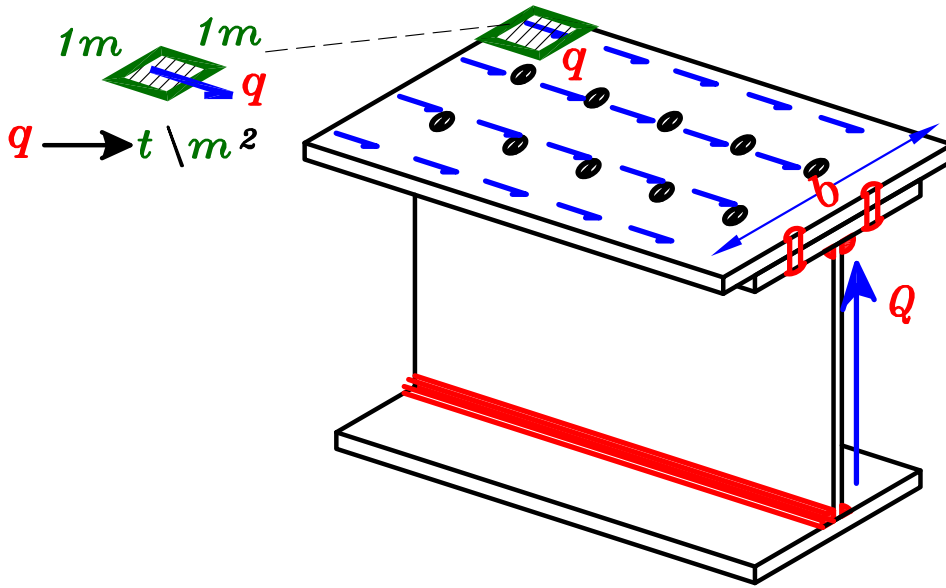


عند أخذ **Section** بالكمرة نجد أن عليه **Shear force (Q)** رأسية و ذلك لان الاحمال رأسية .

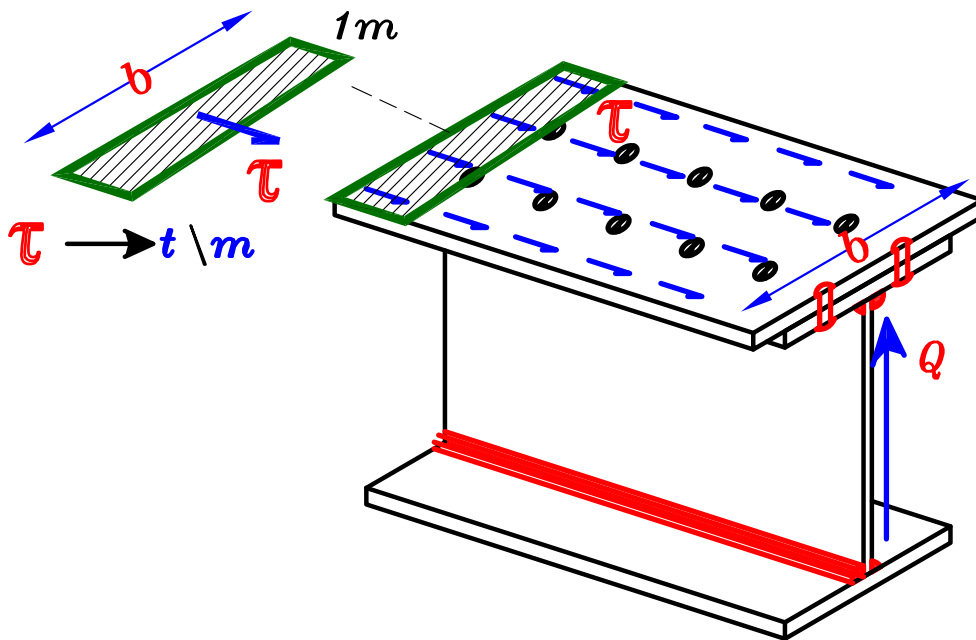


ال **Shear force (Q)** تسبب **Shear stress** رأسى و حتى تكون الكمرة متزنة يتولد عن ال **Shear stress** الرأسى **Shear stress** أفقى مساوى للرأسى

دائما ال *Shear stress* تكون وحداته تساوى وحدات *Force* على ال *Area* مثلا $t \backslash m^2$ أى أن ال *Shear stress* هو القوة التى تؤثر على مساحة $1m \times 1m$.



و عند ضرب ال *Shear stress* فى العرض (b) يصبح هو عبارة عن القوة التى تؤثر على مساحة $b \times 1m$ أو بمعنى آخر يمكن أن نقول القوة لكل متر طولى و تسمى هذه بال (τ) *Shear flow* .



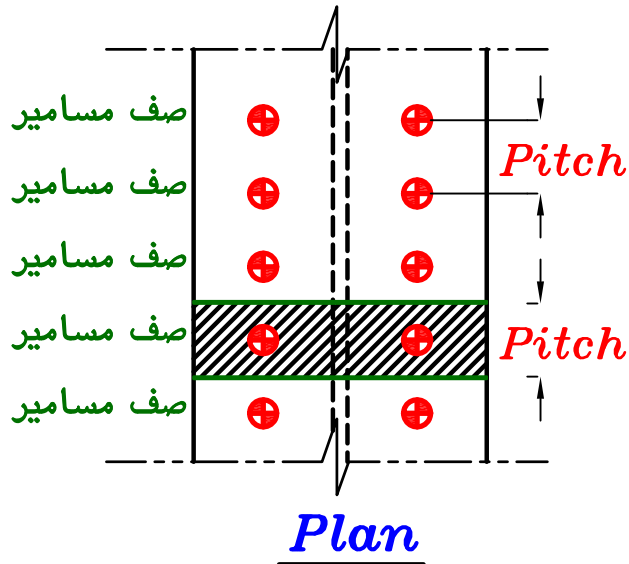
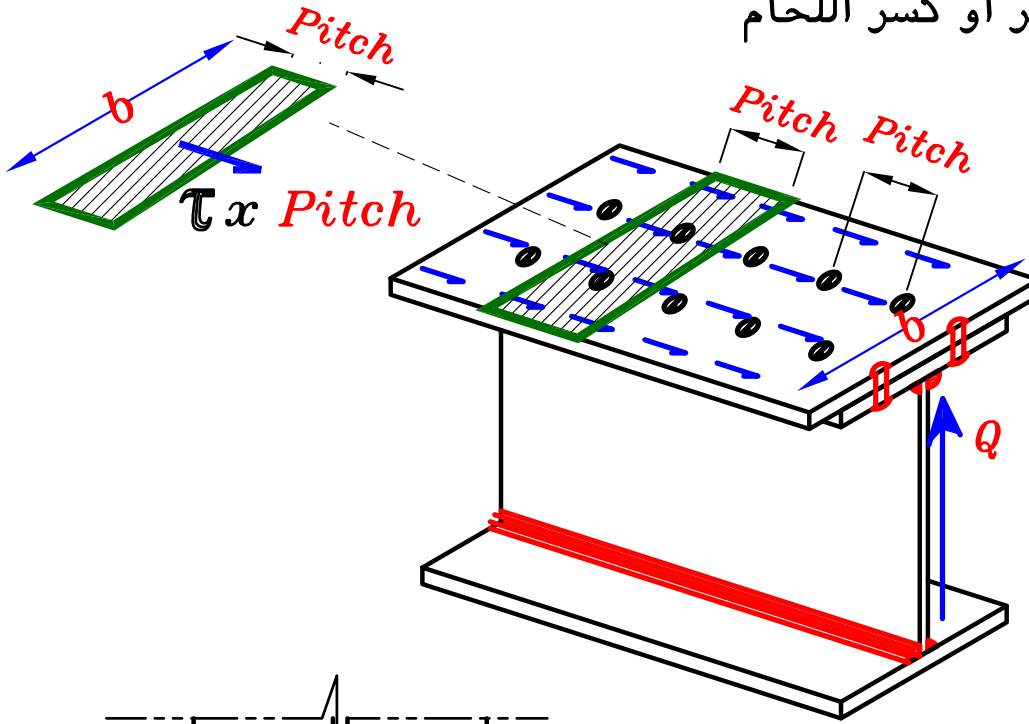
$$\tau = q \times b \quad t \backslash m$$

$$\tau = \left[\frac{Q}{I} \times \frac{S}{b} \right] \times b$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S \quad t \backslash m$$

من الممكن حدوث انهيار لهذه ال *Connection* عن طريق كسر المسامير أو كسر اللحام

١- المسامير



لحساب القوة على صف المسامير الواحد تكون هي عبارة عن ضرب ال (τ) و هي القوة لكل متر طول في المسافة بين صفوف المسامير و التي نسميها ال *Pitch* .

$$P = \tau \times \text{Pitch}$$

Where:

$P \rightarrow$ القوة التي تؤثر على صف المسامير الذي يتكرر كل *Pitch*

لحساب ال *Shear stress* على المسمار الواحد نعوض في قانون الدرس السابق

$$\text{Stress} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}} \quad q_{\text{bolt}} = \frac{P}{n \times m \times A_{\phi}}$$

$$q_{\text{bolt}} = \frac{\tau \times \text{Pitch}}{n \times m \times A_{\phi}}$$

Where:

q_{bolt} → Shear stress on one bolt

τ → Shear flow = $\frac{Q}{I} \times S$

I → Q ال moment of inertia حول المحور العمودي على ال

S → Statical moment of area
و يتم حسابه كالتالى
مساحة الجزء المنفصل نتيجة كسر المسامير فى (بعد ال C.g له عن ال C.g
للشكل كله .

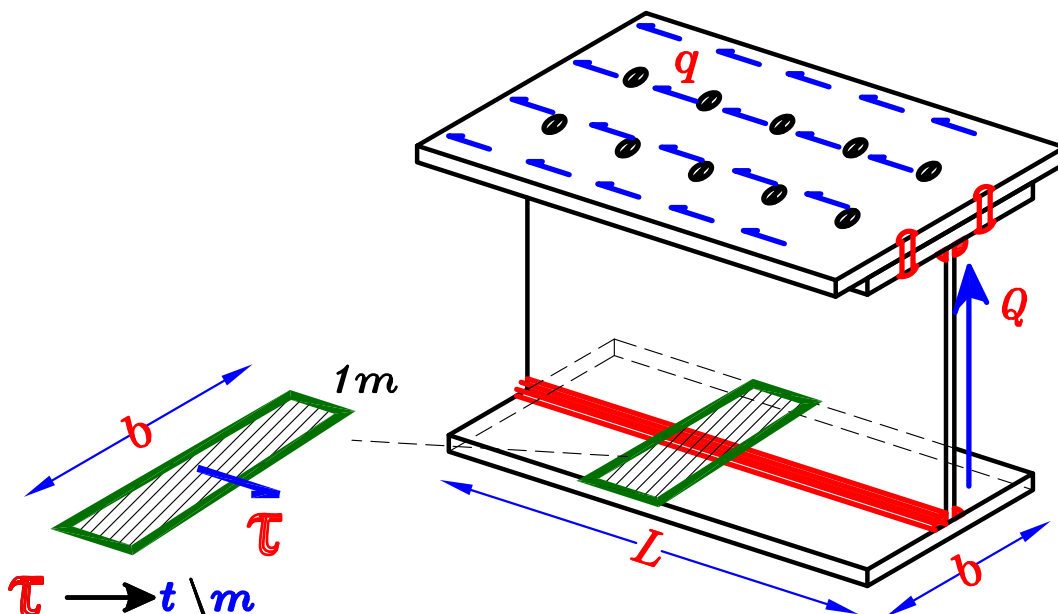
Pitch → المسافة بين كل صف مسامير و الذى يليه فى الاتجاه الطولى

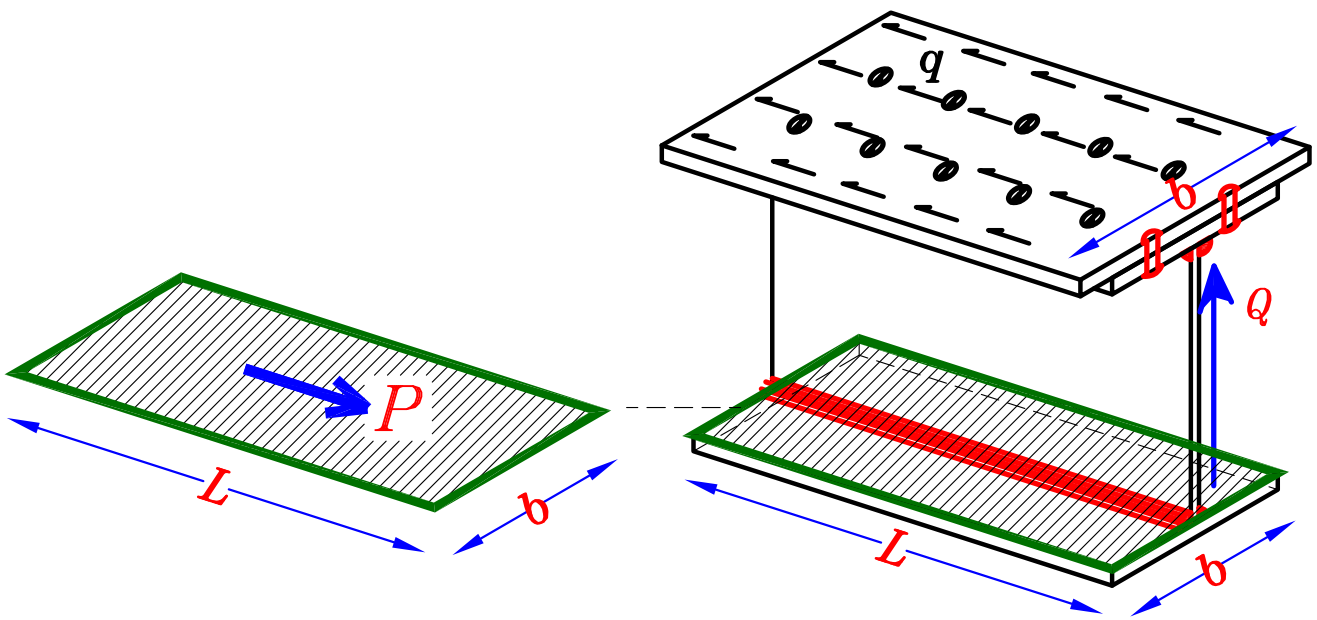
A_ϕ → مساحة مقطع المسمار $\frac{\pi d^2}{4}$

n → عدد المسامير فى الصف الواحد أو بلغة أخرى
عدد المسامير فى ال Cross section

m → Number of areas resisting shear stress
عدد مستويات الكسر

٢- اللحام





لحساب القوة على اللحام نوجد القوة على طول اللحام كله و هو عبارة عن ضرب ال (τ) و هى القوة لكل متر طولى فى طول اللحام .

Where:

$P \rightarrow$ القوة التى تؤثر على اللحام كله

$$P = \tau \times L$$

$$\text{Stress} = \frac{\text{Force}}{\text{Area}} = \frac{P}{n \times \text{size} \times L} = \frac{\tau \times L}{n \times \text{size} \times L} = \frac{\tau}{n \times \text{size}}$$

$$q_{\text{weld}} = \frac{\tau}{n \times \text{size}}$$

Where:

$q_{\text{weld}} \rightarrow$ Shear stress on weld

$\tau \rightarrow$ Shear flow $= \frac{Q}{I} \times S$

$I \rightarrow$ Q ال moment of inertia حول المحور العمودى على ال

$S \rightarrow$ Statical moment of area و يتم حسابه كالتالى

مساحة الجزء المنفصل نتيجة كسر اللحام فى (بعد ال $C.g$ له عن ال $C.g$ للشكل كله .

$\text{size} \rightarrow$ Thickness of weld سمك اللحام

$n \rightarrow$ no. of welds in cross section

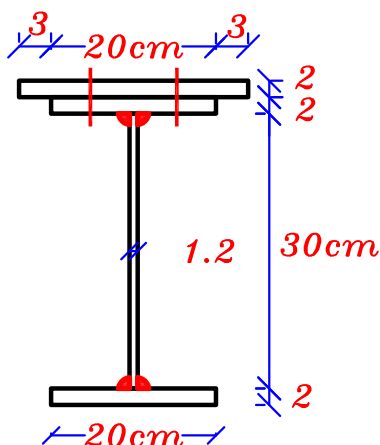
عدد اللحامات التى ندرسها أو بمعنى آخر عدد اللحامات فى ال cross section للربط بين عنصرين أو أكثر

Example:

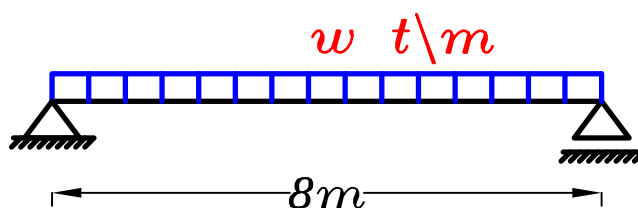
For the shown beam which have the shown cross section , it is required to find the maximum value of load (w) so that

- 1- the maximum shear stress on bolts = 0.90 t/cm^2
- 2- the maximum shear stress on weld = 0.70 t/cm^2
- 3- the maximum shear stress on section = 0.85 t/cm^2
- 4- the maximum comp. stress on section = 1.4 t/cm^2
- 5- the maximum tension stress on section = 1.2 t/cm^2

using bolts with diameter 20 mm , pitch of bolts = 30 cm and size of weld = 4 mm.



Beam Section



لان هذه المسألة المطلوب فيها أشياء تتعلق بال **Normal stresses** و بال **Shear stresses** لذا يفضل حساب ال **Straining actions** في البداية. و دائما نحسب ال **maximum straining actions**.

$N = 0$

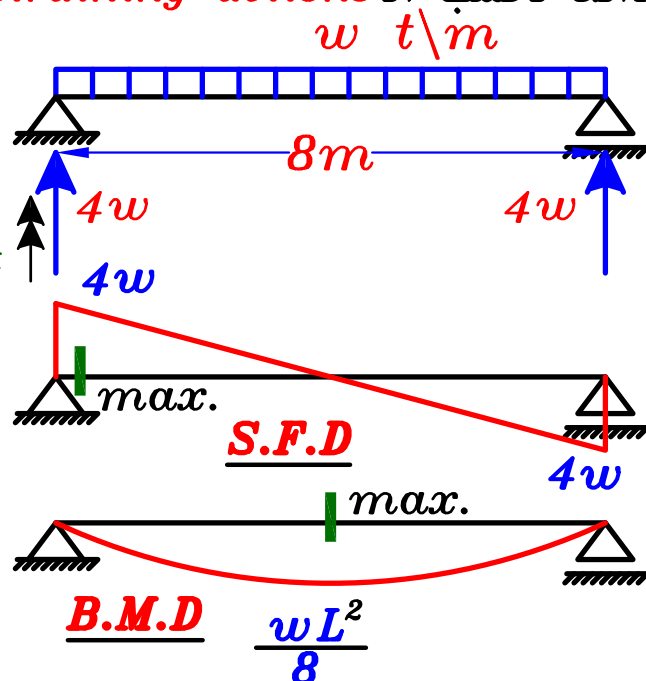
$Q_y = \frac{wL}{2} = \frac{8w}{2} = 4w \text{ t}$

$M_x = \frac{wL^2}{8} = \frac{w8^2}{8} = 8w \text{ m.t}$

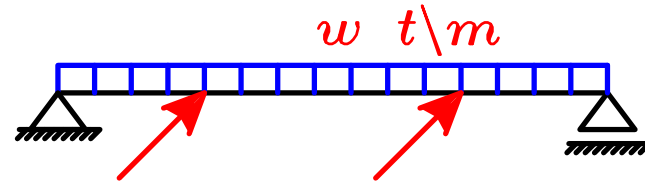
$M_y = 0$

$Q_x = 0$

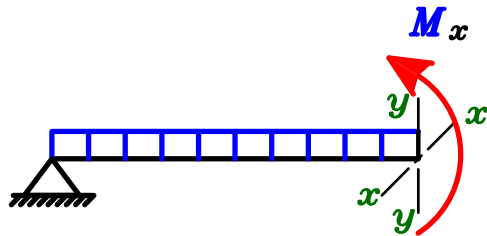
$M_z = 0$



ال *Shear force* رأسية Q_y و ذلك لان الاحمال المؤثرة على الكمرة رأسية
و طالما لا توجد أحمال عمودية على مستوى الورقة لن يكون هناك Q_x .



أحمال عمودية على مستوى الورقة



ال *Moment* هو M_x لانه بيلف حول محور x

و طالما لا توجد أحمال عمودية على مستوى الورقة لن يكون هناك M_y .

Properties of area

$$A = 26 \times 2 + 20 \times 2 + 20 \times 2 + 30 \times 1.2$$

$$= 168 \text{ Cm}^2$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum A \times Y}{\sum A}$$

$$\bar{Y} = \frac{40 \times 1 + 40 \times 33 + 52 \times 35 + 36 \times 17}{168}$$

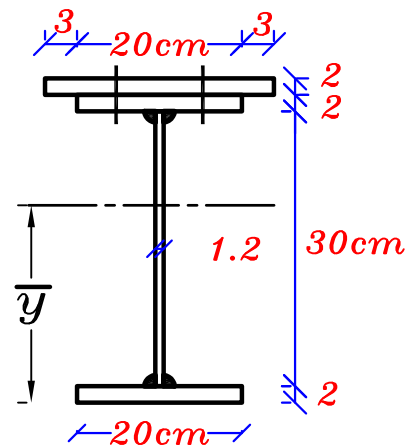
$$= 22.57 \text{ Cm}$$

$$I_x = [(20 \times 2^3 / 12) + (40 \times 21.57^2)]$$

$$+ [(20 \times 2^3 / 12) + (40 \times 10.43^2)]$$

$$+ [(26 \times 2^3 / 12) + (52 \times 12.43^2)]$$

$$+ [(1.2 \times 30^3 / 12) + (36 \times 5.57^2)] = 34857 \text{ Cm}^4$$



1) For the maximum shear stress on bolts = $0.90t \text{ cm}^2$

$$q_{\text{bolt}} = \frac{\tau \times \text{Pitch}}{n \times m \times A_{\phi}}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S = \frac{4w}{34857} \times (26 \times 2 \times 12.43)$$

$$\tau = 0.074172 w$$

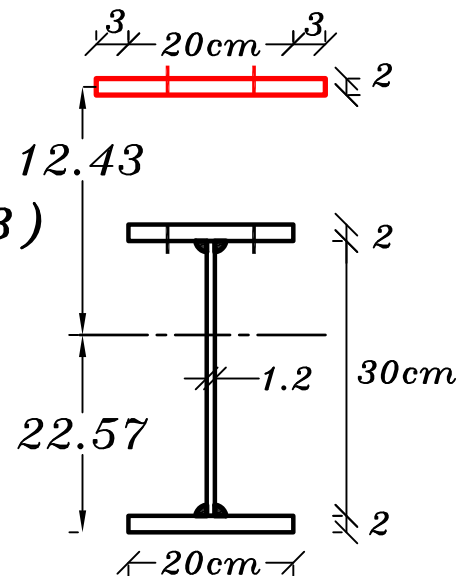
$$A_{\phi} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (2)^2}{4} = 3.14 \text{ cm}^2$$

$$n = 2$$

$$m = 1$$

$$0.90 = \frac{0.074172 w \times 30}{2 \times 1 \times 3.14}$$

$$w = 2.54 \text{ t/m}$$



2) For the maximum shear stress on weld = $0.70t \text{ cm}^2$

For the upper weld

$$q_{\text{weld}} = \frac{\tau}{n \times \text{size}}$$

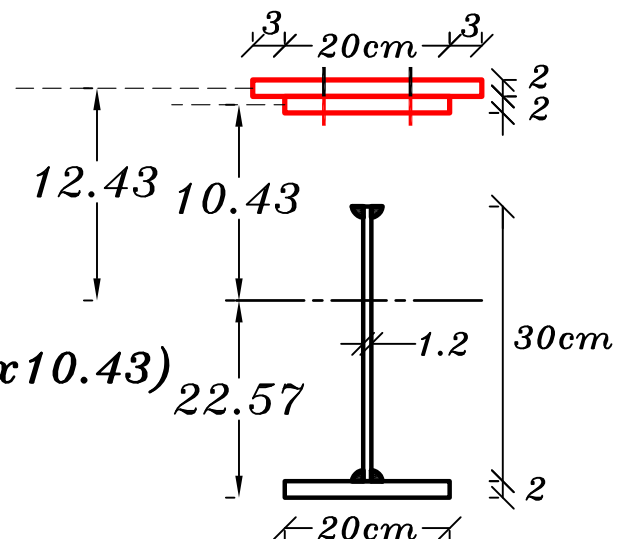
$$\begin{aligned} \tau &= \frac{Q}{I} \times S \\ &= \frac{4w}{34857} \times (26 \times 2 \times 12.43 + 20 \times 2 \times 10.43) \\ &= 0.122w \end{aligned}$$

$$n = 2$$

$$\text{Size} = 0.4 \text{ mm}$$

$$0.70 = \frac{0.122w}{2 \times 0.4}$$

$$w = 4.58 \text{ t/m}$$



For the lower weld

$$q_{weld} = \frac{\tau}{n \times size}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

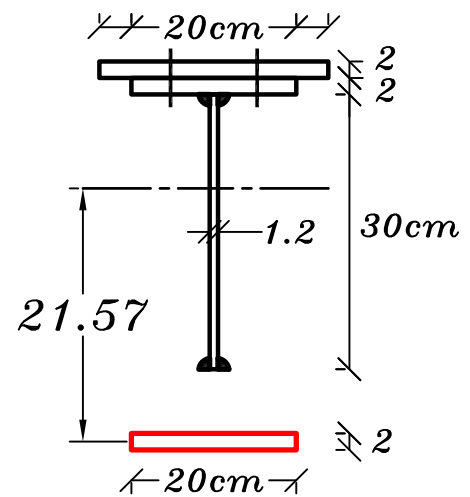
$$= \frac{4w}{34857} \times (20 \times 2 \times 21.57) = 0.099w$$

$$n = 2$$

$$Size = 0.4mm$$

$$0.70 = \frac{0.099w}{2 \times 0.4}$$

$$w = 5.65 \text{ t/m}$$



3) For the maximum shear stress on section = 0.85 t/cm²

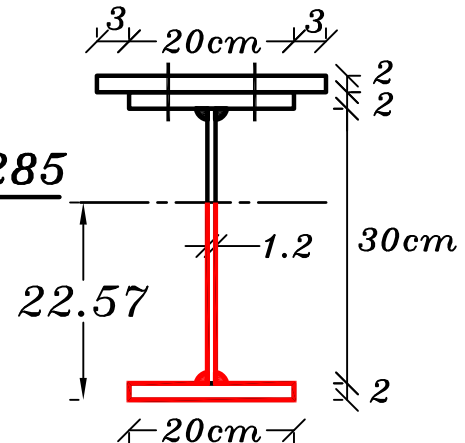
ال max. shear stress عند ال C.g لأن أصغر عرض عند ال C.g

$$q = \frac{Q}{I} \times \frac{S}{b}$$

$$q_{c.g} = \frac{4w}{34857} \times \frac{20 \times 2 \times 21.57 + 1.2 \times 20.57 \times 10.285}{1.2}$$

$$= 0.85 \text{ t/cm}^2$$

$$w = 7.96 \text{ t/m}$$



4) For the maximum comp. stress on section = 1.4 t/cm²

معادلة ال Normal stress كالتالي

و حيث أن ال $M_y = 0$ & $N = 0$

تصبح المعادلة كالتالي

$$f = \pm \frac{N}{A} \pm \frac{M_x}{I_x} y \pm \frac{M_y}{I_y} x$$

$$f = \pm \frac{M_x}{I_x} y$$

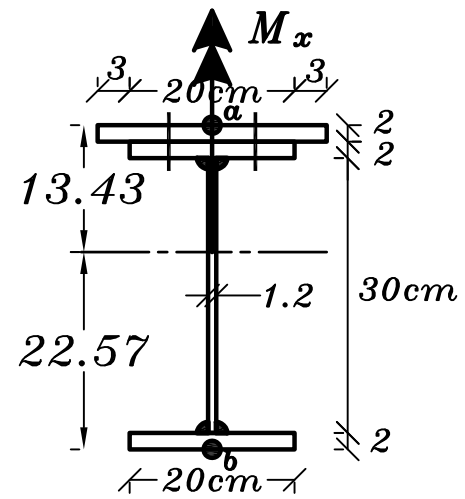
و لأن ال M_x ذيل السهم لأسفل فهذا معناه أنه عند وضعه على ال Sec.

يحدث Compression بالأعلى و يحدث Tension بالأسفل

$$f_a = -\frac{M_x}{I_x} y \text{ cm.t}$$

$$-1.4 = -\frac{8w \times 100}{34857} \quad 13.43$$

$$w = 4.54 \text{ t/m}$$



5) For the maximum comp. stress on section = 1.2 t/cm^2

$$f_b = \frac{M_x}{I_x} y \text{ cm.t}$$

$$1.2 = \frac{8w \times 100}{34857} \quad 22.57$$

$$w = 2.31 \text{ t/m}$$

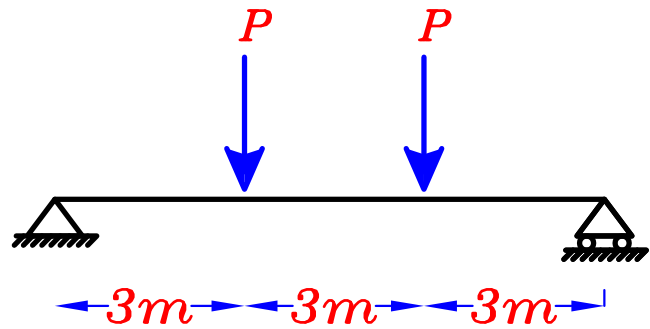
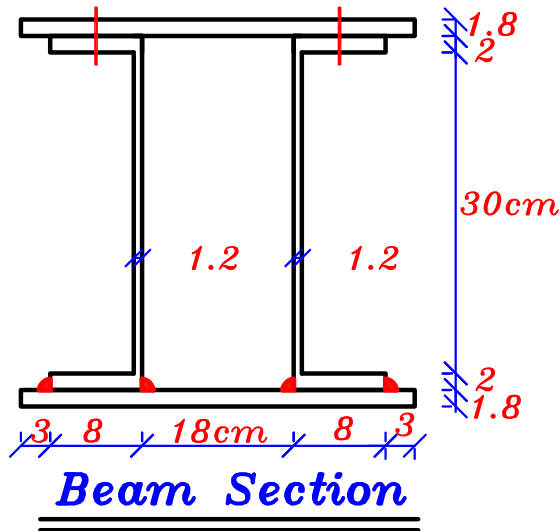
نأخذ أصغر w لأنها هي التي تسبب الـ Failure

$$w = 2.31 \text{ t/m}$$

Example:

For the shown beam which have the shown cross section , it is required to find the maximum value of load (P) so that

- 1- the maximum shear stress on section = 0.8 t/cm^2
- 2- the maximum comp. stress on section = 1.4 t/cm^2
- 3- the maximum tension stress on section = 1.2 t/cm^2

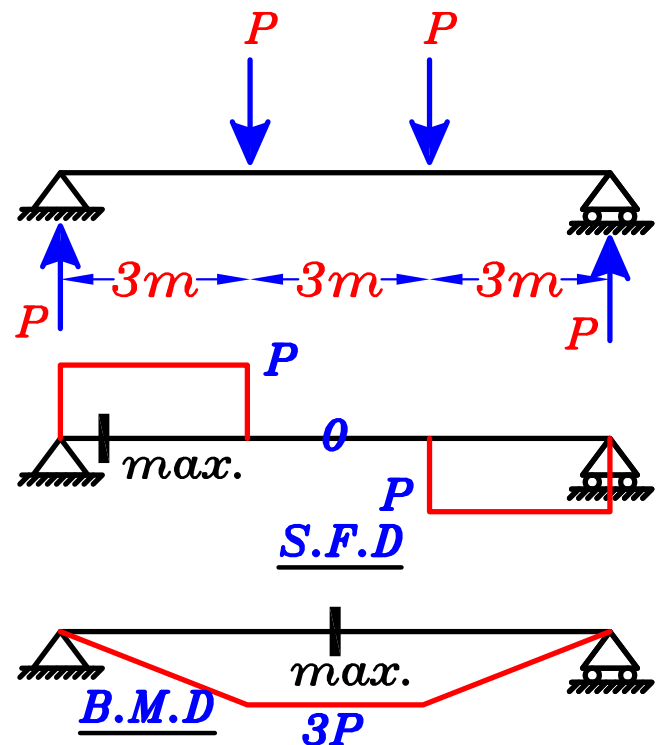


then Find :

- 1 - the maximum pitch of bolts if the maximum shear stress on bolts = 0.7 t/cm^2 & bolt diameter 22 mm
- 2 - the maximum size of weld if the maximum shear stress on weld = 0.60 t/cm^2

Straining actions

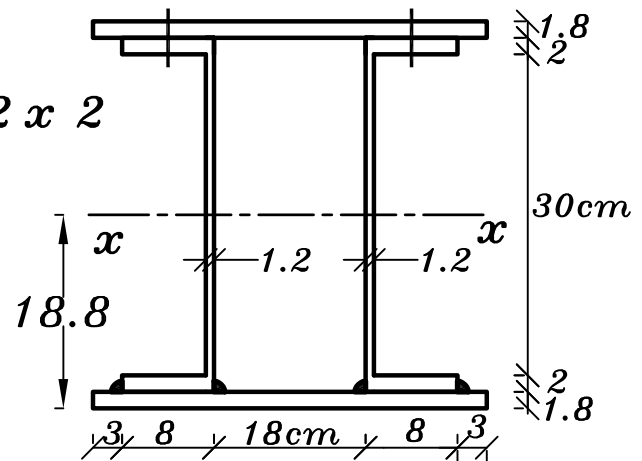
- # $N = 0$
- # $Q_y = P t$
- # $M_x = 3P \text{ m.t}$
- # $M_y = 0$
- # $Q_x = 0$
- # $M_z = 0$



Properties of area

$$A = 40 \times 1.8 \times 2 + 8 \times 2 \times 4 + 30 \times 1.2 \times 2$$

$$= 280 \text{ Cm}^2$$



هذا ال **Section** متماثل حول المحور الافقى و المحور الرأسى و بالتالى لا نحتاج الى حساب ال **C.g** لانه فى المنتصف .

$$I_x = [(40 \times 1.8^3 / 12) + (72 \times 17.9^2)]$$

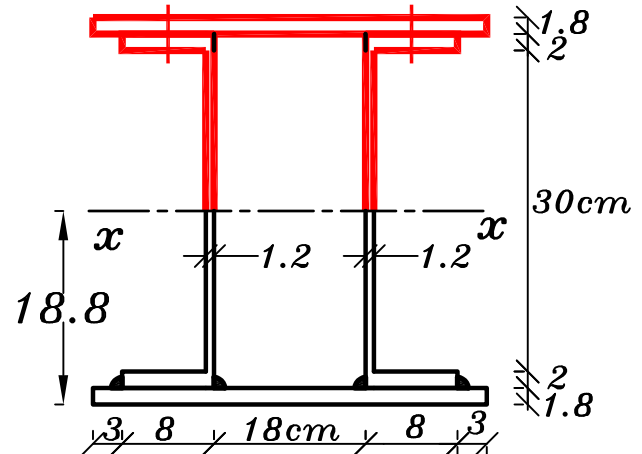
$$+ 4 [(8 \times 2^3 / 12) + (16 \times 16^2)]$$

$$+ 2 [(1.2 \times 30^3 / 12)] = 67983 \text{ Cm}^4$$

1) For the maximum shear stress on section = 0.80 t/cm²

ال **max. shear stress** عند ال **C.g** لان أصغر عرض عند ال **C.g**

$$q = \frac{Q}{I} \times \frac{S}{b}$$



$$q_{c.g} = \frac{P}{64983} \times \frac{40 \times 1.8 \times 17.9 + 8 \times 2 \times 16 \times 2 + 1.2 \times 15 \times 7.5 \times 2}{2 \times 1.2}$$

$$= 0.80 \text{ t/Cm}^2$$

$$P = 63.03 \text{ t}$$

2) For the maximum comp. stress on section = $1.4t \text{ Cm}^2$

معادلة ال *Normal stress* كالتالى

و حيث أن ال $M_y = 0$ & $N = 0$

تصبح المعادلة كالتالى

$$f = \pm \frac{N}{A} \pm \frac{M_x}{I_x} y \pm \frac{M_y}{I_y} x$$

$$f = \pm \frac{M_x}{I_x} y$$

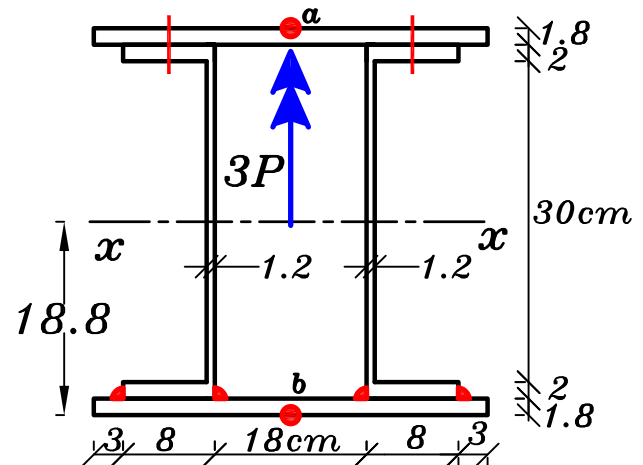
و لان ال M_x ذيل السهم لاسفل فهذا معناه أنه عند وضعه على ال *Sec.*

يحدث *Compression* بالاعلى و يحدث *Tension* بالاسفل

$$f_a = - \frac{M_x}{I_x} y$$

$$-1.4 = - \frac{3P}{64983} 18.8$$

$$P = 16$$



$$\frac{P \times 100}{64983} 18.8$$

$$P = 14.46 t$$

نأخذ أصغر P لأنها هي التى تسبب ال *Failure*

$$P = 14.46 t$$

For bolts

$$q_{bolt} = \frac{\tau \times Pitch}{n \times m \times A_{\phi}}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

$$= \frac{14.46}{64983} \times (40 \times 1.8 \times 17.9)$$

$$\tau = 0.274127 \text{ t} \setminus \text{Cm}$$

$$A_{\phi} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (2.2)^2}{4} = 3.8 \text{ Cm}^2$$

$$n = 2$$

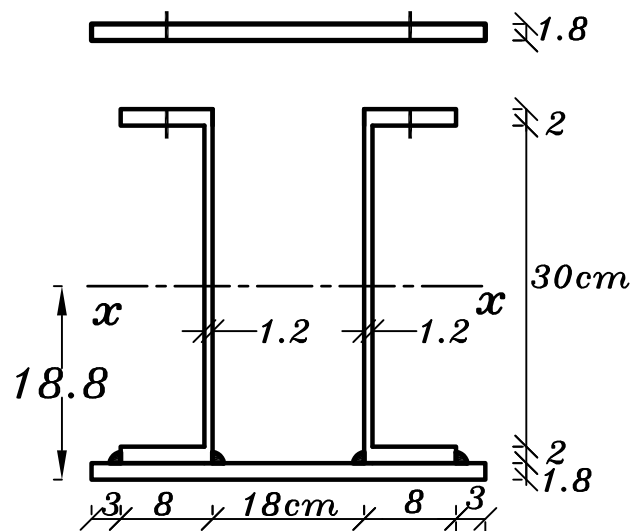
$$m = 1$$

$$0.70 = \frac{0.274127 \times Pitch}{3.8 \times 2 \times 1}$$

$$Pitch = 19.4 \text{ Cm}$$

$$Pitch = 19 \text{ Cm}$$

نقرب للرقم الاقل حيث أن
المسامير *more safe* تقليل المسافة بين



For Weld

$$q_{weld} = \frac{\tau}{n \times size}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

$$= \frac{14.46}{64983} \times (40 \times 1.8 \times 17.9)$$

$$\tau = 0.274127 \text{ t} \setminus \text{Cm}$$

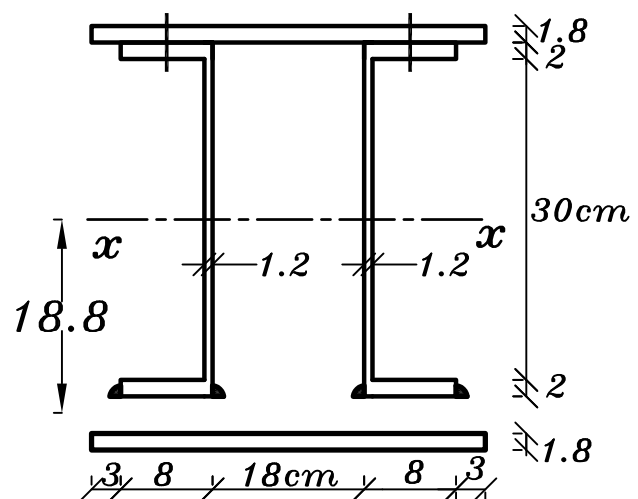
$$n = 4$$

$$0.60 = \frac{0.274127}{4 \times Size}$$

$$Size = 0.228 \text{ Cm} = 2.28 \text{ mm}$$

$$Size = 3 \text{ mm}$$

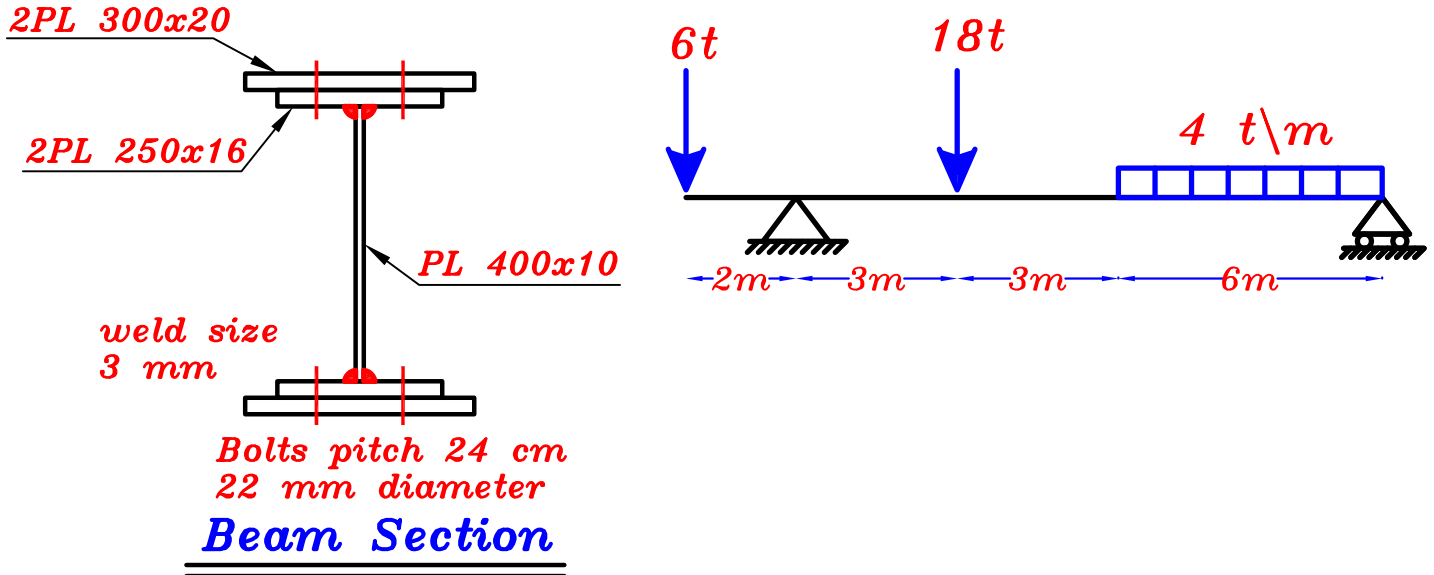
نقرب للرقم الاكبر حيث أن
اللحام *more safe* زيادة سمك اللحام



Example:

For the shown beam which have the shown cross section find:

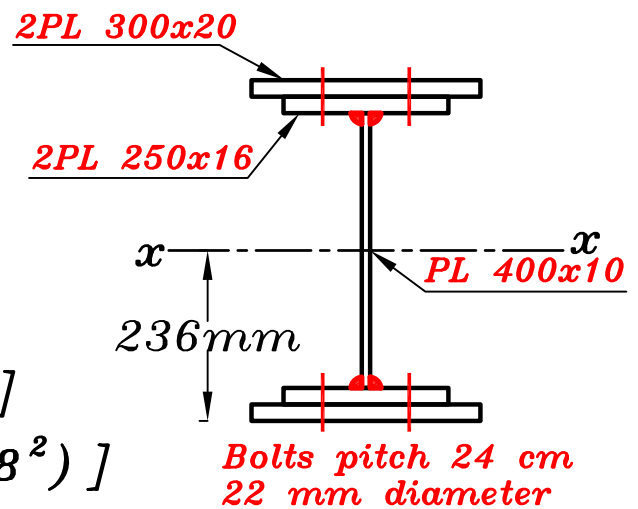
- 1- the maximum shear stress on bolts
- 2- the maximum shear stress on weld
- 3- the maximum shear stress on section
- 4- the maximum normal stress on section



Properties of area

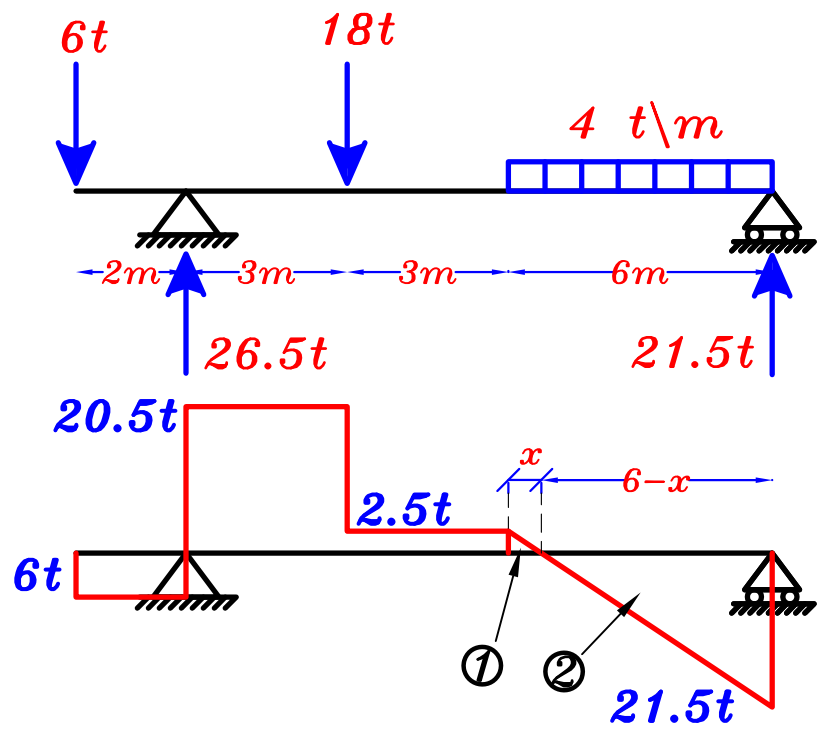
هذا ال **Section** متماثل حول المحور الافقى
و المحور الرأسى و بالتالى لا نحتاج
الى حساب ال **C.g** لانه فى المنتصف .

$$I_x = 2 \left[(30 \times 2^3 / 12) + (60 \times 22.6^2) \right] + 2 \left[(25 \times 1.6^3 / 12) + (40 \times 20.8^2) \right] + [(1 \times 40^3 / 12)] = \mathbf{101293 \text{ Cm}^4}$$



لايجاد ال **Maximum shear** نرسم ال **Shear force diagram** و نأخذ أكبر
قيمة و لايجاد ال **Maximum moment** نوجد مكان ال **Zero shear** حيث أن
ال **Maximum moment** يكون عند ال **Zero shear** ثم نحسب قيمة ال **moment**
عند هذه النقطة .

S.F.D

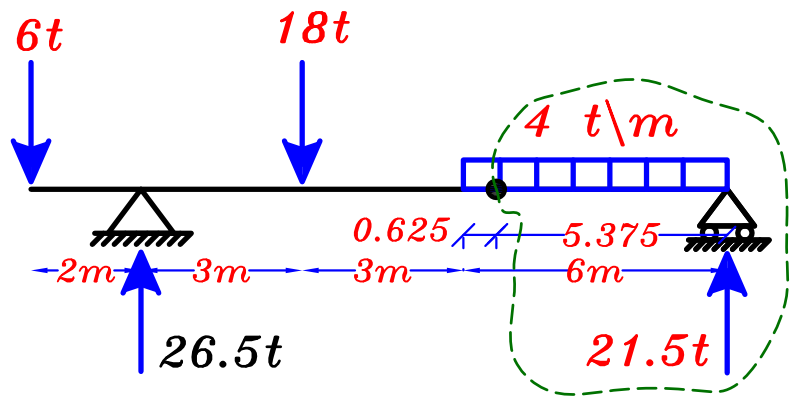


لايجاد ال x نشابه المثلث رقم ١ مع المثلث رقم ٢

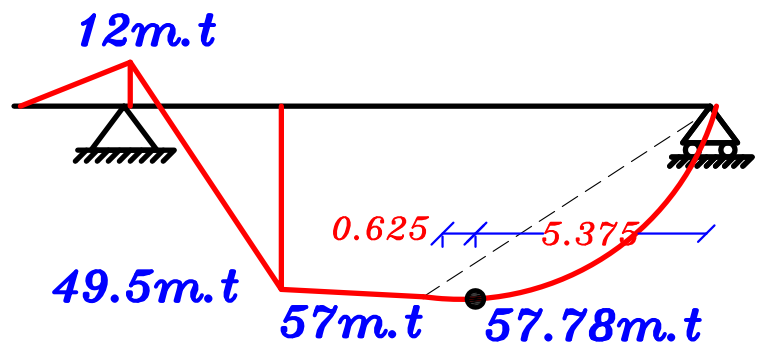
$$\frac{2.5}{X} = \frac{21.5}{6-X} \rightarrow X = 0.625 \text{ m}$$

و بمعرفة مكان ال *Zero shear* نحسب ال *moment* عند هذه النقطة فيكون هو ال *maximum moment*.

$$\begin{aligned} M_{max.} &= 21.5 \times 5.375 \\ &- 4 \times 5.375 \times 5.375 / 2 \\ &= 57.78 \text{ m.t} \end{aligned}$$



B.M.D



Straining actions

$N = 0$

$Q_y = 21.5 \text{ t}$ ↑

$M_x = 57.78 \text{ m.t}$ ↑

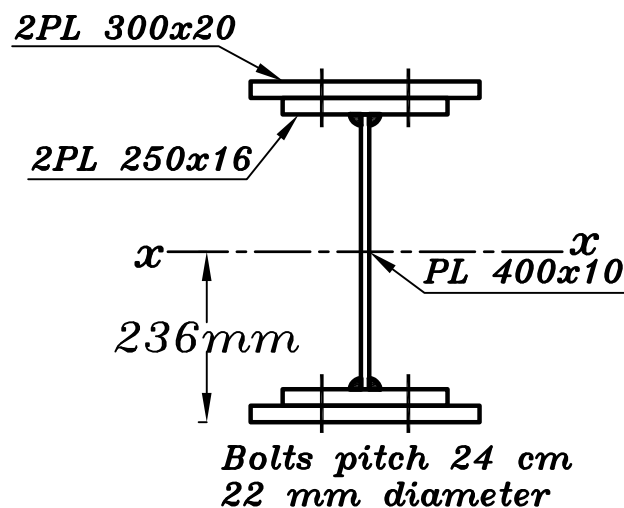
$M_y = 0$

$Q_x = 0$

$M_z = 0$

1) For the maximum shear stress on section

$q = \frac{Q}{I} \times \frac{S}{b}$ max. shear stress عند ال $C.g$ لان أصغر عرض عند ال $C.g$



$$q_{c.g} = \frac{21.5}{101293} \times \frac{30 \times 2 \times 22.6 + 25 \times 1.6 \times 20.8 + 1.2 \times 20 \times 1 \times 10}{1}$$

$$= 0.507 \text{ t/Cm}^2$$

$$q = 507 \text{ kg/Cm}^2$$

2) For the maximum shear stress on bolts

$$q_{bolt} = \frac{\tau \times \text{Pitch}}{n \times m \times A_{\phi}}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

$$= \frac{21.5}{101293} \times (30 \times 2 \times 22.6)$$

$$\tau = 0.288 \text{ t \ Cm}$$

$$A_{\phi} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (2.2)^2}{4} = 3.8 \text{ Cm}^2$$

$$n = 2$$

$$m = 1$$

$$\text{Pitch} = 24 \text{ Cm}$$

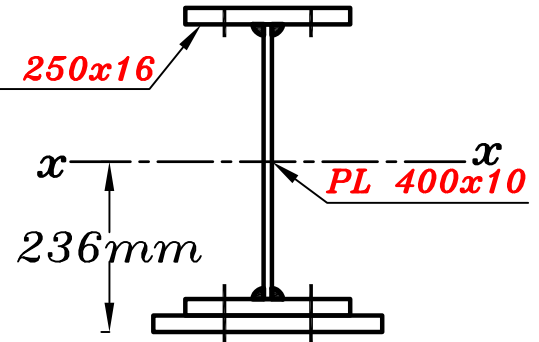
$$q_{\text{bolt}} = \frac{0.288 \times 24}{3.8 \times 2 \times 1} = 0.908 \text{ t/Cm}^2$$

$$q_{\text{bolt}} = 908 \text{ kg/Cm}^2$$

2PL 300x20



2PL 250x16



Bolts pitch 24 cm
22 mm diameter

3) For the maximum shear stress on weld

$$q_{\text{weld}} = \frac{\tau}{n \times \text{size}}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

$$= \frac{21.6}{101293} \times (30 \times 2 \times 22.6 + 25 \times 1.6 \times 20.8)$$

$$\tau = 0.464 \text{ t/Cm}$$

$$n = 2$$

$$\text{Size} = 3 \text{ mm}$$

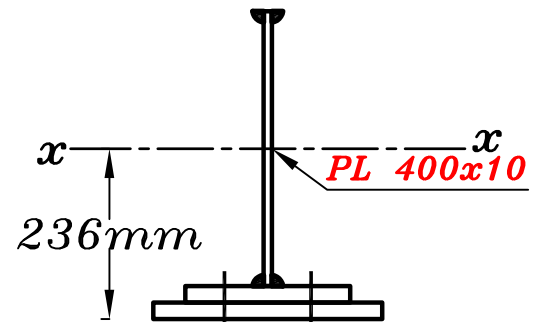
$$q_{\text{weld}} = \frac{0.464}{2 \times 0.3} = 0.774 \text{ t/Cm}^2$$

$$q_{\text{weld}} = 774 \text{ kg/Cm}^2$$

2PL 300x20



2PL 250x16



Bolts pitch 24 cm
22 mm diameter

4) For the maximum normal stress on section

حيث أن ال *Section* متماثل لذلك لن يؤثر اتجاه ال *moment* على قيم ال *Stresses* لذلك لحساب ال *max. normal stress* نأخذ أكبر *moment* سفلى أو علوى

$$M_{max.} = 57.78 \text{ m.t}$$

$$f_a = + \frac{M_x}{I_x} y$$

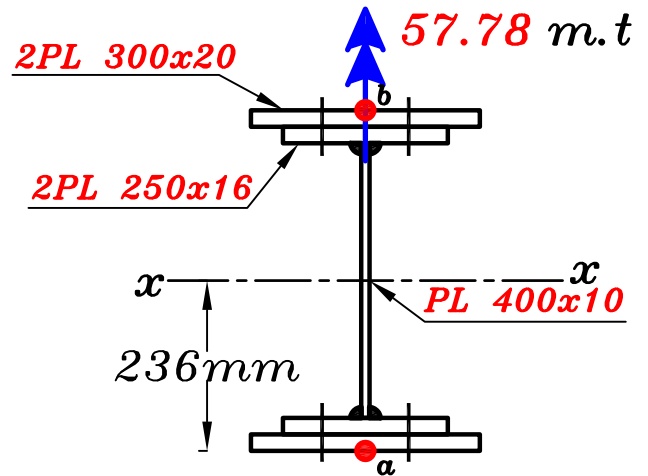
$$= \frac{57.78 \times 100}{101293} 23.6 = 1.346 \text{ t/Cm}^2$$

$$f_a = 1346 \text{ kg/Cm}^2$$

$$f_b = - \frac{M_x}{I_x} y$$

$$= - \frac{57.78 \times 100}{101293} 23.6 = - 1.346 \text{ t/Cm}^2$$

$$f_b = - 1346 \text{ kg/Cm}^2$$



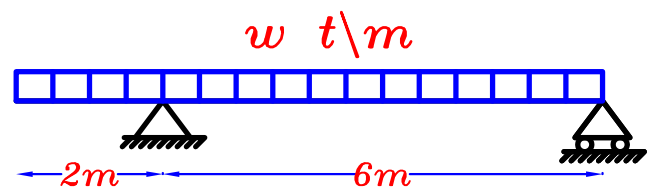
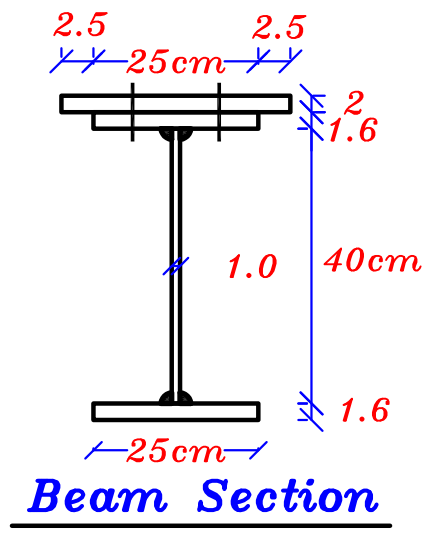
ملحوظة هامة

فى القطاعات الغير متماثلة سوف نحتاج الى دراسة القطاع مرتين الاولى على أكبر *+Ve moment* و الثانية على أكبر *-Ve moment*.

Example:

For the shown beam which have the shown cross section , it is required to find the maximum value of load (w) so that

- 1- the maximum shear stress on bolts $\nless 0.90 \text{ t/cm}^2$
 - 2- the maximum shear stress on weld $\nless 0.70 \text{ t/cm}^2$
 - 3- the maximum shear stress on section $\nless 0.90 \text{ t/cm}^2$
 - 4- the maximum comp. stress on section $\nless 1.60 \text{ t/cm}^2$
 - 5- the maximum tension stress on section $\nless 1.40 \text{ t/cm}^2$
- using bolts with diameter 20 mm



Then find the maximum pitch of bolts and the minimum size of weld so that:

- a- The maximum shear stresses on bolts $\nless 0.9 \text{ t/cm}^2$
- b- The maximum shear stresses on welds $\nless 0.5 \text{ t/cm}^2$

Properties of area

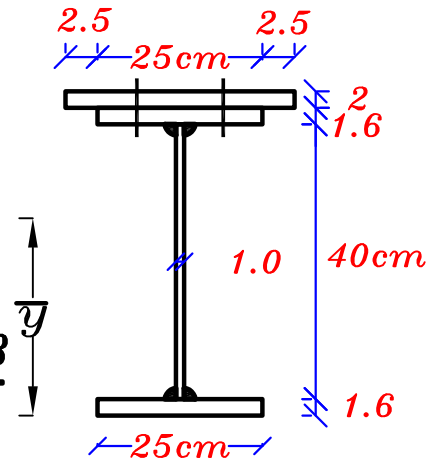
$$A = 30 \times 2 + 25 \times 1.6 \times 2 + 40 \times 1$$

$$= 180 \text{ Cm}^2$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum A \times Y}{\sum A}$$

$$\bar{Y} = \frac{60 \times 44.2 + 40 \times 42.4 + 40 \times 21.6 + 40 \times 0.8}{168}$$

$$= 29.133 \text{ Cm}$$



$$I_x = [(30 \times 2^3 / 12) + (60 \times 15.06^2)]$$

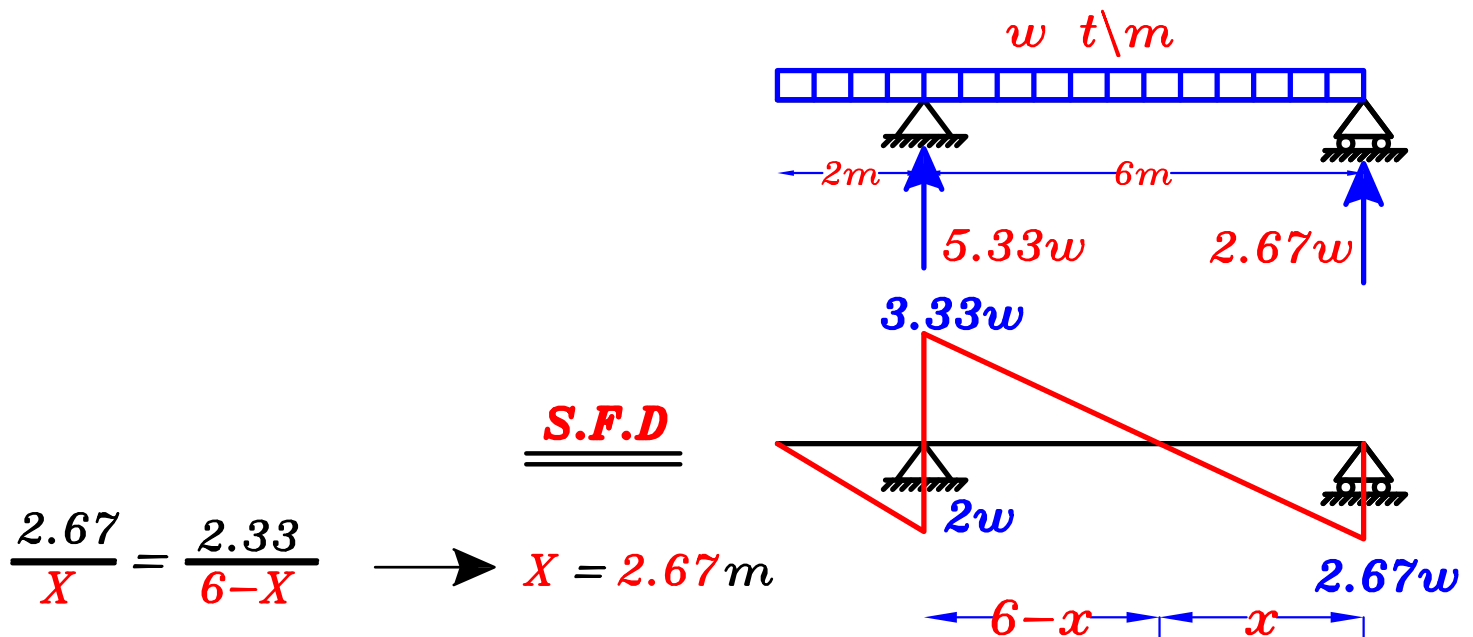
$$+ [(25 \times 1.6^3 / 12) + (40 \times 13.27^2)]$$

$$+ [(1 \times 40^3 / 12) + (40 \times 7.533^2)]$$

$$+ [(25 \times 1.6^3 / 12) + (40 \times 28.33^2)] = 60412 \text{ Cm}^4$$

Straining actions

لايجاد ال *Maximum shear* نرسم ال *Shear force diagram* و نأخذ أكبر قيمة و لايجاد ال *Maximum moment* نوجد مكان ال *Zero shear* حيث أن ال *Maximum moment* يكون عند ال *Zero shear* ثم نحسب قيمة ال *moment* عند هذه النقطة.

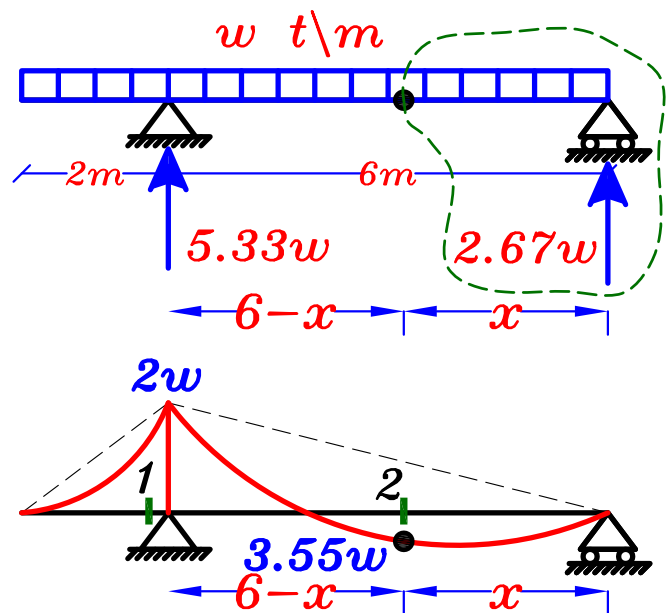


$$M_{max.} = 2.67w \times 2.67$$

$$= 2.67w \times 2.67 / 2$$

$$= 3.55w \text{ m.t}$$

B.M.D



$$\# N = 0$$

$$\# Q_y = 3.33w \text{ t}$$

$$\# M_x = 2w \text{ m.t} \quad (\text{Sec.1})$$

$$= 3.55w \text{ m.t} \quad (\text{Sec.2})$$

$$\# M_y = 0$$

$$\# Q_x = 0$$

$$\# M_z = 0$$

ندرس أكبر قيمة لل *+Ve moment*
و أكبر قيمة لل *-Ve moment* وذلك
لأن قطاع الكمر غير متماثل.

1) For the maximum Tens. stress on section = 1.4 t/Cm^2

Sec.1

ذيل سهم ال *moment* لأعلى و ذلك

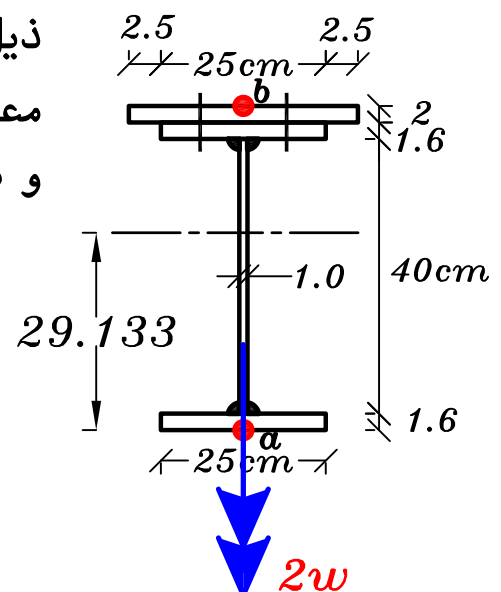
$$f_b = \frac{M_x}{I_x} y \text{ cm.t}$$

$$1.4 = \frac{2w \times 100}{60412} 16.067$$

معناه أن نقطة *a* عليها *Comp.*

و نقطة *b* عليها *Tens.*

$$w = 26.32 \text{ t/m}$$



Sec.2

ذيل سهم ال *moment* لاسفل و ذلك

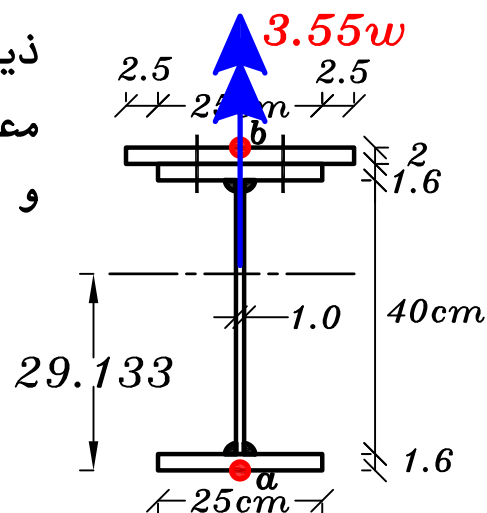
$$f_a = \frac{M_x}{I_x} y_{cm.t}$$

$$1.4 = \frac{3.55w \times 100}{60412} 29.133$$

$$w = 8.165 \text{ t/m}$$

معناه أن نقطة *a* عليها *Tens.*

و نقطة *b* عليها *Comp.*



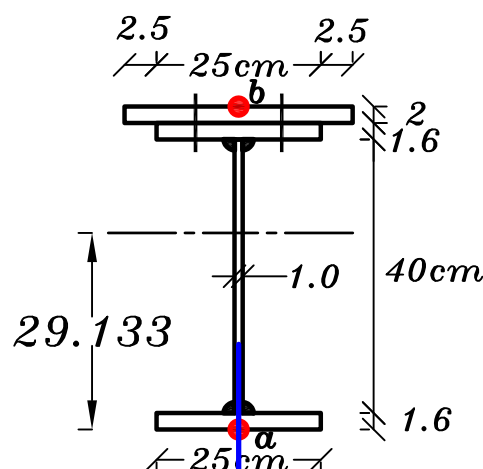
2) For the maximum comp. stress on section = 1.6 t/Cm^2

Sec.1

$$f_a = \frac{M_x}{I_x} y_{cm.t}$$

$$1.6 = \frac{2w \times 100}{60412} 29.133$$

$$w = 16.58 \text{ t/m}$$

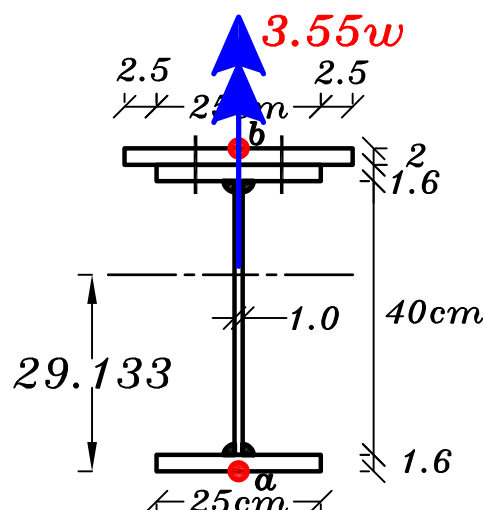


Sec.2

$$f_b = \frac{M_x}{I_x} y_{cm.t}$$

$$1.6 = \frac{3.55w \times 100}{60412} 16.067$$

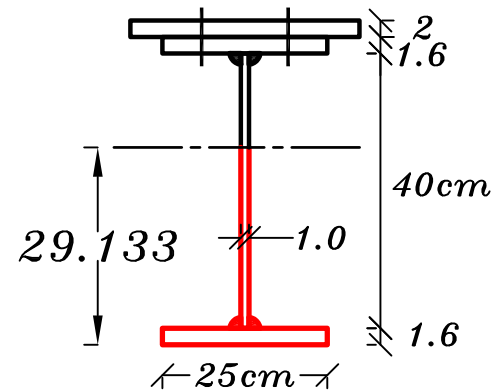
$$w = 16.92 \text{ t/m}$$



3) For the maximum shear stress on section = 0.90 t/cm^2

الـ *max. shear stress* عند الـ *C.g* لان أصغر عرض عند الـ *C.g*

$$q = \frac{Q}{I} \times \frac{S}{b}$$



$$q_{c.g} = \frac{3.33w}{60412} \times \frac{25 \times 1.6 \times 28.33 + 27.53 \times 1 \times 13.76}{1}$$

$$= 0.90 \text{ t/cm}^2$$

$$w = 10.875 \text{ t/m}$$

نأخذ أصغر w لأنها هي التي تسبب الـ *Failure*

$$w = 8.165 \text{ t/m}$$

$$Q = 2.33 \times w = 27.217 \text{ t}$$

For bolts

$$q_{bolt} = \frac{\tau \times Pitch}{n \times m \times A_{\phi}}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

$$= \frac{27.217}{60412} \times (30 \times 2 \times 15.066)$$

$$\tau = 0.40726 \text{ t} \setminus \text{Cm}$$

$$A_{\phi} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (2)^2}{4} = 3.14 \text{ Cm}^2$$

$$n = 2 \quad m = 1$$

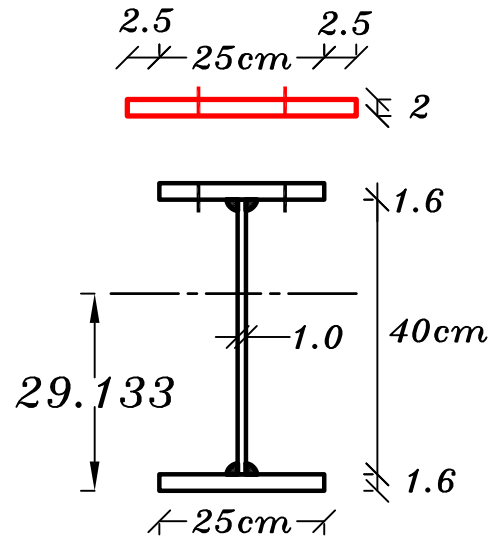
$$q_{bolt} = 0.9 \text{ t} \setminus \text{Cm}^2$$

$$0.90 = \frac{0.40726 \times Pitch}{3.14 \times 2 \times 1}$$

$$Pitch = 13.87 \text{ Cm}$$

نقرب للرقم الاقل حيث أن
المسامير *more safe* تقليل المسافة بين

$$Pitch = 13 \text{ Cm}$$



For upper weld

$$q_{weld} = \frac{\tau}{n \times size}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

$$= \frac{27.217}{60412} \times (30 \times 2 \times 15.06 + 25 \times 1.6 \times 13.27)$$

$$\tau = 0.646 \text{ t} \setminus \text{Cm}$$

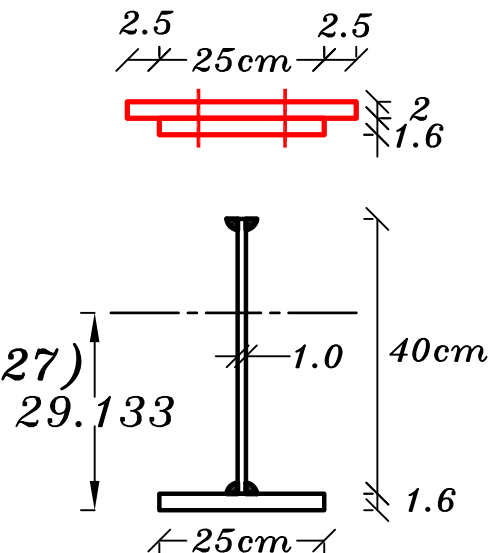
$$n = 2 \quad q_{weld} = 0.5 \text{ t} \setminus \text{Cm}^2$$

$$0.50 = \frac{0.646}{2 \times Size}$$

$$Size = 0.646 \text{ Cm} = 6.46 \text{ mm}$$

$$Size = 7 \text{ mm}$$

نقرب للرقم الاكبر حيث أن
المسامير *more safe* زيادة سمك اللحام



For lower weld

$$q_{weld} = \frac{\tau}{n \times size}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

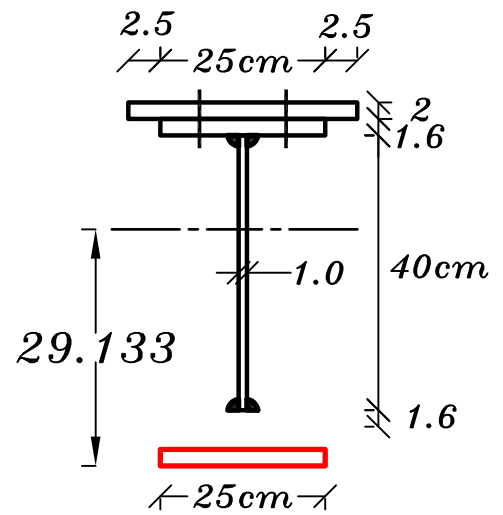
$$= \frac{27.217}{60412} \times (25 \times 1.6 \times 28.33)$$

$$\tau = 0.510 \text{ t} \setminus \text{Cm}$$

$$n = 2 \quad q_{weld} = 0.5 \text{ t} \setminus \text{Cm}^2$$

$$0.50 = \frac{0.510}{2 \times Size} \quad Size = 0.51 \text{ Cm} = 5.1 \text{ mm}$$

$$Size = 6 \text{ mm}$$



نقرب للرقم الاكبر حيث أن
الـ *more safe* زيادة سمك اللحام

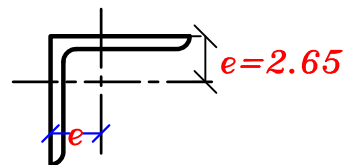
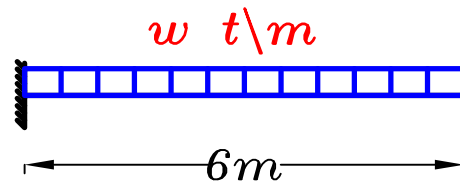
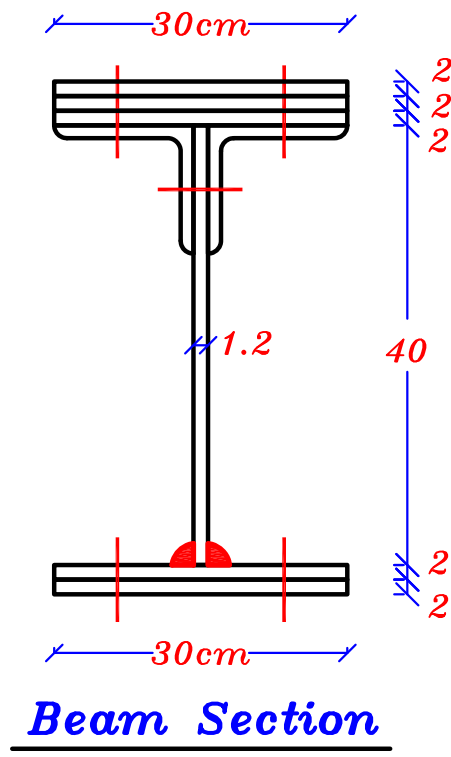
Example:

For the shown beam which have the shown cross section , it is required to find the maximum value of load (w) so that

- 1- the maximum shear stress on section $\nless 0.85 \text{ t/cm}^2$
 - 2- the maximum comp. stress on section $\nless 1.60 \text{ t/cm}^2$
 - 3- the maximum tension stress on section $\nless 1.30 \text{ t/cm}^2$
- using bolts with diameter 20 mm

Then find the maximum pitch of bolts and the minimum size of weld so that:

- a- The maximum shear stresses on bolts $\nless 0.9 \text{ t/cm}$
- b- The maximum shear stresses on welds $\nless 0.7 \text{ t/cm}$
- c- The maximum bearing stresses on bolts $\nless 2.2 \text{ t/cm}$



$$\begin{aligned} L100x100x10 \\ A=15.6 \text{ cm}^2 \\ I_x=I_y=98 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Properties of area

$$A = 30 \times 4 + 40 \times 1.2 + 15.6 \times 2 + 30 \times 6$$

$$= 379.2 \text{ Cm}^2$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum A x Y}{\sum A}$$

$$\bar{Y} = \frac{30 \times 4 \times 2 + 1.2 \times 40 \times 24 + 30 \times 6 \times 47 + 15.6 \times 2 \times (44 - 2.65)}{379.2}$$

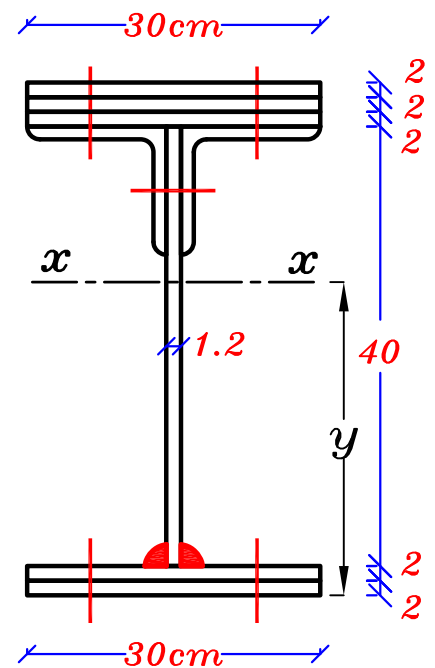
$$= 29.38 \text{ Cm}$$

$$I_x = \left[(30 \times 4^3 / 12) + (120 \times (29.38 - 2)^2) \right]$$

$$+ \left[(1.2 \times 40^3 / 12) + (48 \times (29.38 - 24)^2) \right]$$

$$+ 2 \left[(98) + 15.6 \times (41.35 - 29.38)^2 \right]$$

$$+ \left[(30 \times 6^3 / 12) + (180 \times (47 - 29.38)^2) \right] = 160619 \text{ Cm}^4$$



Straining actions

$$\# N = 0$$

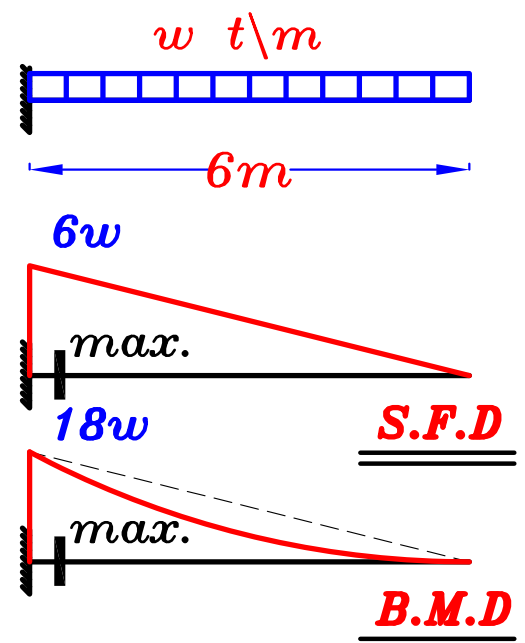
$$\# Q_y = 6w t \uparrow$$

$$\# M_x = 18w m.t \downarrow$$

$$\# M_y = 0$$

$$\# Q_x = 0$$

$$\# M_z = 0$$

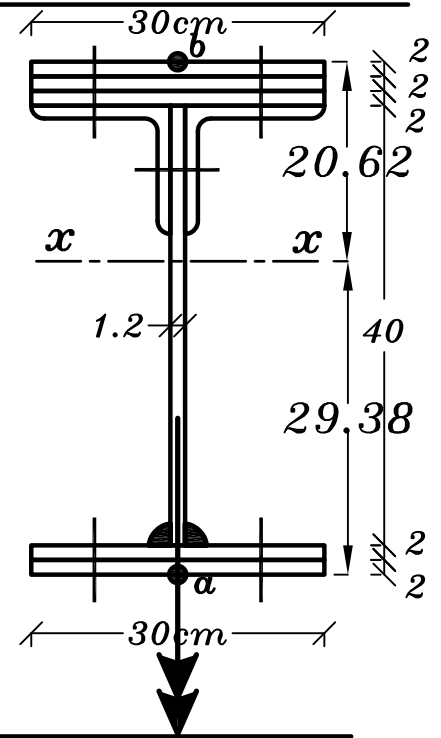


1) For the maximum Comp. stress on section = $1.6t \text{ / } \text{Cm}^2$

$$f_a = \frac{M_x}{I_x} y_{\text{cm.t}}$$

$$1.6 = \frac{18w \times 100}{160619} 29.38$$

$$w = 4.859 \text{ t / m}$$



2) For the maximum Tens. stress on section = $1.3t \text{ / } \text{Cm}^2$

$$f_b = \frac{M_x}{I_x} y_{\text{cm.t}}$$

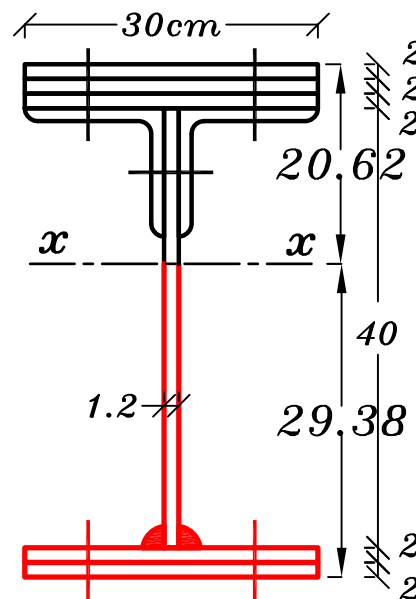
$$1.3 = \frac{18w \times 100}{160619} 20.62$$

$$w = 6.32 \text{ t / m}$$

3) For the maximum shear stress on section = $0.86t \text{ / } \text{cm}^2$

ال max. shear stress عند ال C.g لان أصغر عرض عند ال C.g

$$q = \frac{Q}{I} \times \frac{S}{b}$$



$$q_{c.g} = \frac{6w}{160619} \times \frac{30 \times 4 \times 27.38 + 1.2 \times 25.38 \times 25.38 / 2}{1.2}$$

$$= 0.86 \text{ t/Cm}^2$$

$w = 7.43 \text{ t/m}$

نأخذ أصغر w لأنها هي التي تسبب الـ *Failure*

$w = 4.859 \text{ t/m}$

$Q = 6 \times w = 29.459 \text{ t}$

For bolts group (A)

For Shear stresses

$$q_{bolt} = \frac{\tau \times Pitch}{n \times m \times A_{\phi}}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

$$= \frac{29.459}{160619} \times (30 \times 6 \times 17.62)$$

$$\tau = 0.575 \text{ t/Cm}$$

$$A_{\phi} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (2)^2}{4} = 3.14 \text{ Cm}^2$$

$$n = 2 \quad m = 1$$

$$q_{bolt} = 0.9 \text{ t/Cm}^2$$

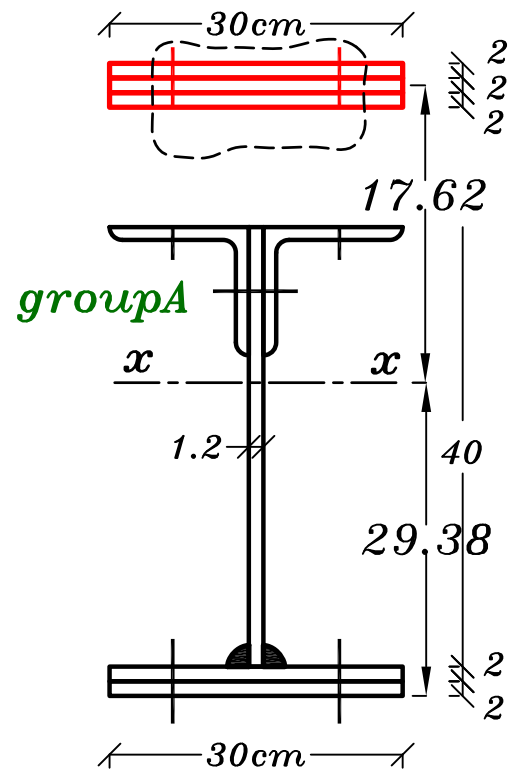
$$0.90 = \frac{0.575 \times Pitch}{3.14 \times 2 \times 1}$$

$$Pitch = 9.82 \text{ Cm}$$

في حالة الـ *Shear stresses* على المسامير فان $q_{bolt} = \frac{\tau \times Pitch}{n \times m \times A_{\phi}}$

أما في حالة الـ *Bearing stresses* على المسامير فكما درسنا في الدرس السابق

$$q_{bearing} = \frac{P}{n \times \phi \times \sum t_{min.}} = \frac{\tau \times Pitch}{n \times \phi \times \sum t_{min.}}$$



For Bearing stresses

$$q_{bolt} = \frac{\tau \times Pitch}{n \times \phi \times \Sigma t_{min.}}$$

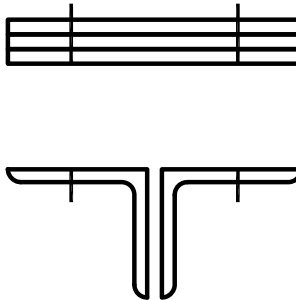
$$\tau = \frac{Q}{I} \times S \quad \text{كما في ال } Shear Stress \text{ تماما فمن الممكن عدم حسابها}$$

$$= \frac{29.459}{160619} \times (30 \times 6 \times 17.62)$$

$$\tau = 0.575 \text{ t} \setminus \text{Cm}$$

$$\Sigma t_{min.} \begin{cases} \rightarrow 3 \times 2 = 6 \text{ cm} \\ \rightarrow 1 \text{ cm} \end{cases}$$

$\phi = 2 \text{ Cm} \quad n = 2$



$$q_{bearing} = 2.2 \text{ t} \setminus \text{Cm}^2$$

$$2.2 = \frac{0.575 \times Pitch}{2 \times 2 \times 1}$$

$$Pitch = 15.25 \text{ Cm}$$

نأخذ ال **Pitch** التي تفي بالغرض في ال **Shear stresses** و ال **Bearing stresses** أي نأخذ الاقل من الاثنين و نقرّبها للاصغر لان ال **more safe** تقليل المسافة بين المسامير .

$$Pitch = 9.82 \text{ Cm}$$

$$Pitch = 9 \text{ Cm}$$

For bolts group (B)

For Shear stresses

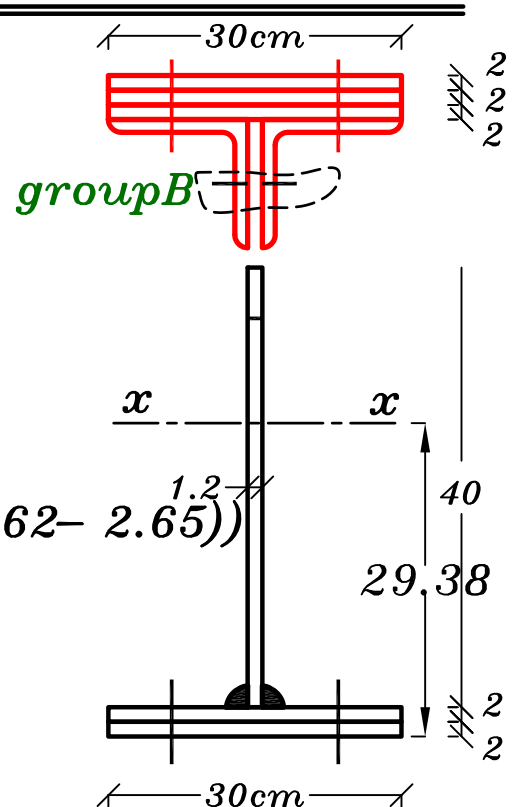
$$q_{bolt} = \frac{\tau \times Pitch}{n \times m \times A_{\phi}}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

$$= \frac{29.459}{160619} \times (30 \times 6 \times 17.62 + 2 \times 15.6 \times (14.62 - 2.65))$$

$$\tau = 0.65 \text{ t} \setminus \text{Cm}$$

$$A_{\phi} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (2)^2}{4} = 3.14 \text{ Cm}^2$$



$$n = 1 \quad m = 2$$

$$q_{\text{bolt}} = 0.9 \text{ t} \setminus \text{Cm}^2$$

$$0.90 = \frac{0.65 \times \text{Pitch}}{3.14 \times 2 \times 1}$$

$$\text{Pitch} = 8.78 \text{ Cm}$$

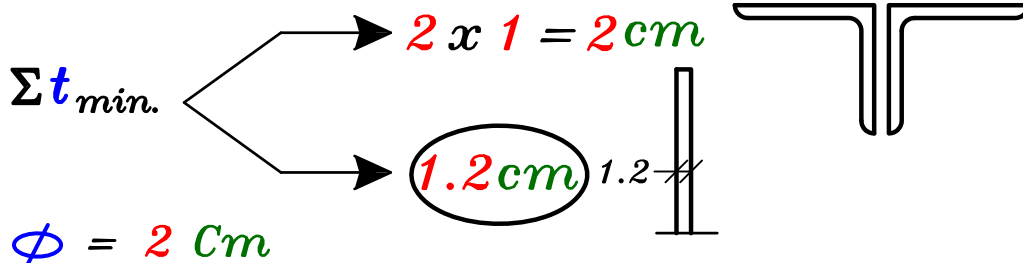
For Bearing stresses

$$q_{\text{bolt}} = \frac{\tau \times \text{Pitch}}{n \times \phi \times \Sigma t_{\text{min.}}}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S \quad \text{كما في ال } Shear Stress \text{ تماما فمن الممكن عدم حسابها}$$

$$= \frac{29.459}{160619} \times (30 \times 6 \times 17.62 + 2 \times 15.6 \times (14.62 - 2.65))$$

$$\tau = 0.65 \text{ t} \setminus \text{Cm}$$



$$n = 1$$

$$q_{\text{bearing}} = 2.2 \text{ t} \setminus \text{Cm}^2$$

$$2.2 = \frac{0.65 \times \text{Pitch}}{1 \times 2 \times 1.2}$$

$$\text{Pitch} = 8.2 \text{ Cm}$$

$$\boxed{\text{Pitch} = 8 \text{ Cm}}$$

For bolts group (C)

For Shear stresses

$$q_{bolt} = \frac{\tau \times Pitch}{n \times m \times A \phi}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

$$= \frac{29.459}{160619} \times (30 \times 2 \times 28.38)$$

$$\tau = 0.309 \text{ t} \setminus \text{Cm}$$

$$A \phi = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (2)^2}{4} = 3.14 \text{ Cm}^2$$

$$n = 2 \quad m = 1$$

$$q_{bolt} = 0.9 \text{ t} \setminus \text{Cm}^2$$

$$0.90 = \frac{0.309 \times Pitch}{3.14 \times 2 \times 1}$$

$$Pitch = 18.29 \text{ Cm}$$

For Bearing stresses

$$q_{bolt} = \frac{\tau \times Pitch}{n \times \phi \times \Sigma t_{min.}}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

$$= \frac{29.459}{160619} \times (30 \times 2 \times 28.38)$$

$$\tau = 0.309 \text{ t} \setminus \text{Cm}$$

$$\Sigma t_{min.} \rightarrow 2 \text{ cm}$$

$$\phi = 2 \text{ Cm}$$

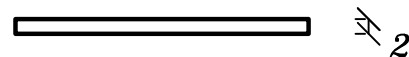
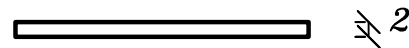
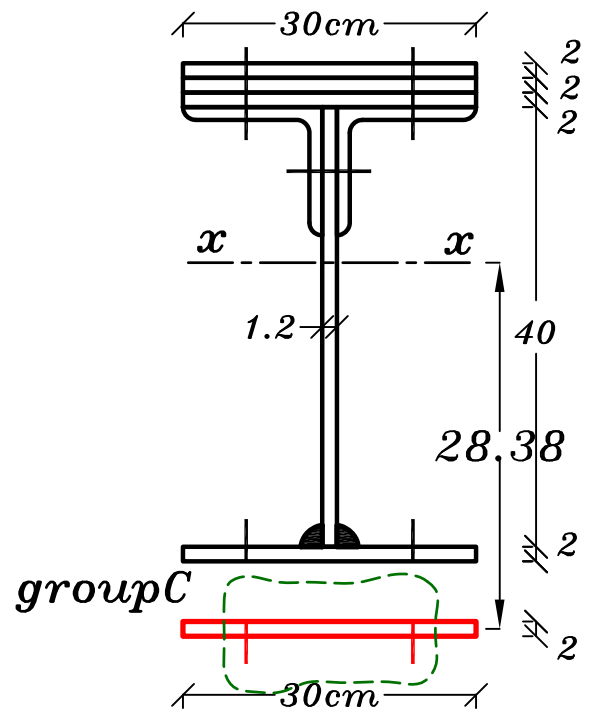
$$n = 2$$

$$q_{bearing} = 2.2 \text{ t} \setminus \text{Cm}^2$$

$$2.2 = \frac{0.309 \times Pitch}{2 \times 2 \times 2}$$

$$Pitch = 56.93 \text{ Cm}$$

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



For lower weld

$$q_{weld} = \frac{\tau}{n \times size}$$

$$\tau = \frac{Q}{I} \times S$$

$$= \frac{29.459}{160619} \times (30 \times 4 \times 27.38)$$

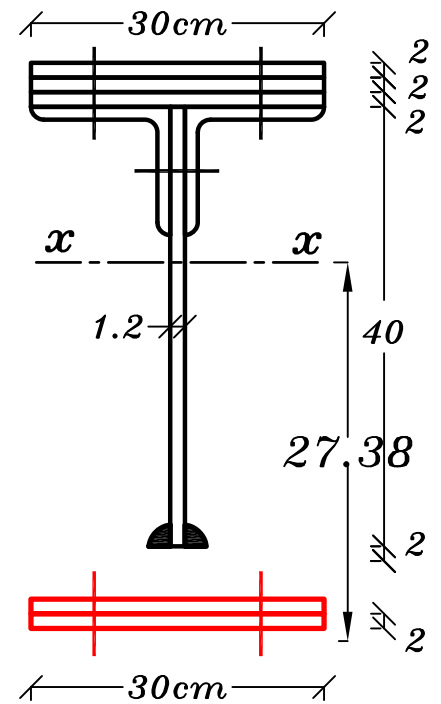
$$\tau = 0.596 \text{ t} \setminus \text{Cm}$$

$$n = 2 \quad q_{weld} = 0.7 \text{ t} \setminus \text{Cm}^2$$

$$0.7 = \frac{0.596}{2 \times Size}$$

$$Size = 0.42 \text{ Cm} = 4.2 \text{ mm}$$

$$Size = 5 \text{ mm}$$



نقرب للرقم الاكبر حيث أن
الـ *more safe* زيادة سمك اللحام