المنشآت المعدنية

Sem. 1

2024-2025

أ.د. نايل محمد حسن

- ✓ المحاضرة الأولى: مفاهيم أساسية
- ✓ المحاضرة الثانية: اساسيات المنشآت المعدنية
- ✓ المحاضرة الثالثة: العناصر الخاضعة للشد المركزي

المحاضرة الرابعة: أمثلة عملية

المحاضرة الرابعة:

Tension Members (عناصر الشد)

(أمثلة عملية)

2-3-1 عناصر الشد المحملة مركزياً *Concentrically loaded*

تتبع طريقة تصميم المقاومة لعناصر الشد المحملة مركزياً في كود EC3، حيث تُمثل حالتي الحد المنفصلتين لخضوع المقطع الكلي وانهيار المقطع الصافي بمعادلة واحدة هي:

$$N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd}$$

- يتم الحصول على قوة الشد التصميمية $N_{t,Ed}$ في كل مقطع عرضي من العنصر، من أجل تصميم أو تحقيق عنصر الشد، عن طريق التحليل الإنشائي،
- مع استخدام الحمولات المناسبة وعوامل الحمولة الجزئية γ_G , γ_Q

3-2 تصميم عناصر الشد Design of tension members

حيث $N_{t,Rd}$ مقاومة الشد التصميمية وهي تؤخذ القيمة الاصغر من:
مقاومة الخضوع (أو اللدنة) للمقطع العرضي $N_{pl,Rd}$
و المقاومة الحدية (أو الانهيار) للمقطع العرضي الحاوي على ثقوب $N_{u,Rd}$.

$$N_{t,Rd} = min \{N_{u,Rd}\ N_{pl,Rd}\}$$

تعطى مقاومة الخضوع (حالة حد الخضوع) في كود $EC3$ كمايلي

$$N_{pl,Rd} = Af_y/\gamma_{M0}$$

حيث A المساحة الاجمالية للمقطع العرضي،

و γ_{M0} العامل الجزئي لمقاومة المقطع العرضي، وهو يأخذ القيمة 1.0، او حسب القيم المفروضة

3-2 تصميم عناصر الشد Design of tension members

تعطى المقاومة الحدية (حالة حد الانهيار) للمقطع العرضي الحاوي على ثقوب للمعادلة في كود *EC3* كمايلي:

$$N_{u,Rd} = 0.9 A_{net} f_u / \gamma_{M2},$$

- حيث A_{net} هي المساحة الصافية للمقطع العرضي
- γ_{M2} عامل جزئي للمقاومة على الانهيار بالشد، وتعطى قيمته (حسب الملحق البريطاني) بـ *1.1* في كود *EC3*.
- يضمن العامل *0.9* في المعادلة أن العامل الجزئي الفعال $0.9/\gamma_{M2}$ *(≈1.22)* لحالة حد انهيار المادة $(N_{u,Rd})$ هو أعلى من قيمة γ_{M0} *(=1.0)* لحالة حد الخضوع $(N_{pl,Rd})$،

تعرف $A_{net,eff}$ لزاوية مفردة على الشد متصلة بصف واحد من البراغي في ساق واحدة والتي ستستخدم مكان المساحة الصافية A_{net} في المعادلة 2.4. إنها تعتمد على عدد البراغي والخطوة p_1،

وتعطى المقاومة الحدية التصميمية بالعلاقات التالية ($N_u = A_{net,eff} f_u$):

من أجل برغي واحد

$$N_{u,Rd} = \frac{2.0(e_2 - 0.5 d_0) t f_u}{\gamma_{M2}}; \quad \text{(1 bolt)}$$

من أجل برغيين

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}; \quad \text{(2 bolts)}$$

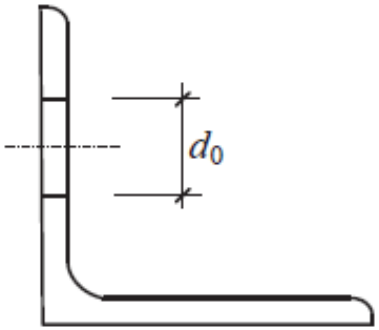
من أجل 3 لراغي أو أكثر

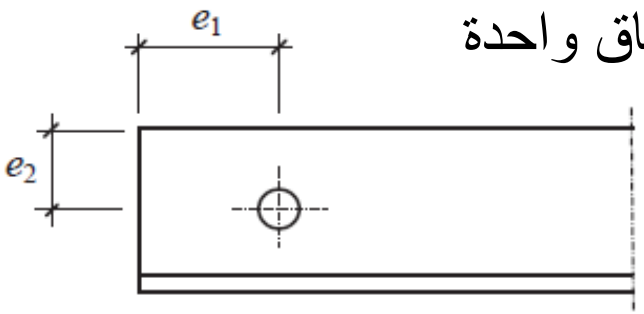
$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_3 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}}. \quad \text{(3 bolts or more)}$$

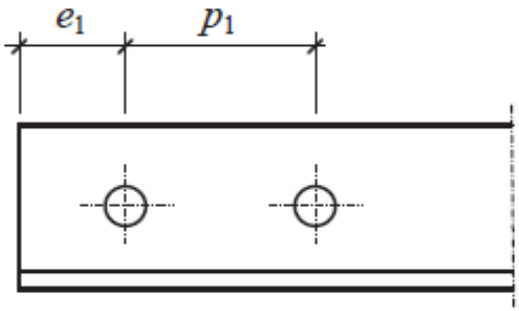
عوامل التخفيض β_2 β_3

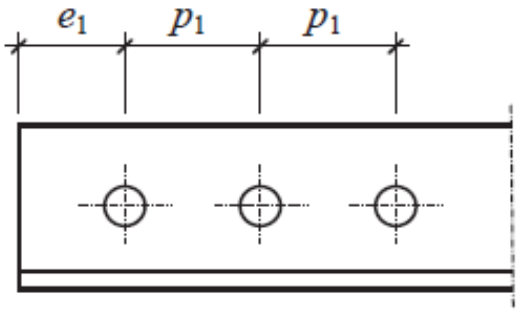
Distance	p_1	$\leq 2.5\ d_0$	$\geq 5.0\ d_0$
2 bolts	β_2	0.4	0.7
3 bolts or more	β_3	0.5	0.7

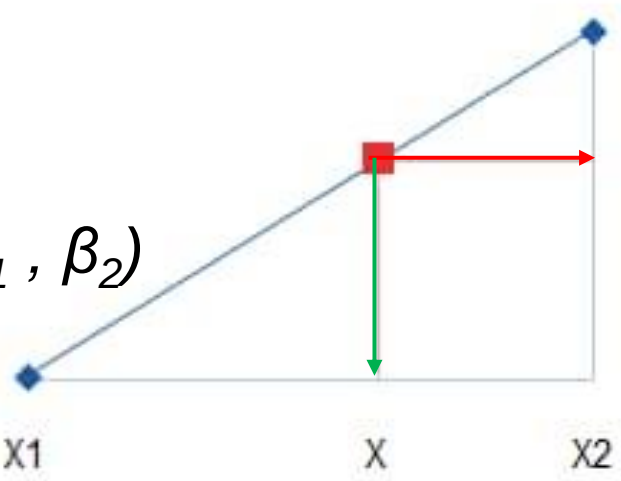
زويا متصلة بساق واحدة











حساب عوامل التخفيض β_2 بالتوسيط الداخلي

$$\frac{(X - X1)}{(X2 - X1)} = \frac{(Y - Y1)}{(Y2 - Y1)}$$

$$Y = Y1 + (X - X1)\frac{(Y2 - Y1)}{(X2 - X1)}$$

Y=Y1+(X-X1) (Y2-Y1)/(X2-X1)

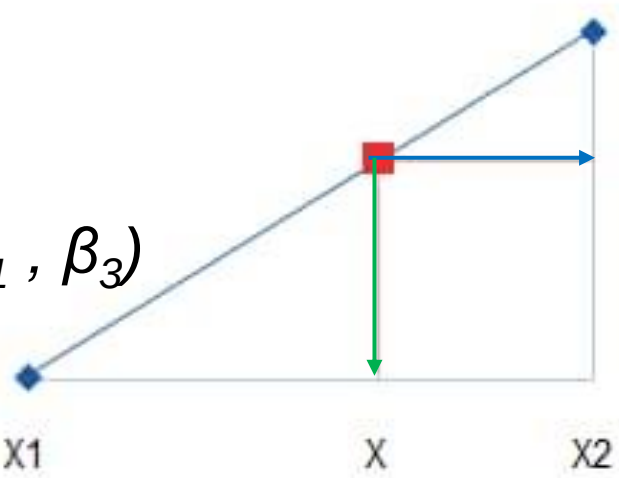
(P-2.5d0)/(2.5d0)=(β_2 -0.4)/(0.3)

$\beta 2$ = 0.4+(P-2.5d0) (0.7- 0.4)/(2.5d0)

P_1=70mm **d_o=17mm**

$\beta 2$ = 0.4+(70-2.5x17) (0.7- 0.4)/(2.5x17)

(β_2=0.594)



$$\frac{(X - X1)}{(X2 - X1)} = \frac{(Y - Y1)}{(Y2 - Y1)}$$

$$Y = Y1 + (X - X1)\frac{(Y2 - Y1)}{(X2 - X1)}$$

Y=Y1+(X-X1) (Y2-Y1)/(X2-X1)

(P-2.5d0)/(2.5d0)=(β_3 -0.5)/(0.2)

β3 = 0.5+(P-2.5d0) (0.7- 0.5)/(2.5d0)

P_1=30mm **d_o=22mm**

β3 = 0.5+(P-2.5d0) (0.7- 0.5)/(2.5d0)

{β_3=0.409}

- تعرف الرموز الداخلة في المعادلات كما في الشكل،
- و A_{net} هي المساحة الصافية للزاوية.
- تؤخذ A_{net} للزاوية مختلفة الساقين والمتصلة بالساق الأصغر مساوية للمقطع الصافي لزاوية مكافئة متساوية الساقين طول ساقها مساو للساق الأصغر للزاوية المختلفة الساقين.
- عندما تكون وصلات النهاية ملحومة، وتكون الزاوية متساوية الساقين، أو الزاوية مختلفة الساقين متصلة بساقها الأكبر، يمكن اهمال اللامركزية،

وتؤخذ المساحة الفعالة A_{net} مساوية للمساحة الكلية A

- تعرف الرموز الداخلة في المعادلات كما في الشكل،
- و A_{net} هي المساحة الصافية للزاوية.
- تؤخذ A_{net} للزاوية مختلفة الساقين والمتصلة بالساق الأصغر مساوية للمقطع الصافي لزاوية مكافئة متساوية الساقين طول ساقها مساو للساق الأصغر للزاوية المختلفة الساقين.
- عندما تكون وصلات النهاية ملحومة، وتكون الزاوية متساوية الساقين، أو الزاوية مختلفة الساقين متصلة بساقها الأكبر، يمكن اهمال اللامركزية،

وتؤخذ المساحة الفعالة A_{net} مساوية للمساحة الكلية A

- تنخفض مساحة المقطع العرضي للعديد من عناصر الشد الحاوية على أكثر من صف واحد من البراغي بواسطة تعرج صفوف الثقوب، الشكل أدناه

- يجب في هذه الحالة اخذ مسار الانهيار المتعرج zig-zag مثل ABCDE في الشكل، بدلاً من المقطع العمودي على الحمولة.

- يعتمد المقدار الأصغري للتعرج s_m الذي من أجله لاتنقص مساحة الثقب من مساحة العنصر، على قطر الثقب d_0 والميل p / s لمسار الانهيار،

- حيث p مقدار المسافة بين صفوف الثقوب. تعطى مسافة التعرج بعلاقة تقريبية هي:

$$s_m \approx (4pd_0)^{1/2}.$$

عندما تكون قيمة مسافة التعرج الفعلية (S) أقل من s_m، يجب طرح جزء من مساحة الثقب A_h من المساحة الكلية A، ويمكن حساب ذلك تقريبيا من العلاقة:

ويمكن حساب ذلك تقريبيا من العلاقة

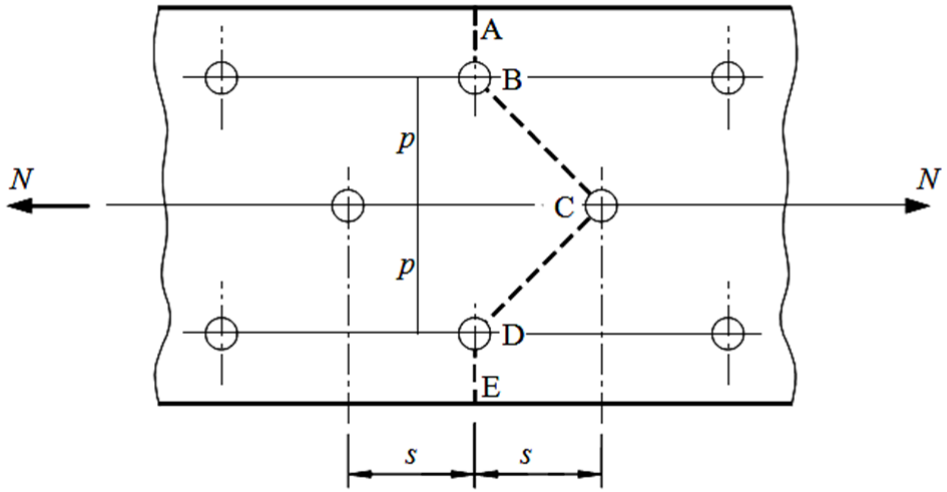
If S < Sm ------> calculate A_h

$$A_h = d_0\, t(1 - s^2 / s^2 m),$$

حيث:

$$A_h = d_0 t(1 - s^2/4pd_0),$$

$$A_{net} = A - \sum d_0 t + \sum s^2 t/4p,$$



مسار الانهيار الممكن مع توضع ثقوب متعرجة

- تؤخذ المجاميع لكل الثقوب على المسار المتعرج المدروس ولكل مسافات التعرج في المسار.
- سمح كود *EC3* في الفقرة *6.2.2.2* باستخدام علاقة A_{net} *السابقة*،
- تسبب الثقوب في عناصر الشد إجهاد موضعي يتزايد عند حدود الثقب،
- وايضاً تزايد في الإجهاد المتوسط N / A_{net} الذي تم مناقشته أعلاه.

- تؤخذ المجاميع لكل الثقوب على المسار المتعرج المدروس ولكل مسافات التعرج في المسار.
- سمح كود *EC3* في الفقرة *6.2.2.2* باستخدام علاقة *Anet* *السابقة*،
- تسبب الثقوب في عناصر الشد إجهاد موضعي يتزايد عند حدود الثقب،
- وايضاً تزايد في الإجهاد المتوسط N / A_{net} الذي تم مناقشته أعلاه.

خلاصة

- العلاقة الاساسية $N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd}$
- $N_{t,Rd}$ مقاومة الشد التصميميه وهي تؤخذ القيمة الاصغر من:
مقاومة الخضوع (أو اللدنة) للمقطع العرضي $N_{pl,Rd}$
و المقاومة الحدية (أو الانهيار) للمقطع العرضي الحاوي على ثقوب $N_{u,Rd}$.

$$N_{t,Rd} = min\ \{N_{u,Rd}\ N_{pl,Rd}\}$$

- تعطى مقاومة الخضوع (حالة حد الخضوع) فى كود $EC3$ كمايلي

$$N_{pl,Rd} = Af_y/\gamma_{M0}$$

حيث A المساحة الاجمالية للمقطع العرضي، و γ_{M0} العامل الجزئي لمقاومة المقطع العرضي، وهو يأخذ افتراضيا القيمة 1.0، او حسب القيم المعطاة.

- تعطى المقاومة الحدية (حالة حد الانهيار) للمقطع العرضي الحاوي على ثقوب

في كود $EC3$ كمايلي (العامل γ_{M2} يأخذ افتراضيا القيمة 1.1):

$$N_{u,Rd} = 0.9A_{net}f_u/\gamma_{M2},$$

1.4 Nominal values of yield strength f_y and ultimate tensile strength f_u for hot rolled structural steel

Table 3.1: Nominal values of yield strength f_y and ultimate tensile strength f_u for hot rolled structural steel

Standard and steel grade	Nominal thickness of the element t [mm]			
	$t \leq 40$ mm		40 mm $< t \leq 80$ mm	
	f_y [N/mm^2]	f_u [N/mm^2]	f_y [N/mm^2]	f_u [N/mm^2]
EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

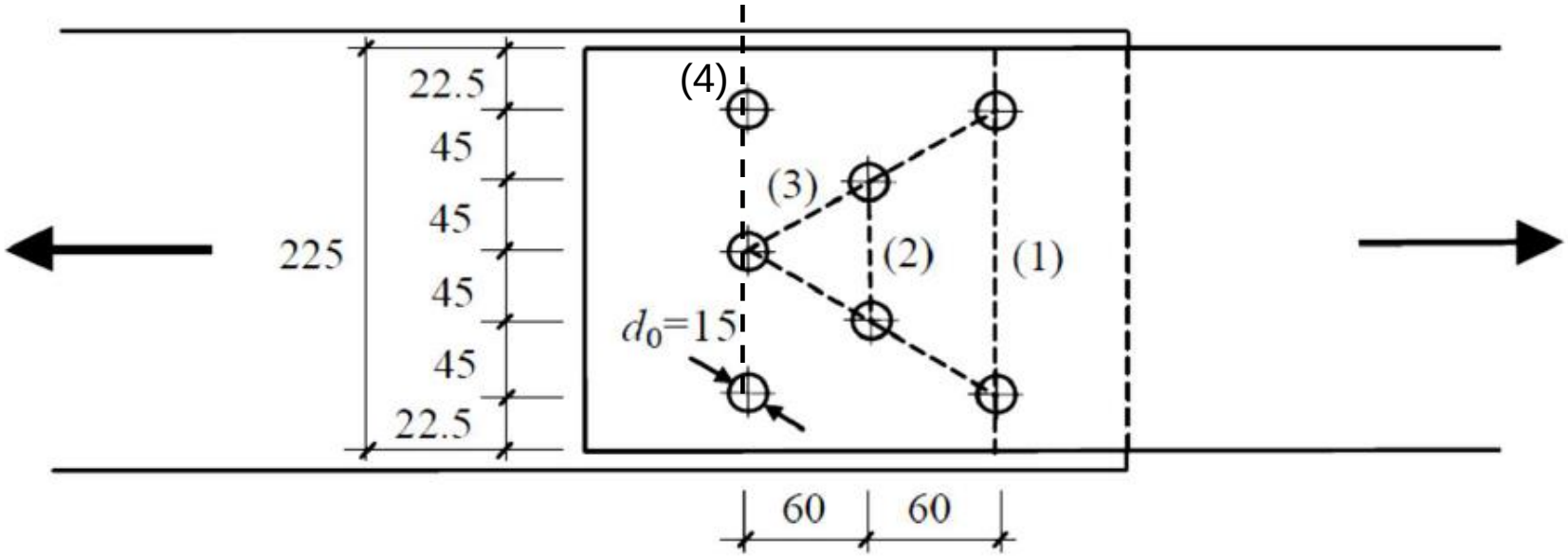
Worked examples أمثلة عملية

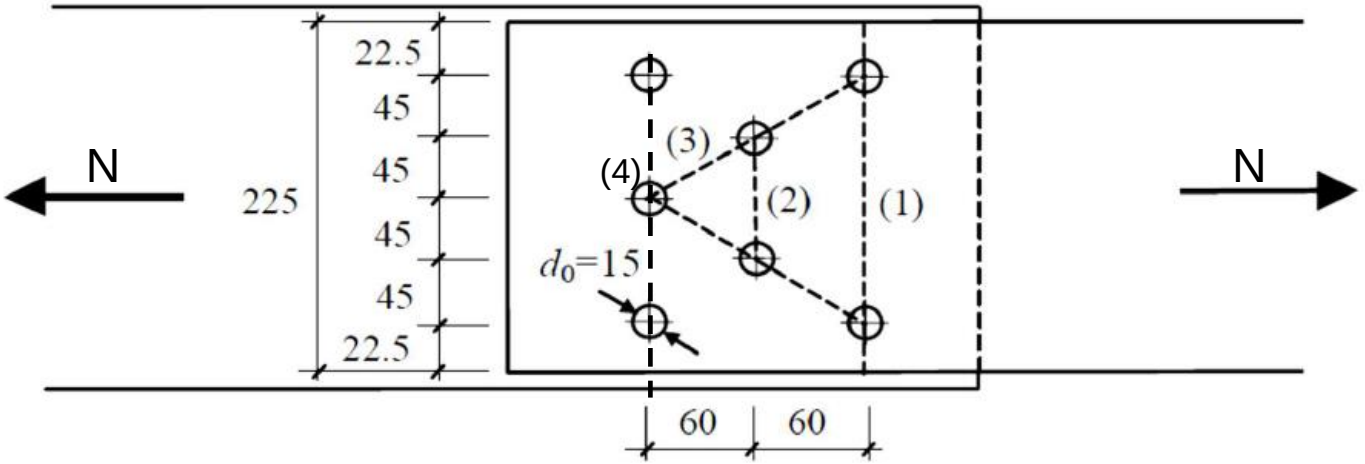
Example 2.1:

1- Calculate the net area *Anet* of the bolted section of the plate represented in Figure. Assume a plate with thickness *t=10 mm* and the remaining dimensions (in *mm*), as indicated in Figure

2- Determine the design tensile strength of the plat (f_y=250MPa, f_u=420 Mpa)

3- Detemine the Efficiency of the plate with holes





- Taking fracture section1-3 into Account, We get

Fracture section 1 $\rightarrow A_{net}^{(1)} = 225 \times t - 2 \times t \times 15 = 195\ t$.

Fracture section 2 $\rightarrow A_{net}^{(2)} = 225 \times t - 4 \times t \times 15 + 2 \times t \times \frac{60^2}{4 \times 45} = 205t.$

Fracture section 3 $\rightarrow A_{net}^{(3)} = 225 \times t - 5 \times t \times 15 + 4 \times t \times \frac{60^2}{4 \times 45} = 230t.$

The net area of the plate is given by the minimum value, $A_{net} = 195\,t$.

- Taking fracture section4 into Account, We get

Fracture section 4 $A^{(4)}{}_{net} = 225 \times t - 3 \times t \times 15 = 180t$

The net area of plate is given by the minimum value, $A_{net} = 180\ t$

2- Determine the design tensile strength of the plat

$$N_{t,Rd} = min\ \{N_{u,Rd}\ N_{pl,Rd}\}$$

$$N_{pl,Rd} = Af_y/\gamma_{M0}$$

$$N_{pl,Rd}=(225x10)x250/(1x1000)=562.5\ kN$$

$$N_{u,Rd} = 0.9A_{net}f_u/\gamma_{M2},$$

$$N_{u,Rd}=(0.9x180x10)x420/(1.1x1000)=618.55\ kN$$

Therefore

$$N_{t,Rd} = min\ \{N_{u,Rd}\ N_{pl,Rd}\}=562.5\ kN$$

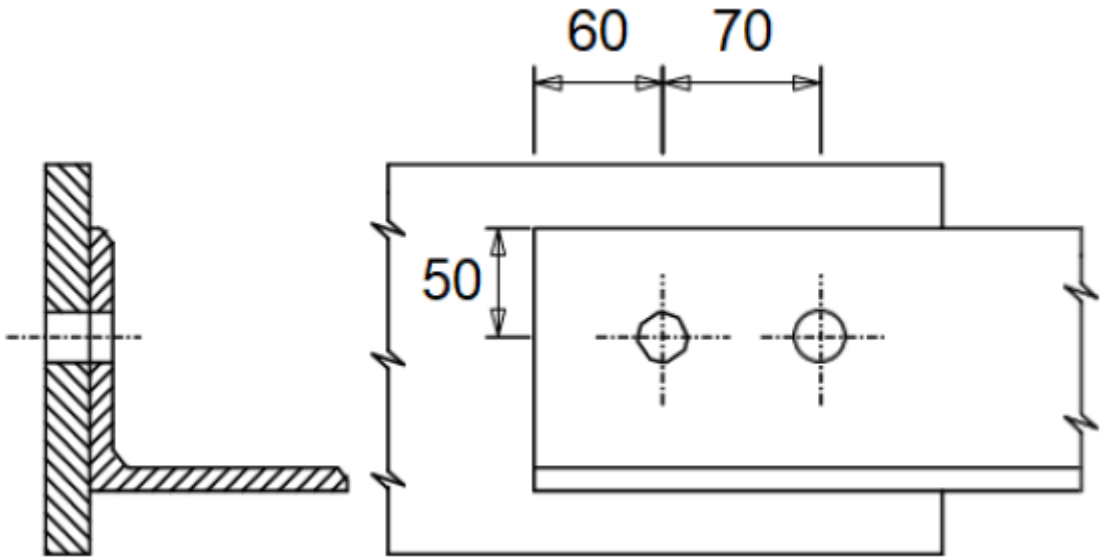
3- Determine the Efficiency of the plate with holes

$$=N_{t,Rd} / N_{pl,Rd} =562.5/562.5=1$$

Example 2.2

Verify the strength of a single equal leg angle L 120 × 10 mm in tension connected on one side via one line of two M16 (d=16mm) bolts in standard holes (d_o=17mm) as shown in Figure, (dimensions in millimeters). Bolts connect only one side of the angle to a gusset plate. The angle is subjected to a design axial load $N_{t,Ed}$ of 350 KN

Conceder: $f_y = 235\ N/mm^2$ $f_u = 360\ N/mm^2$ $A = 23.2\ cm^2$.



Solution:

$f_y = 235\ N/mm^2\ , f_u = 360\ N/mm^2\ , A = 23.2\ cm^2\ .$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A\ f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{23.2 \times 10^2 \times 235}{1.0} \times 10^{-3} = 545.2\ KN$$

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 A_{net}\ f_u}{\gamma_{M2}}$$

$p_1 = 70\ mm \rightarrow\rightarrow 2.5d_\circ = 42.5\ mm\ \&\ 5d_\circ = 85mm \rightarrow\rightarrow$

$42.5 < 70 < 85 \rightarrow$ linear interpolation between 0.4&0.7

$\rightarrow\rightarrow \beta_2 = 0.594$

$A_{net} = 23.2 \times 10^2 - (17 \times 10) = 2150\ mm^2$

$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 A_{net}\ f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.594 \times 2150 \times 360}{1.25} \times 10^{-3} = 367.80\ KN.$$

$N_{t,Rd} = 367.80\ KN\ (the\ lesser\ of\ N_{pl,Rd}\ and\ N_{u,Rd}) > 350\ KN.$

So, the member is satisfactory $N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd}$ **350/367.8 =0.95**