

# المنشآت المعدنية

## Sem. 2

## 2023-2024

أ.د. نايل محمد حسن

- ✓ المحاضرة الأولى: مفاهيم أساسية
- ✓ المحاضرة الثانية: أساسيات المنشآت الفولاذية
- المحاضرة الثالثة: العناصر الخاضعة للشد المركزي

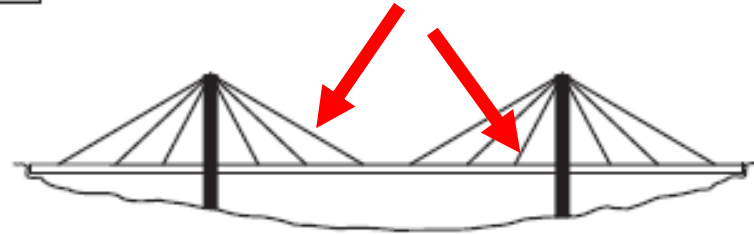
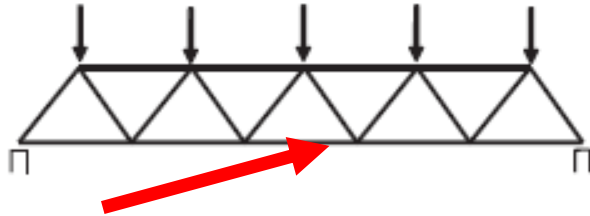
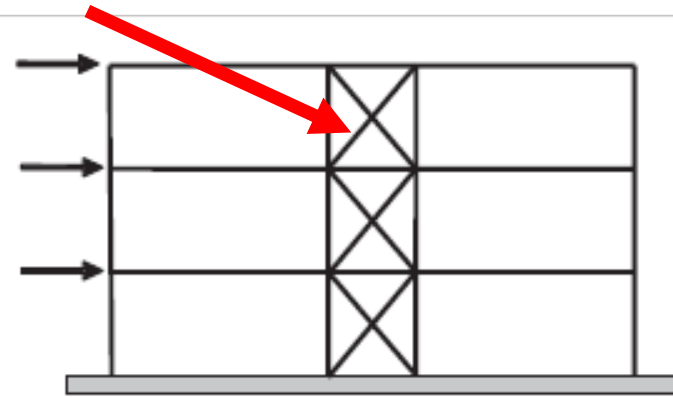
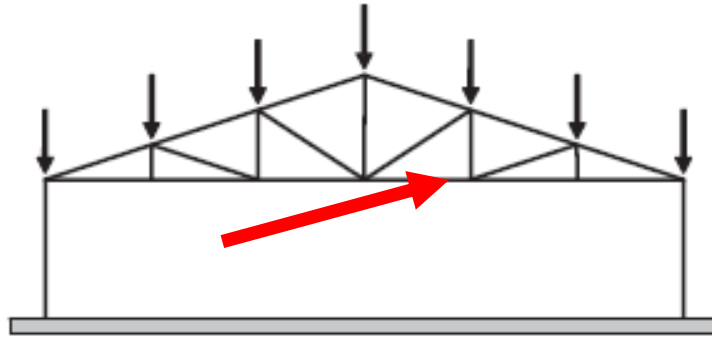
# المحاضرة الثالثة: العناصر الخاضعة للشد المركزي Tension Members (عناصر الشد)

## 2-1- مقدمة

- تعتبر العناصر التي تخضع لقوى شادة مؤثرة مركزياً **أبسط العناصر الإنشائية**،
- تكون نظرياً في حالة **إجهاد محوري منتظم**، ولذلك تسمى عناصر الشد.
- في هذه الحالة، يكون سلوك القوة – تشوه مشابه بشكل كبير لسلوك **الإجهاد – تشوه للفولاذ الإنشائي** الذي يتم الحصول عليه من نتائج اختبارات الشد
- خلال التحميل يبقى العنصر بشكل أساسي **خطي ومرن** حتى يتم الوصول إلى **حمولة الخضوع** العامة، حتى لو كان لديه إجهادات متبقية وتشوهات أولية.

## 2-1- مقدمة

- في كثير من الحالات لاتخضع عناصر الشد لقوى مركزية، ويمكن أن **تخضع لحمولات عرضية**، تنتج أفعال (جهود) انعطاف وأيضاً أفعال شد محورية.
- تهمل **إجراءات التصميم البسيطة أفعال الانعطاف** في بعض العناصر التي تملك اتصالات لامركزية، لكن بصفة عامة يجب أخذ أفعال الانعطاف بالاعتبار في التصميم.
- تملك عناصر الشد غالباً إجهادات متوسطة عالية نسبياً، وفي بعض الحالات تكون **تأثيرات تركيز الإجهادات الموضعية كبيرة**
- يجب في مثل هذه الحالات أن يتم تقليل آثار تركيز الجهود،
- ويجب تقدير الإجهادات الموضعية **الأعظمية وأخذها بالاعتبار**.

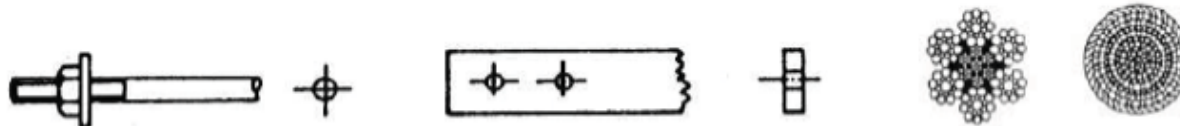
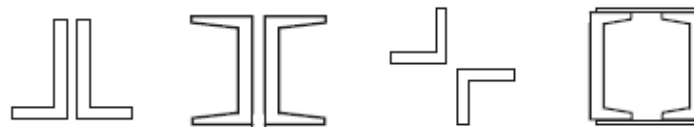


انشاءات تحوي عناصر شد Structures with some members in tension

المقاطع العرضية  
لعناصر الشد



Typical cross sections  
of members in tension



# 2-2- عناصر الشد المحملة مركزياً

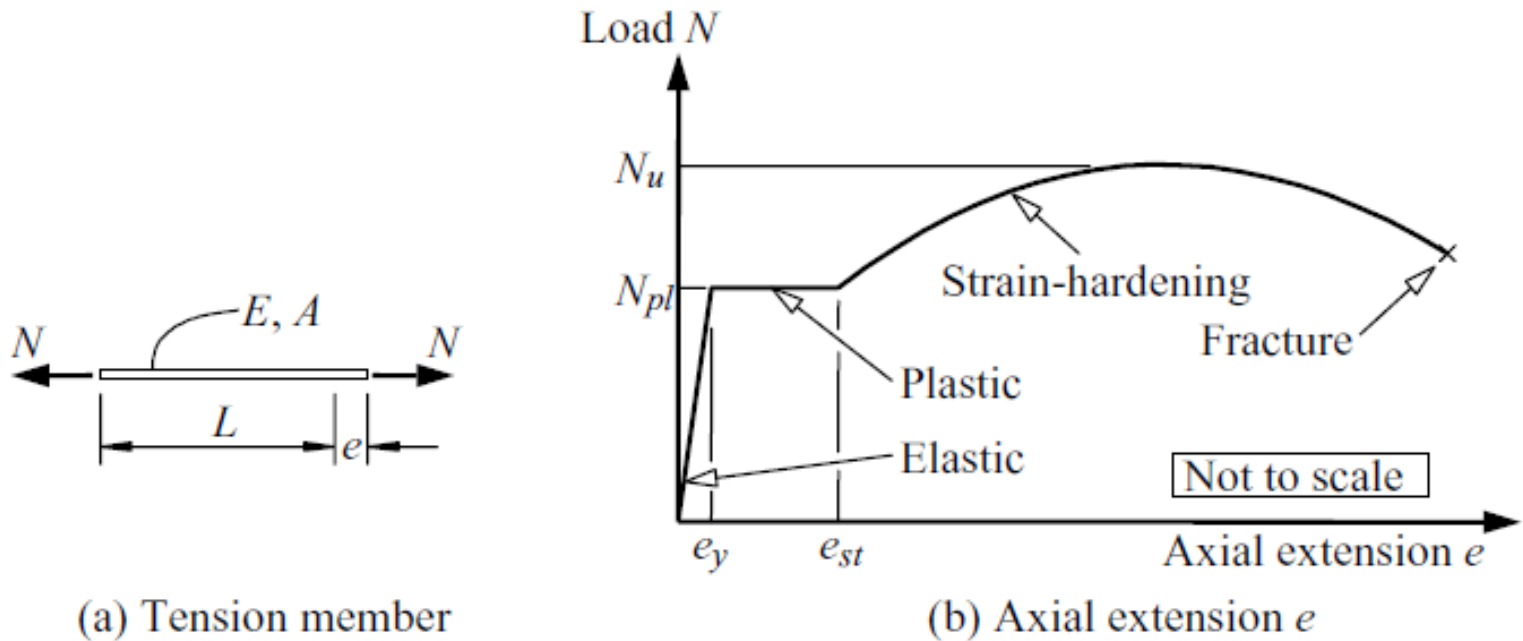
## Concentrically loaded tension members

1-2-2 العناصر من دون ثقوب Members without holes

2-2-2 العناصر ذات ثقوب كبيرة Members with significant holes

## 1-2-2 العناصر من دون ثقوب Members without holes

يبين الشكل عنصر شد فولاذي لا يحوي ثقوب ولا يملك إجهادات متبقية  
محمل بشكل مركزي





تكون علاقة التناول المحوري  $e$  للعنصر المتعلقة بـ  $N$  مشابهة لعلاقة التشوه المتوسط  $\varepsilon = e/L$  المتعلقة بـ الإجهاد المتوسط  $\sigma = N/A$  هكذا **يزداد التناول في البداية بشكل خطي** مع الحمولة وهو يساوي

$$e = \frac{NL}{EA}, \quad (2.1)$$

حيث  $E$  عامل يونغ للمرونة. يستمر هذا التزايد الخطي حتى يتم الوصول **لإجهاد الخضوع للفلواز  $f_y$**  عند حمولة الخضوع (الدونة) التالية:

$$N_{pl} = Af_y \quad (2.2)$$

يزداد التناول دون زيادة بالحمولة (أو عند زيادة صغيرة جداً) **وتبدأ مرحلة التصلب التشوهي**. بعد ذلك، تزداد الحمولة ببطء حتى يتم الوصول إلى القيمة الأعظمية

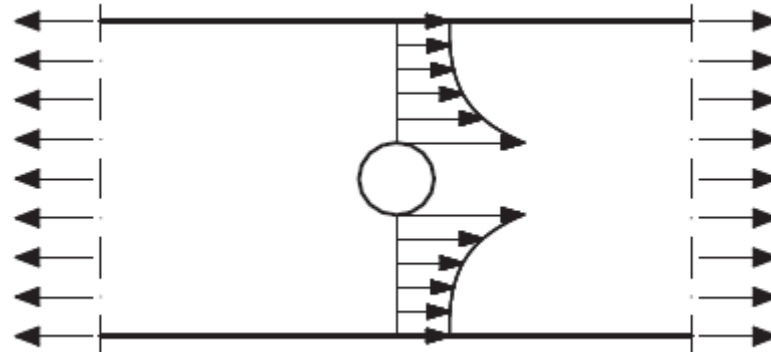
$$N_u = Af_u \quad (2.3)$$

(بعد ذلك يظهر **يضيق (يظهر عنق) المقطع العرضي موضعياً** وتتناقص الحمولة  $N$  حتى يحدث الانقطاع.)

- يوصف سلوك عنصر الشد بأنه **مطاوع**،
- أي أنه يصل لحمولة الخضوع العامة ويحافظ عليها في الوقت الذي تحدث فيه **تطاولات كبيرة قبل أن يتم الانقطاع**.
- عادة تعرف حمولة الخضوع  $N_{pl}$  بأنها **الحمولة التصميمية** (قدرة التحمل التصميمية) للعنصر.

## Members with significant holes 3-2-2 العناصر ذات ثقوب كبيرة

عندما تكون الثقوب كبيرة، يمكن للعنصر أن ينهار قبل الوصول  
لحمولة الخضوع الكلية  $N_{pl}$  بسبب التمزق عند الثقب كما هو مبين في  
الشكل



تركيز الاجهادات عند الثقب  
Concentration of tension next to hole

تحسب حمولة الانقطاع (التمزق) الموضوعي  $N_u$ :

$$N_u = A_{net} f_u \quad (2.4)$$

على **المساحة الصافية** من المقطع العرضي  $A_{net}$  مقاسة بشكل عمودي على خط عمل القوة، وتعطى بالعلاقة:

$$A_{net} = A - \sum d_0 t, \quad (2.5)$$

- $d_0$  قطر الثقب،
- $t$  سماكة العنصر عند الثقب،
- ويجري **المجموع** لكل الثقوب في المقطع العرضي المدروس.
- تحسب حمولة الانقطاع (التمزق)  $N_u$  تبعاً للمقطع العرضي الأضعف،
- وبالتالي حسب **المساحة الصافية الصغرى**  $A_{net}$ .
- يكون العنصر الذي ينهار بالانقطاع قبل الوصول لحمولة الخضوع الكلي **غير مطاوع**، ويكون هناك تحذير قليل بالانهيار.

## 3-2 تصميم عناصر الشد Design of tension members

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

تتبع طريقة تصميم المقاومة لعناصر الشد المحملة مركزياً في كود EC3، حيث تمثل حالتها الحد المنفصلتين لخضوع المقطع الكلي وانهايار 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  $\gamma_G, \gamma_Q$

## 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  $\gamma_{M0}$  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 الحديدية** (حالة حد الانهيار) للمقطع العرضي

الحاوي على ثقوب للمعادلة في كود *EC3* كمايلي:

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

- حيث  $A_{net}$  هي المساحة الصافية للمقطع العرضي
- $\gamma_{M2}$  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  $\gamma_{M2}/0.9$  ( $\approx 1.22$ ) لحالة حد انهيار المادة ( $N_{u,Rd}$ ) هو أعلى من قيمة  $\gamma_{M0}$  ( $=1.0$ ) 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  $(N_u = A_{net,eff} f_u)$ :

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

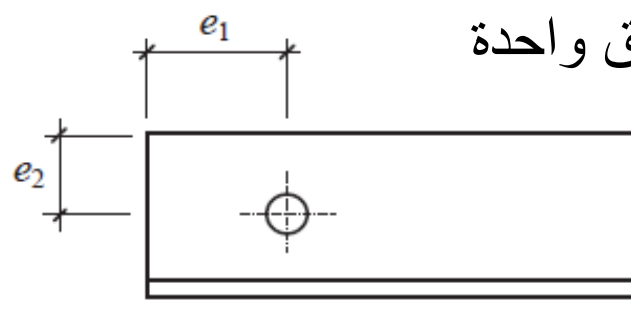
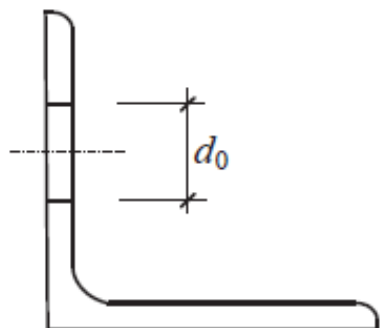
$$N_{u,Rd} = \frac{\beta_2 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} ; \quad (2 \text{ bolts}) \quad \text{من أجل برغيين}$$

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

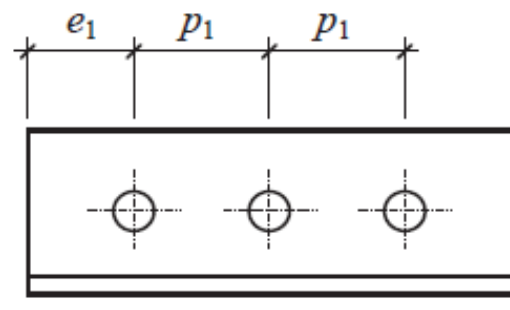
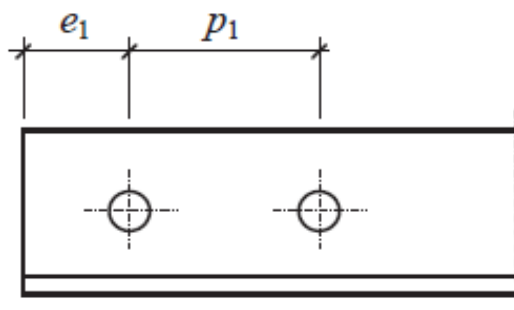


## عوامل التخفيض $\beta_2$ $\beta_3$

Distance	$p_1$	$\leq 2.5 d_0$	$\geq 5.0 d_0$
2 bolts	$\beta_2$	0.4	0.7
3 bolts or more	$\beta_3$	0.5	0.7



زويا متصلة بساق واحدة



- 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 إهمال 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 تقريبا من العلاقة:

ويمكن حساب ذلك تقريبا من العلاقة

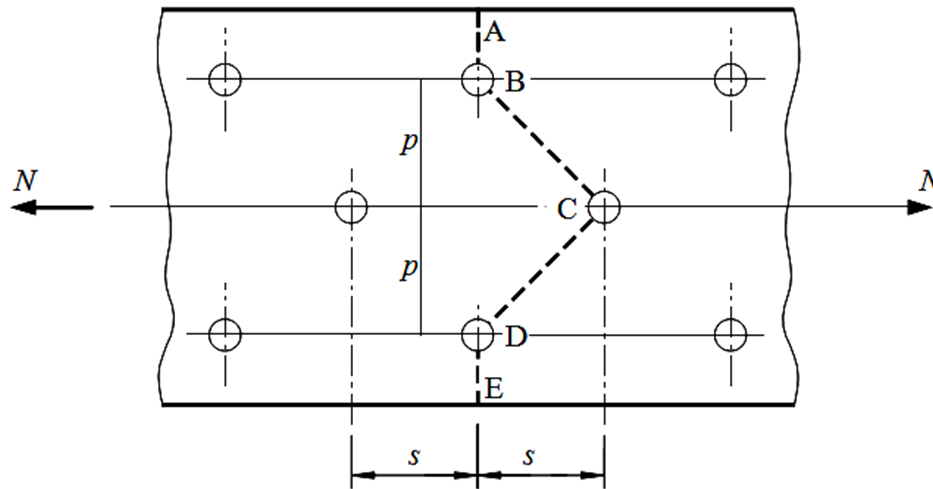
If  $S < S_m$  -----> calculate  $A_h$

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

حيث:

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

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



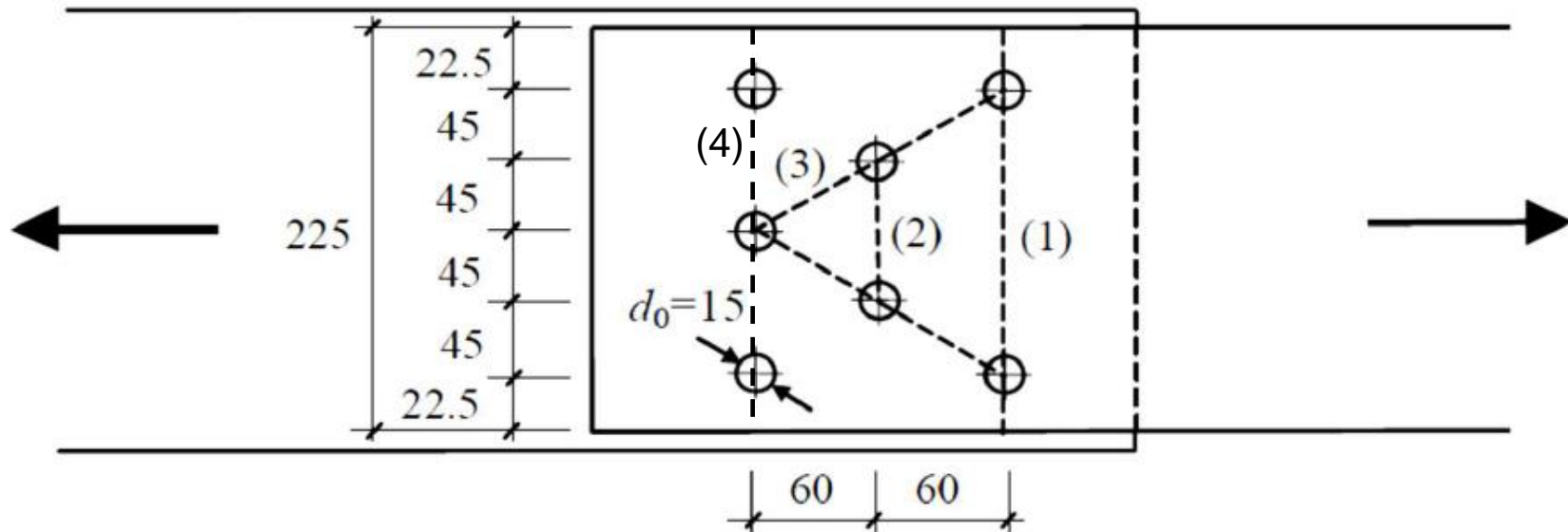
مسار الانهيار الممكن مع توضع ثقوب متعرجة

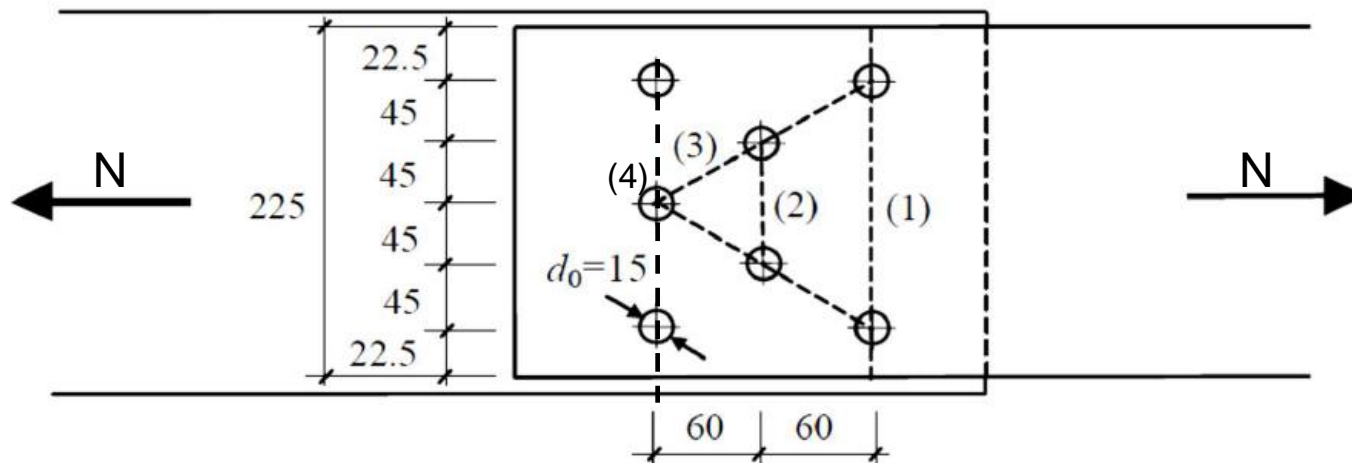
- تؤخذ المجاميع لكل الثقوب على المسار المتعرج المدروس ولكل مسافات التعرج في المسار.
- سمح كود  $EC3$  في الفقرة 6.2.2.2 باستخدام علاقة  $A_{net}$  السابقة،
- تسبب الثقوب في عناصر الشد إجهاد موضعي يتزايد عند حدود الثقب،
- وايضاً تزايد في الإجهاد المتوسط  $N / A_{net}$  الذي تم مناقشته أعلاه.

- 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.

# Worked examples أمثلة عملية

**Example 2.1: Calculate the net area  $A_{net}$  of the bolted section of the plate represented in Figure. Assume a plate with thickness  $t$  and the remaining dimensions (in  $mm$ ), as indicated in Figure**





- Taking fracture section 1-3 into Account, We get

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

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

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

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

- Taking fracture section 4 into Account, We get

$$\text{Fracture section 4} \quad A_{net}^{(4)} = 225 \times t - 3 \times t \times 15 = 180 t$$

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