

Structural Steel Design-2

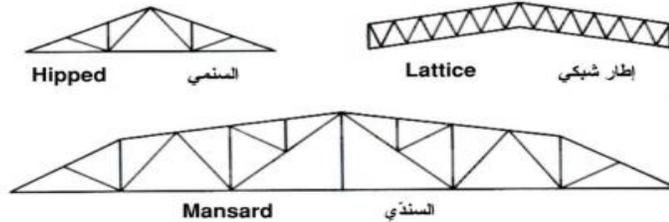
Prof. Mohammad Al-Samara

LECTURE # 14 (Design of Trusses)

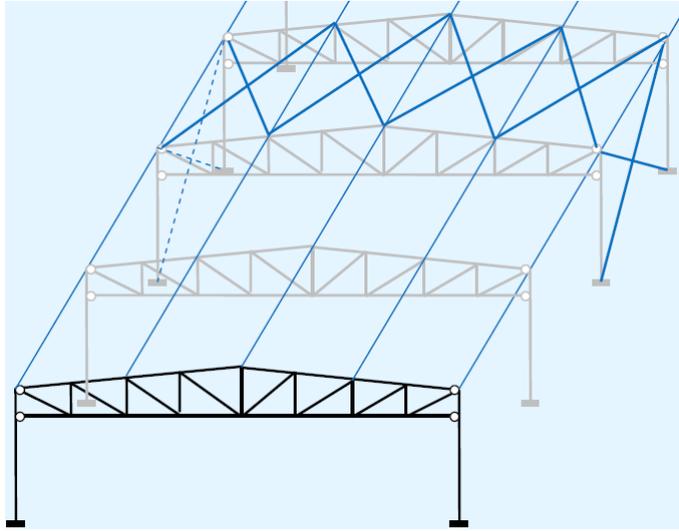
14 - 1 أنواع الجوائز الشبكية واستخداماتها

تُصنَع الجوائز الشبكية من عناصر فولاذية مختلفة وتوصل مع بعضها بواسطة صفائح وصل ولحام أو براغي، وتُصمَّم عادةً كإطارات متمفصلة في عقدها مع أن بعض العناصر الرئيسية تُصمَّم مستمرة.

يبين الشكل (14-1) مجموعة من الجوائز الشبكية شائعة الاستعمال في أسقف المباني الصناعية حيث يتعلّق اختيار أحدها بميل السقف والمجاز المزمع تغطيته، فالجائز الشبكي السنمي يستخدم في المجازات القصيرة (حتى 8 m) بينما يستخدم الإطار الشبكي في المجازات المتوسطة، أما الجائز الشبكي السندي يستخدم في المجازات الكبيرة.



الشكل (14-1) جوائز شبكية للأسقف النهائية



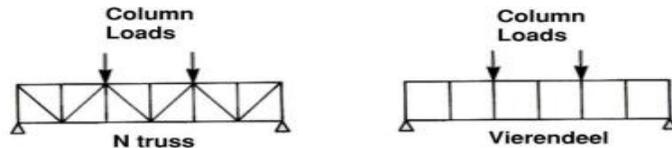
portal trusses

3

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

ويبين الشكل (14-2) مجموعة من الجوائز الشبكية الثقيلة التي تستخدم في الأبنية متعددة الطوابق حيث يتوجب تغطية مجازات كبيرة وتحمل حمولات ثقيلة من الأعمدة في الطابق الأعلى. كما يبين الشكل (14-3) جملتي تريبط شاقولية وأفقية في مبنيين أحدهما متعدد الطوابق والآخر صناعي حيث تم تشكيل جملتي التريبط على شكل جائر شبكي شاقولي أو أفقي وذلك لتأمين استقرار المبنيين ضد الأحمال الجانبية.



الشكل (14-2) جوائز شبكية لأحمال الثقيلة



4

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara جمل التريبط الشكل (14-3)

April 3, 2022

14-2 الأحمال وتحليل الجوائز الشبكية Loading and analysis

تتعرض الجوائز الشبكية إلى الأحمال التي تم شرحها في الفصل الثاني عشر من مينة وحية وأحمال رياح ويجب أخذ تراكبات هذه الأحمال بعد تصعيدها بعوامل الأمان المناسبة وذلك للتوصل إلى حالة التحميل الأسوأ التي تحكم التصميم.

تُنقل الأحمال إلى الجائز الشبكي من عناصر أخرى كالجوائز الثانوية ويكون الوضع مثالياً إذا تم ذلك عند عقد الجائز الشبكي، ولكن في الحالة العامة قد لا يكون ذلك ممكناً

ولهذا يشتمل تحليل الجائز الشبكي على المراحل التالية:

5

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

1) تحليل الجائز الشبكي بافتراض أن عقده مفاصل (عدا الفيرانديل) وأن الأحمال مطبقة في العقد ويتم التحليل عدة مرات للأخذ بالحسبان التوضعات المختلفة للأحمال المينة والحية والرياح.

2) عندما لا يكون استناد الجوائز الثانوية في العقد يتم تحليل عناصر الجائز الشبكي الحاملة الرئيسية كالوتر العلوي كجائز مستمر مستند على العقد ومحمل بردود أفعال الجوائز الثانوية.

3) تقدير الإجهادات الناتجة عن لامركزية الوصلات حيث يجب تصميم العناصر والوصلات بأخذ اللامركزية الناتجة عن عدم تلاقي محاور العناصر في العقد بالحسبان.

6

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

3 - 14 نحافة العناصر Slenderness of members

تُحدَّد نحافة كل من عناصر الجائز الشبكي بالنسبة بين طوله الفعال ونصف قطر عطلته حول المحور الذي يدرس حوله التحنيب وتُحدَّد وفقاً للملحق Annex BB للكود BS EN 1993-1-1:2005 كما في الجدول التالي:

| | In-plane buckling | Out-of-plane buckling |
|-----------------------------|---------------------|-----------------------|
| 1. General Rules | | |
| – chord members | 1.0 | 1.0 |
| – web members | 0.9 ¹ | 1.0 |
| 2. I- and H-sections | | |
| – chord members | 0.9 | 1.0 |
| – web members | 0.9 ¹ | 1.0 |
| 3. Hollow sections | | |
| – chord members | 0.9 | 0.9 |
| – web members | 1.0 | 1.0 |
| 4. Angles | | |
| – chord members | 1.0 | 1.0 |
| – web members | referred to in text | referred to in text |

1 provided that adequate end restraint is provided and the end connections supply appropriate fixity (i.e. at least 2 bolts in bolted connections).

7

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

عندما يتكون عناصر جسد الجائز الشبكي من زوايا وكانت وصلاتها تؤمن درجة مناسبة من التقييد (تحتوي على برغيين كحد أدنى إذا كانت وصلات براغي) كما أن الوتران العلوي والسفلي يؤمنان درجة مناسبة من التقييد فعندها تحدد نسبة النحافة الفعالة لعناصر الجسد المضغوطة كما يلي:

$$\bar{\lambda}_{\text{eff},v} = 0.35 + 0.7\bar{\lambda}_v \quad \text{for buckling about v-v axis}$$

$$\bar{\lambda}_{\text{eff},y} = 0.50 + 0.7\bar{\lambda}_y \quad \text{for buckling about y-y axis}$$

$$\bar{\lambda}_{\text{eff},z} = 0.50 + 0.7\bar{\lambda}_z \quad \text{for buckling about z-z axis}$$

أما إذا احتوت وصلات عناصر الجسد المكونة من زوايا على برغي واحد فيؤخذ الطول الفعال مساوياً للطول الهندسي للعنصر

8

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

14 - 4 مقاومة العناصر

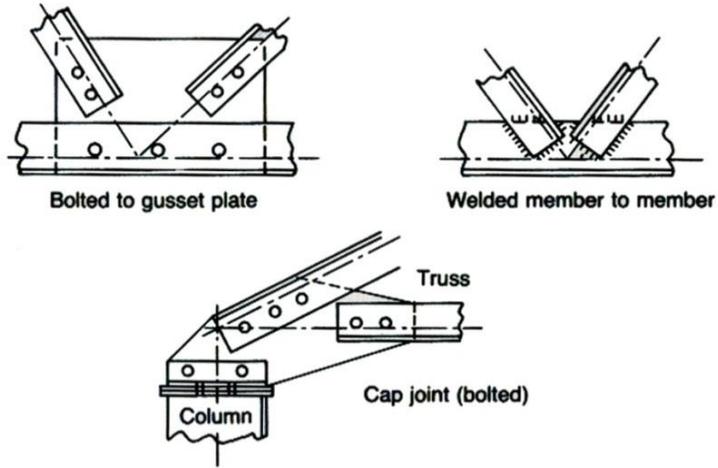
تُحدّد طاقة تحمل أي عنصر على الشد أو على الضغط كما جاء في بحثي تصميم العناصر المشدودة أو المضغوطة وسيتم توضيح ذلك من خلال مثال عددي.

14 - 6 الوصلات Connections

الوصلات ضرورية لوصل العناصر ببعضها أو لوصل الجانز الشبكي إلى بقية الهيكل الإنشائي، ويستعمل ثلاثة أنواع رئيسية من الوصلات: وصلة براغي مع صفيحة وصل، وصلة لحام مع صفيحة وصل، ووصلة لحام عنصر إلى عنصر، انظر الشكل (14-5).

يجب أن تلتقي محاور العناصر الموصولة (أو محاور صفوف براغي الوصل) في نقطة واحدة، وإذا لم يكن بالإمكانية تحقيق ذلك لابد من أخذ اللامركزية الناتجة بالحسبان عند تصميم العناصر والوصلات.

ويجب تحقيق الإجهادات المباشرة المطبقة على صفيحة الوصل وذلك بأخذ مساحة صفيحة الوصل مساوية $(b \times t)$ كما هو مبين في الشكل (14-6)

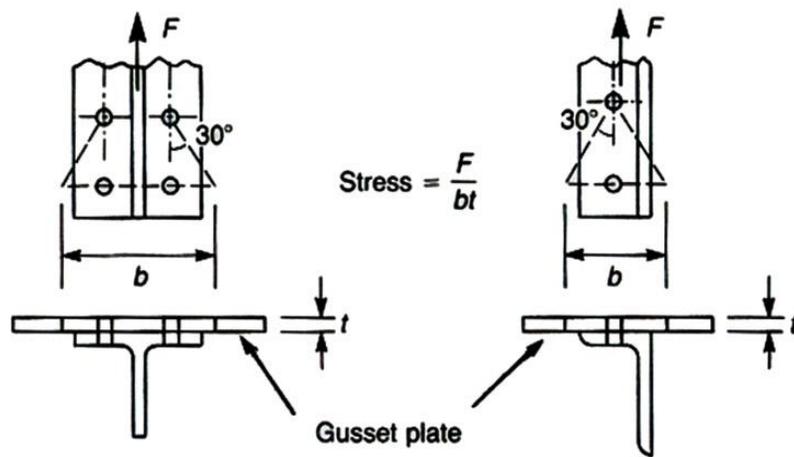


الشكل (14-5) وصلات نموذجية

11

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022



الشكل (14-6) الإجهادات في صفيحة الوصل

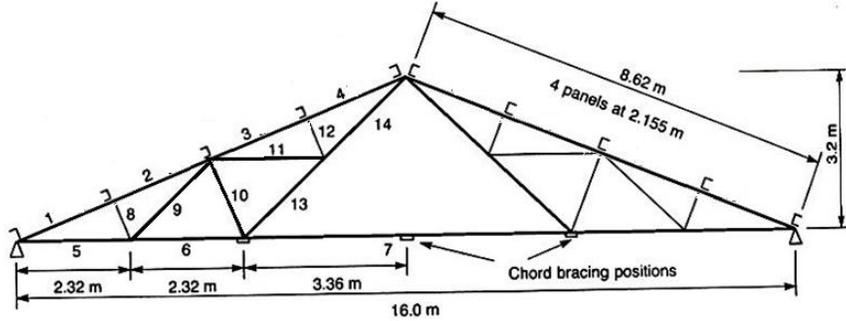
12

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

مثال : (14-1)

يتألف الإطار الرئيسي في مبنى صناعي من جوائز شبكي سلمي وعمودين مجازه 16 m كما في الشكل أدناه والتباعد بين الإطارات الرئيسية 4 m ، كما أن زاوية ميل السقف 21.8° . صمم الجائز الشبكي من فولاذ S275



13

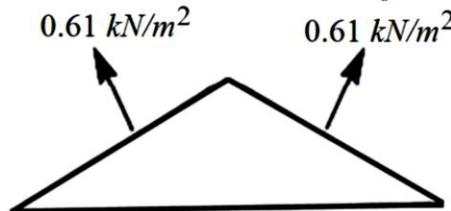
SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

الحل :

* تقدير الأحمال

- أوزان طبقات التغطية 0.12 kN/m^2
- الوزن الذاتي للجائز الشبكي 8 kN
- الوزن الذاتي للجوائز الثانوية 0.085 kN/m
- الأحمال الحية أو الثلج 0.75 kN/m^2
- نتيجة دراسة أحمال الرياح تبين أن أسوأ حالة تحميل لمنشأة السقف تنشأ عندما تهب الرياح موازية لمحور البناء وعندها قدرت أحمال الرياح كما هو مبين في الشكل الآتي:



14

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

- أحمال الوتر العلوي

الحمل الميت:

$$4 \times 8.62 \times 0.12 = 4.1376 \text{ kN} \quad \text{من طبقات التغطية}$$

$$4 \times 0.085 \times 4 = 1.36 \text{ kN} \quad \text{من الوزن الذاتي للجوائز الثانوية}$$

$$\frac{8/2 = 4 \text{ k.N}}{9.49 \text{ k.N}} \quad \text{من الوزن الذاتي للجوائز الشبكي}$$

$$4 \times 8 \times 0.75 = 24 \text{ kN} \quad \text{الحمل الحي:}$$

$$4 \times 8.6 \times (-0.61) = -21 \text{ kN} \quad \text{حمل الرياح:}$$

15

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

- أحمال العقد

تحدد أحمال العقد بقسمة أحمال الوتر العلوي على العقد فينتج حمل العقدة

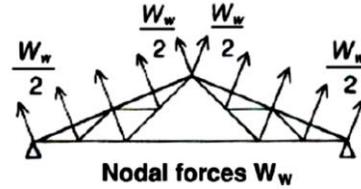
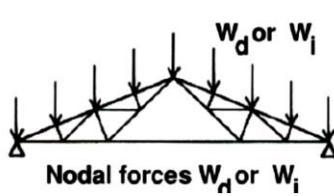
الواحدة كما يلي:

$$W_d = 9.49 / 4 = 2.37 \text{ kN} \quad \text{الحمل الميت}$$

$$W_i = 24.0 / 4 = 6.0 \text{ kN} \quad \text{الحمل الحي}$$

$$W_w = -21.0 / 4 = -5.25 \text{ kN} \quad \text{حمل الرياح}$$

وبين الشكلان التاليان هذه الأحمال واتجاهاتها



16

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

تم تحليل الجائز الشبكي تحت كل نوع من الأحمال المطبقة في العقد فنتج القوى المبينة في الجدول التالي: (اعتبرت القوة الضاغطة موجبة والقوة الشاردة سالبة)

| العنصر | القوى في العناصر (kN) | | | | |
|--------|-----------------------|-----------------|----------------------------|----------------|----------------------------|
| | الحمل الميت G | الحمل الحي Q | حمل رياح Q _w | 1.35G +1.5Q | 1.0G +1.5Q _w |
| 1 | 22.4 | 56.6 | -46.7 | 115.14 | -47.65 |
| 2 | 21.4 | 54.3 | -46.7 | 110.34 | -48.65 |
| 3 | 20.6 | 52.1 | -46.7 | 105.96 | -49.45 |
| 4 | 19.7 | 49.9 | -46.7 | 101.45 | -50.35 |
| 5 | -20.7 | -52.5 | 42.8 | -106.70 | 43.50 |
| 6 | -17.8 | -45.0 | 35.4 | -91.53 | 35.30 |
| 7 | -11.9 | -30.0 | 20.7 | -61.07 | 19.15 |
| 8 | 2.2 | 5.6 | -5.3 | 11.37 | -5.75 |
| 9 | -3.0 | -7.5 | 6.8 | -15.30 | 7.20 |
| 10 | 4.4 | 11.1 | -10.5 | 22.59 | -11.35 |
| 11 | -2.9 | -7.4 | 6.8 | -15.02 | 7.30 |
| 12 | 2.2 | 5.6 | -5.3 | 11.37 | -5.75 |
| 13 | -5.9 | -15.0 | 16.0 | -30.47 | 18.10 |
| 14 | -8.9 | -22.5 | 22.8 | -45.77 | 25.30 |

17

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

* تصميم الوتر العلوي

- تحدد قوتا الضغط F_c والشد F_t الأعظمتان اللتان يخضع لهما الوتر العلوي من الجدول أعلاه $F_c = 115.14 \text{ kN}$, $F_t = 50.35 \text{ kN}$
- الطول المحصور بين عقدتين $L_1 = 8.62 / 4 = 2.155 \text{ m}$
- نختار مقطعاً من زاويتين $2L 75 \times 50 \times 6$ موصولتين ظهراً لظهر كما هو مبين في الشكل أدناه وبحيث يتم ربط الزاويتين ببعضهما عند منتصف وربع الطول فتكون المسافة بين الروابط مساوية لـ:

$$L_1/4 = 2.155/4 \approx 0.54 \text{ m}$$

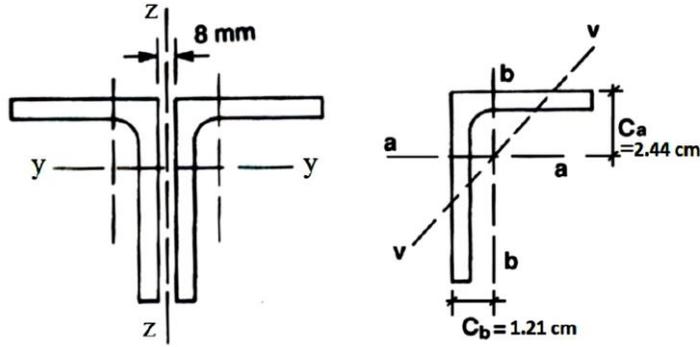
- خصائص الزاوية الواحدة

$$A_1 = 7.19 \text{ cm}^2 , I_a = 40.5 \text{ cm}^4 , I_b = 14.4 \text{ cm}^4 , \\ i_a = 2.37 \text{ cm} , i_b = 1.42 \text{ cm} , i_v = 1.08 \text{ cm}$$

18

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022



- خصائص المقطع المجمع

$$A = 2A_1 = 14.38 \text{ cm}^2, I_y = 2I_a = 81 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 2 [I_b + A_1(c_b + 0.4)^2]$$

$$= 2 [14.4 + 7.19 (1.21 + 0.4)^2] = 66.07 \text{ cm}^4$$

$$i_y = 2.37 \text{ cm}, i_z = (I_z/A)^{1/2} = 2.14 \text{ cm}$$

19

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

- بما أن ماركة الفولاذ المستخدم S275 وأن سماكة الزاوية أقل من 16 mm

$$\text{فإن: } f_y = 275, \varepsilon = (235 / f_y)^{1/2} = 0.92$$

- المقطع من الصنف 3 لأن:

$$h/t = 75/6 = 12.5 < 15 \varepsilon = 13.8$$

$$(h + b)/2t = (75 + 50)/12 = 10.4 < 11.5 \varepsilon = 10.58$$

- لتحقيق طاقة تحمل الوتر العلوي موضعياً يجب أن تتحقق علاقة التالية:

$$N_{c,Rd} = Af_y / \gamma_{M0} = 14.38 \times 100 \times 275 \times 10^{-3} / 1.0 = 395 \text{ kN}$$

$$\frac{F_c}{N_{c,Rd}} = \frac{115.14}{395} = 0.32 < 1 \quad \text{ok}$$

20

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

تحدد نسبة نحافة عناصر الوتر العلوي كما يلي:

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{E/f_y} = \pi \sqrt{210000/275} = 86.8$$

$$\lambda_z = L_1/i_z = 215.5/2.14 = 100.7$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{100.7}{86.8} = 1.16$$

$$\phi_z = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0.2) + \bar{\lambda}_z^2]$$

For Angle section use curve 'b' $\Rightarrow \alpha = 0.34$

$$\phi_z = 0.5[1 + 0.34(1.16 - 0.2) + 1.16^2] = 1.34$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1.34 + \sqrt{1.34^2 - 1.16^2}} = 0.5$$

21

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

$$\lambda_y = L_1 / i_y = 215.5 / 2.37 = 90.9$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{90.9}{86.8} = 1.05$$

$$\phi_y = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0.2) + \bar{\lambda}_y^2]$$

For Angle section use curve 'b' $\Rightarrow \alpha = 0.34$

$$\phi_y = 0.5[1 + 0.34(1.05 - 0.2) + 1.05^2] = 1.2$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1.2 + \sqrt{1.2^2 - 1.05^2}} = 0.56$$

$$\chi_y = 0.56 > \chi_z = 0.5$$

\Rightarrow buckling will occur about z axis

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.5 \times 1438 \times 275 \times 10^{-3}}{1.0} = 198 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 198 \text{ kN} > 115.14 \text{ kN} \quad \text{ok}$$

22

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

* تصميم الوتر السفلي

- تحدد قوتا الضغط F_c والشد F_t الأعظمتان اللتان يخضع لهما الوتر السفلي من جدول القوى في العناصر أعلاه فنجد:

$$F_c = 43.5 \text{ kN} , F_t = 106.7 \text{ kN}$$

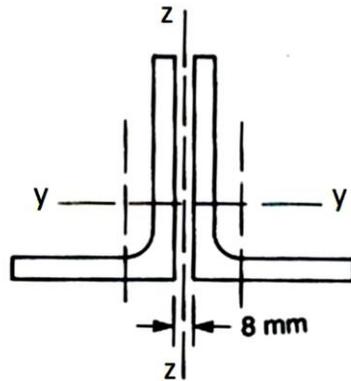
نختار مقطعاً من زاويتين $2L75 \times 50 \times 6$ موصولتين ظهراً لظهر كما هو مبين في الشكل أدناه (نفس مقطع الوتر العلوي) وبحيث يتم ربط الزاويتين ببعضهما عند منتصف العنصر وعلى بعد 45 cm (تسع مرات طول الساق الصغرى للزاوية) من العقدة فتكون المسافة القصوى بين الروابط:

23

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

$$s_1 = 0.5L - 45 = 0.5 \times 232 - 45 = 71 \text{ cm}$$



خصائص الزاوية الواحدة
وخصائص المقطع المجمع كما
جاء في الوتر العلوي

- على فرض أنه تم وصل

العنصر إلى العقدة بواسطة براغيين 8.8M20 وأن قطر الثقب المعد للبرغي الواحد هو $d_0 = 22 \text{ mm}$ وأن التباعد بين البراغي يسوي $2.5d_0 = 55 \text{ mm}$

24

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

- تحسب طاقة تحمل الشد وفق العلاقة التالية:

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

$$A_{net} = 1438 - 2(22 \times 6) = 1174 \text{ mm}^2 \quad \text{المساحة الصافية للعنصر:}$$

$$f_u = 430 \text{ N/mm}^2, \quad \gamma_{M2} = 1.1, \quad \beta_2 = 0.4$$

$$N_{t,Rd} = \frac{0.4 \times 1174 \times 430 \times 10^{-3}}{1.1} = 183 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = 183 \text{ kN} > F_t = 106.7 \text{ kN} \quad \text{ok}$$

25

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

- بما أنه تم استخدام نفس مقطع الوتر العلوي فإن:

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2, \quad \varepsilon = (235/f_y)^{1/2} = 0.92$$

- وأن المقطع من الصنف 3 وطاقة تحمله موضعياً

$$N_{c,Rd} = A f_y / \gamma_{M0} = 14.38 \times 100 \times 275 \times 10^{-3} / 1.0 = 359 \text{ kN}$$

$$\frac{F_c}{N_{c,Rd}} = \frac{43.5}{359} = 0.12 < 1 \quad \text{ok}$$

26

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

تحدد نسبة نحافة عناصر الوتر الاسفلي كما يلي:

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{E/f_y} = \pi \sqrt{210000/275} = 86.8$$

وبفرض أنه تم استخدام عناصر تربيط للوتر السفلي كما في الشكل التوضيحي للجائز الشبكي أعلاه فنجد أن المسافة القصوى بين قضيبين تربيط هي $L_z = 4.64 m$ فتحدد نسبة النحافة حول المحور z كما يلي:

$$\lambda_z = L_z/i_z = 464/2.14 = 217$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{217}{86.8} = 2.5$$

$$\phi_z = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0.2) + \bar{\lambda}_z^2]$$

For Angle section use curve 'b' $\Rightarrow \alpha = 0.34$

$$\phi_z = 0.5[1 + 0.34(2.5 - 0.2) + 2.5^2] = 4.02$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{4.02 + \sqrt{4.02^2 - 2.5^2}} = 0.14$$

27

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

$$\lambda_y = L_1 / i_y = 323/2.37 = 136$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{136}{86.8} = 1.57$$

$$\phi_y = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0.2) + \bar{\lambda}_y^2]$$

For Angle section use curve 'b' $\Rightarrow \alpha = 0.34$

$$\phi_y = 0.5[1 + 0.34(1.57 - 0.2) + 1.57^2] = 1.96$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1.96 + \sqrt{1.96^2 - 1.57^2}} = 0.32$$

$$\chi_y = 0.32 > \chi_z = 0.14$$

\Rightarrow buckling will occur about z axis

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.14 \times 1438 \times 275 \times 10^{-3}}{1.0} = 55 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 55 \text{ kN} > 43.5 \text{ kN} \quad \text{ok}$$

28

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

* تصميم أحد عناصر الجسد (العنصر رقم 10)

نجد من جدول القوى أعلاه قوتي الضغط والشد الأعظمتين كما يلي:

$$F_c = 22.59 \text{ kN} , F_t = 11.35 \text{ kN}$$

- نختار مقطعاً من زاوية واحدة $L 60 \times 60 \times 6$ خصائصها الهندسية كما يلي:

$$A = 6.91 \text{ cm}^2, \quad I_y = I_z = 22.8 \text{ cm}^4, \quad I_v = 9.44 \text{ cm}^4$$

$$i_z = i_y = 1.82 \text{ cm} , \quad i_v = 1.17 \text{ cm}$$

بما أن $t = 6 < 16 \text{ mm}$ فإن

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2 , \quad \varepsilon = (235 / f_y)^{1/2} = 0.92$$

- المقطع من الصنف 3 لأن:

$$h/t = 60/6 = 10 < 15 \quad \varepsilon = 13.8$$

$$(h + b) / 2t = (60 + 60) / 12 = 10 < 11.5 \quad \varepsilon = 10.58$$

29

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

- تحديد نسبة نحافة العنصر:

لعدم المعرفة المسبقة بتصميم الوصلة نفرض أن العنصر موصول بكل من طرفيه إلى صفيحة وصل ببرغيين 4.6M16 وأن قطر الثقب المعد للبرغي هو $d_0 = 18 \text{ mm}$ وعليه نحدد نسبة النحافة كما يلي:

$$\lambda_v = 1.0 L_v / i_v = 1.0 \times 172 / 1.17 = 147$$

$$\bar{\lambda}_v = \frac{\lambda_v}{\lambda_1} = \frac{147}{86.8} = 1.69$$

$$\bar{\lambda}_{eff,v} = 0.35 + 0.7 \bar{\lambda}_v = 0.35 + 0.7 \times 1.69 = 1.53$$

$$\lambda_y = \lambda_z = 1.0 L_y / i_y = 1.0 \times 172 / 1.82 = 95$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{95}{86.8} = 1.09$$

$$\bar{\lambda}_{eff,y} = 0.5 + 0.7 \bar{\lambda}_y = 0.5 + 0.7 \times 1.09 = 1.26$$

∴ $\bar{\lambda} = \bar{\lambda}_{eff,v} = 1.53$ (buckling will occur about v axis)

30

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

$$\phi = 0.5[1 + \alpha(\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2]$$

For Angle section use curve 'b' $\Rightarrow \alpha = 0.34$

$$\phi = 0.5[1 + 0.34(1.53 - 0.2) + 1.53^2] = 1.9$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1.9 + \sqrt{1.9^2 - 1.53^2}} = 0.33$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.33 \times 691 \times 275 \times 10^{-3}}{1.0} = 62 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 62 \text{ kN} > F_c = 22.59 \text{ kN} \quad \text{ok}$$

- وبما أن قوة الشد صغيرة بالمقارنة مع قوة الضغط فالمقطع أيضاً محقق على الشد.

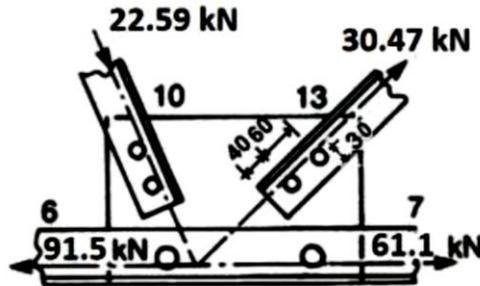
31

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

* تصميم وصلة نموذجية

- لنصمم الوصلة بين العناصر 6, 7, 10, 13 باستخدام صفيحة وصل سماكتها 8 mm وبراعي سوداء قطر 16 mm وماركتها 4.6 كما هو مبين في الشكل أدناه.



- لن يتم وصل العنصرين 6 و 7 في هذه الوصلة

$$F = 30.47 \text{ kN}$$

- القوة العظمى في العنصر 13 هي:

32

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

- مقاومة البرغي للقص

$$F_{v,Rd} = 0.6 \times \frac{f_{ub}A}{\gamma_{M2}} = 0.6 \times \frac{400 \times 157}{1.25} \times 10^{-3} = 30 \text{ kN}$$

إذا مقاومة البرغيين للقص: $2 \times 30 = 60 \text{ kN}$

33

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

- مقاومة البرغي للدهس

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,ac} d t_{ac}}{\gamma_{M2}}$$
$$k_1 = \min \left(2.8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1.7 = 2.8 \times \frac{30}{18} - 1.7 \right. \\ \left. = 2.97; 2.5 \right) = 2.5$$
$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1.0 \right) \text{ لبرغي النهاية}$$
$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_0} = \frac{40}{3 \times 18} = 0.74; \frac{400}{410} = 0.97; 1.0 \right) \\ = 0.74$$
$$\alpha_b = \min \left(\frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1.0 \right) \text{ للبرغي الداخلي}$$
$$\alpha_b = \min \left(\frac{60}{3 \times 18} - 0.25 = 0.86; \frac{400}{410} = 0.97; 1.0 \right) \\ = 0.86$$

34

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,ac} d t_{ac}}{\gamma_{M2}}$$

$$= \frac{2.5 \times 0.74 \times 410 \times 16 \times 6}{1.25} \times 10^{-3}$$

$$= 58 \text{ kN} \text{ لبرغي النهاية}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,ac} d t_{ac}}{\gamma_{M2}}$$

$$= \frac{2.5 \times 0.86 \times 410 \times 16 \times 6}{1.25} \times 10^{-3}$$

$$= 67 \text{ kN} \text{ للبرغي الداخلي}$$

مقاومة مجموعة البرغيين للدهس: $58 + 67 = 125 \text{ kN}$

إذاً مقاومة مجموعة البرغيين تحدد بـ 60 kN

$$\therefore N_{Rd} = 60 \text{ kN} > 30.47 \text{ kN} \quad ok$$

35

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022

- تحقيق صفيحة الوصل: تحدد إجهادات الشد في صفيحة الوصل كما في الشكل (14-5)

$$\sigma_t = \frac{F}{bt}$$

$$b = \frac{60}{\cos 30^\circ} - 18 = 51.3 \text{ mm}$$

$$\sigma_t = \frac{F}{bt} = \frac{30.47 \times 10^3}{51.3 \times 8} = 74 \text{ N/mm}^2 < 275 \text{ N/mm}^2$$

* تصمم بقية عناصر الجانز الشبكي بنفس الطريقة ويجب الانتباه إلى أنه ليس عملياً اختيار مقطع لكل عنصر ويفضل أن لا يزيد عدد أنواع المقاطع المختارة على أربعة.

36

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 3, 2022