

Structural Steel Design-2

Prof. Mohammad Al-Samara

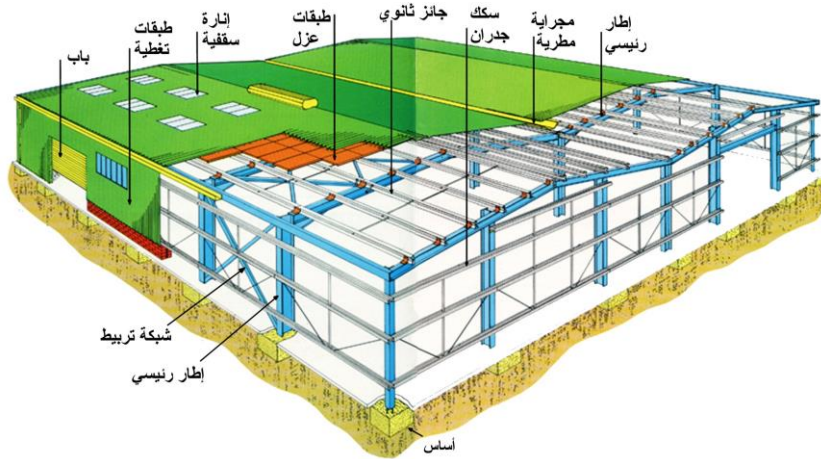
LECTURE # 15

جمل التريبط

Bracing systems

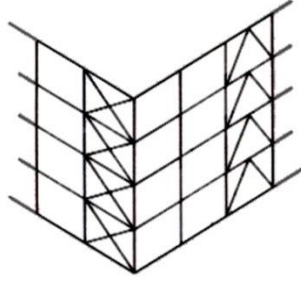
مقدمة

يبين الشكل أدناه مبنى نموذجياً من طابق واحد يتألف من صفائح تغطية وعناصر فولاذية ثانوية كسكك الجدران وجوائز السقف الثانوية وشبكات التريبط ومن إطارات رئيسية.

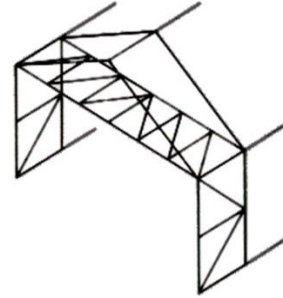


1- مقدمة :

تتألف جمل التريبط عادةً من مقاطع فولاذية بسيطة مثل مبسطات أو زوايا أو مقاطع مفرغة ويتم ترتيب هذه العناصر لتشكيل جوائز شبكية كما في الشكل.



Multi-storey building



Single storey building

وفي أغلب الأحيان تُرتب العناصر بشكل متصلب لكي تصمم لتتحمل قوى شد فقط.

3

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

تخضع جمل التريبط إلى قوى أفقية ناتجة عن عدد من المصادر مثل:

- أحمال الرياح وأحمال الروافع التي تؤثر أفقياً على المنشأ.
- أحمال الهزات الأرضية: غالباً أحمال ساكنة أفقية مكافئة.
- قوى ناتجة عن التقييد الجانبي للأعمدة والجوائز.
- قوى افتراضية لتحقيق الاستقرار الجانبي للمنشأ.
- قوى مؤقتة ناتجة عن أعمال التنفيذ.

يجب أن يمتلك المنشأ الصلابة الكافية ضد الانزياح الجانبي لتؤمن مقاومة قوى الرياح الأفقية، وكحد أدنى يجب تصميم المنشأ لمقاومة الأحمال الأفقية الافتراضية المنصوص عليها في كودات التصميم

4

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

2 - تربيط الأبنية متعددة الطوابق Multi-storey bracing

يتم مقاومة القوى الأفقية في الأبنية متعددة الطوابق بـ :

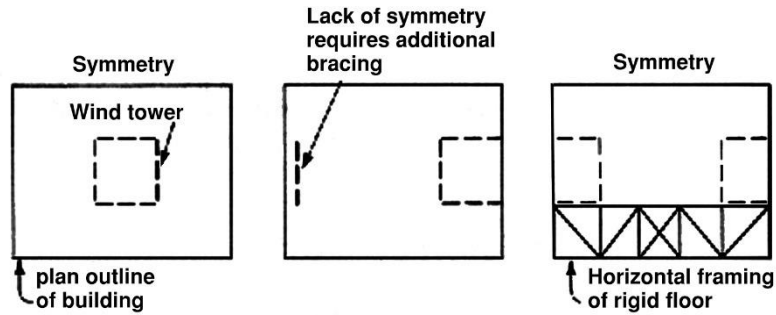
- تصميم عقد الاطارات كعقد صلبة قادرة على تحمل العزوم المطبقة وبالتالي تحليل الإطارات وفقاً لذلك.
- تأمين جدران قص خرسانية لتقاوم القوى الأفقية مثل جدران بيت الدرج أو جدران بئر المصعد.
- تأمين إطارات تربيط من العناصر الفولاذية كما في الشكل أعلاه.

5

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

يتطلب اختيار مواقع شبكات التربيط أو جدران القص الخرسانية عناية خاصة حيث يفضل التوضع المتناظر لتجنب خضوع جملة التربيط إلى عزوم قتل، ويبين الشكل (15-1) ثلاثة بدائل.



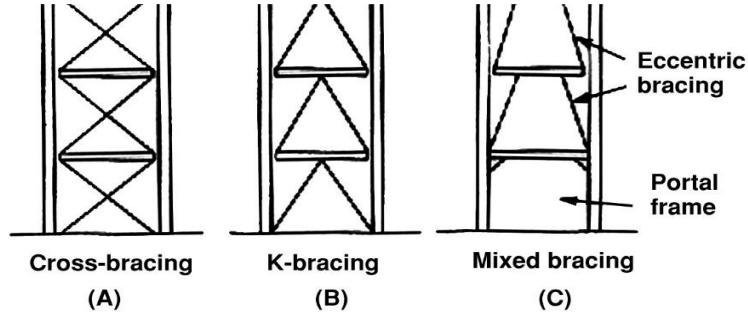
الشكل (15-1) مواقع جمل التربيط

6

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

تأخذ إطارات التثبيت أشكالاً عدة كما هو مبين في الشكل (15-2)، فمثلاً التثبيت المتصالب يسمح بتصميم عناصر التثبيت على تحمل قوى شادة فقط إلا أنه يعيق فتح الأبواب و النوافذ. والبديلان المبينان في الشكلين (15-2b,c) يسمحان بوجود الفتحات لكن يمكن أن تتعرض عناصرهما إلى ضغط. ولذلك عند تصميم هذه العناصر يجب أن تكون نسبة نحافتها أقل ما يمكن.



الشكل (15-2) إطارات التثبيت الشاقولية

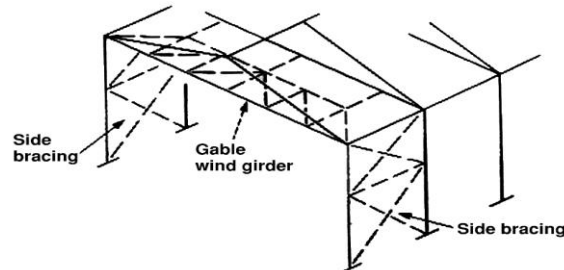
7

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

3 تثبيت الأبنية وحيدة الطابق Single-storey bracing

إذاً يجب تأمين جمل تثبيت كالمبينة في الشكل (15-3) لتقاوم أحمال الروافع الطولية والأحمال الناتجة عن الرياح (ضغط أو سحب) على الواجهتين السنميتين (الجانبيتين) وكذلك الناتجة عن احتكاك الرياح مع الواجهتين الرئيسيتين ومع سقف البناء ويجب تأمين شبكة تثبيت أفقية (جائز رياح) عند كل من نهايتي البناء إما في مستوي الوتر العلوي عندما تكون زاوية ميل السقف صغيرة أو في مستوي الركبة كما هو مبين في الشكل (15-3) ويتم سند جائز الرياح بشبكة التثبيت الشاقولية التي تتحمل أيضاً القوى الطولية الناتجة عن فرملة الروافع.

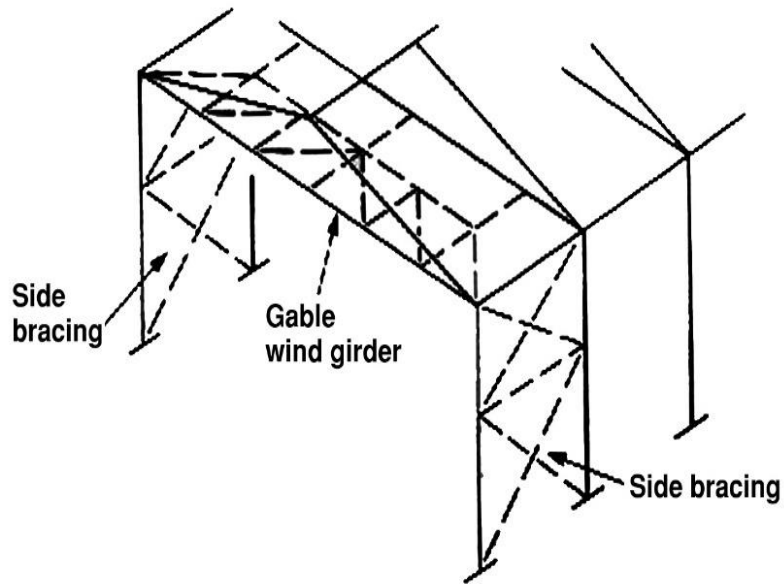


الشكل (15-3)

8

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022



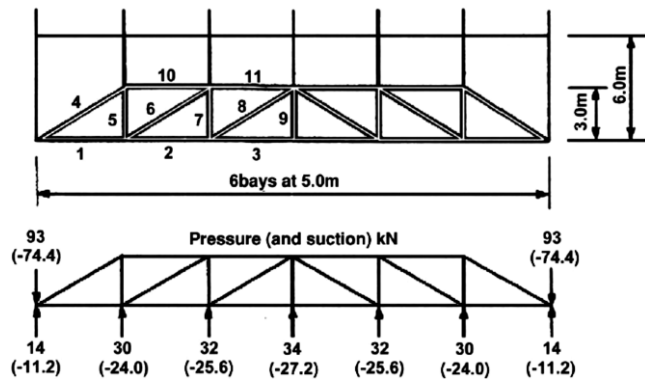
9

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

مثال: (15-1)

صمم جانز الرياح المبين في الشكل أدناه من فولاذ ماركنه S275 علماً أن المسافة بين الإطارات الرئيسية 6.0m وأن ارتفاع الركبة 12.5 m وأن المسافة بين الأعمدة في الواجهة الجانبية (أعمدة الرياح) التي تنقل أحمال الرياح إلى جانز الرياح 5.0m . كما أن ردود أفعال أعمدة الرياح (غير مصعدة) مبينة في الشكل أدناه في حالتي الضغط أو السحب (المص) على الواجهة الجانبية.



10

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

الحل :

يمكن إيجاد القوى في عناصر الجائز بأي من طرائق تحليل الجوائز الشبكية وبين الجدول أدناه هذه القوى مصعدة بعامل أمان $\gamma_f = 1.5$ في كلا حالتي الضغط والسحب مع اعتبار إشارة القوى الضاغطة موجبة.

العنصر	القوى المصعدة في العناصر (kN)	
	حالة الضغط	حالة السحب
1	197	-158
2	320	-256
3	362	-290
4	-230	184
5	118	-95
6	-142	114
7	73	-58
8	-49	39
9	51	-41
10	-197	158
11	-320	256

11

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

* تصميم الوتر الخارجي:

- يتضح من الجدول أعلاه أن قوة الضغط العظمى في العنصر (3) تساوي 362 kN

- نختار المقطع القياسي UKB $254 \times 146 \times 37$ ذي المواصفات التالية:

$$h = 256 \text{ mm}, \quad B = 146.4 \text{ mm}, \quad t_w = 6.3 \text{ mm},$$

$$t_f = 10.9 \text{ mm}, \quad c_f/t_f = 5.73, \quad c_w/t_w = 34.8$$

$$i_y = 10.8 \text{ cm}, \quad i_z = 3.48 \text{ cm}, \quad A = 47.2 \text{ cm}^2$$

$$t_f = 10.9 < 16 \text{ mm} \Rightarrow$$

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

- المقطع ليس نحيفاً لأن

$$c_f/t_f = 5.73 < 14 \varepsilon = 12.8$$

$$c_w/t_w = 34.8 < 42 \varepsilon = 38.6$$

12

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

- يحدد الطول الفعال ونسبة النحافة للعنصر (3) كما يلي:

$$L_{Ey} = 0.9 L = 0.9 \times 500 = 450 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_y = L_{Ey}/i_y = 42$$

$$L_{Ez} = 1.0 L = 500 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_z = L_{Ez} / i_z = 144$$

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

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{144}{86.8} = 1.66$$

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

$$\frac{h}{b} \geq 1.2 \text{ and } t_f \leq 100 \text{ mm} \Rightarrow \text{for buckling}$$

about z axis use curve 'b' $\Rightarrow \alpha = 0.34$

$$\phi_z = 0.5[1 + 0.34(1.66 - 0.2) + 1.66^2] = 2.12$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{2.12 + \sqrt{2.12^2 - 1.66^2}} = 0.29$$

13

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{42}{86.8} = 0.48$$

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

$$\frac{h}{b} \geq 1.2 \text{ and } t_f \leq 100 \text{ mm} \Rightarrow$$

for buckling about y axis use curve 'a' $\Rightarrow \alpha = 0.21$

$$\phi_y = 0.5[1 + 0.21(0.48 - 0.2) + 0.48^2] = 0.6$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0.6 + \sqrt{0.6^2 - 0.48^2}} = 1.04$$

$$\therefore \chi_y = 1.0$$

$\chi_y = 1.0 > \chi_z = 0.2 \Rightarrow$ buckling will occur about z axis

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.29 \times 4720 \times 275 \times 10^{-3}}{1.0} = 376 \text{ kN}$$

$$> 362 \text{ kN ok}$$

14

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

• تصميم الوتر الداخلي: يتضح من جدول القوى أن قوة الضغط العظمى في العنصر (11) تساوي 256 kN

- نختار المقطع القياسي UKB $203 \times 133 \times 30$ ذي المواصفات التالية:

$$h = 206.8 \text{ mm}, \quad b = 133.9 \text{ mm}, \quad t_w = 6.4 \text{ mm},$$

$$t_f = 9.6 \text{ mm}, \quad c_f/t_f = 5.85, \quad c_w/t_w = 26.9$$

$$i_y = 8.71 \text{ cm}, \quad i_z = 3.17 \text{ cm}, \quad A = 38.2 \text{ cm}^2$$

$$t_f = 9.6 < 16 \text{ mm} \Rightarrow$$

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

- المقطع ليس نحيفاً لأن

$$c_f/t_f = 5.85 < 14 \varepsilon = 12.8$$

$$c_w/t_w = 26.9 < 42 \varepsilon = 38.6$$

15

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

- يحدد الطول الفعال ونسبة النحافة للعنصر (11) كما يلي:

$$L_{Ey} = 0.9 L = 0.9 \times 500 = 450 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_y = L_{Ey}/i_y = 52$$

$$L_{Ez} = 1.0 L = 500 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_z = L_{Ez}/i_z = 158$$

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

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{158}{86.8} = 1.82$$

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

$$\frac{h}{b} \geq 1.2 \text{ and } t_f \leq 100 \text{ mm} \Rightarrow \text{for buckling}$$

about z axis use curve 'b' $\Rightarrow \alpha = 0.34$

$$\phi_z = 0.5[1 + 0.34(1.82 - 0.2) + 1.82^2] = 2.43$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{2.43 + \sqrt{2.43^2 - 1.82^2}} = 0.247$$

16

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{52}{86.8} = 0.6$$

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

$$\frac{h}{b} \geq 1.2 \text{ and } t_f \leq 100 \text{ mm} \Rightarrow$$

for buckling about y axis use curve 'a' $\Rightarrow \alpha = 0.21$

$$\phi_y = 0.5[1 + 0.21(0.6 - 0.2) + 0.6^2] = 0.72$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0.72 + \sqrt{0.72^2 - 0.6^2}} = 0.9$$

$\chi_y = 0.9 > \chi_z = 0.24 \Rightarrow$ buckling will occur about z axis

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.247 \times 3820 \times 275 \times 10^{-3}}{1.0} = 259 \text{ kN}$$

$$> 256 \text{ kN} \quad \text{ok}$$

17

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

- تحقيق العنصر (11) على الشد: على فرض أنه سيتم وصل العنصر مع العنصر المجاور له بواسطة براغي بحيث يُستخدم برغيين في كل جناح وبرغيين في الجسد وأن قطر الثقب المنفذ لكل برغي يساوي 26 mm كما أن القوة المطبقة على العنصر تساوي 320 kN

تُحدد المساحة الصافية لمقطع العنصر كما يلي:

$$A_{net} = 38.2 - (4 \times 2.6 \times 0.96 + 2 \times 2.6 \times 0.64) = 24.89 \text{ cm}^2$$

تحدد مقاومة العنصر على الشد بالأصغر مما يلي:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3820 \times 275}{1.0} \times 10^{-3} = 1050 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \times 2489 \times 410}{1.1} \times 10^{-3} = 835 \text{ kN}$$

$$\therefore N_{u,Rd} = 835 \text{ kN} > 320 \text{ kN} \quad \text{ok}$$

18

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

تصميم العنصر القطري (4): يتضح من جدول القوى أن قوة الضغط العظمى تساوي 184 kN وأن قوة الشد العظمى 230 kN

- نختار المقطع القياسي UKB 203 × 133 × 30 مماثل لمقطع الوتر الداخلي

$$L_{Ey} = 0.9 L = 0.9 \times 583 = 525 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_y = L_{Ey} / i_y = 60$$

$$L_{Ez} = 1.0 L = 583 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_z = L_{Ez} / i_z = 184$$

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

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{184}{86.8} = 2.12$$

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

$$\frac{h}{b} \geq 1.2 \text{ and } t_f \leq 100 \text{ mm} \Rightarrow \text{for buckling}$$

about z axis use curve 'b' $\Rightarrow \alpha = 0.34$

$$\phi_z = 0.5[1 + 0.34(2.12 - 0.2) + 2.12^2] = 3.07$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{3.07 + \sqrt{3.07^2 - 2.12^2}} = 0.19$$

19

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{60}{86.8} = 0.69$$

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

$$\frac{h}{b} \geq 1.2 \text{ and } t_f \leq 100 \text{ mm} \Rightarrow$$

for buckling about y axis use curve 'a' $\Rightarrow \alpha = 0.21$

$$\phi_y = 0.5[1 + 0.21(0.69 - 0.2) + 0.69^2] = 0.79$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0.79 + \sqrt{0.79^2 - 0.69^2}} = 0.85$$

$\chi_y = 0.85 > \chi_z = 0.19 \Rightarrow$ buckling will occur about z axis

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.19 \times 3820 \times 275 \times 10^{-3}}{1.0} = 199 \text{ kN}$$

$> 184 \text{ kN}$ ok

20

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

- كما أن مقاومة العنصر على الشد تساوي 835 kN أكبر من القوة المطبقة 230 kN وذلك بفرض أنه سيتم وصله مع العناصر الأخرى بنفس طريقة العنصر (11)

21

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

* تصميم عناصر جسد الجائز الشبكي:

- نختار العنصر (6) ممثلاً لعاصر الجسد كونه الأطول ويخضع لقوة ضغط تساوي 114 kN وقوة شد تساوي 142 kN

- نختار المقطع القياسي $UKB 203 \times 133 \times 25$ الذي مواصفاته كما يلي:

$$h = 203.2 \text{ mm}, \quad b = 133.2 \text{ mm}, \quad t_w = 5.7 \text{ mm}$$

$$t_f = 7.8 \text{ mm}, \quad c_f/t_f = 7.2, \quad c_w/t_w = 30.2$$

$$i_y = 8.56 \text{ cm}, \quad i_z = 3.1 \text{ cm}, \quad A = 32.0 \text{ cm}^2$$

$$t_f = 7.8 < 16 \text{ mm} \Rightarrow$$

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

- المقطع ليس نحيفاً لأن

$$c_f/t_f = 7.2 < 14 \varepsilon = 12.8$$

$$c_w/t_w = 30.2 < 42 \varepsilon = 38.6$$

22

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

- يحدد الطول الفعال ونسبة النحافة للعنصر (6) كما يلي:

$$L_{Ey} = 0.9 L = 0.9 \times 583 = 525 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_y = L_{Ey} / i_y = 61$$

$$L_{Ez} = 1.0 L = 583 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_z = L_{Ez} / i_z = 188$$

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

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{188}{86.8} = 2.16$$

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

$$\frac{h}{b} \geq 1.2 \text{ and } t_f \leq 100 \text{ mm} \Rightarrow \text{for buckling}$$

about z axis use curve 'b' $\Rightarrow \alpha = 0.34$

$$\phi_z = 0.5[1 + 0.34(2.16 - 0.2) + 2.16^2] = 3.17$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{3.17 + \sqrt{3.17^2 - 2.16^2}} = 0.18$$

23

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{61}{86.8} = 0.7$$

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

$$\frac{h}{b} \geq 1.2 \text{ and } t_f \leq 100 \text{ mm} \Rightarrow$$

for buckling about y axis use curve 'a' $\Rightarrow \alpha = 0.21$

$$\phi_y = 0.5[1 + 0.21(0.7 - 0.2) + 0.7^2] = 0.8$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0.8 + \sqrt{0.8^2 - 0.7^2}} = 0.84$$

$$\chi_y = 0.84 > \chi_z = 0.18$$

\Rightarrow buckling will occur about z axis

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.18 \times 3200 \times 275 \times 10^{-3}}{1.0} = 158 \text{ kN}$$

$$> 114 \text{ kN ok}$$

24

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

- تحقيق العنصر (6) على الشد: القوة المطبقة على العنصر تساوي 142 kN

تحدد مقاومة العنصر على الشد كما يلي:

$$N_{pl.Rd} = \frac{Af_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3200 \times 275}{1.0} \times 10^{-3} = 880 \text{ kN}$$

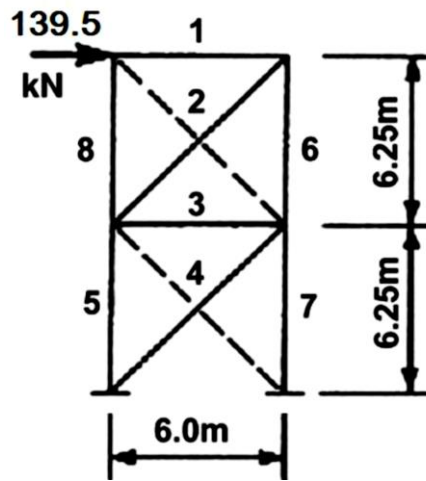
$$\therefore N_{u.Rd} = 880 \text{ kN} > 142 \text{ kN} \quad ok$$

وتحدد مقاومة المقطع الصافي للشد بناءً على طريقة وصل العنصر مع العناصر المجاور له

25

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022



مثال: (15-2)

صمم شبكة التثبيت الشاقولية التي تسند جوائز الرياح في المثال السابق من فولاذ ماركتة S275 مع العلم أن رد فعل جوائز الرياح 93 kN يبين الشكل جانباً شبكة التثبيت الشاقولية.

26

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

الحل:

* تخضع شبكة التثبيت في أعلاها إلى قوة مصعدة قدرها:

$$F = 1.5 \times 93 = 139.5 \text{ kN}$$

يبين الجدول أدناه القوى المصعدة في عناصر الجملة (الضغط موجب)

العنصر	1	2	3	4	5	6	7	8
القوة kN	139.5	-201	139.5	-201	-143	145	291	0.0

تم استخدام عناصر قطرية متصالبة لتعمل على الشد فقط.

27

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

* تصميم العنصرين القطريين (2) و (4)

– يتضح من جدول القوى أن قوة الشد المطبقة 201 kN

– نستخدم مقطع زاوية منفردة 100 x 75 x 8 موصولة بساقها الطويل بصف

من ثلاثة براغي 8.8M20 على طول العنصر إلى عقد جملة التثبيت وأن

مساحة المقطع 13.5 cm² وأن قطر النقب المعد للبرغي 22 mm

$$t = 8.0 < 16 \text{ mm} \Rightarrow$$

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

– تحسب المساحة الصافية لمقطع الزاوية كما يلي:

28

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

- تحسب المساحة الصافية لمقطع الزاوية كما يلي:

$$A_g = 13.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{net} = 1350 - 22 \times 8 = 1174 \text{ mm}^2$$

تحدد مقاومة العنصر على الشد بالأصغر مما يلي:

$$N_{pl.Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1350 \times 275}{1.0} \times 10^{-3} = 371 \text{ kN}$$

$$N_{u.Rd} = \frac{\beta_3 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0.5 \times 1174 \times 410}{1.1} \times 10^{-3} = 218 \text{ kN}$$

$$\therefore N_{u.Rd} = 218 \text{ kN} > 201 \quad ok$$

29

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

* تصميم العنصر (3): يتبين من جدول القوى أن العنصر يخضع إلى قوة ضغط

$$F_c = 139.5 \text{ kN}$$

- نختار المقطع القياسي UKB 203 × 133 × 30 الذي مواصفاته كما يلي:

$$h = 206.8 \text{ mm}, \quad b = 133.9 \text{ mm}, \quad t_w = 6.4 \text{ mm},$$

$$t_f = 9.6 \text{ mm}, \quad c_f/t_f = 5.85, \quad c_w/t_w = 26.9,$$

$$i_y = 8.71 \text{ cm}, \quad i_z = 3.17 \text{ cm}, \quad A = 38.2 \text{ cm}^2$$

$$t_f = 9.6 < 16 \text{ mm} \Rightarrow$$

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

- المقطع ليس نحيفاً لأن

$$c_f/t_f = 5.85 < 14 \varepsilon = 12.8, \quad c_w/t_w = 26.9 < 42 \varepsilon = 38.6$$

30

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

يحدد الطول الفعال ونسبة النحافة للعنصر (3) كما يلي:

$$L_{Ey} = 0.9 L = 0.9 \times 600 = 540 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_y = L_{Ey} / i_y = 62$$

$$L_{Ez} = 1.0 L = 600 \text{ cm} \Rightarrow \lambda_z = L_{Ez} / i_z = 189$$

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

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{189}{86.8} = 2.18$$

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

$$\frac{h}{b} \geq 1.2 \text{ and } t_f \leq 100 \text{ mm} \Rightarrow \text{for buckling}$$

about z axis use curve 'b' $\Rightarrow \alpha = 0.34$

$$\phi_z = 0.5[1 + 0.34(2.18 - 0.2) + 2.18^2] = 3.21$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{3.21 + \sqrt{3.21^2 - 2.18^2}} = 0.18$$

31

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022

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

$$\frac{h}{b} \geq 1.2 \text{ and } t_f \leq 100 \text{ mm} \Rightarrow$$

for buckling about y axis use curve 'a' $\Rightarrow \alpha = 0.21$

$$\phi_y = 0.5[1 + 0.21(0.7 - 0.2) + 0.7^2] = 0.8$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0.8 + \sqrt{0.8^2 - 0.7^2}} = 0.84$$

$\chi_y = 0.84 > \chi_z = 0.18 \Rightarrow$ buckling will occur about z axis

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.18 \times 3820 \times 275 \times 10^{-3}}{1.0} = 189 \text{ kN}$$

$> 139.5 \text{ kN}$ ok

* يجب أخذ القوى في جائز الركبة (1) وفي عناصر الإطار الرئيسي (5, 6, 7) بالحسبان عند تصميم هذه العناصر على الأحمال الأخرى التي تخضع لها هذه العناصر.

32

SSD2: Prof. Mohammad Al-Samara

April 10, 2022