التصميم الفولاذي بطريقة LRFD وطريقة ASD

تتضمن هذه السلسلة المفردات التالية:

1- مقدمة حول مبادئ وأصول التصميم الفولاذي بطريقة LRFD
2- مقدمة حول التصميم الزلزالي الفولاذي
3- تصميم أجزاء المبنى
4- تعريف الأنظمة المقاومة للأحمال الجانبية
5- التصميم الزلزالي بالطريقة الحدية
6- تصميم الوصلات

نطاق العمل:

تصميم المنشأت الفولاذية على أساس الطريقة الحدية ، هو عنوان لطريقة أخرى في التصميم الفولاذي إلى جانب طريقة التصميم وفق الإجهادات المسموحة.

هدف التصميم:

هو تحديد أبعاد المقاطع الإنشائية على نحو:

1- توفير الأمان
2- توفير العمل المطلوب
3- تجنب إحساس الخوف عند الاهتزاز

طرق التصميم

طرق التصميم في هذه السلسلة، هي التصميم وفق الحالات الحدية، في هذه الطرق المنشأة تبقى أمنة ولا تصل مطلقا إلى أي حالة من الحالات الخاصة الحدية تحت اي حمولة او شروط غير مساعدة.

جدول 1 الحالات الحدية

الحالات الحدية النهائية (المقاومة)	الحالات الحدية الاستثمارية
1- حالات حدية مقاومة (تشمل الخضوع – الانهيار – التحنيب – تحويل المنشاة إلى ميكانزم	1- تغيير الشكل
2- عدم الثبات وانتقال جانبي كبير بحيث يتغير الشكل الهندسي وسلوك المنشاة	2- الاهتزاز
3- انهيار بسبب التعب	3- خسائر بسبب التعب
	4- تأكل وعدم ديمومة

التصميم وفق الحالات الحدية النهائية:

هنا يكون تصميم مقاطع عناصر المنشأة مبني على كون المقاومة النهائية للعنصر أكبر أو تساوي الحمولة المطبقة التصميمة.

$$\phi R_n \geq R_r$$

R_n : المقاومة النهائية الإسمية للعنصر في المقطع الحرج

R_r : الحمولة الأعظمية في المقطع الحرج

ϕ : معامل تخفيض المقاومة

ϕR_n : المقاومة النهائية التصميمة

ضمن هذه السلسلة ϕ يحدد كما هو موضح في الجدول 2.

الجدول 2 معامل تخفيض المقاومة

المقطع	ϕ
الضغط	$\phi_c = 0.9$
القص	$\phi_V = 0.9 \quad - \quad 1.0$
عزم الانعطاف	$\phi_b = 0.9$
خضوع عنصر مشدود	$\phi_t = 0.9$
انهيار عنصر مشدود	$\phi_t = 0.75$
تركيب	$\phi = 0.75$
عزم الفتل	$\phi_T = 0.75$

مقارنة التصميم على أساس الإجهاد المسموح (ASD) والحالة الحدية (LRFD)

AISC: American Institute of Steel Construction

التصميم بطرق الاجهادات المسموحة:

ASD=Allowable Stress Design

التصميم بالطرق الحدية (معامل القوة والمقاومة):

LRFD=Load and Resistance Factor Design

الفروق الأساسية بين ASD و LRFD

- تراكيب الأحمال ومعاملات الأحمال مختلفة
- في طريقة الاجهادات المسموحة يؤخذ التصميم على أساس الإجهادات في حين في الحالات الحدي على اساس المقاومات.
- في الحالات الكلاسيكية حد الخضوع في اي نقطة يعتبرتقريبا الوصول الى الخضوع، في حين في حالات الحدية تشكيل ميكانيزم كلي للنظام يعتبر تقريبا الوصول للخضوع.
- متغيرات المقاومة مختلفة

تراكيب الأحمال في ASD :

- $1.0D + 1.0L$
- $0.75D + 0.75L + 0.75W$
- $0.75D + 0.75L + 0.75E$

D: الحمل الميت

L : الحمل الحي

W: حمل الرياح الجانبي

E : حمل الزلازل الجانبي

ولكن عندما تحسب الاجهادات وتقارن بالاجهادات المسموحة فهنا تزاد تراكيب الاحمال بمقدار 33.33 %، فتصبح:

1. $1.0D + 1.0L$
2. $1.0D + 1.0L + 1.0W$
3. $1.0D + 1.0L + 1.0E$

ومنه عند استخدام البرامج الحاسوبية لا نستفيد من معمل التخفيض 0.75

تراكيب الاحمال بطرق LRFD (AISC 306-05)

- $1.4D$
- $1.2D + 1.6L$
- $1.2D + 1.6W + 0.5L$
- $1.2D \pm 1.0E + 0.5L$

جدول 3: تراكيب الاحمال في المباني في حالات الحدية النهائية

التسلسل	الشروط	التركيب
1	تركيب الأحمال (ميتة + حية)	$1.4D$ $1.25D+1.5L$
2	تركيب حمل ميت + حي + زلزال او رياح	$D+1.2L+1.2(E\,or\,W)$ $0.85D+1.2(E\,or\,W)$
3	تراكيب حمل ميت وحي وضغط التربة أو الماء	$1.25(D+F)+1.5(L+H)$ $0.85D+1.25F+1.5H$
4	تراكيب الاحمال الميت والحية مع أثر الحرارة والانكماش وهبوط القواعد	$D+1.2L+T$ $1.25D+1.25T$

جدول 4: تراكيب الأحمال في المنشأت الاخرى في حالة الحد النهائي

تسلسل	الشروط	تركيب الأحمال
1	حمل ميت + جر ثقيل	$1.25D+1.5A$
2	ميت + جر ثقيل + ثلج	$1.25D+1.5S+1.5A$
3	ميت + زلزال	$D+1.2(W\,or\,E)+1.2\overline{A}$

حيث أن

A : الحمل الكلي الناشئ عن الجر الثقيل (وزن الجسور + العربة والأثر الديناميكي له)

$\overline{A}$: الحمل الناتج عن وزن الجر الثقيل (وزن الجسور والعربة بإضافة نسبة مئوية من الحمل الحي الاستثماري للجر الثقيل)

تحليل المنشأة:

في نطاق هذه السلسلة يمكن اعتماد طرق التحليل التالية:

1- التحليل الخطي
2- تخليل لا خطي
3- تحليل حدي (تحليل لدن)
4- التحليل مع اخذ التأثيرات من الدرجة الثانية

ملاحظة:

تركيب الأحمال بهدف التحكم بتغيير الشكل في كلا الطريقتين واحد:

- $1.0D + 1.0L$
- $1.0D + 1.0L + 1.0W$
- $1.0D + 1.0L + 1.0E$

نسب النحافة:

في العناصر المضغوطة	$KL/r \le 200$
في العناصر المشدودة	$L/r \le 300$

تصميم العناصر المشدودة:

ASD

$$fat = FX/A_g \le F_t \qquad \text{Gross Area}$$

$$f_t = FX/A_e \le F_t \qquad \text{Net Area}$$

LRFD

$$P_u = FX \le \phi_t P_n = \phi_t A_g F_y \qquad \phi_t = 0.9 \text{ for Gross Area}$$

$$P_u = FX \le \phi_t P_n = \phi_t A_e F_u \qquad \phi_t = 0.75 \text{ for Net Area}$$

ASD

Gross Area $F_t = 0.6F_y$

Net Area $F_t = 0.5F_u$

LRFD

Gross Area $\phi_t P_n = \phi_t F_y A_g$ $\phi_t = 0.9$

Net Area $\phi_t P_n = \phi_t F_u A_e$ $\phi_t = 0.75$

المقاومة التصميمية على الشد:

المقاومة التصميمية $\phi_t P_n$ والتي يجب أن تكافئ الأصغر بين حال التسليم للمقطع الملئ وحالة الانهيار للمقطع الصافي للعناصر المشدود تساوي :

إما (الخضوع الشدي للمقطع المليء):

$$\phi_t = ٠/٩$$
$$P_n = F_y \cdot A_g$$

أو (انهيار الشد على المقطع الصافي):

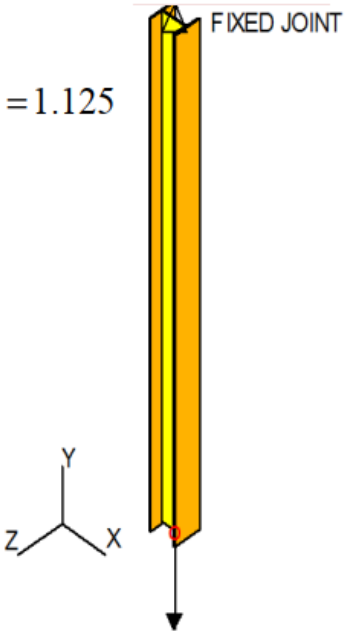
$$\phi_t = ٠/٧٥$$
$$P_n = F_u \cdot A_e$$

الدكتور محمد فادي نقرش

مثال عددي لتصميم عنصر مشدود:

$$P_D = 10000Kg$$
$$P_L = 5000Kg$$
$$ASD: P = P_D + P_L = 15000Kg$$
$$F_t = 0.6F_y = 1440kg/cm^2$$
$$A = \frac{P}{0.6F_y} = \frac{15000}{1440} = 10.42cm^2$$

$$Ratio = \frac{10.42}{9.26} = 1.125$$



$$P_D = 10000Kg$$
$$P_L = 5000Kg$$
$$LRFD: P_{ut} = 1.25P_D + 1.5P_L = 20000Kg$$
$$\phi_t P_n = \phi_t F_y\ Ag \qquad \phi_t = 0.9$$
$$F_y = 2400kg/cm^2$$
$$A = \frac{P_{ut}}{\phi_t F_y} = \frac{20000}{0.9 \times 2400} = 9.26cm^2$$

Compare ASD to LRFD

ASD 1.0D + 1.0L

LRFD 1.25D + 1.5L

$0.6F_y$ (ASD) × (1.5) = $0.9F_y$ (LRFD)

$0.5F_u$ (ASD) × (1.5) = $0.75F_u$ (LRFD)

ASD × (1.5) = LRFD

عناصر الضغط (الأعمدة):

سوف نتعرف على العناصر المعرضة للضغط البسيط المحوري والعناصر المعرضة للضغط وعزم الانعطاف، والتي يكون مقطعها العرضي من بروفيلات جاهزة أو صفائحية او مركب من الاثنين.

مقاومة الضغط الاسمية على اساس التحنيب:

المقاومة الاسمية للعناصر المضغوط P_n للمقاطع المعرضة للضغط على اساس التحنيب تعطي وفق العلاقة التالية:

$$P_n = F_{cr} A_g$$

A_g: مساحة المقطع العرضي كاملة

F_{cr}: إجهاد الضغط الحدي والذي يحدد كما يلي :

$A)$:

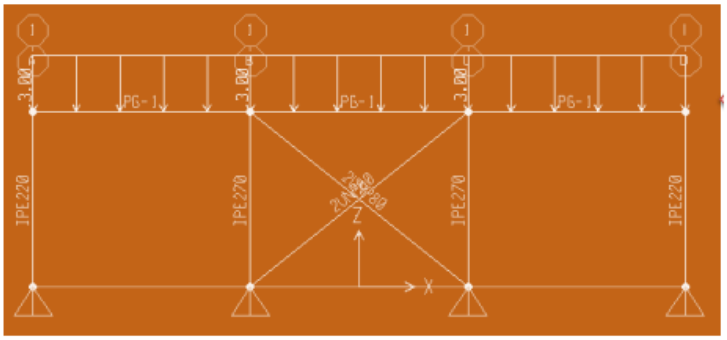
$$\lambda \le 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (or) \quad (F_e \ge 0.44F_y): F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \Rightarrow F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y$$

$B)$:

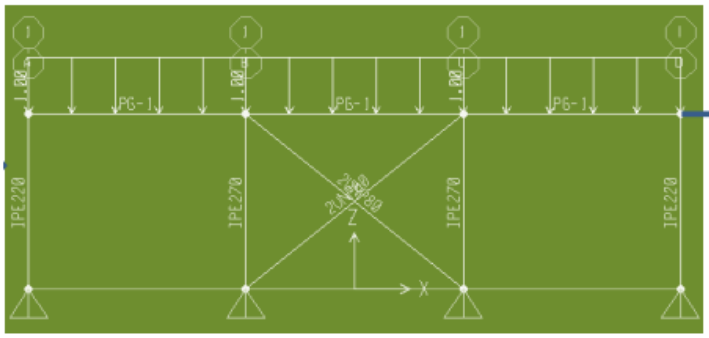
$$\lambda \succ 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (or) \quad (F_e \prec 0.44F_y) \Rightarrow F_{cr} = [0.877]F_e$$

مثال عددي:

الدكتور محمد فادي نقرش



الحمل الميت
3t/m`

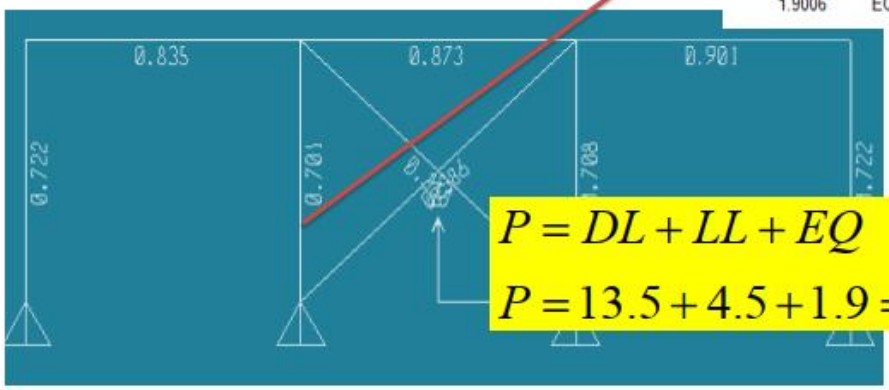


الحمل الحي
1t/`

5ton
الحمل الزلزالي

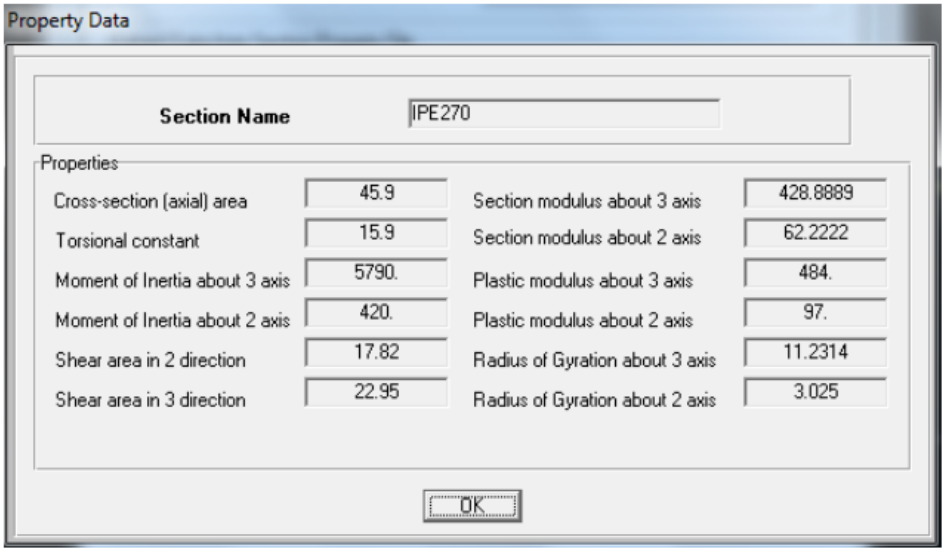
Table: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

P	OutputCase	Station	Frame
Tonf		m	
-13.5038	DEAD	0.00000	2
-13.5038	DEAD	2.00000	2
-13.5038	DEAD	4.00000	2
-4.5013	LL	0.00000	2
-4.5013	LL	2.00000	2
-4.5013	LL	4.00000	2
1.9006	EQ	0.00000	2
1.9006	EQ	2.00000	2
1.9006	EQ	4.00000	2



$$P = DL + LL + EQ$$

$$P = 13.5 + 4.5 + 1.9 = 19.91 ton$$



وهنا يمكن ان نحسب إجهاد الضغط المسموح لكل مقطع تحت تأثير الضغط المحوري من العلاقة:

$$F_a = \frac{12\pi^2}{23\lambda^2} : \lambda \succ c_c$$

$$\lambda_x = \frac{K.L}{r_x} = \frac{1.0\times 400}{11.2314} = 35.61 \prec C_c$$

$$\lambda_y = \frac{K.L}{r_y} = \frac{1.0\times 400}{3.025} = 132.23 \succ C_c$$

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23\lambda^2} = \frac{12\pi^2 2.1\times 10^6}{23\times 132.23^2} = 618.46 Kg/cm^2$$

تراكيب الحمل الزلزالي المصعد:

في تراكيب الحمل الزلزالي المصعد يصبح لدينا $E \Leftarrow \Omega_0 E$

هذا التركيب عبارة عن :

أولا – حالة التصميم بطريقة الإجهاد المسموح:

$$0.75(D+L+\Omega_0 E)$$
$$0.75(D+\Omega_0 E)$$

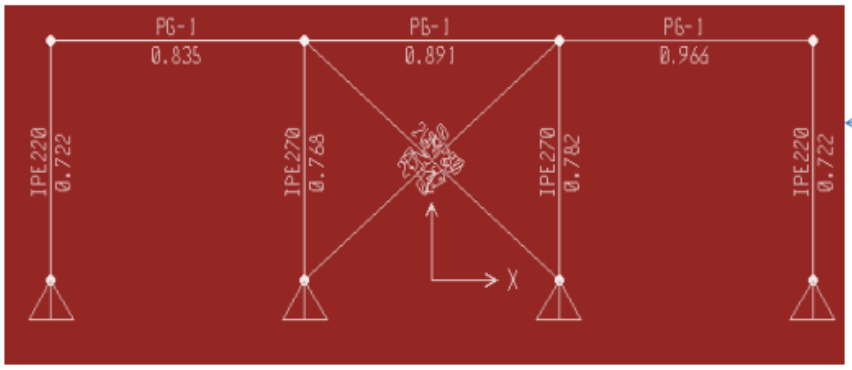
ثانيا – حالة التصميم بالطريقة الحدية:

$$D+1.2L+1.2\Omega_0 E$$
$$0.85D+1.2\Omega_0 E$$

معامل إضافة المقاومة

Ω_0	نظام الحمل الجانبي
2.8	إطار مقاوم للعزوم خاص
2.8	أطار مقاوم للعزوم متوسط
2.8	إطار مقاوم للعزوم عادي
2	إطار بسيط + شبكات تربيط مركزية خاصة
2	إطار بسيط + شبكات تربيط مركزية عادية
2	إطار بسيط +شبكات تربيط غير مركزية مع اتصال صلب في جانبي الجائز الرابط
2	إطار بسيط +شبكات تربيط غير مركزية مع اتصال عادي في جانبي الجائز الرابط
2.4	إطار مقاوم للعزوم خاص + شبكات تربيط مركزية خاصة
2.4	إطار مقاوم للعزوم خاص + شبكات تربيط لا مركزية خاصة
2.4	إطار مقاوم للعزوم متوسط + شبكات تربيط مركزية خاصة
2.4	إطار مقاوم للعزوم متوسطة + شبكات تربيط لا مركزية خاصة

مثال عددي:



حمل زلزالي مصعد

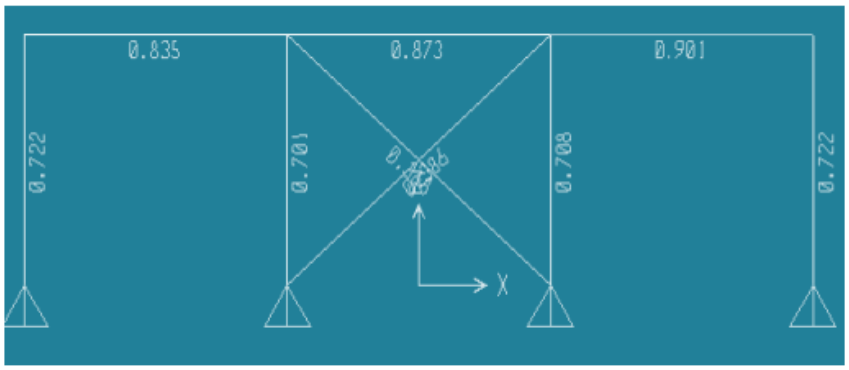


Table: Element Forces - Frames, Part 1 of 2

P	CaseType	OutputCase	Station	Frame
Tonf			m	
-13.5038	LinStatic	DEAD	0.00000	2
-13.5038	LinStatic	DEAD	2.00000	2
-13.5038	LinStatic	DEAD	4.00000	2
-4.5013	LinStatic	LL	0.00000	2
-4.5013	LinStatic	LL	2.00000	2
-4.5013	LinStatic	LL	4.00000	2
4.8397	LinStatic	EQ	0.00000	2
4.8397	LinStatic	EQ	2.00000	2
4.8397	LinStatic	EQ	4.00000	2

$$P_U = DL + 1.2LL + 2.4EQ$$
$$P_U = 13.5 + 1.2 \times 4.5 + 2.4 \times 4.84$$
$$P_U = 30.516 ton$$

$$P_n = F_{cr} A_g \qquad F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \qquad Ratio = \frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{30.516}{0.9 \times 47.139} = 0.719$$

$$\lambda_x = \frac{K.L}{r_x} = \frac{1.0 \times 400}{11.2314} = 35.61 \prec C_c, \lambda_y = \frac{K.L}{r_y} = \frac{1.0 \times 400}{3.025} = 132.23 \succ_c$$

$$\lambda \le 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$(or) \quad (F_e \ge 0.44 F_y)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \times 2.1 \times 10^6}{132.23^2} = 1184$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{2400}{1185}}\right] 2400 = 1027 Kg/cm^2$$

$$A_g = 45.9 cm^2, P_n = 1027 \times 45.9 = 47139 Kg$$

Frame	: 2		Design Sect: IPE270						
X Mid	: -250.000		Design Type: Column						
Y Mid	: 0.000		Frame Type : Special Concentrically Braced Frame						
Z Mid	: 200.000		Sect Class : Seismic						
Length	: 400.000		Major Axis : 0.000 degrees counterclockwise from local 3						
Loc	: 400.000		RLLF : 1.000						
Area	: 45.900		SMajor : 428.889		rMajor : 11.231		AVMajor: 17.820		
IMajor	: 5790.000		SMinor : 62.222		rMinor : 3.025		AVMinor: 22.950		
IMinor	: 420.000		ZMajor : 484.000		E : 2100000.000				
Ixy	: 0.000		ZMinor : 97.000		Fy : 2400.000				

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
400.000	-30520.684	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO

Governing Equation	Total Ratio		P Ratio		MMajor Ratio		MMinor Ratio	Ratio Limit	Status Check
(H1-1a)	0.761	=	0.761	+	0.000	+	0.000	0.950	OK

AXIAL FORCE DESIGN

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-30520.684	40122.889	99144.000

تفاصيل التصميم للعناصر المضغوطة بطريقة LRFD

تصميم الأعمدة يعتمد على طريقة التجريب ,والتكرار وفق الخطوات التالية:

1- تقيم الشروط الطرفية لتعيينK

2- فرض إجهاد التصميم $\phi_c F_{cr}$ وهنا يمكن فرض أن قيمة النحافة للأعمدة المتوسطة بطول 3 حتى 4.5 م تساوي من 40 حتى 60 ومن اجل شبكات التربيط مع أحمال خفيفة تفرض نسبة النحافة 100 أو اكثر.

3- تعيين $A_g \geq P_u \setminus \phi_c F_{cr}$

4- اختيار المقطع المطلوب

5 - حساب القيمة $\phi_c F_{cr} A_g$ من أجل المقطع الذي تم اختياره

6 -إعادة النظر في اختيار المقطع عند اللزوم (تكرار الخطوات السابقة مع مقدار F_{cr})

7- التأكد من التحنيب الموضعي.

مقاومة الأعمدة:

يجب على الأعمدة بالإضافة إلى تأمين الحمل المحوري (بدون تركيب تصعيد الحمل الزلزالي) تأمين مايلي:

في حالة طريقة الإجهاد المسموح:

$$f_a / F_a \succ 0.4$$

في حالة التصميم وفق طريقة حالات الحدية:

$$p_u / \phi_c P_n \succ 0.4$$

أ) مقاومة الحمل المحوري للعمود في الضغط او الشد (بدون أخذ أثر عزم الانعطاف) يجب أن لا يقل عن الحمل المحوري المعين في تركيب الحمل الزلزالي المصعد، في هذا التركيب يجب أن تكون علاقة الحمل المحوري كمايلي:

* حالة طريقة الأجهاد المسموح:

في الضغط المحوري:

$$0.75P_D + 0.75P_L + 0.75\Omega_0 P_E \le F_a.A$$

في حالة الشد المحوري:

$$0.75P_D + 0.75\Omega_0 P_E \le 0.6F_y.A$$

* في حالة طريقة الحالات الحدية:

حالة الضغط المحوري:

$$P_D + 0.5P_L + 0.5\Omega_0 P_E \le \phi_c.P_{nc}$$

حالة الشد المحوري:

$$0.85P_D + 0.5\Omega_0 P_E \le \phi_t.P_{nt}$$

ب) وصلة الأعمدة يجب أن تمتلك مقاومة حد أقل تساوي مقاومة العمود بمقطعه الأصغري. وهناك شروط يجب أخذها بعين الاعتبار سوف نذكرها في نهاية هذه السلسلة.

ت) في الأعمدة التي تقع تحت تأثير شد ناتج عن تراكيب الأحمال العادية أوالزلزالية المصعدة ، يجب أن يكون كل جناح من الوصل قادر لتحمل :

$0.5F_{ye}A_f$ بطريقة التصميم الحدية

$0.6*0.5F_{ye}A_f$ بطريقة الإجهاد المسموح

A_f مساحة مقطع جناح العمود الأصغري.

عبارات واصطلاحات:

نظام مقاومة الحمل الجانبي الزلزالي: مجموعة من عناصر المنشأة التي تقاوم الحمل الجانبي الناتج من الزلزال

إطار مقاوم للعزوم عادي

إطار مقاوم للعزوم متوسط

إطار مقاوم للعزوم خاص

نظام التربيط: جوائز شبكية مربطة مركزيا أو غير مركزي لتحمل الحمولات الجانبية

العقدة: محل ربط عنصرين مع بعض.

الوصلة: مجموعة قطع تربط عنصرين أو أكثر

منطقة الوصلة: المنطقة من (جسد أو أجسدة العمود التي تقع بين امتداد الأجنحة العلوية والسفلية للجوائز لكلا وجهي العمود) + أجنحة العمود

الصفائح المضاعفة: هي صفائح من اجل تقوي جسد العمود توضع بالتوازي معه في منطقة الوصلة

الصفائح المتصلة: هي صفائح في اتجاه أجنحة الجائز حيث تقوم بتامين اتصال انتقال الحمل قي الناحية اتصال الجائز مع العمود.

الأنظمة المقاومة للزلازل:

الأنظمة التي سنضيء عليها الضوء هي:

1 الأطار المقاوم للعزوم

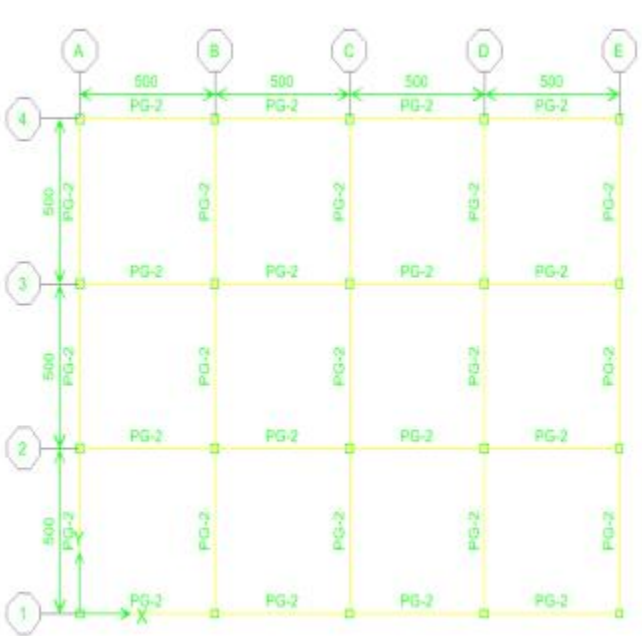
2 شبكات التربيط المركزية

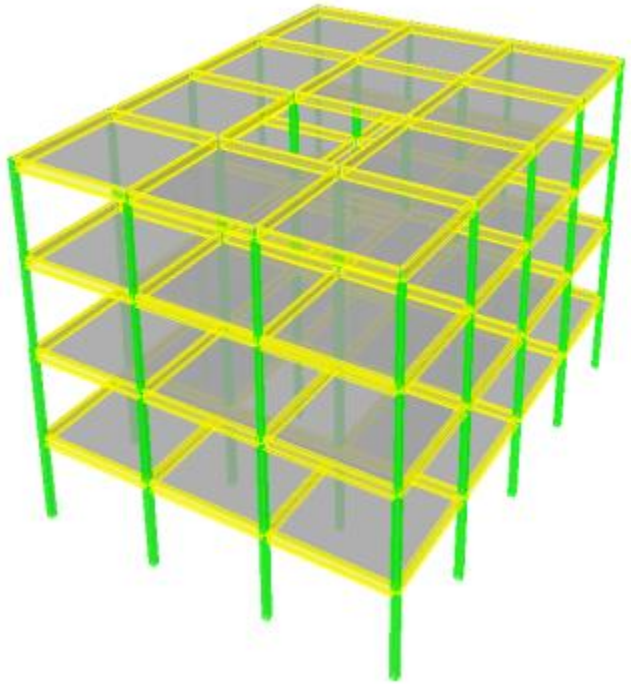
3- شبكات تربيط غير مركزية

4 الأنظم المركبة من إغطار مقاوم للعزوم خاص أو متوسط مع شبكات تربيط مركزي أو غير مركزية

Framing Type	References
SMF (Special Moment Frame)	AISC SEISMIC 9
IMF (Intermediate Moment Frame)	AISC SEISMIC 10
OMF (Ordinary Moment Frame)	AISC SEISMIC 11
STMF (Special Truss Moment Frame)	AISC SEISMIC 12
SCBF (Special Concentrically Moment Frame)	AISC SEISMIC 13
OCBF (Ordinary Concentrically Moment Frame)	AISC SEISMIC 14
EBF (Eccentrically Moment Frame)	AISC SEISMIC 15
BRBF (Buckling Restrained Moment Frame)	AISC SEISMIC 16
SPSW (Special Plate Shear Wall)	AISC SEISMIC 17

مثال عددي:





التصميم بطريقة الإجهادات المسموحة:

$$C = \frac{ABI}{R}$$

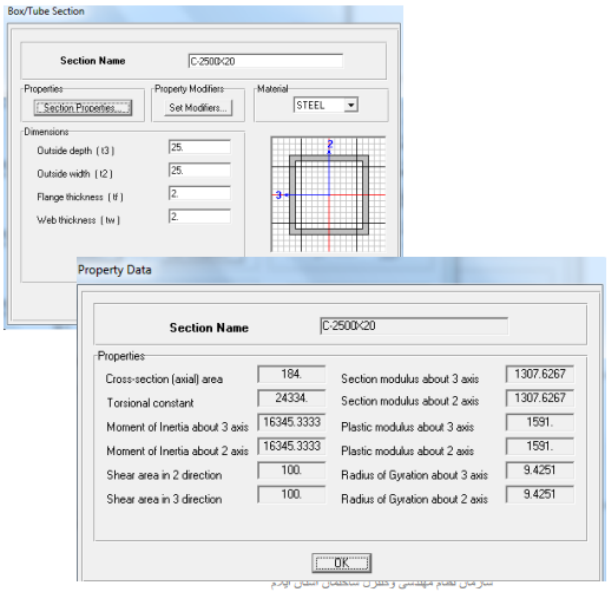
$A = 0.35\ g$:IIنوع

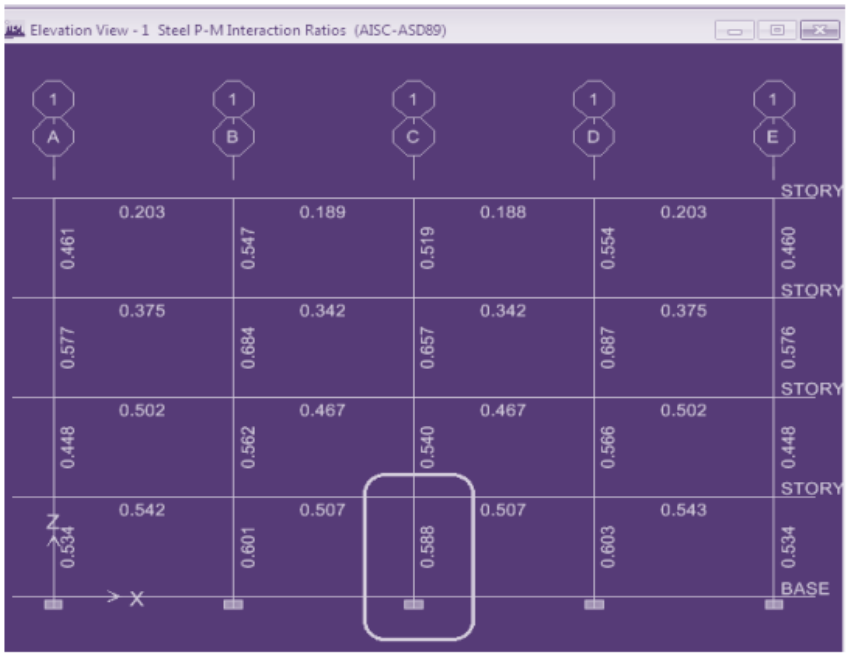
$T_0 = 0.1 \qquad T_s = 0.5 \qquad S = 1.5 \quad R_w = 7$

$$T_{x,y} = 0.08 H^{\frac{3}{4}} \text{ sec} = 0.08 \times 12^{0.75} = 0.516 \times 1.25 = 0.645 \text{ sec}$$

$$T > T_s \Rightarrow B = (s+1)\left(\frac{T_s}{T}\right)^{\frac{2}{3}} = (1+1.5)\left(\frac{0.5}{0.645}\right)^{0.67} = 2.11$$

$$C = \frac{ABI}{R} = \frac{0.35 \times 2.11 \times 1}{7} = 0.1055$$





الإجهادات المسموحة:

1 - في العناصر الواقعة تحت الضغط المحوري، إذا كانت نسبة النحافة العظمى أصغر من المقدار C_c يحسب مقدار الإجهاد المسموح وفق العلاقة:

$$F_a = \frac{1}{F.S.}\left[1-\frac{1}{2}\left(\frac{\lambda}{C_c}\right)^2\right]F_y$$

$$F.S. = 1.67+0.375\left(\frac{\lambda}{C_c}\right)-0.125\left(\frac{\lambda}{C_c}\right)^3$$

حيث ان:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} - \frac{6440}{\sqrt{F_y}} \quad or \quad SI: \left[C_c - \frac{2055}{\sqrt{F_y}}\right]^*$$

2 - إذا نسبة النحافة العظمى أكبر من C_c

فيكون إجهاد الضغط المسموح من أجل المقطع الكلي تحت تأثير الضغط المحوري:

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(\lambda)^2} = \frac{105*10^5}{\lambda^2} \quad or\ SI: \left[F_a = \frac{105*10^4}{\lambda^2}\right]^*$$

$$\lambda_{x,y} = \frac{K.L}{r} = \frac{1.398 \times 300}{9.4251} = 44.5$$

$$F.S = 1.787$$

$$F_a = 1266 Kg/cm^2$$

AISC-ASD89 STEEL SECTION CHECK Units: Kgf-cm (Summary for Combo and Station)
Level: STORY1 Element: C6 Station Loc: 0.000 Section ID: C-200X20
Element Type: Moment Resisting Frame Classification: Compact

L=300.000
A=184.000 i22=16345.333 i33=16345.333
s22=1307.627 s33=1307.627 r22=9.425 r33=9.425
E=2038902.000 Fy=2400.000
RLLF=0.703

P-M33-M22 Demand/Capacity Ratio is 0.588 = 0.152 + 0.404 + 0.032

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

		P	M33	M22	V2	V3
Combo	DSTLS3	-53744.764	1115731.930	-88618.216	5962.419	-912.021

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-2)

	fa Stress	Fa Allowable	Ft Allowable
Axial	292.091	1261.787	1440.000

	fb Stress	Fb Allowable	Fe Allowable	Cm Factor	K Factor	L Factor	Cb Factor
Major Bending	853.250	1584.000	6690.794	0.850	1.398	0.890	2.253
Minor Bending	67.770	1584.000	5323.905	0.850	1.568	0.890	

SHEAR DESIGN

	fv Stress	FV Allowable	Stress Ratio
			147
			007

$$\lambda_{x,y} = \frac{K.L}{r} = \frac{1.398 \times 300}{9.4251} = 44.5$$

$$F.S = 1.787$$

$$F_a = 1266 Kg/cm^2$$

التصميم وفق الطريقة الحدية:

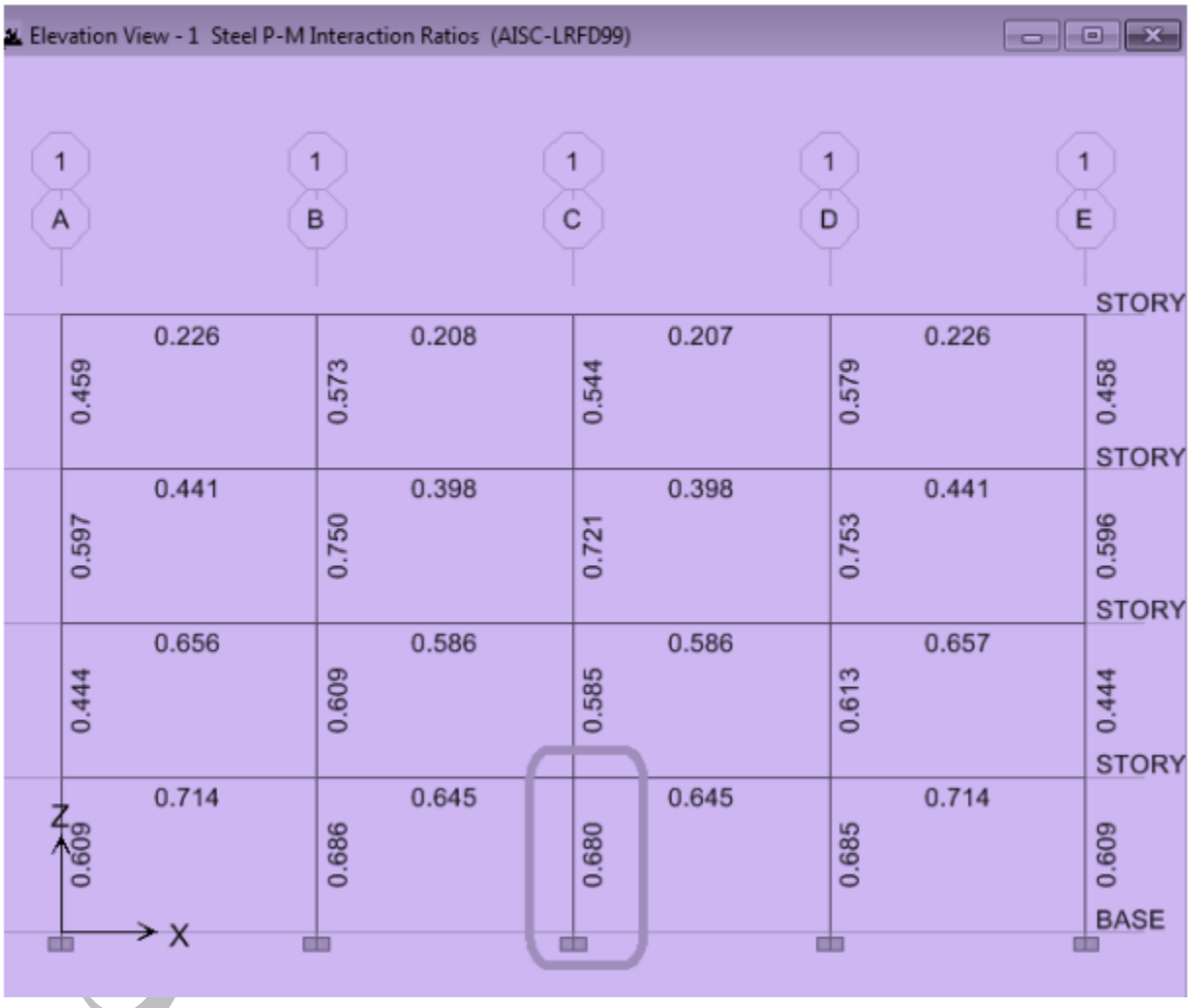
$A = 0.35\,g$ نوع II:

$T_0 = 0.1 \quad T_s = 0.5 \quad S = 1.5 \quad R_u = \frac{R_w}{1.4} = \frac{7}{1.4} = 5$

$T_{x,y} = 0.08 H^{\frac{3}{4}} \text{ sec} = 0.08 \times 12^{0.75} = 0.516 \times 1.25 = 0.645 \text{ sec}$

$T > T_s \Rightarrow B = (s+1)(\frac{T_s}{T})^{\frac{2}{3}} = (1+1.5)(\frac{0.5}{0.645})^{0.67} = 2.11$

$$C = \frac{ABI}{R} = \frac{0.35 \times 2.11 \times 1}{5} = 0.1477$$



```
AISC-LRFD99 STEEL SECTION CHECK     Units: Kgf-cm  (Summary for Combo and Station)
Level: STORY1  Element: C6  Station Loc: 0.000  Section ID: C-200X20
Element Type:  Special Moment Frame    Classification:  Seismic

L=300.000
A=184.000  i22=16345.333  i33=16345.333  z22=1591.000  z33=1591.000
s22=1307.627  s33=1307.627  r22=9.425  r33=9.425
E=2038902.000  fy=2400.000  Ry=1.300
RLLF=0.703

P-M33-M22 Demand/Capacity Ratio is   0.680 = 0.215 + 0.000 + 0.464

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
                      P          M33          M22          V2          V3
    Combo    COMB6 -73239.373   3023.335-1794436.196      15.757   -8978.599

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN   (H1-1a)
                     Pu      phi*Pnc      phi*Pnt
                   Load     Strength     Strength
    Axial         73239.373  340169.221  397440.000

                     Mu      phi*Mn       Cm       B1       B2        K        L       Cb
                 Moment    Capacity   Factor   Factor   Factor   Factor   Factor   Factor
    Major Bending  3023.335 3436560.000  0.443    1.000    1.000    1.398    0.890    2.154
    Minor Bending1794436.196 3436560.000  0.466    1.000    1.000    1.568    0.890

SHEAR DESIGN
                     Vu       Phi*Vn      Stress
                  Force     Strength       Ratio
    Major Shear    15.757   129600.000       0.000
    Minor Shear  8978.599   129600.000       0.069
```

$$\lambda_{x,y}=\frac{K.L}{r}=\frac{1.398\times 300}{9.425}=44.4\le 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$F_e=\frac{\pi^2 E}{\lambda_2}=\frac{3.14^2\times 2038902}{44.4^2}=10208$$

$$F_{cr}=\left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right]F_y=2174$$

$$P_{nc}=\phi_c F_{cr} A=0.9\times 2174\times 184=360014$$

$$Ratio=\frac{P_U}{P_n}=\frac{101770}{360014}=0.283$$

$$P_{nt}=\phi_t F_y A=0.9\times 2400\times 184=397440$$

التصميم على عزم الانعطاف:

إجهادات عزم الانعطاف: العزم الذي يكون نتيجته تلدن كامل المقطع وتشكيل مفصل لدن يسمى العزم اللدنM_D

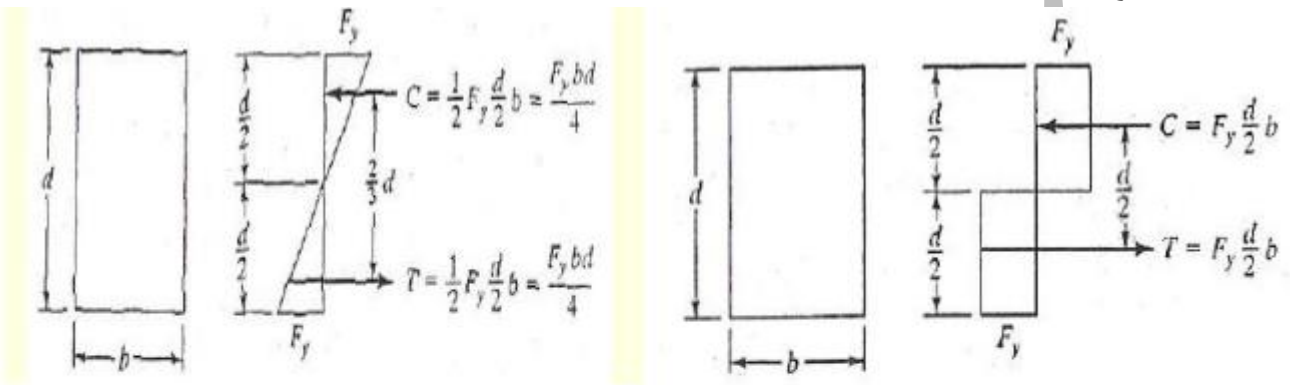
$$M_p = Z F_y$$
$$Z = \text{Plastic Section Modulus}$$

نسبة العزم اللدن على المرن يسمى معامل الشكل.

$$M_p / M_y = Z F_y / S F_y = Z/S$$

حيث معامل الشكل للمقطع المستطيل يساوي 1.5

حساب معامل المقطع اللدن:



$$M_p = M_n = T\, d/2 = C\, d/2 = (F_y\, bd/2)\,(d/2) = F_y\, bd^2/4$$
$$M_p = F_y Z$$

$$Z = bd^2/4$$

معامل المقطع اللدن يساوي جمع عزم المساحة (المساحة تحت الشد وتحت الضغط حول المحور المحايد) فقط في المقطع المتناظر المحور المحايد المرن ينطبق على المحور المحايد اللدن.

بغرض تحديد المحور المحايد اللدن يجب ان يكون مساحة السطح المضغوط يساوي مساح السطح المشدود.

معامل الشكل للمقطع المستطيل :

$$\frac{M_p}{M_y}=\frac{F_y Z}{F_y S}=\frac{Z}{S}=\frac{bd^2/4}{bd^2/6}=1.5$$

معامل الشكل من أجل أنواع المقاطع الأخرى تحدد على أساس الطريقة المذكور اعلاه، حيث سيكون مساوي 1.7 للدائرة اما مقطع حرف أي فسيكون بين 1.1 حتى 1.2

التصميم من أجل عزم الانعطاف:

	الحالة	العرض إلى السماكة	النسبة الأعظمي للعرض الحر			
			مقطع 1		مقطع 2	
			الإجهاد المسموح	الحالة الحدية	الإجهاد المسموح	الحالة الحدية
	1- أجنحة الجائز المدرفل I في الانعطاف	$\frac{b}{t}$	$\frac{545}{\sqrt{F_y}}=11.12$	$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}}=11.24$	$\frac{795}{\sqrt{F_y}}=16.22$	$0.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}=22.48$
	جسد القطعات تحت تأثير الضغط الناتج عن الانعطاف	$\frac{h}{t_w}$	$\frac{5365}{\sqrt{F_y}}=109.51$	$3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}}=111.22$	$\frac{6370}{\sqrt{F_y}}=130.02$	$5.7\sqrt{\frac{E}{F_y}}=168.61$

ASD

$$f_b = M/S_Z \leq F_b$$

ASD

$$F_b = 0.66F_y$$

LRFD

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

Where $\phi_b = 0.9$

التصميم على عزم الانعطاف:

العوامل المؤثرة على المقاومة العزمية للجوائز:

*شكل مقطع

*حالة تعرض المقطع للضغط او لا

* الشروط الطرفية

*محور الانعطاف

*كيفية انحناء الجائز

* المقاومة الفتلية للمقطع

تصميم المقاطع غير المكتنزة:

Flexural Members
Noncompact Section

ASD

When $\sqrt{\frac{102\times10^3 C_b}{F_y}} \le \frac{l}{r_T} \le \sqrt{\frac{510\times10^3 C_b}{F_y}}$

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y\left(l/r_T\right)^2}{1530\times10^3 C_b}\right]F_y \le 0.6F_y$$

ASD

When $\frac{l}{r_T} \ge \sqrt{\frac{510\times10^3 C_b}{F_y}}$

$$F_b = \frac{170\times10^3 C_b}{\left(l/r_T\right)^2} \le 0.6F_y$$

For any value of l/r_T

$$F_b = \frac{12\times10^3 C_b}{ld/A_f} \le 0.6F_y$$

LRFD

$$\phi \times M_n \geq M_r$$

1. Yielding of Flanges
2. LTB, Lateral-Torsional Buckling
3. FLB, Flange Local Buckling
4. Web Local Buckling

$$M_n = F_y.Z_x$$

LRFD **LTB**

For

$$L_b < L_p$$

هنا لا داعي للتحقيق

LRFD **LTB**

For $L_p < L_b < L_r$

$$M_n = C_b[M_p - (M_p - 0.7F_yS_x)(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p})] \leq M_p$$

Where:

$$L_p = 1.76r_y\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_r = 1.95r_{ts}\frac{E}{0.7F_y}\sqrt{\frac{J.c}{S_xh_0}}\sqrt{1+\sqrt{1+6.76(\frac{0.7F_y}{E}\times\frac{S_xh_0}{J.c})^2}}$$

LRFD **LTB**

For $L_p < L_b < L_r$

Where:

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$$

$$c = \frac{h_o}{2}\sqrt{\frac{I_y}{C_w}}$$

LRFD **LTB**

For $L_p < L_b < L_r$

$$M_n = F_{cr}.S_x \le M_p$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{(\frac{L_b}{r_{ts}})^2}\sqrt{1+0.078\frac{J.c}{S_x h_0}(\frac{L_b}{r_{ts}})^2}$$

ASD

$$C_b = 1.75 + 1.05(M_1/M_2) + 0.3(M_1/M_2)^2 \le 2.3$$

$M_1 < M_2$

If M_{max} between M_1 and M_2, $C_b = 1.0$

LRFD

$$C_b = \frac{12.5M_{max}}{2.5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

M_A = absolute value of moment at quarter point

M_B = absolute value of moment at centerline

M_C = absolute value of moment at three – quarter point

التصميم على القص:

Design for Shear

ASD $\dfrac{h}{t_w} \le \dfrac{3185}{\sqrt{F_y}}$

$$f_v = FY/A_w \le F_v = 0.4F_y$$

LRFD $h / t_w \le 2.45\sqrt{E / F_{yw}}$

$$V_u = FY \le \phi_v V_n = \phi_v 0.6 F_{yw} A_w . C_v$$

Where $\phi_v = 0.9$

$C_{v=1}$

ASD

$$\frac{h}{t_w} > \frac{3185}{\sqrt{F_y}}$$

$$f_v = FY/A_y \le F_v = \frac{F_y}{2.89}(C_v) \le 0.4F_y$$

LRFD

$$1.1\sqrt{K_v \frac{E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} < 1.37\sqrt{K_v \frac{E}{F_y}}$$

$$V_u = FY \le \phi_v V_n = \phi_v 0.6 F_{yw} A_w . C_v$$

$$C_v = \frac{1.1\sqrt{K_v \frac{E}{F_y}}}{(\frac{h}{t_w})}$$

LRFD

$$3.07\sqrt{E / F_{yw}} < h / t_w \le 260$$

$$V_u = FY \le \phi_v V_n = \phi_v \quad A_w \left[\frac{4.52E}{(h / t_w)^2} \right]$$

Where $\phi_v = 0.9$

التصميم على الانعطاف والقص:

ASD $f_a/F_a > 0.15$

$$\frac{f_a}{F_a}+\frac{C_{my}f_{by}}{\left(1-\frac{f_a}{F_{ey}}\right)F_{by}}+\frac{C_{mz}f_{bz}}{\left(1-\frac{f_a}{F_{ez}}\right)}\le 1.0$$

$$\frac{f_a}{0.6F_y}+\frac{f_{by}}{F_{by}}+\frac{f_{bz}}{F_{bz}}\le 1.0$$

LRFD $P_u/\phi P_n \ge 0.2$

$$\frac{P_u}{\phi P_n}+\frac{8}{9}\left(\frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}}+\frac{M_{uz}}{\phi_b M_{nz}}\right)\le 1.0$$

Combined Forces

ASD $f_a/F_a \le 0.15$

$$\frac{f_a}{F_a}+\frac{f_{by}}{F_{by}}+\frac{f_{bz}}{F_{bz}}\le 1.0$$

LRFD $P_u/\phi P_n < 0.2$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n}+\left(\frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}}+\frac{M_{uz}}{\phi_b M_{nz}}\right)\le 1.0$$

نتابع في العناصر المعرضة لعزوم الانعطاف والقوى المحورية:

العناصر ذات المقطع أحادي أو ثنائي التناظر تحت أثر وجود ضغط وانعطاف:

أثر وجود ضغط وانعطاف حول محور او محورين في عناصر ذات مقطع احادي أو ثنائي محور تناظري وبحدود :

$$0.1 \le \frac{I_{yc}}{I_y} \le 0.9$$

حيث البسط يعبر عن عزم العطالة لكامل المقطع والمقام يعبر عن عزم العطالة لجناح الضغط حول المحور الضعيف y

1- عندما :

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} \geq ٠/٢$$

فيكون:

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} + \frac{٨}{٩}\left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}}\right) \leq ١/٠$$

وعندما :

$$\frac{P_r}{\phi_c P_n} < ٠/٢$$

فيكون:

$$\frac{P_r}{٢\phi_c P_n} + \left(\frac{M_{rx}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{ny}}\right) \leq ١/٠$$

P_r = مقاومة الضغط

P_n = مقاوم الضغط الأسمي

ϕ_c = معامل المقاومة في الضغط ويساوي0.9

M_{rx} = مقاومة الانعطاف المطلوب (تشديد الزلزال) حول الحور القوي

M_{ry} = مقاومة الانعطاف المطلوب (تشديد الزلزال) حول الحور الضعيف

M_{nx} = مقاوم الانعطاف الاسمية حول المحور القوي

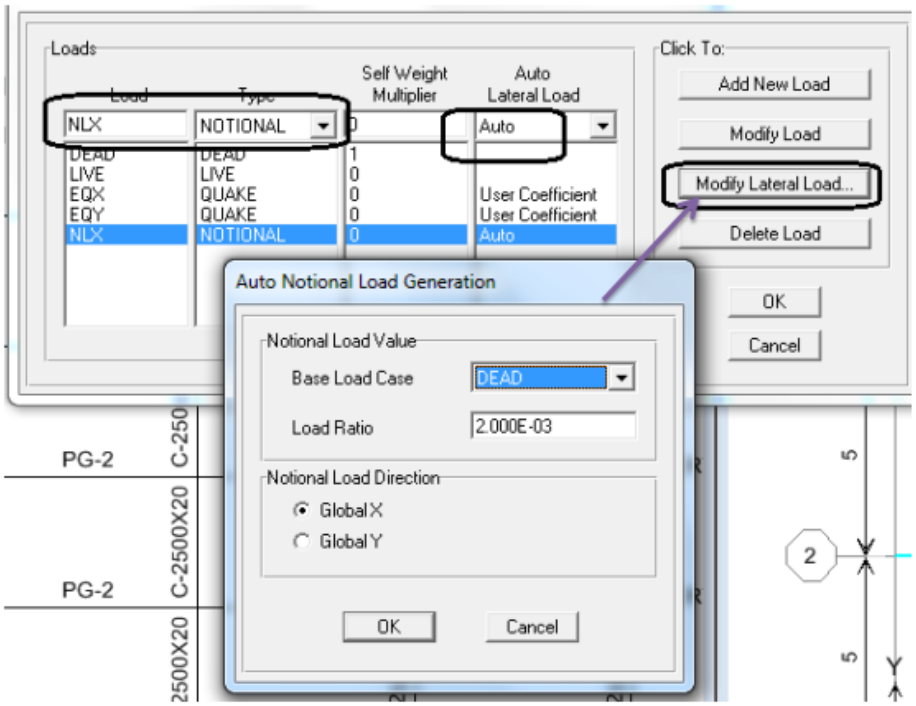
M_{ny} = مقاوم الانعطاف الاسمية حول المحور الضعيف

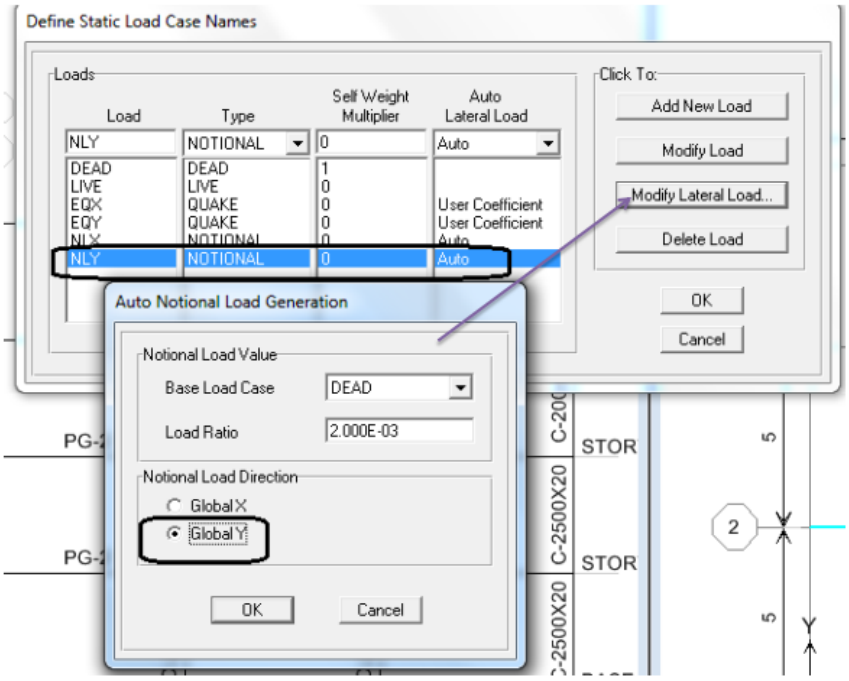
ϕ_b = معامل مقاومة الانعطاف

تصميم العناصر مع اخذ بعين الاعتبار أثار المرتبة الثانية

عند تصميم العناصر وفق التحليل المرن من الدرجة الثانية يجب أخذ النقاط التالية بعين الاعتبار:

1 المقاومة المطلوبة للعنصر يجب أن تكون على أساس ماتم ذكره سابقا.
2 في جميع تراكيب الأحمال الشاملة فقط على أحمال الثقالة يجب أن يكون هناك قوة جانبية على الأقل تساوي 0.002 من الحمل الثقلي عند المستوى المدروس، وهذا الحمل الجانبي يجب أن يكون في كلا الاتجاهين الأصليين للبناء (بشكل منفصل يطبقان) هذا الحمل فقط لأخذ الاخطاء الملحوظة في التنفيذ.


Loads
Load
Type
Self Weight Multiplier
Auto Lateral Load
NLX
NOTIONAL
0
Auto
DEAD
DEAD
1
LIVE
LIVE
0
EQX
QUAKE
0
User Coefficient
EQY
QUAKE
0
User Coefficient
NLX
NOTIONAL
0
Auto
Click To:
Add New Load
Modify Load
Modify Lateral Load...
Delete Load
OK
Cancel
Auto Notional Load Generation
Notional Load Value
Base Load Case
DEAD
Load Ratio
2.000E-03
Notional Load Direction
Global X
Global Y
OK
Cancel
PG-2
C-250
C-2500X20
2500X20
2
5


Define Static Load Case Names
Loads
Load
Type
Self Weight Multiplier
Auto Lateral Load
NLY
NOTIONAL
0
Auto
DEAD
DEAD
1
LIVE
LIVE
0
EQX
QUAKE
0
User Coefficient
EQY
QUAKE
0
User Coefficient
NLY
NOTIONAL
0
Auto
Click To:
Add New Load
Modify Load
Modify Lateral Load...
Delete Load
OK
Cancel
Auto Notional Load Generation
Notional Load Value
Base Load Case
DEAD
Load Ratio
2.000E-03
Notional Load Direction
Global X
Global Y
OK
Cancel
STOR
C-2500X20
2
5

السقوط، الاهتزاز والانتقال الجانبي:

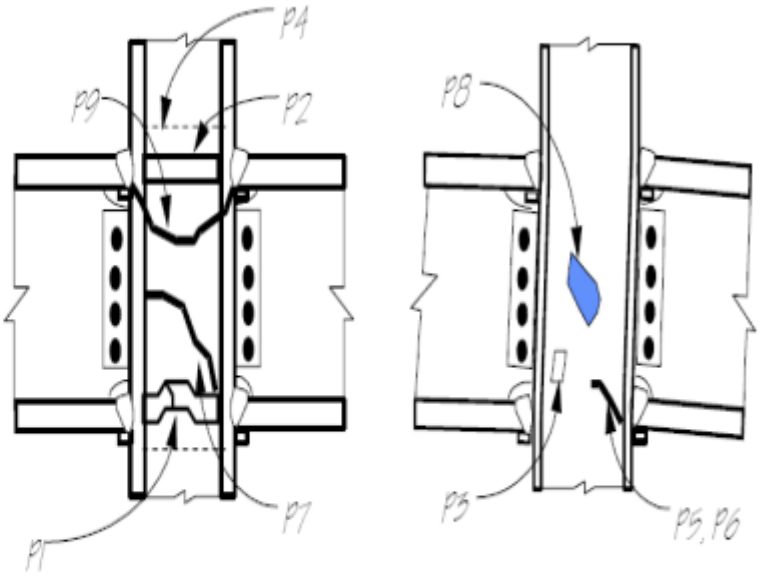
أ- السهم: الجوائز يجب حساب الهبوط فيها، أما الجوائز النحيفة يجب أن لايزيد السهم الأعظمي للحمل الميت والحي عن 1\240 من طول الفتحة و ولايزيد السهم الحي عن 1\360

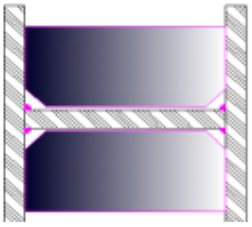
ب- الاهتزاز: الجوائز التي لاترتبط مع مخمّدات يجب أن تقاوم الاهتزاز الناتج عن حركة الاشخاص وتوقف المصعد وغيرها...وهنا يجب ان يحقق ارتفاع مقطع هذه الجوائز إلى مجازاتها نسبة لا تقل عن 1\20 حيث ارتفاع المقطع يشمل العمق الكلي للجائز (مع شمول البيتون إن كان جائز مختلط) ومجاز الجائز من مركز الاستناد إلى مركز الاستناد. ولابدّ ايضا حساب تواتر الاهتزاز للجوائز حتى يخشى أن تعطي إحساس غير مرغوب به للساكنين وشاغلي هذه المنشأت.

ت-انتقال واهتزاز جانبي للمنشأة الفولاذية: يجب أن تكون المنشاة الفولاذية ذات صلابة كافية لمقاومة الانتقالات الأفقية الناتجة عن اثر الرياح والزلزال.

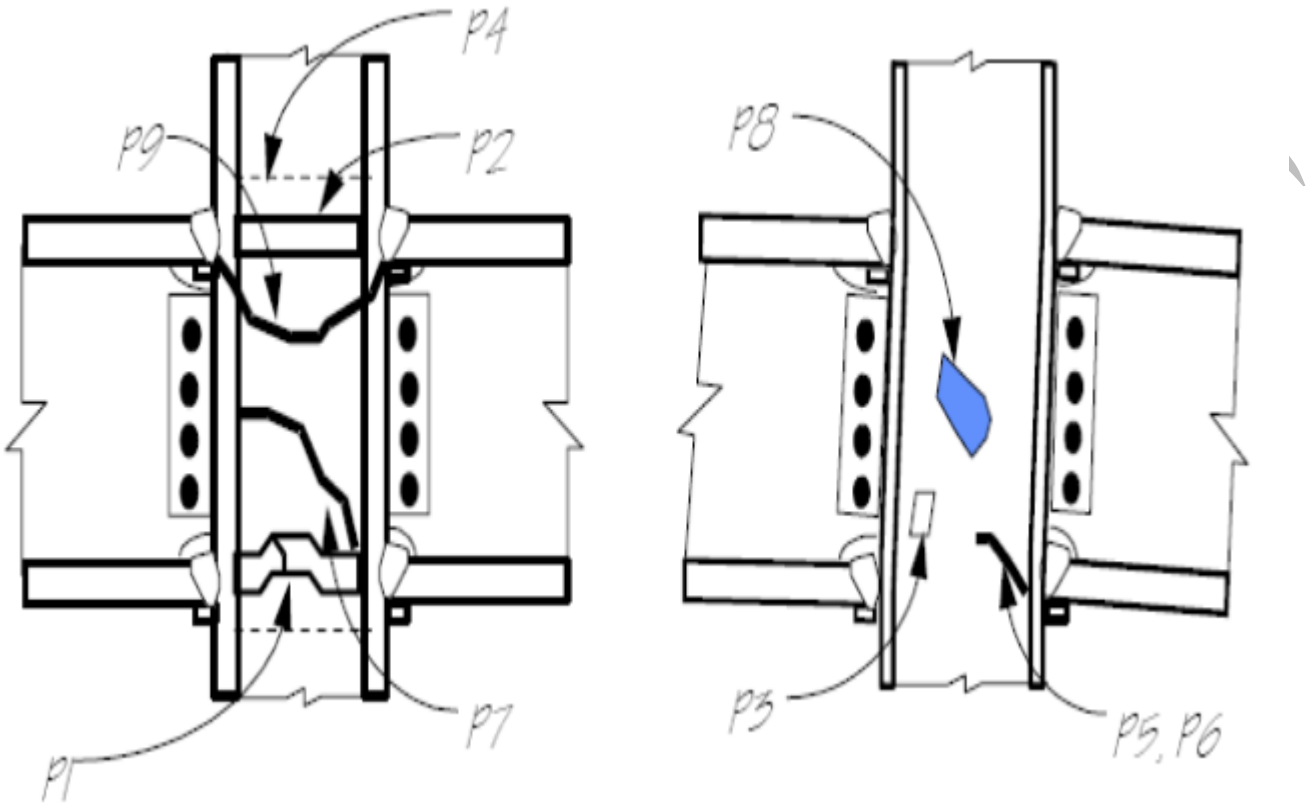
Types of Panel Zone Damage

Type	Description
P1	انكسار وتحنيب ورق الاتصال
P2	تخريب لحام ورق الاتصال
P3	خضوع وتغير شكل صفيحة الجسد
P4	تخريب الورق المضاعف
P5	تأكل صفيحة الجسد
P6	تأكل صفيحة الجسد
P7	تأكل كامل لصفيحة الجسد والصفائح المضاعفة
P8	تحنيب الجسد
P9	تمزق العمود





FEMA 351



نقاط هامة في الوصلات (وثاقة):

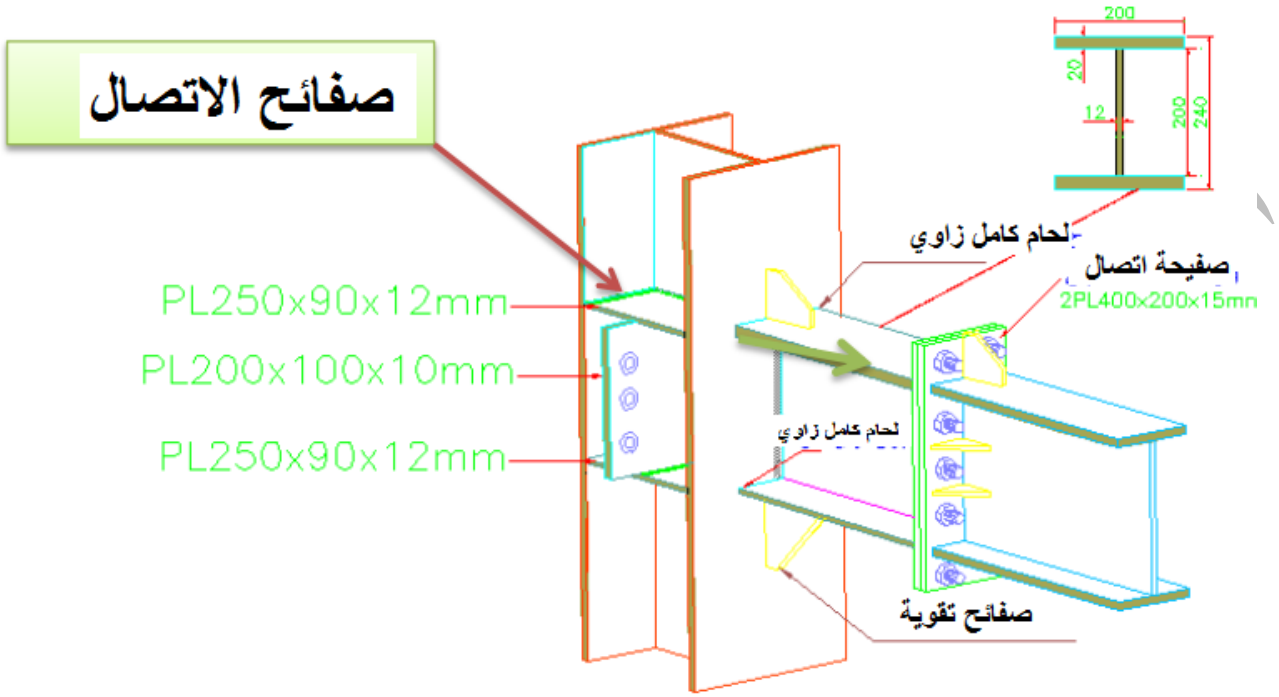
- من أجل مواجهة الانعطاف الموضعي في جناح العمود نتيجة جناح الشد في الجائز يجب الاستفادة من صفائح الاتصال كما هو مبين في الشكل التالي:

نحتاج إلى ورق اتصال عندما يتحقق أن:

$$\phi \times R_n \le R_r \qquad \phi = 0.9$$

$$R_n = 6.25 \times t_f^2 \times F_{yf}$$ اختمان استا

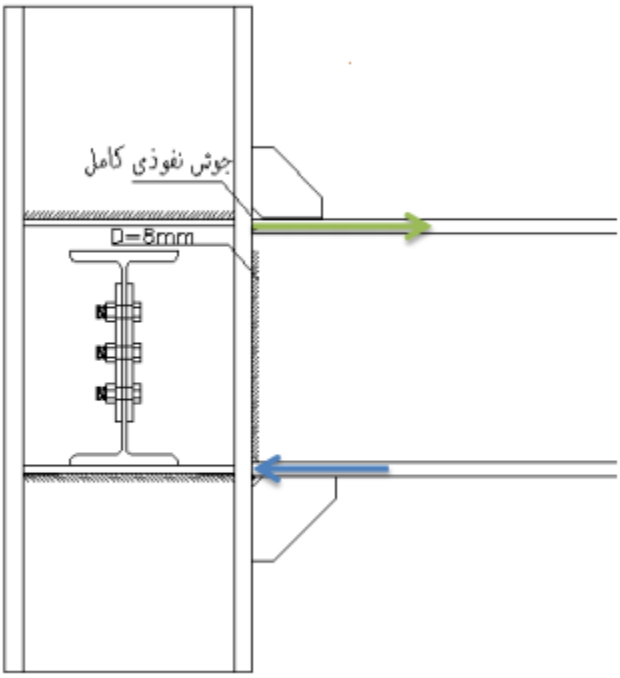
فادي نقرش

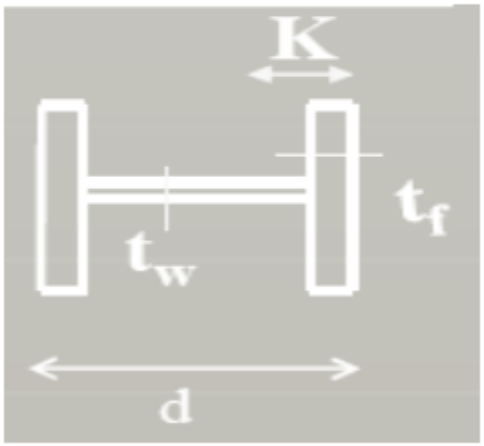


جزئيات وصلة جائز مع عمود

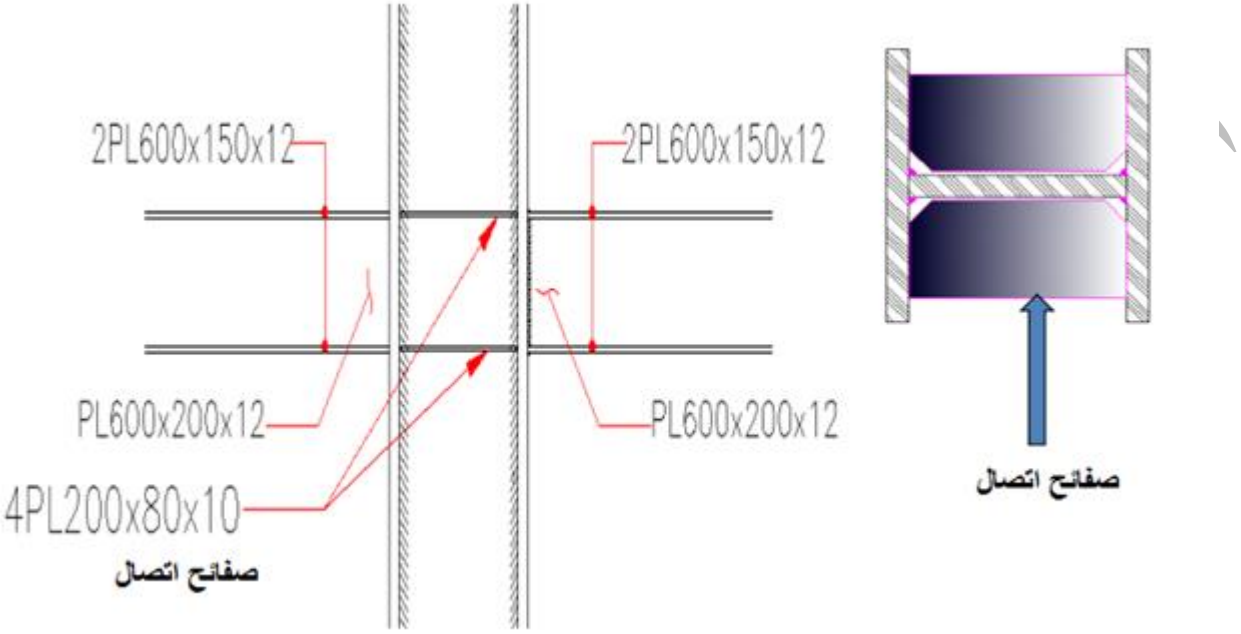
للمحافظ على دهس جسد العمود من الجناح المضغوط للجائز نحتاج صفائح اتصال:
ونحتاج إلى هذه الصفائح عندما:

$$\phi R_n = 0.75 \times 0.8 t_w^2 [1 + 3(\frac{N}{d})(\frac{t_w}{t_f})^{1.5}] \sqrt{\frac{EF_{yw} t_f}{t_w}} \leq R_r$$

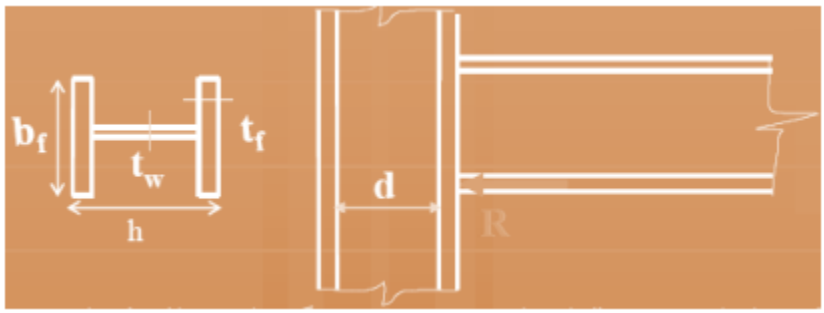

جوش نفوذي كامل
D=8mm


K
t_f
t_w
d

نقاط هامة في وصلات الإطار المقاوم للعزوم



تحنيب جسد العمود في مقابل جناح الجائز المضغوط:

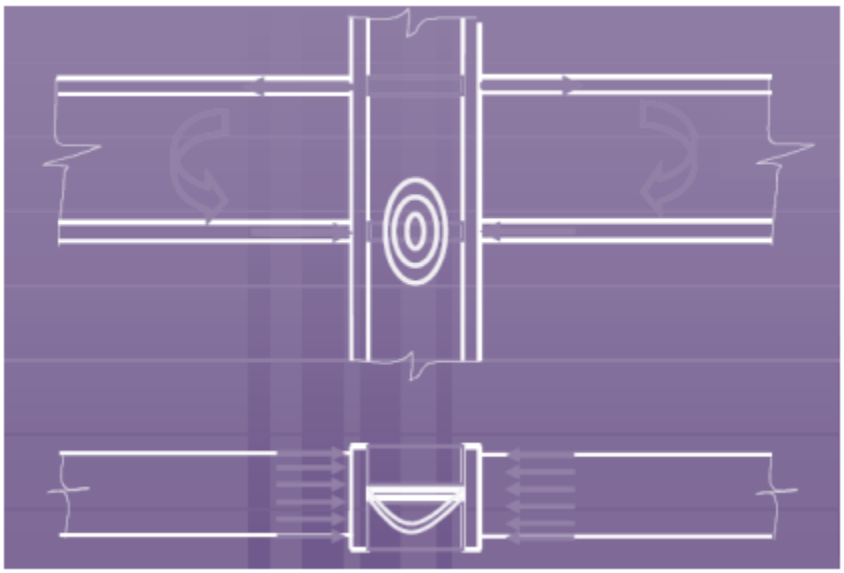


عند تحقق إحدى العلاقتين التاليتين : يجب المحافظة على جناح الضغط من الدوران: نحتاج هنا إلى صفائح اتصال

$$\phi R_n = 0.85 \times \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2}[1 + 0.4(\frac{h/t_w}{l/b_f})^3] \le R_r$$

$$\phi R_n = 0.85 \times \frac{C_r t_w^3 t_f}{h^2}[0.4(\frac{h/t_w}{l/b_f})^3] \le R_r$$

التحنيب الناتج عن الضغط في جسد العمود في مقابل زوج الاجنحة المضغوطة للجائز:

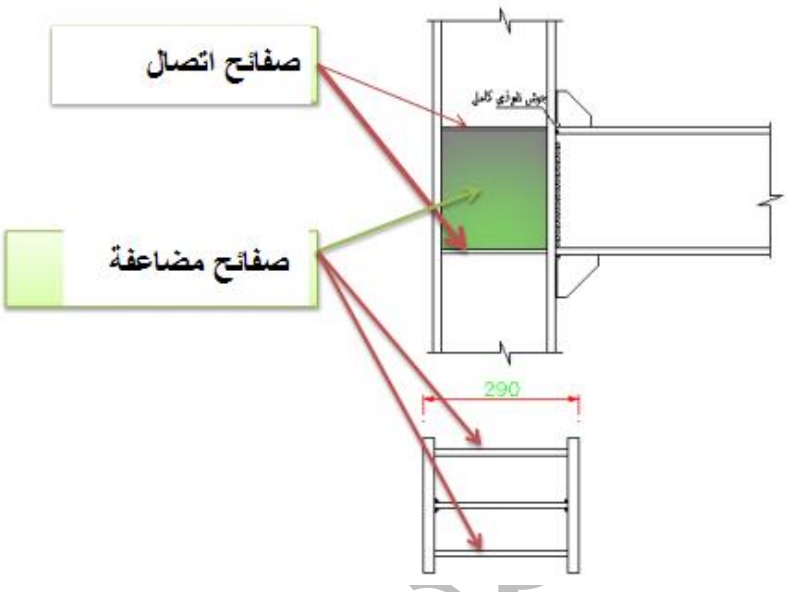


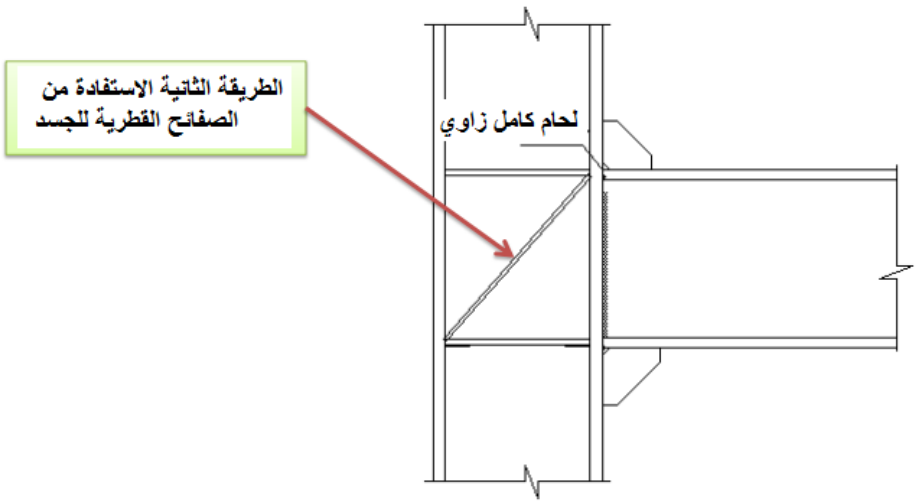
عند تحقق العلاقة التالية نحتاج إلى صفائح اتصال:

$$\phi R_n = 0.9 \times \frac{24 t_w^3 \sqrt{E F_{yw}}}{h} \le R_r$$

خضوع وتحنيب قصي في منطقة الاتصال:

الطريقة الأولى استخدام الصفائح المضاعفة:



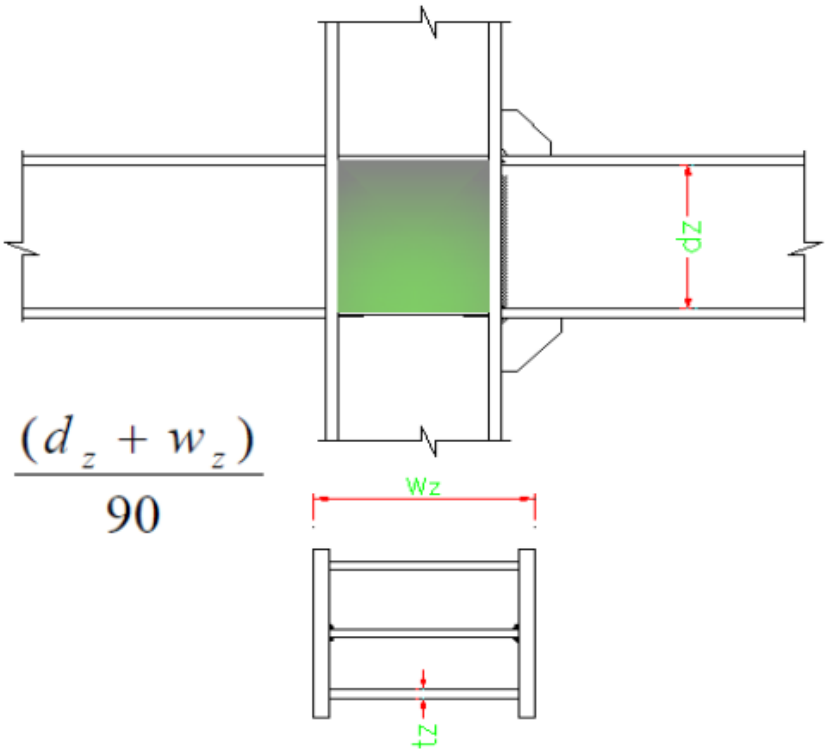


تصميم الصفائح المضاعفة في منطقة الاتصال:

-عندما تكون المقاومة المطلوبة أكبر من المقاومة الموجودة فهنا يجب الاعتماد على الصفائح المضاعفةاو دعامات تقوي قطرية تساوي على الأقل الفارق بين المقاومتين السابقتي الذكر.

-سماكة كل صفيحة في منطقة الاتصال شاملة للجسد أو أجسدة العمود والصفائح التقوية يجب ان تحقق مايلي:

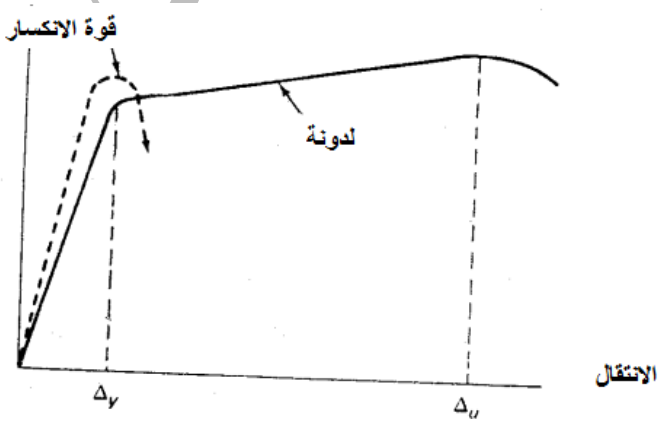
$$t_z \geq \frac{(d_z + w_z)}{90}$$



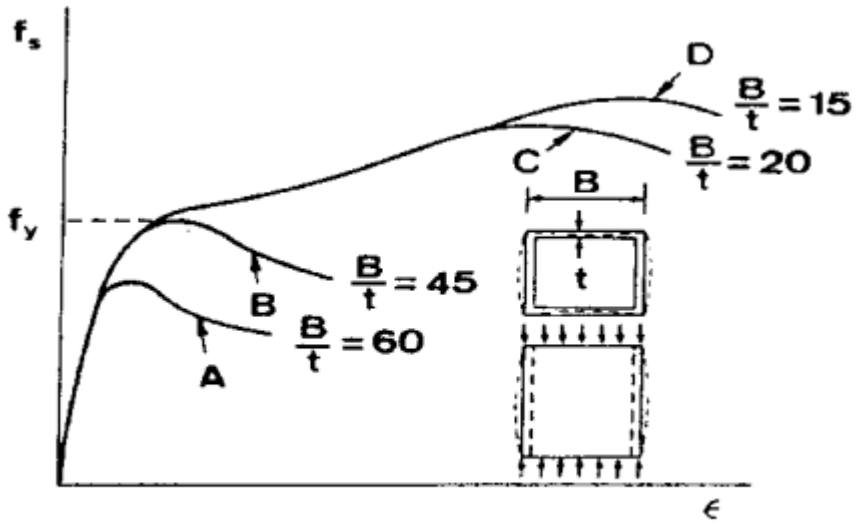
$$t_z \geq \frac{(d_z + w_z)}{90}$$

العوامل المؤثرة على تلدن الجوائز:

*نوع الفولاذ



***مقاومة التحنيب للصقائح المشكل للجائز**



تحنيب موضعي للمقاطع الصندوقي ذات الجدار النحيف

تخفيض النسبة B\tيزيد من تلدن المقطع.

أسباب الاستفادة من عوامل الامان في التصميم:

-عدم تحديد الاحمال بصورة قطعية
-مشاكل التنفيذ
-عدم التعرف الصحيح على سلوك المادة
-البساط في قوانين التحليل والتصميم

طرق تحديد معامل الأمان في التصميم:

-طرق زياد الحمل (طريقة المقاومة النهائية) – كود قديم
- طريق تخفيض المقاومة (طريق الإجهاد المسموح) ASD
-طريقة زيادة الحمل وتخفيض المقاومة LRFD

حالات الحدية للتصميم:

- حالة الحدية النهائية (شاملة على أهداف الأمان)
- حالة الحدية الاستثمارية (شامل اهداف استثماري)

أدخال عامل الامان:

معامل الأمان في التصميم مع ادخال معامل الحمل R_r وتخفيض المقاومة بالمعامل ϕ.

$$\phi R_n \geq R_r$$

من اجل الحالة الحدية كانت معاملات الاحمال متساوية.

معامل الامان في التصميم الزلزالي:

في التصميم الزلزالي ولاسباب اقتصادية معامل الامان أثناء التصميم لا يؤخذ بعين الاعتبار.

المراجع:

- الكود الإيراني
- محاضرات في جامعة طهران – دولة إيران
- تصميم بطريقة الحالات الحدية
- كود AISC306-05

نهاية السلسلة الاولى

الدكتور المهندس محمد فادي نقرش

دمشق – المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية

2019- 2020

الدكتور محمد فادي نقرش