إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

السلسلة الخامسة - محاضرات طلاب ماجستير المعهد العالي من مقرر (تصميم المنشآت الفولاذية المقاومة للزلازل) للعام الدراسي 2019-2020

التصميم الفولاذي الزلزالي للإطارات BRB_s وفق متطلبات الكود AISC360-10

مفردات المحاضرة:

1- مقدمة
2- سلوك شبكات التربيط المقيدة من التحنيب
3- أقسام شبكات التربيط المقيدة من التحنيب
4- تصميم الإطارات المزودة بشبكات تربيط مقيدة من التحنيب

4-1- القوى التصميمية لعنصر شبكة التربيط

4-2- القوى التصميمية لباقي أجزاء الإطار

5- استقرار شبكات التربيط المقيدة من التحنيب
6- وصلات شبكات التربيط المقيدة من التحنيب
7- الجوائز والاعمدة في الإطار ذات شبكات تربيط المقيد من التحنيب
8- مسألة 1 : تصميم شبكات التربيط في الإطارات ذات شبكات تربيط المقيدة من التحنيب
9- مسألة 2: تصميم العمود في إطار ذي شبكات تربيط مقيدة من التحنيب
10- تصميم جائز في إطار ذي شبكات تربيط مقيدة من التحنيب

د. محمد فادي نقرش

التصميم الفولاذي الزلزالي للإطارات $BRBF_s$ وفق متطلبات الكود AISC360-10

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

1- مقدمة:

تعتبر الإطارات ذات شبكات التربيط المقيدة من التحنيب BRBF إحدى أحدث أنظمة مقاومة الحمولات الجانبية، والتي من شأنها تحسين السلوك الزلزالي للإطارات. في هذه الإطارات يمنع عنصر الضغط لشبكات التربيط من التحنيب عن طريق غلاف مانع للتحنيب، وبسبب حذف تحنيب عنصر الضغط تصبح حمولة التصميم الأساسية لعنصري شبكات التربيط في الضغط والشد متساوية. وبهذا الترتيب سلوك شبكات التربيط في الضغط هو نفسه تماما في الشد. في هذا النوع من شبكات التربيط نلاحظ عدم انخفاض المقاومة في عنصر التربيط أثناء الزلزال أو تشكل حلقات هستيرية مستقرة لتبديد الطاقة الزلزالية. شبكات التربيط المقيدة من التحنيب تصلح للاستخدام في تصميم المباني الجديدة أو في رفع كفاءة المنشآت القائمة.

اشتراطات التصميم للإطارات **$BRBF_s$** لم تغطى بشكل كامل في الكودات العالمية المعتبرة، AISC 341-10 اقترح مجموعة بنود للتصميم، لذلك في هذه المحاضرة سنقوم بشرح أصول واشتراطات التصميم الزلزالي لهذه الإطارات وفق الكود AISC 340-10.

2- سلوك شبكات التربيط المقيدة

من المعروف أن هناك عدة عيوب في سلوك الإطارات المربطة مركزيا ناتجة عن الاختلاف بين مقاومة الضغط والشد لشبكات التربيط وانعدام هذه المقاومة والسلوك بعد حدوث تحنيب لها إثر الحمل الدوري، من هنا تاتي أهمية الاستفادة من طريقة ما لتجنب تحنيب الضغط لشبكات التربيط وتحضير شبكات التربيط للخضوع الفولاذي على الضغط والدهس. ومن أجل تحقيق هدفنا المذكور يجب أن نزيد الحمل الحرج لعنصر الضغط $Fc=\frac{n^2\pi^2EI}{L^2}$ مااستطعنا، أو بعبارة اخرى تخفيض الطول الحر إلى الصفر $L\to 0$ بحيث يصبح الحمل الحرج $Fc\to\infty$. لذلك علينا فقط تحضير مجموعة من الإجراءات لضمان إجبار عنصر الضغط من التحنيب في الأنماط الاعلى بدلا من النمط الأول $n\to\infty$ وبالتالي تصبح $Fc\to\infty$.

يمكن تحقيق الهدف تنفيذيا بحصر نواة فولاذية مطاوعة في وسط كتلي من البيتون والذي بدوره يحاط بغلاف فولاذي. تحت تأثير الحمل الدوري لن تحنب شبكات التربيط على خلاف شبكات التربيط المركزية، وبالتالي ستمتلك هذه الشبكات حلقات هستيرية مستقرة لتبديد الطاقة مع المحافظة على المقاومة والصلابة لها.

3- أقسام شبكات التربيط المقيدة من التحنيب

يجب تصميم النواة الفولاذية بحيث تخضع تماما في مواجهة القوى المحورية. وعادة مايتم اتخاذ مقطع هذه النواة مستطيل الشكل أو صليب الشكل، اما الغلاف الفولاذي لا يجب مطلقا ان يتحمل القوى المحورية، وهدف الغلاف هو

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

فقط منع تحنيب النواة الفولاذية لتبلغ الخضوع الكامل على الضغط وبالتالي امتصاص الطاقة الزلزالية. خضوع النواة بوجود تغطية كاملة على طول النواة بالبيتون المغلف بالأنبوب فولاذي امر ميسر ومتاح. يجب على البيتون والغلاف الفولاذي بالإضافة لتامين الصلابة ومقاومة الانعطاف اللازمة لحذف التحنيب الكلي لشبكات التربيط، منع ايضا حدوث تحنيب موضعي للنواة.

في هذا النظام نحن بحاجة لتحضير سطح انزلاق او طبقة غير مستمرة بين النواة الفولاذية والبيتون المانع من تحنيب النواة. الهدف من هذا الامر هو إجبار النواة فقط أن تتحمل كامل قوى شبكات التربيط. مادة و أبعاد طبقة الانزلاق المذكورة يجب أن تصمم لتامين إمكانية حركة نسبية بين النواة الفولاذية والبيتون المغلف بالفولاذ. تحدد هذه الحركة النسبية من القص وأثر بواسون. ومن اللازم ذكره ايضا أن نهايتي شبكة التربيط تكون خارج الغلاف الفولاذي من أجل الإطمئنان من عدم التحنيب.

وعادة نستفيد من شبكات التربيط V أو شيفرون ولا نرى عادة X لصعوبة تنفيذ الغلاف البيتوني الفولاذي.

4- تصميم الإطارات $BRBF_s$:

بالاعتماد على أصول التصميم الفولاذي المعتمد على توفير المقاومة، تلعب شبكات التربيط دور فيوز في الإطارات $BRBF_s$، بمعنى تعتبر شبكات التربيط أضعف عنصر في الإطار المصمم. ماتبقى من عناصر الإطار (جائز – عمود) تقع تحت تأثير أوامر شبكة التربيط وتصمم على أعظم قوى تولدها شبكات التربيط. القوى التصميمة لشبكات التربيط وباقي عناصر الإطار تصمم على النحو التالي:

ألف) القوى التصميمة لعنصر شبكة التربيط:

يعتبر عنصر شبكة التربيط الممنوع من التحنيب بعنوان عنصر ضبط انتقال ويجب ان يدخل مجال غير المرن.

المقاومة التصميمة المحورية لشبكات التربيط في الشد والضغط تحسب من العلاقة التالية:

$$\varphi P_{y\,sc} = \varphi F_{y\,sc} A_{sc} \quad (١-١)$$

φ معامل تخفيض المقاومة وتساوي 0.9

A_{sc} مساحة مقطع النواة الفولاذية (الجزء الخضوعي)

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

F_{ysc} : إجهاد الخضوع لفولاذ النواة، أو إجهاد خضوع الفعلي والذي يوجد في المختبر.

ب) القوى التصميمية لباقي عناصر الإطار:

العناصر المجاورة لشبكات التربيط الممنوعة من التحنيب (جائز – عمود) تعتبر بعنوان ضبط القوة ويجب أن يبقى ضمن المجال المرن. تحسب القوة التصميمة لهذه العناصر من التوازن مع إدخال معاملات ω , β , R_y على مقاومة عنصر شبكات التربيط. في هذه الحالة مقاومة شبكات التربيط في الشد والضغط تحسب كما يلي:

$$T_{\max} = \omega R_y P_{ysc} \qquad (٢-١)$$

$$C_{\max} = \beta \omega R_y P_{yc} \qquad (٣-١)$$

حيث :

R_y : معامل إجهاد الخضوع المنتظر في شبكات التربيط، والمرتبط بـ: نوع المقطع المستخدم، أما إذا كان إجهاد خضوع شبكات التربيط مستخرج من التجربة، فيعتبر R_y يساوي الواحد.

ω : معامل أخذ تقسية التشوهات.

β : نسبة قوة الضغط الأعظمية إلى قوة الشد الأعظمية، وعادة تحسب في المختبر للنواة الفولاذية.

من أجل تحديد المعاملات ω ، β يجب انجاز المراحل التالية خطوة – خطوة:

1- مقدار تزايد أو انخفاض طول القطعة الخضوعية في امتداد الطولي لشبكة التربيط، وتحسب من العلاقة:

$$\Delta_{bx} = \frac{P_{bx} L_{ysc}}{E A_{sc}} = \frac{P_{bx}(0/67 L_1 or\ \ 0/5 L_1)}{E A_{sc}} \qquad (٤-١)$$

حيث :

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

L_{ysc} : الطول الخضوعي لشبكات التربيط، هذا الطول في شبكات التربيط القطرية يساوي تقريبا ثلثي طول نقاط العمل وفي شبكات التربيط شيفرون نصف طول نقاط العمل.

P_{bx} : القوة المحورية لشبكات التربيط

2- مقدار الانتقال المحوري غير المرن لشبكات التربيط، ويحسب من العلاقة:

$$\Delta_{bm} = C_d \Delta_{bx} \qquad (٥-١)$$

حيث: C_d معامل تكبير نمو الانتقال، Δ_{bx} الانتقال المحوري المرن للشبكات التربيط

3- مقدار التشوه الوسطي لشبكات التربيط، ويحسب من العلاقة:

$$\varepsilon_{BRB} = \frac{2\Delta_{bm}}{L_{ysc}} \qquad (٦-١)$$

4- باعتبار التشوه المحسوب وفق الخطوة السابقة، تحسب معاملات β, ω بالاعتماد على مخطط (إجهاد – تشوه) تجريبي. β لايجب أن تكون أقل من الواحد.

وفي النهاية مع ايجاد المعاملات β, ω يمكن إيجاد قيم $T_{\max}, C_{\max}$ (مع الانتباه إلى الحد الاعلى لإجهاد الخضوع):

$$T_{\max} = \omega R_y \; F_{ysc} A_{sc} \qquad (٧-١)$$

$$C_{\max} = \beta \omega R_y \; F_{ysc} A_{sc} \qquad (٨-١)$$

5- استقرار شبكات التربيط الممنوعة من التحنيب :

في الإطارات $BRBF_s$، يعتبر الاستقرار الكلي لنظام (النواة الفولاذية – البيتون – الغلاف الفولاذي) مهم جدا، ولضمان الوصول إلى الخضوع (مفصل لدن محوري) لايجب مطلقا حدوث عدم الاستقرار في النظام.

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

نظام منع التحنيب يجب أن يكون قادر على تحمل أكبر الانتقالين، المبينين أسفلا:

الف) ضعف الانتقال الواقعي للطابق:

$$\Delta = 2C_d\Delta_W \qquad (٩-١)$$

ب) الانتقال المتناظر مع 2% من الانتقال النسبي للطابق $\theta = 0.02$

$$\Delta = 0/02h \qquad (١٠-١)$$

Δ_w الانتقال النسبي المرن للطابق

C_d معامل تكبير نمو الانتقال

H ارتفاع الطابق

نظام تقيد التحنيب، يجب أن يمنع أيضا التحنيب الموضعي أو الكلي للنواة الفولاذية.

في الجدول التالي، نوضح قيم معامل السلوك، معامل المقاومة الغضافية ومعامل تكبير نمو الانتقال لشبكات التربيط الممنوعة من التحنيب وفق الكود ASCE7-10:

جدول 1: قيم معامل السلوك – معامل المقاومة الإضافية- معامل تكبير نمو الانتقال للإطارات $BRBF_s$

نظام مقاومة الأحمال الجانبية	R_u	Ω	C_d
من اجل BRBF مع وصلات بسيطة (جائز – عمود)	7	2	5.5
من اجل BRBF مع وصلات وثاقة (جائز – عمود)	8	2.5	5
من اجل نظام مركب من إطار مقاوم للعزوم و BRBF	8	2.5	5

6- الصلابة الواقعية لشبكات التربيط المنوعة من التحنيب:

في الإطارات BRBF، مهم جدا معرفة صلابة شبكات التربيط من أجل النمذجة الحاسوبية، في هذه الإطارات، مقطع شبكة التربيط متغير على امتداد طولها، ومقاومة شبكة التربيط تحسب وفق مساحة النواة، من هنا نعلم كيف نوجد الصلابة الواقعية

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

لشبكات التربيط بالاستفادة من مساحة النواة الفولاذية في نموذج المنشاة من نقطة عمل إلى نقطة عمل بدون اي اصلاح. بالاستفادة من معامل اصلاح kf يمكن حساب الصلابة الواقعية لشبكات التربيط.

$$k_{achal} = KF(K_{core}) = \frac{KF(A_{sc}E)}{L_{wp-wp}} \qquad (١١-١)$$

حيث A_{sc} مساحة النواة، L_{wp-wp} طول عنصر شبكة التربيط بين نقاط العمل، الصلابة الواقعية لعنصر شبكة التربيط يمكن ان تحدد من الشركة الصانعة، هذه الصلابة مرتبطة بمقاومة التربيط، أبعاد وهندسة الإطار وتفاصيل الوصلات. هذه الصلابة الواقعية يمكن الاستفادة منها من اجل التصميم الاولى للجوائز والاعمدة. عند ارسال هذه المعلومات إلى المصمم وضبط الصلابة الواقعية ، يمكن بدء التصميم.

7- وصلات شبكات التربيط الممنوعة من التحنيب:

القوى التصميمة للوصلات يجب أن تكون اكبر 10% مقاومة شبكات التربيط في الضغط:

$$P_u = 1/1\beta\omega R_y P_{ysc} \qquad (١٢-١)$$

أثناء تصميم الوصلات يجب أخذ التحنيب الموضعي والكلي، اتصال شبكات التربيط الممنوعة من التحنيب بصفائح الاتصال يمكن ان يتم بصورة براغي.

8- الجوائز والأعمدة في الإطار المزود شبكات التربيط ممنوعة من التحنيب:

وفق AISC341-10 في الإطار BRBF، مقاطع الاعمدة والجوائز يجب ان تكون من النوع المكتنز الزلزالي وتحقق نسبة العرض إلى السماكة λ_{hd} . تصمم الأعمدة والجوائز على أساس الكودات المعروفة، تحسب المقاومة المطلوبة للجوائز والأعمدة بالاستفادة من المقاومات المنظمة لشبكات التربيط مع تركيب الأحمال الشاقولية.

المنطقة المحافظة:

تشمل النواة والوصلات بينها وبين الجائز والعمود.

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

مسألة (1):

(تصميم شبكات التربيط في $BRBF_s$)

يطلب تصميم شبكات التربيط من أجل حمولة زلزالية P_e=50 ton. الانتقال النسبي لمستوي الطابق الاول حسب التحليل من المرتبة الاولى يساوي D_H=0.55 cm وأيضا نهايات الاعمدة مفصلية والانتقال ممنوع باتجاه المحاور X_X و Y_Y.
وإجهاد الخضوع الأصغري والأعظمي :

$$F_{ysc\ \min} = 2670kg/cm^2 \qquad F_{ysc} = 3230kg/m^2$$

الحل:

1- تحديد القوى التصميمية:

تركيب احمال الزلازل الحاكم هو:

$$(1/2+0/6AI)D+\rho E+0/5L+0/2S$$

$$(0/9-0/6AI)D+\rho E$$

(معامل الحمولة الحية من اجل استخدامات الحمل الحي الموزع بانتظام وأقل من 500 كيلوغرام على المتر المربع يكون 0.5)

قوة الضغط والشد الأعظمية على أساس تراكيب الأحمال المذكورة أعلاه:

$$P_u = T_u = \rho P_E$$
$$= 1/2(50)$$
$$= 60ton$$

2- أخذ أثر المرتبة الثانية:

بالاستفادة من السلسلة الثانية يمكن كتابة:

$$P_u = P_m + B_2 P_{lt}$$

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

حساب B1:

ألف) حساب P_{max}:

مساحة ومحيط كل طابق:

$$A_{story} = 810m^2$$

$$I_{story} = 2[4(9) + 3(7/5)] = 117m$$

P_{story} من مجموع الاحمال الرأسية للطوابق في مستوى الطابق الثاني تحت تأثير تركيب الحمل الزلزالي:

$$(1/2 + 0/6AI)D + \rho E + 0/5L + 0/2S$$

$$P_{story} = 810\{[1/2 + 0/6(0/35)(1)] \times [330 + 3(415)] + 0 + 0/5(3)(200) + 0/2(100)\}$$

$$P_{story} = 2229ton$$

ب) حساب $P_{e\ story}$:

القص الكلي للطابق H من اجل كلا الفتحتين المربطتين، يساوي:

$$H = 2(24/5 + 22/3 + 14/5 + 7/25) = 137ton$$

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$P_{e\,story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} = 1\frac{137(420)}{0/55} = 105\times10^3\,ton$$

$$B_2 = \frac{1}{1-\frac{\alpha P_{story}}{P_{e\,story}}}$$

$$= \frac{1}{1-\frac{1(2229)}{105(10^3)}}$$

$$= 1/02$$

قوى الضغط والشد التصميمة مع أخذ أثار المرتبة الثانية:

$$P_u = T_u = B_2 \rho p_e$$
$$= 1/02(1/2)(50)$$
$$= 61/2ton$$

عناصر شبكات التربيط الشاملة النواة والنظما المقيد للتحنيب:

النواة يجب ان تتحمل القوى المحورية لشبكات التربيط:

$$A_{sc\ \min} = \frac{P_u}{\varphi F_{ysc\min}} = \frac{61/2(10)^3}{0/9(2670)} = 25/46cm^2 \ \ use\ \ A_{sc} = 26cm^2$$

المصنعون لشبكات التربيط المقيدة من التحنيب ، أوجدوا مقاطع جاهزة لها.

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

عندما تكون مساحة شبكة التربيط أكبر من المقدار المحسوب ، فهنا يجب على المهندس المصمم إعمال زيادة في القوى المطبقة على المنشاة، لأن الجوائز والأعمدة تصمم بحيث تكون أقوى من مقاومة المنظمة لشبكات التربيط.

$$\varphi P_n = \varphi F_{ysc\,\min} A_{sc}$$
$$= 0/9(2670)(26)$$
$$= 62/5ton \succ 61/2ton\,ok$$

القسم النهائي لتصميم شبكات التربيط هو التحقق من تغير الشكل: أجل تحديد القوى المنتقلة إلى الجوائز والاعمدة والوصلات.

تذكر:

الكود AISC341-10 يقرر أن تتحمل شبكات التربيط تغير شكل اكبر من 2% من الانتقال النسبي أو ضعف الانتقال النسبي التصميمي للطبقة.

الانتقال الجانبي النسبي التصميمي للطبقة في الكود AISC341-10 تشمل العمل غير المرن. مقدار الانتقال النسبي من التحليل المرن مرتبة اولى D_H=0.55 cm، هذا الانتقال النسبي يحسب بدون معامل درجة عدم التقرير ρ . ASCE/SEI 7 يجيز من أجل الحسابات الانتقال النسبي $\rho=1$. الانتقال النسبي غير المرن للطابق يمكن أن يكتب بالعلاقة:

$$\Delta = C_d \Delta_H = 5/5(0/55) = 3/025\,\text{cm}$$

ضعف الانتقال النسبي غير المرن للطابق:

$$2\Delta = 2(3/025) = 6/05cm$$

تغيير شكل متناظر 2% من الانتقال النسبي :

$$\Delta = 0/02h = 0/02(420) = 8/4cm$$

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

هنا الانتقال المسبي 2% هو الحاكم.

وبالتالي تغير شكل شبكات التربيط يحسب كمايلي:

$$\Delta_{br} = \sqrt{(420)^2 + (375 + 8/4)^2} - \sqrt{(420)^2 + (375)^2} = 5/63cm$$

بعد استشارة مصنع شبكة التربيط، طول الخضوع من أجل هذه الشبكة 70% من طول نقطة العمل إلى نقطة العمل:

$$L_y \geq 0/7L$$
$$\geq 0/7\sqrt{(420)^2 + (375)^2}$$
$$\geq 394cm$$

وبهذا يكون تشوه الشبكات:

$$\varepsilon_{brb} = \frac{\Delta_{br}}{L_y} = \frac{5/63}{394} = \%1/42$$

تحديد التشوه وطول الخضوع للشبكات عادة يحدد من قبل المصنع وهنا فقط بغرض توضيح طريقة تصميم شبكات التربيط مقيدة التحنيب.

وبعد أخذ رأي المصنع، عوامل β, ω المتناظرة مع هذا المستوى من التشوه 1.42%:

$$\omega = 1/36 \ , \ \beta = 1/1$$

من هذه المعاملات التي تم بواسطتها تعيين القوى التي تنقلها شبكات التربيط إلى الجوائز والأعمدة والوصلات، يسمح نفس الكود بدلا من ايجاد تغيير الشكل وفق الطريقة السابقة ، الاعتماد على تغيير شكل شبكات التربيط من تحليل غير خطي.

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

مسألة 2:

تصميم عمود في إطار $BRBF_s$

المعطيات:

يطلب تصميم عمود بمقطع IPB بالمواصفات التالية $Fy=3515kg/cm^2$ و$Fu=4573kg/cm^2$.

قوى العمود الناتجة من الحمولات الرأسية والثلج :

$$P_d = 67ton \ , P_L = 27ton \ \ P_s = 3/2ton$$

وفق AISC وإذا كان (Pysc(=Fysc تجريبيا، فليس هناك حاجة إلى أخذ أثر معامل إجهاد الخضوع Ry. المصنع ارسل لنا معامل المقاومة الإضافية: $\beta = 1.1, \ w = 1.36$ وأيضا مواصفات النواة :

$$F_{ysc\,\min} = 2670kg/cm^2$$

$$F_{ysc\,\max} = 3230kg/cm^2$$

الحل:

1- تعيين القوى التصممية للعمود:

وفق AISC341-10 قوى العمود التصميمة تحت أثر الأحمال الزلزالية تعتمد على المقاومات المنظمة لشبكات التربيط، من أجل تحديد شبكات التربيط، نستفيد من A_{sc} و F_{ymax} (مع أخذ بعين الاعتبار تغيرات مواد النواة). بالبدء بشبكات التربيط، مقاومات الضغط المنظمة تؤثر على حمل العمود CL-1 كمايلي:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$\beta\omega P_{ysc\,\max 2} = \beta\omega A_{sc2} F_{ysc\,\max}$$
$$= 1/1(1/36)(24)(3230)$$
$$116ton$$

$$\beta\omega P_{ysc\,\max 3} = \beta\omega A_{SC3} F_{ysc\,\max}$$
$$= 1/1(1/36)(18)(3230)$$
$$= 87ton$$
$$\beta\omega P_{ysc\,\max 4} = \beta\omega A_{SC4} F_{ysc\,\max}$$
$$= 1/1(1/36)(9)(3230)$$
$$= 43/5ton$$

وأيضا مقاومات الشد المنظمة لشبكات التربيط التي تؤثر على العمود تعطى كمايلي:

د. محمد فادي نقرش

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$\omega P_{ysc\max 2} = \omega A_{sc2} F_{ysc\max}$$
$$= 1/36(24)(3230)$$
$$= 105ton$$

$$\omega P_{ysc\max 3} = \omega A_{sc3} F_{ysc\max}$$
$$= 1/36(18)(3230)$$
$$= 79ton$$

$$\omega P_{ysc\max 4} = \beta\omega A_{sc4} F_{ysc\max}$$
$$= 1/36(9)(3230)$$
$$= 39/5ton$$

ألف) قوة الضغط المحورية للعمود:

قوة الضغط المحورية للعمود تحسب من خلال مجموع المركبات القائمة للقوى المنظمة من شبكات التربيط المضغوطة، ونصف القوى غير المتعادلة القائمة وسط الجائز.

مجموع المركبات القائمة للقوى المنظمة من شبكات التربيط المضغوطة:

$$\sum \beta\omega P_{ysc\max} \sin\theta = (116+87+43.5)(\sin 45) = 174ton$$

القوى غير المتعادلة القائمة وسط الجائز، تحسب كمايلي:

المركبة القائمة لقوة الشد في شبكات التربيط على الجائز $\omega P_{ysc\max} \sin\theta$ ، وأيضا المركبة القائمة لقوة الضغط في شبكات التربيط على الجائز $\omega\beta P_{ysc\max} \sin\theta$. نجمع هاتين القوتين جبريا، بعنوان قوة غير متعادلة قائمة للجائز ونصف هذه القوة تنتقل إلى الاتجاهين في الجائز، كمايلي:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$F_{umbalacne} = \omega\beta P_{ysc\max}\sin\theta - \omega P_{ysc\max}\sin\theta = (\beta-1)\omega P_{ysc\max}\sin\theta$$

قوة العمود من أثر القوى غير المتعادلة:

$$\sum\frac{1}{2}(\beta-1)\omega P_{ysc\max}\sin\theta = \frac{1}{2}(\beta-1)\omega F_{ysc\max}\sum A_{sc}\sin\theta$$

$$=\frac{1}{2}(1/1-1)(1/36)(3230)[9(\sin 45^\circ)+18(\sin 45^\circ)+24(\sin 45^\circ)+26(\sin 48/2^\circ)]=12ton$$

قوة الضغط المحورية الكلية للعمود من شبكات التربيط :

$$P_{QE}=174-12=162ton$$

ب) قوة الشد المحورية في العمود:

قوة الشد المحورية للعمود تحسب من مجموع المركبات القائمة للقوى المنظمة لشبكات التربيط الشد ونصف القوى غير المتعادلة القائمة وسط الجائز.

مجموع المركبات القائمة للقوى المنظمة من شبكات التربيط الشد :

$$\sum\omega P_{ysc\max}\sin\theta = (105+79+39) = (\sin 45^\circ) = 158ton$$

القوة المحورية الشادة الكلية للعمود من أثر شبكات التربيط:

$$P_u =)1/2+0/6AI)P_D + P_{QE}_0/5P_L + 0/2P_S$$
$$=[1/2+0/6(0/35)(1)](67)+162+0/5(27)+0/2(3/2)$$
$$=271ton$$

المقاومة المحورية على الشد المطلوبة للعمود على أساس الحساب أعلاه:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$P_u = (0/9 - 0/6AI)P_D + T_{E_{mh}}$$
$$= [0/9 - (0/6)(0/35)(1)](67) + (-170)$$
$$= -124\,\text{ton}$$

أثر المرتبة الثانية:

باعتبار ان مركبة الزلزالية للمقاومة المطلوبة للعمود ناتجة عن الحساب الناتج عن مقاومة شبكات التربيط، فنحن لسنا بحاجة إلى أخذ بعين الاعتبار $P-\Delta$ المعامل β_2 . من جهة اخرى لايزيد أثر $P-\Delta$ ا، القوى الناتجة عن المقاومة المنتظرة لضغط وشد شبكات التربيط. ولن ناخذ اثر $P-\Delta$ (معامل β_1) باعتبار لايوجد أي عزم على العمود.

اختيار المقطع:

المقطع IPB260 بالمواصفات التالية:

$$A_g = 118cm^2, d = 26cm, b_f = 26cm, t_t = 1/75cm$$
$$r_x = 11/2cm, r_y = 6/58cm, t_w = 1cm$$

التحقق من نسبة العرض إلى السماكة:

وفق AISC341-10 في الغطار المقيد من التحنيب، المقاطع الكلية للأعمدة مثل فتحة شبكات التربيط يجب أن تكون مكتنزة مع مطاوعة كبيرة λ_{hd}

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_s} = \frac{26}{2(1/75)} = 7/42$$
$$\lambda_{hd} = 0/3\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0/3\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3515}} = 7/32$$

بسبب الفارق الصغير:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{17/7}{1} = 17/7$$

$$C_a = \frac{P_u}{\varphi_c P_y} = \frac{P_u}{0/9F_y A_g} = \frac{271(10^3)}{0/9(3515)(118)} = 0/72, \frac{P_u}{\varphi_c P_y} \succ 0/125$$

$$\lambda_{hd} = 0/77\sqrt{\frac{E}{F_y}}(2/93 - c_a) \geq 1/49\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 0/77\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3515}}(2/93 - 0/72) \geq 1/49\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3515}}$$

$$= 41/6 \geq 36/41 \Rightarrow \lambda_w \prec \lambda_{hd} = 41/6 o.k$$

تعيين مقاومة الضغط الموجودة:

وفق الكود من اجل الإطارات المربطة، معامل الطول المؤثر لاعضاء الضغط k=1 .

$$\frac{k_x L_x}{r_x} = \frac{1(420)}{11/2} = 37/5$$

$$\frac{k_y L_y}{r_y} = \frac{1(420)}{6/58} = 63/83$$

$$4/71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4/71\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3515}} = 115$$

وباعتبار نحافة العمود 63و83<115 التحنيب غير المرن هو الحاكم:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$F_e=\frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}=\frac{\pi^2(2)(10^6)}{(63/83)^2}=5087kg/cm^2$$

$$F_{cr}=[0/658^{\frac{F_y}{F_e}}]F_y=[./658^{\frac{3515}{5087}}](3515)=2633kg/cm^2$$

$$P_n=A_gF_{cr}=118(2633)=311ton$$

$$P_c=\varphi_cP_n=0/9(311)=280ton\succ 271ton\ o.k$$

تحديد مقاومة الشد الموجودة:

$$P_n=A_gF_y=118(3515)=415ton$$

$$\varphi_tP_n=0/9(415)=373ton\succ 124ton\ ok$$

الاستفادة من المقطع IPB260 من اجل عمود إطار BRBF مناسب.

المسألة 3:

تصميم جائز في إطار $BRBF_s$

يطلب تصميم جائز بسيط بمقطع IPB بالمواصفات F_y=3515kg/cm^2 F_u=4570kg/cm^2

أيضا الجناح السفلي في النقاط : على مسافة ربع المجاز مسنودة جانبيا. عزوم وقص للرافعة معطاة بالشكل التالي:

$$V_D=5/1ton\ ,V_L=3/9ton\ \ ,M_D=16/6ton.m\ \ M_L=13/8ton.m$$

$$\omega=1/36\quad \beta=1/1$$

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

متغيرات مادة النواة:

$$F_{ysc\,\min} = 2670 kg/cm^2$$

$$F_{ysc\,\max} = 3230 kg/cm^2$$

الحل:

تحديد القوى التصميمية للجائز:

$$\omega P_{ysc\,\max 2} = \omega A_{sc2} F_{ysc\ \max}$$
$$= 1/36(26)(3230)$$
$$= 114 ton$$
$$\omega P_{ysc\,\max 2} = \omega A_{sc2}\ F_{ysc\ \max}$$
$$= 1/36(26)(3230)$$
$$= 114 ton$$

المقاومة المنظمة لشبكات التربيط الضاغطة BRB :

$$\beta\omega P_{ysc\,\max 2} = \beta\omega A_{sc2}\ F_{ysc\max}$$
$$= 1/1(1/36)(26)(3230)$$
$$= 125/6 ton$$

القوة القائمة غير المتعادلة للجائز BM على أساس المركبة القائمة لقوى التربيط:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$P_y = (125/6 - 114)\sin 48/2$$
$$= 8/65 ton$$

القوة القائمة غير المتعادلة للعمود على الجائز يمكن أن تكون بعنوان حمل زلزالي على وسط الجائز، سبب ايجاد قوى القص وعزم الانعطاف في الجائز:

$$V_E = \frac{-Py}{2} = \frac{-8/65}{2} = -4/32 ton$$
$$M_E = \frac{-P_y L}{4} = \frac{-8/65(7/5)}{4} = -16/22 ton.m$$

المركبات الأفقية لقوى شبكات التربيط :

$$P_{tx} = 114(\cos 48/2^\circ) = 76 ton$$
$$P_{cx} = 125/6(\cos 48/2^\circ) = 84 ton$$

القوة المحورية للجائز الناتجة من الاحمال الزلزالية:

$$P_{QE} = \frac{P_{tx} + P_{cx}}{2} = \frac{76+84}{2} = 80 ton$$

عزم الانعطاف التصميمي للجائز BM على أساس تركيب الاحمال الحاكم :

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$M_u = (1/2 + 0/6AI)M_D + M_{QE} + 0/5M_L + 0/2M_S$$
$$= [1/2 + 0/6(0/35)(1)](16/6) - 16/22 + 0/5(13/8) + 0/2(0)$$
$$= 14/1 ton.m$$
$$M_u = (0/9 - 0/6AI)\mathrm{M}_D + M_{QE}$$
$$= [0/9 - 0/6(0/35)(1)](16/6) - 16/22$$
$$= -4/76 ton.m$$

قوة المحورية التصميمة للجائز على أساس تركيب الاحمال الحاكم:

$$P_u = (1/2 + 0/6AI)P_D + P_{QE} + 0/5P_L + 0/2P_S$$
$$= [1/2 + 0/6(0/35)(1)](0) + 80 + 0/5(0) + 0/2(0)$$
$$= 80 ton$$
$$P_u = (0/9 - 0/6AI)\mathrm{P}_D + P_{QE}$$
$$= [0/9 - 0/6(0/35)(1)](0) + 80$$
$$80 ton$$

وبسبب أن هذا العزم ناتج من الحمولات الزلزالية، عزم الحمولات الرأسية ستصبح صفر، يجب ان يكون تركيب الاحمال غير الزلزالي أيضا بعين الاعتبار. في هذه الحالة المقاومة الانعطافية للجائز تحت تأثي قوى الثاقالة :

$$M_u = 1/2M_D + 1/6M_L + 0/5(\mathrm{M}_L \ or \ M_S \ or \ M_R)$$
$$= 1/2(16/8) + 1/6(13/8) + 0/5(0)$$
$$= 42/24 ton.m$$

وأيضا مقاومة القص المطلوبة للجائز تحت تاثير الأحمال الرأسية:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$V_n = 1/2V_D + 1/6V_L + 0/5(V_{Lr}\ or V_S\ or\ V_R)$$
$$1/2(5/1) + 1/6(3/9) + 0/5(0)$$
$$= 12/36 ton.m$$

ويجب ان نذكر أن الاحمال الميتة والحية لا يوجد لها أثر على القوى المحورية للجائز، وبالتالي لايوجد أي قوة محورية بنفس الزمان مطبقة مع العزم اعلاه.

اخيتار المقطع:

نختار IPE450 بالمواصفات الهندسية التالية:

$$A = 98/8cm^2\ ,\ d = 45cm\ ,\ t_w = 0/94cm\ ,b_f = 19cm\ ,t_f = 1/46cm\ ,I_X = 33740cm^4$$
$$I_y = 1680cm^2\ ,\ r_x = 18/5cm\ \ ,\ r_y = 4/12cm\ \ Z_X = 1624cm^3\ \ ,\ \ S_X = 1500cm^3$$
$$C_w = 791000\,cm^6 \qquad j = 63/8cm^4$$

التاكد من نسبة العرض إلى السماكة:

AISC341-10 يقر أن جوائز يجب ان تكون مطاوعة وتحقق النسبة λ_{hd}

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{19}{2(1/46)} = 6/5$$

$$\lambda_{hd} = 0/3\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0/3\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3515}} = 7/33$$

$$\lambda_f \prec \lambda_{hd} \quad o.k$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{37/8}{0/94} = 40/21$$

$$C_a = \frac{P_u}{\varphi_b P_y} = \frac{P_u}{0/9F_y A_g} = \frac{80(10^3)}{0/9(3515)(98/8)} = 0/25 \quad C_a \succ 0/125$$

$$\lambda_{hd} = 0/77\sqrt{\frac{E}{F_y}}(2/93 - C_a) \geq 1/49\sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 0/77\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3515}}(2/93 - 0/25) \geq 1/49\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3515}}$$

$$= 50/32 \geq 36/41 \Rightarrow \lambda_w \prec \lambda_{hd} = 50/32 o.k$$

تحديد المقاومة الانعطافية (عزم سالب)

مقاومة الانعطاف الموجودة للجائز من جهة العزم السالب (الجناح السفلي للجائز في ضغط) ، يحسب كمايلي:

الجناح السفلي للجائز في النقاط (عند ارباع الطول) مسنودة:

$$L_b = \frac{750}{4} = 187/5cm$$

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

L_p حدود الحالة الحدية الخضوعية وحالة التحنيب الفتلي الانبي غير المرن الحدية:

$$L_p = 1/76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1/76(4/12)\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3515}} = 177cm$$

L_r الحد بين حالتي التحنيب الفتلي الجانبي غير المرن والمرن:

$$L_r = 1/95 r_{ts} \frac{E}{0/7F_y}\sqrt{\frac{jc}{s_x h_\bullet} + \sqrt{\left(\frac{jc}{s_x h_\bullet}\right)^2 + 6/76\left(\frac{0/7F_y}{E}\right)^2}}$$

$$= 1/95(4/93)\frac{2/1(10^6)}{0/7(3515)}\sqrt{\frac{63/8(1)}{1500(43/54)} + \sqrt{\left(\frac{63/8(1)}{1500(43/54)}\right)^2 + 6/76\left(\frac{0/7(3515)}{2/1(10^6)}\right)^2}}$$

$$= 530cm$$

$$h_\bullet = d - t_f = 43/54cm, c = 1, r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12\left(1 + \frac{1}{6}\frac{ht_w}{b_f t_f}\right)}}$$

$$L_P \prec L_b \prec L_r$$

التحنيب الجانبي – الفتلي غير المرن الحاكم c_b يؤخذ يساوي الواحد للامان:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$M_P = F_y Z_X = 3515(1624) = 57 ton.m$$

$$M_n = C_b[M_P - (M_p - 0/7F_y S_x)\left(\frac{L_b - L_P}{L_r - L_P}\right) \le M_P$$

$$= 1[57 - (57 - 0/7(3515)(1500\times10^{-5})(\frac{187/5 - 177}{530 - 177})]$$

$$= 56/5 ton.m$$

$$M_n = 56/5 ton.m \prec M_P$$

تعيين المقاومة الانعطافية (عزم موجب):

السقف المركب يعتبر تثبيت مستمر للجائز، لذلك هذه الحالة الحدية تحنيب جانبي – فتلي لن تقع، والمقاومة على أساس العزم اللدن تحسب:

$$\varphi_b M_P = \varphi_b F_y z$$

$$= 0/9(3515)(1624)$$

$$51/3 ton.m \succ 42/24 ton.m \ o.k$$

تحديد مقاومة الضغط للجائز:

من اجل الجائز تحت تأثير قوى محورية ضاغطة، وهناك احتمال لوقوع تحنيب :

1) التحنيب الانعطافي حول المحور الضعيف:

من هنا الجائز بطور مستمر مع السقف المركب والذي يعتبر مسند جانبي، وبالتالي لن يقع التحنيب الانعطافي حول المحور الضعيف.

2) التحنيب الانعطافي حول المحور القوي:

التحنيب الانعطافي حول المحور القوي x : الجائز مسنود في وسطه بسبب شبكات التربيط ، والطول غير المقيد هو 375سم:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

3) التحنيب الانعطافي – الفتلي:

وبسبب أن الجناح العلوي مقيد من قبل البلاطة، الحالة الحدية تحنيب فتلي – انعطافي محتملة. الطول غير المقيد الفتلي لا يشابه الطول غير المقيد التحنيبي الانعطافي حول المحور الضعيف. في هذا المثال : التربيط الجانبي للجناح السفلي للجائز في ربع المجاز ، وبالتالي الطول غير المقيد للتحنيب الفتلي يساوي 187.5 .

$$\frac{kL_x}{r_x}=\frac{1(375)}{18/5}=20/27$$

$$\frac{kL_y}{r_y}=\frac{1(0)}{4/12}=0$$

$$\frac{KL_z}{r_y}=\frac{1(187/5)}{4/12}=45/5$$

الجسد تحت الضغط المحوري نحيف:

$$\lambda_w=\frac{h}{t_w}=\frac{37/8}{0/94}=40/21$$

$$\lambda_r=1/49\sqrt{\frac{E}{F_y}}=1/49\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3515}}=36/41$$

$$\lambda_w=40/21cm\succ 36/41\ \ not\ \ o.k$$

ويجب أن نعرف في حساب مقاومة عناصر الضغط بأجزاء نحيفة يجب أن نضرب بالعامل : Q .

في دراسة أجزاء مع حافة مثل جسد I المعامل يصبح Q=Qs . المقادير Qs من اجل مقاطع مختلفة في الكود AISC360-10

علما ان هناك

كودات تمنع استخدام مقاطع تحوي اجزاء نحيفة في الضغط المحوري (مثلف الكود الايراني)

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

تحديد مقاومة التحنيب الانعطافي حول المحور X مع فرض Q=1

إجهاد التحنيب المرن يعطى بالعلاقة:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{2}\right)^2} = \frac{\pi^2 (2/1)(10^6)}{(20/27)^2} = 50444 kg/cm^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{3515}{50444} = 0/07$$

وباعتبار 0.07 <2.25 التحنيب غير المرن هو الحاكم، والاجهاد الحرج هو:

$$F_{cr} = [0/658^{\frac{F_y}{F_e}}]F_y = [0/658^{\frac{3515}{50444}}](3515) = 3413 kg/cm^2$$

تحديد مقاومة التحنيب الانعطافي – الفتلي مع فرض Q=1

وبسبب كون الجناح العلوي للجائز مقيد بواسطة السقف : اذا الحالة الحدية الحاكمة هي التحنيب الانعطافي – الفتلي.

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$F_e = \left\{ \frac{\pi^2 E[C_W + I_y (d/2)^2}{(K_2 L)^2} + GJ \right\} \left[\frac{1}{I_x + I_y + (d/2)^2 A_g} \right]$$

$$= \left\{ \frac{\pi^2 (2/1)(10^6)[791000 + 1680\left(\frac{45}{2}\right)^2}{[1(187/5)]^2} + (807692)(63/8) \right\}$$

$$\times \left[\frac{1}{33740 + 1680 + \left(\frac{45}{2}\right)^2 (98/8)} \right]$$

$$= 11925 kg/cm^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{3515}{11925} = 0/29$$

ولان 0.29>2.25 الإجهاد الحرج يساوي:

$$F_{cr} = \left[0/658^{\frac{Fy}{Fe}} \right] F_y = \left[0/658^{\frac{3515}{11925}} \right] (3515) = 3113 kg/cm^2$$

وبسبب كون Fcr أصغر من حالة التحنيب الانعطافي حول المحور القوي لذا هذه الحالة هي الحاكمة:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

تحديد معامل التخفيض Q للعناصر النحيلة:

من اجل تحديد معامل تفيض Q وفق AISC360-10 المقدار f=Fcr حيث Fcr أصغر بين الحالتين الحديتين السابقة.

عرض مؤثر الجسد النحيف يحسب بالطريقة التالية:

$$b = h = d - 2k = 37/8cm$$

$$f = F_{cr} = 3113kg/cm^2$$

$$b_e = 1/92t\sqrt{\frac{E}{f}}[1 - \frac{0/34}{(b/t)}\sqrt{\frac{E}{f}}] \le b$$

$$= 1/92(0/94)\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3113}}[1 - \frac{0/34}{\left(\frac{37/8}{0/94}\right)}\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3113}}] \le 37/8cm$$

$$= 36/57cm$$

$$Q_a = \frac{A_e}{A_g} = \frac{A_g - t_w(h - b_e)}{A_g} = \frac{98/8 - 0/94(45 - 36/57)}{98/8} = 0/92$$

$$Q_s = 1$$

$$Q = Q_S Q_a = 1(0/92) = 0/92$$

$$\frac{QF_y}{F_e} = \frac{0/92(3515)}{11952} = 0/27$$

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

لان 0.27 أصغر من 2.25 ، اجهاد التحنيب الحرج هو:

$$F_{cr} = Q\left[0/658^{\frac{QFy}{F_e}}\right]F_y = 0/92\left[0/658^{\frac{0/92(3515)}{11952}}\right](3515) = 2888kg/cm^2$$

مقاومة الضغط التصممية:

$$\varphi_c P_n = \varphi_c F_{cr} A_g$$
$$= 0/9(2888)(98/8)$$
$$= 257ton$$

أثر الضغط اللامركزي:

بسبب ان $\frac{P_u}{P_c} \succ 0.2$ تصممي جائز – عمود :

$$\frac{P_u}{P_c} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_{ux}}{M_{cx}} + \frac{M_{uy}}{M_{cx}}\right) \le 1$$

ويجب ان نعلم ان عزم الانعطاف الاعظمي الناتج من تركيب الاحمال الرأسية يجب ان لا يركب مع القوى المحورية الناتجة عن احمال الزلازل:

معامل عزم الانعطاف من اجل العزم المثبت (الجناح العلوي في الضغط) الناتج من اثر الزلزال:

$$\frac{M_{ux}}{M_{cx}} = \frac{14/1}{51/3} = 0/27$$

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

وايضا معامل عزم الانعطاف من اجل العزم السالب (جناح الضغط في الأسفل) ناتج من الزلزال :

$$\frac{M_{ux}}{M_{cx}}=\frac{4/76}{51}=0/093$$

نستفيد من معامل العزم الانعطاف الموجب من اجل الأثر المتقابل:

$$0/31+\frac{8}{9}(0/27+0)=0/55\prec 1\ \ ok$$

التحقق من المقاومة القصية:

$$\frac{h}{t_w}=\frac{37/8}{0/94}=40/21\prec 2/24\sqrt{\frac{E}{F_y}}=2/24\sqrt{\frac{2/1(10^6)}{3515}}=54/7\Rightarrow \varphi_v=1\ \ c_v=1$$

$$V_n=0/6F_yA_WC_V=0/6(3515)(45)(0/94)(1)=89ton$$

$$\varphi_vV_v=1(89)=89ton\succ V_u=12/36ton\ \ o.k$$

لذلك يعتبر IPE450 مناسب كمقطع للجائز.

ملاحظة:

اشتراطات السند الجانبي للجوائز:

وفق AISC341-10 السند الجانبي لجائز في إطار BRBF يجب ان يحقق اشتراطات المطاوعة المتوسطة، وبناء على ذلك الحد الاعظمي لتباعد السند الجانبي هو:

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$L_b = \frac{0/17 r_y E}{F_y}$$
$$= \frac{0/17(4/12)(2/1)(10^6)}{3515}$$
$$= 418cm$$

السند الجانبي لجناح السفلي في النقاط (ربع المجاز) 190.5 سم ، وبالتالي السند الجانبي للجناح السفلي للجائز في نقاط ربع المجاز Lp=187.5cm .

وفق الملحق 6 من AISC360-10 المقاومة المطلوبة للتربيط الجانبي :

$$P_{br} = 0/02 M_u C_d / h_o$$

في الرابطة السابقة معامل الانحناء ومن اجل انحناء طرف يساوي الواحد، فتكون المقاومة الانعطافية المطلوبة:

$$M_u = R_y F_y z$$
$$= 1/2(3515)(1624)$$
$$= 68/5 ton.m$$

لذلك المقاومة المطلوبة للدعم الجانبي هي:

$$P_{br} = \frac{0/02(68/5)(1)}{(45-1/46)(10^{-2})} = 3/15 ton$$

على أساس الملحق 6 AISC360-10 الصلابة الازمة للسند الجانبي

إعداد:
الدكتور المهندس محمد فادي نقرش – المحاضر في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية
Mnakrash81@yahoo.com

$$\beta_{br}=\frac{1}{\varphi}\left(\frac{10M_uC_d}{L_bh_\circ}\right)=\frac{10(68/5)(10^2)(1)}{0/75(187/5)(45-1/46)}=11/2ton/cm$$

الصلابة المحورية للسند الجانبي :

$$k=\frac{AE}{L}$$

مساحة مقطع السند الجانبي :

$$K\geq\beta_{br}=11/2ton/cm$$

$$A\geq\frac{\beta_{br}L}{E}$$

$$\geq\frac{11/2(10^2)(900)}{2/1(10^6)}$$

$$=4/8cm^2$$

السند الجانبي يجب أن يكون على الأقب 4.8 سم مربع ، وحد أقل للمقاومة 3.15 طن في نقاط ربع المجاز للجناح العلوي والسفلي للجائز.