سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

به نام ایزد یکتا

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

سازمان نظام مهندسی ساختمان
استان خراسان رضوی

اتصالات پیش پذیرفته
برای قاب خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای

علیرضا رضائیان
دکتری مهندسی عمران - سازه

- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد کرج
- عضو هیأت مدیره انجمن سازه های فولادی ایران
- دبیر تدوین استاندارد ساخت و برپایی سازه فولادی
- رییس کمیته متناظر سازه های فولادی (TC167)

همکار: نیلوفر بهبود
کارشناسی ارشدمهندسی عمران، مهندسی سازه

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان

www.SazanCo.com

بخش اول: طرح لرزه‌ای در سازه‌های فولادی

بخش دوم: الزامات لرزه‌ای اتصالات در قاب‌های خمشی
- ناحیه‌ی محافظت شده
- مهار جانبی و مهار جانبی تکمیلی
- ورق‌های پیوستگی
- چشمه‌ی اتصال و ورق‌های مضاعف
- نسبت لنگر ستون به تیر

بخش سوم: جوش و پیچ در مناطق لرزه‌ای

بخش چهارم: اتصالات پیش‌پذیرفته
- شرایط پیش‌پذیرفتگی
- اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)
- اتصال خمشی با ورق انتهایی گسترش‌یافته‌ی سخت‌شده و سخت‌نشده‌ی پیچی(End Plate)
- اتصال خمشی ورق بال پیچ‌شده (BFP)
- اتصال خمشی جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)

بخش پنجم: مقایسه مبحث دهم و آیین‌نامه‌ی آمریکا در زمینه‌ی اتصالات پیش‌پذیرفته

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان

طرح لرزه‌ای در سازه‌های فولادی

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۲

طرح لرزه‌ای

منظور از طرح لرزه‌ای، طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله می‌باشد، این امر مستلزم لحاظ جزئیاتی خاص در سازه و عضوهای آن برای تحمل و استهلاک نیروهای ناشی از زلزله است.

فلسفه طرح سازه‌های مقاوم در برابر زلزله

طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله بر مبنای آیین‌نامه‌های طرح لرزه‌ای معمولاً بر پایه طراحی در چند سطح عملکرد می‌باشد. در حالت عمومی سطح‌های عملکردی لحاظ‌شده عبارتند از:

- مقاومت در برابر زلزله‌های ضعیف بدون خسارت قابل ملاحظه؛
- مقاومت در برابر زلزله‌های متوسط با خسارت قابل تعمیر و جبران؛
- مقاومت در برابر زلزله‌های شدید با فروریزی (در این سطح حفظ جان ساکنین از پارامترهای اساسی می‌باشد).

فلسفه طرح سازه‌های مقاوم در برابر زلزله

در این فلسفه برای زلزله‌های شدید، محدودنمودن خرابی، حفظ عملکرد و آماده‌سازی شرایط برای ترمیم سازه پس از زلزله لحاظ نمی‌گردد

بنابراین در زلزله‌های شدید ، خرابی و خسارت پیش‌بینی می‌گردد. در غیر اینصورت ابعاد و اندازه عضوهای سازه به اندازه‌ای بزرگ خواهد بود که زندگی در ساختمان غیر ممکن بوده و هزینه اجرای آن به میزانی زیاد می‌شود که خرید آن برای عموم مردم امکان‌پذیر نیست

این فلسفه در طراحی اتومبیل نیز رعایت می‌گردد، یعنی در تصادف رسیدن خسارت به اتومبیل پیش‌بینی می‌گردد و شرایطی ایجاد می‌گردد تا به سرنشینان آن صدمه جدی وارد نگردد و در غیر اینصورت هزینه تولید خودرو بسیار زیاد می‌بود.

طرح لرزه‌ای در سازه‌های فولادی

فلسفه طرح سازه‌های مقاوم در برابر زلزله

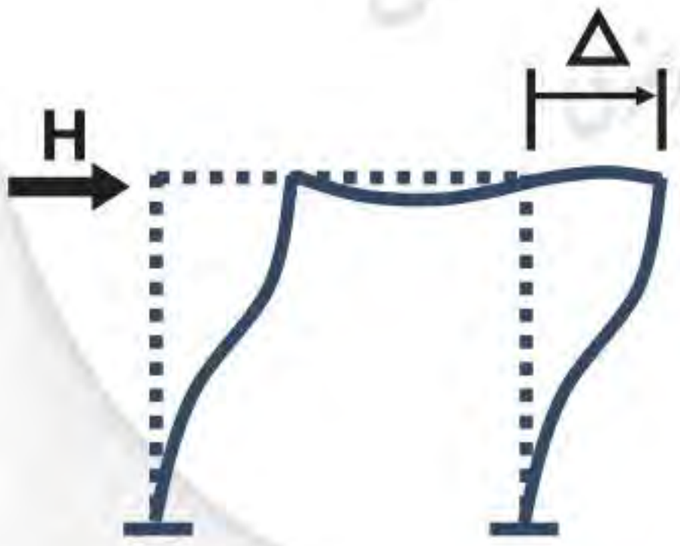
برای ارضاء مطلب فوق و جلوگیری از فروریزی ساختمان، به جای فراهم‌آوردن مقاومت برای سازه، باید شکل‌پذیری کافی در آن فراهم گردد.

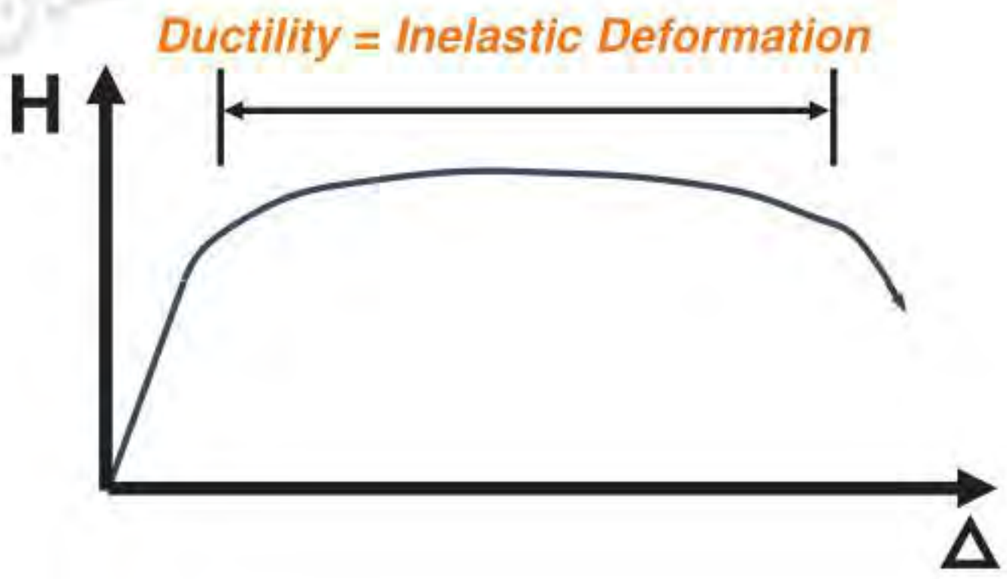
به بیان دیگر کلید اصلی تحمل ساختمان در برابر یک زلزله بزرگ، شکل‌پذیری آن می‌باشد

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

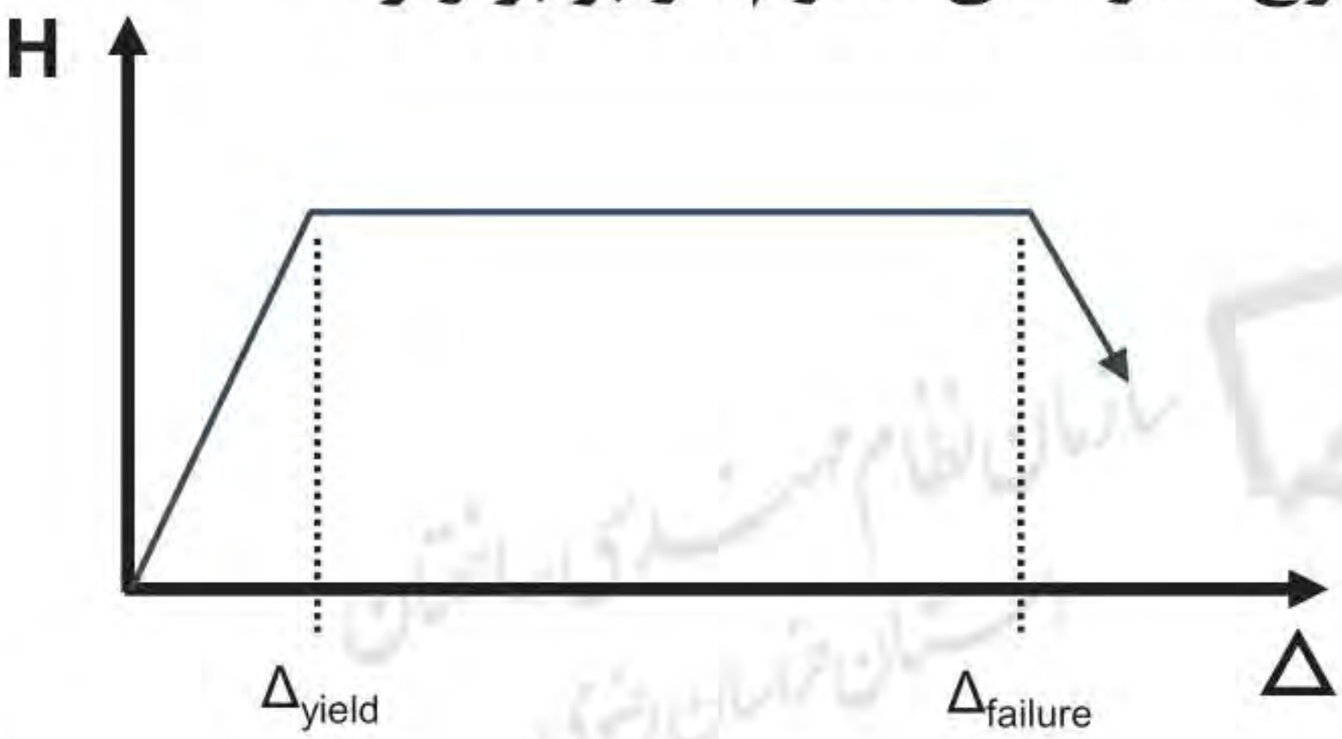
فلسفه طرح سازه‌های مقاوم در برابر زلزله

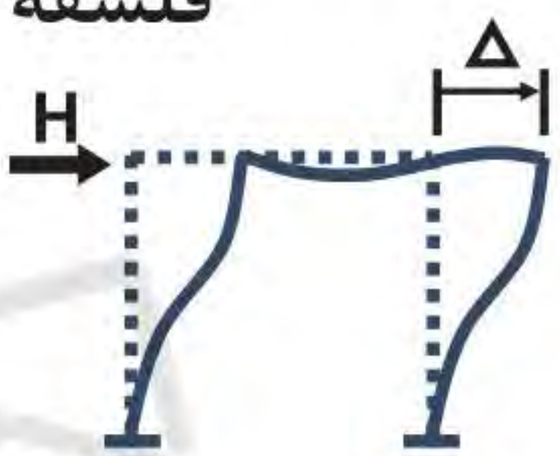
مفهوم شکل‌پذیری، توانایی سازه برای تحمل تغییر شکل‌های غیرخطی و زیاد بدون کاهش قابل ملاحظه در مقاومت آن می‌باشد. هر چه میزان پذیرش تغییر شکل غیرالاستیک سازه بیشتر باشد، شکل‌پذیری آن نیز بیشتر است.





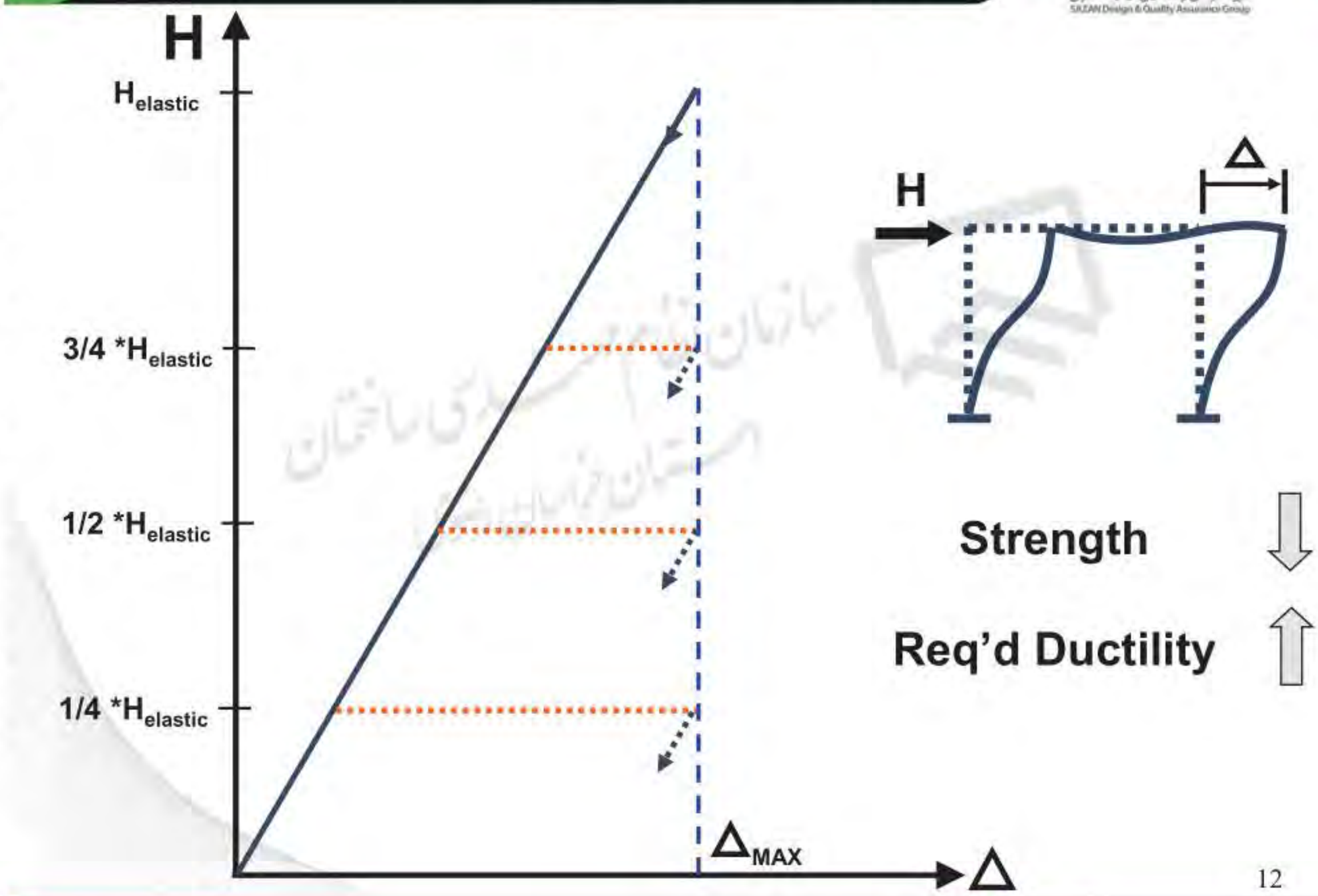
فلسفه طرح سازه‌های مقاوم در برابر زلزله





$$\text{Ductility Factor } \mu = \frac{\Delta_{failure}}{\Delta_{yield}}$$

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۵



خلاصه بحث

•یک سازه می‌تواند با یک مقاومت جانبی به مراتب کمتر از حالت الاستیک طراحی شود، شرط لازم ارضاء هدف عملکردی در زلزله‌های شدید، تأمین شکل‌پذیری لازم در آن می‌باشد.

•بیان دیگر مطالب فوق بدین صورت می‌باشد که، وقتی برای یک سازه شرایط ایجاد تغییر شکل‌های غیر خطی فراهم می‌گردد، حداکثر نیروی جانبی در حین زلزله توسط مقاومت جانبی خود سازه تعیین می‌گردد.

•شکل‌پذیری به مفهوم خسارت است، یعنی وقتی از ابزار شکل‌پذیری برای کاهش نیروهای ناشی از زلزله در طراحی استفاده می‌گردد، انتظار خسارت نیز بعد از زلزله باید وجود داشته باشد.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۶

چگونگی فراهم‌آوردن شکل‌پذیری در سازه‌های فولادی

پاسخ **شکل‌پذیر** یک سازه فولادی منوط به دست‌یابی به تسلیم فولاد می‌باشد. پاسخ **غیرشکل‌پذیر** سیستم‌های فولادی نتیجه **شکست** و یا **ناپایداری** می‌باشد. در نتیجه، پارامتر کلیدی در طراحی شکل‌پذیر سازه‌ها برای حداکثر تسلیم در المان‌های قاب‌های فولادی، **تأخیر** در شروع ناپایداری و شکست می‌باشد.

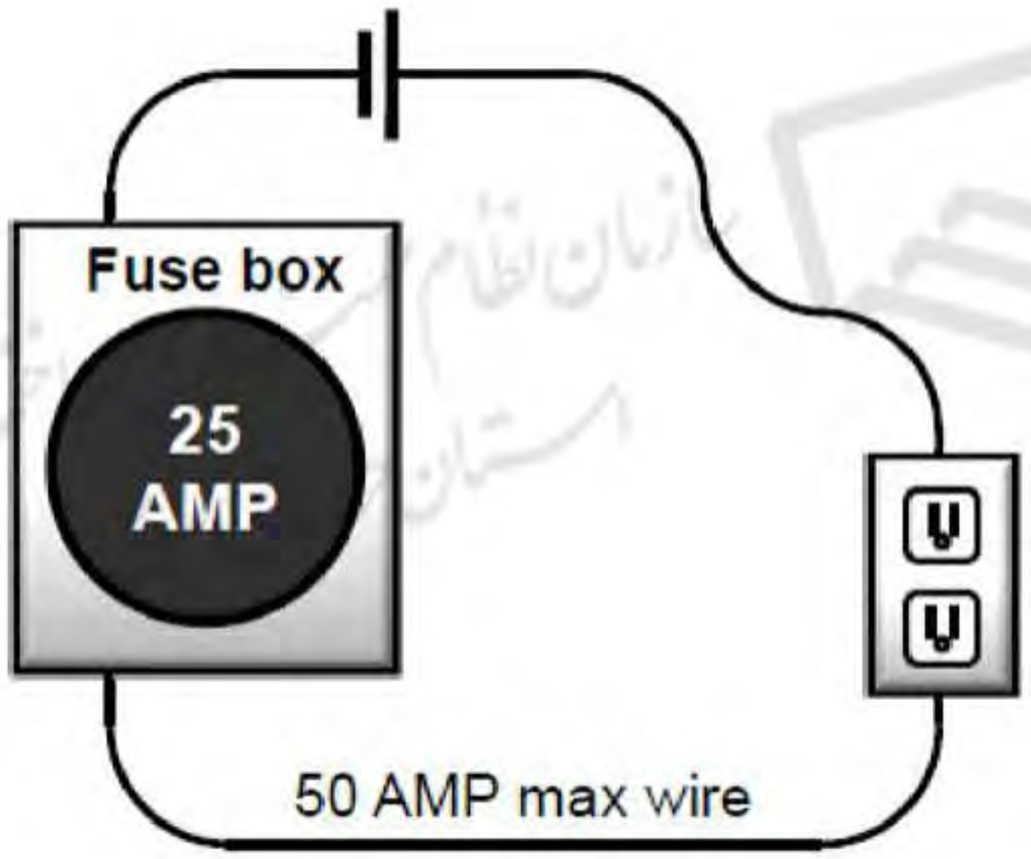
چگونگی فراهم‌آوردن شکل‌پذیری در سازه‌های فولادی

برای تحقق این موضوع اولین قدم انتخاب محل‌های تسلیم فولاد یا فیوزهای سازه‌ای در قاب‌ها می‌باشد، به این محل‌ها **مفصل پلاستیک** اطلاق می‌گردد. این مکان‌های عبارتند از:

- انتهای تیرها در قاب‌های خمشی
- عضوهای مهاری در قاب‌های مهاربندی‌شده هم‌مرکز
- پیوندها در قاب‌های مهاربندی‌شده واگرا

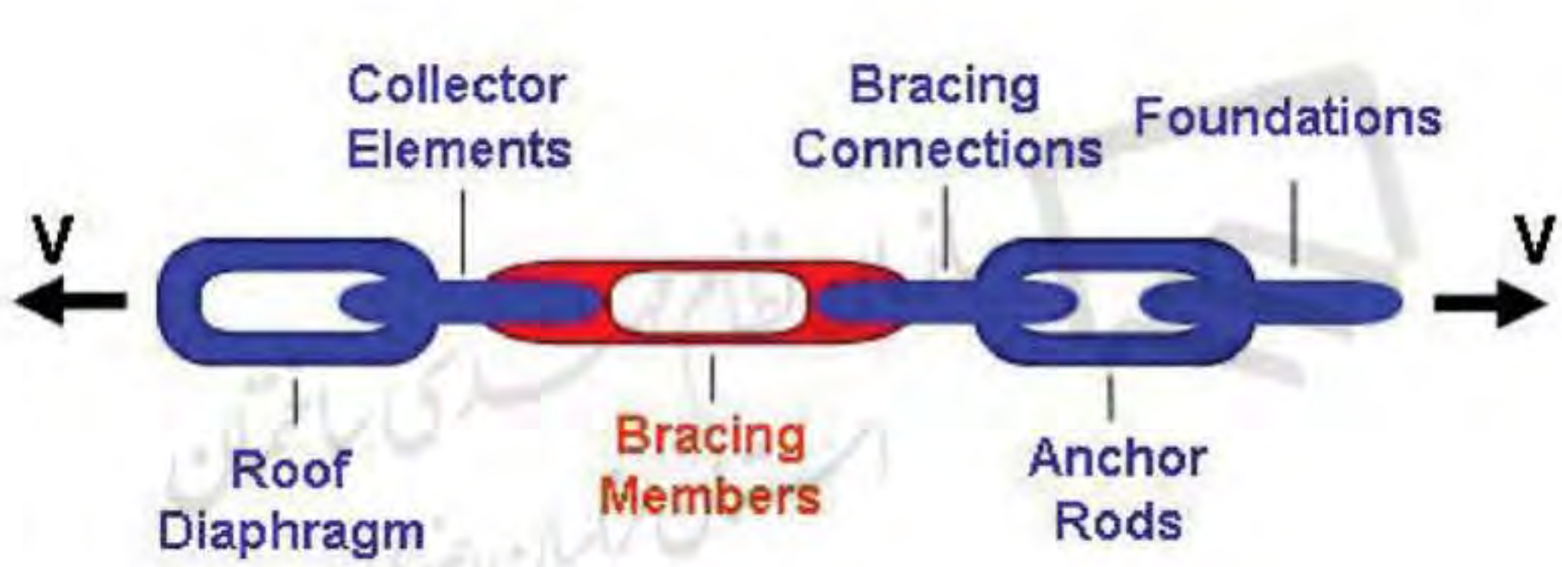
سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۷

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی



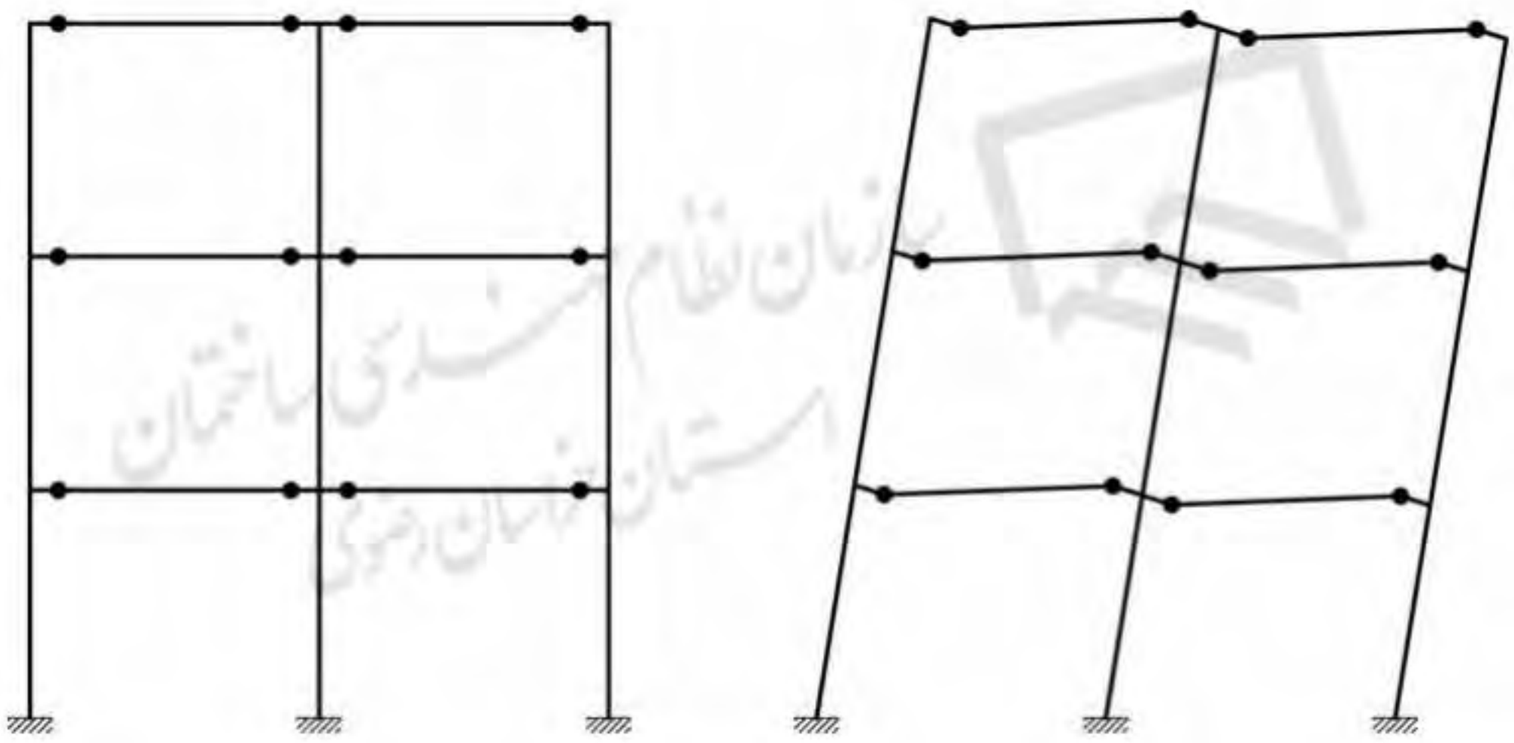
طرح لرزه‌ای در سازه‌های فولادی
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان



صفحه ۸

چگونگی فراهم‌آوردن شکل‌پذیری در سازه‌های فولادی

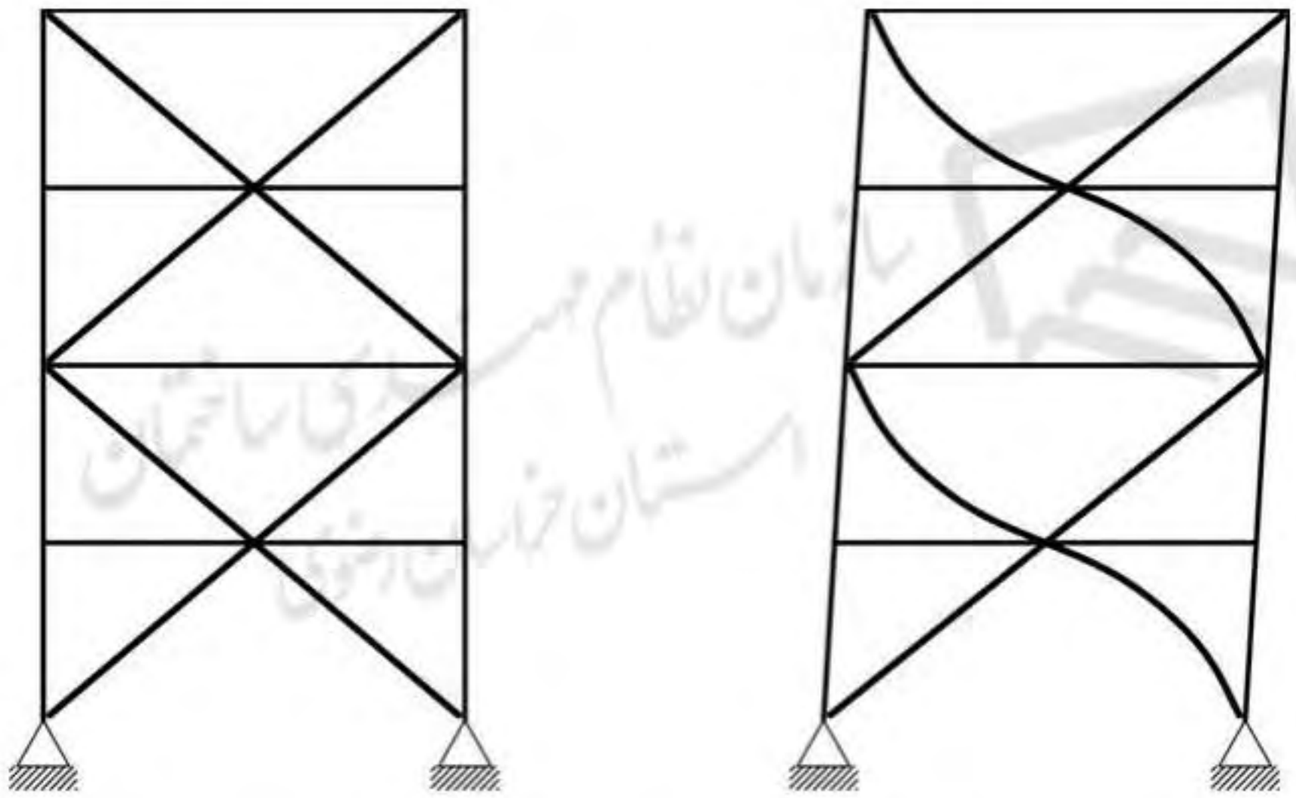


انتهای تیرها در قاب‌های خمشی

طرح لرزه‌ای در سازه‌های فولادی

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۹

چگونگی فراهم‌آوردن شکل‌پذیری در سازه‌های فولادی

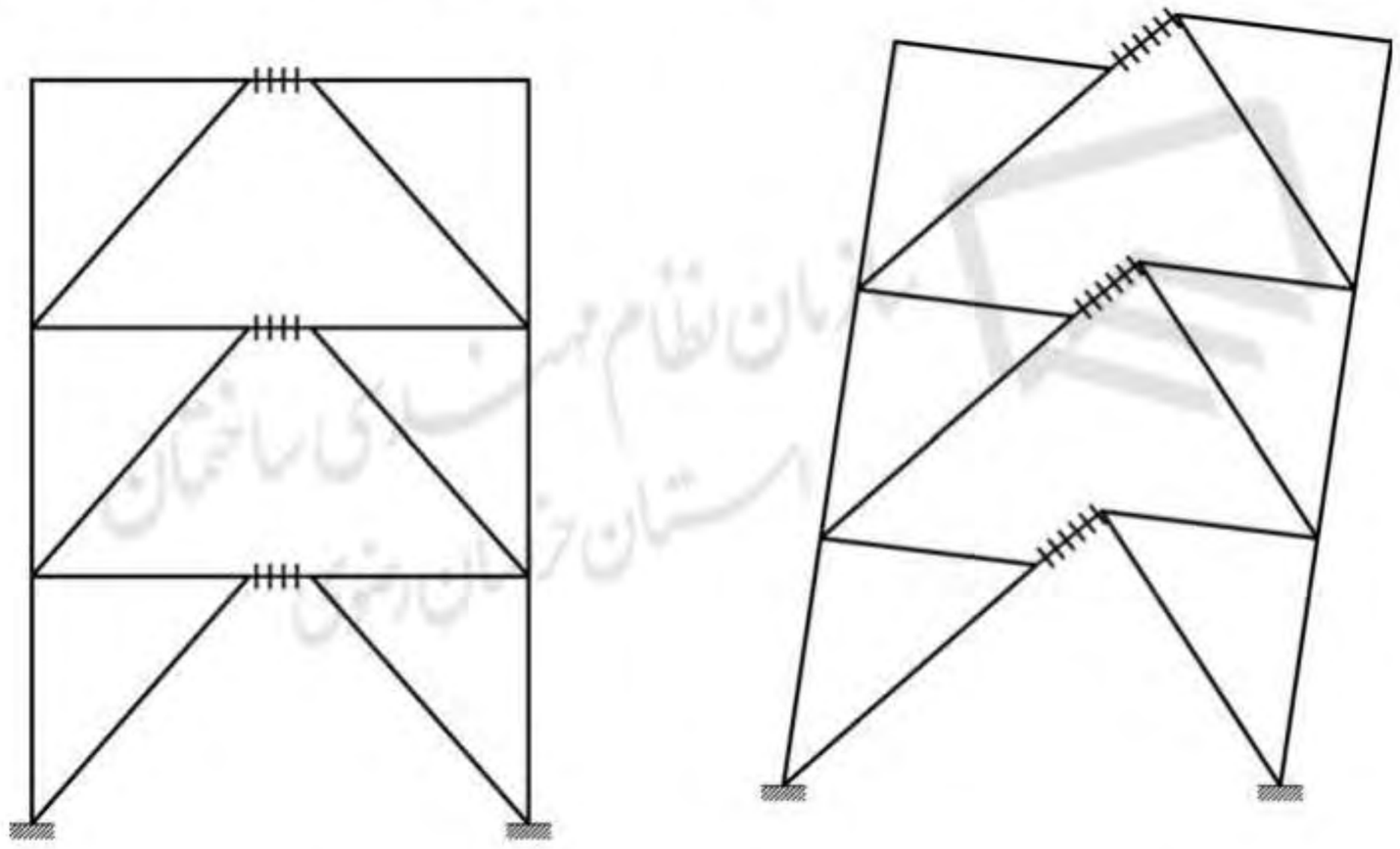


عضوهای مهاری در قاب‌های مهاربندی‌شده هم‌مرکز

طرح لرزه‌ای در سازه‌های فولادی
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

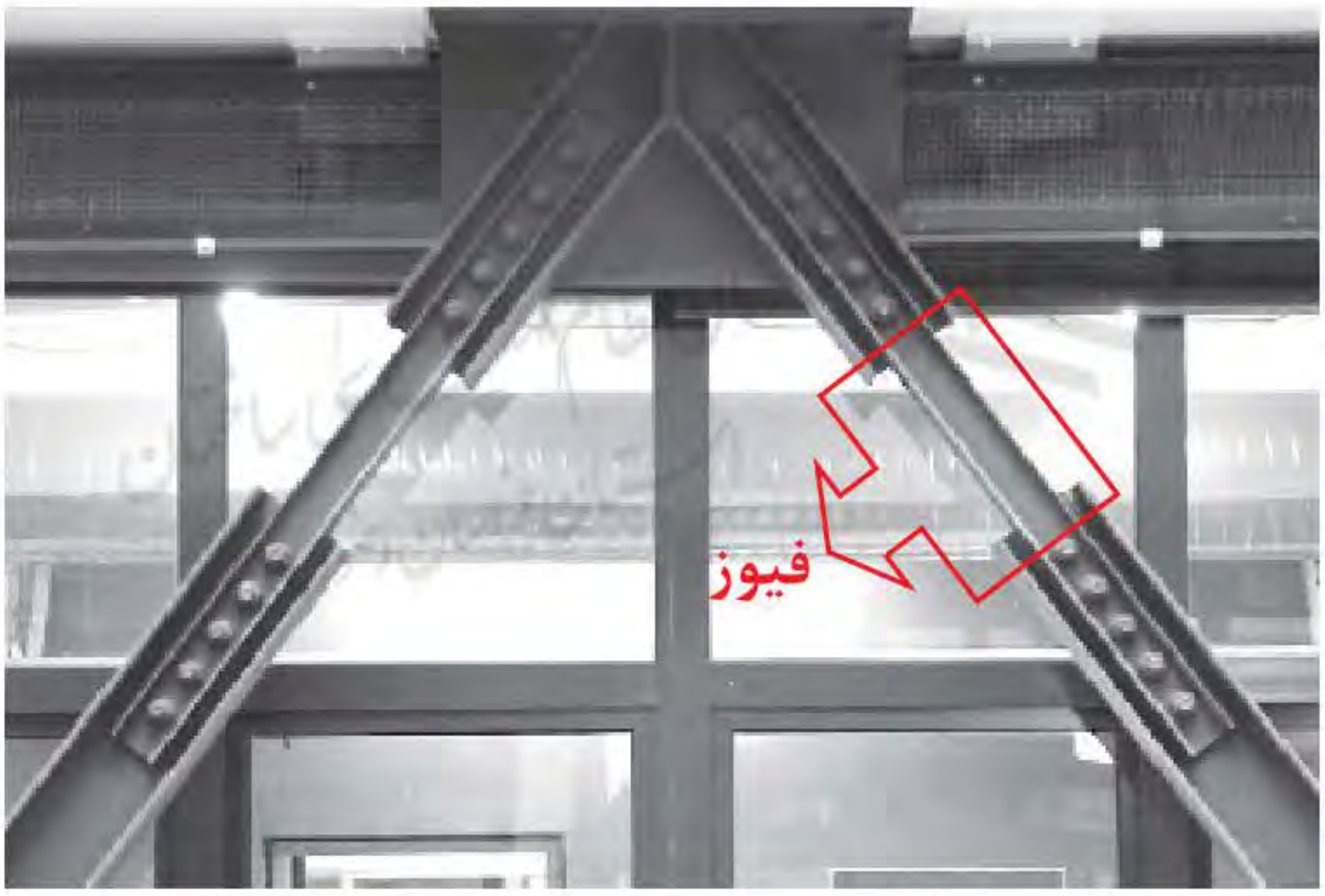
سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

چگونگی فراهم‌آوردن شکل‌پذیری در سازه‌های فولادی



پیوندها در قاب‌های مهاربندی‌شده واگرا

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۱



طرح لرزه‌ای در سازه‌های فولادی
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

فلسفه طرح لرزه ای سازه های فولادی

طرح لرزه‌ای در سازه فولادی از دو بخش تشکیل می یابد:

الف) طراحی شکل پذیر (Ductility Design)

ب) طراحی ظرفیت (Capacity Design)

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۲

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۳

فلسفه طرح لرزه ای سازه های فولادی– طراحی شکل پذیر

برای دستیابی به تسلیم فولاد در یک سازه، لازم است که فیوزهای سازه‌ای (Structural Fuse) در مکان های مناسب پیش بینی گردد و از شکست و ناپایداری آنها نیز جلوگیری به عمل آید

به این المان ها کنترل شونده توسط تغییر شکل

(Deformation-Controlled Elements -DCE) اطلاق می گردد

فلسفه طرح لرزه ای سازه های فولادی– طراحی شکل پذیر

دیگر عضوهای قاب، باید قوی‌تر از المان فیوز باشند به صورتیکه این المان ها در ناحیه الاستیک باقی بمانند

به این المان ها کنترل شونده توسط نیرو

(Forced-Controlled Elements -FCE) اطلاق می گردد

به صورت خلاصه فلسفه اصلی به کار رفته برای "طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله" عبارت است از:

طراحی شکل پذیر

- انتخاب المانی (فیوز) که در زمان زلزله تسلیم شود (المان کنترل شونده توسط تغییرشکل)؛
- ارائه جزئیات فیوز برای تحمل تغییرشکل‌های غیرالاستیک قبل از هر گونه شکست و ناپایداری؛

طراحی ظرفیت

- طراحی دیگر عضوهای قاب، قوی‌تر از المان فیوز (المانهای کنترل شونده توسط نیرو).

طرح لرزه‌ای در سازه‌های فولادی

برای دست یابی به هدف طرح لرزه ای باید

طراحی شکل پذیر

عضوهای کنترل شونده توسط تغییر شکل برای نیروهای سطح آیین نامه (مانند استاندارد ۲۸۰۰) طراحی گردند

طراحی ظرفیت

و

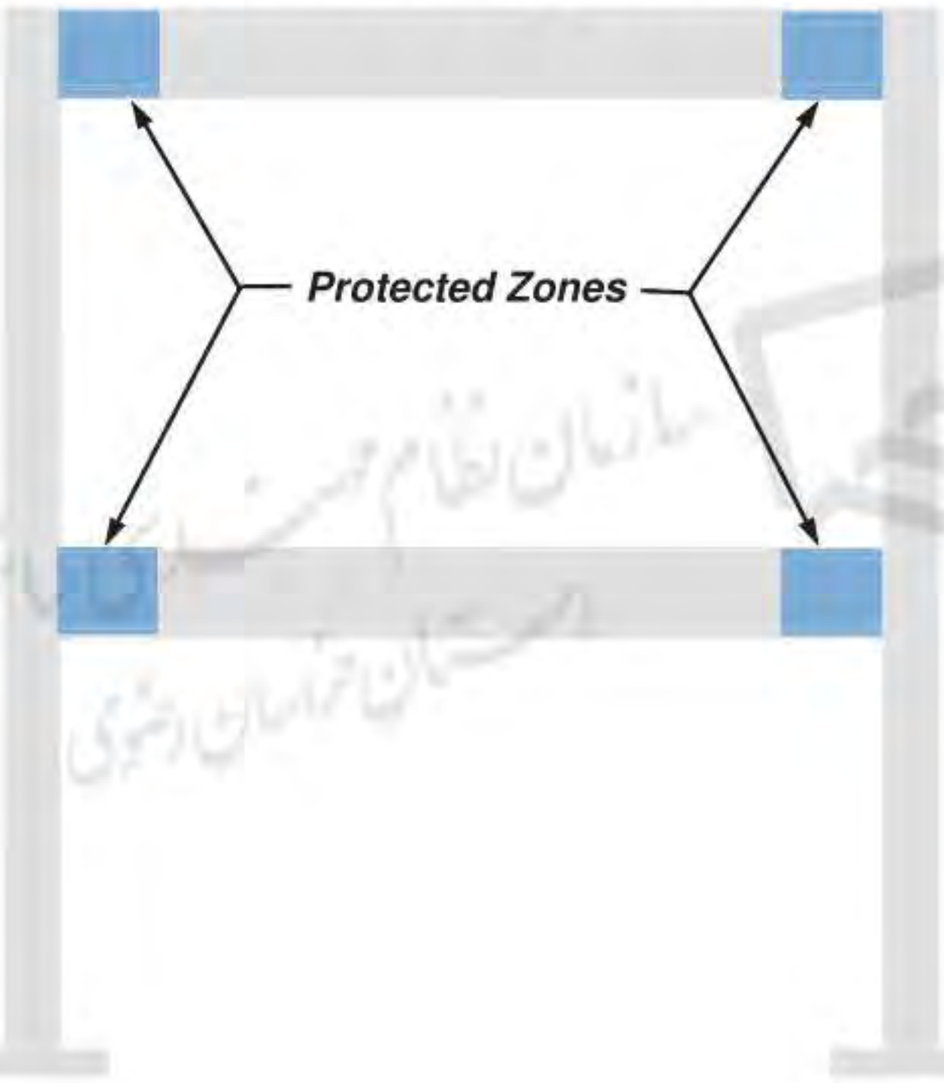
عضوهای کنترل شونده توسط نیرو برای حداکثر نیروی تولید شده در المانهای تسلیم شونده

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۴

منطقه‌های محافظت‌شده

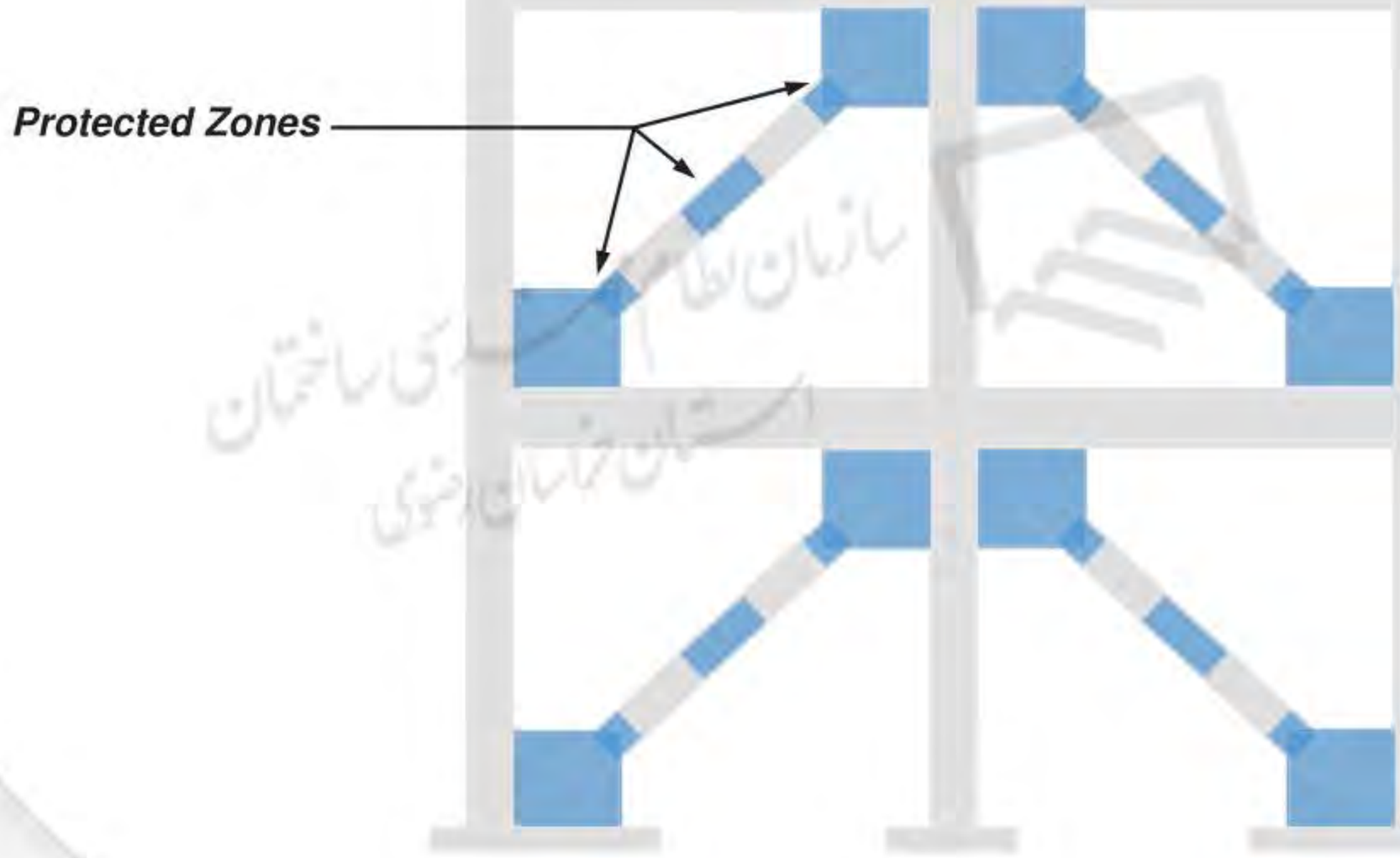
- آزمایش‌های انجام‌شده توسط FEMA/SAC، حساسیت منقطه‌های تحت تأثیر کرنش بزرگ غیرالاستیک را در برابر ناپیوستگی توسط جوشکاری، تغییر ناگهانی در سطح مقطع و ... را نشان داده‌اند. به همین علت از عملیاتی که باعث ایجاد ناپیوستگی در منطقه‌های تحت کرنش‌های بزرگ غیرالاستیک می‌شوند، جلوگیری شده است. به این منطقه‌ها، "منطقه‌های محافظت‌شده" اطلاق می‌گردد.

منطقه‌های محافظت‌شده

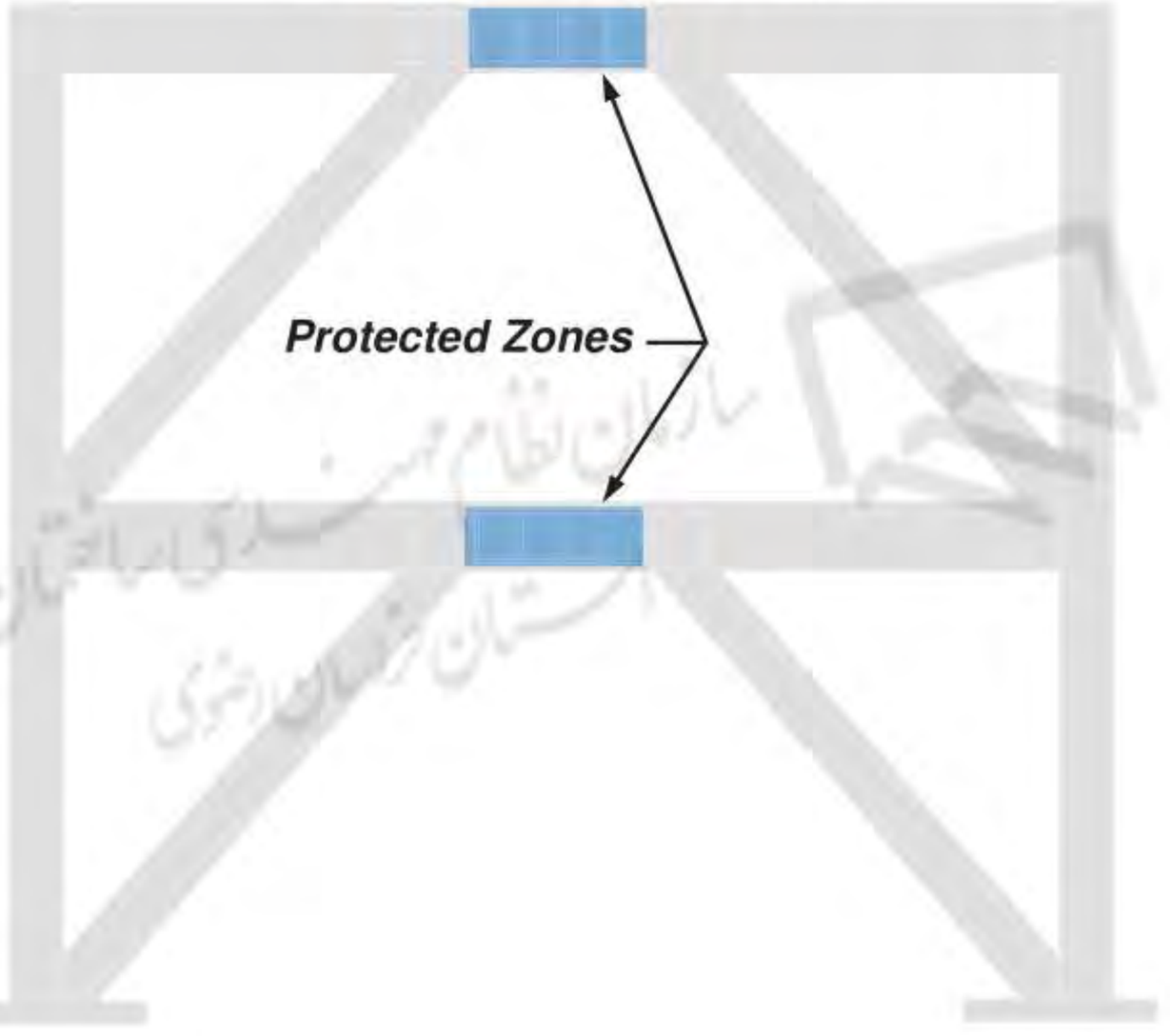


سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۵

منطقه‌های محافظت‌شده

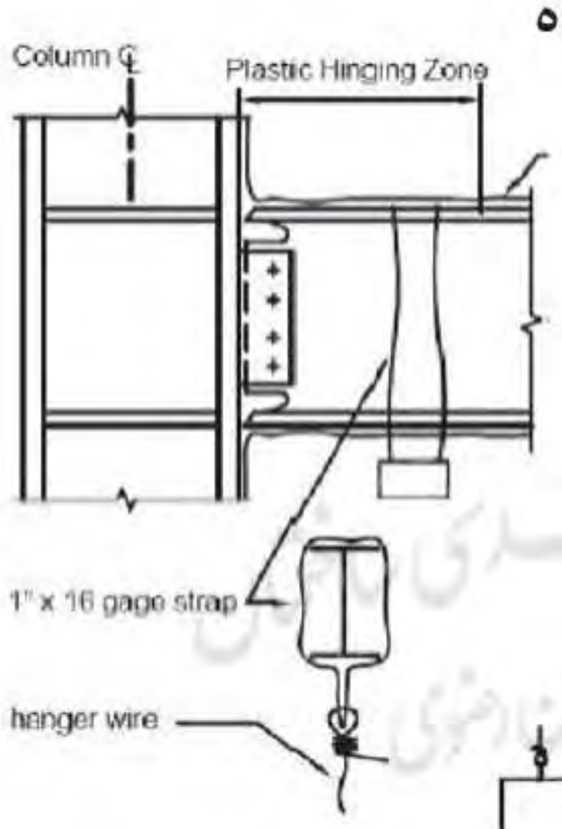


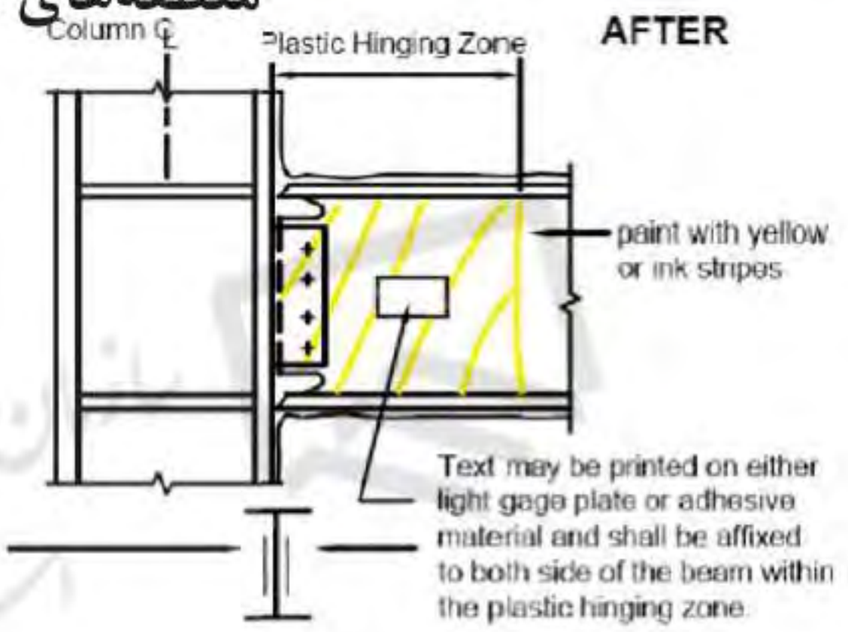
منطقه‌های محافظت‌شده



سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۶

منطقه‌های محافظت‌شده





WARNING SIGN

"It is PROHIBITED to attach and to cause penetration or damage to the plastic hinging zones of steel moment-frames. These PROHIBITED conditions include bolts, holes, screws, shot pins, welds and tack welds (permanent or temporary). Failure to comply with these requirements may cause the replacement of steel."

DO NOT MOVE OR REMOVE THIS SIGN

طرح لرزه‌ای در سازه‌های فولادی
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

منطقه‌های محافظت‌شده

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۷

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

ارتباط آیین‌نامه‌های طراحی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان

الزامات لرزه‌ای اتصالات در قاب‌های خمشی

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۸

۱۰-۳-۲-۲ ناحیهٔ حفاظت‌شدهٔ اعضا

ناحیهٔ حفاظت‌شده در یک عضو از سازه، که به ناحیهٔ شکل‌پذیر عضو نیز موسوم است، به ناحیه‌ای از عضو اطلاق می‌شود که انتظار می‌رود در آن مفصل پلاستیک تشکیل شود. نظر به اهمیت این ناحیه و رفتار حساس آن در حرکات رفت و برگشتی سازه، این ناحیه باید عاری از هر گونه عملیاتی که موجب دگرگونی عملکرد عضو در این ناحیه می‌شود، باشد. ناحیهٔ حفاظت‌شده در دو انتهای تیر، فاصلهٔ بین بر ستون تا نصف عمق تیر از محل تشکیل مفصل پلاستیک به سمت داخل دهانه در نظر گرفته می‌شود. همچنین ناحیهٔ حفاظت‌شده برای مهاربندی‌های ویژه در تمام طول عضو و برای تیرهای پیوند قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ واگرا تمام طول آن می‌باشد.

تبصره: در مهاربندهای همگرای ویژهٔ ضربدری ناحیهٔ حفاظت‌شده را می‌توان فاصلهٔ بین انتهای اتصال در محل ضربدری و انتهای عضو مهاربندی در نظر گرفت.

نظر به اهمیت ناحیهٔ حفاظت‌شدهٔ اعضا در تأمین شکل‌پذیری مورد نیاز، الزامات عمومی که باید در جزئیات‌بندی ناحیهٔ حفاظت‌شدهٔ اعضا در نظر گرفته شوند به شرح زیر است.

۱. به کار بردن وصلهٔ مستقیم یا غیرمستقیم جوشی یا پیچی نیمرخ‌ها یا ورق‌های تشکیل‌دهندهٔ عضو در ناحیهٔ حفاظت‌شده ممنوع است.

۲. هر گونه ناپیوستگی ناشی از عملیات ساخت و نصب مانند جوش‌های موضعی، وسایل کمکی برای نصب، ناصافی‌های ناشی از برش‌های حرارتی در ناحیهٔ حفاظت‌شده ممنوع بوده و در صورت وجود باید به نحو مناسبی بر طرف شده و تعمیر گردد.

۳. خال‌جوش‌کردن ورق‌های ذوزنقه‌ای تیرهای مختلط و نیز جوش برشگیرهای از نوع گل‌میخ در تیرهای مختلط در ناحیهٔ حفاظت‌شده، در صورت تأمین الزامات بخش ۱۰-۳-۱۳ مجاز است.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

Seismic Provisions for Structural Steel Buildings

E3.5c

Protected Zones

The region at each end of the beam subject to inelastic straining shall be designated as a protected zone, and shall satisfy the requirements of Section D1.3. The extent of the protected zone shall be as designated in ANSI/AISC 358, or as otherwise determined in a connection prequalification in accordance with Section K1, or as determined in a program of qualification testing in accordance with Section K2.

User Note: The plastic hinging zones at the ends of SMF beams should be treated as protected zones. The plastic hinging zones should be established as part of a prequalification or qualification program for the connection, per Section E3.6c. In general, for unreinforced connections, the protected zone will extend from the face of the column to one half of the beam depth beyond the plastic hinge point.

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

Seismic Provisions for Structural Steel Buildings

D1.3

Protected Zones

Discontinuities specified in Section I2.1 resulting from fabrication and erection procedures and from other attachments are prohibited in the area of a member or a connection element designated as a protected zone by these Provisions or ANSI/AISC 358.

Exception: Welded steel headed stud anchors and other connections are permitted in protected zones when designated in ANSI/AISC 358, or as otherwise determined with a connection prequalification in accordance with Section K1, or as determined in a program of qualification testing in accordance with Sections K2 and K3.

صفحه ۲۰

سؤال:

آیا برشگیرها در ناحیه‌ی محافظت‌شده مجاز هستند؟

اتصالات پیش‌پذیرفته
برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای

ص ۲۱۱

پرسش:

بند D1.3 از ضوابط لرزه‌ای AISC، بیان می‌کند که اگر در ضوابط پیش‌پذیرفتگی اتصالات AISC مشخص شده باشد، برشگیرهای فولادی جوشی و سایر اتصالات، در نواحی محافظت‌شده مجاز هستند. ضوابط پیش‌پذیرفتگی اتصالات AISC در بند ۶-۲(۲) بیان می‌دارد که اتصالات خمشی ورق انتهایی در سیستم‌های قاب خمشی ویژه با دال سازه‌ای بتنی پیش‌پذیرفته هستند اگر «در فاصله‌ای ۱/۵ برابر عمق تیر نسبت به وجه بال متصل شده‌ی ستون، برشگیری وجود نداشته باشد.»

به‌علاوه، توضیحی در بخش استثنای الزامات مهار جانبی تیرها، برای مثال بند ۵-۳-۱(۷)، وجود دارد که برای هر دو سیستم (قاب خمشی ویژه و متوسط)، در جایی که تیر، دال سازه‌ای بتنی را تحمل می‌کند، اگر دال در فاصله‌ی بین ناحیه‌های محافظت‌شده، با برشگیرهای جوش‌شده با حداکثر فاصله‌ی مرکزی ۳۰۰ میلی‌متر، متصل شده است، مهار تکمیلی بال بالا و پایین در مقطع کاهش‌یافته لازم نیست. این توضیح، هیچ اطلاعاتی درباره‌ی مجوز یا منع استفاده از برشگیرها در ناحیه‌های محافظت‌شده ندارد. در نتیجه، برای اتصالات موجود در ضوابط پیش‌پذیرفتگی اتصالات AISC، به جز اتصال خمشی ورق انتهایی، اطلاعات واضحی که مشخص کند استفاده از این برشگیرها در ناحیه‌های محافظت‌شده مجاز یا غیرمجاز است، وجود ندارد. سوال مطرح این است که نظر فنی انجمن ساخت فولاد آمریکا درباره‌ی وجود برشگیرها در ناحیه‌ی محافظت‌شده‌ی اتصالات پیش‌پذیرفته چیست؟

پاسخ:

قرارگیری برشگیرها در ناحیه‌های محافظت‌شده مجاز نیست. بند ۲-۶ ملزم می‌دارد که برشگیرها در فاصله‌ی ۱/۵ برابر عمق تیر نسبت به وجه بال متصل‌شده‌ی ستون قرار نگیرند. ناحیه‌ی محافظت‌شده در بند ۶-۴(۸)، (الف) و (ب) تعریف شده‌اند. برای حالت (الف)، ناحیه‌ی محافظت‌شده همیشه کمتر از ۱/۵ برابر عمق تیر است و بنابراین برشگیرها نمی‌توانند در ناحیه‌ی محافظت‌شده قرار گیرند. برای حالت (ب)، ناحیه‌ی محافظت‌شده متناسب با طول سخت‌کننده تعریف شده است. بند ۶-۹-۴ تنها حداقل طول سخت‌کننده را ارائه نموده و اشاره‌ای به حداکثر آن نکرده است. اگر سخت‌کننده کاملاً بلند اجرا شود، به نظر می‌رسد قرار گرفتن برشگیرها در ناحیه‌ی محافظت‌شده مجاز باشد، در حالیکه برشگیرها هم‌چنان در فاصله‌ی ۱/۵ برابر عمق تیر از وجه ستون، قرار ندارند، اما من مطمئن هستم که هدف این نیست.

بند ۵-۳-۱(۷) تنها به برشگیرهایی که بین ناحیه‌های محافظت‌شده متصل شده‌اند، اشاره می‌کند. هیچ ضابطه‌ای وجود ندارد که استفاده از برشگیرها در ناحیه‌ی محافظت‌شده‌ی بخش ۵ را مجاز بداند (مطابق آنچه بند D1.3 از ضوابط لرزه‌ای AISC ملزم می‌دارد).

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

Seismic Provisions for Structural Steel Buildings

2010

I2. FABRICATION AND ERECTION

1. Protected Zone

A *protected zone* designated by these Provisions or ANSI/AISC 358 shall comply with the following requirements:

(1) Within the protected zone, holes, tack welds, erection aids, air-arc gouging, and unspecified thermal cutting from fabrication or erection operations shall be repaired as required by the *engineer of record*.

(2) Steel headed stud anchors and decking attachments that penetrate the beam flange shall not be placed on beam flanges within the protected zone. Arc spot welds as required to secure decking shall be permitted.

(3) Welded, bolted, screwed or shot-in attachments for perimeter edge angles, exterior facades, partitions, duct work, piping or other construction shall not be placed within the protected zone.

Exception: Other attachments are permitted where designated or approved by the engineer of record. See Section D1.3.

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

صفحه ۲۲

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

Seismic Provisions for Structural Steel Buildings

2016

I2. FABRICATION AND ERECTION

1. Protected Zone

A protected zone designated by these Provisions or ANSI/AISC 358 shall comply with the following requirements:

(a) Within the protected zone, holes, tack welds, erection aids, air-arc gouging, and unspecified thermal cutting from fabrication or erection operations shall be repaired as required by the engineer of record.

(b) Steel headed stud anchors shall not be placed on beam flanges within the protected zone.

(c) Arc spot welds as required to attach decking are permitted.

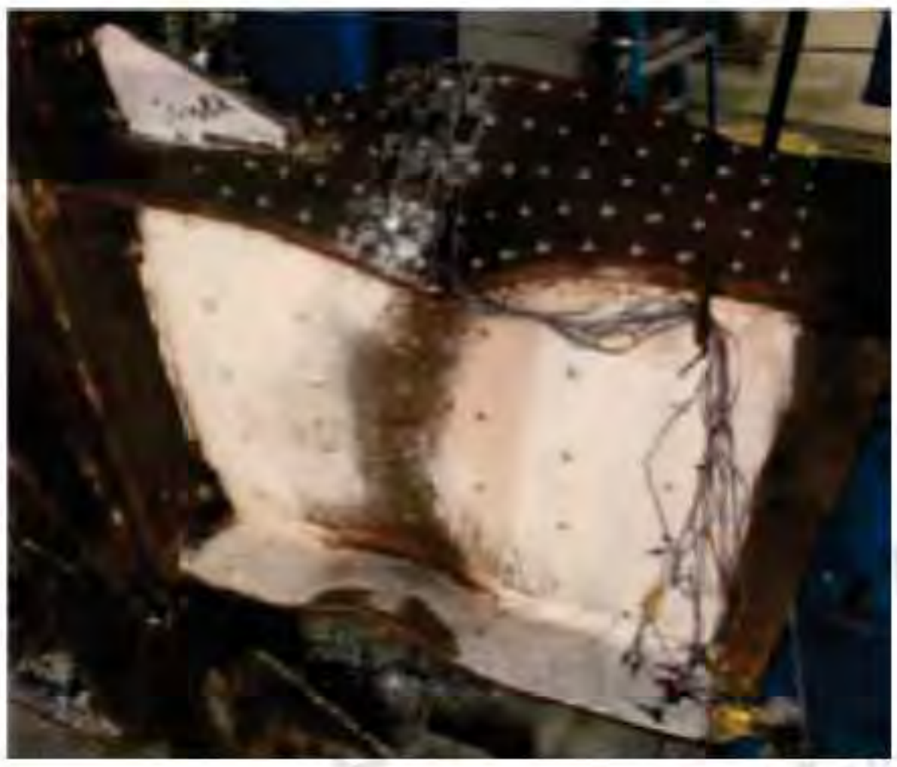
(d) Decking attachments that penetrate the beam flange shall not be placed on beam flanges within the protected zone, except power-actuated fasteners up to 0.18 in. diameter are permitted.

(e) Welded, bolted, or screwed attachments or power-actuated fasteners for perimeter edge angles, exterior facades, partitions, duct work, piping or other construction shall not be placed within the protectec zone.

Exception: Other attachments are permitted where designated or approved by the engineer of record. See Section D1.3.

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان



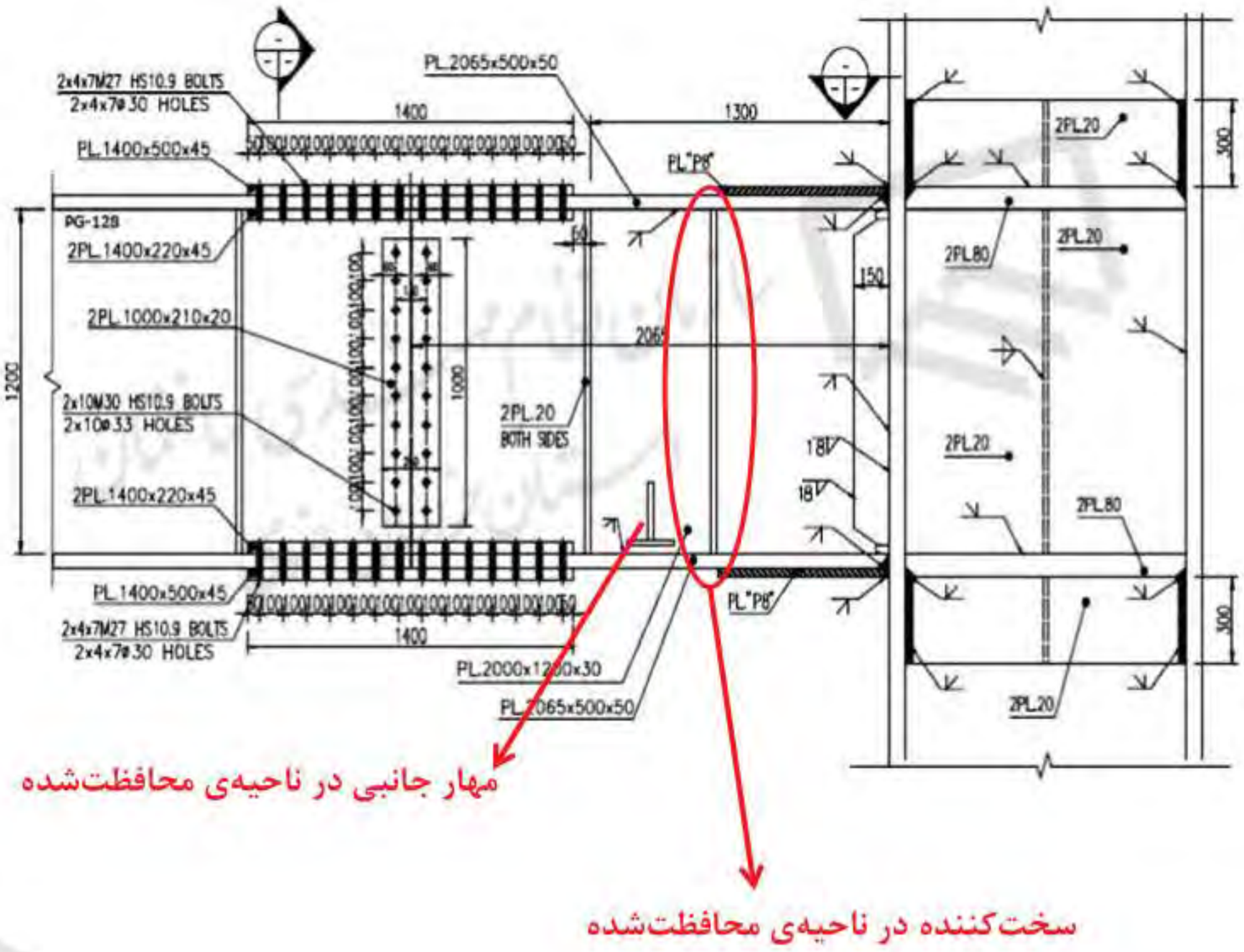
دانشگاه ویرجینیا تک آزمایش‌هایی را انجام داده که نشان می‌دهد

Power Actuated Fastener

در میزان ظرفیت دورانی کاهش ایجاد نمی‌کنند.

صفحه ۲۳

ناحیه‌ی محافظت‌شده



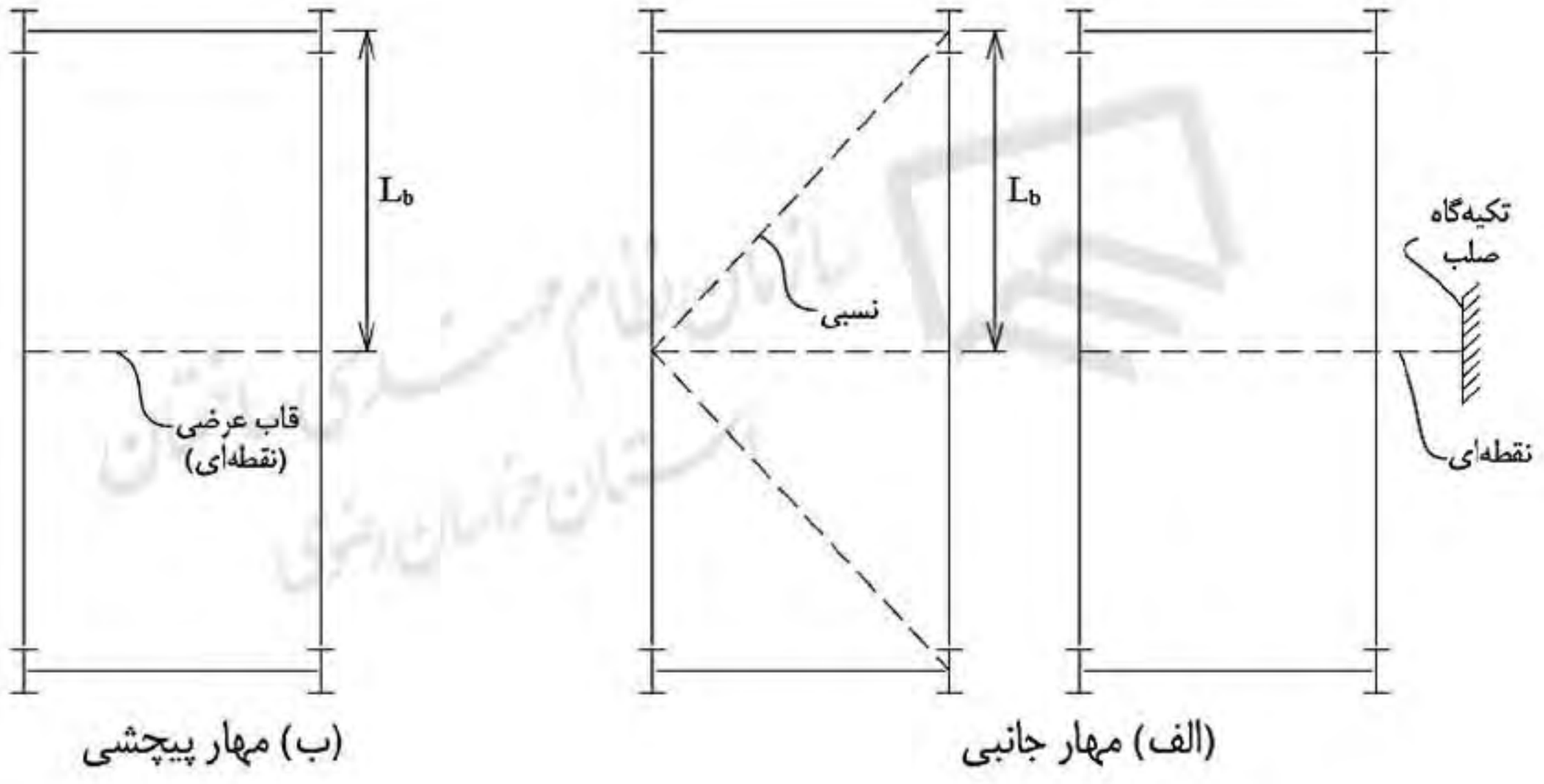
مهار جانبی و مهار جانبی تکمیلی

اتصالات پیش‌پذیرفته

ص ۲۰۵

صفحه ۲۴

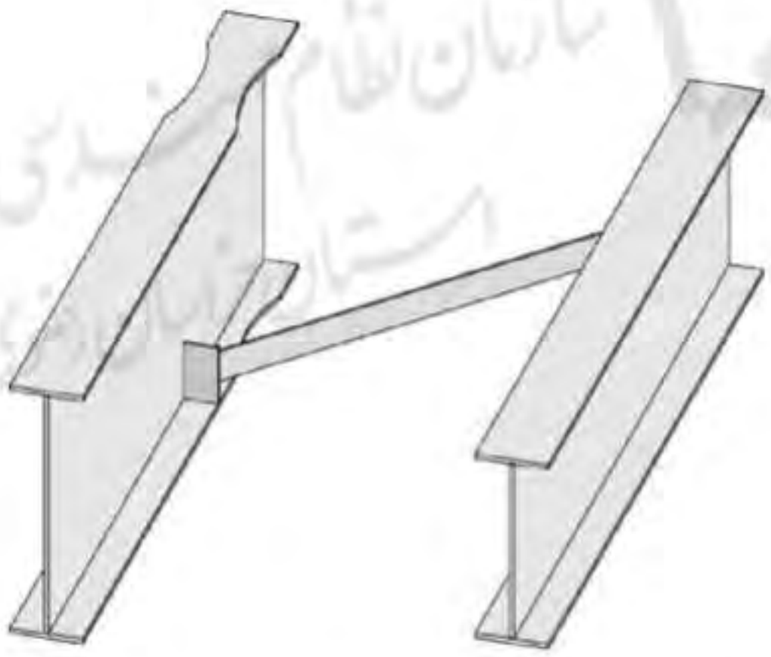
انواع مهار جانبی تیر



گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۲۰۶

انواع مهار جانبی تیر
(الف) مهار جانبی، مهار نقطه‌ای



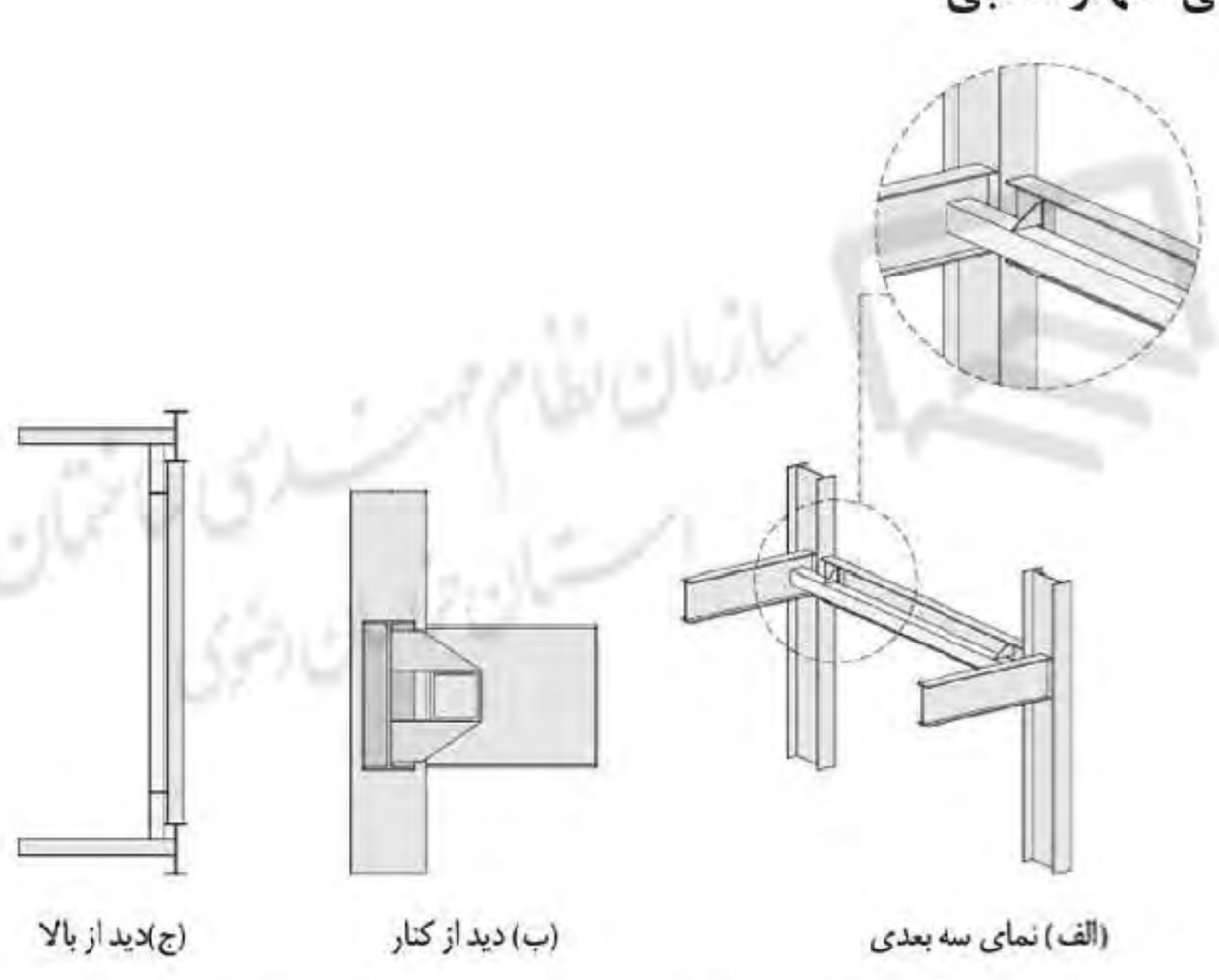
شکل ر-۵-۸ تأمین مهار جانبی تیر به کمک مهار نقطه‌ای

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۲۰۶

انواع مهار جانبی تیر
(ب) مهار جانبی، مهار نسبی



(الف) نمای سه بعدی (ب) دید از کنار (ج)دید از بالا

شکل ر-۵-۹ تأمین مهار جانبی تیر به کمک مهار در طول تیر قاب

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

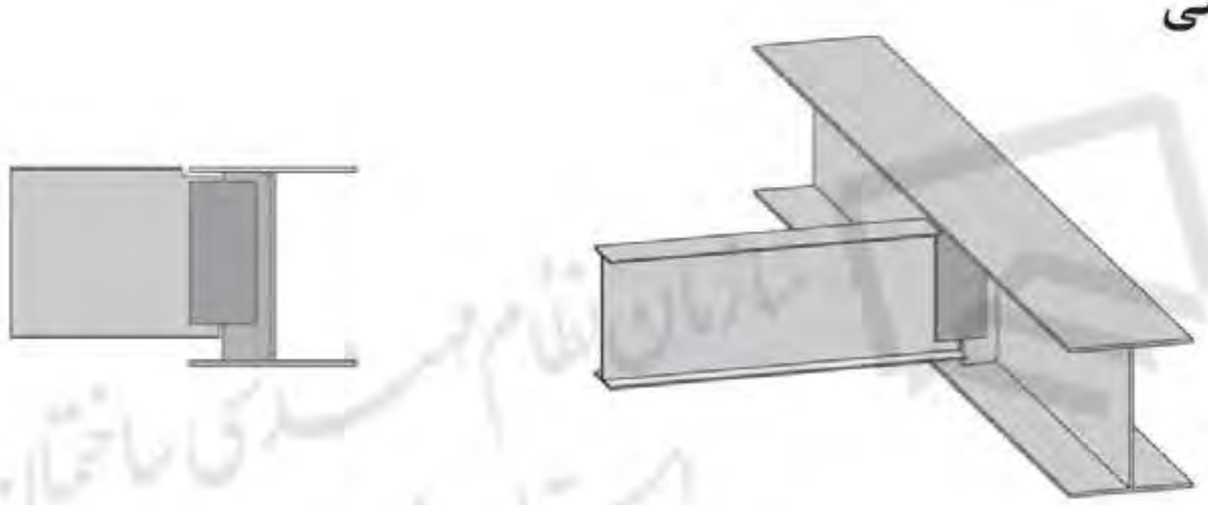
صفحه ۲۵

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

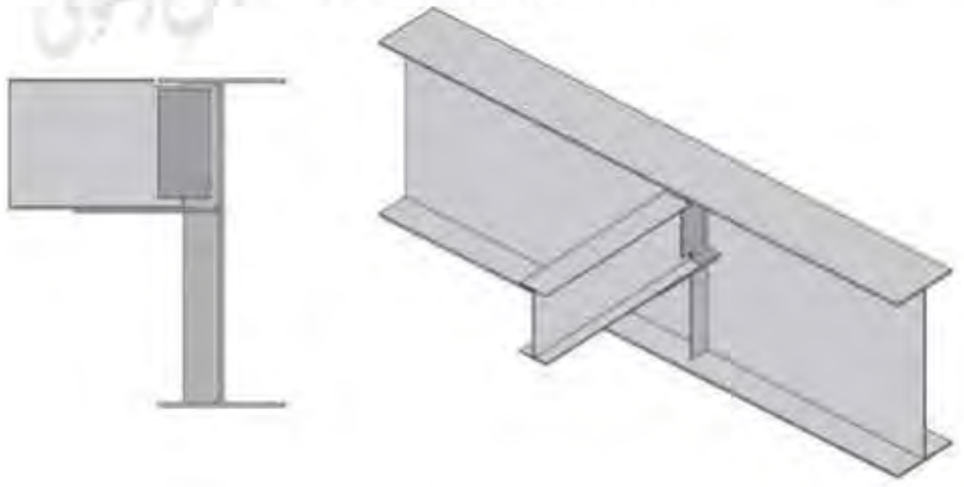
اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۲۰۷

انواع مهار جانبی تیر

(ج) مهار پیچشی



(الف) ارتفاع دو تیر تقریباً مشابه است



(ب) ارتفاع تیر عمود از تیر اصلی کمتر است

مهار جانبی و مهار جانبی تکمیلی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۳۹۰

نیروی طراحی انواع مهار جانبی تیر

[ضوابط عمومی AISC پیوست 6 بند 6.3.1a] مهار نسبی

مقاومت مورد نیاز برابر است با:

$$P_{rb} = 0.008 M_r C_d / h_o \qquad \text{A-6-5}$$

سختی مورد نیاز برابر است با:

$$\beta_{br} = \frac{1}{\phi}\left(\frac{4 M_r C_d}{L_b h_o}\right) \qquad \text{A-6-6}$$

[ضوابط عمومی AISC پیوست 6 بند 6.3.1b] مهار نقطه‌ای

مقاومت مورد نیاز برابر است با:

$$P_{rb} = 0.02 M_r C_d / h_o \qquad \text{A-6-7}$$

سختی مورد نیاز برابر است با:

$$\beta_{br} = \frac{1}{\phi}\left(\frac{10 M_r C_d}{L_b h_o}\right) \qquad \text{A-6-8}$$

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۲۶

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

نیروی طراحی انواع مهار پیچشی تیر

[ضوابط عمومی AISC پیوست 6 بند 6.3.2] مهار پیچشی

اتصال مهار پیچشی به هر قسمتی از مقطع عرضی مجاز است و لازم نیست نزدیک بال فشاری قرار گیرد.

توضیح برای کاربر: مهار پیچشی می‌تواند با تیر خمشی متصل، قاب عرضی یا المان‌های دیگر دیافراگم تأمین گردد.

[ضوابط عمومی AISC پیوست 6 بند 6.3.2a] مهار نقطه‌ای

مقاومت مورد نیاز برابر است با:

$$M_{rb} = \frac{0.024 M_r L}{n C_b L_b} \qquad \text{A-6-9}$$

سختی مورد نیاز برابر است با:

$$\beta_{Tb} = \frac{\beta_T}{(1 - \frac{\beta_T}{\beta_{sec}})} \qquad \text{A-6-10}$$

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

مهار جانبی تکمیلی تیر

Special Bracing at Plastic Hinge Locations

Special bracing shall be located adjacent to expected plastic hinge locations where required by Chapters E, F, G or H.

1. Steel Beams

For structural steel beams, such bracing shall satisfy the following requirements:

(a) Both flanges of beams shall be laterally braced or the member cross section shall be braced with point torsional bracing.

(b) The required strength of lateral bracing of each flange provided adjacent to plastic hinges shall be:

$$P_r = 0.06 R_y F_y Z / (\alpha_s h_o) \qquad \text{(D1-4)}$$

where

h_o = distance between flange centroids, in. (mm)

The required strength of torsional bracing provided adjacent to plastic hinges shall be:

$$M_r = 0.06 R_y F_y Z / \alpha_s \qquad \text{(D1-5)}$$

(c) The required bracing stiffness shall satisfy the requirements of Appendix 6 of the *Specification* for lateral or torsional bracing of beams with C_d=1.0 and where the required flexural strength of the beam shall be taken as:

$$M_r = R_y F_y Z / \alpha_s \qquad \text{(D1-6)}$$

صفحه ۲۷

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

۱۰-۳-۶ الزامات لرزه‌ای مهار جانبی تیرها در قاب‌های خمشی متوسط و ویژه

در ارتباط با مهار جانبی تیرهای باربر جانبی لرزه‌ای در قاب‌های خمشی متوسط و ویژه الزامات زیر باید تأمین شوند.

الف) کلیهٔ تیرهای باربر جانبی لرزه‌ای باید در فاصلهٔ L_b دارای مهاربندی جانبی کافی باشند، به طوری که از هر گونه کمانش جانبی، پیچشی و جانبی- پیچشی در خلال تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی جلوگیری شود. مهار جانبی تیرها باید به گونه‌ای تعبیه شوند که در محل اتصال آن‌ها به تیر از تغییرمکان جانبی هر دو بال تیر یا از پیچش کل مقطع به نحو موثری جلوگیری به عمل آید.

ب) تعبیهٔ مهار جانبی در محل اعمال بارهای متمرکز خارجی در طول تیر، در محل تغییر مقطع تیر و در محل‌هایی که در بخش ۱۰-۳-۱۳ برای اتصالات از پیش تأیید شده پیش‌بینی شده است، الزامی است.

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

پ) مهارهای جانبی تیرهای باربر جانبی لرزه‌ای باید مطابق رابطهٔ ۱۰-۳-۶-۱ برای نیرویی حداقل برابر با P_{bu} طراحی شوند.

$$P_{bu} = ۰/۰۶ R_y F_y Z_b / h_o \qquad (۱۰-۳-۶-۱)$$

که در آن:

Z_b = اساس مقطع پلاستیک مقطع تیر

h_o = فاصلهٔ مرکز تا مرکز بال‌های تیر

ت) مقدار حداکثر L_b برای تیرهای باربر جانبی لرزه‌ای در سیستم‌های با شکل‌پذیری متوسط برابر $۰/۱۷ r_y \frac{E}{F_y}$ و در سیستم‌های با شکل‌پذیری زیاد برابر $۰/۰۸۶ r_y \frac{E}{F_y}$ می‌باشد، که در آن r_y شعاع ژیراسیون مقطع تیر حول محور ضعیف است.

صفحه ۲۸

تفاوت مبحث دهم و آیین‌نامه‌های آمریکایی

مبحث دهم	AISC 341+AISC 360
یک رابطه‌ی یکسان برای تمام موارد طراحی مهار جانبی داده شده است	نیروی طراحی انواع مهار جانبی با یکدیگر متفاوت است و مهار جانبی تکمیلی نیز نیروی طراحی مختص به خود دارد

ورق پیوستگی

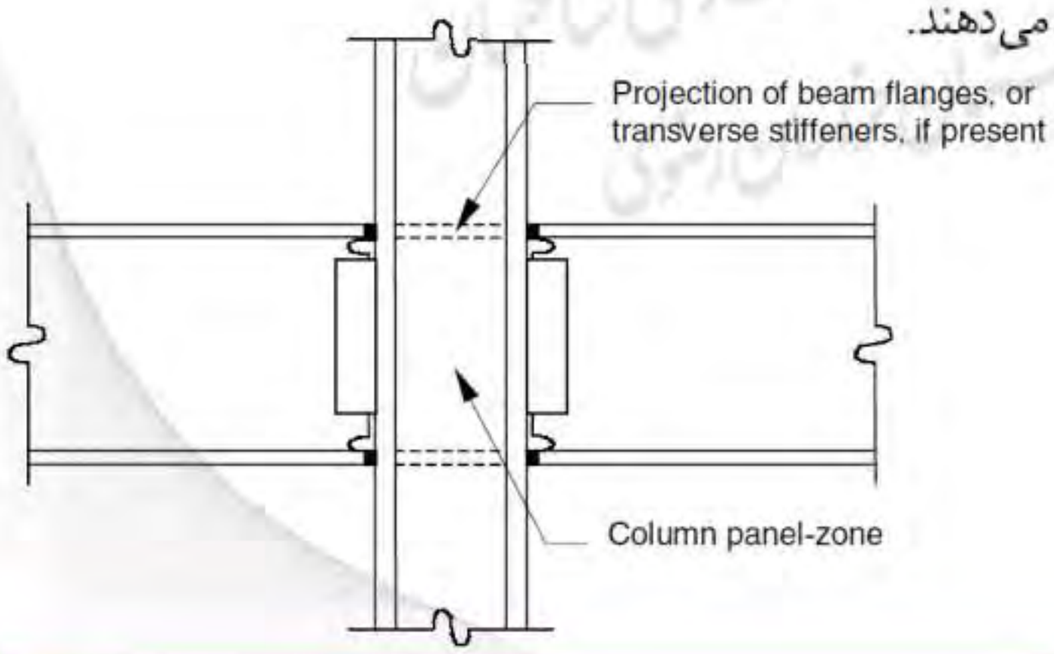
اتصالات پیش‌پذیرفته

پ۶-۲ ورق پیوستگی

پ۶-۲-۱ مقدمه

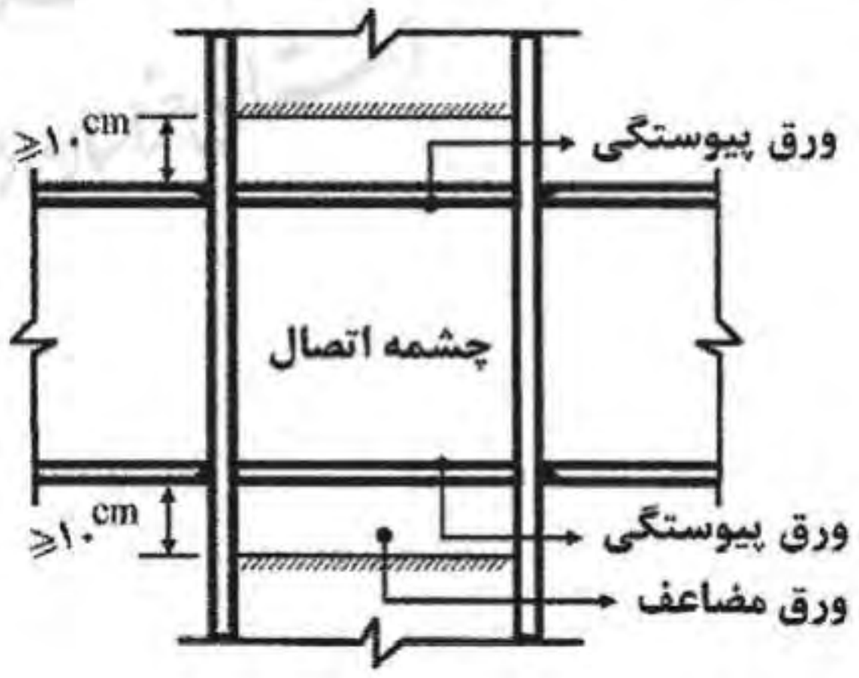
ورق پیوستگی ورقی است در راستای بال‌های تیر که وظیفه‌ی آن تأمین پیوستگی مسیر انتقال بار در ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون می‌باشد.

ورق‌های پیوستگی چندین نقش مختلف در اتصالات خمشی ایفا می‌نمایند. این ورق‌ها کمک می‌کنند نیروهای بال تیر به سمت جان ستون توزیع شود، جان ستون را برای جلوگیری از چروکیدگی موضعی تحت نیروهای متمرکز بال تیر، تقویت می‌کنند و تمرکز تنشی که می‌تواند در اتصال بین بال تیر و ستون ناشی از سختی غیریکنواخت بال ستون رخ دهد، کاهش می‌دهند.



چشمه‌ی اتصال و ورق مضاعف

ناحیه‌ی محصور بین بال‌های ستون و تیر در جان ستون، چشمه‌ی اتصال[1] نامیده می‌شود. برش زیاد در چشمه‌ی اتصال، می‌تواند باعث تسلیم برشی جان (جان‌های) ستون در این منطقه گردد. آیین‌نامه‌ها برای اطمینان از رفتار مطلوب این ناحیه، ضوابط خاصی را تعریف می‌نمایند که باید در طراحی و اجرای چشمه‌ی اتصال ستون کنترل و لحاظ گردند. در حالت کلی از نظر آیین‌نامه‌های طرح لرزه‌ای، تسلیم محدود برشی در چشمه‌ی اتصال قابل قبول است.



چشمه‌ی اتصال و ورق مضاعف

ضوابط عمومی، بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۶، ص ۱۸۷

تبصره۱: مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۱، مقاومت برشی مورد نیاز در چشمهٔ اتصال، V_{up}، از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$V_{up}=\frac{M_{u1}}{d_{b1}}+\frac{M_{u2}}{d_{b2}}-V_u \qquad (۱۰-۲-۹-۳۶)$$

که در آن:

M_{u1} و M_{u2} = به ترتیب لنگرهای خمشی انتهایی تیرهای سمت چپ و راست چشمهٔ اتصال است.

V_u = نیروی برشی ستون در بالای چشمهٔ اتصال

d_{b1} و d_{b2} = به ترتیب ارتفاع‌های کل مقاطع تیرهای سمت چپ و راست چشمهٔ اتصال است.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۳۰

چشمه‌ی اتصال و ورق مضاعف

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

ضوابط لرزه‌ای

قاب خمشی متوسط، بند ۱۰-۳-۸-۴، ص ۲۱۷

۱۰-۳-۸-۴ ورق‌های تقویتی چشمهٔ اتصال (ورق‌های مضاعف)

در صورت نیاز به تعبیهٔ ورق‌های تقویتی چشمهٔ اتصال (ورق‌های مضاعف) در محل اتصال تیر به ستون، ورق‌های مضاعف علاوه بر تامین الزامات بخش ۱۰-۲-۹-۱۰ باید دارای شرایط زیر نیز باشند.

الف) اتصال ورق‌های مضاعف به بال ستون می‌تواند از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه باشد

ب) ورق‌های مضاعف باید به‌صورت متقارن و در ستون‌های H شکل باید در دو طرف جان و در ستون‌های قوطی شکل در دو وجه ستون به‌کار برده شوند.

پ) در مواردی‌که نیاز به تعبیهٔ سخت‌کننده‌های عرضی (ورق‌های پیوستگی) نباشد، بالا و پایین ورق‌های مضاعف باید حداقل ۱۵۰ میلی‌متر از بال فوقانی و تحتانی تیر فاصله داشته باشند.

ت) در صورت وجود ورق‌های پیوستگی، ورق‌های مضاعف می‌توانند در محل ورق‌های پیوستگی قطع شده و از طریق جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه به ورق‌های پیوستگی جوش شوند.

ت) در مواردی‌که ورق‌های مضاعف از جان ستون فاصله داشته باشند این ورق‌ها باید به‌صورت متقارن و در یک سوم میانی فاصلهٔ بین مرکز صفحه جان ستون و نوک بال تیر تعبیه شود.

چشمه‌ی اتصال و ورق مضاعف

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

ضوابط لرزه‌ای

قاب خمشی ویژه، بند ۱۰-۳-۹-۵، ص ۲۲۳

۱۰-۳-۹-۵ ورق‌های تقویتی چشمهٔ اتصال (ورق‌های مضاعف)

الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای ورق‌های تقویتی چشمهٔ اتصال (ورق‌های مضاعف) در قاب‌های خمشی ویژه عیناً مشابه الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای ورق‌های تقویتی چشمهٔ اتصال (ورق‌های مضاعف) در قاب‌های خمشی متوسط می‌باشد.

قاب خمشی متوسط:

آیین‌نامه	لنگر تیر M	برش ستون V
مبحث دهم ۸۷	ناشی از ترکیب بارهای عادی	ناشی از ترکیب بارهای عادی
مبحث دهم ۹۲	ناشی از ترکیب بارهای عادی	ناشی از ترکیب بارهای عادی
AISC 360+AISC 341	ناشی از ترکیب بارهای عادی	ناشی از ترکیب بارهای عادی

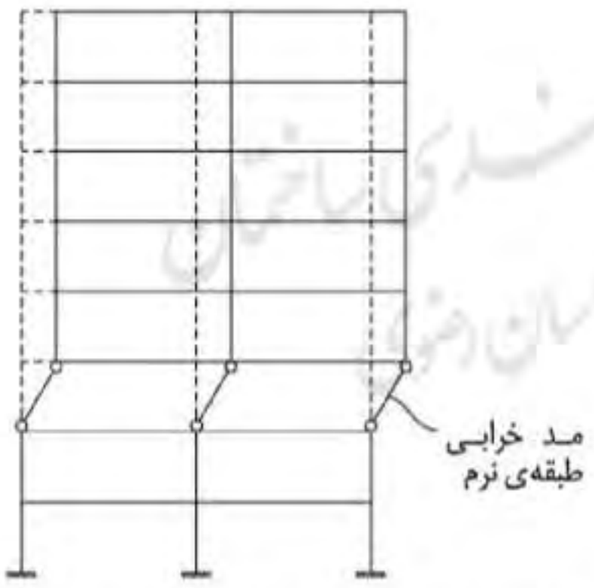
چشمه‌ی اتصال و ورق مضاعف

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

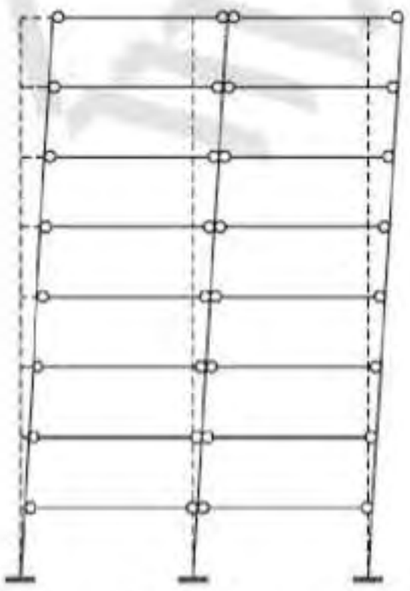
قاب خمشی ویژه:

آیین‌نامه	لنگر تیر M	برش ستون V
مبحث دهم ۸۷	ناشی از ظرفیت پلاستیک	ناشی از بارگذاری جانبی زلزله
مبحث دهم ۹۲	ناشی از ترکیب بارهای عادی	ناشی از ترکیب بارهای عادی
AISC 360+AISC 341	ناشی از ظرفیت پلاستیک	ناشی از ظرفیت پلاستیک

قاب‌هایی که در آن‌ها ابعاد المان‌ها به گونه‌ای تعیین شـده اسـت که امکان تشـکیل مفصل پلاسـتیک در تیرها فراهم شـود، قاب‌هایی با تیر ضعیف-سـتون قوی نامیده می‌شوند.



(ب) عدم رعایت تیر ضعیف-ستون قوی (مکانیزم حرکت جانبی ستون‌ها)



(الف) رعایت تیر ضعیف-ستون قوی (مکانیزم حرکت جانبی تیرها)

شکل پ۷-۱ مکانیزم خرابی پلاستیک

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۳۳

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان

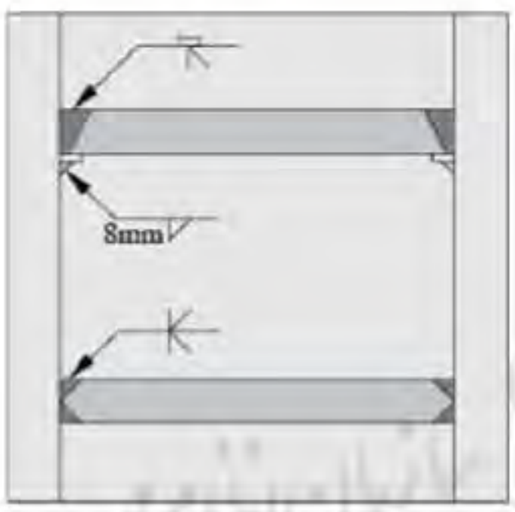
جوش و پیچ در مناطق لرزه‌ای

۳-۳ پشت‌بند در اتصالات تیر به ستون و ورق پیوستگی به ستون[+*]

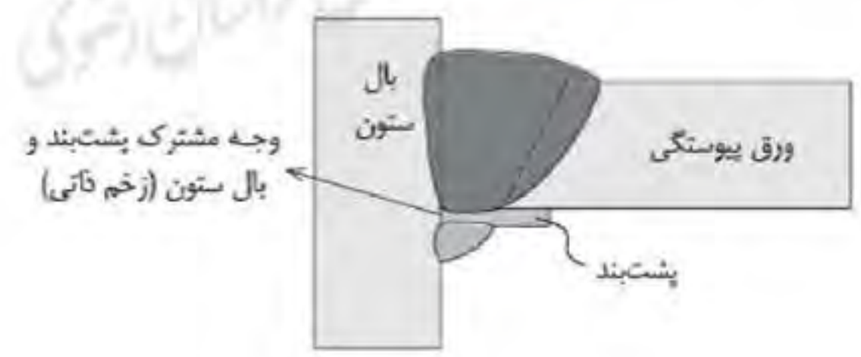
۱- پشت‌بند فولادی در ورق‌های پیوستگی

نیازی به برداشتن پشت‌بند فولادی[۲] مورد استفاده در جوش‌های ورق پیوستگی به ستون نمی‌باشد. در بال‌های ستون، پشت‌بند فولادی که در محل باقی می‌ماند باید با استفاده از یک جوش گوشه‌ی سرتاسری ۸ میلی‌متر بر لبه‌ی زیرین جوش شیاری با نفوذ کامل، به بال ستون متصل شود.

هنگامی که پشت‌بند برداشته می‌شود، پاس ریشه باید تا رسیدن به فلز جوش سالم، از پشت شیارزنی شود و با یک جوش گوشه‌ی تقویتی، از پشت جوش شود. جوش گوشه‌ی تقویتی باید به صورت سرتاسری با حداقل بعد ۸ میلی‌متر باشد.



شکل ر-۳-۱ پشت‌بند فولادی در ورق‌های پیوستگی



شکل ر-۲-۲ تبدیل زخم ذاتی خارجی به زخم داخلی به کمک جوش گوشه‌ی تقویتی

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۳۴

تفاوت مبحث دهم و آیین‌نامه‌های آمریکایی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مبحث دهم	AISC 358
۱۰-۳-۱۳-۱-(۹) نیازی به برداشتن پشت‌بند فولادی مورداستفاده در جوش‌های ورق پیوستگی به ستون نمی‌باشد.	نیازی به برداشتن پشت‌بند فولادی مورداستفاده در جوش‌های ورق پیوستگی به ستون نمی‌باشد. در بال‌های ستون، پشت‌بند فولادی که در محل باقی می‌ماند باید با استفاده از یک جوش گوشه ممتد ۸ میلی‌متر روی لبه زیرین جوش شیاری با نفوذ کامل، به بال ستون متصل شود. هنگامیکه پشت‌بند برداشته می‌شود، پاس ریشه باید تخلیه شود تا به فلز جوش سالم برسیم و با یک جوش گوشه تقویتی پشت آن جوش شود. جوش گوشه تقویتی باید پیوسته و حداقل بعد آن ۸ میلی‌متر باشد.

جوشکاری در مناطق لرزه‌ای

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصالات پیش‌پذیرفته

ص ۵۶

۲- پشت‌بند فولادی در بال پایینی تیر

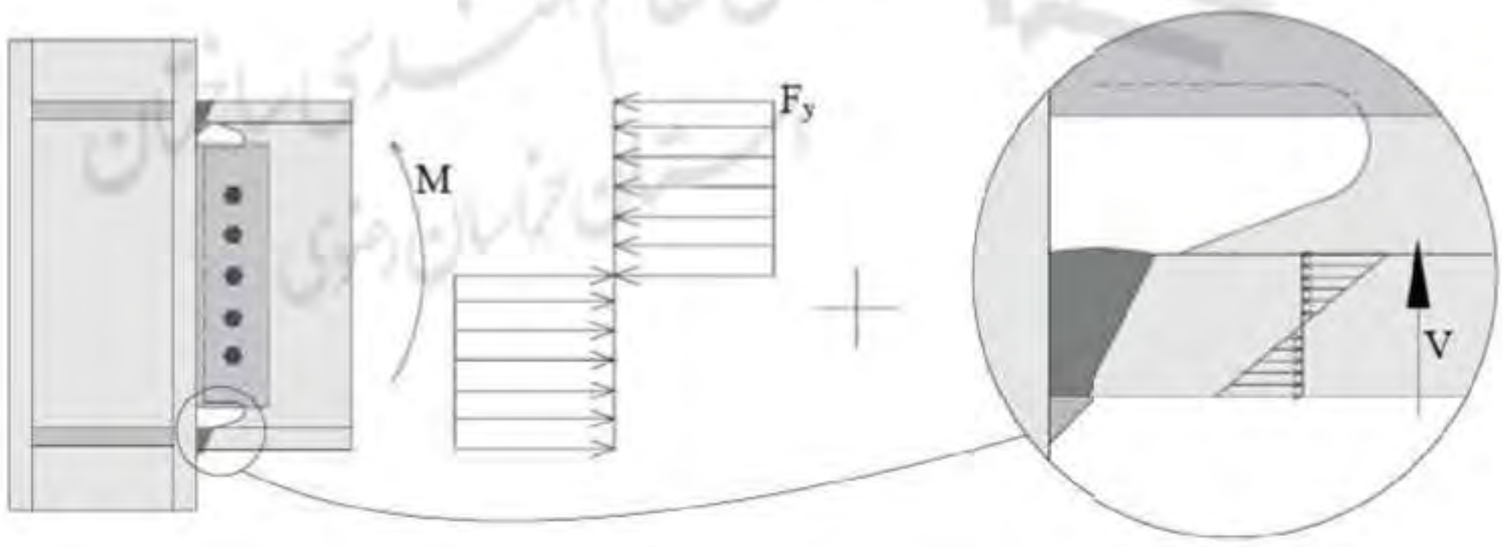
هنگامی‌که پشت‌بند فولادی همراه با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل بین بال پایینی تیر و ستون استفاده شود، پشت‌بند باید بعد از جوشکاری برداشته شود.

پس از برداشتن پشت‌بند فولادی، پاس ریشه باید تا رسیدن به فلز جوش سالم، از پشت شیارزنی شود و با یک جوش گوشه‌ی تقویتی، از پشت جوش شود. ساق جوش گوشه‌ی تقویتی مجاور بال ستون باید حداقل ۸ میلی‌متر باشد و ساق جوش گوشه‌ی تقویتی مجاور بال تیر باید به‌گونه‌ای باشد که پاشنه‌ی جوش گوشه روی فلز پایه‌ی بال تیر قرار بگیرد.

استثناء: اگر فلز پایه و ریشه‌ی جوش پس از حذف پشت‌بند، با سنگ‌زنی، یکنواخت گردند[1]، نیازی به ادامه یافتن جوش گوشه‌ی مجاور بال تیر، در فلز پایه نمی‌باشد.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

(الف) لنگرهای ایجاد شده در تیر گیردار ناشی از بار جانبی



(ب) نمایش مجموع تنش ناشی از خمش و تنش‌های ثانویه در بال پایینی تیر

جوشکاری در مناطق لرزه‌ای
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

جوش در مجاورت بال تیر، ریشه‌ی جوش را به طور کامل بپوشاند و روی فلز پایه‌ی تیر قرار بگیرد

شکل ر-۳-۴ اصلاح ریشه‌ی جوش شیاری بال پایینی، روش اول

اگر فلز پایه و جوش شیاری، تا رسیدن به یک سطح صاف، سنگ‌زنی شوند. در این حالت لازم نیست جوش گوشه تا فلز پایه‌ی تیر ادامه یابد

شکل ر-۳-۵ اصلاح ریشه‌ی جوش شیاری بال پایینی، روش دوم

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

تفاوت مبحث دهم و آیین‌نامه‌های آمریکایی

مبحث دهم	AISC 358
۱۰-۳-۱۳-۱-(۹) پشت بندهای بال پایین .....پس از برداشتن تسمه‌های پشت‌بند، ریشه‌ی جوش نفوذی باید با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر تقویت گردد.	ساق جوش گوشه تقویتی مجاور بال ستون باید حداقل ۸ میلی متر باشد و ساق جوش گوشه تقویتی مجاور بال تیر باید به گونه‌ای باشد که پاشنه جوش گوشه روی فلز پایه بال تیر قرار بگیرد. استثنا: اگر فلز پایه و ریشه جوش پس از حذف پشت بند ساییده و تمیز شوند و دارای سطح صاف باشند، نیازی به ادامه دادن جوش گوشه مجاور بال تیر در فلز پایه نمی‌باشد.

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

جوشکاری در مناطق لرزه‌ای

اتصالات پیش‌پذیرفته

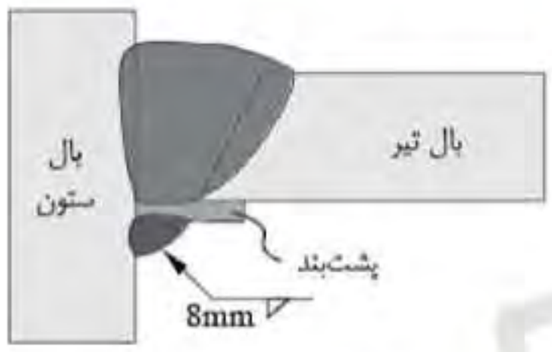
ص ۵۶

۳- پشت‌بند فولادی در بال بالایی تیر

هنگامی‌که پشت‌بند فولادی همراه با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل بین بال بالایی تیر و ستون استفاده شود و پشت‌بند حذف نگردد، پشت‌بند باید با جوش گوشه‌ی سرتاسری ۸ میلی‌متر بر لبه‌ی زیرین جوش شیاری با نفوذ کامل، به ستون متصل شود.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی



(الف) نمای شماتیک

(ب) نمونه‌ی اجراشده

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

۴- جوش‌های غیرمجاز در پشت‌بند فولادی

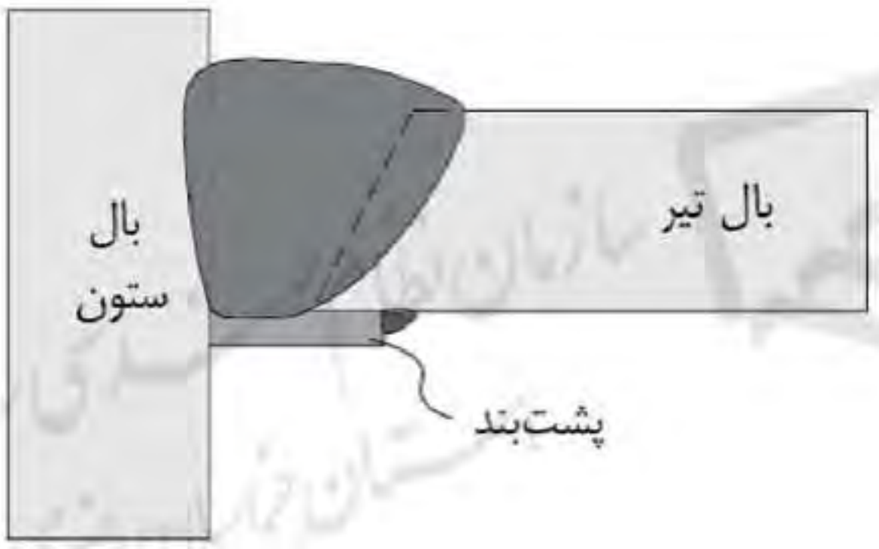
پشت‌بند در اتصالات بال تیر به بال ستون نباید به وجه زیرین بال تیر جوش شود، همچنین خال‌جوش‌ها در این محل مجاز نمی‌باشند. اگر جوش‌های گوشه و یا خال‌جوش‌ها به اشتباه بین پشت‌بند و بال تیر اجرا شوند، باید مطابق زیر اصلاح شوند:

(۱) جوش باید به‌گونه‌ای برداشته شود که جوش گوشه یا خال جوش، پس از عملیات برداشت، پشت‌بند را به بال تیر متصل نکند.

(۲) سطح بال تیر باید سنگ‌زنی شود و عاری از نقص باشد.

(۳) هرگونه شیار و زخم باید ترمیم شود. جوشکاری ترمیمی باید با الکترودهای E7018 SMAW یا سایر فلزهای پرکننده مطابق با الزامات بند ۳-۱ برای جوش‌های نیاز بحرانی انجام شود. یک دستورالعمل جوشکاری (WPS) برای این ترمیم مورد نیاز است. پس از جوشکاری، جوش‌های ترمیمی باید سنگ‌زنی شوند.

صفحه ۳۸



شکل ر-۳-۷ اتصال نادرست پشت‌بند به بال تیر

۵- پشت‌بند غیرذوبی در اتصالات بال تیر به ستون

هنگامی‌که پشت‌بند غیرذوبی همراه با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل بین بال‌های تیر و ستون استفاده شود، پشت‌بند باید حذف گردد و ریشه باید تا رسیدن به فلز جوش سالم، از پشت شیارزنی و با یک جوش گوشه‌ی تقویتی از پشت جوش شود. ساق جوش گوشه‌ی تقویتی مجاور ستون باید حداقل ۸ میلی‌متر باشد و ساق جوش گوشه‌ی تقویتی مجاور بال تیر باید به‌گونه‌ای باشد که پاشنه‌ی جوش گوشه روی فلز پایه بال تیر قرار بگیرد.

استثناء: اگر فلز پایه و ریشه‌ی جوش پس از حذف پشت‌بند، با سنگ‌زنی، یکنواخت گردند، نیازی به ادامه یافتن جوش گوشه‌ی مجاور بال تیر، در فلز پایه نمی‌باشد.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۳۹

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

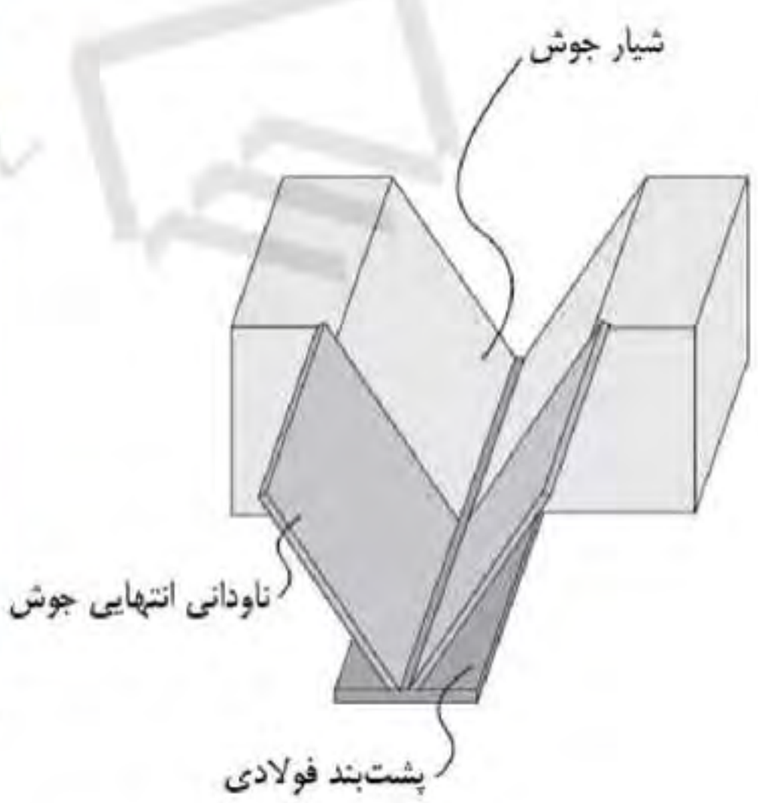
جوشکاری در مناطق لرزه‌ای

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

۴-۳ جزئیات و عملکرد ناودانی‌های انتهایی جوش[++]

ناودانی‌های انتهایی جوش، در صورت استفاده، باید همراه با ۳ میلی‌متر از سطح فلز پایه و انتهای جوش برداشته شوند، مگر در ورق‌های پیوستگی که حذف ۶ میلی‌متر از لبه‌ی ورق باید مجاز باشد. عملیات برداشت باید با برش قوسی کربن هوا، سنگ‌زدن، پلیسه‌برداری یا برش حرارتی انجام شود. فرآیند باید برای حداقل شدن شیارزنی اشتباه، کنترل شود. لبه‌هایی که ناودانی انتهایی جوش از آن‌ها برداشته شده است، باید با یک زبری سطح به اندازه‌ی ۱۳ میکرون یا بهتر، پرداخت شوند. انتهای جوش باید یک سطح انتقالی یکنواخت، بدون هیچ زخم، شیار و گوشه‌های تیز را تأمین کند. عیوب جوش با عمق بیشتر از ۱/۵ میلی‌متر، باید با جوشکاری بر مبنای یک دستورالعمل جوشکاری (WPS) مناسب، حذف و ترمیم شوند. سایر عیوب جوش باید به وسیله‌ی سنگ‌زنی با شیب کمتر از ۱:۵، حذف شوند.

(ب) نمونه اجرایی

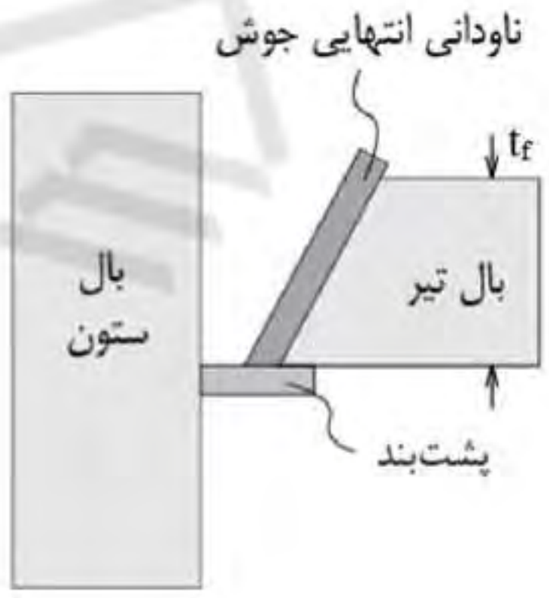


(الف) نمای شماتیک

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

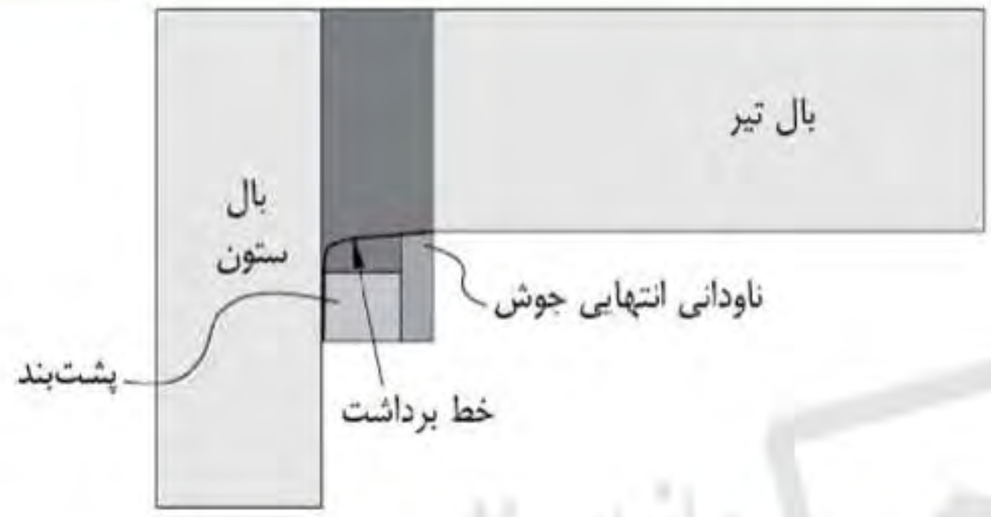
(ب) دید از بالا



(الف) دید از کنار

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان



شکل ر-۳-۱۲ بال پایینی تیر پس از حذف ناودانی انتهایی جوش

صفحه ۴۲

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۱۸۹

زبری سطح در نمونه‌های C4-1-77

۱۰۰ میکرون	۵۰ میکرون	۲۵ میکرون	۱۳ میکرون
SAMPLE 1	SAMPLE 2	SAMPLE 3	SAMPLE 4

نمونه‌های موجود در AWS C4.1.77 برای زبری سطح متفاوت

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

جوشکاری در مناطق لرزه‌ای

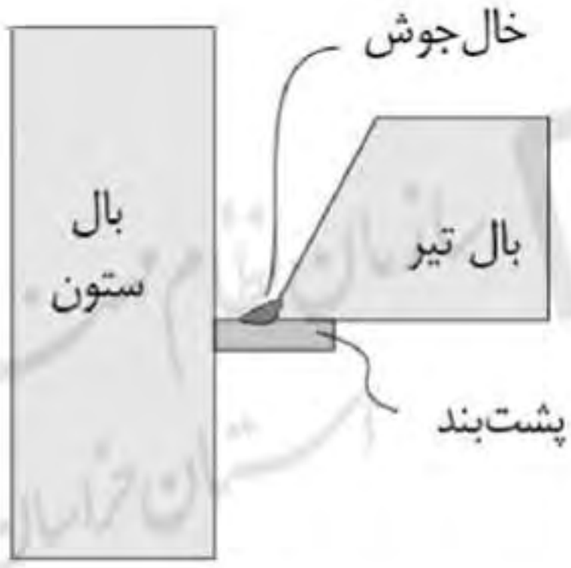
اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۵۷

۳-۵ خال جوش‌ها**

در ناحیه‌ی محافظت‌شده، خال‌جوش‌های متصل‌کننده پشت‌بند و ناودانی‌های انتهایی جوش، باید در جایی قرار گیرند که در جوش نهایی مشارکت داشته باشند (بخشی از جوش نهایی باشند).

سازمان نظام مهندسی ساختمان
استان خراسان رضوی

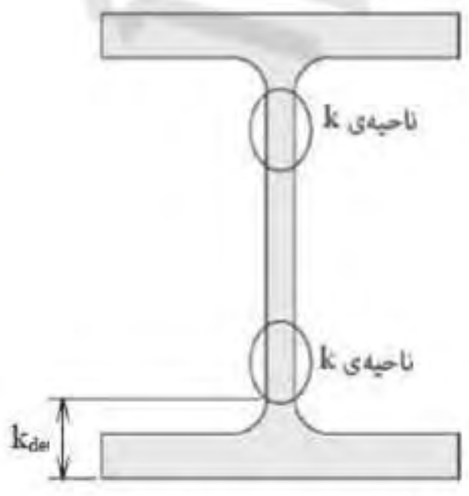
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان



شکل ر-۳-۱۳ محل مناسب برای خال جوش

جوشکاری در مناطق لرزه‌ای
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

(ب) استعداد ایجاد ترک در ناحیه‌ی k



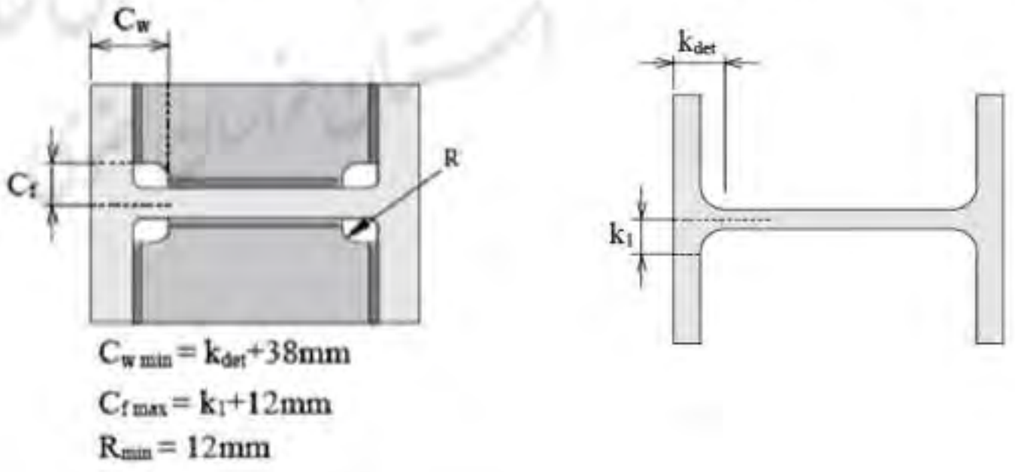
(الف) نمایش ناحیه‌ی k

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۴۴

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۵۷

۳-۶ ورق‌های پیوستگی**

در امتداد جان، پخ گوشه[1] باید به‌گونه‌ای جزئیات‌بندی شود که در نیمرخ‌های نوردشده، پخ به طول حداقل ۳۸ میلی‌متر بعد از k_{det} معرفی‌شده، ادامه یابد. در امتداد بال، ورق باید برای ممانعت از تداخل با شعاع گوشه‌ی نیمرخ نوردشده، پخ‌زنی شود و باید به‌گونه‌ای جزئیات‌بندی شود که پخ بیشتر از ۱۲ میلی‌متر بعد از k_1 معرفی‌شده، ادامه پیدا نکند. پخ باید برای تسهیل پایان‌دهی مناسب به جوش، برای جوش بال و جوش جان، جزئیات‌بندی شود. هنگامی که یک پخ گوشه‌ی منحنی‌شکل استفاده می‌شود، باید حداقل شعاعی برابر ۱۲ میلی‌متر داشته باشد.



شکل ر-۳-۱۶ ابعاد پخ ورق پیوستگی

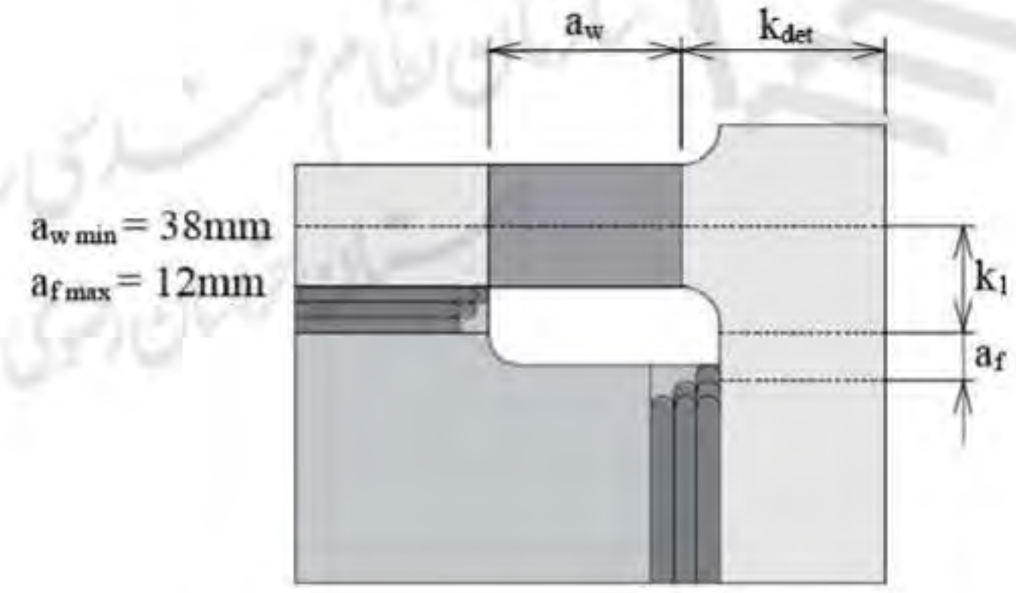
اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۵۷

۳-۶ ورق‌های پیوستگی**

در انتهای جوش مجاور محل اتصال جان و بال ستون، ناودانی‌های انتهایی جوش برای ورق‌های پیوستگی نباید استفاده شود، مگر آنکه از نظر EOR، مجاز باشد. هنگامی که ناودانی‌های انتهایی جوش در این محل مورد استفاده قرار می‌گیرد، نباید برداشته شوند مگر آنکه توسط EOR مشخص گردد.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۴۵

در تفسیر این بند آمده است که استفاده از انتهای آبشاری در شیار جوش می‌تواند با توجه به شرایط محدودیت‌های ابعادی مورد استفاده قرار گیرد. نمونه‌ی شماتیک انتهای جوش آبشاری در شکل ر-۳-۱۹ قابل مشاهده است.



شکل ر-۳-۱۹ انتهای جوش آبشاری

پ۵-۱ تعریف

جوش‌های نیاز بحرانی[1] عموماً جوش‌های شیاری با نفوذ کامل هستند که بر اساس سطح تسلیم مورد انتظار یا نیازهای تنش بالاتر طراحی شده‌اند و یا جوش‌هایی هستند که شکست آن‌ها باعث کاهش قابل‌ملاحظه در مقاومت و سختی سیستم باربر جانبی می‌شود.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۴۶

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۴۲۱

پ۵-۳- انواع جوش

در صورت طراحی یک سازه مطابق ضوابط لرزه‌ای AISC، جوش‌ها در سه گروه تقسیم‌بندی خواهند شد. دستورالعمل حاکم به شرح جدول پ۵-۱ بستگی به مشخصات جوش خواهد داشت.

جدول پ۵-۱ پوشش آیین‌نامه‌ای جوش‌های مختلف

جزء سیستم مقاوم لرزه‌ای نیست	جزء سیستم مقاوم لرزه‌ای است	
	نیاز بحرانی نیست	نیاز بحرانی است
پوشش آیین‌نامه‌ای	AWS D1.1	AWS D1.8	AWS D1.8، جوش‌های نیاز بحرانی

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۴۲۳

جدول پ۵-۳ خواص مکانیکی برای جوش‌های نیاز بحرانی

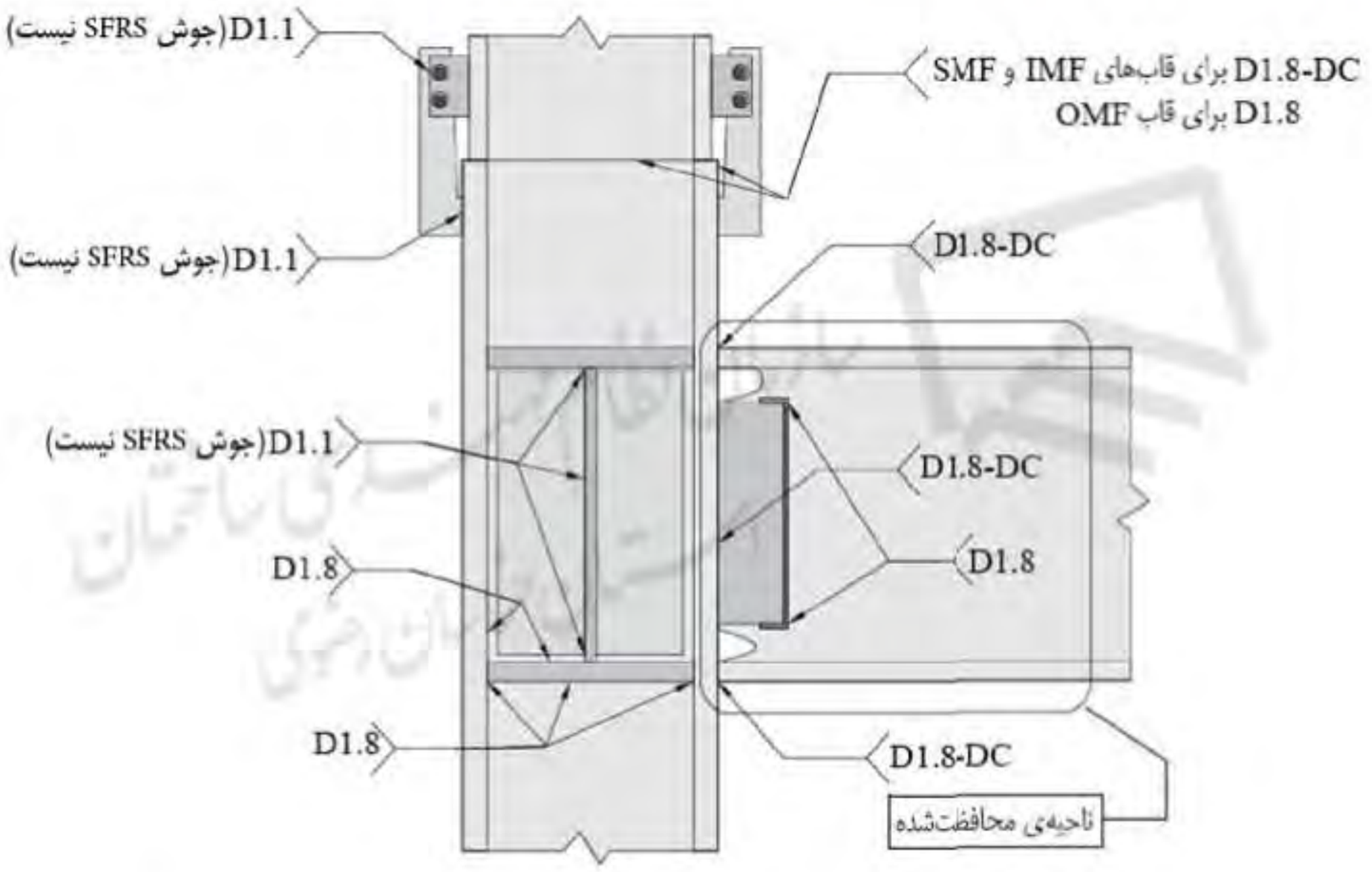
مشخصات	رده‌بندی	
مقاومت تسلیم (MPa)	حداقل ۴۰۰	۴۸۰ مگاپاسکال	حداقل ۴۷۰	۵۵۰ مگاپاسکال
مقاومت کششی (MPa)	حداقل ۴۸۰	حداقل ۵۵۰
درصد ازدیاد طول، درصد	حداقل ۲۲	حداقل ۱۹
طاقت CVN[۱و۲]	حداقل ۵۴ در ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد	حداقل ۵۴ در ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد

۱ـ برای LAST مساوی ۱۰+ درجه‌ی سانتی‌گراد. برای LAST کمتر از ۱۰+ درجه‌ی سانتی‌گراد به بند ۶-۳-۶ آیین‌نامه‌ی جوشکاری سازه‌ای-مکمل لرزه‌ای مراجعه شود.
۲ـ آزمایش‌های انجام‌شده بر اساس پیوست A که حداقل ۵۴ ژول در دمایی کمتر از ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد را احراز نمایند، نیز مطابق این شرط هستند.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۴۷

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۴۲۴

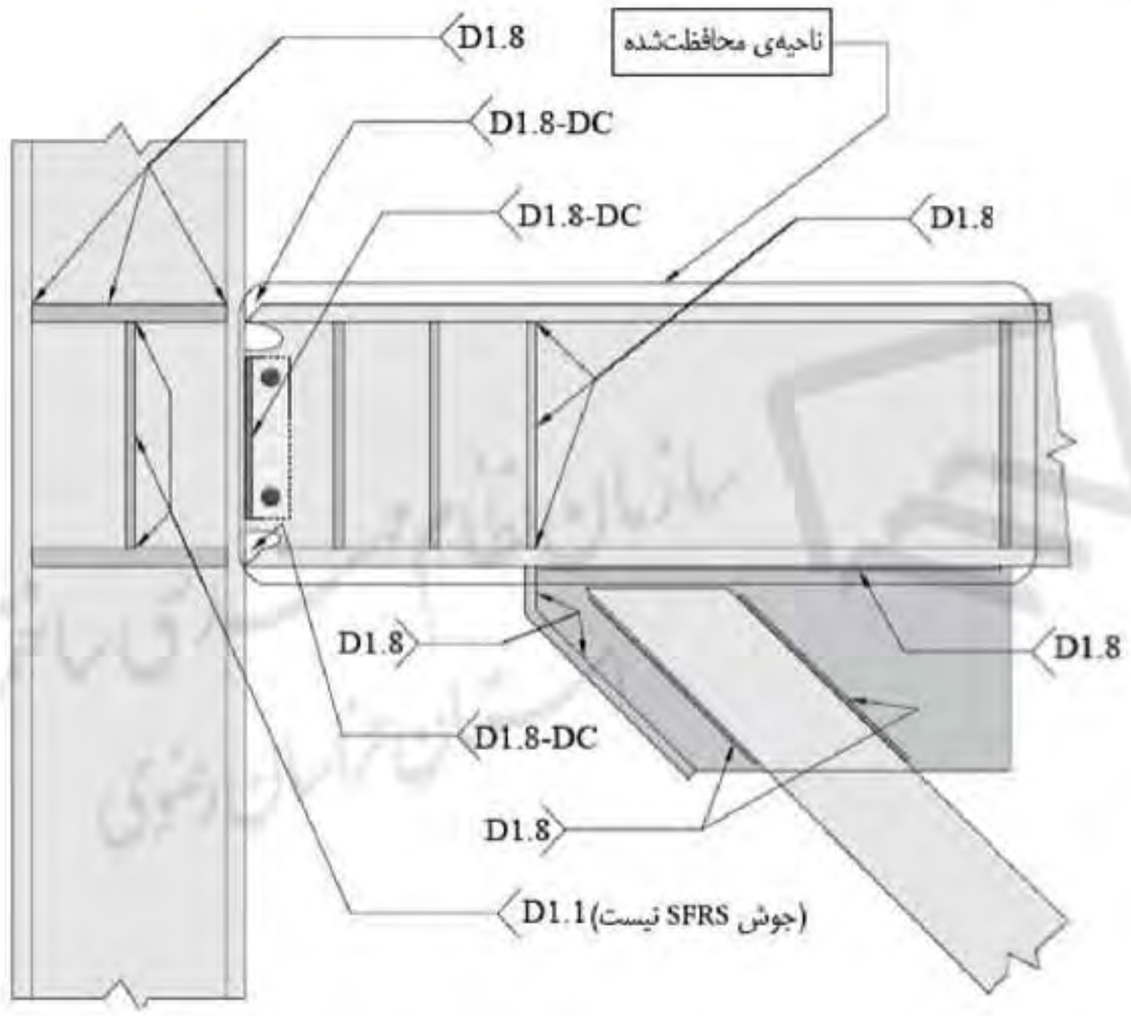


مطابق شکل، عضو متصل‌شده به محور ضعیف یک عضو SRFS نیست

شکل پ۵-۱ مثال اتصال خمشی WUF-W به محور قوی ستون

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۴۲۵



مطابق شکل، عضو متصل‌شده به محور ضعیف یک عضو SRFS نیست

جدول پ-۱ استانداردهای آمریکایی مورد استفاده در اتصالات پیچی

نقش	استانداردهای مورد استفاده	توضیحات
طراحی و الزام‌های کلی ساخت و برپایی	ANSI/ASIC 360	ضوابط عمومی طراحی سازه‌های فولادی
	ANSI/AISC 341 (به صورت محدود)	ضوابط لرزه‌ای طراحی سازه‌های فولادی
تأمین مصالح، تولید، آزمایش	ASTM	استاندارد مشخصات مکانیکی و مصالح پیچ، مهره و واشر
	ASME	استاندارد مشخصات ابعادی و هندسی پیچ، مهره و واشر
طرح، اجرا و بازرسی	RCSC[۲]	ضوابط پیچ‌های پرمقاومت، الزام‌های اجرایی

پیچ‌کاری در مناطق لرزه‌ای
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

جدول پ ۲-۱ استانداردهای اروپایی مورداستفاده در اتصالات پیچی

نقش	استانداردهای مورد استفاده	توضیحات
طراحی و الزام‌های کلی ساخت و برپایی	Eurocode 3	ضوابط عمومی طراحی سازه‌های فولادی
	Eurocode 8 (به صورت محدود)	ضوابط لرزه‌ای طراحی سازه‌های فولادی
تأمین مصالح، تولید، آزمایش	ISO898	استاندارد مشخصات مکانیکی و مصالح پیچ، مهره و واشر
	EN14399	استاندارد مشخصات ابعادی و هندسی پیچ، مهره و واشر
طرح، اجرا و بازرسی	EN1090	الزام‌های اجرایی

دست نامه
پیچ‌کاری سازه‌ای

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۴۹

جدول ۱-۱ نام‌گذاری انواع اتصال‌های پیچی

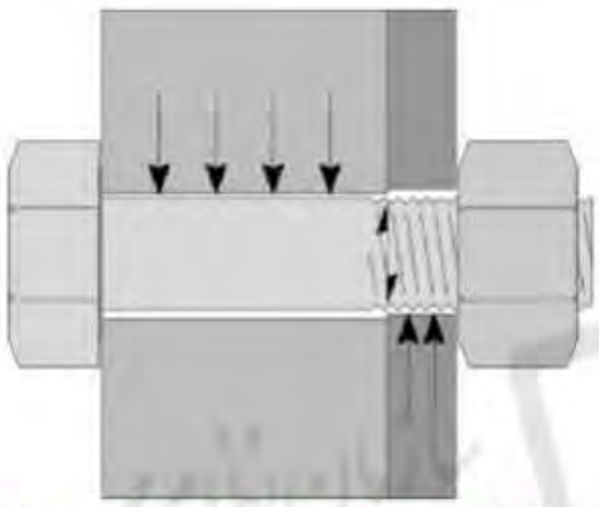
عبارت موجود در ادبیات فنی	معادل فارسی
Snug Tightened (ST)	سفت‌شده‌ی اولیه
Pretensioned (PT)	پیش‌تنیده
Slip Critical (SC)	مقاوم در برابر لغزش

جدول پ ۲-۲ معرفی بخش‌های مختلف استاندارد اروپایی EN14399

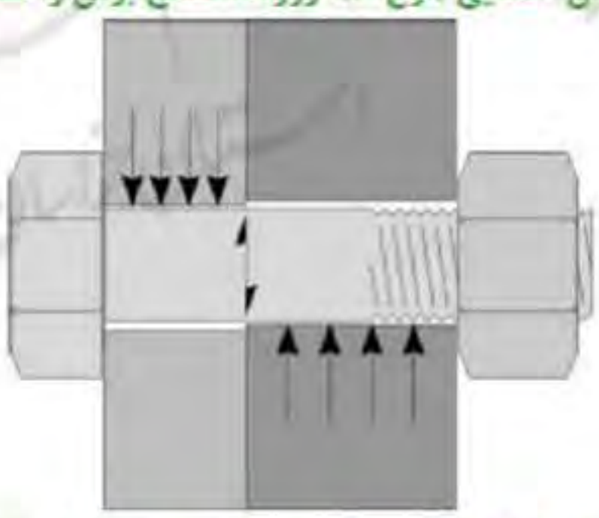
بخش	عنوان
Part1	الزام‌های عمومی
Part2	آزمایش سازگاری برای پیش‌تنیدگی
Part3	سیستم HR-مجموعه‌های پیچ و مهره‌ی شش‌گوش
Part4	سیستم HV-مجموعه‌های پیچ و مهره‌ی شش‌گوش
Part5	واشرهای تخت
Part6	واشرهای تخت پخ‌دار
Part7	مجموعه‌های پیچ و مهره‌ی کله خزینه‌ای
Part8	مجموعه‌های پیچ و مهره‌ی شش‌گوش هم اندازه
Part9	سیستم HR یا HV- واشر ویژه برای مجموعه‌های پیچ و مهره
Part10	مجموعه‌های پیچ و مهره با پیش‌تنیدگی کالیبره‌شده (ویژه)

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

نام ویرایش جدید استاندارد	نام استاندارد گذشته	نام ویرایش جدید استاندارد	نام استاندارد گذشته
EN 24017	DIN 931	EN 14399-4	DIN 6914
EN 24018	DIN 933	EN 14399-4	DIN 6915
EN 24032	DIN 934	EN 14399-6	DIN 6916
EN 24070	DIN 125		



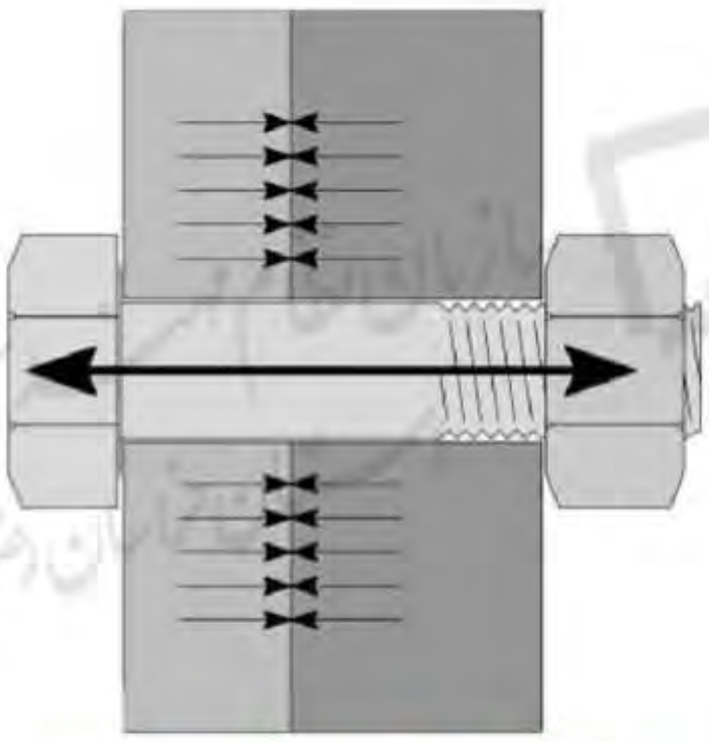
شکل ۱-۱ برش-اتکایی (نوع N)، رزوه‌ها سطح برش را شامل شده‌اند



شکل ۱-۲ برش-اتکایی (نوع X)، رزوه‌ها از سطح برش خارج شده‌اند

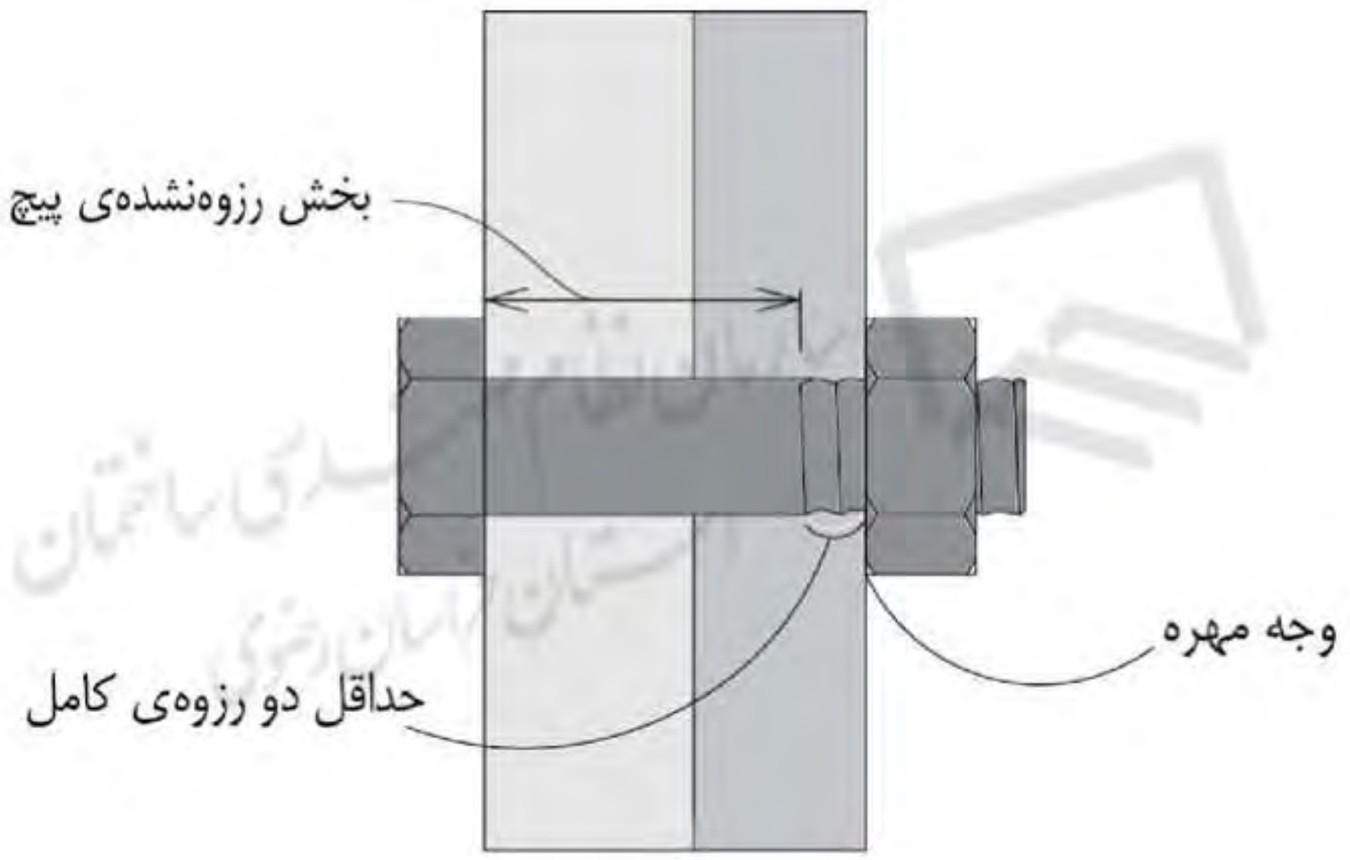
سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۵۱

پیچ‌کاری در مناطق لرزه‌ای



شکل ۱-۳ اتصال مقاوم در برابر لغزش، کشش پیچ نیروی گیرش تولید می‌کند

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)



سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۵۲

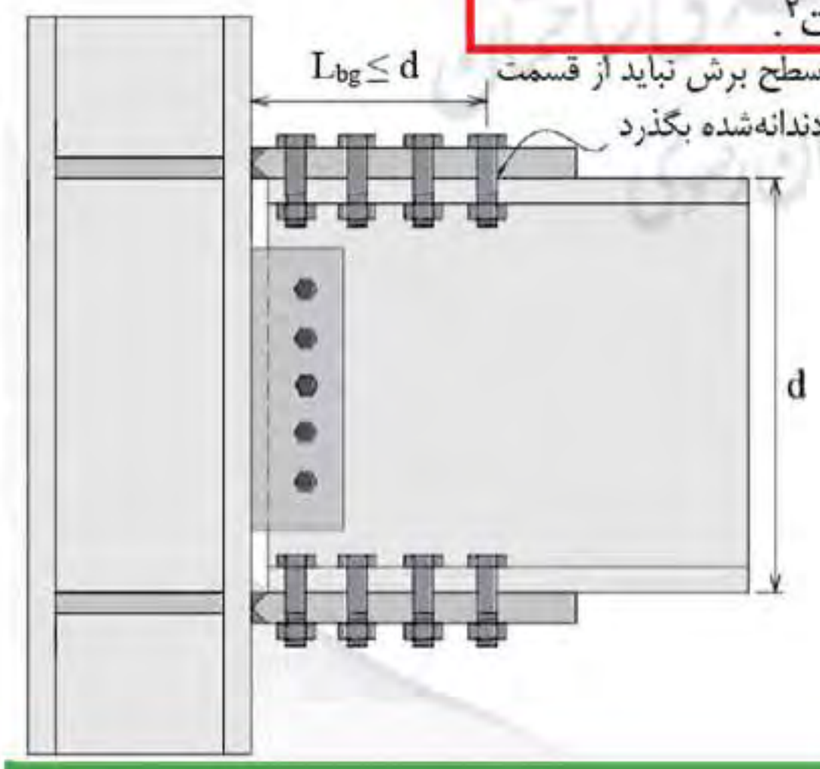
اتصال خمشی ورق بال پیچ‌شده (BFP)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

۴- الزامات پیچ

پیچ‌ها باید نسبت به محور تیر، متقارن چیده شوند و در اتصالات ورق بال، تعداد پیچ‌ها باید به دو پیچ در هر ردیف محدود گردد. طول گروه پیچ نباید از عمق تیر بیشتر شود. در بال‌های تیر باید سوراخ‌های استاندارد مورد استفاده قرار گیرد. سوراخ‌ها در ورق‌های بال باید از سوراخ‌های استاندارد یا سوراخ‌های بزرگ‌شده باشند. سوراخ‌های پیچ در بال‌های تیر و در ورق‌های بال باید با مته‌کاری، یا ایجاد منگنه‌های فرعی و گشادکردن[1] (برقو زدن) ایجاد شوند. استفاده از سوراخ‌های منگنه‌شده مجاز نیست.

پیچ‌ها در ورق‌های بال باید از رده‌ی A490M ، ASTM A490 یا ASTM F2280 باشند. سطح برش نباید از قسمت دندانه‌شده بگذرد. قطر پیچ، حداکثر به ۲۷ میلی‌متر محدود است[2].



گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان

اتصالات پیش‌پذیرفته

مشخصات فنی روند جوشکاری
Welding Procedure Specification (WPS)

در ابتدای ساخت هر پروژه فولادی سازنده باید فرم های مشخصات فنی روند جوشکاری را آماده و به تأیید برساند.

ساختار مشخصات فنی روند جوشکاری:

۱- اطلاعات عمومی
۲- ساختار اتصال
۳- مشخصات فلز پایه
۴- مشخصات فلز پرکننده
۵- وضعیت جوشکاری
۶- مشخصه های الکتریکی
۷- تکنیک جوشکاری
۸- پیشگرمایش
۹- مشخصه های عبورهای جوشکاری
۱۰- هندسه اتصال

روش‌های تایید صلاحیت دستورالعمل جوشکاری

۱- مشخصات فنی روند جوشکاری در وضعیت پیش پذیرفته

پیروی از الزامات آیین‌نامه در وضعیت پیش‌پذیرفته
بدون نیاز به انجام آزمایش‌های تایید صلاحیت

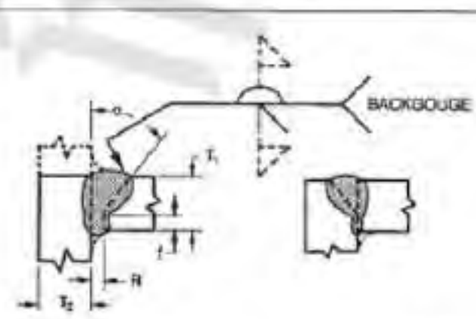
۲- تایید صلاحیت مشخصات فنی روند جوشکاری با آزمایش (PQR)

عدم پیروی از الزامات آیین‌نامه در وضعیت پیش‌پذیرفته
و انجام آزمایش های تایید صلاحیت

درزهای پیش‌پذیرفته

در دستورالعمل روند جوشکاری (WPS) برای عدم انجام آزمایش‌های غیر مخرب به منظور تایید WPS از هندسه درزهای تعیین شده در AWS D1.1 استفاده می‌گردد.

Single-bevel-groove weld (4)
T-joint (T)
Corner joint (C)



ALL DIMENSIONS IN mm

Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_1	Base Metal Thickness (U = unlimited) T_2	Groove Preparation: Root Opening, Root Face, Groove Angle	Groove Preparation: Tolerances: As Detailed (see 3.13.1)	Groove Preparation: Tolerances: As Fit-Up (see 3.13.1)	Permitted Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
SMAW	TC-U4b	U	U	R = 0 to 3 f = 0 to 3 α = 45°	+1.6, -0 +1.6, -0 +10°, -0°	+1.6, -3 Not limited 10°, -5°	All	—	C, D, J, N, V
GMAW FCAW	TC-U4b-GF	U	U				All	Not required	A, C, J, N, V
SAW	TC-U4b-S	U	U	R = 0 f = 6 max α = 60°	±0 ±0, -3 +10°, -0°	+6, -0 ±1.5 10°, -5°	F	—	C, J, N, V

تفاوت و درزهای پیش‌پذیرفته اتصال‌های پیش‌پذیرفته
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

نمونه فرم‌های درزهای پیش‌پذیرفته

مشخصات فنی روند جوشکاری (WPS)

پیش پذیرفته ☑ تایید صلاحیت با آزمایش □

نام پروژه ـــــ تهیه کننده ـــــ تایید کننده ـــــ تاریخ: ـــــ شماره دستورالعمل: بازده

شماره یا شماره‌های PQR پشتیبان: **پیش پذیرفته** نوع جوشکاری: دستی ☑ ماشینی □ خودکار □ نیمه خودکار □

مشخصات ساختار اتصال

نوع اتصال: لبه به لبه جوش یک طرفه ☑ دوطرفه □

پشت بند دارد □ ندارد ☑ نوع مواد پشت بند: **کاربرد ندارد**

شکاف ریشه: **۳ میلیمتر** پیشانی شیار: **۳ میلیمتر**

زاویه شیار: **۶۰ درجه** شعاع شیار J یا U ای: **کاربرد ندارد**

شیار زنی پشت و جوش مجدد انجام می شود: ☑ نمی شود □

روش شیار زنی: **سنگ زنی**

وضعیت جوشکاری

وضعیت جوش شیاری: **1G** گوشه: **کاربرد ندارد** جهت جوشکاری عمودی از بالا به پایین است □

از پایین به بالا است □

مشخصات فلز پایه

مشخصات فنی فلز پایه: DIN 17100

رده فولاد: ST 37-2

ضخامت فلز پایه شیاری: **۱۵ به ۱۵ میلیمتر** گوشه: **کاربرد ندارد**

مشخصه های الکتریکی

نوع جریان: ☑DCEN □DCEP □AC

مشخصات فلز پرکننده

مشخصات الکترود مصرفی: AWS A5.1

رده الکترود: E6013

تکنیک جوشکاری

جوش هلالی یا زنجیری: **هلالی**

تک مبوره یا چند مبوره: **چند مبوره**

روش تمیز کاری بین مبورهای جوشکاری: **برس یا سنگ زنی**

پیش گرمایش

حداقل درجه حرارت پیش گرم: **کاربرد ندارد (ذکر ۱)**

حداقل درجه حرارت بین مبوری: **کاربرد ندارد**

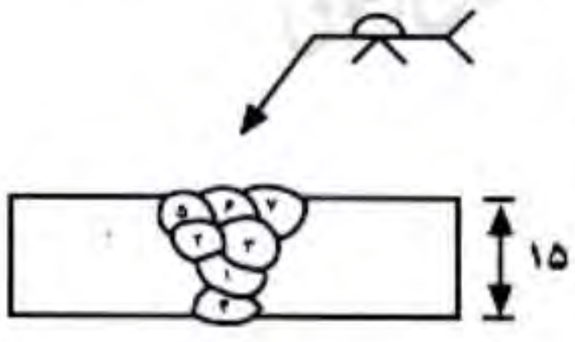
حداکثر: **کاربرد ندارد**

روند جوشکاری

شماره مبور	روش	فلز پرکننده: رده	فلز پرکننده: قطر	جریان: نوع و قطبیت	جریان: آمپر	ولتاژ	سرعت حرکت سانتیمتر در دقیقه	جزییات شکل اتصال
۱	SMAW	E6013	۳/۲۵	DCEN	۹۰-۱۳۰	۲۰-۲۴	۸-۱۰	
۲و۳	SMAW	E6013	۴	DCEN	۱۴۵-۱۸۰	۲۰-۲۴	۱۴-۱۶	
۴	SMAW	E6013	۳/۲۵	DCEN	۹۰-۱۳۰	۲۰-۲۴	۸-۱۰	
۵و۶و۷	SMAW	E6013	۵	DCEN	۱۶۰-۲۱۰	۲۰-۲۴	۱۵-۱۸	

توضیح: مبور ۳ پوش پشتی، پس از شیار زنی پشت در زیر پوش اجرا می شود.

ذکر ۱: در صورتیکه دمای قطعه قبل از جوشکاری زیر صفر درجه سانتیگراد باشد باید ۲۰ درجه سانتیگراد پیش گرم شود.

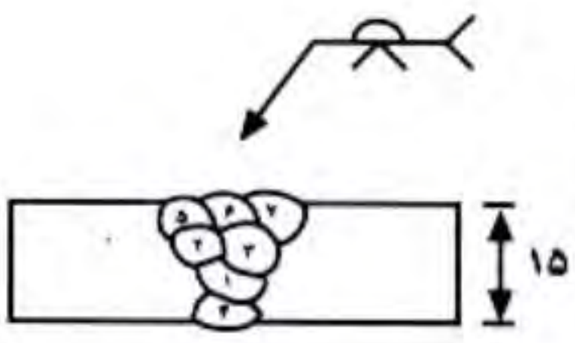


مشخصات فنی روند جوشکاری (WPS)
پیش پذیرفته ☑ تایید صلاحیت با آزمایش □

نمونه فرم‌های درزهای پیش‌پذیرفته

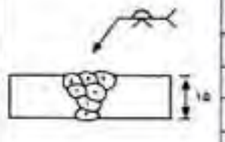
مشخصات فنی روند جوشکاری (WPS)

پیش پذیرفته ☑ تایید صلاحیت با آزمایش ☐



مشخصات فنی روند جوشکاری (WPS)	
پیش پذیرفته ☑ تایید صلاحیت با آزمایش ☐	
نام پروژه ـــــ تهیه کننده ـــــ تایید کننده ـــــ تاریخ: ـــــ شماره دستورالعمل: پاره	
شماره یا شماره های PQR پشتیبان: **پیش پذیرفته** نوع جوشکاری: دستی ☑ ماشینی ☐ خودکار ☐ نیمه خودکار ☐	
مشخصات ساختار اتصال نوع اتصال: لب به لبه جوش یک طرفه ☑ دوطرفه ☐ پشت بند دارد ☐ ندارد ☑ نوع مواد پشت بند: **کاربرد ندارد** شکاف ریشه: **۳ میلیمتر** پیشانی شیار: **۳ میلیمتر** زاویه شیار: **۶۰ درجه** شعاع شیار لاله ای: **کاربرد ندارد** شیار زنی پشت و جوش مجدد انجام می شود ☑ نمی شود ☐ روش شیار زنی: **سنگ زنی**	**وضعیت جوشکاری** وضعیت جوش شیاری: **1G** گوشه: **کاربرد ندارد** جهت جوشکاری عمودی از بالا به پایین است ☐ از پایین به بالا است ☐ **مشخصه های الکتریکی** نوع جریان: ☑DCEN ☐DCEP ☐AC
مشخصات فلز پایه مشخصات فنی فلز پایه: DIN 17100 رده فولاد: ST 37-2 ضخامت فلز پایه شیاری: **۱۵ به ۱۵ میلیمتر** گوشه: **کاربرد ندارد**	**تکنیک جوشکاری** جوش هلالی یا زنجیری: **هلالی** تک موره یا چند موره: **چند موره** روش تمیز کاری بین موره‌های جوشکاری: **برس یا سنگ زنی**
مشخصات فلز پرکننده مشخصات الکترود مصرفی: AWS A5.1 رده الکترود: E6013	**پیش گرمایش** حداقل درجه حرارت پیش گرما: **کاربرد ندارد (ذکر ۱)** حداقل درجه حرارت بین عبوری: **کاربرد ندارد** حداکثر: **کاربرد ندارد**

روند جوشکاری

شماره عبور	روش	فلز پرکننده: رده	فلز پرکننده: قطر	جریان: نوع و قطبیت	جریان: آمپر	ولتاژ	سرعت حرکت سانتیمتر در دقیقه	جزییات شکل اتصال
۱	SMAW	E6013	۳/۲۵	DCEN	۹۰-۱۳۰	۲۰-۲۴	۱۰-۱۵	
۲و۳	SMAW	E6013	۴	DCEN	۱۴۵-۱۹۰	۲۰-۲۴	۱۲-۱۵	
۴	SMAW	E6013	۳/۲۵	DCEN	۹۰-۱۳۰	۲۰-۲۴	۱۰-۱۵	
۵و۵	SMAW	E6013	۵	DCEN	۱۶۰-۲۱۰	۲۰-۲۴	۱۰-۱۵	

توضیح: عبور ۲ پوش پشتی، پس از شیار زنی پشت درز پوش اجرا می شود.

ذکر ۱: در صورتیکه دمای قطعه لحظت پوشکاری زیر صفر درجه سانتیگراد باشد پیش گرمایش ۲۰۵ درجه سانتیگراد ضروری می باشد.

اتصال‌های پیش‌پذیرفته

- ✓ پس از نورثریج، آژانس مدیریت بحران فدرال آمریکا (**FEMA**)، سرمایه‌ای را برای همکاری دانشگاه‌ها و انجمن‌های حرفه‌ای، که با نام **SAC Joint Venture** شناخته می‌شوند، فراهم کرد.

- ✓ در طول مدت شش سال، **SAC Joint Venture** با مشارکت **AISC**، **AISI**، **AWS** و گروه‌های صنعتی دیگر، تحقیقات گسترده‌ای را بر علت‌های خرابی‌های روی‌داده در زلزله‌ی نورثریج و راهکارهای موثر در کاهش امکان وقوع چنین خرابی در زلزله‌های آینده، انجام دادند.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۵۶

اتصال‌های پیش‌پذیرفته

- ✓ در پی پیشنهادات SAC Joint Venture، ضوابط لرزه‌ای AISC ملزم می‌دارد که اتصالات خمشی مورد استفاده در قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط آزمایش شوند
- ✓ ضوابط لرزه‌ای AISC برای پیش‌پذیرفتگی اتصالات، ارزیابی و بررسی تحلیلی را توسط یک انجمن مستقل، پانل بررسی پیش‌پذیرفتگی اتصالات (CPRP)، فراهم کرده است.

Connection Prequalification Review Panel

بند E3.6c و E2.6c از ضوابط لرزه‌ای AISC، سه دسته اتصال را برای استفاده در SMF و IMF مجاز می‌داند:

- استفاده از اتصالاتی که مطابق با «اتصالات پیش‌پذیرفته برای قاب‌های خمشی ویژه و متوسط برای کاربردهای لرزه‌ای ـ استاندارد ۳۵۸» طراحی شده‌اند.
- استفاده از اتصالات پیش‌پذیرفته مطابق با بخش K1 از ضوابط لرزه‌ای AISC
- آزمایش چرخه‌ای پذیرش مطابق با بخش K2 از ضوابط لرزه‌ای AISC

شرایط پیش‌پذیرفتگی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

روش اول: اتصالات پیش‌پذیرفته مطابق AISC 358

ANSI/AISC 358-10
ANSI/AISC 358s1-11
An American National Standard

Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications

Including Supplement No. 1

2010
(includes 2011 supplement)

Supersedes ANSI/AISC 358-05 and ANSI/AISC 358s1-09

Approved by the AISC Connection Prequalification Review Panel and issued by the AISC Board of Directors

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION
One East Wacker Drive, Suite 700
Chicago, Illinois 60601-1802

شرایط پیش‌پذیرفتگی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

روش دوم: اتصالات پیش‌پذیرفته مطابق با بخش K1 از ضوابط لرزه‌ای AISC

Seismic Provisions for Structural Steel Buildings

K1

- ✓ حداقل الزامات لازم برای پیش‌پذیرفتگی اتصالات را بیان می‌دارد.
- ✓ پیش‌پذیرفتگی اتصال و محدودیت‌های مربوط به پیش‌پذیرفتگی باید توسط کمیته‌ی بررسی پیش‌پذیرفتگی اتصال، **Connection Prequalification Review Panel (CPRP)**، که مرجع دارای اختیار قانونی آن را تایید نموده است، تصویب گردد.

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

روش دوم: اتصالات پیش‌پذیرفته مطابق با بخش K1 از ضوابط لرزه‌ای AISC

متغیرهای پیش‌پذیرفتگی:

- ✓ پارامترهای تیر: شکل سطح مقطع، روش ساخت مقطع، عمق، وزن واحد طول، ضخامت بال، مشخصات مصالح، نسبت دهانه به عمق، مهار جانبی و ...
- ✓ پارامترهای ستون: شکل سطح مقطع، روش ساخت مقطع، جهت گیری ستون نسبت به تیر، عمق، وزن واحد طول، ضخامت بال، مشخصات مصالح، مهار جانبی و ...
- ✓ ارتباط ستون و تیر: مقاومت چشمه اتصال، جزئیات اتصال ورق مضاعف، نسبت لنگر ستون به تیر
- ✓ ورق های پیوستگی: تعیین شرایطی که ورق پیوستگی نیاز دارد، ضخامت، عرض، عمق و جزئیات اتصال
- ✓ جوش: محل قرارگیری، اندازه، نوع، رده بندی فلز پرکننده، جزئیات پشت بند و ناودانی انتهایی جوش، سوراخ دسترسی جوش و ...
- ✓ پیچ: قطر، رده، الزامات نصب، نوع سوراخ، روش ساخت سوراخ و ...
- ✓ روش های اجرا: زبری سطح، رواداری های برش و ...

شرایط پیش‌پذیرفتگی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

روش سوم: اتصالات پیش‌پذیرفته مطابق با بخش K2 از ضوابط لرزه‌ای AISC

K2. CYCLIC TESTS FOR QUALIFICATION OF BEAM-TO-COLUMN AND LINK-TO-COLUMN CONNECTIONS

1. Scope

This section provides requirements for qualifying cyclic tests of beam-to-column moment connections in SMF, IMF, C-SMF, and C-IMF; and link-to-column connections in EBF, when required in these Provisions. The purpose of the testing described in this section is to provide evidence that a beam-to-column connection or a link-to-column connection satisfies the requirements for strength and story drift angle or link rotation angle in these Provisions. Alternative testing requirements are permitted when approved by the engineer of record and the authority having jurisdiction.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

سؤال:

برای پیش‌پذیرفتگی اتصال چند تست باید انجام شود و چه روالی باید طی شود؟

برای یک پروژه‌ی خاص چند تست باید انجام شود و چه روالی باید طی شود؟

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

حداقل **دو آزمایش** چرخه‌ای اتصال باید تهیه شود که می‌تواند بر مبنای یکی از حالت‌های زیر باشد:

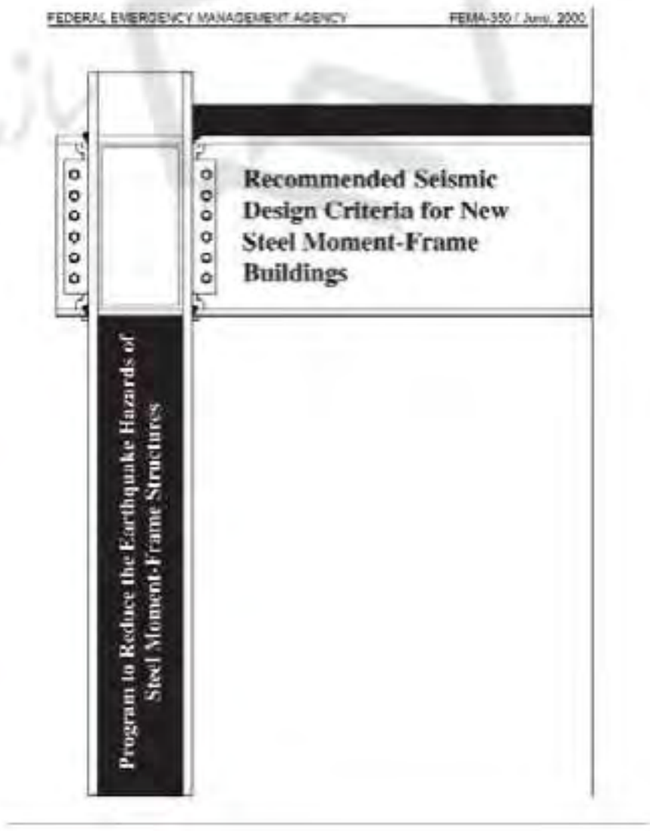
- ✓ آزمایش‌های گزارش‌شده در نشریات تحقیقاتی یا آزمایش‌های ثبت و اجرا شده‌ی دیگر پروژه‌ها که شرایط پروژه‌ی مورد بررسی را مطابق با محدودیت‌های تعیین‌شده در بخش K2 از ضوابط لرزه‌ای AISC دارد[1].
- ✓ آزمایش‌هایی که به‌طور ویژه برای یک پروژه با محدودیت‌های تعیین‌شده در بخش K2 ضوابط لرزه‌ای AISC انجام شده‌اند و نشان‌دهنده‌ی ابعاد عضوها، مقاومت‌های مصالح، پیکربندی‌های اتصال پروژه هستند و با عملکردهای اتصال هم‌خوانی دارند.

اگر این گمان وجود داشته باشد که آزمایش ویژه‌ی یک پروژه ممکن است بهره‌وری اقتصادی داشته باشد، این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد (یا هنگامی‌که هیچ‌کدام از حالت‌های پیش‌پذیرفته برای پروژه، کاربردی نباشد).

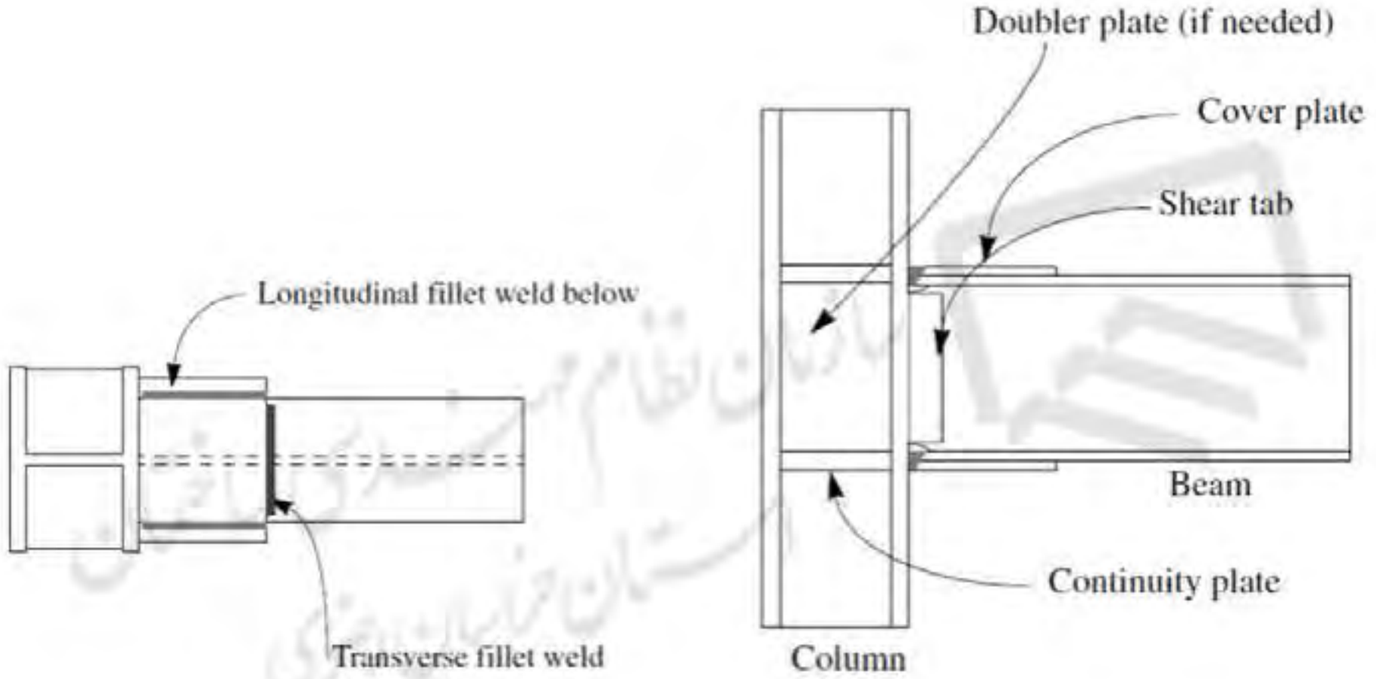
صفحه ۶۰

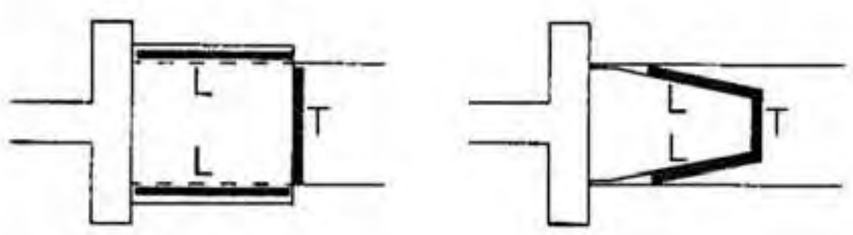
روش سوم: اتصالات پیش‌پذیرفته مطابق با بخش K2 از ضوابط لرزه‌ای AISC

به‌عنوان نمونه:



اتصال خمشی ورق پوششی (Cover Plate)

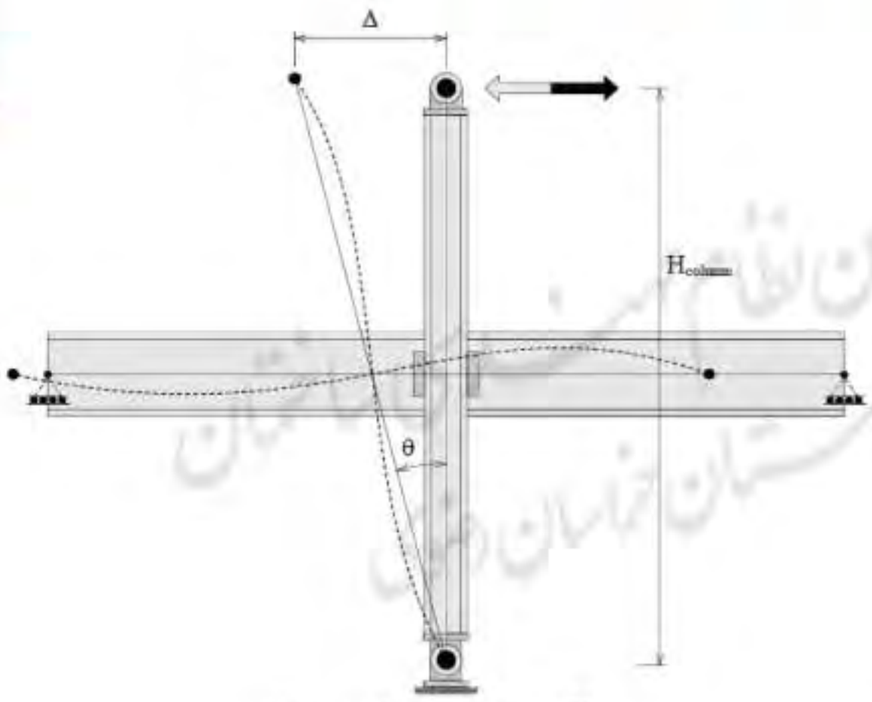




(ب) مستطیلی (الف) ذوزنقه‌ای

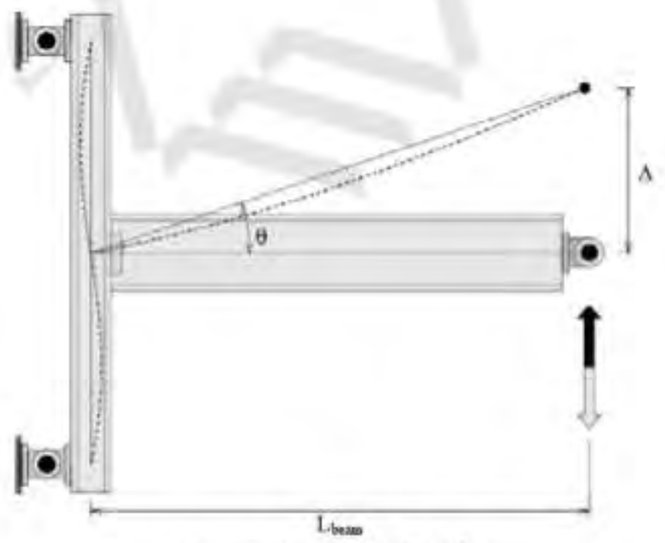
سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۶۱

روش سوم: اتصالات پیش‌پذیرفته مطابق با بخش K2 از ضوابط لرزه‌ای AISC



$\theta = \Delta/H_{column}$ زاویه‌ی تغییرشکل نسبی طبقه

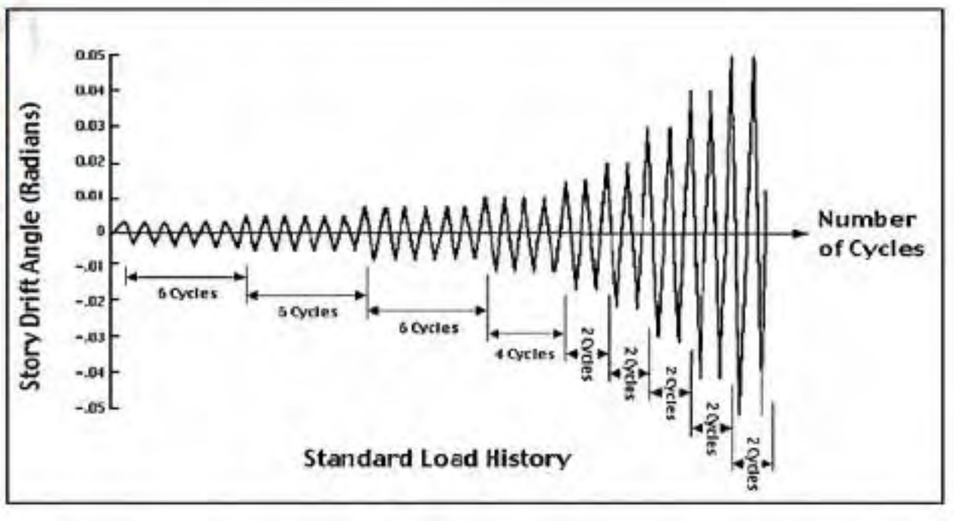
(ب) نمونه‌ی اتصال دوطرفه



$\theta = \Delta/L_{beam}$ زاویه‌ی تغییرشکل نسبی طبقه

(الف) نمونه‌ی اتصال یک‌طرفه

شرایط پیش‌پذیرفتگی
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group
روش سوم: اتصالات پیش‌پذیرفته مطابق با بخش K2 از ضوابط لرزه‌ای AISC



سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۶۲

روش سوم: اتصالات پیش‌پذیرفته مطابق با بخش K2 از ضوابط لرزه‌ای AISC

معیارهای پذیرش:

برای اتصالات تیر به ستون قاب‌های خمشی متوسط، بند E2.6b از ضوابط لرزه‌ای AISC بیان می‌دارد که الزامات زیر باید برآورده شوند:

- ✓ **اتصال باید قادر باشد زاویه‌ی تغییرشکل نسبی طبقه‌ی حداقل ۰.۰۲ رادیان را تحمل کند.**
- ✓ **مقاومت خمشی اندازه‌گیری‌شده‌ی اتصال که در وجه ستون تعیین می‌شود، باید حداقل برابر $0.08M_p$ تیر متصل‌شده در زاویه‌ی تغییرشکل نسبی ۰.۰۲ رادیان باشد.**

برای اتصالات تیر به ستون قاب‌های خمشی ویژه، بند E3.6b از ضوابط لرزه‌ای AISC بیان می‌دارد که الزامات زیر باید برآورده شوند:

- ✓ **اتصال باید قادر باشد زاویه‌ی تغییرشکل نسبی طبقه‌ی حداقل ۰.۰۴ رادیان را تحمل کند.**
- ✓ **مقاومت خمشی اندازه‌گیری‌شده‌ی اتصال که در وجه ستون تعیین می‌شود، باید حداقل برابر $0.08M_p$ تیر متصل‌شده در زاویه‌ی تغییرشکل نسبی ۰.۰۴ رادیان باشد.**

روش سوم: اتصالات پیش‌پذیرفته مطابق با بخش K2 از ضوابط لرزه‌ای AISC

معیارهای پذیرش:

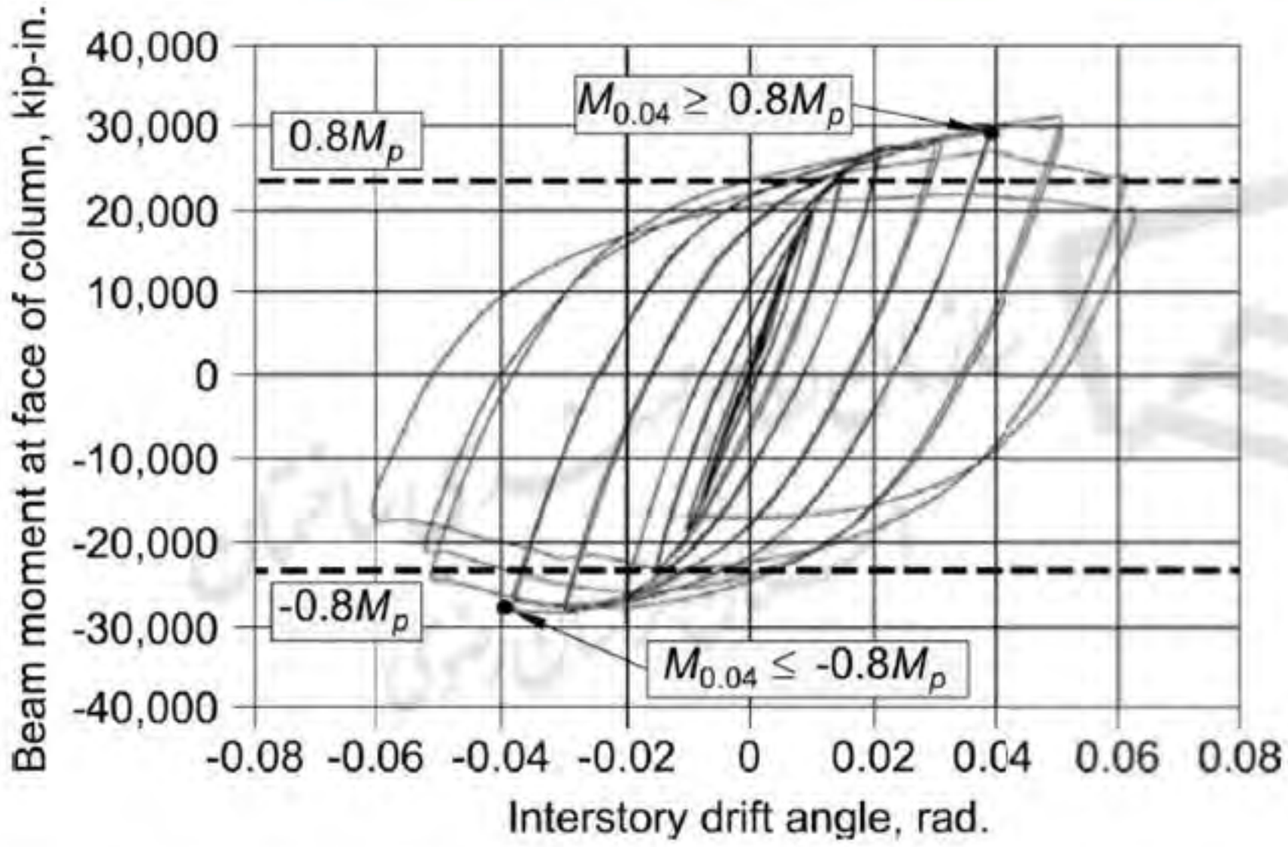


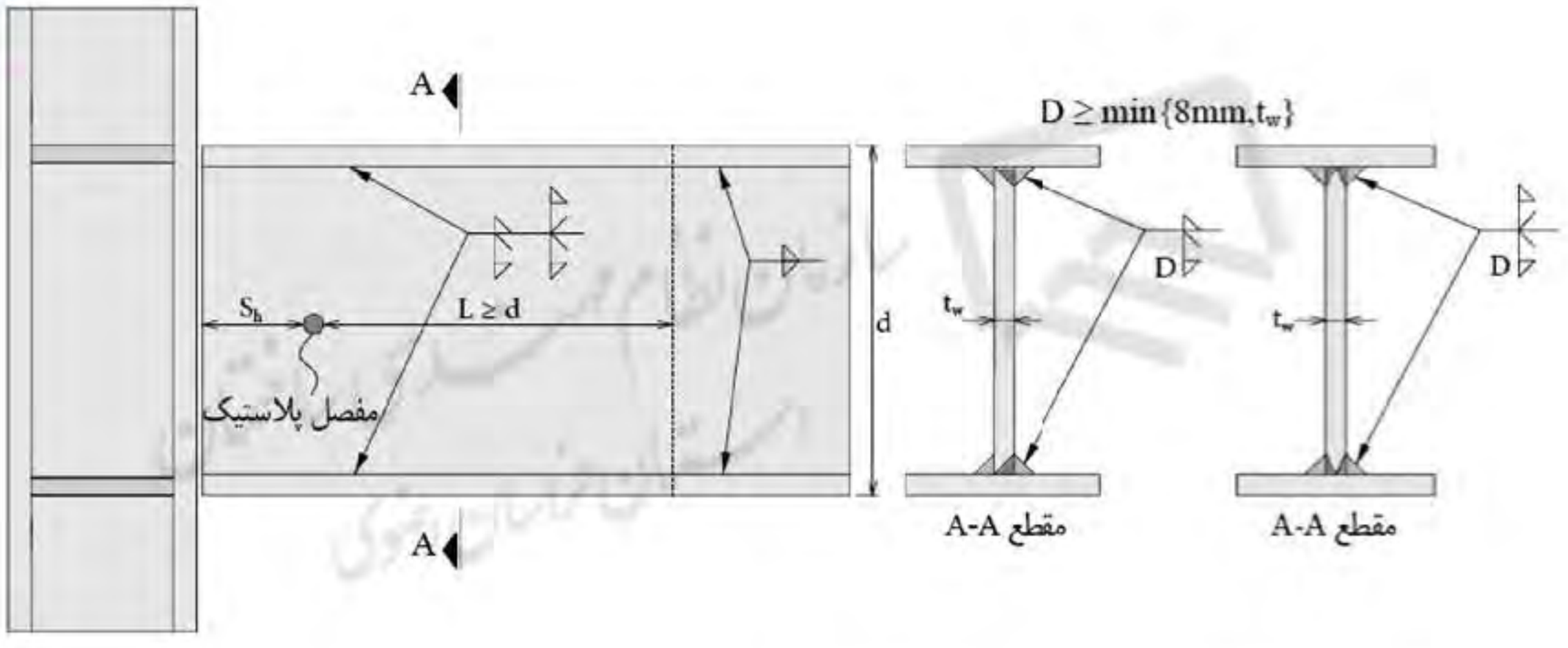
Fig. C-E3.2. Acceptable strength degradation, per Section E3.6b.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۶۳

۲ - الف تیرهای ساخته‌شده

در امتداد ناحیه‌ای بین انتهای تیر تا فاصله‌ای بزرگتر یا مساوی عمق تیر بعد از محل مفصل پلاستیک، S_h، اتصال جان و بال‌ها باید با استفاده از جوش‌های شیاری با نفوذ کامل همراه با یک جفت جوش گوشه‌ی تقویتی، انجام شود، مگر آنکه شرط دیگری به صورت مشخص در این استاندارد بیان شده باشد. حداقل بعد این جوش‌های گوشه باید برابر کوچکترین دو مقدار ۸ میلی‌متر و ضخامت جان تیر باشد.

استثناء: در جایی که پیش‌پذیرفتگی یک اتصال مشخص، الزامات دیگری را بیان می‌کند این قانون صدق نمی‌کند.



شکل ر-۲-۱ جوش اتصال بال‌ها به جان تیر، در محدوده‌ی مجاور اتصال

تفاوت مبحث دهم و آیین‌نامه‌های آمریکایی

مبحث دهم	AISC 358
۱۰-۳-۱۳-۱-(۵) ...ضخامت جوش‌های گوشه تقویتی در هر طرف جان نباید از ۸ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود.	حداقل بعد این جوش‌های گوشه باید کمترین دو مقدار ۸ میلی‌متر و ضخامت جان تیر باشد.

مفاهیم اولیه

۲ - ب ستون‌های ساخته‌شده

ستون‌های ساخته‌شده باید با شرایط موارد ۱ تا ۴ (هرکدام که کاربرد دارد)، مطابقت داشته باشند. ستون‌های ساخته‌شده باید الزامات ضوابط عمومی AISC را برآورده نمایند، مگر مواردی که در این بخش تغییر داده شده باشند. انتقال همه نیروها و تنش‌های داخلی بین المان‌های ستون ساخته‌شده، باید از طریق جوش‌ها باشد.

(۱) ستون‌های I-شکل

المان‌های ستون‌های ساخته‌شده‌ی I-شکل باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشند. در امتداد ناحیه‌ای شامل ۳۰۰ میلی‌متر بالای بال بالایی تیر تا ۳۰۰ میلی‌متر پایین بال پایینی تیر، بال‌ها و جان‌های ستون باید با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل همراه با یک جفت جوش گوشه‌ی تقویتی، متصل شوند، مگر آنکه شرط دیگری به صورت مشخص در این استاندارد بیان شده باشد. حداقل بعد جوش‌های گوشه باید برابر کوچکترین دو مقدار ۸ میلی‌متر و ضخامت جان ستون باشد.

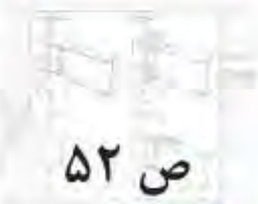
(۲) ستون‌های قوطی‌شکل بال‌پهن

شکل بال‌پهن یک ستون قوطی‌شکل بال‌پهن[1] باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشد. نسبت عرض به ضخامت، b/t، ورق بال‌ها نباید از $0.6\sqrt{E/F_y}$ بیشتر باشد. در این رابطه b نباید از فاصله‌ی آزاد بین ورق‌ها کمتر در نظر گرفته شود.

(۲) ستون‌های قوطی‌شکل بال‌پهن

شکل بال‌پهن یک ستون قوطی‌شکل بال‌پهن[1] باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشد. نسبت عرض به ضخامت، b/t، ورق بال‌ها نباید از $0.6\sqrt{E/F_y}$ بیشتر باشد. در این رابطه b نباید از فاصله‌ی آزاد بین ورق‌ها کمتر در نظر گرفته شود.
نسبت عرض به ضخامت، h/t_w، ورق جان‌ها، باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشد.

در امتداد ناحیه‌ای شامل ۳۰۰ میلی‌متر بالای بال بالایی تیر تا ۳۰۰ میلی‌متر پایین بال پایینی تیر، ورق‌های بال و جان ستون‌های قوطی‌شکل بال‌پهن باید با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل متصل شوند. خارج از این ناحیه، المان‌های ورقی باید با جوش‌های شیاری یا گوشه به‌صورت پیوسته متصل شوند.



(۳) ستون‌های قوطی‌شکل ساخته‌شده

در ستون‌های قوطی‌شکل ساخته‌شده[1] نسبت عرض به ضخامت، b/t، ورق بال‌ها نباید از $0.6\sqrt{E/F_y}$ بیشتر باشد. در این رابطه b نباید از فاصله‌ی آزاد بین ورق‌های جان کمتر در نظر گرفته شود.
نسبت عرض به ضخامت، h/t_w، ورق جان‌ها باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشد.

در امتداد ناحیه‌ای شامل ۳۰۰ میلی‌متر بالای بال بالایی تیر تا ۳۰۰ میلی‌متر پایین بال پایینی تیر، ورق‌های بال و جان ستون‌های قوطی‌شکل باید با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل متصل شوند. خارج از این ناحیه، ورق‌های بال و جان ستون قوطی‌شکل باید با جوش‌های شیاری یا گوشه به‌صورت پیوسته، متصل شوند.

(۴) ستون‌های صلیبی بال‌دار

المان‌های ستون‌های صلیبی بال‌دار[2]، چه از نیمرخ‌های نوردشده و چه از ورق ساخته‌شده باشند، باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشند.

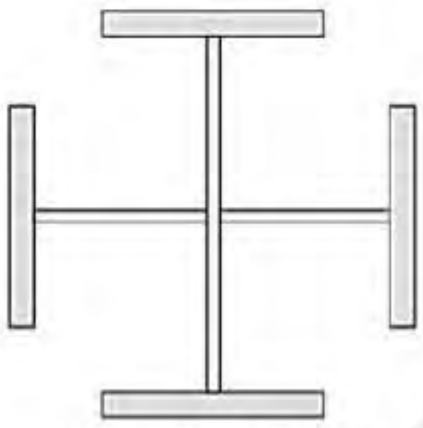
در امتداد ناحیه‌ای شامل ۳۰۰ میلی‌متر بالای بال بالایی تیر تا ۳۰۰ میلی‌متر پایین بال پایینی تیر، جان مقاطع T-شکل باید با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل با یک جفت جوش گوشه‌ی تقویتی، به جان مقطع I-شکل، به صورت پیوسته جوش شود.

حداقل بعد جوش‌های گوشه باید برابر کوچکترین دو مقدار ۸ میلی‌متر و ضخامت جان ستون باشد. ورق‌های پیوستگی باید با الزامات ستون‌های بال‌پهن مطابقت داشته باشند.

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۱۲۱

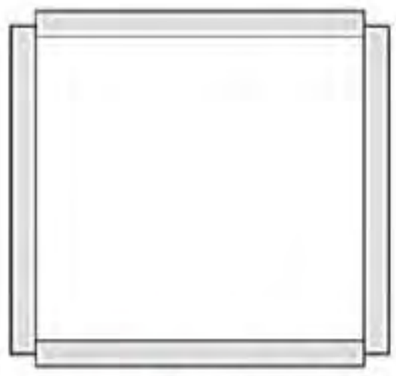
سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی



(ب) مقطع صلیبی بال‌دار

(الف) مقطع I-شکل

(د) مقطع قوطی‌شکل بال‌پهن



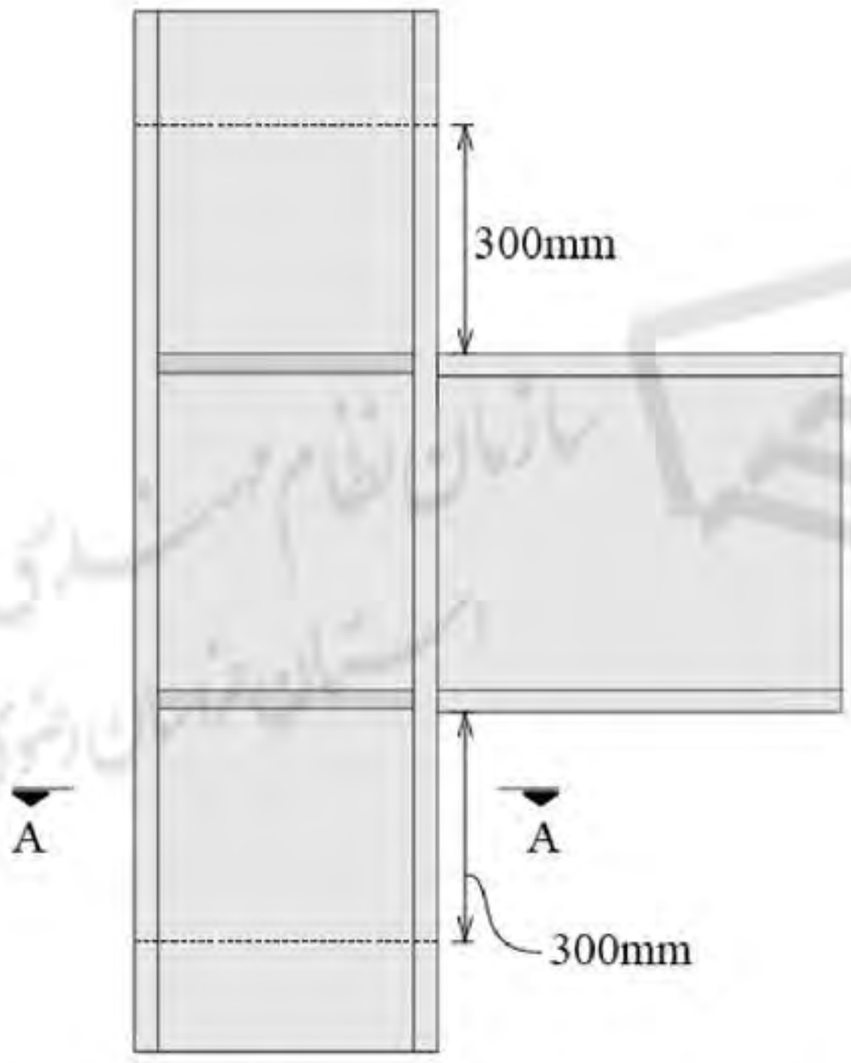
(ج) مقطع قوطی‌شکل ساخته‌شده[1]

شکل‌های ستون. آماده‌سازی ورق و جوش‌ها نشان داده نشده است

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۱۷۳

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

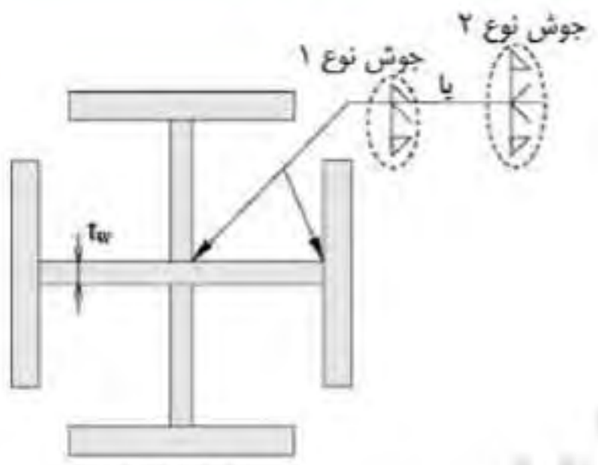


(الف) ناحیه‌ی اجرای جوش شیاری با نفوذ کامل و جوش گوشه تقویتی

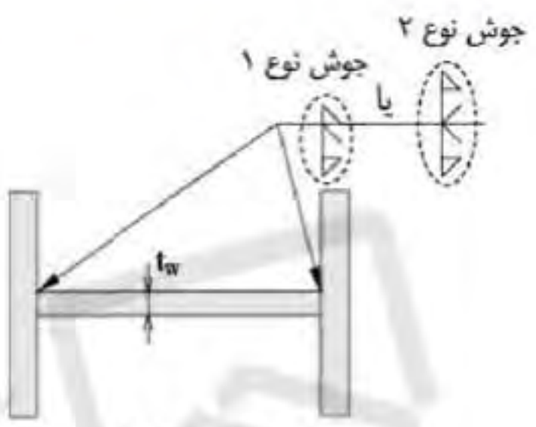
صفحه ۶۷

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

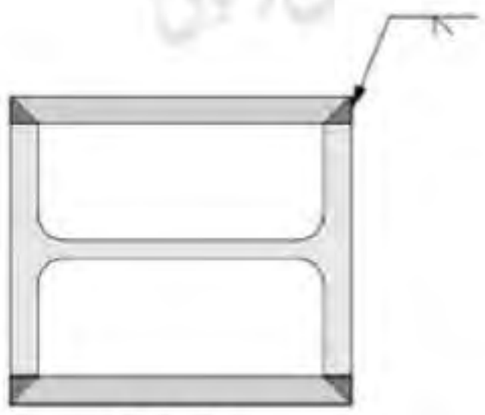
اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۱۷۳



(ج) مقطع صلیبی بال‌دار



(ب) مقطع I-شکل

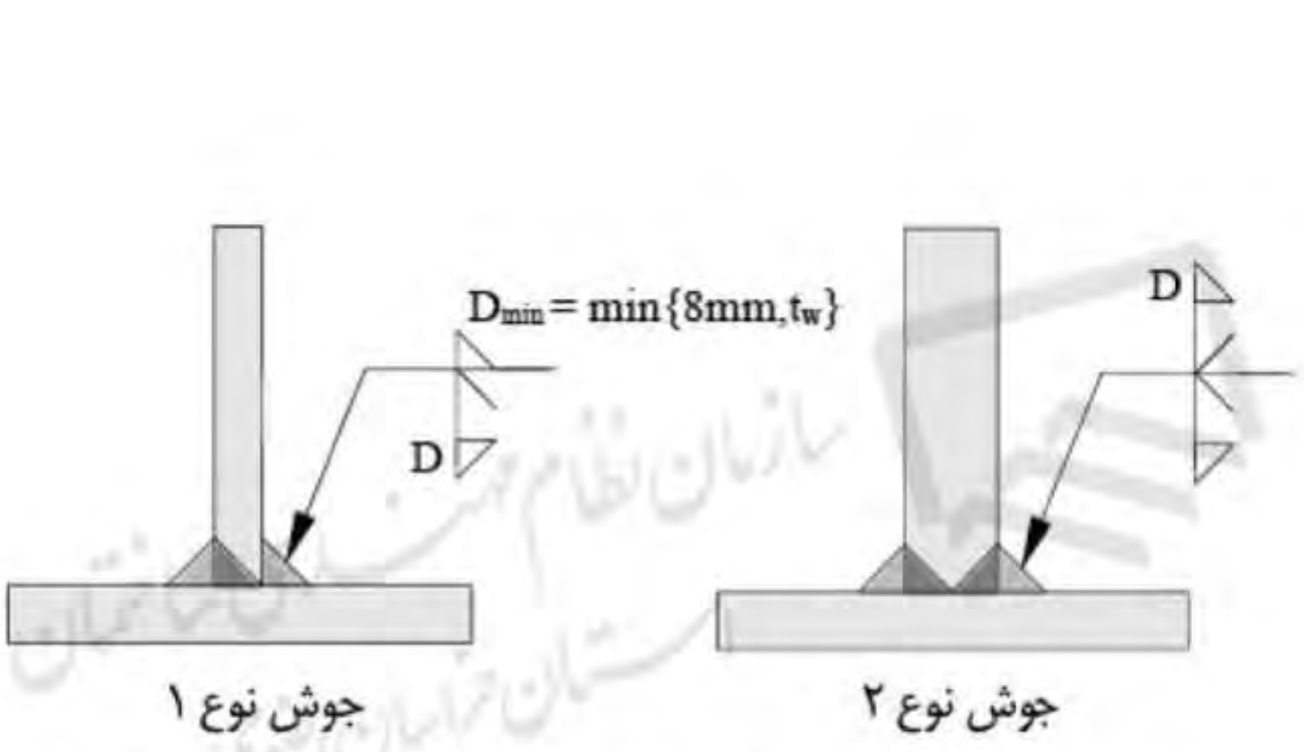


(هـ) مقطع قوطی‌شکل بال‌پهن

(د) مقطع قوطی‌شکل ساخته‌شده

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۱۷۴



(و) جزئیات جوش‌های ممکن برای مقطع I-شکل و صلیبی بال‌دار

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۶۸

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۵۳

۱- ضریب‌های مقاومت

در جایی که مقاومت‌های موجود، بر اساس ضوابط عمومی AISC محاسبه می‌شوند، باید ضریب‌های مقاومتی مشخص‌شده در همان استاندارد اعمال شوند. چنانچه مقاومت‌های موجود، بر اساس این استاندارد محاسبه شوند، باید ضریب‌های مقاومت ϕ_d و ϕ_n، که در بخش مربوطه از این استاندارد مشخص شده است، مورد استفاده قرار گیرند. مقادیر ϕ_d و ϕ_n باید به شرح زیر انتخاب شوند:

(الف) برای حالات حدی شکل‌پذیر:

$$\phi_d = 1.00$$

(ب) برای حالات حدی غیرشکل‌پذیر:

$$\phi_n = 0.90$$

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۱۷۵

مدهای خرابی شکل‌پذیر: هنگامی‌که اعضای سازه‌ی فولادی به حالت حدی شکل‌پذیر می‌رسند، سختی عضو به وضوح کاهش می‌یابد اما مقاومت عضو به همان میزان اولیه یا کمتر از آن، حفظ می‌شود. تسلیم فولاد مثالی از حالت حدی شکل‌پذیر یا مد خرابی شکل‌پذیر است.

در طراحی لرزه‌ای اعضای فولادی، مدهای خرابی زیر به عنوان مد خرابی شکل‌پذیر در نظر گرفته می‌شوند:

- لغزش کنترل‌شده و محدود اصطکاک؛
- تسلیم فولاد؛
- کمانش موضعی محدود؛

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۶۹

مدهای خرابی غیرشکل‌پذیر: هنگامی‌که اعضای سازه‌ی فولادی به حالت حدی غیرشکل‌پذیر می‌رسند، سختی و مقاومت عضو تقریبا به طور کامل از دست می‌رود. گسیختگی جوش‌ها یا خرابی برشی پیچ‌ها مثالی از حالت حدی غیرشکل‌پذیر می‌باشد.

در طراحی لرزه‌ای اعضای فولادی، مدهای خرابی زیر غیرشکل‌پذیر در نظر گرفته می‌شوند:

- گسیختگی جوش؛
- گسیختگی پیچ تحت اثر برش، کشش یا ترکیب برش و کشش؛
- گسیختگی فولاد؛
- کمانش موضعی شدید، که مصالح را در ناحیه‌ای که کمانش موضعی کرده است رو به زوال می‌برد و منجر به گسیختگی زودرس می‌شود.

سؤال:

علت بیشتر بودن ضریب‌های مقاومت در اتصال های پیش‌پذیرفته چیست؟

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۷۰

۱- ضریب‌های مقاومت

پارامتر ویژه‌ی مفروض در فرمول‌بندی ضریب‌های مقاومت، احتمال رویداد حالات حدی مختلف است. به حالات حدی که ترد فرض می‌شوند (غیرشکل‌پذیر) و تحت اثر خرابی شدید ناگهانی قرار دارند، معمولاً ضریب مقاومت کمتری نسبت به آنچه در خرابی تسلیم (شکل‌پذیر) مشاهده می‌شود، اعمال می‌گردد. از آنجا که برای اتصالات پیش‌پذیرفته، نیاز طراحی بر مبنای تخمین‌های محافظه‌کارانه از مقاومت مصالح المان‌های ضعیف مجموعه‌ی اتصال تعیین می‌شوند، و مصالح، روش اجرا و تضمین کیفیت نسبت به سایر المان‌های سازه‌ای، سخت‌گیرانه‌تر کنترل می‌شوند، ضریب‌های مقاومت مقداری بیشتر از ضریب‌های معمول مورد استفاده، انتخاب شده‌اند. باور بر آن است که این ضریب‌های مقاومت وقتی با الزامات طراحی، ساخت، نصب و تضمین کیفیت موجود در استاندارد حاضر ترکیب شوند، بهره‌وری قابل اعتمادی در اتصالات پیش‌پذیرفته تأمین می‌کنند.

۳- حداکثر لنگر محتمل در مفصل پلاستیک

حداکثر لنگر محتمل در مفصل پلاستیک باید برابر باشد با:

$$M_{pr} = C_{pr} R_y F_y Z_e \qquad (۱-۳-۴-۲)$$

که در این رابطه:

M_{pr} = حداکثر لنگر محتمل در مفصل پلاستیک، $N.mm$

R_y = نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم مشخصه F_y، همان‌طور که در ضوابط لرزه‌ای AISC مشخص شده است.

Z_e = اساس مقطع (یا اتصال) مؤثر پلاستیک، در محل مفصل پلاستیک، mm^3

C_{pr} = ضریب محاسبه‌ی حداکثر مقاومت اتصال، شامل سخت‌شوندگی کرنشی، قید موضعی، تقویت اضافی و سایر شرایط اتصال. مگر در شرایطی که به صورت مشخص در این استاندارد بیان شود، مقدار C_{pr} باید از رابطه‌ی زیر محاسبه شود:

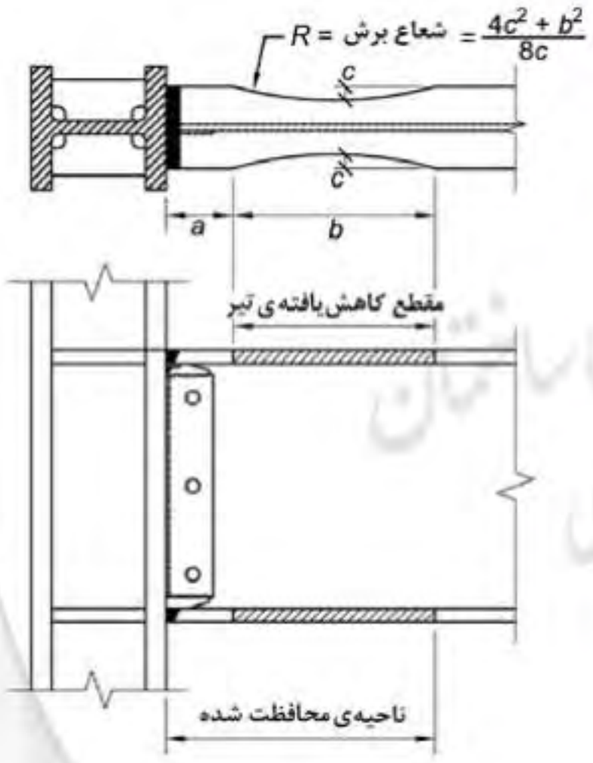
$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y} \le 1.2 \qquad (۲-۳-۴-۲)$$

که در این رابطه:

F_y = حداقل تنش تسلیم مشخصه‌ی المان تسلیم‌شونده، MPa

F_u = حداقل مقاومت کششی مشخصه‌ی المان تسلیم‌شونده، MPa

انواع اتصالات پیش پذیرفته



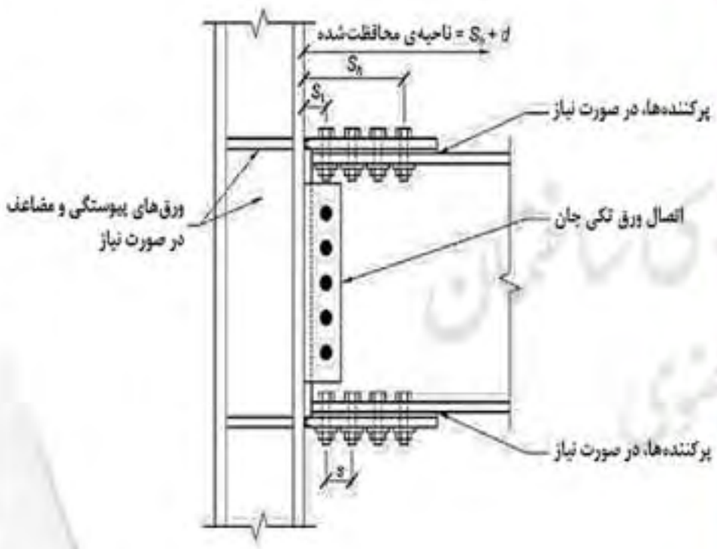
اتصالات خمشی پیش‌پذیرفته‌شده	
نوع اتصال	سیستم‌ها
تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌نشده‌ی پیچی (BUEEP)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌شده‌ی پیچی (BSEEP)	SMF, IMF
ورق بال پیچ شده (BFP)	SMF, IMF
جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)	SMF, IMF
نشیمن پیچی کایزر (KBB)	SMF, IMF
اتصال خمشی ConXtech و ConXL(ConXL)	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک ورق کناری (Side Plate)	SMF, IMF
اتصال خمشی سیمپسون	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک سپری	SMF, IMF

انواع اتصالات پیش پذیرفته

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

اتصالات خمشی پیش‌پذیرفته‌شده	
نوع اتصال	سیستم‌ها
تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌نشده‌ی پیچی (BUEEP)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌شده‌ی پیچی (BSEEP)	SMF, IMF
ورق بال پیچ شده (BFP)	SMF, IMF
جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)	SMF, IMF
نشیمن پیچی کایزر (KBB)	SMF, IMF
اتصال خمشی ConXtech و ConXL(ConXL)	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک ورق کناری (Side Plate)	SMF, IMF
اتصال خمشی سیمپسون	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک سپری	SMF, IMF

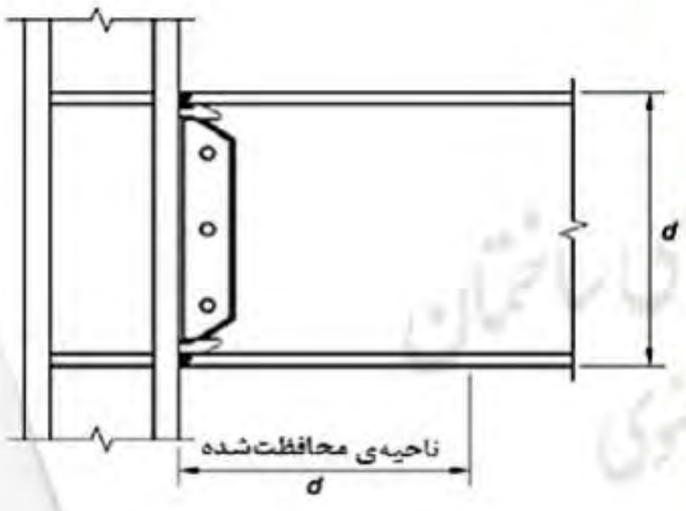
انواع اتصالات پیش پذیرفته



اتصالات خمشی پیش‌پذیرفته‌شده	
نوع اتصال	سیستم‌ها
تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌نشده‌ی پیچی (BUEEP)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌شده‌ی پیچی (BSEEP)	SMF, IMF
ورق بال پیچ شده (BFP)	SMF, IMF
جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)	SMF, IMF
نشیمن پیچی کایزر (KBB)	SMF, IMF
اتصال خمشی ConXtech و ConXL(ConXL)	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک ورق کناری (Side Plate)	SMF, IMF
اتصال خمشی سیمپسون	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک سپری	SMF, IMF

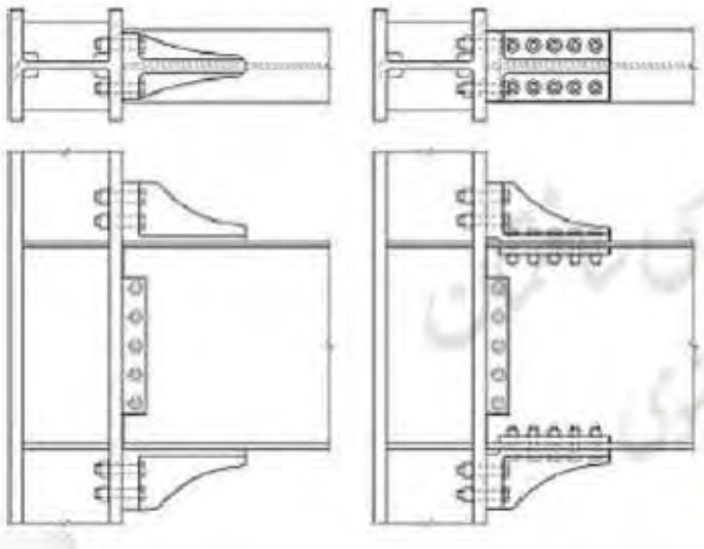
انواع اتصالات پیش پذیرفته

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان



اتصالات خمشی پیش‌پذیرفته‌شده	
نوع اتصال	سیستم‌ها
تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌نشده‌ی پیچی (BUEEP)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌شده‌ی پیچی (BSEEP)	SMF, IMF
ورق بال پیچ شده (BFP)	SMF, IMF
جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)	SMF, IMF
نشیمن پیچی کایزر (KBB)	SMF, IMF
اتصال خمشی ConXtech و ConXL(ConXL)	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک ورق کناری (Side Plate)	SMF, IMF
اتصال خمشی سیمپسون	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک سپری	SMF, IMF

انواع اتصالات پیش پذیرفته

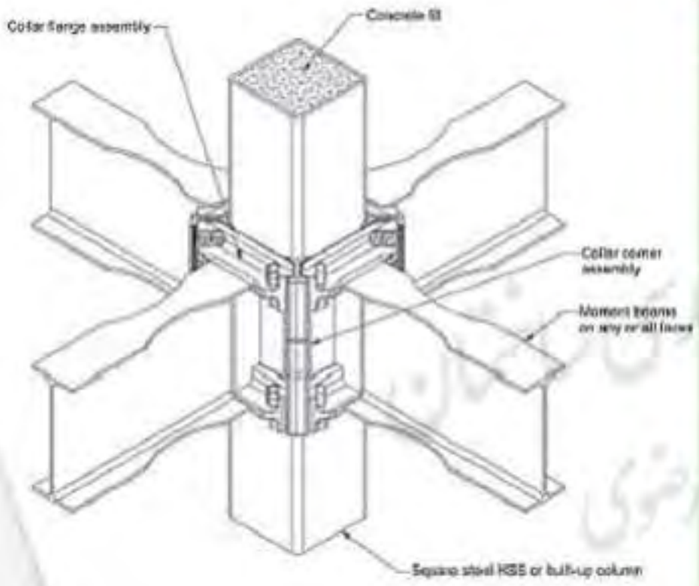


اتصالات خمشی پیش‌پذیرفته‌شده	
نوع اتصال	سیستم‌ها
تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌نشده‌ی پیچی (BUEEP)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌شده‌ی پیچی (BSEEP)	SMF, IMF
ورق بال پیچ شده (BFP)	SMF, IMF
جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)	SMF, IMF
نشیمن پیچی کایزر (KBB)	SMF, IMF
اتصال خمشی ConXtech و ConXL(ConXL)	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک ورق کناری (Side Plate)	SMF, IMF
اتصال خمشی سیمپسون	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک سپری	SMF, IMF

انواع اتصالات پیش پذیرفته

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

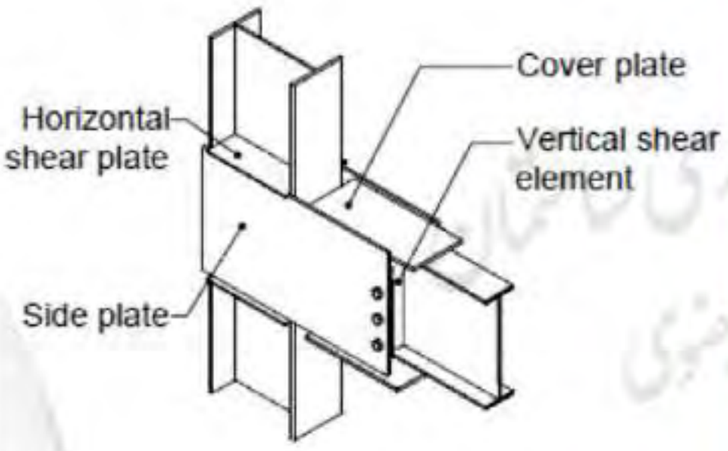
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان



اتصالات خمشی پیش‌پذیرفته‌شده

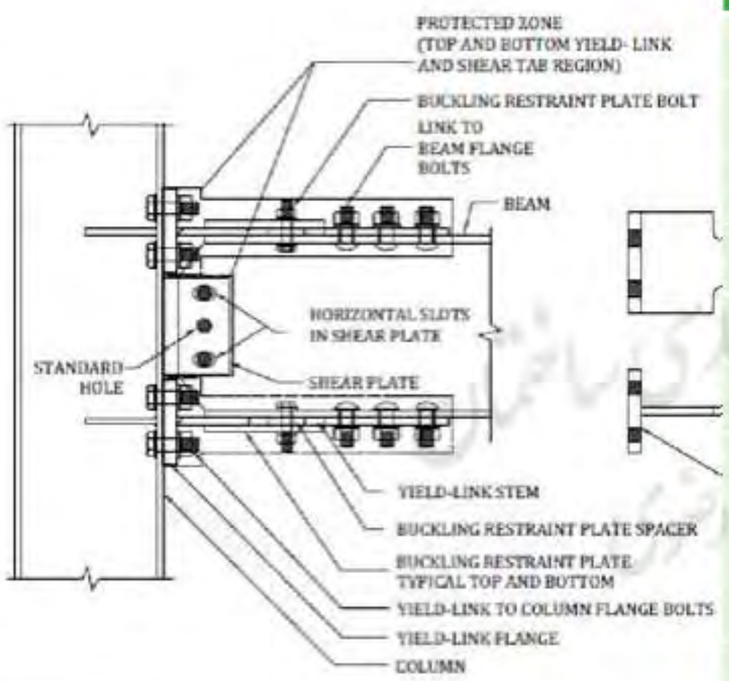
نوع اتصال	سیستم‌ها
تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌نشده‌ی پیچی (BUEEP)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌شده‌ی پیچی (BSEEP)	SMF, IMF
ورق بال پیچ شده (BFP)	SMF, IMF
جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)	SMF, IMF
نشیمن پیچی کایزر (KBB)	SMF, IMF
اتصال خمشی ConXtech و ConXL(ConXL)	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک ورق کناری (Side Plate)	SMF, IMF
اتصال خمشی سیمپسون	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک سپری	SMF, IMF

انواع اتصالات پیش پذیرفته



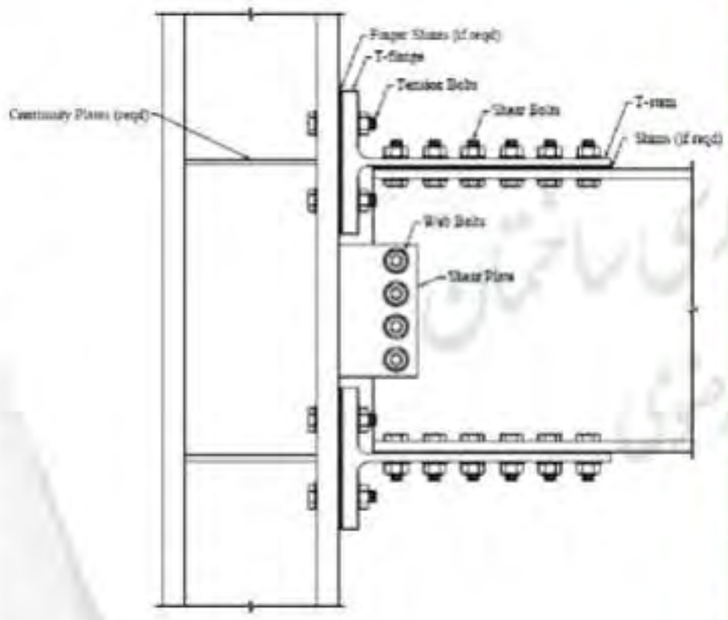
اتصالات خمشی پیش‌پذیرفته‌شده	
نوع اتصال	سیستم‌ها
تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌نشده‌ی پیچی (BUEEP)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌شده‌ی پیچی (BSEEP)	SMF, IMF
ورق بال پیچ شده (BFP)	SMF, IMF
جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)	SMF, IMF
نشیمن پیچی کایزر (KBB)	SMF, IMF
اتصال خمشی ConXtech و ConXL(ConXL)	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک ورق کناری (Side Plate)	SMF, IMF
اتصال خمشی سیمپسون	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک سپری	SMF, IMF

انواع اتصالات پیش پذیرفته



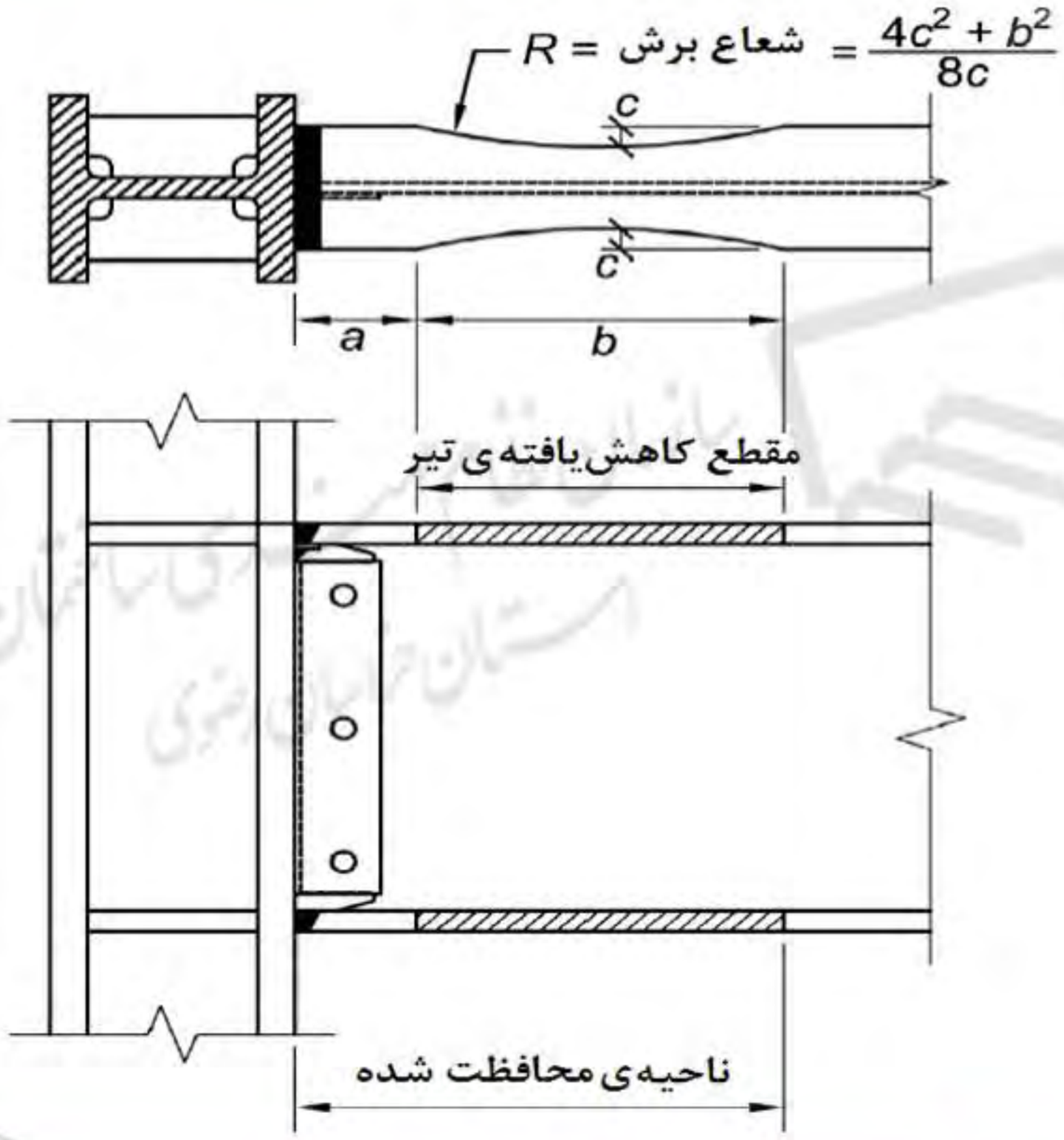
اتصالات خمشی پیش‌پذیرفته‌شده	
نوع اتصال	سیستم‌ها
تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌نشده‌ی پیچی (BUEEP)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌شده‌ی پیچی (BSEEP)	SMF, IMF
ورق بال پیچ شده (BFP)	SMF, IMF
جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)	SMF, IMF
نشیمن پیچی کایزر (KBB)	SMF, IMF
اتصال خمشی ConXtech و ConXL(ConXL)	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک ورق کناری (Side Plate)	SMF, IMF
اتصال خمشی سیمپسون	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک سپری	SMF, IMF

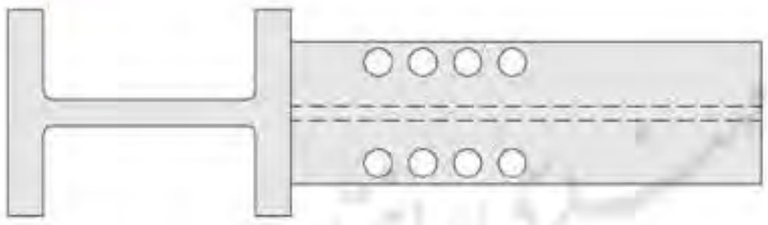
انواع اتصالات پیش پذیرفته



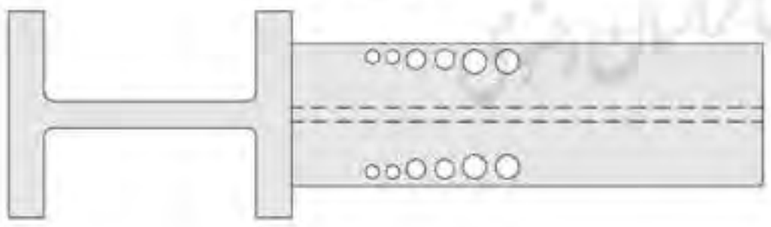
اتصالات خمشی پیش‌پذیرفته‌شده	
نوع اتصال	سیستم‌ها
تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌نشده‌ی پیچی (BUEEP)	SMF, IMF
ورق انتهایی گسترش‌یافته سخت‌شده‌ی پیچی (BSEEP)	SMF, IMF
ورق بال پیچ شده (BFP)	SMF, IMF
جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)	SMF, IMF
نشیمن پیچی کایزر (KBB)	SMF, IMF
اتصال خمشی ConXtech و ConXL(ConXL)	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک ورق کناری (Side Plate)	SMF, IMF
اتصال خمشی سیمپسون	SMF, IMF
اتصال خمشی به کمک سپری	SMF, IMF

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

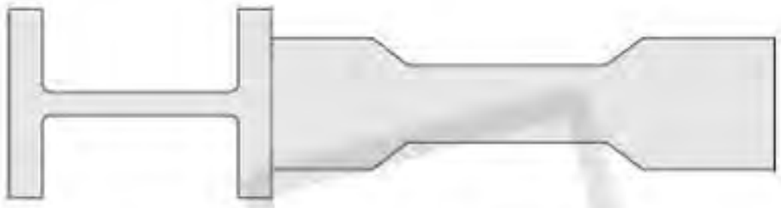




(الف) الگوی یکنواخت



(ب) الگوی متغیر



(الف) برش مستقیم

(ب) برش باریک‌شونده

(ج) برش شعاعی

۱- محدودیت‌های تیر

تیرها باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

(۱) تیرها باید از عضوهای I-شکل نوردشده‌ی بال‌پهن یا ساخته‌شده، مطابق با الزامات بند ۲-۳ باشند.

(۲) عمق تیر برای مقاطع نوردشده باید به W920 محدود شود. عمق مقاطع ساخته‌شده نباید از عمق مجاز مقاطع نوردشده‌ی بال‌پهن بیشتر شود.

(۳) وزن تیر باید به ۴۴۷ کیلوگرم بر متر، محدود شود.

(۴) ضخامت بال تیر باید به ۴۴ میلی‌متر، محدود شود.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

علت محدود کردن ضخامت بال تیر

این بند، محدودیت ضخامت بال تیر را معرفی می‌کند. بند ۳-۳-۱-۴ از FEMA 350 (FEMA، 2000a) بیان می‌دارد که ضخامت بال تیر، علاوه بر آنکه پایداری بال تحت تنش‌های فشاری (کمانش موضعی) را کنترل می‌نماید، بعد جوش‌های اتصالات جوشی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. اگرچه دلایل قانع‌کننده‌ای وجود ندارد که جوش‌های بزرگتر نسبت به جوش‌های کوچکتر قابلیت اطمینان کمتری داشته باشند، اما ممکن است برای اطمینان از عملکرد آن‌ها، کنترل‌های بیشتری لازم شود و کنترل کیفیت دشوارتر باشد. به‌علاوه، تنش‌های پسماند در مصالح ضخیم‌تر که جوش‌های بزرگتری دارند، نسبتا بیشتر خواهد بود.

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

(۵) نسبت دهانه‌ی آزاد به عمق تیر باید به موارد زیر محدود گردد:

(الف) برای قاب خمشی ویژه، ۷ یا بزرگتر.

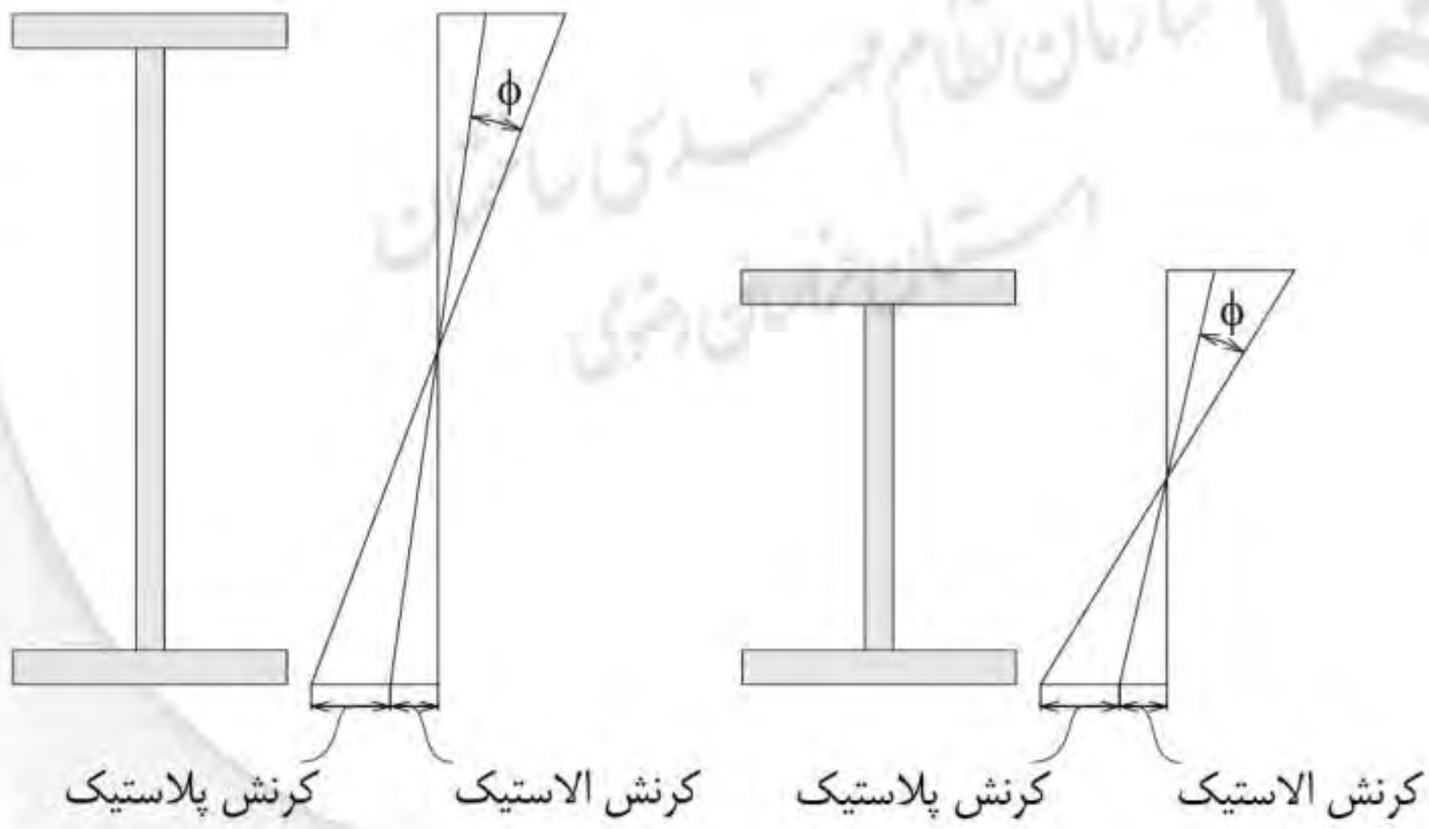
(ب) برای قاب خمشی متوسط، ۵ یا بزرگتر.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۷۹

نسبت دهانه آزاد به عمق تیر

✓ تاثیر عمق تیر



$$\varphi = \frac{2\varepsilon_p}{d}$$

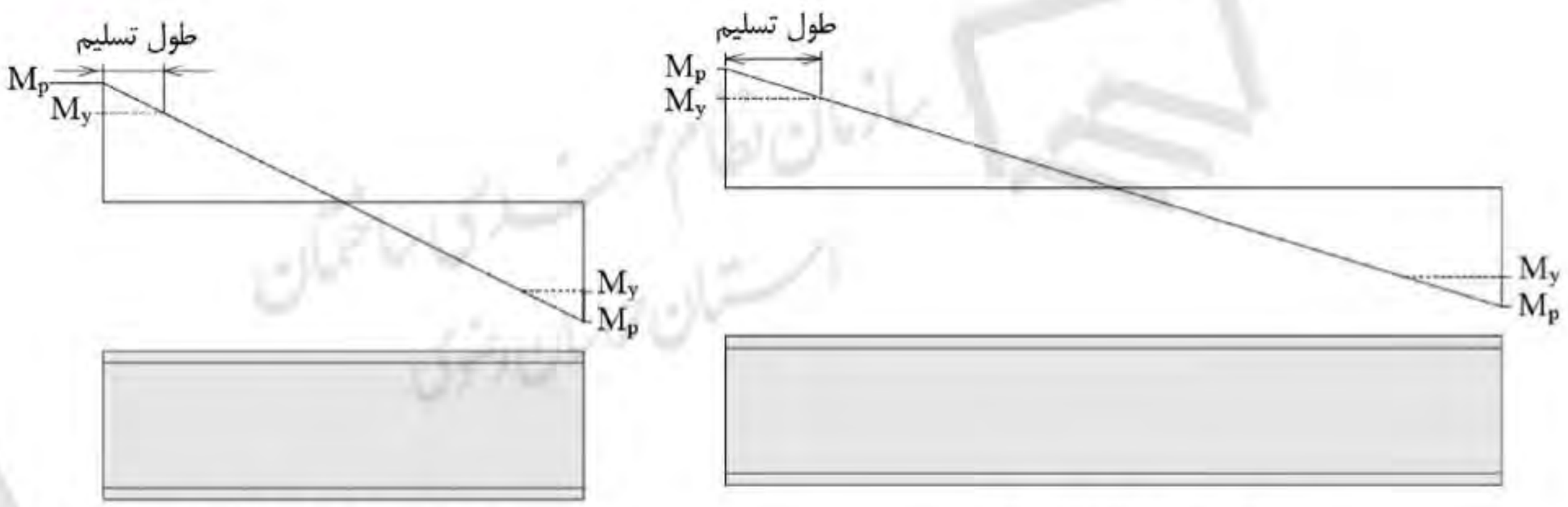
ε_p = کرنش پلاستیک

d = عمق تیر

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

نسبت دهانه آزاد به عمق تیر

✓ تاثیر طول تیر



(ب) تیر با دهانه‌ی کوتاه

(الف) تیر با دهانه‌ی بلند

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

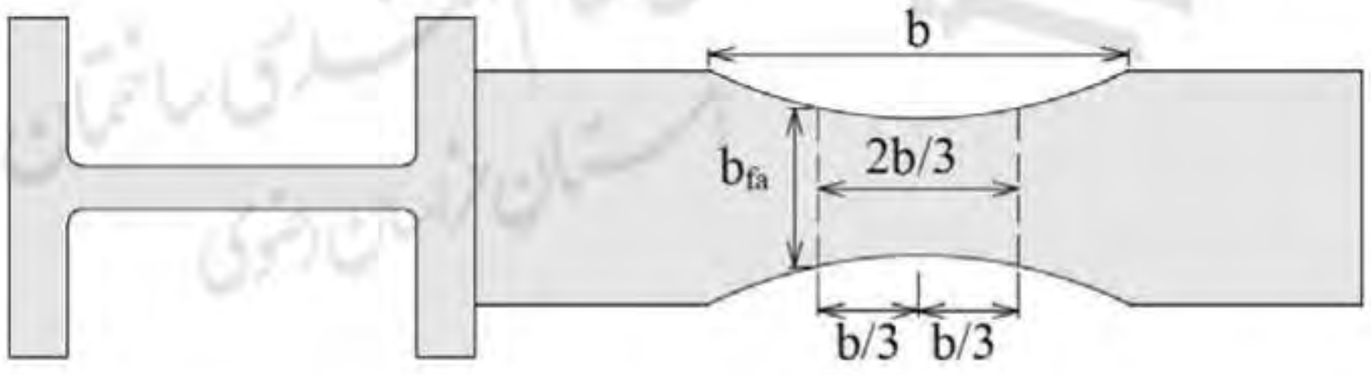
تفاوت مبحث دهم و آیین‌نامه‌های آمریکایی

مبحث دهم	AISC 358
۱۰-۳-۱۳-۲-(۷) جرم واحد طول تیر نباید از ۴۵۰ کیلوگرم تجاوز نماید ۱۰-۳-۱۳-۲-(۸) عمق مقطع تیر نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید ۱۰-۳-۱۳-۲-(۹) ضخامت بال تیر نباید از ۵۰ میلی‌متر تجاوز نماید	وزن تیر به ۴۴۷ کیلوگرم بر متر محدود است. عمق تیر به ۹۲۰ میلی‌متر محدود است. ضخامت بال تیر به ۴۴ میلی‌متر محدود است.

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

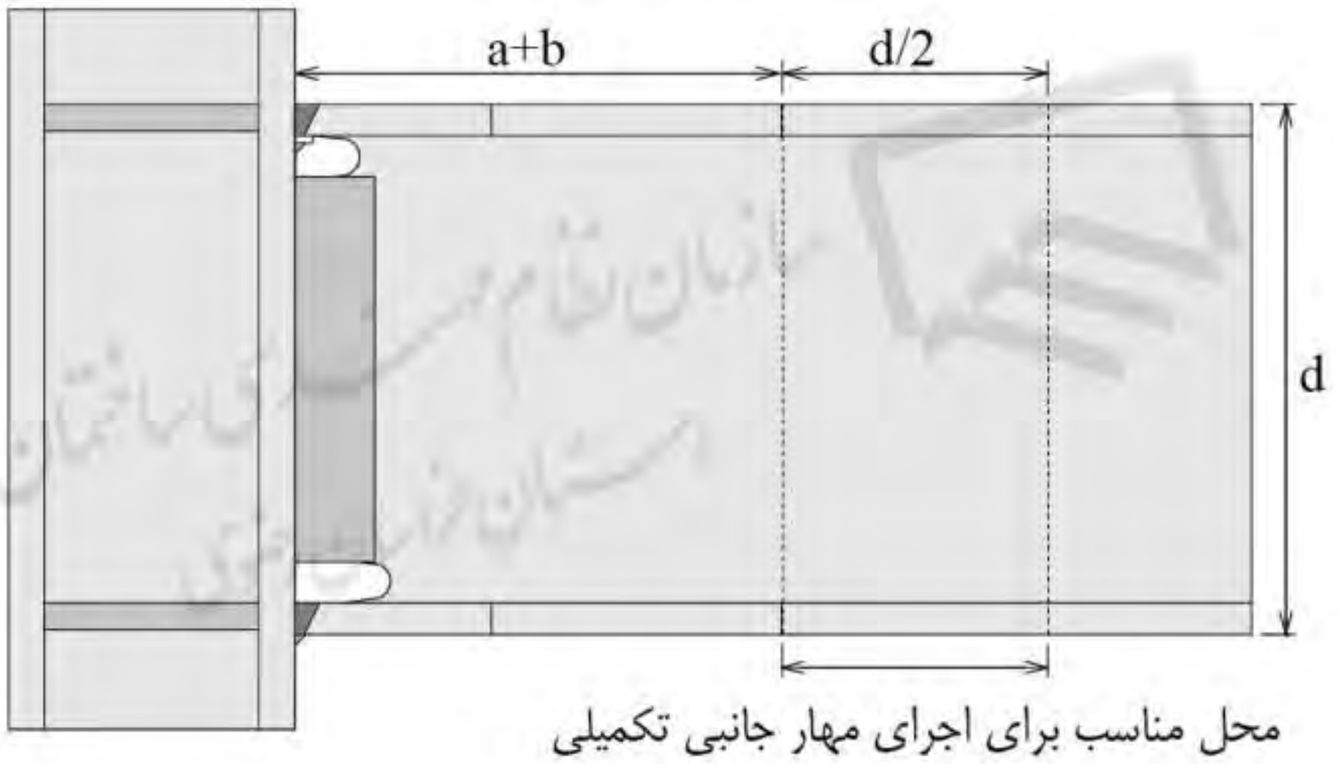
(۶) نسبت عرض به ضخامت برای بال‌ها و جان تیر باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشد. برای محاسبه‌ی نسبت عرض به ضخامت بال، مقدار b_f نباید کمتر از عرض بال در دو انتهای دو سوم مرکزی مقطع کاهش‌یافته انتخاب شود، به‌شرطی‌که بارهای ثقلی، محل مفصل پلاستیک را به اندازه‌ی قابل‌توجهی نسبت به مرکز مقطع کاهش‌یافته‌ی تیر جابه‌جا نکرده باشند.



b_{fa}: حداقل عرض بال مجاز برای کنترل نسبت عرض به ضخامت بال تیر

(۷) مهـار جانبی تیرها بایـد مطابق با ضوابط لرزه‌ای AISC تأمین شـود. همچنین مطابق با این ضوابـط، بـه منظور تأمیـن مهار جانبـی در مجاورت مفصل پلاسـتیک بایـد از مهار جانبی تکمیلی[1] در نزدیکی مقطع کاهش‌یافته استفاده نمود.

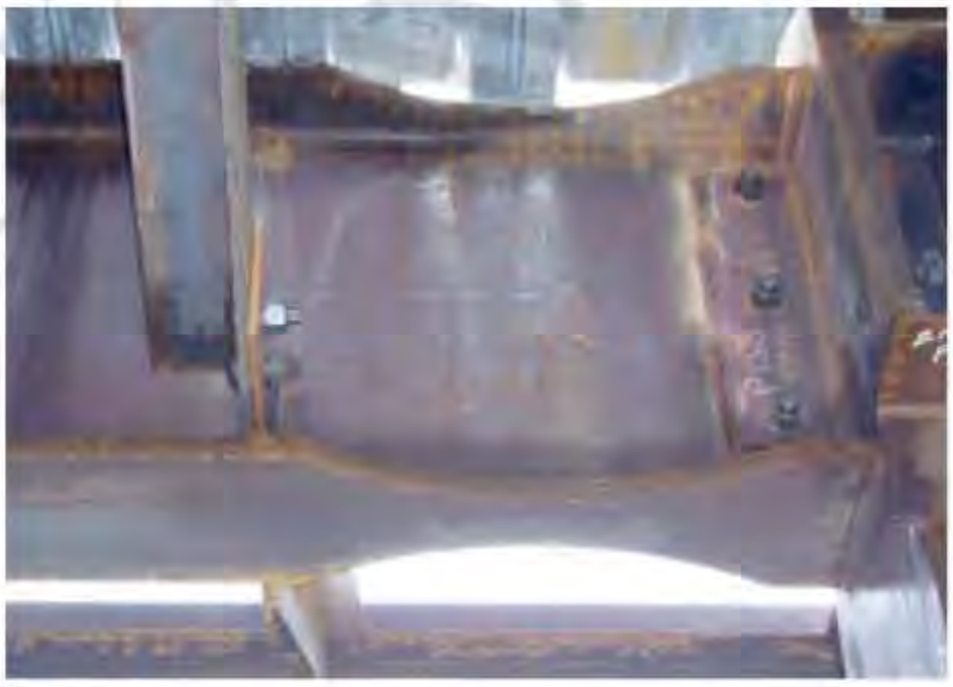
هنگامی‌که مهار جانبی تکمیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد، اتصال آن به تیر نباید در فاصله‌ای بیشتر از d/2 از انتهای دورتر مقطع کاهش‌یافته‌ی تیر از وجه ستون، قرار گیرد که d عمق تیر می‌باشد. هیچ اتصالی از مهار جانبی نباید به تیر در ناحیه‌ی وجه ستون تا انتهای دورتر مقطع کاهش‌یافته‌ی تیر از وجه ستون صورت گیرد.



محل مناسب برای اجرای مهار جانبی تکمیلی

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۸۱

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)



(الف) مهار جانبی تکمیلی در محل مناسب

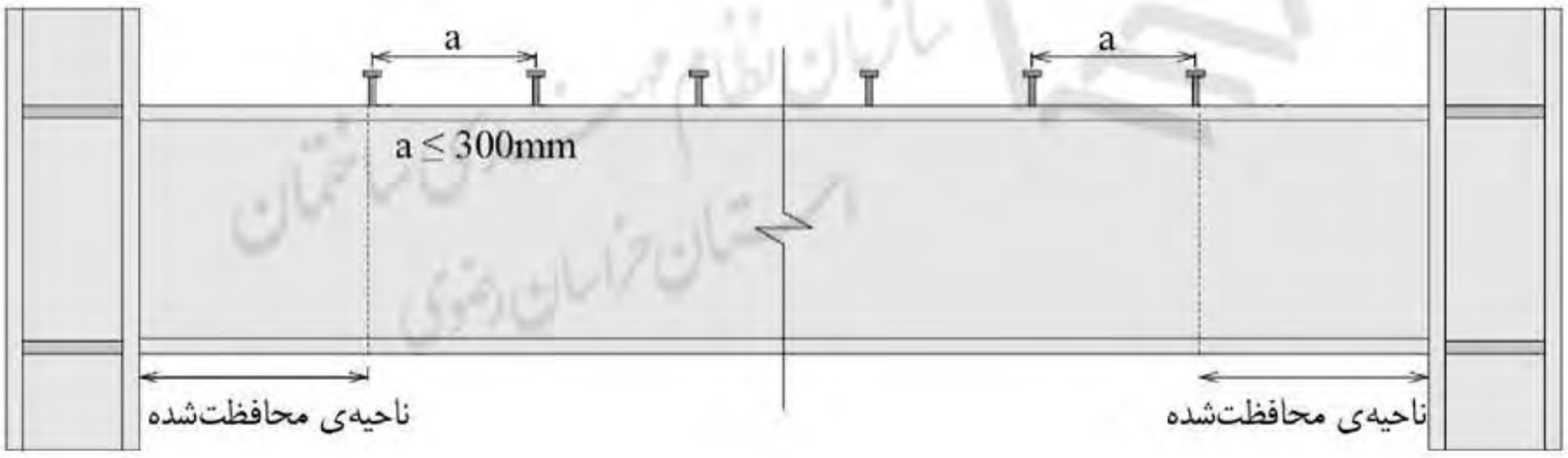
(ب) مهار جانبی تکمیلی در محل نامناسب

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

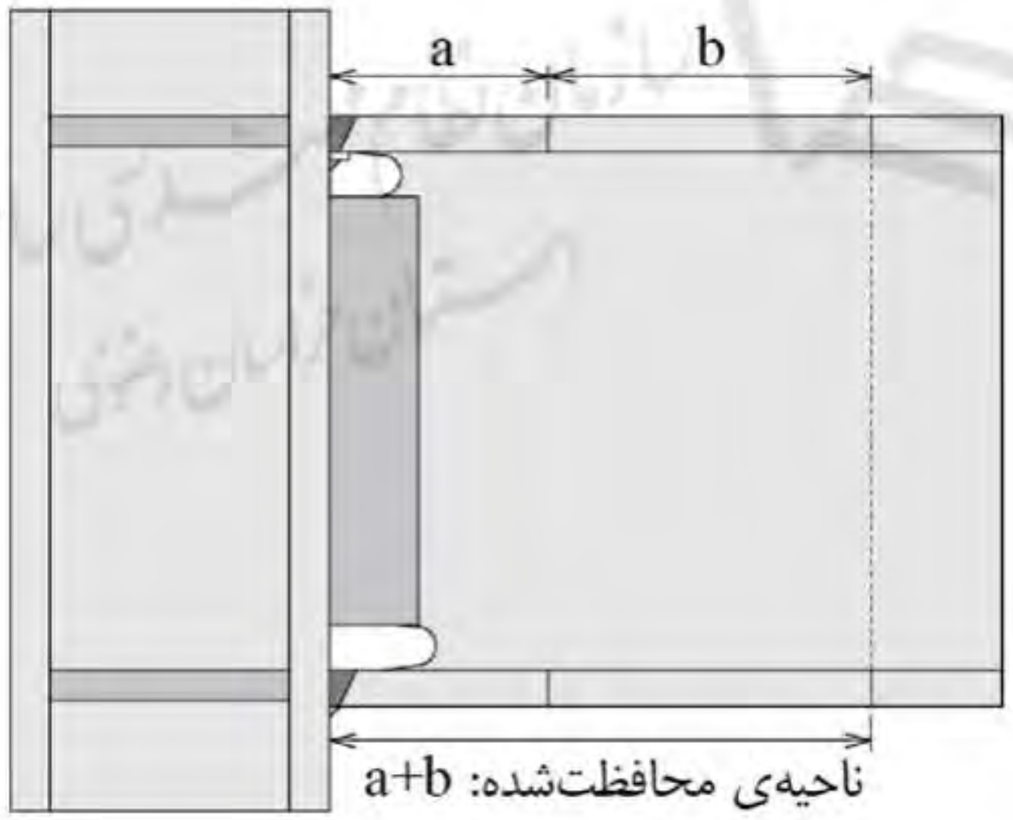
استثناء: برای هر دو سیستم (SMF و IMF)، در جایی که تیر، دال سازه‌ای بتنی را تحمل می‌کند، اگر دال در فاصله‌ی بین ناحیه‌های محافظت‌شده، با برشگیرهای جوش‌شده با حداکثر فاصله‌ی مرکزی ۳۰۰ میلی‌متر، متصل شده باشد، مهار تکمیلی بال بالا و پایین در مقطع کاهش‌یافته لازم نیست.



مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۸۲

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۶۳

(۸) ناحیه‌ی محافظت‌شده، شامل بخشی از تیر، بین وجه ستون و انتهای دورتر مقطع کاهش‌یافته‌ی تیر از وجه ستون می‌باشد.



سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۶۳

۲- محدودیت‌های ستون

ستون‌ها باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

(۱) ستون‌ها باید از مقاطع نوردشده یا ساخته‌شده‌ی مجاز در بند ۲-۳ باشند.

(۲) تیر باید به بال ستون متصل شود.

(۳) عمق ستون‌نوردشده باید حداکثر به W920 محدود باشد. عمق ستون‌های ساخته‌شده‌ی بال‌پهن نباید از عمق مقاطع نوردشده بیشتر شود. ستون‌های صلیبی بال‌دار نباید عرض یا عمقی بیشتر از عمق مجاز برای مقاطع نوردشده داشته باشند. ستون‌های قوطی‌شکل ساخته‌شده نباید عرض یا عمق بیشتر از ۶۱۰ میلی‌متر داشته باشند. ستون‌های قوطی‌شکل بال‌پهن اگر در قاب‌های خمشی متعامد مشارکت دارند، نباید عرض یا عمقی بیشتر از ۶۱۰ میلی‌متر داشته باشند.

(۴) محدودیتی برای وزن واحد طول ستون‌ها وجود ندارد.

(۵) الزامات اضافی برای ضخامت بال وجود ندارد.

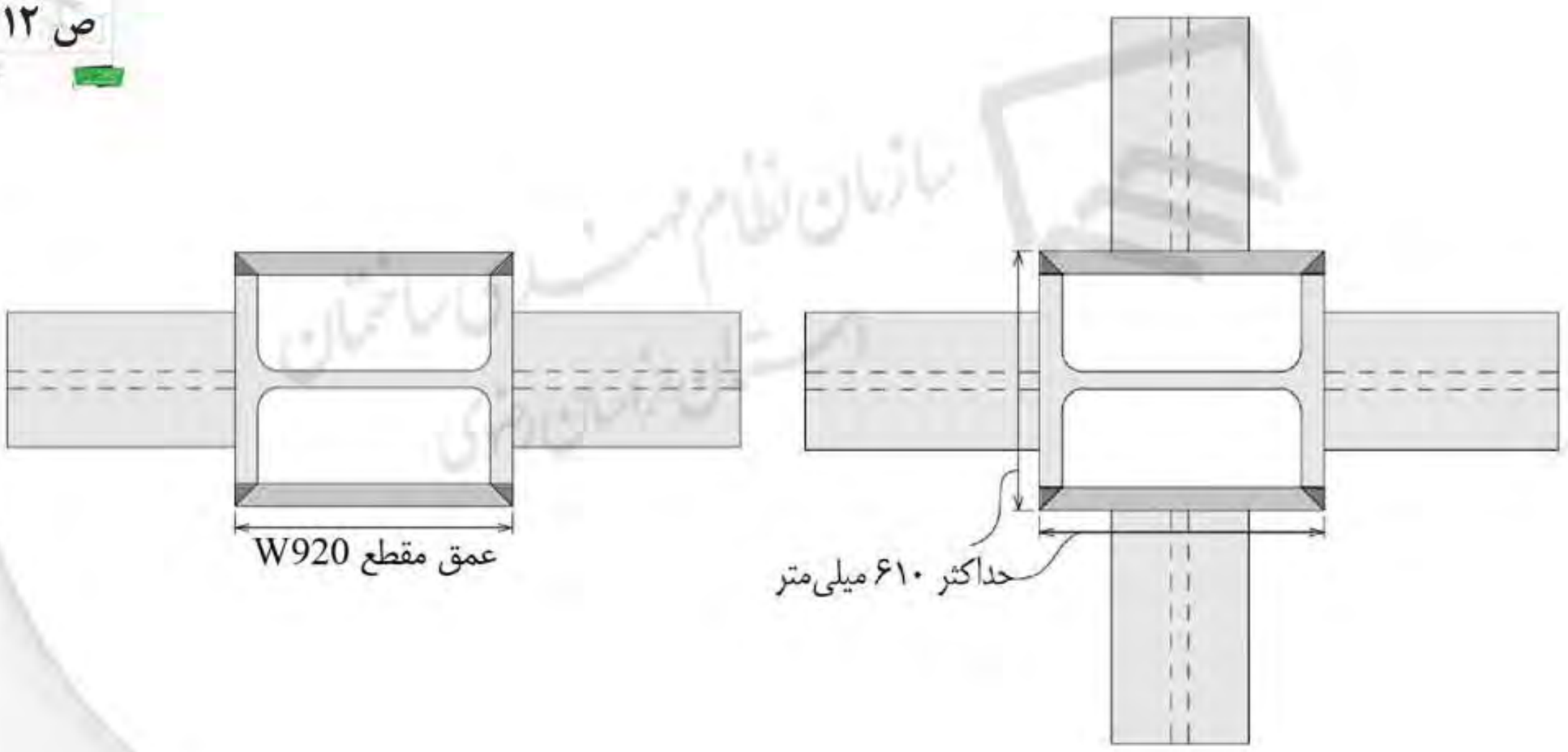
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۸۳

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

اتصالات پیش‌پذیرفته
برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای

محدودیت عمق ستون



گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

اتصالات پیش‌پذیرفته
برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای

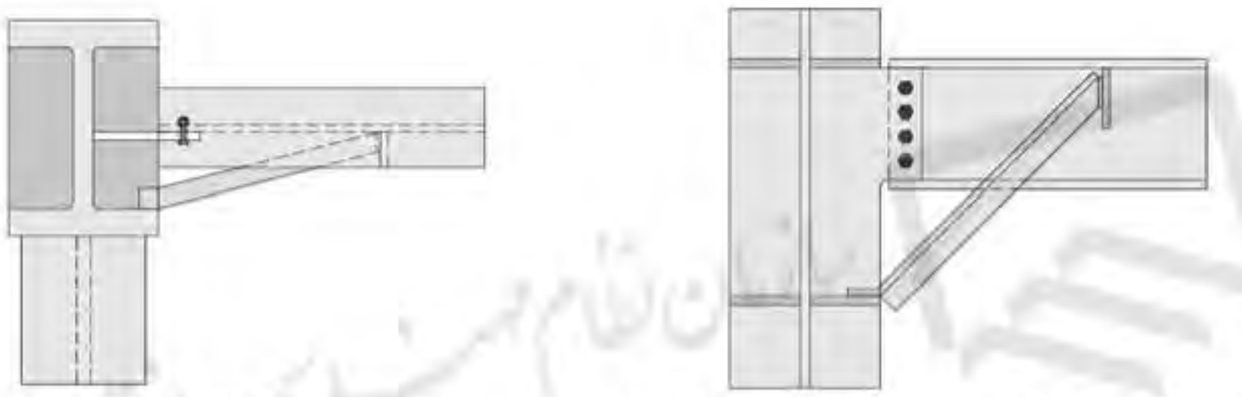
(۶) نسبت عرض به ضخامت برای بال‌ها و جان ستون‌ها باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشد.

(۷) مهار جانبی ستون‌ها باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشد.

سازمان نظام مهندسی ساختمان
استان خراسان رضوی

صفحه ۸۴

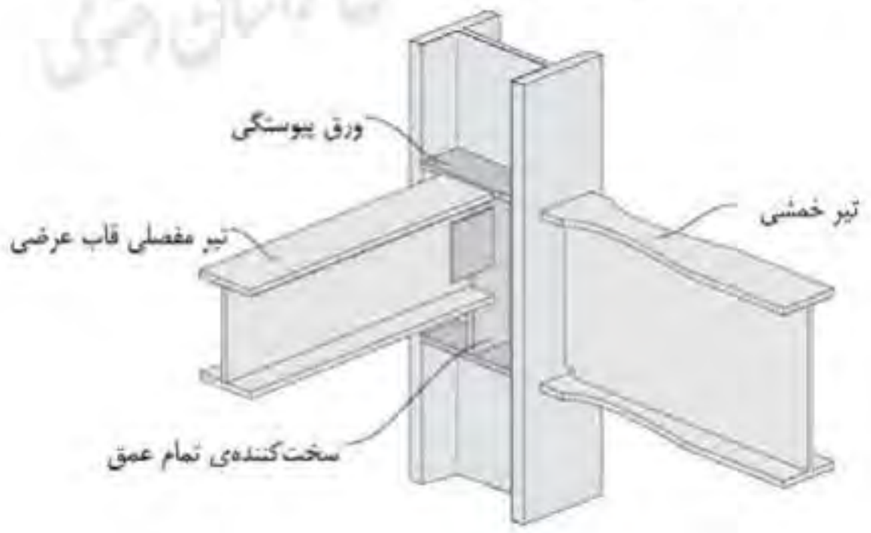
مهار جانبی ستون



(۱) نمای کناری (تیر قاب خمشی عمود بر صفحه است)

(۲) پلان

(الف) مهار مستقیم ستون در تراز بال پایینی تیر



(ب) مهار غیرمستقیم ستون

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

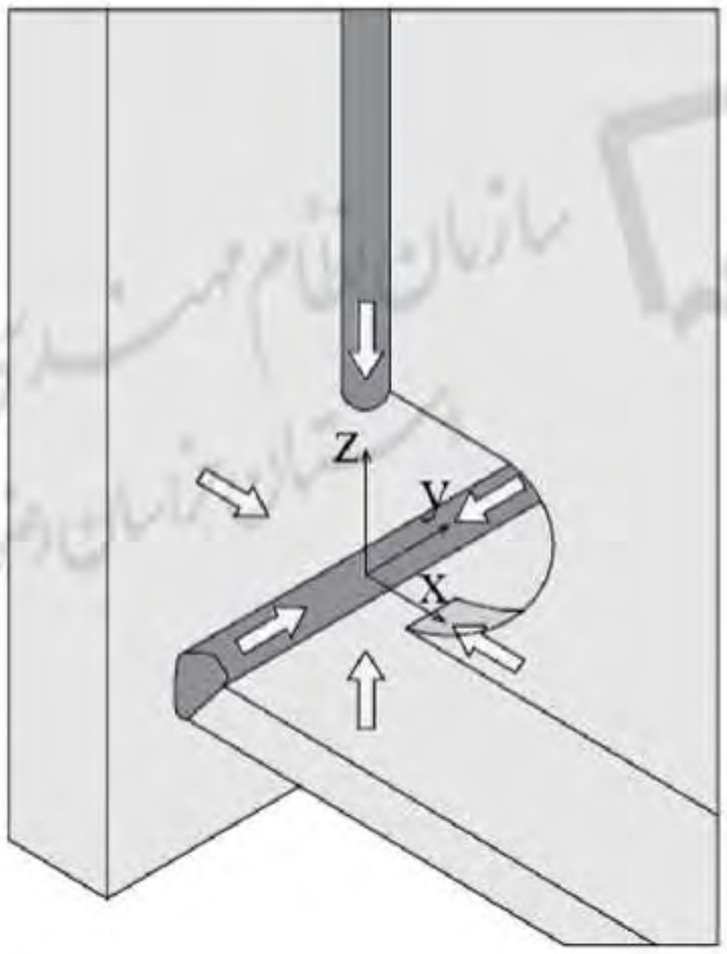
۵-۵ محدودیت‌های جوش بال تیر به بال ستون**

اتصالات بال تیر به بال ستون باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

(۱) بال‌هـای تیر باید با اسـتفاده از جوش‌های شـیاری با نفـوذ کامل به بال‌های سـتون متصل شـوند. جوش‌های بال تیر باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC برای جوش‌های نیاز بحرانی مطابقت داشته باشند.

(۲) هندسه‌ی سوراخ دسترسی جوش، باید با الزامات ضوابط عمومی AISC مطابقت داشته باشد.

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)



اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

سوراخ دسترسی قبل از زلزله نورثریج

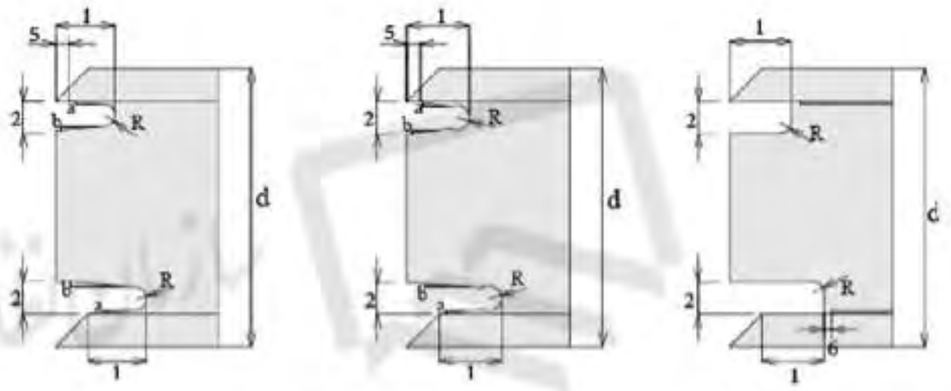
اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۲۱۶

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

(ب) نمونه‌ی واقعی

(الف) شکل شماتیک

سوراخ دسترسی در AISC 360



مقاطع ساخته‌شده که در آن‌ها ابتدا برش سوراخ دسترسی جوش اجرا می‌شود و سپس بال و جان مقطع به هم متصل می‌شوند.

مقاطع نورد شده و ساخته‌شده که در آن‌ها ابتدا مقطع تولید می‌شود و سپس برش سوراخ دستی انجام می‌شود.

1. بزرگترین دو مقدار $1.5t_w$ و ۳۸ میلی‌متر
2. بزرگترین دو مقدار t_w و ۱۹ میلی‌متر، اما از ۵۰ میلی‌متر بزرگتر نباشد.
3. R حداقل ۱۰ میلی‌متر.
4. شیب a انتقال از جان به بال را شکل می‌دهد. شیب b می‌تواند افقی باشد.
5. وجه پایینی بال بالایی باید فاصله آزاد داشته باشد تا پشت‌بند در صورت استفاده فضای کافی داشته باشد.
6. در عضوهای ساخته‌شده، جوش بال به جان باید حداقل به فاصله‌ی بعد جوش قبل از لبه‌ی سوراخ دسترسی قطع شود.

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

سوراخ دسترسی در AISC 341

۵-۶ محدودیت‌های اتصال جان تیر به بال ستون[**]

اتصالات جان تیر به بال ستون باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

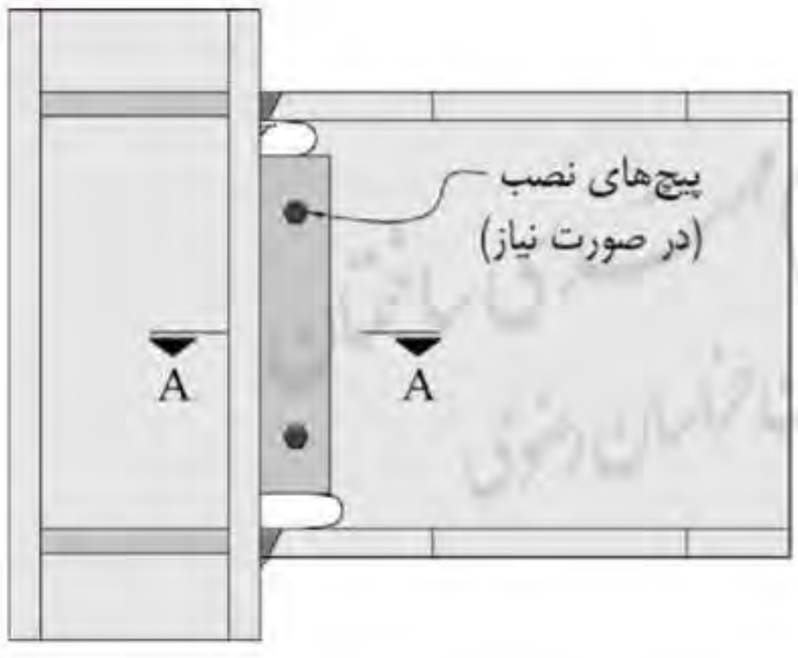
(۱) مقاومت برشی مورد نیاز برای اتصال جان تیر باید بر اساس رابطه‌ی ۵-۸-۹ تعیین شود.

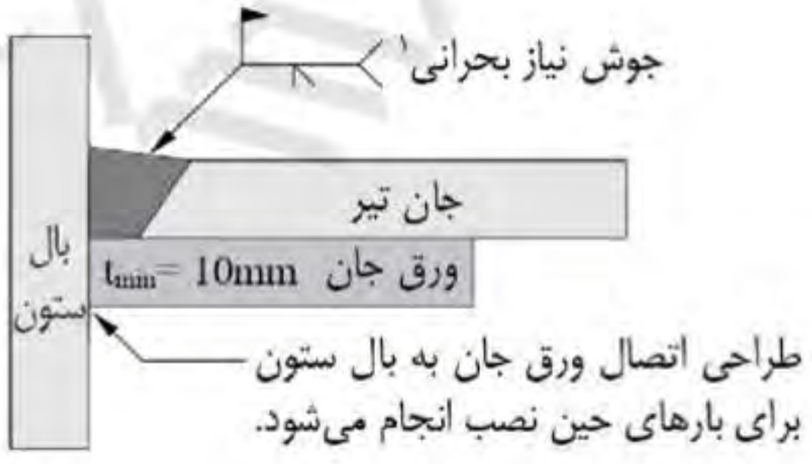
(۲) جزئیات اتصال جان باید مطابق زیر محدود شود:

(الف) برای سیستم‌های SMF، جان تیر باید با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل که بین سوراخ‌های دسترسی جوش امتداد یافته است، به بال ستون متصل شود. ورق تکی اتصال برشی باید همانطور که در شکل ۵-۱ نمایش داده شده است، بین سوراخ‌های دسترسی جوش گسترش یابد. ورق تکی اتصال برشی باید برای استفاده به‌عنوان پشت‌بند جوش شیاری با نفوذ کامل، مجاز باشد. ضخامت ورق باید حداقل ۱۰ میلی‌متر باشد. ناودانی‌های انتهایی جوش در انتهای جوش شیاری با نفوذ کامل در جان تیر، مورد نیاز نیست. ایجاد سوراخ‌های پیچ در جان تیر به‌منظور اجرای اتصال مجاز است.

(ب) برای سیستم‌های IMF ، جان تیر باید مشابه سیستم‌های SMF، به بال ستون متصل شود.

اتصال جان تیر به ستون در قاب‌های خمشی ویژه و متوسط





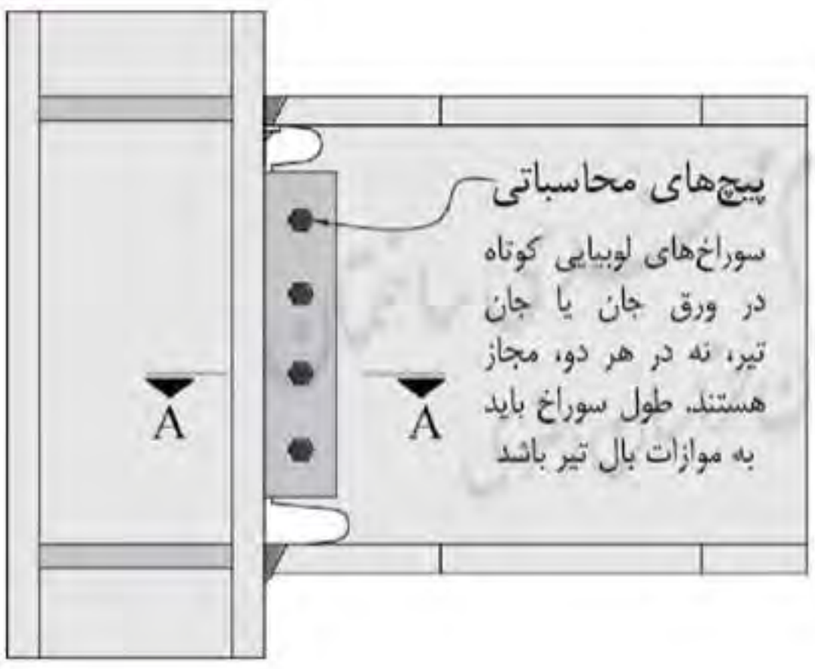
مقطع A-A

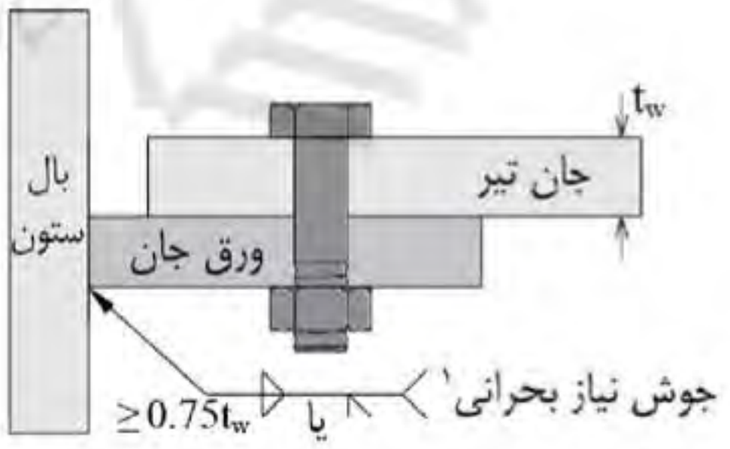
سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۸۸

(ب) برای سیستم‌های IMF ، جان تیر باید مشابه سیستم‌های SMF، به بال ستون متصل شود.

استثناء: برای سیستم‌های IMF، اتصال جان تیر با استفاده از یک ورق تک پیچی اتصال برشی[1]، به بال ستون مجاز است. ورق تک پیچی اتصال برشی باید به‌عنوان یک اتصال اصطکاکی، با مقاومت لغزشی طراحی برای هر پیچ، مطابق با ضوابط عمومی AISC طراحی شود. برای بارگذاری لرزه‌ای ، مقاومت لهیدگی اسمی در سوراخ‌های پیچ نباید بیشتر از مقدار تعیین‌شده در رابطه‌ی J3-6a ضوابط عمومی AISC انتخاب شود. مقاومت برشی طراحی ورق تکی اتصال برشی باید بر اساس تسلیم برشی مقطع کل و گسیختگی برشی مقطع خالص تعیین شود. ورق باید با جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش‌های گوشه در هر دو طرف ورق ، به بال ستون جوش شود. حداقل بعد جوش گوشه در هر سمت ورق باید ۷۵ درصد ضخامت ورق باشد. سوراخ‌های استاندارد باید در جان تیر و در ورق فراهم شود ، به‌جز این حالت ، ممکن است از سوراخ‌های لوبیایی کوتاه در جان تیر یا در ورق ، اما نه هر دو ، استفاده شود. پیش‌تنیدگی پیچ‌ها قبل یا بعد از جوشکاری مجاز است.

اتصال جان تیر به ستون در قاب‌های خمشی متوسط





مقطع A-A

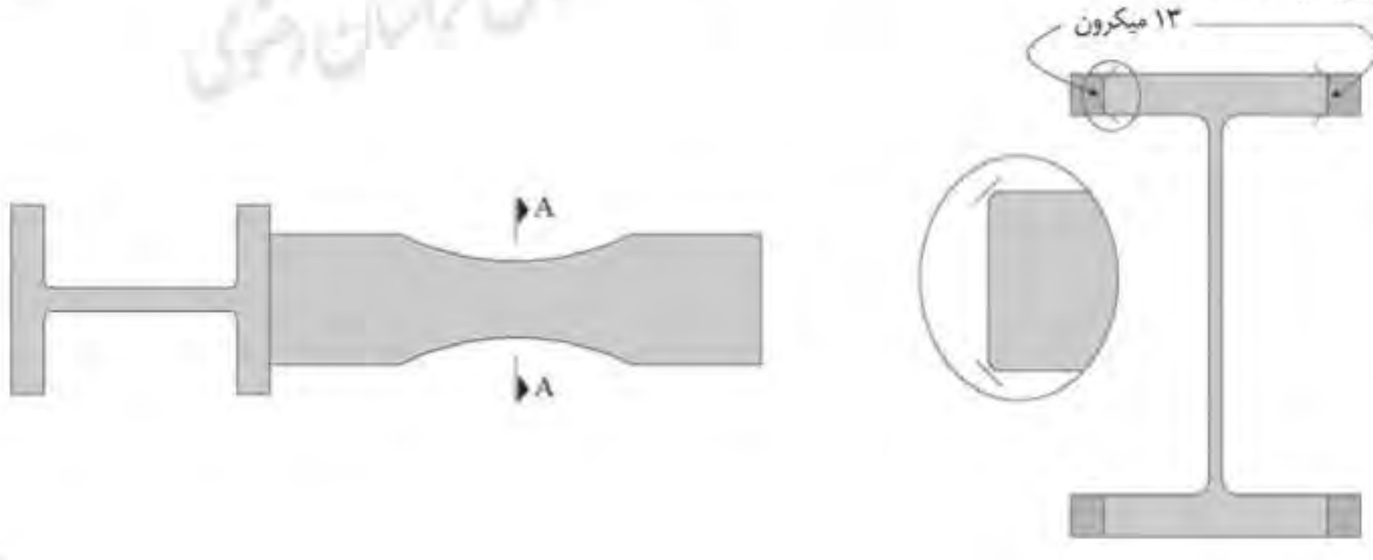
اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

اتصالات پیش‌پذیرفته
برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای

ص ۶۵

۵-۷ ساخت برش‌های بال**+

برای ایجاد یک انحنای یکنواخت، مقطع کاهش‌یافته‌ی تیر باید با استفاده از برش حرارتی ایجاد شود. حداکثر زبری سطح پس از برش حرارتی، بر اساس ANSI B46.1، باید به اندازه‌ی ۱۳ میکرون باشد، که در مقایسه با نمونه‌ی ۴ در AWS C4.1-77 یا یک نمونه‌ی چشمی مشابه اندازه‌گیری می‌شود. تغییرات بین مقطع کاهش‌یافته‌ی تیر و بخش اصلاح‌نشده‌ی بال تیر، باید به منظور حداقل نمودن آثار زخم[1] ناشی از تغییرات ناگهانی، در امتداد طول بال، گردگوشه شود. گوشه‌های بین سطح مقطع کاهش‌یافته و بالا و پایین بال‌ها باید برای حذف لبه‌های تیز، سنگ‌زنی شود، اما به یک پخ[2] یا شعاع حداقلی نیازی نیست.



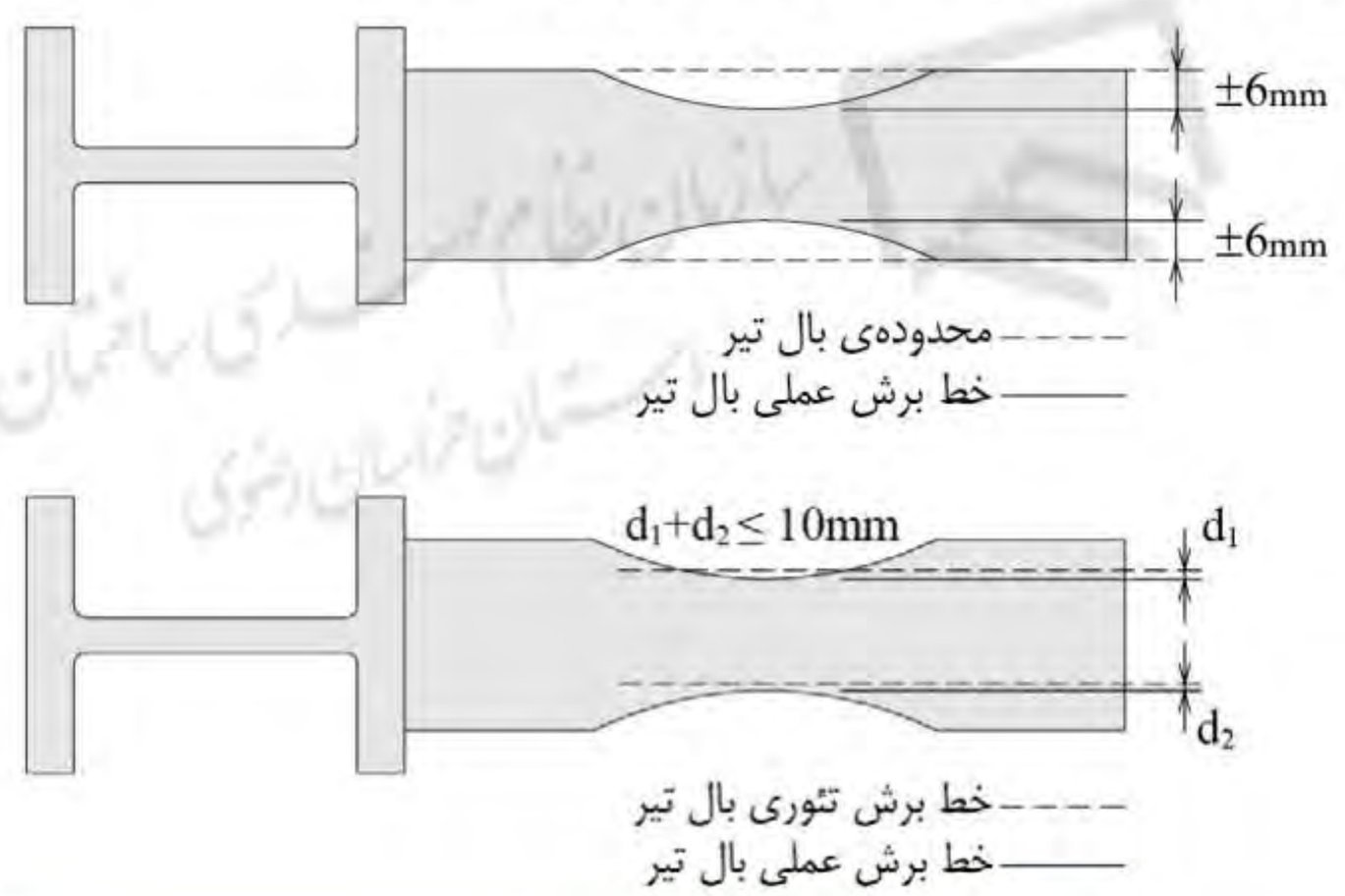
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

ص ۶۶

۵-۷ ساخت برش‌های بال**+

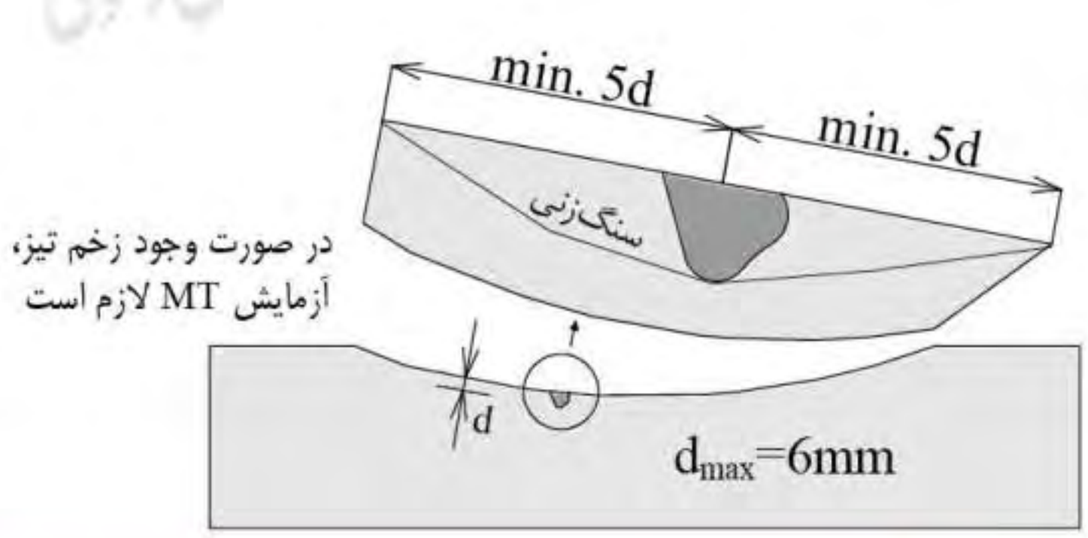
رواداری‌های برش حرارتی باید به اندازه‌ی ۶ ± میلی‌متر نسبت به خط برش تئوری باشد. عرض مؤثر بال تیر در هر مقطعی باید رواداری به اندازه‌ی ۱۰ ± میلی‌متر داشته باشد.



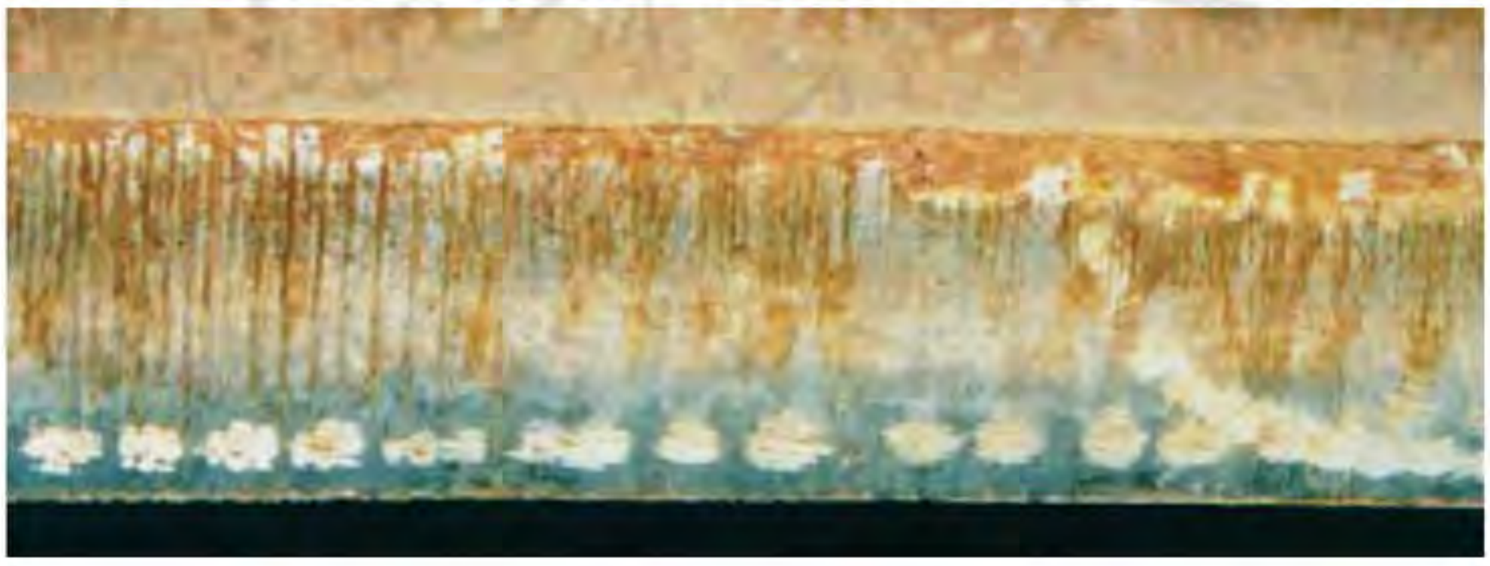
سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۹۰

۵-۷ ساخت برش‌های بال**+

زخم‌ها و شیارهای[۳] ناشی از برش حرارتی سطح RBS، اگر عمقی بیشتر از ۶ میلی‌متر نداشته باشند، می‌توانند با سنگ‌زنی ترمیم شوند. سطح دارای شیار یا زخم باید به‌وسیله‌ی سنگ‌زنی اصلاح شود تا یک انتقال یکنواخت وجود داشته باشد و کل طول سطحی که برای انتقال، سنگ‌زنی می‌شود نباید در هر طرف این شیارها از پنج برابر عمق شیارهای حذف‌شده کمتر باشد. در صورت وجود یک زخم تیز، پس از سنگ‌زنی برای اطمینان از اینکه همه‌ی عمق زخم برداشته شده است، سطح باید با آزمایش مغناطیس (MT)[۴] بررسی شود. سنگ‌زنی که عمق برش RBS را بیشتر از ۶ میلی‌متر از عمق مشخص‌شده‌ی برش افزایش می‌دهد، مجاز نیست.



اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

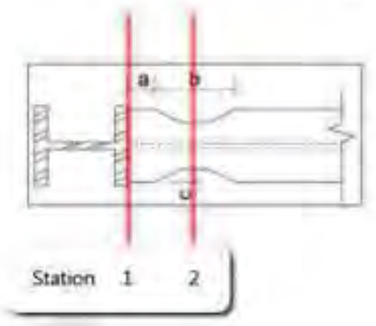


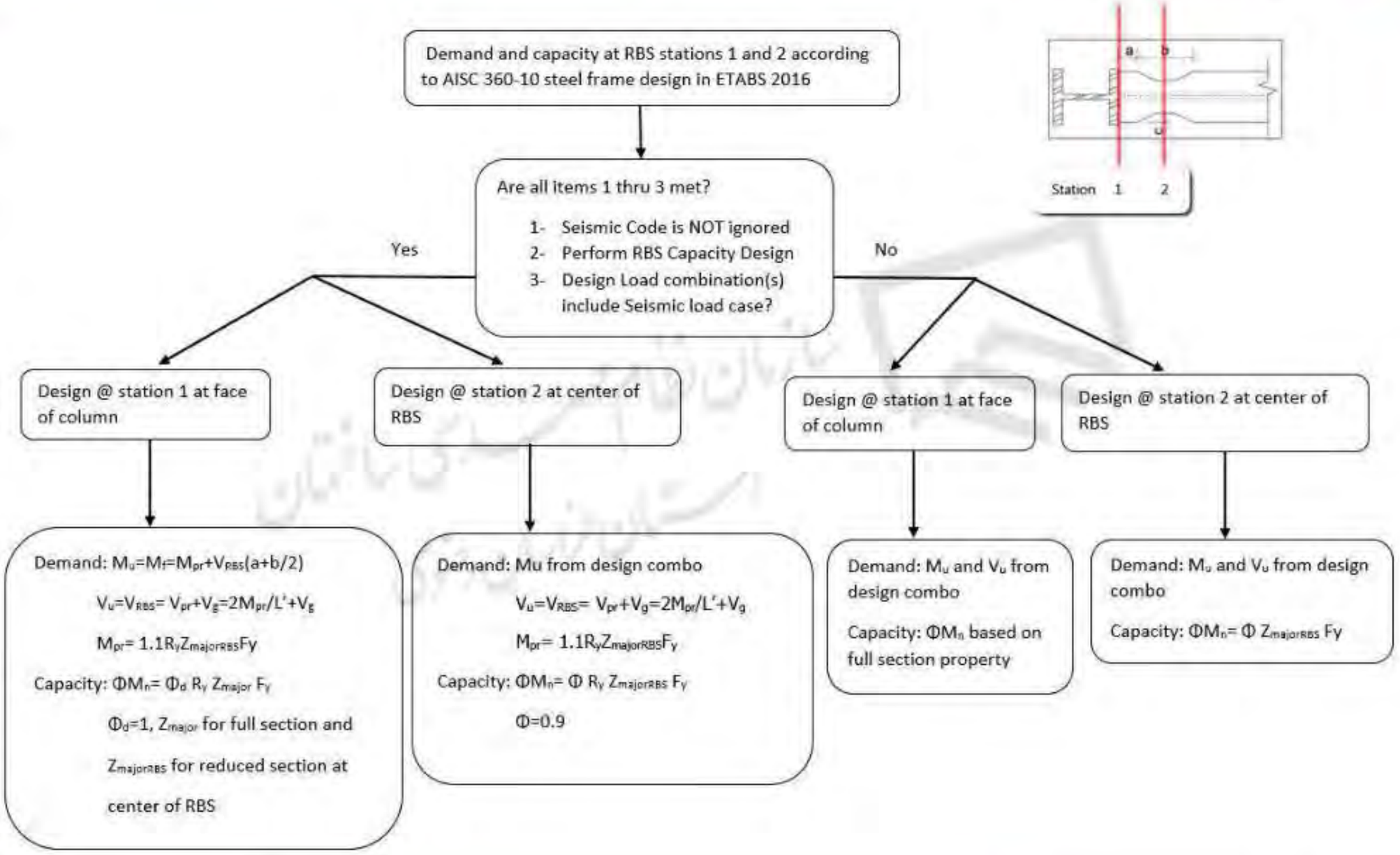
اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۶۷

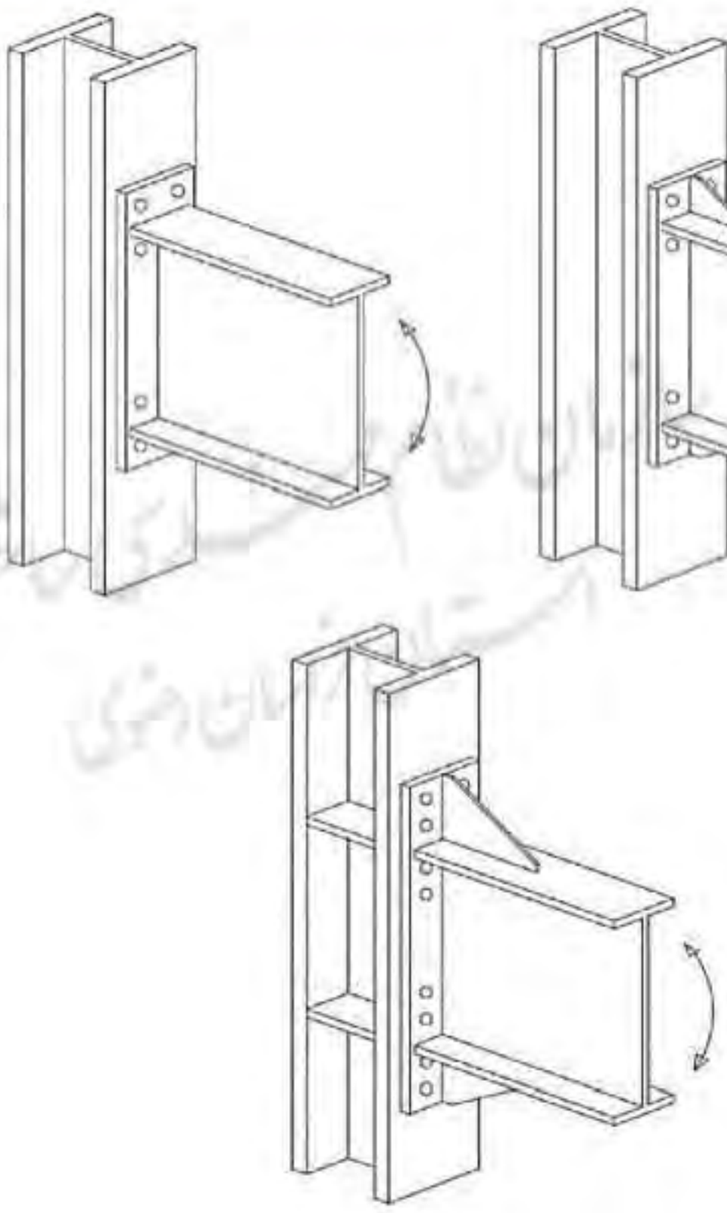
مهم: کنترل ظرفیت خمشی در مقطع کاهش‌یافته

اطمینان حاصل شـود که تیرها و سـتون‌ها برای تمامی ترکیب بارهای مشخص‌شـده در آیین‌نامه‌ی سـاختمانی مناسـب، شـامل مقطع کاهش‌یافته‌ی تیر، مناسـب هسـتند و جابه‌جایی نسـبی طراحی طبقه برای قاب، محدودیت‌های کاربردی مشخص‌شـده در آیین‌نامه‌ی ساختمانی مناسب را برآورده می‌نماید. در محاسـبات جابه‌جایی نسـبی الاسـتیک، باید اثر تیر با مقطع کاهش‌یافته در نظر گرفته شـود. به جای محاسـبات با جزئیات بیشتر، جابه‌جایی‌های الاسـتیک مؤثر را می‌توان با ضرب‌کردن جابه‌جایی‌های الاسـتیک بر مبنای مقاطع ناخالـص در ۱/۱، برای کاهش عرض بال تیر تا ۵۰ درصد محاسبه کرد. برای مقادیر کمتر کاهش عرض تیر، می‌توان درون‌یابی خطی انجام داد.

اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group







۶-۲ سیستم‌ها[++]

اتصالات خمشی با ورق انتهایی گسترش‌یافته برای استفاده در سیستم‌های قاب خمشی ویژه (SMF) و قاب خمشی متوسط (IMF) پیش‌پذیرفته شده‌اند.

استثناء: اتصالات خمشی با ورق انتهایی گسترش‌یافته در سیستم SMF[1] با دال‌های سازه‌ای بتنی پیش‌پذیرفته شده‌اند، تنها اگر:

(۱) علاوه بر محدودیت‌های بند ۶-۳، عمق اسمی تیر از ۶۱۰ میلی‌متر کمتر نباشد.

(۲) در فاصله‌ی ۱/۵ برابر عمق تیر از وجه بال متصل‌شده‌ی ستون برشگیر وجود نداشته باشد.

(۳) دال بتنی سازه‌ای با فاصله‌ی حداقل ۲۵ میلی‌متر در هر دو طرف از وجه هر دو بال ستون قطع شود. قراردادن مصالح تراکم‌پذیر در فاصله‌ی بین بال‌های ستون و دال سازه‌ای بتنی مجاز است[2].

۱- در ویرایش حاضر (۲۰۱۰)، بند ۶-۹(۶) ضابطه‌ی عدم اتصال دال به ستون را برای قاب خمشی متوسط نیز لازم می‌داند. در ویرایش ۲۰۱۶ ضوابط پیش‌پذیرفتگی اتصالات AISC بند ۶-۹(۶) حذف و استثنای بند ۶-۲ به قاب‌های خمشی متوسط هم تعمیم داده شده است.

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

جدول ۶-۱ محدودیت‌های ابعادی

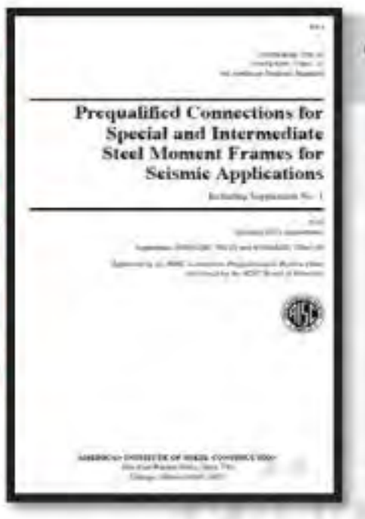
پارامتر	سخت‌نشده‌ی چهارپیچی (4E)		سخت‌شده‌ی چهارپیچی (4ES)		سخت‌شده‌ی هشت‌پیچی (8ES)	
	حداکثر (mm)	حداقل (mm)	حداکثر (mm)	حداقل (mm)	حداکثر (mm)	حداقل (mm)
t_{bf}	۱۹	۱۰	۱۹	۱۰	۲۵	۱۴
b_{bf}	۲۳۵	۱۵۲	۲۲۹	۱۵۲	۳۱۱	۱۹۰
d	۱۴۰۰	۳۴۹	۶۱۰	۳۴۹	۹۱۴	۴۵۷
t_p	۵۷	۱۳	۳۸	۱۳	۶۴	۱۹
b_p	۲۷۳	۱۷۸	۲۷۳	۱۷۸	۳۸۱	۲۲۹
g	۱۵۲	۱۰۲	۱۵۲	۸۳	۱۵۲	۱۲۷
p_{fi}, p_{fo}	۱۱۴	۳۸	۱۴۰	۴۴	۵۱	۴۱
p_b	—	—	—	—	۹۵	۸۹

تفاوت مبحث دهم و آیین‌نامه‌های آمریکایی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان

جدول ۶-۱ محدودیت‌های ابعادی

پارامتر	سخت‌نشده‌ی چهارپیچی (4E)		سخت‌شده‌ی چهارپیچی (4ES)		سخت‌شده‌ی هشت‌پیچی (8ES)	
	حداکثر (mm)	حداقل (mm)	حداکثر (mm)	حداقل (mm)	حداکثر (mm)	حداقل (mm)
t_{bf}	۱۹	۱۰	۱۹	۱۰	۲۵	۱۴
b_{bf}	۲۳۵	۱۵۲	۲۲۹	۱۵۲	۳۱۱	۱۹۰
d	۱۴۰۰	۳۴۹	۶۱۰	۳۴۹	۹۱۴	۴۵۷
t_p	۵۷	۱۳	۳۸	۱۳	۶۴	۱۹
b_p	۲۷۳	۱۷۸	۲۷۳	۱۷۸	۳۸۱	۲۲۹
g	۱۵۲	۱۰۲	۱۵۲	۸۳	۱۵۲	۱۲۷
p_{fi}, p_{fo}	۱۱۴	۳۸	۱۴۰	۴۴	۵۱	۴۱
p_b	—	—	—	—	۹۵	۸۹



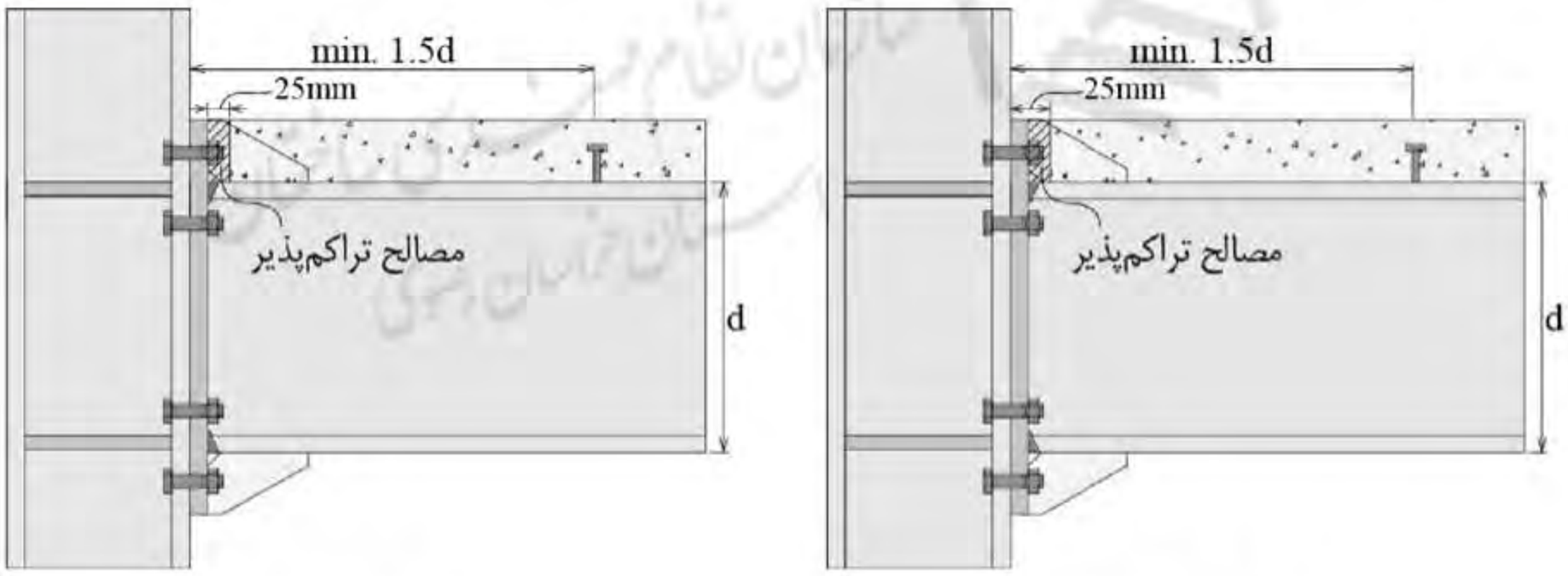
مقادیر حداقلی به مقدار کمتر از خود و مقادیر حداکثری به مقدار بیشتر از خود رند شده‌اند. که در جهت اطمینان نیست و عملاً استفاده از مقاطعی را امکان‌پذیر می‌سازد که آزمایش‌های پیش پذیرفتگی برای آن‌ها انجام نشده‌است.

جدول ۱۰-۳-۱۳-۲ محدودیت‌های ابعادی اتصالات گیردار فلنجی

پارامتر	BUEEP		BSEEP چهار پیچی		BSEEP هشت پیچی	
	حداقل (mm)	حداکثر (mm)	حداقل (mm)	حداکثر (mm)	حداقل (mm)	حداکثر (mm)
t_{bf}	۱۰	۲۵	۱۰	۲۵	۱۵	۳۰
b_{bf}	۱۵۰	۲۵۰	۱۵۰	۲۵۰	۲۰۰	۳۵۰
d	۳۴۰	۱۴۰۰	۳۴۰	۷۰۰	۴۴۰	۱۰۰۰
t_p	۱۲	۶۰	۱۲	۵۰	۲۰	۷۰
b_p	۱۸۰	۳۰۰	۱۸۰	۳۰۰	۲۴۰	۴۰۰
g	۱۰۰	۱۶۰	۱۰۰	۱۶۰	۱۵۰	۲۰۰
p_{fi}, p_{fo}	۳۵	۱۲۰	۵۰	۱۵۰	۴۰	۵۰
p_b	-	-	-	-	۹۰	۱۰۰

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

دال بتنی سازه‌ای با فاصله‌ی حداقل ۲۵ میلی‌متر در هر دو طرف از وجه هر دو بال ستون قطع شود. قراردادن مصالح تراکم‌پذیر در فاصله‌ی بین بال‌های ستون و دال سازه‌ای بتنی مجاز است[۲].



(ب) پیشنهاد

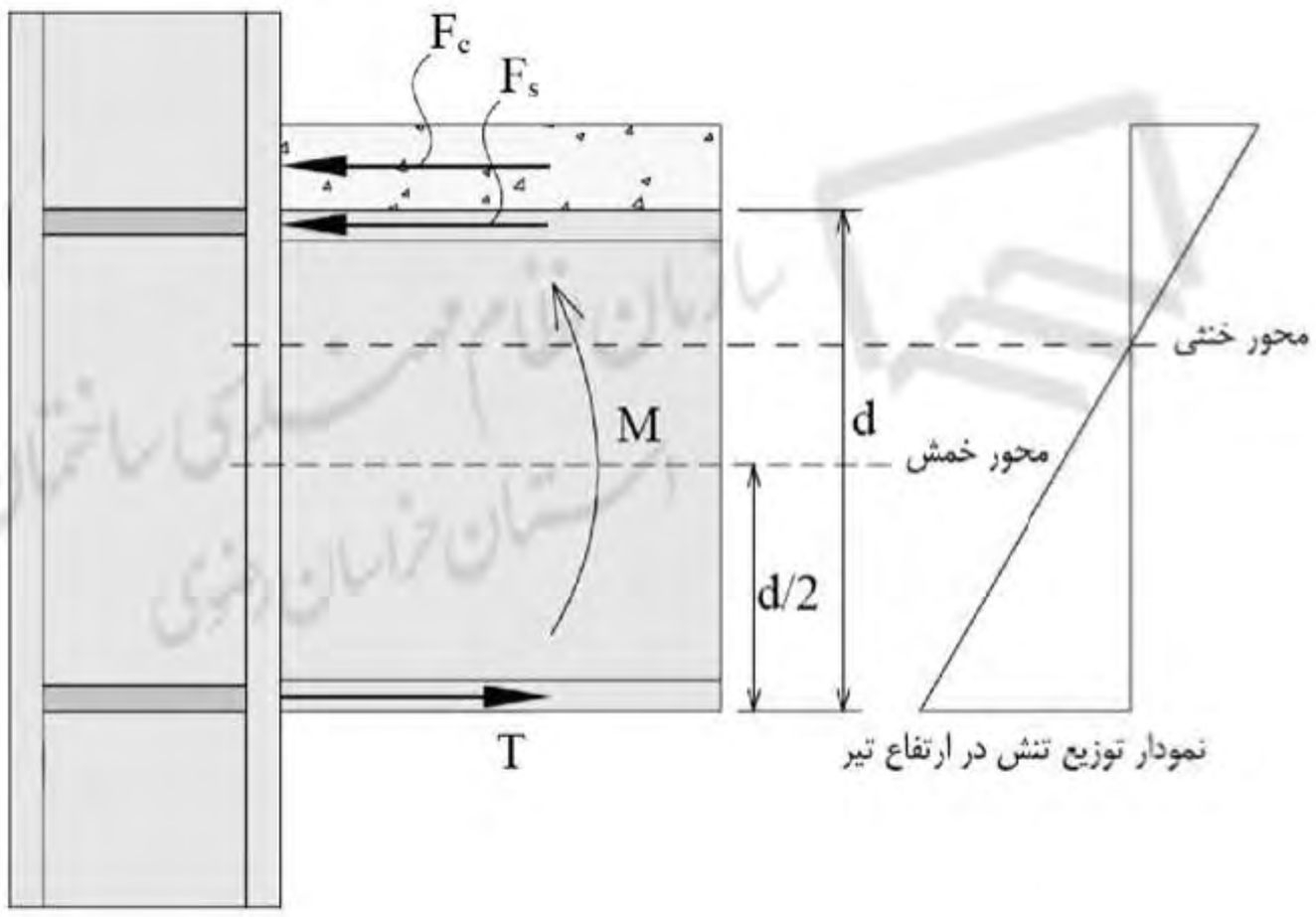
(الف) آیین‌نامه‌ای

شرایط پیش‌پذیرفتگی

سؤال:

علت ضابطه‌ی استفاده از مصالح تراکم‌پذیر چیست؟

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)



سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

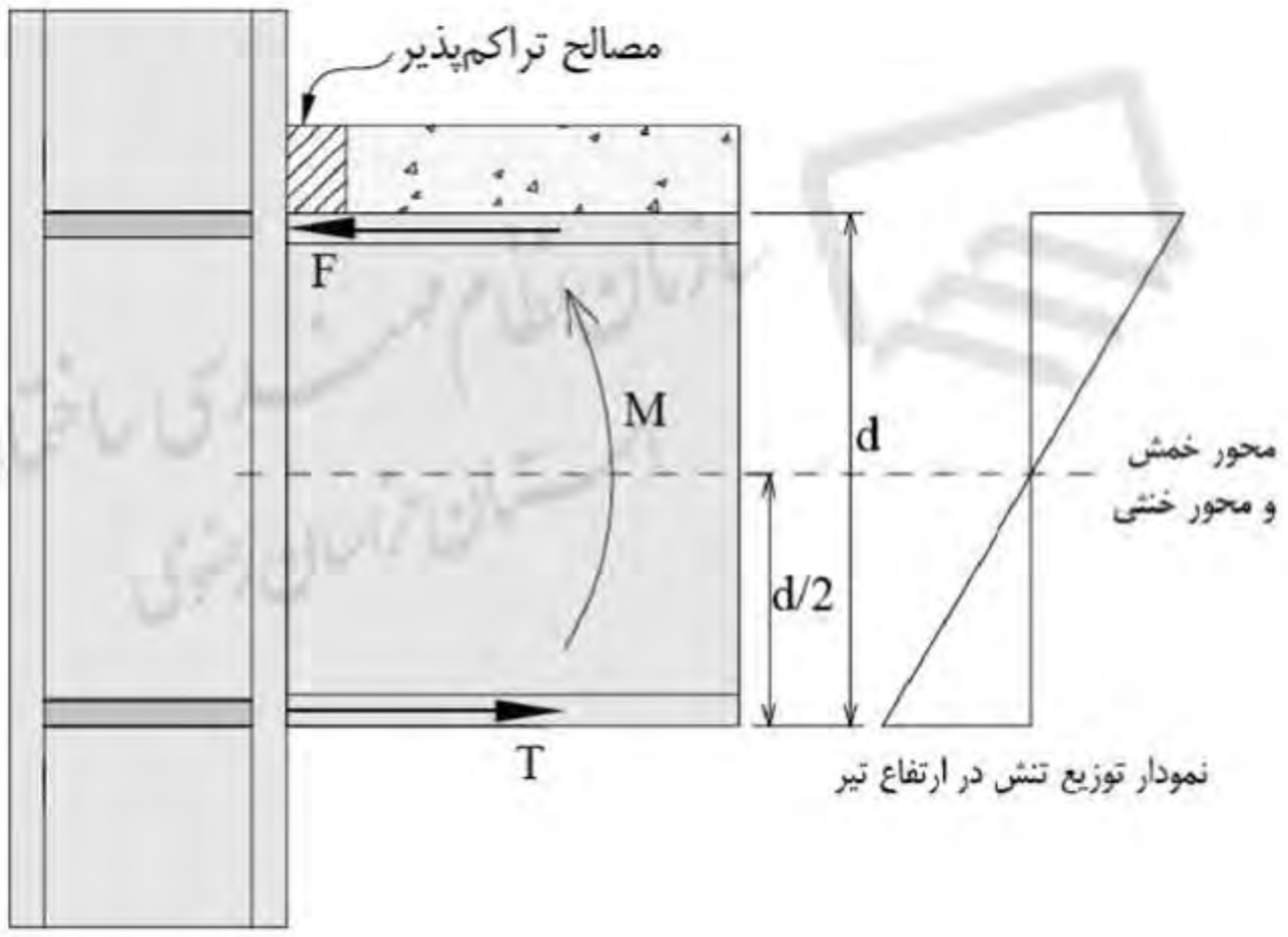
اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

صفحه ۹۶

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی



گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

۴-۶ محدودیت‌های تیر**

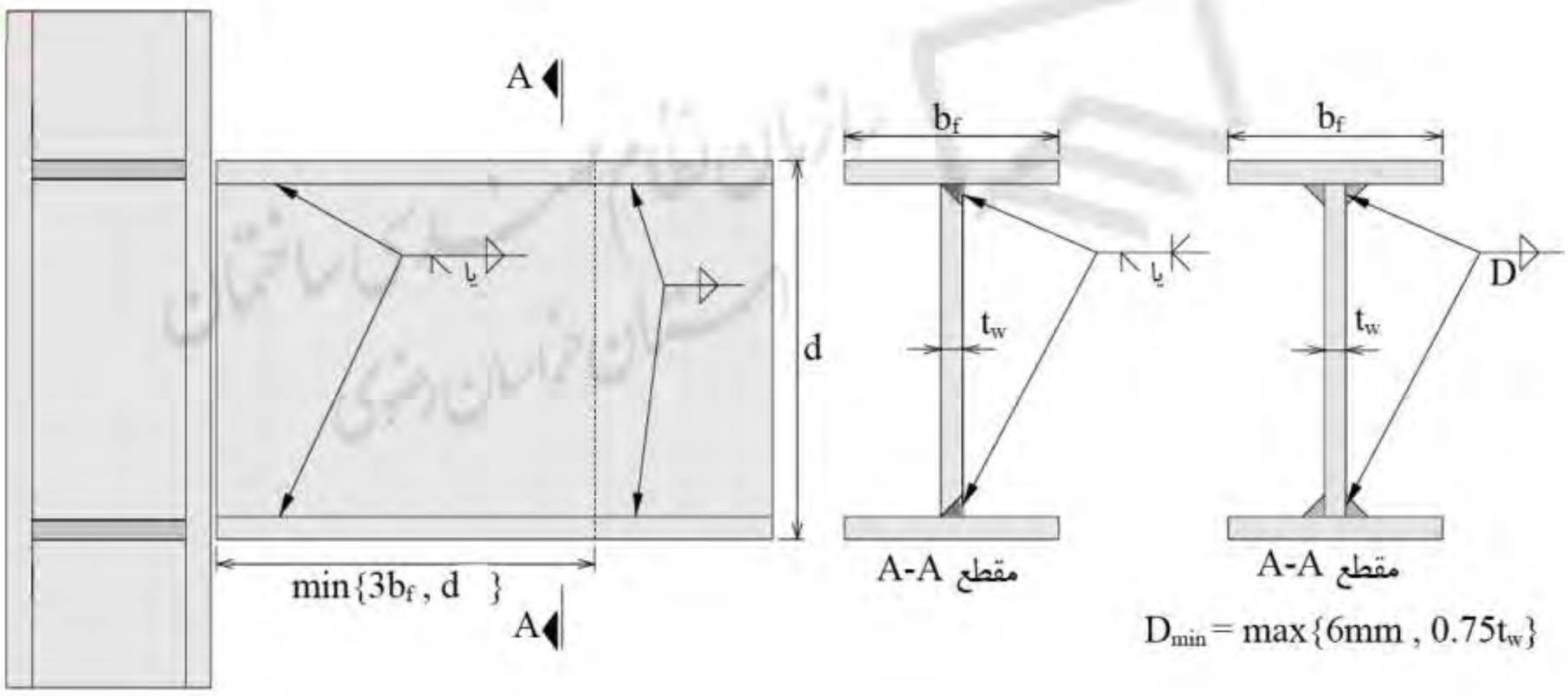
تیرها باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

(۱) تیرها باید از اعضای I‌شکل نوردشده‌ی بال‌پهن یا ساخته‌شده‌ای باشند که با الزامات بند ۲-۳ مطابقت دارند. در دو انتهای متصل‌شده‌ی مقاطع ساخته‌شده‌ی جوشی، در طولی حداقل برابر با کوچکترین دو مقدار عمق تیر یا ۳ برابر عرض بال، جان و بال‌های تیر باید با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل یا یک جفت جوش گوشه که بعد هرکدام ۷۵ درصد ضخامت جان تیر و بزرگتر از ۶میلی‌متر باشد، به هم متصل شوند. برای دیگر قسمت‌های تیر، بعد جوش نباید کمتر از بعدی باشد که برای انتقال برش از جان به بال‌ها لازم است.

صفحه ۹۷

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group



اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

(۲) عمق تیر، d، به مقادیر نمایش‌داده شده در جدول ۱-۶ محدود است.

(۳) محدودیتی برای وزن واحد طول تیرها وجود ندارد.

(۴) ضخامت بال تیر به مقادیر نمایش داده شده در جدول ۱-۶ محدود است.

(۵) نسبت دهانه‌ی آزاد به عمق تیر باید به مقادیر زیر محدود شود:

(الف) برای سیستم‌های SMF، ۷ یا بزرگتر.

(ب) برای سیستم‌های IMF، ۵ یا بزرگتر.

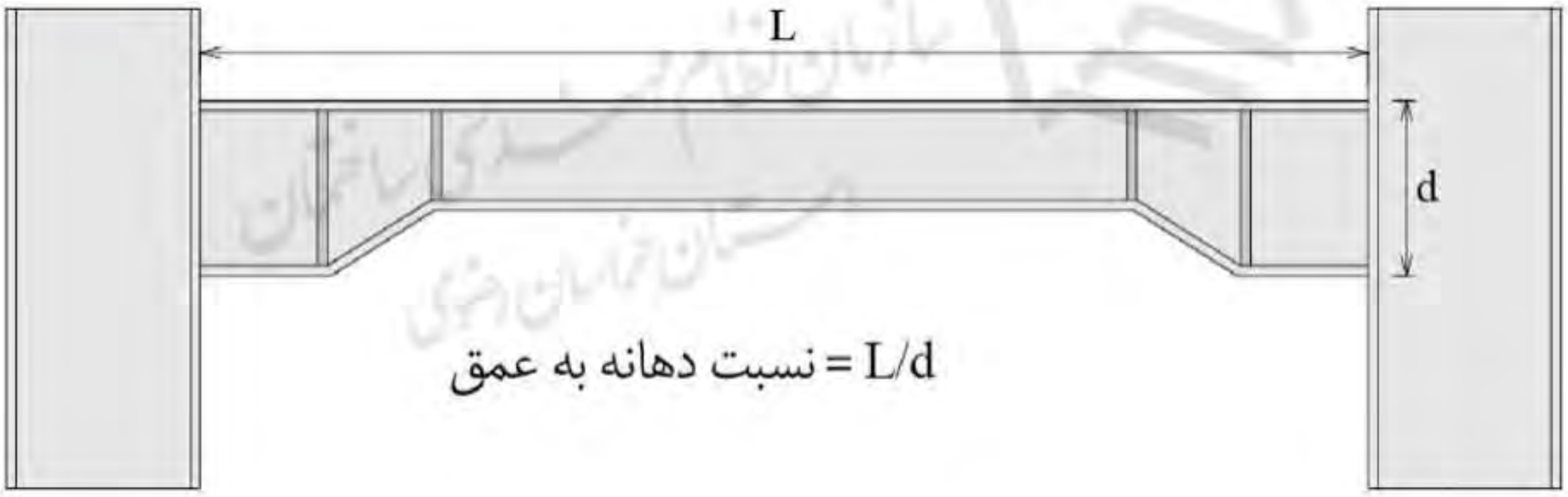
(۶) نسبت عرض به ضخامت برای بال‌ها و جان تیر باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشد.

(۷) مهار جانبی تیرها باید مطابق با ضوابط لرزه‌ای AISC تأمین شود.

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصالات پیش‌پذیرفته
برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای



اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

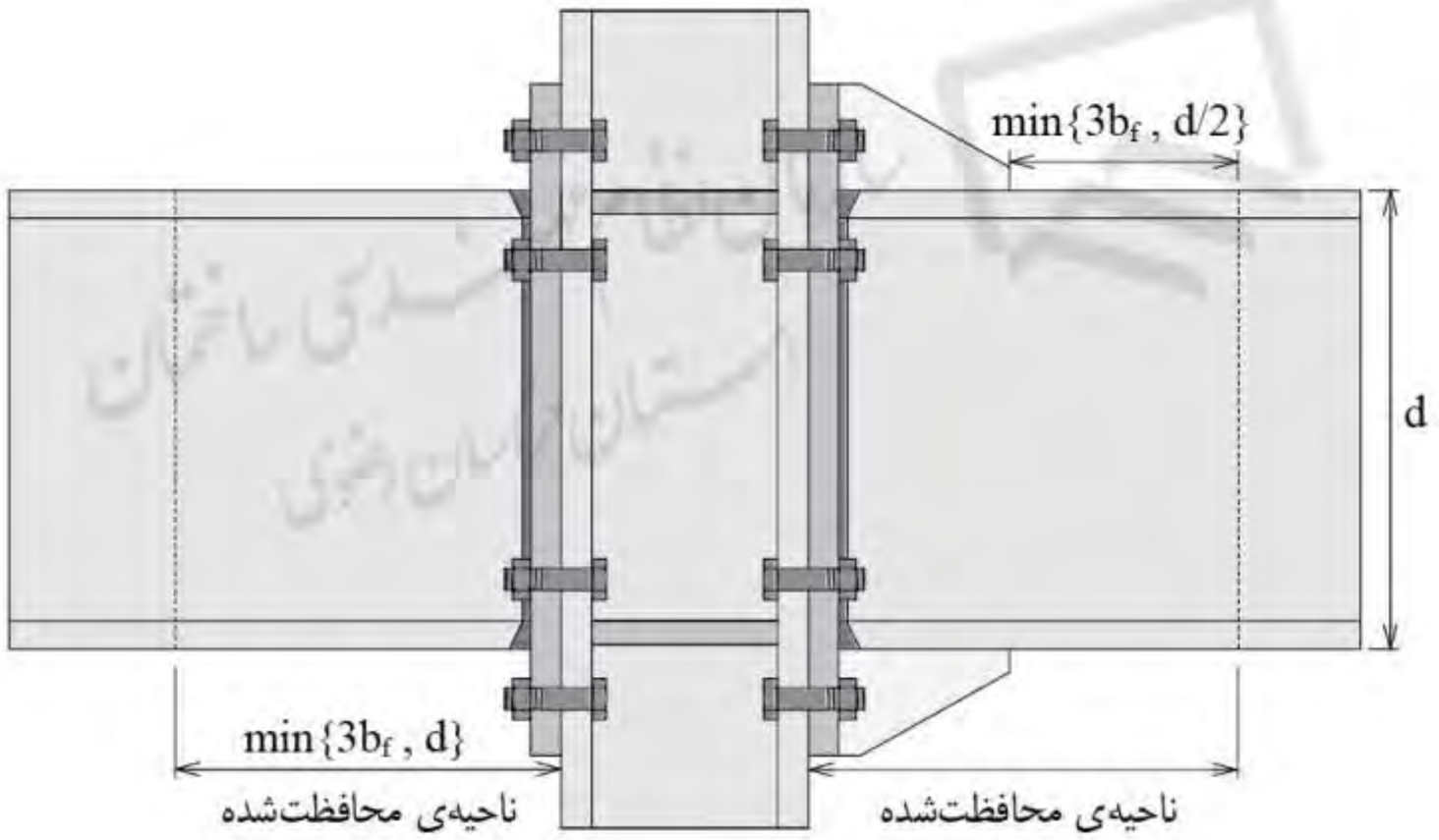
اتصالات پیش‌پذیرفته
برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای

(۸) ناحیه‌ی محافظت‌شده باید مطابق زیر تعریف شود:

(الف) برای اتصالات با ورق انتهایی گسترش‌یافته‌ی سخت‌نشده: بخشی از تیر بین وجه ستون و فاصله‌ای برابر با کوچکترین دو مقدار عمق تیر و ۳ برابر عرض بال تیر، از وجه ستون.

(ب) برای اتصالات با ورق انتهایی گسترش‌یافته‌ی سخت‌شده: بخشی از تیر بین وجه ستون و فاصله‌ای برابر با محل انتهای سخت‌کننده به‌علاوه‌ی کوچکترین دو مقدار نصف عمق تیر و ۳ برابر عرض بال تیر، از وجه ستون.

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)



اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

۶-۵ محدودیت‌های ستون*

ستون‌ها باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

(۱) ورق انتهایی باید به بال ستون متصل شود.

(۲) عمق ستون نوردشده، باید حداکثر به W920 محدود شود. عمق ستون‌های بال‌پهن ساخته‌شده نباید از عمق مقاطع نوردشده بیشتر باشد. ستون‌های صلیبی بال‌دار نباید عرض یا عمقی بزرگتر از عمق مجاز برای مقاطع نوردشده داشته باشند.

(۳) محدودیتی برای وزن واحد طول ستون‌ها وجود ندارد.

(۴) الزامات اضافی برای ضخامت بال وجود ندارد.

(۵) نسبت عرض به ضخامت بال‌ها و جان ستون باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشد.

مهم: برای ستون قوطی قابل استفاده نیست

۶-۷ ورق‌های پیوستگی*

ورق‌های پیوستگی باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

(۱) نیاز به ورق‌های پیوستگی، بر اساس بند ۶-۱۰ تعیین شود.

(۲) هنگامی‌که به ورق‌های پیوستگی نیاز است، ورق‌های پیوستگی باید با الزامات بند ۶-۱۰ مطابقت داشته باشند.

(۳) ورق‌های پیوستگی باید مطابق با ضوابط لرزه‌ای AISC توسط جوش به ستون‌ها متصل شوند.

استثناء: ورق‌های پیوستگی با ضخامت کمتر یا مساوی از ۱۰ میلی‌متر، مجاز هستند که با استفاده از جوش‌های گوشه‌ی دوطرفه، به بال‌های ستون جوش شوند. مقاومت مورد نیاز جوش‌های گوشه نباید کمتر از $F_y A_c$، باشد. A_c سطح تماس بین ورق پیوستگی و بال‌هایی از ستون است که بال‌های تیر به آن‌ها متصل شده‌اند و F_y حداقل تنش تسلیم مشخصه‌ی ورق پیوستگی تعریف می‌شود.

۶-۸ پیچ‌ها**

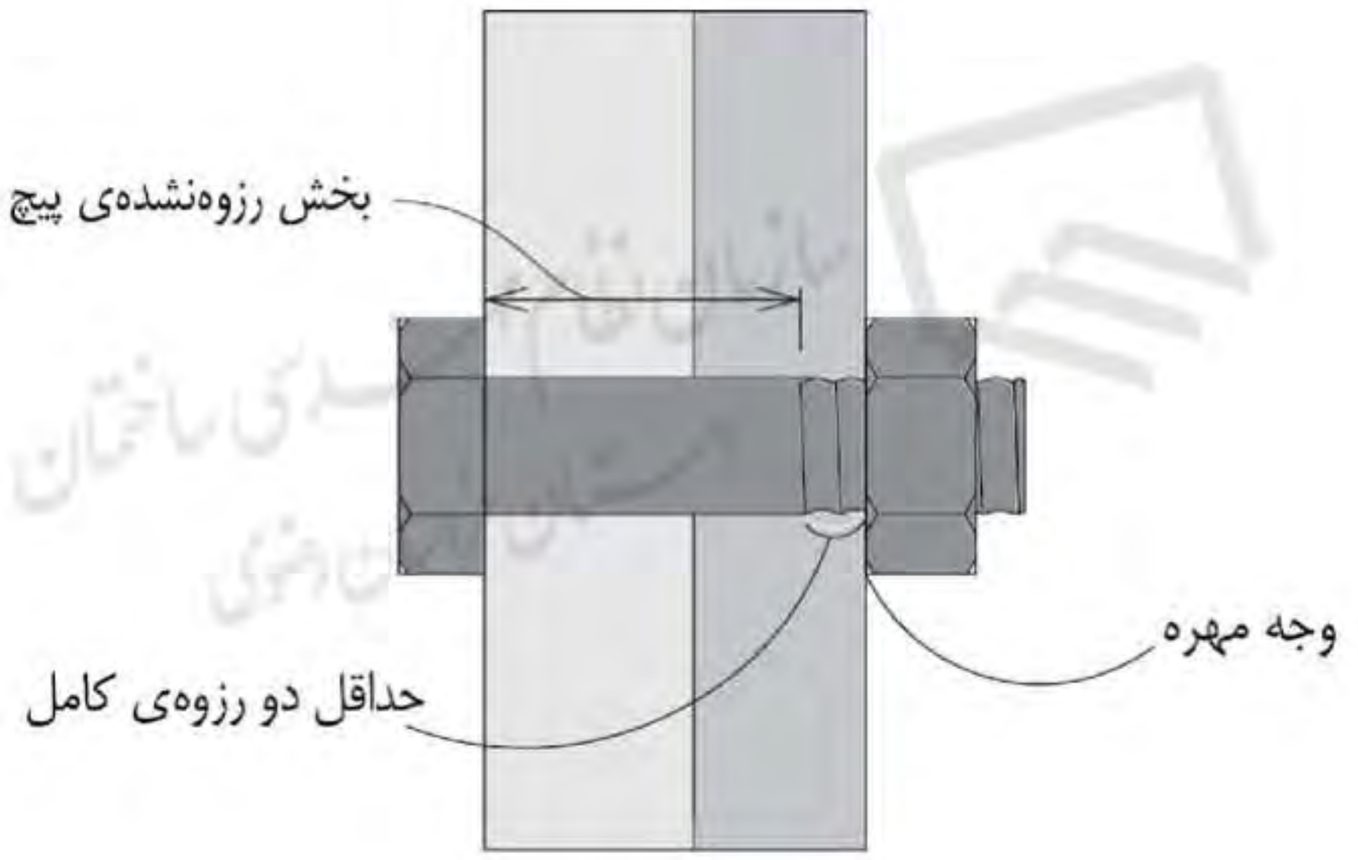
پیچ‌ها باید با الزامات فصل ۴ مطابقت داشته باشند.

۶-۸ پیچ‌ها

آزمایش‌های پیش‌پذیرفتگی با هر دو پیچ پیش‌تنیده‌ی ASTM A325 و ASTM A490 انجام شده است. طول پیچ باید به‌گونه‌ای باشد که پس از پیش‌تنیدگی، حداقل دو رزوه‌ی کامل، بین بخش رزوه‌نشده‌ی ساق پیچ و وجه مهره وجود داشته باشد. ضوابط اتصال اصطکاکی برای اتصالات خمشی با ورق انتهایی لازم نیست.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۰۱

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)



سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

شرایط عمومی اتصالات پیچی در طرح لرزه‌ای باید ۴ الزام را برآورده نمایند:

۴- تمام پیچ‌ها باید به صورت پیچ‌های پر مقاومت و پیش تنیده نصب شوند. Faying Surface باید الزامات اتصالات اصطکاکی مطابق بخش J3.8 از ضوابط عمومی AISC با ضریب لغزش کلاس A یا بیشتر را داشته باشند.

μ = mean slip coefficient for Class A or B surfaces, as applicable, and determined as follows, or as established by tests:

(i) For Class A surfaces (unpainted clean *mill scale* steel surfaces or surfaces with Class A coatings on blast-cleaned steel or hot-dipped galvanized and roughened surfaces)

$$\mu = 0.30$$

(ii) For Class B surfaces (unpainted blast-cleaned steel surfaces or surfaces with Class B coatings on blast-cleaned steel)

$$\mu = 0.50$$

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

صفحه ۱۰۲

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

Seismic Provisions for Structural Steel Buildings

D2.2

شرایط عمومی اتصالات پیچی در طرح لرزه‌ای باید ۴ الزام را برآورده نمایند:

۴- تمام پیچ‌ها باید به صورت پیچ‌های پر مقاومت و پیش تنیده نصب شوند. Faying Surface باید الزامات اتصالات اصطکاکی مطابق بخش J3.8 از ضوابط عمومی AISC با ضریب لغزش کلاس A یا بیشتر را داشته باشند.

استثناء:

سطوح اتصال در مواردی که در ادامه ذکر می گردد می تواند پوششی با ضریب اصطکاک کمتر از الزامات مربوط به Faying Surface کلاس A داشته باشد.

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

Seismic Provisions for Structural Steel Buildings

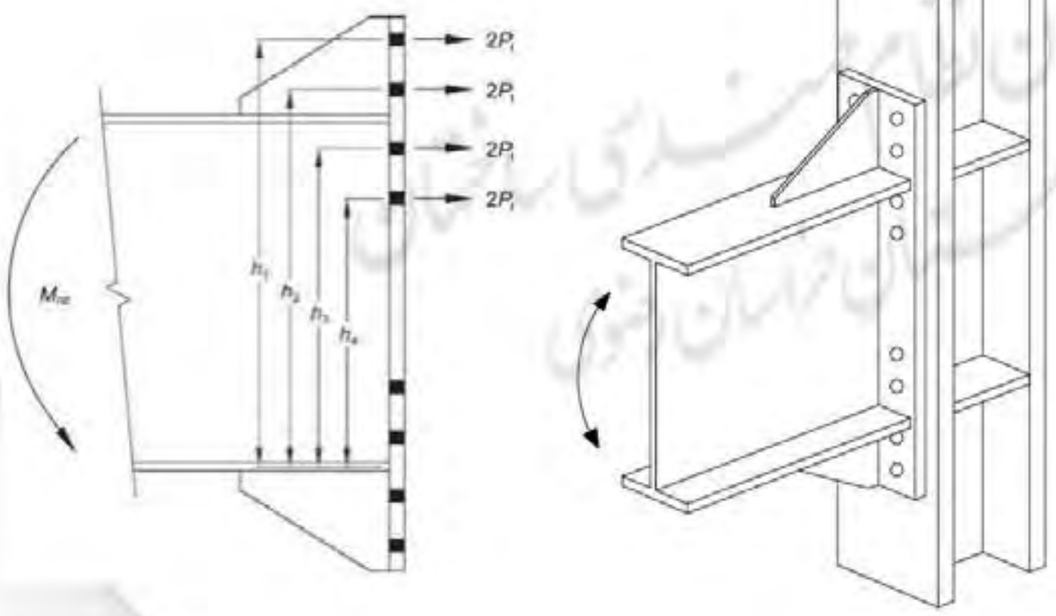
D2.2

شرایط عمومی اتصالات پیچی در طرح لرزه‌ای باید ۴ الزام را برآورده نمایند:

۴- تمام پیچ‌ها باید به صورت پیچ‌های پر مقاومت و پیش تنیده نصب شوند. Faying Surface باید الزامات اتصالات اصطکاکی مطابق بخش J3.8 از ضوابط عمومی AISC با ضریب لغزش کلاس A یا بیشتر را داشته باشند.

استثناء:

۱- اتصال خمشی با ورق انتهایی مطابق AISC 358



اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

Seismic Provisions for Structural Steel Buildings

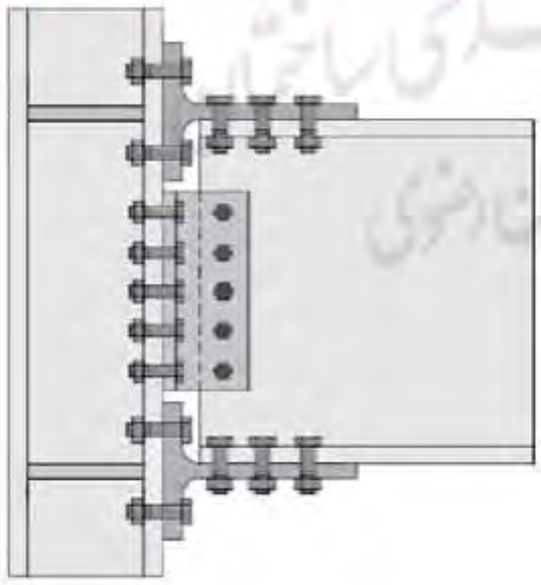
D2.2

شرایط عمومی اتصالات پیچی در طرح لرزه‌ای باید ۴ الزام را برآورده نمایند:

۴- تمام پیچ‌ها باید به صورت پیچ‌های پر مقاومت و پیش تنیده نصب شوند. Faying Surface باید الزامات اتصالات اصطکاکی مطابق بخش J3.8 از ضوابط عمومی AISC با ضریب لغزش کلاس A یا بیشتر را داشته باشند.

استثناء:

۲- اتصالات پیچی که آثار بار ناشی از زلزله از طریق کشش در پیچ‌ها یا فشار لهیدگی منتقل می‌شود و نه از طریق برش در پیچ‌ها.



اتصال خمشی به کمک سپری که در ویرایش ۲۰۱۶ AISC 358 پیش پذیرفته شده است.

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

Seismic Provisions for Structural Steel Buildings

D2.2

شرایط عمومی اتصالات پیچی در طرح لرزه‌ای باید ۴ الزام را برآورده نمایند:

۴- تمام پیچ‌ها باید به صورت پیچ‌های پر مقاومت و پیش تنیده نصب شوند. Faying Surface باید الزامات اتصالات اصطکاکی مطابق بخش J3.8 از ضوابط عمومی AISC با ضریب لغزش کلاس A یا بیشتر را داشته باشند.

به جای

استفاده از اتصال پیچی پیش تنیده + Faying Surface با کلاس A

استفاده از **اتصال پیچی اصطکاکی**

قابل قبول است

اما

بدون آنکه نیاز باشد، به **پیچ های بزرگتر و/یا تعداد بیشتر** نیاز دارد

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۷۵

۹-۶ جزئیات اتصال++

۱- گام عرضی

گام عرضی، g، در شکل‌های ۲-۶ تا ۴-۶ تعریف شده است. حداکثر اندازه‌ی گام‌عرضی، به عرض بال تیر متصل‌شده، محدود است ($g \le b_{bf}$).

۲- فاصله‌ی استقرار و ردیف‌های پیچ

حداقل فاصله‌ی استقرار برای پیچ‌های با قطر حداکثر ۲۵ میلی‌متر، برابر با قطر پیچ به‌علاوه‌ی ۱۳ میلی‌متر و برای پیچ‌هایی با قطر بیشتر، برابر با قطر پیچ به‌علاوه‌ی ۱۹ میلی‌متر است. فاصله‌های استقرار p_{fi} و p_{fo}، فاصله از وجه بال تیر تا مرکز نزدیک‌ترین ردیف پیچ است، همان‌طور که در شکل‌های ۲-۶ تا ۴-۶ نشان داده شده است. فاصله‌های استقرار p_{si} و p_{so}، فاصله از وجه ورق پیوستگی تا مرکز نزدیک‌ترین ردیف پیچ بوده، که در شکل‌های ۲-۶ تا ۴-۶ نشان داده شده‌اند.

فاصله‌ی p_b، فاصله‌ی بین ردیف داخلی و خارجی پیچ‌ها در اتصال خمشی با ورق انتهایی نوع 8ES است که در شکل ۴-۶ نشان داده شده است. فاصله‌ی ردیف‌های پیچ باید حداقل ۲۲/۲ (۲/۶۷) برابر قطر پیچ باشد.

توضیح برای کاربر: فاصله‌ای ۳ برابر قطر پیچ‌ها، ترجیح داده می‌شود. این فاصله باید به منظور تأمین فاصله‌ی آزاد برای هر جوشی در این منطقه، کافی باشد.

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۲۳۶

۳- عرض ورق انتهایی

عرض ورق انتهایی باید بزرگتر یا مساوی عرض بال تیر متصل‌شده باشد. عرض مؤثر ورق انتهایی نباید از بال تیر متصل‌شده به‌علاوه‌ی ۲۵ میلی‌متر، بزرگتر در نظر گرفته شود.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۰۵

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۷۸

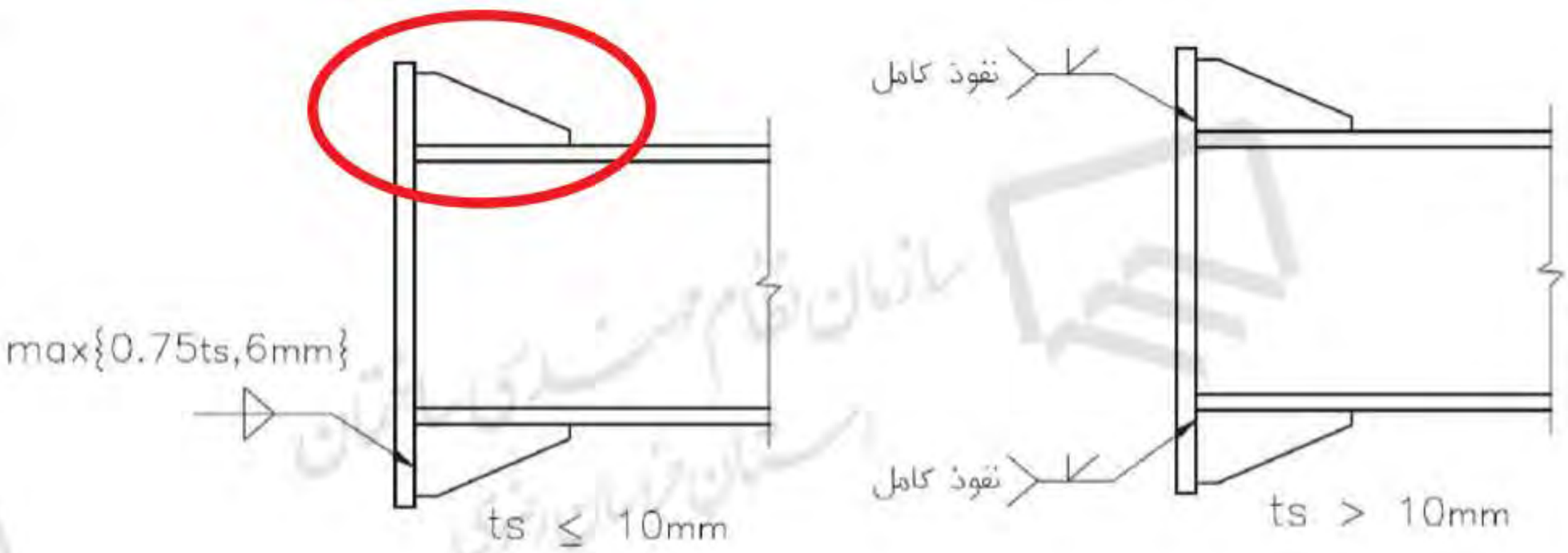
۴- سخت‌کننده‌ی ورق انتهایی

دو اتصال ورق انتهایی گسترش‌یافته‌ی سخت‌شده، شکل‌های ۶-۱ب و ۶-۱ج، به سخت‌کننده‌ای نیاز داشته که بین بال تیر متصل‌شده و ورق انتهایی جوش شود. حداقل طول سخت‌کننده باید به صورت زیر باشد:

$$L_{st} = \frac{h_{st}}{\tan 30^{\circ}} \qquad (۶-۹-۱)$$

در این رابطه، h_{st} ارتفاع سخت‌کننده بوده که مطابق شکل ۶-۵ برابر با ارتفاع ورق انتهایی از وجه بیرونی بال تیر تا انتهای ورق انتهایی می‌باشد.

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group



اتصال ورق لچکی به ورق انتهایی

اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصالات پیش‌پذیرفته
برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای

(الف) سخت‌کننده‌ی نامناسب　　(ب)سخت‌کننده‌ی مناسب

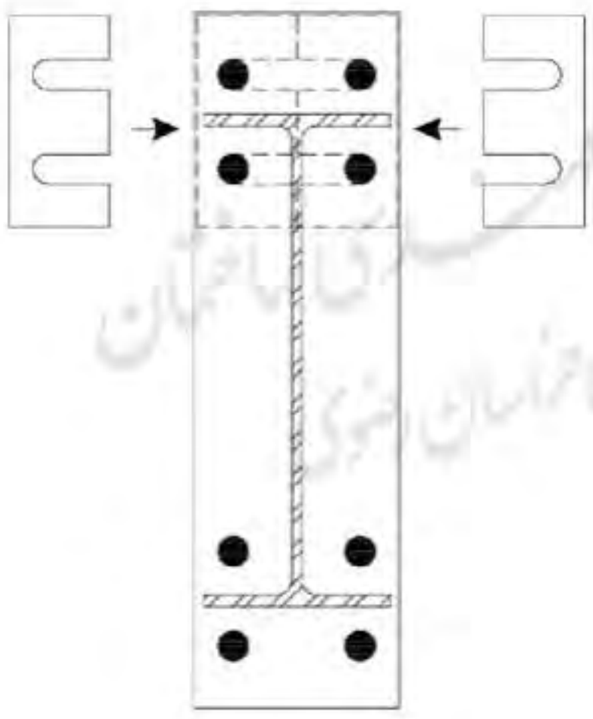
اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

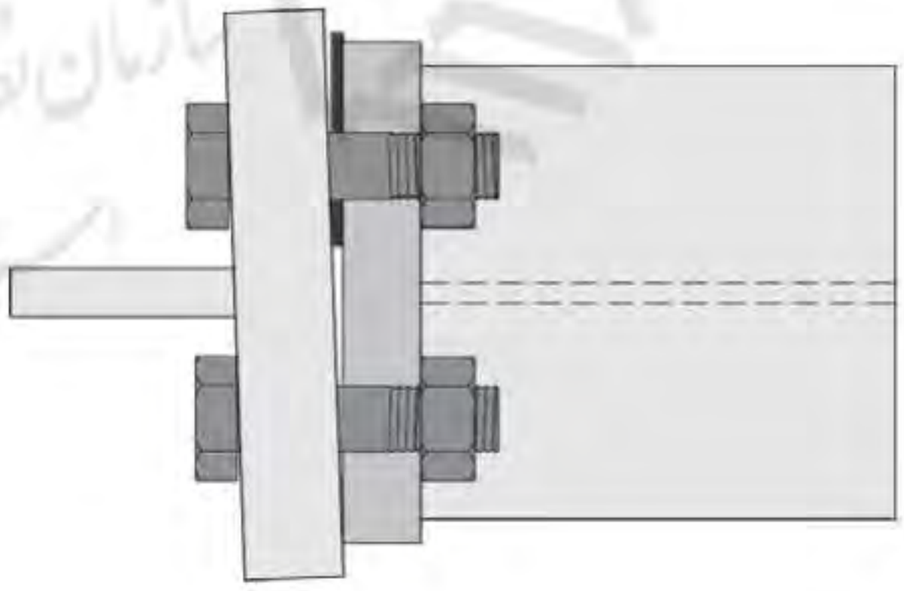
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصالات پیش‌پذیرفته
برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای

۵- پرکننده‌ی انگشتی[1]

استفاده از پرکننده‌ی انگشتی (در شکل ۶-۶ نشان داده شده است)، در صورت نیاز، در بالا و (یا) پایین اتصال و به‌صورت متقارن، بر اساس محدودیت‌های ضوابط عمومی RCSC مجاز است.





اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

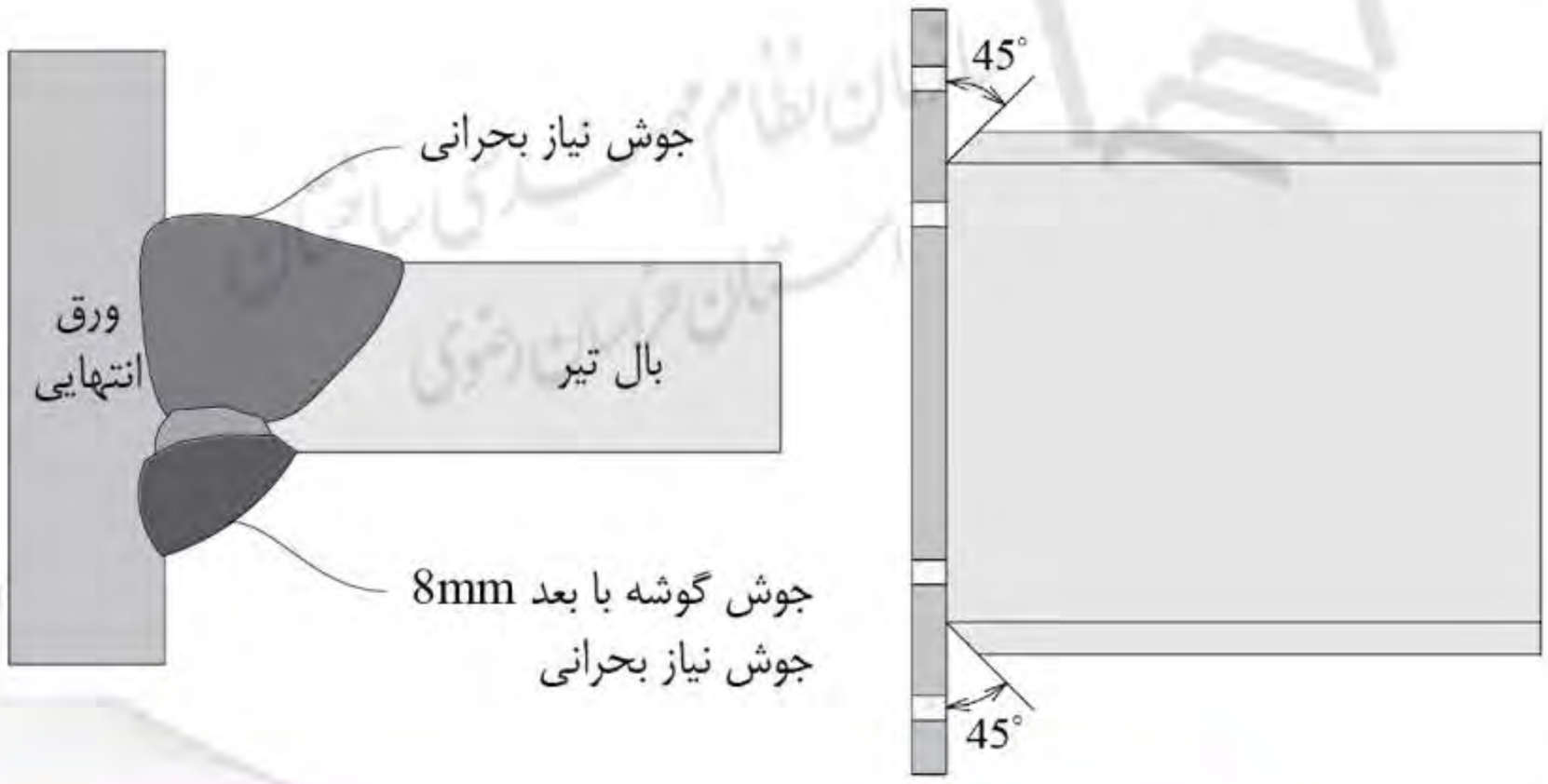
۷- جزئیات جوشکاری

جوشکاری تیر به ورق انتهایی باید مطابق با محدودیت‌های زیر باشد:

(۱) سوراخ‌های دسترسی جوشکاری نباید مورد استفاده قرار گیرند.

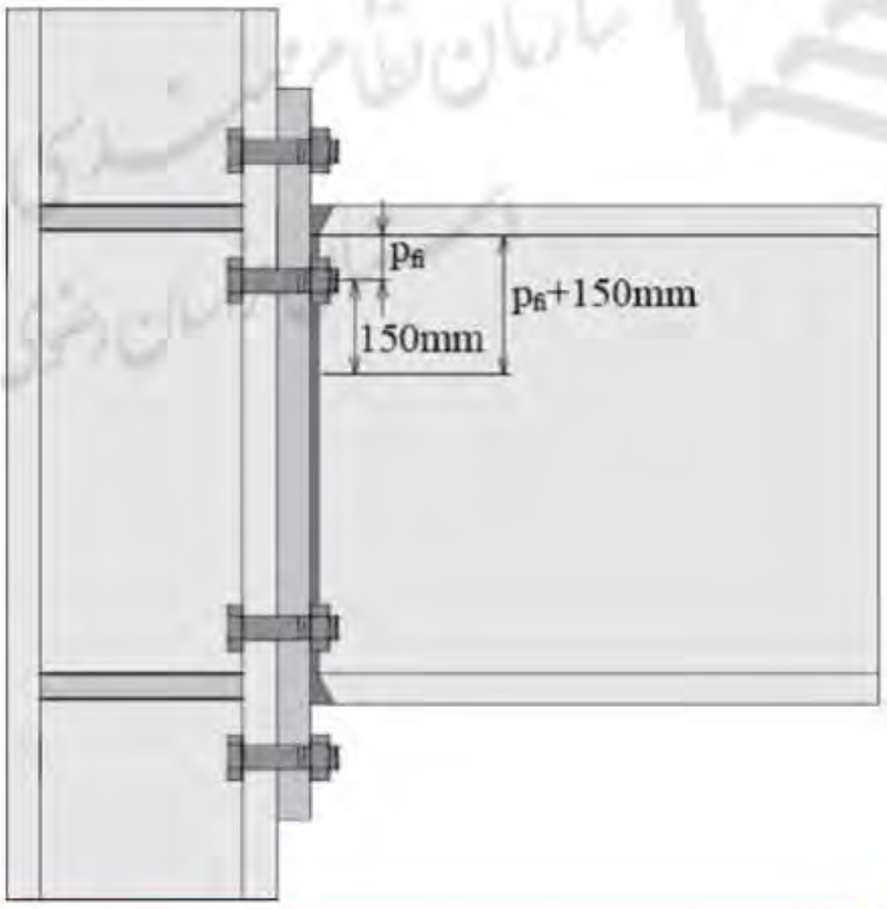
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group
اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

(۲) اتصال بال تیر به ورق انتهایی باید با جوش شیاری با نفوذ کامل، بدون پشت‌بند اجرا شود. جوش شیاری با نفوذ کامل باید به‌گونه‌ای اجرا شود که ریشه‌ی جوش، در وجه رو به جان بال باشد. وجه داخلی بال باید جوش گوشه به اندازه‌ی ۸ میلی‌متر داشته باشد. این جوش‌ها باید نیاز بحرانی باشند.



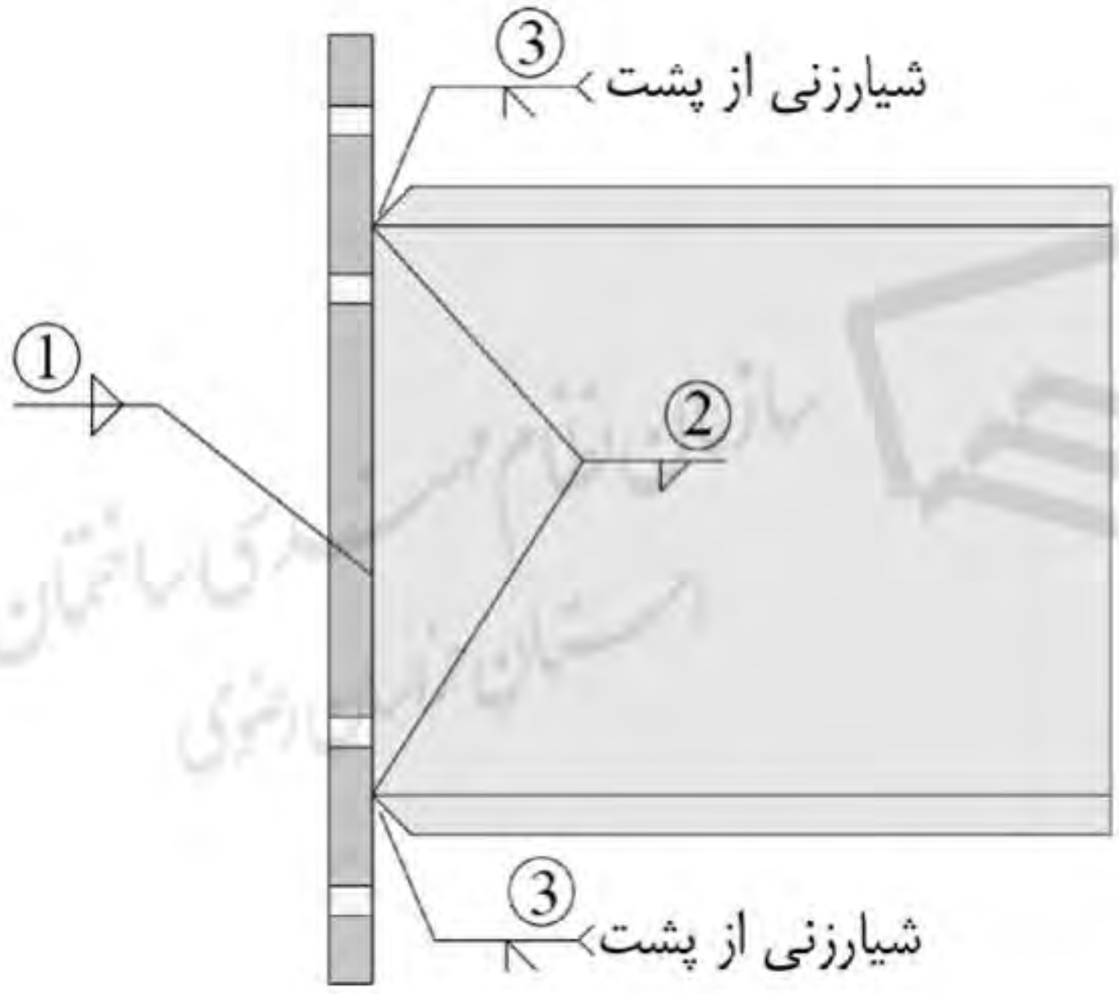
اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)

(۳) اتصال جان تیر به ورق انتهایی باید با استفاده از جوش‌های گوشه یا جوش‌های شیاری با نفوذ کامل اجرا شود. در صورت استفاده از جوش‌های گوشه، بعد آن‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که مقاومت کامل جان تیر در کشش، از وجه داخلی بال تا ۱۵۰ میلی‌متر پس از دورترین ردیف پیچ‌ها نسبت به بال تیر تأمین شود.



سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۰۹

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group
اتصال خمشی تیر با ورق انتهایی (End Plate)
اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۲۴۰



(۴) شیارزنی ریشه از پشت، در بال تیر دقیقا در بالا و پایین جان تیر برای طولی معادل $1.5k_1$ لازم نیست. در این محل جوش شیاری با نفوذ نسبی با عمق کامل[1] مجاز است.

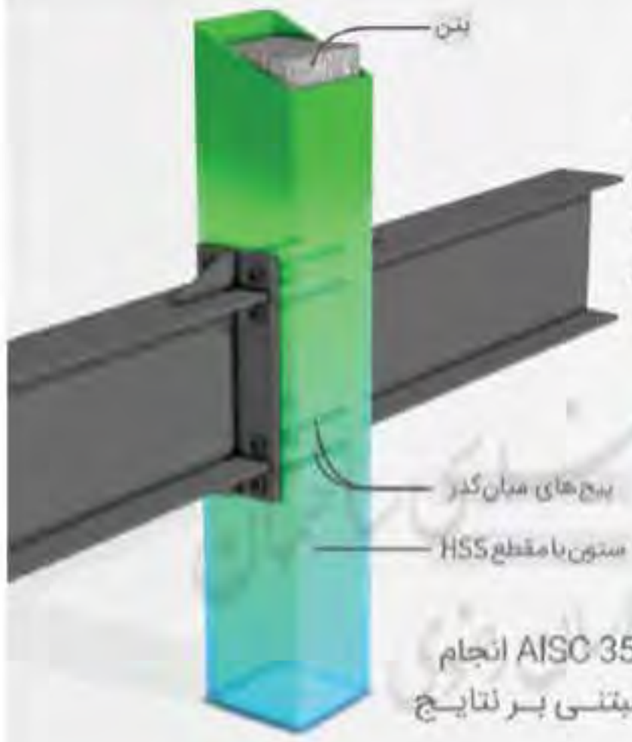
(۵) در صورت استفاده از سخت‌کننده، همه‌ی اتصالات ورق انتهایی به سخت‌کننده باید با استفاده از جوش‌های شیاری با نفوذ کامل اجرا شود.

استثناء: وقتی ضخامت سخت‌کننده ۱۰ میلی‌متر یا کمتر باشد، استفاده از جوش‌های گوشه‌ای که مقاومت سخت‌کننده را تأمین کند، مجاز است.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۱۰

سیستم سازه‌ای CFTB

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group



سیستم سازه‌ای CFTB*

سیستم سازه‌ای CFTB، سیستمی متشکل از ستون‌های پرشده با بتن به همراه اتصال خمشی ورق انتهایی می‌باشد. حذف ورق پیوستگی، عدم نیاز به ساخت ستون قوطی، سرعت بالای برپایی سازه و همچنین محافظت ستون‌ها در برابر حریق از جمله مواردی است که منجر به برتری این سیستم در مقایسه با دیگر سازه‌های فولادی مشابه شده است.

وجود بتن و عملکرد مرکب ستون پاسخگوی نیازهای مقاومتی و بهره‌برداری طراحی، با بهینه‌ترین حالت ممکن مصالح مصرفی بوده و کاهش هزینه‌های مربوط به سازه را در پی دارد.

ضوابط طراحی اتصالات در راستای ضوابط روز استاندارد طراحی اتصالات پیش‌پذیرفته AISC 358 انجام می‌شود. با این وجود روش‌های طراحی مطابق با سیستم سازه‌ای CFTB مبتنی بر نتایج آزمایشگاهی، تنظیم شده است.

سیستم سازه‌ای CFTB که حاصل تحقیقات و آزمایش‌های چند ساله گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان می‌باشد، علاوه بر گواهی ثبت اختراع، دارندهٔ گواهی فنی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی نیز بوده و تاکنون در پروژه‌های ساختمانی گوناگونی طراحی و اجرا شده است.

* عبارت CFTB اختصاری برای Concrete Filled Tube with Through Bolts می‌باشد که به معنای "پروفیل پر شده از بتن با پیچ‌های میان‌گذر" است.

سیستم سازه‌ای CFTB

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

کنسرسیوم سازه‌های CFTB متشکل از گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان[1] به عنوان مجموعه طراحی، شرکت فولاد ماشین[2] سازنده پروفیل‌های HSS، شرکت پترو پولاد پارس[3] به عنوان سازنده و نصاب سازه و شرکت نیکان تک ایرانیان[4] به عنوان تولیدکننده پیچ و مهره به صورت تخصصی بر طراحی و ساخت سازه‌های CFTB متمرکز می‌باشد.

۱ مذاکره و قرارداد	۲ طراحی	۳ تجهیزات	۴ ساخت و نصب
• دریافت پلان و اعلام قیمت اولیه	• طراحی سازه «گروه طراحی سازان»	• ساخت پروفیل HSS ستون «فولاد ماشین»	• ساخت اسکلت فلزی و نصب «پترو پولاد پارس»
		• تولید انکر بولت «نیکان تک ایرانیان»	• تضمین کیفیت «گروه تضمین کیفیت سازان»

۱. گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان www.SazanCo.com
۲. شرکت فولاد ماشین نگاه www.fooladmachine.com
۳. شرکت پترو پولاد پارس www.petropooladco.com
۴. شرکت نیکان تک ایرانیان www.ittco.ir

استفاده از مقاطع HSS برای ستون‌ها

خط تولید پروفیل‌های HSS در کارخانه فولاد ماشین نگاه

سیستم سازه‌ای CFTB

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

CFTB در مقام مقایسه

الف. مقایسه با سایر سیستم‌های سازه‌ای

مزایای سیستم‌سازه‌ای CFTB نسبت به سازه‌های فلزی

- کاهش زمان پروژه در حدود ۳۰ درصد
- کاهش ابعاد و ضخامت ستون‌ها حدود ۲۵ درصد
- عدم نیاز به پوشش ضد حریق برای ستون‌ها
- افزایش شکل پذیری سازه در برابر زلزله

مزایای سیستم‌سازه‌ای CFTB نسبت به سازه‌های بتنی

- کاهش زمان پروژه در حدود ۶۰ درصد
- کاهش ابعاد و ضخامت ستون‌ها حدود ۵۰ درصد
- افزایش فضای پارکینگ در حدود ۱۰ درصد
- افزایش مقاومت بتن به دلیل محصور شدگی

ب. مقایسهٔ بعد ستون در سیستم سازه‌ای CFTB در برابر ستون‌های فولادی و بتنی

این مقایسه در یک ساختمان با سازه‌ای ۷ طبقه و پلانی منظم با دهانه‌های ۶ متری (دو طرف قاب خمشی) صورت گرفته است.

سیستم سازه‌ای CFTB

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

پ. مقایسهٔ اقتصادی

نمونهٔ مورد مقایسه: یک ساختمان ۷ طبقه با پلان منظم و دهانه ۶ متر (دو طرف قاب خمشی)

سازه بتنی

هزینهٔ طراحی، قالب‌بندی، آرماتور بندی و بتن ریزی

حدود ۴۰٪ ارزانتر از CFTB

۵۴ کیلوگرم فولاد مصرفی در هر متر مربع (شامل تیر، ستون و اتصالات پیچ و مهره) **سازه CFTB**

هزینهٔ طراحی، ساخت و اجراء به اضافهٔ هزینه فولاد مصرفی

۷۵ کیلوگرم فولاد مصرفی در هر متر مربع (شامل تیر، ستون و کلیه اتصالات پیچ و مهره) **سازه فلزی**

هزینهٔ طراحی، ساخت و اجراء به اضافهٔ هزینه فولاد مصرفی

حدود ۲۵٪ گرانتر از CFTB

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

سیستم سازه‌ای CFTB

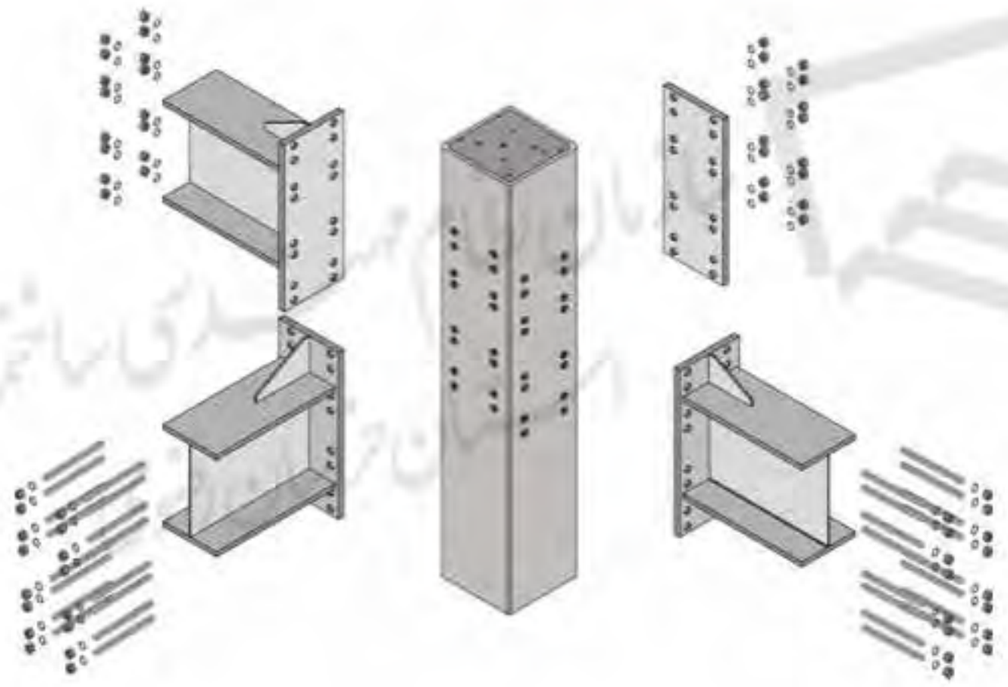
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مقاطع HSS (Hollow Structural Section)

سیستم سازه‌ای CFTB

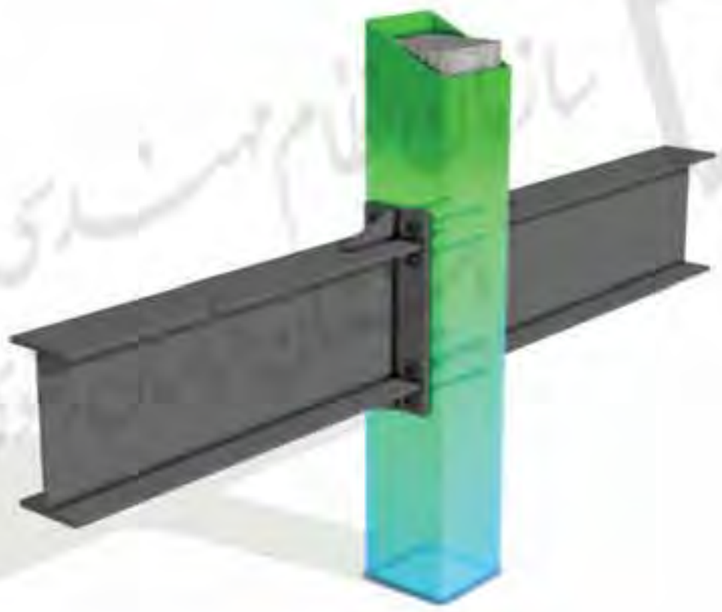
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصال تیر به ستون با ورق انتهایی و پیچ میانگذر



سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

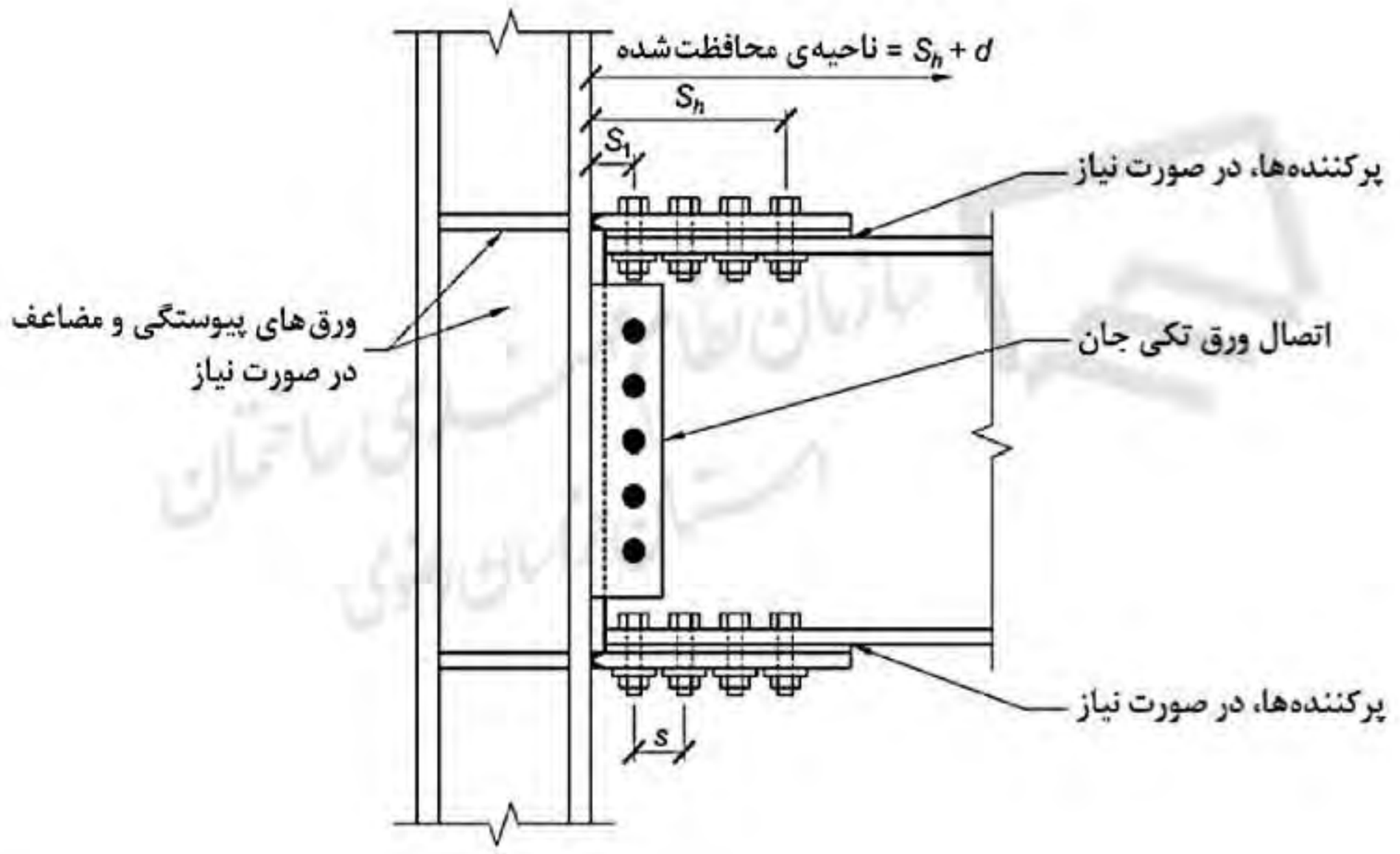
اتصال تیر به ستون با ورق انتهایی و پیچ میانگذر



سیستم سازه‌ای CFTB
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

فرآیند نصب

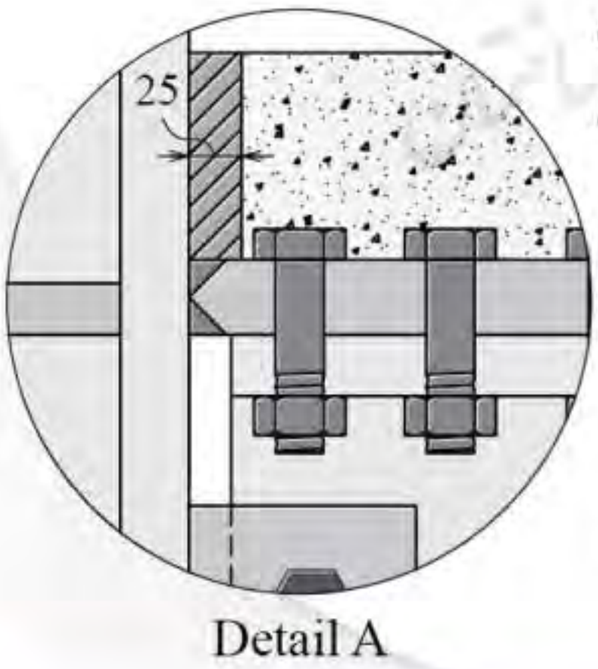


اتصال خمشی ورق بال پیچ‌شده (BFP)
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

۲-۷ سیستم‌ها**+

اتصالات ورق بال پیچ‌شـده برای استفاده در سیستم‌های قاب خمشی ویژه (SMF) و قاب خمشـی متوسط (IMF) در حدود محدودیت‌های این مقررات پیش‌پذیرفته تلقی می‌شوند.

اسـتثناء: اتصـالات ورق بـال پیچ‌شـده در سیسـتم‌های قـاب خمشـی ویـژه بـا دال‌هـای سـازه‌ای بتنـی تنهـا در صورتـی پیش‌پذیرفتـه هسـتند که دال سـازه‌ای بتنـی، در فاصلـه‌ی حداقل ۲۵ میلی‌متـری در هر دو طرف از هر دو بال سـتون قطع شـود. قـرار دادن مصالـح تراکم‌پذیـر در فاصله‌ی خالی بیـن بال‌های سـتون و دال سازه‌ای بتنی مجاز است[1].



برای اتصـال در قاب خمشـی ویژه (توصیه می‌شـود در قاب خمشی متوسط هم رعایت شـود) به وسیله مصالح تراکم‌پذیر بین دال و وجه ستون حداقل ۲۵ میلی‌متر فاصله ایجاد شود (358-7.2).

اتصال خمشی ورق بال پیچ‌شده (BFP)

۱- محدودیت‌های تیر

تیرها باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

(۱) تیرها باید از اعضای I-شکل نوردشده‌ی بال‌پهن یا ساخته‌شده‌ی جوشی، مطابق با الزامات بند ۲-۳ باشند.

(۲) عمق تیر برای شکل‌های نوردشده، حداکثر به W920 محدود است. عمق مقاطع ساخته‌شده نباید از عمق مجاز برای شکل‌های نورد شده‌ی بال‌پهن بیشتر شود.

(۳) وزن تیر، حداکثر به ۲۲۴ کیلوگرم بر متر محدود است.

(۴) ضخامت بال تیر، حداکثر به ۲۵ میلی‌متر محدود است.

(۵) نسبت دهانه‌ی آزاد به عمق تیر به موارد زیر محدود است:

(الف) برای سیستم‌های SMF، ۹ یا بزرگتر.
(ب) برای سیستم‌های IMF، ۷ یا بزرگتر.

(۶) نسبت‌های عرض به ضخامت بال‌ها و جان تیر باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشند.

تفاوت مبحث دهم و آیین‌نامه‌های آمریکایی

مبحث دهم	AISC 358
۱۰-۳-۱۳-۴-(۹) جرم واحد طول تیر نباید از ۲۵۰ کیلوگرم تجاوز نماید	وزن تیر به ۲۲۴ کیلوگرم بر متر محدود است.
۱۰-۳-۱۳-۴-(۱۰) عمق مقطع تیر نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید	عمق تیر به ۹۲۰ میلی‌متر محدود است.
۱۰-۳-۱۳-۴-(۱۱) ضخامت بال تیر نباید از ۳۰ میلی‌متر تجاوز نماید	ضخامت بال تیر به ۲۵ میلی‌متر محدود است.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی

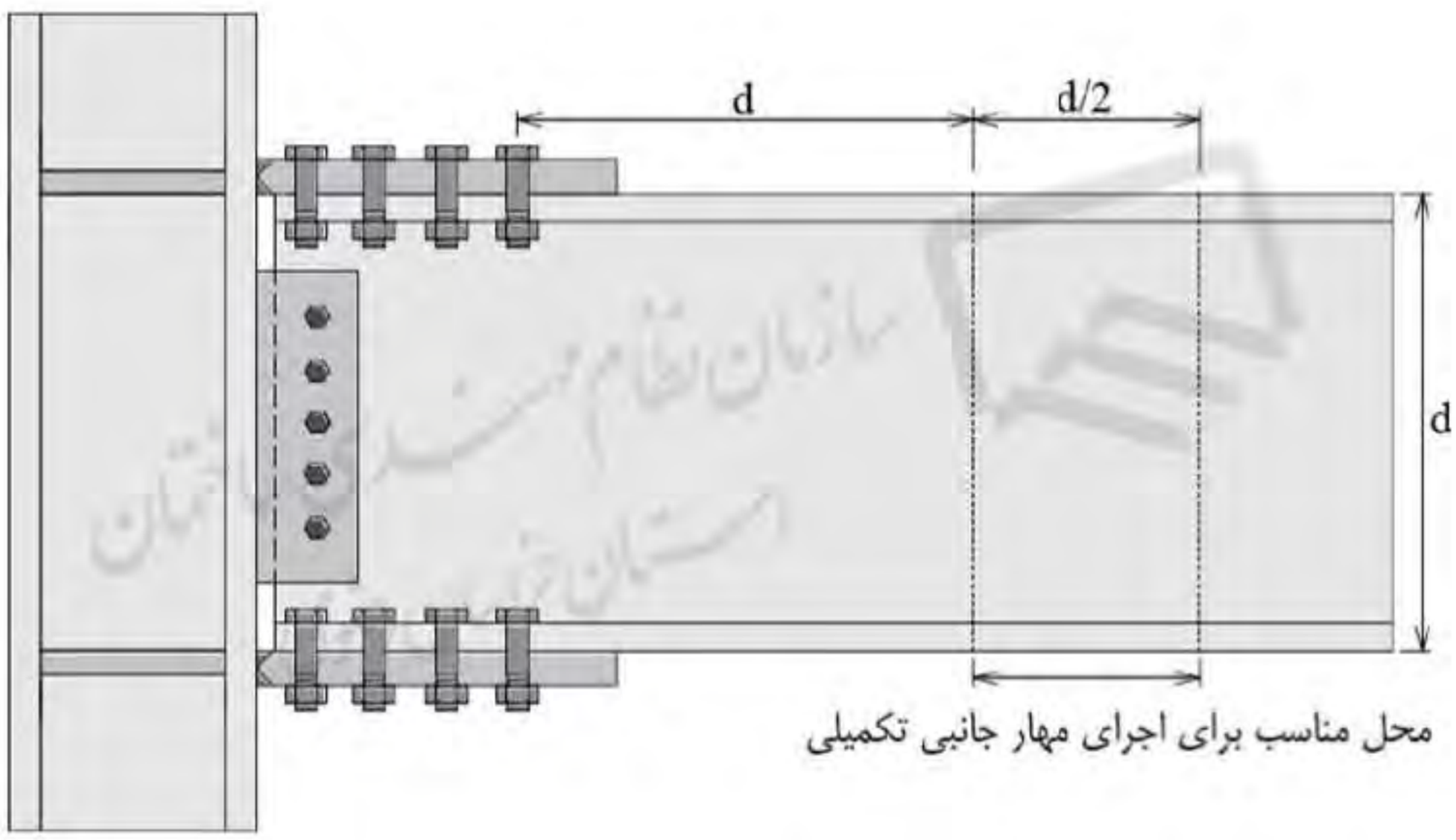
(۷) مهار جانبی تیرها باید مطابق زیر تأمین شود:

مهـار جانبی تیرهـا باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشـته باشـد. برای تأمین الزامـات فصـل E از ضوابـط لـرزه‌ای AISC، مربوط به مهـار جانبی مجـاورت مفصل‌های پلاسـتیک، مهـار جانبـی تکمیلی باید در هـر دو بال بـالا و پایین تیر تأمین شـود و باید در فاصله‌ای برابر d تا 1.5d از دورترین پیچ نسـبت به وجه ستون قرار گیرد. هیچ اتصالی از مهار جانبی نباید در ناحیه‌ی محافظت‌شده اجرا شود.

اسـتثناء: بـرای هر دو سیسـتم SMF و IMF، در جایی که تیر، دال سـازه‌ای بتنی را تحمل می‌کنـد، اگر دال در فاصله‌ی بین ناحیه‌های محافظت‌شـده، با برشـگیرهای جوش‌شـده با حداکثر فاصله‌ی مرکزی ۳۰۰ میلی‌متر، متصل شـده باشد، مهار تکمیلی بال بالا و پایین در محل مفصل‌های پلاستیک لازم نیست.

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group
اتصال خمشی ورق بال پیچ‌شده (BFP)

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان



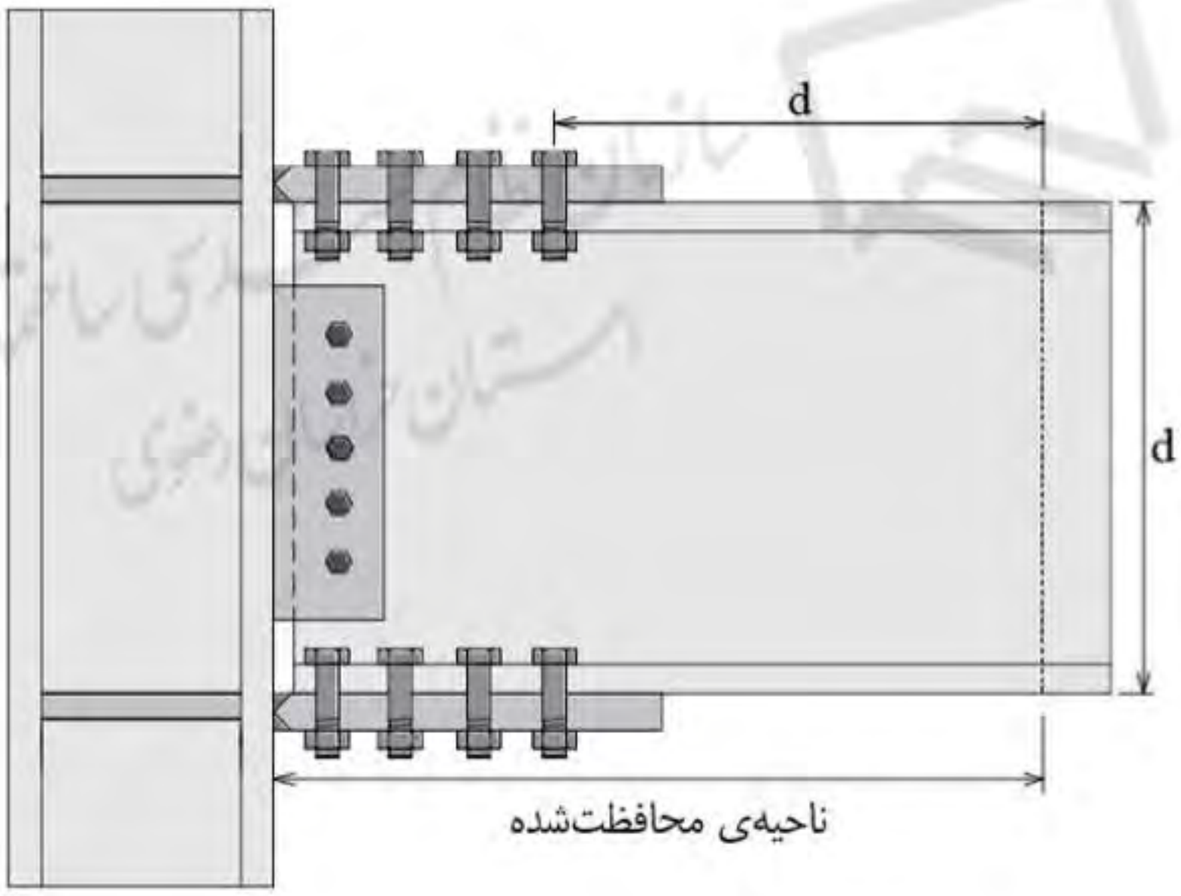
محل مناسب برای اجرای مهار جانبی تکمیلی

صفحه ۱۱۷

اتصال خمشی ورق بال پیچ‌شده (BFP)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

(۸) ناحیه‌ی محافظت‌شده، شامل ورق‌های بال و بخشی از تیر بین وجه ستون و فاصله‌ای برابر عمق تیر بعد از دورترین پیچ نسبت به وجه ستون می‌باشد.



تفاوت مبحث دهم و آیین‌نامه‌های آمریکایی

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مبحث دهم	AISC 358
۱۰-۳-۱۳-۴-(۲) در دو انتهای تیر، ناحیه‌ی محافظت شده باید برابر فاصله از بر ستون تا دورترین ردیف پیچ در روی بال تیر نسبت به بر ستون به علاوه‌ی عمق تیر در نظر گرفته شود.	ناحیه‌ی محافظت‌شده، ورق‌های بال و بخشی از تیر بین بر ستون و فاصله‌ای برابر عمق تیر بعد از دورترین پیچ نسبت به بر ستون را شامل می‌شود.

۲- محدودیت‌های ستون

(۱) ستون‌ها باید از شکل‌های نوردشده یا مقاطع ساخته‌شده‌ی جوشی مجاز مطابق بند ۲-۳ باشند.

(۲) تیر باید به بال ستون متصل شود.

(۳) عمق ستون نوردشده، هنگامی که دال سازه‌ای بتنی مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید حداکثر به W920 محدود گردد. در صورت عدم وجود دال سازه‌ای بتنی، عمق ستون نوردشده، حداکثر به W360 محدود است. ستون‌های صلیبی بال‌دار نباید عرض یا عمقی بزرگتر از عمق مجاز برای شکل‌های نوردشده داشته باشند. ستون‌های قوطی‌شکل ساخته‌شده نباید عرض یا عمقی بزرگتر از ۶۱۰ میلی‌متر داشته باشند. ستون‌های قوطی‌شکل بال‌پهن، اگر در قاب‌های خمشی متعامد مشارکت دارند، نباید عرض یا عمقی بزرگتر از ۶۱۰ میلی‌متر داشته باشند.

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group
اتصال خمشی ورق بال پیچ‌شده (BFP)

(۴) محدودیتی برای وزن واحد طول ستون‌ها وجود ندارد.

(۵) الزامات اضافی برای ضخامت بال وجود ندارد.

(۶) نسبت‌های عرض به ضخامت بال‌ها و جان ستون‌ها باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشند.

(۷) مهار جانبی ستون‌ها باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشد.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۱۹

۵-۷ جزئیات‌بندی اتصال**

۱- مشخصات مصالح ورق

تمامی ورق‌های اتصال باید با یکی از مشخصات زیر مطابقت داشته باشند: ASTM A36/A36M یا A572/A572M Grade 50 (345).

جدول ر-۷-۱ مشخصات مصالح مجاز ورق اتصال در اتصال ورق بال پیچ‌شده

نامگذاری	حداقل تنش تسلیم، F_y (MPa)	تنش کششی، F_u (MPa)	کرنش طولی، el (%)
ASTM 36	248	400-552	23
ASTM 572 Grade 50	345	448 (تنش کششی حداقل)	21

طبق بند D2 از ضوابط عمومی AISC، مقاومت کششی طراحی ($\phi_t P_n$) یک عضو کششی، برابر کوچکترین دو مقدار محاسبه‌شده بر اساس حالت حدی تسلیم کششی در مقطع کلی، A_g، و گسیختگی کششی در مقطع خالص مؤثر، A_e، عضو می‌باشد. تسلیم کششی در مقطع کلی عضو از رابطه‌ی ر-۷-۵-۱ و گسیختگی کششی در مقطع خالص عضو از رابطه‌ی ر-۷-۵-۲ به دست می‌آید.

$$P_n = F_y A_g \quad \text{و} \quad \phi = 0.9 \qquad \text{ر-۷-۵-۱}$$

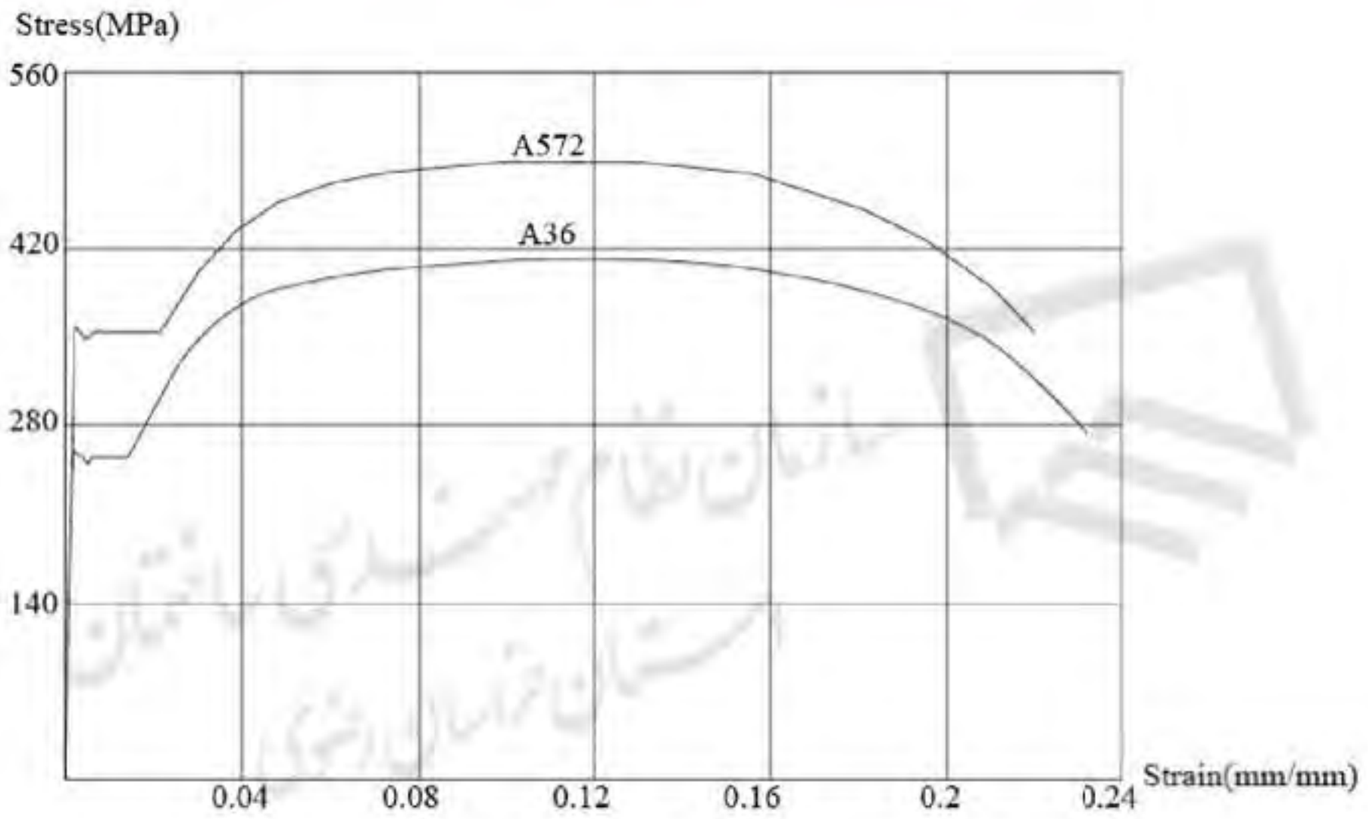
$$P_n = F_u A_e \quad \text{و} \quad \phi = 0.75 \qquad \text{ر-۷-۵-۲}$$

گسیختگی کششی، یک پدیده‌ی غیرشکل‌پذیر است و در طرح لرزه‌ای باید از وقوع آن جلوگیری شود. یکی از موارد تأثیرگذار در عدم حاکم شدن مد خرابی ترد، آن است که حداقل تنش کششی، F_u، نسبت به تنش تسلیم، F_y، مقدار هرچه بیشتری داشته باشد.

نسبت حداقل تنش کششی، F_u، و تنش تسلیم، F_y، برای فولاد A36 بیشتر از A572 می‌باشد، این نسبت با توجه به جدول ر-۷-۱ و گراف‌های شکل ر-۷-۹ (ASM International، 2002) به صورت روابط ر-۷-۵-۳ و ر-۷-۵-۴ می‌باشد:

$$A36 \Rightarrow \frac{F_u}{F_y} = \frac{400}{248} = 1.61$$ ر-۷-۵-۳

$$A572-Grade50 \Rightarrow \frac{F_u}{F_y} = \frac{448}{345} = 1.3$$ ر-۷-۵-۴



شکل ر-۷-۹ نمودار تنش-کرنش فولاد A36 و A572Grade50

اتصال خمشی ورق بال پیچ‌شده (BFP)

۲- جوش‌های ورق بال تیر

ورق‌های بال باید با استفاده از جوش‌های شیاری با نفوذ کامل به بال ستون متصل شوند و باید نیاز بحرانی در نظر گرفته شوند. پشت‌بند، در صورت استفاده، باید برداشته شود. پاس ریشه باید تا رسیدن به فلز جوش سالم از پشت شیارزنی شده و سپس جوشکاری از پشت صورت گیرد.

۳- جوش‌های ورق تکی اتصال برشی

ورق تکی اتصال برشی باید به بال ستون جوش شود. اتصال ورق تکی به بال ستون باید با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل، جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی دوطرفه، یا جوش‌های گوشه‌ی دوطرفه اجرا شود.

تفاوت مبحث دهم و آیین‌نامه‌های آمریکایی

مبحث دهم	AISC 358
۱۰-۳-۱۳-۴-(۸) اتصال ورق تکی جان به بال ستون باید از نوع نفوذی با نفوذ کامل یا جوش گوشه دو طرفه باشد. ضخامت جوش‌های گوشه در هر دو طرف نباید از 0.8tw و ۸ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود	ورق تکی اتصال برشی باید به بال ستون جوش شود. اتصال ورق تکی به بال ستون باید جوش‌های شیاری با نفوذ کامل، جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی دو طرفه، یا جوش‌های گوشه‌ی دو طرفه اجرا شود.

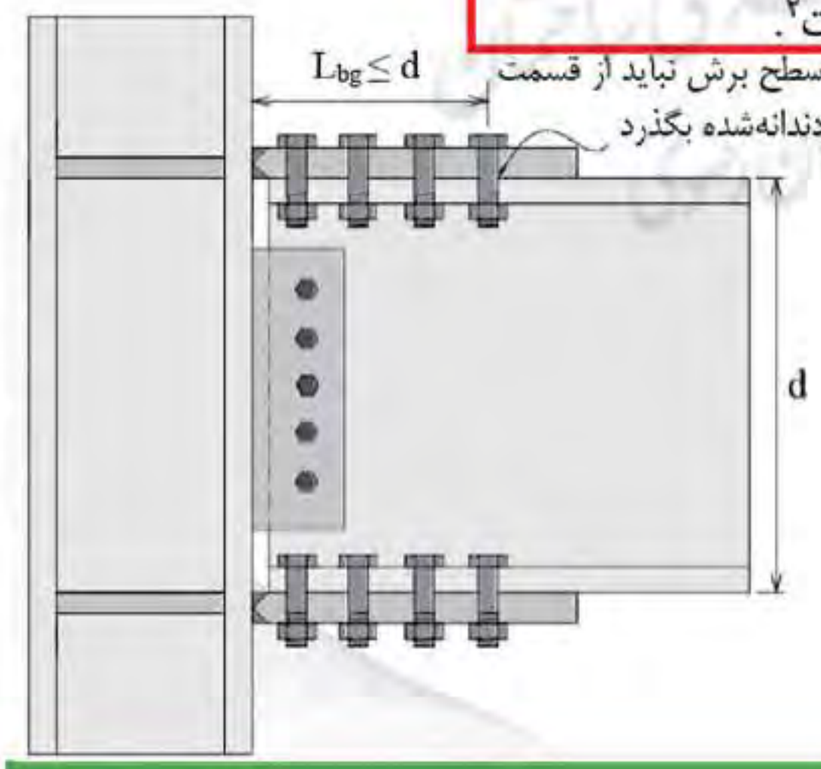
اتصالات پیش‌پذیرفته
برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای

ص ۹۸

۴- الزامات پیچ

پیچ‌ها باید نسبت به محور تیر، متقارن چیده شوند و در اتصالات ورق بال، تعداد پیچ‌ها باید به دو پیچ در هر ردیف محدود گردد. طول گروه پیچ نباید از عمق تیر بیشتر شود. در بال‌های تیر باید سوراخ‌های استاندارد مورد استفاده قرار گیرد. سوراخ‌ها در ورق‌های بال باید از سوراخ‌های استاندارد یا سوراخ‌های بزرگ‌شده باشند. سوراخ‌های پیچ در بال‌های تیر و در ورق‌های بال باید با مته‌کاری، یا ایجاد منگنه‌های فرعی و گشادکردن[1] (برقو زدن) ایجاد شوند. استفاده از سوراخ‌های منگنه‌شده مجاز نیست.

پیچ‌ها در ورق‌های بال باید از رده‌ی A490M ، ASTM A490 یا ASTM F2280 باشند. سطح برش نباید از قسمت دندانه‌شده بگذرد. قطر پیچ، حداکثر به ۲۷ میلی‌متر محدود است[2].

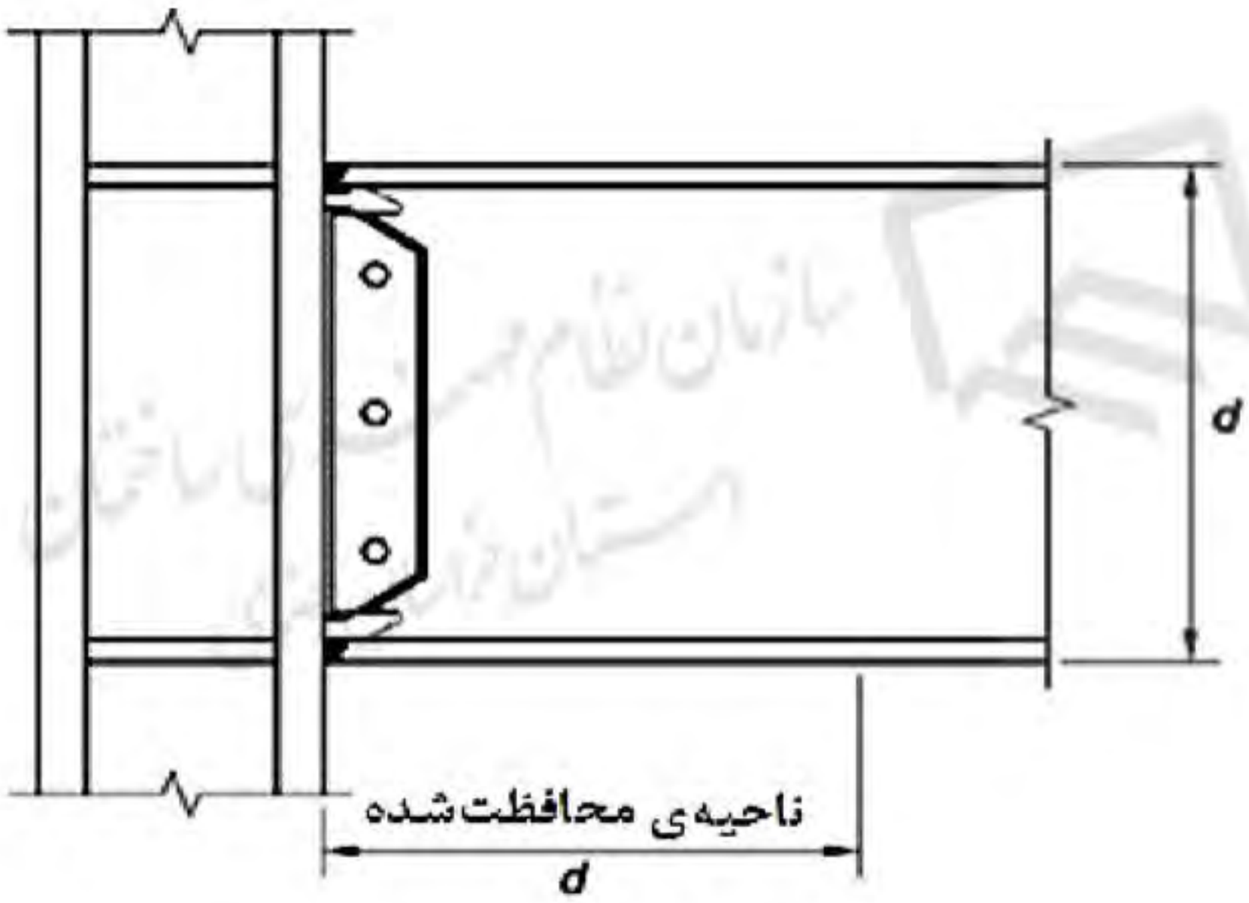


اتصالات پیش‌پذیرفته
برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای

ص ۹۹

۵- پرکننده‌های ورق بال

پرکننده‌ها (شیم‌ها) با حداکثر ضخامت کلی ۶ میلی‌متر می‌توانند بین ورق بال و بال تیر مورد استفاده قرار گیرند، همان‌طور که در شکل ۷-۱ نمایش داده شده است. پرکننده‌ها، در صورت نیاز، ممکن‌است یا پرکننده‌های انگشتی، یا صفحه‌ی سوراخ‌کاری شده با مته یا منگنه باشند.



۱- محدودیت‌های تیر

تیرها باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

(۱) تیرها باید از اعضای I-شکل نوردشده‌ی بال‌پهن یا ساخته‌شده، مطابق با الزامات بند ۲-۳ باشند.

(۲) عمق تیر برای شکل‌های نوردشده، حداکثر به W920 محدود است. عمق مقاطع ساخته‌شده نباید از عمق مجاز برای شکل‌های نوردشده‌ی بال‌پهن بیشتر شود.

(۳) وزن تیر، حداکثر به ۲۲۴ کیلوگرم بر متر محدود است.

(۴) ضخامت بال تیر، حداکثر به ۲۵ میلی‌متر محدود است.

(۵) نسبت دهانه‌ی آزاد به عمق تیر، به موارد زیر محدود است:

(الف) برای سیستم‌های SMF، ۷ یا بزرگتر.

(ب) برای سیستم‌های IMF، ۵ یا بزرگتر.

(۶) نسبت‌های عرض به ضخامت بال‌ها و جان تیر باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشند.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۲۴

تفاوت مبحث دهم و آیین‌نامه‌های آمریکایی

مبحث دهم	AISC 358
۱۰-۳-۱۳-۶-(۷) مقاطع تیرها باید از نوع اشکل بوده و عمق مقطع آن‌ها حداکثر برابر ۱۰۰۰ میلی‌متر باشد. ۱۰-۳-۱۳-۶-(۸) جرم واحد طول تیر نباید از ۲۵۰ کیلوگرم تجاوز نماید ۱۰-۳-۱۳-۶-(۹) ضخامت بال تیر نباید از ۳۰ میلی‌متر تجاوز نماید	وزن تیر به ۲۲۴ کیلوگرم بر متر محدود است. عمق تیر به ۹۲۰ میلی‌متر محدود است. ضخامت بال تیر به ۲۵ میلی‌متر محدود است.

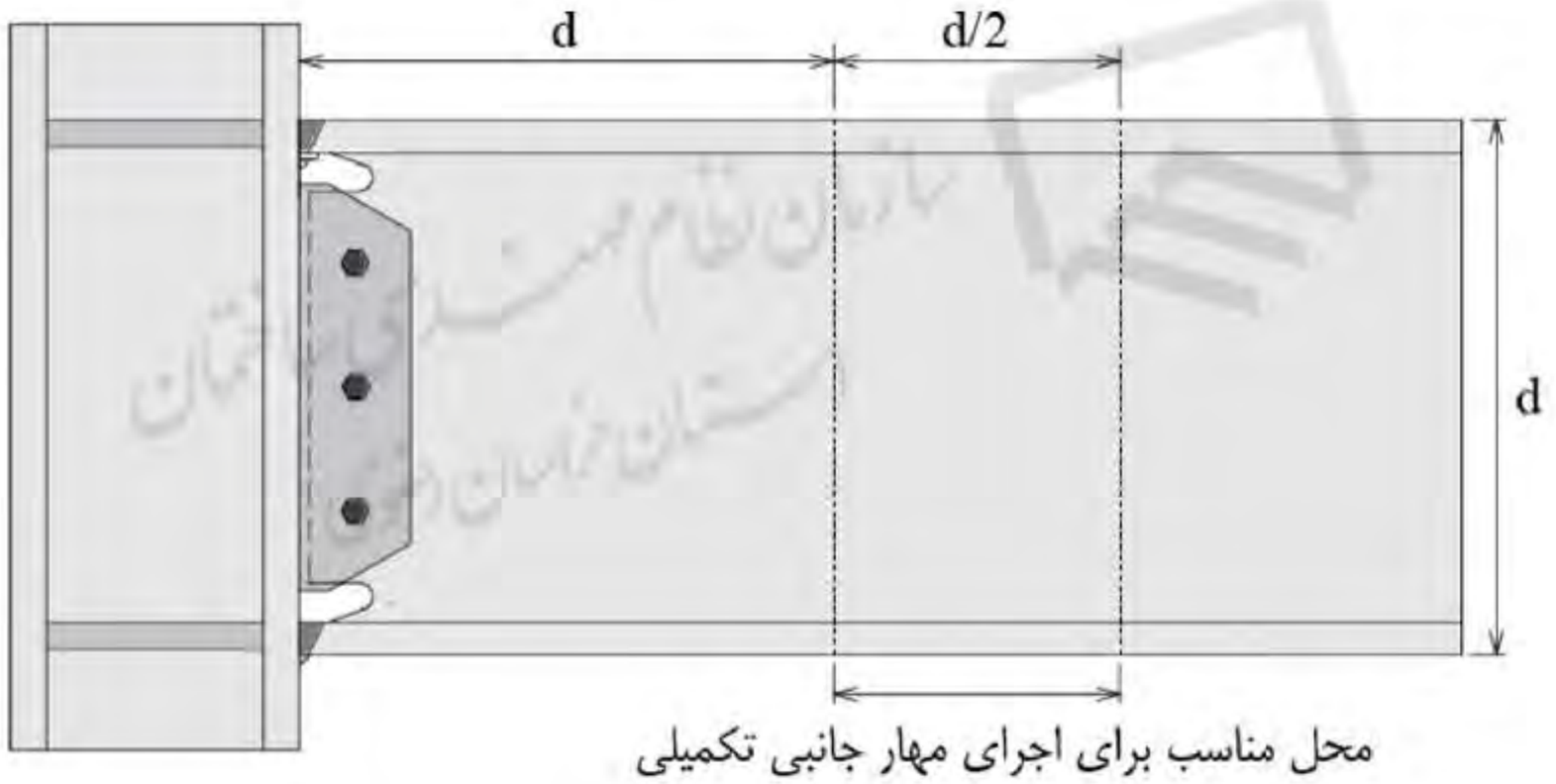
اتصال خمشی جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)

(۷) مهار جانبی تیرها باید مطابق زیر تأمین شود:

مهـار جانبی تیرهـا باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشـته باشـد. برای تأمین الزامـات ضوابط لرزه‌ای AISC مربوط به مهار جانبی مجاورت مفصل‌های پلاسـتیک، مهار جانبـی تکمیلی باید در هر دو بال بالا و پایین تیر تأمین شـود، و بایـد در فاصله‌ای برابر d تا 1.5d از وجـه سـتون قرار گیرند. هیچ اتصالی از مهـار جانبی نباید در ناحیه‌ای از تیر بین وجه ستون و فاصله‌ی d از وجه ستون اجرا شود.

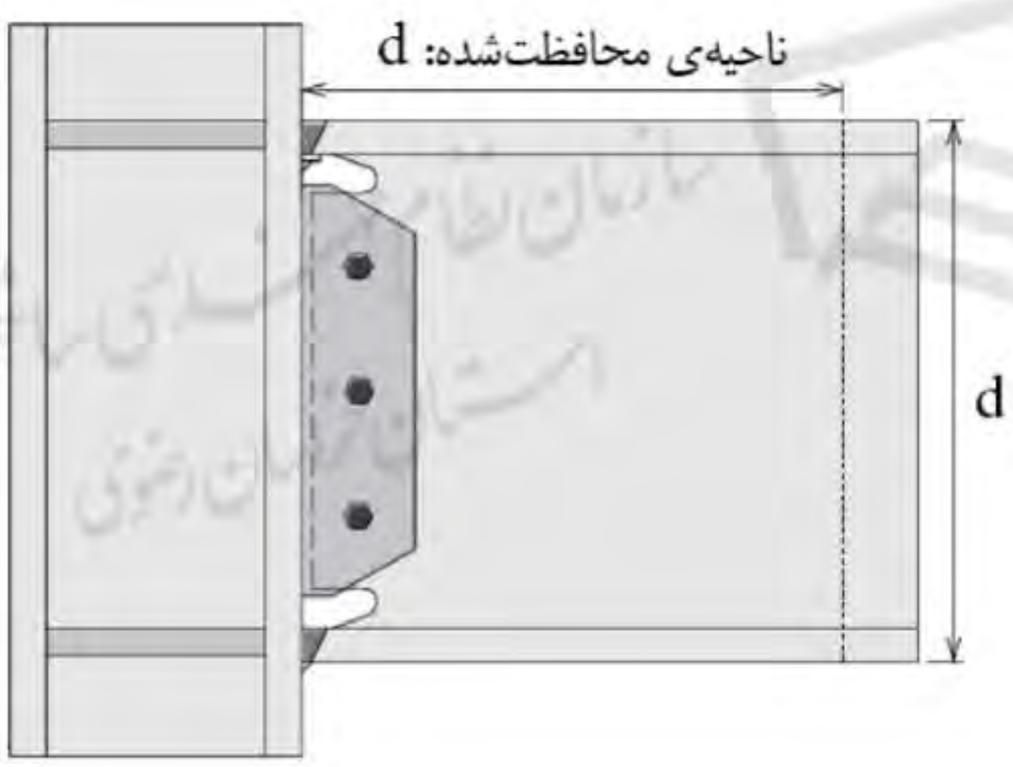
اسـتثناء: بـرای هر دو سیسـتم SMF و IMF، در جایی که تیر، دال سـازه‌ای بتنی را تحمل می‌کنـد، اگر دال در فاصله‌ی بین ناحیه‌های محافظت‌شـده، با برشـگیرهای جوش‌شـده با حداکثر فاصله‌ی مرکزی ۳۰۰ میلی‌متر، متصل شـده است، مهار تکمیلی بال بالا و پایین در مقطع کاهش‌یافته لازم نیست.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی



مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

(۸) ناحیه‌ی محافظت‌شـده، شامل بخشی از تیر بین وجه سـتون و فاصله‌ای برابر عمق تیر ، d، نسبت به وجه ستون می‌باشد.



صفحه ۱۲۶

۲- محدودیت‌های ستون

ستون‌ها باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

(۱) ستون‌ها باید از شکل‌های نوردشده یا مقاطع ساخته‌شده‌ی مجاز در بند ۲-۳ باشند.

(۲) تیر باید به بال ستون متصل شود.

(۳) عمق ستون نوردشده باید حداکثر به W920 محدود شود. عمق ستون‌های بال‌پهن ساخته‌شده نباید از مقدار مجاز برای برای شکل‌های نوردشده، بزرگتر شود. ستون‌های صلیبی بال‌دار نباید عرض یا عمقی بزرگتر از عمق مجاز برای شکل‌های نوردشده داشته باشند. ستون‌های قوطی‌شکل ساخته‌شده نباید عرض یا عمقی بزرگتر از ۶۱۰ میلی‌متر داشته باشند. ستون‌های قوطی‌شکل بال‌پهن اگر در قاب‌های خمشی متعامد مشارکت دارند، نباید عرض یا عمقی بزرگتر از ۶۱۰ میلی‌متر داشته باشند.

(۴) محدودیتی برای وزن واحد طول ستون‌ها وجود ندارد.

(۵) الزامات اضافی برای ضخامت بال وجود ندارد.

(۶) نسبت‌های عرض به ضخامت بال‌ها و جان ستون‌ها باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشند.

(۷) مهار جانبی ستون‌ها باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشد.

استاندارد ژاپن (AIJ، 2001) برای اتصالات مستقیم در نواحی با لرزه‌خیزی شدید، مفهوم طراحی مقاومت نهایی اتصال مستقیم را ارائه می‌کند. این فلسفه، مقاومت نهایی اتصال را برای تشکیل مفصل پلاستیک در تیر تضمین می‌نماید. شرط مقاومت نهایی اتصال مستقیم آن است که رابطه‌ی ر-۸-۳-۱ برقرار باشد.

$$ {}_jM_u \geq \alpha M_p \qquad \text{(ر-۸-۳-۱)} $$

که در این رابطه:

${}_jM_u$ = مقاومت نهایی اتصال، $N.mm$

M_p = لنگر پلاستیک کامل اسمی، $N.mm$

α = ضریب اتصال، بر اساس جدول ر-۸-۱

جدول ر-۸-۱ ضریب اتصال α با توجه به مصالح تیر

مصالح	F_y (MPa)	F_u (MPa)	α
SN400	235	400	1.3
SN490	325	490	1.2

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۲۶۲

تعیین مقاومت نهایی اتصال (برای ستون I-شکل)

مقاومت نهایی اتصال، $_jM_u$، از رابطه‌ی ر-۸-۳-۲، برای یک ستون I-شکل که از مجموع مقاومت نهایی بال، $_jM_{fu}$، و مقاومت پلاستیک جان، $_jM_{wu}$، تشکیل شده است، محاسبه می‌گردد. مقاومت نهایی بال و مقاومت پلاستیک جان، به ترتیب، از رابطه‌های ر-۸-۳-۳ و ر-۸-۳-۴ محاسبه می‌شوند. شکل ر-۸-۶ مقاومت نهایی یک اتصال مستقیم به ستون I-شکل را نشان می‌دهد.

$$_jM_u = {}_jM_{fu} + {}_jM_{wu} \qquad (ر-۸-۳-۲)$$

$$_jM_{fu} = A_f . d_b . \sigma_{fu} \qquad (ر-۸-۳-۳)$$

$$_jM_{wu} = Z_{wpc} . \sigma_{wy} \qquad (ر-۸-۳-۴)$$

که در رابطه‌های فوق:

A_f = مساحت مقطع بال تیر، mm^2

d_b = طول مرکز به مرکز بال‌های تیر، mm

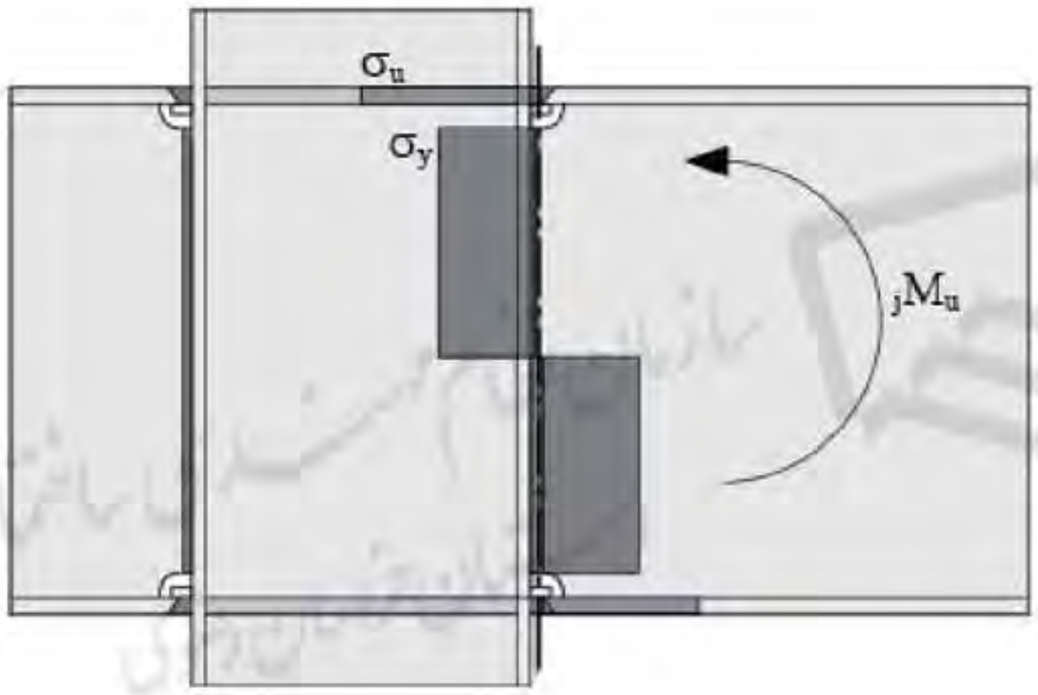
σ_{fu} = مقاومت کششی بال تیر، N/mm^2

Z_{wpc} = اساس پلاستیک مؤثر جان تیر با در نظر گرفتن اثر سوراخ‌های دسترسی جوش، mm^3

σ_{wy} = تنش تسلیم جان تیر، N/mm^2

اتصال خمشی جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۲۶۳
صفحه ۱۲۸

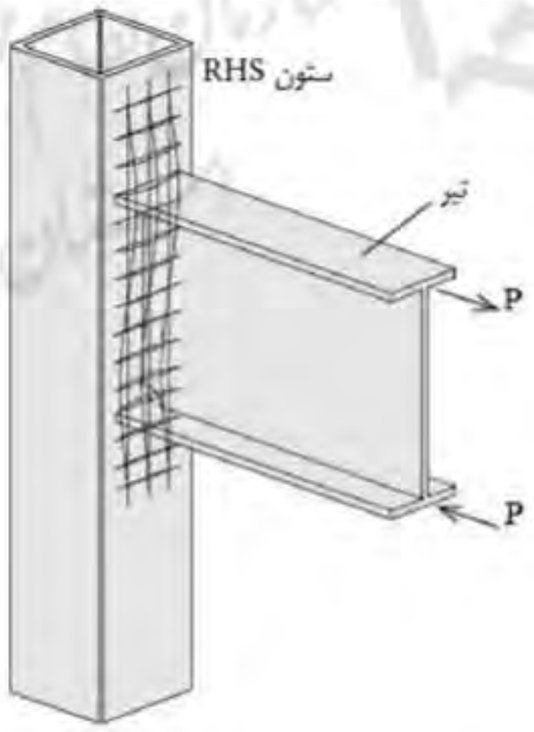


شکل ر-۸-۶ مقاومت نهایی اتصال مستقیم به ستون I-شکل

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۲۹

تعیین مقاومت نهایی اتصال (برای ستون قوطی)

اگر تیر به طور مستقیم به دیواره‌ی ستون قوطی متصل شده باشد، کوپل نیروهای موجود در بال تیر می‌تواند منجر به تغییرشکل خارج از صفحه به مقدار قابل‌توجهی شود که «تغییرشکل موضعی» نامیده می‌شود، شکل ر-۸-۷. این مسئله می‌تواند باعث کاهش سختی و مقاومت اتصال شود. در محل اتصال به سخت‌کننده‌های مناسب (ورق‌های پیوستگی) نیاز است.



شکل ر-۸-۷ تغییرشکل موضعی در محل اتصال مستقیم به ستون قوطی

رابطه‌ی کلی محاسبه‌ی مقاومت نهایی اتصال در این حالت نیز مشابه حالت ستون I-شکل، رابطه‌ی ر-۸-۳-۲، می‌باشد. محاسبه‌ی مقاومت نهایی بال تیر، با حالت قبل تفاوتی ندارد، رابطه‌ی ر-۸-۳-۳. اما به دلیل تغییرشکل خارج از صفحه‌ی دیواره‌ی ستون قوطی، لنگر منتقل‌شده توسط اتصال جان تیر، ممکن است با توجه به نسبت عرض به ضخامت ستون قوطی، کاهش یابد. رابطه‌ی ر-۸-۳-۵. شکل ر-۸-۸ مقاومت نهایی یک اتصال مستقیم به ستون قوطی را نشان می‌دهد.

$$ {}_jM_u = {}_jM_{fu} + {}_jM_{wu} $$ (ر-۸-۳-۲) (تکراری)

$$ {}_jM_{fu} = A_f.d_b.\sigma_{fu} $$ (ر-۸-۳-۳) (تکراری)

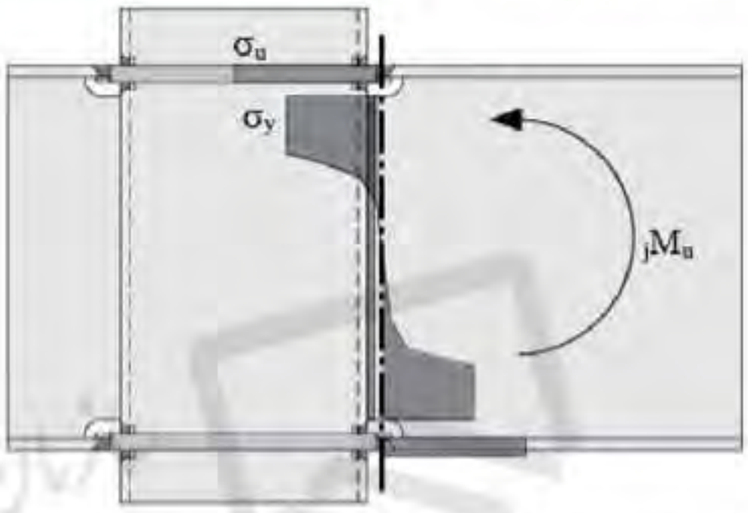
$$ {}_jM_{wu} \le Z_{wpe}.\sigma_{wy} $$ (ر-۸-۳-۴)

رابطه‌ی پیشنهادی برای کاهش مقاومت پلاستیک جان به صورت رابطه‌ی ر-۸-۳-۶ می‌باشد که میزان کاهش، به کمک پارامتر تعریف‌شده در رابطه‌ی ر-۸-۳-۷ به دست می‌آید.

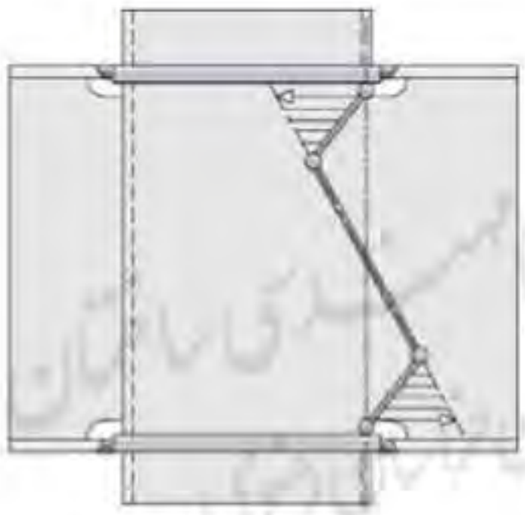
$$ {}_jM_{wu} = m.Z_{wpe}.\sigma_{wy} $$ (ر-۸-۳-۶)

$$ m = \min\left\{1.4\frac{t_{cf}}{d_j}\sqrt{\frac{b_j\sigma_{cy}}{t_{bw}\sigma_{wy}}}\right\} $$ (ر-۸-۳-۷)

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی



(الف) توزیع نیرو در ارتفاع مقطع تیر (نمای کناری)



(ج) تغییرشکل دیواره‌ی ستون قوطی پس از اعمال نیرو

شکل ر-۸-۸ مقاومت نهایی اتصال مستقیم به ستون قوطی

(ب) خطوط تسلیم (نما از رو به رو)

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان

۸-۵ جوش‌های بال تیر به بال ستون**+

اتصالات بال تیر به بال ستون باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

(۱) بال‌های تیر باید با استفاده از جوش‌های شیاری با نفوذ کامل به بال‌های ستون متصل شوند. جوش‌های بال تیر باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC برای جوش‌های نیاز بحرانی مطابقت داشته باشند.

(۲) هندسه‌ی سوراخ دسترسی باید با الزامات بند ۶-۱۰-۱-۲ از آیین‌نامه‌ی جوشکاری سازه‌ای-مکمل لرزه‌ای[1] مطابقت داشته باشد. الزامات کیفیت سوراخ دسترسی باید با الزامات آیین‌نامه‌ی جوشکاری سازه‌ای-مکمل لرزه‌ای، مطابقت داشته باشد.

صفحه ۱۳۰

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۳۱

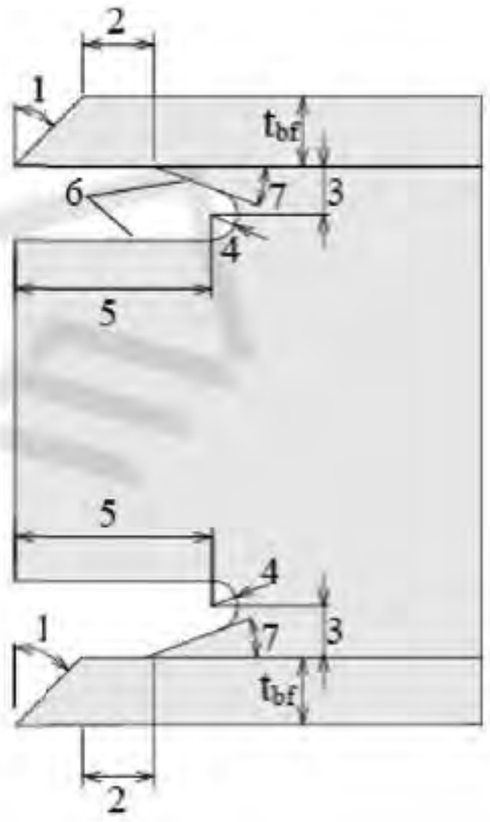
۵-۸ جوش‌های بال تیر به بال ستون**

اتصالات بال تیر به بال ستون باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند:

(۱) بال‌های تیر باید با استفاده از جوش‌های شیاری با نفوذ کامل به بال‌های ستون متصل شوند. جوش‌های بال تیر باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC برای جوش‌های نیاز بحرانی مطابقت داشته باشند.

(۲) هندسه‌ی سوراخ دسترسی باید با الزامات بند ۶-۱۰-۱-۲ از آیین‌نامه‌ی جوشکاری سازه‌ای-مکمل لرزه‌ای[1] مطابقت داشته باشد. الزامات کیفیت سوراخ دسترسی باید با الزامات آیین‌نامه‌ی جوشکاری سازه‌ای-مکمل لرزه‌ای، مطابقت داشته باشد.

1. شیار مطابق WPS
2. t_{bf} یا ۱۲ میلی‌متر، هرکدام که بزرگتر باشد ($+\frac{1}{2}\ t_{bf}, -\frac{1}{4}\ t_{bf}$)
3. حداقل بعد باید بیشترین مقدار $\frac{3}{4}\ t_{bf}$ و ۲۰ میلی‌متر باشد. حداکثر بعد باید t_{bf} باشد. (+6mm)
4. حداقل شعاع ۱۰ میلی‌متر (از ۰- تا + بی‌نهایت)
5. $3t_{bf}$ (±12mm)
6. سطح تمام‌شده‌ی سوراخ دسترسی نباید دارای ناهمواری بیش از ۱۳ میکرون باشد.
7. جمع رواداری‌ها نباید به گونه‌ای باشد که زاویه‌ی بین سطح برش سوراخ و بال از ۲۵ درجه بیشتر شود.

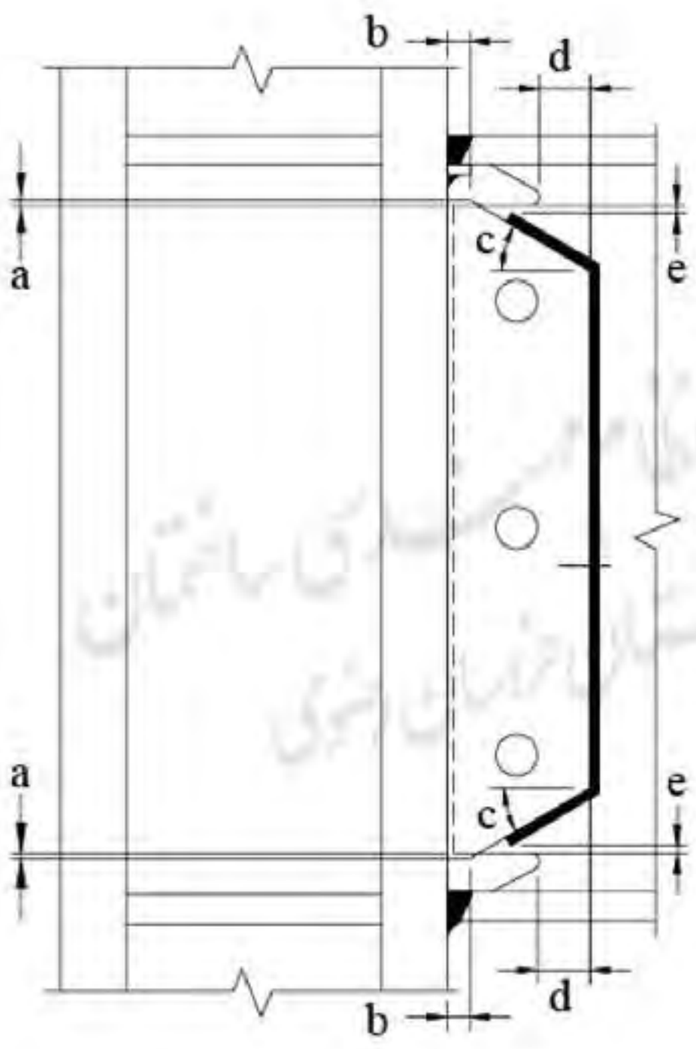


شکل ر-۸-۹ سوراخ دسترسی ویژه از AWS D1.8

۸-۶ محدودیت‌های اتصال جان تیر به ستون[++]

جزئیات کلی اتصال جان تیر به بال ستون در شکل ۸-۲ نمایش داده شده است. ورق تکی اتصال برشی باید با الزامات نمایش داده شده در شکل ۸-۲ مطابقت داشته باشد. اتصالات جان تیر به بال ستون باید محدودیت‌های زیر را برآورده نماید:

(۱) یک ورق تکی اتصال برشی باید با حداقل ضخامتی برابر ضخامت جان تیر تأمین شود. ارتفاع ورق تکی باید امکان هم‌پوشانی حداقل ۶ میلی‌متر و حداکثر ۱۲ میلی‌متر با سوراخ دسترسی جوش در بالا و پایین را مطابق شکل ۸-۳ فراهم کند. عرض ورق باید حداقل تا ۵۰ میلی‌متر بعد از انتهای سوراخ دسترسی جوش گسترش یابد.



a = حداقل ۶ میلی‌متر، حداکثر ۱۲ میلی‌متر
b = حداقل ۲۵ میلی‌متر
c = ۳۰ درجه (۱۰ درجه رواداری)
d = حداقل ۵۰ میلی‌متر
e = حداقل ۱۲ میلی‌متر، حداکثر ۲۵ میلی‌متر فاصله از انتهای جوش گوشه تا لبه‌ی سوراخ دسترسی

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۳۳

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۱۰۹

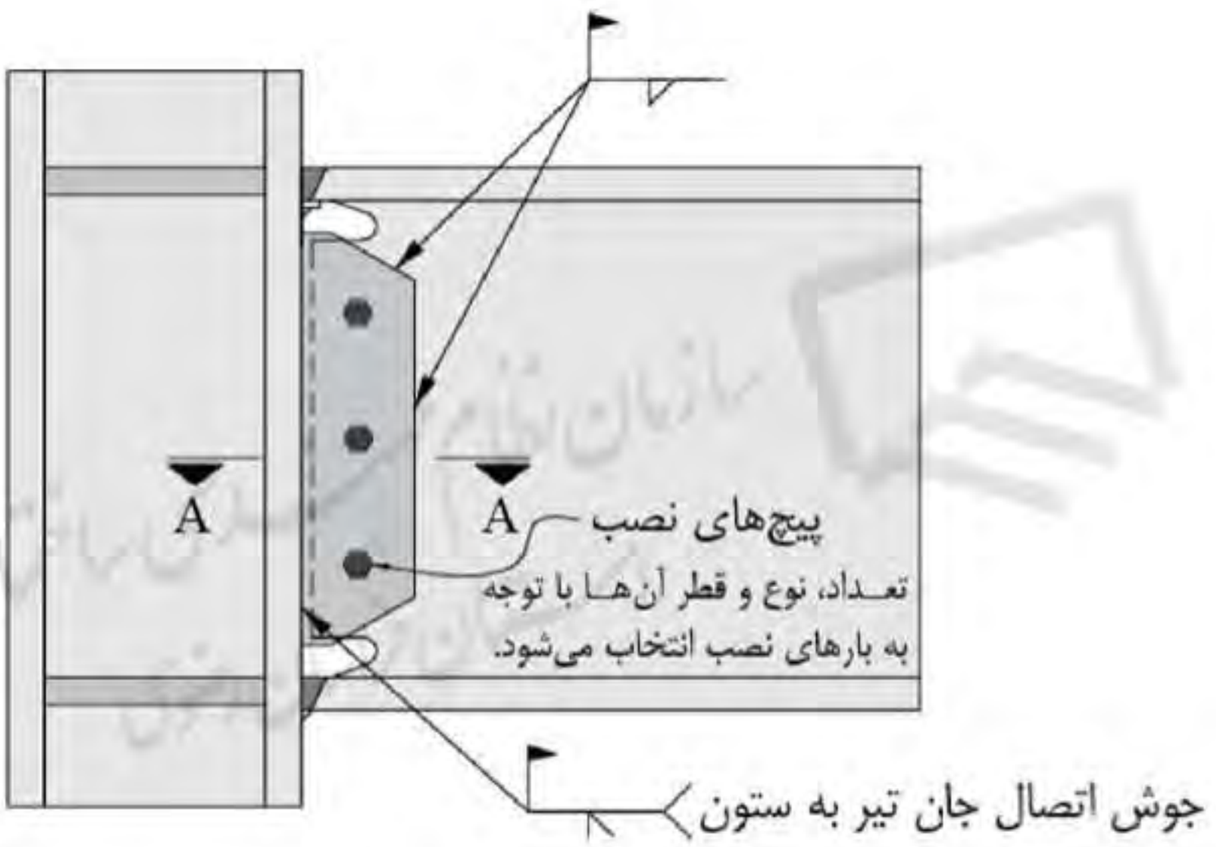
(۲) ورق تکی اتصال برشی باید به بال ستون جوش شود. مقاومت برشی طراحی جوش‌ها باید حداقل ($0.6R_yF_{yp}$) h_pt_p باشد، در این رابطه h_p به‌عنوان طول ورق تعریف شده است، مطابق شکل ۸-۲، و t_p ضخامت ورق می‌باشد.

(۳) ورق تکی اتصال برشی باید با جوش‌های گوشه به جان تیر متصل شود، همان‌طور که در شکل‌های ۸-۲ و ۸-۳ نمایش داده شده است. بعد جوش گوشه باید برابر با ضخامت ورق تکی منهای ۲ میلی‌متر باشد. جوش‌های گوشه باید در طول قسمت‌های شیب‌دار بالا و پایین ورق تکی و در امتداد طول قائم ورق تکی، همان‌طور که در شکل‌های ۸-۲ و ۸-۳ نشان داده شده است، امتداد پیدا کنند. جوش‌های گوشه در قسمت‌های شیب‌دار بالا و پایین ورق تکی باید در فاصله‌ی حداقل ۱۲ میلی‌متر و حداکثر ۲۵ میلی‌متر از لبه‌ی سوراخ دسترسی جوش قطع شوند، مطابق شکل ۸-۳.

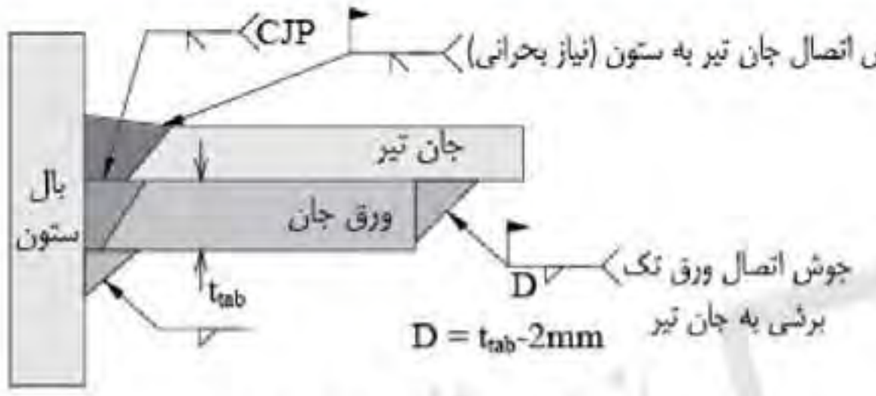
(۴) در صورت نیاز، استفاده از پیچ‌های نصب با سوراخ‌های استاندارد یا سوراخ‌های لوبیایی کوتاه افقی، مجاز هستند.

اتصال خمشی جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۲۶۹

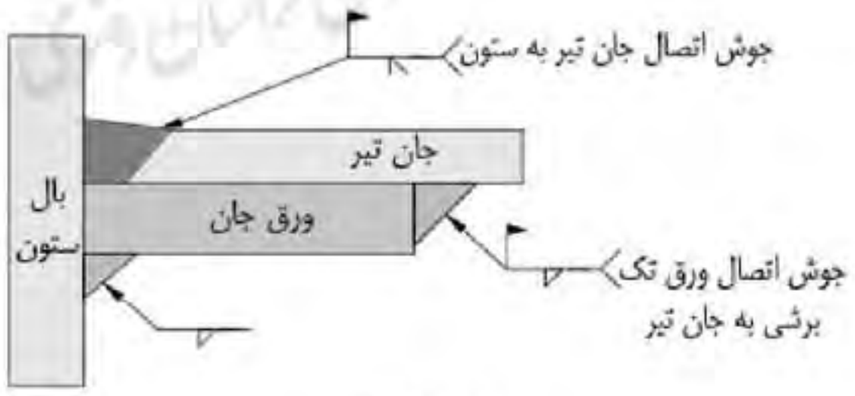


(الف) جوش‌های اتصال ورق تک به جان تیر و بال ستون



مقطع A-A

(ب) اتصال صحیح ورق تک به جان تیر و بال ستون (دید از بالا)



مقطع A-A

(ج) اتصال نادرست ورق تک به جان تیر و بال ستون (دید از بالا)

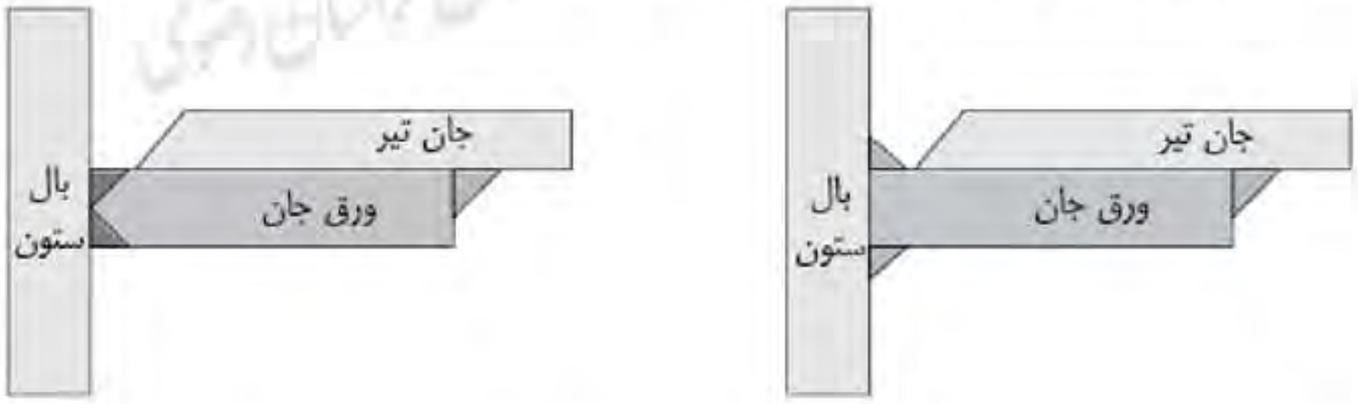
اتصال خمشی جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

(۵) جوش شیاری با نفوذ کامل باید بین جان تیر و بال ستون تامین شود. این جوش باید در تمام طول جان بین سوراخ‌های دسترسی جوش تأمین شود و باید با الزامات مربوط به جوش‌های نیاز بحرانی در ضوابط لرزه‌ای AISC و آیین‌نامه‌ی جوشکاری سازه‌ای-مکمل لرزه‌ای مطابقت داشته باشد. استفاده از ناودانی‌های انتهایی جوش نیاز نیست. ناودانی‌های انتهایی جوش، در صورت استفاده، مطابق با الزامات بند ۳-۴ باید بعد از جوشکاری برداشته شوند. چنانچه از ناودانی‌های انتهایی جوش استفاده نشود، استفاده از انتهای جوش آبشاری در شیار جوش با حداکثر زاویه‌ی ۴۵ درجه باید مجاز باشد. نیازی به اجرای آزمایش‌های غیرمخرب (NDT) انتهای جوش آبشاری نیست.

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۱۰۹

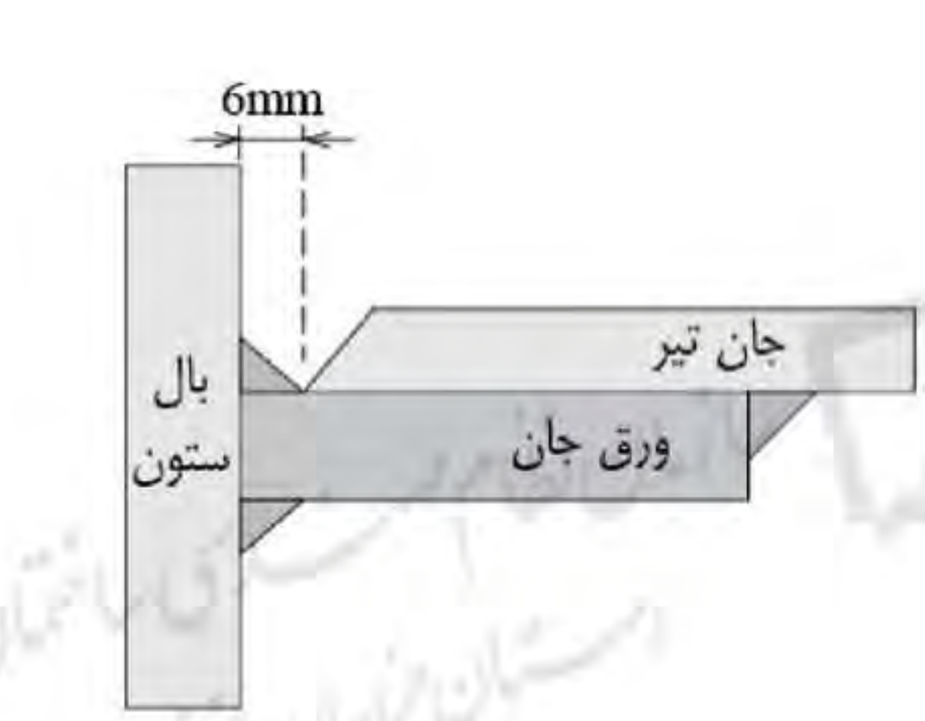
بر اساس توضیحات ارائه‌شده در تفسیر این بند (در بخش سوم)، یکی از مواردی که طراح باید در ایجاد اتصال بین ورق تک و بال ستون در نظر بگیرد، الزامات ابعادی دهانه‌ی ریشه‌ی جوش شیاری با نفوذ کامل می‌باشد، در این راستا لازم است جان تیر نسبت به بال ستون عقب‌نشینی داشته باشد، شکل ر-۸-۱۱. مثال مطرح‌شده در این بخش به وضوح توضیح می‌دهد که اگر دهانه‌ی ریشه‌ی جوش شیاری با نفوذ کامل اتصال جان تیر به بال ستون برابر ۶ میلی‌متر در نظر گرفته شده باشد و بعد جوش گوشه‌ی ورق تک به ستون نیز حداکثر ۶ میلی‌متر باشد، ضمن رعایت دهانه‌ی ریشه‌ی لازم، جوش گوشه نیز قابل اجرا است، شکل ر-۸-۱۲. اگر بعد جوش گوشه به عنوان مثال ۸ میلی‌متر به دست آید، با جان تیر تداخل خواهد داشت، شکل ر-۸-۱۳ (الف). بنابراین باید جان تیر به اندازه‌ی ۸ میلی‌متر عقب‌نشینی داشته باشد که از مقدار لازم ۶ میلی‌متر فراتر می‌رود، شکل ر-۸-۱۳(ب).



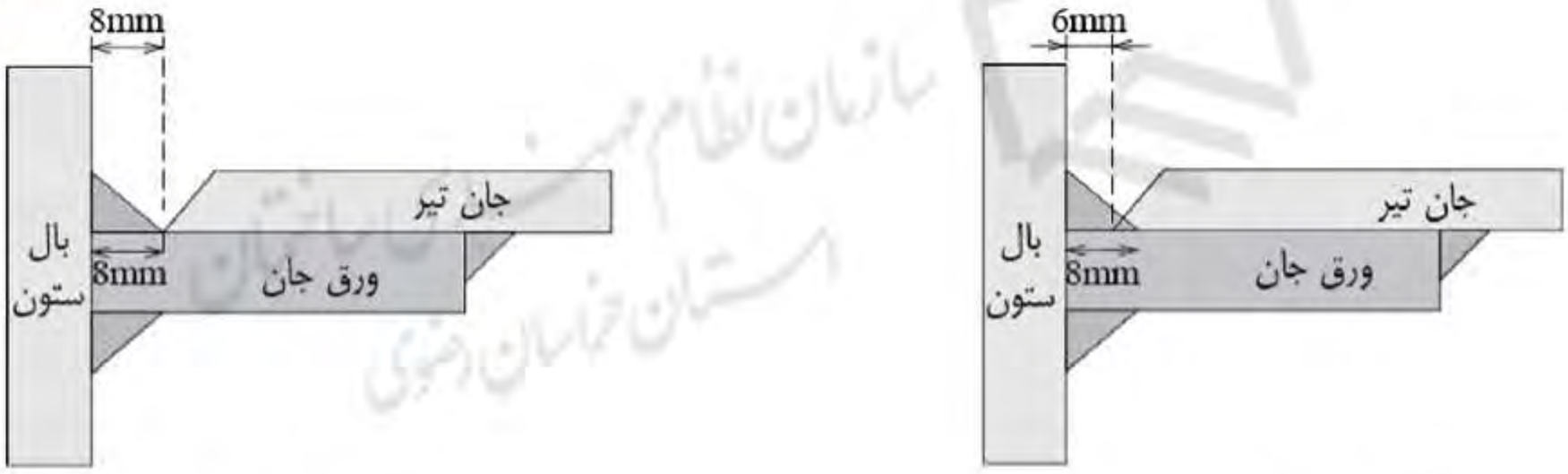
شکل ر-۸-۱۱ عقب‌نشینی جان تیر نسبت به بال ستون در جوش‌های شیاری و گوشه

اتصال خمشی جان جوش‌شده-بال جوش‌شده‌ی تقویت‌نشده (WUF-W)
گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
اتصالات پیش‌پذیرفته
ص ۲۷۰
صفحه ۱۳۵



شکل ر-۸-۱۲ عقب‌نشینی جان تیر نسبت به بال ستون



(الف) غیر قابل قبول (ب) قابل قبول

شکل ر-۸-۱۳ تداخل جان و جوش گوشه‌ی ورق تک به بال ستون

پایان

سازمان نظام مهندسی ساختمان استان خراسان رضوی
مدرس : دکتر علیرضا رضائیان
صفحه ۱۳۶