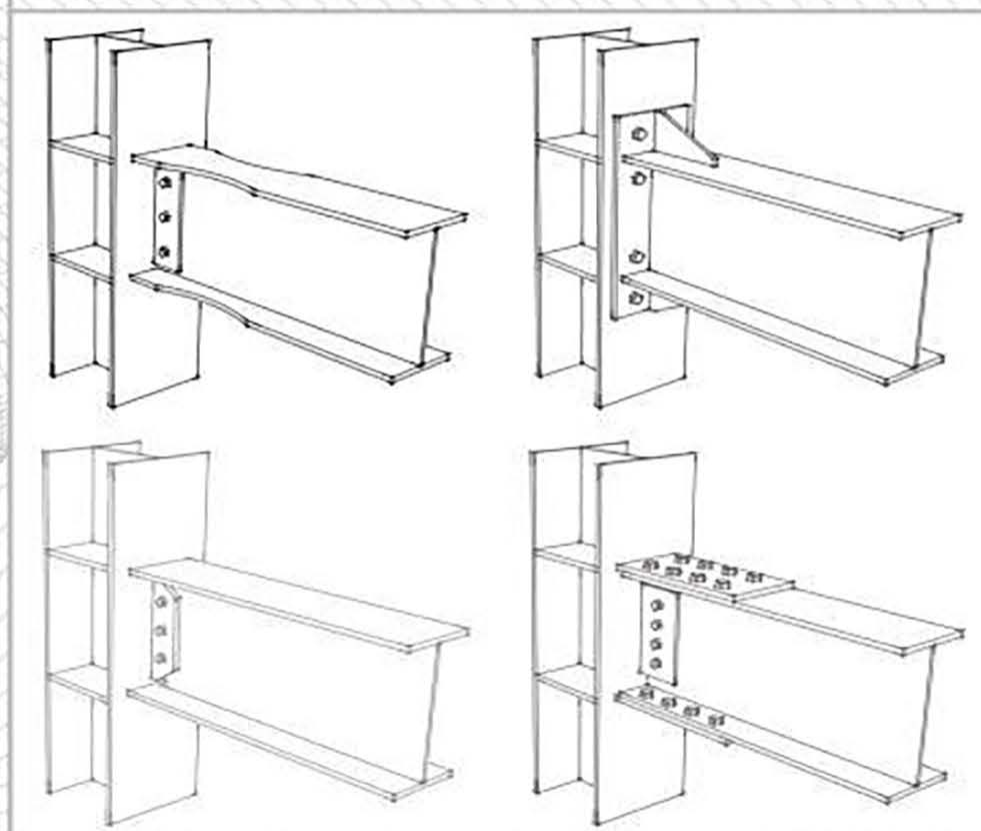


اتصالات پیش پذیرفته

برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای



تألیف و ترجمه: دکتر علیرضا رضاییان
عضو هیأت علمی دانشکده آرزو اسدی - واکم کرج
با همکاری: مهندس نیلوفر بهبود





اتصالات پیش پذیرفته

برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط
در کاربردهای لرزه‌ای

تألیف و ترجمه

دکتر علیرضا رضائیان

(عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد کرج)

همکار

مهندس نیلوفر بهبود





یکی از اتفاقات تأثیرگذار در صنعت سازه‌های فولادی که منجر به تغییرات گسترده در آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های طراحی، نظارت، اجرا و بازرسی سازه‌های فولادی شد، زلزله‌های مربوط به سال‌های ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ در کشورهای آمریکا و ژاپن بود. در این زلزله‌ها به صورت جدی اتصالات گیردار قاب‌های خمشی دچار آسیب‌های گسترده شدند. پس از این رویدادها مطالعات جدی در این حوزه شکل گرفت و نهادهای متفاوتی در کشور آمریکا از جمله FEMA (آژانس مدیریت بحران فدرال آمریکا)، AWS (انجمن جوشکاری آمریکا) و AISC (انجمن ساخت فولاد آمریکا) مسئولیت اصلاح و تولید الزامات را به عهده گرفتند. نتیجه‌ی این مطالعات باعث ایجاد تغییرات ماهوی در آیین‌نامه‌های موجود و به وجود آمدن دستورالعمل‌های جدید گردید.

یکی از استانداردهایی که از سال ۲۰۰۵ در کشور آمریکا تولید و مورد استفاده قرار گرفت، اتصالات پیش‌پذیرفته برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای بود. این استاندارد که توسط AISC تهیه شده، با شماره‌ی ۳۵۸ اداره‌ی استاندارد آمریکا «ANSI» ارائه شده است. هدف این استاندارد ایجاد بستری مطمئن برای عملکرد مطلوب طراحی اتصالات گیردار در قاب‌های خمشی متوسط و ویژه برای مناطق لرزه‌خیز می‌باشد. در صورت عدم استفاده از این استاندارد، باید از آزمایش برای اثبات عملکرد اتصال در هر پروژه استفاده شود. مبنای اصلی این استاندارد مطالعات آزمایشگاهی (که عمدتاً توسط FEMA هدایت شده بود)، در کنار مطالعات گسترده‌ی عددی و تحلیلی می‌باشد. ویرایش دوم این استاندارد در سال



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

۲۰۱۰ منتشر گردید که ضمیمه‌ی اول آن در سال ۲۰۱۱ و ضمیمه‌ی دوم در سال ۲۰۱۴ تدوین و به استاندارد اضافه شد. پیش‌نویس ویرایش سوم استاندارد در سال ۲۰۱۵ تولید گردید و مقرر است در سال ۲۰۱۶ منتشر شود.

دستورالعمل طراحی سازه‌های فولادی ایران (مبحث دهم مقررات ملی ساختمان)، در ویرایش سال ۹۲ ادبیات استفاده از اتصالات پیش‌پذیرفته را در بند ۱۰-۳-۱۳ جاری نمود. مقررات مندرج در این بند عمدتاً از ویرایش دوم ضوابط پیش‌پذیرفتگی اتصالات AISC پیروی نموده که البته در مواردی نیز اختلاف‌هایی وجود دارد.

با توجه به آنکه مبحث دهم به صورت کامل و جامع ضوابط این اتصالات را مطرح نکرده و از طرفی عمدتاً به بحث‌های طراحی پرداخته است، بر آن شدیم تا مجموعه‌ی کاملی از ضوابط طراحی، ساخت و بازرسی این اتصالات را تهیه نماییم تا سهمی هر چند اندک در تولید سازه‌های سالم در کشور عزیزمان داشته باشیم. برای نیل به این هدف، ترجمه‌ی متن و تفسیر ضوابط پیش‌پذیرفتگی اتصالات AISC به همراه تألیف راهنما و مثال‌های طراحی در دستور کار قرار گرفت.

در انتها لازم است از دوستان و همکارانم از جمله آقای مهندس محمدرضا رضایی، سرکار خانم مهندس المیرا فرجی زنوز، سرکار خانم مهندس رقیه رضوانی اصل، آقای مهندس پارسا جلوانی و سرکار خانم مهندس لیلا صفی‌پور در گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان تشکر ویژه داشته باشم که تهیه‌ی این مجموعه بدون همکاری آن‌ها امکان‌پذیر نبود. همچنین از سرکار خانم مهندس سپیده رنجیده‌پور برای ترسیم شکل‌ها تشکر می‌شود. همکاری دوستانه‌ی آقای دکتر محسن پورحسین در صفحه‌بندی کتاب قابل تقدیر و تحسین می‌باشد. از سرکار خانم مهندس ساحل نوری برای تولید شکل‌های طرح جلد و آقای مهندس معین نیری برای اجرای طرح جلد، تشکر می‌گردد. در انتها از مدیریت انتشارات سروش دانش، جناب آقای امیر فغانی نیز برای پیگیری کارها تقدیر می‌گردد. هر چند تلاش شده است مجموعه‌ی تهیه‌شده خالی از ایراد باشد اما ایراد جز لاینفک هر فرآیند علمی می‌باشد، از این رو خواهشمند است نظرات، پیشنهادات و انتقادات خود را از طریق پست الکترونیک info@SazanCo.ir به اطلاع ما برسانید و یک جلد کتاب ویرایش دوم را به عنوان هدیه‌ی مشارکت در بهبود کتاب، از ما پذیرا باشید.

علیرضا رضائیان

زمستان ۱۳۹۴

تهران - ایران



انجمن ساخت فولاد آمریکا (AISC)^۱ در راستای راهنمایی مهندسان عمران برای طراحی المان‌های فولادی، ضوابط طراحی سازه‌های فولادی را تدوین و منتشر می‌نماید. این انجمن، ضوابط عمومی طراحی المان‌های سازه‌های فولادی (که کاربردی عام در هر سازه‌ی فولادی دارد) را در استاندارد به نام ANSI/AISC 360-10^۲ جمع‌آوری نموده‌است، که در این کتاب از این استاندارد به نام «ضوابط عمومی AISC» یاد خواهد شد. ضوابط لرزه‌ای ویژه‌ی مناطق لرزه‌خیز سیستم‌های سازه‌ای فولادی در استاندارد تحت عنوان ANSI/AISC 341-10^۳ ارائه شده است که در این کتاب با نام «ضوابط لرزه‌ای AISC» به آن اشاره شده است.

اتصالات خمشی تیر به ستون از بخش‌های مهم یک قاب خمشی فولادی می‌باشند. ضوابط لرزه‌ای AISC برای طراحی اتصالات خمشی تیر به ستون، روش‌های مختلفی را ارائه نموده است. بخش اول این کتاب، به ارائه‌ی روش‌های تعریف‌شده در این آیین‌نامه برای طراحی اتصالات تیر به ستون اختصاص یافته است.

مطابق آنچه در بخش اول بررسی خواهد شد، متداول‌ترین شیوه‌ی طراحی اتصالات خمشی تیر به ستون، استفاده از اتصالات پیش‌پذیرفته می‌باشد. انجمن ساخت فولاد آمریکا، اتصالات پیش‌پذیرفته‌ی خمشی تیر به ستون را در استاندارد تحت عنوان

1- American Institute of Steel Construction (AISC)

2- Specification for Structural Steel Buildings - ANSI/AISC 360-10

3- Seismic Provisions for Structural Steel Buildings - ANSI/AISC 341-10



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

ANSI/AISC 358-10^۱ منتشر می‌نماید که در این کتاب با نام «ضوابط پیش پذیرفتگی اتصالات AISC» از آن یاد خواهد شد و بخش دوم این کتاب به ترجمه‌ی کامل این استاندارد پرداخته است.

ضوابط پیش پذیرفتگی اتصالات AISC پس از ارائه‌ی ضوابط طراحی اتصالات پیش پذیرفته، بخشی را تحت عنوان «تفسیر»، به بیان فلسفه‌ی بندهای استاندارد اختصاص داده است. ترجمه‌ی کامل این بخش از ضوابط پیش پذیرفتگی اتصالات AISC در بخش سوم کتاب حاضر، موجود می‌باشد. به منظور اینکه خواننده حین مطالعه‌ی بخش دوم کتاب که در واقع ضوابط اتصالات پیش پذیرفته می‌باشد، از وجود بند متناظر در بخش سوم که تفسیر را ارائه می‌نماید، مطلع باشد، در انتهای عنوان بندهایی از بخش دوم که توضیحات اضافی در بخش سوم دارند، علامت «*» قرار گرفته است.

برخی بندهای ضوابط پیش پذیرفتگی اتصالات AISC علاوه بر فلسفه‌های ارائه‌شده در بخش تفسیر، نیاز به توضیحات تکمیلی داشته که در بخش چهارم از کتاب، تحت عنوان «راهنما» تألیف شده‌اند. مشابه بخش سوم، برای آنکه خواننده در حین مطالعه‌ی بخش دوم، از وجود بند متناظر در بخش چهارم آگاه باشد، در انتهای عنوان بند از علامت «+» استفاده شده است.

برای آشنایی با نحوه‌ی استفاده از توضیحات و ضوابط مورد بررسی در بخش‌های پیشین، بخش پنجم کتاب تألیف شده است. در این بخش برای هر یک از اتصالات موجود در ضوابط پیش پذیرفتگی اتصالات AISC ابتدا یک خلاصه‌ی تصویری تهیه شده است که محدودیت‌ها و الزامات خاص اتصال را در قالب یک جزئیات اجرایی به نمایش می‌گذارد. سپس فرآیند طراحی اتصال در قالب یک فلوچارت تنظیم شده است. همچنین به منظور به کارگیری بهتر ضوابط و ارتباط با ضوابط عمومی و ضوابط لرزه‌ای AISC برای هر اتصال پیش پذیرفته یک مثال کاربردی ارائه شده است.

در بخش پایانی، تمام بحث‌های تکمیلی، تحت عنوان پیوست تدوین شده که در بخش‌های مرتبط از راهنما به هر کدام از آن‌ها ارجاع داده شده است.

1- Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications - ANSI/AISC 358-10



۵	دیباچه
۷	شیوه‌ی استفاده از کتاب

۱- روش‌های طراحی اتصالات گیردار

۲۰	مقدمه
۲۳	۱- پیش‌پذیرفتگی اتصالات تیر به ستون
۲۹	۲- آزمایش‌های چرخه‌ای برای پذیرش اتصالات تیر به ستون

۲- ضوابط استاندارد شماره‌ی ۳۵۸ آمریکا

۳۷	پیش فصل اول - نشانه‌ها
۴۳	پیش فصل دوم - واژه‌نامه
۴۵	۱- کلیات
۴۵	۱-۱- حدود کاربرد *
۴۵	۲-۱- مراجع *
۴۷	۳-۱- کلیات *

۴۹	الزامات طراحی
----	---------------

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

۴۹	۲-۱ انواع اتصال در قاب خمشی ویژه و متوسط *
۴۹	۲-۲ سختی اتصال +
۴۹	۲-۳ عضوها **
۵۰	۱- عضوهای نوردشده‌ی بال پهن
۵۰	۲- عضوهای ساخته‌شده
۵۱	۲- الف تیرهای ساخته‌شده
۵۱	۲- ب ستون‌های ساخته‌شده
۵۳	۲-۴ پارامترهای طراحی اتصال **
۵۳	۱- ضریب‌های مقاومت
۵۳	۲- محل مفصل پلاستیک
۵۳	۳- حداکثر لنگر محتمل در مفصل پلاستیک
۵۴	۴- ورق‌های پیوستگی
۵۴	۲-۵ چشمه‌های اتصال
۵۴	۲-۶ ناحیه‌ی محافظت‌شده *

۵۵ ۳- الزامات جوشکاری

۵۵	۳-۱ فلزهای پرکننده
۵۵	۳-۲ روش‌های جوشکاری
۵۵	۳-۳ پشت‌بند در اتصالات تیر به ستون و ورق پیوستگی به ستون **
۵۵	۱- پشت‌بند فولادی در ورق‌های پیوستگی
۵۶	۲- پشت‌بند فولادی در بال پایینی تیر
۵۶	۳- پشت‌بند فولادی در بال بالایی تیر
۵۶	۴- جوش‌های غیرمجاز در پشت‌بند فولادی
۵۷	۵- پشت‌بند غیرذوبی در اتصالات بال تیر به ستون
۵۷	۳-۴ جزئیات و عملکرد ناودانی‌های انتهایی جوش **
۵۷	۳-۵ خال‌جوش‌ها **
۵۷	۳-۶ ورق‌های پیوستگی **
۵۸	۳-۷ کنترل کیفیت و تضمین کیفیت *

۵۹ ۴- الزامات پیچ

۵۹	۴-۱ مونتاژ بست‌ها **
۵۹	۴-۲ الزامات نصب **
۵۹	۴-۳ کنترل کیفیت و تضمین کیفیت *

۵- اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش یافته

- ۶۱ ۱-۵ کلیات**
- ۶۱ ۲-۵ سیستم‌ها*
- ۶۱ ۳-۵ محدودیت‌های پیش‌پذیرفتگی**
- ۶۱ ۱- محدودیت‌های تیر
- ۶۳ ۲- محدودیت‌های ستون
- ۶۴ ۴-۵ محدودیت‌های ارتباط ستون و تیر**
- ۶۴ ۵-۵ محدودیت‌های جوش بال تیر به بال ستون**
- ۶۴ ۶-۵ محدودیت‌های اتصال جان تیر به بال ستون**
- ۶۵ ۷-۵ ساخت برش‌های بال**
- ۶۷ ۸-۵ فرآیند طراحی**

۶- اتصالات خمشی با ورق انتهایی گسترش یافته‌ی سخت‌شده و سخت‌نشده‌ی پیچی

- ۷۱ ۱-۶ کلیات**
- ۷۱ ۲-۶ سیستم‌ها**
- ۷۲ ۳-۶ محدودیت‌های پیش‌پذیرفتگی**
- ۷۳ ۴-۶ محدودیت‌های تیر**
- ۷۵ ۵-۶ محدودیت‌های ستون*
- ۷۵ ۶-۶ محدودیت‌های ارتباط ستون و تیر*
- ۷۵ ۷-۶ ورق‌های پیوستگی*
- ۷۶ ۸-۶ پیچ‌ها**
- ۷۶ ۹-۶ جزئیات اتصال**
- ۷۶ ۱- گام عرضی
- ۷۷ ۲- فاصله‌ی استقرار و ردیف‌های پیچ
- ۷۸ ۳- عرض ورق انتهایی
- ۷۸ ۴- سخت‌کننده‌ی ورق انتهایی
- ۷۹ ۵- پرکننده‌ی انگستی
- ۸۰ ۶- جزئیات دال مرکب برای قاب خمشی متوسط
- ۸۰ ۷- جزئیات جوشکاری
- ۸۱ ۱۰-۶ فرآیند طراحی**
- ۸۱ ۱- طراحی ورق انتهایی و پیچ
- ۸۶ ۲- طراحی بخش ستون

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

۹۵	۷- اتصال خمشی ورق بال پیچ شده
۹۵	۱-۷ کلیات **
۹۵	۲-۷ سیستم‌ها **
۹۶	۳-۷ محدودیت‌های پیش پذیرفتگی **
۹۶	۱- محدودیت‌های تیر
۹۷	۲- محدودیت‌های ستون
۹۸	۴-۷ محدودیت‌های ارتباط ستون و تیر *
۹۸	۵-۷ جزئیات بندی اتصال **
۹۸	۱- مشخصات مصالح ورق
۹۸	۲- جوش‌های ورق بال تیر
۹۸	۳- جوش‌های ورق تکی اتصال برشی
۹۸	۴- الزامات پیچ
۹۹	۵- پرکننده‌های ورق بال
۹۹	۶-۷ فرآیند طراحی **

۱۰۵	۸- اتصال خمشی جان جوش شده - بال جوش شده‌ی تقویت نشده
۱۰۵	۱-۸ کلیات **
۱۰۶	۲-۸ سیستم‌ها
۱۰۶	۳-۸ محدودیت‌های پیش پذیرفتگی **
۱۰۶	۱- محدودیت‌های تیر
۱۰۷	۲- محدودیت‌های ستون
۱۰۷	۴-۸ محدودیت‌های ارتباط ستون و تیر *
۱۰۸	۵-۸ جوش‌های بال تیر به بال ستون **
۱۰۸	۶-۸ محدودیت‌های اتصال جان تیر به ستون **
۱۱۰	۷-۸ فرآیند طراحی *

۳- تفسیر استاندارد شماره‌ی ۳۵۸ آمریکا

۱۱۵	۱- کلیات
۱۱۵	۱-۱ حدود کاربرد
۱۱۷	۲-۱ مراجع
۱۱۷	۳-۱ کلیات
۱۱۹	۲- الزامات طراحی

۱۱۹	۱-۲ انواع اتصالات قاب خمشی ویژه و متوسط
۱۲۰	۲-۳ عضوها
۱۲۰	۲- عضوهای ساخته شده
۱۲۰	۲- ب ستون های ساخته شده
۱۲۲	۲-۴ پارامترهای طراحی اتصال
۱۲۲	۱- ضریب های مقاومت
۱۲۲	۲- محل مفصل پلاستیک
۱۲۲	۳- حداکثر لنگر محتمل در مفصل پلاستیک
۱۲۳	۴- ورق های پیوستگی
۱۲۵	۳- الزامات جوشکاری
۱۲۵	۳-۳ پشت بند در اتصالات تیر به ستون و ورق پیوستگی به ستون
۱۲۵	۱- پشت بند فولادی در ورق های پیوستگی
۱۲۶	۲- پشت بند فولادی در بال پایینی تیر
۱۲۶	۳- پشت بند فولادی در بال بالایی تیر
۱۲۶	۴- جوش های غیر مجاز در پشت بند فولادی
۱۲۷	۵- پشت بند غیر ذوبی در اتصالات بال تیر به ستون
۱۲۷	۳-۴ جزئیات و عملکرد ناودانی های انتهایی جوش
۱۲۷	۳-۵ خال جوش ها
۱۲۸	۳-۶ ورق های پیوستگی
۱۲۹	۳-۷ کنترل کیفیت و تضمین کیفیت
۱۳۱	۴- الزامات پیچ
۱۳۱	۴-۱ مونتاژ بست ها
۱۳۱	۴-۲ الزامات نصب
۱۳۱	۴-۳ کنترل کیفیت و تضمین کیفیت
۱۳۳	۵- اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش یافته
۱۳۳	۵-۱ کلیات
۱۳۴	۵-۲ سیستم ها
۱۳۴	۵-۳ محدودیت های پیش پذیرفتگی
۱۳۴	۱- محدودیت های تیر
۱۳۶	۲- محدودیت های ستون
۱۳۸	۵-۴ محدودیت های ارتباط ستون و تیر

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

- ۵-۵ محدودیت‌های جوش بال تیر به بال ستون ۱۳۹
- ۶-۵ محدودیت‌های اتصال جان تیر به بال ستون ۱۳۹
- ۷-۵ ساخت برش‌های بال ۱۴۰
- ۸-۵ فرآیند طراحی ۱۴۱

۶- اتصالات خمشی با ورق انتهایی گسترش یافته‌ی سخت شده و سخت نشده‌ی پیچی ۱۴۳

- ۱-۶ کلیات ۱۴۳
- ۲-۶ سیستم‌ها ۱۴۴
- ۳-۶ محدودیت‌های پیش‌پذیرفتگی ۱۴۴
- ۴-۶ محدودیت‌های تیر ۱۴۵
- ۵-۶ محدودیت‌های ستون ۱۴۵
- ۶-۶ محدودیت‌های ارتباط ستون و تیر ۱۴۵
- ۷-۶ ورق‌های پیوستگی ۱۴۵
- ۸-۶ پیچ‌ها ۱۴۶
- ۹-۶ جزئیات اتصال ۱۴۶
- ۱۰-۶ فرآیند طراحی ۱۴۷

۷- اتصال خمشی ورق بال پیچ شده ۱۴۹

- ۱-۷ کلیات ۱۴۹
- ۲-۷ سیستم‌ها ۱۵۱
- ۳-۷ محدودیت‌های پیش‌پذیرفتگی ۱۵۲
- ۱- محدودیت‌های تیر ۱۵۲
- ۲- محدودیت‌های ستون ۱۵۳
- ۴-۷ محدودیت‌های ارتباط ستون و تیر ۱۵۴
- ۵-۷ جزئیات بندی اتصال ۱۵۴
- ۶-۷ فرآیند طراحی ۱۵۶

۸- اتصال خمشی جان جوش شده - بال جوش شده‌ی تقویت نشده ۱۵۹

- ۱-۸ کلیات ۱۵۹
- ۳-۸ محدودیت‌های پیش‌پذیرفتگی ۱۶۲
- ۴-۸ محدودیت‌های ارتباط ستون و تیر ۱۶۲
- ۵-۸ جوش‌های بال تیر به بال ستون ۱۶۳
- ۶-۸ محدودیت‌های اتصال جان تیر به ستون ۱۶۳
- ۷-۸ فرآیند طراحی ۱۶۵

۴- راهنمای ضوابط استاندارد شماره‌ی ۳۵۸ آمریکا

۲- الزامات طراحی ۱۶۹

- ۲-۲ سختی اتصال ۱۶۹
- ۲-۳ عضوها ۱۷۰
- ۱- عضوهای نورددشده‌ی بال پهن ۱۷۰
- ۲- عضوهای ساخته‌شده ۱۷۰
- ۲-الف تیرهای ساخته‌شده ۱۷۲
- ۲-ب ستون‌های ساخته‌شده ۱۷۲
- ۲-۴ پارامترهای طراحی اتصال ۱۷۴
- ۱- ضریب‌های مقاومت ۱۷۴
- ۲- محل مفصل پلاستیک ۱۷۵
- ۳- حداکثر لنگر محتمل در مفصل پلاستیک ۱۷۷
- ۲-۶ ناحیه‌ی محافظت‌شده ۱۸۰

۳- الزامات جوشکاری ۱۸۱

- ۳-۳ پشت‌بند در اتصالات تیر به ستون و ورق پیوستگی به ستون ۱۸۱
- ۱- پشت‌بند فولادی در ورق‌های پیوستگی ۱۸۲
- ۲- پشت‌بند فولادی در بال پایینی تیر ۱۸۳
- ۳- پشت‌بند فولادی در بال بالایی تیر ۱۸۵
- ۴- جوش‌های غیرمجاز در پشت‌بند فولادی ۱۸۶
- ۳-۴ جزئیات و عملکرد ناودانی‌های انتهایی جوش ۱۸۷
- ۳-۵ خال جوش‌ها ۱۸۹
- ۳-۶ ورق‌های پیوستگی ۱۹۰

۴- الزامات پیچ ۱۹۵

- ۴-۱ مونتاژ بست‌ها ۱۹۵
- ۴-۲ الزامات نصب ۱۹۶

۵- اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش‌یافته ۱۹۷

- ۵-۱ کلیات ۱۹۷
- ۵-۳ محدودیت‌های پیش‌پذیرفتگی ۲۰۲
- ۱- محدودیت‌های تیر ۲۰۲
- ۲- محدودیت‌های ستون ۲۱۱

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

۲۱۳	۴-۵ محدودیت‌های ارتباط ستون و تیر
۲۱۴	۵-۵ محدودیت‌های جوش بال تیر به بال ستون
۲۱۸	۶-۵ محدودیت‌های اتصال جان تیر به بال ستون
۲۱۹	۷-۵ ساخت برش‌های بال
۲۲۲	۸-۵ فرآیند طراحی
۲۲۳	۶- اتصال خمشی با ورق انتهایی گسترش یافته‌ی سخت شده و سخت نشده‌ی پیچی
۲۲۳	۱-۶ کلیات
۲۲۵	۲-۶ سیستم‌ها
۲۳۲	۳-۶ محدودیت‌های پیش‌پذیرفتگی
۲۳۲	۴-۶ محدودیت‌های تیر
۲۳۳	۶-۶ محدودیت‌های ارتباط ستون و تیر
۲۳۳	۸-۶ پیچ‌ها
۲۳۴	۹-۶ جزئیات اتصال
۲۳۴	۲- فاصله‌ی استقرار و ردیف‌های پیچ
۲۳۵	۳- عرض ورق انتهایی
۲۳۶	۴- سخت‌کننده‌ی ورق انتهایی
۲۳۷	۵- پرکننده‌ی انگشتی
۲۳۷	۷- جزئیات جوشکاری
۲۴۰	۱۰-۶ فرآیند طراحی
۲۴۳	۷- اتصال خمشی ورق بال پیچ شده
۲۴۳	۱-۷ کلیات
۲۴۹	۲-۷ سیستم‌ها
۲۴۹	۳-۷ محدودیت‌های پیش‌پذیرفتگی
۲۴۹	۱- محدودیت‌های تیر
۲۵۰	۲- محدودیت‌های ستون
۲۵۰	۴-۷ محدودیت‌های ارتباط ستون و تیر
۲۵۰	۵-۷ جزئیات بندی اتصال
۲۵۰	۱- مشخصات مصالح ورق
۲۵۲	۴- الزامات پیچ
۲۵۵	۵- پرکننده‌های ورق بال
۲۵۶	۶-۷ فرآیند طراحی

۸- اتصال خمشی جان جوش شده - بال جوش شده ی تقویت نشده

- ۲۵۷ ۸-۱ کلیات
- ۲۶۱ ۸-۳ محدودیت های پیش پذیرفتگی
- ۲۶۱ ۱- محدودیت های تیر
- ۲۶۲ ۲- محدودیت های ستون
- ۲۶۲ تعیین مقاومت نهایی اتصال (برای ستون I- شکل):
- ۲۶۳ تعیین مقاومت نهایی اتصال (برای ستون قوطی):
- ۲۶۶ ۸-۴ محدودیت های ارتباط ستون و تیر
- ۲۶۶ ۸-۵ جوش های بال تیر به بال ستون
- ۲۶۷ ۸-۶ محدودیت های اتصال جان تیر به ستون

منابع و مراجع

۵- مثال های کاربردی

۱- اتصال خمشی تیر با مقطع کاهش یافته

- ۲۷۷ ۱-۱ مقدمه
- ۲۷۸ ۱-۲ خلاصه ی تصویری
- ۲۷۹ ۱-۳ فلوچارت طراحی
- ۲۸۱ ۱-۴ مثال عددی

۲- اتصالات خمشی با ورق انتهایی گسترش یافته ی سخت شده و سخت نشده ی پیچی ۳۰۱

- ۳۰۱ ۲-۱ مقدمه
- ۳۰۲ ۲-۲ خلاصه ی تصویری
- ۳۰۳ ۲-۳ فلوچارت طراحی
- ۳۱۰ ۲-۴ مثال عددی برای اتصال خمشی ورق انتهایی چهارپیچی سخت نشده (4E)
- ۳۲۸ ۲-۴ مثال عددی برای اتصال خمشی ورق انتهایی چهار پیچی سفت شده (4ES)
- ۳۳۴ ۲-۵ مثال عددی اتصال خمشی ورق انتهایی هشت پیچی سخت شده (8ES)

۳- اتصال خمشی ورق بال پیچ شده

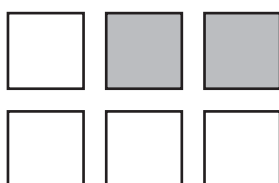
- ۳۴۷ ۳-۱ مقدمه
- ۳۴۸ ۳-۲ خلاصه ی تصویری
- ۳۴۹ ۳-۳ فلوچارت طراحی
- ۳۵۲ ۳-۴ مثال عددی

۳۶۷	۴- اتصال خمشی جان جوش شده - بال جوش شده ی تقویت شده
۳۶۷	۱-۴ مقدمه
۳۶۸	۲-۴ خلاصه ی تصویری
۳۶۹	۳-۴ فلوچارت طراحی

۶- پیوست‌ها

۳۷۳	۱- روش‌های برشکاری
۳۸۱	۲- بررسی میزان سطح تماس در اتصالات اصطکاکی
۳۸۷	۳- مهار برای پایداری ستون‌ها و تیرها
۴۰۱	۴- جزئیات عمومی اتصالات گیردار تیر به ستون
۴۲۱	۵- جوش‌های نیاز بحرانی
۴۲۹	۶- طراحی ورق مضاعف و ورق پیوستگی
۴۵۵	۷- کنترل نسبت لنگر ستون به تیر

۲



ضوابط استاندارد شماره‌ی
۳۵۸ آمریکا

۳۵



۱-۳ فلزهای پرکننده

فلزهای پرکننده^۱ باید با الزامات ضوابط لرزه‌ای AISC مطابقت داشته باشند.

۲-۳ روش‌های جوشکاری

روش‌های جوشکاری باید مطابق با ضوابط لرزه‌ای AISC باشند.

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 شیار 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.

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

۲- پشت‌بند فولادی در بال پایینی تیر

هنگامی که پشت‌بند فولادی همراه با جوش‌های شیار 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 به گونه‌ای 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^۱، نیازی به ادامه یافتن جوش گوشه‌ی مجاور بال تیر، در فلز پایه نمی‌باشد.

۳- پشت‌بند فولادی در بال بالایی تیر

هنگامی که پشت‌بند فولادی همراه با جوش‌های شیار 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 شیار با نفوذ کامل، به ستون متصل شود.

۴- جوش‌های غیرمجاز در پشت‌بند فولادی

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

(۱) جوش باید به گونه‌ای 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.

۵- پشت‌بند غیرذوبی در اتصالات بال تیر به ستون

هنگامی که پشت‌بند غیرذوبی همراه با جوش‌های شکاری 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.

۳-۴ 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.

۳-۵ خال جوش‌ها⁺⁺

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

۳-۶ ورق‌های پیوستگی⁺

در امتداد جان، پخ گوشه^۱ باید به‌گونه‌ای جزئیات‌بندی شود که در نیمرخ‌های نوردشده، پخ به طول حداقل ۳۸ میلی‌متر بعد از k_{det} معرفی شده، ادامه یابد. در امتداد بال، ورق باید برای ممانعت از تداخل

1- Corner Clip

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

با شعاع گوشه‌ی نیم‌رخ نوردشده، پخ‌زنی شود و باید به‌گونه‌ای جزئیات‌بندی شود که پخ بیشتر از ۱۲ میلی‌متر بعد از k_1 معرفی شده، ادامه پیدا نکند. پخ باید برای تسهیل پایان‌دهی مناسب به جوش، برای جوش بال و جوش جان، جزئیات‌بندی شود. هنگامی که یک پخ گوشه‌ی منحنی شکل استفاده می‌شود، باید حداقل شعاعی برابر ۱۲ میلی‌متر داشته باشد.

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.

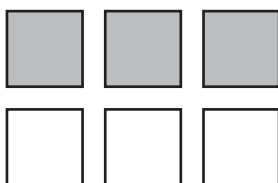
با توجه به آنکه جوش‌های ورق پیوستگی در نزدیکی شعاع گوشه‌ی ستون، بدون ناودانی‌های انتهایی جوش اجرا می‌شوند، تغییر زاویه‌ی لایه‌های جوش از زاویه‌ی صفر تا ۴۵ درجه نسبت به صفحه‌ی قائم، باید مجاز باشد. طول مؤثر جوش باید به‌عنوان آن بخش از جوش که بعد کامل دارد، تعریف شود. آزمایش غیرمخرب (NDT)^۱ روی بخش نوک تیز یا ناحیه‌ی انتقال جوش که بعد حداکثری ندارد، لازم نیست.

۷-۳ کنترل کیفیت و تضمین کیفیت*

کنترل کیفیت و تضمین کیفیت باید مطابق ضوابط لرزه‌ای AISC باشد.

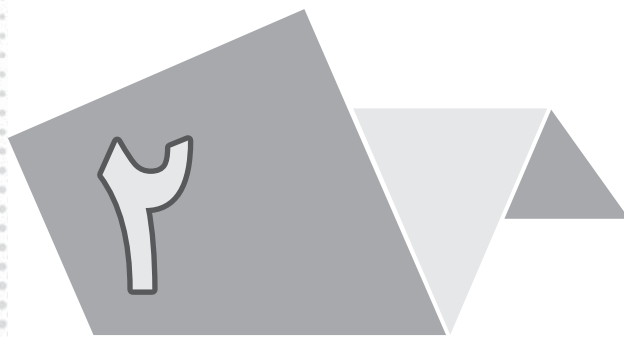
1- Nondestructive Testing (NDT)

۳



تفسیر استاندارد شماره‌ی
۳۵۸ آمریکا





۱-۲ انواع اتصالات قاب خمشی ویژه و متوسط

محدودیت‌های موجود در این استاندارد برای اتصالات پیش‌پذیرفته‌ی مختلف، موارد زیر را شامل می‌شود: مشخصات مصالح مجاز برای فلزهای مبنا، خواص مکانیکی فلزهای پرکننده‌ی جوش، شکل و مشخصات عضو، هندسه‌ی اتصال، جزئیات‌بندی و روش ساخت. تعیین این محدودیت‌ها که وابسته به شرایط بوده و با ارزیابی تحلیلی یا آزمایشی حاصل می‌شوند، برای رفتار قابل اطمینان هر اتصال امکان‌پذیر است. ممکن است اتصالات بتوانند خارج از این محدودیت‌ها رفتار قابل اطمینانی را تأمین کنند؛ هرچند این موضوع اثبات نشده است. هنگامی که هر کدام از شرایط فلز مبنا، خواص مکانیکی، فلزهای پرکننده‌ی جوش، شکل و مشخصات عضو، هندسه‌ی اتصال، جزئیات‌بندی یا روش ساخت از محدوده‌ی مشخص‌شده در این استاندارد خارج می‌شوند، برای اثبات قابل قبول بودن رفتار اتصال تحت این شرایط، باید آزمایش‌های پذیرش ویژه‌ی پروژه، انجام گیرد.

پیش از زلزله‌ی نورث‌ریج، تعداد محدودی آزمایش روی اتصالات تیرهای بال‌پهن به جان ستون‌های I-شکل توسط Tsai و Popov (1986 و 1988) انجام شده بود. آزمایش‌ها نشان داده بود که این اتصالات حول محور ضعیف^۱ ستون توانایی تأمین رفتار غیرالاستیک قابل اطمینانی ندارند، در حالی که اتصالات حول محور اصلی

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

قادر بودند رفتار قابل اطمینان را تأمین نمایند. پس از زلزله‌ی نورث‌ریج، هیچ آزمایش مشخصی روی اتصالات حول محور ضعیف انجام نشد. در نتیجه، چنین اتصالاتی در حال حاضر، تحت این استاندارد پیش‌پذیرفته به حساب نمی‌آیند.

به‌طور مشابه، اگرچه تنها آزمایش‌های محدودی روی اتصالات موجود در مجموعه‌ای با ستون تحت خمش دوماحوره وجود داشت، قضاوت CPRP این بود که تا وقتی ستون‌ها به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که الزاماً الاستیک باقی بمانند و رفتار غیرالاستیک در تیرها متمرکز شود، امکان حفظ رفتار قابل قبول مجموعه‌ی اتصال تیر ستون تحت بارگذاری دوماحوره وجود دارد. ستون‌های با مقطع صلیبی بال دار، ستون‌های قوطی شکل ساخته شده و ستون‌های قوطی شکل بال پهن برای استفاده در مجموعه‌ی تحت بارگذاری دوماحوره، در انواع اتصالاتی که رفتار غیرالاستیک به جای ستون، در تیر متمرکز می‌شود، مجاز هستند. باید متذکر شد که معیار ستون قوی-تیر ضعیف که در ضوابط لرزه‌ای AISC موجود است، تنها در قاب‌های صفحه‌ای معتبر است. چنانچه هر دو محور یک ستون در یک قاب خمشی مشارکت داشته باشند، ارزیابی باید به‌گونه‌ای انجام شود که وقتی در تیرهایی که هر یک از دو محور ستون را احاطه کرده‌اند، مفصل خمشی ایجاد می‌شود، (ستون) قابلیت آن را داشته باشد که ضرورتاً الاستیک باقی بماند.

۲-۳ عضوها

۲- عضوهای ساخته شده

رفتار عضوهای I-شکل ساخته شده به صورت گسترده در اتصالات ورق انتهایی پیچی مورد آزمایش قرار گرفته و اثبات شده است که قابلیت ایجاد تغییر شکل‌های غیرالاستیک لازم را دارند. این عضوها، عموماً در اتصالات پیش‌پذیرفته‌ی دیگر آزمایش نشده‌اند؛ در هر حال، شرایط تغییر شکل غیرالاستیک ایجاد شده در شکل‌های ساخته شده مربوط به دیگر اتصالات، مشابه آزمایش‌های اتصالات ورق انتهایی پیچی می‌باشد.

۲-ب ستون‌های ساخته شده

چهار شکل مقطع عرضی ستون ساخته شده در این استاندارد ارائه شده است، که در شکل ت-۱-۲ نشان داده شده‌اند و موارد زیر را شامل می‌شوند:

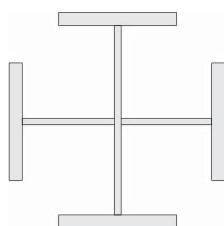
(۱) ستون‌های I-شکل جوشی که در شکل و مشخصات مقطع عرضی مشابه شکل‌های نورد شده‌ی بال پهن استاندارد می‌باشند.

(۲) ستون‌های W-شکل صلیبی، که برای ساخت شکل صلیبی آن‌ها، ابتدا یک مقطع بال‌پهن از وسط بریده می‌شود و سپس هر یک از جان‌های این مقطع بریده‌شده، در میانه‌ی عمق جان یک مقطع بال‌پهن بریده‌نشده، به دو طرف جوش می‌شوند، به طوری که هر ساق این مقطع صلیبی شکل در یکی از ضلع‌های یک مستطیل فرضی قطع می‌شود.

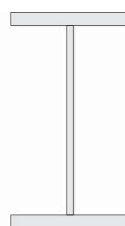
(۳) ستون‌های قوطی، که از جوشکاری چهار صفحه به هم برای ایجاد یک مقطع عرضی قوطی‌شکل بسته ساخته می‌شوند.

(۴) ستون‌های W-شکل قوطی‌شکل، که با اضافه کردن ورق‌های کناری به اطراف یک مقطع عرضی I-شکل ساخته می‌شوند.

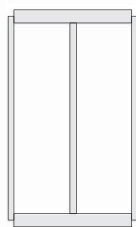
بیشتر آزمایش‌های اتصال بررسی شده به عنوان مبنای پیش‌پذیرفتگی‌ها در این استاندارد، از تیرهای نوردشده‌ی متصل به بال‌های ستون‌های بال‌پهن نوردشده تشکیل شده بودند. تعداد محدودی از آزمایش‌های اتصالات تیرهای بال‌پهن به ستون‌های با مقطع قوطی ساخته‌شده نیز بررسی شده است.



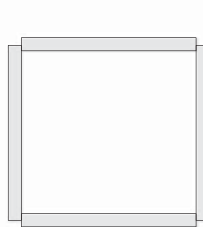
(ب) مقطع صلیبی بال‌دار



(الف) مقطع I-شکل



(د) مقطع قوطی‌شکل بال‌پهن



(ج) مقطع قوطی‌شکل ساخته‌شده^۱

شکل ت-۲-۱ شکل‌های ستون. آماده‌سازی ورق و جوش‌ها نشان داده نشده است

۱- طبق استعلام انجام‌شده از انجمن ساخت فولاد آمریکا (AISC) این شکل شماتیک است و نمی‌تواند ضوابط اجرای جوش شیاری با نفوذ کامل در ناحیه‌ی اتصال را برآورده نماید.

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

ستون صلیبی بال‌دار و ستون‌های قوطی‌شکل بال‌پهن به طور ویژه مورد آزمایش قرار نگرفته است. در هر حال، بر اساس قضاوت CPRP تا زمانی که چنین مقاطع عرضی ستونی، به ترتیب، با محدودیت‌های مقاطع عرضی I-شکل و مقاطع عرضی قوطی‌شکل مطابقت داشته باشند و مجموعه‌ی اتصال برای اطمینان از اینکه بیشترین رفتار غیرالاستیک نه در ستون، بلکه در تیر روی می‌دهد، طراحی می‌شود، رفتار مجموعه شامل این مقاطع، قابل قبول خواهد بود. بنابراین، پیش‌پذیرفتگی برای انواع اتصالی که غالباً رفتار غیرالاستیک به جای ستون در تیر روی می‌دهد، به این مقاطع عرضی نیز تعمیم داده شده است.

۴-۲ پارامترهای طراحی اتصال

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.

۲- محل مفصل پلاستیک

این استاندارد، محل احتمالی مفصل پلاستیک را برای هر نوع اتصال پیش‌پذیرفته، مشخص می‌کند. در حقیقت، تغییرشکل غیرالاستیک مجموعه‌ی اتصال، عموماً در طول بخش‌هایی از آن گسترش پیدا می‌کند. محل‌های مفصل پلاستیک مشخص شده در این استاندارد، بر مبنای رفتار مشاهده‌شده حین آزمایش‌های مجموعه‌ی اتصال می‌باشند و محتمل‌ترین محل‌های تغییرشکل غیرالاستیک را در مجموعه‌ی اتصال با توجه به نوع خاص پیش‌پذیرفتگی نمایش می‌دهند.

۳- حداکثر لنگر محتمل در مفصل پلاستیک

هدف آن بوده است که حداکثر لنگر محتمل در مفصل پلاستیک، تخمینی محافظه‌کارانه از حداکثر

لنگری باشد که احتمال می‌رود تحت پاسخ غیرالاستیک چرخه‌ای در اتصال ایجاد شود. در محاسبه‌ی این لنگر، فرض وجود مصالح پرمقاومت و سخت‌شوندگی کرنشی احتمالی، در نظر گرفته شده است.

۴- ورق‌های پیوستگی

ورق‌های پیوستگی بال تیر در اتصالات خمشی، اهداف متعددی را تأمین می‌کنند. آن‌ها کمک می‌کنند که نیروهای بال تیر به جان ستون منتقل شود، جان ستون را برای ممانعت از چروکیدگی موضعی جان ستون تحت نیروهای متمرکز بال تیر، سخت می‌کنند و تمرکز تنش‌هایی را که می‌تواند در اتصال بال تیر و ستون به دلیل سختی غیریکنواخت المان‌های متصل شده ایجاد شود، کاهش می‌دهند.

تقریباً تمامی آزمایش‌های مجموعه‌ی اتصال روی نمونه‌هایی انجام شده که طول مشخصی (معمولاً نصف ارتفاع طبقه) از ستون بالا و پایین تیر، یا تیرهایی که ستون را احاطه کرده، در مدل وجود داشته است. بنابراین، شرایطی که معمولاً در طبقه‌ی بالای سازه وجود دارد که ستون در تراز بال بالایی تیر پایان می‌یابد، به طور ویژه مورد آزمایش قرار نگرفته است تا جزئیات‌بندی قابل قبول به دست آید. باور بر آن است که وقتی المان‌های اتصال، بالاتر از بال بالایی تیر امتداد پیدا نمی‌کنند، جزئیات ورق سرپوش مشابه با آنچه در شکل ت-۲-۲ نشان داده شده است، برای تأمین عملکرد قابل اطمینان، کافی است. در بعضی اتصالات، مثل اتصالات ورق انتهایی گسترش یافته و نشیمن پیچی کایزر^۱، بخشی از مجموعه‌ی اتصال بالاتر از بال بالایی تیر امتداد پیدا می‌کند. در چنین شرایطی، ستون باید برای اجرای اتصال و امکان مستقر کردن المان‌های اتصال، تا یک ارتفاع کافی بالاتر از بال تیر ادامه پیدا کند. در چنین شرایطی، ورق‌های سخت‌کننده باید در جان ستون، در مقابل بال بالایی تیر قرار گیرد، مشابه آنچه در تراز قاب متوسط انجام می‌شود.

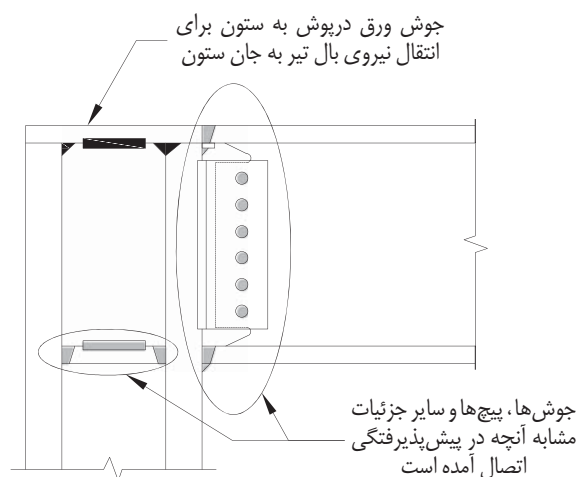
اتصال ورق‌های پیوستگی به جان‌های ستون باید به گونه‌ای طرح شود که قادر باشد حداکثر نیروهای برشی که می‌تواند به ورق‌های پیوستگی اعمال شود، منتقل کند. این نیرو ممکن است با نیروی بال تیر، مقاومت برشی ورق پیوستگی یا اتصال جوشی بین ورق پیوستگی و بال ستون محدود شود.

ضوابط لرزه‌ای AISC ملزم می‌دارد که ورق‌های پیوستگی با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل به بال‌های ستون متصل شوند، بنابراین مقاومت بال تیر می‌تواند به خوبی در ورق‌های پیوستگی گسترش یابد. برای اتصالات یک‌طرفه که در آن‌ها یک تیر خمشی تنها به یکی از بال‌های ستون متصل می‌شود، معمولاً ضرورتی ندارد که برای اتصال ورق پیوستگی به بالی از ستون که تیری به آن

۱- همانطور که پیشتر اشاره شد، اتصال نشیمن پیچی کایزر در این ترجمه ارائه نشده است.

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

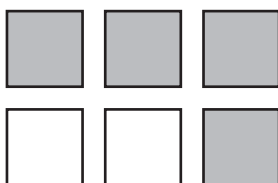
متصل نشده، از جوش شیاری با نفوذ کامل استفاده شود. در چنین شرایطی، با اتصال ورق پیوستگی به ستون با یک جفت جوش گوشه‌ی حداقلی، می‌توان عملکرد قابل قبول را تأمین نمود.



شکل ت-۲-۲ نمونه‌ی جزئیات ورق سرپوش برای بالای ستون در اتصال RBS

چنانچه تیرها به ورق‌های کناری مقطع ستون‌های قوطی‌شکل بال‌پهن به‌صورت خمشی متصل شوند، ورق‌های پیوستگی یا ورق‌های سرپوش همیشه باید مشابه آنچه برای ستون‌های قوطی‌شکل لازم است، در مقابل بال‌های تیر تأمین شوند.

۴



راهنمای ضوابط استاندارد
شماره‌ی ۳۵۸ آمریکا

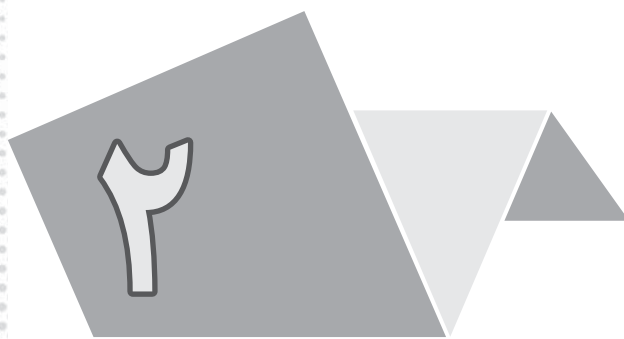


راهنمای طراحی، ساخت، نظارت و بازرسی

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

مقدمه

این راهنما، برای تکمیل استاندارد حاضر و تفسیر آن، به صورت تشریحی و تصویری آماده شده است و هدف آن تشریح نکته‌های طراحی، ساخت، نظارت، و بازرسی مرتبط با اتصالات پیش پذیرفته و در بعضی موارد مفاهیم مربوط به آن‌ها می‌باشد. یک طراح باید اطلاعات کافی در حوزه‌ی ساخت، نظارت و بازرسی داشته باشد تا بتواند نقشه‌های اجرایی را تهیه و ضوابط فنی لازم را در پروژه جاری نماید.



۲-۲ سختی اتصال

قاب‌های خمشی، مقاومت و سختی خود را از طریق مشخصات مقطع تیرها و ستون‌هایی که قاب را تشکیل می‌دهند و از طریق تقاطع این المان‌ها در اتصالات تیر و ستون تأمین می‌کنند. اتصالات تیر به ستون در قاب‌های خمشی، می‌توانند در دسته‌بندی مقیدشده‌ی کامل^۱ یا جزئی^۲ و تمام قدرت^۳ یا مقاومت جزئی^۴ قرار بگیرند. یک اتصال کاملاً مقیدشده، قادر است زاویه‌ی بین تیر و ستون را در ناحیه‌ی رفتار الاستیک ثابت نگه دارد. با توجه به آنکه تحت اثر بار، احتمالاً مقداری تغییر شکل در چشمه‌ی اتصال و دیگر عضوهای اتصال مانند ورق‌ها و پیچ‌ها اتفاق می‌افتد، اتصالات بسیار کمی کاملاً مقیدشده هستند. ضوابط عمومی AISI در مورد مقدار انعطاف‌پذیری المان‌های یک اتصال کاملاً مقیدشده، مسکوت است. FEMA (2000a, FEMA) 350 پیشنهاد می‌کند، چنانچه تغییر شکل اتصال (به‌تنهایی و با صرف‌نظر کردن از تغییر شکل سایر اجزای اتصال از جمله چشمه‌ی اتصال) بیش از ۱۰ درصد، نسبت به تغییر شکل نسبی محاسباتی قاب، فراتر رود، اتصال در دسته‌بندی مقیدشده‌ی جزئی یا سختی جزئی^۵ قرار گیرد. طبق تعریف، در اتصال‌های جزئی،

- 1- Fully Restrained (FR)
- 2- Partially Restrained (PR)
- 3- Full-Strength
- 4- Partial-Strength
- 5- Partial-Stiffness

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

تغییر زاویه‌ی بین تیر و ستون متصل به یکدیگر، در بارهای کمتر از حد الاستیک اتفاق می‌افتد. اگر اتصال بتواند به تنهایی، لنگر پلاستیک مورد انتظار تیر را تأمین نماید، اتصال تمام قدرت فرض می‌شود. اتصالات تمام قدرت، توانایی گسترش مقاومت تسلیم در تیرها و ستون‌های متصل ضعیف‌تر را پیش از تسلیم قابل توجه المان‌های اتصال دارند. اما در اتصالات‌های با مقاومت جزئی، تسلیم بعضی از المان‌های اتصال قبل از شکل‌گیری مفصل پلاستیک در تیرها و ستون‌های متصل، تجربه می‌گردد. بیشتر اتصالات تمام جوشی به عنوان تمام قدرت و کاملاً مقیدشده مورد توجه قرار می‌گیرند. در خصوص اتصالات پیچی اگرچه این امکان وجود دارد که آن‌ها به صورتی طراحی گردند تا قادر به تأمین مقاومت کامل المان‌های متصل شده باشند، در نهایت این اتصالات نسبت به نمونه‌ی جوشی مشابه، انعطاف‌پذیرتر هستند. با این حال بعضی از اتصالات پیچی به خوبی به عنوان تمام قدرت و کاملاً مقیدشده عمل می‌کنند. در واقعیت بسیاری از اتصالاتی که کاملاً مقیدشده فرض می‌شوند، صرف‌نظر از نوع (پیچی یا جوشی)، پیش از تشکیل مفصل پلاستیک کامل در عضوهای اتصال، تسلیم را در چشمه‌های اتصال خود تجربه می‌کنند. صلبیت^۱ اتصال (ارتباط با FR و PR) یکی از پارامترهای مهم در طراحی قاب‌های خمشی برای مقاومت لرزه‌ای می‌باشد، زیرا قاب‌های خمشی به صورت ذاتی سیستم‌های انعطاف‌پذیری هستند و معمولاً طراحی لرزه‌ای آن‌ها به جای الزامات تأمین حداقل مقاومت، بر اساس الزامات استانداردهای ساختمانی برای محدود کردن تغییر شکل نسبی طبقه کنترل می‌شوند. اگر اتصالات تیر به ستون دارای انعطاف‌پذیری قابل توجه باشند، باعث افزایش انعطاف‌پذیری کلی قاب شده و احتمالاً برای کنترل تغییر شکل نسبی، لازم است عضوهای قوی‌تری به کار گرفته شود (Hamburger, 2009).

۳-۲ عضوها

۱- عضوهای نورده‌شده‌ی بال‌پهن

بر اساس تعریف بند ۳-۲-۱-۳ از ASTM A6، مقاطع بال‌پهن، سطح مقطعی با دو محور تقارن دارند که سطح داخلی و خارجی بال آن‌ها موازی هستند.

۲- عضوهای ساخته‌شده

(۱) یکی از بحث‌های مطرح‌شده در این بند، مشابهت مقاطع ساخته‌شده با مقاطع بال‌پهن (W-Section) می‌باشد که هیچ تعریفی از مشابهت در استاندارد قید نشده است. با توجه به

ابهام موجود در این بند، پرسشی با مضمون زیر برای انجمن ساخت فولادی آمریکا (AISC) ارسال گردید. پرسش مطرح شده و پاسخ این انجمن، به شرح زیر است:

پرسش:

اتصالات پیش پذیرفته شده برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای (AISC 358)، در بند ۲-۳-۲ مشخص می‌نماید که بال‌ها و جان‌های عضوهای ساخته شده باید عرض، عمق و ضخامتی مشابه مقاطع بال پهن داشته باشند. با توجه به هدف استفاده از مقاطع ساخته شده، طراحان ترجیح می‌دهند در تیرهای ساخته شده نسبت به تیرهای نورد شده، از جان‌هایی با ضخامت کمتر استفاده نمایند، به علاوه اگر هدف استفاده از ابعادی مشابه می‌باشد، چرا به جای ساخت مقطع، از تیرهای نورد شده‌ی موجود استفاده نشود؟ در نتیجه، در بیشتر موارد ابعاد تیر ساخته شده نسبت به تیر نورد شده متفاوت است. اکنون پرسش آن است که منظور از این مشابهت چیست؟ و آیا مجاز است که این استاندارد برای طراحی اتصالاتی با چنین تیرهای ساخته شده‌ای به کار رود؟

پاسخ:

مشابهت به معنای یکسان بودن نیست و بنابراین، آزادی عملی برای مهندس فراهم می‌کند که از قضاوت مهندسی استفاده نماید. در هر حال، موافقم که هدف این جمله برای من نیز واضح نیست. اما اگر در مجموع نگاه شود، فکر می‌کنم ضوابط لرزه‌ای AISC و ضوابط اتصالات پیش پذیرفته‌ی AISC محدودیت‌های مشخصی بر ابعاد عضوها قرار داده‌اند که اگر تمام ضوابط گوناگون برآورده شوند، شما احتمالاً مقطعی خواهید داشت که در محدوده‌ی مورد نظر قرار می‌گیرد. برای نمونه، تیرها در یک سیستم قاب خمشی متوسط باید شکل پذیر باشند و این موضوع محدودیت‌های معینی برای نسبت‌های عرض به ضخامت جان‌ها و بال‌های عضو مقرر می‌کند. تیرها در قاب‌های خمشی ویژه باید شکل پذیری زیاد داشته باشند که به محدودیت‌های سخت گیرانه‌تری بر ابعاد منجر می‌گردد. محدودیت‌های ابعادی در نظر گرفته شده برای هر نوع مشخص اتصال را نیز باید برآورده نمود. دلیل مجاز بودن عضوهای ساخته شده، در مثال ۵-۱ از FEMA 451 نمایش داده شده است. تیر استفاده شده در این مثال، هرچند غیر منشوری است، مقطع عرضی مشابه یک مقطع بال پهن دارد و دارای دو محور تقارن است. در نتیجه، استفاده از این استاندارد در طراحی تیرهای ساخته شده، به وضوح از اهداف این استاندارد است. تیرهای ساخته شده باید مطابق تمام الزامات سیستم انتخابی باشد (برای مثال عرض بال تیر، b_{tf} ، در اتصال خمشی با ورق انتهایی سخت نشده در سیستم قاب خمشی ویژه، باید با توجه به جدول ۶-۱ در محدوده‌ی ۱۵۲ تا ۲۳۵ میلی‌متر باشد و نسبت عرض به ضخامت لازم را نیز با توجه به آیین‌نامه‌ی مورد استفاده، برای جان‌ها و بال برآورده نماید).

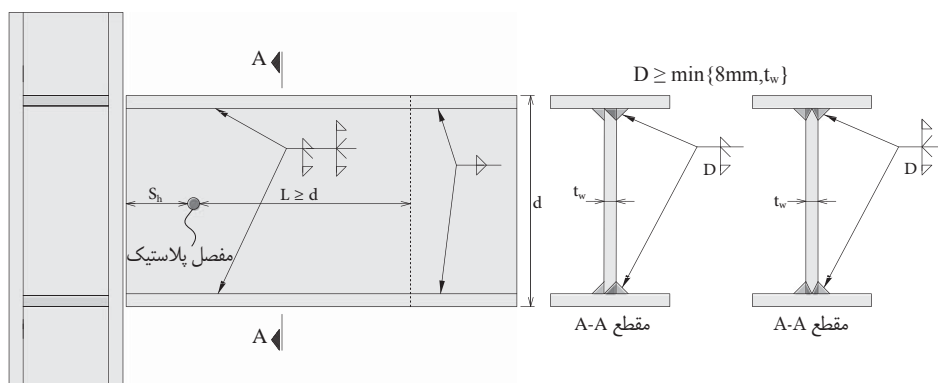
(۲) در بند B4.1 از ضوابط عمومی AISC و بند D1.1a از ضوابط لرزه‌ای AISC آمده است که برای آنکه یک مقطع فشرده و یا فشرده‌ی لرزه‌ای باشد، باید اتصال بال به جان پیوسته باشد.

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

بنابراین برای طول مشخص شده در بند ۲-۳-۲ الف و ۲-۳-۲ ب شرایط کاملاً مشخص است. اما برای دیگر بخش‌ها توصیه می‌شود که از جوش گوشه‌ی سرتاسری استفاده گردد.

۲-الف تیرهای ساخته‌شده

در طول ناحیه‌ای از وجه ستون تا فاصله‌ای بزرگتر یا مساوی عمق تیر بعد از مفصل پلاستیک، جان و بال‌های تیرهای ساخته‌شده باید با جوش شیاری با نفوذ کامل، همراه با یک جفت جوش گوشه‌ی تقویتی به یکدیگر متصل شوند، شکل ر-۱-۲.

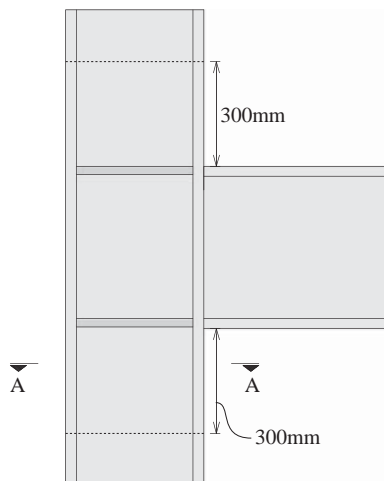


شکل ر-۱-۲ جوش اتصال بال‌ها به جان تیر، در محدوده‌ی مجاور اتصال

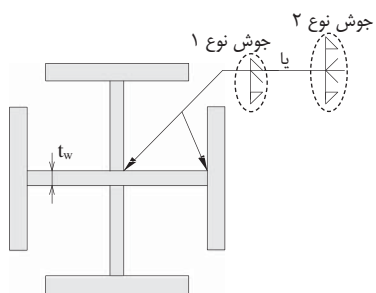
استثناء: در حال حاضر، تنها استثنایی که در این استاندارد در ارتباط با جوش بین جان و بال تیر مطرح شده است، مربوط به اتصال ورق انتهایی گسترش‌یافته است. پیش‌پذیرفتگی اتصال خمشی ورق انتهایی در فصل ۶، استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل یا یک جفت جوش گوشه با حداقل بعد بزرگترین دو مقدار ۷۵ درصد ضخامت جان و ۶ میلی‌متر، را در این ناحیه مجاز می‌داند. ضمن آنکه این جوش باید در امتداد وجه ستون تا فاصله‌ای برابر کوچکترین دو مقدار ۳ برابر عرض تیر و عمق تیر از وجه ستون ادامه یابد، شکل ر-۶-۸.

۲-ب ستون‌های ساخته‌شده

در طول ناحیه‌ای شامل ۳۰۰ میلی‌متر بالاتر از بال بالایی تیر تا ۳۰۰ میلی‌متر پایین‌تر از بال پایینی تیر، بال‌ها و جان‌های ستون باید با جوش‌های شیاری با نفوذ کامل به هم متصل شوند. در ستون‌های I-شکل و ستون‌های صلیبی بال‌دار، استفاده از جوش گوشه‌ی تقویتی نیز ضروری است، شکل ر-۲-۲.

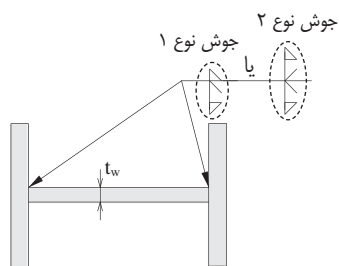


(الف) ناحیه‌ی اجرای جوش شیاری با نفوذ کامل و جوش گوشه تقویتی



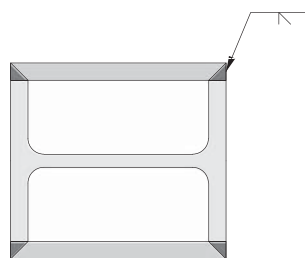
مقطع A-A

(ج) مقطع صلیبی بال‌دار



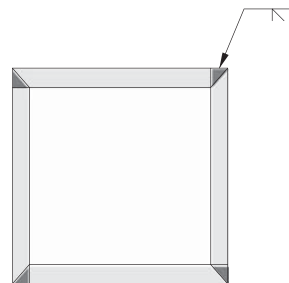
مقطع A-A

(ب) مقطع I-شکل



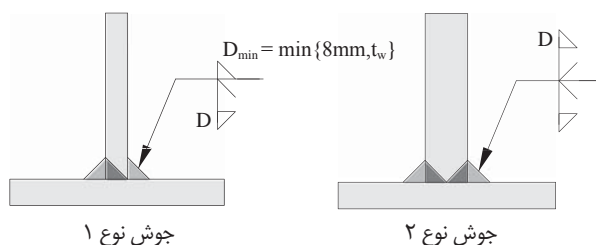
مقطع A-A

(هـ) مقطع قوطی‌شکل بال‌پهن



مقطع A-A

(د) مقطع قوطی‌شکل ساخته‌شده



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

شکل ر-۲-۲ جوش اتصال بال‌ها و جان‌های ستون، در محدوده‌ی مجاور اتصال

لازم به ذکر است، در ستون‌های قوطی‌شکل بال‌پهن و قوطی‌شکل ساخته‌شده خارج از ناحیه‌ی مشخص‌شده، ورق‌های بال و جان باید با جوش شیاری یا گوشه به صورت پیوسته متصل شوند، اما نوع جوش شیاری مشخص نشده است و استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل یا نسبی مجاز است.

۴-۲ پارامترهای طراحی اتصال

۱- ضریب‌های مقاومت

در طراحی لرزه‌ای اعضای فولادی، مدهای خرابی به دو دسته‌ی شکل‌پذیر و غیرشکل‌پذیر تقسیم می‌شوند (Astaneh-Asl, 1995).

مدهای خرابی شکل‌پذیر: هنگامی که 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؛
- کماتش موضعی محدود؛

مدهای خرابی غیرشکل‌پذیر: هنگامی که اعضای سازه‌ی فولادی به حالت حدی غیرشکل‌پذیر

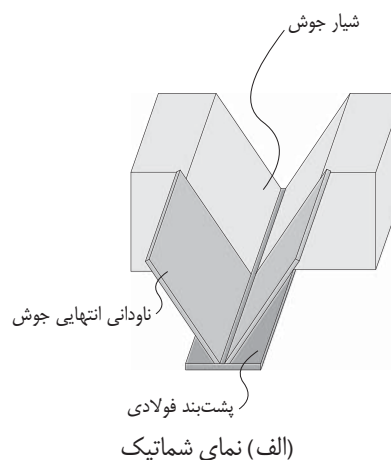
۳-۴ جزئیات و عملکرد ناودانی‌های انتهایی جوش^۱

به دلیل کیفیت نامناسب ابتدا و انتهای جوش ناشی از شروع و خاتمه‌ی قوس الکتریکی در یک خط جوش شیار با نفوذ کامل، از ناودانی انتهایی جوش استفاده می‌گردد تا شروع و خاتمه‌ی جوش به خارج از طول اصلی منتقل گردد و پس از اجرای جوش شیار، ناودانی‌های انتهایی که احتمالاً شامل جوش‌های معیوب است، به همراه بخشی از فلز پایه حذف شوند. شکل ر-۸-۳ تصویر اجرایی از ناودانی‌های انتهایی جوش را نمایش می‌دهد.

در آیین‌نامه‌ی جوشکاری سازه‌ای-مکمل لرزه‌ای (AWS، ۲۰۰۹)، آمده است که در صورت عملی بودن، ناودانی انتهایی جوش باید حداقل به اندازه‌ی ۲۵ میلی‌متر و ضخامت قطعه، هرکدام بزرگتر باشد، از لبه‌ی درز امتداد داشته باشد. نیازی نیست که طول ناودانی انتهایی جوش از ۵۰ میلی‌متر بیشتر شود، شکل ر-۹-۳.



(ب) نمونه اجرایی



شکل ر-۸-۳ ناودانی انتهایی جوش

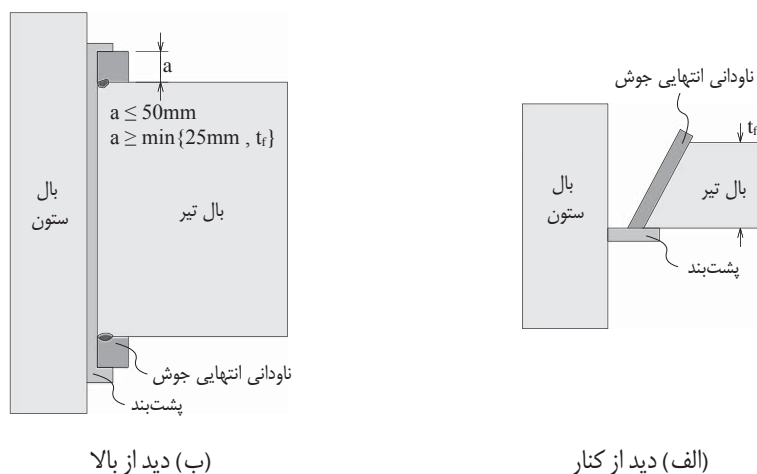
در عملیات برداشت، با استفاده از برش قوسی کربن هوا (CAC-A)^۲، سنگ‌زدن، پلیسه‌برداری یا برش، ناودانی انتهایی جوش به همراه بخشی از فلز پایه حذف می‌شود، شکل ر-۱۰-۳. پس از حذف ناودانی انتهایی جوش، سطح برداشت باید تا زبری سطح ۱۳ میکرون، پرداخت شود. با توجه به

۱- لازم به ذکر است که ناودانی انتهایی جوش (Weld Tab)، با نام Run of Plate نیز شناخته شده است.

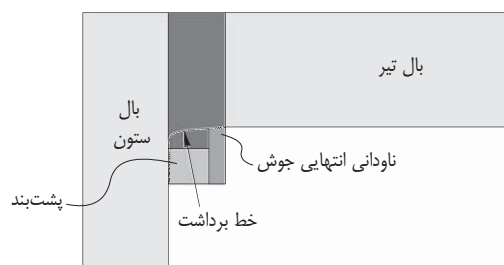
۲- انواع روش‌های برش‌کاری در پیوست ۱ ارائه شده‌اند.

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

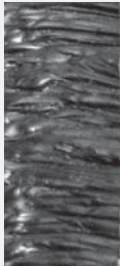

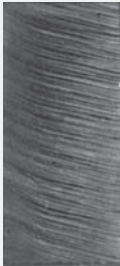

آیین‌نامه‌ی جوشکاری سازه‌ای-مکمل لرزه‌ای، نمونه‌ی شماره‌ی ۴ استاندارد AWS C4.1 می‌تواند به‌عنوان یک راهنما برای سنجش ناهمواری این سطوح استفاده شود. شکل ر-۱۱-۳ نمونه‌های موجود در این استاندارد را نشان می‌دهد. نمونه‌ی ۱ تا ۴ این شکل به‌ترتیب نمایش دهنده‌ی زبری سطح ۱۰۰، ۵۰، ۲۵ و ۱۳ میکرون هستند. نمونه‌ی تصویری پس از حذف ناودانی انتهایی جوش در شکل ر-۱۲-۳ قابل مشاهده است.



شکل ر-۹-۳ الزامات ابعادی ناودانی‌های انتهایی جوش



شکل ر-۱۰-۳ نمایی شماتیک از برداشت ناودانی انتهایی جوش (دید از بالا)

زبری سطح در نمونه‌های C4-1-77			
			
۱۰۰ میکرون	۵۰ میکرون	۲۵ میکرون	۱۳ میکرون
SAMPLE 1	SAMPLE 2	SAMPLE 3	SAMPLE 4

شکل ر-۱۱-۳ نمونه‌های موجود در AWS C4.1.77 برای زبری سطح متفاوت



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

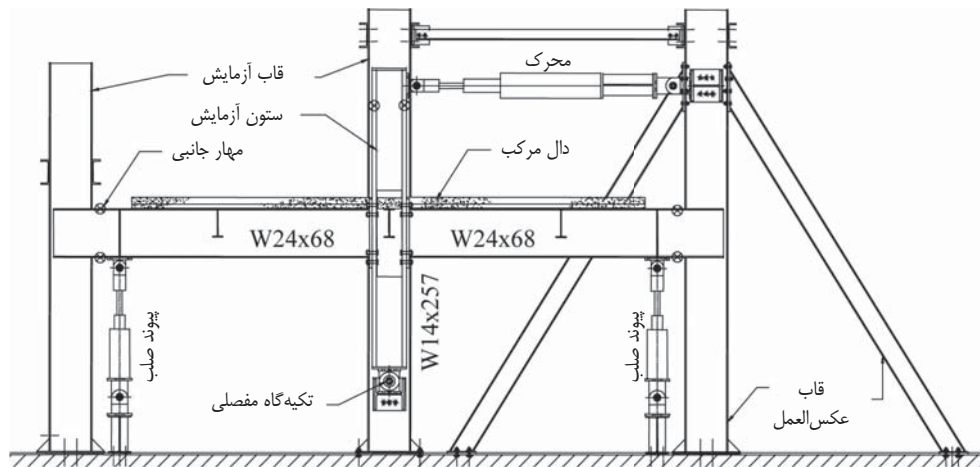
۵-۳ خال جوش‌ها

در ناحیه‌ی محافظت‌شده، خال جوش‌هایی که در اتصال پشت‌بند و ناودانی‌های انتهایی جوش استفاده می‌شوند، باید بخشی از جوش نهایی باشند، شکل ر-۱۳-۳.

استثناء: در سیستم‌های SMF:

(۳) بند 5a از بخش E2 (الزامات قاب‌های خمشی متوسط) و E3 (الزامات قاب‌های خمشی ویژه) در ضوابط لرزه‌ای AISC بیان می‌دارد که تیرهای فولادی در سیستم‌های IMF و SMF، برای مقاومت در برابر بارهای ثقیل، می‌توانند به صورت مرکب با دال بتنی مسلح باشند. در طراحی تیرهای قاب‌های خمشی فولادی برای بارهای جانبی، از اثر دال مرکب صرف نظر می‌شود، چرا که فرض بر آن است که بتن در لنگرهای منفی ایجاد شده ترک خورده و نمی‌تواند در مقاومت مقاطع فولادی شرکت کند.

برای بررسی رفتار اتصالات ورق انتهایی با دال مرکب، (Summner، 2003)، یک اتصال ورق انتهایی گسترش یافته‌ی سخت نشده مورد آزمایش قرار داده شد، در این آزمایش که پیکربندی آن در شکل ر-۶-۲ نشان داده شده است، دال بتنی تا وجه ستون ادامه یافته و با ستون در تماس بود. اعمال بارگذاری در ابتدا منجر به کماتش موضعی بال پایینی تیر شد. اما با ادامه یافتن چرخه‌های غیرخطی بارگذاری، دال مرکب هم‌چنان در مقاومت نمونه شرکت می‌کرد. این موضوع باعث گردید، نیازی (مقدار نیرو) بیشتر از مقدار پیش‌بینی شده به پیچ‌های اتصال بال پایینی اعمال گردد. در نهایت، پیچ‌ها پیش از کماتش موضعی بال بالایی تیر، دچار گسیختگی کششی شدند، زیرا تماس دال بتنی با ستون، باعث بالا رفتن محل محور خنثی و افزایش نیروهای پیچ‌های کششی و گسیختگی زود هنگام این پیچ‌ها شد. در این مرحله، تسلیم قابل توجه مقطع تیر در اطراف بال پایینی آشکار است. ضمن آنکه لازم است به مقدار نسبتاً ناچیز تسلیم پیرامون بال بالایی توجه شود، شکل ر-۶-۲(ج). در این آزمایش، دال اطراف ستون، ترک خورده و خرد شده است، شکل ر-۶-۲(د).



(الف) پیکربندی نمونه‌ی آزمایشگاهی



(ب) نمونه‌ی آزمایشگاهی اتصال ورق انتهایی



(ج) گیسختگی زودهنگام در اتصال ورق انتهایی

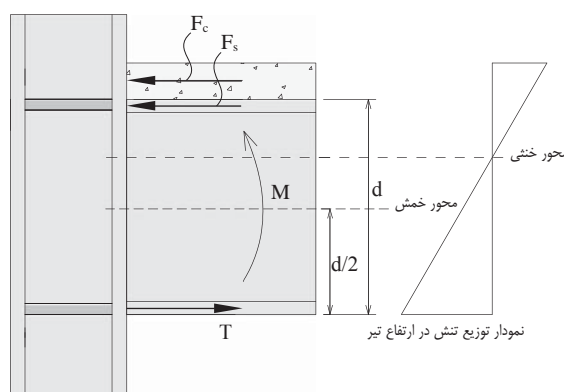


(د) نمای دال مرکب اطراف ستون

شکل ر-۶-۲ اتصال ورق انتهایی در ارتباط با دال مرکب

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

در یک تیر فولادی متقارن، محور خنثی در میانه‌ی ارتفاع قرار دارد. مطالعات نشان داده‌اند اگر دال سازه‌ای بتنی تا محل اتصال تیر به ستون امتداد یابد، عملکرد مرکب فولاد-بتن منجر می‌شود محور خنثی در محل اتصال، بالاتر از میانه‌ی ارتفاع تیر قرار گیرد، در نتیجه، کرنش و نیروی موجود در دورترین تار کششی افزایش یابد، شکل ر-۳-۶.



شکل ر-۳-۶ تأثیر اتصال دال بتنی به ستون در محل اتصال

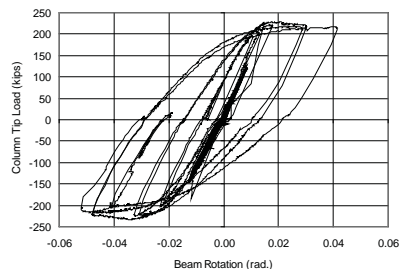
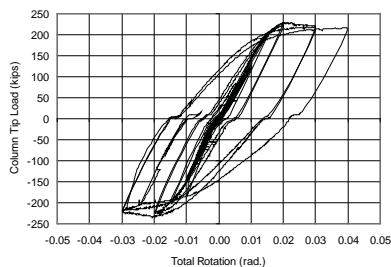
Murray و Seek آزمایش اتصال ورق انتهایی را روی یک نمونه‌ی 8ES که دال بتنی با ستون در تماس مستقیم نبود، تکرار کردند. نتایج حاصل از این مطالعه رضایت‌بخش بود. در این آزمایش مطابق شکل ر-۴-۶ (الف) به کمک مصالح تراکم‌پذیر بین دال و ستون فاصله ایجاد شده بود. در چرخه‌های ۰/۰۱۵ رادیان تغییر شکل نسبی طبقه، ترک خوردن آب آهک روی بال پایینی تیر مشاهده شد که شروع تسلیم بال پایین را نمایش می‌دهد. در چرخه‌های ۰/۰۲ رادیان تسلیم بال پایینی تیر واضح‌تر و ترک‌هایی در دال مشاهده شد. در چرخه‌های ۰/۰۳ رادیان بال پایینی کمانش کرد، شکل ر-۴-۶ (ب). شکل ر-۴-۶ (ج) نمودارهای هیستریزس به دست آمده از این آزمایش را نشان می‌دهد. شکل ر-۴-۶ (د) خرد شدن ناچیز بتن دال در اطراف ستون و در مجاورت سخت‌کننده را نشان می‌دهد. ترک‌های طولی که از سخت‌کننده شروع و در محدوده‌ای به اندازه‌ی ۸۰ میلی‌متر نسبت به خط مرکزی تیر در راستای محور طولی تیرها، انتشار پیدا کرده‌اند، قابل مشاهده است. بنابراین در سیستم‌های ویژه، لازم است از اتصال دال به محل اتصال تیر و ستون جلوگیری شود، به این منظور باید در فاصله‌ی حداقل ۲۵ میلی‌متری از وجه ستون، از تماس دال با اتصال ممانعت کرد. این فضای خالی می‌تواند با مصالح تراکم‌پذیر پر شود.



(الف) استفاده از مصالح تراکم‌پذیر بین دال و ستون در اتصال ورق انتهایی



(ب) کمانش بال پایین و تسلیم در تیر



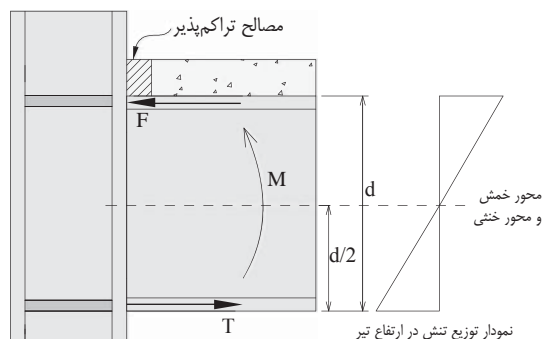
(ج) نمودارهای هیستریزس حاصل از آزمایش



(د) ترک ناچیز در دال اطراف ستون

شکل ر-۴ اتصال ورق انتهایی بدون ارتباط با دال مرکب

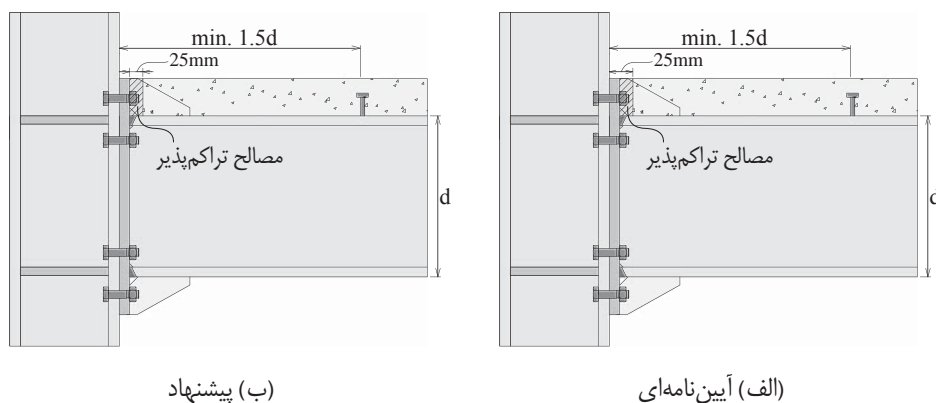
عدم ارتباط دال و ستون در محل اتصال سبب می‌شود در انتقال نیروهای تیر به ستون تنها تیر فولادی مشارکت داشته باشد. در چنین شرایطی با فرض متقارن بودن تیر، محور خنثی مقطع تیر در میانه‌ی ارتفاع قرار گرفته و در نتیجه بتن روی تیر در محل اتصال کرنشی متحمل نخواهد شد، شکل ر-۵-۶. بنابراین همانطور که پیشتر بیان شد، لازم است به کمک مصالح تراکم‌پذیر نظیر پلاستوفوم (یونولیت) از اتصال دال به ستون ممانعت شود.



شکل ر-۵-۶ اصلاح عملکرد مرکب فولاد و بتن در محل اتصال

از شرایط پیش‌پذیرفتگی اتصالات با ورق انتهایی گسترش‌یافته در قاب‌های خمشی ویژه، علاوه بر محدودیت ارتفاع تیر، عدم قرارگیری برشگیرها در فاصله‌ی $1/5$ برابر عمق تیر نسبت به وجه ستون و همچنین فاصله‌ی دال سازه‌ای بتنی به اندازه‌ی حداقل ۲۵ میلی‌متر از وجه ستون است، شکل ر-۶-۶ (الف). در قاب‌های خمشی متوسط نیز به علت عدم مشارکت بتن در انتقال نیروی تیر به ستون در محل اتصال رعایت دو شرط اخیر الزامی است.

چنانچه ضخامت ورق انتهایی از ۲۵ میلی‌متر بزرگتر باشد، بدون نیاز به مصالح تراکم‌پذیر شرط جدایی دال و ستون تأمین شده است، اما طبق شکل ر-۶-۳ همچنان اثر مرکب بودن دال و ستون برقرار است. بنابراین پیشنهاد می‌شود این فاصله از ورق انتهایی لحاظ گردد تا طبق شکل ر-۵-۶ اثرات متقابل دال و ستون حذف گردد، ر-۶-۶ (ب).

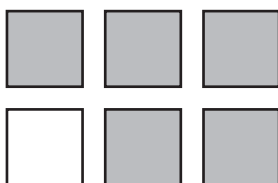


(ب) پیشنهاد

(الف) آیین‌نامه‌ای

شکل ر-۶-۶ قرارگیری مصالح تراکم‌پذیر بین دال و ستون و رعایت فاصله‌ی برشگیرها از وجه ستون

۵



مثال‌های کاربردی



مثال‌های کاربردی

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

مقدمه

مهندس طراح علاوه بر تسلط بر ضوابط طراحی و آگاهی از مفاهیم و استدلال‌هایی که مبنای الزامات آیین‌نامه‌ای هستند، باید توانایی استفاده‌ی صحیح از ضوابط آیین‌نامه را نیز دارا باشد.

این بخش از کتاب، برای آشنایی با نحوه‌ی استفاده‌ی کاربردی از ضوابط و مفاهیم بیان شده در بخش‌های پیشین، به ارائه‌ی خلاصه‌ی تصویری، فلوچارت طراحی و مثال‌های کاربردی اختصاص یافته است.

در بخش خلاصه‌ی تصویری، تمام ضوابطی که در بندهای مربوط به محدودیت‌های پیش‌پذیرفتگی اتصال آمده‌اند و شرایط ورود به طراحی اتصال هستند، به صورت خلاصه بر روی شمای اتصال عنوان شده‌اند.

فرآیند طراحی هر اتصال به صورت کاربردی در بخش فلوچارت طراحی اتصال، به ترتیب گام‌های طراحی و در قالب یک مثال واقعی، تنظیم شده‌اند.

در انتهای فصل مربوط به هر اتصال نیز، یک مثال کاربردی با جزئیات کامل طراحی شده و نقشه‌های سازه نیز ارائه شده‌اند.

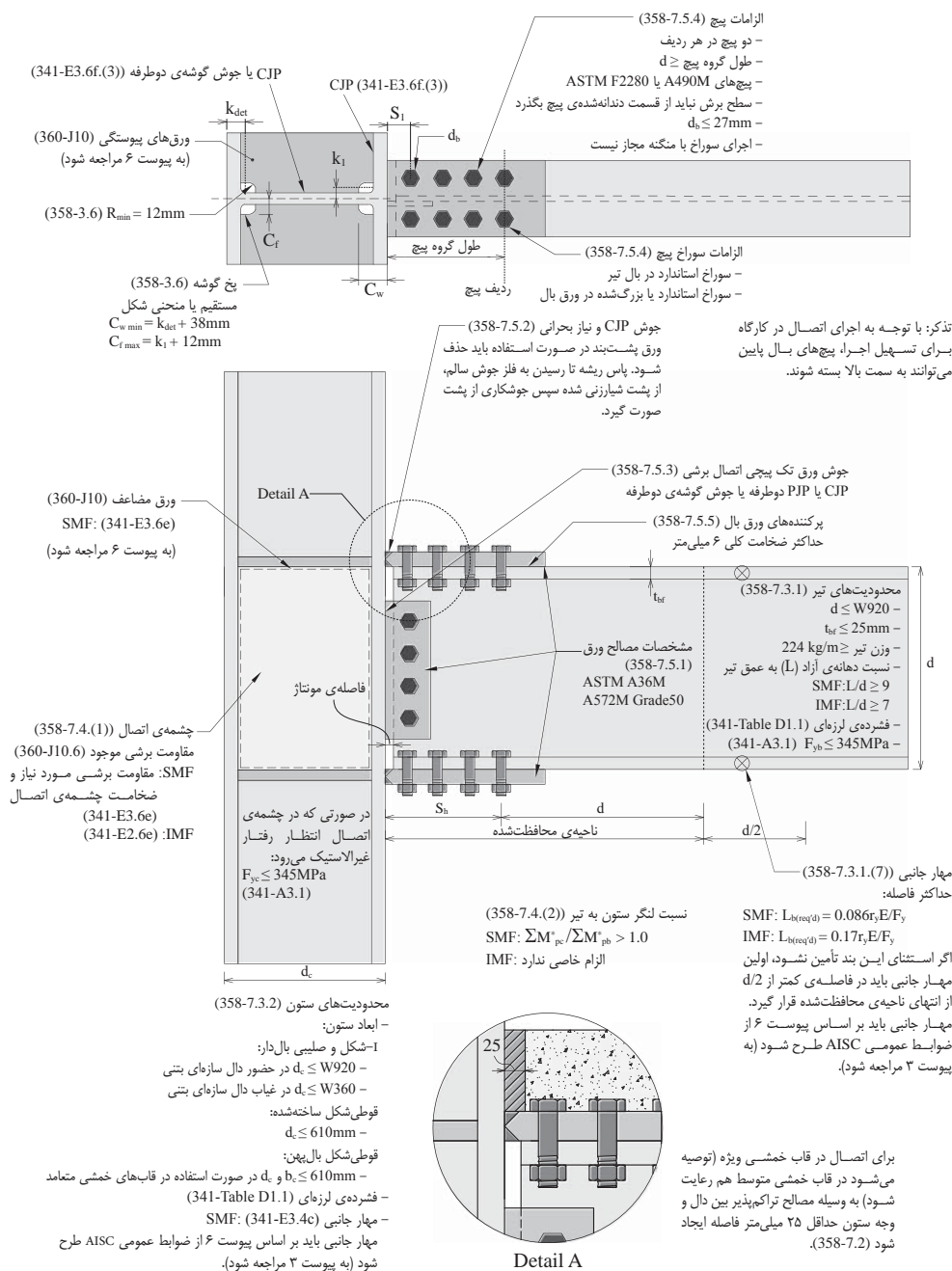


۱-۳ مقدمه

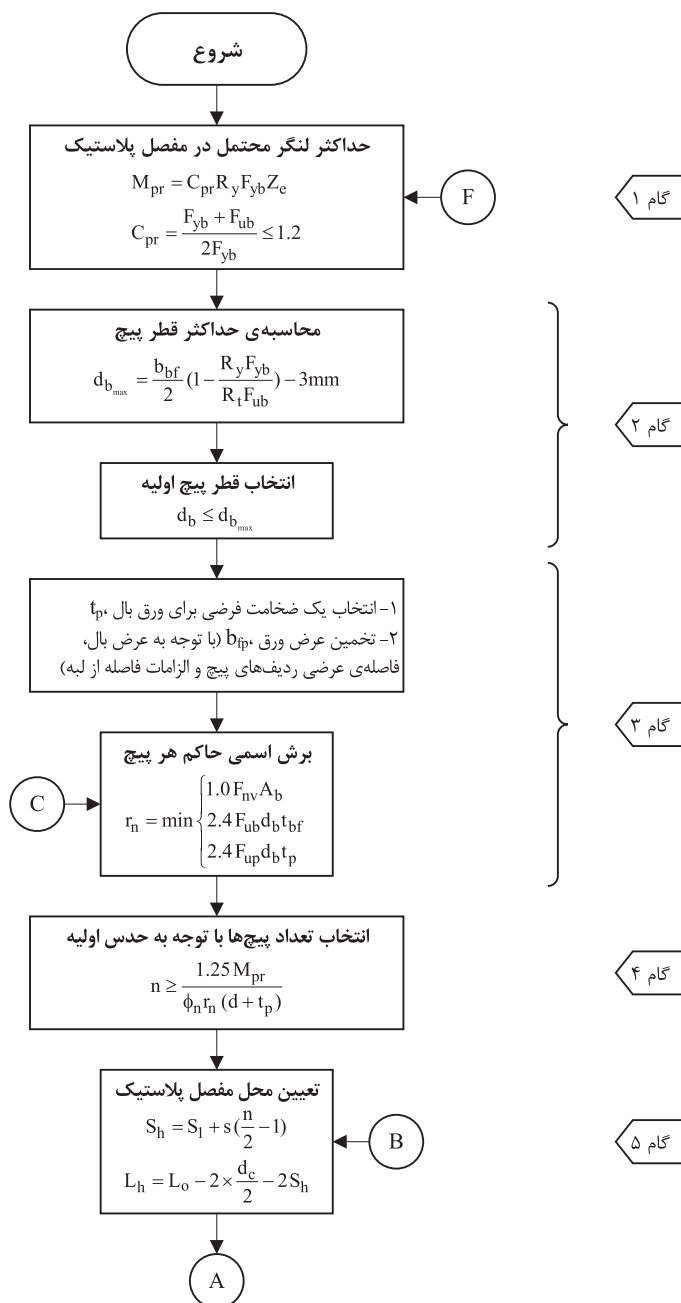
اتصال خمشی ورق بال پیچ شده (BFP) از جمله اتصالاتی است که به صورت غیرمستقیم، بال و جان تیر را توسط پیچ و مهره به ورق های اتصال جوش شده به ستون، متصل می کند. در این اتصال، مفصل پلاستیک با تقویت محل اتصال تیر به ستون، از وجه ستون دور می شود.

محدودیت های بیش پذیرفتگی این اتصال در شکل م-۱-۳ خلاصه و فرآیند طراحی گام به گام آن در فلوچارت م-۱-۳ تنظیم شده است.

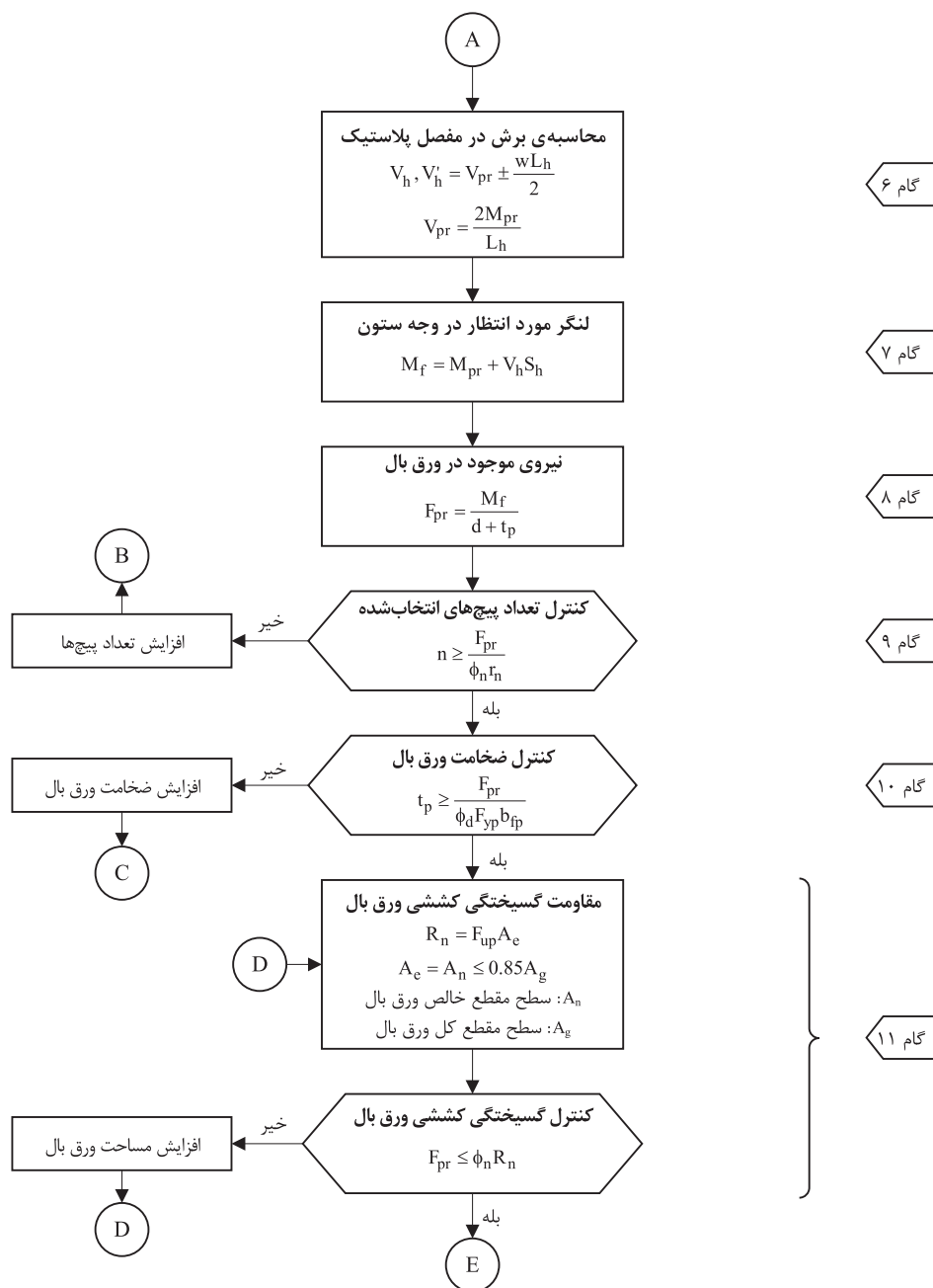
اتصالات پیش‌پذیرفته برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای



شکل م-۱-۳ خلاصه‌ی تصویری اتصال خمشی ورق بال پیچ‌شده

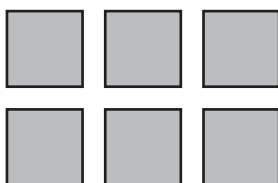


اتصالات پیش پذیرفته برای قاب‌های خمشی فولادی ویژه و متوسط در کاربردهای لرزه‌ای



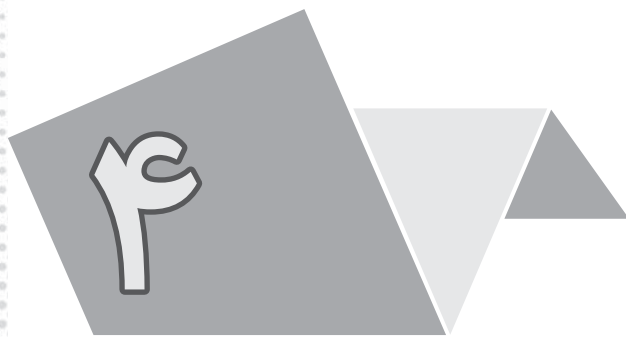
فلوچارت م-۳-۱ طراحی اتصال خمشی ورق بال پیچ‌شده (ادامه)

۶



پیوست‌ها



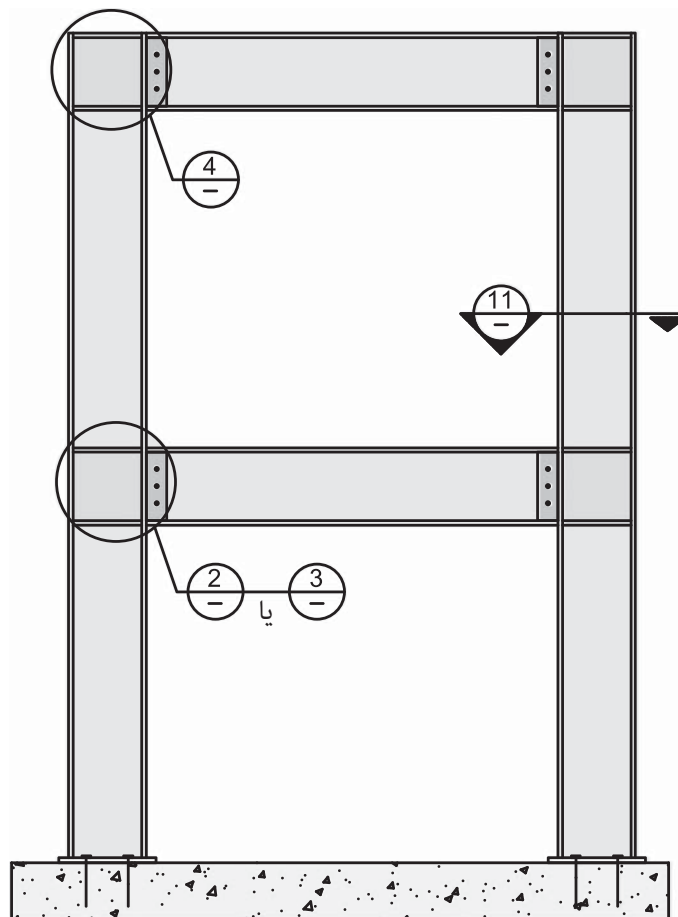


پ ۴-۱ مقدمه

اهمیت تهیه نقشه‌های جزئیات اتصالات، کمتر از طراحی آن‌ها نمی‌باشد و استفاده از جزئیات نامناسب می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری در اجرای سازه داشته باشد. بنابراین در این پیوست سعی شده است که جزئیات عمومی مرتبط با اتصالات گیردار تیر به ستون از دیدگاه‌های متفاوت بررسی و نقشه‌های کلی از آن‌ها به عنوان راهنما ارائه گردد. این پیوست دارای دو بخش کلی می‌باشد. بخش اول مربوط به اتصالات ستون‌های I و H-شکل می‌باشد و بخش دوم به جزئیات ستون‌های قوطی می‌پردازد. در این پیوست، تمرکز روی نوع اتصال نمی‌باشد.

پ ۴-۲ استاندارد اتصال گیردار تیر به ستون I-شکل

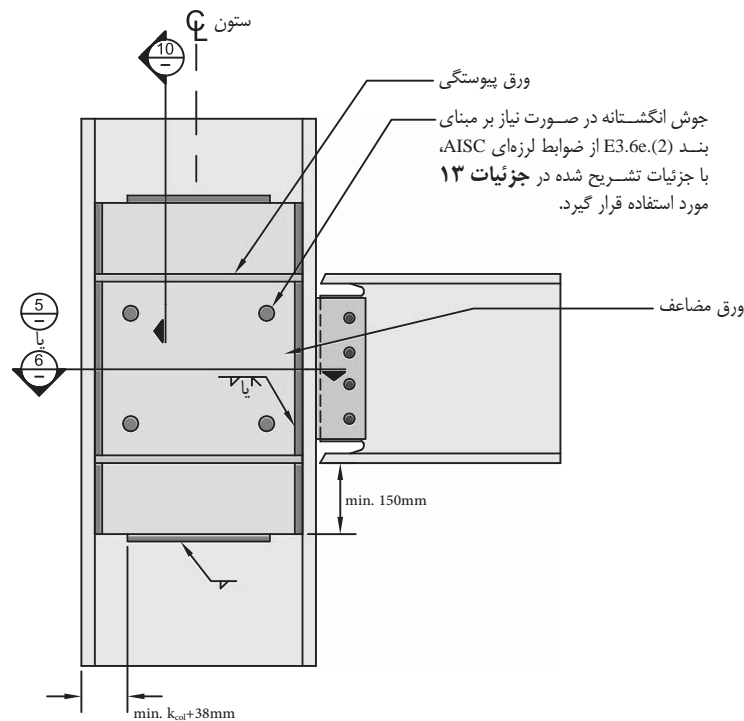
جزئیات ۱- نمایش جزئیات مختلف اتصالات بر روی یک قاب خمشی نمونه، شکل پ ۴-۱.



شکل پ ۴-۱ اتصالات مختلف روی قاب خمشی نمونه با ستون H یا I-شکل

جزئیات ۲- جزئیات عمومی ورق مضاعف جان-حالت اول.

شرح: ورق مضاعف تک/گسترش ورق مضاعف به خارج از چشمه‌ی اتصال/ورق مضاعف در تماس با جان ستون، شکل پ ۲-۴.



شکل پ ۲-۴ جزئیات عمومی ورق مضاعف جان-حالت اول

تذکر:

(۱) حداقل طول بیرون زدگی ورق مضاعف از ورق‌های پیوستگی:

در مورد حداقل طول بیرون زدگی ورق مضاعف بعد از ورق‌های پیوستگی، ضابطه‌ی صریحی در ضوابط لرزه‌ای AISC موجود نیست. بر اساس بند (4). (3). E3.6e از ضوابط لرزه‌ای AISC هنگامی که ورق مضاعف بدون ورق‌های پیوستگی مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید حداقل ۱۵۰ میلی‌متر بعد از عمیق‌ترین تیر خمشی متصل به ستون، امتداد پیدا کند، لازم به ذکر است که در اتصال شکل پ ۲-۴ ورق پیوستگی نیز مورد استفاده قرار است. از طرفی شکل

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

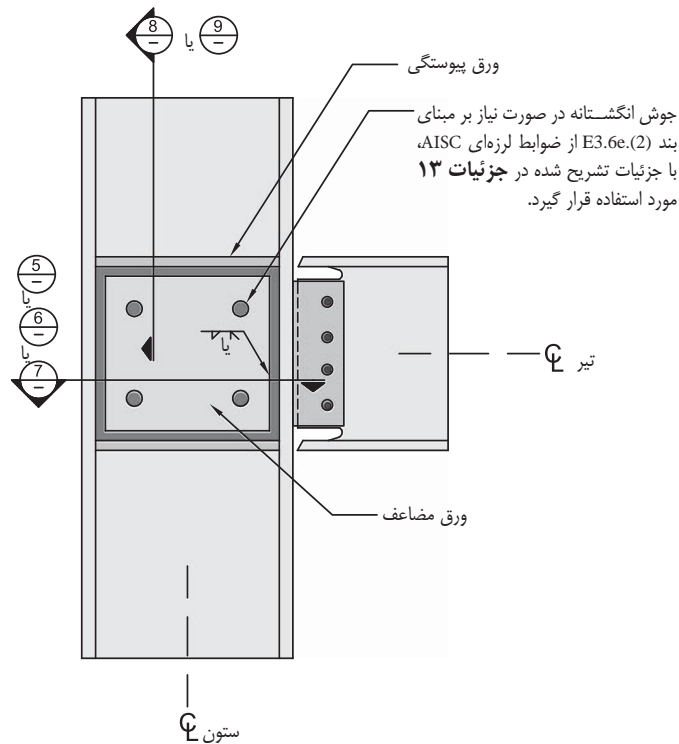
C-J10.8 در بخش تفسیر ضوابط عمومی AISC که کاملاً شرایط شکل پ ۴-۲ را دارد، ورق مضاعف ۶ اینچ معادل تقریباً ۱۵۰ میلی‌متر بعد از ورق‌های پیوستگی امتداد یافته است (باید در نظر داشت که این استاندارد لرزه‌ای نیست). با توجه به موارد فوق، توصیه می‌شود میزان بیرون‌زدگی حداقل ۱۵۰ میلی‌متر باشد. راهنمای طراحی شماره ۱۳ انجمن ساخت فولاد آمریکا^۱ در بند ۴-۴-۱ بیان می‌دارد که طول این بیرون‌زدگی باید $\frac{2}{5}$ برابر مقدار k ستون در اتصالات مستقیم یا به کمک ورق بال و ۳ برابر k ستون به علاوه‌ی ضخامت ورق انتهایی برای اتصال ورق انتهایی گسترش یافته باشد.

(۲) حداقل فاصله‌ی جوش اتصال ورق پیوستگی به جان ستون از لبه‌ی بال ستون:

در بند ۳-۶ از راهنمای استاندارد (بخش چهارم)، شرح داده شده است که در نیم‌رخ‌های نورد شده به دلیل کار سرد در نواحی اتصال بال و جان، گوشه‌های ورق پیوستگی برای جلوگیری از ایجاد ترک، نیاز به پخ‌زنی دارند. به دلایل ذکر شده، جوش اتصال بالا و پایین ورق چشمه‌ی اتصال نیز باید قبل از ناحیه‌ی اتصال قطع شود.

جزئیات ۳- جزئیات عمومی ورق مضاعف جان-حالت دوم.

شرح: ورق مضاعف تک یا جفت / ورق مضاعف محدود به چشمه‌ی اتصال / اتصال طبقات



شکل پ ۳-۴ جزئیات عمومی ورق مضاعف جان-حالت دوم

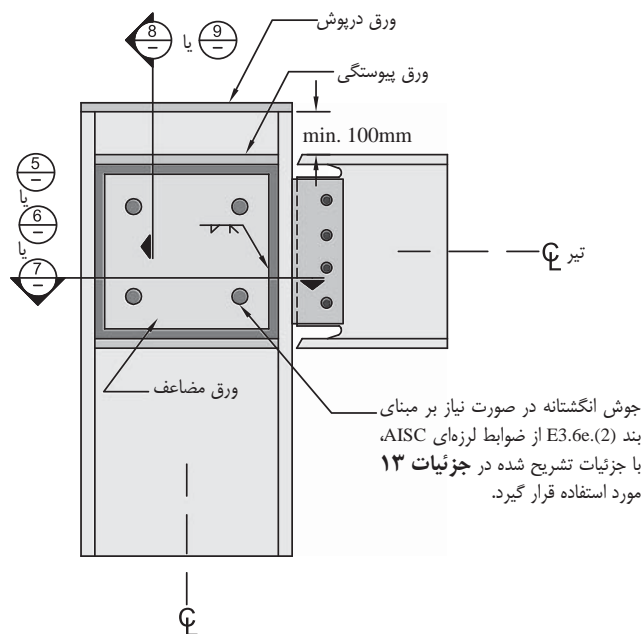
تذکر:

جوش انگشترانه‌ی نشان داده‌شده در شکل پ ۳-۴ فقط مربوط به ورق مضاعف تک می‌باشد.

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

جزئیات ۴- جزئیات عمومی ورق مضاعف جان-حالت سوم.

شرح: ورق مضاعف تک یا جفت/ ورق مضاعف محدود به چشمه‌ی اتصال/ اتصال بام



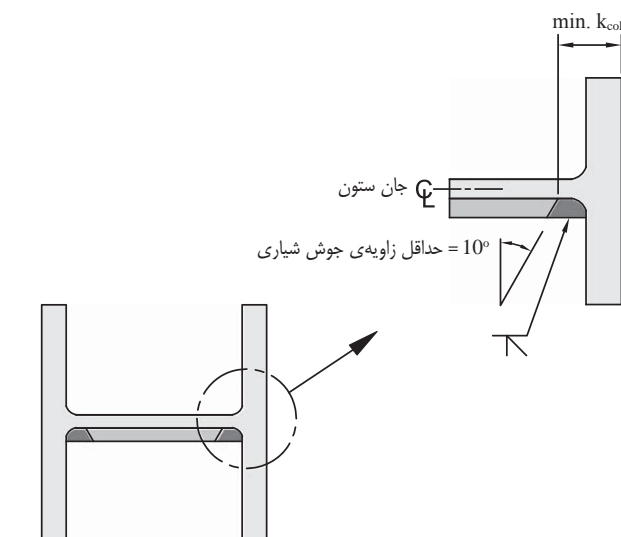
شکل پ ۴-۴ جزئیات عمومی ورق مضاعف جان-حالت سوم

تذکر:

جوش انگشتانه‌ی نمایش داده شده در شکل پ ۴-۴ فقط مربوط به ورق مضاعف تک می‌باشد.

جزئیات ۵- جزئیات اتصال ورق مضاعف به بال ستون -حالت اول.

شرح: ورق مضاعف تک/ ورق مضاعف در تماس با جان ستون/ نوع جوش شیاری با نفوذ کامل



شکل (a) C-E3.3 از AISC 341-2010

شکل پ ۴-۵ برش ۵-۵

تذکر:

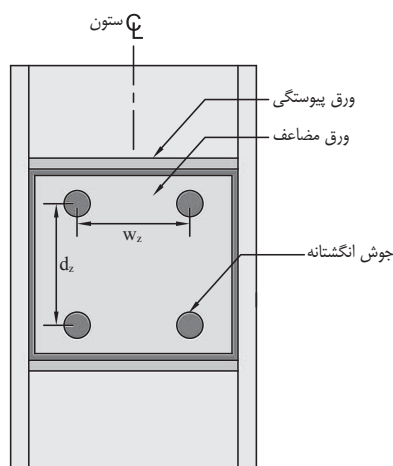
(۱) استفاده از ورق بالبهی عمود و جوش شیاری با زاویه‌ی ۹۰ درجه، بین ورق مضاعف و ستون مجاز نیست.

(۲) تنش تسلیم (F_y) ورق مضاعف باید مشابه ستون باشد.

استفاده شده است که آن‌ها را به هم متصل می‌کند و ورق را برای مطابقت با رابطه‌ی پ ۶-۷ تقسیم‌بندی می‌نماید، ضخامت کلی چشمه‌ی اتصال (مجموع ضخامت جان ستون و ورق مضاعف) باید رابطه‌ی پ ۶-۷ را برآورده کند. در صورت استفاده از جوش انگشتانه، حداقل چهار جوش نیاز است.

توضیح:

در پیش‌نویس سال ۲۰۱۶ ضوابط لرزه‌ای AISC پس از ارائه‌ی رابطه‌ی پ ۶-۷ ((ANSI/AISC 341- Equation (E3-7)) آمده است که: هنگامی که برای اتصال ورق مضاعف به جان ستون جوش‌های انگشتانه مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از ضخامت کلی چشمه‌ی اتصال برای تأمین رابطه‌ی E3-7 مجاز است. به علاوه، ضخامت جان ستون و ورق مضاعف باید به تنهایی رابطه‌ی E3-7 را برآورده نمایند، در این حالت w_z و d_z به عنوان فاصله‌ی بین جوش‌های انگشتانه اصلاح می‌شوند، شکل پ ۶-۴. در صورت نیاز به جوش‌های انگشتانه، حداقل چهار جوش باید تأمین شوند و فاصله‌ی آن‌ها بر اساس رابطه‌ی E3-7 انتخاب می‌شود.



شکل پ ۶-۴ نمایش w_z و d_z در صورت استفاده از جوش انگشتانه

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

پ ۴-۱-۶ ورق‌های مضاعف چشمه‌ی اتصال

بند E3.6e.(3) از ضوابط لرزه‌ای AISC که مربوط به قاب‌های خمشی ویژه می‌باشد، بیان می‌دارد، هنگامی که جان ستون به تنهایی نتواند رابطه‌ی پ ۶-۷، ضخامت یا پایداری چشمه‌ی اتصال، را برآورده نماید، ورق‌های مضاعف باید به طور مستقیم به جان ستون متصل شوند. در غیر این صورت، ورق‌های مضاعف می‌توانند به طور مستقیم به جان ستون متصل شوند یا از جان فاصله داشته باشند.

(۱) ورق‌های مضاعف متصل به جان ستون:

ورق‌های مضاعف باید با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه، برای تأمین مقاومت موجود ضخامت کامل ورق مضاعف، به بال‌های ستون جوش شود. هنگامی که ورق‌های پیوستگی استفاده نمی‌شوند، ورق مضاعف باید در امتداد بالا و پایین برای تأمین سهم ورق مضاعف از تمام نیرو جوش گوشه شود، مگر آنکه ورق‌های مضاعف و جان ستون رابطه‌ی ضخامت چشمه‌ی اتصال را برآورده نمایند.

(۲) ورق‌های مضاعف با فاصله:

ورق‌های مضاعف باید با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه، برای تأمین مقاومت موجود ضخامت کامل ورق مضاعف، به بال‌های ستون جوش شوند. ورق‌های مضاعف باید به صورت متقارن و جفت در فاصله‌ی $\frac{1}{3}$ تا $\frac{2}{3}$ فاصله‌ی بین ابتدای بال تیر و خط مرکزی ستون قرار گیرند.

(۳) ورق‌های مضاعف با استفاده از ورق‌های پیوستگی:

هر ورق مضاعف باید برای تأمین سهم ورق مضاعف از تمام نیرو به ورق‌های پیوستگی جوش شود.

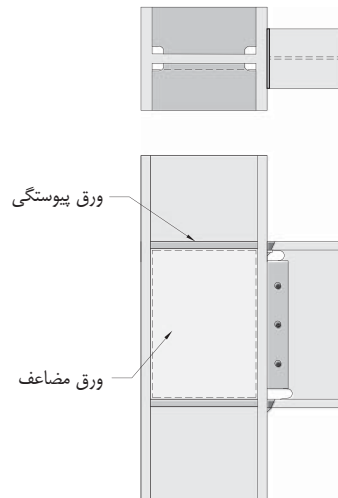
(۴) ورق‌های مضاعف بدون ورق‌های پیوستگی:

هنگامی که ورق‌های پیوستگی استفاده نمی‌شوند، ورق‌های مضاعف باید حداقل ۱۵۰ میلی‌متر بالاتر و پایین‌تر از عمیق‌ترین تیر قاب خمشی ادامه یابد.

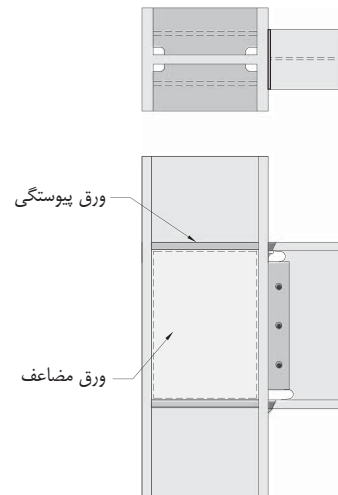
پ ۵-۱-۶ جوش‌های ورق‌های مضاعف چشمه‌ی اتصال

بند E3.6e.(3) از ضوابط لرزه‌ای AISC (مربوط به قاب‌های خمشی ویژه) چهار حالت برای ورق‌های مضاعف تعیین می‌نماید. شرایط متداول ورق‌های مضاعف می‌تواند به شرح زیر دسته‌بندی گردد:

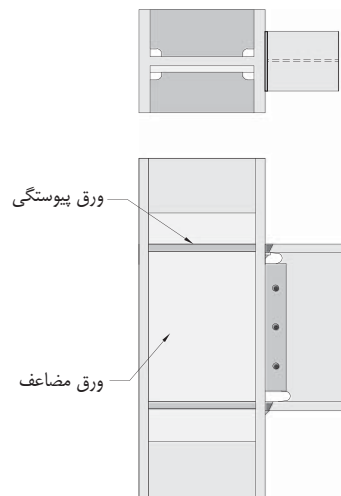
- (۱) ورق مضاعف در تماس با جان ستون است و بین ورق های پیوستگی گسترش یافته است، شکل پ ۵-۶.
- (۲) ورق مضاعف با جان ستون در تماس نیست و بین ورق های پیوستگی گسترش یافته است، شکل پ ۶-۶.
- (۳) ورق مضاعف در تماس با جان ستون است و فراتر از ورق های پیوستگی گسترش یافته است، شکل پ ۷-۶.
- (۴) ورق مضاعف در تماس با جان ستون است و ورق پیوستگی استفاده نشده است، شکل پ ۸-۶.



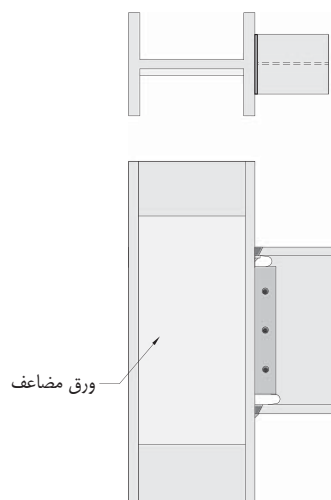
شکل پ ۵-۶ ورق مضاعف در تماس با جان ستون و محدود بین ورق های پیوستگی



شکل پ ۶-۶ ورق مضاعف بدون تماس با جان ستون و محدود بین ورق های پیوستگی



شکل پ ۶-۷ ورق مضاعف در تماس با جان ستون و فراتر از بین ورق‌های پیوستگی



شکل پ ۶-۸ ورق مضاعف در تماس با جان ستون و بدون استفاده از ورق پیوستگی

پ ۶-۱-۵ جوش ورق مضاعف به جان ستون و ورق پیوستگی

برای حالت‌های مختلف تشریح شده در بند پ ۶-۱-۵ نیروی طراحی اتصال ورق مضاعف به جان ستون و ورق پیوستگی به شرح زیر است:

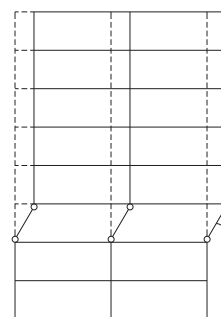


پ ۷-۱ مقدمه

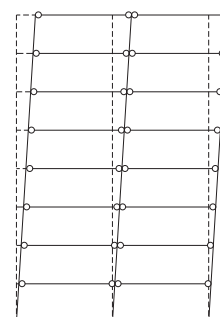
همانطور که پیشتر عنوان شد، در قاب‌های خمشی، انرژی زلزله از طریق تشکیل مفصل پلاستیک در المان‌های سازه مستهلک می‌گردد. هنگامی که مفصل‌های پلاستیک قاب‌های سازه در تیرها تشکیل شوند، نسبت به حالتی که این مفصل‌ها در ستون‌ها تشکیل می‌شوند، مقدار انرژی بیشتری مستهلک خواهد شد. زیرا تعداد مفصل‌های پلاستیک بیشتری در مکانیزم خرابی پلاستیک مشارکت می‌کنند. این موضوع در شکل پ ۷-۱ نشان داده شده است. در این شکل، برای یک تغییر شکل طبقه‌ی کلی یکسان، نیاز دوران پلاستیک ستون برای مکانیزم حرکت جانبی ستون^۱ تقریباً هشت برابر بزرگتر از نیاز دوران پلاستیک تیر در مکانیزم حرکت جانبی تیر^۲ می‌باشد که منجر به ریسک بیشتر خرابی به دلیل محدودیت‌ها در ظرفیت دوران پلاستیک اعضای سازه می‌شود. مکانیزم حرکت جانبی تیر، مقاومت لرزه‌ای کلی را بهبود می‌بخشد و از ایجاد مکانیزم طبقه‌ی نرم (حرکت جانبی ستون‌ها) در یک قاب چند طبقه، جلوگیری می‌کند.

قاب‌هایی که در آن‌ها ابعاد المان‌ها به گونه‌ای تعیین شده است که امکان تشکیل مفصل پلاستیک در تیرها فراهم شود، قاب‌هایی با تیر ضعیف-ستون قوی نامیده می‌شوند.

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



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



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

شکل پ ۱-۷ مکانیزم خرابی پلاستیک

پ ۲-۷ ضابطه‌ی کنترل لنگر ستون به تیر

بند E3.4a از ضوابط لرزه‌ای AISC به کنترل نسبت لنگر ستون به تیر اختصاص دارد. بر اساس این بند لازم است رابطه‌ی پ ۱-۷ در اتصالات تیر به ستون برآورده شود.

$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} > 1.0$$

(پ ۱-۷)

ANSI/AISC 341-Equation (E3-1)

که در این رابطه:

$\sum M_{pc}^*$ = مجموع انتقال^۱ مقاومت‌های خمشی اسمی ستون‌های (شامل ماهیچه‌ها، در صورت استفاده) بالا و پایین اتصال روی خط مرکزی تیر با کاهش نیروی محوری ستون $\sum M_{pc}^*$ می‌تواند توسط رابطه‌ی پ ۲-۷ تعیین شود.

$$\sum M_{pc}^* = \sum Z_c (F_{yc} - P_{uc} / A_g)$$

(پ ۲-۷)

ANSI/AISC 341-Equation (E3-2a)

چنانچه در یک اتصال خط مرکزی دو تیر رو به روی هم، بر یکدیگر منطبق نباشند، باید از خط میانه‌ی بین خط مرکزی آن‌ها استفاده شود، شکل پ ۲-۷.

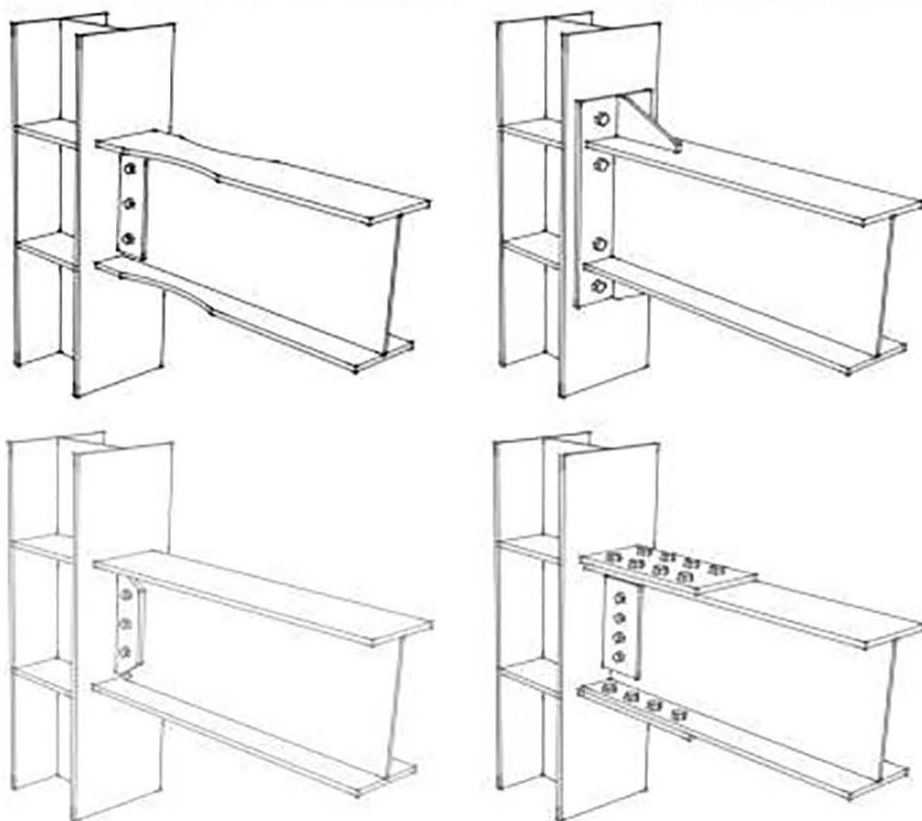
PREQUALIFIED CONNECTIONS

FOR SPECIAL AND INTERMEDIATE STEEL
MOMENT FRAME FOR SEISMIC APPLICATIONS

By Alireza Rezaeian, PhD

Islamic Azad university- Karaj Branch

Cooperation: Niloufar Behboud, MSc



جهت ارتباط با مولف
می‌توانید با مرور
آدرس سایت زیر
اقدام نمایید:
sazanco.ir



9 788175 257665

شابک : ۴۵۶-۴۷۳-۲۲۱-۴