جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

آیین نامه اتصالات در سازه‌های فولادی

معاونت امور فنی
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
http://www.mporg.ir

نشریه شماره ۲۶۴

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

آیین‌نامه اتصالات در سازه‌های فولادی

نشریه شماره ۲۶۴

معاونت امور فنی
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۲/۰۰/۲۶

۱۳۸۲

فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
آیین‌نامه اتصالات در سازه‌های فولادی/ معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی.- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۱۳۸۲.
۲۴۸ص.: مصور.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی؛ نشریه شماره ۲۶۴) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۲/۰۰/۲۶)
ISBN 964-425-424-4
مربوط به بخشنامه شماره ۱۵۱۵۴-۱۰۱ مورخ ۱۳۸۲/۲/۲
واژه‌نامه: انگلیسی – فارسی؛ فارسی – انگلیسی

۱. سازه‌های فولادی جوش شده – طرح و محاسبه. ۲. اتصالهای جوش شده – استانداردها. ۳. فولاد ساختمانی – استانداردها. الف. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۸۲ ش.۲۶۴ ۲۴س/۳۶۸ TA

شابک ۴-۴۲۴-۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-424-4

آیین‌نامه اتصالات در سازه‌های فولادی
تهیه کننده: معاونت امور فنی. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. معاونت امور پشتیبانی. مرکز مدارک علمی‌و انتشارات
چاپ اول : ۳۰۰۰ نسخه، ۱۳۸۲
قیمت: ۱۶۰۰۰ ریال
لیتوگرافی: قاسملو
چاپ و صحافی: چاپ زحل
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
دفتر رئیس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مشاوران و پیمانکاران	**شماره :** **۱۰۱-۱۵۱۵۴**
	تاریخ : **۱۳۸۲/۲/۲**

موضوع: ***آیین‌نامه اتصالات در سازه‌های فولادی***

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت ۱۴۸۹۸ هـ ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴هیأت وزیران)، به پیوست نشریه شماره **۲۶۴** دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی این سازمان، با عنوان ***«آیین‌نامه اتصالات در سازه‌های فولادی»*** از نوع **گروه اول**، ابلاغ می‌گردد تا از تاریخ ۱۳۸۲/۳/۱ به اجرا درآید.

رعایت کامل مفاد این نشریه از طرف دستگاه‌های اجرایی ، مشاوران ، پیمانکاران و عوامل دیگر در طرح‌های عمرانی الزامی است، ولی در یک دورهٔ گذر یک ساله تا ۱۳۸۳/۳/۱ استفاده از دیگر آیین‌نامه‌های معتبر نیز مجاز خواهد بود.

محمد ستاری‌فر

معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردهای ملی برای طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی آنها از اهمیتی ویژه برخوردار است. نظام جدید فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور، بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی را در مراحل طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی، مورد تأکید جدی قرار داده است.

سازه فولادی مجموعه‌ای از اعضای باربر، ساخته‌شده از ورق یا نیمرخ‌های فولادی است که به کمک اتصالات، اسکلت ساختمان را به وجود می‌آورند. نیمرخ‌های فولادی تولیدهای کارخانه‌ای هستند که با توجه به روش‌های تکامل‌یافته برای تولید آنها، غالباً رفتاری در حد انتظار از خود نشان می‌دهند. موضوعی که همیشه موجب نگرانی طراحان و سازندگان سازه‌های فولادی است، چگونگی رفتار اتصالاتی است که : (الف) برای ساخت اعضای مرکب از نیمرخ و ورق (ب) برای یکپارچه نمودن اعضا (شامل تیر، ستون و مهاربندها) در محل گره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

برای ساخت اعضا و اتصال آنها به یکدیگر از پرچ، پیچ و جوش استفاده می‌شود. در ایران استفاده از جوش در ساختمان‌های متعارف، رایج‌تر از پیچ و پرچ می‌باشد. پیشرفت‌های قابل توجه در شناخت رفتار اتصالات و توسعه فن‌آوری مربوط، موجب شده است تا طراحان و سازندگان با اطمینانی بیشتر از گذشته، از انواع اتصالات در سازه‌های فولادی استفاده نمایند. عامل اساسی بروز مشکلات در اجرای اتصالات در سازه‌های فولادی، عدم رعایت اصول اساسی هنگام اجراست.

با توجه به موارد یادشده و بر اساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، اقدام به تهیه این آیین‌نامه نموده است، به این امید که با افزایش آگاهی مهندسان، طراحان و دست‌اندرکاران مربوط در مورد طرح و اجرای ساختمان‌ها و رعایت ضوابط یادشده، شاهد اجرای ساختمان‌های مقاوم‌تر و مناسب‌تر باشیم.

معاونت امور فنی از آقای مهندس شاپور طاحونی به خاطر زحمات و کوشش‌های فراوان ایشان در تهیه و تدوین آیین‌نامه حاضر، قدردانی و تشکر می‌نماید. در ضمن لازم است از اساتید دانشگاه‌ها، کارشناسان و صاحب‌نظران کشور به ویژه آقای مهندس تجلیل، که نشریه حاضر را بررسی و در مورد آن اظهارنظر نموده‌اند، تشکر شود. از مدیر کل محترم دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی، سرکار خانم مهندس پورسید، مدیر کل محترم دفتر امور فنی، جناب آقای مهندس هاشمی و آقای مهندس میرمحمود ظفری که در تنظیم مطالب نشریه در راستای اهداف دفتر تلاش نموده‌اند، نیز سپاسگزاری می‌شود.

معاونت امور فنی، توفیق روزافزون این عزیزان را در خدمت به جامعه مهندسی کشور از درگاه ایزد متعال مسئلت دارد.

معاون امور فنی

بهار ۱۳۸۲

فهرست مندرجات

فصل ۱. جوش ..... (۱ تا ۶۲)

۱ ـ ۱ انواع جوش در کارهای ساختمانی ۳

۱ ـ ۱ ـ ۱ جوش گوشه ۴

۱ ـ ۱ ـ ۲ جوش شیاری با نفوذ کامل ۴

۱ ـ ۱ ـ ۳ جوش شیاری با نفوذ ناقص ۴

۱ ـ ۱ ـ ۴ جوش کام ۴

۱ ـ ۱ ـ ۵ جوش انگشتانه ۴

۱ ـ ۲ اطلاعات هندسی ۴

۱ ـ ۲ ـ ۶ انواع اتصالات جوشی ۵

۱ ـ ۲ ـ ۷ انواع درزها ۵

۱ ـ ۳ جزییات جوش گوشه ۷

۱ ـ ۴ جزییات جوش شیاری با نفوذ کامل ۹

۱ ـ ۵ جزییات جوش شیاری با نفوذ نسبی ۱۰

۱ ـ ۶ جزییات جوش انگشتانه و کام ۱۰

۱ ـ ۷ ورق‌های پرکننده (لایی) ۱۱

۱ ـ ۸ مساحت، طول، و گلوی مؤثر جوش‌ها ۱۲
۱ ـ ۸ ـ ۱ جوش‌های شیاری ۱۲
۱ ـ ۸ ـ ۲ جوش گوشه ۱۵
۱ ـ ۸ ـ ۳ جوش کام و انگشتانه ۱۵
۱ ـ ۹ ضوابط محاسباتی جوش‌ها در سازه‌ها تحت بار استاتیکی ۱۷
۱ ـ ۹ ـ ۳ استفاده از فولادهای ناشناس ۱۷
۱ ـ ۹ ـ ۴ فولاد مورد استفاده در ناودان انتهایی، تسمهٔ پشت‌بند، فاصله‌دهنده‌ها ۱۷
۱ ـ ۹ ـ ۵ محدودیت‌های فولاد پایه ۱۷
۱ ـ ۹ ـ ۶ تنش‌های مجاز فولاد پایه ۱۷
۱ ـ ۹ ـ ۷ تنش‌های مجاز جوش تحت بارهای استاتیکی ۱۷
۱ ـ ۹ ـ ۸ ترکیب جوش‌ها ۱۹
۱ ـ ۹ ـ ۹ جوش‌ها در ترکیب با پرچ‌ها و پیچ‌ها ۲۰
۱ ـ ۹ ـ ۱۰ جزییات محاسباتی جوش گوشه ۲۰
۱ ـ ۹ ـ ۱۱ قلاب انتهایی ۲۳
۱ ـ ۹ ـ ۱۳ برون‌محوری ۲۳
۱ ـ ۹ ـ ۱۴ تبدیل ضخامت یا عرض ۲۴
۱ ـ ۹ ـ ۱۵ اتصال انتهایی تیر ۲۵
۱ ـ ۹ ـ ۱۶ اتصالات اجزای اعضای ساخته‌شده از چند نیمرخ ۲۵
۱ ـ ۱۰ ضوابط محاسباتی جوش‌ها در سازه‌ها تحت بار دینامیکی ۳۰
۱ ـ ۱۰ ـ ۴ استفاده از فولادهای ناشناس ۳۱
۱ ـ ۱۰ ـ ۵ فولاد مورد استفاده در ناودان انتهایی، تسمهٔ پشت‌بند، فاصله‌دهنده‌ها ۳۱
۱ ـ ۱۰ ـ ۶ محدودیت‌های فولاد پایه ۳۱
۱ ـ ۱۰ ـ ۷ تنش‌های مجاز جوش تحت بارهای دینامیکی ۳۱
۱ ـ ۱۰ ـ ۸ تنش‌های خستگی ۳۳
۱ ـ ۱۰ ـ ۹ ترکیب تنش‌ها ۳۳
۱ ـ ۱۰ ـ ۱۰ افزایش تنش‌های مجاز ۳۳
۱ ـ ۱۰ ـ ۱۲ تیرهای غیرپیوسته ۳۸

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۳ مشارکت سیستم سقف ۳۸
۱ ـ ۱۰ ـ ۱۴ درزهای رویهم (پوششی) ۳۸
۱ ـ ۱۰ ـ ۱۵ اتصالات گونیا و سپری ۳۹
۱ ـ ۱۰ ـ ۱۶ درزها و جوش‌های ممنوع ۳۹
۱ ـ ۱۰ ـ ۱۷ ترکیب جوش‌ها ۳۹
۱ ـ ۱۰ ـ ۱۸ ترکیب جوش با پیچ و پرچ ۴۰
۱ ـ ۱۰ ـ ۱۹ جزییات جوش گوشه ۴۰
۱ ـ ۱۰ ـ ۲۰ برون‌محوری اتصالات ۴۰
۱ ـ ۱۰ ـ ۲۱ اتصالات و وصلهٔ اعضای فشاری و کششی ۴۱
۱ ـ ۱۰ ـ ۲۲ اتصالات یا وصلهٔ اتکایی در اعضای فشاری ۴۱
۱ ـ ۱۰ ـ ۲۳ اتصالات اجزای اعضای ساخته شده از ورق و نیمرخ ۴۱
۱ ـ ۱۰ ـ ۲۴ تبدیل ضخامت یا عرض در درزهای لب به‌لب ۴۱
۱ ـ ۱۰ ـ ۲۵ تیر و شاهتیرها ۴۲
۱ ـ ۱۰ ـ ۲۶ ورق‌های تقویتی بال (ورق‌های پوششی) ۴۴
۱ ـ ۱۱ تعیین تنش‌های اسمی در جوش ۴۷
۱ ـ ۱۱ ـ ۱ کشش، فشار، و برش ساده ۴۷
۱ ـ ۱۱ ـ ۲ بارگذاری خمشی یا پیچشی ۴۷
۱ ـ ۱۲ جداول محاسباتی ظرفیت مجاز جوش‌های برون‌محور ۵۱
۱ ـ ۱۳ علائم جوش ۶۱

فصل ۲. پیچ و پرچ ..... (۶۳ تا ۱۰۰)
۲ ـ ۱ پرچ ۶۵
۲ ـ ۲ پیچ ۶۵
۲ ـ ۲ ـ ۱ پیچ‌های معمولی ۶۵
۲ ـ ۲ ـ ۲ پیچ‌های پرمقاومت ۶۶
۲ ـ ۲ ـ ۳ شکل ظاهری پیچ‌ها ۶۶
۲ ـ ۲ ـ ۴ بارگواه (بار معیار) ۶۷
۲ ـ ۲ ـ ۵ مشخصات مکانیکی پیچ‌ها و پرچ‌ها ۷۱
۲ ـ ۲ ـ ۶ حداقل تعداد نمونه‌ها جهت بازرسی پیچ‌ها ۷۱

۲ ـ ۳ نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ‌های پرمقاومت ۷۴
۲ ـ ۳ ـ ۲ روش ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی ۷۵
۲ ـ ۳ ـ ۳ روش تعیین لنگر پیچشی متناظر با نیروی پیش‌تنیدگی ۷۷
۲ ـ ۴ انواع سوراخ‌های پیچ ۷۸
۲ ـ ۵ پیچ‌های اتکایی و اصطکاکی ۷۹
۲ ـ ۶ تنش‌های مجاز پرچ‌ها و پیچ‌های اتکایی ۸۰
۲ ـ ۶ ـ ۱ تنش برشی مجاز (F_y) ۸۰
۲ ـ ۶ ـ ۲ تنش لهیدگی مجاز (F_p) ۸۰
۲ ـ ۶ ـ ۳ تنش کششی مجاز (F_t) ۸۲
۲ ـ ۶ ـ ۴ اثر مشترک کشش و برش در اتصالات اتکایی ۸۲
۲ ـ ۷ پیچ‌های اصطکاکی ۸۲
۲ ـ ۷ ـ ۱ تنش برشی اسمی مجاز در پیچ‌های اصطکاکی ۸۳
۲ ـ ۷ ـ ۲ اثر مشترک برش و کشش در پیچ‌های اصطکاکی ۸۴
۲ ـ ۸ حداقل و حداکثر فواصل سوراخ‌های پیچ و پرچ ۸۴
۲ ـ ۹ اتصال با طول گیرهٔ بلند ۸۵
۲ ـ ۱۰ تنش لهیدگی در پین‌ها ۸۵
۲ ـ ۱۱ محاسبهٔ اتصالات پرچی و پیچی ۸۵
۲ ـ ۱۱ ـ ۱ کشش و برش ساده ۸۵
۲ ـ ۱۱ ـ ۲ ترکیب نیروی برشی و لنگر پیچشی روی گروه پیچ (برش برون‌محور) ۸۶
۲ ـ ۱۱ ـ ۳ تأثیر لنگر خمشی بر گروه پیچ یا پرچ ۸۹
۲ ـ ۱۲ ظرفیت مجاز پیچ‌ها تحت بار برون‌محور ۹۱

فصل ۳. طبقه‌بندی اتصالات ..... (۱۰۱ تا ۱۰۸)
۳ ـ ۱ طبقه‌بندی اتصالات فولادی ۱۰۳
۳ ـ ۲ نمودار لنگر ـ چرخش ($M-\theta$) برای اتصال ۱۰۳
۳ ـ ۳ خط تیر ۱۰۳
۳ ـ ۴ طبقه‌بندی اتصال براساس نمودار $M-\theta$ ۱۰۵
۳ ـ ۵ رفتار اتصالات تحت بارهای چرخه‌ای ۱۰۶

فصل ۴. اتصالات ساده ..... (۱۰۹ تا ۱۲۸)

۴ ـ ۱ اتصال ساده با نبشی انعطاف‌پذیر ۱۱۰

۴ ـ ۱ ـ ۱ تعریف ۱۱۰

۴ ـ ۱ ـ ۲ جزییات اتصال ۱۱۱

۴ ـ ۱ ـ ۳ مقطع بحرانی برای خمش بال فوقانی نبش نشیمن ۱۱۱

۴ ـ ۱ ـ ۴ محل تأثیر واکنش تکیه‌گاهی ۱۱۲

۴ ـ ۱ ـ ۵ روش طراحی ۱۱۳

۴ ـ ۱ ـ ۶ اتصال نبشی نشیمن به‌ستون ۱۱۴

۴ ـ ۲ اتصال با نبشی جان ۱۱۵

۴ ـ ۱ ـ ۱ تعریف ۱۱۵

۴ ـ ۲ ـ ۲ برش قالبی ۱۱۵

۴ ـ ۲ ـ ۳ تنش خمشی ایجادشده در بال نبشی جان ۱۱۷

۴ ـ ۲ ـ ۴ نبشی با اتصال جوشی ۱۱۹

۴ ـ ۲ ـ ۵ نبشی جان با اتصال پیچی ۱۲۰

۴ ـ ۳ نبشی‌های جان یکطرفه ۱۲۱

۴ ـ ۳ ـ ۱ معرفی ۱۲۱

۴ ـ ۳ ـ ۲ روش طراحی ۱۲۱

۴ ـ ۴ اتصال ساده با نشیمن سخت‌شده (براکت) ۱۲۲

۴ ـ ۴ ـ ۱ معرفی ۱۲۲

۴ ـ ۴ ـ ۲ برون‌محوری بار ۱۲۳

۴ ـ ۴ ـ ۳ طراحی نشیمن سخت‌شده ۱۲۴

۴ ـ ۵ اتصال خورجینی (اتصال قیچی) ۱۲۶

فصل ۵. اتصالات نیمه‌صلب تیر به‌ستون ..... (۱۲۹ تا ۱۳۴)

۵ ـ ۱ معرفی ۱۳۱

۵ ـ ۲ لنگر انتهایی برحسب درجه صلبیت ۱۳۱

۵ ـ ۳ جزییات اتصال نیمه‌صلب ۱۳۱

۵ ـ ۴ طراحی اتصال ۱۳۲

فصل ٦. اتصالات صلب تیر به‌ستون ..... (۱۳۵ تا ۱۵۶)

۶ ـ ۱ معرفی ۱۳۷

۶ ـ ۲ اتصالات صلب جوشی با ورق زیرسری و روسری ۱۳۷

۶ ـ ۲ ـ ۱ تعیین لنگر طراحی M و نیروی برشی طراحی R ۱۳۸

۶ ـ ۲ ـ ۲ تعیین سطح مقطع ورق روسری و زیرسری ۱۳۸

۶ ـ ۲ ـ ۳ طول ورق روسری و زیرسری ۱۳۹

۶ ـ ۲ ـ ۴ اتصال ورق روسری و زیرسری به‌بال ستون ۱۴۰

۶ ـ ۲ ـ ۵ طراحی ورق برشگیر جان ۱۴۰

۶ ـ ۲ ـ ۶ کنترل جان ستون در ناحیهٔ چشمهٔ اتصال ۱۴۱

۶ ـ ۲ ـ ۷ ورق‌های پیوستگی ۱۴۳

۶ ـ ۳ اتصالات صلب با جوش مستقیم تیر به‌ستون ۱۴۴

۶ ـ ۳ ـ ۱ اتصال بال‌ها ۱۴۵

۶ ـ ۳ ـ ۲ طراحی ورق برشگیر جان ۱۴۵

۶ ـ ۳ ـ ۳ کنترل جان ستون در ناحیهٔ چشمهٔ اتصال ۱۴۵

۶ ـ ۳ ـ ۴ ورق‌های پیوستگی ۱۴۵

۶ ـ ۴ اتصالات صلب با ورق زیرسری و روسری با اتصال پیچی ۱۴۶

۶ ـ ۴ ـ ۱ تعیین لنگر طراحی M و نیروی برشی طراحی R ۱۴۶

۶ ـ ۴ ـ ۲ تعیین سطح مقطع ورق روسری و زیرسری ۱۴۶

۶ ـ ۴ ـ ۳ تعداد پیچ‌های اتصال ورق‌ها به‌بال تیر ۱۴۷

۶ ـ ۴ ـ ۴ طراحی ورق برشگیر جان ۱۴۷

۶ ـ ۴ ـ ۵ کنترل جان ستون در ناحیهٔ چشمهٔ اتصال ۱۴۷

۶ ـ ۴ ـ ۶ ورق‌های پیوستگی ۱۴۷

۶ ـ ۵ اتصال صلب با ورق سر (اتصال فلنجی) ۱۴۸

۶ ـ ۵ ـ ۱ نکات عمومی ۱۴۸

۶ ـ ۵ ـ ۲ تذکرات عمومی برای اتصال چهارپیچی ۱۴۹

۶ ـ ۵ ـ ۳ روش طراحی اتصال چهارپیچه ۱۴۹

۶ ـ ۵ ـ ۴ روش طراحی اتصال هشت‌پیچه ۱۵۲

۶ ـ ۶ اتصالات فلنجی در تیرهای مرتفع ۱۵۳

فصل ۷. کف ستون‌ها (ورق پای ستون) ..... (۱۵۷ تا ۱۷۰)

۷ ـ ۱ معرفی ۱۵۹

۷ ـ ۲ فشار تماسی مجاز بر بتن و مصالح بنایی ۱۵۹

۷ ـ ۳ اتصال ستون به‌ورق کف‌ستون ۱۵۹

۷ ـ ۴ انتقال تنش از کف ستون به‌شالوده ۱۶۱

۷ ـ ۴ ـ ۱ برون‌محوری صفر $(e=\frac{M}{P}=0)$ ۱۶۱

۷ ـ ۴ ـ ۲ برون‌محوری ناچیز $(e=\frac{M}{P}\leq\frac{H}{6})$ ۱۶۵

۷ ـ ۴ ـ ۳ برون‌محوری کوچک $(\frac{H}{6}\leq e=\frac{M}{P}\leq\frac{H}{2})$ ۱۶۶

۷ ـ ۴ ـ ۴ برون‌محوری بزرگ $(e=\frac{M}{P}\geq\frac{H}{2})$ ۱۶۷

فصل ۸. وصلهٔ تیرها ..... (۱۷۱ تا ۱۷۸)

۸ ـ ۱ معرفی ۱۷۳

۸ ـ ۲ نیروهای طرح ۱۷۴

۸ ـ ۳ محل وصله تیر ۱۷۵

۸ ـ ۴ نیروهای طراحی اجزای وصله تیر ۱۷۵

۸ ـ ۵ روش طراحی وصله تیر ۱۷۷

۸ ـ ۵ ـ ۲ طراحی ورق وصلهٔ بال ۱۷۷

۸ ـ ۵ ـ ۳ طراحی ورق وصلهٔ جان ۱۷۸

۸ ـ ۵ ـ ۴ کنترل عمومی مقطع ورق‌های وصله ۱۷۸

فصل ۹. وصلهٔ ستون‌ها ..... (۱۷۹ تا ۱۹۰)

۹ ـ ۱ معرفی ۱۸۱

۹ ـ ۲ نیروهای طرح در وصلهٔ ستون ۱۸۵

۹ ـ ۳ محل وصله ستون ۱۸۶

۹ ـ ۴ نیروهای طراحی اجزای وصلهٔ ستون ۱۸۶

۹ ـ ۵ روش طراحی ۱۸۸

۹ ـ ۵ ـ ۲ طراحی ورق وصلهٔ بال ۱۸۸

۹ ـ ۵ ـ ۳ طراحی ورق وصلهٔ جان ۱۸۹

۹ ـ ۵ ـ ۴ کنترل عمومی مقطع ورق‌های وصله ۱۸۹

فصل ۱۰. اتصالات بادبندها ..... (۱۹۱ تا ۲۰۰)
۱۰ ـ ۱ معرفی ۱۹۳
۱۰ ـ ۲ طراحی اتصال بادبند ۱۹۳
۱۰ ـ ۳ کنترل ورق اتصال بادبند ۱۹۵
۱۰ ـ ۴ اتصال عضو مهاربند به‌ورق اتصال ۱۹۸
۱۰ ـ ۵ اتصال ورق اتصال به‌ستون و تیر ۱۹۸
۱۰ ـ ۶ روش نیروی یکنواخت ۱۹۸

فصل ۱۱. اتصالات خرپاها ..... (۲۰۱ تا ۲۱۲)
۱۱ ـ ۱ معرفی ۲۰۳
۱۱ ـ ۲ اتصالات جوشی خرپاها ۲۰۳
۱۱ ـ ۳ اتصالات پیچی خرپاها ۲۰۸
۱۱ ـ ۴ طبقه‌بندی اتصالات خرپایی ۲۰۹
۱۱ ـ ۵ محاسبات اتصالات مستقیم اعضا (بدون ورق پیوستگی) ۲۱۰
۱۱ ـ ۶ محاسبات اتصال با استفاده از ورق اتصال ۲۱۰

فصل ۱۲. طراحی لرزه‌ای اتصالات صلب تیر به‌ستون ..... (۲۱۳ تا ۲۴۱)
۱۲ ـ ۱ معرفی و تاریخچه ۲۱۵
۱۲ ـ ۲ طبقه‌بندی صدمات وارده به‌اتصالات در حین زلزله ۲۱۶
۱۲ ـ ۲ ـ ۱ خرابی در تیرها ۲۱۶
۱۲ ـ ۲ ـ ۲ خرابی در بال ستون ۲۱۸
۱۲ ـ ۲ ـ ۳ خرابی‌ها و نقایص جوش ۲۱۹
۱۲ ـ ۲ ـ ۴ خرابی در ورق اتصال برشی جان تیر ۲۱۹
۱۲ ـ ۲ ـ ۵ خرابی در چشمهٔ اتصال ۲۲۰
۱۲ ـ ۳ آزمایش‌های دینامیکی اتصالات و معیارهای پذیرش آن ۲۲۱
۱۲ ـ ۳ ـ ۱ دستگاه آزمایش ۲۲۱
۱۲ ـ ۳ ـ ۲ نمونهٔ آزمایش ۲۲۲
۱۲ ـ ۳ ـ ۳ متغیرهای پایه ۲۲۲
۱۲ ـ ۳ ـ ۴ بارگذاری ۲۲۵

۱۲ ـ ۳ ـ ۵ توالی بارگذاری ۲۲۵
۱۲ ـ ۳ ـ ۶ ابزاربندی ۲۲۶
۱۲ ـ ۳ ـ ۷ آزمایش‌های مصالح ۲۲۶
۱۲ ـ ۳ ـ ۸ گزارش آزمایش ۲۲۷
۱۲ ـ ۳ ـ ۹ ضوابط پذیرش ۲۲۷
۱۲ ـ ۴ روش‌های پیشنهادی برای ترمیم اتصالات صدمه‌دیده، و جزییات نوین برای اتصالات صلب ۲۲۸
۱۲ ـ ۴ ـ ۱ ماهیچه در بال تحتانی ۲۲۸
۱۲ ـ ۴ ـ ۲ استفاده از ورق روسری و زیرسری مضاعف ۲۲۹
۱۲ ـ ۴ ـ ۳ لچکی‌های قائم در بال فوقانی و تحتانی ۲۳۰
۱۲ ـ ۴ ـ ۴ ورق‌های جانبی (ورق‌های گونه) ۲۳۰
۱۲ ـ ۵ معیارهای آیین‌نامه‌ای ۲۳۰
۱۲ ـ ۵ ـ ۱ کلیات ۲۳۰
۱۲ ـ ۵ ـ ۲ تعاریف ۲۳۱
۱۲ ـ ۵ ـ ۳ علایم و اختصارات ۲۳۳
۱۲ ـ ۵ ـ ۴ مصالح ۲۳۴
۱۲ ـ ۵ ـ ۵ وصلهٔ ستون ۲۳۵
۱۲ ـ ۵ ـ ۶ اتصال صلب تیر به‌ستون ۲۳۵
۱۲ ـ ۵ ـ ۷ اتصال مهاربند ۲۴۱

واژه‌نامه انگلیسی به‌فارسی ۲۴۳

واژه‌نامه فارسی به‌انگلیسی ۲۴۵

نمایه ۲۴۷

فصل ۱

جوش

۱ ـ ۱ انواع جوش

۱ ـ ۲ اطلاعات هندسی

۱ ـ ۳ جزییات جوش گوشه

۱ ـ ۴ جزییات جوش شیاری با نفوذ کامل

۱ ـ ۵ جزییات جوش شیاری با نفوذ نسبی

۱ ـ ٦ جزییات جوش انگشتانه و کام

۱ ـ ۷ ورق‌های پرکننده (لایی)

۱ ـ ۸ مساحت، طول، و گلوی مؤثر جوش‌ها

۱ ـ ۹ ضوابط محاسباتی جوش‌ها در سازه‌ها تحت بار استاتیکی

۱ ـ ۱۰ ضوابط محاسباتی جوش‌ها در سازه‌ها تحت بار دینامیکی

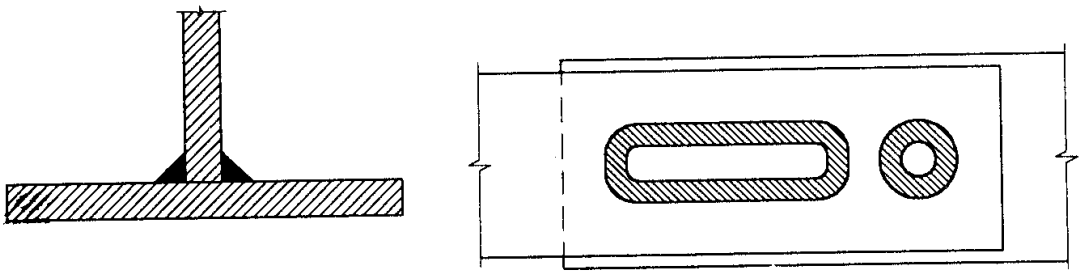
۱ ـ ۱۱ تعیین تنش‌های اسمی در جوش

۱ ـ ۱۲ جداول محاسباتی ظرفیت مجاز جوش‌های برون‌محور

۱ ـ ۱۳ علائم جوش

۱ـ۱ انواع جوش در کارهای ساختمانی

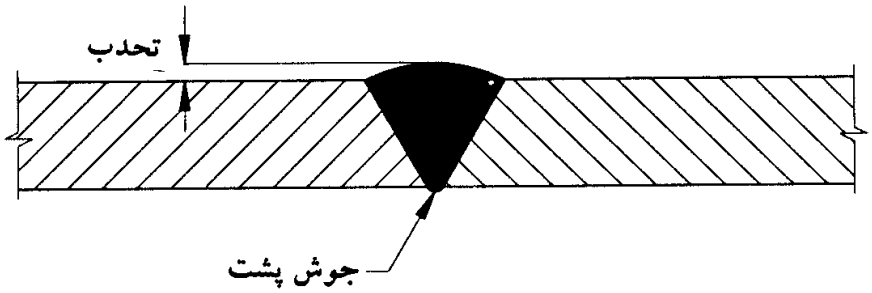
انواع جوش مورد استفاده در کارهای ساختمانی عبارتند از (شکل ۱ ـ ۱): جوش گوشه، جوش شیاری با نفوذ کامل، جوش شیاری با نفوذ نسبی، جوش انگشتانه و کام.



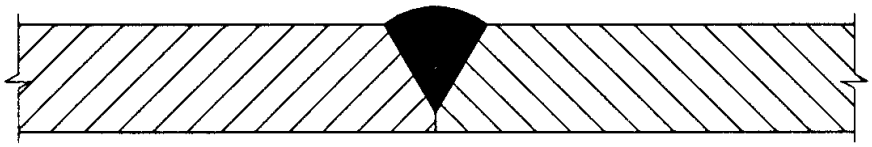
جوش گوشه در سوراخ و شکاف

جوش گوشه

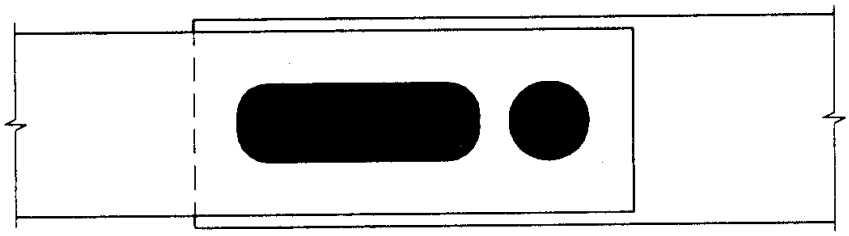
(الف) جوش گوشه



(ب) جوش شیاری با نفوذ کامل



(پ) جوش شیاری با نفوذ نسبی



(ت) جوش انگشتانه و کام

شکل ۱ ـ ۱ انواع جوش.

۱ ـ ۱ ـ ۱ جوش گوشه. جوشی است که در فصل مشترک دو سطح که با هم زاویه‌ای می‌سازند، اجرا می‌شود. جوش گوشه در امتداد یک خط به‌طور پیوسته یا منقطع و یا در محیط سوراخ یا شکاف قابل اجراست.

۱ ـ ۱ ـ ۲ جوش شیاری با نفوذ کامل. جوشی است که در شیار ایجاد شده بین دو لبه اجرا می‌شود و آن را از ریشه تا سطح ورق پر می‌کند.

۱ ـ ۱ ـ ۳ جوش شیاری با نفوذ نسبی. جوشی است که در شیار ایجاد شده بین دو لبه اجرا می‌شود ولی تا ریشه نفوذ نمی‌کند.

۱ ـ ۱ ـ ۴ جوش کام. جوشی است که درون شیار اجرا شده و مقطع شیار را پر می‌کند.

۱ ـ ۱ ـ ۵ جوش انگشتانه. جوشی است که درون سوراخ دایره اجرا شده و مقطع آن را پر می‌کند.

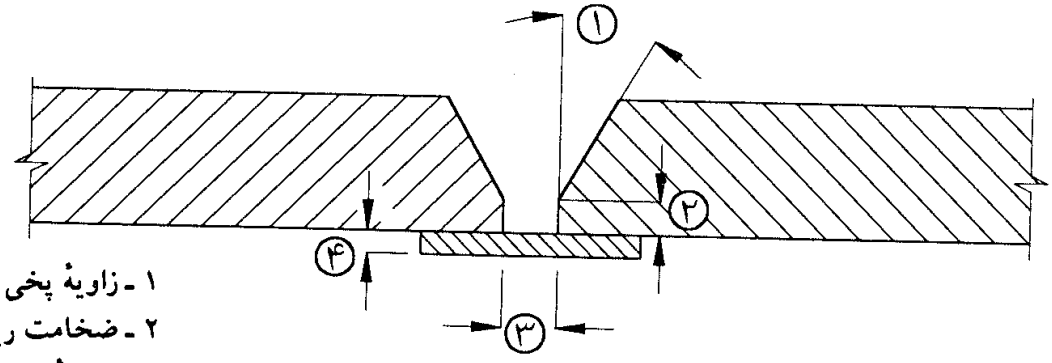
۱ ـ ۲ اطلاعات هندسی

۱ ـ ۲ ـ ۱ در نقشه‌ها باید اطلاعات کامل جوش؛ شامل محل، نوع، اندازه، طول و سایر اطلاعات لازم، به‌طور واضح نشان داده شود. همچنین لازم است جوش‌های کارخانه‌ای و کارگاهی کاملاً متمایز گردند.

۱ ـ ۲ ـ ۲ علاوه بر اطلاعات متعارف، در صورتی که در جوشکاری یک درز و یا مجموعه‌ای از درزها به‌منظور کاهش تغییرشکل‌ها و تنش‌های ناشی از انقباض جوشی، لازم است توالی خاصی در نظر گرفته شود، باید تذکرات لازم ارایه شود.

۱ ـ ۲ ـ ۳ در نقشه‌های محاسباتی باید طول مؤثر جوش و برای جوش‌های گوشه اندازهٔ ساق یا بعد گلو و برای جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی باید بعد گلوی جوش نوشته شود. در نقشه‌های اجرایی باید عمق شیار لازم برای حصول اندازهٔ جوش (برحسب دستورالعمل جوشکاری)، و وضعیت جوشکاری (تخت، افقی، سربالا، سقفی) ذکر گردد.

۱ ـ ۲ ـ ۴ در نقشه‌های اجرایی، باید با استفاده از علایم جوشکاری و یا جزییات اضافی، نحوهٔ آماده‌سازی **لبه‌ها**، مشتمل بر شیب برش لبه[1]، ضخامت ریشه[2]، فاصلهٔ ریشه[3]، اندازهٔ تسمهٔ پشت‌بند[4]، و یا جوش پشت[5] نشان داده شود (شکل ۱ ـ ۲).



۱ ـ زاویهٔ پخی
۲ ـ ضخامت ریشه
۳ ـ فاصلهٔ ریشه
۴ ـ پشت‌بند

شکل ۱ ـ ۲ مشخصات هندسی درز.

۱ ـ ۲ ـ ۵ هرگونه مقررات خاص بازرسی باید در روی نقشه‌ها و یا دفترچهٔ مشخصات ذکر گردد.

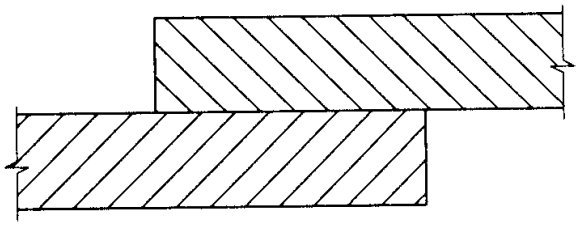
۱ ـ ۲ ـ ٦ انواع اتصالات جوشی

نوع اتصال جوشی به‌عواملی از قبیل اندازه و شکل اعضایی که به‌هم متصل می‌شوند، نوع بارگذاری، سطحی از درز که برای جوشکاری قابل استفاده است، و هزینهٔ مقایسه‌ای انواع مختلف جوش بستگی دارد. اگرچه در عمل انواع و ترکیبات مختلفی یافت می‌شود، ولی پنج نوع اتصال جوشی اصلی وجود دارند که عبارتند از لب به‌لب، رویهم، سپری، گونیا و پیشانی (شکل ۱ ـ ۳).

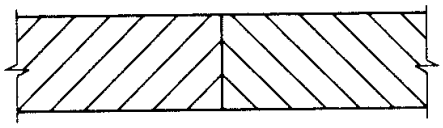
۱ ـ ۲ ـ ۷ انواع درزها

لبهٔ درز جوشی در اغلب جوش‌ها (بخصوص جوش‌های شیاری) باید به‌طرز مخصوصی آماده گردد. در شکل ۱ ـ ۴ انواع معمول آماده‌سازی درزها نشان داده شده است.

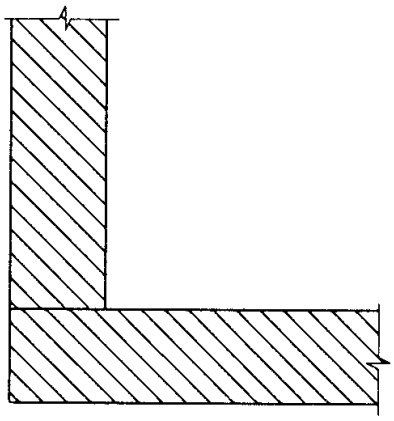
1– Bevel
2– Root face
3– Root opening
4– Steel Backing
5– Back welding



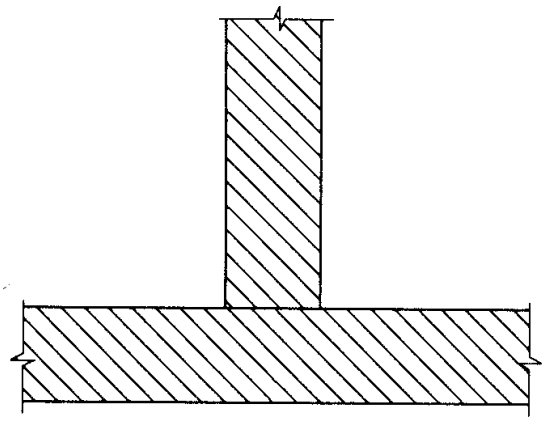
اتصال رویهم



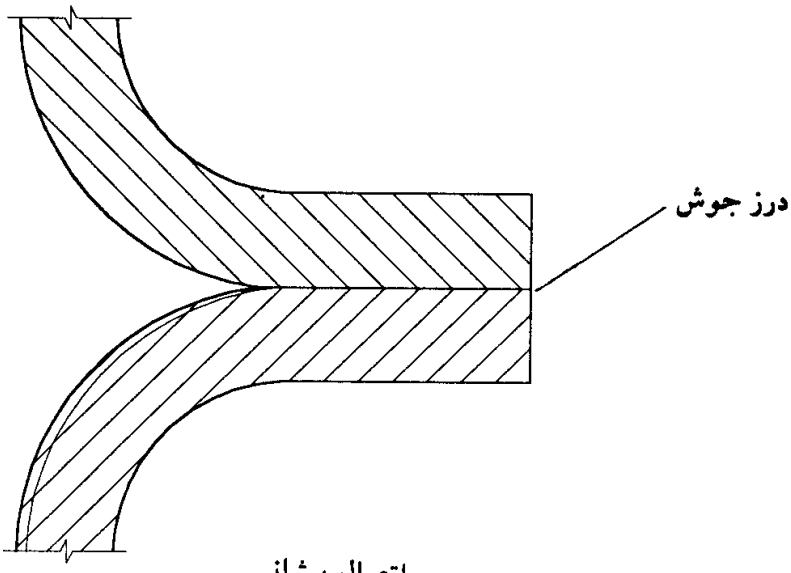
اتصال لب به‌لب



اتصال گونیا

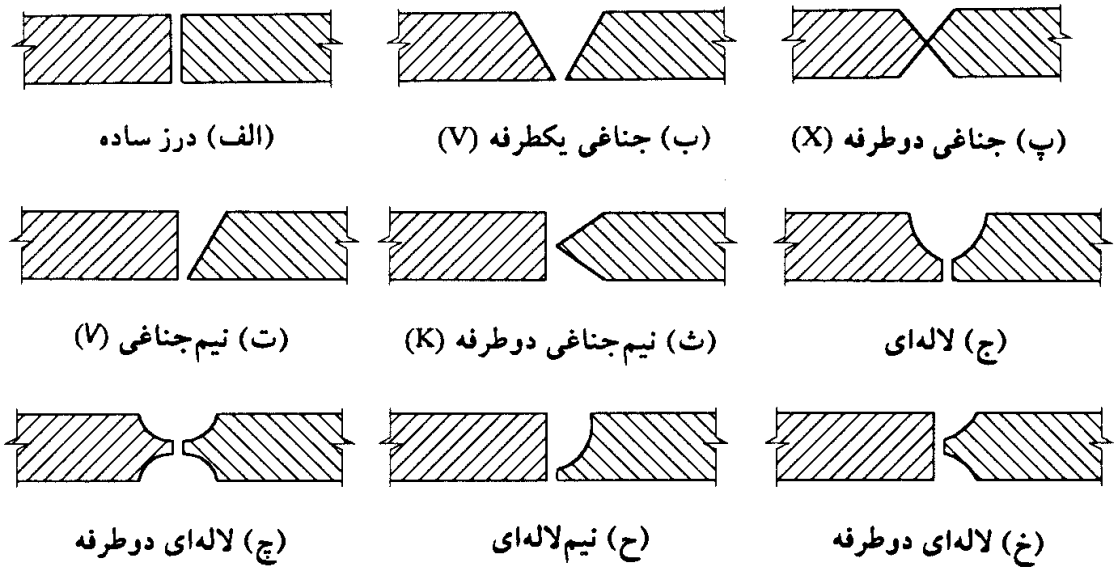


اتصال سپری



اتصال پیشانی

شکل ۱ ـ ۳



شکل ۱ ـ ۴ انواع درزها.

۱ ـ ۳ جزییات جوش گوشه

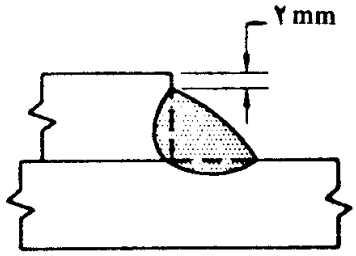
۱ ـ ۳ ـ ۱ حداقل اندازهٔ جوش گوشه، به‌استثنای جوش‌های گوشهٔ مورد استفاده برای تقویت جوش‌های شیاری، مطابق جدول ۱ ـ ۱ می‌باشد. در هر حالت، ضوابط مربوط به‌طراحی باید تأمین گردد.

۱ ـ ۳ ـ ۲ حداکثر اندازهٔ جوش گوشه در لبهٔ قطعه به‌شرح زیر است:

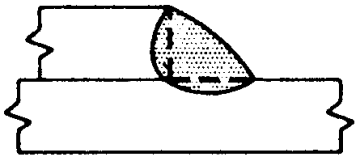
(۱) مساوی ضخامت قطعه وقتی که ضخامت قطعه مساوی و یا کوچکتر از ۷ میلی‌متر است (شکل ۱ ـ ۵ ـ الف).

(۲) ۲ میلی‌متر کوچکتر از ضخامت قطعه وقتی که ضخامت قطعه بزرگتر از ۷ میلی‌متر است (شکل ۱ ـ ۵ ـ ب). مگر اینکه در نقشهٔ جوش تمام اندازه قید شده باشد. در صورتی که در روی نقشه اندازهٔ جوش به‌طور واضح نشان داده شده باشد، فاصلهٔ بین لبهٔ قطعه و پای جوش می‌تواند کمتر اختیار گردد.

۱ ـ ۳ ـ ۳ برای انتقال برش و یا جلوگیری از کمانش و یا بلند شدن ورق اتصال، می‌توان از جوش گوشه در سوراخ و یا شکاف استفاده نمود. بین چنین جوشی، با جوش انگشتانه و یا کام باید فرق قایل شد.



(ب) ضخامت فلز پایه بزرگتر از ۷ میلی‌متر



(الف) ضخامت فلز پایه مساوی و یا کمتر از ۷ میلی‌متر

حداکثر اندازهٔ جوش گوشه در امتداد لبه‌ها

شکل ۱ ـ ۵ حداکثر اندازهٔ جوش گوشه.

جدول ۱ ـ ۱ حداقل اندازهٔ جوش گوشه

ضخامت فلز پایه (T)* (mm)	حداقل اندازهٔ جوش گوشه** (mm)	
T≤ ۷	۳***	
۷<T≤۱۲	۵	باید با یک بار عبور حاصل گردد
۱۲<T≤۲۰	۶	
۲۰<T	۸	

* برای فرآیند غیرکم‌هیدروژن[6] و بدون پیش‌گرمایش، T مساوی ضخامت قطعهٔ ضخیمتر است.
برای فرآیند غیرکم‌هیدروژن با استفاده از تدابیر پیش‌گرمایش، و همچنین برای فرآیند کم‌هیدروژن[7]، T مساوی ضخامت قطعهٔ نازکتر است. در این حالت شرط مربوط به‌حصول جوش با یک بار عبور نیز اعمال نمی‌گردد.

** اندازهٔ جوش لازم نسبت از ضخامت ورق نازکتر، بزرگتر شود.

*** در سازه تحت بار دینامیکی، حداقل اندازهٔ جوش ۵ میلی‌متر می‌باشد.

**** در جوش اتصال جان به‌بال نیمرخ‌های ورقی، اندازهٔ جوش لازم نیست. از جوش هم مقاومت جان بزرگتر اختیار گردد. در این صورت شرایط پیش‌گرمایش برحسب ضخامت بال اعمال می‌گردد.

6– non low Hydrogen 7– Low Hydrogen

۱ ـ ۳ ـ ۴ حداقل طول یک قطعه از جوش منقطع ۴۰ میلی‌متر می‌باشد.*

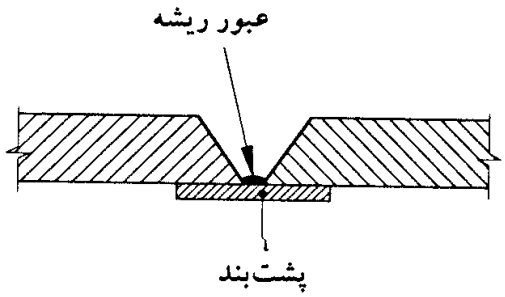
۱ ـ ۳ ـ ۵ در صورت استفاده از جوش گوشه در سوراخ و شکاف، حداقل فواصل و اندازهٔ سوراخ‌ها و شکاف‌ها مطابق جوش‌های انگشتانه و کام می‌باشد.

۱ ـ ۴ جزییات جوش شیاری با نفوذ کامل

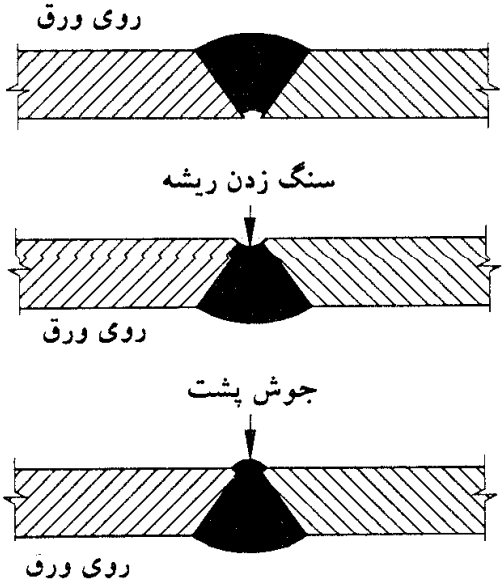
مورد استفاده اصلی جوش شیاری متصل ساختن قطعات ورق است که در یک سطح و یک امتداد قرار گرفته‌اند. جوش‌های شیاری با نفوذ کامل باید از مقاومتی هم‌اندازه با مقاومت قطعات متصل‌شونده برخوردار باشد. در این خصوص باید به‌امتزاج کامل ریشهٔ جوش توجه خاص داشت. برای نیل به‌این هدف باید یکی از دو راه زیر در پیش گرفته شود (شکل ۱ ـ ۶):

(الف) استفاده از پشت‌بند و انجام عبور ریشه به‌نحوی که پشت‌بند در عبور ریشه با فلز جوش و فلز پایه ممزوج شود (شکل ۱ ـ ۶ ـ الف). مشخصات مکانیکی تسمهٔ پشت‌بند باید در حد فلز پایه باشد.

(ب) انجام جوش پشت. بدین نحو که پس از پر شدن شیار با جوش از یک طرف، ریشه از سمت پشت کار سنگ خورده و یک عبور جوش انجام شود (شکل ۱ ـ ۶ ـ ب).



(الف) استفاده از پشت‌بند



(ب) جوش پشت

شکل ۱ ـ ۶

---

* توصیه می‌شود که این طول از ۴ برابر اندازهٔ ساق کوچکتر نگردد.

۱ـ۵ جزییات جوش شیاری با نفوذ نسبی

۱ـ۵ـ۱ استفاده از جوش شیاری با نفوذ نسبی تحت بارهای کششی عمود بر امتداد درز که به‌علت اثر دینامیکی ایجاد گسیختگی‌های خستگی می‌نمایند، مجاز نیست.

در چنین جوش‌هایی وقتی که درز فقط از یک سمت جوش می‌شود، باید تدابیری جهت جلوگیری از دوران قطعات، اتخاذ گردد.

۱ـ۵ـ۲ حداقل بعد گلوی (ضخامت گلوگاه) جوش شیاری با نفوذ نسبی. حداقل اندازهٔ جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی، با درز ساده، نیم‌جناغی، تمام‌جناغی، لاله‌ای، نیم‌لاله‌ای، و لب گرد (یکطرفه یا دوطرفه)، مطابق جدول ۱ ـ ۲ می‌باشد.

جدول ۱ ـ ۲ حداقل بعد گلوی جوش برای جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی

ضخامت فلز مبنا (mm)	حداقل اندازهٔ جوش* (mm)
۳ تا ۴	۲
بزرگتر از ۴ تا ۷	۳
بزرگتر از ۷ تا ۱۲	۵
بزرگتر از ۱۲ تا ۲۰	۶
بزرگتر از ۲۰ تا ۳۸	۸
بزرگتر از ۳۸ تا ۵۸	۱۰
بزرگتر از ۵۸ تا ۱۵۰	۱۳
بزرگتر از ۱۵۰	۱۶

* حداقل اندازهٔ جوش لازم نیست از ضخامت قطعهٔ نازکتر بیشتر گردد.

۱ـ۶ جزییات جوش انگشتانه و کام

۱ـ۶ـ۱ حداقل قطر سوراخ جوش انگشتانه نباید کمتر از ضخامت ورق به‌علاوهٔ ۸ میلی‌متر باشد که بهتر است به‌اولین عدد زوج بزرگتر گرد شود. حداکثر قطر مساوی ضخامت ورق به‌علاوهٔ ۱۱ میلی‌متر یا ۲/۲۵ برابر ضخامت ورق (هر کدام که بزرگتر باشد) است.

$$t \leq ۸\,mm \rightarrow d_{max} = t + ۱۱\,mm$$

$$t \geq ۹\,mm \rightarrow d_{max} = ۲/۲۵\,t$$

۱ـ۶ـ۲ حداقل فاصلهٔ مرکز به‌مرکز سوراخ‌های جوش انگشتانه، ۴ برابر قطر سوراخ می‌باشد.

۱ـ۶ـ۳ طول شکاف جوش کام نباید بیش از ۱۰ برابر ضخامت ورقی باشد که در آن ایجاد می‌شود. عرض شکاف نباید کمتر از ضخامت ورق به‌علاوهٔ ۸ میلی‌متر باشد که بهتر است به‌اولین عدد زوج بزرگتر گرد گردد. حداکثر عرض مساوی ضخامت ورق به‌علاوهٔ ۱۱ میلی‌متر یا ۲/۲۵ برابر ضخامت ورق (هر کدام که بزرگتر باشد) است.

۱ـ۶ـ۴ انتهای شکاف باید به‌صورت نیم‌دایره و یا در صورت گوشه‌دار بودن، دارای گردی با شعاع حداقل ضخامت ورق باشد.

۱ـ۶ـ۵ حداقل فاصله محور به‌محور شکاف‌ها در امتداد عرضی، چهار برابر عرض شکاف و حداقل فاصلهٔ مرکز به‌مرکز شکاف‌ها در امتداد طولی، مساوی دو برابر طول شکاف است.

۱ـ۶ـ۶ در صورتی که ضخامت ورق مساوی و یا کوچکتر از ۱۶ میلی‌متر باشد، تمام ضخامت سوراخ و یا شکاف باید با جوش پر شود. در صورتی که ضخامت ورق بزرگتر از ۱۶ میلی‌متر باشد، ضخامت جوش مساوی نصف ضخامت ورق و یا ۱۶ میلی‌متر (هر کدام که بزرگترند) می‌باشد.

۱ـ۷ ورق‌های پرکننده[8]

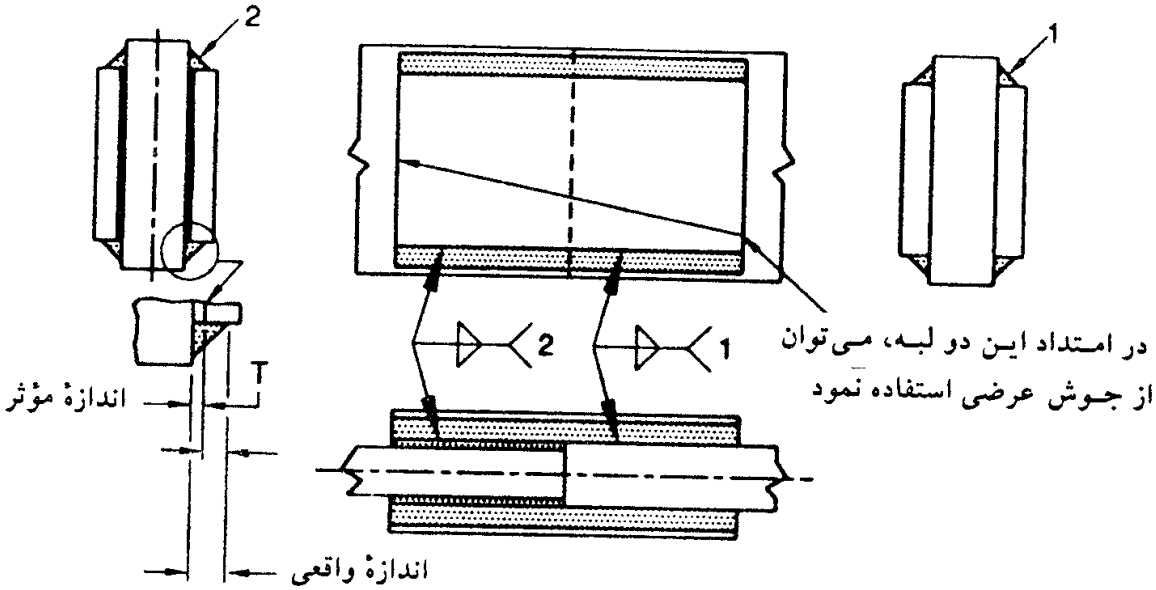
۱ـ۷ـ۱ ورق‌های پرکننده در حالات زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

(۱) وصلهٔ قطعات با ضخامت‌های متفاوت

(۲) در اتصالاتی که به‌علت احتیاجات هندسی، نیاز به‌جابه‌جایی محور است.

۱ـ۷ـ۲ از ورق‌های پرکننده با ضخامت مساوی یا کمتر از ۶ میلی‌متر نمی‌توان برای انتقال تنش استفاده نمود و در هنگام جوشکاری لبه‌های آن باید همباد لبه‌های ورق‌های اتصال گردد. در این حالت اندازهٔ ضخامت جوش گوشهٔ ورق اتصال، باید به‌اندازهٔ ضخامت ورق پرکننده افزایش یابد تا جوش ورق اتصال و ورق پرکننده به‌طور یک‌جا انجام شود (شکل ۱ ـ ۷).

8– Fillers



توجه: مساحت مؤثر جوش ۲ باید معادل جوش ۱ باشد، لیکن اندازهٔ آن باید مساوی اندازهٔ مؤثر به‌علاوهٔ ضخامت T ورق پرکننده باشد

شکل ۱ ـ ۷ نحوهٔ کاربرد ورق‌های پرکننده با ضخامت مساوی و یا کمتر از ۶ میلی‌متر.

۱ ـ ۷ ـ ۳ در صورتی که ضخامت ورق پرکننده بزرگتر از ۶ میلی‌متر باشد، ابعاد آن باید بزرگتر از ورق اتصال بوده، به‌طوری که لبه‌های آن از لبه‌های ورق اتصال بیرون بزند. در این حالت ورق پرکننده باید با جوش‌های کافی به‌ورق اتصال و قطعهٔ متصل‌شونده جوش شده و جوش قادر به‌حمل تنش‌های ورق اتصال و قطعهٔ متصل‌شونده با منظور کردن برون‌محوری باشد. جوش‌های متصل‌کنندهٔ ورق اتصال یا قطعه متصل‌شونده به‌ورق پرکننده باید قادر به‌حمل تنش‌های ورق وصله و یا قطعهٔ متصل‌شونده بوده و طول آنها به‌قدر کافی بلند باشد تا از اضافه تنش ورق پرکننده در ریشهٔ جوش جلوگیری نماید (شکل ۱ ـ ۸).

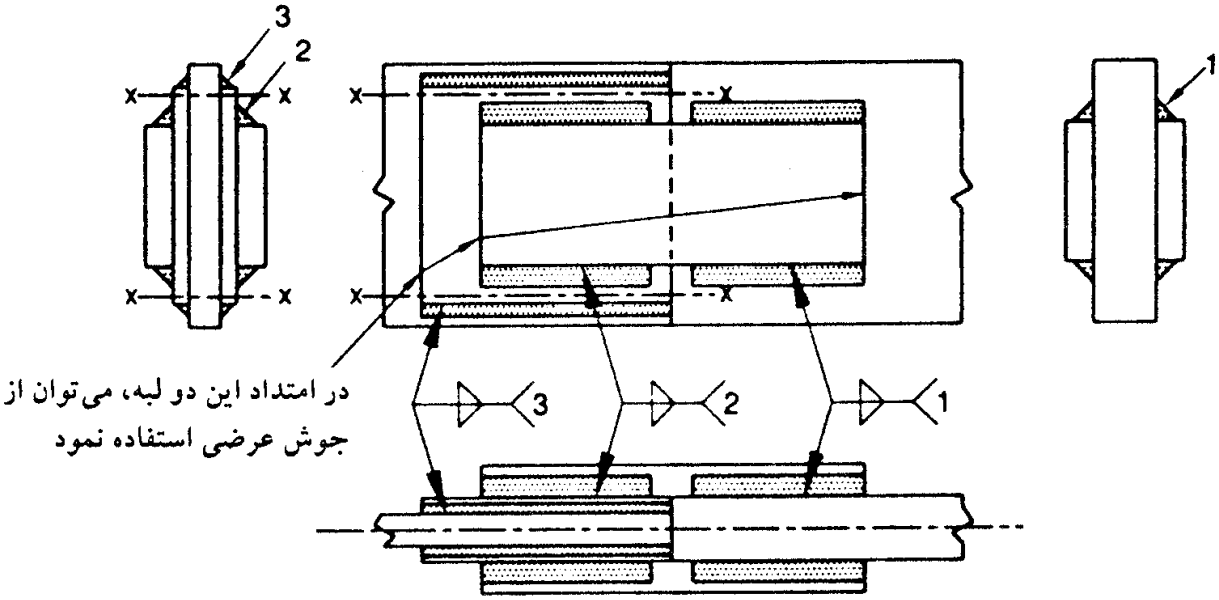
۱ ـ ۸ مساحت، طول، وگلوی مؤثر جوش ها

۱ ـ ۸ ـ ۱ جوش‌های شیاری

مساحت مؤثر جوش مساوی حاصلضرب طول مؤثر در بعد مؤثر گلوی جوش است.

۱ ـ ۸ ـ ۱ ـ ۱ طول مؤثر جوش برای انواع جوش شیاری، با لبهٔ ساده (گونیا) و یا پخدار، مساوی عرض قطعهٔ متصله در امتداد عمود بر تنش می‌باشد.

۱ ـ ۸ ـ ۱ ـ ۲ بعد گلوی جوش در جوش شیاری با نفوذ کامل، مساوی ضخامت ورق نازکتر است.



توجه:

۱ ـ مساحت مؤثر جوش ۲ باید معادل جوش ۱ باشد. طول جوش ۲ باید به‌اندازه‌ای باشد که هیچ‌گونه اضافه‌تنش در ورق پرکننده در امتداد مقاطع x–x به‌وجود نیاید.

۲ ـ مساحت مؤثر جوش ۳ باید معادل جوش ۱ باشد و نباید به‌علت برون‌محوری نیروهای مؤثر بر ورق پرکننده، اضافه‌تنشی در انتهاهای جوش ۳ به‌وجود آید.

شکل ۱ ـ ۸ نحوهٔ کاربرد ورق‌های پرکننده با ضخامت بزرگتر از ۶ میلی‌متر.

هیچ‌گونه افزایشی به‌علت وجود تحدب مجاز نیست.

۱ ـ ۸ ـ ۱ ـ ۳ برای جوش شیاری با نفوذ نسبی در صورتی که زاویه شیار کوچکتر از °۶۰ ولی بزرگتر از °۴۵ باشد و جوشکاری به‌روش قوسی با الکترود روکشدار یا زیرپودری انجام شده و یا وقتی که جوشکاری در وضعیت سربالا و سقفی توسط جوش قوس فلزی تحت حفاظ گاز، جوش قوسی با الکترود توپودری و یا جوش قوس تنگستن تحت حفاظ گاز انجام شده باشد، اندازهٔ جوش مساوی عمق شیار منهای ۳ میلی‌متر می‌باشد.

در وضعیت‌های زیر اندازهٔ جوش شیاری مساوی عمق شیار بدون هرگونه کاهشی می‌باشد:

(۱) زاویهٔ شیار مساوی یا بزرگتر از ۶۰ درجه (در ریشه)، وقتی که جوشکاری به‌یکی از روش‌های زیر انجام می‌شود:

جوش قوسی با الکترود روکشدار، جوش قوسی زیرپودری، جوش قوس فلزی تحت حفاظ گاز،

جوش قوسی با الکترود توپودری، جوش قوس تنگستن تحت‌حفاظ گاز، جوش الکتروگاز.

(۲) زاویهٔ شیار بزرگتر یا مساوی ۴۵ درجه در ریشه، وقتی که جوش شیاری در وضعیت تخت یا افقی با جوش قوس فلزی تحت حفاظ گاز و یا جوش قوسی با الکترود توپودری انجام می‌شود.

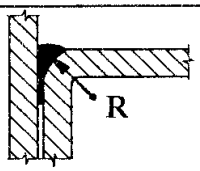
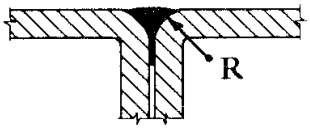
۱ ـ ۸ ـ ۱ ـ ۴ اندازهٔ جوش شیاری[9] در شیار بین دو لبهٔ گرد در حالت نیم‌جناغی و تمام‌جناغی وقتی که شیار به‌طور کامل با مصالح جوشی پر شده باشد، نباید از مقادیر مندرج در جدول ۱ ـ ۳ بیشتر منظور گردد.

(۱) در صورت درخواست مهندس مشاور، باید مقاطع آزمایشی به‌منظور رؤیت نفوذ جوشی و حصول اندازهٔ موردنظر، تهیه گردد.

(۲) در صورتی که تحت شرایط مشخص، پیمانکار قادر به‌حصول یکنواخت اندازهٔ بزرگتر از مقادیر جدول ۱ ـ ۳ گردد، می‌تواند از آن اندازهٔ بزرگتر استفاده نماید.

(۳) ارزیابی بند ۲ توسط تهیهٔ مقاطع عمود بر محور جوشی در وسط و دو انتهای خط جوش به‌دست می‌آید. این مقاطع باید بر روی تعدادی نمونهٔ لازم از ترکیبات مختلف

جدول ۱ ـ ۳ ضخامت مؤثر گلوی جوش‌های شیاری لب‌گرد

نوع جوش	R= شعاع گردی	ضخامت مؤثر گلوگاهی
نیم‌جناغی لب‌گرد		$\frac{1}{3}$ R
جناغی لب‌گرد		$\frac{1}{2}$ R*

R= شعاع گردی

* در جوش قوس فلزی تحت حفاظت گاز، وقتی که R بزرگتر یا مساوی ۱۵ میلی‌متر است، از $\frac{3}{8}$ R استفاده شود.

9– weld size*

* اندازهٔ جوش برحسب مورد می‌تواند ضخامت گلو (در جوش‌های شیاری) و یا اندازهٔ ساق (در جوش گوشه) باشد که به‌هر حال باید در نقشه‌های محاسباتی ذکر گردد.

اندازه‌های مختلف مصالح مورد استفاده و یا طبق دستور کار مهندس مشاور تعیین گردد.

۱ ـ ۸ ـ ۱ ـ ۵ حداقل بعد گلوی جوش شیاری با نفوذ نسبی مطابق جدول ۱ ـ ۲ می‌باشد.

۱ ـ ۸ ـ ۲ جوش گوشه

مساحت مؤثر جوش گوشه مساوی حاصلضرب طول مؤثر در گلوی مؤثر است. هر نوع تنش مؤثر بر جوش گوشه، فرض می‌شود بر این سطح وارد می‌شود.

۱ ـ ۸ ـ ۲ ـ ۱ طول مؤثر جوش گوشه، مساوی طول کل نوار تمام‌اندازه[10] است. در صورتی که جوش در طول نوار تمام اندازه باشد، هیچ کاهشی به‌علت شروع و ختم جوش لازم نیست در طول مؤثر اعمال گردد.

۱ ـ ۸ ـ ۲ ـ ۲ طول مؤثر نوار جوش منحنی، باید در امتداد محور مرکزی گلوی مؤثر اندازه‌گیری شود.

۱ ـ ۸ ـ ۲ ـ ۳ حداقل طول مؤثر جوش گوشه، ۴ برابر اندازهٔ ساق جوش است. به‌بیان دیگر اندازهٔ جوش نباید بزرگتر از $\frac{1}{4}$ طول مؤثر آن در نظر گرفته شود.

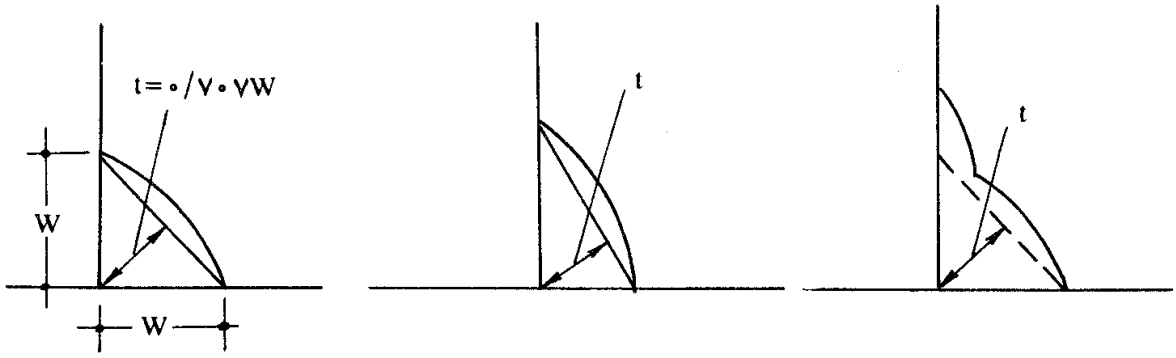
۱ ـ ۸ ـ ۲ ـ ۴ بعد مؤثر گلوی جوش گوشه، کوتاهترین فاصله از ریشه تا سطح هندسهٔ ایده‌ال مقطع جوش است. در تصاویر شکل ۱ ـ ۹ گلوی مؤثر در چندین حالت نشان داده شده است.

۱ ـ ۸ ـ ۳ جوش کام و انگشتانه

مساحت مؤثر جوش‌های کام و انگشتانه مساوی مساحت اسمی سوراخ و شکاف در فصل مشترک دو ورق در حال تماس می‌باشد.

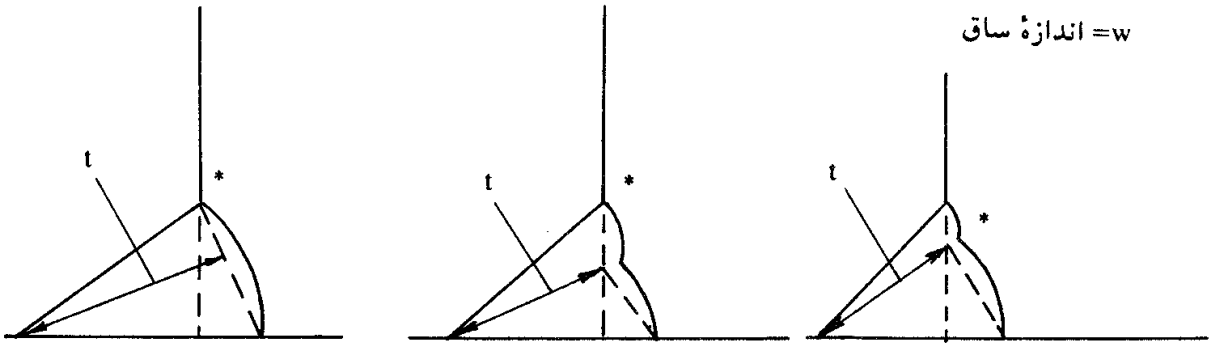
۱ ـ ۸ ـ ۴ گلوی مؤثر ترکیبی از جوش شیاری با نفوذ نسبی و جوش گوشه مساوی کوتاهترین فاصله از ریشهٔ درز تا سطح جوش منهای ۳ میلی‌متر است. کاهش ۳ میلی‌متر برای آن دسته از چنین جوش‌هایی منظور می‌شود که برای جوش شیاری مربوطه مقرر شده است.

10– full size fillet



t= بُعد مؤثر گلو یا به‌اختصار بُعد جوش

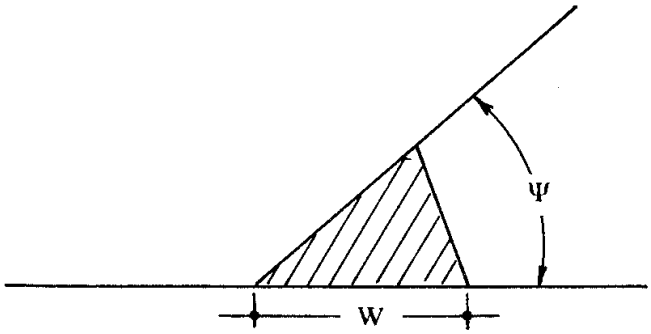
w= اندازهٔ ساق



* این جوش‌ها ممکن است شامل کاهش ۳ میلی‌متر گردند.

برای اتصالات T ، ساق مؤثر را می‌توان از رابطهٔ زیر محاسبه نمود

$W_e=KW$



$60 \le \Psi \le 135°$

W_e= اندازهٔ ساق مؤثر معادل حالت ۹۰ درجه

K= ضریب طبق جدول زیر

Ψ	۶۰	۶۵	۷۰	۷۵	۸۰	۸۵	۹۰	۹۵	۱۰۰	۱۰۵	۱۱۰	۱۱۵	۱۲۰	۱۲۵	۱۳۰	۱۳۵
K	۱/۴	۱/۳۲	۱/۲۴	۱/۱۶	۱/۱۰	۱/۰۵	۱	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۸۹	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۸۱	۰/۸	۰/۷۸	۰/۷۶

شکل ۱ ـ ۹ بُعد گلو و اندازهٔ ساق جوش گوشه.

۱ ـ ۹ ضوابط محاسباتی جوش‌ها در سازه‌ها تحت بار استاتیکی

۱ ـ ۹ ـ ۱ فلز پایه مورد جوشکاری می‌تواند از انواع فولاد رده‌های ST-37 یا ST-52 که مشخصات آنها منطبق بر استانداردهای ملی و یا معتبر بین‌المللی است، باشد.

۱ ـ ۹ ـ ۲ جوشکاری فولادهای رده‌های بالاتر باید تحت شرایط بسیار ویژه و با توجه به‌نتایج آزمون‌های ارزیابی انجام شود.

۱ ـ ۹ ـ ۳ استفاده از فولادهای ناشناس

در صورت استفاده از فولادهای ناشناس در ساختمان‌های جوشی، پس از تأیید مشخصات مکانیکی و شیمیایی آنها طبق آیین‌نامهٔ ساختمان‌های فولادی، باید جوش‌پذیری آنها مورد ارزیابی قرار گیرد.

۱ ـ ۹ ـ ۴ فولاد مورد استفاده در ناودان انتهایی[11]، تسمهٔ پشت‌بند[12]، فاصله‌دهنده‌ها[13]

فولادهای مورد استفاده در ناودان انتهایی درز جوش، تسمهٔ پشت‌بند، و فاصله‌دهنده‌ها باید سازگار با فولاد پایه باشد.

۱ ـ ۹ ـ ۵ محدودیت‌های فولاد پایه

دستورالعمل‌های این آیین‌نامه برای استفاده در جوشکاری فولادهایی است که تنش تسلیم آنها کوچکتر از ۶۰۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع است.

۱ ـ ۹ ـ ٦ تنش‌های مجاز فولاد پایه

تنش‌های مجاز فولاد پایه، منطبق بر ضوابط آیین‌نامهٔ طراحی سازه‌های فولادی انتخاب می‌شود.

۱ ـ ۹ ـ ۷ تنش‌های مجاز جوش تحت بارهای استاتیکی

۱ ـ ۹ ـ ۷ ـ ۱ تنش‌های مجاز جوش مطابق مقادیر مندرج در جدول ۱ ـ ۴ که در ضریب کنترل‌کیفیت ϕ ضرب شده‌اند، انتخاب می‌شوند. ضریب کنترل کیفیت ϕ به‌شرح زیر است:

۱ ـ در صورت کنترل کیفیت جوش با استفاده از آزمایش‌های غیرمخرب مثل پرتونگاری، یا فراصوت

$\phi = ۱$

11– weld tab 12– backing 13– spacer

جدول ۱ ـ ۴ تنش‌های مجاز جوش تحت بارهای استاتیکی

نوع جوش	نوع تنش[1]		تنش مجاز	تراز مقاومتی مورد نیاز
جوش شیاری با نفوذ کامل	کشش عمود بر سطح مؤثر		متناسب با فلز پایه	از فلزجوش سازگار استفاده‌شود
	فشار عمود بر سطح مؤثر		متناسب با فلز پایه	از فلز جوشی با مقاومت مساوی یا یک گروه پایین‌تر ($۷۰N/mm^۲$) از جوش سازگار استفاده شود
	کشش یافشارموازی محور جوش		متناسب با فلز پایه	از فلز جوشی با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌توان استفاده نمود
	برش روی سطح مؤثر		۰/۳×مقاومت اسمی کششی فلز جوش، به‌شرط اینکه تنش برشی بر روی فلز پایه از ۰/۴ تنش تسلیم آن بیشتر نشود	
جوش شیاری با نفوذ نسبی	فشار عمود بر سطح مؤثر	اتصال برای لهیدگی طراحی نشده است	۰/۵×مقاومت اسمی کششی فلز جوش،مشروط بر اینکه تنش درفلز پایه‌از۰/۶تنش تسلیم‌آن بیشترنشود	ازفلزجوشی‌بامقاومت مساوی یاکمتر از جوش سازگار می‌توان استفاده نمود
		اتصال برای لهیدگی طراحی شده است	متناسب با فلز پایه	
	کشش یافشارموازی‌محورجوش[2]		متناسب با فلز پایه	
	برش موازی محور جوش		۰/۳۰ مقاومت اسمی کششی فلز جوش مشروط بر اینکه تنش برشی در فلز پایه از ۰/۴ تنش تسلیم آن بزرگتر نشود	
	کشش عمود بر سطح مؤثر		۰/۳۰ مقاومت اسمی کششی فلز جوش مشروط بر اینکه تنش کششی در فلز پایه از ۰/۶ تنش تسلیم آن بیشتر نشود	
جوش گوشه	برش بر روی سطح مؤثر		۰/۳مقاومت اسمی‌کششی‌فلزجوش	از فلز جوشی با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌توان استفاده نمود
	کشش‌یافشارموازی‌محورجوش[2]		متناسب با فلز پایه	
جوش کام و انگشتانه	برش موازی فصل مشترک سطوح متصل شده (بر روی سطح مؤثر)		۰/۳ مقاومت اسمی کششی فلز جوش، مشروط بر اینکه تنش برشی در فلز پایه از ۰/۴ حد جاری شدن فلز پایه بیشتر نشود	از فلز جوشی با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌توان استفاده نمود

(۱) سطح مؤثر در بند ۱ ـ ۸ ـ ۲ تعریف شده است.

(۲) جوش‌های گوشه و شیاری با نفوذ ناقص که برای اتصال اجزای قطعات مرکب به‌کار می‌روند، مانند اتصال بال به‌جان را می‌توان بدون توجه به‌تنش فشاری یا کششی در اعضای موازی محور جوش طراحی کرد.

۲ ـ در صورت انجام جوش در کارخانه و بازرسی عینی

$\phi = ۰/۸۵$

۳ ـ در صورت انجام جوش در کارگاه و بازرسی عینی

$\phi = ۰/۷۵$

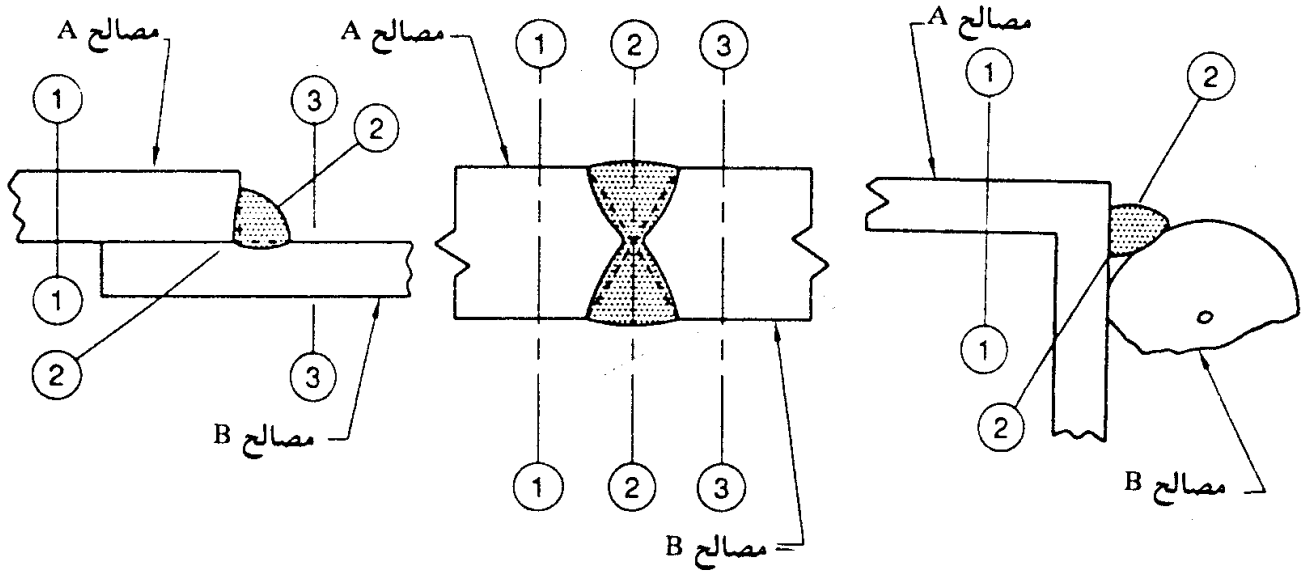
۱ ـ ۹ ـ ۷ ـ ۲ بدون توجه به‌امتداد تنش‌های وارده، تنش در گلوی مؤثر جوش گوشه، همواره تنش برشی منظور می‌گردد (شکل ۱ ـ ۱۰).

۱ ـ ۹ ـ ۷ ـ ۳ افزایش تنش‌های مجاز

در صورتی که در آیین‌نامهٔ طراحی ساختمان‌های فولادی، افزایش تنشی برای فولاد پایه منظور گردد، این افزایش در تنش مجاز جوش‌های مربوطه نیز قابل اعمال است.

۱ ـ ۹ ـ ۸ ترکیب جوش‌ها

اگر دو یا چند نوع جوش (شیاری، گوشه، انگشتانه، و کام) در یک اتصال با هم ترکیب شوند، برای تعیین ظرفیت مجاز ترکیبی، ظرفیت مجاز هر یک از جوش‌ها باید نسبت به‌محورهای اصلی گروه جوش محاسبه شده و بر هم افزوده شود. روش فوق برای جوش‌های گوشهٔ تقویت‌کنندهٔ جوش‌های شیاری قابل اعمال نیست.



شکل ۱ ـ ۱۰ صفحات برش در جوش گوشه و شیاری.

۱ ـ ۹ ـ ۹ جوش‌ها در ترکیب با پرچ‌ها و پیچ‌ها

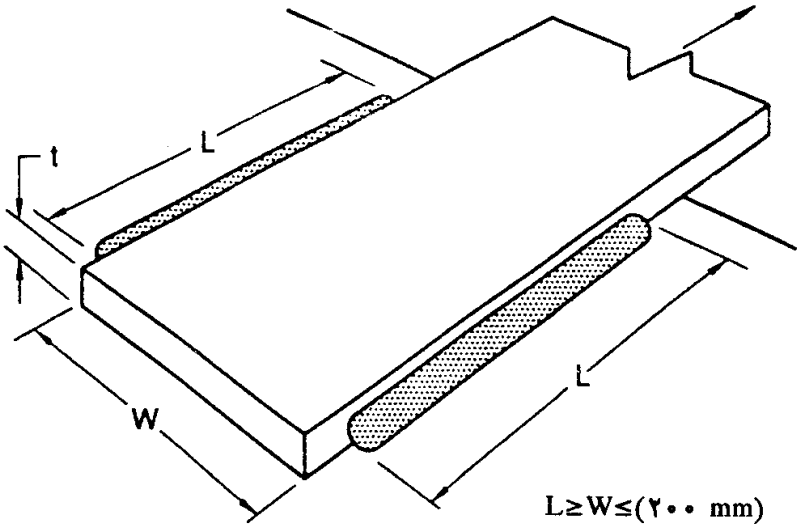
مجاز نیست پرچ‌ها و پیچ‌های اتکایی[14] را در باربری با جوش سهیم نمود. در صورت استفاده، باید فرض نمود که تمام نیروی اتصال توسط جوش حمل می‌شود. استفاده از عضوی با اتصال جوشی در یک انتها و اتصال پرچی یا پیچی در انتهای دیگر مجاز است. پیچ‌های پرمقاومتی را که طبق مشخصات پیش‌تنیده شده‌اند، می‌توان در باربری با جوش سهیم نمود.

۱ ـ ۹ ـ ۱۰ جزییات محاسباتی جوش گوشه

۱ ـ ۹ ـ ۱۰ ـ ۱ اگر در اتصال انتهایی تسمه‌های کششی، فقط از جوش گوشهٔ طولی استفاده شود طول هر جوش گوشه نباید کمتر از فاصلهٔ عمودی بین آنها باشد. فاصلهٔ عرضی این جوش‌ها نباید از ۲۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید، مگر اینکه در حد فاصل این دو جوش از جوش انگشتانه یا کام در روی تسمه استفاده شود (شکل ۱ ـ ۱۱).

۱ ـ ۹ ـ ۱۰ ـ ۲ برای حمل نیرو می‌توان از جوش‌های گوشه منقطع[15] استفاده نمود.

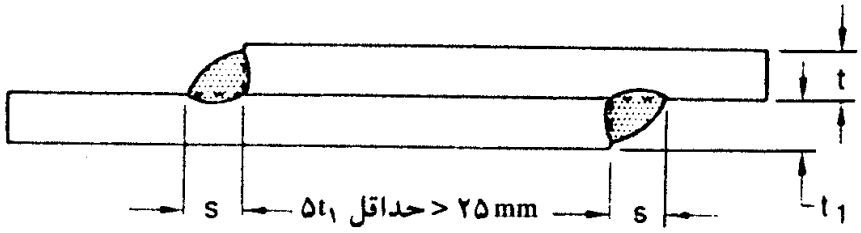
۱ ـ ۹ ـ ۱۰ ـ ۳ در درزهای رویهم (پوششی)، حداقل طول پوشش مساوی ۵ برابر ضخامت ورق نازکتر است که نباید از ۲۵ میلی‌متر کمتر باشد (شکل ۱ ـ ۱۲).



شکل ۱ ـ ۱۱ جوش انتهایی تسمه‌های کششی.

14– bearing type

15– intermittent fillet welds

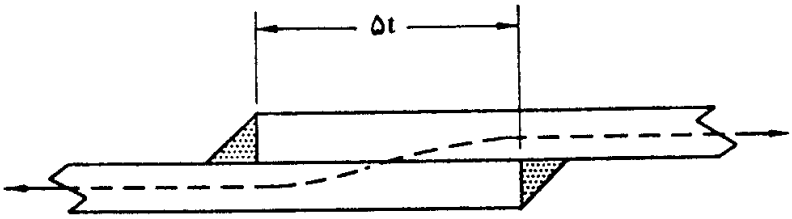


تذکر:

۱ ـ s= طبق محاسبات

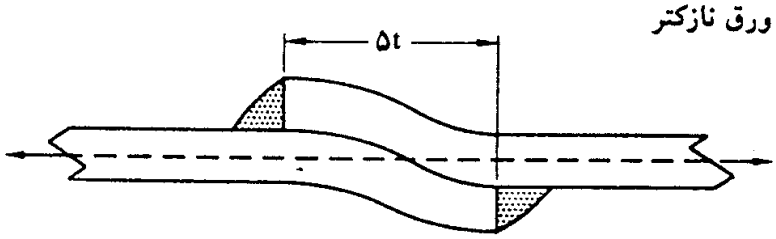
۲ ـ $t>t_1$

شکل ۱ ـ ۱۲ درز رویهم با جوش دوطرفه.

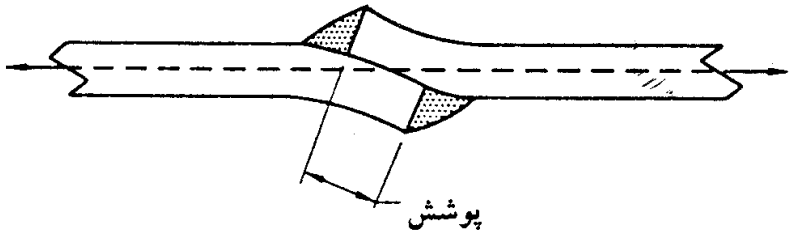


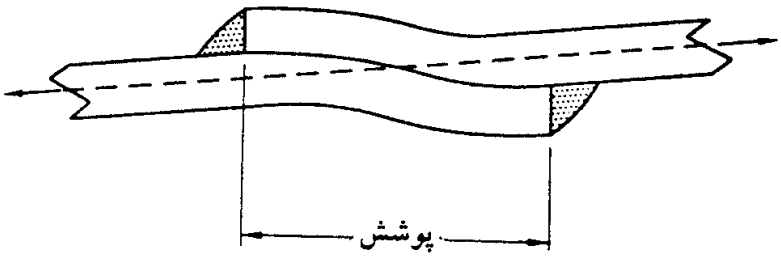
(الف) قبل از بارگذاری

t= ضخامت ورق نازکتر



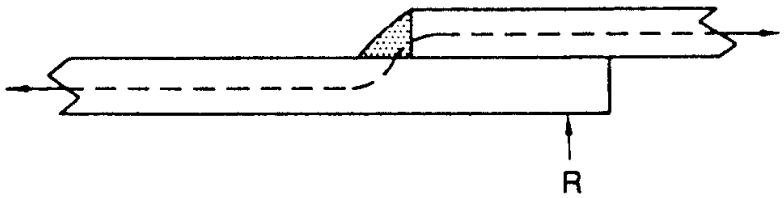
(ب) بعد از بارگذاری



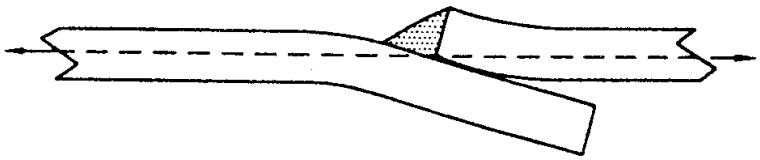


(پ) تأثیر طول پوشش

شکل ۱ ـ ۱۳ مثال‌هایی از درزهای پوششی با جوش دوطرفه.



(الف) درز رویهم توسط نیروی R مقید شده است

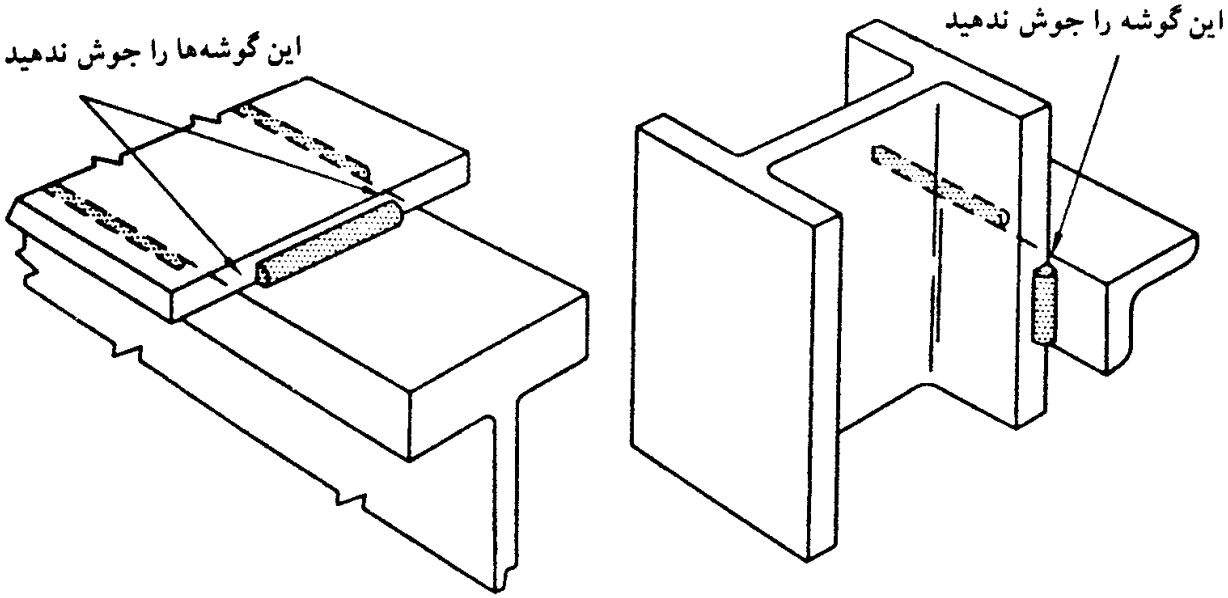


(ب) پدیدهٔ جدایی و پاره‌شده در جوش غیرمقید

شکل ۱ ـ ۱۴ درز رویهم با جوش یکطرفه.

۱ ـ ۹ ـ ۱۰ ـ ۴ در درزهای روی‌هم که تنش‌های محوری تحمل می‌کنند، باید از جوش دوطرفه استفاده نمود (شکل ۱ ـ ۱۳)، مگراینکه درز به‌قدرکافی مقید شده باشد تا از باز شدن تحت‌تأثیر بار جلوگیری نماید (شکل ۱ ـ ۱۴).

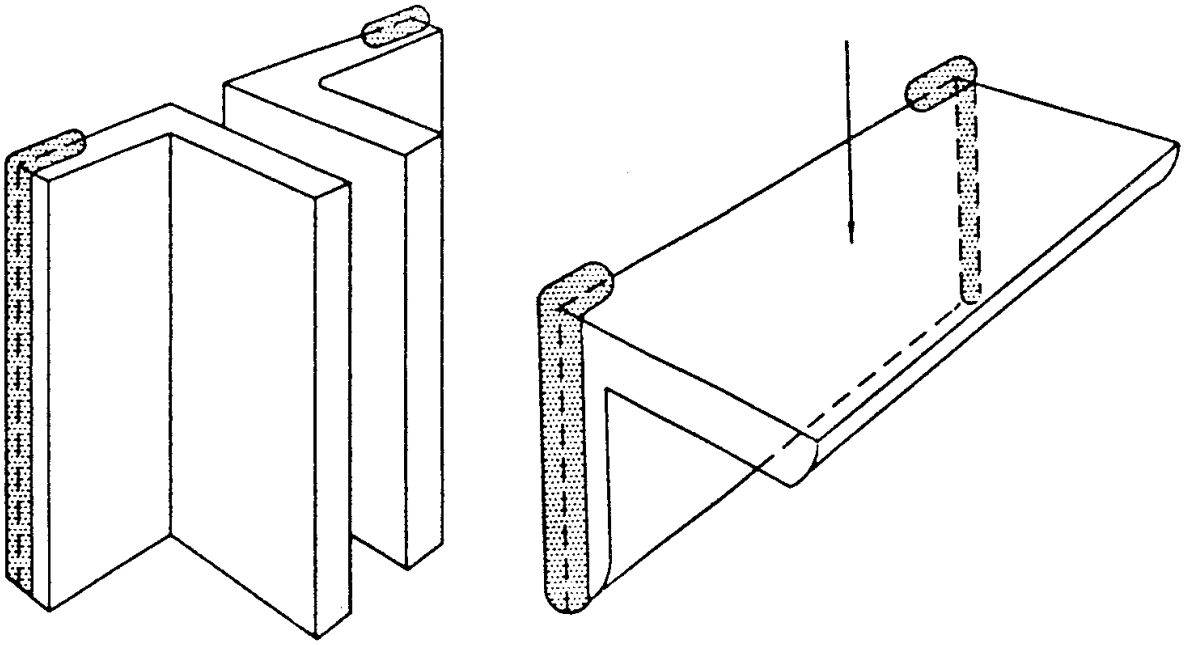
۱ ـ ۹ ـ ۱۰ ـ ۵ جوش‌های گوشه‌ای که در دو طرف صفحهٔ فصل مشترک دو قطعه داده می‌شوند، باید درگوشه متوقف شده و نباید به‌هم متصل شوند (شکل ۱ ـ ۱۵).



شکل ۱ ـ ۱۵ جوش‌های گوشه در دو طرف صفحهٔ فصل مشترک دو قطعه نباید درگوشه‌ها به‌یکدیگر وصل شوند.

۱ـ۹ـ۱۱ قلاب انتهایی[16]

۱ـ۹ـ۱۱ـ۱ جوش‌های دو طرف نبشی‌های جان[17]، نبشی‌های نشیمن، براکت‌ها و موارد مشابه باید به‌اندازهٔ دو برابر اندازهٔ اسمی جوش، در انتها به‌عنوان قلاب برگشت داده شود (شکل ۱ ـ ۱۶).



(ب) قلاب در نبشی نشیمن (الف) قلاب در اتصال با نبشی جان

شکل ۱ ـ ۱۶ قلاب انتهایی.

۱ـ۹ـ۱۱ـ۲ قلاب‌ها باید در نقشه‌ها نشان داده شوند.

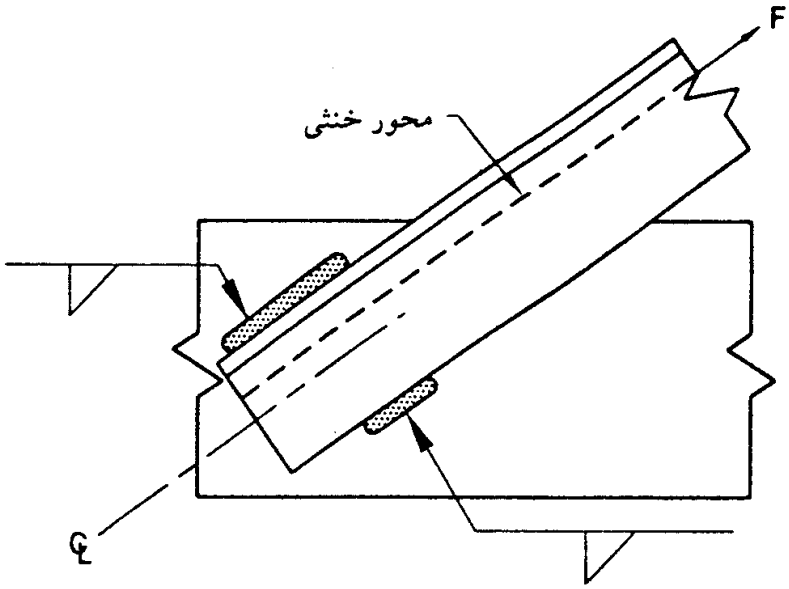
۱ـ۹ـ۱۲ شروع و ختم جوش‌های گوشه‌ای که قطعات و زواید اتصالی را به‌اعضای اصلی متصل می‌نمایند، باید حداقل فاصله‌ای مساوی اندازهٔ جوش از انتها داشته باشند. جوشی که سخت‌کننده‌ای را به‌جان یک تیر ورق متصل می‌کند، باید در فاصله‌ای نه کمتر از ۴ برابر ضخامت جان، از وجه داخلی بال کششی قطع گردد.

۱ـ۹ـ۱۳ برون‌محوری

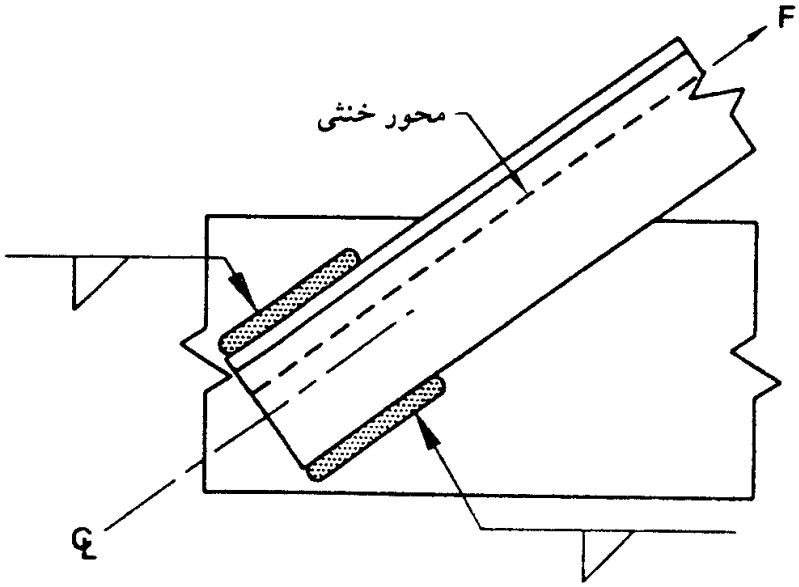
در حالت کلی، باید تمهیدات کافی برای تنش‌های خمشی به‌وجود آمده در اعضاء به‌علت برون‌محوری اتصال، در نظر گرفته شود. در اتصال انتهایی اعضای تک‌نبشی یا زوج‌نبشی، متعادل کردن جوش‌ها

16– Boxing (End Returns) 17– Header angle

نسبت به‌محور نبشی لازم نیست و می‌توان طول جوش مورد نیاز کل را به‌طور مساوی در انتها و دور نبشی تقسیم نمود. به‌طور مشابه اعضا با مقطع سپری (T) و یا مقاطع مشابه راکه به‌یال‌های فوقانی و تحتانی خرپا متصل می‌شوند، می‌توان با جوش نامتعادل متصل نمود.



جوش نسبت به‌تار خنثی متعادل شده است



جوش نسبت به‌تار خنثی متعادل شده است

شکل ۱ ـ ۱۷ جوش انتهایی نبشی.

۱ ـ ۹ ـ ۱۴ تبدیل ضخامت یا عرض

در درزهای لب به‌لب کششی بین دو عضو هم‌محور با ضخامت، عرض، و یا عرض و ضخامت

متفاوت که تنش کششی در آنها بزرگتر از $\frac{1}{3}$ تنش مجاز محاسباتی است، باید عرض یا ضخامت با شیبی مساوی و یا ملایمتر از ۱ به ۲/۵ به‌یکدیگر تبدیل شوند (اشکال ۱ ـ ۱۸ و ۱ ـ ۱۹). شیب لازم برای تبدیل می‌تواند در ضخامت، عرض ورق‌ها و یا ناحیهٔ فلز جوش تأمین گردد.

۱ ـ ۹ ـ ۱۵ اتصال انتهایی تیر

اتصال انتهایی تیر باید با توجه به‌درجهٔ گیرداری ذاتی اتصال، طراحی گردد.

۱ ـ ۹ ـ ۱۶ اتصالات اجزای اعضای ساخته‌شده از چند نیمرخ[18]

به‌جز حالاتی‌که برای انتقال تنش نیاز به‌جوش با فواصل نزدیکتر باشد، اجزای اعضای ساخته‌شده از دو یا چند نیمرخ، و یا نیمرخ و ورق باید به‌کمک جوش‌های بخیهٔ[19] (منقطع) کافی (از نوع گوشه، انگشتانه و یا کام) طوری به‌یکدیگر متصل شوند که تشکیل یک عضو واحد دهند. ضوابط این جوش‌ها به‌شرح زیر است:

۱ ـ ۹ ـ ۱۶ ـ ۱ فاصلهٔ طولی حداکثر جوش‌های بخیه (منقطع) که دو نیمرخ در تماس با هم را به‌یکدیگر اتصال می‌دهند، نباید بزرگتر از ۶۰۰ میلی‌متر باشد.

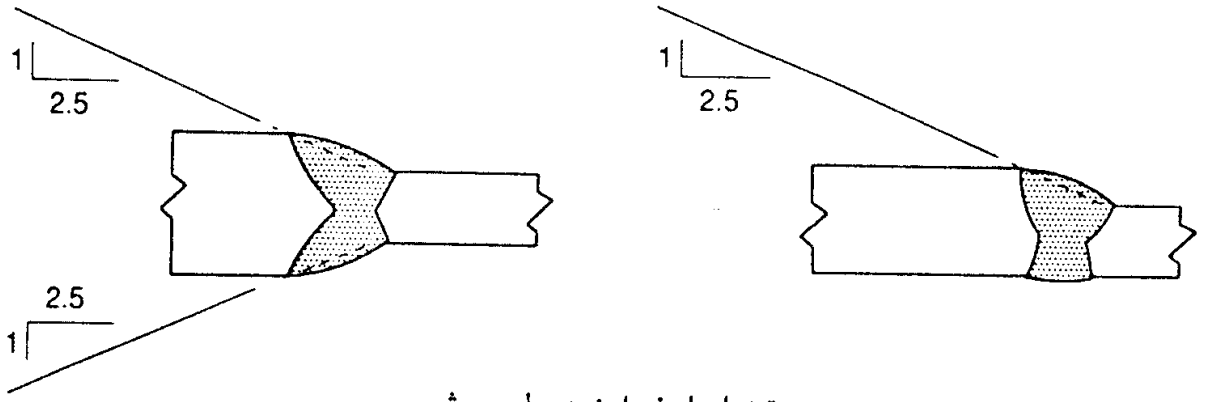
۱ ـ ۹ ـ ۱۶ ـ ۲ اعضای فشاری ساخته‌شده از چند نیمرخ

در اعضای فشاری ساخته‌شده از چند نیمرخ، فاصلهٔ آزاد طولی بین جوش‌های منقطع که یک ورق را به‌نیمرخ یا ورق دیگر متصل می‌نماید، نباید بزرگتر از $t(۳۳۰/\sqrt{F_y})$ یا ۳۰۰ میلی‌متر (هر کدام که کوچکتر است) گردد. F_y تنش تسلیم فولاد مصرفی برحسب نیوتن بر میلی‌مترمربع و t ضخامت فولاد مصرفی است. عرض آزاد تکیه‌داده شدهٔ جان، ورق تقویتی، ورق پوششی و یا ورق‌های دیافراگم بین دو خط جوش، نباید از $(۶۶۰/\sqrt{F_y})$ تجاوز نماید که در آن F_y تنش تسلیم ورق مورد نظر برحسب نیوتن بر میلی‌مترمربع و t ضخامت ورق مصرفی است.

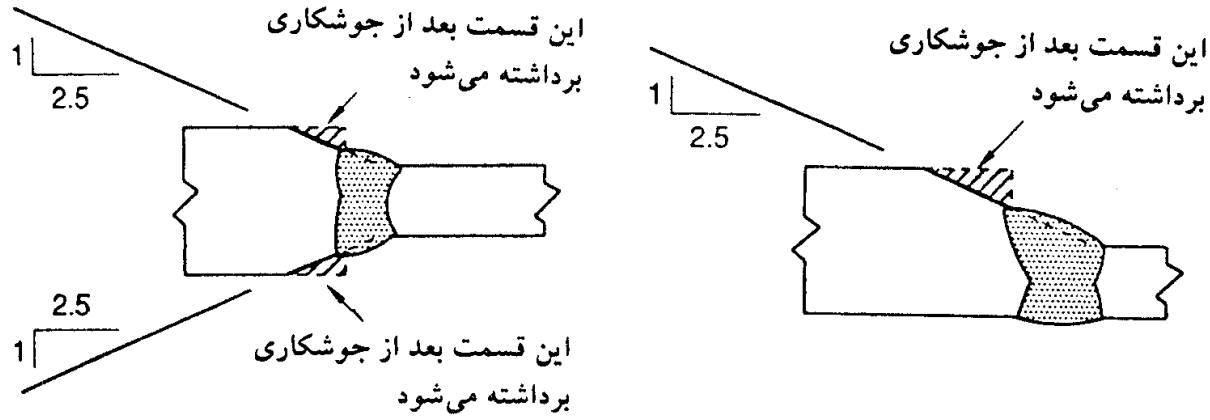
۱ ـ ۹ ـ ۱۶ ـ ۳ در اعضای کششی ساخته‌شده از چند نیمرخ، فاصلهٔ آزاد طولی بین جوش‌های منقطع که یک ورق را به‌نیمرخ یا ورق دیگر متصل می‌نماید، نباید از ۳۰۰ میلی‌متر یا ۲۴ برابر ضخامت ورق نازکتر، بیشتر گردد.

18– Built up members

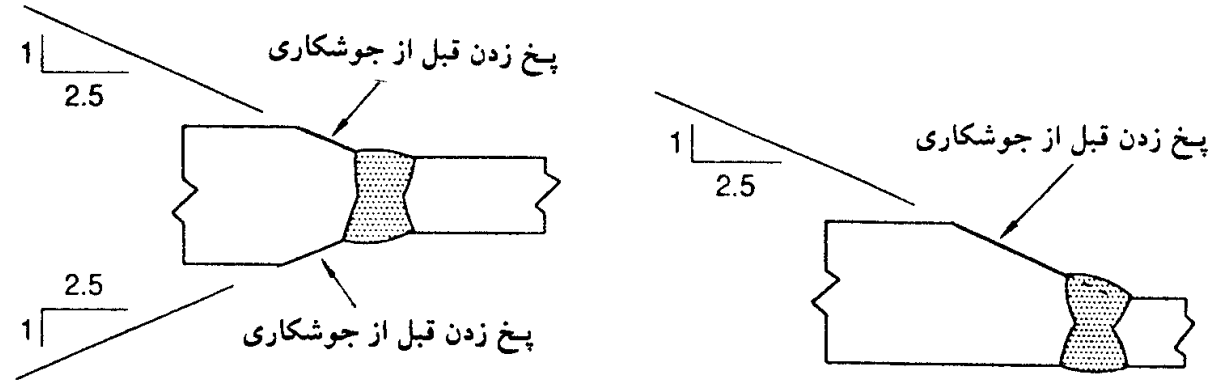
19– Stitch welding



تبدیل با پخ دادن به‌سطح جوش



تبدیل با پخ دادن به‌سطح جوش و پخ زدن به‌لبهٔ قطعه



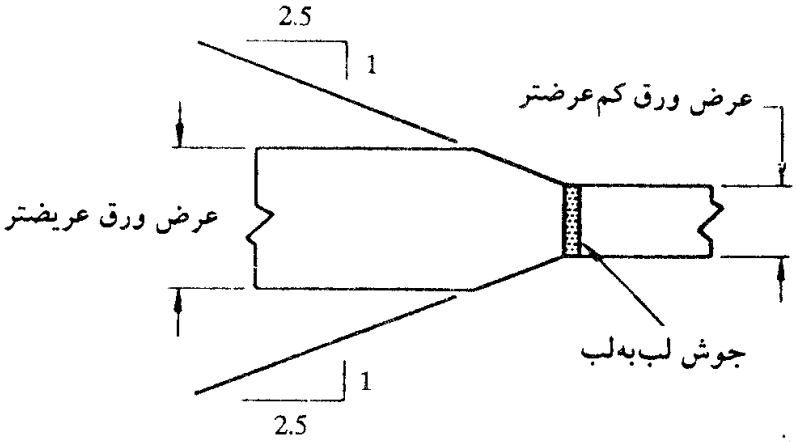
تبدیل با پخ زدن ورق ضخیمتر

ورق‌های همباد از یک لبه ورق‌های هم‌محور

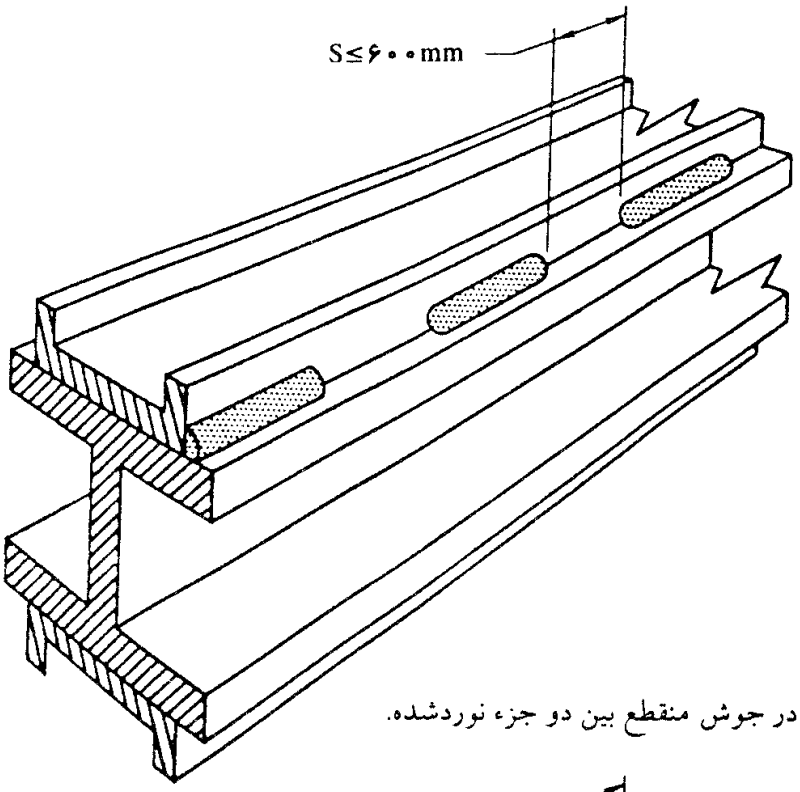
توجه:

۱ ـ نوع شیار می‌تواند از هر نوع مجاز باشد.

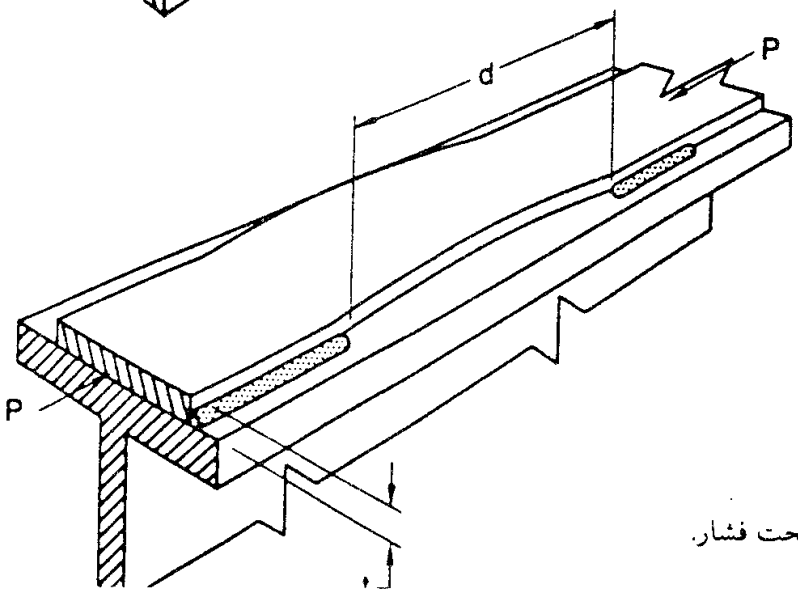
۲ ـ شیب نشان داده‌شده، حداکثر مجاز می‌باشد.



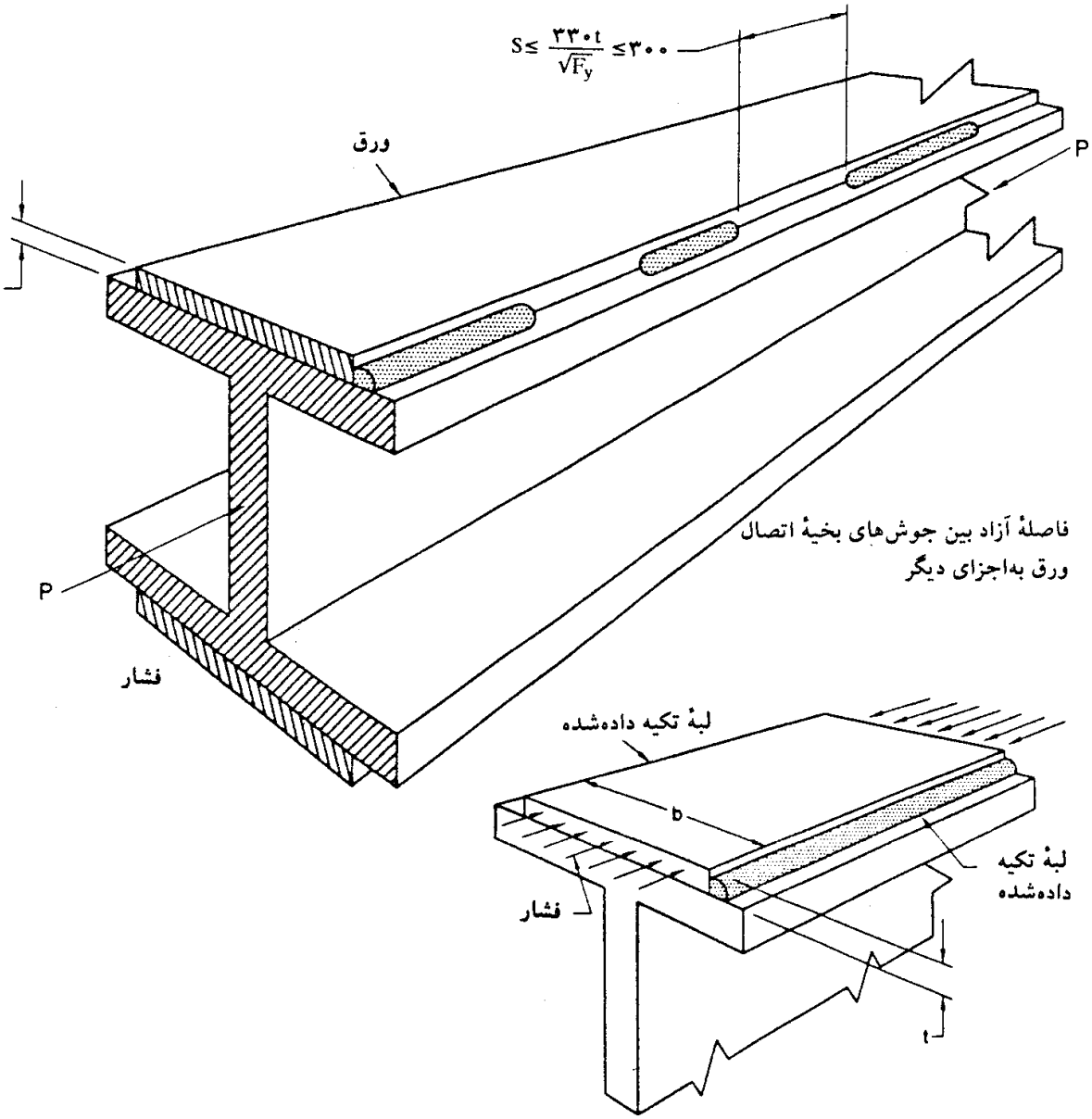
شکل ۱ ـ ۱۹ تبدیل عرض.



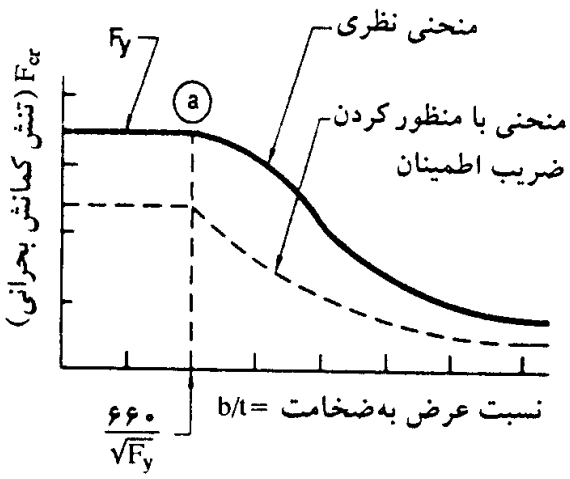
شکل ۱ ـ ۲۰ حداکثر فاصلهٔ آزاد در جوش منقطع بین دو جزء نوردشده.



شکل ۱ ـ ۲۱ کمانش موضعی تحت فشار.

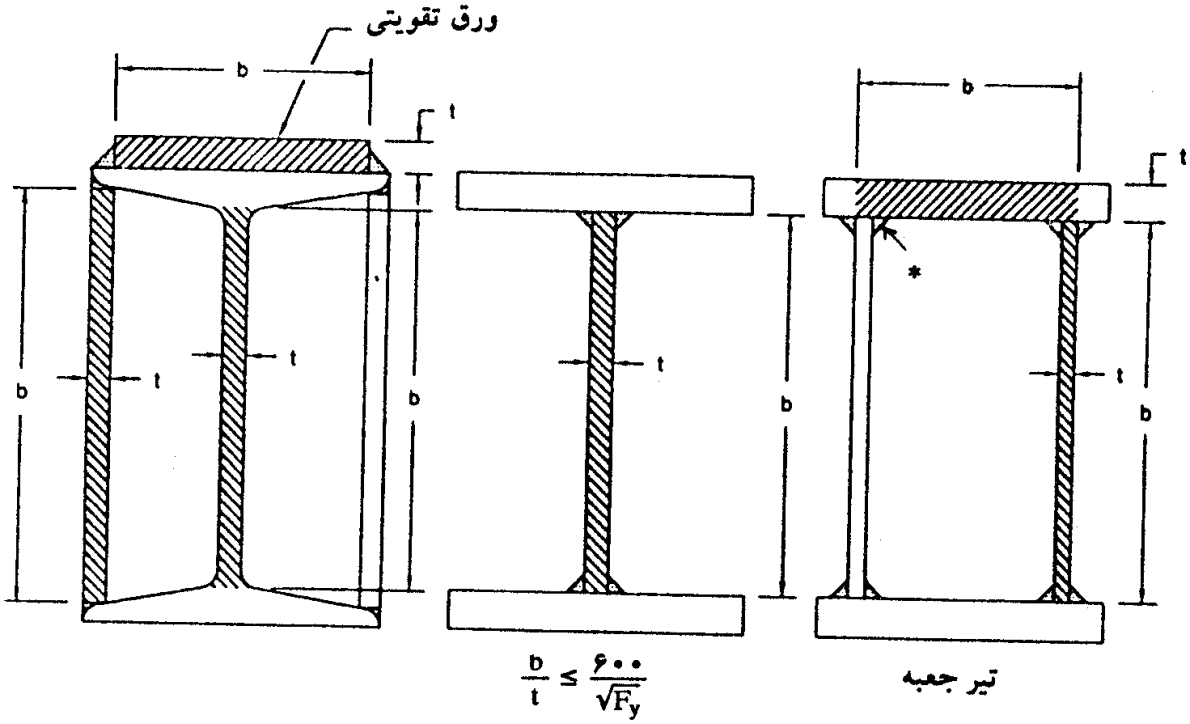


(الف) نمایش کلی



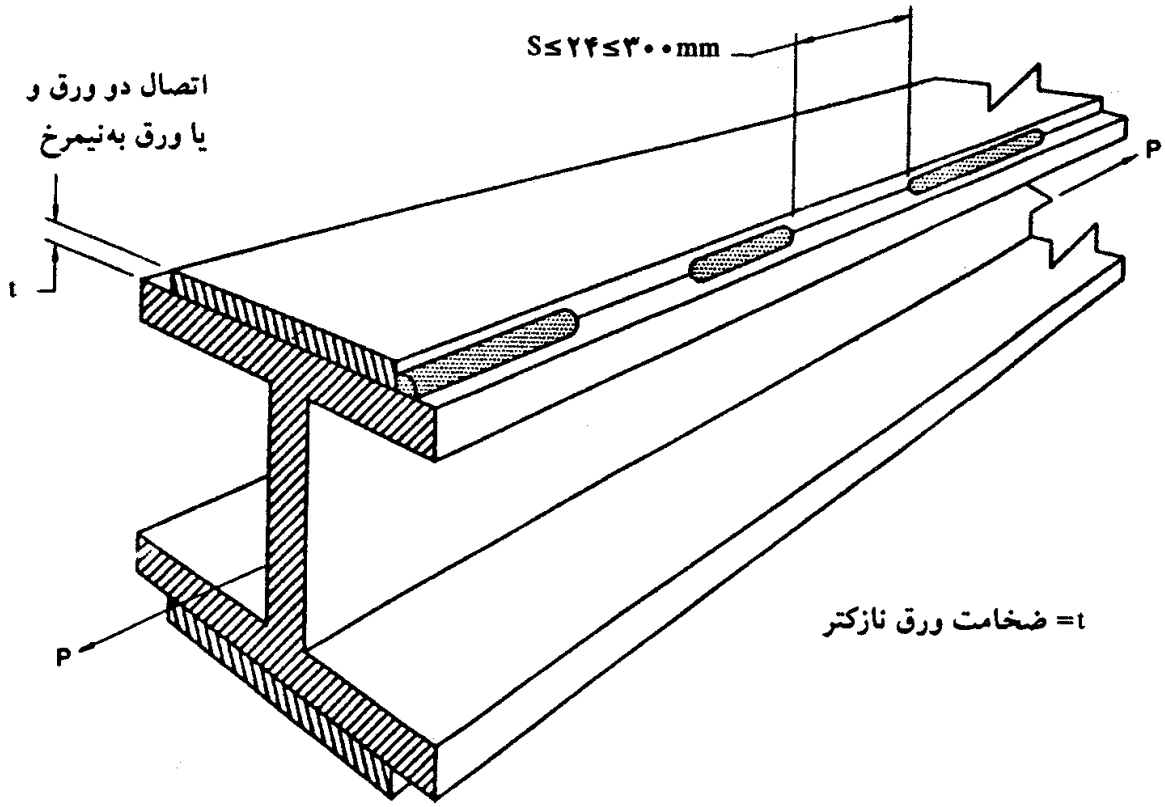
(ب) نمودار تنش کمانش بحرانی F_{cr} در مقابل نسبت b/t

شکل ۱ ـ ۲۲ عرض آزاد حداکثر در اجزای ورق تحت فشار با دو جوش طولی در دو لبه.

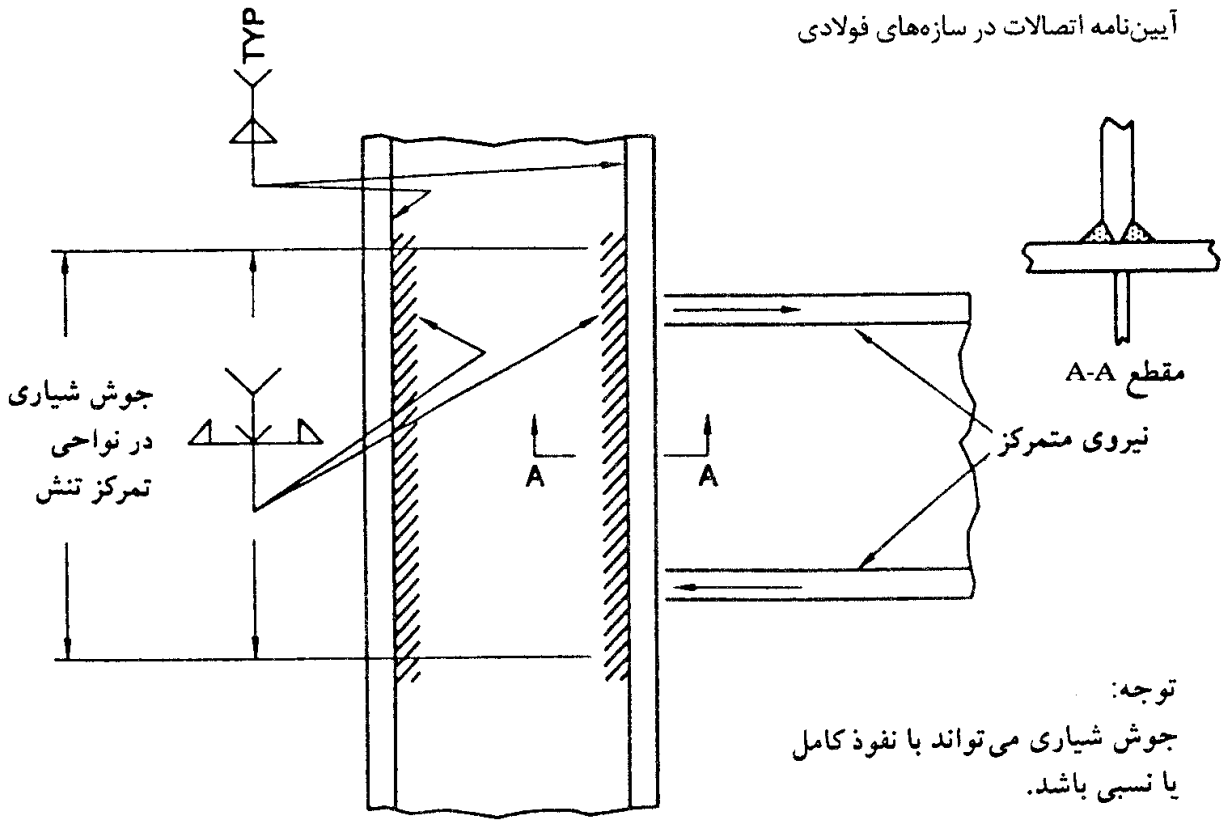


* انجام جوش داخلی در تمام حالات امکان‌پذیر نیست.

شکل ۱ ـ ۲۳ کاربرد نسبت حداکثر عرض آزاد به‌ضخامت در اجزای ورقی تحت فشار با دو لبهٔ متکی.



شکل ۱ ـ ۲۴ فاصلهٔ آزاد بین جوش‌های منقطع در اعضای کششی.



شکل ۱ ـ ۲۵ استفاده از جوش شیاری با طول محدود در جوش‌های منقطع.

۱ ـ ۹ ـ ۱۶ ـ ۴ استفاده از جوش‌های شیاری منقطع[20] یا با طول ناقص مجاز نیست، مگر طبق شرایط بند ۱ ـ ۹ ـ ۱۶ ـ ۵.

۱ ـ ۹ ـ ۱۶ ـ ۵ در اعضای ساخته‌شده از ورق و یا نیمرخ که اجزای آن به‌وسیلهٔ جوش گوشه به‌یکدیگر متصل شده‌اند، می‌توان برای انتقال نیروهای موضعی، از جوش شیاری استفاده نمود. در طول انتقال این نیروی متمرکز، جوش شیاری باید با ضخامت ثابت ادامه یابد. بعد از این ناحیه، جوش شیاری باید در طولی مساوی ۴ برابر ضخامت به‌طور ملایم به‌عمق صفر کاهش یابد. قبل از شروع جوش شیاری، باید شیار جوش پُر شده و همسطح گردد.

۱ ـ ۱۰ ضوابط محاسباتی جوش‌ها در سازه‌ها تحت بار دینامیکی

۱ ـ ۱۰ ـ ۱ در صورتی که خستگی حاکم بر طراحی باشد، باید علاوه بر موارد مقرر شده در این فصل، فصل خستگی آیین‌نامه طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی (مبحث ۱۰ از مجموع مقررات ملی ساختمانی ایران) مورد توجه قرار گیرد.

20– Intermittent

۱ ـ ۱۰ ـ ۲ فلز پایه مورد جوشکاری می‌تواند از انواع فولادهای رده‌های ST-37 یا ST-52 که مشخصات آنها منطبق بر استانداردهای ملی و یا معتبر بین‌المللی است، باشد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۳ جوشکاری فولادهای رده‌های بالاتر باید تحت شرایط بسیار ویژه و با توجه به‌نتایج آزمایش‌های ارزیابی انجام شود.

۱ ـ ۱۰ ـ ۴ استفاده از فولادهای ناشناس

در صورت استفاده از فولادهای ناشناس در ساختمان‌های جوشی، پس از تأیید مشخصات مکانیکی و شیمیایی آنها طبق آیین‌نامهٔ ساختمان‌های فولادی، باید جوش‌پذیری آنها مورد ارزیابی قرار گیرد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۵ فولاد مورد استفاده در ناودان انتهایی[۲۱]، تسمهٔ پشت‌بند[۲۲]، فاصله‌دهنده‌ها[۲۳]

فولاد مورد استفاده در ناودان انتهایی درزجوش، تسمهٔ پشت‌بند، و فاصله‌دهنده‌ها باید سازگار با فولاد پایه باشد.

۱ ـ ۱۰ ـ ٦ محدودیت‌های فولاد پایه

دستورالعمل‌های این آیین‌نامه برای استفاده در جوشکاری فولادهایی است که تنش تسلیم آنها کوچکتر از ۶۰۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع است.

۱ ـ ۱۰ ـ ۷ تنش‌های مجاز جوش تحت بارهای دینامیکی

تذکر: اعمال مقررات مربوط به‌خستگی در بند ۱ ـ ۱۰ ـ ۸، می‌تواند منجر به‌اصلاح تنش‌های مجاز معرفی شده در این بند شود.

تنش‌های مجاز، به‌استثنای موارد اصلاحی در بندهای ۱ ـ ۱۰ ـ ۸، ۹ و ۱۰ نباید از مقادیر مذکور در جدول ۱ ـ ۵ که در ضریب کنترل کیفیت ϕ ضرب شده است، بیشتر در نظر گرفته شود. ضریب کنترل کیفیت ϕ به‌شرح زیر است:

۱ ـ در صورت کنترل کیفیت جوش با استفاده از آزمایش‌های غیرمخرب مثل پرتونگاری یا فراصوت:

21– weld tab

22– backing

23– spacer

جدول ۱ ـ ۵ تنش‌های مجاز جوش تحت بارهای دینامیکی

نوع جوش	نوع تنش[1]		تنش مجاز	تراز مقاومتی مورد نیاز
جوش شیاری با نفوذ کامل	کشش عمود بر سطح مؤثر		متناسب با فلز پایه	از فلز جوش سازگار استفاده شود
	فشار عمود بر سطح مؤثر		متناسب با فلز پایه	از فلز جوشی با مقاومت مساوی یا یک گروه پایین‌تر ($70N/mm^2$) از جوش سازگار استفاده شود
	کشش یافشارموازی محور جوش		متناسب با فلز پایه	از فلز جوشی با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌توان استفاده نمود
	برش روی سطح مؤثر		۰/۲۷×مقاومت اسمی کششی فلز جوش، به‌شرط اینکه تنش برشی بر روی فلز پایه از ۰/۳۶ تنش تسلیم آن بیشتر نشود	
جوش شیاری با نفوذ نسبی	فشار عمود بر سطح مؤثر	اتصال برای لهیدگی طراحی نشده است	۰/۴۵×مقاومت اسمی کششی فلز جوش،مشروط بر اینکه تنش درفلز پایه‌از۰/۶تنش تسلیم‌آن بیشترنشود	ازفلزجوشی‌بامقاومت مساوی یاکمتر از جوش سازگار می‌توان استفاده نمود
		اتصال برای لهیدگی طراحی شده است	متناسب با فلز پایه	
	کشش‌یافشارموازی‌محورجوش		متناسب با فلز پایه	
	برش موازی محور جوش		۰/۲۷ مقاومت اسمی کششی فلز جوش مشروط بر اینکه تنش برشی در فلز پایه از ۰/۳۶ تنش‌تسلیم آن بزرگتر نشود	
	کشش عمود بر سطح مؤثر		۰/۲۷ مقاومت اسمی کششی فلز جوش مشروط بر اینکه تنش‌کششی در فلز پایه از ۰/۵۵ تنش تسلیم آن بیشتر نشود.	
جوش گوشه	برش بر روی سطح مؤثر		۰/۲۷مقاومت‌اسمی‌کششی‌فلزجوش	از فلز جوشی با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌توان استفاده نمود
	کشش‌یافشارموازی‌محورجوش[2]		متناسب با فلز پایه	
جوش کام و انگشتانه	برش موازی فصل مشترک سطوح متصل شده (بر روی سطح مؤثر)		۰/۲۷ مقاومت اسمی کششی فلز جوش، مشروط بر اینکه تنش برشی در فلز پایه از ۰/۳۶ حد جاری‌شدن فلز پایه بیشتر نشود	از فلز جوشی با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می‌توان استفاده نمود

(۱) سطح مؤثر در بند ۱ ـ ۸ ـ ۲ تعریف شده است.

(۲) جوش‌های گوشه و شیاری با نفوذ ناقص که برای اتصال اجزای نیمرخ‌های ورقی به‌کار می‌روند، مانند اتصال بال به‌جان را می‌توان بدون توجه به‌تنش فشاری یا کششی اعضاء هم‌امتداد با محور جوش طرح کرد.

$\phi = ۱$

۲ ـ در صورت انجام جوش در کارخانه و بازرسی عینی

$\phi = ۰/۸۵$

۳ ـ در صورت انجام جوش در کارگاه و بازرسی عینی

$\phi = ۰/۷۵$

تبصره:
بدون توجه به‌امتداد تنش‌های وارده، تنش در گلوی مؤثر جوش گوشه، همواره تنش برشی منظور می‌گردد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۸ تنش‌های خستگی

تنش‌های مجاز خستگی برای سازه‌هایی که تحت اثر بارهای دوره‌ای[۲۴] قرار دارند، با توجه به‌عمر خستگی[۲۵] و طبقهٔ تنش از جدول ۱ ـ ۶ و اشکال ۱ ـ ۲۶، ۱ ـ ۲۷، و ۱ ـ ۲۹ قابل حصول است. عمر خستگی با توجه به‌وضعیت سازه به‌کمک قضاوت مهندسی تعیین می‌شود. عمر خستگی تعداد تکرار بارگذاری تا نقطهٔ خرابی است.

۱ ـ ۱۰ ـ ۹ ترکیب تنش‌ها

در صورت ترکیب تنش‌های برشی با تنش‌های قائم، مقادیر حداکثر هریک از تنش‌ها به‌صورت جداگانه باید محدود به‌مقادیر مندرج در بندهای ۱ ـ ۱۰ ـ ۷ و ۱ ـ ۱۰ ـ ۸ گردد. مقدار تنش ترکیبی نیز با توجه به‌نظریه‌های ترکیب تنش مندرج در آیین‌نامهٔ ساختمان‌های فولادی، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۰ افزایش تنش‌های مجاز

در صورتی که در آیین‌نامهٔ طراحی ساختمان‌های فولادی، افزایش تنشی برای فولاد پایه منظور گردد، این افزایش در تنش مجاز جوش‌های مربوطه نیز قابل اعمال است.

24– cyclic loading

25– cyclic life

جدول ۱ ـ ۶ تنش‌های مجاز خستگی ـ تنش کششی یا معکوس**

شرایط کلی	وضعیت	طبقه تنش	مثال نمونه (شکل ۱ـ۲۶)
مصالح ساده	فلز پایه با سطح نوردشده یا پرداخت‌شده، کناره‌های آن با دستگاه برش اکسیژن بافری ۱۰۰۰ یا کمتر ANSI بریده شده است	A	۲ و ۱
اعضای ساخته شده از دو یا چند نیمرخ یا ورق	فلز پایه و فلز جوش در اعضایی بدون ملحقات که از صفحات یا نیمرخ‌هایی که توسط جوش شیاری پیوسته با نفوذ کامل یا ناقص یا با جوش گوشه پیوسته به‌موازات جهت تنش‌های وارده به‌هم متصل شده‌اند، درست شده‌اند	B	۷، ۵، ۴ و ۳
	تنش خمشی محاسباتی در ریشهٔ جوش سخت‌کننده‌های عرضی به‌جان یا بال تیر	C	۶
	فلز پایه در انتهای یک ورق پوششی با اتصال جوشی، ورق پوششی با انتهای ساده یا باریک شونده و با یا بدون جوش انتهایی به‌فلز پایه	E	۷
جوش‌های شیاری	فلز پایه و فلز جوش در وصله قطعاتی با سطح مقطع مشابه با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل، زمانی‌که جوش سنگ‌زده شده[1] و سلامت‌جوش با آزمایش‌های غیرمخرب[2] تأیید شده باشد	B	۹ و ۸
	فلز پایه و فلز جوش در وصله‌های تبدیلی (وصله قطعاتی غیرهم‌عرض یا غیرهم‌ضخامت) با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل، جوش‌ها سنگ‌زده شده‌اند[1] و دارای شیب حداکثر ۱ به $۲\frac{۱}{۳}$[3] برای حد جاری‌شدن کمتر از $۶۲۰N/mm^2$ و شعاع[8] $R \geq ۰/۶m$ برای حد جاری شدن برابر یا بیش از $۶۲۰\ N/mm^2$ هستند، سلامت جوش با آزمایش‌های غیرمخرب[2] تأیید شده است	B	۱۱b و ۱۱a و ۱۰
اتصال با جوش شیاری	فلز پایه در اتصالی (با هر طولی) با جوش شیاری قرار دارد، جوش تحت اثر بارهای درامتداد طولی، عرضی یا هر دو است. سلامت جوش در جهت عمود بر تنش با آزمایش‌های غیرمخرب[2] تأیید شده و اتصال دارای شعاع تبدیل R است و جوش‌ها سنگ زده شده‌اند[1]	بارگذاری در امتداد طولی / بارگذاری در امتداد عرضی۴: مصالح هم ـ ضخامت یا غیر هم ضخامت شیبدارشده[6]، جوشهاسنگ زده شده[1]، منهای جوشهای‌جان / مصالح هم ـ ضخامت یا سنگ‌زده نشده، منهای جوشهای‌جان / مصالح هم ـ ضخامت، شیبدارنشده، سنگ زده نشده، به‌اضافه جوشهای‌جان	نمونه شکل (۹ ـ ۱)
	اگر:		
	(الف) $۶۱۰mm \leq R$	B / B / E	۱۳
	(ب) $۱۵۰mm \leq R < ۶۱۰$	C / C / E	۱۳
	(پ) $۵۰mm \leq R < ۱۵۰$	D / D / E	۱۳
	(ت) $۰mm \leq R < ۵۰$	E / E / E	۱۳ و ۱۲
جوش‌های شیاری	فلز پایه و فلزجوش در وصله‌ای با جوش شیاری نفوذی کامل، در صورتی‌که نیازی به‌تبدیل نباشد یا شیب تبدیل بیش از ۱ به $۲/۵$[3] برای‌حد جاری‌شدن کمتر از $۶۲۰N/mm^2$ و شعاع[8] $R \geq ۶۰۰mm$ برای حد جاری شدن بیش از $۶۲۰N/mm^2$ گردهٔ جوش سنگ زده‌نشده و سلامت جوش با آزمایش‌های غیرمخرب[2] تأیید شده است	C	۸ و ۹ و ۱۰ ۱۱a و ۱۱b

* به‌جز جوش‌های گوشه و انگشتانه همان‌طور که ذکر شده

** تناوب کشش و فشار

جدول ۱ ـ ۶ (ادامه)

شرایط کلی	وضعیت	طبقه تنش	مثال نمونه (شکل ۱ـ۲۶)
اتصالات با جوش‌های شیاری یا گوشه	فلز پایه در اتصالی با جوش شیاری یا گوشه قرار دارد، جوش به‌طول L به‌موازات محور تنش قرار دارد. اتصال دارای شعاع تبدیلی (R) کمتر از ۵۰mm است[۷]		
	اگر:		
	(الف) L<۵۰mm	C	۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶
	(ب) ۵۰≤L<۱۰۰mm	D	۱۲
	(پ) ۱۰۰≤L	E	۱۲
اتصالات باجوش‌های گوشه	فلز پایه در اتصالی با جوش گوشه به‌موازات جهت تنش (بدون توجه به‌طول جوش) قرار دارد. اتصال دارای شعاع تبدیلی (R) برابر یا بیش از ۵۰mm است و جوش‌ها سنگ زده شده‌اند.		
	اگر:		
	(الف) ۶۱۰mm<R	B[۵]	۱۳
	(ب) ۱۵۰mm≤R<۶۰۰	C[۵]	۱۳
	(پ) ۵۰mm≤R<۱۵۰	D[۵]	۱۳
جوش‌های گوشه	تنش برشی روی گلوی جوش گوشه	F	۸a
	فلز پایه در اتصالی با جوش گوشه منقطع قرار دارد، در اتصال سخت‌کننده‌های عرضی و اتصالات گلمیخهای اتصالات برشی وجود دارد	C	۷ و ۱۴
	فلز پایه در اتصالی با جوش گوشهٔ منقطع که متصل‌کننده سخت‌کننده‌های طولی است، قرار دارد.	E	-
جوش‌های گلمیخ	تنش برشی بر روی سطح مقطع اسمی برشی برشگیرهای نوع B	F	۱۴
جوش انگشتانه و کام	فلز پایه در اتصالات با جوشهای انگشتانه یا کام قرار دارد	E	-

تذکرات :

۱ ـ پرداخت براساس ضوابط آیین‌نامهٔ اجرای ساختمان‌های فولادی انجام شده است.

۲ ـ برای حصول کیفیت موردنیاز برای جوش‌های کششی، باید آزمایش‌های RT یا UT[۱] انجام شود.

۳ ـ براساس شکل ۱ ـ ۳۲ شیبدار شده است.

۴ ـ تنها در مورد جوش‌های شیاری با نفوذ کامل قابل اعمال است.

۵ ـ در تنش برشی بر روی گلوی جوش (بارگذاری روی جوش در جهت دلخواه) گروه F حاکم است.

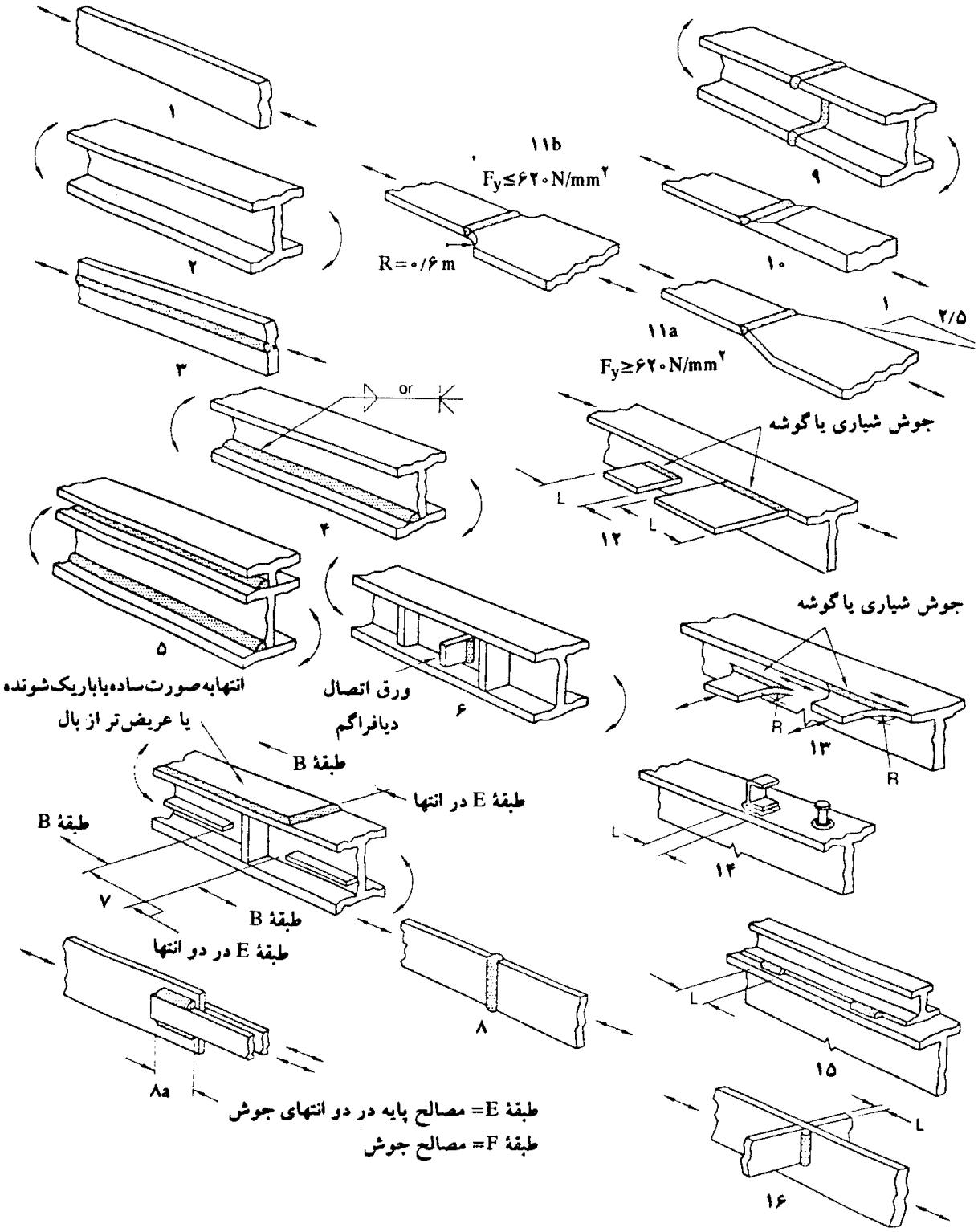
۶ ـ وجود شیبی مشابه مورد تذکر ۳ برای این مورد الزامی است، در صورتی‌که دستیابی به‌این شیب امکان‌پذیر نباشد از گروه F باید استفاده شود.

۷ ـ برای شعاع تبدیل کمتر از ۵۰ mm نیازی به‌سنگ زدن جوش نیست.

۸ ـ شعاع تبدیل براساس ضوابط شکل ۱ ـ ۳۳ تعیین می‌شود.

۱ـ RT=Radiation test (آزمایش رادیوگرافی)

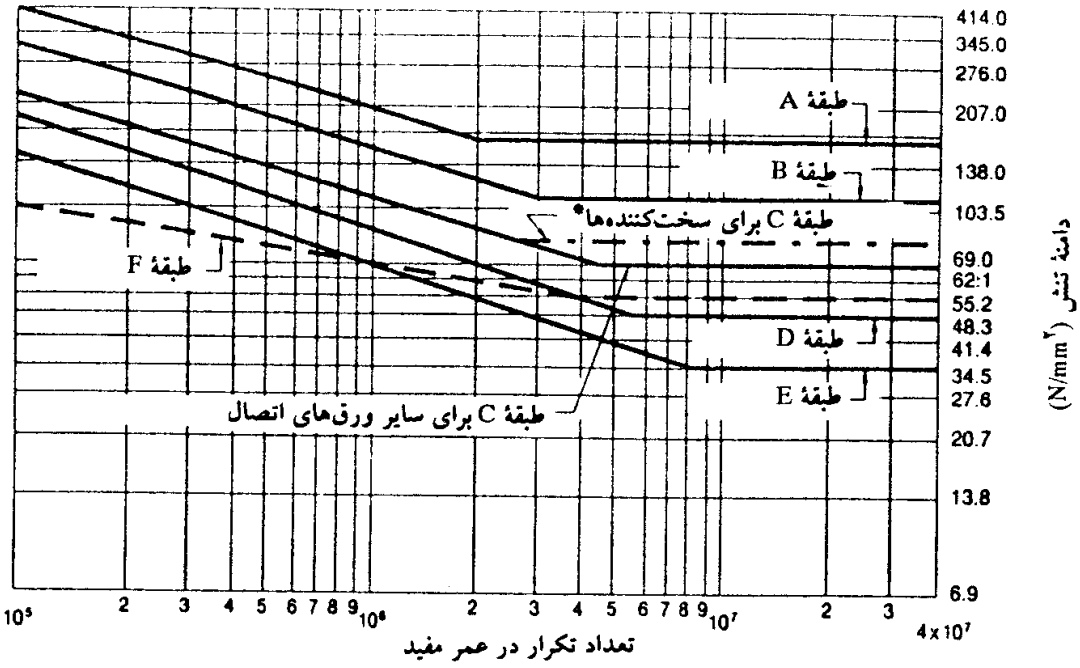
UT=Ultra sonic test (آزمایش فراصوت)



تذکر :

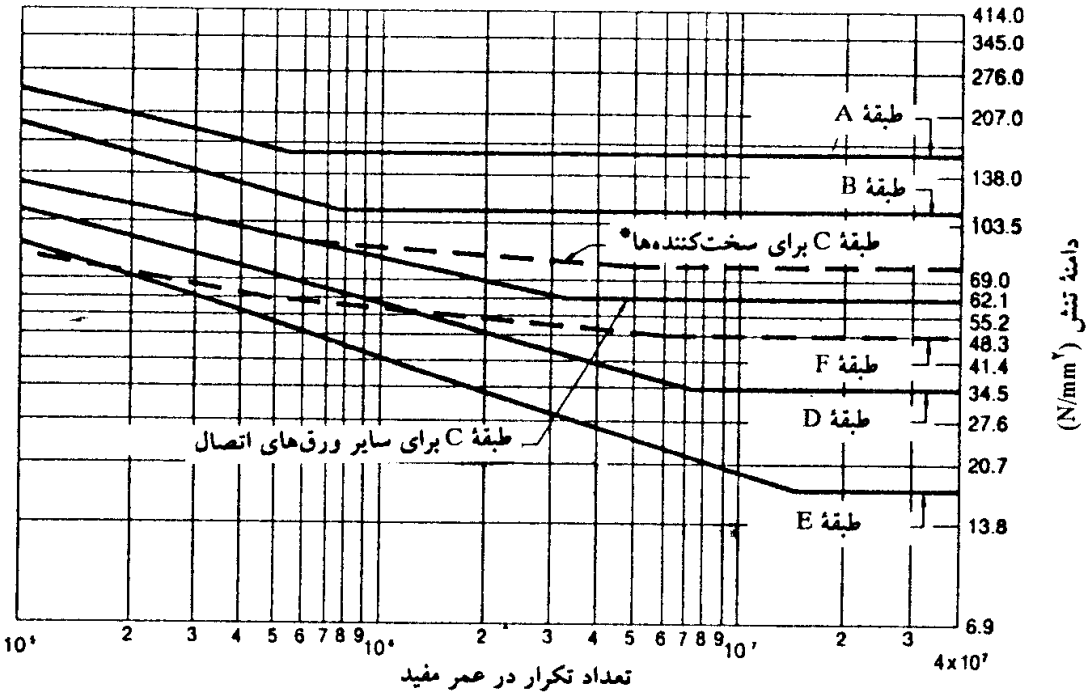
جدول ۱ ـ ۶ به‌شماره پایین هر کدام از نمونه‌های فوق ارجاع داده است.

شکل ۱ ـ ۲۶ نمونه‌های انواع گروه‌های خستگی.



* سخت‌کننده عرضی به‌جان تیر یا به‌بال آن جوش می‌شود.

شکل ۱ ـ ۲۷ منحنی‌های محدودهٔ طراحی تنش برای گروه‌های A تا F ـ سازه‌های نامعین.



* سخت‌کننده عرضی به‌جان تیر یا به‌بال آن جوش می‌شود.

شکل ۱ ـ ۲۸ منحنی‌های محدوده طراحی تنش برای گروه‌های A تا F ـ سازه‌های معین.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۱ جزییات اتصال باید به‌گونه‌ای باشد که گیرداری در مقابل رفتار شکل‌پذیر حداقل بوده، تمرکز غیرضروری جوش وجود نداشته باشد و دسترسی کافی برای انجام نوار جوش وجود داشته باشد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۲ تیرهای غیرپیوسته

اتصال انتهایی تیرهای غیرپیوسته باید طوری انعطاف‌پذیر طراحی شوند تا از تنش‌های خمشی ثانویه بیش از حد اجتناب شود. توصیه می‌شود که نبشی‌های انتهایی به‌صورت انعطاف‌پذیر طراحی شده و وسیله‌ای برای جلوگیری از پیچش انتهایی در آنها تعبیه شود.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۳ مشارکت سیستم سقف

طراحی جزییات سیستم سقف باید به‌گونه‌ای باشد که تا حد امکان از مشارکت ناخواسته در تنش‌های بال تیرهای خمشی سقف و بال خرپاهای سقف جلوگیری به‌عمل آید.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۴ درزهای رویهم (پوششی)

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۴ ـ ۱ حداقل طول پوشش در درزهای رویهم مساوی ۵ برابر ضخامت قطعهٔ نازکتر است. به‌جز حالتی که از تغییرشکل جانبی قطعه جلوگیری شده باشد، اتصال باید با حداقل دو ردیف جوش گوشه، جوش انگشتانه یا جوش کام انجام شود.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۴ ـ ۲ در صورتی که برای اتصال رویهم انتهایی تسمه‌های کششی از جوش گوشه طولی استفاده شده باشد، طول جوش گوشه در هر ردیف نباید کمتر از فاصلهٔ بین ردیف‌ها باشد. فاصلهٔ عرضی بین جوش‌ها نباید بیش از ۱۶ برابر ضخامت قطعهٔ نازکتر باشد، مگر آنکه تمهیدات مناسبی برای مقابله با کمانش یا جدا شدن قطعات اعمال شده باشد (از جمله می‌توان به‌اجرای جوش کام و انگشتانه در این فواصل میانی اقدام کرد).

جوش گوشه طولی می‌تواند در لبه‌های عضو و یا در شیار اجرا شود.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۴ ـ ۳ در صورتی که از جوش گوشه در سوراخ یا در شیار استفاده شود، فاصلهٔ آزاد بین لبهٔ سوراخ‌ها یا شیارها در امتداد عمود بر جهت تنش، از هم یا از لبهٔ قطعه، نباید کمتر از ۵ برابر ضخامت قطعه و یا ۲ برابر عرض سوراخ یا شیار باشد.

مقاومت قطعه براساس سطح مقطع خالص بحرانی فلز پایه تعیین می‌شود.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۵ اتصالات گونیا و سپری

جوش اتصالات گونیا و سپری که تحت اثر خمش حول محوری موازی درز هستند، باید به‌گونه‌ای ترتیب داده شوند که از تمرکز تنش کششی در ریشه جوش اجتناب گردد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۶ درزها و جوش‌های ممنوع

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۶ ـ ۱ درزهای لب به‌لب که به‌طور کامل در تمام مقطع عرضی جوش نشده است، ممنوع می‌باشد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۶ ـ ۲ جوش شیاری یک‌طرفه با شرایط جوش زیر ممنوع است:

۱ ـ بدون تسمه پشت‌بند

۲ ـ با تسمه پشت‌بند غیرفولادی که مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

ممنوعیت جوش شیاری یک‌طرفه برای موارد زیر نافذ نیست:

۳ ـ اعضای درجه دوم یا بدون تنش

۴ ـ اتصال گونیا با درزی موازی با امتداد تنش محاسباتی، بین اجزای اعضای ساخته شده از ورق که اساساً برای تنش محوری طراحی شده‌اند.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۶ ـ ۳ جوش شیاری منقطع[۲۶] ممنوع است.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۶ ـ ۴ جوش گوشهٔ منقطع به‌جز موارد مطروحه در بند ۱ـ۱۰ـ ۲۵ـ۳ـ الف، ممنوع است.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۶ ـ ۵ درز نیم‌جناغی (V) و نیم‌لاله‌ای (J) برای اتصالات لب به‌لب به‌جز وضعیت افقی ممنوع است.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۶ ـ ۶ جوش کام و انگشتانه در اعضای کششی اصلی ممنوع است.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۷ ترکیب جوش‌ها

در صورتی که در یک اتصال، ترکیبی از انواع اصلی جوش (شیاری، گوشه، کام، انگشتانه) استفاده شده باشند، ظرفیت مجاز ترکیب با جمع زدن ظرفیت مجاز هریک از جوش‌ها نسبت به‌محورهای

26– intermittent

مرکزی گروه جوش تعیین می‌گردد. در محاسبات، ظرفیت جوش‌های گوشهٔ تقویت‌کنندهٔ جوش‌های شیاری به‌حساب نمی‌آید.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۸ ترکیب جوش با پیچ و پرچ

در کارهای جدید، پیچ‌ها و پرچ هایی که در ترکیب با جوش به‌کار می‌روند، در باربری بی‌تأثیر فرض می‌شوند و جوش باید برای کل نیروی اتصال طراحی شود. پیچ‌ها و پرچ‌هایی که برای نصب استفاده شده‌اند، در صورتی که مقرر نشده باشد، می‌توانند در محل باقی بمانند، اما اگر پیچ‌ها برداشته می‌شوند، در نقشه باید پر کردن یا نکردن سوراخ‌ها و نحوهٔ پر کردن آنها مشخص شده باشد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۹ جزییات جوش گوشه

۱ ـ ۱۰ ـ ۱۹ ـ ۱ جوش گوشه‌ای که تحت اثر نیروی محوری غیرموازی با محور جوش است، نباید در گوشهٔ قطعه یا عضو قطع گردد، و باید با همان اندازهٔ جوش به‌اندازهٔ حداقل ۲ برابر اندازهٔ جوش در گوشه چرخیده و به‌صورت قلاب درآید. این مورد هم در طراحی و هم در نقشه‌های جزییات باید ذکر شود.

۱ ـ ۱۰ ـ ۹ ـ ۲ مطابق شکل ۱ ـ ۱۵، دو جوش گوشه در دو وجه صفحهٔ تماس دو قطعه اجرا می‌شوند، نباید در محل گوشه به‌یکدیگر وصل شوند و باید نرسیده به‌گوشه قطع گردند.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۰ برون‌محوری اتصالات

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۰ ـ ۱ از برون‌محوری قطعات متقاطع و اعضا باید تا حد امکان جلوگیری به‌عمل آید.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۰ ـ ۲ در طراحی اتصالات جوشی، باید تمهیدات کافی برای تنش‌های خمشی ناشی برون‌محوری در مقطع عضو یا جوش‌ها منظور گردد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۰ ـ ۳ جوش‌های اتصالی اعضا با مقطع متقارن باید به‌صورت متقارن حول محور عضو قرار گیرند، و یا توزیع نامتقارن تنش‌ها در جوش مورد تحلیل قرار گیرد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۰ ـ ۴ در اعضای نبشی با تنش محوری، مرکز ثقل جوش‌های اتصالی باید در فاصلهٔ بین محور مرکزی مقطع نبشی و محور مرکزی بال متصل شده نبشی قرار گیرند. اگر مرکز ثقل خارج از این ناحیه قرار گیرد، کل تنش (از جمله تنش حاصله از برون‌محوری از مرکز نبشی) نباید از مقادیر مجاز این آیین‌نامه تجاوز کند.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۱ اتصالات و وصلهٔ اعضای فشاری و کششی

اتصالات یا وصله‌های اعضای فشاری و کششی که با جوش شیاری ایجاد شده‌اند باید به‌صورت جوش با نفوذ کامل اجرا شوند. اتصالات یا وصله‌هایی که با جوش گوشه یا جوش انگشتانه انجام می‌شوند، باید برای متوسط نیروهای داخلی و مقاومت مجاز مقطع (با حداقلی مساوی ۷۵٪ مقاومت مجاز مقطع) طراحی شود. در صورتی که امکان تکرار بارگذاری وجود داشته باشد، تنش حداکثر یا دامنهٔ تنش در این اتصال یا وصله نباید از تنش خستگی مجاز تجاوز نماید.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۲ اتصالات یا وصلهٔ اتکایی در اعضای فشاری

در وصلهٔ اعضای فشاری که لبه‌های در حال تماس به‌صورت گونیا بوده و تراشکاری شده باشد، می‌توان قطعات و وسایل اتصال را برای ۵۰ درصد نیروی داخلی محاسباتی، طراحی نمود.

در صورتی که عضو فشاری با لبهٔ گونیا و تراش داده شده بر روی ورق پای ستون قرار گیرد، فقط کافی است تمهیداتی برای نگهداری عضو در محل خود اجرا گردد. نیروی فشاری از طریق تماس مستقیم انتقال می‌یابد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۳ اتصالات اجزای اعضای ساخته شده از ورق و نیمرخ

در اعضای ساخته شده از دو یا چند نیمرخ و ورق، درزهای طولی متصل‌کنندهٔ اعضا باید با جوش پیوسته به‌یکدیگر متصل شوند.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۴ تبدیل ضخامت یا عرض در درزهای لب به‌لب

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۴ ـ ۱ درزهای لب به‌لب بین دو قطعه غیر هم‌ضخامت که تحت اثر تنش کششی هستند، باید دارای تبدیلی ملایم با شیبی حداکثر ۱ به ۲/۵، بین دو سطح باشد. این تبدیل می‌تواند با شیبدار کردن سطح جوش، با پخ‌زنی قطعه ضخیمتر، یا با ترکیبی از این دو روش انجام شود (شکل ۱ ـ ۳۱).

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۴ ـ ۲ در درزهای لب‌به‌لب بین قطعات غیرهم‌ضخامت که تنها تحت اثر تنش‌های برشی یا فشاری قرار دارند، در صورتی که جابه‌جایی بین سطوح در هر سمت درز، بیشتر از ضخامت قطعهٔ نازکتر اتصالی باشد، تبدیل ضخامت باید مطابق مشخصات بند ۱ـ۱۰ـ۲۴ـ۱ انجام شود. اگر جابه‌جایی بین سطوح مساوی یا کمتر از ضخامت قطعهٔ نازکتر باشد، تبدیل ضخامت می‌تواند در ضخامت جوش انجام شود، به‌طوری که شیب سطح جوش از سمت ورق نازکتر، مساوی ۱ به ۲/۵ باشد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۴ ـ ۳ در درزهای لب به‌لب بین قطعات غیر هم‌عرض که تحت اثر تنش کششی هستند،

تبدیل عرض می‌تواند به‌صورت خطی با شیبی مساوی و یا ملایمتر از ۱ به ۲/۵ (شکل ۱ ـ ۳۲) و یا با استفاده از کمانی به‌شعاع حداقل ۶۰۰ میلی‌متر انجام شود، به‌طوری که این کمان بر قطعهٔ کم‌عرض مماس گردد (شکل ۱ ـ ۳۳). برای فولادهای خیلی پرمقاومت روش دوم قابل توصیه است.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۵ تیر و شاهتیرها

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۵ ـ ۱ اتصالات یا وصله‌های تیرها و شاهتیرها اگر به‌وسیلهٔ جوش شیاری انجام شود، باید به‌صورت تمام قدرت با جوش شیاری با نفوذ کامل باشد. اتصالات با وصله‌هایی که با جوش گوشه یا جوش انگشتانه ایجاد می‌شوند، باید برای متوسط نیروی داخلی محاسباتی و مقاومت عضو با حداقلی مساوی ۷۵ درصد مقاومت عضو، طراحی شوند. در صورت وجود بارهای تکراری، تنش‌های مجاز خستگی ملاک طراحی خواهد بود.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۵ ـ ۲ وصلهٔ تیرهای نوردشده یا تیرورق‌ها ترجیحاً باید در یک مقطع عرضی ایجاد شوند. در صورتی که اتصال ورق‌های بال و جان قبل از مونتاژ بال به‌جان انجام شود، درزهای اتصال می‌توانند در یک مقطع و یا به‌صورت پس و پیش قرار داشته باشند. در طراحی باید ملاحظات خستگی مورد توجه قرار گیرد.

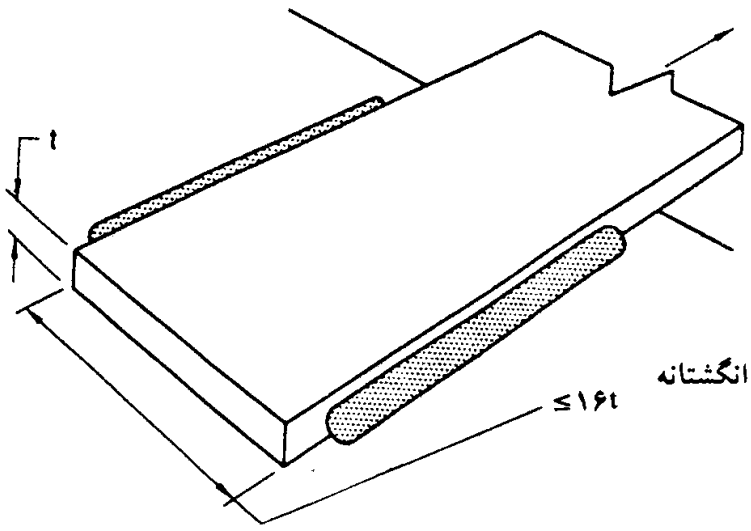
۱ ـ ۱۰ ـ ۲۵ ـ ۳ سخت‌کننده‌ها

الف: جوش‌های گوشهٔ منقطع متصل‌کنندهٔ سخت‌کننده به‌جان، باید شرایط زیر را برآورده سازند:

۱ ـ حداقل طول جوش ۴۰ میلی‌متر است.

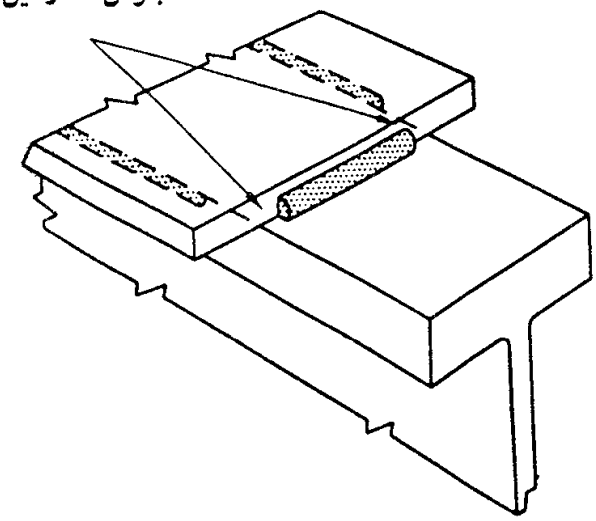
۲ ـ طول جوش‌شدهٔ هر طرف باید حداقل ۲۵٪ طول سخت‌کننده باشد.

۳ ـ حداکثر فاصلهٔ آزاد بین قطعات جوش به ۱۲ برابر ضخامت قطعهٔ نازکتر یا ۱۵۰ میلی‌متر محدود می‌شود.

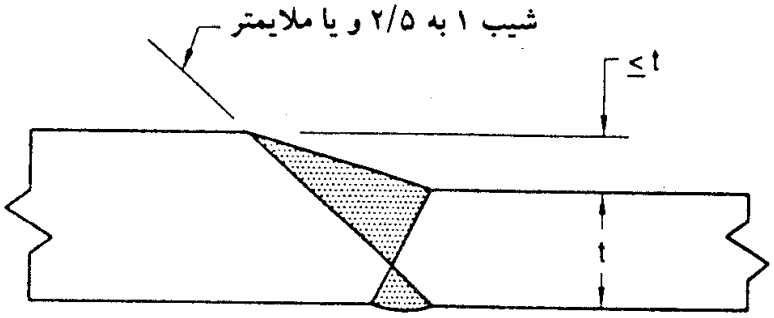


(در غیر این صورت اجرای جوش کام یا انگشتانه در ناحیهٔ میانی لازم است)

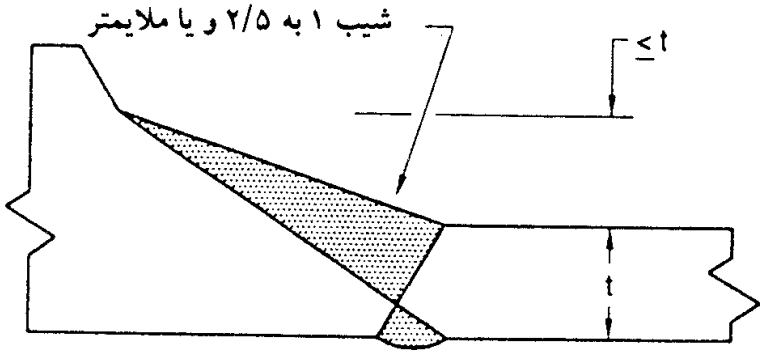
شکل ۱ ـ ۲۹ جوش گوشه در انتهای اتصالات.



شکل ۱ ـ ۳۰ جوش گوشه روی وجوه مختلف صفحهٔ مماس مشترک.



(الف) جوش با سطح شیبدار نسبت به‌سطح فوقانی عضو ضخیمتر



(ب) جوش با سطح شیبدار نسبت به‌سطح آماده شده عضو ضخیمتر

شکل ۱ ـ ۳۱ تبدیل ضخامت بین اعضای غیرهم‌ضخامت.

۴ ـ در صورتی که انتهای سخت‌کننده به‌جان متصل می‌شود، اجرای جوش در هر دو سمت درز الزامی است.

ب : در صورت استفاده، سخت‌کننده‌ها ترجیحاً باید به‌صورت جفت و در دو سمت جان قرار بگیرند. سخت‌کننده‌ها را می‌توان به‌بال‌های کششی یا فشاری جوش کرد. در صورت جوش سخت‌کننده به‌بال کششی، و همچنین جوش سخت‌کننده در ناحیهٔ کششی جان، تنش‌های مجاز خستگی ملاک محاسبه خواهد بود. برای جوش سخت‌کننده به‌بال می‌توان از جوش گوشهٔ عرضی استفاده کرد.

پ : در صورتی که از سخت‌کننده تک (تنها در یک سمت جان) استفاده می‌شود، باید به‌بال فشاری جوش شود.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۵ ـ ۴ جوش‌های گوشه‌ای که برای اتصال قطعات اضافی[۲۷] به‌کار برده می‌شوند، باید حداقل فاصله‌ای برابر بعد جوش از انتهای اتصال داشته باشند، مگر آنکه در مشخصات فنی به‌گونه‌ای دیگر مشخص شده باشد. در اتصال سخت‌کننده‌ها به‌جان تیرورق‌ها، جوش اتصالی سخت‌کننده به‌جان باید حداقل فاصله‌ای مساوی ۴ برابر ضخامت جان از وجه داخلی بال داشته باشد.

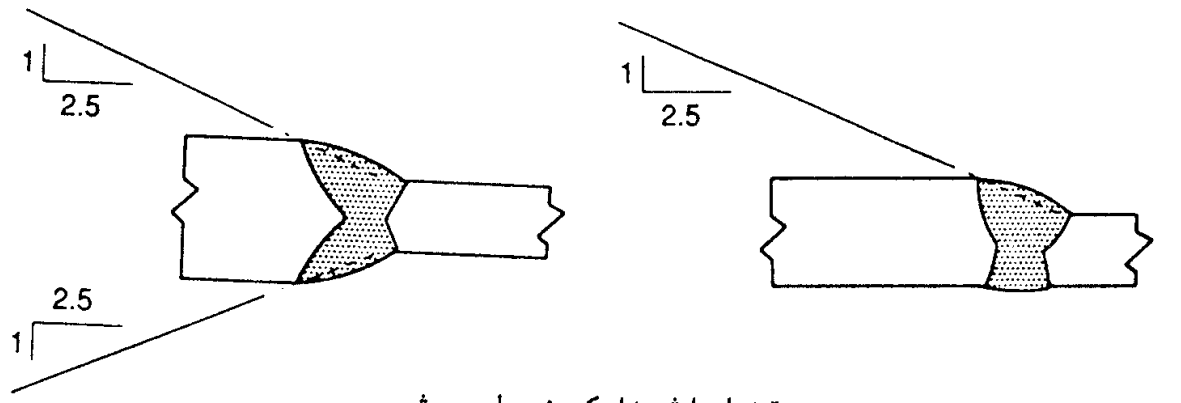
۱ ـ ۱۰ ـ ۲۵ ـ ۵ بال تیرورق‌ها باید ترجیحاً از یک ورق ساخته شود (بدون ورق تقویتی[۲۸]) نسبت‌عرض به‌ضخامت قسمت برجستهٔ بال طبق آیین‌نامهٔ طراحی محدود می‌شود. تغییر ضخامت و عرض بال را می‌توان با استفاده از اتصال لب به‌لب براساس مشخصات تبدیل در بند ۱ ـ ۱۰ ـ ۲۴ اجرا کرد.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۶ ورق‌های تقویتی بال (ورق‌های پوششی)

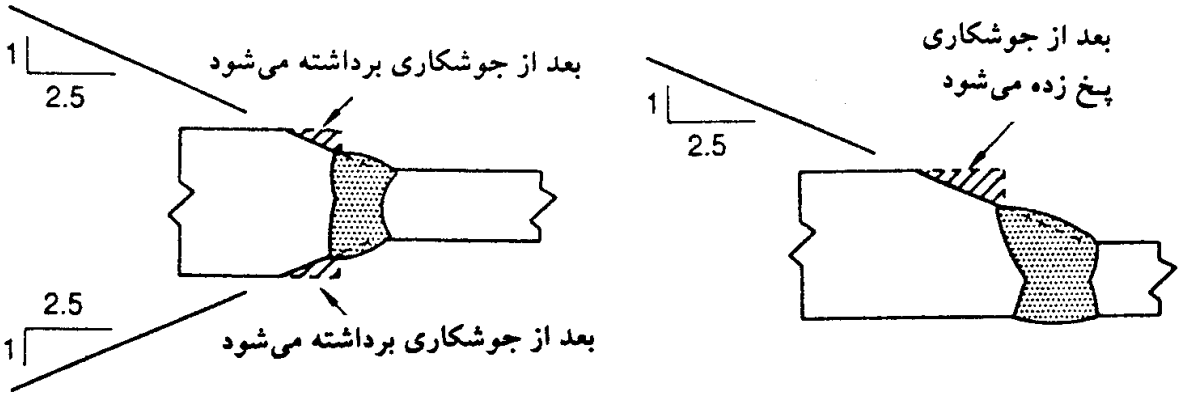
۱ ـ ۱۰ ـ ۲۶ ـ ۱ در روی هر بال، بهتر است بیش از یک ورق تقویتی وصل نگردد. ضخامت ورق تقویتی بر روی یک بال (= مجموع ضخامت‌های تمام ورق‌های تقویتی مورد استفاده) نباید بیش از ۱/۵ برابر ضخامت بال مورد نظر باشد. ضخامت و عرض ورق تقویتی می‌تواند متغیر باشد که برای اتصال از اتصال لب به‌لب با تبدیلی براساس مشخصات بند ۱ ـ ۱۰ ـ ۲۴ استفاده می‌شود. این ورق‌ها باید قبل از اتصال به‌بال بر روی سطح مسطح قرار گرفته و جوش شوند. عرض ورق‌های تقویتی، با منظور کردن رواداری‌های مربوطه، باید طوری باشد که اجازه اجرای جوش گوشه در امتداد هریک از لبه‌های آن را بدهد.

27– attachment

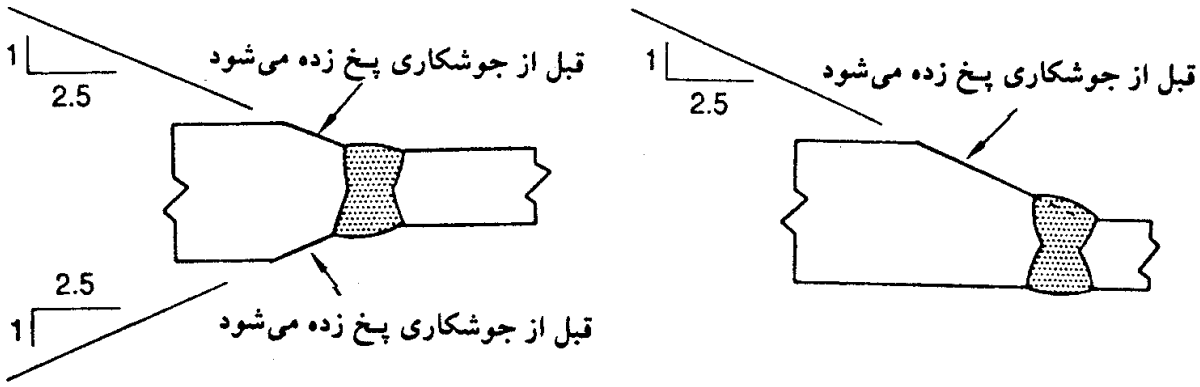
28– cover plate (ورق پوششی)



تبدیل با شیبدار کردن سطح جوش



تبدیل به‌کمک شیبدار کردن سطح جوش و پخ‌زنی



تبدیل به‌کمک پخ‌زنی قطعهٔ ضخیمتر

اتصال همباد از یک لبه
(مثلاً ورق بال)

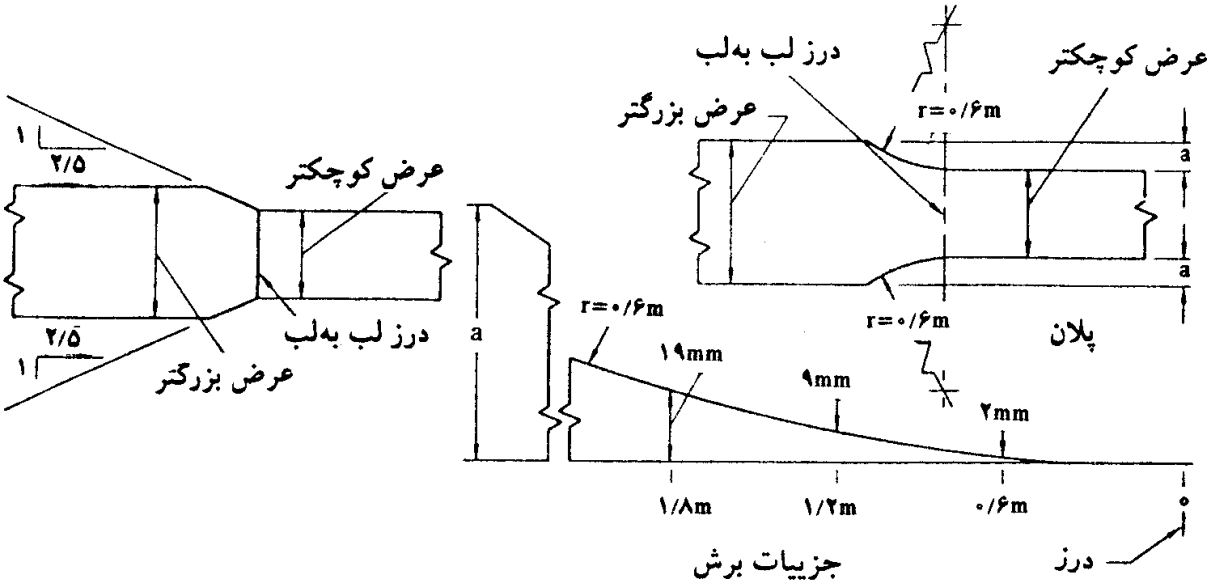
اتصال هم‌محور
(مثلاً ورق جان)

تذکر:

۱ ـ شیار می‌تواند براساس هر نوع و جزییات قابل قبولی باشد

۲ ـ شیب تبدیلی نمایش داده شده حداکثر مقدار مجاز است.

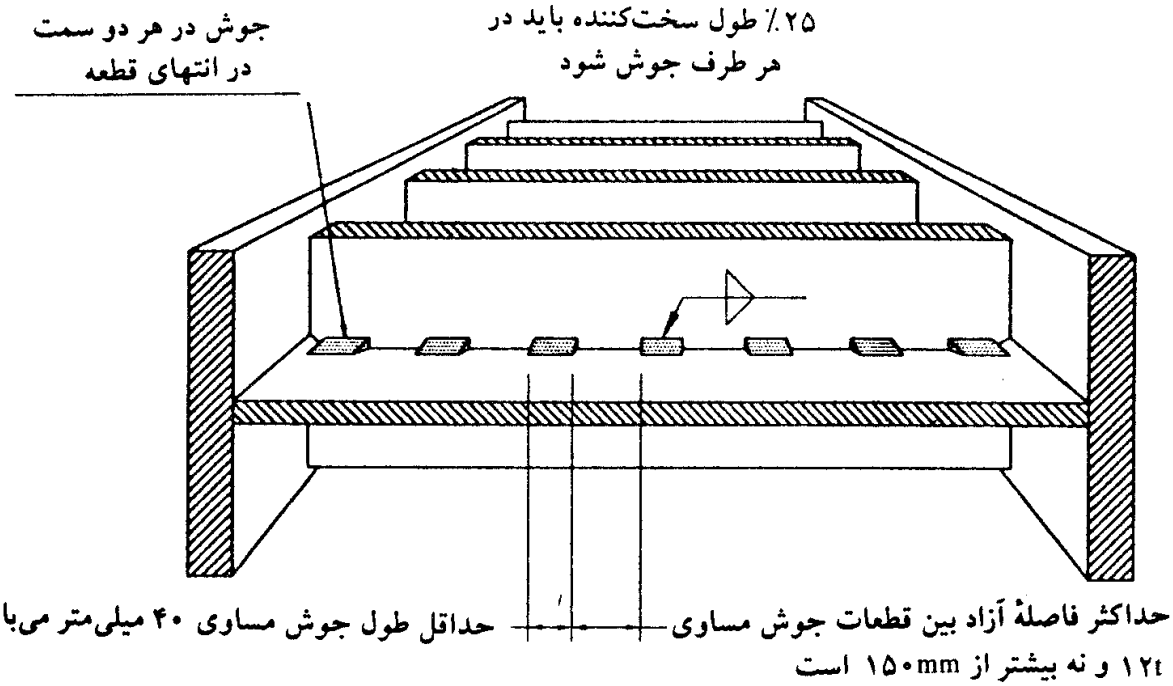
شکل ۱ ـ ۳۲ تبدیل ضخامت در اتصالات لب به‌لب برای قطعات غیرهم‌ضخامت.



(ب) تبدیل با کمان دایره (الف) تبدیل خطی

لازم‌الاجرا برای فولادهایی با حد جاری شدن بیش از ۶۲۰N/mm² و برای بقیه موارد اختیاری

شکل ۱ ـ ۳۳ تبدیل عرض در اتصالات لب به‌لب برای قطعاتی غیرهم‌عرض.



t= ضخامت قطعهٔ نازکتر

شکل ۱ ـ ۳۴ کاربرد جوش گوشه منقطع برای سخت‌کننده‌ها در تیرها.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۶ ـ ۲ ورق‌های تقویتی که در تمام طول تیر ادامه ندارند، باید بعد از نقطه قطع نظری، در طولی که اضافه طول[۲۹] نامیده می‌شود، تا مقطعی که تنش یا دامنهٔ تنش خستگی کمتر از مقادیر مجاز باشد، ادامه یابند. نقطهٔ قطع نظری، مقطعی است که تنش در بال‌ها (بدون ورق تقویتی) (بدون توجه به‌مسئلهٔ خستگی) برابر با تنش مجاز باشد. اضافه طول بعد از نقطهٔ قطع تئوری باید به‌اندازه‌ای باشد که طول مهاری را به‌یکی از روش‌های زیر فراهم آورد:

(۱) اگر در ناحیهٔ اضافه طول، دو لبهٔ ورق و انتهای آن با جوش گوشه پیوسته به‌بال متصل شوند، اضافه طول مساوی ۱/۵ برابر عرض ورق تقویتی است.

(۲) اگر در انتهای ورق جوش اجرا نشود، هر سه شرط زیر باید اقناع گردد:

الف ـ اضافه طول مساوی ۲ برابر عرض ورق انتخاب شود.

ب ـ عرض ورق تقویتی به‌صورت متقارن تبدیل به‌عرضی حداکثر برابر با $\frac{1}{3}$ عرض ورق تقویتی در محل قطع تئوری شود (حداکقل عرض انتهایی مساوی ۷۵ mm است).

پ ـ جوش گوشه به‌صورت پیوسته در تمام اضافه طول در دو لبهٔ ورق اجرا شود.

۱ ـ ۱۰ ـ ۲۶ ـ ۳ جوش گوشه اتصالی ورق تقویتی به‌بال در اضافه‌طول باید به‌صورت پیوسته و با بعد کافی برای انتقال تنش برشی طولی بین ورق تقویتی و بال، اجرا شود. بعد جوش گوشه باید برای انتقال سهم تنش ورق تقویتی به تیر، در انتهای داخلی طول مهاری کافی باشد.

۱ ـ ۱۱ تعیین تنش‌های اسمی در جوش

۱ ـ ۱۱ ـ ۱ کشش، فشار، و برش ساده

برای بارگذاری سادهٔ کششی، فشاری و یا برشی، نیروی وارد بر اتصال بر طول جوش تقسیم می‌شود تا نیروی وارد بر واحد طول جوش به‌دست آید. با تقسیم این نیرو بر تنش مجاز جوش، اندازهٔ گلوی مؤثر (و یا اندازهٔ ساق‌جوش) به‌دست می‌آید.

۱ ـ ۱۱ ـ ۲ بارگذاری خمشی یا پیچشی

شکل ۱ ـ ۳۶ اتصالاتی را نشان می‌دهد که در آن خط جوش تحت تأثیر، برش، پیچش، خمش، و یا ترکیبی از آنها قرار دارد. برای تعیین اندازهٔ جوش در این‌گونه اتصالات، خط جوش همانند مقطعی با ضخامت واحد در نظر گرفته می‌شود (همان شکل).

29– Terminal distance

M_2= لنگر در مقطعی بعد از نقطهٔ قطع نظری و به‌فاصله ۱/۵ یا ۲ برابر عرض عقبتر از قطع واقعی

M_1= لنگر در نقطهٔ قطع نظری

نمودار لنگر خمشی

قطع قطری

قطع عملی

ورق تقویتی تیر

(الف و ب) ضافه طول مساوی مقادیر مقرر انتخاب شده است.

(الف′ و ب′) اضافه طول بزرگتر از مقادیر مقرر انتخاب شده است

عرض ورق تقویتی از دو طرف به‌صورت متقارن شیبدار شده تا به‌عرضی حداکثر برابر $\frac{۱}{۳}$ عرض ورق در انتهای تئوریک و حداقل ۷۵mm برسد.

I= ممان اینرسی تیر با ورق‌های پوششی

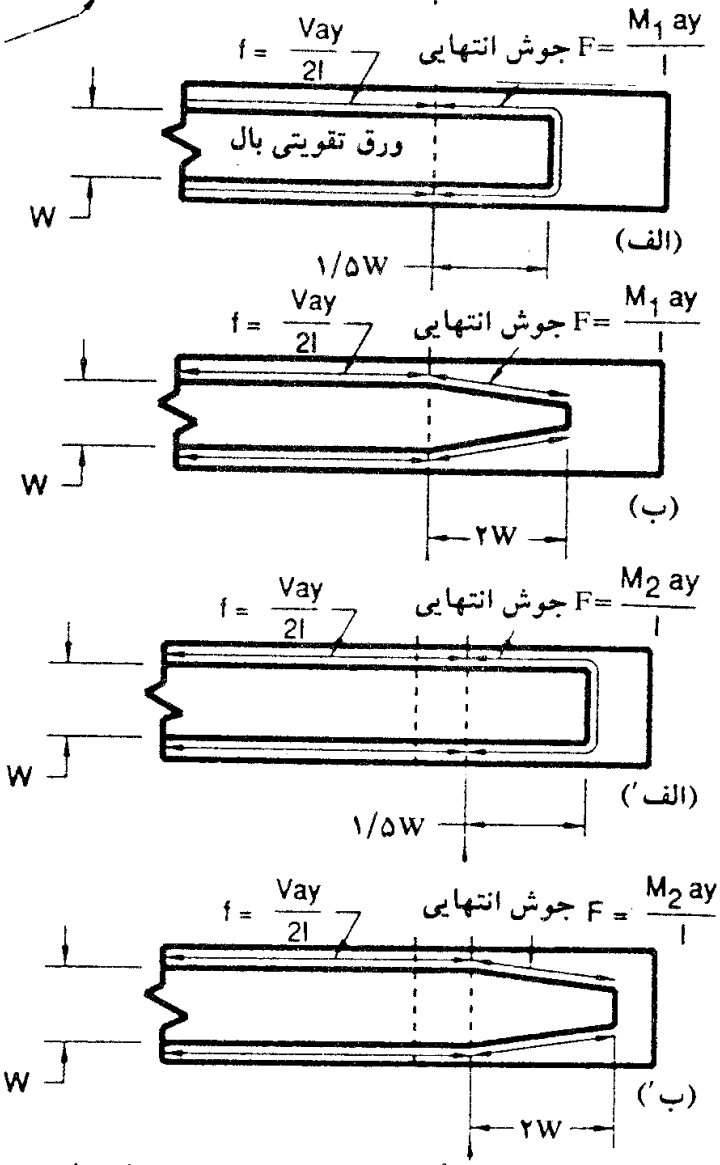
ay= لنگر سطح ورق تقویتی نسبت به‌مرکز هندسی

V= نیروی برشی

F= نیرویی که باید توسط جوش حمل شود

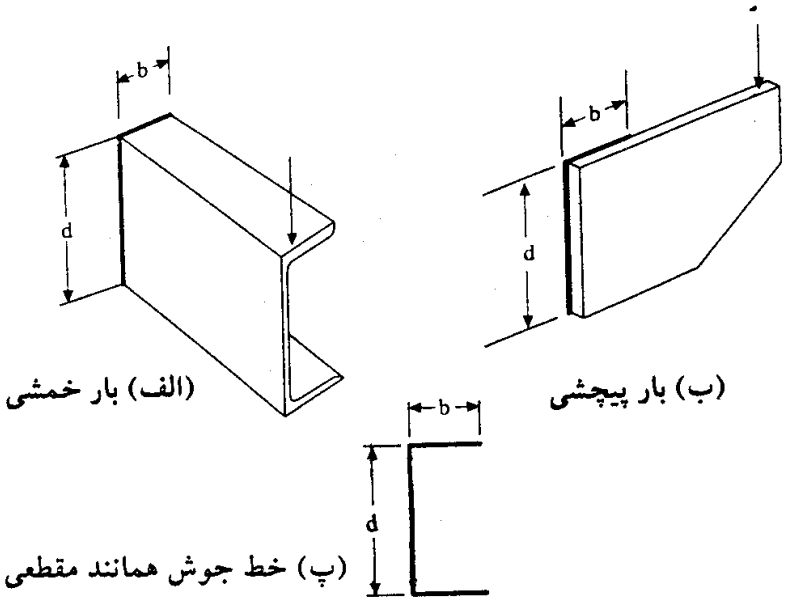
f= مقدار نیرویی است که واحد طول جوش اتصال در صورت استفاده از جوش پیوسته باید بتواند تحمل کند.

عرض ورق تقویت به‌صورت متقارن از دو طرف شیبدار شده تا به‌عرض حداکثر $\frac{۱}{۳}$ عرض ورق در انتهای تئوریک و حداقل ۷۵mm برسد.



دامنهٔ تنش در فولاد پایهٔ مجاور جوش یا جوش انتهایی باید در محدودهٔ گروه E (جدول ۱ ـ ۶) قرار گیرد.

شکل ۱ ـ ۳۵ تعیین بعد جوش در ناحیهٔ اضافه طول.



شکل ۱ ـ ۳۶ محاسبهٔ جوش‌های تحت اثر برش، خمش، پیچش، و یا ترکیبی از آنها.

مشخصات هندسی مقطع فرضی فوق برای چندین حالت در جدول ۱ ـ ۷ ارائه شده است. در صورت استفاده از نوارجوش با هندسهٔ متفاوت، مشخصات هندسی با استفاده از تئوری‌های استاتیکی قابل محاسبه می‌باشد.

بعد از تعیین مشخصات هندسی، با استفاده از روابط معمول مقاومت مصالح، نیروی وارد بر واحد طول جوش از تقسیم نیرو بر مشخصهٔ هندسی مناسب تعیین می‌گردد (جدول ۱ ـ ۸).

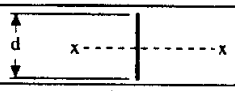
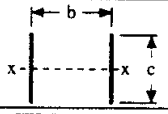
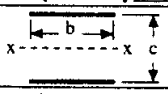
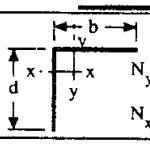
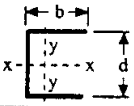
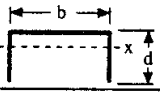
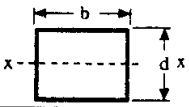
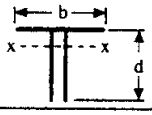
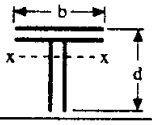
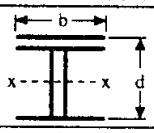
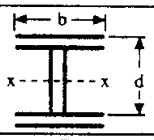
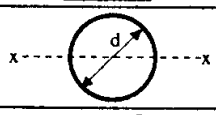
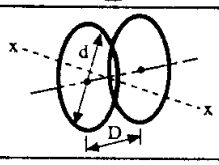
تعیین اندازهٔ جوش

بعد از تعیین نیروهای وارد بر واحد طول جوش به‌علت نیروهای مختلف، باید به‌نحو مناسبی آنها را با هم ترکیب نمود. در صورتی که نیروهای فوق هم‌امتداد باشند، می‌توان آنها را با هم جمع جبری نمود. در صورتی که نیروهای وارد بر واحد طول جوش با هم متعامد باشند، باید برآیند آنها را به‌صورت برداری تعیین کرد.

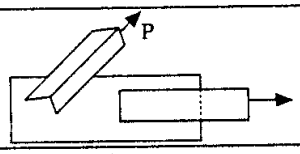
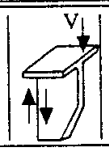
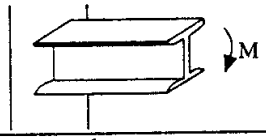
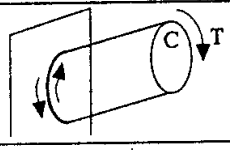
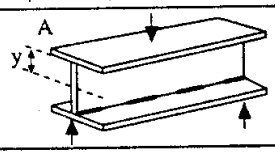
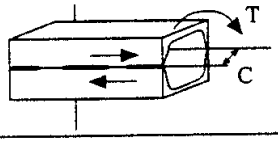
$$f_r=\sqrt{f_x+f_y+f_z} \qquad (۱ - ۱)$$

از تقسیم f_r بر تنش مجاز جوش، اندازهٔ گلوی جوش تعیین می‌گردد.

جدول ۱ ـ ۷ مشخصات هندسی نوار جوش با ضخامت واحد

هندسهٔ جوش	اساس خمشی	اساس پیچشی
	$S_w = \frac{d^2}{6}$ In^2	$J_w = \frac{d^3}{12}$ In^3
	$S_w = \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$S_w = bd$	$J_w = \frac{b^3 + 3bd^2}{6}$
 $N_y = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $N_x = \frac{d^3}{2(b+d)}$	$S_w = \frac{4bd + d^2}{6} = \frac{d^2(2b+d)}{3(b+d)}$ بالا پایین	$J_w = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
$N_y = \frac{b^2}{2(b+d)}$ 	$S_w = bd + \frac{d^2}{6}$	$J_w = \frac{(2b+d)^3}{12} - \frac{b^2(b+d)^2}{(2b+d)}$
$N_x = \frac{d^3}{2(b+d)}$ 	$S_w = \frac{2bd + d^2}{3} = \frac{d^2(2b+d)}{3(b+d)}$ بالا پایین	$J_w = \frac{(b+2d)^3}{12} - \frac{b^2(b+d)^2}{(b+2d)}$
	$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{(b+d)^3}{6}$
$N_y = \frac{d^2}{b+2d}$ 	$S_w = \frac{2bd + d^2}{3} = \frac{d^2(2b+d)}{3(b+d)}$ بالا پایین	$J_w = \frac{(b+2d)^3}{12} - \frac{d^2(b+d)^2}{(b+2d)}$
$N_y = \frac{d^3}{2(b+d)}$ 	$S_w = \frac{4bd + d^2}{3} = \frac{4bd^2 + d^3}{6b + 3d}$ بالا پایین	$J_w = \frac{d^3(4b+d)}{6(b+d)} + \frac{b^3}{6}$
	$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{b^3 + 3bd^2 + d^3}{6}$
	$S_w = 2bd + \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{2b^3 + 6bd^2 + d^3}{6}$
	$S_w = \frac{\pi d^2}{4}$	$J_w = \frac{\pi d^3}{4}$
	$S_w = \frac{\pi d^2}{2} + \pi D^2$	

جدول ۱ ـ ۸ روابط معمول مقاومت مصالح و روابط نظیر برای محاسبات جوش

نوع بارگذاری		رابطهٔ تنش	رابطهٔ محاسبهٔ نیروی وارد بر واحد طول جوش
	کشش یا فشار	$\sigma = \frac{P}{A}$	$f = \frac{P}{A_w}$
	برش قائم	$\tau = \frac{V}{A}$	$f = \frac{V}{A_w}$
	خمش	$\sigma = \frac{M}{Z}$	$f = \frac{M}{Z_w}$
	پیچش	$\tau = \frac{TC}{J}$	$f = \frac{TC}{J_w}$
	برش افقی	$\tau = \frac{VAy}{It}$	$f = \frac{VAy}{In}$
	برش افقی پیچشی	$\tau = \frac{TC}{J}$	$f = \frac{TCt}{J}$

n= تعداد خطوط جوش

۱ـ۱۲ جداول محاسباتی ظرفیت جوش‌های برون‌محور

به‌کمک جدول این قسمت می‌توان بار مجاز گروه جوش تحت بار برون‌محور را تعیین کرد.

حالت ۱ : امتداد بار قائم می‌باشد.

مقدار مجاز بار P برابر است با:

$$P = ۰/۲۳ \times ۱۰^{-۳} C\, l D F_u \phi \qquad (۱ - ۲)$$

که در آن:

P= بار برون‌محور مجاز (kN)

C= ضریبی طبق جدول (۱ ـ ۹)

l= طول جوش برحسب میلی‌متر

D= اندازهٔ ساق جوش برحسب میلی‌متر

ϕ= ضریب بازرسی جوش

F_u= مقاومت نهایی الکترود (N/mm^2) ـ (مثلاً مساوی ۴۲۰ برای الکترود E۶۰)

حالت ۲ : امتداد بار با خط قائم زاویهٔ θ می‌سازد:

$$P=۰/۲۳\times۱۰^{-۳}C_{\alpha}\,l\,D\,F_u\phi \qquad (۳-۱)$$

که در آن تمام نمادها مطابق رابطهٔ قبل می‌باشند. مقدار C_{α} برابر است با:

$$C_{\alpha}=C\frac{A}{(\sin\theta+A\cos\theta)}$$

$$A=\frac{C_{max}}{C}\geq1$$

$$C_{max}=۰/۹۲۸(۱+۲K)$$

مثال ۱ ـ ۱

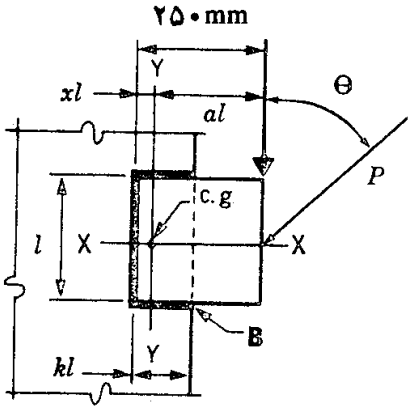
برای جوش C نشان داده شده در شکل داریم:

l=۲۵۰ mm

kl=۱۲۵ mm

xl+al=۲۵۰ mm

در صورتی که اندازهٔ ساق‌جوش D=۱۰ mm باشد، حداکثر بار P را در حالت قائم (حالت ۱) به‌دست آورید. الکترود مصرفی E۷۰ با ضریب بازرسی ۱=ϕ می‌باشد.



حل:

$$k=\frac{kl}{l}=\frac{۱۲۵}{۲۵۰}=۰/۵\rightarrow x=۰/۱۲۵$$

$$xl = ۰/۱۲۵ \times ۲۵۰ = ۳۱/۲۵ \rightarrow al = ۲۱۸/۷۵ \rightarrow a = ۰/۸۷۵$$

از جدول ۱ ـ ۹ ـ ت، داریم (با درون‌یابی بین $\alpha = ۰/۸$ و $\alpha = ۰/۹$):

$$C = ۰/۷۰۴$$

$$P = ۰/۲۳ \times ۱۰^{-۳} \times ۰/۷۰۴ \times ۲۵۰ \times ۱۰ \times ۴۹۰ \times ۱ = ۱۹۸ \text{ kN}$$

مثال ۱ ـ ۲

اگر در مثال ۱ ـ ۱ بار P با زاویهٔ $\theta = ۷۵°$ اعمال شود، مقدار آن چقدر خواهد بود:

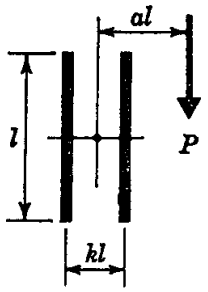
$$C_{max} = ۰/۹۲۸(۱ + ۲ \times ۰/۵) = ۱/۸۵۶$$

$$A = \frac{۱/۸۵۶}{۰/۷۰۴} = ۲/۶۴$$

$$C_{\alpha} = \frac{۲/۶۴}{۰/۹۶۶ + ۲/۶۴ \times ۰/۲۵۹} = ۱/۶ \times ۰/۷۰۴ = ۱/۱۳$$

$$P = ۰/۲۳ \times ۱۰^{-۳} \times ۱/۱۳ \times ۲۵۰ \times ۱۰ \times ۴۹۰ \times ۱ = ۳۱۸/۳۸ \text{ kN}$$

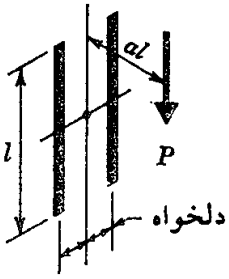
جدول ۱ ـ ۹ ـ الف ظرفیت مجاز جوش‌های برون‌محور



حداقل لازم $C = \frac{P}{C_1 Dl}$

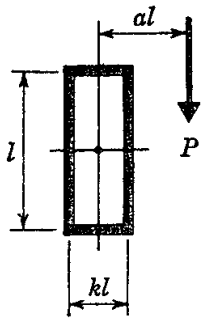
" " $D = \frac{P}{CC_1 l}$

" " $l = \frac{P}{CC_1 D}$



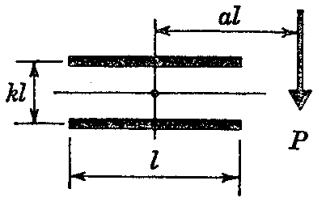
a	k															
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
.06	1.67	1.67	1.68	1.68	1.68	1.69	1.69	1.69	1.69	1.70	1.70	1.70	1.71	1.71	1.71	1.71
.08	1.64	1.65	1.65	1.65	1.66	1.66	1.66	1.66	1.67	1.67	1.67	1.67	1.68	1.68	1.69	1.69
.10	1.61	1.61	1.62	1.62	1.62	1.63	1.63	1.63	1.63	1.64	1.64	1.65	1.65	1.66	1.66	1.67
.15	1.51	1.51	1.52	1.52	1.53	1.53	1.54	1.54	1.55	1.56	1.56	1.57	1.58	1.59	1.60	1.61
.20	1.39	1.39	1.40	1.41	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.47	1.48	1.50	1.52	1.53	1.54	1.56
.25	1.26	1.27	1.28	1.30	1.31	1.33	1.35	1.36	1.38	1.39	1.41	1.43	1.45	1.47	1.49	1.50
.30	1.14	1.15	1.17	1.19	1.21	1.24	1.26	1.28	1.30	1.32	1.33	1.36	1.39	1.41	1.43	1.45
.40	.939	.951	.976	1.01	1.04	1.07	1.10	1.13	1.16	1.18	1.20	1.24	1.28	1.31	1.33	1.36
.50	.787	.792	.813	.865	.903	.941	.976	1.01	1.04	1.07	1.09	1.14	1.18	1.21	1.25	1.27
.60	.673	.679	.701	.734	.795	.834	.872	.907	.940	.970	.998	1.05	1.09	1.13	1.17	1.20
.70	.585	.592	.615	.647	.708	.748	.787	.823	.857	.888	.918	.971	1.02	1.06	1.10	1.13
.80	.517	.524	.546	.579	.636	.676	.714	.751	.786	.818	.848	.903	.952	.995	1.03	1.07
.90	.463	.469	.491	.524	.576	.615	.654	.690	.725	.757	.788	.844	.893	.938	.978	1.02
1.00	.419	.425	.446	.478	.527	.565	.602	.638	.672	.704	.735	.791	.842	.887	.928	.965
1.20	.351	.357	.377	.406	.448	.484	.519	.553	.586	.617	.647	.702	.752	.798	.840	.878
1.40	.302	.307	.326	.352	.390	.423	.455	.488	.519	.548	.577	.631	.680	.725	.766	.805
1.60	.265	.270	.287	.311	.344	.375	.405	.435	.465	.493	.520	.572	.619	.664	.704	.743
1.80	.236	.241	.256	.278	.308	.336	.365	.393	.421	.448	.474	.523	.569	.612	.652	.689
2.00	.213	.217	.231	.251	.279	.305	.331	.358	.384	.410	.434	.481	.526	.567	.606	.642
2.20	.193	.198	.211	.229	.254	.279	.303	.328	.353	.377	.401	.446	.488	.528	.566	.602
2.40	.177	.181	.194	.211	.234	.256	.280	.303	.327	.350	.372	.415	.456	.495	.531	.566
2.60	.164	.168	.179	.195	.216	.237	.259	.282	.304	.326	.347	.388	.428	.465	.500	.534
2.80	.152	.156	.166	.181	.201	.221	.242	.263	.284	.305	.325	.365	.402	.438	.472	.505
3.00	.142	.145	.155	.169	.188	.207	.226	.246	.266	.286	.306	.344	.380	.415	.448	.479

جدول ۱ ـ ۹ ـ ب ظرفیت مجاز جوش‌های برون‌محور



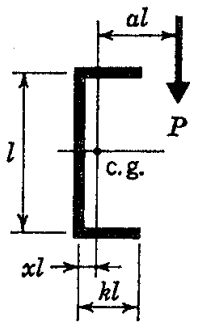
a	k										
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
.06	1.67	1.61	1.77	1.93	2.10	2.27	2.45	2.62	2.80	2.97	3.15
.08	1.64	1.63	1.79	1.95	2.12	2.28	2.45	2.63	2.80	2.97	3.14
.10	1.61	1.64	1.80	1.96	2.12	2.28	2.45	2.62	2.79	2.95	3.12
.15	1.51	1.63	1.78	1.93	2.09	2.24	2.40	2.56	2.72	2.88	3.04
.20	1.39	1.58	1.72	1.87	2.02	2.17	2.32	2.47	2.62	2.78	2.93
.25	1.26	1.46	1.64	1.78	1.92	2.07	2.21	2.36	2.51	2.66	2.81
.30	1.14	1.33	1.52	1.68	1.82	1.96	2.10	2.25	2.39	2.54	2.69
.40	.939	1.11	1.29	1.47	1.62	1.75	1.89	2.03	2.16	2.30	2.44
.50	.787	.925	1.10	1.26	1.43	1.56	1.69	1.82	1.96	2.09	2.23
.60	.673	.793	.929	1.10	1.26	1.40	1.52	1.65	1.77	1.90	2.03
.70	.585	.691	.813	.971	1.12	1.26	1.38	1.50	1.62	1.74	1.87
.80	.517	.611	.721	.843	1.00	1.14	1.25	1.37	1.48	1.60	1.72
.90	.463	.546	.647	.758	.907	1.04	1.15	1.26	1.37	1.48	1.60
1.00	.419	.494	.586	.690	.827	.951	1.06	1.16	1.27	1.38	1.49
1.20	.351	.414	.493	.584	.702	.811	.915	1.01	1.11	1.20	1.31
1.40	.302	.356	.426	.506	.609	.706	.805	.891	.979	1.07	1.16
1.60	.265	.312	.374	.447	.537	.624	.716	.796	.877	.960	1.05
1.80	.236	.278	.334	.399	.480	.559	.643	.720	.794	.870	.949
2.00	.213	.250	.301	.361	.434	.506	.582	.656	.725	.796	.869
2.20	.193	.228	.274	.329	.395	.462	.532	.603	.667	.733	.801
2.40	.177	.209	.252	.302	.363	.425	.490	.557	.617	.678	.742
2.60	.164	.193	.233	.279	.336	.393	.454	.518	.574	.632	.691
2.80	.152	.180	.216	.260	.312	.366	.422	.482	.536	.591	.647
3.00	.142	.168	.202	.243	.292	.342	.395	.451	.503	.555	.608

جدول ۱ ـ ۹ ـ پ ظرفیت مجاز جوش‌های برون‌محور



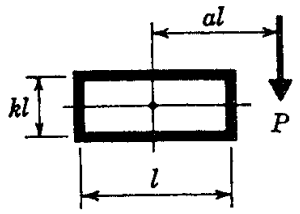
a	k															
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
.06	1.56	1.57	1.61	1.66	1.72	1.76	1.79	1.80	1.82	1.83	1.83	1.84	1.84	1.85	1.85	1.85
.08	1.48	1.49	1.54	1.60	1.66	1.71	1.75	1.77	1.79	1.81	1.82	1.83	1.84	1.84	1.85	1.85
.10	1.41	1.43	1.47	1.53	1.60	1.66	1.70	1.74	1.77	1.79	1.80	1.82	1.83	1.84	1.84	1.84
.15	1.26	1.28	1.33	1.39	1.46	1.53	1.59	1.65	1.69	1.72	1.74	1.78	1.80	1.81	1.82	1.83
.20	1.13	1.15	1.20	1.27	1.34	1.42	1.49	1.55	1.60	1.64	1.68	1.73	1.76	1.78	1.80	1.81
.25	1.02	1.04	1.09	1.16	1.23	1.31	1.38	1.45	1.51	1.57	1.61	1.67	1.72	1.75	1.77	1.79
.30	.934	.953	1.00	1.06	1.14	1.21	1.29	1.36	1.43	1.49	1.54	1.62	1.67	1.71	1.74	1.76
.40	.789	.806	.850	.909	.977	1.05	1.12	1.20	1.27	1.34	1.40	1.50	1.57	1.63	1.67	1.70
.50	.680	.695	.734	.789	.853	.920	.989	1.06	1.13	1.20	1.27	1.38	1.47	1.54	1.59	1.63
.60	.595	.608	.644	.695	.753	.816	.881	.947	1.01	1.08	1.15	1.27	1.36	1.44	1.51	1.56
.70	.528	.540	.573	.619	.673	.731	.792	.854	.915	.977	1.04	1.17	1.27	1.36	1.43	1.49
.80	.473	.484	.515	.557	.607	.661	.718	.776	.834	.892	.950	1.07	1.18	1.27	1.35	1.41
.90	.428	.439	.467	.506	.552	.603	.656	.710	.765	.819	.874	.988	1.10	1.19	1.27	1.34
1.00	.391	.401	.426	.463	.506	.553	.603	.654	.705	.757	.808	.913	1.02	1.12	1.20	1.28
1.20	.333	.341	.363	.395	.433	.474	.518	.563	.609	.655	.702	.794	.891	.990	1.08	1.15
1.40	.289	.296	.316	.344	.377	.414	.453	.494	.535	.577	.618	.702	.786	.878	.965	1.04
1.60	.255	.262	.279	.304	.334	.367	.402	.439	.476	.514	.552	.628	.704	.784	.869	.946
1.80	.228	.234	.250	.273	.300	.330	.362	.395	.429	.464	.498	.568	.638	.709	.785	.862
2.00	.207	.212	.226	.247	.272	.299	.328	.359	.390	.422	.454	.518	.582	.647	.715	.788
2.20	.189	.194	.207	.226	.248	.273	.300	.328	.357	.387	.416	.476	.535	.595	.657	.723
2.40	.173	.178	.190	.208	.229	.252	.277	.303	.330	.357	.384	.440	.495	.551	.608	.667
2.60	.161	.165	.176	.192	.212	.233	.257	.281	.306	.331	.357	.409	.461	.513	.566	.620
2.80	.149	.153	.164	.179	.197	.217	.239	.262	.285	.309	.333	.382	.431	.480	.529	.580
3.00	.140	.143	.153	.168	.184	.203	.224	.245	.267	.289	.312	.358	.404	.451	.497	.544

جدول ۱ ـ ۹ ـ ت ظرفیت مجاز جوش‌های برون‌محور



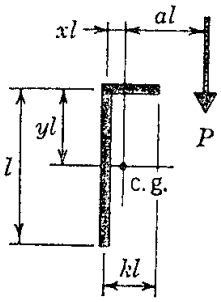
a	k															
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
.06	.835	.883	1.05	1.22	1.40	1.58	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.84	3.21	3.58	3.95	4.32
.08	.820	.895	1.06	1.23	1.41	1.58	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.85	3.21	3.58	3.94	4.31
.10	.804	.902	1.07	1.24	1.41	1.59	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.83	3.20	3.56	3.92	4.28
.15	.753	.895	1.06	1.22	1.39	1.56	1.73	1.90	2.07	2.24	2.42	2.76	3.11	3.46	3.81	4.16
.20	.693	.865	1.02	1.18	1.34	1.50	1.67	1.83	1.99	2.16	2.32	2.65	2.99	3.32	3.66	4.00
.25	.630	.823	.972	1.12	1.28	1.43	1.59	1.74	1.90	2.06	2.21	2.53	2.85	3.18	3.51	3.84
.30	.570	.750	.917	1.06	1.21	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.41	2.72	3.04	3.36	3.68
.40	.469	.627	.803	.934	1.07	1.20	1.33	1.47	1.61	1.74	1.89	2.17	2.47	2.77	3.08	3.39
.50	.393	.529	.666	.819	.937	1.06	1.18	1.30	1.43	1.56	1.69	1.96	2.24	2.53	2.83	3.13
.60	.336	.453	.574	.721	.829	.939	1.05	1.17	1.28	1.40	1.53	1.78	2.05	2.32	2.61	2.90
.70	.293	.395	.502	.611	.739	.839	.942	1.05	1.16	1.27	1.39	1.63	1.88	2.14	2.41	2.69
.80	.259	.349	.444	.543	.664	.756	.852	.950	1.05	1.16	1.27	1.49	1.73	1.98	2.24	2.51
.90	.232	.312	.398	.488	.602	.687	.775	.867	.962	1.06	1.16	1.38	1.60	1.84	2.09	2.36
1.00	.209	.282	.360	.442	.550	.629	.711	.796	.885	.978	1.07	1.28	1.49	1.72	1.96	2.21
1.20	.176	.236	.302	.372	.445	.536	.608	.683	.762	.844	.929	1.11	1.31	1.52	1.74	1.97
1.40	.151	.203	.260	.320	.384	.466	.530	.597	.667	.741	.818	.985	1.17	1.36	1.56	1.78
1.60	.132	.178	.228	.281	.338	.412	.469	.529	.593	.660	.731	.883	1.05	1.22	1.41	1.61
1.80	.118	.158	.203	.250	.301	.369	.420	.475	.533	.595	.660	.799	.951	1.11	1.29	1.47
2.00	.106	.142	.182	.225	.272	.334	.381	.431	.484	.541	.601	.730	.870	1.02	1.18	1.35
2.20	.097	.129	.166	.205	.247	.305	.348	.394	.444	.496	.552	.671	.802	.942	1.09	1.25
2.40	.089	.119	.152	.188	.227	.280	.320	.363	.409	.458	.510	.621	.743	.874	1.01	1.16
2.60	.082	.110	.140	.174	.210	.259	.297	.337	.380	.425	.474	.578	.692	.815	.946	1.09
2.80	.076	.102	.130	.161	.195	.242	.277	.314	.354	.397	.442	.540	.647	.763	.886	1.02
3.00	.071	.095	.122	.151	.182	.226	.259	.294	.332	.372	.415	.507	.608	.717	.834	.958
x	0	.008	.028	.056	.088	.125	.163	.204	.246	.289	.333	423	.515	.609	.704	.800

جدول ۱ ـ ۹ ـ ث ظرفیت مجاز جوش‌های برون‌محور



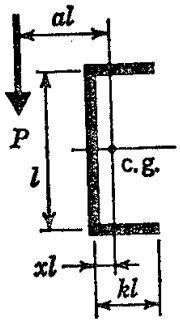
a	k										
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
.06	1.56	1.69	1.85	2.03	2.21	2.39	2.55	2.71	2.86	3.01	3.15
.08	1.48	1.61	1.78	1.96	2.14	2.33	2.51	2.68	2.84	2.99	3.14
.10	1.41	1.54	1.71	1.89	2.08	2.27	2.45	2.63	2.80	2.97	3.12
.15	1.26	1.40	1.55	1.73	1.92	2.11	2.31	2.50	2.68	2.87	3.04
.20	1.13	1.27	1.43	1.59	1.78	1.97	2.16	2.36	2.55	2.74	2.93
.25	1.02	1.16	1.31	1.48	1.65	1.84	2.03	2.22	2.42	2.62	2.81
.30	.934	1.06	1.21	1.37	1.54	1.72	1.90	2.10	2.29	2.49	2.69
.40	.789	.903	1.04	1.20	1.35	1.52	1.69	1.87	2.06	2.25	2.44
.50	.680	.782	.911	1.05	1.20	1.35	1.51	1.68	1.86	2.04	2.23
.60	.595	.687	.806	.938	1.08	1.22	1.37	1.52	1.69	1.86	2.03
.70	.528	.612	.720	.843	.972	1.11	1.25	1.39	1.54	1.70	1.87
.80	.473	.550	.650	.764	.885	1.01	1.14	1.28	1.42	1.57	1.72
.90	.428	.499	.592	.697	.811	.929	1.05	1.18	1.31	1.45	1.60
1.00	.391	.456	.542	.641	.747	.859	.975	1.09	1.22	1.35	1.49
1.20	.333	.389	.464	.551	.645	.744	.848	.955	1.07	1.18	1.31
1.40	.289	.339	.405	.482	.566	.655	.749	.846	.947	1.05	1.16
1.60	.255	.300	.359	.428	.504	.584	.669	.758	.850	.946	1.05
1.80	.228	.268	.322	.385	.453	.527	.605	.686	.770	.858	.949
2.00	.207	.243	.292	.349	.412	.480	.551	.626	.703	.784	.869
2.20	.189	.222	.267	.319	.377	.440	.506	.575	.647	.722	.801
2.40	.173	.204	.246	.294	.348	.406	.467	.532	.599	.669	.742
2.60	.161	.189	.228	.273	.323	.377	.434	.494	.557	.623	.691
2.80	.149	.176	.212	.254	.301	.352	.406	.462	.521	.583	.647
3.00	.140	.165	.198	.238	.282	.330	.380	.433	.489	.547	.608

جدول ۱ - ۹ - ج ظرفیت مجاز جوش‌های برون‌محور



a	k															
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
.06	.835	.801	.882	.965	1.05	1.14	1.22	1.31	1.40	1.48	1.57	1.75	1.93	2.11	2.29	2.47
.08	.820	.814	.892	.974	1.06	1.14	1.23	1.32	1.40	1.49	1.58	1.74	1.92	2.10	2.28	2.47
.10	.804	.818	.895	.976	1.06	1.14	1.23	1.31	1.40	1.48	1.57	1.73	1.91	2.10	2.28	2.47
.15	.753	.810	.882	.957	1.03	1.11	1.19	1.27	1.34	1.42	1.51	1.67	1.84	2.09	2.28	2.46
.20	.693	.780	.844	.915	.985	1.06	1.13	1.20	1.27	1.35	1.42	1.58	1.74	1.91	2.28	2.26
.25	.630	.714	.795	.862	.926	.990	1.06	1.12	1.19	1.26	1.34	1.49	1.64	1.80	1.97	2.46
.30	.570	.649	.724	.798	.864	.923	.984	1.05	1.11	1.18	1.25	1.39	1.55	1.70	1.87	2.04
.40	.469	.538	.602	.665	.729	.797	.851	.908	.967	1.03	1.09	1.23	1.38	1.53	1.69	1.85
.50	.393	.452	.507	.562	.618	.676	.740	.791	.846	.904	.960	1.09	1.23	1.38	1.53	1.68
.60	.336	.387	.435	.483	.532	.584	.640	.697	.747	.801	.858	.981	1.11	1.25	1.40	1.55
.70	.293	.337	.379	.421	.465	.512	.563	.620	.667	.718	.771	.887	1.01	1.15	1.29	1.43
.80	.259	.297	.335	.373	.413	.455	.501	.558	.602	.649	.699	.808	.926	1.05	1.19	1.33
.90	.232	.266	.300	.334	.370	.409	.452	.498	.547	.591	.638	.741	.853	.975	1.10	1.24
1.00	.209	.240	.271	.303	.335	.371	.410	.453	.501	.542	.586	.683	.790	.906	1.03	1.16
1.20	.176	.201	.227	.254	.282	.313	.347	.384	.428	.464	.504	.591	.688	.793	.905	1.02
1.40	.151	.173	.196	.219	.243	.270	.300	.333	.373	.406	.441	.520	.607	.703	.806	.915
1.60	.132	.152	.172	.192	.213	.237	.264	.294	.330	.360	.392	.464	.543	.630	.725	.825
1.80	.118	.135	.153	.171	.190	.212	.236	.263	.296	.324	.353	.418	.491	.571	.658	.751
2.00	.106	.122	.138	.154	.172	.191	.213	.238	.269	.294	.321	.380	.447	.521	.602	.688
2.20	.097	.111	.125	.140	.156	.174	.194	.217	.242	.269	.294	.349	.411	.480	.554	.635
2.40	.089	.101	.115	.128	.143	.160	.179	.200	.223	.248	.271	.322	.380	.444	.513	.589
2.60	.082	.094	.106	.119	.132	.148	.165	.185	.207	.230	.251	.299	.353	.413	.478	.548
2.80	.076	.087	.098	.110	.123	.137	.154	.172	.192	.214	.234	.279	.330	.386	.447	.513
3.00	.071	.081	.092	.103	.115	.128	.144	.161	.180	.200	.219	.262	.309	.362	.420	.482
x	0	.004	.016	.034	.057	.083	.112	.144	.177	.213	.250	.327	.408	.492	.578	.666
y	.500	.454	.416	.384	.357	.333	.312	.294	.277	.263	.250	.227	.208	.192	.178	.166

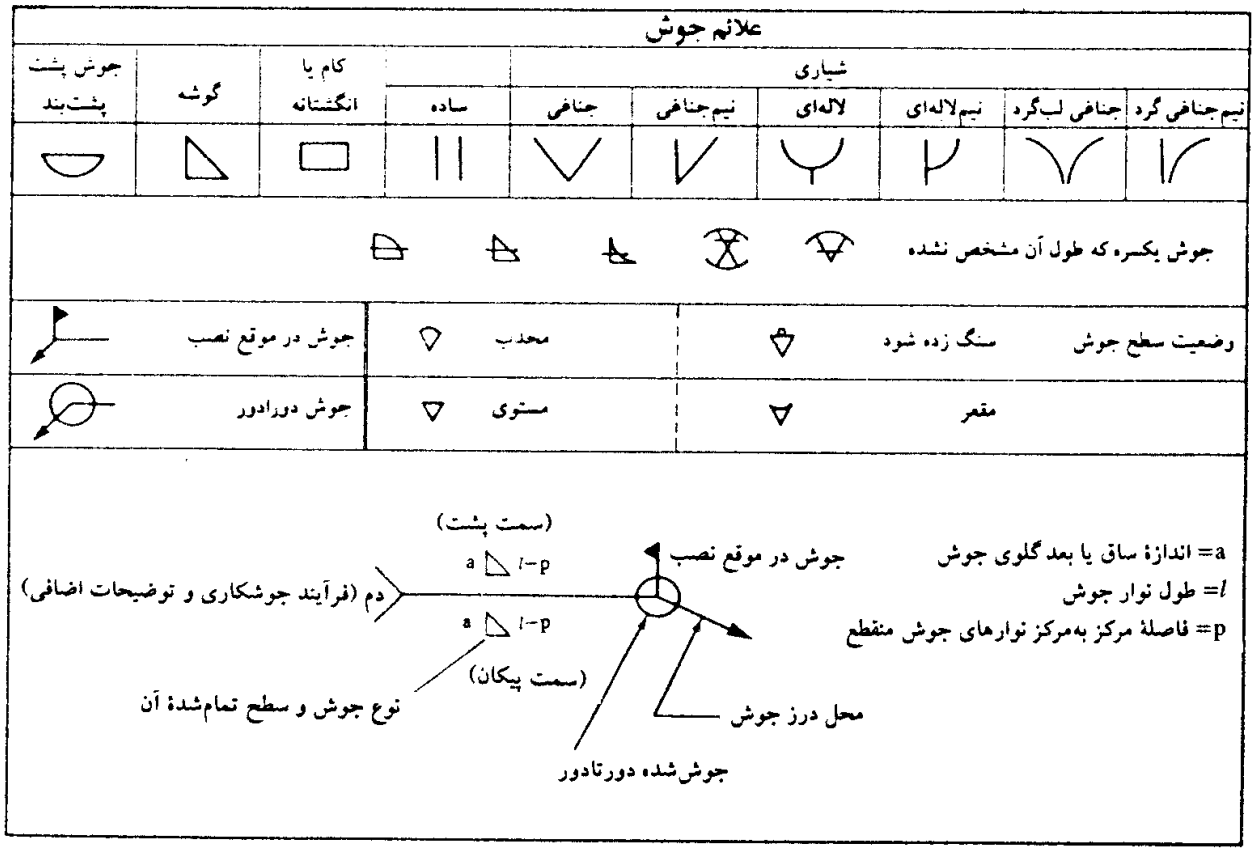
جدول ۱ - ۹ - چ ظرفیت مجاز جوش‌های برون‌محور



a	k															
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
.06	.834	.899	1.07	1.25	1.42	1.60	1.78	1.95	2.13	2.30	2.48	2.82	3.17	3.51	3.85	4.20
.08	.820	.907	1.08	1.25	1.42	1.60	1.77	1.94	2.12	2.29	2.46	2.80	3.14	3.48	3.81	4.15
.10	.804	.911	1.08	1.25	1.42	1.59	1.76	1.93	2.10	2.27	2.44	2.77	3.11	3.44	3.77	4.10
.15	.753	.904	1.07	1.23	1.39	1.56	1.72	1.88	2.05	2.21	2.37	2.69	3.01	3.33	3.66	3.98
.20	.692	.877	1.03	1.19	1.35	1.51	1.67	1.82	1.98	2.13	2.29	2.60	2.91	3.22	3.54	3.85
.25	.630	.820	.993	1.15	1.30	1.45	1.60	1.75	1.90	2.05	2.20	2.50	2.81	3.11	3.42	3.72
.30	.570	.752	.932	1.09	1.24	1.39	1.53	1.68	1.82	1.97	2.11	2.41	2.70	3.00	3.30	3.60
.40	.469	.628	.790	.956	1.12	1.25	1.39	1.53	1.66	1.80	1.94	2.21	2.49	2.78	3.07	3.36
.50	.393	.528	.668	.815	.967	1.12	1.25	1.38	1.50	1.63	1.76	2.03	2.30	2.57	2.85	3.13
.60	.336	.450	.568	.696	.834	.979	1.12	1.24	1.37	1.49	1.61	1.87	2.12	2.39	2.66	2.93
.70	.293	.390	.492	.608	.734	.868	1.01	1.13	1.25	1.37	1.48	1.72	1.97	2.22	2.48	2.75
.80	.259	.343	.434	.539	.655	.777	.905	1.04	1.15	1.26	1.37	1.60	1.84	2.08	2.33	2.58
.90	.232	.305	.389	.484	.590	.703	.821	.944	1.06	1.16	1.27	1.49	1.71	1.95	2.19	2.43
1.00	.209	.276	.352	.439	.536	.640	.750	.865	.983	1.08	1.18	1.39	1.61	1.83	2.06	2.30
1.20	.176	.231	.295	.370	.452	.541	.638	.739	.844	.945	1.04	1.23	1.42	1.63	1.84	2.06
1.40	.151	.199	.255	.318	.390	.468	.553	.642	.736	.834	.919	1.09	1.27	1.46	1.66	1.86
1.60	.132	.174	.223	.280	.343	.412	.487	.566	.651	.739	.824	.982	1.15	1.32	1.50	1.69
1.80	.118	.155	.199	.249	.305	.367	.434	.506	.582	.663	.746	.891	1.04	1.21	1.38	1.55
2.00	.106	.140	.180	.225	.275	.331	.392	.457	.536	.604	.674	.815	.957	1.11	1.27	1.43
2.20	.097	.127	.163	.205	.250	.301	.357	.417	.488	.549	.614	.750	.883	1.02	1.17	1.33
2.40	.089	.117	.150	.188	.230	.277	.328	.393	.447	.504	.563	.689	.819	.950	1.09	1.23
2.60	.082	.108	.139	.173	.212	.255	.302	.362	.412	.465	.520	.637	.763	.886	1.02	1.15
2.80	.076	.100	.129	.161	.197	.237	.281	.336	.382	.431	.483	.592	.710	.830	.953	1.08
3.00	.071	.094	.120	.150	.184	.221	.262	.314	.357	.402	.450	.553	.664	.780	.897	1.02
x	0	.008	.028	.056	.088	.125	.163	.204	.246	.289	.333	.423	.515	.609	.704	.800

۱ـ۱۳ علایم جوش

برای نشان دادن نوع، اندازه، و طول جوش‌ها از علایمی استفاده می‌گردد که در این قسمت این علایم به‌نقل از آیین‌نامهٔ جوش ایران ارائه می‌گردند.



پیکان جوش

فصل ۲

پیچ و پرچ

۲ ـ ۱ پرچ

۲ ـ ۲ پیچ

۲ ـ ۳ نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ‌های پرمقاومت

۲ ـ ۴ انواع سوراخ‌های پیچ

۲ ـ ۵ پیچ‌های اتکایی و اصطکاکی

۲ ـ ٦ تنش‌های مجاز پرچ‌ها و پیچ‌های اتکایی

۲ ـ ۷ پیچ‌های اصطکاکی

۲ ـ ۸ حداقل و حداکثر فواصل سوراخ‌های پیچ و پرچ

۲ ـ ۹ اتصال با طول گیرهٔ بلند

۲ ـ ۱۰ تنش لهیدگی در پین‌ها

۲ ـ ۱۱ محاسبهٔ اتصالات پرچی و پیچی

۲ ـ ۱۲ ظرفیت مجاز پیچ‌ها تحت بار برون‌محور

۲-۱ پرچ

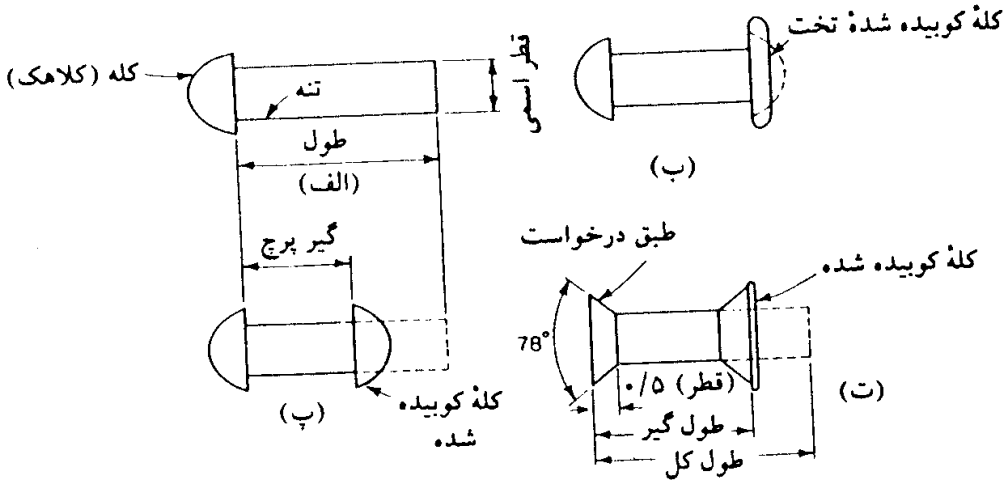
مطابق شکل ۲ - ۱، پرچ نکوبیده از تنهٔ استوانه‌ای که یک سر آن دارای کلاهک می‌باشد، تشکیل می‌شود. پرچ‌ها معمولاً از فولاد نرمه ساخته می‌شوند، لیکن عمل گرم کردن پرچ و همچنین کوبیدن آن باعث تغییر در خواص مکانیکی می‌شود.

روش کوبیدن پرچ بدین‌ترتیب است که ابتدا آن را تا دمای سرخ شدن گرم می‌کنند. سپس آن را توسط انبر مخصوصی درون سوراخ اتصال قرار داده و با ثابت نگه داشتن سر کلاهک‌دار آن، سر دیگر را می‌کوبند تا به‌فرم کلاهک درآمده و پرچ محکم گردد. در طی این مراحل تنهٔ پرچ به‌طور کامل سوراخی را که در آن فرو رفته پر می‌کند. در حین سرد شدن، پرچ منقبض می‌شود که این انقباض باعث به‌وجود آمدن نیروی پیش‌تنیدگی در پرچ می‌شود. اما از آنجایی که مقدار نیروی پیش‌تنیدگی از پرچی به‌پرچ دیگر فرق می‌کند، از آن نمی‌توان در محاسبات طراحی استفاده نمود. البته پرچ را به‌صورت سرد نیز می‌کوبند که در این پرچ‌ها دیگر نیروی پیش‌تنیدگی وجود ندارد. مشخصات مکانیکی پرچ در جدول ۲ - ۵ ارایه شده است.

۲-۲ پیچ

۲-۲-۱ پیچ‌های معمولی

این پیچ‌ها از فولاد کم‌کربن ساخته می‌شوند و در استاندارد ASTM با علامت A307 و در استاندارد



شکل ۲ - ۱ (الف) پرچ، (ب) کلهٔ کوبیده شدهٔ تخت، (پ) کلهٔ کوبیده‌شدهٔ دگمه‌ای و (ت) پرچ خزینه.

DIN با ۴/۶ یا ۵/۶ نمایش داده می‌شوند.

استفاده از این نوع پیچ‌ها در ساختمان‌سازی سبک، اعضای مهاربندها و اعضای درجه دوم، خرپاهای کوچک، لاپه‌ها و کلیهٔ اعضایی که بار وارد بر آنها سبک و استاتیکی می‌باشد، معمول است.

مورد استفادهٔ دیگر این پیچ به‌عنوان پیچ مونتاژ در اتصالاتی که وسایل اصلی اتصال آنها پیچ‌های پرمقاومت و یا جوش است، می‌باشد. لقی سوراخ این نوع پیچها حدود ۲ میلی‌متر و قطر آنها ۶ تا ۱۰۰ میلی‌متر است.

۲ـ۲ـ۲ پیچ‌های پرمقاومت

در استاندارد ASTM دو نوع پیچ پرمقاومت با علامت‌های A325 و A490 و در استاندارد DIN با علامت‌های ۸/۸ و ۱۰/۹ وجود دارد. پیچ‌های A325 از فولاد با کربن متوسط که مقاومت تسلیم آن حدود ۵۶۰ تا ۶۳۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع است، ساخته می‌شوند و تقریباً معادل پیچ‌های پرمقاومت آلمانی ۸/۸ می‌باشند. پیچ‌های A490 از فولاد آلیاژدار با مقاومت تسلیم ۸۰۰ تا ۹۰۰ نیوتن بر میلی‌مترمربع ساخته می‌شوند و معادل پیچ‌های آلمانی ۱۰/۹ می‌باشد.

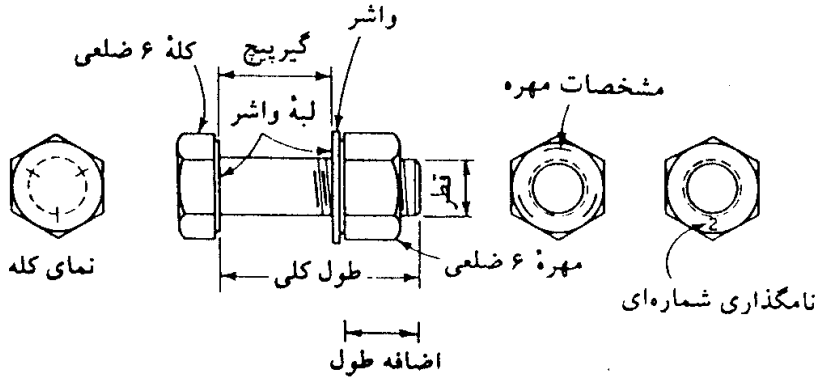
قطر پیچ‌های پرمقاومت بین ۱۲ تا ۳۸ میلی‌متر ($\frac{1}{2}$ تا $1\frac{1}{2}$ اینچ) می‌باشد که استفاده از قطرهای ۲۰ و ۲۲ میلی‌متر ($\frac{3}{4}$ و $\frac{7}{8}$ اینچ) در ساختمان‌سازی معمولتر است.

از پیچ‌های پرمقاومت می‌توان در هر دو نوع اتصالات اتکایی و اصطکاکی استفاده نمود.

۲ـ۲ـ۳ شکل ظاهری پیچ‌ها

شکل ظاهری پیچ‌ها (چه از نوع معمولی و چه از نوع پرمقاومت) مطابق شکل ۲ ـ ۲ می‌باشد.

در جدول ۲ ـ ۱ طول حداقل پیچ‌های معمولی، و در جدول ۲ ـ ۲ طول حداقل پیچ‌های پرمقاومت و در جدول ۲ ـ ۳ ابعاد هندسی پیچ‌های پرمقاومت ارایه شده است.



شکل ۲ ـ ۲ اجزای پیچ.

جدول ۲ ـ ۱ طول کلی حداقل پیچ‌های معمولی (میلی‌متر)

طول کلی پیچ	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30
۳۰	۵ ـ ۹	—	—	—	—	—	—
۳۵	۱۰ ـ ۱۴	۶ ـ ۱۰	—	—	—	—	—
۴۰	۱۵ ـ ۱۹	۱۱ ـ ۱۵	۸ ـ ۱۲	۶ ـ ۱۰	—	—	—
۴۵	۲۰ ـ ۲۴	۱۶ ـ ۲۰	۱۳ ـ ۱۷	۱۱ ـ ۱۵	۹ ـ ۱۳	—	—
۵۰	۲۵ ـ ۲۹	۲۱ ـ ۲۵	۱۸ ـ ۲۲	۱۶ ـ ۲۰	۱۴ ـ ۱۸	—	—
۵۵	۳۰ ـ ۳۴	۲۶ ـ ۳۰	۲۳ ـ ۲۷	۲۱ ـ ۲۵	۱۹ ـ ۲۳	—	—
۶۰	۳۵ ـ ۳۹	۳۱ ـ ۳۵	۲۸ ـ ۳۲	۲۶ ـ ۳۰	۲۴ ـ ۲۸	۲۱ ـ ۲۵	—
۶۵	۴۰ ـ ۴۴	۳۶ ـ ۴۰	۳۳ ـ ۳۷	۳۱ ـ ۳۵	۲۹ ـ ۳۳	۲۶ ـ ۳۰	—
۷۰	۴۵ ـ ۴۹	۴۱ ـ ۴۵	۳۸ ـ ۴۲	۳۶ ـ ۴۰	۳۴ ـ ۳۸	۳۱ ـ ۳۵	—
۷۵	۵۰ ـ ۵۴	۴۶ ـ ۵۰	۴۳ ـ ۴۷	۴۱ ـ ۴۵	۳۹ ـ ۴۳	۳۶ ـ ۴۰	—
۸۰	۵۵ ـ ۵۹	۵۱ ـ ۵۵	۴۸ ـ ۵۲	۴۶ ـ ۵۰	۴۴ ـ ۴۸	۴۱ ـ ۴۵	۳۹ ـ ۴۳
۸۵	۶۰ ـ ۶۴	۵۶ ـ ۶۰	۵۳ ـ ۵۷	۵۱ ـ ۵۵	۴۹ ـ ۵۳	۴۶ ـ ۵۰	۴۴ ـ ۴۸
۹۰	۶۵ ـ ۶۹	۶۱ ـ ۶۵	۵۸ ـ ۶۲	۵۶ ـ ۶۰	۵۴ ـ ۵۸	۵۱ ـ ۵۵	۴۹ ـ ۵۳
۹۵	۷۰ ـ ۷۴	۶۶ ـ ۷۰	۶۳ ـ ۶۷	۶۱ ـ ۶۵	۵۹ ـ ۶۳	۵۶ ـ ۶۰	۵۴ ـ ۵۸
۱۰۰	۷۵ ـ ۷۹	۷۱ ـ ۷۵	۶۸ ـ ۷۲	۶۶ ـ ۷۰	۶۴ ـ ۶۸	۶۱ ـ ۶۵	۵۶ ـ ۶۳
۱۰۵	۸۰ ـ ۸۴	۷۶ ـ ۸۰	۷۳ ـ ۷۷	۷۱ ـ ۷۵	۶۹ ـ ۷۳	۶۶ ـ ۷۰	۶۴ ـ ۶۸
۱۱۰	۸۵ ـ ۸۹	۸۱ ـ ۸۵	۷۸ ـ ۸۲	۷۶ ـ ۸۰	۷۴ ـ ۷۸	۷۱ ـ ۷۵	۶۹ ـ ۷۳
۱۱۵	۹۰ ـ ۹۴	۸۶ ـ ۹۰	۸۳ ـ ۸۷	۸۱ ـ ۸۵	۷۹ ـ ۸۳	۷۶ ـ ۸۰	۷۴ ـ ۷۸
۱۲۰	۹۵ ـ ۹۹	۹۱ ـ ۹۵	۸۸ ـ ۹۲	۸۶ ـ ۹۰	۸۴ ـ ۸۸	۸۱ ـ ۸۵	۷۹ ـ ۸۳
۱۲۵	-	۹۶ ـ ۱۰۰	۹۳ ـ ۹۷	۹۱ ـ ۹۵	۸۹ ـ ۹۳	۸۶ ـ ۹۰	۸۴ ـ ۸۸
۱۳۰	—	۱۰۱ ـ ۱۰۵	۹۸ ـ ۱۰۲	۹۶ ـ ۱۰۰	۹۴ ـ ۹۸	۹۱ ـ ۹۵	۸۹ ـ ۹۳
۱۳۵	—	۱۰۶ ـ ۱۱۰	۱۰۳ ـ ۱۰۷	۱۰۱ ـ ۱۰۵	۹۹ ـ ۱۰۳	۹۶ ـ ۱۰۰	۹۴ ـ ۹۸
۱۴۰	—	۱۱۱ ـ ۱۱۵	۱۰۸ ـ ۱۱۲	۱۰۶ ـ ۱۱۰	۱۰۴ ـ ۱۰۰	۱۰۱ ـ ۱۰۵	۹۹ ـ ۱۰۳
۱۴۵	—	۱۱۶ ـ ۱۲۰	۱۱ ـ ۱۱۷	۱۱۱ ـ ۱۱۵	۱۰۹ ـ ۱۱۳	۱۰۶ ـ ۱۱۰	۱۰۴ ـ ۱۰۸
۱۵۰	—	۱۲۱ ـ ۱۲۵	۱۱۸ ـ ۱۲۲	۱۱۶ ـ ۱۲۰	۱۱۴ ـ ۱۱۸	۱۱۱ ـ ۱۱۵	۱۰۹ ـ ۱۱۳
۱۵۵	—	—	۱۲۳ ـ ۱۲۷	۱۲۱ ـ ۱۲۵	۱۱۹ ـ ۱۲۳	۱۱۶ ـ ۱۲۰	۱۱۴ ـ ۱۱۸
۱۶۰	—	—	۱۲۸ ـ ۱۳۲	۱۲۶ ـ ۱۳۰	۱۲۴ ـ ۱۲۸	۱۲۱ ـ ۱۲۵	۱۱۹ ـ ۱۲۳
۱۶۵	—	—	۱۳۳ ـ ۱۳۷	۱۳۱ ـ ۱۳۵	۱۲۹ ـ ۱۳۳	۱۲۶ ـ ۱۳۰	۱۲۴ ـ ۱۲۸
۱۷۰	—	—	۱۳۸ ـ ۱۴۲	۱۳۶ ـ ۱۴۰	۱۳۴ ـ ۱۳۸	۱۳۱ ـ ۱۳۵	۱۲۹ ـ ۱۳۳
۱۷۵	—	—	۱۴۳ ـ ۱۴۷	۱۴۱ ـ ۱۴۵	۱۳۹ ـ ۱۴۳	۱۳۶ ـ ۱۴۸	۱۳۴ ـ ۱۳۸
۱۸۰	—	—	—	۱۴۶ ـ ۱۵۰	۱۴۴ ـ ۱۴۸	۱۴۱ ـ ۱۴۵	۱۳۹ ـ ۱۴۳
۱۸۵	—	—	—	۱۵۱ ـ ۱۵۵	۱۴۹ ـ ۱۵۳	۱۴۶ ـ ۱۵۰	۱۴۴ ـ ۱۴۸
۱۹۰	—	—	—	۱۵۶ ـ ۱۶۰	۱۵۴ ـ ۱۵۸	۱۵۱ ـ ۱۵۵	۱۴۹ ـ ۱۵۳
۱۹۵	—	—	—	۱۶۱ ـ ۱۶۵	۱۵۹ ـ ۱۶۳	۱۵۶ ـ ۱۶۰	۱۵۴ ـ ۱۵۸
۲۰۰	—	—	—	۱۶۶ ـ ۱۷۰	۱۶۴ ـ ۱۶۸	۱۶۱ ـ ۱۶۵	۱۵۹ ـ ۱۶۳

* اعداد داخل جدول، طول گیرپیچ می‌باشند.

۲ ـ ۲ ـ ۴ بارگواه[1] (بار معیار)

از آنجا که پیچ‌های پرمقاومت از فولادهای با کربن زیاد ساخته می‌شوند، نقطهٔ تسلیم مشخصی برای

1– proof load (بار معیار)

جدول ۲ ـ ۲ طول کلی حداقل پیچ‌های پرمقاومت (میلی‌متر)

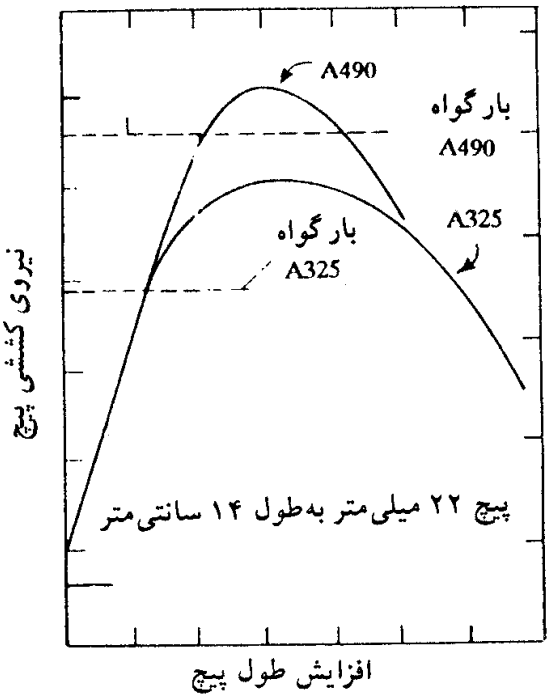
طول کلی پیچ	M12	M16	M20	M22	M24	M27
۳۰	۶ ـ ۱۰	—	—	—	—	—
۳۵	۱۱ ـ ۱۵	—	—	—	—	—
۴۰	۱۶ ـ ۲۰	۱۰ ـ ۱۴	—	—	—	—
۴۵	۲۱ ـ ۲۳	۱۵ ـ ۱۹	۱۰ ـ ۱۴	—	—	—
۵۰	۲۴ ـ ۲۸	۲۰ ـ ۲۴	۱۵ ـ ۱۹	۱۴ ـ ۱۸	—	—
۵۵	۲۹ ـ ۳۳	۲۵ ـ ۲۹	۲۰ ـ ۲۴	۲۹ ـ ۲۳	—	—
۶۰	۳۴ ـ ۳۸	۳۰ ـ ۳۴	۲۵ ـ ۲۹	۲۴ ـ ۲۸	۲۲ ـ ۲۶	—
۶۵	۳۹ ـ ۴۳	۳۵ ـ ۳۹	۳۰ ـ ۳۴	۲۹ ـ ۳۳	۲۷ ـ ۳۱	—
۷۰	۴۴ ـ ۴۸	۴۰ ـ ۴۴	۳۵ ـ ۳۹	۳۹ ـ ۳۸	۳۲ ـ ۳۶	۲۸ ـ ۳۲
۷۵	۴۹ ـ ۵۳	۴۵ ـ ۴۷	۴۰ ـ ۴۴	۴۹ ـ ۴۳	۳۷ ـ ۴۱	۳۳ ـ ۳۷
۸۰	۵۴ ـ ۵۸	۴۸ ـ ۵۲	۴۵ ـ ۴۹	۴۴ ـ ۴۸	۴۲ ـ ۴۶	۳۸ ـ ۴۲
۸۵	۵۹ ـ ۶۳	۵۳ ـ ۵۷	۵۰ ـ ۵۴	۴۹ ـ ۵۳	۴۷ ـ ۵۱	۴۳ ـ ۴۷
۹۰	۶۴ ـ ۶۸	۵۸ ـ ۶۲	۵۵ ـ ۵۷	۵۴ ـ ۵۶	۵۲ ـ ۵۳	۴۸ ـ ۵۲
۹۵	۵۹ ـ ۷۳	۵۳ ـ ۶۷	۵۸ ـ ۶۲	۵۷ ـ ۶۱	۵۴ ـ ۵۸	۵۳ ـ ۵۷
۱۰۰	—	۶۸ ـ ۷۲	۶۳ ـ ۶۷	۶۳ ـ ۶۶	۵۹ ـ ۶۳	۵۸ ـ ۶۰
۱۰۵	—	۷۳ ـ ۷۷	۶۸ ـ ۷۲	۶۷ ـ ۷۱	۶۴ ـ ۶۸	۶۱ ـ ۶۵
۱۱۰	—	۷۸ ـ ۸۲	۷۳ ـ ۷۷	۷۲ ـ ۷۶	۶۹ ـ ۷۳	۶۶ ـ ۷۰
۱۱۵	—	۸۳ ـ ۸۷	۷۸ ـ ۸۲	۷۷ ـ ۸۱	۷۴ ـ ۷۸	۷۱ ـ ۷۵
۱۲۰	—	۸۸ ـ ۹۲	۸۳ ـ ۸۷	۸۲ ـ ۸۸	۷۹ ـ ۸۳	۷۶ ـ ۸۰
۱۲۵	—	۹۳ ـ ۹۷	۸۸ ـ ۹۲	۸۷ ـ ۹۱	۸۴ ـ ۸۸	۸۱ ـ ۸۵
۱۳۰	—	۹۸ ـ ۱۰۲	۹۳ ـ ۹۷	۹۲ ـ ۹۶	۸۹ ـ ۹۳	۸۶ ـ ۹۰
۱۳۵	—	—	۹۸ ـ ۱۰۲	۹۷ ـ ۱۰۱	۹۴ ـ ۹۸	۹۱ ـ ۹۵
۱۴۰	—	—	۱۰۳ ـ ۱۰۷	۱۰۲ ـ ۱۰۶	۹۹ ـ ۱۰۳	۹۶ ـ ۱۰۰
۱۴۵	—	—	۱۰۸ ـ ۱۱۲	۱۰۷ ـ ۱۱۱	۱۰۴ ـ ۱۰۸	۱۰۱ ـ ۱۰۵
۱۵۰	—	—	۱۱۳ ـ ۱۱۷	۱۱۲ ـ ۱۱۶	۱۰۹ ـ ۱۱۳	۱۰۶ ـ ۱۱۰
۱۵۵	—	—	۱۱۸ ـ ۱۲۲	۱۱۷ ـ ۱۲۱	۱۱۴ ـ ۱۱۸	۱۱۱ ـ ۱۱۵
۱۶۰	—	—	—	۱۲۲ ـ ۱۲۷	۱۱۹ ـ ۱۲۳	۱۱۶ ـ ۱۲۰
۱۶۵	—	—	—	۱۲۸ ـ ۱۳۱	۱۲۴ ـ ۱۲۸	۱۲۱ ـ ۱۲۵
۱۷۰	—	—	—	—	۱۲۹ ـ ۱۳۳	۱۲۶ ـ ۱۳۰
۱۷۵	—	—	—	—	۱۳۴ ـ ۱۳۸	۱۳۱ ـ ۱۳۵
۱۸۰	—	—	—	—	۱۳۹ ـ ۱۴۳	۱۳۶ ـ ۱۴۰
۱۸۵	—	—	—	—	۱۴۴ ـ ۱۴۸	۱۴۱ ـ ۱۴۵
۱۹۰	—	—	—	—	۱۴۹ ـ ۱۵۳	۱۴۶ ـ ۱۵۰
۱۹۵	—	—	—	—	۱۵۴ ـ ۱۵۸	۱۵۱ ـ ۱۵۵
۲۰۰	—	—	—	—	—	۱۵۶ ـ ۱۶۰

* اعداد داخل جدول، طول گیرپیچ می‌باشند.

آنها وجود ندارد (شکل ۲ ـ ۳). بنابراین در این حالت برای بیان مقاومت تسلیم پیچ، به‌جای اینکه از بار تسلیم واقعی استفاده نماییم، از بار تسلیم قراردادی یا بار گواه استفاده می‌کنیم. بار گواه باری است که از ضرب سطح مقطع خالص زیر دنده‌ها در تنش نظیر کرنش ۰/۲ درصد به‌روش تصویر و یا تنش نظیر کرنش ۰/۵ درصد به‌دست می‌آید (شکل ۲ ـ ۴).

جدول ۲ ـ ۳ ابعاد هندسی پیچ‌های پرمقاومت

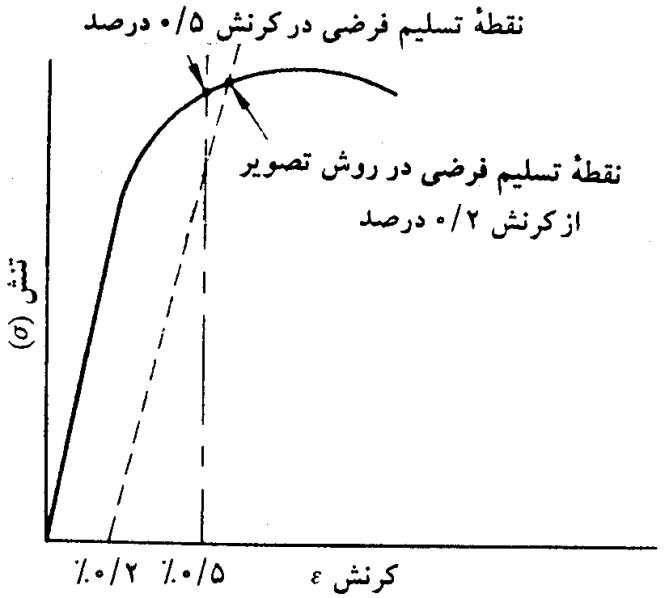
قطر پیچ و دنده‌پیچ	M12	M16	M20	M22	M24	M27
قطر داخلی واشر	۱۳	۱۷	۲۱	۲۳	۲۵	۲۸
قطر خارجی واشر	۲۴	۳۰	۳۷	۳۹	۴۴	۵۰
ضخامت واشر	۳	۴	۴	۴	۴	۵
ارتفاع کله‌پیچ	۸	۱۰	۱۳	۱۴	۱۵	۱۷
ارتفاع مهره	۱۰	۱۳	۱۶	۱۸	۱۹	۲۲
آچارخور	۲۲	۲۷	۳۲	۳۶	۴۱	۴۶
اندازهٔ گوش به‌گوش کله‌پیچ	۲۳/۹۱	۲۹/۵۶	۳۵/۰۳	۳۹/۵۵	۴۵/۲۰	۵۰/۸۵



شکل ۲ ـ ۳ نمودار نیرو ـ افزایش طول پیچ‌ها.

سطح مقطع خالص زیردنده‌ها از رابطهٔ $\frac{\pi}{۴}(d-۰/۹۳۲۸\,p)^۲$ به‌دست می‌آید، که در آن d قطر اسمی پیچ برحسب میلی‌متر و p گام دنده‌ها برحسب میلی‌متر می‌باشد*. سطح مقطع برحسب توان دوم میلی‌متر به‌دست می‌آید.

* این رابطه به‌صورت $\frac{\pi}{۴}(d-\frac{۰/۹۷۴۳}{n})^۲$ نیز نوشته می‌شود که در آن n تعداد دندانه‌ها در واحد طول (cm) و d قطر اسمی پیچ برحسب سانتی‌متر است. سطح مقطع برحسب توان دوم سانتی‌متر به‌دست می‌آید.



شکل ۲ ـ ۴ نقطهٔ تسلیم فرضی برای فولادهای پرمقاومت.

جدول ۲ ـ ۴ بارگواه، بار نهایی و سطح مقطع زیردنده‌ها برای پیچ‌های دنده‌درشت (استاندارد DIN)

* قطر اسمی گام دنده (mm)	سطح مقطع خالص زیردنده‌ها (mm^2)	نوع پیچ							
		۴/۶		۵/۶		۸/۸		۱۵۰/۹	
		بارگواه (kN)	مقاومت کششی (kN)	بارگواه (kN)	مقاومت کششی (kN)	بارگواه (kN)	مقاومت کششی (kN)	بارگواه (kN)	مقاومت کششی (kN)
M۳*۰/۵	۵/۰۳	۱/۱۳۰	۲/۰۱۰	۱/۴۱۰	۲/۵۱۰	۲/۹۲۰	۴/۰۲۰	۳/۱۸۰	۵/۲۳۰
M۳/۵*۰/۶	۶/۷۸	۱/۵۳۰	۲/۷۱۰	۱/۹۰۰	۳/۳۹۰	۳/۹۴۰	۵/۴۲۰	۵/۶۳۰	۷/۰۵۰
M۴*۰/۷	۸/۷۸	۱/۹۸۰	۳/۵۱۰	۲/۴۶۰	۴/۳۹۰	۵/۱۰۰	۷/۰۲۰	۷/۲۹۰	۹/۱۶۰
M۵*۰/۸	۱۴/۲	۳/۲۰۰	۵/۶۸۰	۳/۹۸۰	۷/۱۰۰	۸/۲۳۰	۱۱/۳۵	۱۱/۸۰	۱۴/۸۰
M۶*۱	۲۰/۱	۴/۵۲۰	۸/۰۴۰	۵/۶۳۰	۱۰/۰۰	۱۱/۶۰	۱۶/۱۰	۱۶/۷۰	۲۰/۹۰
M۷*۱	۲۸/۹	۶/۵۰۰	۱۱/۶۰	۸/۰۹۰	۱۴/۴۰	۱۶/۸۰	۲۳/۱۰	۲۴/۰۰	۳۰/۱۰
M۸*۱/۲۵	۳۶/۶	۸/۲۴۰	۱۴/۶۰	۱۰/۲۰	۱۸/۳۰	۲۱/۲۰	۲۹/۲۰	۳۰/۴۰	۳۸/۱۰
M۱۰*۱/۵	۵۸	۱۳/۰۰	۲۳/۲۰	۱۶/۲۰	۲۹/۰۰	۳۳/۷۰	۴۶/۴۰	۴۳/۱۰	۶۰/۳۰
M۱۲*۱/۷۵	۸۴/۳	۱۹/۰۰	۳۳/۷۰	۲۳/۶۰	۴۲/۲۰	۴۸/۹۰	۶۷/۴۰	۷۰/۰۰	۸۷/۷۰
M۱۴*۲	۱۱۵	۲۵/۹۰	۴۶/۰۰	۳۲/۲۰	۵۷/۵۰	۶۶/۷۰	۹۲/۰۰	۹۵/۵۸	۱۲۰/۰
M۱۶*۲	۱۵۷	۳۵/۳۰	۶۲/۸۰	۴۴/۰۰	۷۸/۵۰	۹۱/۰۰	۱۲۵/۰	۱۳۰/۰	۱۶۳/۰
M۱۸*۲/۵	۱۹۲	۴۳/۲۰	۷۶/۸۰	۵۳/۸۰	۹۶/۰۰	۱۱۵/۰	۱۵۹/۰	۱۵۹/۰	۲۰۰/۰
M۲۰*۲/۵	۲۴۵	۵۵/۱۰	۹۸/۰۰	۶۸/۶۰	۱۲۲/۰	۱۴۷/۰	۲۰۳/۰	۲۰۳/۰	۲۵۵/۰
M۲۲*۲/۵	۳۰۳	۶۸/۲۰	۱۲۱/۰	۸۴/۸۰	۱۵۲/۰	۱۸۲/۰	۲۵۲/۰	۲۵۲/۰	۳۱۵/۰
M۲۴*۳	۳۵۳	۷۹/۴۰	۱۴۱/۰	۹۸/۸۰	۱۷۶/۰	۲۱۲/۰	۲۹۳/۰	۲۹۳/۰	۳۶۷/۰
M۲۷*۳	۴۵۹	۱۰۳/۰	۱۸۴/۰	۱۲۸/۰	۲۳۰/۰	۲۷۵/۰	۳۸۱/۰	۳۸۱/۰	۴۷۷/۰
M۳۰*۳/۵	۵۶۱	۱۲۶/۰	۲۲۴/۰	۱۵۷/۰	۲۸۰/۰	۳۳۷/۰	۴۶۶/۰	۴۶۶/۰	۵۸۳/۰
M۳۳*۳/۵	۶۹۴	۱۵۶/۰	۲۷۸/۰	۱۹۴/۰	۳۴۷/۰	۴۱۶/۰	۵۷۶/۰	۵۷۰/۰	۷۲۲/۰
M۳۶*۴	۸۱۷	۱۸۴/۰	۳۲۷/۰	۲۲۹/۰	۴۰۸/۰	۴۹۰/۰	۶۷۸/۰	۶۷۸/۰	۸۵۰/۰
M۳۹*۴	۹۷۶	۲۲۰/۰	۳۹۰/۰	۲۷۳/۰	۴۸۸/۰	۵۸۶/۰	۸۱۰/۰	۸۱۰/۰	۱۰۲۰/۸

جدول ۲ ـ ۴ بارگواه، بار نهایی و سطح مقطع زیردنده‌ها برای پیچ‌های دنده‌ریز (استاندارد DIN) (ادامه)

*قطراسمی گام دنده (mm)	سطح مقطع خالص زیردنده‌ها (mm^2)	بار گواه و بار نهایی برای پیچ‌های مختلف							
		۴/۶		۵/۶		۸/۸		۱۰/۹	
		بار گواه (kN)	حداقل مقاومت کششی (kN)	بار گواه (kN)	حداقل مقاومت کششی (kN)	بار گواه (kN)	حداقل مقاومت کششی (kN)	بار گواه (kN)	حداقل مقاومت کششی (kN)
M۸*۱	۳۹/۲	۸/۸۲	۱۵/۷	۱۱/۰	۱۹/۶	۲۲/۷	۳۱/۳۶	۳۲/۵	۴۰/۸
M۱۰*۱	۶۴/۵	۱۴/۵	۲۵/۸	۱۸/۱	۳۲/۳	۳۷/۴	۵۱/۶	۵۳/۵	۶۷/۱
M۱۲M*۱/۵	۸۸/۱	۱۹/۸	۳۵/۲	۲۴/۷	۴۴/۱	۵۱/۱	۷۰/۵	۷۳/۱	۹۱/۶
M۱۴*۱/۵	۱۲۵	۲۸/۱	۵۰/۰	۳۵/۰	۶۲/۵	۷۲/۵	۱۰۰	۱۰۴	۱۳۰
M۱۶*۱/۵	۱۶۷	۳۷/۶	۶۶/۸	۴۶/۸	۸۳/۵	۹۶/۹	۱۳۴	۱۳۹	۱۷۴
M۱۸*۱/۵	۲۱۶	۴۸/۶	۸۶/۴	۶۰/۵	۱۰۸	۱۳۰	۱۷۹	۱۷۹	۲۲۵
M۲۰*۱/۵	۲۷۲	۶۱/۲	۱۰۹	۷۶/۲	۱۳۶	۱۶۳	۲۲۶	۲۲۶	۲۸۳
M۲۲*۱/۵	۳۳۳	۷۴/۹	۱۳۳	۹۳/۲	۱۶۶	۲۰۰	۲۷۶	۲۷۶	۳۴۶
M۲۴*۲	۳۸۴	۸۶/۴	۱۵۴	۱۰۸	۱۹۲	۲۳۰	۳۱۹	۳۱۹	۳۹۹
M۲۷*۲	۴۹۶	۱۱۲	۱۹۴	۱۳۹	۲۴۸	۲۹۸	۴۱۲	۴۱۲	۵۱۶
M۳۰*۲	۶۲۱	۱۴۰	۲۴۸	۱۷۴	۳۱۰	۳۷۳	۵۱۵	۵۱۵	۶۴۶
M۳۳*۲	۷۶۱	۱۷۱	۳۰۴	۲۱۳	۳۸۰	۴۵۷	۶۳۲	۶۳۲	۷۹۱
M۳۶*۳	۸۶۵	۱۹۵	۳۴۶	۲۴۲	۴۳۲	۵۱۹	۷۱۸	۷۱۸	۹۰۰
M۳۹*۳	۱۰۳۰	۲۳۲	۴۱۲	۲۸۸	۵۱۵	۶۱۸	۸۵۵	۸۵۵	۱۰۷۰

۲ ـ ۲ ـ ۵ مشخصات مکانیکی پیچ‌ها و پرچ‌ها

در جدول ۲ ـ ۵ مشخصات مکانیکی پرچ‌ها و پیچ‌های موجود در بازار ایران طبق دو استاندارد DIN و ASTM ارایه شده است.

۲ ـ ۲ ـ ٦ حداقل تعداد نمونه‌ها جهت بازرسی پیچ‌ها

تعداد نمونه‌های لازم برای بازرسی پیچ‌ها، برحسب تعداد پیچ‌های خریداری شده از یک منبع، مطابق جدول ۲ ـ ۶ می‌باشد. بازرسی شامل انجام آزمایش کشش پیچ با مهره می‌باشد.

جدول ۲ ـ ۴ بارگواه، بار نهایی و سطح مقطع زیردنده‌ها برای پیچ‌های A325 (ادامه)

اندازهٔ پیچ (اینچ) تعداد دنده‌ها در یک اینچ	سطح مقطع $in^2(mm^2)$	مقاومت کششی (kN)	بارگواه به‌روش اندازه‌گیری طول (kN)	بارگواه با روش تنش تسلیم (kN)
۱/۲ - ۱۳ UNC	۰/۱۴۲(۹۱/۶)	۷۵/۹	۵۳/۶	۵۸/۱
۵/۸ - ۱۱ UNC	۰/۲۲۶(۱۴۵/۸)	۱۲۰/۶	۸۵/۴	۹۲/۶
۳/۴ - ۱۰ UNC	۰/۳۳۴(۲۱۵/۵)	۱۷۸/۴	۱۲۶/۴	۱۳۶/۶
۷/۸ - ۹ UNC	۰/۴۶۲(۲۹۸/۱)	۲۴۶/۸	۱۷۴/۷	۱۸۹/۱
۱ - ۸ UNC	۰/۶۰۶(۳۹۱)	۳۲۳/۵	۲۲۹/۲	۲۴۸/۱
۱ ۱/۸ - ۷ UNC	۰/۷۶۳(۴۹۲/۳)	۳۵۶/۴	۲۵۱/۲	۲۷۵
۱ ۱/۸ - ۸ UN	۰/۷۹۰(۵۰۹/۷)	۳۶۹/۱	۲۶۰/۱	۲۸۴/۸
۱ ۱/۴ - ۷ UNC	۰/۹۶۹(۶۲۵/۲)	۴۵۲/۶	۳۱۹/۱	۳۳۷/۸
۱ ۱/۴ - ۸ UN	۱/۰۰۰(۶۴۵/۲)	۴۶۷/۳	۳۲۹/۳	۳۶۰/۵
۱ ۳/۸ - ۶ UNC	۱/۱۵۵(۷۴۵/۲)	۵۳۹/۸	۳۸۰/۳	۴۱۶/۳
۱ ۳/۸ - ۸ UN	۱/۲۳۳(۷۹۵/۵)	۵۷۶/۳	۴۰۶/۱	۴۴۴/۴
۱ ۱/۲ - ۶ UNC	۱/۴۰۵(۹۰۶/۴)	۶۵۶/۴	۴۶۲/۸	۵۰۶/۴
۱ ۱/۲ - ۸ UN	۱/۴۹۲(۹۶۲/۶)	۶۹۷/۳	۴۹۱/۳	۵۳۷/۸

مقاومت کششی مورد نیاز برای پیچ‌های A325

اندازه پیچ اینچ (in.)	مقاومت کششی (N/mm^2)	تنش گواه ـ روش اندازه‌گیری طول (kN)	تنش گواه ـ روش تنش‌تسلیم (kN)
۱ تا ۱/۲	۸۴۰	۵۹۵	۶۴۴
۱ ۱/۲ تا ۱ ۱/۸	۷۳۵	۵۲۰	۵۶۷

مقاومت کششی لازم برای آزمونه‌های اخذشده از هر نوع پیچ A325

اندازهٔ پیچ اینچ (in.)	حداقل مقاومت کششی (N/mm^2)	تنش تسلیم با روش افست از نقطه ۰/۲درصد (N/mm^2)	کرنش نظیر خرابی برای طول ۵۰ میلی‌متر (درصد)	کاهش سطح مقطع (درصد)
۱ ۳/۸ و ۱ ۱/۴ ، ۱ ۱/۲	۷۳۵	۵۶۷	۱۴	۳۵

جدول ۲ ـ ۴ بارگواه، بار نهایی و سطح مقطع زیردنده‌ها برای پیچ‌های A490 (ادامه)

اندازهٔ پیچ (اینچ) تعداد دنده‌ها در یک اینچ	سطح مقطع in.^{2}(mm^2)	مقاومت کششی (kN) حداقل	مقاومت کششی (kN) حداکثر	بارگواه به‌روش اندازه‌گیری طول (kN)	بارگواه با روش تنش تسلیم (kN)
$\frac{1}{2}$ - ۱۳ UNC	۰/۱۴۲(۹۱/۶)	۹۴/۸	۱۰۷/۵	۷۵/۹	۸۳/۳
$\frac{5}{8}$ - ۱۱ UNC	۰/۲۲۶(۱۴۵/۸)	۱۵۰/۹	۱۵۴/۹	۱۲۰/۶	۱۳۰/۸
$\frac{3}{4}$ - ۱۰ UNC	۰/۳۳۴(۲۱۵/۵)	۲۲۳	۲۵۲/۸	۱۷۸/۴	۱۹۳/۱
$\frac{7}{8}$ - ۹ UNC	۰/۴۶۲(۲۹۸/۱)	۳۰۸/۴	۳۴۹/۵	۲۴۶/۸	۲۶۷/۴
۱ - ۸ UNC	۰/۶۰۶(۳۹۱)	۴۰۴/۵	۴۵۸/۴	۳۲۳/۵	۳۵۰/۷
$1\frac{1}{8}$ - ۷ UNC	۰/۷۶۳(۴۹۲/۳)	۵۰۹/۳	۵۷۷/۲	۴۱۵/۴	۴۴۱/۴
$1\frac{1}{8}$ - ۸ UN	۰/۷۹۰(۵۰۹/۷)	۵۲۷/۳	۵۹۷/۶	۴۲۱/۹	۴۵۷
$1\frac{1}{4}$ - ۷ UNC	۰/۹۶۹(۶۲۵/۲)	۶۴۶/۸	۷۳۳/۱	۵۱۷/۵	۵۶۰/۷
$1\frac{1}{4}$ - ۸ UN	۱/۰۰۰(۶۴۵/۲)	۶۶۷/۵	۷۵۶/۵	۵۳۴	۵۷۸/۵
$1\frac{3}{8}$ - ۶ UNC	۱/۱۵۵(۷۴۵/۲)	۷۷۱	۸۷۳/۸	۶۱۶/۸	۶۶۸/۴
$1\frac{3}{8}$ - ۸ UN	۱/۲۳۳(۷۹۵/۵)	۸۲۳/۳	۹۳۲/۷	۶۵۸/۶	۷۱۳/۳
$1\frac{1}{2}$ - ۶ UNC	۱/۴۰۵(۹۰۶/۴)	۹۳۷/۸	۱۰۶۳	۷۴۷/۶	۸۱۲/۶
$1\frac{1}{2}$ - ۸ UN	۱/۴۹۲(۹۶۲/۶)	۹۹۶	۱۱۲۹	۷۷۹	۸۶۳/۳

مقاومت کششی مورد نیاز برای پیچ‌های A۴۹۰

اندازه پیچ in. (اینچ)	مقاومت کششی حداقل (N/mm^2)	مقاومت کششی حداکثر (N/mm^2)	تنش گواه روش اندازه‌گیری طول (N/mm^2)	تنش گواه روش تنش تسلیم (N/mm^2)
$\frac{1}{2}$ تا $1\frac{1}{2}$ in.	۱۰۵۰	۱۱۹۰	۸۴۰	۹۱۰

مقاومت کششی لازم برای آزمونه‌های اخذشده از هر نوع پیچ A۴۹۰

اندازه پیچ in. (اینچ)	مقاومت کششی (N/mm^2) حداقل	مقاومت کششی (N/mm^2) حداکثر	تنش تسلیم با روش افست از از نقطهٔ ۰/۲ درصد	کرنش نظیر خرابی برای طول ۵۰ میلی‌متر (٪)	کاهش سطح مقطع (٪)
$\frac{1}{2}$ تا $1\frac{1}{2}$ in.	۱۰۵۰	۱۱۹۰	۹۱۰	۱۴	۴۰

جدول ۲ ـ ۵ مشخصات مکانیکی پرچ‌ها و پیچ‌ها

توضیح	نام تجارتی پیچ یا پرچ		تنش تسلیم	تنش نهایی
	DIN	ASTM	F_y(N/mm^2)	F_u(N/mm^2)
پرچ	UST 36		۲۰۵	۳۳۰
	UST 38		۲۲۵	۳۷۰
		A502 , Gr1	۱۹۰	
		A502 , Gr2	۲۶۰	
پیچ معمولی	۴/۶		۲۴۰	۴۰۰
	۵/۶		۳۰۰	۵۰۰
		A307		۴۲۰
پیچ پرمقاومت	۸/۸		۶۴۰	۸۰۰
	۱۰/۹		۹۰۰	۱۰۰۰
		A325	*۵۹۰-۶۴۰+	(d≤۲۵mm),۸۲۵
			*۵۱۰−۵۶۰+	(d>۲۵mm),۷۲۵
		A490	*۸۲۵-۹۰۰+	۱۰۰۰

* نظیر کرنش ۰/۵ درصد + روش تصویر

جدول ۲ ـ ۶ حداقل تعداد نمونه‌های پیچ جهت بازرسی

تعداد نمونه‌ها	تعداد پیچ‌ها
۱	۱۵۰ و کمتر
۲	۲۰۰ تا ۱۵۱
۳	۵۰۰ تا ۲۸۱
۵	۱۲۰۰ تا ۵۰۱
۸	۳۲۰۰ تا ۱۲۰۱
۱۳	۱۰۰۰۰ تا ۳۲۰۱
۲۰	۱۰۰۰۱ و بیشتر

۲ ـ ۳ نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ‌های پرمقاومت

۲ ـ ۳ ـ ۱ در اتصالات با عملکرد اصطکاکی، به‌منظور تأمین تنش اصطکاکی بین صفحات در حال تماس، لازم است حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ‌ها ایجاد گردد.

نیروی پیش‌تنیدگی در حدود ۷۰ درصد حداقل مقاومت کششی نهایی پیچ (حداقل مقاومت نهایی پیچ‌ها در جدول ۲ ـ ۴ ارایه شده است)، و یا ۵۵ درصد حداقل مقاومت کششی نهایی روی

سطح مقطع کلی پیچ در نظر گرفته می‌شود (تنش نهایی پیچ‌ها در جدول ۲ ـ ۵ ارایه شده است).

$$F_t = ۰/۵۵ F_u A_b \qquad (۲ - ۱)$$

F_u= تنش نهایی مصالح

A_b= سطح مقطع اسمی پیچ

۲ ـ ۳ ـ ۲ روش ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی

برای ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ‌های پرمقاومت دو روش زیر معمولتر از سایر روش‌ها می‌باشد:

۱ ـ استفاده از آچارهای مدرج.

۲ ـ سفت کردن مجدد مهره‌ها به‌مقدار معین، بعد از محکم شدن اولیهٔ آنها.

در روش اول توسط آچارهای دستی و یا مکانیکی مخصوصی که در روی آنها وسیله‌ای برای اندازه‌گیری لنگر پیچشی وارد بر پیچ وجود دارد، لنگر پیچشی مشخصی بر پیچ وارد می‌آورند. آزمایشها نشان داده‌اند که کشش ایجاد شده در این حالت خطای حداکثر به‌مقدار ۳۰± درصد نسبت به‌مقدار مطلوب دارد. مقدار متوسط این خطا حدود ۱۰± درصد است. بنابراین بعضی از آیین‌نامه‌ها توصیه می‌کنند که در این روش لنگر پیچشی وارد بر پیچ طوری تنظیم گردد که کشش ایجاد شده در پیچ ۵ درصد بیش از مقادیر مندرج در جدول (۲ ـ ۷ ـ الف) باشد. در جدول (۲ ـ ۷ ـ ب) لنگر پیچشی برای ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی طبق آیین‌نامهٔ DIN ارایه شده است.

جدول ۲ ـ ۷ ـ الف نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ‌های پرمقاومت

نیروی پیش‌تنیدگی طبق آیین‌نامهٔ ایران	نیروی پیش‌تنیدگی (kN) ASTM		قطر پیچ	
	A490	A325	میلی‌متر	اینچ
	۶۸	۵۴	۱۲	$\frac{۱}{۲}$
	۱۰۹	۸۶	۱۶	$\frac{۵}{۸}$
$۰/۵۵F_u A_b$	۱۵۹	۱۲۷	۲۰	$\frac{۳}{۴}$
F_u=تنش نهایی مصالح	۲۲۲	۱۷۷	۲۲	$\frac{۷}{۸}$
پیچ	۲۹۱	۲۳۲	۲۶	۱
A_b= سطح‌مقطع اسمی	۳۶۳	۲۵۴	۲۸	$۱\frac{۱}{۸}$
پیچ	۴۶۳	۳۲۲	۳۲	$۱\frac{۱}{۴}$
	۵۴۹	۳۸۶	۳۴	$۱\frac{۳}{۸}$
	۶۷۲	۴۶۸	۳۸	$۱\frac{۱}{۲}$

جدول ۲ ـ ۷ ـ ب نیروی پیش‌تنیدگی و لنگر پیچشی پیش‌تنیدگی طبق DIN

پیچ	نیروی پیش‌تنیدگی	لنگر پیچشی لازم	
		گریسکاری با MoS_2	روغن‌کاری شده
	kN	kN.m	kN.m
M ۱۲	۵۰	۰/۱۰۰	۰/۱۲۰
M ۱۶	۱۰۰	۰/۲۵۰	۰/۳۵۰
M ۲۰	۱۶۰	۰/۴۵۰	۰/۶۰۰
M ۲۲	۱۹۰	۰/۶۵۰	۰/۹۰۰
M ۲۴	۲۲۰	۰/۸۰۰	۱/۱۰۰
M ۲۷	۲۹۰	۱/۲۵۰	۱/۶۵۰
M ۳۰	۳۵۰	۱/۶۵۰	۲/۲۰۰
M ۳۶	۵۱۰	۲/۸۰۰	۳/۸۰۰

سفت کردن مجدد مهره‌ها به‌مقدار معین بعد از محکم شدن اولیهٔ آنها، ارزانترین و قابل اطمینان‌ترین روشی است که برای ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی در پیچ‌ها وجود دارد. در این روش بعد از اینکه پیچ به‌طور اولیه محکم شد، مهره را به‌مقدار مشخصی که در جدول (۲ ـ ۸) نشان داده شده، مجدداً سفت می‌نمایند که این عمل باعث به‌وجود آمدن کرنش مشخصی در پیچ می‌شود. اگر برای سفت کردن مهره‌ها از روش‌های دستی استفاده نماییم، محکم شدن اولیه وقتی است که یک کارگر

جدول ۲ ـ ۸ تعداد دور برای ایجاد نیروی پیش‌تنیدگی بعد از سفت کردن اولیه

طول پیچ	حالت سطوح خارجی قسمت‌هایی که به‌یکدیگر پیچ می‌شوند		
	هر دو سطح عمود بر محور پیچ می‌باشند.	یکی از سطوح عمود و دیگری دارای شیب کمتر از ۱ به ۲۰ می‌باشد (از واشرهای شیبدار استفاده نشده است).	هر دو سطح دارای شیب کمتر از ۱ به ۲۰ نسبت به‌امتداد قائم بر محور پیچ می‌باشند (از واشرهای شیبدار استفاده نشده است).
$\leq 4d$	$\frac{1}{3}$ دور	$\frac{1}{2}$ دور	$\frac{2}{3}$ دور
$4d < l \leq 8d$	$\frac{1}{2}$ دور	$\frac{2}{3}$ دور	$\frac{5}{6}$ دور
$8d < l \leq 12d$	$\frac{2}{3}$ دور	$\frac{5}{6}$ دور	۱ دور

l= طول گیرپیچ طبق شکل ۲ ـ ۲ d= قطر اسمی پیچ

معمولی با یک آچار معمولی، کوشش کامل خود را برای سفت کردن پیچ به‌کار ببرد. در روش‌های ماشینی، محکم شدن اولیه پس از وارد شدن چند ضربه توسط دستگاه ایجاد می‌شود.

۲ ـ ۳ ـ ۳ روش تعیین لنگر پیچشی متناظر با نیروی پیش‌تنیدگی

در عمل نیروی پیش‌تنیدگی پیچ‌های پیش‌تنیدگی، با مقدار لنگر پیچشی اعمال شده توسط آچارهای مدرج که اصطلاحاً (ترک‌متر) نامیده می‌شوند، اندازه‌گیری می‌گردند. در جدول ۲ ـ ۷ ـ ب، لنگر پیچشی متناظر با نیروهای پیش‌تنیدگی طبق آیین‌نامهٔ آلمان ارایه شده است. این لنگر را می‌توان از رابطهٔ زیر تعیین نمود:

$$M_t = KdT \qquad (۲ - ۲)$$

که در آن:

M_t = لنگر پیچشی متناظر با نیروی پیش‌تنیدگی T

T = نیروی پیش‌تنیدگی لازم

d = قطر پیچ

K = ضریب مهره (بی‌بعد) که مقدار آن را می‌توان از جدول زیر تعیین نمود.

جدول ۲ ـ ۹ ضریب مهره

ضریب مهره متوسط	وضعیت سطحی دنده‌های پیچ و مهره
۰/۲۴۶ ـ ۰/۱۹۴	ورق کادمیم
۰/۳۳۲	ورق روی
۰/۱۹۴ ـ ۰/۱۶۳	اکسید سیاه
۰/۱۵۵	خمیر مولیبدین سولفاید
۰/۲۱	روغن ماشین
۰/۱۴۸	واکس کارنابا
۰/۲۲	روغن اسپیندل
۰/۲۰	پیچ نو
۰/۱۳۷	گریس مولیبدین سولفیت
۰/۱۹	فسفات و روغن
۰/۱۲	گریس

۲ ـ ۴ انواع سوراخ‌های پیچ

(الف) اندازه‌های حداکثر سوراخ پیچ‌ها و پرچ‌ها در جدول ۲ ـ ۱۰ و شکل ۲ ـ ۵ داده شده است. به‌خاطر نیاز به‌رواداری‌های محل میل‌مهارها در شالوده‌های بتنی، سوراخ‌های بزرگتری در جزییات ورق‌های کف‌ستون‌ها می‌توان به‌کار برد.

(ب) در اتصالات عضو به‌عضو، باید از سوراخ‌های استاندارد استفاده شود، مگر اینکه سوراخ‌های فراخ، لوبیایی کوتاه و یا لوبیایی بلند در اتصالات پیچی از طرف طراح مورد تأیید قرار گیرد. لایی (پرکننده) تا ضخامت ۶ میلی‌متر را می‌توان در اتصالات اصطکاکی که براساس سوراخ‌های استاندارد طرح شده‌اند، وارد کرد بدون اینکه لازم باشد مقاومت برشی اسمی پیچ‌ها به‌میزان مقررشده برای سوراخ‌های لوبیایی تقلیل داده شود.

(پ) از سوراخ‌های فراخ می‌توان در هریک و یا در کلیهٔ لایه‌های اتصالات اصطکاکی استفاده کرد. لیکن از آنها نمی‌توان در اتصالات از نوع اتکایی استفاده نمود. باید در لایهٔ بیرونی روی سوراخ‌های فراخ، واشرهایی از فولاد خشکه نصب کرد.

(ت) از سوراخ‌های لوبیایی کوتاه می‌توان در هریک و یا در کلیهٔ لایه‌های اتصالات اصطکاکی و یا اتکایی استفاده نمود. در اتصالات اصطکاکی بدون توجه به‌راستای بارگذاری می‌توان از سوراخ‌های لوبیایی استفاده کرد. لیکن در اتصالات اتکایی، طول سوراخ لوبیایی باید عمود بر امتداد بارگذاری باشد. در لایهٔ بیرونی روی سوراخ‌های لوبیایی کوتاه باید واشر نصب کرد و در صورتی که از پیچ‌های پرمقاومت استفاده شده باشد، این واشرها باید از جنس فولاد خشکه باشند.

(ث) از سوراخ‌های لوبیایی بلند چه در اتصالات اصطکاکی و چه در اتصالات اتکایی، فقط در یکی از قطعات دوطرف یک سطح تماس می‌توان استفاده کرد. در اتصالات اصطکاکی بدون توجه به‌امتداد بارگذاری می‌توان از سوراخ‌های لوبیایی بلند استفاده کرد. لیکن در اتصالات اتکایی

جدول ۲ ـ ۱۰ ابعاد اسمی سوراخ‌های پیچ

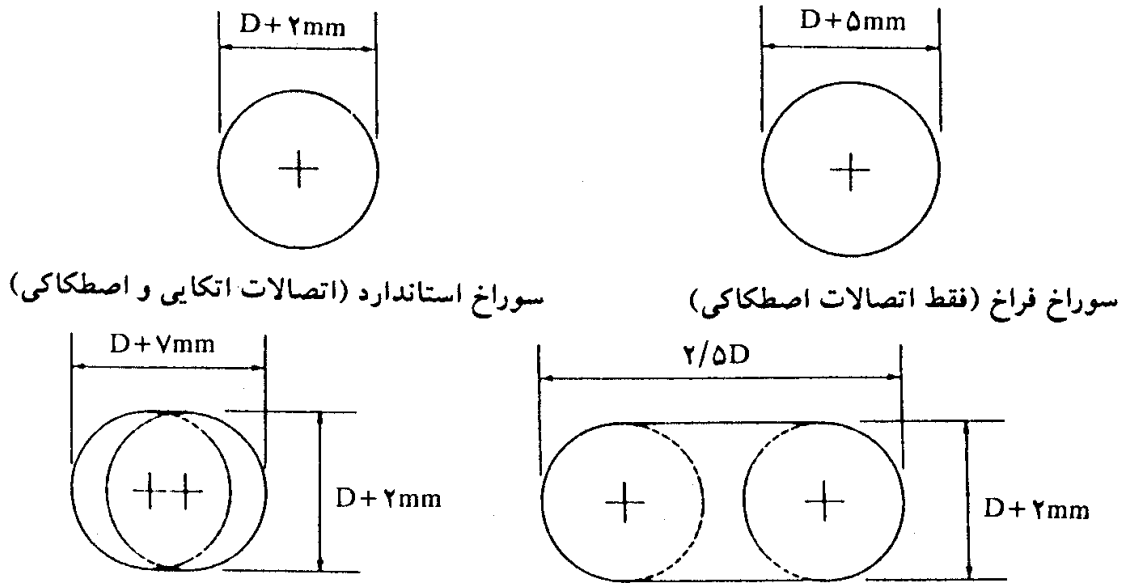
قطر پیچ (mm)	اندازهٔ حداکثر سوراخ			
	استاندارد (قطر) (mm)	فراخ (قطر) (mm)	لوبیایی کوتاه (طول×عرض) (mm)	لوبیایی بلند (طول×عرض) (mm)
d	d+۲	d+۵	(d+۲)×(d+۷)	(d+۲)×(۲/۵d)

در محاسبهٔ سطح خالص مؤثر، برای سوراخ‌هایی که با منگنه ایجاد می‌شوند، باید ۲ میلی‌متر به‌ابعاد فوق افزوده گردد.

شیارها باید بر امتداد بارگذاری عمود باشند. هرگاه سوراخ لوبیایی بلند در یک لایهٔ بیرونی به‌کار رفته باشد، واشرهای ورقی و یا تسمه‌های یکسره با سوراخ استاندارد، در ابعادی که بتوانند بعد از نصب تمام شیار را بپوشانند، باید تعبیه گردد. در اتصالات با پیچ‌های پرمقاومت ضخامت این‌گونه واشرها و یا تسمه‌های پیوسته نباید از ۵ میلی‌متر کمتر باشد و جنس آنها باید از نوع فولاد سازه‌ای باشد اما لزومی ندارد که از جنس فولاد خشکه باشد. اگر به‌خاطر وجود پیچ‌های پرمقاومت استفاده از واشرهای خشکه ضروری باشد، واشرهای خشکه را باید در روی سطح بیرونی واشر ورقی و یا تسمهٔ یکسره قرار داد.

۲ ـ ۵ پیچ‌های اتکایی و اصطکاکی

در آیین‌نامهٔ فولاد دو نوع اتصال پیش‌بینی شده است: (الف) اتصال اصطکاکی[۲] که در این نوع اتصال هرگونه لغزشی بین صفحات اتصال در اثر بار خدمت نامطلوب می‌باشد. (ب) اتصال اتکایی یا غیراصطکاکی که در آن لزومی به‌جلوگیری از لغزش صفحات اتصال در اثر بارهای خدمت احساس



شکل ۲ ـ ۵ شکل سوراخ‌ها.

2– slip critical*

* این نامگذاری اتصالاتی را می‌رساند که در مقابل لغزش بحرانی هستند و به‌هیچ‌وجه نباید در صفحات اتصال لغزش رخ دهد.

نمی‌شود. اتصالات پرچی همواره اتکایی محسوب می‌شوند، لیکن اتصالات پیچی برحسب اینکه پیچ‌ها پیش‌تنیده نشده یا شده باشند، اتکایی و اصطکاکی خواهند بود.

اتصالات اتکایی در مواردی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در آن لغزش صفحات اتصال تحت بارهای بهره‌برداری، مهم نباشد (لغزش صفحهٔ اتصال به‌اندازه‌ای که تنهٔ پیچ‌ها با جدار سوراخ‌ها تماس پیدا نمایند). اگر صفحهٔ اتصال لغزش خود را انجام دهد، از این لحظه به‌بعد، بارهای وارد بر اتصال توسط ترکیب عمل اصطکاکی و لهیدگی منتقل می‌شوند. در مواردی که بارهای وارده استاتیکی می‌باشند و جهت آن معکوس نمی‌شود، چنین لغزشی فقط یک بار رخ می‌دهد. در غیر این‌صورت در اثر لغزش صفحات اتصال در امتدادهای مختلف، نقطهٔ تماس تنهٔ پیچ با جدار سوراخ مرتباً عوض می‌شود.

۲ ـ ٦ تنش‌های مجاز پرچ‌ها و پیچ‌های اتکایی

تنش‌های مجاز ارایه شده در این قسمت برای ترکیبات بار عادی می‌باشند. در ترکیبات بار که در آن نیروی زلزله و یا باد وجود دارد، مقادیر تنش‌های مجاز را می‌توان به‌میزان $\frac{1}{3}$ افزایش داد.

۲ ـ ٦ ـ ۱ تنش برشی مجاز (F_v)

مقاومت برشی پرچ‌ها و پیچ‌ها براساس تنش برشی اسمی مجاز آنها سنجیده می‌شود. حاصل‌ضرب تنش برشی اسمی مجاز در سطح مقطع اسمی پرچ یا پیچ، نیروی برشی مجاز قابل حمل توسط پیچ را به‌دست می‌دهد. در عمل گاهی ممکن است صفحهٔ برش پیچ، در ناحیهٔ دنده‌شدهٔ آن قرار گیرد که در این حالت سطح مقطع مؤثر پیچ از سطح مقطع اسمی آن کوچکتر می‌شود. برای اینکه در این موارد نیز بتوانیم از سطح مقطع اسمی پیچ استفاده نماییم، آیین‌نامهٔ تنش‌های برشی مجاز مربوط به‌این حالت را حدود ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. در جدول ۲ ـ ۱۱ تنش برشی مجاز پرچ‌ها و پیچ‌ها در اتصالات معمولی براساس آیین‌نامهٔ فولاد ایران ارائه شده است.

۲ ـ ٦ ـ ۲ تنش لهیدگی مجاز (F_p)

فشار تماسی مجاز بر روی سطح تصویرشدهٔ پیچ یا پرچ (حاصل‌ضرب قطر در ضخامت قطعه) برای اتصالات برشی (تماسی) که در آنها حداقل فاصلهٔ مرکز به‌مرکز پیچ‌ها ۳d و فاصلهٔ انتهایی بعد از سوراخ تا لبه (در امتداد نیرو) حداقل ۱/۵d باشد، به‌شرح زیر تعیین می‌شود: (d قطر اسمی پیچ)

۱ ـ برای سوراخ‌های استاندارد یا سوراخ‌های لوبیایی کوتاه که دو یا چند پیچ در خط نیرو داشته

جدول ۲ ـ ۱۱ تنش‌های برشی مجاز پرچ‌ها و پیچ‌ها براساس سطح مقطع اسمی در اتصالات معمولی (اتصال اتکایی) طبق آیین‌نامهٔ فولاد ایران

نوع وسیلهٔ اتصال		تنش برشی مجاز* (N/mm^2)
پرچ		$0/6F_y$
پیچ معمولی		$0/17F_u$
قطعهٔ دنده شده	صفحهٔ برش از قسمت دندانه‌شده عبور می‌کند	$0/17F_u$
	صفحهٔ برش از قسمت دندانه‌شده عبور نمی‌کند	$0/22F_u$
پیچ پرمقاومت	صفحهٔ برش از قسمت دندانه‌شده عبور می‌کند	$0/2F_u$
	صفحهٔ برش از قسمت دندانه‌شده عبور نمی‌کند	$0/28F_u$

* اگر طول اتصال (فاصلهٔ دو پیچ ابتدایی و انتهایی اتصال) از ۱۲۵۰ میلی‌متر تجاوز کند، تنش‌های مجاز باید ۲۰ درصد کاهش یابند.

F_u= تنش نهایی مصالح پیچ F_y= تنش تسلیم مصالح پرچ (N/mm^2)

باشد:

$$F_p = 1/2\, F_u \qquad (۲ - ۳)$$

که در آن F_p تنش تماسی مجاز در فشار است.

۲ ـ برای سوراخ‌های لوبیایی بلند که محور شکاف عمود بر امتداد بارگذاری باشد، با دو یا چند پیچ در خط نیرو:

$$F_p = F_u \qquad (۲ - ۴)$$

۳ ـ برای سوراخ‌های استاندارد و یا سوراخ‌های لوبیایی کوتاه در سطح تصویرشدهٔ نزدیکترین پیچ و پرچ به‌لبه، که فاصله تا لبه در آنها کمتر از $1/5\,d$ و در تمام اتصال یک عدد پیچ در خط نیرو داشته باشند:

$$F_p = \frac{L_e . F_u}{2d} \leq 1/2\, F_u \qquad (۲ - ۵)$$

که در آن L_e فاصله از لبهٔ آزاد تا مرکز پیچ و d قطر پیچ است.

سطح مؤثر در تنش لهیدگی (فشار تماسی)

سطح مؤثر تماس در فشار مستقیم برای پیچ‌ها، قطعات رزوه شده و پرچ‌ها باید به‌صورت حاصل‌ضرب قطر در ضخامت تماس به‌حساب آید مگر در پیچ‌ها و پرچ‌های کله خزینه که نصف عمق خزینه باید کم شود.

۲ـ۶ـ۳ تنش کششی مجاز (F_t)

تنش کششی مجاز در پرچ‌ها و پیچ‌هایی که تحت کشش قرار می‌گیرند، مطابق جدول ۲ـ۱۲ می‌باشد.

جدول ۲ ـ ۱۲ تنش کششی مجاز برمبنای سطح مقطع اسمی پیچ و پرچ

نوع وسیلهٔ اتصال	تنش کششی مجاز F_t (N/mm^2)
پرچ	$0/75 F_y$
پیچ معمولی	$0/33 F_u$
قطعهٔ دندانه‌شده	$0/33 F_u$
پیچ پرمقاومت	$0/38 F_u$

F_u= تنش نهایی مصالح
F_y= تنش تسلیم مصالح

۲ـ۶ـ۴ اثر مشترک کشش و برش در اتصالات اتکایی

پیچ‌ها و پرچ‌هایی که تحت اثر عمل مشترک برش و کشش قرار می‌گیرند، باید طوری محاسبه شوند که تنش کششی f_t ناشی از نیروهای مؤثر بر عضو متصل شده در مقطع اسمی (A_b)، از مقادیر حاصل از روابط مندرج در جدول ۲ ـ ۱۳ بیشتر نشود. تنش برشی (f_v) که همزمان توسط همین نیروها به‌وجود می‌آید نباید از مقادیر برشی که در جدول ۲ ـ ۱۱ داده شده است بیشتر شود.

در حالت‌هایی که تنش مجاز برای اثر باد یا زلزله افزایش داده می‌شود، ضرایب F_u در روابط جدول ۲ ـ ۱۳ نیز باید به‌میزان $\frac{1}{3}$ افزایش یابد ولی ضریب مربوط به f_v را نباید افزایش داد.

۲ ـ ۷ پیچ‌های اصطکاکی

وقتی که وقوع لغزش بین صفحات در حال تماس اتصال، تحت بار بهره‌برداری مطلوب نباشد،

جدول ۲ ـ ۱۳ تنش کششی مجاز (F_t) برای وسایل اتصال با اتصال انکایی (N/mm^2)*

نوع وسیلهٔ اتصال	سطح برش از قسمت دنده‌شده می‌گذرد	سطح برش خارج از قسمت دنده‌شده می‌گذرد
پیچ معمولی	$0/43 F_u - 1/8 f_v \leq 140$	
پیچ پرمقاومت	$\sqrt{(0/38 F_u)^2 - 4/39 f_v^2}$	$\sqrt{(0/38 F_u)^2 - 2/15 f_v^2}$
قطعهٔ دنده‌شده	$0/43 F_u - 1/8 f_v \leq 0/33 F_u$	$0/43 F_u - 1/4 f_v \leq 0/33 F_u$
پرچ	$1/05 F_y - 1/3 f_v \leq 160$	

* در این جدول:

F_u= تنش نهایی مصالح پیچ (N/mm^2)

F_y= تنش جاری‌شدن مصالح پرچ (N/mm^2)

f_v= تنش برشی موجود (N/mm^2)

اتصالات اصطکاکی استفاده می‌شود. در اتصال اصطکاکی، نیرویی که از لغزش بین صفحات اتصال جلوگیری می‌کند، مساوی μT می‌باشد که در آن T نیروی پیش‌تنیدگی پیچ‌ها و μ ضریب اصطکاک بین صفحات اتصال می‌باشد.

مقدار ضریب اصطکاک μ بستگی به‌وضعیت سطوح صفحات اتصال دارد و بسته به‌اینکه سطوح صیقلی، روغنی، زنگ‌زده، رنگ‌کاری شده، و یا ماسه‌پاشی شده باشند، مقدار آن متفاوت خواهد بود. مقدار μ بین ۰/۲ تا ۰/۶ متغیر است.

۲ ـ ۷ ـ ۱ تنش برشی اسمی مجاز در پیچ‌های اصطکاکی

به‌جای استفاده از مفهوم نیروی پیش‌تنیدگی و ضریب اصطکاک، از مفهوم تنش برشی اسمی برای طراحی اتصالات اصطکاکی استفاده می‌شود. در واقع اگر نیروی پیش‌تنیدگی پیچ طبق رابطهٔ ۲ ـ ۱ مساوی $0/55 F_u A_b$ منظور شده و μ ضریب اصطکاک بین صفحات در حال تماس باشد، حاصل‌ضرب A_b $(0/55 \mu F_u)$ نیروی اصطکاکی برشی قابل حمل توسط یک پیچ پیش‌تنیده و $0/55 \mu F_u$ تنش برشی اسمی قابل حمل پیچ اصطکاکی خواهد بود. مقدار μ برای سطوح تماس تمیز که لایه‌ای از فلس اکسید آهن روی آن قرار داشته باشد در حدود ۰/۳ می‌باشد. بر این اساس، تنش برشی اسمی مجاز در پیچ‌های پیش‌تنیدهٔ اصطکاکی مطابق جدول ۲ ـ ۱۴ می‌باشد.

جدول ۲ ـ ۱۴ تنش برشی اسمی مجاز پیچ‌های پرمقاومت براساس سطح مقطع اسمی پیچ

نوع سوراخ		تنش برشی اسمی مجاز
سوراخ استاندارد		$0/15\,F_u$
سوراخ فراخ و لوبیایی کوتاه		$0/12\,F_u$
سوراخ		$0/1\,F_u$
لوبیایی بلند		$0/09\,F_u$

* در ترکیبات بارگذاری که در آن اثر باد یا زلزله وجود دارد، تنش‌های مجاز را می‌توان به‌میزان $\frac{1}{3}$ افزایش داد.

۲ ـ ۷ ـ ۲ اثر مشترک برش و کشش در پیچ‌های اصطکاکی

تنش برشی مجاز یک پیچ اصطکاکی که تحت نیروی کششی T قرار دارد، مقدار حاصل از جدول ۲ ـ ۱۴ است که در ضریب کاهش زیر ضرب شده است:

$$(1 - \frac{T}{T_b}) \qquad (۲ - ۶)$$

T_b نیروی پیش‌تنیدگی طبق رابطهٔ ۲ ـ ۱ می‌باشد.

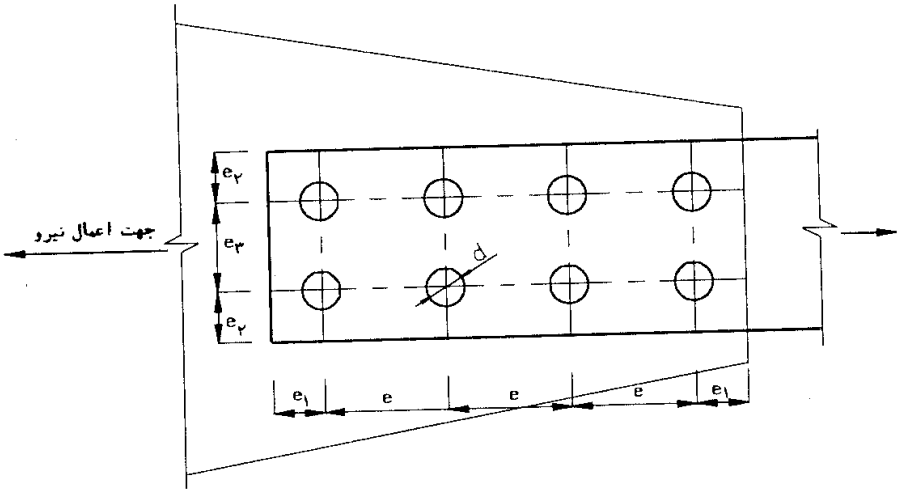
۲ ـ ۸ حداقل و حداکثر فواصل سوراخ‌های پیچ و پرچ

۲ ـ ۸ ـ ۱ حداقل فاصلهٔ مرکز به‌مرکز سوراخ‌های استاندارد، فراخ، لوبیایی کوتاه و بلند ۳d می‌باشد که d قطر پیچ یا پرچ می‌باشد. در هیچ حالتی فاصلهٔ خالص بین دو لبهٔ سوراخ نباید کمتر از ۲d گردد. به‌عنوان یک دستورالعمل اجرایی، توصیه می‌شود فاصلهٔ مرکز به‌مرکز سوراخ‌ها از ۷۵ میلی‌متر کمتر نگردد.

۲ ـ ۸ ـ ۲ حداقل فاصلهٔ انتهایی بین لبهٔ سوراخ و لبهٔ ورق در امتداد نیرو نباید کمتر از ۱/۵d باشد. در امتداد عمود بر نیرو فاصلهٔ مرکز سوراخ تا لبه نباید کمتر از ۱/۵d گردد.

۲ ـ ۸ ـ ۳ حداکثر فاصلهٔ مرکز به‌مرکز پیچ‌ها یا پرچ‌ها نباید از ۱۴ برابر ضخامت نازکترین قسمت متصل‌شونده و یا ۲۱۰ میلی‌متر بیشتر شود. فاصلهٔ مرکز پیچ تا لبه نیز نباید از ۱۲ برابر نازکترین

قسمت متصل‌شونده و یا ۱۵۰ میلی‌متر بیشتر شود. این محدودیت در مناطق با خوردگی شدید به ۸t یا ۱۲۰ میلی‌متر کاهش می‌یابد.



$2d<e_1<12t$ یا $150^{*}mm$

$1/5d<e_2<12t$ یا $150^{*}mm$

$3d<e_3,e<14t$ یا $210mm$

* در شرایط خوردگی سخت، این محدودیت به ۸t یا ۱۲۰ میلی‌متر کاهش می‌یابد.

t= ضخامت نازکترین قسمت متصل‌شونده

شکل ۲ ـ ۶

۲ ـ ۹ اتصال با طول گیرهٔ بلند

در استفاده از پیچ‌های معمولی که تنش محاسبه‌شده‌ای را تحمل می‌کنند و طول گیره در آنها از ۵ برابر قطر بیشتر است، باید به‌ازای هر ۱/۵ میلی‌متر که طول گیره از ۵ برابر قطر بیشتر باشد، یک‌درصد تعداد پیچ‌ها را اضافه کرد.

۲ ـ ۱۰ تنش لهیدگی در پین‌ها

تنش لهیدگی در روی سطح تصویر قطر در ضخامت ورق تکیه‌گاهی $F_p=0/90\ F_y$ می‌باشد که F_y تنش تسلیم ورق تکیه‌گاهی است.

۲ ـ ۱۱ محاسبهٔ اتصالات پرچی و پیچی

۲ ـ ۱۱ ـ ۱ کشش و برش ساده

برای بارگذاری سادهٔ کششی و یا برشی، نیروی وارد بر اتصال بر تعداد پیچ‌ها تقسیم می‌شود تا نیروی

وارد بر هر پیچ به‌دست آید. با تقسیم این نیرو بر تنش مجاز پیچ، سطح مقطع لازم به‌دست می‌آید.

۲ ـ ۱۱ ـ ۲ ترکیب نیروی برشی و لنگر پیچشی روی گروه پیچ (برش برون‌محور)

شکل ۲ ـ ۷ گروه پیچی را نشان می‌دهد که تحت نیروهای برشی P_x، P_y و لنگر پیچشی T قرار دارد. برای تعیین نیروی هر پیچ تحت نیروهای فوق سه روش زیر قابل استفاده است:

الف ـ روش الاستیک

در این روش نیروی وارد بر هر پیچ از روابط زیر به‌دست می‌آید:

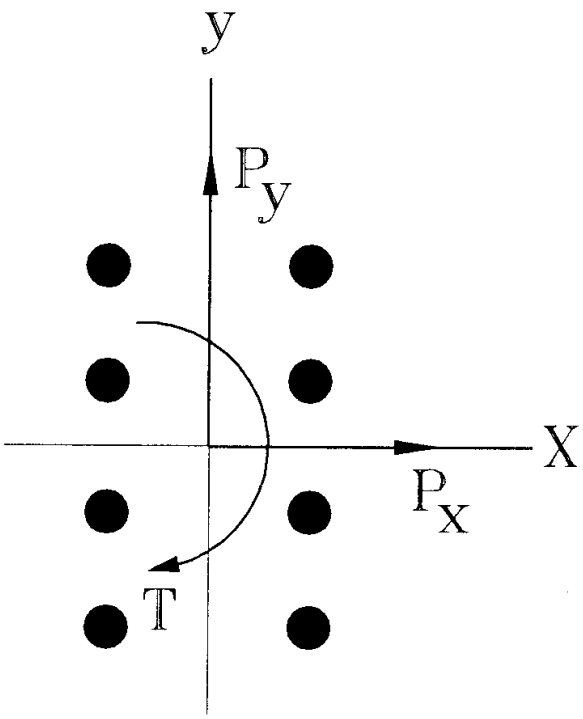
برش مستقیم به‌علت مؤلفهٔ P_x:

$$F_{sx}=\frac{P_x}{n} \qquad (۲ ـ ۷ ـ الف)$$

برش مستقیم به‌علت مؤلفهٔ P_y:

$$F_{sy}=\frac{P_y}{n} \qquad (۲ ـ ۷ ـ ب)$$

برش ناشی از پیچش T:



شکل ۲ ـ ۷ گروه پیچ تحت برش و لنگر پیچشی.

$$F_x = \frac{Ty}{\Sigma x^2_i + \Sigma y^2_i} \qquad (۲-۷-پ)$$

$$F_y = \frac{Tx}{\Sigma x^2_i + \Sigma y^2_i} \qquad (۲-۷-ت)$$

نیروی کل نیز از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$F = \sqrt{(F_x + F_{sx})^2 + (F_y + F_{sy})^2} \qquad (۲-۸)$$

در روابط فوق فرض بر این است که سطح مقطع تمام پیچ‌های گروه پیچ با هم مساوی است.

در روابط فوق:

n = تعداد پیچ‌ها

x_i = مختصهٔ x هر پیچ

y_i = مختصهٔ y هر پیچ

T = لنگر پیچشی وارد بر گروه پیچ

P_x = مؤلفهٔ x نیروی وارد بر گروه پیچ

P_y = مؤلفهٔ y نیروی وارد بر گروه پیچ

x, y = مختصات x و y دورترین پیچ نسبت به‌مرکز گروه پیچ

ب - برون‌محوری کاهش‌یافته

اگر همانند شکل ۲ - ۸ لنگر پیچشی T به‌علت تأثیر برون‌محور نیروی P باشد، می‌توان از برون‌محوری و در نتیجه لنگر پیچشی T مقداری کاست. مقدار لنگر کاهش‌یافته از روابط زیر به‌دست می‌آید:

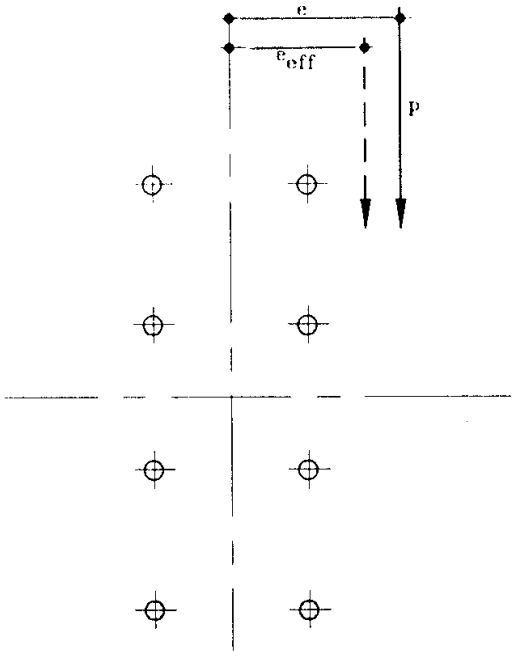
$$T_{eff} = P\, e_{eff} \qquad (۲-۹)$$

مقدار برون‌محوری کاهش‌یافته از روابط زیر قابل محاسبه است:

$$e_{eff} = e - \frac{۱+۲n}{۰/۱۶} \qquad \text{(برای گروه تک‌ستونی)} \qquad (۲-۱۰)$$

$$e_{eff} = e - \frac{۱+n}{۰/۰۸} \qquad \text{(برای گروه چندستونی)} \qquad (۲-۱۱)$$

در روابط فوق e برحسب میلی‌متر و n تعداد پیچ‌ها در یک ستون می‌باشد.



شکل ۲ ـ ۸ برون‌محوری کاهش‌یافته.

پ ـ روش تقریبی

برمبنای رفتار اتصالات برون‌محور در حالت نهایی، بار مجاز P یک اتصال برون‌محور از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$P=cmn\,A_b\,F_v \qquad (۱۲-۲)$$

در رابطهٔ فوق:

P= بار مجاز اتصال برون‌محور

m= تعداد صفحات برش پرچ یا پیچ

n= تعداد پرچ‌ها یا پیچ‌ها

A_b= سطح مقطع اسمی یک پیچ

F_v= تنش برشی مجاز پرچ یا پیچ

c= ضریب آرایش پرچ‌ها یا پیچ‌ها که از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$C=\alpha'\left(\frac{I}{۶۴۵۰۰}\right)^{\beta} \qquad (۱۳-۲)$$

$$I=\Sigma x^{۲}+\Sigma y^{۲}$$

ضرایب α' و β از روابط زیر تعیین می‌گردند:

برای اتصالاتی که دارای یک ستون پرچ یا پیچ می‌باشند:

$$\alpha'=۰/۰۱۰۴+\frac{۱۵/۸۸}{e}+\frac{۳۰۴۲/۶}{e^{۲}}-\frac{۱۱۰۶۱۳}{e^{۲}}$$

(۲ ـ ۱۴ ـ الف)

$$\beta = ۰/۶۴۵ - \frac{۳/۲۸}{e} - \frac{۲۴۸۳/۹}{e^{۲}} + \frac{۱۲۱۷۵۶}{e^{۳}}$$

برای اتصالاتی که دارای دو ستون پرچ یا پیچ می‌باشند:

$$\alpha' = ۰/۰۱۲۵ + \frac{۲۰/۶۸}{e} + \frac{۳۵۸۰/۶}{e^{۲}} - \frac{۱۳۴۷۰۲}{e^{۳}}$$

(۲ ـ ۱۴ ـ ب)

$$\beta = ۰/۶۵۱ - \frac{۰/۴۶۵}{e} - \frac{۲۰۱۹/۴}{e^{۲}} + \frac{۱۰۲۴۱۹}{e^{۳}}$$

در روابط فوق I برحسب توان چهارم میلی‌متر و e برحسب میلی‌متر است.

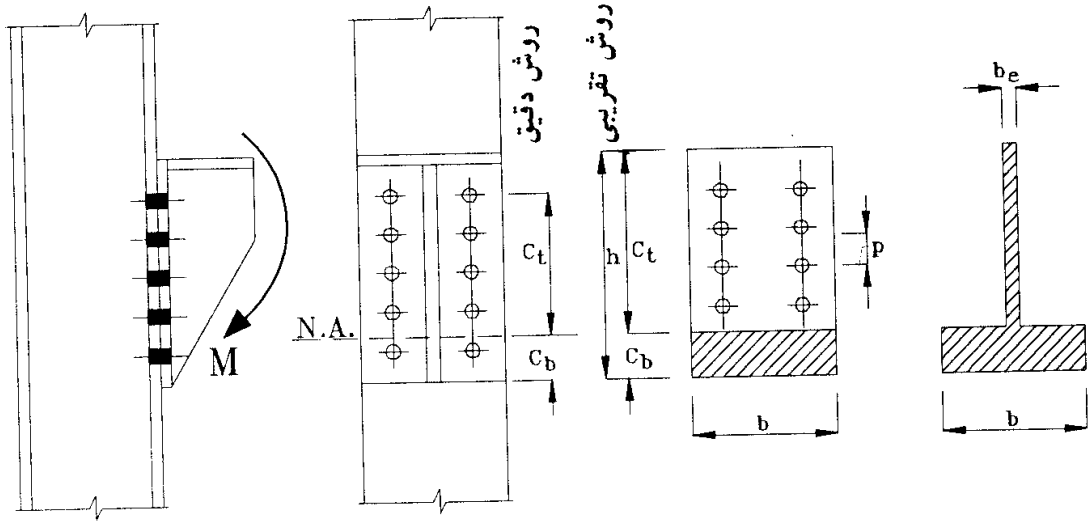
۲ ـ ۱۱ ـ ۳ تأثیر لنگر خمشی بر گروه پیچ یا پرچ

الف ـ پیچ‌های اتکایی (بدون نیروی پیش‌تنیدگی)

شکل ۲ ـ ۹ ـ الف، اتصالی را نشان می‌دهد که تحت لنگر خمشی است. با توجه به‌جهت لنگر خمشی در قسمت فوقانی کشش به‌وجود آمده و فقط سطح مقطع پیچ‌ها و یا پرچ‌ها مؤثر خواهند بود. در ناحیهٔ زیر تار خنثی بین دو صفحهٔ تماس برقرار شده و عرض تحت فشار به‌اندازهٔ عرض ورق خواهد شد (شکل ۲ ـ ۹ ـ پ). با استفاده از آزمون و خطا محل تار خنثی قابل محاسبه بوده و با محاسبهٔ ممان اینرسی و اساس مقطع می‌توان با استفاده از روابط معمول خمش اقدام به‌محاسبهٔ تنش نمود.

تنش کششی در دورترین پیچ:

$$f_t = \frac{MC_t}{I_x}$$



(الف) نمای جانبی (ب) نمای روبرو (پ) مقطع مؤثر (ت) مقطع معادل

شکل ۲ ـ ۹

تنش برشی متوسط:

$$f_v = \frac{V}{nA_b}$$

در شکل ۲ ـ ۹ ـ ت، مقطع معادل تقریبی نشان داده شده است که نتایج حاصل از کاربرد آن برای آرایش منظم پرچ‌ها، رضایت‌بخش است. برای مقطع معادل داریم:

$$b_e = \frac{A_b}{p} m \qquad (۱۵ ـ ۲)$$

که در آن:

A_b = سطح مقطع پیچ یا پرچ

p = فاصلهٔ پیچ‌ها

m = تعداد ستون پیچ

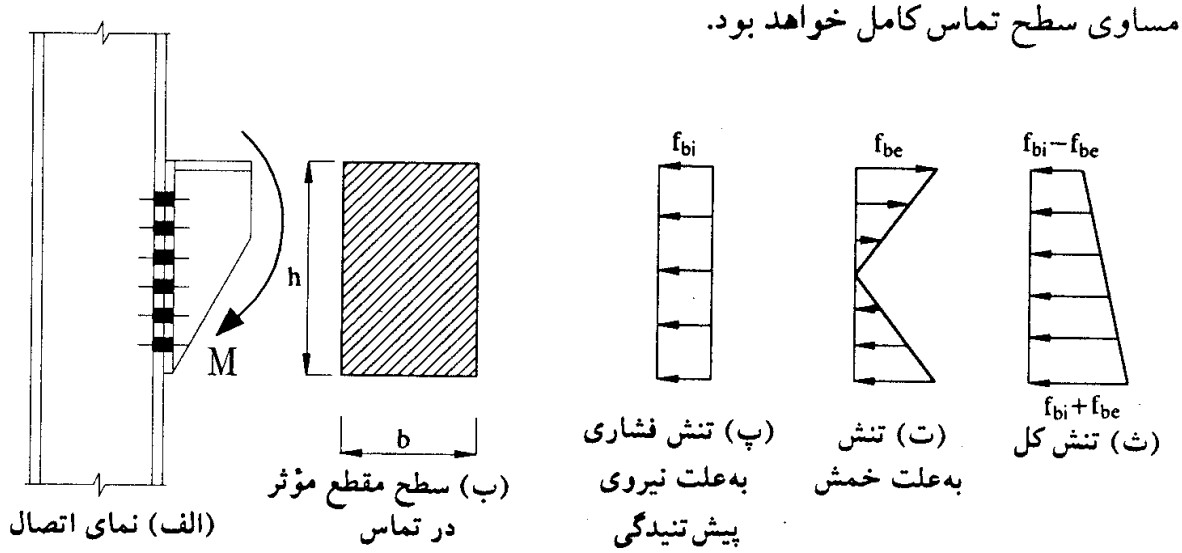
برای ارتفاع تار خنثی داریم:

$$\frac{C_b}{C_t} = \sqrt{\frac{b_e}{b}} \qquad (۱۶ ـ ۲)$$

در روش تقریبی، C_t از مرکز دورترین پیچ اندازه‌گیری می‌شود، لیکن در روش تقریبی تا بالای صفحهٔ اتصال در نظر گرفته می‌شود.

ب ـ پیچ‌های پیش‌تنیده

در صورتی که پیچ‌ها پیش‌تنیده باشند، به‌واسطهٔ نیروی پیش‌تنیدگی، دو سطح در تماس قرارگرفته و تا مادامی‌که تنش کششی ناشی از لنگر از تنش فشاری تماسی بیشتر نگردد، سطح مقطع مؤثر مقطع مساوی سطح تماس کامل خواهد بود.



شکل ۲ ـ ۱۰

تنش فشاری تماسی ناشی از پیش‌تنیدگی:

$$f_{bi}=\frac{\Sigma T_i}{bh} \qquad (۲-۱۷)$$

تنش کششی و فشاری ناشی از لنگر خارجی

$$f_{tb}=\frac{M(۰/۵h)}{I}=\frac{۶M}{bh^۲}$$

۲ـ۱۲ ظرفیت مجاز پیچ‌ها تحت بار برون‌محور

جدول ۲ ـ ۱۵ روش سریعی برای تعیین ظرفیت گروه پیچ تحت نیروی برشی برون‌محور می‌باشند. طبق این جدول، ظرفیت گروه پیچ برابر است با:

$$P=Cr_v \qquad (۲-۱۸)$$

که در آن:

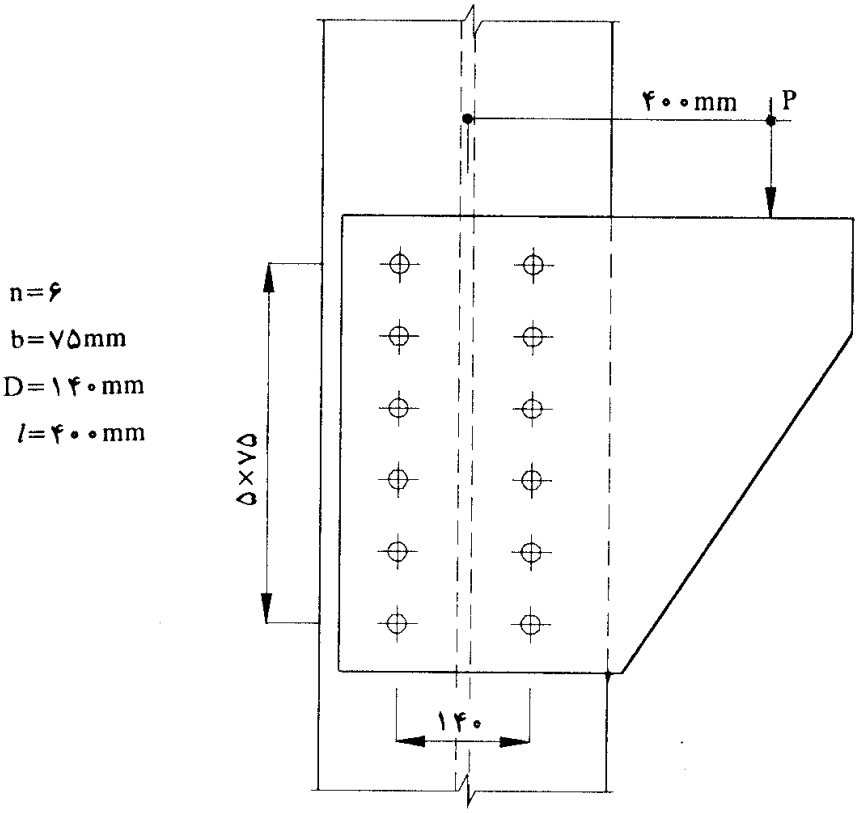
r_v= نیروی برشی مجاز یک پیچ

C= ضریبی که از جدول به‌دست می‌آید

n= تعداد پیچ‌های موجود در یک ستون قائم

مثال:

مطلوب است تعیین ظرفیت نیروی P برای اتصال نشان داده شده در شکل. پیچ‌ها ۲۰ میلی‌متر



شکل ۲ ـ ۱۱

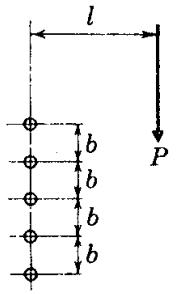
اصطکاکی از نوع ۱۰/۹ آلمانی با F_u=۱۰۰۰ N/mm^{۲} می‌باشند. سوراخ‌ها استاندارد می‌باشند.

از جدول مقدار C=۳/۵۵ به‌دست می‌آید:

r_v=۰/۱۵×۱۰۰۰×۳۱۴×۱۰$^{-۳}$=۴۷/۱ kN

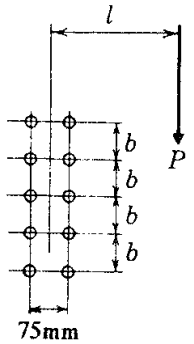
P=۳/۵۵×۴۷/۱=۱۶۷/۲ kN

جدول ۲ ـ ۱۵ ـ الف ظرفیت مجاز پیچ‌های برون‌محور



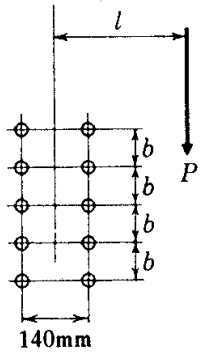
	l mm	n = 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
b = 75 mm	50	1.18	2.23	3.32	4.40	5.45	6.48	7.51	8.52	9.53	10.54	11.54
	75	.88	1.77	2.83	3.91	4.99	6.07	7.13	8.17	9.21	10.24	11.26
	100	.69	1.40	2.38	3.42	4.49	5.58	6.66	7.73	8.79	9.85	10.89
	125	.56	1.15	2.01	2.97	4.01	5.08	6.16	7.24	8.32	9.39	10.46
	150	.48	1.00	1.73	2.59	3.57	4.60	5.66	6.74	7.82	8.90	9.98
	175	.41	.83	1.51	2.28	3.18	4.16	5.19	6.24	7.32	8.40	9.48
	200	.36	.73	1.34	2.04	2.86	3.76	4.75	5.77	6.83	7.89	8.97
	225	.32	.65	1.21	1.83	2.59	3.43	4.35	5.32	6.36	7.41	8.48
	250	.29	.59	1.09	1.66	2.36	3.14	4.00	4.93	5.91	6.95	8.00
	300	.24	.49	.92	1.40	2.00	2.68	3.44	4.27	5.16	6.10	7.08
	350	.21	.42	.79	1.21	1.74	2.33	3.01	3.75	4.56	5.42	6.32
	400	.18	.37	.70	1.06	1.53	2.06	2.67	3.33	4.06	4.85	5.69
	450	.16	.33	.62	.95	1.37	1.84	2.39	3.00	3.66	4.38	5.15
	500	.15	.30	.56	.85	1.24	1.67	2.17	2.72	3.33	3.99	4.70
	600	.12	.25	.47	.71	1.03	1.40	1.82	2.29	2.81	3.37	3.99
	700	.11	.21	.40	.61	.89	1.20	1.57	1.97	2.42	2.92	3.45
	800	.09	.19	.35	.54	.78	1.05	1.38	1.73	2.13	2.57	3.04
	900	.08	.17	.31	.48	.69	.94	1.22	1.54	1.90	2.29	2.72
b = 150 mm	50	1.63	2.72	3.75	4.77	5.77	6.77	7.76	8.75	9.74	10.73	11.72
	75	1.39	2.48	3.56	4.60	5.63	6.65	7.65	8.66	9.66	10.65	11.64
	100	1.18	2.23	3.32	4.40	5.45	6.48	7.51	8.52	9.53	10.54	11.54
	125	1.01	1.99	3.07	4.16	5.23	6.29	7.33	8.36	9.39	10.40	11.41
	150	.88	1.77	2.83	3.91	4.99	6.07	7.13	8.17	9.21	10.24	11.26
	175	.77	1.57	2.59	3.66	4.75	5.83	6.90	7.96	9.01	10.05	11.09
	200	.69	1.40	2.38	3.42	4.49	5.58	6.66	7.73	8.79	9.85	10.89
	225	.62	1.26	2.18	3.19	4.25	5.33	6.41	7.49	8.56	9.63	10.69
	250	.56	1.15	2.01	2.97	4.01	5.08	6.16	7.24	8.32	9.39	10.46
	300	.48	1.00	1.73	2.59	3.57	4.60	5.66	6.74	7.82	8.90	9.98
	350	.41	.83	1.51	2.28	3.18	4.16	5.19	6.24	7.32	8.40	9.48
	400	.36	.73	1.34	2.04	2.86	3.76	4.75	5.77	6.83	7.89	8.97
	450	.32	.65	1.21	1.83	2.59	3.43	4.35	5.32	6.36	7.41	8.48
	500	.29	.59	1.09	1.66	2.36	3.14	4.00	4.93	5.91	6.95	8.00
	600	.24	.49	.92	1.40	2.00	2.68	3.44	4.27	5.16	6.10	7.08
	700	.21	.42	.79	1.21	1.74	2.33	3.01	3.75	4.56	5.42	6.32
	800	.18	.37	.70	1.06	1.53	2.06	2.67	3.33	4.06	4.85	5.69
	900	.16	.33	.62	.95	1.37	1.84	2.39	3.00	3.66	4.38	5.15

جدول ۲ ـ ۱۵ ـ ب ظرفیت مجاز پیچ‌های برون‌محور



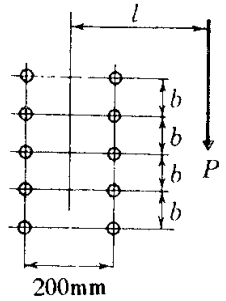
	l mm	n = 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
b = 75 mm	50	.84	2.54	4.50	6.62	8.74	10.84	12.92	14.97	17.00	19.03	21.04	23.04
	75	.65	2.03	3.68	5.69	7.80	9.94	12.07	14.19	16.29	18.36	20.42	22.47
	100	.54	1.67	3.06	4.87	6.87	8.97	11.11	13.26	15.40	17.52	19.64	21.73
	125	.45	1.42	2.59	4.21	6.03	8.04	10.14	12.28	14.43	16.58	18.72	20.85
	150	.39	1.22	2.25	3.69	5.33	7.20	9.21	11.30	13.44	15.59	17.74	19.90
	175	.35	1.08	1.98	3.27	4.75	6.48	8.37	10.38	12.47	14.59	16.74	18.90
	200	.31	.96	1.78	2.93	4.27	5.87	7.63	9.55	11.56	13.63	15.75	17.90
	225	.28	.86	1.61	2.65	3.87	5.34	6.97	8.76	10.72	12.73	14.80	16.92
	250	.26	.79	1.46	2.42	3.53	4.90	6.42	8.10	9.92	11.89	13.90	15.97
	300	.22	.67	1.24	2.06	3.01	4.19	5.51	7.01	8.64	10.39	12.24	14.24
	350	.19	.58	1.08	1.78	2.62	3.66	4.82	6.15	7.61	9.20	10.90	12.69
	400	.17	.51	.95	1.57	2.32	3.24	4.27	5.47	6.79	8.23	9.78	11.43
	450	.15	.45	.85	1.41	2.07	2.90	3.83	4.92	6.11	7.43	8.85	10.37
	500	.14	.41	.77	1.27	1.88	2.63	3.48	4.46	5.55	6.76	8.07	9.48
	600	.12	.34	.65	1.07	1.58	2.21	2.93	3.76	4.69	5.73	6.84	8.06
	700	.10	.29	.56	.92	1.36	1.90	2.53	3.25	4.05	4.96	5.93	7.00
	800	.09	.26	.49	.80	1.19	1.67	2.22	2.86	3.56	4.36	5.23	6.18
	900	.08	.23	.43	.72	1.06	1.49	1.98	2.55	3.18	3.89	4.67	5.52
b = 150 mm	50	.84	3.25	5.40	7.48	9.51	11.52	13.52	15.51	17.49	19.47	21.45	23.43
	75	.65	2.79	4.94	7.08	9.18	11.24	13.27	15.29	17.29	19.29	21.28	23.27
	100	.54	2.41	4.45	6.62	8.76	10.87	12.94	14.99	17.02	19.05	21.06	23.06
	125	.45	2.10	3.98	6.13	8.29	10.43	12.54	14.63	16.69	18.74	20.78	22.80
	150	.39	1.85	3.56	5.64	7.80	9.96	12.10	14.22	16.31	18.39	20.45	22.49
	175	.35	1.64	3.19	5.19	7.30	9.46	11.62	13.76	15.88	17.99	20.07	22.14
	200	.31	1.47	2.87	4.77	6.82	8.96	11.12	13.28	15.43	17.55	19.66	21.76
	225	.28	1.34	2.61	4.40	6.37	8.47	10.62	12.79	14.94	17.09	19.22	21.34
	250	.26	1.22	2.39	4.07	5.95	8.00	10.13	12.28	14.45	16.60	18.75	20.88
	300	.22	1.04	2.04	3.52	5.21	7.14	9.18	11.29	13.44	15.60	17.77	19.92
	350	.19	.90	1.78	3.10	4.61	6.37	8.32	10.36	12.46	14.60	16.76	18.92
	400	.17	.80	1.57	2.75	4.12	5.74	7.53	9.50	11.53	13.63	15.76	17.91
	450	.15	.71	1.41	2.48	3.72	5.21	6.88	8.70	10.68	12.71	14.80	16.92
	500	.14	.64	1.28	2.25	3.38	4.77	6.31	8.02	9.86	11.86	13.89	15.97
	600	.12	.54	1.07	1.90	2.86	4.06	5.40	6.91	8.56	10.33	12.20	14.15
	700	.10	.46	.93	1.64	2.47	3.52	4.70	6.05	7.52	9.13	10.84	12.65
	800	.09	.41	.81	1.44	2.18	3.11	4.16	5.36	6.69	8.15	9.71	11.38
	900	.08	.36	.73	1.29	1.44	2.78	3.72	4.81	6.02	7.34	8.78	10.31

جدول ۲ ـ ۱۵ ـ پ ظرفیت مجاز پیچ‌های برون‌محور



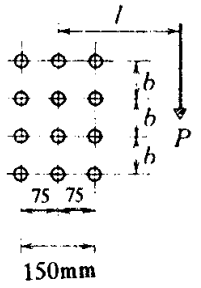
	l mm	n = 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
b = 75 mm	50	1.14	2.75	4.63	6.70	8.77	10.84	12.90	14.94	16.98	19.00	21.01	23.02
	75	.94	2.32	3.94	5.84	7.88	9.97	12.07	14.17	16.26	18.33	20.39	22.44
	100	.80	1.99	3.39	5.10	7.01	9.05	11.15	13.27	15.38	17.50	19.60	21.69
	125	.70	1.74	2.97	4.51	6.25	8.18	10.22	12.31	14.44	16.57	18.70	20.82
	150	.62	1.54	2.64	4.03	5.61	7.40	9.34	11.38	13.48	15.60	17.74	19.88
	175	.55	1.38	2.36	3.63	5.07	6.73	8.55	10.51	12.54	14.64	16.76	18.90
	200	.50	1.25	2.14	3.30	4.61	6.15	7.86	9.71	11.67	13.71	15.80	17.92
	225	.46	1.14	1.96	3.01	4.22	5.66	7.24	8.99	10.86	12.83	14.87	16.96
	250	.42	1.04	1.80	2.78	3.89	5.23	6.71	8.35	10.13	12.02	14.00	16.03
	300	.37	.90	1.55	2.39	3.36	4.53	5.82	7.29	8.88	10.61	12.43	14.35
	350	.32	.79	1.37	2.10	2.96	3.99	5.13	6.44	7.87	9.44	11.09	12.85
	400	.29	.70	1.22	1.87	2.64	3.55	4.58	5.76	7.05	8.48	9.99	11.62
	450	.26	.63	1.10	1.68	2.38	3.20	4.14	5.21	6.38	7.68	9.08	10.58
	500	.24	.58	1.00	1.53	2.16	2.91	3.77	4.75	5.82	7.02	8.31	9.69
	600	.20	.49	.84	1.29	1.83	2.46	3.19	4.03	4.94	5.97	7.07	8.28
	700	.18	.42	.73	1.12	1.58	2.13	2.77	3.49	4.29	5.19	6.15	7.21
	800	.16	.38	.64	.98	1.39	1.88	2.44	3.08	3.79	4.58	5.44	6.38
	900	.14	.33	.58	.88	1.24	1.68	2.18	2.75	3.39	4.10	4.87	5.72
b = 150 mm	50	1.14	3.28	5.40	7.46	9.50	11.51	13.51	15.50	17.48	19.46	21.44	23.42
	75	.94	2.86	4.95	7.07	9.16	11.22	13.25	15.27	17.28	19.28	21.27	23.26
	100	.80	2.52	4.49	6.62	8.74	10.84	12.92	14.97	17.01	19.03	21.04	23.05
	125	.70	2.24	4.05	6.14	8.28	10.41	12.52	14.61	16.67	18.72	20.76	22.78
	150	.62	2.00	3.66	5.68	7.80	9.94	12.08	14.19	16.29	18.37	20.43	22.47
	175	.55	1.81	3.32	5.24	7.32	9.46	11.60	13.74	15.86	17.97	20.05	22.12
	200	.50	1.64	3.02	4.85	6.86	8.97	11.11	13.26	15.40	17.53	19.64	21.73
	225	.46	1.50	2.77	4.50	6.42	8.49	10.62	12.77	14.92	17.06	19.19	21.30
	250	.42	1.38	2.56	4.18	6.02	8.03	10.13	12.28	14.43	16.58	18.73	20.86
	300	.37	1.19	2.21	3.66	5.31	7.19	9.20	11.30	13.43	15.59	17.75	19.90
	350	.32	1.05	1.95	3.24	4.72	6.46	8.36	10.38	12.46	14.59	16.75	18.91
	400	.29	.93	1.74	2.90	4.24	5.83	7.59	9.54	11.55	13.63	15.75	17.90
	450	.26	.84	1.57	2.62	3.84	5.31	6.95	8.75	10.71	12.72	14.80	16.92
	500	.24	.76	1.43	2.39	3.50	4.87	6.39	8.09	9.91	11.88	13.90	15.97
	600	.20	.64	1.21	2.02	2.98	4.16	5.49	6.99	8.62	10.37	12.23	14.23
	700	.18	.55	1.05	1.76	2.59	3.63	4.80	6.13	7.59	9.18	10.88	12.68
	800	.16	.49	.93	1.55	2.29	3.21	4.25	5.45	6.77	8.21	9.76	11.42
	900	.14	.44	.83	1.38	2.05	2.88	3.81	4.90	6.09	7.41	8.83	10.36

جدول ۲ ـ ۱۵ ـ ت ظرفیت مجاز پیچ‌های برون‌محور



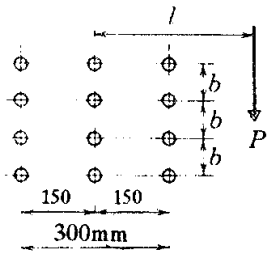
	l	n											
	mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
b = 75 mm	50	1.31	2.91	4.74	6.85	8.85	10.88	12.91	14.94	16.97	18.99	21.00	23.00
	75	1.16	2.54	4.15	5.99	8.02	10.06	12.12	14.19	16.26	18.32	20.37	22.42
	100	.98	2.24	3.66	5.33	7.20	9.18	11.23	13.32	15.41	17.50	19.59	21.67
	125	.92	2.20	3.27	4.80	6.50	8.37	10.35	12.40	14.49	16.60	18.71	20.81
	150	.79	1.80	2.96	4.35	5.91	7.65	9.53	11.51	13.57	15.66	17.77	19.89
	175	.71	1.63	2.70	3.97	5.40	7.02	8.79	10.69	12.68	14.73	16.82	18.93
	200	.65	1.50	2.46	3.65	4.97	6.48	8.13	9.93	11.84	13.83	15.89	17.98
	225	.60	1.38	2.27	3.37	4.59	6.01	7.56	9.26	11.08	13.00	14.99	17.05
	250	.56	1.28	2.11	3.13	4.27	5.59	7.05	8.65	10.38	12.22	14.15	16.15
	300	.49	1.11	1.84	2.73	3.73	4.90	6.19	7.63	9.18	10.86	12.65	14.52
	350	.44	.99	1.64	2.42	3.32	4.36	5.51	6.80	8.20	9.73	11.37	13.11
	400	.39	.89	1.47	2.17	2.98	3.91	4.95	6.13	7.40	8.80	10.30	11.90
	450	.36	.81	1.33	1.97	2.70	3.55	4.50	5.57	6.73	8.01	9.39	10.87
	500	.33	.74	1.22	1.80	2.47	3.25	4.12	5.10	6.17	7.35	8.62	10.00
	600	.28	.63	1.04	1.54	2.11	2.77	3.51	4.35	5.28	6.30	7.39	8.59
	700	.25	.55	.91	1.34	1.83	2.41	3.06	3.79	4.60	5.50	6.46	7.51
	800	.22	.49	.81	1.18	1.62	2.13	2.71	3.36	4.08	4.87	5.73	6.67
	900	.20	.44	.73	1.06	1.46	1.91	2.43	3.01	3.66	4.37	5.15	5.99
b = 150 mm	50	1.31	3.37	5.42	7.46	9.49	11.50	13.50	15.49	17.47	19.46	21.43	23.41
	75	1.16	2.94	4.99	7.08	9.15	11.21	13.24	15.26	17.27	19.27	21.26	23.25
	100	.98	2.63	4.55	6.64	8.74	10.83	12.90	14.95	16.99	19.01	21.03	23.03
	125	.92	2.37	4.15	6.18	8.29	10.41	12.51	14.59	16.66	18.70	20.74	22.77
	150	.79	2.15	3.78	5.74	7.82	9.95	12.07	14.18	16.27	18.35	20.41	22.45
	175	.71	1.97	3.47	5.33	7.36	9.47	11.60	13.73	15.84	17.94	20.03	22.10
	200	.65	1.81	3.19	4.96	6.92	8.99	11.12	13.26	15.39	17.51	19.61	21.71
	225	.60	1.67	2.95	4.63	6.50	8.53	10.64	12.77	14.91	17.05	19.17	21.28
	250	.56	1.55	2.75	4.33	6.11	8.09	10.16	12.28	14.43	16.57	18.71	20.84
	300	.49	1.35	2.41	3.82	5.43	7.27	9.25	11.33	13.44	15.59	17.74	19.89
	350	.44	1.20	2.14	3.41	4.87	6.57	8.44	10.42	12.49	14.60	16.74	18.90
	400	.39	1.08	1.92	3.07	4.40	5.97	7.71	9.60	11.59	13.65	15.76	17.90
	450	.36	1.01	1.75	2.79	4.00	5.46	7.08	8.86	10.77	12.76	14.82	16.93
	500	.33	.89	1.60	2.56	3.67	5.02	6.53	8.21	10.02	11.93	13.93	15.99
	600	.28	.76	1.37	2.19	3.14	4.32	5.63	7.11	8.72	10.45	12.29	14.27
	700	.25	.66	1.19	1.90	2.75	3.78	4.93	6.26	7.70	9.27	10.96	12.74
	800	.22	.59	1.06	1.69	2.44	3.35	4.38	5.58	6.88	8.31	9.85	11.49
	900	.20	.52	.95	1.51	2.19	3.01	3.94	5.02	6.21	7.52	8.93	10.44

جدول ۲ ـ ۱۵ ـ ث ظرفیت مجاز پیچ‌های برون‌محور



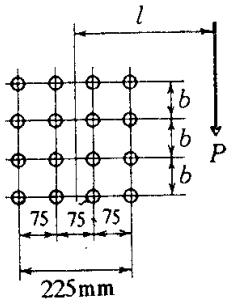
	l mm	n = 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
b = 75 mm	50	1.72	4.08	6.89	9.96	13.09	16.21	19.31	22.39	25.44	28.48	31.50	34.51
	75	1.42	3.40	5.79	8.66	11.73	14.89	18.06	21.21	24.35	27.47	30.56	33.63
	100	1.21	2.90	4.97	7.54	10.41	13.49	16.65	19.84	23.03	26.20	29.36	32.51
	125	1.06	2.51	4.35	6.64	9.26	12.16	15.23	18.40	21.59	24.80	28.00	31.19
	150	.92	2.21	3.85	5.91	8.28	10.98	13.91	16.98	20.14	23.34	26.55	29.77
	175	.81	1.96	3.45	5.31	7.46	9.96	12.71	15.66	18.73	21.88	25.07	28.29
	200	.72	1.77	3.11	4.80	6.78	9.09	11.65	14.45	17.40	20.47	23.62	26.81
	225	.64	1.60	2.83	4.38	6.20	8.34	10.73	13.37	16.19	19.15	22.22	25.36
	250	.58	1.46	2.59	4.02	5.71	7.70	9.92	12.40	15.08	17.93	20.90	23.97
	300	.49	1.24	2.21	3.44	4.91	6.65	8.59	10.80	13.20	15.79	18.55	21.43
	350	.42	1.08	1.92	3.01	4.30	5.83	7.57	9.53	11.68	14.01	16.51	19.17
	400	.37	.95	1.70	2.66	3.82	5.19	6.75	8.51	10.45	12.58	14.87	17.32
	450	.33	.85	1.52	2.39	3.43	4.67	6.08	7.68	9.44	11.40	13.50	15.75
	500	.29	.77	1.37	2.16	3.11	4.24	5.53	6.99	8.61	10.40	12.34	14.43
	600	.25	.65	1.15	1.82	2.62	3.57	4.67	5.92	7.30	8.84	10.50	12.31
	700	.21	.56	.99	1.57	2.26	3.08	4.03	5.12	6.33	7.67	9.13	10.71
	800	.18	.49	.87	1.38	1.98	2.71	3.55	4.51	5.58	6.77	8.06	9.47
	900	.16	.43	.77	1.23	1.77	2.42	3.17	4.03	4.98	6.05	7.21	8.48
b = 150 mm	50	1.72	4.88	8.07	11.18	14.23	17.26	20.26	23.24	26.22	29.19	32.16	35.12
	75	1.42	4.24	7.39	10.59	13.73	16.81	19.87	22.90	25.91	28.91	31.90	34.89
	100	1.21	3.72	6.69	9.90	13.10	16.25	19.37	22.44	25.50	28.54	31.56	34.57
	125	1.06	3.29	6.02	9.18	12.40	15.60	18.76	21.90	25.00	28.07	31.13	34.17
	150	.92	2.93	5.43	8.47	11.67	14.89	18.10	21.27	24.42	27.54	30.63	33.70
	175	.81	2.63	4.91	7.81	10.94	14.16	17.38	20.59	23.78	26.94	30.06	33.17
	200	.72	2.38	4.47	7.22	10.24	13.42	16.65	19.87	23.09	26.28	29.45	32.58
	225	.64	2.17	4.09	6.68	9.58	12.70	15.90	19.13	22.37	25.58	28.77	31.95
	250	.58	2.00	3.78	6.21	8.97	12.01	15.17	18.39	21.62	24.86	28.07	31.27
	300	.49	1.71	3.27	5.42	7.91	10.74	13.77	16.92	20.13	23.36	26.60	29.83
	350	.42	1.49	2.87	4.78	7.03	9.64	12.50	15.53	18.67	21.87	25.10	28.34
	400	.37	1.32	2.55	4.28	6.29	8.69	11.34	14.26	17.29	20.42	23.61	26.83
	450	.33	1.19	2.30	3.86	5.70	7.91	10.38	13.08	16.03	19.06	22.17	25.35
	500	.29	1.08	2.09	3.51	5.20	7.25	9.54	12.09	14.82	17.79	20.82	23.93
	600	.25	.91	1.76	2.97	4.42	6.19	8.18	10.44	12.89	15.52	18.31	21.32
	700	.21	.78	1.52	2.57	3.84	5.39	7.14	9.15	11.35	13.73	16.29	18.99
	800	.18	.69	1.33	2.27	3.39	4.76	6.33	8.13	10.11	12.28	14.61	17.10
	900	.16	.61	1.19	2.03	3.03	4.27	5.68	7.31	9.10	11.08	13.22	15.51

جدول ۲ - ۱۵ - ج ظرفیت مجاز پیچ‌های برون‌محور



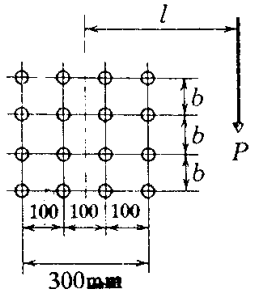
	l mm	n = 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
b = 75 mm	50	2.29	4.62	7.24	10.41	13.36	16.35	19.37	22.39	25.41	28.44	31.45	34.45
	75	1.92	4.06	6.43	9.11	12.16	15.15	18.20	21.27	24.35	27.42	30.49	33.55
	100	1.72	3.65	5.80	8.24	10.92	13.89	16.90	19.98	23.09	26.20	29.32	32.43
	125	1.55	3.31	5.27	7.51	9.99	12.72	15.63	18.65	21.74	24.86	28.00	31.15
	150	1.42	3.02	4.82	6.88	9.16	11.71	14.46	17.37	20.39	23.48	26.62	29.77
	175	1.31	2.78	4.44	6.34	8.46	10.83	13.41	16.18	19.10	22.13	25.23	28.37
	200	1.21	2.56	4.10	5.88	7.85	10.07	12.48	15.11	17.91	20.84	23.87	26.96
	225	1.13	2.38	3.81	5.47	7.32	9.39	11.66	14.15	16.81	19.63	22.57	25.60
	250	1.06	2.22	3.56	5.10	6.84	8.79	10.93	13.29	15.82	18.52	21.35	24.30
	300	.92	1.95	3.12	4.48	6.04	7.78	9.70	11.81	14.09	16.56	19.18	21.94
	350	.81	1.72	2.78	4.00	5.39	6.95	8.69	10.61	12.68	14.93	17.33	19.89
	400	.72	1.54	2.49	3.59	4.85	6.27	7.85	9.60	11.50	13.56	15.77	18.13
	450	.64	1.39	2.25	3.25	4.40	5.70	7.15	8.75	10.50	12.41	14.44	16.63
	500	.58	1.26	2.05	2.97	4.02	5.22	6.56	8.03	9.65	11.42	13.31	15.34
	600	.49	1.06	1.74	2.52	3.43	4.45	5.60	6.88	8.29	9.82	11.47	13.24
	700	.42	.92	1.50	2.19	2.98	3.87	4.88	6.00	7.24	8.59	10.05	11.62
	800	.37	.81	1.32	1.93	2.63	3.42	4.32	5.32	6.42	7.62	8.93	10.33
	900	.33	.72	1.18	1.72	2.35	3.06	3.87	4.77	5.76	6.84	8.02	9.29
b = 150 mm	50	2.29	5.15	8.15	11.18	14.21	17.22	20.22	23.21	26.19	29.16	32.13	35.09
	75	1.92	4.48	7.53	10.61	13.70	16.77	19.82	22.85	25.86	28.87	31.86	34.84
	100	1.72	4.08	6.89	9.96	13.09	16.21	19.31	22.39	25.44	28.48	31.50	34.51
	125	1.55	3.71	6.31	9.29	12.42	15.57	18.71	21.83	24.93	28.01	31.06	34.11
	150	1.42	3.40	5.79	8.66	11.73	14.89	18.06	21.21	24.35	27.47	30.56	33.63
	175	1.31	3.14	5.35	8.07	11.05	14.18	17.36	20.54	23.71	26.86	29.99	33.09
	200	1.21	2.90	4.97	7.54	10.41	13.49	16.65	19.84	23.03	26.20	29.36	32.51
	225	1.13	2.69	4.64	7.07	9.81	12.81	15.93	19.12	22.32	25.51	28.70	31.86
	250	1.06	2.51	4.35	6.64	9.26	12.16	15.23	18.40	21.59	24.80	28.00	31.19
	300	.92	2.21	3.85	5.91	8.28	10.98	13.91	16.98	20.14	23.34	26.55	29.77
	350	.81	1.96	3.45	5.31	7.46	9.96	12.71	15.66	18.73	21.88	25.07	28.29
	400	.72	1.77	3.11	4.80	6.78	9.09	11.65	14.45	17.40	20.47	23.62	26.81
	450	.64	1.60	2.83	4.38	6.20	8.34	10.73	13.37	16.19	19.15	22.22	25.36
	500	.58	1.46	2.59	4.02	5.71	7.70	9.92	12.40	15.08	17.93	20.90	23.97
	600	.49	1.24	2.21	3.44	4.91	6.65	8.59	10.80	13.20	15.79	18.55	21.43
	700	.42	1.08	1.92	3.01	4.30	5.83	7.57	9.53	11.68	14.01	16.51	19.17
	800	.37	.95	1.70	2.66	3.82	5.19	6.75	8.51	10.45	12.58	14.87	17.32
	900	.33	.85	1.52	2.39	3.43	4.67	6.08	7.68	9.44	11.40	13.50	15.75

جدول ۲ - ۱۵ - چ ظرفیت مجاز پیچ‌های برون‌محور



	l mm	n = 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
b = 75 mm	50	2.60	5.71	9.37	13.42	17.50	21.61	25.71	29.79	33.86	37.91	41.94	45.95
	75	2.23	4.92	8.05	11.77	15.75	19.88	24.05	28.23	32.39	36.53	40.66	44.76
	100	1.94	4.30	7.09	10.39	14.09	18.09	22.23	26.43	30.65	34.86	39.06	43.24
	125	1.69	3.79	6.31	9.29	12.66	16.42	20.42	24.56	28.77	33.01	37.26	41.49
	150	1.49	3.37	5.65	8.37	11.45	14.94	18.73	22.74	26.88	31.10	35.35	39.61
	175	1.32	3.03	5.10	7.59	10.43	13.67	17.22	21.05	25.06	29.20	33.42	37.67
	200	1.19	2.74	4.64	6.93	9.56	12.57	15.88	19.51	23.36	27.38	31.52	35.73
	225	1.07	2.50	4.24	6.36	8.81	11.61	14.70	18.13	21.80	25.68	29.71	33.84
	250	1.00	2.29	3.90	5.86	8.15	10.77	13.67	16.90	20.39	24.10	28.00	32.03
	300	.83	1.96	3.34	5.06	7.06	9.37	11.96	14.83	17.96	21.35	24.95	28.72
	350	.73	1.72	2.92	4.44	6.22	8.27	10.59	13.17	15.99	19.07	22.37	25.87
	400	.65	1.52	2.59	3.95	5.54	7.39	9.48	11.82	14.39	17.19	20.20	23.43
	450	.58	1.37	2.33	3.56	4.99	6.67	8.57	10.70	13.05	15.62	18.38	21.37
	500	.53	1.24	2.12	3.23	4.53	6.07	7.81	9.77	11.93	14.30	16.85	19.61
	600	.45	1.05	1.79	2.73	3.83	5.14	6.62	8.30	10.15	12.19	14.41	16.80
	700	.39	.90	1.55	2.36	3.31	4.45	5.73	7.20	8.82	10.61	12.55	14.66
	800	.34	.79	1.36	2.07	2.92	3.92	5.05	6.35	7.79	9.38	11.11	12.98
	900	.31	.71	1.21	1.85	2.60	3.50	4.51	5.68	6.96	8.39	9.95	11.64
b = 150 mm	50	2.60	6.59	10.75	14.88	18.95	22.97	26.98	30.96	34.94	38.90	42.86	46.81
	75	2.23	5.77	9.87	14.09	18.26	22.38	26.45	30.49	34.51	38.51	42.50	46.48
	100	1.94	5.12	8.96	13.18	17.42	21.62	25.77	29.88	33.95	38.00	42.03	46.05
	125	1.69	4.58	8.13	12.24	16.49	20.75	24.96	29.14	33.28	37.38	41.46	45.51
	150	1.49	4.13	7.38	11.34	15.54	19.81	24.07	28.30	32.50	36.66	40.78	44.88
	175	1.32	3.74	6.74	10.50	14.59	18.84	23.13	27.40	31.64	35.85	40.03	44.17
	200	1.19	3.42	6.20	9.74	13.69	17.88	22.15	26.45	30.72	34.97	39.19	43.38
	225	1.07	3.14	5.73	9.06	12.84	16.94	21.18	25.47	29.76	34.04	38.30	42.53
	250	1.00	2.89	5.32	8.45	12.06	16.04	20.21	24.48	28.78	33.08	37.36	41.62
	300	.83	2.50	4.63	7.43	10.68	14.39	18.38	22.54	26.80	31.10	35.41	39.71
	350	.73	2.20	4.09	6.60	9.53	12.97	16.72	20.72	24.88	29.12	33.41	37.73
	400	.65	1.95	3.65	5.93	8.59	11.76	15.26	19.06	23.07	27.21	31.44	35.73
	450	.58	1.76	3.29	5.37	7.81	10.73	13.99	17.58	21.41	25.41	29.55	33.77
	500	.53	1.60	2.99	4.90	7.15	9.85	12.86	16.21	19.83	23.75	27.76	31.88
	600	.45	1.35	2.53	4.16	6.10	8.44	11.07	14.05	17.28	20.77	24.46	28.44
	700	.39	1.17	2.19	3.61	5.31	7.37	9.69	12.34	15.25	18.41	21.79	25.37
	800	.34	1.03	1.93	3.19	4.69	6.53	8.61	10.99	13.60	16.48	19.57	22.87
	900	.31	.92	1.72	2.85	4.20	5.85	7.73	9.89	12.26	14.89	17.72	20.76

جدول ۲ - ۱۵ - ح ظرفیت مجاز پیچ‌های برون‌محور



	l mm	n = 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
b = 75 mm	50	2.82	5.99	9.58	13.73	17.69	21.71	25.75	29.80	33.84	37.88	41.90	45.91
	75	2.50	5.31	8.46	12.05	16.04	20.06	24.15	28.27	32.40	36.51	40.61	44.71
	100	2.23	4.74	7.57	10.81	14.46	18.35	22.39	26.52	30.69	34.86	39.03	43.19
	125	2.01	4.27	6.86	9.82	13.12	16.77	20.66	24.72	28.86	33.05	37.26	41.46
	150	1.81	3.87	6.24	8.96	11.99	15.39	19.07	22.98	27.04	31.19	35.39	39.61
	175	1.64	3.52	5.71	8.22	11.05	14.21	17.66	21.38	25.30	29.36	33.51	37.71
	200	1.49	3.22	5.24	7.58	10.22	13.17	16.40	19.92	23.68	27.61	31.67	35.83
	225	1.36	2.96	4.83	7.01	9.48	12.25	15.29	18.62	22.19	25.98	29.92	33.99
	250	1.25	2.74	4.48	6.51	8.83	11.44	14.31	17.45	20.84	24.47	28.28	32.24
	300	1.07	2.37	3.89	5.68	7.74	10.06	12.64	15.47	18.52	21.83	25.34	29.04
	350	.95	2.08	3.42	5.03	6.86	8.95	11.28	13.84	16.62	19.63	22.85	26.28
	400	.83	1.86	3.05	4.50	6.15	8.04	10.15	12.49	15.04	17.80	20.75	23.92
	450	.75	1.67	2.75	4.06	5.56	7.29	9.22	11.36	13.70	16.25	18.98	21.90
	500	.68	1.52	2.50	3.70	5.07	6.66	8.43	10.40	12.57	14.92	17.46	20.18
	600	.58	1.29	2.12	3.14	4.30	5.66	7.18	8.88	10.75	12.79	15.00	17.38
	700	.50	1.12	1.85	2.72	3.74	4.92	6.24	7.73	9.37	11.17	13.12	15.22
	800	.45	1.00	1.63	2.40	3.30	4.34	5.51	6.84	8.29	9.90	11.64	13.51
	900	.40	.88	1.46	2.15	2.95	3.89	4.94	6.13	7.43	8.88	10.40	12.14
b = 150 mm	50	2.82	6.77	10.81	14.88	18.93	22.95	26.95	30.94	34.91	38.88	42.84	46.79
	75	2.50	5.92	9.96	14.10	18.24	22.35	26.42	30.46	34.48	38.48	42.48	46.46
	100	2.23	5.34	9.10	13.22	17.41	21.59	25.73	29.84	33.91	37.97	42.00	46.01
	125	2.01	4.84	8.31	12.32	16.51	20.73	24.93	29.10	33.23	37.34	41.41	45.47
	150	1.81	4.42	7.61	11.45	15.58	19.81	24.05	28.26	32.45	36.61	40.73	44.83
	175	1.64	4.05	7.02	10.66	14.67	18.86	23.11	27.36	31.59	35.79	39.98	44.12
	200	1.49	3.73	6.51	9.94	13.80	17.92	22.15	26.42	30.68	34.92	39.13	43.33
	225	1.36	3.45	6.06	9.30	12.98	17.01	21.19	25.45	29.73	34.00	38.25	42.47
	250	1.25	3.21	5.66	8.73	12.23	16.13	20.25	24.48	28.76	33.04	37.32	41.57
	300	1.07	2.80	4.98	7.74	10.91	14.54	18.47	22.58	26.80	31.08	35.37	39.67
	350	.95	2.48	4.43	6.92	9.81	13.17	16.86	20.80	24.91	29.12	33.39	37.69
	400	.83	2.22	3.98	6.25	8.90	12.00	15.43	19.18	23.14	27.24	31.45	35.71
	450	.75	2.01	3.60	5.68	8.13	10.99	14.19	17.72	21.50	25.47	29.57	33.77
	500	.68	1.83	3.29	5.21	7.47	10.13	13.11	16.43	20.02	23.83	27.81	31.91
	600	.58	1.55	2.79	4.45	6.40	8.72	11.33	14.28	17.46	20.91	24.65	28.50
	700	.50	1.35	2.42	3.87	5.59	7.64	9.96	12.59	15.45	18.58	21.93	25.48
	800	.45	1.19	2.14	3.43	4.95	6.79	8.87	11.23	13.83	16.67	19.73	23.00
	900	.40	1.06	1.92	3.07	4.44	6.10	7.98	10.12	12.48	15.09	17.90	20.92

فصل ۳

طبقه‌بندی اتصالات

۳ ـ ۱ طبقه‌بندی اتصالات فولادی

۳ ـ ۲ نمودار لنگر ـ چرخش (M−θ) برای اتصال

۳ ـ ۳ خط تیر

۳ ـ ۴ طبقه‌بندی اتصال براساس نمودار M−θ

۳ ـ ۵ رفتار اتصالات تحت بارهای چرخه‌ای

۳ ـ ۱ طبقه‌بندی اتصالات فولادی

برحسب درجهٔ صلبیت، اتصالات تیر به‌ستون به‌سه ردهٔ زیر تقسیم می‌شوند:

۱ ـ اتصالات صلب با درجهٔ صلبیت بیشتر از ۹۰ درصد

۲ ـ اتصالات ساده با درجهٔ صلبیت کمتر از ۲۰ درصد

۳ ـ اتصالات نیمه‌صلب با درجهٔ صلبیت بین ۲۰ تا ۹۰ درصد

درجهٔ صلبیت R ، نسبت لنگر انتهایی قابل تأمین توسط اتصال به‌لنگر گیرداری انتهایی در حالت کاملاً گیردار است. درجهٔ صلبیت با رسم نمودار لنگر ـ چرخش $(M-\theta)$ برای اتصال و رسم خط تیر بر روی آن به‌دست می‌آید (شکل ۳ ـ ۱).

۳ ـ ۲ نمودار لنگر ـ چرخش $(M-\theta)$ برای اتصال

مشخصهٔ هر اتصال نمودار لنگر ـ چرخش $(M-\theta)$ است. نمودار لنگر ـ چرخش $M-\theta$ در دستگاهی رسم می‌شود که محور قائم آن نشان‌دهندهٔ لنگر انتهایی و محور افقی آن نشان‌دهندهٔ تغییر زاویهٔ بین تیر و ستون در اتصال می‌باشد (شکل ۳ ـ ۱). برای رسم نمودار $M-\theta$ ، نمونهٔ اتصال به‌طرق مختلفی می‌تواند تحت تأثیر نیرو قرار گیرد که یک نمونه در شکل ۳ ـ ۲ نشان داده شده است.

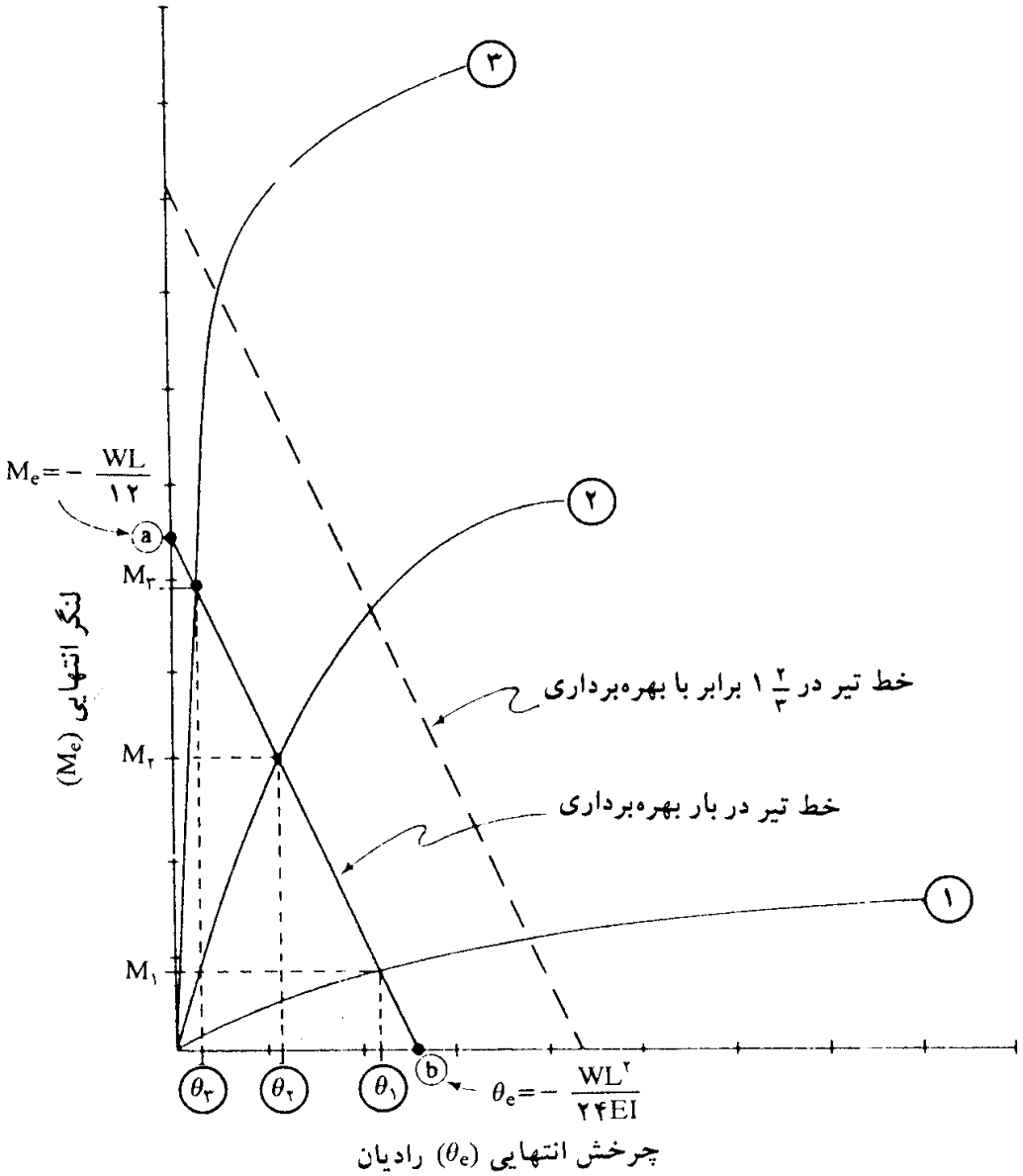
۳ ـ ۳ خط تیر

رابطه‌ای که لنگر انتهایی M_e و دوران انتهایی θ_e را برای یک تیر تحت بار گسترده یکنواخت از گیرداری کامل تا انتهای ساده به‌یکدیگر مرتبط می‌کند، به‌صورت زیر می‌باشد:

$$M_e = -\frac{2EI\theta_e}{L} - \frac{WL}{12} \qquad (۳ - ۱)$$

رابطهٔ بالا نشان‌دهندهٔ یک خط مستقیم می‌باشد که دو نقطهٔ a و b در روی نمودار شکل ۳ ـ ۱ ابتدا و انتهای آن می‌باشند.

نقطهٔ a نشان‌دهندهٔ گیرداری کامل است $(\theta_e = 0)$. در این حالت لنگر انتهایی همان لنگر گیرداری انتهایی خواهد بود.



شکل ۳ ـ ۱ نمودار $M-\theta$.

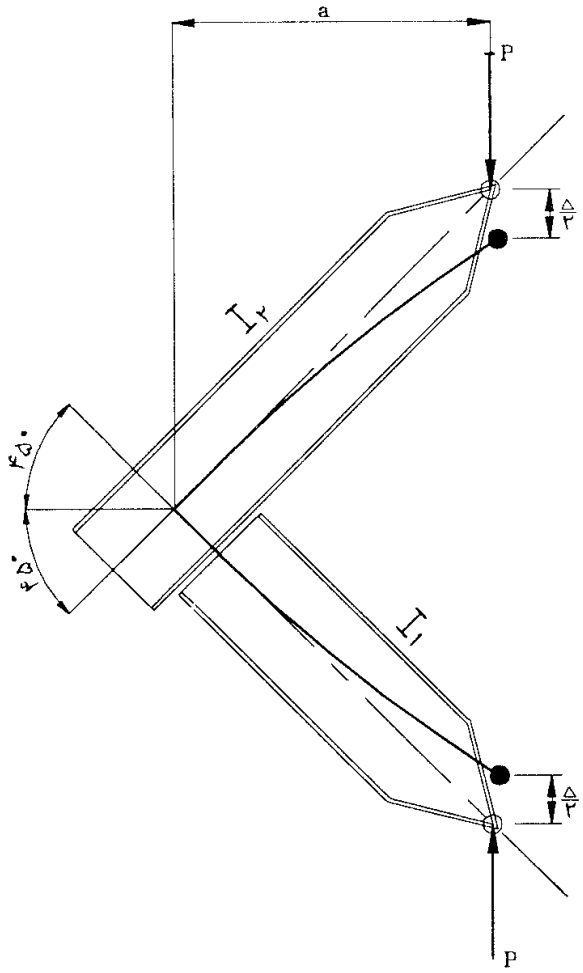
$$\text{(a)}\ M_e = -\frac{WL}{۱۲} \qquad (۳-۲)$$

(W کل بار گستردهٔ یکنواخت وارد بر تیر)

نقطهٔ b نشان‌دهندهٔ یک اتصال انتهایی ساده است که در آن لنگر انتهایی M_e برابر با صفر می‌باشد ($M_e = ۰$). وضعیت تیر در این حالت همان وضعیت تیر ساده با دوران انتهایی زیر است:

$$\text{(b)}\ \theta_e = -\frac{WL^۲}{۲۴EI} \qquad (۳-۳)$$

خطی که دو نقطهٔ a و b را به‌یکدیگر متصل می‌کند، خط تیر نامیده می‌شود. اگر بار روی تیر



شکل ۳ ـ ۲ شمای عمومی برای تعیین منحنی لنگر ـ دوران اتصال.

افزایش یابد، خط تیر موازی با خط اولیه به‌طرف خارج حرکت می‌کند. بدیهی است که حرکت این خط با افزایش مقدار لنگر انتهایی و چرخش انتهایی (θ_e) همراه خواهد بود. خط تیر در حالت دوم (خط چین) نشان‌دهندهٔ ضریب اطمینان است و معمولاً بین ۱/۶۷ تا ۲ برابر خط قبلی که بر مبنای بارگذاری مجاز به‌دست آمده، می‌باشد.

نقطه‌ای که در آن نمودار اتصال ($M_e-\theta_e$) خط تیر را قطع می‌کند، نشان‌دهندهٔ لنگر و دوران انتهایی در اثر بارگذاری موجود خواهد بود. از اینجا دیده می‌شود که چگونه رفتار یک تیر بستگی به‌اتصال آن دارد.

۳ ـ ۴ طبقه‌بندی اتصال براساس نمودار $M-\theta$

در شکل ۳ ـ ۱، منحنی ۱ نشان‌دهندهٔ یک اتصال انعطاف‌پذیر است که در یک لنگر بسیار کم، بدون اینکه در آن خرابی رخ دهد، جاری شده ($M_۱$) و اجازه می‌دهد که اتصال دوران کند ($\theta_۱$). این اتصال

می‌تواند یکی از انواع زیر باشد:

۱ ـ نبشی نشیمن با نبشی فوقانی

۲ ـ نبشی جان

۳ ـ ورق روسری ضعیف که اجازهٔ جاری شدن می‌دهد.

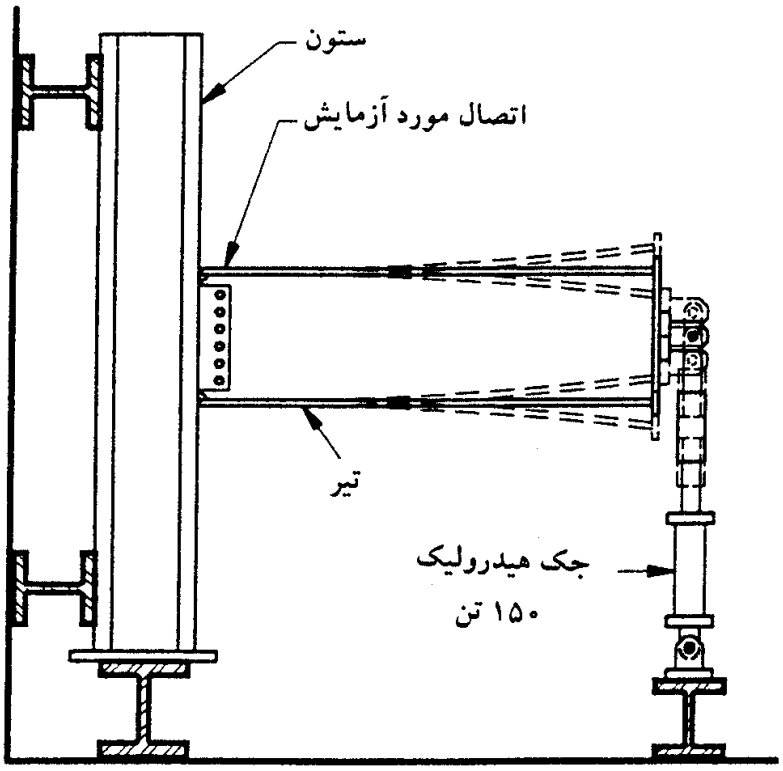
توجه کنید که با اینکه به‌این اتصال انعطاف‌پذیر گفته می‌شود، ولی باز در انتهای آن لنگری تولید می‌گردد.

منحنی ۲ نشان‌دهندهٔ یک‌اتصال نیمه‌صلب است. این‌اتصال از نوع‌اتصال با ورق‌روسری می‌باشد که طوری طرح شده که در زیر بارهای بهره‌برداری به‌طور مؤثری جاری می‌شود تا دوران لازمه را در اتصال تولید کند. ولی هنوز صلبیت کافی برای انتقال لنگر انتهایی مربوطه را دارد. اگرچه پیشنهاد شده که در اتصال نیمه‌صلب می‌توان از نبشی ضخیم به‌جای ورق روسری استفاده کرد، ولی از لحاظ محاسبه، ساخت و کاربرد به‌طوری که بتواند لنگر انتهایی معینی را تحمل کند، بسیار غیرعملی است.

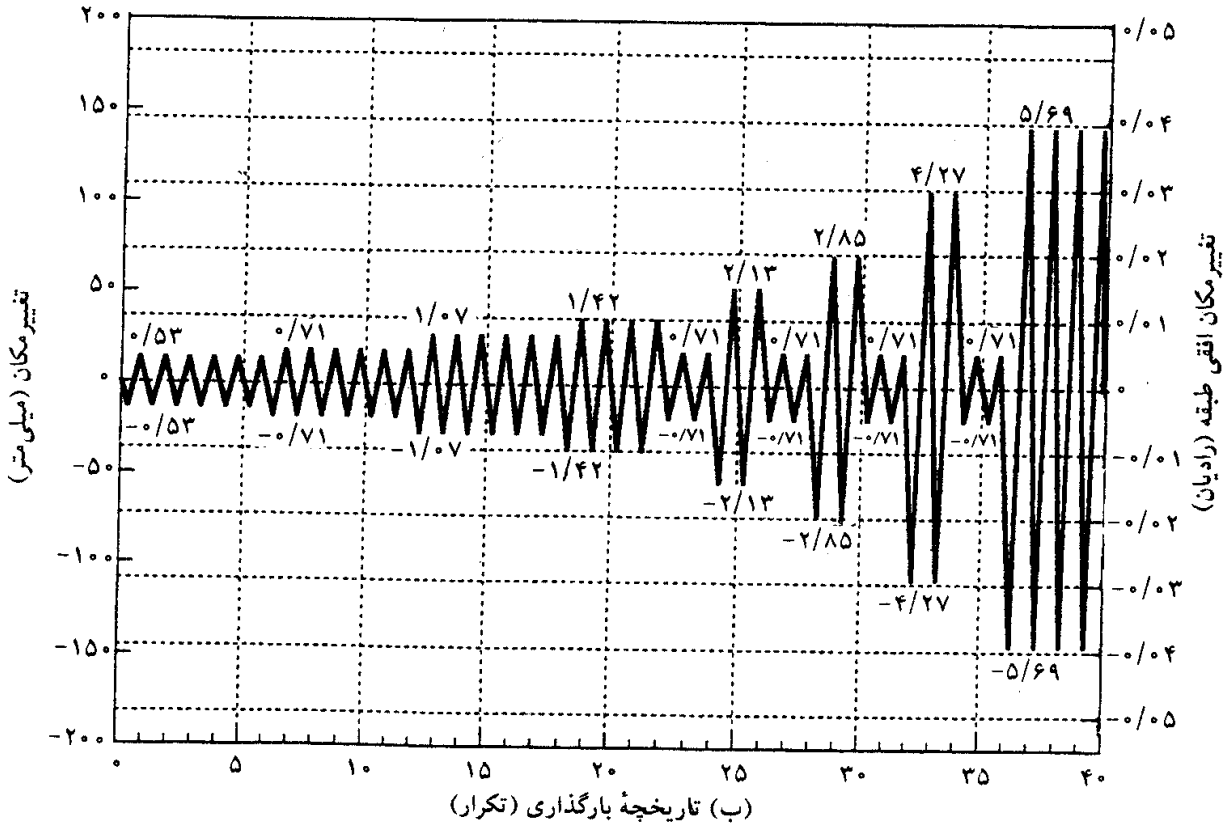
منحنی ۳ نشان‌دهندهٔ رفتار یک اتصال صلب می‌باشد که در آن از ورق روسری استفاده شده است. این اتصال برای آن طرح شده که بتواند اکثر لنگر گیرداری انتهایی را منتقل نماید.

۳ ـ ۵ رفتار اتصالات تحت بارهای چرخه‌ای

طبقه‌بندی ارایه‌شده در بندهای ۳ ـ ۱ تا ۳ ـ ۴ براساس رفتار اتصالات تحت بارهای استاتیکی است. برای بیان رفتار لرزه‌ای اتصالات، باید آنها را تحت بارهای چرخه‌ای مطالعه نمود. شکل ۳ ـ ۳ نمونه‌ای از منحنی‌های چرخه‌ای اتصالات را نشان می‌دهد. برای رسم این منحنی‌ها، اتصال تحت چند بارگذاری رفت و برگشتی قوی قرار گرفته و نمودار لنگر در مقابل دوران نسبی اتصال رسم می‌گردد. شکل ۳ ـ ۳ ـ الف، ترتیبات نمونه و آزمایش، شکل ۳ ـ ۳ ـ ب، نمودار بارگذاری، و شکل ۳ ـ ۳ ـ پ، نمودار رفتار چرخه‌ای را به‌نمایش می‌گذارد. نمودارهای چرخه‌ای در ابتدای بارگذاری که دامنهٔ تغییرشکل کوچک است، مبین رفتار صلب و در انتهای بارگذاری به‌علت تسلیم موضعی و یا شکست چند نقطه از اتصال، مبین رفتار انعطاف‌پذیر است و شیب نمودار آنها کاسته می‌گردد. اتصالی که بتواند در رفتار چرخه‌ای، صلبیت اولیه خود را در چند رفت و برگشت قوی حفظ نماید، به‌عنوان اتصال کارآمد شناخته می‌شود.

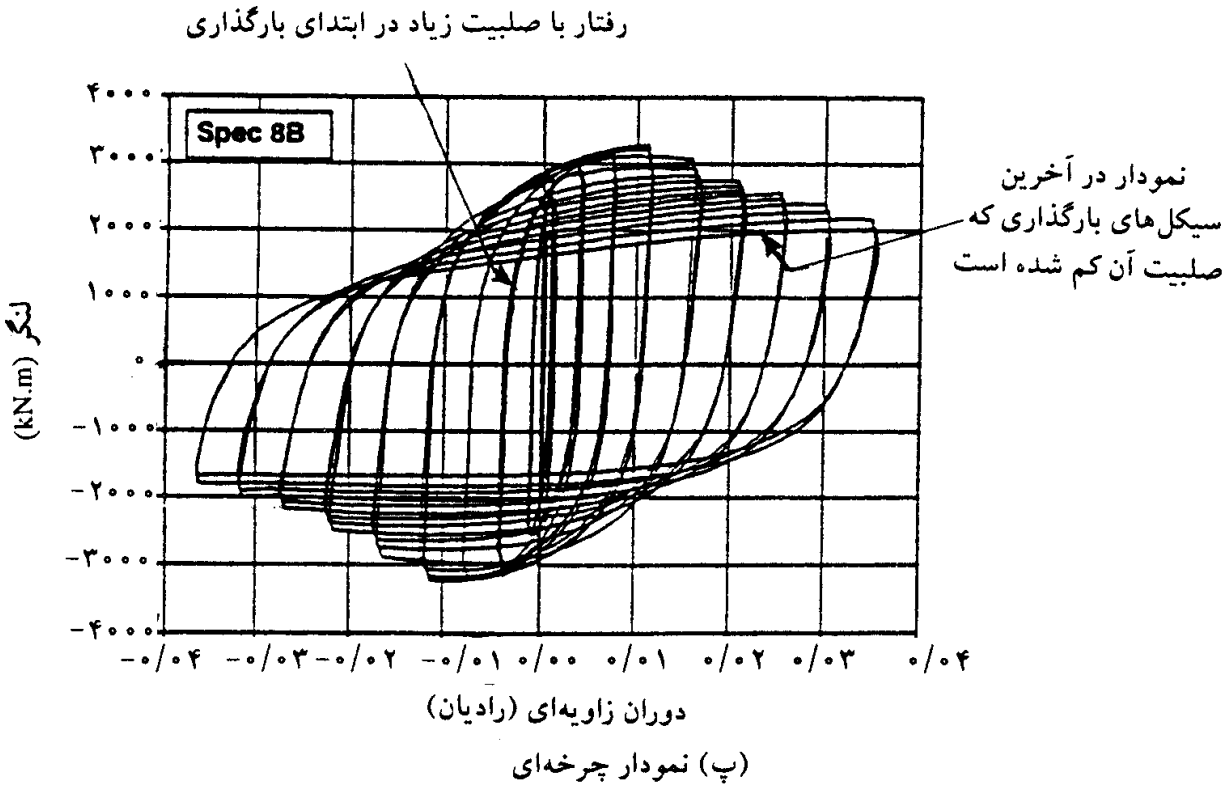


(الف) شمای آزمایش



(ب) تاریخچهٔ بارگذاری (تکرار)

شکل ۳ ـ ۳ رفتار چرخه‌ای اتصالات.



(پ) نمودار چرخه‌ای

شکل ۳ ـ ۳ رفتار چرخه‌ای اتصالات (دنباله).

فصل ۴

اتصالات ساده

۴ ـ ۱ اتصال ساده با نبشی انعطاف‌پذیر

۴ ـ ۲ اتصال با نبشی جان

۴ ـ ۳ نبشی‌های جان یکطرفه

۴ ـ ۴ اتصال ساده با نشیمن سخت‌شده (براکت)

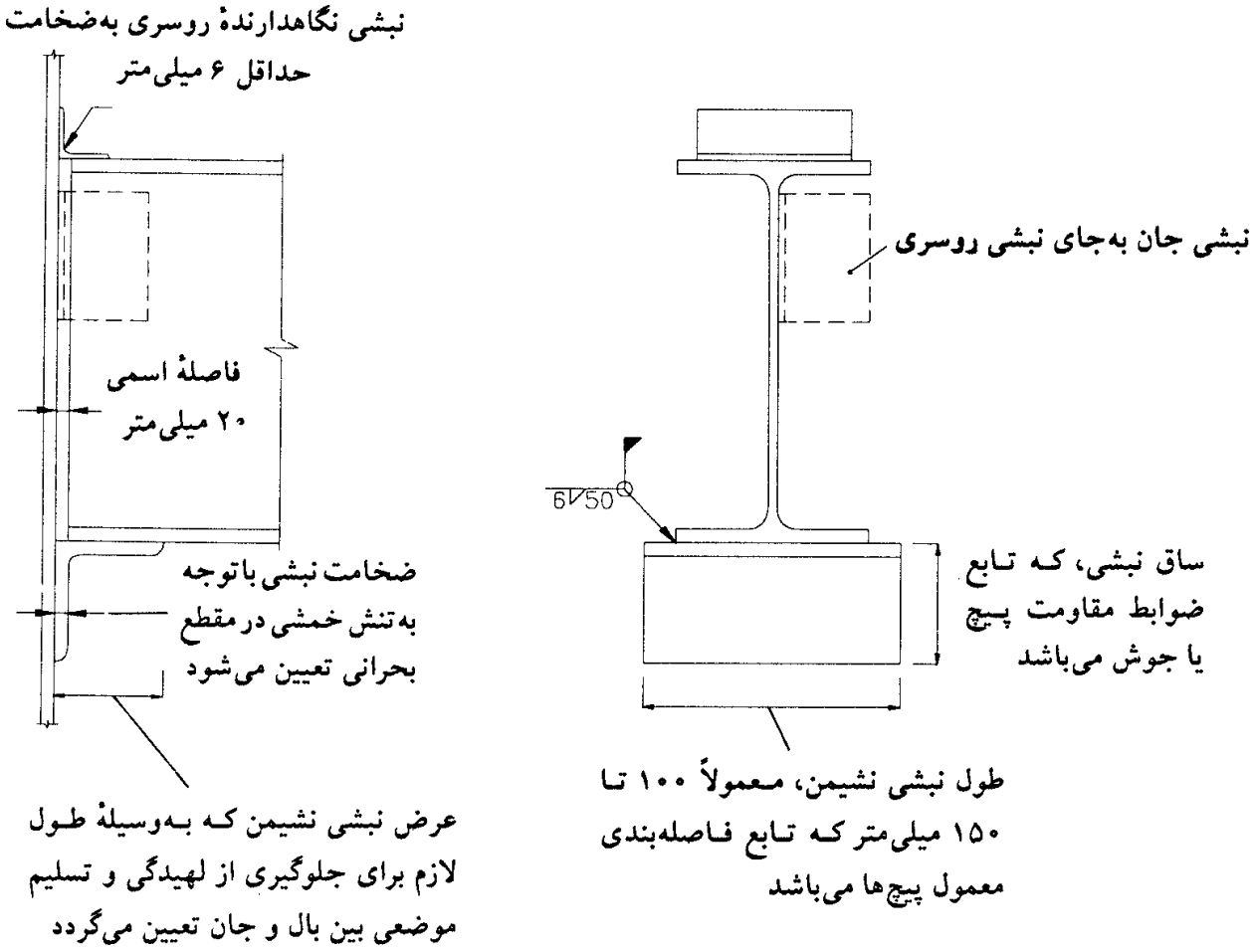
۴ ـ ۵ اتصال خورجینی (اتصال قیچی)

این فصل اختصاص به‌اتصال سادهٔ تیر به‌ستون و یا تیر به‌شاهتیر دارد. هر دو مورد اتصال با جوش و اتصال با پیچ مورد توجه قرار می‌گیرد.

۴ ـ ۱ اتصال ساده با نبشی انعطاف‌پذیر[1]

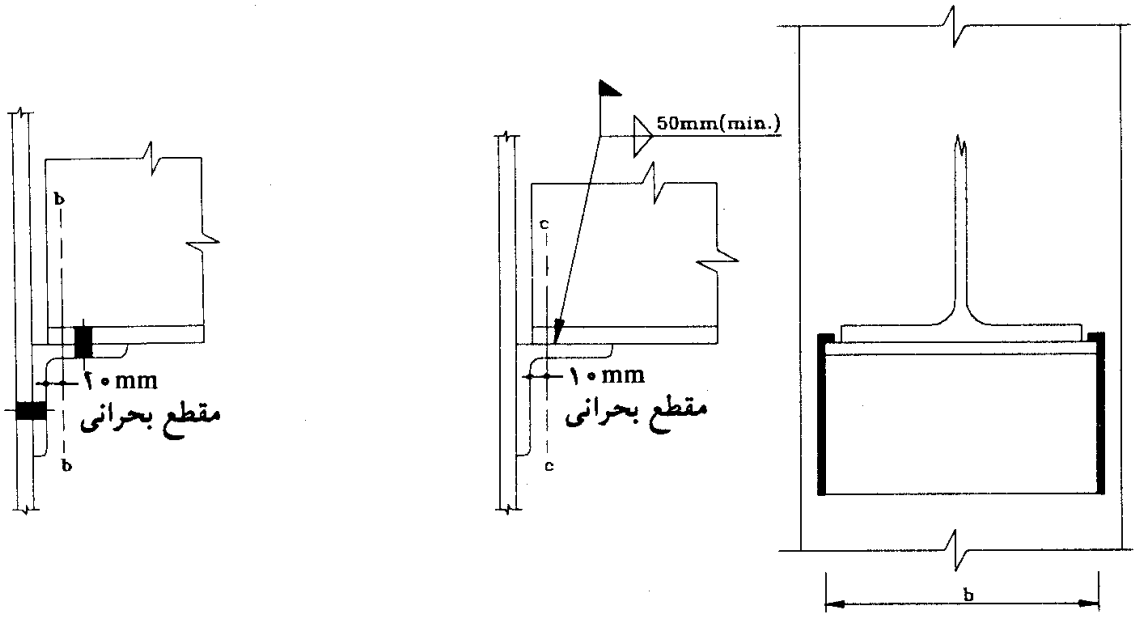
۴ ـ ۱ ـ ۱ تعریف

اتصالات ساده با نبشی نشیمن از جزییات متداول برای اتصال سادهٔ تیر به‌ستون تکیه‌گاهی می‌باشند. در این نوع اتصالات تیر بر روی یک نشیمن تقویت نشده (انعطاف‌پذیر) قرار می‌گیرد (شکل ۴ ـ ۱).



شکل ۴ ـ ۱ اتصال نشیمن تیر ـ (انعطاف‌پذیر).

1– Seated Beam Connections-Unstiffened



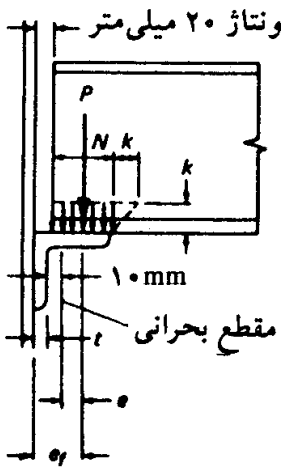
(الف) نشیمن پیچی

(ب) نشیمن جوشی

شکل ۴ ـ ۳ مقطع بحرانی خمش.

۴ ـ ۱ ـ ۴ محل تأثیر واکنش تکیه‌گاهی

لنگر خمشی در مقطع بحرانی نبشی و محل اتصال به‌بال ستون، از ضرب واکنش تکیه‌گاهی در برون‌محورهای e و e_f به‌دست می‌آید. واکنش تکیه‌گاهی در مرکز هندسی توزیع تنش تماسی، مانند آنچه در شکل ۴ ـ ۴ به‌نمایش درآمده، در نظر گرفته می‌شود.



e= برون‌محوری P از مقطع بحرانی خمش

e_f= برون‌محوری P از بَر ستون

توجه: حداکثر تلرانس فاصلهٔ آزاد مونتاژ در حین اجرا ۲+ میلی‌متر می‌باشد

شکل ۴ ـ ۴ محل واکنش تکیه‌گاهی برای نشیمن انعطاف‌پذیر.

۴ ـ ۱ ـ ۵ روش طراحی

طراحی نشیمن تقویت‌نشده شامل مراحل زیر است:

۱ ـ تعیین عرض نشیمن (شکل ۴ ـ ۱)

۲ ـ تعیین بازوهای لنگر e و e_f (شکل ۴ ـ ۴).

۳ ـ تعیین طول و ضخامت نبشی

۴ ـ تعیین ابعاد ساق نبشی و اندازهٔ جوش لازم و یا تعداد و محل قرارگیری پیچ‌ها

تعیین عرض نشیمن برمبنای تسلیم موضعی جان

عرض نشیمن برمبنای طول لازم برای جلوگیری از تسلیم موضعی بین جان و بال تعیین می‌گردد:

$$\frac{P}{t_w(N+۲/۵k)} = ۰/۶۶\, F_y$$

$$(\text{لازم})\ N = \frac{P}{۰/۶۶ F_y\, t_w} - ۲/۵\, k \geq k \qquad (۱ ـ ۴)$$

که در آن:

t_w= ضخامت جان تیر

k= فاصلهٔ سطح خارجی بال تا آغازگردی بین جان و بال

پس از تعیین N، عرض نشیمن از رابطهٔ زیر تعیین می‌گردد:

فاصلهٔ آزاد مونتاژ + N ≤ عرض نبشی نشیمن

فاصلهٔ آزاد مونتاژ ۲۰ میلی‌متر منظور می‌گردد و حداقل عرض نبشی نشیمن ۱۰۰ میلی‌متر توصیه می‌شود.

لهیدگی جان

با معلوم شدن N، واکنش تکیه‌گاهی مجاز برمبنای معیار لهیدگی جان، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$P = ۹۰\, t_w^۲ \left[۱ + ۳ \left(\frac{N}{d}\right) \left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{۱/۵} \right] \sqrt{\frac{F_{yw}\, t_f}{t_w}} \qquad (۲ ـ ۴)$$

N= عرض نشیمن موجود

F_{yw}= تنش تسلیم فولاد جان برحسب نیوتن بر میلی‌متر مربع

P= واکنش تکیه‌گاهی برحسب نیوتن

بازوهای e و e_f

بازوهای لنگر e و e_f به‌ترتیب زیر به‌دست می‌آیند (شکل ۴ ـ ۴):

$$e_f = \text{فاصلهٔ آزاد مونتاژ} + N/۲ = ۲۰mm + N/۲ \qquad (۴ ـ ۳ ـ الف)$$

$$e = e_f - t - ۱۰mm \qquad (۴ ـ ۳ ـ ب)$$

از دو رابطهٔ فوق حاصل می‌شود:

$$\frac{N}{۲} + ۲۰mm = t + ۱۰mm + e \qquad (۴ ـ ۳ ـ ج)$$

لنگر خمشی روی مقطع بحرانی نبشی عبارت است از:

$$M = Pe$$

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{Pe}{\frac{۱}{۶} bt^۲} = \frac{۶Pe}{bt^۲} \qquad (۴ ـ ۴)$$

با استفاده از تنش مجاز $۰/۷۵F_y$ نتیجه می‌شود:

$$F_b = ۰/۷۵F_y \rightarrow \frac{M}{S} = \frac{Pe}{\left(\frac{bt^۲}{۶}\right)} = ۰/۷۵F_y$$

به‌این ترتیب رابطهٔ ۴ ـ ۴ به‌صورت زیر درمی‌آید:

$$t^۲ = \frac{۶Pe}{۰/۷۵F_y b} = \frac{۸Pe}{F_y b} \qquad (۵ ـ ۴)$$

در رابطهٔ فوق b طول نبشی نشیمن می‌باشد (شکل ۴ ـ ۳). اگر برای اتصال نبشی نشیمن به‌ستون از دو ستون پیچ استفاده گردد، حداقل طول b مساوی ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که برای اتصال نبشی نشیمن به‌ستون از جوش استفاده شود، طول b از هر طرف لبهٔ بال تیر باید ۲۰ میلی‌متر بزرگتر باشد.

۴ ـ ۱ ـ ٦ اتصال نبشی نشیمن به‌ستون

(الف) اتصال پیچی

اگر برای اتصال از پیچ استفاده شود، این پیچ‌ها تحت برش مستقیم و لنگر خمشی قرار خواهند داشت که محاسبات آنها مطابق بند ۲ ـ ۱۱ فصل دوم می‌باشد.

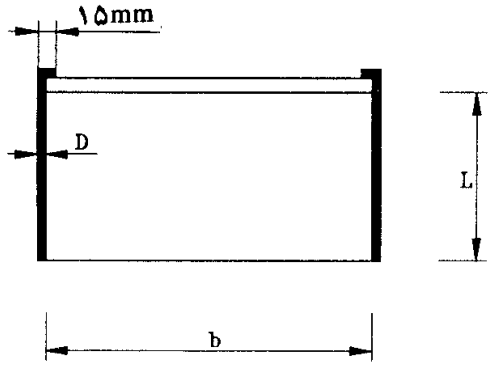
(ب) اتصال جوشی

اگر برای اتصال از جوش استفاده شود، این جوش تحت برش مستقیم و خمش قرار دارد. با توجه

به‌اصول معرفی‌شده در بند ۱ ـ ۱۱ ظرفیت جوش این اتصال به‌صورت زیر تعیین می‌گردد:

$$P=\frac{۲R_w L^۲}{\sqrt{L^۲+۲۰/۲۵e_f^۲}} \qquad (۶-۴)$$

e_f و L برحسب میلی‌متر و P برحسب نیوتن



شکل ۴ ـ ۵

R_w برش مجاز واحد طول جوش برحسب نیوتن بر میلی‌متر می‌باشد که از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$R_w=۰/۳\phi F_u(۰/۷)D$$

F_u= تنش نهایی فلز الکترود ($N/mm^۲$)

D= اندازهٔ ساق‌جوش (mm)

ϕ= ضریب بازرسی (مساوی ۱ در صورت انجام بازرسی اولتراسونیک یا پرتونگاری، ۰/۸۵ بازرسی عینی و ساخت در کارخانه، و ۰/۷۵ بازرسی عینی و ساخت در کارگاه)

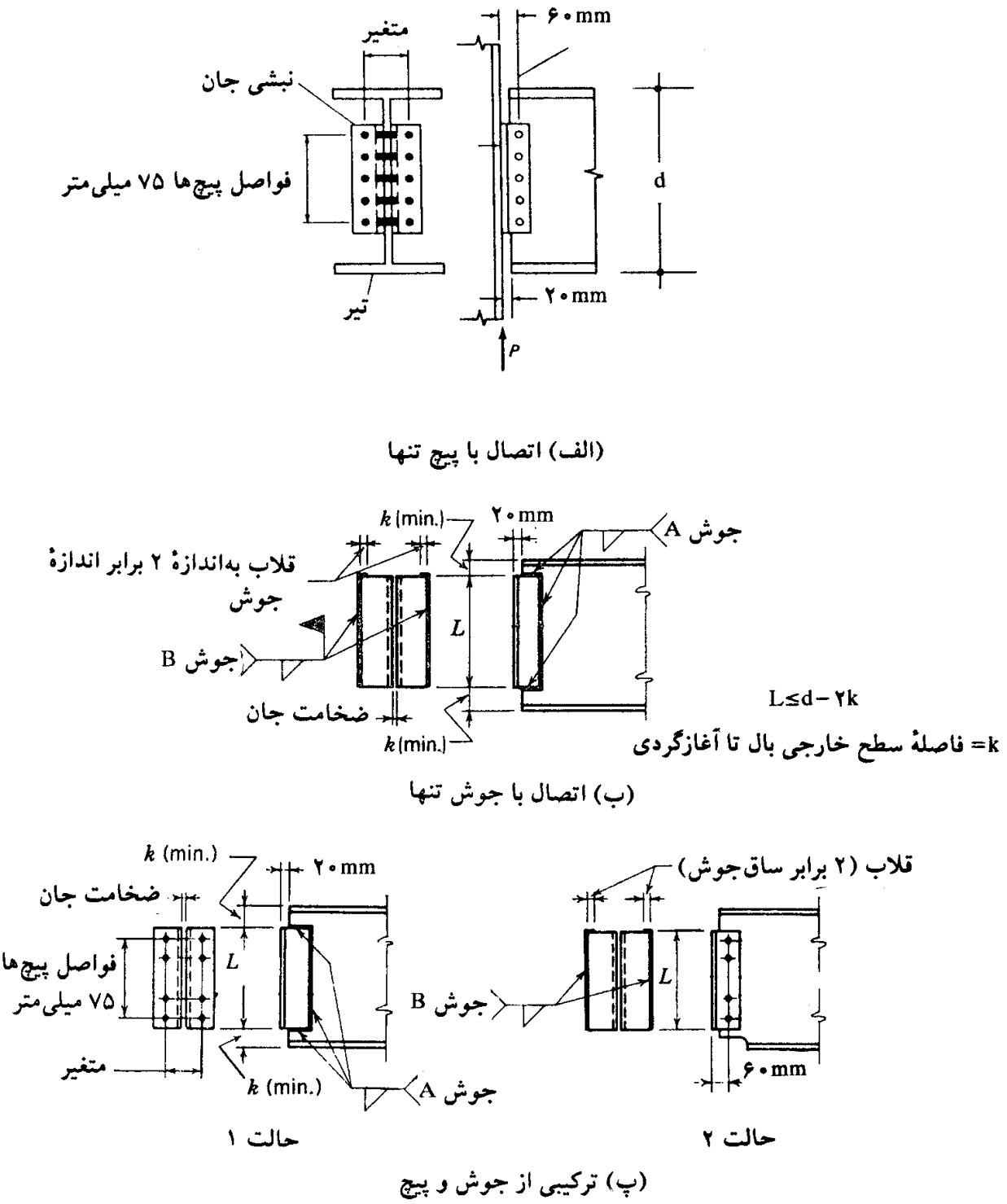
۴ ـ ۲ اتصال با نبشی جان

۴ ـ ۲ ـ ۱ تعاریف

اتصال سادهٔ برشی به‌کمک نبشی‌های جان برحسب اینکه اتصال از نوع پیچی یا جوشی باشد، مطابق جزییات نشان داده شده در شکل ۴ ـ ۶ انجام می‌شود.

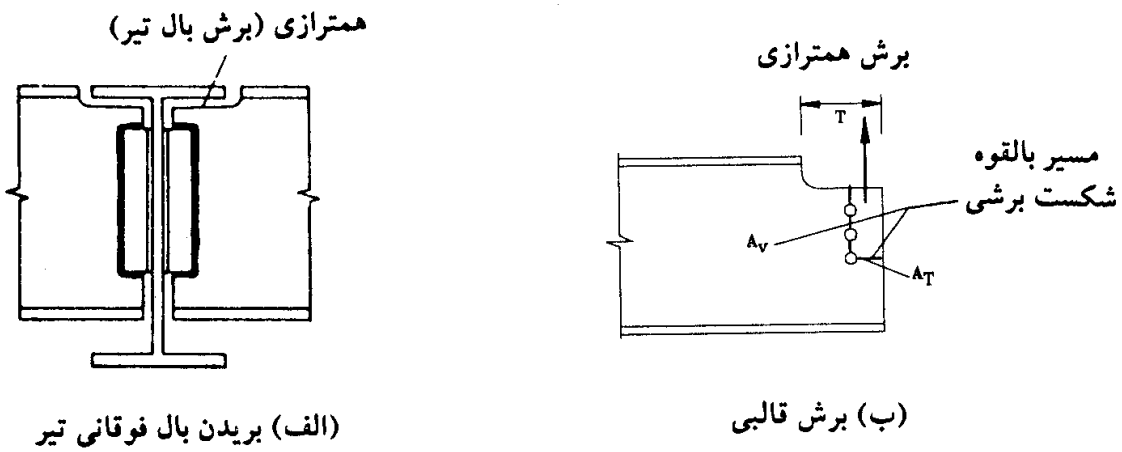
۴ ـ ۲ ـ ۲ برش قالبی

وقتی که اتصال دو تیر به‌نحوی انجام می‌گیرد که بال‌های فوقانی هر دو در یک تراز واقع می‌گردد، باید قسمتی از بال تیری را که مقصود ایجاد اتصال ساده برای آن است جدا کرده و اتصال را همانند شکل ۴ ـ ۷ ـ الف، برقرار ساخت. مقطع تیر فقط مقداری از بال خود را از دست می‌دهد که سهم آن



شکل ۴ ـ ۶ اتصال با استفاده از نبشی جان.

در باربری برشی کم است. بنابراین همتراز کردن تیرها فقط مقدار کوچکی از مقاومت برشی اولیه می‌کاهد. تحقیقات اخیر نشان داده است که خرابی تیرهای تراز شده تحت بارهای سنگین، در صورتی که اتصال جان به‌نبشی به‌وسیلهٔ پیچ‌های پرمقاومت برقرار شده باشد، ممکن است در نتیجهٔ پارگی جان تیر در امتداد سوراخ پیچ‌ها صورت پذیرد. نمونه‌ای از این نوع خرابی که به‌آن برش قالبی



شکل ۴ ـ ۷ همتراز نمودن بال‌ها و برش قالبی.

گویند، در شکل ۴ ـ ۷ نشان داده شده است.

گسیختگی قالبی ترکیبی از گسیختگی برشی در امتداد موازی نیرو و گسیختگی کششی در امتداد عمود بر نیرو می‌باشد. مقاومت کششی در گسیختگی برشی از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$T=A_vF_v+A_tF_t \qquad (۴ - ۷)$$

در رابطهٔ فوق:

A_v= سطح مقطع خالص در برش

F_v= تنش برشی مجاز (مساوی $۰/۳F_u$)

A_t= سطح مقطع خالص در کشش

F_t= تنش کششی مجاز (مساوی $۰/۵F_u$ روی سطح مقطع خالص)

۴ ـ ۲ ـ ۳ تنش خمشی ایجادشده در بال نبشی جان

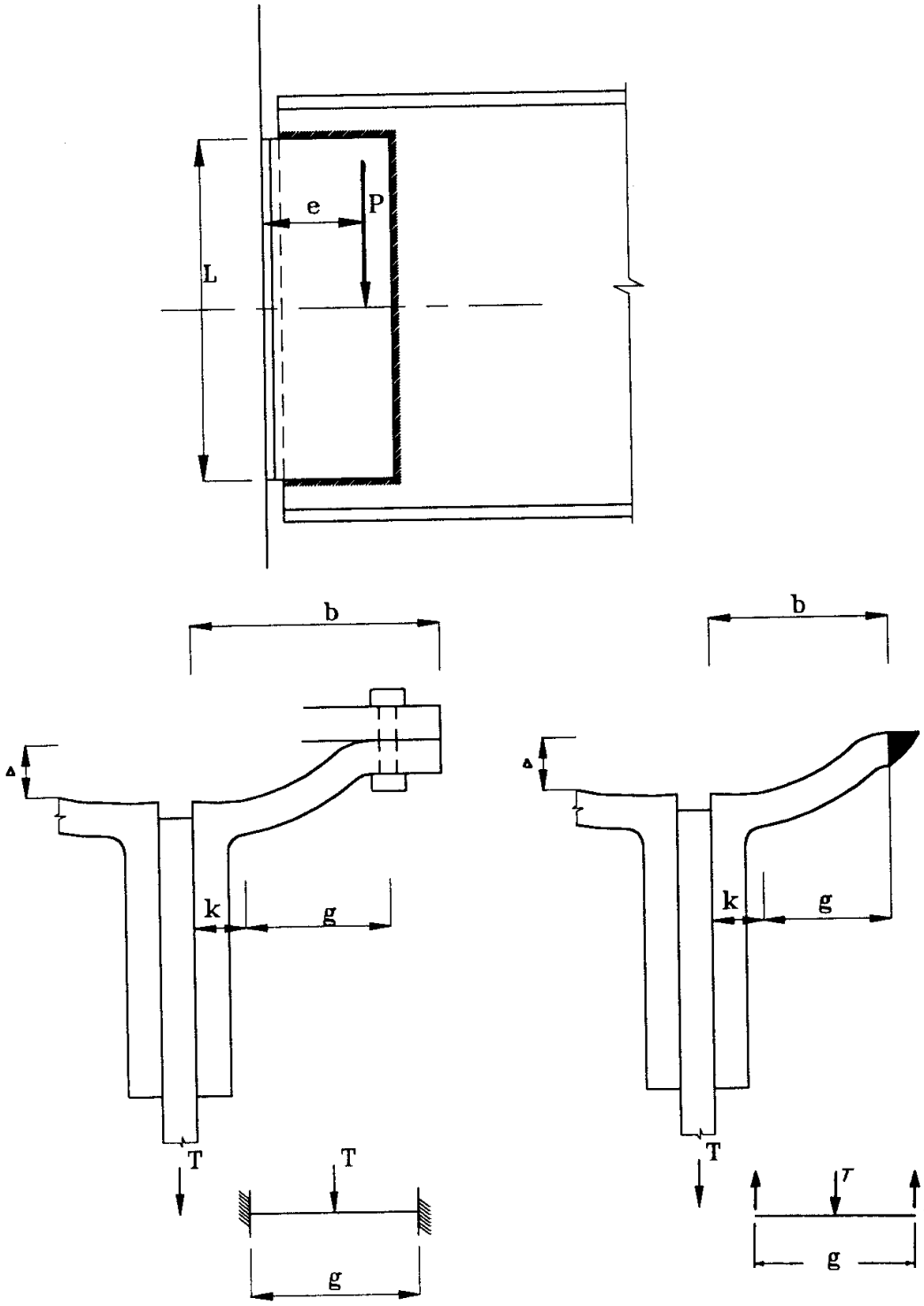
تحت تأثیر بار واردهٔ P با برون‌محوری e، بال چسبیده به‌تکیه‌گاه نبشی همانند شکل ۴ ـ ۸ به‌خمش می‌افتد. تنش ناشی از این خمش برابر است با:

$$f=\frac{۹Peg}{t^۲L^۲} \qquad \text{(نبشی پیچ‌شده)} \qquad (۴ - ۸)$$

$$f=\frac{۱۸Peg}{t^۲L^۲} \qquad \text{(نبشی جوش‌شده)} \qquad (۴ - ۹)$$

تغییر شکل Δ نیز از روابط زیر قابل محاسبه است:

$$\Delta=\frac{fg^۲}{۳Et} \qquad \text{(نبشی پیچ‌شده)} \qquad (۴ - ۱۰ - \text{الف})$$



(الف) پیچ‌شده با پیچ‌های پرمقاومت

(ب) جوش شده

شکل ۴ ـ ۸ خمش بال نبشی.

$$\Delta = \frac{fg^{۲}}{۱/۵\,Et} \qquad \text{(نبشی جوش‌شده)} \qquad (۴ ـ ۱۰ ـ ب)$$

روابط ۴ ـ ۸ تا ۴ ـ ۱۰ نشان می‌دهد که برای تغییرشکل ثابت Δ، هرچه نبشی ضخیمتر باشد،

تنش حاصله بیشتر خواهد بود. از طرفی برای تنش ثابت f، هرچه نبشی نازکتر باشد، به‌تغییرشکل بیشتری دست خواهیم یافت. در عمل نبشی باید دارای انعطاف‌پذیری کافی برای ایجاد دوران تکیه‌گاهی باشد.

۴ ـ ۲ ـ ۴ نبشی با اتصال جوشی

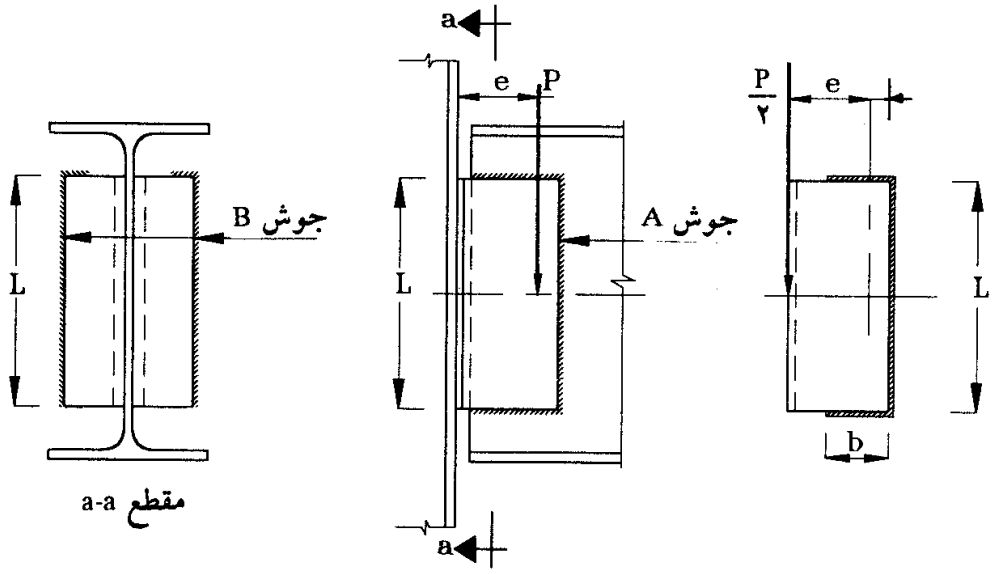
مطابق شکل ۴ ـ ۹ اتصال نبشی جان را می‌توان با استفاده از جوش برقرار نمود. در این قسمت برقراری اتصال به‌کمک نبشی زوج مورد توجه قرار می‌گیرد. جوش اتصال‌دهندهٔ نبشی به‌جان تیر را جوش A و اتصال نبشی به‌تکیه‌گاه را جوش B می‌نامند:

طراحی جوش A

مطابق شکل پ، این جوش تحت نیروی $\frac{P}{۲}$ با برون‌محوری e قرار می‌گیرد (P واکنش تکیه‌گاهی است). این جوش تحت برش مستقیم $\frac{P}{۲}$ و لنگر پیچشی $\frac{P}{۲}e$ قرار دارد و با استفاده از روابط ارایه شده در بند ۱ ـ ۱۱ فصل اول قابل محاسبه است.

$$A=L+۲b$$

$$I_p=\frac{۸b^۳+۶bL^۲+L^۳}{۱۲}-\frac{b^۴}{۲b+L}$$



(الف) (ب) نیروی وارد بر جوش B (پ) نمودار آزاد جوش A

P= نیروی تکیه‌گاهی که بر دو نوار جوش وارد می‌شود.

شکل ۴ ـ ۹

$$\bar{x}=\frac{b^{۲}}{۲b+L} \quad , \quad T=\frac{P}{۲}e$$

$$f'_y=\frac{P}{۲A}$$

$$f''_x=\frac{T(\frac{L}{۲})}{I_p} \quad و \quad f''_y=\frac{T(b-\bar{x})}{I_p}$$

$$f_r=\sqrt{f''_x{}^{۲}+(f'_y+f''_y)^{۲}} \leq R_w \qquad (۱۱-۴)$$

طراحی جوش B

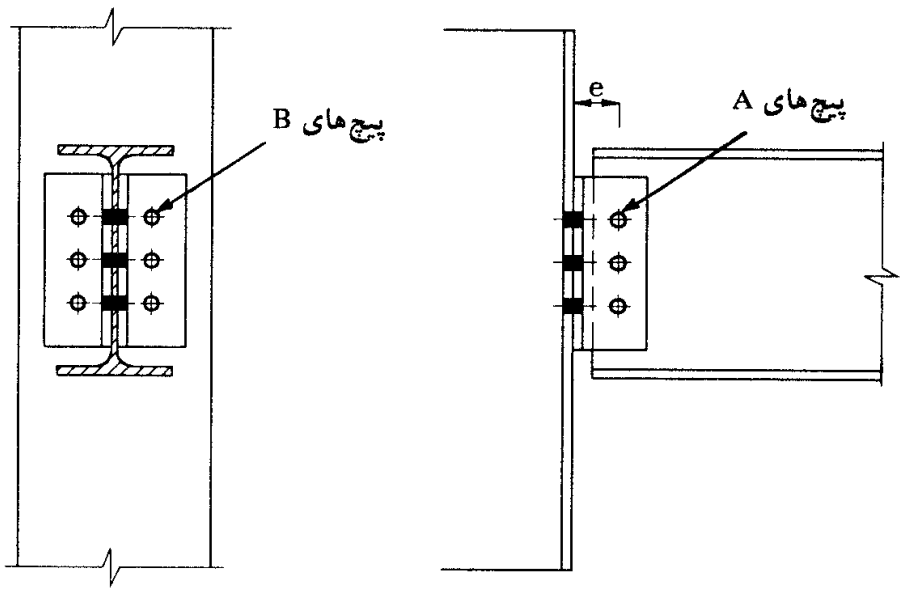
مطابق شکل ۴ ـ ۹ ـ الف و ب، این جوش تحت نیروی برش مستقیم P با لنگر M=Pe قرار می‌گیرد. ظرفیت این جوش برابر است با:

$$P=\frac{۲L^{۲}R_w}{\sqrt{L^{۲}+۲۰/۲۵e^{۲}}} \qquad (۱۲-۴)$$

R_w= ارزش جوش

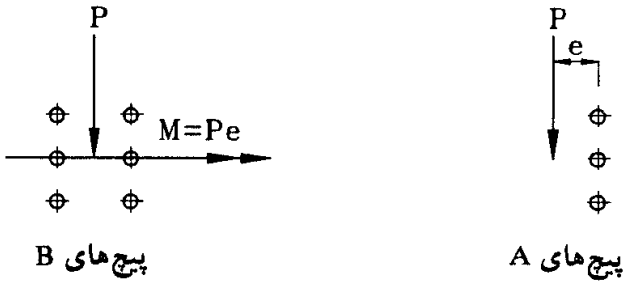
۴ـ۲ـ۵ نبشی جان با اتصال پیچی

شکل ۴ ـ ۱۰ اتصال با نبشی جان را به‌کمک پیچ نشان می‌دهد. پیچ‌های B نبشی را به‌تکیه‌گاه و پیچ‌های A نبشی را به‌جان تیر متصل می‌نمایند.



شکل ۴ ـ ۱۰ اتصال نبشی جان با پیچ.

اگر مسئله از دیدگاه استاتیکی مورد توجه قرار گیرد، پیچ‌های B تحت تأثیر نیروی برشی P (P واکنش تکیه‌گاهی است) و لنگر خمشی Pe قرار دارند و پیچ‌های A تحت برش مستقیم P و لنگر پیچشی T=Pe قرار دارند.



طراحی پیچ‌ها تحت چنین نیروهایی در بند ۲ ـ ۱۱ ارایه شده است. در طراحی اتصالات تیرها با دهانه‌های متعارف می‌توان از لنگر خمشی M و لنگر پیچشی T صرفنظر کرد و پیچ‌ها را فقط برای برش مستقیم طراحی نمود.

گام‌های اساسی در طراحی نبشی جان با اتصال پیچی

۱ ـ تعیین تعداد پیچ‌ها براساس برش مستقیم

۲ ـ کنترل تنش لهیدگی در جان تیر

۳ ـ کنترل تنش لهیدگی در نبشی جان

۴ ـ کنترل برش قالبی در جان تیر

۵ ـ کنترل ظرفیت برشی در نبشی جان

۴ ـ ۳ نبشی‌های جان یکطرفه

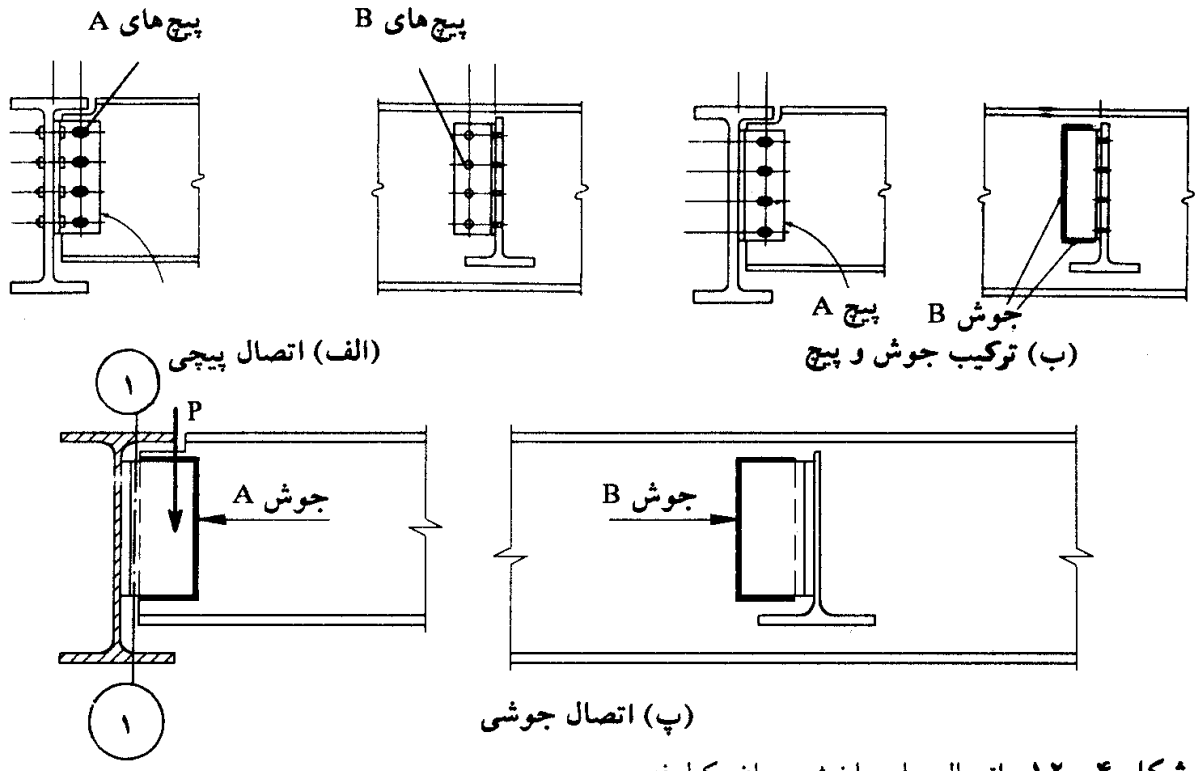
۴ ـ ۳ ـ ۱ معرفی

در صورتی که واکنش تکیه‌گاهی کوچک باشد، برای اتصال سادهٔ تیر به‌شاهتیر از نبشی جان یکطرفه استفاده می‌شود. این اتصال می‌تواند توسط پیچ، جوش، و یا ترکیبی از پیچ و جوش برقرار گردد (شکل ۴ ـ ۱۲).

۴ ـ ۳ ـ ۲ روش طراحی (شکل ۴ ـ ۳)

در طراحی نبشی جان یکطرفه باید عوامل زیر کنترل گردند:

۱ ـ تنش برشی و خمشی در مقطع ۱ ـ ۱ نبشی اتصال

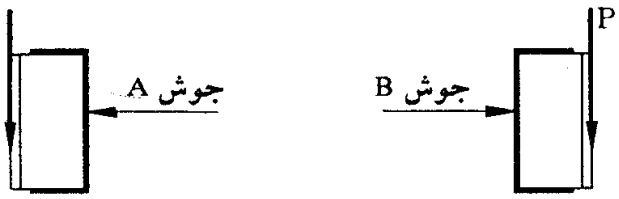


شکل ۴ ـ ۱۲ اتصال ساده با نبشی جان یکطرفه.

۲ ـ تأثیر بار برون‌محور روی پیچ‌ها و یا جوش‌های B (اتصال‌دهنده به‌تکیه‌گاه) به‌صورت ترکیبی از برش مستقیم و پیچش (شکل زیر).

۳ ـ تأثیر بار برون‌محور روی پیچ‌ها و یا جوش‌های A (اتصال‌دهنده به‌جان تیر) به‌صورت ترکیبی از برش مستقیم و پیچش (شکل زیر).

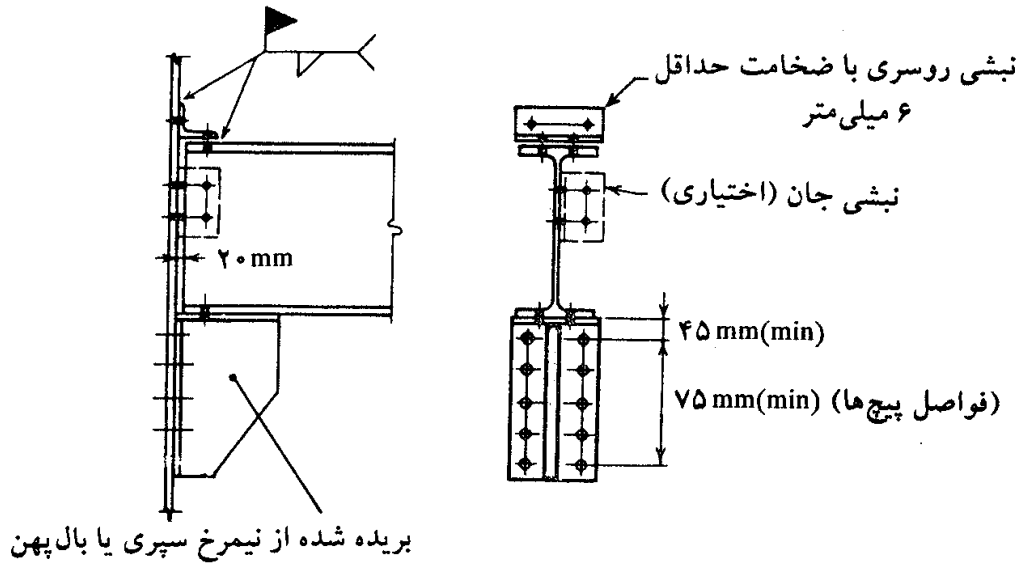
روابط ۴ ـ ۱۱ برای این قسمت قابل استفاده هستند، فقط به‌جای $\frac{P}{۲}$ باید تمام نیروی p مورد استفاده قرار گیرد.



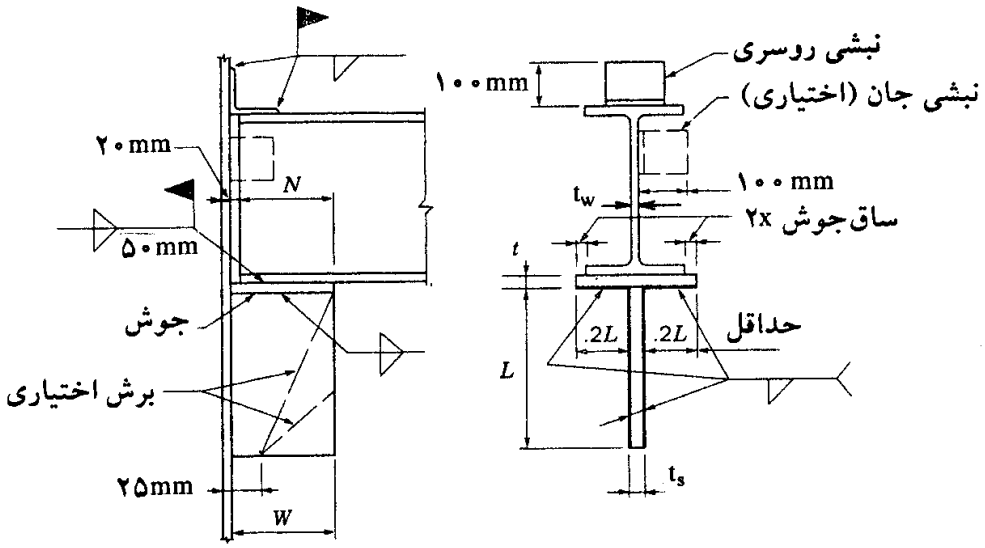
۴ ـ ۴ اتصال ساده با نشیمن سخت‌شده (براکت)

۴ ـ ۴ ـ ۱ معرفی

وقتی که واکنش تکیه‌گاهی از حد قابل قبول برای نشیمن‌های ساده تجاوز نماید، استفاده از نشیمن‌های تقویت‌شده مورد توجه قرار می‌گیرد. در شکل ۴ ـ ۱۳ حالات مختلفی از نشیمن‌های



(الف) نوع پیچی



(ب) نوع جوشی

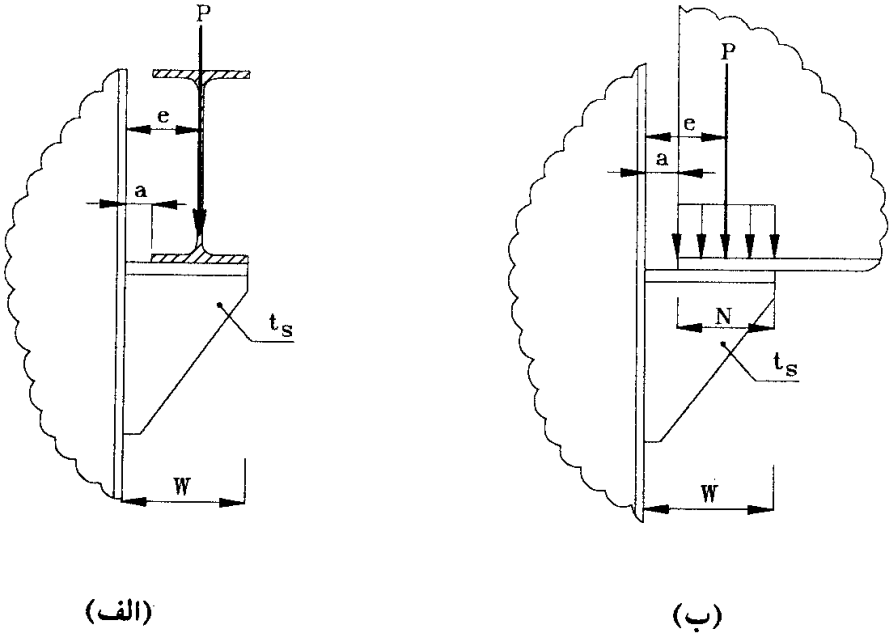
شکل ۴ ـ ۱۳ نشیمن‌های سخت‌شده.

سخت شده ارایه شده است. کاربرد این نوع اتصال برای حمل واکنش‌های سنگین مثلاً براکت‌ها (دستک‌ها)ی تکیه‌گاهی تیرهای زیرسری جرثقیل‌های سقفی است.

۴ ـ ۴ ـ ۲ برون‌محوری بار

از نظر تأثیر بار، تیرها به‌دو صورت روی تکیه‌گاه‌های سخت‌شده قرار می‌گیرند:

(الف) امتداد تیر عمود بر صفحهٔ سخت‌کننده است (شکل ۴ ـ ۱۴ ـ الف). در این حالت



شکل ۴ ـ ۱۴

برون‌محوری بار P، از جان تیر تا وجه تکیه‌گاه می‌باشد.

(ب) امتداد تیر هم‌صفحهٔ سخت‌کننده است (شکل ۴ ـ ۱۴ ـ ب). در این حالت برون‌محوری از مرکز سطح تماس N تا وجه تکیه‌گاه منظور می‌شود.

۴ ـ ۴ ـ ۳ طراحی نشیمن سخت‌شده

در طراحی نشیمن سخت‌شده باید عوامل زیر مورد بررسی قرار گیرد:

۱ ـ تعیین عرض نشیمن W

۲ ـ تعیین ضخامت سخت‌کننده t_s

۳ ـ تعیین طول و بعد جوش‌ها و یا تعداد پیچ‌ها

۱ ـ تعیین عرض نشیمن W

تعیین عرض نشیمن برمبنای تأمین طول تماس N به‌کمک روابط ۴ ـ ۱ و ۴ ـ ۲ انجام می‌شود.

۲ ـ تعیین ضخامت سخت‌کننده

ضخامت سخت‌کننده برحسب اقناع شروط زیر تعیین می‌گردد:

(الف) ضخامت سخت‌کننده باید مساوی و یا بزرگتر از ضخامت جان تیر باشد:

$$t_s \geq t_w \qquad (۱۳-۴)$$

(ب) کمانش موضعی

$$t_s \geq \frac{W}{۲۵۰/\sqrt{F_y}} \qquad (۱۴-۴)$$

W= عرض سخت‌کننده (cm)

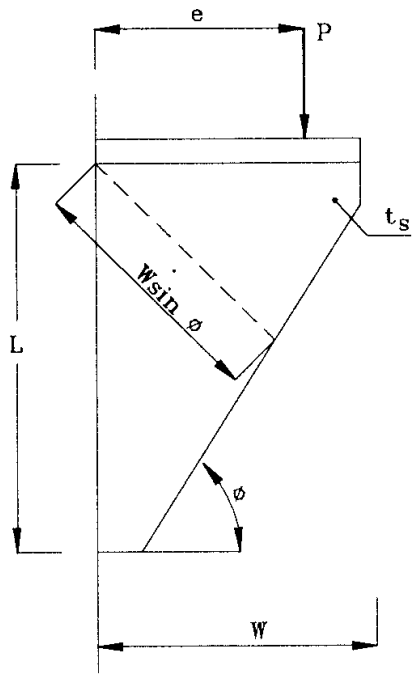
F_y= تنش تسلیم ورق سخت‌کننده برحسب نیوتن بر میلی‌مترمربع

(پ) کنترل لهیدگی

$$t_s \geq \frac{P}{۰/۹۰\, F_y (w-a)} \qquad (۱۵-۴)$$

(ت) کنترل تنش ترکیبی (شکل ۴ ـ ۱۵).

$$t_s \geq \frac{P(۶e-۲w)}{۰/۶ F_y w^۲ \sin^۲\phi} \qquad (۱۶-۴)$$



شکل ۴ ـ ۱۵

(ث) کنترل کمانش

$$0/5 < \frac{W}{L} \leq 1/0 \rightarrow \frac{W}{t_s} \leq \frac{650}{\sqrt{F_y}} \qquad (۴-۱۷-الف)$$

$$1/0 < \frac{W}{L} \leq 2/0 \rightarrow \frac{W}{t_s} \leq \frac{650(W/L)}{\sqrt{F_y}} \qquad (۴-۱۷-ب)$$

F_y= تنش تسلیم ورق سخت‌کننده برحسب نیوتن بر میلی‌مترمربع

۳ـ طراحی اتصال نشیمن به‌تکیه‌گاه

اتصال نشیمن به‌تکیه‌گاه به‌کمک جوش و یا پیچ انجام می‌شود (شکل ۴ ـ ۱۶). در هر دو حالت جزییات اتصال تحت نیروی برشی P و لنگر خمشی M=Pe قرار دارد که محاسبات مربوط با استفاده از بند ۱ ـ ۱۲ و ۲ ـ ۱۱ قابل انجام می‌باشند. برای اتصال جوشی، رابطهٔ زیر برای تعیین ظرفیت ارایه شده است.

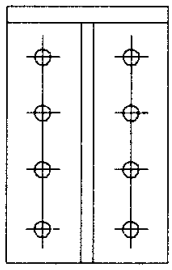
$$P = \frac{2/4 L^2 R_w}{\sqrt{L^2 + 16 e^2}} \qquad (۴-۱۸)$$

R_w= ارزش جوش

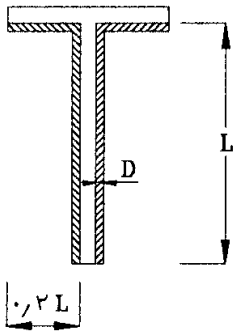
در براکت‌های بزرگ استفاده از تحلیل اجزای محدود برای تحلیل براکت توصیه می‌شود.

۴ـ۵ اتصال خورجینی (اتصال قیچی)

اتصال خورجینی نوعی از اتصالات با نشیمن انعطاف‌پذیر و یا سخت‌شده می‌باشد که در آن تیرها به‌صورت سراسری از بَر خارجی ستون عبور نموده‌اند. طبق آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در مقابل



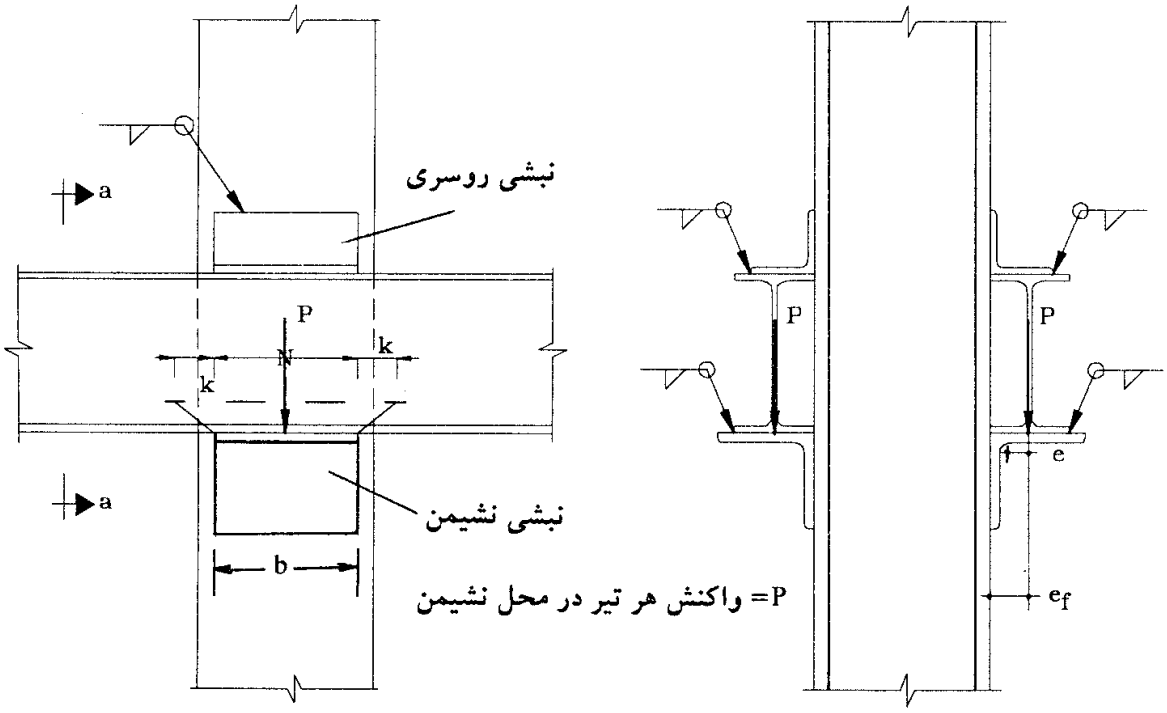
(الف) اتصال پیچی



(ب) اتصال جوشی

شکل ۴ ـ ۱۶

زلزله (آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰)، عملکرد اتصال به‌صورت ساده بوده و لنگری بین تیر و ستون انتقال پیدا نمی‌کند (شکل ۴ ـ ۱۷).



(الف) (ب) مقطع a-a

شکل ۴ ـ ۱۷

توصیه‌های طراحی

۱ ـ نبشی روسری نقش نگهدارنده داشته و در انتقال نیرو سهمی ندارد. حداقل آن نبشی ۱۰×۱۰۰×۱۰۰ میلی‌متر توصیه می‌شود که باید به‌صورت دورادور به‌تیر و ستون جوش شود. برای اینکه لبهٔ نبشی از لبهٔ بال تیر بیرون نزند و امکان جوش آن وجود داشته باشد، توصیه می‌شود قدری از لبهٔ بال نبشی روسری بریده شود.

۲ ـ طراحی نبشی تحتانی دقیقاً مشابه نبشی نشیمن انعطاف‌پذیر (بخش ۴ ـ ۱) است. در این حالت طول b و N یکی می‌شوند و بازوهای e و e_f مستقیماً از شکل ۴ ـ ۱۷ ـ ب، قابل محاسبه هستند. بنابراین روابط ۴ ـ ۱، ۴ ـ ۲، ۴ ـ ۵ و رابطهٔ ۴ ـ ۶ مستقیماً قابل استفاده هستند. عرض بال نبشی باید بزرگتر از عرض بال تیر انتخاب گردد، به‌طوری که امکان جوش لبهٔ بال تیر به‌بالای نبشی نشیمن امکان‌پذیر باشد.

فصل ۵

اتصالات نیمه‌صلب تیر به‌ستون

۵ ـ ۱ معرفی

۵ ـ ۲ لنگر انتهایی برحسب درجه صلبیت

۵ ـ ۳ جزییات اتصال نیمه‌صلب

۵ ـ ۴ طراحی اتصال

۵ ـ ۱ معرفی

اتصالات نیمه‌صلب تیر به‌ستون، آن دسته از اتصالات می‌باشند که تحت تأثیر بارهای وارده، در آنها مقداری دوران انتهایی رخ داده و در نتیجه لنگر انتهایی کوچکتر از لنگر انتهایی در حالت صلب به‌دست می‌آید. چنین رفتاری باعث ایجاد توازن بین لنگر منفی و مثبت دهانه شده و در نتیجه اقتصاد طرح بهبود می‌یابد.

موارد مطروحه در این فصل محدود به‌بارهای قائم می‌باشد و استفاده از این نوع اتصالات برای حمل بارهای جانبی توصیه نمی‌شود. بنابراین کاربرد این اتصالات محدود به‌سازه‌هایی می‌شود که سیستم مقاوم آنها در مقابل بارهای جانبی، بادبند و یا دیوار برشی است. لازم به‌ذکر است که تغییرات کوچک در طراحی و اجرا می‌تواند باعث تغییرقابل توجه درجهٔ صلبیت گردد. کاهش درجهٔ صلبیت می‌تواند خطر افزایش لنگر وسط دهانه را داشته باشد. لذا مقرر می‌گردد که طراحی تیر براساس درجه صلبیت R=۵۰ درصد و طراحی اتصال براساس درجه صلبیت R=۷۵ درصد انجام شود.

۵ ـ ۲ لنگر انتهایی برحسب درجه صلبیت

جدول ۵ ـ ۱ نشان‌دهندهٔ لنگر انتهایی M و دوران انتهایی θ برای انواع مختلف بار در روی دهانه با درجات صلبیت متفاوت است. از اعداد این جدول می‌توان برای طراحی تیر با اتصال نیمه‌صلب استفاده نمود.

۵ ـ ۳ جزییات اتصال نیمه‌صلب

شکل ۵ ـ ۱ نشان‌دهندهٔ جزییات اتصال نیمه‌صلب می‌شود. در این نوع اتصال، طولی مساوی L از ورق روسری به‌صورت جوش نشده باقی گذاشته می‌شود. اتساع کششی ورق روسری در این ناحیه، دوران انتهایی لازم را برای رفتار نیمه‌صلب به‌وجود می‌آورد.

جدول ۵ ـ ۱ لنگر انتهایی برحسب درجهٔ صلبیت R

	۱ بار متمرکز W	۲ بار مترمکز W	۳ بار متمرکز W	۴ بار متمرکز W	۵ بار متمرکز W	بار یکنواخت W *
نمودار لنگر تیر با تکیه‌گاه ساده						
لنگر وسط M_e تیر با تکیه‌گاه ساده	$+\frac{WL}{۴}$	$+\frac{WL}{۶}$	$+\frac{WL}{۶}$	$+\frac{۳WL}{۲۰}$	$+\frac{۳WL}{۲۰}$	$+\frac{WL}{۸}$
θ_e دوران انتهایی تیر با تکیه‌گاه ساده (R=۰)	$\frac{WL^۲}{۱۶EI}$	$\frac{WL^۲}{۱۸EI}$	$\frac{۵WL^۲}{۹۶EI}$	$\frac{WL^۲}{۲۰EI}$	$\frac{۷WL^۲}{۱۴۴EI}$	$\frac{WL^۲}{۲۴EI}$
M_e لنگر انتهایی دو سر گیردار (R=٪۱۰۰)	$-\frac{WL}{۸}$	$-\frac{WL}{۹}$	$-\frac{۵WL}{۴۸}$	$-\frac{WL}{۱۰}$	$-\frac{۷WL}{۷۲}$	$-\frac{WL}{۱۲}$
لنگر تیر در وسط برحسب درجهٔ صلبیت R	$\frac{WL}{۸}(۲-R)$	$\frac{WL}{۱۸}(۳-۲R)$	$\frac{WL}{۴۸}(۸-۵R)$	$\frac{WL}{۲۰}(۳-۲R)$	$\frac{WL}{۳۶۰}(۵۴-۳۵R)$	$\frac{WL}{۲۴}(۳-۲R)$

* W کل بار یکنواخت می‌باشد.

۵ ـ ۴ طراحی اتصال

۱ ـ تعیین لنگر انتهایی براساس درجهٔ صلبیت ۷۵ درصد

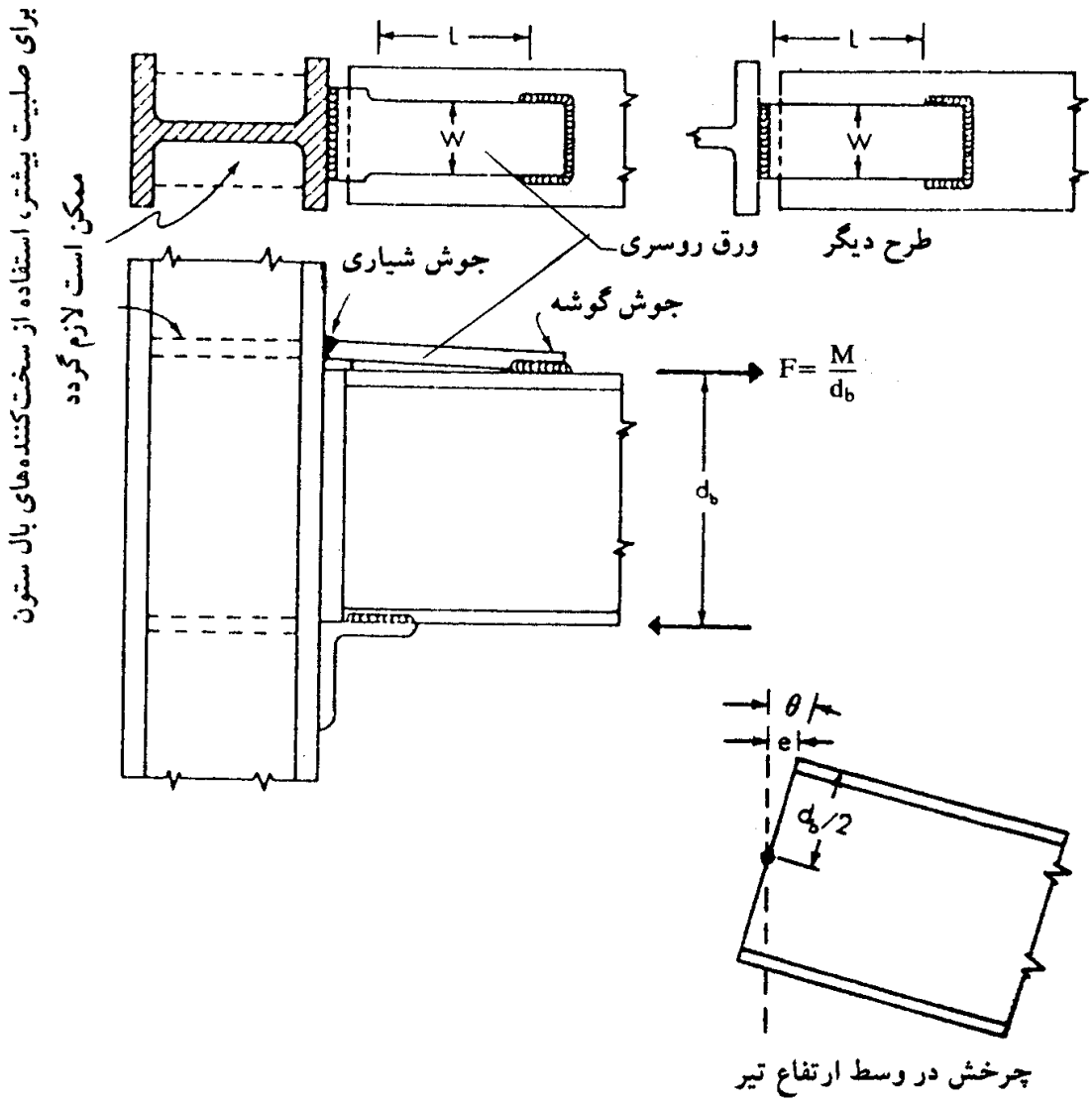
$$M_e = ۰/۷۵\,(FEM) \qquad (۱ - ۵)$$

FEM= لنگر گیرداری انتهایی

در صورت استفاده از برنامه‌های تحلیل سازه که لنگر انتهایی را برحسب درجهٔ صلبیت، مستقیماً به‌دست می‌دهند، نیازی به‌محاسبهٔ فوق نیست.

۲ ـ سطح مقطع ورق روسری از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$A_p = \frac{M_e}{(۰/۶\,F_y)\,d_b} \qquad (۲ - ۵)$$



شکل ۵ ـ ۱

A_p= سطح مقطع ورق روسری

M_e= لنگر انتهایی

F_y= تنش تسلیم ورق روسری

d_b= ارتفاع تیر

۳ـ تعیین دوران انتهایی لازم برحسب درجهٔ صلبیت

$$\theta_e=\theta_{eo}(1-R) \qquad (۵ ـ ۳)$$

R= درجه صلبیت

θ_{eo}= دوران انتهایی در حالت صلبیت صفر (دهانهٔ ساده) ـ جدول ۵ ـ ۱

۴ـ تعیین طول L به‌منظور تأمین درجه صلبیت مورد نظر

$$L=\frac{\theta_e d_b E}{۲ f_b} \qquad (۴-۵)$$

f_b= تنش خمشی موجود در ورق روسری ($f_b=\frac{M_e}{dA_p}$)

θ_e= دوران انتهایی

فصل ۶

اتصالات صلب تیر به‌ستون

۶ـ۱ معرفی

۶ـ۲ اتصالات صلب جوشی با ورق زیرسری و روسری

۶ـ۳ اتصالات صلب با جوش مستقیم تیر به‌ستون

۶ـ۴ اتصالات صلب با ورق زیرسری و روسری با اتصال پیچی

۶ـ۵ اتصال صلب با ورق سر (اتصال فلنجی)

۶ـ۶ اتصالات فلنجی در تیرهای مرتفع

۶ـ۱ معرفی

اتصالات صلب تیر به‌ستون شامل آن دسته از اتصالات می‌شوند که قابلیت انتقال لنگر بین تیر و ستون را دارا می‌باشند و در حین انتقال لنگر، زاویهٔ نسبی بین تیر و ستون تغییر نمی‌کند.

در این فصل روش‌های محاسباتی و کنترل لازم برای طراحی انواع متداول این نوع اتصال ارایه می‌گردد.

اتصالات صلب در قاب‌های خمشی به‌کار می‌روند و قاب‌های خمشی از سیسم‌های مقاوم در مقابل نیروهای زلزله هستند. رفتار لرزه‌ای سیستم‌های سازه‌ای هنوز به‌طور دقیق برای مهندسین شناخته شده نیست و در مورد رفتار لرزه‌ای اتصالات صلب هنوز ابهاماتی وجود دارد و سؤالات زیادی بدون پاسخ مانده است. لذا مطالب قابل ارایه برای اتصالات صلب به‌دو بخش تقسیم می‌شود. مفاهیم اولیه و اصول استاتیکی در این فصل ارایه می‌شوند. اتصالات معرفی شده در این فصل قادر به‌حمل نیروهای جانبی ناشی از باد و زلزله در حد قاب‌های صلب معمولی (با شکل‌پذیری کم) می‌باشند. در فصل دوازدهم تحت عنوان رفتار لرزه‌ای اتصالات صلب، مطالب تکمیلی در ارتباط با افزایش شکل‌پذیری این نوع اتصالات و ضوابط ویژه برای استفاده از این نوع اتصالات در قاب‌های خمشی ویژه (با شکل‌پذیری زیاد) ارایه می‌گردد.

انواع اتصالات صلبی که در این فصل مورد توجه قرار می‌گیرند، عبارتند از:

(الف) اتصال صلب جوشی با ورق زیرسری و روسری

(ب) اتصال صلب با جوش مستقیم تیر به‌ستون

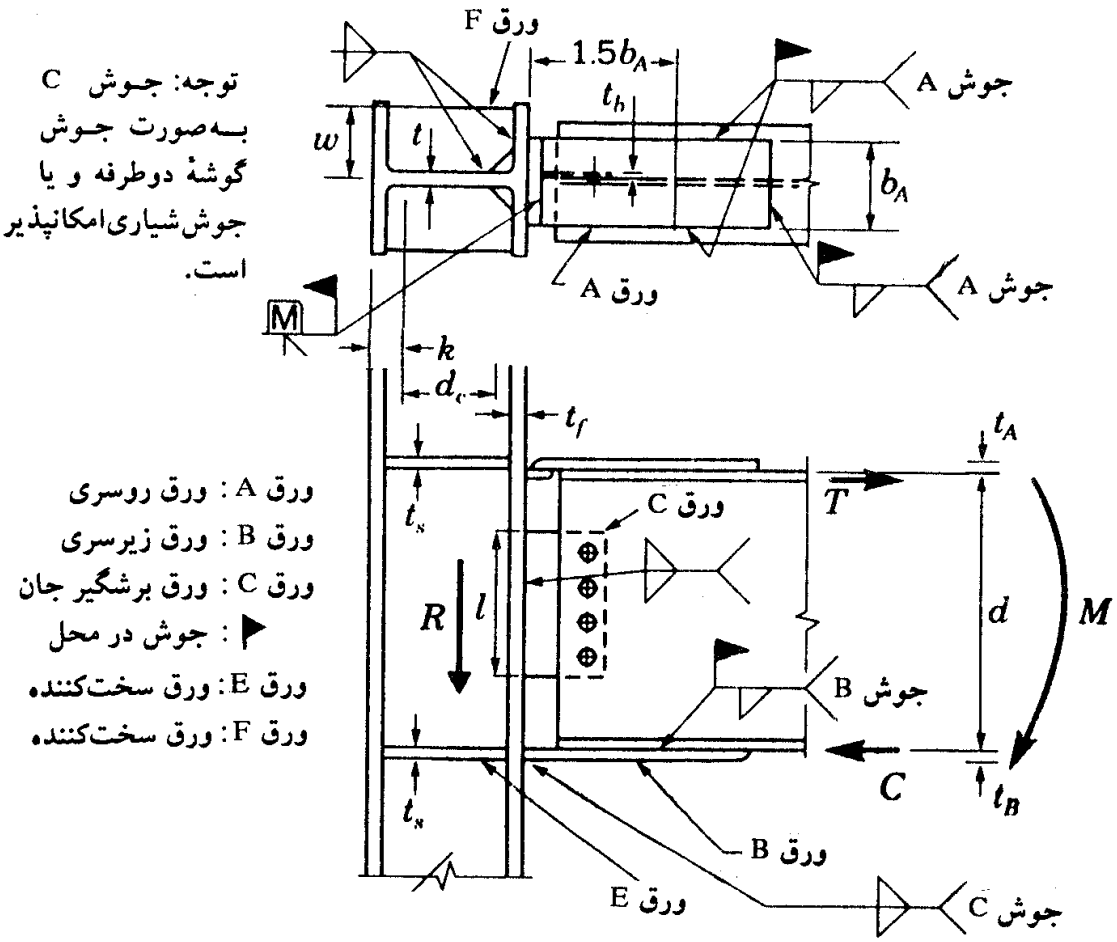
(پ) اتصال صلب با ورق زیرسری و روسری با اتصال پیچی

(ت) اتصال صلب فلنجی

۶ـ۲ اتصالات صلب جوشی با ورق زیرسری و روسری

در شکل ۶ـ۱ جزییات اتصال جوشی صلب تیر به‌ستون با استفاده از ورق زیرسری و روسری نشان داده شده است. به‌منظور فراهم آوردن امکان جوشکاری در حالت تخت در کارگاه، عرض ورق روسری کوچکتر از عرض بال فوقانی تیر و عرض ورق زیرسری بزرگتر از عرض ورق بال تحتانی انتخاب می‌شود.

در طراحی اتصالات صلب فرض می‌شود لنگر اتصال به‌صورت زوج نیرو از طریق بال توسط



شکل ۶ ـ ۱ اتصال صلب تیر به‌ستون (جوشی).

ورق‌های زیرسری و روسری، و نیروی برشی تکیه‌گاهی توسط ورق برشگیر جان منتقل می‌گردد.

روش طراحی

۶ ـ ۲ ـ ۱ تعیین لنگر طراحی M و نیروی برشی طراحی R

مقادیر فوق از تحلیل سازه در مقابل ترکیبات بارگذاری D+L و ۰/۷۵(D+L±E یا W) به‌دست می‌آید، اما توصیه می‌شود که M کمتر از ظرفیت خمشی مجاز مقطع تیر در نزدیکی تکیه‌گاه در نظر گرفته نشده و مقدار R نیز کمتر از مقدار به‌دست آمده از رابطهٔ زیر اختیار نگردد:

$$R=R_{D+L}+\frac{2M}{L} \qquad (۶ ـ ۱)$$

در رابطهٔ فوق R_{D+L} واکنش تکیه‌گاهی ناشی از بار مرده و زنده، M ظرفیت خمشی مجاز مقطع تیر در محل تکیه‌گاه و L طول دهانه می‌باشد.

۶ ـ ۲ ـ ۲ تعیین سطح مقطع ورق روسری و زیرسری

نیروی افقی ورق‌های روسری و زیرسری از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$T=\frac{M}{d}$$

M= لنگر خمشی در محل تکیه‌گاه (بند ۶ ـ ۲ ـ ۱)

d= در جهت اطمینان، مساوی ارتفاع تیر

سطح مقطع ورق روسری برابر می‌شود با:

$$A_{tp}=A_{bp}=\frac{T}{F_t} \qquad (۶ ـ ۲)$$

F_t= تنش کششی مجاز ورق

برای امکان جوش گوشه در وضعیت تخت، عرض ورق روسری به‌اندازهٔ حداقل ۳۰ میلی‌متر کوچکتر از عرض بال فوقانی و عرض ورق زیرسری به‌مقدار حداقل ۳۰ میلی‌متر بزرگتر از عرض ورق بال تحتانی منظور می‌شود.

$$(b_A\times t_A)_{tp}=A_{tp} \qquad (\text{شکل ۶ ـ ۱})$$
$$(b_B\times t_B)_{bp}=A_{bp}$$

۶ ـ ۲ ـ ۳ طول ورق روسری و زیرسری

طول ورق روسری و زیرسری، با توجه به‌طول جوش لازم گوشه برای اتصال ورق‌های زیرسری و روسری به‌بال تیر تعیین می‌گردد.

$$L_w=\frac{T}{R_w}$$

ارزش جوش $=R_w=(۰/۳F_u\phi)(\cos ۴۵)(D)$

D= اندازهٔ ساق جوش گوشه که معمولاً مساوی ۷۰ درصد ضخامت ورق‌های روسری یا زیرسری در نظر گرفته می‌شود و نباید بزرگتر از ضخامت بال تیر گردد.

ϕ= ضریب بازرسی جوش (مساوی ۱ یا ۰/۸۵ یا ۰/۷۵ ـ فصل اول بند ۱ ـ ۹ ـ ۷)

F_u= مقاومت نهایی الکترود

طول L_w در ورق روسری توسط دو طول بغل و یک عرض انتهایی تأمین می‌گردد. در ورق زیرسری L_w فقط در دو طول بغل قابل تأمین است و انتهای ورق زیرسری قابل جوش نیست. مطابق شکل ۶ ـ ۱ ـ الف، ورق روسری را در طولی مساوی $۱/۵\,b_A$ از سر ستون جوش نمی‌دهند. در نتیجه طول ورق روسری برابر می‌شود با:

طول ورق روسری $=۱/۵b_A+\frac{۱}{۲}(L_w-b_A)$

و طول ورق زیرسری:

$$\text{طول ورق زیرسری} = \frac{1}{2} L_w + 50 \text{ mm}$$

۶ـ۲ـ۴ اتصال ورق روسری و زیرسری به‌بال ستون

ورق‌های زیرسری و روسری باید با جوش شیاری تمام نفوذی به‌بال ستون جوش شوند.* ورق زیرسری در کارخانه به‌ستون جوش می‌شود و امکان حصول جوش شیاری با $\phi=1$ برای آن قابل انتظار است، لیکن ورق روسری در کارگاه به‌ستون جوش می‌شود و بهتر است برای این جوش از ضریب کیفیت ۰/۷۵ یا ۰/۸۵ استفاده نمود. در نتیجه عرض ورق روسری لازم است در محل اتصال به‌ستون افزایش یابد و در نتیجه ورق روسری به‌صورت کله‌گاوی درآید (شکل ۶ ـ ۲).

۶ـ۲ـ۵ طراحی ورق برشگیر جان

(الف) تعیین ابعاد ورق برشگیر جان براساس انتقال نیروی برشی

$$l\, t_c = \frac{R}{F_v} \qquad (۶ ـ ۳)$$

R= واکنش تکیه‌گاهی (بند ۶ ـ ۲ ـ ۱ رابطهٔ ۶ ـ ۱)

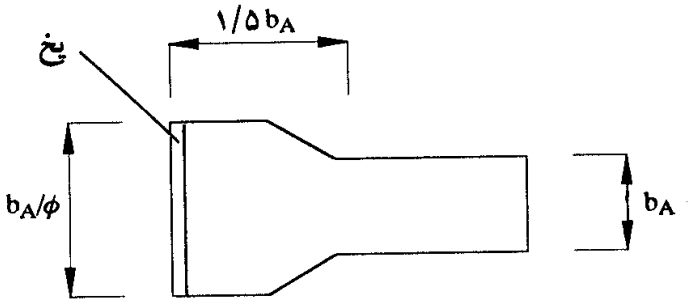
F_v= تنش برشی مجاز (مساوی $0/4\, F_y$)

l= ارتفاع ورق برشگیر که مساوی و یا کوچکتر از $(d-2k)$ اختیار می‌گردد.

t_c= ضخامت ورق برشگیر

(ب) تعیین اندازهٔ جوش ورق برشگیر

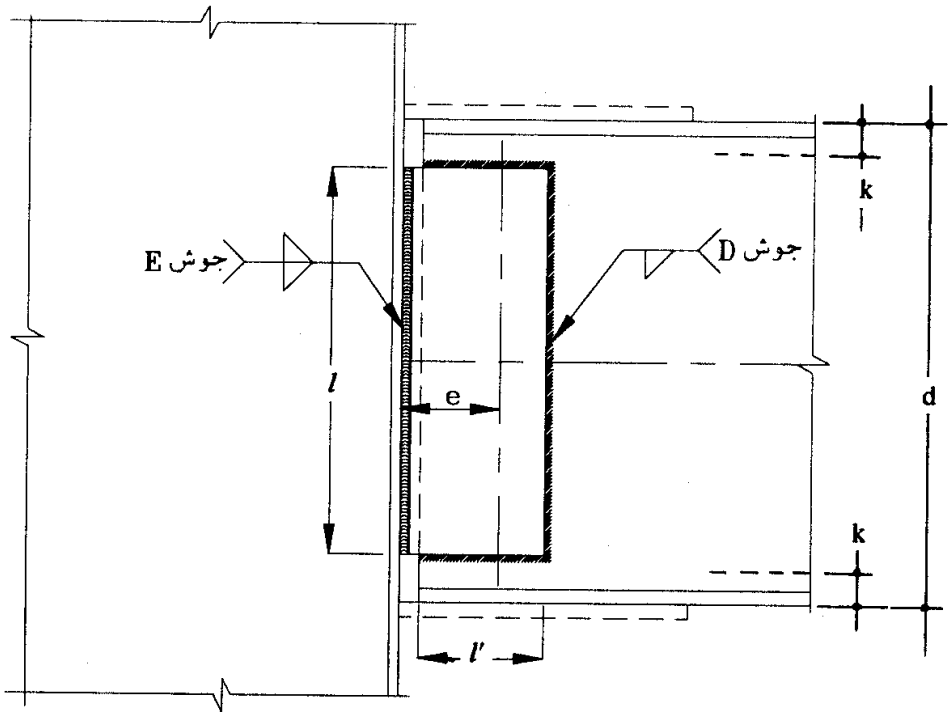
ورق برشگیر از یک لبه به‌بال ستون و از سمت دیگر به‌جان تیر جوش می‌شود (شکل ۶ ـ ۳).



شکل ۶ ـ ۲ ورق روسری کله‌گاوی.

---

* استفاده از جوش گوشهٔ دوطرفه برای اتصال ورق زیرسری به‌ستون در قاب‌های صلب معمولی مجاز است.



شکل ۶ ـ ۳

جوش D

این جوش برای اثر مشترک نیروی برشی R و لنگر پیچشی Re محاسبه می‌شود.

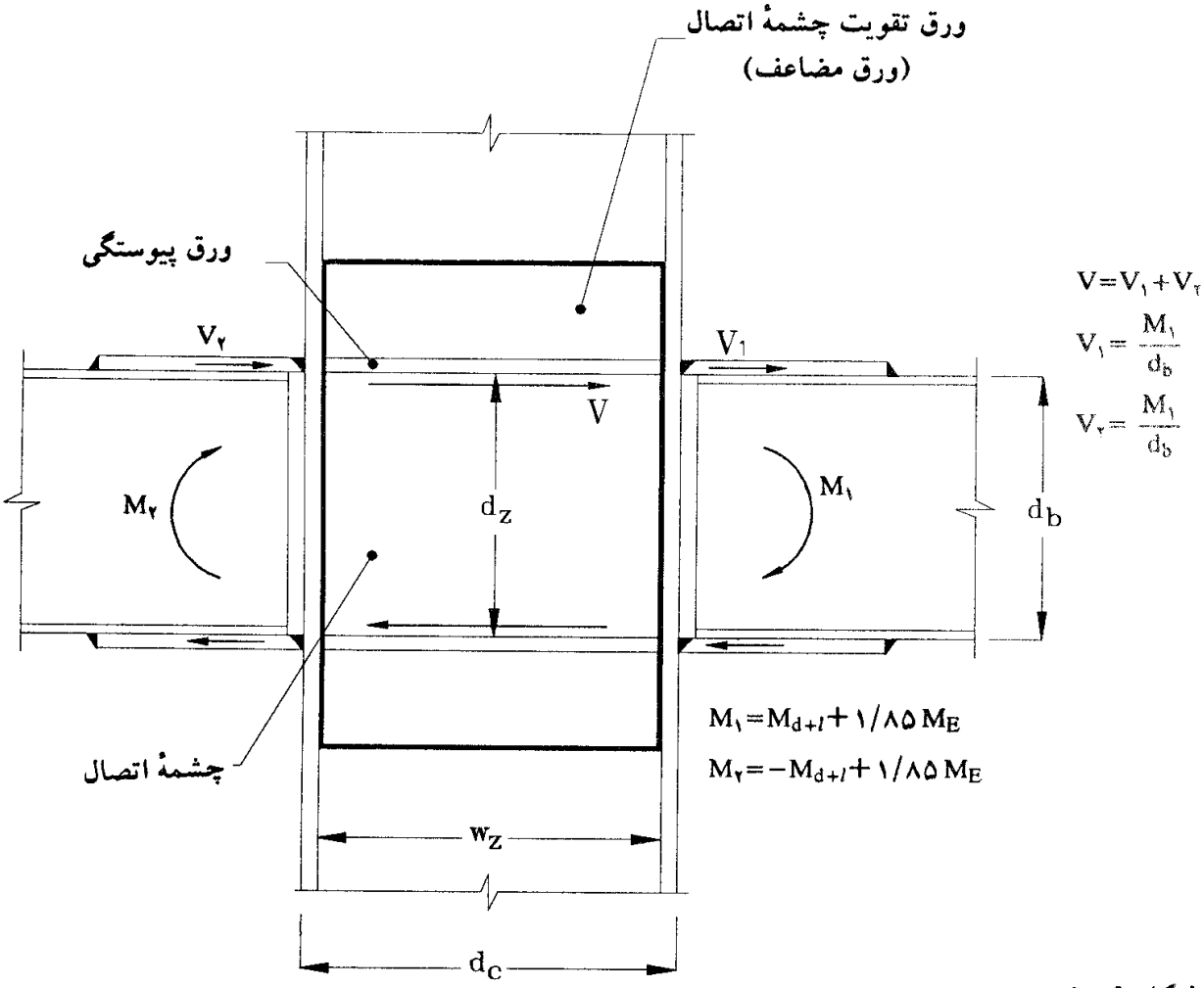
جوش E

این جوش برای اثر مشترک نیروی برشی R و لنگر خمشی Re محاسبه می‌شود.

۶ ـ ۲ ـ ۶ کنترل جان ستون در ناحیهٔ چشمهٔ اتصال

(الف) چشمهٔ اتصال، ناحیهٔ محصور شدهٔ جان ستون در مقابل بال تیر است. چشمهٔ اتصال تیر به‌ستون باید توانایی مقابله با برش ناشی از لنگر خمشی تیر به‌علت بارهای ثقلی به‌علاوهٔ ۱/۸۵ برابر نیروی زلزله را دارا باشد. لیکن مقاومت برشی لازم نیست از برش نظیر $0/8\Sigma M_{ps}$ تیرهای متصل به‌بال‌های ستون در محل اتصال بیشتر باشد. مقاومت برشی چشمهٔ اتصال را می‌توان با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه نمود:

$$V_p = 0/55 F_y d_c t \left[1 + \frac{3 b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t}\right] \qquad (۶-۴)$$



شکل ۶ ـ ۴

که در آن:

t = ضخامت جان ستون به‌علاوه ضخامت ورق مضاعف

d_b = ارتفاع مقطع تیر

d_c = ارتفاع مقطع ستون

b_c = عرض بال ستون

t_{cf} = ضخامت بال ستون

(ب) ضخامت چشمهٔ اتصال، t_z، باید رابطهٔ زیر را اقناع نماید:

$$t_z \geq (d_z+w_z)/90 \qquad (۶-۵)$$

d_z = عمق چشمهٔ اتصال بین ورق‌های سخت‌کنندهٔ پیوستگی

w_z = عرض چشمهٔ اتصال بین بال‌های ستون

برای این منظور، t_z نباید شامل ضخامت هرگونه ورق مضاعف باشد، مگراینکه ورق مضاعف توسط جوش انگشتانهٔ کافی به‌منظور جلوگیری از کمانش موضعی، به‌جان ستون جوش شود.

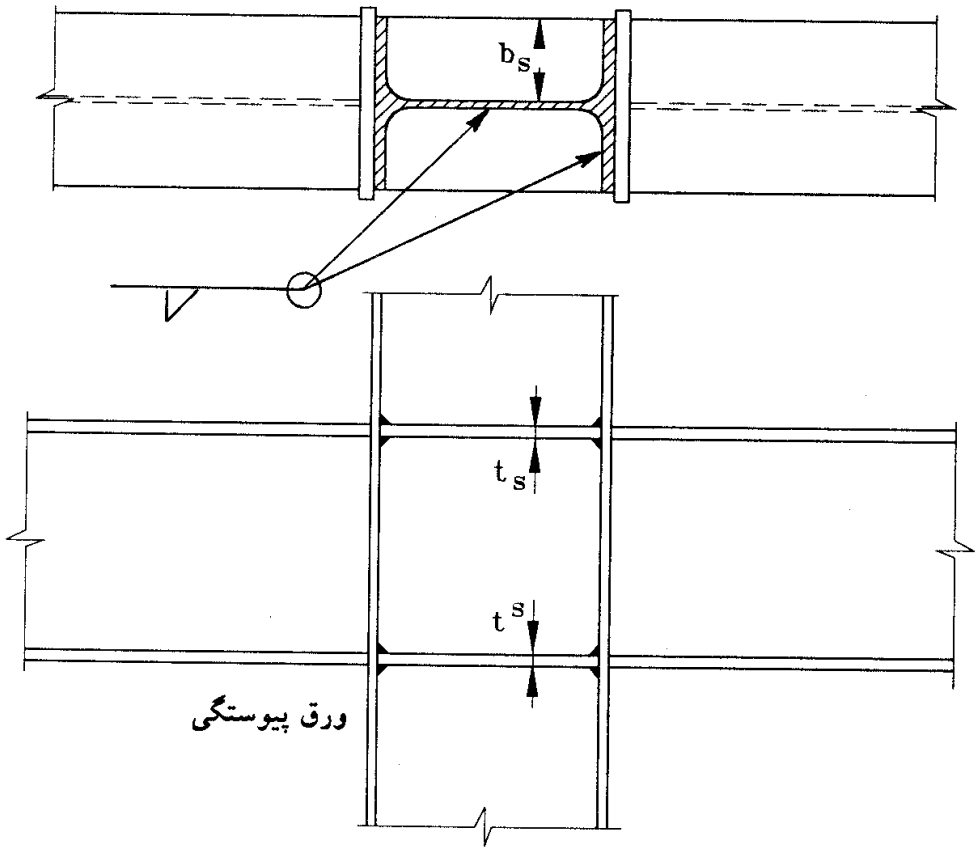
(پ) ورق مضاعف

ورق‌های مضاعف به‌منظور کاهش تنش برشی در چشمهٔ اتصال و یا کاهش نسبت ارتفاع به‌ضخامت جان به‌کار گرفته می‌شوند. فاصلهٔ این ورق‌ها نباید بیش از ۱/۵ میلی‌متر از جان ستون باشد و باید در طول لبهٔ فوقانی و لبهٔ تحتانی ورق با جوش گوشه با بعد حداقل مساوی ۵ میلی‌متر جوش شوند. این ورق‌ها باید با استفاده از جوش شیاری یا گوشه به‌منظور حصول مقاومت برشی ورق‌های مضاعف به‌بال ستون جوش شوند.

۶ـ۲ـ۷ ورق‌های پیوستگی

در مقابل ورق‌های اتصال روسری و زیرسری باید ورق‌های پیوستگی که سطح مقطع آنها کمتر از سطح مقطع بال‌های فوقانی و تحتانی تیر نباشد، نصب نمود (شکل ۶ ـ ۵):

$$۲ b_s t_s \geq A_f$$



شکل ۶ ـ ۵ ورق‌های پیوستگی.

جوش ورق‌های پیوستگی باید قادر به‌انتقال نیروی بال از طریق ورق‌ها به‌طرف مقابل باشد.

اگر شرایط زیر اقناع گردد، طبق آیین‌نامه نیاز به‌استفاده از سخت‌کننده (ورق‌های پیوستگی) در مقابل بارهای فشاری و کششی نیست، ولی به‌لحاظ رفتار لرزه‌ای، نصب ورق‌های پیوستگی در هر حال توصیه می‌شود.

الف: در مقابل بال فشاری

$$d_c \leq \frac{۱۱۰۰۰\, t_c^{۳} \sqrt{F_{yc}}}{A_f F_{yb}}$$

d_c= ارتفاع مقطع ستون

t_c= ضخامت جان ستون

F_{yc}= تنش تسلیم ستون (نیوتن بر میلی‌متر مربع)

A_f= مساحت بال تیر

F_{yb}= تنش تسلیم تیر (نیوتن بر میلی‌متر مربع)

ب: در مقابل بال کششی

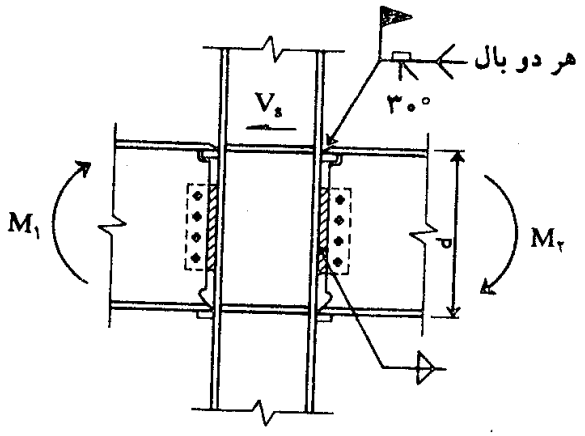
$$t_{fc} \geq ۰/۴ \sqrt{\frac{A_f F_{yb}}{F_{yc}}}$$

t_{fc}= ضخامت بال ستون

۶ ـ ۳ اتصالات صلب با جوش مستقیم تیر به‌ستون

یکی از روش‌های ایجاد اتصال صلب، جوش مستقیم تیر به‌ستون می‌باشد (شکل ۶ ـ ۶).

این نوع اتصال نیاز به‌دقت خاصی در ساخت دارد و لازم است تیرها با اندازهٔ بسیار دقیق



شکل ۶ ـ ۶ اتصال صلب تیر به‌ستون با جوش مستقیم تیر به‌ستون.

در حد فاصل دو ستون بریده شده و لبه‌های بال‌های آنها به‌درستی پخ زده شده باشند. این اتصالات با اینکه صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در ساخت اتصالات به‌وجود می‌آورند، لیکن تجارب زلزله‌های اخیر بیانگر رفتار نامناسب آنهاست.

۶ـ۳ـ۱ اتصال بال‌ها

اتصال هر دو بال فوقانی و تحتانی تیر به‌ستون، به‌کمک جوش شیاری با نفوذ کامل انجام می‌شود، بنابراین نیازی به‌محاسبه‌ای خاص برای اتصال آنها نیست. جوش باید در تمام عرض بال با ضخامت کامل انجام شود. در انجام جوش شیاری بال تحتانی، در محل جان ناپیوستگی در انجام جوشکاری به‌وجود می‌آید و در نتیجه یک نقطه برای وجود عدم پیوستگی در جوش است.

در صورت استفاده از این اتصال، توصیه می‌شود ضخامت بال در محل شیار به‌مقدار حدود ۳۵ درصد افزایش یابد (شکل ۶ ـ ۷).

۶ـ۳ـ۲ طراحی ورق برشگیر جان

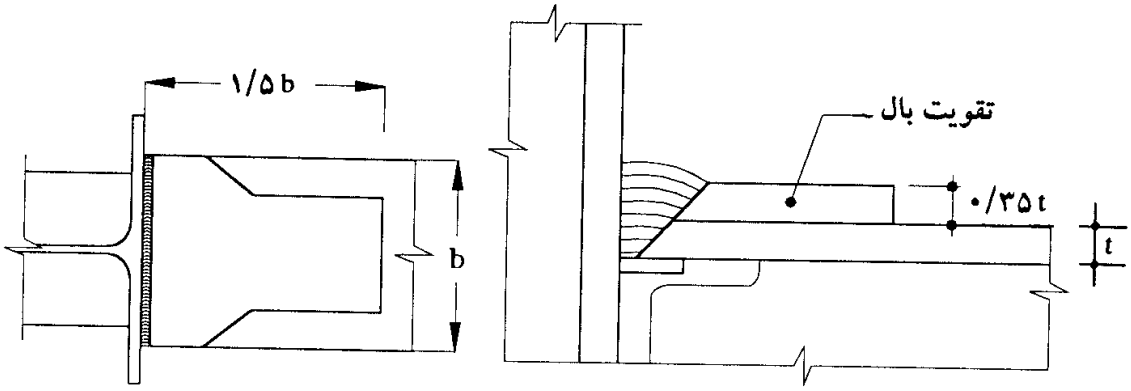
مطابق بند ۶ ـ ۲ ـ ۵ انجام می‌شود.

۶ـ۳ـ۳ کنترل جان ستون در ناحیهٔ چشمهٔ اتصال

مطابق بند ۶ ـ ۲ ـ ۶ انجام می‌شود.

۶ـ۳ـ۴ ورق‌های پیوستگی

مطابق بند ۶ ـ ۲ ـ ۷ صورت می‌گیرد.



شکل ۶ ـ ۷

۶ ـ ۴ اتصالات صلب با ورق زیرسری و روسری با اتصال پیچی

شکل ۶ ـ ۸ نشان‌دهندهٔ جزییات چنین اتصالی است. ترتیب اتصال بدین‌قرار است که ورق‌های زیرسری و روسری در کارخانه با استفاده از جوش شیاری تمام نفوذی به‌ستون جوش می‌شوند. در کارگاه در موقع نصب، تیر در حد فاصل ورق‌های زیرسری و روسری قرار گرفته و پیچ‌های اتصالی بسته می‌شوند.

۶ ـ ۴ ـ ۱ تعیین لنگر طراحی M و نیروی برشی طراحی R

مطابق بند ۶ ـ ۲ ـ ۱ انجام می‌شود.

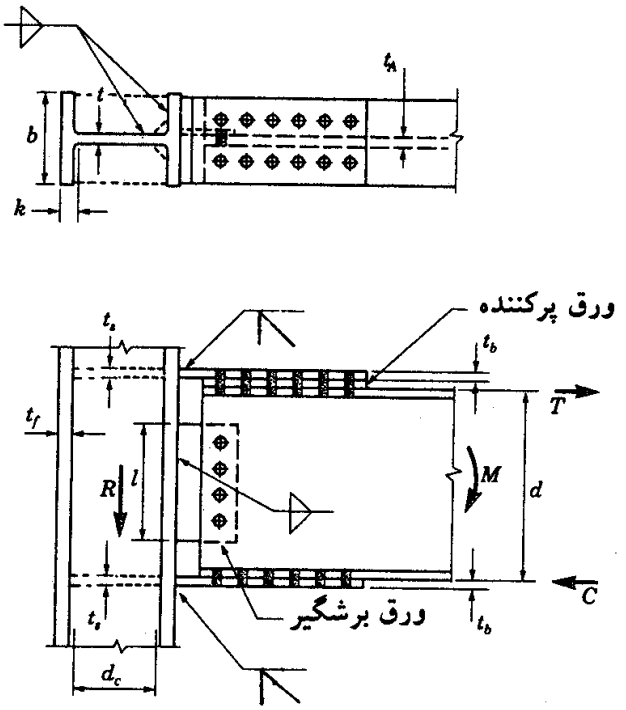
۶ ـ ۴ ـ ۲ تعیین سطح مقطع ورق روسری و زیرسری

نیروی افقی ورق‌های روسری و زیرسری از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$T=\frac{M}{d}$$

M= لنگر خمشی در محل تکیه‌گاه (بند ۶ ـ ۴ ـ ۱)

d= ارتفاع کل تیر



شکل ۶ ـ ۸ اتصال صلب تیر به‌ستون با ورق زیرسری و روسری با اتصال پیچی.

سطح مقطع کل و خالص ورق‌های زیرسری و روسری از روابط زیر تعیین می‌گردد:

$$A_{gross} = \frac{T}{0/6\,F_y} \qquad (۶-۶)$$

$$A_{net} = \frac{T}{0/5\,F_u} \qquad (۶-۷)$$

A_{gross} = سطح مقطع کلی ورق‌های زیرسری و روسری

A_{net} = سطح مقطع خالص ورق‌های زیرسری و روسری

F_y = تنش تسلیم ورق‌های زیرسری و روسری

F_u = تنش نهایی ورق‌های زیرسری و روسری

برحسب مورد، ورق روسری می‌تواند همانند شکل ۶ ـ ۲ به‌صورت کله‌گاوی باشد. عرض ورق‌های زیرسری و روسری را می‌توان مساوی و یا بزرگتر از عرض بال تیر منظور نمود، چون اتصال بین آنها با پیچ برقرار می‌شود.

۶ ـ ۴ ـ ۳ تعداد پیچ‌های اتصال ورق‌ها به‌بال تیر

پیچ‌های اتصال ورق‌های زیرسری و روسری به‌بال تیر، به‌صورت یک‌برشه عمل می‌نمایند و تعداد آنها را می‌توان از رابطهٔ زیر محاسبه نمود:

$$n = \frac{T}{R_v} \qquad (۶-۸)$$

که در آن R_v ظرفیت برشی مجاز یک پیچ می‌باشد (فصل دوم).

۶ ـ ۴ ـ ۴ طراحی ورق برشگیر جان

مطابق بند ۶ ـ ۲ ـ ۵ انجام می‌شود.

۶ ـ ۴ ـ ۵ کنترل جان ستون در ناحیهٔ چشمهٔ اتصال

مطابق بند ۶ ـ ۲ ـ ۶ انجام می‌شود.

۶ ـ ۴ ـ ۶ ورق‌های پیوستگی

مطابق بند ۶ ـ ۲ ـ ۷ انجام می‌شود.

٦ ـ ۵ اتصال صلب با ورق سر (اتصال فلنجی)

در شکل ۶ ـ ۹ دو نوع از اتصالات فلنجی تیر به‌ستون با نام‌های چهار پیچه و هشت پیچه نشان داده شده‌اند.

اتصال چهارپیچه برای مقادیر کم لنگر خمشی و اتصال هشت پیچه برای مقادیر بزرگ لنگر خمشی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

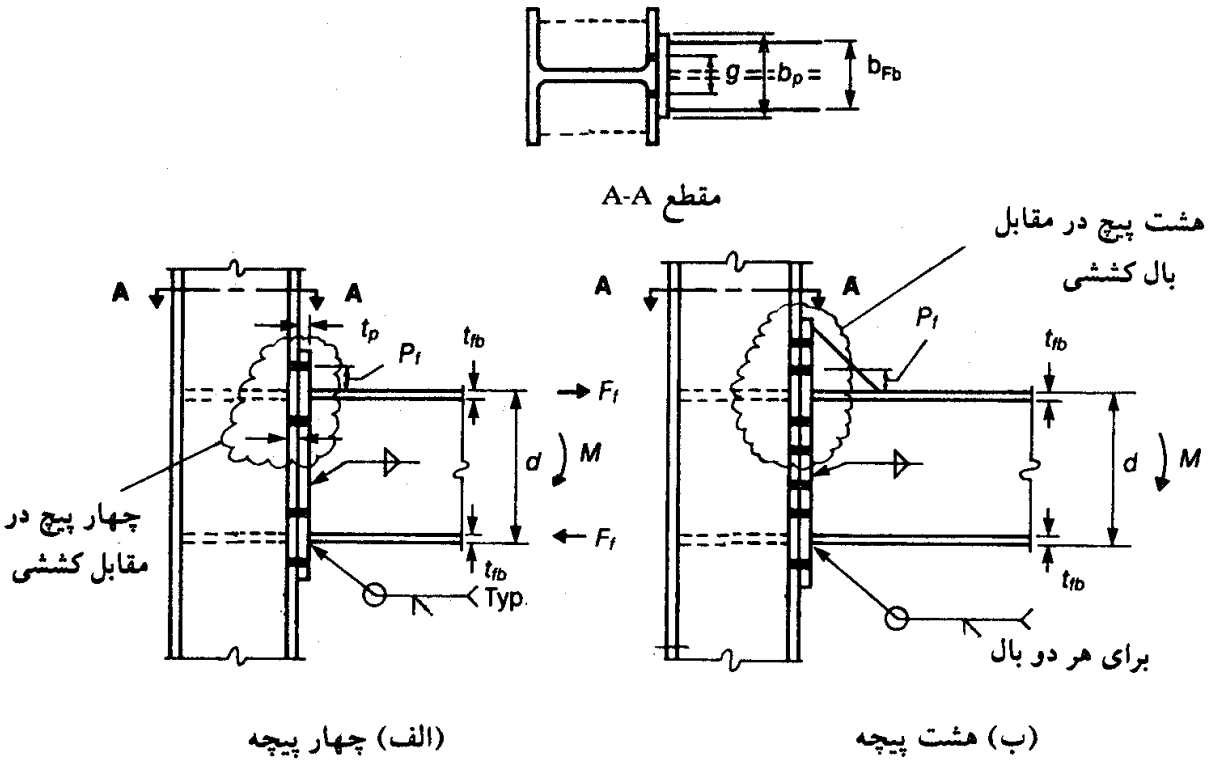
٦ ـ ۵ ـ ۱ نکات عمومی

۱ ـ اتصال تیر به‌ورق سر باید با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل در بال‌ها و جوش گوشهٔ دوطرفه در جان به‌صورت تمام مقاومت انجام شود. استفاده از ورق تقویتی در بال مطابق شکل ۶ ـ ۷ و یا سخت‌کنندهٔ مثلثی مطابق شکل ۶ ـ ۹ ـ ب، قابل توصیه است.

۲ ـ در این نوع اتصال پیچ‌ها باید از نوع پرمقاومت بوده* و کاملاً سفت شوند.

۳ ـ از هر دو نوع پیچ اتکایی و اصطکاکی می‌توان برای این نوع اتصال استفاده نمود.

۴ ـ پیچ‌ها باید تحت اثر همزمان نیروی برشی و لنگر خمشی کنترل شوند.



شکل ۶ ـ ۹ اتصال فلنجی تیر به‌ستون.

---

* از نوع ۸/۸ یا ۱۰/۹ و یا معادل آنها.

۵ - ورق سر ارجح است از فولاد ST37 باشد.

۶ - تحت اثر زلزله، ممکن است حالت لنگر معکوس در اتصال به‌وجود آید که اتصال باید برای آن کنترل گردد.

۷ - برای ایجاد سهولت در نصب پیچ‌ها، حداقل فاصلهٔ p_f مساوی قطر پیچ به‌علاوهٔ ۱۵ میلی‌متر می‌باشد. حداقل p_f مساوی ۵۰ میلی‌متر و حداکثر آن ۷۵ میلی‌متر توصیه می‌شود. فاصلهٔ قائم پیچ‌ها از هم نیز نباید از سه برابر قطر اسمی تجاوز نماید که مقدار توصیه شده برای این فاصله نیز ۷۵ میلی‌متر است.

۸ - مقدار مناسب g بین ۱۴۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

۶-۵-۲ تذکرات عمومی برای اتصال چهارپیچی

۱ - در صورتی که پیچ‌های فوقانی در دو طرف بال کششی به‌یک فاصله p_f از آن قرار داشته باشند، فرض می‌شود که نیروی کششی F_t بین آنها به‌طور مساوی تقسیم می‌شود.

۲ - اتصال تیر به‌ورق سر باید به‌صورت تمام مقاومت انجام شود. جوش گوشه دوطرفهٔ جان تیر به‌ورق سر، باید به‌صورت تمام مقاومت برای انتقال برش، و در ناحیهٔ $2p_f$ از زیر بال فوقانی، باید به‌صورت تمام مقاومت برای حمل کششی مساوی $0/6\ F_y$ در جان تیر باشد.

۳ - عرض ورق سر باید در حدود عرض بال تیر به‌علاوه ۲۵ میلی‌متر $(b_f+25\ mm)$ باشد.

۴ - حداکثر قطر پیچ مصرفی ۳۶ میلی‌متر می‌باشد.

۵ - فقط از پیچ‌های پرمقاومت ردهٔ ۸/۸، ۱۰/۹، A۳۲۵ و یا A۴۹۰ مجاز به‌استفاده می‌باشیم.

۶ - ورق پیوستگی در مقابل بال فشار و کششی تیر باید منطبق بر بند ۶-۲-۷ تعبیه گردد.

۶-۵-۳ روش طراحی اتصال چهارپیچه

۱ - تعیین نیروهای طراحی انتهایی M و R (به‌بند ۶-۲-۱ مراجعه شود).

۲ - تعیین نیروی بال

$$F_f = \frac{M}{d} \qquad (۶-۹)$$

M= لنگر انتهایی طبق گام ۱

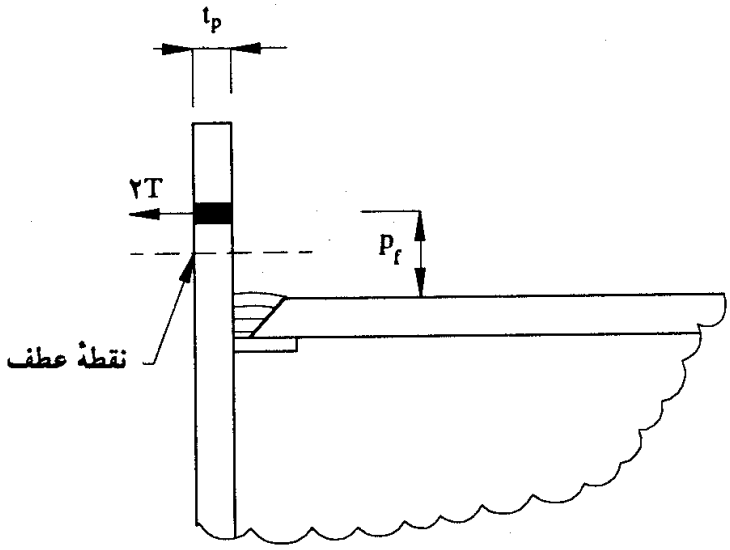
d= ارتفاع تیر

۳ - تعیین نیروی هر پیچ

$$\text{نیروی هر پیچ} = T = \frac{F_f}{۴} \qquad (۶-۱۰)$$

براساس نیروی کششی فوق و تنش مجاز کششی پیچ، قطر پیچ انتخاب می‌گردد.

۴ ـ تعیین ضخامت ورق سر



شکل ۶ ـ ۱۰

$$M_e = ۲T\frac{p_f}{۲} \quad \text{لنگر طراحی} \qquad (۶ ـ ۱۱)$$

$$t_p = \text{ضخامت ورق سر} = \sqrt{\frac{۶M_e}{۰/۷۵F_y b_p}} \qquad (۶ ـ ۱۲)$$

در رابطهٔ فوق:

b_p= عرض ورق سر

F_y= تنش تسلیم ورق سر

t_p= ضخامت ورق سر

T= نیروی کششی مجاز یک پیچ

۵ ـ در صورت دقت بیشتر می‌توان با استفاده از روابط زیر مقادیر p_f، M_e و در نتیجه t_p راکاهش داد:

$$p_e = p_f - (d_b/۴) - ۰/۷D \qquad (۶ ـ ۱۳)$$

d_b= قطر پیچ

D= گردهٔ جوش در بالای سطح بال فوقانی

$$M_e = \alpha_m F_f p_e/۴ \qquad (۶ ـ ۱۴)$$

که در آن:

$$\alpha_m = C_a C_b (A_f/A_w)^{\frac{1}{4}} (p_e/d_b)^{\frac{1}{4}} \qquad (۱۵-۶)$$

C_a= ۱/۱۳ (F_y= ۲۴۰ N/mm^2 برای) و ۱/۱۱(F_y= ۳۵۰ N/mm^2)

$$C_b = \sqrt{\frac{b_{fb}}{b_p}} \qquad (۱۶-۶)$$

b_p= عرض ورق سر

b_{fb}= عرض بال تیر

A_f = مساحت بال کششی تیر

A_w= مساحت خالص جان

۶ ـ تعیین ضخامت جوش گوشهٔ دوطرفه اتصال‌دهندهٔ جان به‌ورق سر

$$D = \frac{۰/۶ F_y t_{wb}}{۲ \times (۰/۳ F_u \phi)} \qquad (۱۷-۶)$$

t_{wb}= ضخامت جان تیر

ϕ= ضریب بازرسی جوش

F_u= تنش نهایی الکترود

F_y= تنش تسلیم مصالح جان تیر

۷ ـ کنترل ضخامت جان ستون

مطابق بند ۶ ـ ۲ ـ ۶ انجام می‌شود.

۸ ـ کنترل پیچ‌ها برای انتقال برش R

$$V = \frac{R}{n}$$ هر پیچ

n= تعداد پیچ‌ها (۸ عدد)

با داشتن V ، اثر مشترک برش و کشش در پیچ مطابق بند ۲ ـ ۶ ـ ۴ یا ۲ ـ ۷ ـ ۲، برحسب مورد، کنترل می‌شود. طراحان در اکثر اوقات تحمل برش را به‌پیچ‌های تحتانی که فارغ از نیروی کششی هستند، واگذار می‌نمایند.

۶ـ۵ـ۴ روش طراحی اتصال هشت‌پیچه

۱ ـ تعیین نیروهای طراحی انتهایی M و R (به‌بند ۶ ـ ۲ ـ ۱ مراجعه شود).

۲ ـ تعیین نیروی بال

$$F_f = \frac{M}{d} \qquad (۶ ـ ۱۸)$$

M= لنگر انتهایی طبق گام ۱

d= ارتفاع اسمی تیر

۳ ـ تعیین نیروی هر پیچ

$$T = \frac{F_f}{۶} \qquad (۶ ـ ۱۹)$$

فقط ۶ پیچ مؤثر در نظر گرفته می‌شود.

برمبنای نیروی T به‌دست آمده و تنش کششی مجاز پیچ، قطر پیچ به‌دست می‌آید.

۴ ـ تعیین ضخامت ورق سر

$$\text{لنگر طراحی } M_e = ۲T\left(\frac{p_f}{۲}\right) = T.p_f \qquad (۶ ـ ۲۰)$$

$$\text{ضخامت اولیه} = t_{pa} = \sqrt{\frac{۶M_e}{۰/۷۵F_y\, b_p}} \qquad (۶ ـ ۲۱)$$

$$\text{ضریب اصلاح} = (CF)^۲ = \frac{\sqrt{g^۲ + p_f^۲}}{۱۲۷} \qquad (۶ ـ ۲۲)$$

(g و p_f برحسب میلی‌متر)

$$\text{ضخامت لازم } t_p = CF(t_{pa}) \qquad (۶ ـ ۲۳)$$

۵ ـ ضخامت جوش گوشهٔ دوطرفه اتصال‌دهندهٔ جان به‌ورق سر

با استفاده از رابطهٔ ۶ ـ ۱۷ تعیین می‌گردد.

۶ ـ کنترل ضخامت جان ستون

مطابق بند ۶ ـ ۲ ـ ۶ انجام می‌شود.

۷ ـ کنترل پیچ‌ها برای انتقال برش

$$V_{\text{هر پیچ}} = \frac{R}{n} \qquad (۶ ـ ۲۴)$$

n = تعداد کل پیچ‌ها

با داشتن V، اثر مشترک برش و کشش در پیچ‌های فوقانی مطابق بند ۲ ـ ۶ ـ ۴ و یا ۲ ـ ۷ ـ ۲، برحسب مورد، کنترل می‌شود. طراحان در اکثر اوقات تحمل برش را به‌پیچ‌های تحتانی که فارغ از نیروی کششی هستند، واگذار می‌نمایند.

۸ ـ ورق مثلثی تقویت‌کننده فوقانی

ضخامت این ورق مساوی ضخامت جان تیر در نظر گرفته می‌شود.

۶ ـ ۶ اتصالات فلنجی در تیرهای مرتفع

در اتصال تیرهای با ارتفاع زیاد (تیرهای عمیق) به‌ستون‌ها (مثلاً در قاب‌های شیبدار ـ سوله) اغلب از اتصالات فلنجی استفاده می‌شود. با توجه به‌تعدد پیچ‌ها و ارتفاع قابل توجه ورق فلنج، استفاده از روابط مقاومت مصالح، نظیر روش ارایه شده در بند ۲ ـ ۱۱ ـ ۳ برای طراحی قابل قبول می‌باشد. در این حالت نیروی کششی دورترین پیچ از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$T = \frac{Mc_t}{I_e} A_b \qquad (۶ ـ ۲۵)$$

M = لنگر اتصال

I_e = ممان اینرسی مؤثر گروه پیچ و ناحیه فشاری تماسی حول تار خنثی

$$I = \Sigma A_i y_i^۲ + b\, c_b^۳/۳ \qquad (۶ ـ ۲۶)$$

A_i = مساحت یک پیچ از پیچ‌های بالای تار خنثی

y_i = فاصلهٔ پیچ از تار خنثی برای پیچ‌های بالای تار خنثی

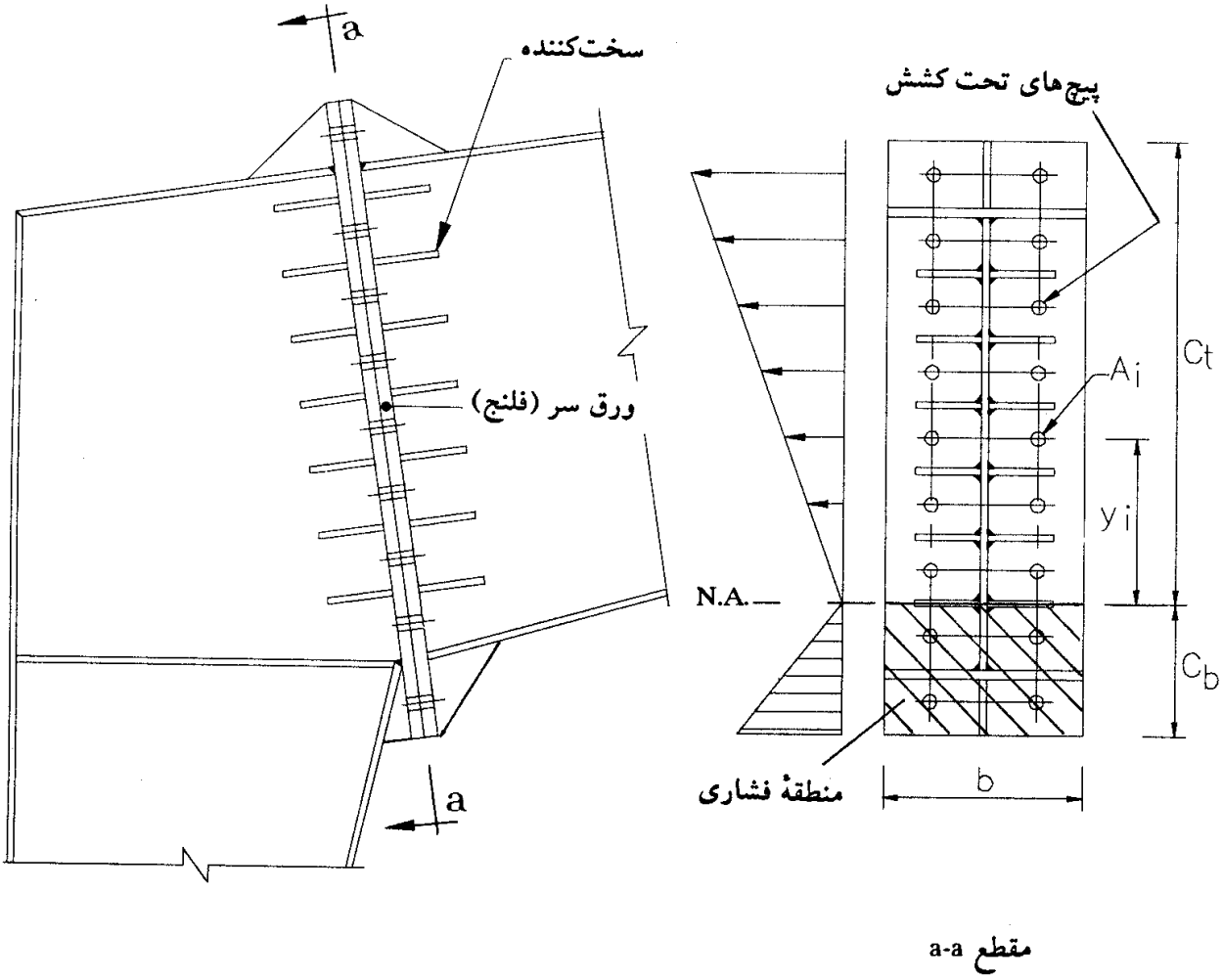
محل تار خنثی از آزمون و خطا روی رابطهٔ زیر حاصل می‌شود:

$$b\, c_b^۲/۲ = \Sigma A_i y_i \qquad (۶ ـ ۲۷)$$

برای تعیین c_b می‌توان از رابطهٔ تقریبی ۲ ـ ۱۶ نیز استفاده نمود.

نیروی برشی نیز بتن تمام پیچ‌ها به‌طور یکسان تقسیم می‌گردد:

$$V = \frac{R}{n} \qquad (۶ ـ ۲۸)$$



شکل ۶ ـ ۱۱ اتصال فلنجی در تیرهای عمیق.

n= تعداد کل پیچ‌ها

با داشتن نیروی کششی پیچ از رابطهٔ ۶ ـ ۲۵ و نیروی برشی پیچ از رابطهٔ ۶ ـ ۲۸، و داشتن تنش‌های مجاز پیچ از بند ۲ ـ ۶، قطر پیچ قابل تعیین است.

تعیین ضخامت ورق سر

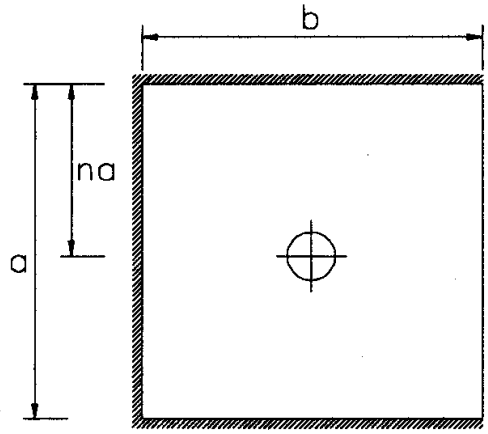
برای تعیین ضخامت ورق سر با توجه به‌وجود سخت‌کننده‌ها در حد فاصل پیچ‌ها، دو حالت مرزی می‌توان متصور شد

(الف) ورق سر متکی در سه لبه:

$$t=\sqrt{\frac{۴T}{F_y\left(۸\frac{a}{b}+\frac{۲}{n}\frac{b}{a}\right)}} \qquad (۶ ـ ۲۹)$$

برای $b=a$ و $n=\frac{۱}{۲}$ داریم:

$$t=\sqrt{\frac{T}{۳F_y}} \qquad (۶-۳۰)$$



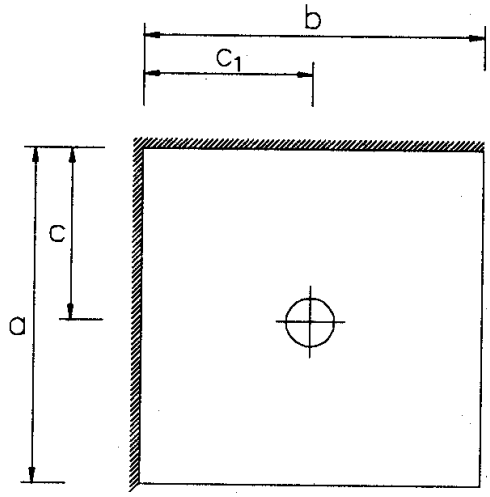
شکل ۶ـ۱۲

(ب) ورق سر متکی در دو لبه:

$$t=\sqrt{\frac{۲T}{F_y\left(\frac{a}{c_۱}+\frac{b}{c}\right)}} \qquad (۶-۳۱)$$

برای حالت $a=b$ و $c=c_۱=\frac{a}{۲}=\frac{b}{۲}$ داریم:

$$t=\sqrt{\frac{T}{۲F_y}} \qquad (۶-۳۲)$$



شکل ۶ـ۱۳

در روابط فوق T نیروی کششی یک پیچ و F_y تنش تسلیم ورق سر و t ضخامت آن می‌باشد.

تصویری از آزمایش اتصال فلنجی.

فصل ۷

کف ستون‌ها

(ورق پای ستون)

۷ ـ ۱ معرفی

۷ ـ ۲ فشار تماسی مجاز بر بتن و مصالح بنایی

۷ ـ ۳ اتصال ستون به‌ورق کف‌ستون

۷ ـ ۴ انتقال تنش از کف ستون به‌شالوده

۷ ـ ۱ معرفی

کف ستون‌ها صفحاتی می‌باشند که نیروهای متمرکز پای ستون را به‌صورت گسترده روی سطح تکیه‌گاهی توزیع می‌کنند. ورق‌های زیرسری تیرها که واکنش تکیه‌گاهی را روی تکیه‌گاه منتقل می‌کنند، مشمول مقررات این فصل می‌شوند.

۷ ـ ۲ فشار تماسی مجاز بر بتن و مصالح بنایی

فشار تماسی مجاز برای انتقال بار ستون به‌شالوده از طریق کف ستون به‌مقادیر زیر محدود می‌شود:

فشار تماسی مجاز بر روی بنایی با سنگ آهک و ماسه‌سنگ متراکم با ملات ماسه‌سیمان:

$$F_p = ۲/۲ \ N/mm^۲ \qquad (۷ - ۱)$$

فشار تماسی مجاز بر روی بنایی با آجرکاری با ملات ماسه‌سیمان

$$F_p = ۱/۴ \ N/mm^۲ \qquad (۷ - ۲)$$

فشار تماسی مجاز بر روی تکیه‌گاه بتنی

$$F_p = ۰/۳ f_c \sqrt{\frac{A_۲}{A_۱}} < ۰/۷ f_c \qquad (۷ - ۳)$$

که در آن:

f_c = مقاومت فشاری مشخصهٔ بتن روی نمونهٔ استوانه‌ای استاندارد ($N/mm^۲$)

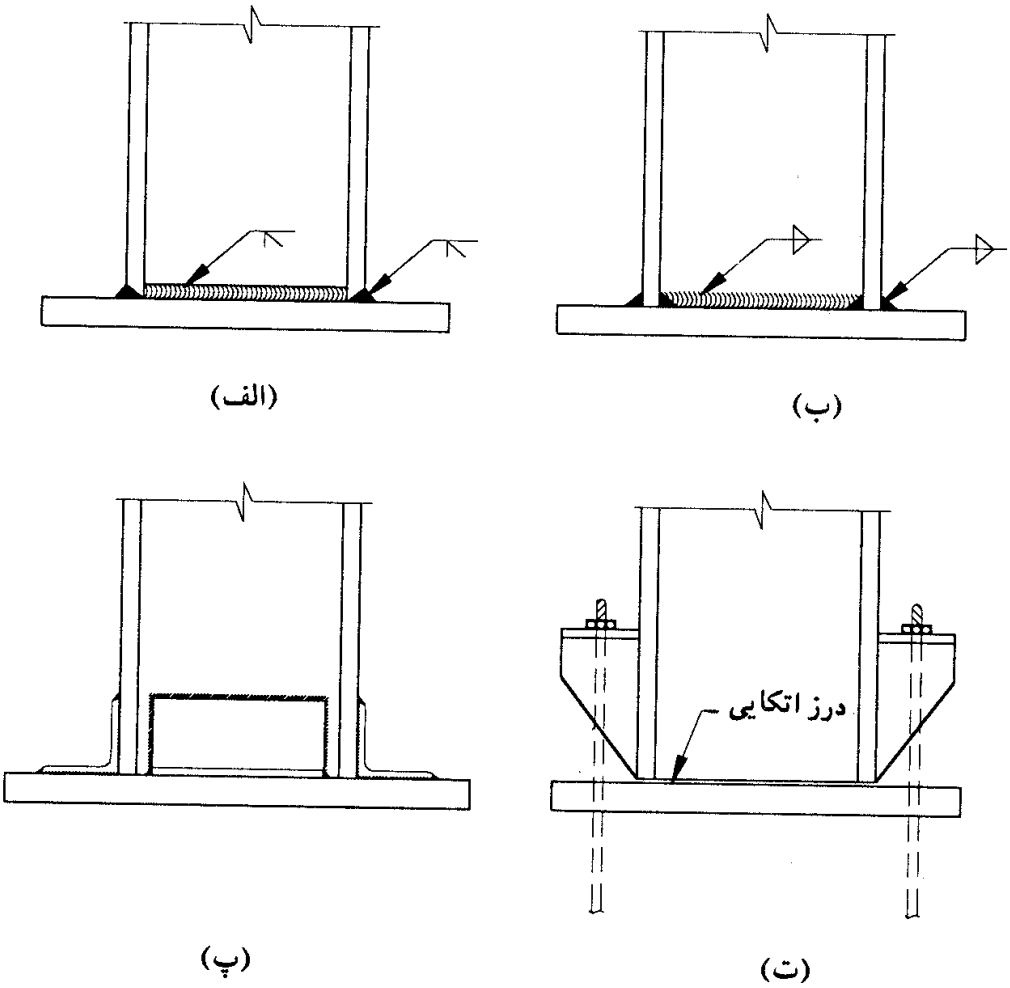
$A_۱$ = سطح ورق زیرستون در تماس با شالوده ($mm^۲$)

$A_۲$ = مساحت حداکثر متشابه با ورق زیرستون و محاط در سطح شالوده و هم‌مرکز با آن ($mm^۲$)

۷ ـ ۳ اتصال ستون به‌ورق کف‌ستون

اتصال پای ستون به‌ورق کف ستون باید قادر به‌انتقال کلیهٔ نیروهای پای ستون شامل نیروی محوری، نیروی برشی، و لنگر خمشی باشد. این اتصال می‌تواند به‌یکی از صور زیر برقرار می‌گردد:

۱ ـ اتصال تمام قدرت با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل (شکل ۷ ـ ۱ ـ الف).



شکل ۷ ـ ۱ اتصال ستون به‌پای ستون.

۲ ـ اتصال با استفاده از نیروهای موجود و جوش گوشه که برای نیروهای فوق طراحی شده است (شکل ۷ ـ ۱ ـ ب).

۳ ـ اتصال به‌کمک واسطه نظیر نبشی و یا ورق‌های لچکی (شکل ۷ ـ ۱ ـ پ).

۴ ـ اتصال به‌کمک تماس مستقیم فقط برای انتقال تنش فشاری (شکل ۷ ـ ۱ ـ ت). در این حالت انتهای ستون که با ورق پای ستون در تماس است، باید به‌صورت گونیا بریده شده و سنگ زده شود. سطح ورق کف ستون نیز باید کاملاً سنگ زده شود تا در تماس کامل با ورق پای ستون قرار گیرد. در چنین حالتی اکثر نیروی محوری توسط فشار تماسی منتقل می‌شود. برای انتقال برش پای ستون و همچنین لنگر خمشی ستون در هنگام نصب، باید تدابیر خاص اندیشیده شود. همچنین اتصال باید بتواند هر نوع کشش حاصل از اثر بارهای جانبی توأم با اثر ۷۵ درصد بار مرده بدون اثر بار زنده را تحمل کند.

در صورتی که در محل درز، از اتکای کامل مطمئن نباشیم، لیکن انتهای ستون گونیا شده و

سنگ زده شود، لازم است ۵۰ درصد نیروی فشاری ستون توسط جوش گوشه به‌کف ستون انتقال یابد.

۷ ـ ۴ انتقال تنش از کف ستون به‌شالوده

برای انتقال تنش از کف ستون به‌شالوده و طراحی جزییات کف ستون، چهار حالت زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

۱ ـ برون‌محوری صفر $e=\frac{M}{P}=0$

۲ ـ برون‌محوری ناچیز $e=\frac{M}{P}\leq\frac{H}{6}$

۳ ـ برون‌محوری کوچک $\frac{H}{6}<e=\frac{M}{P}\leq\frac{H}{2}$

۴ ـ برون‌محوری بزرگ $e=\frac{M}{P}\geq\frac{H}{2}$

P= نیروی محوری در پای ستون

M= لنگر خمشی پای ستون

H= بعد ورق پای ستون در صفحهٔ خمش

۷ ـ ۴ ـ ۱ برون‌محوری صفر $(e=\frac{M}{P}=0)$

۷ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۱ تعیین مساحت سطح تماس

شکل ۷ ـ ۲ نشان‌دهندهٔ وضعیت پای ستون در این حالت است. با داشتن فشار تماسی مجاز از روابط ۷ ـ ۱ تا ۷ ـ ۳، حداقل مساحت ورق پای ستون برابر است با:

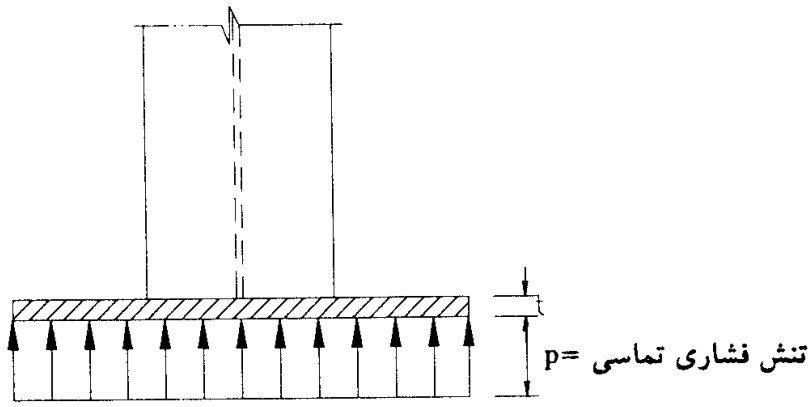
$$A_{min}=\frac{P}{F_p} \qquad (۷ ـ ۴)$$

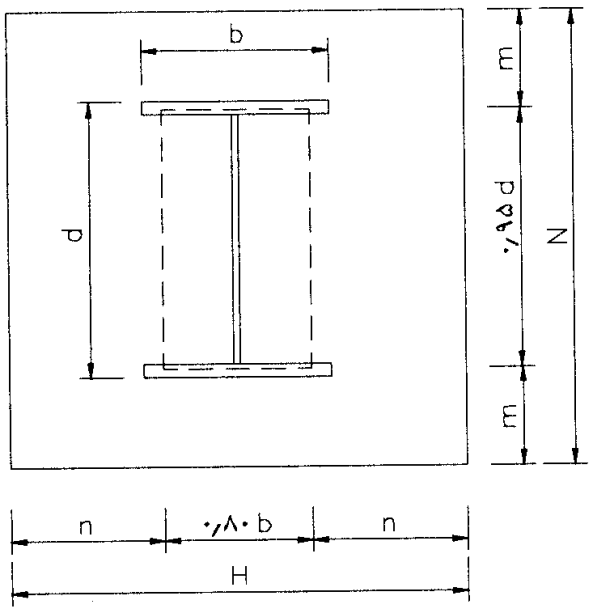
$$B\times H>A_{min}$$

P= نیروی محوری پای ستون

F_p= تنش فشاری تماسی مجاز (روابط ۷ ـ ۱ تا ۷ ـ ۳)

ابعاد B و H در صورت امکان طوری انتخاب گردند که بازوهای طره‌ای m و n در حدود یکدیگر به‌دست آیند.





شکل ۷ ـ ۲

۷ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۲ تعیین ضخامت ورق کف ستون

ضخامت ورق کف ستون برمبنای عملکرد طره‌ای بازوهای m و n تعیین می‌گردد.

$$p=P/A$$

$$M=\max\left(\frac{۱}{۲}pn^{۲} \text{ و } \frac{۱}{۲}pm^{۲}\right) \qquad (۵ ـ ۷)$$

M= لنگر طره برای نواری به‌عرض واحد

$$t=\sqrt{\frac{۶M}{۰/۷۵F_y}} \qquad (۶ ـ ۷)$$

F_y= تنش تسلیم مصالح ورق کف ستون

تبصره: در مواردی ابعاد B و H به‌دلایل اجرایی بزرگتر از B و H حداقل در نظر گرفته می‌شوند. در چنین مواردی می‌توان انتخاب ضخامت t را برمبنای B و H حداقل حاصل از محاسبات که متشابه و هم‌مرکز با B و H واقعی است، قرار داد.

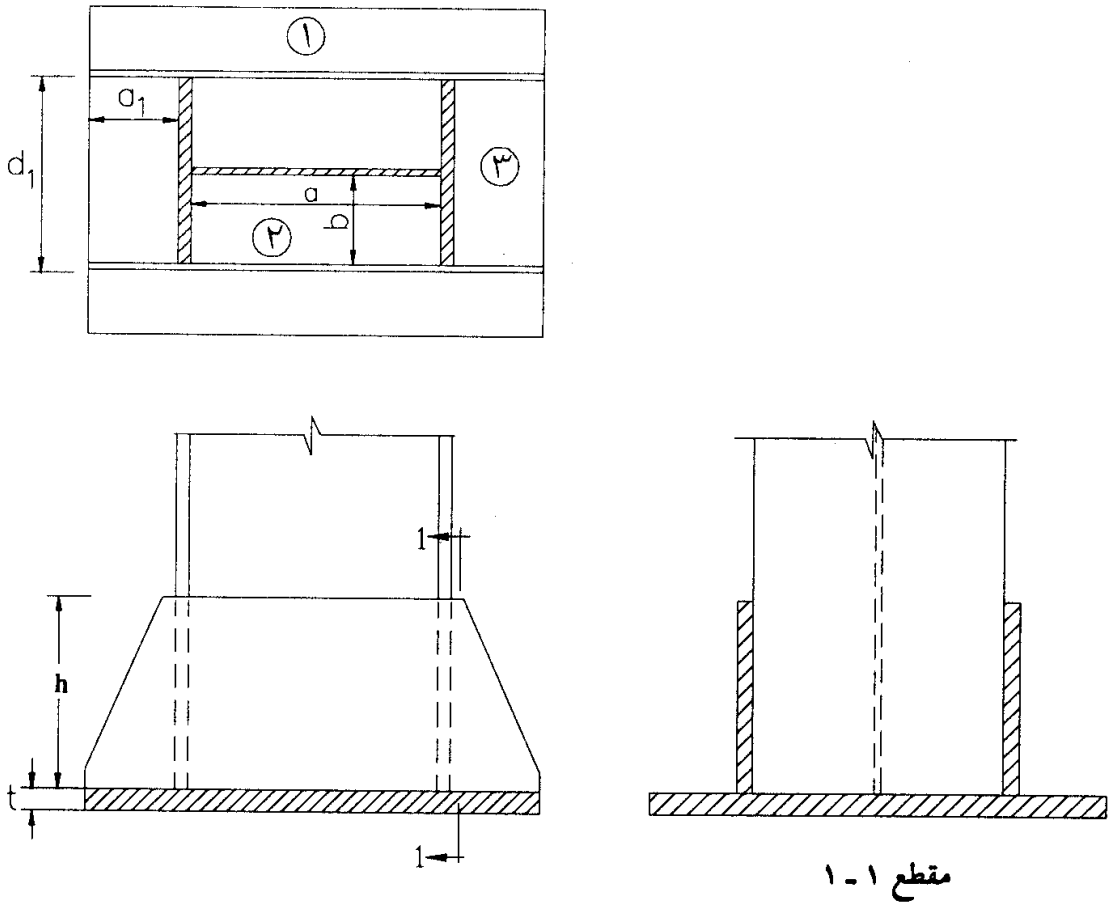
۷ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۳ استفاده از سخت‌کننده برای کاهش ضخامت ورق کف‌ستون

در صورتی که ضخامت به‌دست آمده در بند ۷ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۲ زیاد باشد، می‌توان با تعبیهٔ سخت‌کننده از عملکرد طره‌ای ورق کف ستون کاست (شکل ۷ ـ ۳). با تعبیه سخت‌کننده ورق کف ستون به سه ناحیهٔ زیر تقسیم می‌گردد:

(۱) ناحیهٔ طره‌ای

(۲) ورق با چهار لبهٔ متکی

(۳) ورق با سه لبهٔ متکی



شکل ۷ ـ ۳ استفاده از سخت‌کننده برای کاهش ضخامت ورق کف.

لنگر ناحیهٔ ۱ به‌روش طره‌ای مطابق رابطهٔ ۷ ـ ۵ محاسبه می‌گردد. لنگر نواحی ۲ و ۳ از روابط زیر به‌دست می‌آید:

ناحیهٔ ۲:

$$M_a=\alpha_1 p b^2 \qquad (۷ - ۷)$$

$$M_b=\alpha_2 p b^2 \qquad (۸ - ۷)$$

M_a= لنگر برای نواری به‌عرض واحد به‌موازات ضلع a

M_b= لنگر برای نواری به‌عرض واحد به‌موازات ضلع b

α_1 و α_2 مطابق جدول ۷ ـ ۱

ناحیهٔ ۳

$$M_3=\alpha_3 p d_1^2 \qquad (۹ - ۷)$$

پس از تعیین ضخامت ورق کف ستون برمبنای بزرگترین لنگر به‌دست آمده در نواحی ۱، ۲، و ۳ با استفاده از رابطهٔ ۷ ـ ۶، باید خمش کلی ورق کف و سخت‌کننده‌ها در مقطع ۱ ـ ۱ مورد کنترل قرار گیرد (شکل ۷ ـ ۳).

جدول ۷ ـ ۱ ضرایب لنگر خمشی ورق‌ها با سه و چهار لبهٔ متکی

		نسبت a/b										
ورق در هر چهار طرف تکیه دارد	نسبت	۱	۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۸	۱/۹	۲	بالای ۲
	α_1	۰/۰۴۸	۰/۰۵۵	۰/۰۶۳	۰/۰۶۹	۰/۰۷۵	۰/۰۸۱	۰/۰۸۶	۰/۰۹۱	۰/۰۹۴	۰/۰۹۸	۰/۱۰۰	۰/۱۲۵
	α_2	۰/۰۴۸	۰/۰۴۹	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۰	۰/۰۴۹	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	۰/۰۴۷	۰/۰۴۶	۰/۰۳۷
ورق در سه طرف تکیه دارد		نسبت a_1/d_1											
	α_3	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱	۱/۲	۱/۴	۲	بالای ۲		
		۰/۰۶۰	۰/۰۷۴	۰/۰۸۸	۰/۰۹۷	۰/۱۰۷	۰/۱۱۲	۰/۱۲۰	۰/۱۲۶	۰/۱۳۲	۰/۱۳۳		
طول لبهٔ آزاد ورق = d_1													

۷ ـ ۴ ـ ۱ ـ ۴ میله‌مهار ورق کف ستون

ورق کف ستون باید توسط میله‌مهار کافی به‌فونداسیون متصل گردد. در حالت برون‌محوری صفر، میله‌مهارها تحت نیروی بهره‌برداری قرار نمی‌گیرند. اما در هنگام نصب ستون می‌توانند تحت لنگر خمشی ناشی از بار باد بر روی ستون و یا بارهای ضربه‌ای وارد بر ستون قرار گیرند. بنابراین تعداد و قطر میله‌مهارها براساس قضاوت مهندسی انتخاب شده و برای نیروهای نصب کنترل می‌شود. این میله‌مهارها باید قادر به‌انتقال برش پای ستون بر مبنای ایدهٔ برش اصطکاک باشند. بر این پایه سطح

مقطع میله‌مهار برای حمل برش پای ستون از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$A_{vf}=\frac{V}{\mu(۰/۳۳F_u)}$$

V= نیروی برشی پای ستون

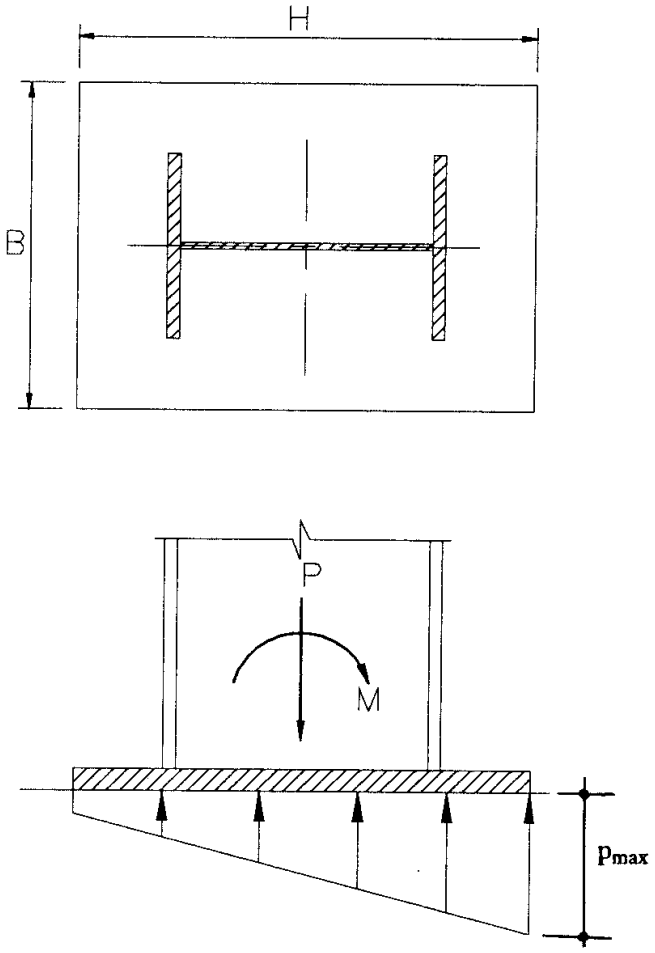
μ= ضریب اصطکاک بین بتن و فولاد (در غیاب اعداد دقیق مساوی ۰/۹ فرض می‌شود).

F_u= تنش نهایی میله‌مهار

۷ـ۴ـ۲ برون‌محوری ناچیز ($e=\frac{M}{P}\leq\frac{H}{۶}$)

برون‌محوری وقتی رخ می‌دهد که در پای ستون علاوه بر نیروی محوری، لنگر خمشی نیز وجود داشته باشد. نسبت لنگر خمشی به‌نیروی محور e=M/P برون‌محوری نامیده می‌شود (شکل ۷ ـ ۴). در صورتی که $e\leq\frac{H}{۶}$ باشد، در سطح تماس ورق با شالوده فشار کامل بوده و مقدار فشار حداکثر از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$p_{max}=\frac{P}{BH}(۱+\frac{۶e}{H}) \qquad (۷ـ۱۰)$$



شکل ۷ ـ ۴

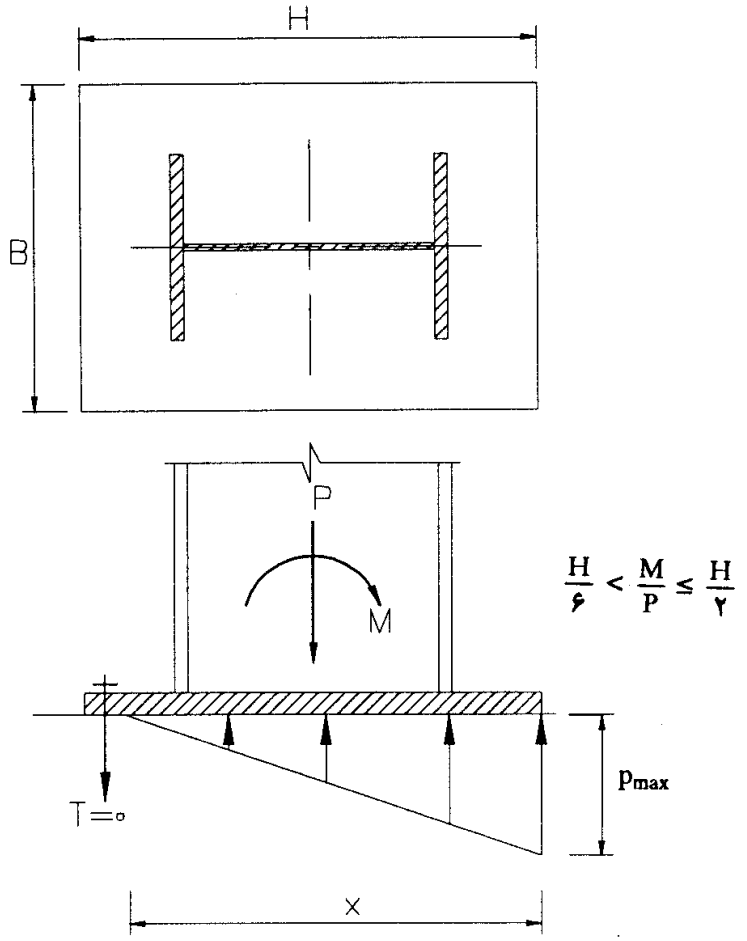
تنش به‌دست آمده از رابطهٔ فوق باید کوچکتر از F_p روابط ۷ ـ ۱ تا ۷ ـ ۳ گردد. با فرض تنش یکنواخت p_{max} ، دنباله محاسبات برای تعیین ضخامت کف ستون، می‌تواند مطابق بند ۷ ـ ۴ ـ ۱ مربوط به‌حالت برون‌محوری صفر انجام گردد.

۷ ـ ۴ ـ ۳ برون‌محوری کوچک ($\frac{H}{٦} \le e = \frac{M}{P} \le \frac{H}{۲}$)

در صورتی‌که مقدار برون‌محوری از $\frac{H}{۶}$ تجاوز نماید، منطقهٔ بدون فشار در زیر ورق کف ستون به‌وجود به‌وجود می‌آید. لیکن تا برون‌محوری $e = \frac{H}{۲}$ ورق کف ستون در مقابل واژگونی پایدار بوده و در میله‌مهار کشش ایجاد نمیشود. با توجه به‌منطقهٔ بدون فشار، روابط تعیین فشار حداکثر بتن به‌صورت زیر درمی‌آید:

ارتفاع تار خنثی $x = ۳\left(\frac{H}{۲} - e\right)$ (۱۱ ـ ۷)

$$p_{max} = \frac{۲P}{xB} \qquad (۱۲ - ۷)$$



شکل ۷ ـ ۵

۷ـ۴ـ۴ برون‌محوری بزرگ ($e=\frac{M}{P} \geq \frac{H}{۲}$)

در این حالت با توجه به‌افزایش لنگر خمشی، پایداری ورق کف ستون بدون ایجاد نیروی کششی در میله‌مهارهای سمت کشش امکان‌پذیر نیست. با قیاس به‌مقطع بتنی ترک‌خورده، روابط لازم برای محاسبهٔ تنش حداکثر در بتن و نیروی کششی میله‌مهار به‌صورت زیر درمی‌آید (شکل ۷ ـ ۶):

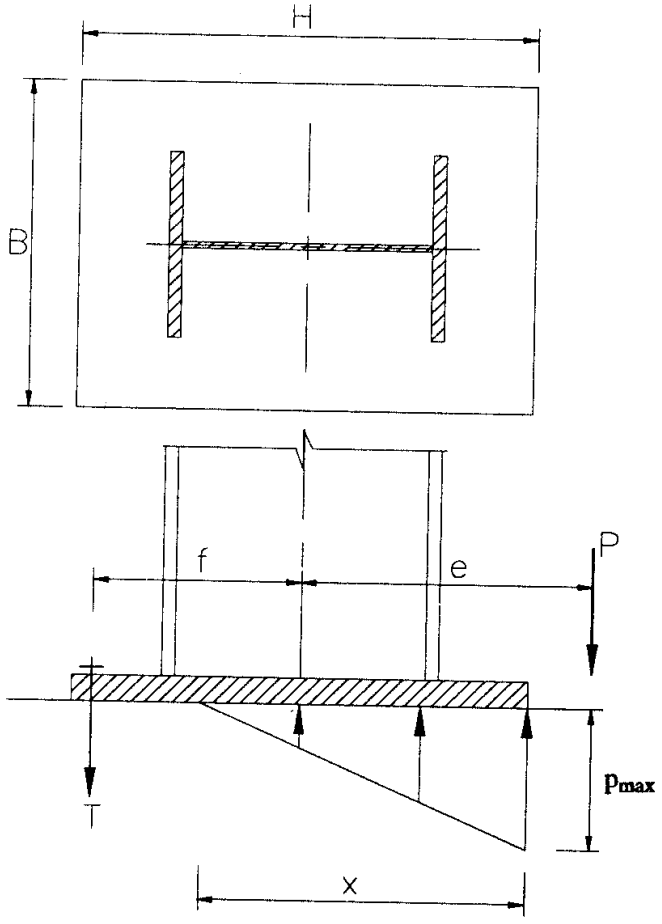
رابطهٔ تعیین ارتفاع تار خنثی:

$$x^{۳}+K_{۱}x^{۲}+K_{۲}x+K_{۳}=۰ \qquad (۱۳-۷)$$

$$K_{۱}=۳(e-\frac{H}{۲})$$

$$K_{۲}=\frac{۶nA_s}{B}(f+e)$$

$$K_{۳}=-K_{۲}(\frac{H}{۲}+f)$$



شکل ۷ ـ ۶ ورق کف‌ستون تحت نیروی برون‌محوری بزرگ.

نیروی کششی میله‌مهار:

$$T = -P \left[\frac{\frac{H}{۲} - \frac{x}{۳} - e}{\frac{H}{۲} - \frac{x}{۳} + f} \right] \qquad (۱۴-۷)$$

$$p_{max} = \frac{۲(P+T)}{xB} \qquad (۱۵-۷)$$

سطح مقطع اسمی میله‌مهارها از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$A_s = \frac{T}{۰/۳۳ F_u} \qquad (۱۶-۷)$$

در روابط فوق:

n= نسبت مدول الاستیسیته فولاد به‌بتن $(n=E_s/E_c)$

F_u= تنش نهایی مصالح میله‌مهار

سایر نمادها در شکل ۷ ـ ۶ تعریف شده‌اند.

میله‌مهارها

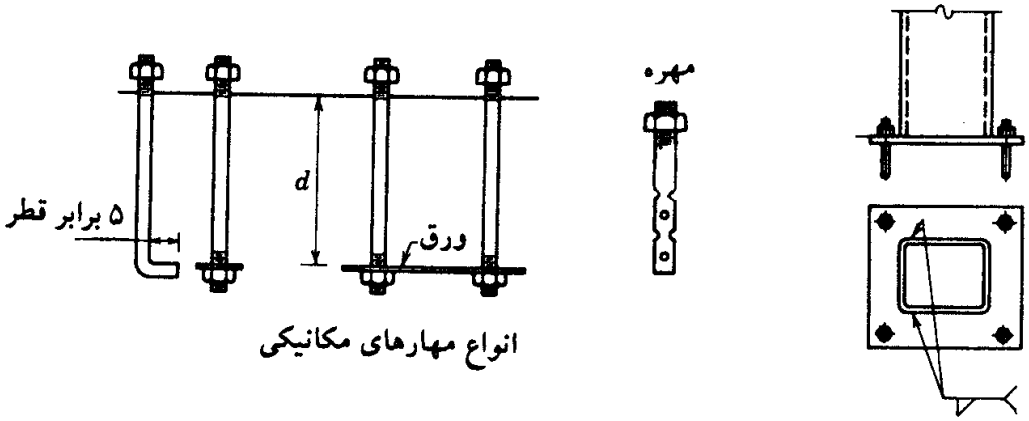
در این حالت میله‌مهار تحت کشش قرار می‌گیرند و سطح مقطع اسمی آنها از رابطهٔ ۷ ـ ۱۶ محاسبه می‌گردد. میله‌مهارها باید از فولاد شکل‌پذیر با کرنش نظیر گسیختگی بزرگتر از ۱۲ درصد ساخته شوند. انتهای میله‌مهار باید به‌صورت مهار مکانیکی از نوع قلاب ۹۰، یا ۱۸۰ درجه، صفحهٔ تکیه‌گاهی (کلنگی)، رزوه و مهره و یا موارد مشابه درآید. طول گیرایی میله‌مهارها با استفاده از مفاد بند ۱۸ ـ ۲ آیین‌نامهٔ آبا قابل محاسبه می‌باشد. در صورت نبود محاسبات دقیقتر، طول مهاری میله‌مهارها با مهار انتهایی مکانیکی را می‌توان از رابطهٔ زیر تعیین نمود:

$$d = \frac{f_y}{۴\sqrt{f_c}} \phi \quad \text{(برای میلگرد آجدار با مهار مکانیکی انتهایی)} \qquad (۱۷-۷)$$

$$d = \frac{f_y}{۲\sqrt{f_c}} \phi \quad \text{(برای میلگرد ساده با مهار مکانیکی انتهایی)} \qquad (۱۸-۷)$$

f_y= تنش تسلیم فولاد میله‌مهار $(N/mm^۲)$ ϕ= قطر میله‌مهار

f_c= مقاومت مشخصهٔ ۲۸ روزهٔ نمونهٔ استوانه‌ای بتن فونداسیون $(N/mm^۲)$



انواع مهارهای مکانیکی

میزان لقی سوراخ نسبت به‌قطر میله‌مهار به‌قرار زیر است:

قطر میله‌مهار	لقی (mm)
۲۰ تا ۲۵	۸
۲۵ تا ۵۰	۱۲
بزرگتر از ۵۰	۲۴

شکل ۷ ـ ۷ چند نمونه از جزییات میله‌مهار.

فصل ۸

وصلهٔ تیرها

۸ ـ ۱ معرفی

۸ ـ ۲ نیروهای طرح

۸ ـ ۳ محل وصله

۸ ـ ۴ نیروهای طراحی اجزای وصله

۸ ـ ۵ روش طراحی

۸ـ۱ معرفی

وصلهٔ تیرها می‌تواند به‌یکی از صور زیر انجام پذیرد (شکل ۸ ـ ۱):

الف: اتصال لب به‌لب ورق‌های جان و بال (شکل ۸ ـ ۱ ـ الف)

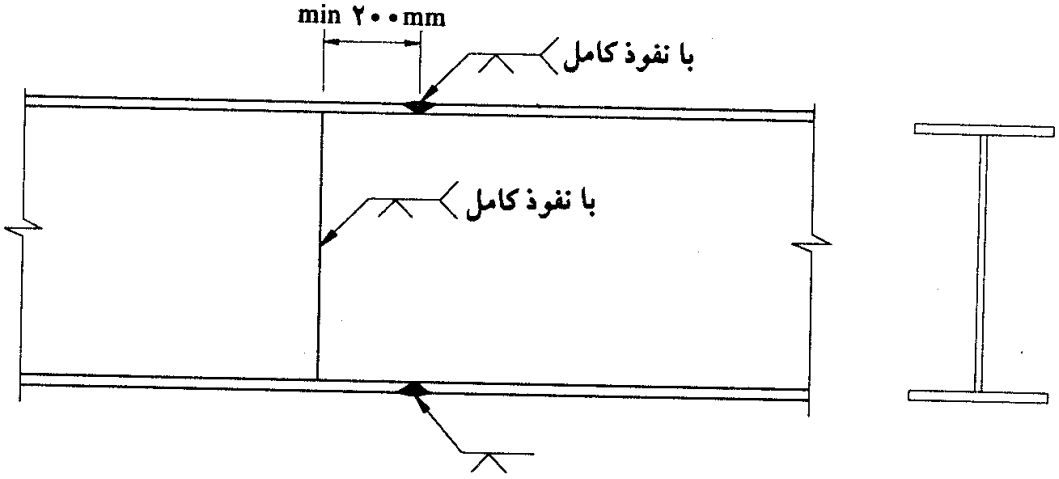
ب: اتصال لب به‌لب ورق‌های بال به‌علاوه ورق وصلهٔ جان (شکل ۸ ـ ۱ ـ ب)

پ: اتصال با دو ورق اتصال بال و یک ورق اتصال جان (شکل ۸ ـ ۱ ـ پ)

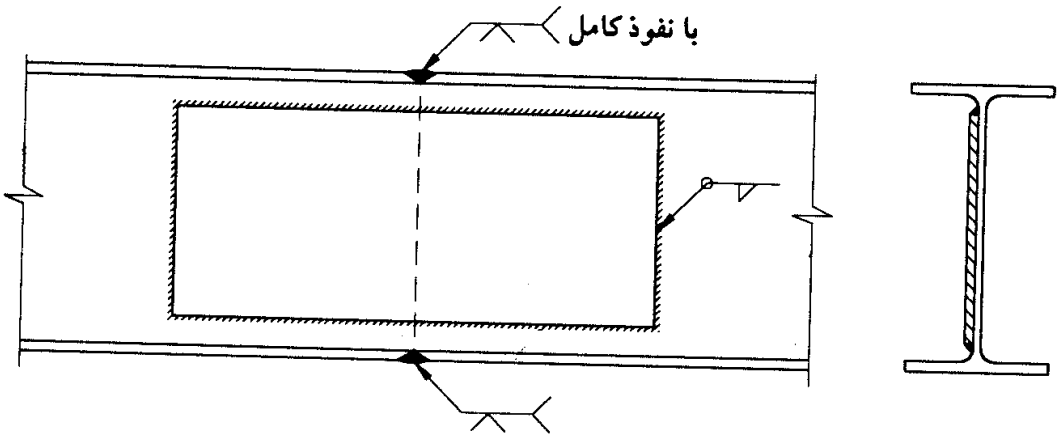
ت: اتصال با دو ورق اتصال بال و دو ورق اتصال جان (شکل ۸ ـ ۱ ـ ت)

ث: اتصال با ۴ ورق اتصال بال و دو ورق اتصال جان (شکل ۸ ـ ۱ ـ ث)

اتصالات نوع الف و ب، فقط به‌صورت جوشی و اتصالات پ، ت، و ث، به‌صورت جوشی و پیچی توصیه می‌شوند. استفاده از اتصال نوع ث، برای شاهتیر پل‌های الزامی است.



(الف) وصلهٔ تیرورق‌ها اتصال لب به‌لب بال و جان



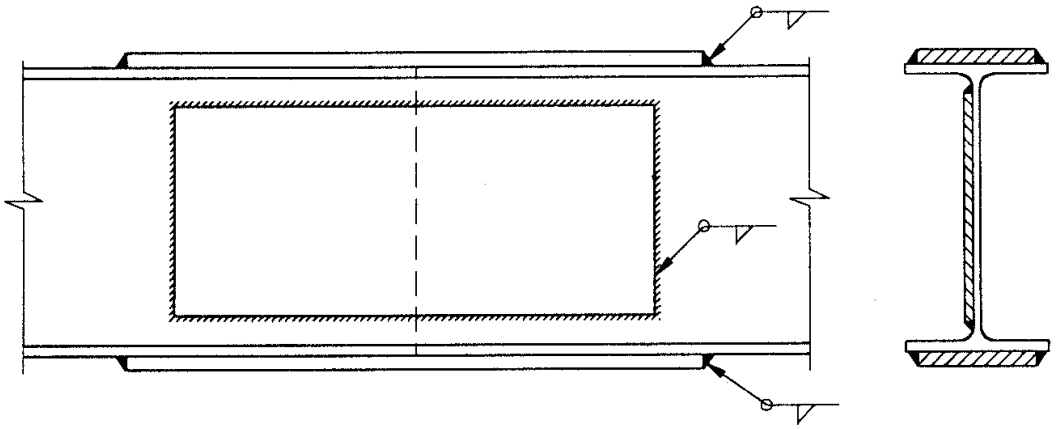
(ب) وصلهٔ تیرهای سبک نوردشده با اتصال لب به‌لب بال و وصلهٔ جان

شکل ۸ ـ ۱ انواع وصلهٔ تیرها.

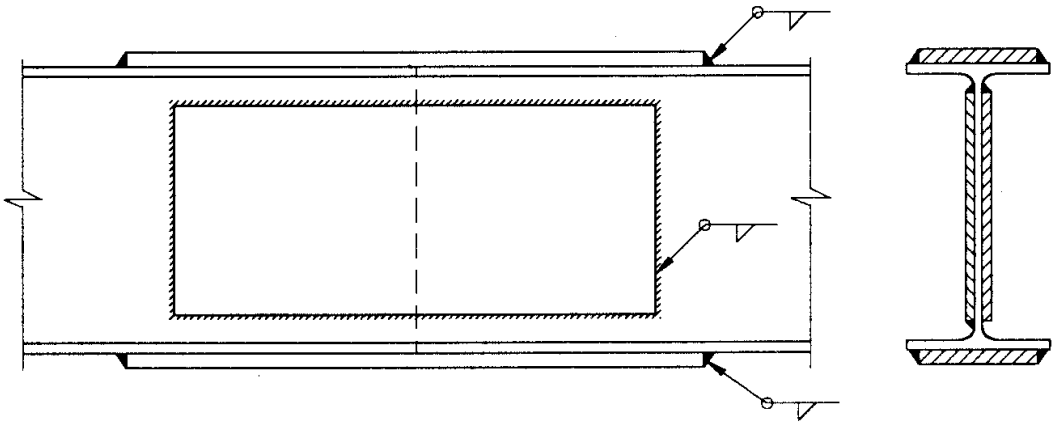
۸ ـ ۲ نیروهای طرح

جزییات وصله برای حداکثر اثر نیروهای داخلی زیر محاسبه می‌شود:

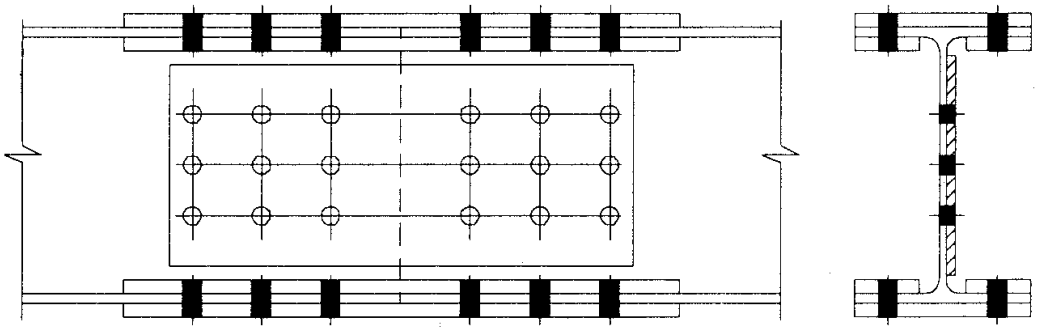
۱. در جزییات الف و ب، جوش‌های شیاری بال و جان برای مقاومت خمشی و برشی کامل نیمرخ ضعیفتر در محل اتصال محاسبه می‌شوند.



(پ) وصلهٔ سه ورقی



(ت) وصلهٔ چهار ورقی



(ث) وصلهٔ هشت‌ورقی

شکل ۸ ـ ۱ دنباله.

۲. در سایر جزییات، طراحی وصله باید براساس حداکثر اثر نیروهای داخلی زیر طراحی شود:

الف: نیروهای داخلی موجود در محل وصله

ب: ۵۰ درصد ظرفیت مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

ظرفیت مجاز عضو خمشی برمبنای مقطع کلی (ناخالص) محاسبه می‌شود (بدون کسر سطوح سوراخ‌ها)، مگر آنکه بیش از ۱۵ درصد از مقطع هر بال به‌علت سوراخ‌ها کسر شده باشد که در این صورت مازاد بر ۱۵ درصد از سطح مقطع کلی کسر می‌گردد.

ظرفیت خمشی مجاز تیر از رابطهٔ زیر تعیین می‌گردد:

$$M=SF_b \qquad (۸-۱)$$

F_b= تنش خمشی مجاز در محل وصله

S= اساس مقطع نیمرخ ضعیفتر در محل وصله طبق تعریف فوق

برای ظرفیت برشی مجاز تیر داریم:

$$V=A_wF_v \qquad (۸-۲)$$

F_v= تنش برشی مجاز در محل وصله

A_w= مساحت جان

۸ ـ ۳ محل وصلهٔ تیر

محل وصله باید تا حد امکان در محلی انتخاب گردد که در آن نیروهای طراحی (لنگر خمشی و نیروی برشی) کوچک باشند و همچنین از محل تشکیل مفصل‌های خمیری در هنگام زلزله به‌قدر کافی دور باشند.

۸ ـ ۴ نیروهای طراحی اجزای وصلهٔ تیر

(الف) ورق وصلهٔ بال

ورق وصلهٔ بال و وسایل اتصال آن برای نیروی فشاری و یا کششی زیر طراحی می‌شود:

$$F_f=\frac{M-M_w}{d} \qquad (۸-۳)$$

که در آن:

F_f= نیروی کششی یا فشاری در ورق اتصال بال

M= لنگر خمشی طرح طبق بند ۸ ـ ۲

d= ارتفاع تیر در محل وصله

M_w= لنگر خمشی سهم جان طبق رابطهٔ ۸ ـ ۴

(ب) ورق وصلهٔ جان

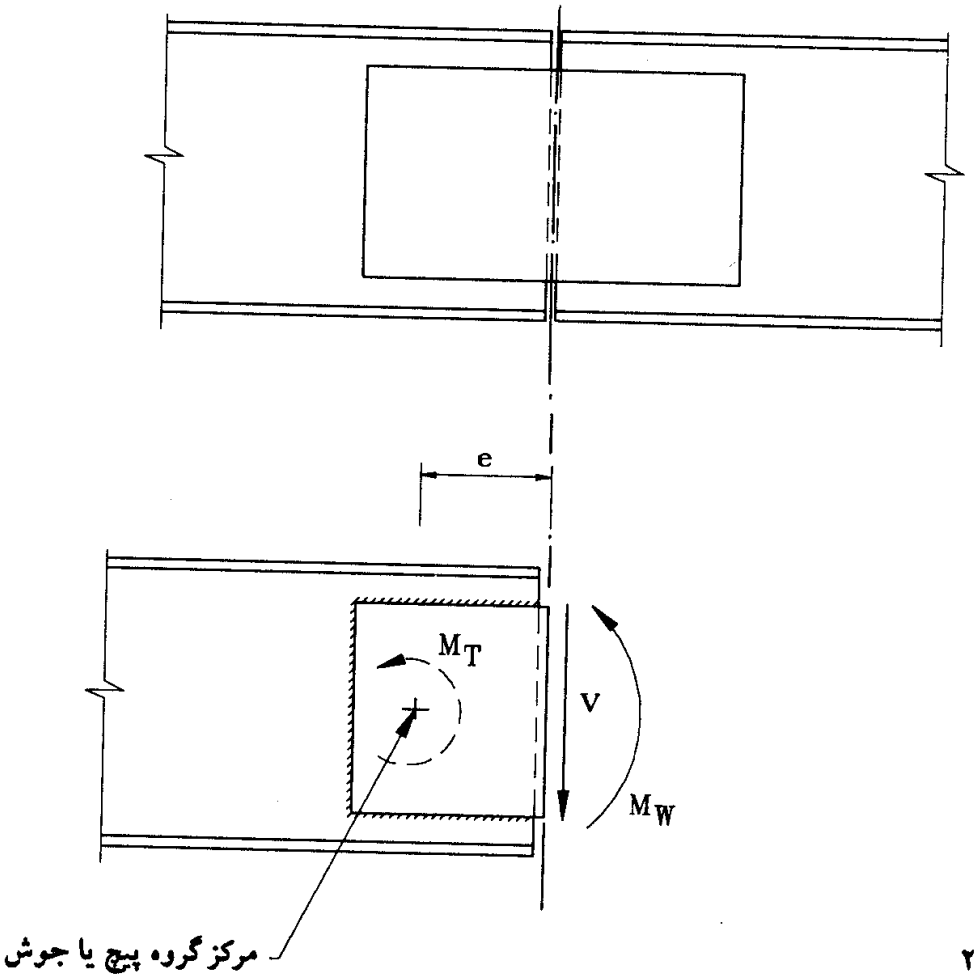
ورق وصلهٔ جان برای نیروی برشی طرح و لنگر خمشی سهم جان طراحی می‌گردد (شکل ۸ ـ ۲).

$$M_w = \frac{I_w}{I} M \qquad (۸ - ۴)$$

M= لنگر خمشی طراحی در مقطع وصله

I= ممان اینرسی کلی مقطع

I_w= ممان اینرسی جان حول محور خنثای مقطع



شکل ۸ ـ ۲

با معلوم بودن M_w، لنگر پیچشی در مرکز هندسی گروه پیچ و یا جوش برابر می‌شود با:

$$M_T=M_w+Ve \qquad (۵-۸)$$

گروه پیچ یا جوش اتصال‌دهندهٔ ورق جان، علاوه بر نیروی برشی V، باید برای لنگر پیچشی فوق نیز طراحی گردد.

۸ـ۵ روش طراحی وصلهٔ تیر

۸ـ۵ـ۱ نیروی برشی و لنگر خمشی طرح طبق مفاد بند ۸ـ۲ در مقطع مورد وصله تعیین می‌شود.

۸ـ۵ـ۲ طراحی ورق وصلهٔ بال

۱. نیروی ورق وصلهٔ بال از رابطهٔ ۸ـ۳ به‌دست می‌آید.

۲. سطح مقطع کلی ورق وصله و یا سطح مقطع خالص آن از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$A_{gf}=\frac{F_f}{۰/۶\,F_y} \qquad (۶-۸)$$

$$A_{nf}=\frac{F_f}{۰/۵\,F_u} \qquad (۷-۸)$$

که در روابط فوق:

F_f= نیروی محوری ورق وصلهٔ بال (رابطهٔ ۸ـ۳)

F_y= تنش تسلیم ورق وصلهٔ بال

F_u= تنش نهایی ورق وصلهٔ بال

A_{gf}= سطح مقطع کلی ورق وصلهٔ بال

A_{nf}= سطح مقطع خالص ورق وصلهٔ بال که نباید بزرگتر از $۰/۸۵A_{gf}$ منظور شود.

در صورت استفاده از جوش برای اتصال ورق وصلهٔ بال به‌بال، نیازی به‌استفاده از رابطهٔ ۸ـ۷ نمی‌باشد.

۳. در صورت استفاده از اتصال پیچی، تعداد پیچ‌های لازم برای اتصال ورق وصلهٔ بال در یک طرف مقطع برابر است با:

$$n=\frac{F_f}{R_b} \qquad (۸-۸)$$

R_b= ظرفیت مجاز برشی یا لهیدگی یا اصطکاکی پیچ

F_f= نیروی کششی ورق وصلهٔ بال (رابطهٔ ۸ـ۳)

۴. در صورت استفاده از اتصال جوشی، طول جوش لازم برای اتصال ورق وصلهٔ بال برابر است با:

$$L_w = \frac{F_f}{R_w} \qquad (۸ - ۹)$$

۸ ـ ۵ ـ ۳ طراحی ورق وصلهٔ جان

۱. سطح مقطع اولیهٔ ورق وصلهٔ جان از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$A_w = \frac{V}{۰/۴\, F_y} \qquad (۸ - ۱۰)$$

V = نیروی برشی طرح

F_y = تنش تسلیم ورق وصلهٔ جان

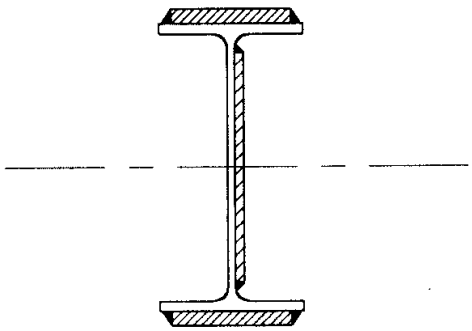
A_w = سطح مقطع ورق جان

با توجه به‌ارتفاع جان، ارتفاع مناسبی برای ورق وصلهٔ جان به‌دست می‌آید. با تقسیم A_w بر ارتفاع، ضخامت ورق وصلهٔ جان تعیین می‌گردد. پس از تعیین ابعاد اولیهٔ ورق جان، باید کنترل دقیق تنش براساس نیروی برشی V و لنگر خمشی M_w (رابطهٔ ۸ ـ ۴) انجام گردد.

۲. طراحی جوش یا پیچ اتصال‌دهندهٔ ورق وصلهٔ جان، با توجه به‌مطالب ارایه شده در بندهای ۱ ـ ۱۱ و ۲ ـ ۱۱ ـ ۲، برای نیروی برشی V و لنگر پیچشی M_T (رابطهٔ ۸ ـ ۵) انجام می‌شود (شکل ۸ ـ ۲).

۸ ـ ۵ ـ ۴ کنترل عمومی مقطع ورق‌های وصله

بعد از تعیین ابعاد ورق وصلهٔ بال و جان، ممان اینرسی ورق‌های وصله حول تار خنثای مقطع محاسبه شده و عملیات کنترل تنش با استفاده از روابط مقاومت مصالح بر روی آنها انجام می‌شود (شکل ۸ ـ ۳). توجه شود که اگر سطح مقطع سوراخ‌های ورق بال بزرگتر از ۱۵ درصد سطح مقطع کلی آن باشد، باید از سطح مقطع خالص ورق‌های بال برای محاسبهٔ ممان اینرسی استفاده نمود.



شکل ۸ ـ ۳

فصل ۹

وصلهٔ ستون‌ها

۹ ـ ۱ معرفی

۹ ـ ۲ نیروهای طرح

۹ ـ ۳ محل وصله ستون

۹ ـ ۴ نیروهای طراحی اجزای وصله

۹ ـ ۵ روش طراحی

۹ـ۱ معرفی

شکل ۹ ـ ۱ جزییات مورد قبول این آیین‌نامه برای وصلهٔ ستون‌ها را نشان می‌دهد.

۱. **شکل الف:** اتصال مستقیم بال با جوش لب به‌لب و اتصال جان با ورق وصله.
در مواردی مورد استفاده قرار می‌گیرد که ارتفاع جان دو نیمرخ ستون یکی باشد. از این وصله در ستون‌های سبک و با نظارت دقیق جوش استفاده می‌شود.

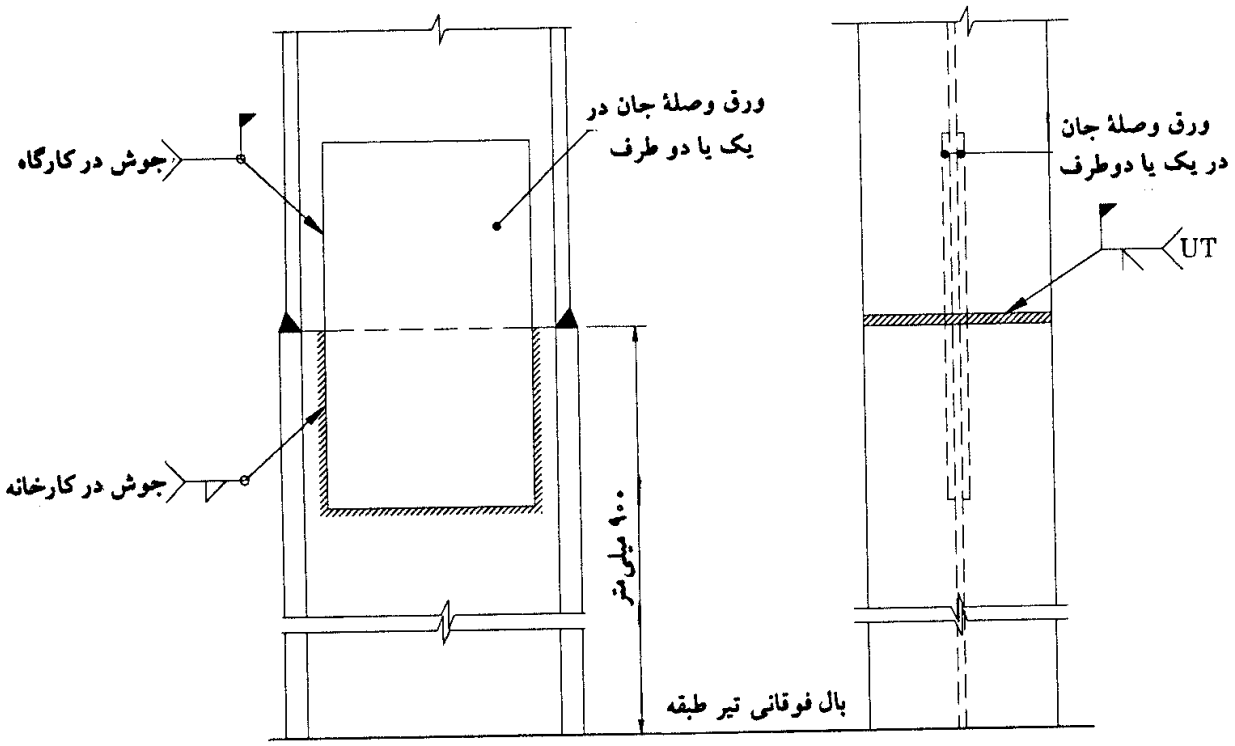
۲. **شکل ب:** اتصال با ورق وصلهٔ بال و جان با نیمرخ‌های هم‌اندازه برای دو ستون تحتانی و فوقانی. توجه شود که ورق‌های وصله ابتدا به‌ستون تحتانی در کارخانه جوش می‌شوند و جوش آنها به‌ستون فوقانی در کارگاه بعد از نصب انجام می‌شود.

۳. **شکل پ:** اتصال با ورق وصلهٔ بال و جان وقتی که نیمرخ‌های فوقانی و تحتانی هم‌اندازه نیستند. ضخامت ورق پرکننده بیش از ۷ میلی‌متر است و باید ابعاد آن بزرگتر از ورق وصله باشد و با جوشی هم‌مقاومت با جوش ورق وصله، به‌ستون متصل شود.

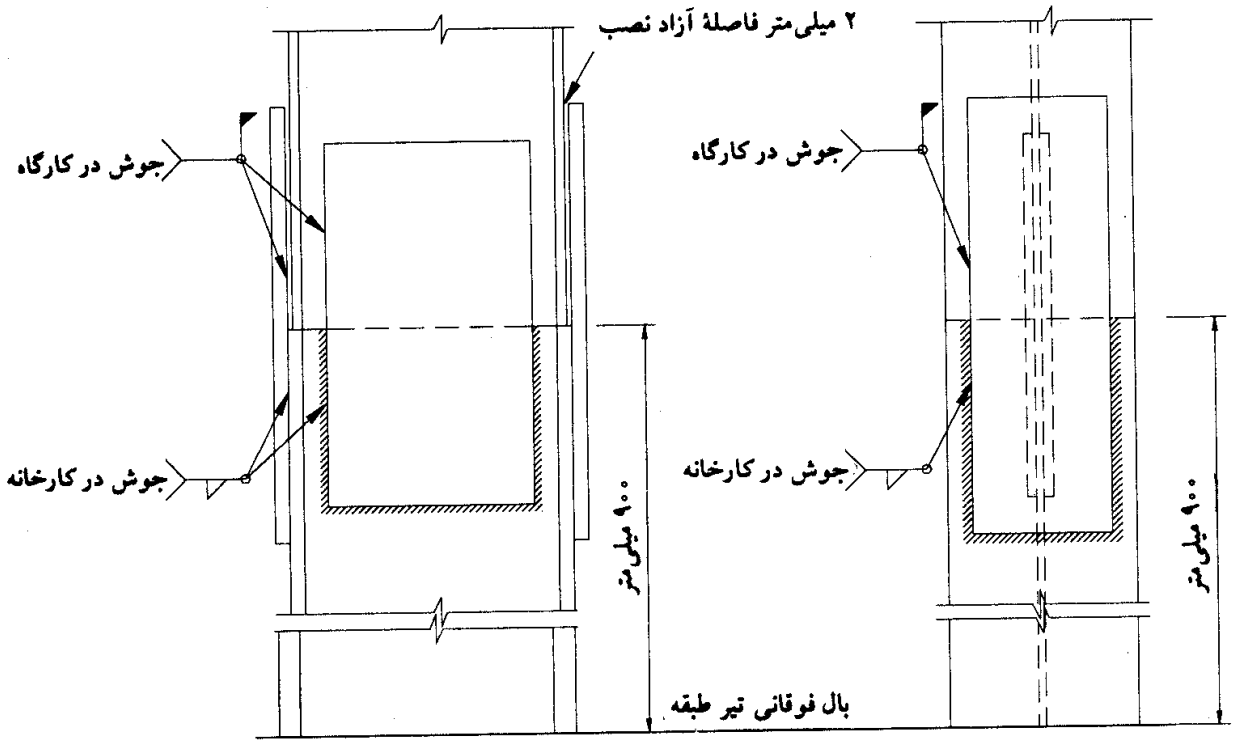
۴. **شکل ت:** همان اتصال نوع ۳ است که در آن ضخامت ورق پرکننده کمتر از ۷ میلی‌متر می‌باشد. لبهٔ ورق وصلهٔ بال با ورق پرکننده به‌صورت همباد درآمده و طی عمل جوشکاری، با ورق اتصال ذوب و یکپارچه می‌شود. ضخامت ورق پرکننده باید به‌بعد ساق جوش محاسباتی ورق وصله اضافه شود. در وصله‌های پیچی، ورق پرکننده بدون توجه به‌ضخامت آن، همباد ورق اتصال در نظر گرفته می‌شود.

۵. **شکل ث:** اتصال دو ستون را با صفحهٔ سر واسطه نشان می‌دهد. از این جزییات وقتی استفاده می‌شود که اختلاف ابعاد دو ستون فوقانی و تحتانی بیش از ۵۰ میلی‌متر باشد.

۶. **شکل ج:** اتصال دو ستون ساخته شده از ورق را نشان می‌دهد که در ان با افزایش ضخامت بال ستون ضعیفتر در فاصله‌ای از اتصال، ابعاد دو ستون همسان شده‌اند.
در ادامهٔ شکل ۹ ـ ۱ جزییات وصله‌های پیچی ستون‌ها نشان داده شده است.

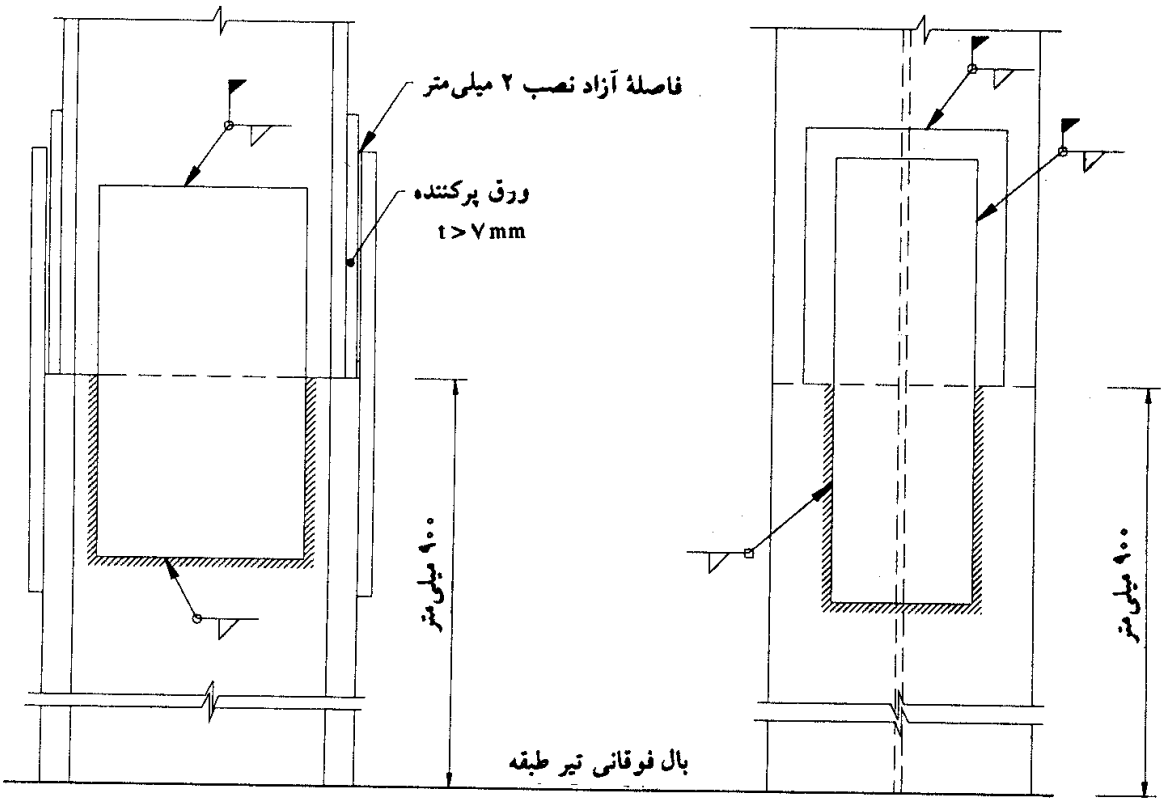


(الف) اتصال لب به‌لب بال و ورق وصلهٔ جان

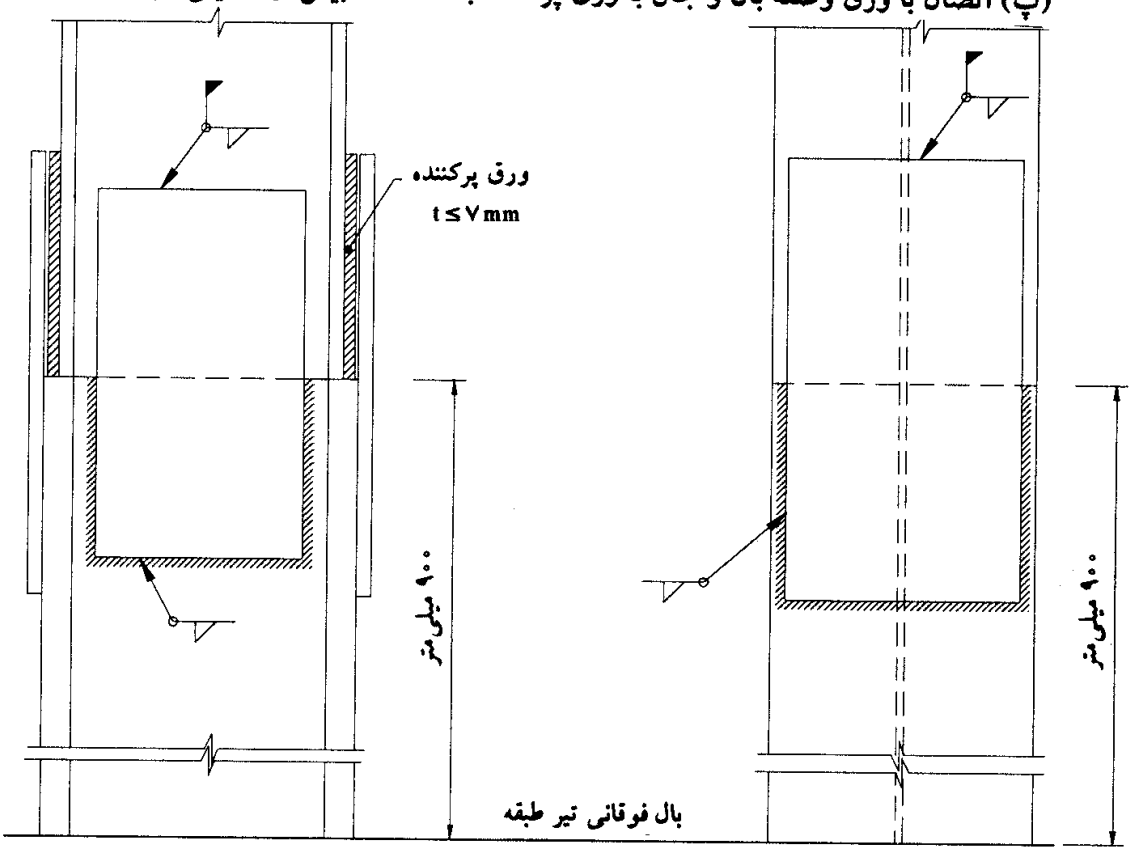


(ب) اتصال با ورق وصلهٔ بال و جان

شکل ۹ ـ ۱ انواع جزییات وصلهٔ ستون‌ها.

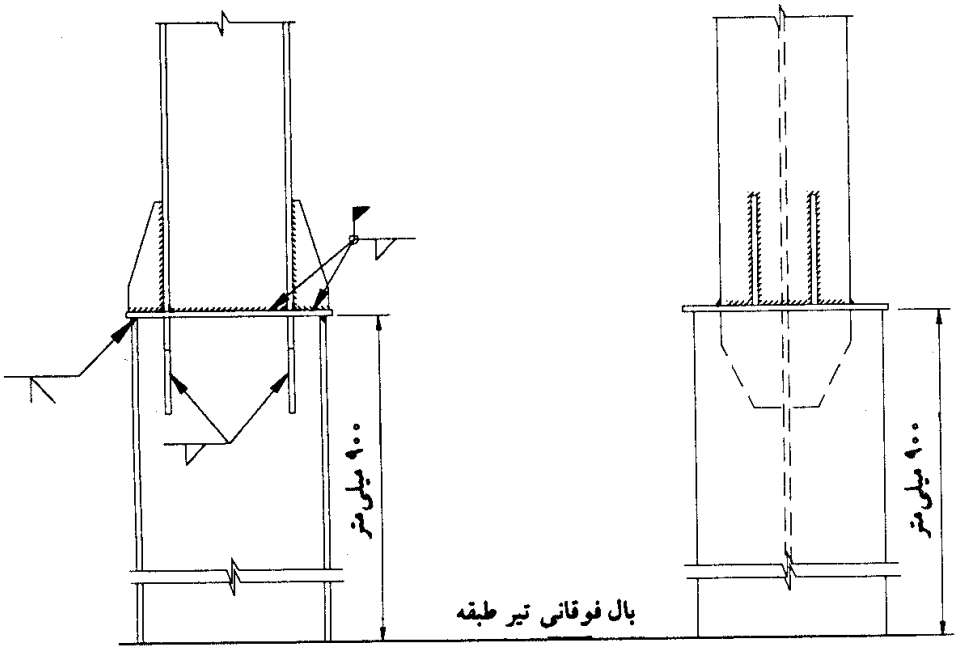


(پ) اتصال با ورق وصلهٔ بال و جان با ورق پرکننده با ضخامت بیش از ۷ میلی‌متر

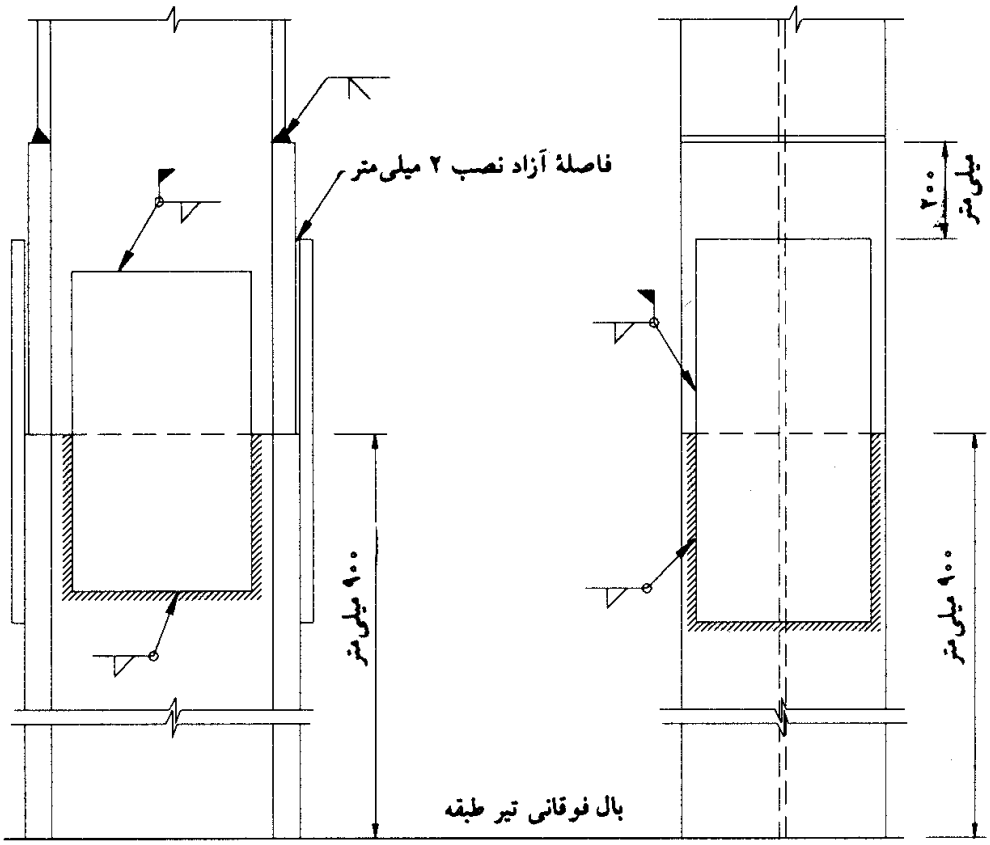


(ت) اتصال با ورق وصلهٔ بال و جان با ورق پرکننده با ضخامت کمتر از ۷ میلی‌متر

شکل ۹ ـ ۱ (دنباله).

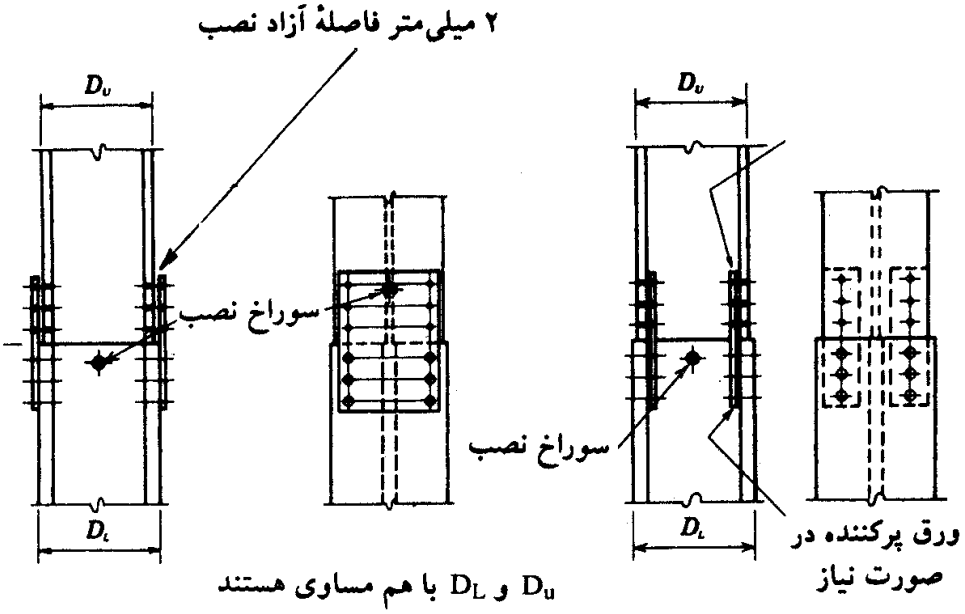


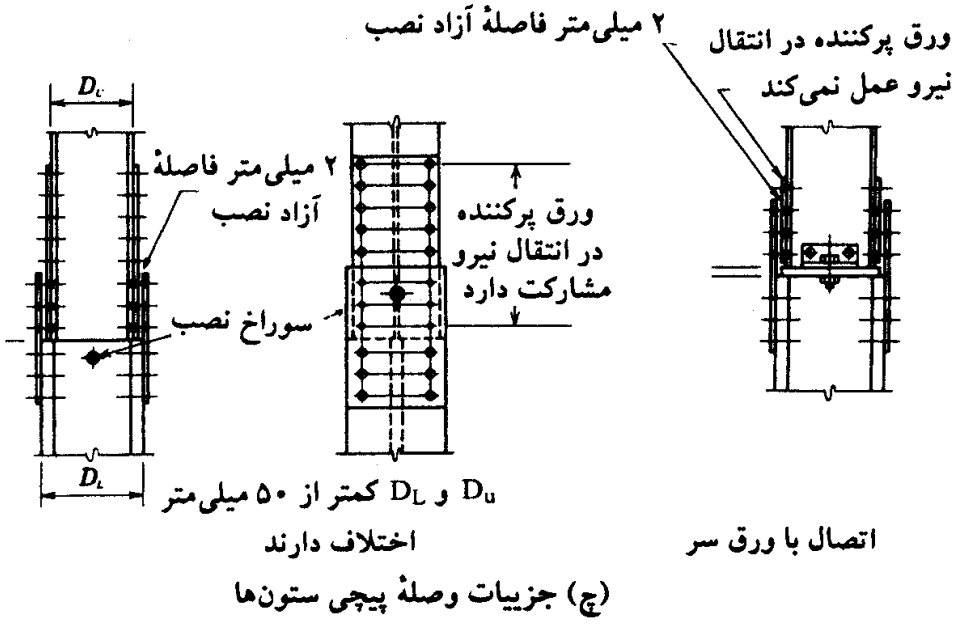
(ث) اتصال با ورق سر



(چ) حذف ورق پرکننده با افزایش ضخامت بال ستون ضعیف در نزدیکی اتصال

شکل ۹ ـ ۱ (دنباله).





(چ) جزییات وصلهٔ پیچی ستون‌ها

شکل ۹ ـ ۱ (دنباله).

۹ ـ ۲ نیروهای طرح در وصلهٔ ستون

جزییات وصله باید برای حداکثر اثر نیروهای زیر طراحی شوند:

الف: نیروهای موجود در محل وصله

ب: ۵۰ درصد ظرفیت فشاری مجاز نیمرخ ضعیفتر در محل وصله

پ: هر نوع نیروی کششی حاصل از اثر بار جانبی توأم با اثر ۷۵ درصد بار مرده بدون اثر بار زنده

در طراحی وصلهٔ ستون‌های سازهٔ مقاوم در برابر زلزله، وصلهٔ ستون باید دارای مقاومت مجاز کافی برای مقابله با نیروهای فشاری یا کششی حاصل دو ترکیب بارگذاری زیر باشد:

الف: فشار محوری

$$۰/۶[P_{DL}+۰/۸P_{LL}+(۰/۴R)P_E] \leq F_aA \qquad (۹-۱)$$

ب: کشش محوری

$$۰/۶[۰/۸۵P_{DL}+(۰/۴R)P_E] \leq ۰/۶\,F_yA \qquad (۹-۲)$$

در روابط فوق:

F_a= تنش مجاز فشاری ستون

A= سطح مقطع کلی ستون

F_aA= ظرفیت فشاری مجاز ستون

P_{DL}= نیروی فشاری ناشی از بار مرده

P_{LL}= نیروی فشاری ناشی از بار زنده

P_E= نیروی محوری فشاری و کششی ناشی از بار زلزله

R= ضریب رفتار ساختمان طبق آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰

۹ـ۳ محل وصلهٔ ستون

محل درز وصلهٔ ستون در فاصلهٔ ۱/۲ متر در بالای کف ساختمان توصیه می‌شود.

۹ـ۴ نیروهای طراحی اجزای وصلهٔ ستون

(الف) ورق وصلهٔ بال

وصلهٔ بال و وسایل اتصال آن باید برای نیروی فشاری یا کششی زیر طراحی شود (شکل ۹ـ۲):

$$F_f=\pm\frac{M-M_w}{d}\pm P\times\frac{A_f}{A} \qquad (۹-۳)$$

جملهٔ اول اثر نیروی فشاری یا کششی ناشی از لنگر خمشی و جملهٔ دوم اثر نیروی فشاری یا کششی محوری می‌باشد. که در آن:

F_f= نیروی کششی یا فشاری در ورق اتصال بال

M= لنگر خمشی طرح طبق بند ۹ ـ ۲

M_w= لنگر خمشی سهم جان طبق رابطهٔ ۹ ـ ۴ ـ الف

d= ارتفاع ستون در محل وصله

P= نیروی محوری کششی یا فشاری ستون طبق بند ۹ ـ ۲

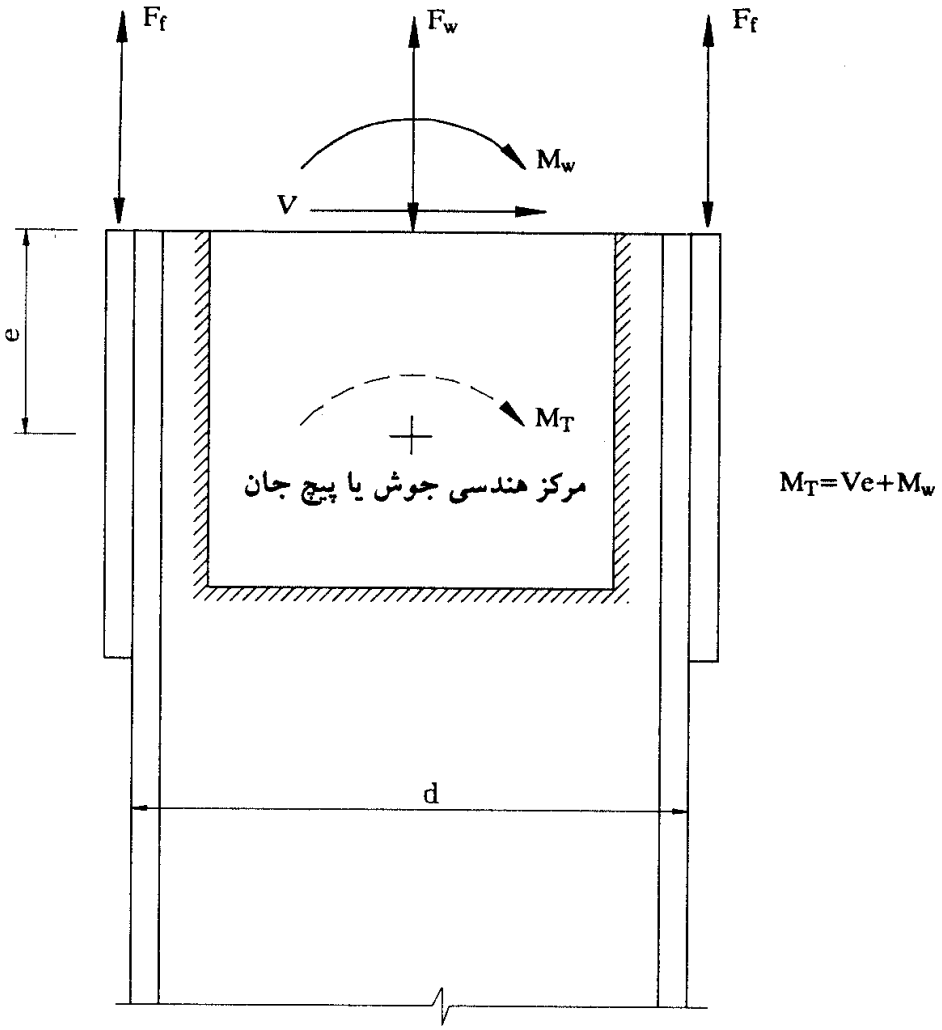
A_f= مساحت بال ستون

A= مساحت کلی مقطع ستون

(ب) ورق وصلهٔ جان

ورق وصلهٔ جان برای تمام نیروی برشی طرح، لنگر خمشی سهم جان و نیروی محوری سهم جان طراحی می‌گردد (شکل ۹ ـ ۲):

$$M_w = \frac{I_w}{I} M \qquad (۹ ـ ۴ ـ الف)$$



شکل ۹ ـ ۲ نیروهای طراحی اجزای وصله.

$$F_w = P\,\frac{A_w}{A} \qquad (۹-۴-ب)$$

M= لنگر خمشی طرح در مقطع وصله

P= نیروی محوری طرح در مقطع وصله

I_w= ممان اینرسی جان ستون حول محور خنثای مقطع

I= ممان اینرسی کلی مقطع

A_w= سطح مقطع جان

A= سطح مقطع کلی ستون

M_w= لنگر خمشی سهم جان

F_w= نیروی محوری سهم جان

با معلوم بودن M_w، لنگر پیچشی در مرکز هندسی گروه پیچ یا جوش برابر می‌شود با:

$$M_T = M_w + Ve \qquad (۹-۵)$$

گروه پیچ یا جوش اتصال‌دهندهٔ ورق جان باید برای نیروی F_w، V، و لنگر پیچشی M_T طراحی شوند.

۹-۵ روش طراحی

۹-۵-۱ نیروی برشی و لنگر خمشی طرح طبق مفاد بند ۹-۲ در مقطع مورد وصله تعیین می‌شود.

۹-۵-۲ طراحی ورق وصلهٔ بال

۱. نیروی ورق وصله از رابطهٔ ۹-۳ به‌دست می‌آید.

۲. سطح مقطع کلی ورق وصله و یا سطح مقطع خالص آن از روابط زیر محاسبه می‌گردد:

$$A_{gf} = \frac{F_f}{۰/۶\,F_y} \qquad (۹-۶)$$

$$A_{nf} = \frac{F_f}{۰/۵\,F_u} \qquad (۹-۷)$$

که در روابط فوق:

F_f= نیروی محوری ورق وصلهٔ بال (رابطهٔ ۹-۳)

F_y= تنش تسلیم ورق وصلهٔ بال

F_u= تنش نهایی ورق وصلهٔ بال

A_{gf}= سطح مقطع کلی ورق وصلهٔ بال

A_{nf}= سطح مقطع خالص ورق وصلهٔ بال که نباید بزرگتر از $0/85\ A_{gf}$ منظور شود.

در صورت استفاده از جوش برای اتصال ورق وصلهٔ بال به‌بال، نیازی به‌استفاده از رابطهٔ ۹ ـ ۷ نیست.

۳. در صورت استفاده از اتصال پیچی، تعداد پیچ‌های لازم برای اتصال ورق وصلهٔ بال در یک طرف مقطع برابر است با:

$$n=\frac{F_f}{R_b} \qquad (۹ - ۸)$$

R_b= ظرفیت مجاز برشی یا لهیدگی یا اصطکاکی پیچ

F_f= نیروی کششی ورق وصلهٔ بال (رابطهٔ ۹ ـ ۳)

۴. در صورت استفاده از اتصال جوشی، طول جوش لازم برای ورق وصلهٔ بال برابر است با:

$$L_w=\frac{F_f}{R_w} \qquad (۹ - ۹)$$

R_w= ارزش جوش

۹ ـ ۵ ـ ۳ طراحی ورق وصلهٔ جان

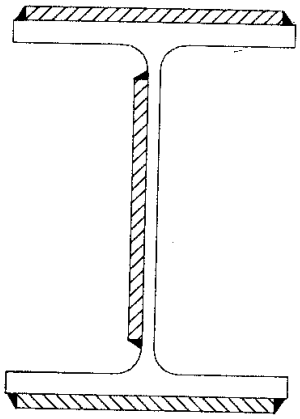
۱. با توجه به‌نیروی برشی مقطع، لنگر خمشی سهم جان، و نیروی محوری سهم جان (V ، M_w و F_w ـ روابط ۹ ـ ۴ ـ الف و ب)، سطح مقطع مناسبی برای ورق جان حدس زده‌می‌شود. به‌عنوان تقریب اول سطح مقطع ورق یا ورق‌های جان در حدود سطح مقطع جان ستون فرض می‌گردد.

۲. طراحی جوش یا پیچ اتصال‌دهندهٔ ورق وصلهٔ جان، طبق تئوری‌های ارایه‌شده در بندهای ۱ ـ ۱۱ و ۲ ـ ۱۱ ـ ۲، برای حمل نیروی برشی V ، نیروی محوری F_w ، و لنگر پیچشی M_T (رابطهٔ ۹ ـ ۵) انجام می‌شود (شکل ۹ ـ ۲).

۹ ـ ۵ ـ ۴ کنترل عمومی مقطع ورق‌های وصله

بعد از تعیین ابعاد ورق وصلهٔ بال و جان، مشخصات هندسی مقطع وصله در محل درز اتصال شامل

سطح مقطع، و ممان اینرسی در حول تار خنثای مقطع، محاسبه شده و عملیات کنترل تنش با استفاده از روابط مقاومت مصالح و تنش‌های مجاز عمومی ستون براساس نیروهای طرح در محل وصله انجام می‌شود (شکل ۹ ـ ۳).



شکل ۹ ـ ۳

فصل ۱۰

اتصالات بادبندها

۱۰ ـ ۱ معرفی

۱۰ ـ ۲ طراحی اتصال بادبند

۱۰ ـ ۳ کنترل ورق اتصال بادبند

۱۰ ـ ۴ اتصال عضو مهاربند به‌ورق اتصال

۱۰ ـ ۵ اتصال ورق اتصال به‌ستون و تیر

۱۰ ـ ٦ روش نیروی یکنواخت

۱۰ـ۱ معرفی

بادبندها به‌عنوان عناصر مقاوم در مقابل زلزله به‌اشکال مختلف برای مقاوم‌سازی ساختمان در مقابل نیروهای زلزله به‌کار می‌روند (شکل ۱۰ ـ ۱). شکل ۱۰ ـ ۲ نشان‌دهندهٔ جزییات متداول برای اتصال اعضای بادبند به‌تیر و ستون می‌باشد. توجه شود که در این فصل فقط اتصالات بادبندهای هم‌محور مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱۰ـ۲ طراحی اتصال بادبند

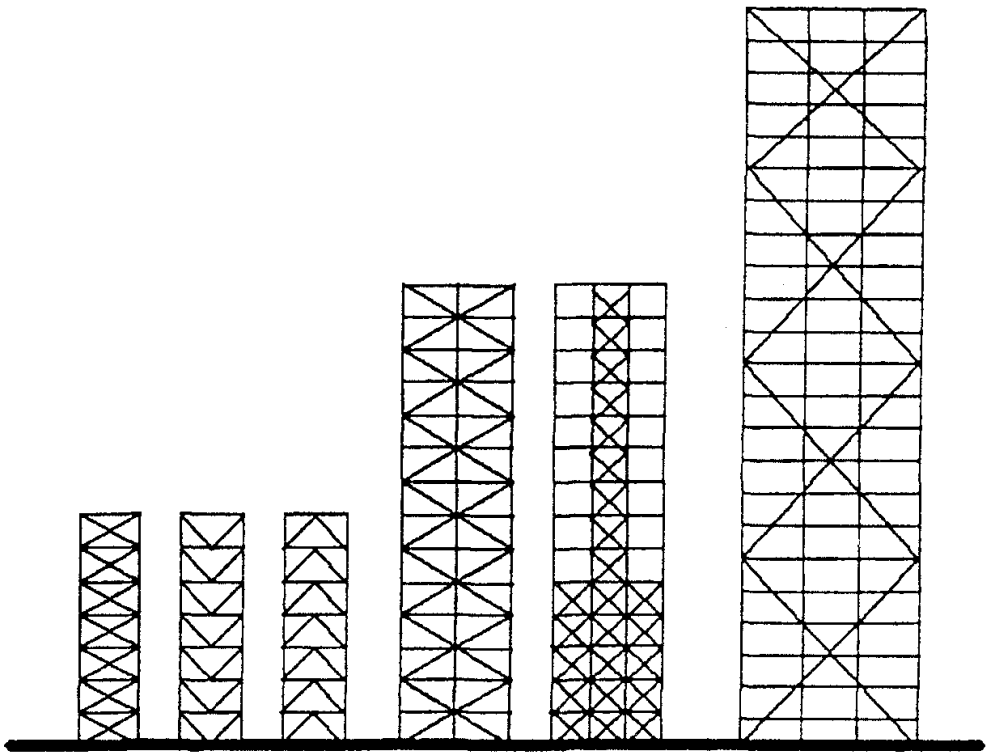
در طراحی اتصال بادبند باید چهار کنترل زیر انجام شود.

۱. کنترل ورق اتصال

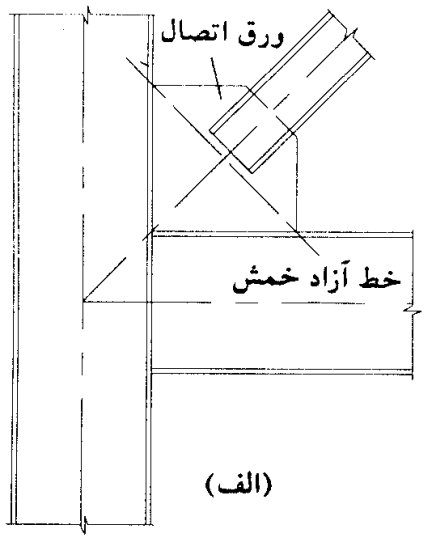
۲. اتصال عضو مهاربند به‌ورق اتصال

۳. اتصال ورق اتصال به‌ستون و تیر

۴. اتصال تیر به‌ستون

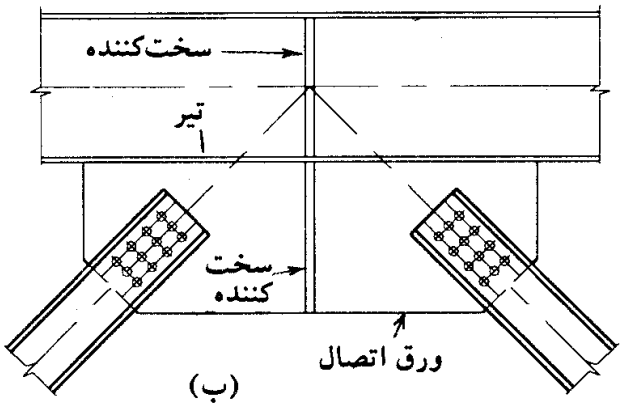


شکل ۱۰ ـ ۱ انواع بادبندهای مورد استفاده برای مقاوم‌سازی ساختمان‌ها در مقابل زلزله.

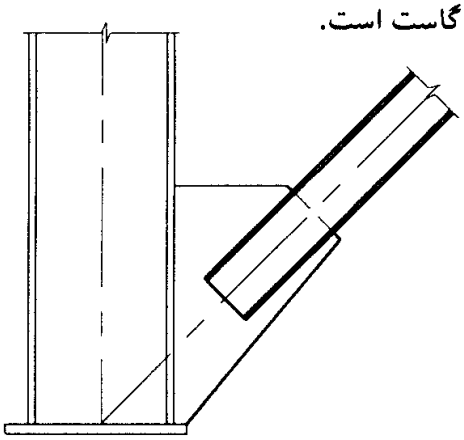


(الف)

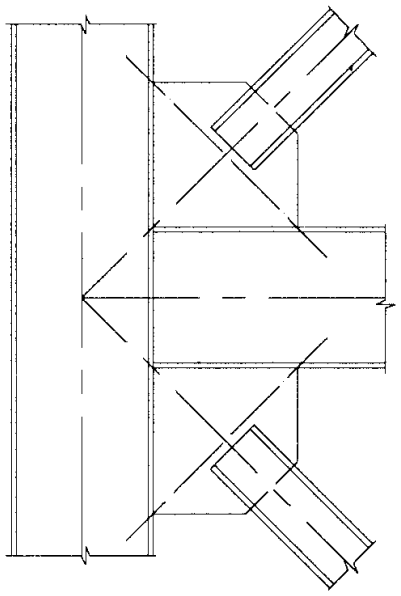
توجه: عضو قطری باید به‌فاصلهٔ ۲t از خط آزاد خمش قطع گردد. t ضخامت ورق گاست است.



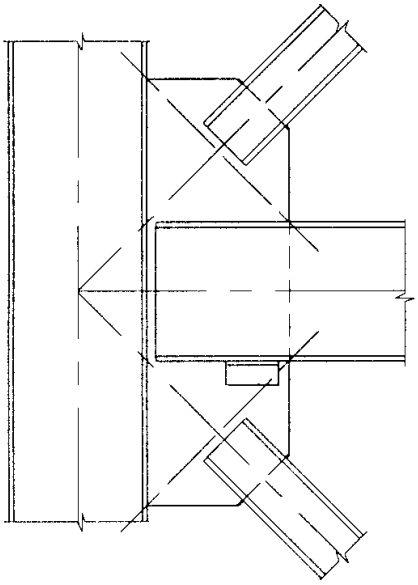
(ب)



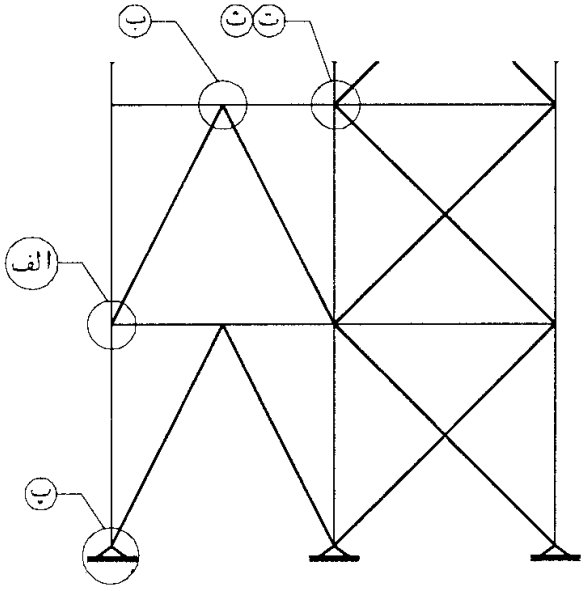
(پ)



(ت)



(ث)



شکل ۱۰ ـ ۱ انواع اتصالات بادبندهای هم‌محور.

۱۰ ـ ۳ کنترل ورق اتصال بادبند

ورق اتصال باید جوابگوی ۵ کنترل تنش زیر باشد:

۱. کنترل تنش کششی در عرض مؤثر وتیمور (W)، مطابق شکل ۱۰ ـ ۲

$$f=\frac{P}{Wt}\leq 0/6\,F_y \qquad (۱۰ ـ ۱)$$

۲. کمانش ورق اتصال در فشار مطابق شکل ۱۰ ـ ۳.

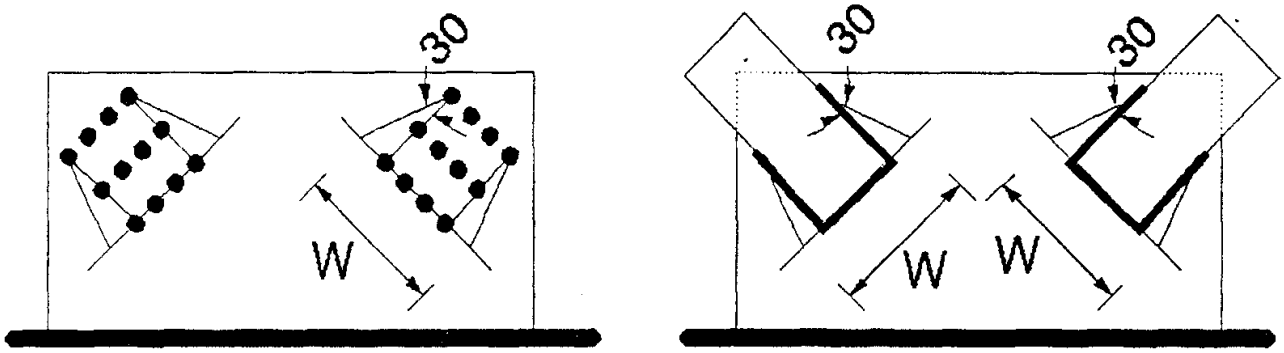
$$f_a=\frac{P}{Wt}<F_a \qquad (۱۰ ـ ۲)$$

f_a= تنش فشاری در عرض مؤثر ویتمور

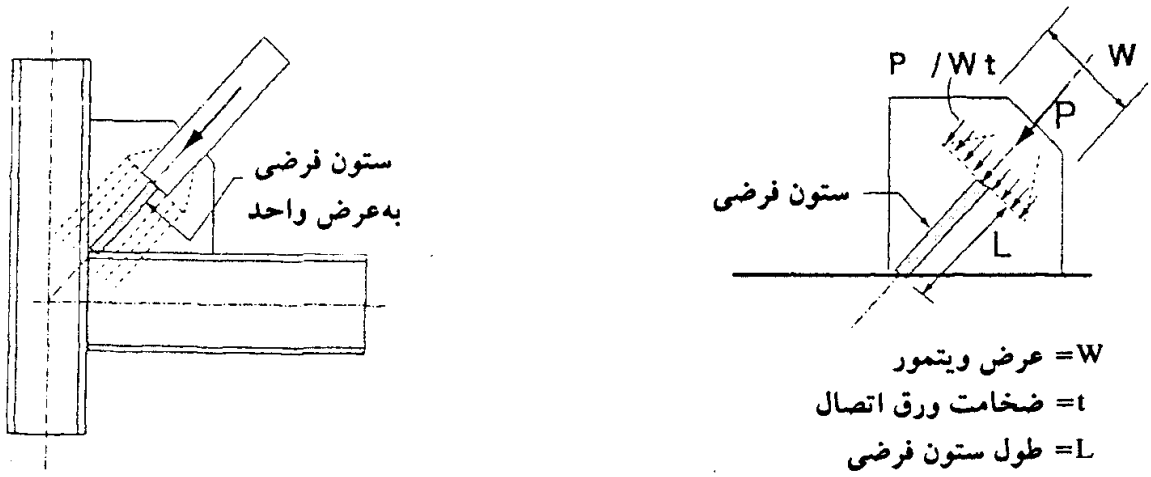
P= نیروی محوری فشاری بادبند

W= عرض ویتمور

t= ضخامت ورق اتصال



شکل ۱۰ ـ ۲ عرض مؤثر وتیمور. (W= عرض وتیمور t= ضخامت ورق اتصال)



W= عرض ویتمور

t= ضخامت ورق اتصال

L= طول ستون فرضی

شکل ۱۰ ـ ۳ کمانش ورق اتصال در فشار.

F_a= تنش فشاری مجاز با لاغری $\frac{KL}{r}$

L= طول آزاد ورق اتصال

K= ضریب طول مؤثر مساوی ۱/۲

r= شعاع ژیراسیون ورقی به‌عرض واحد مساوی ۰/۳t

۳. برش قالبی در کشش مطابق شکل ۱۰ ـ ۴

$$T \leq A_v F_v + A_t F_t \qquad (۱۰ - ۳)$$

A_v= سطح مقطع خالص در برش

F_v= تنش برشی مجاز (مساوی F_u ۰/۳)

A_t= سطح مقطع خالص کششی

F_t= تنش کششی مجاز (مساوی F_u ۰/۵)

T= نیروی کششی بادبند

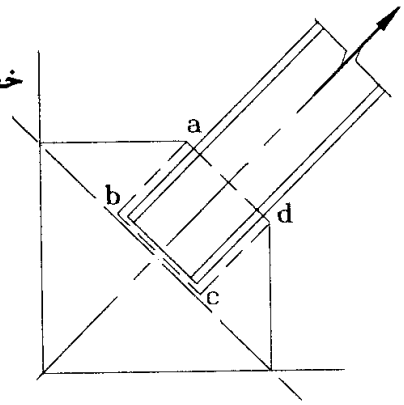
۴. کنترل کمانش لبهٔ آزاد ورق اتصال مطابق شکل ۱۰ ـ ۵.

$$\frac{L}{t} \leq ۰/۸۵ \sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad (۱۰ - ۴)$$

E= ضریب الاستیسیتهٔ فولاد

F_y= تنش تسلیم فولاد

نسبت فوق برای فولاد نرمه با F_y=۲۴۰ N/mm^۲ مساوی ۲۵ به‌دست می‌آید.

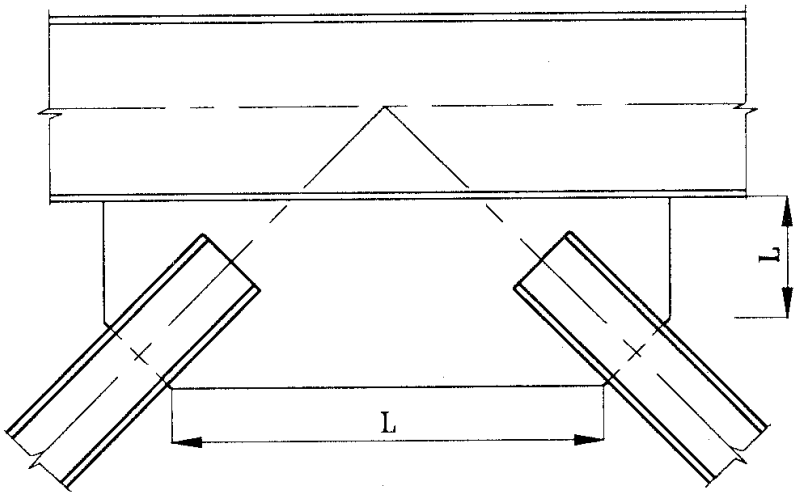


توجه: عضو باید به‌فاصلهٔ ۲t از خط آزاد خمش خاتمه یابد.

ab و cd سطوح برشی

bc سطح کششی

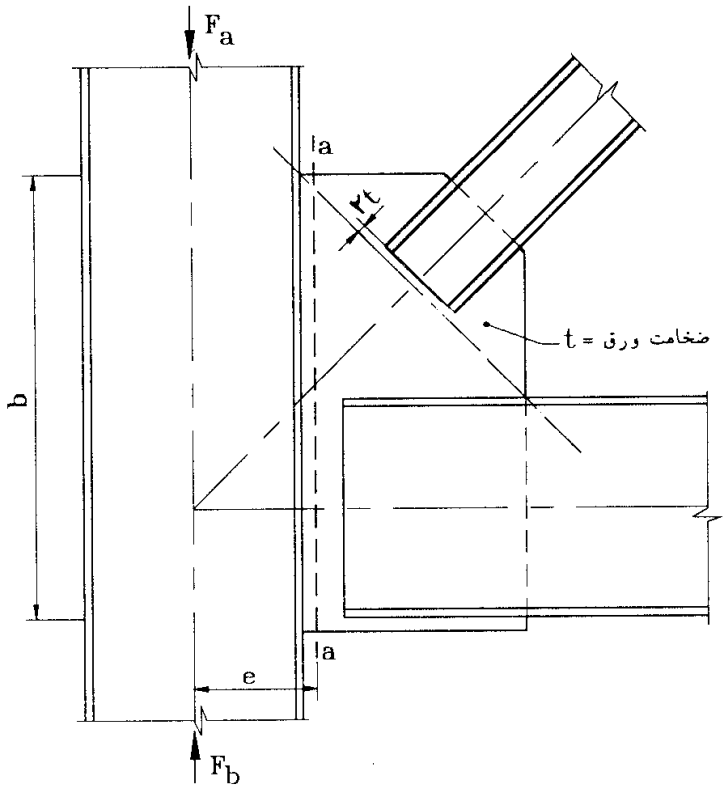
شکل ۱۰ ـ ۴ برش قالبی.



شکل ۱۰ ـ ۵ کمانش لبهٔ آزاد ورق اتصال.

۵. کنترل تنش ترکیبی در هر مقطع دلخواه از ورق اتصال مطابق شکل ۱۰ ـ ۶.

$$\frac{f_a}{۰/۶F_y} + \frac{f_b}{۰/۶F_y} + \frac{f_v}{۰/۴F_y} \leq ۱ \qquad (۵ ـ ۱۰)$$



در مقطع a-a

$$f_v = \frac{F_b - F_a}{bt}$$

$$f_b = \frac{(F_b - F_a)e}{t\frac{b^۲}{۶}}$$

شکل ۱۰ ـ ۶ کنترل تنش ترکیبی در مقطع a-a.

f_a= تنش محوری در مقطع مورد مطالعه

f_b= تنش خمشی در مقطع مورد مطالعه

f_v= تنش برشی در مقطع مورد مطالعه

۱۰ ـ ۴ اتصال عضو مهاربند به‌ورق اتصال

عضو مهاربند که تحت نیروی محوری قرار دارد، باید با وسایل اتصال کافی (پیچ یا جوش) به‌ورق اتصال، متصل گردد. مقاومت اتصال (مقاومت مجاز اتصال × ۱/۷)، کمترین مقدار از مقادیر زیر می‌باشد:

۱. مقاومت کششی عضو مهاربند (مساوی AF_y که A سطح مقطع عضو و F_y تنش تسلیم می‌باشد).

۲. ۰/۴R برابر نیروی عضو مهاربند حاصل از نیروی زلزله.

۱۰ ـ ۵ اتصال ورق اتصال به‌ستون و تیر

شکل ۱۰ ـ ۷ چهار روش برای تعیین نیروهای منتقله از ورق اتصال به‌ستون را نشان می‌دهد. اشکال الف و ب، تجزیهٔ نیرو را به‌دو مؤلفه نشان می‌دهد. شکل پ، روش پیشنهادی آستانهٔ اصل و شکل ت، روش پیشنهادی تورنتون است. استفاده از هر یک از روش‌های فوق، بسته به‌انتخاب طراح، امکان‌پذیر است.

استفاده از تحلیل اجزای محدود نیز در این مورد قابل توصیه است (شکل ۱۰ ـ ۸).

۱۰ ـ ٦ روش نیروی یکنواخت

همان‌طور که در بند ۱۰ ـ ۵ اشاره شد، روی نیروی یکنواخت یکی از چهار روش مورد قبول برای طراحی اتصال ورق اتصال به‌تیر و ستون می‌باشد. به‌علت دقت آن، این روش مقبولیت زیادی پیدا کرده است (شکل ۱۰ ـ ۱۰). مراحل کار به‌قرار زیر است:

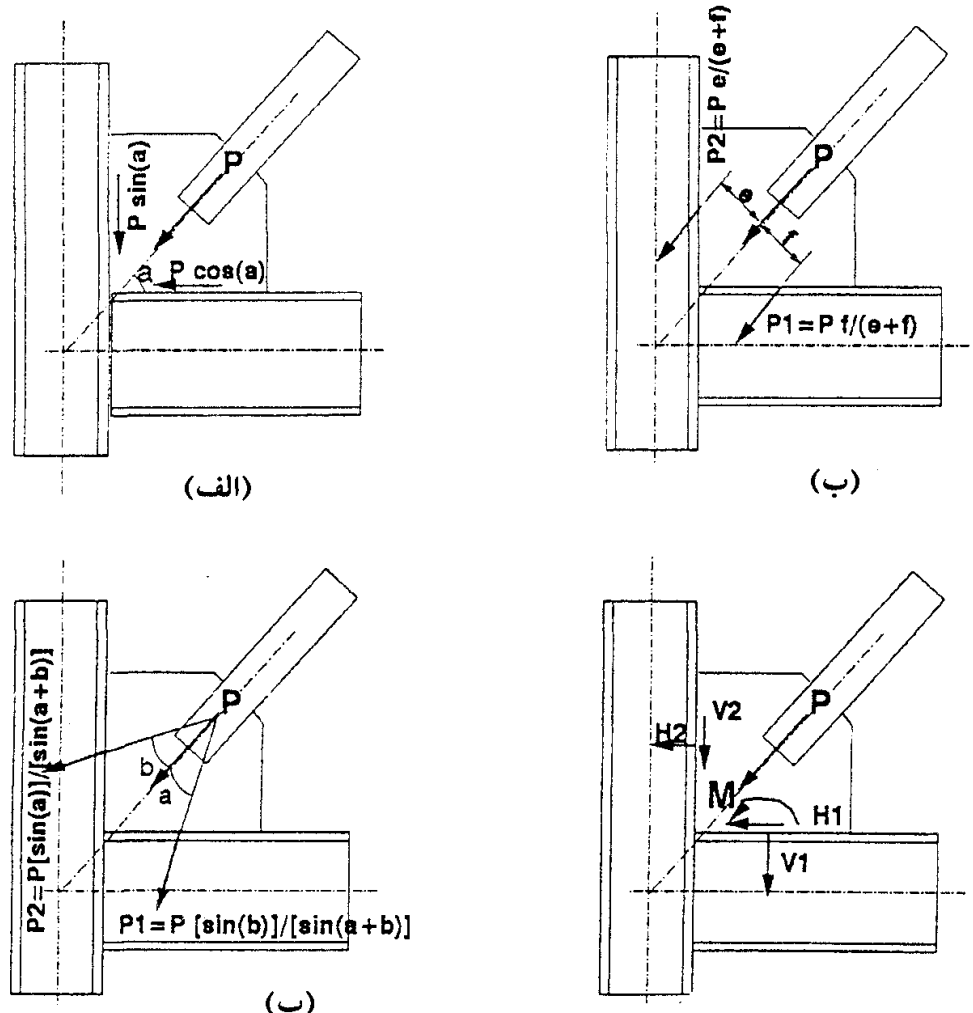
۱ ـ ابتدا با توجه به‌هندسهٔ اتصال (شکل ۱۰ ـ ۱۰ ـ الف)، مقادیر α و β تعیین می‌شود.

۲ ـ پارامتر r از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$r=\sqrt{(\alpha+e_c)^2+(\beta+e_b)^2} \qquad (۶ ـ ۱۰)$$

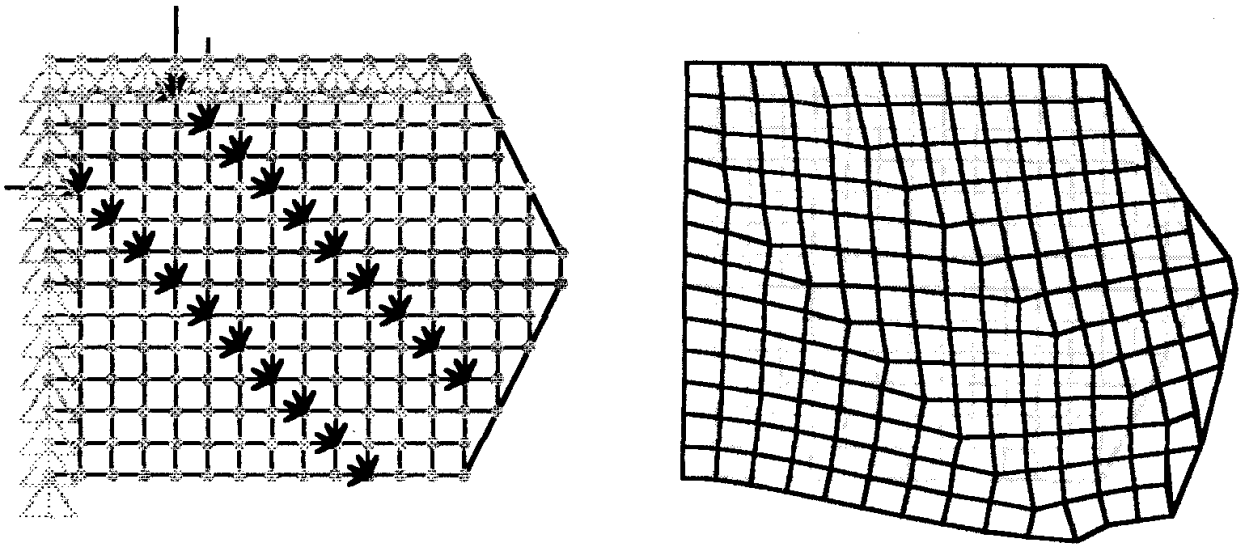
۳ ـ نیروهای بین ورق اتصال و تیر برابرند با:

$$V_B=\frac{e_B}{r}P \quad و \quad H_B=\frac{\alpha}{r}P \qquad (۷ ـ ۱۰)$$



(ت) روش نیروی یکنواخت تورنتون

شکل ۱۰ ـ ۷ نیروهای اتصال‌دهندهٔ ورق اتصال به‌تیر و ستون.



مدل تغییرشکل یافته

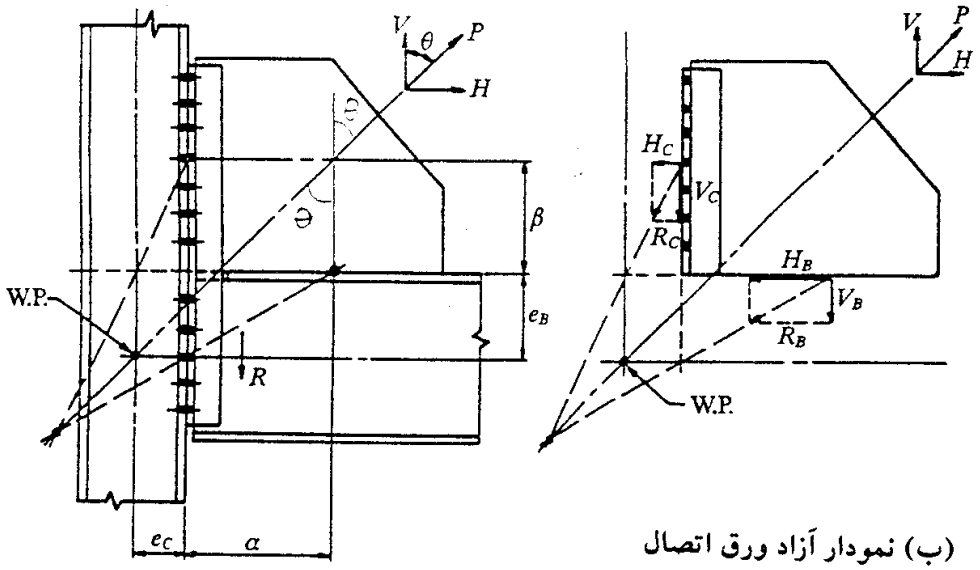
شرایط مرزی و توزیع نیروی خارجی

شکل ۱۰ ـ ۸ تحلیل اجزای محدود ناحیهٔ اتصال بادبند.

۴ ـ نیروهای بین ورق اتصال و ستون برابرند با:

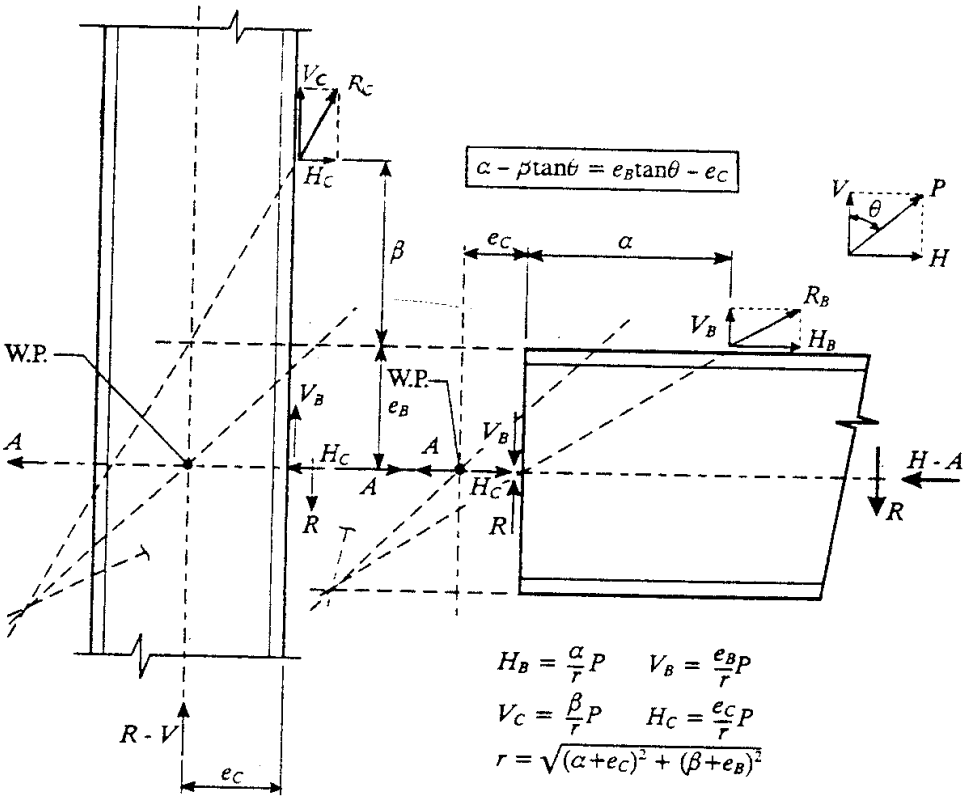
$$V_C = \frac{\beta}{r} P \quad و \quad H_C = \frac{e_c}{r} P \qquad (۸ - ۱۰)$$

۵ ـ اتصال تیر به‌ستون باید براساس نیروی برشی $R - V_B$ و نیروی محوری $A \pm (H - H_B)$ طرح شود که در آن R واکنش انتهای تیر و A نیروی محوری تیر است.



(ب) نمودار آزاد ورق اتصال

(الف) نیروهای خارجی و هندسهٔ اتصال



(پ) نمودار آزاد ستون

(ت) نمودار آزاد تیر

شکل ۱۰ ـ ۹ روش نیروی یکنواخت.

فصل ۱۱

اتصالات خرپاها

۱۱ ـ ۱ معرفی

۱۱ ـ ۲ اتصالات جوشی خرپاها

۱۱ ـ ۳ اتصالات پیچی خرپاها

۱۱ ـ ۴ طبقه‌بندی اتصالات خرپایی

۱۱ ـ ۵ محاسبات اتصالات مستقیم اعضا (بدون ورق پیوستگی)

۱۱ ـ ٦ محاسبات اتصالات با استفاده از ورق اتصال

۱۱ـ۱ معرفی

خرپا مجموعه‌ای از اعضای محوری می‌باشد که در محل گره‌ها به‌یکدیگر متصل شده و ایجاد شبکه‌های مثلثی می‌نماید. در دهانه‌های بلند خرپا جایگزینی برای تیرهای خمشی است. به‌صورت ایده‌ال، اتصال انتهایی اعضای خرپا باید به‌صورت دوسر مفصل باشد، لیکن در عمل تمام اتصالات موجود در ساخت خرپاها گیرداری جزیی و یا کامل دارند. با این وجود در روش متعارف برای محاسبات اجزای اتصالات خرپا، برای اعضا فقط نیروی محوری در نظر گرفته می‌شود و اثر خمش ثانوی منظور نمی‌گردد. در شکل ۱۱ـ۱ قسمت‌های مختلف یک خرپای متداول نشان داده شده است.

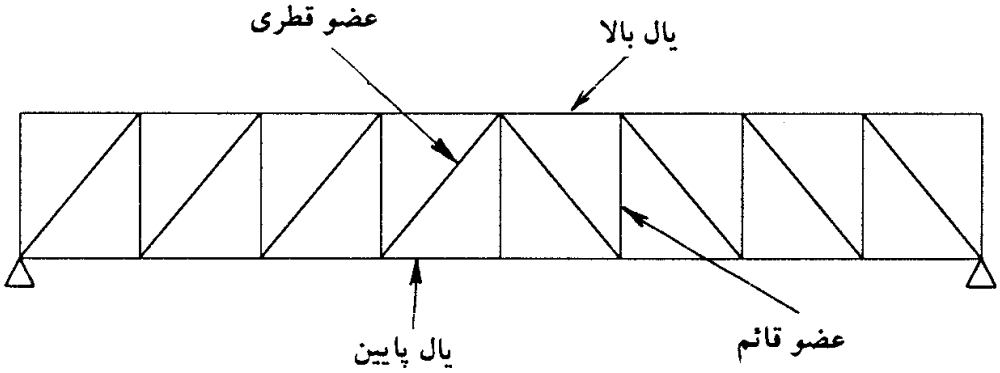
۱۱ـ۲ اتصالات جوشی خرپاها

در شکل ۱۱ ـ ۲ تا ۱۱ ـ ۱۰ انواع معمول اتصالات جوشی خرپایی نشان داده شده است. در یک جمع‌بندی می‌توان اتصالات خرپایی را در دو ردهٔ زیر قرار داد:

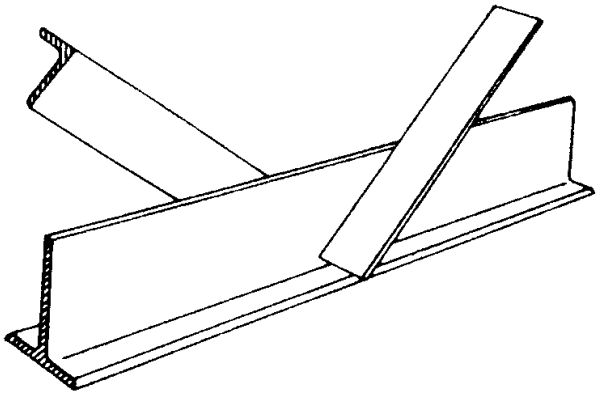
۱ ـ اتصالات مستقیم اعضا که بیشتر در خرپاسازی سبک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ ـ اتصالات اعضا به‌کمک ورق اتصال که بیشتر در خرپاسازی سنگین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در شکل ۱۱ ـ ۲ یکی از ساده‌ترین انواع اتصالات خرپاهای جوشی به‌نمایش در آمده است. در این خرپا یال پایین از نیمرخ سپری و قطری‌ها از نیمرخ نبشی ساخته شده‌اند. اعضا به‌سادگی بر روی یکدیگر قرار می‌گیرند و جوش می‌شوند. در ساخت خرپاهای سبک معمولاً از چنین جزییاتی استفاده می‌شود.

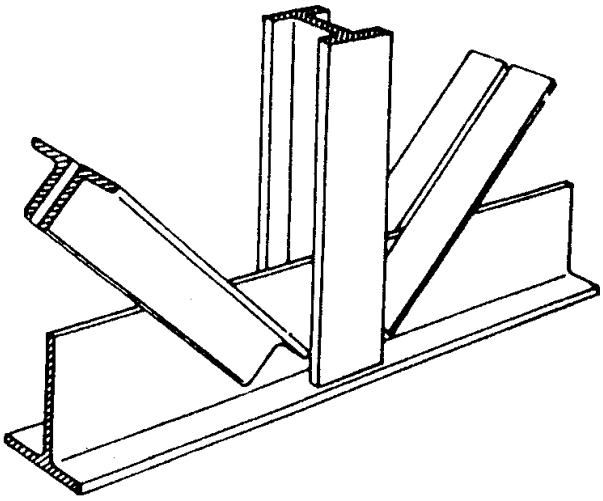


شکل ۱۱ ـ ۱ اجزای مختلف خرپا.



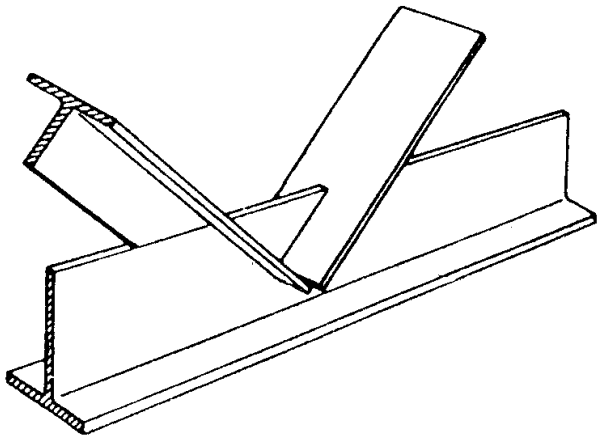
شکل ۱۱ ـ ۲

در شکل ۱۱ ـ ۳ نوع سنگین‌تری از خرپاهای جوشی به‌نمایش در آمده است. در این خرپا اعضای قائم از نیمرخ‌های I ساخته شده است. یال‌های بالا و پایین کماکان از نیمرخ‌های سپری تشکیل شده و قطری‌ها متشکل از یک جفت نبشی هستند. برای اتصال نیمرخ I به‌سپری‌های یال‌های بالا و پایین، معمولاً شکافی در جان نیمرخ I ایجاد می‌کنند و جان سپری را در این شکاف قرار می‌دهند. سپس به‌وسیلهٔ جوش گوشه، دو نیمرخ را به‌یکدیگر جوش می‌دهند.



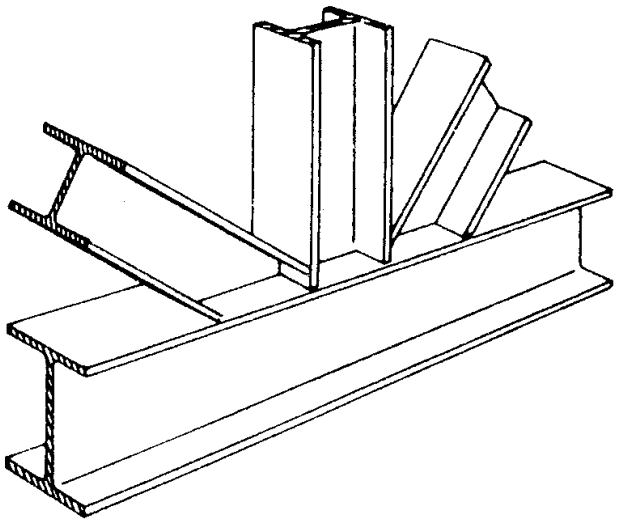
شکل ۱۱ ـ ۳

در شکل ۱۱ ـ ۴ طرحی از خرپاهای جوشی که فقط از نیمرخ‌های سپری تشکیل شده، به‌نمایش درآمده است. هم یال‌های بالا و پایین و هم قطری‌های این خرپا از نیمرخ سپری تشکیل یافته‌اند. برای اتصال این نوع خرپاها باید شکافی در بال اعضای قطری داده شود. همراه این شکاف قسمتی از جان قطری‌ها نیز بریده می‌شود. سپس جان نیمرخ سپری یال‌های بالا و پایین را در این شکاف قرار داده به‌وسیلهٔ جوش گوشه بال قطریها را به‌جان یالهای بالا و پایین متصل می‌کنند. در صورت لزوم می‌توان جان نیمرخ‌ها را نیز به‌وسیلهٔ جوش لب به‌لب متصل ساخت.



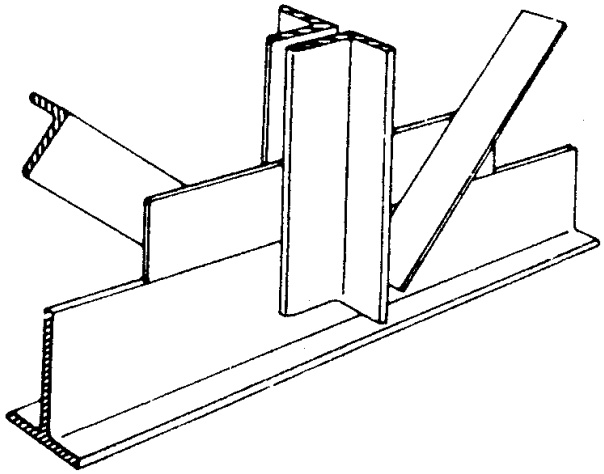
شکل ۱۱ ـ ۴

در شکل ۱۱ ـ ۵ اتصال خرپاهایی که تمام اعضای آنها از نیمرخ‌های I ساخته شده، به‌نمایش در آمده است. از فواید این خرپاها آن است که به‌علت مقاومت خمشی خوب یال تحتانی یا فوقانی، بارها را می‌توانن در حدفاصل دو گره اعمال نمود. این بارها با ایجاد تنش‌های خمشی نسبتاً کوچکی به‌گره‌ها انتقال خواهند یافت. در مورد چنین خرپایی اعضا و اتصالات باید برای ترکیب نیروهای محوری و لنگرهای خمشی طراحی شوند. در هر حال خرپای ایده‌آل خرپایی است که بارها فقط به‌گره‌های آن وارد شوند.



شکل ۱۱ ـ ۵

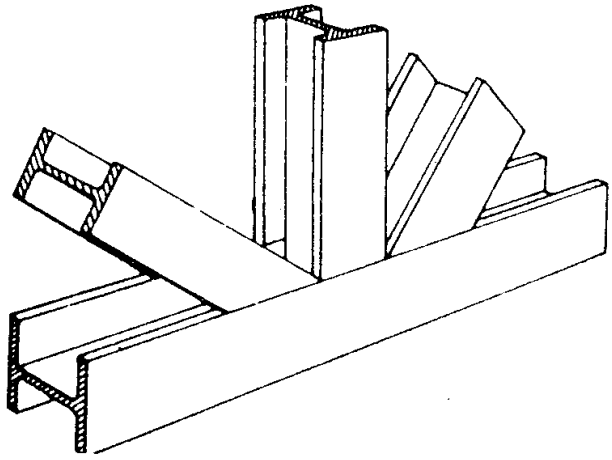
وقتی که طول جوش گوشه مورد نیاز در اتصال جوشی یک خرپا زیاد باشد، می‌توان ورقی را به وسیلهٔ جوش شیاری به‌جان سپری یالهای بالا و پایین خرپاهای شکل‌های ۱۱ ـ ۲ تا ۱۱ ـ ۴ اتصال داد. این جوش را در نقاطی که در زیر قرار دارند سنگ می‌زنند تا قطری‌ها بتوانند به‌این ورق و جان سپری بچسبند. قطری‌ها را به‌وسیلهٔ جوش گوشه به‌این صفحه و جان سپری یال پایین یا بالای خرپا جوش می‌دهند. شکل ۱۱ ـ ۶ چنین اتصالی را به‌نمایش می‌گذارد.



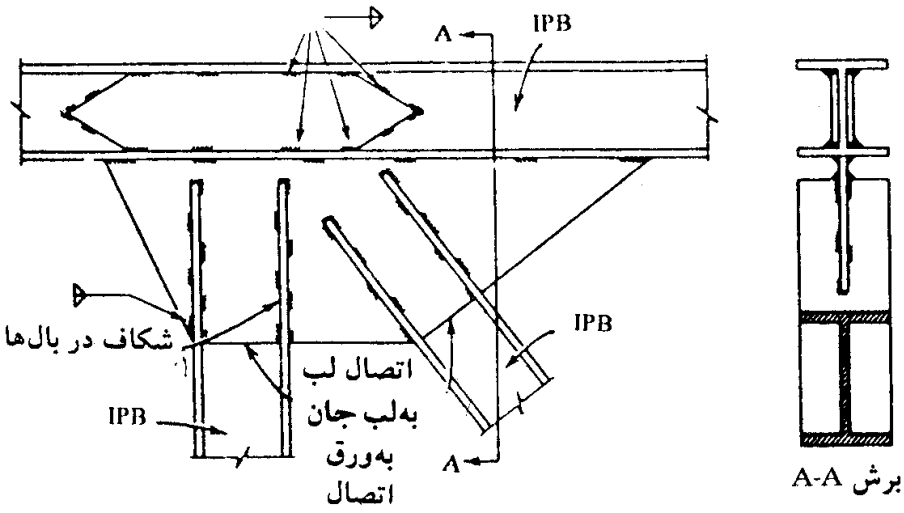
شکل ۱۱ ـ ۶

در طراحی خرپاهای بسیار سنگین از نیمرخ‌های بال پهن استفاده می‌کنند. یال‌های بالا و پایین چنین خرپایی معمولاً خوابیده هستند. اتصال این اعضا با قطری‌ها می‌تواند به‌وسیلهٔ جوش لب به‌لب انجام پذیرد. شکل ۱۱ ـ ۷ چنین اتصالی را به‌نمایش می‌گذارد. در زیر بارهای سنگین می‌توان از ورق‌های اتصال اضافی نیز استفاده کرد. به‌کار بردن ورق‌های اتصال مقداری بر وزن خرپا اضافه می‌کند، ولی یک مزیت عمدهٔ آن این است که با افزودن بر ابعاد گره از تراکم اعضا و تمرکز تنش در گره‌های اتصال جلوگیری می‌نماید. شکل ۱۱ ـ ۸ نمونه‌ای از این نوع اتصال را نمایش می‌دهد.

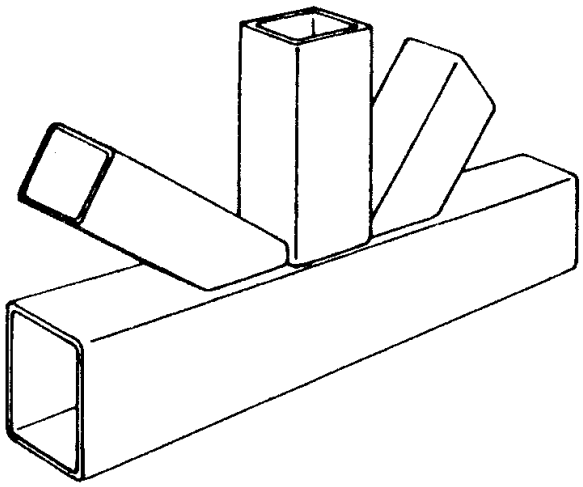
ساخت نیمرخ‌های قوطی با مقاطع مربع و مربع مستطیل از ورق نازک بسیار ساده است و هیچ‌گونه اضافه قیمتی برای ساخت نسبت به‌نیمرخ‌های نوردشده در بر ندارد. این‌گونه نیمرخ‌ها در خمش، کشش و فشار مقاومت خوبی دارند. شعاع ژیراسیون این نیمرخ‌ها در هر دو جهت بسیار بالا است. به‌علت مقاومت پیچشی خوب پایداری جانبی این نیمرخ‌ها نیز بسیار مناسب است. اتصال این نیمرخ‌ها به‌علت سطح تختی که دارند نسبتاً ساده است و کاربرد آنها در ساخت خرپاهای سبک فراوان می‌باشد. شکل ۱۱ ـ ۹ نمونه‌ای از اتصالات این خرپاها را به‌نمایش می‌گذارد. اتصالات این



شکل ۱۱ ـ ۷



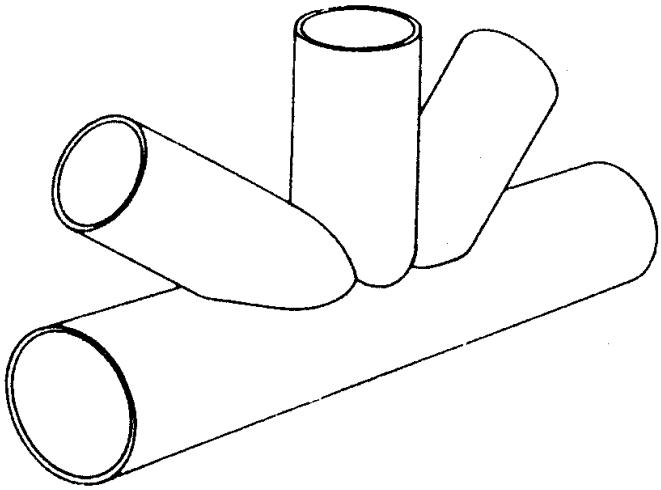
شکل ۱۱ ـ ۸



شکل ۱۱ ـ ۹

خرپا با جوش گوشه برقرار گردیده‌اند.

همچنین استفاده از لوله در ساخت خرپاها به‌علت مقاومت خوب خمشی، پیچشی و فشاری این نیمرخ‌ها مزایای زیادی در بردارد. مشکل اصلی استفاده از لوله‌ها در خرپاسازی، پیچیدگی اتصالات آنها می‌باشد. برای اینکه از زنگ‌زدگی داخل لوله‌ها، جلوگیری شود باید جوش اتصالات غیرقابل نفوذ باشد. مشکل بریدن و جفت و جور کردن قطعات با مقداری تجربه و دقت بیشتر اجرایی قابل حل می‌باشد. در ساخت دکل‌های بلند، سازه‌های دریایی، جرثقیل‌ها و سازه‌های فضایی استفاده از خرپاهای لوله‌ای بسیار معمول است. در شکل ۱۱ ـ ۱۰ یک نمونه از اتصالات خرپاهای لوله‌ای به‌نمایش در آمده است.

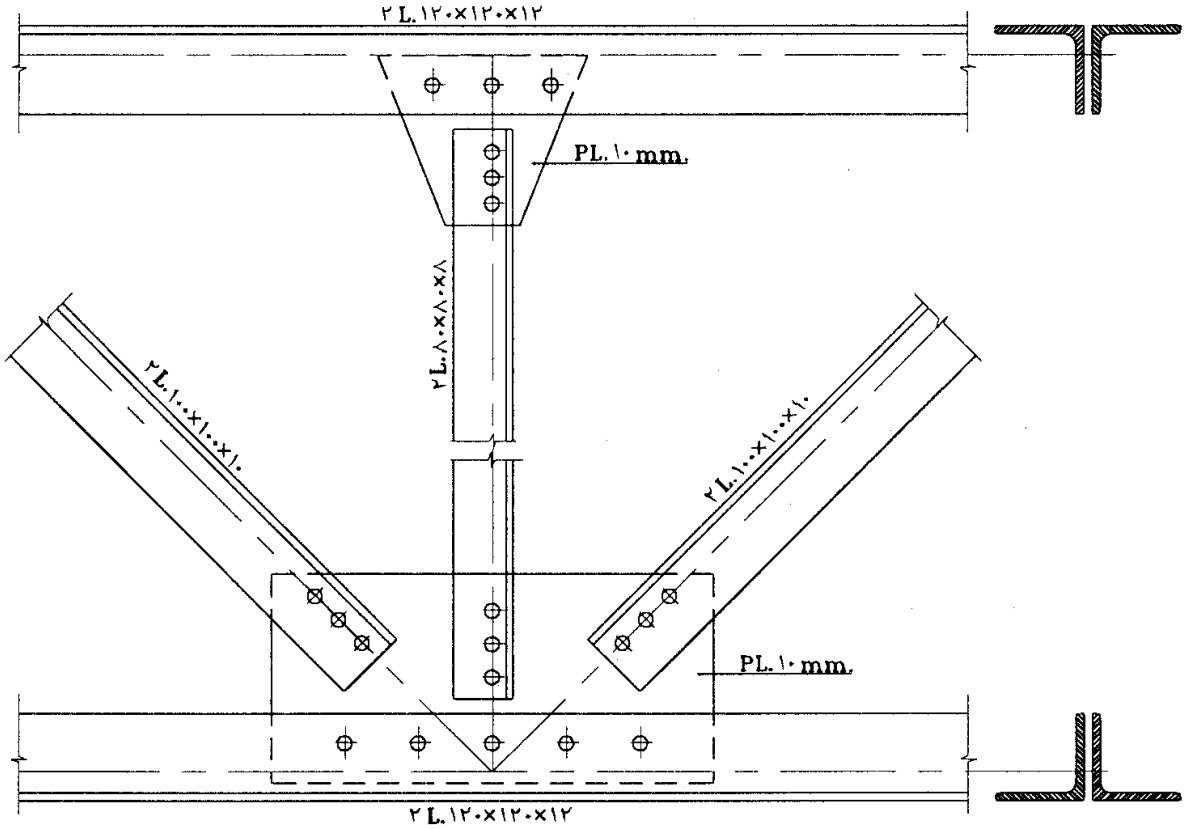


شکل ۱۱ ـ ۱۰

۱۱ ـ ۳ اتصالات پیچی خرپاها

در ساخت خرپاهای بزرگ که قطعات آنها معمولاً جداگانه به‌محل نصب حمل می‌گردند، استفاده از اتصالات پیچی رواج فراوان دارد. در ساخت خرپاهای پیچی نیز معمولاً از همان نیمرخ‌های معمول در ساخت خرپاهای جوشی استفاده می‌شود.

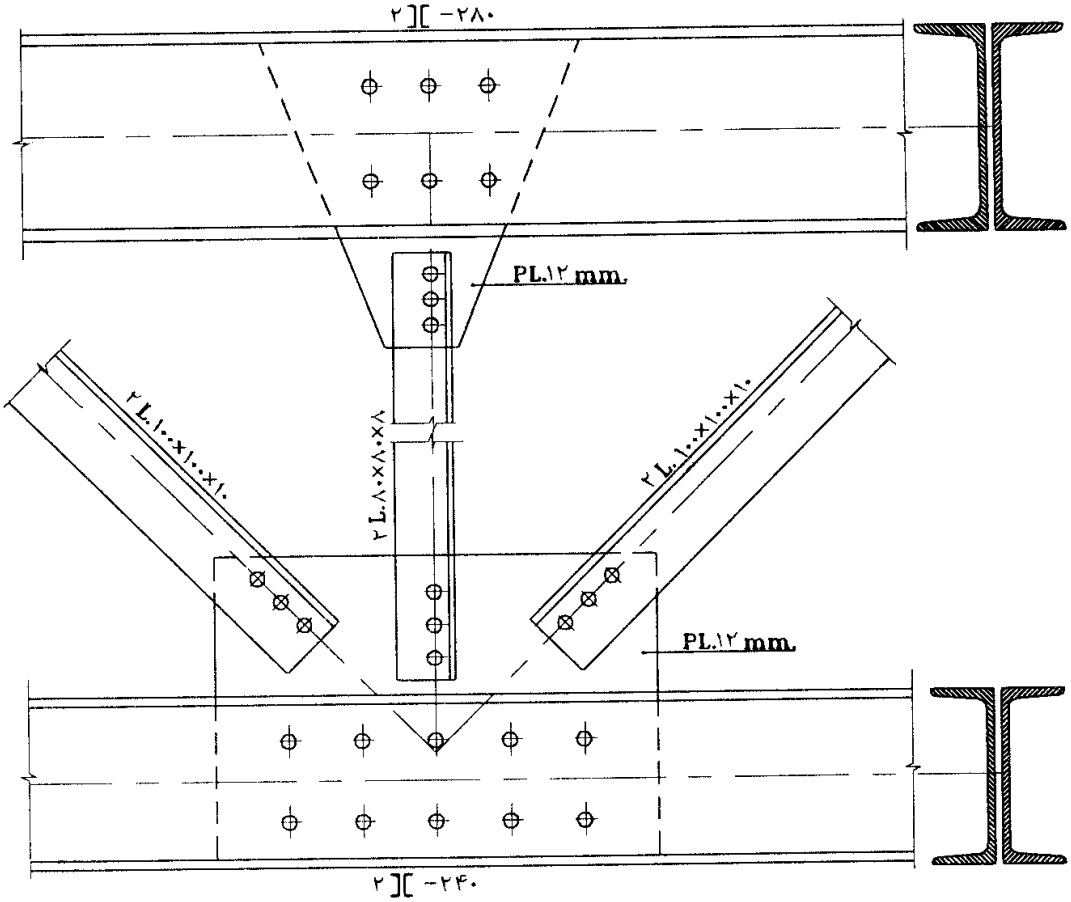
شکل ۱۱ ـ ۱۱ یک نمونه از خرپاهای پیچی سبک را به‌نمایش می‌گذارد. یال‌های بالا و پایین



شکل ۱۱ ـ ۱۱

هر دو از نیمرخ جفت نبشی هستند و قطری‌ها نیز از نیمرخ نبشی جفت می‌باشند. صفحهٔ اتصال به‌وسیلهٔ پیچ به‌یال‌های بالا و پایین اتصال یافته است.

شکل ۱۱ ـ ۱۲ خرپای پیچی سنگین‌تری را به‌نمایش می‌گذارد. یال‌های بالا و پایین از نیمرخ جفت ناودانی و قطری‌ها از نیمرخ جفت نبشی تشکیل یافته‌اند. صفحهٔ اتصال که به‌ناودانی‌های یال بالا و یال پایین پیچ شده، می‌تواند همزمان نقش وصلهٔ یال پایین را نیز ایفا نماید.

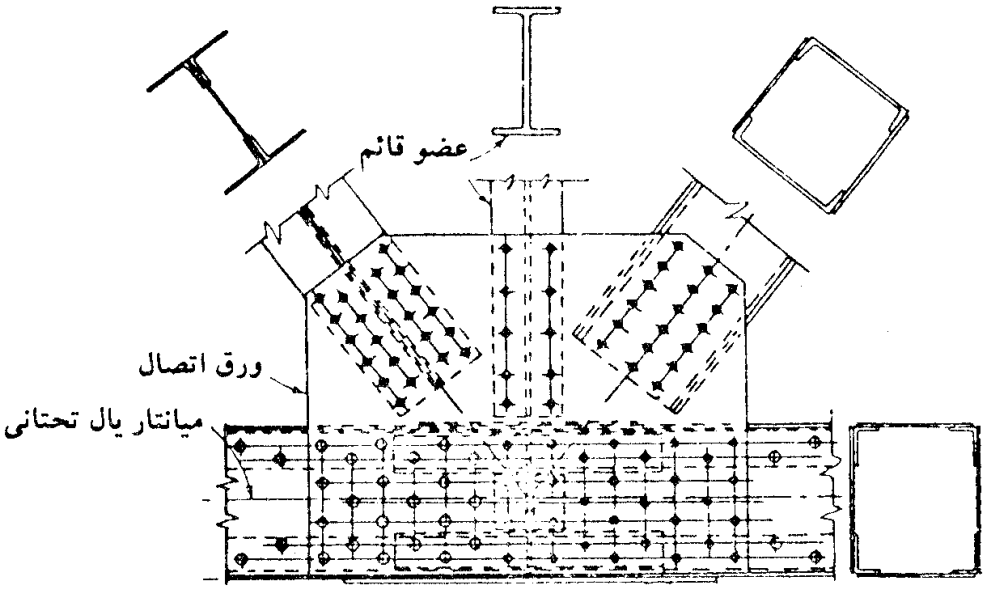


شکل ۱۱ ـ ۱۲

در خرپاهای سنگین با اتصالات پیچی معمولاً از نیمرخ‌های بال پهن استفاده می‌شود. در شکل ۱۱ ـ ۱۳ اتصال یک گرهٔ میانی از چنین خرپاهایی نشان داده شده است.

۱۱ ـ ۴ طبقه‌بندی اتصالات خرپایی

بدون توجه به‌تنوع اتصالات خرپایی، آنها را می‌توان به‌دو ردهٔ اصلی طبقه‌بندی نمود.



شکل ۱۱ ـ ۱۳

۱ ـ اتصال مستقیم اعضا بدون استفاده از ورق اتصال که بیشتر در خرپاسازی سبک به‌کار می‌رود.

۲ ـ اتصال اعضا به‌کمک ورق اتصال که در خرپاسازی سنگین مورد استفاده قرار می‌گیرد.

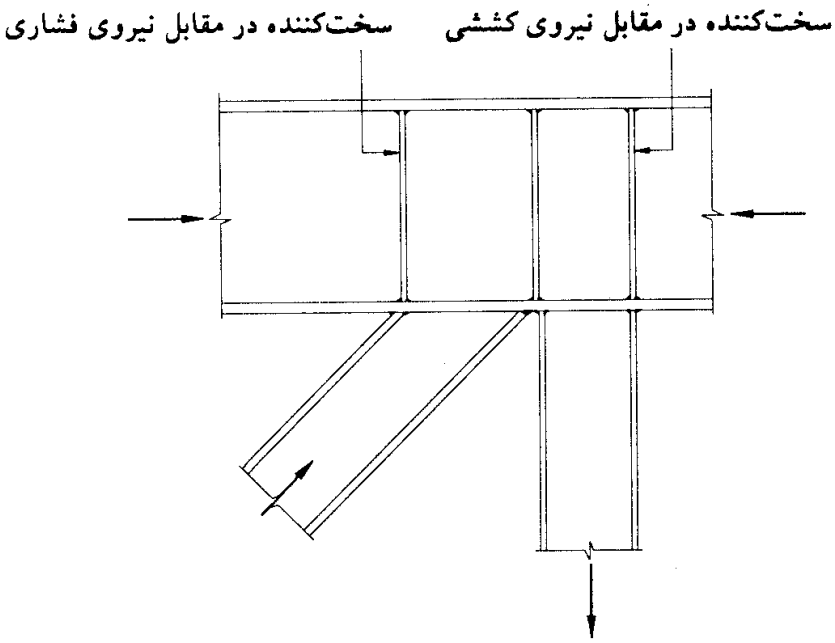
۱۱ ـ ۵ محاسبات اتصالات مستقیم اعضا (بدون ورق پیوستگی)

در این حالت اتصال اعضا با استفاده از تئوری‌های محاسبات تنش در جوش با استفاده از روابط بند ۱ ـ ۱۱ انجام می‌شود.

معیارهایی از قبیل لهیدگی و تسلیم جان در مقابل بال‌های فشاری و کششی که در اتصالات گیردار تیر به‌ستون (بند ۶ ـ ۲ ـ ۷) مورد کنترل قرار می‌گیرند، برای این نوع اتصالات خرپایی نیز باید مورد کنترل قرار گیرند (شکل ۱۱ ـ ۱۴).

۱۱ ـ ٦ محاسبات اتصالات با استفاده از ورق اتصال

در این حالت تمام کنترل‌های بندهای ۱۰ ـ ۲، ۱۰ ـ ۳، ۱۰ ـ ۴، و ۱۰ ـ ۵ از فصل اتصالات بادبند باید مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۱۱ ـ ۴ استفاده از سخت‌کننده در اتصال مستقیم اعضای خرپا.

فصل ۱۲

طراحی لرزه‌ای اتصالات صلب تیر به‌ستون

۱۲ ـ ۱ معرفی و تاریخچه

۱۲ ـ ۲ طبقه‌بندی صدمات وارده به‌اتصالات در حین زلزله

۱۲ ـ ۳ آزمایش‌های دینامیکی اتصالات و معیارهای پذیرش آنها

۱۲ ـ ۴ روش‌های پیشنهادی برای ترمیم اتصالات صدمه‌دیده، و جزییات نوین برای اتصالات

۱۲ ـ ۵ معیارهای آیین‌نامه‌ای

۱۲ـ۱ معرفی و تاریخچه

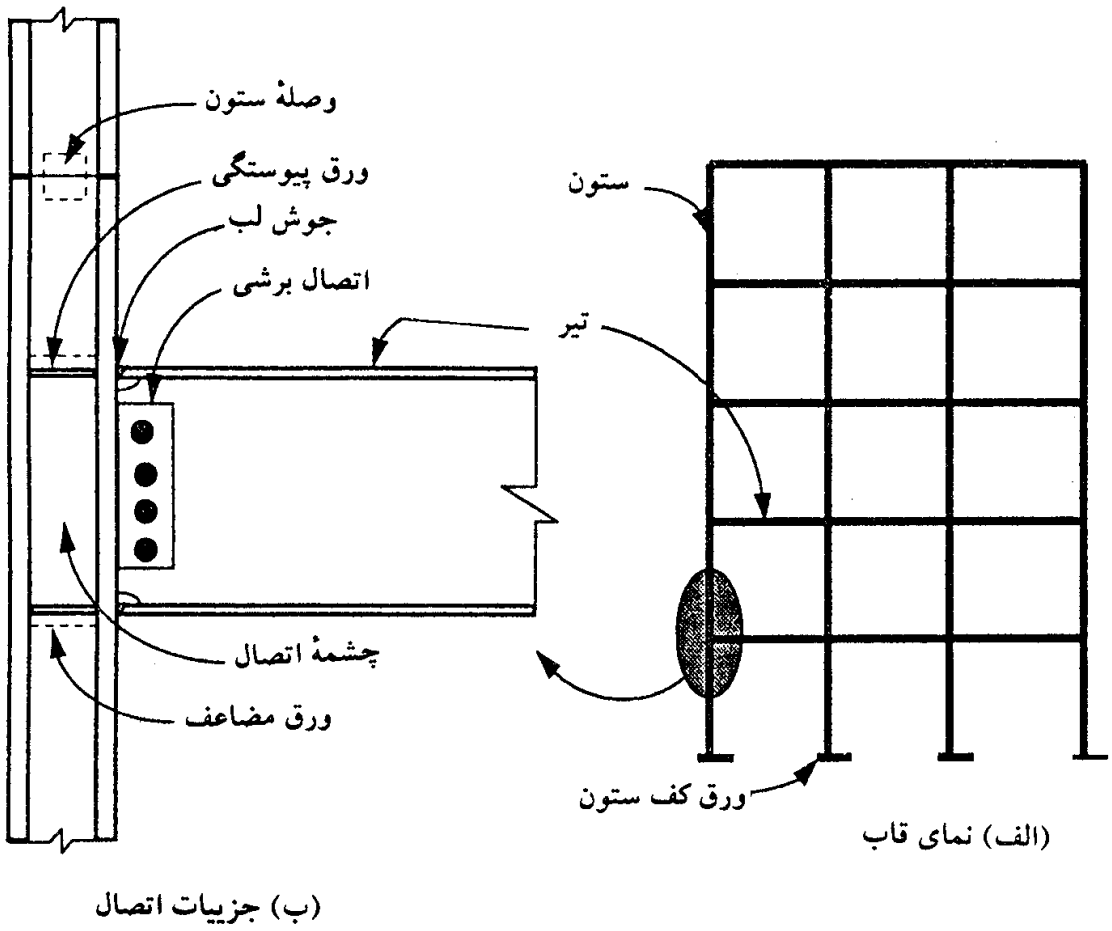
زلزله ۱۷ ژانویه ۱۹۹۴ نورثریج کالیفرنیا مشخص کرد که متأسفانه اتصالات صلب جوشی تیر به‌ستون در قاب‌های خمشی به‌مقدار زیادی بیش از آنکه قبلاً به‌نظر می‌رسید، آسیب‌پذیر هستند. پایداری قاب‌های خمشی به‌ظرفیت اتصال تیر به‌ستون بستگی دارد تا سالم باقی بماند و در مقابل تمایل به‌چرخش ناشی از نوسان ساختمان مقاومت کند.

گزارش‌های اولیه خرابی ابتدا از ساختمان‌های نیمه‌کاره در زمان زلزله و سپس از ساختمان‌هایی که مواد محافظ آتش و روسازی آنها در بازبینی برداشته شده بود، به‌دست رسید. بیش از ۱۰۰ ساختمان که شامل بیمارستان، تأسیسات حیاتی، ادارات خصوصی، دولتی و عمومی، و ساختمان‌های صنعتی و تجاری می‌شد، مشخص گردید که آسیب دیده‌اند. به‌دنبال آن تحقیقات مختلفی با هدف تفسیر چگونگی وقوع خرابی‌های پدید آمده و تعیین چگونگی تعمیر ساختمان‌های آسیب‌دیدهٔ کنونی و بررسی طرح‌های گوناگون جدید طراحی به‌منظور دستیابی به‌عملکرد رضایت‌بخش در اتصالات شروع شد. به‌طور کلی در این تحقیقات مشخص گردیده که یک عامل به‌تنهایی باعث عملکرد ضعیف اتصال نمی‌شود، بلکه رفتار اتصال صلب حاصل اندرکنش چند پارامتر است.

کمیتهٔ SAC (متشکل از انجمن مهندسین سازهٔ کالیفرنیا SEAOC ، شورای تکنولوژی کاربردی ATC ، و مرکز تحقیقات مهندسی زلزله دانشگاه‌های کالیفرنیا CUREe) برنامه‌ای را در دو مرحله برای حل مشکل مطرح شده در اتصالات صلب قاب‌های خمشی فولادی آغاز نمود. در مرحلهٔ اول، این کمیته در نظر داشت دستورالعمل سریع برای حل مشکلات به‌وجود آمده ناشی از این خرابی‌ها و تعمیر آنها را فراهم نماید. مرحلهٔ دوم شامل برنامهٔ بلندمدت از تحقیقات و بازرسی برای تعیین جزییات بهسازی یا اتصالات جایگزین برای قاب‌های خمشی فولادی (یا به‌اختصار WSMF) برای ساختمان‌های جدید و ایمن‌سازی قاب‌های صدمه‌دیده و ندیدهٔ قدیم بود.

این کمیته به‌سه ارگان تشکیل‌دهنده این اجازه را می‌دهد تا منابع گسترده و منحصر به‌فرد خود را با یکدیگر ترکیب کرده و با اطلاعات کسب‌شده از سایر منابع، آنها را ارتقاء دهد.

نتیجهٔ این تحقیقات به‌صورت دستورالعمل موقت در سال ۱۹۹۵ و ویرایش دوم آن در سال ۱۹۹۹ انتشار یافت. در این فصل سعی می‌گردد نتایج کار این کمیته مورد بررسی قرار گیرد. در شکل ۱۲ ـ ۱ اجزای اتصال جوشی تیر به‌ستون نشان داده شده است.



شکل ۱۲ ـ ۱ اجزای اتصال جوشی تیر به‌ستون.

۱۲ ـ ۲ طبقه‌بندی صدمات وارده به‌اتصالات در حین زلزله

انواع خرابی‌ها و صدمات وارده بر ناحیهٔ اتصال در حین زلزله به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

(الف) خرابی در تیرها (G)

(ب) خرابی در بال ستون (C)

(پ) خرابی در جوش (W)

(ت) خرابی در ورق برشی جان (S)

(ث) خرابی در چشمهٔ اتصال

۱۲ ـ ۲ ـ ۱ خرابی در تیرها

وقوع هشت نوع خرابی در تیر مطابق جدول ۱۲ ـ ۱ و شکل ۱۲ ـ ۲ محتمل است.

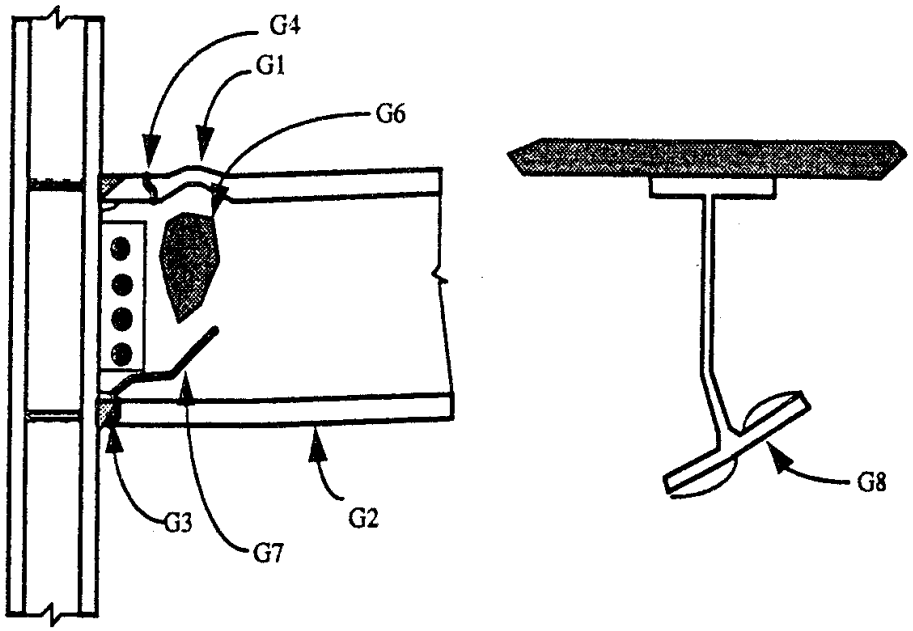
جدول ۱۲ ـ ۱ خرابی تیرها

نماد خرابی	توضیح
G1	کمانش بال (بال فوقانی یا تحتانی)
G2	تسلیم بال (بال فوقانی یا تحتانی)
G3	گسیختگی بال در ناحیهٔ تفتیده HAZ (بال فوقانی و یا تحتانی)
G4	گسیختگی بال در خارج از ناحیهٔ تفتیده (بال فوقانی و یا تحتانی)
G5	گسیختگی بال فوقانی و تحتانی
G6	تسلیم یا کمانش جان
G7	گسیختگی جان
G8	کمانش پیچشی جانبی مقطع

در خرابی تیرها در زلزله نورثریج بیشتر خرابی‌ها در بال پایینی مشاهده شده است، هرچند که خرابی‌هایی در بال فوقانی نیز گزارش شده است. این واقعیت با دلایل متعددی به‌شرح زیر قابل توجیه است.

۱. عملکرد مختلط دال بتنی با بال فوقانی که موجب انتقال تار خنثی به‌طرف بالا و افزایش تنش در بال تحتانی می‌شود.

۲. کیفیت پایین جوش لب به‌لب بال تحتانی به‌ستون به‌علت دسترسی ناقص جوشکار به‌آن در حین جوشکاری.



شکل ۱۲ ـ ۲ خرابی محتمل در تیرها.

۳. انجام آزمایش فراصوت در بال فوقانی به‌آسانی امکان‌پذیر است، در نتیجه کیفیت پذیرش آن نیز افزایش می‌یابد.

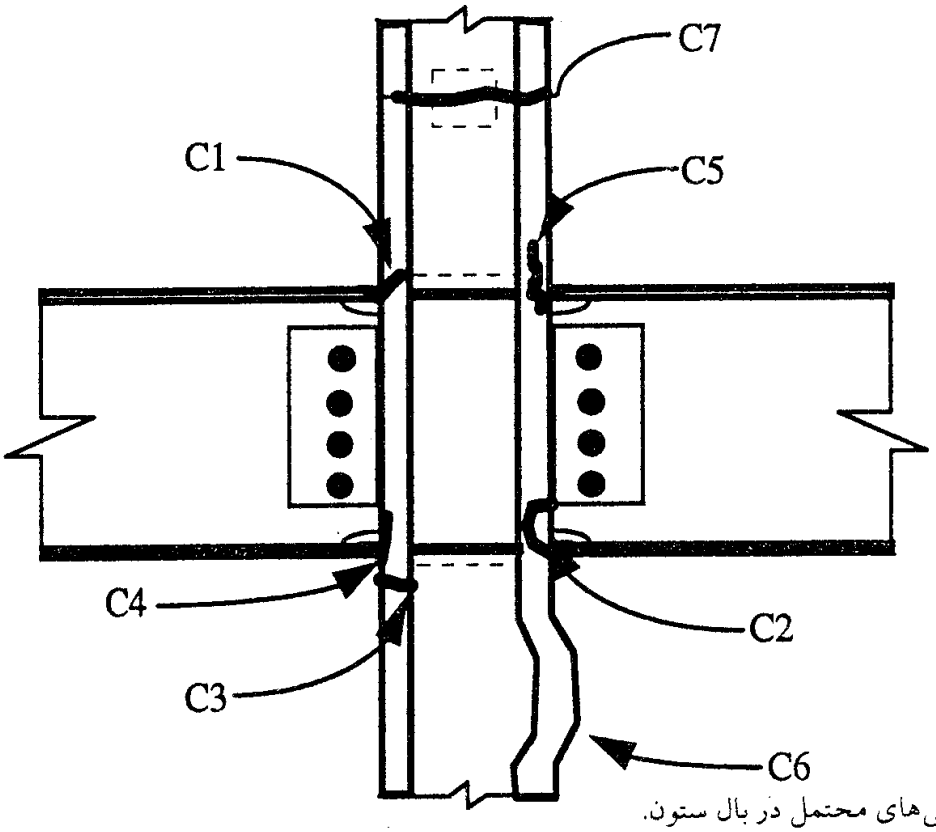
۴. تسمهٔ پشت‌بند جوش در بال پایینی در تار تنش حداکثر قرار دارد، در حالی که در بال فوقانی در تار تنش حداکثر نیست. وجود تسمهٔ پشت‌بند عامل تمرکز تنش می‌باشد.

۱۲ ـ ۲ ـ ۲ خرابی در بال ستون

وقوع هفت نوع خرابی در بال ستون مطابق جدول ۱۲ ـ ۲ و شکل ۱۲ ـ ۳ محتمل است.

جدول ۱۲ ـ ۲ انواع خرابی در بال ستون

نماد خرابی	توضیح
C1	ترک جزیی
C2	قلوه‌کن شدن بال
C3	ترک کامل یا جزیی خارج از ناحیهٔ تفتیده
C4	ترک کامل یا جزیی در ناحیهٔ تفتیده (HAZ)
C5	پارگی لایه‌ای
C6	کمانش بال ستون
C7	گسیختگی در وصله



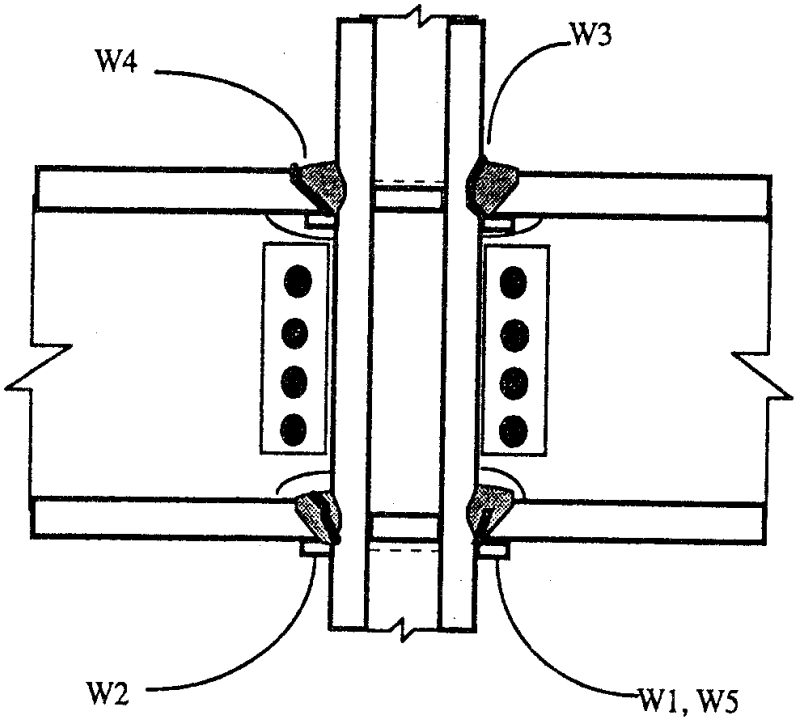
شکل ۱۲ ـ ۳ خرابی‌های محتمل در بال ستون.

۱۲ ـ ۲ ـ ۳ خرابی‌ها و نقایص جوش

شش نوع خرابی، نقص، و ناپیوستگی جوش در جدول ۱۲ ـ ۳ تعریف و در شکل ۱۲ ـ ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱۲ ـ ۳ انواع خرابی و نقص و ناپیوستگی در جوش

نماد خرابی	توضیح
W1	ترک در ریشهٔ جوش
W1a	ترک‌هایی به‌عمق کوچکتر از ۵ میلی‌متر و یا $t_f/4$ و عرض کوچکتر از $b_f/4$
W1b	ترک‌هایی عمیق‌تر و بزرگتر از W1a
W2	ترک در ضخامت کامل فلز جوش
W3	گسیختگی در فصل مشترک فلز جوش با ستون
W4	گسیختگی در فصل مشترک فلز جوش با تیر
W5	علایم قابل تشخیص با آزمایش UT ـ غیرقابل رد کردن



شکل ۱۲ ـ ۴ خرابی، نقص، و ناپیوستگی در جوش.

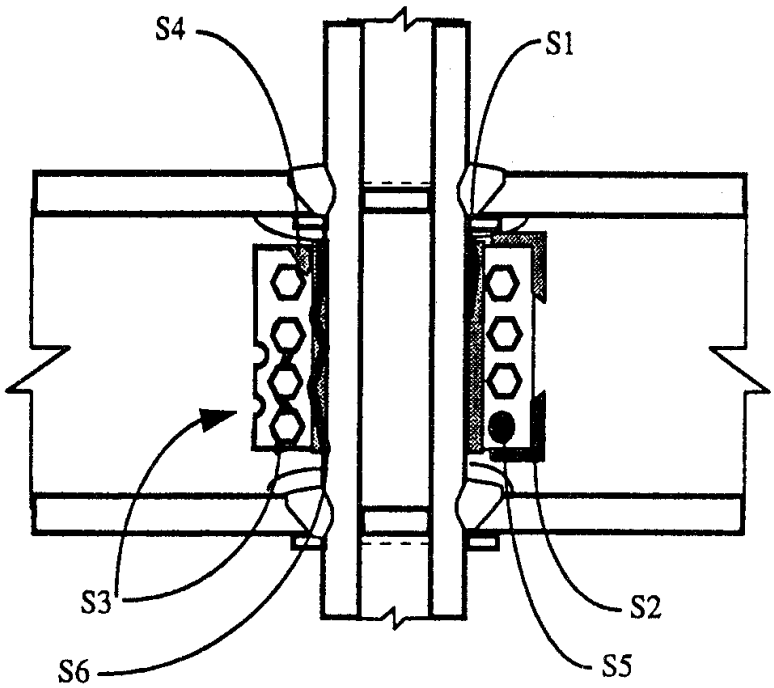
۱۲ ـ ۲ ـ ۴ خرابی در ورق اتصال برشی جان تیر

هشت نوع خرابی ورق اتصال برشی جان تیر در جدول ۱۲ ـ ۴ تعریف و در شکل ۱۲ ـ ۵ نشان داده شده است. وقوع خرابی عمده در ورق اتصال برشی، مبین وقوع خرابی در ستون، تیر، جوش و یا

چشمهٔ اتصال است.

جدول ۱۲ ـ ۴ انواع خرابی در ورق اتصال برشی جان

نماد خرابی	توضیح
S1	ترک جزیی در جوش ورق به‌ستون
S1a	بال‌های تیر سالم
S1b	بال‌های تیر ترک‌خورده
S2	گسیختگی جوش‌های تکمیلی
S2a	بال‌های تیر سالم
S2b	بال‌های تیر ترک‌خورده
S3	ترک از ناحیهٔ پیچ‌ها
S4	تسلیم یا کمانش ورق اتصال برشی
S5	پیچ‌های شل، صدمه‌دیده، و یا فراموش شده
S6	گسیختگی کامل جوش ورق برشی به‌ستون



شکل ۱۲ ـ ۵ انواع خرابی در ورق اتصال برشی جان.

۱۲ ـ ۲ ـ ۵ خرابی در چشمهٔ اتصال*

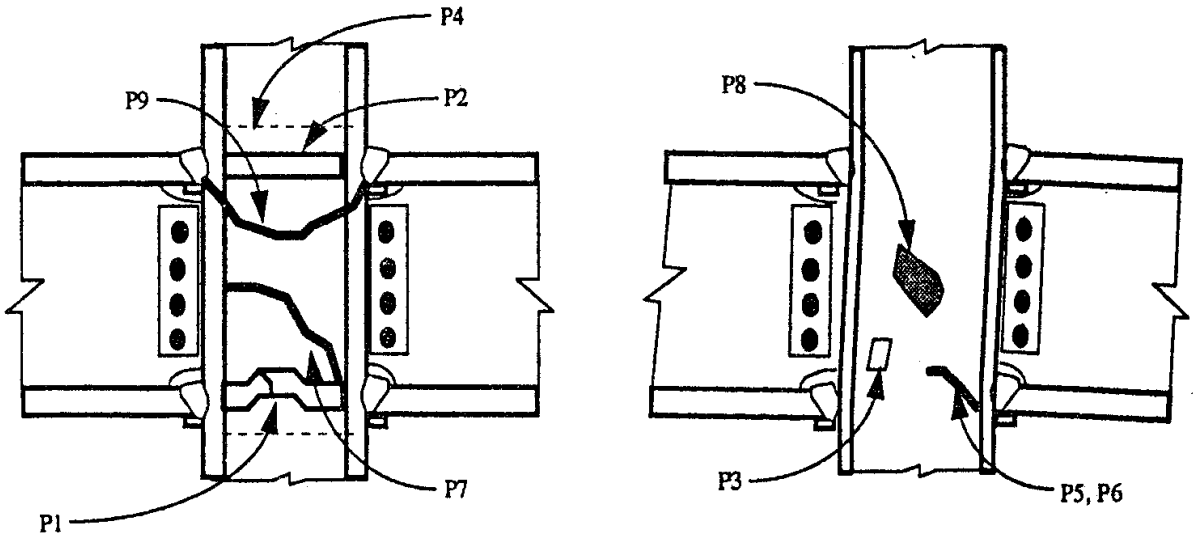
نُه نوع خرابی در چشمهٔ اتصال در جدول ۱۲ ـ ۵ تعریف و در شکل ۱۲ ـ ۶ نشان داده شده است.

---

* جان ستون در ناحیهٔ اتصال را چشمهٔ ستون گویند.

جدول ۱۲ ـ ۵ انواع خرابی چشمهٔ اتصال

نماد خرابی	توضیح
P1	گسیختگی، کمانش و یا تسلیم ورق یکسرگی
P2	گسیختگی در جوش ورق پیوستگی
P3	تسلیم یا تغییرشکل جان
P4	شکست جوش ورق مضاعف
P5	گسیختگی جزیی در ورق مضاعف
P6	گسیختگی جزیی در جان ستون
P7	گسیختگی کامل یا نزدیک به‌کامل در جان یا ورق مضاعف
P8	کمانش جان
P9	گسیختگی کامل ستون



شکل ۱۲ ـ ۶ انواع خرابی چشمهٔ اتصال.

۱۲ ـ ۳ آزمایش‌های دینامیکی اتصالات و معیارهای پذیرش آن

در بررسی رفتار لرزه‌ای اتصالات، انجام آزمایش‌های تحقیقاتی و یا ارزیابی و تعیین صلاحیت اتصال الزامی است. این بخش اختصاص به‌شرح روش بارگذاری دینامیکی آزمایشگاهی و ارایه ضوابط پذیرش دارد.

۱۲ ـ ۳ ـ ۱ دستگاه آزمایش

دستگاه‌های آزمایش باید قادر به‌شبیه‌سازی شرایطی که اتصال در عمل در حین زلزله تحت آن قرار

می‌گیرد، باشد (شکل ۱۲ ـ ۷).

۱۲ ـ ۳ ـ ۲ نمونهٔ آزمایش

(الف) نمونه آزمایش شامل حداقل یک ستون، و یک تیر در یک طرف و یا دو تیر در دو طرف آن می‌باشد. تیر باید با اتصالی مشابه نمونهٔ اصلی به‌ستون متصل گردد.

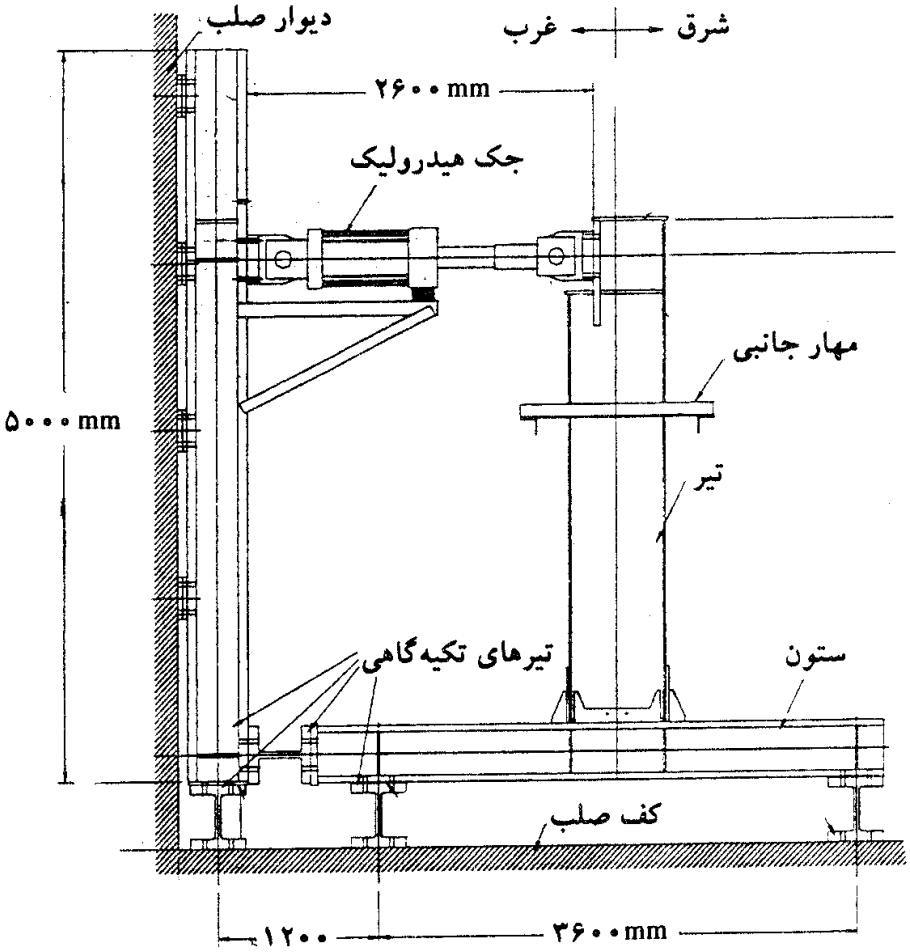
(ب) نقطهٔ عطف نمونه در دستگاه آزمایش باید حدوداً منطبق بر نقطهٔ عطف اتصال در شرایط واقعی باشد.

(پ) شرایط مهار جانبی اتصال در دستگاه آزمایش باید منطبق بر شرایط واقعی باشد.

۱۲ ـ ۳ ـ ۳ متغیرهای پایه

۱۲ ـ ۳ ـ ۳ ـ ۱ چرخش غیرخطی

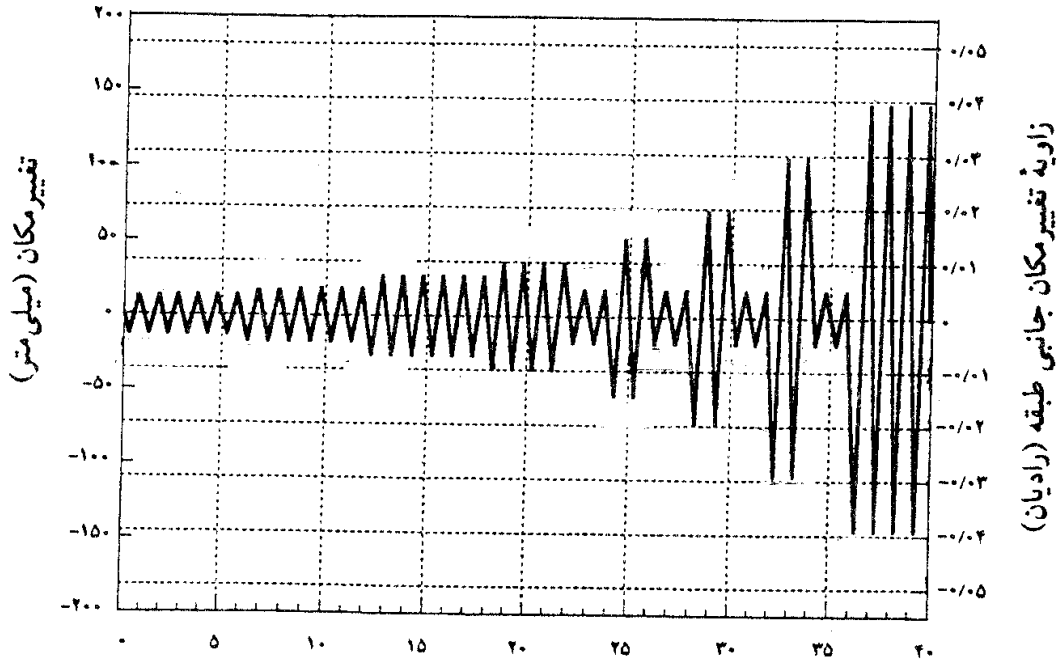
چرخش غیرخطی در نمونهٔ آزمایشی باید به‌وسیلهٔ اثر غیرخطی در همان اعضا و اجزای اتصال که در



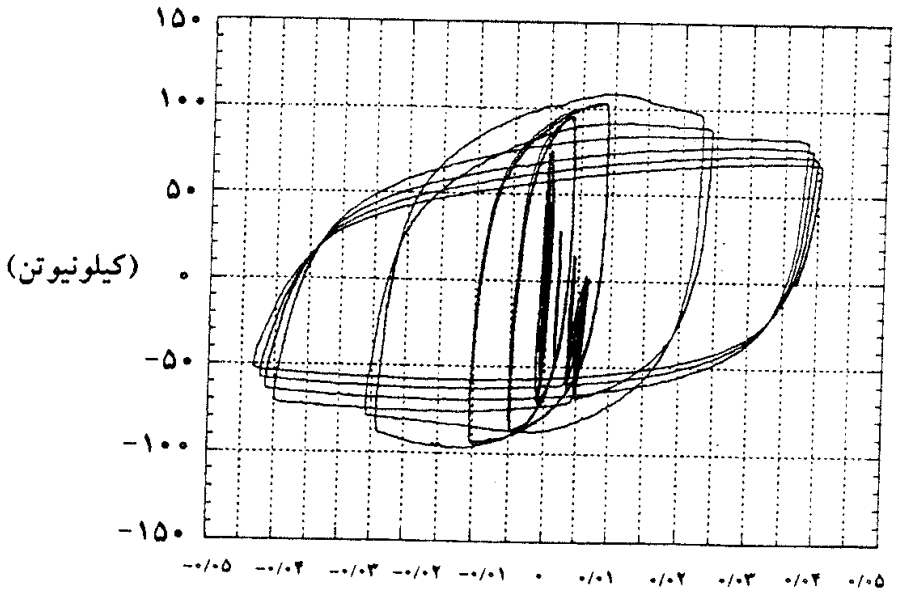
(الف) دستگاه آزمایش

شکل ۱۲ ـ ۷ ترتیب انجام بارگذاری چرخه‌ای روی نمونهٔ آزمایشی

نمونهٔ اصلی پیش‌بینی می‌شود (یعنی در تیر، چشمهٔ اتصال، ستون و یا اجزای اتصال) ایجاد شود. سهم هر جزء اتصال در نمونهٔ آزمایشی در چرخش غیرخطی کل، حداقل باید ۷۵ درصد سهم جزء نظیر در چرخش غیرخطی کل نمونهٔ اصلی باشد.



(ب) بارگذاری



زاویهٔ تغییرمکان جانبی طبقه (رادیان)

(پ) نمودار چرخه‌ای

شکل ۱۲ ـ ۷ (ادامه)

۱۲ - ۳ - ۳ - ۲ اندازهٔ اعضا

اندازهٔ تیر به‌کار رفته در نمونهٔ آزمایشی باید در محدودهٔ زیر باشد:

- ارتفاع تیر نمونهٔ آزمایشی نباید کمتر از ۰/۹ ارتفاع تیر واقعی باشد.
- وزن واحد طول تیر نمونهٔ آزمایشی نباید کمتر از ۰/۷۵ وزن واحد طول تیر واقعی باشد.

اندازهٔ ستون به‌کار رفته در نمونهٔ آزمایشی باید به‌درستی اثرات غیرخطی بند ۱۲ - ۳ - ۳ - ۱ را برآورده نماید.

۱۲ - ۳ - ۳ - ۳ جزییات اتصال

جزییات اتصال به‌کار رفته در نمونهٔ آزمایشی باید مشابه جزییات نمونهٔ اصلی باشد. اندازهٔ اجزای اتصال در نمونهٔ آزمایشی باید مشابه اجزای نمونهٔ اصلی باشد.

۱۲ - ۳ - ۳ - ۴ ورق‌های پیوستگی

اندازه و جزییات اتصال ورق‌های پیوستگی به‌کار رفته در نمونهٔ آزمایشی باید متناسب با اندازه و جزییات اتصال ورق‌های پیوستگی به‌کار رفته در نمونهٔ واقعی باشد.

۱۲ - ۳ - ۳ - ۵ مشخصات مکانیکی مصالح نمونه

تنش تسلیم فولاد به‌کار رفته در نمونهٔ آزمایشی نباید کمتر از ۸۵ درصد تنش تسلیم فولاد به‌کار رفته در نمونهٔ واقعی باشد.

۱۲ - ۳ - ۳ - ۶ جوش‌ها

جوش‌های نمونهٔ آزمایشی[1] باید مشابه (المثنای) نمونهٔ واقعی باشند. به‌علاوه جوش نمونهٔ آزمایشی باید ضوابط زیر را اقناع نماید:

۱. دستورالعمل جوشکاری برای نمونهٔ آزمایشی باید منطبق بر ضوابط آیین‌نامهٔ جوشکاری ساختمانی و مشابه دستورالعمل جوشکاری نمونهٔ اصلی[2] باشد.

۲. مقاومت کششی (F_u) الکترود به‌کار رفته در نمونهٔ آزمایشی باید با مقاومت کششی الکترود به‌کار رفته در نمونهٔ اصلی یکسان باشد.

۳. طاقت[3] فلز الکترود به‌کار رفته در نمونهٔ آزمایشی نباید بیشتر از طاقت فلز الکترود به‌کار

1– Test specimen 2– Prototype 3– CVN toughness

رفته در نمونهٔ اصلی باشد.

۴. وضعیت جوشکاری[4] روی نمونهٔ آزمایشی باید مشابه وضعیت جوشکاری اصلی باشد.

۵. جزییات تسمهٔ پشت‌بند، جوش پشت، ناودان، سوراخ‌های دسترسی و موارد مشابه باید در نمونهٔ آزمایشی و اصلی یکسان باشند. حذف تسمهٔ پشت‌بند و ناودان‌ها در نمونهٔ آزمایشی وقتی اجازه داده می‌شود که در نمونهٔ اصلی نیز چنین کاری انجام شود.

۶. روش‌های بازرسی، انجام آزمایش‌های غیرمخرب، و استانداردهای پذیرش باید در نمونهٔ آزمایشی و اصلی یکسان باشند.

۱۲ـ۳ـ۳ـ۷ پیچ‌ها

قسمت‌های پیچی نمونهٔ آزمایشی باید مشابه نمونهٔ واقعی باشد. به‌علاوه پیچ‌های نمونهٔ آزمایشی باید ضوابط زیر را اقناع نماید.

۱. مقاومت پیچ به‌کار رفته در نمونهٔ آزمایشی و اصلی باید یکسان باشد.

۲. نوع سوراخ (استاندارد، فراخ، لوبیایی کوتاه و بلند) و امتداد آنها در نمونهٔ آزمایشی و اصلی باید یکسان باشد.

۳. روش ایجاد سوراخ در نمونهٔ آزمایشی و اصلی باید یکسان باشد (مته، ضربه و غیره).

۴. روش آماده‌سازی سطوح در تماس و روش محکم کردن پیچ‌ها در نمونهٔ آزمایشی و اصلی باید یکسان باشد.

۱۲ـ۳ـ۴ بارگذاری

۱۲ـ۳ـ۴ـ۱ کلیات

نمونهٔ آزمایشی باید تحت بار چرخه‌ای طبق ضوابط زیر قرار گیرد:

۱۲ـ۳ـ۵ توالی بارگذاری

آزمایش بارگذاری چرخه‌ای برای ارزیابی اتصال صلب تیر به‌ستون در قاب‌های خمشی با توالی زیر انجام می‌گیرد:

(الف) ۶ چرخه با $\theta=$ ۰/۰۰۳۷۵ رادیان

(ب) ۶ چرخه با $\theta=$ ۰/۰۰۵ رادیان

(پ) ۶ چرخه با $\theta=$ ۰/۰۰۷۵ رادیان

4– position

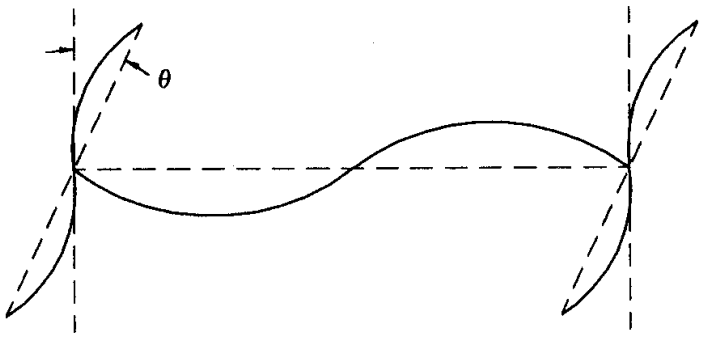
(ت) ۴ چرخه با $\theta=0/01$ رادیان

(ث) ۲ چرخه با $\theta=0/015$ رادیان

(ج) ۲ چرخه با $\theta=0/02$ رادیان

(چ) ۲ چرخه با $\theta=0/03$ رادیان

بارگذاری فوق را می‌توان با افزایش ۰/۰۱ رادیان برای θ با ۲ چرخهٔ بارگذاری برای هر آزمایش ادامه داد. θ را زاویهٔ تغییرمکان جانبی طبقه[5] گویند. θ از تقسیم تغییرمکان جانبی نسبی طبقه بر ارتفاع طبقه به‌دست می‌آید. هر چرخهٔ بارگذاری نیز از بار صفر تا بار صفر گفته می‌شود و شامل یک حداکثر[6] مثبت و یک حداکثر منفی است.



۱۲ ـ ۳ ـ ۶ ابزاربندی

نمونه باید به‌خوبی توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری مناسب ابزاربندی شده باشد، به‌طوری که بتوان اطلاعات لازم برای تهیهٔ گزارش آزمایش را ثبت نمود.

۱۲ ـ ۳ ـ ۷ آزمایش‌های مصالح

۱۲ ـ ۳ ـ ۷ ـ ۱ آزمایش کشش

برای شناسایی مصالح مورد استفاده در نمونهٔ آزمایشی باید آزمایش کشش در روی قسمت‌های زیر از نمونهٔ آزمایشی انجام شود:

۱. بال‌ها و جان‌های تیر و ستون در محل‌های استاندارد.

۲. هر قسمت از اتصال که با تسلیم شدن، باعث ایجاد دوران غیرالاستیک می‌گردد.

۱۲ ـ ۳ ـ ۷ ـ ۲ روش انجام آزمایش کشش

آزمایش کشش منطبق بر استاندارد مربوطه انجام شده و نمودار تنش ـ کرنش، تنش تسلیم F_y و

5– instory drift angle

6– peak

تغییرشکل نسبی نظیر گسیختگی گزارش می‌گردد. سرعت بارگذاری در آزمایش کشش باید نزدیک به‌سرعت بارگذاری چرخه‌ای در نمونهٔ آزمایشی باشد.

۱۲ ـ ۳ ـ ۸ گزارش آزمایش

گزارش آزمایش باید شامل موارد زیر باشد:

۱. نقشهٔ کامل تجهیزات آزمایش شامل شرایط مرزی، نقاط تکیه‌گاهی و محل مهارهای جانبی.

۲. جزییات اتصال با اندازه‌گذاری دقیق، نوع نیمرخ‌ها، نوع ورق‌ها، مشخصات مکانیکی مصالح به‌کار رفته، مشخصات الکترود، طول و اندازهٔ جوش‌ها، محل، اندازه، و قطر سوراخ‌های نوع و قطر پیچ‌ها و سایر اطلاعات لازم.

۳. مشخص کردن متغیرهای پایه مطابق بند ۱۲ ـ ۳ ـ ۳.

۴. نمودار تاریخچهٔ نیرو یا تغییرمکان با زمان (شکل ۱۲ ـ ۷).

۵. نمودار بار ـ تغییرمکان نمونه. تغییرمکان باید در محل اعمال بار اندازه‌گیری شود.

۶. نمودار لنگر ـ زاویهٔ تغییرمکان جانبی $(M-\theta)$. اندازه‌گیری زاویهٔ دوران باید نسبت به‌محور ستون انجام شود.

۷. زاویهٔ تغییرمکان جانبی و چرخش غیرارتجاعی کل نمونهٔ آزمایشی. مؤلفه‌های چرخش‌های غیرارتجاعی به‌علت تسلیم قطعات و یا لغزش باید تفکیک گردد.

۸. مشاهدات مهم در حین آزمایش شامل لغزش، ناپایداری‌های موضعی، ناپایداری‌های جانبی و موارد مشابه.

۹. مود شکست حاکم برای نمونهٔ آزمایشی. اگر آزمایش قبل از شکست قطع گردد، دلیل قطع آزمایش باید به‌طور واضح بیان گردد.

۱۰. نتایج آزمایش‌های انجام شده روی مصالح (بند ۱۲ ـ ۳ ـ ۷).

۱۱ ـ دستورالعمل جوشکاری (WPS) و گزارش بازرسی جوش.

و بالاخره هر نوع اطلاعات تکمیلی که باعث وضوح آزمایش گردد.

۱۲ ـ ۳ ـ ۹ ضوابط پذیرش

برای پذیرش یک نوع اتصال، لازم است دو نمونهٔ آزمایشی تحت آزمایش قرار گیرند. متغیرهای اساسی هر دو نمونه باید در محدوده‌های لازم قرار گیرد. برای پذیرش، نمونه‌ها باید شرایط زیر را برآورده سازند. برای اقناع ضوابط دوران غیرارتجاعی، نمونه‌های آزمایشی باید چرخش لازم را

حداقل برای یک چرخهٔ کامل تحمل نمایند.

(الف) قاب‌های ویژه (با شکل‌پذیری زیاد)

۱. چرخش غیرارتجاعی حداقل باید ۰/۰۳ رادیان باشد و در این چرخش ظرفیت اتصال بزرگتر از M_p باشد.
۲. اتصال باید قادر به‌بروز لنگر پلاستیک M_p تیر در وجه ستون باشد.
۳. اتصال باید قادر به‌بروز نیروی برشی نظیر بار مرده و زنده و برش نظیر لنگرهای پلاستیک که در دو جهت مخالف به‌انتهای تیر اثر می‌کنند، باشد.

(ب) قاب‌های متوسط (با شکل‌پذیری متوسط)

۱. چرخش غیرارتجاعی حداقل باید ۰/۰۲ رادیان باشد.
۲. اتصال قادر به‌بروز لنگر پلاستیک M_p تیر در وجه ستون باشد.

(پ) قاب‌های معمولی (با شکل‌پذیری کم)

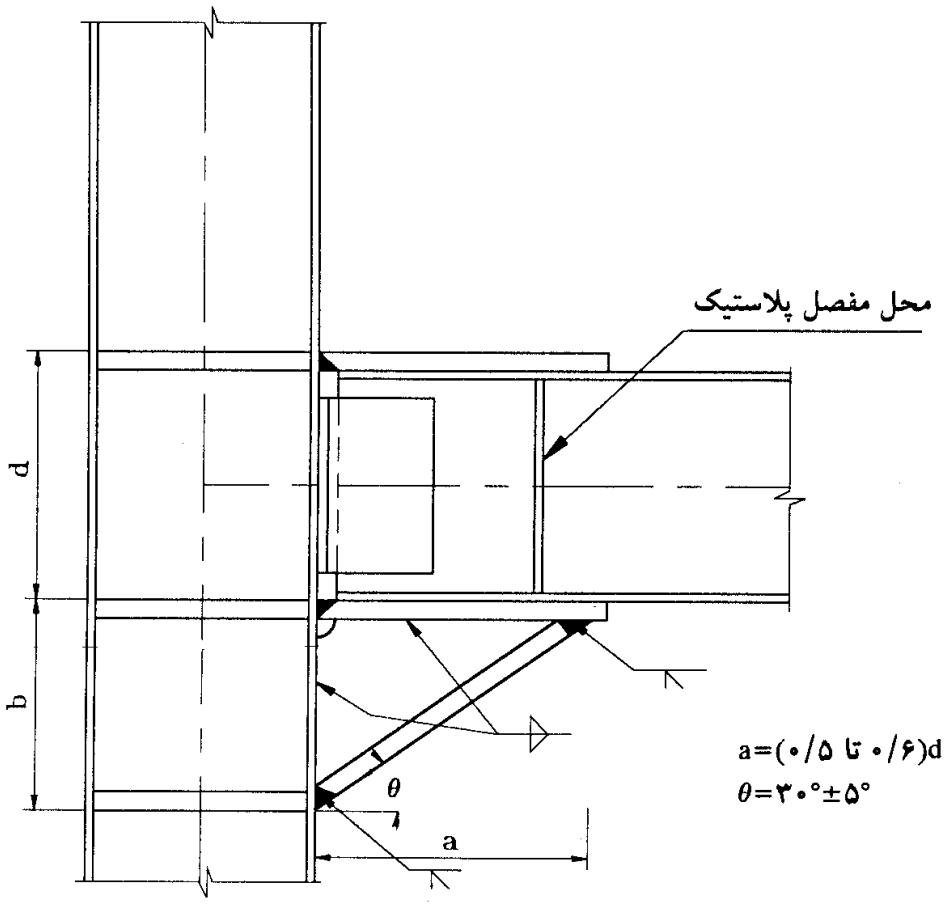
۱. چرخش غیرارتجاعی حداقل باید ۰/۰۱ رادیان باشد.

۱۲ ـ ۴ روش‌های پیشنهادی برای ترمیم اتصالات موجود و جزییات نوین برای اتصالات صلب

بر پایهٔ تحقیقات انجام شده، روش‌های متعددی برای بهبود عملکرد اتصالات صلب تیر به‌ستون پیشنهاد شده است که انجام آزمایش‌های تمام مقیاس بر روی آنها مؤید رفتار مناسبشان می‌باشد. از جزییات اشاره شده می‌توان برای تقویت اتصالات موجود و یا برای طراحی اتصالات جدید استفاده کرد.

۱۲ ـ ۴ ـ ۱ ماهیچه در بال تحتانی

در شکل ۱۲ ـ ۸ جزییات اضافه کردن ماهیچه در بال تحتانی ستون نشان داده شده است. اضافه کردن این ماهیچه باعث انتقال مفصل پلاستیک از بر ستون به‌داخل تیر می‌شود. اضافه کردن این ماهیچه همواره از پایین اتصال قابل انجام است (متذکر می‌گردد که تجربیات حاصل از زلزله، مبین شروع خرابی از اتصال بال تحتانی).

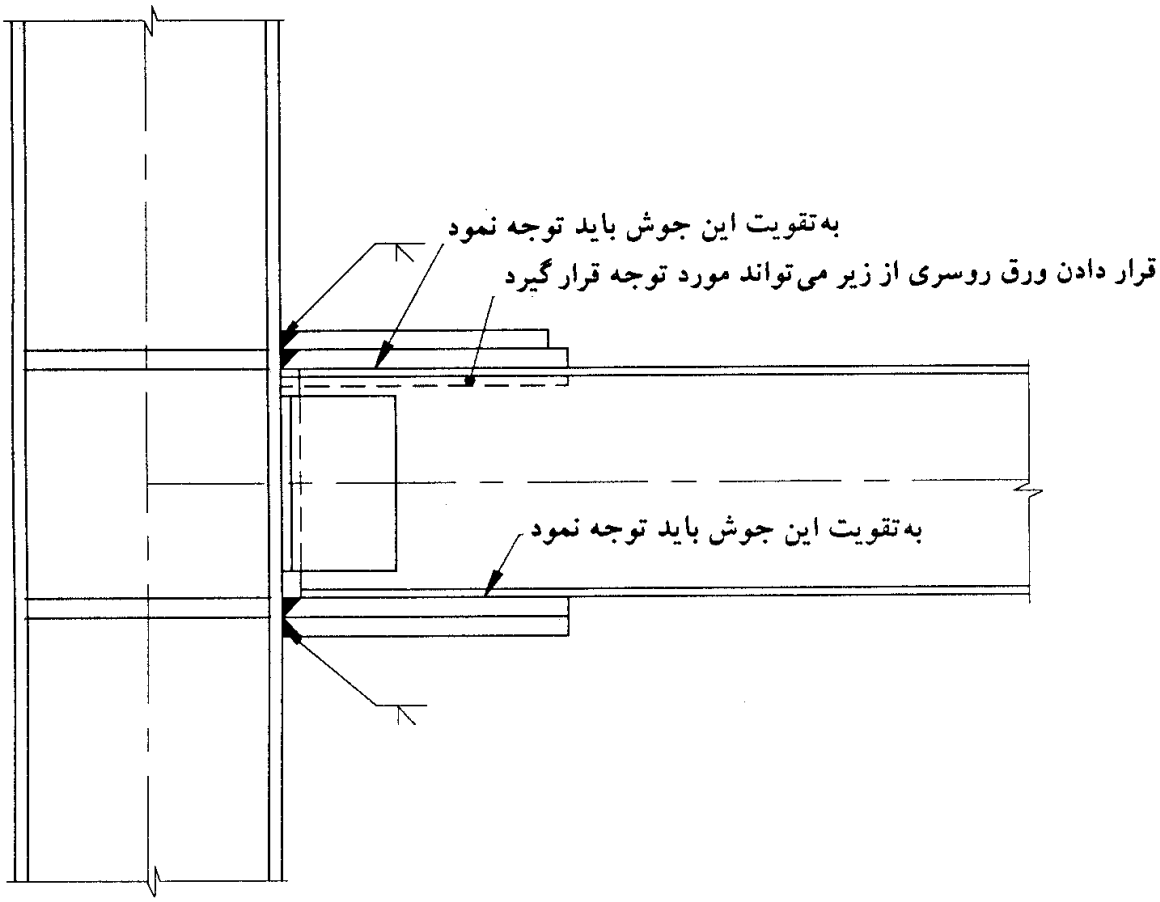


شکل ۱۲ ـ ۸ جزییات ماهیچهٔ تحتانی برای تقویت اتصال.

اضافه کردن ماهیچه در پایین در صورتی که ساختمان دارای سقف کاذب باشد، عملی می‌باشد و نیاز به‌تعمیر جوش ورق زیرسری به‌ستون را ازبین می‌برد. در صورتی که از جوش ورق روسری به‌ستون نیز اطمینان نداشته باشیم و نخواهیم آن را سنگ زده و تعمیر نماییم، می‌توانیم ماهیچه را در بالا نیز اجرا نماییم. در این حالت احتمال تداخل ماهیچه با کف‌سازی وجود دارد.

۱۲ ـ ۴ ـ ۲ استفاده از ورق روسری و زیرسری مضاعف

در صورتی که از جوش ورق‌های زیرسری و روسری به‌ستون اطمینان نداشته و یا در حین زلزله به‌آنها صدمه وارد آمده باشد، استفاده از ورق‌های زیرسری و روسری مضاعف (شکل ۱۲ ـ ۹) می‌تواند در برنامهٔ کار قرار گیرد. در صورتی که هیچ اطمینانی از جوش ورق روسری موجود به‌ستون نباشد و یا این جوش از بین رفته باشد، ضخامت ورق روسری و زیرسری باید برای لنگر پلاستیک تیر طراحی شود. اما اگر اضافه کردن ورق زیرسری و روسری به‌منظور تقویت وضعیت موجود باشد، ضخامت آن برحسب قضاوت تعیین می‌گردد.



شکل ۱۲ ـ ۹ تقویت اتصال با ورق زیرسری و روسری مضاعف.

۱۲ ـ ۴ ـ ۳ لچکی‌های قائم در بال فوقانی و تحتانی

شکل ۱۲ ـ ۱۰ نشان‌دهنده نحوهٔ تقویت اتصال صلب با لچکی‌های قائم است. تعداد لچکی‌ها می‌تواند یک و یا دو عدد باشد.

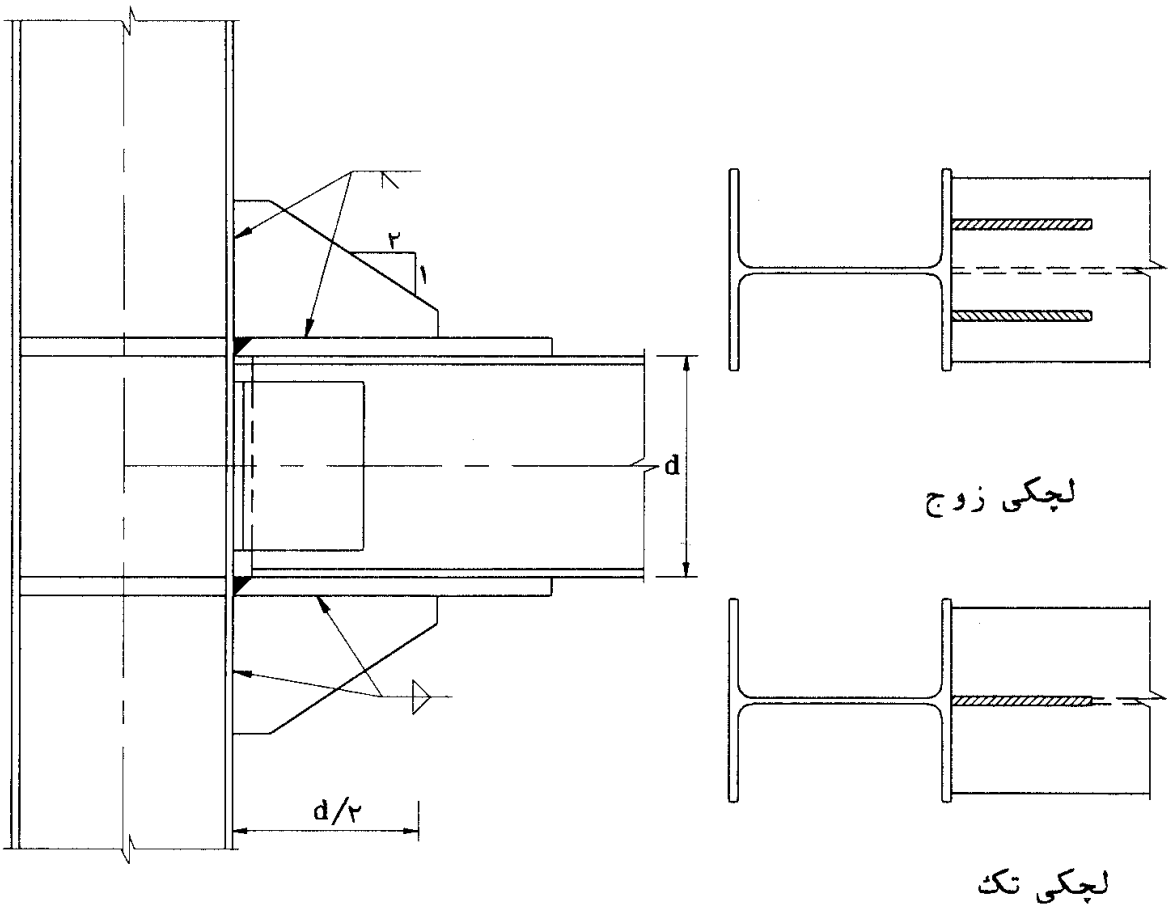
۱۲ ـ ۴ ـ ۴ ورق‌های جانبی (ورق‌های گونه)

در این روش نیروهای کششی و فشاری بال‌های فوقانی و تحتانی تیر به‌کمک ورق‌های گونه به‌ستون انتقال داده می‌شوند. به‌جای استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل برای نیروی بال تیر به‌ستون، از جوش‌های گوشه استفاده می‌گردد (شکل ۱۲ ـ ۱۱).

۱۲ ـ ۵ معیارهای آیین‌نامه‌ای

۱۲ ـ ۵ ـ ۱ کلیات

طراحی و ساخت قاب‌های فولادی و اتصالات آنها در مقابل نیروهای زلزله باید شرایط مندرج در



شکل ۱۲ ـ ۱۰ تقویت اتصال با استفاده از لچکی‌های تحتانی و فوقانی.

آیین‌نامه طراحی فولاد، فصول ۱ تا ۱۰ این آیین‌نامه و الزامات زیر را برآورده سازد.

۱۲ ـ ۵ ـ ۲ تعاریف

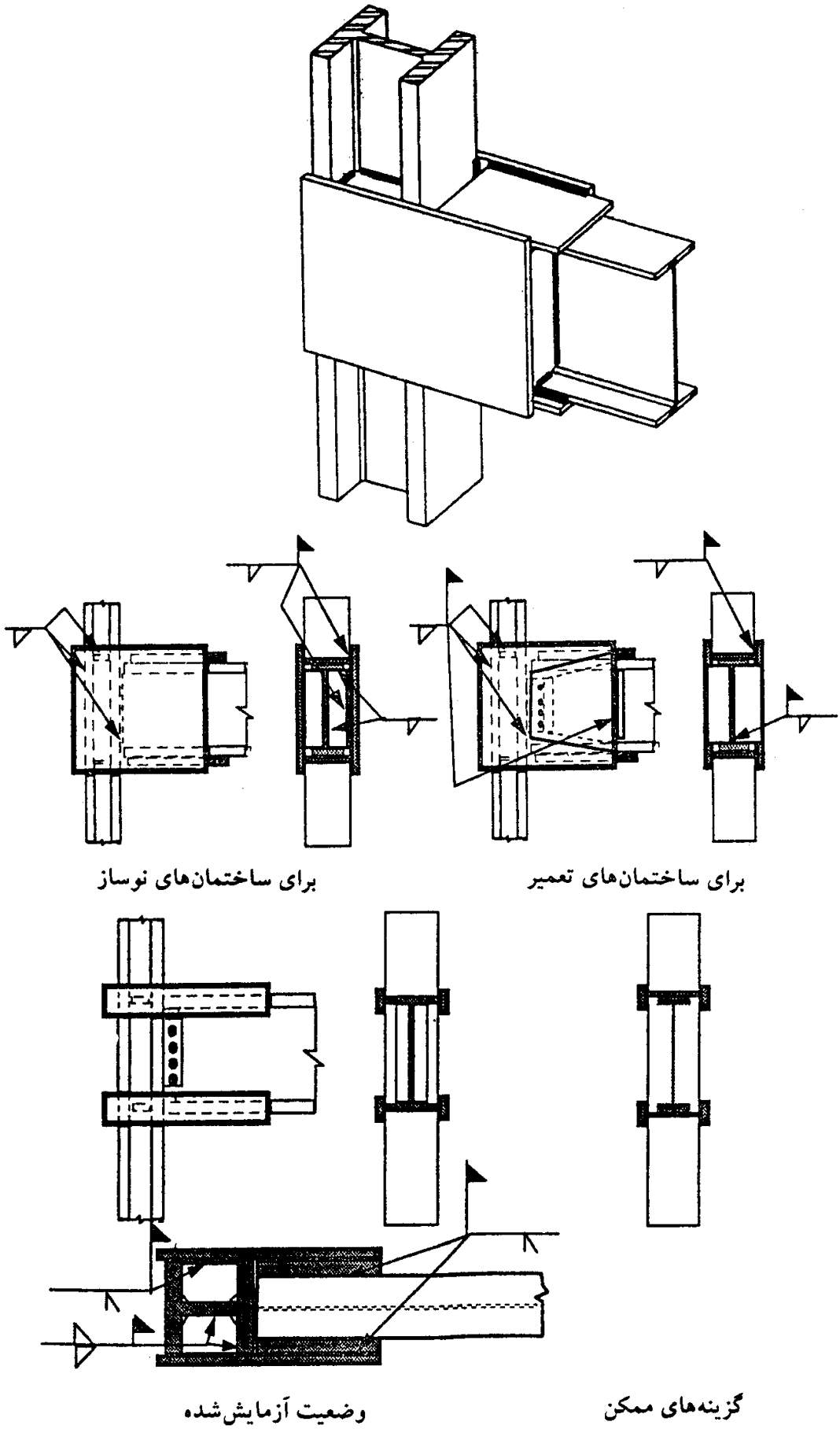
مهاربند ضربدری[7] حالتی است که در آن دو عضو مهاربند، به‌صورت قطری گوشه‌های متقابل یک دهانه را به‌هم متصل می‌نمایند (شکل ۱۲ ـ ۱۲ ـ الف).

مهاربند قطری[8]: حالتی است که فقط یک قطر در داخل چشمه وجود دارد (شکل ۱۲ ـ ۱۲ ـ ب).

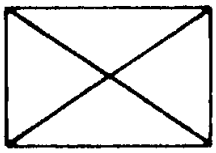
مهاربند ۷ و یا ۸[9]: در این حالت دو عضو مهاربند در روی یک گره در رو و یا زیر تیربا یکدیگر متقارب می‌باشند (شکل ۱۲ ـ ۱۲ ـ پ).

مهاربند K[10]: در این حالت یک جفت مهاربند در یک طرف ستون قرار می‌گیرند و یکدیگر را در

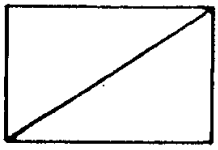
7– X-bracing
8– Diagonal bracing
9– Chevron bracing (V or Inverted V)
10– K bracing



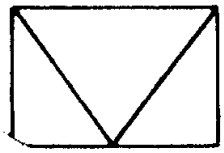
شکل ۱۲ ـ ۱۱ تقویت اتصال صلب تیر به‌ستون با استفاده از ورق‌های گونه.

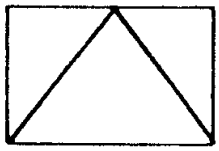


(الف) مهاربند ضربدری

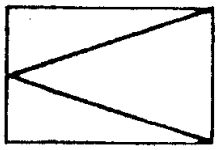


(ب) مهاربند قطری





(پ) مهاربند ۷ و ۸



(ت) مهاربند K

شکل ۱۲ ـ ۱۲ انواع مهاربندی ساختمان.

نقطه‌ای در روی ستون قطع می‌نمایند (شکل ۱۲ ـ ۱۲ ـ ت).

گره[11]: محل برخورد دو یا چند عضو راگره نامند.

اتصال[12]: مجموعهٔ اجزایی که دو عضو را به‌هم متصل می‌نمایند.

تیر[13]: عضو افقی که در باربری خمشی جانبی قاب سهیم است.

چشمهٔ *اتصال*[14]: بخشی از ستون در محل اتصال که مقابل تیر قرار می‌گیرد (شکل ۱۲ ـ ۱۳).

۱۲ ـ ۵ ـ ۳ علایم و اختصارات

علایم و اختصارات به‌کار رفته در این پیوست به‌قرار ذیل می‌باشند:

M_p= لنگر پلاستیک عضو

P_D= نیروی محوری ناشی از بار مرده

P_E= نیروی محوری ناشی از زلزله

11– Joint 12– Connection 13– Beam or girder

14– Panel zone

P_L= نیروی محوری ناشی از بار زنده

P_C= مقاومت محوری فشاری عضو

P_T= مقاومت محوری کششی عضو

V_S= مقاومت برشی عضو

Z= اساس پلاستیک مقطع

R= ضریب رفتار ساختمان

۱۲-۵-۴ مصالح

۱۲-۵-۴-۱ فولادهای مصرفی

فولادهای مصرفی در سیستم‌های مقاوم در مقابل نیروهای زلزله باید منطبق بر شرایط مذکور در آیین‌نامهٔ فولاد و مصالح باشند و به‌علاوه فولادها باید در عین حال دارای مقاومت نهایی کششی حداقل ۱/۳ برابر مقاومت حد جاری شدن باشند.

۱۲-۵-۴-۲ مقاومت اعضا

منظور از مقاومت اعضا که در قسمت‌های مختلف این بخش به‌آنها اشاره می‌شود، مقاومت نهایی عضو یا اتصال بوده و شامل مقادیر زیر می‌باشد:

	مقدار مقاومت	نوع مقاومت
برای اعضا	$M_P=ZF_y$	خمش
	$V_s=۰/۵۵\,F_y\,dt$	برش
	$P_C=۱/۷\,F_a\,A$	فشار محوری
	$P_T=F_y\,A$	کشش محوری

	مقدار مقاومت	نوع مصالح اتصال
برای اتصال‌ها	F_yA	جوش لب با نفوذ کامل
	مقدار مجاز×۱/۷	جوش لب با نفوذ نسبی و جوش گوشه
	مقدار مجاز×۱/۷	پیچ

مقدار مجاز باربری برای انواع جوش براساس ضوابط فصل اول این آیین‌نامه تعیین می‌گردد.

اعضا لازم نیست که فشرده باشند، مگر اینکه به‌طریقی در این پیوست لازم گردد.

۱۲ـ۵ـ۵ وصلهٔ ستون

وصلهٔ ستون در قاب‌های خمشی ویژه و معمولی، ساده، مهاربندی، و سیستم‌های ترکیبی علاوه بر ترکیب بارهای متعارف، باید دارای مقاومت کافی برای مقابله با نیروهای ستون ناشی از ترکیب بارهای زیر باشد:

$$۱/۰ P_D + ۰/۸ P_L + (۰/۴ R) P_E \leq P_C \qquad (۱۲ـ۱ـالف)$$

$$۰/۸۵ P_D + (۰/۴ R) P_E \leq P_T \qquad (۱۲ـ۱ـب)$$

در قاب‌های ویژه، مقاومت کششی اتصال بال باید مساوی مقاومت کششی بال ستون باشد.

محل درز وصله نیز باید حداقل ۹۰ سانتی‌متر یا $\frac{۱}{۴}$ ارتفاع خالص طبقه، هر کدام که کوچکترند، با بال تیر فاصله داشته باشد.

۱۲ـ۵ـ۶ اتصال صلب تیر به‌ستون

۱۲ـ۵ـ۶ـ۱ قاب‌های ویژه

(الف) اتصال تیر به‌ستون باید قادر به‌تأمین مقاومتی برابر با مقاومت خمشی تیر باشد.

(ب) اتصال تیر به‌ستون را می‌توان کافی برای حصول مقاومت خمشی تیر در نظر گرفت اگر منطبق بر شرایط زیر باشد:

I) اتصال بال تیر به‌ستون با استفاده از ورق اتصال بال که توسط جوش لب با نفوذ کامل به‌بال ستون متصل شده است تأمین گردد.

II) اتصال بال تیر به‌ورق اتصال بال توسط جوش لبه در امتداد موازی محور تیر و یا استفاده از حداقل دو ردیف پیچ پرمقاومت اصطکاکی (جمعاً ۴ پیچ برای هر بال) تأمین گردد.

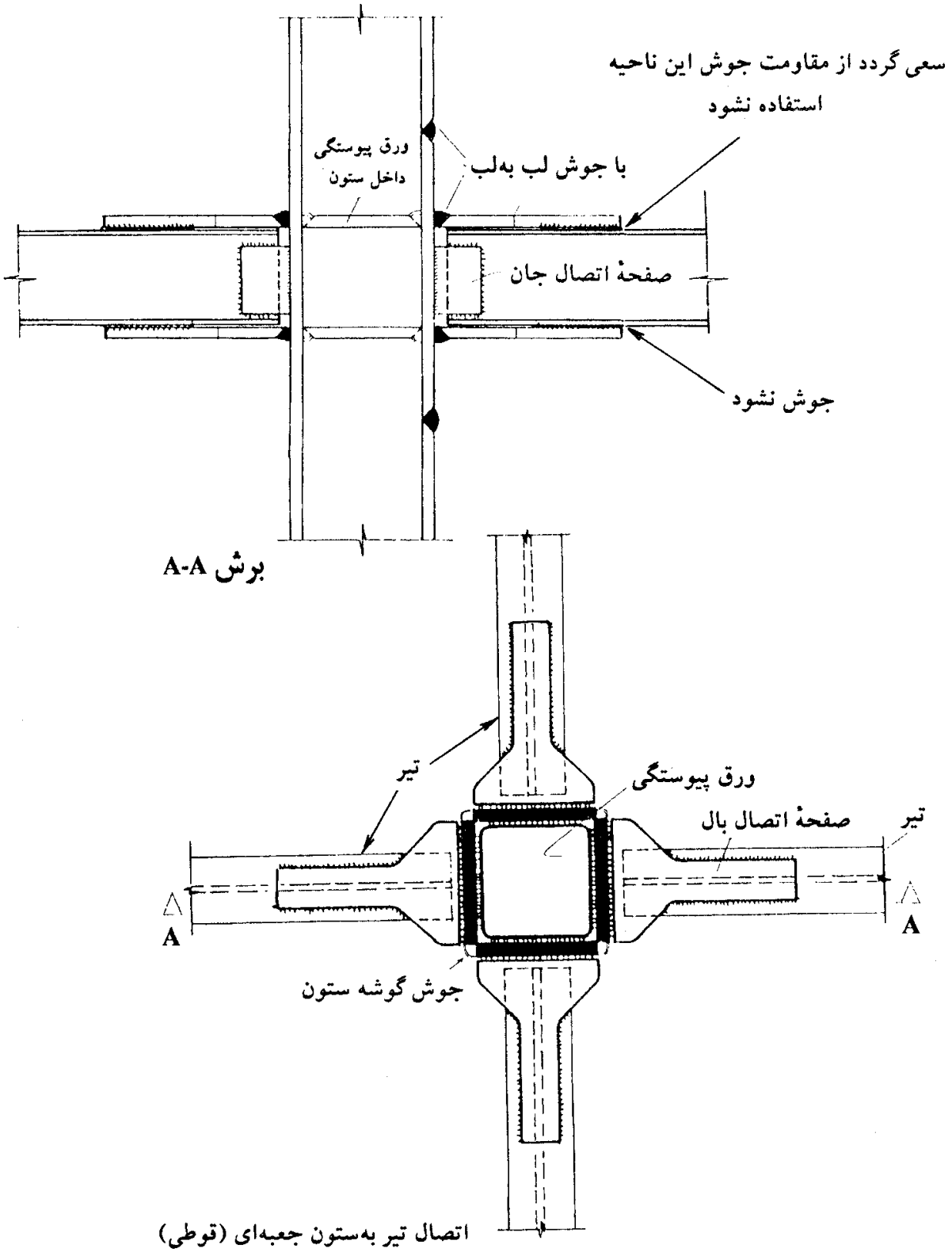
III) از جوش و پیچ به‌طور همزمان برای انتقال نیرو از بال تیر به‌ورق اتصال بال استفاده نشده باشد.

IV) اتصال جان تیر به‌ستون با استفاده از ورق اتصال جان با استفاده از جوش و یا پیچ پرمقاومت اصطکاکی تأمین گردد.

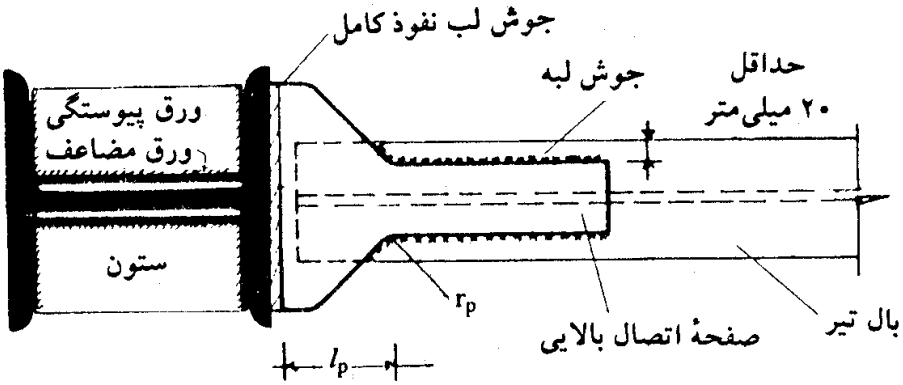
مقاومت برشی اتصال، نباید کمتر از مقدار به‌دست آمده از ترکیب بار زیر باشد:

$$V_D + V_L + \frac{۲M_P}{L} \leq V_s \qquad (۱۲ـ۲)$$

دو نوع اتصال نمونه واجد شرایط فوق در شکل ۱۲ ـ ۱۳ آمده است.



شکل ۱۲ ـ ۱۳ جزییات چشمهٔ اتصال با ستون قوطی

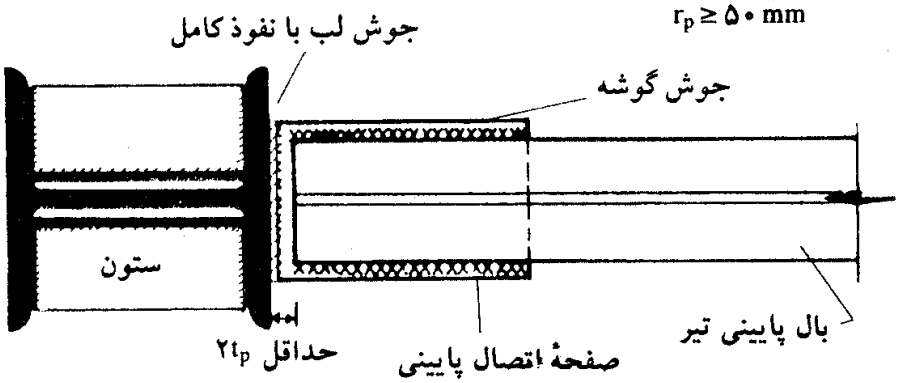


برش A-A

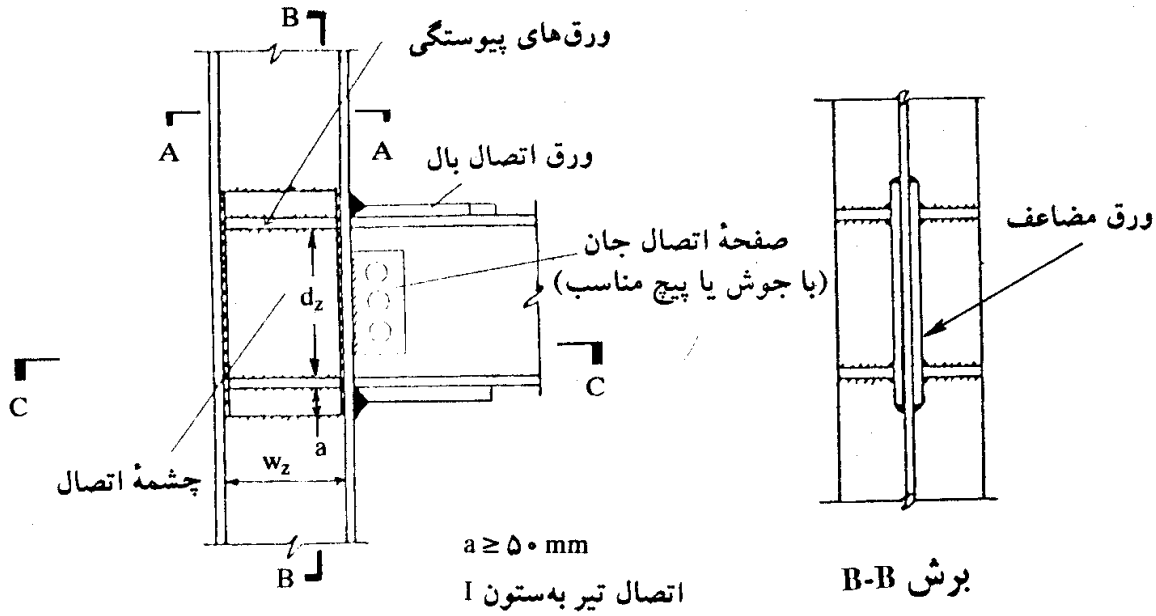
ضخامت صفحهٔ اتصال $= t_p$

$50\ mm < l_p < 10\ t_p$

$r_p \geq 50\ mm$



برش C-C



$a \geq 50\ mm$

اتصال تیر به‌ستون I

برش B-B

شکل ۱۲ ـ ۱۳ جزییات چشمهٔ اتصال با ستون I و ورق مضاعف.

(پ) انواع دیگر اتصال هر اتصالی با استفاده از جوش یا پیچ‌های پرمقاومت که منطبق بر شرایط قسمت ب، مذکور در بالا نیست، در صورتی که به‌کمک محاسبات یا آزمایش‌ها نشان داده شود که شرایط قسمت الف، را برآورده می‌نماید، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. وقتی که برای نشان دادن کفایت اتصال از روش محاسباتی استفاده می‌شود، باید ۱۲۵ درصد مقادیر مندرج در بند الف فوق ملاک محاسبه قرار گیرند.

(ت) محدودیت‌های جزییات بال

برای فولادهایی که مقاومت نهایی آنها (F_u) کمتر از ۱/۳ برابر مقاومت جاری شدن باشد، در اتصالات پیچی ورق‌های اتصال بال‌تیر و ستون، باید نسبت مقطع مؤثر به‌مقطع کلی (یعنی A_e/A_g) بزرگتر از F_y/F_u ۱/۱ باشد و حداقل از دو ردیف پیچ در این اتصال استفاده شود.

(ث) چشمهٔ اتصال

۱. چشمهٔ اتصال، ناحیه محصور شده جان ستون در مقابل بال تیر می‌باشد. چشمهٔ اتصال تیر به‌ستون باید توانایی مقابله با برش ناشی از لنگر خمشی تیر به‌علت بارهای ثقلی به‌علاوه ۱/۸۵ برابر نیروهای زلزله را دارا باشد. لیکن مقاومت برشی لازم نیست از برش نظیر $0/8\Sigma M_p$ تیرهای متصل به‌بال‌های ستون در محل اتصال بیشتر باشد. مقاومت برشی چشمهٔ اتصال را می‌توان با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه نمود (شکل ۱۲ ـ ۱۴):

$$V_Z = 0/55\, F_y\, d_c\, t \left[1 + \frac{3 b_c t_{cf}^2}{d_b d_c t}\right] \qquad (۱۲ - ۳)$$

که در آن:

t = ضخامت جان ستون به‌علاوه ضخامت ورق مضاعف

d_b = ارتفاع مقطع تیر

d_c = ارتفاع مقطع ستون

b_c = عرض بال ستون

t_{cf} = ضخامت بال ستون

۲. ضخامت چشمهٔ اتصال، t_z، باید رابطهٔ زیر را نیز اقناع نماید:

$$t_z \geq (d_b + d_c)/90 \qquad (۱۲ - ۱۴)$$

برای این منظور، t_z، نباید شامل ضخامت هرگونه ورق مضاعف باشد، مگراینکه ورق مضاعف توسط جوش انگشتانه کافی به‌منظور جلوگیری از کمانش موضعی، به‌جان ستون جوش شود.

۳ ورق مضاعف: ورق‌های مضاعف به‌منظور کاهش تنش برشی در چشمهٔ اتصال یا کاهش نسبت ارتفاع به‌ضخامت جان به‌کار گرفته می‌شوند. فاصلهٔ این ورق‌ها نباید بیش از ۱/۵ میلی‌متر از جان ستون باشد و باید در طول لبهٔ فوقانی و لبهٔ تحتانی ورق با جوش گوشه با بُعد حداقل مساوی ۵ میلی‌متر جوش شوند. این ورق‌ها باید با استفاده از جوش شیاری یا گوشه به‌منظور حصول مقاومت برشی ورق‌های مضاعف به‌بال ستون جوش شوند.

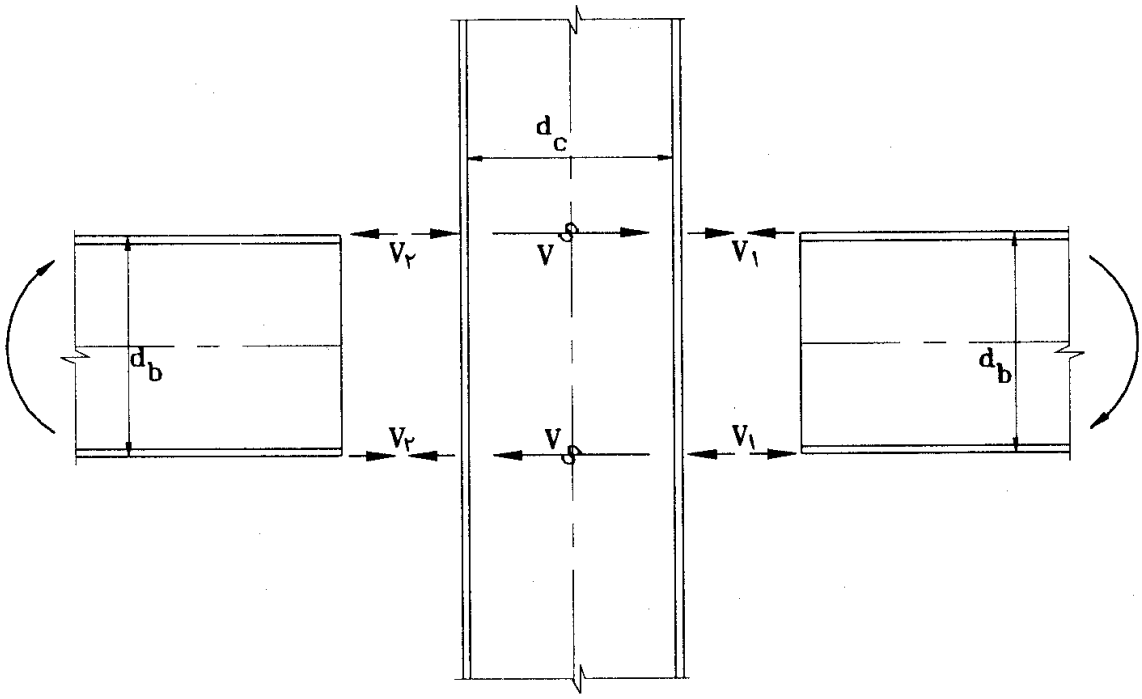
(ج) نسبت عرض به‌ضخامت بال

تیرها باید ضوابط مقاطع فشرده طبق مبحث ۱۰ مقررات ملی ایران را برآورده سازند. به‌علاوه نسبت عرض به‌ضخامت بال آنها، یعنی $b_f/2t_f$، نباید از $140/\sqrt{F_y}$ تجاوز نماید (F_y برحسب نیوتن بر میلی‌متر مربع). برای فولاد نرمه با $F_y=240 N/mm^2$ این نسبت حدود ۹ به‌دست می‌آید. برای

$$V_1=\frac{M_D+M_L+1/85 M_E}{d_b}$$

$$V_2=\frac{-(M_D+M_L)+1/85 M_E}{d_b}$$

$$V=V_1+V_2\leq 0/8\frac{\Sigma M_P}{d}$$



شکل ۱۲ ـ ۱۴ برش موجود در چشمهٔ اتصال.

فولاد اعلاء (ST ۵۲ و یا مشابه) با F_y=۳۵۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع این نسبت مساوی ۷/۵ به‌دست می‌آید. در این نسبت داریم:

b_f= عرض کل بال

t_f= ضخامت بال

t_p= ضخامت صفحهٔ اتصال

(چ) ورق‌های پیوستگی

در تعیین احتیاج و یا عدم احتیاج به‌ورق‌های پیوستگی (ورق‌های سخت‌کنندهٔ ستون در روبروی بال‌های تیر) در ناحیهٔ اتصال در مقابل بال کششی تیر، نیروی کششی بال P_{bf} در فصل ششم باید مساوی $۱/۸(bt_f)F_{yb}$ منظور گردد.

(ح) نسبت مقاومت

در هر اتصال از قاب خمشی ویژه باید روابط زیر اقناع گردند:

$$\Sigma Z_c (F_{yc}-f_a) / \Sigma Z_b F_{yb} > ۱/۰ \qquad (۵-۱۲)$$

$$\Sigma Z_c (F_{yc}-f_a) / ۱/۲۵ \Sigma M_{pz} > ۱/۰ \qquad (۶-۱۲)$$

که در روابط فوق، F_{yc} و F_{yb} تنش‌های جاری شدن ستون و تیر می‌باشد، همچنین $f_a > ۰$ بوده و نیز Z_c و Z_b مقادیر اساس پلاستیک مقطع‌های ستون و تیر می‌باشد.

ΣM_{pz}= مجموع لنگرهای تیرها که متناظر با مقاومت برشی چشمهٔ اتصال (رابطهٔ ۱۲ ـ ۳) محاسبه می‌شود.

تبصره : ستون‌هایی که شرایط مقطع فشرده را برآورده می‌نمایند در صورتی که یکی از شرایط زیر را نیز برآورده نمایند، لازم نیست ضوابط روابط ۱۲ ـ ۵ و ۱۲ ـ ۶ را ارضاء نمایند:

(الف) ستون‌ها با f_a کوچکتر از $۰/۴ F_y$ برای تمام ترکیبات بارگذاری به‌استثنای بارهای معرفی شده در رابطهٔ ۱۲ ـ ۱.

(ب) ستون‌ها در هر طبقه‌ای که مقاومت برشی جانبی آن ۵۰ درصد بزرگتر از طبقهٔ فوقانی آن باشد.

(خ) مهاربند تیرها

هر دو بال تیر باید به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، مهار جانبی شوند. فاصلهٔ بین مهارهای جانبی تیرها

در حدفاصل محور ستون‌ها نباید از ۹۶ برابر r_y (شعاع ژیراسیون تیر) تجاوز نماید. همچنین در محل تأثیر نیروهای متمرکز که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود دارد، باید یک مهار جانبی قرار داده شود.

(د) تغییر در مساحت بال تیر

در قاب‌های خمشی ویژه، در ناحیه‌ای که امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود دارد، هرگونه تغییر ناگهانی در مساحت بال ممنوع می‌باشد.

۱۲ـ۵ـ۶ـ۲ قاب‌های معمولی

اتصال صلب تیر به‌ستون در قاب‌های معمولی مطابق ضوابط فصل ششم طراحی می‌گردد. اتصال باید قادر به‌انتقال لنگری مساوی ظرفیت مجاز خمشی تیر باشد.

۱۲ـ۵ـ۷ اتصال مهاربند

(الف) مقاومت

مقاومت اتصال مهاربند باید برابر کمترین مقدار از مقادیر زیر باشد:

I ـ مقاومت کششی اعضای مهاربند

II ـ ۰/۴R برابر نیروی مهاربند حاصل از نیروی زلزله

اتصال تیر به‌ستون در تیرهایی که جزیی از سیستم مهاربند هستند، باید دارای ظرفیت لازم برای انتقال نیروی تعیین شده به‌روش فوق باشد.

(ب) مساحت خالص

در اعضای مهاربند با اتصال پیچی، نسبت مساحت مؤثر به‌سطح مقطع کلی، باید رابطهٔ زیر را اقناع نماید:

$$\frac{A_e}{A_g} \geq \frac{1/2\alpha F^*}{F_u}$$

که در آن:

A_e= مساحت مؤثر خالص

F^*= نیروی عضو مهاربند که طبق بند ۸ ـ ۳ ـ الف، تعیین شده است

F_u= حداقل مقاومت کششی

α= درصدی از F^* که باید از مقطع خالص موردنظر منتقل شود.

واژه‌نامه انگلیسی به‌فارسی

A

Attachment — قطعات اضافی

B

Back welding — جوش پشت

Backing — پشت‌بند

Beam or girder — تیر

Bearing type — پیچ اتکایی

Bevel — برش لبه

Boxing (End Returns) — قلاب انتهایی

Built up members — چند نیمرخ

C

CVN toughness — طاقت فلز الکترود

Chevron bracing (V or Inverted V) — مهاربند ۷ و یا ۸

Connection — اتصال

Cover plate — بدون ورق تقویتی

Cyclic life — عمر خستگی

Cyclic loading — بارهای دوره‌ای

D

Diagonal bracing — مهاربند قطری

F

Fillers — پرکننده

Full size fillet — نوار تمام‌اندازه

H

Header angle — نبشی‌های جان

I

Instory drift angle — مکان‌جانبی طبقه

Intermittent — شیاری منقطع

Intermittent fillet welds — جوش‌های گوشه منقطع

J

Joint گره

K

K bracing مهاربند K

L

Low Hydrogen کم‌هیدروژن

N

Non low Hydrogen غیرکم‌هیدروژن

P

Panel zone چشمهٔ اتصال

Peak حداکثر

Position وضعیت جوشکاری

Proof load بار معیار، بارگواه

Prototype نمونهٔ اصلی

R

Root face ضخامت ریشه

Root opening فاصله ریشه

S

Seated beam connections-unstiffened
اتصال ساده با نبشی انعطاف‌پذیر

Slip critical اتصال اصطکاکی

Spacer فاصله‌دهنده

Steel backing پشت‌بند

Stitch welding جوش‌های بخیه

T

Terminal distance اضافه طول

Test specimen نمونهٔ آزمایشی

W

Weld size جوش شیاری

Weld tab ناودان انتهایی

X

X-bracing مهاربند ضربدری

واژه‌نامه فارسی به‌انگلیسی

الف

اتصال	Connection
اتصال اصطکاکی	Slip critical
اتصال ساده با نبشی انعطاف‌پذیر	Seated beam connections-unstiffened
اضافه طول	Terminal distance

ب

بار معیار، بار گواه	Proof load
بارهای دوره‌ای	Cyclic loading
بدون ورق تقویتی	Cover plate
برش لبه	Bevel

پ

پرکننده	Fillers
پشت‌بند	Backing
پشت‌بند	Steel backing
پیچ اتکایی	Bearing type

ت

تیر	Beam or girder

ج

جوش پشت	Back welding
جوش شیاری	Weld size
جوش‌های بخیه	Stitch welding
جوش‌های گوشه منقطع	Intermittent fillet welds

چ

چشمهٔ اتصال	Panel zone
چند نیمرخ	Built up members

ح

حداکثر	Peak

ش

شیاری منقطع	Intermittent

ض

ضخامت ریشه	Root face

ط

طاقت فلز الکترود	CVN toughness

ع

عمر خستگی	Cyclic life

غ

غیرکم‌هیدروژن	Non low Hydrogen

ف

فاصله‌دهنده	Spacer
فاصله ریشه	Root opening

ق

قطعات اضافی	Attachment
قلاب انتهایی	Boxing (End Returns)

ک

کم‌هیدروژن	Low Hydrogen
گره	Joint

م

مکان جانبی طبقه	Instory drift angle
مهاربند K	K bracing
مهاربند ضربدری	X-bracing
مهاربند قطری	Diagonal bracing
مهاربند ۷ و یا ۸	Chevron bracing (V or Inverted V)

ن

ناودان انتهایی	Weld tab
نبشی‌های جان	Header angle
نمونهٔ آزمایشی	Test specimen
نمونهٔ اصلی	Prototype
نوار تمام‌اندازه	Full size fillet

و

وضعیت جوشکاری	Position

نمایه

اتصال، ۲۳۳
اتصالات پیچی خرپاها، ۲۰۸
اتصالات خرپاها، ۲۰۱
اتصالات صلب با جوش مستقیم تیر به‌ستون، ۱۴۴
اتصالات صلب با ورق زیرسری و روسری با اتصال پیچی، ۱۴۶
اتصالات فلنجی در تیرهای مرتفع، ۱۵۳
اتصال چهارپیچی، ۱۴۹
اتصال ستون به‌ورق کف ستون، ۱۵۹
اتصال صلب با ورق روسر (اتصال فلنجی)، ۱۴۸
اتصال هشت‌پیچه، ۱۵۲
اضافه طول، ۴۷
اعضای فشاری، ۴۱
اعضای فشاری و کششی، ۴۱
انتقال تنش از کف ستون به‌شالوده، ۱۶۱
بار استاتیکی، ۱۷
بار دینامیکی، ۳۰
بارهای استاتیکی، ۱۷
بارهای دوره‌ای، ۳۳
برشگیر جان، ۱۴۰
برون‌محوری صفر، ۱۶۱
برون‌محوری کوچک، ۱۶۷
برون‌محوری ناچیز، ۱۶۵
ترکیب جوش با پیچ و پرچ، ۴۰
ترکیب جوش‌ها، ۱۹
ترمیم اتصالات موجود، ۲۲۸
تسمه پشت‌بند، ۱۷
تعیین ضخامت ورق کف ستون، ۱۶۲
تنش‌های خستگی، ۳۳
تنش‌های مجاز، ۱۸
تنش‌های مجاز جوش، ۱۷
تیر، ۲۳۳
جوش کام و انگشتانه، ۱۵
جوش گوشه، ۱۵
جوش‌ها در ترکیب با پرچ‌ها و پیچ‌ها، ۲۰
جوش‌های شیاری منقطع، ۳۰
چشمهٔ اتصال، ۱۴۱، ۲۳۳، ۲۳۸
خرابی در بال ستون، ۲۱۸
خرابی در تیرها، ۲۱۶
خرابی در چشمهٔ اتصال، ۲۲۰
خرابی در ورق اتصال برش جان تیر، ۲۱۹
خرابی‌ها و نقایص جوش، ۲۱۹
درزهای رویهم، ۳۸
درزهای لب به‌لب، ۴۱
روسری و زیرسری مضاعف، ۲۲۹
روش طراحی وصلهٔ تیر، ۱۷۷
سخت‌کننده برای کاهش ضخامت ورق کف ستون، ۱۶۳
سخت‌کننده‌ها، ۴۲
سهم تنش، ۴۷
طبقه‌بندی صدمات وارده به‌اتصالات در حین زلزله، ۲۱۶
طراحی اتصال بادبند، ۱۹۳
طراحی لرزه‌ای اتصالات صلب تیر به‌ستون، ۲۱۳

طول جوش، ۱۲
فاصله‌دهنده، ۱۷
فشار تماسی مجاز بر بتن و مصالح بنایی، ۱۵۹
قلاب انتهایی، ۲۳
کف ستون، ۱۵۹
گره، ۲۳۳
گلوی مؤثر جوش، ۱۲
لچکی‌های قائم در بال فوقانی و تحتانی، ۲۳۰
ماهیچه در بال تحتانی، ۲۲۸
محل وصلهٔ تیر، ۱۷۵
محل وصلهٔ ستون، ۱۸۶
مساحت جوش، ۱۲
مهاربند k، ۲۳۱
مهاربند ضربدری، ۲۳۱
مهاربند قطری، ۲۳۱
مهاربند ۷ و یا ۸، ۲۳۱
ناودان انتهایی، ۱۷
نفوذ کامل، ۱۲
نفوذ نسبی، ۱۳
نمونهٔ آزمایش، ۲۲۲
نیروهای طراحی اجزای وصلهٔ تیر، ۱۷۵
نیروهای طراحی اجزای وصلهٔ ستون، ۱۸۶
نیروهای طرح در وصلهٔ ستون، ۱۸۵
ورق اتصال بادبند، ۱۹۵
ورق روسری، ۱۳۷، ۱۳۸
ورق زیرسری، ۱۳۷، ۱۳۸
ورق مضاعف، ۱۴۳
ورق و نیمرخ، ۴۱
ورق‌های پیوستگی، ۱۴۳
ورق‌های تقویتی بال، ۴۴
وصلهٔ پشت‌ورقی، ۱۷۴
وصلهٔ تیرها، ۱۷۱
وصلهٔ چهارورقی، ۱۷۴
وصلهٔ ستون‌ها، ۱۷۹
وصلهٔ سه‌ورقی، ۱۷۴

معاونت امور پشتیبانی

مرکز مدارک علمی و انتشارات

ISBN 964-425-424-4

9789644254246