

فصل ۱۰



ویرایش ۱۴۰۱

مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

| بند / فصل | عنوان زبانه | شماره صفحه |
|-----------|--|------------|
| ۲-۱-۱۰ | مبانی طراحی | ۲۴ |
| ۴-۱-۱۰ | مصالح فولادی سازه ها | ۲۸ |
| ۲-۱۰ | الزامات طراحی | ۳۹ |
| ۱-۲-۱۰ | الزامات تحلیل / طراحی برای تأمین پایداری | ۴۰ |
| ۲-۲-۱۰ | الزامات مقاطع اعضای فولادی | ۵۰ |
| ۵-۲-۱۰ | الزامات طراحی اعضا برای لنگر خمشی | ۸۳ |
| ۶-۲-۱۰ | الزامات طراحی اعضا برای نیروی برشی | ۱۲۴ |
| ۸-۲-۱۰ | الزامات طراحی اعضای با مقطع مختلط | ۱۴۳ |
| ۹-۲-۱۰ | الزامات طراحی اتصالات | ۱۸۵ |
| ۱۰-۲-۱۰ | الزامات حالت‌های حدی بهره برداری | ۲۴۳ |
| ۳-۱۰ | الزامات طراحی لرزه ای | ۱۴۹ |
| ۲-۳-۱۰ | الزامات لرزه ای عمومی | ۲۵۱ |
| ۳-۳-۱۰ | الزامات لرزه ای قابهای خمشی فولادی | ۲۸۴ |
| ۴-۳-۱۰ | الزامات لرزه ای قابهای مهاربندی شده و دیوارهای برشی فولادی | ۳۱۹ |
| ۵-۳-۱۰ | الزامات لرزه ای قاب خمشی مختلط ویژه | ۳۶۹ |
| ۶-۳-۱۰ | الزامات لرزه ای قابهای مهاربندی شده و دیوار برشی مختلط | ۳۷۵ |
| ۷-۳-۱۰ | اتصالات گیردار پیش تأیید شده | ۳۹۱ |
| ۴-۱۰ | الزامات ساخت، نصب و کنترل | ۴۵۳ |
| ۲-۴-۱۰ | مشخصات مصالح فولاد سازه ای | ۴۵۴ |
| ۳-۴-۱۰ | ساخت و نصب قطعات فولادی | ۴۵۵ |
| ۴-۴-۱۰ | اتصال با جوش | ۴۶۴ |
| ۵-۴-۱۰ | اتصال با پیچ | ۴۷۵ |
| ۶-۴-۱۰ | انبار کردن / حمل / رفع معایب قطعات | ۴۹۰ |
| ۷-۴-۱۰ | رنگ آمیزی و گالوانیزه کردن قطعات فولادی | ۴۹۲ |
| ۸-۴-۱۰ | رواداری ها | ۴۹۷ |
| ۹-۴-۱۰ | کنترل کیفیت / تضمین کیفیت | ۵۱۰ |
| پیوست ۲ | ضریب طول مؤثر اعضای فشاری | ۵۳۷ |
| پیوست ۵ | طراحی تیر لانه زنبوری | ۵۵۵ |
| پیوست ۶ | حفاظت در برابر آتش | ۵۵۹ |

مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ویرایش سال ۱۴۰۱

تعاریف

اتصال اتکایی: اتصالی که در آن انتقال نیروی برشی از طریق اتکای بدنه پیچ به جداره سوراخ صورت می‌گیرد و از مقاومت اتصال در برابر لغزش صرف‌نظر می‌شود. (ص ۱)

اتصال پیش‌تنیده: اتصالی که در آن انتقال نیروی برشی از طریق اتکای بدنه، پیچ به جداره سوراخ صورت می‌گیرد و از مقاومت اتصال در برابر لغزش صرف‌نظر می‌شود. با این وجود در اجرا و هنگام نصب، پیچ‌های این نوع اتصالات باید پیش‌تنیده شوند. (ص ۱)

اتصال لغزش بحرانی: اتصالی که در آن هیچ‌گونه لغزشی بین سطوح تماس مجاز نبوده و انتقال نیروی برشی در اتصال از طریق نیروی اصطکاک بین سطوح در تماس اتصال انجام می‌پذیرد. (ص ۲)

بازرسی تضمین کیفیت: به شخص حقیقی یا حقوقی مستقلی اطلاق می‌گردد که قبل و حین اجرا، بازرسی‌های تضمین کیفیت را سازمان‌دهی و اجرا می‌نماید. (ص ۳)

بازرسی کنترل کیفیت: به شخصی حقیقی یا حقوقی اطلاق می‌گردد که بازرسی کنترل کیفیت را در حین اجرا و بر روی عملیات اجرا شده انجام می‌دهد. (ص ۳)

برگشت جوش: به طولی کوتاه از جوش گوشه گفته می‌شود که برای اجتناب از قطع ناگهانی زنجیره جوش، در انتهای یک ضلع روی ضلع دیگر متقاطع با آن برگشت داده می‌شود. (ص ۳)

تأخیر برشی: به آثار ناشی از توزیع غیریکنواخت تنش کششی در یک عضو یا جزء اتصال دهنده در ناحیه اتصال اطلاق می‌گردد. (ص ۴)

تنش تسلیم مورد انتظار ($R_y F_y$): به حاصل ضرب، تنش تسلیم مشخصه فولاد (F_y) در ضریب تنوع تولید در F_y فولاد (F_y) اطلاق می‌گردد و بیانگر بیشترین تنش تسلیم کششی محتمل مصالح فولادی است. (ص ۵)

تنش کششی نهایی مورد انتظار ($R_t F_u$): به حاصل ضرب تنش کششی نهایی مشخصه فولاد (F_u) در ضریب تنوع تولید (F_u) فولاد (R_t) اطلاق می‌گردد و بیانگر بیشترین تنش کششی نهایی محتمل مصالح فولادی است. (ص ۶)

دیافراگم کف: دیافراگم کف یک صفحه افقی صلب یا انعطاف‌پذیر بوده که وظیفه اصلی آن تحمل نیروهای جانبی ناشی از بارگذاری جانبی و انتقال آن به سیستم‌های باربر جانبی است. این دیافراگم عموماً از طریق برشگیرهای تعبیه شده روی تیرهای فولادی و مدفون در دیافراگم کف، نیروهای جانبی را از طریق جمع‌کننده‌ها به سیستم باربر جانبی منتقل می‌نماید. (ص ۹)

روش سازگاری کرنش: روش تعیین مقادیر مقاومت خمشی اسمی در اعضای مختلط که بر مبنای روابط تنش - کرنش مصالح بتنی و فولادی و در نظر گرفتن توزیع خطی کرنش در عمق مقطع و محدود نمودن حداکثر کرنش فشاری بتن به 0.003 استوار است. (ص ۹)

زلزله تشدید یافته (E_{mh}): به نیروهای به‌دست‌آمده از حاصل ضرب نیروی جانبی ناشی از زلزله طرح در ضریب اضافه مقاومت (Ω) اطلاق شود. مقدار ضریب اضافه مقاومت (Ω) به پارامترهای متعددی نظیر درجات نامعینی سازه، میزان ظرفیت اضافی موجود در سازه، جزئیات بندی اعضا، اثرات اجزای غیر سازه‌ای و ... بستگی دارد و مقدار آن برای سیستم‌های مختلف مقاوم در برابر زلزله در استاندارد ۲۸۰۰ ارائه شده است. (ص ۱۰)

زلزله محدود به ظرفیت (E_{cl}): این نیرو معادل نیروی زلزله افقی است که مقدار آن محدود به ظرفیت اعضای شکل‌پذیر سیستم بوده و ملاک طراحی اعضای غیر شکل‌پذیر قرار می‌گیرد. (ص ۱۰)

سخت‌کننده عرضی: به سخت‌کننده‌های تعبیه شده در جان اعضا اطلاق می‌شود که عمود بر بال‌های آن‌ها بوده و عملکرد اصلی آن افزایش مقاومت کمانش برشی جان اعضا است. در محل بارهای متمرکز نیز برای جلوگیری از تسلیم، گسیختگی و کمانش موضعی از سخت‌کننده‌های عرضی استفاده می‌شود. (ص ۱۱)

ضریب طول مؤثر (K): به نسبت طول مؤثر کمانش عضو به طول مهار نشده آن اطلاق می‌گردد. (ص ۱۲)

عرشه فولادی: ورق‌های نازکی هستند که با نورد سرد به صورت یک صفحه کنگره‌دار فولادی شکل داده شده و به عنوان قالب ماندگار در اجرای گروهی از تیرهای مختلط به کار می‌روند. چنانچه سطوح عرشه فولادی دارای برجستگی باشد، می‌تواند به‌عنوان بخشی از فولاد کششی دال بتنی عمل نماید. (ص ۱۳)

عمل اهرمی: به افزایش نیروی کششی پیچ گفته می‌شود که در اثر اتکای لبه ورق اتصال انتهایی به سطح تکیه‌گاه آن ایجاد می‌گردد و ممکن است موجب گسیختگی پیچ‌ها شود. در ورق‌های اتصال انتهایی انعطاف‌پذیر، توجه به این موضوع ضروری است. (ص ۱۴)



قاب خمشی خرپایی ویژه: در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، تیرها به صورت خرپای فولادی با ابعاد محدود و ستون‌ها به صورت فولادی هستند. شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم باربر جانبی قابل ملاحظه بوده و از طریق تغییر شکل‌های خمشی، برشی و محوری فرا ارتجاعی ناحیه ویژه خرپای فولادی که در نیمه میانی آن قرار دارد، تأمین می‌شود. ستون‌ها، اعضای واقع در قسمت‌های خارج از ناحیه ویژه خرپا محسوب شده و اتصالات سیستم باید برای نیروهای زلزله محدود به ظرفیت ناحیه ویژه طراحی شوند. (ص ۱۴)

قاب خمشی فولادی: به سیستم سازه‌ای اطلاق می‌گردد که سختی، مقاومت و شکل‌پذیری آن از طریق مقاومت خمشی، برشی و محوری اعضای که دارای اتصال گیردار هستند، تأمین می‌شود. (ص ۱۴)

قاب خمشی معمولی: در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، تیرها و ستون‌ها باید فولادی باشند. در تحمل بارهای ثقلی می‌توان از عملکرد مختلط بین تیر فولادی با دال بتنی متکی بر آن استفاده نمود. شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم حداقل بوده و از طریق تغییر شکل‌های دورانی فرا ارتجاعی کم در انتهای تیرها و ستون‌ها و تسلیم برشی کم در ناحیه چشمه اتصال تأمین می‌شود. (ص ۱۵)

قاب خمشی متوسط: در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، تیرها و ستون‌ها باید فولادی باشند. در تحمل بارهای ثقلی، با رعایت الزامات اتصالات گیردار پیش تأیید شده، می‌توان از عملکرد بین تیر فولادی با دال بتنی متکی بر آن استفاده نمود. شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم باربر جانبی محدود بوده و از طریق تغییر شکل‌های دورانی فرا ارتجاعی محدود در انتهای تیرها یا انتهای ستون‌ها و تسلیم برشی محدود در ناحیه چشمه اتصال تأمین می‌شود. (ص ۱۵)

قاب خمشی ویژه: در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، تیرها و ستون‌ها باید فولادی باشند. در تحمل بارهای ثقلی، با رعایت الزامات اتصالات گیردار پیش تأیید شده، می‌توان از عملکرد مختلط بین تیر فولادی با دال بتنی متکی بر آن استفاده نمود. شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم باربر جانبی قابل ملاحظه بوده و از طریق تغییر شکل‌های دورانی فرا ارتجاعی زیاد در انتهای تیرها، تسلیم برشی کم در ناحیه چشمه اتصال و تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی دورانی در ستون‌ها در تراز پایه تأمین می‌شود. (ص ۱۵)

قاب خمشی مختلط ویژه: در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، ستون‌ها به صورت مقطع محاط در بتن یا پرشده با بتن یا مقطع بتن آرمه و تیرها به صورت فولادی تنها یا تیر فولادی با دال بتنی متکی بر آن یا تیر فولادی محاط در بتن هستند. اتصالات تیرها به ستون‌ها به صورت گیردار هستند. شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم باربر جانبی قابل ملاحظه بوده و از طریق تغییر شکل‌های دورانی فرا ارتجاعی زیاد در انتهای تیرها، تسلیم برشی کم در ناحیه چشمه اتصال و تغییر شکل‌های دورانی در ستون‌ها در تراز پایه تأمین می‌شود. (ص ۱۵)

قاب مهاربندی شده: یک سیستم خرپایی قائم بوده که برای تأمین سختی، مقاومت و پایداری در برابر بارهای جانبی و نیز تأمین پایداری در برابر بارهای ثقلی به کار می‌رود. در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، تأمین شکل‌پذیری مورد نیاز بر عهده این قاب‌ها است. (ص ۱۵)

قاب مهاربندی شده همگرای مختلط ویژه: در قاب مهاربندی شده همگرای مختلط ویژه، محورهای تیرها، ستون‌ها و اعضای مهاربندی متصل به گره‌ها همگرا هستند. در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، ستون‌ها به صورت مختلط با مقطع فولادی محاط در بتن یا پرشده با بتن، تیرها به صورت فولادی تنها یا فولادی با دال بتنی متکی بر آن‌ها و مهاربندها به صورت فولادی تنها یا مختلط با مقطع فولادی پرشده با بتن هستند. شکل‌پذیری این نوع قاب‌ها قابل ملاحظه بوده و از طریق تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی محوری مهاربند کششی و تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی ناشی از کمانش غیر ارتجاعی مهاربندهای فشاری تأمین می‌گردد. (ص ۱۷)

قاب مهاربندی شده واگرای مختلط: در قاب‌های مهاربندی شده واگرای مختلط، در یک انتهای عضو مهاربندی محورهای تیر، ستون و مهاربند همگرا بوده و در انتهای دیگر محورهای مهاربند و تیر واگرا است. در این سیستم، ستون‌ها به صورت مختلط با مقطع فولادی پرشده با بتن، تیر پیوند به صورت فولادی تنها، تیر خارج از ناحیه پیوند به صورت فولادی یا مختلط با دال بتنی متکی بر آن و اعضای مهاربندی به صورت فولادی تنها یا مختلط پرشده با بتن هستند. شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای قابل ملاحظه بوده و از طریق تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی خمشی یا برشی در تیر پیوند تأمین می‌شود. (ص ۱۷)

مقطع با اجزای غیر لاغر: مقطعی که نسبت پهنا به ضخامت اجزای تشکیل دهنده آن طوری است که در محدوده رفتار الاستیک، در هیچ یک از اجزای مقطع کمانش موضعی رخ ندهد. (ص ۲۰)

مقطع با اجزای لاغر: مقطعی که نسبت پهنا به ضخامت حداقل یک جزء تشکیل دهنده آن طوری است که در محدوده رفتار الاستیک، در آن جزء مقطع کمانش موضعی رخ دهد. (ص ۲۰)

مقطع تبدیل یافته: در اعضای با مقطع مختلط به یک مقطعی گفته می‌شود که در آن پهنای مؤثر دال بتنی بر $n = E_s/E_c$ تقسیم می‌گردد و به این ترتیب مقطع مختلط به یک مقطع فولادی معادل تبدیل می‌شود. (ص ۲۰)

مقطع جعبه‌ای: مقطع توخالی مربعی یا مربع مستطیلی شکلی که از چهار ورق تشکیل شده و در لبه‌های طولی به یکدیگر جوش می‌شوند. (ص ۲۰)

مقطع غیر فشرده: مقطعی است که کلیه اجزای تشکیل دهنده آن دارای چنان نسبت پهنا به ضخامت باشند که تا رسیدن تنش در کلیه اجزای فشاری مقطع به آستانه تنش تسلیم، در هیچ یک از اجزای مقطع، کمانش موضعی رخ ندهد. (ص ۲۰)

مقطع فشرده: مقطعی است که اجزای تشکیل دهنده آن دارای چنان نسبت پهنا به ضخامتی باشند که تا توسعه کامل تنش تسلیم در کلیه اجزای آن تا حد لنگر خمشی پلاستیک مقطع، در هیچ یک از اجزای مقطع کمانش موضعی رخ ندهد. (ص ۲۰)

مقطع فشرده لرزه‌ای: مقطعی است که کلیه اجزای تشکیل دهنده آن دارای چنان نسبت پهنا به ضخامتی باشند که تا توسعه کامل تنش تسلیم در کلیه اجزای آن و ایجاد کرنش فرا ارتجاعی به میزان کافی برای پلاستیک شدن مقطع به صورت مفصل پلاستیک با چرخش پلاستیک مورد نظر، در هیچ یک از اجزای مقطع کمانش موضعی رخ ندهد. (ص ۲۰)

مقطع قوطی شکل (HSS): مقطع توخالی مربعی یا مربع مستطیلی شکل است که از ورق با ضخامت ثابت و به صورت تاشده تشکیل شده و از طریق جوش طولی به صورت یک مقطع بسته درمی آید. (ص ۲۰)

ورق دیافراگمی: به ورق‌های دارای سختی و مقاومت داخل صفحه‌ای برشی اطلاق می‌گردد که برای انتقال نیروهای داخل صفحه‌ای به اجزای تکیه‌گاهی به کار می‌روند. (ص ۲۲)

ورق پیوستگی: به ورق‌های تقویتی که در راستای بال‌ها یا ورق‌های اتصال بال تیر به وجه ستون در چشمه اتصال تعبیه شده و به بال‌ها و جان (یا جان‌های) ستون متصل می‌شوند، اطلاق می‌شود. (ص ۲۲)

ورق مضاعف: به ورق‌های اضافی گفته می‌شود که موازی جان تیرها یا ستون‌ها در ناحیه چشمه اتصال در مقابل نیروهای متمرکز تعبیه می‌شود و موجب افزایش مقاومت برشی چشمه اتصال می‌شود. (ص ۲۲)

وصله: به اتصال بین دو عضو سازه‌ای در راستای تنش‌های وارد بر عضو اطلاق می‌گردد که یک عضو سازه‌ای با طول بزرگتر تشکیل دهد. (ص ۲۲)

۱-۱۰ الزامات عمومی (ص ۲۳)

۱-۱-۱۰ مبانی طراحی

۱-۱-۱۰-۱-۲-۱-۱۰ حالت‌های حدی

حالت‌های حدی به شرایطی اطلاق می‌گردد که اگر تمام یا بخشی از سازه به هر یک از آن حالت‌ها برسند، دیگر قادر به انجام وظایف خود نبوده و قابلیت استفاده را از دست می‌دهند. مطابق این مبحث پیکربندی، ابعاد و مشخصات اجزای سازه باید چنان باشد که سازه، شامل اجزاء و اتصالات آن، تحت اثر ترکیبات بارگذاری محتمل، به هیچ یک از حالت‌های حدی زیر نرسد: (ص ۲۴)

الف) حالت‌های حدی مقاومت

حالت‌های حدی مقاومت، حالت‌هایی هستند که سازه شامل اعضاء، اجزاء و اتصالات آن پس از رسیدن به آن حالت‌ها، تحت اثر هر یک از ترکیب‌های بارگذاری با وقوع خرابی‌هایی نظیر تسلیم، گسیختگی، کمانش و غیره، مقاومت و شکل‌پذیری مورد نیاز خود را از دست می‌دهند. (ص ۲۴)

ب) حالت‌های حدی بهره‌برداری

حالت‌های حدی بهره‌برداری، حالت‌هایی هستند که سازه شامل اعضاء و اتصالات آن، با وقوع آن‌ها نظیر تغییر شکل، لرزش و ...، قابلیت نگهداری، شرایط ظاهری، دوام و کارایی خود را از دست می‌دهند و دیگر قادر به انجام وظایف و تأمین آسایش بهره‌برداران نخواهند بود. (ص ۲۴)

۱-۱-۱۰-۲-۲-۱-۱۰ طراحی بر اساس حالت‌های حدی مقاومت (ص ۲۵)

۱-۱-۱۰-۲-۲-۱-۱۰ در طراحی برای حالت‌های حدی مقاومت، حالت‌های حدی تسلیم، گسیختگی، کمانش، تشکیل مکانیزم خمیری، ناپایداری و واژگونی باید مورد کنترل قرار گیرند. معیارهای کنترل حالت‌های حدی مقاومت، در فصل‌های ۱۰-۲ و ۱۰-۳ این مبحث ارائه شده است. همچنین حالت‌های حدی خستگی، ترد شکنی، جداشدگی لایه‌ای، خزش و جمع شدگی بتن در مقاطع مختلط، باید مطابق با مراجع معتبر کنترل شوند.

۱-۱-۱۰-۲-۲-۱-۱۰-۳ مقاومت‌های موجود و مورد نیاز (ص ۲۶)

در طراحی به روش LRFD منظور از مقاومت موجود همان مقاومت طراحی است که به صورت ϕR_n معرفی می‌شود. در طراحی به روش ASD منظور از مقاومت موجود همان مقاومت مجاز است که به صورت R_n/Ω معرفی می‌شود. منظور از مقاومت مورد نیاز در واقع همان نیروهای داخلی به دست آمده از تحلیل سازه تحت اثر ترکیبات بارگذاری هر یک از روش‌های طراحی فوق است که در طراحی به روش LRFD با R_u و در طراحی به روش ASD با R_a نشان داده می‌شود. (ص ۲۶)

در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت، طراحی اعضاء، اتصالات و اجزای مختلف سازه باید چنان صورت پذیرد که مقاومت طراحی آن‌ها (ϕR_n) بزرگتر یا مساوی مقاومت مورد نیاز (R_u) به دست آمده از تحلیل سازه تحت اثر ترکیبات بارگذاری مربوطه باشد. (ص ۲۶)

$$R_u \leq \phi R_n \quad (1-2-1-10)$$

در طراحی به روش مقاومت مجاز، طراحی اعضاء، اتصالات و اجزای مختلف سازه‌ای باید چنان صورت گیرد که مقاومت مجاز آن‌ها (R_n/Ω) بزرگتر یا مساوی مقاومت مورد نیاز (R_a) به دست آمده از تحلیل سازه تحت اثر ترکیبات بارگذاری مربوطه باشد. (ص ۲۶)

$$R_a \leq R_n/\Omega \quad (2-2-1-10)$$

در روابط فوق: (ص ۲۶)

R_n = مقاومت اسمی که مقادیر آن در فصل‌های ۱۰-۲ و ۱۰-۳ ارائه شده است.

R_{II} = مقاومت موردنیاز در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت (LRFD)

R_a = مقاومت موردنیاز در طراحی به روش مقاومت مجاز (ASD)

Φ = ضریب کاهش مقاومت در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت است که مقدار آن برای اعضا، اجزاء و اتصالات، به تفکیک در فصل‌های ۱۰-۱ و ۱۰-۳ این مبحث ارائه شده است. (ص ۲۶)

Ω = ضریب اطمینان در طراحی به روش مقاومت مجاز است که مقدار آن برای اعضا، اجزاء و اتصالات، به تفکیک در فصل‌های ۱۰-۱ و ۱۰-۳ این مبحث ارائه شده است. (ص ۲۶)

ΦR_n = مقاومت طراحی در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت

R_n/Ω = مقاومت مجاز در طراحی به روش مقاومت مجاز (ص ۲۶)

۱۰-۱-۴ مصالح فولادی سازه‌ها

۱۰-۱-۴-۲ فولادهای سازه‌ای (ص ۲۹)

فولاد سازه‌ای باید دارای مقاومت و شکل‌پذیری مناسب بوده و کاملاً جوش پذیر باشد. همچنین در بعضی از کاربردها، فولاد سازه‌ای باید طاقت ضربه‌ای مطلوب داشته و در برابر جداسدگی لایه‌ای مقاوم باشد. حدود کمی هر یک از مشخصه‌های مورد اشاره، در صورت نیاز باید در نقشه‌های اجرائی و مدارک فنی طرح معرفی گردیده یا به استاندارد که مشخصه‌های موردنظر را محدود نموده است، ارجاع داده شود. (ص ۲۹)

در این مبحث مقدار مدول الاستیسیته (ضریب ارتجاعی) مصالح فولادی (E) مساوی 2×10^5 مگاپاسکال و مقدار نسبت پواسون مصالح فولادی (V) مساوی 0.3 در نظر گرفته می‌شود. همچنین مطابق این مبحث، تنش تسلیم مشخصه فولاد سازه‌ای (F_y) نباید از 460 مگاپاسکال بیشتر باشد.

تبصره: کاربرد میله‌ها و کابل‌های بسیار پرمقاومت غیرقابل جوشکاری برای عناصر کششی و اتصال به وسیله دندان‌شدن و کاربرد مهره یا اتصالات مخصوص فولاد پیش تنیدگی و کابل‌ها، مجاز است. برای مشخصات فولادهای پیش تنیدگی و کابل‌ها به استانداردهای EN و ASTM مراجعه شود.

جدول ۱۰-۱-۱* نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی مطابق استانداردهای ISIRI ۱۴۲۶۲ (جدید ایران)، ISIRI ۱۶۰۰

(قدیم ایران)، EN ۱۰۰۲۵ (اتحادیه اروپا) و ISO ۶۳۰-۲ (بین‌المللی) (ص ۳۰)

| کرنش نهایی (ϵ_u) (%) | تنش کششی نهایی (MPa) | تنش تسلیم مشخصه (F_y) (MPa) | ضخامت (mm) | نام رده فولاد مطابق استاندارد قدیم ایران | ** نام رده فولاد مطابق استاندارد جدید ایران، EN و ISO |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--|---|--|
| 28 | 330-410 | 205 195 | $t \leq 16$ $16 < t \leq 40$ | St-34 | — |
| 22-26 | 360-510 | 235 225 215 | $t \leq 16$ $16 < t \leq 40$ $40 < t \leq 100$ | St-37 | S235 |
| 19-23 | 410-560 | 275 265 255 245 235 | $t \leq 16$ $16 < t \leq 40$ $40 < t \leq 63$ $63 < t \leq 80$ $80 < t \leq 100$ | St-44 | S275 |
| 20 | 490-610 | 295 285 275 | $t \leq 16$ $16 < t \leq 40$ $40 < t \leq 63$ | St-50 | — |
| 18-22 | 470-630 | 355 345 335 325 315 | $t \leq 16$ $16 < t \leq 40$ $40 < t \leq 63$ $63 < t \leq 80$ $80 < t \leq 100$ | St-52 | S355 |
| 17 | 550-720 | 450 430 410 390 380 | $t \leq 16$ $16 < t \leq 40$ $40 < t \leq 63$ $63 < t \leq 80$ $80 < t \leq 100$ | — | S450 |
| 17 | 540-730 | 460 440 430 410 400 | $t \leq 16$ $16 < t \leq 40$ $40 < t \leq 63$ $63 < t \leq 80$ $80 < t \leq 100$ | — | S460 |

* در صورت استفاده از رده‌های فولاد این جدول برای شرایط لرزه‌ای، تأمین کلیه الزامات لرزه‌ای مصالح، مطابق بخش‌های ۱۰-۳-۲، ۱۰-۳-۱ و ۱۰-۳-۷ و ۱۰-۴-۹ این مبحث ضروری است. (ص ۳۰)

** برای رده‌های فولاد این جدول، تنش کششی نهایی مشخصه فولاد (F_{II}) باید برابر حد پایین تنش کششی نهایی در نظر گرفته شود. همچنین در تحلیل و طراحی، برای ضخامت‌های مساوی یا کوچک‌تر از 40 میلی‌متر می‌توان تنش تسلیم مشخصه بزرگ‌تر را مبنا قرار داد و از کاهش آن صرف‌نظر کرد. (ص ۳۰)

جدول ۱۰-۱-۲*: نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی بهبود یافته برای شرایط لرزه‌ای مطابق استانداردهای ۱۲۰۶۵

ISIRI و ISO ۲۴۳۱۴ (ص ۳۱)

| نام رده فولاد مطابق استانداردهای ISIRI 12065 و ISO 24314 | ضخامت (mm) | تنش تسلیم (MPa) | تنش کششی نهایی (MPa) | نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی (%) | کرنش نهایی (ϵ_u) (%) |
|--|----------------------|-----------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| S235S | $6 \leq t < 12$ | 235 - 355 | 400 - 510 | — | 21 |
| | $12 \leq t < 16$ | 235 - 355 | | | |
| | $16 \leq t < 40$ | 235 - 355 | | | |
| | $40 \leq t \leq 125$ | 215 - 335 | | | |
| S325S | $6 \leq t < 12$ | 325 - 445 | 490 - 610 | — | 20 |
| | $12 \leq t < 16$ | 325 - 445 | | | |
| | $16 \leq t < 40$ | 325 - 445 | | | |
| | $40 \leq t \leq 125$ | 295 - 415 | | | |
| S345S | $6 \leq t < 12$ | 345 - 450 | ≥ 450 | ≤ 85 | 19 |
| | $12 \leq t < 16$ | 345 - 450 | | ≤ 85 | |
| | $16 \leq t < 40$ | 345 - 450 | | ≤ 85 | |
| | $40 \leq t \leq 125$ | 345 - 450 | | ≤ 85 | |

* برای رده‌های فولاد این جدول، تنش تسلیم مشخصه فولاد (F_y) باید برابر حد پایین تنش تسلیم و تنش کششی نهایی مشخصه فولاد (F_u) باید برابر حد پایین تنش کششی نهایی در نظر گرفته شود. (ص ۳۱)

جدول ۱۰-۱-۳*: نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی مطابق استاندارد انجمن آزمایش مصالح آمریکا (ASTM) (ص ۳۲)

| نام و رده فولاد مطابق استاندارد ASTM | ضخامت (mm) | تنش تسلیم (MPa) | تنش کششی نهایی (MPa) | کرنش نهایی (ϵ_u) (%) |
|--------------------------------------|---------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|
| ASTM A36 | تا 200 | 250 | 550-400 | 21 |
| | بیشتر از 200 | 220 | | |
| ASTM A572 Grade 42, 50, 55, 60, 65 | تمام ضخامت‌ها | 290 | 415 | 24 |
| | | 345 | 450 | 21 |
| | | 380 | 485 | 20 |
| | | 415 | 520 | 18 |
| | | 450 | 550 | 17 |
| ASTM A588 Grade B, C | تمام ضخامت‌ها | 345 | 485 | 21 |
| | | 345 | 485 | 21 |
| ASTM A709 Grade 36, 50, 50S | تمام ضخامت‌ها | 250 | 550-400 | 21 |
| | | 345 | 450 | 21 |
| | | 450-345 | 450 | 21 |
| ASTM A913 Grade 50, 60, 65 | تمام ضخامت‌ها | 345 | 450 | 21 |
| | | 415 | 520 | 18 |
| | | 450 | 550 | 17 |
| ASTM A992 | تمام ضخامت‌ها | 450-345 | 450 | 21 |

* برای رده‌های فولاد این جدول، تنش تسلیم مشخصه فولاد (F_y) باید برابر حد پایین تنش تسلیم و تنش کششی نهایی مشخصه فولاد (F_u) باید برابر حد پایین تنش کششی نهایی در نظر گرفته شود. (ص ۳۲)

جدول ۱۰-۱-۵: مشخصات مکانیکی پیچ‌ها* (ص ۳۴)

| نوع پیچ | ISIRI 2874 EN-ISO 898 | ASTM | تنش تسلیم مشخصه (F _y) (MPa) | تنش کششی نهایی (F _u) (MPa) | کرنش نهایی (ε _u) (%) |
|---------------------|--------------------------|---------------|---|--|--|
| پیچ‌های معمولی | 4.6 | A307 | 240 | 400 | 22 |
| | 4.8 | — | 320 | 420 | 14 |
| | 5.6 | — | 300 | 500 | 20 |
| | 5.8 | — | 400 | 520 | 10 |
| | 6.8 | — | 480 | 600 | 8 |
| پیچ‌های پرمقاومت | 8.8 | A325 F1852 | کاربرد ندارد | 800 | 12 |
| | 10.9 | A490 F2280 | کاربرد ندارد | 1000 | 9 |
| | 12.9 | — | کاربرد ندارد | 1200 | 8 |

* در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی فقط از پیچ‌های پر مقاومتی می‌توان استفاده کرد که مطابق استاندارد مربوطه، دارای قابلیت پیش‌تنیدگی باشند. پیچ‌هایی دارای قابلیت پیش‌تنیدگی هستند که پیچ، مهره و واشر مطابق استاندارد معتبر نظیر EN ISO ۱۴۳۹۹ تولید شده باشند.

۱۰-۲ الزامات طراحی (ص ۳۹)

۱۰-۲-۱ الزامات تحلیل و طراحی برای تأمین پایداری

۱۰-۲-۱-۱ الزامات عمومی

تأمین پایداری کل سازه و تمامی اجزای آن از الزامات تحلیل و طراحی است. مطابق الزامات این بخش، پایداری کل سازه و تمامی اجزای آن در صورتی تأمین می‌شود که آثار ذکر شده در زیر به نحو مؤثری در تحلیل و طراحی آن‌ها لحاظ شده باشند. (ص ۴۰)

- ۱) تغییر شکل‌های محوری، خمشی و برشی اعضای سازه و تغییر شکل‌های سایر اجزاء (نظیر اتصالات) که در جابجایی سازه مؤثرند. (ص ۴۰)
- ۲) آثار مرتبه دوم (شامل آثار P-Δ و P-δ)
- ۳) نواقص هندسی شامل (کجی و ناشاقولی)
- ۴) کاهش سختی اعضا ناشی از رفتار غیرالاستیک و اثر تنش‌های پسماند
- ۵) عدم قطعیت در برآورد سختی و مقاومت

روش تحلیل مورد استفاده باید تمامی آثار فوق را لحاظ نماید. به منظور حصول اطمینان از این اهداف، استفاده از دو روش "تحلیل مستقیم" و "طول مؤثر" در طراحی برای تأمین پایداری سازه‌های فولادی و مختلط مجاز است. (ص ۴۰)

۱۰-۲-۱-۲ آثار مرتبه دوم P-Δ و P-δ

مطابق بند ۱۰-۲-۱-۱، در اعضای فولادی مقاومت‌های مورد نیاز که از تحلیل سازه به دست می‌آیند، باید شامل آثار مرتبه دوم باشند. این آثار شامل موارد زیر است: (ص ۴۱)

الف) آثار مرتبه دوم P-δ: آثار اضافی ناشی از بارها گفته می‌شود که به علت وجود تغییر شکل در فاصله دو انتهای هر یک از اعضا به وجود می‌آید. (ص ۴۱)

ب) آثار مرتبه دوم P-Δ: آثار اضافی بارها به علت تغییر مکان جانبی نسبی کل سیستم سازه‌ای مربوط می‌شود و سبب ایجاد نیروهای اضافی داخلی در اعضا می‌شوند که به علت برون‌محوری ناشی از تغییر مکان جانبی یک انتهای عضو نسبت به انتهای دیگر آن به وجود می‌آیند، تغییر مکان جانبی نسبی دو انتهای عضو ممکن است به علت بارهای قائم یا بارهای جانبی یا ترکیبی از آن‌ها باشد. (ص ۴۱)

۱۰-۲-۱-۵ الزامات تحلیل و طراحی

۱۰-۲-۱-۵-۱ محدودیت‌ها و الزامات روش تحلیل مستقیم

برای تعیین مقاومت‌های مورد نیاز اعضا و طراحی آن‌ها و تحلیل و طراحی به روش تحلیل مستقیم، باید محدودیت‌ها و الزامات زیر تأمین شوند:

الف - محدودیت‌ها

در تحلیل و طراحی به روش تحلیل مستقیم هیچ‌گونه محدودیتی وجود ندارد. (ص ۴۳)

ب - الزامات

۴) مقاومت موجود کلیه اعضای دارای بار محوری فشاری با ضریب طول مؤثر یک ($K=1$) تعیین شود. (ص ۴۳)

۱-۲-۱-۵-۱-۱ ملاحظات نواقص هندسی اولیه

۳) بارهای جانبی فرضی باید در راستایی به سازه اعمال شود که بیشترین اثر ناپایداری را داشته باشد. در ترکیبات بارگذاری ثقلی، بارهای جانبی فرضی باید به طور مجزا در دو راستای متعامد و به صورت رفت و برگشت در نظر گرفته شود. (ص ۴۴)

تبصره: کاربرد ملاحظات نواقص هندسی اولیه فقط برای تعیین مقاومت‌های موردنیاز اعضا محدود می‌گردد و برای سایر مقاصد طراحی (نظیر کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طبقات، کنترل خیز تیرها، کنترل ارتعاش اعضا و کف‌ها و محاسبهٔ زمان تناوب اصلی ساختمان) در نظر گرفتن آثار نواقص هندسی اولیه ضروری نیست. (ص ۴۴)

۱-۲-۱-۵-۲ کاهش سختی اعضا

در تحلیل و طراحی به روش تحلیل مستقیم برای تعیین مقاومت‌های موردنیاز در تحلیل مرتبه دوم، باید به شرح زیر از ضرایب کاهش سختی استفاده شود: (ص ۴۴)

۱) ضریب کاهش ۰/۸ برای کلیهٔ سختی‌هایی که در پایداری سازه مؤثرند، اعمال این ضریب کاهش برای کلیهٔ سختی‌های تمامی اعضا، حتی اگر در پایداری سازه نقشی نداشته باشند، نیز مجاز است. (ص ۴۴)

۲) علاوه بر ضریب کاهش ۰/۸ یک ضریب کاهش اضافی τ_b نیز به شرح زیر در سختی خمشی اعضایی که در پایداری سازه مؤثر هستند: (ص ۴۴)

$$(EI)^* = 0.8 \tau_b EI \quad (2-1-2-10)$$

که در آن: (ص ۴۵)

$$(EI)^* = \text{صلبیت خمشی یافته عضو}$$

$$E = \text{مدول الاستیسیته فولاد}$$

$$I = \text{ممان اینرسی مقطع عضو حول محور خمش}$$

$$\tau_b = \text{ضریب کاهش اضافی سختی خمشی مطابق رابطهٔ زیر: (ص ۴۵)}$$

مبحث ۱۰

$$\tau_b = \begin{cases} 1.0 & \alpha \frac{P_r}{P_y} \leq 0.5 \\ 4\alpha \frac{P_r}{P_y} \left(1 - \frac{\alpha P_r}{P_y}\right) & \alpha \frac{P_r}{P_y} > 0.5 \end{cases}$$

(3-1-2-10)

$\alpha = 1.0$ (LRFD) و $\alpha = 1.6$ (ASD)

در رابطهٔ ۳-۱-۲-۱۰، P_r مقاومت محوری فشاری موردنیاز و P_y مقاومت تسلیم محوری عضو ($P_y = A_g F_y$) است. در صورتی که عضو فشاری لاغر باشد، در تعیین مقاومت تسلیم محوری باید از مساحت مؤثر مقطع (A_e) استفاده شود. (ص ۴۵)

استثناء: در اعضای با مقطع مختلط پرشده با بتن یا محاط در بتن، مقدار τ_b باید برابر ۰/۸ در نظر گرفته شود. (ص ۴۵)

۱-۲-۱-۵-۲ محدودیت‌ها و الزامات روش طول مؤثر

ب- الزامات

۱) تحلیل سازه مطابق بند ۴-۱-۲-۱۰ بر اساس یکی از روش‌های تحلیلی مرتبه دوم و بدون در نظر گرفتن هرگونه کاهش سختی باشد. (ص ۴۶)

۲) آثار نواقص هندسی اولیه (شامل کجی و ناشاقولی اعضا) مطابق ملاحظات بند ۱-۱-۵-۱-۲-۱۰ در تحلیل مرتبه دوم منظور گردد. (ص ۴۶)

۳) مقاومت موجود کلیهٔ اعضای دارای بار محوری فشاری براساس ضریب طول مؤثر (K) تعیین شود. ضریب طول مؤثر اعضا (K) متناسب با نوع سیستم باربر باید براساس پیوست ۲ تعیین شود. (ص ۴۶)

۱-۲-۱-۵-۲ الزامات مقاطع اعضای فولادی

۱-۲-۲-۲-۱۰ طبقه‌بندی مقاطع فولادی از منظر کماتش موضعی برای لنگر خمشی

برای لنگر خمشی، مقاطع فولادی به سه گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند: (ص ۵۱)

- مقاطع فشرده
- مقاطع غیرفشرده
- مقاطع با اجزای لاغر

الف) مقاطع فشرده به مقطعی گفته می‌شوند که در آن‌ها اولاً بال‌ها به‌طور سراسری و پیوسته به جان یا جان‌ها متصل باشند، ثانیاً نسبت پهنا به ضخامت اجزای فشاری تشکیل دهندهٔ مقطع عضو از λ_p مشخص شده در جدول‌های ۳-۲-۲-۱۰ و ۴-۲-۲-۱۰ بیشتر نباشد. (ص ۵۱)

ب) مقاطع غیرفشرده به مقطعی گفته می‌شوند که در آن‌ها نسبت پهنا به ضخامت یک یا چند جزء فشاری از مقطع عضو از λ_p مشخص شده در جدول‌های ۳-۲-۲-۱۰ و ۴-۲-۲-۱۰ بیشتر بوده، اما از λ_p مشخص شده در جدول‌های ۳-۲-۲-۱۰ و ۴-۲-۲-۱۰ کمتر باشد. (ص ۵۱)

(پ) مقاطع با اجزای لاغر به مقاطعی گفته می‌شوند که در آن‌ها نسبت پهنا به ضخامت حداقل یک از اجزای فشاری تشکیل دهنده مقطع عضو از λ_r مشخص شده در جدول‌های ۱۰-۲-۱ و ۱۰-۲-۲ بیشتر باشد. (ص ۵۱)

۱۰-۲-۱۰ پهناهای آزاد اجزای با دو لبه مقید

مطابق الزامات این بخش، اجزای با دو لبه مقید به اجزایی گفته می‌شود که در هر دو لبه در امتدادی موازی با نیروی فشاری به جزء یا اجزاء دیگر متصل شده‌اند. پهناهای آزاد چنین اجزایی باید به شرح زیر تعیین شود: (ص ۵۲)

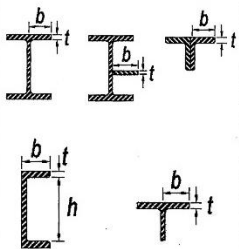
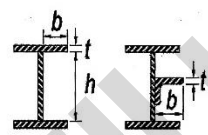
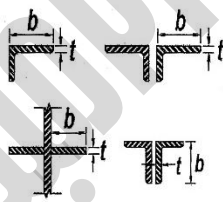
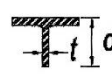
(پ) برای مقاطع جعبه‌ای ساخته شده از ورق، پهناهای b و h عبارت از فاصله بین دو خط جوش است. (ص ۵۲)

(ت) برای ورق‌های پوششی (تقویتی) در بال تیرها و ورق‌های دیافراگم در مقاطع ساخته شده از ورق، پهناهای b عبارت است از فاصله بین دو ردیف پیچ یا دو خط جوش است. (ص ۵۲)

(ث) برای بال‌های مقاطع توخالی مستطیلی شکل (HSS)، پهناهای b عبارت است از فاصله آزاد بین جان‌ها منهای شعاع گوشه داخلی در هر طرف. برای جان‌های مقاطع توخالی مستطیل شکل (HSS)، h عبارت است از فاصله آزاد بین بال‌ها منهای شعاع گوشه داخلی در هر طرف. چنانچه شعاع گوشه‌ها معلوم نباشد، مقادیر b و h را می‌توان معادل بعد متناظر خارجی منهای سه برابر ضخامت در نظر گرفت. (ص ۵۲)

(ج) برای مقاطع توخالی دایره‌ای شکل، D عبارت است از قطر خارجی مقطع دایره‌ای. (ص ۵۲)

جدول ۱۰-۲-۱: نسبت‌های پهنا به ضخامت اجزای فشاری با یک لبه مقید در اعضای تحت اثر فشار محوری (ص ۵۳)

| حالت | شرح اجزاء | نسبت پهنا به ضخامت | حداکثر نسبت پهنا به ضخامت | مثال‌های نمونه |
|------|---|--------------------|--------------------------------------|---|
| | | | (مرز لاغر و غیر لاغر) λ_r | |
| ۱ | بال‌های مقاطع I شکل نوردشده، ورق‌های بیرون‌زده از مقاطع I شکل نوردشده، ساق‌های بیرون‌زده جفت نبشی یا اتصال پیوسته، بال‌های مقاطع ناودانی و بال‌های مقاطع سپری | b/t | $0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ |  |
| ۲ | بال‌های مقاطع I شکل ساخته شده از ورق، ورق‌ها یا ساق‌های نبشی بیرون‌زده از مقاطع I شکل ساخته شده از ورق | b/t | $0.64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ |  |
| ۳ | ساق‌های نبشی‌های تک، ساق‌های نبشی‌های جفت دارای جداکننده (لقمه) و سایر اجزای تقویت‌نشده | b/t | $0.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ |  |
| ۴ | تیغه جان مقاطع سپری | d/t | $0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ |  |

جدول ۱۰-۲-۲: نسبت‌های پهنا به ضخامت اجزای فشاری با دو لبه مقید در اعضای تحت اثر فشار محوری (ص ۵۴)

| حالت | شرح اجزاء | نسبت پهنا به ضخامت | حداکثر نسبت پهنا به ضخامت | مثال‌های نمونه |
|------|--|--------------------|--------------------------------------|----------------|
| | | | (مرز لاغر و غیر لاغر) λ_r | |
| ۵ | جان مقاطع I شکل با دو محور تقارن و جان مقاطع ناودانی | h/t_w | $1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۶ | بال‌ها و جان‌های مقاطع قوطی شکل (HSS) | b/t | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۷ | ورق‌های پوششی و ورق‌های دیافراگم در حفاصل خطوط جوش یا بیج | b/t | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۸ | بال‌ها و جان‌های مقاطع جعبه‌ای ساخته شده از ورق و سایر اجزای فشاری | b/t | $1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۹ | مقاطع دایره‌ای توخالی | D/t | $0.11 \frac{E}{F_y}$ | |

جدول ۱۰-۲-۳: نسبت‌های پهنا به ضخامت اجزای فشاری با یک لبه مقید در اعضای تحت اثر خمش (ص ۵۵)

| حالت | شرح اجزاء | نسبت پهنا به ضخامت | حداکثر نسبت پهنا به ضخامت | | مثال‌های نمونه |
|------|--|--------------------|--|---|----------------|
| | | | (مرز فشرده و غیر فشرده) λ_p | (مرز غیر فشرده و لاغر) λ_r | |
| ۱۰ | بال‌های مقاطع I شکل نوردشده، ناودانی‌ها و سبیری‌ها | b/t | $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۱۱ | بال‌های مقاطع I شکل ساخته شده از ورق یا یک یا دو محور تقارن | b/t | $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $0.95 \sqrt{\frac{K_c E}{F_L}}$ [۲] و [۳] | |
| ۱۲ | ساق‌های نشی‌های تک | b/t | $0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۱۳ | بال‌های کلیه مقاطع I شکل و ناودانی تحت اثر خمش حول محور ضعیف | b/t | $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۱۴ | تیغه جان مقاطع سبیری | d/t | $0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $1.52 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |

جدول ۱۰-۲-۲-۴: نسبت‌های پهنا به ضخامت اجزای فشاری با دو لبه مفید در اعضای تحت اثر خمش (ص ۵۶)

| حالت | شرح اجزاء | نسبت پهنا به ضخامت | حداکثر نسبت پهنا به ضخامت | | مثال‌های نمونه |
|------|--|--------------------|---|-----------------------------------|----------------|
| | | | (مرز فشرده و غیرفشرده) λ_p | (مرز غیرفشرده و لاغر) λ_r | |
| ۱۵ | جان مقاطع I شکل با دو محور تقارن و جان مقاطع ناودانی | h/t_w | $3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۱۶ | جان مقاطع I شکل با یک محور تقارن | h_o/t_w | $\frac{h_c \sqrt{\frac{E}{F_y}}}{(0.54 \frac{M_p}{M_y} - 0.09)^2} \leq \lambda_r$ | $5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۱۷ | بال‌های مقطع قوطی شکل (HSS) | b/t | $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۱۸ | ورق‌های پوششی و ورق‌های دیافراگم در حدفاصل خطوط جوش یا پیچ | b/t | $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۱۹ | جان‌های مقاطع توخالی مستطیل شکل (HSS) و جعبه‌ای | h/t | $2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |
| ۲۰ | مقاطع دایره‌ای توخالی | D/t | $0.07 \frac{E}{F_y}$ | $0.31 \frac{E}{F_y}$ | |
| ۲۱ | بال‌های مقاطع جعبه‌ای ساخته شده از ورق | b/t | $1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | $1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ | |

۱۰-۲-۲-۵: سطح مقطع کل و سطح مقطع خالص اعضا

الف) سطح مقطع کل عضو (A_g) برابر با مجموع سطح مقطع اجزای تشکیل دهنده آن و سطح مقطع هر جزء برابر با حاصل ضرب پهنای کل در ضخامت آن است. برای نیمرخ نبشی، پهنای کل عبارت است از مجموع پهنای دو بال منهای ضخامت بال. (ص ۵۸)

ب) سطح مقطع خالص عضو (A_n) برابر با مجموع حاصل ضرب‌های پهنای خالص اعضا در ضخامت مربوطه است. پهنای خالص عبارت است از پهنای کل منهای قطر سوراخ‌های عضو که به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود. (ص ۵۸)

۱- عرض سوراخ پیچ باید به اندازه دو میلی‌متر بزرگتر از ابعاد اسمی سوراخ منظور شود. ابعاد اسمی سوراخ در بخش ۱۰-۲-۹ تعریف شده است. (ص ۵۸)

۲- اگر سوراخ‌های متعددی به شکل زنجیره (به صورت قطری یا زیگزاگ) در مسیر مقطع بحرانی احتمالی قرار داشته باشند، برای محاسبه پهنای خالص باید از پهنای کل مورد بررسی، مجموع قطر سوراخ‌های مسیر زنجیره را کم و به آن برای هر ردیف گام مورب در زنجیره، یک مرتبه جمله $s^2/4g$ را اضافه کرد که در آن، در زنجیره موردنظر: (ص ۵۸)

$$s = \text{فاصله مرکز تا مرکز هر دو سوراخ متوالی در امتداد طولی (راستای نیرو)}$$

$$g = \text{فاصله مرکز تا مرکز هر دو سوراخ متوالی در امتداد عرضی (راستای عمود بر امتداد نیرو)}$$

۳- در مقطع نبشی گام عرضی برای سوراخ‌های واقع در روی دو بال متعامد، عبارت خواهد از جمع فواصل سوراخ‌ها تا پشت نبشی منهای ضخامت آن. (ص ۵۸)

تبصره ۱: مقطع خالص بحرانی، مقطعی است که در آن نسبت مقاومت کششی موردنیاز به مقاومت کششی موجود حداکثر باشد. (ص ۵۸)
 تبصره ۲: در مواردی که در یک اتصال جوشی، سوراخ یا سوراخ‌هایی تعبیه شده باشد (نظیر تعبیه سوراخ جهت استفاده از جوش انگشتانه یا کام)، سطح مقطع خالص عضو باید از مقطعی که از محل سوراخ یا سوراخ‌ها می‌گذرد، مورد محاسبه قرار گیرد. به عبارت دیگر، در مقطعی که یک جوش انگشتانه یا کام قطع شود، فلز جوش نباید در محاسبه سطح مقطع خالص عضو منظور شود. (ص ۵۸)

۱-۲-۳ الزامات طراحی اعضا برای نیروی کششی

۱-۲-۳-۲ محدودیت لاغری در اعضای کششی

نسبت لاغری حداکثر اعضای کششی $(L/\Gamma)_{max}$ نباید از ۳۰۰ بیشتر باشد. برای قلاب‌ها و میل مهارهای کششی که دارای پیش تنیدگی اولیه به میزان کافی باشند، به طوری که پس از ایجاد کشش اولیه، عضو به حالت مستقیم درآید، رعایت محدودیت لاغری الزامی نیست. (ص ۶۰)

۱-۲-۳-۳ سطح مقطع خالص مؤثر در محل اتصالات و وصله‌های اعضای کششی

در محل اتصالات و وصله‌های اعضای کششی، سطح مقطع خالص مؤثر به شرح زیر تعریف می‌شود: (ص ۶۰)

$$A_e = UA_n \quad (1-3-2-10)$$

در رابطه فوق:

A_n = سطح مقطع خالص عضو (سطح مقطع کل منهای سطح مقطع سوراخ‌ها یا شکاف‌ها). اگر سوراخ‌های متعددی به شکل زنجیر (به صورت قطری یا زیگزاگ) در مسیر مقطع بحرانی احتمالی قرار داشته باشند، برای محاسبه پهنای خالص باید از پهنای کل مورد بررسی، مجموع قطر سوراخ‌های مسیر زنجیره را کم و به آن برای هر ردیف گام مورب در زنجیره، یک مرتبه جمله $s^2/4g$ را اضافه کرد. (ص ۶۰)
 A_e = سطح مقطع خالص مؤثر عضو

U = ضریب تأخیر برش مطابق جدول ۱-۳-۲-۱۰.

در مقاطع باز (نظیر مقاطع I ، L ، U ، T و ...) مقدار ضریب تأخیر برش لازم نیست از نسبت سطح مقطع قسمت‌های اتصال یافته به سطح مقطع کل کمتر در نظر گرفته شود. این الزام در مورد مقاطع بسته (نظیر مقاطع قوطی شکل نوردشده و مقاطع جعبه‌ای ساخته شده از ورق) کاربرد ندارد. (ص ۶۰)

جدول ۱-۳-۲-۱۰: ضریب تأخیر برش (U) در محل اتصالات و وصله‌های اعضای کششی (ص ۶۱)

| حالت | شرح | ضریب تأخیر برش، U | مثال‌های نمونه |
|------|---|---|----------------|
| ۱ | کلیه اعضای کششی که در آن‌ها بار به وسیله پیچ، یا جوش مستقیماً به کلیه اجزای مقطع منتقل گردد (به‌غیر از حالت‌های ۴، ۵ و ۶). | $U = 1$ | |
| ۲ | کلیه اعضای کششی (به‌غیر از تسمه‌ها و مقاطع قوطی و لوله‌ای) که در آن‌ها بار به وسیله پیچ یا ترکیبی از جوش طولی و عرضی توسط قسمتی از اجزای مقطع (و نه تمام آن) منتقل گردد. برای مقاطع I شکل نوردشده و سپری T بریده‌شده از آن‌ها و نیز نیمرخ‌های I شکل بال‌پهن، استفاده از مقادیر حالت ۲ این جدول نیز مجاز است. همچنین برای نبشی‌ها استفاده از حالت ۸ این جدول نیز مجاز است. | $U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ | |
| ۳ | کلیه اعضای کششی که در آن‌ها بار به وسیله فقط جوش عرضی و توسط قسمتی از اجزای مقطع (و نه تمام آن) منتقل گردد. | $U = 1$ A_n = سطح مقطع قسمت (یا قسمت‌های) اتصال یافته | |
| ۴ | ورق‌ها (تسمه‌های کششی)، نبشی‌ها، ناودانی‌ها و مقاطع I شکل با قطعات متصل‌شونده که در آن‌ها نیروی کششی فقط از طریق جوش‌های طولی در دو لبه موازی (در انتهای قطعه) منتقل می‌شود. | $U = \frac{(3I^2)}{(3I^2 + W^2)} (1 - \frac{\bar{x}}{l})$ مقدار \bar{x} براساس حالت ۲ این جدول تعیین می‌شود. | |
| ۵ | در مقاطع لوله‌ای با یک ورق اتصال هم‌محور که در آن طول جوش‌ها نباید از قطر لوله کمتر باشد. | $U = \left(1 + \left(\frac{\bar{x}}{l}\right)^{3.2}\right)^{-10}$ $\bar{x} = \frac{R \cdot \sin \theta}{\theta} - \frac{1}{2} t_p$ | |



| حالت | شرح | ضریب تأخیر برش، U | مثال های نمونه |
|------|---|---|----------------|
| ۶ | چنانچه اتصال تنها به کمک یک ورق هم محور صورت گیرد که در آن طول جوش ها نباید از H کمتر باشد. | $U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$ $\bar{x} = b - \frac{2b^2 + tH - 2t^2}{2H + 4b - 4t}$ | |
| | چنانچه اتصال به کمک دو ورق اتصال و در دو وجه مقابل صورت گیرد که در آن طول جوش ها نباید از H کمتر باشد. | $l \geq H$ $U = \left(\frac{3l^2}{3l^2 + H^2} \right) \left(1 - \frac{\bar{x}}{l} \right)$ $\bar{x} = \frac{B^2}{4(B+H)}$ | |
| ۷ | در اتصالات پیچی در صورتی که اتصال از طریق بال ها برقرار شده و حداقل سه وسیله امتداد تأثیر نیرو موجود باشد. | $b_f \geq \frac{2}{3}d \Rightarrow U = 0.9$ $b_f < \frac{2}{3}d \Rightarrow U = 0.85$ | |
| | در اتصالات پیچی در صورتی که اتصال از طریق جان برقرار شده و حداقل چهار وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد. | $U = 0.7$ | |

| حالت | شرح | ضریب تأخیر برش، U | مثال های نمونه |
|------|---|---------------------|----------------|
| ۸ | در نیمرخ های نبشی تک و دوپل در صورتی که توسط یک بال متصل شده باشند، استفاده از مقادیر بزرگ تر از حالت ۲ مجاز است. (بزرگ ترین مقدار به دست آمده از حالت ۲ و این مقدار به عنوان مقدار U در نظر گرفته می شود). | $U = 0.8$ | |
| | چنانچه سه وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد، اگر تعداد وسیله اتصال هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو کمتر از ۳ باشد، آنگاه مقدار U باید از طریق حالت ۲ این جدول تعیین شود. | $U = 0.6$ | |

در این جدول:

l = طول اتصال در امتداد نیرو، مساوی فاصله اولین و آخرین پیچ در اتصال پیچی و طول جوش در اتصال جوشی

[۱] \bar{x} = خروج از مرکزیت اتصال (فاصله عمودی مرکز اتصال تا مرکز هندسی بخشی از عضو که نیروی آن توسط این اتصال منتقل می گردد).

[۲] $l = \frac{l_1 + l_2}{2}$ که در آن، l_1 و l_2 نباید از ۴ برابر بعد جوش کمتر باشد.

۱۰-۲-۳-۴ مقاومت کششی (ص ۶۳)

در اعضای کششی، مقاومت کششی طراحی ($\phi_t P_n$) و مقاومت کششی مجاز (P_n / Ω_t) باید به شرح زیر برابر کوچک ترین مقدار محاسبه شده براساس حالت های حدی تسلیم کششی در مقطع کل (A_g) و گسیختگی کششی در مقطع خالص عضو (A_n) در خارج از ناحیه اتصال و نیز مقطع خالص مؤثر (A_e) در محل اتصال در نظر گرفته شود:

$$P_n = F_y A_g$$

(۱۰-۲-۳-۴)

$$\phi_t = 0.9 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega_t = 1.67 \text{ (ASD)}$$

ب) براساس گسیختگی کششی در مقطع خالص عضو و در خارج از ناحیه اتصال عضو کششی: (ص ۶۴)

$$P_n = F_u A_n \quad (۱۰-۲-۳)$$

$$\phi_t = ۰.۷۵ \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega_t = ۲.۰۰ \text{ (ASD)}$$

پ) براساس گسیختگی کششی در مقطع خالص مؤثر عضو در محل اتصال عضو کششی: (ص ۶۴)

$$P_n = F_u A_e \quad (۱۰-۲-۴)$$

$$\phi_t = ۰.۷۵ \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega_t = ۲.۰۰ \text{ (ASD)}$$

در روابط فوق: (ص ۶۴)

A_g = سطح مقطع کل

A_n = سطح مقطع خالص

A_e = سطح مقطع خالص مؤثر

F_y = تنش تسلیم مشخصه فولاد

F_u = تنش کششی نهایی مشخصه فولاد

۱۰-۲-۳-۵ اعضای کششی ساخته شده از چند نیمرخ یا نیمرخ و ورق (اعضای مرکب) (ص ۶۴)

در طراحی اعضای کششی مرکب از چند نیمرخ یا نیمرخ و ورق الزامات زیر باید تأمین شوند: (ص ۶۴)

الف) چنانچه در یک مقطع مرکب تحت کشش، ورق‌های متصل به یک نیمرخ فولادی یا به یک ورق دیگر توسط نوارهای جوش منقطع به یکدیگر متصل شوند، فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع در امتداد طولی عضو نباید از مقادیر زیر بیشتر شود: (ص ۶۴)

- در قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی‌شوند ولی احتمال زنگ‌زدگی و خوردگی ندارند، ۲۴ برابر ضخامت نازک‌ترین ورق یا ۳۰۰ میلی‌متر (ص ۶۴)

- در قطعات رنگ نشده‌ای که تحت اثر خوردگی ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، ۱۴ برابر ضخامت نازک‌ترین ورق یا ۱۸۰ میلی‌متر (ص ۶۴)

ب) چنانچه در یک مقطع مرکب تحت کشش، ورق‌های متصل به یک نیمرخ فولادی یا به یک ورق دیگر توسط پیچ به یکدیگر متصل شوند، حداقل و حداکثر فاصله مرکز سوراخ‌ها تا لبه قطعات متصل شونده و نیز حداقل و حداکثر فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها باید الزامات بخش ۱۰-۲-۹ را تأمین نمایند. (ص ۶۴)

پ) در اعضای کششی که از دو یا تعداد بیشتری نیمرخ یا ورق تشکیل می‌شوند و بین آن‌ها به فواصلی قطعات لقمه قرار گرفته و در این نقاط به یکدیگر متصل می‌شوند، فاصله بین لقمه‌ها باید طوری انتخاب شود که نسبت لاغری هر یک از اجزای تشکیل دهنده عضو در فاصله آزاد از ۳۰۰ بیشتر نباشد. (ص ۶۵)

ت) در اعضای کششی که از دو یا تعداد بیشتری نیمرخ در تماس با یکدیگر تشکیل می‌شوند، فاصله مرکز تا مرکز پیچ‌ها یا فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع باید طوری انتخاب شود که نسبت لاغری هر یک از اجزای تشکیل دهنده عضو در فاصله آزاد از ۳۰۰ بیشتر نباشد. بعلاوه، فاصله مرکز تا مرکز وسایل اتصال یا فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع نباید از ۶۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. (ص ۶۵)

ث) در اعضای کششی مرکب، به کار بردن ورق‌های پوششی مشبک در وجوه باز نیمرخ مرکب مجاز است. ضخامت ورق‌های پوششی مشبک نباید کمتر از $\frac{1}{5}$ فاصله بین خطوط جوش یا قیدهایی باشد که آن‌ها را به اجزای عضو متصل می‌کند. فاصله مرکز تا مرکز وسایل اتصال یا فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع در امتداد طولی ورق مشبک نباید از میلی‌متر بیشتر باشد. (ص ۶۵)

ج) در اعضای کششی مرکب، به کار بردن بست‌های موازی در وجوه باز نیمرخ مرکب مجاز است. پهنای بست‌های موازی در امتداد طولی عضو باید حداقل به اندازه $\frac{2}{3}$ فاصله بین خطوط جوش یا قیدهایی باشد که آن‌ها را به اجزای عضو متصل می‌کند. ضخامت بست‌های موازی نباید کمتر از $\frac{1}{5}$ فاصله مذکور باشد. فاصله مرکز تا مرکز بست‌های موازی باید طوری انتخاب شود که نسبت لاغری هر یک از اجزای تشکیل دهنده عضو در این فاصله از ۳۰۰ بیشتر نباشد. (ص ۶۵)

۱۰-۲-۴ الزامات طراحی اعضا برای نیروی فشاری

۱۰-۲-۴-۱ الزامات عمومی

اعضای فشاری می‌توانند از نیمرخ تک، نیمرخ‌های مرکب و نیمرخ‌های ساخته شده از ورق یا ترکیبی از ورق و نیمرخ باشند. (ص ۶۶)

در روش LRFD مقاومت فشاری طراحی اعضا برابر $\phi_c P_n$ و در روش ASD مقاومت فشاری مجاز اعضا برابر P_n / Ω_c است. P_n مقاومت فشاری اسمی است که باید برابر کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده بر اساس حالت‌های حدی کمانش خمشی، کمانش پیچشی و کمانش خمشی-پیچشی (حسب مورد) در نظر گرفته شود. در طراحی اعضای فشاری مقدار ϕ_c برابر ۰/۹ و مقدار Ω_c برابر ۱/۶۷ است.

حالت‌های حدی حاکم بر طراحی اعضای فشاری براساس شکل مقطع، مطابق جدول ۱۰-۴-۲-۱۰ انتخاب می‌شود. (ص ۶۶)

جدول ۱۰-۲-۴-۱: حالت یا حالت‌های حدی حاکم بر طراحی اعضای فشاری برای مقاطع مختلف (ص ۶۷)

| ردیف | نوع مقطع | شکل مقطع | حالت یا حالت‌های حدی حاکم بر طراحی برای مقاطع بدون اجزای لاغر | بند مربوطه | حالت یا حالت‌های حدی حاکم بر طراحی برای مقاطع دارای اجزای لاغر | بند مربوطه |
|------|--|----------|---|----------------------------------|--|----------------------|
| ۱ | مقاطع I شکل دارای دو محور تقارن | | - کماتش خمشی حول هر یک از محوره‌های اصلی مقطع - کماتش پیچشی حول طولی عضو | ۳-۴-۲-۱۰ ۴-۴-۲-۱۰ | - کماتش موضعی - کماتش خمشی حول هر یک از محوره‌های اصلی مقطع - کماتش پیچشی حول محور طولی عضو | ۷-۴-۲-۱۰ |
| ۲ | مقاطع I شکل با یک محور تقارن و مقاطع ناپودانی | | - کماتش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کماتش خمشی-پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو | ۳-۴-۲-۱۰ ۴-۴-۲-۱۰ | - کماتش موضعی - کماتش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کماتش خمشی-پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو | ۷-۴-۲-۱۰ |
| ۳ | مقاطع صلیبی یا ساخته‌شده (مرکبی) دارای دو محور تقارن | | - کماتش خمشی حول هر یک از محوره‌های اصلی مقطع - کماتش پیچشی حول محور طولی عضو | ۳-۴-۲-۱۰ ۴-۴-۲-۱۰ ۶-۴-۲-۱۰ | - کماتش موضعی - کماتش خمشی حول هر یک از محوره‌های اصلی مقطع - کماتش پیچشی حول محور طولی عضو | ۷-۴-۲-۱۰ ۶-۴-۲-۱۰ |
| ۴ | مقاطع توخالی مستطیلی شکل | | - کماتش خمشی حول محوره‌های اصلی مقطع | ۳-۴-۲-۱۰ | - کماتش موضعی - کماتش خمشی حول محوره‌های اصلی مقطع | ۷-۴-۲-۱۰ |
| ۵ | مقاطع توخالی دایره‌ای شکل | | - کماتش خمشی حول هر محور دایره‌ای مقطع | ۳-۴-۲-۱۰ | - کماتش موضعی - کماتش خمشی حول هر محور دایره‌ای مقطع | ۷-۴-۲-۱۰ |

مبحث ۱۰

| ردیف | نوع مقطع | شکل مقطع | حالت یا حالت‌های حدی حاکم بر طراحی برای مقاطع بدون اجزای لاغر | بند مربوطه | حالت یا حالت‌های حدی حاکم بر طراحی برای مقاطع دارای اجزای لاغر | بند مربوطه |
|------|--|----------|---|----------------------------------|--|----------------------|
| ۶ | مقاطع سیری | | - کماتش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کماتش خمشی-پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو | ۳-۴-۲-۱۰ ۴-۴-۲-۱۰ | - کماتش موضعی - کماتش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کماتش خمشی-پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو | ۷-۴-۲-۱۰ |
| ۷ | مقاطع مرکب از دو نیمرخ نبشی پشت‌به‌پشت | | - کماتش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کماتش خمشی-پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو | ۳-۴-۲-۱۰ ۴-۴-۲-۱۰ ۶-۴-۲-۱۰ | - کماتش موضعی - کماتش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کماتش خمشی-پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو | ۷-۴-۲-۱۰ ۶-۴-۲-۱۰ |
| ۸ | مقاطع نبشی تک | | - کماتش خمشی - کماتش خمشی-پیچشی | ۵-۴-۲-۱۰ | - کماتش موضعی - کماتش خمشی - کماتش خمشی-پیچشی | ۷-۴-۲-۱۰ |
| ۹ | مقاطع نوپر | | - کماتش خمشی حول محوره‌های اصلی | ۳-۴-۲-۱۰ | موضوعیت ندارد | - |
| ۱۰ | مقاطع بدون محور تقارن غیر از نبشی‌های تک | | - کماتش خمشی-پیچشی حول محوره‌های اصلی مقطع و محور طولی عضو | ۴-۴-۲-۱۰ | - کماتش موضعی - کماتش خمشی-پیچشی حول محوره‌های اصلی مقطع و محور طولی عضو | ۷-۴-۲-۱۰ |

۱۰-۲-۴-۲ نسبت لاغری

ضریب طول مؤثر (K) برای محاسبه نسبت لاغری اعضا $(\frac{KL}{r})$ و محاسبه مقاومت اسمی آن‌ها، باید مطابق با ضوابط بخش ۱۰-۲-۱۰ این مبحث تعیین شود که در آن: (ص ۶۸)

$L =$ طول مهار نشده عضو حول محور کمانش موردنظر

$r =$ شعاع ژیراسیون مقطع عضو حول محور کمانش موردنظر

نسبت لاغری $(\frac{KL}{r})$ ، اعضایی که برای تحمل نیروی محوری فشاری طراحی می‌شوند، نباید از ۲۰۰ بیشتر شود. (ص ۶۹)

۱۰-۲-۴-۳ مقاومت فشاری اسمی براساس کمانش خمشی در اعضای با مقطع بدون اجزای لاغر

مقاومت فشاری اسمی (P_n) اعضای فشاری با مقطع دارای یک یا دو محور تقارن بدون اجزای لاغر براساس کمانش خمشی حول محور موردنظر با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود: (ص ۶۹)

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (10-2-4-1)$$

که در آن: (ص ۶۹)

$A_g =$ سطح مقطع کلی عضو

$F_{cr} =$ تنش فشاری ناشی از کمانش خمشی که از روابط زیر به دست می‌آید:

الف) اگر $\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (یا $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$) باشد:

$$F_{cr} = (0.658 \frac{F_y}{F_e}) F_y \quad (10-2-4-2)$$

ب) اگر $\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (یا $\frac{F_y}{F_e} > 2.25$) باشد: (ص ۶۹)

$$F_{cr} = 0.877 F_e \quad (10-2-4-3)$$

در روابط فوق: (ص ۶۹)

$\frac{KL}{r} =$ نسبت لاغری عضو حول محور کمانش موردنظر

$F_y =$ تنش تسلیم مشخصه فولاد

$E =$ مدول الاستیسیته فولاد

$K =$ ضریب طول مؤثر حول محور کمانش موردنظر مطابق ضوابط بخش ۱۰-۲-۱۰

$L =$ طول مهارنشده عضو حول محور کمانش موردنظر

$r =$ شعاع ژیراسیون مقطع عضو حول محور کمانش موردنظر (ص ۶۹)

$F_e =$ تنش کمانش الاستیک که مقدار آن عبارت است از: (ص ۷۰)

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(\frac{KL}{r})^2} \quad (10-2-4-4)$$

۱۰-۲-۴-۵ اعضای با مقطع نبشی تک

مقاومت فشاری اسمی (P_n) اعضای فشاری با مقطع نبشی تک باید براساس کوچک‌ترین مقدار به‌دست‌آمده از حالت‌های حدی کمانش خمشی مطابق الزامات بند ۱۰-۲-۴-۳ (چنانچه دارای اجزای لاغر نباشند) یا مطابق الزامات بند ۱۰-۲-۴-۷ (چنانچه دارای

اجزای لاغر باشند) و حالت حدی کمانش خمشی-پیچشی مطابق الزامات بند ۱۰-۲-۴-۷ فقط برای حالتی که $\frac{b}{t} > 0.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

باشد، در نظر گرفته شود (b پهنا و t ضخامت ساق نبشی است) (ص ۷۲)

نبشی‌هایی که به‌صورت برون‌محور بارگذاری می‌شوند، در صورتی که شرایط زیر برقرار باشند، در طراحی می‌توان از برون‌محوری آن‌ها صرف‌نظر کرد.

(۱) نیروی محوری نبشی از دو انتهای آن و فقط از طریق یک ساق اعمال گردد.

(۲) اتصال دو انتهای عضو به کمک جوش یا حداقل دو پیچ انجام شود.

(۳) هیچ‌گونه بار عرضی میانی بر عضو اعمال نگردد.

۱۰-۲-۴-۶ محدودیت‌های ابعادی

محدودیت‌های ابعادی نیمرخ‌های اعضای فشاری ساخته شده به شرح زیر هستند: (ص ۷۵)

الف) هر یک از نیمرخ‌های اعضای فشاری ساخته شده (مرکب) باید در فاصله a به یکدیگر متصل باشند، به نحوی که ضریب لاغری مؤثر هر یک از

نیمرخ‌ها (α/r_i) در این فاصله از $\frac{1}{4}$ نسبت لاغری تعیین‌کننده کل عضو ساخته شده بیشتر نشود. در این محاسبه، شعاع ژیراسیون حداقل هر

نیمرخ است. (ص ۷۵)

ت) چنانچه عضو فشاری ساخته شده از نیمرخها و ورقهای سراسری تشکیل شده باشد. در ناحیه میانی فواصل طولی محور به محور بین پیچها یا فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع باید به نحوی انتخاب شود که مقاومت لازم تأمین گردد. حداقل و حداکثر فاصله مرکز سوراخها تا لبه قطعات متصل شونده و نیز حداقل و حداکثر فاصله مرکز تا مرکز سوراخها باید الزامات بخش ۱۰-۲-۹ را تأمین نماید. همچنین حداکثر فاصله خالص بین جوشهای منقطع و فاصله مرکز تا مرکز سوراخها نباید از مقادیر زیر بیشتر شود: (ص ۷۶)

$$(۱) \quad 0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{برابر ضخامت ورق خارجی و حداکثر } 300 \text{ میلیمتر برای حالتی که اتصالات در خطوط اتصال مجاور در حالت پس و پیش نباشند (روبروی هم باشند). (ص ۷۶)}$$

$$(۲) \quad 1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \text{برابر ضخامت ورق خارجی و حداکثر } 450 \text{ میلیمتر برای حالتی که اتصالات در خطوط اتصال مجاور به حالت پس و پیش قرار گیرند. (ص ۷۶)}$$

ث) چنانچه عضو فشاری از نیمرخها و ورقهای سوراخدار تشکیل شده باشند، در صورتی که ضوابط زیر رعایت شده باشند، بخشی از پهنای این ورقها (پهنای کلی ورق سوراخدار منهای عرض سوراخ) به همراه سطح مقطع نیمرخها می تواند به عنوان سطح مقطع خالص جهت کمک به تأمین مقاومت موجود در نظر گرفته شود: (ص ۷۶)

$$(۱) \quad \text{نسبت پهنای کلی ورق سوراخدار به ضخامت آن از } 1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ کمتر باشد.}$$

$$(۲) \quad \text{نسبت طول سوراخ (در راستای تنش) به عرض سوراخ از } 2 \text{ بیشتر نباشد.}$$

$$(۳) \quad \text{فاصله خالص بین سوراخها در راستای تنش از فاصله عرضی متصل کنندهها کمتر نباشد.}$$

$$(۴) \quad \text{شعاع پیرامون سوراخها در تمامی نقاط حداقل } 40 \text{ میلیمتر باشد.}$$

ج) چنانچه عضو فشاری از نیمرخها و بستهای مورب تشکیل شده باشد، ضوابط زیر باید رعایت شوند: (ص ۷۷)

۱) بستهای مورب در انتهای عضو فشاری باید به ورق بست انتهایی ختم شوند. در قسمت‌های میانی عضو در صورتی که نظم بستهای مورب به هم خورده باشد، باید ورقهای اتصال به تیر تعبیه گردد. طول ورقهای بست انتهایی (در امتداد طولی عضو) باید حداقل برابر فاصله مراکز هندسی نیمرخهای تشکیل دهنده عضو فشاری باشد و طول ورقهای اتصال به تیر باید فضای کافی برای برقراری اتصال را داشته باشد. (ص ۷۷)

ضخامت ورقهای انتهایی و ورقهای اتصال به تیر باید طوری انتخاب شوند که مقاومت کافی در برابر نیروهای منتقل شده از طرف عضو فشاری به کف ستون و از طرف تیر مهاربندی به ستون را دارا باشند. در هر حال ضخامت ورقهای انتهایی و ورقهای اتصال به تیر نباید از $b/50$ کمتر باشد که در آن b برابر پهنای ورق انتهایی و ورق اتصال در اتصالات جوشی و برابر فاصله عرضی وسایل اتصال در اتصالات پیچی است. (ص ۷۷)

پهنای ورقهای انتهایی و ورقهای اتصال باید حداقل برابر فاصله بین مراکز هندسی نیمرخهای تشکیل دهنده عضو فشاری باشد. (ص ۷۷)

اگر وسایل اتصال ورقهای انتهایی و ورقهای اتصال به تیر از نوع پیچی باشد، فاصله این وسایل از یکدیگر در امتداد طولی عضو فشاری (امتداد تنش) نباید از ۶ برابر قطر آنها بیشتر شود. در هر ورق انتهایی و ورق اتصال به تیر باید حداقل ۳ عدد پیچ تعبیه شود. در هر حال، تعداد و قطر پیچها باید طوری انتخاب شوند که مقاومت کافی در برابر نیروی منتقل شده از طرف عضو فشاری به کف ستون و از طرف تیر و مهاربندی به ستون را دارا باشند. (ص ۷۷)

اگر وسیله اتصال ورقهای انتهایی و ورقهای اتصال به تیر از نوع جوشی باشد، دورتادور این ورقها باید به عضو فشاری جوش شود. ضخامت جوش اتصال به عضو فشاری باید طوری انتخاب شود که مقاومت کافی در برابر نیروی منتقل شده به عضو فشاری را دارا باشد. (ص ۷۸)

۲) بستهای مورب را می توان از تسمه، نبشی، ناودانی یا مقطع مناسب دیگر انتخاب کرد. همانند نیمرخهای کلیه اعضای فشاری ساخته شده، بستهای مورب را باید طوری قرار داد که نسبت لاغری مؤثر هر یک از نیمرخهای عضو فشاری در فاصله بین اتصالات بستهای مورب به عضو فشاری، الزامات بند (الف) از محدودیت‌های ابعادی اعضای فشاری ساخته شده (مرکب) را تأمین نماید. (ص ۷۸)

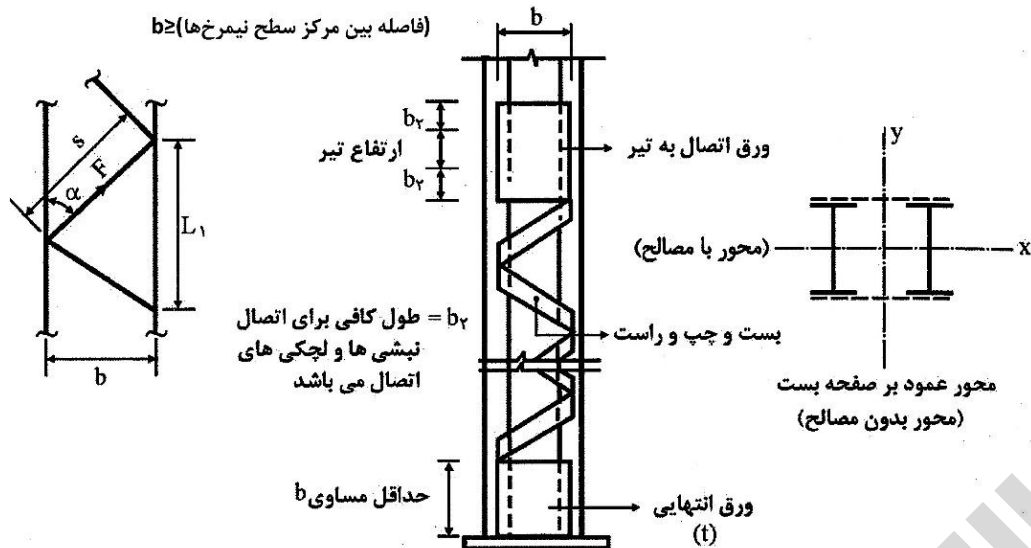
۳) مشخصات هندسی بستهای مورب شامل طول، مقطع و وسایل اتصال دو انتهای آنها به عضو فشاری، باید به گونه‌ای انتخاب شوند که منجر به تأمین مقاومت برشی لازم گردد. مقاومت برشی لازم برابر نیروی برشی عضو فشاری در اثر نیروهای خارجی بعلاوه معادل ۲ درصد مقاومت فشاری موجود در عضو در نظر گرفته می شود. (ص ۷۸)

۴) طول کمانش برای محاسبه نسبت لاغری بستهای مورب، در بستهای تکی برابر فاصله بین مرکز هندسی اتصالات (پیچ یا جوش) دو انتهای آنها به عضو فشاری و در بستهای مورب ضربدری ۷۰ درصد این فاصله به حساب می آید.

۵) نسبت لاغری بستهای مورب تک نباید از ۱۴۰ و نسبت لاغری بستهای مورب ضربدری نباید از ۲۰۰ بیشتر شود.

۶) زاویه محور طولی بستهای مورب نسبت به محور طولی عضو فشاری مرکب (α)، نباید کمتر از ۴۵ درجه برای بستهای مورب ضربدری و کمتر از ۶۰ درجه برای بستهای مورب تکی باشد. (ص ۷۸)

۷) اگر فاصله بین مرکز هندسی اتصالات دو انتهای بست بیش از ۴۰۰ میلیمتر باشد، ارجح است که بستها به صورت ضربدری در نظر گرفته شوند یا از نیمرخ مناسب (مانند نبشی یا ناودانی) طراحی شوند. (ص ۷۸)



شکل ۱۰-۲-۴-۳: عضو فشاری ساخته شده (مرکب) با بستهای مورب (ص ۷۹)

چ) چنانچه عضو فشاری ساخته شده، از نیمرخها و بستهای موازی تشکیل شده باشد، ضوابط زیر باید رعایت شوند:

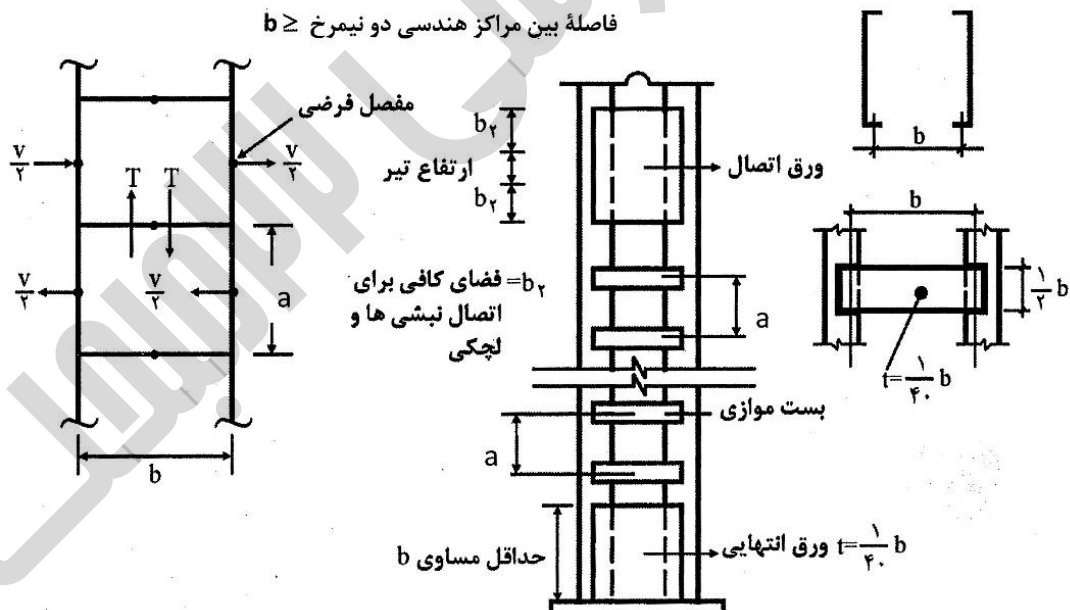
- ۱) همانند اجزای کلیه اعضای فشاری، فاصله بستها از یکدیگر باید به اندازه‌ای باشد که نسبت لاغری مؤثر هر یک از نیمرخهای عضو فشاری ساخته شده در فاصله بین مرکز تا مرکز دو بست متوالی، الزامات بند (الف) از محدودیت‌های ابعادی اعضای فشاری ساخته شده را تأمین نماید.
- ۲) استفاده از تسمه، نبشی یا هر مقطع مناسب دیگر به‌عنوان بست مجاز است، مشروط بر آن‌که کلیه محدودیت‌های عنوان شده در موردهای (۱) تا (۵) از بند (ج) همین قسمت در آن‌ها رعایت شده باشد. (ص ۷۹)

مبحث ۱۰

۳) مشخصات هندسی بست‌های موازی شامل طول، مقطع و وسایل اتصال دو انتهای آن‌ها به عضو فشاری، باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که منجر به تأمین مقاومت برشی لازم گردد. مقاومت برشی لازم باید برابر نیروی برشی عضو فشاری در اثر نیروهای خارجی بعلاوه ۲ درصد مقاومت فشاری موجود عضو در نظر گرفته شود. (ص ۷۹)

۴) بستهای موازی در انتهای عضو فشاری مورب و نیز در محل اتصال تیر به ستون باید محدودیت‌های عنوان شده در مورد (۱) از بند (ج) در خصوص ورق‌های انتهایی و ورق‌های اتصال را تأمین نماید. (ص ۸۰)

۵) طول بست‌های میانی نباید از $\frac{b}{4}$ کمتر باشد. (ص ۸۰)



شکل ۱۰-۲-۴-۴: عضو فشاری ساخته شده (مرکب) با بستهای موازی (ص ۸۰)

۱۰-۲-۵ الزامات طراحی اعضا برای لنگر خمشی

جدول ۱۰-۲-۱: انتخاب بند مربوط به تعیین مقاومت خمشی اسمی (ص ۸۴)

| بند مربوطه | مقطع | لاغری بال | لاغری جان | حالت حدی |
|------------|------|---------------------------|---------------------------|--|
| ۲-۵-۲-۱۰ | | فشرده | فشرده | تسلیم کمانش جانبی - پیچشی |
| ۳-۵-۲-۱۰ | | غیرفشرده لاغر | فشرده | کمانش جانبی - پیچشی کمانش موضعی بال |
| ۴-۵-۲-۱۰ | | فشرده غیرفشرده لاغر | فشرده غیرفشرده | تسلیم کمانش جانبی - پیچشی کمانش موضعی بال تسلیم کششی بال |
| ۵-۵-۲-۱۰ | | فشرده غیرفشرده لاغر | لاغر | تسلیم کمانش جانبی - پیچشی کمانش موضعی بال تسلیم کششی بال |
| ۶-۵-۲-۱۰ | | فشرده غیرفشرده لاغر | کاربرد ندارد | تسلیم کمانش موضعی بال |
| ۷-۵-۲-۱۰ | | فشرده غیرفشرده لاغر | فشرده غیرفشرده لاغر | تسلیم کمانش موضعی بال کمانش موضعی جان کمانش جانبی - پیچشی |

مبحث ۱۰

| بند مربوطه | مقطع | لاغری بال | لاغری جان | حالت حدی |
|------------|----------------------------------|---------------------------|--------------|---|
| ۸-۵-۲-۱۰ | | کاربرد ندارد | کاربرد ندارد | تسلیم کمانش موضعی |
| ۹-۵-۲-۱۰ | | فشرده غیرفشرده لاغر | کاربرد ندارد | تسلیم کمانش جانبی - پیچشی کمانش موضعی بال |
| ۱۰-۵-۲-۱۰ | | کاربرد ندارد | کاربرد ندارد | تسلیم کمانش جانبی - پیچشی کمانش موضعی ساق |
| ۱۱-۵-۲-۱۰ | | کاربرد ندارد | کاربرد ندارد | تسلیم کمانش جانبی - پیچشی |
| ۱۲-۵-۲-۱۰ | مقاطع نامستقرن به غیر از نبشی تک | کاربرد ندارد | کاربرد ندارد | کلیه حالت‌های حدی |

۱۰-۲-۵-۱ برای اعضا با مقطع دارای یک محور تقارن و با انحنای ساده و خمش حول محور قوی و برای کلیه اعضا با مقطع دارای دو محور تقارن، ضریب اصلاح کمانش جانبی- پیچشی (C_b) در نمودار لنگر خمشی غیریکنواخت در حدفاصل دو مقطع مهارشده از رابطه زیر تعیین می‌گردد و مقدار آن نباید بزرگتر از ۳.۰ در نظر گرفته شود: (ص ۸۶)

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 3.0 \quad (1-5-2-10)$$

که در آن: (ص ۸۶)

M_{max} = قدر مطلق لنگر خمشی حداکثر در حدفاصل دو مقطع مهارشده

M_A = قدر مطلق لنگر خمشی در نقطه $\frac{1}{4}$ طول مهارشده

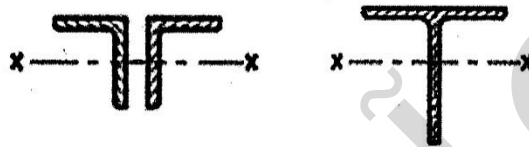
M_B = قدر مطلق لنگر خمشی در نقطه $\frac{1}{2}$ طول مهارشده

M_C = قدر مطلق لنگر خمشی در نقطه $\frac{3}{4}$ طول مهارشده

تبصره ۱: برای تیرهای طره‌ای که در تکیه‌گاه آن‌ها از تابیدگی مقطع جلوگیری شده و انتهای آزاد آن‌ها فاقد مهار جانبی باشد، C_b مساوی ۱/۰ است. (ص ۸۶)

۱۰-۲-۵-۹ مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع سپری و نبشی جفت با بارگذاری در صفحه تقارن

الزامات این بند مربوط است به تعیین مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع سپری و نبشی جفت که در صفحه تقارن بارگذاری شده‌اند (خمش حول محور X). (ص ۱۰۸)



بال یا بال‌ها: فشرده یا غیر فشرده یا لاغر، جان یا جان‌ها: فشرده یا غیر فشرده یا لاغر (ص ۱۰۸)

مقاومت خمشی اسمی (M_n) این نوع اعضا باید برابر کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده براساس حالت‌های حدی تسلیم، کمانش جانبی - پیچشی، کمانش موضعی بال و کمانش موضعی جان در نظر گرفته شود. (ص ۱۰۸)

الف) تسلیم

الف-۱) در صورتی که بال مقطع سپری یا نبشی جفت، فشاری باشد: (ص ۱۰۸)

$$M_n = M_p = F_y Z_x \leq 1.6 M_y \quad (62-5-2-10)$$

الف-۲) در صورتی که بال مقطع سپری، کششی باشد: (ص ۱۰۸)

$$M_n = M_y \quad (63-5-2-10)$$

الف-۳) در صورتی که بال مقطع نبشی جفت، کششی باشد:

$$M_n = 1.5 M_y \leq M_p \quad (64-5-2-10)$$

در روابط فوق: (ص ۱۰۹)

F_y = تنش تسلیم مشخصه فولاد

Z_x = اساس مقطع پلاستیک حول محور X (محور خمش)

$M_y = F_y S_x$ = لنگر تسلیم متناظر با تسلیم دورترین تار مقطع

۱۰-۲-۵-۱۳ تناسبات ابعادی مقطع اعضای خمشی (ص ۱۱۹)

ب) اعضای با مقطع اشکل

ب-۳) در اعضای بدون سخت‌کننده‌های عرضی نسبت h/t_w نباید از ۲۶۰ و نسبت دو برابر مساحت ناحیه تحت فشار جان به مساحت بال فشاری نباید از ۱۰ بیشتر شود. (ص ۱۲۱)

پ) ملاحظات ورق‌های پوششی در بال مقاطع اعضای خمشی

پ-۱) تقویت بال‌ها

بال مقاطع تیرهای نوردشده و تیرهای ساخته شده از ورق را می‌توان به کمک ورق‌های پوششی بال، تقویت نمود. در مواردی که اتصال ورق پوششی بال به بال مقاطع تیرها از نوع پیچی یا جوشی باشد، در هر بال مجموع سطح مقطع‌های ورق‌های پوششی نباید از ۷۰ درصد سطح مقطع کل بال (شامل ورق‌های پوششی) تجاوز نماید. (ص ۱۲۱)

پ-۳) قطع ورق‌های پوششی بال‌ها

ورق‌های پوششی که در تمام طول دهانه ادامه ندارند، باید بعد از نقطه قطع محاسباتی به طول مشخصی ادامه یافته و در این طول به وسیله پیچ‌های پرمقاومت با عملکرد لغزش بحرانی یا جوش گوشه به بال متصل شوند. این طول، طول‌گیری نامیده می‌شود. (ص ۱۲۲)

طول‌گیری باید به اندازه‌ای باشد که اتصال ورق پوششی در این طول قادر به انتقال برش افقی ناشی از مقاومت خمشی سهم ورق پوششی از مقاومت خمشی موردنیاز تیر در نقطه قطع محاسباتی ورق یا به‌طور محافظه‌کارانه قادر به انتقال برش افقی برابر حاصل‌ضرب مساحت ورق پوششی در تنش تسلیم مشخصه فولاد باشد. (ص ۱۲۲)

حداقل طول‌گیری (α) که از انتهای ورق پوششی اندازه‌گیری می‌شود، باید به شرح زیر در نظر گرفته شود:

۱) برابر پهنای ورق پوششی، در حالتی که جوش اتصال ورق پوششی به تیر در طول a ، پیوسته و بعد ساق آن حداقل سه‌چهارم ضخامت ورق پوششی بوده و در دو لبه کناری و لبه انتهایی ورق پوششی اجرا شود. (ص ۱۲۲)

۲) یک و نیم برابر پهنای ورق پوششی، در حالتی که بعد جوش پیوسته به طول a در دو لبه کناری ورق پوششی و در انتهای آن کمتر از سه‌چهارم ضخامت ورق تقویتی باشد. (ص ۱۲۲)

۳) دو برابر پهنای ورق پوششی، در حالتی که جوش پیوسته به طول α فقط در دو لبه کناری ورق وجود دارد و در لبه انتهایی جوش اجرا نمی‌شود. (ص ۱۲۲)

ث) اتصال جان به بال اعضای ساخته شده از ورق

اتصال جان به بال مقاطع ساخته شده از ورق باید از نوع جوشی بوده و بر مبنای برش افقی ناشی از تغییرات لنگر خمشی تیر و متناسب با شدت برش طراحی شوند. در صورت استفاده از جوش‌های منقطع، توزیع طولی آن‌ها باید متناسب با شدت برش باشد، لیکن فاصله آن‌ها نباید از حداقل مقادیر ارائه شده در بند ۱۰-۲-۳-۵ برای بال کششی و مقادیر ارائه شده در بند ۱۰-۲-۴-۶-۲ برای بال فشاری بیشتر شود. در هر حال بعد جوش گوشه نباید از بعد حداقل کمتر در نظر گرفته شود. در ضمن این جوش‌ها باید برای انتقال هر نیرویی که مستقیماً از طریق بال به جان منتقل می‌شود، طراحی گردند؛ مگر اینکه این نیرو به طریقی دیگر به جان انتقال یابد. (ص ۱۲۳)

۱۰-۲-۱۰ الزامات طراحی اعضا برای نیروی برشی

۱۰-۲-۶-۲-۱۰ سخت‌کننده‌های عرضی

در مواردی که $h/t_w \leq 2.54 \sqrt{k_v E / F_y}$ باشد، تعبیه سخت‌کننده‌های عرضی ضروری نیست. در صورتی که $h/t_w > 2.54 \sqrt{k_v E / F_y}$ بوده و برای تأمین مقاومت برشی اسمی استفاده از سخت‌کننده‌های عرضی مدنظر باشد، محدودیت‌های زیر باید مورد توجه قرار گیرند: (ص ۱۲۸)

الف) در صورتی که به عمل تماسی مستقیم بین قطعه سخت‌کننده و بال تیر، برای انتقال بارهای متمرکز یا عکس‌العمل تکیه‌گاهی نیاز نباشد، می‌توان سخت‌کننده عرضی را به بال کششی جوش نداده یا حتی می‌توان قطعه سخت‌کننده را نرسیده به بال کششی قطع کرد. در صورت عدم جوشکاری سخت‌کننده به بال کششی، جوش‌هایی که قطعه سخت‌کننده را به جان تیر متصل می‌کنند باید در فاصله‌ای نه کمتر از ۴ برابر و نه بیشتر از ۶ برابر ضخامت جان از بر جوش اتصال سخت‌کننده به جان و بال کششی ختم شوند. (ص ۱۲۸)

ب) سخت‌کننده‌های عرضی باید به بال فشاری متصل گردند تا از بلند شدن بال در اثر پیچش جلوگیری به عمل آید. (ص ۱۲۸)

پ) فاصله مرکز تا مرکز پیچ‌هایی که سخت‌کننده‌ها را به جان تیر متصل می‌کنند، نباید از ۳۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. چنانچه برای اتصال سخت‌کننده‌ها به جان تیر از جوش‌های گوشه منقطع استفاده شود، نباید فاصله آزاد بین جوش‌های منقطع از ۱۶ برابر ضخامت جان و ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر شود. (ص ۱۲۸)

۱۰-۲-۸-۱۰ الزامات طراحی اعضای مختلط (ص ۱۴۳)

۱۰-۲-۸-۱-۱۰ مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط

مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط براساس یکی از روش‌های زیر تعیین می‌گردد: (ص ۱۴۴)

- روش توزیع تنش پلاستیک
- روش سازگاری کرنش
- روش توزیع تنش الاستیک
- روش تنش کرنش مؤثر

در محاسبه مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط، از مقاومت کششی بتن صرف‌نظر می‌شود. آثار کمانش موضعی اجزای بخش فولادی در محاسبه مقاومت اسمی اعضای مختلط با مقطع فولادی پر شده با بتن باید مطابق ضوابط این بخش در نظر گرفته شود. در اعضای مختلط با مقطع مختلط محاط در بتن، لزومی به در نظر گرفتن آثار کمانش موضعی نیست. (ص ۱۴۴)

الف) روش توزیع تنش پلاستیک

در این روش مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط براساس فرضیات زیر محاسبه می‌شود: (ص ۱۴۴)

- ۱- تنش در اجزای بخش فولادی و میلگردها، هم در ناحیه فشاری و هم در ناحیه کششی به تنش یکنواخت F_y می‌رسد که در آن F_y تنش تسلیم اجزای بخش فولادی و میلگردها است. (ص ۱۴۴)
- ۲- تنش در اجزای بخش بتنی در ناحیه فشاری به تنش یکنواخت $f'_c \cdot 0.85$ می‌رسد که در آن f'_c تنش فشاری مشخصه نمونه استوانه‌ای بتن است. برای اعضای با مقطع مختلط دایره‌ای شکل توخالی که با بتن پر شده باشند، به دلیل محصورشدگی بتن توسط مقطع فولادی می‌توان تنش بتن در ناحیه فشاری را $f'_c \cdot 0.95$ در نظر گرفت (ص ۱۴۴)

ب) روش سازگاری کرنش

در این روش مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط با این فرض صورت می‌گیرد که تغییرات کرنش در مقطع مختلط به صورت خطی بوده به طوری که مقدار حداکثر کرنش در ناحیه فشاری اجزای بتنی برابر 0.003 باشد. روابط تنش-کرنش مصالح فولادی، میلگردها و بتنی باید براساس نتایج آزمایش تعیین گردد یا برای تعیین آن‌ها به نتایج منتشر شده برای مصالح توسط مدارک معتبر رجوع شود. روش سازگاری کرنش عموماً در تعیین مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط نامنظم و نیز در حالت‌هایی که اجزای فولادی مقطع دارای رفتار الاستو پلاستیک نیستند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. (ص ۱۴۵)

۱-۲-۸-۲-۱۰ محدودیت‌های مصالح در اعضای با مقطع مختلط

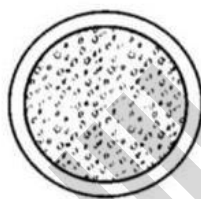
مشخصات مصالح بتنی، میلگرد و بخش فولادی اعضای با مقطع مختلط باید دارای شرایط زیر باشند: (ص ۱۴۵)

- ۱- برای محاسبه مقاومت موجود اعضای با مقطع مختلط، تنش فشاری مشخصه نمونه استوانه‌ای بتن (f'_c) برای بتن‌های با وزن مخصوص معمولی نباید از 20MPa کمتر و از 70MPa بیشتر و برای بتن‌های با وزن مخصوص سبک نباید از 20MPa کمتر و از 40MPa بیشتر باشد. مصالح بتنی با مقاومت بیشتر را می‌توان برای استفاده آن‌ها در سختی اعضا به کار برد، لیکن در محاسبه مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط نمی‌توان به آن تکیه کرد، مگر آنکه استفاده از آن‌ها توسط آزمایش یا تحلیل توجیه داشته باشد. (ص ۱۴۵)
- ۲- در محاسبه مقاومت موجود اعضای با مقطع مختلط، تنش تسلیم مشخصه بخش فولادی و میلگردها به ترتیب نباید بیشتر از 460 و 550 مگاپاسکال در نظر گرفته شوند. (ص ۱۴۵)

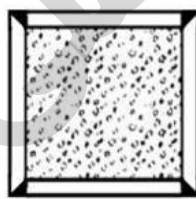
۱-۲-۸-۲-۱۰ اعضای محوری با مقطع مختلط

اعضای محوری با مقطع مختلط به دو گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

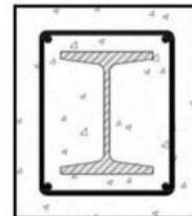
- الف) اعضای محوری با مقطع مختلط محاط در بتن که در آن مقطع فولادی نورد شده یا ساخته شده از ورق در بتن سازه‌ای محاط است (شکل ۱-۲-۸-۲-۱۰ الف). (ص ۱۴۸)
- ب) اعضای محوری با مقطع مختلط پر شده با بتن که در آن مقطع فولادی نورد شده یا ساخته شده از ورق و مقطع دایره‌ای شکل توخالی یا مقطع قوطی شکل (HSS) با بتن سازه‌ای پر شده است (شکل ۱-۲-۸-۲-۱۰ ب و پ).



پ) عضو محوری مختلط با مقطع دایره‌ای



ب) عضو محوری مختلط جعبه‌ای



الف) عضو محوری مختلط محاط در بتن

شکل ۱-۲-۸-۲-۱۰: اعضای محوری با مقطع مختلط (ص ۱۴۸)

۱-۲-۸-۲-۱۰ اعضای محوری با مقطع مختلط محاط در بتن

الف) محدودیت‌ها

اعضای محوری با مقطع مختلط محاط در بتن باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند: (ص ۱۴۹)

- ۱- سطح مقطع هسته فولادی باید حداقل یک درصد مساحت کلی مقطع مختلط باشد.
- ۲- پوشش بتنی هسته فولادی باید به کمک میلگردهای طولی و تنگ‌های عرضی یا مارپیچ مسلح شوند. حداقل قطر تنگ‌های عرضی 10 میلی‌متر است. چنانچه از تنگ عرضی با قطر 10 میلی‌متر استفاده شود، حداکثر فاصله مرکز تا مرکز تنگ‌ها در راستای طولی عضو محوری 300 میلی‌متر و چنانچه از تنگ‌های عرضی با قطر 12 میلی‌متر یا بیشتر استفاده شود، حداکثر فاصله مرکز تا مرکز تنگ‌ها 400 میلی‌متر است. در هر حال حداکثر فاصله تنگ‌های عرضی در راستای طولی نباید از نصف بعد کوچک‌تر مقطع مختلط بیشتر باشد. (ص ۱۴۹)
- ۳- نسبت مساحت میلگردهای طولی به مساحت کل مقطع مختلط (ρ_s) باید حداقل 0.004 باشد. (ص ۱۴۹)

$$\rho_s = \frac{A_{sr}}{A_g} \geq 0.004 \quad (1-2-8-2-10)$$

که در آن:

$$A_g = \text{سطح مقطع کل مقطع مختلط}$$

$$A_{sr} = \text{مجموع سطح مقطع آرماتورهای طولی}$$

(ب) مقاومت فشاری موجود

برای مقاطع مختلط محاط در بتن و دارای دو محور تقارن، مقاومت فشاری موجود در روش LRFD برابر $\phi_c P_n$ و در روش ASD برابر $\frac{P_n}{\Omega_c}$ است که در آن P_n مقاومت فشاری اسمی مقطع بوده و باید براساس حالت حدی کماتش خمشی با توجه به لاغری عضو به شرح زیر تعیین شود: (ص ۱۴۹)

$$\phi_c = 0.75 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega_c = 2.0 \text{ (ASD)}$$

$$(۱) \text{ برای } \frac{P_{no}}{P_e} \leq 2.25 \text{ (ص ۱۴۹)}$$

$$(۲-۸-۲-۱۰)$$

$$P_n = P_{no} \cdot 0.658 \frac{P_{no}}{P_e}$$

$$(۲) \text{ برای } \frac{P_{no}}{P_e} > 2.25 \text{ (ص ۱۵۰)}$$

$$(۳-۸-۲-۱۰)$$

$$P_n = 0.877 P_e$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0.85 f'_c A_c \text{ (ص ۱۵۰)}$$

$$P_e = \pi^2 \frac{(EI)_{eff}}{(KL)^2} \text{ (ص ۱۵۰)}$$

که در آن: (ص ۱۵۰)

$$A_c = \text{سطح مقطع بخش بتنی}$$

$$A_s = \text{سطح مقطع بخش فولادی}$$

E_c = مدول الاستیسیته بتن در این بخش می توان از رابطه $E_c = 0.043 w_c^{1.5} \sqrt{f'_c}$ محاسبه نمود. که در آن w_c جرم مخصوص بتن برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، f'_c مقاومت مشخصه فشاری نمونه استوانه ای بتن برحسب مگاپاسکال و E_c برحسب مگاپاسکال است. (ص ۱۵۰)

$(EI)_{eff}$ = صلبیت خمشی مؤثر مقطع مختلط مطابق رابطه زیر:

$$(EI)_{eff} = E_s I_s + E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c \text{ (ص ۱۵۰)}$$

که در آن C_1 ضریبی است که برای تعیین سختی مؤثر عضو فشاری با مقطع مختلط محاط در بتن از رابطه زیر تعیین می شود. (ص ۱۵۰)

$$C_1 = 0.25 + 3 \left[\frac{A_s + A_{sr}}{A_g} \right] \leq 0.7 \text{ (ص ۱۵۰)}$$

$$E_s = \text{مدول الاستیسیته فولاد (ص ۱۵۰)}$$

$$F_y = \text{تنش تسلیم مشخصه فولاد}$$

$$F_{ysr} = \text{تنش تسلیم مشخصه میلگردهای فولادی}$$

$$I_c = \text{ممان اینرسی بخش بتنی نسبت به محور خنثی الاستیک مقطع مختلط}$$

$$I_{sr} = \text{ممان اینرسی میلگردها نسبت به محور خنثی الاستیک مقطع مختلط}$$

$$K = \text{ضریب طول مؤثر عضو محوری فشاری مختلط}$$

$$L = \text{طول مهارنشده عضو محوری فشاری مختلط}$$

$$KL = L_c$$

$$w_c = \text{جرم مخصوص بتن برحسب کیلوگرم بر مترمکعب با محدودیت: (ص ۱۵۱)}$$

- برای بتن های با وزن مخصوص معمولی

- برای بتن های با وزن مخصوص سبک

$$2300 \text{ kg/m}^3 < w_c \leq 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$1400 \text{ kg/m}^3 \leq w_c \leq 2300 \text{ kg/m}^3$$

تبصره: مقاومت فشاری موجود اعضای مختلط محاط در بتن لزومی ندارد کمتر از مقاومت فشاری مقطع فولادی تنها در نظر گرفته شود.

(ص ۱۵۱)

(پ) مقاومت کششی

مقاومت کششی موجود اعضای محوری کششی با مقطع مختلط محاط در بتن در روش LRFD برابر $\phi_t P_n$ و در روش ASD برابر $\frac{P_n}{\Omega_t}$ است که در

آن P_n مقاومت کششی اسمی بوده و باید براساس حالت حدی تسلیم کششی از رابطه زیر تعیین شود: (ص ۱۵۱)

$$P_n = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} \text{ (ص ۱۵۰)}$$

که در آن F_y , A_s , A_{sr} و F_{ysr} در بند ۱۰-۸-۱-ب تعریف شده اند. (ص ۱۵۱)

(ت) انتقال بار

الزامات انتقال بار برای اعضای محوری با مقطع مختلط محاط در بتن باید با توجه به الزامات بند ۱۰-۲-۸-۶ تعیین گردد. (ص ۱۵۱)

(ث) جزئیات بندی اعضای محوری با مقطع مختلط محاط در بتن

۱- الزامات مربوط به پوشش بتن روی میلگردها و وصله میلگردها، فواصل میلگردها، از یکدیگر و خم میلگردها باید با توجه به الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تعیین گردد. (ص ۱۵۱)

(ث) جزئیات بندی اعضای محوری با مقطع مختلط محاط در بتن

۱- الزامات مربوط به پوشش بتن روی میلگردها، وصله میلگردها، فواصل میلگردها از یکدیگر و خم میلگردها باید با توجه به الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تعیین گردد. (ص ۱۵۱)

۲- فاصله آزاد بین میلگردها و مقطع فولادی باید از ۱/۵ برابر قطر میلگرد طولی و ۴۰ میلی متر بزرگتر باشد.

۳- به طور کلی در اعضای فشاری با مقطع مختلط محاط در بتن لزومی به در نظر گرفتن الزامات کماتش موضعی برای اجزای فولادی نیست، لیکن در صورتی که مقطع فولادی از دو یا تعداد بیشتری مقطع فولادی تشکیل شده باشد، مقاطع فولادی باید توسط بست که می تواند از تسمه، نبشی، ناودانی یا مقاطع دیگر باشد، به یکدیگر متصل شوند تا از کماتش هر یک از مقاطع فولادی به تنهایی در اثر بارهای وارد بر آنها قبل از سفت شدن بتن جلوگیری به عمل آید. (ص ۱۵۱)

۱۰-۲-۸-۲ اعضای محوری با مقطع مختلط پر شده با بتن

(الف) محدودیتها

اعضای محوری با مقطع مختلط پر شده با بتن باید محدودیت های زیر را برآورده نمایند: (ص ۱۵۲)

۱- مساحت بخش فولادی باید حداقل یک درصد مساحت کل مقطع مختلط باشد.

۲- نسبت پهنا به ضخامت در اجزای مقطع فولادی باید مطابق با الزامات بند ۱۰-۲-۸-۳ تعیین شود.

۳- در اعضای محوری با مقطع مختلط پر شده با بتن، لزومی به تأمین حداقل میلگرد طولی نبوده و در صورت استفاده از میلگردهای طولی نیازی به

تنگ های عرضی برای تأمین مقاومت نیست. (ص ۱۵۲)

۱۰-۲-۸-۳ اعضای خمشی با مقطع مختلط

اعضای خمشی با مقطع مختلط به سه گروه زیر طبقه بندی می شوند: (ص ۱۵۴)

(الف) اعضای خمشی با مقطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن به همراه برشگیر

(ب) اعضای خمشی با مقطع مختلط محاط در بتن

(پ) اعضای خمشی با مقطع مختلط پر شده با بتن

۱۰-۲-۸-۱ پهنای مؤثر و حداقل ضخامت دال بتنی

(الف) پهنای مؤثر

پهنای مؤثر دال بتنی برابر با مجموع پهنای مؤثر در هر طرف محور مقطع فولادی بوده و با تیر فولادی برشگیرها به صورت مختلط عمل می نماید.

پهنای مؤثر دال بتنی در هر طرف تیر نباید از کوچک ترین مقادیر زیر بزرگتر در نظر گرفته شود: (ص ۱۵۴)

۱- یک هشتم طول دهانه تیر (مرکز تا مرکز تکیه گاه های تیر)

۲- نصف فاصله محور تیر تا محور تیر مجاور برای تیرهای مختلط میانی

۳- فاصله محور تیر تا لبه آزاد دال بتنی برای تیرهای مختلط کناری

(ب) حداقل ضخامت دال بتنی

حداقل ضخامت دال بتنی در حالت بدون استفاده از ورق های عرشه که با مقطع فولادی به صورت مختلط عمل می نماید برابر ۸۰ میلی متر است.

۱۰-۲-۸-۳ مقاومت در برابر بارهای حین اجرا

در صورتی که در اعضای خمشی با مقطع مختلط، در هنگام بتن ریزی دال بتنی در زیر تیر فولادی از پایه موقت استفاده نشود، عضو فولادی تا قبل

از رسیدن بتن به ۷۵ درصد تنش فشاری مشخصه نمونه استوانه ای (f'_c)، باید به تنهایی دارای مقاومت کافی برای تحمل وزن بتن تر و بارهای حین

اجرا (نظیر بارهای ناشی از قالب بندی) و وزن خود باشد. مقاومت خمشی عضو فولادی تنها باید براساس الزامات بخش ۱۰-۲-۵ تعیین شود.

(پ) مقاومت خمشی موجود اعضای مختلط با مقطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن به همراه عرشه فولادی

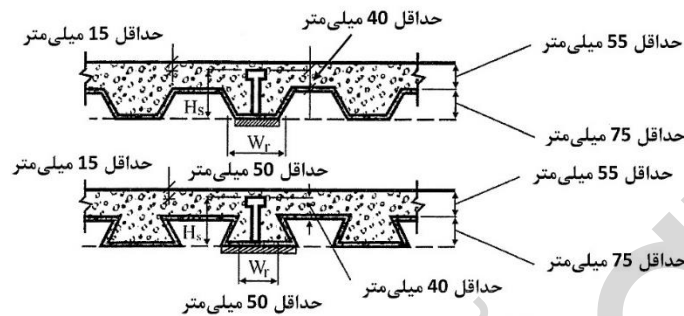
مقاومت خمشی موجود اعضای مختلط با مقطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن به همراه عرشه فولادی باید براساس الزامات بند ۱۰-۲-۸-۳-۳-

الف برای مقاومت خمشی موجود مثبت و براساس الزامات بند ۱۰-۲-۸-۳-۳-ب برای مقاومت خمشی موجود منفی و با رعایت الزامات زیر تعیین

گردد: (ص ۱۶۰)

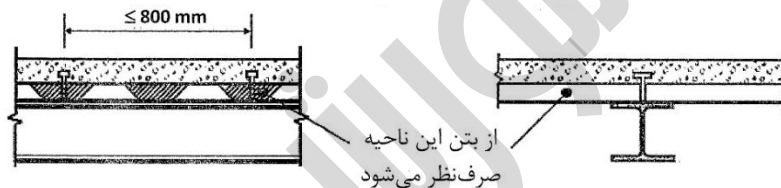
پ- ۱) ملاحظات و محدودیت‌ها

- ۱- ارتفاع اسمی عرشه فولادی (h_f) نباید از ۷۵ میلی‌متر بیشتر باشد. پهنای متوسط کنگره‌های پر شده با بتن (W)، نباید کمتر از ۵۰ میلی‌متر باشد، لیکن در محاسبات نباید بزرگتر از حداقل پهنای آزاد (خالص) در نزدیکی سطح فوقانی عرشه فولادی در نظر گرفته شود. (ص ۱۶۰)
- ۲- دال بتنی باید به وسیله برشگیرهای از نوع گل‌میخ با قطر حداکثر ۲۰ میلی‌متر به مقطع فولادی متصل شوند. گل‌میخ‌ها باید از طریق عرشه فولادی یا به‌طور مستقیم به مقطع فولادی جوش شوند. پس از نصب، ارتفاع گل‌میخ‌ها که از بالای عرشه فولادی اندازه‌گیری می‌شود، نباید از ۴۰ میلی‌متر و نصف ضخامت دال بتنی روی عرشه کوچک‌تر باشد. (ص ۱۶۰)
- ۳- پوشش بتن روی گل‌میخ‌ها نباید از ۱۵ میلی‌متر کمتر باشد.
- ۴- ضخامت دال بتنی در قسمت فوقانی عرشه فولادی نباید کمتر از ۵۵ میلی‌متر باشد.
- ۵- عرشه فولادی باید در فواصلی حداکثر ۴۵۰ میلی‌متر به مقطع فولادی و سایر اعضای تکیه‌گاهی مهار شوند. این مهارها می‌توانند برشگیرهای از نوع گل‌میخ، ترکیبی از گل‌میخ‌ها و جوش‌های نقطه‌ای یا هر راهکار فنی دیگر باشد. (ص ۱۶۰)



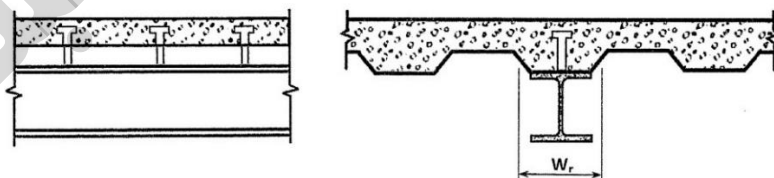
شکل ۱۰-۲-۷: ملاحظات و محدودیت‌های عرشه فولادی برای حالت یک گل‌میخ در پهنا (ص ۱۶۰)

- پ- ۲) عرشه فولادی که کنگره‌های آن عمود بر محور طولی تیر است. در تعیین مشخصات هندسی مقطع مختلط و نیز در محاسبه A_c باید از بتن موجود در زیر سطح فوقانی عرشه فولادی صرف‌نظر شود (شکل ۱۰-۸-۲)



شکل ۱۰-۲-۸: عرشه فولادی که کنگره‌های آن عمود بر محور طولی تیر است. (ص ۱۶۱)

- پ- ۳) عرشه فولادی که کنگره‌های آن موازی با محور طولی تیر است. در تعیین مشخصات هندسی مقطع مختلط و نیز در محاسبه سطح مقطع بخش بتنی (A_c)، می‌توان از بتن موجود در داخل کنگره‌های عرشه فولادی استفاده نمود. همچنین عرشه فولادی را می‌توان در روی تیر فولادی تکیه‌گاهی از هم جدا کرد به‌طوری‌که در روی بال مقطع فولادی یک ماهیچه بتنی تشکیل شود. (ص ۱۶۱)
- چنانچه ارتفاع اسمی عرشه فولادی (h_f) برابر ۴۰ میلی‌متر یا بزرگتر باشد، پهنای متوسط کنگره‌های پر شده با بتن در روی تیر تکیه‌گاهی نباید کمتر از ۵۰ میلی‌متر برای حالت یک گل‌میخ در پهنا باشد. این پهنای حداقل برای هر گل‌میخ اضافی در پهنا، باید به اندازه ۴ برابر قطر گل‌میخ افزایش یابد. (ص ۱۶۱)



شکل ۱۰-۲-۹: عرشه فولادی که کنگره‌های آن موازی با محور طولی تیر است. (ص ۱۶۱)

۱۰-۲-۸-۶ انتقال بار در اعضای با مقطع مختلط محاط در بتن و پر شده با بتن (ص ۱۷۱)

۱۰-۲-۸-۴ جزئیات بندی

الف) اعضای مختلط محاط در بتن

مکانیزم انتقال بار باید در طول ناحیه‌ای که انتقال برش از طریق آن صورت می‌گیرد، توزیع گردد. این طول به‌عنوان طول مقرر بار نام‌گذاری شده و نباید از ارتفاع اتصال تیر به ستون بعلاوه دو برابر حداقل بعد عرضی مقطع محاط شده در بالا و پایین این ناحیه اتصال بیشتر گردد. برشگیرهایی که

انتقال برش طولی در طول مقرر بار به کار می‌روند، باید حداقل در دو وجه مقطع فولادی به صورت متقارن نسبت به محور مقطع فولادی تعبیه شوند. فواصل برشگیرها در محدوده داخل و خارج طول مقرر بار باید الزامات بند ۱۰-۲-۸-۹-ج را برآورده نمایند. (ص ۱۷۵)

۱۰-۲-۸-۸ برشگیرها در تیرهای مختلط با مقطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن

الف) الزامات عمومی

۱- در تیرها، برشگیرهای موردنیاز در هر یک از طرفین نقطه لنگر حداکثر مثبت یا منفی را می‌توان بین آن نقطه و نقاط مجاورتی که دارای لنگر صفر هستند، به طور یکنواخت توزیع نمود. لیکن مقدار برشگیر موجود بین هر بار متمرکز و نزدیک‌ترین نقطه دارای لنگر صفر، باید جهت حصول لنگر حداکثر موردنیاز در نقطه اعمال بار کافی باشد. ۲- در تیرهای مختلط قطر برشگیرهای از نوع گل‌میخ باید مساوی یا کوچک‌تر از ۲۰ میلی‌متر باشد. فقط برای انتقال نیروهای برشی دیافراگم‌هایی از نوع دال بتنی توپر به تیر می‌توان از برشگیرهای از نوع گل‌میخ تا قطر ۲۵ میلی‌متر استفاده نمود. همچنین قطر گل‌میخ‌ها نباید از ۲/۵ برابر ضخامت فلز پایه‌ای که گل‌میخ به آن جوش می‌شود، بیشتر شود، مگر اینکه گل‌میخ درست در امتداد جان مقطع فولادی قرار گیرد. (ص ۱۷۶)

۳- طول برشگیرهای از نوع گل‌میخ نباید از چهار برابر قطر آن کوچک‌تر باشد.

۴- در اعضای مختلط با مقاطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن، پوشش بتن روی برشگیرهای از نوع گل‌میخ نباید از ۱۵ میلی‌متر و روی برشگیرهای از نوع ناودانی از ۲۰ میلی‌متر کوچک‌تر باشد. (ص ۱۷۶)

۵- در دال‌های بتنی توپر متکی بر تیر فولادی ارتفاع برشگیرهای از نوع گل‌میخ و ناودانی نباید از نصف ضخامت دال بتنی کوچک‌تر در نظر گرفته شود. (ص ۱۷۷)

جدول ۱۰-۲-۸-۴: مقادیر R_p و R_g (ص ۱۷۷)

| R_p | R_g | حالت | |
|-------|--------|--|-----------------------------------|
| 0.75 | 1 | ۱- مقاطع مختلط بدون استفاده از عرشه فولادی | |
| 0.75 | 1 | $w_r/h_r \geq 1.5$ | کنگره‌ها موازی با محور تیر فولادی |
| 0.75 | **0.85 | $w_r/h_r < 1.5$ | |
| *0.6 | 1 | تعداد گل‌میخ در یک کنگره در محل تقاطع با تیر برابر با 1 | کنگره‌ها عمود بر محور تیر فولادی |
| *0.6 | 0.85 | تعداد گل‌میخ در یک کنگره در محل تقاطع با تیر برابر با 2 | |
| *0.6 | 0.7 | تعداد گل‌میخ در یک کنگره در محل تقاطع با تیر برابر یا بزرگ‌تر از 3 | |

در جدول فوق: (ص ۱۷۷)

h_r = ارتفاع اسمی کنگره ورق عرشه

w_r = پهنای متوسط بتن داخل کنگره فولادی

* در صورتی که فاصله بین لبه بدنه گل‌میخ تا نصف ارتفاع عرشه فولادی بیشتر از ۵۰ میلی‌متر باشد، این مقدار می‌تواند تا ۰/۷۵ افزایش یابد. ** برای گل‌میخ تکی

پ) مقاومت برشی اسمی برشگیرهای از نوع ناودانی

مقاومت برشی اسمی برشگیرهای از نوع ناودانی که بر بال فوقانی تیر فولادی متصل شده و در داخل دال بتنی قرار می‌گیرند، بدون توجه به جهت قرارگیری ناودانی در طول تیر از رابطه زیر تعیین می‌شود. (ص ۱۷۸)

$$Q_n = 0.3(t_f + 0.5t_w)l_a \sqrt{f'_c E_c} \quad (37-8-2-10)$$

که در آن: (ص ۱۷۸)

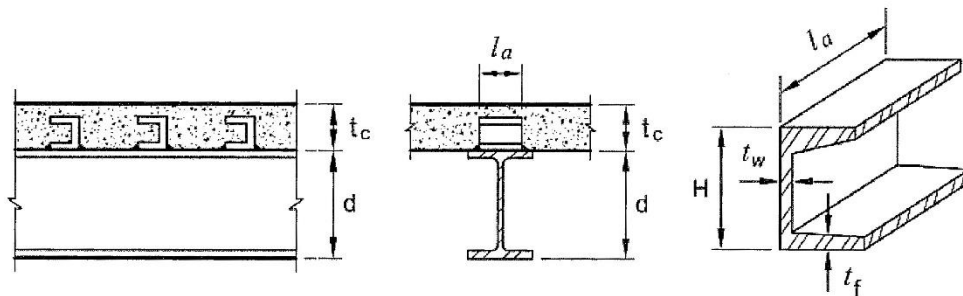
t_f = ضخامت متوسط بال ناودانی

t_w = ضخامت جان ناودانی

l_a = طول ناودانی

f'_c = تنش فشاری مشخصه نمونه استوانه‌ای بتن

E_c = مدول الاستیسیته بتن



شکل ۱۰-۲-۸-۱۷: برشگیرهای از نوع ناودانی (ص ۱۷۸)

مقاومت حاصل از رابطه ۱۰-۲-۸-۳۷ از طریق جوش ناودانی به بال تیر با در نظر گرفتن برون محوری ناودانی تأمین می‌گردد. در صورت تأمین کلیه محدودیت‌های زیر، طراحی جوش اتصال ناودانی به بال تیر می‌تواند بدون در نظر گرفتن اثر برون محوری ناودانی انجام پذیرد: (ص ۱۷۸)

- نسبت ضخامت بال به جان ناودانی بزرگتر از ۱ و کوچکتر از ۵/۵ باشد.
- نسبت ارتفاع ناودانی به ضخامت جان از ۸ بزرگتر باشد.
- نسبت طول ناودانی به ضخامت بال آن از ۶ بزرگتر باشد.
- نسبت شعاع ناحیه اتصال بین بال و جان ناودانی به ضخامت جان ناودانی بزرگتر از ۰/۵ و کوچکتر از ۱/۶ باشد.

ث) جزئیات بندی

۱- تعداد برشگیرهای موردنیاز در هر طرف نقطه با لنگر خمشی حداکثر مثبت یا منفی، باید به صورت یکنواخت با فواصل مساوی تا نقطه با لنگر خمشی صفر توزیع شوند، مگر اینکه توسط مهندس طراح راهکار دیگری با مستندات کافی ارائه شده باشد. (ص ۱۷۹)

۲- در راستای عمود بر محور طولی تیر برشگیرها باید حداقل ۲۵ میلی‌متر پوشش جانبی از بتن داشته باشند.

۳- در امتداد محور طولی تیر، فاصله برشگیرها تا لبه بتن برای بتن‌های با وزن مخصوص معمولی نباید کوچکتر از ۲۰۰ میلی‌متر و برای بتن‌های سبک کوچکتر از ۲۵۰ میلی‌متر باشد. (ص ۱۷۹)

۴- فاصله مرکز تا مرکز برشگیرهای از نوع گل‌میخ در راستای طولی تیر نباید کوچکتر از ۶ برابر قطر آن‌ها و در برشگیرهای از نوع ناودانی کوچکتر از ۴ برابر پهنای بال ناودانی در نظر گرفته شود. همچنین فاصله مرکز تا مرکز بین برشگیرهای از نوع گل‌میخ در امتداد عمود بر محور طولی تیر نباید کوچکتر از ۴ برابر قطر آن‌ها در نظر گرفته شود.

۵- حداکثر فاصله مرکز تا مرکز برشگیرها نباید از ۸ برابر ضخامت کل دال بتنی یا ۹۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. (ص ۱۷۹)

۱۰-۲-۸-۹ برشگیرها در ستون‌ها و سایر اعضای مختلط (ص ۱۷۹)

الف) الزامات عمومی

الزامات مندرج در این بند برای محاسبه مقاومت اسمی برشگیرهای به‌کاررفته در طول مقرر بار ستون‌ها و تیرستون‌های با مقطع مختلط، تیرهای با مقطع مختلط محاط در بتن یا پرشده با بتن، تیرهای همبند با مقطع مختلط و دیوارهای برشی با مقطع مختلط بوده که در آن‌ها اجزای بتنی فولادی به واسطه عملکرد مختلط در طول عضو با یکدیگر کار می‌کنند. ضوابط این بند برای سازه‌های مرکب از اعضای بتنی و فولادی که در آن‌ها بتن و فولاد با یکدیگر کار نمی‌کنند، قابل کاربرد نیست. (ص ۱۸۰)

محاسبات مربوط به مقاومت برشگیرهای مدفون در دال بتنی یا در دال بتنی واقع بر عرشه فولاد در بند ۱۰-۲-۸-۸ ارائه گردیده است. حالت‌های حدی مرتبط با گسیختگی برشگیر و گسیختگی قالبی بتن در این بخش ارائه می‌گردد. علاوه بر این، ضوابط مرتبط با فاصله‌گذاری و محدودیت‌های هندسی برشگیرها مندرج در این بخش، از قلمروکن شدن بتن در تماس با برشگیر تحت اثر بارهای و برشی و همچنین گسیختگی قالبی بتن در تماس با برشگیر تحت اثر بارهای کششی جلوگیری می‌کنند. (ص ۱۸۰)

در اعضای با مقطع مختلط، قطر برشگیرهای از نوع گل‌میخ باید مساوی یا کوچکتر از ۲۰ میلی‌متر باشد. همچنین قطر گل‌میخ‌ها نباید از ۲/۵ برابر ضخامت فلز پایه‌ای که گل‌میخ به آن جوش می‌شود، بیشتر شود، مگر اینکه گل‌میخ درست در امتداد جان مقطع فولادی قرار گیرد. (ص ۱۸۰)

در بتن‌های با وزن مخصوص معمولی، چنانچه برشگیر از نوع گل‌میخ تنها تحت اثر برش قرار گیرد، ارتفاع برشگیر از نوع گل‌میخ پس از نصب نباید از ۵ برابر قطر گل‌میخ کمتر باشد. چنانچه گل‌میخ تحت اثر کشش یا ترکیبی از کشش و برش قرار گیرد، ارتفاع گل‌میخ نباید از ۸ برابر قطر آن کوچکتر باشد. در بتن‌های با وزن مخصوص سبک، چنانچه گل‌میخ تنها تحت اثر برش قرار گیرد، ارتفاع گل‌میخ پس از نصب نباید از ۷ برابر قطر آن و چنانچه گل‌میخ تحت اثر کشش قرار گیرد، ارتفاع گل‌میخ نباید از ۱۰ برابر قطر آن کوچکتر باشد. (ص ۱۸۰)

مقاومت اسمی برشگیرهای از نوع گل‌میخ مدفون در بتن با وزن مخصوص سبک که تحت اثر ترکیبی از بارهای کششی و برشی قرار می‌گیرند، باید براساس ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تعیین شوند. در این نوع اعضا مشخصات هندسی برشگیرها در جدول ۱۰-۲-۸-۵ نیز ارائه شده است. قطر کلاهک برشگیرهای از نوع گل‌میخ که تحت اثر کشش یا ترکیبی از کشش و برش قرار می‌گیرند، باید از ۱/۶ برابر قطر بدنه گل‌میخ بزرگتر باشد. (ص ۱۸۰)

جدول ۱۰-۲-۸-۵: حداقل نسبت ارتفاع گل‌میخ به قطر آن در ستون‌ها و تیرستون‌ها (ص ۱۸۱)

| نوع بار وارد بر گل‌میخ | بتن با وزن مخصوص معمولی | بتن سبک |
|---|-------------------------|---------------|
| برش | $h/d \geq 5$ | $h/d \geq 7$ |
| کشش | $h/d \geq 8$ | $h/d \geq 10$ |
| برش و کشش به‌طور هم‌زمان | $h/d \geq 8$ | کاربرد ندارد |
| h = ارتفاع گل‌میخ d = قطر گل‌میخ | | |

(ب) مقاومت برشی موجود برشگیرهای از نوع گل‌میخ کلاهدار

در مواردی که گسیختگی قالبی بتن در برش به‌عنوان یک حالت حدی محسوب نشود، مقاومت برشی موجود گل‌میخ‌ها در روش LRFD برابر $Q_{nv} \Phi_v$ و در روش ASD برابر Q_{nv} / Ω_v بوده که در آن: (ص ۱۸۱)

$$Q_{nv} = F_u A_{sa}$$

$$(38-8-2-10)$$

$$\Phi_v = 0.65 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega_v = 2.31 \text{ (ASD)}$$

$$F_u = \text{تنش کششی نهایی گل‌میخ}$$

$$A_{sa} = \text{سطح مقطع گل‌میخ}$$

چنانچه گسیختگی قالبی بتن در برش به‌عنوان یک حالت حدی محسوب شود، مقاومت برشی طراحی یک برشگیر گل‌میخ باید براساس یکی از حالات زیر تعیین شود: (ص ۱۸۱)

(۱) چنانچه بر اساس الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، میلگرد لازم در دو طرف ناحیه گسیختگی در بتن کار گذاشته شود، کوچک‌ترین مقدار به‌دست‌آمده از معادله ۳۸-۸-۲-۱۰ و مقاومت اسمی میلگرد، باید به‌عنوان مقاومت برشی اسمی گل‌میخ (Q_{nv})، محسوب شود. (ص ۱۸۱)

(۲) بر اساس الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

(ج) جزئیات بندی (ص ۱۸۳)

۱- برشگیرها باید حداقل ۲۵ میلی‌متر پوشش جانبی از بتن داشته باشند.

۲- حداقل فاصله مرکز تا مرکز گل‌میخ‌ها در هر امتداد ۴ برابر قطر گل‌میخ است.

۳- حداکثر فاصله مرکز تا مرکز گل‌میخ‌ها ۳۲ برابر قطر گل‌میخ است.

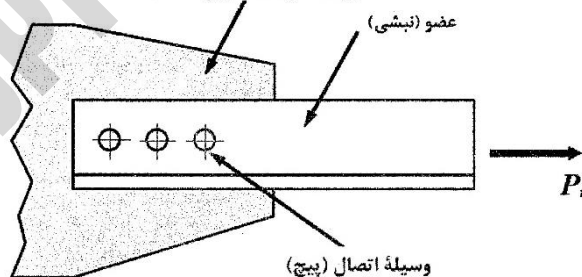
۴- حداکثر فاصله مرکز تا مرکز برشگیرهای از نوع ناودانی ۶۰۰ میلی‌متر است. (ص ۱۸۳)

۱۰-۲-۹ الزامات طراحی اتصالات

این بخش به الزامات طراحی اتصالات، شامل اجزای اتصال‌دهنده (ورق‌ها، قطعات تقویتی، ورق‌های سخت‌کننده در محل اتصالات اعضا به یکدیگر، نبشی‌ها و لچکی‌های اتصال) و وسایل اتصال (جوش، پیچ و میله‌های دندانه شده) می‌پردازد که تحت آثار ناشی از خستگی قرار ندارند. (شکل ۱۰-۱-۹-۱)

۱-۹-۲. به الزامات طراحی عضو در بخش‌های قبلی این فصل پرداخته شده است. (ص ۱۸۵)

جزء اتصال‌دهنده (ورق گاست)



شکل ۱۰-۲-۹-۱: نام گذاری قسمت‌های مختلف یک اتصال (ص ۱۸۵)

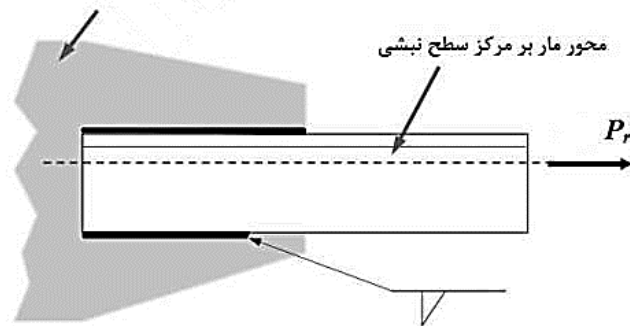
۱۰-۲-۹-۱ الزامات عمومی

۱۰-۲-۹-۱-۱ مبانی طراحی

مقاومت موجود یک اتصال در روش LRFD برابر ΦR_n و در روش ASD برابر R_n / Ω بوده و مطابق الزامات این بخش، براساس کوچک‌ترین مقدار از بین مقاومت اجزای اتصال و وسایل اتصال، تعیین می‌شود. (ص ۱۸۶)

مقاومت موردنیاز یک اتصال (R_F)، باید بر مبنای تحلیل سازه برای ترکیبات بارگذاری متناظر با روش طراحی یا متناسب با ظرفیت باربری (مقاومت موجود) اجزای متصل شده، چنانچه در این مبحث مشخص شده باشد، تعیین گردد. (ص ۱۸۶)

ورق اتصال (ورق گاست)



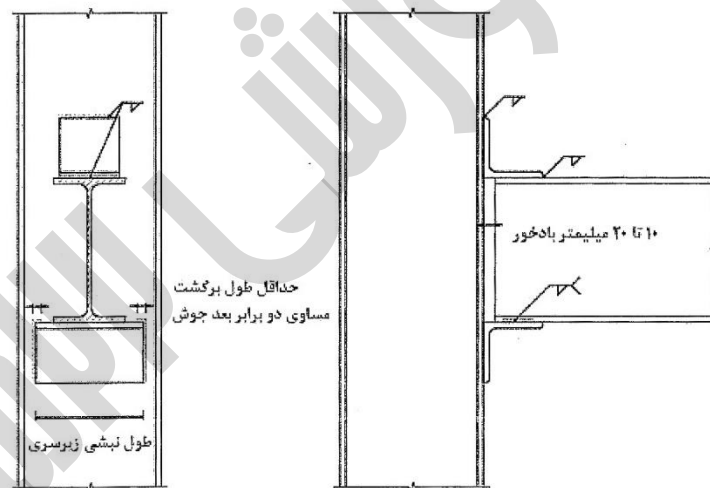
شکل ۱۰-۲-۹-۲: اتصال عضو با مقطع نبشی به ورق اتصال (ورق گاست) از طریق جوش متوازن (ص ۱۸۶)

۱۰-۲-۹-۲-۱۰ انواع اتصالات سازه‌ای

ب) اتصالات گیردار: اتصالات گیردار به اتصالاتی گفته می‌شوند که در آن چرخش نسبی بین اعضای متصل شده به یکدیگر ناچیز بوده و معمولاً تحت اثر بارهای بهره‌برداری دارای سختی بیش از بیست برابر سختی خمشی سکانتی تیر ($20EI/L$) هستند اتصالات گیردار را می‌توان به صورت ایده آل مدل کرد. (ص ۱۸۸)

پ) اتصالات نیمه گیردار: اتصالات نیمه گیردار به اتصالاتی گفته می‌شوند که مقدار سختی آن‌ها بین دو حالت قبلی است. در تحلیل سازه، برای مدل‌سازی این نوع اتصالات باید از سختی به دست آمده از منحنی لنگر- دوران اتصال استفاده شود. منحنی لنگر- دوران اتصال نیمه گیردار باید به شیوه تحلیلی یا براساس نتایج آزمایشگاهی معتبر تعیین شود. اتصالات نیمه گیردار باید از مقاومت، سختی و ظرفیت تغییر شکل کافی برخوردار باشند. (ص ۱۸۸)

تبصره: هرگونه مغایرت جزئیات اتصالات با جزئیات استاندارد باعث تغییر در منحنی لنگر- دوران شده و به‌عنوان نمونه، با یک جوشکاری اضافی ممکن است اتصالاتی را از حالت ساده به حالت نیمه گیردار یا گیردار تبدیل کند. از این رو استفاده از جزئیات استاندارد برای هر نوع اتصال اکیداً توصیه می‌شود. شکل‌های ۱۰-۲-۹-۴ و ۱۰-۲-۹-۵ جزئیات دو نمونه از اتصالات ساده متعارف و شکل ۱۰-۲-۹-۶ جزئیات یک نوع اتصال گیردار را نشان می‌دهند.



شکل ۱۰-۲-۹-۴: جزئیات اتصال نبشی نشیمن جوشی (ص ۱۸۸)

۱۰-۲-۹-۴-۱۰ سوراخ‌های دسترسی برای جوشکاری و برش بال‌های تیر در محل اتصال

کلیه سوراخ‌هایی که به منظور دسترسی و تسهیل جوشکاری تعبیه آن‌ها الزامی است، برای قرار دادن مصالح جوش در موضع موردنظر، باید فضای کافی برای دسترسی داشته باشند. این سوراخ‌ها و نیز قسمت‌های برش داده بال در انتهای تیرها باید به صورتی کاملاً یکنواخت، با انحنا ملایم و بدون گوشه‌های تیز، تعبیه شوند. (ص ۱۹۰)

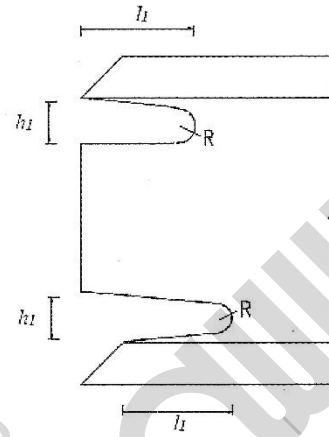
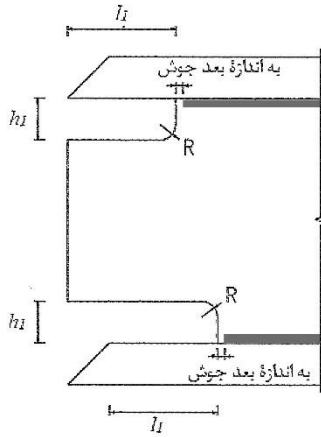
طول سوراخ‌های دسترسی (فاصله l_1 نشان داده شده شکل‌های ۱۰-۲-۹-۷ الف و ب) نباید کمتر از ۴۰ میلی‌متر و کمتر از ۱/۵ برابر ضخامت ورقی گردد که سوراخ دسترسی در آن ایجاد می‌شود. (ص ۱۹۰)

ارتفاع سوراخ دسترسی (l_1) نباید از ۲۰ میلی‌متر و از ضخامت ورقی که سوراخ دسترسی در آن ایجاد می‌شود کوچکتر و از ۵۰ میلی‌متر بزرگتر در نظر گرفته شود. مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۷، شعاع قوس‌های سوراخ دسترسی جوش نباید کوچکتر از ۱۰ میلی‌متر انتخاب شود. (ص ۱۹۰)

در مقاطع نورد شده و ساخته شده از ورق که در آن‌ها ایجاد سوراخ دسترسی پس از اتمام جوشکاری بال‌ها به جان صورت می‌گیرد، لبه جان باید از سطح بال تا سطح تو رفتگی سوراخ دسترسی به صورت شیب‌دار، کاملاً یکنواخت و بدون گوشه‌های تیز باشد. (ص ۱۹۰)

در مقاطع ساخته شده از ورق که در آن‌ها ایجاد سوراخ دسترسی قبل از تکمیل جوشکاری بال‌ها به جان صورت می‌گیرد، انتهای سوراخ دسترسی می‌تواند عمود بر بال باشد؛ مشروط بر آنکه انتهای جوش به اندازه بعد جوش از سوراخ دسترسی فاصله داشته باشد. (ص ۱۹۰)

در نیمرخ‌های سنگین و مقاطع ساخته شده از ورق که از ورق‌هایی به ضخامت بیش از ۴۰ میلی‌متر ساخته می‌شوند، لبه‌های برش داده تیر یا سوراخ‌های دسترسی که توسط شعله بریده شده باشند را باید با سنگ زدن به صورت فلز صاف و براق در آورد. اگر قسمت‌های منحنی بریده شده در محل سوراخ دسترسی توسط عمل مته کردن یا برق‌زدن صورت گرفته باشد، نیازی به سنگ زدن و صاف کردن نخواهد بود. (ص ۱۹۱)



ب) مقاطع ساخته شده از ورق که در آن‌ها ایجاد سوراخ دسترسی قبل از تکمیل جوشکاری بال‌ها به جان صورت می‌گیرد.

الف) مقاطع نورد شده و ساخته شده از ورق که در آن‌ها ایجاد سوراخ دسترسی پس از انجام جوشکاری بال‌ها به جان صورت می‌گیرد.

شکل ۱۰-۲-۹-۷: سوراخ‌های دسترسی برای جوشکاری و برش بال‌های تیر در محل اتصال (ص ۱۹۱)

۱۰-۲-۹-۵ اتصال ستون به ورق کف ستون

اتصال ستون به ورق کف ستون متناسب با نوع اتصال (ساده یا گیردار) باید برای انتقال نیروهای موجود در پای ستون طراحی گردد. شایان ذکر است که در نوع گیردار اتصال کف ستون، هرگونه خطا در ساخت یا محاسبات می‌تواند موجب افزایش چشمگیر گریز افقی ساختمان در طبقات شود. در بارگذاری‌های شدید لرزه‌ای، ممکن است کف ستون از نوع مدفون در بتن برای جلوگیری از دوران لازم باشد. (ص ۱۹۱)

در هنگام ساخت، باید انتهای ستون‌ها تراز شده و سطح تماس کف ستون نیز برای انتقال نیروی فشاری صاف و آماده شده باشد. بر این اساس در صورتی که نیروی پای ستون فشاری تنها و پای ستون کاملاً صاف، صیقلی و گونیا باشد طراحی پای ستون می‌تواند با رعایت الزامات بند ۱۰-۲-۹-۳ از طریق اتکا صورت پذیرد. در غیر این صورت محاسبات انتقال نیرو نباید از طریق فشار مستقیم تماسی بین ستون و کف ستون انجام شود، بلکه تمامی نیروها باید از طریق اجزاء و وسایل اتصال به کف ستون انتقال یابد. (ص ۱۹۲)

برای تراز نمودن کف ستون معمولاً در زیر آن از گروت استفاده می‌شود. در این صورت مقاومت فشاری گروت باید حداقل دو برابر مقاومت فشاری بتن پی باشد و ضخامت آن از ۴۰ میلی‌متر کمتر و از ۸۰ میلی‌متر بیشتر نشود. برای کف ستون‌های با ابعاد بزرگتر از ۵۰۰ میلی‌متر استفاده از سوراخی به قطر حداقل ۵۰ میلی‌متر در نواحی وسط ورق برای تخلیه هوای گروت توصیه می‌گردد. استفاده از حداقل چهار میل مهار مناسب برای اتصال ورق کف ستون به پی توصیه می‌شود. این میل مهارها باید به نحو مناسب در بتن پی مهار شوند. مقاومت موجود میل مهار در بتن براساس الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تعیین می‌گردد. (ص ۱۹۲)

۱۰-۲-۹-۶ ترکیب پیچ و جوش

به‌طور کلی وقتی در یک اتصال از ترکیب جوش و پیچ استفاده می‌شود پیچ را نمی‌توان در تحمل بار با جوش سهیم دانست. اما در صورت رعایت شرایط زیر، در تعیین مقاومت موجود اتصال متشکل از پیچ‌های پر مقاومت و جوش‌های گوشه طولی، مقاومت اسمی آن را می‌توان برابر مجموع مقاومت لغزشی اسمی پیچ‌ها و مقاومت اسمی جوش‌های گوشه طولی در نظر گرفت. (ص ۱۹۲)

الف) پیچ‌ها از نوع پر مقاومت بوده و به‌صورت لغزش بحرانی طراحی شده باشند. (ص ۱۹۲)

ب) در طراحی به روش LRFD ضریب کاهش مقاومت برابر $\phi = 0.75$ و در طراحی به روش ASD ضریب اطمینان برابر $\Omega = 2.00$ در نظر گرفته شود. (ص ۱۹۲)

پ) اگر پیچ‌های پر مقاومت با استفاده از روش چرخاندن اضافی مهره‌ها مطابق الزامات فصل ۱۰-۴ پیش‌تنیده شوند، مقاومت موجود جوش‌های گوشه طولی از ۵۰ درصد مقاومت مورد نیاز اتصال کمتر نباشد.

ت) اگر پیچ‌های پرمقاومت با استفاده از هر روشی به جز روش چرخاندن اضافی مهره‌ها مطابق الزامات فصل ۱۰-۴ پیش‌تنیده شوند، مقاومت موجود جوش‌های گوشه طولی از ۷۰ درصد مقاومت موردنیاز اتصال کمتر نباشد. (ص ۱۹۲)

ث) مقاومت موجود پیچ‌های پرمقاومت از ۳۳ درصد مقاومت موردنیاز اتصال کمتر نباشد. (ص ۱۹۲)

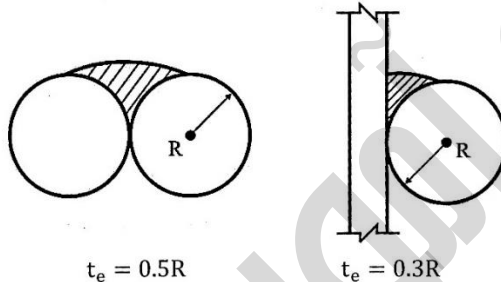
تبصره ۱: در اتصالات ترکیبی (ترکیب پیچ و جوش‌های طولی) مقاومت موجود اتصال لزومی ندارد کمتر از مقاومت پیچ‌ها به تنهایی و مقاومت جوش‌ها به تنهایی در نظر گرفته شود. (ص ۱۹۳)

تبصره ۲: در خصوص ساختمان‌های موجودی که اتصالات آن‌ها از نوع پیچی است، تقویت اتصال از طریق جوش، به شرطی مجاز است که پیچ‌های موجود از نوع پرمقاومت و با عملکرد لغزش بحرانی طراحی و اجرا شده باشند. در این گونه موارد جوش باید نیروهای مازاد بر آنچه پیچ تحمل می‌کند را انتقال دهد و در هر حال مقاومت موجود جوش نباید کمتر از ۲۵ درصد مقاومت موردنیاز اتصال باشد. (ص ۱۹۳)

۱۰-۲-۹-۲ جوش‌ها

۱۰-۲-۹-۱ جوش‌های شیاری

الف) سطح مقطع مؤثر: سطح مقطع مؤثر در جوش‌های شیاری عبارت است از حاصل ضرب طول مؤثر در ضخامت مؤثر جوش. طول مؤثر جوش برابر با طول جوش شده و ضخامت مؤثر جوش شیاری با نفوذ کامل برابر با ضخامت قطعه نازک‌تر در اتصال لب به لب و ضخامت قطعه جوش شده در اتصال کنج و سپری در نظر گرفته می‌شود. ضخامت مؤثر در جوش شیاری با نفوذ نسبی برابر با عمق شیار جوش منهای ۳ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. استفاده از جوش شیاری با نفوذ نسبی (ناقص) در وضعیتی که بارگذاری متناوب (اثر خستگی) وجود داشته باشد، مجاز نیست. ضخامت مؤثر جوش شیاری که بین دو لبه گرد (مثل شیار بین دو میلگرد) یا بین یک لبه گرد و لبه تخت (مثل میلگرد در مجاورت ورق) داده می‌شود، باید مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۸ در نظر گرفته شود. (ص ۱۹۳)



شکل ۱۰-۲-۹-۸: ضخامت مؤثر جوش‌های شیاری لب گرد (ص ۱۹۳)

ب) محدودیت: ضخامت مؤثر در جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی نباید از مقدار موردنیاز محاسباتی و همچنین از مقادیر مندرج در جدول ۱۰-۲-۹-۱ کوچکتر باشد. حداقل ضخامت مؤثر با توجه به ضخامت قطعه نازک‌تر تعیین می‌شود. در اتصال لب به لب قطعات، ضخامت جوش نباید از ضخامت نازک‌ترین قطعه متصل شونده بزرگتر باشد. (ص ۱۹۴)

جدول ۱۰-۲-۹-۱: حداقل ضخامت مؤثر جوش شیاری با نفوذ نسبی با یک‌بار عبور (ص ۱۹۴)

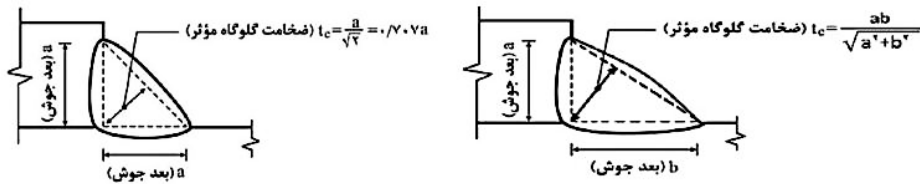
| ضخامت قطعه نازک‌تر | حداقل ضخامت مؤثر (با یک بار عبور) |
|--------------------------|-----------------------------------|
| تا ۶ میلی‌متر | ۳ میلی‌متر |
| بیش از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر | ۵ میلی‌متر |
| بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر | ۶ میلی‌متر |
| بیش از ۲۰ تا ۴۰ میلی‌متر | ۸ میلی‌متر |

• در صورتی که نتوان ضخامت‌های حداقل فوق را با یک‌بار عبور تأمین نمود، باید از پیش‌گرمایش یا فرآیندهای کم هیدروژن استفاده کرد. (ص ۱۹۴)

• برای قطعات با ضخامت بزرگتر از ۴۰ میلی‌متر، پیش‌گرمایش و دستورالعمل جوشکاری باید با مطالعه خاص موردبررسی قرار گیرد. (ص ۱۹۴)

۱۰-۲-۹-۲ جوش‌های گوشه

الف) سطح مقطع مؤثر: سطح مقطع مؤثر در جوش‌های گوشه برابر با حاصل ضرب طول مؤثر در ضخامت گلوگاه مؤثر در نظر گرفته می‌شود. طول مؤثر جوش گوشه (به جز جوش‌های گوشه‌ای که در سوراخ و شکاف قرار می‌گیرد) برابر با طول کلی نوار جوش شامل قسمت‌های برگشت خورده (در صورتی که طول برگشت کوچکتر از چهار برابر بعد جوش نباشد) است. بعد جوش گوشه برابر اندازه ساق مقطع جوش است. مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۹ ضخامت گلوگاه مؤثر (t_e) در جوش گوشه برابر کوتاه‌ترین فاصله بین ریشه مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به حساب می‌آید. (ص ۱۹۴)



شکل ۱۰-۲-۹: بعد و ضخامت گلوگاه مؤثر جوش‌های گوشه (ص ۱۹۴)

برای جوش‌های گوشه در سوراخ و شکاف، طول مؤثر برابر با طول محوری (میان تاری) که از مقطع گلوگاه جوش می‌گذرد، در نظر گرفته می‌شود.
(ب) محدودیت‌ها:

- ۱- حداقل بعد جوش‌های گوشه نباید از بعد موردنیاز برای انتقال بارهای محاسبه شده و اندازه‌های نشان داده شده در جدول ۱۰-۲-۹ کوچکتر انتخاب شود. حداقل بعد جوش با یک بار عبور تابع ضخامت قطعه نازکتر بوده و در هر حال نباید از ضخامت قطعه نازکتر بیشتر باشد.
- ۲- حداکثر بعد جوش‌های گوشه در لبه قطعات متصل شونده برای قطعات با ضخامت کوچکتر از ۶ میلی‌متر برابر ضخامت قطعه و برای قطعات با ضخامت بیش از ۶ میلی‌متر برابر ضخامت قطعه منهای ۲ میلی‌متر است. (ص ۱۹۵)

جدول ۱۰-۲-۹: حداقل بعد جوش گوشه با یک بار عبور (ص ۱۹۵)

| ضخامت قطعه نازک‌تر | حداقل بعد جوش گوشه (با یک بار عبور) |
|--------------------------|-------------------------------------|
| تا ۶ میلی‌متر | ۳ میلی‌متر |
| بیش از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر | ۵ میلی‌متر |
| بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر | ۶ میلی‌متر |
| بیش از ۲۰ میلی‌متر | ۸ میلی‌متر |

مبحث ۱۰

- در صورتی که نتوان ضخامت‌های حداقل فوق را با یک بار عبور تأمین نمود، باید از پیش‌گرمایش یا فرآیندهای کم‌هیدروژن استفاده کرد. (ص ۱۹۵)
- در سازه‌های تحت بار دینامیکی با تکرار زیاد حداقل بعد جوش گوشه برابر ۵ میلی‌متر است. بارهای ناشی از باد و زلزله در ردیف بارهای دینامیکی با تکرار زیاد قرار نمی‌گیرند. (ص ۱۹۵)
- ۳- طول مؤثر جوش‌های گوشه محاسبه‌شده نباید از ۴ برابر بعد جوش کوچکتر باشد. به عبارت دیگر، بعد جوش نباید از یک‌چهارم طول آن بزرگتر باشد. (ص ۱۹۵)
- ۴- در اتصال انتهایی اعضای محوری، طول مؤثر هر خط جوشی که به صورت طولی بارگذاری شده است نباید از ۱۰۰ برابر بعد جوش تجاوز نماید. در صورت نیاز به طول جوش بیش از ۱۰۰ برابر بعد جوش، طول مؤثر آن باید به شرح زیر با ضریب β کاهش داده شود: (ص ۱۹۵)

$$L_e = \beta L$$

$$0.6 \leq \beta = 1.2 - 0.002(L/a) \leq 1.0$$

در رابطه ۱۰-۲-۹: (ص ۱۹۶)

$$L_e = \text{طول مؤثر هر خط جوش}$$

$L = \text{طول واقعی هر خط جوشی که در قسمت انتهایی اتصال به صورت طولی بارگذاری شده است.}$

$$a = \text{بعد جوش گوشه}$$

$$\beta = \text{ضریب کاهش طول واقعی هر خط جوش}$$

- ۵- استفاده از جوش‌های گوشه منقطع برای انتقال نیروها در اتصال جان به بال تیرهای ساخته شده از ورق (تیرورق‌ها)، اتصال ورق‌های تقویتی بال، اتصال قطعات سخت‌کننده به جان تیورق و برای اتصال اجزای اعضای ساخته شده از ورق مجاز است. طول مؤثر قطعات جوش منقطع نباید از ۴ برابر بعد جوش و از ۴۰ میلی‌متر کمتر باشد. فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع نباید از مقادیر زیر بیشتر شود: (ص ۱۹۶)

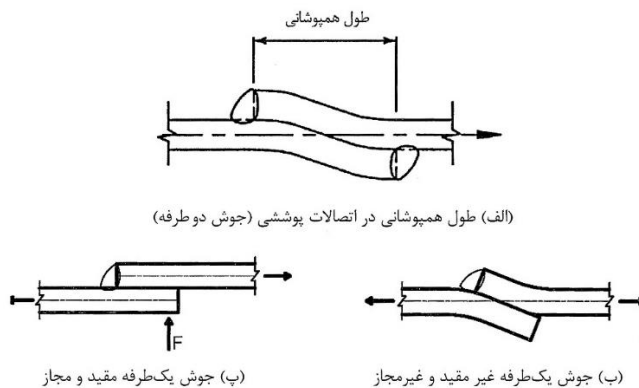
- در قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی‌شوند ولی احتمال زنگ‌زدگی و خوردگی ندارند، ۲۴ برابر ضخامت نازک‌ترین ورق با ۳۰۰ میلی‌متر (ص ۱۹۶)

- در قطعات رنگ نشده که تحت اثر زنگ‌زدگی و خوردگی (حاصل از عوامل جوی) قرار گیرند، ۱۴ برابر ضخامت نازک‌ترین ورق یا ۱۸۰ میلی‌متر (ص ۱۹۶)

- ۶- در اتصالات پوششی (روی‌هم) دو قطعه که تحت اثر تنش‌های محوری قرار دارند، اگر فقط از جوش گوشه عرضی استفاده شده باشد، باید انتهایی هر دو قطعه به یکدیگر جوش شود و مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۱۰ الف طول هم‌پوشانی دو قطعه نباید از ۵ برابر ضخامت قطعه نازک‌تر و ۲۵ میلی‌متر کوچکتر باشد. (ص ۱۹۶)

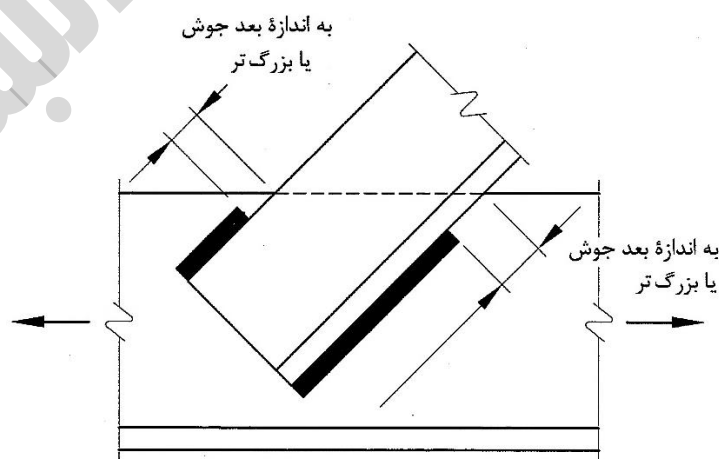
در وضعیتی که اتصال به اندازه کافی مقید شده باشد یا از طریق حداقل دو ردیف طولی جوش انگشترانه یا کام و یا دو یا چند خط جوش گوشه طولی از تغییر شکل ناحیه هم‌پوشانی و در نتیجه از باز شدن اتصال تحت اثر بار محوری جلوگیری شود، می‌توان مطابق شکل ۱۰-۹-۲-۱۰-پ از جوش گوشه عرضی فقط از یک طرف اتصال استفاده کرد و در این حالت نیازی به تأمین حداقل طول هم‌پوشانی نیست. (ص ۱۹۶)

۷- استفاده از جوش گوشه در لبه سوراخ و شکاف در اتصالات روی هم، به منظور انتقال برش یا جلوگیری از کمانش یا جدایی قسمت‌های متصل شونده مجاز است. جوش‌های گوشه در سوراخ‌ها و شکاف‌ها به عنوان جوش کام یا انگشترانه تلقی نمی‌شوند. (ص ۱۹۷)

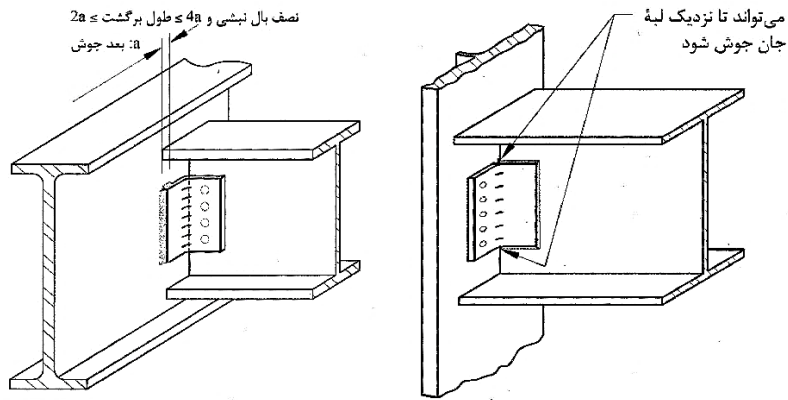


شکل ۱۰-۹-۲-۱۰: اتصال پوششی (روی هم) دو قطعه (ص ۱۹۷)

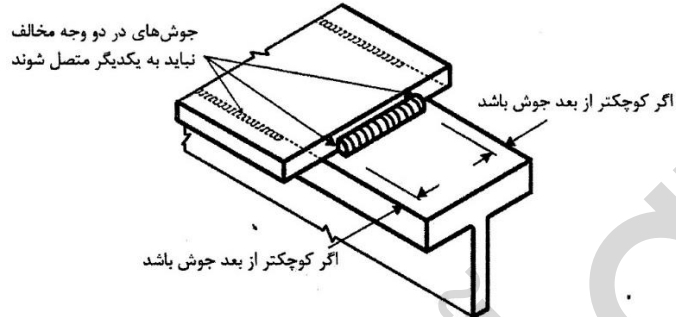
- ۸- جوش‌های گوشه می‌توانند به انتهای ناحیه اتصال منتهی شده یا قبل از رسیدن به انتهای ناحیه اتصال قطع شوند و یا حتی می‌توان آن‌ها را طوری جوش داد تا به شکل قوطی یا ناودانی در بیاید، مگر در مواردی به شرح زیر که محدودیتی برای آن‌ها وضع شده است:
- در اتصالات پوششی (روی هم) که یکی از قطعه‌های اتصالی تا پشت لبه قطعه اتصالی دیگر که تحت اثر تنش کششی قرار دارد امتداد یافته باشد، جوش گوشه باید در فاصله‌ای بیشتر یا مساوی با بعد جوش تمام شود (شکل ۱۰-۹-۲-۱۰). (ص ۱۹۷)
 - در اتصالات مفصلی با نبشی نشیمن طول برگشت جوش گوشه در قسمت فوقانی اتصال نبشی نباید از دو برابر بعد جوش کوچک‌تر باشد. (ص ۱۹۷)
 - در اتصالات مفصلی با نبشی‌های جان که انعطاف‌پذیری اتصال به مقدار زیادی تابع انعطاف‌پذیری بال نبشی‌ها، است طول برگشت جوش گوشه در قسمت فوقانی اتصال نبشی به تکیه‌گاه نباید از دو برابر بعد جوش گوشه کوچک‌تر و از چهار برابر بعد جوش و نیز نصف پهنای بال نبشی بزرگتر باشد. در این نوع اتصالات برگشت جوش گوشه باید در نقشه‌ها و جزئیات اجرایی قید شود (شکل ۱۰-۹-۲-۱۰). (ص ۱۹۸)
 - ورق‌های سخت‌کننده عرضی باید به بال‌های تیر جوش شود. در مواردی که در اتصال، کنترل خستگی مدنظر باشد انتهای جوش گوشه ورق‌های سخت‌کننده عرضی به جان تیرهای با ضخامت جان کوچکتر از ۲۰ میلی‌متر، باید حداقل چهار برابر و حداکثر شش برابر ضخامت جان از پنجه جوش گوشه جان به بال کششی بارگذاری نشده، فاصله داشته باشد. (ص ۱۹۸)
 - جوش‌های گوشه‌ای که در دو وجه مخالف یک صفحه مشترک ایجاد می‌شوند، در صورتی که مطابق شکل ۱۰-۹-۲-۱۰ فاصله انتهای جوش گوشه عرضی تا لبه قطعه، کوچکتر از بعد جوش باشد، باید در گوشه مشترک بین دو نوار جوش قطع شوند. (ص ۱۹۸)
 - در اتصالات پوششی (اتصالات روی هم) وقتی عضو زیری در کشش است، برای جلوگیری از زخم در لبه و ترد شکنی در جوش، انتخاب محل شروع و پایان مسیر جوشکاری باید مورد توجه قرار گیرد (شکل ۱۰-۹-۲-۱۰). همچنین لازم است شروع خط جوش به اندازه حداقل بعد جوش از لبه عضو، فاصله داشته باشد. (ص ۱۹۸)



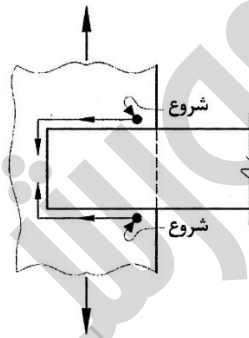
شکل ۱۰-۹-۲-۱۱: جوش گوشه در انتهای اعضای محوری (ص ۱۹۸)



شکل ۱۰-۲-۹-۱۲: اتصالات مفصلی با نبشی جان (ص ۱۹۹)



شکل ۱۰-۲-۹-۱۳: جوش های گوشه در دو وجه مخالف یک صفحه مشترک (ص ۱۹۹)



شکل ۱۰-۲-۹-۱۴: مسیر مناسب برای جلوگیری از زخم (ترک یا شیار) در لبه (ص ۱۹۹)

۱۰-۲-۹-۳ جوش های انگشترانه و کام

الف) سطح مقطع مؤثر: برای جوش انگشترانه و کام، سطح مقطع مؤثر در برش مساوی سطح مقطع اسمی سوراخ و شکاف در صفحه برش در نظر گرفته می شود. (ص ۲۰۰)

ب) محدودیت ها

- ۱- استفاده از جوش انگشترانه و کام برای انتقال برش در اتصال های پوششی یا جلوگیری از کمانش در عناصر روی هم آمده در اعضای ساخته شده، مجاز است. (ص ۲۰۰)
- ۲- قطر سوراخ در جوش انگشترانه نباید از ضخامت قطعه سوراخ شده به اضافه ۸ میلی متر کمتر باشد. همچنین قطر مورد اشاره نباید از قطر حداقل به اضافه ۳ میلی متر یا ۲/۲۵ برابر ضخامت جوش بزرگتر شود. (ص ۲۰۰)
- ۳- حداقل فاصله مرکز تا مرکز سوراخ های جوش های انگشترانه ۴ برابر قطر سوراخ است.
- ۴- در جوش کام، طول شکاف نباید از ۱۰ برابر ضخامت جوش بزرگتر باشد.
- ۵- در جوش کام، پهنای شکاف نباید از ضخامت قطعه بریده شده به اضافه ۸ میلی متر کوچکتر و از ۲/۲۵ برابر ضخامت جوش بزرگتر باشد.
- ۶- انتهای شکاف یا باید نیم دایره ای یا خطی مستقیم باشد که گوشه های آن تبدیل به ربعی از دایره (با شعاعی بزرگتر از ضخامت قطعه حاوی شکاف) می شود؛ مگر اینکه انتهای شکاف به لبه قطعه منتهی شده باشد. (ص ۲۰۰)
- ۷- حداقل فاصله مرکز تا مرکز شکاف ها در امتداد عمود بر طول، چهار برابر پهنای شکاف حداقل فاصله مرکز تا مرکز شکاف ها در امتداد عمود بر طول، چهار برابر پهنای شکاف حداقل فاصله مرکز تا مرکز شکاف ها در امتداد طول دو برابر طول، شکاف است. (ص ۲۰۰)
- ۸- ضخامت جوش انگشترانه و کام در قطعاتی که ضخامت آن ها کوچکتر یا مساوی ۱۶ میلی متر است، باید برابر با ضخامت قطعه و در قطعاتی که ضخامت آن ها بیش از ۱۶ میلی متر است، باید برابر با بزرگترین دو مقدار نصف ضخامت قطعه و ۱۶ میلی متر در نظر گرفته شود. (ص ۲۰۰)

۱۰-۲-۹-۲-۴ مقاومت موجود جوش‌ها

مقاومت موجود جوش در طراحی به روش LRFD مساوی ϕR_n و در طراحی به روش ASD مساوی ΩR_n بوده که در آن مقادیر ϕ و Ω مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۳ تعیین می‌شوند و R_n مقاومت اسمی جوش است و باید به شرح زیر برابر کوچک‌ترین مقدار محاسبه شده براساس حالت‌های حدی مربوط به مصالح فلز پایه و حالت‌های حدی مربوط به فلز جوش در نظر گرفته شود: (ص ۲۰۱)

(الف) براساس مصالح فلز پایه

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (۲-۹-۲-۱۰)$$

(ب) براساس مصالح فلز جوش

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (۳-۹-۲-۱۰)$$

$$F_{nBM} = \text{تنش اسمی فلز پایه مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۳}$$

$$F_{nw} = \text{تنش اسمی فلز جوش مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۳}$$

$$A_{BM} = \text{سطح مقطع فلز پایه}$$

$$A_{we} = \text{سطح مقطع مؤثر جوش}$$

در جوش‌های گوشه به غیر از جوش‌هایی که تحت اثر نیروهای محوری کششی یا فشاری موازی با محور جوش قرار دارند، کلیه تنش‌ها می‌تواند به‌صورت برشی بر روی سطح مقطع مؤثر جوش در نظر گرفته شود در صورتی که جوش تحت اثر ترکیبی از لنگر خمشی، پیچشی، نیروی برشی و نیروی محوری قرار داشته باشد، تنش‌های مورد اشاره برآیند (به‌صورت برداری) تنش‌های ناشی از این نیروها خواهد بود که باید کمتر از مقاومت موجود جوش مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۳ باشد. (ص ۲۰۱)

جدول ۱۰-۲-۹-۳: مقاومت موجود جوش‌ها** (ص ۲۰۱)

| نوع جوش | نوع بار و جهت آن نسبت به محور جوش | نوع فلز حاکم بر تعیین مقاومت جوش | ضریب کاهش مقاومت ϕ یا افزایش مقاومت مجاز Ω | تنش اسمی (F_{nBM} یا F_{nw}) |
|--|---|--|---|---------------------------------------|
| جوش شیاری با نفوذ کامل و لبه آماده شده | کششی عمود بر محور جوش | مقاومت اتصال براساس فلز پایه تعیین می‌گردد | | |
| | فشاری عمود بر محور جوش | مقاومت اتصال براساس فلز پایه تعیین می‌گردد | | |
| | کششی یا فشاری موازی با محور جوش | طراحی ندارد | | |
| | برشی | مقاومت اتصال براساس فلز پایه تعیین می‌گردد | | |
| جوش شیاری با نفوذ نسبی | کششی در امتداد عمود بر محور جوش | براساس فلز پایه | $\phi = 0.75$ $\Omega = 2.0$ | $F_{nBM} = F_u$ * |
| | | براساس فلز جوش (الکتروود مصرفی) | $\phi = 0.8$ $\Omega = 1.88$ | $F_{nw} = 0.6F_{ue}$ * |
| | فشاری- ستون بر کف-ستون و وصله‌های ستون مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۱-الف | طراحی ندارد | | |
| | فشاری- در اعضای یا سطوح در تماس با هم (به‌غیر از ستون‌ها و مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۱-ب) | براساس فلز پایه | $\phi = 0.9$ $\Omega = 1.67$ | $F_{nBM} = F_y$ * |
| | | براساس فلز جوش (الکتروود مصرفی) | $\phi = 0.8$ $\Omega = 1.88$ | $F_{nw} = 0.6F_{ue}$ |
| | | براساس فلز پایه | $\phi = 0.9$ $\Omega = 1.67$ | $F_{nBM} = F_y$ * |
| | کششی یا فشاری موازی با محور جوش | براساس فلز جوش (الکتروود مصرفی) | $\phi = 0.8$ $\Omega = 1.88$ | $F_{nw} = 0.9F_{ue}$ |
| طراحی ندارد | | | | |
| برشی | براساس فلز پایه | مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴ | | |
| | براساس فلز جوش (الکتروود مصرفی) | $\phi = 0.75$ $\Omega = 2.0$ | $F_{nw} = 0.6F_{ue}$ | |
| جوش گوشه | برشی | براساس فلز پایه | مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴ | |
| | | براساس فلز جوش (الکتروود مصرفی) | $\phi = 0.75$ $\Omega = 2.0$ | $F_{nw} = 0.6F_{ue}$ |
| | کششی یا فشاری، موازی با محور جوش | طراحی ندارد | | |
| جوش اتکستانه و کام | برشی، موازی سطح برش شونده (روی مقطع مؤثر) | براساس فلز پایه | مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴ | |
| | | براساس فلز جوش (الکتروود مصرفی) | $\phi = 0.75$ $\Omega = 2.0$ | $F_{nw} = 0.6F_{ue}$ |

۱۰-۲-۹-۲-۶ الکتروود (فلز پرکننده) سازگار با فلز پایه

الکتروود (فلز پرکننده جوش) سازگار با فلز پایه مطابق جدول زیر تعریف می‌شود:

جدول ۱۰-۲-۹-۴: الکتروودهای سازگار با فلز پایه (ص ۲۰۴)

| نوع الکتروود سازگار | تنش تسلیم مشخصه مصالح فلز پایه (F_y) |
|---------------------|--|
| E60 یا معادل آن | تا 300 MPa و $t \leq 20$ mm |
| E70 یا معادل آن | ($t =$ ضخامت فلز پایه) |
| E70 یا معادل آن | تا 300 MPa و $t > 20$ mm |
| E70 یا معادل آن | از 300 MPa تا 380 MPa |
| E80 یا معادل آن | از 380 MPa تا 460 MPa |

فلز پرکننده جوش (نوع الکتروود مصرفی) برای انواع مختلف جوش‌ها باید الزامات زیر را تأمین نماید: (ص ۲۰۴)

۱- برای جوش‌های شیار با نفوذ کامل تحت اثر کشش در راستای عمود بر محور جوش یا تحت اثر برش در راستای محور طولی جوش (به غیر از جوش‌های اتصال بال به جان مقاطع اعضای خمشی) باید مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۴ از فلز پرکننده سازگار یا حداکثر یک رده بالاتر از فلز پرکننده سازگار استفاده شود. (ص ۲۰۴)

۲- برای جوش‌های شیار با نفوذ کامل در سایر وضعیت‌های بارگذاری و نیز برای جوش‌های شیار با نفوذ نسبی استفاده از فلز پرکننده دارای مقاومتی حداکثر یک رده پایین‌تر از مقاومت فلز پرکننده سازگار مجاز است. (ص ۲۰۴)

۳- برای جوش‌های گوشه، انگشتانه و کام رعایت فلز پرکننده سازگار الزامی نبوده، لیکن در هر حال استفاده از فلز پرکننده دارای مقاومتی بیش از یک رده بالاتر از مقاومت فلز پرکننده سازگار مجاز نیست.

۱۰-۲-۹-۷ فلز جوش مختلط

هرگاه طاقت نمونه زخم دار (آزمایش شاری) به عنوان شرطی برای مصالح جوش تعیین شده باشد، مصالح و روش جوشکاری برای فلز تمام جوش‌ها اعم از خال جوش، عبور جوش در عمق و ریشه اتصال یا عبورهای بعدی که جوش تکمیلی را در اتصال ایجاد می‌کند، باید سازگاری لازم را داشته تا طاقت نمونه زخم دار برای فلز جوش مختلط محرز شود. (ص ۲۰۵)

۱۰-۲-۹-۳ پیچ‌ها و میله‌های دندانه شده

۱۰-۲-۹-۱-۳ انواع پیچ‌ها

رده مکانیکی و مشخصات انواع متداول پیچ‌های مورد استفاده در سازه‌های فولادی برای پیچ‌های معمولی و پرمقاومت در جدول ۱۰-۱-۵ ارائه شده است. برای میله‌های دندانه شده استفاده از کلیه فولادهای مجاز ساختمانی معرفی شده در بخش ۱۰-۱ بلامانع است. برای هر پیچ باید واشر و مهره سازگار مورد استفاده قرار گیرد. (ص ۲۰۵)

اتصالات پیچی از لحاظ نحوه اجرای پیچ‌ها (سفت کردن آن‌ها) و مقاومت موجود آن‌ها به شرح زیر به سه دسته "اتکایی"، "پیش‌تنیده" و "لغزش بحرانی" تقسیم‌بندی می‌شوند: (ص ۲۰۵)

الف) اتصالات پیچی اتکایی: اتصالات پیچی اتکایی اتصالاتی هستند که سفت کردن آن‌ها در حد "سفتی کامل" بوده و به لحاظ مقاومت برشی، پیچ‌ها نیروی برشی را از طریق اتکای تنه پیچ (قلم پیچ) به جداره سوراخ انتقال می‌دهند و از مقاومت لغزشی موجود بین سطوح تماس اتصال صرف‌نظر می‌شود. (ص ۲۰۵)

سفتی کامل نحوه سفت کردنی است که با یک آچار ساده و حداکثر توان یک کارگر معمولی یا چند دور آچارهای بادی و الکتریکی قابل حصول فرض می‌شود. در این حالت سطوح اتصال باید در تماس با یکدیگر قرار گیرند و تمامی پیچ‌ها باید به حدی سفت باشند که باز شدن آن‌ها بدون آچار ممکن نباشد ممکن است در یک اتصال با تعداد پیچ زیاد، عمل سفت کردن هر پیچ چند بار انجام شود تا حصول این امر احراز گردد. در بستن پیچ‌های یک اتصال باید از قسمت سخت‌تر شروع به سفت کردن کرد تا این عمل موجب جدایش قطعات در قسمت‌های دیگر نشود.

به جز مواردی که در بخش (ب) و (پ) همین بند و نیز در اتصالات اعضای فشاری ساخته شده مطابق بند ۱۰-۲-۴-۲-۶ قید شده است، استفاده از اتصالات اتکایی با پیچ‌های معمولی یا پرمقاومت مجاز است. مقاومت موجود پیچ‌ها در اتصالات اتکایی براساس بندهای ۱۰-۲-۹-۳-۳ و ۱۰-۲-۹-۳-۴ و جدول ۱۰-۲-۹-۹ به دست می‌آید. همچنین، مقاومت اتکایی و پارگی موجود باید مطابق بندهای ۱۰-۲-۹-۳-۷ و ۱۰-۲-۹-۳-۸ کنترل گردد. (ص ۲۰۶)

ب) اتصالات پیش‌تنیده: اتصالات پیش‌تنیده اتصالاتی هستند که اولاً پیچ‌های آن از جنس فولاد پرمقاومت باشد و ثانیاً به لحاظ مشخصات هندسی قابلیت پیش‌تنیدگی داشته باشند و ثالثاً در هنگام سفت کردن پس از حصول حالت سفتی کامل، به روش مناسبی پیش‌تنیده شوند. روش‌های مناسب پیش‌تنیده کردن یک پیچ شامل روش «سفت کردن اضافی مهره»، استفاده از «واشر نیروسنج»، «آچار مدرج کالیبره شده»، «پیچ‌های کشش کنترل» و استفاده از دیگر ابزارهای ویژه هستند. در فصل ۱۰-۴ در مورد این روش‌ها توضیحات بیشتری ارائه شده است. حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در این پیچ‌ها باید مطابق مقادیر جدول ۱۰-۲-۹-۵ باشد. مقاومت برشی و اتکایی موجود این نوع اتصالات مطابق اتصالات



اتکایی تعیین می‌گردد و در آن‌ها از مقاومت لغزشی موجود سطوح تماس اتصال صرف‌نظر می‌شود. در اتصالات پیش‌تنیده به غیر از اتصالاتی که ملاک طراحی آن‌ها نیروهای ناشی از زلزله بوده و باید الزامات فصل ۱۰-۳ این مبحث برای سطوح تماس آن تأمین شود، رعایت شرایط اضافی الزامی نیست. استفاده از این نوع اتصالات علاوه بر مواردی که در این مبحث ذکر شده، در شرایط زیر الزامی است: (ص ۲۰۶)

- در اتصالات اعضای فشاری ساخته شده مطابق الزامات بخش ۱۰-۲-۴
- در اتصالاتی که تحت اثر ارتعاش احتمال شل شدگی پیچ‌ها وجود داشته باشد. (ص ۲۰۶)
- در مواقعی که اتصال تحت اثر نیروهای رفت و برگشتی قابل ملاحظه قرار دارد.
- در مواقعی که اتصال تحت اثر بارهای خستگی آور بدون برگشت جهت بار قرار دارد.
- کلیه پیچ‌ها در رده مقاومتی A_{490} مطابق استاندارد ASTM و $10/9$ مطابق استانداردهای EN و ISIRI و بالاتر که تحت اثر نیروی کششی همراه با نیروی برشی یا بدون آن و با یا بدون اثر خستگی قرار دارند. (ص ۲۰۶)
- پ) اتصالات لغزش بحرانی:** اتصالات لغزش بحرانی اتصالاتی هستند که در آن‌ها پیچ‌ها مانند پیچ‌های پیش‌تنیده به یکی از روش‌های مجاز سفت می‌شوند؛ لیکن انتقال نیروی برشی در اتصال، توسط مقاومت در برابر لغزش بین سطوح در تماس اتصال انجام می‌پذیرد در اتصالات لغزش بحرانی، سطوح تماس باید دارای وضعیت سطحی کلاس A یا B مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۵ باشند. در سطوح در تماس این نوع اتصالات نباید لغزش رخ دهد و پیچ به جداره سوراخ اتکاء نمی‌یابد. با این وجود، مقاومت اتکایی و پارگی موجود باید مطابق بندهای ۱۰-۲-۹-۳-۷ و ۱۰-۳-۹-۲-۸ کنترل شود. مقاومت موجود این پیچ‌ها مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۵ و ۱۰-۳-۹-۲-۶ انجام می‌پذیرد. (ص ۲۰۷)
- استفاده از اتصالات لغزش بحرانی علاوه بر مواردی که در سایر بخش‌های این مبحث ذکر شده در شرایط زیر الزامی است: (ص ۲۰۷)
- در کلیه مواردی که لغزش در اتصال موجب ناپایداری یا کاهش مقاومت موجود سازه می‌شود.
- در مواقعی که اتصال تحت اثر نیروهای دینامیکی با تکرار زیاد توأم با اثر خستگی قرار دارد.
- مطابق این مبحث، بارهای باد و زلزله در ردیف بارهای دینامیکی با تکرار زیاد قرار نمی‌گیرند.
- در مواردی که در اتصال از سوراخ بزرگ شده یا لوبیایی در امتداد نیرو استفاده شده باشد و استفاده از آن‌ها در این مبحث مجاز شمرده شده باشد. (ص ۲۰۷)
- در اتصال انتهای ورق‌های پوششی بال‌های تیر مطابق بند ۱۰-۲-۵-۱۳. (ص ۲۰۷)

جدول ۱۰-۲-۹-۵: حداقل نیروی پیش‌تنیدگی (T_b) در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی (ص ۲۰۷)

| پیچ‌های نوع A490 مطابق استاندارد ASTM و 10.9 مطابق استانداردهای EN و ISIRI | پیچ‌های نوع A325 مطابق استاندارد ASTM و 8.8 مطابق استانداردهای EN و ISIRI | قطر اسمی پیچ (بر حسب میلی‌متر) |
|--|---|--------------------------------|
| 114 kN | 91 kN | M16 |
| 179 kN | 142 kN | M20 |
| 221 kN | 176 kN | M22 |
| 257 kN | 205 kN | M24 |
| 334 kN | 267 kN | M27 |
| 408 kN | 326 kN | M30 |
| 595 kN | 475 kN | M36 |

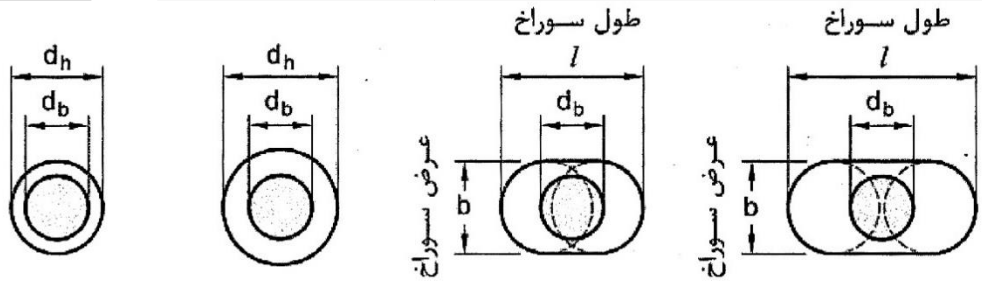
تبصره: در مواردی که قطر اسمی پیچ غیر از اعداد ذکر شده در جدول ۱۰-۲-۹-۵ باشد، حداقل نیروی پیش‌تنیدگی را می‌توان برابر $A_{nb}F_u$ (که معادل $0.7 A_{nb}F_u$ است)، در نظر گرفت، که در آن A_{nb} سطح مقطع اسمی پیچ، A_{eb} سطح مقطع پیچ در محل دندانه‌ها و F_u تنش کششی نهایی مصالح پیچ است. (ص ۲۰۸)

۱۰-۲-۹-۲-۳ مشخصات و فواصل سوراخ‌ها در اتصالات پیچی

الف) انواع سوراخ‌ها در اتصالات پیچی

مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۱۵ در اتصالات پیچی سوراخ‌ها باید یکی از انواع زیر باشند: (ص ۲۰۸)

- ۱- سوراخ استاندارد
- ۲- سوراخ بزرگ شده
- ۳- سوراخ لوبیایی کوتاه
- ۴- سوراخ لوبیایی بلند



سوراخ لوبیایی بلند سوراخ لوبیایی کوتاه سوراخ بزرگ شده سوراخ استاندارد
 شکل ۱۰-۲-۹-۱۵: انواع سوراخ پیچها در اتصالات پیچی (ص ۲۰۸)

(ب) محدودیت ابعاد اسمی سوراخها و دامنه کاربرد آنها
 ۱- ابعاد حداکثر سوراخ پیچها باید مطابق جدول ۶-۹-۲-۱۰ (ص ۲۰۸)

جدول ۶-۹-۲-۱۰: ابعاد اسمی سوراخ پیچ بر حسب میلی متر (ص ۲۰۹)

| ابعاد اسمی سوراخ (mm) | | | | قطر پیچ (mm) |
|---|---|-------------------|-------------------|--------------|
| سوراخ لوبیایی بلند (طول×عرض) | سوراخ لوبیایی کوتاه (طول×عرض) | سوراخ بزرگ شده | سوراخ استاندارد | |
| 18×40 | 18×22 | 20 | 18 | M16 |
| 22×50 | 22×26 | 24 | 22 | M20 |
| 24×55 | 24×30 | 28 | 24 | M22 |
| 27×60 | 27×32 | 30 | 27 | M24 |
| 30×67 | 30×37 | 35 | 30 | M27 |
| 33×75 | 33×40 | 38 | 33 | M30 |
| ×2.5d _b (d _b +3) | × (d _b +10) (d _b +3) | d _b +8 | d _b +3 | ≥M36 |

d_b = قطر اسمی پیچ

۲- سوراخهای بزرگ شده فقط در اتصالات لغزش بحرانی مجاز است.

۳- سوراخ لوبیایی کوتاه در تمام امتدادها در اتصالات لغزش بحرانی مجاز است اما در اتصالات اتکایی و پیش تنیده استفاده از آنها زمانی مجاز است که امتداد طولی سوراخ عمود بر امتداد نیرو باشد. (ص ۲۰۹)

۴- سوراخ لوبیایی بلند در تمام امتدادها در اتصالات لغزش بحرانی مجاز است اما در اتصالات اتکایی و پیش تنیده استفاده از آنها زمانی مجاز است که امتداد طولی سوراخ عمود بر امتداد نیرو باشد. لیکن در هر سه نوع اتصال، سوراخ لوبیایی بلند باید فقط در یکی از ورقهای اتصال تعبیه شود. (ص ۲۰۹)

۵- در ورق کف ستونها برای عبور میل مهارها استفاده از سوراخ استاندارد بدون استفاده از واشر تنظیم کننده اضافی در روی ورق کف ستون در محل سوراخ، مجاز است. در صورتی که برای نصب سازه نیاز به تعبیه سوراخهای با قطر بزرگتر از سوراخهای استاندارد باشد، در این صورت لازم است بر روی ورق کف ستون در محل سوراخ، از واشر تنظیم کننده اضافی با ابعادی بزرگتر از ابعاد سوراخ کف ستون و دارای سوراخ استاندارد که به نحو مناسبی به ورق کف ستون جوش می شود، استفاده شود. این واشر باید دارای مقاومت موجود کافی در برابر اتکا و اتصال آن به ورق کف ستون دارای مقاومت برشی موجود کافی در برابر برش میل مهار باشد. در هر حال قطر سوراخهای تعبیه شده در ورق کف ستون نباید از قطر سوراخهای بزرگ شده به اضافه دو میلی متر بزرگتر باشد. (ص ۲۱۰)

۶- در صورت استفاده از پیچهایی با قطر اسمی به غیر از آنچه در جدول ۶-۹-۲-۱۰ آمده است، ابعاد اسمی سوراخهای متناظر با آنها از طریق درون یابی مقادیر مندرج در این جدول به دست می آید. (ص ۲۱۰)

(پ) حداقل فاصله سوراخها تالبه

فاصله مرکز سوراخهای استاندارد تا لبه قطعه متصل شونده نباید از مقادیر داده شده در جدول ۷-۹-۲-۱۰ کوچکتر باشد. برای سوراخهای بزرگ شده و لوبیایی فاصله مرکز سوراخ تا لبه نباید از آنچه برای سوراخ استاندارد تعیین شده به اضافه مقدار C مطابق جدول ۸-۹-۲-۱۰، کوچکتر باشد. (ص ۲۱۰)



جدول ۱۰-۲-۹-۷: حداقل فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در هر راستا (ص ۲۱۰)

| | |
|---|---|
| لبه بریده شده با پیچی (گیوتین) ($d_b =$ قطر اسمی پیچ) | لبه نورد شده ورق - نیمرخ، تسمه و نیز لبه بریده شده با شعله اتوماتیک یا اره |
| $2d_b$ | $1.5d_b$ |

جدول ۱۰-۲-۹-۸: مقادیر افزایش فاصله سوراخ تا لبه (C) (ص ۲۱۰)

| سوراخ بزرگ شده (mm) | سوراخ لوبیایی (mm) | |
|------------------------|--------------------|--------------|
| | عمود بر امتداد لبه | |
| 3 mm | لوبیایی کوتاه | لوبیایی بلند |
| | 5 mm | $0.75d_b$ |
| | موازی با لبه | 0 |

ث) حداکثر فاصله مرکز سوراخ تا لبه

حداکثر فاصله مرکز سوراخ تا نزدیک ترین لبه قطعه در هر راستا به شرح زیر است: (ص ۲۱۱)

- ۱- برای قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی شوند ولی احتمال زنگ زدگی و خوردگی ندارند، فاصله از مرکز هر سوراخ تا نزدیک ترین لبه قطعه در هر راستا نباید از ۱۲ برابر ضخامت نازک ترین قطعه و ۱۵۰ میلی متر بیشتر شود.
- ۲- برای قطعات رنگ نشده ای که تحت اثر خوردگی ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله از مرکز هر سوراخ تا نزدیک ترین لبه قطعه در هر راستا نباید از هشت برابر ضخامت نازک ترین قطعه و ۱۲۵ میلی متر بیشتر شود. (ص ۲۱۱)

ج) حداکثر فاصله مرکز تا مرکز سوراخها در اتصالات پیچی

حداکثر فاصله مرکز تا مرکز سوراخها در اتصالات پیچی در هر راستا به شرح زیر است:

- ۱- در قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی شوند ولی احتمال زنگ زدگی و خوردگی ندارند، فاصله بین مرکز سوراخها نباید از ۲۴ برابر ضخامت نازک ترین قطعه متصل شونده و ۳۰۰ میلی متر بیشتر شود. (ص ۲۱۱)
- ۲- در قطعات رنگ نشده ای که تحت اثر خوردگی ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله بین مرکز سوراخها نباید از ۱۴ برابر ضخامت نازک ترین قطعه متصل شونده و ۱۸۰ میلی متر بیشتر شود. (ص ۲۱۱)

۱۰-۲-۹-۳-۳ مقاومت کششی و برشی موجود پیچها و میله های دنداننه شده در اتصالات اتکایی و پیش تنیده

در تعیین مقاومت های موجود پیچها و میله های دنداننه شده، سطح مقطع اسمی پیچها (خارج از ناحیه دنداننه شده)، و میله های دنداننه شده (خارج از ناحیه دنداننه شده) ملاک است. همچنین در مواردی که میله های دنداننه شده از میلگرد آجدار ساخته می شوند، در تعیین مقاومت های موجود آنها، سطح مقطع ناحیه تراشکاری شده (خارج از ناحیه دنداننه شده)، که عموماً کوچکتر از قطر زمینه میلگرد است، ملاک محاسبه خواهد بود. (ص ۲۱۱)

در اتصالات اتکایی و پیش تنیده، در طراحی به روش LRFD مقاومت کششی و برشی طراحی مساوی ϕR_n و در طراحی به روش ASD مقاومت کششی و برشی مجاز مساوی R_n/Ω بوده که در آن مقدار R_n برای پیچهای معمولی، پیچ های پرمقاومت و میله های دنداننه شده باید براساس حالت های حدی گسیختگی کششی و برشی از رابطه زیر تعیین شود: (ص ۲۱۲)

$$R_n = F_n A_b \quad (10-2-9-8)$$

$$\phi = 0.75 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega = 2.00 \text{ (ASD)}$$

در روابط فوق: (ص ۲۱۲)

A_b = سطح مقطع اسمی پیچ یا میله دنداننه شده

F_n = تنش کششی اسمی (F_{nt}) یا تنش برشی اسمی (F_{nw})، مطابق مقادیر جدول ۱۰-۲-۹-۹.

جدول ۱۰-۲-۹: تنش اسمی پیچ و میله‌های دندانه شده (ص ۲۱۲)

| تنش کششی اسمی ^[۱] (F_{nt}) | تنش برشی اسمی (F_{nv}) در اتصالات اتکایی و پیش‌تنبیده ^[۲] | نوع وسیله اتصال |
|--|--|---|
| $0.75F_u$ ^[۳] | $0.45F_u$ ^[۴] | پیچ‌های معمولی در حالتی که سطح برش در داخل یا خارج ناحیه دندانه‌شده قرار دارد |
| $0.75F_u$ | $0.45F_u$ ^[۴] | پیچ‌های بر مقاومت در حالتی که سطح برش در داخل ناحیه دندانه‌شده قرار دارد |
| $0.75F_u$ | $0.55F_u$ ^[۴] | پیچ‌های بر مقاومت در حالتی که سطح برش خارج ناحیه دندانه‌شده قرار دارد |
| $0.75F_u$ | $0.45F_u$ | میله دندانه‌شده در حالتی که سطح برش در داخل ناحیه دندانه‌شده قرار دارد |
| $0.75F_u$ | $0.55F_u$ | میله دندانه‌شده در حالتی که سطح برش خارج ناحیه دندانه‌شده قرار دارد |

یادداشت‌ها:

- [۱] برای تنش کششی اسمی پیچ‌های بر مقاومت تحت اثر تنش کششی ناشی از خستگی به آئین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی رجوع شود. (ص ۲۱۲)
- [۲] در صورتی که در محل اتصال از ورق پرکننده استفاده شود، رعایت ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۵-ت الزامی است.
- [۳] در پیچ‌های معمولی که طول گیره آن‌ها از پنج برابر قطرشان بیشتر است، مقادیر فوق باید به ازای هر ۲ میلی‌متر طول اضافی گیره، یک درصد کاهش داده شود. (ص ۲۱۳)
- [۴] در اتصالات انتهایی اعضای بار محوری، وقتی که فاصله اولین و آخرین پیچ در امتداد نیرو از ۹۵۰ میلی‌متر تجاوز کند، این مقادیر را باید ۱۶/۷ درصد کاهش داد. (ص ۲۱۳)
- [۵] در جدول فوق F_u تنش کششی نهایی پیچ است.

تبصره: در اتصالات پیچی تحت اثر کشش خالص یا کشش ناشی از خمش، هنگامی که لبه قطعه پیچ شده به لبه قطعه دیگر اتکا می‌کند، در تعیین مقاومت مورد نیاز پیچ‌ها باید آثار ناشی از عمل اهرمی نیز در نظر گرفته شود. (ص ۲۱۳)

۱۰-۲-۹-۴-۲ مقاومت برشی موجود اجزای اتصال‌دهنده و نواحی تأثیرپذیر اعضا

مقاومت برشی موجود اجزای اتصال‌دهنده و نواحی تأثیرپذیر اعضا در روش LRFD مساوی ϕR_n و در روش ASD مساوی R_n/Ω بوده که در آن ϕ (ضریب کاهش مقاومت)، Ω (ضریب اطمینان) و R_n (مقاومت برشی اسمی اجزای اتصال‌دهنده و نواحی تأثیرپذیر اعضا) براساس کوچک‌ترین مقدار به دست آمده از حالت‌های حدی تسلیم و گسیختگی برشی، به شرح زیر تعیین می‌شوند: (ص ۲۱۹)

الف) حالت حدی تسلیم برشی در مقطع کلی (ص ۲۱۹)

$$R_n = 0.6 F_y A_{gv} \quad (10-2-9-19)$$

$$\phi = 1.00 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega = 1.50 \text{ (ASD)}$$

ب) حالت حدی گسیختگی برشی در مقطع خالص (ص ۲۱۹)

$$R_n = 0.6 F_u A_{nv} \quad (10-2-9-20)$$

$$\phi = 0.75 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega = 2.00 \text{ (ASD)}$$

در روابط فوق: (ص ۲۱۹)

$$A_{gv} = \text{سطح مقطع کلی تحت اثر برش}$$

$$A_{nv} = \text{سطح مقطع خالص تحت اثر برش مطابق ضوابط بند ۱۰-۲-۳-۳ برای اتصالات پیچی و سطح مقطع کلی تحت اثر برش برای اتصالات جوشی}$$

$$F_y \text{ و } F_u = \text{به ترتیب تنش تسلیم مشخصه و تنش کششی نهایی مشخصه فولاد (ص ۲۱۹)}$$

۱۰-۲-۹-۴-۴ مقاومت فشاری موجود اجزای اتصال‌دهنده

مقاومت فشاری موجود اجزای اتصال‌دهنده در روش LRFD مساوی ϕR_n و در روش ASD مساوی R_n/Ω بوده که در آن ϕ (ضریب کاهش مقاومت)، Ω (ضریب اطمینان) و R_n (مقاومت فشاری اسمی اجزای اتصال‌دهنده) براساس کوچک‌ترین مقدار به دست آمده از حالت‌های حدی تسلیم و کمانش به شرح زیر تعیین می‌شوند: (ص ۲۲۱)

الف) در صورتی که $KL/r \leq 25$ باشد: (ص ۲۲۱)

$$P_n = F_y A_g \quad (10-2-9-22)$$

$\phi = 0.9$ (LRFD) و $\Omega = 1.67$ (ASD)

که در آن:

A_g = سطح مقطع کلی اجزای اتصال دهنده

F_y = تنش تسلیم مشخصه فولاد

K = ضریب طول مؤثر اجزای اتصال دهنده که عموماً مقدار آن برابر واحد در نظر گرفته می‌شود.

L = طول مهار نشده اجزای اتصال دهنده برابر با طولی از جزء اتصال بوده که از انتهای اتصال عضو به گاست در راستای محور طولی مار بر مرکز سطح عضو تا محل اتصال ورق گاست به تکیه‌گاه اندازه‌گیری می‌شود. (ص ۲۲۱)

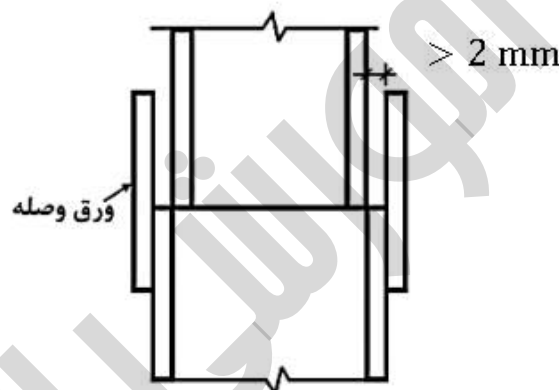
۱۰-۲-۹-۵ ورق‌های پرکننده

در محل وصله اعضا، ورق‌های پرکننده باید الزامات عمومی زیر را تأمین نمایند:

الف) در اتصالات جوشی، در صورتی که مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۱۹ فاصله بین وجه داخلی ورق وصله و وجه خارجی قطعه با ابعاد کوچکتر، مساوی یا کمتر از ۲ میلی‌متر باشد، نیازی به تعبیه ورق‌های پرکننده نبوده، لیکن بعد محاسباتی جوش باید به اندازه فاصله خالی افزایش یابد. (ص ۲۲۲)

ب) در اتصالات جوشی، ورق‌های پرکننده‌ای که ضخامت آن‌ها کمتر از ۶ میلی‌متر است یا ورق‌های پرکننده‌ای با ضخامت مساوی یا بزرگتر از ۶ میلی‌متر که توانایی انتقال نیروی ورق وصله را به ستون فوقانی ندارند، لبه‌هایشان باید همباد لبه‌های ورق وصله تمام شود و بعد جوش باید حداقل مساوی مجموع بعد جوش جهت انتقال نیروی وصله به‌اضافه ضخامت ورق پرکننده در نظر گرفته شود. (ص ۲۲۲)

پ) در اتصالات جوشی، ورق‌های پرکننده‌ای که ضخامت آن‌ها بیش از ۶ میلی‌متر بوده و توانایی لازم جهت انتقال نیروی وصله را دارند، باید از لبه‌های ورق وصله به اندازه کافی ادامه یابند و به قطعه‌ای که روی آن قرار می‌گیرند باید برای انتقال نیروهای ورق وصله کافی باشد. همچنین، بعد جوش‌هایی که ورق‌های وصله را به ورق‌های پرکننده متصل می‌کنند، باید متناسب با ضخامت ورق پرکننده بوده و برای انتقال نیروهای ورق وصله کافی باشند. در ضمن ورق‌های پرکننده باید دارای مقاومت موجود کافی در برابر تسلیم برشی، گسیختگی برشی و برش قالبی باشند. (ص ۲۲۲)



شکل ۱۰-۲-۹-۱۹: نیاز به ورق پرکننده در اتصالات جوشی (ص ۲۲۳)

ت) در اتصالات پیچی اتکایی و پیش‌تنیده، در صورتی که ضخامت ورق‌های پرکننده مساوی یا کوچکتر از ۶ میلی‌متر باشد، هیچ‌گونه کاهش بر روی مقاومت برشی موجود پیچ‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. در غیر این صورت، باید یکی از الزامات زیر به کار گرفته شود: (ص ۲۲۳)

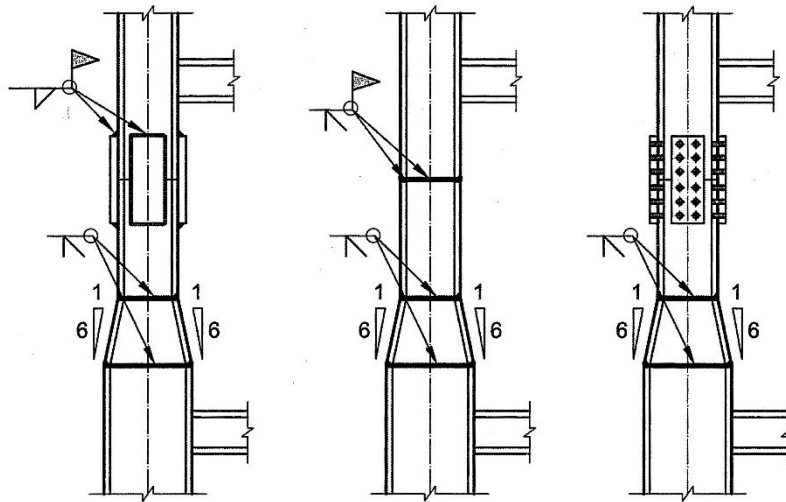
۱ - مقاومت برشی موجود پیچ‌ها با ضریب $0.85 \geq [1 - 0.0154(t - 6)]$ کاهش داده شود، که در آن t ضخامت کل ورق‌های پرکننده به میلی‌متر است. (ص ۲۲۳)

۲ - لبه‌های ورق پرکننده به اندازه کافی ادامه یافته و به‌منظور توزیع یکنواخت نیروی کلی در محل وصله، با پیچ‌های اضافی به قطعه‌ای که روی آن قرار می‌گیرند، پیچ شود. در این حالت، اندازه محل اتصال باید به‌منظور سازگاری با تعداد کل پیچ‌ها افزایش یابد. (ص ۲۲۳)

۳ - لبه‌های ورق‌های پرکننده از طریق جوش گوشه به قطعه با ابعاد کوچکتر وصله شونده متصل شود. در هر حال برای این جوش‌ها رعایت محدودیت‌های مربوط به بعد حداقل و حداکثر جوش گوشه الزامی است. (ص ۲۲۳)

ث) در اتصالات پیچی لغزش بحرانی در صورت وجود ورق‌های پرکننده در محل وصله، علاوه بر الزامات بند ۱۰-۲-۹-۳-۵، رعایت ضابطه اضافی دیگری الزامی نیست. (ص ۲۲۳)

تبصره: در صورتی که ابعاد مقاطع وصله شونده اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای داشته و در محل وصله نیازمند تعبیه ورق‌های پرکننده‌ای با ضخامت بزرگ باشند، در این صورت همانند شکل ۱۰-۲-۹-۲۰ توصیه می‌شود. ستون‌ها قبل از محل وصله کارگاهی، در کارخانه هم اندازه شده و از طریق جوش شیار با نفوذ کامل به یکدیگر متصل شوند تا در هنگام نصب نیازی به تعبیه ورق‌های پرکننده نباشد. (ص ۲۲۳)



شکل ۱۰-۲-۹-۲۰: جزئیات پیشنهادی وصله ستون‌ها در محل تغییر قابل ملاحظه مقطع (ص ۲۲۴)

۱۰-۲-۹-۶ وصله‌ها

وصله‌ها باید الزامات زیر را تأمین کنند:

۱- در صورت استفاده از وصله مستقیم با جوش شیاری، مقاومت موردنیاز وصله نباید کمتر از مقاومت موجود مقطع کوچکتر وصله شونده در نظر گرفته شود. (ص ۲۲۴)

۲- برای انواع دیگر وصله‌ها، مقاومت موردنیاز وصله نباید کمتر از نیروهای حاصل از ترکیبات مختلف بارگذاری (متناظر با روش طراحی) در محل وصله و ۵۰ درصد مقاومت موجود عضو با مقطع کوچکتر وصله شونده، در نظر گرفته شود. (ص ۲۲۴)

۱۰-۲-۹-۷ مقاومت اتکایی موجود سطوح متکی به هم

مقاومت اتکایی موجود سطوح متکی به هم در روش LRFD مساوی ϕR_n و در روش ASD مساوی R_n/Ω بوده که در آن ϕ ضریب کاهش مقاومت، Ω ضریب اطمینان و R_n (مقاومت اتکایی اسمی سطوح متکی به هم) بر اساس حالت حدی اتکایی (تسلیم فشاری موضعی) به شرح زیر تعیین می‌شوند: (ص ۲۲۴)

$$\phi = 0.75 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega = 2.00 \text{ (ASD)}$$

۱۰-۲-۹-۸ کف ستون‌ها، ورق‌های نشیمن و فشار مستقیم بر بتن و مصالح بنایی

مقاومت اتکایی موجود برای مصالح تکیه‌گاهی در روش LRFD مساوی $\phi_c P_p$ و در روش ASD مساوی P_p/Ω_c بوده که در آن ϕ_c ضریب کاهش مقاومت، Ω_c ضریب اطمینان و P_p (مقاومت اتکایی اسمی) بر اساس حالت حدی خردشدگی مصالح تکیه‌گاهی به شرح زیر تعیین می‌شوند: (ص ۲۲۶)

$$\phi = 0.65 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega_c = 2.31 \text{ (ASD)}$$

الف) فشار مستقیم بر روی تکیه‌گاه مصالح بنایی یا سنگ آهکی یا ماسه‌سنگ متراکم و ماسه سیمان: (ص ۲۲۶)

$$P_p = F_p A_p$$

$$(26-9-2-10)$$

که در آن:

A_p = سطح اتکاء در تماس با تکیه‌گاه برحسب میلی‌متر مربع

F_p = تنش اتکایی اسمی و مساوی ۶ مگاپاسکال (ص ۲۲۶)

ب) فشار مستقیم بر روی تکیه‌گاه مصالح بنایی با آجر فشاری و ملات ماسه سیمان: (ص ۲۲۶)

$$P_p = F_p A_p$$

$$(27-9-2-10)$$

که در آن:

A_p = سطح اتکاء در تماس با تکیه‌گاه برحسب میلی‌متر مربع

F_p = تنش اتکایی اسمی و مساوی ۴ مگاپاسکال

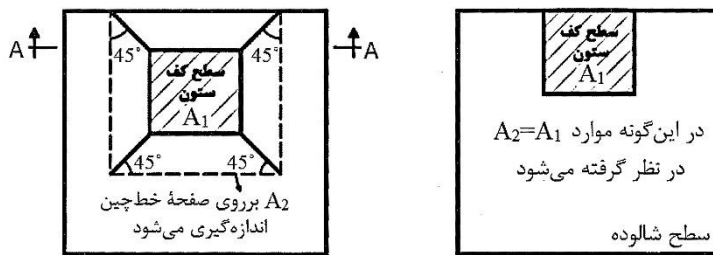
پ) فشار مستقیم بر روی تکیه‌گاه بتنی: (ص ۲۲۶)

$$P_p = 0.85 f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 f'_c A_1$$

که در آن: (ص ۲۲۶)

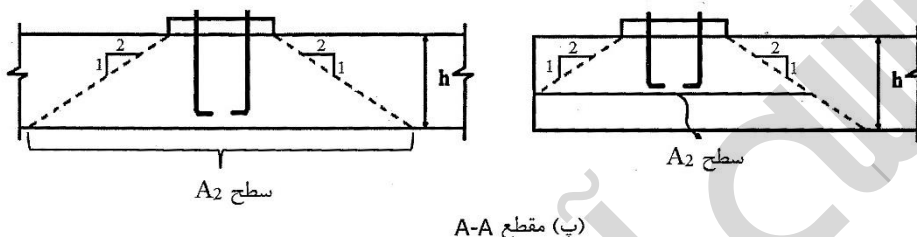
f'_c = تنش فشاری مشخصه نمونه استوانه‌ای بتن

A_1 = سطح ورق کف ستون یا ورق نشیمن در تماس با تکیه‌گاه بتنی
 A_2 = حداکثر سطحی از تکیه‌گاه بتنی هم‌مرکز با ورق کف ستون یا ورق نشیمن که در پلان و عمق تکیه‌گاه بتنی مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۲ محدود می‌شود. این سطح قاعدهٔ تحتانی یک هرم ناقص را تشکیل می‌دهد که قاعدهٔ فوقانی آن همان ورق کف ستون یا ورق نشیمن بوده و یال هرم دارای شیب یک به دو در صفحهٔ قائم است. (ص ۲۲۶)



(ب) کف‌ستون‌هایی که لبه‌های آن از لبهٔ شالوده فاصله دارد

(الف) کف‌ستون‌هایی که حداقل یکی از لبه‌های آن با لبهٔ شالوده هم‌پاد است



(پ) مقطع A-A

شکل ۱۰-۲-۹-۲۲: سطح اتکا در تماس با تکیه‌گاه بتنی (ص ۲۲۷)

۱۰-۲-۹-۹ میل مهارهای کف ستون و اقلام مدفون

الف) میل مهارهای کف ستون

میل مهارها از نظر کشش، برش و آثار توأم آن‌ها باید دارای مقاومت موجود کافی در برابر نیروهای حاصل از ترکیبات مختلف بارگذاری (متناظر با روش طراحی) باشند. مقاومت کششی و برشی موجود میل مهارها مطابق ضوابط میله‌های دندانه شده (الزامات بند ۱۰-۲-۹-۳-۳) تعیین می‌شود. طراحی میل مهارها برای برش می‌تواند به صورت اتکایی و با شرایط سفتی کامل صورت گیرد، مگر در مورد ماشین‌آلات و ادوات تحت لرزش و خستگی که در آن‌ها طراحی و اجرای میل مهارها باید به صورت لغزش بحرانی انجام پذیرد. (ص ۲۲۷)

۱۰-۲-۹-۱۰ الزامات ویژه بال‌ها و جان مقاطع اعضای تحت اثر بارهای متمرکز

مقاومت‌های موجود بال (یا بال‌ها) و جان اعضایی که تحت اثر بارهای متمرکز وارد بر بال قرار می‌گیرند، باید براساس حالت‌های حدی زیر تعیین شوند: (ص ۲۲۸)

- ۱- خمش موضعی بال در مقابل نیروی متمرکز کششی
- ۲- تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی یا فشاری
- ۳- چروکیدگی موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری
- ۴- کمانش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری
- ۵- کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز متقابل فشاری، که به هر دو بال عضو اثر می‌کند. (ص ۲۲۸)

۱۰-۲-۹-۱۰-۱ خمش موضعی بال در مقابل نیروی متمرکز کششی

مقاومت موجود بال در برابر خمش موضعی ناشی از نیروی متمرکز کششی، در روش LRFD مساوی ϕR_n و در روش ASD مساوی R_n / Ω بوده که در آن ϕ (ضریب کاهش مقاومت)، Ω (ضریب اطمینان) و R_n (مقاومت اسمی بال در برابر خمش موضعی ناشی از نیروی متمرکز کششی) به شرح زیر تعیین می‌شوند: (ص ۲۲۹)

$$R_n = 6.25 F_{yf} t_f^2$$

(۱۰-۲-۹-۲۹)

$$\phi = 0.9 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega = 1.67 \text{ (ASD)}$$

که در آن: (ص ۲۲۹)

t_f = ضخامت بال تحت نیروی کششی

F_{yf} = تنش تسلیم مشخصهٔ بال

تبصره: در صورتی که نیروی متمرکز کششی در فاصله‌ای کمتر از t_f از انتهای عضو اثر نماید ($t_f < 10e$)، مقدار R_n حاصل از رابطه ۱۰-۲-۹-۲۹ باید ۵۰ درصد کاهش یابد. (ص ۲۲۹)

۱-۲-۹-۱۰-۲ تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی یا فشاری

الزامات این بند برای نیروی متمرکز کششی تکی، نیروی متمرکز فشاری تکی و هر دو مولفه فشاری و کششی زوج نیروی ناشی از لنگر خمشی کاربرد دارد (شکل ۱۰-۲-۹-۲۴). (ص ۲۳۰)

مقاومت موجود تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی یا فشاری در روش LRFD مساوی ϕR_n و در روش ASD مساوی R_n/Ω بوده که در آن ϕ (ضریب کاهش مقاومت)، Ω (ضریب اطمینان) و R_n (مقاومت اسمی تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی یا فشاری) به شرح زیر تعیین می‌شوند: (ص ۲۳۰)

$$\phi = 1.00 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega = 1.5 \text{ (ASD)}$$

۱- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای بزرگتر از d از انتهای عضو وارد می‌شود: (ص ۲۳۰)

$$R_n = F_{yw} t_w (\Delta k + l_b) \quad (30-9-2-10)$$

۲- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی یا کوچکتر از d از انتهای عضو وارد می‌شود: (ص ۲۳۰)

$$R_n = F_{yw} t_w (2.5k + l_b) \quad (31-9-2-10)$$

در روابط فوق: (ص ۲۳۰)

$$F_{yw} = \text{تنش تسلیم مشخصه فولاد جان}$$

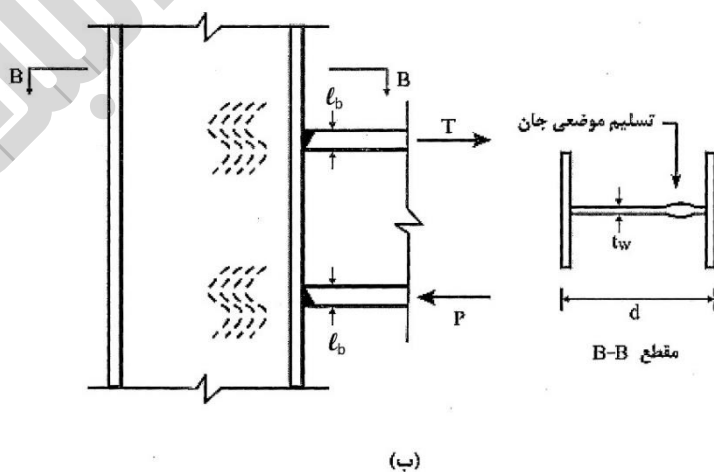
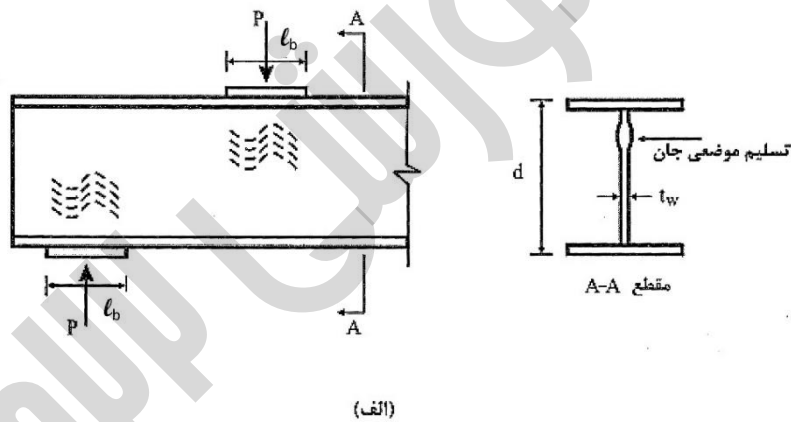
$$t_w = \text{ضخامت جان}$$

$$d = \text{ارتفاع کلی مقطع تیر}$$

$K =$ فاصله از وجه بیرونی بال تا انتهای دو ماهیچه جان و بال در مقاطع نورد شده و فاصله از وجه بیرونی بال تا انتهای جوش گوشه اتصال بال و جان در مقاطع ساخته شده از ورق. (ص ۲۳۰)

$l_b =$ طول اتکای بار متمرکز (برای عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی مقدار l_b نباید کمتر از k در نظر گرفته شود).

در صورتی که نیروی متمرکز کششی یا فشاری از مقاومت موجود تسلیم موضعی جان بیشتر باشد تعبیه یک جفت سخت کننده عرضی مطابق با الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۸ ضروری است. (ص ۲۳۰)



شکل ۱۰-۲-۹-۲۴: تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی و فشاری (ص ۲۳۱)

۱۰-۲-۹-۱۰-۳ چروکیدگی موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری

الزامات این بند برای نیروی متمرکز فشاری تکی و مؤلفه فشاری زوج نیروی ناشی از لنگر خمشی کاربرد دارد (شکل ۱۰-۲-۹-۱۰-۳). (ص ۲۳۱)
مقاومت موجود چروکیدگی موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری در روش LRFD مساوی ϕR_n و در روش ASD مساوی R_n/Ω بوده که در آن ϕ (ضریب کاهش مقاومت)، Ω (ضریب اطمینان) و R_n (مقاومت اسمی چروکیدگی موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری) به شرح زیر تعیین می‌شوند: (ص ۲۳۲)

$$\phi = 0.75 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega = 2.00 \text{ (ASD)}$$

۱- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی یا بزرگتر از $d/2$ از انتهای عضو وارد می‌شود.

$$R_n = 0.80 t_w \left[1 + 3 \left(\frac{l_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}} \quad (10-2-9-32)$$

۲- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای کوچکتر از $d/2$ از انتهای عضو وارد می‌شود: (ص ۲۳۲)

- در صورتی که $l_b/d \leq 0.2$ باشد:

$$R_n = 0.40 t_w \left[1 + 3 \left(\frac{l_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}} \quad (10-2-9-33)$$

- در صورتی که $l_b/d \geq 0.2$ باشد: (ص ۲۳۲)

$$R_n = 0.40 t_w \left[1 + \left(\frac{l_b}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}} \quad (10-2-9-34)$$

در روابط فوق: (ص ۲۳۲)

d = ارتفاع کلی مقطع

t_w = ضخامت جان

t_f = ضخامت بال تحت بار

مبحث ۱۰

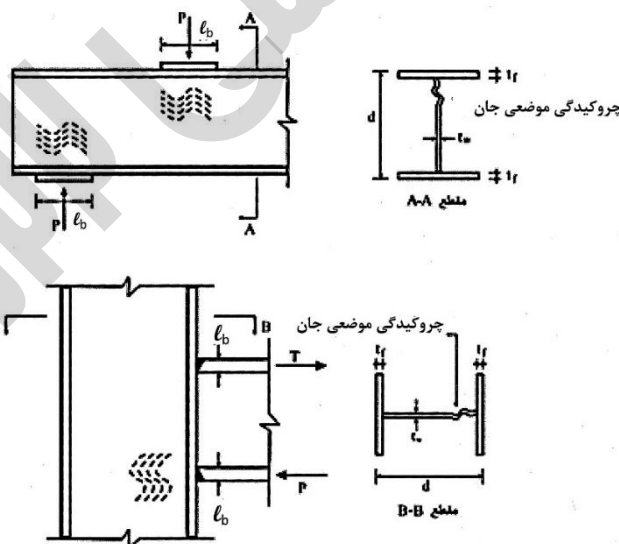
l_b = طول اتکایی بار متمرکز (برای عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی مقدار l_b نباید کمتر از k در نظر گرفته شود).

k = فاصله از وجه بیرونی بال تا انتهای دو ماهیچه جان و بال در مقاطع نورد شده و فاصله از وجه بیرونی بال تا انتهای جوش گوشه اتصال بال و جان در مقاطع ساخته شده از ورق. (ص ۲۳۲)

F_{yw} = تنش تسلیم مشخصه فولاد جان

E = مدول الاستیسیته فولاد

در صورتی که نیروی متمرکز فشاری از مقاومت موجود چروکیدگی موضعی جان بیشتر باشد، تعبیه یک جفت سخت کننده عرضی مطابق با الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۸ ضروری است. (ص ۲۳۲)



شکل ۱۰-۲-۹-۱۰-۲: چروکیدگی موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری (ص ۲۳۳)

۱۰-۲-۹-۱۰-۴ کمناش جانبی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری

الزامات این بند مربوط به حالتی است که مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۱۰-۲۶ یک نیروی متمرکز فشاری به عضوی وارد می‌شود که از حرکت جانبی بین بال فشاری تحت بار و بال کششی، در محل اثر نیروی متمرکز، توسط مهار جانبی جلوگیری نشده است. (ص ۲۳۳)

مقاومت موجود جان در برابر کمناش جانبی ناشی از نیروی متمرکز فشاری در روش LRFD مساوی ϕR_n و در روش ASD مساوی R_n/Ω بوده که در آن ϕ (ضریب کاهش مقاومت)، Ω (ضریب اطمینان) و R_n (مقاومت اسمی جان در برابر کمناش جانبی ناشی از نیروی متمرکز فشاری) به شرح زیر تعیین می‌شوند:

$$\phi = 0.85 \text{ (LRFD)} \quad \text{و} \quad \Omega = 1.76 \text{ (ASD)}$$

الف) اگر مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۶-الف بال فشاری (بال بارگذاری شده) در مقابل دوران زاویه‌ای نگهداری شده باشد: (ص ۲۳۳)

۱- در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) > 2.3$ باشد، لزومی به کنترل کمناش جانبی جان نیست. (ص ۲۳۴)

۲- در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) \leq 2.3$ باشد: (ص ۲۳۴)

$$(35-9-2-10)$$

$$R_n = \frac{C_r t_w t_f}{h^2} \left[1 + 0.4 \left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f} \right)^2 \right]$$

در صورتی که نیروی متمرکز فشاری از مقاومت موجود جان در برابر کمناش جانبی بیشتر باشد، باید بال کششی را مهار نمود. به جای مهار بال کششی می‌توان در زیر بار متمرکز فشاری از یک جفت سخت کننده عرضی مطابق بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۸ یا از ورق تقویتی جان (ورق مضاعف) مطابق بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۹ استفاده نمود. (ص ۲۳۴)

ب) اگر مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۶-ب بال فشاری (بال بارگذاری شده) در مقابل دوران زاویه‌ای نگهداری نشده باشد: (ص ۲۳۴)

۱- در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) > 1.7$ باشد، لزومی به کنترل کمناش جانبی جان نیست.

۲- در صورتی که $(h/t_w)/(L_b/b_f) \leq 1.7$ باشد: (ص ۲۳۴)

$$(35-9-2-10)$$

$$R_n = \frac{C_r t_w t_f}{h^2} \left[0.4 \left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f} \right)^2 \right]$$

در صورتی که نیروی متمرکز فشاری از مقاومت موجود جان در برابر کمناش جانبی بیشتر باشد، تعبیه یک جفت سخت کننده عرضی مطابق با الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۸ ضروری است. (ص ۲۳۴)

در روابط فوق:

b_f = پهنای بال کششی

t_f = ضخامت بال

t_w = ضخامت جان

L_b = بزرگ‌ترین طول بدون مهار جانبی هر دو بال در محدوده اعمال بار متمرکز.

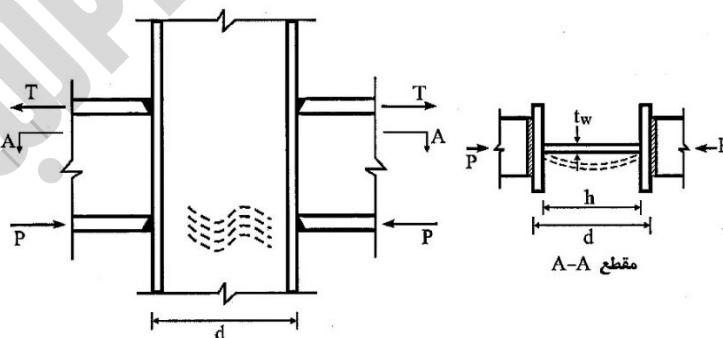
h = ارتفاع آزاد جان (فاصله بین انتهای دو ماهیچه جان و بال در روی جان در مقاطع نورد شده و فاصله بین دو بال در مقاطع ساخته شده از ورق) (ص ۲۳۴)

C_r = ضریبی است که به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

- اگر در محل اعمال بار متمرکز $M_u < M_y$ در روش LRFD و $M_a < M_y$ در روش ASD باشد: (ص ۲۳۴)

۱۰-۲-۹-۱۰-۵ کمناش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری

الزامات این بند مربوط به حالتی است که مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۷ یک جفت نیروی متمرکز فشاری تنها با یک جفت مؤلفه فشاری زوج نیروی ناشی از لنگر خمشی در یک مقطع در جهت مخالف به بال‌های عضو وارد می‌شوند. (ص ۲۳۵)

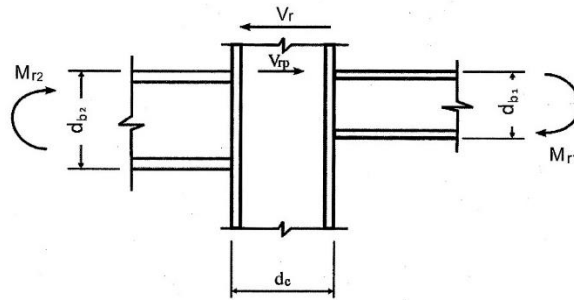


شکل ۱۰-۲-۹-۲۷: کمناش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری (ص ۲۳۶)

تبصره: در صورتی که جفت نیروی متمرکز فشاری در فاصله‌ای کمتر از $d/2$ از انتهای عضو اثر نماید، مقدار R_n حاصل از رابطه ۱۰-۲-۹-۳۹ باید ۵۰ درصد کاهش یابد. (ص ۲۳۶)

۱۰-۲-۹-۱۰-۶ برش در چشمه اتصال

الزامات این بند مربوط به حالتی است که مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۸ یک زوج نیروی متمرکز در یک یا هر دو بال عضو اثر می‌کند. (ص ۲۳۷)



شکل ۱۰-۲-۹-۲۸: برش در چشمه اتصال (ص ۲۳۷)

مقاومت برشی موجود چشمه اتصال در روش LRFD مساوی ϕR_n و در روش ASD مساوی R_n/Ω بوده که در آن ϕ (ضریب کاهش مقاومت)، Ω (ضریب اطمینان) و R_n (مقاومت برش اسمی چشمه اتصال) بر اساس حالت حدی تسلیم برشی به شرح زیر تعیین می‌شوند: (ص ۲۳۷)

$\phi = 0.90$ (LRFD) و $\Omega = 1.67$ (ASD)

الف) در حالتی که آثار تغییر شکل غیرالاستیک چشمه اتصال در تحلیل سازه منظور نشود:

۱- برای حالتی که $\alpha P_r \leq 0.4 P_y$ باشد:

$$R_n = 0.6 F_y d_c t_w \quad (40-9-2-10)$$

۲- برای حالتی که $\alpha P_r > 0.4 P_y$ باشد: (ص ۲۳۷)

$$R_n = 0.6 F_y d_c t_w \left(1.4 - \frac{\alpha P_r}{P_y} \right) \quad (41-9-2-10)$$

ب) در حالتی که آثار تغییر شکل غیرالاستیک چشمه اتصال در تحلیل سازه منظور شود: (ص ۲۳۸)

۱- برای حالتی که $\alpha P_r \leq 0.75 P_y$ باشد:

$$R_n = 0.6 F_y d_c t_w \left(1 + \frac{r b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \quad (42-9-2-10)$$

۲- برای حالتی که $\alpha P_r > 0.75 P_y$ باشد: (ص ۲۳۸)

$$R_n = 0.6 F_y d_c t_w \left(1 + \frac{r b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \left(1.9 - \frac{1.2 \alpha P_r}{P_y} \right) \quad (43-9-2-10)$$

در روابط فوق: (ص ۲۳۸)

b_{cf} = پهنای بال مقطع ستون

t_{cf} = ضخامت بال مقطع ستون

d_c = ارتفاع کلی مقطع ستون

d_b = ارتفاع کلی مقطع تیر

t_w = ضخامت جان مقطع ستون

F_y = تنش تسلیم مشخصه فولاد (ص ۲۳۸)

P_r = مقاومت محوری موردنیاز ستون ناشی از ترکیبات مختلف بارگذاری متناظر با روش طراحی که در روش LRFD با P_u و در روش ASD با P_a نشان داده می‌شود. (ص ۲۳۸)

P_y = مقاومت تسلیم محوری ستون ($P_y = A_g F_y$)

A_g = سطح مقطع کلی ستون

α = ضریبی که مقدار آن در روش LRFD برابر ۰/۱ و در روش ASD برابر ۱/۶ است.

مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۸، در چشمه اتصال مقاومت برشی موردنیاز (V_{rp}) از رابطه زیر محاسبه می‌شود: (ص ۲۳۸)

$$V_{rp} = \frac{M_{r1}}{d_{b1}} + \frac{M_{r2}}{d_{b2}} - V_r \quad (44-9-2-10)$$

d_{b1} و d_{b2} = به ترتیب ارتفاع‌های کل مقاطع تیرهای سمت چپ و راست چشمه اتصال (ص ۲۳۸)

M_{r1} و M_{r2} = به ترتیب لنگرهای خمشی انتهایی تیرهای سمت چپ و راست چشمه اتصال با رعایت جهت لنگرهای وارده ناشی از ترکیبات

مختلف بارگذاری متناظر با روش طراحی که در روش LRFD با M_{u1} و M_{u2} و در روش ASD با M_{a1} و M_{a2} نشان داده می‌شوند. (ص ۲۳۹)

V_r = نیروی برشی ستون در بالای چشمه اتصال ناشی از ترکیبات مختلف بارگذاری متناظر با روش طراحی که در روش LRFD با V_u و در روش

ASD با V_a نشان داده می‌شود. (ص ۲۳۹)

در صورتی که مقاومت برشی موردنیاز چشمه اتصال از مقاومت برشی موجود آن بیشتر باشد، در چشمه اتصال، تعبیه ورق تقویتی جان (ورق مضاعف) یا تعبیه یک جفت سخت کننده قطری دارای مقاومت موجود کافی حداقل برابر با اختلاف مقاومت موردنیاز و مقاومت موجود چشمه

اتصال الزامی است. ورق‌های مضاعف باید الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۹ را تأمین نمایند. (ص ۲۳۹)

تبصره ۱: طراحی ستون‌های با مقطع قوطی شکل (HSS) و جعبه‌ای ساخته شده از ورق باید به‌گونه‌ای باشد که در چشمه اتصال نیازی به تعبیه ورق تقویتی جان (ورق مضاعف) یا تعبیه سخت‌کننده قطری نباشد. (ص ۲۳۹)

تبصره ۲: در کنترل برش در چشمه اتصال ستون‌های با مقطع صلیبی، مقاومت برشی موجود چشمه اتصال باید براساس جان موازی با نیروی وارده مقطع محاسبه شود. چنانچه ورق‌های بال در طولی حداقل برابر ۳۰۰ میلی‌متر در بالا و پایین تیر با ورق‌های کمربندی به شکل هشت‌ضلعی درآید، در این صورت می‌توان از مساحت بال‌های موازی با نیروی وارده مقطع نیز استفاده کرد. (ص ۲۳۹)

۱۰-۲-۱۰-۹-۷ مقررات تکمیلی برای سخت‌کننده‌ها در انتهای تیرها و شاه‌تیرها

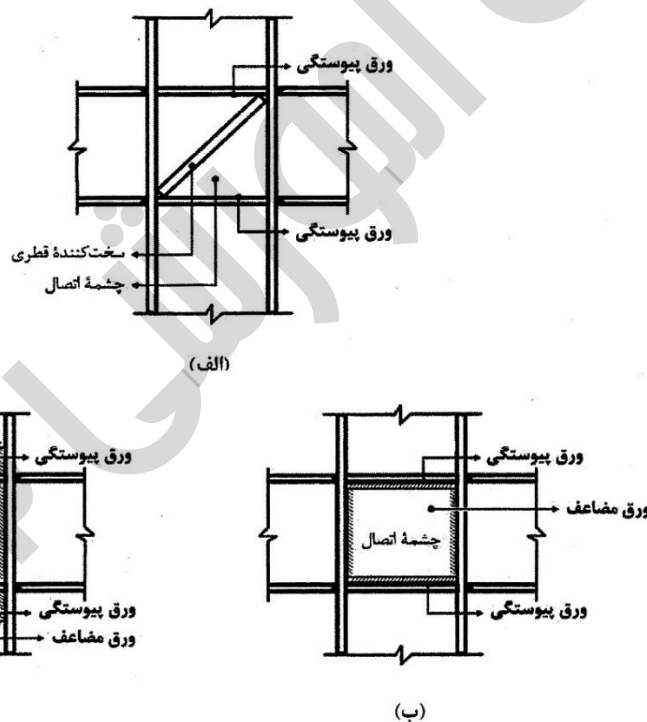
در انتهای تیرها و شاه‌تیرهایی که در مقابل دوران حول محور طولی نگهداری نشده‌اند، باید یک جفت سخت‌کننده عرضی که در تمام ارتفاع جان ادامه دارد، مطابق ضوابط بند ۱۰-۲-۱۰-۹-۸ تعبیه گردد. (ص ۲۳۹)

الف) سخت‌کننده‌ها باید دارای مقاومت موجود کافی حداقل برابر با اختلاف نیروی متمرکز کششی و مقاومت موجود متناظر با آن، در محل بارهای متمرکز (مطابق الزامات بخش ۱۰-۲-۱۰-۹-۴) باشد. جوش سخت‌کننده‌ها به بال نیز باید دارای مقاومت موجود کافی حداقل برابر با اختلاف نیروی متمرکز کششی و مقاومت موجود متناظر با آن باشد. جوش سخت‌کننده‌ها به جان باید دارای مقاومت موجود کافی حداقل برابر با اختلاف جبری نیروهای کششی در دو انتهای سخت‌کننده باشد. (ص ۲۴۰)

پ) پهنای سخت‌کننده‌های عرضی و قطری به‌اضافه نصف ضخامت جان ستون نباید از یک‌سوم پهنای بال تیر یا ورق اتصال (که بار متمرکز را وارد می‌کند) کمتر باشد. (ص ۲۴۰)

ت) ضخامت سخت‌کننده‌های عرضی و قطری نباید از نصف ضخامت بال تیر یا ورق اتصال (که بار متمرکز را وارد می‌کند) کمتر باشد. همچنین نسبت عرض به ضخامت سخت‌کننده‌ها نباید از $0.56 \sqrt{E/F_y}$ بزرگتر باشد. (ص ۲۴۱)

ث) ورق‌های سخت‌کننده عرضی باید تمام عمق باشند. به‌عبارت‌دیگر، ارتفاع ورق سخت‌کننده‌های عرضی باید مساوی ارتفاع آزاد جان (فاصله بین دو بال) باشد. (ص ۲۴۱)



شکل (۱۰-۲-۱۰-۹-۲۹) سخت‌کننده‌های قطری و ورق‌های مضاعف در چشمه اتصال ستون‌های با مقطع H شکل (ص ۲۴۲)

۱۰-۲-۱۰ الزامات حالت‌های حدی بهره‌برداری

۱۰-۲-۱۰-۱ ملاحظات پیش‌خیز

پیش‌خیز معمولاً در تیرها و خرپاهای افقی با دهانه بزرگ به‌منظور دستیابی به یک تراز مسطح نسبی تحت اثر بارهای دائمی در نظر گرفته می‌شود. چنانچه برای حفظ شرایط ظاهری و موقعیت هندسی بعضی از اعضای خمشی ضمن رعایت محدودیت‌های مربوط به تغییرشکل‌های قائم و جانبی، پیش‌خیز معینی لازم باشد، تا اعضا پس از بارگذاری به شکل مقرر درآیند، باید اندازه، جهت و موقعیت پیش‌خیز در مدارک فنی و در نقشه‌های اجرایی به‌روشنی مشخص شود. (ص ۲۴۳)

طراح باید بر اساس مشخصات فنی عمومی از روش‌های اجرای پیش‌خیز و محدودیت‌های آن آگاهی داشته یا در نقشه‌های اجرایی و مشخصات فنی خصوصی، روش مناسب اجرای آن را مشخص نماید. (ص ۲۴۴)

۱۰-۲-۱۰-۲ تغییر شکل های قائم

در تیرهایی که کفها و سقفهای ساختمانی را تحمل می کنند، باید تغییر شکل های قائم کنترل شوند. تغییر شکل های قائم اعضای سازه ای تحت اثر ترکیبات مختلف بارگذاری نظیر حالت های حدی بهره برداری، باید به اندازه ای باشند که قابلیت بهره برداری مناسب سازه حفظ شود. این تغییر شکل ها عموماً از دو عامل زیر ناشی می شوند: (ص ۲۴۴)

- بارهای ثقلی (بار مرده، بار زنده و بار برف)
- اثرات خود کرنشی (تغییرات دما، خزش، افت و غیره)

کلیه تیرهای فولادی و تیرهای مختلطی که در آنها هنگام بتن ریزی دال از پایه های موقت استفاده شده باشد، باید طوری محاسبه و طراحی شوند که تغییر شکل حداکثر ناشی از مجموع بار مرده و زنده از $\frac{1}{33}$ طول دهانه و تغییر شکل حداکثر ناشی از بار زنده به تنهایی از $\frac{1}{36}$ طول دهانه بیشتر نشود. طراح باید همواره حفظ انسجام اجزای غیر سازه ای را مدنظر داشته باشد. (ص ۲۴۴)

در تیرهای مختلط که در هنگام بتن ریزی دال از پایه های موقت استفاده نشده باشد، کنترل تغییر شکل های قائم این نوع تیرها باید شامل مراحل زیر باشد: (ص ۲۴۴)

۱- تغییر شکل قائم ناشی از وزن تیر فولادی، دال بتنی و بارهای حین ساخت، براساس مقطع فولادی تنها محاسبه می شود.

۲- تغییر شکل قائم ناشی از بارهای مرده ای که بعد از گرفتن دال بتنی وارد می شوند، نظیر وزن کف سازی تیغه ها و موارد مشابه براساس مقطع مختلط محاسبه می شود. (ص ۲۴۴)

۳- تغییر شکل قائم ناشی از بارهای زنده براساس مقطع مختلط محاسبه می شود.

۴- تغییر شکل محاسبه شده در مرحله ۱ نباید از $\frac{1}{36}$ طول دهانه بیشتر باشد.

۵- مجموع تغییر شکل های محاسبه شده در مراحل ۱، ۲ و ۳ نباید از $\frac{1}{33}$ طول دهانه بیشتر باشد. (ص ۲۴۴)

۶- تغییر شکل محاسبه شده در مرحله ۳ نباید از $\frac{1}{36}$ طول دهانه بیشتر باشد. (ص ۲۴۴)

تبصره ۱: در محاسبه و کنترل تغییر شکل قائم، در صورت لزوم تغییر شکل های اضافی ناشی از خزش و جمع شدگی بتن نیز باید در نظر گرفته شود. (ص ۲۴۵)

تبصره ۲: در تیرهای طره ای مقدار حداکثر تغییر شکل های قائم مجاز برحسب طول دهانه، می تواند به دو برابر افزایش داده شود. (ص ۲۴۵)

۱۰-۲-۱۰-۴ ارتعاش (لرزش)

کفها و تیرهایی که سطوح خالی از تیغه بندی های ممتد تا سقف (یا خالی از عناصر دیگری که خاصیت میرا کنندگی ارتعاش را دارند) را تحمل می کنند، باید با توجه خاص به لرزش و ارتعاش حاصل از بارهای جنبشی (نظیر بارهای ناشی از حرکت افراد، کارکرد ماشین آلات، حرکت و توقف آسانسورها و نظایر آنها) طراحی شوند. بدین منظور فرکانس نوسانی کفها (تیرچه ها، دال ها و تیرها) باید به اندازه ای باشد که حداقل حساسیت افراد در برابر ارتعاش قائم را ارضا نماید. (ص ۲۴۵)

حداقل فرکانس نوسانی (دوره ای) کفها برای کاربری های مختلف نباید از مقادیر مشخص شده در جدول ۱۰-۲-۱۰-۱ کمتر باشد. (ص ۲۴۵)

جدول ۱۰-۲-۱۰-۱: حداقل فرکانس نوسانی (دوره ای) کفها (ص ۲۴۶)

| نوع کاربری | حداقل فرکانس نوسانی کفها (f) |
|---|------------------------------|
| ساختمان های مسکونی و اداری | $f \geq 5 \text{ Hz}$ |
| ساختمان های تجاری- فروشگاه ها | $f \geq 4 \text{ Hz}$ |
| سالن های اجتماعات با صندلی های ثابت | $f \geq 4 \text{ Hz}$ |
| سالن های اجتماعات بدون صندلی های ثابت | $f \geq 8.5 \text{ Hz}$ |
| تعمیرگاه ها، سالن های ژیمناستیک و ورزشی | $f \geq 9.5 \text{ Hz}$ |
| پارکینگ ها | $f \geq 4 \text{ Hz}$ |

برای محاسبه فرکانس نوسانی (f) می توان، از رابطه ۱۰-۲-۱۰-۱ استفاده نمود:

$$f = 0.18 \sqrt{\frac{g}{\Delta_{is}}} \quad (10-2-10-1)$$

که در آن: (ص ۲۴۶)

f = فرکانس نوسانی ارتعاش برحسب هر تیر

Δ_{is} = تغییر مکان نسبی قائم حداکثر کف برحسب میلی متر تحت اثر بار مرده و بخشی از بار زنده که دائمی فرض می شود. (ص ۲۴۶)

g = شتاب ثقل برابر 9810 mm/s^2 (ص ۲۴۶)

تبصره ۱: در صورتی که به مطالعات جامع تر برای ارتعاش کفها نیاز باشد، می توان از مدل سازی دینامیکی یا مراجع معتبر دیگر به جای رابطه ۱۰-۱-۱۰ و جدول ۱۰-۲-۱۰ استفاده نمود. (ص ۲۴۶)

تبصره ۲: در محاسبات دقیق تر، شتاب لرزش کف را می توان به روش های دینامیکی تعیین و آن را با شتاب های معیار آسایش انسان بر مبنای کاربری کف که در استاندارد ISO ۱۰۱۳۷ معرفی شده اند، مقایسه نمود. (ص ۲۴۶)

۱۰-۲-۱۰-۶ آثار تغییرات دما و خود کرنشی

برای تأمین شرایط بهره برداری مناسب، در محاسبه و طراحی سازه باید آثار تغییرات دما به نحو مناسبی مورد توجه قرار گیرد. خرابی پوشش های نمای ساختمان می تواند عامل نفوذ آب شده و منجر به زنگ زدگی شود. در محاسبات تغییر شکل های دمائی، ضریب انبساط و انقباض حرارتی فولاد برابر 12×10^{-6} به ازای هر درجه سلسیوس در نظر گرفته می شود. خزش و جمع شدگی در اجزای بتنی و تسلیم موضعی در اجزای فولادی، در عناصر سازه ای می تواند آثاری مشابه وقوع ترک خوردگی و باز شدن درزها داشته باشد. با جانمایی مناسب درزهای حرکتی و طراحی مناسب برای هر درز، می توان شرایط مناسب بهره برداری را فراهم کرد. (ص ۲۴۷)

۱۰-۳-۱-۱ الزامات طراحی لرزه ای (ص ۲۴۹)

۱۰-۳-۲-۱ الزامات لرزه ای عمومی

۱۰-۳-۳-۱ الزامات لرزه ای مصالح

۱۰-۳-۳-۱-۱ فولاد سازه ای

فولاد مورد استفاده در سیستم های باربر جانبی لرزه ای، علاوه بر رعایت ضوابط بخش ۱۰-۱-۴، رعایت ضوابط لرزه ای این بند نیز ضروری است. تنش تسلیم مشخصه فولاد در اعضای که در آن ها انتظار رفتار فرا ارتجاعی محدود یا قابل ملاحظه می رود و جزئی از سیستم های باربر جانبی لرزه ای متوسط یا ویژه هستند، نباید از ۳۵۵ مگاپاسکال تجاوز نماید. در این نوع سیستم های باربر جانبی لرزه ای نسبت تنش تسلیم به تنش کشش نهایی فولاد نباید از ۰/۸ بزرگ تر باشد.

تنش تسلیم مشخصه فولاد در اعضای که در آن ها انتظار رفتار فرا ارتجاعی حداقل می رود و جزئی از سیستم های باربر جانبی لرزه ای معمولی هستند، نباید از ۴۶۰ مگاپاسکال بیشتر باشد. در این نوع سیستم های باربر جانبی لرزه ای نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی فولاد نباید از ۰/۸۵ بزرگ تر باشد. (ص ۲۵۱)

تبصره ۱: تنش تسلیم مشخصه فولاد برای ستون ها سیستم های باربر جانبی لرزه ای قاب های خمشی فولادی خرابی ویژه، قاب های خمشی مختلط ویژه، قاب های مهاربندی شده همگرای مختلط ویژه و قاب های مهاربندی شده واگرای مختلط و نیز ستون های کلیه قاب های مهاربندی شده فولادی و دیوارهای برشی فولادی (موضوع بخش ۱۰-۳-۴) می تواند از ۳۵۵ مگاپاسکال بزرگ تر باشد؛ اما در هر حال نباید از ۴۶۰ مگاپاسکال تجاوز نماید. (ص ۲۵۱)

تبصره ۲: برای فولادهای ساختمانی بهبود یافته برای شرایط لرزه ای معرفی شده در جدول ۱۰-۱-۲ بخش ۱۰-۱-۴، محدودیت حداکثر نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی باید مطابق یادداشت های موجود در زیر جدول مورد اشاره در نظر گرفته شود. (ص ۲۵۲)

۱۰-۳-۳-۱-۴ تنش مورد انتظار مصالح

الف) تنش تسلیم مورد انتظار فولاد: تنش تسلیم مورد انتظار فولاد برابر $R_y F_y$ بوده که در آن F_y تنش تسلیم مشخصه فولاد و R_y برابر نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم مشخصه فولاد است که برای انواع تولیدات فولاد متفاوت بوده و به عوامل متعددی نظیر شکل مقاطع، افزودنی های به کار رفته در طی روند تولید فولاد در کارخانه ها بستگی دارد و مقدار آن باید مطابق جدول ۱۰-۳-۳-۱ در نظر گرفته شود. (ص ۲۵۲)

ب) تنش کششی نهایی مورد انتظار فولاد: تنش کششی نهایی مورد انتظار فولاد برابر $R_t F_u$ بوده که در آن F_u تنش کششی نهایی مشخصه فولاد و R_t برابر نسبت تنش کششی نهایی مورد انتظار به تنش کششی نهایی مشخصه فولاد است و مقدار آن باید مطابق جدول ۱۰-۳-۳-۱ در نظر گرفته شود. (ص ۲۵۲)

پ) تنش فشاری مورد انتظار بتن: تنش فشاری مورد انتظار بتن برابر $R_c f'_c$ بوده که در آن f'_c تنش فشاری مشخصه نمونه استوانه ای بتن و R_c برابر نسبت تنش فشاری مورد انتظار به تنش فشاری مشخصه بتن است و مقدار آن باید مطابق جدول ۱۰-۳-۳-۱ در نظر گرفته شود. (ص ۲۵۳)

جدول ۱۰-۳-۳-۱-۱: مقادیر R_y و R_t فولاد و R_c بتن (ص ۲۵۳)

| مقادیر R_y و R_t فولاد | | |
|----------------------------|----------------------------|---|
| R_t | R_y | نوع مصالح |
| 1.1 | 1.25 | مقاطع لوله ای و قوطی شکل نورد شده |
| 1.1 | 1.2 | سایر مقاطع نورد شده I شکل و H شکل و ناودانی و سپری و نبشی |
| 1.1 | 1.15 | مقاطع ساخته شده از ورق، ورق ها و تسمه ها |
| 1.2 | 1.2 | میله گردها |
| مقادیر R_c بتن | | |
| R_c | تنش فشاری مشخصه بتن | |
| 1.4 | $f'_c \leq 50 \text{ MPa}$ | |
| 1.2 | $f'_c > 50 \text{ MPa}$ | |

۱۰-۳-۲-۱-۵ مقاطع سنگین

در اعضای سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، در مقاطع گرم نورد شده، فولاد سازه‌ای به کاررفته در بال‌های با ضخامت مساوی یا بیشتری از ۴۰ میلی‌متر باید دارای حداقل طاقت نمونه شیار داده شده شاریبی ۲۷ ژول در دمای ۲۷ درجه سلسیوس باشد. (ص ۲۵۴)

در اعضای سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، در سایر مقاطع، فولاد سازه‌ای به کاررفته در ورق‌های با ضخامت ۵۰ میلی‌متر و بیشتر که در موارد زیر استفاده می‌شود، در هر موقعیتی که از سوی روش‌های استاندارد مجاز دانسته شده است، باید دارای حداقل طاقت نمونه شیار داده شده شاریبی ۲۷ ژول در دمای ۲۰ درجه سلسیوس باشد: (ص ۲۵۴)

۱- اعضای ساخته شده از ورق

۲- ورق‌های اتصالی که انتظار می‌رود در آن‌ها در اثر بارهای لرزه‌ای، کرنش‌های غیر ارتجاعی ایجاد گردد.

۳- هسته فولادی مهاربندهای کمانش تاب

۱۰-۳-۲-۱-۶ مصالح جوش

الف) جوش به کاررفته در سیستم‌های باربر لرزه‌ای (ص ۲۵۴)

جدول ۱۰-۳-۲-۲: مشخصات فلز پرکننده جوش به کاررفته در سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای (ص ۲۵۵)

| رده الکتروود (فلز پرکننده جوش) | | مشخصات |
|--|--|---------------------------------|
| E80 | E70 | |
| حداقل 470 MPa | حداقل 400 MPa | تنش تسلیم |
| حداقل 550 MPa | حداقل 490 MPa | تنش کششی نهایی |
| حداقل 19 درصد | حداقل 22 درصد | تغییر طول نسبی |
| حداقل 27 ژول در دمای منفی 18 درجه سلسیوس | حداقل 27 ژول در دمای منفی 18 درجه سلسیوس | طاقت نمونه شیار داده شده شاریبی |

ب) جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

جدول ۱۰-۳-۲-۳: مشخصات فلز پرکننده در جوش‌های بحرانی لرزه‌ای (ص ۲۵۵)

| رده الکتروود (فلز پرکننده جوش) | | مشخصات |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| E80 | E70 | |
| حداقل 470 MPa | حداقل 400 MPa | تنش تسلیم |
| حداقل 550 MPa | حداقل 490 MPa | تنش کشش نهایی |
| حداقل 19 درصد | حداقل 22 درصد | تغییر طول نسبی |
| حداقل 54 ژول در دمای 20 درجه سلسیوس | حداقل 54 ژول در دمای 20 درجه سلسیوس | طاقت نمونه شیار داده شده شاریبی |

۱۰-۳-۲-۷ طبقه‌بندی مقاطع از منظر شکل‌پذیری

۱۰-۳-۲-۷-۲ محدودیت نسبت پهنا به ضخامت مقاطع اعضای فولادی و مختلط با شکل‌پذیری متوسط و زیاد (ص ۲۶۰)

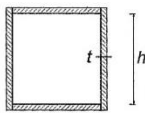
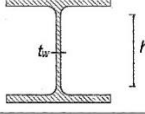
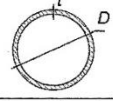
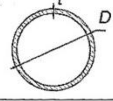
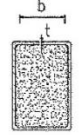
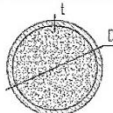
جدول ۱۰-۳-۲-۴: محدودیت نسبت پهنا به ضخامت در اجزای فشاری اعضای با شکل‌پذیری متوسط و زیاد (ص ۲۶۱)

| مثال‌های نمونه | حداکثر نسبت پهنا به ضخامت | | شرح اجزاء | دسته |
|----------------|---|--|--|------|
| | λ_{hd} اعضای با شکل‌پذیری زیاد | λ_{md} اعضای با شکل‌پذیری متوسط | | |
| | $0.3 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $0.38 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | در تیرها، ستون‌ها و اعضای مهاربندی؛ بال‌های مقاطع I شکل، ناودانی‌ها، ساق نبشی‌های تک و نبشی‌های دویل با فاصله، ساق برجسته نبشی‌های دویل بهم‌چسبیده و بال و تیغه (جان) مقاطع سپری | ۱ |
| | کاربرد ندارد | $0.45 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | بال‌های مقاطع شمع‌های شکل H | ۲ |
| | $0.65 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $0.76 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | (۱) بال‌ها و جان‌های مقاطع قوطی شکل (HSS) وقتی به‌عنوان مهاربند به کار می‌روند (۲) بال‌ها و ورق‌های کناری مقاطع I شکل جعبه‌ای شده وقتی به‌عنوان مهاربند به کار می‌روند (۳) بال‌ها و جان‌های مقاطع جعبه‌ای وقتی به‌عنوان مهاربند به کار می‌روند | ۳ |



| مثال‌های نمونه | حداکثر نسبت پهنای به ضخامت | | نسبت پهنای به ضخامت | شرح اجزاء | شماره |
|----------------|--|--|---------------------------|---|-------|
| | λ_{hd} اعضای با شکل پذیری زیاد | λ_{md} اعضای با شکل پذیری متوسط | | | |
| | $1.49 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $1.49 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | h/t_w | جان مقاطع I شکل و ناودانی نوردشده و ساخته شده از ورق وقتی به عنوان مهاربند به کار می‌روند. | ۴ |
| | $0.55 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $1.00 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | b/t h/t | جزء به کاررفته در تیر یا ستون با تنش فشاری یکنواخت در اثر خمش، بار محوری یا ترکیب بار محوری و خمش: (۱) بال‌ها یا جان‌های مقاطع قوطی شکل (HSS) (۲) بال‌ها یا ورق‌های کناری مقاطع I شکل جمع‌بندی شده (۳) بال‌ها یا جان‌های مقاطع جمع‌بندی | ۵ |
| | $2.45(1 - 1.04C_{hd})\sqrt{E/R_y F_y}$ $2.26(1 - 0.38C_{hd})\sqrt{E/R_y F_y} \geq 1.56\sqrt{E/R_y F_y}$ $3.76(1 - 3.05C_{hd})\sqrt{E/R_y F_y}$ $2.61(1 - 0.49C_{hd})\sqrt{E/R_y F_y} \geq 1.56\sqrt{E/R_y F_y}$ | $[1]$ $[1]$ | h/t_w h/t h/t | جان یا جان‌های به کار رفته در تیرها، ستون‌ها و تیرهای پیوند تحت اثر خمش یا ترکیب خمش و فشار: (۱) جان مقاطع I شکل و ناودانی نوردشده و ساخته شده از ورق (۲) ورق‌های کناری مقاطع I شکل جمع‌بندی شده (۳) جان‌های مقاطع جمع‌بندی (به غیر از تیرهای پیوند) | ۶ |
| | $0.55 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $0.64 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | b/t | بال‌های مقاطع جمع‌بندی به کاررفته در تیرهای پیوند | ۷ |

مبحث ۱۰

| مثال‌های نمونه | حداکثر نسبت پهنا به ضخامت | | شرح اجزاء | λ |
|--|--|---|---|----|
| | λ _{nd} اعضای با شکل پذیری زیاد | λ _{md} اعضای با شکل پذیری متوسط | | |
|  | $0.64 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $1.67 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | جان‌های مقاطع جمع‌های به کار رفته در تیرهای پیوند | ۸ |
|  | کاربرد ندارد | $1.50 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | جان مقاطع شمع‌های H شکل | ۹ |
|  | $0.038 \frac{E}{R_y F_y}$ | $0.07 \frac{E}{R_y F_y}$ | جداره مقاطع دایره‌ای توخالی (به غیر از مهارندها) | ۱۰ |
|  | $0.053 \frac{E}{R_y F_y}$ | $0.062 \frac{E}{R_y F_y}$ | جداره مقاطع دایره‌ای توخالی وقتی به عنوان مهارنده به کار روند | ۱۱ |
|  | $1.40 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | $2.26 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ | بال‌ها و جان‌های مقاطع قوطی شکل (HSS) پرشده با بتن و مقاطع جمع‌های پرشده با بتن | ۱۲ |
|  | $0.076 \frac{E}{R_y F_y}$ | $0.15 \frac{E}{R_y F_y}$ | جداره مقاطع دایره‌ای شکل پرشده با بتن | ۱۳ |

یادداشت:

[۱] مقدار C_a از رابطه زیر تعیین می‌شود: (ص ۲۶۶)

$$C_a = \frac{\alpha_s P_r}{R_y F_y A_g}$$

که در آن: (ص ۲۶۶)

α_s = ضریبی که مقدار آن در LRFD برابر ۱/۰ و در ASD برابر ۱/۵ است.

P_r = مقاومت محوری موردنیاز

R_y = نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم مشخصه فولاد

F_y = تنش تسلیم مشخصه فولاد

A_g = سطح مقطع کل (ص ۲۶۶)

۱-۲-۳-۹-۳ الزامات ستون‌های با مقطع مختلط محاط در بتن

الف) اعضای با شکل پذیری متوسط

۱- فاصله میلگردهای عرضی در نواحی بحرانی بالا و پایین ستون (L) که باید از بر اتصال تیر به ستون داخل ستون امتداد داشته باشد، نباید از مقادیر زیر بزرگ‌تر در نظر گرفته شود. (ص ۲۷۱)

- نصف بعد کوچک‌تر مقطع ستون

- ۸ برابر قطر میلگردهای طولی ستون

- ۲۴ برابر قطر میلگردهای عرضی ستون (ص ۲۷۱)

- ۳۰۰ میلی‌متر (ص ۲۷۱)

۲- در نواحی بحرانی بالا و پایین ستون، ناحیه بحرانی (L) نباید از مقادیر زیر کوچک‌تر در نظر گرفته شود: (ص ۲۷۱)

- یک‌ششم ارتفاع آزاد ستون

- بعد بزرگ‌تر مقطع ستون

- ۴۵۰ میلی‌متر

۳- در سایر نواحی ستون (خارج از ناحیه l) فاصله میلگردهای عرضی نباید از دو برابر فواصل تعیین شده در حالت (۱) بیشتر در نظر گرفته شود. (ص ۲۷۱)

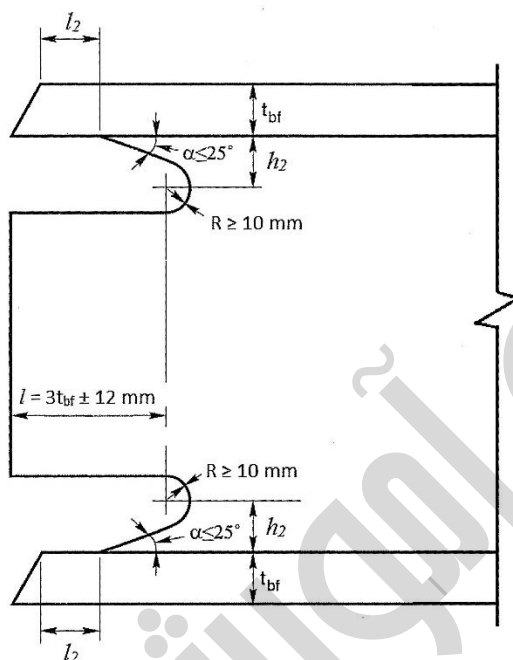
۴- الزامات مربوط به وصله میلگردها و سایر مقررات مربوط به میلگردها باید مطابق با الزامات لرزه‌ای مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۵- استفاده از مفتول‌های جوش داده شده به‌عنوان میلگردهای عرضی مجاز نیست. (ص ۲۷۱)

۱۰-۳-۲-۱۱ الزامات عمومی لرزه‌ای اتصالات (ص ۲۷۴)

۱۰-۳-۲-۱۱-۵ سوراخ‌های دسترسی جایگزین

در بخش‌های مشخص شده در این فصل، باید از دیتیل جایگزین برای سوراخ‌های دسترسی اتصالات خمشی مطابق شکل ۱۰-۳-۲-۱۰ استفاده شود. لبه جان باید از سطح بال تا سطح تورفتگی سوراخ دسترسی به‌صورت شیب‌دار، کاملاً یکنواخت و بدون گوشه‌های تیز باشد. حداکثر ناهمواری مجاز سطح لبه‌های تمام شده سوراخ‌های دسترسی برابر ۱۳ میکرون است. (ص ۲۷۵)



$$[\max(t_{bf}, 12 \text{ mm}) - 0.25t_{bf}] \leq l_2 \leq [\max(t_{bf}, 12 \text{ mm}) + 0.5t_{bf}]$$

$$\max(0.75t_{bf}, 20 \text{ mm}) \leq h_2 \leq t_{bf} + 6 \text{ mm}$$

شکل ۱۰-۳-۲-۱۰: دیتیل جایگزین برای سوراخ‌های دسترسی اتصالات خمشی (ص ۲۷۶)

۱۰-۳-۲-۱۲ وصله ستون‌ها

۱۰-۳-۲-۱۲-۱ موقعیت وصله‌های کارگاهی

برای کلیه ستون‌های ساختمان‌ها، شامل ستون‌های برابر و غیر برابر جانبی، فاصله محل درز وصله نباید از ۱۲۰۰ میلی‌متر به نزدیک‌ترین بال تیر متصل به ستون کوچک‌تر باشد. (ص ۲۷۶)

استثناء:

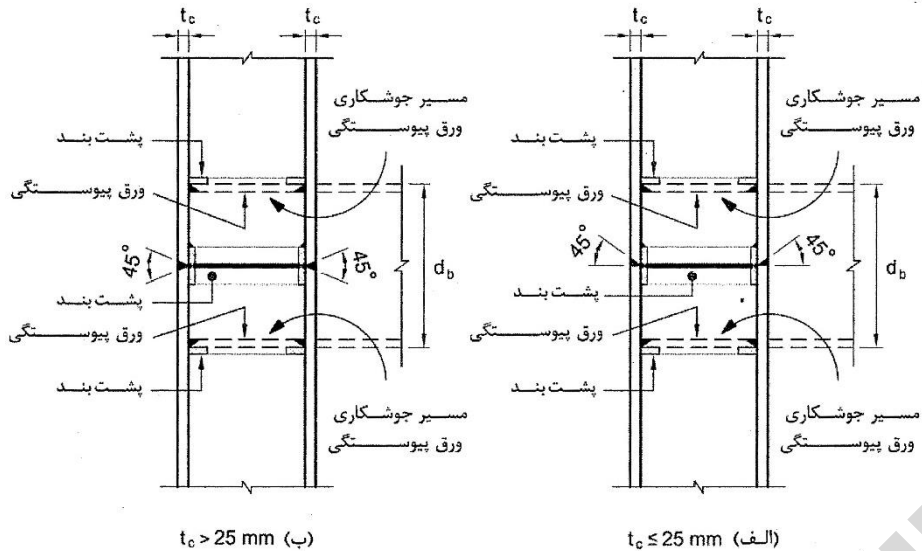
(۱) در جایی که ارتفاع آزاد ستون کمتر از ۲/۴ متر باشد، محل وصله باید در وسط ارتفاع آزاد ستون در نظر گرفته شود. (ص ۲۷۶)

(۲) ستون‌هایی که بال‌ها و جان‌های آن‌ها در کارخانه توسط جوش‌های شیار با نفوذ کامل، وصله می‌شوند، می‌تواند در موقعیتی نزدیک‌تر به اتصال بال تیر به ستون قرار گیرند، مشروط بر آنکه این فاصله از اندازه بعد بزرگ‌تر ستون کوچک‌تر نباشند. (ص ۲۷۶)

(۳) در ستون‌های جعبه‌ای ساخته شده از ورق، اگر اجرای ورق‌های پیوستگی از طریق بعد چهارم ستون و در کارخانه صورت گیرد، محل درز وصله ورق بعد چهارم ستون می‌تواند کوچک‌تر از اندازه بعد بزرگ‌تر ستون کوچک‌تر وصله شونده باشد، اما در هر حال نباید از نصف بعد بزرگ‌تر ستون کوچک‌تر وصله شونده، کمتر باشد. (ص ۲۷۷)

(۴) در مواردی که درز لب به لب ورق‌های بال یا جان ستون‌های قوطی شکل (HSS) یا جعبه‌ای ساخته شده از ورق در کارخانه و به‌صورت شیار با نفوذ کامل انجام شود و نیز استفاده از ورق‌های دیافراگم داخلی (ورق‌های پیوستگی) مدنظر باشد، محل درز وصله می‌تواند مطابق شکل ۱۰-۳-۲-۲ درست در وسط چشمه اتصال و در امتداد محور طولی تیر باشد. در این حالت در محل درز وصله برای انجام جوش شیار با نفوذ کامل

استفاده از ورق‌های پشت‌بند اجباری است. (ص ۲۷۷)



شکل ۱۰-۲-۳-۲: گزینه دیگر موقعیت وصله کارخانه‌ای ستون‌ها (ص ۲۷۷)

۱۰-۳-۲-۳-۱۰ جزئیات بندی وصله ستون‌ها

- (الف) اتصال وصله ستون به هر یک از دو قطعه ستون وصله شونده باید با یک نوع وسیله اتصال، جوش یا پیچ پرمقاومت، انجام شود و در مقطع عدم تقارن ایجاد نکند. اتصال وصله به یکی از قطعات ستون تماماً جوشی و به دیگری تماماً پیچی نیز مجاز است. (ص ۲۷۸)
- (ب) در وصله لب به لب بین ورق‌های با پهنا یا ضخامت متفاوت که در بال یا جان ستون به کار می‌روند، تغییر تدریجی در پهنا یا ضخامت، از ورق بزرگتر به ورق کوچکتر، باید با شیب حداکثر ۱ به ۲/۵ صورت گیرد. (ص ۲۷۸)
- (پ) در وصله ستون‌های با ابعاد و مقطع متفاوت، به جای استفاده از ورق‌های پرکننده با ضخامت‌های زیاد، ارجح است ابتدا مقطع بزرگتر با شیب حداکثر ۱ به ۶ به مقطع کوچکتر تبدیل شده و سپس اتصال وصله صورت گیرد. (ص ۲۷۹)
- (ت) در محل وصله ستون‌های متشکل از چند نیم‌رخ لازم است هر یک از ستون‌های وصله شونده در ارتفاعی حداقل به اندازه بعد بزرگتر مقطع ستون به صورت یکپارچه درآیند و سپس وصله شوند. (ص ۲۷۹)
- (ث) جزئیات بندی بخش بتنی وصله ستون‌های با مقطع مختلط محاط در بتن و نیز جزئیات بندی ستون‌های بتن آرمه که ممکن است در سیستم‌های لرزه‌ای مختلط کاربرد داشته باشد، باید الزامات عمومی مربوط به ستون‌های با مقطع مختلط محاط در بتن (مطابق بند ۱۰-۳-۲-۳-۹) و همچنین الزامات لرزه‌ای ستون‌های بتن آرمه (مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان) را برآورده نماید. (ص ۲۷۹)
- (ج) هر طرف محل درز وصله، طول ورق‌های وصله در راستای محور طولی ستون نباید از نصف پهنای جزء وصله شونده کوچکتر در نظر گرفته شود.
- (چ) در وصله‌های جوشی، در صورت استفاده از ورق‌های گوشواره‌ای (ناودان جوش) پس از تکمیل جوشکاری، این ورق‌ها باید برداشته شوند. برداشتن ورق‌های پشت‌بند جوش‌های شیبی با نفوذ کامل الزامی نیست. (ص ۲۷۹)
- (ح) جزئیات بندی وصله ستون‌ها باید الزامات تکمیلی مقرر شده در بخش‌های ۱۰-۳-۳، ۱۰-۳-۴، ۱۰-۳-۵ و ۱۰-۳-۶ برای وصله ستون‌ها را تأمین نمایند. (ص ۲۷۹)

۱۰-۳-۲-۳-۱۰ ناحیه حفاظت شده اعضا

- ناحیه حفاظت‌شده در یک عضو از سازه که شامل ناحیه شکل‌پذیر و نواحی مجاور آن است، به ناحیه‌ای از عضو اطلاق می‌شود که انتظار می‌رود در این ناحیه تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی ایجاد شود. نظر به اهمیت ناحیه حفاظت‌شده و رفتار حساس آن در حرکات رفت و برگشتی سازه، این ناحیه باید عاری از هرگونه عملیاتی باشد که موجب مخدوش شدن عملکرد شکل‌پذیر عضو در این ناحیه می‌شود. در هر یک از سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای، موقعیت و طول ناحیه حفاظت‌شده باید مطابق بخش‌های بعدی این فصل تعیین شود. همچنین به‌منظور جلوگیری از مخدوش شدن عملکرد شکل‌پذیر عضو، در ناحیه حفاظت‌شده اعضا باید الزامات عمومی زیر نیز رعایت شود:
- (الف) در ناحیه حفاظت‌شده اعضای سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای متوسط و ویژه، به کار بردن وصله مستقیم یا غیرمستقیم جوشی یا پیچی نیرمخ‌ها یا ورق‌های تشکیل دهنده عضو ممنوع است.
- (ب) هرگونه ناپیوستگی ناشی از عملیات اجرائی اضافی در ساخت و نصب مانند سوراخ‌کاری جوش‌های موضعی، تخلیه جوش، وسایل کمکی برای نصب، ناصافی‌های ناشی از برش‌های حرارتی در ناحیه حفاظت‌شده اعضا ممنوع بوده و در صورت وجود باید به نحو مناسبی برطرف شده و تعمیر گردد. (ص ۲۸۳)
- (پ) در ناحیه حفاظت‌شده به‌کارگیری گل‌میخ‌های فولادی یا هر نوع برشگیر فولادی در بال تیرها ممنوع است، مگر آن‌که در اتصالات پیش‌تأیید شده مجاز دانسته شده باشد. (ص ۲۸۳)

ت) خال جوش کردن عرشه فولادی تیرهای مختلط در ناحیه حفاظت شده در صورتی که در این ناحیه بال تیر را دچار آسیب ننماید، مجاز است.
ث) به کارگیری هرگونه اتصال جوشی یا پیچی برای اتصالات اجزای نما، دیوارهای داخلی و خارجی، تیرهای نعل درگاهی، تیرهای فرعی سقف، نگه‌دارنده‌های تأسیساتی در محدوده شکل‌پذیر ناحیه حفاظت شده اعضای سیستم باربر جانبی لرزه‌ای ممنوع است. (ص ۲۸۳)

۱۰-۳-۳-۱۰ الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی

۱۰-۳-۳-۱۰-۱ الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی معمولی (OMF)

قاب‌های خمشی معمولی (OMF) به قاب‌هایی اطلاق می‌شوند که از آن‌ها انتظار تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی حداقلی در برابر نیروی جانبی زلزله می‌رود و به این علت برای طراحی اعضا و اتصالات آن‌ها مقررات تکمیلی حداقلی در نظر گرفته شده است. (ص ۲۸۴)

۱۰-۳-۳-۱۰-۲ محدودیت تیرها و ستون‌ها

در قاب‌های خمشی معمولی تیرها و ستون‌ها باید دارای شرایط زیر باشند: (ص ۲۸۴)

الف) بال‌های تیرها و ستون‌ها باید مطابق ضوابط بخش ۱۰-۲-۲ این مبحث، فشرده بوده و جان آن‌ها غیر لاغر باشد.

ب) استفاده از ستون‌های با مقطع متشکل از چند نیمرخ بست دار مجاز است، مشروط بر آنکه خمش در ستون حول محور با مصالح (عمود بر جان‌های مقاطع) باشد.

پ) استفاده از تیرهای با جان سوراخ‌دار و با سوراخ‌های متوالی (لانگ‌زنبری) به‌عنوان اعضای باربر جانبی مجاز نیست. در صورت لزوم به ایجاد سوراخ در جان تیر، این سوراخ باید در یک سوم میانی طول دهانه تیر قرار گیرد. اطراف سوراخ باید به نحوی تقویت شود که مقاومت برشی و خمشی تیر با احتساب آثار ناشی از خمش ثانویه به‌طور کامل فراهم گردد. (ص ۲۸۴)

ت) در دو انتهای تیر در طولی برابر عمق تیر، ایجاد هرگونه تغییر در پهنای بال یا ضخامت بال مجاز نیست. در سایر نواحی تیر، تغییر تدریجی در پهنای یا ضخامت از ورق بزرگتر به ورق کوچکتر، باید با شیب حداکثر ۱/۱۰ به ۲/۵ صورت گیرد. (ص ۲۸۴)

ث) در تیرهای این نوع قاب، ناحیه‌ای به‌عنوان حفاظت شده در نظر گرفته نمی‌شود. (ص ۲۸۴)

۱۰-۳-۳-۱۰-۴ اتصال تیر به ستون

در طراحی اتصالات تیر به ستون و نیز وصله تیرهای این نوع قاب‌های خمشی، محل تشکیل مفصل پلاستیک را می‌توان در محل اتصال تیر به ستون در نظر گرفت. جوش بال تیر یا ورق‌های روسری و زیرسری بال تیر به ستون باید به‌صورت شیاری با نفوذ کامل انجام شود. ضمناً این جوش، بحرانی لرزه‌ای قلمداد شده و باید ضوابط بند ۱۰-۳-۳-۱-۲-۶-ب در مورد آن رعایت شود. (ص ۲۸۶)

در قاب‌های خمشی معمولی مقاومت‌های موردنیاز اتصال تیر به ستون به شرح زیر تعیین می‌شود.

الف) مقاومت خمشی موردنیاز اتصال تیر به ستون باید از رابطه زیر تعیین شود: (ص ۲۸۶)

$$M_r = 1.1 R_y M_p / \alpha_s \quad (10-3-3-10-2)$$

ب) مقاومت برشی موردنیاز (V_r) اتصال تیر به ستون باید با استفاده از تعادل استاتیکی بارهای ثقلی (با ضرایب بار مربوطه) که با اثر برش ناشی از نیروی زلزله محدود به ظرفیت مؤلفه خمش در دو انتهای تیر (V_{ECl}) ترکیب می‌شوند، تعیین شود. برای این منظور می‌توان از ضوابط بند ۱۰-۳-۳-۱ استفاده نمود. (ص ۲۸۶)

پ) مقاومت محوری موردنیاز اتصال تیر به ستون (در صورت وجود) باید براساس ترکیبات بارگذاری متعارف تعیین شود. (ص ۲۸۶)

۱۰-۳-۳-۱۰-۷ وصله ستون‌ها

وصله ستون‌ها باید الزامات بند ۱۰-۳-۲-۱۲ را تأمین نمایند. وصله مستقیم ستون‌ها باید با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل انجام شود. وصله غیرمستقیم ستون‌ها می‌تواند از نوع جوشی یا پیچی باشد. در هر حال مقاومت خمشی موردنیاز وصله‌های غیرمستقیم نباید از $M_p \min / \alpha_s$ و مقاومت برشی موردنیاز آن‌ها نباید از آن‌ها نباید از $(\Sigma M_p) / (\alpha_s H_c)$ کمتر در نظر گرفته شود که در آن: (ص ۲۸۷)

$M_p \min$ = لنگر پلاستیک کوچک‌ترین مقطع وصله شونده ستون

ΣM_p = مجموع لنگرهای پلاستیک دو انتهای ستون در طبقه موردنظر

α_s = برابر ۱/۱۰ در روش LRFD و برابر ۱/۵ در روش ASD

H_c = ارتفاع خالص ستون (فاصله خالص بین بال تحتانی تیر فوقانی و روی دال بتنی تیر تحتانی در طبقه موردنظر و در صورت عدم وجود دال بتنی سازه‌ای، فاصله خالص بین بال تحتانی تیر فوقانی و بال فوقانی تیر تحتانی در طبقه موردنظر) (ص ۲۸۷)

تبصره: در هر حال مقاومت محوری موجود وصله هر جزء مقطع ستون (بدون در نظر گرفتن آثار لنگر خمشی)، نباید از $F_y b_i t_i / \alpha_s$ کمتر در نظر گرفته شود که در آن: (ص ۲۸۸)

F_y = تنش تسلیم مشخصه فولاد ستون

b_i = پهنای جزء ستون کوچکتر وصله شونده

t_i = ضخامت جزء ستون کوچکتر وصله شونده

۱۰-۳-۳-۲ الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی متوسط (IMF)

قاب‌های خمشی متوسط (IMF) به قاب‌هایی اطلاق می‌شوند که در برابر نیروی جانبی زلزله بتوانند تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی محدودی را تحمل کنند. (ص ۲۸۹)

در طراحی اعضا و اتصالات این نوع قاب‌ها، چنانچه بخشی از سیستم برابر لرزه‌ای سازه باشند، باید الزامات تکمیلی سخت‌گیرانه‌تری نسبت به قاب‌های خمشی معمولی منظور شود. به همین منظور در طراحی اعضا و اتصالات این نوع قاب‌ها علاوه بر الزامات متعارف فصل‌های ۱۰-۱ و ۱۰-۲ و نیز الزامات لرزه‌ای عمومی بخش ۱۰-۳-۲، باید الزامات تکمیلی این بخش نیز رعایت شود. (ص ۲۸۹)

۱۰-۳-۳-۲ محدودیت تیرها و ستون‌ها

در قاب‌های خمشی متوسط، تیرها و ستون‌ها باید دارای شرایط زیر باشند: (ص ۲۸۹)

الف) اجزای مقاطع تیرها و ستون‌ها باید از نوع فشرده لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۲ باشند. (ص ۲۸۹)

ب) استفاده از ستون‌های با مقطع متشکل از چند نیمرخ بست دار مجاز نیست.

پ) استفاده از تیرهای با جان سوراخ‌دار با سوراخ‌های متوالی (لانه‌زنبوری) به عنوان اعضای باربر جانبی مجاز نیست در صورت لزوم به ایجاد سوراخ در جان تیر، این سوراخ باید خارج از ناحیه حفاظت شده دو انتهای تیر و در یک سوم میانی طول دهانه تیر قرار گیرد. اطراف سوراخ باید به نحوی تقویت شود که مقاومت‌های موجود برشی و خمشی تیر، با احتساب آثار ناشی از خمش ثانویه، به‌طور کامل فراهم گردد. (ص ۲۸۹)

۱۰-۳-۳-۲ اتصال تیر به ستون

اتصالات خمشی تیر به ستون باید توانایی تحمل تغییرشکل‌های دورانی حداقل به میزان 0.02 رادیان را بدون کاهش قابل‌توجه در مقاومت موجود خود دارا باشند. برای احراز این شرط لازم است اتصالات خمشی به‌کاررفته در قاب‌های خمشی متوسط از طریق آزمایش‌های تعیین شده در بخش ۱۰-۳-۸ مورد تأیید قرار گیرند. در صورت عدم انجام آزمایش، استفاده از اتصالات پیش تأیید شده ارائه شده در بخش ۱۰-۳-۷ بلامانع است.

در قاب‌های خمشی متوسط مقاومت‌های موردنیاز اتصال تیر به ستون به شرح زیر تعیین می‌شود:

الف) مقاومت خمشی موردنیاز (M_T) و مقاومت برشی موردنیاز (V_T) اتصال باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای ثقلی (با ضرایب بار مربوطه) که با آثار نیروی زلزله محدود به ظرفیت مؤلفه خمش در محل تشکیل مفاصل پلاستیک در طول تیر (E_{ct}) ترکیب می‌شوند، تعیین شود. برای این منظور می‌توان از ضوابط بند ۱۰-۳-۳-۲-۵ استفاده نمود. کلیه الزامات مندرج در بند ۱۰-۳-۲-۱۰ در خصوص بال و جان ستون در محل اتصال باید بر مبنای مقاومتی که از محاسبات مذکور به دست می‌آید، رعایت شود. (ص ۲۹۳)

ب) مقاومت محوری موردنیاز اتصال تیر به ستون (در صورت وجود) باید براساس ترکیبات بارگذاری متعارف تعیین شود. (ص ۲۹۳)

۱۰-۳-۳-۲ ورق‌های پیوستگی

الزامات لرزه‌ای ورق‌های پیوستگی در قاب‌های خمشی متوسط مشابه الزامات مذکور در قاب‌های خمشی ویژه مطابق بند ۱۰-۳-۳-۱۰ است؛ با این تفاوت که لنگرهای خمشی انتهای تیرهای طرفین اتصال باید براساس ضوابط بند ۱۰-۳-۳-۲-۶ الف در نظر گرفته شود. (ص ۲۹۳)

۱۰-۳-۳-۳ الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی ویژه (SMF)

قاب‌های خمشی ویژه (SMF) به قاب‌هایی اطلاق می‌شوند که در برابر نیروی جانبی زلزله بتوانند تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی قابل‌ملاحظه‌ای را تحمل نمایند. (ص ۲۹۵)

۱۰-۳-۳-۳ محدودیت تیرها و ستون‌ها

تیرها و ستون‌ها در قاب‌های خمشی ویژه باید دارای شرایط زیر باشند:

الف) اجزا مقاطع تیرها و ستون‌ها باید از نوع فشرده لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{hd} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۲-۴ باشند. (ص ۲۹۵)

۱۰-۳-۳-۳-۱۰ برش در چشمه اتصال (ص ۳۰۳)

ب) ضخامت هر یک از ورق‌های واقع در چشمه اتصال، شامل جان (یا جان‌های) ستون و ورق‌های مضاعف (در صورت وجود) باید رابطه زیر را برآورده نمایند: (ص ۳۰۵)

$$t_z \geq \frac{(d_z + w_z)}{9} \quad (10-3-3-3-10)$$

که در آن: (ص ۳۰۵)

t_z = ضخامت جان (یا هر یک از جان‌های) ستون یا هر یک از ورق‌های تقویتی چشمه اتصال (ورق‌های مضاعف)

d_z = عمق چشمه اتصال که فاصله آزاد بین ورق‌های پیوستگی است.

w_z = پهناي چشمه اتصال که فاصله آزاد بین بال‌های ستون است.

تبصره: در صورتی که ورق‌های مضاعف با جوش انگشتانه کافی به جان ستون متصل شده باشند، مجموع ضخامت جان ستون و ورق‌های تقویت چشمه اتصال به عنوان t_z منظور می‌گردد. در این گونه موارد کنترل رابطه $10-3-3-11$ در فاصله بین جوش‌های انگشتانه به‌طور مجزا برای ورق‌های مضاعف و جان ستون الزامی است. (ص ۳۰۵)

پ) در ستون‌های H شکل و صلیبی، در صورت نیاز به تعبیه ورق‌های مضاعف در محل اتصال تیر به ستون، ورق‌های مضاعف باید حداقل ۶ میلی‌متر ضخامت داشته و علاوه بر تأمین الزامات بخش $10-2-9-10$ ، دارای شرایط زیر باشند: (ص ۳۰۵)

۱- ورق مضاعف می‌تواند در تماس با جان یا با فاصله از آن اجرا شوند. در صورتی که فاصله بین ورق‌های مضاعف و جان ستون کوچک‌تر یا مساوی ۲ میلی‌متر باشد، ورق مضاعف در تماس با جان قلمداد می‌شود و ورق یا ورق‌های مضاعف می‌توانند در یک یا هر دو طرف جان ستون تعبیه شود.

در غیر این صورت ورق‌های مضاعف باید به‌صورت متقارن و در هر دو طرف جان ستون به کار روند. (ص ۳۰۵)

۲- در ستون‌های H شکل، در مواردی که ورق‌های مضاعف در هر دو طرف جان ستون به کار می‌روند، این ورق‌ها باید به‌صورت متقارن و در محدوده یک‌سوم میانی فاصله بین مرکز صفحه جان ستون و نوک بال تیر یا ورق‌های اتصال بال فوقانی و تحتانی تیر تعبیه شود. (ص ۳۰۶)

۳- اتصال ورق‌های مضاعف به بال ستون می‌تواند از نوع جوش شیار یا نفوذ کامل یا ناقص یا جوش گوشه باشد. مقاومت موردنیاز جوش شیار با نفوذ ناقص یا جوش گوشه باید برابر مقاومت برشی موجود ورق مضاعف در نظر گرفته شود. (ص ۳۰۶)

۴- در مواردی که نیاز به تعبیه ورق‌های پیوستگی نباشد، ورق‌های مضاعف باید حداقل ۱۵۰ میلی‌متر از بالا و پایین بال‌های فوقانی و تحتانی تیر ادامه یافته و از طریق جوش گوشه به جان ستون جوش شوند. (ص ۳۰۶)

۵- در صورت وجود ورق‌های پیوستگی، ورق‌های مضاعف باید در محل ورق‌های پیوستگی قطع شده و از طریق جوش شیار با نفوذ کامل یا ناقص یا جوش گوشه به ورق‌های پیوستگی جوش شوند. مقاومت موردنیاز جوش شیار با نفوذ ناقص یا جوش گوشه باید حداقل برابر 0.75 مقاومت برشی موجود ورق مضاعف در نظر گرفته شود. (ص ۳۰۶)

۱۰-۳-۳-۳-۱۰ ورق‌های پیوستگی

در حالت‌های زیر لازم است ورق‌های پیوستگی در مقابل بال‌های تیر یا ورق‌های پوششی اتصال بال بالایی و پایینی تیرهای متصل شونده به ستون تعبیه شود: (ص ۳۰۶)

ث) در حالت‌هایی که با توجه به ضوابط فوق تعبیه ورق‌های پیوستگی در مقابل بال‌های تیر یا ورق‌های پوششی اتصال بال بالایی و پایینی تیرهای متصل شونده به ستون الزامی باشد، این ورق‌ها علاوه بر تأمین الزامات بخش $10-2-9-10$ ، باید دارای شرایط زیر نیز باشند: (ص ۳۰۷)

۱- طول ورق‌های پیوستگی باید برابر با فاصله خالص دو بال ستون باشد.

۲- پهنای ورق‌های پیوستگی در ستون‌های با مقطع قوطی شکل باید برابر فاصله خالص دو جان مقطع ستون بوده و در ستون‌های با مقطع H شکل مجموع پهنای ورق‌های پیوستگی در هر دو طرف جان مقطع ستون نباید از پهنای بال تیر یا پهنای ورق پوششی اتصال کمتر باشد.

۳- ضخامت ورق‌های پیوستگی نباید از 50% ضخامت بال تیر یا ضخامت ورق‌های پوششی اتصال (ورق‌های روسری و زیرسری) در اتصالات گیرداری که در امتداد موردنظر فقط به یک وجه ستون متصل هستند و از 75% ضخامت بال ضخیم‌تر تیرها یا ضخامت ورق ضخیم‌تر پوششی اتصال (ورق‌های روسری و زیرسری) در اتصالات گیرداری که در امتداد موردنظر به هر دو وجه ستون متصل هستند، کمتر در نظر گرفته شود.

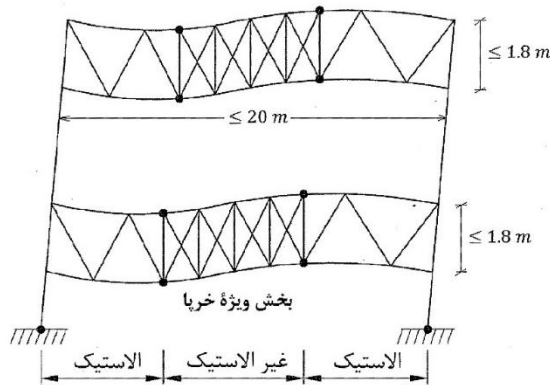
۴- جوش ورق‌های پیوستگی به بال ستون باید از نوع جوش شیار با نفوذ کامل باشد. در صورتی که ضخامت ورق پیوستگی کوچک‌تر یا مساوی ۲۰ میلی‌متر باشد، استفاده از جوش گوشه دوطرفه نیز مجاز است. در صورت استفاده از جوش گوشه دوطرفه، در هر طرف بعد آن نباید از 0.75 ضخامت ورق پیوستگی کوچک‌تر در نظر گرفته شود.

۵- جوش ورق‌های پیوستگی به جان ستون یا ورق‌های تقویتی جان (ورق مضاعف) باید از نوع جوش شیار یا جوش گوشه دوطرفه باشد. در صورت استفاده از جوش گوشه دوطرفه، مقاومت موردنیاز این جوش‌ها می‌تواند برابر مقاومت برشی موجود ورق پیوستگی در تماس با جان ستون یا ورق مضاعف در نظر گرفته شود. (ص ۳۰۸)

۶- نسبت پهنا به ضخامت در ورق‌های پیوستگی با یک لبه مقید، نظیر ورق‌های پیوستگی ستون‌های H شکل، نباید از $0.56\sqrt{E/(R_y F_y)}$ و در ورق‌های پیوستگی با دو لبه مقید، نظیر ورق‌های پیوستگی ستون‌های با مقطع قوطی شکل، نباید از $1/49\sqrt{E/(R_y F_y)}$ بزرگ‌تر باشد. (ص ۳۰۸)

۱۰-۳-۳-۴ الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی ویژه (STMF)

قاب خمشی خرابی‌ی ویژه (STMF) به قابی اطلاق می‌شود که در آن به جای تیر از خرپا استفاده شده باشد. این قاب در برابر نیروی جانبی زلزله باید بتواند در بخش ویژه‌ای از خرپا تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی قابل‌ملاحظه‌ای را تحمل کند. سایر بخش‌های خرپا و ستون‌ها باید عمده‌تاً ارتجاعی باقی‌مانده و قادر به تحمل تلاش‌هایی که با توجه به ظرفیت تسلیم کامل بخش ویژه و با در نظر گرفتن سخت‌شوندگی کرنش در آن‌ها ایجاد می‌شود، باشند. (ص ۳۱۰)



شکل ۱۰-۳-۳-۱: سازو کار تسلیم در بخش ویژه خریا و رفتار ارتجاعی در سایر بخش‌های خریا و ستون قاب (ص ۳۱۰)

۱۰-۳-۳-۱-۴ الزامات عمومی

الف) طول دهانه خریا در این قاب‌ها نباید از ۲۰ متر و ارتفاع کلی آن‌ها از ۱/۸ متر بیشتر باشد. (ص ۳۱۰)

ب) هر خرابی واقع در بین دو ستون این سیستم باید دارای بخش ویژه‌ای در نیمه میانی طول آن باشد. طول این بخش ویژه باید ۰/۱ تا ۰/۵ برابر طول دهانه خریا باشد. نسبت طول به ارتفاع هر چشمه خریا در این بخش نباید از ۱/۵ بزرگ‌تر و از ۰/۶۷ کوچک‌تر باشد. (ص ۳۱۰)

پ) در بخش ویژه خریا، چشمه‌ها باید از نوع ویراندل یا ضربدری باشند. همچنین در چشمه‌های مختلف این بخش، ترکیب این دو نوع پیکربندی یا استفاده از انواع دیگر پیکربندی مجاز نیست. (ص ۳۱۰)

ت) اعضای قطری استفاده شده در پیکربندی ضربدری باید تسمه‌های نورد شده با مقطع یکسان بوده و در محل عبور از روی هم به یکدیگر متصل شده باشند. مقاومت موردنیاز این اتصال باید ۰/۲۵ ظرفیت اسمی کششی عضو قطری در نظر گرفته شود. استفاده از اتصالات پیچی در اعضای قطری این بخش از خریا مجاز نیست. تحت اثر ترکیبات بارگذاری ثقلی ناشی از بارهای مرده و زنده (با ضرایب بار مربوطه)، مقاومت موردنیاز محوری اعضای قطری بخش ویژه خریا، نباید از $0.10 F_y A_g / \alpha_s$ بزرگ‌تر باشد که در آن مقدار α_s برابر ۱/۰ در روش LRFD و برابر ۱/۵ در روش ASD است. (ص ۳۱۱)

ث) در بخش ویژه خریا، مقاطع یال‌های بالایی و پایینی باید یکسان باشند. همچنین وصله یال‌های بالایی و پایینی در محدوده بخش ویژه خریا به علاوه نصف طول چشمه‌های مجاور این بخش مجاز نیست. (ص ۳۱۱)

۱۰-۳-۳-۱-۵ الزامات لرزه‌ای سیستم کنسولی فولادی ویژه (SCCS)

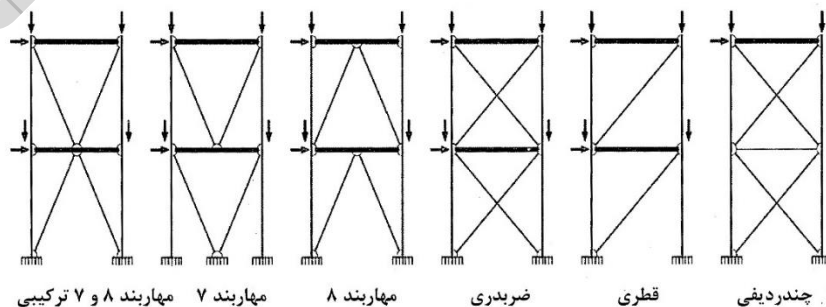
در این نوع سیستم که متشکل از ستون‌های کنسولی با رفتار طرهای است، انتظار می‌رود در برابر نیروی جانبی زلزله تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی محدودی در اثر خمش در پای ستون‌ها ایجاد شود. (ص ۳۱۵)

۱۰-۳-۴ الزامات لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی شده و دیوارهای برشی فولادی

۱۰-۳-۴-۱ الزامات لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی (OCBF)

۱۰-۳-۴-۱-۱ الزامات عمومی

قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی (OCBF) به قاب‌هایی گفته می‌شوند که از آن‌ها انتظار تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی محدودی، بدون کاهش قابل‌ملاحظه در مقاومت اعضا و اتصالات آن‌ها، تحت اثر زلزله طرح می‌رود. پیکربندی مهاربندی‌های مجاز در این نوع قاب‌ها شامل مهاربندی‌های قطری، ضربدری، مهاربندهای به شکل ۷ یا ۸ و مهاربندهای چند ردیفی در یک طبقه می‌شوند. همچنین تعبیه سوراخ‌های متوالی در جان تیرهای دهانه‌های مهاربندی شده با هر نوع مهاربندی (قطری، ضربدری، ۷ یا ۸ و چند ردیفی) مجاز نیست. در صورت لزوم به تعبیه سوراخ‌دار در جان تیر، اطراف آن باید به نحوی تقویت گردد که مقاومت‌های موجود در مقطع سوراخ‌دار از مقاومت‌های موجود مقطع کامل تیر کوچک‌تر نباشد. در شکل ۱۰-۳-۴-۱-۱ چند نمونه از پیکربندی این نوع مهاربندها نشان داده شده است. (ص ۳۱۹)



شکل ۱۰-۳-۴-۱-۱: چند نمونه مجاز از پیکربندی مهاربندهای همگرا (ص ۳۱۹)

۱۰-۳-۴-۲ مبانی طراحی

در طراحی اعضا و اتصالات قاب‌های دارای دهانه‌های مهاربندی علاوه بر الزامات متعارف فصل‌های ۱۰-۱ و ۱۰-۲ و نیز الزامات لرزه‌ای بخش ۱۰-۳ باید الزامات لرزه‌ای این بخش نیز رعایت شود. در این‌گونه قاب‌های مهاربندی‌شده، خروج از مرکزیت کمتر از عمق تیر مجاز است مشروط بر آنکه در طراحی اعضا لنگرهای ناشی از خروج از مرکزیت، بر اساس ترکیبات بارگذاری زلزله تشدید یافته ($\Omega.E$) در نظر گرفته شوند. (ص ۳۲۰) تبصره: در قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی، طراحی مهاربندی‌های قطری و ضربدری به صورت کششی تنها مجاز است. (ص ۳۲۰)

۱۰-۳-۴-۱ الزامات سیستم

۱۰-۳-۴-۱-۴-۱-۱ مهاربندی‌های به شکل ۷ یا ۸

قاب‌های مهاربندی‌شده همگرای معمولی با مهاربندی‌های از نوع ۷ یا ۸ باید دارای شرایط زیر باشند: (ص ۳۲۰)

الف) تیرهای دهانه‌های مهاربندی‌شده باید در حدفاصل بین دو ستون پیوسته باشند.

ب) تیرهای دهانه‌های مهاربندی‌شده و اتصالات آن‌ها به ستون باید قادر به تحمل نیروهای قائم حاصل از ترکیبات بارگذاری ثقلی بدون حضور مهاربندها باشند. (ص ۳۲۰)

پ) تیرهای دهانه‌های مهاربندی‌شده و اتصالات آن‌ها به ستون باید قادر به تحمل نیروهای نامتعادل ناشی از زلزله در ترکیب با بارهای ثقلی باشند برای منظور کردن اثر توزیع نامتعادل نیروهای مهاربندهای کششی و فشاری ناشی از زلزله، مقاومت‌های موردنیاز تیرهای دهانه‌های مهاربندی‌شده باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای ثقلی (با ضرایب بار در حضور زلزله) که با آثار لرزه‌ای با ضرایب بار مربوطه ترکیب می‌شوند تعیین شوند. آثار لرزه‌ای در مهاربند کششی باید برابر کمترین دو مقدار $R_y F_y A_g / \alpha_s$ و نیروی کششی ناشی از ترکیبات بارگذاری شامل زلزله تشدید یافته ($\Omega.E$) و در مهاربند فشاری برابر $0.3 P_n / \alpha_s$ در نظر گرفته شود که در آن، P_n مقاومت فشاری اسمی مهاربند فشاری و مقدار α_s برابر ۱/۱۰ در LEFD و برابر ۱/۵ در ASD است. (ص ۳۲۰)

ت) تیرهای دهانه‌های مهاربندی‌شده باید دارای مهار جانبی کافی برای جلوگیری از کمانش جانبی-پیچشی باشند. برای این منظور در محل اتصال مهاربندها به تیر تعبیه مهار جانبی الزامی است، مگر آنکه تیر دارای مقاومت خارج از صفحه و سختی کافی برای تأمین پایداری در بین دو انتهای مهارشده، باشد. (ص ۳۲۱)

۱۰-۳-۴-۱-۴-۲ مهاربندهای به شکل K

در این نوع قاب‌های مهاربندی‌شده استفاده از مهاربندهای به شکل K مجاز نیست. (ص ۳۲۱)

۱۰-۳-۴-۱-۴-۵-۲ محدودیت نسبت لاغری اعضای مهاربندی

مقدار نسبت لاغری (KL/r) مهاربندهای از نوع ۷ یا ۸ نباید از $4\sqrt{E/F_y}$ بزرگتر باشد. (ص ۳۲۳)

۱۰-۳-۴-۲ الزامات لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی شده همگرای ویژه (SCBF)

۱۰-۳-۴-۱-۲ الزامات عمومی

قاب‌های مهاربندی‌شده همگرای ویژه (SCBF) به قاب‌هایی گفته می‌شوند که انتظار می‌رود تحت اثر بار جانبی زلزله طرح تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی قابل‌ملاحظه‌ای تحمل کنند و در آن‌ها کاهش مقاومت چندانی رخ ندهد. رفتار فرا ارتجاعی موردنظر ممکن است به مرحله بعد از کمانش مهاربند توسعه یابد. از این رو پیکربندی و طراحی مهاربندها و اتصالات آن باید چنان باشد که از عهده این تغییر شکل‌ها برآیند. پیکربندی مهاربندهای مجاز در این نوع قاب‌ها شامل مهاربندهای قطری، ضربدری، مهاربندهای به شکل ۷ یا ۸ و مهاربندهای چند ردیفی در یک طبقه می‌باشند. همچنین تعبیه سوراخ‌های متوالی در جان تیرهای دهانه‌های مهاربندی‌شده با هر نوع مهاربندی (قطری، ضربدری، ۷ یا ۸) مجاز نیست. در صورت لزوم به تعبیه سوراخ در جان تیر اطراف آن باید به نحوی تقویت گردد که مقاومت‌های موجود در مقطع سوراخ‌دار از مقاومت‌های موجود مقطع کامل تیر کمتر نباشد. (ص ۳۲۶)

۱۰-۳-۴-۲ مبانی طراحی

در طراحی اعضا و اتصالات قاب‌های مهاربندی‌شده همگرای ویژه علاوه بر الزامات متعارف فصل‌های ۱۰-۱ و ۱۰-۲ نیز الزامات لرزه‌ای عمومی بخش ۱۰-۳ باید الزامات لرزه‌ای این بخش نیز رعایت شود. در این‌گونه مهاربندها خروج از مرکزیت کمتر از عمق تیر مجاز است مشروط بر اینکه برآیند نیروهای اعضا و اتصالات در طراحی لحاظ شوند و منبع مورد انتظار ظرفیت تغییر شکل غیرالاستیک تغییر نکند. (ص ۳۲۶)

۱۰-۳-۴-۲-۱ مهاربندهای به شکل ۷ یا ۸

قاب‌های مهاربندی‌شده همگرای ویژه معمولی با مهاربندهای از نوع ۷ یا ۸ باید دارای شرایط زیر باشند: (ص ۳۲۸)

الف) تیرهای واقع در دهانه‌های مهاربندی‌شده باید در حدفاصل بین دو ستون پیوسته باشند.

ب) مقاطع تیرهای واقع در دهانه‌های مهاربندی‌شده باید از نوع فشرده لرزه‌ای با محدودیت نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴-۱ باشند. (ص ۳۲۸)

پ) تیرهای دهانه‌های مهاربندی شده باید دارای مهار جانبی کافی برای جلوگیری از کمانش جانبی - پیچشی باشند. برای این منظور در محل اتصال مهاربندها به تیر تعبیه مهار جانبی الزامی است، مگر آنکه تیر دارای مقاومت خارج از صفحه و سختی کافی برای تأمین پایداری در بین دو انتهای مهاربندها باشد. (ص ۳۲۸)

۱۰-۳-۴-۲-۳-۴ مهاربندهای به شکل K

در این نوع قاب‌های مهاربندی شده استفاده از مهاربندهای به شکل K مجاز نیست. (ص ۳۲۸)

۱۰-۳-۴-۲-۴-۳ مهاربندهای دارای رفتار کششی تنها

در قاب‌های مهاربندی شده همگرای ویژه طراحی مهاربندی‌ها به صورت کششی تنها مجاز نیست. (ص ۳۲۸)

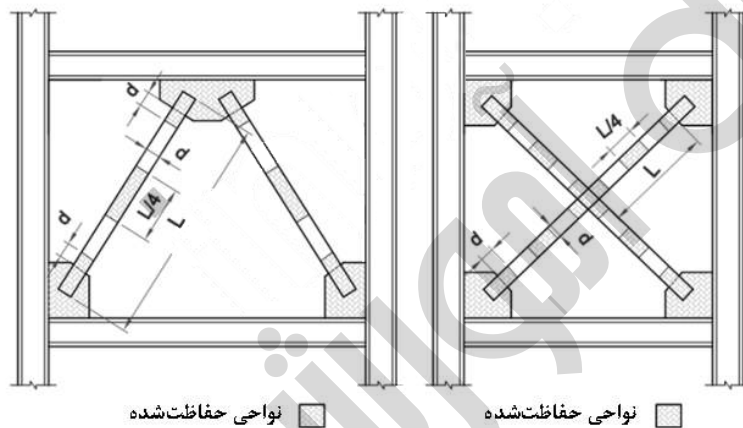
۱۰-۳-۴-۲-۴-۳-۱۰ نواحی حفاظت شده

در قاب‌های مهاربندی شده همگرای ویژه، مطابق شکل ۱۰-۲-۴-۳-۱۰، نواحی حفاظت شده که باید الزامات بخش ۱۰-۲-۳-۱۷ را تأمین نمایند، شامل موارد زیر است: (ص ۳۳۱)

الف) برای مهاربندها یک چهارم طول در قسمت میانی عضو و در دو انتها فاصله‌ای به طول عمق مقطع عضو در صفحه کمانش از بر اتصال عضو مهاربندی به سمت داخل عضو (ص ۳۳۱)

ب) اجزای اتصال مهاربندها به تیرها و ستون‌ها

تبصره: به کارگیری اجزای مورد نیاز طراحی (از قبیل بست ها، لقمه‌ها، ورق‌های تقویتی و وسایل اتصال آن‌ها) در نواحی حفاظت شده با رعایت الزامات بخش ۱۰-۲-۳-۱۷ بلامانع است.



شکل ۱۰-۲-۴-۳-۱۰: نواحی حفاظت شده در مهاربندهای همگرای ویژه (ص ۳۳۱)

۱۰-۳-۴-۲-۴-۳-۱۰ اتصال تیر به ستون

در قاب‌های مهاربندی شده همگرای ویژه اگر اتصال ورق گاست (ورق اتصال) هم به تیر و هم به ستون صورت گیرد، در این صورت اتصال تیر به ستون باید مطابق یکی از حالت‌های زیر باشد: (ص ۳۳۲)

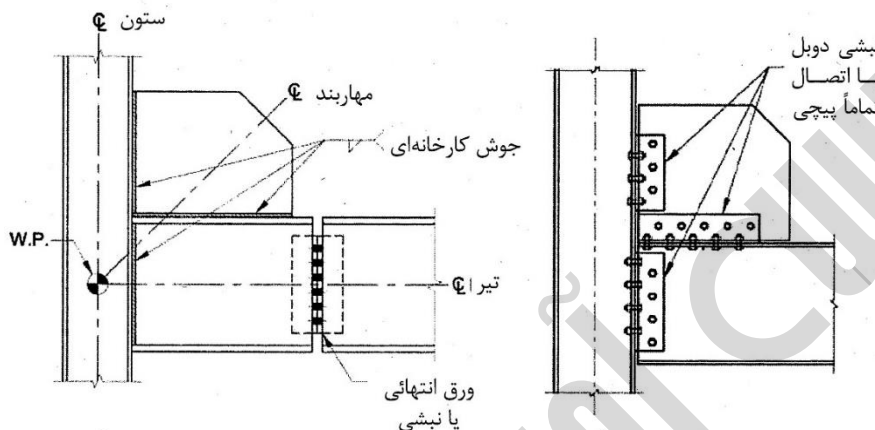
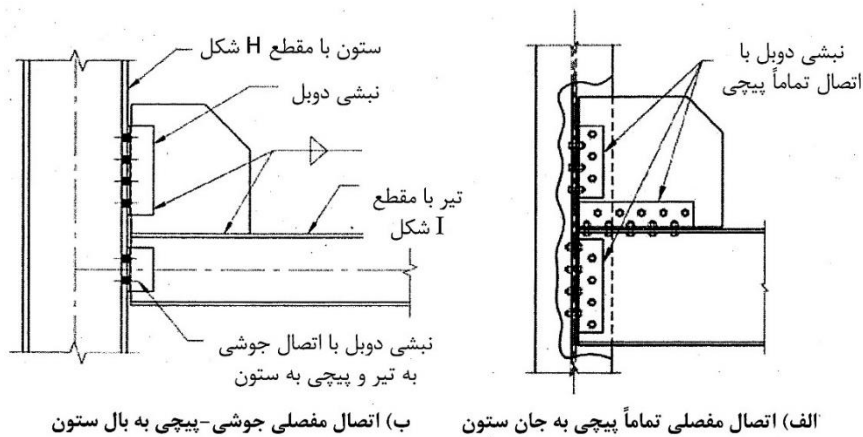
الف) پیکربندی اتصال مطابق ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۱-۲-۱۰ الف به صورت یک اتصال ساده (مفصلی) باشد به نحوی که حداقل ۰/۲۵ رادیان قابلیت دوران داشته باشد. در شکل ۱۰-۲-۴-۳-۱۰ چند نمونه از پیکربندی‌های متداول اتصال مفصلی تیر به ستون که این الزام قابلیت دوران را تأمین می‌نمایند، نشان داده شده است. (ص ۳۳۲)

ب) پیکربندی اتصال به صورت یک اتصال گیردار باشد و مقاومت خمشی مورد نیاز اتصال که باید همراه با مقاومت‌های مورد نیاز اتصال مهاربندها در نظر گرفته شود حداقل برابر کوچک‌ترین دو مقدار زیر باشد: (ص ۳۳۲)

۱- حداکثر مقاومت خمشی مورد انتظار تیر برابر $R_y M_p / \alpha_s$ که در آن M_p لنگر پلاستیک مقطع تیر، R_y برابر نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم مشخصه فولاد تیر و مقدار α_s برابر ۱/۱۰ در LRFD و برابر ۱/۵ در ASD است.

۲- مجموع حداکثر مقاومت خمشی مورد انتظار ستون‌های بالا و پایین اتصال برابر $(\sum R_y F_y Z) / \alpha_s$ که در آن Z برابر اساس مقطع پلاستیک مقطع ستون، R_y برابر نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم مشخصه فولاد ستون و F_y برابر تنش تسلیم مشخصه فولاد ستون و F_y برابر تنش تسلیم مشخصه فولاد ستون است. (ص ۳۳۲)

پ) اتصال تیر به ستون به صورت یک اتصال صلب خمشی مطابق الزامات اتصالات گیردار در قاب‌های خمشی معمولی طراحی شود. (ص ۳۳۲)



شکل ۱۰-۳-۴-۲-۲: پیکربندی‌های قابل قبول اتصال مفصلی تیر به ستون در قاب‌های مهاربندی شده با مهاربندهای همگرای ویژه (ص ۳۳۳)

۱۰-۳-۴-۳-۱۰ الزامات لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی شده و اگر (EBF) (ص ۳۳۷)

۱۰-۳-۴-۳-۵ الزامات اعضا (ص ۳۴۰)

۱۰-۳-۴-۳-۲ الزامات تیر پیوند (ص ۳۴۰)

الف) محدودیت‌ها

۱- مقطع تیر پیوند باید از نوع ۱ شکل (نورد شده یا ساخته شده از ورق) یا از نوع قوطی شکل ساخته شده از ورق باشد. استفاده از مقاطع قوطی شکل نورد شده برای تیر پیوند مجاز نیست. (ص ۳۴۰)

۲- تیرهای پیوند باید دارای مقطع از نوع فشرده لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{hd} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴-۲ باشند. (ص ۳۴۰)

استثنا: برای تیرهای پیوند دارای مقطع ۱ شکل و با طول $1.6 M_p/V_p \leq e$ بال‌های مقطع می‌توانند از نوع فشرده لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴-۲ باشند. همچنین برای تیرهای پیوند دارای مقطع قوطی شکل و با طول $e \leq 1.6 M_p/V_p$ جان‌های مقطع می‌توانند از نوع لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴-۲ باشند. (ص ۳۴۱)

۳- جان (یا جان‌ها) باید از یک ورق تک بدون هرگونه ورق مضاعف متصل به آن در نظر گرفته شود و در آن نباید هیچ‌گونه بازشویی ایجاد شود. (ص ۳۴۱)

۴- در تیرهای پیوند ساخته شده از ورق اتصال جان (یا جان‌ها) به بال تیر باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشد. (ص ۳۴۱)

۵- تیرهای پیوند با مقطع قوطی شکل ساخته شده از ورق باید دارای شرایط $I_y > 0.67 I_x$ باشند که در آن I_y ممان اینرسی مقطع تیر پیوند حول محور مرکزی در امتداد جان‌های مقطع و I_x ممان اینرسی مقطع تیر پیوند حول محور مرکزی عمود بر امتداد جان‌های مقطع است.

ت) سخت‌کننده‌های تیر پیوند

تیرهای پیوند باید با سخت‌کننده در محل اتصال انتهای مهاربند به تیر و نیز تعدادی سخت‌کننده میانی در طول تیر پیوند تقویت شوند. مشخصات این سخت‌کننده‌ها باید بر اساس ضوابط بندهای زیر در نظر گرفته شوند: (ص ۳۴۳)

ت-۱) سخت‌کننده‌های تیرهای پیوند با مقطع ا شکل

تیرهای پیوند باید با سخت‌کننده در محل اتصال انتهایی مهاربند به تیر تقویت شوند. این سخت‌کننده‌ها باید به صورت یک جفت در دو طرف جان و در تمام ارتفاع آن تعبیه گردند. پهنای هر یک از این سخت‌کننده‌ها نباید از $(\frac{1}{2}b_f - t_w)$ و ضخامت آن‌ها نباید از t_w یا 0.75 یا 10 میلی‌متر (هرکدام بزرگ‌تر باشد)، کمتر انتخاب شود که در آن، پهنای بال تیر پیوند و t_w ضخامت جان مقطع تیر پیوند است. (ص ۳۴۴)

در شرایط زیر تیر پیوند باید دارای سخت‌کننده‌های میانی نیز باشد:

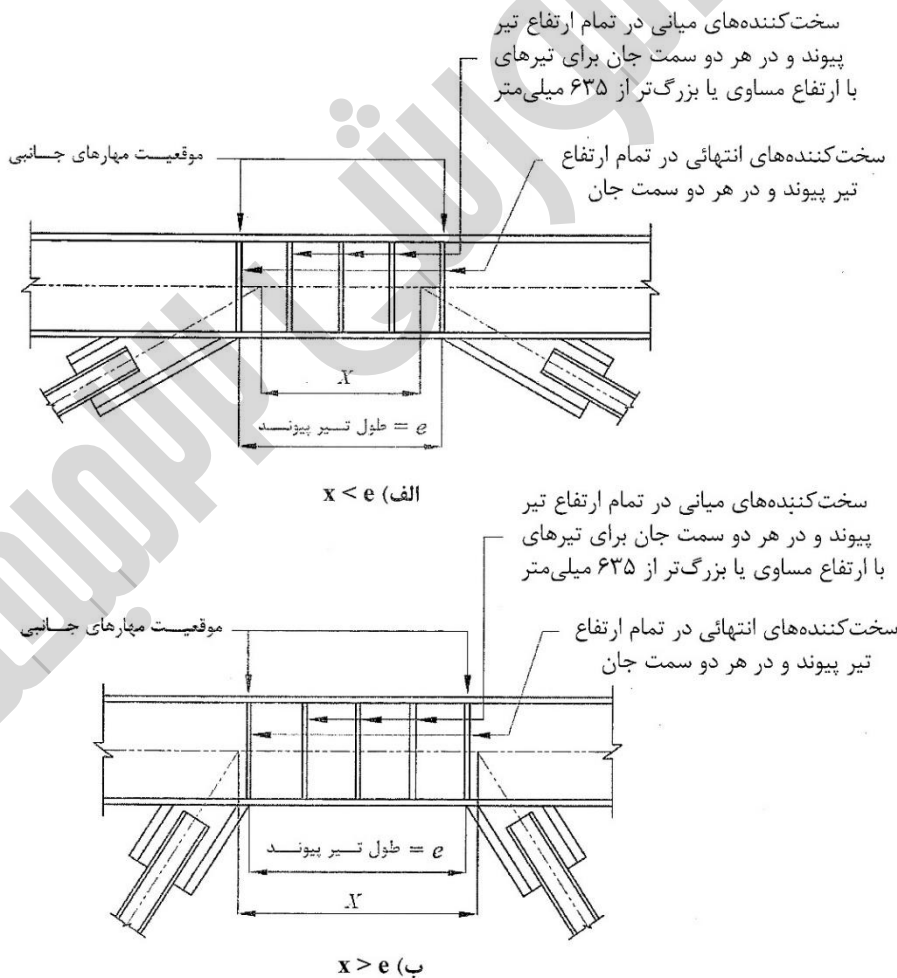
۱- در مواردی که طول تیر پیوند کوچک‌تر یا مساوی M_p/V_p یا $1/6$ باشد. در این‌گونه موارد فاصله سخت‌کننده‌های میانی نباید بیشتر از $t_w - 30d/5$ برای تیرهای با زاویه دوران 0.08 رادیان و $d/5 - 52t_w$ برای تیرهای پیوند با زاویه دوران 0.02 رادیان در نظر گرفته شود. برای تعیین فاصله سخت‌کننده‌های میانی در تیرهای پیوند با زاویه دوران بین دو مقدار 0.02 و 0.08 رادیان می‌توان از درون‌یابی خطی استفاده نمود.

۲- در مواردی که طول تیر پیوند در محدوده $2/6 M_p/V_p \leq e \leq 5 M_p/V_p$ باشد، تعبیه یک سخت‌کننده میانی به فاصله $1/5 b_f$ در هر یک از دو انتهای تیر پیوند الزامی است. در مواردی که طول تیر پیوند بزرگ‌تر از $5 M_p/V_p$ باشد، تعبیه سخت‌کننده‌های میانی در طول تیر پیوند الزامی نیست.

۳- در مواردی که طول تیر پیوند در محدوده $1/6 M_p/V_p \leq e \leq 6/2 M_p/V_p$ باشد، تیر پیوند باید دارای سخت‌کننده‌های میانی باشد. در این‌گونه موارد سخت‌کننده‌های میانی باید الزامات هر دو شرط (۱) و (۲) در فوق را تأمین نمایند. (ص ۳۴۴)

۴- سخت‌کننده‌های موردنیاز برای شرایط (۱) تا (۳) در فوق، باید در تمام ارتفاع تیر پیوند تعبیه شوند. این سخت‌کننده‌ها در تیرهای با ارتفاع 650 میلی‌متر و بیشتر باید به صورت جفت و در دو سمت جان تعبیه شوند. در تیرهای با ارتفاع کمتر از 650 میلی‌متر می‌توان این سخت‌کننده‌ها را به صورت تکی و در یک سمت جان تیر پیوند تعبیه نمود. پهنای هر یک از سخت‌کننده‌های میانی نباید از $(\frac{1}{2}b_f - t_w)$ و ضخامت آن‌ها نباید از t_w یا 10 میلی‌متر (هرکدام بزرگ‌تر باشد)، کمتر انتخاب شود. (ص ۳۴۴)

چنانچه اتصال سخت‌کننده‌های انتهایی و میانی به جان و بال‌های تیر پیوند از طریق جوش گوشه برقرار گردد، در این صورت مقاومت موردنیاز اتصال سخت‌کننده‌ها به جان تیر پیوند باید حداقل برابر $F_y A_{st} / \alpha_s$ و مقاومت موردنیاز اتصال سخت‌کننده‌ها به هر یک از بال‌های تیر پیوند باید حداقل برابر با $F_y A_{st} / \alpha_s$ در نظر گرفته شود که در آن F_y تنش تسلیم مشخصه فولاد سخت‌کننده‌ها، A_{st} سطح مقطع عرضی کننده‌ها سخت‌کننده‌ها و α_s برابر $1/0$ در LRFD و برابر $1/5$ در ASD است. (ص ۳۴۵)



شکل ۱۰-۳-۳-۴-۳: تیر پیوند با مقطع ا شکل و سخت‌کننده‌های موردنیاز (ص ۳۴۵)

ت-۲) سخت‌کننده‌های تیرهای پیوند با مقطع قوطی شکل

تیرهای پیوند با مقطع قوطی شکل باید با سخت‌کننده در محل اتصال انتهای مهاربندی به تیر تقویت شوند. این سخت‌کننده‌ها باید در یک سمت هر یک از جان‌ها و در تمام ارتفاع آن تعبیه گردند و اتصال آن‌ها به هر یک از جان‌ها از داخل یا خارج مقطع قوطی شکل مجاز است. پهنای هر یک از این سخت‌کننده‌ها نباید از $b/2$ و ضخامت آن‌ها نباید از $0.75t_w$ یا ۱۲ میلی‌متر (هر کدام بزرگتر باشد)، کمتر انتخاب شود که در آن، b پهنای داخلی بال مقطع تیر پیوند و t_w ضخامت هر یک از جان‌های مقطع تیر پیوند است. (ص ۳۴۶)

در شرایط زیر تیر پیوند با مقطع قوطی شکل باید دارای سخت‌کننده‌های میانی نیز باشد: (ص ۳۴۶)

۱- در مواردی که طول تیر پیوند کوچکتر یا مساوی $1.6 M_p/V_p$ بوده و جان‌ها دارای نسبت ارتفاع به ضخامت (h/t_w) ، بزرگتر یا مساوی $0.167 \sqrt{E/R_y F_y}$ باشند. در این‌گونه موارد فاصله سخت‌کننده‌های میانی نباید بیشتر از $\left[20t_w - \frac{1}{B}(d - 2t_f) \right]$ در نظر گرفته شود. (ص ۳۴۶)

۲- در مواردی که طول تیر پیوند کوچکتر یا مساوی $1.6 M_p/V_p$ بوده و جان‌ها دارای نسبت ارتفاع به ضخامت (h/t_w) ، کوچکتر از $\sqrt{E/R_y F_y}$ باشند، تعبیه سخت‌کننده‌های میانی در طول تیر پیوند الزامی نیست. (ص ۳۴۶)

۳- در مواردی که طول تیر پیوند بزرگتر از $1.6 M_p/V_p$ باشد، تعبیه سخت‌کننده‌های میانی در طول تیر پیوند الزامی نیست. سخت‌کننده‌های میانی باید در تمام ارتفاع جان تیر پیوند تعبیه شوند و اتصال آن‌ها به هر یک از جان‌ها از داخل یا خارج مقطع قوطی شکل مجاز است. اتصال سخت‌کننده‌های انتهایی و میانی داخلی به بال‌های مقطع قوطی شکل الزامی نبوده و باید از طریق جوش به جان‌های مقطع تیر پیوند انجام شود ولی اتصال سخت‌کننده‌های انتهایی و میانی خارجی به بال‌های مقطع قوطی شکل الزامی است. اگر اتصال سخت‌کننده‌های انتهایی و میانی به جان تیر پیوند از طریق جوش گوشه برقرار گردد، در این صورت مقاومت موردنیاز اتصال هر یک از سخت‌کننده‌ها به جان تیر پیوند باید حداقل برابر $F_y A_{st} / \alpha_s$ در نظر گرفته شود. همچنین اگر اتصال سخت‌کننده‌های انتهایی و میانی خارجی به بال‌های مقطع قوطی شکل از طریق جوش گوشه برقرار گردد، در این صورت مقاومت موردنیاز اتصال هر یک از سخت‌کننده‌های خارجی به هر یک از بال‌های تیر پیوند باید حداقل برابر $\frac{1}{4} F_y / \alpha_s$ در نظر گرفته شود که در آن، F_y تنش تسلیم مشخصه فولاد سخت‌کننده‌ها، A_{st} سطح مقطع عرضی هر یک از سخت‌کننده‌ها و α_s برابر ۱/۰ در LRFD و برابر ۱/۵ در ASD است. (ص ۳۴۷)

۱۰-۳-۴-۴ الزامات لرزه‌ای مهاربندی‌های کمانش تاب (BRBF) (ص ۳۵۱)

۱۰-۳-۴-۴-۵ نواحی حفاظت شده

نواحی حفاظت شده مهاربند کمانش تاب شامل هسته فولادی مهاربند و اجزای اتصال‌دهنده و وسایل اتصال آن به تیرها و ستون‌ها است که باید الزامات بخش ۱۰-۳-۲-۱۷ را برآورده نماید. (ص ۳۵۶)

۱۰-۳-۴-۵ الزامات لرزه‌ای دیوارهای برشی فولادی ویژه (SPSW) (ص ۳۵۹)

۱۰-۳-۴-۶ اتصالات

۱۰-۳-۴-۵-۱ جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

در دیوارهای برشی فولادی ویژه جوش‌های زیر، جوش‌های بحرانی لرزه‌ای محسوب می‌شوند و باید الزامات بند ۱۰-۳-۲-۱۰-۶-۱ را برآورده نمایند. (ص ۳۶۴)

۱۰-۳-۵ الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی مختلط ویژه (C-SMF) (ص ۳۶۹)

۱۰-۳-۵-۳ مبانی طراحی

با به‌کارگیری الزامات در نظر گرفته‌شده در این بخش انتظار می‌رود که در قاب‌های خمشی مختلط ویژه، تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی قابل‌توجهی در محدوده انتهای تیرها و تسلیم محدودی در چشمه اتصال ستون‌ها ایجاد شود. در این نوع قاب‌ها، طراحی ستون‌ها باید به طریقی صورت گیرد که در هر گره ضابطه نسبت لنگر خمشی ستون به لنگر خمشی تیر (ضابطه تیر ضعیف- ستون قوی) رعایت گردد. در این نوع قاب‌های خمشی تسلیم خمشی در پای ستون مجاز است. (ص ۳۶۹)

۱۰-۳-۵-۴ ورق‌های پیوستگی اتصال

در ستون‌های مختلط پرشده با بتن ضخامت ورق‌های پیوستگی باید حداقل برابر ضخامت بال‌های تیر باشند. اتصال ورق‌های پیوستگی به ستون باید به صورت جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه دوطرفه باشند. در ستون‌های مختلط پرشده با بتن تعبیه سوراخ‌های دایره‌ای شکل با قطر کافی برای عبور بتن از این دیافراگم‌ها الزامی است. (ص ۳۷۴)

۱۰-۳-۶ الزامات لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی شده و دیوار برشی مختلط (ص ۳۷۵)

۱۰-۳-۷ اتصالات گیردار پیش تأیید شده (ص ۳۹۱)

جدول ۱۰-۳-۷-۱: انواع اتصالات گیردار پیش تأیید شده (ص ۳۹۱)

| ردیف | نوع اتصال | مخفف | سیستم سازه‌ای قابل کاربرد | بخش مربوطه |
|------|---|------------|---------------------------|------------|
| ۱ | اتصال تیر با مقطع کاهش یافته | RBS | قاب‌های خمشی متوسط و ویژه | ۱۰-۳-۲-۲ |
| ۲ | اتصال فلنجی چهار پیچی بدون استفاده از ورق لچکی | BUEEP | قاب‌های خمشی متوسط و ویژه | ۱۰-۳-۲-۳ |
| ۳ | اتصال فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی | BSEEP | قاب‌های خمشی متوسط و ویژه | ۱۰-۳-۲-۳ |
| ۴ | اتصال پیچی به کمک ورق‌های روسری و زبرسری | BFP | قاب‌های خمشی متوسط و ویژه | ۱۰-۳-۲-۴ |
| ۵ | اتصال جوشی به کمک ورق‌های روسری و زبرسری | WFP | قاب‌های خمشی متوسط | ۱۰-۳-۲-۵ |
| ۶ | اتصال مستقیم تقویت‌نشده جوشی | WUF-W | قاب‌های خمشی متوسط و ویژه | ۱۰-۳-۲-۶ |
| ۷ | اتصال پیچی با جفت سپری | DT | قاب‌های خمشی متوسط و ویژه | ۱۰-۳-۲-۷ |
| ۸ | اتصال تیر با مقطع کاهش یافته و دیافراگم عبوری از ستون | TD-RBS | قاب‌های خمشی متوسط و ویژه | ۱۰-۳-۲-۸ |
| ۹ | اتصال تقویت‌نشده جوشی با دیافراگم عبوری از ستون | TD-WUFW | قاب‌های خمشی متوسط و ویژه | ۱۰-۳-۲-۹ |
| ۱۰ | اتصال تیر با بال پهن شده و دیافراگم عبوری از ستون | TD-Widened | قاب‌های خمشی متوسط و ویژه | ۱۰-۳-۲-۱۰ |

۱۰-۳-۷-۱ الزامات عمومی

در طراحی اتصالات پیش تأیید شده، علاوه بر الزامات فصل‌های ۱۰-۱ و ۱۰-۲ و الزامات لرزه‌ای عمومی بخش ۱۰-۳-۲ این مبحث، الزامات بخش‌های ۱۰-۳-۲ یا ۱۰-۳-۳، حسب مورد، نیز باید رعایت شود. در تحلیل سازه، این اتصالات باید به صورت گیردار در نظر گرفته شوند. ضمناً کلیه اتصالات پیش تأیید شده باید دارای شرایط زیر باشند: (ص ۳۹۲)

الف) مصالح

۱- فولاد مورد استفاده باید ضوابط بند ۱۰-۳-۲-۱ را رعایت نماید.

۲- در مواردی که بال تیر مستقیماً یا با واسطه به بال ستون جوش می‌شود، در محدوده اتصال تیر به ستون، مصالح ورق بال‌های ستون که دارای ضخامت مساوی یا بیش از ۳۰ میلی‌متر هستند، باید دارای خواص تأیید شده در امتداد ضخامت بوده و از نظر طاقت نمونه شیار داده شده شارپی، حداقل از رده J۰ باشند. (ص ۳۹۲)

تبصره: رده J۰ به رده‌ای از مصالح فولادی گفته می‌شود که طاقت نمونه شیار داده شده شارپی آن حداقل ۲۷ ژول در دمای صفر درجه سلسیوس باشد. (ص ۳۹۲)

ب) اعضا

به‌طور کلی مقاطع تیرها و ستون‌ها باید یکی از انواع زیر باشند. محدودیت استفاده از هر یک از این مقاطع در انواع اتصالات پیش تأیید شده، در بخش مربوطه آمده است. (ص ۳۹۲)

۱- مقاطع نورد شده I یا H شکل

۲- مقاطع قوطی شکل (HSS) برای ستون‌ها

۳- مقاطع ساخته شده

مقاطع فوق باید دارای دو محور تقارن باشند. تیرها می‌توانند دارای مقطع I یا H شکل (نورد شده یا ساخته شده از ورق) و ستون‌ها دارای مقطع قوطی شکل (HSS)، مقطع H شکل (نورد شده یا ساخته شده از ورق)، مقطع جعبه‌ای ساخته شده از ورق یا ساخته شده از مقاطع H شکل همراه با ورق‌های کناری (مقاطع H شکل جعبه‌ای شده) و مقطع صلیبی شکل ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده باشند. (ص ۳۹۲)

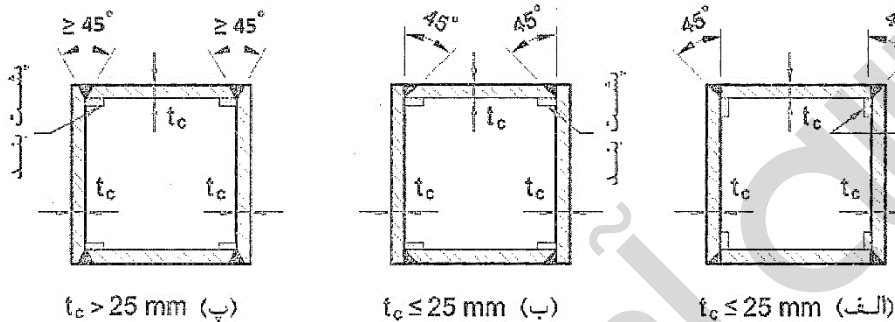
استفاده از مقاطع قوطی شکل (HSS) به شرطی مجاز است که بر اساس ضوابط مدارک معتبر، ساخت و طراحی شده باشند. (ص ۳۹۳)

جان مقطع ساخته شده باید به‌طور پیوسته به بال آن‌ها با رعایت ضوابط زیر متصل باشد:

- در دو انتهای تیرهای I و H شکل ساخته شده از ورق، به‌طور حداقل $S_n + d_b$ اتصال جان به بال باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل همراه با جوش گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد. بعد جوش‌های گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد. بعد جوش‌های گوشه تقویتی در هر طرف جان تیر نباید از کوچک‌ترین دو مقدار ضخامت جان و ۸ میلی‌متر، کمتر باشد. S_n فاصله بین مفصل پلاستیک در داخل تیر تا بر ستون است که برای انواع مختلف اتصالات پیش تأیید شده در بخش‌های مربوطه ارائه شده است و d_b عمق تیر است. (ص ۳۹۳)

تبصره: در مواردی که در بخش‌های ۱۰-۷-۳-۱۰ الی ۱۰-۷-۳-۱۰ در این خصوص الزام دیگری وضع شده باشد، تأمین شرایط فوق الزامی نبوده و به جای آن باید الزام بخش‌های مذکور تأمین شود. (ص ۳۹۳)

- در ستون‌های H شکل ساخته شده از ورق، در محل اتصالات تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر به علاوه ۳۰۰ میلی‌متر بالا و پایین بال‌های تیر که به‌عنوان نواحی بحرانی ستون نامیده می‌شوند، اتصال جان به بال‌های مقطع ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل با جوش گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد. بعد جوش‌های گوشه تقویتی در هر طرف جان ستون نباید از کوچک‌ترین دو مقدار ضخامت جان و ۸ میلی‌متر، کمتر باشد. (ص ۳۹۳)
- در ستون‌های جعبه‌ای ساخته شده از ورق یا ساخته شده از مقاطع H شکل همراه با ورق‌های کناری (مقاطع H شکل جعبه‌ای شده)، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر به علاوه ۳۰۰ میلی‌متر بالا و پایین بال تیر که به‌عنوان نواحی بحرانی ستون نامیده می‌شوند، اتصال جان‌ها به بال‌های مقطع ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل همراه با ورق پشت‌بند باشد. در خارج از نواحی بحرانی طول ستون، اتصال جان‌ها به بال‌های مقطع ستون می‌تواند با استفاده از جوش شیاری با نفوذ ناقص (بدون استفاده از ورق پشت‌بند) انجام پذیرد. جزئیات اتصال جوش شیاری با نفوذ کامل در ستون‌های جعبه‌ای ساخته شده از ورق با ضخامت کمتر یا مساوی ۲۵ میلی‌متر باید مطابق شکل ۱۰-۷-۳-۱۰ الف یا ۱۰-۷-۳-۱۰ ب و برای ورق‌های بزرگ‌تر از ۲۵ میلی‌متر مطابق شکل ۱۰-۷-۳-۱۰ پ باشد. (ص ۳۹۴)



شکل ۱۰-۷-۳-۱۰: نحوه ساخت ستون‌های جعبه‌ای ساخته شده از ورق (ص ۳۹۴)

- در ستون‌های با مقطع صلیبی شکل ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر به علاوه ۳۰۰ میلی‌متر بالا و پایین بال تیر، که به‌عنوان نواحی بحرانی ستون نامیده می‌شوند، اتصال جان‌ها به یکدیگر و به بال‌ها باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل با جوش گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد. بعد جوش‌های گوشه تقویتی در هر طرف جان ستون نباید از کوچک‌ترین دو مقدار ضخامت جان و ۸ میلی‌متر، کمتر باشد. (ص ۳۹۴)

پ) ملاحظات اجرایی تیرها

تیرها باید مطابق الزامات بخش ۱۰-۲-۳-۸ دارای مهار جانبی باشند. علاوه بر الزامات آن بخش به‌جز در اتصالات فلنجی پیش‌تأیید شده، تعبیه مهار جانبی اضافی در دو انتهای تیر در فاصله‌ای بین انتهای ناحیه حفاظت شده تا نصف عمق تیر بعد از آن، الزامی است. طول ناحیه حفاظت شده برای انواع مختلف اتصالات پیش‌تأیید شده، در بخش‌های مربوطه ارائه شده است. در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای، در صورتی که تیرها در فاصله میانی بین دو ناحیه حفاظت شده دارای برشگیرهای فولادی مدفون در بتن به فاصله حداکثر برابر ۳۰۰ میلی‌متر باشند، تعبیه مهارهای جانبی اضافی در محل‌های مذکور الزامی نیست. همچنین: (ص ۳۹۴)

- ۱) در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای، به‌جز در اتصالات پیش‌تأیید شده فلنجی، در نواحی حفاظت شده تیر تعبیه برشگیر در روی بال فوقانی تیر مجاز نیست. در اتصال پیش‌تأیید شده فلنجی چهار پیچی بدون استفاده از ورق لچکی و نیز در اتصال پیش‌تأیید شده فلنجی چهار پیچی یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی، در فاصله ۱/۵ برابر عمق تیر از بر ستون، تعبیه برشگیر در روی بال فوقانی تیر مجاز نیست. (ص ۳۹۵)
- ۲) در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای، در فاصله حداقل برابر ۲۵ میلی‌متر از طریق مصالح انعطاف‌پذیر (نظیر یونولیت) باید از اتصال دال بتنی به وجوه ستون اجتناب شود. (ص ۳۹۵)

تبصره: منظور از دال بتنی سازه‌ای، دال بتن‌آرمه است که ضخامت آن بیش از ۷۵ میلی‌متر بوده و تنش فشاری مشخصه نمونه استوانه‌ای بتن، بیش از ۱۴ مگاپاسکال باشد. در دال بتنی همراه با عرشه فولادی، ضخامت معادل دال بتنی روی عرشه مدنظر است. (ص ۳۹۵)

ت) جوشکاری

- ۱) صد درصد جوش‌های شیاری به کار رفته در ناحیه اتصال تیر به ستون باید از طریق آزمایش‌های غیرمخرب نظیر رادیوگرافی یا اولتراسونیک (فراصوتی) تأیید شوند (مطابق بند ۱۰-۴-۴-۲). (ص ۳۹۵)
- ۲) برداشتن پشت‌بند‌های مورد استفاده در اتصال ورق‌های پیوستگی به بال‌ها و جان (یا جان‌های) مقطع ستون، پس از اتمام عملیات جوشکاری الزامی نیست. پشت‌بند‌هایی که در محل اتصال به بال ستون باقی می‌مانند باید با استفاده از یک جوش گوشه پیوسته ۸ میلی‌متری بر لبه زیرین

- جوش شیاری به بال ستون متصل شود. هنگامی که پشت‌بند برداشته می‌شود، پاس ریشه باید تا رسیدن به فلز جوش سالم شیارزنی شود و با یک جوش گوشه تقویت شود. جوش گوشه تقویتی باید سرتاسری بوده و بعد آن حداقل ۸ میلی‌متر باشد. (ص ۳۹۵)
- ۳) در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، اتصال بال‌های تیر به بال ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشد برای این منظور در دو انتهای تیر، تعبیه سوراخ‌های دسترسی برای انجام جوش شیاری با نفوذ کامل بال تیر به بال ستون همراه با ورق‌های پشت‌بند، مطابق الزامات بند ۱۰-۲-۱-۹-۴ یا ۱۰-۳-۲-۱۱-۵ این مبحث، حسب مورد، الزامی است. اتصال ورق‌های پشت‌بند به بال‌های تیر مجاز نیست. (ص ۳۹۵)
- ۴) در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، برای اتصال بال‌های تیر به بال ستون، استفاده از ورق‌های گوشواره (ناودان انتهای جوش شیاری) الزامی است. ورق‌های گوشواره باید حداقل به اندازه ۲۵ میلی‌متر یا ضخامت قطعه هر کدام بزرگتر بود، از لبه درز امتداد داشته باشد؛ ولی نیازی نیست بلندتر از ۵۰ میلی‌متر باشد. پس از تکمیل جوشکاری، ورق‌های گوشواره‌ای باید برداشته شوند. (ص ۳۹۶)
- ۵) در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، پشت‌بندهای مورد استفاده در بال تحتانی تیر (در صورت وجود) باید برداشته شوند و پس از برداشتن پشت‌بند، پاس ریشه باید تا رسیدن به فلز جوش سالم شیارزنی شود و با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر تقویت گردد. ضخامت جوش گوشه تقویتی باید به گونه‌ای باشد که پنجه جوش گوشه روی فلز پایه تیر قرار گیرد. چنانچه پس از حذف پشت‌بند فلز پایه و ریشه جوش به صورت یکنواخت سنگ‌زنی شوند، نیازی به ادامه دادن جوش گوشه تقویتی روی فلز پایه نیست. (ص ۳۹۶)
- ۶) در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، برداشتن پشت‌بندهای مورد استفاده در بال فوقانی تیر (در صورت وجود) الزامی نیست. در صورتی که پشت‌بندها برداشته نشوند، این پشت‌بندها باید با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر به بال ستون جوش داده شوند. جوشکاری این پشت‌بندها به بال‌های تیر مجاز نیست. (ص ۳۹۶)
- ۷) در صورت اجرای اتصالات گیردار به صورت درختی، محل وصله تیر، شامل نواحی که وصله با جوش یا پیچ به تیر متصل می‌شود، باید خارج از ناحیه حفاظت شده باشد. (ص ۳۹۶)

۱۰-۳-۷-۲ اتصال گیردار تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)

۱۰-۳-۷-۱ تیرها

- در این نوع اتصال استفاده از مقاطع نورد شده H یا H شکل و مقاطع ساخته شده از ورق دارای مقطع I یا H شکل، برای تیر مجاز است. همچنین:
- ۱) عمق مقطع تیر نباید از ۱۱۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد.
 - ۲) جرم تیر نباید از ۶۰۰ کیلوگرم بر متر بیشتر باشد.
 - ۳) ضخامت بال مقطع تیر نباید از ۵۵ میلی‌متر بیشتر باشد.
 - ۴) نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۷ در قاب‌های خمشی ویژه و از ۵ در قاب‌های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود.
 - ۵) نسبت پهنا به ضخامت بال و جان تیر باید ضوابط بندهای ۱۰-۳-۳-۲ یا ۱۰-۳-۳-۲ را، حسب مورد، اقلان نماید. در محاسبه این نسبت پهنای بال را می‌توان برابر عرض بال در انتهای دوسوم میانی ناحیه کاهش یافته بال در نظر گرفت. (ص ۳۹۸)
 - ۶) در دو انتهای تیر، برای انجام جوش شیاری با نفوذ کامل بال تیر به بال ستون، تعبیه سوراخ‌های دسترسی الزامی بوده و هندسه آن‌ها باید مطابق الزامات بند ۱۰-۲-۱-۹-۴ باشد. (ص ۳۹۸)

- ۷) در دو انتهای تیر، ناحیه حفاظت شده باید برابر $a + b$ در نظر گرفته شود. a و b در شکل ۱۰-۳-۷-۲ نشان داده شده است. (ص ۳۹۸)
- ۸) فاصله محل تشکیل مفصل پلاستیک از بر ستون، باید برابر $a + b S_h/2 = a$ در نظر گرفته شود. a و b در شکل ۱۰-۳-۷-۲ نشان داده شده است. (ص ۳۹۸)
- ۹) در ناحیه کاهش یافته تیر محدودیت‌های زیر باید تأمین شوند. انتخاب نهایی مقادیر این پارامترها براساس تأمین کلیه الزامات مربوط به مقاومت موجود لازم تیر در مقطع کاهش یافته و انتهای تیر صورت می‌گیرد. (ص ۳۹۸)

$$R = (fc^2 + b^2)/\lambda c \quad (10-3-7-1)$$

$$0.5b_{bf} \leq a \leq 0.75 b_{bf} \quad (10-3-7-2)$$

$$0.65d_b \leq b \leq 0.85 d_b \quad (10-3-7-3)$$

$$0.1b_{bf} \leq c \leq 0.25 b_{bf} \quad (10-3-7-4)$$

در روابط فوق a ، b ، c ، b_{bf} ، d_b در شکل ۱۰-۳-۷-۲ نشان داده شده است. (ص ۳۹۸)

۱۰-۳-۷-۴ برشکاری بال تیر

- ۱) در ناحیه کاهش یافته تیر، برشکاری بال تیر باید توسط دستگاه برش حرارتی انجام شود تا یک انحنای هموار به وجود آید. در محل خاتمه برشکاری بال تیر، تبدیل مقطع کاهش یافته به مقطع کاهش نیافته باید به صورت هموار و از طریق سنگ‌زنی گوشه‌های تیز انجام شود. رواداری مجاز اجرای برش حرارتی از مقادیر موردنظر، مطابق روابط ۱۰-۳-۷-۱ الی ۱۰-۳-۷-۴، به میزان ۶ میلی‌متر است. (ص ۴۰۰)
- ۲) شیاریایی که در اثر برش حرارتی ایجاد می‌شوند، اگر عمقی کمتر از ۶ میلی‌متر داشته باشند، می‌توانند با سنگ‌زنی برداشته شوند. بعد از سنگ‌زنی، این ناحیه باید توسط روش MT به صورت غیر مخرب بازرسی شود تا از برداشته شدن کامل شیار اطمینان حاصل شود. سنگ‌زنی نباید منجر به کاهش مقطع بال تیر به اندازه‌ای بیش از ۶ میلی‌متر از مقدار موردنظر، مطابق روابط ۱۰-۳-۷-۱ الی ۱۰-۳-۷-۴ شود. (ص ۴۰۰)

۳) اگر عمق شیارهایی که در اثر برش حرارتی ایجاد می‌شوند، بیشتر از ۶ میلی‌متر ولی کمتر از ۱۳ میلی‌متر باشد، شیار باید توسط جوشکاری تعمیر شود. در این حالت ابتدا باید با سنگ‌زنی، شیار برداشته شده و سپس با پیش‌گرمایش حداقل ۶۶ درجه سلسیوس جوشکاری انجام شود و با سنگ‌زنی انحنای هموار موردنظر را رعایت رواداری مربوطه ایجاد گردد. این روش را می‌توان در مورد شیارهایی که عمقی کمتر از ۶ میلی‌متر دارند، ولی سنگ‌زنی آن‌ها منجر به کاهش مقطع بال تیر به اندازه‌ای بیش از ۶ میلی‌متر از مقدار موردنظر، مطابق روابط ۱۰-۳-۷-۴ الی ۱۰-۳-۷-۴ می‌شود، نیز به کار گرفت. (ص ۴۰۰)

۱۰-۳-۷-۳-۱ اتصال گیردار فلنجی چهار پیچی بدون استفاده از ورق لچکی (BUEEP) و اتصال گیردار فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی (BSEEP)

اتصالات گیردار فلنجی (شکل ۱۰-۳-۷-۳)، علاوه بر تأمین الزامات عمومی بخش ۱۰-۳-۷-۱، باید دارای شرایط مندرج در این بخش باشند. این نوع اتصال با جوش دادن تیر به ورق انتهایی در کارخانه و پیچ کردن این ورق به بال ستون در کارگاه ساخته می‌شود. رفتار این نوع اتصالات توسط حالت‌های حدی مختلفی از قبیل تسلیم خمشی مقطع تیر، تسلیم خمشی ورق انتهایی، تسلیم چشمه اتصال ستون، گسیختگی برشی و کششی پیچ‌های ورق انتهایی یا گسیختگی در اجزای اتصالات جوشی آن کنترل می‌شود. طراحی اتصال باید به گونه‌ای باشد که با تأمین مقاومت موجود کافی در اجزای آن، تغییرشکل غیرالاستیک از طریق تسلیم مقطع تیر ایجاد شود. (ص ۴۰۱)

۱۰-۳-۷-۳-۱ تیرها

در این نوع اتصال گیردار استفاده از مقاطع نورد شده I یا H شکل و مقاطع ساخته شده دارای مقطع I یا H شکل، برای تیر مجاز است. همچنین (ص ۴۰۳)

۱) نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۷ در قاب‌های خمشی ویژه و از ۵ در قاب‌های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود.

۲) در دو انتهای تیر، تعبیه سوراخ‌های دسترسی برای انجام جوش شیار با نفوذ کامل بال تیر به ورق انتهایی، مجاز نیست. (ص ۴۰۳)

۳) در دو انتهای تیر، ناحیه حفاظت شده باید به شرح زیر در نظر گرفته شود: (ص ۴۰۴)

• در اتصال فلنجی بدون استفاده از ورق لچکی، برابر کوچک‌ترین دو مقدار عمق تیر و سه برابر پهنای بال تیر از بر ستون؛ (ص ۴۰۴)

• در اتصال فلنجی با استفاده از ورق لچکی، برابر کوچک‌ترین دو مقدار طول ورق لچکی به علاوه نصف عمق تیر و سه برابر پهنای بال تیر از بر ستون. (ص ۴۰۴)

۴) فاصله محل تشکیل مفصل پلاستیک از بر ستون (S_H)، باید برابر کوچک‌ترین دو مقدار $d_b/2$ و $3/b_{bf}$ برای اتصالات فلنجی بدون استفاده از ورق‌های لچکی و برابر $L_{st} + t_p$ برای اتصالات فلنجی با استفاده از ورق‌های لچکی در نظر گرفته شود که در آن d_b عمق تیر، b_{bf} پهنای بال تیر، L_{st} طول ورق لچکی در روی بال تیر و t_p ضخامت ورق انتهایی است. (ص ۴۰۴)

۵) در دو انتهای تیرهای ساخته شده از ورق، به فاصله حداقل برابر کوچک‌ترین دو مقدار عمق تیر و سه برابر پهنای بال تیر، اتصال جان به بال باید از نوع جوش شیار با نفوذ کامل یا جوش گوشه دوطرفه باشد. ضخامت جوش‌های گوشه دوطرفه نباید از $0.75t_w$ ضخامت جان مقطع تیر است) و ۶ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود. (ص ۴۰۴)

۱۰-۳-۷-۳-۲ ستون‌ها

در این نوع اتصال گیردار، استفاده از مقاطع نورد شده H شکل، مقاطع ساخته شده H شکل و مقطع صلیبی شکل ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده برای ستون مجاز است. (ص ۴۰۴)

همچنین: (ص ۴۰۴)

۱) عمق مقطع ستون نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۱۰-۳-۷-۳-۳ سایر الزامات

۱) اتصالات فلنجی باید محدودیت‌های ابعادی جدول ۱۰-۳-۷-۲ را تأمین نمایند. (ص ۴۰۴)

تبصره: در قاب‌های خمشی ویژه با عملکرد توأم دال بتنی و مقطع فولادی در سرتاسر طول تیر، عمق مقطع تیر نباید از ۶۰۰ میلی‌متر کمتر باشد.

۲) پهنای ورق انتهایی نباید از بال تیر متصل شونده به آن کوچکتر در نظر گرفته شود. همچنین پهنای مؤثر ورق انتهایی که در محاسبات منظور می‌شود، نباید از بال تیر متصل شونده به علاوه ۲۵ میلی‌متر بزرگتر در نظر گرفته شود. (ص ۴۰۵)

۳) اتصال بال تیر به ورق انتهایی باید از نوع جوش شیار با نفوذ کامل بوده و در وجه داخلی بال تیر با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر تقویت گردد. (ص ۴۰۵)

۴) شیارزنی ریشه جوش بال تیر به ورق انتهایی در قسمتی که مستقیماً بالا یا پایین جان تیر قرار می‌گیرد ضروری نیست در این قسمت جوش شیار با نفوذ کامل کفایت می‌نماید. (ص ۴۰۵)

۵) اتصال جان تیر به ورق انتهایی باید از نوع جوش شیار با نفوذ کامل باشد. چنانچه ضخامت جان مقطع تیر کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر باشد استفاده از جوش گوشه دوطرفه نیز مجاز است. در صورت استفاده از جوش گوشه، علاوه بر الزامات متعارف طراحی اتصالات، ضخامت آن باید به گونه‌ای تعیین شود که در فاصله بین وجه داخلی بال تیر تا ۱۵۰ میلی‌متر بعد از اولین ردیف پیچ در اتصالات چهار پیچی و دومین ردیف پیچ در

اتصالات هشت پیچی، مجموع مقاومت آن‌ها برابر مقاومت کششی موجود همین بخش جان باشد. در هر حال ضخامت جوش‌های گوشه نباید از t_w و ۸/۰ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شوند. (ص ۴۰۶)

۶) فاصله سوراخ‌های پیچ (g)، نشان داده شده در شکل‌های ۱۰-۳-۷-ت، ث و ج، نباید از پهنای بال تیر بزرگتر باشد. همچنین در این شکل‌ها، حداقل اندازه p_{so} و p_{si} ، p_{fo} ، p_{fi} برای پیچ‌های تا قطر ۲۵ میلی‌متر برابر قطر پیچ به علاوه ۱۳ میلی‌متر و برای پیچ‌های با قطر بزرگتر برابر قطر پیچ به علاوه ۱۹ میلی‌متر است. در اتصالات هشت پیچی حداقل اندازه p_b ، نشان داده شده در شکل ۱۰-۳-۷-ج، ۲/۷ برابر قطر پیچ است.

۷) ورق‌های لچکی (در صورت استفاده) باید در امتداد جان تیر و در وسط ورق انتهایی تعبیه شوند. طول ورق‌های لچکی نباید از $1/75 h_{st}$ کوچکتر در نظر گرفته شود که در آن h_{st} ارتفاع لچکی‌ها در امتداد محور ستون است. ورق‌های لچکی، باید در دو انتهای خود طولی حدوداً ۲۵ میلی‌متر برش‌های عمودی و افقی داشته و سپس به صورت مورب بریده شوند. ضخامت ورق‌های لچکی (t_s) نباید کمتر از ضخامت جان مقطع تیر در نظر گرفته شود همچنین ضخامت ورق‌های لچکی باید به گونه‌ای انتخاب شوند که روابط ۱۰-۳-۷-۵ و ۱۰-۳-۷-۶ اقلانغ شوند. (ص ۴۰۶)

$$t_s \geq t_{bw} \left(\frac{F_{yb}}{F_{ys}} \right) \quad (ص ۴۰۷) \quad (۱۰-۳-۷-۵)$$

$$\frac{h_s}{t_s} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{ys}}} \quad (ص ۴۰۷) \quad (۱۰-۳-۷-۶)$$

در روابط فوق: (ص ۴۰۷)

h_{st} = ارتفاع ورق لچکی

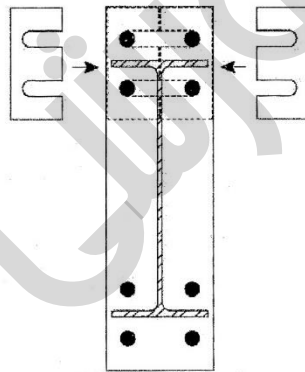
F_{ys} = تنش تسلیم مشخصه ورق لچکی

F_{yb} = تنش تسلیم مشخصه فولاد تیر

t_{bw} = ضخامت جان مقطع تیر

۸) اتصال لچکی‌ها (در صورت استفاده) به ورق انتهایی و بال تیر باید از نوع جوش شباری با نفوذ کامل باشد چنانچه ضخامت لچکی‌ها کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر باشد، استفاده از جوش گوشه دوطرفه نیز مجاز است. ضخامت جوش‌های گوشه نباید از t_s و ۸/۰ میلی‌متر کمتر باشد. گوشه ورق لچکی در محل تقاطع آن با بال تیر و ورق انتهایی باید به صورت مثلثی بریده شود تا فاصله آزاد با جوش بال تیر و ورق انتهایی فراهم شود. (ص ۴۰۷)

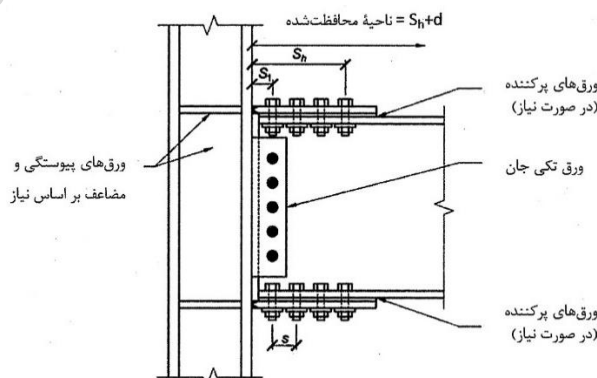
۹) به کار بردن ورق‌های پرکننده انگشتی در بالا و پایین ورق انتهایی مطابق شکل ۱۰-۳-۷-۴ مجاز است. (ص ۴۰۷)



شکل ۱۰-۳-۷-۴: ورق‌های پرکننده انگشتی در بالا و پایین ورق انتهایی (ص ۴۰۷)

۱۰-۳-۷-۴ اتصال گیردار پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (BFP)

اتصالات گیردار پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (شکل ۱۰-۳-۷-۵) علاوه بر تأمین الزامات عمومی بخش ۱۰-۳-۷-۱ باید دارای شرایط مندرج در این بخش باشند. (ص ۴۰۸)



شکل ۱۰-۳-۷-۵: اتصال گیردار پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (BFP) (ص ۴۰۸)

این نوع اتصال از طریق جوش دادن ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون و پیچ کردن آن‌ها به بال تیر ساخته می‌شود. این ورق‌ها باید کاملاً یکسان باشند. ضمناً در این نوع اتصال جان تیر نیز از طریق یک ورق تکی به بال ستون متصل می‌شود منظور از ضوابط ارائه شده در این بخش این است که وقوع تسلیم و شروع تشکیل مفصل پلاستیک در ناحیه‌ای از تیر در انتهای ورق‌های روسری و زیرسری روی دهد. ابعاد و ضخامت ورق‌های روسری و زیرسری و نیز مشخصات و تعداد پیچ‌های اتصال این ورق‌ها به بال تیر باید براساس مقاومت خمشی موردنیاز اتصال تیر به ستون (مطابق الزامات بند ۱۰-۳-۳-۲-۶ یا ۱۰-۳-۳-۱۰-۸، حسب مورد) تعیین شود. ابعاد و ضخامت ورق تکی جان و نیز مشخصات و تعداد پیچ‌های اتصال این ورق به جان تیر باید براساس مقاومت برشی موردنیاز اتصال تیر به ستون (مطابق الزامات بند ۱۰-۳-۳-۲-۶ یا ۱۰-۳-۳-۱۰-۸، حسب مورد) تعیین شود. در تعیین مقاومت‌های طراحی ورق‌های روسری و زیرسری ورق تکی جان و وسایل اتصال، ضریب کاهش مقاومت (ϕ) را می‌توان برای حالت‌های حدی غیر شکل‌پذیر، به جای 0.75 برابر 0.9 و برای حالت‌های حدی شکل‌پذیر به جای 0.9 برابر 1 در نظر گرفت. همچنین در تعیین مقاومت‌های مجاز آن‌ها ضریب اطمینان (Ω) را می‌توان برای حالت‌های حدی غیر شکل‌پذیر، به جای 2 برابر 1.67 و برای حالت‌های حدی شکل‌پذیر به جای 1.67 برابر 1.5 در نظر گرفت. (ص ۴۰۹)

۱۰-۳-۷-۴-۱ تیرها

در این نوع اتصال گیردار استفاده از مقاطع نورد شده H یا I شکل و مقاطع ساخته شده دارای مقطع I یا H شکل، به‌عنوان تیر مجاز است. همچنین: (ص ۴۰۹)

(۱) در دو انتهای تیر، ناحیه حفاظت شده باید برابر فاصله از بر ستون تا دورترین ردیف پیچ در روی بال تیر نسبت به بر ستون به‌علاوه عمق تیر در نظر گرفته شود. (ص ۴۰۹)

(۲) محل تشکیل مفصل پلاستیک (S_n) در روی تیر باید در محل دورترین ردیف پیچ در روی بال تیر نسبت به بر ستون، در نظر گرفته شود.

(۳) جرم تیر نباید از 250 کیلوگرم بر متر بیشتر باشد.

(۴) عمق مقطع تیر نباید از 1000 میلی‌متر بیشتر باشد.

(۵) ضخامت بال مقطع تیر نباید از 30 میلی‌متر بیشتر باشد.

(۶) نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از 9 در قاب‌های خمشی ویژه و از 7 در قاب‌های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود.

۱۰-۳-۷-۴-۲ ستون‌ها

در این نوع اتصال استفاده از مقاطع نورد شده یا ساخته شده دارای مقطع H شکل، جعبه‌ای ساخته شده از ورق یا ساخته شده از مقاطع H شکل همراه با ورق‌های کناری و مقطع صلیبی شکل ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده به‌عنوان ستون مجاز است. همچنین:

(۱) عمق مقطع ستون‌های H شکل و صلیبی شکل در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای و دارای برشگیر فولادی مدفون در بتن در فاصله بین نواحی محافظت‌شده دو انتهای تیر، نباید از 1000 میلی‌متر و در غیاب دال بتنی سازه‌ای از 400 میلی‌متر بیشتر باشد. (ص ۴۰۹)

(۲) عمق و پهناي مقاطع جعبه‌ای شکل و H شکل جعبه‌ای شده نباید از 750 میلی‌متر بیشتر باشد. (ص ۴۱۰)

۱۰-۳-۷-۳ سایر الزامات

(۱) استفاده از ورق‌های پرکننده به ضخامت مجموعاً تا 6 میلی‌متر بین ورق‌های اتصال و بال تیر مجاز است. این پرکننده‌ها می‌توانند به‌صورت انگشتی یا ورق‌های سوراخ شده باشند. (ص ۴۱۰)

(۲) اتصال ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشند. این جوش‌ها باید بحرانی لرزه‌ای در نظر گرفته شوند. در صورت استفاده از تسمه پشت‌بند برای اجرای جوش شیاری با نفوذ کامل پشت‌بندها باید پس از انجام جوشکاری برداشته شوند. پس از برداشتن پشت‌بند، پاس ریشه باید تا رسیدن به فلز جوش سالم شیارزنی شود و با جوش تقویت شود. (ص ۴۱۰)

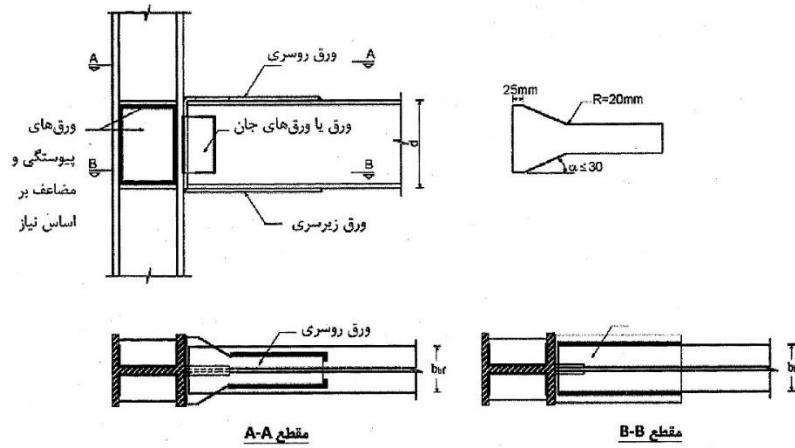
(۳) اتصال ورق تکی جان به بال ستون باید از نوع شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه دوطرفه باشد. ضخامت جوش‌های گوشه باید بر اساس مقاومت برشی موردنیاز اتصال تیر به ستون (مطابق الزامات بند ۱۰-۳-۷-۲-۶ یا ۱۰-۳-۹-۸، حسب مورد) تعیین شود و در هر حال در هر دو طرف نباید از $0.8 t_{ws}$ ضخامت ورق تکی جان است) و 8 میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود. (ص ۴۱۰)

(۴) اتصال ورق‌های روسری و زیرسری به بال‌های تیر باید از نوع پیچی با رده $10/9$ یا معادل آن و با قطر پیچ حداکثر برابر 27 میلی‌متر باشد. پیچ‌ها باید در هر ردیف دو عدد و به‌صورت متقارن طرفین محور تیر تعبیه شوند طول گروه پیچ‌ها در امتداد محور تیر (فاصله از بر ستون تا مرکز آخرین سوراخ) نباید از عمق تیر بیشتر باشد سوراخ‌های بال تیر باید استاندارد باشند. سوراخ‌های ورق‌های روسری و زیرسری می‌توانند استاندارد یا بزرگ شده باشند. سوراخ‌ها باید با مته ایجاد شوند. استفاده از پنچ برای سوراخ‌کاری مجاز نیست. (ص ۴۱۰)

(۵) اتصال ورق تکی به جان تیر باید از نوع پیچی بوده و سوراخ‌های ایجاد شده در یکی از اجزاء یعنی ورق تکی یا جان تیر، می‌تواند به‌صورت لوبیایی کوتاه افقی باشد. (ص ۴۱۰)

۱۰-۳-۷-۵ اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (WFP)

اتصالات گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (شکل ۱۰-۳-۷-۶)، علاوه بر تأمین الزامات عمومی بخش ۱۰-۳-۷-۱، باید دارای شرایط مندرج در این بخش باشند. (ص ۴۱۱)



شکل ۱۰-۳-۷-۶: اتصال گیردار جوشی به کمک ورق های روسری و زیرسری (WFP) (ص ۴۱۱)

این نوع اتصال از طریق جوش دادن ورق های روسری و زیرسری به بال ستون و بال تیر ساخته می شود. ضمناً در این نوع اتصال جان تیر نیز از طریق ورق یا ورق های جان یا جفت نبشی به بال ستون متصل می شود. کاربرد این نوع اتصالات فقط به قاب های خمشی متوسط محدود می شود. هدف از ضوابط ارائه شده در این بخش این است که وقوع تسلیم و شروع تشکیل مفصل پلاستیک در ناحیه ای از تیر در انتهای ورق های روسری و زیرسری روی دهد. (ص ۴۱۱)

ابعاد و ضخامت ورق های روسری و زیرسری و نیز مشخصات جوش های آن ها به بال های تیر باید براساس مقاومت خمشی مورد نیاز اتصال تیر به ستون (مطابق الزامات بند ۱۰-۳-۳-۶) تعیین شود. ابعاد و ضخامت ورق (یا ورق های جان یا جفت نبشی) و نیز جوش آن ها به بال ستون و جان تیر باید براساس مقاومت برشی مورد نیاز اتصال تیر به ستون (مطابق الزامات بند ۱۰-۳-۳-۶) تعیین شود. در تعیین مقاومت های طراحی ورق های روسری و زیرسری، ورق تکی جان یا ورق های جان یا جفت نبشی) و وسایل اتصال ضریب کاهش مقاومت (ϕ) را می توان برای حالت های حدی غیر شکل پذیر، به جای $0.75/0.9$ برابر $0.9/1$ و برای حالت های حدی شکل پذیر به جای $0.9/1$ برابر $1/1.67$ و برای حالت های حدی شکل پذیر به جای $1/1.67$ برابر $1/5$ در نظر گرفت. (ص ۴۱۲)

۱۰-۳-۷-۵-۱ تیرها

در این نوع اتصال گیردار استفاده از مقاطع نورد شده I یا H شکل و مقاطع ساخته شده دارای مقطع I یا H شکل به عنوان تیر مجاز است. همچنین: (ص ۴۱۲)

۱) در دو انتهای تیر ناحیه حفاظت شده باید برابر فاصله از بر ستون تا انتهای ورق های روسری و زیرسری بعلاوه نصف عمق تیر بعد از آن، در نظر گرفته شود. (ص ۴۱۲)

۲) محل تشکیل مفصل پلاستیک (S_H) در روی تیر باید در محل انتهای ورق های روسری و زیرسری، در نظر گرفته شود. (ص ۴۱۲)

۳) عمق مقطع تیر نباید از ۹۰۰ میلی متر بیشتر باشد.

۴) جرم تیر نباید از ۲۵۰ کیلوگرم بر متر بیشتر باشد.

۵) ضخامت بال مقطع تیر نباید از ۳۰ میلی متر بیشتر باشد.

۶) نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۵ کمتر در نظر گرفته شود.

۱۰-۳-۷-۵-۲ ستون ها

در این نوع اتصال استفاده از مقاطع نورد شده H شکل، مقاطع ساخته شده H شکل، جعبه ای ساخته شده از ورق یا ساخته شده از مقاطع H شکل همراه با ورق های کناری و مقطع صلیبی ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ های نورد شده به عنوان ستون مجاز است. همچنین: (ص ۴۱۲)

۱) عمق مقطع ستون های H شکل و صلیبی شکل در قاب های خمشی با دال بتنی سازه ای و دارای برشگیرهای فولادی مدفون در بتن در فاصله بین نواحی محافظت شده دو انتهای تیر نباید از ۹۰۰ میلی متر و در غیاب دال بتنی سازه ای از ۴۰۰ میلی متر بیشتر باشد. (ص ۴۱۲)

۲) عمق و پهنای مقاطع جعبه ای شکل و H شکل جعبه ای شده نباید از ۷۰۰ میلی متر بیشتر باشد. (ص ۴۱۳)

۱۰-۳-۷-۵-۳ سایر الزامات

در این نوع اتصالات گیردار الزامات زیر نیز باید رعایت شوند: (ص ۴۱۳)

۱) طول ورق های روسری و زیرسری باید برابر باشد.

۲) ورق روسری می تواند به صورت پهن شده یا دارای پهنای ثابت باشد. در صورت استفاده از ورق پهن شده، رعایت تناسب نشان داده شده در شکل ۱۰-۳-۷-۶ الزامی است. در صورت استفاده از ورق با پهنای ثابت این پهنای با لحاظ عرض ورق های گوشواره (ناودان انتهای جوش) نباید از این حالت جوش گوشه اتصال ورق روسری به بال تیر باید تا انتهای تیر ادامه یابد. (ص ۴۱۳)

۳) اتصال ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل و به بال‌های تیر از نوع جوش گوشه باشد. استفاده از جوش کام و انگشترانه به همراه جوش‌های گوشه در اتصال این ورق‌ها به بال تیر نیز مجاز است. (ص ۴۱۳)

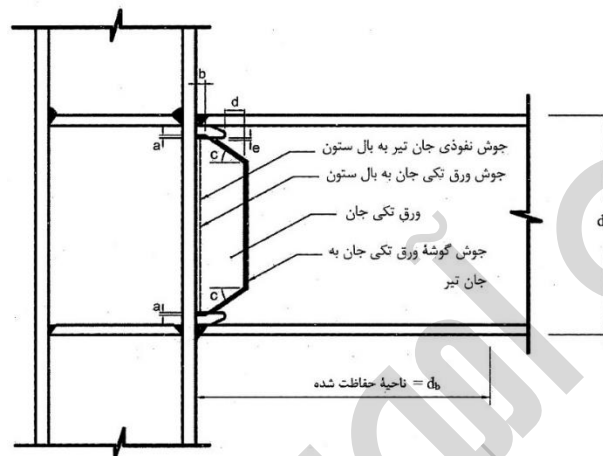
۴) در صورت استفاده از تسمه‌های پشت‌بند در جوش‌های ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون، تسمه‌های پشت‌بند می‌توانند پس از انجام جوشکاری برداشته شوند. در این حالت پس از برداشتن پشت‌بند، پاس ریشه باید تا رسیدن به فلز جوش سالم شیارزنی شود و با جوش تقویت گردد. در صورتی که پشت‌بندها برداشته نشوند، این پشت‌بندها باید با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر به بال ستون جوش داده شوند.

۵) اتصال ورق (یا ورق‌های) جان تیر به بال ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه باشد. در صورت استفاده از ورق تکی جان و جوش گوشه، این جوش باید به صورت دوطرفه اجرا شود در صورت استفاده از جفت نبشی برای اتصال جان تیر به بال ستون، این اتصال باید از نوع جوش گوشه باشد. (ص ۴۱۳)

۶) اتصال ورق جان (یا ورق‌ها یا نبشی‌ها) به جان تیر باید از نوع جوش گوشه باشد.

۱۰-۳-۷-۶ اتصال گیردار تقویت نشده جوشی (WUF-W)

اتصالات گیردار تقویت نشده جوشی (اتصال شکل ۱۰-۳-۷-۶) علاوه بر تأمین الزامات عمومی بخش ۱۰-۳-۷-۱، باید دارای شرایط مندرج در این بخش باشند. (ص ۴۱۴)



شکل ۱۰-۳-۷-۶: اتصال گیردار تقویت نشده جوشی (WUF-W) (ص ۴۱۴)

در این نوع اتصال گیردار، چرخش غیر الاستیک از طریق تسلیم تیر در ناحیه‌ای نزدیک به بر ستون تأمین می‌شود. نحوه تسلیم در این نوع اتصال از طریق اعمال ضوابط خاص این بخش کنترل می‌شود. در این اتصال مقدار ضریب C_{pp} که در طراحی لرزه‌ای قاب‌های خمشی ویژه مطابق تعریف بند ۱۰-۳-۳-۳-۶ استفاده قرار می‌گیرد باید برابر ۱/۴ در نظر گرفته شود. این ضریب در محاسبه مقاومت برشی موردنیاز جان تیر (بدون توجه به وجود ورق تکی جان)، مقاومت‌های موردنیاز در ناحیه چشمه اتصال تیر به ستون و کنترل ضابطه تیر ضعیف - ستون قوی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. (ص ۴۱۴)

۱۰-۳-۷-۶-۱ تیرها

در این نوع اتصال گیردار استفاده از مقاطع نورد شده I یا H شکل و مقاطع ساخته شده دارای مقطع I یا H شکل، به‌عنوان تیر مجاز است. همچنین: (ص ۴۱۵)

- ۱) در دو انتهای تیر، برای انجام جوش شیاری با نفوذ کامل بال تیر به بال ستون، تعبیه سوراخ‌های دسترسی الزامی بوده و هندسه آن‌ها باید مطابق الزامات بند ۱۰-۳-۲-۱۱-۵ باشد. (ص ۴۱۵)
- ۲) در دو انتهای تیر، ناحیه حفاظت شده باید برابر فاصله از بر ستون تا یک برابر عمق مقطع تیر در نظر گرفته شود.
- ۳) در این نوع اتصال $S_H = 0$ در نظر گرفته می‌شود.
- ۴) عمق مقطع تیر نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد.
- ۵) جرم تیر نباید از ۳۰۰ کیلوگرم بر متر بیشتر باشد.
- ۶) ضخامت بال مقطع تیرها نباید از ۳۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۷) نسبت دهانه آزاد تیر به عمق آن نباید از ۷ برای قاب‌های خمشی ویژه و از ۵ برای قاب‌های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود. (ص ۴۱۵)

۱۰-۳-۷-۶-۲ ستون‌ها

در این نوع اتصال گیردار استفاده از مقاطع نورد شده H شکل، مقاطع ساخته شده دارای مقطع H شکل، جعبه‌ای ساخته شده از ورق یا ساخته شده از مقاطع H شکل همراه با ورق‌های کناری و مقطع صلیبی ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده به‌عنوان ستون مجاز است. همچنین: (ص ۴۱۵)

- ۱) عمق مقطع ستون‌های H شکل و عمق و پهنای ستون‌های با مقطع صلیبی شکل نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. (ص ۴۱۵)

۲) عمق و پهنای مقاطع جعبه‌ای شکل و H شکل جعبه‌ای شده نباید از ۷۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۱-۳-۶-۳ سایر الزامات

۱) اتصال بال‌های تیر به بال ستون باید از طریق جوش شیاری با نفوذ کامل صورت گیرد. (ص ۴۱۵)

۲) جان تیر باید به بال ستون با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل اتصال داده شود. علاوه بر آن تعبیه یک ورق تکی جان به ضخامت حداقل برابر ضخامت جان مقطع تیر نیز الزامی است. اتصال ورق تکی جان به بال ستون می‌تواند از طریق جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه صورت گیرد مقاومت برشی موجود اتصال جوشی ورق تکی جان به بال ستون باید حداقل برابر $(\alpha_s \cdot R_y \cdot F_{yp}) / (6 \cdot h_p \cdot t_p)$ باشد که در آن:

$$h_p = \text{ارتفاع ورق تکی جان}$$

$$t_p = \text{ضخامت ورق تکی جان}$$

$$F_{yp} = \text{تنش تسلیم مشخصه ورق تکی جان}$$

$$R_y = \text{نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم مشخصه فولاد ورق تکی جان}$$

$$\alpha_s = \text{برابر } 1/10 \text{ در LFRD و برابر } 1/5 \text{ در ASD}$$

۳) اتصال ورق تکی جان به جان تیر باید از طریق جوش گوشه به ضخامت برابر ضخامت ورق تکی جان منهای ۲ میلی‌متر انجام پذیرد. (ص ۴۱۶)

۴) ورق تکی جان باید محدودیت‌های ابعادی جدول ۱۰-۳-۷-۳ را تأمین نماید. (ص ۴۱۶)

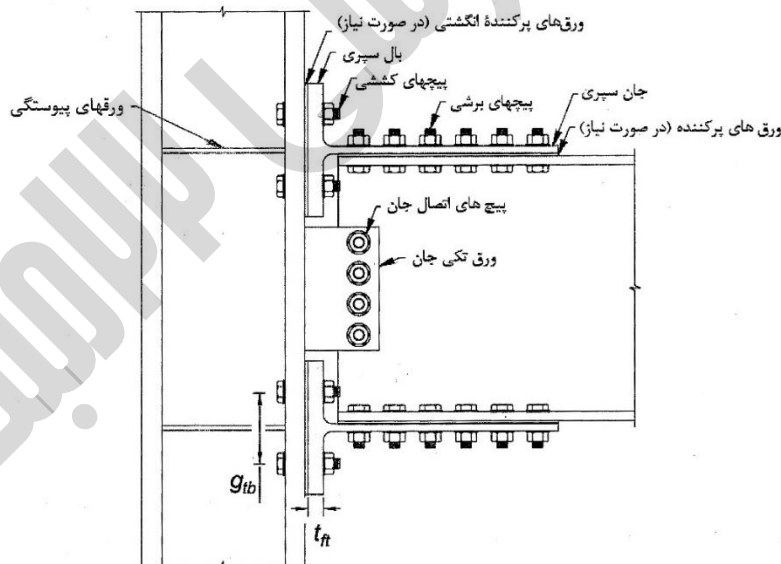
جدول ۱۰-۳-۷-۳: محدودیت‌های ابعادی ورق تکی جان در اتصال گیردار تقویت نشده جوشی (WUF-W) (ص ۴۱۶)

| ردیف | شرح | محدودیت* |
|------|--|---|
| ۱ | هم‌پوشانی ورق جان با سوراخ دسترسی | $6 \text{ mm} \leq a \leq 12 \text{ mm}$ |
| ۲ | شیب پهنای ورق جان | $20^\circ \leq c \leq 40^\circ$ |
| ۳ | فاصله قائم انتهای جوش ورق جان به جان تیر تا سوراخ دسترسی | $12 \text{ mm} \leq e \leq 25 \text{ mm}$ |
| ۴ | برگشت عمودی انتهای ورق جان | $b \geq 25 \text{ mm}$ |
| ۵ | فاصله افقی انتهای پهنای ورق جان تا انتهای سوراخ دسترسی | $d \geq 50 \text{ mm}$ |

* پارامترهای a, b, c, d, e در شکل ۱۰-۳-۷-۳ نشان

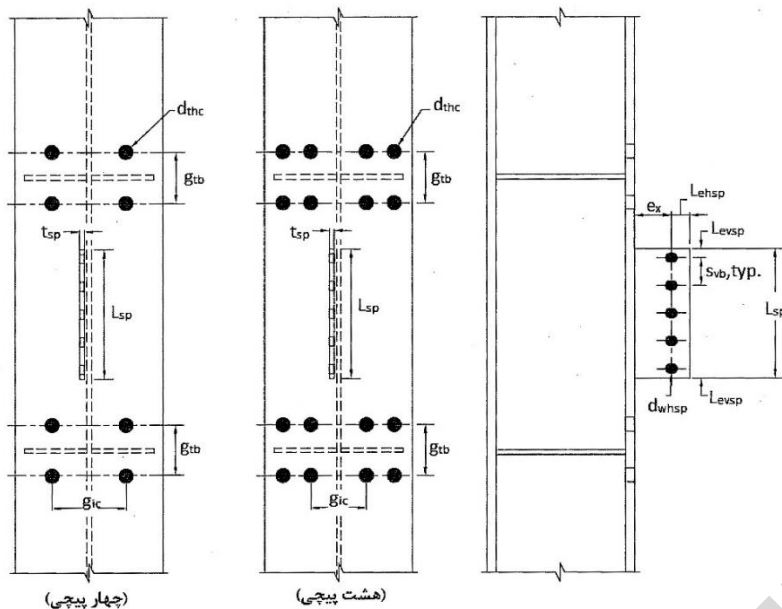
۱۰-۳-۳-۷ اتصال گیردار پیچی با جفت سپری (DT)

اتصالات گیردار پیچی با جفت سپری (شکل ۱۰-۳-۷-۸)، علاوه بر تأمین الزامات عمومی بخش ۱۰-۳-۷-۱، باید دارای شرایط مندرج در این بخش باشند. (ص ۴۱۷)



شکل ۱۰-۳-۷-۸: اتصال گیردار پیچی با جفت سپری (DT) (ص ۴۱۷)

این نوع اتصال با استفاده از مقاطع سپری بریده شده از مقاطع I یا H شکل نورد شده یا مقاطع سپری ساخته شده از ورق و پیچ کردن آن‌ها به بال‌های تیر و ستون اجرا می‌شود. مقاطع سپری متصل به بال‌های بالا و پایین تیر باید یکسان بوده و از طریق چهار پیچ یا هشت پیچ به بال ستون متصل شوند. جان تیر نیز با پیچ‌هایی به ورق تکی که به بال ستون جوش شده متصل می‌شود. رفتار این نوع اتصالات توسط تسلیم ناشی از خمش مقطع تیر در نزدیکی آخرین ردیف پیچ‌های اتصال بال تیر به جان سپری کنترل می‌شود. شکل ۱۰-۳-۷-۹ پارامترهای مشخص کننده ابعاد این اتصال را نشان می‌دهند. (ص ۴۱۷)



شکل ۱۰-۳-۷-۹: پارامترهای ابعاد ستون و ورق اتصال برشی در اتصال پیچی (ص ۴۱۸)

۱۰-۳-۷-۷-۱-۱ تیرها

در این نوع اتصال استفاده از مقاطع نورد شده یا ساخته شده I یا H شکل، به عنوان تیر مجاز است، اما استفاده از مقاطع نورد شده با بال دارای ضخامت متغیر نظیر INP مجاز نیست. همچنین: (ص ۴۱۸)

- ۱) عمق مقطع تیر نباید از ۷۰۰ میلی متر بیشتر باشد.
- ۲) جرم تیر نباید از ۱۲۰ کیلوگرم بر متر بیشتر باشد.
- ۳) ضخامت بال مقطع تیر نباید از ۲۰ میلی متر بیشتر باشد.
- ۴) نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۹ برای قاب‌های خمشی ویژه و از ۷ برای قاب‌های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود.
- ۵) در دو انتهای تیر ناحیه حفاظت شده برابر فاصله بر ستون تا دورترین ردیف پیچ در روی بال تیر نسبت به بر ستون به علاوه عمق تیر، در نظر گرفته می‌شود.
- ۶) محل تشکیل مفصل پلاستیک (S_R) در روی تیر باید در محل دورترین ردیف پیچ در روی بال تیر نسبت به بر ستون در نظر گرفته شود.

۱۰-۳-۷-۷-۲-۱ ستون‌ها

در این نوع اتصال، استفاده از مقاطع نورد شده H شکل، مقاطع ساخته شده دارای مقطع H شکل و مقطع صلیبی ساخته شده از ورق یا از نیمرخ‌های نورد شده به عنوان ستون مجاز است. همچنین: (ص ۴۱۹)

- ۱) عمق و پهنای مقطع ستون‌های با مقطع H شکل و صلیبی نباید از ۱۰۰۰ میلی متر بیشتر باشد.

۱۰-۳-۷-۷-۳ سایر الزامات

- ۱) ضخامت ورق پیوستگی در محل اتصال نباید از ضخامت بال تیر و جان سپری کوچک‌تر باشد.
- ۲) در صورت استفاده از سپری‌های ساخته شده از ورق، اتصال جان به بال سپری باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشد این جوش بحرانی لرزه‌ای محسوب می‌شود. (ص ۴۱۹)
- ۳) ورق تکی جان باید به بال ستون جوش شود این جوش می‌تواند از نوع شیاری با نفوذ کامل یا نفوذ ناقص دوطرفه و یا گوشه دوطرفه باشد.
- ۴) اتصالات پیچی باید شرایط زیر را اقماع نمایند:

- پیچ‌ها باید به صورت قرینه در دو طرف محورهای تیر و ستون اجرا شوند.
- پیچ‌های برشی اتصال بال تیر و سپری باید دو عدد در هر ردیف باشند پیچ‌های کششی اتصال بال ستون و سپری باید دو یا چهار عدد در هر ردیف باشند.
- سوراخ‌های بال‌های تیر و ستون باید استاندارد باشند.
- سوراخ‌های ایجاد شده روی جان سپری می‌تواند به صورت استاندارد یا بزرگ شده باشد. سوراخ‌های ایجاد شده روی بال سپری می‌تواند به صورت استاندارد یا بزرگ شده یا لوبیایی کوتاه موازی محور ستون باشد. (ص ۴۱۹)
- سوراخ‌های ایجاد شده روی جان تیر و ورق تکی جان باید به صورت استاندارد باشد ولی در صورت تعبیه سوراخ استاندارد بر روی جان یا ورق تکی جان، سوراخ‌های دیگری می‌تواند به صورت لوبیایی کوتاه موازی محور تیر اجرا شود. (ص ۴۱۹)
- نسبت g_{tb}/t_{ft} نباید از ۷ بزرگتر باشد t_{ft} ضخامت بال سپری بوده و g_{tb} در شکل ۱۰-۳-۷-۹ نشان داده شده است. (ص ۴۱۹)

۵) ورق‌های پرکننده با مجموع ضخامت حداکثر ۶ میلی‌متر می‌تواند در محل تماس جان سپری و بال تیر استفاده شود استفاده از ورق‌های پرکننده مذکور در محل تماس بال سپری و بال ستون نیز مجاز است. (ص ۴۱۹)

۱۰-۷-۹ اتصال گیردار تقویت نشده با دیافراگم عبوری از ستون (TD-WUFW) (ص ۴۲۷)

۱۰-۷-۹-۱ تیرها

در این نوع اتصال، استفاده از مقاطع نورد شده H یا H شکل و مقاطع ساخته شده دارای مقطع I یا H شکل، به‌عنوان تیر مجاز است. همچنین:

۱) عمق مقطع تیر نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۲) جرم تیر نباید از ۳۰۰ کیلوگرم بر متر بیشتر باشد.

۳) ضخامت بال مقطع تیرها نباید از ۳۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۴) در دو انتهای تیر، ناحیه حفاظت شده باید برابر فاصله از بر ورق دیافراگم تا یک برابر عمق مقطع تیر در نظر گرفته شود. (ص ۴۲۸)

۵) در این نوع اتصال $S_H = 0$ در نظر گرفته می‌شود.

۶) نسبت دهانه آزاد تیر به عمق آن نباید از ۷ برای قاب‌های خمشی ویژه و از ۵ برای قاب‌های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود. (ص ۴۲۸)

۱۰-۴ الزامات ساخت، نصب و کنترل (ص ۴۵۳)

۱۰-۴-۲ مشخصات مصالح فولاد سازه ای

کلیه فولادهای سازه‌ای اعم از ورق، تیر آهن، ناودانی، نبشی، تسمه و غیره باید از انواع مورد اشاره در فصل‌های ۱۰-۱ تا ۱۰-۳ باشد. (ص ۴۵۴)

قطعات فولادی باید از معایبی که به مقاومت یا شکل ظاهری آن لطمه می‌زند، عاری باشند. همه قطعات فولادی سازه ساختمان باید حتی‌الامکان یکپارچه باشد و از وصله کردن قطعات کوتاه خودداری شود، مگر آنکه محل درز جوشی یا وصله در نقشه‌های اجرایی مشخص شده باشد یا موافقت مهندس طراح برای وصله مورد نظر جلب شود. (ص ۴۵۴)

هرگاه مطابق مفاد بند ۱۰-۱-۴ نیاز به تعیین مشخصات و انطباق مصالح فولادی باشد، نماینده کارفرما باید از هر محموله مصالح فولادی (مطابق تعریف انتهای این بخش) وارد شده به کارخانه یا مشابه آن به تعداد ۲ نمونه اتفاقی انتخاب و آزمایش‌های زیر را مطابق استانداردهای ملی یا بین‌المللی^۱ در مورد آن‌ها انجام دهد: (ص ۴۵۴)

- برای همه نمونه‌ها آزمایش تعیین ترکیب آلیاژی فولاد (ص ۴۵۴)

- برای همه نمونه‌ها آزمایش تعیین مقاومت کششی با اندازه‌گیری تغییر شکل نسبی (ص ۴۵۴)

- برای همه نمونه‌ها آزمایش ضربه

محموله مصالح فولادی جهت نمونه‌گیری شامل مقاطع مشابه با رده مقاومتی مشابه و محدوده ضخامت مشابه تهیه شده از یک منبع، به شرح زیر است: (ص ۴۵۴)

- به ازای هر ۴۰ تن و کسر آن برای همه مقاطع

- به ازای هر ۶۰ تن و کسر آن برای مقاطع سنگین با وزن واحد طول بیش از ۱۰۰ کیلوگرم بر متر

- به ازای هر ۸۰ تن و کسر آن برای همه مقاطع با شماره ذوب یکسان بر اساس برچسب محصول یا گواهی کارخانه (ص ۴۵۴)

۱۰-۴-۳ ساخت و نصب قطعات فولادی

۱۰-۴-۳-۱ کلیات

الف) سازنده موظف است براساس نقشه‌های محاسباتی ابتدا نقشه‌های اجرایی کارگاهی^۲ را تهیه و به تصویب طراح سازه برساند. کنترل مهندس طراح در حد انطباق با نقشه‌های محاسباتی و مشخصات فنی بوده و مسئولیت هندسه قطعات، فواصل سوراخ‌ها و زاویه پخ‌ها بر عهده سازنده اسکلت است. (ص ۴۵۵)

ب) نقشه‌های اجرایی باید کلیه اطلاعات و جزئیات لازم برای برشکاری و ساخت قطعات اعم از ابعاد و اندازه‌ها، آماده‌سازی لبه‌ها، اندازه جوش‌ها، اندازه پیچ‌ها و سوراخ‌کاری را شامل شود. (ص ۴۵۵)

پ) نقشه‌های اجرایی، باید جوش‌های کارخانه‌ای را از جوش‌های کارگاهی متمایز کرده، نوع اتصال (اتکایی، پیش‌تنیده و لغزش بحرانی) را مشخص نموده و نیز حد و روش سفت کردن پیچ‌ها و نوع سطوح تماس را به وضوح معین نماید. (ص ۴۵۵)

ت) قبل از شروع به ساختن و نصب قطعات باید اندازه‌های مندرج در نقشه‌ها به‌منظور تطبیق کامل و جلوگیری از بروز هرگونه اشکال در موقع ساخت و نصب توسط سازنده به دقت کنترل شود. (ص ۴۵۵)

ث) هر قطعه پس از آن که با اندازه و شکل مشخص شده در نقشه‌های اجرایی کارگاهی ساخته شد، باید با شماره مشخص شده در نقشه علامت‌گذاری شود. (ص ۴۵۵)



ج) برش، مونتاژ، جوشکاری و متصل کردن قطعات به یکدیگر به استثنای اتصالات وصله‌های کارگاهی (در محل) باید در کارخانه سرپوشیده و مجهز ساخت اسکلت‌های فولادی توسط استادکاران و کارگران ماهر و زیر نظر متخصص فن انجام شود. (ص ۴۵۵)

چ) در تمام مراحل تولید، هر قطعه یا هر بسته از قطعه‌های مشابه از اجزای فولادی، باید قابل شناسایی باشند. شناسایی می‌تواند به وسیله دسته‌بندی یا به وسیله شکل و اندازه جزء یا با استفاده از علامت‌های قابل تشخیص و با دوام انجام گیرد. علامت‌گذاری باید به صورتی باشد که باعث ایجاد آسیب به قطعه نشود. (ص ۴۵۵)

ح) علامت‌گذاری با مهرهای سخت برای فولادهای بالاتر از رده S۳۵۵ مجاز نیست و در سایر موارد باید فقط در نواحی مشخصی به کار رود که بر مقاومت و شکل‌پذیری محصول تأثیری نداشته باشد. (ص ۴۵۵)

۱۰-۴-۳-۲ بریدن و سوراخ‌کاری

الف) قطعات باید با ابعاد و شکل‌های لازم به دقت و در محل‌های لازم سوراخ شوند. برش ورق‌هایی که در ساختن قطعات فولادی مصرف می‌شود باید توسط دستگاه برش حرارتی ریلی یا فرایندهای خودکار انجام گیرد. برای ورق‌های با ضخامت مساوی یا کمتر از ۱۵ میلی‌متر، برش‌کاری توسط دستگاه گیوتین مجاز است. در این حالت لبه‌های برش باید کاملاً یکنواخت و خالی از ناهمواری‌های سطحی بیش از ۰/۵ میلی‌متر باشند. ناهمواری‌ها و زخم‌های بیش از حد مجاز را باید با سنگ زدن و در صورت لزوم تعمیرکاری توسط جوش، هموار کرد. (ص ۴۵۶)

ب) در قطعات و نیمرخ‌های سنگین با ضخامت اجزای تشکیل دهنده بیش از ۴۰ میلی‌متر، باید قبل از برش حرارتی، پیش‌گرمایش تا دمای حداقل ۶۵ درجه سلسیوس انجام شود. (ص ۴۵۶)

پ) برش انتهایی نیمرخ‌های فولادی که برای ساخت مهاربندها، تیرها، ستون‌ها و اتصالات آن‌ها مصرف می‌شوند، در صورت موافقت مهندس ناظر می‌تواند با اره یا برش حرارتی به صورت دستی انجام گیرد. در هر صورت کلیه ناصافی‌هایی که بر اثر برشکاری به وجود می‌آید، باید با سنگ زدن برطرف شوند. (ص ۴۵۶)

ت) سوراخ‌کاری نهایی ورق‌ها و نیمرخ‌ها با ضخامت بیش از ۱۵ میلی‌متر باید به کمک مثله دوار انجام پذیرد. برای سوراخ‌های با قطر زیاد می‌توان ابتدا سوراخی با قطر کوچکتر توسط منگنه (پانچ) ایجاد نمود و سپس با مته، سوراخ را به قطر دلخواه رساند. قطعاتی که با پیچ به هم متصل می‌شوند در صورت امکان باید همه به هم خال‌جوش شده و با هم سوراخ‌کاری شوند. سوراخ‌کاری ورق‌ها و نیمرخ‌ها به کمک منگنه برای ضخامت‌های بیش از ۱۵ میلی‌متر مجاز نیست. (ص ۴۵۶)

ث) تیرهای با مقطع کاهش یافته باید با استفاده از برش حرارتی برای ایجاد قوسی ملایم ساخته شوند. زبری سطح بریده شده با برش حرارتی باید حداکثر ۱۳ میکرون باشد. تمام نواحی انتقالی بین تیر با مقطع کاهش یافته و مقطع دست‌نخورده باید در جهت طول تیر برای کاهش آثار نامطلوب ناشی از تغییر ناگهانی مقطع گرد شوند. گوشه‌های بین سطح مقطع کاهش یافته و بالا و پایین بال‌های تیر جهت برداشتن لبه‌های تیز باید سنگ زده شوند، ولی رعایت حداقل شعاع گردی یا زاویه پخی نیاز نیست. (ص ۴۵۶)

ج) حداکثر رواداری برش حرارتی از خط برش تئوری ± 6 میلی‌متر است. حداکثر رواداری عرض مؤثر ورق‌ها در هر مقطع ± 10 میلی‌متر است. (ص ۴۵۷)

چ) تورفتگی‌ها و زخم‌های ایجاد شده در اثر برش حرارتی در سطح برش کاهش یافته با حداکثر عمق ۶ میلی‌متر را می‌توان با سنگ زدن اصلاح نمود. طول ناحیه دارای تورفتگی و زخم که سنگ زده می‌شود، نباید از ۵ برابر عمق تورفتگی در هر طرف کمتر باشد. از جوشکاری می‌توان برای اصلاح تورفتگی‌ها و زخم‌های ایجاد شده با عمق حداقل ۶ میلی‌متر و حداکثر ۱۳ میلی‌متر استفاده نمود. همچنین برای اصلاح نواحی که بر اثر سنگ زدن عمق مؤثر برش ناحیه کاهش یافته از رواداری‌های مجاز بیشتر شده است، نیز می‌توان از جوش استفاده نمود. تورفتگی‌ها و زخم‌ها باید برداشته شده و در محل آن‌ها گودی با عمق حداقل ۶ میلی‌متر با سنگ زدن ایجاد شود. همچنین در ناحیه موردنظر پیش‌گرمایش با دمای حداقل ۶۶ درجه سانتی‌گراد انجام شود. تورفتگی‌ها و زخم‌های با عمق بیش از ۱۳ میلی‌متر باید توسط روشی که به تأیید نماینده کارفرما رسیده است، اصلاح شوند. (ص ۴۵۷)

۱۰-۴-۳-۳ ساخت و آماده کردن قطعات قبل از مونتاژ

الف) قطعات فولادی باید طوری ساخته شوند که هیچ نوع تغییر شکلی علاوه بر مقادیر رواداری ساخت، غیر از آنچه در نقشه مشخص شده، در آن‌ها به وجود نیاید. انحنای تغییر شکل‌هایی که طبق نقشه یا دستور مهندس طراح لازم باشد، باید هنگام ساختن قطعات ایجاد شود. (ص ۴۵۷)

ب) پخ‌زنی و آماده کردن لبه قطعات برای جوشکاری باید هنگام برش حرارتی، با زاویه دادن به سر مشعل و با سنگ‌زنی‌های بعدی انجام پذیرد. استفاده از دستگاه‌های پخ‌زن ضربه‌ای یا مکانیکی برای قطعات و ورق‌های با ضخامت بیش از ۱۵ میلی‌متر مجاز نیست. پخ‌زنی و آماده کردن لبه‌ها باید مطابق جزییات اجرایی دستورالعمل جوشکاری (WPS) باشد. (ص ۴۵۷)

پ) الزامات مربوط به پیش‌خیز و پیش‌تنظیم در قطعات باید از تکمیل مونتاژ، کنترل شوند.

ت) به کارگیری روش های گرم کردن موضعی برای ایجاد انحنای صاف کردن قطعات با تأیید نماینده کارفرما مجاز است. دمای موضع گرم شده نباید از ۶۵۰ درجه سلسیوس برای فولاد معمولی و ۵۶۵ درجه سلسیوس برای فولاد پرمقاومت و آلیاژی بیشتر شود. این دما باید به کمک گچ های رنگی مخصوص که در دمای زیاد تغییر رنگ می دهند، مورد کنترل قرار گیرد. استفاده از روش های مکانیکی برای صاف کردن تا سه برابر مقادیر رواداری های مجاز قابل قبول است. (ص ۴۵۷)

۱۰-۴-۳-۴ پیش نصب

الف) در صورتی که در اسناد پیمان مشخص شده باشد، پیمانکار موظف است تیرها و ستون های فولادی را در محل کارخانه یا پای کار پیش نصب نماید. هدف از پیش نصب قطعات فولادی حصول اطمینان از دقت ساخت و کیفیت جفت و جور شدن قطعات در هنگام نصب است.

ب) به هنگام پیش نصب باید حداقل ۲۵ درصد از پیچ های هر اتصال که کمتر از دو پیچ نباشد، بسته شوند. پیچ های پیش نصب می توانند از نوع پیچ های معمولی انتخاب شوند. (ص ۴۵۸)

۱۰-۴-۴-۴ اتصال با جوش

برای برقراری اتصالات جوشی رعایت مشخصات مندرج در آیین نامه جوشکاری ساختمانی ایرا^۱ لازم است، علاوه بر مفاد آیین نامه مورد اشاره، رعایت الزامات بندهای زیر ضروری است. (ص ۴۶۴)

۱۰-۴-۴-۱ کنترل کیفیت و تضمین کیفیت جوش

رئوس برنامه های مربوط به کنترل و بازرسی جوشکاری سازه های فولادی را می توان در قالب پنج مورد زیر بیان نمود: (ص ۴۶۴)

۱- جوشکاران (Personnel)

۲- فرایند جوشکاری (Process)

۳- آماده سازی درز جوش (Preparation)

۴- دستورالعمل جوشکاری (Procedure)

۵- بازرسی و تأیید (Prove)

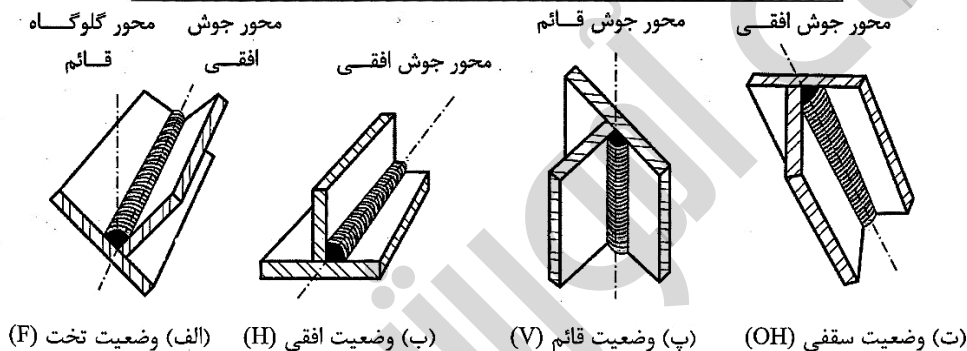
جدول ۱۰-۴-۱: بازرسی قبل از جوشکاری (ص ۴۶۵)

| ردیف | شرح فعالیت | QC | QA |
|------|---|----|----|
| ۱ | بررسی گواهینامه صلاحیت جوشکاران* | P | O |
| ۲ | بررسی دستورالعمل های جوشکاری | P | P |
| ۳ | بررسی گواهینامه مواد مصرفی جوش | P | P |
| ۴ | قابل شناسایی بودن مواد و مصالح (نوع و رده) | O | O |
| ۵ | سیستم شناسایی جوشکاران (علامت گذاری بند جوش) | O | O |
| ۶ | کنترل تجهیزات جوشکاری | O | O |
| ۷ | کنترل شکل و پرداخت سوراخ دسترسی | P | O |
| ۸ | کنترل آماده سازی درز جوش شیاری: • آماده سازی اتصال • هندسه (هم راستایی، فاصله ریشه، عمق ریشه، پخ) • تمیزی درز جوش • وضعیت خال جوش کاری (کیفیت و محل خال جوش) • نوع پشت بند و مونتاژ آن | P | O |
| ۹ | کنترل آماده سازی درز جوش گوشه: • هندسه (فاصله ریشه، راستاء، ...) • تمیزی درز جوش • وضعیت خال جوش کاری (کیفیت و محل خال جوش) | O | O |

* برگزاری دوره های آموزشی جوشکاران و صدور گواهینامه های صلاحیت به آن ها توسط مراکز ذیصلاح انجام گرفته باشد.

جدول ۱۰-۴-۱: بازرسی حین جوشکاری (ص ۴۶۶)

| ردیف | شرح فعالیت | QC | QA |
|------|---|----|----|
| ۱ | کنترل شرایط نگهداری و جایابی الکتروود: • بسته بندی • زمان در معرض هوا بودن | O | O |
| ۲ | عدم جوشکاری روی ترک های خال جوش | O | O |
| ۳ | شرایط محیطی: • سرعت باد • بارش و دما | O | O |
| ۴ | پیروی از WPS: • تنظیم تجهیزات جوشکاری • سرعت جوشکاری • انتخاب الکتروود و سیم جوش • نوع و دبی گاز محافظ • پیش گرمایش و دمای بین دو عبور • وضعیت جوشکاری (OH, V, H, F) مطابق شکل (۱۰-۴-۱) | O | O |
| ۵ | کنترل تکنیک جوشکاری: • تمیزکاری بین دو عبور و عبور نهایی • هندسه جوش هر عبور • بازرسی کیفیت چشمی هر عبور | O | O |
| ۶ | قرارگیری و نصب گل میخ ها | P | O |

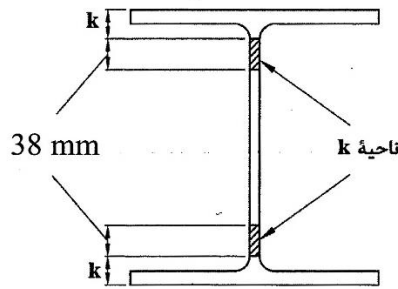


شکل ۱۰-۴-۱: چهار وضعیت اصلی جوشکاری برای جوشکاری با جوش گوشه (ص ۴۶۶)

جدول ۱۰-۴-۳: بازرسی پس از جوشکاری (ص ۴۶۷)

| ردیف | شرح فعالیت | QC | QA |
|------|--|----|----|
| ۱ | کنترل تمیزکاری جوش | O | O |
| ۲ | کنترل ابعاد جوش (بعد، طول و محل جوش) | P | P |
| ۳ | بازرسی چشمی جوش: • عدم وقوع ترک • امتزاج جوش با فلز پایه و عبورهای قبل • چاله جوش • هندسه مقطع جوش • بریدگی کناره جوش • تخلخل • لکه قوس | P | P |
| ۴ | بازرسی های غیر مخرب | P | P |
| ۵ | کنترل سوراخ دسترسی جوش مقاطع سنگین برای اطمینان از عدم ترک خوردگی | P | P |
| ۶ | کنترل برداشتن پست بند و ورق گوشواره (ناودان جوش) در صورت لزوم | P | P |
| ۷ | کنترل جوش تعمیری | P | P |
| ۸ | تهیه مستندات تأیید یا رد کیفیت قطعات جوشکاری شده | P | P |
| ۹ | کنترل عدم جوشکاری در نواحی غیرمجاز | O | O |
| ۱۰ | ناحیه k* | P | P |

* هنگام جوشکاری ورق های مضاعف، ورق های پیوستگی و سخت کننده ها، بازرسی چشمی برای کشف ترک در ناحیه k ورق جان تا فاصله ۷۵ میلی متر بالا و پایین جوش انجام شود. ناحیه k مطابق شکل ۱۰-۴-۲، به حداقل نقطه شروع گردی ریشه اتصال بال به جان تا ۳۸ میلی متر بعد از آن اطلاق می شود. (ص ۴۶۷)



شکل ۱۰-۴-۲: ناحیه k (ص ۴۶۷)

۱۰-۴-۴-۲-۲: آزمایش‌های غیر مخرب جوش

آزمایش فراصوت (UT)، آزمایش ذرات مغناطیسی (MT)، آزمایش مواد نافذ (PT) و آزمایش پرتونگاری (RT) در صورت نیاز باید منطبق با ضوابط آیین نامه جوشکاری ساختمانی ایران به وسیله واحد تضمین کیفیت انجام شود. در جدول ۱۰-۴-۴ میزان آزمایش‌های غیر مخرب جوش ارائه شده است. نتیجه تمام این آزمایش‌ها باید در پرونده‌های مخصوص ثبت شده و با تفسیر در اختیار ناظر کارفرما قرار گیرند. تفسیر ناظر از نتایج آزمایش قطعی تلقی می‌شود. (ص ۴۶۸)

جدول ۱۰-۴-۴: میزان آزمایش‌های غیر مخرب جوش هنگام تولید و نصب (ص ۴۶۸)

| درصد آزمایش‌ها برای گروه‌بندی اهمیت ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰ | نوع آزمایش | | | نوع جوش مورد آزمایش |
|--|------------|-----|-------------------------------------|---|
| | ۴ | ۳ | ۲ و ۱ | |
| ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | بازرسی چشمی (VI) | ۱- همه جوش‌ها |
| ۲۵ | ۷۵ | ۱۰۰ | پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT) | ۲- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی بال‌های کششی، اعضای کششی خرابها، یک‌ششم عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به ستون در اتصال صلب تیر به ستون |
| - | ۵ | ۱۰ | پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT) | ۳- جوش‌های لب‌به‌لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خرابها |
| - | ۱۰ | ۲۰ | پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT) | ۴- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرابها و ستون‌ها |
| - | ۱۰ | ۲۰ | پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT) | ۵- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نیست و جوش‌های لب‌به‌لب طولی جان تیرها |
| ۵ | ۱۰ | ۱۰ | رنگ نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT) | ۶- جوش گوشه‌ی بال به جان و سخت‌کننده‌ها |
| ۱۰ | ۲۰ | ۱۰۰ | رنگ نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT) | ۷- جوش‌های گوشه‌ی اتصالات مهاربندها و اتصالات تیر به ستون |

الزامات تکمیلی جدول ۱۰-۴-۴ به شرح زیر است:

- ورق‌های با ضخامت کمتر یا مساوی ۸ میلی‌متر نیاز به آزمایش پرتونگاری (RT) یا فراصوت (UT) ندارند.
- ساختمان‌های گروه ۳ دارای ۴ طبقه یا بیشتر روی سطح زمین، مطابق گروه‌های ۱ و ۲ ارزیابی می‌شوند. (ص ۴۶۹)

۱۰-۴-۴-۲-۳: افزایش تعداد آزمایش پرتونگاری یا فراصوت

در حالی که از ابتدا مقرر شده باشد که ۱۰ درصد از جوش‌ها تحت آزمایش پرتونگاری یا فراصوت قرار گیرند، در صورتی که نرخ مردودی جوش‌های اجرا شده توسط یک جوشکار مشخص بیش از ۵ درصد باشد، این میزان باید به ۱۰۰ درصد افزایش یابد. باید تعداد حداقل ۲۰ جوش کامل قبل از اعمال این افزایش‌ها اجرا شده باشد. اگر نرخ مردودی برای جوش‌های اجرا شده توسط جوشکاری برای تعداد حداقل ۴۰ جوش کامل به ۵ درصد یا کمتر کاهش یابد، میزان آزمایش‌های پرتونگاری یا فراصوت را مجدداً می‌توان به ۱۰ درصد کاهش داد. (ص ۴۷۰)

۱۰-۴-۴-۳: ضوابط اجرایی

۱۰-۴-۴-۳-۱: شرایط غیرمجاز جوشکاری

جوشکاری در شرایط زیر مجاز نیست: (ص ۴۷۰)

الف) زمانی که دمای محیط کار کمتر از ۱۰- درجه سلسیوس است.

۵- نوع الکتروود

۶- دمای پیش گرمایش

۷- وضعیت جوشکاری

۸- نوع بازرسی

تغییر در هر یک از پارامترهای فوق باید با تأیید نماینده کارفرما امکان پذیر بوده و در صورت تغییر، نیاز به تدوین دستورالعمل جوشکاری جدید است. همچنین می توان از ترکیبی از دستورالعمل های پیش تأیید شده و نشده در کار استفاده نمود، مشروط بر اینکه محدودیت های اساسی هر دو دستورالعمل مورد توجه قرار گیرد. (ص ۴۷۴)

۱۰-۴-۵ اتصال با پیچ (ص ۴۷۵)

۱۰-۴-۱-۵ انواع پیچ

الف) پیچ های معمولی

پیچ های معمولی که از آن ها فقط در اتصالات اتکایی (غیر پیش تنیده) استفاده می شود، از فولاد با تنش کششی نهایی (F_U) از ۴۰۰ تا ۶۰۰ مگاپاسکال ساخته می شوند و قابل پیش تنیدگی نیستند. (ص ۴۷۶)

ب) پیچ های پر مقاومت (ص ۴۷۶)

پیچ های پر مقاومت که در سازه های فولادی از آن ها در اتصالات اتکایی، پیش تنیده و لغزش بحرانی استفاده می شود، از فولادهای پر مقاومت با تنش کششی نهایی ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ مگاپاسکال ساخته می شوند. برای استفاده در اتصالات پیش تنیده و لغزش بحرانی، مطابق استاندارد EN ۱۴۳۹۹ این نوع پیچ ها در دو دسته HR و HV تولید می شوند. دسته HR شامل مجموعه پیچ و مهره ۸/۸، ۱۰/۹ و ۱۲/۹ بوده و منطبق بر استاندارد ۳-EN ۱۴۳۹۹ هستند. دسته HV شامل مجموعه پیچ و مهره ۱۰/۹ و ۱۲/۹ بوده و منطبق بر استاندارد ۴-EN ۱۴۳۹۹ هستند. مطابق استاندارد ASTM F ۳۱۲۵ این پیچ ها شامل رده های A ۳۲۵ و A ۴۹۰ می شوند. (ص ۴۷۷)

در حال در اتصالات پیش تنیده و لغزش بحرانی فقط از پیچ های پر مقاومتی می توان استفاده کرد که دارای قابلیت پیش تنیدگی باشند.

۱۰-۴-۵-۴ نیروی پیش تنیدگی پیچ ها در اتصالات پیش تنیده و لغزش بحرانی (ص ۴۸۰)

جدول ۱۰-۴-۸-ب: حداقل نیروی پیش تنیدگی و بار گواه در پیچ های پر مقاومت طبق استاندارد ISO (ص ۴۸۱)

| نیروی پیش تنیدگی (kN) | | بار گواه (kN) | | حداقل بار کششی (kN) | | سطح مؤثر (mm ²) | قطر اسمی پیچ (mm) |
|-----------------------|-------|---------------|------|---------------------|------|-----------------------------|-------------------|
| 10.9 | 8.8 | 10.9 | 8.8 | 10.9 | 8.8 | | |
| 61.4 | 47.2 | 70 | 48.9 | 87.7 | 67.4 | 84.3 | M12 |
| 114.1 | 87.5 | 130 | 91 | 163 | 125 | 157 | M16 |
| 178.5 | 142.1 | 203 | 147 | 255 | 203 | 245 | M20 |
| 220.5 | 176.4 | 252 | 182 | 315 | 252 | 303 | M22 |
| 256.9 | 205.1 | 293 | 212 | 367 | 293 | 353 | M24 |
| 333.9 | 266.7 | 381 | 275 | 477 | 381 | 459 | M27 |
| 408.1 | 326.2 | 466 | 337 | 583 | 466 | 561 | M30 |
| 595 | 474.6 | 678 | 490 | 850 | 678 | 817 | M36 |

۱۰-۴-۵-۵ روش تعیین لنگر پیچشی متناظر با نیروی پیش تنیدگی

در عمل نیروی پیش تنیدگی پیچ های پیش تنیده، با مقدار لنگر پیچشی اعمال شده توسط آچارهای مدرج که اصطلاحاً ترک متر نامیده می شوند، اندازه گیری و کنترل می شوند. لنگر پیچشی (M_t) متناظر با نیروی پیش تنیدگی (T_b) را می توان به طور تقریبی از رابطه زیر تعیین نمود: (ص ۴۸۱)

$$M_t = KT_b d_b$$

(۱۰-۴-۵-۱)

که در آن: (ص ۴۸۱)

T_b = نیروی پیش تنیدگی لازم مطابق جدول های ۱۰-۴-۸ الف و ب

d_b = قطر اسمی پیچ

K = ضریب مهره (بی بعد). ضریب مهره باید توسط سازنده مطابق استاندارد اندازه گیری شده و در گواهی نامه پیچ و مهره ارائه شود. اعداد مندرج در

جدول ۱۰-۴-۹ می توانند به عنوان راهنمای حدودی مورد استفاده قرار گیرند. (ص ۴۸۱)

لنگر پیچشی متناظر با نیروی پیش تنیدگی به عنوان لنگر بازرسی هر قطر و نوع پیچ باید به صورت ادواری (یک یا چندروزه) در شرایط کارگاهی با دستگاه مخصوص اندازه گیری شود و سپس ترک متر بر اساس آن لنگر کالیبره شود. (ص ۴۸۱)

تبصره: استفاده از سایر ابزارهای تعیین پیچشی متناظر با نیروی پیش تنیدگی مورد نیاز مطابق مراجع متناظر نظیر استاندارد ۲-EN ۱۰۹۰ مجاز است.

جدول ۱۰-۴-۹: ضریب مهره (ص ۴۸۲)

| وضعیت سطحی دنده‌های پیچ و مهره | ضریب مهره متوسط |
|--------------------------------|-----------------|
| ورق کادمیم | 0.194-0.246 |
| ورق روی | 0.332 |
| اکسید سیاه | 0.163-0.194 |
| خمیر مولیبدین سولفاید | 0.155 |
| روغن ماشین | 0.21 |
| واکس کارناپا | 0.148 |
| روغن اسپیندل | 0.22 |
| پیچ نو و بدون پوشش | 0.20 |
| گریس مولیبدین سولفیت | 0.137 |
| فسفات و روغن | 0.19 |
| گریس | 0.12 |

۱۰-۴-۵-۶ بستن و محکم کردن پیچ‌ها در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی

محکم کردن پیچ‌های هر اتصال در دو مرحله انجام می‌گیرد. در مرحله اول پیچ‌ها تا حد سفتی کامل محکم می‌شوند، تا اطمینان حاصل شود که سطوح تماس کاملاً به هم چسبیده‌اند. در مرحله دوم، با چرخاندن اضافی مهره، پیچ‌ها پیش‌تنیده می‌شوند. در هر یک از مراحل محکم کردن پیچ‌ها، باید از قسمتی که اتصال صلب‌تر است و صفحات تغییر شکل کمتری می‌دهند، شروع به بستن پیچ‌ها کرد. در وصله‌ها، قسمت صلب اتصال، وسط ورق وصله است. بعد از محکم کردن پیچ‌های وسط با حفظ تقارن و ترتیب، پیچ‌های کناری تا لبه آزاد ورق اتصال محکم می‌شوند. سپس می‌توان به پیچ‌های وسط پرداخت تا اطمینان حاصل شود سفت کردن پیچ‌های کناری، آن‌ها را از حالت کاملاً سفت خارج نکرده است. در تمام مراحل محکم کردن پیچ‌ها باید دقت کرد از چرخیدن پیچ و مهره با هم جلوگیری به عمل آید. (ص ۴۸۲)

در پیچ سفتی کامل^۵ را به حالتی می‌گویند که کارگر ماهر با آچار معمولی بدون آنکه با وزن خود به دسته آچار نیرو وارد کند، با به‌کارگیری آخرین توان خود نتواند پیچ را از آن محکم‌تر نماید. برای پیش‌تنیده کردن چنین پیچی باید کله پیچ یا مهره آن را به اندازه مقداری که در جدول ۱۰-۴-۱۰ مشخص شده اضافه چرخاند. این چرخش اضافی را می‌توان به کمک آچار دسته‌بلند، یا با آچار معمولی با استفاده از دو کارگر یا به‌وسیله آچار بادی تأمین نمود. حصول پیش‌تنیدگی باید توسط آچار مدرج مطابق بند ۱۰-۴-۷ تأیید شود. (ص ۴۸۳)

جدول ۱۰-۴-۱۰: چرخش اضافی لازم برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌های کاملاً سفت (d_b قطر اسمی پیچ است) (ص ۴۸۳)

| طول پیچ (L) | دو سطح اتصال عمود بر محور پیچ | یک سطح اتصال عمود بر محور پیچ و سطح دیگر شیب‌دار با شیب کمتر از ۱:۲۰ | دو سطح اتصال شیب‌دار با شیب کمتر از ۱:۲۰ نسبت به محور پیچ |
|-----------------------|-------------------------------|--|---|
| $L \leq 4d_b$ | $\frac{1}{3}$ دور | $\frac{1}{2}$ دور | $\frac{2}{3}$ دور |
| $4d_b < L \leq 8d_b$ | $\frac{1}{2}$ دور | $\frac{2}{3}$ دور | $\frac{5}{6}$ دور |
| $8d_b < L \leq 12d_b$ | $\frac{2}{3}$ دور | $\frac{5}{6}$ دور | 1 دور |

اگر برای چرخاندن پیچ‌ها از آچارهای بادی استفاده شود، فشار باد را باید طوری تنظیم کرد که در یک مرحله، مهره‌ها را بدون چرخیدن پیچ تا مرحله سفتی اولیه برساند و در مرحله بعد با ازدیاد فشار باد یا با دست به روشی که در بالا گفته شد، پیچ‌ها را پیش‌تنیده کرد. تنظیم باد کمپرسور متضمن استفاده از آچار مدرج کالیبره شده و انجام آزمون و خطاهای متوالی است و باید در آن دقت کامل به عمل آید. (ص ۴۸۳)

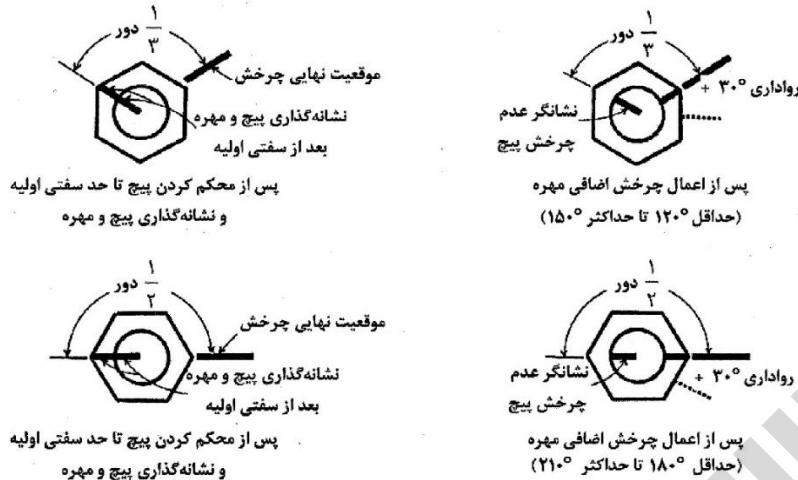
۱۰-۴-۵-۷ روش‌های کنترل پیش‌تنیدگی

سازنده موظف است کنترل کیفیت دقیقی بر عملیات بستن پیچ‌ها و مهره‌ها و نیز پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها در کارگاه نصب اعمال داشته و گزارش‌های مربوط به این کنترل‌ها را جهت بررسی و تأیید نماینده کارفرما ارائه نماید. نماینده کارفرما می‌تواند به‌طور مستقل یا از طریق آزمایشگاه یا صلاحیت، پیش‌تنیدگی پیچ‌ها را کنترل نماید. تصمیم نماینده کارفرما در مورد کفایت پیش‌تنیدگی پیچ‌ها قطعی خواهد بود. (ص ۴۸۳)

برای پیچ‌های پرمقاومت به کار گرفته شده در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی، نیروی پیش‌تنیدگی لازم برای سفت کردن پیچ‌ها باید مطابق مقادیر جدول‌های ۱۰-۴-۸-الف و ب انتخاب شود. پیش‌تنیدگی می‌تواند به یکی از روش‌های زیر انجام شود: (ص ۴۸۳)

الف) چرخاندن اضافی مهره‌ها

پیچ‌هایی که به وسیله چرخاندن اضافی مهره پیش‌تنیده می‌شوند، بعد از آنکه پیچ‌ها کاملاً سفت شدند، مطابق شکل ۴-۱۰-۴ نقطه‌ای از پیچ و مهره را که رو به رو هم قرار دارند، نشانه‌گذاری کرده سپس کنترل می‌شود که چرخش اضافی مطابق جدول ۴-۱۰-۱۰ به میزان کافی انجام شده باشد. برای کنترل پیش‌تنیدگی پیچ‌ها باید از آچار مدرج مناسب که قبلاً مطابق بند ۴-۱۰-۵-۵ کالیبره شده است، استفاده شود. (ص ۴۸۴)



شکل ۴-۱۰-۴: دستورالعمل چرخش مهره (ص ۴۸۴)

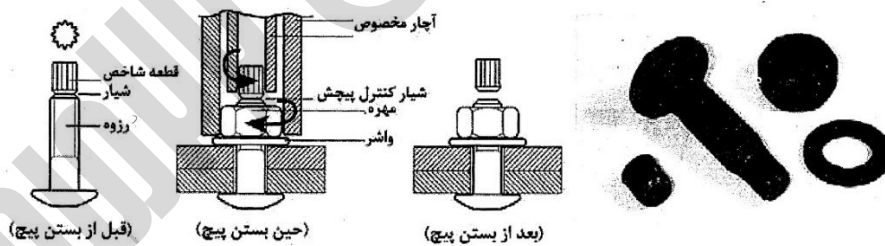
ب) آچار مدرج

برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها می‌توان از آچار مدرج کالیبره شده مطابق بند ۴-۱۰-۵-۵ استفاده نمود. در این حالت باید از واشر در زیر پیچ و مهره تحت چرخش استفاده شود. (ص ۴۸۴)

پ) پیچ‌های کشش - کنترل (TC Bolt)

پیچ‌هایی هستند که با رسیدن به نیروی پیش‌تنیدگی، قطعه شاخص متصل به انتهای بدنه توسط آچار مخصوص به صورت پیچشی کنده می‌شود. در این روش باید اطمینان حاصل شود که نیروی کششی در لحظه کنده شدن قطعه مورد اشاره، همان مقدار نیروی پیش‌تنیدگی پیچ براساس جداول ۴-۱۰-۸ (الف یا ب) یا بیشتر از آن است. ترتیب محکم کردن این پیچ نیز باید به صورت متقارن از بخش‌های صلب اتصال شروع شود و باید به گونه‌ای انجام شود که میزان کاهش در نیروی پیش‌تنیدگی پیچ‌های سفت شده به حداقل برسد. ضوابط مربوط به نگهداری، انبارداری و تمیزکاری مطابق مشخصات فنی کارخانه تولید کننده پیچ و مهره در نظر گرفته شود و در صورت از بین رفتن و آلوده شدن پوشش، برای پوشش مجدد و تنظیم نیروی پیش‌تنیدگی به کارخانه ارسال شود. (ص ۴۸۵)

در شکل ۴-۱۰-۵ جزئیات پیچ‌های کشش - کنترل در سه مرحله، قبل از بستن پیچ، حین بستن پیچ و بعد از بستن پیچ نشان داده شده است. (ص ۴۸۵)



شکل ۴-۱۰-۵: پیچ کشش - کنترل (TC Bolt) (ص ۴۸۵)

ت) واشرهای نمایانگر پیش‌تنیدگی (DTI)

واشرهای ویژه‌ای تحت عنوان واشرهای نمایانگر پیش‌تنیدگی هستند که در زیر کنگی پیچ یا مهره استفاده می‌شوند و تخت شدن برآمدگی‌های واشر تا حد معینی نشان دهنده رسیدن نیروی کششی محوری پیچ به حد مورد نظر است. در این روش باید اطمینان حاصل شود که نیروی متناظر با تخت شدن برجستگی‌های روی سطح، همان نیروی پیش‌تنیدگی پیچ بر اساس جداول ۴-۱۰-۸ (الف یا ب) یا بیشتر از آن است. مراحل محکم کردن این پیچ‌ها نیز مانند بند (پ) در فوق است. (ص ۴۸۵)

در شکل ۴-۱۰-۶ محل قرار گرفتن واشر در روش DTI نشان داده شده است. همچنین برای اطمینان از تخت شدن واشرهای DTI، لازم است مطابق شکل ۴-۱۰-۷ از فاصله‌سنج‌های مخصوص کارخانه تولید کننده این ابزار استفاده شود. (ص ۴۸۵)

۱۰-۴-۵-۱۰ اصلاح سوراخ‌ها

برای مونتاژ نهایی قطعات، بعد از آنکه قطعات علامت‌گذاری شده بر روی خرک چیده شدند و ورق‌های اتصال بر روی سوراخ‌ها قرار گرفتند، قطعات به‌وسیله سنبه‌هایی که از سوراخ‌های اتصال می‌گذرند، در جای خود ثابت می‌شوند. حداکثر عدم انطباق برابر ۱۵ درصد تعداد سوراخ‌های یک اتصال است. در چنین حالتی باید این سوراخ‌ها را با گذراندن یک پیچ امتحانی پیدا کرده، به‌وسیله برق‌زنی آن‌ها را اصلاح نمود حداکثر قطر برقوی مصرفی ۳ میلی‌متر بزرگتر از قطر پیچ است و برق‌زنی نباید قطر سوراخ را بیش از ۵ میلی‌متر افزایش دهد. استفاده از برش شعله برای گشاد کردن سوراخ‌ها مجاز نیست. (ص ۴۸۹)

۱۰-۴-۵-۱۱ استفاده مجدد از پیچ‌های پیش‌تنیده شده

استفاده مجدد از پیچ‌هایی که تا حد سفتی اولیه محکم شده‌اند، بلامانع است. استفاده مجدد از پیچ‌های پیش‌تنیده شده و مهره‌های آن‌ها مجاز نیست. (ص ۴۸۹)

۱۰-۴-۵-۱۲ انبارداری و ذخیره پیچ‌ها

همه وسایل اتصال باید در بسته‌بندی کارخانه و در ظرف دربسته به خریدار تحویل شود و در محل کارگاه در بسته‌بندی فوق در برابر گردوغبار، آلودگی و رطوبت نگهداری شوند. فقط پیچ‌هایی که در هر نوبت کاری در سازه نصب می‌شوند، مجاز به خارج شدن از بسته‌بندی‌های فوق هستند. در صورتی که در انتهای نوبت کاری از وسایل اتصال استفاده نشود، باید مجدداً به بسته‌بندی‌های حفاظت شده برگردانده شوند. روغن مخصوصی را که در کارخانه روی سطح وسایل اتصال آغشته شده است، نباید پاک نمود. وسایل اتصال موردنظر برای اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی، باید از آلودگی ناشی از محیط کارگاه پاک باشند. (ص ۴۹۰)

۱۰-۴-۶ انبار کردن حمل و رفع معایب قطعات ساخته شده

انبار کردن و حمل قطعات فولادی در کارگاه ساخت و محل نصب باید به نحوی صورت گیرد که قطعات تغییر شکل نداده و تنش‌های بیش از حد در آن‌ها ایجاد نشود و هیچ آسیبی به آن‌ها وارد نیاید. قطعاتی که به هر علتی تغییر شکل داده یا آسیب دیده‌اند، باید قبل از به‌کارگیری به نحو رضایت بخشی با تأیید ناظر کارفرما، اصلاح و مرمت شوند. در صورتی که تعمیر قسمت‌های معیوب بدون کاهش مقاومت و تغییر مشخصات مندرج در طرح میسر نباشد، باید آن قسمت‌ها تعویض شوند. (ص ۴۹۰)

در انبار کردن قطعات فولادی، محافظت در مقابل رطوبت باید مورد توجه قرار گیرد. در انبار کردن قطعات باید زیر قطعات سکوهای مناسبی قرار داد تا قطعه با زمین فاصله داشته باشد. تعداد و فاصله سکوها باید به نحوی انتخاب شود که قطعات دچار تنش یا تغییر شکل بیش از حد نشوند.

جابجا کردن قطعات باید با در نظر گرفتن ضوابط ایمنی با وسایل مناسب و به نحوی انجام گیرد که تنش‌های اضافی در این قطعات ایجاد نشود. قطعات سنگین با شکل و فرم خاص باید با قلاب نمودن در نقاط مناسب و یا نقاطی که قبلاً تعیین و علامت‌گذاری شده است، بلند شوند تا هنگام جابه‌جا کردن و نصب، تنش و تغییر شکل بیش از حد در هیچ قسمتی ایجاد نشده و به اتصالات و سوراخ‌های پیچ‌ها نیز آسیبی وارد نشود.

اقدام‌های پیشگیرانه تعیین شده در جدول ۱۰-۴-۱۴ برای جابجایی و انبار کردن در صورت مصداق باید اعمال شوند. (ص ۴۹۰)

جدول ۱۰-۴-۱۴: موارد اقدام‌های پیشگیرانه برای جابجایی، انبار کردن، حفاظت و حمل و نقل قطعات فولادی (ص ۴۹۱)

| بالابری | |
|------------|--|
| ۱ | حفاظت از اجزا در برابر آسیب در نقطه‌های بالابری |
| ۲ | پرهیز از بالابری تک‌نقطه‌ای برای اجزای بلند (استفاده از تیرهای پخش‌کننده ^{۱۸} یا شاهین) |
| ۳ | بستن اجزای سبک به یکدیگر، به‌خصوص اجزایی که اگر به‌صورت منفرد حمل شوند مستعد آسیب در لبه، پیچش و اعوجاج هستند، باید دقت شود تا از آسیب موضعی به‌خصوص در محل‌هایی که اجزا با یکدیگر تماس پیدا می‌کنند و لبه‌های تقویت‌نشده در نقطه‌های بالابری یا هر ناحیه دیگری که بخش قابل‌ملاحظه‌ای از وزن یک دسته بر روی یک لبه تقویت نشده اعمال می‌شود، جلوگیری شود. |
| انبار کردن | |
| ۴ | اجزای ساخته‌شده که قبل از حمل یا برپایی انبار می‌شوند، به‌گونه‌ای انبار شوند که از تماس با زمین محفوظ و تمیز باقی بمانند. |
| ۵ | تأمین تکیه‌گاه‌های ضروری و کافی برای جلوگیری از تغییر شکل‌های دائمی |
| ۶ | انبار کردن ورق‌های شکل‌داده‌شده سرد و دیگر مصالح تأمین‌شده با سطوح تزیینی پیش‌پرداخت‌شده، مطابق با الزامات استانداردهای مربوطه صورت پذیرد. |
| حفاظت | |
| ۷ | جلوگیری از جمع‌شدگی آب |
| ۸ | پیشگیری‌های لازم به‌منظور پرهیز از نفوذ رطوبت به بسته‌های مقاطع دارای پیش‌پوشش‌های فلزی یادآوری: در صورت انبار کردن روباز و طولانی‌مدت در محل پروژه، بسته‌بندی مقاطع باید باز و از یکدیگر جدا شوند تا از وقوع زنگ‌زدگی جلوگیری شود. |
| ۹ | پیش از ارسال کارهای ساخته‌شده، تدابیر ویژه لازم به‌منظور حفاظت در برابر خوردگی اجزای فولادی شکل‌داده‌شده سرد با ضخامت کمتر از ۴ میلی‌متر انجام شود، به صورتی که در برابر عوامل جوی در حین حمل‌ونقل، انبار کردن و برپایی اولیه مقاومت نمایند. |
| حمل و نقل | |
| ۱۰ | تدابیر ویژه موردنیاز برای حفاظت اجزای تولیدشده در حین حمل‌ونقل |

۱۰-۴-۷ رنگ آمیزی و گالوانیزه کردن قطعات فولادی

برای حفاظت در مقابل خوردگی، تمامی سطوح سازه‌های فولادی باید رنگ آمیزی شوند. در موارد زیر لزومی به رنگ آمیزی سطوح سازه‌های فولادی نیست: (ص ۴۹۲)

- ۱- سطوح فولادی که در بتن مدفون می‌شوند و بتن پوششی شرایط محافظت در برابر خوردگی را فراهم می‌نماید.
- ۲- سطوح فولادی که پوشش‌های ضد حریق بر آنها اعمال می‌شود و پوشش مورد نظر الزامات محافظت در برابر خوردگی را تأمین می‌نماید.
- ۳- صفحاتی که قرار است در اتصالات لغزش بحرانی روی هم قرار گیرند.
- ۴- در مناطق با شرایط محیطی ملایم مطابق تعریف جدول ۱۰-۴-۱۵ که سطوح فولادی حداقل ۲۰ میلی‌متر توسط مصالح بنایی پوشش شده‌اند. در مناطقی که سطوح فولادی در مجاورت خاک یا رطوبت زیاد قرار می‌گیرند باید تمهیدات حفاظتی ویژه‌ای برای آنها در نظر گرفت. (ص ۴۹۲)

۱۰-۴-۷-۲ آماده‌سازی سطوح

تمیزکاری با مواد ساینده بهترین روش برای از بین بردن زنگ، اکسیدهای حاصل از نورد و رنگ‌های قدیمی با چسبندگی کم است. به‌طور کلی در مورد آماده‌سازی سطح با پاشش مواد ساینده به کمک فشار هوا، موارد زیر حائز اهمیت هستند: (ص ۴۹۲)

الف) مقدار مناسب فشار هوا در آماده‌سازی سطوح با پاشش مواد ساینده تقریباً 0.7MPa است. بعد از آماده‌سازی سطح با مواد ساینده، باید بلافاصله سطح را با رنگ آسترری مناسب پوشش داد. قبل از اعمال رنگ آسترری باید گرد و خاک باقی‌مانده از خرد شدن مواد پاششی بر روی سطح را با هوای فشرده (عاری از آب و روغن) یا جاروی برقی صنعتی کاملاً تمیز کرد. (ص ۴۹۳)

ب) اگر مقدار زنگ و رنگ‌های با چسبندگی کم بر روی سطح زیاد باشد، بهتر است ابتدا با تراشیدن، حجم مواد زائد را کم کرده و سپس عملیات آماده‌سازی با پاشش مواد ساینده را آغاز نمود. (ص ۴۹۳)

۱۰-۴-۷-۳ درجات مختلف کیفیت آماده‌سازی سطوح

۱۰-۴-۷-۳-۱ تمیزکاری با پاشش مواد ساینده

درجات آماده‌سازی که در زیر مطابق با استاندارد ISO ۸۵۰۱ آورده می‌شوند، بیانگر تمیزی سطح فولاد است که باید از کثافات و چربی‌ها پاک شده و همچنین لایه‌های ضخیم زنگ از روی سطح آن برداشته شده باشد. (ص ۴۹۳)

Sa ۱: تمیز کردن با ماسه پاشی خفیف

سطح فولاد پس از ماسه پاشی خفیف، بدون استفاده از ذره‌بین، باید عاری از روغن، چربی، کثیفی، لایه اکسید حاصل از نورد (که چسبندگی آن کم است)، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی باشد. (ص ۴۹۳)

Sa ۲: تمیز کردن به صورت ماسه پاشی متوسط

سطح فولاد پس از ماسه پاشی، بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز عمده مقدار لایه اکسید حاصل از نورد، زنگ و پوشش‌های رنگی و مواد خارجی از روی سطح زدوده شده باشد. هرگونه مواد آلاینده باقیمانده باید به سختی به سطح چسبیده باشند. (ص ۴۹۳)

Sa ۲/۵: تمیز کردن با ماسه پاشی عمیق

سطح فولاد پس از ماسه پاشی، بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز باید لایه اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. هرگونه اثر به‌جامانده از مواد آلاینده، فقط به صورت لکه‌های جزئی به شکل خال‌ها و نوارها به نظر بیاید.

Sa ۳: تمیز کردن با ماسه پاشی با حصول سطح نقره‌ای

سطح فولاد پس از ماسه پاشی، بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز باید لایه اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. چنین سطحی باید دارای نمای فلزی یکنواخت نقره‌ای باشد. (ص ۴۹۴)

۱۰-۴-۷-۳-۲ تمیزکاری با برس سیمی

درجات آماده‌سازی سطوح در صورت استفاده از برس سیمی، با برس دستی یا برس‌های دوار برقی یا بادی، به شرح زیر است: (ص ۴۹۴)

St ۲: تمیز کردن با برس سیمی متوسط

سطح فولاد پس از استفاده از برس سیمی، بدون استفاده از ذره‌بین، باید عاری از روغن، چربی، کثیفی، لایه اکسید حاصل از نورد که چسبندگی آن کم است، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی باشد. (ص ۴۹۴)

St ۳: تمیز کردن با برس سیمی عمیق

همانند سطح St۲، ولی سطح فولاد باید عمیق‌تر و به کمک برس‌های دوار برقی یا بادی، برس زده شود، به طوری که سطح فلز درخشان شود.

۱۰-۴-۷-۴ رنگ آمیزی

الف) قبل از شروع عملیات رنگ آمیزی باید تمام سطوح را کاملاً تمیز، خشک و آماده نمود به طوری که برای رنگ آمیزی شرایط مناسبی داشته باشند. (ص ۴۹۴)



- (ب) هر لایه از رنگ مصرفی باید کاملاً سطح موردنظر را پوشش دهد. رنگ‌های آستر و رویه باید از یک کارخانه سازنده تهیه شوند. رنگ آمیزی سطوح بزرگ باید با اسپری بی‌هوا صورت گیرد. استفاده از سایر روش‌های رنگ آمیزی برای لکه‌گیری و سطوح محدود مجاز است. (ص ۴۹۴)
- (پ) رنگ آمیزی با اسپری بی‌هوا باید در محیط مناسب و سر بسته انجام شود.
- (ت) قطعاتی که تازه رنگ شده‌اند، تا زمان خشک شدن باید از گردوخاک محافظت شوند.
- (ث) رنگ آمیزی باید در شرایط آب و هوایی منطبق با مشخصات فنی کارخانه سازنده رنگ صورت گیرد.
- (ج) سازنده موظف است عملیات رنگ آمیزی را حداکثر تا ۴۸ ساعت برای شرایط ملایم و ۲۴ ساعت برای سایر شرایط بعد از تمیزکاری سطوح انجام دهد. (ص ۴۹۴)
- (چ) تمام نقاطی که رنگ قطع شده یا آسیب دیده و سطح فلز نمایان است، باید تمیز شده و مجدداً رنگ آمیزی شوند به طوری که سطح کاملاً پوشیده شده و یکپارچگی رنگ با سطوح مجاور رنگ شده تأمین شود. (ص ۴۹۴)
- (ح) در تمام سطوحی که طبله کردن، وجود ترک‌ها و پوسته شدن رنگ و سایر علائم حاکی از این است که چسبندگی رنگ به سطح تأمین نشده است، باید عملیات ترمیم رنگ انجام گیرد. بدین ترتیب که رنگ سطوح فوق به طور کامل برداشته شود و مجدداً عملیات مربوط به آماده نمودن سطوح و رنگ آمیزی صورت گیرد. (ص ۴۹۵)
- (خ) سطوح تمام شده رنگ، باید دارای ظاهری یکنواخت، ماتی و شفافیت یکنواخت رنگ، عدم وجود موج، سایه و چروک و پخش نشدن پوسته رنگ، ایجاد پوشش کامل و بدون شره و انطباق لایه اجرا شده با مشخصات، باشد. (ص ۴۹۵)
- (د) رنگ آمیزی نباید در هوای سرد یا تاریک و یا زمانی که درصد رطوبت هوا بالا باشد انجام گیرد. در رطوبت بیش از ۸۰ درصد و در حالتی که اختلاف دمای محیط و نقطه شبنم کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد، رنگ آمیزی ممنوع است. (ص ۴۹۵)
- (ذ) به جز سطوح تماس، بقیه سطوحی که بعد از ساخت، قابل دسترس نخواهد بود باید قبل از سرهم کردن قطعات تمیز و رنگ آمیزی شود، مگر آنکه این سطوح آب‌بند باشند. (ص ۴۹۵)
- (ر) در اتصالات انتکایی، رنگ کردن سطوح تماس به طور کلی مجاز است. در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی، رنگ آمیزی سطوح تماس مجاز نبوده و باید در صورت نیاز به پوشش، مقررات پوشش مربوط به پیچ‌های لغزش بحرانی رعایت شود. (ص ۴۹۵)
- (ز) سطوح تماس قبل از نصب و پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها، باید در مقابل خوردگی محافظت شوند. بدین منظور از یک لایه مصالح ضدزنگ که بتوان آن را قبل از نصب به آسانی برطرف کرد یا مواد یا روش‌های مخصوصی که احتیاج به برطرف کردن نداشته باشد، می‌توان استفاده کرد. (ص ۴۹۵)
- (ژ) به جز حالت‌هایی که در مشخصات فنی خصوصی به‌عنوان شرط خاص قید شده باشد، کلیه سطوحی در فاصله ۵۰ میلی‌متری از محل هر جوش کارگاهی قرار می‌گیرند، باید از موادی که به جوشکاری صدمه میزند یا در حین جوشکاری گازهای سمی و مضر تولید می‌کند، کاملاً پاک شود. قبل از جوشکاری باید رنگ کارخانه‌ای از روی سطوحی که جوش انجام می‌گیرد، توسط برس سیمی کاملاً برطرف و پاک شود. (ص ۴۹۵)
- (س) سطوح گالوانیزه شده سطوح مشکلی برای رنگ آمیزی هستند، زیرا چسبندگی لایه آستری به سطوح فوق بسیار کم است. در این شرایط ابتدا باید سطح را با یک حلال قوی کاملاً چربی زدایی کرد، سپس یک لایه واش پرایمر بر روی سطح اعمال نموده و آنگاه سیستم رنگ ارائه شده را بر روی آن اعمال کرد. (ص ۴۹۵)

۱۰-۴-۷-۵ ضخامت رنگ

حداکثر ضخامت هر لایه رنگ آمیزی باید با توجه به میزان تعیین شده توسط سازنده رنگ انجام گیرد. چنانچه میزان تعیین شده در یک لایه رنگ نتواند ضخامت لازم را تأمین کند، رنگ آمیزی آن لایه باید تا حصول حداقل ضخامت لازم، به صورت چند لایه تکمیل شود. (ص ۴۹۶)

کلیه قطعات فولادی باید مطابق مشخصات جدول ۱۰-۴-۱۵ رنگ شوند.

جدول ۱۰-۴-۱۵: حداقل ضخامت رنگ آمیزی قطعات فولادی در شرایط محیطی مختلف^(۱) (ص ۴۹۶)

| شرایط محیطی | آماده‌سازی سطح فولاد | نوع و ضخامت رنگ | |
|----------------------------------|----------------------|---|--|
| | | قطعه فولادی در داخل دیوار و نازک‌کاری | قطعه فولادی به صورت روباز لیکن درون محیط بسته |
| ملایم ^(۲) | Sa 2 | 40 میکرون ضدزنگ الکیدی ^(۵) | 40 میکرون ضدزنگ الکیدی 40 میکرون رویه الکیدی |
| سخت ^(۳) | Sa 2.5 | 40 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی | 40 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی 40 میکرون لایه میانی اپوکسی MIO 40 میکرون رویه پلی‌بورتان |
| بسیار سخت و ساحلی ^(۴) | Sa 3 | 40 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی 40 میکرون رویه اپوکسی MIO | 60 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی 60 میکرون لایه میانی اپوکسی MIO 60 میکرون رویه پلی‌بورتان |

- (۱) به جای مقادیر این جدول، استفاده از یک سیستم رنگ آمیزی یا محافظت در مقابل خوردگی مطابق استانداردهای ملی سری ۶۵۹۴ به شرطی که مشخصات فنی مربوطه توسط کارشناس ذیصلاح تهیه شده و به تأیید طراح برسد، بلامانع است. (ص ۴۹۶)
- (۲) شرایط ملایم، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط مساوی یا کمتر از ۵۰٪
- (۳) شرایط سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی بیش از ۵۰٪ و مساوی یا کمتر از ۸۰٪
- (۴) شرایط بسیار سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط بیش از ۸۰٪
- (۵) در این حالت آماده سازی Sa۱ و یا St۲ نیز مورد قبول است.
- (۶) منظور از رطوبت نسبی متوسط، بیشترین مقدار رطوبت نسبی متوسط ماهانه در مرطوبترین ماه سال است. (ص ۴۹۶)

۱۰-۴-۷-۶ انبارداری رنگ

رنگها باید مطابق دستورالعمل سازنده انبار شوند. در صورت نبودن ضابطه‌ای برای نگهداری در دمای به خصوص، رنگها باید در مکانی با دمای محیط حداقل برابر ۱۸ و حداکثر ۳۵ درجه سلسیوس انبار شوند. مدت نگهداری رنگ در انبار باید با تاریخ انقضای خواص مطلوب رنگ مطابق مشخصات تولید کننده، مطابقت داشته باشد. (ص ۴۹۷)

۱۰-۴-۷-۷ گالوانیزه کردن

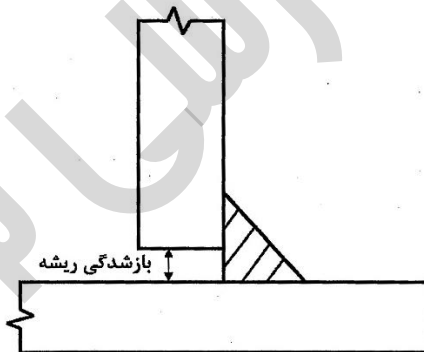
عملیات گالوانیزه کردن باید با شیوه غوطه‌وری داغ در مخزن روی با خلوص ۹۸ درصد مطابق استاندارد ASTM A123 انجام شود. قبل از عملیات گالوانیزه کردن سطح فلز باید کاملاً تمیز و عاری از هرگونه آلودگی‌های خارجی شود. (ص ۴۹۷)

محل‌هایی که مورد عملیات جوشکاری قرار خواهند گرفت، نباید نزدیک‌تر از ۵۰ میلی‌متر به محل جوش گالوانیزه شوند. یا لایه گالوانیزه از سطح آنها زدوده شود. قسمت‌هایی که گالوانیزه نشده‌اند، مطابق آنچه در بخش رنگ آمیزی آورده شده است، باید مورد عملیات حفاظت در برابر خوردگی قرار گیرند. (ص ۴۹۷)

۱۰-۴-۸ رواداری‌ها

۱۰-۴-۸-۱ رواداری‌های جوش (ص ۴۹۷)

۱۰-۴-۸-۱-۱ قطعاتی که باید به وسیله جوش گوشه به یکدیگر جوش شوند، باید تا حد امکان در تماس نزدیک با یکدیگر باشند. فاصله ریشه (بازشدگی درز) نباید از ۵ میلی‌متر بزرگتر شود. اگر فاصله ریشه جوش گوشه از ۲ میلی‌متر بزرگتر شود، اندازه ساق‌های جوش مندرج در نقشه، باید به اندازه آن افزایش یابد، یا مهندس طراح باید تأیید نماید که ضخامت مؤثر گلوی مورد نظر طراحی حاصل شده است (شکل ۱۰-۴-۸). بازشدگی بین سطوح در تماس جوش‌های انگشتانه و کام و همچنین فاصله بین تسمه پشت‌بند با ورق در درزهای لب به لب نباید از ۲ میلی‌متر بزرگتر شود. استفاده از مصالح پرکننده مجاز نیست، مگر اینکه استفاده از آن در نقشه‌ها تصریح شده باشد یا به تأیید مهندس طراح برسد.

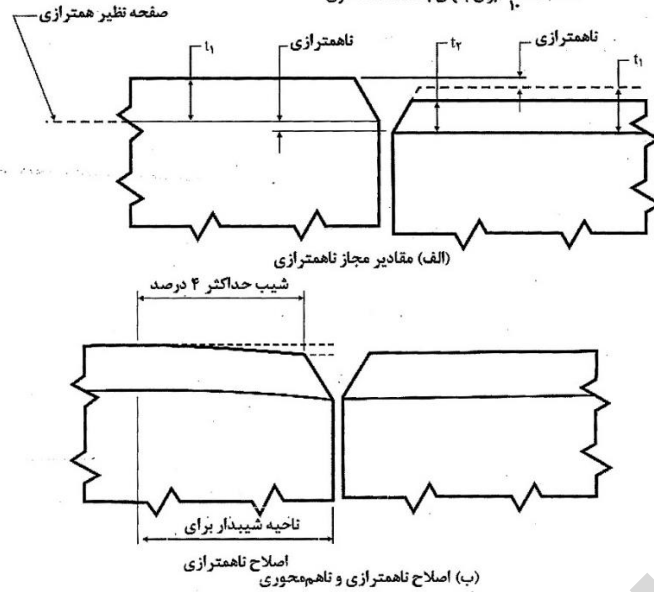


شکل ۱۰-۴-۸: بازشدگی ریشه

۱۰-۴-۸-۱-۲ قطعاتی که با جوش شیاری به صورت لب به لب به یکدیگر متصل می‌شوند، باید با دقت با یکدیگر همباد و تراز شوند. حداکثر ناهمترازی بین دو قطعه، مساوی ۱۰ درصد ضخامت قطعه نازکتر و حداکثر ۳ میلی‌متر است. برای اصلاح ناهمترازی نباید شیبی بزرگتر از ۴ درصد در جوش به وجود آورد. ناهمترازی باید بر مبنای میانگین مقاطع اندازه‌گیری شود، مگر اینکه در مشخصات فنی خصوصی به نحو دیگری مشخص شده باشد (شکل ۱۰-۴-۹) (ص ۴۹۸)

$\frac{t_1}{t_2} < 3 \text{ mm}$ برای بالهای با ضخامت مساوی

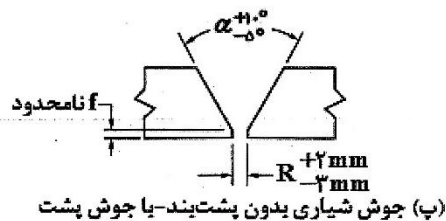
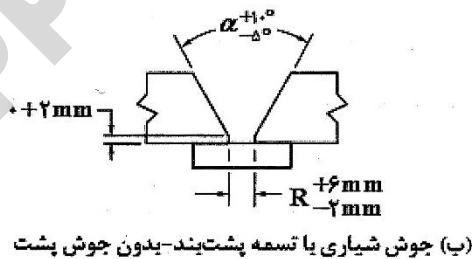
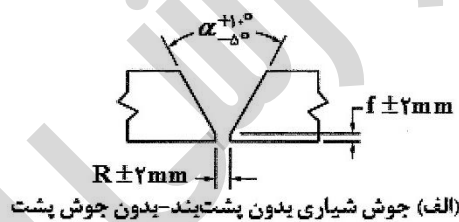
$\frac{t_2}{t_1} < 3 \text{ mm}$ برای بالهای با ضخامت نامساوی



شکل ۱۰-۴-۹: ناهمترازی و اصلاح آن (ص ۴۹۸)

۱۰-۴-۸-۳-۱ قطعاتی که توسط جوش شیاری با نفوذ نسبی در امتداد طولی به یکدیگر متصل می‌شوند، باید تا حد امکان در تماس با یکدیگر قرار گیرند. فاصله ریشه بین دو قطعه نباید از ۵ میلی‌متر بزرگ‌تر شود. (ص ۴۹۹)

۱۰-۴-۸-۴-۱ رواداری‌های مربوط به زاویه شیار، فاصله ریشه (R) و ضخامت ریشه (f) در جدول ۱۰-۴-۱۶ و شکل ۱۰-۴-۱۰ نشان داده شده است. در صورتی که ابعاد و اندازه مقطع جوش اختلافی بیش از مقادیر ارائه شده در شکل با اندازه نشان داده شده در نقشه‌ها داشته باشد، درز با شرایط زیر قابل‌پذیرش است. در صورتی که اختلاف فاصله ریشه با مقدار نقشه بزرگتر از رواداری مجاز مذکور در شکل ۱۰-۴-۱۰ باشد ولی از دو برابر ضخامت ورق نازک‌تر یا ۲۰ میلی‌متر (هرکدام که کوچکتر باشند) بزرگتر نباشد، با استفاده از جوشکاری (قبل از جوشکاری درز اتصال) قابل اصلاح است. (ص ۴۹۹)



شکل ۱۰-۴-۱۰: رواداری‌های مونتاژ در درزها با جوش شیاری (ص ۴۹۹)

جدول ۱۰-۴-۱۶: رواداری‌های مونتاژ در درزها با جوش شیاری (ص ۵۰۰)

| بدون جوش پشت | با جوش پشت | |
|-----------------|----------------|--|
| ±2 mm | نامحدود | ۱- ضخامت ریشه (f) |
| ±2 mm | +2 mm -3 mm | ۲- فاصله الف - بدون استفاده از پشت‌بند |
| +6 mm -20 mm | - | ریشه (R) ب- با استفاده از پشت‌بند |
| +10° -5° | +10° -5° | ۳- زاویه شیار |

۱۰-۴-۸-۲ کنترل تابیدگی و جمع شدگی

۱۰-۴-۸-۲-۱ در مونتاژ و انجام جوش درزهای اعضای ساخته شده از ورق یا نیمرخ و همچنین تقویت نیمرخ‌ها، دستورالعمل و توالی جوشکاری باید طوری انتخاب شود که مقادیر تابیدگی و جمع شدگی حداقل شود. (ص ۵۰۰)

۱۰-۴-۸-۲-۲ تا حد امکان، توالی جوش‌ها باید طوری انتخاب شود که حرارت جوشکاری در حین پیشرفت جوشکاری، متعادل شود. (ص ۵۰۰)

۱۰-۴-۸-۲-۳ سازنده باید روش مونتاژ، دستورالعمل جوشکاری و توالی جوشکاری را طوری انتخاب نماید که قطعه به دست آمده منطبق بر ضوابط کنترل کیفی قطعه باشد. قبل از شروع جوشکاری، توالی جوشکاری و برنامه کنترل تابیدگی باید جهت اطلاع و اظهارنظر به نماینده کارفرما تسلیم شود. (ص ۵۰۰)

۱۰-۴-۸-۲-۴ مسیر پیشرفت جوشکاری یک عضو، باید از نقطه با گیرداری بیشتر به سمت نقطه با آزادی بیشتر باشد. (ص ۵۰۰)

۱۰-۴-۸-۲-۵ در هنگام مونتاژ، درزهایی که از آنها انتظار جمع شدگی بزرگتری می‌رود. (ص ۵۰۱)

۱۰-۴-۸-۳ رواداری‌های ابعادی

۱۰-۴-۸-۳-۱ برای ستون‌ها و اعضای اصلی خرپا که با استفاده از جوش ساخته می‌شوند بدون توجه به سطح مقطع عضو، میزان انحراف مجاز در هم‌راستایی عضو (انحراف محور عضو از خط راست) برابر است با: (ص ۵۰۱)

- برای اعضای با طول کمتر از ۹ متر: (ص ۵۰۱)

$$\text{طول عضو برحسب متر} \times \frac{3 \text{ mm}}{3}$$

- برای اعضای با طول ۹ تا ۱۴ متر مساوی ۹ میلی‌متر.

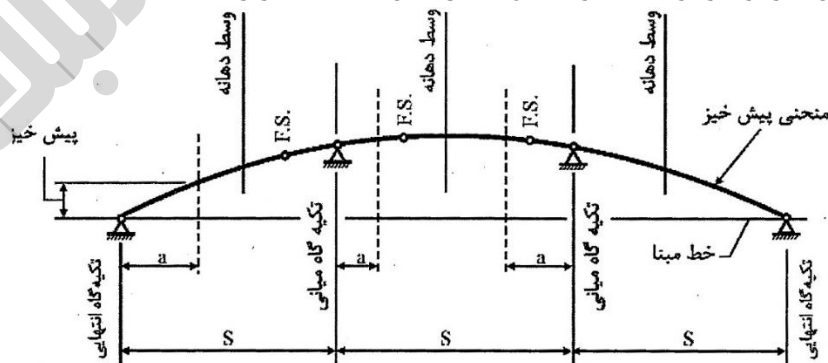
- برای اعضای با طول بزرگتر از ۱۴ متر: (ص ۵۰۱)

$$9 \text{ mm} + 3 \text{ mm} \times \frac{(14 - \text{طول عضو برحسب متر})}{3}$$

۱۰-۴-۸-۳-۲ برای تیرها و شاه‌تیرهای جوش شده که در آنها پیش‌خیزی در نظر گرفته نشده باشد، بدون توجه به شکل و ابعاد مقطع، میزان انحراف مجاز از راستای مستقیم برابر است با: (ص ۵۰۱)

$$\text{طول عضو برحسب متر} \times \frac{3 \text{ mm}}{3}$$

۱۰-۴-۸-۳-۳ برای تیرها و شاه‌تیرها، (مختلط و غیرمختلط)، بدون توجه به شکل و ابعاد مقطع، در پیش‌نصب قطعات عضو در کارخانه، میزان انحراف مجاز از انحنای پیش‌خیز در نظر گرفته شده برای عضو (مطابق شکل ۱۰-۴-۱۱) برابر است با:



وصله کارگاهی F.S.

نمای جانبی پیش‌نصب تیر

شکل ۱۰-۴-۱۱: روش اندازه‌گیری پیش‌خیز تیرها (ص ۵۰۲)

در وسط دهانه: در وسط دهانه میزان انحراف مجاز باید مطابق جدول ۱۰-۴-۱۷ در نظر گرفته شود.
جدول ۱۰-۴-۱۷: میزان انحراف مجاز در وسط دهانه (ص ۵۰۲)

| طول دهانه | انحراف مجاز |
|---|--------------------------|
| $< 20 \text{ m}$ | $+20 \text{ mm}$ تا -0 |
| $\leq 30 \text{ m}$ و $\geq 20 \text{ m}$ | $+30 \text{ mm}$ تا -0 |
| $> 30 \text{ m}$ | $+40 \text{ mm}$ تا -0 |

در تکیه‌گاه‌ها: در تکیه‌گاه‌ها میزان انحراف مجاز باید به شرح زیر در نظر گرفته شوند: (ص ۵۰۲)

$\pm 0 \text{ mm}$ برای تکیه‌گاه‌های انتهایی

$\pm 3 \text{ mm}$ برای تکیه‌گاه‌های میانی

در نقاط میانی: در نقاط میانی میزان انحراف مجاز باید به شرح زیر در نظر گرفته شوند: (ص ۵۰۲)

$$-0 + \frac{fa(1 - a/s)}{s} \times b$$

که در آن: (ص ۵۰۳)

a = فاصله نقطه موردنظر تا نزدیک‌ترین تکیه‌گاه (متر)

s = طول دهانه (متر) (ص ۵۰۲)

b = ۲۰ میلی‌متر برای دهانه‌های کوچک‌تر از ۲۰ متر

۳۰ میلی‌متر برای دهانه‌های مساوی یا بزرگتر از ۲۰ متر و کوچکتر از ۳۰ متر

۴۰ میلی‌متر برای دهانه‌های مساوی یا بزرگتر از ۳۰ متر (ص ۵۰۳)

یادآوری: بدون توجه به چگونگی نمایش پیش خیز در نقشه‌ها، علامت (+) نشان دهنده بالای منحنی پیش خیز و علامت (-) نشان دهنده پایین

این منحنی است. (ص ۵۰۳)

اندازه‌گیری‌های پیش خیز باید در حالت بدون بار انجام شود. (ص ۵۰۳)

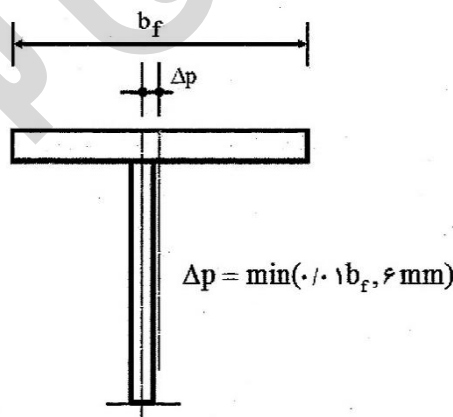
۱۰-۴-۳-۸-۴-۱۰ برای تیرها با انحنای افقی، انحراف مجاز از منحنی مقرر در وسط دهانه برابر است با: (ص ۵۰۳)

$$\pm 3 \text{ mm} \times \frac{\text{طول عضو بر حسب متر}}{3}$$

مشروط بر اینکه تیر دارای انعطاف‌پذیری جانبی کافی برای اتصال مهاربندی عرضی بدون وارد نمودن آسیب به اعضای سازه‌ای باشد. (ص ۵۰۳)

۱۰-۴-۳-۸-۴-۱۰ برای اعضای ساخته شده از ورق (نظیر مقاطع H و I و T) حداکثر اختلاف بین محور مرکزی جان و محور مرکزی بال در

محل‌های تماس، مساوی حداقل $0.1b_f$ و ۶ میلی‌متر است. (شکل ۱۰-۴-۱۲)

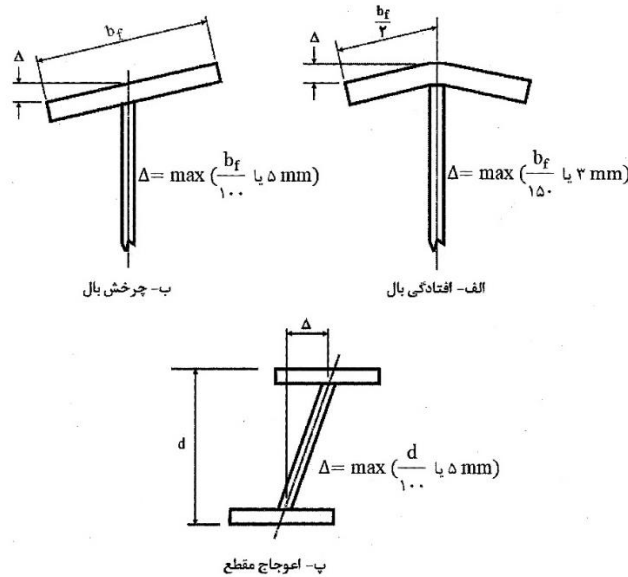


شکل ۱۰-۴-۱۲: رواداری محل اتصال جان به بال (ص ۵۰۳)

۶-۳-۸-۴-۱۰ برای تیرها، انحراف مجاز از صفحه ای بودن جان تیر مساوی $\frac{d}{150}$ بوده که در آن d ارتفاع تیر است. (ص ۵۰۳)

۱۰-۴-۳-۸-۴-۱۰ میزان رواداری چرخشی و افتادگی بال و اعوجاج مقطع در مقاطع ساخته شده از ورق مطابق شکل ۱۰-۴-۱۳

است: (ص ۵۰۴)



شکل ۱۰-۴-۱۳: رواداری‌های انحراف بال (ص ۵۰۴)

۱۰-۴-۸-۳-۸ برای تیرورق‌های ساخته شده از ورق، رواداری مجاز پهنای بال مساوی ± 3 میلی‌متر برای پهنای کوچکتر یا مساوی ۳۰۰ میلی‌متر و ± 4 میلی‌متر برای پهنای بزرگتر است. رواداری مجاز در ارتفاع کل تیر که در صفحه مرکزی جان اندازه‌گیری می‌شود، مطابق جدول ۱۰-۴-۱۸ است.

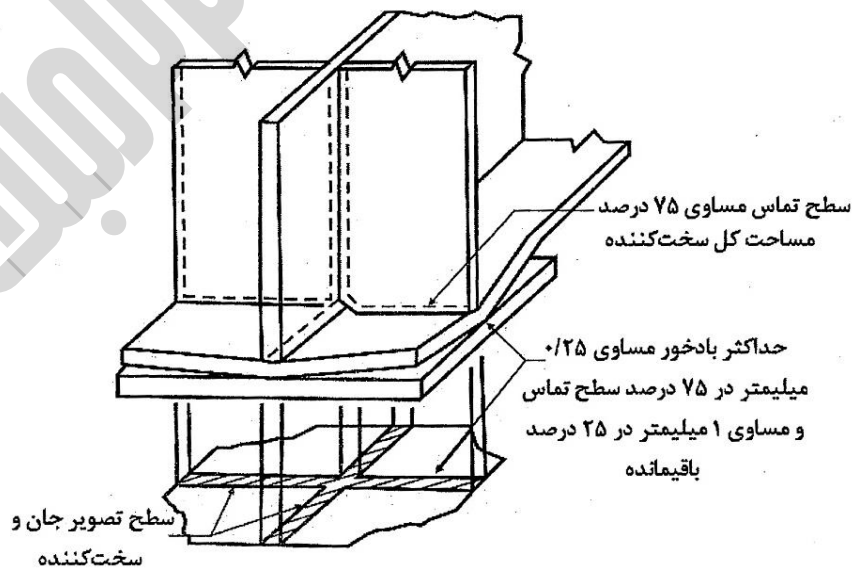
جدول ۱۰-۴-۱۸: رواداری مجاز ارتفاع کل تیرورق (ص ۵۰۴)

| رواداری مجاز (میلی‌متر) | ارتفاع کل تیر (میلی‌متر) |
|-------------------------|--------------------------|
| ± 3 | $d \leq 900$ |
| ± 5 | $900 < d \leq 1800$ |
| -5 و $+8$ | $d > 1800$ |

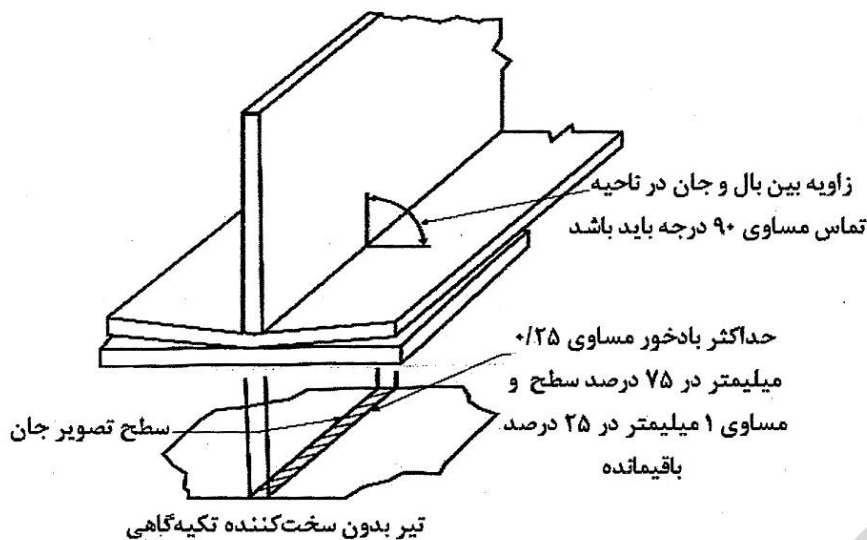
مبحث ۱۰

۱۰-۴-۸-۴ رواداری سخت‌کننده تکیه‌گاهی در محل بارهای متمرکز

انتهای سخت‌کننده تکیه‌گاهی باید نسبت به جان گونیا و در تماس با بال باشد. حداقل ۷۵ درصد مساحت کل سخت‌کننده باید در تماس با بال باشد. سطح خارجی بال تیر که صفحه نشیمن فولادی تکیه می‌کند، ۷۵ درصد سطح تصویر جان و سخت‌کننده‌ها باید در تماس با صفحه نشیمن با حداکثر ۰/۲۵ میلی‌متر جدایی باشد. در ۲۵ درصد باقی مانده حداکثر جدایی ۱ میلی‌متر است. در صورتی که سخت‌کننده انتهایی موجود نباشد، حداکثر جدایی در ۷۵ درصد سطح تصویر جان، ۰/۲۵ میلی‌متر و مساوی ۱ میلی‌متر در ۲۵ درصد سطح باقی مانده است. در این حالت زاویه بین بال تحتانی و جان (با حفظ رواداری بند ۱۰-۴-۸-۳) باید ۹۰ درجه باشد. شکل‌های ۱۰-۴-۱۴ و ۱۰-۴-۱۵ رواداری‌های فوق را نشان می‌دهند. (ص ۵۰۵)



شکل ۱۰-۴-۱۴: رواداری در محل تماس تیر با تکیه‌گاه - تیر با سخت‌کننده تکیه‌گاهی (ص ۵۰۵)



شکل ۱۰-۴-۱۵: رواداری در محل تماس تیر با تکیه گاه - تیر بدون سخت کننده تکیه گاهی (ص ۵۰۵)

۱۰-۴-۸-۴-۱۰ هم امتداد بودن سخت کننده های اتکایی جفت: حداکثر رواداری غیر هم راستا بودن سخت کننده های اتکایی جفت که در طرفین جان عضو قرار دارند، نسبت به یکدیگر مساوی $\pm \frac{t_w}{3}$ است. t_w ضخامت جان عضو است. (ص ۵۰۶)

۱۰-۴-۸-۴-۱۰ انحناهای داخل و خارج از صفحه لبه سخت کننده های تکیه گاهی و جانمایی آن: میزان حداکثر رواداری در انحناهای سخت کننده های تکیه گاهی مطابق جدول ۱۰-۴-۱۹ است.

جدول ۱۰-۴-۱۹: انحناهای سخت کننده های تکیه گاهی (ص ۵۰۶)

| رواداری (میلی متر) | ارتفاع تیرورق (میلی متر) |
|--------------------|--------------------------|
| 6 | ≤ 1800 |
| 13 | > 1800 |

حداکثر رواداری انحراف محور مرکزی واقعی سخت کننده از محور مرکزی مقرر آن مساوی $\pm \frac{t}{4}$ است. t ضخامت سخت کننده است. (ص ۵۰۶)

۱۰-۴-۸-۵-۱۰ رواداری سخت کننده های میانی

۱۰-۴-۸-۵-۱۰ انحناهای داخل و خارج از صفحه لبه سخت کننده های میانی: میزان حداکثر رواداری در انحناهای سخت کننده میانی مطابق جدول ۱۰-۴-۲۰ است: (ص ۵۰۶)

جدول ۱۰-۴-۲۰: انحناهای سخت کننده میانی (ص ۵۰۶)

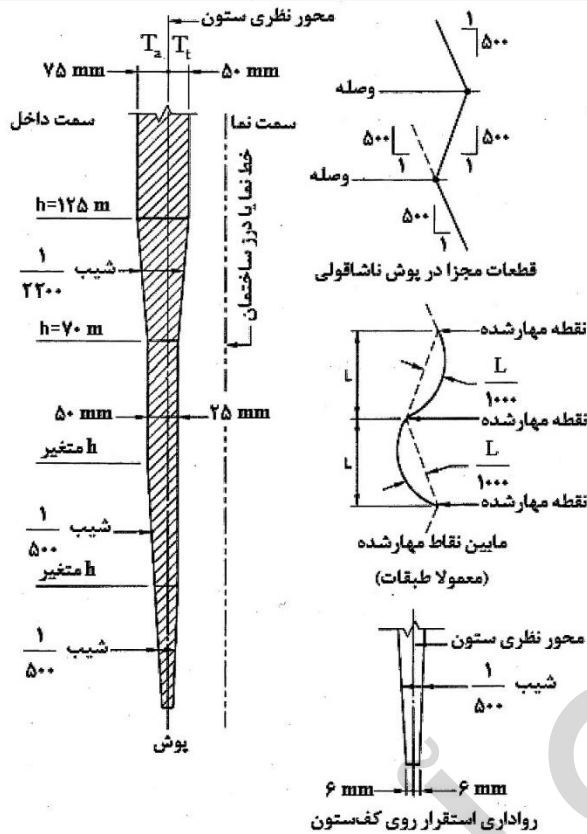
| رواداری (میلی متر) | ارتفاع تیر (میلی متر) |
|--------------------|-----------------------|
| 13 | ≤ 1800 |
| 20 | > 1800 |

۱۰-۴-۸-۶-۱۰ ناشاقولی ستون ها

در خصوص کنترل ناشاقولی ستون ها رعایت الزامات زیر ضروری است: (ص ۵۰۶)

الف) حداکثر جابه جایی محور ستون از محل مقرر در نقشه ها مساوی ± 6 میلی متر است.

ب) رواداری ناشاقولی ستون های خارجی به سمت نما و تمام ستون ها به سمت داخل ساختمان، مطابق شکل ۱۰-۴-۱۶ است. رواداری ناشاقولی ستون های مجاور شفت آسانسور مثل ستون های خارجی به سمت نما است. (ص ۵۰۶)



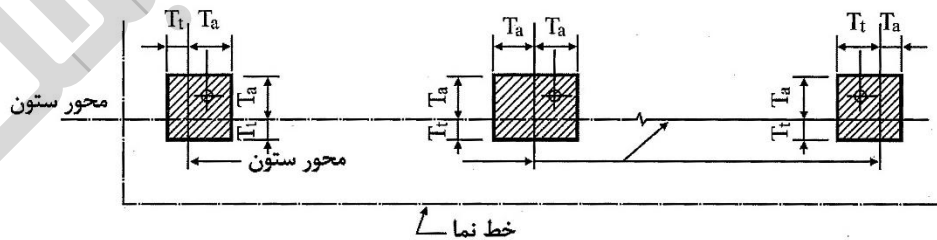
شکل ۱۰-۴-۱۶: پوش ناشاقولی ستون (ص ۵۰۷)

ت) در شکل ۱۰-۴-۱۷ پوش رواداری ناراستانی ستون‌های محور نمای ساختمان نشان داده شده است. در مورد ستون‌های داخلی، ناراستایی در محدوده پوش ناشاقولی مجاز است (شکل ۱۰-۴-۱۸). (ص ۵۰۷)

ث) رواداری ابعادی عرض و ارتفاع مقطع ستون مساوی ± 4 میلی‌متر است. (ص ۵۰۷)



شکل ۱۰-۴-۱۷: ناراستایی ستون‌های محور خارجی (ص ۵۰۸)

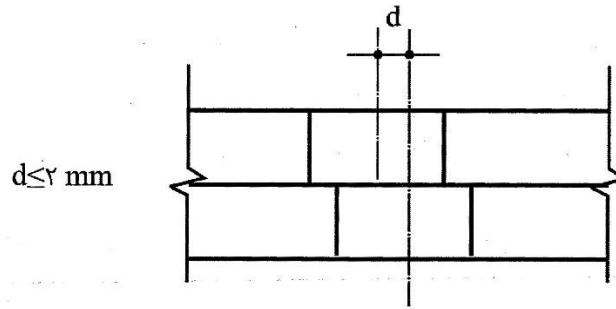


شکل ۱۰-۴-۱۸: ناراستایی ستون‌های ستون‌های داخلی (ص ۵۰۸)

۱۰-۴-۸-۷ رواداری مرکز سوراخ پیچ‌ها

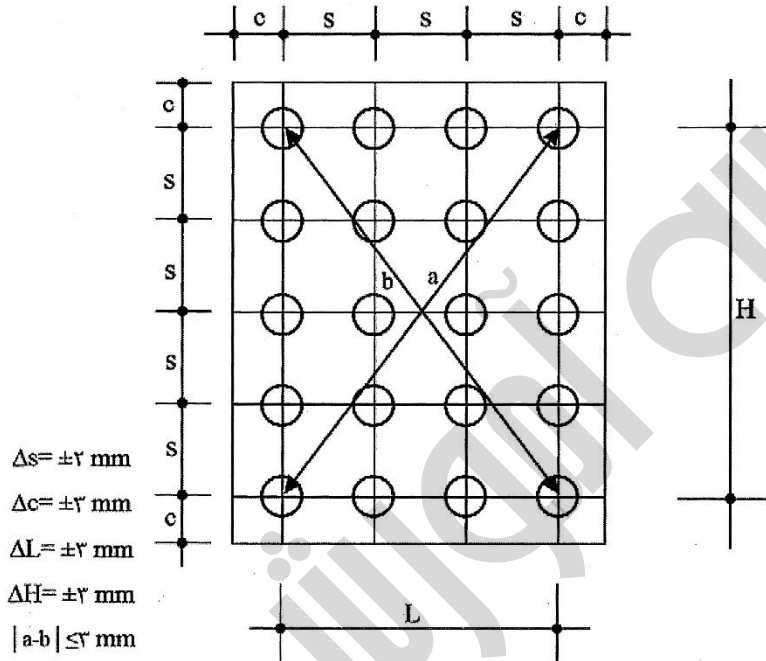
در خصوص رواداری مرکز سوراخ پیچ‌ها، رعایت الزامات زیر ضروری است:

الف) رواداری هم‌محور بودن مرکز سوراخ پیچ‌ها در دو قطعه متصل شونده مطابق شکل ۱۰-۴-۱۹ است:



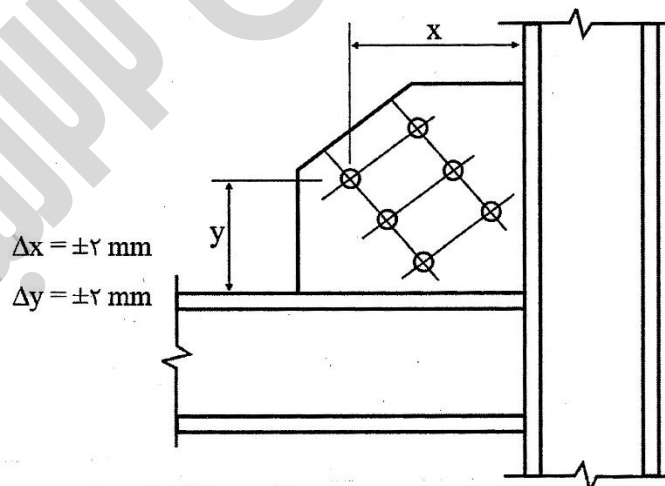
شکل ۱۰-۴-۱۹: هم‌محور بودن مرکز سوراخ پیچ‌ها در دو قطعه متصل شونده (ص ۵۰۸)

(ب) رواداری فواصل مرکز سوراخ پیچ‌ها نسبت به فواصل مقرر در نقشه‌ها مطابق شکل ۱۰-۴-۲۰ است:



شکل ۱۰-۴-۲۰: رواداری فواصل مرکز سوراخ پیچ‌ها نسبت به فواصل مقرر در نقشه‌ها (ص ۵۰۹)

(پ) رواداری مختصات مرکز سوراخ پیچ‌ها نسبت به مختصات مقرر در نقشه‌ها (ص ۵۰۹)



شکل ۱۰-۴-۲۱: رواداری مختصات سوراخ پیچ‌ها نسبت به مختصات مقرر در نقشه‌ها (ص ۵۰۹)

۱۰-۴-۹ کنترل کیفیت، تضمین کیفیت و الزامات اجرایی لرزه ای ++

۱۰-۴-۹-۱ الزامات اجرایی و بازرسی (ص ۵۲۰)

(ز) الزامات عنوان شده در جدول ۱۰-۴-۳۲ در خصوص برداشتن ورق گوشواره‌ای (ناودان انتهایی جوش) و پشت‌بند باید رعایت شود. (ص ۵۲۲)

جدول ۱۰-۴-۳۲: الزامات برداشتن پشتبند و ورق گوشواره‌ای (ناودان انتهایی جوش) (ص ۵۲۳)

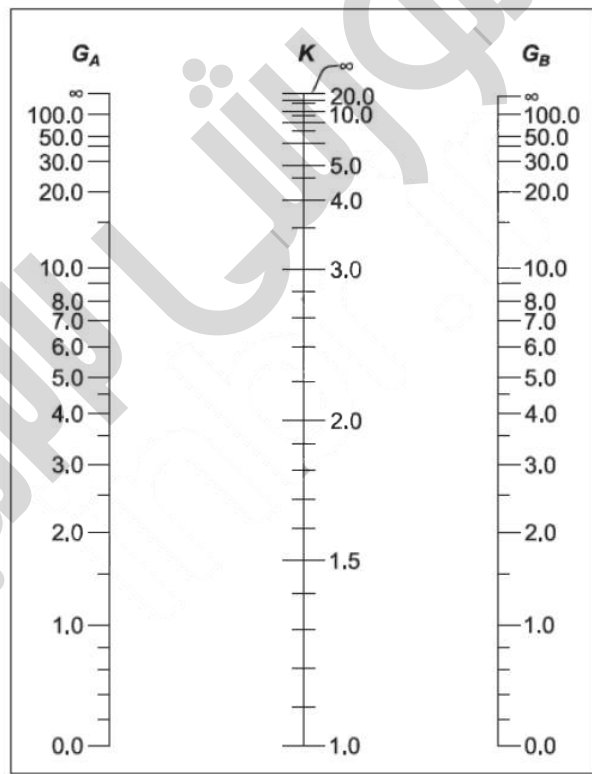
| پشتبند | ناودان انتهایی جوش | |
|---|---|----------------------------------|
| قاب‌های خمشی | | |
| باقی بماند و با جوش گوشه به ستون (نه به تیر) جوش داده شود | برداشته شود | اتصال بال فوقانی تیر به بال ستون |
| برداشته شود | برداشته شود | اتصال بال تحتانی تیر به بال ستون |
| باقی بماند و با جوش گوشه به ستون جوش داده شود | توصیه می‌شود در گوشه اتصال بال به جان ستون (نزدیک ناحیه k) استفاده نشود. در صورت استفاده باقی بماند | ورق‌های پیوستگی |
| | نزدیک لبه بال ستون برداشته شود | |
| قاب‌های مهاربندی شده همگرا | | |
| باقی بماند | باقی بماند | همه اتصالات مهاربندها |
| قاب‌های مهاربندی شده واگرا | | |
| مانند قاب‌های خمشی | برداشته شود | اتصال تیر پیوند به ستون |
| برداشته شود | برداشته شود | اتصال مهاربندها به تیر پیوند |
| باقی بماند | باقی بماند | سایر اتصالات مهاربندها |
| وصله ستون‌ها (در قاب‌های خمشی و مهاربندی شده همگرا و واگرا) | | |
| باقی بماند | برداشته شود | وصله ستون‌ها |

پیوست ۲ ضریب طول مؤثر اعضای فشاری (ص ۵۳۷)

۱۰-۲-۲ قاب‌های مهار نشده و طول مؤثر کمانشی اعضاء

$$\frac{[G_A G_B (\pi/K)^2 - 36]}{6(G_A + G_B)} - \frac{\pi/K}{\tan(\pi/K)} = 0 \quad (10-2-10)$$

$$K = \sqrt{\frac{1.6 G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5}} \geq 1.0 \quad (10-2-10)$$



شکل ۱۰-۲-۱۰: ضریب طول مؤثر (K) اعضای فشاری قاب‌های مهار نشده برحسب G_A و G_B (ص ۵۳۸)

در روابط ۱۰-۲-۱۰ و ۱۰-۲-۲ و نیز در نمودار شکل ۱۰-۲-۱۰، پارامترهای مبین سختی دو انتهای A و B عضو فشاری بوده و عبارت‌اند از: (ص ۵۳۹)

$$G_A = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_c}{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_b} \quad \begin{matrix} \text{ستون‌های متصل به گره } A \\ \text{تیرهای متصل به گره } A \end{matrix} \quad (10-2-10)$$

$$G_B = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_c : \text{ستون‌های متصل به گره } B}{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_b : \text{تیرهای متصل به گره } B}$$

(۱۰-۲-۴)

E = مدول الاستیسیته فولاد

I = ممان اینرسی تیرها و ستون‌ها حول محور عمود بر صفحه کمانش

L = طول اعضاء (ص ۵۳۹)

۱۰-۲-۴ ضریب طول مؤثر ستون‌هایی با شرایط تکیه‌گاهی ایده آل (ص ۵۴۱)

| توضیحات | انواع مختلف اعضای فشاری با شرایط تکیه‌گاهی ایده آل | | | | | |
|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) | (f) |
| شکل کمانش یافته عضو فشاری به صورت خط چین نشان داده شده است. | | | | | | |
| مقادیر نظری K | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 2.0 |
| مقادیر پیشنهادی K برای طراحی | 0.65 | 0.8 | 1.2 | 1.0 | 2.1 | 2.0 |
| نماد شرایط مرزی | = انتقال و دوران مقید = انتقال مقید، دوران آزاد = انتقال آزاد، دوران مقید = انتقال و دوران آزاد | | | | | |

جدول ۱۰-۲-۱: ضریب طول مؤثر (K) اعضای فشاری با شرایط تکیه‌گاهی ایده آل (ص ۵۴۱)

پیوست ۵ الزامات طراحی تیرهای لانه‌زنبوری با سوراخ‌های شش ضلعی

۱۰-۵-۳ الزامات طراحی تیرهای لانه‌زنبوری (ص ۵۵۵)

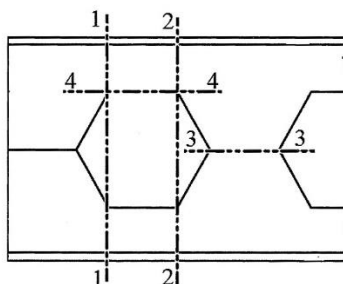
۱۰-۵-۲ مقاومت‌های موردنیاز

الف) مقاومت محوری موردنیاز (ص ۵۵۶)

مطابق شکل ۱۰-۵-۲ در هر یک از سوراخ‌ها مقاومت موردنیاز (T_r و P_r) در مقاطع بحرانی ۱ و ۲ باید از طریق تبدیل لنگر خمشی تیر در آن مقاطع به یک زوج نیروی کششی و فشاری که باید در محل محور خنثی الاستیک دو بخش T شکل فوقانی و تحتانی قرار گیرد، تعیین می‌شود.

ب) مقاومت برشی موردنیاز

در هر یک از سوراخ‌ها مقاومت برشی موردنیاز هر یک از مقاطع T شکل فوقانی و تحتانی (V_r) در وسط سوراخ (وسط مقاطع بحرانی ۱ و ۲ در شکل ۱۰-۵-۲) برابر نصف مقاومت برشی موردنیاز کل در این مقطع خواهد بود. (ص ۵۵۶)



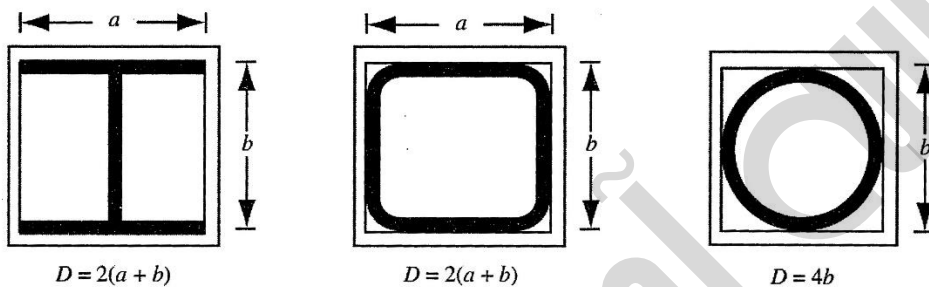
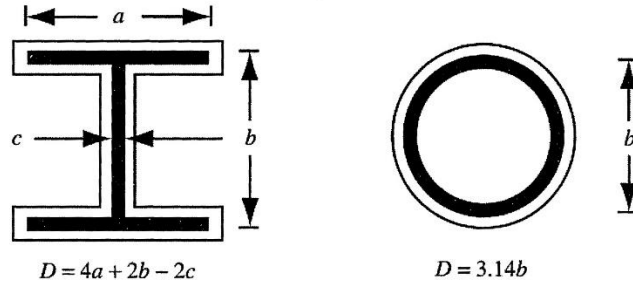
شکل ۱۰-۵-۱ مراحل ساخت تیرهای لانه‌زنبوری با سوراخ‌های شش ضلعی

تبصره: در صورتی که مقاطع T شکل فوقانی و تحتانی دارای عمق متفاوتی باشند، مقاومت برشی موردنیاز هر یک از مقاطع T شکل باید متناسب با سختی آن‌ها تعیین شود. (ص ۵۵۷)

پیوست ۶ حفاظت در برابر آتش

۱۰-۶-۲ جزئیات حفاظت ستونهای فولادی

در کلیه روشهای، حفاظتی مواد پوششی محافظت کننده در برابر آتش نباید هیچگونه نقشی در باربری ستون داشته باشد. در روشهای حفاظتی در این، بخش درجه بندی مقاومت ستون در برابر آتش براساس ضخامت پوشش محافظت کننده در برابر آتش جرم واحد طول ستون (M) و محیط در معرض گرمای ستون (D) ارائه میگردد که در آن مطابق شکل ۱۰-۶-۱۰ منظور از محیط در معرض گرما (D)، محیط داخلی پوشش محافظت کننده در برابر آتش است.



شکل ۱۰-۶-۱۰ محیط در معرض گرمای ستون های با مقطع مختلف (D)

۱۰-۶-۲-۱ حفاظت با استفاده از گچ برگها

گچ برگهای ضد آتش و روش نصب و اجرا باید تأیید شده توسط مرجع قانونی صدور گواهینامه فنی (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) باشد. در صورت وجود گواهینامه فنی معتبر، مقاومت در برابر آتش ستونهای فولادی که با استفاده از گچ برگهای ضد آتش محافظت می شوند، به شرح زیر می تواند تعیین گردد: (ص ۵۶۰)

الف) برای $\frac{M}{D} \leq 0.215$: (ص ۵۶۰)

$$R = 1.6 \left[\frac{h \left(\frac{M}{D} \right)^{0.75}}{2} \right] \quad (10-6-2-1)$$

۱۰-۶-۲-۲ حفاظت با استفاده از مواد حفاظتی پایه معدنی پاششی

مواد حفاظتی پایه معدنی پاششی و روش اجرا باید تأیید شده توسط مرجع قانونی صدور گواهینامه فنی (مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی) باشد. در صورت وجود گواهینامه فنی معتبر مقاومت در برابر آتش ستونهای فولادی که با استفاده از مواد حفاظتی پاششی محافظت می شوند به شرح زیر تعیین می شود: (ص ۵۶۱)

$$R = \left[0.672 C_1 \left(\frac{M}{D} \right) + 0.39 C_2 \right] h \quad (10-6-2-2)$$

R = درجه بندی مقاومت در برابر آتش (ساعت)

h = ضخامت لایه حفاظتی پاشیده شده (میلی متر)

D = محیط در معرض گرمای ستون (میلی متر)

M = جرم واحد طول ستون (کیلوگرم بر متر) (ص ۵۶۲)

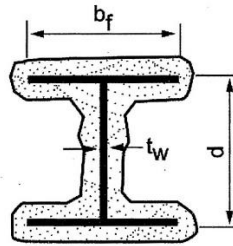
C_1 و C_2 = ثابت های وابسته به نوع پوششی حفاظتی است. این ضرایب از طریق آزمون های استاندارد مطابق مراجع علمی معتبر و برحسب نوع پوشش توسط مرجع صدور گواهینامه فنی تعیین می شود. در صورت عدم امکان آزمایش در مراحل اولیه طراحی می توان از مقادیر زیر به عنوان تخمین اولیه و قاعده سرانگشتی استفاده نمود. بدیهی است کفایت پوشش حفاظتی در نهایت باید از طریق گواهینامه فنی تأیید گردد. (ص ۵۶۲)

- اگر مواد حفاظتی پاششی از نوع سیمانی سبک با جرم مخصوص ۲۰۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشند، $C_1 = ۱.۱۵$ و $C_2 = ۰.۵۲$ در نظر گرفته شود. (ص ۵۶۲)
- اگر مواد حفاظتی پاششی از نوع معدنی سبک با جرم مخصوص ۲۰۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشند، $C_1 = ۱.۰۵$ و $C_2 = ۰.۷$ در نظر گرفته شود. (ص ۵۶۲)
- اگر مواد حفاظتی پاششی از نوع معدنی، پرلیت یا ورمیکولیت با جرم مخصوص ۳۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشند، C_1 و $C_2 = ۰.۵$ مطابق رابطه ۱۰-۶-۵ تعیین می شود. (ص ۵۶۲)
- اگر مواد حفاظتی پاششی از نوع سیمانی یا گچی با جرم مخصوص ۳۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشند، C_1 و $C_2 = ۱.۲$ مطابق رابطه ۱۰-۶-۵ تعیین می شود. (ص ۵۶۲)

$$C_1 = \frac{r}{r}$$

(ص ۱۰-۶-۵)

$r =$ جرم مخصوص مصالح (کیلوگرم بر مترمکعب) (ص ۵۶۲)



شکل ۱۰-۶-۳: حفاظت ستون‌های فولادی با استفاده از مواد حفاظتی پاششی

۱۰-۶-۲-۵ حفاظت با استفاده از بلوک‌های بنایی

مقاومت در برابر آتش ستون‌های فولادی محافظت شده با بلوک‌های بنایی از رابطه زیر به دست می آید: (ص ۵۶۶)

$$R = ۱.۲۲ \left(\frac{M}{D}\right)^{0.7} + ۰.۰۰۱۷۹ \frac{T_e^{1.6}}{K^{0.2}} \times \left[۱ + ۳۹۲ \left(\frac{A_s}{d_m T_e (0.25p + T_e)}\right)^{0.8} \right] \quad (۱۰-۶-۱۱)$$

$R =$ درجه بندی مقاومت در برابر آتش (ساعت) (ص ۵۶۶)

$M =$ جرم واحد طول ستون (کیلوگرم بر متر)

$D =$ محیط در معرض گرمای ستون (میلی متر) مطابق شکل ۱۰-۶-۵

$K =$ ضریب انتشار حرارت واحد بنایی بتنی یا سفالی مطابق جدول ۱۰-۶-۲

$A_s =$ سطح مقطع ستون فولادی (میلی متر مربع)

$d_m =$ چگالی واحد بنایی بتنی یا سفالی (کیلوگرم بر مترمکعب) (ص ۵۶۶)

$p =$ محیط داخلی واحدهای بنایی بتنی یا سفالی محافظ (میلی متر)

$T_e =$ ضخامت معادل واحد بنایی بتنی یا سفالی (میلی متر) که از رابطه زیر تعیین می شود: (ص ۵۶۶)

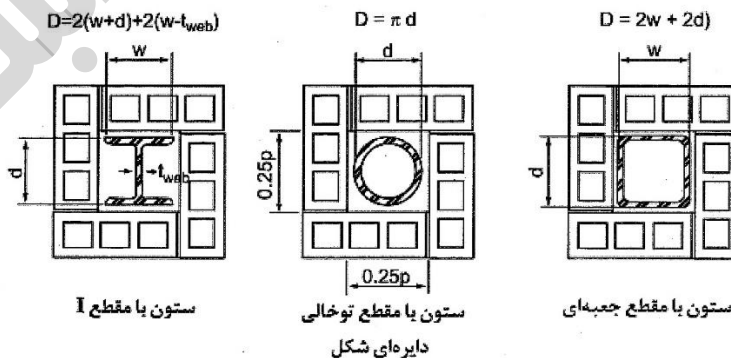
$$T_e = \frac{V_n}{LH}$$

(ص ۱۰-۶-۱۲) (ص ۵۶۶)

$V_n =$ حجم خالص واحد بنایی (میلی متر مکعب) (ص ۵۶۶)

$L =$ طول مشخصه واحد بنایی (میلی متر)

$H =$ ارتفاع مشخصه واحد بنایی (میلی متر) (ص ۵۶۶)



ستون با مقطع I

ستون با مقطع توخالی

ستون با مقطع مربعی

دایره‌های شکل

شکل ۱۰-۶-۵: حفاظت ستون‌های فولادی با استفاده از بلوک‌های بنایی

فصل ۱

مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (۱۴۰۱)

گروه آموزشی ۲۲ محبت



طرح و اجرای ساختمان های فولادی

بخش مقدماتی

بررسی سوالات طبقه‌بندی شده بحث، دهم مقررات ملی ساختمان

- ۱) به کدامیک از گزینه های زیر در اصطلاح «اتصال لغزش بحرانی» گفته می شود؟
- ۱) اتصالی که زاویه بین تیر و ستون بدون تغییر باشد.
 - ۲) اتصالی که انتقال نیروی برشی از طریق اصطکاک بین سطوح انجام شود.
 - ۳) اتصالی که دوران و لغزش به تکیه گاه انتقال ندهد.
 - ۴) اتصالی که انتقال نیروی برشی از طریق اتکا بین سطوح انجام شود.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف اتصال لغزش بحرانی، صفحه ۲

گزینه ب صحیح است.

- ۲) برای اجتناب از قطع ناگهانی زنجیره جوش کدام گزینه مؤثر است؟
- ۱) جوش در انتهای یک ضلع دیگر متقاطع آن برگشت داده می شود.
 - ۲) جوش در چند حرکت رفت و برگشت پُر می شود.
 - ۳) جوش توسط پیش گرمایش اجرا می شود.
 - ۴) بین ضلع کوچک و ضلع بزرگ قطعه شیار داده شود.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف برگشت جوش، صفحه ۳

گزینه الف صحیح است.

- ۳) به آثار ناشی از توزیع یکنواخت تنش کششی در یک عضو یا جزء اتصال دهنده در ناحیه اتصال کدام گزینه زیر اطلاق می گردد؟
- ۱) عمل اهرمی
 - ۲) عمل میدان کششی
 - ۳) برش قالبی
 - ۴) تأخیر برشی
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف تأخیر برشی، صفحه ۴

گزینه د صحیح است.

- ۴) کدامیک بیانگر بیشترین تنش کششی نهایی محتمل مصالح فولادی است؟
- RyFu (۱) RyFu (۲) RtFu (۳) RtFu (۴)
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف تنش کششی نهایی مورد انتظار، صفحه ۶

گزینه د صحیح است.

- ۵) در سازه های فولادی انتقال نیروهای جانبی از دیافراگم کف به سیستم باربر جانبی توسط کدام یک از گزینه های زیر صورت می گیرد؟
- ۱) آرماتورهای افق و حرارت
 - ۲) برشگیرها
 - ۳) سخت کننده های عرضی
 - ۴) گاست پلیت ها
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف دیافراگم کف، صفحه ۹

گزینه ب صحیح است.

- ۶) در طراحی سازه های فولادی برای نیروی زلزله تشدید یافته ضریب اضافه مقاومت (Ω) به کدام پارامتر بستگی ندارد؟
- (۱) درجه نامعینی سازه
(۲) اثرات اجزای غیر سازه ای
(۳) تغییر مکان جانبی سازه
(۴) جزئیات بندی اعضاء سازه
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف زلزله تشدید یافته، صفحه ۱۰

گزینه ج صحیح است.

- ۷) برای جلوگیری از گسیختگی و کماتش موضعی جان اعضاء فولادی کدامیک از گزینه های زیر استفاده می شود؟
- (۱) ورق پرکننده
(۲) ورق تقویت کننده
(۳) ورق زیر سری
(۴) ورق سخت کننده عرضی
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف سخت کننده عرضی، صفحه ۱۱

گزینه د صحیح است.

- ۸) در سقف های عرشه فولادی در چه شرایطی سطوح عرشه می تواند به عنوان بخشی از فولاد کششی دال بتنی عمل نماید؟
- (۱) اگر سطوح عرشه فولادی لاغر باشند.
(۲) اگر سطوح عرشه فولادی دارای برجستگی باشند.
(۳) اگر سطوح عرشه فولادی فشرده باشند.
(۴) در هیچ شرایطی این امکان وجود ندارد.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف عرشه فولادی، صفحه ۱۳

گزینه ب صحیح است.

- ۹) در ورق های اتصال انتهایی انعطاف پذیر عضو فولادی توجه به کدام موضوع ضرورت دارد؟
- (۱) عمل میدان کششی
(۲) عمل اهرمی
(۳) تأخیر برشی
(۴) برش قالبی
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف عمل اهرمی، صفحه ۱۴

گزینه ب صحیح است.

- ۱۰) کدام جمله صحیح است؟
- (۱) قاب خمشی معمولی از طریق تغییر شکل های دورانی فرا ارتجاعی محدود شکل پذیری مورد نظر را تأمین می کند
(۲) قاب خمشی متوسط از طریق تغییر شکل های دورانی فرا ارتجاعی کم شکل پذیری مورد نظر را تأمین می کند.
(۳) قاب خمشی ویژه بدون تغییر شکل های دورانی فرا ارتجاعی شکل پذیری مورد نظر را تأمین می کند
(۴) قاب خمشی مختلط ویژه از طریق تغییر شکل های دورانی فرا ارتجاعی زیاد شکل پذیری مورد نظر را تأمین می کند
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف قاب خمشی مختلط ویژه، صفحه ۱۵

گزینه د صحیح است.

- ۱۱) در کدامیک از سیستم های سازه های زیر شکل پذیری از طریق کماتش مهاربند فشاری حاصل می شود؟
- (۱) قاب مهاربندی شده همگرای معمولی
(۲) قاب مهاربندی شده واگرا
(۳) قاب مهاربندی شده کماتش
(۴) قاب مهاربندی شده همگرای مختلط ویژه

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف قاب مهاربندی شده همگرای مختلط ویژه، صفحه ۱۷

گزینه د صحیح است.

۱۲) کدام مورد در میان طبقه بندی مقاطع فولادی قرار نمی گیرد؟

- (۱) اجزای لاغر (۲) مقطع غیر فشرده (۳) مقطع فشرده لرزه ای (۴) اجزای حجیم
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، انواع مقطع فولادی، صفحه ۲۰

گزینه د صحیح است.

۱۳) در سازه های فولادی به ورق های دارای سختی که برای انتقال نیروهای داخل صفحه ای به اجزای تکیه گاهی به کار می روند در اصطلاح چه می گویند؟

- (۱) ورق پوششی (۲) ورق دیافراگمی (۳) ورق پیوستگی (۴) ورق پرکننده
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف ورق دیافراگمی، صفحه ۲۲

گزینه ب صحیح است.

۱۴) کنترل کدام معیار مربوط به حالت حدی مقاومت است؟

- (۱) خستگی (۲) ارتعاش (۳) لغزش اتصالات (۴) تغییر شکل ها
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۱-۲-۲-۲، صفحه ۲۵

گزینه الف صحیح است.

۱۵) رده فولاد St-۳۷ در استاندارد جدید ایران (ISIRI ۱۴۲۶۲) کدام گزینه بوده و تنش تسلیم مشخصه (F_y) آن برای ضخامت ۲۰ میلی متر چند مگاپاسکال است؟

- (۱) S ۲۳۵ - ۲۲۵ مگاپاسکال (۲) S ۲۳۵ - ۲۳۵ مگاپاسکال (۳) S ۲۷۵ - ۲۷۵ مگاپاسکال (۴) S ۲۷۵ - ۲۶۵ مگاپاسکال
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۱-۱، صفحه ۳۰

گزینه الف صحیح است.

۱۶) برای بیج پر مقاومت ۱۰.۹ مقدار کرنش نهایی (ϵ_u) چند درصد باید باشد؟

- (۱) ۱۲ (۲) ۹ (۳) ۸ (۴) ۱۰
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۱-۵، صفحه ۳۴

گزینه ب صحیح است.

۱۷) در روش تحلیل مستقیم ضریب طول مؤثر (k) اعضاء دارای بار محور فشاری برای تعیین مقاومت چقدر باید در نظر گرفته شود؟

۱) ۰/۵ (۳)

۲) ۰/۷۵ (۴) ضریب طول مؤثر هر عضو متفاوت در اعضاء دیگر است

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۱-۲-۱-۵-۱، قسمت ۴، صفحه ۴۳

گزینه ج صحیح است.

۱۸) برای تعیین مقاومت مورد نیاز اعضاء ساختمان های فولادی که در پایداری سازه موثر هستند مقدار ضریب کاهش سختی در روش تحلیل مستقیم چقدر خواهد بود؟

۱) ۰/۷۵ (۲) ۰/۸۵ (۳) ۰/۹ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۱-۲-۱-۵-۲، صفحه ۴۴

گزینه ب صحیح است.

۱۹) در صورتیکه بخواهیم یک پروفیل IPE ۱۴۰ را به عنوان میل مهار کششی بکار ببریم فقط از لحاظ کنترل لاغری حداکثر طول آن چند متر باید باشد؟ (فرض کنید میل مهار دارای پیش تنیدگی اولیه به میزان کافی باشد)

۱) ۴/۹۵ (۲) ۱/۶ (۳) ۳/۱ (۴) رعایت محدودیت لاغری الزامی نیست

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۳-۲، صفحه ۶۰

گزینه د صحیح است.

۲۰) در یک عضو کششی مشخص شده است که بار تنها به وسیله جوش عرضی و توسط قسمتی از اجزای مقطع منتقل می گردد در این حالت ضریب تأخیر برش (u) چقدر خواهد بود؟

۱) ۰.۶ (۲) ۰.۷ (۳) ۰.۸ (۴) ۱

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۱-۳-۱-۳، ردیف ۳، صفحه ۶۱

گزینه د صحیح است.

۲۱) چنانچه در یک مقطع فولادی مرکب تحت کشش، ورق های متصل به یک نیمرخ فولادی یا به یک ورق دیگر توسط نوارهای جوش منقطع به یکدیگر متصل شوند، حداکثر فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع در امتداد طولی عضو:

۱) در قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی شوند و احتمال زنگ زدگی دارند، ۲۴ برابر ضخامت نازکترین ورق یا ۳۰۰ میلی متر است.

۲) در قطعات رنگ نشده که تحت اثر زنگ زدگی و خوردگی (حاصل از عوامل جوی) قرار گیرند، ۱۴ برابر ضخامت نازکترین ورق یا ۱۸۰ میلی متر است.

۳) در قطعات رنگ نشده که تحت اثر زنگ زدگی قرار گیرند، ۲۴ برابر ضخامت نازکترین ورق یا ۳۰۰ میلی متر است. (۴) هر سه گزینه صحیح است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۳-۵، صفحه ۶۴

گزینه ب صحیح است.

۲۲) یک عضو کششی تشکیل شده است از دو پروفیل UNP۸۰ که توسط جوش در تماس با یکدیگر هستند. فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع حداکثر چند میلی متر است؟

- ۱) ۱۵۰ (۲) ۳۰۰ (۳) ۶۰۰ (۴) ۸۰۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۳-۵، قسمت (ت)، صفحه ۶۵

گزینه ج صحیح است.

۲۳) حداکثر نسبت لاغری اعضای که برای تحمل نیروی فشاری طراحی می شوند چقدر است؟

- ۱) ۱۰۰ (۲) ۱۵۰ (۳) ۲۰۰ (۴) ۳۰۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۴-۲، صفحه ۶۹

گزینه ج صحیح است.

۲۴) یک ستون فولادی تشکیل شده است از دو پروفیل IPEI ۸۰ که توسط جوش بهم متصل شده اند حداکثر فاصله خالص بین جوش های منقطع این ستون چند میلی متر باید باشد؟ (اتصال دو پروفیل بدون ورق خارجی بوده و اتصالات در خطوط اتصال مجاور به حالت پس و پیش قرار دارد)

- ۱) ۲۵۰ (۲) ۳۰۰ (۳) ۴۰۰ (۴) ۴۵۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۴-۲-۱۰، قسمت (ت)، صفحه ۷۶

گزینه د صحیح است.

۲۵) در اجرای یک ستون متشکل از دو نیمرخ و بست مورب کدام گزینه صحیح نمی باشد؟

- ۱) بست های مورب در انتهای ستون باید به ورق بست انتهایی ختم شوند.
- ۲) اگر در قسمت های وسط ستون نظم بست ها بهم بخورد باید ورق اتصال به ستون تعبیه گردد.
- ۳) بست های مورب می توانند از نبشی یا ناودانی انتخاب شوند.
- ۴) اگر فاصله بین مرکز هندسی اتصالات دو انتهای بست بیش از ۴۰۰ میلی متر باشد بهتر است بست ها ضربدری باشند

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۴-۲-۱۰، قسمت (ج)، مورد ۱، صفحه ۷۷

گزینه ب صحیح است.

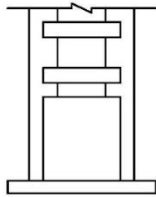
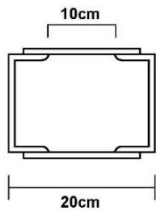
۲۶) در طراحی اعضای فولادی برای نیروی فشاری، زاویه محور طولی بست ها نسبت به محور طولی عضو فشاری (مثل ستون) برای بست های مورب ضربدری و بست های مورب تکی باید به ترتیب حداقل چند درجه باشد؟

- ۱) ۴۵ - ۶۰ (۲) ۳۰ - ۶۰ (۳) ۴۵ - ۳۰ (۴) ۴۵ - ۳۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۷۸، مورد (۶) جزء (ج) ادامه بند ۱۰-۲-۴-۲

گزینه الف صحیح است.

۲۷) بر اساس شکل زیر در مورد اجرای ورق انتهایی در ستون فولادی (روی صفحه) با مقاطع ساخته شده (دو نیمرخ ناودانی و بست‌های موازی) در محل اتصال به پی، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟



۱) در صورت نیاز به استفاده از ورق انتهایی ارتفاع آن بستگی به فاصله نیمرخ‌ها از هم ندارد.
۲) اگر ارتفاع ورق انتهایی ۱۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شود، الزامات حداقل ارتفاع رعایت شده است.

۳) در تمامی موارد که اتصال به صفحه ستون با نبشی و به صورت مفصلی باشد نیاز به ورق انتهایی نیست.

۴) اگر ارتفاع ورق انتهایی ۲۱/۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شود، الزامات حداقل ارتفاع رعایت شده است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۸۰، شکل ۱۰-۲-۴

توضیح: طول ورق‌های بست انتهایی (در امتداد طولی عضو) باید حداقل برابر فاصله مراکز هندسی نیمرخ‌های تشکیل دهنده عضو فشاری باشد. و طول ورق‌های اتصال به تیر باید فضای کافی برای برقراری اتصال را داشته باشد.

گزینه د صحیح است.

۲۸) برای اجرای یک تیر فولادی لازم است بال‌های تیر نورد شده به کمک ورق‌های پوششی تقویت شود. حداکثر چند درصد سطح مقطع کل بال را می‌توان به ورق‌های پوششی اختصاص داد؟ (فرض کنید اتصال ورق پوششی به بال تیر از نوع جوشی می‌باشد.)

۸۰ (۴)

۷۰ (۳)

۶۰ (۲)

۵۰ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۵-۱۳، قسمت (ب-۱)، صفحه ۱۲۱

گزینه ج صحیح است.

۲۹) کدام گزینه در مورد طول گیرایی ورق‌های پوششی بال مقاطع اعضای خمشی صحیح نیست؟

۱) طول گیرایی برای ورق‌های پوششی که در تمام طول دهانه ادامه ندارد کاربرد دارد.

۲) در طول گیرایی می‌توان از پیچ‌های معمولی یا جوش گوشه جهت اتصال استفاده نمود.

۳) طول گیرایی باید به اندازه‌ای باشد که قادر به انتقال برش افقی تیر باشد.

۴) طول گیرایی برای قطع ورق‌های پوششی بال‌ها کاربرد دارد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۵-۱۳، قسمت (ب-۳)، صفحه ۱۲۲

گزینه ب صحیح است.

۳۰) در ساختمان‌های فولادی اتصال جان به بال اعضای ساخته شده از ورق توسط کدام گزینه زیر باید انجام شود؟

۱) پیچی (۲) جوشی (۳) هم جوشی و هم پیچی (۴) پرچی

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۵-۱۳، قسمت (ث)، صفحه ۱۲۳

گزینه ب صحیح است.

۳۱) کدام گزینه در مورد سخت‌کننده‌های عرضی تیرهای فولادی صحیح نیست؟

۱) در شرایطی می‌توان سخت‌کننده عرضی را نرسیده به بال کششی قطع کرد.

۲) سخت‌کننده عرضی باید به بال فشاری متصل گردد.

۳) فاصله مرکز به مرکز پیچهایی که سخت کننده را به جان متصل می کند نباید از ۳۰۰ میلیمتر بیشتر باشد.
 ۴) در هر صورت باید سخت کننده عرضی به بال کششی متصل شود.
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۶-۲-۳، قسمت الف، صفحه ۱۲۸

گزینه الف صحیح است.

۳۲) کدامیک از گزینه های زیر از روش های تعیین مقاومت اسمی اعضا مقطع مختلط نیست؟

- ۱) روش توزیع تنش پلاستیک
 ۲) روش توزیع تنش الاستیک
 ۳) روش تنش - کرنش نهایی
 ۴) روش سازگاری کرنش
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۱-۱، صفحه ۱۴۴

گزینه ج صحیح است.

۳۳) در محاسبه مقاومت اسمی اعضای مختلط با مقطع مختلط محاط در بتن کدام مورد حائز اهمیت نیست؟

- ۱) مقاومت فشاری بتن
 ۲) آثار کمانش موضعی
 ۳) مقاومت کششی بتن
 ۴) گزینه ۲ و ۳
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۱-۱، صفحه ۱۴۴

گزینه ب صحیح است.

۳۴) اگر مقاومت فشاری نمونه استوانه ای بتن برابر ۳۰ مگا پاسکال باشد آنگاه در روش توزیع تنش پلاستیک یک مقطع مختلط دایره ای شکل توخالی مقدار تنش بتن در ناحیه فشاری چند مگا پاسکال در نظر گرفته خواهد شد؟

- ۱) ۲۸.۵
 ۲) ۲۵.۵
 ۳) ۳۰
 ۴) ۱۹.۵
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۱-۱، قسمت الف، صفحه ۱۴۴
 توضیح:

$$0.95 * 30 = 28.5$$

گزینه الف صحیح است.

۳۵) برای تعیین مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط نامنظم فولادی از کدام روش استفاده می شود؟

- ۱) روش تنش الاستیک
 ۲) روش سازگاری کرنش
 ۳) روش تنش پلاستیک
 ۴) روش تنش - کرنش مؤثر
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۱-۱، قسمت ب، صفحه ۱۴۵

گزینه ب صحیح است.

۳۶) حداقل تنش فشاری مشخصه بتن (نمونه استوانه) برای اعضاء با مقطع مختلط کدام است؟

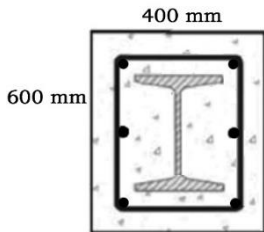
- ۱) ۱۶ Mpa
 ۲) ۱۸ Mpa
 ۳) ۲۰ Mpa
 ۴) ۲۵ Mpa

صفحه ۱۴۵ بند ۱۰-۲-۸-۱-۲ حداقل تنش فشاری نمونه استوانه ای نباید از ۲۰ مگاپاسکال کمتر باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۱-۲، مورد ۱، صفحه ۱۴۵

گزینه ج صحیح است.

۳۷) یک ستون غیر لرزه بر مختلط مطابق شکل زیر مفروض است قطر آرماتورهای طولی برابر ۲۲ میلی متر و قطر تنگ های عرضی ۱۲ میلی متر است حداکثر فاصله تنگ های عرضی بر حسب میلی متر چقدر می تواند باشد؟



- (۱) ۲۰۰
(۲) ۲۵۰
(۳) ۳۰۰
(۴) ۴۰۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۱-۲، قسمت الف، صفحه ۱۴۹

توضیح: در هر حال حداکثر فاصله تنگ های عرضی در راستای طولی نباید از نصف بعد کوچکتر مقطع مختلط بیشتر باشد بنابراین با تقسیم عدد ۴۰ بر ۲ فاصله ۲۰ بدست می آید از طرفی برای قطر تنگ ۱۲ فاصله مرکز تا مرکز تنگ ها ۴۰۰ میلی متر است که تعیین کننده نیست

گزینه الف صحیح است.

۳۸) اگر ستونی از بتن مسلح با هسته فولادی طراحی شده باشد، سطح مقطع هسته فولادی باید حداقل چند درصد مساحت کل مقطع مختلف باشد؟

- (۱) ده (۲) دو (۳) سه (۴) یک

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۴۹، مورد (۱) جزء (الف) بند ۱۰-۲-۸-۱-۲

گزینه د صحیح است.

۳۹) یک مهندس مجری می خواهد یک ستون مختلط با مقطع فولادی را اجرا نماید جهت جلوگیری از کمایش هر یک از مقاطع فولادی در اثر بارهای وارده و قبل از سقف شدن بتن کدام روش مناسب نیست؟

- (۱) اتصال دو مقطع با تسمه
(۲) اتصال دو مقطع با نبشی
(۳) اتصال دو مقطع با ناودانی
(۴) اتصال دو مقطع با جوش مستقیم

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۱-۲، قسمت (ث-۳)، صفحه ۱۵۱

گزینه د صحیح است.

۴۰) در ستون های با مقطع مختلط کدام یک از گزینه های زیر صحیح است؟

- (۱) مقاومت فشاری ستون با طول فاقد مهار جانبی آن، نسبت مستقیم دارد.
(۲) اعضای محوری نمی توانند از مقاطع توخالی مستطیل شکل نورد شده باشند.
(۳) فاصله آزاد بین آرماتورهای طولی و هسته فولادی محاط شده در بتن نمی تواند از ۴۰ میلی متر کمتر باشد.
(۴) در ستون های مختلط پر شده با بتن مساحت مقطع فولادی می تواند حداکثر یک درصد مساحت کلی مقطع باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۲-۱۰-ب صفحه ۱۴۹ و بند ۱۰-۲-۸-۲-۱۰-ب صفحه ۱۴۸ و بند ۱۰-۲-۸-۲-۱-ث-۲ صفحه ۱۵۱ و بند ۱۰-۲-۸-۲-۱-الف-۱ صفحه ۱۵۲

توضیح: مطابق بند ۱۰-۲-۸-۲-۱۰-ب، برای مقاطع مختلط محاط در بتن و دارای دو محور تقارن، مقاومت فشاری موجود برابر $\phi_c P_n$ می باشد که در آن ϕ_c ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۷۵ و P_n مقاومت فشاری اسمی مقطع می باشد که باید بر اساس حالت حدی کمانش خمشی با توجه به لاغری عضو به شرح ذیل تعیین شود. در فرمول ارائه شده دیده می شود که رابطه مقاومت فشاری ستون با طول فاقد مهار جانبی، نسبت مستقیم ندارد. لذا گزینه (۱) نادرست می باشد.

$$P_e = \pi^2 \frac{(EI)_{eff}}{(KL)^2}$$

مطابق بند ۱۰-۲-۸-۲-ب:

الف: اعضای محوری با مقطع مختلط محاط در بتن که در آن مقطع فولادی نورد شده یا ساخته شده از ورق در بتن سازه ای محاط است.

ب: اعضای محوری با مقطع مختلط پر شده با بتن سازه ای پر شده است. گزینه (۲) نادرست می باشد.

مطابق بند ۱۰-۲-۸-۲-۱-ث-۲:

۱- الزامات مربوط به پوشش بتن روی میلگردها، وصله میلگردها، فواصل میلگردها و خم میلگردها باید با توجه به الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تعیین گردد.

۲- فاصله آزاد بین مقطع فولادی و میلگردها باید از ۱/۵ برابر قطر میلگردها طولی و ۴۰ میلی متر بزرگتر باشد. گزینه (۳) صحیح است.

مطابق بند ۱۰-۲-۸-۲-۱-الف-۱:

اعضای محوری با مقطع مختلط پر شده با بتن باید محدودیت های زیر را برآورده نمایند.

۱- مساحت بخش فولادی باید حداقل یک درصد مساحت کلی مقطع مختلط باشد.

۲- نسبت پهنا به ضخامت در اجزای مقطع فولادی باید مطابق با الزامات بند ۱۰-۲-۸-۳-۱-۳ تعیین شود. گزینه (۴) نادرست می باشد.

گزینه ج صحیح است.

۴۱) حداقل ضخامت دال بتنی در حالت بدون استفاده از ورق های عرشه که با مقطع فولادی به صورت مختلط عمل می نماید چند میلی متر است؟

- ۵۰ (۱) ۶۰ (۲) ۸۰ (۳) ۱۰۰ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۳-۱-ب قسمت ب، صفحه ۱۵۴

گزینه ج صحیح است.

۴۲) اگر ارتفاع ورق های فولادی شکل داده شده در یک سقف مختلط ۴۰ میلی متر باشد و ضخامت بتن روی آن ۵۰ میلی متر باشد ارتفاع کدام یک از گل میخ های زیر برای اجرای این سقف مناسب تر است؟

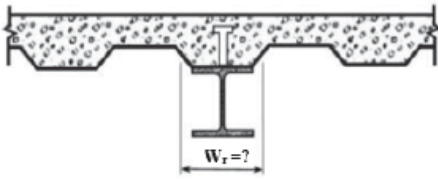
- ۱) بستگی به فاصله بین برشگیرها دارد ۲) ۹۰ میلی متر
۳) ۴۰ میلی متر ۴) ۷۵ میلی متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۶۰، موردهای (۲) و (۳) جزء (پ-۱) ادامه بند ۱۰-۲-۸-۳-۱

توضیح: دال بتنی باید به وسیله برشگیرهای از نوع گل میخ با قطر حداکثر ۲۰ میلی متر به مقطع فولادی متصل شوند. گل میخ ها باید از طریق عرشه فولادی یا به طور مستقیم به مقطع فولادی جوش شوند. پس از نصب ارتفاع گل میخ ها که از بالای عرشه فولادی اندازه گیری می شود، نباید از ۴۰ میلی متر و نصف ضخامت دال بتنی روی عرشه کوچکتر باشد. ۲- پوشش بتن روی گل میخ ها نباید از ۱۵ میلی متر کمتر باشد. لذا ارتفاع مناسب گل میخ برابر $75 \text{ mm} = 15 + (40 + 50)$ می باشد. البته ضخامت دال بتنی در قسمت فوقانی عرشه فولادی حداقل ۵۵ میلی متر باشد که در سؤال ۵۰ میلی متر داده شده است و با همان فرض ۵۰ میلی متر، سؤال پاسخ داده شده است.

گزینه د صحیح است.

۴۳) برای سقف عرشه فولادی زیر که کنگره های آن موازی با محور طولی تیر است اگر ارتفاع اسمی عرشه برابر ۵۰ میلی متر باشد پنهای متوسط کنگره های پر شده با بتن در روی تیر تکیه گاهی حداقل چند میلی متر باید باشد؟ از یک گل میخ در پهنای استفاده شده است.



- ۴۰ (۱)
۴۵ (۲)
۵۰ (۳)
۶۰ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱-۳-۸-۲-۱۰ قسمت (پ-۳)، صفحه ۱۶۱

گزینه ج صحیح است.

۴۴) برای یک ستون مختلط محاط در بتن که طول هر بعد آن ۵۰ سانتیمتر بوده و ارتفاع اتصال تیر به ستون آن ۲۵ سانتی متر می باشد مقدار طول مقرر بار چقدر خواهد بود؟

- ۷۵۰ mm (۱)
۱۰۰۰ mm (۲)
۱۲۵۰ mm (۳)
۱۵۰۰ mm (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۲-۱۰-۴-۶-۴، قسمت الف، صفحه ۱۷۴

گزینه ج صحیح است.

۴۵) در مورد برشگیرها در تیرهای مختلط با مقطع فولادی کدام جمله صحیح نیست؟

- (۱) طول برشگیر از نوع گل میخ نباید از ۴ برابر قطر آن کوچکتر باشد.
(۲) پوشش بتن روی برشگیر از نوع ناودانی از ۱۵ میلی متر کوچکتر نباشد.
(۳) قطر گل میخ نباید از ۲.۵ برابر ضخامت فلز پایه ای که به آن جوش می شود بیشتر شود.
(۴) در دال های بتنی تو پر متکی بر تیر فولادی ارتفاع برشگیر از نوع ناودانی نباید از نصف ضخامت دال کوچکتر در نظر گرفته شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۲-۱۰-۸-۸-۴، قسمت الف، مورد ۴، صفحه ۱۷۶

گزینه ب صحیح است.

۴۶) در طراحی و اجرای تمامی سقف های مختلط کدام یک از گزاره های زیر صحیح می باشد؟

- (۱) حداقل فاصله گل میخ های برشگیر به قطر ۲۰ میلی متر در امتداد محور طولی تیر باید ۱۲۰ میلی متر باشد.
(۲) حداقل فاصله گل میخ های برشگیر به قطر ۲۰ میلی متر در امتداد محور طولی تیر باید ۱۰۰ میلی متر باشد.
(۳) حداقل فاصله گل میخ های برشگیر به قطر ۲۰ میلی متر در هر امتداد باید ۸۰ میلی متر باشد.
(۴) همه برشگیرها باید حداقل ۲۵ میلی متر پوشش جانبی از بتن داشته باشند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۷۹، مورد (۴) جزء (ث) ادامه بند ۱۰-۲-۸-۸

گزینه الف صحیح است.

۴۷) برای برشگیرهای یک ستون مختلط فولادی حداکثر قطر گل میخ بدون توجه به ضخامت فلز پایه ای که گل میخ به آن جوش می شود چند میلی متر است؟

- ۱) ۲۵ ۲) ۲۰ ۳) ۱۵ ۴) ۱۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۹، قسمت الف، پاراگراف سوم، صفحه ۱۸۰

گزینه ب صحیح است.

۴۸) در سقفهای مختلط به صورت مقطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن به همراه برشگیر، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح می باشد؟

- ۱) فاصله مرکز تا مرکز گل میخ‌های با قطر ۱۵ mm حداکثر می تواند ۵۰ mm باشد.
 ۲) ضخامت دال بتنی می تواند ۶۰ mm باشد.
 ۳) برشگیرها باید حداقل ۲۵mm پوشش جانبی از بتن داشته باشند.
 ۴) فاصله مرکز تا مرکز برشگیرها از نوع ناودانی حداکثر می تواند ۴۰۰ mm باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۹ جزء (ج) صفحه ۱۸۳ و بند ۱۰-۲-۸-۳-۱-ب صفحه ۱۵۴

گزینه ج صحیح است.

۴۹) در یک اتصال ساده با نبشی نشیمن جوشی حداقل طول برگشت جوش چند برابر بعد جوش در نظر گرفته می شود؟

- ۱) ۰.۵ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، شکل ۱۰-۲-۹-۴، صفحه ۱۸۸

گزینه ج صحیح است.

۵۰) قرار است در یک مقطع غیر لرزه ای ساخته شده از ورق، سوراخ های دسترسی برای جوشکاری پس از اتمام جوشکاری بالها به جان صورت گیرد در این حالت:

- ۱) انتهای سوراخ دسترسی می تواند عمود بر بال باشد.
 ۲) انتهای سوراخ دسترسی می تواند موازی بال باشد.
 ۳) انتهای سوراخ دسترسی به صورت شیبدار کاملاً یکنواخت باشد.
 ۴) انتهای سوراخ دسترسی باید با سنگ زدن به صورت فلز صاف و براق درآورد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۴-۱، صفحه ۱۹۰

گزینه ج صحیح است.

۵۱) افزایش چشمگیر گریز افقی ساختمان در طبقات از عواقب خطا در ساخت کدامیک از انواع اتصال کف ستون می باشد؟

- ۱) ساده ۲) نیمه گیردار
 ۳) گیردار ۴) گریز افقی ساختمان ناشی از خطا اجرای کف ستون نیست

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۵-۱، صفحه ۱۹۱

گزینه ب صحیح است.

۵۲) حداقل ضخامت گروت لازم برای تراز نمودن کف ستون چند میلی متر است؟

۸۰ (۴)

۴۰ (۳)

۳۰ (۲)

۲۵ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۱-۵، صفحه ۱۹۲

گزینه ج صحیح است.

۵۳) حداقل مقاومت فشاری گروت لازم برای تراز نمودن کف ستون چند برابر مقاومت فشاری بتن پی باید باشد؟

۲.۵ (۳)

۱.۵ (۱)

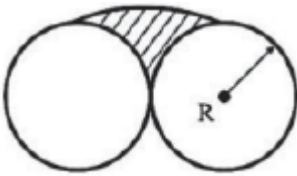
(۴) مقاومت فشاری گروت باید برابر مقاومت فشاری بتن پی باشد.

۲ (۲)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۱-۵، صفحه ۱۹۲

گزینه ب صحیح است.

۵۴) در یک کارگاه ساختمانی برای اتصال دو میلگرد بهم مطابق شکل زیر از جوش شیاری استفاده می شود بگویید ضخامت مؤثر جوش شیاری لب گرد باید چند برابر قطر میلگرد باشد؟



۰.۲ (۱)

۰.۳ (۲)

۰.۵ (۳)

۰.۷ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، شکل ۱۰-۲-۹-۱-۸، صفحه ۱۹۳

گزینه ج صحیح است.

۵۵) حداقل ضخامت مؤثر جوش شیاری با نفوذ نسبی (با یک بار عمود) برای اتصال دو قطعه به یکدیگر که ضخامت هر کدام از قطعات ۱۵ و ۲۰ میلی متر است. چند میلی متر است؟

۸ (۴)

۶ (۳)

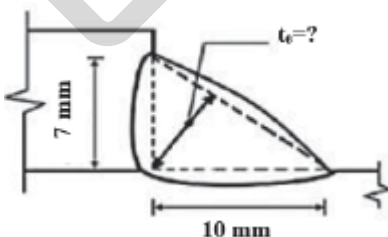
۵ (۲)

۳ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۹-۱-۱، ردیف سوم، صفحه ۱۹۴

گزینه ج صحیح است.

۵۶) برای جوش گوشه شکل زیر مقدار ضخامت گلوگاه مؤثر به کدام گزینه نزدیک است؟



۴ mm (۱)

۶ mm (۲)

۷ mm (۳)

۹ mm (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، شکل ۱۰-۲-۹-۱-۹، صفحه ۱۹۴

توضیح:

$$te = \frac{7 \times 10}{\sqrt{7^2 + 10^2}} = \frac{70}{12.2} \cong 6 \text{ mm}$$

گزینه ب صحیح است.

۵۷) در اتصال دو قطعه با ضخامت ۸ میلیم تری در صورتیکه از جوش گوشه استفاده شود حداکثر بعد جوش برحسب میلی متر چقدر خواهد شد؟

- ۱) ۵ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ۱۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲، قسمت (ب) ردیف ۲، صفحه ۱۹۵

گزینه ب صحیح است.

۵۸) حداقل بعد جوش گوشه در سازه های تحت بار دینامیکی با تکرار زیاد چند میلی متر است؟

- ۱) ۵ ۲) ۸ ۳) ۱۰ ۴) ۱۲

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، نکات ذکر شده ذیل جدول ۱۰-۲-۹-۲، صفحه ۱۹۵

گزینه الف صحیح است.

۵۹) کدام گزینه صحیح است؟

- ۱) جوش گوشه در سوراخ ها به عنوان جوش کام یا انگشتانه تلقی نمی شود.
- ۲) استفاده از جوش گوشه منقطع برای اتصال قطعات سخت کننده به جان تیر ورق مجاز نیست.
- ۳) در اتصال پوششی دو قطعه با جوش گوشه عرضی نباید انتهای هر دو قطعه بهم جوش شود.
- ۴) نباید جوش های گوشه قبل از رسیدن به انتهای ناحیه اتصال قطع شوند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲، قسمت (ب)، مورد ۷، صفحه ۱۹۷

گزینه الف صحیح است.

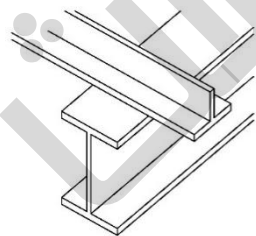
۶۰) در خصوص جوش های گوشه ای که برای اتصال، در دو وجه مخالف یک صفحه مشترک اجرا می شود. کدام یک از گزینه های زیر صحیح است؟

- ۱) اتصال جوش ها در دو وجه مخالف بستگی به نوع فولاد می توانند در گوشه ها به هم متصل شوند.
- ۲) جوش های گوشه در دو وجه مخالف باید در گوشه مشترک بین دو نوار جوش به هم متصل شوند.
- ۳) اتصال جوش ها در دو وجه مخالف در گوشه ها در صورتی که جهت حرکت جوشکاری رعایت شده باشد مجاز است.
- ۴) جوش های گوشه در دو وجه مخالف باید در گوشه مشترک بین دو نوار جوش قطع شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۹۸، بند ۱۰-۲-۹-۲، قسمت (ب)، توضیحات ذیل مورد ۸،

پاراگراف سوم

توضیح: جوش های گوشه ای که در دو وجه مخالف یک صفحه مشترک ایجاد می شوند، در صورتی که فاصله انتهای جوش گوشه عرضی تا لبه قطعه، کوچکتر از بعد جوش باشد، باید در گوشه مشترک بین دو نوار جوش قطع شوند.



گزینه د صحیح است.

۶۱) حداقل فاصله مرکز تا مرکز سوراخ های جوش های انگشتانه چند برابر قطر سوراخ است؟

- (۱) ۳ (۲) ۴ (۳) ۵ (۴) ۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۳-۲، ردیف ۳، صفحه ۲۰۰

گزینه ج صحیح است.

۶۲) برای جوش های شیاری با نفوذ نسبی استفاده از کدام الکتروود مناسب است؟

- (۱) الکتروود با مقاومتی حداقل یک رده پایین تر از مقاومت فلز پرکننده سازگار
 (۲) الکتروود با مقاومتی حداقل یک رده بالاتر از مقاومت فلز پرکننده سازگار
 (۳) الکتروود با مقاومتی حداکثر یک رده پایینتر از مقاومت فلز پرکننده سازگار
 (۴) الکتروود با مقاومتی حداکثر یک رده بالاتر از مقاومت فلز پرکننده سازگار

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۱۰، مورد ۲، صفحه ۲۰۴

گزینه ج صحیح است.

۶۳) در مورد اتصالات پیچی اتکایی کدام گزینه صحیح نیست؟

- (۱) سفتی کامل این نوع پیچ ها با چند دور آچارهای بادی قابل حصول است.
 (۲) می توان در یک اتصال با تعداد پیچ زیاد عمل سفت کردن هر پیچ چند بار انجام گیرد.
 (۳) در بستن پیچ های یک اتصال باید از قسمت شلتر شروع به سفت کردن نمود.
 (۴) این نوع پیچ ها نیروی برشی را از طریق اتکا قلم پیچ به جداره سوراخ انتقال می دهند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۳-۱، قسمت الف، صفحه ۲۰۶

گزینه ج صحیح است.

۶۴) در مواقعی که اتصال تحت اثر نیروهای رفت و برگشتی قابل ملاحظه قرار دارد از کدام نوع پیچ باید استفاده نمود؟

- (۱) پیچ اتکایی (۲) پیچ پیش تنیده (۳) پیچ لغزش بحرانی (۴) گزینه ۱ و ۲

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۳-۱، قسمت ب، صفحه ۲۰۶

گزینه ب صحیح است.

۶۵) نسبت نیروی پیش تنیدگی برای پیچ از نوع A ۳۲۵ با قطر اسمی ۲۷ میلی متر به پیچ از همان نوع و با قطر اسمی ۲۰ میلی متر

برابر است با:

- (۱) ۱.۲۲ (۲) ۱.۴۴ (۳) ۱.۶۶ (۴) ۱.۸۸

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۵، صفحه ۲۰۷

توضیح: مطابق جدول صفحه ۵-۹-۲-۱۰، نیروی پیش تنیدگی را برداشت کرده و داریم:

$$\frac{267}{142} = 1.88$$

گزینه د صحیح است.

۶۶) در اتصالات پیچی و سوراخ لوبیایی موازی با لبه، حداقل فاصله سوراخ تا لبه بریده شده با پیچی برای پیچی به قطر ۱۶ میلی متر چقدر است؟

- (۱) ۱۸ میلیمتر (۲) ۲۰ میلی متر (۳) ۳۲ میلی متر (۴) ۳۷ میلی متر
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جداول ۷-۹-۲-۱۰ و ۸-۹-۲-۱۰، صفحه ۲۱۰ توضیح: مطابق جدول دو برابر قطر پیچ یعنی ۳۲ میلیمتر است و مقدار $C=0$ است

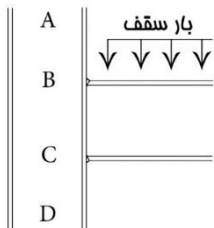
گزینه ج صحیح است.

۶۷) حداکثر فاصله بین وجه داخلی ورق وصله و وجه خارجی قطعه با ابعاد کوچکتر برای آنکه نیاز به تعبیه ورق های پرکننده نباشد به چند میلی متر محدود می شود؟

- (۱) ۲ (۲) ۴ (۳) ۵ (۴) ۶
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۵-۹-۲-۱۰، ردیف الف، صفحه ۲۲۲

گزینه الف صحیح است.

۶۸) در جزئیات زیر اتصال گیردار تیر به مقطع I به ستون فولادی به مقطع I در نظر است. در صورت نیاز کدام قسمت از جان ستون نیاز به تقویت دارد تا از تسلیم موضعی آن جلوگیری شود؟



- (۱) C (۲) B و C (۳) A و C (۴) A و D
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۳۰، بند ۲-۱۰-۹-۲-۱۰ و صفحه ۲۳۱ شکل ۲۴-۹-۲-۱۰

گزینه الف صحیح است.

۶۹) حداکثر تغییر شکل قائم ناشی از مجموع بار مرده و زنده برای یک تیر فولادی با مقطع IPE ۲۲ و با طول دهانه ۵ m برحسب میلی متر به کدام گزینه نزدیک تر است؟

- (۱) ۱.۵ (۲) ۲ (۳) ۴ (۴) ۵
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۲-۱۰-۲-۱۰، صفحه ۲۴۴

گزینه ب صحیح است.

۷۰) حداقل فرکانس نوسانی کف سالن های اجتماعات با صندل یهای ثابت برای آنکه حداقل حساسیت افراد در برابر ارتعاش قائم ارضاء شود بر حسب هرتز کدام است؟

- ۴ (۱) ۵ (۲) ۸.۵ (۳) ۹.۵ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۱۰-۱، صفحه ۲۴۶

گزینه د صحیح است.

۷۱) یک مهندس ناظر در حین اجرای یک سیستم باربر جانبی با شکل پذیری متوسط درخواست حداکثر نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی فولاد مورد استفاده را به آزمایشگاه داده است. حداکثر مقدار این نسبت چقدر می تواند باشد؟

- ۰.۷۵ (۱) ۰.۸ (۲) ۰.۸۵ (۳) ۰.۹ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۱۰-۱-۱، صفحه ۲۵۱

گزینه ب صحیح است.

۷۲) در یک ساختمان فولادی ارتفاع آزاد یک ستون باربر در طبقات فوقانی برابر ۲.۲ متر می باشد. اگر در اجرای این ستون شرایط ارتفاع طبقات طوری باشد که نیاز به وصله باشد مناسب ترین محل وصله ستون کدام خواهد بود؟

- ۱) یک چهارم ارتفاع آزاد ستون ۳) وسط ارتفاع آزاد ستون
۲) یک سوم ارتفاع آزاد ستون ۴) در این نوع ستون نباید وصله اجرا شود

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۱۰-۲-۱۲-۱، مورد ۲، صفحه ۲۷۶

گزینه ج صحیح است.

۷۳) برای یک ستون قوطی شکل (HSS) درز لب ورق های بال و جان در کارخانه به صورت شیاری با نفوذ کامل انجام می شود اگر استفاده از ورق های پیوستگی مدنظر باشد مناسب ترین محل درز وصله ستون کدام است؟

- ۱) نصف ارتفاع آزاد ستون ۲) محل ورق پیوستگی
۲) وسط چشمه اتصال ۴) یک چهارم ارتفاع آزاد ستون

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۱۰-۲-۱۲-۱، مورد ۴، صفحه ۲۷۶

گزینه ب صحیح است.

۷۴) کدام گزینه در مورد جزئیات بندی وصله ستون ها صحیح نیست؟

- ۱) اتصال وصله به یکی از قطعات ستون تماماً پیچی مجاز نیست.
۲) در وصله لب به لب تغییر تدریجی در پهنا از ورق بزرگتر به کوچکتر با شیب حداکثر ۱ به ۲.۵ صورت گیرد.
۳) در وصله های جوشی، در صورت استفاده از ورق های گوشواره ای پس از تکمیل جوشکاری این ورق ها باید برداشته شود.
۴) طول ورق های وصله نباید از نصف پهنای جزء وصله شونده کوچکتر در نظر گرفته شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۱۰-۲-۱۲-۳، قسمت الف، صفحه ۲۷۸

گزینه الف صحیح است.

۸۰) در ساختمان‌های فولادی با قاب‌های مهاربندی شده همگرا، اجرای کدام یک از مهاربندی‌های زیر مجاز نیست؟
 (۱) مهاربندی‌های به شکل K
 (۲) مهاربندی‌های به شکل ۷ و ۸
 (۳) مهاربندی‌های قطری
 (۴) مهاربندی‌های ضربدری
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۱-۴-۲-۴-۱۰ صفحه ۳۲۱

گزینه الف صحیح است.

۸۱) برای یک قاب‌های مهاربندی شده همگرای ویژه نواحی حفاظت شده کدام است؟
 (۱) اجزای اتصال مهاربندیها به تیر و ستون
 (۲) یک چهارم طول در قسمت میانی مهاربند
 (۳) ابتدا و انتهای تیر
 (۴) گزینه ۱ و ۲
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۳-۱۰-۳-۵-۲-۴-۳-۱۰، شکل ۱۰-۲-۴-۳-۱۰، صفحه ۳۳۱

گزینه د صحیح است.

۸۲) کدام یک از مقاطع زیر را نمی‌توان به عنوان تیر پیوند بکار برد؟
 (۱) I شکل نورد شده
 (۲) I شکل ساخته شده از ورق
 (۳) I شکل ساخته شده از ورق
 (۴) قوطی شکل نورد شده
 (۵) قوطی شکل نورد شده
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۳-۱۰-۲-۵-۳-۴-۳-۱۰، قسمت الف، صفحه ۳۴۰

گزینه د صحیح است.

۸۳) در یک ساختمان فولادی مهاربندی شده واگرا، تیر پیوند از مقطع I شکل به ارتفاع ۴۰۰ میلی متر است بگویید سخت کننده های تیر پیوند چگونه باید اجرا شود؟
 (۱) به صورت تکی در یک سمت جان تیر پیوند و در تمام ارتفاع آن
 (۲) به صورت جفت و در دو سمت جان تیر پیوند و در تمام ارتفاع آن
 (۳) به صورت جفت در ابتدا و انتهای تیر پیوند در دو سمت جان تیر پیوند
 (۴) به صورت تکی در ابتدا و انتهای تیر پیوند و در یک سمت جان تیر پیوند
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۳-۱۰-۲-۵-۳-۴-۳-۱۰، قسمت (ت-۱)، مورد ۴، صفحه ۳۴۴

گزینه الف صحیح است.

۸۴) کدام یک جزء نواحی حفاظت شده در سیستم مهاربند کمانش تاب خواهد بود؟
 (۱) ابتدا و انتهای تیر
 (۲) اجزای اتصال دهنده
 (۳) یک چهارم طول قسمت میانی مهاربند
 (۴) تیر پیوند
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۳-۱۰-۵-۵-۴-۴-۳-۱۰، صفحه ۳۵۶

گزینه ب صحیح است.

۸۵) کدامیک از گزینه های زیر جزء جوش های بحرانی لرزه ای در اتصالات دیوارهای برشی فولادی ویژه محسوب نمی شود؟

(۱) جوش شیاری وصله ستون ها

(۳) جوش اتصال ستون به کف ستون

(۲) جوش صفحه ورق دیوار

(۴) جوش اتصال اجزای مرزی افقی و قائم

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۵-۶-۱، صفحه ۳۶۴

گزینه ب صحیح است.

۸۶) در یک قاب خمشی فولادی از دال بتنی سازهای استفاده شده است در خصوص اتصال دال بتنی به وجوه ستون کدام گزینه صحیح است؟

صحیح است؟

(۱) در فاصله ۵۰ میلیمتری بین دال بتنی و وجه ستون از برشگیر استفاده شود.

(۲) در فاصله حداقل ۲۵ میلیمتر بین دال بتنی و وجه ستون از تسمه استفاده شود.

(۳) در فاصله حداقل ۲۵ میلیمتر با استفاده از یونولیت از اتصال دال با وجه ستون جلوگیری شود.

(۴) اتصال دال بتنی به وجوه ستون مجاز است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۱۰-۷-۱، قسمت (ب)، مورد ۲، صفحه ۳۹۵

گزینه ج صحیح است.

۸۷) در اجرای اتصال گیردار تیر با مقطع کاهش یافته در اثر برش حرارتی تیر شیارهایی ایجاد شده است که عمق آنها ۱۰ میلیمتر است. در این حالت تعمیر شیار چگونه باید انجام شود؟

(۱) با جوشکاری بدون پیش گرمایش

(۲) فقط توسط سنگ زنی

(۳) ابتدا سنگزنی سپس جوشکاری بدون پیش گرمایش

(۴) ابتدا سنگ زنی سپس جوشکاری با پیش گرمایش

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۷-۲-۴، مورد ۳، صفحه ۴۰۰

گزینه د صحیح است.

۸۸) در اتصال گیردار فلنجی هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی:

(۱) جوش دادن تیر به ورق انتهایی در کارگاه و پیچ کردن ورق به بال ستون در کارخانه صورت می گیرد

(۲) جوش دادن تیر به ورق انتهایی در کارخانه و پیچ کردن ورق به بال ستون در کارگاه صورت می گیرد

(۳) جوش دادن تیر به ورق انتهایی و ورق به بال ستون هر دو در کارخانه صورت می گیرد.

(۴) جوش دادن تیر به ورق انتهایی و ورق به بال ستون هر دو در کارگاه صورت می گیرد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۳-۱۰-۷-۳، صفحه ۴۰۱

گزینه ب صحیح است.

۸۹) جوش اتصال ورق روسری و نیز ورق جان تیر، هردو به بال ستون در اتصال WFP چگونه باید باشد؟

(۱) گوشه - شیاری

(۳) شیاری - گوشه یا شیاری

(۲) گوشه - گوشه

(۴) شیاری - فقط گوشه

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۷-۳-۵، مورد (۳) و (۵)، صفحه ۴۱۳

گزینه ج صحیح است.

۹۰) در اتصال گیردار پیچی با جفت سپری، استفاده از کدام مقاطع به عنوان تیر مجاز نمی باشد؟
(۱) IPE (۲) IPB (۳) INP (۴) محدودیتی در این خصوص نیست

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۷-۷-۳-۱۰، صفحه ۴۱۸

گزینه ج صحیح است.

۹۱) محل تشکیل مفصل پلاستیک در کدامیک از اتصالات زیر با بقیه متفاوت است؟
(۱) WUF-W (۲) TD-RBS (۳) TD-WUFW (۴) در هر ۳ مشابه هم می باشد

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۶-۷-۳-۱۰، صفحه ۴۱۵ و بند ۱۰-۹-۷-۳-۱۰، صفحه ۴۲۸

توضیح: در هر دو اتصال گزینه ۱ و گزینه ۳، مقدار $S_h = 0$ می باشد به توضیحات بند های مورد نظر در خصوص تیرها بنگرید.

گزینه ب صحیح است.

۹۲) برای ساخت قطعات فولادی کدام گزینه صحیح نمی باشد؟

- (۱) برای ورق به ضخامت ۲۰ میلی متر استفاده از دستگاه گیوتین مجاز است.
- (۲) برای ورق به ضخامت بیش از ۴۰ میلیمتر باید پیش گرمایش قبل از برش انجام شود.
- (۳) برش مهاربندی ها با موافقت مهندس ناظر می تواند با ااره صورت گیرد.
- (۴) سوراخ کاری نهایی ورق ها با ضخامت بیش از ۱۵ میلیمتر باید با مته دوار صورت گیرد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۱۰، قسمت الف، صفحه ۴۵۶

گزینه الف صحیح است.

۹۳) برای ساخت یک اتصال مفصلی در اسکلت فولادی لبه های ورق زیر سری با دستگاه پخ زن ضربه ای آماده کرده اند کدامیک از ضخامت های زیر (بر حسب میلی متر) نمی تواند ضخامت مورد نظر ورق زیر سری باشد؟

- (۱) ۸ (۲) ۱۰ (۳) ۱۵ (۴) ۲۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۱۰، قسمت (ب)، صفحه ۴۵۷

گزینه د صحیح است.

۹۴) در یک کارگاه ساختمانی قرار است برای صاف کردن قطعات فلزی از روش گرم کردن موضعی استفاده شود بگوئید برای این کار تائید کدامیک از گزینه های زیر لازم است؟

- (۱) طراح (۲) نماینده کارفرما (۳) مجری (۴) مسئول ایمنی

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۱۰، قسمت (ت)، صفحه ۴۵۷

گزینه ب صحیح است.

۹۵) به هنگام پیش نصب قطعات ساختمان فولادی بایستی چند درصد از پیچ های هر اتصال بسته شود؟

- ۱) ۱۰ (۲) ۲۵ (۳) ۴۰ (۴) ۵۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۳-۴، قسمت (ب)، صفحه ۴۵۸

گزینه ب صحیح است.

۹۶) چند درصد از جوش های لب به لب طولی در ستون های یک ساختمان فولادی با کاربری آموزشی باید بازرسی چشمی شوند؟

- ۱) ۱۰ درصد (۲) ۲۰ درصد (۳) ۷۵ درصد (۴) ۱۰۰ درصد

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۴-۱۰، شکل ۱۰-۴-۴، صفحه ۴۶۸

گزینه د صحیح است.

۹۷) حداقل دمای محیط برحسب سانتی گراد برای مجاز بودن جوشکاری کدام است؟

- ۱) صفر (۲) -۵ (۳) -۱۰ (۴) -۱۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۴-۱۰، صفحه ۴۷۰

گزینه ج صحیح است.

۹۸) در مورد خال جوش های ستون های یک سازه فولادی کدام مورد صحیح است؟

- ۱) برای خال جوش هایی که در نوار جوش اصلی ذوب می شوند پیش گرمایش ضروری است.
- ۲) خال جوش هایی که جزئی از جوش اصلی هستند باید با الکتردی با یک رده بالاتر جوش شوند.
- ۳) خال جوشهای چند عبوره باید دارای انتهای پله ای باشند.
- ۴) در سازه های تحت بار استاتیکی حتماً باید خال جوش ها برداشته شوند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۴-۳، صفحه ۴۷۱

گزینه ج صحیح است.

۹۹) در اسکلت فولادی و اتصالات توسط پیچ های اصطکاکی

- ۱) در وصله ها قسمت صلب اتصال در طرفین ورق اتصال می باشد.
- ۲) پیچ های هر اتصال در یک مرحله محکم می شوند.
- ۳) محکم کردن پیچ ها باید از قسمتی که اتصال صلب تر است شروع شود.
- ۴) در تمام مراحل، محکم کردن پیچ ها با چرخاندن همزمان پیچ و مهره انجام می شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۸۲، بند ۱۰-۴-۵-۶

گزینه ج صحیح است.

۱۰۰) در یک اتصال صلب از پیچ های ۲۰M ۲۰ رده ۱۰،۹ و با طول ۱۰۰ mm با عملکرد اصطکاکی استفاده شده است. یک سطح اتصال عمود بر محور پیچ و سطح دیگر شیبدار با شیب کمتر از ۱:۲۰ است پس از سفتی کامل، جهت پیش تنیده کردن این پیچ ها، حداقل تعداد دور اضافی در پیچاندن مهره پیچ کدام است؟

- (۱) $\frac{1}{2}$ (۲) $\frac{1}{3}$ (۳) $\frac{2}{3}$ (۴) $\frac{5}{6}$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۰، صفحه ۴۸۳

توضیح: مطابق جدول صفحه ۴۸۳ و با توجه به اینکه یک سطح اتصال عمود بر محور پیچ و سطح دیگر شیبدار با شیب کمتر از ۱:۲۰ است بنابراین سراغ ستون سوم جدول می رویم و چون طول پیچ در بازه $4 db < L < 8 db$ قرار دارد لذا تعداد دور اضافی $\frac{2}{3}$ خواهد بود.

$$4 db < L < 8 db$$

$$4 \times 20 < 100 < 8 \times 20$$

$$80 mm < 100 < 160 mm$$

گزینه ج صحیح است.

۱۰۱) کدام گزینه در مورد رنگ آمیزی سطوح فولادی صحیح نیست؟

- (۱) رنگ آمیزی سطوح بزرگ باید با اسپری بی هوا صورت گیرد.
 (۲) حداکثر باید تا ۲۴ ساعت بعد از تمیزکاری سطوح عملیات رنگ آمیزی صورت گیرد.
 (۳) صفحاتی که در اتصالات لغزش بحرانی روی هم قرار گیرند باید دو بار رنگ آمیزی شوند.
 (۴) رنگ آمیزی با اسپری بی هوا در محیط سر بسته انجام شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۷، ردیف ۳، صفحه ۴۹۲

گزینه ج صحیح است.

۱۰۲) در کدام شرایط رنگ آمیزی قطعات فولادی ممنوع است؟

- (۱) رطوبت ۶۰ درصد و اختلاف ۳ درجه سلسیوس بین دمای محیط و نقطه شبنم
 (۲) رطوبت ۹۰ درصد و اختلاف ۱۰ درجه سلسیوس بین دمای محیط و نقطه شبنم
 (۳) رطوبت ۶۰ درصد و اختلاف ۱۰ درجه سلسیوس بین دمای محیط و نقطه شبنم
 (۴) رطوبت ۹۰ درصد و اختلاف ۳ درجه سلسیوس بین دمای محیط و نقطه شبنم

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۴-۷-۴، ردیف (د)، صفحه ۴۹۵

گزینه د صحیح است.

۱۰۳) حداقل ضخامت رنگ آمیزی یک نعل درگاه فولادی که در داخل دیوار یک شهر ساحلی قرار خواهد گرفت کدام است؟

- (۱) ۴۰ میکرون ضد رنگ الکیدی
 (۲) ۴۰ میکرون آستر اپوکسی
 (۳) ۶۰ میکرون آستر اپوکسی و ۶۰ میکرون رویه اپوکسی
 (۴) ۴۰ میکرون آستر اپوکسی و ۴۰ میکرون رویه اپوکسی

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۵، صفحه ۴۹۶

گزینه د صحیح است.

۱۰۴) در جوشکاری دو قطعه فولادی توسط جوش گوشه حداکثر فاصله ریشه (بازشدگی درز) چند میلی متر باید باشد؟

۱۰ (۴)

۵ (۳)

۴ (۲)

۲ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۱-۱، صفحه ۴۹۷

گزینه ج صحیح است.

۱۰۵) کدام گزینه در مورد ساخت قطعات فولادی صحیح نیست؟

۱) قطعه سازی باید قبل از مونتاژ انجام شود.

۲) اعضاء با طول بلند را می توان به چند قطعه تقسیم نمود.

۳) جوشکاری باید از نقطه با آزادی بیشتر به سمت نقطه با گیرداری بیشتر باشد.

۴) توالی جوش باید طوری انتخاب شود که حرارت جوشکاری در حین پیشرفت جوشکاری متعادل شد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۲-۴، صفحه ۵۰۰

گزینه ج صحیح است.

۱۰۶) یک تیر ورق به ارتفاع ۱ متر و طول ۹ متر اجرا خواهد شد حداکثر میزان انحراف مجاز از انحنای پیش یک تیر ساختمان فولادی به صور پیش خیز در نظر گرفته شده در وسط دهانه در پیش نصب این تیر چند میلی متر خواهد بود؟

۴۰ (۴)

۳۰ (۳)

۲۰ (۲)

۱۰ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۷، صفحه ۵۰۲

توضیح: مطابق جدول برای تیرهای زیر ۲۰ متر مقدار انحراف مجاز حداکثر ۲۰ میلی متر است.

گزینه ب صحیح است.

۱۰۷) برای یک تیر ورق به ارتفاع ۲ متر حداکثر مقدار رواداری مجاز ارتفاع آن در جهت نقصانی چند میلی متر است؟

۱۰ (۴)

۸ (۳)

۵ (۲)

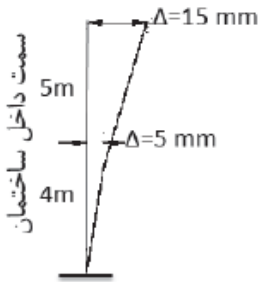
۳ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۸، صفحه ۵۰۴

توضیح: مطابق جدول برای $d > 1800$ مقدار نقصانی ۵ میلی متر است.

گزینه ب صحیح است.

۱۰۸) در یک ساختمان دو طبقه فولادی که ارتفاع ستون های طبقه اول و دوم به ترتیب ۴ و ۵ متر می باشد، در اثر اشتباه اجرایی، ستون های کناری به طرف بیرون ساختمان ناشاقول شده اند. مطابق شکل میزان انحراف در طبقه اول ۵ mm و در طبقه دوم ۱۵ mm است. آیا وضعیت موجود در حد رواداری های مجاز است؟



۱) برای هر دو طبقه بله

۲) برای هر دو طبقه خیر

۳) برای طبقه اول بله ولی برای طبقه دوم خیر

۴) برای طبقه اول خیر ولی برای طبقه دوم بله

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۶، صفحه ۵۰۶ و شکل ۱۰-۴-۱۰، صفحه ۵۰۶

توضیح: مطابق شکل صفحه ۵۰۷ داریم:

$$\frac{1}{500} \times 400 = 0.8 \text{ cm} = 8 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad \text{ok}$$

$$5 \text{ mm} < 8 \text{ mm} \quad \text{ok} \quad (\text{از روی شکل})$$

$$\frac{1}{500} \times 900 = 1.8 \text{ cm} = 18 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad \text{ok}$$

$$15 \text{ mm} < 18 \text{ mm} \quad \text{ok} \quad (\text{از روی شکل})$$

گزینه الف صحیح است.

۱۰۹) میزان حداکثر ناشاقولی مجاز ستون های داخلی یک ساختمان ۱۰ طبقه به ارتفاع هر طبقه برابر ۲/۳ متر در تراز بام نسبت به تراز شالوده چقدر است؟

۴) ۶۴ mm

۳) ۵۰ mm

۲) ۳۲ mm

۱) ۲۵ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۶، صفحه ۵۰۶ و شکل ۱۰-۴-۱۰، صفحه ۵۰۶

توضیح: مطابق شکل صفحه ۵۰۷ داریم:

حداکثر ناشاقولی تا ۷۰ متر به ازای هر طبقه مساوی ۱/۵۰۰ ارتفاع و حداکثر ۲۵ میلی متر به سمت نما و ۵۰ میلی متر به سمت داخل ساختمان است.

$$10 \times 3.2 = 32 \text{ m}$$

$$\frac{1}{500} \times 32 = 0.064 \text{ m} = 64 \text{ mm}$$

چون ستون داخلی است پس ناشاقولی آن به سمت داخل ساختمان است (در ستون کناری ناشاقولی به سمت نما هم می تواند باشد) و حداکثر مقدار مجاز آن ۵۰ میلی متر است و نمی تواند ۶۴ میلی متر باشد. پس گزینه ۳ صحیح است.

گزینه ج صحیح است.

۱۱۰) در خصوص کنترل ناشاقولی ستون ها در یک ساختمان با اسکلت فلزی، میزان حداکثر جابجایی محور ستون از محل فرضی آن و همچنین رواداری ابعادی عرض و ارتفاع مقطع ستون به ترتیب چقدر است؟

۲) $5 \pm$ میلی متر - $5 \pm$ میلی متر

۱) $\frac{1}{500}$ ارتفاع - $6 \pm$ میلی متر

۴) $6 \pm$ میلی متر - $4 \pm$ میلی متر

۳) $25 \pm$ میلی متر - $13 \pm$ میلی متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۶-الف و ث صفحات ۵۰۶ و ۵۰۷

گزینه د صحیح است.

۱۱۱) درباره برداشته شدن یا باقی ماندن ورق گوشواره ای و پشت بند در اتصال مهاربند به تیر پیوند قاب های مهاربندی شده و اگر به ترتیب کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) باقی بماند - باقی بماند
(۲) باقی بماند - برداشته شود
(۳) برداشته شود - باقی بماند
(۴) برداشته شود - برداشته شود

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۳۲، صفحه ۵۲۳

گزینه د صحیح است.

۱۱۲) نسبت ضریب طول مؤثر نظری ستون دو سر گیردار به سر مفصل کدام است؟

- (۱) ۰.۵ (۲) ۱ (۳) ۱.۴ (۴) ۲

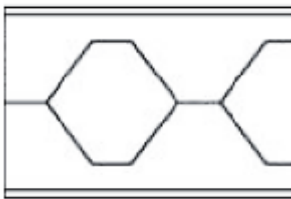
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۱، صفحه ۵۴۱

توضیح: مطابق جدول مقدار ضریب طول مؤثر در حالت نظری برای ستون دوسر گیردار ۰.۵ و برای ستون دو سر مفصل ۱ است

گزینه الف صحیح است.

۱۱۳) برای مقطع تیر لانه زنبوری شکل زیر تعداد مقاطع بحرانی در محل سوراخ ها کدام است؟

- (۱) ۲
(۲) ۴
(۳) ۶



(۴) مقاطع بحرانی در محل سوراخ ها ایجاد نمی شود

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۵-۲، صفحه ۵۵۶

گزینه ب صحیح است.

۱۱۴) کدام یک از گزینه های زیر جزء روش های حفاظت ستون های فولادی در برابر آتش نیست؟

- (۱) استفاده از گچ برگ ها
(۲) استفاده از مواد حفاظتی پایه معدنی
(۳) استفاده از بلوک های پلی استایرین
(۴) استفاده از بلوک های بنایی

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۶-۲، عناوین سر فصل ها (۱۰-۶-۲-۱ و ۱۰-۶-۲-۲ و ۱۰-۶-۲-۵)، صفحه ۵۵۹

توضیح: تمامی روش های گفته شده جزء گزینه ۳ در پیوست ۶ مبحث دهم آمده است

گزینه ج صحیح است.

موسسه آموزشی آموزش

بخش آزمون (کرايش نظارت)

بررسی سوالات آزمون بحث، دهم مقررات ملی ساختمان

۱) در کله یک پیچ، علامت ۵/۶ حک شده است. تنش نهایی مصالح این پیچ به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (عمران - نظارت - آذر ۹۲)

- الف) ۶۰۰ MPa ب) ۵۶۰ MPa ج) ۳۰۰ MPa د) ۵۰۰ MPa

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۳۴، جدول ۱۰-۱-۵

گزینه د صحیح است.

۲) اثرات ناشاقولی و کجی اولیه در اعضاء سازه برای چه منظور در تحلیل سازه اعمال می‌شوند؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۶)

- ۱) برای کنترل خیز تیرها
۲) برای کنترل تغییر مکان جانبی
۳) برای محاسبه زمان تناوب ساختمان
۴) برای تعیین مقاومت‌های موردنیاز اعضا

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تبصره بند ۱۰-۲-۱-۵-۱-۱، صفحه ۴۴

گزینه د صحیح است

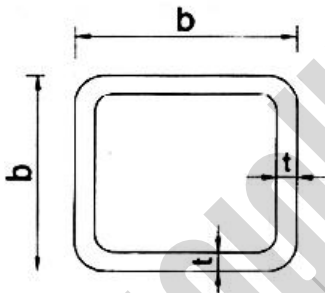
۳) در تحلیل پایداری کل سازه با روش طول مؤثر، آثار کدامیک از موارد زیر، لازم نیست منظور شود؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۶)

- ۱) آثار $P\Delta$ در تمام سازه
۲) آثار $P\Delta$ ناشی از ستون‌های ثقیلی
۳) اثر نواقصی، شامل کجی و ناشاقولی اعضای سازه
۴) کاهش سختی اعضایی که در پایداری سازه مؤثر می‌باشند

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۱-۵-۱-۲-ب، صفحه ۴۶

گزینه د صحیح است

۴) برای کنترل کمانش موضعی اجزای یک مقطع توخالی مربعی شکل (HSS) با ضخامت یکنواخت، اگر شعاع گوشه‌های داخلی مقطع معلوم نباشند، در تعیین نسبت‌های پهنا به ضخامت در برابر نیروی محوری فشاری، پهنای موردنظر را می‌توان کدامیک از مقادیر زیر در نظر گرفت؟ (عمران - نظارت - شهریور ۱۴۰۱)



۱) $b - t$

۲) $b - 1/5 t$

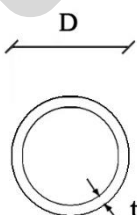
۳) $b - 2t$

۴) $b - 3t$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۱-۴-۲-۱-۴-ث، صفحه ۵۲

گزینه د صحیح است

۵) برای ستون لوله‌ای با مقطع مطابق شکل زیر تحت اثر بار فشاری محوری، کدام مقطع لاغر محسوب می‌شود؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۸)



۱) $F_y = 360 \text{ MPa}$, $t = 8 \text{ mm}$, $D = 700 \text{ mm}$

۲) $F_y = 240 \text{ MPa}$, $t = 10 \text{ mm}$, $D = 900 \text{ mm}$

۳) $F_y = 360 \text{ MPa}$, $t = 15 \text{ mm}$, $D = 900 \text{ mm}$

۴) $F_y = 240 \text{ MPa}$, $t = 8 \text{ mm}$, $D = 700 \text{ mm}$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۲-۱۰، صفحه ۵۴

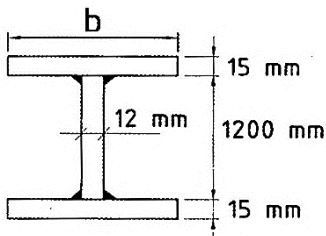
توضیح: می توان نسبت پهنا به ضخامت اجزای فشار مانند هر اعضای تحت اثر فشاری محوری را محاسبه نمود.

اگر نسبت $\frac{D}{t}$ بیش تر از $0.11 \frac{E}{F_y}$ باشد. $(E = 200000 \text{ MPa})$ ، یا به عبارتی اگر نسبت $\frac{D}{t}$ برای فولاد با تنش تسلیم 240 MPa بیش تر از $61/11$ باشد، مقطع لاغر محسوب می شود.

$$\begin{aligned} \text{گزینه ۱} &= \frac{D}{t} = \frac{700}{8} = 87.5 > 61/11 \Rightarrow \text{مقطع لاغر محسوب می شود} \\ \text{گزینه ۲} &= \frac{D}{t} = \frac{900}{10} = 90 \not\geq 61/11 \Rightarrow \text{مقطع لاغر محسوب نمی شود} \\ \text{گزینه ۳} &= \frac{D}{t} = \frac{900}{15} = 60 \not\geq 61/11 \Rightarrow \text{مقطع لاغر محسوب نمی شود} \\ \text{گزینه ۴} &= \frac{D}{t} = \frac{700}{8} = 87.5 \not\geq 61/11 \Rightarrow \text{مقطع لاغر محسوب نمی شود} \end{aligned}$$

گزینه الف صحیح است

۶) در شکل روبه رو حداکثر مقدار b برای آنکه بال های مقطع متقارن ساخته شده از ورق، در برابر لنگر خمشی، لاغر محسوب نشوند، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ $(F_y = 360 \text{ MPa})$ (عمران - نظارت - اردیبهشت ۹۷)



- ۱) ۵۰۰ mm
- ۲) ۴۲۰ mm
- ۳) ۴۰۰ mm
- ۴) ۲۷۰ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، ردیف ۱۱ جدول ۱۰-۲-۳، صفحه ۵۵

توضیح:

$$\frac{b}{t} \leq 0.195 \sqrt{\frac{k_c E}{F_L}} \Rightarrow k_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} = \frac{4}{\sqrt{\frac{1200}{12}}} = 0.14$$

$$\Rightarrow 0.135 \leq k_c = 0.14 \leq 0.176 \text{ ok}$$

$$S_{xt} = S_{xc} \Rightarrow \frac{S_{xt}}{S_{xc}} = 1 \geq 0.17 \Rightarrow F_L = 0.17 \times 360 = 252$$

$$\frac{b/2}{15} \leq 0.195 \sqrt{\frac{0.14 \times 2 \times 10^5}{252}} = 17 \rightarrow b = 510 \text{ mm}$$

گزینه الف صحیح است

۷) در یک تیر I شکل ساخته شده با دو محور تقارن از ورق های $400 \times 15 \text{ mm}$ برای بال ها و ورق $600 \times 10 \text{ mm}$ برای جان تشکیل شده است. تحت اثر لنگر خمشی نسبت به محور قوی کدام یک از گزینه های زیر صحیح است؟ $(F_y = 240 \text{ MPa}$ و $E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$) (عمران - نظارت - بهمن ۹۴)

- ۱) بال فشرده و جان فشرده است.
- ۲) بال غیر فشرده و جان فشرده است.
- ۳) بال غیر فشرده و جان غیر فشرده است.
- ۴) بال فشرده و جان غیر فشرده است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۳ و جدول ۱۰-۲-۴، صفحه ۵۵ و ۵۶

توضیح: مطابق فرمول های ارائه شده در جدول ها، فشرده گی بال و جان پروفیل ها تحت اثر لنگر خمشی را می توان محاسبه نمود. داریم:

$$\text{کنترل بال} \rightarrow \text{ردیف ۱۱ جدول ۱۰-۲-۳} : \frac{b}{t} = \frac{400}{15} = 13.33 > 0.138 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \approx 11$$

$$0.195 \sqrt{\frac{K_C E}{F_L}}, \quad F_L = 0.17 F_y, \quad 0.135 \leq K_C = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} \leq 0.176$$

$$F_L = 0.17 \times 240 = 168, \quad K_C = \frac{4}{\sqrt{\frac{600}{10}}} = 0.1516, \quad 0.195 \sqrt{\frac{0.1516 \times 2 \times 10^5}{168}} = 23/54$$

$$11 < \frac{b}{t} = 13/33 < 23/5 \Rightarrow$$

بنابراین بال غیرفشرده می‌باشد.

$$3-2-10 \text{ ردیف ۱۵ جدول} \rightarrow \text{کنترل جان: } \frac{b}{t_w} = \frac{600}{10} = 60 < 3/76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \approx 108$$

پس بال غیرفشرده و جان فشرده می‌باشد.

گزینه ب صحیح است

۸) در پروفیل فولادی I شکل با دو محور تقارن ساخته شده از فولاد با تنش تسلیم 240 MPa ، نسبت حداکثر ارتفاع جان مقطع به ضخامت آن برای کسب شرایط فشرده‌گی در اجزای مقاومت تحت خمش حول محور قوی برابر a می‌باشد. در صورتی که از فولاد با تنش تسلیم 360 MPa استفاده شود، این نسبت حداکثر چقدر خواهد بود؟

(عمران - نظارت - اردیبهشت ۹۷)

- ۱) $0.67a$ ۲) $0.82a$ ۳) $1.22a$ ۴) $1.5a$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، ردیف ۱۵ از جدول ۳-۲-۱۰، صفحه ۵۶ توضیح:

$$\begin{cases} F_y = 240 \text{ MPa} \Rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3/76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 108/54 = a \\ F_y = 360 \text{ MPa} \Rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 3/76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 88/62 = x \end{cases} \Rightarrow \frac{x}{a} = \frac{88/62}{108/54} \Rightarrow x = 0.82a$$

گزینه ب صحیح است

۹) شعاع ژیراسیون حداقل مقطع یک عضو کششی با مقطع ناودانی برابر 25 mm می‌باشد، حداکثر طول آزاد مجاز آن حدوداً چقدر است؟ (عمران - نظارت - اردیبهشت ۹۷)

- ۱) ۳ متر ۲) ۵ متر ۳) ۷/۵ متر ۴) ۹ متر

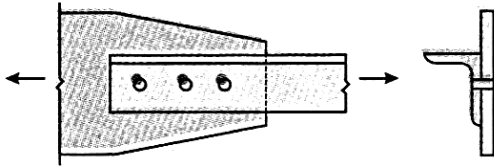
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۲-۳-۱۰، صفحه ۵۶

توضیح: نسبت لاغری حداکثر اعضای کششی $\left(\frac{L}{r}\right)_{max}$ ، نباید از ۳۰۰ بیشتر باشد. داریم:

$$\frac{L}{r} \leq 300 \rightarrow L \leq 350 \times 25 = 7500 \text{ mm} = 7.5 \text{ m}$$

گزینه ج صحیح است

۱۰) در اتصال پیچی شکل زیر، بدون توجه به افزایش یا کاهش تعداد پیچ‌ها کدام یک از پارامترهای زیر وقوع پدیده تأخیر برشی در نبشی را تشدید می‌کند؟ (عمران - نظارت - بهمن ۹۴)



- ۱) افزایش فاصله پیچ‌ها
۲) کاهش فاصله پیچ‌ها
۳) کاهش قطر پیچ‌ها
۴) افزایش قطر پیچ‌ها

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۳، صفحه ۶۱

توضیح: می‌توان ضریب تأخیر برش (U) برای اتصالات اعضای کششی را محاسبه نمود. بر اساس ردیف دوم از این جدول داریم:

$$\text{ضریب تأخیر برش} = 1 - \frac{\bar{X}}{L}$$

که در این فرمول \bar{X} خروج از مرکزیت اتصال و L طول اتصال مساوی فاصله اولین و آخرین پیچ در اتصال پیچی و طول جوش در اتصال جوشی می‌باشد. بر اساس فرمول فوق هر چه مقدار U کمتر باشد، نشان دهنده تشدید پدیده تأخیر برش خواهد شد. بنابراین هر چه L کوچکتر باشد، U کوچکتر خواهد بود. یعنی کاهش فاصله پیچ‌ها، وقوع پدیده تأخیر برشی را تشدید می‌کند.

گزینه ب صحیح است

۱۱) یک عضو فشاری فولادی با $\frac{KL}{r} = 199$ ، $F_y = 240 \text{ MPa}$ مفروض است. اگر نوع فولاد به $F_y = 360 \text{ MPa}$ تغییر یابد، باید مقاومت فشاری اسمی حدوداً چند درصد افزایش می‌یابد؟ (عمران - نظارت - دی ۱۴۰۱)

۱) حدوداً ۲۵ درصد (۲) تغییر نمی‌کند (۳) حدوداً ۱۵ درصد (۴) حدوداً ۵۰ درصد

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۴، صفحه ۶۹

توضیح: ابتدا برای محاسبه تنش فشاری ناشی از کمانش خمشی، باید دو مقدار $\frac{KL}{r}$ و $\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ در هر دو حالت مقایسه شوند:

$$\text{حالت اول: } \sqrt{\frac{E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 135/97 \rightarrow \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{KL}{r} \rightarrow F_{cr} = 0.1877 F_e$$

$$\text{حالت دوم: } \sqrt{\frac{E}{F_y}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{360}} = 111/0.2 \rightarrow \sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{KL}{r} \rightarrow F_{cr} = 0.1877 F_e$$

در نهایت نسبت مقاومت فشاری اسمی این دو حالت را باید در نظر گرفت. توجه شود که مقطع فولادی تغییر نکرده و فقط رده فولاد مصرفی آن بیشتر شده است، به عبارتی دیگر مساحت مقطع در هر دو حالت با هم برابر می‌باشد:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{(F_{cr})_2 \times (A_g)_2}{(F_{cr})_1 \times (A_g)_1} = \frac{(F_{cr})_2}{(F_{cr})_1} = \frac{0.1877(F_e)_2}{0.1877(F_e)_1} = \frac{\left[\frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \right]_2}{\left[\frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \right]_1} = 1$$

در حاصل نهایی دقت شود که نسبت $\frac{KL}{r}$ در هر دو حالت یکسان و برابر ۱۹۹ می‌باشد، همچنین سایر پارامترها نیز ثابت می‌باشد و در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت با افزایش تنش تسلیم فولاد مصرفی در این حالت، مقاومت فشاری اسمی تغییر نمی‌کند.

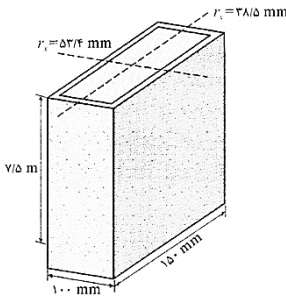
گزینه ب صحیح است

۱۲) اگر از نیمرخ قوطی مستطیلی $10 \times 100 \times 150 \text{ mm}$ به طول $7/5$ متر به عنوان عضو فشاری با تکیه‌گاه‌های ساده و دارای مهار جانبی حول هر دو محور اصلی فقط در دو انتها استفاده شود، نسبت مقاومت فشاری اسمی بر اساس کماتش خمشی حول محور ضعیف به مقاومت فشاری اسمی بر اساس کماتش خمشی حول محور قوی به کدام مقدار نزدیک‌تر است؟ (شعاع ژیراسیون حول محورهای قوی و ضعیف به ترتیب $53/4$ و $38/5$ میلی‌متر بوده و تنش تسلیم فولاد 240 MPa فرض شود.) (عمران - نظارت - مهر ۹۸)

۰/۲۷ (۱) ۰/۵۲ (۲) ۰/۶۷ (۳) ۰/۷۲ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۴-۳، صفحه ۶۹

توضیح: مقاومت فشاری برابر است با $P_n = F_{cr} A_g$ ضریب لاغری در دو جهت برابر است با:



$$\lambda_y = \frac{kL}{r_{min}} = \frac{1 \times 7500}{38/5} = 194/8$$

$$\lambda_x = \frac{kL}{r_{max}} = \frac{1 \times 7500}{53/4} = 140/5$$

یادآوری: در ستون دو سر مفصل، $k = 1$ می‌باشد.

برای محاسبه F_{cr} ابتدا باید دید ضرایب لاغری از $4/71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ بیش تر یا کمتر.

$$4/71 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 135/97$$

$$\lambda_y = 194/8 > 135/97, \lambda_x = 140/5 > 135/97$$

بنابراین مطابق مورد (ب)، بند ۱۰-۲-۴-۳ مقدار F_{cr} برابر است با:

$$F_{cr} = 0.877 F_e, F_e = \frac{\pi^2 E}{(\lambda)^2}$$

نسبت مقاومت فشاری اسمی حول محور ضعیف به مقاومت فشاری اسمی حول محور قوی برابر است با:

$$\frac{(F_{cr} A_g)_y}{(F_{cr} A_g)_x} = \frac{0.877 \times \frac{\pi^2 E}{\lambda_y^2} \times A_g}{0.877 \times \frac{\pi^2 E}{\lambda_x^2} \times A_g} = \left(\frac{\lambda_x}{\lambda_y}\right)^2 = \left(\frac{140/5}{194/8}\right)^2 = 0.52$$

گزینه ب صحیح است

۱۳) یک ستون فولادی با مقطع دایره‌ای توخالی و ضخامت 30 mm مفروض است. نسبت لاغری حداکثر ستون 120 فرض شده است. چنانچه این ستون تحت اثر نیروی فشاری ضریب دار 2580 کیلونیوتن قرار داشته باشد. در طراحی به روش LRFD تنها با معیار کماتش خمشی حداقل قطر بیرونی موردنیاز مقطع برحسب میلی‌متر به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (عمران - نظارت - بهمن ۹۷)

۲۵۰ (۴) ۳۰۰ (۳) ۴۰۰ (۲) ۴۵۰ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۴-۳، صفحه ۶۹

توضیح: در ابتدا فرض می‌شود که مقطع دایره‌ای موردنظر با اجزای غیرلاغر می‌باشد و در انتها، بعد از به دست آوردن قطر، این فرض چک می‌شود.

$$\lambda_{max} = 120, \quad 4/71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4/71 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 135/97 \rightarrow \lambda_{max} < 4/71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\Rightarrow F_{cr} \left[0.1658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y, \quad F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^5}{120^2} = 137/0.8$$

$$\Rightarrow F_{cr} \left[0.1685 \frac{240}{137/0.8} \right] \times 240 = 115/3 \text{ MPa}$$

$$\phi_c P_n \geq P_u \Rightarrow 0.9 \times F_{cr} \times A_g \geq 258 \times 10^3 \Rightarrow 0.9 \times 115/3 \times A_g \geq 258 \times 10^3 \Rightarrow A_g \geq 24863 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow \left[\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi (D - e_0)^2}{4} \right] \geq 24863 \Rightarrow D \geq 294 \text{ mm} \rightarrow D = 300 \text{ mm}$$

حال فرض اولیه بررسی می شود:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{D}{t} &= \frac{300}{30} = 10 \\ 0.11 \frac{E}{F_y} &= 0.11 \times \frac{2 \times 10^5}{240} = 91/6 \Rightarrow \frac{D}{t} < 0.11 \frac{E}{F_y} \rightarrow \text{فرض اولیه درست بوده است} \end{aligned} \right.$$

گزینه ج صحیح است

۱۴) برای کدامیک از حالات زیر بررسی کنترل کماتش پیچشی جانبی لازم است؟ (عمران - نظارت - آبان ۹۳)

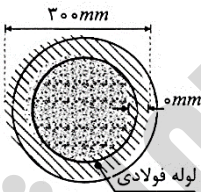
- ۱) مقطع I شکل فشرده با دو محور تقارن با خمش حول محور قوی
- ۲) مقطع I شکل نامتقارن با جان لاغر با خمش حول محور ضعیف
- ۳) مقطع ناودانی حول محور ضعیف
- ۴) هیچکدام

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۸۴، جدول ۱۰-۲-۵-۱

گزینه الف صحیح است.

۱۵) در تعیین مقاومت خمشی اسمی مقطع مختلط شکل زیر به روش توزیع پلاستیک تنش، در ناحیه فشاری مقطع تنش اجزای بتنی را حداکثر چقدر می توان در نظر گرفت؟ (فرض کنید بتن از نوع C۳۰ و فولاد از نوع S۲۳۵ است)

(عمران - نظارت - مهر ۹۶)



- | | |
|------------|--------------|
| ۳۰ MPa (۲) | ۲۵/۵ MPa (۱) |
| ۲۱ MPa (۴) | ۲۸/۵ MPa (۳) |

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۱-۸-۱-الف، صفحه ۱۴۴

توضیح: برای اعضای با مقطع مختلط دایره ای شکل توخالی که با بتن پر شده باشد، به دلیل محصور شدگی بتن توسط مقطع فولادی می توان تنش بتن در ناحیه فشاری را $0.95 f_c$ در نظر گرفت.

$$0.95 f_c = 0.95 \times 30 = 28.5 \text{ MPa}$$

گزینه ج صحیح است

۱۶) حداکثر تنش تسلیم میلگردها در اعضای با مقطع مختلط برحسب MPa چقدر می‌تواند باشد؟ (فرض شود آزمایش یا تحلیل خاصی انجام نشود). (عمران - نظارت - بهمن ۹۴)

۵۵۰ (۱) ۴۶۰ (۲) ۳۴۰ (۳) ۲۴۰ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۱-۸-۲-۱ جزء (۲)، صفحه ۱۴۵

گزینه الف صحیح است

۱۷) کدام یک از عبارات زیر، در مورد مقطع مختلط در سازه‌های فولادی صحیح است؟ (عمران - نظارت - شهریور ۹۵)

- ۱) تنش تسلیم مقاطع فولادی در اعضای با مقطع مختلط باید کمتر از ۲۴۰ مگاپاسکال باشد.
- ۲) مقاومت فشاری مشخصه نمونه‌های استوانه‌ای بتن برای بتن با وزن مخصوص معمولی باید بین ۲۰ و ۷۰ مگاپاسکال باشد.
- ۳) مقاومت فشاری مشخصه نمونه‌های استوانه‌ای بتن برای بتن سبک باید بین ۲۰ و ۵۰ مگاپاسکال باشد.
- ۴) تنش تسلیم میلگردها در اعضای با مقطع مختلط باید کمتر از ۴۰۰ مگاپاسکال باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۱-۸-۲-۱ جزء (۲)، صفحه ۱۴۵ و بند ۱۰-۱-۸-۲-۱ جزء (۱)، صفحه ۱۴۵

گزینه ب صحیح است

۱۸) در یک ستون با مقطع مختلط محاط در بتن که ابعاد مقطع بتنی 500×500 میلی‌متر می‌باشد، کوچک‌ترین پروفیل IPE که می‌توان استفاده نمود تا مقطع مختلط محسوب گردد، کدام یک از مقاطع زیر می‌باشد؟

(عمران - نظارت - اسفند ۹۵)

IPE۱۶۰ (۱) IPE۲۰۰ (۲) IPE۲۴۰ (۳) IPE۳۰۰ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۱-۸-۲-۱ الف-۱، صفحه ۱۴۹

توضیح: سطح مقطع هسته فولادی باید حداقل یک درصد مساحت کلی مقطع مختلط باشد. داریم:

$$A = 0.01 \times A_g = 0.01 \times 500 \times 500 = 2500 \text{ mm}^2$$

حال با مراجعه به جدول، اشتال اولین مقطع که مساحت آن بزرگتر از 2500 میلی‌متر مربع، باشد جواب این سؤال خواهد بود.

$$IPE160 \rightarrow A = 2010 \text{ mm}^2$$

$$IPE200 \rightarrow A = 2850 \text{ mm}^2$$

$$IPE240 \rightarrow A = 3910 \text{ mm}^2$$

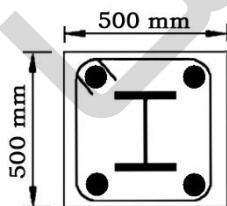
$$IPE300 \rightarrow A = 5380 \text{ mm}^2$$

پس جواب این سؤال IPE ۲۰۰ می‌باشد.

گزینه ب صحیح است

۱۹) برای آنکه مقطع نشان داده شده در شکل زیر به‌عنوان یک تیر با مقطع مختلط محسوب شود، حداقل مساحت نیمرخ فولادی و حداقل مساحت آرماتورهای طولی برحسب میلی‌متر مربع به ترتیب چقدر باشد؟

(عمران - نظارت - شهریور ۹۵)



۱۰۰۰ و ۲۵۰۰ (۱) ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ (۲)

۴۰۰۰ و ۲۵۰۰ (۳) ۴۰۰۰ و ۱۰۰۰ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۱-۸-۲-۱ الف-۱، صفحه ۱۴۹ و بند ۱۰-۱-۸-۲-۱ الف-۳، صفحه ۱۴۹

توضیح: سطح مقطع هسته فولادی باید حداقل یک درصد مساحت کلی مقطع مختلط باشد. داریم:

$$A \geq 0.01 \times A_g = 0.01 \times 500 \times 500 = 2500 \text{ mm}^2$$

نسبت مساحت میلگردهای طولی به مساحت کل مقطع مختلط (ρ_s) باید حداقل 0.004 باشد. داریم:

$$\left(\rho_s = \frac{A_{sr}}{A_g} \geq 0.004 \Rightarrow A_{sr} \geq 0.004 \times A_g\right)$$

$$A_{sr} \geq 0.004 \times A_g = 0.004 \times 500 \times 500 = 1000 \text{ mm}^2$$

با توجه به مطالب عنوان شده برای مقطع مذکور مساحت نیمرخ فولادی را برابر 2500 میلی‌متر مربع و حداقل مساحت آرماتورهای طولی را برابر 1000 میلی‌متر مربع در نظر می‌گیریم.

گزینه الف صحیح است

۲۰) در اعضای محوری با مقطع مختلط محاط در بتن برای افزایش صلبیت مؤثر مقطع مختلط کدام یک از تمهیدات زیر تأثیر بیشتری دارد؟ (اندازه‌های اجزای تشکیل دهنده مقطع تغییر نخواهند کرد.) (عمران - نظارت - مهر ۹۸)

۱) استفاده از بتن با مقاومت فشاری بیشتر

۲) استفاده از پروفیل فولادی با تنش تسلیم بیشتر

۳) استفاده از آرماتورهای طولی با تنش تسلیم بیشتر

۴) استفاده از آرماتورهای عرضی با تنش تسلیم بیشتر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۱-۲-۱-ب، صفحه ۱۵۰

توضیح: ممان اینرسی مقاطع نسبت به تار خنثای الاستیک مقطع مختلط با استفاده از فرمول ۱۰-۲-۸-۶ محاسبه می‌شود.

$$(EI_e + E_s I_s + E_{sr} I_{sr} + C_1 E_c I_c), \quad (E_s, E_c \text{ به ترتیب مدول الاستیسیته فولاد و بتن})$$

$$C_1 = 0.175 + 3 \left[\frac{A_s + A_{sr}}{A_g} \right] \leq 0.17$$

I_s, I_{sr}, I_e به ترتیب ممان اینرسی مقطع بتنی، میلگردهای طولی و مقطع فولادی است.

با توجه به رابطه بالا افزایش تنش تسلیم پروفیل فولادی یا آرماتورهای طولی و عرضی تأثیری در صلبیت مؤثر مقطع نخواهد داشت، اما استفاده از بتن با مقاومت (f_c) بیشتر مطابق رابطه $E_c = 0.43 W_c^{1/5} \sqrt{f_c}$ سبب افزایش E_c و در نتیجه افزایش صلبیت مؤثر مقطع مختلط می‌شود.

گزینه الف صحیح است

۲۱) یک مهندس ناظر متوجه می‌شود که مجری ساختمان بدون توجه به دستورالعمل نقشه‌های اجرایی، یک سقف با سیستم اعضای خمشی با مقطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن به همراه برشگیر را بدون استفاده از پایه‌های موقت در زیر تیر فولادی بتن‌ریزی کرده است و بنابراین دستور توقف کار را صادر می‌کند. دفتر فنی مجری، با انجام محاسبات دقیق و صحیح نشان می‌دهد که عضو فولادی به تنهایی دارای مقاومت کافی برای تحمل وزن خود، وزن بتن تر و بارهای حین اجراء (نظیر بار ناشی از قالب‌بندی) است و بنابراین سقف اجراء شده را می‌توان قابل قبول دانست. کدام یک از گزینه‌های زیر در این ارتباط صحیح است؟

(عمران - نظارت - اردیبهشت ۹۷)

۱) سقف اجراء شده به هیچ‌وجه قابل قبول نیست.

۲) سقف اجراء شده همواره قابل قبول است.

۳) محاسبات بیشتری برای قابل قبول بودن سقف اجراء شده از نظر بهره‌برداری لازم است.

۴) سقف اجراء شده فقط در صورتی قابل قبول است که تا قبل از رسیدن بتن به ۷۵ درصد مقاومت مشخصه، از وارد شدن هرگونه باری مازاد بر وزن دال و تیرها و بارهای حین اجراء جلوگیری شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۳-۲، صفحه ۱۵۴

توضیح: در صورتی که در اعضای خمشی با مقطع مختلط، در هنگام بتن‌ریزی دال بتنی در زیر تیر فولادی از پایه موقت استفاده نشود، عضو فولادی تا قبل از رسیدن بتن به ۷۵ درصد تنش فشاری مشخصه نمونه استوانه‌ای f_c باید به تنهایی دارای مقاومت کافی برای تحمل وزن بتن تر و بارهای حین اجراء (نظیر بارهای ناشی از قالب‌بندی) باشد.

گزینه ج صحیح است

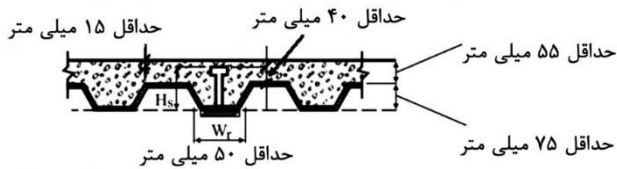
۲۲) در اعضای خمشی با مقطع مختلط (فولادی و دال بتنی متکی بر آن به همراه برشگیر)، حداکثر قطر مجاز برشگیرهای از نوع گل میخ چند میلی متر است؟ (عمران - نظارت - بهمن ۹۷)

- ۱) ۱۶ (۲) ۲۰ (۳) ۲۵ (۴) ۳۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۳-۳-پ-۱ مورد دوم، صفحه ۱۶۰

گزینه ب صحیح است

۲۳) شکل زیر یک مقطع مختلط متشکل از دال بتنی روی ورق‌های فولادی شکل داده شده را نشان می‌دهد. کدام یک از گزینه‌های زیر الزامات مقاطع مختلط را ارضا نمی‌نماید؟ (قطر گل‌میخ‌ها ۱۹mm و اندازه‌های شکل به میلی متر می‌باشد). (عمران - نظارت - بهمن ۹۴)



- ۱) ضخامت دال بتنی
۲) ارتفاع گل‌میخ
۳) پهنای متوسط کنگره پر شده با بتن
۴) قطر گل‌میخ

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۳-۳-پ-۱ قسمت پ-۱ موارد ۲، ۳، ۴ و ۵ و شکل ۱۰-۲-۸-۷، صفحه ۱۶۰

گزینه ب صحیح است

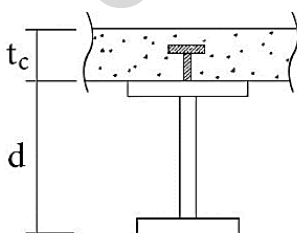
۲۴) در یک سیستم سقف با مقطع مختلط به همراه ورق‌های فولادی شکل داده شده، کدام یک از موارد زیر در اتصال دال بتنی به مقطع فولادی مورد قبول است؟ (عمران - نظارت - دی ۱۴۰۱)

- ۱) گل‌میخ‌های برشگیر با قطر ۲۲ میلی متر که از طریق ورق فولادی شکل داده شده به مقطع فولادی جوش شده است.
۲) گل‌میخ‌های برشگیر با قطر ۱۸ میلی متر که به طور مستقیم به مقطع فولادی جوش شده است.
۳) گل‌میخ‌های برشگیر با قطر ۲۴ میلی متر که از طریق ورق فولادی شکل داده شده به مقطع فولادی جوش شده است.
۴) گل‌میخ‌های برشگیر با قطر ۲۲ میلی متر که به طور مستقیم به مقطع فولادی جوش شده است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۳-۳-پ-۱ جزء (۲)، صفحه ۱۶۰

گزینه ب صحیح است

۲۵) در تیر مختلط شکل زیر اگر قطر گل‌میخ‌ها برابر ۲۰ میلی متر باشد و تیر دارای عملکرد مختلط کامل فرض شود، حداقل ضخامت دال بتنی به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ (عمران - نظارت - مرداد ۱۴۰۰)



- ۱) ۸۰ mm (۲) ۱۰۰ mm (۳) ۱۲۰ mm (۴) ۱۴۰ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۳-۱ جزء (ب)، صفحه ۱۵۴ و بند ۱۰-۲-۸-۸ جزء (الف)-

(۳) و (الف-۴)، صفحه ۱۷۶ و بند ۱۰-۲-۸-۸-الف-۵، صفحه ۱۷۷

توضیح: مطابق بند ۱۰-۲-۸-۸ جزء (الف-۳)، طول برشگیرهای از نوع گل میخ نباید از چهار برابر قطر آن کوچکتر باشد.

$$\text{طول برشگیر از نوع گل میخ} = h \geq 4d = 4 \times 2 = 80 \text{ mm}$$

مطابق بند ۱۰-۲-۸-۸ جزء (الف-۴)، صفحه ۱۷۶، در اعضای مختلط با مقاطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن، پوشش بتن روی برشگیرهای از نوع گل میخ نباید از ۱۵ میلی متر کوچکتر باشد.

$$t_c \geq h + 15 \text{ mm} = 80 + 15 = 95 \text{ mm}$$

از طرفی: مطابق بند ۱۰-۲-۸-۳ جزء (ب)، صفحه ۱۵۴، حداقل ضخامت دال بتنی در حالت بدون استفاده از ورقه‌های عرشه که با مقطع فولادی به صورت مختلط عمل می‌نماید، برابر ۸۰ میلی متر است.

$$t_c \geq 95 \text{ mm} \geq H_{\min} = 80 \text{ mm} \Rightarrow \text{برقرار است}$$

مطابق بند ۱۰-۲-۸-۸-الف-۵، صفحه ۱۷۷، در دال‌هایی بتنی توپر متکی بر تیر فولادی ارتفاع برشگیرهای از نوع گل میخ و ناودانی نباید از نصف ضخامت دال بتنی کوچکتر در نظر گرفته و بنابراین با توجه به گزینه‌های ارائه شده و ضوابط و بندهای بیان شده در بالا ضخامت دال بتنی را ۱۰۰ میلی متر انتخاب کنیم.

گزینه ب صحیح است

۲۶) در نقشه‌های سازه یک مشاور، برای اجرای تیر فولادی با مقطع مختلط (بدون استفاده از ورق‌های فولادی شکل داده شده) که ضخامت دال آن ۱۵۰ mm است، در فواصل ۲۰۰ میلی متری، یک برشگیر از نوع گل میخ به قطر ۱۹ mm استفاده شده است. با توجه به مشکلات تأمین گل میخ در محل احداث، مهندس مجری برای معادل‌سازی گل میخ با برشگیر از نوع ناودانی، گزینه‌های زیر را برای ارائه پیشنهاد به مشاور و جلب نظر موافق ایشان بررسی می‌کند، کدام گزینه متضمن طرح اقتصادی‌تر بوده و نزدیکترین مقاومت برشی افقی اسمی به طرح مشاور را دارد؟ رده بتن مصرفی C۲۵ تنش کششی نهایی حداقل مصالح گل میخ $F_u = 420 \text{ MPa}$ و طول ناودانی با توجه به عرض بال تیرها، ۷۵ mm است. (عمران - نظارت - بهمن ۹۷)

$$\text{UPN}80 @ 250 \text{ mm} \quad (۱)$$

$$\text{UPN}80 @ 450 \text{ mm} \quad (۳)$$

$$\text{UPN}80 @ 550 \text{ mm} \quad (۴)$$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۸-ب و جدول ۱۰-۲-۸-۴، صفحه ۱۷۷ و بند ۱۰-۲-۸-۸-پ، صفحه ۱۷۸

توضیح: مقاومت برشی اسمی برشگیرهای از نوع گل میخ از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$Q_n = 0.15 A_{sa} \sqrt{f'_c E_c} \leq R_g R_p A_{sa} F_u$$

که در آن: A_{sa} = سطح مقطع گل میخ، f_c = تنش فشاری مشخصه نمونه استوانه‌ای بتن، E_c = مدول الاستیسیته بتن، F_u = تنش کششی نهایی مصالح گل میخ، R_g ، R_p = ضرایب اصلاحی

$$R_g = 1, R_p = 0.75$$

مطابق جدول ۱۰-۲-۸-۴:

$$E_c = 0.43 w_c^{1/5} \sqrt{f'_c} \Rightarrow E_c = 0.43 \times 2500^{1/5} \sqrt{25} = 26875 \text{ MPa}$$

$$Q_{n1} = 0.15 \times 1 \times \frac{\pi \times 19^2}{4} \times \sqrt{25 \times 26875} \leq 1 \times 0.75 \times \frac{\pi \times 19^2}{4} \times 420$$

$$\rightarrow Q_{n1} = 11620.1 \leq 89311/5 \rightarrow Q_{n1} = 89311/5$$

مطابق بند ۱۰-۲-۸-۸-پ، با توجه به اینکه در گزینه‌ها، ناودانی موردنظر همگی یکسان می‌باشد، پس از اطلاعات این ناودانی در روند مسئله استفاده می‌شود و فواصل این برشگیر به دست آورده می‌شود تا به جواب درست برسیم.

$$Q_{n2} = 0.3 \times (1 + 0.15 \times 6) \times 75 \times \sqrt{25 \times 26875} = 202871$$

$$\frac{Q_{n1}}{S_1} = \frac{Q_{n2}}{S_2} \rightarrow \frac{89311/5}{200} = \frac{202871}{S_2} \rightarrow S_2 = 454 \text{ mm}$$

گزینه ج صحیح است

۲۷) حداقل فاصله مرکز تا مرکز برشگیرهای از نوع گل‌میخ در امتداد محور طولی کنگره‌های ورق فولادی شکل داده شده، در صورتی که قطر گل‌میخ 20mm باشد، برابر است با: (عمران - نظارت - مهر ۹۶)

- (۱) 60mm (۲) 80mm (۳) 100mm (۴) 120mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۸-ث، صفحه ۱۷۹

توضیح: فاصله مرکز تا مرکز برشگیرهای از نوع گل‌میخ در راستای طولی تیر نباید کوچکتر از ۶ برابر قطر آن‌ها و در برشگیرهای از نوع ناودانی کوچکتر از ۴ برابر پهنای بال ناودانی در نظر گرفته شود. همچنین فاصله مرکز تا مرکز بین برشگیرهای از نوع گل‌میخ در امتداد عمود بر محور طولی تیر نباید کوچکتر از ۴ برابر قطر آن‌ها در نظر گرفته شود.

$$80\text{mm} = 4 \times 20 = \text{قطر گل‌میخ} \times 4 = \text{حداقل فاصله مرکز تا مرکز}$$

گزینه ب صحیح است

۲۸) کدامیک از مقادیر زیر برای ارتفاع سوراخ دسترسی در جان یک تیر ورق، جهت جوش لب به لب بال، مجاز نمی باشد؟ ضخامت جان 10mm و ضخامت بال 15mm فرض شود. (عمران - نظارت - خرداد ۹۳)

- (۱) ۴۵ میلی متر
(۲) ۲۰ میلی متر
(۳) ۲۵ میلی متر
(۴) ۱۵ میلی متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۹۰، بند ۱۰-۲-۹-۱-۱۰، ۴-۱-۹-۲-۱۰

توضیح: ارتفاع سوراخ دسترسی نباید از ۲۰ میلی‌متر و از ضخامت ورقی که سوراخ دسترسی در آن ایجاد می‌شود (10mm) کوچکتر و از ۵۰ میلی‌متر بزرگتر در نظر گرفته شود.

$$\max\{10\text{mm}, 20\text{mm}\} = 20\text{mm} \leq \text{ارتفاع سوراخ دسترسی} \leq 50\text{mm}$$

گزینه د صحیح است

۲۹) کدامیک از عبارات زیر، در خصوص ترکیب پیچ و جوش در یک اتصال اتکایی صحیح می باشد؟ (عمران - نظارت - خرداد ۹۳)

- (الف) کل تنش را باید پیچ به تنهایی تحمل کند
(ب) کل تنش را باید جوش به تنهایی تحمل کند.
(ج) فقط در صورتیکه از پیچ‌های پر مقاومت استفاده شود، کل تنش را باید پیچ به تنهایی تحمل کند.
(د) در صورت استفاده از پیچ‌های پر مقاومت می‌تواند جوش و پیچ را در تحمل تنش‌ها سهیم فرض کرد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۹۲، بند ۱۰-۲-۹-۲-۱۰، ۶-۱-۹-۲-۱۰

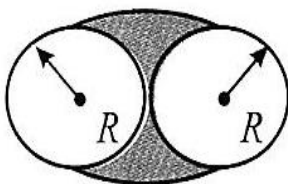
گزینه ب صحیح است

۳۰) در اتصال دو میلگرد از طریق جوش (شکل زیر)، حداکثر ضخامت مؤثر کل جوش به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

(میلگردها جوش پذیر فرض می‌شود) (عمران - نظارت - مرداد ۹۴)

- (۱) برابر R (۲) برابر $0.6R$
(۳) برابر $0.5R$ (۴) برابر $0.3R$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۱۰-۱ جزء الف، صفحه ۱۹۳



توضیح: ضخامت مؤثر جوش شیاری که بین دو لبه گرد (مثل شیاری بین دو میلگرد) و یا بین یک لبه گرد و لبه تخت (مثل میلگرد در مجاورت ورق) داده می‌شود، مطابق شکل ذیل می‌باشد. حال با توجه به اینکه در

این سؤال ضخامت مؤثر کل جوش مدنظر است پس داریم:

$$2 \times 0.5R = R$$

گزینه الف صحیح است

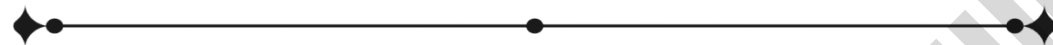


(۳۱) در اتصال لب به لب دو ورق با ضخامت یکسان از چه نوع جوشی استفاده نمی‌شود؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۶)

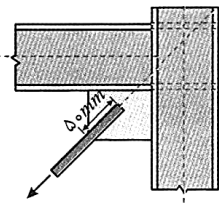
(۱) گوشه (۲) شیاری با درز ساده (۳) شیاری با درز لاله‌ای (۴) شیاری با درز جناغی

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۱-۱-الف، صفحه ۱۹۳

گزینه الف صحیح است



(۳۲) برای مهاربندی موقت یک قاب در کارگاه، از میلگرد جوش پذیر به قطر ۱۶ میلی‌متر استفاده شده است. به این منظور، دو طرف میلگرد به طول ۵۰ میلی‌متر با جوش شیاری به ورق اتصال جوش داده شده است. مقاومت طراحی جوش میلگرد به ورق، ϕR_n ، در برابر کشش وارد در امتداد میلگرد به کدام گزینه نزدیک‌تر است: (الکتروود از نوع E۶۰ و خروج از مرکزیت کشش میلگرد نسبت به خط جوش صرف نظر می‌شود. انجام جوش در محل و بازرسی چشمی توسط بازرس ذیصلاح جوش انجام گرفته است.) (عمران - نظارت - اسفند ۹۵)



- (۱) ۲۴kN (۲) ۳۴kN
(۳) ۴۴kN (۴) ۵۴kN

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۱-۱-الف، صفحه ۱۹۳

توضیح: مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۳، صفحه ۲۰۱، در صورتی که جوش شیاری با نفوذ کامل باشد همواره فلز پایه حاکم خواهد بود، بنابراین در این مسئله جوش از نوع شیاری با نفوذ نسبی است و جوش تحت تنش برشی قرار دارد؛ لذا ϕ برابر با ۰/۷۵ می‌باشد. مطابق بند ۱۰-۲-۹-۲-۱-۴-ب، صفحه ۲۰۱، گسیختگی بر اساس مصالح فلز جوش:

$$R_n = F_{nv} = A_{we}$$

مطابق بند ۱۰-۲-۹-۲-۱-۱-الف صفحه ۱۹۳: سطح مقطع مؤثر در جوش‌های شیاری عبارت است از حاصل ضرب طول مؤثر در ضخامت مؤثر جوش.

$$t_e = 2 \times 0.5 \times R = 2 \times 0.5 \times 8 = 4/8 \text{ mm}$$

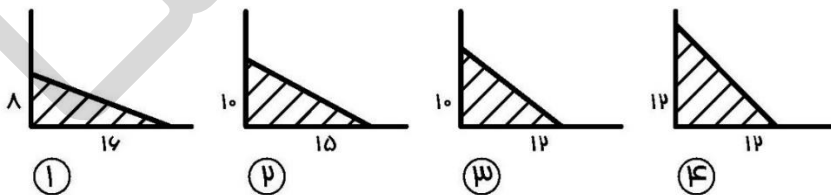
$$\phi R_n = \phi F_{nw} A_e = 0.75 \times 0.6 \times F_{ue} \times L_e t_e$$

$$\rightarrow \phi R_n = 0.75 \times 0.6 \times 50 \times 4/8 = 45 \times 10^3 \text{ N} = N = 45 \text{ kN}$$

گزینه ج صحیح است



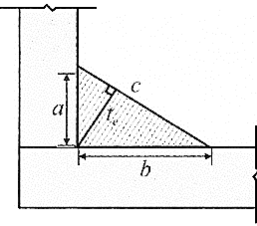
(۳۳) بین مقاطع جوش‌های گوشه نشان داده شده در شکل زیر کدام یک بیشترین و کدام یک کمترین مقاومت برشی را خواهد داشت؟ (مشخصات مصالح جوش و فلز پایه یکسان است. تمام اندازه‌ها به میلی‌متر است.) (عمران - نظارت - مهر ۹۸)



- (۱) شماره دو دارای بیشترین مقاومت و شماره یک دارای کمترین مقاومت
(۲) شماره چهار دارای بیشترین مقاومت و شماره یک دارای کمترین مقاومت
(۳) شماره دو دارای بیشترین مقاومت و شماره سه دارای کمترین مقاومت
(۴) شماره چهار دارای بیشترین مقاومت و شماره سه دارای کمترین مقاومت

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۲، صفحه ۱۹۴

توضیح: ضخامت گلوگاه مؤثر (t_e) در جوش گوشه برابر کوتاهترین فاصله بین ریشه مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به حساب می آید. مقاومت جوش گوشه با ضخامت گلوگاه مؤثر (t_e) رابطه مستقیم دارد. جهت محاسبه گلوگاه مؤثر برای جوش های گوشه ای که طول ساق یکسان ندارند مطابق زیر عمل می کنیم.



$$a \times b = c \times t_e = \frac{a \times b}{c} \Rightarrow t_e = \frac{a \times b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

کمترین مقاومت $\rightarrow t_{e1} = \frac{8 \times 16}{\sqrt{8^2 + 16^2}} = 7/15$ شکل ۱

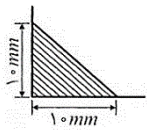
شکل ۲: $t_{e2} = \frac{10 \times 15}{\sqrt{10^2 + 15^2}} = 8/33$

شکل ۳: $t_{e3} = \frac{10 \times 12}{\sqrt{10^2 + 12^2}} = 7/68$

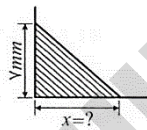
بیشترین مقاومت $\rightarrow t_{e4} = 0.707 \times 12 = 8/4$ شکل ۴

گزینه ب صحیح است

۳۴) فرض کنید در نقشه های طراحی بعد جوش گوشه برای یک اتصال ۱۰mm داده شده است اما در کارگاه امکان جوش دادن بیش از ۷mm برای یکی از ساق ها فراهم نیست. حداقل بعد ساق دیگر این جوش برای آنکه مقاومت برشی جوش موردنظر تأمین شود، کدام گزینه می باشد؟ (فرض کنید استفاده از جوش گوشه با ساق های نامساوی مجاز بوده و فقط مقاومت برشی جوش مدنظر است) (عمران - نظارت - مهر ۹۸)



شکل (۱)



شکل (۲)

۱۵mm (۲)

۱۳mm (۱)

۴) نشدنی است و جواب ندارد

۱۷mm (۳)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۲، صفحه ۱۹۴

توضیح: ضخامت گلوگاه مؤثر (t_e) در جوش گوشه برابر کوتاهترین فاصله بین ریشه مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به حساب می آید.

$$\left\{ t_e = \frac{a \times b}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right\}, \left\{ \begin{array}{l} \text{شکل ۱: } t_{e1} = 0.707 \times 10 \approx 7\text{mm} \\ \text{شکل ۲: } t_{e2} = \frac{7 \times X}{\sqrt{7^2 + X^2}} \end{array} \right.$$

حال مقدار t_{e1} و t_{e2} با هم برابر قرار می دهیم تا عملکرد جوش همانند یکدیگر شود. داریم:

$$t_{e1} = t_{e2} \rightarrow 7 = \frac{7 \times X}{\sqrt{(49 + X^2)}} \rightarrow 1 = \frac{X^2}{49 + X^2} \rightarrow 49 + X^2 = X^2 \rightarrow 49 = 0 \rightarrow$$

بنابراین نشدنی است و جواب ندارد.

گزینه د صحیح است

۳۵) در صورتی که طول ساق‌های مقطع یک جوش گوشه برابر ۶ و ۸ میلی‌متر باشد، ضخامت گلوگاه مؤثر جوش حدوداً چقدر است؟ (عمران - نظارت - مرداد ۹۴)

(۱) ۴/۸ میلی‌متر (۲) ۱۰/۱ میلی‌متر (۳) ۶/۴ میلی‌متر (۴) ۸/۲ میلی‌متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۲ جزء (الف)، صفحه ۱۹۴

توضیح: در جوش گوشه برابر کوتاه‌ترین فاصله بین ریشه مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر و تر مثلث مقطع جوش به حساب می‌آید.

$$t_e = \frac{a \times b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{6 \times 8}{\sqrt{6^2 + 8^2}} = 4/8 \text{ mm}$$

گزینه الف صحیح است

۳۶) در یک جوش گوشه متساوی‌الساقین، با تغییر هندسه مقطع جوشکاری، ظرفیت باربری جوش ۳۱ درصد کاهش یافته است. با فرض ثابت ماندن طول جوش، چنانچه یک بعد ۲ برابر بعد حالت متساوی‌الساقین شود، بعد دیگر نسبت به بعد جوش حالت متساوی‌الساقین، حدوداً چه مقداری خواهد داشت؟ (عمران - نظارت - اردیبهشت ۹۷)

(۱) ثابت مانده است (۲) یک چهارم شده است. (۳) نصف شده است. (۴) یک سوم شده است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، شکل ۱۰-۹-۲-۱۰، صفحه ۱۹۴

توضیح: مطابق شکل، با توجه به اطلاعات صورت سؤال، گفته شده است که ظرفیت باربری جوش ۳۱ درصد کاهش یافته است. این بدین معناست که مقاومت در حالت دوم ۰/۶۹ برابر حالت اول می‌باشد. از طرفی با فرض ثابت ماندن طول جوش، یعنی ضخامت گلوگاه مؤثر جوش در حالت دوم (t_{e2}) نسبت به ضخامت گلوگاه مؤثر جوش در حالت اول (t_{e1})، ۳۱ درصد کاهش یافته است، یعنی داریم:

$$t_{e2} = 0/69 t_{e1} \Rightarrow t_{e2} = \frac{2a \times x}{\sqrt{(2a)^2 + x^2}} = 0/69 \times 0/707a \rightarrow x = 0/5a$$

گزینه ج صحیح است

۳۷) فرض کنید در نقشه‌های محاسباتی یک ساختمان فولادی بعد جوش گوشه برابر ۱۵ میلی‌متر داده شده است. چنانچه در عمل امکان جوش کاری فقط ۱۰ میلی‌متر در یکی از ساق‌های جوش گوشه وجود داشته باشد، و در ساق دیگر محدودیتی برای جوشکاری وجود نداشته باشد، برای تأمین بُعد جوش مورد نیاز، بُعد ساق دیگر جوش گوشه حداقل چقدر باید باشد؟ (عمران - نظارت - بهمن ۹۴)

(۱) ۲۰ میلی‌متر (۲) ۲۴ میلی‌متر

(۳) ۳۰ میلی‌متر (۴) نمی‌توان از طریق افزایش بعد ساق دیگر جواب گرفت.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۱۰ جزء (الف)، صفحه ۱۹۴

توضیح: ضخامت گلوگاه مؤثر (t_e) در جوش گوشه برابر کوتاه‌ترین فاصله بین ریشه مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به حساب می‌آید.

نحوه به دست آمدن رابطه:

$$\text{تناسب} = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{t_e}{a} \Rightarrow t_e = \frac{a \times b}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{حالت اول } t_{e1} &= 0/707 \times 15 = 10/6 \\ \text{حالت دوم } t_{e2} &= \frac{10 \times D}{\sqrt{10^2 + D^2}} = \frac{10 \cdot D}{\sqrt{100 + D^2}} \end{aligned} \right\} \rightarrow t_{e1} = t_{e2} \rightarrow 10/6 = \frac{10 \cdot D}{\sqrt{100 + D^2}} \rightarrow 10/6^2 = \frac{10 \cdot D^2}{100 + D^2}$$

$$\rightarrow 112/36 = \frac{10 \cdot D^2}{100 + D^2} \rightarrow D^2 < .$$

توضیح: مطابق بند ۱۰-۲-۹-۲-۳ جزء (ب-۸)، ضخامت جوش انگشترانه و کام در قطعاتی که ضخامت آن‌ها کوچک‌تر یا مساوی ۱۶ میلی‌متر است، باید برابر با ضخامت قطعه و در قطعاتی که ضخامت آن‌ها بیش از ۱۶ میلی‌متر است، باید برابر با بزرگ‌ترین دو مقدار نصف ضخامت قطعه و ۱۶ میلی‌متر در نظر گرفته شود.

$12\text{ mm} = \text{ضخامت قطعه متصل شونده} = a_w = \text{ضخامت جوش}$

مطابق بند ۱۰-۲-۹-۲-۳ جزء (ب-۲)، قطر سوراخ در جوش انگشترانه نباید از ضخامت قطعه سوراخ شده به اضافه ۸ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین قطر مورد اشاره نباید از قطر حداقل به اضافه ۳ میلی‌متر و یا $2/25$ برابر ضخامت جوش بزرگتر باشد.

$D_{min} = \text{ضخامت قطعه سوراخ شده} + 8\text{ mm} = 12 + 8 = 20\text{ min}$ حداقل قطر سوراخ انگشترانه

$$D_{max} = \text{حداکثر قطر سوراخ انگشترانه} = \min\{D_{min} + 3\text{ mm}, 2/25 a_w\}$$

$$= \min\{20 + 3 = 23\text{ mm}, 2/25(12) = 27\text{ mm}\} = 23\text{ mm}$$

مطابق بند ۱۰-۲-۹-۲-۳ جزء (ب-۳)، حداقل فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌های جوش انگشترانه ۴ برابر قطر سوراخ است.

برقرار است $\Rightarrow 4 \times 20 = 80\text{ mmm} \geq \{A=100\text{ mm}, B=80\text{ mm}\}$ ، $D=20\text{ mm}$ ، $a_w=12\text{ mm}$: گزینه ۱

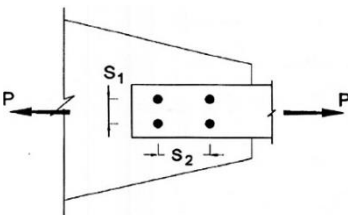
برقرار نیست $\Rightarrow 4 \times 23 = 92\text{ mmm} < \{A=100\text{ mm}, B=80\text{ mm}\}$ ، $D=16\text{ mm}$: گزینه ۲

برقرار نیست $\Rightarrow 4 \times 23 = 92\text{ mmm} < \{A=100\text{ mm}, B=80\text{ mm}\}$ ، $D=16\text{ mm}$: گزینه ۳

برقرار نیست $\Rightarrow 4 \times 22 = 88\text{ mmm} < \{A=100\text{ mm}, B=80\text{ mm}\}$ ، $D=22\text{ mm}$ ، $a_w=12\text{ mm}$: گزینه ۴

گزینه الف صحیح است

۴۸) با توجه به ضخامت قطعه سوراخ شده، کدام یک از گزینه‌های زیر برای اتصال دو قطعه به یکدیگر با استفاده از جوش انگشترانه مناسب است؟ t ضخامت قطعه سوراخ شده و d قطر سوراخ است. (همه ابعاد به میلی‌متر هستند) (عمران - نظارت - شهریور ۱۴۰۱)



۱) $t = 10, d = 20, s_1 = 70, s_2 = 70$

۲) $t = 10, d = 22, s_1 = 80, s_2 = 100$

۳) $t = 8, d = 18, s_1 = 80, s_2 = 100$

۴) $t = 16, d = 24, s_1 = 70, s_2 = 80$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند بند ۱۰-۲-۹-۲-۳-ب-جزء ۲ و ۳، صفحه ۲۰۰

توضیح: مطابق بند ۱۰-۲-۹-۲-۳-ب-جزء ۲، قطر سوراخ در جوش انگشترانه نباید از ضخامت قطعه سوراخ شده به اضافه ۸ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین قطر مورد اشاره نباید از قطر حداقل به اضافه ۳ میلی‌متر یا $2/25$ برابر ضخامت جوش بزرگتر شود. در کل می‌توان با توجه پارامترهای تعریف شده در سؤال، رابطه زیر را برای این بند کنترل کرد:

$$t + 8 \leq d \leq \min\{t + 8, 2/25 t\} + 3 \rightarrow t + 8 \leq d \leq \min\{t + 11, 2/25 t\}$$

مطابق بند ۱۰-۲-۹-۲-۳-ب-جزء ۳، حداقل فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌های جوش انگشترانه ۴ برابر قطر سوراخ است.

$$S_1 \geq 4d, S_2 \geq 4d$$

حال با توجه به دو رابطه بیان شده در بالا، باید برای هر گزینه شرایط را کنترل کنیم:

گزینه ۱- طبق کنترل‌های زیر، جوش با این شرایط، مناسب نمی‌باشد.

$$t + 8 \leq d \leq \min\{t + 11, 2/25 t\} \rightarrow 10 + 8 \leq d \leq \min\{10 + 11, 2/25 \times 10\} \rightarrow 18 \leq 20 \leq 21 \rightarrow \text{ok}$$

$$S_1 \geq 4d \rightarrow 70 \geq 4 \times 20 = 80 \rightarrow \text{not ok}$$

$$S_2 \geq 4d \rightarrow 70 \geq 4 \times 20 = 80 \rightarrow \text{not ok}$$

گزینه ۲- طبق کنترل‌های زیر، جوش با این شرایط، مناسب نمی‌باشد.

$$t + 8 \leq d \leq \min\{t + 11, 2/25 t\} \rightarrow 10 + 8 \leq d \leq \min\{10 + 11, 2/25 \times 10\} \rightarrow 18 \leq 22 \leq 21 \rightarrow \text{not ok}$$

$$S_1 \geq 4d \rightarrow 80 \geq 4 \times 22 = 88 \rightarrow \text{not ok}$$

$$S_2 \geq 4d \rightarrow 100 \geq 4 \times 22 = 88 \rightarrow \text{ok}$$

گزینه ۳- طبق کنترل‌های زیر، جوش با این شرایط، مناسب است.

$$t + 8 \leq d \leq \min\{t + 11, 2/25 t\} \rightarrow 8 + 8 \leq d \leq \min\{8 + 11, 2/25 \times 8\} \rightarrow 16 \leq 18 \leq 18 \rightarrow \text{ok}$$

$$S_1 \geq 4d \rightarrow 80 \geq 4 \times 18 = 72 \rightarrow \text{ok}$$

$$S_2 \geq 4d \rightarrow 100 \geq 4 \times 18 = 72 \rightarrow \text{ok}$$

گزینه ۴- طبق کنترل‌های زیر، جوش با این شرایط، مناسب نمی‌باشد.

$$t + 8 \leq d \leq \min(t + 11, 2/25t) \rightarrow 16 + 8 \leq d \leq \min(16 + 11, 2/25 \times 16) \rightarrow 24 \leq 24 \leq 27 \rightarrow \text{ok}$$

$$S_1 \geq 4d \rightarrow 70 \geq 4 \times 24 = 96 \rightarrow \text{not ok}$$

$$S_2 \geq 4d \rightarrow 80 \geq 4 \times 24 = 96 \rightarrow \text{not ok}$$

گزینه ج صحیح است

۴۹) برای انتقال برش در اتصال پوششی دو ورق به ضخامت ۲۵ میلی‌متر از جوش انگشتانه استفاده می‌شود. حداقل و حداکثر قطر سوراخ و ضخامت جوش کدام یک از مقادیر زیر می‌تواند باشد؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۸)

۱) حداقل قطر ۳۳ میلی‌متر حداکثر قطر ۳۶ میلی‌متر و ضخامت جوش ۱۰ میلی‌متر

۲) حداقل قطر ۲۵ میلی‌متر حداکثر قطر ۲۸ میلی‌متر و ضخامت جوش ۲۰ میلی‌متر

۳) حداقل قطر ۲۸ میلی‌متر حداکثر قطر ۳۶ میلی‌متر و ضخامت جوش ۱۶ میلی‌متر

۴) حداقل قطر ۳۳ میلی‌متر حداکثر قطر ۳۶ میلی‌متر و ضخامت جوش ۲۰ میلی‌متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۳-ب، ۸-۳-۲-۹-۲-۱۰ و بند ۱۰-۲-۹-۲-۳-ب، صفحه ۲۰۰

توضیح: قطر سوراخ در جوش انگشتانه نباید از ضخامت قطعه سوراخ شده به اضافه ۸ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین قطر مورد اشاره نباید از قطر حداقل به اضافه ۳ میلی‌متر و یا ۲/۲۵ برابر ضخامت جوش بزرگ تر شود.

$$t + 8 = 25 + 8 = 33 \leq d$$

همچنین ضخامت جوش انگشتانه و کام در قطعاتی که ضخامت آن‌ها کوچک‌تر یا مساوی ۱۶ میلی‌متر است، باید برابر با ضخامت قطعه باشد.

در قطعاتی که ضخامت آن‌ها بیش از ۱۶ میلی‌متر است، ضخامت این جوش باید برابر یا بزرگ‌ترین دو مقدار ضخامت قطعه و ۱۶ میلی‌متر در نظر گرفته شود. بنابراین در این مسأله حداقل ضخامت جوش برابر است با:

$$a = \max\left(\frac{t}{2} = \frac{25}{2} = 12.5, 16\right) = 16 \text{ mm}$$

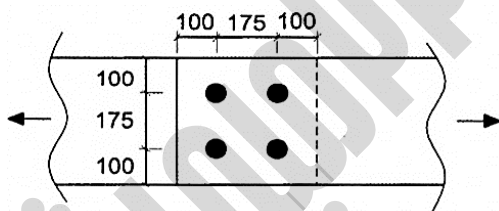
$$d \leq \min(33 + 3, 2/25 \times 16) = 36$$

حداکثر قطر سوراخ برابر است با:

پس حداقل قطر ۳۳ میلی‌متر، حداکثر قطر ۳۶ میلی‌متر و حداقل ضخامت جوش ۱۶ میلی‌متر می‌باشد.

گزینه د صحیح است

۵۰) برای انتقال نیرو از یک ورق به ورق دیگر، مطابق شکل از جوش انگشتانه استفاده می‌شود. ضخامت ورق‌ها ۳۰ mm و قطر سوراخ‌ها ۴۰ mm است. کدام گزینه صحیح است؟ ابعاد داخل شکل به میلی‌متر است. (عمران - نظارت - اردیبهشت ۹۷)



۱) طرح از نظر هندسی قابل قبول نیست.

۲) ضخامت جوش می‌تواند برابر ۱۶ mm باشد.

۳) حداکثر ضخامت جوش حدود ۱۶ mm می‌تواند باشد.

۴) ضخامت جوش نمی‌تواند کمتر از حدود ۱۸ mm باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۳-ب، صفحه ۲۰۰

توضیح: قطر سوراخ در جوش انگشتانه نباید از ضخامت قطعه سوراخ شده به اضافه ۸ میلی‌متر کمتر باشد. یعنی:

$$\text{قطر سوراخ جوش انگشتانه} \geq t + 8 \text{ mm} = 30 + 8 = 38 \text{ mm}$$

$$\text{قطر سوراخ جوش انگشتانه} = 40 \text{ mm} > 38 \text{ mm} \text{ Ok}$$

همچنین قطر سوراخ در جوش انگشتانه نباید از قطر حداقل به اضافه ۳ میلی‌متر و یا ۲/۲۵ برابر ضخامت جوش بزرگ‌تر باشد یعنی:

$$\text{قطر سوراخ جوش انگشتانه} \leq \min\left\{\left(\text{قطر حداقل} + 3 \text{ mm}\right), \left(2/25 \times \text{ضخامت جوش}\right)\right\}$$

در این مسأله قطر سوراخ در جوش انگشتانه ۴۰ میلی‌متر بوده و قطر حداقل به اضافه ۳ میلی‌متر و جوش انگشتانه ۳۸ میلی‌متر حاصل شد. لذا:

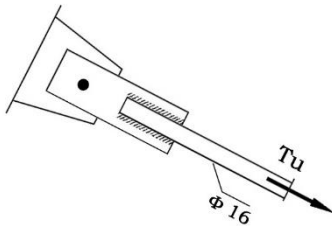
$$\text{قطر سوراخ جوش انگشتانه} = 40 \text{ mm} \leq \min\left\{\left(38 + 3 = 41 \text{ mm}\right), \left(2/25 \times \text{ضخامت جوش}\right)\right\}$$

$$\text{ضخامت جوش} \geq 40 \text{ mm} \div 2/25 = 17/78 \text{ mm}$$

یعنی ضخامت جوش نمی تواند کمتر از حدود ۱۸ میلی متر باشد.

گزینه ب صحیح است

۵۱) مجری ساختمانی برای مهار و نگهداری موقت سازه در مرحله نصب، اتصالی مطابق شکل را جهت بررسی و تائید در اختیار مهندس ناظر قرار داده است. فقط براساس مقاومت کششی میل مهار، حداکثر نیروی کششی را که می توان به میل مهار وارد کرد (مقاومت مورد نیاز T_u به کدام یک از گزینه های زیر نزدیک تر است؟ میلگرد از نوع S۲۴۰ است. (عمران-نظارت-اردیبهشت ۱۴۰۲)



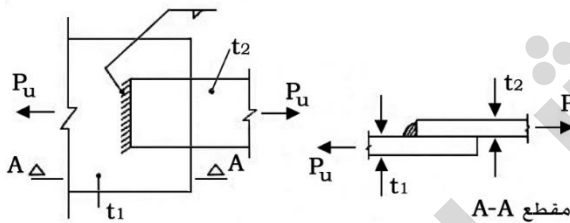
- ۲۴ kN (۱)
- ۴۳ kN (۳)
- ۵۶ kN (۲)
- ۳۳ kN (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۱، صفحه ۱۹۳ و بند ۱۰-۲-۹-۲-۱۰، صفحه ۲۰۱ و بند ۱۰-۲-۴-۲، صفحه ۶۳ توضیح:

$$T_u = \Phi F_y A_y = 0.9 \times 2400 \times 200 = 43200 \text{ N}$$

گزینه ج صحیح است

۵۲) در طراحی اتصال شکل زیر، جوش گوشه نشان داده شده، فرض می شود تحت اثر چه نوع تنشی قرار می گیرد؟ (عمران-نظارت-مهر ۹۹)

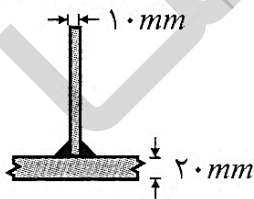


- ۱) تنش کششی در مقطع مؤثر
 - ۲) تنش برشی در مقطع مؤثر
 - ۳) تنش کششی موزی با محور طولی جوش
 - ۴) تنش کششی عمود بر محور طولی جوش
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۱۰، جزء (۷)، صفحه ۱۹۷ و جدول ۱۰-۲-۹-۳، صفحه ۲۰۲

توضیح: همان طور که از جدول بر می آید، برای جوش گوشه، فلز جوش تنها تحت تأثیر تنش برشی قرار خواهد گرفت.

گزینه ب صحیح است

۵۳) برای اتصال دو ورق از فولاد st52 با جوش گوشه مطابق شکل، الکتروود سازگار کدامیک از گزینه های زیر است؟ (عمران-نظارت-آبان ۹۳)



- الف) E ۶۰ یا معادل آن
- ب) E ۷۰ یا معادل آن
- ج) E ۸۰ یا معادل آن
- د) هم E ۶۰ و هم E ۷۰ یا معادل آنها

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۰۴، جدول ۱۰-۲-۹-۴

توضیح: مطابق جدول، می توان الکترودهای سازگار با فلز پایه را مشخص نمود. مطابق اطلاعات ارائه شده در سؤال، $F_y = 360 \text{ MPa}$ می باشد که با توجه به این جدول نوع الکتروود سازگار E۷۰ یا معادل آن می باشد.

گزینه ب صحیح است.

۵۴) در یک اتصال گیردار، چنانچه ضخامت ورق روسری برابر ۲۵ میلی‌متر باشد، برای جوشکاری با جوش شیاری این ورق به بال یک ستون، استفاده از کدام یک از گزینه‌های زیر مجاز می‌باشد؟ فولاد مصرفی دارای $F_y = ۲۴۰\text{MPa}$ می‌باشد. (عمران - نظارت - بهمن ۹۴)

- (۱) $E۸۰$ ، $E۷۰$ ، $E۶۰$ (۲) $E۷۰$ ، $E۶۰$ (۳) $E۸۰$ ، $E۶۰$ (۴) $E۷۰$
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۹-۴، صفحه ۲۰۴

گزینه د صحیح است

۵۵) در جوشکاری با جوش شیاری کششی ورق‌های از جنس فولاد با تنش تسلیم ۲۴۰MPa و با ضخامت‌های از ۸ تا ۱۵ میلی‌متر نوع الکترودهای سازگار کدام می‌باشد؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۶)

- (۱) $E۶۰$ و $E۷۰$ و معادل آن‌ها (۲) فقط $E۶۰$
(۳) فقط $E۷۰$ (۴) $E۷۰$ و $E۸۰$ و معادل آن‌ها
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۹-۴، صفحه ۲۰۴

گزینه الف صحیح است

۵۶) در اتصالات لغزش بحرانی حداقل نیروی پیش تنیدگی برای پیچهای M20 از نوع A325 به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ (عمران - نظارت - آذر ۹۲)

- (۱) ۲۱۰ kN
(۲) ۱۷۰ kN
(۳) ۱۴۰ kN
(۴) ۱۱۰ kN

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۰۷، جدول ۱۰-۲-۹-۵

گزینه ج صحیح است.

۵۷) حداقل نیروی پیش تنیدگی پیچ به قطر اسمی ۲۵ میلی‌متر از نوع A۴۹۰ کدام یک از مقادیر زیر است؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۹)

- (۱) ۲۵۷ کیلونیوتن (۲) ۳۳۴ کیلونیوتن (۳) ۲۷۰ کیلونیوتن (۴) ۲۰۵ کیلونیوتن

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۹-۵، صفحه ۲۰۷ و جدول ۱۰-۱-۵، صفحه ۳۴

توضیح: تبصره: در مواردی که قطر اسمی پیچ غیر از اعداد ذکر شده در جدول فوق باشد، حداقل نیروی پیش تنیدگی را می‌توان برابر $A_{nb}F_u$ (که معادل $۰/۷ A_{eb}F_u$ است) در نظر گرفت. با توجه به اینکه قطر اسمی پیچ برابر با ۲۵ میلی‌متر بیان شده است و غیر از اعداد ذکر شده در جدول فوق می‌باشد، لذا باید حداقل نیروی پیش تنیدگی را برابر $۰/۵۵ A_{nb}F_u$ در نظر گرفت.

مطابق جدول ۱۰-۱-۵، مقدار F_u (تنش کششی نهایی) برای پیچ A۴۹۰ برابر با ۱۰۰۰ مگاپاسکال است.

$$A_{nb}F_u = ۰/۵۵ \times \left[\frac{\pi \times ۲۵^2}{۴} \right] \times (۱۰۰۰) = ۲۶۹۹۸۰/۶۲ \text{ N} = ۲۶۹/۹۸ \text{ kN}$$

گزینه ج صحیح است

۵۸) در خصوص سوراخ لوبیایی بلند که در یک اتصال ساده (مفصلی) مورد استفاده قرار گرفته است، کدام گزینه صحیح است؟ (عمران - نظارت - مرداد ۹۴)

- ۱) استفاده از سوراخ لوبیایی بلند فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز است.
 - ۲) استفاده از سوراخ لوبیایی بلند فقط در اتصالات اتکایی مجاز است.
 - ۳) در اتصالات اتکایی زمانی می توان از سوراخ لوبیایی بلند استفاده نمود که سوراخ لوبیایی بلند در امتداد عمود بر مسیر نیرو باشد.
 - ۴) در اتصالات اصطکاکی فقط زمانی می توان از سوراخ لوبیایی بلند استفاده نمود که سوراخ لوبیایی بلند در امتداد عمود بر مسیر نیرو باشد.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۳-۹-۲-ب-۴، صفحه ۲۰۹

گزینه ج صحیح است

۵۹) در اتصالات با پیچ، استفاده از کدام نوع سوراخ به هیچ وجه در اتصال با عملکرد اتکایی مجاز نمی باشد؟ (عمران - نظارت - اردیبهشت ۹۷)

- ۱) سوراخ لوبیایی بلند
 - ۲) سوراخ لوبیایی کوتاه
 - ۳) سوراخ بزرگ شده
 - ۴) سوراخ استاندارد
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۳-۹-۲-ب-۲، صفحه ۲۰۹

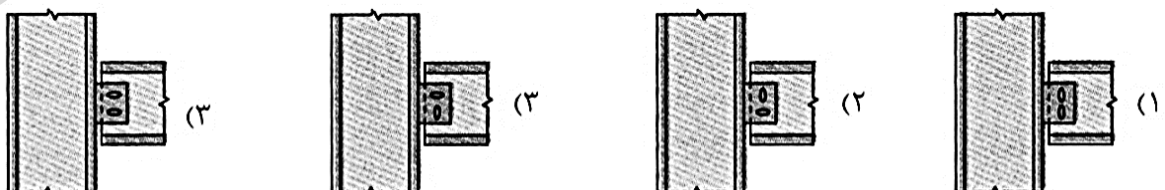
گزینه ج صحیح است

۶۰) در یک اتصال اتکایی، پیچ ۲۴M از نوع A۳۰۷ به کار رفته است. کدام عبارت در خصوص استفاده از سوراخ اتصال این پیچ صحیح نمی باشد؟ (عمران - نظارت - مرداد ۱۴۰۰)

- ۱) استفاده از سوراخ به قطر ۲۷ میلی متر مجاز می باشد.
 - ۲) استفاده از سوراخ به قطر ۳۰ میلی متر مجاز می باشد.
 - ۳) استفاده از سوراخ لوبیایی به ابعاد ۳۲×۲۷ میلی متر با امتداد طولی سوراخ عمود بر امتداد نیرو، مجاز می باشد.
 - ۴) استفاده از سوراخ لوبیایی به ابعاد ۶۰×۲۷ میلی متر با امتداد طولی سوراخ عمود بر امتداد نیرو، مجاز می باشد.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۳-۹-۳-ب) و جدول ۱۰-۲-۹-۶، صفحه ۲۰۹

گزینه ب صحیح است

۶۱) کدام یک از جزئیات زیر برای تأمین انعطاف پذیری یک اتصال پیچی ساده تیر به ستون با سوراخ های لوبیایی کوتاه، مناسب نیست؟ (اتصال از نوع اتکایی فرض شود). (عمران - نظارت - مرداد ۹۴)



جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۳-۲-ب جزء (۳)، صفحه ۲۰۹

توضیح: سوراخ لوبیایی کوتاه در تمام امتدادها در اتصالات لغزش بحرانی مجاز است ولی در اتصالات اتکایی و پیش‌تنیده استفاده از آن‌ها زمانی مجاز است که، امتداد طولی سوراخ عمود بر امتداد نیرو باشد. با توجه به اینکه اتصال از نوع اتکایی فرض شده است بر اساس توضیحات داده شده سوراخ لوبیایی کوتاه در امتداد عمود بر مسیر نیرو مجاز بوده و از آنجایی که برش در شکل گزینه (۱) موازی با امتداد نیرو است. پس مناسب نمی‌باشد.

گزینه الف صحیح است

۶۲) عرض سوراخ برای محاسبه سطح مقطع خالص یک قطعه کششی در یک اتصال پیچی با پیچ M۲۴ و با سوراخ استاندارد، باید چند میلی‌متر در نظر گرفته شود؟ (عمران - نظارت - شهر یوز ۹۵)

۲۶ (۱) ۲۷ (۲) ۲۸ (۳) ۲۹ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۹-۶، صفحه ۲۰۹ و بند ۱۰-۲-۵-۲-ب-۱، صفحه ۵۸

توضیح: قطر سوراخ استاندارد اسمی پیچ M۲۴ برابر ۲۷ میلی‌متر می‌باشد. و عرض سوراخ پیچ باید به اندازه ۲ میلی‌متر بزرگتر از ابعاد اسمی سوراخ منظور شود.

$$\text{عرض سوراخ محاسباتی} = \text{قطر سوراخ اسمی} + 2\text{mm} = 27 + 2 = 29\text{mm}$$

گزینه د صحیح است

۶۳) در یک ورق با ضخامت ۲۰ میلی‌متر که لبه آن با اره بریده شده است، سوراخ استاندارد با قطر ۲۲ میلی‌متر ایجاد شده است. حداقل فاصله ای که لازم است از مرکز سوراخ تا لبه ورق بر حسب میلی‌متر و در راستای نیرو رعایت شود، چه مقدار می‌باشد؟ (عمران - نظارت - خرداد ۹۳)

۴۴ (الف) ۳۸/۵ (ب) ۴۰ (ج) ۳۰ (د)

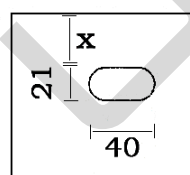
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۰۹ و ۲۱۰، جدول ۱۰-۲-۹-۶ و جدول ۱۰-۲-۹-۷،

توضیح: قطر اسمی پیچ برای سوراخ استاندارد ۲۲ میلی‌متر برابر ۲۰mm (M۲۰) خواهد بود. حال با توجه به جدول ۱۰-۲-۹-۷، حداقل فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در هر راستا برابر خواهد بود با:

$$\text{فاصله مرکز سوراخ} = 1.5 \times d = 1.5 \times 20 = 30\text{mm}$$

گزینه د صحیح است.

۶۴) در شکل یک سوراخ لوبیایی برای پیچ M۲۰ نشان داده شده است. کمترین مقدار مجاز برای فاصله X به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ فرض می‌شود که تمام لبه‌های ورق با اره بریده شده باشند، واحدها روی شکل به میلی‌متر است. (عمران - نظارت - دی ۱۴۰۱)



۱۹.۵ (۱) ۲۵.۵ (۲) ۳۰ (۳) ۳۹.۵ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۳-۲-ب، صفحه ۲۱۰

توضیح: فاصله مرکز سوراخ‌های استاندارد تا لبه قطعه متصل شونده نباید از مقادیر داده شده در جدول ۱۰-۲-۹-۷

کوچکتر باشد. برای سوراخ‌های بزرگ شده و لوبیایی، فاصله مرکز سوراخ تا لبه نباید از آنچه برای سوراخ استاندارد تعیین شده به‌اضافه مقدار C مطابق جدول ۱۰-۲-۸ کوچکتر باشد.

با توجه به توضیحات بالا و جداول ، چون تمام لبه‌های ورق با اره بریده شده است و همچنین X در راستای موازی با لبه می‌باشد، فاصله مرکز سوراخ لوبیایی تا لبه ورق برابر $30 = (1/5 \times 20) + 0$ و $C + d_b/5 = 1/5$ میلی‌متر خواهد بود. حال برای محاسبه مقدار X لازم است تا نصف عرض سوراخ از ۳۰ میلی‌متر کم شود
لذا مقدار X برابر $19/5 \text{ mm} = 30 - \frac{21}{4}$ خواهد بود.

گزینه الف صحیح است

۶۵) در نقشه‌های مصوب اجرایی یک ساختمان، میل مهارهای کف ستون‌ها از میله‌های دندانه شده CK ۴۵ با تنش کششی نهایی $F_u = 600 \text{ MPa}$ و قطر 30 mm نشان داده شده است. با توجه به شرایط کارگاه، دفتر فنی کارفرما به ناظر پیشنهاد می‌کند، نظر به اینکه تنش کششی نهایی میلگردهای آجدار مصرفی در کارگاه نیز $F_u = 600 \text{ MPa}$ است، به جای CK ۴۵ از میلگردهای رزوه شده آجدار 30ϕ در میل مهارها استفاده شود. کدام یک از گزینه‌های زیر در این رابطه صحیح است؟ (عمران - نظارت - اردیبهشت ۹۷)

- ۱) استدلال کارفرما برای پیشنهاد کافی نیست.
 - ۲) در صورت تأمین طول مهاری برای میل مهارها، پیشنهاد کارفرما قابل قبول است.
 - ۳) پیشنهاد کارفرما، با توجه به تساوی قطرهای اسمی، همواره قابل قبول است.
 - ۴) با توجه به اینکه تنش‌های کششی و برشی اسمی پیچ‌ها و میله‌های دندانه شده فقط تابع F_u است، پیشنهاد کارفرما قابل قبول است.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۳، صفحه ۲۱۱

گزینه الف صحیح است

۶۶) در محاسبات قطر یک پیچ مقاومت در اتصال پیچی، حالتی که سطح برش از قسمت دندانه دار نمی‌گذرد در نظر گرفته شده است اما در هنگام اجرا مشاهده شده که سطح برش از قسمت دندانه دار می‌گذرد. در کدامیک از موارد زیر نیاز به کنترل کفایت قطر محاسبه شده می‌باشد؟ (عمران - نظارت - آبان ۹۳)

- الف) اتصال به صورت اصطحاکای عمل نموده و تحت اثر کشش بوده، اما برش صفر باشد.
 - ب) اتصال به صورت اصطحاکای عمل نموده و تحت اثر همزمان برش و کشش باشد.
 - ج) اتصال به صورت اتکایی عمل نموده و تحت اثر کشش بوده، اما برش صفر باشد.
 - د) اتصال به صورت اتکایی عمل نموده و تحت اثر همزمان برش و کشش باشد.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۱۲، جدول ۱۰-۲-۹-۹

گزینه د صحیح است

۶۷) کف ستونی به ابعاد 400×400 میلی‌متر روی مرکز سطح یک پی به ابعاد 1500×1500 میلی‌متر و ضخامت 500 mm قرار دارد. در مورد حداکثر مقاومت اتکایی روی بتن پی، گزینه صحیح را انتخاب نمایید. (A_1 سطح بار یا همان مساحت کف ستون است) (عمران - نظارت - خرداد ۹۳)

- ۱) $0.85 \phi_c f_c A_1$
 - ۲) $1.7 \phi_c f_c A_1$
 - ۳) $2 \phi_c f_c A_1$
 - ۴) $\phi_c f_c A_1$
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۲۶، بند ۱۰-۲-۹-۸، قسمت (پ)

توضیح: مطابق بند ۱۰-۲-۹-۸، مقاومت اتکایی موجود برای مصالح مختلف تکیه‌گاهی مساوی $\phi_c P_p$ می‌باشد که در آن ϕ_c ضریب کاهش مقاومت برابر 0.165 و P_p مقاومت اتکایی است که بر اساس حالت حدی خردشدگی مصالح تکیه‌گاهی تعیین می‌گردد.
مطابق جزء (پ)، فشار مستقیم بر روی تکیه‌گاه بتنی:

$$P_p = 0.85 f_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 1.7 f_c A_1$$

در این مسأله داریم:

$$A_1 = 160000 \text{ mm}^2, \quad A_2 = 225000 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow P_p = 0.85 f_c A_1 \sqrt{\frac{225000}{160000}} = 3.1875 f_c A_1 \not\leq 1.7 f_c A_1$$

$$\Rightarrow P_p = 1.7 f_c A_1 \Rightarrow \phi_c P_p = 1.7 \phi_c f_c A_1$$

گزینه ب صحیح است.

۶۸) کف ستونی به ابعاد 500×350 میلیمتر روی یک پی بتنی به ابعاد 1500×1500 میلیمتر طوری قرار گرفته است که یکی از لبه های آن با لبه شالوده همپاد است. حداکثر مقاومت اتکایی طراحی روی بتن پی چه مقدار است؟ (A_f = مساحت کف ستون و f_c مقاومت مشخصه فشاری بتن می باشد. ضخامت پی بتنی 500 mm است) (عمران - نظارت - آبان ۹۳)

۱) $0.85 \phi_c f_c A_1$ ب) $1.7 \phi_c f_c A_1$ ج) $\phi_c f_c A_1$ د) $1/2 \phi_c f_c A_1$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۲۶، بند ۱۰-۲-۹-۸ و صفحه ۲۲۷، شکل ۱۰-۲-۹-۲۲ (الف)

توضیح: مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۲-الف: برای کف ستون‌هایی که حداقل یکی از لبه‌های آن با لبه شالوده همپاد است، $A_1 = A_2$ در نظر گرفته می‌شود. مطابق بند ۱۰-۲-۹-۸، مقاومت اتکایی کف ستون‌ها از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P_p = \phi_c \times 0.85 \times f_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq \phi_c \times 1.7 f_c A_1$$

اگر کف ستون در لبه پی قرار گرفته باشد، در این صورت حداکثر سطحی از شالوده که هم‌مرکز و متشابه با ورق کف ستون است همان سطح کف ستون خواهد بود. داریم:

$$A_1 = A_2 \rightarrow P_p = \phi_c \times 0.85 f_c A_1$$

گزینه الف صحیح است

۶۹) در صورت اثر یک نیروی متمرکز کششی در امتداد عمود بر صفحه بال و بطور متقارن نسبت به جان، کدامیک از موارد زیر نیاز به کنترل دارد؟ (عمران - نظارت - آبان ۹۳)

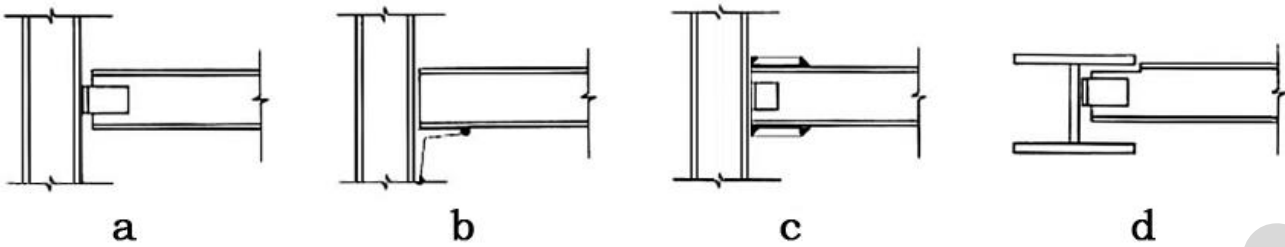
الف) کمانش جانبی جان
ب) لهیدگی جان
ج) تسلیم موضعی جان
د) کمانش فشاری جان

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۳۱، شکل ۱۰-۲-۹-۲۴

توضیح: مطابق شکل، در صورت اثر یک نیروی متمرکز کششی یا فشاری در امتداد عمود بر صفحه بال و به‌طور متقارن نسبت به جان، تسلیم موضعی متقارن نسبت به جان، تسلیم موضعی جان می‌بایست کنترل شود. پدیده‌های کمانش و لهیدگی فقط تحت اثر نیروهای فشاری به وجود می‌آیند.

گزینه ج صحیح است.

۷۰) در کدام یک از اتصالات نمایش داده شده در شکل کنترل لزوم ورقهای مضاعف در چشمه اتصال ضروری است؟ (عمران - نظارت - آذر ۹۲)



a (الف)
b (ب)
c (ج)
d (د)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۳۸ و ۲۳۹، بند ۶-۱۰-۹-۲-۱۰

توضیح: مطابق شکل ۲۸-۹-۲-۱۰ مقاومت برشی موردنیاز در چشمه‌ی اتصال، V_{rp} ، از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$V_{rp} = \frac{M_{r1}}{d_{b1}} + \frac{M_{r2}}{d_{b2}} - V_r$$

مطابق بند ۶-۱۰-۹-۲-۱۰ در صفحه ۲۳۹، در صورتی که مقاومت برشی موردنیاز چشمه‌ی اتصال از مقاومت برشی موجود آن بیشتر باشد، تعبیه‌ی ورق تقویتی جان (ورق مضاعف) یا یک جفت سخت کننده‌ی قطری دارای مقاومتی حداقل برابر با اختلاف مقاومت موردنیاز و مقاومت موجود در محدوده‌ی چشمه اتصال الزامی است. بنابراین در صورتی کنترل لزوم ورقهای مضاعف در چشمه‌ی اتصال ضروری است، که اتصال توان انتقال لنگر خمشی تیرهای طرفین را داشته و در نتیجه احتمال فراتر رفتن مقاومت برشی موردنیاز در چشمه‌ی اتصال از مقاومت برشی طراحی وجود داشته باشد

گزینه ج صحیح است.

۷۱) در یک اتصال صلب تیر به ستون در سازه‌های فولادی کدام یک از عبارات زیر صحیح است.

- ۱) به جای ورقهای مضاعف می‌توان ضخامت بال‌های ستون را افزایش داد.
- ۲) به جای ورقهای مضاعف در چشمه اتصال می‌توان از ورقهای پیوستگی بهره برد.
- ۳) به جای ورقهای مضاعف در چشمه اتصال، می‌توان از سخت کننده‌های قطری بهره برد.
- ۴) به جای ورقهای مضاعف می‌توان پهنای ورقهای روسری و زیرسری متصل به بال‌های ستون را افزایش داد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۶-۱۰-۹-۲-۱۰، صفحه ۲۳۹

گزینه ج صحیح است.

۷۲) یک سقف مختلط با تیرریزی IPE ۲۲۰ با فرض عدم استفاده از شمع موقت طراحی شده اما پیمانکار به اشتباه برای اجرای اعضای خمشی با مقطع مختلط این سقف از شمع استفاده کرده است. کدام یک از نظرات مهندس ناظر که در گزینه‌های زیر مطرح شده است صحیح است؟ (عمران - نظارت - مرداد ۱۴۰۰)

- ۱) تغییر شکل تیر مختلط بر اثر بارهای زنده در زمان بهره‌برداری کاهش خواهد یافت.
- ۲) تغییر شکل کلی تیر تحت اثر بارهای مرده و زنده کاهش خواهد یافت.
- ۳) فرکانس ارتعاش سقف در زمان بهره‌برداری کاهش خواهد یافت.
- ۴) مقاومت خمشی نهایی تیر مختلط افزایش خواهد یافت.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۲-۱۰-۲-۱۰، صفحه ۲۴۴

گزینه ب صحیح است

۷۳) تأثیر استفاده از پایه‌ی موقت در زیر تیر فولادی برای اجرای اعضای خمشی با مقطع مختلط در ساختمان‌های متعارف مسکونی مطابق با کدامیک از گزینه‌های زیر است؟ (مقطع تیر فولادی از منظر خمشی فشرده فرض شود) (عمران - نظارت - دی ۱۴۰۱)

۱) کاهش تغییر شکل‌های ناشی از بار زنده در زمان بهره‌برداری

۲) کاهش تغییر شکل‌های ناشی از کل بار مرده

۳) افزایش مقاومت خمشی مثبت طراحی تیر مختلط

۴) کاهش فرکانس ارتعاش تیر مختلط در زمان بهره‌برداری

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۲-۱۰-۲، صفحه ۲۴۴

توضیح: لذا با توجه به نکات موجود در بند، دیده می‌شود که در صورت استفاده از پایه‌های موقت، تغییر شکل‌های مرحله ۱ که باید به مقطع فولادی وارد شود کمتر خواهد شد و لذا در کل، خیز ناشی از بارهای مرده در کل کاهش خواهد یافت. مابقی موارد که در گزینه‌های ۱، ۳ و ۴ اشاره شده است، تغییری نخواهد کرد.

گزینه ب صحیح است

۷۴) کدامیک از عبارات زیر صحیح است؟ (عمران - نظارت - بهمن ۹۷)

۱) در ساخت و اجرای تیرهای فولادی ایجاد پیش خیز مجاز نیست.

۲) زمان تناوب ارتعاش قائم بیشتر تیر می‌تواند موجب کاهش آسایش در ساکنین در برابر لرزش شود.

۳) در کنترل تغییر شکل تیرهای مختلط (فولادی - بتنی) در نظر گرفتن تغییر شکل‌های اضافی ناشی از افت و خزش بتن الزامی نیست.

۴) فرکانس ارتعاشی قائم بیشتر تیر، می‌تواند موجب کاهش آسایش در ساکنین در برابر لرزش شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱-۱۰-۲، صفحه ۲۴۳ و بند های ۴-۱۰-۲-۱۰ و ۲-۱۰-۲-۱۰، صفحه ۲۴۵

توضیح: مطابق بند ۴-۱۰-۲-۱۰، هر چقدر فرکانس بیشتر باشد، سازه سخت‌تر می‌شود؛ لذا با افزایش فرکانس، آسایش ساکنین افزایش می‌یابد (گزینه ۴ نادرست می‌باشد) و چون دوره تناوب رابطه عکس با فرکانس دارد، با افزایش دوره تناوب یا همان کاهش فرکانس، آسایش هم کاهش خواهد یافت. (گزینه ۲ صحیح است)

گزینه ب صحیح است

۷۵) با توجه به الزامات لرزه‌ای مصالح فولادی، اگر تنش تسلیم تعیین شده فولادی برابر با $F_y = 275 \text{ MPa}$ باشد، حداقل مقاومت کششی نهایی آن برحسب MPa چقدر باید باشد؟ می‌توان فرض کرد که فولاد موردنظر در سیستم باربر جانبی لرزه‌ای متوسط استفاده شده است (عمران - نظارت - اسفند ۹۵)

۴۲۰ (۴)

۳۷۰ (۳)

۳۶۰ (۲)

۳۳۰ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱-۱-۲-۳-۱۰، صفحه ۲۵۱

توضیح: در این نوع سیستم‌ها، نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی فولاد نباید از $0/8$ بزرگتر باشد. داریم:

$$\frac{F_y}{F_u} \leq 0/8 \rightarrow F_u \geq 1/25 \times 275 = 343/75$$

گزینه الف صحیح است

۷۶) کدام یک از فولادهای زیر از نظر الزامات لرزه‌ای مصالح می‌تواند مورد قبول باشد؟ (مقادیر برحسب MPa می‌باشد). می‌توان فرض کرد که فولاد مورد نظر در سیستم باربر جانبی لرزه‌ای متوسط استفاده شده است.

(عمران - نظارت - شهریور ۹۵)

$$F_u = 270, F_y = 220 \quad (2) \quad F_u = 270, F_y = 235 \quad (1)$$

$$F_u = 290, F_y = 250 \quad (3) \quad (4) \text{ هیچکدام}$$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱-۱-۲-۳-۱۰، صفحه ۲۵۱

توضیح: در این نوع سیستم‌ها، نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی فولاد نباید از ۰/۸ بزرگتر باشد، یعنی:

$$\frac{F_y}{F_u} \leq \Rightarrow 0.8 F_u \geq 1.25 F_y$$

برای حل این سؤال می‌بایست گزینه‌ها را به صورت جداگانه مورد بررسی قرار دهیم. داریم:

مورد قبول نمی‌باشد $F_u = 270 \text{ MPa} \geq 1.25 \times 235 = 294 \text{ MPa}$: گزینه ۱

مورد قبول نمی‌باشد $F_u = 270 \text{ MPa} \geq 1.25 \times 220 = 275 \text{ MPa}$: گزینه ۲

مورد قبول نمی‌باشد $F_u = 290 \text{ MPa} \geq 1.25 \times 250 = 312 \text{ MPa}$: گزینه ۳

گزینه د صحیح است

۷۷) در یک مقطع I شکل ساخته شده از ورق با فولاد ST ۳۷ تنش تسلیم مورد انتظار چه مقدار در نظر گرفته می‌شود؟ (تنش تسلیم و تنش نهایی فولاد ST ۳۷ به ترتیب 240 MPa و 370 MPa است. (عمران - نظارت - خرداد ۹۳)

$$1/15 F_s \quad (الف) \quad 1/10 F_s \quad (ب) \quad 1/20 F_y \quad (ج) \quad 1/25 F_y \quad (د)$$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۵۲، بند ۱-۱-۲-۳-۱۰ و صفحه ۲۵۳، جدول ۱-۲-۳-۱۰

توضیح: با توجه به جدول می‌توان مقدار R_y را تعیین نمود که با مراجعه با این جدول مقدار R_y برای مقاطع ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها برابر ۱/۱۵ می‌باشد. داریم:

$$F_{ye} = R_y F_y \rightarrow F_{ye} = 1/15 F_y$$

گزینه الف صحیح است.

۷۸) چنانچه تیر ساخته شده با ورق در یک قاب خمشی با شکل پذیری متوسط، دارای بال به پهنای ۳۰۰ میلی‌متر باشد، حداقل ضخامت قابل قبول برای ورق بال به کدام مقدار نزدیک تر است؟ (تنش تسلیم $F_y = 240 \text{ MPa}$) (عمران - نظارت - آبان ۹۳)

(۱) ۱۲ میلی‌متر

(۲) ۱۵ میلی‌متر

(۳) ۲۰ میلی‌متر

(۴) ۳۰ میلی‌متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۹، بند ۱-۱-۲-۳-۱۰ و صفحه ۲۶۱، جدول ۴-۲-۳-۱۰

توضیح: مطابق بند ۲-۴-۱-۱۰: مدول الاستیسیته مصالح فولادی $E = 2 \times 10^5$ می‌باشد.

مطابق جدول ۴-۲-۳-۱۰، حداکثر نسبت پهنا یا ارتفاع به ضخامت برای اعضای با شکل‌پذیری متوسط (λ_{md}) ارائه شده است. بر اساس مورد ۱ از این جدول داریم:

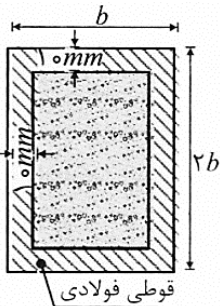
$$\lambda_{md} = 0.38 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{1.15 \times 240}} = 10.23$$

$$\frac{b}{t_f} \leq \lambda_{md} \Rightarrow t_f \geq \frac{b}{\lambda_{md}} = \frac{150}{10.23} = 14.66 \text{ mm} \Rightarrow (t_f)_{min} = 15 \text{ mm}$$

نکته: (b) برابر نصف عرض بال است.

گزینه ب صحیح است.

۷۹) برای یک عضو مختلط، تحت فشار محوری با مقطع نشان داده شده در شکل زیر، حداکثر مقدار b برای آنکه عضو قابل کاربرد در سازه‌های با شکل‌پذیری متوسط باشد، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ ($f = 240 \text{ MPa}$) (عمران - نظارت - مهر ۹۶)



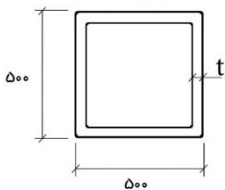
- (۱) ۲۰۵ mm
(۲) ۳۴۵ mm
(۳) ۴۰۵ mm
(۴) ۶۵۵ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۳-۲-۴، صفحه ۲۶۵ و جدول ۱۰-۳-۱-۱، صفحه ۲۵۳ توضیح: مطابق جدول ۱۰-۳-۲-۴ ردیف ۱۲، برای اینکه مقطع قابل استفاده در قاب‌های با شکل‌پذیری متوسط باشد می‌بایست مقطع فشرده لرزه‌ای باشد. مطابق جدول ۱۰-۳-۱-۱، برای مقادیر ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها، R_y برابر ۱/۱۵ می‌باشد.

$$\frac{b}{2b} \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}} = \frac{b}{2b} \times \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{1/15 \times 240}} = 60/84 \geq \frac{2b - 2t}{t} = \frac{2b - 20}{10} \Rightarrow 314/2$$

گزینه ب صحیح است

۸۰) حداقل ضخامت ورق مقطع قوطی شکل پر شده با بتن برای تأمین الزامات لرزه‌ای با مقطعی به شکل زیر و با شکل‌پذیری ویژه تقریباً چه مقدار می‌باشد؟ (ابعاد به میلی‌متر است.) ($F_y = 235 \text{ MPa}$, $E = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$) (عمران - نظارت - مرداد ۱۴۰۰)



- (۱) ۱۴/۴ mm
(۲) ۱۲/۲ mm
(۳) ۱۱/۴ mm
(۴) ۱۰/۲ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۳-۲-۴ ردیف (۱۲)، صفحه ۲۶۵ و جدول ۱۰-۳-۱-۱، صفحه ۲۵۳ و بند ۱۰-۲-۲-۴ جزء (ث)، صفحه ۵۲

توضیح: ابتدا به ردیف ۱۲ از جدول ۱۰-۳-۲-۴ مراجعه می‌کنیم. سپس مطابق جدول ۱۰-۳-۱-۱، برای مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل نورد شده، (فرض) $R_y = 25/1$ خواهد بود.

مطابق بند ۱۰-۲-۲-۴ جزء (ث)، برای بال‌های مقاطع توخالی مستطیلی شکل (HSS)، پهنای b عبارت است از فاصل آزاد بین جان‌ها منهای شعاع گوشه داخلی در هر طرف. چنانچه شعاع گوشه‌ها معلوم نباشد، مقادیر b و h را می‌توان معادل بعد متناظر خارجی منهای سه برابر ضخامت در نظر گرفت.

$$\frac{b}{t} = \frac{500 - 3t}{t} \leq 1/4 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}} = 1/4 \sqrt{\frac{200000}{1/25 \times 235}} = 36/53 \Rightarrow t \geq 12/6 \text{ mm}$$

گزینه ج صحیح است

۸۱) در قاب‌های خمشی معمولی: (عمران - نظارت - مهر ۹۶)

- (۱) بال‌های تیرها و ستون‌ها باید فشرده بوده و جان آنها غیر لاغر باشد.
(۲) بال‌های تیرها و ستون‌ها باید فشرده بوده و جان آنها لاغر باشد.

۳) بال های تیرها و ستون ها باید غیر فشرده بوده و جان آنها غیر لاغر باشد.
 ۴) بال های تیرها و ستون ها باید غیر فشرده بوده و جان آنها لاغر باشد.
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۳-۱-۲، صفحه ۲۸۴

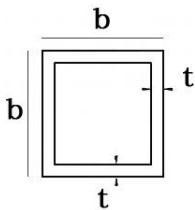
گزینه الف صحیح است

۸۲) فرض کنید پیمانکار یک ساختمان فولادی از نوع قاب خمشی متوسط در هر دو راستا، که با فولاد با 240MPa $F_y =$ طراحی شده به دلیل در دسترس بودن فولادهای با 360MPa $F_y =$ پیشنهاد تغییر نوع فولاد برخی از اعضای اسکلت را می دهد. شما به عنوان ناظر این ساختمان، تغییر نوع فولاد کدام یک از اعضای این ساختمان را غیرمجاز می دانید؟ (فرض کنید برای جوشکاری این ساختمان از الکترودهای سازگار استفاده خواهد شد و سازه ساختمان تحلیل و طراحی مجدد نمی شود). (عمران - نظارت - بهمن ۹۴)

۱) تیرهای فرعی (تیرچه ها) ۲) ستون ها ۳) تیرهای اصلی ۴) ورق های اتصال
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۳-۱-۲-۶ جزء الف، صفحه ۲۹۳

گزینه ج صحیح است

۸۳) مقطع عمومی ستون های باربر جانبی در یک قاب خمشی ویژه فولادی مطابق شکل زیر است. با این اطلاعات کدام یک از گزینه های زیر مقادیر قابل قبول برای b و t را مشخص می کند؟ واحدها به میلی متر است. (عمران - نظارت - دی ۱۴۰۱)



- ۱) $b = 300$ و $t = 15$ ۲) $b = 300$ و $t = 25$
 ۳) $b = 300$ و $t = 12$ ۴) $b = 440$ و $t = 25$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۳-۱-۲-الف، صفحه ۲۹۵ و جدول ۱۰-۳-۲-۴، صفحه ۲۶۳ و جدول ۱۰-۳-۲-۱، صفحه ۲۵۳

توضیح: مطابق بند ۱۰-۳-۳-۱-۲-الف، اجزا مقاطع تیرها و ستون ها باید از نوع فشرده ی لرزه ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{hd} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۲-۴ باشند.

مطابق جدول ۱۰-۳-۲-۴، در بال های مقاطع قوطی شکل ساخته شده از ورق، نسبت پهنا به ضخامت نباید از مقدار $\lambda_{hd} = 0.55 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ تجاوز کند. با توجه به مقطع داده شده، بایستی نسبت پهنا به ضخامت محاسبه شود که برابر $\frac{b-2t}{t}$ می باشد. (دقت شود به دلیل بحرانی بودن بال نسبت به جان، محدودیت مربوط به بال کنترل می شود). حال کفایت مقدار به دست آمده را با حداکثر مقدار مجاز که برابر $\lambda_{hd} = 0.55 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}}$ می باشد، مقایسه کنیم.

همچنین مطابق جدول ۱۰-۳-۲-۱، مقدار R_y برای مقاطع ساخته شده از ورق برابر $1/15$ می باشد. (در سؤال تنش تسلیم فولاد مصرفی داده نشده است، و در حل سؤال فرض می کنیم که تنش تسلیم فولاد مصرفی برابر 360 مگاپاسکال می باشد).

$$\frac{b-2t}{t} \leq 0.55 \sqrt{\frac{E}{R_y F_y}} \rightarrow \frac{b-2t}{t} \leq 0.55 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{1/15 \times 360}} \rightarrow \frac{b-2t}{t} \leq 12/1$$

در نهایت کفایت تک تک گزینه ها را در رابطه بالا جایگذاری نماییم:

- گزینه ۱: ابعاد مورد نظر قابل قبول نیست.
 $\frac{b-2t}{t} = \frac{300 - 2 \times 15}{15} = 18 \not\leq 12/1$
 گزینه ۲: ابعاد مورد نظر قابل قبول است.
 $\frac{b-2t}{t} = \frac{300 - 2 \times 25}{25} = 10 \leq 12/1$
 گزینه ۳: ابعاد مورد نظر قابل قبول نیست.
 $\frac{b-2t}{t} = \frac{300 - 2 \times 12}{12} = 23 \not\leq 12/1$
 گزینه ۴: ابعاد مورد نظر قابل قبول نیست.
 $\frac{b-2t}{t} = \frac{440 - 2 \times 25}{25} = 15/6 \not\leq 12/1$

گزینه ب صحیح است

۸۴) در قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی با مهاربندهای از نوع ۷ و ۸، اگر طول اعضای مهاربندی برابر ۶ متر باشد، حداقل شعاع ژیراسیون موردنیاز در امتداد هر یک از محورهای اصلی مقطع مهاربندی، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (E, MPa)

- ۱) ۴۴mm (۲) ۵۲mm (۳) ۶۴mm (۴) ۳۰mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۱-۵-۲، صفحه ۳۲۳

توضیح:

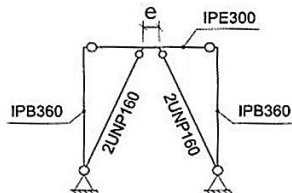
مقدار نسبت لاغری (KL/r) مهاربندی‌های از نوع ۷ یا ۸ در قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی نباید از $4\sqrt{E/F_y}$ بزرگتر باشد، بنابراین خواهیم داشت (ضریب طول مؤثر مهاربند (K) برابر با ۱ منظور شده است).

ضرب لاغری حداکثر مهاربندی‌های از نوع ۷ یا ۸ در قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی $\frac{KL}{r_{min}} \leq 4\sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$\Rightarrow \frac{KL}{r_{min}} = \frac{1 \times 6000}{r_{min}} \leq 4\sqrt{\frac{2 \times 10^5}{360}} = 94/28 \Rightarrow r_{min} \geq 63/64$$

گزینه ج صحیح است

۸۵) در قاب نشان داده شده در شکل زیر، حداکثر خروج از مرکزیت مهاربندها (e)، برای آن‌که قاب مذکور را بتوان به‌عنوان قاب با مهاربندهای همگرا در نظر گرفت و بر اساس الزامات مهاربندهای همگرا طراحی نمود، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۹)



- ۱) ۱۶۰mm (۲) ۳۶۰mm (۳) صفر (۴) ۳۰۰mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۳-۱-۲، صفحه ۳۱۹ و بند ۱۰-۲-۴-۳-۱-۲، صفحه ۳۲۶

گزینه د صحیح است

۸۶) در یک قاب مهاربندی شده و اگر کدام یک از گزینه‌های زیر الزامات لرزه‌ای سخت‌کننده میانی تیر پیوند که IPE ۳۰۰ است، را برآورده می‌نماید؟ (عمران - نظارت - اردیبهشت ۱۴۰۲)

- ۱) سخت‌کننده‌ای با پهنای ۶۰ و ضخامت ۱۰ میلی‌متر
 ۲) سخت‌کننده‌ای با پهنای ۷۰ و ضخامت ۱۰ میلی‌متر
 ۳) سخت‌کننده‌ای با پهنای ۷۰ و ضخامت ۸ میلی‌متر
 ۴) سخت‌کننده‌ای با پهنای ۶۰ و ضخامت ۸ میلی‌متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۳-۱-۵-۲، قسمت (ت-۱)، مورد ۴، صفحه ۳۴۲

توضیح:

$$\text{IPE300} \{b_f = 150\text{mm} \cdot t_w = 7.1\text{mm}\} \rightarrow \frac{1}{2} b_f - t_w = 67.9\text{mm}$$

گزینه ب صحیح است

۸۷) حداکثر فاصله مجاز بین سخت کننده های میانی یک تیر پیوند با مقطع IPE ۲۰۰ و به طول ۰.۵ متر در صورتیکه زاویه دوران ۰.۰۵ رادیان باشد، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (لنگر و برش پلاستیک مقطع تیر پیوند به ترتیب ۵۳ kN.m و ۱۴۸ kN میباشند). (عمران - نظارت - آبان ۹۳)

- (۱) ۱۲۵ میلی متر
- (۲) ۱۵۰ میلی متر
- (۳) ۱۸۵ میلی متر
- (۴) ۲۵۰ میلی متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۳۴۴، بند ۱۰-۳-۴-۳-۵-۲-ت(۱)- جزء (۱)

توضیح: مطابق بند: در مواردی که طول تیر پیوند از $\frac{1.6M_p}{V_p}$ کوچکتر یا مساوی باشد، فاصله سخت کننده های میانی نباید بیشتر از $3 \cdot t_w - \frac{d}{5}$ برای تیرهای پیوند با زاویه دوران ۰/۰۸ رادیان و $52t_w - \frac{d}{5}$ برای تیرهای پیوند با زاویه دوران ۰/۰۲ رادیان در نظر گرفته شود. برای تیرهای پیوند با زاویه دوران بین دو مقدار ۰/۰۲ و ۰/۰۸ رادیان می توان از دورن یابی خطی بین این دو مقدار مذکور استفاده نمود.

$$e = 0.5 \text{ m} < 1.6 \frac{M_p}{V_p} = 1.6 \times \frac{53}{148} = 0.57 \text{ m}$$

$$0.08 \rightarrow a_1 = 3 \cdot t_w - \frac{d}{5} = 3 \times 0.56 - \frac{20}{5} = 12.8 \text{ cm}$$

$$0.02 \rightarrow a_2 = 52t_w - \frac{d}{5} = 52 \times 0.56 - \frac{20}{5} = 25.12 \text{ cm}$$

$$IPE 200 \Rightarrow t_w = 0.56 \text{ cm}, d = 20 \text{ cm}$$

مطابق با جدول اشتایل:

با توجه به مطالب گفته شده برای زاویه دوران ۰/۰۵ داریم:

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 0.08 \rightarrow 12.8 \\ 0.05 \rightarrow a \\ 0.02 \rightarrow 25.12 \end{array} \right\} \Rightarrow a = 12.8 + \left(\frac{0.05 - 0.08}{0.05 - 0.02} \right) \times (25.12 - 12.8) = 18.96 \text{ cm} \approx 185 \text{ mm}$$

گزینه ج صحیح است.

۸۸) کدام گزینه در مورد سخت کننده های تیرهای پیوند صحیح است؟ (عمران - نظارت - اردیبهشت ۱۴۰۲)

(۱) سخت کننده انتهایی در محل اتصال دو انتهای مهاربندی به تیر پیوند I شکل می تواند به صورت تکی در یک طرف جان و در تمام ارتفاع تعبیه گردد.

(۲) ضخامت سخت کننده های میانی در یک تیر پیوند I شکل با ضخامت جان ۱۲ mm باید حداقل برابر ۱۵ mm باشد.

(۳) سخت کننده انتهایی در محل اتصال دو انتهای مهاربندی به تیر پیوند قوطی شکل باید در هر دو سمت هر یک از جان ها و در تمام ارتفاع تعبیه گردد.

(۴) اتصال سخت کننده های عرضی به بال های تیر پیوند با مقطع قوطی شکل الزامی نیست.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۳-۵-۲- قسمت (ت-۱)، صفحه ۳۴۲ و بند ۱۰-۳-۴-۳-۵-۲- قسمت (ت-۲)، صفحه ۳۴۶

گزینه د صحیح است.

۸۹) کدامیک از انواع اتصالات گیردار از پیش تأیید شده زیر برای سیستم دوگانه فولادی به صورت قاب خمشی ویژه با مهاربند واگرای ویژه، قطعاً مناسب نمی باشد؟ (عمران - نظارت - آبان ۹۳)

(۱) اتصال فلنجی چهارپیچی با استفاده از ورق لچکی

(۲) اتصال پیچی به کمک ورقهای روسری و زیرسری

(۳) اتصال فلنجی چهارپیچی بدون استفاده از ورق لچکی

(۴) اتصال جوشی به کمک ورقهای روسری و زیرسری

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۳۹۱، جدول ۱۰-۷-۳-۱۰

توضیح: ملاحظه می‌شود که اتصال جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری صرفاً در قاب‌های خمشی متوسط کاربرد دارد ولی سایر اتصالات گیردار (اتصال مستقیم تیر با مقطع کاهش یافته، اتصال فلنجی چهار پیچی بدون استفاده از ورق لچکی، اتصال فلنجی چهار یا هشت پیچی) با استفاده از ورق لچکی، اتصال پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری و اتصال مستقیم تقویت نشده جوشی هم در قاب‌های خمشی متوسط و هم در قاب‌های ویژه قابل استفاده است. بر اساس مطالب عنوان شده و با توجه به اینکه سیستم دوگانه ویژه می‌باشد، اتصال جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری مناسب نمی‌باشد.

گزینه د صحیح است.

۹۰) کدام یک از اتصالات از پیش تأیید شده زیر، قابل کاربرد برای اتصال تیرهای یک قاب خمشی فولادی ویژه نیست؟ (عمران - نظارت - شهریور ۱۴۰۱)

۱) RBS ۲) BFP ۳) WUF-W ۴) WFP

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۳-۷-۱، صفحه ۳۹۱

گزینه د صحیح است

۹۱) در مورد جوش بال به جان تیرهای ساخته شده از ورق با مقطع کاهش یافته (RBS) در حد فاصل بر ستون تا طول مشخصی بعد از مفصل پلاستیک کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (عمران - نظارت - اسفند ۹۵)

۱) در قاب‌های از نوع خمشی متوسط جوش می‌تواند از نوع گوشه دوطرفه باشد.

۲) جوش باید از نوع نفوذی با نفوذ کامل با جوش گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد.

۳) اگر جوش از نوع نفوذی کامل باشد، کفایت می‌کند.

۴) جوش باید از نوع نفوذی با نفوذ کامل با درز نیم جناغی دورو باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۷-۱ قسمت (ب)، صفحه ۳۹۳

گزینه ب صحیح است

۹۲) در یک قاب خمشی فولادی ویژه برای اتصال تیرها به ستون‌ها از اتصال WUF-W استفاده شده است. در خصوص این اتصال

کدام یک از عبارات‌های زیر صحیح نیست؟ (عمران - نظارت - اردیبهشت ۱۴۰۲)

۱) پشت‌بندهای مورد استفاده در بال تحتانی تیر نباید به بال تیر جوش شوند.

۲) پشت‌بندهای مورد استفاده در بال فوقانی تیر باید برداشته شوند.

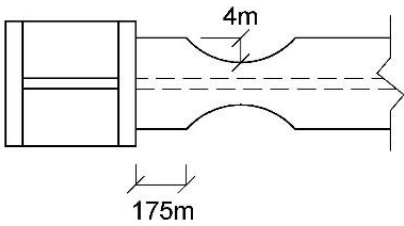
۳) پشت‌بندهای مورد استفاده در بال تحتانی تیر باید برداشته شوند.

۴) پشت‌بندهای مورد استفاده در بال فوقانی تیر نباید به بال تیر جوش شوند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۷-۱، قسمت (ت)، صفحه ۳۹۵ و ۳۹۶

گزینه ب صحیح است

۹۳) از ابعاد هندسی یک اتصال از پیش تأیید شده از نوع RBS، اطلاعات نشان داده شده در شکل در اختیار است. کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند به‌عنوان عمق قابل قبول مقطع تیر (d) و عرض قابل قبول بال آن (b_{bf}) باشد؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۸)



۱) $b_{bf} = 300 \text{ mm}$, $d = 750 \text{ mm}$

۲) $b_{bf} = 200 \text{ mm}$, $d = 600 \text{ mm}$

۳) $b_{bf} = 400 \text{ mm}$, $d = 1000 \text{ mm}$

۴) $b_{bf} = 375 \text{ mm}$, $d = 750 \text{ mm}$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۷-۲-۱، صفحه ۳۹۸

توضیح: شرایط اتصال گیردار مستقیم تیر با مقطع کاهش یافته آورده شده است. مطابق شماره ۹ از این بند، در ناحیه تیر کاهش یافته تیر محدودیت‌های زیر باید تأمین شوند:

$$R = \frac{(fc^2 + b^2)}{A_c}$$

$$0.5b_{bf} \leq a \leq 0.75b_{bf}$$

$$0.65d \leq b \leq 0.85d$$

$$0.1b_{bf} \leq C \leq 0.25b_{bf}$$

با توجه به شکل داده شده در صورت سؤال، مقدار a برابر ۱۷۵ mm می‌باشد که مقدار a می‌بایست $0.5b_{bf} \leq a \leq 0.75b_{bf}$ باشد.

حال گزینه‌ها را جداگانه مورد بررسی قرار می‌دهیم.

گزینه یک برقرار است $\rightarrow 0.75 \times 300 = 225 \leq a = 175 \leq 0.5 \times 300 = 150$: گزینه ۱

گزینه دو برقرار نیست $\rightarrow 0.75 \times 200 = 150 \not\leq a = 175 \leq 0.5 \times 200 = 100$: گزینه ۲

گزینه سه برقرار نیست $\rightarrow 0.75 \times 400 = 300 > a = 175 < 0.5 \times 400 = 200$: گزینه ۳

گزینه چهار برقرار نیست $\rightarrow 0.75 \times 375 = 281 \leq a = 175 \leq 0.5 \times 375 = 187.5$: گزینه ۴

نکته: مطابق ردیف ۱ بند مذکور: عمق مقطع تیر نباید از ۱۱۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. (که در همه گزینه‌ها برقرار است)

گزینه الف صحیح است

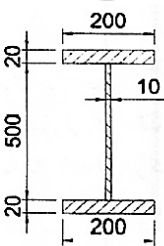
۹۴) در کدام یک از اتصالات گیردار از پیش تأیید شده زیر، تعبیه سوراخ دسترسی برای انجام جوش شیار با نفوذ کامل بال تیر به بال ستون الزامی است؟ (عمران - نظارت - شهریور ۱۴۰۱)

۱) WFP ۲) BFP ۳) RBS ۴) BUEEP

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۷-۲-۱-جزء ۶، صفحه ۳۹۸

گزینه ج صحیح است

۹۵) در یک قاب خمشی فولادی ویژه از اتصال BUEEP برای تیرها از مقطع شکل زیر استفاده شده است. مقدار قابل قبول طول دهانه آزاد و محل تشکیل مفصل پلاستیک از بر ستون به ترتیب کدام یک از مقادیر زیر است؟ در شکل ابعاد به میلی‌متر است. (عمران - نظارت - شهریور ۱۴۰۱)



۱) ۲/۸ متر و ۴۲۰ میلی‌متر

۲) ۲/۸ متر و ۲۷۰ میلی‌متر

۳) ۳/۸ متر و ۴۲۰ میلی‌متر

۴) ۳/۸ متر و ۲۷۰ میلی‌متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۷-۲-۱-جزء ۱ و ۴، صفحه ۴۰۳ و ۴۰۴

توضیح: مطابق بند ۱۰-۳-۷-۲-۱-جزء ۴، فاصله محل تشکیل مفصل پلاستیک از بر ستون (S_{pl}) باید برابر با

کوچکترین دو مقدار $3b_{bf}, \frac{d_b}{4}$ برای اتصالات فلنجی بدون استفاده از ورق لچکی باشد.

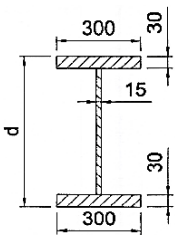
$$= \min\left(\frac{d_b}{4}, 3b_{bf}\right) = \min\left(\frac{540}{4}, 3 \times 200\right) = 270 \text{ mm } S_h$$

مطابق بند ۱۰-۳-۷-۲-۱ جزء ۱، نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۷ در قاب‌های خمشی ویژه و از ۵ در قاب‌های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود.

$$\frac{l_n}{d} \geq 7 \rightarrow l_n \geq 7d = 7 \times 540 = 3780 \text{ mm} = 378 \text{ cm} \approx 38 \text{ m}$$

گزینه د صحیح است

۹۶ در یک قاب خمشی فولادی ویژه از اتصال گیردار پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری استفاده شده است. اگر مقطع تیرها مطابق شکل زیر بوده و دهانه آزاد تیرها ۷/۲ متر باشد، حداکثر مقدار d به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (ابعاد در شکل به میلی‌متر بوده و $E = 2 \times 10^5 MP_a$ و $F_y = 240$ است) (عمران - نظارت - شهر یور ۱۴۰۱)



- ۱) ۷۲۰ mm (۲) ۸۰۰ mm
۳) ۱۰۳۰ mm (۴) ۱۴۴۰ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۷-۳-۱۰ جزء ۴ و ۶، صفحه ۴۰۹

توضیح: مطابق بند ۱۰-۴-۷-۳-۱۰ جزء ۶، نسبت دهانه‌ی آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۹ در قاب خمشی ویژه و از ۷ در قاب‌های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود. با توجه به سؤال، چون قاب خمشی فولادی ویژه داریم، پس نسبت دهانه‌ی آزاد تیر به عمق مقطع آن برابر ۹ خواهد بود

$$\frac{l_n}{d} \geq 9 \rightarrow \frac{7200}{d} \geq 9 \rightarrow d \leq \frac{7200}{9} = 800 \text{ mm}$$

مطابق بند ۱۰-۴-۷-۳-۱۰ جزء ۴، عمق مقطع تیر نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. لذا مقدار ۸۰۰ میلی‌متر به دست آمده برای d ، این شرط را نیز ارضا می‌کند.

گزینه ب صحیح است

۹۷ در کدام یک از اتصالات گیردار فولادی از پیش تأیید شده، تعبیه‌ی سوراخ دسترسی برای انجام جوش نفوذی بال تیر به ستون الزامی است؟ (عمران - نظارت - مرداد ۱۴۰۰)

- ۱) اتصال فلنجی چهار پیچی بدون استفاده از ورق لچکی (BUEEF)
۲) اتصال پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (BFF)
۳) اتصال تقویت نشده جوشی (WUF - W)
۴) اتصال جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (WFP)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۶-۷-۳-۱۰ جزء (۱)، صفحه ۴۱۵

گزینه ج صحیح است

۹۸ در مورد برش ورق فولادی با ضخامت 10 mm گزینه صحیح را انتخاب کنید. (عمران - نظارت - اسفند ۹۵)

- ۱) می‌توان از دستگاه گیوتین استفاده کرد.
۲) باید از دستگاه برش شعله ریلی استفاده کرد.
۳) باید قبل از برش بیش‌گرمایش انجام شود.
۴) باید از اره یا برش دستی استفاده کرد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۱۰، صفحه ۴۵۶

گزینه الف صحیح است

- ۹۹) در برش زدن ورق‌هایی که در ساخت قطعات فولادی مصرف می‌شوند، کدام عبارت صحیح است؟ (عمران - نظارت - اسفند ۹۵)
- (۱) برش قطعات با ضخامت کمتر از ۱۵ mm توسط دستگاه گیوتین مجاز است.
- (۲) در نیمرخ‌های سنگین و قطعات ساخته شده با جوش با ضخامت بیش از ۴۰ mm باید قبل از برش گرمایی، پیش‌گرمایش تا دمای حداقل ۵۵ درجه سلسیوس انجام شود.
- (۳) در نیمرخ‌های سنگین و قطعات ساخته شده با جوش با ضخامت بیش از ۴۰ mm باید قبل از برش گرمایی، پیش‌گرمایش تا دمای حداقل ۴۵ درجه سلسیوس انجام شود.
- (۴) همه موارد

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۳-۲، صفحه ۴۵۶

گزینه الف صحیح است

- ۱۰۰) حداکثر دمای مجاز موضع گرم شده برای ایجاد انحنای در قطعات با فولاد پرمقاومت چند درجه سلسیوس است؟ (عمران - نظارت - مرداد ۹۴)
- (۱) ۴۵۰ (۲) ۶۵۰ (۳) ۶۰۰ (۴) ۵۶۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۳-۳، صفحه ۴۵۷

گزینه د صحیح است

- ۱۰۱) در سازه‌های فولادی، به هنگام پیش‌نصب باید حداقل چند پیچ از یک اتصال که دارای ۱۸ پیچ می‌باشد، بسته شود؟ (عمران - نظارت - مرداد ۹۴)
- (۱) ۲ (۲) ۴ (۳) ۵ (۴) ۶

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۴، صفحه ۴۵۸

توضیح: توجه شود که همیشه عدد به دست آمده به سمت بالا گرد می‌شود. بنابراین به هنگام پیش‌نصب می‌بایست حداقل ۵ پیچ بسته شود.

$$18 \times 0.25 = 4.5$$

گزینه ج صحیح است

- ۱۰۲) در صورتی که دستگاه نظارت پیش‌نصب قطعات فولادی را لازم بداند برای پیش‌نصب یک اتصال پیچی با پیچ‌هایی از نوع ۱۰/۹ و با عملکرد اصطکاکی کدام یک از عبارت‌های زیر صحیح نیست؟ (عمران - نظارت - شهریور ۱۴۰۱)
- (۱) فقط استفاده از پیچ‌های ۱۰/۹ مجاز است.
- (۲) استفاده از پیچ‌های ۸/۸ و ۱۰/۹ مجاز است.
- (۳) استفاده از پیچ‌های ۸/۸ و ۱۰/۹ و ۵/۶ مجاز است.
- (۴) استفاده از پیچ‌های ۸/۸ و ۱۰/۹ و ۵/۶ و ۴/۶ مجاز است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۱-۵، صفحه ۳۴ و بند ۱۰-۳-۴-۴-ب، صفحه ۴۵۸

توضیح: مطابق بند ۱۰-۳-۴-۴-ب، پیچ‌های پیش‌نصب می‌توانند از نوع پیچ‌های معمولی انتخاب شوند. مطابق جدول ۱۰-۱-۵، پیچ‌های ۴/۶ و ۵/۶ از نوع معمولی بوده و پیچ‌های ۱۰/۹ و ۸/۸ از نوع پرمقاومت هستند.

گزینه الف صحیح است

- ۱۰۳) در مورد جوش گوشه بال به جان، میزان حداقل آزمایش کنترل کیفیت جوش کدام است؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۸)
- ۱) آزمایش کنترل کیفیت چشمی بر روی پنجاه درصد و آزمایش رنگ نافذ بر روی پنجاه درصد دیگر جوشها
 - ۲) آزمایش کنترل کیفیت چشمی بر روی تمام جوشها کافی است.
 - ۳) آزمایش رنگ نافذ روی پنجاه درصد جوشها
 - ۴) آزمایش کنترل کیفیت چشمی بر روی تمام جوشها و آزمایش رنگ نافذ بر روی ده درصد جوشها
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۴، صفحه ۴۶۸

توضیح: می توان میزان آزمایشهای غیرمخرب جوش هنگام تولید و نصب را به دست آورد. با توجه به اطلاعات موجود در ردیف اول و ششم جدول فوق، آزمایش بازرسی چشمی (VI) بر روی تمامی جوشها و آزمایش رنگ نافذ (PT) بر روی ۱۰ درصد جوشها موردنیاز است. (فرض می شود ساختمان از نظر اهمیت، جزء گروه ۱ می باشد)

گزینه د صحیح است

- ۱۰۴) ورق زیرسری اتصال پیش تأیید شده WFP به ضخامت ۱۰mm که قرار است در قاب خمشی با شکل پذیری متوسط استفاده شود، جهت انجام فرآیند جوشکاری باید پخ زده شود. بر این اساس آیا سازنده مجاز به استفاده از دستگاه پخ زن ضربه ای می باشد؟ و در این اتصال چند درصد جوشهای این ورقها به ستون باید تحت چه آزمایش غیرمخربی قرار گیرد؟ (عمران - نظارت - مرداد ۱۴۰۰)

- ۱) بلی مجاز است، ۱۰۰ درصد جوشها باید با UT (فراصوت) آزمایش شوند.
 - ۲) خیر مجاز نیست، ۱۰ درصد جوشها باید با رنگ نافذ (PT) آزمایش شوند.
 - ۳) بلی مجاز است، ۱۰ درصد جوشها باید با رنگ نافذ (PT) آزمایش شوند.
 - ۴) خیر مجاز نیست، ۱۰۰ درصد جوشها باید با UT (فراصوت) آزمایش شوند.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۳، صفحه ۴۵۷ و جدول ۱۰-۴-۴-۲، صفحه ۴۶۸

گزینه الف صحیح است

- ۱۰۵) در مورد نوع آزمایش غیرمخرب جوش شیاری ورق اتصال زیرسری اتصال گیردار از پیش تأیید شده تیر به ستون و همچنین حداقل درصد آزمایش موردنیاز این جوشها، کدام یک از گزینه های زیر صحیح می باشد؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۹)

- ۱) فراصوت - ۳۰ درصد
 - ۲) رنگ نافذ - ۳۰ درصد
 - ۳) فراصوت - ۱۰۰ درصد
 - ۴) رنگ نافذ - ۱۰۰ درصد
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۱، صفحه ۳۹۲ و جدول ۱۰-۴-۴، صفحه ۴۶۸

توضیح: فرض میشود اهمیت ساختمان، جز گروه (۲) می باشد، در تحلیل سازه، این اتصالات باید به صورت گیردار در نظر گرفته شوند.

گزینه ج صحیح است

- ۱۰۶) گزینه برای جوشکاری قطعات فولادی صحیح است؟ (عمران - نظارت - خرداد ۹۳)

- ۱) دمای محیط کار باید از ۱۰- درجه سلسیوس کمتر باشد
- ۲) سطح کار می تواند مرطوب باشد

۳) سطح کار می تواند در معرض باد و برف باشد
 ۴) دمای محیط کار نباید از ۱۰- درجه سلسیوس کمتر باشد
 جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۴-۳-۱، صفحه ۴۷۰

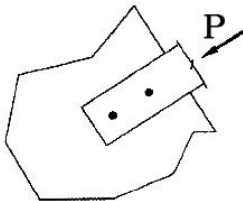
گزینه د صحیح است.

۱۰۷) کدام یک از موارد زیر در مورد برگره های دستورالعمل جوشکاری (WPS) صحیح می باشد؟ (عمران - نظارت - بهمن ۹۴)

- ۱) دستورالعمل رویه ی جوشکاری باید حاوی کلیه اطلاعات لازم جهت آماده سازی درز جوش، روش جوشکاری و سایر ویژگی های مؤثر در مشخصات جوش باشد.
 - ۲) دستورالعمل جوشکاری باید طبق فرم استاندارد آن تهیه و به تأیید نماینده کارفرما برسد.
 - ۳) دستورالعمل جوشکاری نیاز به تأیید نماینده کارفرما ندارد.
 - ۴) گزینه الف و ب
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۴-۳-۷، صفحه ۴۷۴

گزینه د صحیح است.

۱۰۸) پیمانکاری برای اتصال مهار یک عضو محوری (فشاری) موقت به سازه با حداکثر مقاومت موردنیاز $R_u = 135 \text{ kN}$ ، از یک اتصال با دو پیچ با قطر 16 mm و نوع $5/6$ (ISO) مطابق شکل استفاده کرده است (پیچ ها یک برشه هستند). ناظر پروژه متوجه می شود که مجموع مقاومت طراحی برشی دو پیچ (ϕR_n) فقط حدود نصف مقدار موردنیاز است. چنانچه برای حل مشکل اتصال، استفاده از جوش گوشه مدنظر بوده و مقاومت طراحی هر میلی متر از طول جوش 0.5 kN باشد، حداقل طول کل جوش لازم به کدام یک از گزینه های زیر نزدیکتر خواهد بود؟ فرض می شود سایر ملزومات رعایت می شود. (بار وارد بدون خروج از مرکزیت و جوشکاری متقارن فرض شود) (عمران - نظارت - دی ۱۴۰۱)



- | | |
|-----------|-----------|
| ۱) ۹۰ mm | ۲) ۱۳۵ mm |
| ۳) ۱۹۵ mm | ۴) ۲۷۰ mm |

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۱-۵، صفحه ۳۴ و بند ۱۰-۴-۴-۱-۵-الف، صفحه ۴۷۶ و بند ۱۰-۲-۹-۱-۶، صفحه ۱۹۲

توضیح: مطابق جدول ۱۰-۱-۵، پیچ $5/6$ از نوع پیچ معمولی می باشد.

مطابق بند ۱۰-۴-۱-۵-الف، استفاده از پیچ های معمولی فقط در اتصالات اتکایی مجاز می باشد. لذا با توجه به این دو بند، در اتصال عضو مهاری، از پیچ های معمولی با عملکرد اتکایی استفاده شده است. حال برای تقویت اتصال، طبق سؤال، باید از جوش گوشه در کنار اتصال اتکایی پیچ ها استفاده شود.

مطابق بند ۱۰-۲-۹-۱-۶، به طور کلی وقتی در یک اتصال از ترکیب جوش و پیچ استفاده می شود پیچ را نمی توان در تحمل بار با جوش سهیم دانست. اما در صورت رعایت شرایطی، در تعیین مقاومت موجود اتصال متشکل از پیچ های پرمقاومت و جوش های گوشه طولی، مقاومت اسمی آن را می توان برابر مجموع مقاومت لغزشی اسمی پیچ ها و مقاومت اسمی جوش های گوشه ی طولی در نظر گرفت. در این صورت کل تنش در اتصال را باید جوش به تنهایی تحمل کند. لذا کل مقاومت 135 کیلونیوتن را باید جوش ها تحمل کنند. طبق سؤال هر میلی متر از طول جوش مقاومتی برابر 0.5 کیلونیوتن خواهد داشت.

بنابراین برای اینکه جوش بتواند 135 کیلونیوتن را تحمل کند، باید طولی برابر $270 \text{ mm} = \frac{135}{0.5}$ داشته باشد.

گزینه د صحیح است.

۱۰۹) ناظر یک ساختمان فولادی اطلاع می‌یابد که پیچ‌های وارد شده به جای آنکه مطابق نقشه‌ها از نوع ۸/۸ باشند از نوع ۱۰/۹ هستند (با قطر اسمی و سایر مشخصات یکسان). این ناظر پیش از کسب تکلیف از مشاور پروژه، چهار گزینه زیر را محتمل فرض می‌کند. کدام یک از این گزینه‌ها صحیح است؟ (پیچ‌ها مطابق استاندارد ISO هستند) (عمران - نظارت - دی ۱۴۰۱)

۱) چنانچه اتصال از نوع اتکایی باشد، بدون هیچ اقدام خاص دیگری می‌توان از پیچ‌ها استفاده کرد.

۲) چون سایر مشخصات طرح همچون ضخامت ورق‌های اتصال و فواصل سوراخ‌ها و ... براساس پیچ نوع ۸/۸ تنظیم و اجرا شده است، نمی‌توان از این پیچ‌ها استفاده کرد.

۳) فقط چنانچه اتصال از نوع پیش‌تنیده باشد می‌توان از پیچ‌ها استفاده کرد به شرط آنکه حداقل نیروی پیش‌تنیدگی مربوط به آن‌ها تأمین شود.

۴) فقط چنانچه اتصال از نوع پیش‌تنیده باشد می‌توان از پیچ‌ها استفاده کرد و لازم نیست تغییر خاصی در اجرا داده شود.

جواب: بر اساس کتاب مبث ۱۰، جدول ۱۰-۱-۵، صفحه ۳۴ و بند ۱۰-۴-۱، صفحه ۴۷۶

توضیح: مطابق جدول ۱۰-۱-۵، پیچ از نوع ۸/۸ از نوع پیچ پرمقاومت و با تنش کششی نهایی (F_u) ، ۸۰۰ مگاپاسکال می‌باشد و همچنین پیچ از نوع ۱۰/۹ از نوع پیچ پرمقاومت و با تنش کششی نهایی (F_u) ، ۱۰۰۰ مگاپاسکال می‌باشد.

مطابق بند ۱۰-۴-۱، از پیچ‌های پرمقاومت در سازه‌های فولادی، در اتصالات اتکایی، پیش‌تنیده و لغزش بحرانی استفاده می‌شود. لذا با توجه به این نکات، هر دو نوع پیچ را هم در اتصال پیش‌تنیده و هم اتکایی می‌توان استفاده کرد. همچنین با توجه به افزایش تنش کشش نهایی (F_u) ، مقاومت اتکایی پیچ نیز افزایش می‌یابد و می‌توان بدون هیچ اقدام خاص دیگری از آن‌ها در اتصال اتکایی استفاده کرد. گزینه‌های (۳) و (۴) بیان می‌کند که فقط در اتصال پیش‌تنیده استفاده از این پیچ‌ها مجاز می‌باشد که نادرست است.

گزینه الف صحیح است

۱۱۰) روی کله یک پیچ عدد ۱۰/۹ و M۲۷ حک شده است. حداقل نیروی پیش‌تنیدگی لازم این پیچ برحسب کیلونیوتن به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (عمران - نظارت - بهمن ۹۴)

۱) ۱۰۹۰ (۲) ۳۳۴ (۳) ۲۶۷ (۴) ۱۰۹

جواب: بر اساس کتاب مبث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱-ب، صفحه ۴۸۱

گزینه ب صحیح است

۱۱۱) برای ایجاد پیش‌تنیدگی در یک پیچ M۲۷ از نوع ۱۰/۹ طبق استاندارد ISO که به‌صورت روغن‌کاری شده با استفاده از آچارمتر کالیبره شده انجام می‌شود لنگر پیچشی پیش‌تنیدگی لازم برحسب kN.m بعد از آنکه پیچ‌ها کاملاً سفت شوند، چه میزان است؟ (عمران - نظارت - بهمن ۹۷)

۱) ۱/۶۵ (۲) ۱/۳۲ (۳) ۱/۲۵ (۴) ۱/۱۰

جواب: بر اساس کتاب مبث ۱۰، بند ۱۰-۴-۱-۵ و جدول ۱۰-۴-۱-ب، صفحه ۴۸۱ و جدول ۱۰-۴-۱-۹، صفحه ۴۸۲

توضیح: مطابق بند ۱۰-۴-۱-۵، در عمل نیروی پیش‌تنیدگی پیچ‌های پیش‌تنیده، با مقدار لنگر پیچشی اعمال شده توسط آچارهای مدرج که اصطلاحاً ترک متر نامیده می‌شود، اندازه‌گیری و کنترل می‌شوند. لنگر پیچشی (M_t) متناظر با نیروی پیش‌تنیدگی (T_b) را می‌توان به‌طور تقریبی از رابطه‌ی زیر تعیین نمود:

$$M_t = KT_b d_b$$

که در این رابطه، T_b نیروی پیش‌تنیدگی لازم و d_b قطر اسمی پیچ و K ضریب مهره (بی‌بعد)، ضریب مهره باید توسط سازنده مطابق استاندارد اندازه‌گیری شده و در گواهی‌نامه‌های پیچ و مهره ارائه شود. قطر اسمی پیچ طبق سؤال برابر ۲۷ میلی‌متر می‌باشد و در ادامه باید دو پارامتر K و T_b محاسبه شود.

طبق جدول ۱۰-۴-۱-ب، مقدار نیروی پیش‌تنیدگی (T_b) برابر ۳۳۳/۹ کیلونیوتن می‌باشد.

همچنین طبق جدول ۱۰-۴-۱-۹، وضعیت سطحی دنده‌های پیچ و مهره از نوع فسفات و روغن فرض شده است.

پس مقدار مهره (K) برابر ۰/۱۹ می‌باشد. در نهایت لنگر پیچشی برابر خواهد بود با:

$$M_t = KT_b d_b = 0.19 \times 333.9 \times 0.027 = 1.72 \text{ KKN}$$

گزینه الف صحیح است

۱۱۲) در اتصال صلب تیر به ستون از پیچ‌های $M20$ رده $ISO 10/9$ با طول 100 mm و با عملکرد اصطکاکی استفاده شده است. پس از سفتی کامل با استفاده از آچار و به منظور اطمینان از پیش‌تنیده شدن این پیچ‌ها، حداقل تعداد دور اضافی در پیچاندن مهره پیچ چه مقدار است؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۸)

۱ (۴)

 $\frac{2}{3}$ (۳) $\frac{1}{3}$ (۲) $\frac{1}{2}$ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند جدول ۱۰-۴-۱۰، صفحه ۴۸۳ توضیح:

$$M20 \Rightarrow D = 20 \text{ mm}, L = 100 \text{ mm} \Rightarrow 4D = 80 \text{ mm} < L = 100 \text{ mm} < 8D = 160 \text{ mm} \Rightarrow \text{تعداد دور اضافه} = \frac{1}{3}$$

گزینه الف صحیح است

۱۱۳) در یک اتصال پیچی با پیچ $M27$ ، با عملکرد اصطکاکی، طول 240 mm و با شرایط سفتی کامل، برای پیش‌تنیده کردن آن، مهره پیچ باید حدوداً چند درجه چرخانده شود؟ فرض می‌شود، دو سطح اتصال عمود بر محور پیچ هستند (عمران - نظارت - شهریور ۱۴۰۱)

 90° (۴) 120° (۳) 180° (۲) 240° (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۰، صفحه ۴۸۳

توضیح: با توجه به طول پیچ و قطر پیچ ($D = 27 \text{ mm}, L = 240 \text{ mm}$) رابطه‌ی زیر برقرار است:

$$\frac{L}{D} = \frac{240}{27} = 8.89 \rightarrow 8 < \frac{L}{D} \leq 12 \rightarrow 8D < L \leq 12D$$

پس با توجه به جدول نامبرده، برای این حالت، تعداد دور اضافی لازم برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها، $\frac{2}{3}$ دور می‌باشد، که این تعداد دور معادل زاویه‌ی 240° درجه می‌باشد.

$$\frac{2}{3} \times 360 = 240^\circ$$

گزینه الف صحیح است

۱۱۴) در کنترل پیش‌تنیدگی پیچ‌های اجرا شده، کدامیک از گزینه‌های زیر نادرست است؟ (عمران - نظارت - خرداد ۹۳)

الف) برای کنترل پیش‌تنیدگی پیچ‌ها باید از آچار مناسب که قبلاً در یک آزمایشگاه مورد قبول کالیبره شده، استفاده به عمل آورد.

ب) تصمیم مهندس ناظر در مورد کفایت پیش‌تنیدگی پیچ‌ها قطعی خواهد بود.

ج) مهندس ناظر نمی‌تواند راساً پیش‌تنیدگی‌ها را کنترل نماید و باید حتماً از طریق آزمایشگاه با صلاحیت کار، کار کنترل انجام شود.

د) گزینه الف و ب

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۸۳ و ۴۸۴، بند ۱۰-۴-۱۰-۵

گزینه ج صحیح است.

۱۱۵) کدام یک از جملات زیر در خصوص اتصالات پیچی پیش تنیده صحیح نیست؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۹)

- ۱) استفاده مجدد از پیچ‌های پیش تنیده شده باز شده مجاز است.
- ۲) استفاده مجدد از پیچ‌های پیش تنیده شده باز شده مجاز نیست.
- ۳) برای اطمینان از حصول پیش تنیدگی باید حتماً از آچار مدرج استفاده نمود.
- ۴) گزینه ۲ و ۳

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۵-۱۱، صفحه ۴۸۹ و بند ۱۰-۴-۵-۶، صفحه ۴۸۳

گزینه الف صحیح است

۱۱۶) در اعضای خمشی با مقطع مختلط، عموماً تیرچه و برش گیرهای ناودانی روی آن‌ها در کارخانه ساخته شده و بعد از رنگ آمیزی به کارگاه جهت نصب ارسال می‌شوند. اگر شرایط و مشخصات خاصی مدنظر نباشد، کدام گزینه صحیح است؟ (عمران - نظارت - شهریور ۹۵)

- ۱) برشگیرها و روی بال بالایی نباید رنگ شوند.
- ۲) هم برشگیرها و هم روی بال باید رنگ شوند.
- ۳) برشگیرها و روی بال بالایی می‌توانند رنگ نشوند.
- ۴) برشگیرها باید رنگ شوند ولی رنگ کردن روی بال بالایی الزامی نیست.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۷، صفحه ۴۹۲

گزینه ج صحیح است

۱۱۷) در رنگ آمیزی قطعات فولادی، فشار موثر باد برای آماده سازی سطوح با مواد ساینده حدوداً چقدر باید در نظر گرفته شود؟ (عمران - نظارت - آذر ۹۲)

- الف) ۰/۷ MPa ب) ۱/۴ MPa ج) ۳/۵ MPa د) ۷ MPa

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۲ و ۴۹۳، بند ۱۰-۴-۷-۲

گزینه الف صحیح است.

۱۱۸) در صورت عدم وجود دستورالعمل رنگ آمیزی توسط کارشناس ذیصلاح، حداقل ضخامت رنگ آمیزی برای یک عضو قائم در یک خرپای فولادی که در معرض شرایط جوی با رطوبت متوسط کمتر از ۵۰٪ قرار دارد چه مقدار می‌باشد؟ (عمران - نظارت - آذر ۹۲)

الف) ۶۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی، ۶۰ میکرون آستر اپوکسی، ۶۰ میکرون رویه اپوکسی پلی پورتان

ب) ۴۰ میکرون ضد زنگ الکییدی، ۴۰ میکرون لایه میانی الکییدی، ۴۰ میکرون رویه الکییدی

ج) ۶۰ میکرون ضد زنگ الکییدی، ۶۰ میکرون لایه میانی الکییدی، ۶۰ میکرون رویه الکییدی

د) ۴۰ میکرون ضد زنگ الکییدی، ۴۰ میکرون رویه الکییدی

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۶، جدول ۱۰-۴-۱۵

گزینه ب صحیح است.

۱۱۹) بر روی تیر فولادی که به صورت روباز ولی در محیط بسته‌ی ساختمانی نصب می‌شود، با فرض رطوبت نسبی محیط برابر ۶۰ درصد، از چه نوع رنگ و با چه ضخامتی می‌توان استفاده کرد؟ (عمران - نظارت - مرداد ۱۴۰۰)

۱) ۴۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی
 ۲) ۴۰ میکرون ضدزنگ الکیدی، ۴۰ میکرون رویه‌ی الکیدی
 ۳) ۴۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی، ۴۰ میکرون رویه‌ی اپوکسی
 ۴) ۴۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی، ۴۰ میکرون لایه میانی اپوکسی، ۴۰ میکرون رویه‌ی اپوکسی

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۵، صفحه ۴۹۶

گزینه د صحیح است

۱۲۰) حداقل سطح آماده‌سازی و حداقل ضخامت رنگ‌آمیزی قطعه فولادی به صورت روباز درون محیط بسته در محل با رطوبت نسبی حدود ۶۵٪ در غیاب نظر کارشناس ذیصلاح برابر است با: (عمران - نظارت - بهمن ۹۴)

۱) حداقل سطح آماده‌سازی Sa_{2/5} و حداقل ضخامت رنگ ۸۰ میکرون در ۲ لایه ۴۰ میکرونی
 ۲) حداقل سطح آماده‌سازی Sa₂ و حداقل ضخامت رنگ ۸۰ میکرون در ۲ لایه ۴۰ میکرونی
 ۳) حداقل سطح آماده‌سازی Sa_{2/5} و حداقل ضخامت رنگ ۱۲۰ میکرون در ۳ لایه ۴۰ میکرونی
 ۴) حداقل سطح آماده‌سازی Sa₂ و حداقل ضخامت رنگ ۴۰ میکرون در ۱ لایه ۴۰ میکرونی

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۵، صفحه ۴۹۶

گزینه ج صحیح است

۱۲۱) حداکثر ناهمترازی مجاز بین دو قطعه به ضخامت‌های ۲۰ و ۱۰ میلی‌متر که با جوش شیاری به صورت لب به لب به یکدیگر متصل شده‌اند، بر حسب میلی‌متر چقدر می‌تواند باشد؟ (عمران - نظارت - شهریور ۹۵)

۱) ۱ ۲) ۱/۵ ۳) ۲ ۴) ۳

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۱-۲، صفحه ۴۹۸

توضیح:

$$\text{حداکثر ناهمترازی بین دو قطعه} = \min(0.1t, 3\text{mm}) = \min(0.1 \times 10 = 1\text{mm}, 3\text{mm}) = 1\text{mm}$$

گزینه الف صحیح است

۱۲۲) میزان انحراف مجاز در ریسمانی بودن ستونی به طول ۱۶ متر که قطعات آن با استفاده از جوش ساخته می‌شوند، حداکثر چند میلی‌متر است؟ (عمران - نظارت - اردیبهشت ۹۷)

۱) ۱۵ ۲) ۱۱ ۳) ۸ ۴) ۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۳-۱، صفحه ۵۰۱

توضیح: برای ستون‌ها و اعضای اصلی خریا که با استفاده از جوش ساخته می‌شوند بدون توجه به سطح مقطع عضو میزان انحراف مجاز در هم‌راستایی عضو (انحراف محور عضو از خط راست) برای اعضای با طول بزرگتر از ۱۴ متر برابر است با:

$$9\text{mm} + 3\text{mm} \times \frac{(14 - \text{طول عضو بر حسب متر})}{3} \rightarrow 9 + 3 \times \frac{L - 14}{3} = L - 5 = 16 - 5 = 11\text{mm}$$

گزینه ب صحیح است

۱۲۳) در یک تیر فولادی به طول ۱۲ متر، میزان انحراف مجاز در وسط دهانه از اتحنای پیش خیز عضو در پیش نصب قطعات عضو، در کارخانه، چه میزان است؟ (عمران - نظارت - خرداد ۹۳)

- الف) $20 \text{ mm} +$ تا $0 -$ (ب) $30 \text{ mm} +$ تا $40 \text{ mm} -$ (ج) $40 \text{ mm} -$ تا $0 -$ (د) 25 mm تا $0 -$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۵۰۲، بند ۱۰-۴-۸-۳-۱۰ و جدول ۱۰-۴-۱۷

توضیح:

$$L = 12 \text{ m} < 20 \text{ m} \rightarrow \text{انحراف مجاز} = 0 \text{ تا } 20 \text{ mm}$$

گزینه الف صحیح است.

۱۲۴) در نظر است یک تیر ورق با بال‌های $400 \times 30 \text{ mm}$ و جان $1000 \times 15 \text{ mm}$ با استفاده از جوش ساخته شود. به لحاظ ابعادی، استفاده از کدام یک از مقاطع زیر برای این تیر ورق قابل قبول است؟ (عمران - نظارت - اردیبهشت ۱۴۰۲)

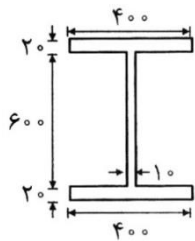
۱) بال‌ها $30 \text{ mm} \times 398$ و جان $15 \text{ mm} \times 994$ (۲) بال‌ها $30 \text{ mm} \times 395$ و جان $15 \text{ mm} \times 996$

۳) بال‌ها $30 \text{ mm} \times 396$ و جان $15 \text{ mm} \times 995$ (۴) بال‌ها $30 \text{ mm} \times 397$ و جان $15 \text{ mm} \times 994$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۳-۱۰، صفحه ۵۰۴

گزینه ج صحیح است.

۱۲۵) برای تیر ورق جوشی با دو محور تقارن (شکل زیر) حداکثر رواداری های مجاز پهنای بال و ارتفاع کل تیر ورق بر حسب میلی‌متر به ترتیب چه مقدار است؟ (اندازه‌ها در شکل بر حسب میلی‌متر است) (عمران - نظارت - خرداد ۹۳)



الف) $3 \pm$ و $5 \pm$

ب) $3 \pm$ و $3 \pm$

ج) $3 \pm$ و $4 \pm$

د) $4 \pm$ و $4 \pm$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۵۰۴، بند ۱۰-۴-۸-۳-۱۰ و جدول ۱۰-۴-۱۸

توضیح: مطابق بند ۱۰-۴-۸-۳-۱۰، برای تیر ورق‌های ساخته شده از ورق، رواداری مجاز پهنای بال مساوی $3 \pm$

میلی‌متر برای پهنای کوچکتر یا مساوی ۳۰۰ میلی‌متر و $4 \pm$ میلی‌متر برای پهنای بزرگتر است. رواداری مجاز در ارتفاع کل تیر که در صفحه مرکزی جان اندازه‌گیری می‌شود، مطابق جدول ۱۰-۴-۱۸، می‌باشد.

$$\text{رواداری مجاز} = \pm 4 \text{ mm} \Rightarrow 400 \text{ mm} > 300 \text{ mm} = \text{پهنای بال}$$

$$\text{رواداری مجاز} = \pm 3 \text{ mm} \Rightarrow 900 \text{ mm} < \text{ارتفاع تیر}$$

گزینه ج صحیح است.

۱۲۶) یک ستون فولادی کناری مربوط به یک ساختمان ۴۰ طبقه با ناشاقولی 65 mm در طبقه آخر مفروض است. بر اساس ضوابط مبحث دهم مقررات ملی ساختمان: (عمران - نظارت - شهریور ۱۴۰۱)

۱) ناشاقولی به سمت هم داخل و هم نما مجاز است.

۲) ناشاقولی به سمت داخل مجاز، اما سمت نما غیرمجاز است.

۳) ناشاقولی به سمت هم داخل و هم نما غیرمجاز است.

۴) ناشاقولی به سمت داخل غیرمجاز، اما سمت نما مجاز است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۶-۸-۴-۱۰، صفحه ۵۰۶

توضیح: رواداری ناشاقولی ستون‌های خارجی به سمت نما و تمام ستون‌ها به سمت داخل ساختمان، مطابق شکل ۱۰-۴-۱۶ است. برای پاسخگویی بر اساس ویرایش جدید مبحث دهم، فرض می‌شود ارتفاع طبقات به‌طور میانگین ۳/۲ متر باشد که در این صورت، ساختمان ۴۰ طبقه ارتفاعی برابر $40 \times 3/2 = 128 \text{mm}$ خواهد داشت. حال طبق شکل ۱۰-۴-۱۶، برای ساختمان‌های با ارتفاع بیشتر از ۱۲۵ متر این رواداری در سمت نما ۵۰ میلی‌متر و در سمت داخل ۷۵ میلی‌متر می‌باشد. پس ناشاقولی ۶۵ میلی‌متر این ساختمان، در سمت نما غیرمجاز و به سمت داخل مجاز می‌باشد.

گزینه ب صحیح است

۱۲۷) محور یک ستون فلزی در اجرا، در یک راستا ۳ میلی‌متر و در راستای عمود بر آن ۵/۵ میلی‌متر از محل فرضی و دقیق آن بر روی کف ستون جابه‌جا شده است، در این صورت کدام گزینه صحیح است؟ (عمران - نظارت - دی ۱۴۰۱)

۱) در صورت عدم اتصال مهاربند به کف ستون موردنظر قابل قبول است.

۲) بسته به ارتفاع ستون ممکن است قابل قبول باشد.

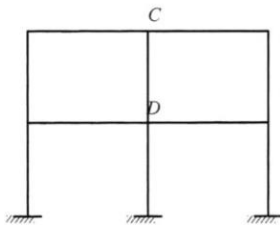
۳) بدون توجه به ارتفاع قابل قبول نیست.

۴) در هر حال قابل قبول است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۶، صفحه ۵۰۶

گزینه د صحیح است

۱۲۸) در قاب مقابل در طرح اولیه پروفیل IPE۲۰۰ برای تیرها انتخاب شده است. در صورتی که در طرح اصلاحی از پروفیل IPE۱۸۰ استفاده شود و ابعاد ستون‌ها تغییر نیابند، بار بحرانی و ضریب طول مؤثر ستون CD نسبت به مقدار به دست آمده در طرح اولیه به ترتیب چگونه تغییر می‌کنند؟ (عمران - نظارت - مهر ۹۶)



۱) افزایش - افزایش

۲) کاهش - افزایش

۳) کاهش - کاهش

۴) افزایش - کاهش

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، فرمول‌های ۱۰-۲-۲، ۱۰-۲-۳ و ۱۰-۲-۴، صفحه ۵۳۸ و ۵۳۹

توضیح:

$$k = \sqrt{\frac{1/6 G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7/5}{G_A + G_B + 7/5}} \geq 1$$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kl}{r}\right)^2}$$

$$G_A = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right) (A) \text{ ستون های متصل به گره } A}{\sum \left(\frac{EI}{L}\right) (A) \text{ تیرهای متصل به گره } A}$$

$$G_B = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right) (B) \text{ ستون های متصل به گره } B}{\sum \left(\frac{EI}{L}\right) (B) \text{ تیرهای متصل به گره } B}$$

بر اساس فرمول‌های گفته شده ملاحظه می‌شود که هر چه مقدار ضریب G زیاد شود، ضریب طول مؤثر (K) بیش‌تر شده و در نتیجه باربری کمتر می‌شود. با توجه به اطلاعات سؤال ملاحظه می‌شود که به جای پروفیل IPE ۲۰۰ از پروفیل IPE۱۸۰ برای تیر استفاده شده که این امر باعث

می‌شود که ممان اینرسی تیر کم شده و پارامتر G افزایش یافته و در نتیجه ضریب طول مؤثر (K) افزایش می‌یابد. با توجه به رابطه‌ی بار بحرانی، با افزایش بار بحرانی نیز کاهش خواهد یافت.

گزینه ب صحیح است



موسسه آموزشی و پژوهشی امام خمینی

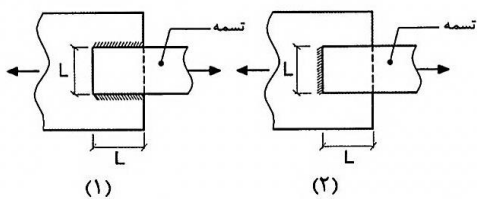
بخش آزمون (کرايش اجزا)

بررسی سوالات آزمون بحث، دهم مقررات ملی ساختمان

- ۱) کدام یک از عبارات زیر در خصوص اتصال صلب در سازه‌های فولادی صحیح است؟ (عمران - اجرا - مرداد ۹۴)
- ۱) به سخت کننده‌های افقی که در داخل ستون و در امتداد بال‌های تیر مورد استفاده قرار می‌گیرد، ورق‌های پیوستگی گفته می‌شود.
- ۲) ورق‌های پیوستگی همان ورق‌های مضاعف هستند.
- ۳) به ورق‌های روسری و زیرسری در اتصال صلب، ورق‌های مضاعف گفته می‌شود.
- ۴) به ورق‌های به کار رفته در وصله تیرها که برای تحمل برش تیر مورد استفاده قرار می‌گیرند، ورق‌های مضاعف گفته می‌شود.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند تعاریف (ورق‌های تقویتی و ورق‌های اضافی)، صفحه ۲۲

گزینه الف صحیح است.

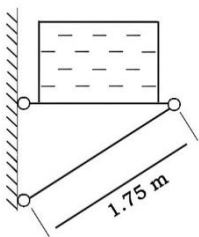
- ۲) در شکل‌های زیر دو نوع اتصال برای یک تسمه کششی به ورق اتصال نشان داده شده است. در مورد مقاومت کششی طراحی تسمه ناشی از حالت حدی گسیختگی کششی کدام گزینه صحیح است؟ (عمران - اجرا - اردیبهشت ۹۷)



- ۱) مقاومت کششی طراحی تسمه (۱) بیشتر از مقاومت کششی طراحی تسمه (۲) است.
- ۲) مقاومت کششی طراحی تسمه (۲) بیشتر از مقاومت کششی طراحی تسمه (۱) است.
- ۳) مقاومت کششی طراحی هر دو تسمه (۱) و (۲) یکسان است.
- ۴) در تسمه‌های کششی با اتصال جوشی بحث گسیختگی کششی مطرح نیست.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۶۱، جدول ۱۰-۳-۲-۱۰ (حالت‌های ۳ و ۴)
- توضیح: ضریب تأخیر برش (U) به ترتیب برای شکل‌های (۱) و (۲)، کمتر از ۰/۷۵ و ۱ می‌باشد. لذا شکل (۲) مقاومت کششی بیشتری دارد.

گزینه ب صحیح است.

- ۳) برای نصب تجهیزاتی در کارگاه از سازه نشان داده شده استفاده شده است. نیروی محوری فشاری نهایی عضو مورب $P_u = 2\text{kN}$ محاسبه شده است. اگر برای عضو مورب از یک تک نبشی که در دو انتها، یک ساق آن به یک طرف ورق اتصال جوش داده می‌شود استفاده شود. کوچک‌ترین مقطع قابل قبول مطابق با کدام گزینه خواهد بود؟ (طول عضو را در محاسبات مطابق شکل در نظر بگیرید. $F_y = 240\text{MPa}$) (عمران - اجرا - مرداد ۱۴۰۰)



- ۱) $L 45 \times 45 \times 4$
- ۲) $L 40 \times 40 \times 4$
- ۳) $L 50 \times 50 \times 5$
- ۴) $L 55 \times 55 \times 6$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۶۶، بند ۱۰-۴-۲-۱۰ و صفحه ۶۸، بند ۱۰-۴-۲-۱۰ و صفحه ۶۹، بند ۱۰-۴-۲-۱۰

توضیح: اعضای که تحت اثر نیروی محوری فشاری قرار دارند، ضریب لاغری حداکثر آن‌ها $(\frac{KL}{r})_{max}$ ، نباید از ۲۰۰ تجاوز کند.

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_{max} = \frac{1 \times 1750}{r_{min}} \leq 200 \Rightarrow r_{min} \geq 75/8\text{mm} \xrightarrow{\text{استفاده}} r_{min(L45 \times 45 \times 4)} = 8/8\text{mm}, A_g(L45 \times 45 \times 4) = 3490\text{mm}^2$$

$$\text{مقاومت فشاری طراحی اعضای فشاری} = \phi P_n = 0/9 \times F_{cr} \times A_g$$

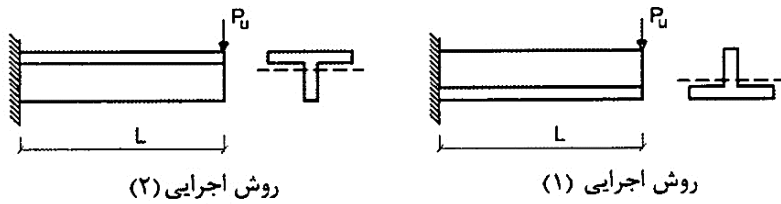
$$\left(\frac{KL}{r}\right)_{(L45 \times 45 \times 4)} = \frac{1 \times 1750}{8/8} = 198/86 > 4/71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4/71 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 135/97 \Rightarrow F_{cr} = 0/877 F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \Rightarrow (F_e)_{(L45 \times 45 \times 4)} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^5}{(198/86)^2} = 49/91\text{MPa} \Rightarrow F_{cr} = 0/877 \times 49/91 = 43/77\text{MPa}$$

$$\Rightarrow \phi P_n = 0/9 \times 43/77 \times 3490 = 137/49\text{kN} > P_u = 2\text{kN} \Rightarrow \text{برقرار است.}$$

گزینه الف صحیح است.

۴) در شکل زیر دو نوع روش اجرا برای یک عضو خمشی طره‌ای با مقطع سبیری نشان داده شده است. فرض کنید در هر دو روش اجرا کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (عمران - اجرا - اردیبهشت ۹۷)



- ۱) در روش اجرایی (۱) تیر نسبت به روش اجرایی (۲) از مقاومت خمشی طراحی بیشتری برخوردار است.
 ۲) در روش اجرایی (۲) تیر نسبت به روش اجرایی (۱) از مقاومت خمشی طراحی بیشتری برخوردار است.
 ۳) مقاومت خمشی طراحی تیر در هر دو روش اجرایی (۱) و (۲) یکسان است.
 ۴) مقاومت خمشی طراحی تیر در هر دو روش اجرایی (۱) و (۲) به طول تیر بستگی دارد، در نتیجه مقاومت خمشی طراحی تیر در روش اجرای (۱) می‌تواند کمتر، مساوی یا بیشتر از مقاومت خمشی طراحی تیر در روش اجرای (۲) باشد.
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۰۸، بند ۱۰-۲-۵-۹

توضیح: الف) تسلیم

۱- در صورتی که جان مقطع تحت کشش باشد. (بال تحت فشار باشد): مربوط به روش اجرایی (۱)

$$M_n = M_p = F_y Z_x \leq 1/6 M_y$$

۲- در صورتی که جان تحت فشار باشد. (بال تحت کشش باشد): مربوط به روش اجرایی (۲)

$$M_n = M_y$$

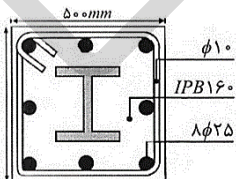
گزینه الف صحیح است.

۵) کدام یک از موارد زیر در سخت کننده‌های جان تیر ورق‌ها صحیح نمی‌باشد؟ (عمران - اجرا - اسفند ۹۵)

- ۱) ارتفاع ورق سخت کننده در مقابل بارهای متمرکز باید مساوی ارتفاع آزاد جان (فاصله بین دو بال) باشد.
 ۲) انتهای ورق سخت کننده عرضی باید حتماً به هر دو بال جوش شده باشد.
 ۳) در صورتی که ضخامت جان تیر ۱۵ میلی‌متر باشد و انتهای ورق سخت کننده به بال جوش نشده باشد. جوش گوشه ورق سخت کننده نباید در فاصله بیشتر از ۹۰ میلی‌متر از پنجه جان تا جوش جان به بال منتهی شود.
 ۴) در صورتی که ضخامت جان تیر ۱۵ میلی‌متر باشد و انتهای ورق سخت کننده به بال جوش نشده باشد، جوش گوشه ورق سخت کننده نباید در فاصله کمتر از ۶۰ میلی‌متر از پنجه جان تا جوش جان به بال منتهی شود.
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جزء الف) بند ۱۰-۲-۶-۲-۳، صفحه ۱۲۸

گزینه ب صحیح است.

۶) در مقطع مختلط نشان داده شده در شکل زیر، قطر آرماتورهای طولی برابر ۲۵ میلی‌متر و قطر تنگ‌های عرضی برابر ۱۰ میلی‌متر است. برای آنکه مقطع مذکور به‌عنوان یک ستون با مقطع مختلط محسوب شود، حداکثر فاصله تنگ‌های عرضی بر حسب میلی‌متر چقدر می‌تواند باشد؟ (این ستون جزء اعضای لرزه بر سازه نمی‌باشد). (عمران - اجرا - شهریور ۹۵)



- ۱) ۱۵۰
 ۲) ۲۰۰
 ۳) ۲۵۰
 ۴) ۳۰۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۲-۱۰، مورد (۲) جزء الف)، صفحه ۱۴۹

توضیح:

$$\text{مقطع بعد کوچک‌ترین} \leq \frac{500}{2} = 250 \text{ mm} \Rightarrow \text{فاصله تنگ‌ها} \leq \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

گزینه ج صحیح است.

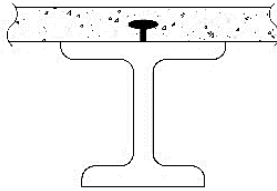
۷) در اعضاء محوری با مقطع مختلط پُر شده با بتن، مساحت مقطع فولادی باید حداقل چند درصد مساحت کل مقطع باشد؟ (عمران- اجرا- شهریور ۹۵)

۱) ۱ درصد ۲) ۱/۵ درصد ۳) ۲ درصد ۴) ۲/۵ درصد

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۲-۲، مورد (۱) جزء (الف)، صفحه ۱۵۲

گزینه الف صحیح است.

۸) در یک تیر با مقطع مختلط بدون ورق‌های فولادی شکل داده شده از گل میخ کلاهدار به‌عنوان برشگیر استفاده شده است، حداقل طول مجاز برشگیر پس از نصب کدام است؟ (قطر برشگیر ۲۰ میلی‌متر است). (عمران- اجرا- مهر ۹۸)



۱) ۴۰ mm ۲) ۶۰ mm

۳) ۸۰ mm ۴) ۱۰۰ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۷۶، مورد (۳) جزء (الف) بند ۱۰-۲-۸-۲-۱۰

توضیح: طول برشگیرهای از نوع گل‌میخ نباید از چهار برابر قطر آن کوچکتر باشد.

$$4 \times 20 = 80 \text{ mm}$$

گزینه ج صحیح است.

۹) نسبت مقاومت برشی اسمی برشگیرهای از نوع ناودانی UNP۵۰ و UNP۶۰ با طول ۱۰۰ میلی‌متر چه مقدار است؟ (E_c و f'_c) یکسان) (عمران- اجرا- دی ۱۴۰۱)

الف) ۱۰۶ ب) ۱ ج) ۰/۹۵ د) الف و ج

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۷۸، جزء (پ) ادامه بند ۱۰-۲-۸-۲-۱۰

توضیح: مقاومت برشی اسمی برشگیرهای از نوع ناودانی که بر بال فوقانی تیر فولادی متصل شده و در داخل دال بتنی قرار می‌گیرند، بدون توجه به جهت قرارگیری ناودانی در طول تیر از رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود:

$$Q_n = 0.3(t_f + 0.15t_w)L_a\sqrt{f'_c E_c}$$

طبق سؤال، مقادیر E_c ، f'_c ، L_a و برای هر دو ناودانی یکسان است و طبق فرمول بالا باید دو مقدار t_f و t_w از جدول اشتال برای دو پروفیل ناودانی به دست آید تا بتوان نسبت مقاومت برشی اسمی برشگیر را محاسبه کرد.

- ناودانی UNP۵۰: برای این پروفیل در اشتال دو ناودانی با طول بال‌های متفاوت وجود دارد. در یکی از این حالات مقادیر t_f و t_w به ترتیب برابر با ۶ و ۵ میلی‌متر می‌باشد.

- ناودانی UNP۶۰: مقادیر t_f و t_w به ترتیب برابر با ۶ و ۶ میلی‌متر می‌باشد.

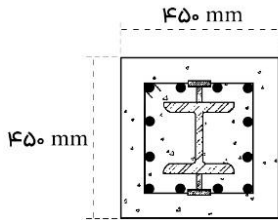
لذا برای محاسبه نسبت مقاومت برشی اسمی برش گیرها، باید دو حالت را در نظر گرفت که عبارت است از:

$$\frac{Q_n(U50)}{Q_n(U60)} = \frac{0.3(6+0.15 \times 5)}{0.3(6+0.15 \times 6)} = 0.95 \quad \text{حالت دوم}$$

$$\frac{Q_n(U50)}{Q_n(U60)} = \frac{0.3(7+0.15 \times 5)}{0.3(6+0.15 \times 6)} = 1.06 \quad \text{حالت اول}$$

گزینه د صحیح است.

۱۰) فرض کنید در طراحی یک ستون مختلط محاط در بتن مطابق شکل زیر از IPB ۲۶۰ استفاده شده و گل‌میخ‌ها به بال‌های مقطع فولادی جوش شده‌اند. اگر ابعاد مقطع مختلط 450×450 mm، پوشش بتن روی گل‌میخ‌ها برابر ۱۵ میلی‌متر و بتن با وزن مخصوص معمولی باشد، حداکثر قطر گل‌میخ‌ها به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (عمران - اجرا - مرداد ۱۴۰۰)



- ۱۴ mm (۱)
۱۶ mm (۲)
۱۸ mm (۳)
۲۰ mm (۴)
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۸۱، جدول ۱۰-۲-۸-۵

توضیح:

$$h = \frac{450 - 260 - 15 - 15}{2} = 80 \text{ mm}$$

کششی بودن، برشی بودن یا اثر هم‌زمان کشش و برش بر گل‌میخ در این مسأله مشخص نشده است، لذا هر سه وضعیت را منظور می‌کنیم. داریم:

$$\frac{h}{d} \geq 5 \Rightarrow \frac{A_s}{A} \geq 5 \Rightarrow d \leq 16 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{d} \geq 8 \Rightarrow \frac{A_s}{A} \geq 8 \Rightarrow d \leq 10 \text{ mm}$$

گزینه ب صحیح است.

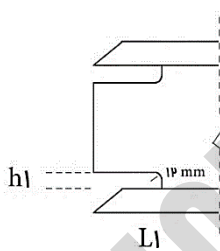
۱۱) سوراخ‌های دسترسی برای جوشکاری به چه منظور اجرا می‌شوند؟ (عمران - اجرا - اردیبهشت ۱۴۰۲)

- ۱) به منظور عبور لوله‌های تأسیساتی
۲) به منظور دسترسی و تسهیل جوشکاری
۳) فقط برای نصب ورق‌های پشت‌بند
۴) فقط برای دسترسی و اجرای جوش از پشت

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۴، صفحه ۱۹۰

گزینه ب صحیح است.

۱۲) سوراخ دسترسی در جان یک تیر به منظور جوش لب به لب بال مطابق شکل مقابل است در صورتی که این سوراخ‌ها قبل از تکمیل جوشکاری بال‌ها به جان صورت گرفته باشد، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (ضخامت ورق جان ۱۲ mm و ضخامت بال‌ها ۲۵ mm است.) (عمران - اجرا - مرداد ۱۴۰۰)



- ۱) $h_1 = 45 \text{ mm}, = L_1 25 \text{ mm}$
۲) $h_1 = 55 \text{ mm}, = L_1 45 \text{ mm}$
۳) $h_1 = 25 \text{ mm}, = L_1 25 \text{ mm}$
۴) $h_1 = 25 \text{ mm}, = L_1 45 \text{ mm}$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۹۰، بند ۱۰-۲-۹-۴ و شکل ۱۹۱، بند ۱۰-۲-۹-۷

توضیح: طول سوراخ‌های دسترسی نباید کمتر از ۴۰ میلی‌متر و کمتر از ۱/۵ برابر ضخامت ورقی گردد که سوراخ دسترسی در آن ایجاد می‌شود. ارتفاع سوراخ دسترسی نباید از ۲۰ میلی‌متر و از ضخامت ورقی که سوراخ دسترسی در آن ایجاد می‌شود کوچکتر و از ۵۰ میلی‌متر بزرگتر در نظر گرفته شود. شعاع قوس‌های سوراخ دسترسی جوش نباید کوچکتر از ۱۰ میلی‌متر انتخاب شود.

$$\left. \begin{aligned} l_1 &\geq \{40 \text{ mm}, 1/5 t_w\} = \max\{40 \text{ mm}, 1/5(12)\} = 40 \text{ mm} \\ l_1 &\geq \{20 \text{ mm}, t_w\} = \max\{20 \text{ mm}, 12 \text{ mm}\} = 20 \text{ mm}, h_1 \leq 50 \text{ mm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow l_1 \geq 40 \text{ mm}, 20 \text{ mm} \leq h_1 \leq 50 \text{ mm}$$

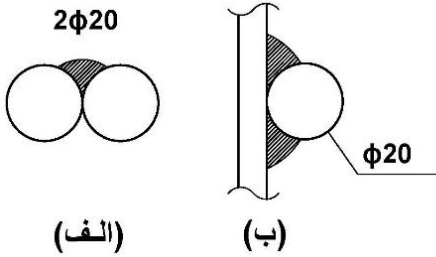
گزینه د صحیح است.

۱۳) در جوش شیاری با نفوذ نسبی، ضخامت مؤثر برابر است با: (عمران - اجرا - بهمن ۹۷)

- (۱) ۰/۳ برابر عمق شیاری جوش
 (۲) عمق شیاری جوش
 (۳) نصف عمق شیاری جوش
 (۴) عمق شیاری جوش منهای سه میلی متر
- جواب: بر اساس کتاب مبث ۱۰، صفحه ۱۹۳، جزء (الف) بند ۱۰-۲-۹-۱۰

گزینه د صحیح است.

۱۴) مجموع ضخامت مؤثر جوش‌های شیاری لب گرد برای هر کدام از دو شکل مقابل چقدر است؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۸)

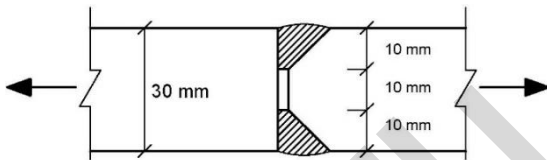


- (۱) الف - برابر ۳ میلی متر
 (۲) الف - برابر ۱۰ میلی متر
 (۳) الف - برابر ۱۰ میلی متر
 (۴) الف - برابر ۵ میلی متر
- ب - برابر ۱۰ میلی متر
 ب - برابر ۱۲ میلی متر
 ب - برابر ۳ میلی متر
 ب - برابر ۶ میلی متر
- جواب: بر اساس کتاب مبث ۱۰، صفحه ۱۹۳، شکل ۱۰-۲-۸-۱۰
 توضیح:

$$r \cdot \phi \Rightarrow R = 10 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{شکل (الف)} \Rightarrow t_e = 0.5R = 0.5 \times 10 = 5 \text{ mm} \\ \text{شکل (ب)} \Rightarrow t_e = 2 \times (0.3R) = 2 \times 0.3 \times 10 = 6 \text{ mm} \end{array} \right.$$

گزینه د صحیح است.

۱۵) در اتصال جوشی شکل زیر، ضخامت مؤثر جوش (ضخامت مؤثر کل) چند میلی متر است؟ (فرض کنید استفاده از جوش مذکور برای اهداف مورد نظر مجاز است.) (عمران - اجرا - مهر ۹۸)



- (۱) ۱۴
 (۲) ۱۶
 (۳) ۱۷
 (۴) ۲۰
- جواب: بر اساس کتاب مبث ۱۰، ب صفحه ۱۹۳، بند ۱۰-۲-۹-۱۰

توضیح: ضخامت مؤثر در جوش شیاری با نفوذ نسبی برابر با عمق شیاری جوش منهای ۳ میلی متر در نظر گرفته می شود.

(۳mm - عمق شیاری جوش) = ضخامت مؤثر جوش شیاری با نفوذ نسبی

بالا = ضخامت مؤثر جوش بالا = ۱۰ - ۳ = ۷ mm

پایین = ضخامت مؤثر جوش پایین = ۱۰ - ۳ = ۷ mm

کل = ضخامت مؤثر کل جوش = ۷ + ۷ = ۱۴ mm

گزینه الف صحیح است.

۱۶) میلگردی به کمک جوش شیاری به یک لبه تخت ورق متصل شده است. این اتصال دارای طول ۱۰۰ mm می باشد. چنانچه سطح

مؤثر جوش $6/3 \times 10^2 \text{ mm}^2$ باشد، حداقل قطر آرماتور مورد نیاز به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ (عمران - اجرا -

شهریور ۱۴۰۱)

- (۱) ۲۵ φ
 (۲) ۱۴ φ
 (۳) ۱۲ φ
 (۴) ۸ φ

جواب: بر اساس کتاب مبث ۱۰، صفحه ۱۹۳، شکل ۱۰-۲-۸-۱۰

توضیح:

$$A_e = t_e \times L \Rightarrow 3/6 \times 10^2 = 0.3R \times 100 \text{ mm} \Rightarrow R = 12$$

$$D = 2R \Rightarrow D = 24$$

گزینه الف صحیح است.

۱۷) حداقل ضخامت مؤثر جوش شیاری با نفوذ نسبی برای اتصال ۲ قطعه به ضخامت‌های ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر عبارت است از: (عمران - اجرا - مهر ۹۸)

(۱) ۳ میلی‌متر (۲) ۵ میلی‌متر (۳) ۶ میلی‌متر (۴) ۱۰ میلی‌متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۹۴، جدول ۱۰-۲-۹-۱۰

توضیح:

قابل قبول است. $10 \text{ mm} = \text{ضخامت نازک‌ترین قطعه} < 5 \text{ mm} = \text{حداقل ضخامت جوش}$

گزینه ب صحیح است.

۱۸) در یک جوش گوشه متساوی‌الساقین اگر با تغییر نحوه جوشکاری یک بُعد جوش نصف و بُعد دیگر ۱/۵ برابر شود، مقاومت طراحی جوش چه تغییری می‌کند؟ (فرض کنید طول جوش ثابت می‌ماند). (عمران - اجرا - مهر ۹۶)

(۱) چون طول جوش ثابت است، بدون تغییر می‌ماند. (۲) ۳۳ درصد کاهش می‌یابد. (۳) ۶۷ درصد کاهش می‌یابد. (۴) ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۹۴، شکل ۱۰-۲-۹-۱۰

توضیح: ۱- ضخامت گلوگاه مؤثر (te) در جوش گوشه برابر کوتاه‌ترین فاصله بین ریشه مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به حساب می‌آید.

۲- جوش‌های با ساق نامساوی زمانی به کار می‌رود که هدف افزایش سطح گلوی جوش باشد و امکان افزایش اندازه هر دو ساق، نمی‌باشد، به همین علت لازم است که فقط اندازه یکی از دو ساق افزایش یابد البته اگر امکان افزایش اندازه هر دو ساق باشد، باید از به کار بردن ساق‌های نامساوی پرهیز کرد، چرا که عمل غیراقتصادی خواهد بود.

$$t_1 = \frac{a}{\sqrt{2}} = 0.707a \quad t_2 = \frac{(0.5a)(1.5a)}{\sqrt{(0.5a)^2 + (1.5a)^2}} = 0.47a$$

$$\frac{t_2}{t_1} = \frac{0.47a}{0.707a} = 0.67$$

در نتیجه: یعنی مقاومت در حالت دوم، ۰/۶۷ حالت اول است به عبارت دیگر حدود ۳۳ درصد کاهش خواهد داشت.

گزینه ب صحیح است.

۱۹) در اتصالات با جوش گوشه کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟ (عمران - اجرا - آبان ۹۳)

(۱) در اتصالات مفصلی با نبشی جان که انعطاف‌پذیری اتصال به مقدار زیادی تابع انعطاف‌پذیری بال برجسته نبشی می‌باشد، برگشت در انتهای جوش گوشه نباید از ۴ برابر بعد جوش بیشتر باشد.

(۲) برای اتصال نبشی تحت نیروی کششی، به صفحه اتصال، بهتر است که دو طرف قطعه با طول مساوی جوش شوند.

(۳) در اتصالات روی هم دو قطعه طول هم‌پوشانی نباید از ۵ برابر ضخامت قطعه نازک‌تر بیشتر باشد.

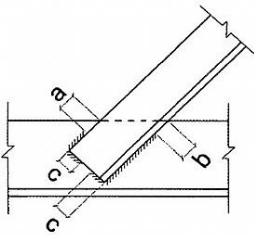
(۴) در اتصالات مفصلی با نبشی جان، برگشت در انتهای جوش گوشه باید از نصف پهنای بال نبشی بیشتر باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۱۰، قسمت ب، جزء (۶) و (۸)، صفحه ۱۹۶ و ۱۹۷

گزینه الف صحیح است.

محل

۲۰) در یک اتصال پوششی مطابق شکل، یک نبشی $10 \times 100 \times 10$ با جوش گوشه به یک قطعه فولادی با مقطع سبزی شکل که ضخامت جان آن 10mm است و تحت اثر نیروی کششی قرار دارد متصل می‌شود. اگر بُعد جوش 8mm باشد، انتخاب کدام گزینه برای مقادیر a و b و c برحسب میلی‌متر صحیح است؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۷)



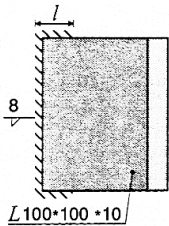
- ۱) $a = 8, b = 8, c = 8$
- ۲) $a = 10, b = 15, c = 16$
- ۳) $a = 6, b = 10, c = 16$
- ۴) $a = 8, b = 6, c = 8$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۹۷، مورد (۸) جزء (ب) ادامه بند ۱۰-۲-۹-۲-۲، صفحه ۱۹۸ شکل ۱۰-۲-۹-۱۱ توضیح:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = b \geq \text{اندازه بعد جوش} \\ c \geq \text{دو برابر اندازه بعد جوش} \end{array} \right\} \Rightarrow a = b = 10\text{mm}, c = 8 \times 2 = 16\text{mm}$$

گزینه ب صحیح است.

۲۱) در اتصالات مفصلی با نبشی جان که انعطاف‌پذیری اتصال به مقدار زیادی تابع انعطاف‌پذیری بال برجسته نبشی‌ها می‌باشد محدوده قابل قبول طول برگشت جوش گوشه (l) طبق شکل روبرو کدام یک از گزینه‌های زیر است؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۹)



- ۱) $16\text{mm} \leq l \leq 32\text{mm}$
- ۲) $20\text{mm} \leq l \leq 50\text{mm}$
- ۳) $10\text{mm} \leq l \leq 30\text{mm}$
- ۴) $12\text{mm} \leq l \leq 14\text{mm}$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۱۹۷، مورد (۸) جزء (ب) ادامه بند ۱۰-۲-۹-۲-۲ و صفحه ۱۹۹ شکل ۱۰-۲-۹-۱۲

توضیح: در اتصالات مفصلی با نبشی‌های جان که انعطاف‌پذیری اتصال به مقدار زیادی تابع انعطاف‌پذیری بال نبشی‌ها است، طول برگشت جوش گوشه در قسمت فوقانی اتصال نبشی به تکیه‌گاه نباید از دو برابر بعد جوش گوشه کوچکتر و از چهار برابر بعد جوش و نیز نصف پهنای بال نبشی بزرگتر باشد. در این نوع اتصالات برگشت جوش گوشه باید در نقشه‌ها و جزئیات اجرایی قید شود.

$$I_{min} = \text{حداقل طول برگشت جوش گوشه} = 2 \times 8 = 16\text{mm}$$

$$I_{max} = \text{حداکثر طول برگشت جوش گوشه} = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{نصف پهنای بال نبشی و چهار برابر بعد جوش} \\ (4 \times 8 = 32\text{mm}), \left(\frac{1}{3} \times 100\text{mm} = 50\text{mm}\right) \end{array} \right\} = 32\text{mm}$$

گزینه الف صحیح است.

۲۲) برای اتصال دو ورق به ضخامت‌های ۱۸ و ۲۵ میلی‌متر از جوش انگشترانه استفاده شده است. به این منظور روی ورق به ضخامت 18mm سوراخ‌هایی ایجاد شده است. حداقل قطر سوراخ چند میلی‌متر است؟ (عمران - اجرا - خرداد ۹۳)

- ۱) ۲۸
- ۲) ۳۱
- ۳) ۲۱
- ۴) ۲۶

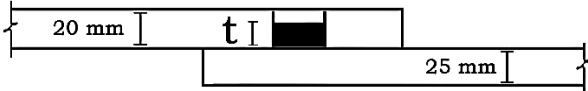
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۳، قسمت (ب)، مورد (۲)، صفحه ۲۰۰

توضیح: قطر سوراخ در جوش انگشترانه نباید از ضخامت قطعه سوراخ شده به‌اضافه ۸ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین قطر مورد اشاره نباید از قطر حداقل به‌اضافه ۳ میلی‌متر یا $2/25$ برابر ضخامت جوش بزرگتر شود. بنابراین:

$$d \geq t + 8 \rightarrow d_{\text{mm}} = 18 + 8 = 26\text{mm}$$

گزینه د صحیح است.

۲۳) مطابق شکل، حداقل ضخامت جوش انگشترانه نشان داده شده مطابق با کدام گزینه زیر است؟ (عمران-اجرا-ارديبهشت ۱۴۰۲)



۲) ۹ میلی‌متر

۱) ۱۶ میلی‌متر

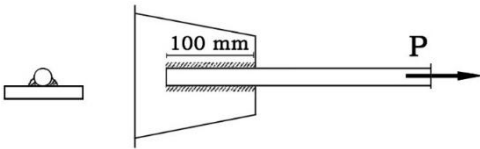
۴) ۱۰ میلی‌متر

۳) ۱۸ میلی‌متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۳، صفحه ۲۰۰

گزینه الف صحیح است

۲۴) مقاومت طراحی میلگرد $\Phi 20$ از نوع S۴۰۰ که مطابق شکل زیر تحت نیروی P قرار دارد، چه مقدار می‌باشد؟ ضریب بازرسی جوش را یک فرض کنید. (جوش‌ها به صورت شیاری لب گرد و ورق اتصال از نوع فولادی است و از خروج از مرکزیت نیز صرف‌نظر شود) ($F_{nw} = 490 \text{ MPa}$) (عمران-اجرا-ارديبهشت ۱۴۰۲)



۲) ۱۳۲ kN

۱) ۹۵ kN

۴) ۱۱۳ kN

۳) ۱۲۲ kN

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۲-۱۰-۴، صفحه ۶۳ و بند ۱۰-۲-۹-۲-۱۰-۴، صفحه ۲۰۱

توضیح:

$$P = 1.0 \times 2 \times 0.3 \times 1.0 \times 490 \times 0.6 \times 0.75 = 132.3 \text{ kN}$$

$$P = 0.9 \times 314 \times 400 = 113.04 \text{ kN}$$

گزینه د صحیح است

۲۵) برای اتصال دو قطعه ورق فولادی از نوع S۲۳۵ با ضخامت ۱۲mm به وسیله جوش، اگر الکترودهای E۸۰، E۷۰، E۶۰ در دسترس باشند، کدام یک از گزینه‌ها معرف الکترودهای مناسب برای انجام جوش ورق‌ها می‌باشد؟ (عمران-اجرا-بهمن ۹۷)

۴) E۸۰ یا E۶۰

۳) E۷۰ یا E۶۰

۲) E۸۰ یا E۷۰

۱) E۸۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۰۴، جدول ۱۰-۹-۲-۱۰

گزینه ج صحیح است.

۲۶) آیا می‌توان در اتصالات پیچی از نوع اتکائی، از پیچ‌های پرمقاومت استفاده نمود؟ (عمران-اجرا-آذر ۹۲)

۱) خیر، زیرا مقاومت زیاد پیچ‌ها در محل اتکاء موجب له شدن لبه‌های سوراخ‌ها می‌شود.

۲) بلی، مشروط به طراحی صحیح اتصال.

۳) خیر، زیرا پیچ‌های پرمقاومت باید پیش‌تنیده شوند و اتصال از نوع اتکائی نخواهد بود.

۴) خیر، زیرا استفاده از دو نوع مصالح (پیچ پرمقاومت و قطعات فولادی با مقاومت کمتر از آن) در اتصالات مجاز نیست.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۱۰-۱-الف، صفحه ۲۰۶

گزینه ب صحیح است.

۲۷) در اتصال اصطکاکی دو عضو یک سازه فولادی پیچ‌های M۲۴ نوع A۳۲۵ به کار می‌رود. نسبت حداقل نیروی پیش تنیدگی پیچ‌ها به مقاومت نهایی آن‌ها به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۷)

(۱) ۰/۴۵ (۲) ۰/۳۸ (۳) ۰/۵۵ (۴) ۰/۷۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۳۴، جدول ۱۰-۱-۵ و صفحه ۲۰۷ جدول ۱۰-۳-۵-۹ توضیح:

$$\frac{\text{حداقل نیروی پیش تنیدگی}}{\text{مقاومت نهایی}} = \frac{T_b}{F_u \cdot A_{nb}} \Rightarrow \frac{T_b}{F_u \cdot A_{nb}} = \frac{205000}{800 \times \pi \left(\frac{24}{2}\right)^2} = 0.56$$

گزینه ج صحیح است.

۲۸) کدام یک از سوراخ‌های زیر در اتصال اتکایی مجاز نمی‌باشد؟ (عمران - اجرا - مرداد ۱۴۰۰)

- ۱) سوراخ بزرگ شده
 - ۲) سوراخ استاندارد
 - ۳) سوراخ لوبیایی کوتاه هرگاه امتداد طولی سوراخ عمود بر امتداد نیرو باشد.
 - ۴) سوراخ لوبیایی بلند هرگاه امتداد طولی سوراخ عمود بر امتداد نیرو باشد.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۰۹، مورد (۲) جزء (ب) ادامه بند ۱۰-۲-۹-۲-۳

گزینه الف صحیح است.

۲۹) حداکثر بُعد اسمی سوراخ استاندارد پیچ‌های M۲۲ و M۲۴ به ترتیب چه مقدار است؟ (عمران - اجرا - دی ۱۴۰۱)

- (۱) ۲۴ و ۲۷ میلی‌متر
 - (۲) ۲۴ و ۲۶ میلی‌متر
 - (۳) ۲۵ و ۲۷ میلی‌متر
 - (۴) ۲۲ و ۲۴ میلی‌متر
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۰۹، جدول ۱۰-۳-۶-۹

گزینه الف صحیح است.

۳۰) حداقل فاصله‌ای که لازم است مرکز یک سوراخ استاندارد با قطر اسمی ۱۸ میلی‌متر از لبه داشته باشد برحسب میلی‌متر چه مقدار است؟ (سوراخ بر روی ورقی با ضخامت ۱۲ میلی‌متر که لبه‌های آن با قیچی (گیوتین) بریده شده است، ایجاد می‌شود) اتصال پیچی می‌باشد. (عمران - اجرا - آبان ۹۳)

- (۱) ۲۸
- (۲) ۳۶
- (۳) ۳۲
- (۴) ۳۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۷-۹، صفحه ۲۱۰

توضیح: طبق توضیحات فوق برای لبه‌های بریده شده با قیچی (گیوتین)، حداقل فاصله لازم مرکز یک سوراخ استاندارد، با قطر اسمی ۱۸ میلی‌متر معادل دو برابر قطر آن یعنی $2 \times 18 = 36 \text{mm}$ خواهد بود.

گزینه ب صحیح است.

۳۱) در مورد قطر سوراخ‌های مختلف جهت میل مهارها و پیچ‌ها کدام یک از عبارات ذیل صحیح است؟

(d قطر اسمی پیچ یا میل مهار است). (عمران - اجرا - مهر ۹۸)

۱) قطر سوراخ در ورق کف ستون می‌تواند حداکثر $d + 2mm$ باشد.

۲) قطر سوراخ استاندارد همه پیچ‌ها برابر $d + 2mm$ است.

۳) قطر سوراخ استاندارد همه پیچ‌ها برابر $d + 3mm$ است.

۴) قطر سوراخ بزرگ شده همه پیچ‌ها برابر $d + 8mm$ است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۱۰، پاراگراف اول

توضیح: در هر حال قطر سوراخ‌های تعبیه شده در ورق کف ستون نباید از قطر سوراخ‌های بزرگ شده به اضافه دو میلی‌متر بزرگتر باشد.

گزینه الف صحیح است.

۳۲) کف ستونی به ابعاد $750 \times 750 \times 300mm$ باید به وسیله ۱۲ عدد میل مهار ساخته شده از میلگرد آجدار با قطر $36mm$ که

انتهای (مربوط به اتصال کف ستون) آن برای مهره $M30$ رزوه شده به شالوده متصل گردد. با فرض اینکه طول رزوه شده میل مهارها

تا حداقل $200mm$ پایین‌تر از زیر کف ستون ادامه داشته باشد، حداکثر قطر سوراخ‌های کف ستون بدون در نظر گرفتن رواداری، چند

میلی‌متر است؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۷)

۳۷ (۴)

۳۶ (۳)

۳۵ (۲)

۳۴ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۰۹، جدول ۱۰-۲-۹-۶ + صفحه ۲۱۰ پاراگراف اول

توضیح: پاسخ عدد $(35 = 2 + 33)$ ، می‌شود.

گزینه ب صحیح است.

۳۳) برای اتصال دو ورق فولادی به ضخامت‌های ۱۵ و ۲۵ میلی‌متر به یکدیگر از پیچ‌های استاندارد $M16$ استفاده شده است.

در صورتی که از سوراخ لوبیایی بلند استفاده شود. لبه ورق‌ها با اره بریده شده باشد و قطعات تحت اثر خوردگی شدید باشند. حداکثر

فاصله مرکز سوراخ تا نزدیک‌ترین لبه ورق در امتداد موازی نیرو چه مقدار می‌باشد؟ (عمران - اجرا - آبان ۹۳)

۸۰ (۴)

۱۰۰ (۳)

۱۲۰ (۲)

۱۲۵ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۳-۲، قسمت (ث)، مورد ۲، صفحه ۲۱۱

توضیح: حداکثر فاصله مرکز سوراخ از لبه 120 میلی‌متر خواهد بود.

$$15 \times 8 = 120 \text{ mm} < 125 \text{ mm}$$

گزینه ب صحیح است.

۳۴) در محیطی که تحت اثر خوردگی متوسط عوامل جوی قرار دارد. برای اتصال دو ورق فولادی به ضخامت $20mm$ به یکدیگر از

پیچ $M20$ استفاده شده است. لبه ورق‌ها با گیوتین بریده شده و سوراخ‌های پیچ‌ها از نوع لوبیایی بلند است. حداکثر و حداقل فاصله

مجاز مرکز سوراخ‌ها تا لبه ورق به ترتیب به کدام یک از ارقام آمده در گزینه‌ها برحسب میلی‌متر نزدیک‌تر است؟ فرض شود احتمال

خوردگی وجود ندارد. (عمران - اجرا - مهر ۹۶)

۵۵ و ۱۵۰ (۴)

۵۰ و ۱۵۰ (۳)

۵۰ و ۲۲۰ (۲)

۶۰ و ۱۲۰ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند صفحه ۲۱۰، جزء (پ) ادامه بند ۱۰-۲-۹-۳-۲ و صفحه ۲۱۱، جزء (ث) ادامه بند ۱۰-۲-۹-

۲-۳

توضیح: حداکثر فاصله مرکز سوراخ تا نزدیک‌ترین لبه قطعه در هر راستا به شرح زیر است:

برای قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی‌شوند ولی احتمال زنگ‌زدگی و خوردگی ندارند، فاصله از مرکز هر سوراخ تا نزدیک‌ترین لبه قطعه در هر راستا نباید از ۱۲ برابر ضخامت نازک‌ترین قطعه و ۱۵۰ میلی‌متر بیشتر شود.

= حداقل فاصله مرکز سوراخ لوبیایی تا لبه (عمود بر لبه)

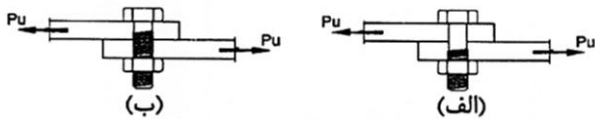
$$\Rightarrow C + d = 2d + 0.75d = 2.75d = 2.75 \times 20 = 55 \text{ mm}$$

(۱۵۰ mm و ۱۲ برابر ضخامت نازک‌تر قطعه) = minn

$$\Rightarrow \min(12 \times 20, 150 \text{ mm}) = \min(240, 150 \text{ mm}) = 150 \text{ mm}$$

گزینه د صحیح است.

۳۵ در اتصال پیچی شکل زیر با پیچ‌های پُر مقاومت و با عملکرد اتکایی، فقط بر اساس کنترل برش در پیچ‌ها، نسبت حداکثر نیروی قابل تحمل (P_u) توسط اتصال شکل (الف) به حداکثر نیروی قابل تحمل (P_u) توسط اتصال شکل (ب) به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (عمران - اجرا - شهریور ۱۴۰۱)



- ۱/۰ (۱)
۱/۲ (۲)
۱/۱ (۳)
۱/۳ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۱۲، جدول ۱۰-۲-۹-۹ توضیح:

در شکل (الف) سطح برش از قسمت دندان‌ده شده نمی‌گذرد.

در شکل (ب) سطح برش از قسمت دندان‌ده شده می‌گذرد.

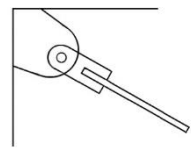
$$F_{nv} = 0.55F_u$$

$$F_{nv} = 0.45F_u$$

$$\frac{P_u(A)}{P_u(B)} = \frac{0.55F_u A_{nb}}{0.45F_u A_{nb}} = \frac{0.55}{0.45} = 1.22$$

گزینه ب صحیح است.

۳۶- برای مهار یک اسکلت فولادی در مرحله نصب از میلگردهای موقت مطابق شکل استفاده می‌شود. چنانچه مقاومت مورد نیاز میلگرد (R_u) ۱۱۰ Kn برآورد شده باشد. حداقل قطر پیچ اتصال با فرض برش یک‌طرفه و نوع A۳۲۵ مطابق با کدام‌یک از گزینه‌های زیر است؟ سطح برش از قسمت دندان‌ده شده می‌گذرد. (عمران - اجرا - مرداد ۱۴۰۰)



- M۲۸ (۴) M۲۵ (۳) M۲۲ (۲) M۲۰ (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۱۲، پاراگراف اول و جدول ۱۰-۲-۹-۹

توضیح: با فرض اتصال اتکایی مسأله را بررسی می‌کنیم:

$$R_u = 110 \text{ kN} = \text{مقاومت مورد نیاز} = \phi R_{nv} = \phi F_{nv} A_{nb} \geq \text{مقاومت برشی طراحی پیچ}$$

ϕ : ضریب کاهش مقاومت و مساوی ۰/۷۵ می‌باشد

$$A_{nb} = \frac{\pi d^2}{4}, \text{ سطح مقطع اسمی پیچ و } d, \text{ قطر اسمی پیچ می‌باشد. با فرض } d \leq 24 \text{ mm داریم:}$$

$$\text{مقاومت برشی طراحی پیچ} = \phi R_{nv} = 0.75 \times 0.45 \times 110 \times \frac{\pi d^2}{4} \geq R_u = 110 \text{ kN} \Rightarrow d \geq 22.78 \text{ mm}$$

چون در گزینه‌ها کمترین قطر برای برقراری $d \geq 22.78 \text{ mm}$ قطر ۲۵ میلی‌متر است، لذا باید با این قطر و با تغییر مقدار F_u ، مسأله را کنترل کنیم. داریم:

$$\text{مقاومت برشی طراحی پیچ M۲۵} = 0.75 \times 0.45 \times 110 \times \frac{\pi \times 25^2}{4} = 120.11 \text{ kN} \geq R_u = 110 \text{ kN} \Rightarrow \text{قابل قبول}$$

گزینه ج صحیح است.

۳۷) کدام یک از وصله‌های زیر برای ستون‌های فولادی با مقطع یکسان و هم‌راستا اجرایی نیست؟

(عمران - اجرا - دی ۱۴۰۱)

(۲) وصله پیچی غیرمستقیم

(۱) وصله جوشی غیرمستقیم

(۴) وصله پیچی مستقیم

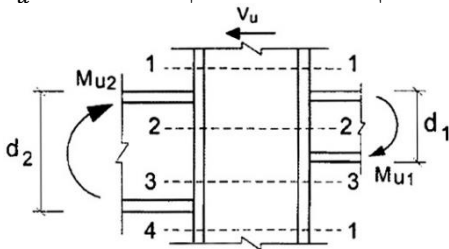
(۳) وصله جوشی مستقیم

جواب: بر اساس کتاب مبدا ۱۰، صفحه ۲۲۴ بند ۱۰-۲-۹-۶

گزینه د صحیح است.

۳۸) حداکثر برش در چشمه اتصال در کدام مقطع از شکل زیر اتفاق می‌افتد؟ (عمران - اجرا - مرداد ۱۴۰۰)

$$V_u = 15 \text{ kN} \quad d_1 = 300 \text{ mm} \quad d_2 = 400 \text{ mm} \quad M_{u1} = 30 \text{ kN.m} \quad M_{u2} = 40 \text{ kN.m}$$



(۱) مقطع ۱-۱

(۲) مقطع ۲-۲

(۳) مقطع ۳-۳

(۴) مقطع ۴-۴

جواب: بر اساس کتاب مبدا ۱۰، صفحه ۲۳۷ بند ۱۰-۹-۲-۱۰-۶ و شکل ۱۰-۹-۲-۱۰-۲۸

توضیح:

$$V_{ut1} = V_{ub1} = \frac{M_{u1}}{d_1} = \frac{30}{0.3} = 100 \text{ kN}$$

$$V_{ut2} = V_{ub2} = \frac{M_{u2}}{d_2} = \frac{40}{0.4} = 100 \text{ kN}$$

$$\text{برش در مقطع } 1-1 = V_{1-1} = V_u = 15 \text{ kN}$$

$$\text{برش در مقطع } 2-2 = V_{2-2} = V_u - V_{ut1} - V_{ut2} = 15 - 100 - 100 = -185 \text{ kN}$$

$$\text{برش در مقطع } 3-3 = V_{3-3} = V_u - V_{ut1} - V_{ut2} + V_{ub1} = 15 - 100 - 100 + 100 = -85 \text{ kN}$$

$$\text{برش در مقطع } 4-4 = V_{4-4} = V_u - V_{ut1} - V_{ut2} + V_{ub1} + V_{ub2} = 15 - 100 - 100 + 100 + 100 = 15 \text{ kN}$$

گزینه ب صحیح است.

۳۹) برای کنترل ارتعاش یک تیر فولادی I شکل دو سر مفصل، تغییر کدام یک از پارامترهای زیر می‌تواند منجر به افزایش

چشمگیرتری در فرکانس ارتعاشی تیر شود؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۷)

(۱) استفاده از فولاد با $F_y = 360 \text{ MPa}$ به جای فولادی با $F_y = 240 \text{ MPa}$

(۲) افزایش ضخامت جان تیر

(۳) افزایش ضخامت بال‌های تیر

(۴) تغییر نوع اتصال از حالت جوشی به پیچی

جواب: بر اساس کتاب مبدا ۱۰، صفحه ۲۴۶، توضیحات ذیل جدول ۱۰-۲-۱۰-۱

گزینه ج صحیح است.

۴۰) برای تأمین شکل‌پذیری مناسب لرزه‌ای در ساختمان‌های فولادی، حداقل مقاومت کشش نهایی فولاد مصرفی چقدر باید باشد؟

(عمران - اجرا - خرداد ۹۳)

(۴) $1.1 F_y$

(۳) $1.25 F_y$

(۲) $1.2 F_y$

(۱) $1.5 F_y$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۲-۱-۱، صفحه ۲۵۱

توضیح: برای حل این سؤال، فرض می‌شود فولاد مصرفی جزئی از سیستم باربر جانبی لرزه‌ای متوسط می‌باشد. تنش تسلیم مشخصه فولاد در اعضای که در آن‌ها انتظار رفتار فرا ارتجاعی محدود یا قابل ملاحظه می‌رود و جزئی از سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای متوسط یا ویژه هستند، نباید از ۳۵۵ مگاپاسکال تجاوز نماید. در این نوع سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی فولاد نباید از ۰/۸ بزرگتر باشد.

$$\frac{F_y}{F_u} \leq 0.8 \rightarrow F_u \geq \frac{F_y}{0.8} \rightarrow F_u \geq 1.25 F_y$$

گزینه ج صحیح است.

۴۱) فولاد تیر آهن IPE ۲۷۰ از نوع S۲۳۵J۲ می‌باشد. تنش تسلیم مورد انتظار آن به کدام یک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟ (عمران - اجرا - دی ۱۴۰۱)

- (۱) ۲۸۲ MPa (۲) ۲۷۰ MPa (۳) ۲۹۴ MPa (۴) ۲۵۸ MPa

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۵۲، بند ۱۰-۳-۲-۱-۴-الف

توضیح: با توجه به اینکه تیر آهن IPE ۲۷۰ یک مقطع نورد شده I شکل می‌باشد. لذا $R_y = 1/20$ می‌باشد و فولاد نیز از رده‌ی S۲۳۵/۲ می‌باشد که در این فولاد $F_y = 235$ مگاپاسکال می‌باشد. در نتیجه طبق نکات بیان شده تنش تسلیم مورد انتظار (F_{ye}) برابر با رابطه زیر می‌باشد.

$$R_y = \frac{F_{ye}}{F_y} \rightarrow F_{ye} = R_y \times F_y = 1/20 \times 235 = 282 \text{ MPa}$$

گزینه الف صحیح است.

۴۲) با توجه به تعاریف R_y که عبارت است از تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم تعیین شده، نسبت R_y مقاطع قوطی ساخته شده با ورق به قوطی نورد شده چه مقدار می‌باشد؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۹)

- (۱) ۰/۹۲ (۲) ۱/۲ (۳) ۰/۹۶ (۴) ۱/۲۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۵۳، جدول ۱۰-۳-۱

توضیح:

$$\frac{R_y \text{ ورق با شده ساخته قوطی}}{R_y \text{ قوطی نورد شده}} = \frac{1/15}{1/25} = 0.92$$

گزینه الف صحیح است.

۴۳) ستون‌های یک سازه فولادی با مقطع H شکل از $PL 400 \times 50 + 2PL 400 \times 50$ طراحی شده‌اند. جوش وصله‌های این ستون‌ها تحت اثر تنش‌های کششی ناشی از بعضی ترکیبات بارگذاری قرار می‌گیرد. کدام اقدام ذکر شده در گزینه‌ها مشخصاً برای کنترل طاقت جوش‌های یاد شده باید انجام پذیرد؟

(عمران - اجرا - بهمن ۹۷)

(۱) استفاده از پیش گرمایش و پس گرمایش

(۲) استفاده از الکترودهای کم هیدروژن

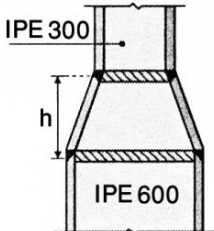
(۳) استفاده از وصله با جزئیاتی که در آن انقباض جوش بزرگ نباشد.

(۴) انجام آزمایش شارپی روی نمونه زخم دار

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۵۴، بند ۱۰-۳-۲-۱-۵

گزینه د صحیح است.

۴۴) در نظر است یک ستون باربر لرزه‌ای با مقطع IPB ۶۰۰ به یک ستون باربر لرزه‌ای با مقطع IPB ۳۰۰ از طریق ورق‌هایی (مطابق شکل زیر) وصله شود حداقل مقدار قابل قبول h برحسب میلی‌متر به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (ستون‌های بالا و پایین هم‌محور فرض شوند). (عمران - اجرا - مهر ۹۹)



۵۰۰ (۱)

۱۰۰۰ (۲)

۹۰۰ (۳)

۶۰۰ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۷۹، جزء (پ) ادامه بند ۱۰-۳-۲-۱۲-۳

توضیح:

$$\text{میزان کاهش در پهنای ستون از هر طرف} = \frac{300-600}{2} = 150 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{150} = \frac{6}{1} \Rightarrow h = 150 \times 6 = 900 \text{ mm}$$

گزینه ج صحیح است.

۴۵) نظر به اهمیت ناحیه حفاظت شده اعضا در تأمین شکل‌پذیری موردنیاز، کدام یک از جزئیات بندی زیر در این ناحیه بلامانع است؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۹)

۱) وصله مستقیم یا غیرمستقیم پیچی ورق‌های تشکیل دهنده عضو

۲) وسیله مستقیم یا غیرمستقیم جوشی ورق‌های تشکیل دهنده عضو

۳) خال جوش کردن ورق‌های دوزنقه‌ای تیرهای مختلط در صورت تأمین الزامات اتصالات از پیش تأیید شده

۴) جوش بست فلزی برای نگهداری لوله فاضلاب

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۸۳، بند ۱۰-۳-۲-۱۷

گزینه ج صحیح است.

۴۶) در یک اتصال (WUF-W) تیر IPE ۳۶۰ به ستون IPB ۴۰۰ نیاز به ورق پیوستگی و ورق مضاعف بوده است. حداقل ضخامت هر ورق مضاعف (t_z) و حداقل ارتفاع آن (h_z) بدون توجه به نیاز محاسباتی، به کدام یک از گزینه‌های زیر برحسب میلی‌متر نزدیک‌تر است؟ (جوش اتصال ورق‌های مضاعف فقط از طریق لبه‌های آن صورت می‌گیرد) (عمران - اجرا - شهریور ۱۴۰۱)

$$h_z = 700, t_z = 10 \quad (2)$$

$$h_z = 600, t_z = 8.6 \quad (1)$$

$$h_z = 660, t_z = 7.6 \quad (4)$$

$$h_z = 500, t_z = 12 \quad (3)$$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند صفحه ۳۰۵، جزء (ب) ادامه بند ۱۰-۳-۳-۱۰-۹-۲-۲۹-۱۰

توضیح: ضخامت هر یک از ورق‌های واقع در چشمه اتصال، شامل جان (یا جان‌های) ستون و ورق‌های مضاعف (در صورت وجود) باید رابطه روبه‌رو

$$t_z \geq \frac{(d_z + w_z)}{9}$$

را برآورده نمایند.

که در آن:

t_z : ضخامت جان (یا هر یک از جان‌های) ستون یا هر یک از ورق‌های تقویتی چشمه اتصال (ورق‌های مضاعف)

d_z : عمق چشمه اتصال که فاصله آزاد بین ورق‌های پیوستگی است.

w_z : پهنای چشمه اتصال که فاصله آزاد بین بال‌های ستون است.

تبصره: در صورتی که ورق‌های مضاعف با جوش انگشتانه کافی به جان ستون متصل شده باشند، مجموع ضخامت جان ستون و ورق‌های تقویت چشمه اتصال به عنوان t_z منظور می‌گردد.

$$h_z \geq h_{IPE360} + 2 \times 15 \text{ cm} = 360 \text{ mm} + 300 \text{ mm} = 660 \text{ mm}$$

طبق جدول اشتال (اشتایل) ضخامت بال تیر آهن IPE360 معادل ۱۲/۷ میلی‌متر است.

مطابق جدول اشتال (اشتایل) ضخامت بال تیر آهن IPB400 معادل ۲۴ میلی‌متر است.

$$d_z = d_{beam} - 2t_{fb} = 360 - 2 \times 12/7 = 334/6 \text{ mm}$$

$$w_z = d_{column} - 2t_{fc} = 400 - 2 \times 24 = 352 \text{ mm}$$

$$t_z \geq \frac{(d_z + w_z)}{90} = \frac{334/6 + 352}{90} = 7/63 \text{ mm}$$

گزینه د صحیح است.

۴۷) برای ساخت ستون‌های قوطی (BOX) فولادی با ورق در قاب‌های خمشی کدام یک از عبارات ذیل صحیح است؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۸)

۱) در قاب خمشی ویژه، ورق‌ها باید با جوش شیاری با نفوذ کامل جوش داده شوند. اما در قاب خمشی متوسط ورق‌ها را می‌توان در تمام طول ستون با جوش گوشه به هم متصل نمود.

۲) برای قاب‌های با شکل‌پذیری متوسط و ویژه می‌توان از جوش گوشه در کل ارتفاع ستون استفاده کرد.

۳) هرگاه در اتصال ورق‌های ستون از جوش شیاری با نفوذ کامل در سرتاسر ستون استفاده شود می‌توان از اجرای ورق پیوستگی صرف‌نظر نمود.

۴) برای قاب‌های با شکل‌پذیری متوسط و ویژه می‌توان طبق ضوابط در برخی قسمت‌های ستون از جوش شیاری با نفوذ کامل (CJP) و در قسمت‌های دیگر از جوش گوشه و جوش شیاری با نفوذ نسبی استفاده کرد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۲۸۶، بند ۱۰-۳-۳-۱، صفحه ۲۸۷، بند ۱۰-۳-۳-۱-۷ و صفحه ۳۰۶ مورد (۳ و ۵)

گزینه د صحیح است.

۴۸) کدام عبارت در مورد استفاده از مهاربندی‌های به شکل K در قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی در نواحی زلزله‌خیز صحیح است؟ (عمران - اجرا - اردیبهشت ۹۷)

۱) در ساختمان‌های با اهمیت متوسط با حداکثر یک طبقه مجاز است.

۲) در ساختمان‌های با اهمیت کم با حداکثر دو طبقه مجاز است.

۳) در ساختمان‌های با اهمیت کم با حداکثر یک طبقه مجاز است.

۴) مجاز نمی‌باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۳۲۱، بند ۱۰-۴-۳-۱-۲

گزینه د صحیح است.

۴۹) در یک قاب ساختمانی ساده توأم با مهاربند همگرای معمولی از نوع ۸ مقطع IPB 200 به‌عنوان مهاربند، حداکثر برای چه طولی می‌تواند قابل استفاده باشد؟ (فرض کنید $F_y = 240 \text{ MPa}$ است). (عمران - اجرا - مهر ۹۶)

۵/۸۵ m (۴)

۷/۶۱ m (۳)

۹/۸۶ m (۲)

۱۰/۱۴ m (۱)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۳۲۳، بند ۱۰-۵-۱-۴-۱-۲

توضیح: مقدار نسبت لاغری ($\frac{KL}{r}$) مهارندهای از نوع ۷ یا ۸ نباید از $\sqrt[4]{\frac{E}{F_y}}$ بزرگتر باشد.

$$\sqrt[4]{\frac{E}{F_y}} \Rightarrow KL/r \leq \sqrt[4]{\frac{E}{F_y}}$$

K: ضریب طول مؤثر (در قالبهای مهار شده برای اعضای فشاری معادل ۱ است)

L: طول فاقد مهار جانبی

E: مدول الاستیسیته فولاد، معادل 2×10^5 مگاپاسکال

F_y : تنش تسلیم فولاد تیر (۲۴۰ MPa) r: شعاع ژیراسیون مقطع عضو (۵/۰۷)

$$\Rightarrow \frac{KL}{r_{min}} \leq \sqrt[4]{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \frac{1 \times L}{r_{min}} \leq \sqrt[4]{\frac{2 \times 10^5}{240}} \Rightarrow L \leq 5/85 \text{ m}$$

گزینه د صحیح است.

۵۰) در قابهای مهاربندی شده همگرای ویژه، کدام نوع مهاربندی مجاز نمی باشد؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۴)

(۱) مهاربندی K شکل

(۲) مهاربندی شکل ۷

(۳) مهاربندی شکل ۸

(۴) مهاربندی قطری

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۳-۴-۳-۴-۳، صفحه ۳۲۸

گزینه الف صحیح است.

۵۱) در یک قاب مهاربندی شده واگرا که تیر پیوند دارای مقطع IPE۳۶۰ است کدام یک از گزینههای زیر در مورد

سخت کنندههای میانی تیر پیوند برای رعایت الزامات لرزه ای صحیح می باشد؟ (عمران - اجرا - اردیبهشت ۱۴۰۲)

(۱) سخت کننده باید در تمام ارتفاع تیر پیوند ادامه داشته باشد و ضروری است که این سخت کنندهها به صورت جفت و در دو سمت جان قرار گیرند.

(۲) سخت کننده باید در تمام ارتفاع تیر پیوند ادامه داشته باشد و می توان این سخت کنندهها را به صورت تکی در یک سمت جان تیر پیوند قرار داد.

(۳) می توان سخت کننده را در تمام ارتفاع تیر پیوند ادامه نداد و آن ها را به صورت تکی و در یک سمت جان تیر پیوند در نظر گرفت.

(۴) می توان سخت کننده را در تمام ارتفاع تیر پیوند ادامه نداد اما باید به صورت جفت در دو سمت جان قرار گیرند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۳-۳-۴-۳، قسمت (ت-۱)، صفحه ۳۴۲

گزینه ب صحیح است.

۵۲) در نظر است برای ستونهای یک ساختمان از نوع قاب خمشی متوسط از ستونهای H شکل ساخته شده از ورق استفاده شود

در خصوص ساخت این ستون کدام یک از عبارتهای زیر صحیح است؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۹)

(۱) در محل اتصال تیر به ستون به فاصله ای شامل عمق تیر به علاوه ۳۰۰ میلی متر بالا و پایین بال تیر، اتصال جان به بال های مقطع ستون باید از نوع جوش شیار با نفوذ کامل به همراه جوش گوشه تقویتی در هر دو طرف جان باشد ولی در سایر قسمت ها می تواند از نوع جوش شیار با نفوذ ناقص باشد.

(۲) اتصال با لبه جان باید در سرتاسر طول ستون از نوع جوش شیار با نفوذ کامل باشد.

(۳) اتصال بال به جان می تواند در سرتاسر طول ستون از نوع جوش گوشه دو طرف باشد.

(۴) در محل اتصال تیر به ستون به فاصله ای شامل عمق تیر به علاوه عمق مقطع ستون بالا و پایین بال تیر، اتصال جان به بال های مقطع ستون باید از نوع جوش شیار با نفوذ کامل یا ناقص باشد ولی در سایر قسمت ها می تواند از نوع جوش گوشه دو طرف باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۳۹۳، پاراگراف اول ذیل تبصره ادامه بند ۱۰-۳-۱۰-۷

گزینه الف صحیح است.

۵۳) در یک اتصال گیردار از پیش تائید شده تیر دارای مقطع IPE۲۴۰ و ستون از مقطع H ساخته شده از ورق هستند. کدام یک از گزینه‌های زیر برای این اتصال در طبقات میانی صحیح است؟ (عمران-اجرا-اردیبهشت ۱۴۰۲)

- ۱) در ستون H ساخته شده اتصال جان به بال‌های مقطع باید به طول ۵۴۰ mm که مرکز آن منطبق بر محور تیر است در محل اتصال تیر از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل بوده و یا جوش تقویتی در هر دو طرف جان باشد.
 - ۲) در ستون H ساخته شده اتصال جان به بال‌های مقطع باید به طول ۵۴۰ mm که مرکز آن منطبق بر محور تیر است. در محل اتصال تیر از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل بوده و نیاز به جوش تقویتی نیست.
 - ۳) در ستون H ساخته شده اتصال جان به بال‌های مقطع باید به طول ۸۴۰ mm که مرکز آن منطبق بر محور تیر است. در محل اتصال تیر از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل با جوش تقویتی در هر دو طرف جان باشد.
 - ۴) در ستون H ساخته شده اتصال جان به بال‌های مقطع باید به طول ۸۴۰ mm که مرکز آن منطبق بر محور تیر است. در محل اتصال تیر از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل بوده و نیاز به جوش تقویتی نیست.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۷-۳-۱، پاراگراف ۴، صفحه ۳۹۳

گزینه ج صحیح است

۵۴) در یک قاب خمشی فولادی ویژه برای اتصال تیرها به ستون‌ها از اتصال گیردار تقویت نشده جوشی استفاده شده و برای اتصال هر دو بال فوقانی و تحتانی تیر از پشت‌بند استفاده شده است. در این خصوص کدام یک از عبارتهای زیر با رعایت الزامات موردنیاز، صحیح نیست؟ (عمران-اجرا-شهریور ۱۴۰۱)

- ۱) پشت‌بندهای مورد استفاده در بال تحتانی تیر باید برداشته شوند.
 - ۲) پشت‌بندهای مورد استفاده در بال فوقانی تیر باید برداشته شوند.
 - ۳) پشت‌بندهای مورد استفاده در بال تحتانی تیر نمی‌تواند به بال تیر جوش شود.
 - ۴) پشت‌بندهای مورد استفاده در بال فوقانی تیر نمی‌تواند به بال تیر جوش شود.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۳۹۵، موردهای (۲)، (۵) و (۶) جزء (ت) ادامه بند ۱۰-۷-۳-۱

گزینه ب صحیح است.

۵۵) در یک قاب خمشی فولادی ویژه با تیرهای از نوع IPE ۳۰۰ با اتصال گیردار فلنجی بدون استفاده از ورق لچکی، طول ناحیه حفاظت شده در هر یک از دو انتهای تیر از بر ستون حداقل چند میلی‌متر باید باشد؟ (عمران-اجرا-شهریور ۹۵)

- ۱) ۱۵۰ ۲) ۲۲۵ ۳) ۳۰۰ ۴) ۴۵۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۷-۳-۱، مورد (۳)، صفحه ۴۰۴

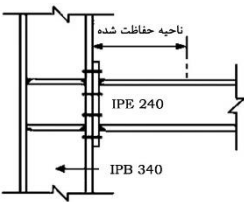
توضیح: در دو انتهای تیر، ناحیه حفاظت شده باید به شرح زیر در نظر گرفته شود:

در اتصال فلنجی بدون استفاده از ورق لچکی، برابر کوچکترین دو مقدار عمق تیر و سه برابر پهنای بال تیر از بر ستون

$$300 \text{ mm} \Rightarrow [150 \text{ mm} = \text{پهنای بال} \times 3 \text{ و } 300 \text{ mm} = \text{تیر عمق}] \text{ کوچکترین مقدار}$$

گزینه ج صحیح است.

۵۶) در اتصال گیردار فلنجی شکل روبه‌رو (بدون استفاده از ورق لچکی) حداقل طول محافظت شده در هر انتهای تیر کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (فرض کنید فولاد مصرفی از نوع S۲۳۵ بوده و اتصال مربوط به یک قاب خمشی با شکل پذیری زیاد است. (عمران - اجرا - مهر ۹۶)



۲) ۲۴۰ mm

۱) ۱۵۰ mm

۴) ۶۰ mm

۳) ۳۰۰ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جزء (۳) ادامه بند ۱۰-۳-۷-۳-۱، صفحه ۴۰۴

توضیح: در اتصال فلنجی بدون استفاده از ورق، لچکی، برابر کوچکترین دو مقدار عمق تیر و سه برابر پهنای بال تیر از بر ستون.

(۳ برابر پهنای بال تیر و عمق تیر) \min = ناحیه محافظت شده

محافظت شده $= \min(d, 3b_f) \Rightarrow \min(240 \text{ mm}, 3 \times 120 \text{ mm}) \Rightarrow \min(240 \text{ mm}, 360 \text{ mm}) = 240 \text{ mm}$

گزینه ب صحیح است.

۵۷) برای اتصال گیردار پیچی به کمک ورق زیرسری و روسری (BFP) کدام یک از موارد ذیل در مورد حداقل تعداد پیچ‌های لازم برای اتصال بال یک تیر مفروض به ورق روسری در قاب خمشی متوسط و ویژه با فرض استفاده از ورق زیرسری و روسری یکسان و قطر پیچ مشخص و یکسان بودن مقطع تیر صحیح است؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۸)

۱) همواره تعداد پیچ‌های قاب خمشی ویژه کمتر از قاب خمشی متوسط می‌باشد.

۲) همواره تعداد پیچ‌های قاب خمشی ویژه بیشتر از قاب خمشی متوسط می‌باشد.

۳) همواره تعداد پیچ‌های قاب خمشی ویژه و متوسط با هم برابرند.

۴) برای قاب‌های خمشی ویژه استفاده از این نوع اتصال مجاز نمی‌باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۰۸، بند ۱۰-۷-۳-۱ و صفحه ۳۳۲، بند ۱۰-۴-۲-۶-۲-پ

گزینه ج صحیح است.

۵۸) در اتصال گیردار از پیش تأیید شده جوشی تیر به ستون به کمک ورق‌های روسری و زیرسری کدام یک از موارد زیر صحیح نمی‌باشد؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۹)

۱) اتصال ورق جان به جان تیر باید از نوع جوش گوشه باشد.

۲) اتصال ورق روسری به بال ستون همواره باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد.

۳) اتصال ورق جان به بال ستون می‌تواند با جوش گوشه باشد.

۴) اتصال ورق تکی جان به بال ستون همواره باید از نوع جوش نفوذی با نفوذ کامل باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۱۳، بند ۱۰-۷-۳-۱-۵-۳

گزینه د صحیح است.

۵۹) در کدام یک از اتصالات گیردار از پیش تأیید شده فولادی زیر می‌توان محل مفصل پلاستیک را در بر ستون در نظر گرفت؟ (عمران - اجرا - مرداد ۱۴۰۰)

۲) اتصال گیردار تقویت نشده جوشی

۱) اتصال گیردار فلنجی ۴ پیچه

۴) اتصال گیردار جوشی به کمک ورق روسری و زیرسری

۳) اتصال گیردار پیچی به کمک ورق روسری و زیرسری

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۱۵، جزء (۳) بند ۱۰-۶-۷-۳-۱

توضیح: در اتصال گیردار تقویت نشده جوشی (WUF-W)، محل تشکیل مفصل پلاستیک (sh) در روی تیر باید در محل بر ستون در نظر گرفته شود ($Sh = 0$).

گزینه ب صحیح است.

۶۰) فرض کنید برای ساخت یک اسکلت فولادی به ۱۷۷ شاخه ۱۲ متری تیر آهن IPE۱۸۰ نیاز است. اگر ناظر از مشخصات تیر آهن های وارد شده به کارخانه اطمینان نداشته باشد، در کل چند نمونه (که باید به طور اتفاقی انتخاب شوند) می تواند برای انجام آزمایش های مورد نیاز تقاضا نماید؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۸)

۱) ۶ نمونه ۲) ۲ نمونه ۳) ۱۲ نمونه ۴) ۳ نمونه

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۵۴، بند ۱۰-۴-۲

توضیح: هرگاه نیاز به تعیین مشخصات و انطباق مصالح فولادی باشد، نماینده کارفرما باید از هر محموله مصالح فولادی وارد شده به کارخانه یا مشابه آن به تعداد ۲ نمونه اتفاقی انتخاب کند.

محموله مصالح فولادی جهت نمونه گیری شامل مقاطع مشابه با رده مقاومتی مشابه و محدوده ضخامت مشابه تهیه شده از یک منبع، به شرح زیر است:

- به ازای هر ۴۰ تن و کسر آن برای همه مقاطع

- به ازای هر ۶۰ تن و کسر آن برای مقاطع سنگین با وزن واحد طول بیش از ۱۰۰ کیلوگرم بر متر

- به ازای هر ۸۰ تن و کسر آن برای همه مقاطع با شماره ذوب یکسان بر اساس برچسب محصول یا گواهی کارخانه

طبق جدول اشتال، وزن واحد طول IPE۱۸۰ معادل $18/8 \text{ kg/m}$ است.

$40 \text{ ton} = 39931/2 \text{ kg} = 177 \times 12 \times 18/8 =$ وزن کل نیمرخها

بنابراین پاسخ سؤال تعداد ۲ نمونه به ازاء هر ۴۰ تن است.

گزینه ب صحیح است.

۶۱) کدام یک از گزینه های زیر صحیح است؟ (عمران - اجرا - شهریور ۹۵)

۱) استفاده از دستگاه پخزن ضربه ای برای قطعات و ورق های فولادی با ضخامت بیش از ۱۲ میلی متر مجاز نمی باشد.

۲) برای ورق های فولادی با ضخامت بیش از ۱۲ میلی متر، برش توسط دستگاه گیوتین مجاز می باشد.

۳) در نیمرخ های سنگین و قطعات ساخته شده با جوش با ضخامت بیش از ۴۰ میلی متر، باید قبل از برش گرمایی پیش گرمایش تا دمای حداقل ۵۰ درجه سلسیوس انجام شود.

۴) برای ورق های فولادی با ضخامت مساوی یا کمتر از ۱۵ میلی متر، برش توسط دستگاه گیوتین مجاز می باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۲، جزء (الف) و (ب)، صفحه ۴۵۶ و بند ۱۰-۳-۴-۳، جزء (ب)، صفحه ۴۵۷

گزینه د صحیح است.

۶۲) در اجرای سازه های فولادی کدام اقدام صحیح نمی باشد؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۷)

۱) برش قطعات فولادی به ضخامت ۲۰ میلی متر، باید توسط دستگاه برش ریلی صورت گیرد.

۲) برش قطعات فولادی به ضخامت ۱۸ میلی متر، باید توسط دستگاه برش ریلی یا توسط دستگاه گیوتین صورت گیرد.

۳) پیش گرمایش برای قطعات ساخته شده با جوش، به ضخامت بیش از ۴۰ میلی متر ضرورت دارد.

۴) در برش قطعات فولادی با دستگاه گیوتین، ناهمواری ها و زخم های بیش از ۳ میلی متر باید هموار شوند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۵۶، جزء (الف) بند ۱۰-۳-۴-۲

گزینه ب صحیح است.

۶۳ در مورد پیش گرمایش کدام گزینه زیر صحیح است؟

- ۱) در برخی از روش‌های آماده‌سازی سطوح برای رنگ‌آمیزی، پیش گرمایش ضروری است.
- ۲) پیش گرمایش فقط قبل از انجام جوشکاری ضروری است.
- ۳) در برشکاری نیمرخ‌های سنگین، پیش گرمایش ضروری است.
- ۴) در برخی از روش‌های پیش نصب قطعات، پیش گرمایش ضروری است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۳، جزء (ب)، صفحه ۴۵۶

گزینه ج صحیح است.

۶۴ کدام یک از موارد زیر صحیح نیست؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۶)

- ۱) در صورت موافقت مهندس ناظر می‌توان برش نیمرخ‌های فولادی (تیر آهن، ناودانی و نبشی) را برای ساخت مهاربند، تیر و ستون با اره و برش دستی انجام داد.
 - ۲) برای ورق‌ها با ضخامت مساوی یا کمتر از ۱۲ میلی‌متر برش توسط دستگاه گیوتین مجاز است.
 - ۳) استفاده از دستگاه‌های پخ زن ضربه‌ای برای پخ‌زنی و آماده کردن لبه برای قطعات و ورق‌های با ضخامت بیش از ۱۲ میلی‌متر مجاز است.
 - ۴) قطعات فولادی بایستی طوری ساخته شوند که هیچ نوع تغییر شکلی غیر از آنچه در نقشه آورده است در آن‌ها به وجود نیاید.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۵۶، جزء (الف) و (پ) بند ۱۰-۴-۳، صفحه ۴۵۷، جزء (الف) و (ب) بند ۱۰-۴-۳

گزینه ج صحیح است.

۶۵ در ساخت قطعات فولادی، گاه لازم است سطح قطعه به مقدار مشخصی حرارت داده شود. روش عملی و متداول برای تشخیص اینکه سطح قطعه به دمای مورد نظر رسیده است یا خیر، کدام است؟ (عمران - اجرا - آذر ۹۲)

- ۱) استفاده از دماسنج جیوه‌ای
- ۲) استفاده از گچ‌های رنگی مخصوص
- ۳) استفاده از روش‌های فراصوتی
- ۴) استفاده از ذرات مغناطیسی

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۳، قسمت (ت)، صفحه ۴۵۷

گزینه ب صحیح است.

۶۶ در چه حالت می‌توان از روش گرم کردن در راست نمودن تیرورق‌های ساخته شده از فولاد پُر مقاومت استفاده نمود؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۹)

- ۱) تأیید مهندس ناظر و با حداکثر دمای موضع گرم شده برابر با ۶۵۰ درجه سلسیوس
- ۲) تأیید مهندس ناظر و با حداکثر دمای موضع گرم شده برابر با ۵۶۵ درجه سلسیوس
- ۳) تأیید مهندس مجری و با حداکثر دمای موضع گرم شده برابر با ۶۵۰ درجه سلسیوس
- ۴) تأیید مهندس مجری و با حداکثر دمای موضع گرم شده برابر با ۵۶۵ درجه سلسیوس

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۵۷، جزء (ت) بند ۱۰-۴-۳

گزینه ب صحیح است.

۶۷) به کارگیری روش‌های گرم کردن موضعی یا تغییر شکل مکانیکی برای ایجاد انحنای راست کردن قطعات: (عمران - اجرا - مهر ۹۶)

- ۱) به هیچ‌وجه مجاز نیست.
 ۲) با تأیید نماینده کارفرما مجاز است.
 ۳) بلامانع است.
 ۴) با تأیید سرپرست کارگاه جوشکاری مجاز است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۵۷ جزء (ت) بند ۱۰-۴-۳

گزینه ب صحیح است.

۶۸) با تأیید ناظر، حداکثر دمای مجاز موضع گرم شده برای فولاد پُر مقاومت در روش گرم کردن موضعی برای ایجاد انحنای قطعات چند درجه سلسیوس است؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۴)

- ۱) ۷۲۰ (۱) ۲) ۶۵۰ (۲) ۳) ۶۰۰ (۳) ۴) ۵۶۵ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۳-۳، جزء (ت)، صفحه ۴۵۷

گزینه د صحیح است.

۶۹) حداکثر ضخامت مجاز ورق، در صورت استفاده از دستگاه پخ زن ضربه‌ای برای آماده کردن لبه ورق برای جوشکاری، چند میلی‌متر است؟ (عمران - اجرا - خرداد ۹۳)

- ۱) ۱۲ (۱) ۲) ۱۵ (۲) ۳) ۲۰ (۳) ۴) ۱۰ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۳-۳، جزء (ب)، صفحه ۴۵۷

گزینه ب صحیح است.

۷۰) حداقل چه تعداد از پیچ‌های هر اتصال در هنگام پیش‌نصب باید بسته شوند؟ (عمران - اجرا - آذر ۹۲)

- ۱) $\frac{1}{4}$ پیچ‌های هر اتصال که کمتر از دو پیچ نباشد. ۲) $\frac{1}{3}$ پیچ‌های هر اتصال که کمتر از دو پیچ نباشد.
 ۳) $\frac{1}{2}$ پیچ‌های هر اتصال که کمتر از دو پیچ نباشد. ۴) $\frac{1}{5}$ پیچ‌های هر اتصال که کمتر از دو پیچ نباشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۳-۴، قسمت ب، صفحه ۴۵۸

گزینه الف صحیح است.

۷۱) چند درصد از جوش‌های لب به لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خراباها باید بازرسی چشمی شوند؟ (عمران - اجرا - خرداد ۹۳)

- ۱) ۲۰٪ (۱) ۲) ۱۰٪ (۲) ۳) ۱۰۰٪ (۳) ۴) ۳۰٪ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۴، صفحه ۴۶۸

گزینه ج صحیح است.

۷۲) حداقل میزان آزمایش‌های غیرمخرب جوش، هنگام تولید و نصب در سازه‌های فولادی چقدر است؟ (عمران - اجرا - اسفند ۹۵)

- ۱) برای جوش‌های گوشه در اتصالات تیر به ستون صد درصد - با روش رنگ نافذ
 - ۲) برای هر نوع جوش، حداقل ۵۰ درصد بازرسی چشمی
 - ۳) برای جوش‌های لب به لب عرضی و طولی ستون‌ها، صد درصد - با روش پرتونگاری
 - ۴) برای جوش‌های گوشه بال به جان، سی درصد - با روش رنگ نافذ
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۴، صفحه ۴۶۸
توضیح: فرض می‌شود ساختمان از نظر اهمیت، جزء گروه ۱ است.

گزینه الف صحیح است.

۷۳) در صورتی که تمهیدات خاص برای گرم کردن محیط جوشکاری انجام نشود، حداقل دمای محیط برای ممنوع نبودن جوشکاری، مطابق با کدام یک از گزینه‌های زیر است؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۸)

- ۱) صفر درجه سلسیوس
 - ۲) ۵ درجه سلسیوس
 - ۳) -۵ درجه سلسیوس
 - ۴) -۱۰ درجه سلسیوس
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۷۰، بند ۱۰-۴-۴-۱-۳

گزینه د صحیح است.

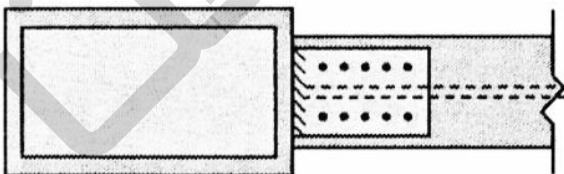
۷۴) برای ساختن یک ستون با مقطع قوطی از $50 \times 600 \times 6 \text{ mm}$ P۴ استفاده می‌شود. قبل از انجام جوش اتصال ورقها به یکدیگر بایستی عمل پیش گرمایش در مورد آنها انجام پذیرد. حداقل دمای پیش گرمایش در فرآیند غیر کم هیدروژن چند درجه سلسیوس است؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۷)

- ۱) ۱۵۰
- ۲) ۱۱۰
- ۳) ۶۵
- ۴) ۱۳۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۷۳، جدول ۱۰-۴-۱۰

گزینه ب صحیح است.

۷۵) در اتصال از نوع BFP در شکل نمونه‌ای از آن نشان داده شده است در مرحله اولیه، پیچ‌های ورق بال تا حد سفتی کامل محکم شده‌اند برای پیش‌تنیده کردن آن‌ها کدام عبارت صحیح است؟ (عمران - اجرا - مهر ۹۹)

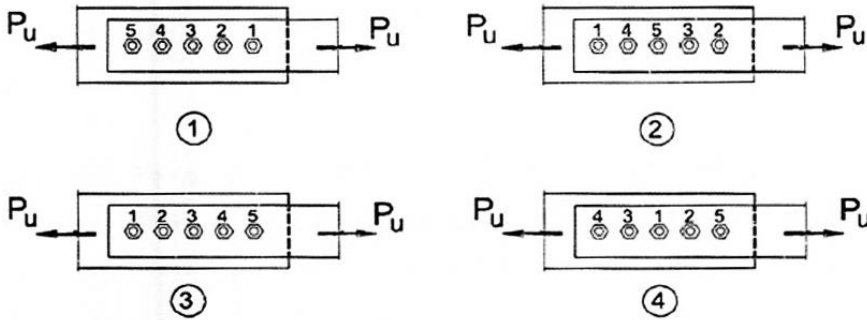


- ۱) باید ابتدا اولین ردیف پیچ‌های نزدیک به ستون پیش‌تنیده شده و به طرف مرکز تیر پیچ‌های دیگر را به ترتیب پیش‌تنیده کرد.
- ۲) باید ابتدا پیچ‌های دورتر از ستون پیش‌تنیده شوند و سپس پیچ‌ها را به سمت ستون پیش‌تنیده کرد.
- ۳) باید ابتدا پیچ‌های وسط را پیش‌تنیده کرد و سپس به سمت ستون رفته و بعد از آن پیچ‌های طرف دیگر را پیش‌تنیده کرد.
- ۴) به صورت زیگزاگ از هر سمتی که آسان‌تر است می‌توان پیچ‌ها را پیش‌تنیده کرد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۸۲، بند ۱۰-۴-۵-۶

گزینه الف صحیح است.

۷۶) در کدام یک از شکل‌های زیر ترتیب محکم کردن پیچ‌ها در وصله دو ورق فنی تر است؟
(عمران - اجرا - شهرپور ۱۴۰۱)



(۱) (۱) (۲) (۲) (۳) (۳) (۴) (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۸۲، بند ۱۰-۴-۵-۶

توضیح: در هر یک از مراحل محکم کردن پیچ‌ها، باید از قسمتی که اتصال صلب‌تر است و صفحات تغییر شکل کمتری می‌دهند، شروع به بستن پیچ‌ها کرد. در وصله‌ها، قسمت صلب اتصال، وسط ورق وصله است. بعد از محکم کردن پیچ‌های وسط با حفظ تقارن و ترتیب، پیچ‌های کناری تا لبه آزاد ورق اتصال محکم می‌شوند.

گزینه ب صحیح است.

۷۷) در یک ساختمان فولادی، اتصالات اصطکاکی تیر به ستون با پیچ و مهره‌های پُر مقاومت انجام می‌شود. چنانچه پیچ $M20$ و طول آن ۸۰ میلی‌متر باشد، چرخش اضافه لازم برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها چقدر است؟ (فرض می‌شود که دو سطح اتصال عمود بر محور پیچ است.) (عمران - اجرا - اسفند ۹۵)

(۱) $\frac{3}{4}$ دور (۲) $\frac{1}{4}$ دور (۳) $\frac{2}{3}$ دور (۴) $\frac{1}{3}$ دور

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۰، صفحه ۴۸۳

توضیح: با توجه به اینکه قطر پیچ ۲۰ mm و طول آن ۸۰ mm می‌باشد. بنابراین تعداد دور اضافه برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها، $\frac{1}{3}$ دور خواهد بود.
 $M20 \rightarrow (\text{قطر پیچ}) = 20 \text{ mm}$ و $L = 80 \text{ mm} \Rightarrow L \leq 4D, 80 \leq 4 \times 20$

گزینه د صحیح است.

۷۸) کدام یک از موارد زیر در خصوص کنترل پیش‌تنیدگی پیچ‌ها صحیح است؟ (عمران - اجرا - اسفند ۹۵)

- (۱) تصمیم‌نماینده کارفرما در مورد کفایت پیش‌تنیدگی و پیچ‌ها قطعی خواهد بود.
- (۲) نماینده کارفرما موظف است از طرف آزمایشگاه با صلاحیت، پیش‌تنیدگی پیچ‌ها را کنترل نماید.
- (۳) پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها کمی بیش از آنچه که در مبحث دهم مشخص شده است، مشکل برای طرح ایجاد می‌کند.
- (۴) تأیید سازنده در مورد کفایت بستن پیچ و مهره‌ها، کافی می‌باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۵-۷، صفحه ۴۸۳

گزینه الف صحیح است.

۷۹) برای بستن و محکم کردن پیچ اصطکاکی با قطر ۲۰ میلی‌متر اگر طول پیچ ۱۵۰ میلی‌متر باشد و برای پیش‌تنیده کردن آن از روش چرخش اضافی مهره‌ها استفاده شود. آنگاه تعداد دور اضافه، بدین منظور مطابق کدام گزینه است؟ (فرض می‌شود که دو سطح اتصال عمود بر محور پیچ است). (عمران - اجرا - صفحه ۴۸۳، جدول ۱۰-۴-۱۰)

- (۱) $\frac{1}{2}$ (۲) $\frac{1}{3}$ (۳) $\frac{2}{3}$ (۴) ۱

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۸۳، جدول ۱۰-۴-۱۰

توضیح:

$$D = 20, L = 150 \rightarrow 4D (= 4 \times 20) \leq L \leq 8D (= 8 \times 20) \Rightarrow \frac{1}{3}$$

گزینه الف صحیح است.

۸۰) کدام گزینه پیرامون چرخش اضافی لازم برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها صحیح است؟ فرض می‌شود که دو سطح اتصال عمود بر محور پیچ می‌باشد. (عمران - اجرا - دی ۱۴۰۱)

- (۱) برای یک پیچ به قطر ۲۰ mm و طول ۸۵ mm چرخش $\frac{1}{3}$ دور کافی نیست.
 (۲) برای یک پیچ به قطر ۱۶ mm و طول ۸۰ mm چرخش $\frac{1}{3}$ دور کافی است.
 (۳) برای یک پیچ به قطر ۲۰ mm و طول ۸۵ mm چرخش $\frac{1}{3}$ دور کافی است.
 (۴) برای یک پیچ به قطر ۱۶ mm و طول ۸۰ mm چرخش $\frac{1}{3}$ دور کافی است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۸۳، جدول ۱۰-۴-۱۰

توضیح: با توجه به جدول باید در تمام گزینه‌ها نسبت $\frac{L}{d_b}$ محاسبه شود:

گزینه د صحیح است.

۸۱) چرخش اضافی لازم مهره برای پیش‌تنیده کردن پیچ پُر مقاومت با قطر ۲۰ میلی‌متر و طول ۱۵۰ میلی‌متر چند دور می‌باشد؟ فرض می‌شود که دو سطح اتصال، عمود بر محور پیچ می‌باشد. (عمران - اجرا - بهمن ۹۴)

- (۱) $\frac{2}{3}$ (۲) $\frac{1}{3}$ (۳) $\frac{1}{4}$ (۴) $\frac{4}{4}$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۰، صفحه ۴۸۶

توضیح: با توجه به اینکه طول مهره (۱۵۰ میلی‌متر)، از چهار برابر قطر آن یعنی $(20 \times 4 = 80)$ میلی‌متر، بیشتر و از هشت برابر قطر آن یعنی $160 = 8 \times 20$ میلی‌متر کوچکتر می‌باشد به عبارت دیگر رابطه $(160 \leq 150 < 80)$ برقرار است. لذا تعداد دور اضافه برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها $\frac{1}{3}$ دور می‌باشد.

گزینه ج صحیح است.

۸۲) چنانچه در یک اتصال اصطکاکی، بعد از تنیده کردن کامل پیچ‌ها، بنا به دلایلی بعضی از پیچ‌ها شل شوند، در این ارتباط کدام گزینه صحیح است؟ (عمران - اجرا - آذر ۹۲)

- (۱) با تعویض فقط مهره، می‌توان مجدداً پیچ‌های شل شده را به اندازه موردنظر سفت کرد.
 (۲) پیچ‌های شل شده را می‌توان مجدداً به میزان لازم تنیده و محکم کرد.
 (۳) مجموعه پیچ و مهره‌های شل شده باید کلاً تعویض شوند.
 (۴) فقط تمام پیچ‌های شل شده را باید تعویض کرد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۱۱-۵، صفحه ۴۸۹

گزینه ج صحیح است.

۸۳ جهت نصب اتصالات پیچی که به دلیل عدم دقت ساخت کاملاً بر هم منطبق نیستند، از چه روشی جهت بزرگ نمودن قطر سوراخ و حداکثر به چه میزانی می‌توان قطر سوراخ را افزایش داد؟ (عمران - اجرا - مرداد ۱۴۰۰)

- (۱) برش شعله - ۵ میلی‌متر
(۲) برش شعله - ۳ میلی‌متر
(۳) برقوزنی - ۳ میلی‌متر
(۴) برقوزنی - ۵ میلی‌متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۸۹، بند ۱۰-۴-۱۰-۵

گزینه د صحیح است.

۸۴ برقو چیست؟ (عمران - اجرا - آذر ۹۲)

- (۱) ابزاری برای تمیز کردن سطوح فولادی از زنگ و چربی و رنگ.
(۲) ابزاری برای ایجاد تنیدگی در مهاربندهای سالن‌های صنعتی.
(۳) ابزاری برای کنترل بسیار دقیق شاغولی بودن ستون‌های فولادی.
(۴) ابزاری برای گشادتر کردن سوراخ‌های با قطر کم.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۱۰-۵، صفحه ۴۸۹

گزینه د صحیح است.

۸۵ برای اصلاح قطر سوراخ در یک قطعه فولادی توسط برش شعله، قطر سوراخ را حداکثر چند میلی‌متر می‌توان افزایش داد؟ (عمران - اجرا - مرداد ۹۴)

- (۱) ۳ میلی‌متر
(۲) ۵ میلی‌متر
(۳) ۷ میلی‌متر
(۴) استفاده کردن از برش شعله برای گشاد کردن سوراخ‌ها مجاز نیست.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۱۰-۵، صفحه ۴۸۹

گزینه د صحیح است.

۸۶ در خصوص آماده‌سازی با پاشش مواد ساینده در قطعات فولادی کدام عبارت صحیح است؟ (عمران - اجرا - شهریور ۱۴۰۱)

- (۱) قبل از اعمال آستر باید گرد و خاک روی سطح را با واترجت کاملاً تمیز کرد.
(۲) فشار باد در این روش ۷ MPa است.
(۳) قبل از اعمال آستری نمی‌توان گرد و خاک روی سطح را با هوای فشرده تمیز کرد.
(۴) قبل از اعمال آستری می‌توان گرد و خاک روی سطح را با جاروبرقی صنعتی تمیز کرد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۲، بند ۱۰-۴-۱۰-۷-۲

گزینه د صحیح است.

- ۸۷) در تمیزکاری و آماده‌سازی سطوح فلزی با پاشش مواد ساینده، کدام گزینه صحیح است؟ (عمران - اجرا - دی ۱۴۰۱)
- ۱) در صورتی که تمیزکاری برای از بین بردن زنگ‌زدگی‌ها باشد، فشار مؤثر باد باید حداکثر ۴MPa باشد.
 - ۲) در صورتی که تمیزکاری برای از بین بردن رنگ‌های قدیمی با چسبندگی کم باشد، فشار مؤثر باد باید تقریباً ۰/۷MPa باشد.
 - ۳) در صورتی که تمیزکاری برای از بین بردن رنگ است، فشار مؤثر باد باید حداکثر ۰/۴MPa باشد.
 - ۴) در صورتی که تمیزکاری برای از بین بردن اکسیدهای حاصل از نورد است، فشار مؤثر باد باید حداکثر ۷MPa باشد.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۲، بند ۱۰-۴-۷-۲-مورد (الف)

گزینه ب صحیح است.

- ۸۸) در نقشه‌های یک سازه فولادی با اتصالات جوشی، درجه آماده‌سازی سطح مقاطع Sa۲/۵ تعیین شده است. در اجرا به اشتباه یکی از مقاطع تا درجه Sa۳ آماده‌سازی می‌شود. کدام یک از گزینه‌های زیر در این مورد صحیح است؟ (عمران - اجرا - مرداد ۱۴۰۰)
- ۱) قطعه موردنظر باید تعویض شود.
 - ۲) ضخامت لایه رنگ قطعه موردنظر باید افزایش داده شود.
 - ۳) استفاده از قطعه با روال تعریف شده در نقشه‌ها بلامانع است.
 - ۴) الکتروود مصرفی برای ایجاد اتصال به قطعه موردنظر باید مورد تجدیدنظر قرار گیرد.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۳، بند ۱۰-۴-۷-۳-۱
- توضیح: طبق بند ۱۰، سطح مدنظر بیش از اندازه لازم تمیز شده است و مشکلی وجود ندارد و استفاده از قطعه مطابق با روال تعریف شده در نقشه‌ها بلامانع است.

گزینه ج صحیح است.

- ۸۹) در طبقه‌بندی سطوح فولادی آماده‌سازی شده برای رنگ‌آمیزی سطح Sa۲ کدام یک از موارد زیر را نشان می‌دهد؟ (عمران - اجرا - دی ۱۴۰۱)
- ۱) تمیز کردن به صورت ماسه پاشی با حصول سطح نقره‌ای
 - ۲) تمیز کردن به صورت ماسه پاشی خفیف
 - ۳) تمیز کردن به صورت ماسه پاشی متوسط
 - ۴) تمیز کردن به صورت ماسه پاشی عمیق‌تر
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۳، بند ۱۰-۴-۷-۳

گزینه ج صحیح است.

- ۹۰) کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد رنگ‌آمیزی سطوح مقاطع فولادی صحیح نیست؟ (عمران - اجرا - مرداد ۱۴۰۰)
- ۱) در قسمت‌هایی از سازه فولادی که پس از رنگ‌آمیزی جوش خواهند شد باید رنگ‌آمیزی در فاصله ۵۰ میلی‌متری از خط جوش متوقف شود.
 - ۲) رنگ‌های رویه و آستر باید از یک کارخانه تهیه شوند.
 - ۳) رنگ‌آمیزی سطوح بزرگ باید با اسپری بدون هوا یا قلم‌مو صورت گیرد.
 - ۴) در اتصالات اتکایی (غیر اصطکاکی)، رنگ کردن سطوح تماس به‌طور کلی مجاز می‌باشد.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۴، جزء (ب) بند ۱۰-۴-۷-۴

گزینه ج صحیح است.

۹۱) کدام یک از گزینه های زیر در ساخت و نصب سازه های فولادی صحیح نیست؟ (عمران - اجرا - شهریور ۹۵)

- ۱) برش نیمرخ فولادی که برای ساخت مهاربندها مصرف می شوند، در صورت موافقت مهندس ناظر می تواند با اره یا برش دستی انجام شود. کلیه ناصافی های احتمالی باید با سنگ زدن برطرف شود.
 - ۲) در شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط مساوی یا کمتر از ۵۰٪، ضخامت رنگ آمیزی قطعات فولادی در داخل دیوار و نازک کاری باید حداقل ۳۰ میکرون از ضد زنگ الکیدی باشد.
 - ۳) به جز سطوح تماس بقیه سطوحی که بعد از ساخت، قابل دسترس نخواهد بود باید قبل از جمع کردن کار، تمیز و رنگ آمیزی شود. البته این عمل زمانی لازم است که در مدارک طرح و محاسبه خواسته شده باشد.
 - ۴) برای ورق های فولادی با ضخامت مساوی یا کمتر از ۱۵ میلی متر، برش توسط دستگاه گیوتین مجاز می باشد.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۳، جزء (الف و پ)، صفحه ۴۵۶ و بند ۱۰-۴-۷، جزء (ذ)، صفحه ۴۹۵ و جدول ۱۰-۴-۱۵، صفحه ۴۹۶

گزینه ب صحیح است.

۹۲) کدام یک از عبارات های زیر صحیح نیست؟ (عمران - اجرا - دی ۱۴۰۱)

- ۱) در کلیه اتصالات پیچی رنگ کردن سطوح تماس مجاز است
 - ۲) کنترل نقشه های اجرایی توسط مهندس طراح در حد انطباق با نقشه های محاسباتی و مشخصات فنی بوده و در قبال هندسه برش ها و قطعات مسئولیتی ندارد.
 - ۳) حداقل اختلاف دمای محیط و نقطه شبنم برای نقاشی و رنگ کاری قطعات فولادی ۵ درجه سلسیوس است.
 - ۴) در کلیه اتصالات پیچی رنگ کردن سطوح تماس مجاز نیست.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۵۵، بند ۱۰-۴-۳-۱، الف، صفحه ۴۹۵ جزء های (د) و (ر) ادامه بند ۱۰-۴-۷، ۴

گزینه د صحیح است.

۹۳) کدام یک از عبارات زیر در رابطه با رنگ آمیزی سازه های فولادی صحیح است؟ (عمران - اجرا - مرداد ۱۴۰۰)

- ۱) اگر در حین اجرای عملیات نصب رنگ قطعات صدمه ببیند نیازی نیست که عملیات ترمیم انجام گیرد.
 - ۲) رنگ آمیزی سطوح بزرگ با قلم مو بلامانع است.
 - ۳) نقاشی و رنگ کاری نباید در هوای سرد با زمانی که درصد رطوبت بالا باشد انجام گیرد.
 - ۴) در سطوح و لبه هایی از سازه فولادی که پس از رنگ کاری جوش خواهند شد باید رنگ آمیزی در فاصله ۱۰۰ میلی متری از خط جوش متوقف شود.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۵، جزء (د) ادامه بند ۱۰-۴-۷، ۴

گزینه ج صحیح است.

۹۴) در سطوح و لبه هایی از سازه فولادی که پس از رنگ آمیزی جوش خواهند شد. رنگ آمیزی حداقل در چه فاصل های از خط جوش باید متوقف شود؟ (عمران - اجرا - خرداد ۹۳)

- ۱) ۷۵ mm (۲) ۵۰ mm (۳) ۱۰۰ mm (۴) ۲/۵ mm
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۷، جزء (ز)، صفحه ۴۹۵

گزینه ب صحیح است.

۹۵) حداقل ضخامت رنگ آمیزی یک ستون فولادی به صورت روباز و در محیط بسته، در شرایط محیطی ساحلی چه میزان است؟ (عمران - اجرا - مرداد ۹۴)

- ۱) سه لایه شامل؛ ۴۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی، ۴۰ میکرون لایه میانی اپوکسی و ۴۰ میکرون رویه اپوکسی پلی پورتان
 - ۲) یک لایه شامل؛ ۴۰ میکرون اپوکسی غنی از روی
 - ۳) دو لایه شامل؛ ۴۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی و ۴۰ میکرون رویه اپوکسی
 - ۴) سه لایه شامل؛ ۶۰ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی، ۶۰ میکرون لایه میانی اپوکسی و ۶۰ میکرون رویه اپوکسی پلی پورتان
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۵، صفحه ۴۹۶

گزینه د صحیح است.

۹۶- در صورتی که دستورالعمل رنگ آمیزی توسط کارشناس دیصلاح تهیه نشده باشد، کدام یک از وضعیت های سطحی زیر برای آماده سازی سطح فولاد قبل از رنگ آمیزی، برای قطعات فولادی یک ساختمان که در شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی حدوداً ۷۵٪ اجرا خواهد شد، به عنوان حداقل وضعیت سطحی آماده سازی سطح فولاد به شمار می رود؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۴)

$Sa\ 3\ (1)$ $Sa\ 2/5\ (2)$ $Sa\ 2\ (3)$ $Sa\ 1\ (4)$

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۵، صفحه ۴۹۶

توضیح: نکته مورد (۳) ذیل جدول، شرایط سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی بیش از ۵۰ درصد و مساوی یا کمتر از ۸۰ درصد

گزینه ب صحیح است.

۹۷) در مورد انبار کردن رنگ های مورد استفاده در رنگ آمیزی سازه های فولادی حداقل و حداکثر دمای محیط انبار بر حسب درجه سلسیوس چقدر است؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۷)

۱) حداقل ۱۸ و حداکثر ۳۵ ۲) حداقل صفر و حداکثر ۴۰
 ۳) حداقل ۱۲ و حداکثر ۳۸ ۴) حداقل ۵ و حداکثر ۳۸

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۷، بند ۱۰-۴-۷-۶

گزینه الف صحیح است.

۹۸) کدام گزینه در مورد گالوانیزه کردن قطعات فولادی به منظور ساخت، نصب و کنترل آن ها صحیح است؟ (عمران - اجرا - شهریور ۱۴۰۱)

- ۱) عملیات گالوانیزه کردن با قلع و خلوص ۰/۹۸ در مترمربع انجام می شود.
 - ۲) زدودن آلودگی خارجی پیش از گالوانیزه کردن نیاز نمی باشد.
 - ۳) در فاصله ۴۰mm از محل گالوانیزه شده نمی توان جوشکاری نمود.
 - ۴) برای گالوانیزه کردن باید از شیوه غوطه وری داغ به وسیله قلع استفاده نمود.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۷، بند ۱۰-۴-۷-۷

گزینه ج صحیح است.

۹۹) برای رنگ آمیزی قسمت‌های فولادی هرگاه از طرف کارخانه سازنده رنگ دستورالعملی برای درجه حرارت مناسب برای انبار کردن رنگ ارائه نشود، درجه حرارت مناسب برای انبار کردن رنگ چقدر است؟ (عمران-اجرا-اردیبهشت ۱۴۰۲)

- ۱) حداقل ۱۰ درجه سلسیوس و حداکثر ۴۰ درجه سلسیوس
 - ۲) حداقل ۱۸ درجه سلسیوس و حداکثر ۳۵ درجه سلسیوس
 - ۳) حداقل ۵ درجه سلسیوس و حداکثر ۳۵ درجه سلسیوس
 - ۴) حداقل ۱۵ درجه سلسیوس و حداکثر ۴۰ درجه سلسیوس
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۷-۶، صفحه ۴۹۷

گزینه ب صحیح است

۱۰۰) در درزهای لب به لب با جوش شیاری با نفوذ کامل، حداکثر فاصله مجاز بین تسمه پشت‌بند با ورق در حالت بدون استفاده از مصالح پرکننده چند میلی‌متر است؟ (عمران-اجرا-اردیبهشت ۱۴۰۲)

- ۱) ۶ ۲) ۳ ۳) ۵ ۴) ۲

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۸-۴-۱، صفحه ۴۹۷

گزینه د صحیح است

۱۰۱) کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح نمی‌باشد؟ (عمران-اجرا-مهر ۹۶)

- ۱) سیر پیشرفت جوشکاری یک عضو باید از نقطه با گیرداری بیشتر به سمت نقطه با آزادی بیشتر باشد.
 - ۲) حداکثر ناهمترایی بین دو قطعه که با جوش شیاری به صورت لب به لب به یکدیگر متصل می‌شوند، ۱۰ درصد ضخامت قطعه نازک‌تر یا حداکثر ۳ میلی‌متر می‌باشد.
 - ۳) فاصله ریشه بین دو قطعه جوش شیاری توسط جوش شیاری با نفوذ نسبی نباید از ۵ میلی‌متر بزرگ‌تر باشد.
 - ۴) استفاده از مصالح پرکننده در بازشدگی بین سطوح در تماس جوش‌های کام و انگشتانه به هیچ‌وجه مجاز نیست.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۷، بند ۱۰-۸-۴-۱

گزینه د صحیح است.

۱۰۲) در اتصال دو ورق با ضخامت ۱۲mm توسط جوش شیاری لب به لب، با تسمه پشت‌بند و بدون جوش پشت، فاصله ریشه در نقشه ۶ میلی‌متر مشخص شده است. اما در هنگام اجرا این فاصله ۱۵ میلی‌متر است. کدام یک از گزینه‌های زیر در این مورد صحیح است؟ (عمران-اجرا-اسفند ۹۵)

- ۱) این فاصله ریشه با توجه به وجود پشت‌بند قابل پذیرش است.
 - ۲) این فاصله ریشه به هیچ صورت قابل پذیرش نیست.
 - ۳) این فاصله ریشه، با جوشکاری (قبل از جوشکاری درز اتصال) قابل اصلاح است.
 - ۴) این فاصله ریشه، به شرط آنکه اختلاف ضخامت ریشه از مقدار نقشه کمتر از ۵ میلی‌متر باشد، قابل پذیرش است.
- جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۸-۴-۱ و شکل ۱۰-۴-۱۰(ب)، صفحه ۴۹۹

توضیح: در صورتی که ابعاد و اندازه مقطع جوش اختلافی بیش از مقادیر ارائه شده در شکل با اندازه نشان داده شده در نقشه‌ها داشته باشد، درز با شرایط زیر قابل پذیرش است. در صورتی که اختلاف فاصله ریشه با مقدار نقشه بزرگتر از رواداری مجاز مذکور در شکل زیر باشد ولی از دو برابر ضخامت ورق نازک‌تر یا ۲۰ میلی‌متر (هر کدام که کوچکتر باشند) بزرگتر نباشد، با استفاده از جوشکاری (قبل از جوشکاری درز اتصال) قابل اصلاح است.

۶mm + فاصله ریشه جوش = رواداری فاصله ریشه جوش در جهت افزایش

۱۲ mm = ۶ + ۶ = فاصله ریشه جوش = رواداری فاصله ریشه جوش در جهت افزایش

با توجه به اینکه فاصله ریشه جوش در هنگام اجرا، ۱۵ میلی‌متر بوده، یعنی از رواداری مجاز بیشتر است. طبق توضیحات فوق، این فاصله ریشه، زمانی قابل اصلاح می‌باشد که مقدار آن، از کمترین مقدار (۲ برابر ضخامت ورق نازکتر یا ۲۰ میلی‌متر) بیشتر نباشد یعنی:

(۲ برابر ضخامت ورق نازکتر یا ۲۰ mm) $\min (20 \text{ mm}) \leq 15 \text{ mm}$ فاصله ریشه جوش

(۲۴ mm یا ۲۰ mm) $15 \text{ mm} \leq$ فاصله ریشه جوش

$15 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm}$ فاصله ریشه جوش

پس فاصله ریشه ذکر شده قابل قبول و اصلاح می‌باشد.

گزینه ج صحیح است.

۱۰۳) فاصله ریشه بین دو قطعه در جوش شیاری با نفوذ نسبی در امتداد طولی حداکثر چند میلی‌متر می‌تواند باشد؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۷)

۴) ۶

۳) ۵

۲) ۲

۱) ۳

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۹، بند ۱۰-۴-۸-۱-۳

گزینه ج صحیح است.

۱۰۴) در نقشه، زاویه شیار درز با جوش شیاری بدون پشت‌بند - بدون جوش پشت برابر ۶۰ درجه مشخص شده است. حداکثر و حداقل این زاویه در اجرا، به ترتیب چند درجه می‌تواند باشد؟ (عمران - اجرا - شهریور ۹۵)

۴) ۶۵ و ۵۰

۳) ۷۰ و ۵۰

۲) ۷۵ و ۵۵

۱) ۷۰ و ۵۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۶، صفحه ۵۰۰

توضیح: طبق جدول داریم:

$$60 - 5 \leq \alpha < 10 + 60 \rightarrow 55 \leq \alpha \leq 70$$

گزینه الف صحیح است.

۱۰۵) در یک تیر فولادی به طول ۸ متر ساخته شده از ورق و جوش و بدون هیچ‌گونه انحنای خاص (نظیر پیش خیز)، حداکثر میزان انحراف مجاز از هم‌راستایی برابر است با: (عمران - اجرا - مرداد ۹۴)

۴) ۱۲ mm

۳) ۱۰ mm

۲) ۸ mm

۱) ۶ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۳-۲، صفحه ۵۰۱

توضیح: برای تیرها و شاه‌تیرهای جوش شده که در آنها پیش‌خیزی در نظر گرفته نشده باشد، بدون توجه به شکل و ابعاد مقطع، میزان انحراف مجاز از راستای مستقیم برابر است با:

$$3 \text{ mm} \times \frac{\text{طول عضو بر حسب متر}}{3}$$

بنابراین، میزان انحراف مجاز برابر $3 \times \frac{8}{3} = 3 \text{ mm}$ می‌باشد.

گزینه ب صحیح است.

۱۰۶) میزان انحراف مجاز در ریسمانی بودن یک تیر ۱۵ متری با یک ستون هم طول آن که هر دو با استفاده از جوش ساخته شده، به ترتیب چند میلی‌متر است؟ (در تیر هیچ انحنای خاصی نظیر پیش خیز وجود ندارد.)

(عمران - اجرا - شهر یور ۱۴۰۱)

- ۱) ۱۰ و ۱۰ (۲) ۱۵ و ۱۰ (۳) ۱۵ و ۱۵ (۴) ۱۰ و ۱۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۵۰۱، بندهای ۱۰-۴-۸-۳ و ۱۰-۴-۸-۳-۲

توضیح:

۱- برای ستون‌ها و اعضای اصلی خرپا که با استفاده از جوش ساخته می‌شوند. بدون توجه به سطح مقطع، میزان انحراف مجاز در هم‌راستایی عضو (انحراف محور عضو از خط راست) برابر است با:

۳ (طول عضو بر حسب متر) \times ۳mm برای اعضای با طول کمتر از ۹ متر:

۹ تا ۱۴ متر: برای اعضای با طول بزرگتر از ۱۴ متر:

$(۱۴ - \text{طول عضو بر حسب متر}) \times ۳mm + ۹mm$

۲- برای تیرها و شاه‌تیرهای جوش شده که در آن‌ها پیش‌خیزی در نظر گرفته نشده باشد، بدون توجه به شکل و ابعاد مقطع، میزان انحراف مجاز از راستای مستقیم برابر است با:

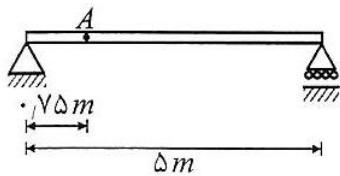
$$\frac{۳}{۳} \times (\text{طول عضو بر حسب متر})$$

$$\Rightarrow \text{میزان انحراف مجاز در هم‌راستایی ستون} = ۹ + ۳ \times \frac{(۱۴-۱۵)}{۳} = ۱۰ \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \text{میزان انحراف مجاز در هم‌راستایی تیر} = ۳ \times \frac{۱۵}{۳} = ۱۵ \text{ mm}$$

گزینه ب صحیح است.

۱۰۷) میزان حداکثر انحراف مجاز از انحنای پیش‌خیز نقطه A از یک تیر فولادی IPE ۳۶۰ به طول ۵ متر، در پیش‌نصب قطعه در کارخانه، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (عمران - اجرا - آبان ۹۳)



- ۱) ۱۰ mm (۲) ۱۳ mm (۳) ۱۷ mm (۴) ۱۹ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۳-۲، (رابطه نقاط میانی)، صفحه ۵۰۲

توضیح:

$$\frac{fa(1-\frac{a}{s})}{s} (b) \Rightarrow \frac{۴ \times ۰.۷۵(1-\frac{۰.۷۵}{۵})}{۵} \times ۲۰ = ۱۰.۲$$

a: ۰/۷۵ متر، s: ۵ متر و b: ۲۰ میلی‌متر (برای دهانه‌های کوچکتر از ۲۰ متر)

گزینه الف صحیح است.

۱۰۸) برای یک تیر فولادی با مقطع I شکل و به ارتفاع ۷۵۰ میلی‌متر، حداکثر انحراف مجاز از صفحه‌ای بودن جان تیر برابر چند میلی‌متر است؟ (عمران - اجرا - شهریور ۹۵)

- ۱) ۱۰ (۲) ۷/۵ (۳) ۵ (۴) ۲/۵

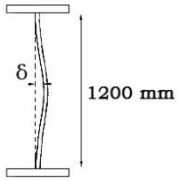
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۳-۶، صفحه ۵۰۳

توضیح: برای تیرها، انحراف مجاز از صفحه‌ای بودن جان تیر مساوی $\frac{d}{۱۵}$ می‌باشد که d ارتفاع تیر می‌باشد.

$$\text{انحراف مجاز} = \frac{۷۵۰}{۱۵} = ۵ \text{ mm} \Rightarrow \text{انحراف مجاز از صفحه‌ای بودن جان تیر} \leq \frac{d}{۱۵}$$

گزینه ج صحیح است.

۱۰۹) در تیوروق یک پل، جان تیر در حین ساخت دچار انحراف شده است. حداکثر میزان δ برای مجاز بودن آن به کدام گزینه نزدیک تر است؟ (عمران - اجرا - دی ۱۴۰۱)



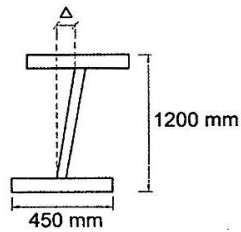
- ۳ mm (۱)
- ۴ mm (۲)
- ۸ mm (۳)
- ۱۲ mm (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۵۰۳، بند ۱۰-۴-۸-۳

توضیح: برای تیرها، انحراف مجاز از صفحه‌ای بودن جان تیر مساوی $\frac{d}{150}$ می‌باشد که d ارتفاع تیر است. لذا حداکثر میزان انحراف برابر $\frac{d}{150} = \frac{1200}{150} = 8$ میلی‌متر می‌باشد.

گزینه ج صحیح است.

۱۱۰) در تیوروق جوشی، مطابق شکل حداکثر میزان مجاز انحراف از قائم جان Δ (اعوجاج مقطع)، چند میلی‌متر است؟ (عمران - اجرا - اردیبهشت ۹۷)



- ۴ mm (۱)
- ۳ mm (۲)
- ۱۲ mm (۳)
- ۲۴ mm (۴)

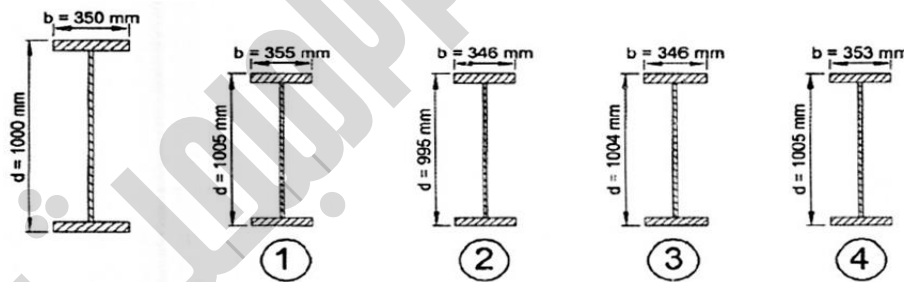
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۵۰۴، شکل ۱۰-۴-۱۰-۱۳ (ب)

توضیح:

$$\Delta = \max \left[\frac{d}{100}, \delta \text{ mm} \right] = \max \left[\frac{1200}{100}, \delta \text{ mm} \right] = 12 \text{ mm}$$

گزینه ج صحیح است.

۱۱۱) فرض کنید ارتفاع پهنای بال مقطع یک تیوروق در نقشه‌ها مطابق شکل زیر است. کدام یک از تیوروق‌های جوشی اجرا شده زیر در محدوده رواداری‌های مجاز قرار نمی‌گیرد؟ (مقاطع متقارن هستند) (عمران - اجرا - شهریور ۱۴۰۱)



- ۱ (۱)
- ۲ (۲)
- ۴ (۳)
- ۳ (۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۵۰۴، بند ۱۰-۴-۸-۳

توضیح: برای تیوروق‌های جوشی، رواداری مجاز پهنای بال مساوی ± 3 میلی‌متر برای پهنای کوچکتر یا مساوی ۳۰۰ میلی‌متر و ± 4 میلی‌متر برای پهنای بزرگتر می‌باشد. رواداری مجاز در ارتفاع کل تیر که در صفحه مرکزی جان اندازه‌گیری می‌شود، مطابق جدول زیر می‌باشد.

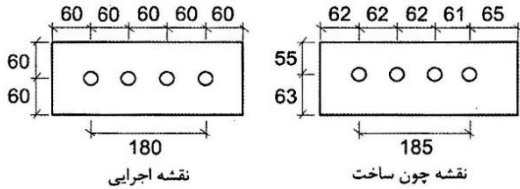
$$b_f > 300 \rightarrow 350 - 4 \leq b_f \leq 350 + 4 \rightarrow 346 \leq b_f \leq 354$$

$$900 < h \leq 1800 \rightarrow 1000 - 5 < h \leq 1000 + 5 \Rightarrow 995 < h \leq 1005$$

با توجه به اعداد فوق، در شکل شماره (۱) عرض قید شده خارج از رواداری مجاز است.

گزینه الف صحیح است.

۱۱۲) در شکل مقابل، نقشه اجرایی صفحه فولادی و سوراخ‌های پیچ‌ها و نیز نقشه اجرا شده (چون ساخت) آن نشان داده شده است. کدام سری از اندازه‌های نشان داده شده در نقشه چون ساخت، توأمأً، خارج از رواداری‌های مجاز است؟ (ابعاد در شکل برحسب میلی‌متر می‌باشد.) (عمران - اجرا - اردیبهشت ۹۷)



- (۱) ۱۸۵ و ۶۳، ۶۵
(۲) ۱۸۵ و ۵۵، ۶۵
(۳) ۶۱ و ۵۵، ۶۵
(۴) ۱۸۵ و ۶۳، ۶۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۵۰۸، بند ۱۰-۴-۷ و صفحه ۵۰۹، شکل ۱۰-۴-۲۰ توضیح: با توجه به شکل صفحه ۵۰۹:

- رواداری فاصله سوراخ‌های میانی $\Delta s = \pm 2 \text{ mm}$

- رواداری فاصله سوراخ‌های کناری $\Delta c = \pm 3 \text{ mm}$

- رواداری فاصله اولین سوراخ تا آخرین سوراخ $\Delta L, \Delta H = \pm 3 \text{ mm}$

- فاصله سوراخ تا لبه در نقشه اجرایی ۶۰، اما در نقشه چون ساخت ۵۵ و ۶۵ می‌باشد درحالی‌که رواداری آن ± 3 است.

- فاصله اولین سوراخ تا آخرین سوراخ در نقشه اجرایی ۱۸۰، اما در نقشه چون ساخت ۱۸۵ می‌باشد درحالی‌که رواداری آن ± 3 است.

گزینه ب صحیح است.

۱۱۳) ستون دو سر مفصل فولادی با مقطعی با مشخصات $I_x = 4250 \times 10^4 \text{ mm}^4$ و $I_y = 221 \times 10^4 \text{ mm}^4$ و مساحت mm^2 ۴۶۰۰ و طول سه متر مفروض است. نسبت لاغری طراحی این ستون به کدام گزینه نزدیک است؟ (عمران - اجرا - بهمن ۹۷)

- (۱) ۲۰۰ (۲) ۱۳۷ (۳) ۳۱ (۴) ۶۲

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۶۸، بند ۱۰-۴-۲ و صفحه ۵۴۱، جدول ۱۰-۲-۱

توضیح: ضریب طول مؤثر، K ، برابر با یک حاصل می‌شود.

شعاع ژیراسیون، r را می‌توان از یکی از روش‌های (الف) تا (پ) زیر محاسبه نمود.

الف - با استفاده از رابطه‌ی زیر:

$$r = \sqrt{\frac{I_g}{A_g}}$$

A_g : سطح مقطع کلی عضو و I_g ممان اینرسی مقطع است.

ب - در ستون‌های با مقطع مستطیل، در هر امتداد برابر با $0/3$ بعد مقطع ستون در آن امتداد.

پ - در ستون‌های با مقطع دایره، برابر با $0/25$ قطر مقطع ستون.

$$\lambda = \lambda_{max} = \frac{KL}{r_{min}}, \quad r_{min} = \sqrt{\frac{I_{max}}{A_g}}$$

$$I_x = 4250 \times 10^4 \text{ mm}^4 \Rightarrow r_x = \sqrt{\frac{4250 \times 10^4}{4600}} = 12/96 \text{ mm}, \quad I_y = 221 \times 10^4 \text{ mm}^4 \Rightarrow r_y = \sqrt{\frac{221 \times 10^4}{4600}} = 21/92 \text{ mm}$$

$$r_{min} = \min(r_x, r_y) = r_y = 21/92 \text{ mm} \Rightarrow \lambda_{max} = \frac{KL}{r_{min}} = \frac{1 \times 3000}{21/92} = 136/86$$

گزینه ب صحیح است.