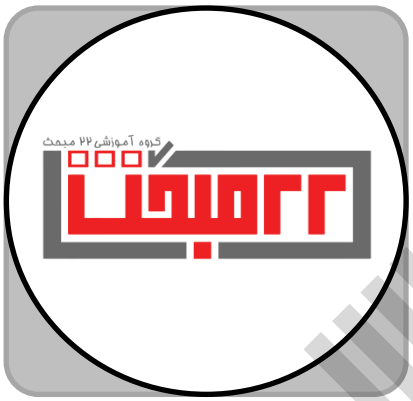
فصل ۹



مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

ویرایش ۱۴۰۱

موسسه آموزش برتر

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

تعاریف

اتصال اتکایی: اتصالی که در آن انتقال نیروی برشی از طریق اتکای بدنهٔ پیچ به جدارهٔ سوراخ صورت می‌گیرد و از مقاومت اتصال در برابر لغزش صرف‌نظر می‌شود. (ص۱)

اتصال پیش‌تنیده: اتصالی که در آن انتقال نیروی برشی از طریق اتکای بدنهٔ، پیچ به جدارهٔ 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. (ص۱)

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. (ص۲)

بازرس تضمین کیفیت: به شخص حقیقی یا حقوقی مستقلی اطلاق می‌گردد که قبل و حین اجرا، بازرسی‌های تضمین کیفیت را سازمان‌دهی و اجرا می‌نماید. (ص۳)

بازرس کنترل کیفیت: به شخصی حقیقی یا حقوقی اطلاق می‌گردد که بازرسی کنترل کیفیت را در حین اجرا و بر روی عملیات اجراشده انجام می‌دهد. (ص۳)

برگشت جوش: به طولی کوتاه از جوش گوشه گفته می‌شود که برای اجتناب از قطع ناگهانی زنجیرهٔ جوش، در انتهای یک ضلع روی ضلع دیگر متقاطع با آن برگشت داده می‌شود. (ص۳)

تأخیر برشی: به آثار ناشی از توزیع غیریکنواخت تنش کششی در یک عضو یا جزء اتصال دهنده در ناحیهٔ اتصال اطلاق می‌گردد. (ص۴)

تنش تسلیم مورد انتظار (R_yF_y): به حاصل‌ضرب، تنش تسلیم مشخصهٔ 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. (ص۵)

تنش کششی نهایی مورد انتظار (R_tF_u): به حاصل‌ضرب تنش کششی نهایی مشخصهٔ فولاد (F_u) در ضریب تنوع تولید F_u() فولاد (R_t) اطلاق می‌گردد و بیانگر بیشترین تنش کششی نهایی محتمل مصالح فولادی است. (ص۶)

دیافراگم کف: دیافراگم کف یک صفحهٔ افقی صلب یا انعطاف‌پذیر بوده که وظیفهٔ 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 جمع کننده‌ها به سیستم باربر جانبی منتقل می‌نماید. (ص۹)

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 ۰/۰۰۳ استوار است. (ص۹)

زلزلهٔ تشدید یافته (E_{mh}): به نیروهای به‌دست‌آمده از حاصل‌ضرب نیروی جانبی ناشی از زلزلهٔ طرح در ضریب اضافه مقاومت ($\Omega_.$) اطلاق شود. مقدار ضریب اضافه مقاومت ($\Omega_.$)) 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. (ص۱۰)

زلزلهٔ محدود به ظرفیت (E_{cl}): این نیرو معادل نیروی زلزلهٔ افقی است که مقدار آن محدود به ظرفیت اعضای شکل‌پذیر سیستم بوده و ملاک طراحی اعضای غیر شکل‌پذیر قرار می‌گیرد. (ص۱۰)

سخت کنندهٔ 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. (ص۱۱)

ضریب طول مؤثر (K): به نسبت طول مؤثر کمانش عضو به طول مهار نشدهٔ آن اطلاق می‌گردد. (ص۱۲)

عرشهٔ فولادی: ورق‌های نازکی هستند که با نوردسرد به‌صورت یک صفحهٔ کنگره‌دار فولادی شکل داده شده و به عنوان قالب ماندگار در اجرای گروهی از تیرهای مختلط به کار می‌روند. چنانچه سطوح عرشهٔ فولادی دارای برجستگی باشد، می‌تواند به‌عنوان بخشی از فولاد کششی دال بتنی عمل نماید. (ص۱۳)

عمل اهرمی: به افزایش نیروی کششی پیچ گفته می‌شود که در اثر اتکای لبهٔ 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. (ص۱۴)

قاب خمشی خرپایی ویژه: در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، تیرها به‌صورت خرپای فولادی با ابعاد محدود و ستون‌ها به‌صورت فولادی هستند. شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم باربر جانبی قابل‌ملاحظه بوده و از طریق تغییر شکل‌های خمشی، برشی و محوری فرا ارتجاعی ناحیهٔ ویژهٔ خرپای فولادی که در نیمهٔ میانی آن قرار دارد، تأمین می‌شود. ستون‌ها، اعضای واقع در قسمت‌های خارج از ناحیهٔ ویژهٔ خرپا محسوب شده و اتصالات سیستم باید برای نیروهای زلزلهٔ محدود به ظرفیت ناحیهٔ ویژه طراحی شوند. (ص۱۴)

قاب خمشی فولادی: به سیستم سازه‌ای اطلاق می‌گردد که سختی، مقاومت و شکل‌پذیری آن از طریق مقاومت خمشی، برشی و محوری اعضایی که دارای اتصال گیردار هستند، تأمین می‌شود. (ص۱۴)

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 ناحیهٔ چشمهٔ اتصال تأمین می‌شود. (ص۱۵)

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 ناحیهٔ چشمهٔ اتصال تأمین می‌شود.(ص۱۵)

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 قابل‌ملاحظه بوده و از طریق تغییر شکل‌های دورانی فرا ارتجاعی زیاد در انتهای تیرها، تسلیم برشی کم در ناحیهٔ چشمهٔ اتصال و تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی دورانی در ستون‌ها در تراز پایه تأمین می‌شود. (ص۱۵)

قاب خمشی مختلط ویژه: در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، ستون‌ها به‌صورت مقطع محاط در بتن یا پرشده با بتن یا مقطع بتن آرمه و تیرها به‌صورت فولادی تنها یا تیر فولادی با دال بتنی متکی بر آن یا تیر فولادی محاط در بتن هستند. اتصالات تیرها به ستون‌ها به‌صورت گیردار هستند. شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم باربر جانبی قابل‌ملاحظه بوده و از طریق تغییر شکل‌های دورانی فرا ارتجاعی زیاد در انتهای تیرها، تسلیم برشی کم در ناحیهٔ چشمهٔ اتصال و تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی دورانی در ستون‌ها در تراز پایه تأمین می‌شود. (ص۱۵)

قاب مهاربندی‌شده: 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 موردنیاز بر عهدهٔ این قاب‌ها است. (ص۱۵)

قاب مهاربندی شدهٔ همگرای مختلط ویژه: در قاب مهاربندی شدهٔ همگرای مختلط ویژه، محورهای تیرها، ستون‌ها و اعضای مهاربندی متصل به گره‌ها همگرا هستند. در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، ستون‌ها به‌صورت مختلط با مقطع فولادی محاط در بتن یا پرشده با بتن، تیرها به‌صورت فولادی تنها یا فولادی با دال بتنی متکی بر آن‌ها و مهاربندها به‌صورت فولادی تنها یا مختلط با مقطع فولادی پرشده با بتن هستند. شکل‌پذیری این نوع قاب‌ها قابل‌ملاحظه بوده و از طریق تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی محوری مهاربند کششی و تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی ناشی از کمانش غیر ارتجاعی مهاربندهای فشاری تأمین می‌گردد. (ص۱۷)

قاب مهاربندی شدهٔ واگرای مختلط: در قاب‌های مهاربندی شدهٔ 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 به‌صورت مختلط با مقطع فولادی پرشده با بتن، تیر پیوند به‌صورت فولادی تنها، تیر خارج از ناحیهٔ پیوند به‌صورت فولادی یا مختلط با دال بتنی متکی بر آن و اعضای مهاربندی به‌صورت فولادی تنها یا مختلط پرشده با بتن هستند. شکل‌پذیری مورد انتظار در این سیستم باربر جانبی لرزه‌ای قابل‌ملاحظه بوده و از طریق تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی خمشی یا برشی در تیر پیوند تأمین می‌شود. (ص۱۷)

مقطع با اجزای غیر لاغر: مقطعی که نسبت پهنا به ضخامت اجزای تشکیل دهندهٔ آن طوری است. که در محدودهٔ رفتار الاستیک، در هیچ‌یک از اجزای مقطع کمانش موضعی رخ ندهد. (ص۲۰)

مقطع با اجزای لاغر: مقطعی که نسبت پهنا به ضخامت حداقل یک جزء تشکیل دهندهٔ آن طوری است که در محدودهٔ رفتار الاستیک، در آن جزء مقطع کمانش موضعی رخ دهد. (ص۲۰)

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. (ص۲۰)

مقطع جعبه‌ای: مقطع توخالی مربعی یا مربع‌مستطیلی شکلی که از چهار ورق تشکیل شده و در لبه‌های طولی به یکدیگر جوش می‌شوند. (ص۲۰)

مقطع غیر فشرده: مقطعی است که کلیهٔ اجزای تشکیل دهندهٔ آن دارای چنان نسبت پهنا به ضخامتی باشند که تا رسیدن تنش در کلیهٔ اجزای فشاری مقطع به آستانهٔ تنش تسلیم، در هیچ‌یک از اجزای مقطع، کمانش موضعی رخ ندهد. (ص۲۰)

مقطع فشرده: مقطعی است که اجزای تشکیل دهندهٔ آن دارای چنان نسبت پهنا به ضخامتی باشند که تا توسعهٔ کامل تنش تسلیم در کلیهٔ اجزای آن تا حد لنگر خمشی پلاستیک مقطع، در هیچ‌یک از اجزای مقطع کمانش موضعی رخ ندهد. (ص۲۰)

مقطع فشردهٔ لرزه‌ای: مقطعی است که کلیهٔ اجزای تشکیل دهندهٔ آن دارای چنان نسبت پهنا به ضخامتی باشند که تا توسعهٔ کامل تنش تسلیم در کلیهٔ اجزای آن و ایجاد کرنش فرا ارتجاعی به میزان کافی برای پلاستیک شدن مقطع به‌صورت مفصل پلاستیک با چرخش پلاستیک موردنظر، در هیچ‌یک از اجزای مقطع کمانش موضعی رخ ندهد. (ص۲۰)

مقطع قوطی شکل (HSS): مقطع توخالی مربعی یا مربع‌مستطیلی شکل است که از ورق با ضخامت ثابت و به‌صورت تاشده تشکیل شده و از طریق جوش طولی به‌صورت یک مقطع بسته درمی‌آید. (ص۲۰)

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. (ص۲۲)

ورق پیوستگی: به ورق‌های تقویتی که در راستای بال‌ها یا ورق‌های اتصال بال تیر به وجه ستون در چشمهٔ اتصال تعبیه شده و به بال‌ها و جان (یا جان‌های) ستون متصل می‌شوند، اطلاق می‌شود. (ص۲۲)

ورق مضاعف: به ورق‌های اضافی گفته می‌شود که موازی جان تیرها یا ستون‌ها در ناحیهٔ چشمهٔ اتصال در مقابل نیروهای متمرکز تعبیه می‌شود و موجب افزایش مقاومت برشی چشمهٔ اتصال می‌شود. (ص۲۲)

وصله: به اتصال بین دو عضو سازه‌ای در راستای تنش‌های وارد بر عضو اطلاق می‌گردد که یک عضو سازه‌ای با طول بزرگتر تشکیل دهد. (ص۲۲)

۱۰-۱ الزامات عمومی (ص۲۳)

۱۰-۱-۲ مبانی طراحی

مبحث ۱۰

۱۰-۱-۲-۱ 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 هیچ‌یک از حالت‌های حدی زیر نرسد: (ص۲۴)

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 موردنیاز خود را از دست می‌دهند. (ص۲۴)

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. (ص۲۴)

۱۰-۱-۲-۲ طراحی بر اساس حالت‌های حدی مقاومت(ص۲۵)

۱۰-۱-۲-۲ 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.

۱۰-۱-۲-۳ مقاومت‌های موجود و موردنیاز (ص۲۶)

در طراحی به روش LRFD منظور از مقاومت موجود همان مقاومت طراحی است که به‌صورت ϕR_n معرفی می‌شود. در طراحی به روش ASD منظور از مقاومت موجود همان مقاومت مجاز است که به‌صورت R_n/Ω معرفی می‌شود. منظور از مقاومت موردنیاز درواقع همان نیروهای داخلی به‌دست‌آمده 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_α نشان داده می‌شود. (ص۲۶)

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 موردنیاز (R_u) به‌دست‌آمده از تحلیل سازه تحت اثر ترکیبات بارگذاری مربوطه، باشد. (ص۲۶)

$$R_u \le \phi R_n \qquad (۱۰-۱-۲-۱)$$

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 موردنیاز (R_a) به‌دست‌آمده از تحلیل سازه تحت اثر ترکیبات بارگذاری مربوطه باشد. (ص۲۶)

$$R_a \le R_n/\Omega \qquad (۱۰-۱-۲-۲)$$

در روابط فوق: (ص۲۶)

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

R_u = 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 ۱۰-۲ و ۱۰-۳ این مبحث ارائه شده است. (ص۲۶)

Ω = ضریب اطمینان در طراحی به روش مقاومت مجاز است که مقدار آن برای اعضا، اجزاء و اتصالات، به تفکیک در فصل‌های ۱۰-۲ و ۱۰-۳ این مبحث ارائه شده است. (ص۲۶)

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

R_n/Ω = مقاومت مجاز در طراحی به روش مقاومت مجاز(ص۲۶)

۱۰-۱-۴ مصالح فولادی سازه‌ها

۱۰-۱-۴-۲ فولادهای سازه‌ای(ص۲۹)

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 جداشدگی 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 استانداردی که مشخصه‌های موردنظر را محدود نموده است، ارجاع داده شود. (ص۲۹)

در این مبحث مقدار مدول الاستیسیته (ضریب ارتجاعی) مصالح فولادی (E) مساوی ۲×۱۰^{۵} مگاپاسکال و مقدار نسبت پواسون مصالح فولادی (۷) مساوی ۰/۳ در نظر گرفته می‌شود. همچنین مطابق این مبحث، تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد سازه‌ای (F_y) نباید از ۴۶۰ مگاپاسکال بیشتر باشد.

تبصره: کاربرد میله‌ها و کابل‌های بسیار پرمقاومت غیرقابل جوشکاری برای عناصر کششی و اتصال به وسیلهٔ دندانه شدن 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.

مبحث ۱۰

جدول ۱۰-۱-۱*: نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی مطابق استانداردهای ISIRI ۱۴۲۶۲ (جدید ایران)، ۱۶۰۰ ISIRI (قدیم ایران)، ۱۰۰۲۵ EN (اتحادیهٔ اروپا) و ۲-۶۳۰ ISO (بین‌المللی) (ص۳۰)

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

* در صورت استفاده از رده‌های فولاد این جدول برای شرایط لرزه‌ای، تأمین کلیهٔ الزامات لرزه‌ای مصالح، مطابق بخش‌های ۱۰-۳-۲، ۱۰-۳-۷ و ۱۰-۴-۹ این مبحث ضروری است. (ص۳۰)

** برای رده‌های فولاد این جدول، تنش کششی نهایی مشخصهٔ فولاد (F_u) باید برابر حد پایین تنش کششی نهایی در نظر گرفته شود. همچنین در تحلیل و طراحی، برای ضخامت‌های مساوی یا کوچک‌تر از ۴۰ میلی‌متر می‌توان تنش تسلیم مشخصهٔ بزرگ‌تر را مبنا قرار داد و از کاهش آن صرف‌نظر کرد. (ص۳۰)

جدول ۱۰-۱-۲*: نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی بهبود یافته برای شرایط لرزه‌ای مطابق استانداردهای ۱۲۰۶۵ ISIRI و ۲۴۳۱۴ ISO (ص۳۱)

کرنش نهایی (ε_u) (%)	نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی (%)	تنش کششی نهایی (MPa)	تنش تسلیم (MPa)	ضخامت (mm)	** نام ردهٔ فولاد مطابق استانداردهای ISIRI 12065 و ISO 24314
21	— ≤80 ≤80 ≤80	400 - 510	235 - 355 235 - 355 235 - 355 215 - 335	$6 \le t < 12$ $12 \le t < 16$ $16 \le t < 40$ $40 \le t \le 125$	S235S
20	— ≤80 ≤80 ≤80	490 - 610	325 – 445 325 – 445 325 – 445 295 – 415	$6 \le t < 12$ $12 \le t < 16$ $16 \le t < 40$ $40 \le t \le 125$	S325S
19	≤85 ≤85 ≤85 ≤85	≥ 450	345 – 450 345 – 450 345 – 450 345 – 450	$6 \le t < 12$ $12 \le t < 16$ $16 \le t < 40$ $40 \le t \le 125$	S345S

* برای رده‌های فولاد این جدول، تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد (F_y) باید برابر حد پایین تنش تسلیم و تنش کششی نهایی مشخصهٔ فولاد (F_u) باید برابر حد پایین تنش کششی نهایی در نظر گرفته شود. (ص۳۱)

مبحث ۱۰

جدول ۱۰-۱-۳*: نام و مشخصات مکانیکی انواع فولادهای ساختمانی مطابق استاندارد انجمن آزمایش مصالح آمریکا (ASTM) (ص۳۲)

کرنش نهایی (ε_u) (%)	تنش کششی نهایی (MPa)	تنش تسلیم (MPa)	ضخامت (mm)	** نام و ردهٔ فولاد مطابق استاندارد ASTM
21	550-400	250 220	تا 200 بیشتر از 200	ASTM A36
24 21 20 18 17	415 450 485 520 550	290 345 380 415 450	تمام ضخامت‌ها	ASTM A572 Grade 42 Grade 50 Grade 55 Grade60 Grade65
21 21	485 485	345 345	تمام ضخامت‌ها	ASTM A588 Grade B Grade C
21 21 21	550-400 450 450	250 345 450-345	تمام ضخامت‌ها	ASTM A709 Grade 36 Grade50 Grade 50S
21 18 17	450 520 550	345 415 450	تمام ضخامت‌ها	ASTM A913 Grade 50 Grade 60 Grade 65
21	450	450-345	تمام ضخامت‌ها	ASTM A992

* برای رده‌های فولاد این جدول، تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد (F_y) باید برابر حد پایین تنش تسلیم و تنش کششی نهایی مشخصهٔ فولاد (F_u) باید برابر حد پایین تنش کششی نهایی در نظر گرفته شود. (ص۳۲)

۱۰-۱-۴-۳ پیچ و مهره و واشر

جدول ۱۰-۱-۵: مشخصات مکانیکی پیچ‌ها* (ص۳۴)

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 پیش تنیدگی باشند. پیچ‌هایی دارای قابلیت پیش تنیدگی هستند که پیچ، مهره و واشر مطابق استاندارد معتبر نظیر EN ISO ۱۴۳۹۹ تولید شده باشند.

۱۰-۲ الزامات طراحی (ص۳۹)

مبحث ۱۰

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. (ص۴۰)

۱) تغییرشکل‌های محوری، خمشی و برشی اعضای سازه و تغییرشکل‌های سایر اجزاء (نظیر اتصالات) که در جابجایی سازه مؤثرند. (ص۴۰)

۲) آثار مرتبه دوم (شامل آثار $P\text{-}\delta$ و $P\text{-}\Delta$)

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. به‌منظور 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.(ص۴۰)

۱۰-۲-۱-۲ آثار مرتبه دوم $P\text{-}\delta$ و $P\text{-}\Delta$

مطابق بند ۱۰-۲-۱-۱، در اعضای فولادی مقاومت‌های موردنیاز که از تحلیل سازه به دست می‌آیند، باید شامل آثار مرتبه دوم باشند. این آثار شامل موارد زیر است: (ص۴۱)

الف) آثار مرتبه دوم $P\text{-}\delta$: آثار $P\text{-}\delta$ به آثار اضافی ناشی از بارها گفته می‌شود که به علت وجود تغییر شکل در فاصلهٔ دو انتهای هر یک از اعضا به وجود می‌آید. (ص۴۱)

ب) آثار مرتبه دوم $P\text{-}\Delta$: آثار $P\text{-}\Delta$ به آثار اضافی بارها به علت تغییرمکان 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، تغییرمکان جانبی نسبی دو انتهای عضو ممکن است به علت بارهای قائم یا بارهای جانبی یا ترکیبی از آن‌ها باشد. (ص۴۱)

۱۰-۲-۱-۵ الزامات تحلیل و طراحی

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

برای تعیین مقاومت‌های موردنیاز 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. (ص۴۳)

ب- الزامات

۴) مقاومت موجود کلیهٔ اعضای دارای بار محوری فشاری با ضریب طول مؤثر یک ($K=1$) تعیین شود. (ص۴۳)

۱۰-۲-۱-۵-۱-۱ 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 به‌طور مجزا در دو راستای متعامد و به‌صورت رفت و برگشت در نظر گرفته شود. (ص۴۴)

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. (ص۴۴)

۱۰-۲-۱-۵-۱-۲ 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: (ص۴۴)

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. (ص۴۴)

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: (ص۴۴)

$$(EI)^* = ۰/۸\tau_b EI \qquad (۱۰-۲-۱-۲)$$

که در آن: (ص۴۵)

$(EI)^*$ = صلبیت خمشی کاهش یافتهٔ عضو

E = مدول الاستیسیتهٔ فولاد

I = ممان اینرسی مقطع عضو حول محور خمش

τ_b = ضریب کاهش اضافی سختی خمشی مطابق رابطهٔ زیر: (ص۴۵)

$$\tau_b = \begin{cases} ۱.۰ & \alpha\frac{P_r}{P_y} \le ۰.۵ \\ ۴\alpha\frac{P_r}{P_y}\left(۱-\frac{\alpha P_r}{P_y}\right) & \alpha\frac{P_r}{P_y} > ۰.۵ \end{cases}$$

(۱۰-۲-۱-۳)

$\alpha = ۱.۰$ (LRFD) و $\alpha = 1.6$ (ASD)

در رابطهٔ ۱۰-۲-۱-۳، P_r مقاومت محوری فشاری موردنیاز و P_y مقاومت تسلیم محوری عضو ($P_y = A_g F_y$) است. درصورتی‌که عضو فشاری لاغر باشد، در تعیین مقاومت تسلیم محوری باید از مساحت مؤثر مقطع (A_e) استفاده شود. (ص۴۵)

استثناء: در اعضای با مقطع مختلط پرشده با بتن یا محاط در بتن، مقدار τ_b باید برابر ۰/۸ در نظر گرفته شود.(ص۴۵)

۱۰-۲-۱-۵-۲ محدودیت‌ها و الزامات روش طول مؤثر

ب- الزامات

۱) تحلیل سازه مطابق بند ۱۰-۲-۱-۴ بر اساس یکی از روش‌های تحلیلی مرتبه دوم و بدون در نظر گرفتن هرگونه کاهش سختی باشد. (ص۴۶)

۲) آثار نواقص هندسی اولیه (شامل کجی و ناشاقولی اعضا) مطابق ملاحظات بند ۱۰-۲-۱-۵-۱-۱ در تحلیل مرتبه دوم منظور گردد. (ص۴۶)

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. (ص۴۶)

۱۰-۲-۲ الزامات مقاطع اعضای فولادی

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

برای لنگر خمشی، مقاطع فولادی به سه گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند: (ص۵۱)

- مقاطع فشرده
- مقاطع غیرفشرده
- مقاطع با اجزای لاغر

الف) مقاطع فشرده به مقاطعی 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 ۱۰-۲-۲-۳ و ۱۰-۲-۲-۴ بیشتر نباشد. (ص۵۱)

ب) مقاطع غیرفشرده به مقاطعی گفته می‌شوند که در آن‌ها نسبت پهنا به ضخامت یک یا چند جزء فشاری از مقطع عضو از λ_p مشخص شده در جدول‌های ۱۰-۲-۲-۳ و ۱۰-۲-۲-۴ بیشتر بوده، اما از λ_r مشخص شده در جدول‌های ۱۰-۲-۲-۳ و ۱۰-۲-۲-۴- کمتر باشد. (ص۵۱)

پ) مقاطع با اجزای لاغر به مقاطعی گفته می‌شوند که در آن‌ها نسبت پهنا به ضخامت حداقل یک از اجزای فشاری تشکیل دهندهٔ مقطع عضو از λ_r مشخص شده در جدول‌های ۱۰-۲-۲-۳ و ۱۰-۲-۲-۴ بیشتر باشد. (ص۵۱)

۱۰-۲-۲-۴ پهنای 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. پهنای آزاد چنین اجزایی باید به شرح زیر تعیین شود: (ص۵۲)

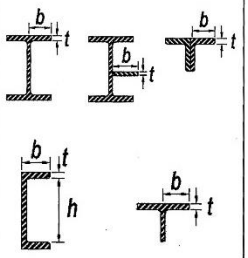
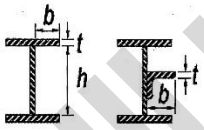
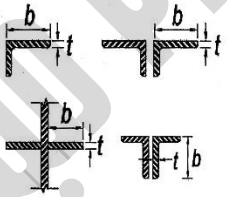
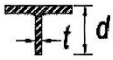
پ) برای مقاطع جعبه‌ای ساخته شده از ورق، پهنای b و h عبارت از فاصلهٔ بین دو خط جوش است. (ص۵۲)

ت) برای ورق‌های پوششی (تقویتی) در بال تیرها و ورق‌های دیافراگم در مقاطع ساخته شده از ورق، پهنای b عبارت است از فاصلهٔ بین دو ردیف پیچ یا دو خط جوش است. (ص۵۲)

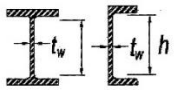
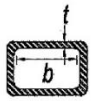
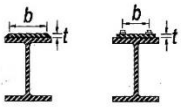
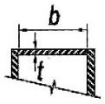
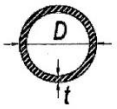
ث) برای بال‌های مقاطع توخالی مستطیلی شکل (HSS)، پهنای b عبارت است از فاصلهٔ آزاد بین جان‌ها منهای شعاع گوشهٔ داخلی در هر طرف. برای جان‌های مقاطع توخالی مستطیل شکل (HSS)، h عبارت است از فاصلهٔ آزاد بین بال‌ها منهای شعاع گوشهٔ داخلی در هر طرف. چنانچه شعاع گوشه‌ها معلوم نباشد، مقادیر b و h را می‌توان معادل بعد متناظر خارجی منهای سه برابر ضخامت در نظر گرفت. (ص۵۲)

ج) برای مقاطع توخالی دایره‌ای شکل، D عبارت است از قطر خارجی مقطع دایره‌ای. (ص۵۲)

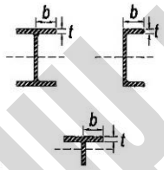
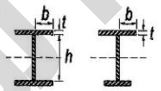
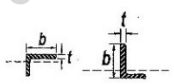
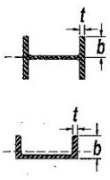
جدول ۱۰-۲-۲-۱: نسبت‌های پهنا به ضخامت اجزای فشاری با یک لبه مقید در اعضای تحت اثر فشار محوری (ص۵۳)

حالت	شرح اجزاء	نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت (مرز لاغر و غیرلاغر) λ_r	مثال‌های نمونه
۱	بال‌های مقاطع I شکل نوردشده، ورق‌های بیرون‌زده از مقاطع I شکل نوردشده، ساق‌های بیرون‌زدهٔ جفت نبشی با اتصال پیوسته، بال‌های مقاطع ناودانی و بال‌های مقاطع سپری	b/t	[۱] $0.56\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
۲	بال‌های مقاطع I شکل ساخته شده از ورق، ورق‌ها یا ساق‌های نبشی بیرون‌زده از مقاطع I شکل ساخته شده از ورق	b/t	[۲] $0.64\sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$	
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 ۱۰-۲-۲-۲: نسبت‌های پهنا به ضخامت اجزای فشاری با دو لبه مقید در اعضای تحت اثر فشار محوری (ص۵۴)

حالت	شرح اجزاء	نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت (مرز لاغر و غیر لاغر) λ_r	مثال‌های نمونه
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 حدفاصل خطوط جوش یا پیچ	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 ۱۰-۲-۲-۳: نسبت‌های پهنا به ضخامت اجزای فشاری با یک لبه مقید در اعضای تحت اثر خمش (ص۵۵)

حالت	شرح اجزاء	نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت (مرز فشرده و غیرفشرده) λ_p	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت (مرز غیرفشرده و لاغر) λ_r	مثال‌های نمونه
۱۰	بال‌های مقاطع I شکل نوردشده، ناودانی‌ها و سپری‌ها	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 با 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 [۲]	
۱۲	ساق‌های نبشی‌های 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 سپری	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 مقید در اعضای تحت اثر خمش (ص۵۶)

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_c/t_w	$\frac{\frac{h_c}{h_p}\sqrt{\frac{E}{F_y}}}{(0.54\frac{M_p}{M_y}-0.09)^2} \le \lambda_r$ [۴]	$5.70\sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
۱۷	بال‌های مقاطع 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 دهندهٔ آن و سطح مقطع هر جزء برابر با حاصل‌ضرب پهنای کل در ضخامت آن است. برای نیمرخ نبشی، پهنای کل عبارت است از مجموع پهناهای دو بال منهای ضخامت بال. (ص۵۸)

ب) سطح مقطع خالص عضو (A_n) برابر با مجموع حاصل‌ضرب‌های 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. (ص۵۸)

۱- عرض سوراخ پیچ باید به اندازهٔ دو میلی‌متر بزرگتر از ابعاد اسمی سوراخ منظور شود. ابعاد اسمی سوراخ در بخش ۱۰-۲-۹ تعریف شده است. (ص۵۸)

۲- اگر سوراخ‌های متعددی به شکل زنجیره (به‌صورت قطری یا زیگزاگ) در مسیر مقطع بحرانی احتمالی قرار داشته باشند، برای محاسبهٔ 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 جملهٔ $s^2/4g$ را اضافه کرد که در آن، در زنجیرهٔ موردنظر:(ص۵۸)

s = فاصلهٔ مرکز تا مرکز هر دو سوراخ متوالی در امتداد طولی (راستای نیرو)

g = فاصلهٔ 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. (ص۵۸)

تبصره ۱: مقطع خالص بحرانی، مقطعی است که در آن نسبت مقاومت کششی موردنیاز به مقاومت کششی موجود حداکثر باشد. (ص۵۸)

تبصره ۲: در مواردی که در یک اتصال جوشی، سوراخ یا سوراخ‌هایی تعبیه شده باشد (نظیر تعبیهٔ 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 محاسبهٔ سطح مقطع خالص عضو منظور شود. (ص۵۸)

۱۰-۲-۳ الزامات طراحی اعضا برای نیروی کششی

۱۰-۲-۳-۲ محدودیت لاغری در اعضای کششی

نسبت لاغری حداکثر اعضای کششی $(L/r)_{max}$ نباید از ۳۰۰ بیشتر باشد. برای قلاب‌ها و میل مهارهای کششی که دارای پیش تنیدگی اولیه به میزان کافی باشند، به‌طوری‌که پس از ایجاد کشش اولیه، عضو به حالت مستقیم درآید، رعایت محدودیت لاغری الزامی نیست. (ص۶۰)

۱۰-۲-۳-۳ 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: (ص۶۰)

$$A_e = UA_n \qquad (۱۰-۲-۳-۱)$$

در رابطهٔ فوق:

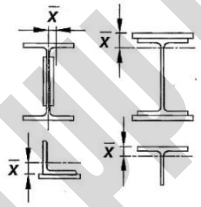
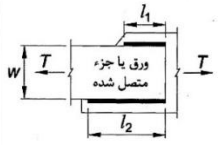
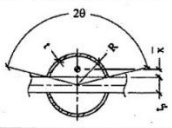
A_n = سطح مقطع خالص عضو (سطح مقطع کل منهای سطح مقطع سوراخ‌ها یا شکاف‌ها). اگر سوراخ‌های متعددی به شکل زنجیر (به‌صورت قطری یا زیگزاگ) در مسیر مقطع بحرانی احتمالی قرار داشته باشند، برای محاسبهٔ پهنای خالص باید از پهنای کل مورد بررسی، مجموع قطر سوراخ‌های مسیر زنجیره را کم و به آن برای هر ردیف گام مورب در زنجیره، یک مرتبه جملهٔ $s^2/4g$ را اضافه کرد. (ص۶۰)

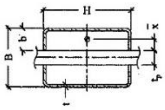
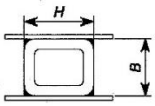
A_e = سطح مقطع خالص مؤثر عضو

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

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. (ص۶۰)

جدول ۱۰-۲-۳-۱: ضریب تأخیر برش (U) در محل اتصالات و وصله‌های اعضای کششی (ص۶۱)

حالت	شرح	ضریب تأخیر برش، U	مثال‌های نمونه
۱	کلیهٔ اعضای کششی که در آن‌ها بار به‌وسیلهٔ پیچ، یا جوش مستقیماً به کلیهٔ اجزای مقطع منتقل گردد (به‌غیراز حالت‌های ۴، ۵ و ۶).	$U = 1$	
۲	کلیهٔ اعضای کششی (به‌غیراز تسمه‌ها و مقاطع قوطی و لوله‌ای) که در آن‌ها بار به‌وسیلهٔ 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 ۷ این جدول نیز مجاز است. همچنین برای نبشی‌ها استفاده از حالت ۸ این جدول نیز مجاز است.	[۱] $U = 1 - \frac{\bar{x}}{l}$	
۳	کلیه اعضای کششی که در آن‌ها بار به‌وسیلهٔ فقط جوش عرضی و توسط قسمتی از اجزای مقطع (و نه تمام آن) منتقل گردد.	$U = 1$ A_n= سطح مقطع قسمت (یا قسمت‌های) اتصال‌یافته	
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 لبهٔ موازی (در انتهای قطعه) منتقل می‌شود.	[۱] و [۲] $U = \frac{(3l^2)}{(3l^2+W^2)}(1 - \frac{\bar{x}}{l})$ 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.	$U = \left(1 + \left(\frac{\bar{x}}{l}\right)^{3.2}\right)^{-10}$ $\bar{x} = \frac{R.sin\theta}{\theta} - \frac{1}{2}t_p$	

حالت	شرح		ضریب تأخیر برش، U	مثال‌های نمونه
۶	در مقاطع قوطی شکل	چنانچه اتصال تنها به کمک یک ورق هم‌محور صورت گیرد که در آن طول جوش‌ها 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 جوش‌ها نباید از H کمتر باشد.	$l \geq H$ $U = (\frac{3l^2}{3l^2+H^2})\left(1 - \frac{\bar{x}}{l}\right)$ $\bar{x} = \frac{B^2}{4(B+H)}$	
۷	در نیمرخ‌های I نوردشده و سپری T بریده‌شده از آن‌ها و همچنین نیمرخ‌های دیگری نظیر بال‌پهن، استفاده از مقادیر بزرگ‌تر از حالت ۲ این جدول مجاز است (بزرگ‌ترین مقدار به‌دست‌آمده از حالت ۲ و این حالت به‌عنوان مقدار U در نظر گرفته می‌شود).	در اتصالات پیچی درصورتی‌که اتصال از طریق بال‌ها برقرارشده و حداقل سه وسیلهٔ اتصال در هر ردیف در 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 درصورتی‌که اتصال از طریق جان برقرار شده و حداقل چهار وسیلهٔ اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد.	$U = 0.7$	

حالت	شرح		ضریب تأخیر برش، U	مثال‌های نمونه
۸	در نیمرخ‌های نبشی تک‌ودوبل درصورتی‌که توسط یک بال متصل شده باشند، استفاده از مقادیر بزرگ‌تر از حالت ۲ جدول مجاز است. (بزرگ‌ترین مقدار به‌دست‌آمده از حالت ۲ و این حالت به‌عنوان مقدار U در نظر گرفته می‌شود).	چنانچه حداقل چهار وسیلهٔ اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد.	$U = 0.8$	
		چنانچه سه وسیلهٔ اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد. اگر تعداد وسیلهٔ اتصال در 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 فاصلهٔ اولین و آخرین پیچ در اتصال پیچی و طول جوش در اتصال جوشی

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

[۲] $l = \frac{l_1+l_2}{2}$ که در آن، l_1 و l_2 نباید از 4 برابر بعد جوش کمتر باشد.

۱۰-۲-۳-۴ مقاومت کششی (ص۶۳)

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

$$P_n = F_y A_g \qquad (۱۰-۲-۳-۲)$$

$\phi_t = ۰.۹$ (LRFD) و $\Omega_t = ۱.۶۷$ (ASD)

ب) براساس گسیختگی کششی در مقطع خالص عضو و در خارج از ناحیه اتصال عضو کششی: (ص۶۴)

$$P_n = F_u A_n \qquad (۱۰-۲-۳-۳)$$

$\phi_t = ۰.۷۵$ (LRFD) و $\Omega_t = ۲.۰۰$ (ASD)

پ) براساس گسیختگی کششی در مقطع خالص مؤثر عضو در محل اتصال عضو کششی: (ص۶۴)

$$P_n = F_u A_e \qquad (۱۰-۲-۳-۴)$$

$\phi_t = ۰.۷۵$ (LRFD) و $\Omega_t = ۲.۰۰$ (ASD)

در روابط فوق: (ص۶۴)

$A_g =$ سطح مقطع کل

$A_n =$ سطح مقطع خالص

$A_e =$ سطح مقطع خالص مؤثر

$F_y =$ تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد

$F_u =$ تنش کششی نهایی مشخصهٔ فولاد

۱۰-۲-۳-۵ اعضای کششی ساخته شده از چند نیمرخ یا نیمرخ و ورق (اعضای مرکب) (ص۶۴)

در طراحی اعضای کششی مرکب از چند نیمرخ یا نیمرخ و ورق الزامات زیر باید تأمین شوند: (ص۶۴)

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، فاصلهٔ آزاد بین نوارهای جوش منقطع در امتداد طولی عضو نباید از مقادیر زیر بیشتر شود: (ص۶۴)

- در قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی‌شوند ولی احتمال زنگ‌زدگی و خوردگی ندارند، ۲۴ برابر ضخامت نازک‌ترین ورق یا ۳۰۰ میلی‌متر (ص۶۴)
- در قطعات رنگ نشده‌ای که تحت اثر خوردگی ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، ۱۴ برابر ضخامت نازک‌ترین ورق یا ۱۸۰ میلی‌متر(ص۶۴)

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 فاصلهٔ مرکز سوراخ‌ها تا لبهٔ قطعات متصل شونده و نیز حداقل و حداکثر فاصلهٔ مرکز تا مرکز سوراخ‌ها باید الزامات بخش ۱۰-۲-۹ را تأمین نمایند. (ص۶۴)

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، فاصلهٔ بین لقمه‌ها باید طوری انتخاب شود که نسبت لاغری هر یک از اجزای تشکیل دهنده عضو در فاصله آزاد از ۳۰۰ بیشتر نباشد. (ص۶۵)

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. (ص۶۵)

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 $\frac{۱}{۵۰}$ فاصلهٔ بین خطوط جوش یا قیدهایی باشد که آن‌ها را به اجزای عضو متصل می‌کند. فاصلهٔ مرکز تا مرکز وسایل اتصال یا فاصلهٔ آزاد بین نوارهای جوش منقطع در امتداد طولی ورق مشبک نباید از میلی‌متر بیشتر باشد. (ص۶۵)

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 اندازهٔ $\frac{۲}{۳}$ فاصلهٔ بین خطوط جوش یا قیدهایی باشد که آن‌ها را به اجزای عضو متصل می‌کند. ضخامت بست‌های موازی نباید کمتر از $\frac{۱}{۵۰}$ فاصلهٔ مذکور باشد. فاصلهٔ مرکز تا مرکز بست‌های موازی باید طوری انتخاب شود که نسبت لاغری هر یک از اجزای تشکیل دهندهٔ عضو در این فاصله از ۳۰۰ بیشتر نباشد. (ص۶۵)

۱۰-۲-۴ الزامات طراحی اعضا برای نیروی فشاری

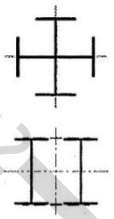
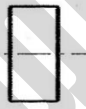
۱۰-۲-۴-۱ الزامات عمومی

اعضای فشاری می‌توانند از نیمرخ تک، نیمرخ‌های مرکب و نیمرخ‌های ساخته شده از ورق یا ترکیبی از ورق و نیمرخ باشند. (ص۶۶)

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 ۱۰-۲-۴-۱ انتخاب می‌شود.(ص۶۶)

جدول ۱۰-۲-۴-۱: حالت یا حالت‌های حدی حاکم بر طراحی اعضای فشاری برای مقاطع مختلف (ص۶۷)

حالت	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		- کمانش خمشی حول هر یک از محورهای اصلی مقطع - کمانش پیچشی حول محور طولی عضو	۳-۴-۲-۱۰ ۴-۴-۲-۱۰	- کمانش موضعی - کمانش خمشی حول هر یک از محورهای اصلی مقطع - کمانش پیچشی حول محور طولی عضو	۷-۴-۲-۱۰
۲	مقاطع I شکل با یک محور تقارن و مقاطع ناودانی		- کمانش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کمانش خمشی- پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو	۳-۴-۲-۱۰ ۴-۴-۲-۱۰	- کمانش موضعی - کمانش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کمانش خمشی-پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو	۷-۴-۲-۱۰
۳	مقاطع صلیبی یا ساخته‌شده (مرکب) دارای دو محور تقارن		- کمانش خمشی حول هر یک از محورهای اصلی مقطع - کمانش پیچشی حول محور طولی عضو	۳-۴-۲-۱۰ ۴-۴-۲-۱۰ ۶-۴-۲-۱۰	- کمانش موضعی - کمانش خمشی حول هر یک از محورهای اصلی مقطع - کمانش پیچشی حول محور طولی عضو	۷-۴-۲-۱۰ ۶-۴-۲-۱۰
۴	مقاطع توخالی مستطیلی شکل		-کمانش خمشی حول محورهای اصلی مقطع	۳-۴-۲-۱۰	- کمانش موضعی - کمانش خمشی حول محورهای اصلی مقطع	۷-۴-۲-۱۰
۵	مقاطع توخالی دایره‌ای شکل		- کمانش خمشی حول هر محور دلخواه مقطع	۳-۴-۲-۱۰	- کمانش موضعی - کمانش خمشی حول هر محور دلخواه مقطع	۷-۴-۲-۱۰

حالت	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 سپری		- کمانش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کمانش خمشی- پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو	۳-۴-۲-۱۰ ۴-۴-۲-۱۰	- کمانش موضعی - کمانش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کمانش خمشی-پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو	۷-۴-۲-۱۰
۷	مقاطع مرکب از دو نیمرخ نبشی پشت‌به‌پشت		- کمانش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کمانش خمشی- پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو	۳-۴-۲-۱۰ ۴-۴-۲-۱۰ ۶-۴-۲-۱۰	- کمانش موضعی - کمانش خمشی حول محور عمود بر محور تقارن مقطع - کمانش خمشی-پیچشی حول محور تقارن مقطع و محور طولی عضو	۷-۴-۲-۱۰ ۶-۴-۲-۱۰
۸	مقاطع نبشی تک		- کمانش خمشی - کمانش خمشی-پیچشی	۵-۴-۲-۱۰	- کمانش موضعی - کمانش خمشی - کمانش خمشی-پیچشی	۷-۴-۲-۱۰
۹	مقاطع توپر		- کمانش خمشی حول محورهای اصلی	۳-۴-۲-۱۰	موضوعیت ندارد	-
۱۰	مقاطع بدون محور تقارن غیر از نبشی‌های تک		- کمانش خمشی- پیچشی حول محورهای اصلی مقطع و حول محور طولی عضو	۴-۴-۲-۱۰	- کمانش موضعی - کمانش خمشی-پیچشی حول محورهای اصلی مقطع و حول 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 محاسبهٔ مقاومت اسمی آن‌ها، باید مطابق با ضوابط بخش ۱۰-۲-۱ این مبحث تعیین شود که در آن: (ص۶۸)

$L =$ طول مهار نشدهٔ 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. (ص۶۹)

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: (ص۶۹)

$$P_n = F_{cr}A_g \qquad (۱۰-۴-۲-۱)$$

که در آن: (ص۶۹)

$A_g =$ سطح مقطع کلی عضو

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

الف) اگر $\frac{KL}{r} \le ۴.۷۱\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (یا $\frac{F_y}{F_e} \le ۲.۲۵$) باشد:

$$F_{cr} = (۰.۶۵۸^{\frac{F_y}{F_e}})F_y \qquad (۱۰-۴-۲-۲)$$

ب) اگر $\frac{KL}{r} > ۴.۷۱\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (یا $\frac{F_y}{F_e} > ۲.۲۵$) باشد: (ص۶۹)

$$F_{cr} = ۰.۸۷۷\,F_e \qquad (۱۰-۴-۲-۳)$$

در روابط فوق: (ص۶۹)

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

$F_y =$ تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد

$E =$ مدول الاستیسیتهٔ فولاد

$K =$ ضریب طول مؤثر حول محور کمانش موردنظر مطابق ضوابط بخش ۱۰-۲-۱

$L =$ طول مهارنشدهٔ عضو حول محور کمانش موردنظر

$r =$ شعاع ژیراسیون مقطع عضو حول محور کمانش موردنظر (ص۶۹)

$F_e =$ تنش کمانش الاستیک که مقدار آن عبارت است از: (ص۷۰)

$$F_e = \frac{\pi^۲E}{(\frac{KL}{r})^۲} \qquad (۱۰-۴-۲-۴)$$

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 $\frac{b}{t} > ۰.۷۱\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ باشد، درنظر گرفته شود (b پهنا و t ضخامت ساق نبشی است)(ص۷۲)

نبشی‌هایی که به‌صورت برون‌محور بارگذاری می‌شوند، درصورتی‌که 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.

۱۰-۲-۴-۶-۲ محدودیت‌های ابعادی

محدودیت‌های ابعادی نیمرخ‌های اعضای فشاری ساخته شده به شرح زیر هستند: (ص۷۵)

الف) هر یک از نیمرخ‌های اعضای فشاری ساخته شده (مرکب) باید در فاصلهٔ a به یکدیگر متصل باشند، به نحوی که ضریب لاغری مؤثر هر یک از نیمرخ‌ها (α/r_i) در این فاصله از $\frac{۳}{۴}$ نسبت لاغری تعیین کنندهٔ کل عضو ساخته شده بیشتر نشود. در این محاسبه، r_i شعاع ژیراسیون حداقل هر نیمرخ است. (ص۷۵)

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 فاصلهٔ 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: (ص۷۶)

۱) $0.75\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ برابر ضخامت ورق خارجی و حداکثر ۳۰۰ میلیمتر برای حالتی که اتصالات در خطوط اتصال مجاور در حالت پس و پیش نباشند (روبروی هم باشند). (ص۷۶)

۲) $1.12\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ برابر ضخامت ورق خارجی و حداکثر ۴۵۰ میلی‌متر برای حالتی که اتصالات در خطوط اتصال مجاور به حالت پس و پیش قرار گیرند. (ص۷۶)

ث) چنانچه عضو فشاری از نیمرخ‌ها و ورق‌های سوراخ‌دار تشکیل شده باشند، درصورتی‌که ضوابط زیر رعایت شده باشند، بخشی از پهنای این ورق‌ها (پهنای کلی ورق سوراخ‌دار منهای عرض سوراخ) به همراه سطح مقطع نیمرخ‌ها می‌تواند به‌عنوان سطح مقطع خالص جهت کمک به تأمین مقاومت موجود در نظر گرفته شود: (ص۷۶)

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

۲) نسبت طول سوراخ (در راستای تنش) به عرض سوراخ از ۲ بیشتر نباشد.

۳) فاصلهٔ خالص بین سوراخ‌ها در راستای تنش از فاصله عرضی متصل کننده‌ها کمتر نباشد.

۴) شعاع پیرامون سوراخ‌ها در تمامی نقاط حداقل ۴۰ میلی‌متر باشد.

مبحث ۱۰

ج) چنانچه عضو فشاری از نیمرخ‌ها و بست‌های مورب تشکیل شده باشد، ضوابط زیر باید رعایت شوند: (ص۷۷)

۱) بستهای مورب در انتهای عضو فشاری باید به ورق بست انتهایی ختم شوند. در قسمت‌های میانی عضو درصورتی‌که 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 فاصلهٔ مراکز هندسی نیمرخ‌های تشکیل دهندهٔ عضو فشاری باشد و طول ورق‌های اتصال به تیر باید فضای کافی برای برقراری اتصال را داشته باشد. (ص۷۷)

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. درهرحال 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. (ص۷۷)

پهنای ورق‌های انتهایی و ورق‌های اتصال باید حداقل برابر فاصله بین مراکز هندسی نیمرخ‌های تشکیل دهنده عضو فشاری باشد. (ص۷۷)

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. درهرحال، 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. (ص۷۷)

اگر وسیلهٔ 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. (ص۷۸)

۲) بستهای مورب را می‌توان 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 اتصال بستهای مورب به عضو فشاری، الزامات بند (الف) از محدودیت‌های ابعادی اعضای فشاری ساخته‌شده (مرکب) را تأمین نماید. (ص۷۸)

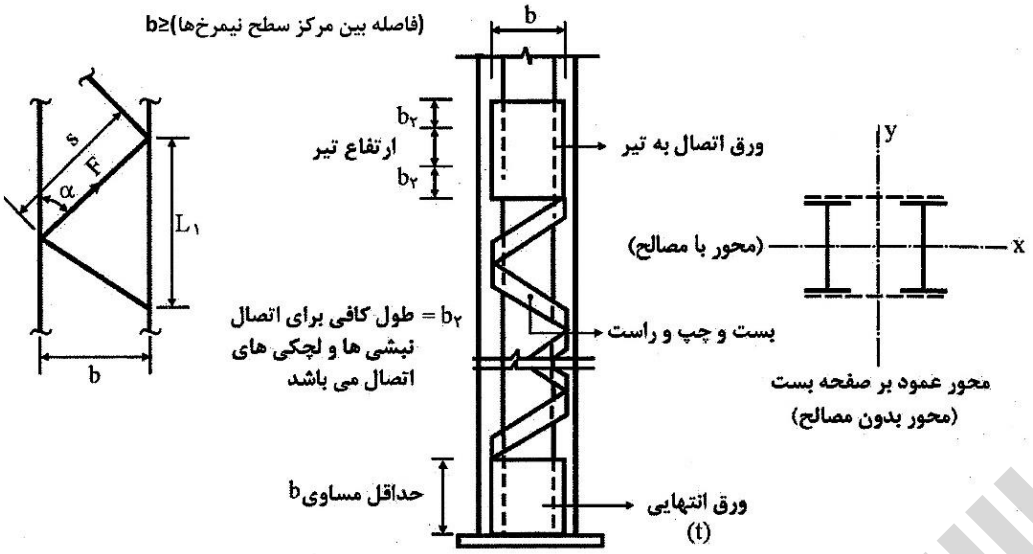
۳) مشخصات هندسی بستهای مورب شامل طول، مقطع و وسایل اتصال دو انتهای آن‌ها به عضو فشاری، باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که منجر به تأمین مقاومت برشی لازم گردد. مقاومت برشی لازم برابر نیروی برشی عضو فشاری در اثر نیروهای خارجی بعلاوه معادل ۲ درصد مقاومت فشاری موجود عضو در نظر گرفته می‌شود. (ص۷۸)

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

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

۶) زاویهٔ 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. (ص۷۸)

۷) اگر فاصلهٔ بین مرکز هندسی اتصالات دو انتهای بست بیش از ۴۰۰ میلی‌متر باشد، ارجح است که بست‌ها به‌صورت ضربدری در نظر گرفته شوند یا از نیمرخ مناسب (مانند نبشی یا ناودانی) طراحی شوند. (ص۷۸)



شکل ۱۰-۲-۴-۳: عضو فشاری ساخته شده (مرکب) با بستهای مورب (ص۷۹)

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

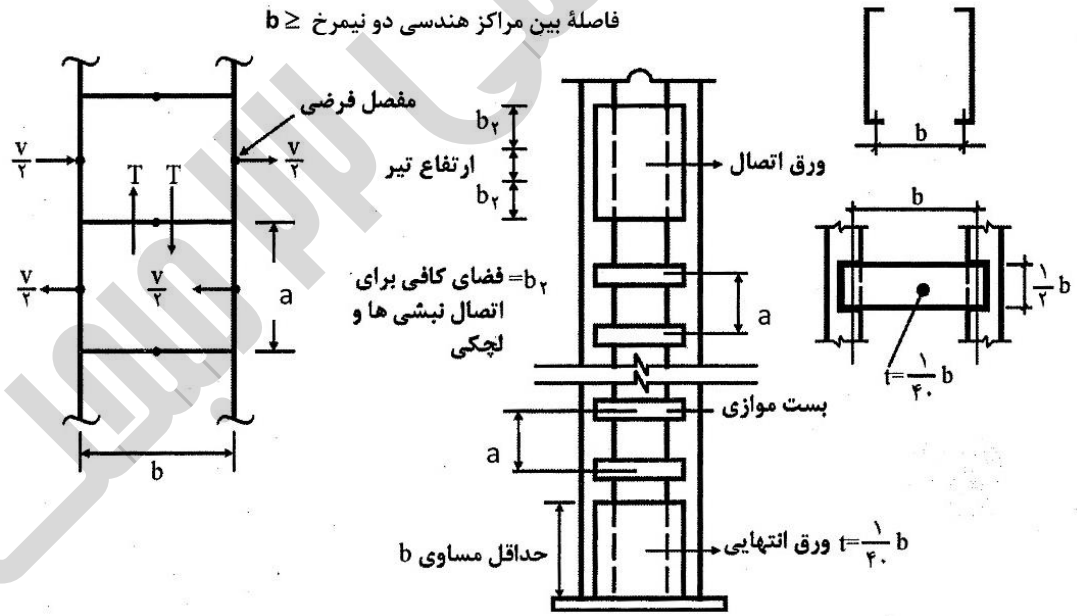
۱) همانند اجزای کلیه اعضای فشاری، فاصلهٔ بست‌ها از یکدیگر باید به اندازه‌ای باشد که نسبت لاغری مؤثر هر یک از نیمرخ‌های عضو فشاری ساخته شده در فاصله بین مرکز تا مرکز دو بست متوالی، الزامات بند (الف) از محدودیت‌های ابعادی اعضای فشاری ساخته شده را تأمین نماید.

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. (ص۷۹)

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. (ص۷۹)

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. (ص۸۰)

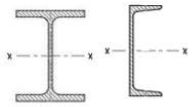
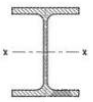
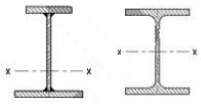
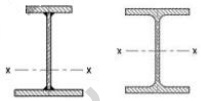
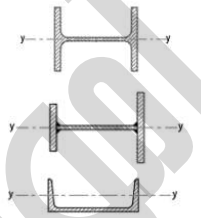
۵) طول بست‌های میانی نباید از $\frac{b}{۲}$ کمتر باشد. (ص۸۰)

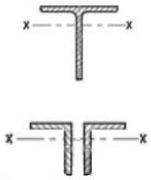
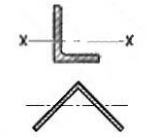
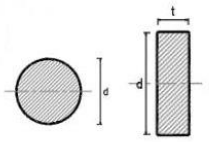


شکل ۱۰-۲-۴-۴: عضو فشاری ساخته شده (مرکب) با بستهای موازی (ص۸۰)

۱۰-۲-۵ الزامات طراحی اعضا برای لنگر خمشی

جدول ۱۰-۲-۵-۱: انتخاب بند مربوط به تعیین مقاومت خمشی اسمی (ص۸۴)

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

بند مربوطه	مقطع	لاغری بال	لاغری جان	حالت حدی
۱۰-۵-۲-۸		کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	تسلیم کمانش موضعی
۱۰-۵-۲-۹		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
۱۰-۵-۲-۱۱		کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	تسلیم کمانش جانبی- پیچشی
۱۰-۵-۲-۱۲	مقاطع نامتقارن به‌غیراز نبشی تک	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کلیهٔ حالت‌های حدی

۱۰-۲-۵-۱-۳ برای اعضا با مقطع دارای یک محور تقارن و با انحنای ساده و خمش حول محور قوی و برای کلیهٔ 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: (ص۸۶)

$$C_b = \frac{۱۲.۵\, M_{max}}{۲.۵\, M_{max} + ۳\, M_A + ۴\, M_B + ۳\, M_C} \leq ۳.۰ \qquad (۱۰-۵-۲-۱)$$

که در آن: (ص۸۶)

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

M_A = قدرمطلق لنگر خمشی در نقطهٔ $\frac{۱}{۴}$ طول مهارنشده

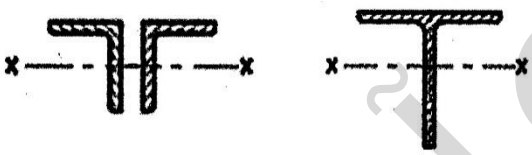
M_B = قدر مطلق لنگر خمشی در نقطهٔ $\frac{۱}{۲}$ طول مهارنشده

M_C = قدر مطلق لنگر خمشی در نقطهٔ $\frac{۳}{۴}$ طول مهارنشده

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. (ص۸۶)

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

الزامات این بند مربوط است به تعیین مقاومت خمشی اسمی اعضای با مقطع سپری و نبشی جفت که در صفحهٔ تقارن بارگذاری شده‌اند (خمش حول محور x). (ص۱۰۸)



بال یا بال‌ها: فشرده یا غیر فشرده یا لاغر، جان یا جان‌ها: فشرده یا غیرفشرده یا لاغر (ص۱۰۸)

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. (ص۱۰۸)

الف) تسلیم

الف-۱) درصورتی‌که بال مقطع سپری یا نبشی جفت، فشاری باشد: (ص۱۰۸)

$$M_n = M_p = F_y Z_x \leq ۱.۶\, M_y \qquad (۱۰-۵-۲-۶۲)$$

الف-۲) درصورتی‌که بال مقطع سپری، کششی باشد: (ص۱۰۸)

$$M_n = M_y \qquad (۱۰-۵-۲-۶۳)$$

الف-۳) درصورتی‌که بال مقطع نبشی جفت، کششی باشد:

$$M_n = ۱.۵\, M_y \leq M_p \qquad (۱۰-۵-۲-۶۴)$$

در روابط فوق: (ص۱۰۹)

F_y = تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد

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

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

۱۰-۲-۵-۱۳ تناسبات ابعادی مقطع اعضای خمشی (ص۱۱۹)

ب) اعضای با مقطع I شکل

ب-۳) در اعضای بدون سخت‌کننده‌های عرضی نسبت h/t_w نباید از ۲۶۰ و نسبت دو برابر مساحت ناحیهٔ تحت فشار جان به مساحت بال فشاری نباید از ۱۰ بیشتر شود. (ص۱۲۱)

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. (ص۱۲۱)

پ-۳) قطع ورق‌های پوششی بال‌ها

ورق‌های پوششی که در تمام طول دهانه ادامه ندارند، باید بعد از نقطهٔ قطع محاسباتی به طول مشخصی ادامه یافته و در این طول به‌وسیلهٔ پیچ‌های پرمقاومت با عملکرد لغزش بحرانی یا جوش گوشه به بال متصل شوند. این طول، طول گیرایی نامیده می‌شود. (ص۱۲۲)

طول گیرایی باید به‌اندازه‌ای 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 مشخصهٔ فولاد باشد. (ص۱۲۲)

حداقل طول گیرایی (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 لبهٔ کناری و لبهٔ انتهایی ورق پوششی اجرا شود. (ص۱۲۲)

۲) یک و نیم برابر پهنای ورق پوششی، در حالتی که بعد جوش پیوسته به طول a در دو لبهٔ کناری ورق پوششی و در انتهای آن کمتر از سه‌چهارم ضخامت ورق تقویتی باشد. (ص۱۲۲)

۳) دو برابر پهنای ورق پوششی، در حالتی که جوش پیوسته به طول α فقط در دو لبهٔ کناری ورق وجود دارد و در لبه انتهایی جوش اجرا نمی‌شود. (ص۱۲۲)

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. درهرحال 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. (ص۱۲۳)

۱۰-۲-۶ الزامات طراحی اعضا برای نیروی برشی

۱۰-۲-۶-۲-۳ سخت‌کننده‌های عرضی

در مواردی که $h/t_w \le 2.54\sqrt{k_v E/F_y}$ باشد، تعبیه سخت‌کننده‌های عرضی ضروری نیست. درصورتی‌که $h/t_w > 2.54\sqrt{k_v E/F_y}$ بوده و برای تأمین مقاومت برشی اسمی استفاده از سخت‌کننده‌های عرضی مدنظر باشد، محدودیت‌های زیر باید مورد توجه قرار گیرند: (ص۱۲۸)

الف) درصورتی‌که به عمل تماسی مستقیم بین قطعه سخت‌کننده و بال تیر، برای انتقال بارهای متمرکز یا عکس‌العمل تکیه‌گاهی نیاز نباشد، می‌توان سخت کنندهٔ 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 قطعهٔ 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. (ص۱۲۸)

ب) سخت‌کننده‌های عرضی باید به بال فشاری متصل گردند تا از بلند شدن بال در اثر پیچش جلوگیری به عمل آید.(ص۱۲۸)

پ) فاصلهٔ 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 فاصلهٔ آزاد بین جوش‌های منقطع از ۱۶ برابر ضخامت جان و ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر شود. (ص۱۲۸)

۱۰-۲-۸ الزامات طراحی اعضای مختلط (ص۱۴۳)

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

مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط براساس یکی از روش‌های زیر تعیین می‌گردد: (ص۱۴۴)

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

در محاسبهٔ 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 پرشده 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. (ص۱۴۴)

الف) روش توزیع تنش پلاستیک

در این روش مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط براساس فرضیات زیر محاسبه می‌شود: (ص۱۴۴)

۱- تنش در اجزای بخش فولادی و میلگردها، هم در ناحیهٔ فشاری و هم در ناحیهٔ کششی به تنش یکنواخت F_y می‌رسد که در آن F_y تنش تسلیم اجزای بخش فولادی و میلگردها است. (ص۱۴۴)

۲- تنش در اجزای بخش بتنی در ناحیه فشاری به تنش یکنواخت $0.85\,f'_c$ می‌رسد که در آن f'_c تنش فشاری مشخصهٔ نمونهٔ استوانه‌ای بتن است. برای اعضای با مقطع مختلط دایره‌ای شکل توخالی که با بتن پرشده باشند، به دلیل محصورشدگی بتن توسط مقطع فولادی می‌توان تنش بتن در ناحیهٔ فشاری را $0.95\,f'_c$ در نظر گرفت(ص۱۴۴)

ب) روش سازگاری کرنش

در این روش مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط با این فرض صورت می‌گیرد که تغییرات کرنش در مقطع مختلط به‌صورت خطی بوده به‌طوری‌که مقدار حداکثر کرنش در ناحیهٔ فشاری اجزای بتنی برابر ۰/۰۰۳ 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. (ص۱۴۵)

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

مشخصات مصالح بتنی، میلگرد و بخش فولادی اعضای با مقطع مختلط باید دارای شرایط زیر باشند: (ص۱۴۵)

۱- برای محاسبهٔ مقاومت موجود اعضای با مقطع مختلط، تنش فشاری مشخصهٔ نمونهٔ استوانه‌ای بتن (f'_c) برای بتن‌های با وزن مخصوص معمولی نباید از ۲۰MPa کمتر و از ۷۰MPa بیشتر و برای بتن‌های با وزن مخصوص سبک نباید از ۲۰MPa کمتر و از ۴۰MPa بیشتر باشد. مصالح بتنی با مقاومت بیشتر را می‌توان برای استفادهٔ آن‌ها در سختی اعضا به کار برد، لیکن در محاسبهٔ مقاومت اسمی اعضای با مقطع مختلط نمی‌توان به آن تکیه کرد، مگر آنکه استفاده از آن‌ها توسط آزمایش یا تحلیل توجیه داشته باشد. (ص۱۴۵)

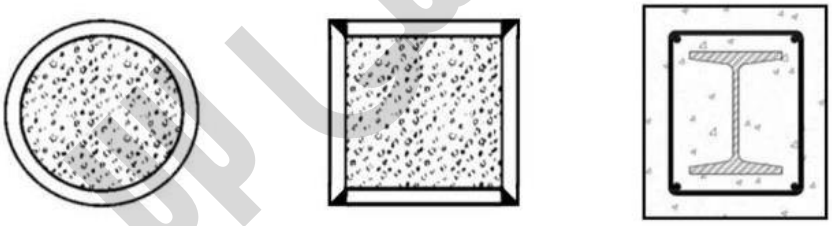
۲- در محاسبهٔ مقاومت موجود اعضای با مقطع مختلط، تنش تسلیم مشخصهٔ بخش فولادی و میلگردها به ترتیب نباید بیشتر از ۴۶۰ و ۵۵۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شوند. (ص۱۴۵)

۱۰-۲-۸-۲ 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 ۱۰-۲-۸-۱-الف). (ص۱۴۸)

ب) اعضای محوری با مقطع مختلط پرشده 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 پرشده است (شکل ۱۰-۲-۸-۱-ب و پ).



(الف) عضو محوری مختلط محاط در بتن (ب) عضو محوری مختلط جعبه‌ای (پ) عضو محوری مختلط با مقطع دایره‌ای

شکل ۱۰-۲-۸-۱: اعضای محوری با مقطع مختلط(ص۱۴۸)

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

الف) محدودیت‌ها

اعضای محوری با مقطع مختلط محاط در بتن باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند: (ص۱۴۹)

۱- سطح مقطع هستهٔ فولادی باید حداقل یک درصد مساحت کلی مقطع مختلط باشد.

۲- پوشش بتنی هستهٔ فولادی باید به کمک میلگردهای طولی و تنگ‌های عرضی یا مارپیچ مسلح شوند. حداقل قطر تنگ‌های عرضی ۱۰ میلی‌متر است. چنانچه از تنگ عرضی با قطر ۱۰ میلی‌متر استفاده شود، حداکثر فاصله مرکز تا مرکز تنگ‌ها در راستای طولی عضو محوری ۳۰۰ میلی‌متر و چنانچه از تنگ‌های عرضی با قطر ۱۲ میلی‌متر یا بیشتر استفاده شود، حداکثر فاصلهٔ مرکز تا مرکز تنگ‌ها ۴۰۰ میلی‌متر است. درهرحال حداکثر فاصلهٔ تنگ‌های عرضی در راستای طولی نباید از نصف بعد کوچک‌تر مقطع مختلط بیشتر باشد. (ص۱۴۹)

۳- نسبت مساحت میلگردهای طولی به مساحت کل مقطع مختلط (ρ_s) باید حداقل ۰/۰۰۴ باشد. (ص۱۴۹)

$$\rho_s = \frac{A_{sr}}{A_g} \geq 0.004 \qquad (۱۰-۸-۲-۱)$$

که در آن:

A_g = سطح مقطع کل مقطع مختلط

A_{sr} = 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 کمانش خمشی با توجه به لاغری عضو به شرح زیر تعیین شود: (ص۱۴۹)

$\phi_c = ۰.۷۵$ (LRFD) و $\Omega_c = ۲.۰$ (ASD)

۱) برای $\frac{P_{no}}{P_e} \le ۲.۲۵$: (ص۱۴۹)

$$P_n = P_{no}\,۰.۶۵۸^{\frac{P_{no}}{P_e}} \qquad (۲-۸-۲-۱۰)$$

۲) برای $\frac{P_{no}}{P_e} > ۲.۲۵$: (ص۱۵۰)

$$P_n = ۰.۸۷۷\,P_e \qquad (۳-۸-۲-۱۰)$$

$$P_{no} = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + ۰.۸۵\,f'_c A_c \qquad (۴-۸-۲-۱۰)$$

$$P_e = \pi^۲ \frac{(EI)_{eff}}{(KL)^۲} \qquad (۵-۸-۲-۱۰)$$

که در آن: (ص۱۵۰)

A_c = سطح مقطع بخش بتنی

A_s = سطح مقطع بخش فولادی

مبحث ۱۰

E_c = مدول الاستیسیتهٔ بتن در این بخش می‌توان از رابطهٔ $E_c = ۰.۰۴۳\,w_c^{۱.۵}\sqrt{f'_c}$ محاسبه نمود. که در آن w_c جرم مخصوص بتن برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، f'_c مقاومت مشخصهٔ فشاری نمونهٔ استوانه‌ای بتن برحسب مگاپاسکال و E_c برحسب مگاپاسکال است. (ص۱۵۰)

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

$$(EI)_{eff} = E_s I_s + E_s I_{sr} + C_۱ E_c I_c \qquad (۶-۸-۲-۱۰)$$

که در آن $C_۱$ ضریبی است که برای تعیین سختی مؤثر عضو فشاری با مقطع مختلط محاط در بتن از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود. (ص۱۵۰)

$$C_۱ = ۰.۲۵+۳\left[\frac{A_s+A_{sr}}{A_g}\right] \le ۰.۷ \qquad (۷-۸-۲-۱۰)$$

E_s = مدول الاستیسیتهٔ فولاد (ص۱۵۰)

F_y = تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد

F_{ysr} = تنش تسلیم مشخصهٔ میلگردهای فولادی

I_c = ممان اینرسی بخش بتنی نسبت به محور خنثی الاستیک مقطع مختلط

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

K = ضریب طول مؤثر عضو محوری فشاری مختلط

L = طول مهارنشدهٔ عضو محوری فشاری مختلط

$KL = L_c$

w_c = جرم مخصوص بتن برحسب کیلوگرم بر مترمکعب با محدودیت: (ص۱۵۱)

- برای بتن‌های با وزن مخصوص معمولی

- برای بتن‌های با وزن مخصوص سبک

$۲۳۰۰\ kg/m^۳ < w_c \le ۲۵۰۰\ kg/m^۳$

$۱۴۰۰\ kg/m^۳ \le w_c \le ۲۳۰۰\ kg/m^۳$

تبصره: مقاومت فشاری موجود اعضای مختلط محاط در بتن لزومی ندارد کمتر از مقاومت فشاری مقطع فولادی تنها در نظر گرفته شود. (ص۱۵۱)

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 رابطهٔ زیر تعیین شود: (ص۱۵۱)

$$P_n = F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} \qquad (۸-۸-۲-۱۰)$$

که در آن $A_s F_y$ ، A_{sr} و F_{ysr} در بند ۱۰-۲-۸-۱-ب تعریف شده‌اند. (ص۱۵۱)

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. (ص۱۵۱)

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

۱- الزامات مربوط به پوشش بتن روی میلگردها وصلهٔ میلگردها، فواصل میلگردها، از یکدیگر و خم میلگردها باید با توجه به الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تعیین گردد. (ص۱۵۱)

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

۱ - الزامات مربوط به پوشش بتن روی میلگردها، وصلهٔ میلگردها، فواصل میلگردها از یکدیگر و خم میلگردها باید با توجه به الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان تعیین گردد. (ص۱۵۱)

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

۳- به‌طورکلی در اعضای فشاری با مقطع مختلط محاط در بتن لزومی به در نظر گرفتن الزامات کمانش موضعی برای اجزای فولادی نیست، لیکن درصورتی‌که مقطع فولادی از دو یا تعداد بیشتری مقطع فولادی تشکیل شده باشد، مقاطع فولادی باید توسط بست که می‌تواند از تسمه، نبشی، ناودانی یا مقاطع دیگر باشد، به یکدیگر متصل شوند تا از کمانش هر یک از مقاطع فولادی به تنهایی در اثر بارهای وارد بر آن‌ها قبل از سفت شدن بتن جلوگیری به عمل آید. (ص۱۵۱)

۱۰-۲-۸-۲-۲ اعضای محوری با مقطع مختلط پرشده با بتن

الف) محدودیت‌ها

اعضای محوری با مقطع مختلط پرشده با بتن باید محدودیت‌های زیر را برآورده نمایند: (ص۱۵۲)

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 ۱۰-۲-۸-۱-۳ تعیین شود.

۳- در اعضای محوری با مقطع مختلط پرشده با بتن، لزومی به تأمین حداقل میلگرد طولی نبوده و در صورت استفاده از میلگردهای طولی نیازی به تنگ‌های عرضی برای تأمین مقاومت نیست. (ص۱۵۲)

۱۰-۲-۸-۳ اعضای خمشی با مقطع مختلط

اعضای خمشی با مقطع مختلط به سه گروه زیر طبقه‌بندی می‌شوند: (ص۱۵۴)

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 پرشده با بتن

۱۰-۲-۸-۳-۱ پهنای مؤثر و حداقل ضخامت دال بتنی

الف) پهنای مؤثر

پهنای مؤثر دال بتنی برابر با مجموع پهناهای مؤثر در هر طرف محور مقطع فولادی بوده و با تیر فولادی برشگیرها به‌صورت مختلط عمل می‌نماید.

پهنای مؤثر دال بتنی در هر طرف تیر نباید از کوچک‌ترین مقادیر زیر بزرگ‌تر در نظر گرفته شود: (ص۱۵۴)

۱- یک‌هشتم طول دهانهٔ تیر (مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌های تیر)

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

۳- فاصلهٔ محور تیر تا لبهٔ آزاد دال بتنی برای تیرهای مختلط کناری

ب) حداقل ضخامت دال بتنی

حداقل ضخامت دال بتنی در حالت بدون استفاده از ورق‌های عرشه که با مقطع فولادی به‌صورت مختلط عمل می‌نماید برابر ۸۰ میلی‌متر است.

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

درصورتی‌که در اعضای خمشی با مقطع مختلط، در هنگام بتن‌ریزی دال بتنی در زیر تیر فولادی از پایهٔ موقت استفاده نشود، عضو فولادی تا قبل از رسیدن بتن به ۷۵ درصد تنش فشاری مشخصهٔ نمونهٔ استوانه‌ای (f'_c)، باید به تنهایی دارای مقاومت کافی برای تحمل وزن بتنِ تر و بارهای حین اجرا (نظیر بارهای ناشی از قالب‌بندی) 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 عرشهٔ 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: (ص۱۶۰)

پ- ۱) ملاحظات و محدودیت‌ها

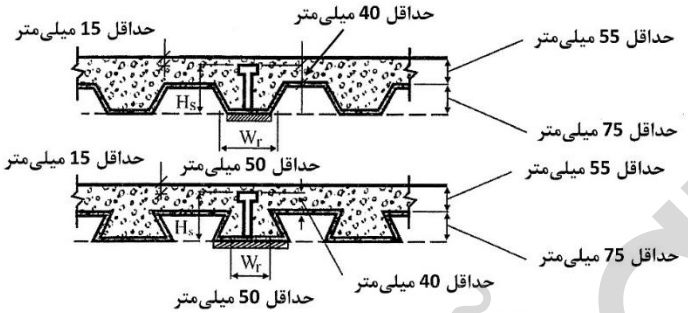
۱- ارتفاع اسمی عرشهٔ فولادی (h_r) نباید از ۷۵ میلی‌متر بیشتر باشد. پهنای متوسط کنگره‌های پرشده با بتن (W)، نباید کمتر از ۵۰ میلی‌متر باشد، لیکن در محاسبات نباید بزرگتر از حداقل پهنای آزاد (خالص) در نزدیکی سطح فوقانی عرشه فولادی در نظر گرفته شود. (ص۱۶۰)

۲- دال بتنی باید به‌وسیله 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. (ص۱۶۰)

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.(ص۱۶۰)



شکل ۱۰-۲-۸-۷: ملاحظات و محدودیت‌های عرشهٔ فولادی برای حالت یک گل‌میخ در پهنا (ص۱۶۰)

پ-۲) عرشهٔ فولادی که کنگره‌های آن‌ها عمود بر محور طولی تیر است.

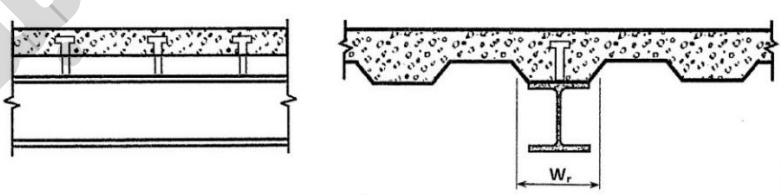
در تعیین مشخصات هندسی مقطع مختلط و نیز در محاسبهٔ A_c باید از بتن موجود در زیر سطح فوقانی عرشهٔ فولادی صرف‌نظر شود (شکل ۱۰-۲-۸-۸)

شکل ۱۰-۲-۸-۸: عرشهٔ فولادی که کنگره‌های آن عمود بر محور طولی تیر است. (ص۱۶۱)

پ-۳) عرشهٔ فولادی که کنگره‌های آن‌ها موازی با محور طولی تیر است.

در تعیین مشخصات هندسی مقطع مختلط و نیز در محاسبهٔ سطح مقطع بخش بتنی (A_c)، می‌توان از بتن موجود در داخل کنگره‌های عرشه فولادی استفاده نمود. همچنین عرشهٔ فولادی را می‌توان در روی تیر فولادی تکیه‌گاهی از هم جدا کرد به‌طوری‌که در روی بال مقطع فولادی یک ماهیچهٔ بتنی تشکیل شود. (ص۱۶۱)

چنانچه ارتفاع اسمی عرشه فولادی (h_r) برابر ۴۰ میلی‌متر یا بزرگتر باشد، پهنای متوسط کنگره‌های پرشده 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 اندازهٔ ۴ برابر قطر گل‌میخ افزایش یابد. (ص۱۶۱)



شکل ۱۰-۲-۸-۹: عرشهٔ فولادی که کنگره‌های آن موازی با محور طولی تیر است. (ص۱۶۱)

۱۰-۲-۸-۶ انتقال بار در اعضای با مقطع مختلط محاط در بتن و پرشده با بتن (ص۱۷۱)

۱۰-۲-۸-۶-۴ 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 ناحیهٔ اتصال بیشتر گردد. برشگیرهایی که

انتقال برش طولی در طول مقرر بار به کار می‌روند، باید حداقل در دو وجه مقطع فولادی به‌صورت متقارن نسبت به محور مقطع فولادی تعبیه شوند. فواصل برشگیرها در محدودهٔ داخل و خارج طول مقرر بار باید الزامات بند ۱۰-۲-۸-۹-ج را برآورده نماید. (ص۱۷۵)

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 نقطهٔ لنگر حداکثر مثبت یا منفی را می‌توان بین آن نقطه و نقاط مجاوری که دارای لنگر صفر هستند، به‌طور یکنواخت توزیع نمود. لیکن مقدار برشگیر موجود بین هر بار متمرکز و نزدیک‌ترین نقطه دارای لنگر صفر، باید جهت حصول لنگر حداکثر موردنیاز در نقطهٔ 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. (ص۱۷۶)

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. (ص۱۷۶)

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. (ص۱۷۷)

جدول ۱۰-۲-۸-۴: مقادیر R_g و R_P (ص۱۷۷)

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

در جدول فوق: (ص۱۷۷)

h_r = ارتفاع اسمی کنگرهٔ ورق عرشه

w_r = پهنای متوسط بتن داخل کنگرهٔ فولادی

* درصورتی‌که فاصلهٔ بین لبهٔ بدنهٔ گل‌میخ تا نصف ارتفاع عرشهٔ 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. (ص۱۷۸)

$$Q_n = 0.3(t_f + 0.5t_w)l_a\sqrt{f'_c E_c} \qquad (۱۰-۲-۸-۳۷)$$

که در آن: (ص۱۷۸)

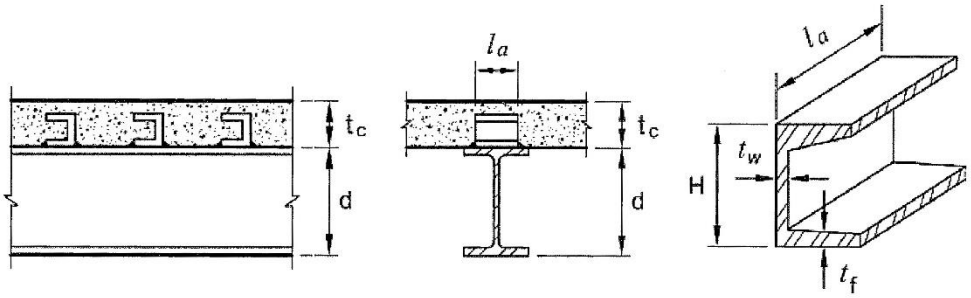
t_f = ضخامت متوسط بال ناودانی

t_w = ضخامت جان ناودانی

l_a = طول ناودانی

f'_c = تنش فشاری مشخصهٔ نمونه استوانه‌ای بتن

E_c = مدول الاستیسیتهٔ بتن



شکل ۱۰-۲-۸-۱۷: برشگیرهای از نوع ناودانی (ص۱۷۸)

مقاومت حاصل از رابطهٔ ۱۰-۲-۸-۳۷ از طریق جوش ناودانی به بال تیر با در نظر گرفتن برون‌محوری ناودانی تأمین می‌گردد. در صورت تأمین کلیهٔ محدودیت‌های زیر، طراحی جوش اتصال ناودانی به بال تیر می‌تواند بدون در نظر گرفتن اثر برون‌محوری ناودانی انجام پذیرد: (ص۱۷۸)

- 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 ناحیهٔ اتصال بین بال و جان ناودانی به ضخامت جان ناودانی بزرگتر از ۰/۵ و کوچکتر از ۱/۶ باشد.

ث) جزئیات بندی

مبحث ۱۰

۱- تعداد برشگیرهای موردنیاز در هر طرف نقطه با لنگر خمشی حداکثر مثبت یا منفی، باید به‌صورت 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. (ص۱۷۹)

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 لبهٔ بتن برای بتن‌های با وزن مخصوص معمولی نباید کوچک‌تر از ۲۰۰ میلی‌متر و برای بتن‌های سبک کوچکتر از ۲۵۰ میلی‌متر باشد. (ص۱۷۹)

۴- فاصلهٔ 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 فاصلهٔ 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.(ص۱۷۹)

۱۰-۲-۸-۹ برشگیرها در ستون‌ها و سایر اعضای مختلط (ص۱۷۹)

الف) الزامات عمومی

الزامات مندرج در این بند برای محاسبهٔ 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 واسطهٔ 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. (ص۱۸۰)

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 قلوه‌کن 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. (ص۱۸۰)

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. (ص۱۸۰)

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. (ص۱۸۰)

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 بدنهٔ گل‌میخ بزرگتر باشد. (ص۱۸۰)

جدول ۱۰-۲-۸-۵: حداقل نسبت ارتفاع گل‌میخ به قطر آن در ستون‌ها و تیرستون‌ها (ص۱۸۱)

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 کلاهک دار

در مواردی که گسیختگی قالبی بتن در برش به‌عنوان یک حالت حدی محسوب نشود، مقاومت برشی موجود گل‌میخ‌ها در روش LRFD برابر $\phi_v Q_{nv}$ و در روش ASD برابر Q_{nv}/Ω_v بوده که در آن: (ص۱۸۱)

$$Q_{nv} = F_u A_{sa} \qquad (۱۰-۲-۸-۳۸)$$

$\phi_v = ۰.۶۵$ (LRFD) و $\Omega_v = ۲.۳۱$ (ASD)

F_u = تنش کششی نهایی گل‌میخ

A_{sa} = 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: (ص۱۸۱)

۱) چنانچه بر اساس الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، میلگرد لازم در دو طرف ناحیهٔ گسیختگی در بتن کار گذاشته شود، کوچک‌ترین مقدار به‌دست‌آمده از معادلهٔ ۱۰-۲-۸-۳۸ و مقاومت اسمی میلگرد، باید به‌عنوان مقاومت برشی اسمی گل‌میخ (Q_{nv})، محسوب شود. (ص۱۸۱)

۲) بر اساس الزامات مبحث نهم مقررات ملی ساختمان

ج) جزئیات بندی (ص۱۸۳)

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

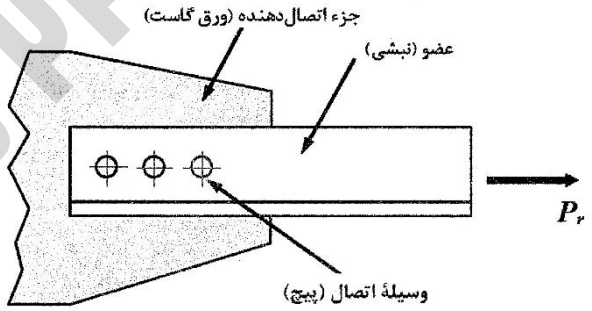
۲- حداقل فاصلهٔ مرکز تا مرکز گل‌میخ‌ها در هر امتداد ۴ برابر قطر گل‌میخ است.

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

۴- حداکثر فاصلهٔ مرکز تا مرکز برشگیرهای از نوع ناودانی ۶۰۰ میلی‌متر است. (ص۱۸۳)

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. (شکل۱۰-۲-۹-۱). به الزامات طراحی عضو در بخش‌های قبلی این فصل پرداخته شده است. (ص۱۸۵)



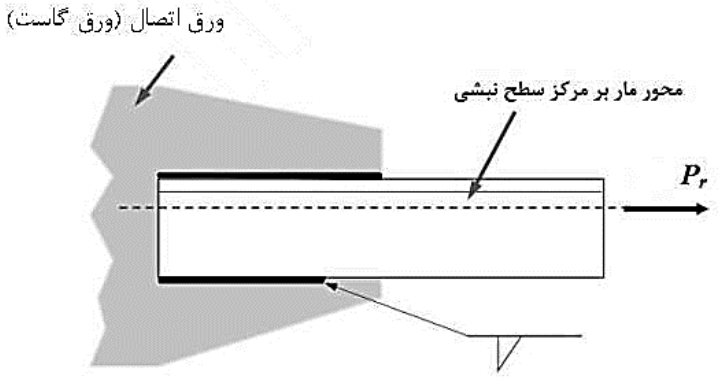
شکل ۱۰-۲-۹-۱: نام گذاری قسمت‌های مختلف یک اتصال (ص۱۸۵)

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. (ص۱۸۶)

مقاومت موردنیاز یک اتصال (R_r)، 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. (ص۱۸۶)



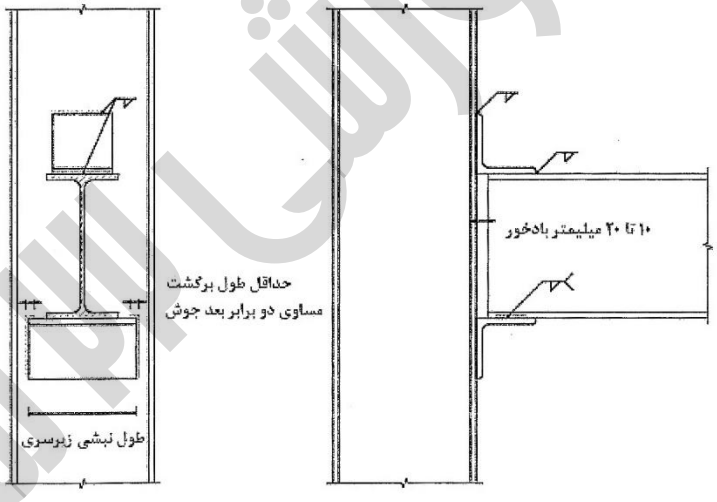
شکل ۱۰-۲-۹-۲: اتصال عضو با مقطع نبشی به ورق اتصال (ورق گاست) از طریق جوش متوازن (ص۱۸۶)

۱۰-۲-۹-۱-۲ 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 به‌صورت ایده آل مدل کرد. (ص۱۸۸)

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 به‌دست‌آمده 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. (ص۱۸۸)

تبصره: هرگونه مغایرت جزئیات اتصالات با جزئیات استاندارد باعث تغییر در منحنی لنگر- دوران شده و به‌عنوان نمونه، با یک جوشکاری اضافی ممکن است اتصالی را از حالت ساده به حالت نیمه گیردار یا گیردار تبدیل کند. ازاین‌رو 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 سادهٔ 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 (ص۱۸۸)

۱۰-۲-۹-۱-۴ سوراخ‌های دسترسی برای جوشکاری و برش بال‌های تیر در محل اتصال

کلیه سوراخ‌هایی که به‌منظور 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 دادهٔ بال در انتهای تیرها باید به صورتی کاملاً یکنواخت، با انحنای ملایم و بدون گوشه‌های تیز، تعبیه شوند. (ص۱۹۰)

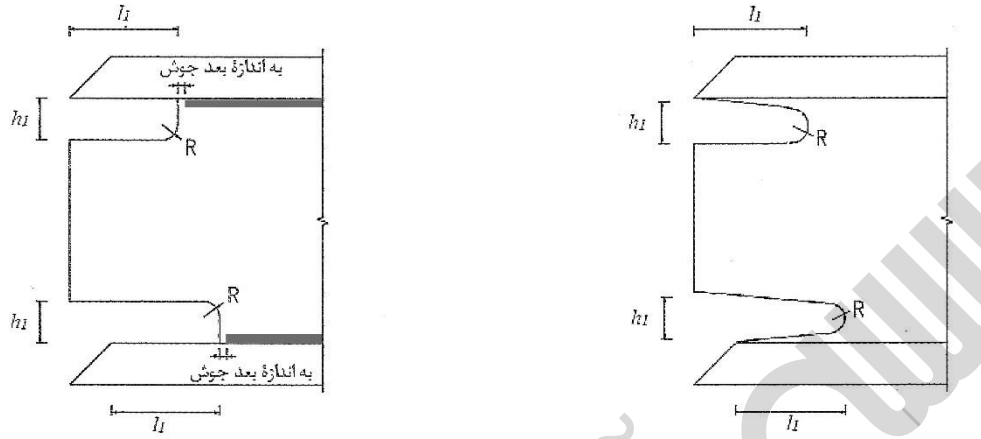
طول سوراخ‌های دسترسی (فاصله l_1 نشان داده شده شکل‌های ۱۰-۲-۹-۷-الف و ب) نباید کمتر از ۴۰میلی‌متر و کمتر از ۱/۵ برابر ضخامت ورقی گردد که سوراخ دسترسی در آن ایجاد می‌شود. (ص۱۹۰)

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. (ص۱۹۰)

در مقاطع نورد شده و ساخته شده از ورق که در آن‌ها ایجاد سوراخ دسترسی پس از اتمام جوشکاری بال‌ها به جان صورت می‌گیرد، لبهٔ جان باید از سطح بال تا سطح تو رفتگی سوراخ دسترسی به‌صورت 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 اندازهٔ 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 دادهٔ تیر یا سوراخ‌های دسترسی که توسط شعله بریده شده باشند را باید با سنگ زدن به‌صورت فلز صاف و براق در آورد. اگر قسمت‌های منحنی بریده شده در محل سوراخ دسترسی توسط عمل مته کردن یا برقوزدن صورت گرفته باشد، نیازی به سنگ زدن و صاف کردن نخواهد بود. (ص ۱۹۱)



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

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

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

۱۰-۲-۹-۱-۵ 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. شایان‌ذکر 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 درصورتی‌که نیروی پای ستون فشاری تنها و پای ستون کاملاً صاف، صیقلی و گونیا باشد طراحی پای ستون می‌تواند با رعایت الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱-۳ 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)

۱۰-۲-۹-۱-۶ ترکیب پیچ و جوش

به‌طورکلی 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 گوشهٔ طولی، مقاومت اسمی آن را می‌توان برابر مجموع مقاومت لغزشی اسمی پیچ‌ها و مقاومت اسمی جوش‌های گوشهٔ طولی در نظر گرفت. (ص ۱۹۲)

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

ب) در طراحی به روش LRFD ضریب کاهش مقاومت برابر ϕ =۰/۷۵ و در طراحی به روش ASD ضریب اطمینان برابر Ω = ۲/۰۰ 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 موردنیاز اتصال کمتر نباشد.

ت) اگر پیچ‌های پرمقاومت با استفاده از هر روشی به‌جز روش چرخاندن اضافی مهره‌ها مطابق الزامات فصل ۱۰-۴ پیش‌تنیده شوند، مقاومت موجود جوش‌های گوشه طولی از ۷۰ درصد مقاومت موردنیاز اتصال کمتر نباشد. (ص۱۹۲)

ث) مقاومت موجود پیچ‌های پرمقاومت از ۳۳ درصد مقاومت موردنیاز اتصال کمتر نباشد. (ص۱۹۲)

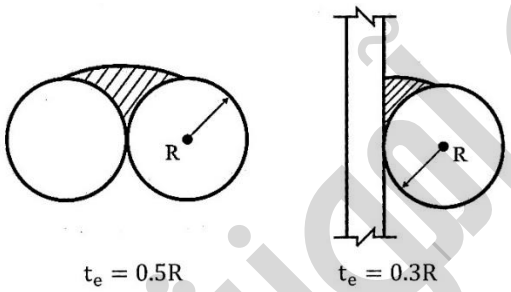
تبصره ۱: در اتصالات ترکیبی (ترکیب پیچ و جوش‌های طولی) مقاومت موجود اتصال لزومی ندارد کمتر از مقاومت پیچ‌ها به تنهایی و مقاومت جوش‌ها به تنهایی در نظر گرفته شود. (ص۱۹۳)

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 درهرحال مقاومت موجود جوش نباید کمتر از ۲۵ درصد مقاومت موردنیاز اتصال باشد. (ص۱۹۳)

۱۰-۲-۹-۲ جوش‌ها

۱۰-۲-۹-۲-۱ جوش‌های شیاری

الف) سطح مقطع مؤثر: سطح مقطع مؤثر در جوش‌های شیاری عبارت است از حاصل‌ضرب 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 قطعهٔ نازک‌تر در اتصال لب به لب و ضخامت قطعهٔ 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 لبهٔ گرد (مثل شیار بین دو میلگرد) یا بین یک لبهٔ گرد و لبهٔ تخت (مثل میلگرد در مجاورت ورق) داده می‌شود، باید مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۸ در نظر گرفته شود. (ص۱۹۳)



شکل ۱۰-۲-۹-۸: ضخامت مؤثر جوش‌های شیاری لب گرد (ص۱۹۳)

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 قطعهٔ نازکتر تعیین می‌شود. در اتصال لب به لب قطعات، ضخامت جوش نباید از ضخامت نازک‌ترین قطعهٔ متصل شونده بزرگ‌تر باشد.(ص۱۹۴)

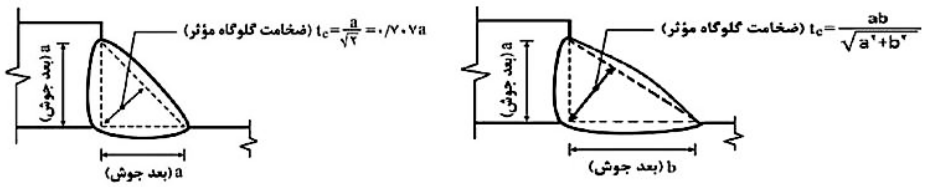
جدول ۱۰-۲-۹-۱: حداقل ضخامت مؤثر جوش شیاری با نفوذ نسبی با یک‌بار عبور (ص۱۹۴)

ضخامت قطعهٔ نازک‌تر	حداقل ضخامت مؤثر (با یک بار عبور)
تا 6 میلی‌متر	3 میلی‌متر
بیش از 6 تا 12 میلی‌متر	5 میلی‌متر
بیش از 12 تا 20 میلی‌متر	6 میلی‌متر
بیش از 20 تا 40 میلی‌متر	8 میلی‌متر

- درصورتی‌که نتوان ضخامت‌های حداقل فوق را با یک‌بار عبور تأمین نمود، باید از پیش‌گرمایش یا فرآیندهای کم هیدروژن استفاده کرد. (ص۱۹۴)
- برای قطعات با ضخامت بزرگتر از ۴۰ میلی‌متر، پیش‌گرمایش و دستورالعمل جوشکاری باید با مطالعهٔ خاص موردبررسی قرار گیرد. (ص۱۹۴)

۱۰-۲-۹-۲-۲ جوش‌های گوشه

الف) سطح مقطع مؤثر: سطح مقطع مؤثر در جوش‌های گوشه برابر با حاصل‌ضرب طول مؤثر در ضخامت گلوگاه مؤثر در نظر گرفته می‌شود. طول مؤثر جوش گوشه (به‌جز جوش‌های گوشه‌ای که در سوراخ و شکاف قرار می‌گیرد) برابر با طول کلی نوار جوش شامل قسمت‌های برگشت خورده (درصورتی‌که طول برگشت کوچکتر از چهار برابر بعد جوش نباشد) است. بعد جوش گوشهٔ برابر اندازه ساق مقطع جوش است. مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۹ ضخامت گلوگاه مؤثر (t_e) در جوش گوشه برابر کوتاه‌ترین فاصله بین ریشهٔ مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به‌حساب می‌آید. (ص۱۹۴)



شکل ۱۰-۲-۹-۹: بعد و ضخامت گلوگاه مؤثر جوش‌های گوشه (ص۱۹۴)

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 ۱۰-۲-۹-۲ کوچکتر انتخاب شود. حداقل بعد جوش با یک‌بار عبور تابع ضخامت قطعه نازکتر بوده و درهرحال نباید از ضخامت قطعهٔ نازکتر بیشتر باشد.

۲- حداکثر بعد جوش‌های گوشه در لبهٔ 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. (ص۱۹۵)

جدول ۱۰-۲-۹-۲: حداقل بعد جوش گوشه با یک بار عبور (ص۱۹۵)

ضخامت قطعه نازک‌تر	حداقل بعد جوش گوشه (با یک بار عبور)
تا 6 میلی‌متر	3 میلی‌متر
بیش از 6 تا 12 میلی‌متر	5 میلی‌متر
بیش از 12 تا 20 میلی‌متر	6 میلی‌متر
بیش از 20 میلی‌متر	8 میلی‌متر

- درصورتی‌که نتوان ضخامت‌های حداقل فوق را با یک بار عبور تأمین نمود، باید از پیش‌گرمایش یا فرآیندهای کم هیدروژن استفاده کرد. (ص۱۹۵)
- 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. (ص۱۹۵)

۳- طول مؤثر جوش‌های گوشهٔ محاسباتی نباید از ۴ برابر بعد جوش کوچک‌تر باشد. به‌عبارت‌دیگر، بعد جوش نباید از یک‌چهارم طول آن بزرگتر باشد. (ص۱۹۵)

۴- در اتصال انتهایی اعضای محوری، طول مؤثر هر خط جوشی که به‌صورت 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: (ص۱۹۵)

$$L_e = \beta L \qquad (۱۰-۹-۲-۱)$$

$$۰.۶ \le \beta = ۱.۲ - ۰.۰۰۲ (L/a) \le ۱.۰$$

در رابطهٔ ۱۰-۲-۹-۱: (ص۱۹۶)

L_e = طول مؤثر هر خط جوش

L = طول واقعی هر خط جوشی که در قسمت انتهایی اتصال به‌صورت طولی بارگذاری شده است.

a = بعد جوش گوشه

β = ضریب کاهش طول واقعی هر خط جوش

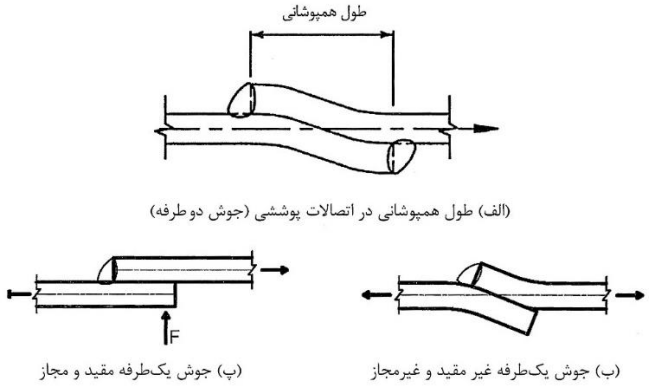
۵- استفاده از جوش‌های گوشهٔ منقطع برای انتقال نیروها در اتصال جان به بال تیرهای ساخته شده از ورق (تیرورق‌ها)، اتصال ورق‌های تقویتی بال، اتصال قطعات سخت‌کننده به جان تیرورق و برای اتصال اجزای اعضای ساخته شده از ورق مجاز است. طول مؤثر قطعات جوش منقطع نباید از ۴ برابر بعد جوش و از ۴۰ میلی‌متر کمتر باشد. فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع نباید از مقادیر زیر بیشتر شود: (ص۱۹۶)

- در قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی‌شوند ولی احتمال زنگ‌زدگی و خوردگی ندارند، ۲۴ برابر ضخامت نازک‌ترین ورق یا ۳۰۰ میلی‌متر (ص۱۹۶)
- در قطعات رنگ نشده که تحت اثر زنگ‌زدگی و خوردگی (حاصل از عوامل جوی) قرار گیرند، ۱۴ برابر ضخامت نازک‌ترین ورق یا ۱۸۰ میلی‌متر (ص۱۹۶)

۶- در اتصالات پوششی (روی‌هم) دو قطعه که تحت اثر تنش‌های محوری قرار دارند، اگر فقط از جوش گوشهٔ عرضی استفاده شده باشد، باید انتهای هر دو قطعه به یکدیگر جوش شود و مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۱۰- الف طول هم‌پوشانی دو قطعه نباید از ۵ برابر ضخامت قطعهٔ نازکتر و ۲۵ میلی‌متر کوچک‌تر باشد. (ص۱۹۶)

در وضعیتی که اتصال به اندازه کافی مقید شده باشد یا از طریق حداقل دو ردیف طولی جوش انگشتانه یا کام و یا دو یا چند خط جوش گوشهٔ طولی از تغییر شکل ناحیهٔ هم‌پوشانی و درنتیجه از باز شدن اتصال تحت اثر بار محوری جلوگیری شود، می‌توان مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۱۰-پ از جوش گوشهٔ عرضی فقط از یک طرف اتصال استفاده کرد و در این حالت نیازی به تأمین حداقل طول هم‌پوشانی نیست. (ص۱۹۶)

۷- استفاده از جوش گوشه در لبهٔ سوراخ و شکاف در اتصالات روی‌هم، به‌منظور انتقال برش یا جلوگیری از کمانش یا جدایی قسمت‌های متصل شونده مجاز است. جوش‌های گوشه در سوراخ‌ها و شکاف‌ها به‌عنوان جوش کام یا انگشتانه تلقی نمی‌شوند. (ص۱۹۷)



(الف) طول همپوشانی در اتصالات پوششی (جوش دوطرفه)

(پ) جوش یک‌طرفه مقید و مجاز

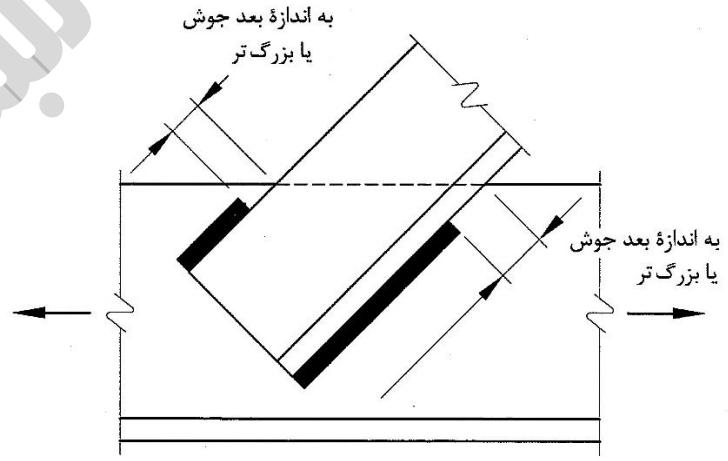
(ب) جوش یک‌طرفه غیر مقید و غیرمجاز

شکل ۱۰-۲-۹-۱۰: اتصال پوششی (روی‌هم) دو قطعه (ص۱۹۷)

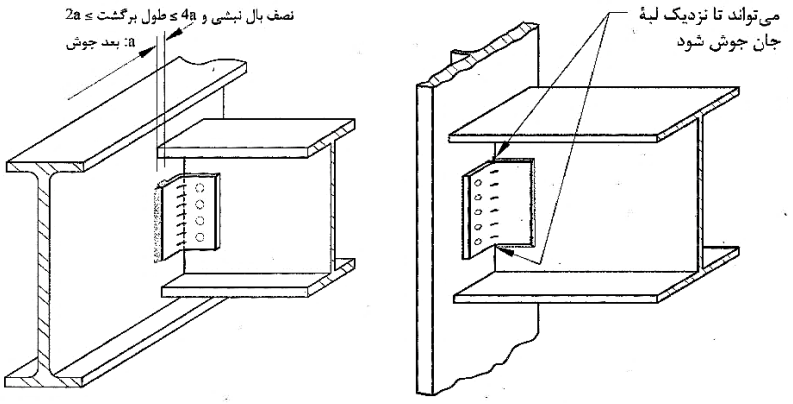
۸- جوش‌های گوشه می‌توانند به انتهای ناحیهٔ اتصال منتهی شده یا قبل از رسیدن به انتهای ناحیهٔ اتصال قطع شوند و یا حتی می‌توان آن‌ها را طوری جوش داد تا به شکل قوطی یا ناودانی در بیاید، مگر در مواردی به شرح زیر که محدودیتی برای آن‌ها وضع شده است:

مبحث ۱۰

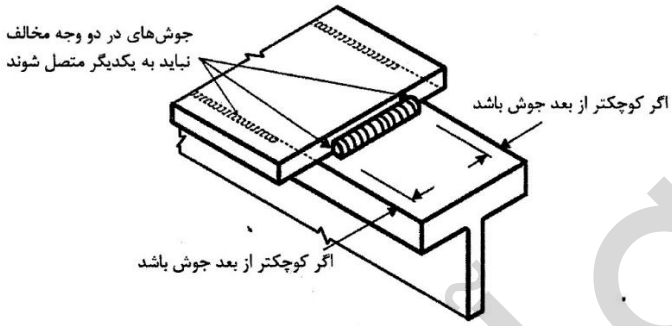
- در اتصالات پوششی (روی‌هم) که یکی از قطعه‌های اتصالی تا پشت لبهٔ قطعه اتصالی دیگر که تحت اثر تنش کششی قرار دارد امتداد یافته باشد، جوش گوشه باید در فاصله‌ای بیشتر یا مساوی با بعد جوش تمام شود (شکل ۱۰-۲-۹-۱۱). (ص۱۹۷)
- در اتصالات مفصلی با نیشی نشیمن طول برگشت جوش گوشه در قسمت فوقانی اتصال نبشی نباید از دو برابر بعد جوش گوشه کوچک‌تر باشد. (ص۱۹۷)
- 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 ۱۰-۲-۹-۱۲). (ص۱۹۸)
- ورق‌های سخت کنندهٔ عرضی باید به بال‌های تیر جوش شود. در مواردی که در اتصال، کنترل خستگی مدنظر باشد انتهای جوش گوشهٔ ورق‌های سخت‌کننده عرضی به جان تیرهای با ضخامت جان کوچکتر از ۲۰ میلی‌متر، باید حداقل چهار برابر و حداکثر شش برابر ضخامت جان از پنجهٔ جوش گوشهٔ جان به بال کششی بارگذاری نشده، فاصله داشته باشد. (ص۱۹۸)
- جوش‌های گوشه‌ای که در دو وجه مخالف یک صفحهٔ مشترک ایجاد می‌شوند، درصورتی‌که مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۱۳ فاصله انتهای جوش گوشهٔ عرضی تا لبهٔ قطعه، کوچکتر از بعد جوش باشد، باید در گوشهٔ مشترک بین دو نوار جوش قطع شوند. (ص۱۹۸)
- در اتصالات پوششی (اتصالات روی‌هم) 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 ۱۰-۲-۹-۱۴). همچنین لازم است شروع خط جوش به اندازهٔ حداقل بعد جوش از لبهٔ عضو، فاصله داشته باشد. (ص۱۹۸)



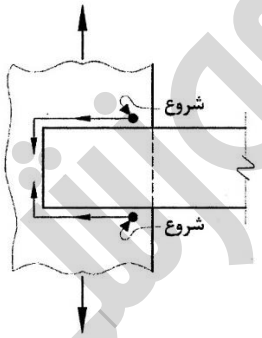
شکل ۱۰-۲-۹-۱۱: جوش گوشه در انتهای اعضای محوری (ص۱۹۸)



شکل ۱۰-۲-۹-۱۲: اتصالات مفصلی با نبشی جان (ص۱۹۹)



شکل ۱۰-۲-۹-۱۳: جوش‌های گوشه در دو وجه مخالف یک صفحهٔ مشترک (ص۱۹۹)



شکل ۱۰-۲-۹-۱۴: مسیر مناسب برای جلوگیری از زخم (ترک یا شیار) در لبه (ص۱۹۹)

۱۰-۲-۹-۲-۳ جوش‌های انگشتانه و کام

الف) سطح مقطع مؤثر: برای جوش انگشتانه و کام، سطح مقطع مؤثر در برش مساوی سطح مقطع اسمی سوراخ و شکاف در صفحه برش در نظر گرفته می‌شود. (ص۲۰۰)

ب) محدودیت‌ها

۱- استفاده از جوش انگشتانه و کام برای انتقال برش در اتصال‌های پوششی یا جلوگیری از کمانش در عناصر روی‌هم آمده در اعضای ساخته شده، مجاز است. (ص۲۰۰)

۲- قطر سوراخ در جوش انگشتانه نباید از ضخامت قطعه سوراخ شده به‌اضافه ۸ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین قطر مورد اشاره نباید از قطر حداقل به‌اضافه ۳ میلی‌متر یا ۲/۲۵ برابر ضخامت جوش بزرگتر شود. (ص۲۰۰)

۳- حداقل فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌های جوش‌های انگشتانه 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 به‌اضافه ۸ میلی‌متر کوچکتر و از ۲/۲۵ برابر ضخامت جوش بزرگتر باشد.

۶- انتهای شکاف یا باید نیم‌دایره‌ای یا خطی مستقیم باشد که گوشه‌های آن تبدیل به ربعی از دایره (با شعاعی بزرگتر از ضخامت قطعه حاوی شکاف) می‌شود؛ مگر اینکه انتهای شکاف به لبهٔ قطعه منتهی شده باشد. (ص۲۰۰)

۷- حداقل فاصله مرکز تا مرکز شکاف‌ها در امتداد عمود بر طول، چهار برابر پهنای شکاف حداقل فاصلهٔ مرکز تا مرکز شکاف‌ها در امتداد عمود بر طول، چهار برابر پهنای شکاف حداقل فاصلهٔ مرکز تا مرکز شکاف‌ها در امتداد طول دو برابر طول، شکاف است. (ص۲۰۰)

۸- ضخامت جوش انگشتانه 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. (ص۲۰۰)

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 R_n/Ω 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: (ص۲۰۱)

الف) براساس مصالح فلز پایه

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

ب) براساس مصالح فلز جوش

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

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

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

A_{BM} = سطح مقطع فلز پایه

A_{we} = 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، کلیهٔ تنش‌ها می‌تواند به‌صورت برشی بر روی سطح مقطع مؤثر جوش در نظر گرفته شود درصورتی‌که 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. (ص۲۰۱)

جدول ۱۰-۲-۹-۳: مقاومت موجود جوش‌ها** (ص۲۰۱)

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 لبهٔ 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 و 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	ϕ =0.75 Ω = 2.0	$F_{nBM}=F_u$ *
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	ϕ =0.8 Ω = 1.88	$F_{nw}=0.6F_{uc}$ *
	فشاری- ستون بر کف‌ستون و وصله‌های ستون مطابق بند۱۰-۲-۹-۱-۳-الف	طراحی ندارد		
	فشاری– در اعضای با سطوح در تماس با هم (به‌غیراز ستون‌ها و مطابق بند ۱۰-۲-۹-۱-۳-ب)	براساس فلز پایه	ϕ = 0.9 Ω = 1.67	$F_{nBM}=F_y$ *
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	ϕ =0.8 Ω = 1.88	$F_{nw}=0.6F_{ue}$
	فشاری– اتصالات اعضای بدون سطوح در تماس با هم	براساس فلز پایه	ϕ = 0.9 Ω = 1.67	$F_{nBM}=F_y$
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	ϕ =0.8 Ω = 1.88	$F_{nw}=0.9F_{ue}$
	کششی یا فشاری موازی با محور جوش	طراحی ندارد		
	برشی	براساس فلز پایه	مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴	
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	ϕ =0.75 Ω = 2.0	$F_{nw}=0.6F_{ue}$
جوش گوشه	برشی	براساس فلز پایه	مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴	مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	ϕ =0.75 Ω = 2.0	$F_{nw}=0.6F_{ue}$
	کششی یا فشاری، موازی با محور جوش	طراحی ندارد		
جوش انگشتانه و کام	برشی، موازی سطح برش شونده (روی مقطع مؤثر)	براساس فلز پایه	مطابق بند ۱۰-۲-۹-۴	
		براساس فلز جوش (الکترود مصرفی)	ϕ =0.75 Ω = 2.0	$F_{nw}=0.6F_{ue}$

۱۰-۲-۹-۲-۶ الکترود (فلز پرکنندهٔ) سازگار با فلز پایه

الکترود (فلز پرکنندهٔ جوش) سازگار با فلز پایه مطابق جدول زیر تعریف می‌شود:

جدول ۱۰-۲-۹-۴: الکترودهای سازگار با فلز پایه (ص۲۰۴)

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

فلز پرکنندهٔ جوش (نوع الکترود مصرفی) برای انواع مختلف جوش‌ها باید الزامات زیر را تأمین نماید: (ص۲۰۴)

۱- برای جوش‌های شیاری 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 پرکنندهٔ سازگار یا حداکثر یک رده بالاتر از فلز پرکنندهٔ سازگار استفاده شود. (ص۲۰۴)

۲- برای جوش‌های شیاری با نفوذ کامل در سایر وضعیت‌های بارگذاری و نیز برای جوش‌های شیاری با نفوذ نسبی استفاده از فلز پرکننده دارای مقاومتی حداکثر یک رده پایین‌تر از مقاومت فلز پرکنندهٔ سازگار مجاز است. (ص۲۰۴)

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

مبحث ۱۰

۱۰-۲-۹-۲-۷ فلز جوش مختلط

هرگاه طاقت نمونه زخم دار (آزمایش شارپی) به‌عنوان شرطی برای مصالح جوش تعیین شده باشد، مصالح و روش جوشکاری برای فلز تمام جوش‌ها اعم از خال‌جوش، 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. (ص۲۰۵)

۱۰-۲-۹-۳ پیچ‌ها و میله‌های دندانه شده

۱۰-۲-۹-۳-۱ انواع پیچ‌ها

ردهٔ 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 مهرهٔ سازگار مورد استفاده قرار گیرد. (ص۲۰۵)

اتصالات پیچی از لحاظ نحوهٔ اجرای پیچ‌ها (سفت کردن آن‌ها) و مقاومت موجود آن‌ها به شرح زیر به سه دستهٔ "اتکایی"، "پیش‌تنیده" و "لغزش بحرانی" تقسیم‌بندی می‌شوند: (ص۲۰۵)

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 تنهٔ پیچ (قلم پیچ) به جدارهٔ سوراخ انتقال می‌دهند و از مقاومت لغزشی موجود بین سطوح تماس اتصال صرف‌نظر می‌شود. (ص۲۰۵)

سفتی کامل نحوهٔ 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.

به‌جز مواردی که در بخش (ب) و (پ) همین بند و نیز در اتصالات اعضای فشاری ساخته شده مطابق بند ۱۰-۲-۴-۶-۲ 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. (ص۲۰۶)

ب) اتصالات پیش‌تنیده: اتصالات پیش‌تنیده اتصالاتی هستند که اولاً پیچ‌های آن از جنس فولاد پرمقاومت باشد و ثانیاً به لحاظ مشخصات هندسی قابلیت پیش تنیدگی 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 پیش تنیدگی 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: (ص۲۰۶)

- 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. (ص۲۰۶)
- در مواقعی که اتصال تحت اثر نیروهای رفت و برگشتی قابل‌ملاحظه قرار دارد.
- در مواقعی که اتصال تحت اثر بارهای خستگی‌آور بدون برگشت جهت بار قرار دارد.
- کلیهٔ پیچ‌ها در رده مقاومتی A۴۹۰ مطابق استاندارد ASTM و ۱۰/۹ 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. (ص۲۰۶)

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 جدارهٔ سوراخ اتکاء نمی‌یابد. با این وجود، مقاومت اتکایی و پارگی موجود باید مطابق بندهای ۱۰-۲-۹-۳-۷ و ۱۰-۲-۹-۳-۸ کنترل شود. مقاومت موجود این پیچ‌ها مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۵ و ۱۰-۲-۹-۳-۶ انجام می‌پذیرد. (ص۲۰۷)

استفاده از اتصالات لغزش بحرانی علاوه بر مواردی که در سایر بخش‌های این مبحث ذکر شده در شرایط زیر الزامی است: (ص۲۰۷)

- در کلیهٔ 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. (ص۲۰۷)
- در اتصال انتهای ورق‌های پوششی بال‌های تیر مطابق بند ۱۰-۲-۵-۱۳. (ص۲۰۷)

جدول ۱۰-۲-۹-۵: حداقل نیروی پیش تنیدگی (T_b) در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی(ص۲۰۷)

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

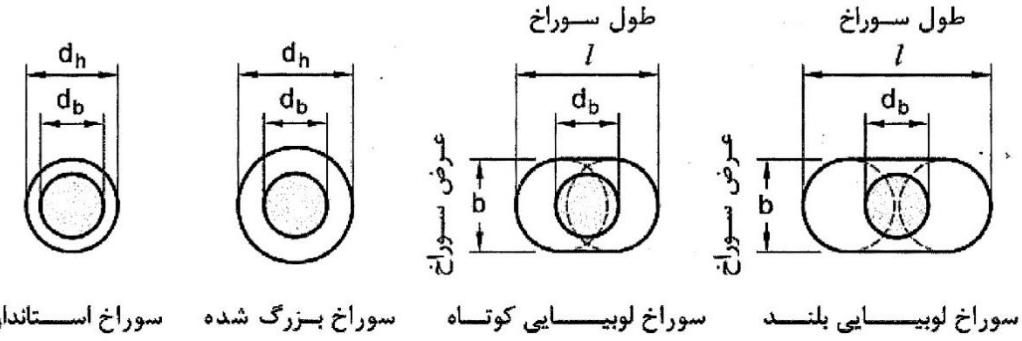
تبصره: در مواردی که قطر اسمی پیچ غیر از اعداد ذکر شده در جدول ۱۰-۲-۹-۵ باشد، حداقل نیروی پیش تنیدگی را می‌توان برابر $A_{nb}F_u$ ۰/۵۵ (که معادل $A_{eb}F_u$ ۰/۷ است)، در نظر گرفت، که در آن A_{nb} سطح مقطع اسمی پیچ، A_{eb} سطح مقطع پیچ در محل دندانه‌ها و F_u تنش کششی نهایی مصالح پیچ است. (ص۲۰۸)

۱۰-۲-۹-۳-۲ 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: (ص۲۰۸)

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 (ص۲۰۸)

ب) محدودیت ابعاد اسمی سوراخ‌ها و دامنهٔ کاربرد آن‌ها

۱- ابعاد حداکثر سوراخ پیچ‌ها باید مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۶ (ص۲۰۸)

جدول ۱۰-۲-۹-۶: ابعاد اسمی سوراخ پیچ برحسب میلی‌متر (ص۲۰۹)

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

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 پیش‌تنیده استفاده از آن‌ها زمانی مجاز است که امتداد طولی سوراخ عمود بر امتداد نیرو باشد. (ص۲۰۹)

۴- سوراخ لوبیایی بلند در تمام امتدادها در اتصالات لغزش بحرانی مجاز است اما در اتصالات اتکایی و پیش‌تنیده 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. (ص۲۰۹)

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. درصورتی‌که برای نصب سازه نیاز به تعبیهٔ سوراخ‌های با قطر بزرگتر از سوراخ‌های استاندارد باشد، در این صورت لازم است بر روی ورق کف ستون در محل سوراخ، از واشر تنظیم کنندهٔ اضافی با ابعادی بزرگتر از ابعاد سوراخ کف ستون و دارای سوراخ استاندارد که به نحو مناسبی به ورق کف ستون جوش می‌شود، 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. درهرحال قطر سوراخ‌های تعبیه شده در ورق کف ستون نباید از قطر سوراخ‌های بزرگ شده به اضافهٔ دو میلی‌تر بزرگ‌تر باشد. (ص۲۱۰)

۶- در صورت استفاده از پیچ‌هایی با قطر اسمی به غیر از آنچه در جدول ۱۰-۲-۹-۶ آمده است، ابعاد اسمی سوراخ‌های متناظر با آن‌ها از طریق درون‌یابی مقادیر مندرج در این جدول به دست می‌آید. (ص۲۱۰)

پ) حداقل فاصلهٔ سوراخ‌ها تا لبه

فاصلهٔ مرکز سوراخ‌های استاندارد تا لبهٔ قطعهٔ 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 ۱۰-۲-۹-۸، کوچک‌تر باشد. (ص۲۱۰)

جدول ۱۰-۲-۹-۷: حداقل فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در هر راستا (ص۲۱۰)

لبهٔ بریده‌شده با قیچی (گیوتین) (d_b = قطر اسمی پیچ)	لبهٔ نورد شدهٔ ورق- نیمرخ، تسمه و نیز لبه بریده‌شده با شعله اتوماتیک یا اره
$2d_b$	$1.5d_b$

جدول ۱۰-۲-۹-۸: مقادیر افزایش فاصلهٔ سوراخ تا لبه (C) (ص۲۱۰)

سوراخ بزرگ‌شده (mm)	سوراخ لوبیایی (mm)		
	عمود بر امتداد لبه		موازی با لبه
	لوبیایی کوتاه	لوبیایی بلند	
3 mm	5 mm	$0.75d_b$	0

ث) حداکثر فاصلهٔ مرکز سوراخ تا لبه

حداکثر فاصله مرکز سوراخ تا نزدیک‌ترین لبهٔ قطعه در هر راستا به شرح زیر است: (ص۲۱۱)

۱- 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.

۲- برای قطعات رنگ نشده‌ای که تحت اثر خوردگی ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله از مرکز هر سوراخ تا نزدیک‌ترین لبهٔ قطعه در هر راستا نباید از هشت برابر ضخامت نازک‌ترین قطعه و ۱۲۵ میلی‌متر بیشتر شود.(ص۲۱۱)

ج) حداکثر فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌ها در اتصالات پیچی

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

۱- در قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی‌شوند ولی احتمال زنگ‌زدگی و خوردگی ندارند، فاصله بین مرکز سوراخ‌ها نباید از ۲۴ برابر ضخامت نازک‌ترین قطعهٔ متصل شونده و ۳۰۰ میلی‌متر بیشتر شود. (ص۲۱۱)

۲- در قطعات رنگ نشده‌ای که تحت اثر خوردگی ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله بین مرکز سوراخ‌ها نباید از ۱۴ برابر ضخامت نازک‌ترین قطعهٔ متصل شونده و ۱۸۰ میلی‌متر بیشتر شود. (ص۲۱۱)

۱۰-۲-۹-۳-۳ مقاومت کششی و برشی موجود پیچ‌ها و میله‌های دندانه شده در اتصالات اتکایی و پیش‌تنیده

در تعیین مقاومت‌های موجود پیچ‌ها و میله‌های دندانه شده، سطح مقطع اسمی پیچ‌ها (خارج از ناحیهٔ دندانه شده)، و میله‌های دندانه شده (خارج از ناحیهٔ دندانه شده) ملاک است. همچنین در مواردی که میله‌های دندانه شده از میلگرد آجدار ساخته می‌شوند، در تعیین مقاومت‌های موجود آن‌ها، سطح مقطع ناحیه تراشکاری شده (خارج از ناحیه دندانه شده)، که عموماً کوچکتر از قطر زمینهٔ میلگرد است، ملاک محاسبه خواهد بود. (ص۲۱۱)

در اتصالات اتکایی و پیش‌تنیده، 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 دندانه شده باید براساس حالتهای حدی گسیختگی کششی و برشی از رابطهٔ زیر تعیین شود: (ص۲۱۲)

$$R_n = F_n A_b \qquad (۸-۹-۲-۱۰)$$

$\phi = ۰.۷۵$ (LRFD) و $\Omega = ۲.۰۰$ (ASD)

در روابط فوق: (ص۲۱۲)

A_b = سطح مقطع اسمی پیچ یا میلهٔ دندانه شده

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

جدول ۱۰-۲-۹-۹: تنش اسمی پیچ و میله‌های دندانه شده (ص۲۱۲)

نوع وسیله اتصال	تنش کششی اسمی [۱] (F_{nt})	تنش برشی اسمی (F_{nv}) در اتصالات اتکایی و پیش‌تنیده [۲]
پیچ‌های معمولی در حالتی که سطح برش در داخل یا خارج ناحیهٔ دندانه‌شده قرار دارد	$0.75F_u$ [۲]	$0.45F_u$ [۴]
پیچ‌های پرمقاومت در حالتی که سطح برش در داخل ناحیهٔ دندانه‌شده قرار دارد	$0.75F_u$	$0.45F_u$ [۴]
پیچ‌های پرمقاومت در حالتی که سطح برش خارج ناحیهٔ دندانه‌شده قرار دارد	$0.75F_u$	$0.55F_u$ [۴]
میلهٔ دندانه‌شده در حالتی که سطح برش در داخل ناحیهٔ دندانه‌شده قرار دارد	$0.75F_u$	$0.45F_u$
میلهٔ دندانه‌شده در حالتی که سطح برش خارج ناحیهٔ دندانه‌شده قرار دارد	$0.75F_u$	$0.55F_u$

یادداشت‌ها:

[۱] برای تنش کششی اسمی پیچ‌های پر مقاومت تحت اثر تنش کششی ناشی از خستگی به آئین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی رجوع شود. (ص۲۱۲)

[۲] درصورتی‌که در محل اتصال از ورق پرکننده استفاده شود، رعایت ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۵-ت الزامی است.

[۳] در پیچ‌های معمولی که طول گیرهٔ آن‌ها از پنج برابر قطرشان بیشتر است، مقادیر فوق باید به ازای هر ۲ میلی‌متر طول اضافی گیره، یک درصد کاهش داده شود. (ص۲۱۳)

[۴] در اتصالات انتهایی اعضای با بار محوری، وقتی‌که فاصله اولین و آخرین پیچ در امتداد نیرو از ۹۵۰ میلی‌متر تجاوز کند، این مقادیر را باید ۱۶/۷ درصد کاهش داد. (ص۲۱۳)

[۵] در جدول فوق F_u تنش کششی نهایی پیچ است.

تبصره: در اتصالات پیچی تحت اثر کشش خالص یا کشش ناشی از خمش، هنگامی‌که لبه قطعه پیچ شده به لبه قطعه دیگر اتکا می‌کند، در تعیین مقاومت موردنیاز پیچ‌ها باید آثار ناشی از عمل اهرمی نیز در نظر گرفته شود.(ص۲۱۳)

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: (ص۲۱۹)

الف) حالت حدی تسلیم برشی در مقطع کلی (ص۲۱۹)

$$R_n = ۰.۶\, F_y A_{gv} \qquad (۱۰-۹-۲-۱۹)$$

$\phi = ۱.۰۰$ (LRFD) و $\Omega = ۱.۵۰$ (ASD)

ب) حالت حدی گسیختگی برشی در مقطع خالص (ص۲۱۹)

$$R_n = ۰.۶\, F_u A_{nv} \qquad (۱۰-۹-۲-۲۰)$$

$\phi = ۰.۷۵$ (LRFD) و $\Omega = ۲.۰۰$ (ASD)

در روابط فوق: (ص۲۱۹)

A_{gv} = سطح مقطع کلی تحت اثر برش

A_{nv} = 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_u و F_y = به ترتیب تنش تسلیم مشخصه و تنش کششی نهایی مشخصه فولاد (ص۲۱۹)

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: (ص۲۲۱)

الف) درصورتی‌که $KL/r \le ۲۵$ باشد: (ص۲۲۱)

$$P_n = F_y A_g \qquad (۱۰-۹-۲-۲۲)$$

$\phi = ۰.۹$ (LRFD) و $\Omega = ۱.۶۷$ (ASD)

که در آن:

A_g = سطح مقطع کلی اجزای اتصال‌دهنده

F_y = تنش تسلیم مشخصه فولاد

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

L = طول مهار نشده اجزای اتصال‌دهنده 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. (ص۲۲۱)

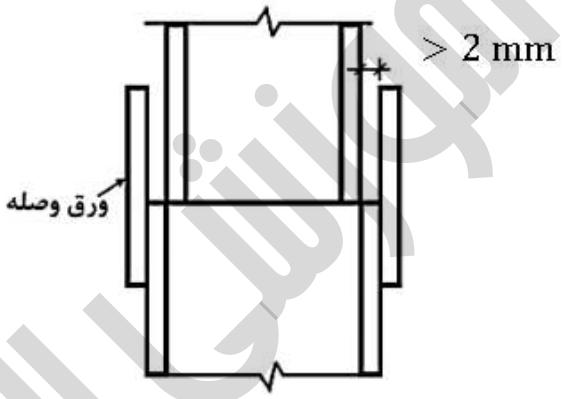
۱۰-۲-۹-۵ ورق‌های پرکننده

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

الف) در اتصالات جوشی، درصورتی‌که 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 اندازهٔ فاصله خالی افزایش یابد. (ص۲۲۲)

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. (ص۲۲۲)

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، جوش شوند. جوش ورق‌های پرکننده 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. (ص۲۲۲)



شکل ۱۰-۲-۹-۱۹: نیاز به ورق پرکننده در اتصالات جوشی (ص۲۲۳)

ت) در اتصالات پیچی اتکایی و پیش‌تنیده، درصورتی‌که ضخامت ورق‌های پرکننده مساوی یا کوچک‌تر از ۶ میلی‌متر باشد، هیچ‌گونه کاهشی بر روی مقاومت برشی موجود پیچ‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. در غیر این صورت، باید یکی از الزامات زیر به کار گرفته شود: (ص۲۲۳)

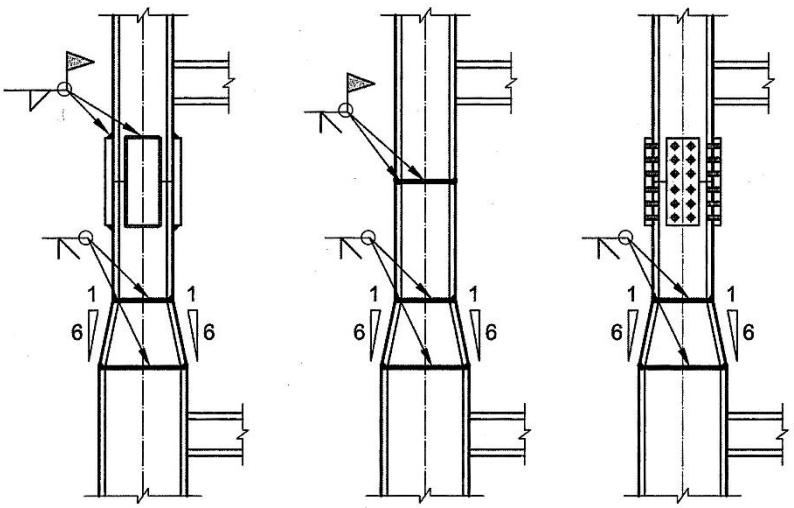
۱ - مقاومت برشی موجود پیچ‌ها با ضریب $۰.۸۵ \geq [(۶ - t)\ ۰.۰۱۵۴ - 1]$ کاهش داده شود، که در آن t ضخامت کل ورق‌های پرکننده به میلی‌متر است. (ص۲۲۳)

۲- لبه‌های ورق پرکننده به اندازهٔ 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. (ص۲۲۳)

۳- لبه‌های ورق‌های پرکننده از طریق جوش گوشه به قطعه با ابعاد کوچکتر وصله شونده متصل شود. درهرحال برای این جوش‌ها رعایت محدودیت‌های مربوط به بعد حداقل و حداکثر جوش گوشه الزامی است. (ص۲۲۳)

ث) در اتصالات پیچی لغزش بحرانی در صورت وجود ورق‌های پرکننده در محل وصله، علاوه بر الزامات بند ۱۰-۲-۹-۳-۵، رعایت ضابطهٔ اضافی دیگری الزامی نیست. (ص۲۲۳)

تبصره: درصورتی‌که ابعاد مقاطع وصله شونده اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای داشته و در محل وصله نیازمند تعبیهٔ ورق‌های پرکننده‌ای با ضخامت بزرگ باشند، در این صورت همانند شکل ۱۰-۲-۹-۲۰ توصیه می‌شود. ستون‌ها قبل از محل وصلهٔ کارگاهی، در کارخانه هم اندازه شده و از طریق جوش شیاری با نفوذ کامل به یکدیگر متصل شوند تا در هنگام نصب نیازی به تعبیه ورق‌های پرکننده نباشد. (ص۲۲۳)



شکل ۱۰-۲-۹-۲۰: جزئیات پیشنهادی وصلهٔ ستون‌ها در محل تغییر قابل ملاحظهٔ مقطع (ص۲۲۴)

۱۰-۲-۹-۶ وصله‌ها

وصله‌ها باید الزامات زیر را تأمین کنند:

۱- در صورت استفاده از وصلهٔ مستقیم با جوش شیاری، مقاومت موردنیاز وصله نباید کمتر از مقاومت موجود مقطع کوچکتر وصله شونده در نظر گرفته شود. (ص۲۲۴)

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. (ص۲۲۴)

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: (ص۲۲۴)

$\phi = ۰.۷۵$ (LRFD) و $\Omega = ۲.۰۰$ (ASD)

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

مقاومت اتکایی موجود برای مصالح مختلف تکیه‌گاهی در روش LRFD مساوی $\phi_c P_p$ و در روشASD مساوی P_p/Ω_c بوده که در آن ϕ_c (ضریب کاهش مقاومت)، Ω_c (ضریب اطمینان) و P_p (مقاومت اتکایی اسمی) براساس حالت حدی خردشدگی مصالح تکیه‌گاهی به شرح زیر تعیین می‌شوند: (ص۲۲۶)

$\phi = ۰.۶۵$ (LRFD) و $\Omega_c = ۲.۳۱$ (ASD)

الف) فشار مستقیم بر روی تکیه‌گاه مصالح بنایی یا سنگ آهکی یا ماسه‌سنگ متراکم و ماسه سیمان: (ص۲۲۶)

$$P_p = F_p A_p \qquad (۱۰-۲-۹-۲۶)$$

که در آن:

A_p = سطح اتکاء در تماس با تکیه‌گاه برحسب میلی‌متر مربع

F_p = تنش اتکایی اسمی و مساوی ۶ مگاپاسکال (ص۲۲۶)

ب) فشار مستقیم بر روی تکیه‌گاه مصالح بنایی با آجر فشاری و ملات ماسه سیمان: (ص۲۲۶)

$$P_p = F_p A_p \qquad (۱۰-۲-۹-۲۷)$$

که در آن: (ص۲۲۶)

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: (ص۲۲۶)

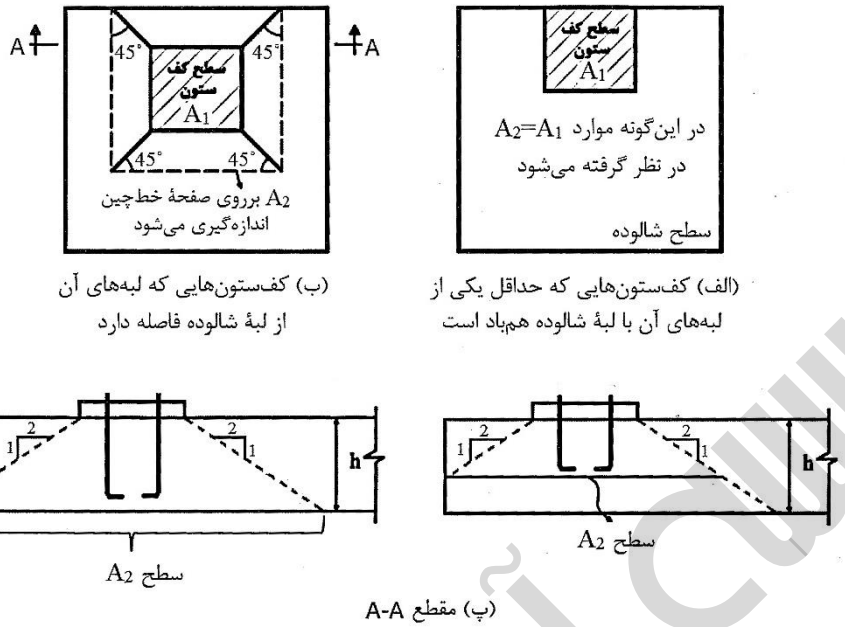
$$P_p = ۰.۸۵\, f'_c A_۱ \sqrt{\frac{A_۲}{A_۱}} \le ۱.۷ f'_c A_۱$$

که در آن: (ص۲۲۶)

f'_c = تنش فشاری مشخصهٔ نمونهٔ 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. (ص۲۲۶)



شکل ۱۰-۲-۹-۲۲: سطح اتکا در تماس با تکیه‌گاه بتنی (ص۲۲۷)

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 به‌صورت 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 به‌صورت لغزش بحرانی انجام پذیرد. (ص۲۲۷)

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. (ص۲۲۸)

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 $\emptyset R_n$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)

$$R_n = ۶.۲۵\ F_{yf}t_f^۲ \qquad (۱۰-۲-۹-۲۹)$$

$$\phi = ۰.۹\ (\text{LRFD}) \quad \text{و} \quad \Omega = ۱.۶۷\ (\text{ASD})$$

که در آن: (ص۲۲۹)

t_f = ضخامت بال تحت نیروی کششی

F_{yf} = تنش تسلیم مشخصهٔ بال

تبصره: درصورتی‌که نیروی متمرکز کششی در فاصله‌ای کمتر از t_f ۱۰ از انتهای عضو اثر نماید($e < ۱۰t_f$)، مقدار R_nحاصل از رابطهٔ ۱۰-۲-۹-۲۹ باید ۵۰ درصد کاهش یابد. (ص۲۲۹)

۱۰-۲-۹-۱۰-۲ 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 مولفهٔ 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_nو 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: (ص۲۳۰)

$\phi = ۱.۰۰$ (LRFD) و Ω=1.5 (ASD)

۱- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای بزرگتر از d از انتهای عضو وارد می‌شود: (ص۲۳۰)

$$R_n = F_{yw}t_w(۵k + l_b) \quad (۱۰-۹-۲-۳۰)$$

۲- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی یا کوچک‌تر از d از انتهای عضو وارد می‌شود: (ص۲۳۰)

$$R_n = F_{yw}t_w(۲.۵k + l_b) \quad (۱۰-۹-۲-۳۱)$$

در روابط فوق: (ص۲۳۰)

F_{yw} = تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد جان

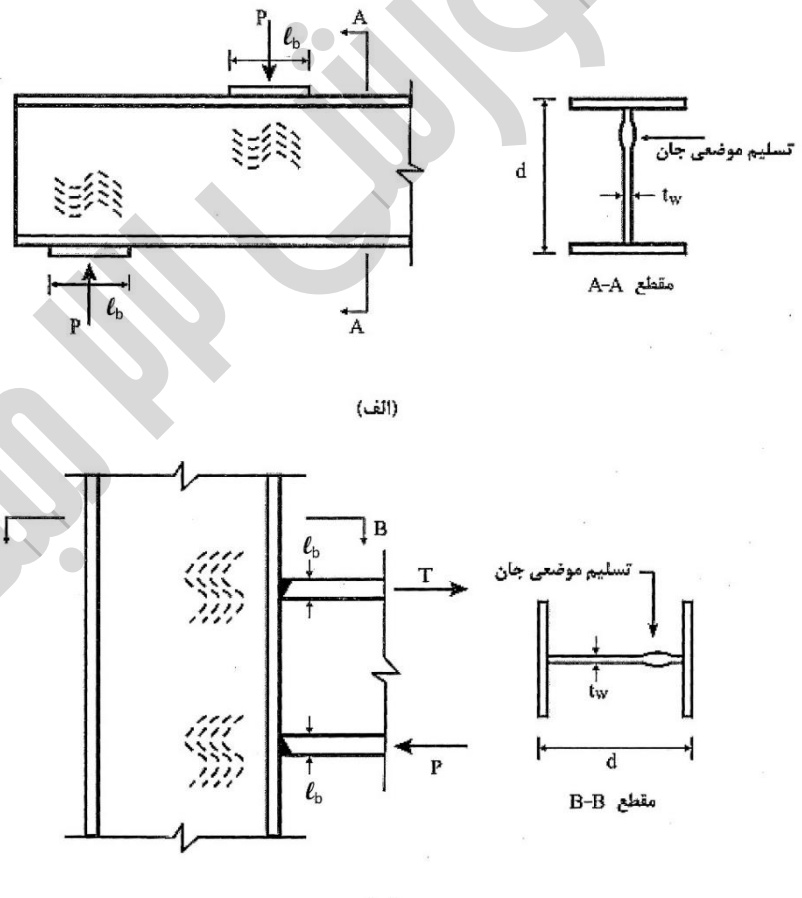
t_w = ضخامت جان

d = ارتفاع کلی مقطع تیر

K= فاصله از وجه بیرونی بال تا انتهای دو ماهیچهٔ 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. (ص۲۳۰)

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

درصورتی‌که نیروی متمرکز کششی یا فشاری از مقاومت موجود تسلیم موضعی جان بیشتر باشد تعبیهٔ یک جفت سخت کنندهٔ عرضی مطابق با الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۸ ضروری است. (ص۲۳۰)



شکل ۱۰-۲-۹-۲۴: تسلیم موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز کششی و فشاری (ص۲۳۱)

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

الزامات این بند برای نیروی متمرکز فشاری تکی و مؤلفهٔ فشاری زوج نیروی ناشی از لنگر خمشی کاربرد دارد (شکل ۱۰-۲-۹-۲۵). (ص۲۳۱)

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: (ص۲۳۲)

$\phi = ۰.۷۵$ (LRFD) و $\Omega = ۲.۰۰$ (ASD)

۱- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای مساوی یا بزرگتر از d/۲ از انتهای عضو وارد می‌شد.

$$R_n = ۰.۸۰\, t_w^۲ \left[۱+۳\left(\frac{l_b}{d}\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{۱.۵}\right]\sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \qquad (۱۰-۲-۹-۳۲)$$

۲- در حالتی که بار متمرکز، در فاصله‌ای کوچکتر از d/۲ از انتهای عضو وارد می‌شود: (ص۲۳۲)

- درصورتی‌که $l_b/d \le ۰.۲$ باشد:

$$R_n = ۰.۴۰\, t_w^۲ \left[۱+۳\left(\frac{l_b}{d}\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{۱.۵}\right]\sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \qquad (۱۰-۲-۹-۳۳)$$

- درصورتی‌که $l_b/d \ge ۰.۲$ باشد: (ص۲۳۲)

$$R_n = ۰.۴۰\, t_w^۲ \left[۱+\left(\frac{۴l_b}{d}-۰.۲\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{۱.۵}\right]\sqrt{\frac{EF_{yw}t_f}{t_w}} \qquad (۱۰-۲-۹-۳۴)$$

در روابط فوق: (ص۲۳۲)

d = ارتفاع کلی مقطع

t_w = ضخامت جان

t_f = ضخامت بال تحت بار

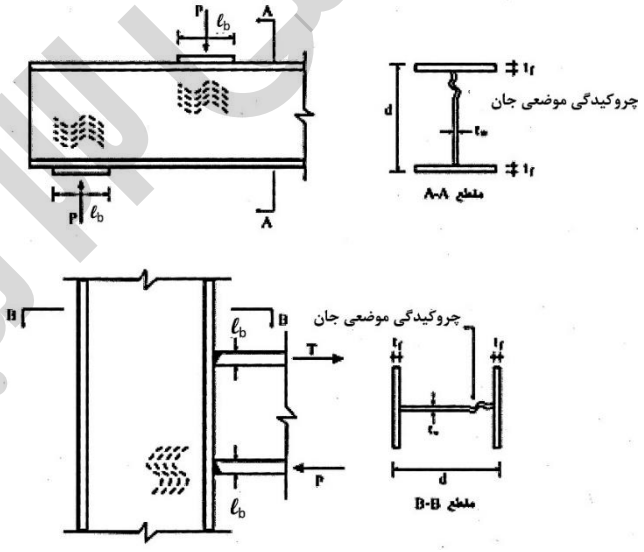
l_b = طول اتکایی بار متمرکز (برای عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی مقدار l_b نباید کمتر از k در نظر گرفته شود).

k = فاصله از وجه بیرونی بال تا انتهای دو ماهیچهٔ 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. (ص۲۳۲)

F_{yw} = تنش تسلیم مشخصه فولاد جان

E = مدول الاستیسیتهٔ فولاد

درصورتی‌که نیروی متمرکز فشاری از مقاومت موجود چروکیدگی موضعی جان بیشتر باشد، تعبیهٔ یک جفت سخت کنندهٔ عرضی مطابق با الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۸ ضروری است. (ص۲۳۲)



شکل ۱۰-۲-۹-۲۵: چروکیدگی موضعی جان در مقابل نیروی متمرکز فشاری (ص۲۳۳)

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

الزامات این بند مربوط به حالتی است که مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۶ 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. (ص۲۳۳)

مقاومت موجود جان در برابر کمانش 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 کمانش جانبی ناشی از نیروی متمرکز فشاری) به شرح زیر تعیین می‌شوند:

$\phi = ۰.۸۵$ (LRFD) و $\Omega = ۱.۷۶$ (ASD)

الف) اگر مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۶-الف بال فشاری (بال بارگذاری شده) در مقابل دوران زاویه‌ای نگهداری شده باشد:(ص۲۳۳)

۱- درصورتی‌که $(h/t_w)/(L_b/b_f) > ۲.۳$باشد، لزومی به کنترل کمانش جانبی جان نیست. (ص۲۳۴)

۲- درصورتی‌که $(h/t_w)/(L_b/b_f) \le ۲.۳$ باشد: (ص ۲۳۴)

(۱۰-۲-۹-۳۵)

$$R_n = \frac{C_r t_w^۳ t_f}{h^۲}\left[۱+۰.۴\left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f}\right)^۳\right]$$

درصورتی‌که نیروی متمرکز فشاری از مقاومت موجود جان در برابر کمانش جانبی بیشتر باشد، باید بال کششی را مهار نمود. به جای مهار بال کششی می‌توان در زیر بار متمرکز فشاری از یک جفت سخت کنندهٔ عرضی مطابق بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۸ یا از ورق تقویتی جان (ورق مضاعف) مطابق بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۹ استفاده نمود. (ص۲۳۴)

ب) اگر مطابق شکل ۱۰-۲-۹-۲۶- ب بال فشاری (بال بارگذاری شده) در مقابل دوران زاویه‌ای نگهداری نشده باشد: (ص۲۳۴)

۱- درصورتی‌که $(h/t_w)/(L_b/b_f) > ۱.۷$باشد، لزومی به کنترل کمانش جانبی جان نیست.

۲- درصورتی‌که $(h/t_w)/(L_b/b_f) \le ۱.۷$ باشد: (ص ۲۳۴)

(۱۰-۲-۹-۳۵)

$$R_n = \frac{C_r t_w^۳ t_f}{h^۲}\left[۰.۴\left(\frac{h/t_w}{L_b/b_f}\right)^۳\right]$$

مبحث ۱۰

درصورتی‌که نیروی متمرکز فشاری از مقاومت موجود جان در برابر کمانش جانبی بیشتر باشد، تعبیهٔ یک جفت سخت کنندهٔ عرضی مطابق با الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۸ ضروری است. (ص۲۳۴)

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 محدودهٔ اعمال بار متمرکز.

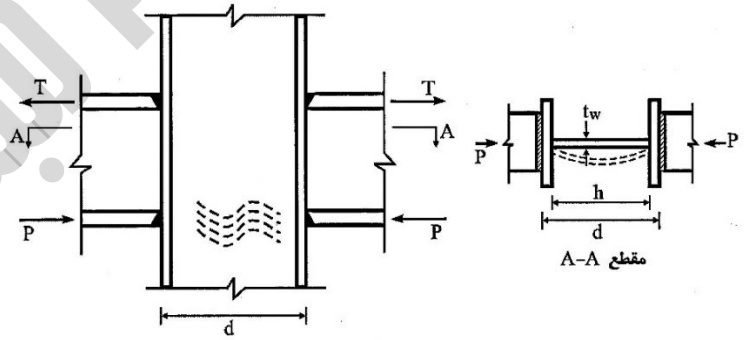
h = ارتفاع آزاد جان (فاصله بین انتهای دو ماهیچهٔ جان و بال در روی جان در مقاطع نورد شده و فاصلهٔ بین دو بال در مقاطع ساخته شده از ورق) (ص۲۳۴)

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 $M_a < ۱/۵\, M_y$ در روش ASD باشد: (ص۲۳۴)

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

الزامات این بند مربوط به حالتی است که مطابق شکل۱۰-۲-۹-۲۷ 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.(ص۲۳۵)

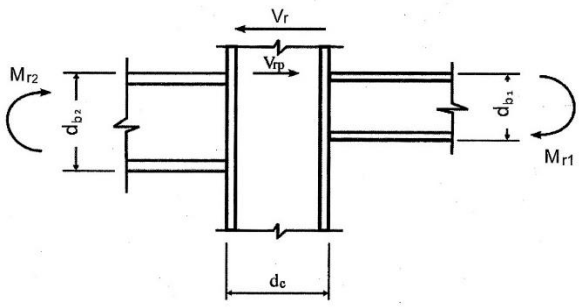


شکل ۱۰-۲-۹-۲۷: کمانش فشاری جان در مقابل یک جفت نیروی متمرکز فشاری (ص۲۳۶)

تبصره: درصورتی‌که جفت نیروی متمرکز فشاری در فاصله‌ای کمتر از $d/۲$ از انتهای عضو اثر نماید، مقدار R_n حاصل از رابطهٔ ۱۰-۲-۹-۳۹ باید ۵۰ درصد کاهش یابد. (ص۲۳۶)

۱۰-۲-۹-۱۰-۶ برش در چشمهٔ 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. (ص۲۳۷)



شکل ۱۰-۲-۹-۲۸: برش در چشمهٔ اتصال (ص۲۳۷)

مقاومت برشی موجود چشمهٔ 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 چشمهٔ اتصال) بر اساس حالت حدی تسلیم برشی به شرح زیر تعیین می‌شوند: (ص۲۳۷)

$\phi = ۰.۹۰$ (LRFD) و $\Omega = ۱.۶۷$ (ASD)

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

۱- برای حالتی که $\alpha P_r \le ۰.۴\ P_y$ باشد:

$$R_n = ۰.۶\ F_y d_c t_w \qquad (۴۰\text{-}۹\text{-}۲\text{-}۱۰)$$

۲- برای حالتی که $\alpha P_r > ۰.۴\ P_y$ باشد: (ص ۲۳۷)

$$R_n = ۰.۶\ F_y d_c t_w \left(۱.۴ - \frac{\alpha P_r}{P_y}\right) \qquad (۴۱\text{-}۹\text{-}۲\text{-}۱۰)$$

ب) در حالتی که آثار تغییرشکل غیرالاستیک چشمهٔ اتصال در تحلیل سازه منظور شود: (ص۲۳۸)

۱- برای حالتی که $\alpha P_r \le ۰.۷۵\ P_y$ باشد:

$$R_n = ۰.۶\ F_y d_c t_w \left(۱+\frac{۳b_{cf}t_{cf}^۲}{d_b d_c t_w}\right) \qquad (۴۲\text{-}۹\text{-}۲\text{-}۱۰)$$

۲- برای حالتی که $\alpha P_r > ۰.۷۵\ P_y$ باشد: (ص۲۳۸)

$$R_n = ۰.۶\ F_y d_c t_w \left(۱+\frac{۳b_{cf}t_{cf}^۲}{d_b d_c t_w}\right)\left(۱.۹-\frac{۱.۲\ \alpha P_r}{P_y}\right) \qquad (۴۳\text{-}۹\text{-}۲\text{-}۱۰)$$

در روابط فوق: (ص۲۳۸)

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 مشخصهٔ فولاد (ص۲۳۸)

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. (ص۲۳۸)

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 رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود: (ص۲۳۸)

$$V_{rp} = \frac{M_{r1}}{d_{b1}} + \frac{M_{r2}}{d_{b2}} - V_r \qquad (۴۴\text{-}۹\text{-}۲\text{-}۱۰)$$

$d_{b۱}$ و $d_{b۲}$ = به ترتیب ارتفاع‌های کل مقاطع تیرهای سمت چپ و راست چشمهٔ اتصال (ص۲۳۸)

$M_{r۱}$ و $M_{r۲}$ = به ترتیب لنگرهای خمشی انتهایی تیرهای سمت چپ و راست چشمهٔ اتصال با رعایت جهت لنگرهای وارده ناشی از ترکیبات مختلف بارگذاری متناظر با روش طراحی که در روش LRFD با $M_{u۱}$ و $M_{u۲}$ و در روش ASD با $M_{a۱}$ و $M_{a۲}$ نشان داده می‌شوند. (ص۲۳۹)

V_r = نیروی برشی ستون در بالای چشمهٔ 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. (ص۲۳۹)

درصورتی‌که مقاومت برشی موردنیاز چشمهٔ اتصال از مقاومت برشی موجود آن بیشتر باشد، در چشمهٔ اتصال، تعبیه ورق تقویتی جان (ورق مضاعف) یا تعبیه یک جفت سخت کنندهٔ قطری دارای مقاومت موجود کافی حداقل برابر با اختلاف مقاومت موردنیاز و مقاومت موجود چشمهٔ اتصال الزامی است. ورق‌های مضاعف باید الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۹ را تأمین نمایند. (ص۲۳۹)

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 سخت کنندهٔ قطری نباشد. (ص۲۳۹)

تبصره ۲: در کنترل برش در چشمهٔ اتصال ستون‌های با مقطع صلیبی، مقاومت برشی موجود چشمهٔ 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 واردهٔ مقطع نیز استفاده کرد. (ص۲۳۹)

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

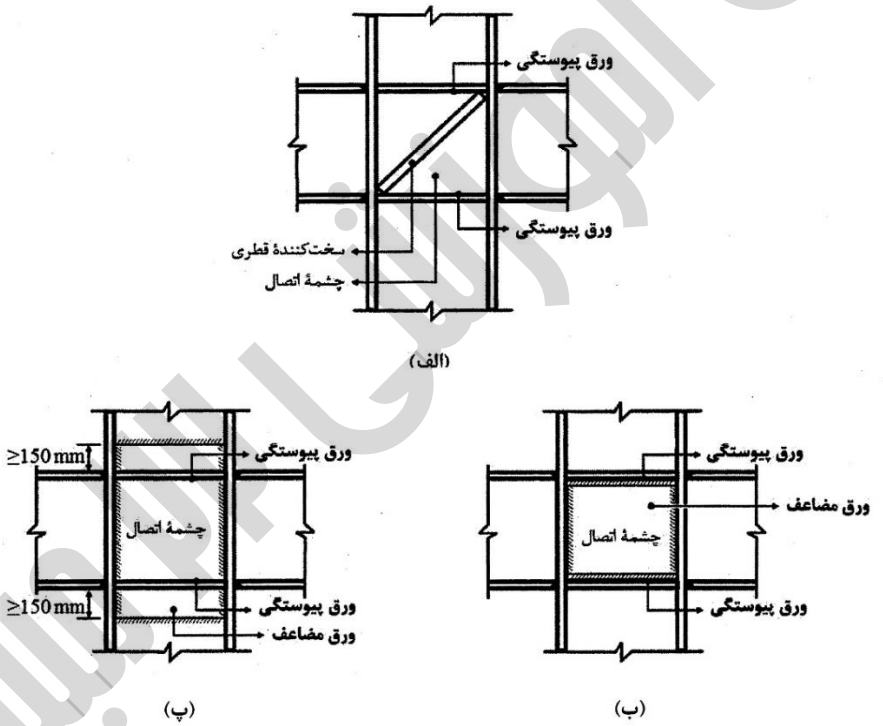
در انتهای تیرها و شاه‌تیرهایی که در مقابل دوران حول محور طولی نگهداری نشده‌اند، باید یک جفت سخت کنندهٔ عرضی که در تمام ارتفاع جان ادامه دارد، مطابق ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۸ تعبیه گردد. (ص۲۳۹)

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 ۱۰-۲-۹-۴-۱) 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. (ص۲۴۰)

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. (ص۲۴۰)

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. (ص۲۴۱)

ث) ورق‌های سخت کنندهٔ عرضی باید تمام عمق باشند. به‌عبارت‌دیگر، ارتفاع ورق سخت‌کننده‌های عرضی باید مساوی ارتفاع آزاد جان (فاصله بین دو بال) باشد. (ص۲۴۱)



شکل (۱۰-۲-۹-۲۹) سخت‌کننده‌های قطری و ورق‌های مضاعف در چشمهٔ اتصال ستون‌های با مقطع H شکل(ص۲۴۲)

۱۰-۲-۱۰ الزامات حالت های حدی بهره برداری

۱۰-۲-۱۰-۱ ملاحظات پیش خیز

پیش خیز معمولاً در تیرها و خرپاهای افقی با دهانهٔ 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، پیش خیز معینی لازم باشد، تا اعضا پس از بارگذاری به شکل مقرری درآیند، باید اندازه، جهت و موقعیت پیش خیز در مدارک فنی و در نقشه‌های اجرائی به‌روشنی مشخص شود. (ص۲۴۳)

طراح باید بر اساس مشخصات فنی عمومی از روش‌های اجرای پیش خیز و محدودیت‌های آن آگاهی داشته یا در نقشه‌های اجرائی و مشخصات فنی خصوصی، روش مناسب اجرای آن را مشخص نماید. (ص۲۴۴)

۱۰-۲-۱۰-۲ تغییرشکل‌های قائم

در تیرهایی که کف‌ها و سقف‌های ساختمانی را تحمل می‌کنند، باید تغییرشکل‌های قائم کنترل شوند. تغییرشکل‌های قائم اعضای سازه‌ای تحت اثر ترکیبات مختلف بارگذاری نظیر حالت‌های حدی بهره‌برداری، باید به‌اندازه‌ای باشند که قابلیت بهره‌برداری مناسب سازه حفظ شود. این تغییر شکل‌ها عموماً از دو عامل زیر ناشی می‌شوند: (ص۲۴۴)

- 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 بتن‌ریزی دال از پایه‌های موقت استفاده شده باشد، باید طوری محاسبه و طراحی شوند که تغییر شکل حداکثر ناشی از مجموع بار مرده و زنده از $\frac{۱}{۲۴۰}$ طول دهانه و تغییرشکل حداکثر ناشی از بار زنده به تنهایی از $\frac{۱}{۳۶۰}$ طول دهانه بیشتر نشود. طراح باید همواره حفظ انسجام اجزای غیر سازه‌ای را مدنظر داشته باشد. (ص۲۴۴)

در تیرهای مختلط که در هنگام بتن‌ریزی دال از پایه‌های موقت استفاده نشده باشد، کنترل تغییرشکل‌های قائم این نوع تیرها باید شامل مراحل زیر باشد: (ص۲۴۴)

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

۲- تغییر شکل قائم ناشی از بارهای مرده‌ای که بعد از گرفتن دال بتنی وارد می‌شوند، نظیر وزن کف سازی تیغه‌ها و موارد مشابه براساس مقطع مختلط محاسبه می‌شود. (ص۲۴۴)

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

۴- تغییر شکل محاسبه شده در مرحلهٔ ۱ نباید از $\frac{۱}{۳۶۰}$ طول دهانه بیشتر باشد.

۵- مجموع تغییرشکل‌های محاسبه شده در مراحل ۱، ۲ و ۳ نباید از $\frac{۱}{۲۴۰}$ طول دهانه بیشتر باشد. (ص۲۴۴)

۶- تغییرشکل محاسبه شده در مرحله ۳ نباید از $\frac{۱}{۳۶۰}$ طول دهانه بیشتر باشد. (ص۲۴۴)

تبصره ۱: در محاسبه و کنترل تغییر شکل قائم، در صورت لزوم تغییرشکل‌های اضافی ناشی از خزش و جمع شدگی بتن نیز باید در نظر گرفته شود. (ص۲۴۵)

تبصره ۲: در تیرهای طره‌ای مقدار حداکثر تغییرشکل‌های قائم مجاز برحسب طول دهانه، می‌تواند به دو برابر افزایش داده شود. (ص۲۴۵)

۱۰-۲-۱۰-۴ ارتعاش (لرزش)

کف‌ها و تیرهایی که سطوح خالی از تیغه بندی‌های ممتد تا سقف (یا خالی از عناصر دیگری که خاصیت میرا کنندگی ارتعاش را دارند) را تحمل می‌کنند، باید با توجه خاص به لرزش و ارتعاش حاصل از بارهای جنبشی (نظیر بارهای ناشی از حرکت افراد، کارکرد ماشین‌آلات، حرکت و توقف آسانسورها و نظایر آن‌ها) طراحی شوند. بدین منظور فرکانس نوسانی کف‌ها (تیرچه‌ها، دال‌ها و تیرها) باید به‌اندازه‌ای باشد که حداقل حساسیت افراد در برابر ارتعاش قائم را ارضا نماید. (ص۲۴۵)

حداقل فرکانس نوسانی (دوره‌ای) کف‌ها برای کاربری‌های مختلف نباید از مقادیر مشخص شده در جدول ۱۰-۲-۱۰-۱ کمتر باشد. (ص۲۴۵)

جدول ۱۰-۲-۱۰-۱: حداقل فرکانس نوسانی (دوره‌ای) کف‌ها (ص۲۴۶)

نوع کاربری	حداقل فرکانس نوسانی کف‌ها (f)
ساختمان‌های مسکونی و اداری	$f \geq 5$ Hz
ساختمان‌های تجاری- فروشگاه‌ها	$f \geq 4$ Hz
سالن‌های اجتماعات با صندلی‌های ثابت	$f \geq 4$ Hz
سالن‌های اجتماعات بدون صندلی‌های ثابت	$f \geq 8.5$ Hz
تعمیرگاه‌ها، سالن‌های ژیمناستیک و ورزشی	$f \geq 9.5$ Hz
پارکینگ‌ها	$f \geq 4$ Hz

برای محاسبهٔ فرکانس نوسانی (f) می‌توان، از رابطهٔ ۱۰-۲-۱۰-۱ استفاده نمود:

$$f = ۰.۱۸ \sqrt{\frac{g}{\Delta_{is}}} \qquad (۱۰-۱۰-۲-۱۰)$$

که در آن: (ص۲۴۶)

f = فرکانس نوسانی ارتعاش برحسب هرتز

Δ_{is} = تغییر مکان نسبی قائم حداکثر کف برحسب میلی‌متر تحت اثر بار مرده و بخشی از بار زنده که دائمی فرض می‌شود. (ص۲۴۶)

g = شتاب ثقل برابر $۹۸۱۰\ mm/s^۲$ (ص۲۴۶)

تبصره ۱: درصورتی‌که به مطالعات جامع‌تر برای ارتعاش کف‌ها نیاز باشد، می‌توان از مدل‌سازی دینامیکی یا مراجع معتبر دیگر به جای رابطهٔ ۱۰-۲-۱۰-۱ و جدول ۱۰-۲-۱۰-۱ استفاده نمود. (ص۲۴۶)

تبصره ۲ : در محاسبات دقیق‌تر، شتاب لرزش کف را می‌توان به روش‌های دینامیکی تعیین و آن را با شتاب‌های معیار آسایش انسان بر مبنای کاربری کف که در استاندارد ISO ۱۰۱۳۷ معرفی شده‌اند، مقایسه نمود. (ص ۲۴۶)

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

برای تأمین شرایط بهره‌برداری مناسب، در محاسبه و طراحی سازه باید آثار تغییرات دما به نحو مناسبی مورد توجه قرار گیرد. خرابی پوشش‌های نمای ساختمان می‌تواند عامل نفوذ آب شده و منجر به زنگ‌زدگی شود. در محاسبات تغییرشکل‌های دمائی، ضریب انبساط و انقباض حرارتی فولاد برابر ۱۲×۱۰^{-۶} به ازای هر درجهٔ سلسیوس در نظر گرفته می‌شود. خزش و جمع شدگی در اجزای بتنی و تسلیم موضعی در اجزای فولادی، در عناصر سازه‌ای می‌تواند آثاری مشابه وقوع ترک‌خوردگی و باز شدن درزها داشته باشد. با جانمایی مناسب درزهای حرکتی و طراحی مناسب برای هر درز، می‌توان شرایط مناسب بهره‌برداری را فراهم کرد. (ص۲۴۷)

۱۰-۳ الزامات طراحی لرزه‌ای (ص۲۴۹)

۱۰-۳-۲ الزامات لرزه‌ای عمومی

۱۰-۳-۲-۱ الزامات لرزه‌ای مصالح

۱۰-۳-۲-۱-۱ فولاد سازه‌ای

فولاد مورد استفاده در سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای، علاوه بر رعایت ضوابط بخش ۱۰-۱-۴، رعایت ضوابط لرزه‌ای این بند نیز ضروری است. تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد در اعضایی که در آن‌ها انتظار رفتار فرا ارتجاعی محدود یا قابل‌ملاحظه 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 کشش نهایی فولاد نباید از ۰/۸ بزرگ‌تر باشد.

تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد در اعضایی که در آن‌ها انتظار رفتار فرا ارتجاعی حداقل می‌رود و جزئی از سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای معمولی هستند، نباید از ۴۶۰ مگاپاسکال بیشتر باشد. در این نوع سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی فولاد نباید از ۰/۸۵ بزرگ‌تر باشد. (ص۲۵۱)

تبصره ۱: تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد برای ستون‌ها سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی خرپایی ویژه، قاب‌های خمشی مختلط ویژه، قاب‌های مهاربندی شدهٔ همگرای مختلط ویژه و قاب‌های مهاربندی شدهٔ واگرای مختلط و نیز ستون‌های کلیهٔ قاب‌های مهاربندی شدهٔ فولادی و دیوارهای برشی فولادی (موضوع بخش ۱۰-۳-۴) می‌تواند از ۳۵۵ مگاپاسکال بزرگ‌تر باشد؛ اما درهرحال نباید از ۴۶۰ مگاپاسکال تجاوز نماید. (ص۲۵۱)

تبصره ۲: برای فولادهای ساختمانی بهبود یافته برای شرایط لرزه‌ای معرفی شده در جدول ۱۰-۱-۲ بخش ۱۰-۱-۴، محدودیت حداکثر نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی باید مطابق یادداشت‌های موجود در زیر جدول مورد اشاره در نظر گرفته شود. (ص۲۵۲)

۱۰-۳-۲-۱-۴ تنش مورد انتظار مصالح

الف) تنش تسلیم مورد انتظار فولاد: تنش تسلیم مورد انتظار فولاد برابر R_yF_y بوده که در آن F_y تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد و R_y برابر نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد است که برای انواع تولیدات فولاد متفاوت بوده و به عوامل متعددی نظیر شکل مقاطع، افزودنی‌های به‌کاررفته در طی روند تولید فولاد در کارخانه‌ها بستگی دارد و مقدار آن باید مطابق جدول ۱۰-۳-۲-۱ در نظر گرفته شود. (ص ۲۵۲)

ب) تنش کششی نهایی مورد انتظار فولاد: تنش کششی نهایی مورد انتظار فولاد برابر R_tF_u بوده که در آن F_u تنش کششی نهایی مشخصهٔ فولاد و R_t برابر نسبت تنش کششی نهایی مورد انتظار به تنش کششی نهایی مشخصهٔ فولاد است و مقدار آن باید مطابق جدول ۱۰-۳-۲-۱ در نظر گرفته شود. (ص ۲۵۲)

پ) تنش فشاری مورد انتظار بتن: تنش فشاری مورد انتظار بتن برابر $R_cf'_c$ بوده که در آن f'_c تنش فشاری مشخصهٔ نمونهٔ استوانه‌ای بتن و R_c برابر نسبت تنش فشاری مورد انتظار به تنش فشاری مشخصهٔ بتن است و مقدار آن باید مطابق جدول ۱۰-۳-۲-۱ در نظر گرفته شود. (ص ۲۵۳)

جدول ۱۰-۳-۲-۱: مقادیر R_y و R_t فولاد و R_c بتن (ص۲۵۳)

مقادیر R_y و R_t فولاد		
نوع مصالح	R_y	R_t
مقاطع لوله‌ای و قوطی‌شکل نوردشده	1.25	1.1
سایر مقاطع نوردشده I شکل و H شکل و ناودانی و سپری و نبشی	1.2	1.1
مقاطع ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها	1.15	1.1
میلگردها	1.2	1.2
مقادیر R_c بتن		
تنش فشاری مشخصهٔ بتن	R_c	
$f'_c \le 50$ MPa	1.4	
$f'_c > 50$ MPa	1.2	

۱۰-۳-۲-۱-۵ مقاطع سنگین

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

در اعضای سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، در سایر مقاطع، فولاد سازه‌ای به‌کاررفته 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 نمونهٔ شیار داده شدهٔ شارپی ۲۷ ژول در دمای ۲۰ درجه سلسیوس باشد: (ص۲۵۴)

۱- اعضای ساخته شده از ورق

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

۳- هستهٔ فولادی مهاربندهای کمانش تاب

۱۰-۳-۲-۱-۶ مصالح جوش

الف) جوش به‌کاررفته در سیستم‌های باربر لرزه‌ای (ص۲۵۴)

جدول ۱۰-۳-۲-۲: مشخصات فلز پر کنندهٔ جوش به‌کاررفته در سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای (ص۲۵۵)

مشخصات	ردهٔ الکترود (فلز پرکنندهٔ جوش)	
	E70	E80
تنش تسلیم	حداقل 400 MPa	حداقل 470 MPa
تنش کششی نهایی	حداقل 490 MPa	حداقل 550 MPa
تغییر طول نسبی	حداقل 22 درصد	حداقل 19 درصد
طاقت نمونهٔ شیار داده‌شدهٔ شارپی	حداقل 27 ژول در دمای منفی 18 درجه سلسیوس	حداقل 27 ژول در دمای منفی 18 درجه سلسیوس

ب) جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

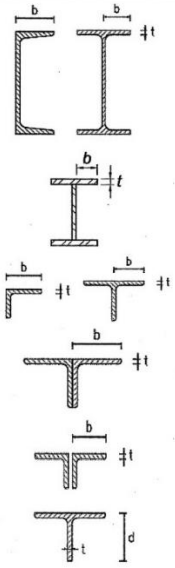
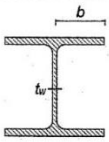
جدول ۱۰-۳-۲-۳: مشخصات فلز پرکننده در جوش‌های بحرانی لرزه‌ای (ص۲۵۵)

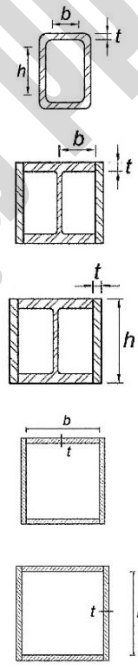
مشخصات	ردهٔ الکترود (فلز پرکنندهٔ جوش)	
	E70	E80
تنش تسلیم	حداقل 400 MPa	حداقل 470 MPa
تنش کشش نهایی	حداقل 490 MPa	حداقل 550 MPa
تغییر طول نسبی	حداقل 22 درصد	حداقل 19 درصد
طاقت نمونهٔ شیار داده‌شدهٔ شارپی	حداقل 54 ژول در دمای 20 درجه سلسیوس	حداقل 54 ژول در دمای 20 درجه سلسیوس

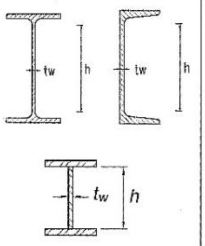
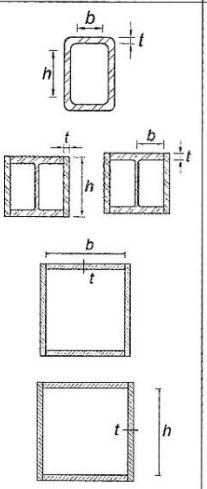
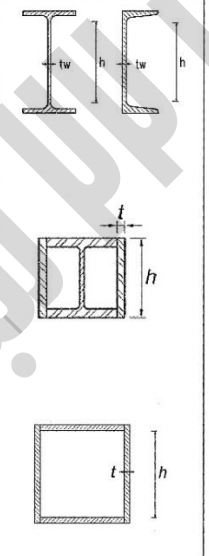
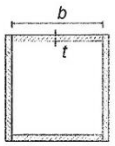
۱۰-۳-۲-۷ طبقه‌بندی مقاطع از منظر شکل‌پذیری

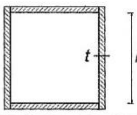
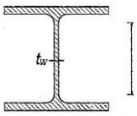
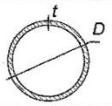
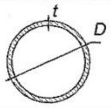
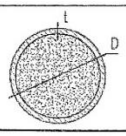
۱۰-۳-۲-۷-۲ محدودیت نسبت پهنا به ضخامت مقاطع اعضای فولادی و مختلط با شکل‌پذیری متوسط و زیاد (ص ۲۶۰)

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

	حالت	شرح اجزاء	نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت: λ_{md} اعضای با شکل‌پذیری متوسط	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت: λ_{hd} اعضای با شکل‌پذیری زیاد	مثال‌های نمونه
اجزای با یک لبه مقید	۱	در تیرها، ستون‌ها و اعضای مهاربندی: بال‌های مقاطع I شکل، ناودانی‌ها، ساق نبشی‌های تک و نبشی‌های دوبل با فاصله، ساق برجستهٔ نبشی‌های دوبل به‌هم‌چسبیده و بال و تیغه (جان) مقاطع سپری	b/t d/t	$0.38\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	$0.3\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	
	۲	بال‌های مقاطع شمع‌های H شکل	b/t	$0.45\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	کاربرد ندارد	

	حالت	شرح اجزاء	نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت: λ_{md} اعضای با شکل‌پذیری متوسط	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت: λ_{hd} اعضای با شکل‌پذیری زیاد	مثال‌های نمونه
اجزای با دو لبه مقید	۳	۱) بال‌ها و جان‌های مقاطع قوطی‌شکل (HSS) وقتی به‌عنوان مهاربند به کار می‌رود	b/t h/t	$0.76\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	$0.65\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	
		۲) بال‌ها و ورق‌های کناری مقاطع I شکل جعبه‌ای‌شده وقتی به‌عنوان مهاربند به کار می‌رود	b/t h/t			
		۳) بال‌ها و جان‌های مقاطع جعبه‌ای وقتی به‌عنوان مهاربند به کار می‌رود	b/t h/t			

	حالت	شرح اجزاء	نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت: λ_{md} اعضای با شکل‌پذیری متوسط	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت: λ_{hd} اعضای با شکل‌پذیری زیاد	مثال‌های نمونه
اجزای با دو لبه مقید	۴	جان مقاطع I شکل و ناودانی نوردشده و ساخته شده از ورق وقتی به‌عنوان مهاربند به کار می‌روند.	h/t_w	$1.49\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	$1.49\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	
	۵	جزء به‌کاررفته در تیر یا ستون با تنش فشاری یکنواخت در اثر خمش، بار محوری یا ترکیب بار محوری و خمش: ۱) بال‌ها یا جان‌های مقاطع قوطی‌شکل (HSS) ۲) بال‌ها یا ورق‌های کناری مقاطع I شکل جعبه‌ای‌شده ۳) بال‌ها یا جان‌های مقاطع جعبه‌ای	b/t h/t b/t h/t b/t h/t	$1.00\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	$0.55\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	
اجزای با دو لبه مقید	۶	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 ساخته‌شده از ورق ۲) ورق‌های کناری مقاطع I شکل جعبه‌ای‌شده ۳) جان‌های مقاطع جعبه‌ای (به غیر از تیرهای پیوند)	h/t_w h/t h/t	[۱] برای $C_a \le 0.113$: $2.45(1-1.04C_a)\sqrt{E/R_yF_y}$ برای $C_a > 0.113$: $2.26(1-0.38C_a)\sqrt{E/R_yF_y} \ge 1.56\sqrt{E/R_yF_y}$	[۱] برای $C_a \le 0.113$: $3.76(1-3.05C_a)\sqrt{E/R_yF_y}$ برای $C_a > 0.113$: $2.61(1-0.49C_a)\sqrt{E/R_yF_y} \ge 1.56\sqrt{E/R_yF_y}$	
	۷	بال‌های مقاطع جعبه‌ای به‌کاررفته در تیرهای پیوند	b/t	$0.64\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	$0.55\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	

اجزای با دو لبه مقید	حالت	شرح اجزاء	نسبت پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت: λ_{md} اعضای با شکل‌پذیری متوسط	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت: λ_{hd} اعضای با شکل‌پذیری زیاد	مثال‌های نمونه
	۸	جان‌های مقاطع جعبه‌ای به‌کاررفته در تیرهای پیوند	h/t	$1.67\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	$0.64\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	
	۹	جان مقاطع شمع‌های H شکل	h/t_w	$1.50\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	کاربرد ندارد	
	۱۰	جدارهٔ مقاطع دایره‌ای توخالی (به غیر از مهاربندها)	D/t	$0.07\frac{E}{R_yF_y}$	$0.038\frac{E}{R_yF_y}$	
	۱۱	جدارهٔ مقاطع دایره‌ای توخالی وقتی به عنوان مهاربند به کار روند	D/t	$0.062\frac{E}{R_yF_y}$	$0.053\frac{E}{R_yF_y}$	
	۱۲	بال‌ها و جان‌های مقاطع قوطی‌شکل (HSS) پرشده با بتن و مقاطع جعبه‌ای پرشده با بتن	b/t	$2.26\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	$1.40\sqrt{\frac{E}{R_yF_y}}$	
	۱۳	جدارهٔ مقاطع دایره‌ای شکل پرشده با بتن	D/t	$0.15\frac{E}{R_yF_y}$	$0.076\frac{E}{R_yF_y}$	

یادداشت:

[۱] مقدار C_a از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود: (ص۲۶۶)

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

که در آن: (ص۲۶۶)

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 مشخصهٔ فولاد

F_y = تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد

A_g = سطح مقطع کل (ص ۲۶۶)

۱۰-۳-۲-۹-۳ الزامات ستون‌های با مقطع مختلط محاط در بتن

الف) اعضای با شکل‌پذیری متوسط

۱- فاصلهٔ 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. (ص۲۷۱)

- نصف بعد کوچک‌تر مقطع ستون
- ۸ برابر قطر میلگردهای طولی ستون
- ۲۴ برابر قطر میلگردهای عرضی ستون (ص۲۷۱)
- ۳۰۰ میلی‌متر (ص۲۷۱)

۲- در نواحی بحرانی بالا و پایین ستون، ناحیهٔ بحرانی $(l.)$ نباید از مقادیر زیر کوچک‌تر در نظر گرفته شود:(ص۲۷۱)

- یک‌ششم ارتفاع آزاد ستون
- بعد بزرگ‌تر مقطع ستون
- ۴۵۰ میلی‌متر

۳- در سایر نواحی ستون (خارج از ناحیهٔ l.) فاصلهٔ میلگردهای عرضی نباید از دو برابر فواصل تعیین شده در حالت (۱) بیشتر در نظر گرفته شود. (ص۲۷۱)

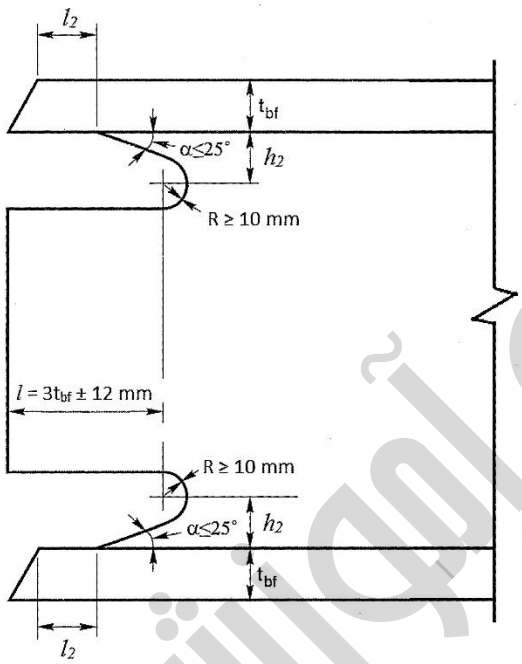
۴- الزامات مربوط به وصلهٔ میلگردها و سایر مقررات مربوط به میلگردها باید مطابق با الزامات لرزه‌ای مبحث نهم مقررات ملی ساختمان باشد.

۵- استفاده از مفتول‌های جوش داده شده به‌عنوان میلگردهای عرضی مجاز نیست. (ص۲۷۱)

۱۰-۳-۲-۱۱ الزامات عمومی لرزه‌ای اتصالات (ص۲۷۴)

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 ۱۰-۳-۲-۱ استفاده شود. لبهٔ 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 شدهٔ سوراخ‌های دسترسی برابر ۱۳ میکرون است. (ص۲۷۵)



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

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

شکل ۱۰-۳-۲-۱: دیتیل جایگزین برای سوراخ‌های دسترسی اتصالات خمشی (ص۲۷۶)

۱۰-۳-۲-۱۲ وصلهٔ ستون‌ها

۱۰-۳-۲-۱۲-۱ موقعیت وصله‌های کارگاهی

برای کلیهٔ ستون‌های ساختمان‌ها، شامل ستون‌های باربر و غیر باربر جانبی، فاصلهٔ محل درز وصله نباید از ۱۲۰۰ میلی‌متر به نزدیک‌ترین بال تیر متصل به ستون کوچک‌تر باشد. (ص۲۷۶)

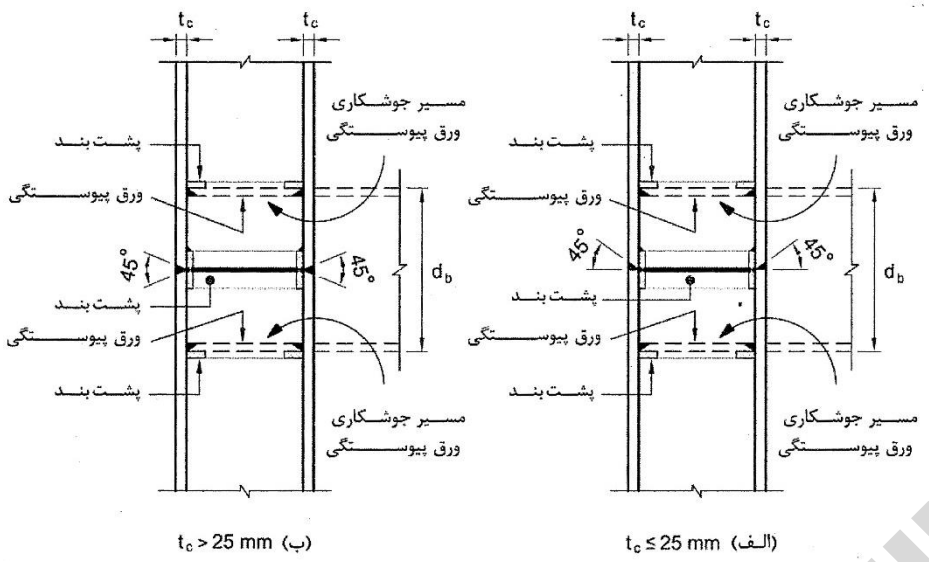
استثناء:

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. (ص۲۷۶)

۲) ستون‌هایی که بال‌ها و جان‌های آن‌ها در کارخانه توسط جوش‌های شیاری با نفوذ کامل، وصله می‌شوند، می‌تواند در موقعیتی نزدیک‌تر به اتصال بال تیر به ستون قرار گیرند، مشروط بر آنکه این فاصله از اندازهٔ بعد بزرگ‌تر ستون کوچک‌تر نباشند. (ص۲۷۶)

۳) در ستون‌های جعبه‌ای ساخته شده از ورق، اگر اجرای ورق‌های پیوستگی از طریق بعد چهارم ستون و در کارخانه صورت گیرد، محل درز وصلهٔ ورق بعد چهارم ستون می‌تواند کوچک‌تر از اندازهٔ بعد بزرگ‌تر ستون کوچک‌تر وصله شونده باشد، اما درهرحال نباید از نصف بعد بزرگ‌تر ستون کوچک‌تر وصله شونده، کمتر باشد.(ص۲۷۷)

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 شیاری 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 چشمهٔ اتصال و در امتداد محور طولی تیر باشد. در این حالت در محل درز وصله برای انجام جوش شیاری با نفوذ کامل استفاده از ورق‌های پشت‌بند اجباری است. (ص۲۷۷)



شکل ۱۰-۳-۲-۲: گزینهٔ دیگر موقعیت وصلهٔ کارخانه‌ای ستون‌ها (ص۲۷۷)

۱۰-۳-۲-۱۲-۳ جزئیات بندی وصلهٔ ستون‌ها

الف) اتصال وصله ستون به هر یک از دو قطعهٔ ستون وصله شونده باید با یک نوع وسیلهٔ 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. (ص۲۷۸)

ب) در وصلهٔ 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. (ص۲۷۸)

پ) در وصلهٔ 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. (ص۲۷۹)

ت) در محل وصلهٔ ستون‌های متشکل از چند نیمرخ لازم است هر یک از ستون‌های وصله شونده در ارتفاعی حداقل به اندازهٔ بعد بزرگتر مقطع ستون به‌صورت یکپارچه درآیند و سپس وصله شوند. (ص۲۷۹)

ث) جزئیات بندی بخش بتنی وصلهٔ 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 ۱۰-۳-۲-۹-۳) و همچنین الزامات لرزه‌ای ستون‌های بتن‌آرمه (مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان) را برآورده نماید. (ص۲۷۹)

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 شیاری با نفوذ کامل الزامی نیست. (ص۲۷۹)

ح) جزئیات بندی وصلهٔ ستون‌ها باید الزامات تکمیلی مقرر شده در بخش‌های ۱۰-۳-۳، ۱۰-۳-۴، ۱۰-۳-۵ و ۱۰-۳-۶ برای وصلهٔ ستون‌ها را تأمین نمایند. (ص۲۷۹)

۱۰-۳-۲-۱۷ ناحیهٔ حفاظت شدهٔ اعضا

ناحیهٔ حفاظت‌شده در یک عضو از سازه که شامل ناحیهٔ شکل‌پذیر و نواحی مجاور آن است، به ناحیه‌ای از عضو اطلاق می‌شود که انتظار می‌رود در این ناحیه تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی ایجاد شود. نظر به اهمیت ناحیهٔ 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 ناحیهٔ حفاظت‌شده باید مطابق بخش‌های بعدی این فصل تعیین شود. همچنین به‌منظور جلوگیری از مخدوش شدن عملکرد شکل‌پذیر عضو، در ناحیهٔ حفاظت شدهٔ اعضا باید الزامات عمومی زیر نیز رعایت شود:

الف) در ناحیهٔ حفاظت شدهٔ اعضای سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای متوسط و ویژه، به کار بردن وصلهٔ مستقیم یا غیرمستقیم جوشی یا پیچی نیمرخ‌ها یا ورق‌های تشکیل دهندهٔ عضو ممنوع است.

ب) هرگونه ناپیوستگی ناشی از عملیات اجرائی اضافی در ساخت و نصب مانند سوراخ‌کاری جوش‌های موضعی، تخلیهٔ جوش، وسایل کمکی برای نصب، ناصافی‌های ناشی از برش‌های حرارتی در ناحیهٔ حفاظت شدهٔ اعضا ممنوع بوده و در صورت وجود باید به نحو مناسبی برطرف شده و تعمیر گردد. (ص۲۸۳)

پ) در ناحیهٔ حفاظت‌شده به‌کارگیری گل‌میخ‌های فولادی یا هر نوع برشگیر فولادی در بال تیرها ممنوع است، مگر آن‌که در اتصالات پیش تأیید شده مجاز دانسته شده باشد. (ص۲۸۳)

ت) خال‌جوش کردن عرشهٔ فولادی تیرهای مختلط در ناحیهٔ حفاظت‌شده درصورتی‌که در این ناحیه بال تیر را دچار آسیب ننماید، مجاز است.

ث) به‌کارگیری هرگونه اتصال جوشی یا پیچی برای اتصالات اجزای نما، دیوارهای داخلی و خارجی، تیرهای نعل درگاهی، تیرهای فرعی سقف، نگه‌دارنده‌های تأسیساتی در محدودهٔ شکل‌پذیر ناحیهٔ حفاظت شدهٔ اعضای سیستم باربر جانبی لرزه‌ای ممنوع است. (ص۲۸۳)

۱۰-۳-۳ الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی

۱۰-۳-۳-۱ 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. (ص۲۸۴)

۱۰-۳-۳-۱-۲ محدودیت تیرها و ستون‌ها

در قاب‌های خمشی معمولی تیرها و ستون‌ها باید دارای شرایط زیر باشند: (ص۲۸۴)

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 (لانه‌زنبوری) به‌عنوان اعضای باربر جانبی مجاز نیست. در صورت لزوم به ایجاد سوراخ در جان تیر، این سوراخ باید در یک‌سوم میانی طول دهانهٔ 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. (ص۲۸۴)

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 پهنا یا ضخامت از ورق بزرگتر به ورق کوچکتر، باید با شیب حداکثر ۱/۰ به ۲/۵ صورت گیرد. (ص۲۸۴)

ث) در تیرهای این نوع قاب، ناحیه‌ای به‌عنوان حفاظت شده در نظر گرفته نمی‌شود. (ص۲۸۴)

۱۰-۳-۳-۱-۴ اتصال تیر به ستون

در طراحی اتصالات تیر به ستون و نیز وصلهٔ 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 ۱۰-۳-۲-۱-۶-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 رابطهٔ زیر تعیین شود: (ص۲۸۶)

$$M_r = 1.1 R_y M_p / \alpha_s \qquad (۱۰-۳-۳-۱-۲)$$

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 زلزلهٔ محدود به ظرفیت مؤلفهٔ خمش در دو انتهای تیر (V_{Ecl}) ترکیب می‌شوند، تعیین شود. برای این منظور می‌توان از ضوابط بند ۱۰-۳-۳-۱-۳ استفاده نمود. (ص۲۸۶)

پ) مقاومت محوری موردنیاز اتصال تیر به ستون (در صورت وجود) باید براساس ترکیبات بارگذاری متعارف تعیین شود. (ص۲۸۶)

۱۰-۳-۳-۱-۷ وصلهٔ ستون‌ها

وصله ستون‌ها باید الزامات بند ۱۰-۳-۲-۱۲ را تأمین نمایند. وصلهٔ مستقیم ستون‌ها باید با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل انجام شود. وصلهٔ غیرمستقیم ستون‌ها می‌تواند از نوع جوشی یا پیچی باشد. درهرحال 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: (ص۲۸۷)

$M_{p\,min}$ = لنگر پلاستیک کوچک‌ترین مقطع وصله شوندهٔ ستون

ΣM_p = مجموع لنگرهای پلاستیک دو انتهای ستون در طبقهٔ موردنظر

α_s = برابر ۱/۰ در روش LRFD و برابر ۱/۵ در روش ASD

H_c = ارتفاع خالص ستون (فاصلهٔ خالص بین بال تحتانی تیر فوقانی و روی دال بتنی تیر تحتانی در طبقه موردنظر و در صورت عدم وجود دال بتنی سازه‌ای، فاصلهٔ خالص بین بال تحتانی تیر فوقانی و بال فوقانی تیر تحتانی در طبقهٔ موردنظر) (ص۲۸۷)

تبصره: درهرحال مقاومت محوری موجود وصلهٔ 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: (ص۲۸۸)

F_y = تنش تسلیم مشخصهٔ 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. (ص۲۸۹)

در طراحی اعضا و اتصالات این نوع قاب‌ها، چنانچه بخشی از سیستم باربر 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)

۱۰-۳-۳-۲-۲ محدودیت تیرها و ستون‌ها

در قاب‌های خمشی متوسط، تیرها و ستون‌ها باید دارای شرایط زیر باشند: (ص۲۸۹)

الف) اجزای مقاطع تیرها و ستون‌ها باید از نوع فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۲-۴ باشند. (ص۲۸۹)

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) به‌عنوان اعضای باربر جانبی مجاز نیست در صورت لزوم به ایجاد سوراخ در جان تیر، این سوراخ باید خارج از ناحیهٔ حفاظت شده دو انتهای تیر و در یک‌سوم میانی طول دهانهٔ 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. (ص۲۸۹)

۱۰-۳-۳-۲-۶ اتصال تیر به ستون

اتصالات خمشی تیر به ستون باید توانایی تحمل تغییرشکل‌های دورانی حداقل به میزان ۰/۰۲ 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 شدهٔ 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_r) و مقاومت برشی موردنیاز (V_r) اتصال باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای ثقلی (با ضرایب بار مربوطه) که با آثار نیروی زلزلهٔ محدود به ظرفیت مؤلفهٔ 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 ۱۰-۲-۹-۱۰ در خصوص بال و جان ستون در محل اتصال باید بر مبنای مقاومتی که از محاسبات مذکور به دست می‌آید، رعایت شود. (ص۲۹۳)

ب) مقاومت محوری موردنیاز اتصال تیر به ستون (در صورت وجود) باید براساس ترکیبات بارگذاری متعارف تعیین شود. (ص۲۹۳)

۱۰-۳-۳-۲-۸ ورق‌های پیوستگی

الزامات لرزه‌ای ورقه‌ای پیوستگی در قاب‌های خمشی متوسط مشابه الزامات مذکور در قاب‌های خمشی ویژه مطابق بند ۱۰-۳-۳-۳-۱۰ 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. (ص۲۹۳)

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. (ص۲۹۵)

۱۰-۳-۳-۳-۲ 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 فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{hd} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۲-۴ باشند. (ص۲۹۵)

۱۰-۳-۳-۳-۹ برش در چشمهٔ اتصال (ص ۳۰۳)

ب) ضخامت هر یک از ورق‌های واقع در چشمهٔ اتصال، شامل جان (یا جان‌های) ستون و ورق‌های مضاعف (در صورت وجود) باید رابطهٔ زیر را برآورده نمایند: (ص۳۰۵)

$$t_z \geq \frac{(d_z + w_z)}{۹۰} \qquad (۱۰-۳-۳-۳-۱۱)$$

که در آن: (ص۳۰۵)

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

d_z = عمق چشمهٔ اتصال که فاصلهٔ آزاد بین ورق‌های پیوستگی است.

w_z = پهنای چشمهٔ اتصال که فاصلهٔ آزاد بین بال‌های ستون است.

تبصره: درصورتی‌که ورق‌های مضاعف با جوش انگشتانهٔ کافی به جان ستون متصل شده باشند، مجموع ضخامت جان ستون و ورق‌های تقویت چشمهٔ اتصال به‌عنوان t_z منظور می‌گردد. در این‌گونه موارد کنترل رابطهٔ ۱۰-۳-۳-۳-۱۱ در فاصلهٔ بین جوش‌های انگشتانه به‌طور مجزا برای ورق‌های مضاعف و جان ستون الزامی است. (ص۳۰۵)

پ) در ستون‌های H شکل و صلیبی، در صورت نیاز به تعبیهٔ ورق‌های مضاعف در محل اتصال تیر به ستون، ورق‌های مضاعف باید حداقل ۶ میلی‌متر ضخامت داشته و علاوه بر تأمین الزامات بخش ۱۰-۲-۹-۱۰، دارای شرایط زیر باشند: (ص۳۰۵)

۱- ورق مضاعف می‌توانند در تماس با جان یا با فاصله از آن اجرا شوند. درصورتی‌که فاصلهٔ 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. (ص۳۰۵)

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 محدودهٔ یک‌سوم میانی فاصلهٔ بین مرکز صفحهٔ جان ستون و نوک بال تیر یا ورق‌های اتصال بال فوقانی و تحتانی تیر تعبیه شود. (ص۳۰۶)

۳- اتصال ورق‌های مضاعف به بال ستون می‌تواند از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل یا ناقص یا جوش گوشه باشد. مقاومت موردنیاز جوش شیاری با نفوذ ناقص یا جوش گوشه باید برابر مقاومت برشی موجود ورق مضاعف در نظر گرفته شود. (ص۳۰۶)

۴- در مواردی که نیاز به تعبیهٔ 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. (ص۳۰۶)

۵- در صورت وجود ورق‌های پیوستگی، ورق‌های مضاعف باید در محل ورق‌های پیوستگی قطع شده و از طریق جوش شیاری با نفوذ کامل یا ناقص یا جوش گوشه به ورق‌های پیوستگی جوش شوند. مقاومت موردنیاز جوش شیاری با نفوذ ناقص یا جوش گوشه باید حداقل برابر ۰/۷۵ مقاومت برشی موجود ورق مضاعف در نظر گرفته شود.(ص۳۰۶)

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: (ص۳۰۶)

ث) در حالت‌هایی که با توجه به ضوابط فوق تعبیهٔ 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 ۱۰-۲-۹-۱۰، باید دارای شرایط زیر نیز باشند: (ص۳۰۷)

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

۲- پهنای ورق‌های پیوستگی در ستون‌های با مقطع قوطی شکل باید برابر فاصلهٔ 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 ٪۵۰ 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 ٪۷۵ 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.

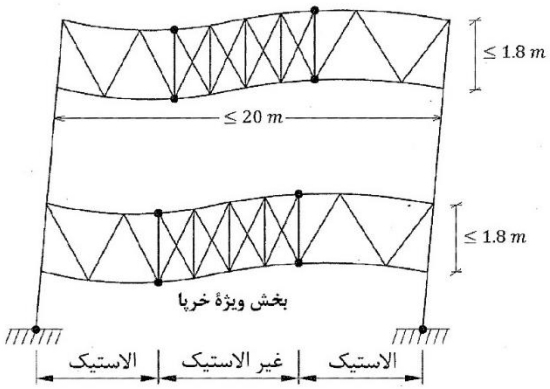
۴- جوش ورق‌های پیوستگی به بال ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشد. درصورتی‌که ضخامت ورق پیوستگی کوچک‌تر یا مساوی ۲۰ میلی‌متر باشد، استفاده از جوش گوشهٔ دوطرفه نیز مجاز است. در صورت استفاده از جوش گوشهٔ دوطرفه، در هر طرف بعد آن نباید از ۰/۷۵ ضخامت ورق پیوستگی کوچک‌تر در نظر گرفته شود.

۵- جوش ورق‌های پیوستگی به جان ستون یا ورق‌های تقویتی جان (ورق مضاعف) باید از نوع جوش شیاری یا جوش گوشهٔ دوطرفه باشد. در صورت استفاده از جوش گوشهٔ دوطرفه، مقاومت موردنیاز این جوش‌ها می‌تواند برابر مقاومت برشی موجود ورق پیوستگی در تماس با جان ستون یا ورق مضاعف در نظر گرفته شود. (ص۳۰۸)

۶- نسبت پهنا به ضخامت در ورق‌های پیوستگی با یک لبهٔ مقید، نظیر ورق‌های پیوستگی ستون‌های H شکل، نباید از $۰/۵۶\sqrt{E/(R_yF_y)}$ و در ورق‌های پیوستگی با دو لبهٔ مقید، نظیر ورق‌های پیوستگی ستون‌های با مقطع قوطی شکل، نباید از $۱/۴۹\sqrt{E/(R_yF_y)}$ بزرگ‌تر باشد. (ص۳۰۸)

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

قاب خمشی خرپایی 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 تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی قابل‌ملاحظه‌ای را تحمل کند. سایر بخش‌های خرپا و ستون‌ها باید عمدتاً 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.(ص۳۱۰)



شکل ۱۰-۳-۳-۴-۱: سازو کار تسلیم در بخش ویژهٔ خرپا و رفتار ارتجاعی در سایر بخش‌های خرپا و ستون قاب (ص۳۱۰)

۱۰-۳-۳-۴-۱ الزامات عمومی

الف) طول دهانهٔ خرپا در این قاب‌ها نباید از ۲۰ متر و ارتفاع کلی آن‌ها از ۱/۸ متر بیشتر باشد. (ص۳۱۰)

ب) هر خرپای واقع در بین دو ستون این سیستم باید دارای بخش ویژه‌ای در نیمهٔ میانی طول آن باشد. طول این بخش ویژه باید ۰/۱ تا ۰/۵ برابر طول دهانهٔ خرپا باشد. نسبت طول به ارتفاع هر چشمهٔ خرپا در این بخش نباید از ۱/۵ بزرگ‌تر و از ۰/۶۷ کوچک‌تر باشد. (ص۳۱۰)

پ) در بخش ویژهٔ خرپا، 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. (ص۳۱۰)

مبحث ۱۰

ت) اعضای قطری استفاده شده در پیکربندی ضربدری باید تسمه‌های نورد شده با مقطع یکسان بوده و در محل عبور از روی‌هم 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 خرپا مجاز نیست. تحت اثر ترکیبات بارگذاری ثقلی ناشی از بارهای مرده و زنده (با ضرایب بار مربوطه)، مقاومت موردنیاز محوری اعضای قطری بخش ویژهٔ خرپا، نباید از $0.03F_yA_g/\alpha_s$ بزرگ‌تر باشد که در آن مقدار α_s برابر ۱/۰ در روش LRFD و برابر ۱/۵ در روش ASD است. (ص۳۱۱)

ث) در بخش ویژهٔ خرپا، مقاطع یال‌های بالایی و پایینی باید یکسان باشند. همچنین وصلهٔ یال‌های بالایی و پایینی در محدودهٔ بخش ویژهٔ خرپا به علاوهٔ نصف طول چشمه‌های مجاور این بخش مجاز نیست. (ص۳۱۱)

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

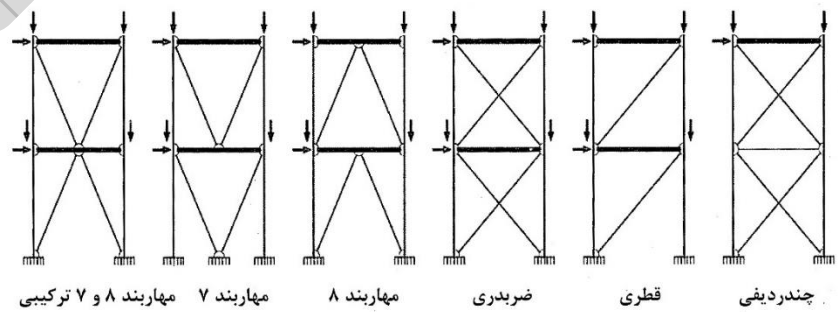
در این نوع سیستم که متشکل از ستون‌های کنسولی با رفتار طره‌ای است، انتظار می‌رود در برابر نیروی جانبی زلزله تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی محدودی در اثر خمش در پای ستون‌ها ایجاد شود. (ص۳۱۵)

۱۰-۳-۴ الزامات لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی‌شده و دیوارهای برشی فولادی

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

۱۰-۳-۴-۱-۱ الزامات عمومی

قاب‌های مهاربندی شدهٔ 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 زلزلهٔ 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 تعبیهٔ سوراخ‌های متوالی در جان تیرهای دهانه‌های مهاربندی‌شده با هر نوع مهاربندی (قطری، ضربدری، ۷ یا ۸ و چند ردیفی) مجاز نیست. در صورت لزوم به تعبیهٔ 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. (ص۳۱۹)



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

۱۰-۳-۴-۱-۲ 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 ۱۰-۳-۲ 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 زلزلهٔ تشدید یافته $(\Omega.\mathrm{E})$ در نظر گرفته شوند. (ص۳۲۰)

تبصره: در قاب‌های مهاربندی شدهٔ همگرای معمولی، طراحی مهاربندی‌های قطری و ضربدری به‌صورت کششی تنها مجاز است. (ص۳۲۰)

۱۰-۳-۴-۱-۴ الزامات سیستم

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

قاب‌های مهاربندی‌شده همگرای معمولی با مهاربندی‌های از نوع ۷ یا ۸ باید دارای شرایط زیر باشند: (ص۳۲۰)

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. (ص۳۲۰)

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 P_n/α_s ۰.۳ در نظر گرفته شود که در آن، P_n مقاومت فشاری اسمی مهاربند فشاری و مقدار α_s برابر ۱/۰ در LEFD و برابر ۱/۵ در ASD است. (ص۳۲۰)

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 تعبیهٔ مهار جانبی الزامی است، مگر آنکه تیر دارای مقاومت خارج از صفحه و سختی کافی برای تأمین پایداری در بین دو انتهای مهارشده، باشد. (ص۳۲۱)

۱۰-۳-۴-۱-۴-۲ مهاربندهای به شکل K

در این نوع قاب‌های مهاربندی‌شده استفاده از مهاربندهای به شکل K مجاز نیست. (ص۳۲۱)

۱۰-۳-۴-۱-۵-۲ 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. (ص۳۲۳)

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

۱۰-۳-۴-۲-۱ 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 مرحلهٔ بعد از کمانش مهاربند توسعه یابد. از این رو پیکربندی و طراحی مهاربندها و اتصالات آن باید چنان باشد که از عهدهٔ 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. (ص۳۲۶)

۱۰-۳-۴-۲-۲ 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 ۱۰-۳-۲ 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. (ص۳۲۶)

۱۰-۳-۴-۲-۲ مهاربندهای به شکل ۷ یا ۸

قاب‌های مهاربندی‌شده همگرای ویژه معمولی با مهاربندهای از نوع ۷ یا ۸ باید دارای شرایط زیر باشند: (ص۳۲۸)

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

ب) مقاطع تیرهای واقع در دهانه‌های مهاربندی‌شده باید از نوع فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۲-۴ باشند. (ص۳۲۸)

پ) تیرهای دهانه‌های مهاربندی‌شده باید دارای مهار جانبی کافی برای جلوگیری از کمانش جانبی - پیچشی باشند. برای این منظور در محل اتصال مهاربندها به تیر تعبیهٔ مهار جانبی الزامی است، مگر آنکه تیر دارای مقاومت خارج از صفحه و سختی کافی برای تأمین پایداری در بین دو انتهای مهارشده باشد. (ص۳۲۸)

۱۰-۳-۴-۲-۴-۳ مهاربندهای به شکل K

در این نوع قاب‌های مهاربندی‌شده استفاده از مهاربندهای به شکل K مجاز نیست. (ص۳۲۸)

۱۰-۳-۴-۲-۴-۴ مهاربندهای دارای رفتار کششی تنها

در قاب‌های مهاربندی‌شده همگرای ویژه طراحی مهاربندی‌ها به‌صورت کششی تنها مجاز نیست. (ص۳۲۸)

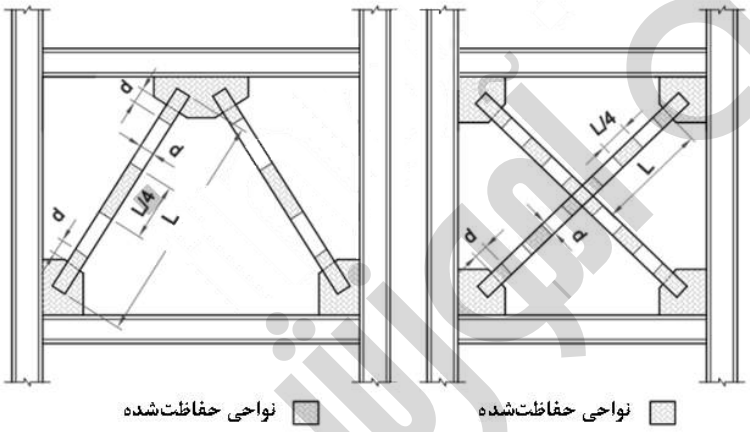
۱۰-۳-۴-۲-۵-۳ نواحی حفاظت‌شده

در قاب‌های مهاربندی شدهٔ همگرای ویژه، مطابق شکل ۱۰-۳-۴-۲-۱، نواحی حفاظت‌شده که باید الزامات بخش ۱۰-۳-۲-۱۷ را تأمین نمایند، شامل موارد زیر است: (ص۳۳۱)

الف) برای مهاربندها یک‌چهارم طول در قسمت میانی عضو و در دو انتها فاصله‌ای به طول عمق مقطع عضو در صفحهٔ کمانش از بر اتصال عضو مهاربندی به سمت داخل عضو (ص۳۳۱)

ب) اجزای اتصال مهاربندها به تیرها و ستون‌ها

تبصره: به‌کارگیری اجزای موردنیاز طراحی (از قبیل بست ها، لقمه‌ها، ورق‌های تقویتی و وسایل اتصال آن‌ها) در نواحی حفاظت‌شده با رعایت الزامات بخش ۱۰-۳-۲-۱۷ بلامانع است.



شکل ۱۰-۳-۴-۲-۱: نواحی حفاظت‌شده در مهاربندهای همگرای ویژه (ص ۳۳۱)

۱۰-۳-۴-۲-۶-۲ اتصال تیر به ستون

در قاب‌های مهاربندی شدهٔ 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)

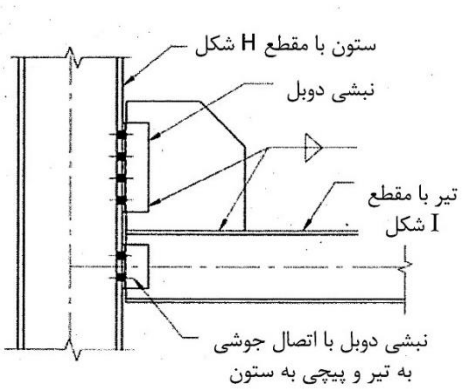
الف) پیکربندی اتصال مطابق ضوابط بند ۱۰-۲-۹-۱-۲-الف به‌صورت یک اتصال ساده (مفصلی) باشد به‌نحوی‌که حداقل ۰/۰۲۵ رادیان قابلیت دوران داشته باشد. در شکل ۱۰-۳-۴-۲-۲ چند نمونه از پیکربندی‌های متداول اتصال مفصلی تیر به ستون که این الزام قابلیت دوران را تأمین می‌نمایند، نشان داده شده است. (ص ۳۳۲)

ب) پیکربندی اتصال به‌صورت یک اتصال گیردار باشد و مقاومت خمشی موردنیاز اتصال که باید همراه با مقاومت‌های موردنیاز اتصال مهاربندها در نظر گرفته شود حداقل برابر کوچک‌ترین دو مقدار زیر باشد: (ص ۳۳۲)

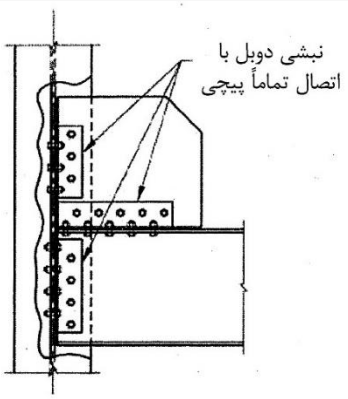
۱- حداکثر مقاومت خمشی مورد انتظار تیر برابر R_yM_p/α_s ۱/۱ که در آن M_p لنگر پلاستیک مقطع تیر، R_y برابر نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد تیر و مقدار α_s برابر ۱/۰ در LRFD و برابر ۱/۵ در ASD است.

۲- مجموع حداکثر مقاومت خمشی مورد انتظار ستون‌های بالا و پایین اتصال برابر $(\Sigma R_yF_yZ)/\alpha_s$که در آن Z برابر اساس مقطع پلاستیک مقطع ستون، R_y برابر نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد ستون و F_yبرابر تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد ستون و F_yبرابر تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد ستون است. (ص ۳۳۲)

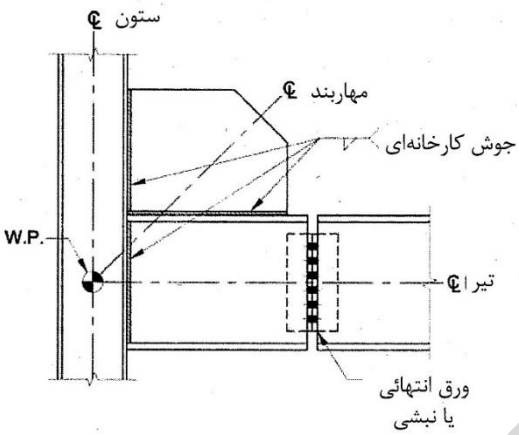
پ) اتصال تیر به ستون به‌صورت یک اتصال صلب خمشی مطابق الزامات اتصالات گیردار در قاب‌های خمشی معمولی طراحی شود. (ص ۳۳۲)



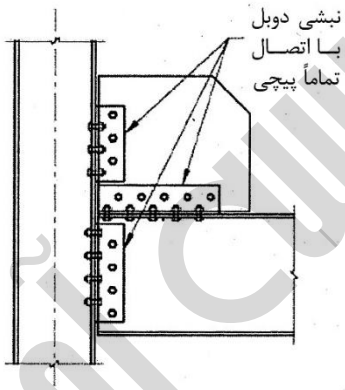
ب) اتصال مفصلی جوشی-پیچی به بال ستون



الف) اتصال مفصلی تماماً پیچی به جان ستون



ت) اتصال مفصلی در فاصله دورتر از اتصال تیر به ستون



پ) اتصال مفصلی تماماً پیچی به بال ستون

شکل ۱۰-۳-۴-۲-۲: پیکربندی‌های قابل‌قبول اتصال مفصلی تیر به ستون در قاب‌های مهاربندی‌شده با مهاربندهای همگرای ویژه (ص ۳۳۳)

۱۰-۳-۴-۳ الزامات لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی شدهٔ واگرا (EBF) (ص۳۳۷)

۱۰-۳-۴-۳-۵ الزامات اعضا (ص ۳۴۰)

۱۰-۳-۴-۳-۵-۲ الزامات تیر پیوند (ص ۳۴۰)

الف) محدودیت‌ها

۱- مقطع تیر پیوند باید از نوع I 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. (ص۳۴۰)

۲- تیرهای پیوند باید دارای مقطع از نوع فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{hd} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۲-۴ باشند. (ص۳۴۰)

استثنا: برای تیرهای پیوند دارای مقطع I شکل و با طول $e \leq 1.6\, M_p/V_p$ بال‌های مقطع می‌توانند از نوع فشردهٔ لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۲-۴ 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 ۱۰-۳-۲-۴ 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 $I_y > 0.671 I_x$ 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 I شکل

تیرهای پیوند باید با سخت‌کننده در محل اتصال انتهای مهاربند به تیر تقویت شوند. این سخت‌کننده‌ها باید به‌صورت 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 ۰/۷۵ یا ۱۰ میلی‌متر (هرکدام بزرگ‌تر باشد)، کمتر انتخاب شود که در آن، b_f 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:

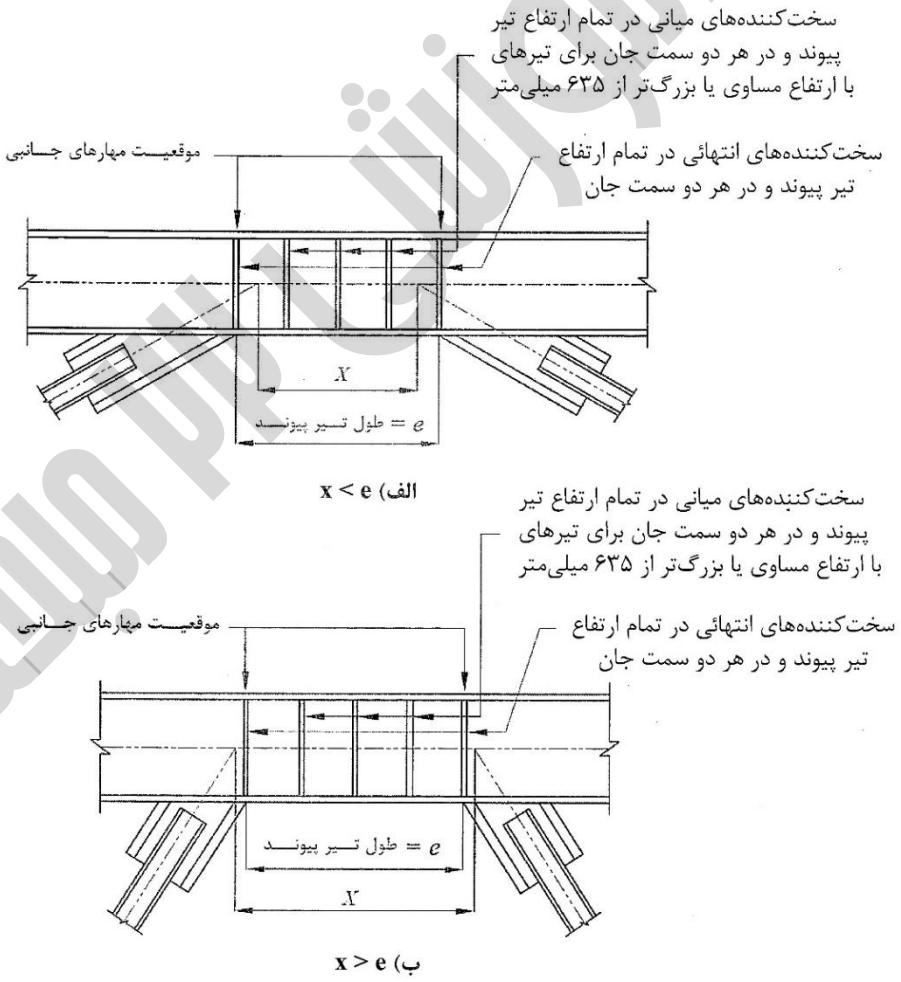
۱- در مواردی که طول تیر پیوند کوچک‌تر یا مساوی $1/6\ M_p/V_p$ باشد. در این‌گونه موارد فاصلهٔ سخت‌کننده‌های میانی نباید بیشتر از $30d/5$ برای تیرهای با زاویهٔ دوران ۰/۰۸ رادیان و $52t_w - d/5$ برای تیرهای پیوند با زاویهٔ دوران ۰/۰۲ رادیان در نظر گرفته شود. برای تعیین فاصله سخت‌کننده‌های میانی در تیرهای پیوند با زاویهٔ دوران بین دو مقدار ۰/۰۲ و ۰/۰۸ رادیان می‌توان از درون‌یابی خطی استفاده نمود.

۲- در مواردی که طول تیر پیوند در محدودهٔ $2/6M_p/V_p \le e \le 5M_p/V_p$ باشد، تعبیهٔ یک سخت‌کننده میانی به فاصله $1/5b_f$ در هر یک از دو انتهای تیر پیوند الزامی است. در مواردی که طول تیر پیوند بزرگ‌تر از $5M_p/V_p$ باشد، تعبیهٔ سخت‌کننده‌های میانی در طول تیر پیوند الزامی نیست.

۳- در مواردی که طول تیر پیوند در محدودهٔ $1/6M_p/V_p \le e \le 6/2M_p/V_p$ 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. (ص۳۴۴)

۴- سخت‌کننده‌های موردنیاز برای شرایط (۱) تا (۳) در فوق، باید در تمام ارتفاع تیر پیوند تعبیه شوند. این سخت‌کننده‌ها در تیرهای با ارتفاع ۶۵۰ میلی‌متر و بیشتر باید به‌صورت جفت و در دو سمت جان تعبیه شوند. در تیرهای با ارتفاع کمتر از ۶۵۰ میلی‌متر می‌توان این سخت‌کننده‌ها را به‌صورت 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 ۱۰ میلی‌متر (هرکدام بزرگ‌تر باشد)، کمتر انتخاب شود. (ص۳۴۴)

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_yA_{st}/α_s و مقاومت موردنیاز اتصال سخت‌کننده‌ها به هر یک از بال‌های تیر پیوند باید حداقل برابر با $\frac{1}{4}F_yA_{st}/\alpha_s$ در نظر گرفته شود که در آن F_y تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد سخت کننده‌ها، A_{st} سطح مقطع عرضی کننده‌ها سخت کننده ها و α_s برابر ۱/۰ در LRFD و برابر ۱/۵ در ASD است. (ص ۳۴۵)



شکل ۱۰-۳-۴-۳-۳: تیر پیوند با مقطع I 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/۲ و ضخامت آن‌ها نباید از $0.75t_w$ یا ۱۲ میلی‌متر (هرکدام 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. (ص۳۴۶)

در شرایط زیر تیر پیوند با مقطع قوطی شکل باید دارای سخت‌کننده‌های میانی نیز باشد: (ص۳۴۶)

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 $0.67\sqrt{E/R_yF_y}$ باشند. در این‌گونه موارد فاصلهٔ سخت‌کننده‌های میانی نباید بیشتر از $\left[20t_w - \frac{1}{B}(d - 2\,t_f)\right]$ در نظر گرفته شود. (ص۳۴۶)

۲- در مواردی که طول تیر پیوند کوچکتر یا مساوی $1.6M_p/V_p$ بوده و جان‌ها دارای نسبت ارتفاع به ضخامت (h/t_w)، کوچکتر از $\sqrt{E/R_yF_y}$ ۰/۶۷ باشند، تعبیهٔ سخت‌کننده‌های میانی در طول تیر پیوند الزامی نیست.(ص۳۴۶)

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_yA_{st}/α_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 مشخصهٔ 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. (ص۳۴۷)

۱۰-۳-۴-۴-۳ الزامات لرزه‌ای مهاربندی‌های کمانش تاب (BRBF) (ص۳۵۱)

۱۰-۳-۴-۴-۵-۵ نواحی حفاظت شده

نواحی حفاظت شدهٔ مهاربند کمانش تاب شامل هستهٔ 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. (ص۳۵۶)

۱۰-۳-۴-۵ الزامات لرزه‌ای دیوارهای برشی فولادی ویژه (SPSW) (ص۳۵۹)

۱۰-۳-۵-۴-۶ اتصالات

۱۰-۳-۵-۴-۶-۱ جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

در دیوارهای برشی فولادی ویژه جوش‌های زیر، جوش‌های بحرانی لرزه‌ای محسوب می‌شوند و باید الزامات بند ۱۰-۳-۲-۱-۶-ب را برآورده نمایند. (ص۳۶۴)

۱۰-۳-۵ الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی مختلط ویژه (C-SMF) (ص۳۶۹)

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 محدودهٔ دو انتهای تیرها و تسلیم محدودی در چشمهٔ اتصال ستون‌ها ایجاد شود. در این نوع قاب‌ها، طراحی ستون‌ها باید به طریقی صورت گیرد که در هر گره ضابطهٔ نسبت لنگر خمشی ستون به لنگر خمشی تیر (ضابطهٔ تیر ضعیف- ستون قوی) رعایت گردد. در این نوع قاب‌های خمشی تسلیم خمشی در پای ستون مجاز است. (ص۳۶۹)

۱۰-۳-۵-۷-۴ 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 به‌صورت جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه دوطرفه باشند. در ستون‌های مختلط پرشده با بتن تعبیهٔ سوراخ‌های دایره‌ای شکل با قطر کافی برای عبور بتن از این دیافراگم‌ها الزامی است.(ص۳۷۴)

۱۰-۳-۶ الزامات لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی‌شده و دیوار برشی مختلط (ص۳۷۵)

۱۰-۳-۷ اتصالات گیردار پیش تأیید شده (ص۳۹۱)

جدول ۱۰-۳-۷-۱: انواع اتصالات گیردار پیش تأیید شده (ص۳۹۱)

ردیف	نوع اتصال	مخفف	سیستم سازه‌ای قابل‌کاربرد	بخش مربوطه
۱	اتصال تیر با مقطع کاهش‌یافته	RBS	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۲
۲	اتصال فلنجی چهار پیچی بدون استفاده از ورق لچکی	BUEEP	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۳
۳	اتصال فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی	BSEEP	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۳
۴	اتصال پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری	BFP	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۴
۵	اتصال جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری	WFP	قاب‌های خمشی متوسط	۱۰-۳-۷-۵
۶	اتصال مستقیم تقویت‌نشدهٔ جوشی	WUF-W	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۶
۷	اتصال پیچی با جفت سپری	DT	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۷
۸	اتصال تیر با مقطع کاهش‌یافته و دیافراگم عبوری از ستون	TD-RBS	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۸
۹	اتصال تقویت‌نشدهٔ جوشی با دیافراگم عبوری از ستون	TD-WUFW	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۹
۱۰	اتصال تیر با بال پهن‌شده و دیافراگم عبوری از ستون	TD-Widened	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۱۰

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 ۱۰-۳-۳-۲ یا ۱۰-۳-۳-۳، حسب مورد، نیز باید رعایت شود. در تحلیل سازه، این اتصالات باید به‌صورت گیردار در نظر گرفته شوند. ضمناً کلیهٔ اتصالات پیش تأیید شده باید دارای شرایط زیر باشند: (ص ۳۹۲)

الف) مصالح

۱- فولاد مورد استفاده باید ضوابط بند ۱۰-۳-۲-۱-۱ را رعایت نماید.

۲- در مواردی که بال تیر مستقیماً یا با واسطه به بال ستون جوش می‌شود، در محدودهٔ 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 نمونهٔ شیار داده شدهٔ شارپی، حداقل از ردهٔ J۰ باشند. (ص۳۹۲)

تبصره: ردهٔ J۰ به رده‌ای از مصالح فولادی گفته می‌شود که طاقت نمونهٔ شیار داده شدهٔ شارپی آن حداقل ۲۷ ژول در دمای صفر درجه سلسیوس باشد. (ص ۳۹۲)

ب) اعضا

به‌طورکلی 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 شدهٔ 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 صلیبی‌شکل ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده باشد. (ص۳۹۲)

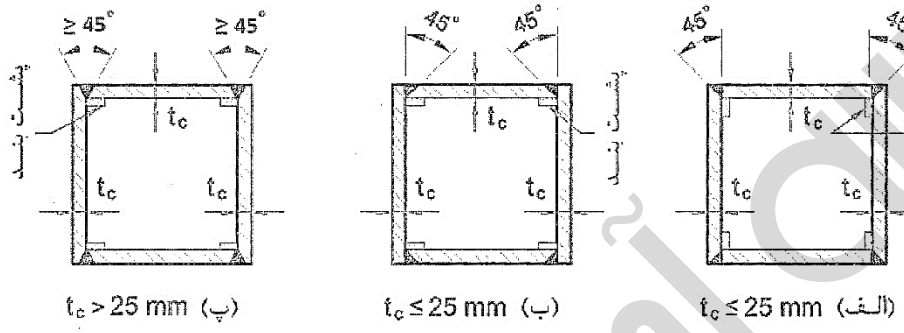
استفاده از مقاطع قوطی شکل (HSS) به شرطی مجاز است که بر اساس ضوابط مدارک معتبر، ساخت و طراحی شده باشند. (ص۳۹۳)

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 $S_h + d_b$، اتصال جان به بال باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل همراه با جوش گوشهٔ تقویتی در هر دو طرف جان باشد. بعد جوش‌های گوشهٔ تقویتی در هر دو طرف جان باشد. بعد جوش‌های گوشهٔ تقویتی در هر طرف جان تیر نباید از کوچک‌ترین دو مقدار ضخامت جان و ۸ میلی‌متر، کمتر باشد. S_h فاصلهٔ 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. (ص۳۹۳)

تبصره: در مواردی که در بخش‌های ۱۰-۳-۷-۲ الی ۱۰-۳-۷-۱۰ در این خصوص الزام دیگری وضع شده باشد، تأمین شرایط فوق الزامی نبوده و به جای آن باید الزام بخش‌های مذکور تأمین شود. (ص۳۹۳)

- در ستون‌های H شکل ساخته شده از ورق، در محل اتصالات تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر به‌علاوه 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 گوشهٔ تقویتی در هر دو طرف جان باشد. بعد جوش‌های گوشهٔ 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 به‌علاوه 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 ۱۰-۳-۷-۱- الف یا ۱۰-۳-۷-۱-ب و برای ورق‌های بزرگ‌تر از ۲۵ میلی‌متر مطابق شکل ۱۰-۳-۷-۱-پ باشد. (ص۳۹۴)



شکل ۱۰-۳-۷-۱: نحوهٔ ساخت ستون‌های جعبه‌ای ساخته شده از ورق (ص۳۹۴)

- در ستون‌های با مقطع صلیبی‌شکل ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر به‌علاوه 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 گوشهٔ تقویتی در هر دو طرف جان باشد. بعد جوش‌های گوشهٔ تقویتی در هر طرف جان ستون نباید از کوچک‌ترین دو مقدار ضخامت جان و ۸ میلی‌متر، کمتر باشد. (ص۳۹۴)

پ) ملاحظات اجرایی تیرها

تیرها باید مطابق الزامات بخش ۱۰-۳-۲-۸ دارای مهار جانبی باشند. علاوه بر الزامات آن بخش به‌جز در اتصالات فلنجی پیش تأیید شده، تعبیهٔ مهار جانبی اضافی در دو انتهای تیر در فاصله‌ای بین انتهای ناحیهٔ حفاظت شده تا نصف عمق تیر بعد از آن، الزامی است. طول ناحیهٔ حفاظت شده برای انواع مختلف اتصالات پیش تأیید شده، در بخش‌های مربوطه ارائه شده است. در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای، درصورتی‌که تیرها در فاصلهٔ میانی بین دو ناحیهٔ حفاظت شده دارای برشگیرهای فولادی مدفون در بتن به فاصلهٔ حداکثر برابر ۳۰۰ میلی‌متر باشند، تعبیهٔ مهارهای جانبی اضافی در محل‌های مذکور الزامی نیست. همچنین: (ص۳۹۴)

۱) در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای، به‌جز در اتصالات پیش تأیید شدهٔ فلنجی، در نواحی حفاظت شدهٔ تیر تعبیهٔ برشگیر در روی بال فوقانی تیر مجاز نیست. در اتصال پیش تأیید شدهٔ فلنجی چهار پیچی بدون استفاده از ورق لچکی و نیز در اتصال پیش تأیید شدهٔ فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی، در فاصلهٔ ۱/۵ برابر عمق تیر از بر ستون، تعبیهٔ برشگیر در روی بال فوقانی تیر مجاز نیست. (ص ۳۹۵)

۲) در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای، در فاصلهٔ 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 مشخصهٔ نمونهٔ استوانه‌ای بتن، بیش از ۱۴ مگاپاسکال باشد. در دال بتنی همراه با عرشهٔ فولادی، ضخامت معادل دال بتنی روی عرشه مدنظر است. (ص۳۹۵)

ت) جوشکاری

۱) صد درصد جوش‌های شیاری به کار رفته در ناحیهٔ اتصال تیر به ستون باید از طریق آزمایش‌های غیرمخرب نظیر رادیوگرافی یا اولتراسونیک (فراصوتی) تأیید شوند (مطابق بند ۱۰-۴-۴-۲). (ص۳۹۵)

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 گوشهٔ پیوسته ۸ میلی‌متری بر لبهٔ زیرین

جوش شیاری به بال ستون متصل شود. هنگامی‌که پشت‌بند برداشته می‌شود، پاس ریشه باید تا رسیدن به فلز جوش سالم شیارزنی شود و با یک جوش گوشه تقویت شود. جوش گوشهٔ تقویتی باید سرتاسری بوده و بعد آن حداقل ۸ میلی‌متر باشد. (ص۳۹۵)

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، تعبیهٔ سوراخ‌های دسترسی برای انجام جوش شیاری با نفوذ کامل بال تیر به بال ستون همراه با ورق‌های پشت‌بند، مطابق الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱-۴ یا ۱۰-۳-۲-۱۱-۵ این مبحث، حسب مورد، الزامی است. اتصال ورق‌های پشت‌بند به بال‌های تیر مجاز نیست. (ص۳۹۵)

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 به‌اندازه ۲۵ میلی‌متر یا ضخامت قطعه هرکدام بزرگتر بود، از لبهٔ درز امتداد داشته باشد؛ ولی نیازی نیست بلندتر از ۵۰ میلی‌متر باشد. پس از تکمیل جوشکاری، ورق‌های گوشواره‌ای باید برداشته شوند. (ص۳۹۶)

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 گوشهٔ تقویتی باید به‌گونه‌ای باشد که پنجهٔ جوش گوشه روی فلز پایه تیر قرار گیرد. چنانچه پس از حذف پشت‌بند فلز پایه و ریشهٔ جوش به‌صورت یکنواخت سنگ‌زنی شوند، نیازی به ادامه دادن جوش گوشهٔ تقویتی روی فلز پایه نیست. (ص۳۹۶)

۶) در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، برداشتن پشت‌بندهای مورد استفاده در بال فوقانی تیر (در صورت وجود) الزامی نیست. درصورتی‌که 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. (ص۳۹۶)

۷) در صورت اجرای اتصالات گیردار به‌صورت درختی، محل وصلهٔ تیر، شامل نواحی که وصله با جوش یا پیچ به تیر متصل می‌شود، باید خارج از ناحیهٔ حفاظت شده باشد. (ص۳۹۶)

مبحث ۱۰

۱۰-۳-۷-۲ اتصال گیردار تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

۱۰-۳-۷-۲-۱ تیرها

در این نوع اتصال استفاده از مقاطع نورد شده I 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 دهانهٔ 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 ۱۰-۳-۳-۲-۲ یا ۱۰-۳-۳-۳-۲ را، حسب مورد، اقناع نماید. در محاسبهٔ این نسبت پهنای بال را می‌توان برابر عرض بال در انتهای دوسوم میانی ناحیهٔ کاهش یافتهٔ بال در نظر گرفت. (ص۳۹۸)

۶) در دو انتهای تیر، برای انجام جوش شیاری با نفوذ کامل بال تیر به بال ستون، تعبیهٔ سوراخ‌های دسترسی الزامی بوده و هندسهٔ آن‌ها باید مطابق الزامات بند ۱۰-۲-۹-۱-۴ باشد. (ص۳۹۸)

۷) در دو انتهای تیر، ناحیهٔ حفاظت شده باید برابر a + b در نظر گرفته شود. a و b در شکل ۱۰-۳-۷-۲ نشان داده شده است. (ص۳۹۸)

۸) فاصلهٔ محل تشکیل مفصل پلاستیک از بر ستون، باید برابر $a + bS_h/2$ = در نظر گرفته شود. a و b در شکل ۱۰-۳-۷-۲ نشان داده شده است. (ص۳۹۸)

۹) در ناحیهٔ کاهش یافتهٔ تیر محدودیت‌های زیر باید تأمین شوند. انتخاب نهایی مقادیر این پارامترها براساس تأمین کلیهٔ الزامات مربوط به مقاومت موجود لازم تیر در مقطع کاهش‌یافته و انتهای تیر صورت می‌گیرد. (ص۳۹۸)

$$R = (4c^2 + b^2)/8c \qquad (۱۰-۷-۳-۱)$$

$$0.5b_{bf} \le a \le 0.75\, b_{bf} \qquad (۱۰-۷-۳-۲)$$

$$0.65d_b \le b \le 0.85\, d_b \qquad (۱۰-۷-۳-۳)$$

$$0.1b_{bf} \le c \le 0.25\, b_{bf} \qquad (۱۰-۷-۳-۴)$$

در روابط فوق a، b، c، b_{bf}، d_b در شکل ۱۰-۳-۷-۲ نشان داده شده است. (ص۳۹۸)

۱۰-۳-۷-۲-۴ برشکاری بال تیر

۱) در ناحیه کاهش‌یافته تیر، برشکاری بال تیر باید توسط دستگاه برش حرارتی انجام شود تا یک انحنای هموار به وجود آید. در محل خاتمهٔ برشکاری بال تیر، تبدیل مقطع کاهش‌یافته به مقطع کاهش نیافته باید به‌صورت 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. (ص۴۰۰)

۲) شیارهایی 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 به‌صورت 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. (ص۴۰۰)

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 با 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 ۱۰-۳-۷-۱ الی ۱۰-۳-۷-۴ می‌شود، نیز به کار گرفت. (ص۴۰۰)

۱۰-۳-۷-۳ 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 چشمهٔ اتصال ستون، گسیختگی برشی و کششی پیچ‌های ورق انتهایی یا گسیختگی در اجزای اتصالات جوشی آن کنترل می‌شود. طراحی اتصال باید به‌گونه‌ای باشد که با تأمین مقاومت موجود کافی در اجزای آن، تغییرشکل غیرالاستیک از طریق تسلیم مقطع تیر ایجاد شود. (ص۴۰۱)

۱۰-۳-۷-۳-۱ تیرها

در این نوع اتصال گیردار استفاده از مقاطع نورد شدهٔ I یا H شکل و مقاطع ساخته شده دارای مقطع I یا H شکل، برای تیر مجاز است. همچنین(ص۴۰۳)

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 شیاری با نفوذ کامل بال تیر به ورق انتهایی، مجاز نیست. (ص۴۰۳)

۳) در دو انتهای تیر، ناحیهٔ حفاظت شده باید به شرح زیر در نظر گرفته شود: (ص۴۰۴)

- در اتصال فلنجی بدون استفاده از ورق لچکی، برابر کوچک‌ترین دو مقدار عمق تیر و سه برابر پهنای بال تیر از بر ستون؛ (ص۴۰۴)
- در اتصال فلنجی با استفاده از ورق لچکی، برابر کوچک‌ترین دو مقدار طول ورق لچکی به‌علاوه نصف عمق تیر و سه برابر پهنای بال تیر از بر ستون. (ص۴۰۴)

۴) فاصلهٔ محل تشکیل مفصل پلاستیک از بر ستون (S_h)، باید برابر کوچک‌ترین دو مقدار ۱/۲ d_b و ۳/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. (ص۴۰۴)

۵) در دو انتهای تیرهای ساخته شده از ورق، به فاصلهٔ حداقل برابر کوچک‌ترین دو مقدار عمق تیر و سه برابر پهنای بال تیر، اتصال جان به بال باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشهٔ دوطرفه باشد. ضخامت جوش‌های گوشهٔ دوطرفه نباید از ۰/۷۵t_w (t_w ضخامت جان مقطع تیر است) و ۶ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود.(ص۴۰۴)

۱۰-۳-۷-۳-۲ ستون‌ها

در این نوع اتصال گیردار، استفاده از مقاطع نورد شدهٔ H شکل، مقاطع ساخته شدهٔ H شکل و مقطع صلیبی‌شکل ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده برای ستون مجاز است. (ص۴۰۴)

همچنین: (ص۴۰۴)

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. (ص۴۰۴)

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 به‌علاوه ۲۵ میلی‌متر بزرگتر در نظر گرفته شود. (ص ۴۰۵)

۳) اتصال بال تیر به ورق انتهایی باید از نوع جوش شیاری 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 شیاری با نفوذ کامل کفایت می‌نماید. (ص ۴۰۵)

۵) اتصال جان تیر به ورق انتهایی باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشد. چنانچه ضخامت جان مقطع تیر کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر باشد استفاده از جوش گوشهٔ دوطرفه نیز مجاز است. در صورت استفاده از جوش گوشه، علاوه بر الزامات متعارف طراحی اتصالات، ضخامت آن باید به‌گونه‌ای تعیین شود که در فاصلهٔ 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. درهرحال ضخامت جوش‌های گوشه نباید از t_w ۰/۸ و ۸ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شوند. (ص۴۰۶)

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 اندازهٔ p_{si}, p_{fo}, p_{fi} و p_{so} برای پیچ‌های تا قطر ۲۵ میلی‌متر برابر قطر پیچ به‌علاوه ۱۳ میلی‌متر و برای پیچ‌های با قطر بزرگتر برابر قطر پیچ به‌علاوه ۱۹ میلی‌متر است. در اتصالات هشت پیچی حداقل اندازه p_b، نشان داده شده در شکل ۱۰-۳-۷-۲-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 h_{st} ۱/۷۵ 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 به‌صورت مورب بریده شوند. ضخامت ورق‌های لچکی (t_s) نباید کمتر از ضخامت جان مقطع تیر در نظر گرفته شود همچنین ضخامت ورق‌های لچکی باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که روابط ۱۰-۳-۷-۵ و ۱۰-۳-۷-۶ اقناع شوند. (ص۴۰۶)

$$t_s \geq t_{bw}\left(\frac{F_{yb}}{F_{ys}}\right) \quad (۱۰-۳-۷-۵) \text{ (ص ۴۰۷)}$$

$$\frac{h_s}{t_s} \leq ۰.۵۶\sqrt{\frac{E}{F_{ys}}} \quad (۱۰-۳-۷-۶)$$

در روابط فوق: (ص۴۰۷)

h_{st} = ارتفاع ورق لچکی

F_{ys} = تنش تسلیم مشخصهٔ ورق لچکی

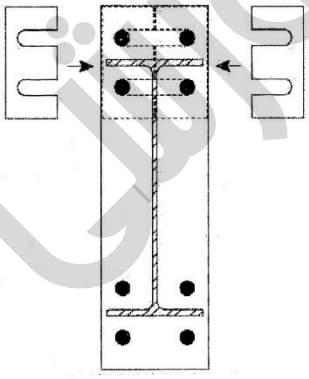
F_{yb} = تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد تیر

t_{bw} = ضخامت جان مقطع تیر

مبحث ۱۰

۸) اتصال لچکی‌ها (در صورت استفاده) به ورق انتهایی و بال تیر باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشد چنانچه ضخامت لچکی‌ها کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر باشد، استفاده از جوش گوشهٔ دوطرفه نیز مجاز است. ضخامت جوش‌های گوشه نباید از t_s ۰/۸ (t_s ضخامت ورق لچکی است) و ۶ میلی‌متر کمتر باشد. گوشهٔ ورق لچکی در محل تقاطع آن با بال تیر و ورق انتهایی باید به‌صورت مثلثی بریده شود تا فاصلهٔ آزاد با جوش بال تیر و ورق انتهایی فراهم شود. (ص۴۰۷)

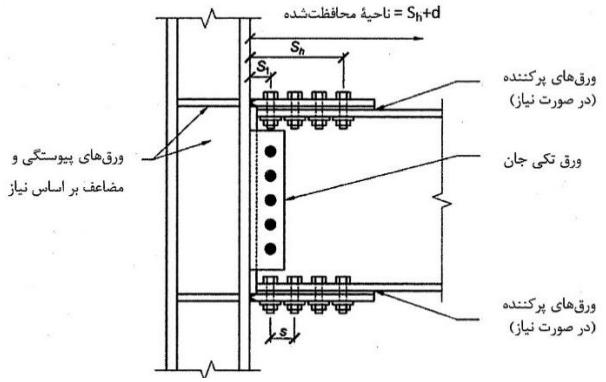
۹) به کار بردن ورق‌های پرکننده انگشتی در بالا و پایین ورق انتهایی مطابق شکل ۱۰-۳-۷-۴ مجاز است. (ص ۴۰۷)



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 ۱۰-۳-۳-۳-۸، 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 ۱۰-۳-۳-۳-۸، 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 ۰/۷۵ برابر ۰/۹ و برای حالت‌های حدی شکل‌پذیر به جای ۰/۹ برابر ۱ در نظر گرفت. همچنین در تعیین مقاومت‌های مجاز آن‌ها ضریب اطمینان (Ω) را می‌توان برای حالت‌های حدی غیر شکل‌پذیر، به جای ۲ برابر ۱/۶۷ و برای حالت‌های حدی شکل‌پذیر به جای ۱/۶۷ برابر ۱/۵ در نظر گرفت. (ص ۴۰۹)

۱۰-۳-۷-۴-۱ 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 ۴۰۹)

۱) در دو انتهای تیر، ناحیهٔ 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_h) 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 ۲۵۰ کیلوگرم بر متر بیشتر باشد.

۴) عمق مقطع تیر نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۵) ضخامت بال مقطع تیر نباید از ۳۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۶) نسبت دهانهٔ آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۹ در قاب‌های خمشی ویژه و از ۷ در قاب‌های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود.

مبحث ۱۰

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 صلیبی‌شکل ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده به‌عنوان ستون مجاز است. همچنین:

۱) عمق مقطع ستون‌های H شکل و صلیبی‌شکل در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای و دارای برشگیر فولادی مدفون در بتن در فاصله بین نواحی محافظت‌شده دو انتهای تیر، نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر و در غیاب دال بتنی سازه‌ای از ۴۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. (ص ۴۰۹)

۲) عمق و پهنای مقاطع جعبه‌ای شکل و H شکل جعبه‌ای شده نباید از ۷۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد. (ص ۴۱۰)

۱۰-۳-۷-۴-۳ سایر الزامات

۱) استفاده از ورق‌های پرکننده به ضخامت مجموعاً تا ۶ 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. (ص۴۱۰)

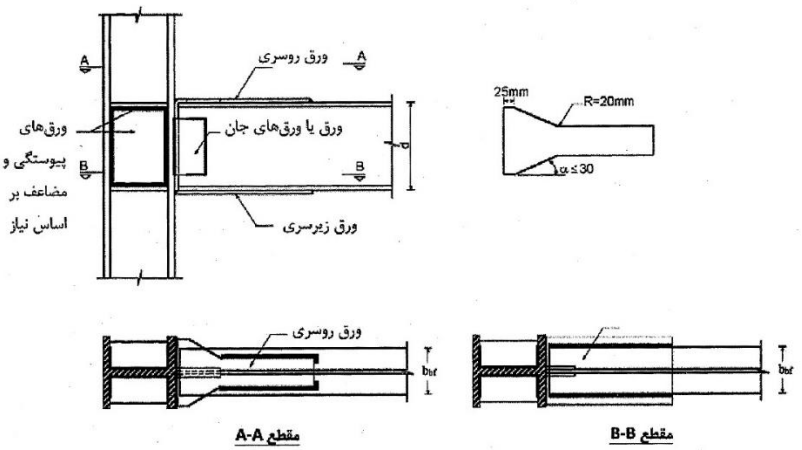
۳) اتصال ورق تکی جان به بال ستون باید از نوع شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشهٔ دوطرفه باشد. ضخامت جوش‌های گوشه باید بر اساس مقاومت برشی موردنیاز اتصال تیر به ستون (مطابق الزامات بند ۱۰-۳-۷-۶ یا ۱۰-۳-۹-۸، حسب مورد) تعیین شود و درهرحال در هر دو طرف نباید از t_{ws} ۰/۸ (t_{ws} ضخامت ورق تکی جان است) و ۸ میلی‌متر کمتر در نظر گرفته شود. (ص۴۱۰)

۴) اتصال ورق‌های روسری و زیرسری به بال‌های تیر باید از نوع پیچی با ردهٔ ۱۰/۹ یا معادل آن و با قطر پیچ حداکثر برابر ۲۷ 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 پانچ برای سوراخ‌کاری مجاز نیست. (ص۴۱۰)

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. (ص۴۱۰)

۱۰-۳-۷-۵ اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (WFP)

اتصالات گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (شکل۱۰-۳-۷-۶)، علاوه بر تأمین الزامات عمومی بخش۱۰-۳-۷-۱، باید دارای شرایط مندرج در این بخش باشند. (ص ۴۱۱)



شکل ۱۰-۳-۷-۶: اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (WFP) (ص ۴۱۱)

این نوع اتصال از طریق جوش دادن ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون و بال تیر ساخته می‌شود. ضمناً در این نوع اتصال جان تیر نیز از طریق ورق یا ورق‌های جان یا جفت نبشی به بال ستون متصل می‌شود. کاربرد این نوع اتصالات فقط به قاب‌های خمشی متوسط محدود می‌شود. هدف 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. (ص۴۱۱)

ابعاد و ضخامت ورق‌های روسری و زیرسری و نیز مشخصات جوش‌های آن‌ها به بال‌های تیر باید براساس مقاومت خمشی موردنیاز اتصال تیر به ستون (مطابق الزامات بند ۱۰-۳-۳-۲-۶) تعیین شود. ابعاد و ضخامت ورق (یا ورق‌های جان یا جفت نبشی) و نیز جوش آن‌ها به بال ستون و جان تیر باید براساس مقاومت برشی موردنیاز اتصال تیر به ستون (مطابق الزامات بند ۱۰-۳-۳-۲-۶) تعیین شود. در تعیین مقاومت‌های طراحی ورق‌های روسری و زیرسری، ورق تکی جان یا ورق‌های جان یا جفت نبشی) و وسایل اتصال ضریب کاهش مقاومت (φ) را می‌توان برای حالت‌های حدی غیر شکل‌پذیر، به جای ۰/۷۵ برابر ۰/۹ و برای حالت‌های حدی شکل‌پذیر به جای ۰/۹ برابر۱ در نظر گرفت. همچنین در تعیین مقاومت‌های مجاز آن‌ها ضریب اطمینان (Ω) را می‌توان برای حالت‌های حدی غیر شکل‌پذیر، به جای ۲ برابر ۱/۶۷ و برای حالت‌های حدی شکل‌پذیر به جای ۱/۶۷ برابر ۱/۵ 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 به‌عنوان تیر مجاز است. همچنین: (ص ۴۱۲)

۱) در دو انتهای تیر ناحیه حفاظت شده باید برابر فاصله از بر ستون تا انتهای ورق‌های 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 ورق‌های روسری و زیرسری، در نظر گرفته شود. (ص ۴۱۲)

۳) عمق مقطع تیر نباید از ۹۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۴) جرم تیر نباید از ۲۵۰ کیلوگرم بر متر بیشتر باشد.

۵) ضخامت بال مقطع تیر نباید از ۳۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۶) نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۵ کمتر در نظر گرفته شود.

۱۰-۳-۷-۵-۲ ستون‌ها

در این نوع اتصال استفاده از مقاطع نورد شده H شکل، مقاطع ساخته شدهٔ 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 ۴۱۲)

۱) عمق مقطع ستون‌های H شکل و صلیبی‌شکل در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای و دارای برشگیرهای فولادی مدفون در بتن در فاصلهٔ بین نواحی محافظت شده دو انتهای تیر نباید از ۹۰۰ میلی‌متر و در غیاب دال بتنی سازه‌ای از ۴۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. (ص ۴۱۲)

۲) عمق و پهنای مقاطع جعبه‌ای شکل و H شکل جعبه‌ای شده نباید از ۷۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. (ص ۴۱۳)

۱۰-۳-۷-۵-۳ سایر الزامات

در این نوع اتصالات گیردار الزامات زیر نیز باید رعایت شوند: (ص۴۱۳)

۱) طول ورق‌های روسری و زیرسری باید برابر باشد.

۲) ورق روسری می‌تواند به‌صورت پهن شده یا دارای پهنای ثابت باشد. در صورت استفاده از ورق پهن شده، رعایت تناسبات نشان داده شده در شکل ۱۰-۳-۷-۶ الزامی است. در صورت استفاده از ورق با پهنای ،ثابت این پهنا با لحاظ عرض ورق‌های 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 انگشتانه به همراه جوش‌های گوشه در اتصال این ورق‌ها به بال تیر نیز مجاز است. (ص ۴۱۳)

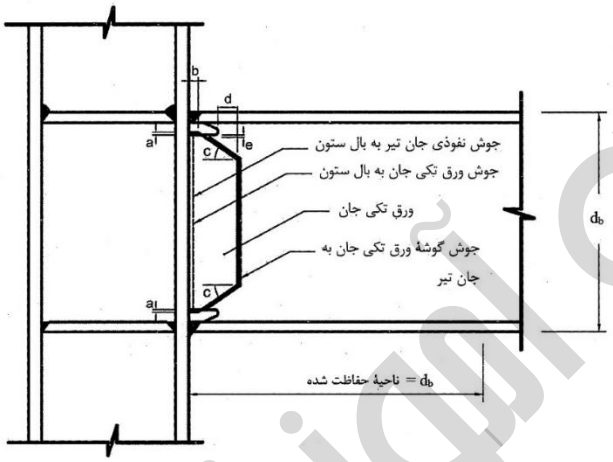
۴) در صورت استفاده از تسمه‌های پشت‌بند در جوش‌های ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون، تسمه‌های پشت‌بند می‌توانند پس از انجام جوشکاری برداشته شوند. در این حالت پس از برداشتن پشت‌بند، پاس ریشه باید تا رسیدن به فلز جوش سالم شیارزنی شود و با جوش تقویت گردد. درصورتی‌که پشت‌بندها برداشته نشوند، این پشت‌بندها 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 به‌صورت 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 نشدهٔ جوشی (WUF-W)

اتصالات گیردار تقویت نشده جوشی (اتصال شکل ۱۰-۳-۷-۷) علاوه بر تأمین الزامات عمومی بخش ۱۰-۳-۷-۱، باید دارای شرایط مندرج در این بخش باشند. (ص ۴۱۴)



شکل ۱۰-۳-۷-۷: اتصال گیردار تقویت نشدهٔ 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. نحوهٔ تسلیم در این نوع اتصال از طریق اعمال ضوابط خاص این بخش کنترل می‌شود. در این اتصال مقدار ضریب C_{pr} که در طراحی لرزه‌ایی 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 محاسبهٔ مقاومت برشی موردنیاز جان تیر (بدون توجه به وجود ورق تکی جان)، مقاومت‌های موردنیاز در ناحیهٔ چشمه اتصال تیر به ستون و کنترل ضابطه تیر ضعیف - ستون قوی، مورد استفاده قرار می‌گیرد. (ص۴۱۴)

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: (ص۴۱۵)

۱) در دو انتهای تیر، برای انجام جوش شیاری با نفوذ کامل بال تیر به بال ستون، تعبیهٔ سوراخ‌های دسترسی الزامی بوده و هندسه آن‌ها باید مطابق الزامات بند ۱۰-۳-۲-۱۱-۵ باشد. (ص۴۱۵)

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 $S_h = ۰$ 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. (ص۴۱۵)

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: (ص۴۱۵)

۱) عمق مقطع ستون‌های H شکل و عمق و پهنای ستون‌های با مقطع صلیبی‌شکل نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد. (ص۴۱۵)

۲) عمق و پهنای مقاطع جعبه‌ای شکل و H شکل جعبه‌ای شده نباید از ۷۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۱۰-۳-۷-۶-۳ سایر الزامات

۱) اتصال بال‌های تیر به بال ستون باید از طریق جوش شیاری با نفوذ کامل صورت گیرد. (ص۴۱۵)

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 $h_p t_p (۰/۶ R_y F_{yp})/\alpha_s$ باشد که در آن:

h_p = ارتفاع ورق تکی جان

t_p = ضخامت ورق تکی جان

F_{yp} = تنش تسلیم مشخصهٔ ورق تکی جان

R_y = نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم مشخصه فولاد ورق تکی جان

α_s = برابر ۱/۰ در LFRD و برابر ۱/۵ 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. (ص۴۱۶)

۴) ورق تکی جان باید محدودیت‌های ابعادی جدول ۱۰-۳-۷-۳ را تأمین نماید. (ص۴۱۶)

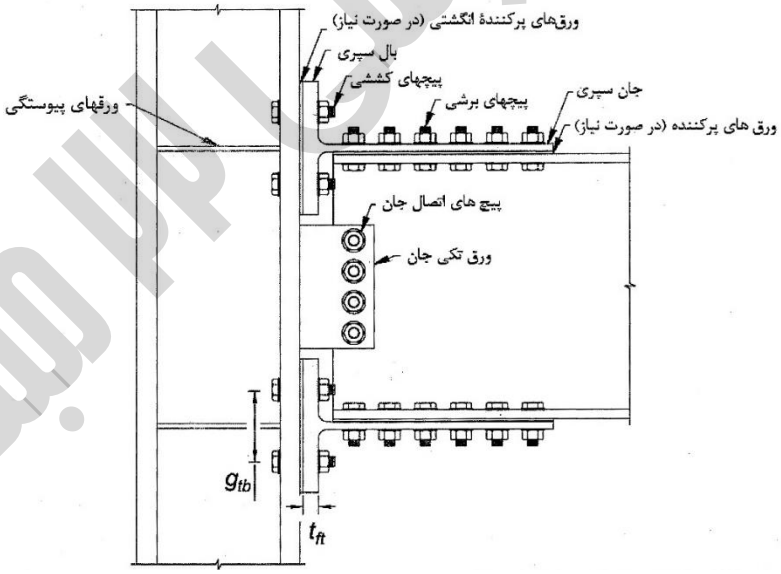
جدول ۱۰-۳-۷-۳: محدودیت‌های ابعادی ورق تکی جان در اتصال گیردار تقویت نشده جوشی (WUF-W) (ص ۴۱۶)

ردیف	شرح	محدودیت*
۱	هم‌پوشانی ورق جان با سوراخ دسترسی	$6\ mm \le a \le 12\ mm$
۲	شیب پهنای ورق جان	$20^\circ \le c \le 40^\circ$
۳	فاصلهٔ قائم انتهای جوش ورق جان به جان تیر تا سوراخ دسترسی	$12\ mm \le e \le 25\ mm$
۴	برگشت عمودی انتهای ورق جان	$b \ge 25\ mm$
۵	فاصلهٔ افقی انتهای پهنای ورق جان تا انتهای سوراخ دسترسی	$d \ge 50\ mm$

* پارامترهای a، b، c، d و e در شکل ۱۰-۳-۷-۷ نشان

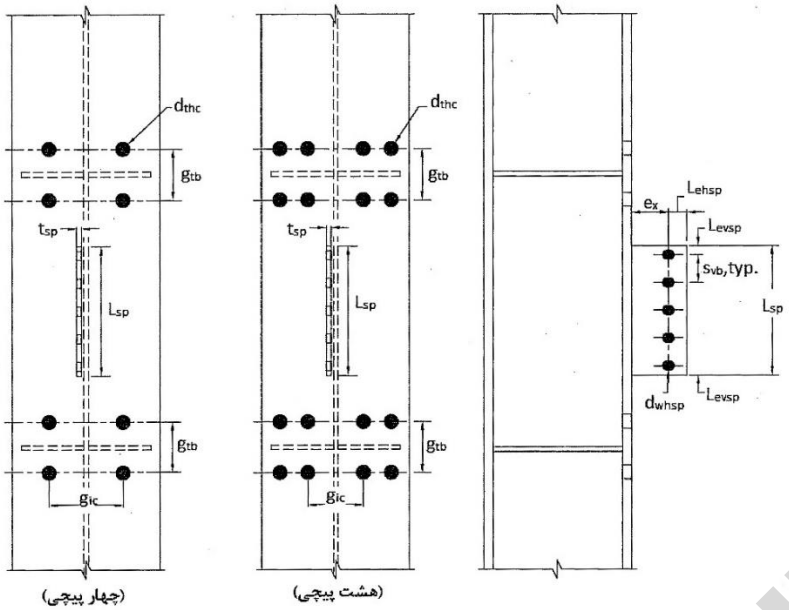
۱۰-۳-۷-۳ اتصال گیردار پیچی با جفت سپری (DT)

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. (ص۴۱۷)



شکل ۱۰-۳-۷-۹: پارامترهای ابعاد ستون و ورق اتصال برشی در اتصال پیچی (ص ۴۱۸)

۱۰-۳-۷-۷-۱ تیرها

در این نوع اتصال استفاده از مقاطع نورد شده یا ساخته شدهٔ I یا H شکل، به‌عنوان 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 میلی‌متر بیشتر باشد.

۲) جرم تیر نباید از ۱۲۰ کیلوگرم بر متر بیشتر باشد.

۳) ضخامت بال مقطع تیر نباید از ۲۰ میلی‌متر 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 فاصلهٔ بر ستون تا دورترین ردیف پیچ در روی بال تیر نسبت به بر ستون به‌علاوه عمق تیر، در نظر گرفته می‌شود.

۶) محل تشکیل مفصل پلاستیک (S_h) 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 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 به‌عنوان ستون مجاز است. همچنین: (ص ۴۱۹)

۱) عمق و پهنای مقطع ستون‌های با مقطع H شکل و صلیبی نباید از ۱۰۰۰ میلی‌متر 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. (ص۴۱۹)

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 اقناع نمایند:

- پیچ‌ها باید به‌صورت 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 به‌صورت استاندارد یا بزرگ شده باشد. سوراخ‌های ایجاد شده روی بال سپری می‌تواند به‌صورت استاندارد یا بزرگ شده یا لوبیایی کوتاه موازی محور ستون باشد. (ص ۴۱۹)
- سوراخ‌های ایجاد شده روی جان تیر و ورق تکی جان باید به‌صورت استاندارد باشد ولی در صورت تعبیه سوراخ استاندارد بر روی جان یا ورق تکی جان، سوراخ‌های دیگری می‌تواند به‌صورت لوبیایی کوتاه موازی محور تیر اجرا شود. (ص۴۱۹)
- 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)

۱۰-۳-۷-۹ اتصال گیردار تقویت نشدهٔ با دیافراگم عبوری از ستون (TD-WUFW) (ص ۴۲۷)

۱۰-۳-۷-۹-۱ تیرها

در این نوع اتصال، استفاده از مقاطع نورد شده I 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، ناحیهٔ 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 دهانهٔ آزاد تیر به عمق آن نباید از ۷ برای قاب‌های خمشی ویژه و از ۵ برای قاب‌های خمشی متوسط کمتر در نظر گرفته شود. (ص۴۲۸)

۱۰-۴ الزامات ساخت، نصب و کنترل (ص۴۵۳)

۱۰-۴-۲ مشخصات مصالح فولاد سازه ای

کلیه فولادهای سازه‌ای اعم از ورق، تیرآهن، ناودانی، نبشی، تسمه و غیره باید از انواع مورد اشاره در فصل‌های ۱۰-۱ تا ۱۰-۳ باشد. (ص۴۵۴)

قطعات فولادی باید از معایبی که به مقاومت یا شکل ظاهری آن لطمه می‌زند، عاری باشند. همهٔ قطعات فولادی سازهٔ 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 وصلهٔ موردنظر جلب شود. (ص۴۵۴)

هرگاه مطابق مفاد بند ۱۰-۱-۴ نیاز به تعیین مشخصات و انطباق مصالح فولادی باشد، نمایندهٔ کارفرما باید از هر محموله مصالح فولادی (مطابق تعریف انتهای این بخش) وارد شده به کارخانه یا مشابه آن به تعداد ۲ نمونهٔ اتفاقی انتخاب و آزمایش‌های زیر را مطابق استانداردهای ملی یا بین‌المللی[1] در مورد آن‌ها انجام دهد: (ص۴۵۴)

- برای همهٔ نمونه‌ها آزمایش تعیین ترکیب آلیاژی فولاد (ص۴۵۴)
- برای همهٔ نمونه‌ها آزمایش تعیین مقاومت کششی با اندازه‌گیری تغییر شکل نسبی(ص۴۵۴)
- برای همهٔ نمونه‌ها آزمایش ضربه

محمولهٔ مصالح فولادی جهت نمونه‌گیری شامل مقاطع مشابه با ردهٔ مقاومتی مشابه و محدوده ضخامت مشابه تهیه شده از یک منبع، به شرح زیر است: (ص۴۵۴)

- 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 همهٔ مقاطع با شمارهٔ ذوب یکسان بر اساس برچسب محصول یا گواهی کارخانه(ص۴۵۴)

۱۰-۴-۳ ساخت و نصب قطعات فولادی

۱۰-۴-۳-۱ کلیات

الف) سازنده موظف است براساس نقشه‌های محاسباتی ابتدا نقشه‌های اجرایی کارگاهی[2] را تهیه و به تصویب طراح سازه برساند. کنترل مهندس طراح در حد انطباق با نقشه‌های محاسباتی و مشخصات فنی بوده و مسئولیت هندسهٔ قطعات، فواصل سوراخ‌ها و زاویه پخ‌ها بر عهدهٔ سازندهٔ اسکلت است. (ص۴۵۵)

ب) نقشه‌های اجرایی باید کلیه اطلاعات و جزییات لازم برای برشکاری و ساخت قطعات اعم از ابعاد و اندازه‌ها، آماده‌سازی لبه‌ها، اندازهٔ جوش‌ها، اندازهٔ پیچ‌ها و سوراخ‌کاری را شامل شود. (ص۴۵۵)

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.(ص۴۵۵)

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. (ص۴۵۵)

ث) هر قطعه پس از آن که با اندازه و شکل مشخص شده در نقشه‌های اجرایی کارگاهی ساخته شد، باید با شمارهٔ مشخص شده در نقشه علامت‌گذاری شود. (ص۴۵۵)

ج) برش، مونتاژ، جوشکاری و متصل کردن قطعات به یکدیگر به‌استثنای اتصالات وصله‌های کارگاهی (در محل) باید در کارخانهٔ سرپوشیده و مجهز ساخت اسکلت‌های فولادی توسط استادکاران و کارگران ماهر و زیر نظر متخصص فن انجام شود. (ص۴۵۵)

چ) در تمام مراحل تولید، هر قطعه یا هر بسته از قطعه‌های مشابه از اجزای فولادی، باید قابل‌شناسایی باشند. شناسایی می‌تواند به وسیلهٔ دسته‌بندی یا به‌وسیلهٔ شکل و اندازهٔ 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. (ص۴۵۵)

ح) علامت‌گذاری با مهرهای سخت برای فولادهای بالاتر از ردهٔ S۳۵۵ مجاز نیست و در سایر موارد باید فقط در نواحی مشخصی به کار رود که بر مقاومت و شکل‌پذیری محصول تأثیری نداشته باشد. (ص۴۵۵)

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. (ص۴۵۶)

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. (ص۴۵۶)

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 به‌صورت دستی انجام گیرد. درهرصورت کلیهٔ ناصافی‌هایی که بر اثر برشکاری به وجود می‌آید، باید با سنگ زدن برطرف شوند. (ص۴۵۶)

ت) سوراخ‌کاری نهایی ورق‌ها و نیمرخ‌ها با ضخامت بیش از ۱۵ میلی‌متر باید به کمک متهٔ 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. (ص۴۵۶)

ث) تیرهای با مقطع کاهش‌یافته 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 کاهش‌یافته و مقطع دست‌نخورده باید در جهت طول بال تیر برای کاهش آثار نامطلوب ناشی از تغییر ناگهانی مقطع گرد شوند. گوشه‌های بین سطح مقطع کاهش‌یافته و بالا و پایین بال‌های تیر جهت برداشتن لبه‌های تیز باید سنگ زده شوند، ولی رعایت حداقل شعاع گردی یا زاویهٔ پخی نیاز نیست. (ص۴۵۶)

ج) حداکثر رواداری برش حرارتی از خط برش تئوری ۶ ± میلی‌متر است. حداکثر رواداری عرض مؤثر ورق‌ها در هر مقطع ۱۰± میلی‌متر است. (ص۴۵۷)

چ) تورفتگی‌ها و زخم‌های ایجاد شده در اثر برش حرارتی در سطح برش کاهش‌یافته 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 ناحیهٔ کاهش‌یافته 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 درجهٔ سانتی‌گراد انجام شود. تورفتگی‌ها و زخم‌های با عمق بیش از ۱۳ میلی‌متر باید توسط روشی که به تأیید نمایندهٔ کارفرما رسیده است، اصلاح شوند. (ص۴۵۷)

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. انحنا و تغییر شکل‌هایی که طبق نقشه یا دستور مهندس طراح لازم باشد، باید هنگام ساختن قطعات ایجاد شود. (ص۴۵۷)

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. (ص۴۵۷)

پ) الزامات مربوط به پیش خیز و پیش تنظیم در قطعات باید از تکمیل مونتاژ، کنترل شوند.

ت) به‌کارگیری روش‌های گرم کردن موضعی برای ایجاد انحنا یا صاف کردن قطعات با تأیید نمایندهٔ کارفرما مجاز است[۳]. 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 گچ‌های رنگی مخصوص که در دمای زیاد تغییر رنگ می‌دهند، مورد کنترل قرار گیرد. استفاده از روش‌های مکانیکی برای صاف کردن تا سه برابر مقادیر رواداری‌های مجاز قابل‌قبول است. (ص۴۵۷)

۱۰-۴-۳-۴ پیش نصب

الف) درصورتی‌که در اسناد پیمان مشخص شده باشد، پیمانکار موظف است تیرها و ستون‌های فولادی را در محل کارخانه یا پای‌کار پیش نصب نماید. هدف از پیش نصب قطعات فولادی حصول اطمینان از دقت ساخت و کیفیت جفت‌وجور شدن قطعات در هنگام نصب است.

ب) به هنگام پیش نصب باید حداقل ۲۵ درصد از پیچ‌های هر اتصال که کمتر از دو پیچ نباشد، بسته شوند. پیچ‌های پیش نصب می‌توانند از نوع پیچ‌های معمولی انتخاب شوند. (ص۴۵۸)

۱۰-۴-۴ اتصال با جوش

برای برقراری اتصالات جوشی رعایت مشخصات مندرج در آیین‌نامهٔ جوشکاری ساختمانی ایرا[۴] لازم است، علاوه بر مفاد آیین‌نامه مورد اشاره، رعایت الزامات بندهای زیر ضروری است. (ص۴۶۴)

۱۰-۴-۴-۱ کنترل کیفیت و تضمین کیفیت جوش

رئوس برنامه‌های مربوط به کنترل و بازرسی جوشکاری سازه‌های فولادی را می‌توان در قالب پنج مورد زیر بیان نمود:(ص۴۶۴)

۱- جوشکاران (Personnel)

۲- فرایند جوشکاری (Process)

۳- آماده‌سازی درز جوش (Preparation)

۴- دستورالعمل جوشکاری (Procedure)

۵- بازرسی و تأیید (Prove)

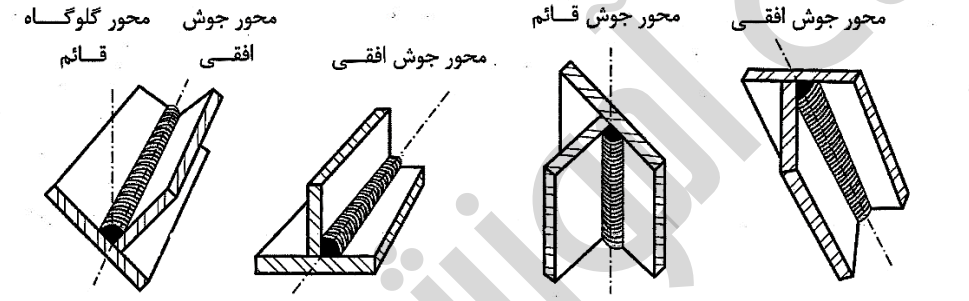
جدول ۱۰-۴-۱: بازرسی قبل از جوشکاری (ص۴۶۵)

ردیف	شرح فعالیت	QC	QA
۱	بررسی گواهینامهٔ صلاحیت جوشکاران*	P	O
۲	بررسی دستورالعمل‌های جوشکاری	P	P
۳	بررسی گواهینامهٔ مواد مصرفی جوش	P	P
۴	قابل‌شناسایی بودن مواد و مصالح (نوع و رده)	O	O
۵	سیستم شناسایی جوشکاران (علامت‌گذاری بند جوش)	O	O
۶	کنترل تجهیزات جوشکاری	O	O
۷	کنترل شکل و پرداخت سوراخ دسترسی	P	O
۸	کنترل آماده‌سازی درز جوش شیاری: • آماده‌سازی اتصال • هندسه (هم‌راستایی، فاصلهٔ ریشه، عمق ریشه، پخ) • تمیزی درز جوش • وضعیت خال‌جوش‌کاری (کیفیت و محل خال‌جوش) • نوع پشت‌بند و مونتاژ آن	P	O
۹	کنترل آماده‌سازی درز جوش گوشه: • هندسه (فاصلهٔ ریشه، راستا، ...) • تمیزی درز جوش • وضعیت خال‌جوش‌کاری (کیفیت و محل خال‌جوش)	O	O

* برگزاری دوره‌های آموزشی جوشکاران و صدور گواهینامه‌های صلاحیت به آن‌ها توسط مراکز ذیصلاح انجام گرفته باشد.

جدول ۱۰-۴-۱: بازرسی حین جوشکاری (ص۴۶۶)

ردیف	شرح فعالیت	QC	QA
۱	کنترل شرایط نگهداری و جابجایی الکترود: • بسته‌بندی • زمان در معرض هوا بودن	O	O
۲	عدم جوشکاری روی ترک‌های خال‌جوش	O	O
۳	شرایط محیطی: • سرعت باد • بارش و دما	O	O
۴	پیروی از WPS: • تنظیم تجهیزات جوشکاری • سرعت جوشکاری • انتخاب الکترود و سیم جوش • نوع و دبی گاز محافظ • پیش‌گرمایش و دمای بین دو عبور • وضعیت جوشکاری (F, H, V, OH) مطابق شکل ۱۰-۴-۱	O	O
۵	کنترل تکنیک جوشکاری: • تمیزکاری بین دو عبور و عبور نهایی • هندسهٔ جوش هر عبور • بازرسی کیفیت چشمی هر عبور	O	O
۶	قرارگیری و نصب گل‌میخ‌ها	P	O



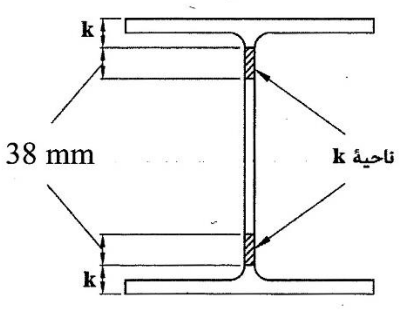
(ت) وضعیت سقفی (OH) (پ) وضعیت قائم (V) (ب) وضعیت افقی (H) (الف) وضعیت تخت (F)

شکل ۱۰-۴-۱: چهار وضعیت اصلی جوشکاری برای جوشکاری با جوش گوشه (ص۴۶۶)

جدول ۱۰-۴-۳: بازرسی پس از جوشکاری (ص۴۶۷)

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 • چالهٔ جوش • هندسهٔ مقطع جوش • بریدگی کنارهٔ جوش • تخلخل • لکهٔ قوس	P	P
۴	بازرسی‌های غیر مخرب	P	P
۵	کنترل سوراخ دسترسی جوش مقاطع سنگین برای اطمینان از عدم ترک‌خوردگی	P	P
۶	کنترل برداشتن پشت‌بند و ورق گوشواره (ناودان جوش) در صورت لزوم	P	P
۷	کنترل جوش تعمیری	P	P
۸	تهیهٔ مستندات تأیید یا رد کیفیت قطعات جوشکاری‌شده	P	P
۹	کنترل عدم جوشکاری در نواحی غیرمجاز	O	O
۱۰	ناحیهٔ k *	P	P

* هنگام جوشکاری ورق‌های مضاعف، ورق‌های پیوستگی و سخت‌کننده‌ها، بازرسی چشمی برای کشف ترک در ناحیهٔ k ورق جان تا فاصلهٔ ۷۵ میلی‌متر بالا و پایین جوش انجام شود. ناحیهٔ k مطابق شکل ۱۰-۴-۲، به حدفاصل نقطهٔ شروع گردی ریشهٔ اتصال بال به جان تا ۳۸ میلی‌متر بعد از آن اطلاق می‌شود. (ص ۴۶۷)



شکل ۱۰-۴-۲: ناحیهٔ k (ص ۴۶۷)

۱۰-۴-۴-۲ 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 نامهٔ جوشکاری ساختمانی ایران به وسیلهٔ 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.(ص۴۶۸)

جدول ۱۰-۴-۴: میزان آزمایش‌های غیر مخرب جوش هنگام تولید و نصب (ص ۴۶۸)

نوع جوش مورد آزمایش	نوع آزمایش	درصد آزمایش‌ها برای گروه‌بندی اهمیت ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰		
		۱ و ۲	۳	۴
۱- همهٔ جوش‌ها	بازرسی چشمی (VI)	100	100	100
۲- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی بال‌های کششی، اعضای کششی خرپاها، یک‌ششم عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به ستون در اتصال صلب تیر به ستون	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	100	75	25
۳- جوش‌های لب‌به‌لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خرپاها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	10	5	–
۴- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون‌ها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	20	10	–
۵- جوش‌های لب‌به‌لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نیست و جوش‌های لب‌به‌لب طولی جان تیرها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	20	10	–
۶- جوش گوشهٔ بال به جان و سخت‌کننده‌ها	رنگ نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT)	10	10	5
۷- جوش‌های گوشهٔ اتصالات مهاربندها و اتصالات تیر به ستون	رنگ نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT)	100	20	10

الزامات تکمیلی جدول ۱۰-۴-۴ به شرح زیر است:

۱) ورق‌های با ضخامت کمتر یا مساوی ۸ میلی‌متر نیاز به آزمایش پرتونگاری (RT) یا فراصوت (UT) ندارند.

۲) ساختمان‌های گروه ۳ دارای ۴ طبقه یا بیشتر روی سطح زمین، مطابق گروه‌های ۱ و ۲ ارزیابی می‌شوند. (ص۴۶۹)

۱۰-۴-۴-۲-۳ افزایش تعداد آزمایش پرتونگاری یا فراصوت

در حالتی که از ابتدا مقرر شده باشد که ۱۰ درصد از جوش‌ها تحت آزمایش پرتونگاری یا فراصوت قرار گیرند، درصورتی‌که 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. (ص۴۷۰)

۱۰-۴-۴-۳ ضوابط اجرایی

۱۰-۴-۴-۳-۱ شرایط غیرمجاز جوشکاری

جوشکاری در شرایط زیر مجاز نیست: (ص۴۷۰)

الف) زمانی که دمای محیط کار کمتر از ۱۰- درجهٔ سلسیوس است.

ب) زمانی که دمای فلز پایه کمتر از مقادیر ذکر شده در جدول ۱۰-۴-۵ است.

پ) زمانی که سطح کار مرطوب یا در معرض بارش باران و برف است. (ص۴۷۰)

ت) زمانی که محل جوشکاری در معرض وزش باد با سرعت بیش از ۱۰ کیلومتر بر ساعت است. (ص۴۷۰)

ث) زمانی که پرسنل جوشکاری تحت شرایط غیر ایمن و نامتعادل هستند. (ص۴۷۰)

۱۰-۴-۴-۳-۳ خال‌جوش‌ها

به استثنای موارد ذکر شده در زیر، خال‌جوش‌ها باید با همان ضوابط کیفیتی جوش اصلی اجرا شوند: (ص۴۷۱)

۱- برای خال‌جوش‌هایی که در نوار جوش اصلی ذوب می‌شوند، پیش‌گرمایش اجباری نیست.

۲- ناپیوستگی‌ها نظیر؛ بریدگی لبهٔ جوش، چالهٔ انتهایی جوش و تخلخل، لازم نیست قبل از نوار جوش نهایی، تعمیر شوند. (ص۴۷۱)

خال‌جوش‌هایی که جزئی از جوش اصلی هستند، باید با الکترودی که شرایط جوش اصلی را تأمین می‌نماید، جوش شوند. خال‌جوش‌های چند عبوره باید دارای انتهای پله‌ای باشند. به‌استثنای سازه‌های تحت بار استاتیکی، خال‌جوش‌هایی که جزئی از جوش اصلی نیستند، باید برداشته شوند. در سازه‌های تحت بار استاتیکی نیازی به حذف خال‌جوش‌ها نیست، مگر اینکه بازرس این کار را الزام نماید. (ص۴۷۱)

۱۰-۴-۴-۳-۶ پیش‌گرمایش و حرارت عبورهای میانی (ص۴۷۳)

جدول ۱۰-۴-۵: حداقل پیش‌گرمایش و درجهٔ حرارت عبورهای میانی (ص۴۷۳)

طبقه	نوع فولاد	روش جوشکاری	مشخصات ورق	
			ضخامت ورق (میلی‌متر)	حداقل درجهٔ حرارت ورق (سانتی‌گراد)
A	St37 St52	جوش دستی با الکترود روکش‌دار (غیر از الکترودهای کم هیدروژن)	≤ 20 20<t≤40 40<t≤65 t > 65	20 65 110 150
B	St37 St52	جوش دستی با الکترود روکش‌دار کم هیدروژن جوش زیرپودری جوش تحت حفاظ گاز (الکترود فلزی یا تنگستن) جوش با الکترود توپودری	≤ 20 20<t≤40 40<t≤65 t > 65	10 20 65 110
C	$F_y \geq 400$ MPa	جوش دستی با الکترود روکش‌دار کم هیدروژن جوش زیرپودری جوش تحت حفاظ گاز (الکترود فلزی یا تنگستن) جوش با الکترود توپودری	≤ 20 20<t≤40 40<t≤65 t > 65	10 65 110 150

۱- در جوشکاری ورق‌ها با ضخامت بزرگتر از ۲۵ میلی‌متر که تحت بارهای دینامیکی قرار دارند، فقط باید از الکترودهای کم هیدروژن استفاده نمود. (ص۴۷۳)

۲- هرقدر گیرداری قطعهٔ مورد جوش بیشتر باشد، دمای پیش‌گرمایش باید افزایش یابد.

۳- دمای پیش‌گرمایش لازم نیست از ۲۳۰ درجهٔ سلسیوس بیشتر باشد. (ص۴۷۳)

۱۰-۴-۴-۳-۷ دستورالعمل رویهٔ جوشکاری (WPS)

دستورالعمل رویهٔ جوشکاری باید حاوی کلیهٔ اطلاعات لازم جهت آماده‌سازی درز جوش، روش جوشکاری و سایر ویژگی‌های مؤثر در مشخصات جوش باشد. دستورالعمل جوشکاری باید طبق فرم استاندارد آن تهیه و به تأیید نمایندهٔ کارفرما برسد. (ص۴۷۴)

۱۰-۴-۴-۳-۷-۱ دستورالعمل جوشکاری پیش تأیید شده

دستورالعمل‌های جوشکاری که از همه لحاظ منطبق بر ضوابط آیین‌نامه جوشکاری ایران (نشریهٔ ۲۲۸) باشند، می‌توانند به‌عنوان پیش تأیید شده فرض شوند. این جوش‌ها را می‌توان از آزمایش‌های ارزیابی معاف کرد. در هر حالت مشخصات فنی خصوصی به‌منظور حصول اطمینان از سلامت و کیفیت جوش، می‌تواند آزمایش ارزیابی دستورالعمل جوشکاری را الزام نماید. (ص۴۷۴)

۱۰-۴-۴-۳-۷-۲ متغیرهای پایه در دستورالعمل جوشکاری پیش تأیید شده

دستورالعمل جوشکاری پیش تأیید شده باید توسط سازنده به‌صورت کتبی تهیه شده و برای مراجعه در دسترس باشند. دستورالعمل‌های جوشکاری پیش تأیید شده می‌تواند مطابق فرمت آیین نامهٔ جوشکاری تهیه شود، لیکن درج اطلاعات زیر در آن الزامی است: (ص۴۷۴)

۱- شدت جریان (آمپراژ)

۲- اختلاف پتانسیل (ولتاژ)

۳- سرعت حرکت الکترود

۴- دبی گاز محافظ

۵- نوع الکترود
۶- دمای پیش‌گرمایش
۷- وضعیت جوشکاری
۸- نوع بازرسی

تغییر در هر یک از پارامترهای فوق باید با تأیید نمایندهٔ کارفرما امکان‌پذیر بوده و در صورت تغییر، نیاز به تدوین دستورالعمل جوشکاری جدید است. همچنین می‌توان از ترکیبی از دستورالعمل‌های پیش تأیید شده و نشده در کار استفاده نمود، مشروط بر اینکه محدودیت‌های اساسی هر دو دستورالعمل مورد توجه قرار گیرد. (ص۴۷۴)

۱۰-۴-۵ اتصال با پیچ (ص۴۷۵)

۱۰-۴-۵-۱ انواع پیچ

الف) پیچ‌های معمولی

پیچ‌های معمولی که از آن‌ها فقط در اتصالات اتکایی (غیر پیش‌تنیده) استفاده می‌شود، از فولاد با تنش کششی نهایی (F_u) از ۴۰۰ تا ۶۰۰ مگاپاسکال ساخته می‌شوند و قابل پیش تنیدگی نیستند. (ص۴۷۶)

ب) پیچ‌های پر مقاومت (ص۴۷۶)

پیچ‌های پرمقاومت که در سازه‌های فولادی از آن‌ها در اتصالات اتکایی، پیش‌تنیده و لغزش بحرانی استفاده می‌شود، از فولادهای پرمقاومت با تنش کششی نهایی ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ مگاپاسکال ساخته می‌شوند. برای استفاده در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی، مطابق استاندارد EN۱۴۳۹۹ این نوع پیچ‌ها در دو دستهٔ HR وHV تولید می‌شوند. دستهٔ HR شامل مجموعهٔ پیچ و مهره ۸/۸، ۱۰/۹ و ۱۲/۹ بوده و منطبق بر استاندارد ۳-EN۱۴۳۹۹ هستند. دستهٔ HV شامل مجموعهٔ پیچ و مهره ۱۰/۹ و ۱۲/۹ بوده و منطبق بر استاندارد ۴-EN۱۴۳۹۹ هستند. مطابق استاندارد ASTM F۳۱۲۵ این پیچ‌ها شامل رده‌های A۳۲۵ و A۴۹۰ می‌شوند. (ص۴۷۷)

درهرحال در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی فقط از پیچ های پرمقاومتی می توان استفاده کرد که دارای قابلیت پیش تنیدگی باشند.

۱۰-۴-۵-۴ نیروی پیش تنیدگی پیچ‌ها در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی (ص۴۸۰)

جدول ۱۰-۴-۸-ب: حداقل نیروی پیش تنیدگی و بار گواه در پیچ‌های پرمقاومت طبق استاندارد ISO (ص۴۸۱)

قطر اسمی پیچ (mm)	سطح مؤثر (mm^2)	حداقل بار کششی (kN)		بار گواه (kN)		نیروی پیش‌تنیدگی (kN)	
		8.8	10.9	8.8	10.9	8.8	10.9
M12	84.3	67.4	87.7	48.9	70	47.2	61.4
M16	157	125	163	91	130	87.5	114.1
M20	245	203	255	147	203	142.1	178.5
M22	303	252	315	182	252	176.4	220.5
M24	353	293	367	212	293	205.1	256.9
M27	459	381	477	275	381	266.7	333.9
M30	561	466	583	337	466	326.2	408.1
M36	817	678	850	490	678	474.6	595

۱۰-۴-۵-۵ روش تعیین لنگر پیچشی متناظر با نیروی پیش تنیدگی

در عمل نیروی پیش تنیدگی پیچ‌های پیش‌تنیده، با مقدار لنگر پیچشی اعمال شده توسط آچارهای مدرج که اصطلاحاً ترک متر نامیده می‌شوند، اندازه‌گیری و کنترل می‌شوند. لنگر پیچشی (M_t) متناظر با نیروی پیش تنیدگی (T_b) را می‌توان به‌طور تقریبی از رابطهٔ زیر تعیین نمود: (ص۴۸۱)

$$M_t = KT_bd_b \qquad (۱۰-۵-۴-۱)$$

که در آن: (ص۴۸۱)

T_b = نیروی پیش تنیدگی لازم مطابق جدول‌های ۱۰-۴-۸ الف و ب

d_b = قطر اسمی پیچ

K = ضریب مهره (بی‌بعد). ضریب مهره باید توسط سازنده مطابق استاندارد اندازه‌گیری شده و در گواهینامهٔ پیچ و مهره ارائه شود. اعداد مندرج در جدول ۱۰-۴-۹ می‌توانند به‌عنوان راهنمای حدودی مورد استفاده قرار گیرند.(ص۴۸۱)

لنگر پیچشی متناظر با نیروی پیش تنیدگی به‌عنوان لنگر بازرسی هر قطر و نوع پیچ باید به‌صورت ادواری (یک یا چندروزه) در شرایط کارگاهی با دستگاه مخصوص اندازه‌گیری شود و سپس ترک متر بر اساس آن لنگر کالیبره شود. (ص۴۸۱)

تبصره: استفاده از سایر ابزارهای تعیین پیچشی متناظر با نیروی پیش تنیدگی موردنیاز مطابق مراجع متناظر نظیر استاندارد ۲-۱۰۹۰ EN مجاز است.

جدول ۱۰-۴-۹: ضریب مهره (ص۴۸۲)

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 مرحلهٔ اول پیچ‌ها تا حد سفتی کامل محکم می‌شوند، تا اطمینان حاصل شود که سطوح تماس کاملاً به هم چسبیده‌اند. در مرحلهٔ 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. (ص۴۸۲)

در پیچ سفتی کامل[5] 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 کلهٔ پیچ یا مهرهٔ 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 پیش تنیدگی باید توسط آچار مدرج مطابق بند ۱۰-۴-۵-۷ تأیید شود. (ص۴۸۳)

جدول ۱۰-۴-۱۰: چرخش اضافی لازم برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌های کاملاً سفت (d_b قطر اسمی پیچ است) (ص۴۸۳)

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
$L \le 4d_b$	$\frac{1}{3}$ دور	$\frac{1}{2}$ دور	$\frac{2}{3}$ دور
$4d_b < L \le 8d_b$	$\frac{1}{2}$ دور	$\frac{2}{3}$ دور	$\frac{5}{6}$ دور
$8d_b < L \le 12d_b$	$\frac{2}{3}$ دور	$\frac{5}{6}$ دور	۱ 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 مرحلهٔ سفتی اولیه برساند و در مرحلهٔ 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. (ص۴۸۳)

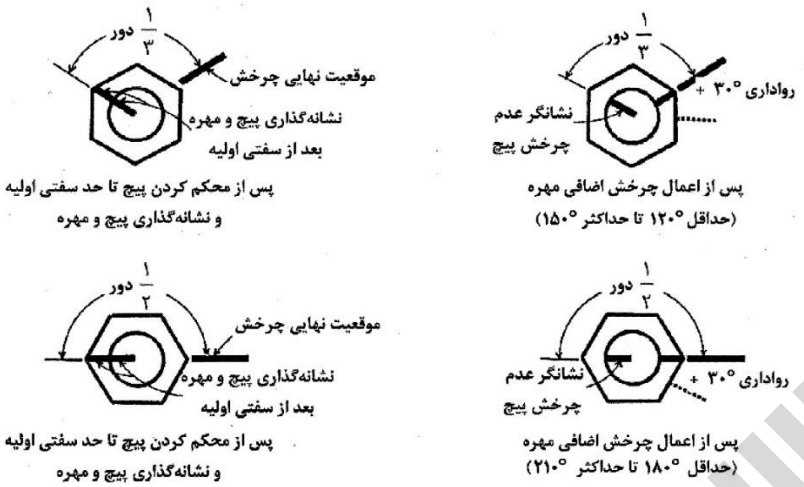
۱۰-۴-۵-۷ روش‌های کنترل پیش تنیدگی

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 نمایندهٔ کارفرما ارائه نماید. نمایندهٔ کارفرما می‌تواند به‌طور مستقل یا از طریق آزمایشگاه یا صلاحیت، پیش تنیدگی پیچ‌ها را کنترل نماید. تصمیم نمایندهٔ کارفرما در مورد کفایت پیش تنیدگی پیچ‌ها قطعی خواهد بود. (ص۴۸۳)

برای پیچ‌های پرمقاومت به کار گرفته شده در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی، نیروی پیش تنیدگی لازم برای سفت کردن پیچ‌ها باید مطابق مقادیر جدول‌های ۱۰-۴-۸- الف و ب انتخاب شود. پیش تنیدگی می‌تواند به یکی از روش‌های زیر انجام شود: (ص۴۸۳)

الف) چرخاندن اضافی مهره‌ها

پیچ‌هایی که به وسیلهٔ چرخاندن اضافی مهره پیش‌تنیده می‌شوند، بعدازآنکه پیچ‌ها کاملاً سفت شدند، مطابق شکل ۱۰-۴-۴ نقطه‌ای از پیچ و مهره را که رو به روی هم قرار دارند، نشانه‌گذاری کرده سپس کنترل می‌شود که چرخش اضافی مطابق جدول ۱۰-۴-۱۰ به میزان کافی انجام شده باشد. برای کنترل پیش تنیدگی پیچ‌ها باید از آچار مدرج مناسب که قبلاً مطابق بند ۱۰-۴-۵-۵ کالیبره شده است، استفاده شود. (ص۴۸۴)



شکل ۱۰-۴-۴: دستورالعمل چرخش مهره (ص۴۸۴)

مبحث ۱۰

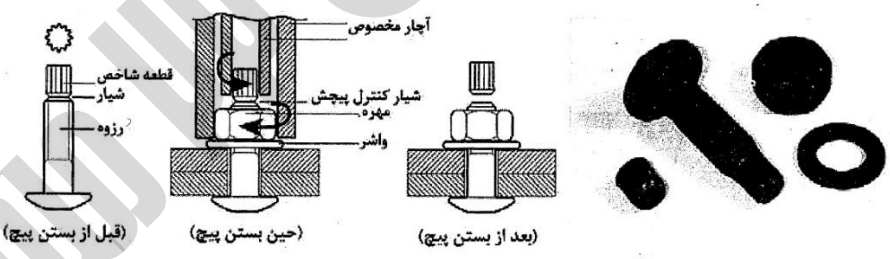
ب) آچار مدرج

برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها می‌توان از آچار مدرج کالیبره شده مطابق بند ۱۰-۴-۵-۵ استفاده نمود. در این حالت باید از واشر در زیر پیچ و مهره تحت چرخش استفاده شود. (ص۴۸۴)

پ) پیچ‌های کشش - کنترل (TC Bolt)

پیچ‌هایی هستند که با رسیدن به نیروی پیش تنیدگی، قطعهٔ شاخص متصل به انتهای بدنه توسط آچار مخصوص به‌صورت پیچشی کنده می‌شود. در این روش باید اطمینان حاصل شود که نیروی کششی در لحظهٔ کنده شدن قطعهٔ مورد اشاره، همان مقدار نیروی پیش تنیدگی پیچ براساس جداول ۱۰-۴-۸ (الف یا ب) یا بیشتر از آن است. ترتیب محکم کردن این پیچ نیز باید به‌صورت متقارن از بخش‌های صلب اتصال شروع شود و باید به‌گونه‌ای انجام شود که میزان کاهش در نیروی پیش تنیدگی پیچ‌های سفت شده به حداقل برسد. ضوابط مربوط به نگهداری، انبارداری و تمیزکاری مطابق مشخصات فنی کارخانهٔ تولید کنندهٔ پیچ و مهره در نظر گرفته شود و در صورت از بین رفتن و آلوده شدن پوشش، برای پوشش مجدد و تنظیم نیروی پیش تنیدگی به کارخانه ارسال شود. (ص۴۸۵)

در شکل ۱۰-۴-۵ جزئیات پیچ‌های کشش - کنترل در سه مرحله، قبل از بستن پیچ، حین بستن پیچ و بعد از بستن پیچ نشان داده شده است. (ص۴۸۵)



شکل ۱۰-۴-۵: پیچ کشش – کنترل (TC Bolt) (ص۴۸۵)

ت) واشرهای نمایانگر پیش تنیدگی[۶] (DTI)

واشرهای ویژه‌ای تحت عنوان واشرهای نمایانگر پیش تنیدگی هستند که در زیر کلگی پیچ یا مهره استفاده می‌شوند و تخت شدن برآمدگی‌های واشر تا حد معینی نشان دهندهٔ رسیدن نیروی کششی محوری پیچ به حد موردنظر است. در این روش باید اطمینان حاصل شود که نیروی متناظر با تخت شدن برجستگی‌های روی سطح، همان نیروی پیش تنیدگی پیچ بر اساس جداول ۱۰-۴-۸ (الف یا ب) یا بیشتر از آن است. مراحل محکم کردن این پیچ‌ها نیز مانند بند (پ) در فوق است. (ص۴۸۵)

در شکل ۱۰-۴-۶ محل قرار گرفتن واشر در روش DTI نشان داده شده است. همچنین برای اطمینان از تخت شدن واشرهای DTI، لازم است مطابق شکل ۱۰-۴-۷ از فاصله‌سنج‌های مخصوص کارخانه تولید کنندهٔ این ابزار استفاده شود. (ص۴۸۵)

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 به‌وسیلهٔ 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 برقوزنی آن‌ها را اصلاح نمود حداکثر قطر برقوی مصرفی ۳ میلی‌متر بزرگتر از قطر پیچ است و برقوزنی نباید قطر سوراخ را بیش از ۵ میلی‌متر افزایش دهد. استفاده از برش شعله برای گشاد کردن سوراخ‌ها مجاز نیست. (ص۴۸۹)

۱۰-۴-۵-۱۱ استفادهٔ مجدد از پیچ‌های پیش‌تنیده شده

استفاده مجدد از پیچ‌هایی که تا حد سفتی اولیه محکم شده‌اند، بلامانع است. استفادهٔ مجدد از پیچ‌های پیش‌تنیده شده و مهره‌های آن‌ها مجاز نیست. (ص۴۸۹)

۱۰-۴-۵-۱۲ انبارداری و ذخیرهٔ پیچ‌ها

همهٔ 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 نوبت‌کاری در سازه نصب می‌شوند، مجاز به خارج شدن از بسته‌بندی‌های فوق هستند. درصورتی‌که در انتهای نوبت‌کاری 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. (ص۴۹۰)

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. درصورتی‌که تعمیر قسمت‌های معیوب بدون کاهش مقاومت و تغییر مشخصات مندرج در طرح میسر نباشد، باید آن قسمت‌ها تعویض شوند. (ص۴۹۰)

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 پیشگیرانهٔ تعیین شده در جدول ۱۰-۴-۱۴ برای جابجایی و انبار کردن در صورت مصداق باید اعمال شوند.(ص۴۹۰)

جدول ۱۰-۴-۱۴: موارد اقدام‌های پیشگیرانه برای جابجایی، انبار کردن، حفاظت و حمل و نقل قطعات فولادی (ص۴۹۱)

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 ناحیهٔ دیگری که بخش قابل‌ملاحظه‌ای از وزن یک دسته بر روی یک لبهٔ 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 شکل‌داده‌شدهٔ سرد و دیگر مصالح تأمین‌شده با سطوح تزئینی 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 ویژهٔ لازم به‌منظور حفاظت در برابر خوردگی اجزای فولادی شکل‌داده‌شدهٔ سرد با ضخامت کمتر از 4 میلی‌متر انجام شود، به صورتی که در برابر عوامل جوی در حین حمل‌ونقل، انبار کردن و برپایی اولیه مقاومت نمایند.
حمل‌ونقل	
۱۰	تدابیر ویژهٔ موردنیاز برای حفاظت اجزای تولیدشده در حین حمل‌ونقل

۱۰-۴-۷ رنگ‌آمیزی و گالوانیزه کردن قطعات فولادی

برای حفاظت در مقابل خوردگی، تمامی سطوح سازه‌های فولادی باید رنگ‌آمیزی شوند. در موارد زیر لزومی به رنگ‌آمیزی سطوح سازه‌های فولادی نیست: (ص۴۹۲)

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 موردنظر الزامات محافظت در برابر خوردگی را تأمین می‌نماید.

۳- صفحاتی که قرار است در اتصالات لغزش بحرانی روی‌هم 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. (ص۴۹۲)

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. به‌طورکلی در مورد آماده‌سازی سطح با پاشش مواد ساینده به کمک فشار هوا، موارد زیر حائز اهمیت هستند: (ص۴۹۲)

الف) مقدار مناسب فشار هوا در آماده‌سازی سطوح با پاشش مواد ساینده تقریباً ۰/۷MPa است. بعد از آماده‌سازی سطح با مواد ساینده، باید بلافاصله سطح را با رنگ آستری مناسب پوشش داد. قبل از اعمال رنگ آستری باید گردوخاک 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. (ص۴۹)

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. (ص۴۹۳)

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. (ص۴۹۳)

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، لایهٔ اکسید حاصل از نورد (که چسبندگی آن کم است)، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی باشد. (ص۴۹۳)

Sa ۲ : تمیز کردن به‌صورت ماسه پاشی متوسط

سطح فولاد پس از ماسه پاشی، بدون استفاده از ذره‌بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز عمدهٔ مقدار لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ و پوشش‌های رنگی و مواد خارجی از روی سطح زدوده شده باشد. هرگونه مواد آلایندهٔ باقیمانده باید به سختی به سطح چسبیده باشند. (ص۴۹۳)

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 لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. هرگونه اثر به‌جامانده از مواد آلاینده، فقط به‌صورت 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 لایهٔ اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. چنین سطحی باید دارای نمای فلزی یکنواخت نقره‌ای باشد. (ص۴۹۴)

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: (ص۴۹۴)

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، لایهٔ اکسید حاصل از نورد که چسبندگی آن کم است، زنگ، پوشش‌های رنگی و مواد خارجی باشد. (ص۴۹۴)

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، به‌طوری‌که سطح فلز درخشان شود.

۱۰-۴-۷-۴ رنگ‌آمیزی

الف) قبل از شروع عملیات رنگ‌آمیزی باید تمام سطوح را کاملاً تمیز، خشک و آماده نمود به‌طوری‌که برای رنگ‌آمیزی شرایط مناسبی داشته باشند. (ص۴۹۴)

ب) هر لایه از رنگ مصرفی باید کاملاً سطح موردنظر را پوشش دهد. رنگ‌های آستر و رویه باید از یک کارخانه سازنده تهیه شوند. رنگ‌آمیزی سطوح بزرگ باید با اسپری بی‌هوا صورت گیرد. استفاده از سایر روش‌های رنگ‌آمیزی برای لکه‌گیری و سطوح محدود مجاز است. (ص۴۹۴)

پ) رنگ‌آمیزی با اسپری بی‌هوا باید در محیط مناسب و سربسته انجام شود.

ت) قطعاتی که تازه رنگ شده‌اند، تا زمان خشک شدن باید از گردوخاک محافظت شوند.

ث) رنگ‌آمیزی باید در شرایط آب و هوایی منطبق با مشخصات فنی کارخانه سازندهٔ رنگ صورت گیرد.

ج) سازنده موظف است عملیات رنگ‌آمیزی را حداکثر تا ۴۸ ساعت برای شرایط ملایم و ۲۴ ساعت برای سایر شرایط بعد از تمیزکاری سطوح انجام دهد. (ص۴۹۴)

چ) تمام نقاطی که رنگ قطع شده یا آسیب دیده و سطح فلز نمایان است، باید تمیز شده و مجدداً رنگ‌آمیزی شوند به‌طوری‌که سطح کاملاً پوشیده شده و یکپارچگی رنگ با سطوح مجاور رنگ شده تأمین شود. (ص۴۹۴)

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 به‌طور کامل برداشته شود و مجدداً عملیات مربوط به آماده نمودن سطوح و رنگ‌آمیزی صورت گیرد. (ص۴۹۵)

خ) سطوح تمام شدهٔ 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 لایهٔ اجرا شده با مشخصات، باشد.(ص۴۹۵)

د) رنگ‌آمیزی 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 نقطهٔ شبنم کمتر از ۵ درجهٔ سلسیوس باشد، رنگ‌آمیزی ممنوع است. (ص۴۹۵)

ذ) به‌جز سطوح تماس، بقیه سطوحی که بعد از ساخت، قابل دسترس نخواهد بود باید قبل از سرهم کردن قطعات تمیز و رنگ‌آمیزی شود، مگر آنکه این سطوح آب‌بند باشند. (ص۴۹۵)

ر) در اتصالات اتکایی، رنگ کردن سطوح تماس به‌طورکلی مجاز است. در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی، رنگ‌آمیزی سطوح تماس مجاز نبوده و باید در صورت نیاز به پوشش، مقررات پوشش مربوط به پیچ‌های لغزش بحرانی رعایت شود. (ص۴۹۵)

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 به‌آسانی برطرف کرد یا مواد یا روش‌های مخصوصی که احتیاج به برطرف کردن نداشته باشد، می‌توان استفاده کرد. (ص۴۹۵)

ژ) به‌جز 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. (ص۴۹۵)

س) سطوح گالوانیزه شده سطوح مشکلی برای رنگ‌آمیزی هستند، زیرا چسبندگی لایهٔ 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. (ص۴۹۵)

۱۰-۴-۷-۵ ضخامت رنگ

حداکثر ضخامت هر لایه رنگ‌آمیزی باید با توجه به میزان تعیین شده توسط سازندهٔ رنگ انجام گیرد. چنانچه میزان تعیین شده در یک لایه رنگ نتواند ضخامت لازم را تأمین کند، رنگ‌آمیزی آن لایه باید تا حصول حداقل ضخامت لازم، به‌صورت چند لایه تکمیل شود. (ص۴۹۶)

کلیه قطعات فولادی باید مطابق مشخصات جدول ۱۰-۴-۱۵ رنگ شوند.

جدول ۱۰-۴-۱۵: حداقل ضخامت رنگ‌آمیزی قطعات فولادی در شرایط محیطی مختلف[1] (ص۴۹۶)

شرایط محیطی	آماده‌سازی سطح فولاد	نوع و ضخامت رنگ		
		قطعهٔ فولادی در داخل دیوار و نازک‌کاری	قطعهٔ فولادی به‌صورت روباز لیکن درون محیط بسته	قطعهٔ فولادی در معرض شرایط جوی
ملایم[2]	Sa 2	40 میکرون ضدزنگ الکیدی[5]	40 میکرون ضدزنگ الکیدی 40 میکرون رویهٔ الکیدی	40 میکرون ضدزنگ الکیدی 40 میکرون لایه میانی الکیدی 40 میکرون رویهٔ الکیدی
سخت[3]	Sa 2.5	40 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی	40 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی 40 میکرون لایهٔ میانی اپوکسی MIO 40 میکرون رویهٔ پلی‌یورتان	60 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی 60 میکرون آستر میانی اپوکسی MIO 60 میکرون رویهٔ پلی‌یورتان
بسیار سخت و ساحلی[4]	Sa 3	40 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی 40 میکرون رویهٔ اپوکسی MIO	60 میکرون آستر اپوکسی غنی از روی 60 میکرون لایهٔ میانی اپوکسی MIO 60 میکرون رویهٔ پلی‌یورتان	نواحی مانند ناحیهٔ جزر و مدی که نیاز به مطالعهٔ خاص دارد. در سایر موارد حداقل سه لایه اپوکسی با ضخامت کل 400 میکرون

(۱) به جای مقادیر این جدول، استفاده از یک سیستم رنگ‌آمیزی 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. (ص۴۹۶)

(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 آماده‌سازی 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. (ص۴۹۶)

۱۰-۴-۷-۶ انبارداری رنگ

رنگ‌ها باید مطابق دستورالعمل سازنده انبار شوند. در صورت نبودن ضابطه‌ای برای نگهداری در دمای به‌خصوص، رنگ‌ها باید در مکانی با دمای محیط حداقل برابر ۱۸ و حداکثر ۳۵ درجهٔ سلسیوس انبار شوند. مدت نگهداری رنگ در انبار باید با تاریخ انقضای خواص مطلوب رنگ مطابق مشخصات تولید کننده، مطابقت داشته باشد. (ص۴۹۷)

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. (ص۴۹۷)

محل‌هایی که مورد عملیات جوشکاری قرار خواهند گرفت، نباید نزدیک‌تر از ۵۰ میلی‌متر به محل جوش گالوانیزه شوند. یا لایهٔ گالوانیزه از سطح آن‌ها زدوده شود. قسمت‌هایی که گالوانیزه نشده‌اند، مطابق آنچه در بخش رنگ‌آمیزی آورده شده است، باید مورد عملیات حفاظت در برابر خوردگی قرار گیرند. (ص۴۹۷)

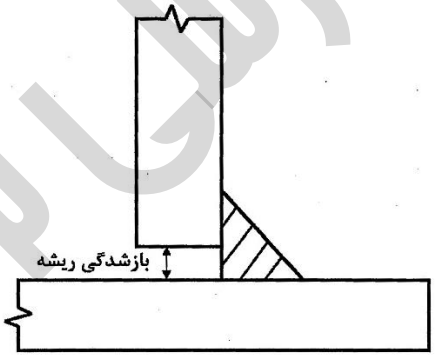
مبحث ۱۰

۱۰-۴-۸ رواداری‌ها

۱۰-۴-۸-۱ رواداری های جوش(ص۴۹۷)

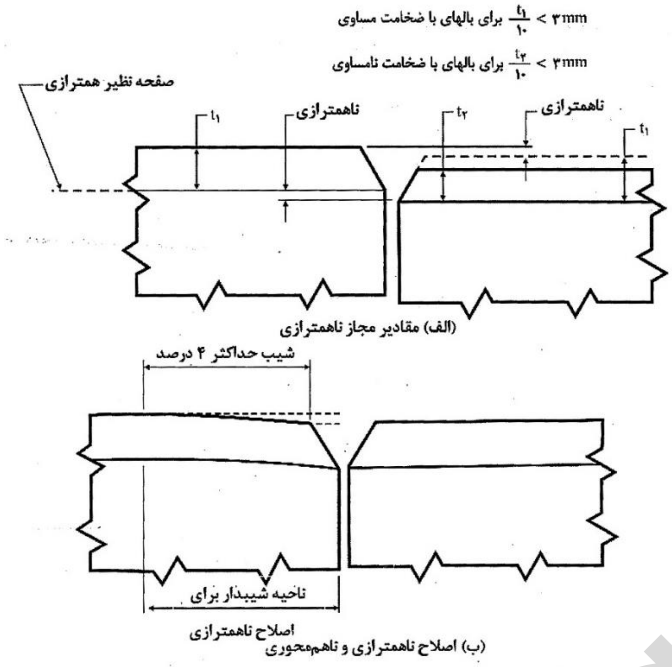
۱۰-۴-۸-۱-۱ قطعاتی که باید به وسیلهٔ جوش گوشه به یکدیگر جوش شوند، باید تا حد امکان در تماس نزدیک با یکدیگر باشند. فاصله ریشه (بازشدگی درز) نباید از ۵ میلی‌متر بزرگتر شود. اگر فاصلهٔ ریشه جوش گوشه از ۲ میلی‌متر بزرگتر شود، اندازه ساق‌های جوش مندرج در نقشه، باید به اندازهٔ آن افزایش یابد، یا مهندس طراح باید تأیید نماید که ضخامت مؤثر گلوی موردنظر طراحی حاصل شده است (شکل ۱۰-۴-۸).

بازشدگی بین سطوح در تماس جوش‌های انگشتانه و کام و همچنین فاصله بین تسمهٔ 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 تائید مهندس طراح برسد.



شکل ۱۰-۴-۸: بازشدگی ریشه

۱۰-۴-۸-۱-۲ قطعاتی که با جوش شیاری به‌صورت 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 قطعهٔ نازکتر و حداکثر ۳ میلی‌متر است. برای اصلاح ناهمترازی نباید شیبی بزرگتر از ۴ درصد در جوش به وجود آورد. ناهمترازی باید بر مبنای میانتار قطعات اندازه‌گیری شود، مگر اینکه در مشخصات فنی خصوصی به نحو دیگری مشخص شده باشد (شکل ۱۰-۴-۹)(ص۴۹۸)

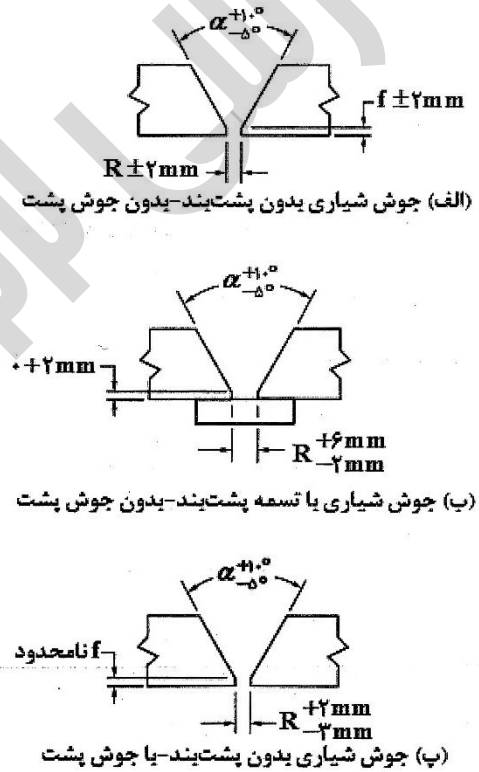


شکل ۱۰-۴-۹: ناهمترازی و اصلاح آن (ص۴۹۸)

مبحث ۱۰

۱۰-۴-۸-۱-۳ 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. (ص۴۹۹)

۱۰-۴-۸-۱-۴ رواداری‌های مربوط به زاویهٔ شیار، فاصلهٔ ریشه (R) و ضخامت ریشه (f) در جدول ۱۰-۴-۱۶ و شکل ۱۰-۴-۱۰ نشان داده شده است. درصورتی‌که ابعاد و اندازهٔ 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. درصورتی‌که 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. (ص۴۹۹)



شکل ۱۰-۴-۱۰: رواداری‌های مونتاژ در درزها با جوش شیاری (ص۴۹۹)

جدول ۱۰-۴-۱۶: رواداری‌های مونتاژ در درزها با جوش شیاری(ص۵۰۰)

		با جوش پشت	بدون جوش پشت
۱- ضخامت ریشه (f)		نامحدود	±2 mm
۲- فاصلهٔ ریشه (R)	الف ـ بدون استفاده از پشت‌بند	+2 mm -3 mm	±2 mm
	ب- با استفاده از پشت‌بند	-	+6 mm -20 mm
۳- زاویهٔ شیار		+10° -5°	+10° -5°

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. (ص۵۰۰)

۱۰-۴-۸-۲-۲ تا حد امکان، توالی جوش‌ها باید طوری انتخاب شود که حرارت جوشکاری در حین پیشرفت جوشکاری، متعادل شود. (ص۵۰۰)

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. (ص۵۰۰)

۱۰-۴-۸-۲-۴ مسیر پیشرفت جوشکاری یک عضو، باید از نقطه با گیرداری بیشتر به سمت نقطه با آزادی بیشتر باشد. (ص۵۰۰)

۱۰-۴-۸-۲-۵ در هنگام مونتاژ، درزهایی که از آن‌ها انتظار جمع شدگی بزرگتری می‌رود. (ص۵۰۱)

مبحث ۱۰

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: (ص۵۰۱)

- برای اعضای با طول کمتر از ۹ متر: (ص۵۰۱)

$$۳\ mm \times \frac{\text{طول عضو برحسب متر}}{۳}$$

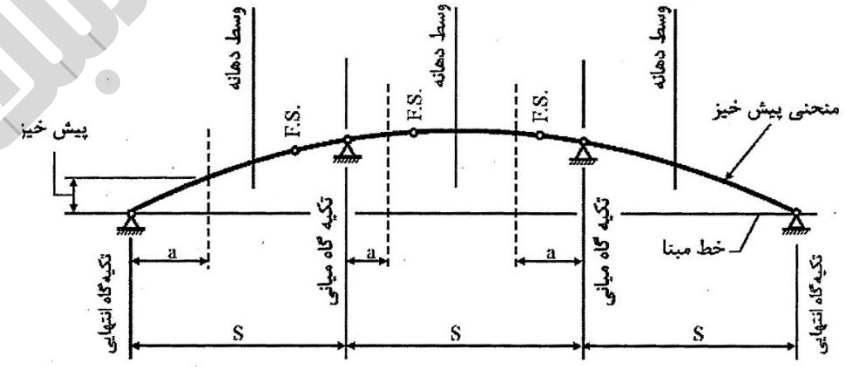
- برای اعضای با طول ۹ تا ۱۴ متر مساوی ۹ میلی‌متر.
- برای اعضای با طول بزرگتر از ۱۴ متر: (ص۵۰۱)

$$۹\ mm + ۳\ mm \times \frac{(\text{طول عضو برحسب متر} - ۱۴)}{۳}$$

۱۰-۴-۸-۳-۲ برای تیرها و شاه‌تیرهای جوش شده که در آن‌ها پیش خیزی در نظر گرفته نشده باشد، بدون توجه به شکل و ابعاد مقطع، میزان انحراف مجاز از راستای مستقیم برابر است با: (ص۵۰۱)

$$۳\ mm \times \frac{\text{طول عضو برحسب متر}}{۳}$$

۱۰-۴-۸-۳-۳ برای تیرها و شاه‌تیرها، (مختلط و غیرمختلط)، بدون توجه به شکل و ابعاد مقطع، در پیش نصب قطعات عضو در کارخانه، میزان انحراف مجاز از انحنای پیش خیز در نظر گرفته شده برای عضو (مطابق شکل ۱۰-۴-۱۱) برابر است با:



F.S. وصلهٔ کارگاهی

نمای جانبی پیش‌نصب تیر

شکل ۱۰-۴-۱۱: روش اندازه‌گیری پیش خیز تیرها (ص۵۰۲)

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 (ص۵۰۲)

طول دهانه	انحراف مجاز
< 20 m	-0 تا +20 mm
≤ 30 m و ≥ 20 m	-0 تا +30 mm
> 30 m	-0 تا +40 mm

در تکیه‌گاه‌ها: در تکیه‌گاه‌ها میزان انحراف مجاز باید به شرح زیر در نظر گرفته شوند: (ص۵۰۲)

$\pm$ ۰ mm برای تکیه‌گاه‌های انتهایی

$\pm$ ۳ mm برای تکیه‌گاه‌های میانی

در نقاط میانی: در نقاط میانی میزان انحراف مجاز باید به شرح زیر در نظر گرفته شوند: (ص۵۰۲)

$$-0 \text{ و } +\frac{4a(1-a/s)}{s} \times b$$

که در آن: (ص۵۰۳)

a = فاصلهٔ نقطهٔ موردنظر تا نزدیک‌ترین تکیه‌گاه (متر)

s = طول دهانه (متر) (ص۵۰۲)

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 (ص۵۰۳)

یادآوری: بدون توجه به چگونگی نمایش پیش خیز در نقشه‌ها، علامت (+) نشان دهندهٔ بالای منحنی پیش خیز و علامت (-) نشان دهندهٔ پایین این منحنی است. (ص۵۰۳)

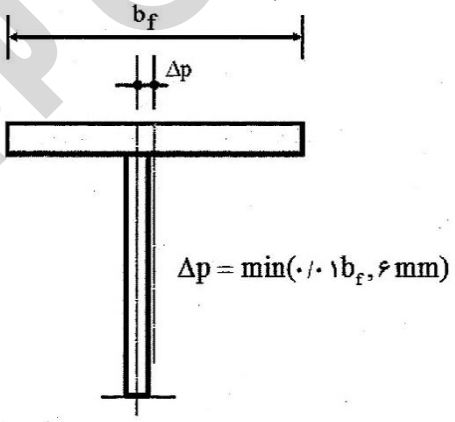
اندازه‌گیری‌های پیش خیز باید در حالت بدون بار انجام شود. (ص۵۰۳)

۱۰-۴-۸-۳-۴ برای تیرها با انحنای افقی، انحراف مجاز از منحنی مقرر در وسط دهانه برابر است با: (ص۵۰۳)

$$\pm 3 \text{ mm} \times \frac{\text{طول عضو برحسب متر}}{3}$$

مشروط بر اینکه تیر دارای انعطاف‌پذیری جانبی کافی برای اتصال مهاربندی عرضی بدون وارد نمودن آسیب به اعضای سازه‌ای باشد. (ص۵۰۳)

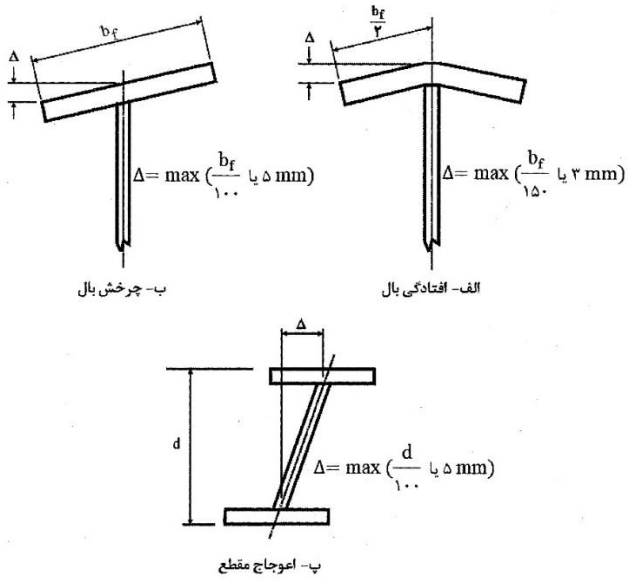
۱۰-۴-۸-۳-۵ برای اعضای ساخته شده از ورق (نظیر مقاطع H و I و T) حداکثر اختلاف بین محور مرکزی جان و محور مرکزی بال در محلهای تماس ، مساوی حداقل $0.01b_f$ و ۶ میلیمتر است. (شکل ۱۰-۴-۱۲)



شکل ۱۰-۴-۱۲: رواداری محل اتصال جان به بال (ص۵۰۳)

۱۰-۴-۸-۳-۶ برای تیرها ، انحراف مجاز از صفحه ای بودن جان تیر مساوی $\frac{d}{150}$ بوده که در آن d ارتفاع تیر است.(ص۵۰۳)

۱۰-۴-۸-۳-۷ میزان رواداری چرخشی و افتادگی بال و اعوجاج مقطع در مقاطع ساخته شده از ورق مطابق شکل ۱۰-۴-۱۳ است: (ص۵۰۴)



شکل ۱۰-۴-۱۳: رواداری‌های انحراف بال (ص۵۰۴)

۱۰-۴-۸-۳-۸ برای تیرورق‌های ساخته شده از ورق، رواداری مجاز پهنای بال مساوی ۳± میلی‌متر برای پهنای کوچکتر یا مساوی ۳۰۰ میلی‌متر و ۴± میلی‌متر برای پهنای بزرگتر است. رواداری مجاز در ارتفاع کل تیر که در صفحهٔ مرکزی جان اندازه‌گیری می‌شود، مطابق جدول ۱۰-۴-۱۸ است.

مبحث ۱۰

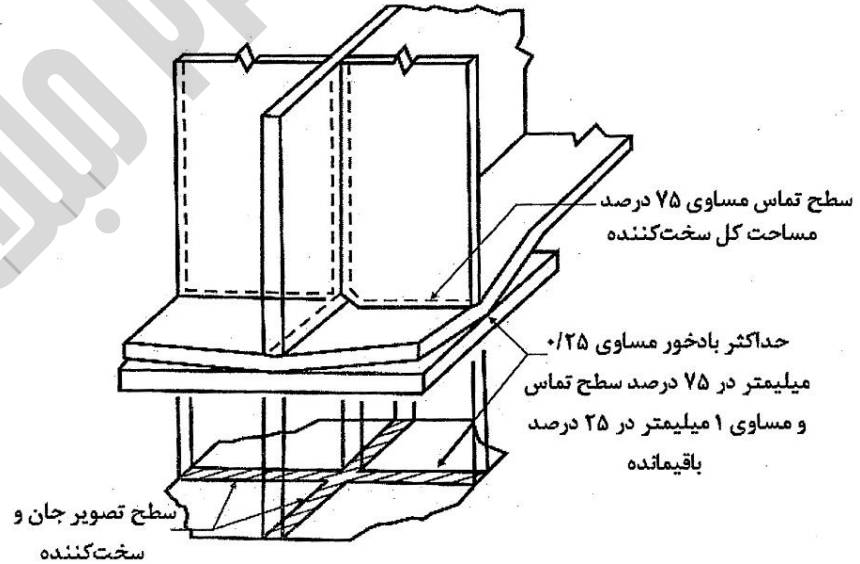
جدول ۱۰-۴-۱۸: رواداری مجاز ارتفاع کل تیرورق (ص۵۰۴)

ارتفاع کل تیر (میلی‌متر)	رواداری مجاز (میلی‌متر)
$d \le 900$	±3
$900 < d \le 1800$	±5
$d > 1800$	+8 و -5

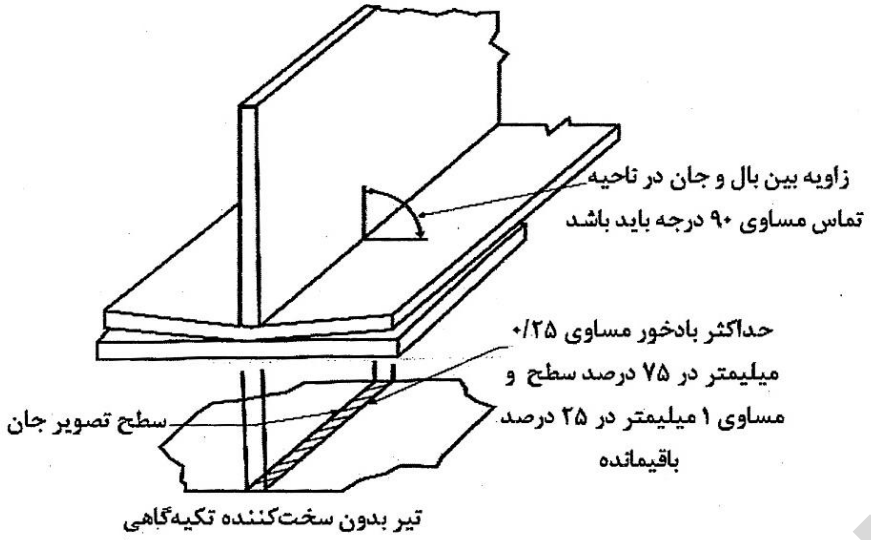
۱۰-۴-۸-۴ رواداری سخت کنندهٔ تکیه‌گاهی در محل بارهای متمرکز

انتهای سخت کنندهٔ 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 صفحهٔ نشیمن با حداکثر ۰/۲۵ میلی‌متر جدایی باشد. در ۲۵ درصد باقی مانده حداکثر جدایی ۱ میلی‌متر است. درصورتی‌که سخت کنندهٔ انتهایی موجود نباشد، حداکثر جدایی در ۷۵ درصد سطح تصویر جان، ۰/۲۵میلی‌متر و مساوی ۱ میلی‌متر در ۲۵ درصد سطح باقی مانده است. در این حالت زاویهٔ بین بال تحتانی و جان (با حفظ رواداری بند ۱۰-۴-۸-۳-۷) باید ۹۰ درجه باشد. شکل‌های ۱۰-۴-۱۴ و ۱۰-۴-۱۵ رواداری‌های فوق را نشان می‌دهند.(ص۵۰۵)



شکل ۱۰-۴-۱۴: رواداری در محل تماس تیر با تکیه‌گاه - تیر با سخت کنندهٔ تکیه‌گاهی (ص۵۰۵)



شکل ۱۰-۴-۱۵: رواداری در محل تماس تیر با تکیه‌گاه - تیر بدون سخت کنندهٔ تکیه‌گاهی (ص۵۰۵)

۱۰-۴-۸-۴-۱ هم امتداد بودن سخت‌کننده‌های اتکایی جفت: حداکثر رواداری غیر هم‌راستا بودن سخت‌کننده‌های 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. (ص۵۰۶)

۱۰-۴-۸-۴-۲ انحنای داخل و خارج از صفحهٔ لبه سخت‌کننده‌های تکیه‌گاهی و جانمایی آن:

میزان حداکثر رواداری در انحنای سخت‌کننده‌های تکیه‌گاهی مطابق جدول ۱۰-۴-۱۹ است.

جدول ۱۰-۴-۱۹: انحنای سخت‌کننده‌های تکیه‌گاهی (ص۵۰۶)

رواداری (میلی‌متر)	ارتفاع تیرورق (میلی‌متر)
6	≤ 1800
13	> 1800

حداکثر رواداری انحراف محور مرکزی واقعی سخت‌کننده از محور مرکزی مقرر آن مساوی $\pm \frac{t}{2}$ است. t ضخامت سخت‌کننده است. (ص۵۰۶)

۱۰-۴-۸-۵ رواداری سخت‌کننده‌های میانی

۱۰-۴-۸-۵-۱ انحنای داخل و خارج از صفحهٔ لبه سخت‌کننده‌های میانی: میزان حداکثر رواداری در انحنای سخت کنندهٔ میانی مطابق جدول ۱۰-۴-۲۰ است: (ص۵۰۶)

جدول ۱۰-۴-۲۰: انحنای سخت کنندهٔ میانی (ص۵۰۶)

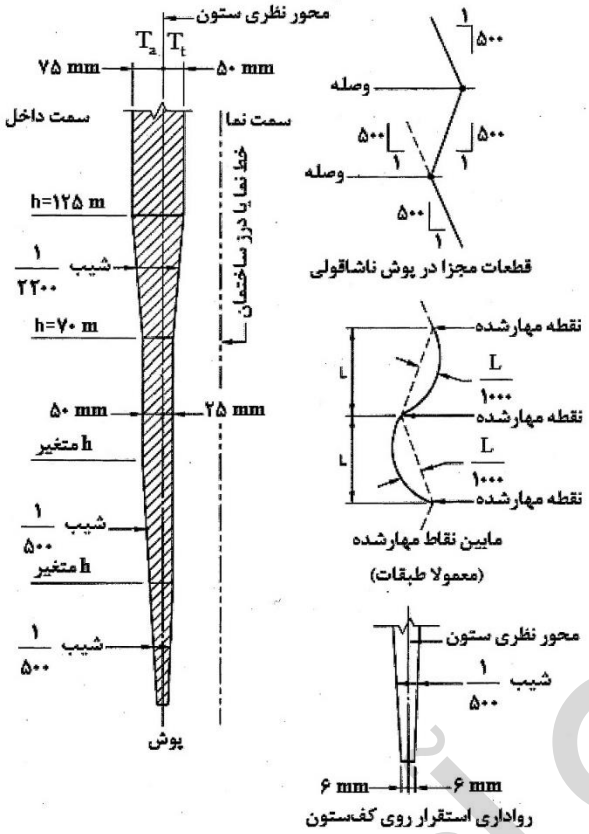
رواداری (میلی‌متر)	ارتفاع تیر (میلی‌متر)
13	≤ 1800
20	> 1800

۱۰-۴-۸-۶ ناشاقولی ستون‌ها

در خصوص کنترل ناشاقولی ستون‌ها رعایت الزامات زیر ضروری است: (ص۵۰۶)

الف) حداکثر جابه‌جایی محور ستون از محل مقرر در نقشه‌ها مساوی ± 6 میلی‌متر است.

ب) رواداری ناشاقولی ستون‌های خارجی به سمت نما و تمام ستون‌ها به سمت داخل ساختمان، مطابق شکل ۱۰-۴-۱۶ است. رواداری ناشاقولی ستون‌های مجاور شفت آسانسور مثل ستون‌های خارجی به سمت نما است. (ص۵۰۶)

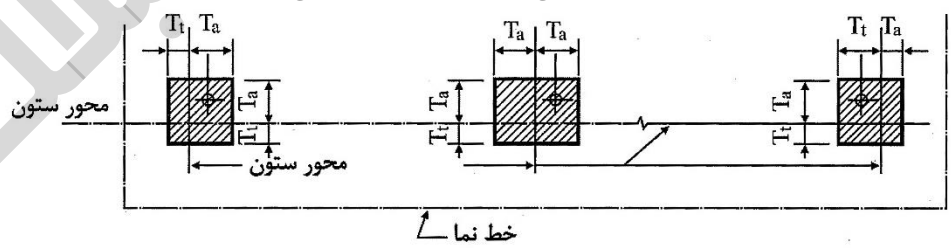


شکل ۱۰-۴-۱۶: پوش ناشاقولی ستون (ص۵۰۷)

ت) در شکل۱۰-۴-۱۷پوش رواداری ناراستانی ستون‌های محور نمای ساختمان نشان داده شده است. در مورد ستون‌های داخلی، ناراستایی در محدودهٔ پوش ناشاقولی مجاز است (شکل ۱۰-۴-۱۸). (ص۵۰۷)

ث) رواداری ابعادی عرض و ارتفاع مقطع ستون مساوی $\pm$۴ میلی‌متر است. (ص۵۰۷)

شکل ۱۰-۴-۱۷: ناراستایی ستون‌های محور خارجی (ص۵۰۸)

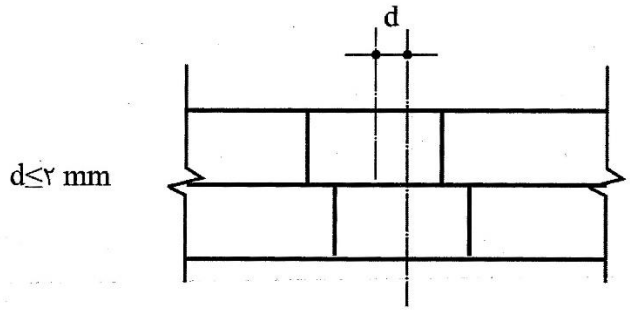


شکل ۱۰-۴-۱۸: ناراستایی ستون‌های ستون‌های داخلی (ص۵۰۸)

۱۰-۴-۸-۷ رواداری مرکز سوراخ پیچ‌ها

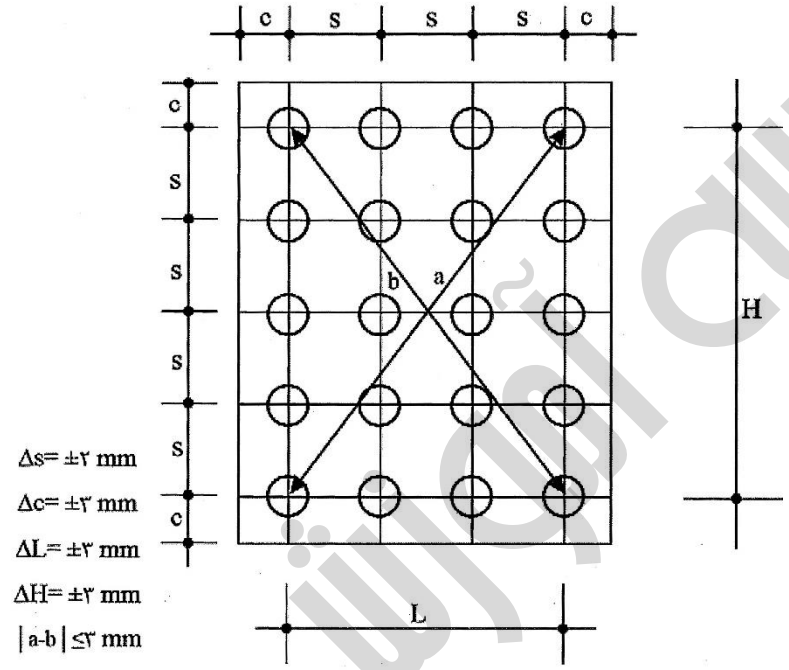
در خصوص رواداری مرکز سوراخ پیچ‌ها، رعایت الزامات زیر ضروری است:

الف) رواداری هم‌محور بودن مرکز سوراخ پیچ‌ها در دو قطعهٔ متصل شونده مطابق شکل ۱۰-۴-۱۹ است:



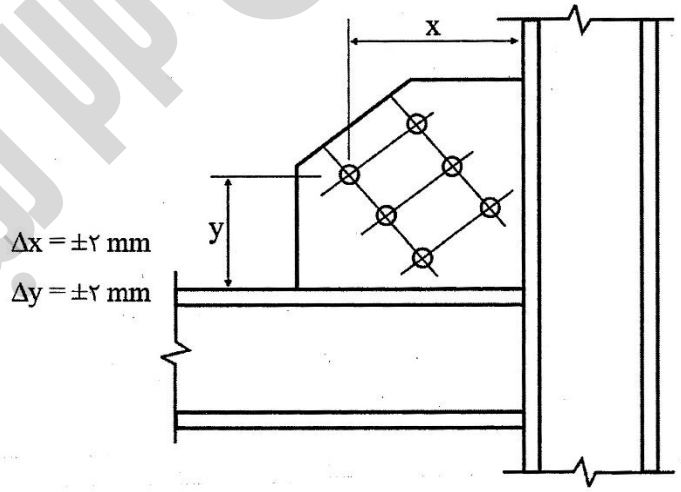
شکل ۱۰-۴-۱۹: هم‌محور بودن مرکز سوراخ پیچ‌ها در دو قطعهٔ متصل شونده (ص۵۰۸)

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 (ص۵۰۹)

پ) رواداری مختصات مرکز سوراخ پیچ‌ها نسبت به مختصات مقرر در نقشه‌ها (ص۵۰۹)



شکل ۱۰-۴-۲۱: رواداری مختصات سوراخ پیچ‌ها نسبت به مختصات مقرر در نقشه‌ها (ص۵۰۹)

۱۰-۴-۹ کنترل کیفیت، تضمین کیفیت و الزامات اجرایی لرزه ای++

۱۰-۴-۹-۱ الزامات اجرایی و بازرسی (ص۵۲۰)

ز) الزامات عنوان شده در جدول ۱۰-۴-۳۲ در خصوص برداشتن ورق گوشواره‌ای (ناودان انتهای جوش) و پشت‌بند باید رعایت شود. (ص۵۲۲)

جدول ۱۰-۴-۳۲: الزامات برداشتن پشت‌بند و ورق گوشواره‌ای (ناودان انتهای جوش) (ص۵۲۳)

	ناودان انتهای جوش	پشت‌بند
قاب‌های خمشی		
اتصال بال فوقانی تیر به بال ستون	برداشته شود	باقی بماند و با جوش گوشه به ستون (نه به تیر) جوش داده شود
اتصال بال تحتانی تیر به بال ستون	برداشته شود	برداشته شود
ورق‌های پیوستگی	توصیه می‌شود در گوشهٔ اتصال بال به جان ستون (نزدیک ناحیهٔ k) استفاده نشود. در صورت استفاده باقی بماند	باقی بماند و با جوش گوشه به ستون جوش داده شود
	نزدیک لبهٔ بال ستون برداشته شود	
قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ همگرا		
همهٔ اتصالات مهاربندها	باقی بماند	باقی بماند
قاب‌های مهاربندی‌شدهٔ واگرا		
اتصال تیر پیوند به ستون	برداشته شود	مانند قاب‌های خمشی
اتصال مهاربندها به تیر پیوند	برداشته شود	برداشته شود
سایر اتصالات مهاربندها	باقی بماند	باقی بماند
وصله ستون‌ها (در قاب‌های خمشی و مهاربندی‌شدهٔ همگرا و واگرا)		
وصله ستون‌ها	برداشته شود	باقی بماند

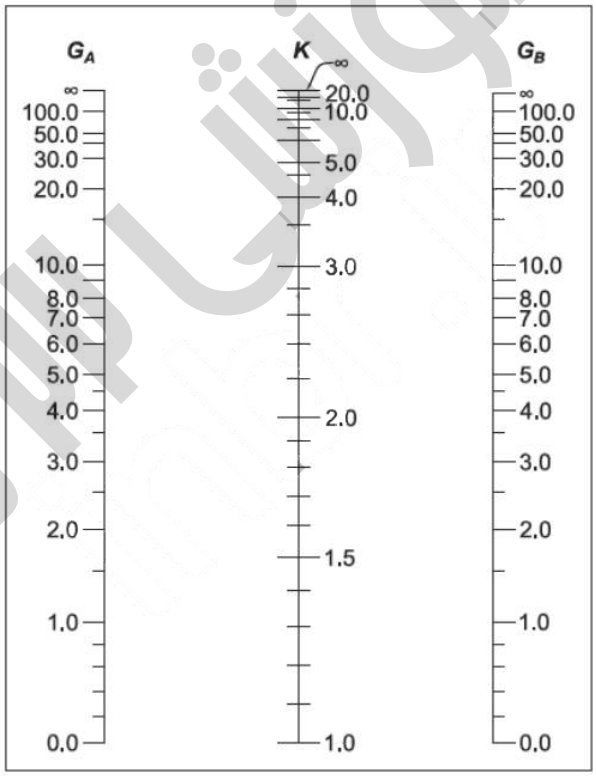
مبحث ۱۰

پیوست ۲ ضریب طول مؤثر اعضای فشاری (ص۵۳۷)

۱۰-پ۲-۲ قاب‌های مهار نشده و طول مؤثر کمانشی اعضاء

$$\frac{[G_A G_B(\pi/K)^2-36]}{6(G_A+G_B)} - \frac{\pi/K}{\tan(\pi/K)} = 0 \qquad (۱۰\text{-پ}۲\text{-}۱)$$

$$K = \sqrt{\frac{1.6\, G_A G_B + 4(G_A + G_B) + 7.5}{G_A + G_B + 7.5}} \geq 1.0 \qquad (۱۰\text{-پ}۲\text{-}۲)$$



شکل ۱۰-پ۲-۱: ضریب طول مؤثر (K) اعضای فشاری قاب‌های مهار نشده برحسب G_A و G_B (ص۵۳۸)

در روابط ۱۰-پ۲-۱ و ۱۰-پ۲-۲ و نیز در نموگراف شکل۱۰-پ۲-۱، G_A و G_B پارامترهای مبین سختی دو انتهای A و B عضو فشاری بوده و عبارت‌اند از: (ص۵۳۹)

$$G_A = \frac{\sum\left(\frac{EI}{L}\right)_c : A \text{ ستون‌های متصل به گره}}{\sum\left(\frac{EI}{L}\right)_b : A \text{ تیرهای متصل به گره}} \qquad (۱۰\text{-پ}۲\text{-}۳)$$

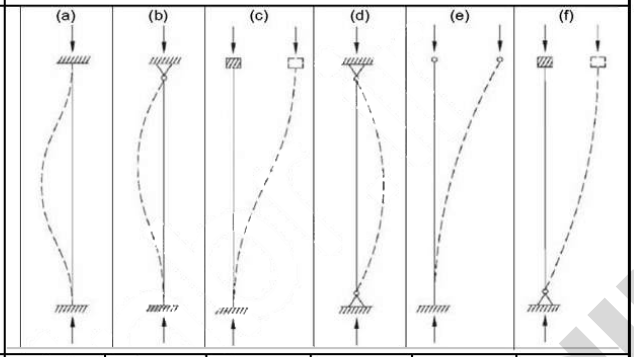
$$G_B = \frac{\sum\left(\frac{EI}{L}\right)_c : \text{ستون‌های متصل به گره } B}{\sum\left(\frac{EI}{L}\right)_b : \text{تیرهای متصل به گره } B} \qquad (۱۰\text{-پ}۲\text{-}۴)$$

E = مدول الاستیسیته فولاد

I = ممان اینرسی تیرها و ستون‌ها حول محور عمود بر صفحهٔ کمانش

L = طول اعضاء (ص۵۳۹)

۱۰-پ۲-۴ ضریب طول مؤثر ستون‌هایی با شرایط تکیه‌گاهی ایده آل (ص۵۴۱)

توضیحات	انواع مختلف اعضای فشاری با شرایط تکیه‌گاهی ایده‌آل					
شکل کمانش‌یافته عضو فشاری به‌صورت خط‌چین 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-پ۲-۱: ضریب طول مؤثر (*K*) اعضای فشاری با شرایط تکیه‌گاهی ایده آل (ص۵۴۱)

پیوست ۵ الزامات طراحی تیرهای لانه‌زنبوری با سوراخ‌های شش‌ضلعی

۱۰-پ۵-۳ الزامات طراحی تیرهای لانه زنبوری (ص۵۵۵)

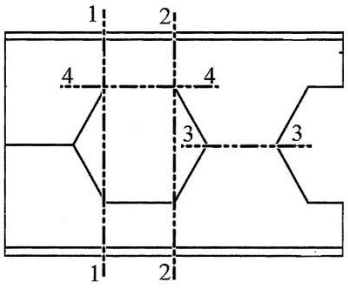
۱۰-پ۵-۳-۲ مقاومتهای موردنیاز

الف) مقاومت محوری موردنیاز (ص۵۵۶)

مطابق شکل ۱۰-پ-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-پ-۵-۲) برابر نصف مقاومت برشی موردنیاز کل در این مقطع خواهد بود. (ص۵۵۶)



شکل ۱۰-پ۵-۱ مراحل ساخت تیرهای لانه زنبوری باس وراخ های شش ضلعی

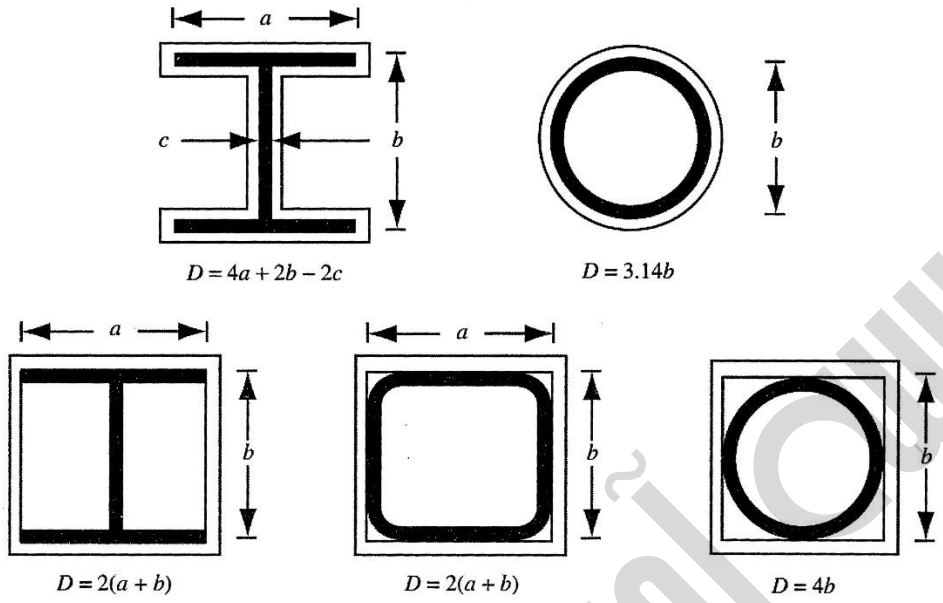
تبصره: درصورتی‌که مقاطع T شکل فوقانی و تحتانی دارای عمق متفاوتی باشند، مقاومت برشی موردنیاز هر یک از مقاطع T شکل باید متناسب با سختی آن‌ها تعیین شود. (ص۵۵۷)

پیوست ۶ حفاظت در برابر آتش

۱۰-پ۶-۲ 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-پ۶-۱ منظور از محیط در معرض گرما (D)، محیط داخلی پوشش محافظت کننده در برابر آتش است.



شکل ۱۰-پ۶-۱ محیط در معرض گرمای ستون های با مقطع مختلف (D)

۱۰-پ-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 می‌شوند، به شرح زیر می‌تواند تعیین گردد: (ص۵۶۰)

الف) برای $\frac{M}{D} \leq ۰.۲۱۵$: (ص۵۶۰)

$$R = ۱.۶ \left[\frac{h\left(\frac{M'}{D}\right)}{۲}\right]^{۰.۷۵} \qquad (۱۰\text{-پ}۶\text{-}۱)$$

۱۰-پ۶-۲-۲ 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 می‌شوند به شرح زیر تعیین می‌شود: (ص۵۶۱)

$$R = \left[۰.۶۷۲\ C_۱ \left(\frac{M}{D}\right) + ۰.۰۳۹\ C_۲\right] h \qquad (۱۰\text{-پ}۶\text{-}۴)\ (ص۵۶۲)$$

R = درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش (ساعت)

h = ضخامت لایه حفاظتی پاشیده شده (میلی‌متر)

D = محیط در معرض گرمای ستون (میلی‌متر)

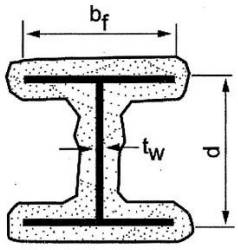
M = جرم واحد طول ستون (کیلوگرم بر متر) (ص۵۶۲)

$C_۱$ و $C_۲$ = ثابت‌های وابسته به نوع پوششی حفاظتی است. این ضرایب از طریق آزمون‌های استاندارد مطابق مراجع علمی معتبر و برحسب نوع پوشش توسط مرجع صدور گواهینامه فنی تعیین می‌شود. در صورت عدم امکان آزمایش در مراحل اولیهٔ طراحی می‌توان از مقادیر زیر به‌عنوان تخمین اولیه و قاعدهٔ سرانگشتی استفاده نمود. بدیهی است کفایت پوشش حفاظتی درنهایت باید از طریق گواهینامهٔ فنی تأیید گردد. (ص۵۶۲)

- اگر مواد حفاظتی پاششی از نوع سیمانی سبک با جرم مخصوص ۲۰۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشند، $C_1 = 1.15$ و $C_2 = 0.52$ در نظر گرفته شود. (ص۵۶۲)
- اگر مواد حفاظتی پاششی از نوع معدنی سبک با جرم مخصوص ۲۰۰ تا ۲۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشند، $C_1 = 1.05$ و $C_2 = 0.7$ در نظر گرفته شود. (ص۵۶۲)
- اگر مواد حفاظتی پاششی از نوع معدنی، پرلیت یا ورمیکولیت با جرم مخصوص ۳۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشند، $C_2 = 0.5$ و C_1 مطابق رابطهٔ ۱۰-پ۶-۵ تعیین می‌شود. (ص۵۶۲)
- اگر مواد حفاظتی پاششی از نوع سیمانی یا گچی با جرم مخصوص ۳۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب باشند، $C_2 = 1.2$ و C_1 مطابق رابطهٔ ۱۰-پ۶-۵ تعیین می‌شود. (ص۵۶۲)

$$C_1 = \frac{320}{r} \qquad (۱۰\text{-پ}۶\text{-}۵)$$

r = جرم مخصوص مصالح (کیلوگرم بر مترمکعب) (ص۵۶۲)



شکل ۱۰-پ۶-۳: حفاظت ستون‌های فولادی با استفاده از مواد حفاظتی پاششی

مبحث ۱۰

۱۰-پ-۶-۲-۵ حفاظت با استفاده از بلوک‌های بنایی

مقاومت در برابر آتش ستون‌های فولادی محافظت‌شده با بلوک‌های بنایی از رابطهٔ زیر به دست می‌آید: (ص۵۶۶)

$$R = 1.22\left(\frac{M}{D}\right)^{0.7} + 0.00179\,\frac{T_e^{1.6}}{K^{0.2}} \times \left[1 + 392\left(\frac{A_S}{d_m T_e(0.25p + T_e)}\right)^{0.8}\right] \qquad (۱۰\text{-پ}۶\text{-}۱۱)$$

R = درجه‌بندی مقاومت در برابر آتش (ساعت) (ص۵۶۶)

M = جرم واحد طول ستون (کیلوگرم بر متر)

D = محیط در معرض گرمای ستون (میلی‌متر) مطابق شکل ۱۰-پ۶-۵

K = ضریب انتشار حرارت واحد بنایی بتنی یا سفالی مطابق جدول ۱۰-پ۶-۲

A_S = سطح مقطع ستون فولادی (میلی‌متر مربع)

d_m = چگالی واحد بنایی بتنی یا سفالی (کیلوگرم بر مترمکعب) (ص۵۶۶)

p = محیط داخلی واحدهای بنایی بتنی یا سفالی محافظ (میلی‌متر)

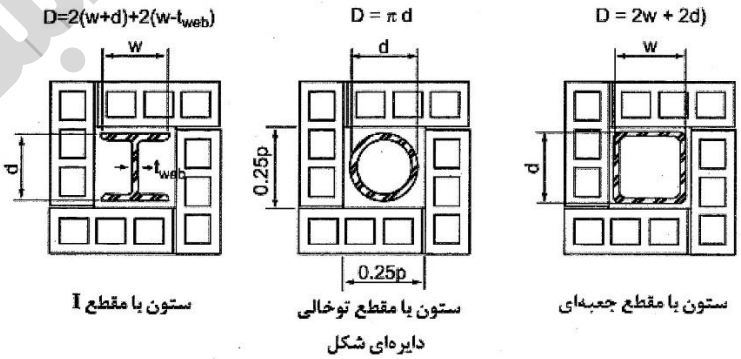
T_e = ضخامت معادل واحد بنایی بتنی یا سفالی (میلی‌متر) که از رابطهٔ زیر تعیین می‌شود: (ص۵۶۶)

$$T_e = \frac{V_n}{LH} \qquad (۱۰\text{-پ}۶\text{-}۱۲)$$ (ص۵۶۶)

V_n = حجم خالص واحد بنایی (میلی‌متر مکعب) (ص۵۶۶)

L = طول مشخصهٔ واحد بنایی (میلی‌متر)

H = ارتفاع مشخصهٔ واحد بنایی (میلی‌متر) (ص۵۶۶)



شکل ۱۰-پ۶-۵: حفاظت ستون‌های فولادی با استفاده از بلوک‌های بنایی

فصل ۹

مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (۱۴۰۱)

طرح و اجرای ساختمان های فولادی

گروه آموزشی ۲۲ مبحث
۲۲ مبحث
پوستر آموزشی ۲۲ مبحث

موسسه آموزش برتر

بخش مقدماتی

بررسی سوالات طبقه بندی شده مبحث 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؟

۱) RyFy ۲) RyFu ۳) RtFy ۴) RtFu

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف تنش کششی نهایی مورد انتظار ، صفحه ۶

گزینه د صحیح است.

۵) در تعیین خمشی اسمی یک تیر مختلط به روش سازگاری کرنش حداکثر کرنش فشاری بتن چقدر باید در نظر گرفته شود؟

۱) ۰/۰۰۳۵ ۲) ۰/۰۰۳ ۳) ۰/۰۰۴ ۴) ۰/۰۰۲۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف روش سازگاری کرنش ، صفحه ۹

گزینه ب صحیح است.

پویش آموزش برتر

۶) طراحی اعضای غیر شکل پذیر در ساختمان های فولادی به کدامیک از نیروهای زلزله زیر باید صورت گیرد؟

۱) زلزله شدید یافته ۳) زلزله قائم

۲) زلزله محدود به ظرفیت ۴) در نظر گرفتن نیروی زلزله در اعضاء غیر شکل پذیر لازم نیست

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، تعریف زلزله محدود به ظرفیت ، صفحه ۱۰

گزینه ب صحیح است.

۷) برای جلوگیری از گسیختگی و کمانش 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 موردنظر 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 سازهای زیر شکل پذیری از طریق کمانش مهاربند فشاری حاصل می شود؟

۱) قاب مهاربندی شده همگرای معمولی ۳) قاب مهاربندی شده کمانش قاب

۲) قاب مهاربندی شده واگرا 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) کدام‌یک از عبارات زیر در خصوص اتصال صلب در سازه‌های فولادی صحیح است؟

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 ورق های اضافی) ، صفحه ۲۲

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 ۳) S۲۷۵ – ۲۷۵ مگاپاسکال

۲) S۲۳۵ – ۲۳۵ مگاپاسکال ۴ S۲۷۵ – ۲۶۵ مگاپاسکال

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۱-۱ ، صفحه ۳۰

گزینه الف صحیح است.

۱۶) برای پیچ 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) ۱
۲) ۰/۷۵ ۴) ضریب طول مؤثر هر عضو متفاوت در اعضاء دیگر است

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۱-۵-۱ ، قسمت ۴ ، صفحه ۴۳

گزینه ج صحیح است.

۱۸) اثرات ناشاقولی و کجی اولیه در اعضاء سازه برای چه منظور در تحلیل سازه اعمال می‌شوند؟

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

۱۹) 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) ۰/۸ ۳) ۰/۸۵ ۴) ۰/۹

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۱-۵-۱-۲، صفحه ۴۴

گزینه ب صحیح است.

۲۰) شعاع ژیراسیون حداقل مقطع یک عضو کششی با مقطع ناودانی برابر ۲۵mm می‌باشد، حداکثر طول آزاد مجاز آن حدوداً چقدر است؟

۱) ۳ متر ۲) ۵ متر ۳) ۷/۵ متر ۴) ۹ متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند بند ۱۰-۲-۳-۲ ، صفحه ۵۶

توضیح: *نسبت لاغری حداکثر اعضای کششی* $\left(\frac{L}{r}\right)_{max}$*، نباید از ۳۰۰ بیشتر باشد. داریم:*

$$\frac{L}{r} \leq ۳۰۰ \rightarrow L \leq ۳۵۰ \times ۲۵ = ۷۵۰۰ mm = ۷/۵ mm$$

گزینه ج صحیح است

۲۱) در صورتیکه بخواهیم یک پروفیل IPE۱۴۰ 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.

۲۲) 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 ۱۰-۲-۳-۱ ، ردیف ۳ ، صفحه ۶۱

گزینه د صحیح است.

۲۳) 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.

۲۴) حداکثر نسبت لاغری اعضایی 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.

۲۵) 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 ۱۰-۲-۴-۶-۲ ، قسمت (ت) ، صفحه ۷۶

گزینه د صحیح است.

۲۶) 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 انتهای 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 ۱۰-۲-۴-۶-۲ ، قسمت (ج) ، مورد ۱ ، صفحه ۷۷

گزینه ب صحیح است.

۲۷) برای کدامیک از حالات زیر بررسی کنترل کمانش پیچشی جانبی لازم است؟

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.

۲۸) برای اجرای یک تیر فولادی لازم است بال های تیر نورد شده به کمک ورق های پوششی تقویت شود. حداکثر چند درصد سطح مقطع کل بال را می توان به ورق های پوششی اختصاص داد؟ (فرض کنید اتصال ورق پوششی به بال تیر از نوع جوشی می باشد.)

۱) ۵۰ ۲) ۶۰ ۳) ۷۰ ۴) ۸۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۵-۱۳ ، قسمت (پ-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 ورق های پوششی که در تمام طول دهانه ادامه ندارد کاربرد دارد.

۲) در طول گیرایی می توان از پیچ های معمولی یا جوش گوشه جهت اتصال استفاده نمود.

۳) طول گیرایی باید به اندازه ای باشد که قادر به انتقال برش افقی تیر باشد.

۴) طول گیرایی برای قطع ورقهای پوششی بال ها کاربرد دارد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۵-۱۳ ، قسمت (پ-۳) ، صفحه ۱۲۲

گزینه ب صحیح است.

۳۰) در ساختمان های 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 سخت کننده های عرضی تیرهای فولادی صحیح نیست؟

۱) در شرایطی میتوان سخت کننده عرضی را نرسیده به بال کششی قطع کرد.

۲) سخت کننده 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:

۰.۹۵ * ۳۰ = ۲۸.۵

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؟

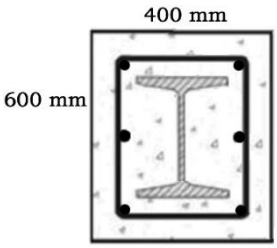
۱) ۱۶ Mpa
۲) ۱۸ Mpa
۳) ۲۰ Mpa
۴) ۲۵ Mpa

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 میلیمتر است حداکثر فاصله تنگ های عرضی برحسب میلی متر چقدر می تواند باشد؟



۱) ۲۰۰
۲) ۲۵۰
۳) ۳۰۰
۴) ۴۰۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۲-۱ ، 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) یک مهندس مجری می خواهد یک ستون مختلط با مقطع فولادی را اجرا نماید جهت جلوگیری از کمانش 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 ۱۰-۲-۸-۲-۱ ، قسمت (ث-۳) ، صفحه ۱۵۱

گزینه د صحیح است.

۳۹) در اعضاء محوری با مقطع مختلط پُر شده با بتن، مساحت مقطع فولادی باید حداقل چند درصد مساحت کل مقطع باشد؟

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.

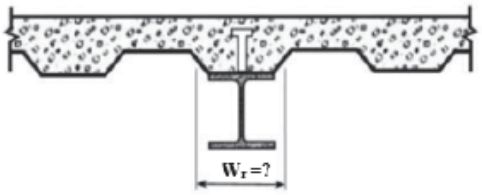
۴۰) حداقل ضخامت دال بتنی در حالت بدون استفاده از ورق های عرشه که با مقطع فولادی به صورت مختلط عمل می نماید چند میلی متر است؟

۱) ۵۰
۲) ۶۰
۳) ۸۰
۴) ۱۰۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱-۳-۸-۲-۱۰ قسمت ب ، صفحه ۱۵۴

گزینه ج صحیح است.

۴۱) 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 پهنا استفاده شده است.



۱) ۴۰
۲) ۴۵
۳) ۵۰
۴) ۶۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱-۳-۸-۲-۱۰ قسمت (پ-۳) ، صفحه ۱۶۱

گزینه ج صحیح است.

۴۲) 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؟

۱) ۷۵۰ mm
۲) ۱۰۰۰ mm
۳) ۱۲۵۰ mm
۴) ۱۵۰۰ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۸-۶-۴ ، قسمت الف ، صفحه ۱۷۴

گزینه ج صحیح است.

۴۳) 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 ۱۰-۲-۸-۸ ، قسمت الف ، مورد ۴ ، صفحه ۱۷۶

گزینه ب صحیح است.

۴۴) 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.

۴۵) 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.

۴۶) 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 ۱۰-۲-۹-۱-۴ ، صفحه ۱۹۰

گزینه ج صحیح است.

۴۷) 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

۲) گیردار ۴) گریز افقی ساختمان ناشی از خطا اجرای کف ستون نیست

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۱-۵ ، صفحه ۱۹۱

گزینه ب صحیح است.

۴۸) حداقل ضخامت گروت لازم برای تراز نمودن کف ستون چند میلی متر است؟

۱) ۲۵ ۲) ۳۰ ۳) ۴۰ ۴) ۸۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۱-۵ ، صفحه ۱۹۲

گزینه ج صحیح است.

۴۹)حداقل مقاومت فشاری گروت لازم برای تراز نمودن کف ستون چند برابر مقاومت فشاری بتن پی باید باشد؟

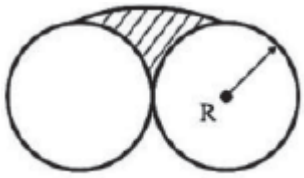
۱) ۱.۵ ۳) ۲.۵

۲) ۲ ۴) مقاومت فشاری گروت باید برابر مقاومت فشاری بتن پی باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۱-۵ ، صفحه ۱۹۲

گزینه ب صحیح است.

۵۰) 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؟



۱) ۰.۲
۲) ۰.۳
۳) ۰.۵
۴) ۰.۷

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، شکل ۱۰-۲-۹-۸ ، صفحه ۱۹۳

گزینه ج صحیح است.

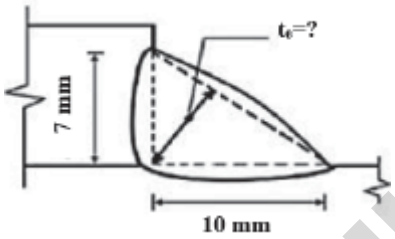
۵۱) حداقل ضخامت مؤثر جوش شیاری با نفوذ نسبی (با یک بار عمود) برای اتصال دو قطعه به یکدیگر که ضخامت هر کدام از قطعات ۱۵ و ۲۰ میلی متر است. چند میلی متر است؟

۱) ۳ ۲) ۵ ۳) ۶ ۴) ۸

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۹-۱ ، ردیف سوم ، صفحه ۱۹۴

گزینه ج صحیح است.

۵۲) برای جوش گوشه شکل زیر مقدار ضخامت گلوگاه مؤثر به کدام گزینه نزدیک است؟



۱) ۴ mm
۲) ۶ mm
۳) ۷ mm
۴) ۹ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، شکل ۱۰-۲-۹-۹ ، صفحه ۱۹۴

توضیح:

$$te = \frac{۷ \times ۱۰}{\sqrt{۷^۲ + ۱۰^۲}} = \frac{۷۰}{۱۲.۲} \cong ۶\ mm$$

گزینه ب صحیح است.

۵۳) 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 ۱۰-۲-۹-۲-۲ ، قسمت (ب) ردیف ۲ ، صفحه ۱۹۵

گزینه ب صحیح است.

۵۴) 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.

۵۵) در اتصالات با جوش گوشه کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

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 روی‌هم 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 ۱۰-۲-۹-۲-۲، قسمت ب ، جزء (۶) و (۸) ، صفحه ۱۹۶ و ۱۹۷

گزینه الف صحیح است.

۵۶) 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 ۱۰-۲-۹-۲-۲ ، قسمت (ب) ، مورد ۷ ، صفحه ۱۹۷

گزینه الف صحیح است.

۵۷) حداقل فاصله مرکز تا مرکز سوراخ های جوش های انگشتانه چند برابر قطر سوراخ است؟

۱) ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۳ ، ردیف ۳ ، صفحه ۲۰۰

گزینه ج صحیح است.

۵۸) برای جوش های شیاری با نفوذ نسبی استفاده از کدام الکترود مناسب است؟

۱) الکترود با مقاومتی حداقل یک رده پایین تر از مقاومت فلز پرکننده سازگار

۲) الکترود با مقاومتی حداقل یک رده بالاتر از مقاومت فلز پرکننده سازگار

۳) الکترود با مقاومتی حداکثر یک رده پایینتر از مقاومت فلز پرکننده سازگار

۴) الکترود با مقاومتی حداکثر یک رده بالاتر از مقاومت فلز پرکننده سازگار

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۲-۹-۲-۶ ، مورد ۲ ، صفحه ۲۰۴

گزینه ج صحیح است.

۵۹) 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.

۶۰) 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.

۶۱) 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 میلیمتر برابر است با:

۱) ۱.۲۲ ۲) ۱.۴۴ ۳) ۱.۶۶ ۴) ۱ .۸۸

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۹-۵ ، صفحه ۲۰۷

توضیح: مطابق جدول صفحه ۵-۹-۲-۱۰ ، نیروی پیش تنیدگی را برداشت کرده و داریم:

$$\frac{۲۶۷}{۱۴۲} = ۱.۸۸$$

گزینه د صحیح است.

۶۲) حداکثر بُعد اسمی سوراخ استاندارد پیچ‌های M۲۲ و M۲۴ به ترتیب چه مقدار است؟

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 ۱۰-۳-۹-۶

گزینه الف صحیح است.

۶۳) در اتصالات پیچی و سوراخ لوبیایی موازی با لبه، حداقل فاصله سوراخ تا لبه بریده شده با قیچی 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 ۱۰-۲-۹-۷ و ۱۰-۲-۹-۸ ، صفحه ۲۱۰

توضیح: مطابق جدول دو برابر قطر پیچ یعنی ۳۲ میلیمتر است و مقدار C=۰ است

گزینه ج صحیح است.

۶۴) 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 ۱۰-۲-۹-۵، ردیف الف ، صفحه ۲۲۲

گزینه الف صحیح است.

۶۵) 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؟

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.

۶۶) در یک اتصال صلب تیر به ستون در سازه‌های فولادی کدام‌یک 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 ۱۰-۲-۹-۱۰-۶ ، صفحه ۲۳۹

گزینه ج صحیح است.

۶۷) 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 ۱۰-۲-۱۰-۲ ، صفحه ۲۴۴

گزینه ب صحیح است.

۶۸) حداقل فرکانس نوسانی کف سالن های اجتماعات با صندل یهای ثابت برای آنکه حداقل حساسیت افراد در برابر ارتعاش قائم ارضاء شود برحسب هرتز کدام است؟

۱) ۴ ۲) ۵ ۳) ۸.۵ ۴) ۹ .۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۲-۱۰-۱ ، صفحه ۲۴۶

گزینه د صحیح است.

۶۹) 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؟

۱) ۰.۷۵ ۲) ۰.۸ ۳) ۰.۸۵ ۴) ۰.۹

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۲-۱-۱ ، صفحه ۲۵۱

گزینه ب صحیح است.

۷۰) 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
۲) یک سوم ارتفاع آزاد ستون
۳) وسط ارتفاع آزاد ستون
۴) در این نوع ستون نباید وصله اجرا شود

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۲-۱۲-۱ ، مورد ۲ ، صفحه ۲۷۶

گزینه ج صحیح است.

۷۱) 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
۳) وسط چشمه اتصال
۴) یک چهارم ارتفاع آزاد ستون

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۲-۱۲-۱ ، مورد ۴ ، صفحه ۲۷۶

گزینه ب صحیح است.

۷۲) 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 ۱۰-۳-۲-۱۲-۳ ، قسمت الف ، صفحه ۲۷۸

گزینه الف صحیح است.

۷۳) در مورد ناحیه حفاظت شده اعضاء فولادی :

۱) بکار بردن وصله غیر مستقیم جوشی مجاز است.

۲) سوراخکاری و تخلیه جوش ممنوع است.
۳) خال جوش کردن عرشه فولادی ممنوع
۴) اتصال اجزای نما بدلیل عدم سقوط این مصالح مجاز است.
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۲-۱۷ ، صفحه ۲۸۳

گزینه ب صحیح است.

۷۴) در اجرای یک ستون فولادی مربوط به قاب خمشی ویژه ورق های مضاعف جان حداقل چند میلی متر باید از بالا و پایین بال های تیر ادامه داشته باشند؟ (فرض کنید ورق های پیوستگی تعبیه نشده است)

۱) ۱۰۰ ۲) ۱۵۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۲۵۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۳-۳-۹ ، ردیف ۴ ، صفحه ۳۰۶

گزینه ب صحیح است.

۷۵) در قاب های خمشی خرپایی ویژه (STMF) حداکثر طول دهانه خرپا و ارتفاع کلی آنها به ترتیب به چند متر محدود می شود؟

۱) ۲۰-۱.۵ ۲) ۲۰- ۱.۸ ۳) ۱۵- ۱.۵ ۴) ۱۵- ۱.۸

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۳-۴-۱ ، قسمت الف ، صفحه ۳۱۰

گزینه ب صحیح است.

۷۶) کدام عبارت در مورد استفاده از مهاربندی‌های به شکل K در قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی در نواحی زلزله‌خیز صحیح است؟

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 ۱۰-۳-۴-۱-۴-۲

گزینه د صحیح است.

۷۷) برای یک قاب های مهاربندی شده همگرای ویژه نواحی حفاظت شده کدام است؟

۱) اجزای اتصال مهاربندیها به تیر و ستون ۳) ابتدا و انتهای تیر
۲) یک چهارم طول در قسمت میانی مهاربند ۴) گزینه ۱ و ۲
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۲-۵-۳ ، شکل ۱۰-۳-۴-۲-۱ ، صفحه ۳۳۱

گزینه د صحیح است.

۷۸) کدام یک از مقاطع زیر را نمی توان به عنوان تیر پیوند بکار برد؟

۱) I شکل نورد شده
۲) I شکل ساخته شده از ورق
۳) قوطی شکل ساخته شده از ورق
۴) قوطی شکل نورد شده

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۳-۴-۳-۵-۲ ، قسمت الف ، صفحه ۳۴۰

گزینه د صحیح است.

۷۹) 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 ۱۰-۳-۴-۳-۵-۲ ، قسمت (ت-۱) ، مورد ۴ ، صفحه ۳۴۴

گزینه الف صحیح است.

۸۰) 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 ۱۰-۳-۴-۴-۵-۵ ، صفحه ۳۵۶

گزینه ب صحیح است.

۸۱) 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
۲) جوش صفحه ورق دیوار
۳) جوش اتصال ستون به کف ستون
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.

۸۲)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؟

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 ۱۰-۳-۷-۱

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.

۸۳) در یک قاب خمشی فولادی از دال بتنی سازهای استفاده شده است در خصوص اتصال دال بتنی به وجوه ستون کدام گزینه 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 ۱۰-۳-۷-۱ ، قسمت (پ) ، مورد ۲ ، صفحه ۳۹۵

گزینه ج صحیح است.

۸۴) 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.

۸۵) 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 ۱۰-۳-۷-۳ ، صفحه ۴۰۱

گزینه ب صحیح است.

۸۶) 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 ۱۰-۳-۷-۵-۳ ، مورد (۳) و (۵) ، صفحه ۴۱۳

گزینه ج صحیح است.

۸۷) در کدام‌یک از اتصالات گیردار فولادی از پیش تأیید شده، تعبیه‌ی سوراخ دسترسی برای انجام جوش نفوذی بال تیر به ستون الزامی است؟

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 *۱۰-۳-۷-۶-۱ جزء (۱)* ، صفحه ۴۱۵

گزینه ج صحیح است

۸۸) 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 ۱۰-۳-۷-۷-۱، صفحه ۴۱۸

گزینه ج صحیح است.

۸۹) 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 ۱۰-۳-۷-۶-۱ ، صفحه ۴۱۵ و بند ۱۰-۳-۷-۹-۱ ، 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.

۹۰) 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 اره 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 ۱۰-۴-۳-۲ ، قسمت الف ، صفحه ۴۵۶

گزینه الف صحیح است.

۹۱) 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 ۱۰-۴-۳-۳ ، قسمت (ب) ، صفحه ۴۵۷

گزینه د صحیح است.

۹۲) در یک کارگاه ساختمانی قرار است برای صاف کردن قطعات فلزی از روش گرم کردن موضعی استفاده شود بگویید 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 ۱۰-۴-۳-۳ ، قسمت (ت) ، صفحه ۴۵۷

گزینه ب صحیح است.

۹۳) 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.

۹۴) 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 ۱۰-۴-۴-۲ ، شکل ۱۰-۴-۴ ، صفحه ۴۶۸

گزینه د صحیح است.

۹۵) 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 ۱۰-۴-۴-۳-۱ ، صفحه ۴۷۰

گزینه ج صحیح است.

۹۶)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 الکترودی 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 ۱۰-۴-۴-۳-۳ ، صفحه ۴۷۱

گزینه ج صحیح است.

۹۷) کدام‌یک از موارد زیر در مورد برگه‌های دستورالعمل جوشکاری (WPS) صحیح می‌باشد؟

۱) دستورالعمل رویه‌ی جوشکاری باید حاوی کلیه اطلاعات لازم جهت آماده‌سازی درز جوش، روش جوشکاری و سایر ویژگی‌های 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

۹۸) در یک اتصال صلب از پیچ های ۲۰M 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) $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۱}{۳}$ ۳) $\frac{۲}{۳}$ ۴) $\frac{۵}{۶}$

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 $۴\,db < L < ۸\,db$ قرار دارد لذا تعداد دور اضافی ۲/۳ خواهد بود.

$۴\,db < L < ۸\,db$

$۴ \times ۲۰ < ۱۰۰ < ۸ \times ۲۰$

$۸۰\,mm < ۱۰۰ < ۱۶۰\,mm$

گزینه ج صحیح است.

۹۹)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 سربسته انجام شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۷ ، ردیف ۳ ، صفحه ۴۹۲

گزینه ج صحیح است.

۱۰۰) 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 ۱۰-۴-۷-۴ ،ردیف (د) ، صفحه ۴۹۵

گزینه د صحیح است.

۱۰۱) 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.

۱۰۲) در جوشکاری دو قطعه فولادی توسط جوش گوشه حداکثر فاصله ریشه (بازشدگی درز) چند میلی متر باید باشد؟

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۵ ۴) ۱۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۱-۱، صفحه ۴۹۷

گزینه ج صحیح است.

۱۰۳) فاصله ریشه بین دو قطعه در جوش شیاری با نفوذ نسبی در امتداد طولی حداکثر چند میلی‌متر می‌تواند باشد؟

۱) ۳ ۲) ۲ ۳) ۵ ۴) ۶

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، صفحه ۴۹۹، بند ۱۰-۴-۸-۱-۳

گزینه ج صحیح است.

۱۰۴) 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.

۱۰۵) 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؟

۱) ۱۰ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۴۰

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.

۱۰۶) برای یک تیر ورق به ارتفاع ۲ متر حداکثر مقدار رواداری مجاز ارتفاع آن در جهت نقصانی چند میلی متر است؟

۱) ۳ ۲) ۵ ۳) ۸ ۴) ۱۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۱۸ ، صفحه ۵۰۴

توضیح: مطابق جدول برای $d > ۱۸۰۰$ مقدار نقصانی ۵ میلی متر است.

گزینه ب صحیح است.

۱۰۷) 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؟

۱) در صورت عدم اتصال مهاربند به کف ستون موردنظر قابل قبول است.

۲) بسته به ارتفاع ستون ممکن است قابل قبول باشد.

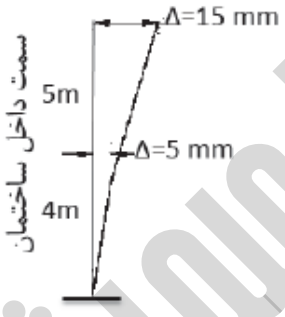
۳) بدون توجه به ارتفاع قابل قبول نیست.

۴) درهرحال قابل قبول است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۴-۸-۶ ، صفحه ۵۰۶

گزینه د 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 اجرائی، ستون های کناری به طرف بیرون ساختمان ناشاغول 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 ۱۰-۴-۱۶ ، صفحه ۵۰۶

توضیح: مطابق شکل صفحه ۵۰۷ داریم:

حداکثر ناشاقولی مجاز طبقه اول $\frac{۱}{۵۰۰} \times ۴۰۰ = ۰.۸\ cm = ۸\ mm < ۲۵\ mm$ ok

ناشاقولی موجود در طبقه اول (از روی شکل) $۵\ mm < ۸\ mm$ ok

حداکثر ناشاقولی مجاز طبقه دوم $\frac{۱}{۵۰۰} \times ۹۰۰ = ۱.۸\ cm = ۱۸\ mm < ۲۵\ mm$ ok

ناشاقولی موجود در طبقه دوم (از روی شکل) $۱۵\ mm < ۱۸\ mm$ ok

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؟

۱) ۲۵ mm ۲) ۳۲ mm ۳) ۵۰ mm ۴) ۶۴ mm

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، بند ۱۰-۴-۸-۶ ، صفحه ۵۰۶ و شکل ۱۰-۴-۱۶ ، 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.

ارتفاع بام نسبت به تراز شالوده $۱۰ \times ۳.۲ = ۳۲\ m$

حداکثر ناشاقولی مجاز $\frac{۱}{۵۰۰} \times ۳۲ = ۰.۶۴\ m = ۶۴\ mm$

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) درباره برداشته شدن یا باقی ماندن ورق گوشواره ای و پشت بند در اتصال مهاربند به تیر پیوند قاب های مهاربندی شده و اگرا به ترتیب کدام گزینه صحیح است؟

۱) باقی بماند – باقی بماند ۳) برداشته شود – باقی بماند

۲) باقی بماند - برداشته شود ۴) برداشته شود - برداشته شود

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-۴-۳۲ ، صفحه ۵۲۳

گزینه د صحیح است.

۱۱۱) نسبت ضریب طول مؤثر نظری ستون دو سر گیردار به ستون دو سر مفصل کدام است؟

۱) ۰.۵ ۲) ۱ ۳) ۱.۴ ۴) ۲

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰، جدول ۱۰-پ۲-۱ ، 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.

۱۱۲) 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-پ۵-۲ ، صفحه ۵۵۶

گزینه ب صحیح است.

۱۱۳) 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-پ۶-۲ ، عناوین سر فصل ها (۱۰-پ۶-۲_۱ و ۱۰-پ۶-۲-۲_۲ و ۱۰-پ۶-۲_۵) ، صفحه ۵۵۹

توضیح: تمامی روش های گفته شده جزء گزینه ۳ در پیوست ۶ مبحث دهم آمده است

گزینه ج صحیح است.

موسسه آموزش ۲۲ مبحث

موسسه آموزش برتر

بخش آزمون (گرایش نظارت)

بررسی سوالات آزمون مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

۱) کنترل کدام معیار مربوط به حالت حدی مقاومت است؟ (معماری- نظارت- دی۱۴۰۱)

۱) خستگی ۲) ارتعاش ۳) لغزش اتصالات ۴) تغییر شکل‌ها

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۱-۲-۲-۲ صفحه ۲۵

گزینه الف صحیح است.

۲) آیا می‌توان از پیچ‌های اصطلاحاً ۱۰/۹ برای اجرای اسکلت فولادی ساختمان استفاده کرد؟ (معماری- نظارت- دی۱۴۰۱)

۱) خیر

۲) بلی

۳) بلی، فقط درصورتی‌که تنش کششی نهایی آن ۱۲۰۰ مگاپاسکال یا بیشتر باشد.

۴) خیر، درصورتی‌که از نوع پیچ‌های معمولی باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، جدول ۱۰-۱-۵ صفحه ۳۴

توضیح: مطابق جدول، دیده می‌شود که این پیچ، جزء پیچ‌های مورد استفاده می‌باشد و می‌تواند در سازه‌های فولادی استفاده شود.

گزینه ب صحیح است.

۳) چنانچه در یک مقطع فولادی مرکب تحت کشش، ورق‌های 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: (معماری- نظارت- مهر۹۶)

۱) در قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی‌شوند و احتمال زنگ‌زدگی دارند، ۲۴ برابر ضخامت نازک‌ترین ورق یا ۳۰۰ میلی‌متر است.

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

۳) در قطعات رنگ نشده که تحت اثر زنگ‌زدگی قرار گیرند، ۲۴ برابر ضخامت نازک‌ترین ورق یا ۳۰۰ میلی‌متر است. ۴) هر سه گزینه صحیح است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۳-۵ صفحه ۶۴

گزینه ب صحیح است.

۴) چنانچه عضو فشاری (مانند ستون) از نیمرخ‌ها و بست‌های مورب فولادی تشکیل شده باشند، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (معماری- نظارت- شهریور۱۴۰۱)

۱) ضخامت ورق‌های انتهایی و ورق‌های اتصال به تیر نباید کمتر از یک‌بیستم فاصله‌ی عرضی وسایل اتصال در اتصالات پیچی باشند

۲) بست‌های مورب می‌توانند از تسمه باشند ولی استفاده ناودانی برای بست‌های مورب مجاز نیست.

۳) زاویه محور طولی بست ها نسبت به محور طولی عضو فشاری نباید کمتر از ۴۵ درجه برای بستهای مورب ضربدری باشد.

۴) نباید فاصله بین مرکز هندسی اتصالات دو انتهای بست بیش از ۴۰ سانتی‌متر باشد.

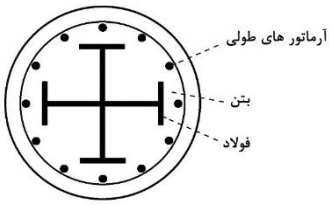
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۴-۶-۲-ج جزء (۲) الی (۶) صفحه ۷۸

گزینه ج صحیح است.

۵) درصورتی‌که در یک تیر فولادی نیاز به تعبیه سخت کننده‌های عرضی برای تأمین مقاومت برشی باشد:
(معماری- نظارت- مهر۹۶)
۱) در تمامی موارد اتصال سخت کننده عرضی به بال‌های کششی و فشاری الزامی است.
۲) لازم نیست در تمامی موارد، سخت کننده عرضی به بال کششی متصل شود.
۳) فقط درصورتی‌که برای انتقال بارهای متمرکز به تکیه‌گاه‌ها به سخت کننده‌های عرضی نیاز باشد، آن‌ها باید به بال فشاری متصل شوند.
۴) فاصله مرکز به مرکز پیچ‌هایی که سخت کننده‌ها را به جان تیر متصل می‌کنند، نباید از ۲۵ سانتیمتر تجاوز کند.
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۶-۲-۳-الف صفحه ۱۲۸ و بند ۱۰-۲-۶-۲-۳-پ صفحه ۱۲۸

گزینه ب صحیح است.

۶) کدام‌یک از گزینه‌های زیر در مورد ستون به مقطع ترسیم شده صحیح است؟
(معماری-نظارت-اردیبهشت ۱۴۰۲)



۱) فاصله آزاد بین میلگردها و مقطع فولادی باید حداقل ۱/۵ برابر قطر میلگرد طولی و حداکثر ۵۰ میلی‌متر باشد.
۲) فاصله آزاد بین میلگردها و مقطع فولادی باید حداقل ۲ برابر قطر میلگرد طولی و حداقل ۵۰ میلی‌متر باشد.
۳) فاصله آزاد بین میلگردها و مقطع فولادی باید از ۱/۵ برابر قطر میلگرد طولی و ۴۰ میلی‌متر بزرگتر باشد.
۴) فاصله آزاد بین مقطع فولادی باید از قطر میلگرد طولی و ۴۰ میلی‌متر بزرگتر باشد.
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۸-۲-۱ ، قسمت (ث_۲) ، صفحه ۱۵۱

گزینه ج صحیح است

۷) در ستون‌های با مقطع مختلط کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (معماری- نظارت- اسفند۹۵)
۱) مقاومت فشاری ستون با طول فاقد مهار جانبی آن، نسبت مستقیم دارد.
۲) اعضای محوری نمی‌توانند از مقاطع توخالی مستطیل شکل نورد شده باشند.
۳) فاصله آزاد بین آرماتورهای طولی و هسته فولادی محاط شده در بتن نمی‌تواند از ۴۰ میلی‌متر کمتر باشد.
۴) در ستون‌های مختلط پر شده با بتن مساحت مقطع فولادی می‌تواند حداکثر یک درصد مساحت کلی مقطع باشد.
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۸-۲-۱-ب صفحه ۱۴۹ و بند ۱۰-۲-۸-۲-ب صفحه ۱۴۸ و بند ۱۰-۲-۸-۲-۱-ث-۲ صفحه ۱۵۱ و بند ۱۰-۲-۸-۲-۲-الف-۱ صفحه ۱۵۲
توضیح: مطابق بند ۱۰-۲-۸-۲-۱-ب ، برای مقاطع مختلط محاط در بتن و دارای دو محور تقارن، مقاومت فشاری موجود برابر $\phi_c P_n$ می‌باشد که در آن ϕ_c ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۷۵ و P_n مقاومت فشاری اسمی مقطع می‌باشد که باید بر اساس حالت حدی کمانش خمشی با توجه به لاغری عضو به شرح ذیل تعیین شود. در فرمول ارائه شده دیده می‌شود که رابطه مقاومت فشاری ستون با طول فاقد مهار جانبی، نسبت مستقیم ندارد. لذا گزینه (۱) نادرست می‌باشد.

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

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 سازه‌ای محاط است.
ب: اعضای محوری با مقطع مختلط پر شده با بتن سازه‌ای پر شده است. گزینه (۲) نادرست می‌باشد.
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 میلی‌متر بزرگتر باشد. گزینه (۳) صحیح است.
مطابق بند ۱۰-۲-۸-۲-۲-الف-۱ :
اعضای محوری با مقطع مختلط پر شده با بتن باید محدودیت‌های 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 ۱۰-۲-۸-۱-۳ تعیین شود. گزینه (۴) نادرست می‌باشد.

گزینه ج صحیح است.

۸) در اعضای محوری با مقطع مختلط پر شده با بتن، حداقل مساحت مقطع فولادی باید چند درصد مساحت کل مقطع باشد؟(معماری- نظارت- بهمن۹۷)

۱) یک درصد ۲) دو درصد ۳) سه درصد ۴) چهار درصد

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۸-۲-۲-الف صفحه ۱۵۲

گزینه الف صحیح است.

۹) حداقل ضخامت دال بتنی در سقف‌های مختلط چند میلی‌متر مقرر گردیده است؟
(معماری- نظارت- شهریور۹۵)

۱) ۸۰ میلی‌متر ۲) ۹۰ میلی‌متر ۳) ۱۰۰ میلی‌متر ۴) ۱۲۰ میلی‌متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۸-۳-۱-ب صفحه ۱۵۴

گزینه الف صحیح است.

۱۰) کدام‌یک از موارد زیر پیرامون ملاحظات مقاومت خمشی مقاطع مختلط به همراه ورق‌های فولادی شکل داده شده صحیح نیست؟(معماری-نظارت-اردیبهشت ۱۴۰۲)

۱) پوشش بتن روی گل‌میخ‌ها نباید کمتر از ۲۰ میلی‌متر باشد.
۲) ارتفاع اسمی ورق‌های فولادی شکل داده شده (h) نباید از ۷۵ میلی‌متر بیشتر باشد.
۳) ورق‌های فولادی شکل داده شده باید در فواصل حداکثر ۴۵۰ میلی‌متر به مقطع فولادی و سایر اعضای تکیه‌گاهی مهار شوند.
۴) دال بتنی به وسیله گل‌میخ‌های برشگیر با قطر حداکثر ۲۰ میلی‌متر و مقطع فولادی متصل می‌شوند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۸-۳-۳ ، قسمت (پ-۱) ، صفحه ۱۶۰

گزینه الف صحیح است

۱۱) در مورد سقف‌های عرشه فولادی (با استفاده از ورق‌های فولادی شکل داده شده) کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟
(معماری- نظارت- شهریور۱۴۰۱)

۱) دال بتنی باید به‌وسیله گل‌میخ‌های برشگیر با قطر حداکثر ۳ سانتیمتر به مقطع فولادی متصل شوند.
۲) ورق‌های فولادی شکل داده شده باید در فواصلی حداکثر ۴۵ سانتیمتر به مقاطع فولادی و سایر اعضای تکیه‌گاهی مهار شوند.
۳) ارتفاع اسمی ورق‌های فولادی شکل داده شده نباید بیشتر از ۱۲۵ میلی‌متر باشند.
۴) در جمیع حالات تمامی مقطع بتن که بر روی ورق‌های فولادی شکل داده شده قرار می‌گیرد در محاسبات لحاظ می‌شود و هیچ مقطع از آن حذف نمی‌شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۸-۳-۳ مورد (پ) صفحات ۱۶۰ و ۱۶۱

گزینه ب صحیح است.

۱۲) در سقف عرشه فولادی چنانچه گل‌میخ درست در امتداد جان مقطع فولادی در نظر گرفته نشده باشد، چه رابطه‌ای میان قطر گل‌میخ و فلز پایه که به آن جوش می‌شود وجود دارد؟ (معماری- نظارت- مرداد۹۴)

۱) قطر گل‌میخ ربطی به فلز پایه ندارد و به ارتفاع ورق فولادی شکل داده شده بستگی دارد.

۲) قطر گل‌میخ نباید از ۲/۵ برابر ضخامت فلز پایه کمتر باشد.

۳) قطر گل‌میخ نباید از ۲/۵ برابر ضخامت فلز پایه بیشتر باشد.

۴) درصورتی‌که ارتفاع گل‌میخ‌ها صحیح باشد، قطر گل‌میخ باید سه برابر ضخامت فلز پایه باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۸-۸-الف-۲ صفحه ۱۷۶

گزینه ج صحیح است.

۱۳)در سقف‌های مختلط به‌صورت مقطع فولادی و دال بتنی متکی بر آن به همراه برشگیر، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟ (معماری- نظارت- آبان۹۳)

۱) فاصله مرکز تا مرکز گل‌میخ‌های با قطر ۱۵ mm حداکثر می‌تواند ۵۰ mm باشد.

۲) ضخامت دال بتنی می‌تواند ۶۰ mm باشد.

۳) برشگیرها باید حداقل ۲۵mm پوشش جانبی از بتن داشته باشند.

۴) فاصله مرکز تا مرکز برشگیرها از نوع ناودانی حداکثر می‌تواند 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.

۱۴) آیا در ساختمانی با سازه فولادی و اتصالات از نوع پیچی تقویت از طریق جوشکاری مجاز است؟
(معماری- نظارت- مهر۹۸)

۱) بلی درصورتی‌که پیچ‌های موجود از نوع لغزش بحرانی طراحی و اجرا شده باشند.

۲) بلی درصورتی‌که پیچ‌های موجود از نوع لغزش بحرانی طراحی و اجرا نشده باشند.

۳) خیر

۴) در تمامی موارد می‌توان از جوشکاری به این منظور استفاده کرد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۹-۱-۶ تبصره ۲ صفحه ۱۹۳

گزینه الف صحیح است.

۱۵) طول شکاف در جوش کام نباید از ..... برابر ضخامت جوش بیشتر باشد.
(معماری- نظارت- مرداد۹۴)

۱) ۲۰ ۲) ۱۰ ۳) ۵ ۴) ۳۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۲-۹-۲-۳-ب-۴ صفحه ۲۰۰

گزینه ب صحیح است.

۱۶) کدام‌یک از عبارات زیر صحیح می‌باشد؟(معماری- نظارت- آبان ۹۳)

۱) ابعاد سوراخ لوبیایی کوتاه برای پیچ M۲۴ برابر ۳۰×۲۴ می‌باشد.

۲) استفاده از پیچ‌های معمولی فقط در اتصالات اتکایی مجاز است.

۳) استفاده از پیچ‌های پرمقاومت فقط در اتصالات اتکایی مجاز است.

۴) قطر سوراخ استاندارد برای پیچ M۲۴ برابر ۲۴ میلی‌متر است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، جدول ۱۰-۲-۹-۶ صفحه ۲۰۹ و بند ۱۰-۲-۹-۳-۱-الف صفحه ۲۰۶

گزینه ب صحیح است.

۱۷) آیا در طراحی لرزه‌ای اسکلت فلزی با قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی، تعبیه سوراخ‌های متوالی در جان تیرهای دهانه‌های مهاربندی شده به‌صورت ۷ و ۸، بدون تقویت مجاز است؟ و آیا این مهاربندهای ۷ و ۸ در محل اتصال به تیر می‌توانند دارای خروج از مرکزیت به میزان ۱/۵ برابر ارتفاع تیر باشند؟ (معماری- نظارت- دی۱۴۰۱)

۱) خیر - خیر ۲) خیر - بلی ۳) بلی - خیر ۴) بلی – بلی

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۳-۴-۱-۱ صفحه ۳۱۹ و بند ۱۰-۳-۴-۱-۲ صفحه ۳۱۹

گزینه الف صحیح است.

۱۸) کدام پاسخ در مورد مهاربندی‌های به شکل ۸ صحیح است؟ (معماری- نظارت- اردیبهشت۹۷)

۱) در قاب‌های مهاربندی شده همگرای ویژه مجاز نیست.

۲) تیرها باید قادر به تحمل نیروهای قائم و بدون در نظر گرفتن نیروهای ثقلی باشند.

۳) درصورتی‌که در محل اتصال به تیر دارای خروج از مرکزیت کمتر از ارتفاع تیر باشد همگرا محسوب می‌شود.

۴) درصورتی‌که در محل اتصال به تیر دارای خروج از مرکزیت کمتر از ارتفاع تیر باشد واگرا محسوب می‌شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۳-۴-۱-۲ صفحه ۳۱۹

گزینه ج صحیح است.

۱۹) در ساختمان‌های فولادی با قاب‌های مهاربندی شده همگرا، اجرای کدام‌یک از مهاربندی‌های زیر مجاز نیست؟ (معماری- نظارت- بهمن۹۴)

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 صفحه ۳۲۱

گزینه الف صحیح است.

۲۰) برای ورق‌های با ضخامت مساوی یا کمتر از چند میلی‌متر، برش توسط دستگاه گیوتین مجاز می‌باشد؟ (معماری- نظارت- آبان۹۳)

۱) ۱۸ ۲) ۱۵ ۳) ۲۰ ۴) ۱۲

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۴-۳-۲-الف صفحه ۴۵۶

گزینه ب صحیح است.

۲۱)برای سوراخ‌کاری ورق‌ها تا چه ضخامتی (برحسب میلی‌متر) استفاده از دستگاه گیوتین مجاز است؟ (معماری- نظارت- دی۱۴۰۱)

۱) ۲۵ ۲) ۲۰ ۳) ۱۵ ۴) ۳۰

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۴-۳-۲-الف صفحه ۴۵۶

گزینه ج صحیح است.

۲۲) در یک ساختمان با اسکلت فلزی، برای حصول اطمینان از دقت ساخت در اتصال تیر به ستون با استفاده از دوازده پیچ، از پیمانکار خواسته شده تا قبل از نصب نهایی، این اتصال در پای‌کار به‌طور موقت نصب شود. در این حالت، پیمانکار موظف است چه تعداد پیچ را تعبیه نماید؟ (معماری- نظارت- مهر۹۹)

۱) حداقل نیمی از تعداد کل پیچ‌ها ۲) حداقل ۲ پیچ

۳) حداقل ۳ پیچ ۴) برای حصول اطمینان باید تمامی پیچ‌ها در پای‌کار بسته شوند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۴-۳-۴-ب صفحه ۴۵۸

گزینه ج صحیح است.

۲۳) کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح نیست؟ (معماری- نظارت- بهمن۹۴)

۱) کارهای فولادی که در تماس با بتن باید قرار گیرند لازم نیست رنگ شوند.

۲) قطعات فولادی باید در محیطی دور از رطوبت انبار گردند.

۳) برای از بین بردن اکسیدهای حاصل از نورد، تمیزکاری با پاشش مواد ساینده بهترین روش است.

۴) قطعات فولادی که در کارگاه به هر علتی آسیب دیده‌اند نباید اصلاح و مرمت گردند و قابل استفاده نیستند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۴-۶، صفحه ۴۹۰ و جدول ۱۰-۴-۱۴، صفحه ۴۹۱ و بند ۱۰-۴-۷ ، جزء ۱، صفحه ۴۹۲ و بند ۱۰-۴-۷-۲، صفحه ۴۹۲

گزینه د صحیح است.

۲۴) برای حفاظت سازه فولادی یک ساختمان، رنگ‌آمیزی سطوح بزرگ مقاطع فولادی جهت جلوگیری از مسمومیت کارگران در محوطه باز کارگاه و در هوای آزاد انجام می‌شود. در این صورت آیا رنگ کردن تمامی سازه با قلم‌مو مجاز است؟ (معماری- نظارت- مهر۹۹)

۱) در کلیه موارد استفاده از قلم‌مو برای رنگ کردن مجاز نیست.

۲) شرایط رنگ‌آمیزی سازه فولادی در این کارگاه مناسب نیست.

۳) استفاده از قلم‌مو فقط برای رنگ رویه مقاطع فولادی مجاز است.

۴) استفاده از قلم‌مو فقط برای رنگ آستر مقاطع فولادی مجاز است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۴-۷-۴-ب صفحه ۴۹۴

گزینه ب صحیح است.

۲۵) حداکثر میزان مجاز رطوبت محیط و حداقل اختلاف دمای نقطه شبنم با دمای محیط، هنگام رنگ‌کاری مقاطع فولادی به ترتیب چند درصد و چند درجه سلسیوس است؟ (معماری- نظارت- مرداد۱۴۰۰)

۱) ۸۰ - ۱۰ ۲) ۷۰ - ۱۰ ۳) ۹۰ - ۵ ۴) ۸۰ — ۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۴-۷-۴ جزء (د) صفحه ۴۹۵

گزینه د صحیح است.

۲۶) رواداری مجاز تیر ورقی به ارتفاع ۱۲۰۰ میلی‌متر، چند میلی‌متر است؟(معماری-نظارت-اردیبهشت ۱۴۰۲)

۱) ۵- و ۸+ ۲) ۳- و ۵ ± ۳) ۳ ± ۴) ۵ ±

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، جدول ۱۰-۴-۱۸ ، صفحه ۵۰۴

گزینه د صحیح است

۲۷) در خصوص کنترل ناشاقولی ستون‌ها 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؟
(معماری- نظارت- مهر۹۸)

۱) $\frac{۱}{۵۰۰}$ ارتفاع - ۶ ± میلی‌متر ۲) ۵ ± میلی‌متر - ۵ ± میلی‌متر

۳) ۲۵± میلی‌متر - ۱۳ ± میلی‌متر ۴) ۶ ± میلی‌متر - ±۴ میلی‌متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۴-۸-۶-الف و ث صفحات ۵۰۶ و ۵۰۷

گزینه د صحیح است.

موسسه آموزش برتر

بخش آزمون (گرایش اجرا)

بررسی سوالات آزمون مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

۱) در ستون‌هایی که از نیمرخ‌های فولادی و بست‌های مورب تشکیل شده باشند: (معماری- اجرا- مهر۹۶)

۱) چنانچه اتصال ورق‌های انتهایی به اجزای عضو فشاری از نوع پیچی باشد، فاصله عمود بر محور طولی عضو فشاری در وسایل اتصال باید حداقل برابر فاصله بین مراکز هندسی نیمرخ‌های تشکیل دهنده عضو فشاری باشد.

۲) در هر ورق انتهایی و ورق اتصال به تیر باید حداقل ۵ عدد پیچ تعبیه شود.

۳) استفاده از مقاطع ناودانی برای بستهای مورب مناسب نیست.

۴) زاویه محور طولی بست‌ها نسبت به محور طولی عضو فشاری در بست‌های مورب تکی نباید بیشتر از ۶۰ درجه باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۷۷، مورد (۱) جزء (ج) ادامه بند ۱۰-۲-۴-۶-۲

گزینه الف صحیح است.

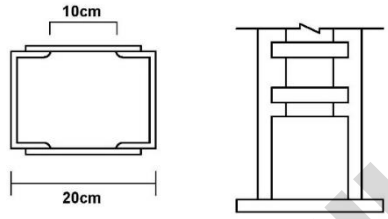
۲) در طراحی اعضای فولادی برای نیروی فشاری، زاویه محور طولی بست‌ها نسبت به محور طولی عضو فشاری (مثل ستون) برای بست‌های مورب ضربدری و بست‌های مورب تکی باید به ترتیب حداقل چند درجه باشد؟ (معماری- اجرا - بهمن۹۷)

۱) ۴۵ - ۶۰ ۲) ۳۰ - ۶۰ ۳) ۴۵ - ۳۰ ۴) ۳۰ - ۴۵

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۷۸، مورد (۶) جزء (ج) ادامه بند ۱۰-۲-۴-۶-۲

گزینه الف صحیح است.

۳) 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، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (معماری- اجرا - مهر۹۸)



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 به‌صورت 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 ۱۰-۲-۴-۴

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.

۴) اگر ستونی از بتن مسلح با هسته فولادی طراحی شده باشد، سطح مقطع هسته فولادی باید حداقل چند درصد مساحت کل مقطع مختلف باشد؟ (معماری- اجرا - مرداد۹۴)

۱) ده ۲) دو ۳) سه ۴) یک

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۴۹، مورد (۱) جزء (الف) بند ۱۰-۲-۸-۲-۱

گزینه د صحیح است.

۵) در ستونی ترکیبی با هسته فولادی محاط شده در بتنی با مقطع به ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر .....
(معماری- اجرا - اسفند۹۵)

۱) حداکثر فاصله تنگ‌های عرضی در طول ۲۰ سانتی‌متر می‌باشد.
۲) حداکثر فاصله تنگ‌های عرضی در طول ۱۵ سانتیمتر می‌باشد.
۳) حداقل قطر تنگ‌های عرضی ۱۲میلی‌متر است.
۴) حداقل قطر تنگ‌های عرضی ۱۰ و حداکثر سطح مقطع هسته فولادی ۱۶ سانتی‌متر مربع می‌تواند باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۴۹، مورد (۲) جزء (الف) بند ۱۰-۲-۸-۲-۱

توضیح: پوشش بتنی هسته فولادی باید به کمک میلگردهای طولی و تنگ‌های عرضی یا مارپیچ مسلح شوند حداقل قطر تنگ‌های عرضی ۱۰ میلی‌متر است. چنانچه از تنگ عرضی با قطر ۱۰ میلی‌متر استفاده شود، حداکثر فاصله مرکز تا مرکز تنگ‌ها در راستای طولی عضو محوری ۳۰۰ میلی‌متر و چنانچه از تنگ‌های عرضی با قطر ۱۲ میلی‌متر یا بیشتر استفاده شود، حداکثر فاصله مرکز تا مرکز تنگ‌ها ۴۰۰ میلی‌متر است. در هر حال حداکثر فاصله تنگ‌های عرضی در راستای طولی نباید از نصف بعد کوچکتر مقطع مختلط بیشتر باشد.

$\frac{۱}{۲}(۴۰\,cm) = ۲۰\,cm$ ← (کوچکترین بُعد مقطع) $\frac{۱}{۲}$ ≥ حداکثر فاصله تنگ‌های عرضی

گزینه الف صحیح است.

۶) در ستون‌های مختلط بتنی با هسته فولادی ..... (معماری- اجرا - شهریور۹۵)

۱) رابطه‌ی آرماتورهای طولی و سطح مقطع کلی در مقطع مختلط، تقسیم شده است.
۲) سطح مقطع هسته فولادی باید حداقل ۰/۵ درصد مساحت کلی مقطع مختلط باشد.
۳) حداقل قطر تنگ‌های عرضی ۱۰میلی‌متر است.
۴) حداقل قطر تنگ‌های عرضی ۱۶ میلی‌متر می‌باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۴۹، مورد (۲) جزء (الف) بند ۱۰-۲-۸-۲-۱

گزینه ج صحیح است.

۷) آیا در ساختمان‌ها در اعضای با مقطع مختلط (فولاد و بتن) می‌توان از بتن‌های سبک استفاده کرد؟ و در ستون‌های با مقطع مختلط محاط در بتن، سطح مقطع هسته فولادی باید حداقل چند درصد مساحت کلی مقطع مختلط باشد؟ (معماری- اجرا - دی۱۴۰۱)

۱) خیر - دو درصد ۲) خیر - یک درصد ۳) بلی - دو درصد ۴) بلی - یک درصد

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۴۵، جزء (۱) بند ۱۰-۲-۸-۱-۲ و صفحه ۱۴۹ مورد (۱) جزء (الف) بند ۱۰-۲-۸-۲-۱

گزینه د صحیح است.

۸) در طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی عرض مؤثر دال بتنی که در هر طرف تیر با آن به‌صورت مختلط عمل می‌نماید، در هیچ شرایطی نمی‌تواند کمتر از: (معماری- اجرا - آذر۹۲)

۱) ۱۰۰ میلی‌متر باشد. ۲) ۶۰ میلی‌متر باشد.
۳) ۸۰ میلی‌متر باشد. ۴) ۱۲۰ میلی‌متر باشد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۵۴، جزء (ب) بند ۱۰-۲-۸-۳-۱

گزینه ج صحیح است.

۹) در سقف با مقطع مختلط به‌صورت مقطع فولادی و دال بتنی، حداقل ضخامت مقرر شده برای دال بتنی چند سانتی‌متر است؟ (معماری- اجرا - دی۱۴۰۱)

۱) ۱۰ ۲) ۸ ۳) ۱۲ ۴) ۱۴

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۵۴، بند ۱۰-۲-۸-۳-۱-ب

گزینه ب صحیح است.

۱۰) اگر ارتفاع ورق‌های فولادی شکل داده شده در یک سقف مختلط ۴۰ میلی‌متر باشد و ضخامت بتن روی آن ۵۰ میلی‌متر باشد ارتفاع کدام‌یک از گل‌میخ‌های زیر برای اجرای این سقف مناسب‌تر است؟ (معماری- اجرا - بهمن۹۷)

۱) بستگی به فاصله بین برشگیرها دارد ۲) ۹۰ میلی‌متر

۳) ۴۰ میلی‌متر ۴) ۷۵ میلی‌متر

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 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. ۲- پوشش بتن روی گل‌میخ‌ها نباید از ۱۵ میلی‌متر کمتر باشد. لذا ارتفاع مناسب گل‌میخ برابر ۷۵ mm = ۱۵ - (۵۰ + ۴۰) می‌باشد. البته ضخامت دال بتنی در قسمت فوقانی عرشه فولادی حداقل ۵۵ میلی‌متر باشد که در سؤال ۵۰ میلی‌متر داده شده است و با همان فرض ۵۰ میلی‌متر، سؤال پاسخ داده شده است.

گزینه د صحیح است.

۱۱) در سقف‌های مختلط کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (معماری- اجرا - اسفند۹۵)

۱) پهنای متوسط کنگره‌های ورق فولادی شکل داده شده (کنگره‌های موازی محور تیر) با ارتفاع اسمی بیش از ۴ سانتی‌متر و پُر شده با بتن برای حالت یک گل‌میخ در پهنا، نباید کمتر از ۵ سانتی‌متر باشد.

۲) بتن موجود در زیر سطح فوقانی ورق‌های فولادی شکل داده شده که کنگره‌های آن‌ها موازی با محور تیرها هستند، در محاسبات در نظر گرفته نمی‌شوند.

۳) در این‌گونه سقف‌ها از برشگیرها برای قرار دادن میلگردهای حرارتی استفاده می‌شود.

۴) ورق‌های فولادی شکل داده شده باید در فواصلی حداکثر ۶۰ سانتی‌متر به اعضای تکیه‌گاهی مهار شوند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۶۰، مورد (۱) جزء (پ-۱) ادامه بند ۱۰-۲-۸-۳-۳

گزینه الف صحیح است.

۱۲)در اجرای سقف‌های مختلط با استفاده از ورق‌های ذوزنقه‌ای تا ارتفاع ۷۵ میلی‌متری .....

(معماری- اجرا - آذر۹۲)

۱) عرض متوسط کنگره‌های پر شده با بتن نباید کمتر از ۱۳ میلی‌متر باشد.

۲) پوشش دال بتنی در بالای کنگره ورق ذوزنقه‌ای نباید از ۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۳) پوشش بتن روی گل‌میخ‌ها نباید کمتر از ۱۵میلی‌متر باشد.

۴) گل‌میخ‌ها را نمی‌توان از روی ورق فولادی ذوزنقه‌ای به عضو فولادی جوش داد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۶۰، مورد (۳) جزء (پ-۱) ادامه بند ۱۰-۲-۸-۳-۳

گزینه ج صحیح است.

۱۳) اجرای عضو خمشی با مقطع مختلط بدون پایه موقت ..... و ورق‌های فولادی شکل داده شده را ..... در روی تیر فولادی تکیه‌گاهی از هم جدا کرد. (معماری- اجرا - اردیبهشت۹۷)

۱) مجاز نیست - باید ۲) مجاز نیست - مجاز نیست

۳) در تمامی موارد مجاز است - باید ۴) با رعایت شرایط خاص مجاز است - می‌توان در برخی موارد

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۵۴، بند ۱۰-۲-۸-۳-۲ و صفحه ۱۶۱ جزء (پ-۳)

گزینه د صحیح است.

۱۴) کدام‌یک از گزینه‌های زیر در اجرای سقف‌های مختلط صحیح نیست؟ (معماری- اجرا - بهمن۹۴)

۱) قطر گل‌میخ نباید هیچ‌گاه از ۲/۵ برابر ضخامت فلز پایه تجاوز نماید.

۲) برش گیرها می‌توانند از نوع ناودانی گرم نورد شده باشند.

۳) از قطعات میلگردها که به اندازه‌های یکسان بریده شده‌اند می‌توان به‌عنوان گل‌میخ استفاده کرد.

۴) برشگیرها باید در دال‌ها مدفون شوند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۷۶، مورد (۲) جزء (الف) بند ۱۰-۲-۸-۸

گزینه الف صحیح است.

۱۵) در طراحی و اجرای تمامی سقف‌های مختلط کدام‌یک از گزاره‌های زیر صحیح می‌باشد؟ (معماری- اجرا - مرداد۹۴)

۱) حداقل فاصله گل‌میخ‌های برشگیر به قطر ۲۰ میلی‌متر در امتداد محور طولی تیر باید ۱۲۰ میلی‌متر باشد.

۲) حداقل فاصله گل‌میخ‌های برشگیر به قطر ۲۰ میلی‌متر در امتداد محور طولی تیر باید ۱۰۰ میلی‌متر باشد.

۳) حداقل فاصله گل‌میخ‌های برشگیر به قطر ۲۰ میلی‌متر در هر امتداد باید ۸۰ میلی‌متر باشد.

۴) همه برشگیرها باید حداقل ۲۵ میلی‌متر 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.

۱۶) در مقاطع مختلط حداقل فاصله‌ی مرکز تا مرکز بین برش گیرهای از نوع گل‌میخ و در امتداد محور طولی تیرها چند برابر قطر آن‌ها می‌باشد؟ (معماری- اجرا - شهریور۱۴۰۱)

۱) ۶ برابر ۲) ۴ برابر ۳) ۲ برابر ۴) ۱۲ برابر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۷۹، مورد (۴) جزء (ث) ادامه بند ۱۰-۲-۸-۸

گزینه الف صحیح است.

۱۷) کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (معماری- اجرا - مهر۹۶)

۱) در ستون‌های با مقاطع مختلط برشگیرها فقط تحت تأثیر نیروهای برشی قرار می‌گیرند.

۲) همه برش گیرها باید حداقل ۲۵ سانتی‌متر پوشش جانبی از بتن داشته باشند.

۳) در تیرهای با مقطع مختلط حداقل فاصله مرکز تا مرکز برش گیرها از نوع گل‌میخ باید مساوی ۶ برابر قطر آن‌ها در امتداد طولی تیر و ۴ برابر قطر آن‌ها در امتداد عمود بر محور طولی باشد.

۴) در ستون‌های با مقاطع مختلط به استثنای حالت‌های خاص، حداقل پوشش جانبی از بتن برای برشگیرها ۲۰ میلی‌متر است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۷۹، مورد (۴) جزء (ث) ادامه بند ۱۰-۲-۸-۸

گزینه ج صحیح است.

۱۸) هنگامی‌که در مقاطع نورد شده و ساخته شده از ورق پس از اتمام جوشکاری بال‌ها به جان، سوراخ دسترسی ایجاد می‌شود. (معماری- اجرا - شهریور۹۵)

۱) طول سوراخ‌های دسترسی نباید از کمتر از ۳۵ میلی‌متر باشد.

۲) لبه جان باید از سطح بال تا سطح تورفتگی سوراخ دسترسی به‌صورت شیب‌دار، کاملاً یکنواخت و بدون گوشه‌های تیز باشد.

۳) ارتفاع سوراخ دسترسی نباید کمتر از ۱۵ میلی‌متر باشد.

۴) تعبیه سوراخ‌های دسترسی و تسهیل جوشکاری امکان‌پذیر نیست.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۹۰، بند ۱۰-۲-۹-۱-۴ پاراگراف چهارم

گزینه ب صحیح است.

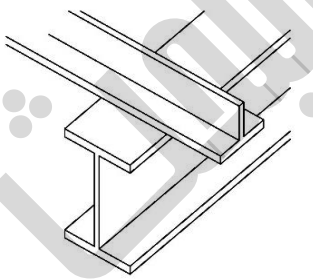
۱۹) حداقل بُعد جوش گوشه با یک بار عبور درصورتی‌که ضخامت قطعه نازک‌تر، از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر باشد، چند میلی‌متر است؟ (معماری- اجرا - بهمن۹۴)

۱) ۷ ۲) ۲ ۳) ۵ ۴) ۸

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۹۵، جدول ۱۰-۲-۹-۲

گزینه ج صحیح است.

۲۰) در خصوص جوش‌های گوشه‌ای که برای اتصال، در دو وجه مخالف یک صفحه مشترک اجرا می‌شود. کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (معماری- اجرا - مهر۹۸)



۱) اتصال جوش‌ها در دو وجه مخالف بستگی به نوع فولاد می‌توانند در گوشه‌ها به هم متصل شوند.

۲) جوش‌های گوشه در دو وجه مخالف باید در گوشه مشترک بین دو نوار جوش به هم متصل شوند.

۳) اتصال جوش‌ها در دو وجه مخالف در گوشه‌ها درصورتی‌که جهت حرکت جوشکاری رعایت شده باشد مجاز است. ۴) جوش‌های گوشه در دو وجه مخالف باید در گوشه مشترک بین دو نوار خوش قطع شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۱۹۸، بند ۱۰-۲-۹-۲-۲ ،قسمت(ب) ،توضیحات ذیل مورد ۸، پاراگراف سوم

توضیح: جوش‌های گوشه‌ای که در دو وجه مخالف یک صفحه مشترک ایجاد می‌شوند، درصورتی‌که 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.

۲۱) برای اتصال دو ورق به ضخامت‌های ۱۸ و ۲۵ میلی‌متر از جوش انگشتانه استفاده شده است. به این منظور روی ورق به ضخامت ۱۸mm سوراخ‌هایی ایجاد شده است. حداقل قطر سوراخ چند میلی‌متر است؟
(معماری- اجرا - خرداد۹۳)

۱) ۳۱ ۲) ۲۶ ۳) ۲۱ ۴)

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۲۰۰، مورد (۲) جزء (ب) بند۱۰-۲-۹-۲-۳

توضیح: قطر سوراخ در جوش انگشتانه نباید از ضخامت قطعه سوراخ شده به‌اضافه ۸ میلی‌متر کمتر باشد. همچنین قطر مورد اشاره نباید از قطر حداقل به‌اضافه ۳ میلی‌متر یا ۲/۲۵ برابر ضخامت جوش بزرگتر شود. لذا داریم:

$$d \geq t + ۸ \rightarrow d_{min} = ۱۸ + ۸ = ۲۶ \text{ mm}$$

گزینه ب صحیح است.

۲۲) در اتصالات پیچی و سوراخ لوبیایی موازی با لبه، حداقل فاصله سوراخ تا لبه بریده شده با قیچی، برای پیچی به قطر ۱۶ میلی‌متر چقدر است؟ (معماری- اجرا - بهمن۹۴)

۱) ۱۸ میلی‌متر ۲) ۲۰ میلی‌متر ۳) ۳۲ میلی‌متر ۴) ۳۷ میلی‌متر

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۲۱۰، جدول‌های ۱۰-۲-۹-۷ و ۱۰-۲-۹-۸

توضیح:

حداقل فاصله مرکز سوراخ لوبیایی موازی با لبه تا لبه بریده شده با قیچی (گیوتین)

$$۲d_b + ۰ = (۲ \times ۱۶) + ۰ = ۳۲ \text{ mm}$$

گزینه ج صحیح است.

۲۳) در محل وصله‌ی اعضای فولادی ساختمان کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟
(معماری- اجرا - شهریور۱۴۰۱)

۱) در اتصالات جوشی، درصورتی‌که فاصله بین وجه داخلی ورق وصله و وجه خارجی قطعه با ابعاد کوچک‌تر، مساوی یا کمتر از ۶ میلی‌متر باشد. نیازی به تعبیه ورق‌های پُرکننده نمی‌باشد.

۲) در اتصالات جوشی، ورق‌های پرکننده‌ای که ضخامت آن بیشتر از ۶ میلی‌متر بوده و توانایی لازم جهت انتقال نیروی وصله را دارند، نباید بیش از لبه‌های ورق وصله ادامه یابد.

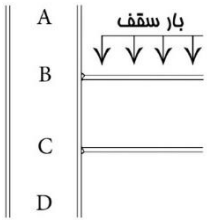
۳) در اتصالات جوشی درصورتی‌که فاصله بین وجه داخلی ورق وصله و وجه خارجی قطعه با ابعاد کوچک‌تر، مساوی یا کمتر از ۲ میلی‌متر باشد، نیازی به تعبیه ورق‌های پُرکننده نمی‌باشد.

۴) در اتصالات جوشی، ورق‌های پرکننده‌ای که ضخامت آن بیشتر از ۶ میلی‌متر بوده و توانایی لازم جهت انتقال نیروی وصله را دارند، باید تا لبه ورق وصله ادامه یابد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۲۲۲، جزء (الف) بند ۱۰-۲-۹-۵

گزینه ج صحیح است.

۲۴) 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؟ (معماری- اجرا - مرداد۱۴۰۰)



۱) C
۲) B و C
۳) A و C
۴) D و A

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۲۳۰، بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۲ و صفحه ۲۳۱ شکل ۱۰-۲-۹-۲۴

گزینه الف صحیح است.

۲۵) کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (معماری- اجرا - خرداد۹۳)

۱) قاب خمشی معمولی به قابی اطلاق می‌شود که در برابر نیروی جانبی زلزله بتواند تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی را تحمل کند.
۲) قاب خمشی به قابی اطلاق می‌شود که در برابر نیروی جانبی زلزله بتواند تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی را تحمل کند.
۳) قاب خمشی متوسط به قابی اطلاق می‌شود که در برابر نیروی جانبی زلزله بتواند تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی زیادی را تحمل کند.
۴) قاب خمشی متوسط به قابی اطلاق می‌شود که در برابر نیروی جانبی زلزله بتواند تغییر شکل‌های فرا ارتجاعی محدودی را تحمل کند.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۲۸۴، بند ۱۰-۳-۳-۱ و صفحه ۲۸۹، بند ۱۰-۳-۳-۲

گزینه د صحیح است.

۲۶) چنانچه در اتصال گیردار فلنجی سازه فولادی، ضخامت جان مقطع تیر ۱۲ میلی‌متر باشد جوش اتصال جان تیر به ورق انتهایی چه الزامی دارد؟(معماری-اجرا-اردیبهشت ۱۴۰۲)

۱) باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشد
۲) ضخامت جوش های گوشه را می توان ۴ میلی متر در نظر گرفت.
۳) در هر شرایطی جوش گوشه دو طرفه مجاز است
۴) همه موارد صحیح است

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۳-۷-۳-۳ ، مورد ۵ ، صفحه ۴۰۶

گزینه الف صحیح است

۲۷) برش ورق‌ها در ساختن قطعات فولادی توسط دستگاه ..... می‌باشد و برش ورق با ضخامت تا ۱۲ میلی‌متر، با دستگاه ..... مجاز می‌باشد. (معماری- اجرا - خرداد۹۳)

۱) اره - برش دستی
۲) گیوتین - برش شعله ریلی
۳) برش شعله ریلی- گیوتین
۴) برش دستی - اره

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۴۵۶، جزء (الف) بند ۱۰-۴-۳-۲

گزینه ج صحیح است.

۲۸) کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح نیست؟ (معماری- اجرا - بهمن۹۴)

۱) برای نیمرخ‌های نورد شده سنگین و قطعات ساخته شده با جوش، قبل از جوشکاری پیش‌گرمایش لازم نیست.
۲) طول شکاف در جوش کام نباید از ۱۰ برابر ضخامت جوش بیشتر باشد.

۳) جوش‌های گوشه در دو طرف مخالف یک صفحه مشترک نباید به هم برسند.
۴) جوش‌های گوشه در اتصالات مفصلی با نبشی‌های جان نباید تا لبه جان ادامه داشته باشد.
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۴۵۶، جزء (ب) بند ۱۰-۴-۳-۲

گزینه الف صحیح است.

۲۹)کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (معماری- اجرا - مرداد۱۴۰۰)
۱) برای ایجاد سوراخ با قطر زیاد در مقاطع فولادی نمی‌توان در ابتدا از منگنه استفاده کرد.
۲) برای ورق‌های فولادی به ضخامت ۱۴میلی‌متر برش توسط دستگاه گیوتین مجاز می‌باشد.
۳) برای ورق‌های فولادی به ضخامت ۱۴ میلی‌متر یا بیشتر استفاده از دستگاه‌های پخ‌زنی ضربه‌ای لبه‌ها قبل از اتصال جوشی لبه‌ها اجباری است.
۴) همه موارد
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۴۵۶، جزء (الف) و (ت) بند ۱۰-۴-۳-۲ صفحه ۴۵۷، جزء (ب) بند ۱۰-۴-۳-۳

گزینه ب صحیح است.

۳۰) برای سوراخ‌کاری ورق فولادی به ضخامت ۱۵ میلی‌متر جهت اتصال پیچ با قطر اسمی ۱۴ میلی‌متر، کدام روش مجاز است؟ (معماری- اجرا - شهریور۱۴۰۱)
۱) با برشکاری و سپس برقو زدن انجام شود.
۲) با منگنه کردن انجام شود.
۳) تا قطر اسمی ۱۰ میلی‌متر پیش منگنه و سپس برقو زده شود.
۴) سوراخ نهایی ورق باید به کمک مته دوار انجام پذیرد.
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۴۵۶، جزء (ت) بند ۱۰-۴-۳-۲

گزینه ب صحیح است.

۳۱) اگر در کارگاه ساختمانی برای ایجاد انحناء یا راست کردن قطعات فولادی از روش‌های گرم کردن موضعی استفاده شود دمای موضع گرم شده نباید از ..... برای فولاد پر مقاومت و آلیاژی بیشتر شود.
(معماری- اجرا - آبان۹۳)
۱) ۵۶۵ درجه سلسیوس
۲) ۶۰۰ درجه سلسیوس
۳) ۶۲۵ درجه سلسیوس
۴) ۶۵۰ درجه سلسیوس
جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۴۵۷، جزء (ت) بند ۱۰-۴-۳-۳

گزینه الف صحیح است.

۳۲) کدام‌یک از گزینه‌های زیر در ساخت قطعات فولادی صحیح است؟(معماری-اجرا-اردیبهشت ۱۴۰۲)
۱) پخ‌زنی و آماده کردن لبه قطعات برای جوشکاری با برش شعله مجاز نیست.
۲) استفاده از دستگاه‌های پخ زن ضربه‌ای برای قطعات و ورق‌های با ضخامت بیش از ۱۵ میلی‌متر مجاز نمی‌باشد.
۳) استفاده از دستگاه‌های پخ زن ضربه‌ای برای قطعات و ورق‌های با ضخامت بیش از ۱۰ میلی‌متر مجاز نمی‌باشد.
۴) همه موارد

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۴-۳-۳ ، قسمت (ب) ، صفحه ۴۵۷

گزینه ب صحیح است

۳۳) در هنگام به کار بردن روش‌های گرم کردن موضعی و یا تغییر شکل مکانیکی برای ایجاد انحنا و یا از بین بردن آن، حداکثر دمای مجاز موضع‌های گرم شده چه میزان است؟ (معماری- اجرا - شهریور۱۴۰۱)

۱) ۸۰۰ درجه فارنهایت برای هر نوع فولاد

۲) ۵۶۵ درجه سلسیوس برای فولادهای پُرمقاومت و آلیاژی و ۶۵۰ درجه سلسیوس برای فولادهای معمولی

۳) حداکثر ۳۵۰ درجه سلسیوس

۴) توسط مهندس محاسبه سازه اعلام می‌گردد.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۴۵۷، جزء (ت) بند ۱۰-۴-۳-۳

گزینه ب صحیح است.

۳۴) کدام‌یک از روش‌های زیر برای کنترل کیفیت جوشکاری اسکلت فولادی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟ (معماری-اجرا-اردیبهشت ۱۴۰۲)

۱) استفاده از مایعات نافذ .P.T

۲) استفاده از امواج صوتی فرکانس بالا .U.T

۳) بازرسی چشمی .O.T

۴) هر سه گزینه صحیح است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، جدول ۱۰-۴-۴ ، صفحه ۴۶۸

گزینه د صحیح است

۳۵) در اسکلت فولادی و اتصالات توسط پیچ‌های اصطکاکی ..... (معماری- اجرا - آبان۹۳)

۱) در وصله‌ها قسمت صلب اتصال در طرفین ورق اتصال می‌باشد.

۲) پیچ‌های هر اتصال در یک مرحله محکم می‌شوند.

۳) محکم کردن پیچ‌ها باید از قسمتی که اتصال صلب‌تر است شروع شود.

۴) در تمام مراحل، محکم کردن پیچ‌ها با چرخاندن هم‌زمان پیچ و مهره انجام می‌شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۴۸۲، بند ۱۰-۴-۵-۶

گزینه ج صحیح است.

۳۶) کدام‌یک از موارد زیر در مورد رنگ‌آمیزی سطوح فولادی صحیح است؟ (معماری-اجرا-اردیبهشت ۱۴۰۲)

۱) رنگ آمیزی با اسپری بی هوا در محیط باز، امکانپذیر است.

۲) می توان در هوای سرد رنگ آمیزی کرد.

۳) سازنده موظف است عملیات رنگ آمیزی را حداکثر تا ۷۲ ساعت برای شرایط ملایم ، بعد از تمیزکاری سطوح انجام دهد.

۴) 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

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، بند ۱۰-۴-۷-۴ صفحه ۴۹۴ و ۴۹۵

گزینه د صحیح است

۳۷) کدام گزینه صحیح می‌باشد؟ (معماری- اجرا - خرداد۹۳)

۱) نقاشی و رنگی کاری سطوح فلزی نباید در هوای سرد یا تارک و یا زمانی که درصد رطوبت هوا بالا باشد انجام گیرد. در رطوبت بیش از ۶۰ درصد و در حالتی که اختلاف دمای محیط و نقطه شبنم کمتر از شش درجه سلسیوس باشد، رنگ‌آمیزی ممنوع می‌باشد.

۲) نقاشی و رنگی کاری سطوح فلزی 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 پنج درجه سلسیوس باشد، رنگ‌آمیزی ممنوع می‌باشد.

۳) در سطوح و لبه‌هایی از سازه فولادی که پس از رنگ‌آمیزی جوش خواهند شد باید رنگ‌آمیزی در فاصله ۶۰ میلی‌متری از خط جوش متوقف شود.

۴) در سطوح و لبه‌هایی از سازه فولادی که پس از رنگ‌آمیزی جوش خواهند شد باید رنگ‌آمیزی در فاصله ۵۵ میلی‌متری از خط جوش متوقف شود.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحه ۴۹۵، جزء (د) ادامه بند ۱۰-۴-۷-۴

گزینه ب صحیح است.

۳۸) رعایت کدام‌یک از نکات زیر در رنگ‌آمیزی قطعات فولادی الزامی است؟ (معماری- اجرا - آبان۹۳)

۱) در محیط خشک حداکثر زمان شروع رنگ‌آمیزی پس از تمیزکاری سطوح ربطی به دمای شرایط نگهداری ندارد. ۲) در اتصالات اتکایی (غیر اصطکاکی) رنگ کردن سطوح تماس به‌طورکلی مجاز نیست.

۳) درحالی‌که اختلاف دمای محیط و نقطه شبنم کمتر از ۵ درجه سلسیوس باشد رنگ‌آمیزی ممنوع است.

۴) هر سه مورد صحیح است.

جواب: بر اساس کتاب مبحث ۱۰ ، صفحات ۴۹۴ و ۴۹۵، جزء (ج)، (د) و (ر) ادامه بند ۱۰-۴-۷-۴

گزینه ج صحیح است.