سری عمران

بخش‌های تکمیلی فصل پنجم:

آشنایی با مفاهیم و محاسبات سازه‌های فولادی

با توجه به تغییرات صورت گرفته در ویرایش جدید مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱) نسبت به ویرایش قدیم آن (ویرایش ۱۳۹۲) و به منظور اطمینان بیشتر شما عزیزان هنگام مطالعه کتاب کارشناسی رسمی سری عمران نسبت به مطرح شدن احتمالی سؤال از ویرایش جدید این مبحث، مؤسسه سری عمران اقدام به تهیه این فایل آموزشی نموده است. لازم به ذکر است در این فایل تغییرات در هر یک از بحث‌های مرتبط با فصل پنجم کتاب در بخش‌های آیین‌نامه‌ای ارائه شده است. به منظور استفاده بهتر از این فایل ابتدا بحث مربوطه در کتاب را مطالعه نمایید و سپس به بررسی توضیحات ارائه شده در هر بحث بپردازید.

انتشارات سری عمران
www.serieomran.com

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۱: آشنایی با فولاد

مطالب این بحث ارتباط چندانی با آیین‌نامه نداشته و بیشتر از کتاب‌های مرجع فولادی جمع‌آوری شده است. با این وجود در برخی موارد تغییرات در قالب چند مورد ارائه شده است.

۱) فولاد سازه‌ای باید دارای مقاومت و شکل‌پذیری مناسب بوده و کاملاً جوش‌پذیر 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.

۲) مطابق این مبحث تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد سازه‌ای (F_y) نباید از ۴۶۰ مگاپاسکال بیشتر باشد.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۲: مباحث تکمیلی آشنایی با فولاد

مطالب این بحث نیز ارتباط چندانی با آیین‌نامه نداشته و بیشتر از کتاب‌های مرجع فولادی جمع‌آوری شده است. با این وجود در برخی موارد تغییرات در قالب چند مورد ارائه شده است.

۱) حفاظت ساختمان‌ها در برابر آتش باید مطابق با الزامات مبحث سوم مقررات ملی ساختمان صورت گیرد. درجه‌بندی مقاومت اعضای سازه‌های فولادی در برابر آتش برحسب نوع ساختار و نوع عضو سازه‌ای تابعی از مساحت، ارتفاع و تصرف با توجه به مقررات مبحث مذکور تعیین می‌گردد که در محدودهٔ ۱ تا ۳ ساعت است.

۲) روش‌های حفاظت در برابر آتش عبارت است از رنگ‌های پف‌کننده، تخته‌های مقاوم در برابر حریق، حفاظت با استفاده از بتن، حفاظت با استفاده از گچ برگ‌ها، حفاظت با استفاده از مواد حفاظتی پایه معدنی پاششی، حفاظت با استفاده از بلوک‌های بنایی

۳) مقدار ضریب انبساط حرارتی در دماهای بالا به شرح زیر تعیین می‌شود:

- فولاد ساختمانی و میلگردها: ضریب انبساط حرارتی در دماهای بالاتر از ۶۶ درجه سلسیوس برابر $۱/۴\times۱۰^{-۵}/^{\circ}C$ در نظر گرفته شود.
- بتن معمولی: ضریب انبساط حرارتی در دماهای بالاتر از ۶۶ درجه سلسیوس برابر $۱/۸\times۱۰^{-۵}/^{\circ}C$ در نظر گرفته شود.
- بتن سبک: ضریب انبساط حرارتی در دماهای بالاتر از ۶۶ درجه سلسیوس برابر $۰/۷۹\times۱۰^{-۵}/^{\circ}C$ در نظر گرفته شود.

۴) مقاومت و سختی مصالح با افزایش دما کاهش می‌یابد.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۲: طراحی اعضا برای خمش

مطالب این بحث ارتباط چندانی با آیین‌نامه نداشته و بیشتر مربوط به مفاهیم طراحی سازه‌های فولادی می‌باشد. با این وجود در برخی موارد تغییرات در قالب چند مورد ارائه شده است.

۱) مطابق این مبحث، برای تأمین الزامات حالت‌های حدی مقاومت، استفاده از روش ضرایب بار و مقاومت (به اختصار $LRFD$) یا روش مقاومت مجاز (به اختصار ASD) قابل قبول بوده، لیکن در یک سازهٔ فولادی، به‌کارگیری هم‌زمان دو روش مورد اشاره قابل قبول نیست.

- در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت ($LRFD$)، دو دسته ضرایب ایمنی به شرح زیر در تحلیل و طراحی منظور می‌گردد:

الف) ضرایب بار (γ)، که مقدار آنها به میزان عدم اطمینان در برآورد مقدار بارها و ایجاد بحرانی‌ترین شرایط در ترکیبات بارگذاری بستگی دارد، مقدار این ضرایب بار باید مطابق با ترکیبات بارگذاری ارائه شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان باشد. این ضرایب اکثراً بزرگ‌تر از یک و ندرتاً برابر یک یا کوچک‌تر از یک هستند.

ب) ضرایب کاهش مقاومت (ϕ)، که مقدار آنها با توجه به دقت تئوری‌های مقاومت مصالح مورد استفاده، نوع حالت حدی مقاومت، تغییرات احتمالی مشخصات مصالح و رواداری‌های ابعادی مقطع تعیین می‌گردد. مقادیر ضریب کاهش مقاومت (ϕ) در فصل‌های ۱۰-۲ و ۱۰-۳ این مبحث برای هر عضو، اتصال یا جزء سازه‌ای ارائه شده‌اند. این ضرایب عموماً کوچک‌تر یا حداکثر مساوی یک هستند.

- در طراحی به روش مقاومت مجاز (ASD) نیز دو دسته ضرایب ایمنی به شرح زیر در تحلیل و طراحی منظور می‌گردد:

الف) ضرایب بار (γ) که از ترکیبات بار معرفی شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان برای روش طراحی مقاومت مجاز به دست می‌آیند. این ضرایب اکثراً مساوی یک و ندرتاً کوچک‌تر از یک هستند.

ب) ضرایب اطمینان (Ω) که مقادیر آنها با توجه به عدم قطعیت‌های طراحی، نوع حالت حدی مقاومت و اهمیت عضو، اتصال یا جزء سازه‌ای در فصل‌های ۱۰-۲ و ۱۰-۳ این مبحث معرفی شده است. مقادیر Ω عموماً بین ۱/۵ تا ۲/۰ در تغییر هستند.

۲) در طراحی برای حالت‌های حدی مقاومت، حالت‌های حدی تسلیم، گسیختگی، کمانش، تشکیل مکانیزم خمیری، ناپایداری و واژگونی باید مورد کنترل قرار گیرند.

۳) حداکثر مقدار ضریب C_b به عدد ۳ محدود می‌شود.

۴) 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.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ٤: مباحث تکمیلی طراحی تیرها

مطالب این بحث در برخی موارد که مستقیماً از آیین‌نامه برداشت شده است شامل تغییراتی بوده است که در ادامه به آنها خواهیم پرداخت.

۱) نکته پایین صفحه ۳۴۹ کتاب در بخش ۴-۲-۱، در ویرایش جدید مبحث دهم حذف شده است.

۲) 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:

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

۲- تغییرشکل قائم ناشی از بارهای مرده‌ای که بعد از گرفتن دال بتنی وارد می‌شوند. نظیر وزن کف‌سازی تیغه‌ها و موارد مشابه براساس مقطع مختلط محاسبه می‌شود.

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

۴- تغییرشکل 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.

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

۳) در مورد اعضای فولادی و مختلط نگه‌دارنده نماهای در معرض نیروی باد، تغییرمکان‌های جانبی باید به نحوی محدود شوند که از ترک‌خوردگی نازک‌کاری‌ها با شکل شیشه‌ها (بسته به جزئیات به‌کاررفته در ساخت آنها)، جلوگیری به عمل آید. در هر حال تغییرمکان‌های جانبی اعضای فولادی و مختلط نگهدارندهٔ نما تحت اثر نیروی باد نباید از $\frac{۱}{۳۰۰}$ طول دهانه (حد فاصل بین تکیه‌گاه‌های نما) بیشتر باشد.

۴) رابطهٔ ارائه شده در صفحهٔ ۳۵۱ کتاب تغییر کرده که در ادامه به توضیح آن پرداخته خواهد شد.

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

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

نوع کاربری	حداقل فرکانس نوسانی کف‌ها (f)
ساختمان‌های مسکونی و اداری	$f \geq ۵\ Hz$
ساختمان‌های تجاری - فروشگاه‌ها	$f \geq ۴\ Hz$
سالن‌های اجتماعات با صندلی‌های ثابت	$f \geq ۴\ Hz$
سالن‌های اجتماعات بدون صندلی‌های ثابت	$f \geq ۸/۵\ Hz$
تعمیرگاه‌ها، سالن‌های ژیمناستیک و ورزشی	$f \geq ۹/۵\ Hz$
پارکینگ‌ها	$f \geq ۴\ Hz$

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

$$f = ۰/۱۸\sqrt{\frac{g}{\Delta_{is}}} \qquad (۱۰-۲-۱۰-۱)$$

که در آن:

f : فرکانس نوسانی ارتعاش برحسب هرتز

Δ_{is} : تغییرمکان نسبی قائم حداکثر کف برحسب میلی‌متر تحت اثر بار مرده و بخشی از بار زنده که دائمی فرض می‌شود.

g : شتاب ثقل برابر $۹۸۱۰\ mm/s^۲$

۵) در مواردی که لغزش اتصالات پیچی باعث تغییرشکل‌هایی می‌شود که شرایط بهره‌برداری مناسب را به مخاطره می‌اندازد، طراحی اتصال باید به‌صورت لغزش بحرانی مطابق الزامات بند ۱۰-۲-۹-۳-۵ صورت گیرد.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۵: طراحی ستون‌های فولادی

مطالب این بحث ارتباط چندانی با آیین‌نامه نداشته و بیشتر مربوط به مفاهیم طراحی سازه‌های فولادی می‌باشد. با این وجود در برخی موارد تغییرات در قالب چند مورد ارائه شده است.

برخی از محدودیت‌های ابعادی نیمرخ‌های اعضای فشاری ساخته شده به شرح زیر می‌باشد:

۱) اتصالات متصل‌کننده‌های میانی می‌توانند از نوع جوشی یا پیچی با عملکرد اتکائی، پیش‌تنیده یا لغزش بحرانی باشند، لیکن اتصالات متصل‌کننده‌های انتهایی باید از نوع جوشی یا پیچی پیش‌تنیده یا لغزش بحرانی با وضعیت سطحی کلاس A یا B باشند.

۲) 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 و مهاربندی به ستون را دارا باشد. در هر حال ضخامت ورق‌های انتهایی و ورق‌های اتصال به تیر نباید از $\frac{b}{۵۰}$ کمتر باشد، که در آن b برابر پهنای ورق انتهایی و ورق اتصال در اتصالات جوشی و برابر فاصلهٔ عرضی وسایل اتصال در اتصالات پیچی است.

۳ اگر وسایل اتصال ورق‌های انتهایی و ورق‌های اتصال به تیر از نوع پیچی باشد، فاصلهٔ 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.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۶: بررسی اعضای کششی

مطالب این بحث ارتباط چندانی با آیین‌نامه نداشته و بیشتر مربوط به مفاهیم طراحی سازه‌های فولادی می‌باشد. با این وجود در برخی موارد تغییرات در قالب چند مورد ارائه شده است.

برخی از نکات اعضای کششی ساخته شده از چند نیمرخ (اعضای مرکب) به شرح زیر می‌باشد:

۱ 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:

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

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

۳ 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 مشکب نباید از ۱۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

۴ در اعضای کششی مرکب، به‌کار 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 تشکیل‌دهندهٔ عضو در این فاصله از ۳۰۰ بیشتر نباشد.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۷: مروری بر ضوابط لرزه‌ای

مطالب این بحث در برخی موارد که مستقیماً از آیین‌نامه برداشت شده است شامل تغییراتی بوده است که در ادامه به آنها خواهیم پرداخت.

۱ فولاد مصرفی

الف) در 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 فراارتجاعی محدود یا قابل ملاحظه می‌رود و جزئی از سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای متوسط یا ویژه هستند، نباید از ۳۵۵ مگاپاسکال تجاوز نماید در این نوع سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی فولاد نباید از ۰/۸ بزرگ‌تر باشد.

ب) تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد در اعضایی که در آنها انتظار رفتار فراارتجاعی 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 به تنش تسلیم به تنش کششی نهایی فولاد نباید از ۰/۸۵ بزرگ‌تر باشد.

پ) تنش تسلیم مشخصهٔ فولاد برای ستون‌ها سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی ویژه، قاب‌های خمشی 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 در هر حال نباید از ۴۶۰ مگاپاسکال تجاوز نماید.

۲ تنش مورد انتظار مصالح

الف) تنش تسلیم مورد انتظار فولاد: تنش تسلیم مورد انتظار فولاد برابر $R_y F_y$ بوده که در آن F_y تنش تسلیم 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 به‌کار رفته در طی روند تولید فولاد در کارخانه‌ها بستگی دارد و مقدار آن باید مطابق جدول ۱۰-۳-۲-۱ در نظر گرفته شود.

ب) تنش کششی نهایی مورد انتظار فولاد: تنش کششی نهایی مورد انتظار فولاد برابر $R_t F_u$ بوده که در آن F_u تنش کششی نهایی 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.

پ) تنش فشاری مورد انتظار بتن: تنش فشاری مورد انتظار بتن برابر $R_c f'_c$ 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.

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

مقادیر R_y و R_t فولاد		
نوع مصالح	R_y	R_t
مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل نورد شده	۱/۲۵	۱/۱
سایر مقاطع نورد شده I شکل و H شکل و ناودانی و سپری و نبشی	۱/۲	۱/۱
مقاطع ساخته شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها	۱/۱۵	۱/۱
میلگردها	۱/۲	۱/۲
مقادیر R_c بتن		
تنش فشاری مشخصهٔ بتن		**R_c**
$f'_c \leq ۵۰\ MPa$		۱/۴
$f'_c > ۵۰\ MPa$		۱/۲

۳ مقاطع سنگین

الف) در اعضای سیستم باربر جانبی لرزه‌ای، در مقاطع گرم نورد شده، فولاد سازه‌ای به‌کار رفته در بال‌های با ضخامت مساوی یا بیشتر از ۴۰ میلی‌متر باید دارای حداقل طاقت نمونهٔ شیار داده شدهٔ شارپی ۲۷ ژول در دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس باشد.

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

- اعضای ساخته شده از ورق
- ورق‌های اتصالی که انتظار می‌رود در آنها در اثر بارهای لرزه‌ای، کرنش‌های غیرارتجاعی ایجاد گردد.
- هستهٔ فولادی مهاربندی‌های کمانش تاب

۴ مصالح جوش

الف) جوش به‌کار رفته در سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای

در کلیهٔ جوش‌های به‌کار رفته در اعضا و اتصالات سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای مشخصات فلز پرکننده باید مطابق با مشخصات جدول ۱۰-۳-۲-۲ باشد.

جدول ۱۰-۳-۲-۲: مشخصات فلز پرکنندهٔ جوش به کار رفته در سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای

مشخصات	ردهٔ الکترود (فلز پرکنندهٔ جوش)	
	E ۷۰	E ۸۰
تنش تسلیم	حداقل ۴۰۰ MPa	حداقل ۴۷۰ MPa
تنش کششی نهایی	حداقل ۴۹۰ MPa	حداقل ۵۵۰ MPa
تغییر طول نسبی	حداقل ۲۲ درصد	حداقل ۱۹ درصد
طاقت نمونهٔ شیار داده شدهٔ شارپی	حداقل ۲۷ ژول در دمای منفی ۱۸ درجهٔ سلسیوس	حداقل ۲۷ ژول در دمای منفی ۱۸ درجه سلسیوس

ب) جوش‌های بحرانی لرزه‌ای

در مواردی‌که در این فصل جوش‌ها به‌صورت جوش‌های بحرانی لرزه‌ای مشخص شده‌اند، فلز پرکنندهٔ جوش باید علاوه بر برآورده نمودن مشخصات جدول ۱۰-۳-۲-۲، باید مشخصات مطابق جدول ۱۰-۳-۲-۳ را نیز برآورده نماید.

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

مشخصات	ردهٔ الکترود (فلز پرکنندهٔ جوش)	
	E ۷۰	E ۸۰
تنش تسلیم	حداقل ۴۰۰ MPa	حداقل ۴۷۰ MPa
تنش کششی نهایی	حداقل ۴۹۰ MPa	حداقل ۵۵۰ MPa
تغییر طول نسبی	حداقل ۲۲ درصد	حداقل ۱۹ درصد
طاقت نمونهٔ شیار داده شدهٔ شارپی	حداقل ۵۴ ژول در دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس	حداقل ۵۴ ژول در دمای ۲۰درجه سلسیوس

۵ اتصالات پیچی

اتصالات پیچی کلیهٔ اعضای باربر جانبی لرزه‌ای می‌تواند از نوع پیش‌تنیده یا لغزش بحرانی باشد، مگر آنکه در بخش‌های دیگر این فصل استفاده از اتصال لغزش بحرانی الزام شده باشد. در اینگونه اتصالات علاوه بر الزامات فصل ۱۰-۲ الزامات زیر نیز باید رعایت شوند:

الف) تحت اثر برش ناشی از نیروهای زلزله، سوراخ پیچ‌ها می‌تواند از نوع استاندارد یا لوبیایی کوتاه با شیار عمود بر جهت نیرو باشد. در این نوع اتصالات استفاده از سوراخ‌های بزرگ شده به شرطی مجاز است که:

۱- اتصال مربوط به عضو مهاربندی باشد.

۲- سوراخ‌های بزرگ‌شده فقط در یکی از ورق‌های اتصال تعبیه شده باشد.

۳- اتصال به‌صورت لغزش بحرانی طراحی شود.

ب) تحت اثر کشش خالص ناشی از نیروهای زلزله، سوراخ پیچ‌ها می‌تواند از نوع استاندارد یا بزرگ‌شده و یا لوبیایی کوتاه باشد.

پ) سطوح تماس کلیهٔ اتصالات باید دارای شرایط سطحی حداقل کلاس A باشند.

استثناء: در حالت‌های صفحه بعد سطوح تماس می‌تواند دارای شرایط سطحی کمتر از کلاس A باشند:

۱- اتصالات گیردار فلنجی پیش تأیید شده در قاب‌های خمشی

۲- اتصالاتی که در آنها انتقال نیروهای ناشی از زلزله از طریق کشش یا فشار و نه از طریق برش در پیچ‌ها صورت گیرد.

۶ ناحیهٔ حفاظت شدهٔ اعضاء

ناحیهٔ حفاظت شده 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 فرارتجاعی ایجاد شود. نظر به اهمیت ناحیهٔ حفاظت شده 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 حفاظت شده باید مطابق بخش‌های بعدی این فصل تعیین شود. همچنین به منظور 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 کاربردن وصلهٔ مستقیم یا غیرمستقیم جوشی یا پیچی نیمرخ‌ها یا ورق‌های تشکیل‌دهندهٔ 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.

پ) در ناحیهٔ حفاظت شده به کارگیری گل‌میخ‌های فولادی با هر نوع برشگیر فولادی در بال تیرها ممنوع است، مگر آنکه در اتصالات پیش تأیید شده مجاز دانسته شده باشد.

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

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

۷ الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی معمولی (OMF)

قاب‌های خمشی معمولی (OMF) به قاب‌هایی اطلاق می‌شوند که از آنها انتظار تغییرشکل‌های فرارتجاعی 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.

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

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 نمیرخ بست‌دار 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 (لانه زنبوری) به‌عنوان اعضای باربر جانبی

مجاز نیست. در صورت لزوم به ایجاد سوراخ در جان تیر، این سوراخ باید در یک سوم 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.

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.

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

۸ **الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی متوسط (IMF)**

قاب‌های خمشی متوسط (IMF) به قاب‌هایی اطلاق می‌شوند که در برابر نیروی جانبی زلزله بتوانند، تغییرشکل‌های فراارتجاعی محدودی را تحمل کنند.

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.

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

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.

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

پ) استفاده از تیرهای با جان سوراخ‌دار با سوراخ‌های متوالی (لانه زنبوری) 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 یک سوم 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، به طور کامل فراهم گردد.

ث) در نواحی غیر از ناحیهٔ حفاظت شدهٔ دو انتهای تیر، تغییر تدریجی در پهنا یا ضخامت تیر از ورق بزرگ‌تر به ورق کوچک‌تر، باید با شیب حداکثر ۱ به ۲/۵ صورت گیرد. در ناحیهٔ حفاظت شده، هرگونه تغییر در پهنا یا ضخامت بال و سوراخ‌کاری باید براساس آزمایش‌های تأیید شده و در خصوص اتصالات پیش تأیید شدهٔ مندرج در بخش ۱۰-۳-۷، براساس ضوابط آن بخش باشد.

۹ **الزامات لرزه‌ای قاب‌های خمشی ویژه (SMF)**

قاب‌های خمشی ویژه (SMF) به قاب‌هایی اطلاق می‌شوند که در برابر نیروی جانبی زلزله بتوانند تغییرشکل‌های فراارتجاعی قابل ملاحظه‌ای را تحمل نمایند.

برای طراحی اعضا و اتصالات این نوع قاب‌ها، چنانچه بخشی از سیستم باربر لرزه‌ای سازه باشند، الزامات لرزه‌ای سخت‌گیرانه‌تری نسبت به قاب‌های خشمی متوسط در نظر گرفته شده است.

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.

ب) در ستون‌ها استفاده از مقطع متشکل از چند نیمرخ بست‌دار مجاز نیست. اجزای مقطع ستون باید در

تمامی طول آن به‌صورت پیوسته به یکدیگر متصل شوند.

پ) استفاده از تیرهای با جان سوراخ‌دار و با سوراخ‌های متوالی (لانه زنبوری) به‌عنوان اعضای باربر جانبی مجاز نیست. در صورت لزوم ایجاد سوراخ در جان تیر، این سوراخ باید خارج از ناحیهٔ حفاظت شدهٔ دو انتهای تیر و در یک سوم 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 به‌طول کامل فراهم گردد.

ث) در نواحی غیر از ناحیهٔ حفاظت شدهٔ دو انتهای تیر، تغییر تدریجی در پهنا یا ضخامت تیر از ورق بزرگ‌تر به ورق کوچک‌تر، باید با شیب حداکثر ۱ به ۲/۵ صورت گیرد. در ناحیهٔ حفاظت شدهٔ دو انتهای تیر، هر گونه تغییر در پهنا یا ضخامت بال و سوراخ‌کاری باید براساس آزمایش‌های تأیید شده و در خصوص اتصالات پیش تأیید شدهٔ مندرج در بخش ۱۰-۳-۷، براساس ضوابط آن بخش باشد.

۱۰ اتصال اعضای مهاربندی

در قاب‌های مهاربندی شده واگرا اتصالات اعضای مهاربندی باید دارای شرایط زیر باشند:

الف) در صورتی‌که تیر پیوند به ستون پیوند نباشد، اتصالات اعضای مهاربندی می‌توانند به‌صورت مفصلی یا گیردار طراحی شوند.

ب) در صورتی‌که تیر پیوند به ستون متصل باشد، اتصالات اعضای مهاربندی باید به‌صورت صلب (گیردار کامل) طراحی شوند.

پ) اتصالات تیرهای پیوند به ستون باید به‌صورت صلب (گیردار کامل) طراحی شوند.

۱۱ اتصالات گیردار پیش تأیید شده

اتصالات گیردار ارائه شده در جدول ۱۰-۳-۷-۱ در صورت تأمین الزامات و محدودیت‌های این بخش به‌عنوان اتصالات گیردار پیش تأیید شده محسوب می‌شوند و برای استفاده از آنها نیازی به انجام اقدامات و آزمایشات مقرر شده در بخش ۱۰-۳-۸ نیست.

جدول ۱۰-۳-۷-۱: انواع اتصالات گیردار پیش‌تأیید شده

ردیف	نوع اتصال	مخفف	سیستم سازه‌ای قابل کاربرد	بخش مربوطه
۱	اتصال تیر با مقطع کاهش یافته	*RBS*	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۲
۲	اتصال فلنجی چهار پیچی بدون استفاده از ورق لچکی	*BUEEP*	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۲
۳	اتصال فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی	*BSEEP*	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۲
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 تقویت نشدهٔ 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 کاهش یافته و دیافراگم عبوری از ستون	*TD-RBS*	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۸
۹	اتصال تقویت نشدهٔ جوشی با دیافراگم عبوری از ستون	*TD-WUFW*	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۹
۱۰	اتصال تیر با بال پهن شده و دیافراگم عبوری از ستون	*TD-Widened*	قاب‌های خمشی متوسط و ویژه	۱۰-۳-۷-۱۰

در مورد اتصالات گیردار پیش تأیید شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- در دو انتهای تیرهای I و H شکل ساخته شده از ورق، به‌طول 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 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 بخش های مربوطه ارائه شده است و d_b عمق تیر است.
- در ستون‌های H شکل ساخته شده از ورق، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر به علاوهٔ 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.
- در ستون‌های جعبه‌ای ساخته شده از ورق یا ساخته شده از مقاطع H شکل همراه با ورق‌های کناری (مقاطع H شکل جعبه‌ای شده)، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر به علاوهٔ ۳۰۰ میلی‌متر بالا و پایین بال تیر که به عنوان 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.

- در ستون‌های با مقطع صلیبی شکل ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ‌های نورد شده، در محل اتصال تیر به ستون به فاصله‌ای شامل عمق تیر به علاوهٔ ۳۰۰ میلی‌متر بالا و پایین بال تیر، که به عنوان 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.
- صد در صد جوش‌های شیاری به کار رفته در ناحیهٔ اتصال تیر به ستون باید از طریق آزمایش‌های غیر مخرب نظیر رادیوگرافی یا اولتراسونیک (فراصوتی) تأیید شوند.
- 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 پیوستهٔ 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.
- 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 با ۱۰-۳-۲-۱۱-۵ این مبحث، حسب مورد الزامی است، اتصال ورق‌های پشت‌بند به بال‌های تیر مجاز نیست.
- در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، برای اتصال بال‌های تیر به بال ستون، استفاده از ورق‌های گوشواره (ناودان انتهای جوش شیاری) الزامی است. ورق‌های گوشواره باید حداقل به اندازهٔ ۲۵ میلی‌متر یا ضخامت قطعه (هر کدام 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.
- 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.
- در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، برداشتن پشت‌بندهای مورد استفاده در بال فوقانی تیر (در صورت وجود) الزامی نیست. در صورتی‌که پشت‌بندها برداشته نشوند، این پشت‌بندها باید با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر به بال ستون جوش داده شوند. جوشکاری این پشت‌بندها به بال های تیر مجاز نیست.
- در صورت اجرای اتصالات گیردار به صورت درختی، محل وصلهٔ تیر، شامل نواحی که وصله با جوش یا پیچ به تیر متصل می‌شود، باید خارج از ناحیهٔ حفاظت شده باشد.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۸: ساخت و آماده کردن قطعات فولادی

مطالب این بحث عمدتاً به‌صورت مستقیم از آیین‌نامه برداشت شده و شامل تغییراتی بوده است که در ادامه به آنها خواهیم پرداخت.

مهمترین موارد بحث (۸) را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

۱ **مشخصات مصالح فولادی سازه‌ای**

قطعات فولادی باید از معایبی که به مقاومت با شکل ظاهری آن لطمه می‌زنند، 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.

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 در مورد آنها انجام دهد:

- برای همهٔ نمونه‌ها آزمایش تعیین ترکیب آلیاژی فولاد
- برای همهٔ نمونه‌ها آزمایش تعیین مقاومت کششی یا اندازه‌گیری تغییرشکل نسبی
- برای همهٔ نمونه‌ها آزمایش ضربه

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

- به ازای هر ۴۰ تن و کسر آن برای همهٔ 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 براساس برچسب محصول یا گواهی کارخانه

۲ **بریدن و سوراخ‌کاری**

الف) قطعات باید با ابعاد و شکل‌های لازم به دقت بریده شده 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 باشد. ناهمواری‌ها و زخم‌های بیش از حد مجاز را باید با سنگ زدن و در صورت لزوم تعمیرکاری توسط جوش، هموار کرد.

ب) در قطعات و نیمرخ‌های سنگین با ضخامت اجزای تشکیل‌دهنده بیش از ۴۰ میلی‌متر، باید قبل از برش حرارتی، پیش گرمایش تا دمای حداقل ۶۵ درجه سلسیوس انجام شود.

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. در هر صورت کلیهٔ ناصافی‌هایی که بر اثر برش‌کاری به‌وجود می‌آید، باید با سنگ زدن بر طرف شوند.

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، سوارخ را به قطر دلخواه رساند. قطعاتی که با پیچ به هم متصل می‌شوند در صورت امکان باید همه به هم خال جوش شده و با هم سوراخ‌کاری شوند. سوراخ‌کاری ورق‌ها و نیمرخ‌ها به کمک منگنه برای ضخامت‌های بیش از ۱۵ میلی‌متر مجاز نیست.

ث) تیرهای با مقطع کاهش یافته باید با استفاده از برش حرارتی برای ایجاد قوسی ملایم ساخته شوند. زبری سطح بریده شده با برش حرارتی باید حداکثر ۱۳ میکرون باشد. تمام نواحی انتقالی بین تیر با مقطع کاهش یافته و مقطع دست نخورده باید در جهت طول بال تیر برای کاهش آثار نامطلوب ناشی از تغییر ناگهانی مقطع گرد شوند. گوشه‌های بین سطح مقطع کاهش یافته و بالا و پایین بال‌های تیر جهت برداشتن لبه‌های تیز باید سنگ زده شوند، ولی رعایت حداقل شعاع گردی یا زاویهٔ پخی نیاز نیست.

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

چ) تورفتگی‌ها و زخم‌های ایجاد شده در اثر برش حرارتی در سطح برش کاهش یافته با حداکثر عمق ۶ میلی‌متر را می‌توان با سنگ زدن اصلاح نمود. طول ناحیهٔ 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 کاهش یافته از رواداری‌های مجاز بیشتر شده است، نیز می‌توان از جوش استفاده نمود. تورفتگی‌ها و زخم‌ها باید برداشته شده و در محل آنها گودی با عمق حداقل ۶ میلی‌متر با سنگ زدن ایجاد شود. همچنین در ناحیهٔ 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.

۳ ساخت و آماده کردن قطعات قبل از مونتاژ

الف) قطعات فولادی باید طوری ساخته شوند که هیچ نوع تغییرشکلی علاوه بر مقادیر رواداری ساخت، غیر از آنچه در نقشه مشخص شده، در آنها به وجود نیاید. انحنا و تغییرشکل‌هایی که طبق نقشه با دستور مهندس طراح لازم باشد، باید هنگام ساختن قطعات ایجاد شود.

ب) پخ‌زنی و آماده کردن لبهٔ قطعات برای جوشکاری باید هنگام برش حرارتی، با زاویه‌دادن به سر مشعل و با سنگ‌زنی‌های بعد انجام پذیرد. استفاده از دستگاه‌های پخ‌زن ضربه‌ای یا مکانیکی برای قطعات ورق‌های با ضخامت بیش از ۱۵ میلی‌متر مجاز نیست. پخ‌زنی و آماده کردن لبه‌ها باید مطابق جزئیات اجرایی دستورالعمل جوشکاری (WPS) باشد.

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

ت) به‌کارگیری روش‌های گرم کردن موضعی برای ایجاد انحنا یا صاف کردن قطعات با تأیید نمایندهٔ

کارفرما مجاز است. دمای موضع گرم شده نباید از ۶۵۰ درجهٔ سلسیوس برای فولاد معمولی و ۵۶۵ درجهٔ 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، قابل قبول است.

۴ **پیش نصب**

الف) در صورتی‌که در اسناد پیمان مشخص شده باشد، پیمانکار موظف است تیرها و ستون‌های فولادی را در محل کارخانه یا پای کار پیش‌نصب نماید. هدف از پیش‌نصب قطعات فولادی حصول اطمینان از دقت ساخت و کیفیت جفت و جور شدن قطعات در هنگام نصب است.

ب) به هنگام پیش‌نصب باید حداقل ۲۵ درصد از پیچ‌های هر اتصال که کمتر از دو پیچ نباشد، بسته شوند.

پ) پیچ‌های پیش نصب می‌توانند از نوع پیچ‌های معمولی انتخاب شوند.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۹: آشنایی با تیرهای لانه زنبوری

مطالب این بحث عمدتاً به‌صورت تحلیلی و مفهومی بوده و بیشتر از کتب مرجع طراحی سازه‌های فولادی جمع‌آوری شده است. بنابراین تنها در این قسمت به ۲ بند مهم از آیین‌نامه اشاره می‌کنیم.

۱ این پیوست به الزامات طراحی تیرهای لانه زنبوری با سوراخ‌های شش ضلعی می‌پردازد. کاربرد این نوع تیرها محدود به تیرهای باربر ثقلی و عموماً دو سر مفصل بوده که در سرتاسر طول خود دارای مهار جانبی کافی باشد. این نوع تیرها هم می‌تواند به‌صورت فولادی تنها و هم به‌صورت مختلط مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از این نوع تیرها در سیستم باربر جانبی از نوع قاب خمشی (فولادی و مختلط)، در دهانه‌های مهاربندی شدهٔ همگرا و واگرا و در جزء افقی دیوارهای برشی فولادی مجاز نیست.

۲ در تحلیل و مدل‌سازی تیرهای لانه زنبوری، برای در نظر گرفتن آثار حضور سوراخ‌های متوالی در طول تیر و نیز آثار تغییرشکل‌های برشی، مشخصات هندسی مقطع تیر باید براساس ۹۰ درصد مشخصات مقطع سوراخ‌دار در نظر گرفته شود.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۱۰: مقاطع مختلط

مطالب این بحث عمدتاً به‌صورت مستقیم از آیین‌نامه برداشت شده و شامل تغییراتی بوده است که در ادامه به آنها خواهیم پرداخت.

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

۲ در محاسبهٔ مقاومت موجود اعضای با مقطع مختلط، تنش تسلیم مشخصهٔ بخش فولادی و میلگردها به‌ترتیب نباید بیشتر از ۴۶۰ و ۵۵۰ مگاپاسکال در نظر گرفته شوند.

۳ 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 فاصلهٔ 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. در هر حال حداکثر فاصلهٔ تنگ‌های عرضی در راستای طولی نباید از نصف بعد کوچکتر مقطع مختلط بیشتر باشد.

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

۵ عرشهٔ 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.

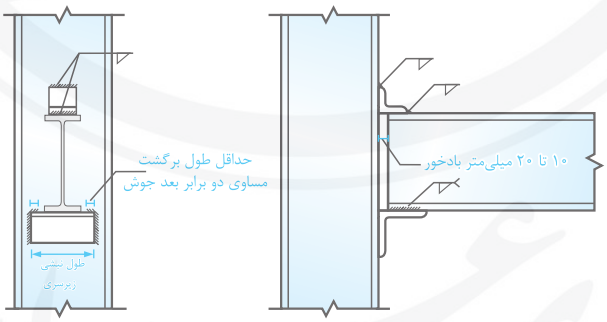
۶ حداکثر فاصلهٔ مرکز تا مرکز برشگیرها نباید از ۸ برابر ضخامت کل دال بتنی یا ۹۰۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۱۱: آشنایی با اتصالات

مطالب این بحث در برخی موارد که مستقیماً از آیین‌نامه برداشت شده است شامل تغییراتی بوده است که در ادامه به آن‌ها خواهیم پرداخت.

۱ شکل زیر جزئیات یک اتصال ساده تیر به ستون را نشان می‌دهد:



۲ 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 میلی‌مر بیشتر نشود. برای کف ستون‌های با ابعاد بزرگ‌تر از ۵۰۰ میلی‌متر استفاده از سوراخی به قطر حداقل ۵۰ میلی‌متر در نواحی وسط ورق برای تخلیهٔ 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.

۳ 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 پر مقاومت 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 درهر حال مقاومت موجود جوش نباید کمتر از ۲۵ درصد مقاومت مورد نیاز اتصال باشد.

۴ **ترکیب پیچ و جوش**

به‌طور کلی وقتی در یک اتصال از ترکیب جوش و پیچ استفاده می‌شود پیچ را نمی‌توان در تحمل بار با جوش سهیم دانست اما در صورت رعایت شرایط زیر، تعیین مقاومت موجود اتصال متشکل از پیچ‌های پرمقاومت و جوش‌های گوشهٔ طولی، مقاومت اسمی را می‌توان برابر مجموع مقاومت لغزشی اسمی پیچ‌ها و مقاومت اسمی جوشی‌های گوشهٔ طولی در نظر گرفت:

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

ب) در طراحی به روش $LRFD$ ضریب کاهش مقاومت برابر $\phi = ۰/۷۵$ و در طراحی به روش ASD ضریب اطمینان برابر $\Omega = ۲/۰۰$ در نظر گرفته شود.

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

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

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

۵ در ستون‌های قوطی شکل (HSS) و جعبه‌ای ساخته شده از ورق، استفاده از ورق‌های مضاعف مجاز نبوده و جان‌های مقطع ستون باید بتوانند مقاومت برشی موردنیاز چشمهٔ اتصال را تأمین نمایند.

۶ در ستون‌های H شکل، در مواردی‌که ورق‌های مضاعف در هر دو طرف جان ستون به‌کار می‌روند، این ورق‌هاباید به‌صورت متقارن و در محدودهٔ یک سوم میانی فاصلهٔ بین مرکز صفحهٔ جان ستون و نوک بال تیر یا ورق‌های اتصال بال فوقانی و تحتانی تیر تعبیه شود.

۷ 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.

۸ در مواردی‌که 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.

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.

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

۱۰ 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 طرف جان مقطع ستون نباید از پهنای بال تیر یا پهنای ورق پوششی اتصال کمتر باشد.

۱۱ 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 ور 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.

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

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

۱۴ **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.

۱۵ **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.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۱۲: بررسی ضوابط پیچ و عملکرد آنها

مطالب این بحث در برخی موارد که مستقیماً از آیین‌نامه برداشت شده است شامل تغییراتی بوده است که در ادامه به آنها خواهیم پرداخت.

۱ مشخصات مکانیکی انواع مختلف پیچ‌ها در جدول ۱۰-۱-۵ ارائه شده است.

جدول ۱۰-۱-۵: مشخصات مکانیکی پیچ‌ها

نوع پیچ	ISIRI ۲۸۷۴ EN – ISO ۸۹۸	ASTM	تنش تسلیم مشخصهٔ (F_y) (MPa)	تنش کششی نهایی (F_u) (MPa)	کرنش نهایی (٪) (ε_u)
پیچ‌های معمولی	۴.۶	A ۳۰۷	۲۴۰	۴۰۰	۲۲
	۴.۸	-	۳۲۰	۴۲۰	۱۴
	۵.۶	-	۳۰۰	۵۰۰	۲۰
	۵.۸	-	۴۰۰	۵۲۰	۱۰
	۶.۸	-	۴۸۰	۶۰۰	۸
پیچ‌های پرمقاومت	۸.۸	A ۳۲۵ F ۱۸۵۲	کاربرد ندارد	۸۰۰	۱۲
	۱۰.۹	A ۴۹۰ F ۲۲۸۰	کاربرد ندارد	۱۰۰۰	۹
	۱۲.۹	-	کاربرد ندارد	۱۲۰۰	۸

۲ 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:

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.

ب) اتصالات پیش‌تنیده: اتصالات پیش‌تنیده اتصالاتی هستند که اولاً پیچ‌های آن از جنس فولاد پرمقاومت باشد و ثانیاً به لحاظ مشخصات هندسی قابلیت پیش‌تنیدگی داشته باشند و ثالثاً پیچ‌ها در هنگام سفت کردن پس از حصول حالت سفتی کامل، به روش مناسبی پیش تنیده 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.

نکته: استفاده از این نوع اتصالات علاوه بر مواردی که در این مبحث ذکر شده در شرایط زیر الزامی است:

- در اتصالات اعضای فشاری ساخته شده مطابق الزامات بخش ۱۰-۲-۴
- در اتصالاتی که تحت اثر ارتعاش احتمال شُل‌شدگی پیچ‌ها وجود داشته باشد.
- در مواقعی که اتصال تحت اثر نیروهای رفت و برگشتی قابل ملاحظه قرار دارد.
- در مواقعی که اتصال تحت اثر بارهای خستگی‌آور بدون برگشت جهت بار قرار دارد.
- کلیهٔ پیچ‌ها در ردهٔ مقاومتی ۴۹۰ A 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 یا بدون اثر خستگی قرار دارند.

پ) اتصالات لغزش بحرانی: اتصالات لغزش بحرانی اتصالاتی هستندکه 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.

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

- 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 نمی‌گیرد.
- 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.
- در اتصال انتهای ورق‌های پوششی بال‌های تیر مطابق بند ۱۰-۲-۵-۱۳.

۳ محدودیت‌های اتصالات پیچی به شرح زیر است:

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

۴ **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 فاصلهٔ مرکز سوراخ تا لبه نباید از آنچه برای سوراخ استاندارد تعیین شده به اضافه مقدار C مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۸، کوچک‌تر باشد.

جدول ۱۰-۲-۹-۷: حداقل فاصلهٔ مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در هر راستا

لبهٔ بریده شده با قیچی (گیوتن) (d_b = قطر اسمی پیچ)	لبهٔ نورد شدهٔ ورق نیمرخ، تسمه و نیز لبه بریده شده با شعله اتوماتیک یا اره
$۲\,d_b$	$۱/۵\,d_b$

جدول ۱۰-۲-۹-۸: مقادیر افزایش حداقل فاصله سوراخ تا لبه (c)

سوراخ بزرگ شده (mm)	سوراخ لوبیایی (mm)		
	عمود بر امتداد لبه		موازی با لبه
	لوبیایی کوتاه	لوبیایی بلند	
$۳\ mm$	$۵\ mm$	$۰/۷۵\,d_b$	۰

۵ **حداکثر فاصلهٔ مرکز سوراخ تا لبه**

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

الف) برای قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی‌شوند ولی احتمال زنگ‌زدگی و خوردگی ندارد، فاصله از مرکز هر سوراخ تا نزدیک‌ترین لبهٔ قطعه در هر راستا نباید از ۱۲ برابر ضخامت نازک‌ترین قطعه و ۱۵۰ میلی‌متر بیشتر شود.

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

۶ **حداکثر فاصلهٔ مرکز تا مرکز سوراخ‌ها در اتصالات پیچی**

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

الف) در قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی‌شوند ولی احتمال زنگ‌زدگی و خوردگی ندارند، فاصلهٔ بین مرکز سوراخ‌ها نباید از ۲۴ برابر ضخامت نازک‌ترین قطعه متصل شونده و ۳۰۰ میلی‌متر بیشتر شود.

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

۷ تنش اسمی پیچ و میله‌های دندانه شده در طراحی اتصالات پیچی مطابق جدول زیر است:

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

نوع وسیلهٔ اتصال	تنش کششی اسمی (F_{nt})	تنش برشی اسمی (F_{nv}) در اتصالات اتکایی و پیش‌تنیده
پیچ‌های معمولی در حالتی که سطح برش در داخل یا خارج ناحیهٔ دندانه شده قرار دارد.	۰/۷۵ F_u	۰/۴۵ F_u
پیچ‌های پرمقاومت در حالتی‌که سطح برش در داخل ناحیهٔ دندانه شده قرار دارد	۰/۷۵ F_u	۰/۴۵ F_u
پیچ‌های پرمقاومت در حالتی که سطح برش خارج ناحیهٔ دندانه شده قرار دارد	۰/۷۵ F_u	۰/۵۵ F_u
میلهٔ دندانه شده در حالتی که سطح برش در داخل ناحیهٔ دندانه شده قرار دارد	۰/۷۵ F_u	۰/۴۵ F_u
میلهٔ دندانه شده در حالتی که سطح برش خارج ناحیه دندانه شده قرار دارد.	۰/۷۵ F_u	۰/۵۵ F_u

۸ در اتصالات پیش‌تنیده و لغزش بحرانی با استفاده از پیچ‌های با تنش تسلیم ۹۰۰ مگاپاسکال، در صورتی‌که مصالح فولادی اعضای متصل شونده دارای حد تسلیم کمتر از ۲۸۰ مگاپاسکال باشند، استفاده از واشر سخت تخت در زیر مهره و کلهٔ پیچ الزامی است.

۹ **روش تعیین لنگر پیچشی متناظر با نیروی پیش‌تنیدگی**

در عمل نیروی پیش‌تنیدگی پیچ‌های پیش‌تنیده، یا مقدار لنگر پیچشی اعمال شده توسط آچارهای مدرج که اصطلاحاً ترک‌متر نامیده می‌شوند، اندازه‌گیری و کنترل می‌شوند. لنگر پیچشی (M_t) متناظر با نیروی پیش‌تنیدگی (T_b) را می‌توان به‌طور تقریبی از رابطهٔ زیر تعیین نمود:

$$M_t = KT_b d_b$$

که در آن:

T_b : نیروی پیش‌تنیدگی لازم مطابق جدول‌های ۱۰-۴-۸ الف و ب

d_b : قطر اسمی پیچ

K : ضریب مهره (بی بعد). ضریب مهره باید توسط سازنده مطابق استاندارد اندازه‌گیری شده و در گواهینامهٔ پیچ و مهره ارائه شود.

۱۰ چرخش اضافی لازم برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها از جدول زیر به‌دست می‌آید:

جدول ۱۰-۴-۱۰: چرخش اضافی لازم برای پیش‌تنیده کردن پیچ‌های کاملاً سفت (d_b قطر اسمی پیچ است)

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
$L \le 4\,d_b$	$\frac{1}{3}$ دور	$\frac{1}{2}$ دور	$\frac{2}{3}$ دور
$4\,d_b < L \le 8\,d_b$	$\frac{1}{2}$ دور	$\frac{2}{3}$ دور	$\frac{5}{6}$ دور
$8\,d_b < L \le 12\,d_b$	$\frac{2}{3}$ دور	$\frac{5}{6}$ دور	۱ دور

۱۱ 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 به وسیلهٔ سنبه‌هایی که از سوراخ‌های اتصال می‌گیرند، 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، به وسیلهٔ 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.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۱۲: رنگ‌آمیزی و گالوانیزه کردن

مطالب این بحث که عمدتاً به‌صورت مستقیم از آیین‌نامه برداشت شده است شامل تغییراتی اندک بوده است که در ادامه به آنها خواهیم پرداخت.

۱ تمیزکاری با پاشش مواد ساینده شامل دسته‌بندی زیر است:

- Sa ۱ : تمیز کردن با ماسه‌پاشی خفیف
- Sa ۲ : تمیز کردن به‌صورت ماسه‌پاشی متوسط
- Sa ۲/۵ تمیز کردن با ماسه‌پاشی عمیق
- Sa ۳: تمیز کردن با ماسه‌پاشی با حصول سطح نقره‌ای

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:

- 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.

- St ۳ : تمیز کردن با برس سیمی عمیق

همانند سطح St ۲ ولی سطح فولاد باید عمیق‌تر و به کمک برس‌های دوار برقی یا بادی، برس زده شود، به‌طوری‌که سطح فلز درخشان شود.

۳ 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.

سری عمران

بخش‌های تکمیلی فصل ششم:

اصول و مبانی طراحی واجرای جوش

با توجه به تغییرات صورت گرفته در ویرایش جدید مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱) نسبت به ویرایش قدیم آن (ویرایش ۱۳۹۲) و به منظور اطمینان بیشتر شما عزیزان هنگام مطالعه کتاب کارشناسی رسمی سری عمران نسبت به مطرح شدن احتمالی سؤال از ویرایش جدید این مبحث، مؤسسه سری عمران اقدام به تهیه این فایل آموزشی نموده است. لازم به ذکر است در این فایل تغییرات در هر یک از بحث‌های مرتبط با فصل ششم کتاب در بخش‌های آیین‌نامه‌ای ارائه شده است. به منظور استفاده بهتر از این فایل ابتدا بحث مربوطه در کتاب را مطالعه نمایید و سپس به بررسی توضیحات ارائه شده در هر بحث بپردازید.

انتشارات سری عمران
www.serieomran.com

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۱: مفاهیم اولیه جوش

مطالب این بحث ارتباط چندانی با آیین‌نامه مبحث دهم نداشته و بیشتر از کتاب راهنمای جوش و اتصالات جوشی در ساختمان‌های فولادی جمع‌آوری شده است. بنابراین تغییرات خاصی در این بحث وجود نخواهد داشت.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۲: جوش شیاری (نفوذی)

مطالب این بحث کاملاً از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استخراج شده است و در ویرایش جدید تغییر چندانی نداشته است. تنها در یک مورد جدول حداقل ضخامت مؤثر جوش شیاری کمی تغییر داشته که در ادامه آورده شده است.

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 لب‌به‌لب قطعات، ضخامت جوش نباید از ضخامت نازک‌ترین قطعهٔ متصل شونده بزرگ‌تر باشد.

جدول ۱۰-۲-۹-۱: حداقل ضخامت مؤثر جوش شاری با نفوذ نسبی با یک بار عبور

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

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۲: جوش گوشه

مطالب این بحث کاملاً از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استخراج شده است و در ویرایش جدید تغییر چندانی نداشته است. تنها در یک مورد کمی تغییر داشته که در ادامه آورده شده است.

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. فاصلهٔ آزاد بین نوارهای جوش منقطع نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

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

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ٤: جوش انگشتانه و کام

مطالب این بحث کاملاً از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان استخراج شده است و در ویرایش جدید تغییری نداشته است.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ٥: آشنایی با الکترود

مطالب این بحث از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و بیشتر از کتاب راهنمای جوش و اتصالات جوشی استخراج شده است. در ویرایش جدید مبحث دهم تغییر چندانی در این موضوع وجود نداشته است. تنها در مورد جدول الکترودهای سازگار با فلز پایه کمی تغییر داشته که در ادامه آورده شده است.

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

جدول ۱۰-۲-۹-٤: الکترودهای سازگار با فلز پایه

تنش تسلیم مشخصهٔ مصالح فلز پایه (F_y)	نوع الکترود سازگار
تا $300\ MPa$ و $t \le 20\ mm$ (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

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ٦: عیوب جوش

مطالب این بحث ارتباط چندانی با آیین‌نامه مبحث دهم نداشته و بیشتر از کتاب راهنمای جوش و اتصالات جوشی در ساختمان‌های فولادی جمع‌آوری شده است. بنابراین تغییرات خاصی در این بحث وجود نخواهد داشت.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۷: ساخت و نصب قطعات قبل از جوشکاری

مطالب این بحث بیشتر از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و بخش‌هایی از کتاب راهنمای جوش و اتصالات جوشی استخراج شده است. در ویرایش جدید مبحث دهم تغییر چندانی نداشته است. تنها در مورد، جدول آزمایش‌های غیرمخرب جوش کمی تغییر داشته که در ادامه آورده شده است.

۱) تغییرات در قسمت برشکاری و پخزنی مربوط به این بحث در بحث ۸ از فصل پنجم آورده شده است.

۲) آزمایش‌های غیرمخرب جوش

جدول ۱۰-٤-٤: میزان آزمایش‌های غیرمخرب جوش هنگام تولید و نصب

نوع جوش مورد آزمایش	نوع آزمایش	درصد آزمایش‌های برای گروه‌بندهای اهمیت ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰		
		۱ و ۲	۳	۴
۱- همهٔ جوش‌ها	بازرسی چشمی (VI)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
۲- جوش‌های لب‌به لب عرضی بال‌های کشش، اعضای کششی خرپاها، یک ششم 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)	۱۰۰	۷۵	۲۵
۳- جوش‌های لب به لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خرپاها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	۱۰	۵	-
۴- جوش‌های لب به لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون‌ها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	۲۰	۱۰	-
۵- جوش‌های لب به لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نیست و جوش‌های لب به لب طولی جان تیرها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)	۲۰	۱۰	-
۶- جوش گوشهٔ بال به جان و سخت‌کننده‌ها	رنگ نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT)	۱۰	۱۰	۵
۷- جوش‌های گوشهٔ اتصالات مهاربندها و اتصالات تیر به ستون	رنگ نافذ (PT) یا ذرات مغناطیسی (MT)	۱۰۰	۲۰	۱۰

تذکر (۱): ورق‌های با ضخامت کمتر یا مساوی ۸ میلی‌متر نیاز به آزمایش پرتونگاری (RT) یا فراصوت (UT) ندارند.

تذکر (۲): ساختمان‌های گروه ۳ دارای ۴ طبقه یا بیشتر روی سطح زمین، مطابق گروه‌های ۱ و ۲ ارزیابی می‌شوند.

۳) جوشکاری در شرایط زیر مجاز نیست:

الف) زمانی که دمای محیط کار کمتر از ۱۰- درجهٔ سلسیوس است.

ب) زمانی‌که دمای فلز پایه کمتر از مقادیر ذکر شده در جدول ۱۰-۴-۵ است.

پ) زمانی‌که سطح کار مرطوب یا در معرض بارش باران و برف است.

ث) زمانی‌که محل جوشکاری در معرض وزش باد با سرعت بیش از ۱۰ کیلومتر بر ساعت است.

ت) زمانی‌که پرسنل جوشکاری تحت شرایط غیرایمن و نامتعادل هستند.

۴) حداقل دمای پیش گرمایش در جدول صفحه بعد آورده شده است:

جدول ۱۰-۴-۵: حداقل پیش گرمایش و درجهٔ حرارت عبورهای میانی

مشخصات ورق		روش جوشکاری	نوع فولاد	طبقه
حداقل درجهٔ حرارت ورق (سانتی‌گراد)	ضخامت ورق (میلی‌متر)			
۲۰	≤ ۲۰	جوش دستی با الکترود روکش‌دار (غیر از الکترودهای کم هیدروژن)	St ۳۷ St ۵۲	A
۶۵	$۲۰ < t \leq ۴۰$			
۱۱۰	$۴۰ < t \leq ۶۵$			
۱۵۰	$t > ۶۵$			
۱۰	≤ ۲۰	جوش دستی با الکترود روکش‌دار کم هیدروژن جوش زیرپودری جوش تحت حفاظت گاز (الکترود فلزی یا تنگستن) جوش با الکترود توپودری	St ۳۷ St ۵۲	B
۲۰	$۲۰ < t \leq ۴۰$			
۶۵	$۴۰ < t \leq ۶۵$			
۱۱۰	$t > ۶۵$			
۱۰	≤ ۲۰	جوش دستی با الکترود روکش‌دار کم هیدورژن جوش زیرپودری جوش تحت حفاظ گاز (الکترود فلزی یا تنگستن) جوش با الکترود توپودری	$F_y \geq ۴۰۰\ MPa$	C
۶۵	$۲۰ < t \leq ۴۰$			
۱۱۰	$۴۰ < t \leq ۶۵$			
۱۵۰	$t > ۶۵$			

تذکر (۱): در جوشکاری ورق‌ها با ضخامت بزرگ‌تر از ۲۵ میلی‌متر که تحت بارهای دینامیکی قرار دارند، فقط باید از الکترودهای کم هیدروژن استفاده نمود.

تذکر (۲): هرقدر گیرداری قطعهٔ مورد جوش بیشتر باشد، دمای پیش گرمایش باید افزایش یابد.

تذکر (۳): دمای پیش گرمایش لازم نیست از ۲۳۰ درجهٔ سلسیوس بیشتر باشد.

نگاهی به آیین‌نامه

بحث ۸: طراحی جوش

مطالب این بحث بیشتر در خصوص مباحث طراحی جوش و تحلیل تنش‌های وارد بر آن بوده و چندان آیین‌نامه محور نیست. تنها در بخش رابطه محاسبه تنش‌های وارد بر جوش کمی تغییر در ویرایش جدید مبحث دهم وجود داشته که در ادامه آورده شده است.

۱ مقاومت موجود جوش‌ها

مقاومت موجود جوش در طراحی به روش $LRFD$ مساوی ϕR_n و در طراحی به روش ASD مساوی $\frac{R_n}{\Omega}$ 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:

الف) براساس مصالح فلز پایه

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

ب) براساس مصالح فلز جوش

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

که در آن:

F_{nBm}: تنش اسمی فلز پایه مطابق جدول ۳-۹-۲-۱۰

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

A_{BM} : سطح مقطع فلز پایه

A_{we}: سطح مقطع مؤثر جوش

۲) 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، در صورتی‌که 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 ۳-۹-۲-۱۰ باشد.

۳) **ترکیب انواع جوش‌ها**

اگر در یک اتصال از ترکیب دو یا چند نوع جوش به‌صورت مجموعه (جوش شیاری، جوش گوشه، جوش انگشتانه و جوش کام) استفاده شود، برای تعیین مقاومت موجود اتصال باید مقاومت موجود هر یک از جوش‌ها را جداگانه نسبت به محور مجموعهٔ جوش محاسبه و سپس مقاومت موجود مجموعه را از مجموع مقاومت‌های موجود تک تک جوش‌ها تعیین نمود.

سری عمران

سؤالات مبحث دهم در آزمون‌های کارشناسی رسمی دادگستری

با توجه به تغییرات صورت گرفته در ویرایش جدید مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱) نسبت به ویرایش قدیم آن (ویرایش ۱۳۹۲) مؤسسه سری عمران اقدام به پاسخگویی برخی از سؤالات آزمون‌های کارشناسی رسمی که صرفاً به آیین‌نامه وابسته می‌باشد، نموده است. بنابراین در این فایل سؤالاتی از مبحث دهم که پاسخگویی آن‌ها مستلزم اشاره به بند خاصی از آیین‌نامه داشته است، مطابق با ویرایش جدید مبحث دهم بررسی و تحلیل شده و در اختیار شما قرار گرفته است.

انتشارات سری عمران
www.serieomran.com

۱- کدام‌یک از موارد زیر در خصوص اتصالات قاب‌های خمشی ویژهٔ فولادی صحیح است؟ (دادگستری ۹۰)

۱) تعبیه ورق مضاعف در چشمهٔ اتصال برای کاهش تنش‌های برشی همیشه لازم است.

۲) اتصال ورق اتصال بال تیر به بال ستون توسط جوش لب به لب با نفوذ نسبی زمانی جایز است که جوش، مورد آزمایش اولتراسونیک و رادیوگرافی قرار گیرد.

۳) وجود ورق پیوستگی در امتداد ورق‌های اتصال بال در جان ستون همواره ضروری است.

۴) تمام جوش‌های لب به لب با نفوذ کامل باید مورد آزمایش اولتراسونیک یا رادیوگرافی قرار گیرند.

۱- (۴)

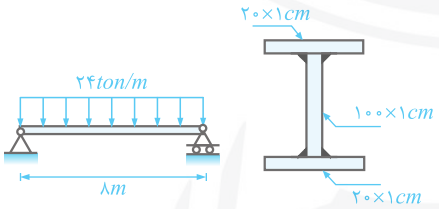
براساس مطالب درسنامه در بحث الزامات جوشکاری از بخش‌های تکمیلی فصل جوش (جدول ۱۰-۴-۴) و همچنین جدول ۱۰-۴-۴ در صفحه ۴۶۸ ازمبحث دهم مقررات ملی ساختمان، صددرصد جوش‌های لب به لب عرضی در اتصالات تیر به ستون باید مورد آزمایش اولتراسونیک (*UT*) یا رادیوگرافی (*RT*) قرار گیرند. بنابراین عبارت گزینهٔ (۴) صحیح است. در ادامه به بررسی علت نادرستی سایر گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینهٔ (۱): براساس مطالب درسنامه در بحث ورق مضاعف از فصل فولاد و همچنین پاراگراف دوم صفحه ۲۳۹ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، در صورتی‌که مقاومت برشی مورد نیاز چشمه اتصال از مقاومت برشی طراحی بیشتر باشد، تعبیه ورق مضاعف الزامی است.

گزینهٔ (۲): براساس مطالب جدول (۱۱) در بحث انواع اتصالات از فصل فولاد و همچنین مورد (۳) از بند ۱۰-۳-۷-۵-۳ در صفحه ۴۱۳ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، اتصال بال تیر به بال ستون نمی‌تواند با جوش شیاری با نفوذ نسبی انجام شود و باید از جوش شیاری با نفوذ کامل (تمام قدرت) استفاده شود.

گزینهٔ (۳): براساس مطالب درسنامه در بحث ورق پیوستگی از فصل فولاد و همچنین بند ۱۰-۳-۳-۳-۱۰ در صفحه ۳۰۶ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، تعبیه ورق‌های پیوستگی در حالت‌های خاصی الزامی است و در سایر حالات الزامی برای آن نیست. به عنوان مثال در ستون‌های قوطی شکل ساخته شده از مقاطع I شکل در صورتی‌که ضخامت بال ستون از مقادیر خاصی بیشتر باشد تعبیه ورق پیوستگی ضروری نیست.

۲- یک تیر ورق مطابق شکل بارگذاری شده است. صرف‌نظر از محدودیت‌های حداقل و حداکثر آیین‌نامه، اگر تنش مجاز برشی جوش $900\ kg/cm^2$ باشد، بُعد جوش لازم برحسب میلیمتر از نظر محاسباتی به کدام مقدار نزدیک‌تر است؟ (قوه قضائیه ۹۳)



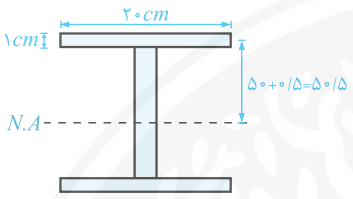
۱) ۳ ۲) ۵

۳) ۶ ۴) ۸

۲- (۳)

براساس مطالب درسنامه در بحث طراحی جوش تیر ورق از فصل جوش در کتاب و بخش‌های تکمیلی آن بدون توجه به محدودیت‌های آیین‌نامه‌ای، جوش اتصال بال به جان تیر ورق باید بتواند جریان برش بال تیر ورق را به جان تیر ورق منتقل کند. بنابراین مقدار تنش برشی در محل جوش را به دست می‌آوریم:

$$V=\frac{qL}{۲}=\frac{۲۴\times۱۰^{۳}\times۸}{۲}=۹۶\times۱۰^{۳}\ kg$$



$$Q=A\,\bar{y}=(۲۰\times۱)\times۵۰/۵=۱۰۱۰\,cm^{۳}$$

$$I=\frac{۱\times۱۰۰^{۳}}{۱۲}+۲\left(\frac{۲۰\times۱^{۳}}{۱۲}+۲۰\times۱\times۵۰/۵^{۲}\right)=۱۸۵/۳\times۱۰^{۳}$$

$$q=\frac{VQ}{I}=\frac{۹۶\times۱۰^{۳}\times۱۰۱۰}{۱۸۵/۳\times۱۰^{۳}}=۵۲۳/۲۶$$

L نیروی برشی وارد در طول : $F_{۱}=q\times L=۵۲۳/۲۶\,L$

L نیروی برشی تحمل شده توسط جوش در طول : $F_{۲}=۲\phi F_{nw}\,L\,t_e=۲\times۰/۷۵\times۹۰۰\times L\times t_e$

$$F_{۱}=F_{۲}\ \Rightarrow\ ۵۲۳/۲۶\,L=۱۳۵۰\,t_e\,L\ \Rightarrow\ t_e=۰/۳۸۷\,cm=۳/۸۷\,mm$$

$$۰/۷۰۷a_w=t_e\ \Rightarrow\ a_w=۰/۵۴۸\,cm=۵/۴۸\,mm$$

۳- مقاومت کششی نهایی فولاد مصرفی جهت تأمین شکل‌پذیری در سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای ویژه، باید حداقل چند برابر مقاومت حد تسلیم آن باشد؟ (دادگستری ۹۵)

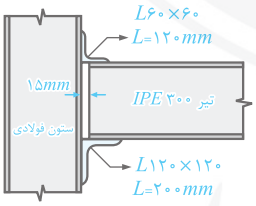
۱) ۰/۸ ۲) ۱ ۳) ۱/۲ ۴) ۱/۲۵

۳- (۴)

براساس مطالب درسنامه در بخش‌های تکمیلی فصل پنجم کتاب در بحث ۷ و همچنین بند ۱۰-۳-۲-۱-۱ در صفحه ۲۵۱ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، در سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای متوسط یا ویژه، نسبت تنش تسلیم به تنش کششی نهایی فولاد نباید از ۰/۸ بزرگتر باشد. بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{F_y}{F_u}\le۰/۸\ \Rightarrow\ \frac{F_u}{F_y}\ge۱/۲۵\ \Rightarrow\ F_u\ge۱/۲۵\,F_y$$

۴- در مورد جزئیات نشان داده شده در شکل مقابل کدام گزینه صحیح است؟ (قوه قضائیه ۹۶)



۱) نبشی فوقانی در اتصال بکار رفته دارای اتصال کاملاً گیردار است.
۲) به علت وجود ۱۵ میلی‌متر بین تیر و ستون اتصال مفصلی است.
۳) اتصالات تیر به ستون با نبشی نشیمن جزو اتصالات مفصلی‌اند.
۴) چون از جوش برای اتصال استفاده شده اتصال کاملاً گیردار است.

۴- (۳)

براساس مطالب درسنامه در بحث اتصالات از فصل فولاد، می‌توان گفت اتصال نشان داده شده در شکل، یک اتصال مفصلی با نبشی نشیمن است. در این اتصال، نبشی فوقانی یک نبشی اجرایی بوده و برای تعادل است و کاربرد سازه‌ای ندارد. از طرفی به دلیل استفاده از نبشی، می‌توان گفت اتصال ساده است و فاصلهٔ ایجاد شده بین تیر و ستون دلیل بر مفصلی بودن آن نیست.

تذکر: مطابق مطالب بحث (۱۱) از بخش‌های تکمیلی فصل پنجم و همچنین شکل ۱۰-۲-۹-۴ در صفحه ۱۸۸ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱)، وجود ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر بادخور بین تیر و ستون در اتصال مفصلی با نبشی نشیمن لازم است.

۵- در تعیین ظرفیت مجاز جوش یک اتصال با تنوع جوشکاری چه باید کرد؟ (قوه قضائیه ۹۶)

۱) ضعیف‌ترین درز جوش را بایستی ملاک قرار دهیم.
۲) میانگین ظرفیت درزهای مختلف جوش ملاک است.
۳) با تعیین ظرفیت برشی حداقل پاسخ به دست می‌آید.
۴) با تعیین ظرفیت خمشی و کششی حداقل پاسخ به دست می‌آید.

۵- (۱)

براساس مطالب درسنامه در بحث مقاومت جوش از فصل جوش، در حالت کلی تصمیم‌گیری و قضاوت در مورد مقاومت جوش بستگی کامل به نوع جوش مورد استفاده و هندسهٔ اجرای آن دارد. مثلاً رفتار جوش گوشه تحت بارگذاری عرضی و طولی و در نتیجه ظرفیت آن متفاوت است، اما برای پاسخ دادن به این سؤال می‌توان گفت تحت بارهای وارده، احتمالاً ضعیف‌ترین درز جوش زودتر گسیخته شده و تعیین‌کننده خواهد بود.

تذکر: براساس بند ۱۰-۲-۹-۲-۵ در صفحه ۲۰۴ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱)، اگر در یک اتصال از ترکیب دو یا چند نوع جوش به صورت مجموعه (جوش شیاری، جوش گوشه، جوش انگشتانه و جوش کام) استفاده شود، برای تعیین مقاومت موجود اتصال باید مقاومت موجود هر یک از جوش‌ها را جداگانه نسبت به محور مجموعه جوش محاسبه و سپس مقاومت موجود مجموعه را از مجموع مقاومت‌های موجود تک تک جوش‌ها تعیین نمود.

۶- در محاسبات قطر یک پیچ پرمقاومت در اتصال پیچی، حالتی که سطح برش از قسمت دندانه‌دار نمی‌گذرد در نظر گرفته شد، اما در هنگام اجرا مشاهده شد که سطح برش از قسمت دندانه‌دار می‌گذرد. در کدام‌یک از موارد زیر، نیاز به کنترل کفایت قطر محاسبه‌شده است؟ (دادگستری ۹۸)

۱) اتصال به صورت لغزش بحرانی عمل کرده و تحت اثر کشش بوده، اما برش صفر باشد.
۲) اتصال به صورت لغزش بحرانی عمل کرده و تحت اثر همزمان برش و کشش باشد.
۳) اتصال به صورت اتکایی عمل کرده و تحت اثر کشش بوده، اما برش صفر باشد.
۴) اتصال به صورت اتکایی عمل کرده و تحت اثر همزمان برش و کشش باشد.

۶- (۴)

ابتدا باید توجه داشت که تنها در اتصال اتکایی سطح برش حائز اهمیت است و در اتصال لغزش بحرانی عملکرد اتصال براساس اصطکاک بین دو سطح می‌باشد. بنابراین گزینه‌های (۱) و (۲) نادرست می‌باشند. از طرفی براساس مفاهیم بحث مقاومت برشی پیچ‌ها در بحث ۱۲ از مطالب بخش تکمیلی فصل پنجم کتاب و جدول ۱۰-۲-۹-۹ در صفحهٔ ۲۱۲ از مبحث دهم مقررات ملّی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱)، تنش کششی اسمی پیچ‌ها در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می‌گذرد با حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد یکسان است و عملاً نیازی به کنترل ندارد اما این مقادیر برای تنش برشی اسمی متفاوت هستند و باید بررسی شوند.

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

نوع وسیلهٔ اتصال	تنش کششی اسمی (F_{nt})	تنش برش اسمی (F_{nv}) در اتصالات اتکایی و پیش‌تنیده
پیچ‌های پرمقاومت در حالتی که سطح برش در داخل ناحیه دندانه شده قرار دارد.	۰/۷۵ F_u	۰/۴۵ F_u
پیچ‌های پرمقاومت در حالتی که سطح برش خارج از ناحیه دندانه شده قرار دارد.	۰/۷۵ F_u	۰/۵۵ F_u

۷- در سازهٔ تحت بار دینامیکی، حداقل اندازهٔ جوش گوشه چند میلی‌متر است؟ (قوه قضائیه ۹۹)

۱) بسته به ضخامت قطعه نازک‌تر، متفاوت است.
۲) ۶
۳) ۵
۴) ۳

۷- (۳)

با توجه به مطالب درسنامه در بحث ۳ از فصل ششم کتاب و همچنین تبصره پایین جدول ۱۰-۲-۹-۲ در صفحه ۱۹۵ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱)، در سازه تحت بار دینامیکی حداقل اندازهٔ جوش ۵ میلی‌متر می‌باشد.

۸- در طراحی لرزه‌ای ستون‌ها، کدام مورد در خصوص دو قطعه ستون وصله‌شونده صحیح است؟ (قوه قضائیه ۹۹)

۱) اتصال وصله ستون به هر یک از دو قطعه ستون در مقطع عدم تقارن مجاز است.
۲) اتصال وصله ستون به هر یک از دو قطعه ستون وصله‌شونده، تنها با پیچ پرمقاومت میسر است.
۳) اتصال وصله به یکی از قطعات ستون، تماماً جوشی و به دیگری، تماماً پیچی مجاز نیست.
۴) اتصال وصله ستون نباید در مقطع عدم تقارن ایجاد کند.

۸- (۴)

با توجه به مطالب درسنامه در بحث ۷-۹ از فصل پنجم کتاب و همچنین مورد (الف) از بند ۱۰-۳-۲-۱۲-۳ در صفحه ۲۷۸ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱)، اتصال وصله ستون به هر یک از دو قطعه ستون وصله شونده باید با یک نوع وسیله اتصال، جوش یا پیچ پر مقاومت 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.

۹- جدیدترین و مناسب‌ترین آزمایش غیرمخرب جوش در ساختمان‌های فولادی کدام است؟ با چه نوع سازه‌ای؟

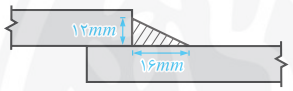
(قوه قضائیه ۹۹)

۱) RT - پیچ و مهره‌ای و جوشی
۲) PT - جوشی
۳) UT - جوشی
۴) MT - جوشی

۹- (۳)

با توجه به مطالب درسنامه در بحث (۷) از بخش‌های تکمیلی فصل ششم کتاب و جدول ۱۰-۴-۴ در صفحه ۴۶۸ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱)، مناسبترین تست از میان آزمایشات عنوان شده تست UT (فراصوت) می‌باشدکه آزمایشی نسبتاً پیشرفته بوده و قادر به تشخیص معایب داخلی جوش علاوه بر معایت سطحی می‌باشد. در حالی‌که تست PT صرفاً برای معایب سطحی می‌باشد. همچنین تست MT محدود به مواد مغناطیسی شونده نظیر چدن و فولاد است و از طرفی معایب خیلی عمیق را تشخیص نمی‌دهد.

۱۰- چنانچه در اتصال پوششی دو قطعهٔ جوشی مطابق شکل داشته باشیم، ضخامت مؤثر گلوگاه (t_e) باید برابر کدام‌یک از مقادیر زیر در نظر گرفته شود؟ (ماده ۲۷)



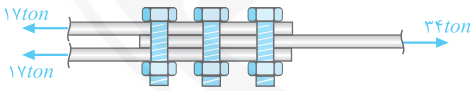
۱) $t_e = ۹/۶\ mm$
۲) $t_e = ۱۰/۲\ mm$
۳) $t_e = ۱۲/۵\ mm$
۴) $t_e = ۱۴\ mm$

۱۰- (۱)

براساس مطالب درسنامه در بحث جوش گوشه از فصل جوش و بند ۱۰-۲-۹-۲-۲ صفحهٔ ۱۹۴ از مبحث دهم مقررات ملّی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱) برای جوش با ساق نامساوی داریم:

$$t_e = \frac{ab}{\sqrt{a^2+b^2}} = \frac{۱۲\times۱۶}{\sqrt{۱۲^2+۱۶^2}} = ۹/۶\ mm$$

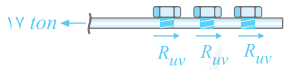
۱۱- یک اتصال پیچی به شکل نشان داده شده تحت نیروی طراحی $۳۴ton$ قرار دارد. اگر اتصال از نوع اتکایی و پیچ مصرفی از نوع $A۳۲۵$ یا ۸.۸ و سطح برش از قسمت دندانه شده پیچ عبور کند، حداقل نمرهٔ پیچ‌ها به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (فرض کنید تعداد پیچ‌های مصرفی کلاً سه عدد است.) (ماده ۲۷)



۱) $۳M\ ۲۰$
۲) $۳M\ ۲۲$
۳) $۳M\ ۱۸$
۴) $۳M\ ۲۷$

۱۱- (۳)

براساس مفاهیم بحث مقاومت برشی پیچ‌ها از موضوع فولاد و بند ۱۰-۲-۹-۳-۳ در صفحه ۲۱۱ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱)، با رسم نمودار آزاد ورق بالایی خواهیم داشت:



برای استفاده از روش حدی، باید مقاومت برشی طرح اتصال بزرگ‌تر از نیروی وارد بر آن باشد.

نیروی وارد بر اتصال ≤ مقاومت برشی طرح یک پیچ ×۳

$$۳\phi R_{nv} = ۳\phi F_{nv} A_{nb} \geq ۱۷\times۱۰^۳ \Rightarrow A_{nb} = \frac{\pi d^2}{۴} \geq \frac{۱۷\times۱۰^۳}{۳\phi F_{nv}}$$

براساس جدول ۱۰-۲-۹-۹ در صفحهٔ ۲۱۲ از مبحث دهم، مقدار تنش برشی اسمی برای اتصال اتکایی و پیچ پرمقاومت که صفحهٔ برش از قسمت دنده شده عبور می‌کند، برابر $۰/۴۵\ F_u$ می‌باشد. همچنین برای تعیین

مقدار F_u، ابتدا فرض می‌کنیم که قطر پیچ کمتر از ۲۴ میلی‌متر باشد و داریم:

$$F_{nv} = ۰/۴۵\, F_u = ۰/۴۵ \times ۸۰۰۰ = ۳۶۰۰\, kg/cm^۲$$

$$\Rightarrow \frac{\pi d^۲}{۴} \geq \frac{۱۷ \times ۱۰^۳}{۳ \times ۰/۷۵ \times ۳۶۰۰} \Rightarrow d \geq ۱/۶۳\, cm$$

$$\Rightarrow d = ۱۸\, mm < ۲۴\, mm$$

بنابراین فرض اولیه صحیح می‌باشد و قطر موردنیاز پیچ برابر ۱۸ میلی‌متر به‌دست می‌آید و گزینهٔ (۳) صحیح است.

۱۲- در ضوابط جوشکاری ساختمان‌های پیش‌ساخته و نیمه پیش‌ساخته، نسبت قطر الکترود مصرفی برای خال جوش‌ها و قطر الکترود مصرفی برای جوش‌های اصلی در صورتی‌که خال جوش‌ها در جوش اصلی غرق شوند چگونه است؟ (ماده ۲۷)

۱) لازم نیست یکسان باشند.
۲) قطر الکترود مصرفی برای خال جوش‌ها می‌تواند تا حداکثر ۱ میلی‌متر کمتر باشد.
۳) باید یکسان باشند.
۴) قطر الکترود مصرفی برای خال جوش‌ها می‌تواند تا حداکثر ۲ میلی‌متر کمتر باشد.

۱۲- (۳)

براساس مطالب درسنامه در بحث ساخت و نصب از فصل جوش و بند ۱۰-۴-۴-۳-۳ در صفحه ۴۷۱ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱)، به استثنای برخی موارد، خال جوش‌ها باید با همان ضوابط کیفیتی جوش اصلی اجرا شوند. به عبارت دیگر نوع الکترود خال جوش‌ها و جوش‌های اصلی باید همانند باشند.

۱۳- در اجرای صنعتی ساختمان‌ها که اتصالات به‌صورت پیچ و مهره می‌باشند، اگر یک پیچ و مهره پس از محکم شدن کامل، باید به دلایلی شل شود، در آن صورت باید که: (ماده ۲۷)

۱) پیچ عوض شود.
۲) مهره عوض شود.
۳) مجدداً سفت شود و نیازی به تعویض نمی‌باشد.
۴) مجموعه پیچ و مهره عوض شود.

۱۳- (۱)

براساس بند ۱۰-۴-۵-۱۱ در صفحهٔ ۴۸۹ از مبحث دهم مقررات ملّی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱)، استفادهٔ مجدد از پیچ‌های پیش‌تنیده شده و مهره‌های آن‌ها مجاز نیست.

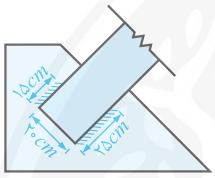
۱۴- در اجرای ساختمان‌ها، برشکاری قطعات فولادی با کدام‌یک از روش‌های زیر می‌تواند انجام شود؟ (ماده ۲۷- ویرایش سؤال)

۱) برش حرارتی
۲) برش با گیوتین
۳) برش سرد مانند اره
۴) هر سه روش فوق

۱۴- (۴)

براساس مطالب درسنامه در بحث ساخت و نصب از مطالب تکمیلی فصل جوش و بند ۱۰-۴-۳-۲ در صفحه ۴۵۶ از مبحث دهم مقررات ملّی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۱)، برشکاری می‌تواند با استفاده از برش حرارتی، گیوتین و یا اره صورت گیرد.

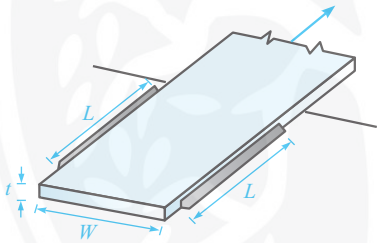
۱۵- در شکل روبه‌رو، کدام مغایرت آیین‌نامه‌ای در اتصال وجود دارد؟ (دادگستری ۱۴۰۰)



۱) عرض تسمه، جوش نشده است.
۲) طول جوش از عرض تسمه، بیشتر است.
۳) طول جوش از عرض تسمه، کمتر است.
۴) طول جوش، دو بُعد مساوی نیست.

۱۵- (۳)

براساس مطالب درسنامه در بحث ۳-۳ از فصل ششم جلد اول کتاب و شکل ۱۰-۷ در صفحه ۳۷۷ از کتاب راهنمای جوش و اتصالات جوشی در ساختمان‌های فولادی، در اتصال انتهای تسمه‌های کششی اگر از جوش گوشه فقط در لبه‌های طولی و موازی امتداد نیرو استفاده شود، طول جوش هر طرف نباید از فاصلهٔ عمودی بین آنها (تقریباً پهنای تسمه) کمتر باشد و این فاصله نباید از $200\,mm$ تجاوز کند.



جوش گوشه در انتهای تسمه‌های کششی

$$W \le 200\,mm \quad \text{(مقدار حداکثر: } 200 \text{، پهنای تسمه: } W\text{)}$$

و

$$L \ge W \quad \text{(حداقل طول جوش: } L\text{)}$$

مطابق روابط فوق و شکل سؤال، طول جوش ($15\,cm$) از عرض تسمه ($20\,cm$) کمتر بوده و نامناسب است.

۱۶- در کدام نوع از اتصالات زیر، باید از اتصال لغزش بحرانی با پیچ‌های پُرمقاومت یا جوش استفاده کرد؟

۱) کلیه سازه‌های با سیستم باربر جانبی لرزه‌ای ویژه (دادگستری ۱۴۰۰، ویرایش سؤال)
۲) در اتصالاتی که تحت اثر ارتعاش احتمال شل‌شدگی پیچ‌ها باشد.
۳) در اتصالاتی که نیروهای رفت و برگشتی قابل ملاحظه دارند.
۴) در اتصالاتی که تحت اثر نیروهای دینامیکی با تکرار زیاد توام با اثر خستگی قرار دارد.

۱۶- (۴)

براساس مطالب بحث (۱۲) از بخش‌های تکمیلی فصل پنجم کتاب و همچنین مورد (پ) از بند ۱۰-۲-۹-۳-۱ در صفحه ۲۰۷ از مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، استفاده از اتصالات لغزش بحرانی علاوه بر مواردی که در سایر بخش‌های مبحث دهم ذکر شده در شرایط زیر الزامی است:

- 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 نمی‌گیرد.
- 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.
- در اتصال انتهای ورق‌های پوششی بال‌های تیر مطابق بند ۱۰-۲-۵-۱۳.