

بسم الله الرحمن الرحيم

فعالیت‌های ساختمانی بخش بزرگی از کل فعالیتهای اقتصادی و تولیدی کشور را تشکیل می‌دهد. مقایسه ارقام سرمایه‌گذاری ملی در بخشهای مختلف فعالیتهای تولیدی در برنامه‌های عمرانی نشان می‌دهد که سهم عظیمی از این سرمایه‌ها در پروژه‌های ساختمانی و صنایع وابسته به آن به کار گرفته شده و می‌شود. این سرمایه‌ها یا به صورت مستقیم در پروژه‌های مسکونی، تجاری، اداری، بهداشتی، آموزشی، فرهنگی و نظایر آنها به کار رفته یا به صورت غیرمستقیم در قالب مستحقات جنبی سایر پروژه‌های عمرانی به امر ساختمان تخصیص داده شده است. اگر سرمایه‌های ملی به کار گرفته شده در صدها رشته از صنایع و خدمات غیرساختمانی را که در خدمت ساختمان قرار می‌گیرند به ارقام فوق بیفزاییم بزرگی حجم ثروت ملی در این بخش بیشتر روشن می‌شود. بهره‌برداری بهینه از این سرمایه عظیم در گرو عوامل متعددی است که از آن میان رعایت اصول فنی و استانداردهای کیفیت در طراحی و تولید ساختمان و اجزاء آن از اهمیت درجه اول برخوردار است و این مهم از طریق وضع مقررات لازم‌الاجرای ساختمانی و توسعه استاندارد محقق می‌شود. افزون بر این، استفاده کنندگان نهایی از ساختمان، مردم هستند و حمایت از ایشان به مثابه مصرف کنندگان تولیدات صنعتی مستلزم وضع مقرراتی است که رعایت ضوابط حداقلی را در طراحی، انتخاب مصالح و کیفیت اجرای ساختمان الزامی نماید، تا از این طریق، ایمنی، سلامت، بهداشت و رفاه فرد

و جامعه تأمین گردد. از سوی دیگر فقدان مقررات ملی ساختمانی و متحدالشکل برای سالیان دراز موجب گردیده است که هر یک از مهندسان یا مؤسسات کشور در طراحی و اجرای ساختمان به میل خود به یکی از منابع خارجی یا تألیفات داخلی رجوع نمایند و به این ترتیب مرجع واحدی که هم در امور فنی ساختمانی به عنوان مبنای مشترک بین مهندسان قرار گیرد و هم در موارد بروز اختلاف به عنوان مبنای حل و فصل مورد استناد واقع شود وجود نداشته است.

ضرورت‌های فوق وزارت مسکن و شهرسازی را بر آن داشت که در سال ۱۳۶۶ برنامه‌ریزی وسیعی برای تهیه مقررات ملی ساختمانی ایران انجام دهد. سازماندهی و هدایت این امر از طریق معاونت شهرسازی و معماری به دفتر مطالعات و نظام معماری واگذار نمود. به این ترتیب کمیته‌ای به نام "کمیته فنی تدوین مقررات ساختمان" متشکل از اساتید و صاحب‌نظران رشته‌های مختلف مرتبط با مهندسی ساختمان تشکیل گردید و طرح کلی مجموعه مقررات ساختمانی، حاوی اصول، اهداف و مباحث آن مجموعه تدوین شد. سپس ۲۱ کمیسیون تخصصی که هر یک مسئولیت تهیه یک مبحث را به عهده داشتند پیش‌بینی شد و گردش کار تهیه هر مبحث که از شروع تدوین و تهیه پیش‌نویس و نظرخواهی عمومی و تصویب در هیأت محترم وزیران شامل ۱۵ مرحله می‌گردید، طراحی شد. هر مبحث از مباحث ۲۱ گانه این مجموعه پس از تصویب هیأت وزیران به موجب ماده ۱۳ قانون نظام معماری و ساختمانی جنبه الزامی پیدا کرده و به تدریج منتشر و به شهرداری‌ها و کلیه مهندسان ابلاغ شود.

نکته‌ای که ذکر آن ضروری است این است که با وجود اهمیت و تأثیر قابل ملاحظه‌ای که تدوین مقررات ساختمانی لازم‌الاجرا، در ارتقای کیفیت طراحی و اجرای ساختمانها دارد، بدون وجود یک سیستم کارآمد برای اعمال این مقررات و کنترل اجرای آنها بدون وجود یک سیستم صحیح برای ترویج استانداردها و کنترل کیفیت تولید مصالح ساختمانی و نیز بدون توسعه آموزش فنی و حرفه‌ای برای تربیت عوامل اجرایی ساختمان و افزایش کمی و کیفی نیروی انسانی ماهر نباید انتظار داشت که به صرف تدوین و تصویب مقررات ساختمانی بتوان به نتایج مطلوب رسید. بنابراین بر سایر مراجع قانونی و دستگاههای اجرایی است که به سهم خود در اعمال نظارت صحیح بر اجرای این مقررات و کنترل مرغوبیت محصولات ساختمانی و تولید کافی آنها و نیز تربیت نیروی انسانی ماهر جهت اشتغال در بخش ساختمان اهتمام ورزند و موانع موجود بر سر راه اجرای مقررات ساختمانی را حذف نمایند تا ان شاء الله اهداف واضعین مقررات ساختمانی تحقق کامل یابد.

لازم می‌دانم از افرادی که در سازماندهی تهیه مقررات ملی ساختمانی ایران نقش مؤثر داشته‌اند به ویژه آقای سیدرضا هاشمی معاون شهرسازی و معماری و محسن بهرام غفاری که در راه‌اندازی و هدایت این فعالیت در وزارت مسکن و شهرسازی همکاری مؤثر داشته‌اند و نیز از همکاری نمایندگان وزارت کشور و اعضای محترم کمیته فنی تدوین مقررات ملی ساختمانی و کمیسیونهای تخصصی تشکر خود را اعلام داشته و توفیق ایشان را از خداوند خواستار شوم.

سراج‌الدین کازرونی

وزیر مسکن و شهرسازی

بسمه تعالی

ماده ۱۳ قانون اصلاحی نظام معماری و ساختمانی مصوب ۱۳۵۶ تدوین آیین‌نامه‌هایی را که حاوی اصول فنی لازم‌الاجرا در طراحی ساختمانها باشد بعهدہ وزارتخانه‌های مسکن و شهرسازی و کشور قرار داده است. این اصول با تصویب هیئت وزیران تحت عنوان "مقررات ملی ساختمانی ایران" جنبه قانونی می‌یابد. ماده ۱۴ قانون اصلاحی نظام معماری، شهرداریهای مشمول را موظف نموده است که مقررات ساختمانی را رعایت نمایند و ماده ۱۵ همان قانون متخلفین را مستوجب تعقیب دانسته است.

مقررات طرح و اجرای ساختمانهای فولادی که دهمین مبحث از مباحث "مقررات ملی ساختمانی ایران" است در تاریخ ۱۳۷۰/۱۲/۱۸ به تصویب هیئت محترم وزیران و در تاریخ ۱۳۷۰/۱۲/۲۸ به تأیید ریاست محترم جمهوری رسیده و تحت شماره ۴۱/ت/۱۷۹ ک مورخ ۱۳۷۱/۱/۵ ابلاغ گردیده است.

تا به حال پی و پی‌سازی، مصالح و فراورده‌های ساختمانی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، طرح و اجرای ساختمانهای بتن‌آرمه و آیین‌نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله از مجموعه "مقررات ملی ساختمانی ایران" منتشر شد و مباحث باقی‌مانده از این مجموعه که شامل سایر موضوعات معماری، ساختمانی، برقی، علائم و اعلانات و مقررات عمومی اجرا و کنترل می‌شود، به تدریج تهیه و برای تصویب تقدیم هیئت محترم وزیران می‌گردد و جمع این مباحث در پایان در مجلد کامل تحت عنوان مقررات ملی ساختمانی ایران منتشر خواهد گردید و پس از آن به طور

ادواری مورد تجدیدنظر قرار گرفته و با شرایط تکنیکی و سطح مهارت نیروی انسانی موجود کشور در هر زمان وفق داده خواهد شد.

”مقررات ملی ساختمانی“ عبارت است از: مجموعه ضوابط فنی، اجرایی و حقوقی که رعایت آنها در طراحی، نظارت و اجرای عملیات ساختمانی اعم از تخریب، نوسازی، توسعه بنا، تعمیر و مرمت اساسی، تغییر کاربری و بهره‌برداری از سازه‌ها و ساختمانها به منظور تأمین چهار هدف اساسی: ایمنی، سلامت و آسایش، بهداشت و صرفه اقتصادی فرد و جامعه، لازم است و توسط مراجع ملی به صورت متحدالشکل وضع می‌گردد و در حوزه‌ای که واضعین آن تعیین می‌نمایند به اجرا گذارده می‌شود و تخطی از آن مستوجب تعقیب و مجازات است.

لازم به ذکر است که در ایران نیز مانند بسیاری از کشورها مدارک فنی متعددی با هدفهای گوناگون به وسیله مراجع مختلف تدوین و انتشار می‌یابد و استفاده کنندگان بایستی به خصوصیات هر مدرک فنی، هدف از تهیه آن، الزامی یا اختیاری بودن آن و ماهیت و حدود تفصیلی بدون هر یک توجه داشته باشند.

از جمله متداولترین مدارک فنی رایج در کشور ما که در زمینه ساختمان

و رشته‌های مرتبط با آن منتشر می‌شود می‌توان عناوین ذیل را برشمرد:

- مقررات ملی ساختمانی
- آیین‌نامه‌های ساختمانی
- استانداردها و آیین کارهای ساختمانی
- نشریات ارشادی و آموزشی (که گاه بر سیل مسامحه، به برخی از آنها عنوان آیین‌نامه داده شده)

بحث در باب تفاوت بین ماهیت مدارک فوق بسیار مفصل است اما عمده ترین ویژگیهایی که "مقررات ملی ساختمانی" را از سایر مدارک فنی متمایز می نماید عبارت اند از:

۱- "مقررات ملی ساختمانی" تنها مدرکی است که رعایت ضوابط آن در سراسر کشور لازمی است، در صورتی که مدارک فنی دیگر به جز پاره ای از استانداردها- یا اختیاری اند یا اگر اجباری باشند فقط در حوزه محدودی لازم الرعایه می باشند. نظیر مشخصات فنی ضمیمه پیمانهای تیپ سازمان برنامه و بودجه که رعایت آنها منحصراً در طرحهای عمرانی اجباری است.

۲- ضوابط مندرج در "مقررات ملی ساختمانی" در مقایسه با آیین نامه ها، بسیار اجمالیتر و مختصرتر بوده و صرفاً به وضع ضوابط حداقلی می پردازد که تخطی از آنها مغایر با تأمین یکی از چهار هدف اساسی ایمنی، سلامت و آسایش، بهداشت و صرفه اقتصادی باشد.

۳- در تدوین و نگارش ضوابط مندرج در "مقررات ملی ساختمانی" بر رعایت ایجاز و اختصار تأکید فراوان می شود. دلیل اینکه از تفصیل الزامات پرهیز می گردد این است که مانع ابتکار طراحان و مجریان ساختمان نگردد و ایشان در انتخاب شیوه های مختلف حتی المقدور آزادتر باشند. اما همین ویژگی موجب می گردد که "مقررات ملی ساختمانی" عموماً فاقد جنبه راهنمایی و آموزشی باشد، در حالی که آیین نامه ها حاوی دستورالعملهای تفصیلی در زمینه طراحی و اجرای ساختمان می باشند.

۴- گرچه در متن بسیاری از "مقررات ساختمانی" به استانداردها ارجاع

داده شده اما تفاوت‌های اساسی بین آن دو وجود دارد به این شرح که:

اولاً: استانداردها به دو دسته اجباری و تشویقی (اختیاری) تقسیم می‌شوند

ولی مقررات ملی ساختمانی فقط به ضوابط اجباری اطلاق می‌گردد.

ثانیاً: استانداردها غالباً به کنترل کیفیت مواد و مصالح و روشهای آزمایش

و نحوه به کار بردن این مواد می‌پردازند درحالی که مقررات ملی ساختمانی هم در

برگیرنده حداقل کیفیت مواد و مصالح است و هم حاوی اصول الزامی است که

باید در طراحی، محاسبه و اجرای ساختمانها و بهره‌برداری بهینه و متناسب از

مصالح، مواد، عناصر و فضاهای زیستی داخل و خارج ساختمان متناسب با شرایط

اقلیمی و محیطی رعایت گردند تا اهداف چهارگانه: ایمنی، سلامت و آسایش،

بهداشت و صرفه اقتصادی تأمین شوند.

با وجود تفاوت‌های فوق‌الذکر، کلیه مدارک فنی نظیر آیین‌نامه‌ها،

استانداردها و دستورالعملهای ارشادی به درک صحیحتر "مقررات ملی ساختمانی"

مدد رسانده و توسعه و ترویج این گونه مدارک فنی موجب می‌شود که "مقررات

ملی ساختمانی" از پشتوانه علمی و فنی غنیتری برخوردار شود. خاطرنشان می‌سازد

که گرچه تفاوت‌های بین شکل و محتوای مدارک فنی به ترتیبی که در بالا اشاره

گردید بیش و کم در اکثر کشورها وجود دارد اما هنوز یمک رویه واحد

بین‌المللی در این زمینه ایجاد نشده و با وجودی که اخیراً سازمان بین‌المللی

استاندارد (ISO) تعاریف مشخصی برای شکل و محتوای این گونه مدارک ارائه

نموده اما بسیاری از کشورها حتی آنها که عضو سازمان فوق هستند (نظیر کشورما)

هنوز شکل و محتوای مدارک فنی موجود در کشور خود را با مشخصات پیشنهادی (ISO) هماهنگ نموده‌اند. در اینجا جهت اطلاع استفاده‌کنندگان تعاریف تصویب شده (ISO) را ذکر می‌نمایم.

۱- مقررات Regulation: سند لازم‌الاجرای است که حاوی قواعد حقوقی، انتظامی و اداری بوده و به وسیله مرجع واجد اختیار قانونی تصویب و انتشار می‌یابد.

۲- آیین‌های کار Codes of practice: مدارکی که قواعد (قانونی) را توضیح و تشریح می‌نمایند و حاوی توصیه‌هایی برای طراحی، ساخت، احداث، نگهداری یا بهره‌برداری از وسایل و تجهیزات، تأسیسات، سازه‌ها و یا محصولات تولیدی می‌باشند.

۳- استاندارد Standard: مشخصات فنی یا سایر قواعدی که بر پایه اتفاق نظر عام (اجماع) به وسیله مرجع شناخته شده (رسمی) به منظور کاربرد مکرر یا مستمر تصویب می‌گردد.

در پایان لازم است از همه کسانی که در تهیه و تدوین این مجموعه همکاری داشته‌اند و همچنین همکاران وزارت کشور تقدیر و تشکر به عمل آورده، به ویژه بر خود فرض می‌دانم که از هدایتها و ارشادات مقام محترم وزارت مسکن و شهرسازی جناب آقای مهندس سراج‌الدین کازرونی و معاونت محترم شهرسازی و معماری ایشان جناب آقای سیدرضا هاشمی که پایه‌گذاران تدوین مقررات ملی ساختمانی در کشور هستند و امکانات لازم جهت تحقق این امر را

تأمین نمودند سپاسگذاری نمایم تا مهندسان فعلی و آتی کشور بدانند که این مهم در چه عصری و به همت چه کسانی جامه تحقق پوشیده است.

محسن بهرام غفاری

مدیر کل دفتر نظامات مهندسی

بسمه تعالی

مقدمه بر چاپ سوم:

جای بسی خوشوقتی است که امروز، پس از گذشت ۸ سال که از برنامه‌ریزی وزارت مسکن و شهرسازی در تهیه و تدوین "مقررات ملی ساختمانی ایران" می‌گذرد، عناوینی چند از مباحث بیستگانه‌ای که برای این منظور در نظر گرفته شده است به چاپ رسیده و در معرض داوری و قضاوت صاحب‌نظران و دست‌اندرکاران بخش مهندسی ساختمان قرار گرفته است و امید می‌رود با سرعت‌بخشیدن به فعالیت کمیته تدوین "مقررات ملی ساختمانی ایران" در دوره جدیدی از مدیریت دفتر نظامات مهندسی، ان‌شاءالله، دیگر مباحث باقی مانده نیز هرچه زودتر در دسترس جامعه مهندسی کشور قرار گیرد.

مهندسان عزیز به اهمیت و تأثیر قابل ملاحظه وجود نظام کارآمدی برای اعمال این مقررات و کنترل اجرای آن و نظام صحیحی برای ترویج و فراگیر کردن استانداردها و کنترل کیفی تولید لوازم و مصالح ساختمانی و نظام توسعه آموزش و آزمون جهت تربیت و تعیین صلاحیت نیروی انسانی شاغل در بخش مهندسی ساختمان که از جمله ضرورتها و الزامات برای دستیابی به هدفهای "قانون نظام مهندسی ساختمان" و "مقررات ملی ساختمانی ایران" است به خوبی واقف‌اند و قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان نیز که به منظور:

- تقویت و توسعه فرهنگ و ارزشهای اسلامی در معماری و شهرسازی

- تنسيق امور مربوط به مشاغل و حرفه‌های فنی و مهندسی در بخش‌های

ساختمان و شهرسازی

- تأمین موجبات رشد و اعتلای مهندسی در کشور

- ارتقای دانش فنی صاحبان حرف در بخش مهندسی ساختمان

- وضع اصول و قواعد فنی و الزام به رعایت آنها در طراحی، محاسبه،

اجرا، بهره‌برداری و نگهداری ساختمانها به منظور اطمینان از ایمنی، بهداشت،

بهره‌دهی مناسب و آسایش و صرفه اقتصادی تهیه گردیده است. این اطمینان در

میان مهندسان و صاحبان حرفه‌های ساختمانی به وجود می‌آورد که با پشت گرمی،

به ایفای وظیفه‌ای که در توسعه و آبادانی کشور دارند مبادرت ورزند و از این

رهگذر، سهم خود در تحقق آرمانهای والای انقلاب را عینیت بخشند.

فرصت را مغتنم شمرده از همه کسانی که به نحوی در ترویج دانش فنی و

وضع مقررات مربوط به آن در کشور کوشش نموده یا از این پس سعی خواهند

نمود سپاسگزاری می‌نمایم و توفیق همگان را از خداوند بزرگ خواستارم.

عباس آخوندی

وزیر مسکن و شهرسازی

بسمه تعالی

مقدمه‌ای بر چاپ سوم:

استقبال جامعه مهندسی کشور از مباحث "مقررات ملی ساختمانی ایران" که تاکنون به چاپ رسیده و تجدید چاپ این مبحث و دیگر مباحث تدوین شده گواه این مدعاست، برای دفتر نظام مهندسی که مسئولیت این مهم به عهده اوست موجب نهایت خرسندی است که خوشبختانه، تجدید چاپ این مبحث که مقارن با طرح "قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان" در مجلس شورای اسلامی صورت می‌پذیرد، این امید را بارور می‌سازد که تنسيق امور مربوط به مشاغل و حرفه‌های فنی و مهندسی در بخش ساختمان و شهرسازی که آرزوی دیرین جامعه مهندسی کشور بوده است، در چهارچوب تشکلی قانونمند به بار بنشیند و مهندسان عزیز با اطمینان خاطر از حمایت‌های قانونی، به ایفای وظیفه‌ای که در توسعه و آبادانی کشور دارند اهتمام ورزند. ضمن آنکه دفتر نظام مهندسی نیز امیدوار است با تلاش پیگیر، دیگر مباحث باقی مانده از مجموعه مباحث "مقررات ملی ساختمانی ایران" را به سرعت در اختیار جامعه مهندسی کشور قرار دهد و از این طریق، زمینه گسترش و ترویج آن را در کشور هرچه بیشتر فراهم آورد.

شایان ذکر است: که "مقررات ملی ساختمانی ایران" به صورتی که تاکنون منتشر شده، دارای کاستیهایی است که این دفتر و دست اندرکاران تدوین آن، خود بدان معترف‌اند و از همین روی، از هر پیشنهاد و نظریه‌ای که در تکمیل آن به

کار آید صمیمانه استقبال می کنند. چراکه به جد بر این باورند که کوشش در جهت غنای محتوای "مقررات ملی ساختمانی ایران" مستلزم همکاری همه جانبه جامعه مهندسی کشور در انعکاس آرا و نظریاتی است که در مطالعه این مباحث ملاحظه می کنند و البته از تذکار آن به عنوان یک وظیفه ملی دریغ نخواهند ورزید.

سخن را، با امتنان از مساعی ارزشمند همه کسانی که تا بدین هنگام به نحوی در تدوین "مقررات ملی ساختمانی ایران" سهیم بوده اند به پایان می برم و از خداوند بزرگ برای همگان آرزوی توفیق می کنم.

رضا کیانزاد

مدیر کل دفتر نظامات مهندسی

متن تصویب‌نامه شماره ۹۳۶۴۸/ت ۹۱۱ مورخ ۶۸/۱۰/۱۳ هیئت وزیران

اکثریت وزرای عضو کمیسیون امور زیربنایی و صنعت هیئت دولت در جلسه مورخ ۱۳۷۰/۱۲/۱۸ با توجه به اختیارات تفویضی هیئت وزیران (موضوع تصویب‌نامه شماره ۹۳۶۴۸/ت ۹۱۱ مورخ ۱۳۶۸/۱۰/۱۳)، بنا به پیشنهاد شماره ۸/۱۰۰۱۸-۱/۹۳۷۱ مورخ ۱۳۷۰/۱۱/۷ وزارتخانه‌های مسکن و شهرسازی و وزارت کشور و به استناد ماده (۱۳) قانون نظام معماری و ساختمانی مصوب ۱۳۵۲ تصویب نمودند:

۱- مقررات ملی طرح و اجرای ساختمانهای فولادی از مجموعه مقررات ملی ساختمانی کشور به شرح پیوست تعیین می‌گردد. مهندسانی که طراحی، محاسبه، اجرا و نظارت ساختمانهای فولادی را به عهده دارند مکلفند در طراحی و اجرای ساختمانهایی که در حوزه شمول این مقررات و نیز در محدوده شهرهای مشمول تبصره (۲) ماده (۶) اصلاحی قانون نظام معماری و ساختمانی قرار دارند، ضوابط مندرج در آن را رعایت نمایند.

۲- سازمانهای نظام مهندسی ساختمان و تأسیسات استانها می‌توانند متناسب با امکانات، محدودیتها و ویژگیهای اجرایی، اقتصادی و اقلیمی شهرهای واقع در استان خود تعدیل یا تغییراتی را در مفاد مقررات ملی ساختمانی جهت اجرا در حوزه آن استان به وزارتخانه‌های مسکن و شهرسازی کشور پیشنهاد نمایند. این

گونه پیشنهادها با تصویب کمیسیون امور زیربنایی و صنعت هیأت دولت قابل اجرا می‌باشند.

۳- وزارتخانه‌های مسکن و شهرسازی و کشور می‌توانند به طور مشترک متناسب با تغییر در امکانات اجرایی و اقتصادی در سطح کشور نسبت به توسعه یا محدود کردن حوزه شمول مقررات ملی ساختمانی اتخاذ تصمیم نموده و به موقع اجرا گذارند.

۴- شهرداریهای شهرهای مشمول اجرای مقررات ملی ساختمانی در اجرای ماده (۱۴) قانون اصلاحی نظام معماری و ساختمانی مصوب ۱۳۵۶ چهار (۴) ماه پس از ابلاغ این مصوبه موظفند برای صدور جواز ساختمان، مالکان و مهندسان را ملزم به رعایت ضوابط مندرج در این "مقررات" نموده و مهندسان ناظر را مکلف به نظارت بر رعایت این مقررات حین اجرای ساختمان نمایند.

۵- وزرات مسکن و شهرسازی ظرف ۳ ماه از تاریخ ابلاغ این مصوبه چک لیستهای کنترل مقررات ملی ساختمانی موضوع این تصویب‌نامه را تهیه و جهت ارائه به مهندسان طراح، محاسب و ناظر در اختیار شهرداریهای مشمول اجرای مقررات ملی ساختمانی قرار خواهد داد.

۶- سازمان برنامه و بودجه و کلیه دستگاههای اجرایی لزوم رعایت مقررات ملی ساختمان را در قراردادهای مهندسان مشاور و پیمانکاران که از این پس منعقد خواهند کرد شرط نموده و کنترل رعایت ضوابط مندرج در این مقررات را از دستگاه نظارت خواهند خواست.

این تصویب‌نامه در تاریخ ۱۳۷۰/۱۲/۲۸ به تأیید مقام محترم ریاست

جمهوری رسیده است.

حسن حبیبی

معاون اول رئیس جمهور

هیئت تهیه کننده مقررات طرح و اجرای ساختمانهای فولادی

الف: کمیته تدوین مقررات ملی ساختمانی ایران:

سمت

۱. علی اکبر معین فر رئیس

۲. امانوئل اوهانجانیان عضو

۳. کامیز بهنیا عضو

۴. مصطفی توکلی عضو

۵. اصغر ساعدسمیعی عضو

۶. مهدی قالبیافان عضو

۷. محسن بهرام غفاری نماینده وزارت مسکن و شهرسازی

۸. محمد علی پنجه فولادگران نماینده وزارت کشور

۹. محمد علی تهرانیان نماینده وزارت کشور

ب: مسئول تهیه متن زمینه: آرک مگردیچیان

پ: هیئت بازبینی و کنترل:

۱. مصطفی توکلی

۲. مرتضی زاهدی

۳. شاپور طاحونی

۴. مهدی قالیبافیان

۵. ابوالقاسم کرامتی

۶. علی اکبر معین فر

ت: مسئول تهیه متن نهایی: شاپور طاحونی

ث: گروه کار وزارت مسکن و شهرسازی:

۱. شهلا فخارزاده

۲. تیمور منظوری

۳. رضا شمسی پور

ج: مسئول تهیه متن ضمیمه الف: شاهرخ مالک

فهرست

صفحه	عنوان
۱	۰-۱۰ کلیات
۱	۱-۰-۱۰ حدود کاربرد
۲	۲-۰-۱۰ انواع ساختمان
۴	۳-۰-۱۰ مصالح فولادی
۴	۴-۰-۱۰ بارهای محاسباتی
۷	۵-۰-۱۰ تششهای مجاز
۸	۶-۰-۱۰ تحلیل سازه‌ها
۸	۷-۰-۱۰ توجه به شرایط بهره‌برداری
۸	۸-۰-۱۰ مدارک طراحی و محاسبه
۸	۱-۸-۰-۱۰ نقشه‌های
۹	۲-۸-۰-۱۰ حروف و علائم و یادداشت‌های فنی
۱۰	۹-۰-۱۰ شکل‌پذیری
۱۱	۱-۱۰ طراحی بر اساس روشهای ارتجاعی
۱۱	۱-۱-۱۰ مبانی طرح و محاسبه
۱۱	۱-۱-۱-۱۰ کلیات
۱۱	۲-۱-۱-۱۰ پایداری
۱۲	۳-۱-۱-۱۰ قابهای بادبندی شده
۱۲	۴-۱-۱-۱۰ قابهای بادبندی نشده

- ۱۲ ۵-۱-۱-۱۰ نگهداری در مقابل دوران و غلت در تکیه گاه
- ۱۲ ۶-۱-۱-۱۰ دهانه‌های ساده تیرها
- ۱۳ ۷-۱-۱-۱۰ گیرداری در انتها
- ۱۳ ۸-۱-۱-۱۰ محدودیت ضریب لاغری
- ۱۳ ۹-۱-۱-۱۰ کماتش موضعی
- ۱۸ ۱۰-۱-۱-۱۰ اعضای با اتکای جانبی
- ۱۹ ۱۱-۱-۱-۱۰ مقاطع محاسباتی
- ۲۲ ۱۲-۱-۱-۱۰ محاسبه ابعاد تیرها و شاستیرها
- ۲۵ ۲-۱-۱۰ اعضای خمشی (تیرها)
- ۲۶ ۱-۲-۱-۱۰ تنشهای خمشی مجاز در نیمرخ I و ناودانی
- ۳۰ ۲-۲-۱-۱۰ تنشهای مجاز در خمش نسبت به محور ضعیف برای...
- ۳۲ ۳-۲-۱-۱۰ خمش در اعضای با مقطع قوطی، لوله...
- ۳۳ ۴-۲-۱-۱۰ تنشهای برشی مجاز
- ۳۴ ۵-۲-۱-۱۰ قطعات تقویتی عرضی...
- ۳۵ ۶-۲-۱-۱۰ مقاطع ساخته شده از چند نیمرخ
- ۳۶ ۷-۲-۱-۱۰ تیرهای مختلط
- ۴۹ ۳-۱-۱۰ تیرهای مرکب
- ۴۹ ۱-۳-۱-۱۰ محدودیتهای لاغری جان تیر
- ۵۰ ۲-۳-۱-۱۰ تنشهای خمشی مجاز
- ۵۱ ۳-۳-۱-۱۰ تنش برشی مجاز با توجه به میدان کشش

- ۵۱ ۱۰-۱-۳-۴ قطعات تقویتی عرضی ...
- ۵۴ ۱۰-۱-۳-۵ قطعات تقویتی موضوعی
- ۵۴ ۱۰-۱-۳-۶ اثر مشترک برش یا کشش
- ۵۷ ۱۰-۱-۴ اعضای کششی
- ۵۷ ۱۰-۱-۴-۱ تنشهای مجاز
- ۵۸ ۱۰-۱-۴-۲ اعضای مرکب (ساخته شده)
- ۵۹ ۱۰-۱-۴-۳ اعضایی که با پین متصل می شوند
- ۶۳ ۱۰-۱-۵ اعضای فشاری (ستون‌ها)
- ۶۳ ۱۰-۱-۵-۱ طول مؤثر و ضریب لاغری
- ۶۳ ۱۰-۱-۵-۲ تنشهای مجاز
- ۶۴ ۱۰-۱-۵-۳ کماتش خمشی-پیچشی
- ۶۵ ۱۰-۱-۵-۴ اعضای فشاری مرکب (ساخته شده)
- ۷۳ ۱۰-۱-۵-۵ اعضای فشاری با اتصال مفصلی و "پین"
- ۷۳ ۱۰-۱-۵-۶ برش در جان ستون‌ها
- ۷۵ ۱۰-۱-۶ ترکیب تنشها
- ۷۵ ۱۰-۱-۶-۱ فشار محوری و خمش
- ۷۸ ۱۰-۱-۶-۲ کشش محوری و خمش
- ۷۸ ۱۰-۱-۶-۳ ترکیب تنشهای صفحه‌ای
- ۸۱ ۱۰-۱-۷ اتصالات و وسایل اتصال
- ۸۱ ۱۰-۱-۷-۱ کلیات

- ۸۸ ۱-۱-۱-۲ اتصالات جوشی
- ۹۸ ۱-۱-۱-۳ پیچ و مهره، قطعات رزوه شده و پرچ
- ۱۰۸ ۱-۱-۱-۴ تنش مجاز در پارگی ناشی از برش
- ۱۰۸ ۱-۱-۱-۵ عناصر اتصال دهنده
- ۱۰۹ ۱-۱-۱-۶ لقمه‌ها (فیلرها)
- ۱۱۰ ۱-۱-۱-۷ وصله‌ها
- ۱۱۱ ۱-۱-۱-۸ تنشهای تماسی مجاز
- ۱۱۲ ۱-۱-۱-۹ کف ستون و فشار مستقیم بر بتن و...
- ۱۱۲ ۱-۱-۱-۱۰ میل مهارها
- ۱۱۵ ۱-۱-۱-۸ مسائل ویژه در طرح و محاسبه
- ۱۱۵ ۱-۱-۱-۸ جان و بالهای تیر در...
- ۱۲۳ ۱-۱-۱-۲ اثر پیچش
- ۱۲۳ ۱-۱-۱-۳ خستگی
- ۱۲۵ ۱-۱-۱-۹ توجه به شرایط بهره‌برداری در طرح و محاسبه
- ۱۲۵ ۱-۱-۱-۹ پیش‌خیز در تیرها
- ۱۲۶ ۱-۱-۱-۲ انبساط و انقباض حرارتی
- ۱۲۶ ۱-۱-۱-۳ تغییر شکل (افتادگی)، ارتعاش و...
- ۱۲۷ ۱-۱-۱-۴ فساد و خوردگی در فلز
- ۱۲۸ ۱-۱-۱-۵ حداقل ضخامت قطعات فولادی
- ۱۲۹ ۱-۱-۲ ساخت، نصب و کنترل نوع کار

- ۱۲۹ ۱-۲-۱۰ نقشه‌های کارگاهی
- ۱۲۹ ۲-۲-۱۰ ساخت
- ۱۲۹ ۱-۲-۲-۱۰ تعیبه خیز- خم کردن و...
- ۱۳۰ ۲-۲-۲-۱۰ برش گرمایی...
- ۱۳۰ ۳-۲-۲-۱۰ آماده کردن لبه‌ها
- ۱۳۱ ۴-۲-۲-۱۰ ساختمانهای با اتصال جوشی
- ۱۳۱ ۵-۲-۲-۱۰ ساختمانهای با پیچ‌های پرمقاومت
- ۱۳۲ ۶-۲-۲-۱۰ درزهای فشاری
- ۱۳۳ ۷-۲-۲-۱۰ رواداری ابعادی
- ۱۳۳ ۸-۲-۲-۱۰ تنظیم پای ستونها
- ۱۳۴ ۳-۲-۱۰ رنگ کارخانه‌ای برای محافظت
- ۱۳۴ ۱-۳-۲-۱۰ شرایط کلی
- ۱۳۴ ۲-۳-۲-۱۰ سطوح غیرقابل دسترس
- ۱۳۵ ۳-۳-۲-۱۰ سطوح تماس
- ۱۳۵ ۴-۳-۲-۱۰ سطوح صاف و آماده شده
- ۱۳۵ ۵-۳-۲-۱۰ سطوح مجاور جوش کارگاهی
- ۱۳۶ ۴-۲-۱۰ برپایی و نصب
- ۱۳۶ ۱-۴-۲-۱۰ میزان کردن پای ستونها
- ۱۳۶ ۲-۴-۲-۱۰ مهار
- ۱۳۶ ۳-۴-۲-۱۰ تنظیم کردن کار

- ۱۳۷ ۱-۲-۴-۴ جفت کردن درزهای فشاری در ستون‌ها
- ۱۳۷ ۱-۲-۴-۵ جوش کارگاهی
- ۱۳۷ ۱-۲-۴-۶ رنگ کارگاهی
- ۱۳۸ ۱-۲-۴-۷ اتصالات کارگاهی
- ۱۳۸ ۱-۲-۵ کنترل نوع کار
- ۱۳۸ ۱-۲-۵-۱ همکاری
- ۱۳۹ ۱-۲-۵-۲ مردود کردن کار
- ۱۳۹ ۱-۲-۵-۳ بررسی جوش‌ها
- ۱۳۹ ۱-۲-۵-۴ بررسی اتصالات اصطکاکی در پیچ‌های پرمقاومت
- ۱۳۹ ۱-۲-۵-۵ تعیین نوع فولاد
- ۱۴۱ ۱-۳-۱۰ طرح و محاسبه خمیری (پلاستیک)
- ۱۴۱ ۱-۳-۱۰ حدود کاربرد
- ۱۴۲ ۱-۳-۲ فولاد ساختمانی
- ۱۴۳ ۱-۳-۳-۱۰ مبنای تعیین حداکثر مقاومت
- ۱۴۳ ۱-۳-۳-۱۰ پایداری قابهای بادبندی شده
- ۱۴۳ ۱-۳-۳-۲ پایداری بدون بادبند
- ۱۴۵ ۱-۳-۴ ستون‌ها
- ۱۴۷ ۱-۳-۵ برش
- ۱۴۷ ۱-۳-۶ لهیدگی جان
- ۱۴۸ ۱-۳-۷ حداقل ضخامت...

- ۱۴۹ ۱۰-۳-۸ اتصالات
- ۱۵۰ ۱۰-۳-۹ مهار جانبی اعضا
- ۱۵۱ ۱۰-۳-۱۰ ساخت
- ۱۵۳ ضمیمه الف
- ۱۵۵ تیرهای لانه زنبوری
- ۱۵۶ الف) ۲ شکل روشهای آنالیز و طرح
- ۱۵۶ الف) ۲-۱ طرح و آنالیز الاستیک
- ۱۵۷ الف) ۲-۲ طرح و آنالیز پلاستیک
- ۱۵۸ الف) ۲-۳ طرح به روش حدی
- ۱۵۸ الف) ۳ جوش جان
- ۱۵۹ الف) ۳-۱-۲ طرح پلاستیک
- ۱۵۹ الف) ۴ کمانش جانبی-پیچشی
- ۱۶۰ الف) ۵ کمانش موضعی
- ۱۶۱ الف) ۶ لهیدگی جان
- ۱۶۱ الف) ۷ تغییر مکان
- ۱۶۱ الف) ۸ اثر خستگی
- ۱۶۲ الف) ۹ اثر نیروهای ناشی از زلزله و...
- ۱۶۲ الف) ۱۰ کنترل و تضمین کیفیت...

بسمه تعالی

مبحث دهم:

طرح و اجرای ساختمانهای فولادی

۰-۱۰ کلیات:

۱-۰-۱۰-۱ حدود کاربرد

"مقررات طرح، محاسبه و اجرای ساختمانهای فولادی" حداقل ضوابط و مقررات لازم را برای طرح، محاسبه و اجرای ساختمانی فولادی تعیین می‌کند و شامل دو روش طرح و محاسبه با تنش‌های مجاز (روش ارتجاعی) و طرح و محاسبه با روش مقاومت نهایی (روش خمیری) می‌باشد.

روش طراحی در حالت‌های حدی (روش ضریب بار و مقاومت) نیز برای طراحی و محاسبه قابل قبول است و در این خصوص تا زمانی تدوین و تصویب مقررات مربوط می‌توان یکی از آیین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی را مورد استفاده قرار داد.

کاربرد این مبحث در حدود ساختمانهای معمولی با کاربریهای مندرج در مجموعه مقررات ملی ساختمانی ایران می‌باشد و شامل سازه‌های خاص از قبیل پلهای جاده و راه آهن نیست.

مقررات مندرج در این مبحث باید توأم با معلومات و قضاوت مهندسی به کار رود.

۱۰-۰-۲ انواع ساختمان

در این مبحث سه گروه اصلی اسکلت ساختمانی و مفروضات محاسباتی مربوط به آنها ملاک طرح و محاسبه سازه‌ها قرار گرفته است.

هر یک از این گروه‌ها با مشخصاتی مختص خود، تعیین کننده ابعاد اعضای سازه و نوع و مقاومت اتصالات مربوط، می باشد.

گروه (۱) "قابهای خمشی" (قابهای یکسره) که در آنها فرض می شود اتصالات تیر و ستون به اندازه کافی صلب است به طوری که در تغییر شکل قاب، زاویه اولیه بین تیر و ستون ثابت باقی می ماند.

گروه (۲) "قابهای ساده" که در آنها فرض می شود اتصالات تیر و ستون بدون گیرداری است. در مورد بار قائم، اتصال انتهای تیرها و شاستیرها فقط برای انتقال برش تعبیه شده است و می تواند تحت اثر بار قائم، آزادانه دوران کند.

گروه (۳) "قابهای نیمه صلب" (انتهای قطعات دارای گیرداری نسبی) که در آنها فرض می شود اتصال انتهای تیرها و شاستیرها دارای ظرفیت خمشی به مقداری مشخص و قابل اطمینان، بین صلیبت گروه (۱) و انعطاف پذیری گروه (۲)، می باشد.

نوع گروه سازه‌ای باید در روی نقشه‌های محاسباتی قید شود و طراحی و محاسبه کلیه اتصالات در هر کدام از گروه‌های فوق، در جوابگویی به مفروضات مربوطه به آن گروه انجام شود.

استفاده از قابهای گروه (۱) در ساختمانها در همه حالتها مجاز است و دو روش برای محاسبه آن در نظر گرفته می‌شود. اعضای این گروه قابها را مجاز است طبق مقررات بخشهای ۱۰-۱ و ۱۰-۲ به روش تنش‌های مجاز، یا طبق مقررات بخش ۳ بر اساس مقاومت نهایی در مقابل بارهای قائم و یا جانبی طراحی و محاسبه کرد.

استفاده از قابهای گروه (۲) در ساختمانها در صورتی مجاز است که طراحی سازه به روش تنش‌های مجاز انجام شده و جوابگوی شرایط زیر باشد:

الف) دستگاه مقاوم در مقابل بار جانبی حاصل از باد یا زلزله^۱ (دهانه‌های بادبندی شده یا دیوارهای برشی و یا قابهای خمشی) برای ساختمان تعبیه شود و محاسبه نشان دهد که پایداری ساختمان و اعضای تشکیل دهنده آن در مقابل نیروهای جانبی در حدی قابل قبول می‌باشد.

ب) ظرفیت تیرها و شاهتیرها برای تحمل بر قائم با فرض تیر با تکیه‌گاه ساده، کافی باشد.

۱- مراعات محدودیت مربوط به ارتفاع و ویژگیهای دیگر طبق آیین‌نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد شماره ۲۸۰۰ ایران) الزامی است.

پ) اتصالات تیر و ستون ظرفیت کافی در دوران غیرارتجاعی داشته باشند تا تنشهای تولید شده در وسایل اتصال از قبیل پیچ، پرچ و جوش، تحت اثر حالت‌های مختلف بارگذاری، در حد مجاز باقی بماند.

استفاده از قاب‌های گروه (۳) در حالتی مجاز است که محاسبه‌ای مستدل نشان دهد که اتصالات نیمه صلب مفروض (به تنهایی و یا در ترکیب با دستگاه‌های بادبند و یا دیوارهای برشی) قادر است اثر مشترک بارهای قائم و جانبی (حاصل از باد یا زلزله) را در حد تنش‌های مجاز تحمل کند.

۱۰-۰-۳ مصالح فولادی

مصالح به کار رفته شامل نیمرخ‌ها، ورق‌ها، تسمه‌ها، میلگردها، پرچ‌ها، پیچ‌ها، واشرها، مهره‌ها، میل‌مهارها، الکترودها و... باید با استانداردهای ملی ایران مطابق باشد در صورتی که برای بعضی از مصالح، استاندارد ایران تهیه نشده باشد می‌توان یکی از استانداردهای معتبر بین‌المللی (ترجیحاً استاندارد ISO) را مورد استفاده قرار داد.

۱۰-۰-۴ بارهای محاسباتی

بارهای محاسباتی باید با مشخصات استانداردهای شماره ۵۱۹ و ۲۸۰۰ ایران مطابق باشد.

۱۰-۰-۴-۱ بار مرده به کار رفته در طرح و محاسبه باید شامل وزن کلیه اجزای ساختمان با احتساب اجزای فولادی و وسایل ثابت باشد.

۱۰-۰-۴-۲ بار زنده (سربار) باید شامل کلیه بارهای مؤثر اضافی که در نتیجه استفاده و بهره‌برداری از ساختمان بر آن تحمیل می‌شود، باشد. بارهای زنده به دو گروه تقسیم می‌شوند:

الف) سربارهای ساکن ولی قابل حرکت مانند اثاثیه منزل وسایل اداری و... یا بارهای زنده ولی با سرعت کم مانند وزن اشخاص، حیوانات و... که بارهای ایستا (استاتیک) نامیده می‌شوند.

ب) سربارهای متحرک با اثر جنبشی قابل توجه (بارهای ضربه‌ای) مانند ماشینها، آسانسورها، جراثقال‌ها و... در طرح و محاسبه سازه‌هایی که بارهای زنده دارای اثر ضربه را تحمل می‌کنند، بارهای یادشده را باید با ضریب ضربه مناسبی افزایش داد.

برای ضراب ضربه، در درجه اول اعداد ضربه مربوط به دستگاه بارگذارنده (در صورتی که به طور کتبی از طرف سازنده دستگاه موجود باشد) ملاک خواهد بود. در صورتی که چنین اعدادی موجود نباشد، باید حداقل افزایش بار زنده، مطابق با استاندارد شماره ۵۱۹ ایران را به عنوان ضریب ضربه در نظر گرفت.

در موارد ذیل باید ضریب ضربه و اثر دینامیک بار زنده منظور

شود:

۱. برای تکیه‌گاه آسانسورها.

۲. برای تیرها و اتصالات حامل جراثقال‌های متحرک بزرگ (ارابه با راننده) و بلندکننده‌های کوچک (با کابل فرمان دستی).

۳. برای تکیه‌گاه ماشین‌های دورانی، اعم از اینکه با موتور سرخود و یا محور محرک اتصالی کار کند.

۴. برای تکیه‌گاه ماشین‌های پیستونی با حرکت متناوب.

۵. برای اثر دینامیک وسایل نقلیه در پارکینگها و دیگر سطوح حرکت آنها.

۶. برای آویزهای کششی که کفها و یا بالکن‌هایی را تحمل می‌کنند.

۷. برای بارهای دینامیک دیگر در صورت وجود

۱۰-۰-۴-۳ نیروهای خارجی

نیروهای خارجی از عوامل طبیعی ناشی می‌شوند. مانند بارباد، باربرف و بارزلزله.

الف) بارباد

پیش‌بینی‌های لازم برای تشهایی که از باد در سازه تأثیر می‌کند، باید طبق استانداردهای معتبر ایران و یا آیین‌نامه‌های تصویب شده توسط مراجع

ملی باشد. اثر باد باید هم در دوره ساخت و نصب سازه و هم بعد از آن در نظر گرفته شود.

(ب) بارزلزله

اثر زلزله بر طبق استاندارد شماره ۲۸۰۰ ایران در نظر گرفته می شود. طراحی و محاسبه عناصر باربر و اتصالات آنها باید با توجه به شکل پذیری لازم در زلزله، انجام شود.

(پ) باربرف

شدت بار هموار گسترده معادل باربرف، با توجه به منطقه‌ای که سازه در آنجا واقع می شود، از استاندارد شماره ۵۱۹ ایران انتخاب می شود. در صورتی که استاندارد دیگری جایگزین آن گردید، آخرین استاندارد تثبیت شده توسط مراجع ملی مبنای انتخاب خواهد بود.

۱۰-۰-۴-۴ نیروهای پایداری

نیروهایی که برای جلوگیری از ناپایداری سازه مطابق ماده ۱۰-۱-۱-۲ به دست می آیند.

۱۰-۰-۵ تنش های مجاز

تمام عناصر سازه اعم از اتصالات و وسایل اتصال، باید طوری طراحی و محاسبه شوند که تحت اثر بارهای مفروض بهره‌برداری، تنش در آنها از مقادیر مجاز مندرج در فصلهای ۱۰-۱-۸ تا ۱۰-۱-۱۲ تجاوز نکند. مطلب یادشده برای روش خمیری صادق نیست و برای این روش باید از مقررات بخش ۱۰-۳ استفاده کرد.

۱۰-۰-۱ بارگذاری فوق‌العاده

در حالتی که اثر باد یا زلزله چه به تنهایی و چه در ترکیب با بارهای دیگر، در تنش‌ها منظور شده باشد، تنش‌های مجاز مربوط را می‌توان به میزان $\frac{1}{3}$ افزایش داد مشروط بر آنکه مقطع محاسبه شده به این طریق کمتر از مقدار لازم برای حالت ترکیبی بار مرده و بار زنده و اثر ضربه (در صورت وجود)، بدون منظور نمودن $\frac{1}{3}$ افزایش در تنش مجاز، نباشد.

در خصوص روش کار و محاسبه خمیری، مقررات بخش ۱۰-۳ تعیین‌کننده خواهد بود.

۱۰-۰-۶ تحلیل سازه‌ها

تنش‌های اجزاء، اتصالات و وسایل اتصال در سازه، برای بارهای مندرج در فصل ۱۰-۰-۴ باید توسط یکی از روشهای شناخته شده تحلیل دستگانه‌های سازه‌ای تعیین شود.

انتخاب روش تحلیل در اختیار مهندس محاسب می باشد.

۷-۰-۱۰ توجه به شرایط بهره برداری

بررسی سازه و اجزای تشکیل دهنده آن، همچنین اتصالات و وسایل اتصال، باید برای شرایط مندرج در فصل ۱۰-۱-۹ انجام شود.

۸-۰-۱۰ مدارک طراحی و محاسبه

۱-۸-۰-۱۰ نقشه ها

نقشه های سازه باید طرح کامل مقاطع، محل قرار گرفتن اعضای سازه نسبت به یکدیگر، تراز کفهای ساختمانی، محورهای ماربر مرکز ستونها، پیش آمدگی ها و پس نشستگی ها با اندازه های مربوط را شامل باشد.

در مدارک طراحی و محاسبه باید گروه یا گروه های سازه ای مفروض (طبق فصل ۱۰-۰-۲) نوشته شود. همچنین این مدارک باید حاوی اطلاعاتی در مورد مقادیر بارها، نیروهای برشی، لنگرهای خمشی و نیروهای محوری که توسط قطعات و اتصالات آنها تحمل می گردد باشد، به طوری که با مراجعه به آنها بتوان نقشه های اجرایی کارگاهی را تهیه کرد.

اگر استفاده از پیچ های با مقاومت زیاد، برای اتصالات مورد نظر باشد، مدارک طرح و محاسبه و نقشه ها باید نوع اتصال را از نظر طرز کار

کردن (اتصال اصطکاک‌ی، اتصال برشی معمولی (تماسی) و یا اتصال کششی) معین کند.

میزان پیش‌خیز^۱ در ساخت (در صورت لزوم) برای تیرها، شاه‌تیرها، خرپاها و نظایر آنها، باید روی مدارک محاسباتی و نقشه‌ها قید گردد.

۱۰-۸-۲ حروف و علائم و یادداشتهای فنی

در مدارک محاسباتی و نقشه‌ها باید از حروف و علائمی که به طور استاندارد از طرف مراجع ملی تعیین می‌شود، استفاده شود. در صورت ناکافی بودن آنها، استفاده از علائم دیگر به همراه توضیحات کافی به منظور جلوگیری از هرگونه اشتباه و سوء تعبیر احتمالی مجاز می‌باشد.

یادداشتهای فنی برای تفهیم روش کار و یا نتایج موردنظر باید روشن و منجز باشد. در اتصالاتی که برای کم کردن تنشهای پسماند و جوشکاری و جلوگیری از تاب برداشتن قطعات، باید از تکنیک و ترتیب خاصی و یا از تعداد عبور جوشکاری معینی پیروی شود، لازم‌الست آن روش دقیقاً در مدارک و نقشه‌ها توضیح داده شود.

۱۰-۰-۹ شکل‌پذیری

^۱- Gamber

ضوابط موجود در این مبحث، احتیاجات شکل‌پذیری متوسط در آیین‌نامه ۲۸۰۰ را تأمین می‌نماید و برای تأمین شکل‌پذیری زیاد، باید به آیین‌نامه‌های مخصوص مراجعه کرد.

۱-۱۰ طراحی بر اساس روش ارتجاعی

۱-۱-۱۰ مبانی طرح و محاسبه

۱-۱-۱-۱۰ کلیات

علاوه بر تأمین احتیاجات مربوط به مقاومت و صلیت اعضای سازه، قابها و سایر سازه‌های پیوسته و اتصالات آنها باید طوری طراحی و محاسبه شوند که دارای ظرفیت شکل‌پذیری لازم در برابر بارهای وارده باشند و در عین حال پایداری کلی آنها به طور مطمئن تأمین شده باشد.

۱-۱-۱-۲ پایداری

پایداری کلی دستگاه سازه و هر یک از اعضای فشاری تشکیل دهنده آن باید به طور مطمئن تأمین شود. همچنین باید به اثر اضافی بارها در سازه تغییر شکل یافته و یا هر کدام از عناصر آن توجهی خاص شود. بررسی پایداری دستگاه مقاوم در برابر بارهای جانبی شامل مطالعه اثر آنها در تیرها، شاهتیرها، ستونها، قطعات بادبندی، اتصالات و دیوارهای برشی، می‌باشد.

۱-۱-۱-۳ قابهای بادبندی شده

در دستگاههایی مانند خرپاها و قابهایی که در آنها پایداری جانبی با تکیه کردن بر دستگاه بادبندهای ضربداری، دیوارهای برشی و یا سازه مجاور (که دارای پایداری جانبی کافی است) تأمین می‌شود، ضریب طول مؤثر

(K) برای اعضای فشاری باید برابر یک و طول مؤثر (KL) برابر طول واقعی به حساب آید.

۱۰-۱-۱-۴ قابهای بادبندی نشده

قابهایی که در آنها پایداری جانبی تابع مقاومت و سختی خمشی اعضای قاب (تیرها و ستونهایی که با اتصالات صلب به یکدیگر متصل اند) می باشد، طول مؤثر (KL) اعضای فشاری باید با تجزیه و تحلیل وضع موجود تعیین شود و هیچگاه نباید کمتر از طول واقعی عضو در نظر گرفته شود.

۱۰-۱-۱-۵ نگهداری در مقابل دوران و غلت در تکیه گاه

تیرها، شاهتیرها و خرپاها باید در محل تکیه گاه خود در مقابل دوران و غلتیدن (حول محور طولی) به طور مطمئن نگهداری شوند.

۱۰-۱-۱-۶ دهانه های ساده تیرها

در تیرها و شاهتیرهایی که بر مبنای دهانه ساده طراحی و محاسبه می شوند، دهانه مؤثر برابر فاصله بین مراکز ثقل قطعاتی که عکس العمل تکیه گاه را به وجود می آورند، در نظر گرفته می شود.

۱۰-۱-۱-۷ گیرداری در انتها

در طراحی و محاسبه با فرض گیرداری کامل و یا جزئی در انتهای عضو، باید تیرها، شاهتیرها و خرپاهای مربوط و همچنین اعضای که این قطعات به آنها متصل می‌شوند را طوری محاسبه کرد که نیروهای برشی و لنگرهای خمشی و دیگر تلاشهای بوجود آمده نظیر، تنشهای مجاز معین شده را جوابگو باشد.

۱۰-۱-۱-۸ محدودیت ضریب لاغری

در اعضای که ملاک طراحی و محاسبه آنها نیروی فشاری است، ضریب لاغری ($\frac{KL}{r}$) نباید از ۲۰۰ تجاوز کند و اگر نیروی کششی ملاک است، ضریب لاغری ($\frac{L}{r}$) نباید از ۳۰۰ تجاوز کند.

اعضایی که برای تحمل کشش در سازه طرح شده‌اند ولی احتمالاً مقداری نیروی فشاری نیز بر آنها وارد خواهد شد، لازم نیست که محدودیت ضریب لاغری فشاری را تأمین کنند.

۱۰-۱-۱-۹ کماتش موضعی

الف) طبقه‌بندی مقاطع فولادی

مقاطع فولادی به سه گروه زیر تقسیم می‌شوند:

- مقاطع فشرده؛

- مقاطع غیرفشرده؛

- مقاطع با عناصر لاغر.

برای اینکه عضوی به عنوان مقطع فشرده به حساب آید، باید بالهای آن به صورت سرتاسری به جان (یا جانها) متصل باشد و نسبت پهنای آزاد به ضخامت در عناصر فشاری آن برحسب مورد از مقادیر جدول ۱ تجاوز نکند.

نسبت پهنای آزاد به ضخامت در عناصر فشاری مقاطع غیرفشرده نیز نباید از مقادیر مربوطه در جدول ۱ تجاوز کند.

اگر نسبت پهنای آزاد به ضخامت در هر یک از عناصر فشاری از مقادیر داده شده در جدول تجاوز کرد، مقطع به عنوان مقطعی با عناصر لاغر به حساب می آید.

(ب) پهنای آزاد عناصر با یک لبه متکی

پهنای آزاد b و یا d در عناصری که فقط در یک لبه در امتدادی موازی با نیروی فشاری نگهداری شده‌اند، به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱. برای بالهای نیمرخهای I و نیمرخ سپری (T)، b برابر نصف عرض بال.

۲. برای بالهای نیمرخ نبشی (L)، نیمرخ ناودانی (U) و نیمرخ دونبشی (Z)،

b برابر تمام عرض موجود.

۳. برای ورقها، عرض b عبارت است از فاصله لبه آزاد تا اولین ردیف

وسایل اتصال یا خط جوش.

۴. برای تیغه (جان) نیمرخ سپری (T)، پهنای d برابر ارتفاع کلی مقطع.

پ) پهناى آزاد عناصر با دو لبه متكى

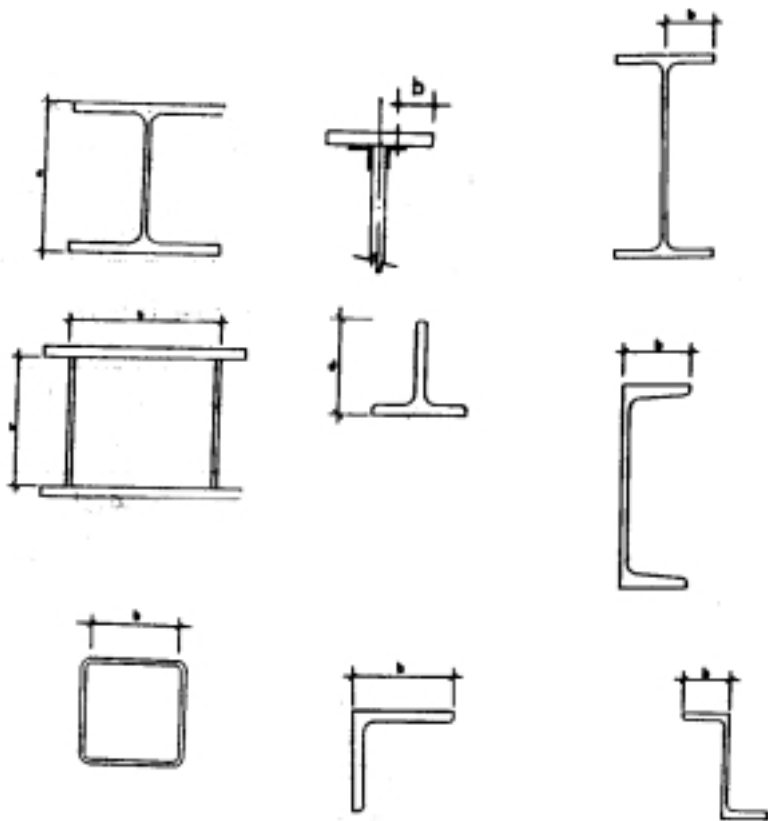
پهناى آزاد b يا d يا h در عناصرى كه در دو لبه در امتدادى موازى با نيروى فشارى نگهدارى شده‌اند، به شرح زير در نظر گرفته مى‌شود:

۱. براى جان نيمرخهاى نورد شده، d برابر ارتفاع كلّى مقطع.

۲. براى جان نيمرخهاى مركب (ساخته شده)، h برابر فاصله خالص بين بالهاى نيمرخ.

۳. براى ورقهاى بال در مقاطع ساخته شده پهناى b عبارت است از فاصله بين دو ردیف وسيله اتصال مجاور يا دو خط جوش مجاور.

۴. براى بالهاى نيمرخهاى چهارگوش توخالى (قوطى) پهناى b عبارت است از فاصله خالص دو جان منهای شعاع انحنای بين جان و بال در هر طرف. اگر اين شعاع انحنای مشخص نباشد مى‌توان پهناى كل منهای سه برابر پنخامت جان، را در نظر گرفت.



جدول ۱ محدودیت "پهنای آزاد به ضخامت" در عناصر فشاری.

حداکثر نسبت پهنای آزاد به ضخامت		پهنای به ضخامت	عضو تحت تنش
مقاطع غیر فشرده	مقاطع فشرده		

$\frac{795}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{545}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{b}{t}$	بالهای تیر نورد شده I و ناودانی در خمش
$\frac{795}{\sqrt{F_y / K_c}}$	$\frac{545}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{b}{t}$	بالهای تیر مرکب I (با اتصال جوش) در خمش
$\frac{635}{\sqrt{F_y}}$	کاربرد ندارد	$\frac{b}{t}$	عضو فشاری تک نبشی یا جفت نبشی با اتصال و لقمه‌هایی بین دو نیمرخ
$\frac{795}{\sqrt{F_y}}$	کاربرد ندارد	$\frac{b}{t}$	بالهای برجسته در عضو فشاری جفت نبشی در تماس سرتاسری با یکدیگر، تسمه‌ها یا نبشها که به طور برجسته بر تیر یا ستون قرار گیرند، قطعات تقویتی در تیرهای مرکب
$\frac{1065}{\sqrt{F_y}}$	کاربرد ندارد	$\frac{b}{t}$	تیغه (جان) نیمرخ سپری
$\frac{2655}{\sqrt{F_y}}$	کاربرد ندارد	$\frac{b}{t}$	پهنای آزاد در ورقهای تقویتی سوراخدار
$\frac{1995}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{1590}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{b}{t}$	ورقهای تقویتی روی بال تیر با دو خط اتصال در دولبه موازی، بالهای مقطع قوطی شکل (مربع یا مستطیل) با ضخامت ثابت جدار در خمش یا فشار
$\frac{2120}{\sqrt{F_y}}$	کاربرد ندارد	یا $\frac{b}{t}$ یا $\frac{h}{t}$	تمام عناصر دیگری که

			در دو لبه تحت اثر فشار یکنواخت نگهداری شده باشند	
	$\frac{5365}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{d}{t}$	جان قطعات تحت اثر	
$\frac{6370}{\sqrt{F_b}}$		$\frac{h}{t_w}$	فشار حاصل از خمش	
	برای حالت: $\frac{f_a}{F_y} \leq 0.16$ $\frac{5365}{\sqrt{F_b}} (1 - 3.74 \frac{f_a}{F_y})$	$\frac{d}{t_w}$	جان قطعات تحت اثر مشترک فشار حاصل از خمش و فشار محوری	
	برای حالت: $\frac{f_a}{F_y} > 0.16$ $\frac{2125}{\sqrt{F_b}}$			
$\frac{6370}{\sqrt{F_b}}$		$\frac{h}{t_w}$		
	$\frac{232 \times 10^3}{F_y}$	$\frac{D}{t}$	تحت فشار محوری	مقطع دایره‌ای
	$\frac{232 \times 10^3}{F_y}$	$\frac{D}{t}$	تحت خمش	تو خالی (لوله شکل)

در این جدول:

f_a = تنش فشاری موجود (kg/cm^2),

F_y = حد جاری شدن فولاد مصرفی (kg/cm^2),

F_b = تنش مجاز در خمش (kg/cm^2) و

D = قطر خارجی لوله می‌باشد.

$$\times \text{ اگر } \frac{h}{t} > 70 \text{ باشد، } K_c = \frac{4.05}{\left(\frac{h}{t}\right)0.46} \text{ و در غیر این صورت } K_c = 1.$$

توضیح: برای بالهای نیمرخهای نورد شده‌ای که شیب داشته باشند (یعنی ضخامت در آنها یکسان نباشد، مانند نیمرخ INP) ضخامت معادل، برابر ضخامت بال در نقطه مابین لبه بال و سطح جان در نظر گرفته می‌شود.

(ت) مقاطع با عناصر لاغر فشاری از به کار بردن مقاطع با عناصر لاغر (طبق تعریف بند ۱۰-۱-۱-۹-الف) در اعضایی که تحت اثر تنشهای فشاری قرار می‌گیرند باید خودداری شود، مگر برای جان تیرهای مرکب که در این صورت مقررات فصل ۱۰-۱-۳ تعیین کننده خواهد بود.

۱۰-۱-۱-۱۰ اعضای با اتکای جانبی اعضایی با اتکای جانبی تلقی می‌شوند که در آنها طول آزاد بال فشاری (L_b یا فاصله بین دو تکیه گاه جانبی) از کوچکترین مقدار L_c (حاصل از روابط زیر تجاوز نکند:

$$L_c = \frac{635b_f}{\sqrt{F_y}} \quad (1-1-10)$$

$$L_c = \frac{14 \times 10^5}{\left(\frac{d}{A_f}\right)F_y} \quad (2-1-10)$$

در این روابط:

$$L_c = \text{طول مهار نشده (cm)},$$

A_f, b_f = به ترتیب پهناهای کلی (cm) و سطح مقطع بال فشاری

(cm^2) و d = ارتفاع کلی نیمرخ (cm) می‌باشد.

۱۰-۱-۱۱ مقاطع محاسباتی

الف) سطح مقطع کلی

سطح مقطع کلی عضو (A_g) برابر با مجموع سطح مقطعهای اجزای آن و سطح مقطع هر جزء، برابر با حاصل ضرب پهناهای کلی در ضخامت آن می‌باشد. برای نیمرخ نبشی پهناهای کلی عبارت است از مجموع پهناهای دو بال منهای ضخامت بال.

ب) سطح مقطع خالص

سطح مقطع خالص عضو (A_n) برابر با مجموع حاصل ضربهای پهناهای خالص اجزا در ضخامت مربوط می‌باشد. پهناهای خالص عبارت است از پهناهای کلی منهای قطر سوراخهای عضو که به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱. قطر سوراخ پیچ و پرچ به مقدار $1/5$ میلیمتر بزرگتر از قطر اسمی سوراخ به حساب می‌آید.

۲. اگر سوراخهای متعدد به شکل زنجیره (به صورت قطری با زیگزاگ) در مسیر مقطع بحرانی احتمالی قرار داشته باشند، برای محاسبه پهنای خالص باید از پهنای کلی مورد بررسی، مجموع قطرهای مسیر زنجیره را کم و به آن برای هر ردیف سوراخ در زنجیره، یک مرتبه جمله $\frac{S^2}{4g}$ را اضافه کرد.

که در آن:

S عبارت است از فواصل مرکز به سوراخها در امتداد طولی (گام طولی).

g عبارت است از فاصله مرکز به مرکز ردیفهای طولی (گام عرضی).

در نیمرخ نبشی گام عرضی برای سوراخهای واقع در روی دو بال متعادل، عبارت خواهد بود از جمع فواصل سوراخها تا پشت نبشی منهای ضخامت آن.

مقطع بحرانی، مقطعی است که سوراخهای مسیر زنجیره مربوط، حداقل پهنای خالص را به دست دهد.

پ) سطح مقطع مؤثر

۱. در صورتی که بار به صورت مستقیم، توسط وسایل اتصال، به هریک از عناصر تشکیل دهنده مقطع منتقل شود، سطح مقطع مؤثر (A_e) برابر سطح مقطع خالص (A_n) در نظر گرفته می شود.

۲. اگر بار توسط پیچ یا پرچ به قسمتی از عناصر تشکیل دهنده مقطع (و نه تمام آن) منتقل شود، سطح مقطع مؤثر از رابطه زیر به دست می آید:

$$A_e = U \cdot A_n \quad (10-1-3)$$

که در آن: A_n = سطح مقطع خالص عضو، و

U = ضریب کاهش دهنده است.

۳. اگر بار توسط اتصال جوشی به قسمتی از عناصر تشکیل دهنده مقطع (و نه تمام آن) منتقل شود، سطح مقطع مؤثر از رابطه زیر به دست می آید:

$$A_e = U \cdot A_g \quad (10-1-4)$$

که در آن:

A_g = سطح مقطع کلی می باشد.

مقدار ضریب U باید به شرح زیر در نظر گرفته شود مگر اینکه نتایج آزمایش و سوابق تجربی دیگری، استفاده از ضریب بزرگتری را موجه کند.

الف) برای نیمرخهای I نورد شده و سپری (T) بریده شده از آنها و مقاطع مرکب ساخته شده، در اتصالات جوشی، پیچی یا پرچی در صورتی که حداقل سه اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد: U

$$= 0.85$$

ب) در تمام اعضای با اتصال پیچی و یا پرچی که فقط دو وسیله اتصال

در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد: $U = 0.75$

پ) در اتصالات تسمه و ورق که با جوشهای طولی در دو لبه موازی (در

انتهای قطعه) متصل اند، طول جوشها نباید از فاصله عمودی بین آنها

(پهنای تسمه) کمتر باشد و سطح مقطع مؤثر (A_e) باید طبق رابطه (۱۰-۱-

۴) با ضریب U به شرح زیر به دست آید:

و اگر $1.5W > L > W$ آنگاه $U = 0.75$

و اگر $2W > L > 1.5W$ آنگاه $U = 0.87$

و اگر $L > 2W$ آنگاه $U = 1.00$

که در آن:

$L =$ طول جوش و

$W =$ پهنای ورق (تسمه) (فاصله بین خطوط جوش) است.

اتصالات پیچی و یا پرچی در وصله قطعات، در ورقهای اتصال

خرپاها و یا اتصالات شکل دیگر، که تحت اثر نیروی کششی قرار

می گیرند باید مطابق با ماده ۱۰-۱-۴-۱ طرح و محاسبه شوند و در آنها

سطح مقطع مؤثر ملاک محاسبه می باشد، مشروط بر آنکه از نظر

محاسباتی این سطح (سطح مقطع مؤثر) بزرگتر از ۸۵ درصد سطح مقطع

کل به حساب نیاید.

۱۰-۱-۱-۱۲ محاسبه ابعاد تیرها و شاهتیرها

ابعاد لازم برای نیمرخهای نورد شده و یا ساخته شده، تیرهای مرکب (تیرورق) با اتصال جوشی و همچنین نیمرخهای تقویت شده با ورق در روی بالها، به طور کلی با محاسبه ممان اینرسی مقطع کل تعیین می شود.

فرض می شود که وجود سوراخهای پیچ و پرچ (چه کارخانهای و چه کارگاهی) در بالها از ممان اینرسی نمی کاهد مگر در حالتی که نسبت سطح مقطع خالص به سطح مقطع کل بال $(\frac{A_{fn}}{A_{fg}})$ از مقدار رابطه (۵-۱-۱۰) کمتر گردد.

$$\frac{F_y}{15000} + 0.69 \quad (5-1-10)$$

$F_y =$ تنش جاری شدن (kg/cm^2)

در این صورت باید مشخصات خمشی عضو با در نظر داشتن سطح مقطع خالص بال کششی نیز محاسبه شود.

بالهای تیرها و شاهتیرها ممکن است با ضخامت و یا با پهنای متغیر ساخته شوند. این کار ممکن است با اتصال تعدادی ورق با ضخامت و یا پهنای مختلف دنبال هم و یا ورقهای تقویتی روی هم، صورت گرفته باشد.

مجموع سطح مقطعهای ورقهای تقویتی در تیرهای مرکب با اتصال پیچ و یا پرچ نباید از ۷۰ درصد سطح مقطع کل بال تجاوز کند.

پیچهای پر مقاومت، پرچ و یا جوش که بال و جان تیر را به یکدیگر و یا ورقهای تقویتی را به بال اتصال می دهد، باید در مقابل برش افقی کل ناشی از نیروهای خمشی وارده بر تیر، محاسبه شود. طرز توزیع این پیچها، پرچها و یا تکه های جوش در طول تیر باید با شدت برش در طول آن متناسب باشد. فواصل این اتصالات در طول، باید با مقادیر مجازی که در ماده های ۱۰-۱-۵-۴ و ۱۰-۱-۴-۲ برای عضو فشاری یا عضو کششی معین شده، مطابق باشد و همچنین محدودیتهای مربوط به جوش گوشه، با بند ۱۰-۱-۷-۲-ب مطابق باشد.

پیچها، پرچها و یا جوشهایی که بال و جان را به هم اتصال می دهد باید طوری محاسبه شوند که قادر باشند بارهای مستقیم بر روی بال را نیز به جان تیر انتقال دهند، مگر اینکه پیش بینی شده باشد که چنین بارهایی مستقیماً به وسیله قطعات فشاری تقویتی منتقل شوند.

ورقهای تقویتی که در تمام طول تیر ادامه ندارند، باید بعد از نقطه تئوریک قطع، قدری ادامه یابند به طوری که در این طول اضافی اتصال کامل بین ورق و بال برقرار باشد. اتصال در این قسمت باید قادر باشد که در حد تنش مجاز نظیر (که در بندهای ۱۰-۱-۷-۲-ت، ۱۰-۱-۷-۳-ت و ۱۰-۱-۸-۱-ت آمده است)، با نیروی حاصل از خمش سهم ورق تقویتی در نقطه تئوریک قطع ورق، مقابله کند.

علاوه بر این در تیرهای مرکب (تیر ورقها) با اتصال جوشی، جوشهایی که انتهای ورق تقویتی قطع شده را در طول a به تیر متصل می‌کند، باید شرایط زیر را برآورده کند:

۱. جوشهای به طول a باید کافی باشد تا در حد تنش مجاز نظیر بتواند با نیروی حاصل از خمش سهم ورق تقویتی که در نقطه‌ای به فاصله a از انتهای ورق تقویتی به وجود می‌آید، مقابله کند.

۲. طول a که از انتهای ورق تقویتی اندازه‌گیری می‌شود باید برابر باشد با: الف) پهنای ورق تقویتی، در حالتی که جوش اتصال (ورق تقویتی به تیر)، پیوسته و بعد آن حداقل $\frac{3}{4}$ ضخامت ورق تقویتی باشد و در دو لبه طرفین ورق تقویتی (در انتهای ورق) اجرا شود.

ب) یک و نیم ($1/5$) برابر پهنای ورق تقویتی، در حالتی که بعد جوش پیوسته در دو لبه طرفین ورق (در انتهای آن) کمتر از $\frac{3}{4}$ ضخامت ورق تقویتی باشد.

پ) دو برابر پهنای ورق تقویتی، در حالتی که جوش پیوسته فقط در دو لبه طرفین ورق (به طول a) وجود دارد و در لبه انتهایی جوشی اجرا نمی‌شود.

۱۰-۱-۲ اعضای خمشی (تیرها)

این فصل مربوط است به تیرهایی از نیمرخهای نورد شده، مقاطع مرکب ساخته شده که یک یا دو محور تقارن داشته باشند و در صفحه تقارن بارگذاری شوند و همچنین نیمرخهای ناودانی که در صفحه ماربر مرکز برش موازی جان ناودانی بارگذاری شوند و یا در مقابل پیچش در محل نقطه اثر بار و تکیه گاهها نگهداری شده باشند.

تیرها و شاهتیرهای مرکب (تیر ورقها و تیرهای جعبه‌ای) برحسب لاغری جان از هم متمایز می‌شوند. اگر نسبت ارتفاع آزاد جان (بین دو بال) به ضخامت آن $(\frac{h}{t_w})$ از $\frac{6370}{\sqrt{F_b}}$ بزرگتر باشد، تنش مجاز در خمش مطابق با اعداد فصل ۱۰-۱-۳ در نظر گرفته می‌شود (F_b تنش مجاز در محاسبه خمش بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می‌باشد، نسبت اخیر برای فولاد نرمه با $F_b = 1400 \text{ kg/cm}^2$ در حدود ۱۷۰ است).

تنشهای برشی محاز و محدودیت‌های مربوط به قطعات تقویتی جان نیز در همین فصل تعیین می‌شود مگر حالتی که در نظر باشد از عمل میدان کششی استفاده شود که در این صورت تنشهای برشی مجاز بای مطابق با فصل ۱۰-۱-۳ تعیین شود.

برای اعضای تحت اثر خمش و نیروی محوری به فصل ۱۰-۱-۶

مراجعه شود.

۱۰-۱-۲-۱ تنشهای خمشی مجاز در نیمرخ I و ناودانی

الف) اعضای با مقطع فشرده، دارای تکیه گاه جانبی

اعضای با مقطع فشرده (به ترتیبی که در بند ۱۰-۱-۱-۹-الف تعیین شد) که نسبت به محور ضعیف خود متقارن باشند و در صفحه‌ای ماربر این محور بارگذاری شوند و شرایط تیر با تکیه گاه جانبی مطابق با ماده ۱۰-۱-۱۰-۱ را نیز داشته باشند، تنش مجازشان از رابطه (۱۰-۲-۱۰) تعیین می‌شود:

$$F_b = 0.66F_y \quad (10-2-10)$$

که در آن F_y حد جاری شدن فولاد است. اعضایی که شرایط مقطع فشرده با نگهداری جانبی دارند و در تکیه گاه مانند تیر سرتاسری ادامه می‌یابند، یا با اتصال صلب به ستون متصل‌اند و به صورت عضوی از قاب صلب کار می‌کنند، درحالی که لنگر حداکثر در محل تکیه گاه به وجود آید، می‌توان آنها را برای تحمل $\frac{9}{10}$ لنگر منفی مربوط به بارهای قائم محاسبه کرد مشروط بر اینکه در چنین عضوی لنگر مثبت میان دهانه را به مقدار ۱۰ درصد میانگین لنگرهای منفی دوسر، افزایش داد.

مطلب یاد شده برای تیرهای طره‌ای صادق نیست.

اگر لنگر منفی به ستونی منتقل می‌شود که با اتصال صلب به تیر متصل است، کاهش آن در محاسبه ستون برای اثر مشترک بار محوری و

لنگر خمشی مجاز است، مشروط بر آنکه تنش فشاری (f_a) در عضو، مربوط به محوری نظیر، از $0.15F_a$ تجاوز نکند. (F_a تنش محوری مجاز در حالت مربوط می باشد).

ب) اعضای با مقطع غیر فشرده

اعضایی که واجد شرایط بند ۱۰-۱-۲-۱-الف باشند ولی شرط مقطع فشرده را نداشته باشند (به استثنای مقاطع مرکب ساخته شده)، تنش مجازشان از رابطه (۱۰-۲-۲) تعیین می شود:

$$F_b = 0.60 F_y \quad (10-2-2)$$

پ) مقاطع فشرده و غیر فشرده فاقد شرط تکیه گاه جانبی

برای اعضای خمشی با مقطع فشرده و یا غیر فشرده (مندرج در بند ۱۰-۱-۹-الف) که طول آزاد (نگهداری نشده) آنها در منطقه فشاری بیش از مقدار L_c (که در ماده ۱۰-۱-۱-۱۰ مشخص شد) باشد، تنش کششی مجاز در خمش طبق رابطه (۱۰-۲-۲) تعیین می شود.

در این اعضا که یک محور تقارن منطبق بر جان داشته باشند و در امتداد جان بارگذاری شوند، تنش فشاری مجاز در خمش بزرگترین مقدار حاصل از روابط (۱۰-۲-۳) یا (۱۰-۲-۴) و (۱۰-۲-۵) بر حسب مورد، می باشد که در هر حال نباید از $0.6 F_y$ تجاوز کند. رابطه (۱۰-۲-۵) فقط در حالتی صادق است که بال فشاری به صورت پر و سرتاسری و شکل مقطع آن تقریباً مستطیل باشد و مساحت آن کمتر از بال کششی نباشد.

به طور کلی تنشها نباید از مقادیر مجاز مندرج در فصل ۱۰-۱-۳ (در صورت صادق بودن) نیز تجاوز کند.

برای مقاطع ناودانی که نسبت به محور قوی خود تحت خمش قرار گیرند، تنش مجاز از رابطه (۱۰-۲-۵) تعیین می شود.
اگر:

$$\sqrt{\frac{72 \times 10^5 C_b}{F_y}} \leq \frac{L}{r_T} < \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}}$$

در این صورت:

$$F_b = \left| \frac{2}{3} - \frac{F_y \left(\frac{L}{r_T}\right)^2}{1075 \times 10^5 C_b} \right| F_y \leq 0.6 F_y \quad (3-2-10)$$

اگر:

$$\frac{L}{r_T} \geq \sqrt{\frac{360 \times 10^5 C_b}{F_y}}$$

در این صورت:

$$F_b = \frac{120 \times 10^5 C_b}{\left(\frac{L}{r_T}\right)^2} \leq 0.6 F_y \quad (4-2-10)$$

و به طور کلی برای تمام مقادیر $\frac{L}{r_T}$:

$$F_b = \frac{840000 C_b}{\frac{Ld}{A_f}} \leq 0.60 F_y \quad (5-2-10)$$

که در آن:

$$F_y = \text{حد جاری شدن فولاد تیر (kg/cm}^2\text{)}$$

$L =$ فاصله تکیه گاههایی که از تغییر مکان جانبی و یا پیچیدن بال فشاری جلوگیری می کنند (cm).

برای تیر طره ای که فقط در محاذات تکیه گاه به طور جانبی نگهداری شده باشد، می توان L را برابر طول طره در نظر گرفت.

$$F_T = \text{شعاع ژیراسیون مقطعی شامل مجموع بال فشاری و } \frac{1}{3} \text{ منطقه}$$

فشاری جان می باشد که نسبت به محور مار بر جان تیر محاسبه می شود (cm). r_T را می توان مساوی $1.2r_y$ در نظر گرفت که r_y شعاع ژیراسیون مقطع نسبت محور ضعیف است.

$$A_f = \text{سطح مقطع بال فشاری (cm}^2\text{)},$$

$C_b =$ ضریبی است که از رابطه (۶-۲-۱۰) تعیین می شود:

$$C_b = 1.75 + 1.05 \frac{M_1}{M_2} + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 \quad (6-2-10)$$

در هر حال بیشینه مقدار C_b برابر 2.3 می باشد.

در رابطه (۶-۲-۱۰) M_1 لنگر کوچکتر و M_2 لنگر بزرگتر در انتهای طول آزاد (بدون تکیه گاه جانبی) است که نسبت به محور قوی مقطع در نظر گرفته می شود. در حالتی که M_1 و M_2 هم علامت اند^۱ (انحنای

^۱ - منظور از علامتهای موافق و مخالف عقربه های ساعت است.

مضاعف^۱)، نسبت $\frac{M_1}{M_2}$ مثبت و در حالتی که M_1 و M_2 علامتهای مخالف

دارند (انحنای ساده^۲)، این نسبت منفی به حساب می آید.

اگر لنگر خمشی در بین دو انتهای طول آزاد، مقداری بزرگتر از

لنگرهای دو انتها را به خود بگیرد، ضریب C_b برابر یک محسوب می شود.

وقتی که مقدار F_{bx} و F_{by} برای به کار بردن در رابطه (۱۰-۶-۱)

محاسبه می شوند، می توان C_b را برای قابهایی که انتقال جانبی در آنها آزاد

است، از رابطه (۱۰-۲-۶) محاسبه کرد و برای قابهایی که از انتقال جانبی

آنها جلوگیری شده است، C_b را برابر یک در نظر گرفت.

در تیرهای طره‌ای می توان C_b را برابر یک به حساب آورد.

محدودیت‌های این بند برای مقاطع سپری که تیغه آنها در جایی از

طول عضو، تحت اثر تنش فشاری قرار گیرد، صادق نیست.

۱۰-۱-۲-۲-۱-۱۰ تنشهای مجاز در خمش نسبت به محور ضعیف برای اعضای

با مقطع I، تسمه‌ها و ورقهای مستطیلی

برای اعضای که در اثر بارگذاری در صفحه ماربر مرکز برش و نسبت به

محور ضعیف تحت اثر خمش قرار می گیرند یا اعضای که نسبت به دو

1 - Reverse curvature bending

2 - Single curvature bending

محور اصلی خود دارای ۱ مقاومت یکسان می‌باشند، مهار جانبی لازم نیست.

الف) اعضای با مقطع فشرده

اعضایی که دو محور تقارن در مقطع دارند (مثل I و H) و بالهای آنها شرایط مقطع فشرده (طبق بند ۱۰-۱-۱-۹-الف) را داشته و به طور سرتاسری به جان متصل باشد و تحت اثر خمش نسبت به محور ضعیف خود قرار گیرد، همچنین مقاطع توپر دایره، مربع (چهارگوش) و مربع مستطیل تحت اثر خمش نسبت به محور ضعیف مقطع، تنش مجازشان از رابطه (۷-۲-۱۰) تعیین می‌شود:

$$F_b = 0.75 F_y \quad (7-2-10)$$

ب) اعضای با مقطع غیر فشرده

اعضایی که محدودیتهای مقطع فشرده را (طبق بند ۱۰-۱-۱-۹-الف) برآورده نکنند و در ماده ۱۰-۱-۲-۳ هم ذکر نشده باشند، اگر تحت اثر خمش نسبت به محور ثانوی خود قرار گیرند، تنش مجازشان از رابطه (۸-۲-۱۰) تعیین می‌شود:

$$F_b = 0.60 F_y \quad (8-2-10)$$

در مقاطع با تقارن در دو جهت مانند I و H که نسبت به محور ضعیف خود تحت خمش قرار گیرند، در صورتی که بال آنها شرایط مقطع فشرده (بند ۱۰-۱-۱-۹-الف) را احراز نکند و اتصال جان و بال به

صورت سرتاسری باشد، میتوان محاسبه را بر اساس تنش مجاز حاصل از رابطه (۹-۲-۱۰) انجام داد:

$$F_b = F_y [1.075 - 0.0006 \left(\frac{b_f}{2t_f} \right) \sqrt{F_y}] \quad (9-2-10)$$

$$\left(\frac{b_f}{2t_f} \right) < \frac{795}{\sqrt{F_y}} \quad (\text{به شرط اینکه})$$

۱۰-۱-۲-۳ خمش در اعضای با مقطع قوطی، لوله با مقطع مستطیلی و دایره‌ای

الف) اعضای با مقطع فشرده

برای اعضای که شرایط مقطع فشرده را طبق بند ۱۰-۱-۱-۹-الف دارا باشند و نسبت به محور قوی یا ضعیف خود تحت خمش قرار گیرند، تنش مجاز طبق رابطه (۱۰-۲-۱۰) تعیین می‌شود:

$$F_b = 0.66 F_y \quad (10-2-10)$$

برای اینکه اعضای با مقطع قوطی به عنوان عضو با مقطع فشرده در نظر گرفته شوند باید علاوه بر داشتن شرایط بند ۱۰-۱-۱-۹-الف محدودیتهای زیر را نیز تأمین کنند:

۱. ارتفاع کلی نیمرخ از ۶ برابر پهنای مقطع بزرگتر نباشد.
۲. ضخامت بال از دو برابر ضخامت جان بیشتر نباشد.
۳. طول آزاد (مهارنشده) L_b در آن کمتر یا برابر مقدار L_c از رابطه (۱۰-۲-۱۱) باشد:

$$L_c = 10^3 \left(137 + 84 \frac{M_1}{M_2} \right) \frac{b}{F_y} \quad (11-2-10)$$

لزومی ندارد که از $84 \times 10^3 \frac{b}{F_y}$ کمتر باشد) در این رابطه b عرض بال بر

حسب سانتیمتر و F_y تنش جاری شدن بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. M_1 و M_2 به ترتیب لنگرهای کوچک و بزرگ در دوسر طول مهار نشده است که نسبت به محور قوی مقطع در نظر گرفته می شود. نسبت

وقتی مثبت است که M_1 و M_2 هم علامت (انحنای مضاعف) و منفی

است وقتی که دو لنگر علامتهای مخالف دارند (انحنای ساده).

ب) اعضای با مقطع غیرفشرده

برای اعضای خمشی با مقطع قوطی و لوله که شرایط مقطع غیرفشرده را داشته باشند، تنش مجاز از رابطه (11-2-10) به دست می آید:

$$F_b = 0.60 F_y \quad (12-2-10)$$

مقاطع قوطی که در آنها ارتفاع مقطع کمتر از ۶ برابر پهنا باشد، به

مهارجانبی احتیاجی ندارند.

برای مقاطع قوطی با نسبت ارتفاع به پهنای بزرگتر، مهار لازم باید

با تجزیه و تحلیل خاص مربوط به آن حالت تعیین شود.

۱۰-۱-۲-۴ تنشهای برشی مجاز

اگر $\frac{h}{t_w} \leq \frac{3185}{\sqrt{F_y}}$ باشد، برای سطح مقطعی که از حاصل ضرب ارتفاع

کلی نیمرخ در ضخامت جان به دست می آید، تنش برشی مجاز عبارت است از:

$$F_v = 0.40 F_y \quad (10-2-13)$$

در صورتی که $\frac{h}{t_w} > \frac{3185}{\sqrt{F_y}}$ باشد، برای سطح مقطع حاصل ضرب ارتفاع

جان (فاصله خالص بین بالها) در ضخامت جان، تنش برشی مجاز عبارت است از:

$$F_v = \frac{F_y}{2.89} (C_v) \leq 0.40 F_y \quad (10-2-14)$$

که در آن:

$$C_v = \frac{315 \times 10^4 K_v}{F_y \left(\frac{h}{t_w}\right)^2} \quad (\text{برای } C_v \leq 0.8)$$

$$C_v = \frac{1600}{\left(\frac{h}{t_w}\right)} \sqrt{\frac{K_v}{F_y}} \quad (\text{برای } C_v > 0.8)$$

F_y بر حسب $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

K_v به کمک یکی از روابط زیر (بسته به مقدار $\frac{a}{h}$) به دست

می آید:

$$K_v = 4.00 + \frac{5.34}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad \text{اگر } \frac{a}{h} < 1 \text{ باشد:}$$

$$K_v = 5.34 + \frac{4.00}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad \text{اگر } \frac{a}{h} \geq 1 \text{ باشد:}$$

در روابط قبل:

$$t_w = \text{ضخامت جان (cm)}$$

$a =$ فاصله خالص بین قطعات تقویتی جان (در امتداد طول تیر)

(cm).

$h =$ ارتفاع آزاد جان (فاصله خالص بین بالهای تیر) (cm).

روش دیگر محاسبه برای تیرهای مرکب که در آن از عمل میدان

کششی استفاده می شود در فصل ۱۰-۱-۳ داده شده است.

۱۰-۱-۲-۵ قطعات تقویتی عرضی (سخت کننده های عرضی - پشت بندها)

اگر نسبت $\frac{h}{t_w}$ از ۲۶۰ تجاوز کند و تنش برشی حداکثر جان

(f_v) از مقدار تعیین شده با رابطه (۱۰-۲-۱۴) بزرگتر باشد، باید قطعات

تقویتی جان به کار رود.

فواصل این قطعات تقویتی باید طوری انتخاب شود که تنش

برشی در جان از مقدار F_v که از رابطه (۱۰-۲-۱۴) یا (۱۰-۳-۴) به دست

می آید تجاوز نکند و شرط رابطه (۱۰-۲-۱۵) هم برآورده شود:

$$\frac{a}{h} \leq \left[\frac{260}{\left(\frac{h}{t_w}\right)} \right]^2 \quad (10-2-10)$$

و همچنین $\frac{a}{h} < 3$ باشد.

۱۰-۱-۲-۶ مقاطع ساخته شده از چند نیمرخ

اگر از دو یا چند نیمرخ نورد شده یا ناودانی برای ساختن یک تیر خمشی استفاده شود، باید آنها را در فواصلی به یکدیگر متصل کرد که حداکثر این فواصل نباید از ۱/۵ متر تجاوز کند.

به کار بردن پیچ و مهره یا میل مهار با قطعات جداکننده بین دو نیمرخ (مانند قطعات لوله)، مجاز است مشروط بر آنکه برای تیرهایی که ارتفاع مقطع آنها ۳۰ سانتیمتر و یا بیشتر است، در هر مقطع اتصال کمتر از دو پیچ به کار نرود.

برای انتقال بارهای متمرکز از یک نیمرخ به نیمرخ دیگر و یا تقسیم بارهای متمرکز بین تیرها، باید دیافراگمهایی با سختی و صلبیت کافی را طوری تعبیه کرد که توزیع بار عملی باشد. در اتصال دیافراگمها به تیرها می توان از پیچ، پرچ و یا جوش استفاده کرد.

۱۰-۱-۲-۷ تیرهای مختلط

این بخش به طراحی تیرهای فولادی مربوط می‌شود که دال بتن مسطح متکی به آنها، طوری به تیر یکپارچه شده است که تیر فولادی و دال در مقابل خمش با هم عمل می‌نمایند. تیرهای مختلط با دهانه‌های ساده و یکسره با برشگیرها و یا تیرهای محاط در بتن که با و یا بدون استفاده از پایه‌های موقت اجرا می‌شوند، مشمول مقررات این فصل هستند.

الف) تعاریف

دو نوع اعضای مختلط به رسمیت شناخته می‌شوند: الف) اعضای کاملاً محاط در بتن که عملکرد یکپارچه آنها بستگی به چسبندگی طبیعی بین بتن و فولاد دارد. ب) اعضای که عملکرد یکپارچه آنها، توسط برشگیرها تأمین می‌شود و عضو فولادی لزوماً در داخل بتن محاط نمی‌باشد.

یک تیر کاملاً محاط در بتنی که با دال به طور یکپارچه ریخته شده است، وقتی می‌تواند با چسبندگی طبیعی به بتن، بدون هرگونه برشگیر، فرض شود که:

۱. ضخامت بتن موجود در گونه‌ها و زیر تیر حداقل ۵ سانتیمتر باشد.
۲. سطح بالای تیر حداقل $3/8$ سانتیمتر زیر سطح فوقانی دال بتنی و ۵ سانتیمتر بالای سطح تحتانی دال بتنی باشد.
۳. بتن محیط دارای شبکه (مش) کافی یا سایر فولادهای مسلح کننده در گونه‌ها و زیر تیر به منظور جلوگیری از پوسته شدن بتن باشد.

در تیرهایی که به صورت فوق کاملاً در بتن محاط نمی‌باشند، برای تأمین عملکرد مختلط باید از برشگیر استفاده شود. عرض مؤثر دال بتنی که در هر طرف تیر با آن به صورت مختلط عمل می‌نماید، نباید از مقادیر زیر بزرگتر در نظر گرفته شود:

(الف) یک هشتم دهانه محور به محور تیر.

(ب) نصف فاصله مرکز به مرکز تیرهای مجاور.

(پ) فاصله محور تیر با لبه بتن.

(ب) فرضیات طراحی

۱) تیرهای فولادی محاط در بتن باید طوری طراحی شوند که به تنهایی، تمام بارهای مرده قبل از گرفتن بتن (به استثنای آن دسته از بارهایی که به کمک پایه های موقت تحمل می‌شوند) و به صورت مختلط تمام بارهای مرده و زنده‌ای را که بعد از گرفتن بتن وارد می‌شوند، بدون اینکه تنشهای محاسبه شده از $0.66 F_y$ تجاوز کند، تحمل نمایند (F_y تنش جاری شدن تیر فولادی است). تنش خمشی حاصل از بارهای بعد از گرفتن بتن، باید بر اساس مشخصات هندسی مقطع مرکب محاسبه شوند. از مقاومت کششی بتن صرف نظر می‌شود. به روش دیگر، تیر فولادی تنها می‌تواند طوری طراحی شود که بدون هرگونه کمکی، لنگر مثبت ناشی از کلیه بارهای زنده و مرده، را با تنش خمشی مجاز $0.76 F_y$ حمل نماید. در این حالت استفاده از پایه‌های موقت لازم نیست.

۲) وقتی که از برشگیر طبق مفاد بند ۱۰-۱-۲-۷-ت استفاده می‌شود، مقطع مختلط باید طوری طراحی شود که تمام بارها را بدون اینکه تنشهای آن از مقادیر مجاز ماده ۱۰-۱-۲-۱ تجاوز نمایند، تحمل نماید (حتی اگر در هنگام ساخت در زیر تیر فولادی از پایه‌های موقت استفاده نشود). در ناحیه لنگر مثبت، مقطع تیر فولادی از مقررات بال فشرده بند ۱۰-۱-۱-۹-الف معاف است و هیچگونه محدودیتی در طول غیر متکی بال فشاری وجود ندارد.

میلگردهای موازی تیر فولادی در محدوده عرض مؤثر دال، وقتی که طبق مقررات آیین‌نامه بتن مسلح طراحی شده‌اند، می‌توانند در محاسبه مشخصات هندسی مقطع مختلط منظور گردند، مشروط بر اینکه برشگیرها طبق مفاد بند ۱۰-۱-۲-۷-ت تعبیه گردند. مشخصات هندسی مقطع مختلط باید طبق تئوری ارتجاعی محاسبه و از مقاومت کششی بتن صرف‌نظر گردد. در محاسبات تنش، در هنگام تعیین مشخصات هندسی مقطع، ناحیه فشاری بتن با وزن مخصوص معمولی و یا بتن سبک باید با یک سطح معادل فولادی جایگزین گردد که عرض آن از تقسیم عرض مؤثر بر n مربوط به بتن با وزن مخصوص معمولی و با مقاومت یکسان به دست می‌آید. $n = E_s / E_c$ می‌باشد. در محاسبات تغییر شکل، در تعیین n باید اثرات خزش نیز منظور گردد.

در مواردی که برشگیرها کفایت لازم برای تأمین عملکرد مختلط کامل را دارا نمی‌باشند، اساس مقطع معادل باید از رابطه زیر محاسبه گردد:

$$S_{\text{eff}} = S_s + \sqrt{\frac{V'_h}{V_h}} (S_{\text{tr}} - S_c) \quad (10-2-16)$$

که در آن:

V_h و V'_h در بند ۱۰-۱-۲-۷-ت تعریف شده‌اند.

S_s = اساس مقطع تیر فولادی نسبت به تار تحتانی (cm^3).

S_{tr} = اساس مقطع مختلط تبدیل یافته نسبت به تار تحتانی بر

مبنای عرض مؤثر حداکثر مجاز بال بتنی (cm^3).

برای تیرهای مختلط که بدون استفاده از پایه‌های موقت ساخته می‌شوند، نسبت اساس مقطع نیمرخ مختلط تبدیل یافته نسبت به بال کششی به اساس مقطع نیمرخ فولادی تنها نسبت به بال کششی باید کوچکتر یا مساوی $1.35 + 0.35 M_L / M_D$ باشد که M_D لنگر ناشی از بارهای مرده‌ای است که قبل از رسیدن مقاومت دال بتنی فشاری به ۷۵ درصد مقاومت مشخصه ۲۸ روزه به تیر وارد می‌شوند و M_L لنگر ناشی از بارهای مرده و زنده‌ای است که بعد از آن زمان بر تیر وارد می‌شوند.

در محاسبات تنش فشاری خمشی بتن، باید اساس مقطع واقعی مقطع مختلط تبدیل یافته مورد استفاده قرار گیرد و برای ساخت بدون استفاده از پایه‌های موقت، این تنش باید بر مبنای بارهای وارده بعد از اینکه

بتن به ۷۵ درصد مقاومت خود رسید، محاسبه شوند. تنش فشاری بتن نباید از $0.45 f_c$ تجاوز نماید.

پ) برش انتهایی

جان و اتصال انتهایی تیر فولادی باید برای تحمل تمام عکس‌العمل تکیه‌گاهی طراحی گردد.

ت) برشگیرها

به استثنای تیرهای مختلط مدفون طبق بند ۱۰-۱-۲-۷-ب، برش افقی در محل تماس تیر فولادی و دال بتنی باید توسط برشگیرها که بر بال فوقانی تیر فولادی جوش شده و داخل بتن فرو رفته‌اند، حمل گردد. برای عملکرد مختلط کامل با بتنی که تحت فشار خمشی می‌باشد، برش افقی کل که باید بین نقطه حداکثر لنگر خمشی و نقطه لنگر صفر حمل گردد، مساوی کوچکترین مقدار به دست آمده از دو رابطه زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$V_h = 0.85f_c A_c / 2 + F_{yt} A_s / 2 \quad (17-2-10)$$

و

$$V_h = F_y A_s / 2 \quad (18-2-10)$$

که در آن:

$$f_c = \text{مقاومت فشاری مقرر بتن (kg/cm}^2\text{)}$$

$A_c =$ مساحت واقعی سطح مؤثر بتنی طبق تعریف بند ۱۰-۱-۲-
 الف-۷- (cm^2) .

$A_s =$ سطح مقطع تیر فولادی (cm^2) .

$A_s' =$ سطح مقطع فولاد فشاری موجود در ناحیه عرض مؤثر که
 در محاسبات مخصات هندسی مقطع منظور شده (cm^2) .

$F_{yr} =$ تنش تسلیم حداقل مقرر میلگردهای $A_s' (kg/cm^2)$.

در تیرهای مختلط پیوسته که در آن میلگردهای طولی در نواحی
 لنگر منفی به صورت مختلط با تیر فولادی عمل می‌نمایند، کل نیروی
 برشی افقی که باید توسط برشگرها در حدفاصل تکیه‌گاه داخلی و نقطه
 عطف مجاور حمل گردد، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V_h = F_{yr} A_{sr} / 2 \quad (10-2-19)$$

که در آن:

$A_{sr} =$ سطح مقطع کل میلگردهای طولی واقع در عرض مؤثر در
 روی تکیه‌گاه داخلی طبق تعریف بند ۱۰-۱-۲-۷-الف (cm^2) .

$F_{yr} =$ تنش تسلیم حداقل مقرر میلگردهای طولی (kg/cm^2) .

برای عملکرد مختلط کامل، تعداد برشگیرها در هر طرف نقطه
 حداکثر لنگر خمشی که برای مقاومت در مقابل برش افقی طراحی
 می‌شوند، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$n = \frac{V_h}{q} \quad (10-2-20)$$

که در آن:

$V_h =$ نیروی برشی افقی طبق روابط ۱-۲-۱۷ تا ۱۹، برحسب مورد (kg).

$q =$ نیروی برشی مقاوم مجاز یک برشگیر طبق جدول ۱-الف برای بتن با وزن مخصوص معمولی. برای بتن سبک با وزن مخصوص نه کمتر از ۱۴۴۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع، مقدار q در ضرایب ارائه شده در جدول ۱-ب ضرب می‌شود.

برای مقاطع با عملکرد مختلط ناقص با بتنی که تحت فشار خمشی است، نیروی برش افقی V_h که در محاسبه S_{eff} به کار گرفته می‌شود، مساوی حاصلضرب q در تعداد برشگیرهای تعبیه شده در حدفاصل لنگر خمشی حداکثر و نزدیکترین نقطه لنگر صفر در نظر گرفته می‌شود.

مقدار V_h نباید کمتر از $\frac{1}{4}$ کوچکترین مقدار به دست آمده از دو رابطه (۱۷-۲-۱۰) (که بر مبنای حداکثر عرض مؤثر بال بتنی محاسبه می‌شود) و رابطه (۱۸-۲-۱۰) کمتر شود.

در مقاطع مختلط ناقص برای محاسبات تغییر شکل، ممان اینرسی مؤثر از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{eff} = I_s + \sqrt{\frac{V'_h}{V_h}} (I_{tr} - I_s) \quad (21-2-10)$$

که در آن:

$I_s =$ ممان اینرسی تیر فولادی (cm^4)

$I_{tr} =$ ممان اینرسی تبدیل یافته مقطع مختلط (cm^4).

برشگیرهای لازم در هر طرف نقطه لنگر خمشی حداکثر در ناحیه لنگر مثبت را می توان به طور یکنواخت بین این نقطه و نقطه لنگر صفر توزیع کرد، با این استثنا که تعداد برشگیرهای لازم

جدول ۱- الف نیروی برشی افقی مجاز (q) برای یک برشگیر بر حسب تن ×

مقاومت فشاری بتن (f_c) (kg/cm^2)			نوع برشگیر ××
200	250	300	
2.2	2.5	2.7	گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۱/۳ و طول ۵ سانتیمتر
3.5	3.9	4.2	گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۱/۶ و طول ۶/۵ سانتیمتر
5	5.6	6	گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۲ و طول ۷/۵ سانتیمتر
6.8	7.6	8.2	گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۲/۲ و طول ۹ سانتیمتر
0.73W	0.84W	0.89W	ناودانی ۸۰ ×××
0.78W	0.89W	0.95W	ناودانی ۱۰۰ ×××
0.83W	0.95W	1.0W	ناودانی ۱۴۰ ×××

× مقادیر جدول فقط برای بتن با وزن مخصوص معمولی طبق ASTM 33 قابل استفاده می‌باشند.

×× برای گلمیخهای بلندتر از مقادیر ذکر شده، می‌توان از مقادیر نیروی برشی افقی ارائه شده استفاده نمود.

××× W طول ناودانی می‌باشد.

جدول ۱-ب ضرایب مورد استفاده برای بتن سبک با وزن مخصوص حداقل ۱۴۴۰ کیلوگرم بر

سانتیمتر مربع.

وزن مخصوص بتن خشک شده در هوا							مقاومت فشاری بتن (f_c)
1920	1840	1760	1680	1600	1520	1440	
0.88	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76	0.73	$< 280 \text{ kg/cm}^2$
0.99	0.96	0.93	0.91	0.87	0.85	0.82	$> 350 \text{ kg/cm}^2$

N_2 در حدفاصل هر بار متمرکز و نزدیکترین نقطه لنگر صفر، نباید کمتر از مقدار به دست آمده از رابطه زیر گردد:

$$N_2 = \frac{N_1[M\beta / M_{\max} - 1]}{\beta - 1} \quad (۲۲-۲-۱۰)$$

که در آن:

M = لنگر در محل بار متمرکز (که کمتر از مقدار حداکثر است).

N_1 = تعداد برشگیرهای لازم بین نقطه لنگر حداکثر و نقطه لنگر

صفر که بر حسب مورد از یکی از روابط V_h/q یا V_h/q محاسبه می شود.

$$\beta = \frac{S_{tr}}{S_c} \text{ یا } \frac{S_{eff}}{S_s} \text{ بر حسب مورد.}$$

برای یک تیر یکسره، برشگیرهای لازم در ناحیه لنگر منفی را

می توان به طور یکنواخت بین نقطه لنگر حداکثر و هریک از نقاط لنگر صفر توزیع نمود.

به استثنای برشگیرهای نصب شده در داخل کنگره‌های

کفه‌های فولادی کنگره‌دار، برشگیرها باید حداقل دارای ۲/۵ سانتیمتر

پوشش جانبی بتن باشند. همچنین به استثنای مواردی که برشگیر مستقیماً

روی جان قرار دارد، قطر گلمیخ نباید بزرگتر از ۲/۵ برابر ضخامت بالی

باشد که به آن جوش می شود. حداقل فاصله مرکز به مرکز گلمیخهای

1 - rib

2 - seck

برشگیر در امتداد محور تیر مساوی ۶ برابر قطر و در امتداد عرضی، مساوی ۴ برابر قطر میباشد. حداکثر فاصله مرکز به مرکز یا "گلمیخهای برشگیر" نباید از ۸ برابر ضخامت دال بتنی تجاوز نماید.

ث) مقاطع مختلط با استفاده از کفههای فولادی کنگره‌دار^۱ مقطع مختلط دال بتنی بر روی کفههای فولادی کنگره‌دار که به تیرها و شاهتیرهای فولادی متصل می‌شوند، باید طبق قسمتهای قابل استفاده در بندهای ۱۰-۱-۲-۷-الف تا ت با در نظر گرفتن تعدیلات زیر محاسبه شوند.

(۱) کلیات

۱. بند ۱۰-۱-۲-۷-ث قابل اعمال بر کفههای فولادی می‌باشد که ارتفاع کنگره‌های آنها بزرگتر از ۷/۵ سانتیمتر نیست.
۲. عرض متوسط کنگره‌های پر شده با بتن نباید کمتر از ۵ سانتیمتر باشد، لیکن در محاسبات نباید بزرگتر از حداقل عرض آزاد در نزدیکی سطح فوقانی کفه فولادی در نظر گرفته شود. به بند ۱۰-۱-۲-۷-ث-۳ مراجعه شود.

^۱ - Formed steel deck

۳. دال بتنی باید به تیر یا شاهتیر فولادی با استفاده از گلمیخهای برشگیر با قطر ۲۰ میلیمتر یا کمتر متصل شود. گلمیخها را می‌توان از طریق کفه فولادی و یا مستقیماً به عضو فولادی جوش نمود.
۴. حداقل ارتفاع گلمیخ بعد از نصب که از بالای کفه فولادی اندازه‌گیری می‌شود، نباید کمتر از ۳/۸ سانتیمتر شود.
۵. ضخامت دال بتنی در بالای کفه فولادی نباید از ۵ سانتیمتر کمتر باشد.

(۲) کفه‌های فولادی که کنگره‌های آنها عمود بر تیر یا شاهتیر می‌باشد

۱. در هنگام محاسبه مشخصات هندسی مقطع یا A_c موجود در رابطه (۱۰-۲-۱۷) از بتن موجود در زیر سطح فوقانی کفه کنگره‌دار باید صرف‌نظر شود.
۲. فواصل گلمیخهای برشگیر در امتداد تیر تکیه‌گاهی نباید از ۹۰ سانتیمتر تجاوز نماید.

۳. نیروی برشی افقی مجاز برای گلمیخ برشگیر، مقداری به دست آمده از جدول ۱-الف می‌باشد که در ضریب کاهش زیر ضرب شده است:

$$\left(\frac{0.85}{\sqrt{N_f}}\right)\left(\frac{W_f}{h_f}\right)\left(\frac{H_s}{h_f} - 1.0\right) \leq 1.0 \quad (23-2-10)$$

که در آن:

h_f = ارتفاع اسمی کنگره‌ها (cm).

H_s = طول گلمیخ بعد از جوش (cm) که در محاسبات نباید از $h_r + 7.5$ سانتیمتر تجاوز کند، حتی اگر طول واقعی بزرگتر باشد.

N_r = تعداد گلمیخهای برشگیر در روی یک تیر واقع در یک کنگره که در محاسبات نباید بزرگتر از ۳ منظور شود، حتی اگر بیشتر از ۳ گلمیخ وجود داشته باشد.

W_r = عرض متوسط کنگره که توسط بتن پر شده است (cm).

۴. برای مقابله با نیروی برکنش^۱، کفه فولادی باید به تمام تیرها یا شاهتیرهای فولادی که به صورت مقطع مختلط طراحی میشوند، در فواصلی نه بیشتر از ۴۰ سانتیمتر مهار شوند. این مهارها می‌توانند گلمیخهای برشگیر، ترکیبی از گلمیخها و جوشهای نقطه‌ای و یا هر وسیله طرح شده توسط طراح باشد.

۳) کفه‌های فولادی که کنگره‌های آنها موازی تیر یا شاهتیر فولادی است
۱. در هنگام محاسبه مشخصات هندسی مقطع یا A_c موجود در رابطه (۱۰-۲-۱۷) از بتن موجود در زیر سطح فوقانی کفه کنگره‌دار می‌توان استفاده نمود.

¹- uplift

۲. کنگره‌های ورق‌های کنگره‌دار را در روی تیر تکیه‌گاهی می‌توان به صورت طولی از هم جدا کرد تا تشکیل یک ماهیچه بتنی در روی بال تیر گردد.

۳. وقتی که ارتفاع اسمی کنگره‌ها $3/8$ سانتیمتر و یا بزرگتر باشد، عرض متوسط W_r ماهیچه موجود در روی تیر تکیه‌گاهی و یا کنگره‌های پرشده توسط بتن، نباید کمتر از 5 سانتیمتر برای حالت یک گلمیخ در عرض باشد. این عرض حداقل برای هر گلمیخ اضافی، به اندازه 4 برابر قطر گلمیخ باید افزایش یابد.

۴. برش افقی مجاز q برای هر گلمیخ، مطابق جدول ۱-الف می‌باشد، با این استثنا که وقتی نسبت W_r/h_r کمتر از $1/5$ باشد، مقدار برش مجاز باید در ضریب زیر ضرب گردد.

$$0.6\left(\frac{W_r}{h_r}\right)\left(\frac{H_s}{h_r} - 1.0\right) \leq 1.0 \quad (10-2-24)$$

که در آن:

H_s و h_r = مطابق تعریف زیر بند ۱۰-۱-۲-۷-ث-۲، و

W_r = عرض متوسط ماهیچه بتنی یا کنگره پرشده با بتن می‌باشد.

(ج) حالات خاص

وقتی عضو مختلط منطبق بر مقررات بندهای ۱۰-۱-۲-۷-الف تا ث نباشد، نیروی برشی مجاز قابل حمل توسط برشگیر، باید طبق یک برنامه آزمایشی مناسب تعیین گردد.

۱۰-۱-۳ تیرهای مرکب (تیرورقها و تیرهای جعبه‌ای)

تیرهای مرکب ساخته شده از ورق، با ارتفاع نیمرخ بسیار بزرگ، که جان آنها در گروه مقاطع با عناصر لاغر (طبق ماده ۱۰-۱-۹) قرار می‌گیرد، بر حسب لاغری جان (نسبت $\frac{h}{t_w}$) از تیرهای معمولی متمایز می‌شوند. اگر

نسبت $\frac{h}{t_w}$ از $\frac{6370}{\sqrt{F_b}}$ بزرگتر باشد، مشخصات این فصل برای تعیین

تنشهای خمشی مجاز ملاک عمل و در غیر این صورت مشخصات فصل

۱۰-۱-۲ معتبر می‌باشد.

برای تنشهای برشی مجاز و قطعات تقویت کننده عرضی می‌توان

به فصل ۱۰-۱-۲ مراجعه کرد. در صورت به کار گرفتن عامل میدان

کشش می‌توان از مشخصاتی که در همین فصل آمده است استفاده نمود.

۱۰-۱-۳-۱ محدودیت‌های لاغری جان تیر

اگر قطعات تقویت کننده (سخت کننده) جان استفاده نشده باشد یا فواصل

آنها از یکدیگر بیش از $\frac{1}{5}$ برابر فاصله بین بالهای تیر باشد، لاغری

حداکثر جان از رابطه (۱۰-۳-۱) به دست می‌آید:

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{985 \times 10^3}{\sqrt{F_y (F_y + 1160)}} \quad (10-3-1)$$

اگر قطعات تقویتی با فاصله‌ای کمتر از ۱/۵ برابر فاصله بین بالهای تیر استفاده شود، لاغری حداکثر جان از رابطه (۲-۳-۱۰) به دست می‌آید:

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{16770}{\sqrt{F_y}} \quad (2-3-10)$$

در این روابط:

h = ارتفاع آزاد جان تیر و

t_w = ضخامت آن است.

۲-۳-۱-۱۰ تنشهای خمشی مجاز

اگر نسبت ارتفاع به ضخامت جان ($\frac{h}{t_w}$) از $\frac{6370}{\sqrt{F_b}}$ تجاوز کند، تنش خمشی مجاز کاهش می‌یابد. در این صورت حداکثر تنش خمشی در بال فشاری نباید از مقدار رابطه (۳-۳-۱۰) بزرگتر شود.

$$F'_b \leq F_b \left[1 - 0.0005 \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{h}{t_w} - \frac{6370}{\sqrt{F_b}} \right) \right] \quad (3-3-10)$$

که در آن:

F_b = تنش مجاز طبق مشخصات فصل ۲-۱-۱۰ (kg/cm^2),

A_w = سطح مقطع جان تیر در مقطع مورد بررسی (cm^2), و

A_f = سطح مقطع بال فشاری است.

۱۰-۱-۳-۳ تنش برشی مجاز با توجه به میدان کشش

به جز حالت مذکور در همین بند، حداکثر تنش برشی (f_v) که برای بارگذاری کامل یا جزئی محاسبه شده است، نباید از مقداری که با رابطه (۱۰-۲-۱۴) تعیین می شود تجاوز کند.

در حالتی که قطعات تقویتی عرضی (طبق ماده ۱۰-۱-۳-۴) تعیین شود، اگر $C_v \leq 1$ باشد (با توجه به عمل میدان کششی در جان)، می توان تنش برشی مجاز را از رابطه (۱۰-۳-۴) به دست آورد:

$$F_v = \frac{F_y}{2.89} \left[C_v + \frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + \left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] \leq 0.4F_y \quad (۱۰-۳-۴)$$

۱۰-۱-۳-۴ قطعات تقویتی عرضی (سخت کننده ها-پشت بندها)

قطعات تقویتی عرضی باید محدودیتهای ماده ۱۰-۱-۲-۵ را تأمین کند. در طرح و محاسبه شاتیرها بر اساس عمل میدان کششی، فواصل قطعات تقویتی جان در چشمه های (چهارخانه های جان حدود بین بالها و قطعات تقویتی عرضی) مذکور در زیر باید طوری اختیار شود که در آنها تنش برشی موجود (f_v) از مقداری که با رابطه (۱۰-۲-۱۴) تعیین می شود تجاوز نکند:

الف) در چشمه های دو انتهای تیر،

ب) در چشمه هایی که دارای سوراخ و باز شو بزرگ اند،

پ) در چشمه‌های مجاور چشمه‌ای که سوراخ و بازشو بزرگ دارد.

پیچها و پرچهایی که قطعه تقویتی را به جان تیر متصل می‌کنند باید طوری قرار گیرند که فواصل آنها (مرکز به مرکز) از ۳۰ سانتیمتر بیشتر نشود. اگر از جوشهای منقطع برای اتصال استفاده می‌شود، فاصله خالص (آزاد) بین قطعه‌های جوش نباید از ۱۶ برابر ضخامت جان و به طور کلی از ۲۵ سانتیمتر بیشتر شود.

ممان اینرسی (I_{st}) در قطعات تقویتی میانی، مربوط به جفت قطعه (در دوطرف جان) و یا مربوط به تک قطعه تقویتی (در یک طرف جان) نسبت به محوری که از جان می‌گذرد، باید در رابطه زیر صدق کند:

$$I_{st} \geq (h/50)^4 \quad (5-3-10)$$

سطح مقطع قطعات تقویتی میانی، اگر در تعیین فواصل آنها رابطه برش مجاز (۱۰-۳-۴) ملاک باشد، نباید از مقداری که با رابطه (۱۰-۳-۶) مشخص می‌شود کمتر باشد:

$$A_s = \frac{1-C_v}{2} \left[\frac{a}{h} - \frac{\left(\frac{a}{h}\right)^2}{\sqrt{1+\left(\frac{a}{h}\right)^2}} \right] \cdot Y \cdot D \cdot h \cdot t \quad (6-3-10)$$

در این رابطه:

t, h, a, c_v و t در فصل ۱۰-۱-۲ تعریف شده است.

$Y =$ نسبت حد جاری شدن فولاد جان تیر به فولاد قطعه تقویتی،

D = برای مقاطع تقویتی جفت برابر ۱، برای مقاطع تقویتی تک

از نیمرخ نبشی برابر ۱/۸ و برای مقاطع تقویتی تک از تسمه، برابر ۲/۴ می‌باشد.

اگر بزرگترین تنش برشی موجود (f_v) در چشمه موردنظر، از مقدار مجاز از رابطه (۱۰-۳-۴) کمتر باشد، می‌توان سطح مقطع کل قطعه تقویتی (به شرح بالا) را متناسب با تنشها کاهش داد.

مقاطع تقویتی که بر مبنای رابطه (۱۰-۳-۴) مورد نیاز است، باید به جان تیر، اتصال کافی داشته باشد. اتصال مقاطع تکی یا جفتی، برای برشی حداقل برابر مقدار رابطه (۱۰-۳-۷)، به ازای هر سانتیمتر طول قطعه تقویتی محاسبه می‌شود.

$$f_{vs} = h \sqrt{\left(\frac{F_y}{1400}\right)^3} \quad (10-3-7)$$

که در آن F_y تنش جاری شدن فولاد جان تیر بر حسب (kg/cm^2) می‌باشد. در صورتی که تنش برشی حداکثر (f_v) در دو چشمه دو طرف قطعه تقویتی کمتر از مقدار مجاز رابطه (۱۰-۳-۴) باشد، می‌توان انتقال برش به شرح رابطه (۱۰-۳-۷) را متناسباً کاهش داد. باید توجه داشت که اگر قطعه تقویتی بار متمرکز خارجی یا عکس‌العمل تکیه‌گاهی را تحمل میکند، باید پیچها، پرچها و یا جوشهای متصل کننده آن حداقل برای بار خارجی یا عکس‌العمل نامبرده محاسبه شوند.

در صورتی که به عمل تماس مستقیم بین قطعه تقویتی و بال تیر، برای انتقال بارهای متمرکز یا عکس‌العمل موجود، احتیاج نباشد می‌توان قطعه تقویتی را نرسیده به بال کششی قطع کرد. جوشهایی که قطعه تقویتی را به جان تیر وصل می‌کنند نباید نزدیکتر از ۴ برابر و دورتر از ۶ برابر ضخامت جان از بر جوش اتصال جان و بال ختم شوند.

اگر از قطعه تقویتی تک با مقطع مربع مستطیل (مثل تسمه) استفاده می‌شود باید آن را به بال فشاری تیر هم متصل کرد تا اثر پیچش خنثی شود.

در صورت اتصال مهار جانبی به قطعه تقویتی، متقابلاً باید قطعه تقویتی نیز به بال فشاری طوری متصل شود که ظرفیت انتقال حداقل ۱ درصد نیروی کلی در بال را داشته باشد.

بال تیری که فقط از نیمرخ نبشی تشکیل شده باشد، از این قاعده مستثنا می‌باشد.

۱۰-۱-۳-۵ قطعات تقویتی موضعی

در دو انتهای تیر و در محل بارهای متمرکز باید قطعات تقویتی موضعی طبق مشخصات بند ۱۰-۱-۸-۱-ح قرار داده شود.

۱۰-۱-۳-۶ اثر مشترک برش و کشش

جان تیرهای مرکبی که طبق مشخصات رابطه (۱۰-۳-۴) به عمل میدان کششی متکی باشند، باید با توجه به تنشهای کششی حاصل از لنگر خمشی در جان محاسبه شود یعنی تنشهای کششی در صفحه جان حاصل از لنگر خمشی در نقطه مورد نظر، نباید از مقدار $0.6 F_y$ و نیز از مقداری که با رابطه (۱۰-۳-۸) تعیین می گردد، بیشتر شود:

$$(0.825 - 0.375 \frac{f_v}{F_v}) F_y \quad (۱۰-۳-۸)$$

که در آن:

f_v = تنش برشی متوسط محاسبه شده موجود در جان (نیروی

برشی تقسیم بر سطح مقطع جان)،

F_v = تنش مجاز برشی در جان مطابق با رابطه (۱۰-۳-۴).

در تیرهایی که جان و بال آنها از فولاد خیلی قوی (حد جاری

شدن بیش از ۴۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) تشکیل می شود، اگر تنش

خمشی در بال از $0.75 F_b$ بیشتر شود، استفاده از میدان کششی مجاز نخواهد

بود و تنش برشی مجاز نباید از مقدار رابطه (۱۰-۲-۱۴) تجاوز کند.

۱۰-۱-۴ اعضای کششی

این فصل به اعضای منشوری تحت اثر نیروی محوری کششی (در امتداد محور مرکزی عضو)، می پردازد.

محاسبه اعضای که تحت اثر پدیده خستگی باشند باید با توجه به این پدیده انجام شود.

برای اعضای که تحت اثر مشترک کشش و خمش قرار گیرند به ماده ۱۰-۱-۶-۲ و برای میله‌های دندانه شده به ماده ۱۰-۱-۷-۳ مراجعه شود.

۱۰-۱-۴-۱ تنشهای مجاز

تنش کششی مجاز (F_t) نباید از $0.6F_y$ بر روی سطح مقطع کل و یا از $0.5F_u$ بر روی سطح مقطع مؤثر خالص تجاوز کند که F_y تنش جاری شدن و F_u تنش نهایی مصالح می‌باشند. علاوه بر این قطعات کششی که با اتصال مفصلی و پین^۱ متصل می‌شوند، باید محدودیتهای بند ۱۰-۱-۴-۳-الف را در محل سوراخ پین تأمین کنند. مقاومت برشی و پارگی در اتصال انتهای اعضای کششی باید مطابق با ماده ۱۰-۱-۷-۴ بررسی شود. قطعات کششی از تسمه‌های سرپهن، باید محدودیتهای بند ۱۰-۱-۴-۳-الف را برآورده کنند.

^۱ - Pin

۱۰-۱-۴-۲ اعضای مرکب^۱ (ساخته شده)

در عنصری که به طور سرتاسری در تماس با یکدیگر متصل می‌شوند، فاصله وسایل اتصال بین یک نیمرخ و ورق یا بین دو ورق نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

الف) در قطعات رنگ شده و قعاتی که رنگ نمی‌شوند ولی احتمال زنگ‌زدگی و خوردگی ندارند؛ ۲۴ برابر ضخامت نازکترین ورق یا ۳۰ سانتیمتر.

ب) در قطعات رنگ نشده که تحت اثر زنگ‌زدگی و خوردگی (حاصل از عوامل جوی) قرار گیرند؛ ۱۴ برابر ضخامت نازکترین ورق یا ۱۸ سانتیمتر.

در اعضای کششی که از دو (یا تعداد بیشتری) نیمرخ در تماس با یکدیگر تشکیل میشوند، فاصله محور به محور پیچها و پرچها و یا فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع که آنها را به یکدیگر متصل می‌کند، نباید از ۶۰ سانتیمتر بیشتر شود.

در اعضای کششی که از دو (یا تعداد بیشتری) نیمرخ و یا ورق تشکیل می‌شوند و بین آنها به فواصلی قطعات لقمه قرار گرفته در این نقاط به یکدیگر متصل می‌شوند، فاصله لقمه‌ها و اتصالات باید طوری

^۱ - Built up sections

اختیار شود که ضریب لاغری هر یک از عناصر تشکیل دهنده در فاصله آزاد از ۳۰۰ تجاوز نکند.

در اعضای کششی مرکب، به کار بردن ورقهای تقویتی سوراخدار و یا قیدهای موازی (بدون بستهای چپ و راست) در طرف باز نیمرخ مرکب مجاز است. ضلع قیدهای موازی در امتداد طول عضو باید حداقل $\frac{2}{3}$ فاصله بین دو ردیف وسایل اتصالی باشد که قید را به عناصر عضو کششی متصل می کند.

در اتصال با جوش، این ضلع باید حداقل $\frac{2}{3}$ فاصله بین مراکز ثقل جوشهای اتصال دو سر باشد.

ضخامت این قیدها نباید از $\frac{1}{50}$ فواصل یاد شده کمتر شود. فاصله محور به محور پیچها یا پرچها و فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع در امتداد طولی، در اتصال قیدها نباید از ۱۵ سانتیمتر تجاوز کند. فاصله قیدهای موازی از یکدیگر باید به اندازه ای باشد که ضریب لاغری هر یک از عناصر کششی متصل شده بین این قیدها، از ۳۰۰ بیشتر نشود.

۱-۱-۱-۳-۴-۳ اعضای که با پین متصل می شوند

الف) تنشهای مجاز

تنش مجاز در مقطع باقیمانده در محل سوراخ پین در قطعه کششی نباید از $0.45F_y$ تجاوز کند.

تنش فشاری تماسی در روی سطح تصویر شده پین (حاصل ضرب قطر در طول تماس) نباید از مقادیر داده شده در ماده ۱۰-۱-۷-۸ بزرگتر شود.

در تسمه‌های سرپهن که شرایط بند ۱۰-۱-۴-۳-پ تأمین شده باشد، تنش مجاز برابر $0.6F_y$ بر سطح مقطع تسمه در نظر گرفته می‌شود.

(ب) ورقهای با اتصال پین

حداقل سطح مقطع خالص بعد از سوراخ پین (که موازی محور عضو کششی در نظر گرفته می‌شود) نباید از $\frac{2}{3}$ سطح مقطع عرضی باقیمانده در محل سوراخ، کمتر شود.

در قطعات با اتصال پین که انتظار می‌رود اتصال مفصلی تحت بارهای حداکثر، حرکت نسبی بین قطعات متصل شده را تسهیل کند، قطر سوراخ پین نباید بیش از $\frac{1}{8}$ میلیمتر بزرگتر از قطر پین باشد.

می‌توان گوشه‌های بعد از محل پین را تحت زاویه ۴۵ درجه نسبت به محور طولی عضو، پخ زد مشروط بر آنکه مقطع باقیمانده بعد از سوراخ مفصل در امتداد عمود بر خط بریده شده، کمتر از سطح مقطع عمود بر امتداد نیروی وارده نباشد.

(پ) تسمه‌های سرپهن

ضخامت تسمه‌های سرپهن باید یکنواخت باشد (در صورت لزوم، بدون در نظر داشتن ورق‌های تقویتی متصله)، همچنین سرپهن این تسمه‌ها باید دایره‌ای و هم مرکز با سوراخ پین باشد. شعاع قسمت ماهیچه‌ای شکل که در لبه اتصال قسمت پهن به تسمه وجود دارد، نباید از شعاع دایره‌ای شکل کمتر باشد.

برای محاسبه، عرض تسمه نباید بیشتر از ۸ برابر ضخامت آن در نظر گرفته شود. ضخامت تسمه را نباید کمتر از ۱۲ میلی‌متر در نظر گرفت مگر حالتی که پین اتصال دارای مهره باشد که با سفت کردن آنها قطعات جمع و فشرده شوند. فاصله بین لبه سوراخ تا لبه تسمه در امتداد عمود بر نیروی وارده، نباید کمتر از $\frac{2}{3}$ و بیشتر از $\frac{3}{4}$ عرض تسمه در نظر گرفته شود.

قطر پین نباید از $\frac{7}{8}$ برابر عرض تسمه کمتر باشد.

قطر سوراخ پین نباید بیش از $\frac{1}{8}$ میلی‌متر بزرگتر از قطر پین باشد. برای فولادهای قوی (با حد جاری شدن بیش از ۴۹۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)، قطر سوراخ پین نباید از ۵ برابر ضخامت تسمه تجاوز کند و عرض تسمه باید متناسباً کاهش داده شود.

۱۰-۱-۵ اعضای فشاری (ستونها)

این فصل به قطعات منشوری با مقطع فشرده و غیر فشرده (طبق تعریف ماده ۱۰-۱-۱-۹) تحت اثر فشار محوری در امتداد محور مرکزی عضو می‌پردازد. برای اعضای که تحت اثر مشترک فشار محوری و لنگر خمشی قرار می‌گیرند به فصل ۱۰-۱-۶ مراجعه شود.

۱۰-۱-۵-۱ طول مؤثر و ضریب لاغری

در رابطه تعیین ضریب لاغری ($\frac{KL}{r}$) اعضای تحت اثر فشار محوری، KL طول مؤثر عضو و r شعاع ژیراسیون مقطع می‌باشد. ضریب مربوط به طول مؤثر (K) باید طبق ماده‌های ۱۰-۱-۱-۳ و ۱۰-۱-۱-۴ تعیین شود. محدودیت‌های مربوط به ضریب لاغری در ماده ۱۰-۱-۱-۸ مندرج است.

۱۰-۱-۵-۲ تنشهای مجاز

الف) در اعضای تحت اثر فشار محوری، که مقطع آن محدودیت‌های جدول ۱ را برآورده کند، اگر ضریب لاغری حداکثر هر قسمت آزاد آن کمتر از مقدار C_c باشد، تنش مجاز از رابطه (۱۰-۱-۵) تعیین می‌شود:

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{2C_c^2} \right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{KL/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left(\frac{KL/r}{C_c}\right)^3} \quad (10-5-1)$$

$$F_a = \frac{(1 - 0.5\beta^2)F_y}{F.S.} \quad \text{یا:}$$

$$\beta = \left(\frac{KL}{r}\right) / C_c, F.S. = 1.67 + 0.375\beta - 0.125\beta^3$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{F_y}}, \quad \text{که در آن:}$$

ب) اگر $\frac{KL}{r}$ بزرگتر از C_c باشد، تنش فشاری مجاز بر مقطع کلی عضو تحت اثر فشار محوری از رابطه (10-5-2) تعیین می‌شود:

$$F_a = \frac{12\pi^2 \cdot E}{23\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{105 \times 10^5}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (10-5-2)$$

۱۰-۱-۵-۳ کمانش خمشی-پیچشی

در ستونهایی که یک محور تقارن در مقطع دارند مانند نبشی (L) یا سپری (T) و همچنین ستونهای دارای دو محور تقارن در مقطع مانند مقطع صلیبی یا مقاطع ساخته شده‌ای که جدار آنها خیلی نازک باشد و نیز مقاطع غیر

مقارن، ممکن است بررسی کمانش خمشی پیچشی یا کمانش پیچشی لازم باشد.

۱۰-۱-۵-۴ اعضای فشاری مرکب (ساخته شده)

کلیه قسمت‌های اعضای فشاری مرکب (ساخته شده) و فواصل بین وسایل اتصال در آنها باید شرایط ماده ۱۰-۱-۸ را ارضا کنند. محدودیت‌های فاصله بین وسایل اتصال و فاصله تا لبه عضو در اعضایی که تحت اثر عوامل جوی قرار می‌گیرند به بند ۱۰-۱-۷-۳-د مراجعه شود.

در انتهای اعضای فشاری مرکب یعنی در محل فشار مستقیم بر کف ستونها و یا در محل سطوح صاف و تنظیم شده در فصل مشترک وصله‌ها، تمام عناصری که در تماس فشاری با یکدیگر قرار می‌گیرند باید در فاصله ۱/۵ برابر عرض حداکثر عضو با پیچها و یا پرچهایی که فاصله محور به محور آنها از یکدیگر حداکثر ۴ برابر قطرشان باشد به یکدیگر متصل شوند.

اگر وسیله اتصال جوش باشد، در محل‌های یاد شده باید عناصر تشکیل دهنده در طولی برابر عرض حداکثر قطعه، با جوش پیوسته به یکدیگر متصل شوند. در اعضای مرکب فواصل طولی محور به محور بین پیچها یا پرچها یا فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع باید برای انتقال تنش‌های محاسباتی کافی باشد. حداکثر فاصله طولی بین پیچها، پرچها و یا جوشهای منقطع، که دو نیمرخ نورد شده در تماس با یکدیگر را به هم

متصل می کند نباید از ۶۰ سانتیمتر بیشتر باشد. علاوه بر این در اعضای رنگ شده یا اعضای رنگ نشده‌ای که احتمال زنگ زدگی و خوردگی نداشته باشند و سطوح خارجی آنها از ورق باشد، حداکثر فاصله طولی مذکور نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

$$۱. \frac{1060}{\sqrt{F_y}} \text{ برابر ضخامت ورق خارجی و حداکثر } ۳۰ \text{ سانتیمتر}$$

برای حالتی که اتصالات در خطوط اتصال مجاور پس و پیش نباشند.

$$۲. \frac{1590}{\sqrt{F_y}} \text{ برابر ضخامت ورق خارجی و حداکثر } ۴۵ \text{ سانتیمتر}$$

برای حالتی که اتصالات در خطوط اتصال مجاور پس و پیش قرار گیرند.

اعضای فشاری که از دو یا چند نیمرخ نورد شده ساخته شوند و با گذاردن قطعات لقمه (فیلر) در بین آنها به یکدیگر متصل گردند، فواصل لقمه‌ها (یا نقاط اتصال) باید طوری باشد که ضریب لاغری $(\frac{KL}{r})$ هر

نیمرخ در قسمتی که بین دو لقمه قرار دارد از $\frac{3}{4}$ ضریب لاغری تعیین

کننده کل عضو مرکب تجاوز نکند. (شعاع ژیراسیون کمینه هر نیمرخ، ملاک محاسبه ضریب لاغری آن خواهد بود). در طول یک عضو مرکب،

حداقل دو نقطه اتصال (به شرح بالا) بین دو سر آن باید موجود باشد.

کلیه اتصالات (شامل آنهایی که در دو انتهای عضو هستند) باید

جوشی باشند و یا در آنها از پیچهای با مقاومت زیاد استفاده شده باشد به

طوری که پیچهای مذکور تا حد تعیین شده در جدول ۱۱ تنیده شوند.

الف) اعضای فشاری با بستهای چپ و راست یا ورقهای تقویتی سوراخدار ستونها و اعضای فشاری مرکب که از نیمرخها و بستهای چپ و راست ساخته می‌شوند و نیز اعضای فشاری مرکبی که از نیمرخها و ورقها ساخته می‌شوند و لازم است در طرف باز آنها از بست چپ و راست استفاده شود، باید شرایط زیر را ارضا کنند:

بستهای چپ و راست در انتهای عضو، باید به صفحه قید (عمود بر محور طولی عضو) ختم شوند. همچنین در قسمتهای میانی عضو که نظم بستهای چپ و راست به علت تقاطع با عضو دیگری به هم خورده باشد، باید ورقهای قید گذارده شود. ورقهای قید انتهایی باید تا حد امکان به دو انتهای عضو نزدیک باشد. در اعضای اصلی که تنشهای محاسبه شده‌ای را تحمل می‌کنند، طول ورقهای قید انتهایی (در امتداد طول عضو) باید حداقل برابر فاصل عرضی دو خط اتصال خود به عضو اصلی، باشد و طول ورقهای قید میانی باید از نصف این فاصله کمتر نشود.

ضخامت ورقهای قید نباید از $\frac{1}{50}$ فاصله بین دو خط اتصال دو طرف آن کمتر شود.

اگر وسیله اتصال ورقهای قید، پیچ یا پرچ باشد، فاصله این وسایل اتصال از یکدیگر در امتداد تنش نباید از ۶ برابر قطر آنها تجاوز کند و ورقهای قید باید در اتصال هر طرف خود حداقل سه عدد پیچ یا پرچ

داشته باشند. در اتصال جوشی، طول هر خط جوش که ورق قید را متصل می‌کند نباید از $\frac{1}{3}$ طول ورق کمتر باشد.

بستهای چپ و راست را می‌توان از تسمه، نبشی، ناودانی یا مقطع مناسب دیگر انتخاب کرد. بستهای چپ و راست را باید طوری قرار داد که لاغری بال محصور بین نقاط اتصال آنها از $\frac{3}{4}$ لاغری تعیین کننده کلی عضو بیشتر نشود.

بستهای چپ و راست را باید برای تحمل نیروی برشی اضافی که در امتداد عمود بر محور طولی عضو اثر می‌کند و مقدار آن ۲ درصد نیروی فشاری عضو فرض می‌شود، محاسبه کرد.

نسبت $\frac{L}{r}$ برای بستهای چپ و راست تکی نباید از ۱۴۰ تجاوز کند.

برای بستهای چپ و راست به صورت زوج (ضربداری)، این نسبت نباید از ۲۰۰ بیشتر شود.

بستهای چپ و راست زوج که به صورت ضربداری اجرا می‌شود باید در محل تقاطع خود به یکدیگر متصل شوند.

طول آزاد برای محاسبه ضریب لاغری بستهای اتصالی که در فشار قرار دارند در بستهای تکی برابر فاصله بین اتصالات (پیچ، پرچ یا جوش) دو سر آنها به عضو فشاری و در بستهای زوج ضربداری ۷۰ درصد این فاصله به حساب می‌آید.

زاویه تمایل امتداد بستها نسبت به محور طولی عضو، ارجح است که برای بست تکی از ۶۰ درجه و برای بستهای زوج از ۴۵ درجه کمتر نباشد.

اگر فاصله بین اتصالات (پیچ، پرچ یا جوش) دو سر بست بیش از ۳۸ سانتیمتر باشد، ارجح است که بستها به صورت زوج در نظر گرفته شوند و یا در آنها از نیمرخ نبشی استفاده گردد.

مجموع قیدهای افقی و بستهای چپ و راست را می‌توان با ورقهای تقویتی سرتاسری سوراخدار (سوراخها برای دسترسی به داخل نیمرخ و تخلیه آب) جایگزین کرد. فرض می‌شود که عرض آزاد این ورقها در محل سوراخها برای تحمل تنشهای محوری کافی باشد مشروط بر آنکه نسبت عرض به ضخامت محدودیتهای ماده ۱۰-۱-۹ را تأمین کند و نسبت طول (در امتداد تنش) به پهنای سوراخ از ۲ تجاوز نکند.

فاصله خالص (لبه به لبه) بین سوراخها (در امتداد تنش) نباید از فاصله عرضی نزدیکترین دو ردیف اتصال آنها کمتر باشد و شعاع هیچ نقطه‌ای بر روی پیرامون سوراخ نباید از ۴ سانتیمتر کمتر باشد.

لاغری معادل نسبت به محور عمود بر امتداد بستها را می‌توان از رابطه $\lambda_e = \alpha \lambda$ به دست آورد که $\lambda = KL/r$ ضریب لاغری نسبت به محور عمود بر بستها می‌باشد و مقدار α را نیز می‌توان از روابط زیر به دست آورد:

$$\frac{KL}{r} > 40 \rightarrow \alpha = \sqrt{1 + 300 / (KL / r)^2}$$

$$\frac{KL}{r} < 40 \rightarrow \alpha = 1.1$$

ب) ستونها و اعضای فشاری مرکب با قیدهای موازی

ستونها و اعضای فشاری مرکبی که از نیمرخها و قیدهای موازی تنها ساخته می‌شوند باید شرایط زیر را داشته باشند:

۱. قیدهای میانی باید به تعدادی باشد که طول عضو فشاری (بین

قیدهای انتهایی) را حداقل به سه قسمت تقسیم کند.

۲. فاصله قیدها از یکدیگر باید به اندازه‌ای باشد که ضریب

لاغری تک نیمرخ عضو فشاری ($\frac{L_1}{r_1}$) در قسمتی که بین قیدها قرار دارد،

از ۴۰ و همچنین از $\frac{2}{3}$ ضریب لاغری (λ_y) بیشتر نشود. λ_y ضریب

لاغری عضو فشاری نسبت به محور y-y (محور عمود بر امتداد قید) و L_1

فاصله مرکز به مرکز قیدها در امتداد ول عضو و r_1 شعاع ژیراسیون حداقل

تک نیمرخ می‌باشد.

۳. قیدهای موازی و اتصالات آنها باید برای تحمل لنگر خمشی

و نیروی برشی وارده محاسبه شوند. فرض می‌شود لنگر و برش مؤثر بر

قیدها حاصل از نیروی برشی جانبی (V) می‌باشد که در امتداد عمود بر

محور طولی و عضو فشاری عمل می‌کند و مقدار آن ۲ درصد بار محوری

عضو فشاری به علاوه برش ناشی از نیروهای خارجی است و اثر آن بین یک جفت قید در روی دو سطح موازی عضو، به تساوی تقسیم می شود.

۴. قیدها را می توان از تسمه، ورق، ناودانی و یا نیمرخ I انتخاب

کرد. اتصال قیدها به نیمرخهای اصلی عضو فشاری باید توسط پیچ، پرچ و یا جوش صورت گیرد به طوری که هر اتصال و نیز مقطع هر قید در مقابل

نیروی برشی طولی (عمود بر امتداد قید) $T_1 = \frac{V \cdot L_1}{2b}$ و لنگر خمشی

$$M_1 = \frac{V \cdot L_1}{4} \text{ مقاوم باشد.}$$

در روابط قبل:

V = نیروی برشی جانبی (طبق تعریف مندرج در زیر بند ۳ فوق)

L_1 = فاصله مرکز به مرکز قیدها در امتداد طول عضو، مطابق

تعریف مندرج در زیر بند ۲ فوق،

b = فاصله بین مرکز ثقل اتصالهای دو سر قید است.

۵. ورقهای قید انتهایی که در دو سر عضو فشاری قرار می گیرند

باید حداقل طول (در امتداد محور طولی عضو) برابر با فاصله بین مراکز

ثقل نیمرخهای تشکیل دهنده عضو فشاری را داشته باشند.

۶. قیدها باید حداقل ضخامتی برابر $\frac{1}{40}$ فاصله بین مراکز ثقل

اتصالات دو سر خود را داشته باشند. رعایت محدودیت اخیر برای

قیدهایی که از نیمرخ ناودانی و یا I با بالهای عمود بر سطح عضو فشاری

تشکیل شده باشند، لازم نیست.

۷. طول مؤثر قیدها در کمانش (در مقابل نیروی محوری قید)

برابر با فاصله بین مراکز ثقل اتصالات دو سر آنها در نظر گرفته می‌شود.

۸. طول جوش اتصال در ضلع طولی قید (موازی محور طولی

عضو)، نباید از نصف طول قید (موازی محور طولی عضو) کمتر باشد و

حداقل $\frac{1}{3}$ طول این جوش باید در دو انتهای لبه طولی قرار گیرد و در

گوشه بر لبه متعامد آن برگشت داده شود که حداقل طول برگشت نباید از

۴ برابر ضخامت قید کمتر باشد.

اگر در طرح عضو فشاری مرکب با قیدهای افقی تنها،

محدودیت‌های زیربندهای ۱ تا ۸ فوق رعایت شده باشد، ضریب لاغری

مؤثر (λ_{ye}) نسبت به محور y-y (محور عمود بر امتداد قیدها) را می‌توان از

رابطه (۳-۵-۱۰) تعیین کرد:

$$\lambda_{ye} = K_1 \lambda_y \quad (3-5-10)$$

در این رابطه $\lambda_y = \frac{K_y L_y}{r_y}$ ضریب لاغری اسمی نسبت به محور y-y و K_1

ضریبی است که از رابطه (۴-۵-۱۰) به دست می‌آید:

$$K_1 = \sqrt{1 + \frac{0822}{(\lambda_y)^2} \left[\frac{A}{A_b} \cdot \frac{L_1}{(r_b)^2} + \left(\frac{L_1}{r_1}\right)^2 \right]} \quad (4-5-10)$$

که در آن:

A = سطح مقطع کلی نیمرخهای عضو فشاری،

A_b = سطح مقطع یک جفت قید افقی (به موازات محور ستون)،

$L_1 =$ فاصله مرکز به مرکز قیدها در امتداد طول عضو،

$b =$ فاصله مرکز ثقل دو نیمرخ از یکدیگر،

$r_b =$ شعاع ژیراسیون قید افقی نسبت به محوری که تحت خمش

قرار می گیرد،

$r_1 =$ شعاع ژیراسیون حداقل هر یک از نیمرخهای فشاری

می باشد.

ارجح است که طرح عضو فشاری با قیدهای موازی با شرط

$\lambda_{y_e} \leq \lambda_x$ انجام شود که در آن $\lambda_x = \frac{K_x L_x}{r_x}$ ضریب لاغری عضو

فشاری نسبت به محور قوی نیمرخها (محور عمود بر امتداد y-y) می باشد.

همچنین ترجیح داده می شود مرکز ثقل اتصال قیدها در محاذات مرکز

ثقل نیمرخها قرار گیرد و از به کار بردن عضو فشاری مرکب با قیدهای

افقی تنها، در صورتی که عضو فشاری نسبت به محور y-y تحت اثر لنگر

خمشی محاسبه شده قرار می گیرد، خودداری شود.

۱۰-۱-۵-۵ اعضای فشاری با اتصال مفصلی و "پین"

اتصال مفصلی در اعضای فشاری باید محدودیتهای ماده ۱۰-۱-۴-۳ را

برآورده کند.

۱۰-۱-۵-۶ برش در جان ستونها

اتصالات ستونها در مقابل نیروهای متمرکز باید طبق ماده ۱۰-۱-۸-۱ بررسی شود.

۱۰-۱-۶ ترکیب تنشها

مقاومت اعضایی که تحت اثر تنشهای مرکب قرار می گیرند باید طبق مشخصات این فصل تعیین شود. اعضایی که در این فصل مورد بررسی قرار می گیرند باید یک یا دو محور تقارن در مقطع داشته باشند. برای تعیین F_a به فصل ۱۰-۱-۵ و برای F_{bx} و F_{by} به فصل ۱۰-۱-۲ مراجعه شود.

۱۰-۱-۶-۱ فشار محوری و خمش

اعضایی که تحت اثر فشار محوری توأم با تنش خمشی قرار می گیرند باید طوری محاسبه شوند که محدودیتهای زیر را برآورده کنند:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_e}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_e}\right) F_{by}} \leq 1.0 \quad (1-6-10)^1$$

$$\frac{f_a}{0.60F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (2-6-10)^1$$

۱ - در معادله (۱-۶-۱۰) وقتی بارگذاری جانبی بین تکیه گاهها موجود است باید f_{bx} و f_{by} را براساس لنگر بین تکیه گاهی محاسبه کرد و در رابطه (۲-۶-۱۰) آنها را براساس لنگر تکیه گاهی. در صورتی که بارگذاری جانبی نداشته باشیم، تنشهای ذکر شده براساس بیشینه لنگر محاسبه می شوند.

یادآوری می شود که اگر $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$ باشد می توان به جای روابط (۱۰-۱)

و (۱-۶) و (۲-۶-۱۰) از رابطه (۳-۶-۱۰) استفاده کرد:

$$\frac{f_a}{F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (۳-۶-۱۰)$$

در روابط (۱-۶-۱۰) و (۲-۶-۱۰) و (۳-۶-۱۰) اندیسه های x و y در ترکیب با اندیسه های e, b و m، محورهای خمشی مربوط به تنشها و یا خواصی دیگر را نشان می دهد، و:

F_a = تنش فشاری مجاز اگر فقط نیروی محوری عمل کند،

F_b = تنش فشاری مجاز در خمش اگر فقط لنگر خمشی عمل

کند،

F'_e = تنش اولر که بر ضریب اطمینان تقسیم شده،

می باشد که مقدار آن عبارت است از:

$$F'_e = \frac{12\pi^2 E}{23 \left(\frac{KL_b}{r_b}\right)^2} = \frac{105 \times 10^5}{\left(\frac{KL_b}{r_b}\right)^2}$$

در این رابطه L_b طول آزاد قطعه در صفحه خمش، r_b شعاع

ژیراسیون نظیر و K ضریب طول مؤثر در صفحه خمش می باشد.

مانند مقادیر F_a , F_b , $0.6F_y$ ، در مورد F'_e نیز مجاز است که در

حالت بارگذاری اضطراری (طبق بند ۱۰-۵-۱) افزایش به مقدار $\frac{1}{3}$ را

اعمال کرد.

$f_a =$ تنش فشاری ناشی از فشار که برای نقطه مورد نظر محاسبه

شده،

$f_{bx} =$ تنش فشاری ناشی از خمش در حول محور x،

$f_{by} =$ تنش فشاری ناشی از خمش در حول محور y،

$C_m =$ ضریبی که مقدار آن به شرح زیر اختیار می شود:

الف) برای اعضای فشاری قابهایی که در مقابل انتقال جانبی

$$C_m = 0.85$$

آزادند:

ب) برای اعضای فشاری (ستونهای) قابهایی که از دوران انتهای

ستونها و نیز انتقال جانبی قاب جلوگیری شده باشد، مشروط بر آنکه بار

مستقیم خارجی در بین تکیه گاههای عضو، در صفحه خمش بر آن وارد

نشود:

$$C_m = 0.60 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \geq 0.4$$

در این رابطه $\frac{M_1}{M_2}$ (نسبت لنگر کوچکتر به لنگر بزرگتر در دو

انتهای طول آزاد عضو) مثبت است اگر عضو انحنای مضاعف داشته باشد

و منفی است اگر انحنای عضو ساده باشد.

پ) برای اعضای فشاری در قابهایی که از انتقال جانبی آنها در

صفحه بار گذاری جلوگیری شده باشد و تحت اثر بارهای جانبی مستقیم

در بین دو سر خود باشند، مقدار C_m باید به وسیله آنالیزی مستدل تعیین

شود. به جای آنالیز مزبور می توان از اعداد زیر استفاده کرد:

برای اعضای که انتهای آزاد آنها در مقابل دوران (در صفحه

خمش) نگهداری شده است: $C_m = 0.85$

برای اعضای که انتهای آزاد آنها در مقابل دوران (در صفحه

خمش) نگهداری نشده است: $C_m = 1.0$

۱۰-۱-۶-۲ کشش محوری و خمش

اعضایی که تحت اثر کشش محوری توأم با تنش خمشی قرار می‌گیرند باید طوری محاسبه شوند که در تمام نقاط طول عضو رابطه (۱۰-۶-۴) را برآورده نمایند:

$$\frac{f_a}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (10-6-4)$$

که در آن:

f_b = تنش کششی محاسباتی حاصل از لنگر خمشی،

f_a = تنش کششی محاسباتی حاصل از کشش محوری،

F_b = تنش خمشی مجاز، و

F_t = تنش کششی مجاز (مندرج در ماده ۱۰-۱-۴) می‌باشد.

از طرف دیگر، تنشهای فشاری ناشی از خمش که از بارگذاری

مستقل دیگری حاصل شده باشد نباید از مقادیر مجاز مندرج در فصل

۱۰-۱-۲ تجاوز کند.

۱۰-۱-۶-۳ ترکیب تنشهای صفحه‌ای

در صورت وجود حالت تنش صفحه‌ای در یک نقطه از قطعه مورد مطالعه، تنش مقایسه‌ای از رابطه فون میسر^۱ قابل محاسبه می‌باشد.

$$\sigma_h = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (10-6-5)$$

در رابطه فوق:

$$\sigma_h = \text{تنش مقایسه‌ای،}$$

$$\sigma_x = \text{تنش قائم در امتداد } x،$$

$$\sigma_y = \text{تنش قائم در امتداد } y،$$

$$\tau_{xy} = \text{تنش برشی،}$$

علامت σ_x و σ_y در صورتی که کششی باشند، مثبت و در صورتی که فشاری باشند، منفی در نظر گرفته می‌شود.

برحسب مورد، تنش مقایسه‌ای σ_h باید کوچکتر از تنش مجاز مربوطه باشد.

در مورد جوشها، ترکیب تنشهای برشی و قائم طبق رابطه زیر امکان‌پذیر می‌باشد.

$$\sigma_{wh} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} \quad (10-6-6)$$

تنش مقایسه‌ای σ_{wh} باید کوچکتر از تنشهای مجاز جوش طبق جدول ۴ باشد.

^۱ - Von Misses

۱۰-۱-۷ اتصالات و وسایل اتصال

این فصل به اتصالات، شامل عناصر اتصال دهنده (ورقها، قطعات تقویتی، ورقهای اتصال در گره، نبشها و لچکیهای اتصال) و وسایل اتصال (پیچ، پرچ و جوش) مربوط می شود.

۱۰-۱-۷-۱ کلیات

(الف) مبانی طرح و محاسبه

ابعاد اتصال باید طوری اختیار شود که تنش موجود محاسباتی، بر اساس هر یک از دو حالت زیر که مناسبتر باشد، از تنش مجاز کمتر گردد:

۱. بر مبنای تحلیل سازه برای بارهای مؤثر،

۲. بر مبنای درصدی از مقاومت اعضای متصل شونده (که برای

تعیین ظرفیت اتصال در نظر گرفته می شود).

(ب) اتصال ساده

در این حالت فرض می شود اتصال تیرها، شاستیرها و خرپاها انعطاف پذیر (غیرگیردار) بوده و می توان آنها را فقط در مقابل برش (عکس عملهای تکیه گاه) محاسبه کرد، مگر اینکه در مدارک محاسبه جز این قید شده باشد.

اتصال انعطاف‌پذیر باید آزادی دوران زاویه‌ای در انتهای تیر را تأمین کند، به عبارت دیگر تکیه‌گاههای ساده بدون گیرداری به وجود آورد. برای تأمین این وضع تغییر شکل غیرالاستیک در اتصال مجاز می‌باشد.

پ) اتصال انتقال دهنده لنگر (اتصال لنگرگیر)
اتصال انتهای تیرها، شاهتیرها و خرپاهایی که داشتن مقداری گیرداری در تکیه‌گاههای آنها مورد نظر باشد، باید در مقابل اثر مشترک نیروهای ناشی از لنگر و برش حاصل از صلبیت اتصال، محاسبه شود.

ت) اعضای فشاری با درزهای اتکایی
هنگامی که انتقال نیرو به کف ستونها از طریق فشار مستقیم تماسی انجام می‌شود و سطح تماس آنها برای انتقال نیرو صاف و آماده شده است، باید اتصال کافی بین دو قطعه (ستون و کف ستون)، موجود باشد تا این قطعات به طور مطمئن تثبیت شده و عمل خود را انجام دهند.

همچنین در وصله ستونها اگر سطح انتهایی دو قطعه کاملاً صاف و تنظیم شده باشد و انتقال نیرو از طریق تماس مستقیم انجام شود، باید مصالح وصله و وسایل اتصال طوری تنظیم شود که قطعات متصل شونده به خوبی در محل خود و محور مورد نظر نگهداری شوند. در محاسبه،

وصله باید بتواند نیرویی برابر حداقل ۵۰ درصد مقاومت عضو متصل شونده را تحمل کند.

کلیه اتصالات فشاری باید طوری طراحی شوند که هر نوع کشش حاصل از اثر بارهای جانبی توأم با اثر ۷۵ درصد بار مرده بدون اثر بار زنده را تحمل کنند.

ث) اتصال اعضای کششی و فشاری در خرپاها

اتصال در هر سر عضو کششی یا فشاری در خرپاها باید بتواند نیروهای محاسباتی در اعضا را تحمل کند و در عین حال بتواند نیرویی حداقل برابر ۵۰ درصد ظرفیت مؤثر مقطع عضو را تحمل کند مگر اینکه توسط محاسبه‌ای مستدل که عوامل دیگر مانند حمل و نصب را هم در نظر گرفته باشد، درصد کوچکتري قابل قبول باشد.

ج) حداقل اتصال

اتصالاتی که تنشهای محاسبه شده‌ای را تحمل می‌کنند (غیر از بستهای چپ و راست سبک، میل مهار لاپه‌ها و یا کمربندهای کمکی بستن ورقهای نما) باید حداقل برای تحمل نیروی ۳ تن محاسبه شوند.

چ) وصله در مقاطع سنگین

این بند به نیمرخهای نورد شده حجیم و سنگین و نیمرخهای مرکبی که با جوش کردن ورقهای ضخیمتر از ۵۰ میلیمتر ساخته می‌شوند، مربوط می‌شود.

در وصله این گونه اعضا که توسط جوش لب نفوذی صورت می‌پذیرد، باید برای جلوگیری از اثر انقباض ناشی از سرد شدن و شکست ناشی از تردی در جوش و مصالح مجاور آن، احتیاطهای لازم به عمل آید.

اگر جوش وصله نقش انتقال تنشهای کششی ناشی از نیروی کششی و یا لنگر خمشی را داشته باشد، لازم است محدودیتهای مربوط به طاقت مصالح روی نمونه زخم‌دار طبق روش شارپی بررسی گردد.

در صورت به کار بردن سوراخهای دسترسی جوشکاری، جزئیات این سوراخها باید طبق بند ۱۰-۱-۷-۱-ح و جوش مناسب طبق بند ۱۰-۱-۷-۲-ج و گرم کردن قبل از جوشکاری طبق بند ۱۰-۱-۷-۲-چ و محدودیتهای مربوط به برش با شعله و آماده کردن سطوح و نکات مربوط به بررسی جوشها طبق ماده ۱۰-۲-۲-۲ رعایت شود. در اتصالات کششی مقاطع سنگین باید بعد از جوشکاری، پشت بند جوش (در صورت موجود بودن) را از جای خود برداشت و جوشها را با سنگ زدن صاف و یکنواخت کرد. اگر وصله در این نوع مقاطع در اعضایی انجام شود که به عنوان عضو اصلی فشاری عمل می‌کنند باید سوراخهای دسترسی

جوشکاری برای جوش لب محدودیتهای بند ۱۰-۱-۷-۱-ح را برآورده کند.

برای وصله مقاطع یادشده اگر تحت اثر نیروی فشاری باشند (شامل اعضایی که تحت تأثیر باد یا زلزله در کشش نیز قرار خواهند گرفت) می‌توان از جزئیاتی استفاده کرد که افت و انقباض جوش (نتیجتاً تغییر شکلهای نظیر) در آن بزرگ نباشد. مثلاً می‌توان از ورقهای وصله جان با جوش گوشه و یا ترکیب وصله با پیچ و جوش گوشه استفاده کرد.

ح) سوراخهای دسترسی برای جوشکاری و رش بالهای تیر برای اتصال کلیه سوراخهایی که به منظور دسترسی و تسهیل جوشکاری تعبیه می‌شود، برای قراردادن مصالح جوش در موضع موردنظر، باید دید کامل و فراخی کافی داشته باشد. این سوراخها و نیز قسمتهای برش داده بال در انتهای تیرها باید به صورتی کاملاً یکنواخت، با انحنای ملایم و بدون گوشه‌های تیز و زاید، تعبیه شود.

در نیمرخهای سنگین و مقاطع مرکبی که از مصالح به ضخامت بیش از ۵۰ میلیمتر ساخته می‌شوند، لبه‌های برش داده تیر یا سوراخهای دسترسی که توسط شعله بریده شده باشند را باید با سنگ زدن به صورت فلز صاف و براق درآورد. اگر قسمتهای منحنی بریده شده در تیر یا سوراخ (به شرح بالا)، توسط عمل مته کردن و یا سوهان زدن شکل گرفته باشد، به سنگ زدن و صاف کردن احتیاجی ندارد.

خ) تعبیه پیچ، پرچ و جوش

ترتیب قرارگیری پیچها، پرچها یا جوش در انتهای هر عضوی که نیروی محوری را انتقال می‌دهد باید طوری باشد که مرکز ثقل وسایل اتصال و مرکز ثقل عضو در یک راستا قرار گیرند مگر حالتی که به خروج از مرکز موجود در طرح و اثر آن در محاسبه توجه داشته باشد. رعایت این محدودیت برای اتصال انتهای تک نبشی، جفت نبشی و نظایر آنها که تحت اثر بارهای استاتیکی باشند، لازم نیست. در این گونه اتصالات اگر بار استاتیکی وارد شود، می‌توان از خروج از مرکز بین محورهای ماربر مرکز ثقل عضو و مرکز ثقل مجموعه پیچ، پرچ و یا جوش، صرف‌نظر کرد. در اعضای تحت اثر خستگی، خروج از مرکز یاد شده را باید در نظر داشت.

د) ترکیب پیچ و جوش

وقتی که پیچهای معمولی و یا پیچهای پرمقاومت در حالت اتصال برشی اتکایی (غیر اصطکاکی) مشترکاً با جوش استفاده شود، نباید فرض کرد که آنها در تحمل بار با جوش سهیم هستند. در صورتی که از جوش استفاده شود فرض صحیح این است که کل تنش در اتصال جوش را به تنهایی تحمل می‌کند.

پیچهای پرمقاومت را که با فرض عمل اصطکاکی محاسبه شده باشند می توان با جوش در تحمل تنشها، سهیم فرض کرد. اگر در ساختمانهای موجود با استفاده از جوش، تقویت یا تغییری صورت گیرد، مجاز است اتصال پرچ و یا پیچ پرمقاومت موجود (در صورتی که اتصال اصطکاکی تا حد لازم تنیده شده باشد) را جوابگوی بارهای موجود فرض کرد. در این صورت جوش باید تنشهای اضافی را تحمل کند.

ذ) پیچهای پرمقاومت (اصطکاکی) در ترکیب با پرچ در کارهای جدید یا تغییر در کارهای موجود، می توان فرض کرد که پیچهای پرمقاومت با عمل اصطکاکی، مشترکاً با پرچ بارها را تحمل می کنند.

ر) محدودیتهای اتصالات پیچی و اتصالات جوشی برای اتصالات زیر باید از پیچهای پرمقاومت با تنیدگی کامل (طبق مشخصات جدول ۱۱) و یا جوش استفاده شود:

۱. وصله ستونها در سازه های با ارتفاع ۶۰ متر و بیشتر،
۲. وصله ستونها در سازه های با ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ متر، در صورتی که نسبت بعد کوچک افقی (در پلان) به ارتفاع در آنها از ۴۰ درصد کمتر باشد.

۳. وصله ستونها در سازه‌های با ارتفاع کمتر از ۳۰ متر، در صورتی که نسبت بعد کوچک افقی به ارتفاع در آنها از ۲۵ درصد کمتر باشد.

۴. اتصال کلیه تیرها و شاهتیرها به ستونها و یا اتصال هر نوع تیر یا شاهتیری که مهار ستونها به آنها مرتبط باشد، در سازه‌های با ارتفاع بیش از ۳۸ متر.

۵. کلیه سازه‌هایی که جراثقالهای با ظرفیت بیش از ۵ تن را تحمل می‌کنند، در وصله خرپاهای سقف، اتصال خرپاها به ستونها، وصله ستونها، مهار ستونها، مهارهای زانویی بین خرپا و ستون و تکیه گاههای جراثقال.

۶. در اتصالات تکیه گاههای اعضایی که ماشینهای متحرک یا بارهای زنده از نوع دیگر را تحمل می‌کنند، که تولید ضربه و یا معکوس شدن تنشها را به همراه داشته باشد.

۷. هر اتصال دیگری که در نقشه‌های طرح و محاسبه قید شده باشد.

در کلیه حالت‌های دیگر می‌توان اتصال را با پیچهای پر مقاومت با عمل غیر اصطکاکی (برشی) یا با پیچهای نوع دیگر با مقاومت قابل قبول، انجام داد.

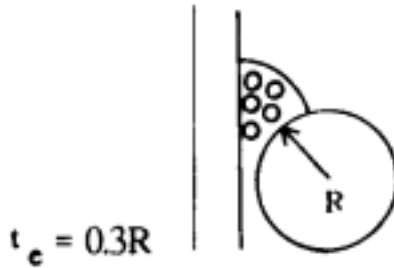
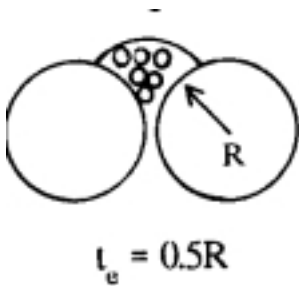
برای ارتفاع ساختمان، می توان فاصله بین رقوم متوسط جدول کنار خیابان مجاور ساختمان و بالاترین تیر در ساختمان را به حساب آورد.

۱۰-۱-۷-۲ اتصالات جوشی

الف) جوشهای لب (شیاری)

۱. سطح مقطع مؤثر: سطح مقطع مؤثر در جوشهای لب (شیاری) عبارت است از: حاصلضرب طول مؤثر جوش در ضخامت گلوگاه مؤثر. طول مؤثر جوش برابر با پهنای قطعه جوش شونده و ضخامت گلوگاه مؤثر جوش لب با نفوذ کامل، برابر با ضخامت قطعه نازکتر در نظر گرفته می شود. ضخامت گلوگاه مؤثر در جوش لب با نفوذ نسبی، برابر با عمق شیار جوش منهای ۳ میلیمتر در نظر گرفته می شود. استفاده از این نوع جوش در وضعیتی که بارگذاری متناوب (خستگی) کششی وجود داشته باشد مجاز نیست.

ضخامت مؤثر جوش شیاری که بین دو لبه گرد (مثل شیار بین دو میلگرد) و یا بین یک لبه گرد و لبه تخت (مثل میلگرد در مجاورت ورق) داده می شود، طبق **اشکال زیر** می باشد.



۲. محدودیت: ضخامت گلوگاه مؤثر نباید از مقادیر مندرج در جدول ۲ کمتر شود. حداقل ضخامت گلوگاه مؤثر با توجه به ضخامت قطعه ضخیتر تعیین می شود، از طرفی بعد جوش نباید از ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده تجاوز کند.

جدول ۲ حداقل ضخامت گلوگاه جوش لب.

حداقل گلوگاه جوش	ضخامت قطعه ضخیتر
۳ میلیمتر	تا ۶ میلیمتر
۴/۵ میلیمتر	۶ تا ۱۲ میلیمتر
۶ میلیمتر	۱۲ تا ۲۰ میلیمتر
۸ میلیمتر	۲۰ تا ۳۸ میلیمتر
۱۰ میلیمتر	۳۸ تا ۵۷ میلیمتر
۱۲ میلیمتر	۵۷ تا ۱۵۲ میلیمتر
۱۶ میلیمتر	بالاتر از ۱۵۲ میلیمتر

ب) گوشه‌های گوشه

۱. سطح مقطع مؤثر: سطح مقطع مؤثر در گوشه‌های گوشه برابر با حاصل ضرب مؤثر در ضخامت گلوگاه مؤثر در نظر گرفته می‌شود. طول مؤثر جوش گوشه (بجز گوشه‌هایی که در سوراخ و شکاف قرار می‌گیرد) برابر با طول کلی نوار جوش شامل قسمت‌های برگشت خورده می‌باشد.

ضخامت گلوگاه مؤثر در جوش گوشه، برابر کوتاهترین فاصله بین عمیقترین نقطه مقطع جوش تا سطح خارجی آن به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به حساب می‌آید. برای گوشه‌های گوشه در سوراخ و شکاف، طول مؤثر برابر با طول محوری (میان‌تاری) که از مقطع گلوگاه جوش می‌گذرد، در نظر گرفته می‌شود.

۲. محدودیت: حداقل بعد جوش گوشه باید طبق جدول ۳ تعیین شود. حداقل بعد جوش تابع ضخامت قطعه ضخیم‌تر می‌باشد. از طرفی نباید بعد جوش از ضخامت نازک‌ترین قطعه متصل شونده تجاوز کند. حداکثر بعد جوش گوشه در لبه قطعات متصل شونده به این شرح است:

در قطعات با ضخامت کمتر از ۷ میلی‌متر، از ضخامت قطعه بیشتر نباشد. در قطعات با ضخامت ۷ میلی‌متر و بیشتر، ضخامت قطعه منهای ۱/۵ میلی‌متر.

جدول ۳ حداقل بعد جوش گوشه.

حداقل بعد جوش گوشه	ضخامت قطعه ضخیمتر متصل شونده
۳ میلی‌متر	۷ تا میلی‌متر
۵ میلی‌متر	۷ تا ۱۲ میلی‌متر
۷ میلی‌متر	۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر
۸ میلی‌متر	بیش از ۲۰ میلی‌متر

طول مؤثر جوش گوشه که برای تحمل تنشها محاسبه شده باشد، نباید از ۴ برابر بعد آ کمتر باشد و اگر از جوش فقط گوشه در لبه‌های طولی و موازی در انتهای تسمه‌های کششی استفاده می‌شود، طول هر طرف نباید از فاصله عمودی بین آنها (تقریباً عرض تسمه) کمتر باشد و این فاصله عمودی نباید از ۲۰ سانتیمتر تجاوز کند. جوشهای گوشه منقطع برای انتقال تنشهای محاسبه شده هنگامی لازم است که نیروی منتقله از مقاومتی که با جوش سرتاسری و حداقل بعد جوش تأمین می‌شود، کمتر باشد. استفاده از این نوع جوش در اتصال جان و بال تیرهای مرکب ساخته شده از ورق و یا دیگر مقاطع ساخته شده و اتصال ورقهای تقویتی بال، نیز مجاز می‌باشد. طول مؤثر قطعات جوش نباید از ۴ برابر بعد جوش و از ۴۰

میلیمتر کمتر شود. فاصله آزاد بین قطعات جوش نباید از ۱۶ برابر ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده وقتی که در فشار است و از ۲۴ برابر این ضخامت وقتی که در کشش است، بیشتر شود.

در اتصال دو قطعه‌ای که روی هم می‌آیند، طول روی هم آمدگی نباید از ۵ برابر ضخامت قطعه نازکتر کمتر باشد و در هیچ حالتی از ۲۵ میلیمتر کمتر نشود.

اتصالات روی هم که ورقها و تسمه‌هایی تحت اثر تنشهای محوری را به یکدیگر متصل می‌کند، باید در ضلع انتهایی هر یک از قسمت‌های متصل شونده، توسط جوش گوشه اتصال یابند. مگر وضعیتی که اتصال به اندازه کافی نگهداری شده باشد یا تغییر شکل خمشی آنقدر محدود باشد که از بازشدن اتصال تحت اثر بار حداکثر جلوگیری شود.

مجاز است از جوش گوشه در لبه سوراخ و شکاف در اتصالات روی هم، به منظور انتقال برش یا جلوگیری از کمانش و یا جدایی قسمت‌های متصل شونده استفاده شود.

کلیه جوشهای گوشه که در لبه کناری و یا ضلع انتهایی عضو انجام می‌شود باید در آخر ضلع و بر روی ضلع دیگر برگشت داده شود که حداقل طول این برگشت ۲ برابر بعد جوش می‌باشد. این شرط برای تکیه‌گاههای ساخته شده لچکی (براکت) در جوشهای گوشه قائم و جوشهای گوشه سربالا نیز صدق می‌کند. همچنین است برای نبشیه‌های نشیمن تیر و اتصالات نظیر. در نبشیه‌های اتصال تیر و ستون یا ورقهای این

نوع اتصال (که انعطاف‌پذیری اتصال به مقدار زیادی تابع انعطاف‌پذیری بال برجسته نبشی با طول قابل تغییر شکل ورق است)، برگشت در انتهای جوش گوشه نباید از ۴ برابر بعد جوش بیشتر باشد. برگشت انتها در جوش گوشه باید در نقشه‌ها و جزئیات اجرایی قید شود.

پ) جوش انگشتانه و کام (توپر)^۱

۱. سطح مقطع مؤثر: سطح مقطع مؤثر در برش برای جوش انگشتانه و کام برابر سطح مقطع اسمی سوراخ و شکاف در صفحه برش به حساب می‌آید.

۲. محدودیت: مجاز است از جوش انگشتانه و کام برای انتقال برش در اتصال عناصری که روی هم قرار گرفته‌اند و یا جلوگیری از کمزش در عناصر روی هم آمده در اعضای مرکب ساخته شده استفاده کرد.

قطر سوراخ در جوش انگشتانه نباید از ضخامت قطعه سوراخ شده به اضافه ۸ میلیمتر کمتر باشد. همچنین قطر یادشده نباید از مقدار حداقل به اضافه ۳ میلیمتر و یا $2\frac{1}{4}$ برابر ضخامت جوش بزرگتر شود.

حداقل فاصله مرکز به مرکز جوشهای انگشتانه ۴ برابر قطر سوراخ می‌باشد. حداقل فاصله مرکز به مرکز شکافها در امتداد عمود بر

^۱ - Plug ang slot weld

طول، ۴ برابر پهناى شكاف و حداقل فاصله مركز به مركز شكافها در امتداد طول، ۲ برابر طول شكاف مى باشد كه طول شكاف نيز نبايد از ۱۰ برابر ضخامت جوش بيشتر شود.

پهناى شكاف نبايد از ضخامت قطعه بريده شده به اضافه ۸

ميليتر کمتر و همچنين از $2\frac{1}{4}$ برابر ضخامت جوش بيشتر باشد.

انتهای شكاف بايد به صورت نيم دايره يا خطى مستقيم كه در گوشه ها تبديل به ربعى از دايره (با شعاعى بزرگتر از ضخامت قطعه) مى شود، باشد. ضخامت جوش انگستانه و كام در مصالحي كه ضخامت آنها ۱۶ ميليتر و يا کمتر است بايد برابر با ضخامت مصالح باشد. در مصالحي كه ضخامت آنها بيش از ۱۶ ميليتر است، ضخامت اين جوش بايد حداقل $\frac{1}{2}$ ضخامت مصالح باشد و از ۱۶ ميليتر نيز کمتر نشود.

ت) تنشهاى مجاز

بجز حالتى كه عامل خستگى طبقه ماده ۱۰-۱-۸-۳ تعيين كننده باشد، جوشها بايد طوري محاسبه شوند كه محدوديتهاى تنش مندرج در جدول ۴ را با اعمال ضرايب زير جوابگو باشند:

۱. در صورت انجام آزمايشهاى غير مخرب نظير راديوگرافى

$$\phi = 1.0$$

والتراسونيك:

۲. در صورت انجام جوش در کارخانه (و یا شرایط مشابه) و

بازرسی چشمی جوش توسط افراد مجرب: $\phi = 0.85$

۳. در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش

توسط افراد مجرب: $\phi = 0.75$

ت) ترکیب جوشها

اگر از دو یا چند نوع جوش (جوش لب، جوش گوشه، جوش انگستانه و یا کام) در یک اتصال استفاده شود، باید ظرفیت مؤثر هر یک را جداگانه نسبت به محور مجموعه جوش محاسبه و سپس ظرفیت مجاز مجموعه جوش را تعیین کرد.

ج) فلز جوش مختلط

اگر طاقت نمونه زخم دار به عنوان شرطی برای مصالح جوش تعیین شده باشد، مصالح و روش جوشکاری برای فلز تمام جوشها اعم از حال جوش، عبور جوش در عمق و ریشه اتصال، یا عبورهای بعدی که جوش اضافی را در اتصال ایجاد می کند، باید مشابه باشد تا طاقت نمونه زخم دار برای فلز جوش مختلط محرز شود.

چ) پیش گرم کردن قطعات سنگین

برای نیمرخهای نورد شده سنگین و قطعات مرکب ساخته شده با جوش که ورقهای آنها ضخیمتر از ۵۰ میلیمتر باشد، باید قبل از انجام جوش لب، پیش گرم کردن تا دمای مساوی ۱۸۰ درجه سانتیگراد یا بیشتر، صورت گیرد.

جدول ۴ تنشهای مجاز جوش×

نوع جوش	نوع تنش	تنش مجاز
جوش لب با نفوذ کامل و لبه آماده	کششی یا فشاری، در امتداد عمود بر مقطع مؤثر	متناسب با فلز مادر ××
	کششی یا فشاری، محور جوش	متناسب با فلز مادر ××
	برشی در مقطع مؤثر	۰/۳ × مقاومت نهایی کششی فلز جوش
جوش لب با نفوذ نسبی	فشاری، در امتداد عمود بر مقطع مؤثر	متناسب با فلز مادر ××
	کششی یا فشاری، محور جوش	متناسب با فلز مادر ××
	کششی، در امتداد عمود بر مقطع مؤثر	۰/۳ × مقاومت نهایی کششی فلز جوش (تنش کششی در فلز مادر نباید از ۰/۶ حد جاری شدن فلز مادر بیشتر شود).
جوش گوشه	برشی موازی با محور جوش	۰/۳ × مقاومت نهایی کششی فلز جوش
	برشی در مقطع مؤثر	۰/۳ × مقاومت نهایی کششی فلز جوش
جوش انگشتانه و کام	کششی یا فشاری، محور جوش	متناسب با فلز مادر ××
	برشی، موازی سطح برش شونده (روی مقطع مؤثر)	۰/۳ × مقاومت نهایی کششی فلز جوش

× این تنشها باید در ضرایب مذکور در بند ۱۰-۱-۷-۲-ت ضرب شوند.

×× فلز جوش (الکتروود مصرفی) باید با فلز مادر سازگار باشد و محدودیت مقاومت الکتروود مطابق با مقادیر زیر تأمین شود:

حد جاری شدن فلز مادر (F_y)	مقاومت نهایی کششی فلز الکتروود (F_{ue})
تا 2950 kg/cm ²	4200 kg/cm ²
تا 3860 kg/cm ²	4900 kg/cm ²
تا 4570 kg/cm ²	5600 kg/cm ²

۱۰-۱-۷-۳ پیچ و مهره، قطعات رزرو شده و پرچ

الف) پیچهای پرمقاومت

بجز مواردی که در این مقررات ذکر شده، استفاده از پیچهای پرمقاومت مطابق با استاندارد پیچهای مصرفی، مجاز می باشد.

ب) اندازه ها و سوراخها

۱. اندازه حداکثر برای سوراخ پیچها در جدول ۵ جا داده شده است. برای میل مهارهای پای ستون در شالوده بتنی، استفاده از سوراخهای بزرگتر مجاز می باشد.

۲. سوراخهای یزرگ شده فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز می باشد.

۳. سوراخهای لوبیایی کوتاه در تمام حالات در اتصالات اصطکاکی مجاز هستند و در اتصالات اتکایی باید عمود بر امتداد نیرو باشند.

۴. سوراخهای لوبیایی بلند در اتصالات اتکایی فقط در امتداد عمود بر مسیر نیرو مجاز هستند و در اتصالات اصطکاکی فقط می توانند در یکی از ورقهای اتصال در هر جهت اختیاری وجود داشته باشند.

جدول ۵ ابعاد اسمی سوراخ پیچ

اندازه حداکثر سوراخ (mm)				قطر پیچ (mm)
لوبیایی بلند	لوبیایی کوتاه	بزرگ شده	استاندارد	

(طول × عرض)	(طول × عرض)	(قطر)	(قطر)	
$(2.5d) \times (d+1.5)$	$(d+7) \times (d+1.5)$	$d + 5$	$d+1.5$	d

پ) سطح مؤثر در تنش لهیدگی (فشار تماسی)
 سطح مؤثر تماس در فشار مستقیم برای پیچها، قطعات رزوه شده و پرچها باید به صورت حاصل ضرب قطر در ضخامت تماس به حساب آید مگر در پیچها و پرچهای کله خزینه که نصف عمق خزینه باید کم شود.

ت) کشش و برش مجاز
 تنشهای کششی و برشی مجاز را برای پیچها، قطعات دندانه دار (رزوه شده) و پرچها باید از جدول ۶ استخراج کرد. محل اثر این تنشها مقطع پرچ (قبل از عمل پرچکاری) و مقطع دندانه نشده پیچ یا میله های حدیده شده (غیر از میله های با دندانه های برجسته) در نظر گرفته می شود.
 پیچهای پر مقاومت که بار وارده را به صورت کشش مستقیم تحمل می کنند باید طوری محاسبه شوند که تنش متوسط در مقطع اسمی پیچ، بدون در نظر گرفتن هرگونه نیروی پیش تنیدگی، از مقادیر مندرج در جدول ۶ تجاوز نکند. نیروی مؤثر باید برابر نیروی خارجی به اضافه اثر هرم شدن (ناشی از تغییر شکل در قطعات متصل شده) باشد.
 طرح و محاسبه پیچها، قطعات دنده شده و پرچهایی که تحت اثر خستگی قرار می گیرند باید با توجه به ماده ۱۰-۸-۱-۳ انجام شود.

جدول ۶ تنشهای مجاز در انواع وسایل اتصال

تنش برشی مجاز (F_v)					تنش کششی مجاز (F_t)	نوع وسیله اتصال
اتصال برشی (اتکایی) xxx	اتصال اصطکاکی xx					
	سوراخ لویبایی بلند		سوراخ بزرگ شده و لویبایی کوتاه	سوراخ استاندارد		
	بار در امتداد عرضی	بار در امتداد طولی				
$0.6 F_y$					$0.75 F_y$	پرچ
$0.17 F_u$ (b)					$0.33 F_u^{****}$ (a)	پیچ معمولی
$0.17 F_u$					$0.33 F_u$ (a)	قطعه دندانه شده طبق مشخصات تعیین شده در حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می‌گذرد
$0.22 F_u$					$0.33 F_u$ (a)	قطعه دندانه شده طبق مشخصات تعیین شده در حالتی که سطح برش

						از قسمت دندانان شده نمی گذرد
$0.2 F_u$	$0.09 F_u$	$0.1 F_u$	$0.12 F_u$	$0.15 F_u$	$0.38 F_u$ (d)	پیچ پرمقاومت که سطح برش از قسمت دندانان شده می گذرد
$0.28 F_u$	$0.09 F_u$	$0.1 F_u$	$0.12 F_u$	$0.15 F_u$	$0.38 F_u$ (d)	پیچ پرمقاومت که سطح برش از قسمت دندانان شده نمی گذرد

ث) اثر مشترک کشش و برش در اتصالات برشی (اتکایی)
 پیچها و پرچهایی که تحت اثر عمل مشترک برش و کشش قرار
 می‌گیرند، باید طوری محاسبه شوند که تنش کششی F_t ناشی از نیروهای
 مؤثر بر عضو متصل شده در مقطع اسمی (A_b)، از مقادیر حاصل از روابط
 مندرج در جدول ۷ بیشتر نشود. تنش برشی (f_v) که همزمان توسط همین
 نیروها بوجود می‌آید نباید از مقادیر برشی که در جدول ۶ داده شده است
 بیشتر شود.

در حالتی که تنش مجاز برای اثر باد یا زلزله طبق ماده ۱۰-۰-

۱-۵ افزایش داده می‌شود، ضرایب در جدول ۷ نیز باید به میزان $\frac{1}{3}$
 افزایش یابد ولی ضریب مربوط به f_v را نباید افزایش داد.

ج) اثر مشترک کشش و برش در اتصالات اصطکاکی
 برای پیچهای پرمقاومت که در اتصالات اصطکاکی مورد استفاده قرار
 میگیرند، باید تنش برشی مجازی را که در جدول ۶ تعیین شده است در
 ضریب کاهش دهنده $(1 - \frac{f_t A_b}{T_b})$ ضرب کرد. در این ضریب f_t تنش
 کششی متوسط ناشی از نیروی کششی اعمالی بر تمام پیچها و T_b بار پیش
 تیدگی پیچ که از جدول ۱۱ استخراج می‌شود. اگر تنشهای مجاز برای اثر

باد یا زلزله طبق ماده ۱۰-۰-۱-۵ اضافه شده باشد، تنش مجاز کاهش یافته
برشی هم باید به میزان $\frac{1}{3}$ افزایش یابد.

چ) مقدار مجاز فشار تماسی در سوراخهای پیچ (تنش لهیدگی)
فشار تماسی مجاز بر روی سطح تصویر شده پیچ یا پرچ (حاصل ضرب
قطر در ضخامت قطعه) برای اتصالات برشی (تماسی) که در آنها حداقل
فاصله مرکز به مرکز پیچها $3d$ و فاصله انتهایی بعد از سوراخ تا لبه (در
امتداد نیرو) حداقل $1.5d$ باشد، به شرح زیر تعیین می شود.

۱. برای سوراخهای استاندارد یا سوراخهای لوبیایی کوتاه که دو یا چند
پیچ در خط نیرو داشته باشد:

$$F_p = 1.2 F_u \quad (10-7-1)$$

که در آنها F_p تنش تماسی مجاز در فشار است.

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

$$F_p = 10 F_u \quad (10-2-7)$$

۳. برای سوراخهای استاندارد و یا سوراخهای لوبیایی کوتاه در سطح
تصویر شده نزدیکترین پیچ و پرچ به لبه، که فاصله تا لبه در آنها کمتر از
 $1.5d$ و در تمام اتصال یک عدد پیچ در خط نیرو داشته باشند:

$$F_p = \frac{L_e \cdot F_u}{2d} \leq 1.2 F_u \quad (10-7-3)$$

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

جدول ۷ تنش کششی مجاز (F_t) برای وسایل اتصال با اتصال برشی (تماسی) بر حسب kg/cm^2 .		
نوع وسیله اتصال	سطح برش از قسمت دندانه شده می گذرد	سطح برش خارج از قسمت دندانه شده قرار دارد
پیچ معمولی	$0.43 F_u - 1.8 f_v \leq 1400$	
پیچ پر مقامت	$\sqrt{(0.38F_u)^2 - 4.39f_v^2}$	$\sqrt{(0.38F_u)^2 - 2.15f_v^2}$
قطعه دنده شده	$0.43 F_u - 1.8 f_v \leq 0.33F_u$	$0.43 F_u - 1.4 f_v \leq 0.33F_u$
پرچ	$1.05 F_y - 1.3 f_v \leq 1600$	

× در این جدول:

$$F_u = \text{تنش نهایی مصالح پیچ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$F_y = \text{تنش جاری شدن مصالح پرچ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$F_v = \text{تنش برشی موجود (kg/cm}^2\text{)}$$

(ح) حداقل فواصل

فاصله مرکز به مرکز سوراخهای استاندارد یا سوراخهای بزرگ شده و یا سوراخهای لویایی نباید از ۳ برابر قطر وسیله اتصال کمتر باشد و همچنین محدودیتهای ذیل تأمین شود:

در صورتی که مقدار F_b از روابط (۱-۷-۱۰) و (۲-۷-۱۰) تعیین می‌شود، فاصله بین مرکز سوراخها (S) در امتداد نیروهای انتقالی، نباید از $3d$ کمتر شود. در غیر این صورت فاصله بین مراکز سوراخها نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

الف) در سوراخهای استاندارد:

$$S \leq \frac{2P}{F_u t} + \frac{d}{2} \quad (۴-۷-۱۰)$$

که در آن P نیروی منتقل شده توسط وسیله اتصال به عضو مورد نظر، F_u حداقل مقاومت نهایی کششی قطعه، t ضخامت قطعه متصل شونده و d قطر اسمی وسیله اتصال است.

ب) برای سوراخهای بزرگ شده و سوراخهای لوبیایی، مقدار به دست آمده از زیربند الف با مقدار C_1 مربوط از جدول ۸ جمع می‌شود ولی فاصله خالص بین سوراخها نباید از قطر پیچ کمتر شود.

خ) حداقل فاصله تالبه

فاصله مرکز سوراخهای استاندارد تالبه قطعه متصل شونده نباید از مقادیر داده شده در جدول ۹ و همچنین مقدار حاصل از رابطه (۵-۷-۱۰) کمتر باشد.

در طول یک خط انتقال نیرو در صورتی که F_p از روابط ۷-۱۰-

۱ و ۲-۷-۱۰ تعیین شده باشد، فاصله از مرکز سوراخ استاندارد تالبه قطعه

متصل شونده (L_e) نباید از 1.5d کمتر شود، در غیر اینصورت باید رابطه (۵-۷-۱۰) صادق باشد.

$$L_e \geq \frac{2P}{F_u t} \quad (5-7-10)$$

F_u ، t و در بند ۱۰-۷-۱-۳ ح تعریف شده‌اند.

برای سوراخ بزرگ شده و لویایی فاصله مرکز سوراخ تا لبه نباید از آنچه که برای سوراخ استاندارد تعیین شده به اضافه مقدار C_2 مربوط از جدول ۱۰ کمتر شود.

(د) حداکثر فاصله تا لبه و فاصله مرکز به مرکز

حداکثر فاصله از مرکز هر پیچ و یا پرچ تا نزدیکترین لبه قطعات در تماس ۱۲ برابر ضخامت قطعه متصل شونده می‌باشد ولی نباید از ۱۵۰ میلیمتر تجاوز کند. برای قطعات مرکب (ساخته شده) رنگ نشده که تحت اثر خوردگی و زنگ‌زدگی ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله وسایل اتصال که دو ورق یا ورق و نیم‌رخ را متصل می‌کنند نباید از ۱۴ برابر ضخامت نازکترین قسمت متصل شونده و همچنین از ۲۱۰ میلیمتر بیشتر شود. فاصله تا لبه نباید از ۸ برابر ضخامت نازکترین قطعه و یا از ۱۲۵ میلیمتر تجاوز کند.

(ذ) اتصال با طول گیره بلند

در استفاده از پیچهای معمولی که تنش محاسبه شده‌ای را تحمل می‌کنند و طول گیره در آنها از ۵ برابر قطر بیشتر است، باید به ازای هر ۱/۵ میلیمتر که طول گیره از ۵ برابر قطر بیشتر باشد، یک درصد تعداد پیچها را اضافه کرد.

جدول ۸ مقادیر C_1

سوراخ لوبیایی (mm)			سوراخ بزرگ شده mm
در امتداد موازی با خط نیرو		در امتداد عمود	
لوبیایی بلند	لوبیایی کوتاه	بر خط نیرو	5mm
$1\frac{1}{2}d - 1.5$	7mm	0	

جدول ۹ حداقل فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبه (mm)

لبه بریده شده با قیچی	لبه نورد شده ورق، نیمرخ، تسمه و نیز لبه بریده شده با شعله یا اره	قطر اسمی پیچ یا پرچ
1.75d	1.35d	d

جدول ۱۰ مقادیر افزایش فاصله تا لبه (C_2)

سوراخ لوبیایی			سوراخ بزرگ شده
موازی با لبه	عمود بر امتداد لبه		
	لوبیایی بلند	لوبیایی کوتاه	
0	0.75d	5mm	3mm

جدول ۱۱ حداقل پیش تنیدگی در پیچهای با تنیدگی (ton)^{*}

حدقل نیروی پیش تنیدگی	سطح مقطع اسمی پیچ
$0.55 F_u \cdot A_b$	A_b

× استفاده از آچارهای مدرج و یا روش پیچاندن اضافی منطبق بر مشخصات ارائه شده از طرف سازنده، برای اطمینان از حصول نیروی پیش تنیدگی مذکور در جدول، مجاز است.

۱۰-۱-۷-۴ مجاز در پارگی ناشی از برش

در اتصال انتهای تیرها که قسمتی از بال فوقانی تیر برداشته شده است و یا در حالت‌های نظیر که ممکن است به علت برش در سطحی که از وسیله اتصال می‌گذرد و یا به علت اثر ترکیبی برش در سطح ماربر وسیله اتصال و کشش در سطح عمود بر آن خرابی اتفاق افتد، تنش برشی مجاز عبارت است از:

$$F_v = 0.30 F_u \quad (6-7-10)$$

که F_v در مقطع خالص (باقیمانده) برشی (A_v) در نظر گرفته می‌شود. تنش کششی مجاز نیز عبارت است از:

$$F_t = 0.50 F_u \quad (7-7-10)$$

که F_t در مقطع خالص (باقیمانده) کششی (A_t) در نظر گرفته می‌شود.

F_u نیز تنش نهایی مصالح می‌باشد.

در اتصالات جوشی باید مسیر حداقل برای پارگی در جوشها کنترل شود.

۱۰-۱-۷-۵ عناصر اتصال دهنده

این ماده مربوط است به عناصر اتصال دهنده مانند قطعات تقویتی، ورقهای اتصال (گاست)، نبشها، براکتها و ناحیه چشمه اتصال تیر به ستون.

الف) اتصالات خارج از مرکز

در اتصال اعضای با نیروی محوری باید سعی شود که محورهای ماربر مرکز ثقل اعضا در یک نقطه تلاقی کنند و گرنه باید برای خمش و برش ناشی از خروج از مرکز، پیش‌بینی‌های لازم صورت گیرد.

برش مجاز در پارگی

در حالتی که ممکن است از اثر برش در صفحه‌ای که از وسایل اتصال می‌گذرد، خرابی اتفاق افتد و یا برای حالتی که خرابی حاصل از عمل مشترک برش در امتداد صفحه‌ای که از وسایل اتصال می‌گذرد و کشش در امتداد صفحه عمود بر آن می‌باشد، به ماده ۱۰-۱-۷-۴ مراجعه شود.

۱۰-۱-۷-۶ لقمه‌ها (فیلترها)

در اتصالات جوشی در لقمه‌ای که ضخامت آن ۶ میلی‌متر و بیشتر باشد باید از لبه ورق وصله به اطراف مقداری ادامه یابد و به قطعه‌ای که روی آن قرار می‌گیرد جوش شود. این جوش باید برای انتقال تنشهای ورق وصله هنگامی که به صورت خارج از مرکز بر سطح لقمه تأثیر می‌کند، کافی باشد. جوشهایی که ورق وصله را به لقمه متصل می‌کنند باید برای انتقال تنشهای ورق وصله کافی باشد و نیز طول کافی داشته باشد تا ورق لقمه بیش از حد تحت تنش قرار نگیرد.

هر لقمه‌ای که ضخامت آن کمتر از ۶ میلی‌متر باشد باید لبه‌هایش برابر ورق وصله و صاف (هم باد) با آن تمام شود و بعد جوش باید به اندازه‌ای باشد که ضخامت لقمه را در برگیرد و جوابگوی تنشهای ورق وصله نیز باشد.

در اتصالات پیچی و پرچی که تنشهای محاسبه شده‌ای تحمل می‌شود و پیچ یا پرچ از میان لقمه‌ای با ضخامت بیش از ۶ میلی‌متر می‌گذرد، باید طرز انتقال نیروها مطالعه و مطابق با وضع موجود، ابعاد وسایل اتصال و لقمه محاسبه شود.

۱۰-۱-۷-۷ وصله‌ها

جوشهای لب‌به‌لب آماده شده، در تیرهای نور شده و تیرهای مرکب حداقل باید ظرفیت کامل مقطع کوچکتر وصله شونده را به وجود آورد.

انواع دیگر وصله در مقاطع تیرهای مرکب و تیرها باید مقاومت مطمئن برای تنشهای موجود در نقطه وصله را به وجود آورد.

الف) وصله در بال تیر

وصله در بال تیر باید تا حد امان از محل تنش خمشی حداکثر، دور باشد. اگر از ورق تقویتی بال برای وصله استفاده می شود، سطح مقطع آن باید حداقل به ۵ درصد از سطح مقطع بال وصله شونده بیشتر و مرکز ثقل آن تا حد امکان به مرکز ثقل بال نزدیک یا منطبق باشد. تعداد پیچها، پرچها و یا مقدار جوش در هر طرف مقطع وصله، باید برای تأمین مقاومتی که مقدارش حداقل ۱/۵ برابر نیروی موجود در قطعه وصله شده است، کافی باشد.

ب) وصله در جان تیر

وصله در جان تیرها و تیرهای مرکب باید برای نیروی برشی و سهم لنگر خمشی مربوط به جان در محل درز اتصال، محاسبه شود. اگر از ورقهای وصله جان استفاده می شود باید این ورقها را به صورت قرینه و با ضخامت مساوی در دو طرف جان قرار داد.

در سطح تماس سطوح صاف و آماده شده و انتهای قطعات تقویتی با انتقال تنش تماسی و روی سطح تصویر پینها در سوراخهای تنظیم شده برای خار، تنش فشاری تماسی مجاز عبارت است از:

$$F_p = 0.90 F_y$$

اگر دو یا چند عضو در تماس دارای حد جاری شدن (F_y) مختلف باشند، F_y کوچکتر ملاک خواهد بود. در روی غلتکها و کفشکهای تکیه گاه خواهیم داشت:

$$F_p = \frac{F_y - 920}{1400} \times 46.3d$$

که در آن F_p بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر طول، F_y بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و d قطر غلتک یا کفشک بر حسب سانتیمتر است.

۱۰-۷-۹ کف ستون و فشار مستقیم بر بتن و مصالح بنایی

پیش‌بینی‌های لازم برای انتقال بارهای ستونها به شالوده باید به عمل آید.

در صورتی که مقررات و مشخصات ویژه‌ای برای این حالت

موجود نباشد، اعداد زیر ملاک محاسبه خواهد بود:

تنش فشاری مجاز بر روی سنگ آهکی و ماسه سنگ متراکم در

مالات ماسه سیمان:

$$F_p = 22 \text{ kg/cm}^2$$

تنش فشاری مجاز بر روی آجرکاری با ملات سیمان:

$$F_p = 14 \text{ kg/cm}^2$$

تنش فشاری مجاز بر روی تکیه گاه بتنی

$$F_p = 0.30f'_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} < 0.7f'_c$$

که در آن:

f'_c = مقاومت فشاری بتن بر روی نمونه استوانه‌ای استاندارد،

A_1 = سطح ورق زیر ستون در تماس با شالوده (cm^2) و

A_2 = حداکثر سطحی از شالوده هم مرکز و متشابه با ورق زیر

ستون، می‌باشد.

۱۰-۱-۷-۱۰ میل مهارها

میل مهارها باید طوری طراحی و محاسبه شوند که تمام حالت‌های بارگذاری را در سازه تمام شده، از نظر کشش و برش در پای ستونها، جوابگو باشند که شامل کششی ناشی از لنگر خمشی حاصل از گیرداری و یا نیمه گیرداری پای ستون نیز خواهد بود.

۱۰-۱-۸ مسائل ویژه در طرح و محاسبه

این بخش به محاسبه قطعات با مقاومت نهایی در زیربارهای متمرکز، پیچش و خستگیهای متناوب مربوط می‌شود.

۱۰-۱-۸-۱ جان و بال تیر در زیربارهای متمرکز

الف) مبانی طراحی

اعضایی که تحت اثر بار متمرکز بر بال قرار می‌گیرند و نسبت به جان تیر متقارن‌اند، باید جان و بال آنها طوری محاسبه شود که در مقابل خمش موضعی بال، جاری شدن در جان تیر، لهیدگی در جان و کمانش توأم با انتقال عرضی جان، طبق بندهای ۱۰-۱-۸-۱-ب تا ۱۰-۱-۸-۱-ث مقاوم باشند. در اعضایی که بار متمرکز بر هر دو بال وارد می‌شود، باید جان آنها ضوابط مربوط به جاری شدن جان، لهیدگی جان و کمانش ستونی جان، مندرج در بندهای ۱۰-۱-۸-۱-پ، ۱۰-۱-۸-۱-ت و ۱۰-۱-۸-۱-ج را تأمین کند.

اگر یک جفت قطعه تقوتی در محل بار متمرکز، در دو طرف جان تعبیه شود، نیازی به بررسی و کنترل بندهای ۱۰-۱-۸-۱-ب و ۱۰-۱-۸-۱-پ نخواهد بود.

برای جان ستونهایی که تحت اثر نیروی برشی بزرگ^۱ باشند، باید به بند ۱۰-۸-۱-۱-چ و برای قطعات تقویتی با فشار تماسی مستقیم، به بند ۱۰-۸-۱-۱-ح مراجعه شود.

(ب) خمش موضعی در بال

در صورتی که ضخامت بال ستون کمتر از مقدار رابطه ۱۰-۸-۱ باشد، در محاذات بال کششی تیری که به ستون متصل می شود و یا در محاذات ورق اتصال بال تیر به ستون باید یک جفت قطعه تقویتی قرار داد:

$$t = 0.4 \sqrt{\frac{P_{bf}}{F_{yc}}} \quad (10-8-1)$$

در این رابطه:

t = ضخامت بال ستون (cm)،

F_{yc} = حد جاری شدن فولاد ستون (kg/cm^2)،

F_{bf} = نیروی محاسبه شده ای که از بال تیر و یا ورق اتصال

خمشی، به ستون وارد می شود (kg). وقتی که این نیرو حاصل از اثر بار

مرده و بار زنده است در $\frac{5}{3}$ و هنگامی که این نیرو حاصل از اثر بار مرده

و بار زنده به اضافه اثر باد یا زلزله است در $\frac{4}{3}$ ضرب می شود.

^۱ - High shear

اگر عرض بارگذاری شده در روی بال ستون از $0.15b$ عرض b عرض (بال ستون است) کمتر باشد، بررسی رابطه $(1-8-10)$ لازم نمی‌باشد.

پ) جاری شدن موضعی جان

در تیرها و شاهتیرهای مرکب (با اتصال جوشی) باید روابط زیر برقرار شوند:

۱. در حالتی که بار متمرکز، از انتهای عضو در فاصله‌ای بیش از عمق مقطع وارد می‌شود:

$$\frac{R}{t_w(N + 5K)} \leq 0.66F_y \quad (2-8-10)$$

۲. در حالتی که بار متمرکز در انتها و یا نزدیک به انتهای عضو وارد می‌شود:

$$\frac{R}{t_w(N + 2.5K)} \leq 0.66F_y \quad (3-8-10)$$

که در آن:

R = بار متمرکز یا عکس‌العمل تکیه‌گاه،

t_w = ضخامت جان،

N = طول تماس بار متمرکز (برای عکس‌العمل کمتر از K

نباشد)،

K = فاصله از سطح خارج بال تا انتهای دو ماهیچه جان و بال یا

انتهای بعد جوش.

اگر روابط فوق برقرار نشوند، تعبیه قطعات تقویتی فشاری ضروری است.

ت) لهیدگی در جان

وقتی که نیروی فشاری از مقادیر زیر تجاوز کند، باید قطعات تقویتی فشاری در روی جان اعضایی که تحت اثر بارهای متمرکز هستند قرار داده شود.

۱. اگر بار متمرکز در فاصله بیش از $\frac{d}{2}$ از انتهای عضو وارد شود:

$$R = 566t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{3/2} \right] \sqrt{F_{yw} \frac{t_f}{t_w}} \quad (۴-۸-۱۰)$$

۲. اگر بار متمرکز در فاصله کمتر از $\frac{d}{2}$ از انهای عضو وارد شود:

$$R = 285t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{3/2} \right] \sqrt{F_{yw} \frac{t_f}{t_w}} \quad (۵-۸-۱۰)$$

در این روابط:

F_{yw} = حد جاری شدن فولاد جان تیر (kg/cm^2).

d = ارتفاع کلی نیمرخ (cm).

t_f = ضخامت بال (cm).

t_w = ضخامت جان (cm).

اگر قطعات تقویتی گذارده شده حداقل تا نصف ارتفاع جان

ادامه یابد، بررسی روابط (۴-۸-۱۰) و (۵-۸-۱۰) لازم نخواهد بود.

ث) کمانش توأم با انتقال جانبی در جان تعبیه قطعات تقویتی فشاری در جان تیرهایی که از حرکت جانبی بال توسط مهار جلوگیری نشده و تحت اثر بارهای متمرکز فشاری باشند، هنگامی ضروری است که نیروی متمرکز فشاری از حدود زیر بیشتر شود:
 ۱. اگر بال بارگذاری شده در مقابل دوران زاویه‌ای نگهداری

شده و نسبت $\frac{d_c / t_w}{L / b_f}$ کمتر از $\frac{2}{3}$ باشد:

$$R = \frac{480 \times 10^3 t_w^3}{h} \left[1 + 0.4 \left(\frac{d_c / t_w}{L / b_f} \right)^3 \right] \quad (6-8-10)$$

۲. اگر بال بارگذاری شده در مقابل دوران زاویه‌ای نگهداری

نشده باشد و نسبت $\frac{d_c / t_w}{L / b_f}$ کمتر از $\frac{1}{7}$ باشد:

$$R = \frac{480 \times 10^3 t_w^3}{h} \left[0.4 \left(\frac{d_c / t_w}{L / b_f} \right)^3 \right] \quad (7-8-10)$$

در این روابط:

R = بار متمرکز یا عکس‌العمل تکیه‌گاه (kg)،

L = بزرگترین طول بدون تکیه‌گاه جانبی در هر یک از بالها در

محل بار متمرکز (cm)،

b_f = عرض بال (cm)،

$d - 2k = d_c$ ارتفاع خالص جان (فاصله بین انتهای دو ماهیچه جان

و بال در روی جان) (cm).

در صورتی که نسبت $\frac{d_c / t_w}{L / b_f}$ از مقدار $\frac{2}{3}$ و یا $\frac{1}{7}$ (بسته به حالت مورد بحث) بزرگتر باشد، احتیاجی به بررسی روابط (۱۰-۸-۶) و (۱۰-۸-۷) نمی‌باشد.

برای بالی که تحت اثر بار گسترده هموار قرار گیرد نیز احتیاجی به این بررسی نمی‌باشد.

ج) کماتش فشاری در جان
اگر ارتفاع خالص جان (فاصله بین انتهای دو ماهیچه جان و بال در روی جان)، از مقدار زیر بزرگتر باشد، باید یک جفت و یا یک عدد قطعه تقویتی در مقابل بال فشاری تعبیه کرد:

$$\frac{34.5 \times 10^3 t_{wc}^3 \sqrt{F_{yc}}}{P_{bf}} \quad (10-8-8)$$

در این رابطه:

t_{wc} = ضخامت جان ستون (cm)،

F_{yc} = حد جاری شدن مصالح جان (kg/cm^2)،

P_{bf} = نیروی محاسبه شده‌ای که به جان وارد می‌شود (kg).

چ) عضو فشاری که چشمه جان آن تحت اثر برش بزرگ باشد

اعضایی که تحت اثر برش بزرگی در جان باشند، باید مطابق با ماده ۱۰-۲-۴ کنترل شوند.

ح) لزوم تعبیه قطعات تقویتی در بارهای متمرکز در انتهای تیرهایی که با عضو دیگری تشکیل قاب نمی دهند، یا در محل بارهای متمرکز در داخل دهانه تیرها، شاهتیرها و ستونها در صورتی که طبق بندهای ۱۰-۱-۸-۱-ب و ۱۰-۱-۸-۱-ج قطعاً تقویتی لازم باشد باید آنها را به صورت جفت قرار داد.

اگر طبق بندهای ۱۰-۱-۸-۱-ب و ۱۰-۱-۸-۱-پ و یا رابطه (۱۰-۸-۹) وجود قطعات تقویتی لازم باشد، لزومی ندارد که آنها را بیش از نصف ارتفاع جان ادامه داد مگر اینکه طبق بند ۱۰-۱-۸-۱-ت و یا ۱۰-۱-۸-۱-ج قطعه تقویتی لازم باشد، این قطعات باید به صورت ستونی فرضی با بار محوری محاسبه شوند. برای این محاسبه شرایط ماده ۱۰-۱-۵-۲ صادق است و طول مؤثر ستونی فرضی برابر $0.75h$ (ارتفاع آزاد جان بین دو بال) در نظر گرفته می شود، سطح مقطع این ستون عبارت است از سطح مقطع جفت قطعه تقویتی به اضافه نواری از جان که پهنای آن در قطعات تقویتی میانی برابر $25 t_w$ و در قطعات تقویتی انتهایی برابر $12 t_w$ در نظر گرفته می شود.

اگر بار عمود بر امتداد بال به صورت کششی باشد، قطعه تقویتی باید به بالای که تحت اثر این بار است، جوش شود و وقتی که بار عمود بر

امتداد بال، به صورت فشاری است، قطعه تقویتی یا باید با فشار مستقیم تماسی (با سطحی که کاملاً صاف و با بال جفت شده است) بار را منتقل کند و یا اینکه اتصال جوشی کافی برای این انتقال تعبیه شود.

در حالتی که در اتصال انتهای تیر یا شاهتیر با ستون، برای انتقال لنگر، بال یا ورق اتصال بال تیر به بال ستونی با نیمرخ I و یا H جوش می‌شود، باید یک جفت قطعه تقویتی در جان ستون قرار داد، به طوری که سطح مقطع مجموع آنها از مقداری که از رابطه (۹-۸-۱۰) به دست می‌آید کمتر نشود (این عمل در حالتی صادق است که مقدار محاسبه شده A_{st} مثبت باشد).

$$A_{st} = \frac{P_{bf} - F_{yc} t_{wc} (t_b + 5K)}{F_{yst}} \quad (9-8-10)$$

که در آن:

F_{yc} = تنش جاری شدن مصالح ستون،

F_{yst} = تنش جاری شدن مصالح قطعه تقویتی،

k = فاصله بین سطح خارجی بال ستون تا انتهای ماهیچه بین جان

و بال در صورتی که ستون از نیمرخ نورد شده باشد و یا فاصله معادل در حالت مقطع ساخته شده با جوش است و

t_b = ضخامت بال یا ورق اتصال (انتقال دهنده لنگر) که بار

متمرکز را به ستون وارد می‌کند.

قطعات تقویتی که طبق رابطه (۱۰-۸-۹) و بندهای ۱۰-۱-۸-۱-
ب و ۱۰-۱-۸-۱-ج در نظر گرفته می شود، باید محدودیتهای زیر را نیز
جوابگو باشد:

۱. عرض هر قطعه تقویتی به اضافه نصف ضخامت جان ستون
نباید از $\frac{1}{3}$ بال تیر یا ورق اتصال (که بار متمرکز را وارد می کند)، کمتر
باشد.

۲. ضخامت قطعه تقویتی نباید از نصف ضخامت بال تیر یا ورق
اتصال (که بار متمرکز را وارد می کند) کمتر باشد.

۳. جوشهایی که قطعه تقویتی را به جان ستون متصل می کند باید
در مقابل نیرویی که در قطعه تقویتی از لنگر نامتعادل در دو طرف ستون
به وجود می آید، محاسبه شوند.

۱۰-۱-۸-۲ اثر پیچش

اثر پیچش تعادلی باید در طرح و محاسبه اعضای ساختمانی در نظر گرفته
و تنشهای حاصل از آن باید به تنشهای ناشی از انواع بارگذاری دیگر
اضافه شود و حداکثر منتجه آنها نباید از مقادیر مجاز تجاوز کند.

۱۰-۱-۸-۳ خستگی

به ندرت لازم می‌شود که اعضا و اتصالات ساختمانهای معمولی برای خستگی محاسبه شوند، زیرا تعداد تغییرات بارها و نوسان تعداد تنشهای مربوط معمولاً کوچک است.

اثر باد و زلزله هم در این گروه وارد نمی‌شود زیرا تعداد تکرار آنها کم است.

با این وجود اعضای که بارهای جراثقال و یا ماشینها و وسایل متحرک را تحمل می‌کنند و دیگر اعضای که احتمال ضعف در اثر خستگی برای آنها وجود دارد باید در مقابل خستگی محاسبه شوند.

۱۰-۱-۹ توجه به شرایط بهره‌برداری در طرح و محاسبه

این فصل به عواملی که از نظر شرایط بهره‌برداری در طرح و محاسبه مطرح است و در بخش‌های دیگر یاد نشده است، می‌پردازد. شرایط بهره‌برداری عبارت است از شرایطی که ضمن انجام نقش اصلی خود (در ساختمان)، حفظ ظاهر ساختمان، عوامل و سرویس و نگهداری، دوام و پایداری و نیز راحتی استفاده کنندگان را مطرح می‌کند.

محدود کردن بسیاری از مقادیر مربوط به رفتار سازه، برای تأمین شرایط بهره‌برداری (مانند محدودیت تغییر شکل حداکثر تیرها و جلوگیری از لرزش کفهای زیر پا و نظایر آن) با توجه به نقشی که سازه به عهده دارد، باید به میزان مناسبی صورت گیرد.

۱۰-۱-۹-۱ پیش‌خیز^۱ در تیرها

اگر برای بعضی از قطعات، پیش‌خیز بخصوصی لازم است تا در هنگام بارگذاری به شکل مورد نظر و در ارتباط با قطعات دیگر درآید، باید این گونه محدودیتها در مدارک طرح و محاسبه به روشنی مشخص شود.

^۱ - Camber

در خرپاها با دهانه بیش از ۲۴ متر، معمولاً لازم است به اندازه تغییر شکل بار مرده، پیش خیز داده شود.

در شایته‌های مربوط به جراثقال با دهانه بزرگتر از ۲۲/۵ متر باید پیش‌خیزی در حدود تغییر شکل ناشی از بار مرده به اضافه $\frac{1}{2}$ بار زنده، پیش‌بینی شود.

تیرها و خرپاهایی که خیز معینی برای آنها قید نشده باشد، باید در کارخانه طوری ساخته شوند که به هر حال پس از نصب، تغییر شکل روبه بالا (خیز) داشته باشند.

۱۰-۱-۹-۲ انبساط و انقباض حرارتی

پیش‌بینی‌های لازم برای انبساط و انقباض، متناسب با شرایط بهره‌برداری باید به عمل آید.

در محاسبات، ضریب انبساط و انقباض حرارتی فولاد برابر $10 \times 11/5$ به ازای هر درجه سانتیگراد در نظر گرفته می‌شود.

۱۰-۱-۹-۳ تغییر شکل (افتادگی)، ارتعاش و انتقال جانبی

الف) تغییر شکل

تیرها و شاهتیرهایی که کفها و سقفهای ساختمانی را تحمل می‌کنند باید با توجهی خاص به تغییر شکل تیرها در زیر بارهای محاسباتی، طرح و محاسبه شوند.

تیرها و شاهتیرهایی که سقفهای گچ‌کاری شده را تحمل می‌کنند، باید طوری محاسبه شوند که تغییر مکان نظیر بار مرده و زنده از $\frac{1}{240}$ دهانه و تغییر مکان نظیر بار زنده از $\frac{1}{360}$ دهانه بیشتر نشود.

ب) ارتعاش

تیرها و شاهتیرهایی که سطوح بزرگ خالی از تیغه‌بندی (یا خالی از عناصر دیگری که خاصیت میراکنندگی ارتعاش را دارند) را تحمل می‌کنند، باید با توجهی خاص به لرزش و ارتعاش حاصل از بارهای جنبشی (راه رفتن اشخاص، حرکت و توقف آسانسورها و نظایر آنها) محاسبه شوند.

پ) انتقال و نوسان جانبی در سازه‌های فلزی

سازه فلزی باید سختی و صلبیت کافی داشته باشد و تغییر مکان جانبی آن در مقابل اثر باد یا زلزله محدودیتهای آیین‌نامه‌های مربوط را برآورده کند.

۱۰-۱-۹-۴ فساد و خوردگی در فلز

در مواردی لازم است فساد و خوردگی مصالح در طرح و محاسبه اعضای سازه در نظر گرفته شود و ابعاد آنها طوری داده شود که اثر خوردگی را جبران کند. و یا در حالت دیگر با حفاظت در مقابل خوردگی به وسیله زنگ زدن و یا راه‌حلهای دیگر، باید شرایط بهره‌برداری حفظ شود.

در جاهایی که تیرها و یا ستونها در معرض عوامل جوی قرار می‌گیرند باید سطوح داخلی آنها (در صورتی که قسمتهای توخالی داشته باشند) برای مقابله با خوردگی کاملاً مسدود شود و به صورت آبنندی شده درآید، یا فضاهاى داخلی آنها ابعاد کافی داشته باشد تا با دسترسی به داخل آنها هرچند وقت یکبار تمیز و رنگ شوند.

۱۰-۱-۹-۵ حداقل ضخامت قطعات فولادی

بجز قطعاتی که در آنها پیش‌بینی‌های ویژه و مؤثری برای جلوگیری از خوردگی به عمل آمده باشد، محدودیتهای زیر برای ابعاد قطعات فولادی باید رعایت شود:

الف) ضخامت اجزای اعضای سازه‌ای که در فضای خارج و در معرض عوامل جوی یا اثرات خوردنده دیگر قرار داشته باشند، از ۶ میلیمتر کمتر نباشد. در محیطهای خشک و عاری از هرگونه آثار خوردندگی، این مقدار به ۵ میلیمتر کاهش می‌یابد.

ب) اعضای با مقطع لوله‌ای شکل و یا قوطی شکل که کاملاً
آب‌بندی شده و بین داخل و خارج آنها هیچ نشتی صورت نگیرد، حداقل
ضخامت جدار ۴ میلیمتر و در اعضای داخلی که نسبتاً از خوردگی
محفوظ باشند، ۳ میلیمتر می‌باشد.

۱۰-۲ ساخت، نصب و کنترل نوع کار

۱۰-۲-۱ نقشه‌های کارگاهی

نقشه‌های کارگاهی حاوی کلیه اطلاعات و جزئیات لازم برای ساخت قطعات سازه باید قبل از عمل ساخت، تهیه و آماده شود. این اطلاعات و جزئیات باید ابعاد عناصر سازه و محل آنها، نوع و اندازه جوشها، پیچها و یا پرچها را شامل شود.

در این نقشه‌ها باید کلیه جوشها و پیچهای کارخانه‌ای از جوشها و پیچهای کارگاهی به خوبی متمایز شده باشد و نیز باید نوع اتصال پیچهای پر مقاومت (اتکایی یا اصطکاکی) به وضوح مشخص و حد سفت کردن پیچها قید شده باشد.

نقشه‌های کارگاهی باید با در نظر داشتن مناسبترین نوع اجرا و با توجه به سرعت اجرا و شرایط اقتصادی ساخت و نصب، تهیه شود.

۱۰-۲-۲ ساخت

۱۰-۲-۲-۱ تعبیه خیز-خم کردن و راست کردن قطعات

به کار بردن روشهای گرم کردن موضعی و یا تغییر شکل مکانیکی برای ایجاد انحنا و یا از بین بردن آن (راست کردن) مجاز است. دمای موضعیهای گرم شده (که باید به روش قابل قبولی اندازه‌گیری شود) نباید

از ۵۶۵ درجه سانتیگراد (1050°F) برای فولادهای قوی مخصوص و 650°C (1200°F) برای فولادهای نرمه، بیشتر باشد.

۱۰-۲-۲-۲ برش گرمایی (توسط شعله)

لبه‌هایی که با شعله بریده می‌شود و در آینده محل وارد شدن تنشهای کششی بزرگی خواهد بود، باید کاملاً یکنواخت و خالی از ناهمواریهای بیش از ۵ میلیمتر باشد.

ناهمواریها و زخمهای بیش از ۵ میلیمتر را باید با سنگ زدن و در صورت لزوم تعمیرکاری توسط جوش، هموار کرد. همچنین لبه‌های بریده شده توسط شعله که مصالح جوش در آن قرار خواهند گرفت، باید تا حد امکان عاری از ناهمواری و بریدگی باشد.

برش بال و سوراخهای دسترسی برای جوشکاری باید طبق مشخصات بند ۱۰-۱-۷-۱-ح انجام شود. در نیمرخهای سنگین و قطعات ساخته شده با جوش به ضخامت بیش از ۵۰ میلیمتر، باید پیش گرم کردن تا دمای حداقل 650°C (150°F) قبل از برش گرمایی انجام شود.

۱۰-۲-۲-۳ آماده کردن لبه‌ها

به صاف و پرداخت کردن لبه‌های بریده شده توسط قیچی یا شعله، احتیاجی نیست مگر اینکه لزوم آن در مدارک طرح و محاسبه برای

قسمتهای بخصوصی مشخص شده باشد و یا جزء عمل آماده کردن لبه برای جوشکاری قید شده باشد.

۱۰-۲-۲-۴ ساختمانهای با اتصال جوشی

تکنیک جوشکاری، مهارت جوشکار، ظاهر کار، خواص جوش و روشهایی که برای تصحیح جوش و جوشکاری معیوب به کار می‌رود باید مطابق با مقررات جوشکاری باشد.

۱۰-۲-۲-۵ ساختمانهای با پیچهای پرمقاومت

کلیه قسمتهایی که توسط پیچ به هم متصل می‌شوند باید در ضمن نصب با گذاردن پین یا پیچ و مهره موقت نسبت به هم کاملاً تثبیت شوند. استفاده از وسایل نصب و نگهداری موقت نباید به سوراخهای پیچ صدمه زند و یا آن را گشاد کند.

اگر سوراخهای قطعات در یک اتصال دقیقاً راست هم نباشد موجب وازدن (عدم قبول) و رد کردن اتصال خواهد بود.

در حالتی که ضخامت قطعه از قطر اسمی پیچ به اضافه ۱/۵ میلیمتر بیشتر نباشد، می‌توان سوراخ پیچ را توسط منگنه کردن ایجاد کرد. اگر ضخامت از قطر پیچ به اضافه ۱/۵ میلیمتر بیشتر باشد باید سوراخها با مته ایجاد شود و یا با قطری کوچکتر پیش‌منگنه شده، سپس برقوزده شود.

قطر سوراخ در حالت‌های پیش‌مکنه و یا پیش‌مته کردن باید حداقل ۱/۵ میلیمتر از قطر اسمی پیچ کوچکتر باشد.

به طور کلی سوراخ کردن ورق‌های ضخیمتر از ۱۲ میلیمتر و یا از فولاد مخصوص قوی و سخت باید با مته ایجاد شود.

در اتصال پیچ پرمقاومت، سطوحی که در تماس با سرپیچ و یا مهره آن قرار می‌گیرند نباید شیبی بیش از $\frac{1}{20}$ نسبت به صفحه عمود بر محور پیچ داشته باشند. در صورت عدم تأمین شرط اخیر باید با استفاده از واشر شیبدار، موازی نبودن سطوح را جبران کرد.

قطعاتی که با پیچ پرمقاومت به یکدیگر متصل می‌شوند باید کاملاً به هم جفت شده باشند و نباید واشرهای پرکننده یا هر نوع مصالح فشارپذیر دیگری بین آنها گذارده شود.

هنگامی که قطعات جمع و نصب می‌شوند باید کلیه سطوح اتصال (شامل سطوح مجاور سرپیچ و طرف مهره) از قسمتهای پوسته شده و دیگر مواد زاید عاری باشد، مخصوصاً سطوح تماس اتصالات اصطکاکی باید کاملاً تمیز باشد و اثری از رنگ، لاک، انواع روغن و مصالح دیگر در آنها وجود نداشته باشد.

پیچهای پرمقاومت را باید مطابق با مشخصات مندرج در استاندارد مربوط مورد استفاده قرار داد.

۱۰-۲-۲-۶ درزهای فشاری

در درزهای فشاری که در آنها انتقال نیرو از طریق فشار تماسی مستقیم قسمتی از ظرفیت اتصال را تشکیل می‌دهد، باید سطوح قطعات در تماس به وسیله تراش دادن، سوهان زدن، سنگ زدن و یا روشهای مناسب دیگر به خوبی آماده شده باشد.

۱۰-۲-۲-۷ رواداری ابعادی^۱

رواداری در ابعاد تا حدود مقادیر مندرج در مقررات اجرایی مربوط، مجاز می‌باشد.

۱۰-۲-۲-۸ تنظیم پای ستونها

پای ستونها و کف ستونها باید طبق مشخصات زیر تنظیم و تمام شود:
الف) استفاده از ورقهای نورد شده فولادی به ضخامت ۵۰ میلیمتر و کمتر، بدون تراش و پرداخت مجاز است، مشروط بر آنکه در سطح آنها تماس کامل برقرار شود.

ورقهای نورد شده فولادی با ضخامت ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر را می‌توان با پرس کردن صاف و مستوی کرد و در صورتی که پرس مناسب

^۱ - Dimensional tolerances

در دسترس نباشد می‌توان با تراشیدن و صاف کردن، سطح مستوی را به وجود آورد (به استثنای حالت‌های ج و د ذیل).

در ورق‌های ضخیمتر از ۱۰۰ میلی‌متر، تمام سطوح تماس باید صفحه‌تراشی شده و صاف و مستوی گردد (به استثنای حالت‌های ج و د ذیل).

(ب) کف ستون‌های غیر از ورق‌های نورد شده باید به طور کلی صفحه‌تراشی شود (به استثنای حالت‌های ج و د ذیل).

(ج) سطح زیرین کف ستونها در صورتی که با ریختن دوغاب ماسه سیمان تماس کامل برقرار شود، احتیاجی به تنظیم ندارد.

(د) سطح بالایی کف ستونها که در تماس با ستون قرار می‌گیرد در صورتی احتیاج به پرس و صاف کردن نخواهد داشت که با جوش نفوذی و به طور سرتاسری و کامل به ستون جوش شود.

۱۰-۲-۳ رنگ کارخانه‌ای برای محافظت

۱۰-۲-۳-۱ شرایط کلی

آماده کردن سطوح و رنگ زدن آن در کارخانه باید مطابق با مقررات اجرایی مربوط انجام شود. بجز حالت‌های ویژه‌ای که مشخص شده باشد، کار فلزی که در داخل ساختمان توسط مصالحی به عنوان روکار پوشیده خواهد شد و نیز آنهایی که در تماس با بتن باید قرار گیرند، لاین نیست رنگ شوند. کلیه قسمت‌های باقیمانده کار فلزی (بجز حالت‌هایی که به

وضوح مستثنا شده باشد) باید با یک پوش رنگ کارخانه‌ای، رنگ زده شود.

۱۰-۲-۳-۲ سطوح غیر قابل دسترس

بجز سطوح تماس بقیه سطوحی که بعد از ساخت، قابل دسترس نخواهد بود باید قبل از جمع کردن کار، تمیز و رنگ آمیزی شود، البته در صورتی که در مدارک طرح و محاسبه این عمل خواسته شده باشد.

۱۰-۲-۳-۳ سطوح تماس

در اتصالات اتکایی (غیراصطکاکی)، رنگ کردن سطوح تماس به طور کلی مجاز است. در اتصالات اصطکاکی شرایط لازم در سطوح تماس باید طبق مقررات مربوط به پیچهای اصطکاکی رعایت شود.

۱۰-۲-۳-۴ سطوح صاف و آماده شده

سطوحی که با ماشین کردن آماده می‌شوند باید در مقابل خوردگی محافظت شوند. بدین منظور از یک لایه مصالح ضدزنگ که بتوان آن را قبل از نصب به آسانی برطرف کرد یا مصالح مخصوصی که احتیاج به برطرف کردن نداشته باشد، می‌توان استفاده کرد.

۱۰-۲-۳-۵ سطوح مجاور جوش کارگاهی

بجز حالتی که در مدارک طرح و محاسبه به عنوان شرط بخصوصی قید شده باشد، کلیه سطوحی که در فاصله ۵ سانتیمتری از محل هر جوش کارگاهی قرار می‌گیرند، باید از موادی که به جوشکاری صدمه می‌زند و یا در حین جوشکاری گازهای سمی و مضر تولید می‌کند، کاملاً پاک شود.

۱۰-۲-۴ برپایی^۱ و نصب

۱۰-۲-۴-۱ میزان کردن پای ستونها

کف ستونها باید در محور پیش‌بینی شده و در رقوم صحیح و به صورت کاملاً تراز نصب شوند، به طوری که سطح زیرین آنها با بتن تماس کامل و سرتاسری داشته باشد.

۱۰-۲-۴-۲ مهار

قابهای اسکلت فلزی باید به صورت شاغولی در حد خطای مجاز تعیین شده (طبق مقررات مربوط) نصب شوند.

مهار موقت برای نگاه داشتن در وضع مطلوب باید (طبق مقررات مربوط) انجام شود. این مهارها در صورت استفاده، باید تمام بارهای مؤثر ضمن اجرای شامل وزن وسایل کار و نیروهای ناشی از آنها را جوابگو

^۱ - Erection

باشد. مهار موقت تا زمانی که از نظر ایمنی لازم است، باید در جای خود باقی بماند.

در صورتی که ضمن اجرای کار، مصالح بر روی ساختمان دسته میشود و یا قطعات و ابزار کار نصب بر آن قرار میگیرد، باید پیش‌بینیهای لازم برای تنشهای اضافی حاصل به عمل آمده باشد.

۱۰-۲-۴-۳ تنظیم کردن کار

قبل از آنکه نصب پیچ یا اجرای جوش به صورت قطعی و دائمی انجام شود، قطعاتی که با این عمل ثابت می‌شوند باید به دقت تنظیم شده باشند.

۱۰-۲-۴-۴ جفت کردن درزهای فشاری در ستونها

صرف نظر از نوع وصله به کار رفته (جوش لب مستقیم با نفوذ کامل یا جزئی و یا اتصال پیچی) نامیزانی و عدم تماس کامل به مقدار کمتر از ۱/۵ میلیمتر قابل قبول خواهد بود. اگر این بادخور از ۱/۵ میلیمتر تجاوز کند ولی از ۶ میلیمتر کمتر باشد و بررسی مهندسی نشان دهد که سطح تماس کافی وجود ندارد، آنگاه باید فاصله بادخور را با مصالح پرکننده مناسب پر کرد. این مصالح صرف نظر از نوع فولاد اعضای متصل شونده، می‌تواند از فولاد نرمه باشد.

۱۰-۲-۴-۵ جوش کارگاهی

قبل از جوشکاری باید رنگ کارخانه‌ای را از روی سطوحی که جوش انجام می‌گیرد، توسط برس سیمی کاملاً بر طرف و پاک کرد

۱۰-۲-۴-۶ رنگ کارگاهی

ترتیب پاک کردن سطوح و رنگ کردن در کارگاهها (از نظر اینکه وظیفه کیست و چگونه باید انجام شود) باید از قبل تعیین شده و این شرایط در مدارک طرح و محاسبه قید شده باشد.

۱۰-۲-۴-۷ اتصالات کارگاهی

همزمان با کار استقرار و نصب اسکلت باید اتصالات پیچی و جوشی به طور مطمئن و کامل تکمیل شود تا جوابگوی بارهای مرده، نیروی باد و تنشهای ضمن اجرا باشد.

۱۰-۲-۵ کنترل نوع کار

کارخانه سازنده کار فلزی باید روشهای بازرسی و کنترل نوع کار ساخته شده را تا جایی که به طور مطمئن نشان دهد کار مطابق با مشخصات و مقررات مربوط انجام می‌گیرد، فراهم کند.

اضافه بر روشهای بازرسی کار (مربوط به سازنده)، باید مصالح به کار رفته و مهارتهای اجرایی به طور مداوم توسط بازرسان اجرایی واجد

شرایط، تحت بازرسی و کنترل قرار گیرد. شرایط مربوط به این نوع عملیات باید در مدارک طرح و محاسبه قید شده باشد.

۱۰-۲-۵-۱ همکاری

تا حد امکان بازرسیهای نمایندگان صاحبکار باید در کارخانه سازنده انجام گیرد. کارخانه سازنده باید با این بازرسان همکاری کند و اجازه دهد که کار ساخت، ضمن پیشرفت در مراحل مختلف، مورد بررسی قرار گیرد.

نمایندگان صاحبکار باید بازرسی خود را به صورت برنامه از پیش تعیین شده‌ای که حداقل وقفه را در کار ساخت به وجود آورد، به اطلاع سازنده برسانند.

۱۰-۲-۵-۲ مردود کردن کار

مصالح و نیز روشهای اجرایی که با مقررات و مشخصات تعیین شده مطابق نباشد، در هر مرحله‌ای از پیشرفت کار، قابل مردود کردن است. سازنده باید یک نسخه از کلیه گزارشهایی را که از طرف بازرسان کار به صاحبکار داده می‌شود دریافت کند.

۱۰-۲-۵-۳ بررسی جوشها

بررسی جوشها باید مطابق با مقررات مربوط انجام شود. اگر از آزمایشهای نوع غیر مخرب استفاده می شود، باید حدود و استاندارد قابل قبول بودن نتایج، در مدارک طرح و محاسبه به وضوح قید شده باشد.

۱۰-۲-۵-۴ بررسی اتصالات اصطکاکی در پیچهای پرمقاومت
بررسی اتصالات با پیچهای پرمقاومت (با عمل اصطکاکی) باید طبق استاندارد این نوع اتصالات و نوع پیچهایی که به کار می رود انجام گیرد.

۱۰-۲-۵-۵ عیین نوع فولاد

کارخانه سازنده باید روش تعیین نوع و مشخصات مصالح مصرفی (قبل از نصب و تنظیم قطعات) را با مدارک کتبی و نمایش عملی ارائه کند.
روش احراز هویت مصالح، باید با عرضه شماره و عنوان مصالح، مشخصات فنی مربوط طبق مدارک رسمی و همچنین گزارش آزمایشهای مصالح برای خواص تعیین شده ثابت کند که مصالح مناسب پیش‌بینی شده، مورد استفاده قرار گرفته است.

۱۰-۳ طرح و محاسبه خمیری (پلاستیک)

۱۰-۳-۱ حدود کاربرد

باتوجه به محدودیتهایی که در این بخش معین خواهد شد، طرح و محاسبه تیرهای ساده و یکسره، قابهای صلب با بادبند و بدون بادبند، به روش خمیری (بر مبنای مقاومت نهایی آنها) مجاز می‌باشد.

مقاومت نهایی، که بر حسب یک آنالیز مستدل تعیین می‌شود نباید از مقدار مقاومت لازم برای تحمل بارهای ضربیداری مساوی $1/7$ برابر بارهای مؤثر زنده و مرده و یا از $1/3$ برابر بارهای مؤثر زنده و مرده به اضافه بار باد یا زلزله، کمتر باشد.

در کلیه قابهای صلب (در صفحه قاب) باید شرایط سازه گروه (۱) مندرج در فصل ۱۰-۰-۲ برآورده شود. این مطلب مانع از آن نمی‌شود که در بعضی نقاط اتصالات ساده به کار رود، مشروط بر آنکه محدودیتهای ماده ۱۰-۳-۳ همین بخش تأمین شود.

استفاده از سازه گروه (۲) برای اعضای که بین قابهای صلب قرار می‌گیرند مجاز است. اتصالاتی که یک قسمت از سازه را (که بر مبنای روش طرح و محاسبه خمیری طرح شده) به قسمتی دیگر (که بر این مبنا طرح نشده است) متصل می‌کند لزومی ندارد از اتصال معمولی با نبشی نشیمن و نبشی فوقانی و یا اتصال معمولی جان، صلبتر باشد.

اگر از روش خمیری به عنوان مبنای محاسبه برای تیرهای یکسره و قابها استفاده می‌شود، لازم نیست محدودیتهای مربوط به روش تنشهای مجاز رعایت شود. به عبارت دیگر جز حالت‌هایی که قوانین این بخش جانشین شده باشد، در بقیه موارد محدودیتهای بخشهای ۱۰-۰ تا ۱۰-۲ معتبر می‌باشد.

برای تیرهای عبورگاه جراثقالها، محاسبه تیرهای یکسره به روش مقاومت نهایی توصیه نمی‌شود. ولی برای قابهای صلبی که تیرهای عبورگاه جراثقال را نگهداری می‌کنند، می‌توان در حدود مقررات این بخش عمل کرد.

۱۰-۳-۲ فولاد ساختمانی

فولاد مناسب برای سازه‌ای که به روش خمیری طرح و محاسبه می‌شود، به طور کلی عبارت است از: فولادهای نرمه کربن دار معمولی تا فولادهای قوی آلیاژی (مثلاً با ترکیبی از منگنز، وانادیوم و یا کلمیم). حد جاری شدن (F_y) این فولاد از حدود ۲۳۰۰ تا ۴۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع متغیر و مقاومت کششی نهایی آنها حداقل $1/3$ برابر حد جاری شدنشان می‌باشد.

مشخصات فولاد مصرفی طبق استاندارد مربوط، باید در مدارک طرح و محاسبه قید شود.

۱۰-۳-۳-۳-۳-۳ تعیین حداکثر مقاومت

برای قابهای یک یا دو طبقه (تماماً با اتصالات گروه (۱) مندرج در فصل ۱۰-۳-۰-۲)، حداکثر مقاومت را می‌توان با تحلیل حدی معمولی تعیین کرد و اثر کمانش و ناپایداری قاب (اثر $P - \Delta$) را نادیده گرفت. برای قابهای بادبندی شده چند طبقه، باید اثر ناپایداری قاب را در طرح و محاسبه مقطع بادبندها و نیز اعضای قاب در نظر گرفت. برای قابهای بادبندی نشده چند طبقه، باید اثر ناپایداری قاب را مستقیماً در محاسبه مقاومت حداکثر در نظر گرفت.

۱۰-۳-۳-۳-۱۰ پایداری قابهای بادبندی شده

سیستم بادبندی قائم برای یک قاب چند طبقه که به روش خمیری محاسبه شده باید به حد کافی باشد به طوری که تحلیل مربوط نشان دهد:

۱. از کمانش سازه تحت اثر بارهای قائم ضربیدار جلوگیری می‌کند.

۲. زمانی که رانش جانبی تحت اثر بارهای ضربیدار قائم ه اضافه بارهای ضربیدار جانبی در نظر گرفته شود، پایداری جانبی سازه را تأمین می‌کند.

اگر اتصال دیوارهای خارجی و داخلی، کفها و سقفها با قابهای ساختمان به خوبی صورت گرفته باشد، مجاز است که در محاسبه عمل

بادبند قائم را توأم با مک این قسمتها (آنهايي که در امتداد نظير وارد عمل می شوند) در نظر گرفت.

اگر ستونها، شاهتیرها، تیرها و بادبندهای چپ و راست در دستگاه بادبند قائم به کار روند می توان آنها را به صورت یک طره خریایی شکل در نظر گرفت که در آن گره‌های این تیر مشبک از نوع اتصالات ساده است و با این مفروضات تحلیل کمانش قاب و ناپایداری جانی را انجام داد.

تغییر طول محوری اعضای مربوط به دستگاه بادبند قائم را باید در محاسبه پایداری جانی منظور کرد. نیروی محوری در این اعضا که از اثر بارهای قائم ضریب‌دار به اضافه بارهای جانی ضریب‌دار به وجود می آید، نباید از $0.85 P_y$ تجاوز کند (P_y حاصل ضرب تنش جاری شدن در سطح مقطع عضو می باشد).

ابعاد تیرها و شاهتیرهایی که در دستگاه بادبند قائم قاب چند طبقه شرکت دارند باید برای نیروهای محوری و لنگرهای خمشی همزمان، حاصل از بارهای ضریب‌دار جانی و بارهای ضریب‌دار قائم و طبق رابطه (۱۰-۳-۲) تعیین شوند. در این رابطه حداکثر مقاومت محوری تیر بر حسب ضریب لاغری موجود بین نقاط تکیه گاه جانی آن در صفحه خمش می باشد.

۱۰-۳-۳-۲ پایداری قابهای بدون بادبند

مقاومت یک قاب چند طبقه بدون بادبند باید به وسیله تحلیلی تعیین شود که شامل اثر ناپایداری کل قاب و تغییر شکل محوری ستونها باشد. چنین قابی باید طوری محاسبه شود که در حالت‌های زیر پایدار باشد:

۱. تحت اثر بارهای قائم ضریب‌دار،

۲. تحت اثر بارهای قائم ضریب‌دار به اضافه بارهای جانبی

ضریب‌دار.

نیروی محوری در ستونها در اثر بارهای ضریب‌دار نباید از P_y 0.75

تجاوز کند.

۱۰-۳-۴ ستونها

در صفحه خمش ستونها که در بارگذاری نهایی مفصلهای خمیری تشکیل

خواهد شد ضریب لاغری ($\frac{L}{r}$) نباید از مقدار C_c که در ماده ۱۰-۱-۵-۲

تعیین شد بیشتر شود.

حداکثر مقاومت یک عضو فشاری تحت اثر بار محوری باید

برابر با مقدار رابطه (۱۰-۳-۱) در نظر گرفته شود:

$$P_{cr} = 1.7 F_a A \quad (10-3-1)$$

که در آن:

$$A = \text{سطح مقطع کلی عضو و}$$

$F_a =$ مقداری است که از رابطه (۱۰-۵-۱) به دست

می آید و تابع ضریب لاغری عضو می باشد.

اعضایی که تحت اثر مشترک بارهای محوری و لنگر خمشی

قرار گیرند، باید روابط زیر را برآورده کنند (روابط عمل مشترک):

$$\frac{P}{P_{cr}} + \frac{C_m M}{\left(1 - \frac{P}{P_e}\right) M_m} \leq 1.0 \quad (2-3-10)$$

$$\frac{P}{P_y} + \frac{M}{1.18 M_p} \leq 1.0; M \leq M_p \quad (3-3-10)$$

که در آن:

$M =$ حداکثر لنگر ضریب دار،

$P =$ بار محوری ضریب دار،

$$P_e = \frac{23}{12} F_e A = \text{بار کمانش اولر.}$$

که در آن:

$F_e =$ مطابق ماده ۱۰-۶-۱ تعیین می ردد،

$C_m =$ ضریبی که در ماده ۱۰-۶-۱ تعیین شده است،

$M_m =$ حداکثر لنگری که عضو می تواند در صورت عدم وجود

بار محوری تحمل کند،

$F_y \cdot Z = M_p =$ لنگر خمیری (Z اساس مقطع خمیری) برای

ستونهایی که در جهت ضعیف بادبندی شده باشند:

$$M_m = \left[1.07 - \frac{\left(\frac{L}{r_y}\right)\sqrt{F_y}}{26.5 \times 10^3} \right] M_{px} \leq M_{px} \quad (5-3-10)$$

در این رابطه F_y بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد.

۵-۳-۱۰ برش

بجز حالت تقویت با قطعات تقویتی قطری و ورقهای مضاعف کننده^۱، ابعاد جان ستونها، تیرها، شامتیرها به انضمام سطوحی که در منطقه اتصال هستند، باید طوری محاسبه شود که رابطه (۶-۳-۱۰) صادق باشد.

$$V \leq 0.55 F_y t_w d \quad (6-3-10)$$

که در آن:

V = برش ناشی از بارهای ضربیدار،

d = ارتفاع کلی نیمرخ،

t_w = ضخامت جان است.

۶-۳-۱۰ لهیدگی جان

قطعات تقویتی جان در نقطه تأثیر بارها، در محلهایی که امکان تشکیل مفصل خمیری وجود دارد، باید گذارده شود.

¹ - Doubler plates

در نقاطی از عضو که بار متمرکز توسط بالهای عضو دیگری که به آن (به صورت گوشه قاب) متصل است، وارد می‌شود و احتمال لهیدگی جان در محاذات بال فشاری یا پیدایش تنشهای کششی بزرگ در نقطه اتصال بال کششی وجود دارد، باید قطعات تقویتی جان مطابق با مشخصات ماده ۱۰-۱-۸-۱ پیش‌بینی شود.

۱۰-۳-۷ حداقل ضخامت (نسبتهای پهنا به ضخامت)

نسبت پهنا به ضخامت در بالهای نیمرخهای نورد شده و مقاطع ساخته شده مشابه با جان تک، که تحت اثر فشار حاصل از دوران زاویه‌ای در مفصل خمیری (در بارهای نهایی) قرار می‌گیرند، نباید از مقدار زیر تجاوز کند:

$$\frac{b_f}{2t_f} \leq \frac{420}{\sqrt{F_y}}$$

F_y = تنش جاری شدن (kg/cm^2),

b_f = پهنای بال،

t_f = ضخامت بال.

برای بالهایی که سطوح آنها شیبدار باشد (بالهای با ضخامت متغیر) مجاز است ضخامت متوسط بال منظور شود.

نسبت پهنا به ضخامت در بالهای تحت فشار در تیرهای با مقطع

قوسی شکل و ورقهای تقویتی نباید از مقدار $\frac{1590}{\sqrt{F_y}}$ تجاوز کند. برای این

حالت پهنای ورق تقویتی باید برابر فاصله بین دو خط اتصال پیچ و پرچ و یا جوش در و لبه آن در نظر گرفته شود.

نسبت ارتفاع به ضخامت در جان اعضایی که تحت اثر خمش خمیری قرار دارند نباید از مقداری که از رابطه (۷-۳-۱۰) یا (۸-۳-۱۰) به دست می آید، بیشتر شود:

$$\text{وقتی که } \frac{P}{P_y} \leq 0.27 \text{ است؛}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{3450}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 1.4 \frac{P}{P_y}\right) \quad (7-3-10)$$

$$\frac{d}{t} = \frac{2150}{\sqrt{F_y}} \text{؛ وقتی که } \frac{P}{P_y} > 0.27 \text{ است؛} \quad (8-3-10)$$

۸-۳-۱۰ اتصالات

کلیه اتصالاتی که سختی و صلیبت آنها در یکسری و یکپارچگی سازه نقش اساسی دارد و جزء فرضیات اصلی محاسبه بوده است، باید قادر به تحمل لنگرها، برشها و نیروهای محوری که تحت اثر بارهای ضریبدار کامل، بر آنها وارد خواهد شد، باشند.

اتصالات گوشه (ماهیچه‌ها) که به صورت شیبدار یا منحنی (با توجه به شرایط معماری) ساخته می‌شوند، باید طوری طرح شوند که لنگر مقاوم خمیری مربوط به مقطع مجاور ماهیچه را به طور کامل به وجود آورند.

قطعات تقویتی برای یکسرگی در جاهایی که لازم است باید به کار رود، به طوری که در اعضایی که بال آنها در مجاورت اتصال به عضو دیگری ختم می‌شود، باید این نقاط به صورت یکسره با اعضای دیگر قاب درآید. این قطعات باید به صورت جفت در دو طرف جان عضوی که به صورت سرتاسری از داخل اتصال می‌گذرد قرار داده شود. پیچها، پرچها و جوشها باید طوری محاسبه شوند که در مقابل نیروهای حاصل از بارهای ضریبدار با به کار بردن تنشهای $1/7$ برابر آنچه که در بخشهای $10-10$ تا $10-2$ داده شده، مقاوم باشند.

به طور کلی جوشهای لب (شیاری)، با لبه آماده شده، بر جوشهای گوشه ترجیح دارند ولی به کار بردن آنها اجباری نمی‌باشد. استفاده از پیچهای پرمقاومت در گرهبهایی که سطوح تماس آنها رنگ شده است در صورت مجاز است که این گرهبهای اتصال دارای چنان ابعادی باشند که در صورت لغزش در اتصال و تبدیل آن به اتصال برشی (تماسی)، این حرکات مانع از تشکیل مفصلهای خمیری مفروض تحت اثر بارهای ضریبدار به شکلی که در طرح و محاسبه در نظر بوده است، نشود.

۱۰-۳-۹ مهار جانبی اعضا

اعضای باربر باید به خوبی مهار شوند تا از جابه جاییهای جانبی و پیچشی در محل مفصلهای خمیری (که در ضمن مکانیزم خرابی به وجود می‌آید)

جلوگیری شود. طول مهار نشده جانبی L_{cr} (فاصله بین تکیه گاههای جانبی) از نقطه تکیه گاه جانبی در محل مفصل خمیری تا تکیه گاه جانبی بعدی (روی عضو) نباید از مقدار حاصل از رابطه (۱۰-۳-۱۰) یا (۱۰-۳-۱۰-۳) بیشتر باشد:

$$\frac{L_{cr}}{r_y} = \frac{96.7 \times 10^3}{F_y} + 25 \quad ; \quad 1.0 > \frac{M}{M_p} > -0.5 \quad (9-3-10)$$

$$\frac{L_{cr}}{r_y} = \frac{96.7 \times 10^3}{F_y} \quad ; \quad -0.50 > \frac{M}{M_p} > -1.0 \quad (10-3-10)$$

که در آن:

r_y = شعاع ژیراسیون حول محور ضعیف مقطع،

M = لنگر کوچکتر انتهای قطعه بدون تکیه گاه جانبی،

$\frac{M}{M_p}$ = نسبت لنگرهای دو سر قطعه (این نسبت مثبت است وقتی

که قطعه در دو انحنا خم شود (انحنای مصاعف) و منفی است وقتی که در یک انحنا خم شود (انحنای ساده).

در منطقه تشکیل آخرین مفصل خمیری و همچنین در منطقی که در مجاورت مفصلهای خمیری نیستند، فاصله حداکثر بین تکیه گاههای جانبی باید طوری باشد که محدودیتهای روابط (۱۰-۲-۱۰) و (۱۰-۲-۳) و یا (۱۰-۲-۴) و همچنین روابط (۱۰-۶-۱) و (۱۰-۶-۲) را برآورده کند. مقادیر f_b و f_a باید از روی لنگر و نیروی محوری بارگذاری ضریب دار محاسبه و بر ضریب بار مربوط تقسیم شوند.

برای اعضای که در داخل یک دیوار با مصالح بنایی قرار می‌گیرند و جان آنها عمود بر دیوار است، می‌توان فرض کرد که نست به محور ضعیف خود تکیه‌گاه جانبی دارند.

۱۰-۳-۱۰ ساخت

شرایط مربوط به اجرا و نوع کار مندرج در بخشهای ۱۰-۱۰ تا ۱۰-۲ برای ساخت سازه‌ای که به روش مقاومت نهایی طرح و محاسبه شده نیز با توجه به محدودیتهای زیر صادق می‌باشد:

الف) از لبه برش شده با قیچی در محل مفصلهای خمیری (که تحت اثر دوران زاویه‌ای از بارگذاری ضربیدار قرار می‌گیرد) باید پرهیز شود. در غیر این صورت باید لبه‌ها به وسیله تراشیدن، سنگ زدن و ماشین کردن کاملاً صاف شود.

ب) در محل مفصلهای خمیری (که تحت اثر دوران زاویه‌ای از بارگذاری ضربیدار قرار می‌گیرد) سوراخهای پیچ و پرچ باید پش‌منگنه شده، سپس برقو زده شود یا از مته برای سوراخ کامل استفاده گردد.

ضمیمہ الف

تیرهای لانه زنبوری

الف) ۱ ضوابط مندرج در این ضمیمه در مورد تیرهای لانه زنبوری ساخته شده از نیمرخهای نورد شده I، با ابعاد و هندسه نشان داده شده در شکل ۱ صدق می‌نماید و در اعمال آنها به تیرهای لانه زنبوری با هندسه و مشخصات متفاوت، باید جانب احتیاط رعایت گردد.

الف) ۲ شکل روشهای آنالیز و طرح

در تحلیل تیرهای لانه زنبوری، علاوه بر اثر خمش کلی، لازم است اثرهای ناشی از خمش ثانوی حاصل از رفتار شبه ورنندیلی نیز در نظر گرفته شود.

الف) ۲-۱ طرح و آنالیز الاستیک

الف) ۲-۱-۱ به منظور طرح به روش تنشهای مجاز (روش الاستیک)، تحلیل ایر لانه زنبوری را می‌توان به یکی از روشهای زیر انجام داد:

- روش قیاس با خریای ورنندیل؛
- روش قاب، که در آن تیر لانه زنبوری به صورت یک قاب با اعضای غیر منشوری یا منشوری معادل در نظر گرفته می‌شود؛
- روش اجزاء محدود، که به منظور فراهم آوردن امکان عملی، می‌توان از خاصیت تکراری بودن مدول نمونه تیر لانه زنبوری بهره گرفت.

الف) ۲-۱-۲ در آنالیز تقریبی به روش ماتریسی سازه‌های متشکل از تیرهای لانه زنبوری (از قبیل قابهای صفحه‌ای و فضایی، شبکه‌ها و نظایر آن)، می‌توان تیر لانه زنبوری را با یک عضو منشوری با سختی معادل جایگزین نمود. در تعیین سختی معادل چنین عضوی، باید اثر تغییر شکل‌های ثانوی ناشی از برش در نظر گرفته شود.

الف) ۲-۱-۳ تنش‌های خمشی حاصل از آنالیز الاستیک نباید در هیچ نقطه از تیر از تنش‌های مجاز مقرر شده در این آیین‌نامه تجاوز نمایند مگر در گوشه‌های سوراخها، که در این مواضع، تنش‌های خمشی، بدون احتساب تمرکز تنش، نباید از $0.7 F_y$ تجاوز نمایند.

الف) ۲-۱-۴ می‌توان فرض نمود که نیروی برشی کل وارد بر مقطع سوراخدار تیر، به طور متوسط بین مقاطع T شکل فوقانی و تحتانی توزیع می‌گردد. تنش برشی حداکثر در هیچ نقطه از جان مقاطع T نباید از $0.47 F_y$ تجاوز نماید. در عین حال تنش برشی متوسط جان، در هیچیک از مقاطع نباید از $0.4 F_y$ تجاوز کند.

الف) ۲-۱-۵ نیروی برشی در کوچکترین مقطع جان تیر (در محل جوش جان) را می‌توان با در نظر گرفتن تعادل یک قطعه از تیر، محصور بین درز جوش و مقاطع قائم گذرنده از وسط سوراخهای طرفین جان، محاسبه نمود. توزیع تنش برشی را در این مقطع می‌توان یکنواخت فرض کرد. تنش برشی متوسط در این مقطع نباید از $0.44 F_y$ تجاوز نماید.

الف) ۲-۲ طرح و آنالیز پلاستیک

در صورتی که نسبت بعد به ضخامت اجزاء تشکیل دهنده تیر لانه زنبوری به نحوی باشد که تشکیل مفصل پلاستیک در مقاع اعضا میسر باشد، کلیه ضوابط آنالیز و طرح پلاستیک مندرج در فصل ۱۲ این آیین نامه صادق است.

الف) ۲-۲-۱ آنالیز پلاستیک تیر لانه زنبوری را می توان به روشهای زیر انجام داد:
- روش قیاس با خرپای ورنیدیل، با در نظر گرفتن مکانیزمهای منفرد و ترکیبی مربوط به خرپای ورنیدیل و مکانیزم خمشی کلی؛
- روش اجزاء محدود.

الف) ۲-۲-۲ در طراحی مقاطع T باید اثر نیروی محوری ناشی از خمش کلی توأم با خمش موضعی ناشی از اثرهای ثانوی در نظر گرفته شود.

الف) ۲-۳ طرح به روش حدی
در طرح تیر لانه زنبوری به روش حدی، می توان نتایج حاصل از یک آنالیز الاستیک را با احتساب ضرایب بار و مقاومت مناسب، مورد استفاده قرار داد.

الف) ۳ جوش جان
ضوابط مربوط به حداقل جوش جان مندرج در این بند، در مورد تیرهایی که تحت اثر نیروهای استاتیکی قرار دارند، صدق می کند.

الف) ۳-۱ در مواردی که نیروی برشی وارده بر درز جوش، کمتر از نیروی برشی مجاز فولاد مادر باشد، فقط کافی است که اتصالی ایجاد کرد که قادر به انتقال ایمن نیروی برشی وارد باشد. در این حالت می توان از روش متداول استفاده از

جوش لب تمام نفوذی با آمادگی، عدول نمود و در عوض از جوش نیمه نفوذی بدون آمادگی خاصی که بر اساس ضوابط ذیل طراحی می گردد، استفاده کرد. به این منظور باید نامعادلات زیر برقرار باشند:

الف) ۱-۱-۳ طرح الاستیک:

$$F_{v(\text{avg})} = \frac{V_w}{a_{w(\text{net})} \cdot n} \leq 0.44F_y$$

که در آن:

$$F_{v(\text{avg})} = \text{تنش برشی متوسط در درز جوش،}$$

$$a_{w(\text{net})} = \text{حداقل ضخامت خالص جوش که برابر است با مجموع حداقل}$$

عمق نفوذ جوش و حداقل ضخامت جوش تقویتی داریم در هر دو سمت،

$$V_h = \text{کل نیروی برشی در محل درز جوش،}$$

$$n = \text{طول جوش مطابق شکل ۱.}$$

الف) ۲-۱-۳ طرح پلاستیک:

$$\bar{V}_w \leq 0.7F_y a_{w(\text{net})} \cdot n$$

که در آن $a_{w(\text{net})}$ و n در بند الف ۱-۱-۳ تعریف شده اند و \bar{V}_w عبارت است از نیروی برشی ضریب دار، در درز جوش.

الف) ۲-۳ در صورتی که با رعایت شرایط فوق، از جوشهای لب نیمه نفوذی استفاده شود، جوشکاری باید از هر دو سمت صورت گیرد و اطمینان حاصل گردد که حداقل ضخامت جوش، به صورتی که در بند الف) ۱-۳ قید گردیده است،

ایجاد شده باشد. حداقل ضخامت جوش تقویتی دائم و حداقل عمق نفوذ باید به وضوح در نقشه‌های اجرایی مشخص گردد. در احتساب حداقل ضخامت خالص جوش، $a_{w(net)}$ ، در مواردی که برآمدگی جوش تقویتی باید تراشیده شود (سنگ زده شده) و برداشته شود (مانند نقاط اتصال جان به جان تیرهای متقاطع)، باید دقت کافی مبذول گردد.

الف) ۴ کمانش جانبی - پیچشی

تیرهای لانه زنبوری فاقد تکیه گاه جانبی کامل باید در مقابل کمانش جانبی - پیچشی طراحی شوند. در این خصوص، می توان از روشهای متداول طراحی و کنترل کمانش جانبی - پیچشی تیرهای حاوی جان توپر استفاده نمود مشروط بر آنکه کلیه خواص مقاطع و طول مؤثر معادل بر اساس خواص مقطع سوراخدار تیر لانه زنبوری در محاسبات ملحوظ گردد.

الف) ۵ کمانش موضعی

کلیه اجزاء تشکیل دهنده تیر لانه زنبوری باید از نظر کمانش موضعی مورد کنترل قرار داده شوند. اشکال کمانش موضعی تیر لانه زنبوری به شرح زیر است:

الف) ۱-۵ کمانش جانبی - پیچشی جان در اثر خمش درون صفحه‌ای ناشی از برش.

الف) ۲-۵ کمانش جان در موضع اعمال بار متمرکز یا روی تکیه گاهها- به تبع بزرگی بار متمرکز و میزان برش کلی موجود در جان، امکان وقوع وضعیتهای کمانشی زیر وجود دارد:

- کمانش جان تحت اثر فشار مسلط؛

- کمانش جان تحت اثر برش مسلط؛

- کمانش جان تحت اثر عملکرد توأم فشار و برش.

الف) ۳-۵ کمانش موضعی جان در گوشه سوراخها به علت وجود تمرکز تنش.

الف) ۴-۵ کمانش موضعی مقطع T

الف) ۵-۵ کمانش خمشی - پیچشی مقاطع T، در فاصله بین مهارهای جانبی تیر لانه زنبوری.

در صورت لزوم به منظور جلوگیری از کمانش موضعی، می توان از

تقویتهای مناسب استفاده کرد.

الف) ۶ لهیدگی جان

لهیدگی جان تیرهای لانه زنبوری باید بر اساس ضوابط مربوط به لهیدگی جان تیرهای با جان توپر مندرج در این آیین نامه کنترل شود.

الف) ۷ تغییر کان

در محاسبه تغییر مکان الاستیک تیرهای لانه زنبوری، باید اثر تغییر شکل‌های ناشی از برش موجود در مدولها (شامل تغییر شکل‌های برشی و خمشی اجزاء در هر مدول) با تغییر شکل ناشی از خمش کلی جمع گردد.

الف) ۸ اثر خستگی

از ایجاد گوشه‌های تیز تحت اثر بارهای متناوب، بخصوص در مورد پانلهایی که در منطقه تغییر خمش کلی قرار می‌گیرند، باید احتراز شود. در گوشه سوراخها باید قوس دایروی ایجاد کرد. در غیاب آنالیز الاستیک تفصیلی جهت تعیین ضریب شدت تنش و شدت حوزه تنشی، حداقل شعاع انحنای گوشه، r_{min} ، باید به شرح زیر اختیار شود:

$$r_{min} \geq 0.07D_s$$

شکافهای منتج از ایجاد قوسها در دو انتهای جوشهای جان باید با جوش پر شوند. تا انجام تحقیقات کافی، استفاده از جوش نیمه نفوذی تحت اثر بارهای متناوب و بارگذاری منجر به پدیده خستگی، در حالت کلی مجاز نمی‌باشد.

الف) ۹ اثر نیروهای ناشی از زلزله و بارهای دینامیکی

به لحاظ عدم اطلاع کافی در مورد رفتار تیرهای لانه زنبوری تحت اثر بارهای دینامیکی و نیروهای ناشی از زلزله، استفاده از تیرهای لانه زنبوری، به عنوان تیر اصلی برشی (تیر برشی در قباب مقاوم در برابر زلزله) باید با رعایت توصیه‌ای احتمالی زیر صورت گیرد:

- حداقل شعاع قوس دایروی گوشه‌ها مطابق بند الف) ۸ رعایت شود.
- در تیرهای لانه زنبوری تحت اثر بار گسترده یکنواخت که به عنوان تیر برشی زلزله‌گیر طراحی می‌شوند، پانلهای انتهایی به طور متناسب تقویت شوند (به صورت پر کردن کامل یا نیمه کامل سوراخها، استفاده از تقویت‌های عمود بر جان و روشهای تقویتی دیگر متناسب با بارهای اعمالی).
- در مواضع اثر بارهای متمرکز نسبتاً سنگین، و در محل تکیه‌گاهها، از تقویت‌های مناسب جان استفاده شود.

الف) ۱۰ کنترل و تضمین کیفیت، بازرسی فنی، نکات اجرایی
در ساخت تیرهای لانه زنبوری، خصوصاً در حالت صنعتی شده و به قصد تولید انبوه، لازم است روش دقیقی از نظر کنترل و تضمین کیفیت، بازرسی فنی تولید، مدیریت تولید و روشهای اجرایی، برنامه‌ریزی و اعمال شود. نکات اجرایی زیر باید رعایت شوند:

- دقت گردد که در هنگام برش و جوشکاری، اعوجاج به حداقل ممکن تقلیل داده شود.

- حداکثر رواداری مجاز از نظر عدم هم امتداد بودن دو نیمه جوش شده تیر که بر حسب نسبت اندازه نابجایی اولیه در وسط ارتفاع اعضای قائم جان، δ_0 ، به ارتفاع کل جان (تقریباً برابر با d_c مطابق شکل ۱) تعریف می‌شود، نباید در هیچیک از اعضای قائم جان از $\frac{1}{400}$ تجاوز کند.

- به منظور استفاده تیر لانه زنبوری تحت اثر بارهای متناوب که ایجاد خستگی می نمایند، سطوح لبه های حاصل از برش ماشینی و برش اتوماتیک شعله ای با کیفیت خوب، قابل قبول می باشند ولی سطوح لبه های حاصل از برش شعله ای دستی باید پرداخت داده شوند.