مبحث دهم مقررات ملی ساختمان
طرح و اجرای ساختمانهای فولادی

تهیه کننده: دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان
تاریخ انتشار ۱۳۸۴

این کتاب در خصوص طرح و اجرای ساختمانهای فولادی به دو روش تنش مجاز و خمیری بوده و در چهار فصل و چهار پیوست به شرح زیر تدوین گردیده است:

۱۰-۰۰- کلیات
۱۰-۰۰-۱- حدود کاربرد
۱۰-۰۰-۲- انواع ساختمان
۱۰-۰۰-۳- مصالح فولادی
۱۰-۰۰-۴- بارهای محاسباتی
۱۰-۰۰-۵- تنشهای مجاز
۱۰-۰۰-۶- تحلیل سازه‌ها
۱۰-۰۰-۷- توجه به شرایط بهره‌برداری
۱۰-۰۰-۸- مدارک طراحی و محاسبه
۱۰-۰۰-۸-۱- نقشه‌ها
۱۰-۰۰-۸-۲- حروف و علایم و یادداشتهای فنی
۱۰-۰۰-۹- شکل‌پذیری

۱۰-۱- طراحی براساس روشهای ارتجاعی
۱۰-۱-۱- مبانی طرح و محاسبه
۱۰-۱-۱-۱- کلیات
۱۰-۱-۱-۲- پایداری

۱۰-۱-۱-۳- قابهای بادبندی شده
۱۰-۱-۱- ۴- قابهای بادبندی نشده
۱۰-۱-۱-۵- نگهداری در مقابل دوران و غلت در تکیه‌گاه
۱۰-۱-۱-۶- دهانه‌های ساده تیرها
۱۰-۱-۱-۷- گیرداری در انتها
۱۰-۱-۱-۸- محدودیت ضریب لاغری
۱۰-۱-۱-۹- کمانش موضعی
۱۰-۱-۱-۱۰- اعضای با اتکای جانبی
۱۰-۱-۱-۱۱- مقاطع محاسباتی
۱۰-۱-۱-۱۲- محاسبه ابعاد تیرها و شاهتیرها
۱۰-۱-۲- اعضای خمشی(تیرها)
۱۰-۱-۲-۱-تنشهای خمشی مجازدرنیمرخ اوناودانی
۱۰-۱-۲-۲- تنشهای‌مجاز در خمش‌نسبت‌به‌محور ضعیف‌برای.....
۱۰-۱-۲-۳- خمش در اعضای با مقطع قوطی، لوله...
۱۰-۱-۲-۴- تنشهای برشی مجاز
۱۰-۱-۲-۵- قطعات تقویتی عرضی
۱۰-۱-۲-۶- مقاطع ساخته شده از چند نیمرخ
۱۰-۱-۲-۷- تیرهای مختلط
۱۰-۱-۳- تیرهای مرکب
۱۰-۱-۳-۱- محدودیتهای لاغری جان تیر
۱۰-۱-۳-۲- تنشهای خمشی مجاز
۱۰-۱-۳-۳- تنش برشی مجاز با توجه به میدان کشش
۱۰-۱-۳-۴- قطعات تقویتی عرضی
۱۰-۱-۳-۵- قطعات تقویتی موضعی
۱۰-۱-۳-۶- اثر مشترک برش و کشش
۱۰-۱-۴- اعضای کششی
۱۰-۱-۴-۱- تنشهای مجاز
۱۰-۱-۴-۲- اعضای مرکب(ساخته شده)
۱۰-۱-۴-۳- اعضایی که با پین متصل می‌شوند

۱۰-۱-۵- اعضای فشاری(ستونها)

۱۰-۱-۵-۱- طول مؤثر و ضریب لاغری

۱۰-۱-۵-۲- تنشهای مجاز

۱۰-۱-۵-۳- کمانش خمشی-پیچشی

۱۰-۱-۵-۴- اعضای فشاری مرکب (ساخته شده)

۱۰-۱-۵-۵- اعضای فشاری با اتصال مفصلی و «پین»

۱۰-۱-۵-۶- برش در جان ستونها

۱۰-۱-۶- ترکیب تنشها

۱۰-۱-۶-۱- فشار محوری و خمش

۱۰-۱-۶-۲- کشش محوری و خمش

۱۰-۱-۶-۳- ترکیب تنشهای صفحه‌ای

۱۰-۱-۷- اتصالات و وسایل اتصال

۱۰-۱-۷-۱- کلیات

۱۰-۱-۷-۲- اتصالات جوشی

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

۱۰-۱-۷-۴- تنش مجاز در پارگی ناشی از برش

۱۰-۱-۷-۵- عناصر اتصال دهنده

۱۰-۱-۷-۶- لقمه‌ها (فیلرها)

۱۰-۱-۷-۷- وصله‌ها

۱۰-۱-۷-۸- تنشهای تماسی مجاز

۱۰-۱-۷-۹- کف ستون و فشار مستقیم بر بتن و...

۱۰-۱-۷-۱۰- میل مهارها

۱۰-۱-۸- مسائل ویژه در طرح و محاسبه

۱۰-۱-۸-۱- جان و بالهای تیر در...

۱۰-۱-۸-۲- اثر پیچش

۱۰-۱-۸-۳- خستگی

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

۱۰-۱-۹-۱- پیش‌خیز درتیرها

۱۰-۱-۹-۲- انبساط و انقباض‌حرارتی

۱۰-۱-۹-۳- تغییرشکل (افتادگی) ارتعاش و...

۱۰-۱-۹-۴- فساد و خوردگی در فلز

۱۰-۱-۹-۵- حداقل ضخامت قطعات

فولادی

۱۰-۲- ساخت، نصب و کنترل نوع کار

۱۰-۲-۱- نقشه‌های کارگاهی

۱۰-۲-۲- ساخت

۱۰-۲-۲-۱- تعبیه‌خیز- خم کردن و...

۱۰-۲-۲-۲- برش گرمایی

۱۰-۲-۲-۳- آماده کردن لبه‌ها

۱۰-۲-۲-۴- ساختمانهای با اتصال‌جوشی

۱۰-۲-۲-۵- ساختمانهای با پیچهای‌پرمقاومت

۱۰-۲-۲-۶- درزهای فشاری

۱۰-۲-۲-۷- رواداری ابعادی

۱۰-۲-۲-۸- تنظیم پای ستونها

۱۰-۲-۳- رنگ کارخانه‌ای برای محافظت

۱۰-۲-۳-۱- شرایط کلی

۱۰-۲-۳-۲- سطوح غیرقابل دسترسی

۱۰-۲-۳-۳- سطوح تماس

۱۰-۲-۳-۴- سطوح صاف و آماده شده

۱۰-۲-۳-۵- سطوح مجاور جوش کارگاهی

۱۰-۲-۴- برپایی و نصب

۱۰-۲-۴-۱- میزان کردن پای ستونها

۱۰-۲-۴-۲- مهار

۱۰-۲-۴-۳- تنظیم کردن کار

۱۰-۲-۴-۴- جفت کردن درزهای فشاری در ستونها

۱۰-۲-۴-۵- جوش کارگاهی

۱۰-۲-۴-۶- رنگ کارگاهی

۱۰-۲-۴-۷- اتصالات کارگاهی

۱۰-۲-۵- کنترل نوع کار

۱۰-۲-۵-۱- همکاری

۱۰-۲-۵-۲- مردود کردن کار

۱۰-۲-۵-۳- بررسی جوشها

۱۰-۲-۵-۴- بررسی اتصالات اصطکاکی در پیچهای پر مقاومت

۱۰-۲-۵-۵- تعیین نوع فولاد

۱۰-۳ طرح و محاسبه خمیری(پلاستیک)
۱۰-۳-۱- حدود کاربرد
۱۰-۳-۲- فولاد ساختمانی
۱۰-۳-۳- مبنای تعیین حداکثر مقاومت
۱۰-۳-۳-۱- پایداری قابهای بادبندی شده
۱۰-۳-۳-۲- پایداری قابهای بدون بادبندی شده
۱۰-۳-۴- ستونها
۱۰-۳-۵- برش
۱۰-۳-۶- لهیدگی جان
۱۰-۳-۷- حداقل ضخامت
۱۰-۳-۸- اتصالات
۱۰-۳-۹- مهار جانبی اعضا
۱۰-۳-۱۰- ساخت

ضمائم مبحث دهم

ضمیمه الف- تیرهای لانه زنبوری
الف) ۲شکل روشهای آنالیز و طرح
الف)۲-۱- طرح و آنالیزالاستیک
الف)۲-۲- طرح و آنالیزپلاستیک
الف) ۲-۳- طرح به روش حدی
الف)۳ - جوش جان
الف) ۳-۱-۲- طرح و پلاستیک
الف) ۴- کمانش جانبی- پیچشی
الف) ۵- کمانش موضعی
الف) ۶- لهیدگی جان
الف) ۷- تغییر مکان
الف) ۸- اثر خستگی
الف) ۹- اثر نیروهای ناشی از زلزله و...
الف)۱۰- کنترل و تضمین کیفیت

پیشگفتار

مقررات ملی ساختمان مجموعه ای است از ضوابط فنی، اجرایی و حقوقی لازم الرعایه در طراحی، نظارت و اجرای عملیات ساختمانی اعم از تخریب، نوسازی، توسعه بنا، تعمیر و مرمت اساسی، تغییر کاربری و بهره برداری از ساختمان که به منظور تأمین ایمنی، بهره دهی مناسب، آسایش، بهداشت، و صرفه اقتصادی فرد وجامعه وضع می گردد.

در کشور ما، در کنار مقررات ملی ساختمان، مدارک فنی دیگری از قبیل:

* آیین نامه های ساختمانی

* استانداردها و آیین کارهای ساختمان سازی

* مشخصات فنی ضمیمه پیمانها

* نشریات ارشادی و آموزشی

توسط مراجع مختلف تدوین و انتشار می یابد که گرچه از نظر کیفی و محتوایی حائز اهمیت است، اما با مقررات ملی ساختمان تمایزهای آشکار دارد. آنچه مقررات ملی ساختمان را از این قبیل مدارک متمایز می سازد الزامی بودن، اختصاری بودن و سازگار بودن آن با شرایط کشور از حیث نیروی انسانی ماهر، کیفیت و کمیت مصالح ساختمانی، توان اقتصادی و اقلیم و محیط می باشد تا از این طریق نیل به هدفهای پیش گفته ممکن گردد. وزارت مسکن و شهرسازی که در اجرای ماده ۳۳ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان وظیفه تدوین مقرات ملی ساختمان را به عهده دارد از چند سال پیش طرح کلی تدوین مقررات ملی ساختمان را تهیه و به مرحله اجرا گذاشته است که بر اساس آن، شورایی تحت عنوان » شورای تدوین مقررات ملی ساختمان« با عضویت استادان و صاحبنظران برجسته کشور به منظور نظارت بر تهیه و هماهنگی بین مباحث از حیث شکل، ادبیات، واژه پردازی، حدود و دامنه کاربرد تشکیل داده و در کنار آن » کمیته های تخصصی « را، جهت مشارکت جامعه مهندسی کشور در تدوین مقررات ملی ساختمان زیرنظر شورا به وجود آورده است.

پس از تهیه پیش نویس مقدماتی مبحث موردنظر، کمیته های تخصصی مربوط به هر مبحث پیش نویس مذکور را مورد بررسی و تبادل نظر قرار داده و با انجام نظرخواهی از مراجع ذیصلاح نظیر سازمانهای رسمی دولتی، مراکز علمی و دانشگاهی، مؤسسات تحقیقاتی و کاربردی، انجمنها و تشکل های حرفه ای و مهندسی، سازمان های نظام مهندسی ساختمان استانهای سراسر کشور، آخرین اصلاحات و تغییرات لازم را اعمال می نمایند. سپس متن نهائی با تایید » شورای تدوین مقررات ملی ساختمان« برای تصویب و طی مراحل قانونی در اختیار وزیر مسکن و شهرسازی قرار می گیرد.

دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان از هنگامی که این مسئولیت مهم بر عهده اش واگذار گردیده است مجدانه سعی نموده است با تشکیل شورای تدوین مقررات ملی ساختمان و کمیته های تخصصی مربوط به هر مبحث و کسب نظر از صاحبنظران و مراجع ذیصلاح بر غنای هر چه بیشتر مقررات ملی ساختمان بیفزاید و این مجموعه را همان طور که منظور نظر قانون گذار بوده است در اختیار جامعه مهندسی کشور قرار دهد.لازم به توضیح است که:

بصورت روابط ستاره داراSIروابط مندرج در این مجموعه در دو سیستم واحد ارائه گردیده است که سیستم مشخص شده است. مجموعه حاضر به روش طراحی بر اساس تنش مجاز (ASD) و خمیری تهیه و تدوین (روش حدی) نیز درLRFDگردیده است و تدوین این مبحث به روش طراحی بر اساس ضریب بار و مقاومت دستور کار کمیته تخصصی قرار دارد که در آینده پس از طی مراحل تدوین و تصویب منتشر خواهد شد. این دفتر لازم می داند از آقای مهندس آرک مگردیچیان تدوین کننده پیش نویس اولیه مبحث دهم که در سال ۱۳۶۸ تصویب و منتشر گردید، تشکر و قدردانی نماید. تدوین کنندگان مقررات ملی ساختمان و اعضای کمیته های تخصصی از کلیه دست اندرکاران بخشهای مختلف ساختمان انتظار دارند با راائه نظریات و پیشنهادهای خود، آنان را در رسیدن به هدفهای موردنظر یاری رسانند.

دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰-۰ کلیات

۱۰-۰-۱ حدود کاربرد

«مقررات طرح، محاسبه و اجرای ساختمانهای فولادی » حداقل ضوابط و مقررات لازم را برای طرح، تحلیل و اجرای ساختمانهای فولادی تعیین می کند و شامل روش های طراحی با تنشهای مجاز و طراحی خمیری (پلاستیک) می باشد. روش طراحی در حالتهای حدی (روش ضریب بار و مقاومت) نیز برای طراحی و تحلیل قابل قبول است و در این خصوص تا زمان تدوین و تصویب مقررات مربوط، می توان از آیین نامه های معتبر طراحی سازه های فولادی به روش حالات حدی و یا نشریه شماره ۱۶۹ سازمان مدیریت و برنامه ریزی استفاده نمود.

کاربرد این مبحث در حدود ساختمانها با کاربریهای مندرج در قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان و آئین نامه اجرائی آن می باشد و شامل سازه های 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 سازه های ساختمانی

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

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

گروه (۱) «قابهای خمشی» (قابهای پیوسته) 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 بدون تغییر باقی می ماند.

گروه (۲) «قابهای ساده» که در آنها فرض می شود اتصالات تیر به ستون بدون صلبیت است و اتصال تیرها و شاهتیرها به ستون فقط برای انتقال برش ناشی از بار قائم طراحی شده و می تواند تحت اثر آن، آزادانه دوران کند.

گروه (۳) «قابهای نیمه صلب» (تیرها دارای صلبیت نسبی در دو انتها) که در آنها فرض می شود اتصال تیرها و شاهتیرها به ستون دارای ظرفیت خمشی به مقداری مشخص مابین صلبیت گروه (۱) و انعطاف پذیری گروه (۲)، می باشد.

نوع گروه سازه ای باید در روی نقشه های محاسباتی قید شود و طراحی و تحلیل کلیهٔ اتصالات در هر کدام از گروههای فوق، در جوابگویی به مفروضات مربوط به آن گروه انجام شود.

استفاده از قابهای گروه (۱) در ساختمانها در همه حالتها مجاز است. اعضای این گروه قابها طبق مقررات بخشهای ۱۰-۱، ۱۰-۲ و ۱۰-۳ در مقابل بارهای قائم و یا جانبی طراحی و تحلیل می شوند.

استفاده از قابهای گروه (۲) در ساختمانها در صورتی مجاز است که طراحی سازه مطابق این مقررات انجام شده و جوابگوی شروط زیر باشد:

الف) دستگاه مقاوم در مقابل بارهای جانبی حاصل از باد یا زلزله *(دهانه های مهاربندی شده یا دیوارهای برشی و یا قابهای خمشی) برای ساختمان تعبیه شود و تحلیل نشان دهد که پایداری ساختمان و اعضای تشکیل دهنده آن در مقابل تمام بارهای وارده در حدی قابل قبول می باشد.

ب) ظرفیت تیرها و شاهتیرها برای تحمل بار قائم با فرض تیر با تکیه گاه ساده، کافی باشد.

پ) اتصالات تیر به ستون ظرفیت کافی در دوران غیر ارتجاعی 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.

تبصره: اسکلتهای فولادی با اتصالات خورجینی در این گروه قرار می گیرند و در آنها تیرها را می توان بصورت سراسری تحلیل و طراحی نمود. در این حالت با توجه به نوع طراحی اتصال، لنگر انتقالی به ستون باید مورد توجه قرار گیرد.

استفاده از قابهای گروه (۳) در حالتی مجاز است که محاسبه ای مستدل نشان دهد که اتصالات نیمه صلب مفروض (به تنهایی و یا در ترکیب با دستگاههای مهاربند 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، تسمه ها، میلگردها، پرچها، پیچها ، واشرها، مهره ها، میل مهارها، الکترودها و... باید با استانداردهای ملی ایران مطابق باشد. در صورتی که برای بعضی از مصالح، استاندارد ایران تهیه نشده باشد، باید یکی از استانداردهای معتبر بین المللی (ترجیح استاندارد ISO) را مورد استفاده قرار داد. از نظر این مقررات، مشخصات مکانیکی فولادهای مصرفی در ساختمان مطابق جداول پیوست ب می باشد.

۱۰-۰-٤ بارهای محاسباتی

بارهای محاسباتی باید منطبق بر مفاد آخرین ویرایش مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی تحت عنوان بارهای وارد بر ساختمان باشند.

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 بهره برداری از ساختمان بر آن تحمیل می شود، باشد. بارهای زنده به دو گروه تقسیم می شوند:

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

ب) سربارهای متحرک با اثر دینامیکی قابل توجه (بارهای ضربه ای) مانند ماشینها، آسانسورها، جراثقالها و موارد مشابه. در تحلیل و طراحی سازه هایی که بارهای زندهٔ دارای اثر ضربه را تحمل می کنند، بارهای یاد شده را باید با ضریب ضربه مناسبی افزایش داد.

برای ضرایب 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 مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ایران را به عنوان ضریب ضربه در نظر گرفت. در موارد ذیل باید ضریب ضربه و اثر دینامیکی بار زنده منظور شود:

1. برای تکیه گاه آسانسور
2. برای تیرها و اتصالات حامل جراثقالهای متحرک بزرگ (ارابه با راننده) و بلندکننده های کوچک (با کابل فرمان دستی).
3. برای تکیه گاه ماشینهای دورانی، اعم از اینکه با موتور سرخود و یا محور محرک اتصالی کار کند.
4. برای تکیه گاه ماشینهای پیستونی با حرکت متناوب.
5. برای آویزهای کششی که کفها و یا بالکنهایی را تحمل می کنند.
6. برای بارهای دینامیک دیگر در صورت وجود.

۱۰-۰-۴-۳ بارهای محیطی

بارهای محیطی از عوامل طبیعی ناشی می شوند، مانند بار باد، بار برف و بار زلزله.

الف) بار باد

پیش بینیهای لازم برای تنشهایی که از بار باد بر سازه تأثیر میکند، باید طبق مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمانی ایران باشد. اثر باد باید هم در دوره ساخت و نصب سازه و هم بعد از آن در نظر گرفته شود.

ب) بار زلزله

اثر زلزله، مطابق ضوابط مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمانی ایران در نظر گرفته میشود. طراحی و محاسبه عناصر باربر و اتصالات آنها باید با توجه به شکل پذیری لازم در زلزله، انجام شود.

پ) بار برف

شدت بار هموار گسترده معادل بار برف، با توجه به منطقه ای که سازه در آنجا واقع می شود، از مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمانی ایران انتخاب می شود.

ت) بارهای حرارتی

بارهای حرارتی باید مطابق مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمانی ایران انتخاب شود.

۱۰-۰-۴-۴ ترکیب بارها

الف: در طراحی سازه ها، احتمال همزمانی تأثیر بارها با ید به شرحی که در زیر گفته شده است، در نظر گرفته شوند. مقدار تنشهای محاسباتی مربوط به هر ترکیب، باید بر اساس بند ۱۰-۰-۵ در نظر گرفته شود. اجزاء سازه باید برای ترکیبی از بارها که بیشترین اثر را در آن جزء ایجاد می کند، طراحی شوند.

(۱۰-۰-۱)

1) D

2) $D + L + (L_r \text{ OR } S)$

3) $D + (W \text{ OR } E)$

4-a) $D + L + (L_r \text{ OR } 0.5\, S) + (W \text{ OR } E)$

4-b) $D + L + (L_r \text{ OR } S) + (0.5W \text{ OR } E)$

5) $D + L$

6) $D + L + (L_r \text{ OR } S) + H$

7) D + T

8) D+ L + (L_r OR S) + T

علائم به کار رفته در این روابط عبارتند از:

D : بار مرده

L : بار زنده طبقات به جز بام

L_r: بار زنده بام

S : بار برف

W: بار باد

E : بار زلزله

H : بار ناشی از وزن و فشار خاک یا آب و یا فشار توام خاک و آب

T : اثرات خود کرنشی ناشی از تغییرات دما ، نشست پایه ها، وارفتگی و غیره

ب: در مواردی که سازه برای بار جراثقال طراحی می شود ترکیبات زیر علاوه بر آنچه در بند الف گفته شده است باید بررسی شود:

(۲-۰-۱۰)

9) D + A

10) D + S + A

11) D + (W OR E) + $\overline{A}$

علائم A و $\overline{A}$ در این ترکیبات عبارتند از:

A : کلیه بارهای ناشی از جراثقال شامل وزن پلها، ارابه، باری که بلند می شود همراه با اثر ضربه در آنها .

$\overline{A}$: بار ناشی از وزن جراثقال به تنهائی شامل وزن پلها و ارابه به اضافه درصدی از بار زنده با توجه به میزان بهره برداری جرثقیل.

۱۰-۰-۵ تنشهای مجاز

۱۰-۰-۵-۱ بارگذاری عادی

تمام عناصر سازه شامل اعضای اصلی و فرعی، اتصالات و وسایل اتصال، باید طوری طراحی و محاسبه شوند که تحت اثر بارهای مفروض بهره برداری، تنش در آنها از مقادیر مجاز مندرج در بخش ۱۰-۱ تجاوز نکند.

۱۰-۰-۵-۲ بارگذاری فوق العاده

در حالتی که اثر باد، زلزله و یا حرارت چه به تنهایی و چه در ترکیب با بارهای دیگر، در محاسبه تنشها منظور شده باشد، تنشهای مجاز مربوط به این ترکیبات بارگذاری را می توان به میزان یک سوم افزایش داد مشروط بر آنکه ظرفیت 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 یک سوم افزایش در تنش مجاز، نباشد.

۱۰-۰-۶ تحلیل سازه ها

تنشهای اجزا، اتصالات و وسایل اتصال در سازه، برای بارهای مندرج در فصل ۱۰-۰-٤ باید توسط یکی از روشهای شناخته شده ارتجاعی تعیین شود .

باز توزیع لنگر تیرها

اعضایی که شرایط مقطع فشرده با اتکای جانبی را دارند و در تکیه گاه مانند تیر سرتاسری ادامه می یابند، یا

با اتصال صلب به ستون متصل اند و به صورت عضوی از قاب صلب کار می کنند، در حالتی که لنگر حداکثر در محل تکیه گاه به وجود آید، می توان آنها را برای تحمل ۰/۹ لنگر منفی مربوط به بارهای قائم طراحی کرد مشروط بر اینکه در چنین عضوی لنگر مثبت میان دهانه را به مقدار ۱۰ درصد میانگین لنگرهای منفی دو سر، افزایش داد.

این مطلب برای تیرهای طره ای صادق نیست.

اگر لنگر منفی به ستونی منتقل شود 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_aدر عضو، مربوط به بار محوری نظیر، از $۰,۱۵F_a$ تجاوز نکند. (F_a تنش محوری مجاز در حالت مربوط می باشد).

۱۰-۰-۷ 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.

۱۰-۰-۸ مدارک فنی

۱۰-۰-۸-۱ نقشه های طراحی

نقشه های سازه باید اطلاعات کامل مقاطع، محل قرار گرفتن اعضای سازه نسبت به یکدیگر، تراز کفهای ساختمانی، محورهای مار بر مرکز ستونها، پیش آمدگیها و پس نشستگیها با اندازه های مربوط و اطلاعات مربوط به اتصالات و وصله ها را شامل باشد، بطوریکه با مراجعه به آنها پیمانکار بتواند نقشه های اجرایی کارگاهی را تهیه نماید.

۱۰-۰-۸-۲ مدارک طراحی

در مدارک طراحی و تحلیل باید گروه یا گروههای سازه ای مفروض (طبق بند 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 طراحی را تهیه کرد.

۱۰-۰-۸-۳ اطلاعات تکمیلی

اگر استفاده از پیچهای با مقاومت زیاد، برای اتصالات موردنظر باشد، مدارک طرح و محاسبه و نقشه ها باید نوع اتصال را از نظر عملکرد (اتصال اصطکاکی، اتصال اتکایی و یا اتصال کششی) معین کند.

میزان پیش خیز در ساخت (در صورت لزوم) برای تیرها، شاهتیرها، خرپاها و نظایر آنها، باید روی مدارک محاسباتی و نقشه ها قید گردد.

۱۰-۰-۸-٤ مشخصات فنی عمومی و خصوصی

مشخصات فنی عمومی و خصوصی جزء لاینفک مدارک طراحی می باشند که باید توسط طراح تهیه و ارائه گردد.

۱۰-۰-۸-۵ حروف و علائم و یادداشتهای فنی

در مدارک محاسباتی و نقشه ها باید از حروف و علائمی که به طور استاندارد از طرف مقررات ملی ساختمانی ایران تعیین می شود، استفاده شود. در صورت ناکافی بودن آنها، استفاده از علائم دیگر به همراه توضیحات کافی به منظور جلوگیری از هرگونه اشتباه و سوءتعبیر احتمالی مجاز می باشد.

یادداشتهای فنی برای تفهیم روش کار و یا نتایج مورد نظر باید روشن و منجز باشد. در اتصالاتی که برای کم کردن تنشهای پسماند جوشکاری و جلوگیری از تابیدگی قطعات، باید از فن آوری و ترتیب خاصی و یا از تعداد

عبور جوشکاری معینی پیروی شود، لازم است آن روش دقیق در مدارک و نقشه ها توضیح داده شود.

۱۰-۰-۹ طرح لرزه ای

برای تأمین ضوابط طراحی لرزه ای، علاوه بر ضوابط موجود در بخش ۱۰-۱، باید ضوابط بخش ۱۰-۳ از این مقررات رعایت گردد.

---

* رعایت ضوابط مربوط به محدودیت ارتفاع ساختمان و ویژگیهای دیگر طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمانی ایران الزامی است.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰-۱ طراحی بر اساس روش تنش مجاز

۱۰-۱-۱ محدودیتهای لاغری

۱۰-۱-۱-۱ کلیات

علاوه بر تأمین ضوابط مربوط به مقاومت و صلبیت، اعضای سازه باید طوری طراحی و محاسبه شوند که دارای ظرفیت شکل پذیری لازم در برابر بارهای وارده باشند و در عین حال پایداری کلی آنها به طور مطمئن تأمین شده باشد.

۱۰-۱-۱-۲ 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 به هر کدام از عناصر آن توجه خاص شود.

۱۰-۱-۱-۳ قابهای مهارشده

در قابهایی که در آنها حرکت جانبی با تکیه کردن بر مهاربندی ها و یا دیوارهای برشی مقید می شود، ضریب طول مؤثر (K) برای اعضای فشاری باید برابر یک به حساب آید.

۱۰-۱-۱-۴ قابهای مهارنشده

قابهایی که پایداری جانبی آنها از طریق سختی خمشی اعضای قاب (تیرها و ستونهایی که با اتصالات صلب به یکدیگر متصل اند) تأمین میشود، طول مؤثر (L K) اعضای فشاری باید با تجزیه و تحلیل وضع موجود تعیین شود و هیچگاه نباید کمتر از طول واقعی عضو در نظر گرفته شود. ضریب طول مؤثر K را می توان از رابطه زیر تعیین نمود:

(۱-۱-۱-۱۰)

G_A و G_B = پارامتر نشان دهنده شرایط مرزی دو انتهای عضو فشاری و برابر است با نسبت مجموع EI/L ستونها به تیرهای منتهی به دو انتهای عضو فشاری در یک صفحه.مجموع

پارامترهای به کار رفته به قرار ذیل می باشند:

E = ضریب ارتجاعی

I = ممان اینرسی حول محور خمش

L = طول عضو (محور به محور)

G برای انتهای گیردار ستون

G = ۱۰ برای انتهای مفصلی ستون

در این مورد به بند ۱۰-۳-۶-۳ نیز مراجعه نمایید.

۱: برای تیرهای طره ای متصل به عضو فشاری $\frac{EI}{L}$ مساوی صفر در نظر گرفته می شود.**تبصره**

۲: هرگاه انتهای نزدیک تیر به عضو فشاری مفصلی باشد، آن تیر مساوی صفر در نظر گرفته می شود.**تبصره**

۳: هرگاه انتهای دور تیر به عضو فشاری مفصلی باشد، مقدار آن تیر باید در ضریب ۰/۵ ضرب شود.**تبصره**

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 تیرهای ساده

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 تحلیل و طراحی با فرض گیرداری کامل و یا جزئی در انتهای عضو، باید تیرها، شاهتیرها و خرپاهای مربوط و همچنین اعضایی که این قطعات به آنها متصل می شوند را طوری تحلیل 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 اعضایی که ملاک طراحی و محاسبه آنها نیروی فشاری است، ضریب لاغری $\left(\frac{KL}{r}\right)$ نباید از ۲۰۰ تجاوز کند و اگر نیروی کششی ملاک است، ضریب لاغری $\left(\frac{L}{r}\right)$ نباید از ۳۰۰ تجاوز کند. در میله مهارهای کششی که دارای پیش تنیدگی اولیه به مقدار کافی باشند، رعایت محدودیت لاغری لازم نیست، لیکن نسبت طول به قطر این اعضا نباید از ۳۰۰ تجاوز نماید.

اعضایی که برای تحمل کشش در سازه طرح شده اند 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 کمانش موضعی

الف) طبقه بندی مقاطع فولادی

مقاطع فولادی به سه گروه زیر تقسیم می شود:

- مقاطع فشرده.
- مقاطع غیر فشرده.
- مقاطع با اجزای 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 اجزای فشاری آن بر حسب مورد از مقادیر مربوطه در جدول ۱۰-۱-۱ -۱ تجاوز نکند.

نسبت پهنای آزاد به ضخامت در اجزای فشاری مقاطع غیر فشرده نیز نباید از مقادیر مربوطه در جدول ۱۰-۱-۱ -۱ تجاوز کند.

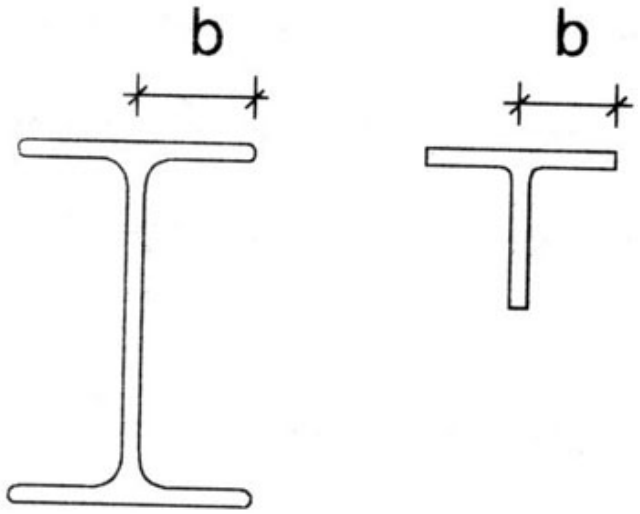
اگر نسبت پهنای آزاد به ضخامت در هر یک از اجزای فشاری از مقادیر داده شده برای مقاطع غیرفشرده در جدول (۱۰-۱-۱-۱) تجاوز کند، مقطع به عنوان مقطعی با اجزای لاغر به حساب می آید [۱] .

ب) پهنای آزاد اجزای با یک لبه متکی

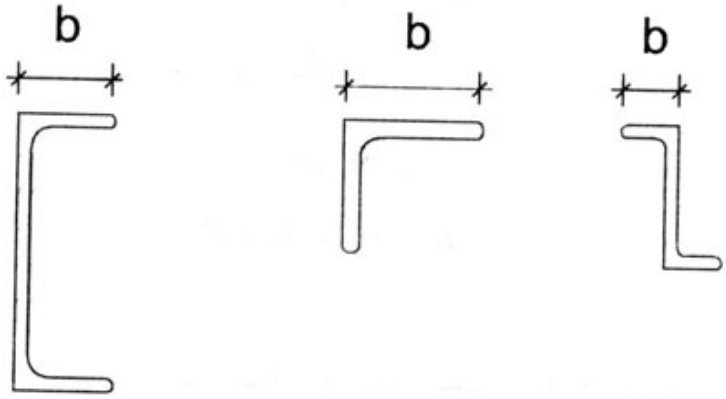
پهنای آزاد b و یا d در اجزایی که فقط در یک لبه در امتدادی موازی با نیروی فشاری نگهداری شده اند، به شرح زیر در نظر گرفته می شود:

برای بالهای نیمرخهای I و نیمرخ سپری (T) ،

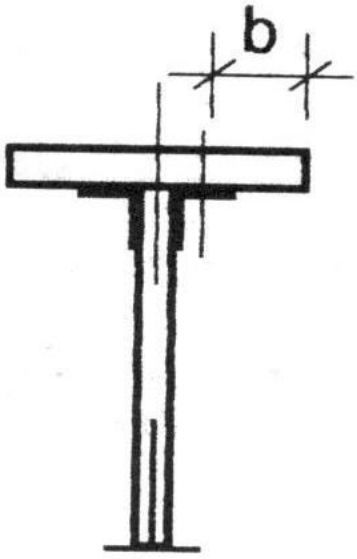
b برابر نصف عرض بال.



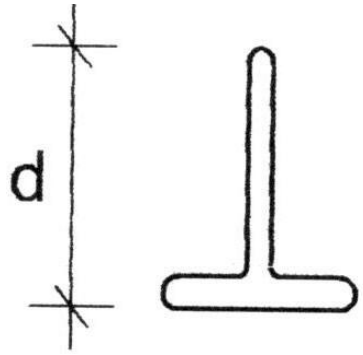
برای بالهای نیمرخ نبشی (L)، نیمرخ ناودانی (U) و نیمرخ دو نبشی (Z)،
bبرابر تمام عرض موجود.



برای تیر ورقها، عرض b عبارت است از فاصله لبه آزاد تا اولین ردیف وسایل اتصال یا خط جوش.



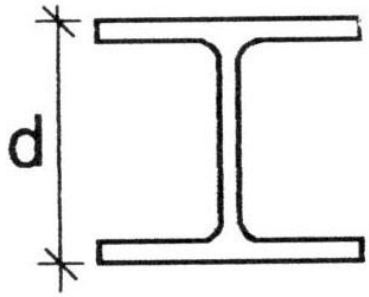
برای تیغه (جان) نیمرخ سپری (T) ، پهنای d برابر ارتفاع کلی مقطع.



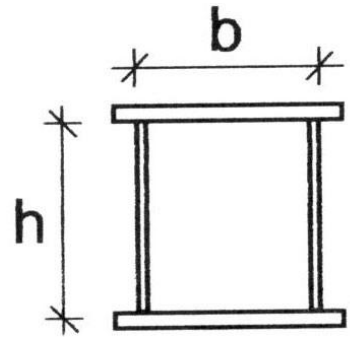
پ) پهنای آزاد اجزای با دو لبه متکی

پهنای آزاد b یا d یا h در اجزایی که در دو لبه در امتدادی موازی با نیروی فشاری نگهداری شده اند، به شرح زیر در نظر گرفته می شود:

۱- برای جان نیمرخهای نورد شده، d برابر ارتفاع کلی مقطع.

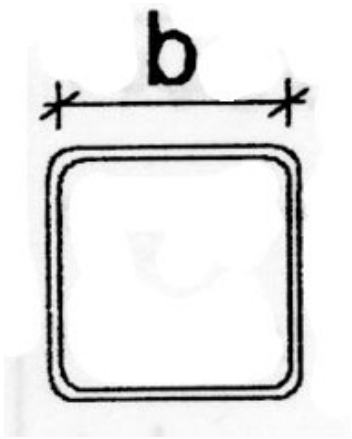


۲- برای جان نیمرخهای مرکب (ساخته شده)، h برابر فاصله خالص بین بالهای نیمرخ.



۳- برای ورقهای بال در مقاطع ساخته شده پهنای b عبارت است از فاصله بین دو ردیف وسیله اتصال مجاور یا دو خط جوش مجاور.

٤-برای بالهای نیمرخهای چهارگوش توخالی (قوطی) پهنای b عبارت است از فاصله خالص دو جان منهای شعاع انحنای بین جان و بال در هر طرف. اگر این شعاع انحنا مشخص نباشد، میتوان پهنای کل منهای سه برابر ضخامت جان را در نظر گرفت.



توضیح: برای بالهای نیمرخهای نورد شده ای که ضخامت در آنها یکسان نباشد، (مانند نیمرخ INP)، ضخامت معادل، برابر ضخامت بال در نقطه میانی لبه بال و سطح جان در نظر گرفته میشود.

ت) مقاطع با اجزای لاغر فشاری

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

جدول ۱۰-۱-۱-۱ محدودیت « پهنای آزاد به ضخامت » در اجزای فشاری.

	حالت	پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنای آزاد به ضخامت	
			مقاطع فشرده	مقاطع غیر فشرده
اجزاء با یک لبه متکی دو لبه متکی	۱. بالهای تیر نورد شده I و ناودانی در خمش	$\frac{b}{t}$	$\left[\frac{۱۷۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۵۴۵}{\sqrt{F_y}}$	$\left[\frac{۲۵۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۷۹۵}{\sqrt{F_y}}$
	۲. بالهای تیر ورق I (با اتصال جوشی) در خمش	$\frac{b}{t}$	$\left[\frac{۱۷۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۵۴۵}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{۷۹۵}{\sqrt{F_y / K_c}}$** یا** $\left[\frac{۲۵۰}{\sqrt{F_y / K_c}}\right]^*$ *
	۳. عضو فشاری تک نبشی یا جفت نبشی با اتصال و لقمه هایی بین دو نیمرخ	$\frac{b}{t}$	کاربرد ندارد	$\left[\frac{۲۰۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۶۳۵}{\sqrt{F_y}}$
	٤. بالهای برجسته در عضو فشاری جفت نبشی در تماس سرتاسری با یکدیگر، تسمه ها یا نبشیها که به طور برجسته بر تیر یا ستون قرار گیرند، قطعات سخت کننده در تیر ورقها	$\frac{b}{t}$	کاربرد ندارد	$\left[\frac{۲۵۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۷۹۵}{\sqrt{F_y}}$
	٥. تیغه (جان) نیمرخ سپری	$\frac{d}{t}$	کاربرد ندارد	$\left[\frac{۳۴۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۱۰۶۵}{\sqrt{F_y}}$

جدول ۱۰-۱-۱-۱ (ادامه)

	حالت	پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنای آزاد به ضخامت	
			مقاطع فشرده	مقاطع غیرفشرده
			کاربرد ندارد	$\left[\frac{۸۵۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$

	۶. پهنای آزاد در ورقهای تقویتی سوراخدار	$\frac{b}{t}$		یا $\frac{۲۶۵۵}{\sqrt{F_y}}$
	۷. ورقهای تقویتی روی بال تیر با دو خط اتصال در دو لبه موازی، بالهای مقطع قوطی شکل (مربع یا مستطیل) با ضخامت ثابت جدار در خمش یا فشار	$\frac{b}{t}$	$\left[\frac{۵۰۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۱۵۹۰}{\sqrt{F_y}}$	$\left[\frac{۶۴۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۲۰۰۰}{\sqrt{F_y}}$
اجزاء با دو لبه متکی	۸. تمام عناصر دیگری که در دو لبه تحت اثر فشار یکنواخت نگهداری شده باشند	$\frac{b}{t}$ یا $\frac{h}{t}$	کاربرد ندارد*	$\left[\frac{۶۴۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۲۰۰۰}{\sqrt{F_y}}$ *
	۹. جان قطعات تحت اثر فشار حاصل از خمش	$\frac{h}{t_w}$	$\left[\frac{۱۷۱۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۵۳۶۵}{\sqrt{F_y}}$	
		$\frac{h}{t_w}$	*	$\left[\frac{۲۰۳۵}{\sqrt{F_b}}\right]^*$ یا $\frac{۶۳۷۰}{\sqrt{F_b}}$
	۱۰. جان قطعات تحت اثر مشترک فشار حاصل از	$\frac{h}{t_w}$	$\frac{f_a}{f_y} \le 0.16$ برای حالت: $\frac{۵۳۶۵}{\sqrt{F_y}}(۱-۳/۷۴\frac{f_a}{F_y})$ $\left[\frac{۱۷۱۰}{\sqrt{F_y}}(۱-۳/۷۴\frac{f_a}{F_y})\right]^*$ * $\frac{f_a}{f_y} > 0.16$ برای حالت: $\left[\frac{۶۹۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$	* $\frac{۶۳۷۰}{\sqrt{F_b}}(۱-۱/۵\frac{f_a}{F_y})$ یا * $\left[\frac{۲۰۳۵}{\sqrt{F_b}}(۱-۱/۵\frac{f_a}{F_y})\right]^*$

			یا $\frac{۲۱۵۵}{\sqrt{F_y}}$	

*

* روابط در سیستم SI می باشند.

جدول ۱۰-۱-۱-۱ (ادامه)

	حالت	پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنای آزاد به ضخامت	
			مقاطع فشرده	مقاطع غیرفشرده
	۶. پهنای آزاد در ورقهای تقویتی سوراخدار	$\frac{b}{t}$	کاربرد ندارد	$\left[\frac{۸۵۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۲۶۵۵}{\sqrt{F_y}}$
	۷. ورقهای تقویتی روی بال تیر با دوخط اتصال در دو لبه موازی، بالهای مقطع قوطی شکل (مربع یا مستطیل) یا ضخامت ثابت جدار در خمش یا فشار	$\frac{b}{t}$	$\left[\frac{۵۰۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۱۵۹۰}{\sqrt{F_y}}$	$\left[\frac{۶۴۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۲۰۰۰}{\sqrt{F_y}}$
اجزاء با دو لبه متکی	۸. تمام عناصر دیگری که در دو لبه تحت اثر فشار یکنواخت نگهداری شده باشند	$\frac{b}{t}$ یا $\frac{h}{t}$	کاربرد ندارد	$\left[\frac{۶۴۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۲۰۰۰}{\sqrt{F_y}}$ *
	۹. جان قطعات تحت اثر فشار حاصل از خمش	$\frac{h}{t_w}$	$\left[\frac{۱۷۱۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۵۳۶۵}{\sqrt{F_y}}$	
		$\frac{h}{t_w}$	*	$\left[\frac{۲۰۳۵}{\sqrt{F_b}}\right]^*$ یا $\frac{۶۳۷۰}{\sqrt{F_b}}$
				*

	۱۰. جان قطعات تحت اثر مشترک فشار حاصل از خمش و فشار محوری	$\frac{h}{t_w}$	$\frac{f_a}{f_y} \le 0.16$ برای حالت: $\frac{۵۳۶۵}{\sqrt{F_y}}(1-۳/۷۴\frac{f_a}{F_y})$ $\left[\frac{۱۷۱۰}{\sqrt{F_y}}(1-۳/۷۴\frac{f_a}{F_y})\right]^*$ * $\frac{f_a}{f_y} > 0.16$ برای حالت: $\left[\frac{۶۹۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۲۱۵۵}{\sqrt{F_y}}$ *	$\frac{۶۳۷۰}{\sqrt{F_b}}(1-۱/۵\frac{f_a}{F_y})$ یا $\left[\frac{۲۰۳۵}{\sqrt{F_b}}(1-۱/۵\frac{f_a}{F_y})\right]^*$ *

جدول ۱۰-۱-۱-۱ (ادامه)

	حالت		پهنا به ضخامت	حداکثر نسبت پهنای آزاد به ضخامت	
				مقاطع فشرده	مقاطع غیرفشرده
لوله ها و قوطی ها	۱۱. مقطع دایره ای توخالی (لوله شکل)	تحت فشار محوری	$\frac{D}{t}$	$\frac{۲۳۰\times۱۰^۳}{F_y}$ یا $\left[\frac{۲۳۰\times۱۰^۳}{F_y}\right]^*$	
		تحت خمش	$\frac{D}{t}$	$\frac{۲۳۰\times۱۰^۳}{F_y}$ یا $\left[\frac{۲۳۰\times۱۰^۳}{F_y}\right]^*$	

در این جدول:

f_a = تنش فشاری موجود (kg/cm^2)

، (در روابط ستاره دار بر حسب (N/mm^2))

F_y = حد تسلیم فولاد مصرفی (kg/cm^2)

،(در روابط ستاره دار بر حسب (N/mm^2))

F_h = تنش مجاز در خمش (kg/cm^2)

، (در روابط ستاره دار بر حسب (N/mm^2))

و

D = قطر خارجی لوله می باشد

** مقدار KC از رابطه زیر تعیین می شود:

$$\frac{h}{t} > 50 \rightarrow K_c = \frac{7}{\sqrt{h/t}} \geq 0/4$$

$$\frac{h}{t} \leq 50 \rightarrow K_C = 1$$

۱- استفاده از اجزای لاغر نیاز به محاسبات خاصی دارد که لازمست به یکی از آئین نامه های معتبر بین المللی مراجعه شود.

---

* روابط در سیستم SI می باشند که در آنها تنش بر حسب نیوتن بر میلیمتر مربع بیان شده است.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰-۲ ساخت، نصب و کنترل نوع کار

۱۰-۲-۱ نقشه های کارگاهی

نقشه های کارگاهی حاوی کلیه اطلاعات و جزئیات لازم برای ساخت قطعات سازه باید قبل از شروع ساخت، توسط پیمانکار تهیه و به تأیید مهندس سازه رسانده 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 نقشه ها باید کلیه جوشها و پیچهای کارخانه ای از جوشها و پیچهای کارگاهی به خوبی متمایز شده باشد و نیز باید نوع اتصال پیچهای پرمقاومت (اتکایی یا اصطکاکی) به وضوح مشخص و حد سفت کردن پیچها قید شده باشد.

نقشه های کارگاهی باید با در نظر داشتن مناسبترین نوع اجرا و با توجه به سرعت اجرا، حداقل دور ریز ورق و شرایط اقتصادی ساخت و نصب، تهیه شود.

۱۰-۲-۲ ساخت

۱۰-۲-۲-۱ تعبیه پیش 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 موضعهای گرم شده (که باید به روش قابل قبولی اندازه گیری شود) نباید از ۵۵۰ درجه سلسیوس برای فولادهای قوی مخصوص و ۶۵۰ درجه سلسیوس برای فولادهای نرمه، بیشتر باشد.

۱۰-۲-۲-۲ برشکاری

الف - برش گرمایی (برش با شعله هوا گاز)

لبه هایی که با شعله بریده می شود، باید کاملا" یکنواخت و خالی از ناهمواریهای بیش از ٤ میلیمتر باشد. برشکاری باید به کمک ریل گذاری و استفاده از دستگاه اتوماتیک انجام شود.

ناهمواریها و زخمهای بیش از ٤ میلیمتر را باید با سنگ زدن و در صورت لزوم تعمیرکاری توسط جوش، هموار کرد. همچنین لبه های بریده شده توسط شعله که مصالح جوش در آن قرار خواهد گرفت، باید به نحو قابل قبولی 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 ٤۰ میلیمتر، باید پیش گرم کردن تا دمای حداقل ٦۵ درجه سلسیوس قبل از برش گرمایی انجام شود.

ب - برش با قیچی

برش با قیچی فقط برای ورقها با ضخامت مساوی و یا کمتر از ۱۰ میلیمتر مجاز است.

پ - سایر روشهای برش

سایر روشهای برش مثل برش پلاسما و یا گوج به شرط انطباق با شرایط مندرج در بند الف و تأیید دستگاه نظارت امکانپذیر است.

۱۰-۲-۲-۳ آماده کردن لبه ها

به صاف و پرداخت کردن لبه های بریده شده توسط 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.

یخ زنی لبه ها باید به کمک برش حرارتی و یا سنگ زنی و یا براده برداری انجام شود و استفاده از دستگاه یخ زن که با ساز و کار لهیدگی عمل می نماید مجاز نیست.

۱۰-۲-۲-٤ ساختمانهای با اتصال جوشی

تکنیک جوشکاری، مهارت جوشکار، ظاهرکار، خواص جوش و روشهایی که برای تصحیح جوش و جوشکاری معیوب به کار می رود باید مطابق با مقررات آیین نامه جوشکاری ساختمانی باشد.

۱۰-۲-۲-۵ ساختمانهای با پیچهای پرمقاومت

کلیه قسمتهایی که توسط پیچ به هم متصل می شوند باید در ضمن نصب با گذاردن پین یا پیچ و مهره موقت نسبت به هم کاملا" تثبیت و سوراخها هم راستا شوند. استفاده از وسایل نصب و نگهداری موقت نباید به سوراخهای پیچ صدمه زند و یا آن را گشاد کند. عدم همراستایی سوراخهای قطعات در یک اتصال موجب مردود شدن اتصال خواهد بود و در این مورد استفاده از برش شعله برای گشاد کردن سوراخها مجاز نیست، لیکن می تواند ۱۵ درصد سوراخها را برقوزد.برقوزنی نباید قطر سوراخ را بیش از ۵ میلیمتر افزایش دهد.

در حالتی که ضخامت قطعه از قطر اسمی پیچ به اضافه۲ میلیمتر بیشتر نباشد، می توان سوراخ پیچ را توسط منگنه کردن ایجاد کرد. اگر ضخامت از قطر پیچ به اضافه ۲ میلیمتر بیشتر باشد باید سوراخها با مته ایجاد شود و یا با قطری کوچکتر پیش منگنه شده، سپس مته کاری شود. قطر سوراخ در حالتهای پیش منگنه و یا پیش مته کردن باید حداقل ۲میلیمتر از قطر اسمی پیچ کوچکتر باشد. به طور کلی سوراخ کردن ورقهای ضخیمتر از ۱۲ میلیمتر و یا از فولاد پرمقاومت و خاص باید با مته ایجاد شود. در اتصال پیچ پرمقاومت، سطوحی که در تماس با سرپیچ و یا مهره آن قرار می گیرند نباید شیبی بیش از یک بیستم 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 می شوند، باید کاملا" به هم جفت شده باشند و نباید واشرهای پرکننده یا هر نوع مصالح تغییر شکل پذیر دیگری بین آنها گذارده شود، لیکن استفاده از ورقهای پرکننده با مقاومت نظیر قطعات اتصال و ضخامت یکنواخت مجاز است.

هنگامی که قطعات نصب می شوند، باید کلیه سطوح اتصال (شامل سطوح مجاور کله پیچ ها و طرف مهره ها) از قسمتهای پوسته شده و دیگر مواد زاید عاری باشد، مخصوصا" سطوح تماس اتصالات اصطکاکی باید کاملا" تمیز باشد و اثری از پوستهء زنگ، 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.

۱۰-۲-۲-٦ درزهای فشاری

در درزهای فشاری که در آنها انتقال نیرو از طریق فشار تماسی مستقیم، قسمتی از ظرفیت اتصال را تشکیل می دهد، باید سطوح قطعات در تماس به وسیله تراش دادن، سوهان زدن، سنگ زدن و یا روشهای مناسب دیگر به خوبی آماده شده باشد، بطوریکه تماس کامل بین دو قطعه برقرار گردد.

۱۰-۲-۲-۷ رواداری ابعادی

رواداری در ابعاد تا حدود مقادیر مندرج در مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمانی ایران، مجاز می باشد.

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 در دسترس نباشد، می توان با تراشیدن و صاف کردن، سطح م ستوی را بوجود آورد (به استثنای حالتهای ج و د ذیل).

در ورقهای ضخیمتر از ۱۰۰ میلیمتر، تمام سطوح تماس باید صفحه تراشی 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 صفحه تراشی 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 می گیرد 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 کارخانه ای 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. به جز حالتهای ویژه ای که مشخص شده باشد، کارهای فلزی که در تماس با بتن باید قرار گیرند، لازم نیست رنگ شوند. کلیه قسمتهای باقیمانده کار فلزی (به جز حالتهایی که به وضوح مستثنا شده باشد) باید مطابق بند ۱۰-۱- ۹ -٤ رنگ زده شود.

۱۰-۲-۳-۲ سطوح غیرقابل دسترسی

به جز سطوح تماس بقیه سطوحی که بعد از ساخت، قابل دسترس نخواهد بود باید قبل از جمع کردن کار، تمیز و رنگ آمیزی شود.

۱۰-۲-۳-۳ سطوح تماس

در اتصالات اتکایی (غیر اصطکاکی)، 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.

۱۰-۲-۳-٤ سطوح صاف و آماده شده

سطوحی که با ماشین کردن آماده می شوند 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

به جز حالتهایی 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 می گیرند، باید از موادی که به جوشکاری صدمه می زند و یا در حین جوشکاری گازهای سمی و مضر تولید میکند، کاملا" پاک شود.

۱۰-۲-٤ برپایی و نصب

۱۰-۲-٤-۱ میزان کردن پای ستونها

کف ستونها باید در محور پیش بینی شده و در رقوم صحیح و به صورت کاملا تراز نصب شوند، به طوری که سطح زیرین آنها با بتن تماس کامل و سرتاسری داشته باشد.

۱۰-۲-٤-۲ مهار

قابهای اسکلت فلزی باید به صورت شاقولی 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 اجرا شامل وزن وسایل کار و نیروهای ناشی از آنها را جوابگو باشد. مهارهای 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 می شود و یا قطعات و ابزار کار نصب بر آن قرار می گیرد باید پیش بینیهای لازم برای تنشهای اضافی حاصل به عمل آمده باشد.

۱۰-۲-٤-۳ تنظیم کردن کار

قبل از آنکه نصب پیچ یا اجرای جوش به صورت قطعی و دائمی انجام شود، قطعاتی که با این عمل ثابت می شوند باید به دقت تنظیم شده باشند.

۱۰-۲-٤-٤ جفت کردن درزهای فشاری در ستونها

صرف نظر از نوع وصله به کار رفته (جوش شیاری با نفوذ کامل یا نسبی و یا اتصال پیچی) نامیزانی و عدم تماس کامل به مقدار کمتر از ۲ میلیمتر قابل قبول خواهد بود. اگر این بادخور از ۲ میلیمتر تجاوز کند ولی از ٦ 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 صرفنظر از نوع فولاد اعضای متصل شونده، می تواند از فولاد نرمه باشد.

۱۰-۲-٤-۵ جوش کارگاهی

قبل از جوشکاری باید رنگ کارخانه ای را از روی سطوحی که جوش انجام می گیرد ، توسط برس سیمی کاملا" برطرف و پاک کرد.

۱۰-۲-٤- ٦ رنگ کارگاهی

ترتیب پاک کردن سطوح و رنگ کردن در کارگاه (از نظر اینکه وظیفهء کیست و چگونه انجام می شود) باید از قبل تعیین شده و این شرایط در مدارک طرح و محاسبه قید شده باشد.

۱۰-۲-٤-۷ اتصالات کارگاهی

همزمان با کار استقرار و نصب اسکلت باید اتصالات پیچی و جوشی به طور مطمئن و کا مل 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 بطور مطمئن نشان دهد کار مطابق با مشخصات و مقررات مربوط انجام می گیرد، فراهم کند.

اضافه بر روشهای بازرسی کار (مربوط به سازنده)، باید مصالح به کار رفته و مهارتهای اجرایی به طور مداوم توسط دستگاه نظارت و 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 معین شده ای که حداقل وقفه را در کار ساخت بوجود 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 مرحله ای از پیشرفت کار، قابل مردود کردن است.

سازنده باید یک نسخه از کلیه گزارشهایی را که از طرف بازرسان کار به صاحبکار داده می شود دریافت کند.

۱۰-۲-۵-۳ بررسی جوشها

بررسی جوشها باید مطابق با آیین نامه جوشکاری ساختمان انجام شود*. اگر از آزمایشهای نوع غیرمخرب استفاده می شود، باید حدود و استاندارد قابل قبول بودن نتایج، در مدارک طرح و محاسبه به وضوح قید شده باشد.

۱۰-۲-۵-٤ 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 تعیین 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 پیش بینی شده، مورد استفاده قرار گرفته است.

---

* نشریه شماره ۲۲۸ سازمان مدیریت و برنامه ریزی تحت عنوان "آئین نامه جوشکاری ساختمان ایران

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰-۱-۲ اعضای خمشی

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

وجه تمایز اعضای خمشی، لاغری جان (نسبت $\frac{h}{t_w}$) آنهاست. اگر نسبت ارتفاع آزاد جان (بین دو بال) به ضخامت آن $\frac{h}{t_w}$ کوچکتر یا مساوی $\left[\frac{۱۰۰۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۳۱۸۵}{\sqrt{F_y}}$ باشد، عضو خمشی، تیر نامیده شده و رعایت کمانش برشی جان برای آن لازم نیست. اگر $\frac{h}{t_w}$ بزرگتر از $\left[\frac{۱۰۰۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ یا $\frac{۳۱۸۵}{\sqrt{F_y}}$ باشد، عضو خمشی با جان لاغر نامیده شده و در جان آن باید اثر کمانش برشی مورد بررسی قرار گیرد.

اگر $\frac{h}{t_w}$ بزرگتر از $\left[\frac{۲۰۰۰}{\sqrt{F_b}}\right]^*$ یا $\frac{۶۳۷۰}{\sqrt{F_b}}$ باشد، علاوه بر منظور کردن اثر کمانش برشی جان، باید مطابق فصل ۱۰-۱-۳-۲ کاهش در تنش مجاز فشاری بال به علت کمانش خمشی جان منظور شود. F_y تنش تسلیم بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و یا [N/mm ^{۲}] *و F_b تنش خمشی مجاز بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع یا [N/mm ^{۲}] * است.
تنشهای برشی مجاز و محدودیتهای مربوط به سخت کننده های 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 باید مطابق با فصل ۱۰-۱-۳ تعیین شود.

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

* در سیستم SI

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

الف) اعضای خمشی با مقطع فشرده و با اتکای جانبی

اعضایی خمشی با اتکای جانبی تلقی می شوند که در آنها طول آزاد بال فشاری (L_b یا فاصله بین دو تکیه گاه جانبی بال فشاری) از کوچکترین مقدار L_c (حاصل از روابط زیر) تجاوز نکند:

$$L_c = \frac{۶۳۵ b_f}{\sqrt{F_y}} \quad \text{یا} \quad \left[L_c = \frac{۲۰۰ b_f}{\sqrt{F_y}} \right]^* \qquad (۱۰-۱-۲-۰-الف)$$

$$L_c = \frac{۱۴ \times ۱۰^۵}{\left(\frac{d}{A_f}\right) F_y} \quad \text{یا} \quad \left[L_c = \frac{۱۴ \times ۱۰^۳}{(\frac{d}{A_f}) F_y} \right]^* \qquad (۱۰-۱-۲-۰-ب)$$

در این روابط:

L_c = طول مهار نشده (cm) یا *[mm]

b_f و A_f = به ترتیب پهنای کلی (cm) یا *[mm] و سطح مقطع بال فشاری (cm^۲) یا *[mm^۲]

d = ارتفاع کلی نیمرخ بر حسب (cm) و یا *[mm] می باشد.

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 صفحه ای مار بر این محور بارگذاری شوند و شرایط تیر با اتکای جانبی را نیز داشته باشند، تنش مجاز خمشی آنها از رابطه (۱۰-۱-۲-۱) تعیین می شود:

$$F_b = ۰/۶۶ F_y \qquad (۱۰-۱-۲-۱)$$

که در آن F_y تنش تسلیم فولاد است.

ب) اعضای با مقطع غیر فشرده

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

$$F_b = ۰/۶ F_y \qquad (۱۰-۱-۲-۲)$$

پ) مقاطع فشرده و غیرفشرده فاقد شرط تکیه گاه جانبی

برای اعضای خمشی با مقطع فشرده و یا غیرفشرده (مندرج در بند ۱۰-۱-۱-۹-الف) که طول آزاد (نگهداری نشده) آنها در منطقه فشاری بیش از مقدار L_c (که

در بند ۱۰-۱-۲-۱-الف مشخص شده) باشد، تنش کششی مجاز در خمش طبق رابطه (۱۰-۱-۲-۲) 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 (۱۰-۱-۲-۳) یا (۱۰-۱-۲-۴) و (۱۰-۱-۲-۵) بر حسب مورد، می باشد که در هر حال

نباید از F_y ۰/۶ تجاوز کند.

رابطه ۱۰-۱-۲-۵ فقط در حالتی صادق است که بال فشاری بصورت 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 (۱۰-۱-۲-۵) تعیین می شود.

اگر:

$$\sqrt{\frac{۷۲\times۱۰^{۵}C_b}{F_y}} \le \frac{L}{r_T} < \sqrt{\frac{۳۶۰\times۱۰^{۵}C_b}{F_y}}$$

$$SI: \left[\sqrt{\frac{۷۲\times۱۰^{۴}C_b}{F_y}} \le \frac{L}{r_T} < \sqrt{\frac{۳۶۰\times۱۰^{۴}C_b}{F_y}}\right]^*$$

در این صورت:

$$F_b = \left[\frac{۲}{۳} - \frac{F_y\left(\frac{L}{r_T}\right)^{۲}}{۱۰۷۵\times۱۰^{۵}C_b}\right]F_y \le ۰/۶F_y \qquad (۱۰-۱-۲-۳)$$

$$SI: \left[F_b = \left[\frac{۲}{۳} - \frac{F_y\left(\frac{L}{r_T}\right)^{۲}}{۱۰۷۵\times۱۰^{۴}C_b}\right]F_y \le ۰/۶F_y\right]^*$$

اگر:

$$\frac{L}{r_T} \ge \sqrt{\frac{۳۶۰\times۱۰^{۵}C_b}{F_y}}$$

$$SI: \left[\frac{L}{r_T} \ge \sqrt{\frac{۳۶۰\times۱۰^{۴}C_b}{F_y}}\right]^*$$

در این صورت:

$$F_b = \frac{۱۲۰\times۱۰^۵ C_b}{\left(\frac{L}{r_T}\right)^۲} \le ۰/۶F_y$$

(۴-۲-۱-۱۰)[۲]

$$SI: \left[F_b = \frac{۱۲۰\times۱۰^۳ C_b}{\left(\frac{L}{r_T}\right)^۲} \le ۰/۶F_y \right]^*$$

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

$$F_b = \frac{۸۴\times۱۰^۳ C_b}{\frac{Ld}{A_f}} \le ۰/۶F_y$$

(۵-۲-۱-۱۰)[۲]

$$SI: \left[F_b = \frac{۸۴\times۱۰^۲ C_b}{\frac{Ld}{A_f}} \le ۰/۶F_y \right]^*$$

که در آن:

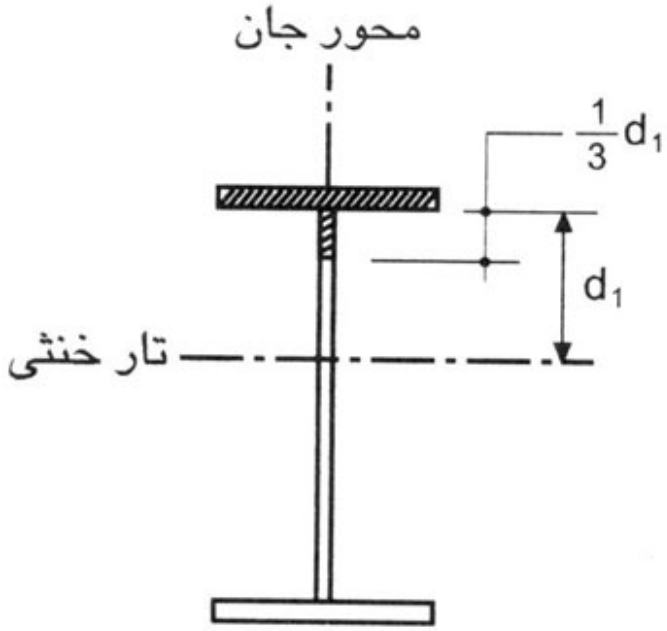
F_y = تنش تسلیم فولاد تیر (kg/cm^2)یا *[N/mm^2] ،

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

r_T = شعاع ژیراسیون مقطعی است که شامل مجموع بال فشاری و یک سوم منطقه فشاری جان می باشد که نسبت به محور مار بر جان تیر محاسبه می شود (cm) یا *[mm] .

d = ارتفاع کل مقطع تیر (cm) یا *[mm] .

A_f = سطح مقطع بال فشاری [cm2] یا *[mm2] .



C_b = ضریب یکنواختی نمودار لنگر که نشان دهنده اثر نمودار تغییرات لنگر خمشی در مقدار تنش مجاز می باشد و از رابطه (۱۰-۱-۲-۶) تعیین می شود:

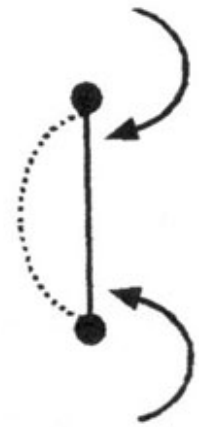
$$C_b = ۱/۷۵ + ۱/۰۵\frac{M_۱}{M_۲} + ۰/۳\left(\frac{M_۱}{M_۲}\right)^۲ \leq ۲/۳$$

(۱۰-۱-۲-۶)

در هر حال بیشینه مقدار C_b برابر ۲/۳ می باشد.

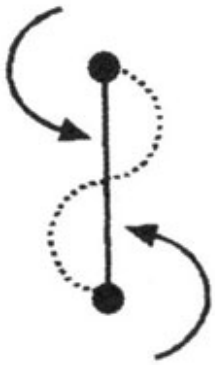
در رابطه (۱۰-۱-۲-۶) M_1 لنگر کوچکتر و M_2 لنگر بزرگتر (از نظر قدرمطلق) در دو انتهای طول آزاد (بدون تکیه گاه جانبی) است که نسبت به محور قوی مقطع در نظر گرفته میشود. در حالتی که M_1 و M_2 هم علامت اند[۱] (انحنای دو گانه)، نسبت $\frac{M_1}{M_2}$ مثبت و در حالتی که M_1 و M_2 علامتهای مخالف دارند (انحنای ساده)، این نسبت منفی به حساب می آید.

اگر لنگر خمشی در بین دو انتهای طول آزاد، مقدار بزرگتری از لنگرهای دو انتها را به خود بگیرد، ضریب C_b برابر یک محسوب می شود.



$M_1 / M_2 < 0$

انحنای ساده



$M_1 / M_2 > 0$

انحنای مضاعف

وقتی که مقدار F_{by} و F_{bx} برای به کار بردن در رابطه (۱۰-۱-۶-۱) محاسبه می شوند، C_b برای قابهایی که انتقال جانبی در آنها امکانپذیر است، از رابطه (

۱۰-۱-۲-۶) محاسبه شده و برای قابهایی که از انتقال جانبی آنها جلوگیری شده است، C_b برابر یک منظور می شود.

در تیرهای طره ای C_b برابر یک منظور می شود.

۱۰-۱-۲-۲ تنشهای مجاز در خمش نسبت به محور ضعیف برای اعضای با مقطع I ، تسمه ها و ورقهای مستطیلی و مقاطع توپر

برای اعضایی که در اثر بارگذاری در صفحه مار بر مرکز برش و نسبت به محور ضعیف تحت خمش قرار میگیرند یا اعضایی که نسبت به محورهای اصلی خود دارای مقاومت یکسان می باشند، مهار جانبی فقط در تکیه گاه لازم است.

تنش خمشی مجاز این اعضا طبق بندهای زیر در نظر گرفته شود.

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 (۱۰-۱-۲-۷) تعیین می شود:

$$F_b = 0/75 F_y \qquad (۱۰-۱-۲-۷)$$

ب) اعضای با مقاطع غیرفشرده

اعضایی که محدودیتهای مقطع فشرده را (طبق بند ۱۰-۱-۱-۹ الف) برآورده نکنند، اگر تحت اثر خمش نسبت به محور ضعیف خود قرار گیرند، تنش مجازشان از رابطه (۱۰-۱-۲-۸) تعیین می شود:

$$F_b = 0.6F_y \qquad (10\text{-}1\text{-}2\text{-}8)$$

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 ۱۰-۱-۱-۹الف) را احراز نکند و اتصال جان و بال به صورت سرتاسری باشد، میتوان محاسبه را بر اساس تنش مجاز حاصل از رابطه (۱۰-۱-۲-۹) انجام داد:

$$F_b = F_y\left[1.075 - 0.0006\left(\frac{b_f}{2t_f}\right)\sqrt{F_y}\right] \qquad (10\text{-}1\text{-}2\text{-}9)$$

$$SI: \left\{F_b = F_y\left[1.075 - 0.002\left(\frac{b_f}{2t_f}\right)\sqrt{F_y}\right]\right\}^*$$

(**به شرط اینکه** $\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{250}{\sqrt{F_y}}$ **یا** $\left[\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{795}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ **باشد**)

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

الف) اعضای با مقطع فشرده

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

$$F_b = 0.66F_y \qquad (10\text{-}1\text{-}2\text{-}10)$$

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:

1. ارتفاع کلی نیمرخ از ۶ برابر پهنای مقطع بزرگتر نباشند.
2. ضخامت بال از دو برابر ضخامت جان بیشتر نباشد.
3. طول آزاد (مهار نشده) L_b در آن کمتر یا برابر مقدار L_c بر حسب سانتیمتر یا *]میلیمتر [از رابطه (۱۰-۱-۲-۱۱) باشد:
4.

$$L_c = 10^2(137 + 84\frac{M_1}{M_2})\frac{b}{F_y} \ge 84\times 10^2\,\frac{b}{F_y} \qquad (10\text{-}1\text{-}2\text{-}11)$$

$$SI: \left[L_c = 10^2(137 + 84\frac{M_1}{M_2})\frac{b}{F_y} \ge 84\times 10^2\,\frac{b}{F_y}\right]^*$$

در این رابطه b عرض بال بر حسب سانتیمتر یا *[میلیمتر] و F_y تنش تسلیم بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع یا [

] N/mm2 * است. M_1 و M_2 به ترتیب لنگرهای کوچک و بزرگ (بر حسب قدرمطلق) در دو سر طول مهار نشده است که نسبت به محور قوی مقطع در نظر گرفته می شود. نسبت $\frac{M_1}{M_2}$ 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 (۱۰-۱-۲-۱۲) به دست می آید:

$$F_b = ۰/۶F_y$$

(۱۰-۱-۲-۱۲)

مقاطع قوطی که در آنها ارتفاع مقطع کمتر از ۶ برابر پهنا باشد، به مهار جانبی احتیاجی ندارند.

برای مقاطع قوطی با نسبت ارتفاع به پهنای بزرگتر، لزوم استفاده از مهار باید با تجزیه و تحلیل خاص مربوط به آن حالت تعیین شود.

۱۰-۱-۲-۴ تنشهای برشی مجاز

اگر $\frac{h}{t_w} \le \frac{۳۱۸۵}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[\frac{h}{t_w} \le \frac{۱۰۰۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ باشد، برای سطح مقطعی که از حاصل ضرب ارتفاع کلی نیمرخ در ضخامت جان به دست می آید، تنش برشی مجاز عبارت است از:

$$F_v = ۰/۴F_y$$

(۱۰-۱-۲-۱۳)

در صورتیکه $\frac{h}{t_w} > \frac{۳۱۸۵}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[\frac{h}{t_w} > \frac{۱۰۰۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ باشد، برای سطح مقطعی که از حاصلضرب ارتفاع جان (فاصله خالص بین بالها) در ضخامت جان به دست می آید، تنش برشی مجاز عبارت است از:

در صورت عدم استفاده از سخت کننده عرضی

$$F_v = \frac{۵۵\times ۱۰^۵}{(\frac{h}{t_w})^۲} \le ۰/۴F_y \quad \text{یا} \quad \text{SI}: \left[F_v = \frac{۵۵\times ۱۰^۳}{(\frac{h}{t_w})^۲} \le ۰/۴F_y\right]^*$$

(۱۰-۱-۲-۱۴-الف)

در صورت استفاده از سخت کننده عرضی طبق بند ۱۰-۱-۲-۵

$$F_v = \frac{F_y}{۲/۸۹}(C_v) \le ۰/۴F_y$$

(۱۰-۱-۲-۱۴-ب)

که در آن C_v نسبت تنش کمانش برشی جان می باشد و از رابطه زیر بدست می آید:

$$C_v = \frac{۳۱۵\times۱۰^{۳}K_v}{F_y\left(\frac{h}{t_w}\right)^{۲}} \quad \text{یا} \quad SI:\left[C_v = \frac{۳۱۵\times۱۰^{۳}K_v}{F_y\left(\frac{h}{t_w}\right)^{۲}}\right]^{*} \quad (\text{برای } C_v \le ۰/۸)$$

$$C_v = \frac{۱۶۰۰}{\left(\frac{h}{t_w}\right)}\sqrt{\frac{K_v}{F_y}} \quad \text{یا} \quad SI:\left[C_v = \frac{۵۰۵}{\left(\frac{h}{t_w}\right)}\sqrt{\frac{K_v}{F_y}}\right]^{*} \quad (\text{برای } C_v > ۰/۸)$$

F_y تنش تسلیم فولاد بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع یا *[نیوتن بر میلیمتر مربع] می باشد.

K_v عبارت است از عدد کمانش برشی چشمه جان که به کمک رابطه زیر بر حسب مقدار $\frac{a}{h}$ به دست می آید:

$$K_v = ۵ + \frac{۵}{(a/h)^{۲}}$$

در روابط قبل:

t_w = ضخامت جان (cm) یا *[mm]

a = فاصله خالص بین سخت کننده های عرضی جان (در امتداد طول تیر) (cm) یا *[mm]

h = ارتفاع آزاد جان (فاصله خالص بین بالهای تیر) (cm) یا *[mm]

روش دیگر محاسبه برای تیر ورق ها که در آن از عمل میدان کشش استفاده می شود در بند ۱۰-۱-۳-۳ ارائه شده است.

۱۰-۱-۲-۵ سخت کننده های عرضی

سخت کننده های عرضی، ورقهایی هستند که بصورت تیغه قائم و در فواصل a روی ورق جان در حد فاصل دو بال قرار داده می شوند و به جان و بال فشاری جوش می شوند. اگر نسبت $\frac{h}{t_w}$ از ۲۶۰ تجاوز کند و یا تنش برشی جان (f_v) از مقدار تعیین شده با رابطه (۱۰-۱-۲-۱۴-الف) بزرگتر باشد، باید از سخت کننده عرضی جان استفاده نمود.

فواصل این سخت کننده ها باید طوری انتخاب شود که تنش برشی در جان از مقدار F_v که از رابطه (۱۰-۱-۲-۱۴ -ب) یا (۱۰-۱-۳-۴) به دست می آید، تجاوز نکند و شرط رابطه (۱۰-۱-۲-۱۵) هم برآورده شود:

$$\frac{a}{h} \le \left[\frac{۲۶۰}{\left(\frac{h}{t_w}\right)}\right]^{۲} \qquad (۱۰-۱-۲-۱۵)$$

و همچنین $\frac{a}{h} < ۳$ باشد.

در مورد طراحی سخت کننده های عرضی به بند ۱۰-۱-۳-۴ مراجعه شود.

۱۰-۱-۲-۶ مقطع اعضای خمشی

الف) کلیات

ابعاد لازم برای نیمرخهای نورد شده و یا ساخته شده از ورق (تیر ورق) 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.

ب) اثر سوراخ در بالهای کششی تیرها

فرض می شود که وجود سوراخهای پیچ و پرچ در بالها، از ممان اینرسی نمی کاهد مگر در حالتهایی که نسبت سطح مقطع خالص به سطح مقطع کل بال کششی $(\frac{A_{fn}}{A_{fg}})$ از مقدار رابطه زیرکمتر گردد.

$\frac{F_y}{۱۵۰۰۰} + ۰/۶۹$ یا SI: $\left[\frac{F_y}{۱۵۰۰} + ۰/۶۹\right]^*$

F_y = تنش جاری شدن (kg/cm2) یا]* [N/mm2

در این صورت باید مشخصات خمشی عضو با در نظر داشتن سطح مقطع خالص بال کششی تیر محاسبه شود. در این حالت می توان از حرکت تار خنثی به علت سوراخ صرفنظر نمود.

پ) تقویت بالها

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 تقویت شده با ورق، نباید از ۷۰ درصد سطح مقطع کل بال (شامل ورق تقویت) تجاوز کند.

ت) اتصال بال به جان

پیچهای پرمقاومت، 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 به تیر، محاسبه شود. طرز توزیع این پیچها 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 بندهای ۱۰-۱-۵-۴ و ۱۰-۱-۴-۲ برای عضو فشاری یا عضو کششی معین شده و همچنین محدودیتهای مربوط به جوش گوشه، با بند۱۰-۱-۷-۲-ب مطابق باشند.

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 مستقیم به وسیله قطعات فشاری سخت کننده منتقل شوند.

ث) قطع ورقهای تقویتی بال ها

ورقهای تقویتی که در تمام طول تیر ادامه ندارند، باید بعد از نقطه تئوریک قطع، به اندازه اضافه طول a ادامه یابند به طوریکه 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 آمده است)، با نیروی حاصل از خمش سهم ورق تقویتی در نقطه تئوریک قطع ورق، مقابله کند.

حداقل اضافه طول a که از انتهای ورق تقویتی اندازه گیری می شود باید برابر باشد با:

الف) پهنای ورق تقویتی، در حالتی که جوش اتصال ورق تقویتی به تیر، پیوسته و بعد ساق آن حداقل سه چهارم ضخامت ورق تقویتی باشد و در دو لبه طرفین ورق تقویتی و در انتهای ورق اجرا شود.

ب) یک و نیم برابر پهنای ورق تقویتی، در حالتی که بعد جوش پیوسته در دو لبه طرفین ورق و در انتهای آن کمتر از سه چهارم 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 جوش اجرا نمی شود.

ج) مقاطع ساخته شده از چند نیمرخ

اگر از دو یا چند نیمرخ نورد شده 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 میان بولت با قطعات جدا کننده بین دو نیمرخ (مانند قطعات لوله)، مجاز است مشروط بر آنکه برای تیرهایی که ارتفاع مقطع آنها ۳۰۰ میلیمتر 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 می شود که دال بتن مسلح متکی به آنها، طوری به تیر یکپارچه شده است که تیر فولادی و دال در مقابل خمش با هم عمل می نمایند. تیرهای مختلط با دهانه های ساده و یکسره با برشگیرها و یا تیرهای محاط در بتن که با و یا بدون استفاده از پایه های موقت اجرا می شوند، مشمول مقررات این فصل هستند.

۱۰-۱-۲-۷-۱ تعاریف

دو نوع اعضای مختلط به رسمیت شناخته می شوند:

الف) اعضای کامل محاط در بتن که عملکرد یکپارچه آنها بستگی به چسبندگی طبیعی بین بتن و فولاد دارد.

ب) اعضایی که عملکرد یکپارچه آنها، توسط برشگیرها تأمین می شود و عضو فولادی لزوم در داخل بتن محاط نمی باشد.

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

1. ضخامت بتن موجود در گونه ها و زیر تیر حداقل ۵۰ میلیمتر باشد.
2. سطح بالای تیر حداقل ۴۰ میلیمتر زیر سطح فوقانی دال بتنی و ۵۰ میلیمتر بالای سطح تحتانی دال بتنی باشد.
3. بتن محیط دارای شبکه (مش) کافی یا سایر فولادهای مسلح کننده در گونه ها و زیر تیر به منظور جلوگیری از پوسته شده بتن باشد.

در تیرهایی که به صورت فوق کامل در بتن محاط نمی باشند، برای تأمین عملکرد مختلط باید از برشگیر استفاده شود.

عرض مؤثر و حداقل ضخامت دال بتنی

عرض مؤثر دال بتنی که در هر طرف تیر با آن به صورت مختلط عمل می نماید، نباید از کوچکترین مقادیر زیر بزرگتر در نظر گرفته شود:

الف) یک هشتم دهانه محور به محورتیر.

ب) نصف فاصله مرکز به مرکز تیرهای مجاور.

پ) فاصله محور تیر تا لبهء بتن.

حداقل ضخامت دال بتنی، ۸۰ میلیمتر مقرر می گردد.

۱۰-۱-۲-۷-۲ روش طراحی

تیرهای فولادی محاط در بتن باید طوری طراحی شوند که به تنهایی، تمام بارهای مرده قبل از سخت شدن بتن

(به استثنای حالتی که این دسته از بارها به کمک پایه های موقت تحمل می شوند) و به صورت مختلط تمام بارهای مرده و زنده ای را که بعد از گرفتن بتن وارد می شوند، بدون اینکه تنشهای محاسبه شده از F_y ۶۶/۰ تجاوز کند، تحمل نمایند (F_y تنش تسلیم 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 صرفنظر می شود.

۴-۷-۲-۱-۱۰وقتی که از برشگیر طبق مفاد بند استفاده می شود، مقطع مختلط باید طوری طراحی شود که تمام بارها را بدون اینکه تنشهای آن از مقادیر مجاز بند ۱۰-۱-۲-۱ تجاوز نماید، تحمل نماید (حتی اگر در هنگام ساخت در زیر تیر فولادی از پایه های موقت استفاده نشود). در ناحیه لنگر مثبت، مقطع تیر فولادی از مقررات بال فشرده بند۱۰-۱-۱-۹ الف معاف است و هیچگونه محدودیتی در طول غیرمتکی بال فشاری وجود ندارد. تنش فشاری مجاز بتن $۰/۴۵f_c$ می باشد که f_c مقاومت مشخصه نمونهء استوانه ای است.

در صورتیکه در تیرهای مختلط برشگیردار، در هنگام بتن ریزی دال از پایه های موقت در زیر تیر فولادی استفاده نشود، باید در تیر فولادی تنها کنترل تنش انجام گیرد تا این تیر دارای کفایت کافی برای حمل بارها باشد. این کنترل تنش بصورت زیر انجام می شود:

گام ۱: ابتدا بار ناشی از وزن تیر، دال بتنی و قالب بر تیر فولادی تنها اثر داده شده و تنش در بال کششی محاسبه می گردد.

گام ۲: سپس بار مرده اضافی (تمام بارهای مرده ای که بعد از گرفتن دال وارد می شوند مثل وزن کف سازی، تیغه ها و موارد مشابه) و بار زنده بر مقطع مختلط اثر داده می شوند و تنش در بال کششی محاسبه می شود.

مجموع تنش های محاسبه شده در گام های ۱ و ۲ باید کوچکتر از $۰/۹F_y$ *باشد.*

مقطع تبدیل یافته

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 سازه ای) باید با سطح فولادی معادل جایگزین گردد که عرض آن از تقسیم عرض موثر بر n به دست می آید و ES) n= ES/EC و EC به ترتیب ضریب الاستیسیتهء فولاد و بتن) می باشد. در محاسبات تغییر شکل، در تعیین n باید اثرات خزش نیز منظور گردد. در غیاب محاسبات دقیق تر، برای ملحوظ کردن اثر تغییر شکل های دراز مدت،

می توان از ضریب تبدیل 3n استفاده نمود.

میلگردهای موازی تیر فولادی در محدوده عرض موثر دال، وقتی که طبق مقررات آئین نامه بتن مسلح طراحی شده اند، می توانند در محاسبه مشخصات هندسی مقطع مختلط منظور گردند، مشروط بر اینکه برشگیرها طبق مفاد بند ۱۰-۱-۲-۷-۴ تعبیه گردند.

عملکرد مختلط ناقص

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

$$S_{eff} = S_s + \sqrt{\frac{V'_h}{V_h}}(S_{tr} - S_s)$$

(۱۰-۱-۲-۱۶)

که در آن:

V_h و V'_h در بند ۱۰-۱-۲-۷-۴ تعریف شده اند.

S_s = اساس مقطع تیر فولادی نسبت به تار تحتانی (cm3) یا *[mm3] .

S_{tr} = اساس مقطع نیمرخ مختلط تبدیل یافته نسبت به تار تحتانی (cm3) یا *[mm3] .

تنش خمشی فشاری در بتن

در محاسبات تنش فشاری خمشی بتن، باید اساس مقطع واقعی نیمرخ مختلط تبدیل یافته مورد استفاده قرار گیرد و برای اجرا بدون استفاده از پایه های موقت، این تنش باید بر مبنای بارهای وارده بعد از اینکه بتن به ۷۵ درصد مقاومت خود ($۰/۷۵f_c$) رسید، محاسبه شوند. تنش فشاری بتن نباید از f_c ۰/۴۵ تجاوز نماید.

۱۰-۱-۲-۷-۳ برش انتهایی

جان و اتصال انتهایی تیر فولادی باید برای تحمل تمام عکس العمل تکیه گاهی طراحی گردد.

۱۰-۱-۲-۷-۴ برشگیرها

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

$$V_h = \frac{۰/۸۵f_c A_c}{۲} + \frac{F_{yr}A'_s}{۲}$$

(۱۰-۱-۲-۱۷)

و

$$V_h = \frac{F_y A_s}{۲}$$

(۱۰-۱-۲-۱۸)

که در آن:

f_c = مقاومت فشاری مشخصهء نمونهء استوانه ای بتن (kg/cm ۲ (یا N/mm ۲] * .

A_c = مساحت واقعی سطح مؤثر بتنی طبق تعریف بند ۱۰-۱-۲-۷-۲ (cm ۲ (یا mm ۲]* .

A_s = سطح مقطع تیر فولادی (cm ۲ (یا mm ۲]* .

F_y = تنش تسلیم نیمرخ فولادی (kg/cm ۲ (یا N/mm ۲]* .

A'_s = سطح مقطع آرماتور موجود در ناحیه عرض مؤثر که در محاسبات مشخصات هندسی مقطع منظور شده (cm ۲ (یا mm ۲]* .

F_{yr} = تنش تسلیم حداقل مقرر آرماتور A'_s (kg/cm ۲ (یا N/mm ۲]* .

در تیرهای مختلط پیوسته که در آن میلگردهای طولی در نواحی لنگر منفی به صورت مختلط با تیر فولادی عمل می نمایند، کل نیروی برشی افقی که باید توسط برشگیرها در حد فاصل تکیه گاه داخلی و نقطه عطف مجاور حمل گردد، از رابطه زیر به دست می آید:

$$V_h = \frac{F_{yr}A_{sr}}{۲}$$

(۱۰-۱-۲-۱۹)

که در آن:

A_{sr} = سطح مقطع کل میلگردهای طولی واقع در عرض مؤثردر روی تکیه گاه داخلی طبق تعریف بند ۱۰-۱-۲-۷ (cm ۲ یا mm ۲ *[.

F_{yr} = تنش تسلیم حداقل مقرر آرماتور طولی (kg/cm ۲ یا N/mm ۲ *[.

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

$$n = \frac{V_h}{q}$$

(۱۰-۱-۲-۲۰)

که در آن:

V_h = نیروی برشی افقی طبق روابط ۱۰-۱-۲-۱۷ تا ۱۹، بر حسب مورد (kg) یا *[N] .

q = نیروی برشی مقاوم مجاز یک برشگیر طبق جدول ۱۰-۱-۲-۱-الف برای بتن با جرم مخصوص معمولی. برای بتن سبک با جرم مخصوص نه کمتر از ۱۴۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب، مقدار q در ضرایب ارائه شده در جدول ۱۰-۱-۲-۱-ب ضرب می شود.

برای مقاطع با عملکرد مختلط ناقص با بتنی که تحت فشار خمشی است، نیروی برشی افقی V'_h که در محاسبه S_{eff} به کار گرفته می شود، مساوی حاصل ضرب q در تعداد برشگیرهای تعبیه شده در حدفاصل لنگر خمشی حداکثر و نزدیکترین نقطه لنگر صفر در نظر گرفته می شود.

مقدار V'_h نباید از یک چهارم کوچکترین مقدار بدست آمده از دو رابطه (۱۰-۱-۲-۱۷) (که برمبنای حداکثر عرض مؤثر بال بتنی محاسبه می شود) و رابطه (۱۰-۱-۲-۱۸) کمتر شود.

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

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

(۱۰-۱-۲-۲۱)

که در آن:

I_s = ممان اینرسی تیر فولادی (cm ۴ یا mm ۴ *[.

I_{tr} = ممان اینرسی تبدیل یافته مقطع مختلط (cm ۴ یا mm ۴ *[.

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، N_2 ، در حد فاصل هر بار متمرکز و نزدیکترین نقطه لنگر صفر، نباید کمتر از مقدار بدست آمده از رابطه زیر گردد:

$$N_2 = \frac{N_1[\ M\beta/M_{max} - 1\ ]}{\beta - 1}$$

(۱۰-۱-۲-۲۲)

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 $V_{h/q}$ و یا $V'_{h/q}$ محاسبه می شود.

β مساوی $\frac{S_{tr}}{S_s}$ یا $\frac{S_{eff}}{S_s}$ بر حسب مورد.

برای یک تیر یکسره، برشگیرهای لازم در ناحیه لنگر منفی را می توان به طور یکنواخت بین نقطه لنگر حداکثر و هر یک از نقاط لنگر صفر توزیع نمود.

جدول ۱۰-۱-۲-۱-الف- نیروی برشی افقی مجاز (q) برای یک برشگیر بر حسب تن یا [* کیلو

نیوتن]

مقاومت فشاری بتن f_c بر حسب (kg/cm^2) یا $[N/mm^2]$ * / نوع برشگیر **	* ۳۰ (SI)	۳۰۰	* ۲۵ (SI)	۲۵۰	* ۲۰ (SI)	۲۰۰
گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۱۳ و طول ۵۰ میلیمتر	۲۷	۲/۷	۲۵	۲/۵	۲۲	۲/۲
گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۱۶ وطول ۶۵ میلیمتر	۴۲	۴/۲	۳۹	۳/۹	۳۵	۳/۵
گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۲۰ و طول ۷۵ میلیمتر	۶۰	۶	۵۶	۵/۶	۵۰	۵
گلمیخ سرپهن یا قلاب شده به قطر ۲۲ و طول ۹۰ میلیمتر	۸۲	۸/۲	۷۶	۷/۶	۶۸	۶/۸
ناودانی ۶۰***	۰/۸۳W		۰/۷۹W		۰/۶۸W	
ناودانی ۸۰***	۰/۸۹W		۰/۸۴W		۰/۷۳W	
ناودانی ۱۰۰***	۰/۹۵W		۰/۸۹W		۰/۷۸W	
ناودانی ۱۴۰***	۱/۰W		۰/۹۵W		۰/۸۳W	

* مقادیر جدول فقط برای بتن با جرم مخصوص معمولی قابل استفاده می باشند.

** برای گلمیخهای بلندتر از مقادیر ذکر شده، می توان از مقادیر نیروی برشی افقی ارائه شده استفاده نمود.

W *** طول ناودانی به سانتیمتر (یا میلیمتر در سیستم SI) می باشد. حداکثر W مساوی عرض بال منهای دو برابر

بعد جوش اتصالی می باشد.

جدول ۱۰-۱-۲- ۱-ب- ضرایب مورد استفاده برای بتن سبک با جرم مخصوص حداقل ۱۴۴۰ کیلوگرم بر مترمکعب.

مقاومت فشار بتن f_c (kg/cm^2) یا* $[N/mm^2]$	جرم مخصوص بتن خشک شده در هوا (kg/m3)						
	۱۴۴۰	۱۵۲۰	۱۶۰۰	۱۶۸۰	۱۷۶۰	۱۸۴۰	۱۹۲۰
۳۰ * [یا ۳۰۰ ≤]	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۸۶	۰/۸۸
۳۵ * [یا ۳۵۰ ≥]	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۶	۰/۹۹

به استثنای برشگیرهای نصب شده در داخل کنگره های ورق های ذوزنقه ای، برشگیرها باید حداقل دارای ۲۵ میلیمتر پوشش جانبی بتن باشند. همچنین به استثنای مواردی که برشگیر مستقیم 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 برشگیر در امتداد محور تیر مساوی ۶ برابر قطر و در امتداد عرضی، مساوی ۴ برابر قطر می باشد. برای برشگیر ناودانی، حداقل فاصله ۲ برابر و حداکثر آن ۸ برابر ارتفاع ناودانی است. حداکثر فاصله مرکز به مرکز برشگیر نباید از ۸ برابر ضخامت دال بتنی تجاوز نماید.

۱۰-۱-۲-۷-۵ مقاطع مختلط با استفاده از ورق های ذوزنقه ای

مقاطع مختلط دال بتنی بر روی ورقهای فولادی ذوزنقه ای که به تیرها و شاهتیرهای فولادی متصل می شوند، باید طبق قسمتهای قابل استفاده در بندهای ۱۰-۱-۲-۷-۱ تا ۴ با در نظر گرفتن تعدیلات زیر محاسبه شوند.

1. **الف) کلیات**

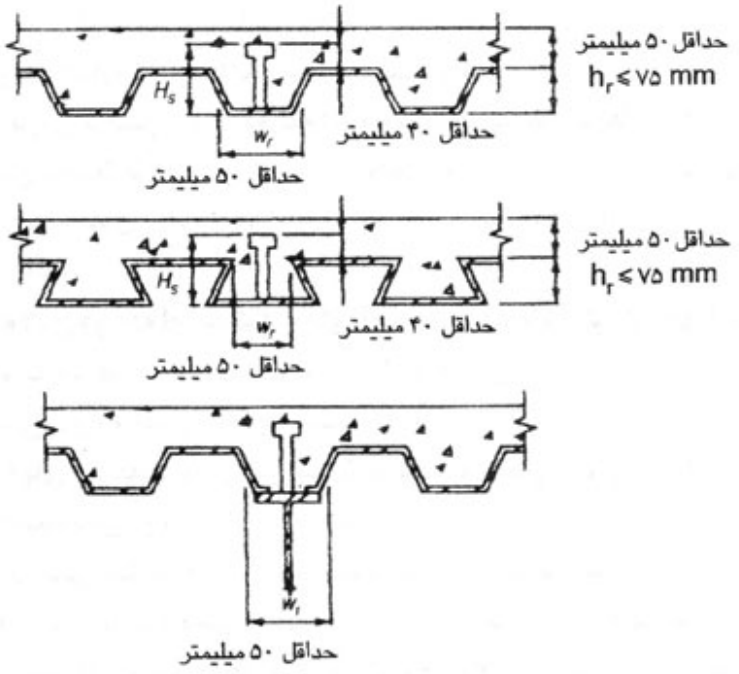
۱. بند ۱۰-۱-۲-۷-۵ قابل اعمال بر ورقهای ذوزنقه ای می باشد که ارتفاع ذوزنقه های آنها بزرگتر از۷۵ میلیمتر نیست.

۲. عرض متوسط کنگره های پرشده با بتن، نباید کمتر از ۵۰ میلیمتر باشد، لیکن در محاسبات نباید بزرگتر از حداقل عرض آزاد در نزدیکی سطح فوقانی ورق ذوزنقه ای در نظر گرفته شود. به بند ۱۰-۱-۲-۷-۵-پ مراجعه شود.

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 روی ورق فولادی ذوزنقه ای و یا مستقیم به عضو فولادی جوش نمود. در هر حال گل میخ باید روی بال ذوب شود.

۴. حداقل ارتفاع گلمیخ بعد از نصب که از بالای ورق ذوزنقه ای اندازه گیری می شود، نباید کمتر از۴۰ میلیمتر باشد.

۵. ضخامت دال بتنی در بالای کنگرهء ورق ذوزنقه ای نباید از ۵۰ میلیمتر کمتر باشد.



ب) ورقهای ذوزنقه ای که کنگره های آنها عمود بر تیر یا شاهتیر می باشد

۱. در هنگام محاسبه مشخصات هندسی مقطع یا A_c موجود در رابطه (۱۰-۱-۲-۱۷) از بتن موجود در زیر سطح فوقانی ورق ذوزنقه ای باید صرفنظر شود.

۲. فواصل گلمیخهای برشگیر در امتداد تیر تکیه گاهی نباید از ۹۰۰ میلیمتر تجاوز نماید.

۳. نیروی برشی افقی مجاز برای گلمیخ برشگیر، مقدار بدست آمده از جدول ۱-الف می باشد که در ضریب کاهش زیر ضرب شده است:

$$\left(\frac{۰/۸۵}{\sqrt{N_r}}\right)\left(\frac{W_r}{h_r}\right)\left(\frac{H_s}{h_r}-۱\right)\leq ۱$$

(۱۰-۱-۲-۲۳)

که در آن:

h_r = ارتفاع اسمی کنگره ها.

H_s = طول گلمیخ بعد از جوش که در محاسبات نباید از h_r + ۷۵ میلیمتر 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 (mm) .

۴. برای مقابله با نیروی برکنش ، ورق ذوزنقه ای فولادی باید به تمام تیرها یا شاهتیرهای فولادی که به صورت مقطع مختلط طراحی می شوند، در فواصلی نه بیشتر از ۴۰۰ میلیمتر مهار شوند. این مهارها می توانند گلمیخهای برشگیر، ترکیبی از گلمیخها و جوشهای نقطه ای و یا هر وسیله طرح شده توسط طراح باشد.

پ) ورق های فولادی ذوزنقه ای که کنگره های آنها موازی تیر یا شاهتیر فولادی است

۱. در هنگام محاسبه مشخصات هندسی مقطع یا A_c موجود در رابطه (۱۰-۱-۲-۱۷) از بتن موجود در زیر سطح فوقانی ورق ذوزنقه ای می توان استفاده نمود.

۲. کنگره های ورقهای ذوزنقه ای را در روی تیر تکیه گاهی می توان به صورت طولی از هم جدا کرد تا تشکیل یک ماهیچه بتنی در روی بال تیر بدهند.

۳. وقتی که ارتفاع اسمی کنگره ها ۴۰ میلیمتر و یا بزرگتر باشد، عرض متوسط W_r ماهیچه موجود در روی تیر تکیه گاهی و یا کنگره های پرشده توسط بتن، نباید کمتر از ۵۰ میلیمتر برای حالت یک گلمیخ در عرض باشد. این عرض حداقل برای هر گلمیخ اضافی، به اندازه ۴ برابر قطر گلمیخ باید افزایش یابد.

۴. برش افقی مجاز q برای هر گلمیخ، مطابق جدول ۱۰-۱-۲-۱-الف می باشد، با این استثنا که وقتی نسبت W_r/h_r کمتر از ۱/۵ باشد، مقدار برش مجاز باید در ضریب زیر ضرب گردد.

$$۰/۶\left(\frac{W_r}{h_r}\right)\left(\frac{H_s}{h_r}-۱\right)\leq ۱$$

(۱۰-۱-۲-۲۴)

که در آن:

h_r و H_s = مطابق تعریف زیر رابطه ۱۰-۱-۲-۲۳ و

W_r = عرض متوسط ماهیچه بتنی یا کنگره پرشده با بتن می باشد (میلیمتر).

ج) حالات خاص

وقتی که عضو مختلط منطبق بر مقررات بندهای ۱۰-۱-۲-۷-۱ تا ۴ نباشد، نیروی برشی مجاز قابل حمل توسط برشگیر، باید طبق یک برنامه آزمایشی مناسب تعیین گردد.

---

(۱) منظور علامتهای موافق و مخالف عقربه های ساعت است.

(۲)رابطه تک قسمتی:

به جای استفاده از روابط ۱۰-۱-۲-۴ و ۱۰-۱-۲-۵ رابطه تک قسمتی زیر نیز قابل استفاده است:

$$F_b=\frac{۳/۵\times ۱۰^۶ C_b}{S_{xc}}\left(\frac{I_{yc}}{L}\right)\sqrt{۰/۷۲۲\frac{J}{I_{yc}}+۹/۸۷\left(\frac{d}{L}\right)^۲}\leq ۰/۶F_y$$

$$SI: \left[F_b = \frac{۳/۵ \times ۱۰^۵ C_b}{S_{xc}} \left(\frac{I_{yc}}{L}\right) \sqrt{۰/۷۲۲ \frac{J}{I_{yc}} + ۹/۸۷ \left(\frac{d}{L}\right)^۲} \leq ۰/۶ F_y \right]^*$$

در رابطه فوق:

S_{XC} = اساس مقطع تیر حول محور قوی نسبت به بال فشاری (cm^3) یا [mm^3] *

I_{yc} = ممان اینرسی بال فشاری نسبت به محور قائم مار بر صفحه جان (cm^4) یا * [mm^4] .

d = ارتفاع کلی مقطع (cm) یا [mm] *

J = ثابت سن و نان مقطع تیر طبق رابطه زیر (cm4) یا *[mm4] .

$$J = \frac{۱}{۳} \left[\sum bt^۳ \right]$$

b و t = به ترتیب عرض و ضخامت اجزای بال و جان تیر (cm) یا * [mm] .

L = فاصله دو نقطه مهار شده (cm) یا * [mm] .

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰-۱-۳ تیر ورقها و تیرهای جعبه ای

تیرهای ساخته شده از ورق، با ارتفاع نیمرخ بزرگ، که جان آنها در گروه مقاطع با عناصر لاغر (طبق بند ۱۰-۱-۹) قرار می گیرد، بر حسب لاغری جان (نسبت $\frac{h}{t_w}$) از تیرها متمایز می شوند. اگر نسبت $\frac{h}{t_w}$ از $\left[\frac{۲۰۰۰}{\sqrt{F_b}}\right]^*$ یا $\frac{۶۳۷۰}{\sqrt{F_b}}$ بزرگتر باشد، مشخصات این فصل برای تعیین تنشهای خمشی مجاز ملاک عمل و در غیر این صورت مشخصات فصل ۱۰-۱-۲ معتبر می باشد.

برای تنشهای برشی مجاز و طراحی قطعات سخت 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.

به هر حال بندهای فصل ۱۰-۱-۲ در مورد تیر ورقها صادق است، مگر اینکه به نحوی در این فصل مورد اصلاح قرار گرفته باشد.

۱۰-۱-۳-۱ محدودیتهای لاغری جان تیر

اگر از قطعات سخت کننده جان استفاده نشده باشد یا فواصل آنها از یکدیگر بیش از 5/1 h باشد، لاغری حداکثر جان از رابطه (۱۰-۱-۳-۱) به دست می آید:

$$\left[\frac{h}{t_w} \le \frac{۹۸۵\times۱۰^۲}{\sqrt{F_y\,(F_y+۱۱۶)}}\right]^* \quad \text{یا} \quad \frac{h}{t_w} \le \frac{۹۸۵\times۱۰^۳}{\sqrt{F_y\,(F_y+۱۱۶۰)}} \qquad (۱۰\text{-}۱\text{-}۳\text{-}۱)$$

اگر قطعات سخت کننده با فاصله ای کمتر از 5/1 h باشد، لاغری حداکثر جان از رابطه (۱۰-۱-۳-۲) بدست می آید:

$$\left[\frac{h}{t_w} \le \frac{۵۳۰۰}{\sqrt{F_y}}\right]^* \quad \text{یا} \quad \frac{h}{t_w} \le \frac{۱۶۷۷۰}{\sqrt{F_y}} \qquad (۱۰\text{-}۱\text{-}۳\text{-}۲)$$

در این روابط:

h = ارتفاع آزاد جان تیرورق (cm) یا *[mm] و

t_w = ضخامت آن بر حسب (cm) یا *[mm] است.

۱۰-۱-۳-۲ کاهش تنشهای خمشی مجاز بال

اگر نسبت ارتفاع به ضخامت جان ($\frac{h}{t_w}$) از $\left[\frac{۲۰۰۰}{\sqrt{F_b}}\right]^*$ یا $\frac{۶۳۷۰}{\sqrt{F_b}}$ تجاوز کند، تنش خمشی مجاز بال باید به علت کمانش خمشی جان کاهش یابد. در این صورت حداکثر تنش خمشی در بال فشاری نباید از مقدار رابطه (۱۰-۱-۳-۳) بزرگتر شود.

$$F'_b \le F_b\left[۱-۰/۰۰۰۵\frac{A_w}{A_f}\left(\frac{h}{t_w}-\frac{۶۳۷۰}{\sqrt{F_b}}\right)\right] \qquad (۱۰-۱-۳-۳)$$

$$\left[F'_b \le F_b\left[۱-۰/۰۰۰۵\frac{A_w}{A_f}\left(\frac{h}{t_w}-\frac{۲۰۰۰}{\sqrt{F_b}}\right)\right]\right]^*$$

که در آن:

F_b = تنش مجاز طبق مشخصات فصل ۱۰-۱-۲ (kg/cm ۲ (یا N/mm] ۲ *[،

A_w = سطح مقطع جان تیر در مقطع مورد بررسی cm) ۲ (یا mm] ۲ *[و

A_f = سطح مقطع بال فشاری cm) ۲ (یا mm] ۲ *[.

۱۰-۱-۳-۳ تنش برشی مجاز با توجه به عمل میدان کششی

در صورت عدم استفاده از عمل میدان کششی، حداکثر تنش برشی (f_v) ، نباید از مقداری که با روا بط (۱۰-۱-۲-۱۴) تعیین می شود تجاوز کند.

در حالتی که قطعات سخت کننده عرضی (طبق ماده ۱۰-۱-۳-۴) تعبیه شود و اگر $C_v \le ۱$ باشد با توجه به عمل میدان کشش در جان، می توان تنش برشی مجاز را از رابطه (۱۰-۱-۳-۴) بدست آورد:

$$F_v = \frac{F_y}{۲/۸۹}\left[C_v + \frac{۱-C_v}{۱/۱۵\sqrt{۱+\left(\frac{a}{h}\right)^۲}}\right] \le ۰/۴F_y \qquad (۱۰-۱-۳-۴)$$

C_v ،a و h طبق بند ۱۰-۱-۲-۴ تعریف شده اند.

در طرح و محاسبه تیر ورقها بر اساس عمل میدان کششی، فواصل سخت کننده های عرضی جان در چشمه

های ۱ به شرح زیر باید طوری اختیار شود که در آنها تنش برشی موجود (f_v) از مقداری که با روابط (۱۰-۱-۲-۱۴) تعیین می شود تجاوز نکند. به عبارت دیگر در چشمه های به شرح زیر استفاده از عمل میدان کششی مجاز نیست:

الف) در چشمه های دو انتهای تیر،

ب) در چشمه هایی که دارای بازشو هستند.

پ) در چشمه های مجاور چشمه ای که بازشو دارد.

۱۰-۱-۳-۴ قطعات سخت کننده عرضی

قطعات سخت کننده عرضی باید محدودیتهای بند ۱۰-۱-۲-۵ را تأمین کند.

پیچها و پرچهایی که سخت کننده را به جان تیر متصل می کنند، باید طوری قرار گیرند که فواصل آنها (مرکز به مرکز) از ۳۰۰ میلیمتر بیشتر نشود.

اگر از جوشهای منقطع برای اتصال استفاده می شود، فاصله خالص (آزاد) بین قطعه های جوش نباید از ۱۶ برابر ضخامت جان و به طور کلی از ۲۵۰ میلیمتر بیشتر شود.

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

$$I_{st} \geq (h/50)^4 \qquad (۱۰-۱-۳-۵)$$

در صورت استفاده از رابطه برش مجاز (۱۰-۱-۳-۴)، سطح مقطع قطعات سخت کننده میانی نباید از مقداری که با رابطه (۱۰-۱-۳-۶) مشخص می شود کمتر باشد:

$$A_{st} = \frac{1-C_v}{2}\left[\frac{a}{h} - \frac{\left(\frac{a}{h}\right)^2}{\sqrt{1+\left(\frac{a}{h}\right)^2}}\right].Y.D.h.t_w \qquad (۱۰-۱-۳-۶)$$

در این رابطه:

C_v ، h ، a و t_w در فصل ۱۰-۱-۲ تعریف شده است.

Y = نسبت تنش تسلیم فولاد جان تیر به فولاد قطعه سخت کننده،

D = برای قطعات سخت کننده جفت برابر ۱، برای قطعات سخت کننده تک از نیمرخ نبشی برابر ۱/۸ و برای قطعات سخت کننده تک از تسمه، برابر ۲/۴ می باشد.

اگر بزرگترین تنش برشی موجود (f_v) در چشمه مورد نظر، از مقدار مجاز رابطه (۱۰-۱-۳-۴) کمتر باشد، می توان سطح مقطع کل قطعه سخت کننده (به شرح بالا) را متناسب با تنشها کاهش داد.

قطعات سخت کننده که بر مبنای رابطه (۱۰-۱-۳-۴) مورد نیاز است، باید به جان تیر، اتصال کافی داشته باشد. اتصال قطعات تکی یا جفتی، برای نیروی برشی حداقل برابر مقدار رابطه (۱۰-۱-۳-۷)، کیلوگرم بر سانتیمتر (یا نیوتن بر میلیمتر) طول قطعه سخت کننده محاسبه می شود.

$$f_{vs} = h\sqrt{\left(\frac{F_y}{1400}\right)^3} \quad \text{یا} \quad \left[f_{vs} = h\sqrt{\left(\frac{F_y}{140}\right)^3}\right]^* \qquad (۱۰-۱-۳-۷)$$

که در آن F_y تنش تسلیم فولاد جان تیر بر حسب (kg/cm2) یا *[N/mm2] می باشد.

در صورتی که تنش برشی حداکثر (f_v) در دو چشمه دو طرف قطعه سخت کننده کمتر از مقدار مجاز رابطه (۱۰-۱-۳-۴) باشد، می توان انتقال برش به شرح رابطه (۱۰-۱-۳-۷) را متناسب کاهش داد. باید توجه داشت که اگر قطعه سخت کننده بار متمرکز خارجی یا عکس العمل تکیه گاهی را تحمل می کند، باید پیچ ها، پرچها و یا جوش های متصل کننده آن حداقل برای بار خارجی یاعکس العمل نامبرده محاسبه شوند.

در صورتی که به عمل تماس مستقیم بین قطعهء سخت کننده و بال تیر، برای انتقال بارهای متمرکز یا عکس العمل موجود، احتیاج نباشد می توان قطعه سخت کننده را نرسیده به بال کششی قطع کرد. جوشهایی که قطعه سخت کننده را به جان تیر وصل می کنند باید در فاصله ای نه کمتر از ۴ برابر و نه دورتر از ۶ برابر ضخامت جان از بر جوش اتصال جان و بال کششی ختم شوند. سخت کننده ها (بصورت تک یا جفت) باید به بال فشاری متصل (جوش) گردند.

در صورت اتصال مهار جانبی به قطعه سخت کننده، متقابل باید قطعهء سخت کننده نیز به بال فشاری طولی متصل شود که ظرفیت انتقال حداقل ۱ درصد نیروی کلی در بال را داشته باشد.

۱۰-۱-۳-۵ سخت کننده های فشاری

در دو انتهای تیر و در محل بارهای متمرکز باید سخت کننده ای فشاری طبق مشخصات بند۱۰-۱-۸-۱-ح قرار داده شود.

۱۰-۱-۳-۶ اثر مشترک برش و کشش

جان تیر ورقهایی که طبق مشخصات رابطه (۱۰-۱-۳-۴) 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 موردنظر، نباید از مقدار F_y ۰/۶ و نیز از مقداری که با رابطه (۱۰-۱-۳-۸) تعیین می گردد، بیشتر شود:

$$\left(۰/۸۲۵-۰/۳۷۵\frac{f_v}{F_v}\right)F_y \qquad (۱۰-۱-۳-۸)$$

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 (۱۰-۱-۳-۴).

در تیرهایی که جان و بال آنها از فولاد پرمقاومت (با تنش تسلیم بیش از ۴۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع یا *[۴۰۰ نیوتن بر میلیمتر مربع]) تشکیل می شود، اگر تنش خمشی در بال از F_b ۰/۷۵ بیشتر شود، استفاده از میدان کششی مجاز نیست و تنش برشی مجاز نباید از مقدار رابطه (۱۰-۱-۳-۱۴) تجاوز کند.

۱- چشمه، یا پانل چهارخانه جان محدود بین بالها و سخت کننده های عرضی می باشد.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰-۳ ضوابط طرح لرزه ای

۱۰-۳-۱ کلیات

ضوابط این فصل باید در طرح و ساخت اعضای سازه هایی که در آنها نیروهای طراحی ناشی از زلزله بر اساس استهلاک انرژی در ناحیهء غیرخطی پاسخ سازه ها محاسبه شده اند، رعایت شود.

در طراحی سازه های مشمول این فصل رعایت ضوابط سایر فصول آیین نامه بجز مواردی که در این فصل به نحو دیگری مقرر شده اند، الزامی است.

۱۰-۳-۲ تعاریف

گره : محل برخورد دو یا چند عضو را گره نامند.

اتصال: مجموعه اجزایی که دو و یا چند عضو را به هم متصل می نمایند.

چشمه اتصال: بخشی از ستون در محل اتصال که مقابل تیر قرار می گیرد.

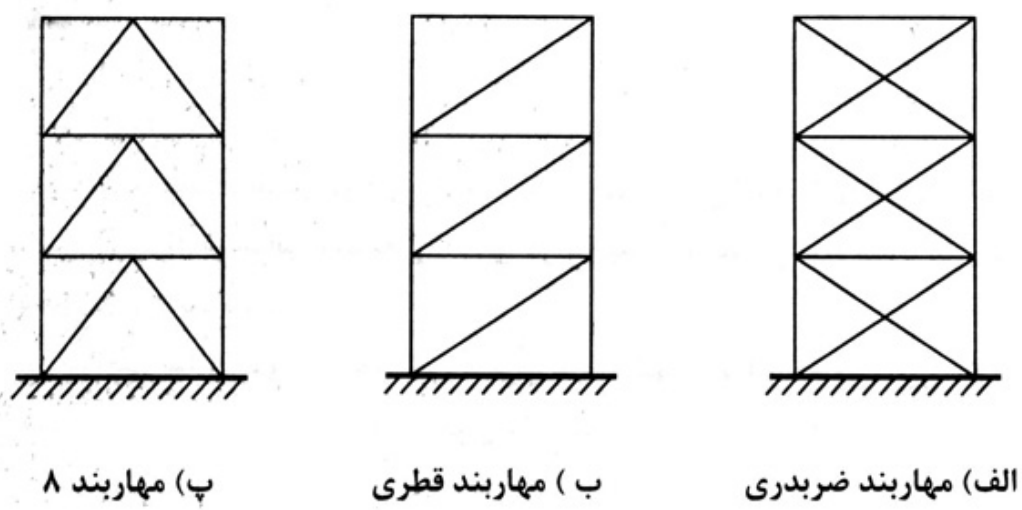
شکل پذیری: عبارتست از قابلیت استهلاک انرژی توسط رفتار غیرالاستیکی کل سازه یا اعضای آن تحت اثر تغییر شکلهای رفت و برگشتی با دامنه بزرگ بدون کاهش قابل توجه در مقاومت آنها.

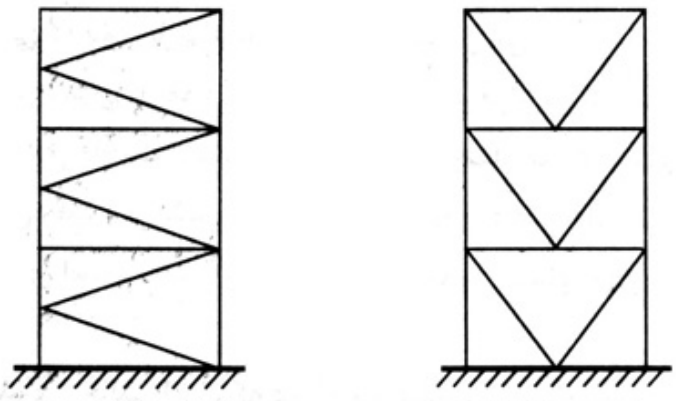
مهاربند همگرا: مهاربندی است که در آن هر دو انتهای محور اعضای مهاری با محور تیر یا ستون در یک نقطه همگرا باشد.

مهاربند همگرای ضربدری: حالتی است که در آن دو عضو مهاربند، بصورت قطری رئوس متقابل یک دهانه را به هم متصل می نمایند (شکل ۱۰-۳-۱- الف)

مهاربند همگرای قطری: حالتی است که فقط یک قطری در داخل دهانه وجود دارد (شکل۱۰-۳-۱- ب)

مهاربند همگرای ۷ و یا ۸: در این حالت دو عضو مهاربند در روی یک گره در رو و یا زیر تیر با یکدیگر همگرا می باشند (شکل ۱۰-۳-۱-پ وت)

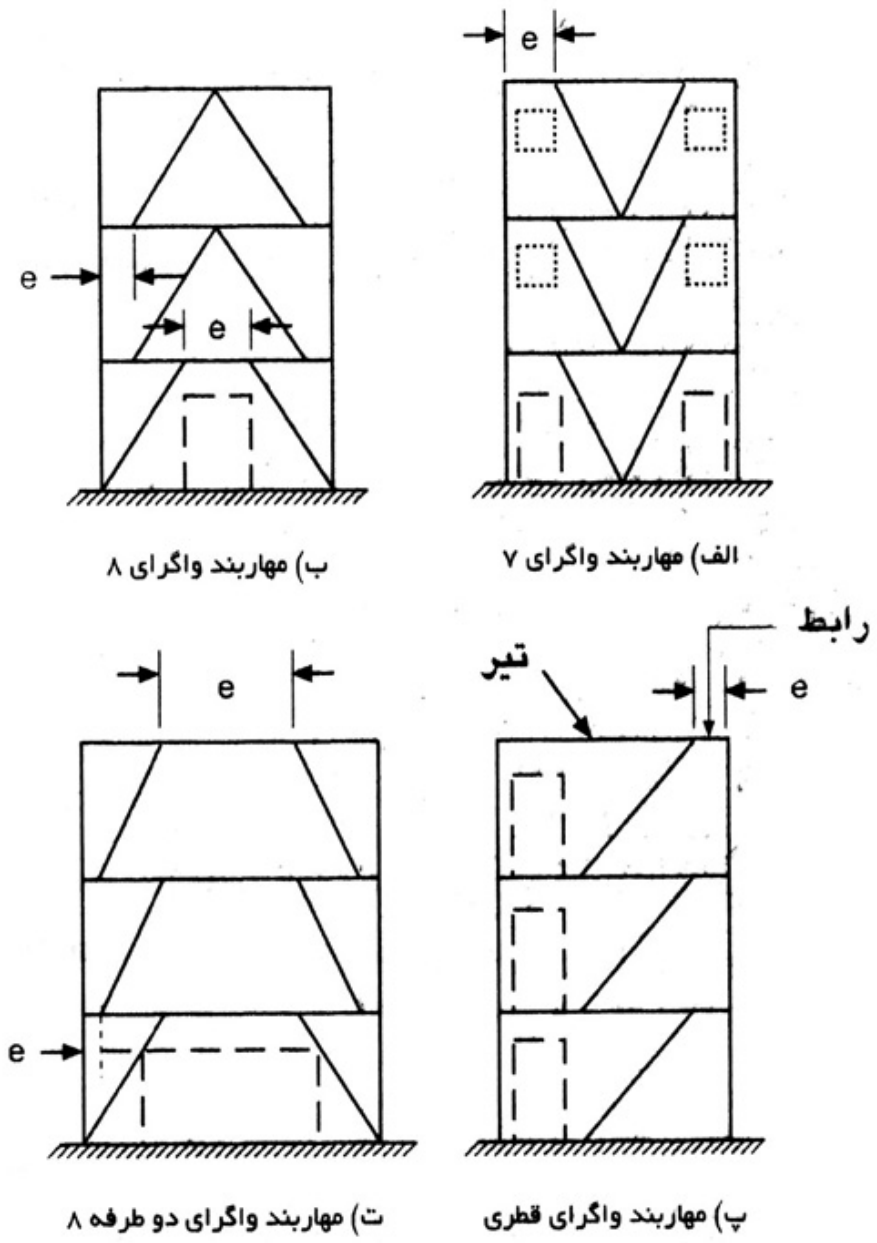




شکل ۱۰-۳-۱ انواع مهاربند همگرا

مهاربند همگرای K : در این حالت یک جفت مهاربند در یک طرف ستون قرار می گیرند و یکدیگر را در نقطه ای در روی ستون قطع می نمایند (شکل ۱۰-۳-۱-ث). **مهاربند واگرا**: در این حالت حداقل یک انتهای عضو مهاربند، به محلی از تیر در خارج از اتصال تیر و ستون متصل می شود، بطوریکه بخش هایی از تیر را به خمش و برش وا می دارد. انواع مهاربند واگرا در شکل ۱۰-۳-۲ نشان داده شده اند.

قطعه رابط: قسمتی از تیر مهاربند در حدفاصل اتصال تیر به ستون و محل اتصال مهاربند



شکل ۱۰-۳-۲ انواع مهاربند واگرا

۱۰-۳-۳ علائم و اختصارات

علائم و اختصارات به کار رفته در این بخش به قرار ذیل می باشند:

MP = لنگر پلاستیک عضو

MRP = لنگر پلاستیک کاهش یافته عضو

P_D

= نیروی محوری ناشی از بار مرده

P_E

= نیروی محوری ناشی از زلزله

P_L

= نیروی محوری ناشی از بار زنده

P_C
= مقاومت محوری فشاری عضو
P_T
= مقاومت محوری کششی عضو
V_p
= مقاومت برشی عضو در حالت خمیری
Z
= اساس پلاستیک مقطع
F_a = تنش فشاری مجاز عضو (فصل ۱۰-۱-۵)
R = ضریب رفتار ساختمان
d = ارتفاع کلی تیر
t_w = ضخامت جان
A = سطح مقطع کلی
Ω_o
= ضریب افزایش بار زلزله برای منظور نمودن اضافه مقاومت سازه

مصالح

۱۰-۳-٤-۱ فولادهای مصرفی

فولادهای مصرفی در سیستم های مقاوم در مقابل نیروهای زلزله باید منطبق بر شرایط مذکور در بند ۱۰-۰-۳ باشند. این فولادها باید در عین حال دارای مقاومت نهایی کششی حداقل ۱/۳ برابر مقاومت حد تسلیم باشند.

$$F_u \geq 1/3 F_y$$

۱۰-۳-٤-۲ مقاومت اعضا

منظور از مقاومت اعضا که در قسمتهای مختلف این بخش به آنها اشاره میشود، مقاومت نهایی عضو یا اتصال بوده و شامل مقادیر زیر می باشد:

جدول ۱۰-۳-۱ مقاومت اعضا

	مقدار مقاومت	نوع مقاومت
برای اعضا	$M_p = ZF_y$	خمش
	$V_p = 0/55F_y dt_w$	برش
	$P_c = 1/7F_a A$	فشار محوری
		کشش محوری

	$P_t = F_y A$	

جدول ۱۰-۳-۲ مقاومت اتصال

	مقدار مقاومت	نوع مصالح اتصال
برای اتصال	$F_y A$	جوش شیاری با نفوذ کامل
	مقدار مجاز * ۱/۷	جوش شیاری با نفوذ نسبی و جوش گوشه
	مقدار مجاز * ۱/۷	پیچ

مقدار مجاز باربری برای انواع جوش بر اساس ضوابط فصل ۱۰-۱-۷ این مقررات محاسبه می گردد.
اعضا لازم نیست که فشرده باشند، مگر اینکه به طریقی در این فصل تأکید گردد.

۱۰-۳-۵ حدود شکل پذیری سازه

اجزای مقاوم در برابر بارهای جانبی زلزله باید برای یکی از سه حد شکل پذیری که در بندهای ۱۰-۳-۵-۱ تا ۱۰-۳-۵-۳ تعریف شده اند، طراحی شوند. ضوابط طراحی برای هر یک از این حدود در قسمتهای ۱۰-۳-۶ به بعد ارائه شده است.
سازه هایی را که در آنها حدود شکل پذیری بیشتر تأمین می شود، با توجه به قابلیت جذب انرژی و رفتار غیرخطی بیشتر، می توان برای بارهای جانبی زلزله کمتری طراحی نمود. ضوابط مربوط به چگونگی کاهش این بارها در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین شده اند.

۱۰-۳-۵-۱ حد شکل پذیری معمولی: این حد برای سازه هایی بکار می رود که در آنها انتظار بوجود آمدن تغییر شکل زیاد مطرح نیست و تنها تأمین تدابیر خاص برای حفظ ایمنی آنها در برابر بارهای تکراری رفت و برگشتی زلزله مورد نظر است. سازه ای که طبق بخش ۱۰-۱ از این مقررات طراحی گردد، در این رده از شکل پذیری قرار می گیرد. ظرفیت دورانی لازم برای اتصالات صلب در این سازه ها ۰/۰۱ رادیان می باشد.

۱۰-۳-۵-۲ حد شکل پذیری متوسط: این حد برای سازه هایی الزامی است که در آنها پاسخ سازه در برابر نیروهای زلزله وارد ناحیهء غیرخطی می شود و مقاطع سازه باید آنچنان طراحی شوند که از ایمنی کافی در مقابل گسیختگی ترد و کمانش موضعی برخوردار باشند. سازه ای در این رده قرار می گیرد که علاوه بر مفاد بخش ۱۰-۱ این مقررات، ضوابط خاص اینگونه سازه ها را در این بخش برآورده سازد. ظرفیت دورانی لازم برای اتصالات صلب در این سازه ها ۰/۰۲ رادیان می باشد.

۱۰-۳-۵-۳ حد شکل پذیری زیاد (ویژه): این حد برای سازه هایی الزامی است که اعضای آنها در مقاطع خاصی باید از ظرفیت جذب و استهلاک زیاد برخوردار باشند، بطوریکه در صورت تشکیل مکانیزم خرابی در آنها، پایداری و انسجام کلی سازه محفوظ مانده و از این نظر اطمینان کافی موجود باشد. سازه ای در این رده قرار می گیرد که علاوه بر مفاد بخش ۱۰-۱ این مقررات، ضوابط خاص سازه ها با شکل پذیری ویژه را در این بخش برآورده سازد. ظرفیت دورانی لازم برای اتصالات صلب در این سازه ها ۰/۰۳ رادیان می باشد.

۱۰-۳-۶ ستونها

۱۰-۳-۶-۱ مقاومت ستون

در ساختمانهای با شکل پذیری متوسط و یا زیاد (ویژه)، ستونهای سازه باید علاوه بر طراحی طبق ضوابط بخش ۱۰-۱ این مقررات، دارای مقاومت کافی برای تحمل نیروهای محوری ناشی از ترکیبات باربری (الف) و (ب) زیر باشند:

الف: **فشار محوری**

(۱۰-۳-۱)

$$P_D + ۰/۷ P_L + \Omega_o P_E \le P_C$$

ب: کشش محوری

(۱۰-۳-۲)

$$۰/۸۵ P_D + \Omega_o P_E \le P_T$$

در روابط فوق مقدار نیروهای $\mathbf{P_L}$ ، $\mathbf{P_D}$ و $\mathbf{P_E}$ باید با رعایت علامت جبری آنها استفاده شود.

مقادیر Ω_o مطابق جدول زیر می باشد:

جدول ۱۰-۳-۳ مقادیر Ω_o

سیستم سازه ای	Ω_o
سیستم قاب خمشی فولادی	۳/۲
سیستم دوگانه	۳/۲
سیستم قاب ساده ساختمانی + مهاربند واگرا	۲/۸
سیستم قاب ساده ساختمانی + مهاربند همگرا	۲/٤

تبصره: بندهای فوق لازم نیست برای ستونهای قاب خمشی که روابط اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی در مورد آنها صادق است و $\mathbf{f_a}$ (تنش فشاری محوری تحت بار بهره برداری) مساوی و یا کوچکتر از $\mathbf{F_y}$ ۰/۳ برای تمام ترکیبات بارگذاری می باشد، اعمال گردد.

۱۰-۳-۶-۲ وصله ستون

وصله ستون علاوه بر سایر ترکیبات، باید دارای مقاومت کافی برای مقابله با نیروهای ستون ناشی از ترکیبات بار (الف) و (ب) بند ۱۰-۳-۶-۱ باشد.

محل درز وصله نباید از کوچکترین $\frac{h_s}{۴}$ و یا ۹۰۰ میلیمتر به بال تیر نزدیکتر باشد. $\mathbf{h_s}$ ارتفاع محور به محور طبقه است.

۱۰-۳-۶-۳ محاسبه لاغری در قابهای بدون مهاربند

در صفحه اثر نیروهای زلزله، ضریب طول مؤثر ستون (K) را در صورتیکه تمام شرایط زیر برقرار باشد، می توان مساوی واحد منظورکرد:

الف: ستون در محل اتصال پیوسته و یا گیردار است.

ب : تحت بارهای طراحی تنش فشاری محوری $\mathbf{f_a}$ از $\mathbf{F_y}$ ۰/٤ تجاوز نمی نماید.

پ : شاخص تغییر مکان جانبی طبقه (θ مطابق زیر) کوچکتر از ۰/۰٤ است.

$$\theta = \frac{(\sum P).\Delta_s}{Vh_s}$$

ΣP = مجموع نیروی محوری ستونهای طبقه در شرایط بارگذاری در سطح بهره برداری

Δ_s = تغییر مکان نسبی الاستیک طبقه تحت اثر نیروی زلزله

V = برش طبقه تحت اثر نیروی زلزله

h_s = ارتفاع طبقه

۱۰-۳-۷ قابهای خمشی با شکل پذیری معمولی

ترکیبات بارگذاری برای طراحی تیرها و ستونها و همچنین اتصال تیر به ستون، ورقهای پیوستگی، وصلهء تیرها و ستونها باید منطبق بر ضوابط بخش ۱۰-۱ از این آیین نامه باشد.

۱۰-۳-۸ قاب خمشی با شکل پذیری متوسط

در قابهای خمشی با شکل پذیری متوسط، علاوه بر رعایت ضوابط بخش ۱۰-۱، رعایت ضوابط زیر ضروری است:

۱۰-۳-۸-۱ ستونها و وصله های آن باید ضوابط بند ۱۰-۳-۶ را برآورده نمایند.

۱۰-۳-۸-۲ اتصالات خمشی تیرها به ستونها باید برای مقاومت خمشی تیر طراحی گردد، مگر آنکه بتوان نشان داد که اتصالات این قابها مقاومت در مقابل ترکیب بار ثقلی به علاوه Ω_o برابر نیروهای زلزله طرح را دارا می باشند.

۱۰-۳-۸-۳ ورقهای پیوستگی در محل چشمه اتصال باید مطابق بند ۱۰-۱-۸-۱ طراحی شوند.

۱۰-۳-۸-٤ جان تیرها و اتصالات برشی تیر به ستون باید دارای مقاومتی نظیر برش ناشی از بارهای ثقلی به علاوه برشی برابر $\frac{\sum M_{P_b}}{L_b}$ باشد. ($\sum M_{P_b}$ مجموع لنگرهای خمیری دو سر تیر و L_b دهانه تیر است).

۱۰-۳-۹ قابهای خمشی ویژه

طراحی قابهای خمشی ویژه، باید چنان انجام شود که مفصل پلاستیک خمشی در داخل تیر و خارج از محدوده اتصال تیر به ستون واقع شود. حداقل فاصله محل تشکیل پلاستیک از بر ستون، باید d_b ۰/۵ در نظر گرفته شود، لیکن لزومی ندارد این فاصله بیش از d_b ۱/۵ باشد. d_b ارتفاع تیر می باشد.

در قابهای خمشی ویژه، علاوه بر رعایت ضوابط بخش ۱۰-۱، رعایت ضوابط زیر ضروری است:

۱۰-۳-۹-۱ ستونها و وصله های آن باید ضوابط بند ۱۰-۳-۶ را برآورده نمایند.

۱۰-۳-۹-۲ اتصال تیر به ستون باید ضوابط زیر را ارضاء نماید:

الف: اتصال تیر به ستون باید قادر به تأمین مقاومتی برابر با کمترین دو مقدار زیر باشد:

(I) مقاومت خمشی تیر که در محل لنگر پلاستیک به فاصله d_b ۰/۵ تا d_b ۱/۵ از بر ستون تشکیل می شود.

(II) لنگر متناظر با مقاومت برشی چشمه اتصال. این مقاومت برشی از رابطه ۱۰-۳-۳ بدست می آید.

ب: هر اتصالی با استفاده از جوش یا پیچهای پرمقاومت اصطکاکی، در صورتیکه به کمک محاسبات یا آزمایشها نشان داده شود که شرایط قسمت الف را برآورده می نماید، می تواند مورد استفاده قرار گیرد. وقتی که برای نشان دادن کفایت اتصال از روش

محاسباتی استفاده می شود، باید ۱۲۵ درصد مقادیر مندرج در بند الف فوق ملاک محاسبه قرار گیرند.

پ: در صورت استفاده از ورقهای زیرسری و روسری و ورق برشگیر جان، اتصال تیر به ستون را می توان برای حصول مقاومت خمشی تیر کافی در نظر گرفت اگر منطبق بر شرایط زیر باشد:

(I) اتصال بال تیر به ستون با استفاده از ورق اتصال بال که توسط جوش شیاری با نفوذ کامل به بال ستون متصل شده است، تأمین گردد.

(II) اتصال بال تیر به ورق اتصال بال توسط جوش گوشه در امتداد موازی محور تیر و با قلاب انتهایی و یا با استفاده از حداقل دو ردیف پیچ پرمقاومت اصطکاکی (جمعا" ٤ پیچ برای هر بال) تأمین گردد.

(III) از جوش و پیچ بطور همزمان برای انتقال نیرو از بال تیر به ورق اتصال بال استفاده نشده باشد.

(IV) اتصال جان تیر به ستون با استفاده از ورق اتصال جان با استفاده از جوش و یا پیچ پرمقاومت اصطکاکی تأمین گردد.

سه نوع اتصال نمونه واجد شرایط فوق در شکل های ۱۰-۳-۳، ۱۰-۳-٤ و ۱۰-۳-۵ آمده است.

ت : در ستونهای ورقی و یا ترکیبی از ورق و پروفیل، چنانچه اتصالات اجزاء به یکدیگر توسط جوش انجام شود، باید توسط جوش پیوسته انجام گیرد. مقاومت جوش اجزاء باید حداقل بتواند ظرفیت برشی مقطع ستون $(\frac{۲M_{Pc}}{h_c})$ را تحمل کند، که در آن h_c ارتفاع ستون و M_{Pc} لنگر خمیری مقطع ستون بدون در نظر گرفتن نیروی محوری می باشد. مقاومت برشی جوش در چشمه اتصال نباید از مقاومت برشی اجزای متصل شونده کمتر باشد. جوش موجود در چشمه اتصال باید به ارتفاعی حداقل برابر ارتفاع تیر در بالا و پایین چشمه اتصال ادامه یابد.

۱۰-۳-۹-۳ چشمه اتصال

الف- چشمه اتصال، ناحیه محصور شده جان ستون در مقابل بالهای تیر می باشد. چشمه اتصال تیر به ستون باید مقاومت کافی برای مقابله با برش ناشی از لنگر خمشی تیر به علت بارهای ثقلی به علاوه ۱/۸۵ برابر نیروهای زلزله را دارا باشد، لیکن مقاومت برشی چشمه اتصال لازم نیست از برشی برابر $\frac{۰/۸۵\Sigma M_{pb}}{d_b}$ تیرهای متصل به بالهای ستون در محل اتصال بیشتر باشد. ΣM_{pb} ، مجموع لنگرهای خمیری تیرهای متصل به ستون در یک صفحه می باشد. مقاومت برشی چشمه اتصال را می توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود:

(۱۰-۳-۳)

$$V_z = ۰/۵۵F_y d_c t_z[۱+\frac{۳b_c t_{cf}^{۲}}{d_b d_c t_z}]$$

که در آن:

t_z = ضخامت جان یا جانهای ستون بعلاوه ضخامت ورقهای مضاعف طبق بند پ در صورت وجود.

d_b = ارتفاع مقطع تیر - در صورتیکه تیرهای طرفین ستون متفاوت باشند، از d_b متوسط تیرها استفاده میشود.

d_c = ارتفاع مقطع ستون

b_c = عرض بال ستون

t_{cf} = ضخامت بال ستون

ب - ضخامت هر یک از ورقهای تشکیل دهنده چشمه اتصال، t ، اعم از جان ستون و ورقهای مضاعف باید رابطه زیر را نیز اقناع نماید:

(۱۰-۳-٤)

$$t \geq (d_b + d_c)/۹۰$$

چنانچه ورق مضاعف توسط پیچ یا جوش انگشتانه کافی به منظور جلوگیری از کمانش موضعی، به جان ستون متصل شود، t مجموع ضخامت جان ستون و ورق مضاعف خواهد بود.

پ - ورق تقویت چشمهء اتصال (ورق مضاعف)

ورقهای مضاعف به منظور کاهش تنش برشی در چشمه اتصال و یا کاهش نسبت ارتفاع به ضخامت جان به کار گرفته می شوند. این ورقها باید چسبیده به جان و یا با فاصله از آن بصورت متقارن نسبت به جان به کار روند و باید در طول لبه فوقانی و تحتانی به ورق های پیوستگی و در تمام ارتفاع ورق مضاعف با استفاده از جوش شیاری یا گوشه به منظور حصول مقاومت برشی، به بال ستون جوش شوند.

۱۰-۳-۹-٤ ضوابط لرزه ای تیرها در قابهای خمشی ویژه

الف - جان تیرها و اتصالات برشی تیر به ستون باید دارای مقاومتی نظیر برش ناشی از بارهای ثقلی به علاوه برشی برابر $\frac{\sum M_{pb}}{L_b}$ باشد که در آن $\sum M_{pb}$ مجموع لنگر پلاستیک دو انتهای تیر و L_b دهانه تیر می باشد.

ب - اتصال جان به بالهای تیرها باید به صورت سرتاسری بوده و مقاومت جوش اتصال جان به بالها بایستی حداقل برابر برش مذکور در بند الف باشد.

پ - تیرها باید ضوابط مقاطع فشرده را برآورده نمایند.

ت - علاوه بر کنترل L_c طبق بند ۱۰-۱-۱-۱۰ برای بال فشاری، باید هر دو بال تیر بطور مستقیم یا غیرمستقیم، مهار جانبی شوند. فاصله بین مهارهای جانبی تیرها در حدفاصل محور ستونها نباید از ۱۰۰ برابر r_y (شعاع ژیراسیون حداقل مقطع تیر) تجاوز نماید. همچنین در محل تأثیر نیروهای متمرکز که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود دارد، با ید مهار جانبی قرار داده شود. لاغری حداکثر مهار جانبی ۱۲۰ می باشد و باید برای حداقل ۵ درصد نیروی بال فشاری طراحی شود.

ج - در قابهای خمشی ویژه در ناحیه ای که امکان تشکیل مفصل پلاستیک وجود دارد، هرگونه تغییر ناگهانی در مساحت بال، ممنوع می باشد.

چ - مقاومت وصله تیر بایستی حداقل برابر مقاومت مقطع تیر در محل وصله باشد و محل وصله ای که در کارگاه اجرا می شود بایستی حداقل دو برابر عمق تیر از محل اتصال تیر به ستون، فاصله داشته باشد.

خ - تعبیه سوراخ برای عبور لوله های تأسیساتی صرفا" در نواحی خارج از مفصل پلاستیک و در وسط ارتفاع مقطع تیر مجاز میباشد، در این صورت با تعبیه تقویت در اطراف سوراخ از تنش های ثانویه و تأمین مقاومت مقطع تیر در ناحیه سوراخ، اطمینان حاصل شود. ارتفاع سوراخ تا حداکثر برابر نصف ارتفاع جان و عرض سوراخ تا حداکثر دو برابر ارتفاع سوراخ مجاز می باشد. فاصله خالص بین دو سوراخ مجاور، نباید از دو برابر ارتفاع تیر کمتر باشد.

۱۰-۳-۹-۵ ورقهای پیوستگی

در تعیین احتیاج و یا عدم احتیاج به ورقهای پیوستگی (ورقهای سخت کننده ستون در مقابل بالهای تیر) در ناحیه اتصال در مقابل بال کششی تیر، نیروی کششی بال P_{bf} در رابطه ۱۰-۱-۸-۱ همین مقررات باید مساوی $(bt_f)F_{yb}$ ۱/۸ منظور گردد. توصیه می شود ورق پیوستگی همواره در محل اتصال قرار داده شود.

۱۰-۳-۹-٦ نسبت مقاومت

در هر اتصال تیر به ستون باید روابط زیر اقناع گردند:

(۱۰-۳-۵)

$$\sum Z_c (F_{yc} - f_a) / \sum Z_b F_{yb} > ۱/۰$$

یا

(۱۰-۳-۶)

$$\sum Z_c (F_{yc} - f_a) / 1.25 \sum M_{PZ} > 1.0$$

که در روابط فوق:

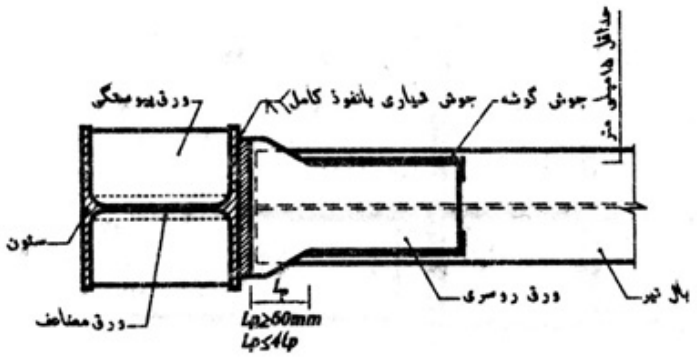
F_{yc} و F_{yb} تنش های تسلیم مصالح ستون و تیر می باشد همچنین $f_a > 0$ بوده و نیز Z_c و Z_b مقادیر اساس پلاستیک مقطع های ستون و تیر می باشد.

$\sum M_{PZ}$ = مجموع لنگرهای تیرها که متناظر با مقاومت برشی چشمه اتصال (رابطه ۱۰-۳-۳) محاسبه می شود.

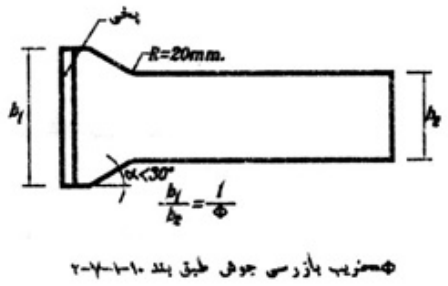
تبصره: ستونهائی که شرایط مقطع فشرده را برآورده می نمایند در صورتیکه یکی از شرایط زیر را نیز برآورده نمایند، لازم نیست ضوابط روابط (۱۰-۳-۵ و ۶) را ارضاء نمایند:

الف) ستونها با f_a کوچکتر از $0.4 F_y$ برای تمام ترکیبات بارگذاری به استثنای بارهای معرفی شده در بخش ۱۰-۳-۶.

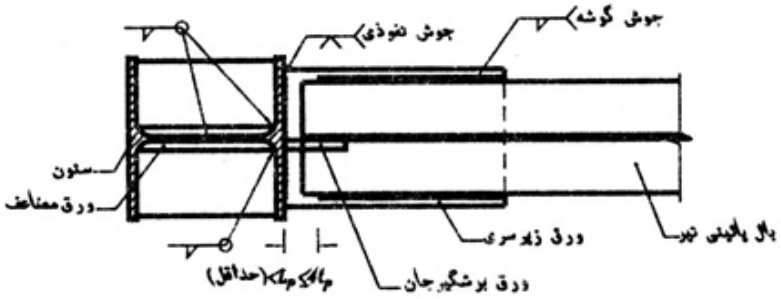
ب) ستونها در هر طبقه ای که مقاومت برشی جانبی آن ۵۰ درصد بزرگتر از طبقه فوقانی آن باشد.



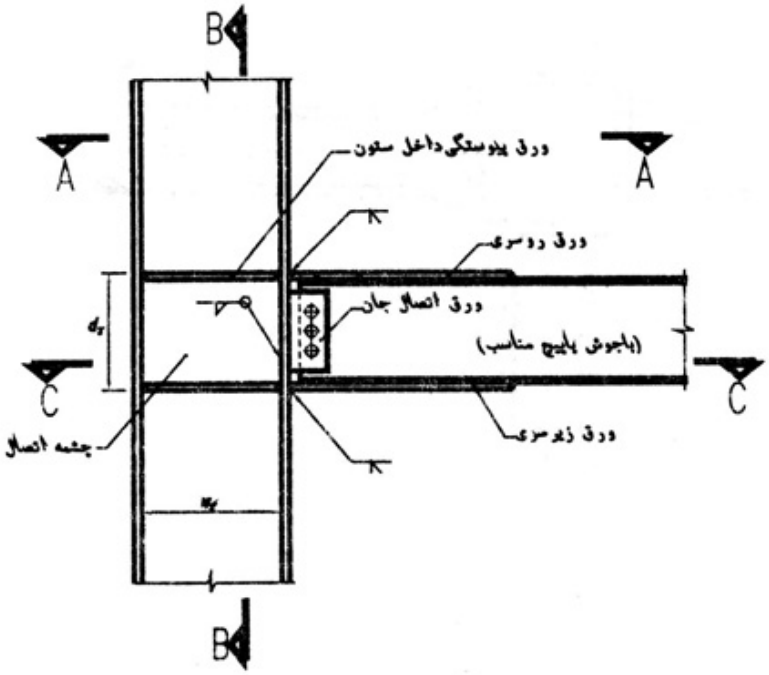
برش A-A

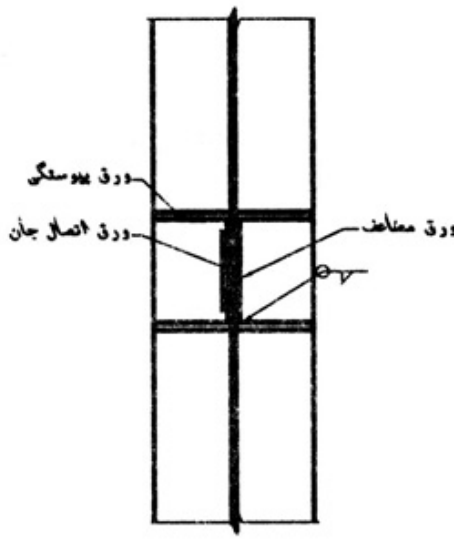


جزئیات ورق روسری



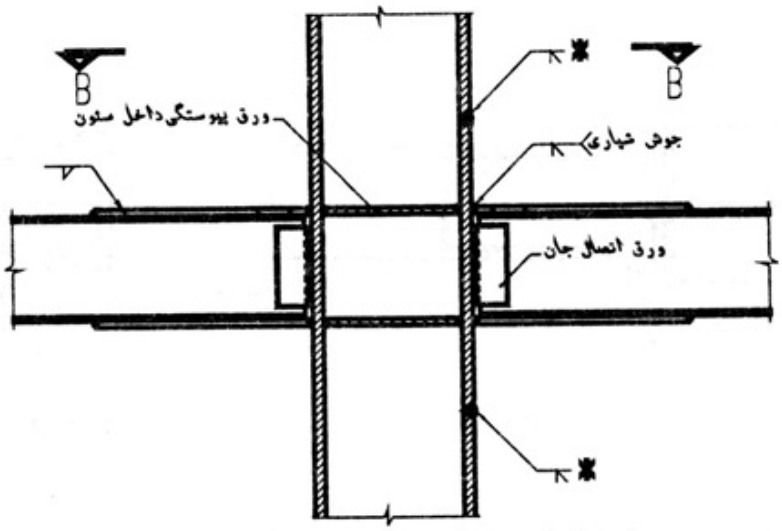
برش C-C





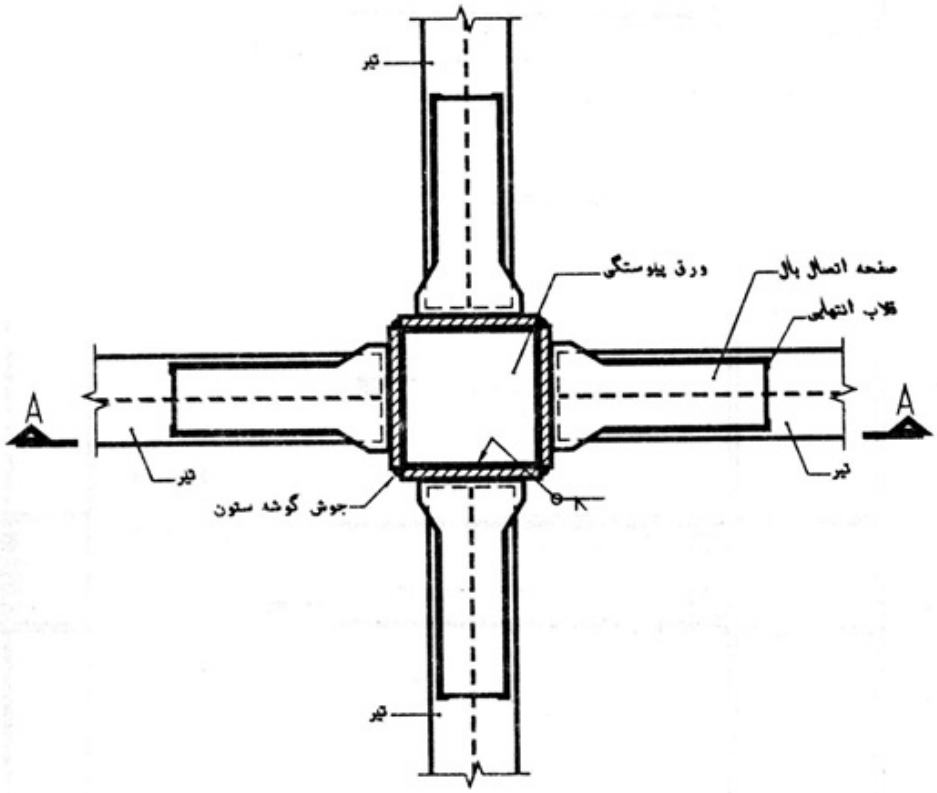
برش B-B

شکل ۱۰-۳-۳نمونه اتصال صلب تیربه ستون بال پهن



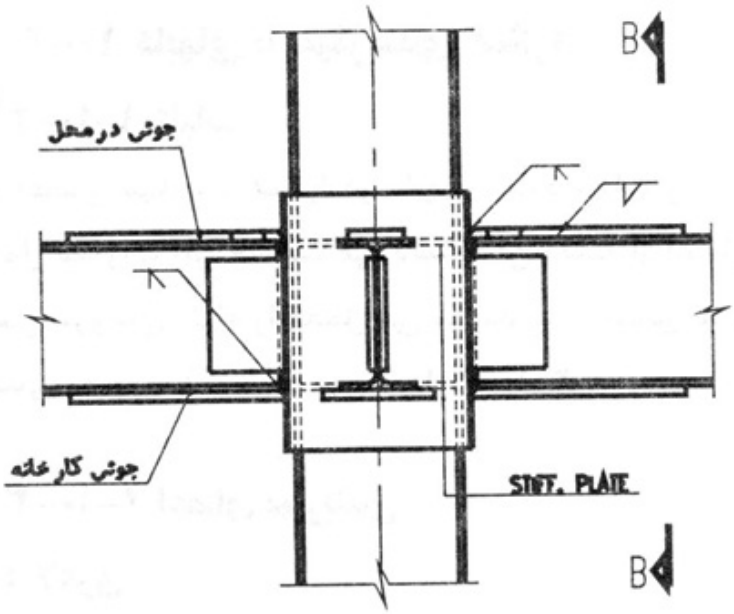
*علت دکه ای شدن ورق وجه چهارم فراهم آوردن امکان جوشکاری ورق پیوستگی به این وجه می باشد.

برش A-A

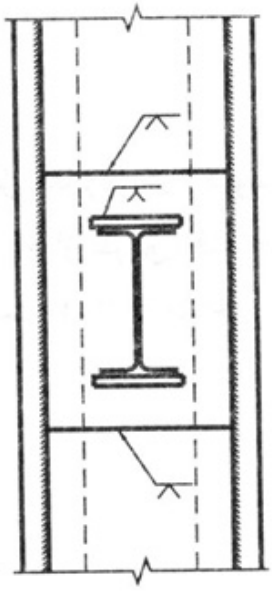


برش B-B

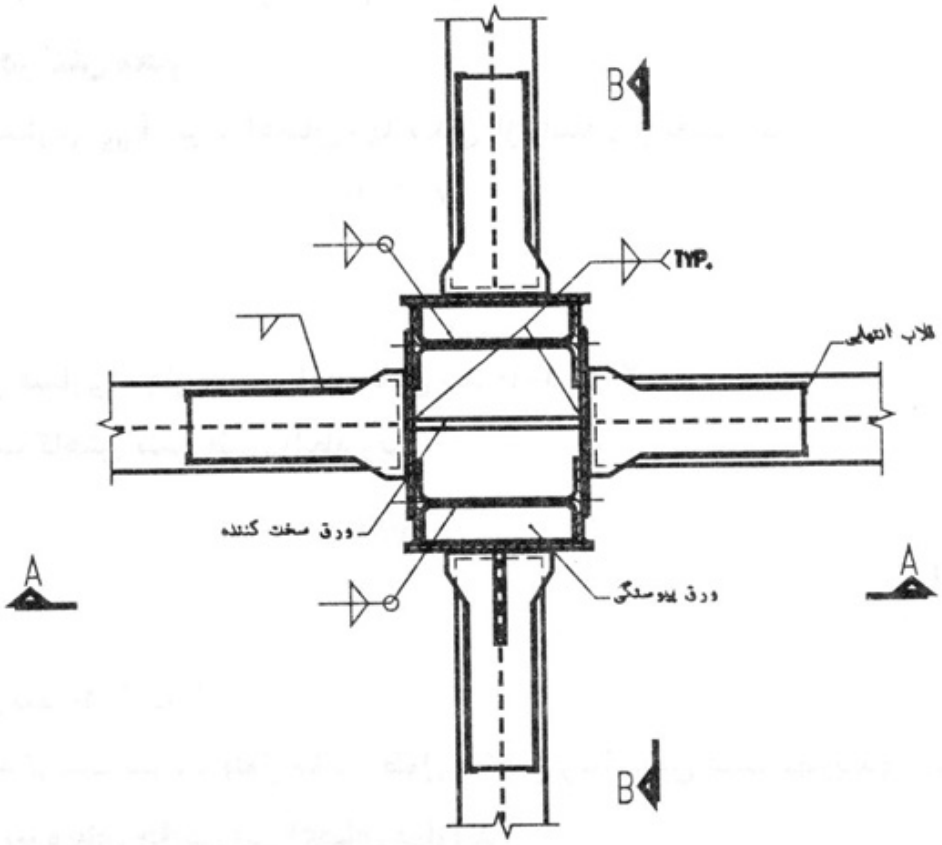
شکل ۱۰-۳-۴نمونه اتصال صلب تیربه ستون قوطی



برش A-A



برش B-B



شکل ۱۰-۳-۵نمونه اتصال صلب تیرباستونهای دوبل

۱۰-۳-۱۰ قابهای با مهاربندی همگرا

۱-۱۰-۳-۱۰ کلیات

کلیه اعضای مهاربند همگرا در قابهای ساده، قابهای خمشی با شکل پذیری کم، متوسط و زیاد مشمول مقررات این قسمت می باشند. آن دسته از اعضای این قابها که از طریق رفتار برشی و یا خمشی نیروهای زلزله را تحمل می نمایند، باید مطابق با مقررات قسمت ۱۰-۳-۹ طراحی گردند، به استثنای وضعیت ذکر شده در بند ۱۰-۳-۱۰-۳،

۲-۱۰-۳-۱۰ اعضای مهاربندی

الف: لاغری

بجز در حالات اجازه داده شده در بخشهای ۱۰-۳-۱۰-۵ و ۱۰-۳-۱۰-۶ لاغری اعضای مهاربندی نباید از $\frac{۶۰۲۵}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[۱۹۰\sqrt{F_y}\right]^*$ تجاوز نماید،

ب : کاهش در تنش مجاز

تنش مجاز فشاری F_{as} برای اعضای مهاربندی از رابطه زیر تعیین می گردد:

(۱۰-۳-۷)

$$F_{as} = BF_a$$

که در آن:

F_a = تنش فشاری مجاز بدست آمده طبق بند ۱۰-۱-۵-۲

B = ضریب کاهش تنش طبق رابطه زیر:

(۱۰-۳-۸)

$$B = \frac{۱}{\left[۱+\frac{KL/r}{۲C_c}\right]}$$

C_c = طبق بند ۱۰-۱-۵-۲

L ، K و r به ترتیب ضریب طول مؤثر، طول و شعاع ژیراسیون عضو مهاربندی است.

پ - توزیع نیروهای جانبی بین اعضای مهاربند

نیروی برشی در هر طبقه از مهاربند، باید طوری بین عناصر قطری مهاربند توزیع گردد که مجموع مؤلفه افقی نیروی اعضای فشاری و یا مجموع مؤلفه افقی نیروی اعضای کششی، هیچکدام از ۷۰ درصد برش کل تجاوز ننماید.

تبصره: وقتی که مقاومت اعضای فشاری به تنهائی، بدون توجه به ضریب کاهش B در رابطه ۱۰-۳-۷، قادر به تحمل Ω_o برابر نیروی زلزله باشد، رعایت شرط فوق الزامی نیست.

ت - اعضای ساخته شده از چند نیمرخ

لاغری حداکثر هر نیمرخ در حد فاصل بستها یا لقمه ها (محل های اتصال نیمرخها)، نبا ید از ۷۰ درصد لاغری کل عضو تجاوز نماید.

۳-۱۰-۳-۱۰ اتصال اعضای مهاربند

الف: مقاومت

مقاومت اتصال مهاربند نباید از کمترین دو مقدار زیر کمتر شود.

) (امقاومت کششی اعضای مهاربند

) (II Ω_o برابر نیروی مهاربند حاصل از نیروی زلزله تنها

اتصال تیر به ستون در تیرهائی که جزئی از سیستم مهاربند هستند، باید دارای ظرفیت لازم برای انتقال نیروی تعیین شده به روش فوق باشد.

ب : مساحت خالص

در اعضای مهاربند با اتصال پیچی، نسبت مساحت مؤثر به سطح مقطع کلی، باید رابطه زیر را اقناع نماید:

(۹-۳-۱۰)

$$\frac{A_e}{A_g} \geq \frac{1/2 P^*}{P_u}$$

که در آن:

$\mathbf{A_e}$ = مساحت مؤثر خالص

$\mathbf{P^*}$ = نیروی عضو مهاربند در مقطع خالص موردنظر که در بند ۱۰-۳-۱۰-۳ الف مشخص شده است.

$\mathbf{P_u}$ = حداقل مقاومت کششی مساوی $\mathbf{A_g F_u}$ که در آن $\mathbf{F_u}$ تنش نهایی حد گسیختگی مصالح است.

۱۰-۳-۱۰-٤ محدودیتهای ویژه مهاربندهای ۷ و ۸ و K

مهاربندی ۷ و ۸ و K باید ضوابط زیر را برآورده نمایند:

الف: مهاربندهای ۷ و ۸

(I) اعضای مهاربند باید برای ۱/۵ برابر نیروی زلزله طراحی گردند.

(II) تیرافقی باید در حدفاصل دو ستون به صورت پیوسته باشد.

(III) در مهاربندهای نوع ۸، تیرافقی باید قادر به تحمل نیروهای قائم در حد فاصل دو ستون بدون توجه به وجود مهاربند باشد.

تبصره : این محدودیت لزومی ندارد در خرپشته، ساختمانهای یک طبقه و آخرین طبقه ساختمانها اعمال گردد.

ب : مهاربندهای K

استفاده از مهاربندهای K ممنوع است مگر در ساختمانهای یک و دو طبقه مجاز دانسته شده در بند ۱۰-۳-۱۰-۵ که در اینصورت باید ضوابط بند ۱۰-۳-۱۰-٤ الف نیز رعایت گردد.

۱۰-۳-۱۱ قابها با مهاربندی واگرا

۱۰-۳-۱۱-۱ قطعه رابط

حداقل یک قطعه رابط باید در یک انتهای هر عضو مهاربند وجود داشته باشد. این قطعه باید تمام ضوابط مقاطع فشرده را برآورده نموده و نسبت

$b_f / 2t_f$ آن از $\frac{425}{\sqrt{F_y}}$ یا $\frac{125}{\sqrt{F_y}}$ تجاوز ننماید.

۱۰-۳-۱۱-۲ مقاومت قطعه رابط

الف: مقاومت برشی $\mathbf{V_P}$ و خمشی $\mathbf{M_P}$ قطعهء رابط مطابق بخش ۱۰-۳-۱۰-٤-۲ می باشد. وقتی که برش بر مقاومت قطعه رابط حاکم است، مقاومت خمشی و محوری آن باید تنها بر مبنای بالهای تیر محاسبه گردند.

ب: مقاومت خمشی کاهش یافته $\mathbf{M_{RP}}$ برای استفاده در بخشهای ۱۰-۳-۱۱-۷ و ۱۰-۳-۱۱-۱۲ به صورت $\mathbf{Z(F_y - f_a)}$ تعریف

می شود. در صورتی که $\mathbf{f_a}$ کمتر از $۰/۱۵\ F_y$ باشد، می توان از $\mathbf{f_a}$ صرفنظر نمود.

در صورتیکه $e \leq \frac{۱/۶M_p}{V_p}$ باشد ، برش حاکم بر مقاومت قطعه رابط است و مقاومت مورد انتظار قطعه رابط برابر $\mathbf{Q = V_P}$ می باشد.

در صورتیکه $e \geq \frac{۲/۶M_p}{V_p}$ باشد، خمش حاکم بر مقاومت قطعه رابط است و مقاومت مورد انتظار قطعه رابط $\mathbf{Q = \frac{2M_P}{e}}$ می باشد. در حالت بینابین، اندرکنش برش و خمش بر مقطع حاکم بوده و مقاومت مورد انتظار از درون یابی خطی مقادیر فوق قابل محاسبه است.

۱۰-۳-۱۱-۳ دوران قطعه رابط

دوران هر قسمت از قطعه رابط نسبت به باقی قسمتها، در تغییر مکان جانبی قاب تحت اثر $۰/۷R$ برابر نیروهای زلزله طرح، نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

الف: ۰/۰۹۰ رادیان برای قطعات رابطی که طول آزاد آنها $\frac{۱/۶M_p}{V_p}$ و یا کمتر است.

ب: ۰/۰۳ رادیان برای قطعات رابطی که طول آزاد آنها $\frac{۲/۶M_p}{V_p}$ و یا بزرگتر است.

پ: در حدفاصل دو مقدار فوق می توان از درون یابی خطی استفاده نمود.

۱۰-۳-۱۱-٤ جان قطعه رابط

جان قطعه رابط باید از یک ورق تک بدون هرگونه ورق مضاعف کننده تشکیل یابد. هیچگونه بازشویی نباید در جان قطعه را بط تعبیه گردد. تحت تأثیر بارهای جانبی، برش جان نباید از $۰/۸V_p$ تجاوز نماید.

۱۰-۳-۱۱-۵ اتصال عضو قطری مهاربند به قطعه رابط

اتصال عضو قطری به قطعه رابط باید قادر به حصول مقاومت فشاری مهاربند و انتقال آن به جان قطعه رابط باشد. هیچ یک از قسمتهای اتصال عضو قطری به قطعه رابط، نباید به ناحیه جان آن ادامه یابد.

۱۰-۳-۱۱-٦ سخت کننده های قطعه رابط

در انتهای قطعه رابط که عضو قطری به آن متصل است، باید سخت کننده جان در تمام ارتفاع در دو طرف قرار داده شود. به علاوه، برای قطعات رابط با طول آزاد واقع در محدوده بند ۱۰-۳-۱۱-۳-پ، باید در فاصله $\mathbf{b_f}$ از هر دو انتهای قطعه رابط، سخت کننده جان در دو طرف قرار داده شود. عرض کل سخت کننده ها نباید کمتر از $b_f - ۲t_w$ و ضخامت آنها نباید کمتر از $۰/۷۵\ t_w$ یا ۱۰ میلیمتر گردد.(bf عرض بال و tw ضخامت جان می باشد.)

۱۰-۳-۱۱-۷ سخت کننده های میانی

در صورت تحقق هر یک از شرایط زیر، باید در جان قطعه رابط، سخت کننده های میانی در تمام ارتفاع جان قرار داده شود:

الف: جایی که مقاومت قطعه رابط توسط $\mathbf{V_P}$ کنترل می گردد.

ب: وقتی که مقاومت قطعه رابط توسط خمش کنترل شده و برش تعیین شده با استفاده از مقاومت خمشی کاهش یافته، $\mathbf{M_{RP}}$ ، از $۰/۴۵ f_y dt$ تجاوز نماید.

۱۰-۳-۱۱-۸ فواصل سخت کننده های جان

در مواقعی که نیاز به سخت کننده های میانی می باشد، فواصل آنها باید ضوابط زیر را برآورده نماید:

الف: برای قطعات رابط با زاویه دوران ۰/۰۹ رادیان، فواصل نباید از $۳۸t_w - d/۵$ تجاوز نماید.

ب: برای قطعات رابط با زاویه دوران ۰/۰۳ رادیان یا کمتر، فاصله بندی نباید از $\mathbf{۵۴}t_w - d/۵$ تجاوز نماید. برای زاویه دوران بین ۰/۰۳ تا ۰/۰۹ رادیان می توان از درون یابی خطی استفاده نمود.

۱۰-۳-۱۱-۹ محل سخت کننده های جان

برای تیرهایی با ارتفاع ۶۰۰ میلیمتر و بزرگتر، سخت کننده های جان باید به صورت تمام ارتفاع و در هر دو طرف جان قرار داده شوند. برای تیرهایی با ارتفاع کوچکتر از ۶۰۰ میلیمتر، این سخت کننده ها کافی است در یک طرف جان واقع شوند. ضخامت سخت کننده ها، t_w ، نباید کمتر از ۱۰ میلیمتر و عرض آنها نباید

کمتر از $(b_f/۲)-t_w$ باشد.

۱۰-۳-۱۱-۱۰ جوش سخت کننده ها

جوشهای گوشه ای که ورق سخت کننده را به جان تیر جوش می دهند، باید قادر به حمل نیروی $A_{st}F_y$ باشند. جوشهای گوشه ای که سخت کننده را به بالها اتصال می دهند، باید توانایی حمل نیروی $A_sF_y/۴$ را داشته باشند که در آن $A_{st}=bt$ و b عرض و t ضخامت سخت کننده می باشد.

۱۰-۳-۱۱-۱۱ اتصال قطعه رابط به ستون

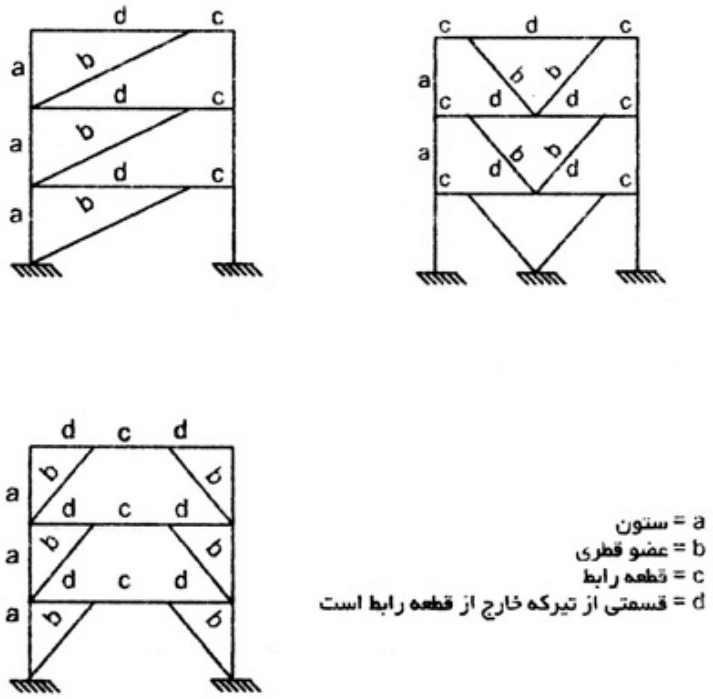
در صورتیکه قطعه رابط به ستون متصل باشد، طول قطعه رابط نباید از $\frac{۱/۶M_p}{V_p}$ تجاوز نماید که در آن M_p و V_p به ترتیب لنگر خمشی پلاستیک و نیروی برشی پلاستیک قطعه رابط می باشد.

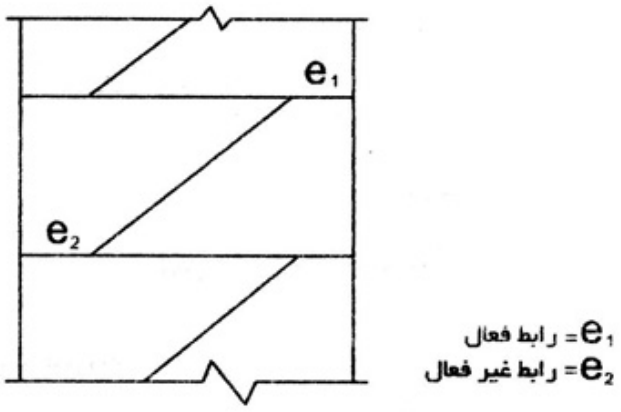
الف: در محل اتصال قطعه رابط به بال ستون، باید ضوابط زیر برآورده گردد:

بال تیر باید با جوش نفوذی کامل به بال ستون متصل گردد.

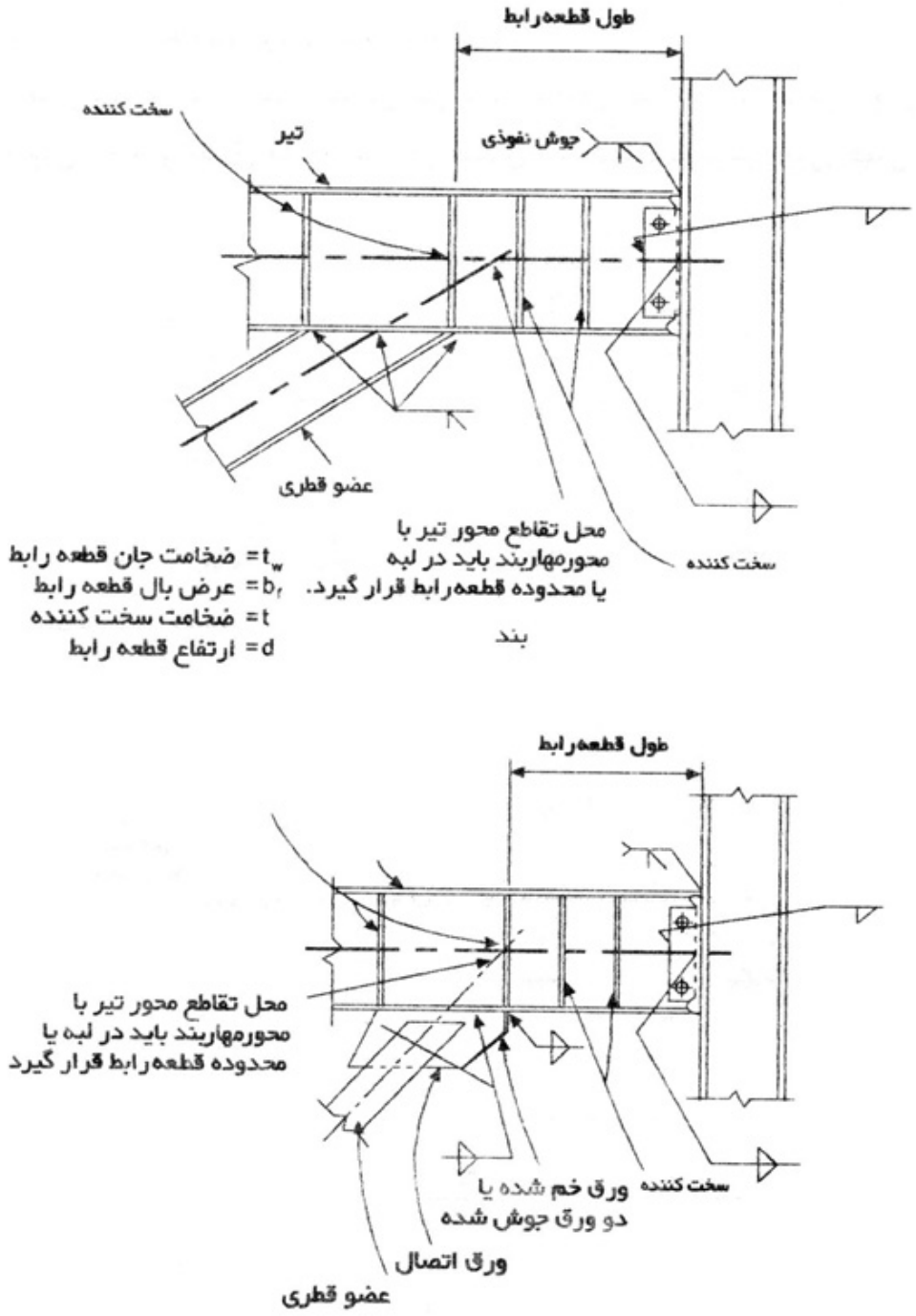
وقتی که مقاومت قطعه رابط مطابق بند ۱۰-۳-۱۱-۷، توسط برش کنترل گردد، اتصال جان باید قادر به تأمین مقاومت برشی کامل تیر باشد.

ب: وقتی که قطعه رابط به جان ستون متصل می شود، بالهای تیر باید با جوش نفوذی کامل به ورقهای اتصالی جوش شوند و اتصال جان باید برای حصول تمام مقاومت برشی جان جوش گردد.





شکل ۱۰-۳-۶ اجزای مهاربندهای واگرا



شکل ۱۰-۳-۷ جزئیات قطعه رابط

۱۰-۳-۱۱-۱۲ مقاومت مهاربند

اعضای مهاربند باید دارای مقاومت فشاری حداقل ۱/۵ برابر نیروی محوری نظیر مقاومت کنترل کننده قطعه رابط باشد. مقاومت کنترل کننده قطعه رابط کمترین دو مقدار مقاومت برشی V_P یا برش ناشی از مقاومت خمشی کاهش یافته M_{RP} می باشد.

۱۰-۳-۱۱-۱۳ مقاومت ستون

ستون باید دارای مقاومتی مساوی ۱/۲۵ برابر مقاومت دهانه با مهاربند واگرا، مطابق تعریف بالا باشد.

۱۰-۳-۱۱-۱٤ قطعه رابط در تراز بام

برای مهاربندهای واگرا محور بالاتر از ۵ طبقه، تعبیه قطعه رابط در تراز بام لازم نیست.

۱۰-۳-۱۱-۱۵ مهاربند واگرا در ترکیب با سایر انواع

در ساختمان های بیش از ۵ طبقه، طبقه اول قاب با مهاربند واگرا، می تواند به صورت همگرا مهاربندی گردد، به شرط اینکه بتوان نشان داد ظرفیت ارتجاعی آن ۵۰ درصد بزرگتر از ظرفیت تسلیم طبقه بالاتر طبقه اول باشد.

۱۰-۳-۱۱-۱٦ نیروهای محوری

در محاسبات قاب، باید نیروهای محوری در تیرهای قاب با مهاربندی واگرا به علت نیروهای ناشی از عناصر مهاربند و انتقال نیروی زلزله به انتهای قابها، در نظر گرفته شود.

۱۰-۳-۱۱-۱۷ بالهای تیر

بالهای فوقانی و تحتانی تیرهای قاب با مهاربند واگرا باید در محل اتصال مهاربند و در فواصلی نه بزرگتر از $\frac{۶۲۵}{\sqrt{F_y}}$ یا $\frac{۲۰۰}{\sqrt{F_y}}$ برابر عرض بال، مهار گردد. مهارهای انتهایی با ید برای تحمل نیروی $۰/۰۶F_y b_f t_f$ و مهارهای داخلی باید برای تحمل نیروی $۰/۰۱ F_y b_f t_f$ طراحی گردند. b_f عرض و t_f ضخامت بال می باشد.

۱۰-۳-۱۱-۱۸ اتصال تیر به ستون

اگر قطعه رابط در مجاورت ستون نباشد، اتصال تیر به ستون را می توان در صفحه جان تیر به صورت مفصلی طراحی نمود. چنین اتصالی باید قادر به تحمل لنگر پیچشی $۰/۰۱ F_y b_f t_f d$ باشد.

۱۰-۳-۱۱-۱۹ توصیه های طراحی

در طراحی مهاربندهای واگرا توصیه می گردد موارد زیر مدنظر قرار گیرد.

الف: حتی المقدور رفتار حاکم بر قطعه رابط، برشی باشد.

ب: توصیه می شود طول قطعه های رابط میانی از Lb 2/0 کوچکتر باشد که در آنLb طول محور به محور دهانه تیر است.

پ: در صورت امکان، سختی معادل قطعه رابط با مخلوط نمودن سختی خمشی و سختی برشی، از رابطه زیر محاسبه گردد:

$$\mathbf{K_e = \frac{K_s . K_b}{K_s + K_b}}$$

در رابطه فوق داریم:

$$\mathbf{K_s = \frac{GA_w}{e}}$$

(سختی برشی قطعه رابط)

$$K_b = \frac{۱۲EI_b}{e^۲}$$

(سختی خمشی قطعه رابط)

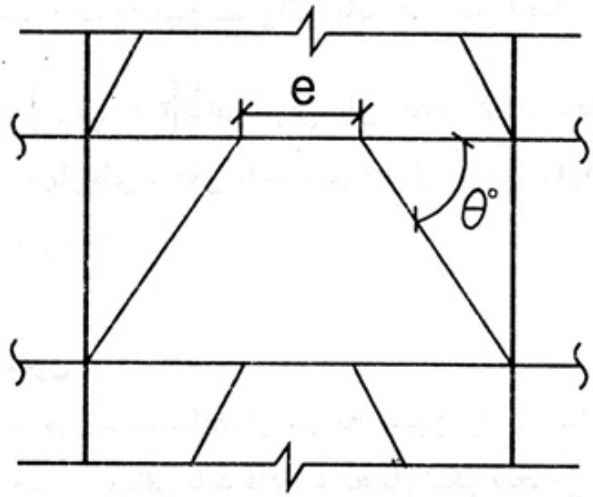
K_e = سختی معادل قطعه رابط

A_w = سطح مقطع جان قطعه رابط

I_b = ممان اینرسی قطعه رابط، (وقتی که برش بر مقاومت قطعهء رابط حاکم است، ممان اینرسی قطعهء رابط باید تنها برمبنای مشخصات بال های قطعهء رابط محاسبه شود).

e = طول قطعهء رابط

ت: زاویه بین عضو مهاربند و تیر θ بین ۳۵ تا ۶۰ درجه باشد.



ث: مقاومت خمشی تیر خارج از قطعه رابط، حداقل به اندازه ۱/۵ برابر لنگر متناظر با مقاومت کنترل کننده قطعه رابط باشد.

ج: مدلسازی کامپیوتری طوری انجام شود که اثر نیروی محوری در تیرهای قاب با مهاربندی واگرا ملحوظ گردد.

چ: از به کاربردن تیرهای لانه زنبوری در دهانه های مهاربندی شده تیرهای قابها با مهاربندی واگراخودداری گردد.

۱۰-۳-۱۲ ساختمانهای منظم تا پنج طبقه و کوتاهتر از ۱۸ متر

در ساختمانهای منظم تا پنج طبقه و کوتاهتر از ۱۸ متر، چنانچه مقاومت مهاربندهای همگرای 7 ، X و یا ۸ و اتصالات آنها از برابر نیروهای زلزله (همراه با بار ثقلی) آیین نامه ای زیادتر باشد، رعایت ضوابط بندهای ۱۰-۳-۱۰-۲ تا ۱۰-۳-۱۰-٤ در مورد آنها لازم نیست. Ω_o

۱۰-۳-۱۳ سازه های غیرساختمانی

سازه های مهاربندی شده غیرساختمانی، مثل سیلوها و مخازن و غیره، فقط لازم است مقررات بند ۱۰-۳-۱۰-۳ را برآورده نمایند.

۱۰-۳-۱٤ آزمایشهای غیرمخرب

علاوه بر ضوابط مندرج در بخش ۱۰-۲، اتصالات جوشی بین اعضای اصلی قابهای خمشی ویژه باید به کمک آزمایشهای غیرمخرب مورد بررسی قرار گیرند.

۱- تمام جوشهای شیاری با نفوذ کامل در وصله ها و اتصالات باید به روش آزمایش اولتراسونیک و یا رادیوگرافی مورد آزمایش قرار گیرند.

۲ - در صورت تشخیص دستگاه نظارت یا مهندس ناظر، جوشهای شیاری با نفوذ نسبی و جوشهای گوشه مورد استفاده در ساخت و وصله اعضاء و اتصالات باید تحت آزمایش رنگ نافذ یا مغناطیسی قرار گیرند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

اعضای کششی

این فصل به اعضای تحت اثر نیروی محوری کششی که در امتداد محور مرکزی عضو بارگذاری شده اند، می پردازد.محاسبه اعضایی که تحت اثر پدیده خستگی و یا تمرکز تنش به علت تغییر ناگهانی مقطع باشند، باید با توجه به این پدیده انجام شود.برای اعضایی که تحت اثر مشترک کشش و خمش قرار گیرند، به بند ۱۰-۱-۶ -۲ و برای میله های دندانه شده به بند ۱۰-۱-۷-۳ مراجعه شود.

مقاطع محاسباتی در اعضای کششی

الف) سطح مقطع کلی عضو کششی

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

ب) سطح مقطع خالص عضو کششی

سطح مقطع خالص عضو (A_n) برابر با مجموع حاصل ضربهای پهنای خالص اجزاء در ضخامت مربوط می باشد. پهنای خالص عبارت است از پهنای کلی منهای قطر سوراخهای عضو که به شرح زیر در نظر گرفته می شود:

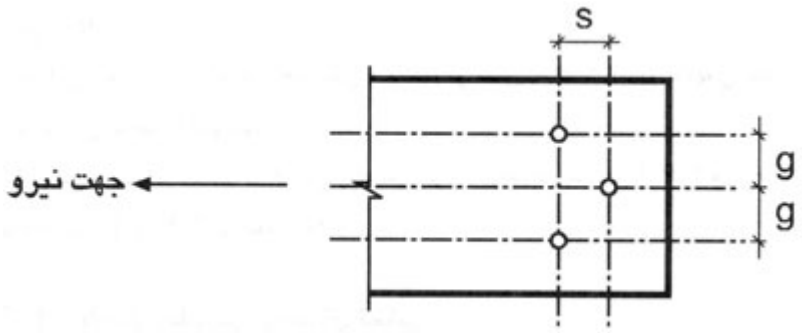
۱. در صورت استفاده از دستگاه پانچ، قطر سوراخ پیچ و پرچ به مقدار ۲ میلیمتر بزرگتر از قطر سوراخ به حساب می آید.

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

که در آن:

sعبارت است از فاصله مرکز به مرکز 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 متعامد، عبارت خواهد بود از جمع فواصل سوراخها تا پشت نبشی منهای ضخامت آن.

مقطع خالص بحرانی، مقطعی است که سوراخهای مسیر زنجیره مربوط، حداکثر تنش کششی را به دست دهد.

پ) سطح مقطع مؤثر عضو کششی

۱. در صورتی که بار به صورت مستقیم، توسط وسایل اتصال، به هر یک از اجزای تشکیل دهنده مقطع منتقل شود، سطح مقطع موثر (A_e) برابر سطح مقطع خالص (A_n) در اتصال پیچی و (A_g) در اتصال جوشی در نظر گرفته می شود.

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

$$A_e = U.A_n \qquad (۱-۴-۱-۱۰)$$

که در آن:

A_n = سطح مقطع خالص عضو،

U = ضریب سطح مؤثر.

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

$$A_e = U.A_g \qquad (۲-۴-۱-۱۰)$$

که در آن:

A_g = سطح مقطع کلی عضو می باشد.

ضریب سطح مؤثر (U) در اعضای کششی

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 اتصالهای جوشی، پیچی و یا پرچی، در صورتی که اتصال از طریق بالها برقرار شده و برای نبشی ها در صورتی که توسط یک بال متصل شده باشند و حداقل سه وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد: ۰/۸۵ = U

ب) در تمام اعضای با اتصال پیچی و یا پرچی که فقط دو وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تأثیر نیرو موجود باشد: ۰/۷۵ = U

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 ضریبu بشرح زیر بدست آید:

اگر	W > L > W 5/1	آنگاه	U = ۰/۷۵
و اگر	W 5/1 W > L > 2	آنگاه	U = ۰/۸۷
و اگر	< W2 L	آنگاه	U = ۱

که در آن:

L = طول جوش و

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

ت) ورقهای اتصال کششی

ورقهای اتصال اعضای خرپاها، مهاربندها و یا اتصالات شکل دیگر، که تحت اثر نیروی کششی قرار می گیرند، باید مطابق با بند ۱۰-۱-۴-۲ 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.

(۱۰-۱-۴-۳)

$$A_e = A_n \leq 0.85 A_g$$

۱۰-۱-۴-۲ تنشهای مجاز

تنش کششی مجاز (F_t) نباید از ۰/۶ بر روی سطح مقطع کل و یا از F_u ۰/۵ بر روی سطح مقطع موثر خالص تجاوز کند که تنش تسلیم و F_u تنش نهایی مصالح می باشند. علاوه بر این، قطعات کششی که با اتصال مفصلی و پین متصل می شوند، باید محدودیتهای بند ۱۰-۱-۴-۴ را در محل سوراخ پین تأمین کنند. مقاومت برشی و پارگی در اتصال انتهای اعضای کششی باید مطابق با بند ۱۰-۱-۴-۷ بررسی شود. قطعات کششی از تسمه های سرپهن، باید محدودیت های بند ۱۰-۱-۴-۳-الف را برآورده کنند.

۱۰-۱-۴-۳ اعضای کششی مرکب از چند نیمرخ یا نیمرخ و ورق

در عناصری که به طور سرتاسری در تماس با یکدیگر متصل می شوند، فاصلهء وسایل اتصال بین یک نیمرخ و ورق یا بین دو ورق نباید از مقادیر زیر بیشترشود:

الف) در قطعات رنگ شده و قطعاتی که رنگ نمی شوند ولی احتمال زنگ زدگی و خوردگی ندار ند، ۲۴ برابر ضخامت نازکترین ورق یا ۳۰۰ میلیمتر.

ب) در قطعات رنگ نشده که تحت اثر زنگ زدگی و خوردگی (حاصل از عوامل جوی) قرار گیرند، ۱۴ برابر ضخامت نازکترین ورق یا۲۰۰ میلیمتر.

در اعضای کششی که از دو (یا تعداد بیشتری) نیمرخ در تماس با یکدیگر تشکیل می شوند، فاصله محور به محور پیچها و پرچها و یا فاصلهء آزاد بین نوارهای جوش منقطع که آنها را به یکدیگر متصل می کند، نباید از ۶۰۰ میلیمتر بیشتر شود.

در اعضای کششی که از دو (یا تعداد بیشتری) نیمرخ و یا ورق تشکیل می شوند و بین آنها به فواصلی قطعات لقمه قرار گرفته و در این نقاط به یکدیگر متصل می شوند، فاصله لقمه ها و اتصالات باید طوری 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 قیدهای موازی (بدون بستهای چپ و راست) در وجوه باز نیمرخ مرکب مجاز است. ضلع قیدهای موازی در امتداد طول عضو باید حداقل یک دوم فاصله بین دو ردیف وسایل اتصالی باشد که قید را به عناصر عضو کششی متصل می کند. 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 ۱۵۰ میلیمتر تجاوز کند. فاصله قیدهای موازی از یکدیگر باید به اندازه ای باشد که ضریب لاغری هر یک از اجزای کششی متصل شده بین این قیدها، از ۳۰۰ بیشتر نشود.

در اعضای کششی مرکب با قیدهای موازی و یا مورب، دو انتهای عضو باید به کمک ورقهایی که طول آنها در امتداد عضو کمتر از ۱/۵ برابر فاصله مرکز به مرکز عناصر و یا طول اتصال نیست، به یکدیگر اتصال یابند

۱۰-۱-۴-۴ اعضای کششی با اتصالات لولایی

الف) تنشهای مجاز

تنش مجاز در مقطع باقیمانده، در محل سوراخ لولا در قطعه کششی نباید از ۴۵/۰ تجاوز کند.

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

در تسمه های سرپهن که شرایط بند ۱۰-۱-۴-۴-ب تأمین شده باشد، تنش مجاز برابر ۶/۰ بر سطح مقطع تسمه در نظر گرفته می شود.

ب) تسمه های لولا شده (شکل ۱۰-۱-۴-۱)

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

در قطعات با اتصال پین که انتظار می رود اتصال مفصلی تحت بارهای حداکثر، حرکت نسبی بین قطعات متصل شده را تسهیل کند، قطر سوراخ پین نباید بیش از ۱ میلیمتر بزرگتر از قطر پین باشد.

می توان گوشه های بعد از محور سوراخ را تحت زاویه ۴۵درجه 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

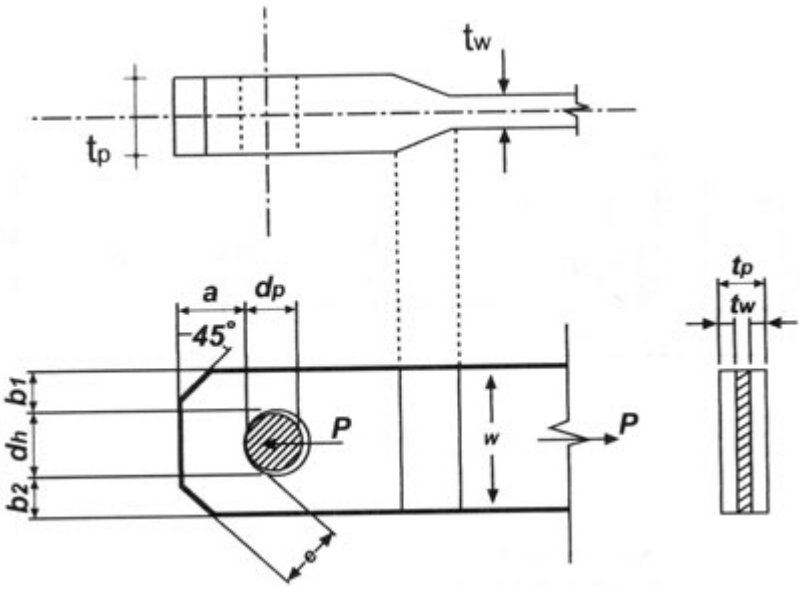
امتداد نیروی وارده نباشد.

پ) تسمه های سرپهن (شکل ۱۰-۱-۴-۲)

ضخامت تسمه های سرپهن باید یکنواخت باشد (در صورت لزوم، بدون در نظر داشتن ورقهای تقویتی متصل شده) همچنین سرپهن این تسمه ها باید دایره ای و هم مرکز با سوراخ پین باشد. شعاع قسمت ماهیچه ای شکل که در لبه اتصال قسمت پهن به تسمه وجود دارد، نباید از شعاع سردایره ای شکل کمتر باشد.

برای محاسبهء 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. فاصلهء بین لبهء سوراخ تا لبه تسمه در امتداد عمود بر نیروی وارده، نباید کمتر از $\frac{۲}{۳}$ و بیشتر از $\frac{۳}{۴}$ عرض تسمه در نظر گرفته شود.

قطر پین نباید از $\frac{۷}{۸}$ برابر عرض تسمه کمتر باشد. قطر سوراخ نباید بیش از ۱ میلیمتر بزرگتر از قطر پین باشد. برای فولادهای پرمقاومت (با تنش تسلیم بیش از ۴۰۰۰ کیلوگرم برسانتیمتر مربع یا] * ۴۰۰ نیوتن بر میلیمتر مربع[ )، قطر سوراخ نباید از ۵ برابر ضخامت تسمه تجاوز کند و عرض تسمه باید متناسب کاهش داده شود.



شکل ۱۰-۱-۴-۱ تسمه های لولا شده

(۱) نیازی به یکنواخت بودن ضخامت صفحه نیست. اتصالات قسمتهائی که در ناحیه سوراخ پین به صفحه وصل می شوند باید طوری باشند که نیروی منتقله توسط پین را تحمل کنند.

$$(۲) \quad wt_w \geq \frac{P}{۰/۶F_y}$$

$$(۳) \quad (b_1 + b_2)t_p \geq \frac{P}{۰/۴۵F_y}$$

(۴) $b_1 \le ۴t_p \ , b_2 \le ۴t_p$

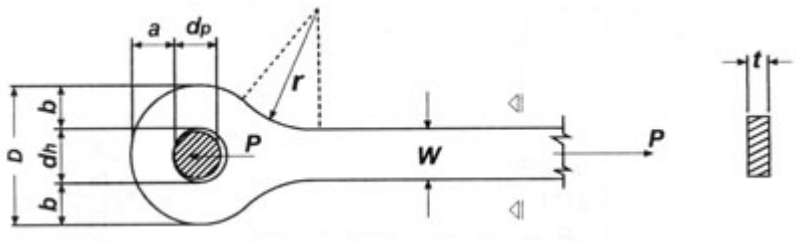
(۵) $a \ge \frac{۲}{۳}(b_1 + b_2)$

(۶) $e \ge a$

(۷) $d_h \ge ۱/۲۵ \min(a,b_1,b_2)$

(۸) $d_p t_p \ge \frac{P}{۰/۹F_y}$

(۹) $d_h - d_p \le ۱ \ mm$



شکل ۱۰-۱-۴-۲ اتصال لولایی تسمه های سرپهن

۱) ضخامت در طول تسمه یکنواخت باشد و تسمه در ناحیه سوراخ تقویت نشود

(۲) $wt_w \ge \frac{P}{۰/۶F_y}$

(۳) $۲bt \ge \frac{P}{۰/۴۵F_y}$

(۴) $t \ge ۱۲ \ mm$

(۵) $w \le ۸t$

(۶) $۱/۳۳w \le ۲b \le ۱/۵w$

(۷) $d_p \ge \frac{۷}{۸}w$

$$a = b \quad (۸)$$

$$r \geq D \quad (۹)$$

$$d_h - d_p \leq ۱ \ mm \quad (۱)$$

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰-٤ تحلیل و طراحی خمیری (پلاستیک)

۱۰-٤-۱ حدود کاربرد

با توجه به محدودیتهایی که در این بخش معین خواهد شد، طرح و محاسبه تیرهای ساده و یکسره، قابهای صلب با مهاربند و بدون مهاربند، به روش خمیری (بر مبنای مقاومت نهایی آنها) مجاز می باشد.

مقاومت نهایی، که بر حسب تحلیل مستدل تعیین می شود، نباید از مقدار مقاومت لازم برای تحمل بارهای ضریبداری مساوی ۱/۷ برابر بارهای زنده و مرده و یا از ۱/۳ برابر بارهای زنده و مرده به اضافه بار باد یا زلزله، کمتر باشد.

در کلیه قابهای خمشی (در صفحه قاب) باید شرایط سازه گروه (۱) مندرج در فصل ۱۰-۰-۲ برآورده شود. این مطلب مانع از آن نمی شود که در بعضی نقاط اتصالات ساده به کار رود، مشروط بر آنکه محدودیت های بند ۱۰-٤-۳ همین بخش تامین شود.

استفاده از سازه گروه (۲) برای اعضایی که بین قابهای صلب قرار می گیرند مجاز است. اتصالاتی که یک قسمت از سازه را (که بر مبنای روش خمیری طرح شد) به قسمتی دیگر (که بر این مبنا طرح نشده است) متصل می کند لزومی ندارد از اتصال معمولی با نبشی نشیمن، و نبشی فوقانی و یا اتصال معمو لی جان، صلب تر باشد.

اگر از روش خمیری به عنوان مبنای محاسبه برای تیرهای یکسره و قابها استفاده می شود، لازم نیست محدودیت های مربوط به روش تنش های مجاز رعایت شود. به عبارت دیگر جز حالتهایی که قوانین این بخش جانشین شده باشد، در بقیه موارد محدودیت های بخشهای ۱۰-۰ تا ۱۰-۲ معتبر می باشد.

برای تیرهای عبورگاه جراثقالها، طراحی تیرهای یکسره به روی مقاومت نهایی توصیه نمی شود. ولی برای قابهای خمشی تیرهای عبورگاه جراثقال را نگهداری می کنند، می توان در حدود مقررات این بخش عمل کرد.

۱۰-٤-۲ فولاد ساختمانی

فولاد مناسب برای سازه ای که به روش خمیری تحلیل و طراحی می شود، به طور کلی عبارت است از: فولادهای نرمه کربن دار معمولی تا فولادهای پرمقاومت آلیاژی (مثلا با ترکیبی از منگنز، وانادیوم و یا کلمبیم) حد (F_y) این فولادها از حدود ۲۳۰۰ تا ٤۵۰۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع متغیر و مقاومت کششی نهایی آنها حداقل ۱/۳ برابر حد جاری شدنشان می باشد.مشخصات فولاد مصرفی طبق استاندارد مربوط، باید در مدارک طرح و محاسبه قید شود.

۱۰-٤-۳ مبنای تعیین حداکثر مقاومت

برای قابهای یک یا دو طبقه (تماما با اتصالات گروه (۱) مندرج در فصل ۱۰-۰-۲)، حداکثر مقاومت را می توان با تحلیل حدی معمولی تعیین کرد و اثر کمانش و ناپایداری قاب (اثر $P-\Delta$) را نادیده گرفت. برای قابهای مهاربندی شده چند طبقه، باید اثر ناپایداری قاب را در تحلیل و طراحی مقطع مهاربندها و نیز اعضای قاب در نظر گرفت. برای قابهای مهاربندی نشده چند طبقه، باید اثر ناپایداری قاب را مستقیما" در محاسبه مقاومت حداکثر در نظر گرفت.

۱۰-٤-۳-۱ پایداری قابهای مهاربندی شده

سیستم مهاربند 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 ضریبدار جلوگیری می کند.

۲- زمانی که رانش جانبی تحت اثر بارهای ضریبدار قائم به اضافه بارهای ضریبدار جانبی در نظر گرفته شود، پایداری جانبی سازه را تامین می کند.

اگر اتصال دیوارهای خارجی و داخلی، کفها و سقفها با قابهای ساختمان به خوبی صورت گرفته باشد، مجاز است که در محاسبه عمل مهاربند قائم را توام با کمک این قسمتها (آنهایی که در امتداد نظیر وارد عمل می شوند) در نظر گرفت.

اگر ستونها، شاهتیرها، تیرها و مهاربندهای چپ و راست در دستگاه مهاربند قائم به کار روند، می توان آنها را به صورت یک طره خرپایی شکل در نظر گرفت که در آن گره های این تیر مشبک از نوع اتصالات ساده است و با این مفروضات تحلیل کمانش قاب و ناپایداری جانبی را انجام داد.

تغییر طول محوری اعضای مربوط به دستگاه مهاربند قائم را باید در محاسبه پایداری جانبی منظور کرد. نیروی محوری در این اعضا که از اثر بارهای قائم ضریبدار به اضافه بارهای جانبی ضریبدار به وجود می آید، نباید از $۰/۸۵P_y$ تجاوز کند (P_y حاصل ضرب تنش جاری شدن در سطح مقطع عضو می باشد).

ابعاد تیرها و شاهتیرهایی که در دستگاه مهاربند قائم قاب چند طبقه شرکت دارند باید برای نیروهای محوری و لنگرهای خمشی همزمان، حاصل از بارهای ضریبدار جانبی و بارهای ضریبدار قائم و طبق رابطه (۱۰-٤-۲) تعیین شوند. در این رابطه P_{cr} حداکثر مقاومت محوری تیر بر حسب ضریب لاغری موجود بین نقاط تکیه گاه جانبی آن در صفحه خمش می باشد.

۱۰-٤-۳-۲ پایداری قابهای مهاربندی نشده

مقاومت یک قاب چند طبقه بدون مهاربند 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 $۰/۷۵P_y$ تجاوز کند.

۱۰-٤-٤ ستون ها

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 بند ۱۰-۱-۵-۲ تعیین شد بیشتر شود.
حداکثر مقاومت یک عضو فشاری تحت اثر بار محوری باید برابر با مقدار رابطه (۱۰-٤-۱) در نظر گرفته شود:

(۱۰-٤-۱)

$$P_{cr} = ۱/۷ F_a A$$

که در آن:

A = سطح مقطع کلی عضو و

F_a = مقداری است که از رابطه (۱۰-۱-۵-۱) 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 اندرکنشی زیر را برآورده کنند:

(۱۰-٤-۲)

$$\frac{P}{P_{cr}} + \frac{C_m M}{(۱ - \frac{P}{P_e}) M_m} \leq ۱/۰$$

(۱۰-٤-۳)

$$\frac{P}{P_y} + \frac{M}{۱/۱۸ M_p} \leq ۱/۰ : M \leq M_p$$

که در آن:

M = حداکثر لنگر ضریبدار

P = نیروی محوری ضریبدار

P_e = $\frac{۲۳}{۱۲} F'_e A$ بار کمانش اولر.

که در آن:

F'_e = مطابق بند ۱۰-۱-٦-۱ تعیین می گردد.

C_m = ضریبی که در بند ۱۰-۱-۶-۱ تعیین شده است.

M_m = حداکثر لنگری که عضو می تواند در صورت عدم وجود بار محوری تحمل کند.

$F_y.Z = M_p$ لنگر خمیری (Z اساس مقطع خمیری) برای ستونهایی که در جهت ضعیف مهاربندی شده باشند:

(۱۰-٤-٤)

$$M_m = M_{px}$$

برای ستونهایی که در جهت ضعیف مهاربندی نشده باشند:

(۱۰-٤-٥)

$$M_m = \left[۱/۰۷ - \frac{(\frac{L}{r_y})\sqrt{F_y}}{۲۶/۵\times ۱۰^۲} \right] M_{px} \le M_{px}$$

در رابطه فوق F_y بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد.

$$SI: M_m = \left[۱/۰۷ - \frac{(\frac{L}{r_y})\sqrt{F_y}}{۸/۲۸\times ۱۰^۲} \right] M_{px} \le M_{px}$$

که در آن F_y بر حسب نیوتن بر میلیمتر مربع می باشد.

۱۰-٤-٥ برش

بجز حالت تقویت با قطعات تقویتی قطری و ورقهای مضاعف کننده، ابعاد جان ستونها، تیرها، شاهتیرها به انضمام سطوحی که در منطقه اتصال هستند، باید طوری محاسبه شود که رابطه (۱۰-٤-٦) صادق باشد.

(۱۰-٤-٦)

$$V \le ۰/۵۵F_y t_w d$$

که در آن:

V = برش ناشی از بارهای ضریبدار

= ارتفاع کلی نیمرخ و

t_w = ضخامت جان است.

۱۰-٤-٦ لهیدگی جان

قطعات تقویتی جان در نقطه تاثیر بارها، در محلهایی که امکان تشکیل مفصل خمیری وجود دارد، باید گذارده شود. در نقاطی از عضو که بار متمرکز توسط بالهای عضو دیگری که به آن (به صورت گوشه قاب) متصل است، وارد می شود 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 بند ۱۰-۱-۸-۱ پیش بینی شود.

۱۰-٤-۷ 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 زاویه ای در مفصل خمیری (در بارهای نهایی) قرار می گیرند، نباید از مقدار زیر تجاوز کند:

$$SI: \left[\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{130}{\sqrt{F_y}}\right]^*$$

$$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{42}{\sqrt{F_y}}$$

F_y = تنش جاری شدن (kg/cm2) یا *[N/mm2]

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 قوطی شکل و ورقهای تقویتی نباید از

$\frac{۱۵۹۰}{\sqrt{F_y}}$ یا تجاوز کند. برای این حالت پهنای ورق تقویتی باید برابر فاصله بین دو خط اتصال پیچ و پرچ و یا جوش در دو 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 (۱۰-٤-۷) یا (۱۰-٤-۸) به دست می آید، بیشتر شود:

وقتی که $\frac{P}{P_y} \le ۰/۲۷$ است؛

(۱۰-٤-۷)

$$\frac{d}{t} = \frac{۳۴۵۰}{\sqrt{F_y}}(۱ - ۱/۴\frac{P}{P_y})$$

$$SI: \left[\frac{d}{t} = \frac{۱۱۰۰}{\sqrt{F_y}}(۱ - ۱/۴\frac{P}{P_y})\right]^*$$

وقتی که $\frac{P}{P_y} > ۰/۲۷$ است؛

(۱۰-٤-۸)

$$\frac{d}{t} = \frac{۲۱۵۰}{\sqrt{F_y}}$$

$$SI: \left[\frac{d}{t} = \frac{۶۸۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$$

۱۰-٤-۸ اتصالات

کلیه اتصالاتی که سختی و صلبیت آنها در یکسرگی 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 (ماهیچه ها) که به صورت شیبدار یا منحنی (با توجه به

شرایط معماری) ساخته می شوند، باید طوری طراحی 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 می شود، 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 می گذرد قرار داده شود.

پیچها، پرچها و جوشها باید طوری محاسبه شوند که در مقابل نیروهای حاصل از بارهای ضریبدار با به کار بردن تنشهای ۱/۷ برابر آنچه که در بخشهای ۱۰-۰ تا ۱۰-۲ 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 نمی باشد.

استفاده از پیچهای پرمقاومت در گره هایی که سطوح تماس آنها رنگ شده است در صورتی مجاز است که این گره های 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.

۱۰-٤-۹ مهار جانبی اعضا

اعضای باربر باید به خوبی مهار شوند تا از جابجایی های جانبی و پیچشی در محل مفصلهای خمیری (که در ضمن مکانیزم خرابی به وجود می آید) جلوگیری شود. طول مهار نشده جانبی $\mathbf{L_{cr}}$ (فاصله بین تکیه گاه های جانبی) از نقطه تکیه گاه جانبی در محل مفصل خمیری تا تکیه گاه جانبی بعدی (روی عضو) نباید از مقدار حاصل از رابطه (۱۰-٤-۹) یا (۱۰-٤-۱۰) بیشتر باشد:

(۱۰-٤-۹)

$$-۰/۵ < \frac{M}{M_p} < ۱/۰ \quad :$$

$$\frac{L_{cr}}{r_y} = \frac{۹۶/۷ \times ۱^{۲}}{F_y} + ۲۵$$

$$SI: \left[\frac{L_{cr}}{r_y} = \frac{۹۶/۷ \times ۱^{۲}}{F_y} + ۲۵ \right]^*$$

(۱۰-٤-۱۰)

$$-۱/۰ < \frac{M}{M_p} \leq ۰/۵ \quad :$$

$$\frac{L_{cr}}{r_y} = \frac{۹۶/۷ \times ۱^{۲}}{F_y}$$

$$SI: \left[\frac{L_{cr}}{r_y} = \frac{۹۶/۷ \times ۱^{۲}}{F_y} \right]^*$$

که در آن:

r_y = شعاع ژیراسیون حول محور ضعیف مقطع،

M = لنگر کوچکتر در دو انتهای طول مهار نشدهء عضو،

$\frac{M}{M_p}$ = نسبت لنگر انتهایی. (این نسبت مثبت است وقتی که قطعه در دو انحنا خم شود (انحنای مضاعف) و منفی است وقتی که در یک انحنا خم شود(انحنای ساده).

در منطقه تشکیل آخرین مفصل خمیری و همچنین در مناطقی که در مجاورت مفصلهای خمیری نیستند، فاصله حداکثر بین تکیه گاههای جانبی باید طوری باشد که محدودیتهای روابط(۱۰-۱-۲-۲) و (۱۰-۱-۲-۳) و یا (۱۰-۱-۲-٤) و همچنین روابط (۱۰-۱-٦-۱) و (۱۰-۱-٦-۲) را برآورده کند. مقادیر f_a و f_b باید از روی لنگر و نیروی محوری در بارگذاری ضریبدار محاسبه و بر ضریب بار مربوط تقسیم شوند.

برای اعضایی که در داخل یک دیوار با مصالح بنایی قرار می گیرند و جان آنها عمود بر دیوار است، می توان فرض کرد که نسبت به محور ضعیف خود تکیه گاه جانبی دارند.

۱۰-٤-۱۰ ساخت

شرایط مربوط به اجرا و نوع کار مندرج در بخش های ۱۰-۰ تا ۱۰-۲ برای ساخت سازه ای که به روش مقاومت نهایی طرح و محاسبه شده نیز با توجه به محدودیت های زیر صادق می باشد:

الف) از لبه برش شده با قیچی در محل مفصلهای خمیری (که تحت اثر دوران زاویه ای از بارگذاری ضریبدار قرار می گیرد) باید پرهیز شود. در غیر این صورت باید لبه ها به وسیله تراشیدن، سنگ زدن و ماشین کردن کاملا صاف شود.

ب) در محل مفصلهای خمیری (که تحت اثر دوران زاویه ای از بارگذاری ضریبدار قرار می گیرد) سوراخهای پیچ و پرچ باید پیش منگنه شده، سپس برقو زده شود یا از مته برای سوراخ کامل استفاده گردد.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰ -۱-۵ اعضای فشاری (ستونها)

این فصل به قطعات منشوری با مقطع فشرده و غیر فشرده (طبق تعریف بند ۱۰-۱-۱-۹) تحت اثر فشار محوری در امتداد محور مرکزی عضو می پردازد. برای اعضایی که تحت اثر مشترک فشار محوری و لنگر خمشی قرار می گیرند، به فصل ۱۰-۱-۶ مراجعه شود. اعضای فشاری می توانند از نیمرخ تک، نیمرخهای مرکب و یا نیمرخهای ساخته شده از ورق باشند.

۱۰-۱-۵-۱ طول مؤثر و ضریب لاغری

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

۱۰-۱-۵-۲ تنشهای مجاز

الف) در اعضای تحت اثر فشار محوری، که اجزای مقطع آن محدودیتهای جدول ۱۰-۱-۱-۱ را برآورده کند، اگر ضریب لاغری $(\lambda = \frac{KL}{r_{min}})$ حداکثر آن کمتر از مقدار C_c باشد، تنش مجاز از رابطه (۱۰-۱-۵-۱) تعیین می شود:

(۱۰-۱-۵-۱)

$$F_a = \frac{1}{F.S.}\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{\lambda}{C_c}\right)^2\right]F_y$$

$$F.S. = 1/67 + 0/375\left(\frac{\lambda}{C_c}\right) - 0/125\left(\frac{\lambda}{C_c}\right)^3$$

که در آن:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} = \frac{6440}{\sqrt{F_y}} \qquad \left[C_c = \frac{2055}{\sqrt{F_y}}\right]^*$$

یا SI:

ب) اگر لاغری حداکثر $(\lambda = \frac{KL}{r_{min}})$ بزرگتر از C_c باشد ، تنش فشاری مجاز برای مقطع کلی عضو تحت اثر فشار محوری از رابطه (۱۰-۱-۵-۲) تعیین می شود:

(۱۰-۱-۵-۲)

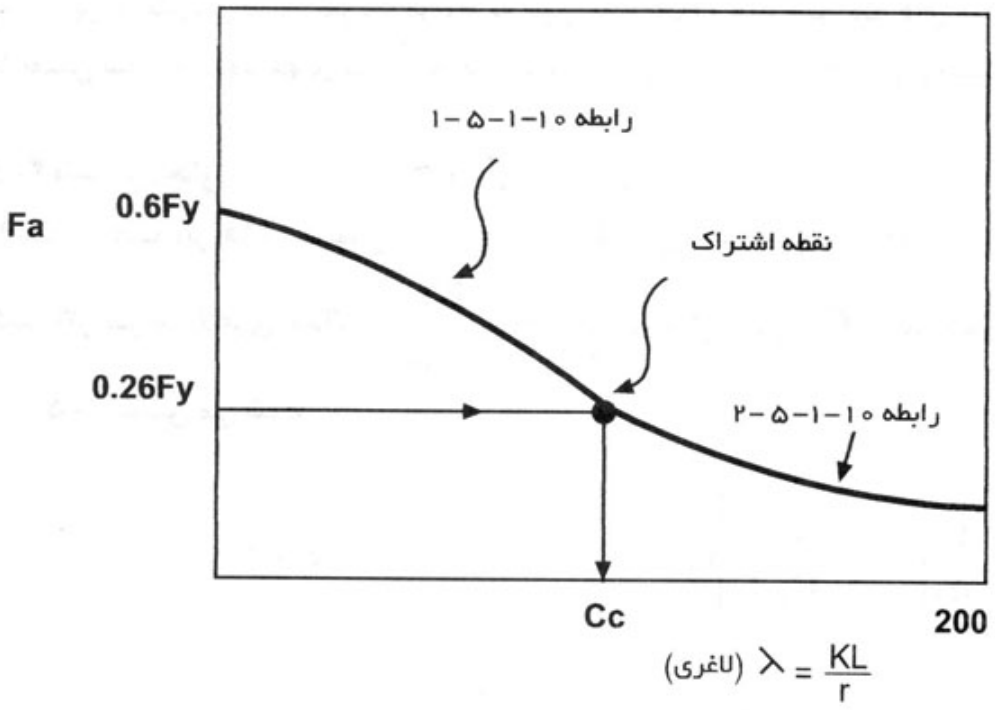
$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(\lambda)^2} = \frac{1055\times 10^5}{\lambda^2} \qquad \left[F_a = \frac{1055\times 10^4}{\lambda^2}\right]^*$$

یا SI:

λ = لاغری حداکثر عضو فشاری

C_c = لاغری مرزی بین کمانش ارتجاعی و غیر ارتجاعی

$F.S.$ = ضریب اطمینان



شکل ۱۰-۱-۵-۱

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 شده ای که جدار آنها خیلی نازک باشد و نیز مقاطع غیرمتقارن، بررسی کمانش خمشی پیچشی یا کمانش پیچشی لازم است. در این خصوص به مراجع معتبر مراجعه گردد.

۱۰-۱-۵-٤ اعضای فشاری مرکب (ساخته شده)

کلیه قسمتهای اعضای فشاری مرکب و فواصل بین وسایل اتصال در آنها باید شرایط بند ۱۰-۱-۱-۸ و ۱۰-۱-۱-۹ را ارضا کنند. برای محدودیتهای فاصله بین وسایل اتصال و فاصلهء تا لبه عضو در اعضایی که تحت اثر عوامل جوی قرار می گیرند به بند ۱۰-۱-۷-۳-ذ مراجعه شود.

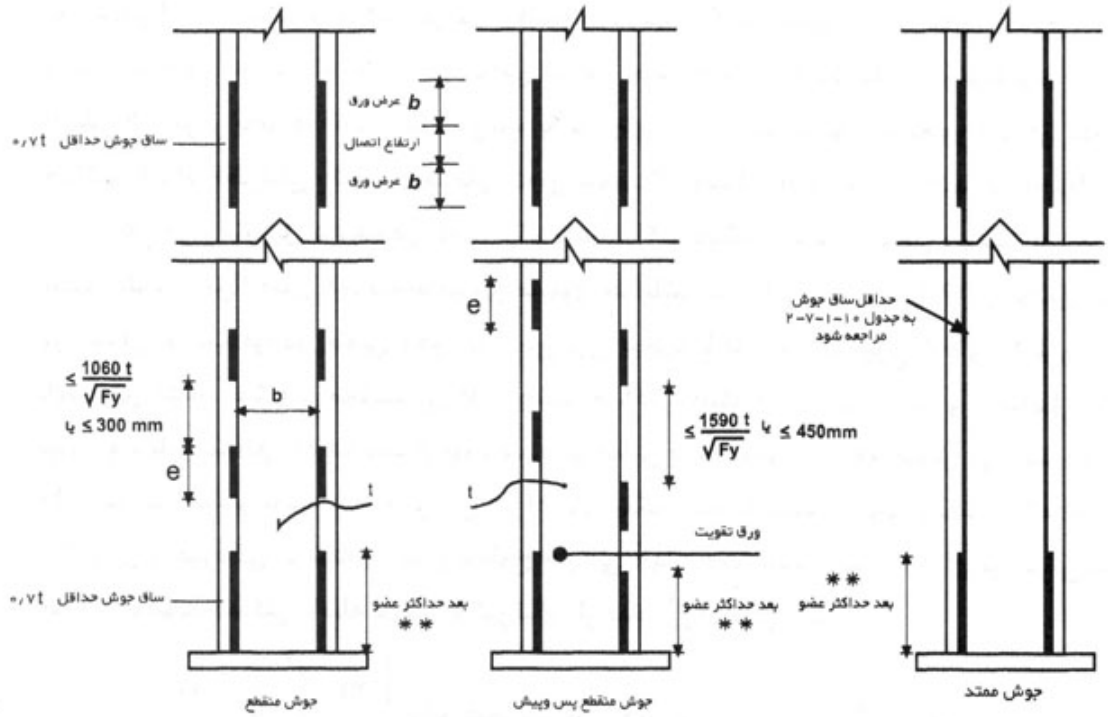
الف: اعضای فشاری مرکب از نیمرخ ها و ورقهای سراسری (جان پر)

در انتهای اعضای فشاری مرکب، در محل فشار مستقیم بر کف ستونها و یا در محل سطوح صاف و تنظیم شده در درز وصله ها، تمام اجزایی که در تماس فشاری با یکدیگر قرار میگیرند باید در فاصله ۱/۵ برابر بعد حداکثر مقطع مرکب با پیچهایی که فاصله محور به محور آنها از یکدیگر حداکثر ٤ برابر قطرشان باشد به یکدیگر متصل شوند. اگر وسیله اتصال جوش باشد، در محلهای یاد شده باید اجزاء تشکیل دهنده در طولی برابر بعد حداکثر مقطع مرکب، با جوش پیوسته به یکدیگر متصل شوند. این اتصال باید بتواند نیروی مساوی حاصلضرب سطح ورق در F_y ۰/٦ را تحمل نماید. در اعضای مرکب فواصل طولی محور به محور بین پیچها یا فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع باید برای انتقال تنشهای محاسباتی کافی باشد. حداکثر فاصله طولی بین پیچها و یا فواصل خالص بین جوشهای منقطع، که دو نیمرخ نورد شده در تماس با یکدیگر را به هم متصل می کند نباید از ٤۵۰میلیمتر بیشتر باشد. علاوه بر این در اعضای رنگ شده یا اعضای رنگ نشده ای که احتمال زنگزدگی و خوردگی نداشته باشند و سطوح خارجی آنها از ورق باشد، چنانچه از جوش طولی ممتد استفاده نشود، حداکثر فاصله طولی مذکور نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

۱- $\frac{۱۰۶۰}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[\frac{۲۴۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ برابر ضخامت ورق خارجی و حداکثر ۳۰۰ میلیمتر برای حالتی که اتصالات در خطوط اتصال مجاور پس و پیش نباشند. (شکل ۱۰-۱-۵-۲)

۲- $\frac{۱۵۹۰}{\sqrt{F_y}}$ یا $\left[\frac{۵۰۰}{\sqrt{F_y}}\right]^*$ برابر ضخامت ورق خارجی و حداکثر ٤۵۰ میلیمتر برای حالتی که اتصالات در خطوط اتصال مجاور پس و پیش قرار گیرند.

(شکل ۱۰-۱-۵-۲)



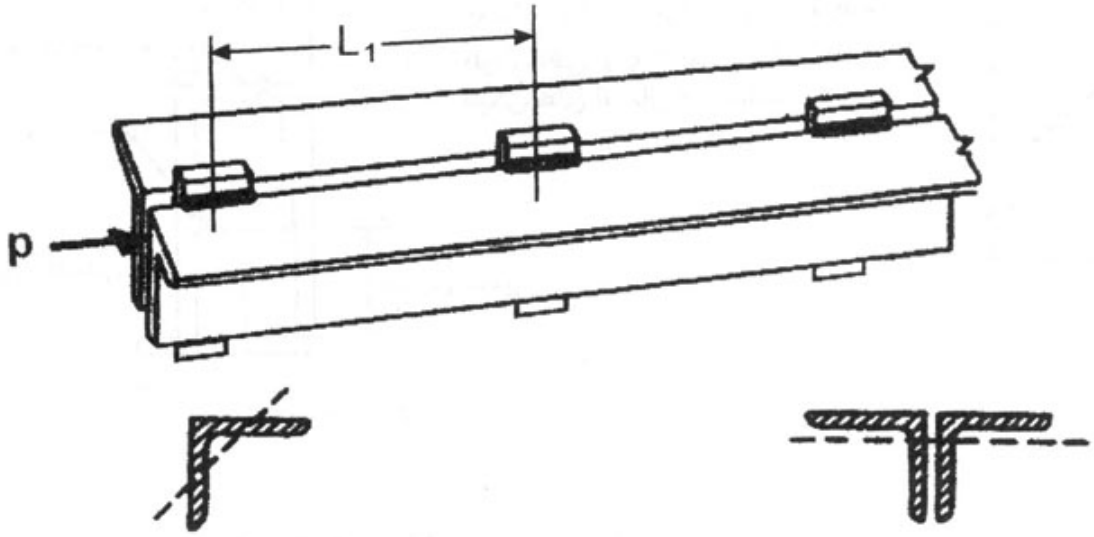
e = حداقل طول جوش مساوی t10 که t ضخامت ورق است و حداقل ساق جوش طبق جدول ۱۰-۱-۷-۲ می باشد.

** این جوش باید بتواند نیروی مساوی حاصلضرب سطح مقطع ورق در Fy6/0 را تحمل نماید.

شکل ۱۰-۱-۵-۲ ستون مرکب با ورق سرتاسری

ب: اعضای فشاری مرکب با لقمه

اعضای فشاری که از دو یا چند نیمرخ نورد شده ساخته شوند و با گذاردن قطعات لقمه در بین آنها به یکدیگر متصل گردند، فواصل لقمه ها (یا نقاط اتصال) باید طوری باشد که ضریب لاغری حداکثر $\left(\frac{L_1}{r_1}\right)$ هر نیمرخ در قسمتی که بین دو لقمه قرار دارد از $\frac{3}{4}$ ضریب لاغری تعیین کننده کل عضو مرکب تجاوز نکند. (L_1 فاصله مرکز به مرکز لقمه ها می باشد و شعاع ژیراسیون حداقل هر نیمرخ، ملاک محاسبه ضریب لاغری آن خواهد بود) در طول طول (به شرح بالا) بین دو سر آن باید موجود باشد. کلیه اتصالات (شامل آنهایی که در دو انتهای عضو هستند) باید جوشی یا در آنها از پیچهای اصطکاکی استفاده شده باشد.



محـور شـعاع ژیراسـیون حـداقل مقطـع مرکـب
ژیراسیون حداقل تک عضو

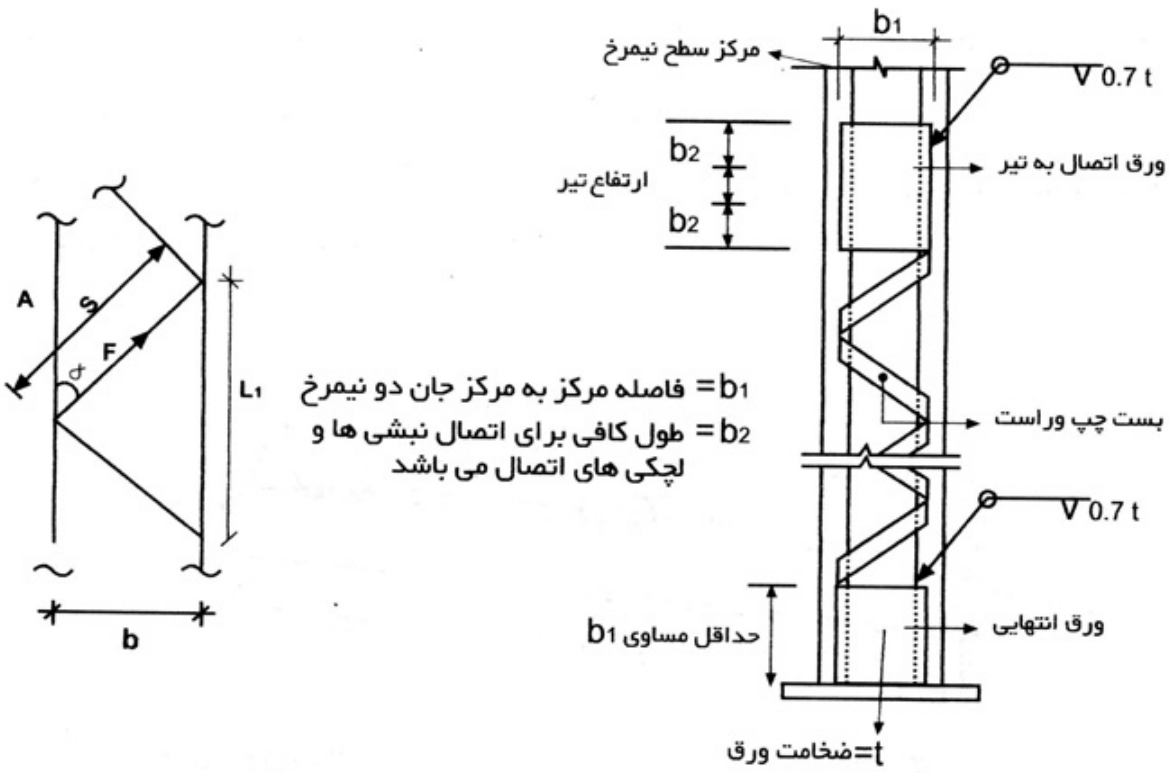
محـور شـعاع

(استفاده از مقطع نبشی فقط برای نمایش است و سایر نیمرخها نیز قابل استفاده هستند)

شکل ۱۰-۱-۵-۳ اعضای فشاری مرکب با لقمه

پ) اعضای فشاری مرکب با بستهای چپ و راست

ستونها و اعضای فشاری مرکب که از نیمرخها و بستهای چپ و راسـت سـاخته مـی شوند و نـیز اعضـای فـشاری مرکـبی کـه از نیمرخها و ورقها ساخته می شوند و لازم است در طرف باز آنها از بست چپ و راست استفاده شود، باید شرایط زیر را ارضا کنند:



شکل ۱۰-۱-۵-٤ ستون مرکب با بست های چپ و راست

ورق انتهایی، و ورق اتصال به تیر

بستهای چپ و راست در انتهای عضو، باید به ورق انتهایی ختم شوند. (شکل ۱۰-۱-۵-٤). همچنین در قسمتهای میانی عضو که نظم بستهای چپ و راست به علت تقاطع با عضو دیگری به هم خورده باشد، باید ورقهای اتصال به تیر گذارده شود. ورقهای انتهایی باید تا حد امکان به دو انتهای عضو نزدیک باشد. در اعضای اصلی که تنشهای محاسبه شده ای را تحمل می کنند، طول ورقهای انتهایی (در امتداد طول عضو) باید حداقل برابر فاصله عرضی دو خط اتصال خود به عضو اصلی باشد و طول ورقهای اتصال به تیر باید فضای کافی برای برقراری اتصال را داشته باشد.ضخامت ورقهای انتهایی و اتصال به تیر نباید از $\frac{۱}{۴۰}$ فاصله بین دو خط اتصال دو طرف آن کمتر شود. اگر وسیله اتصال ورقهای انتهایی و اتصال به تیر، پیچ باشد، فاصله این وسایل اتصال از یکدیگر در امتداد تنش نباید از ٦ برابر قطر آنها تجاوز کند و در هر طرف خود حداقل سه عدد پیچ داشته باشند. اگر وسیله اتصال ورقهای انتهایی و اتصال به تیر جوش باشد، باید دورتادور جوش شود.

بستهای چپ و راست

بستهای چپ و راست را می توان از تسمه، نبشی، ناودانی یا مقطع مناسب دیگر انتخاب کرد. بستهای چپ و راست را باید طوری قرار داد که ضریب لاغری حداکثر نیمرخ محصور بین نقاط اتصال آنها از $\frac{۳}{۴}$ ضریب لاغری تعیین کننده کلی عضو بیشتر نشود.

بستهای چپ و راست را باید برای تحمل اثر نیروی برشی ستون به علت نیروهای خارجی به علاوه ۲ درصد بارمحوری عضو فشاری طراحی کرد. نسبت $\frac{L}{r}$ برای بستهای چپ و راست تکی نباید از ۱۴۰ تجاوز کند. برای بستهای چپ و راست به صورت زوج (ضربدری) این نسبت نباید از ۲۰۰ بیشتر شود. بستهای چپ و راست زوج که به صورت ضربدری 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 مرکز هندسی اتصالات (پیچ، پرچ یا جوش) دو سر آنها به عضو فشاری و در بستهای زوج ضربدری ۷۰ درصد این فاصله به حساب می آید. زاویهء تمایل امتداد بستها نسبت به محور طولی عضو، نباید کمتر از ٤٥ درجه باشد. اگر فاصله بین مرکز هندسی اتصالات (پیچ یا جوش) دو سر بست بیش از ٤۰۰ میلیمتر باشد، ارجح است که بستها به صورت زوج در نظر گرفته شوند و یا از نیمرخ نبشی طراحی گردند.

لاغری معادل

لاغری معادل نسبت به محور عمود بر صفحهء بستهای چپ و راست از رابطه زیر بدست می آید:

$$\lambda_e = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_1^2}$$

λ = لاغری کلی عضو فشاری نسبت به محور عمود بر صفحه بستهای چپ و راست

λ_1 = لاغری موضعی که برای بستهای چپ و راست برابر است با:

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A}{2A_d} \cdot \frac{S^2}{L_1 b^2}}$$

A = سطح مقطع کلی عضو فشاری

A_d = سطح مقطع بست چپ و راست

S = طول بین مراکز هندسی اتصال دو انتهای بست چپ و راست (شکل ۱۰-۱-۵-٤)

L_1 = طول مرکز به مرکز مهارنشدهء تک نیمرخ

b = فاصله مراکز سطح مقطع نیمرخها

طراحی بست چپ و راست

نیروی محوری بست چپ و راست از رابطه زیر بدست می آید:

$$F = \frac{V}{2 \sin \alpha}$$

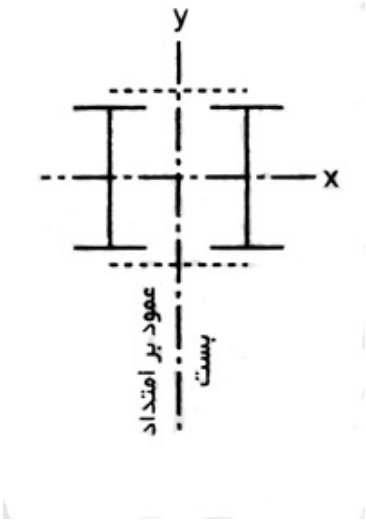
$\mathbf{V}$ = مجموع نیروی برشی ناشی از بارگذاری جانبی* و برش ناشی از کمانش که مقدار اخیر ۲ درصد نیروی فشاری عضو فشاری مرکب در نظر گرفته می

شود.

ت) ستونها و اعضای فشاری مرکب با بست موازی (شکل ۱۰-۱-۵-۵)

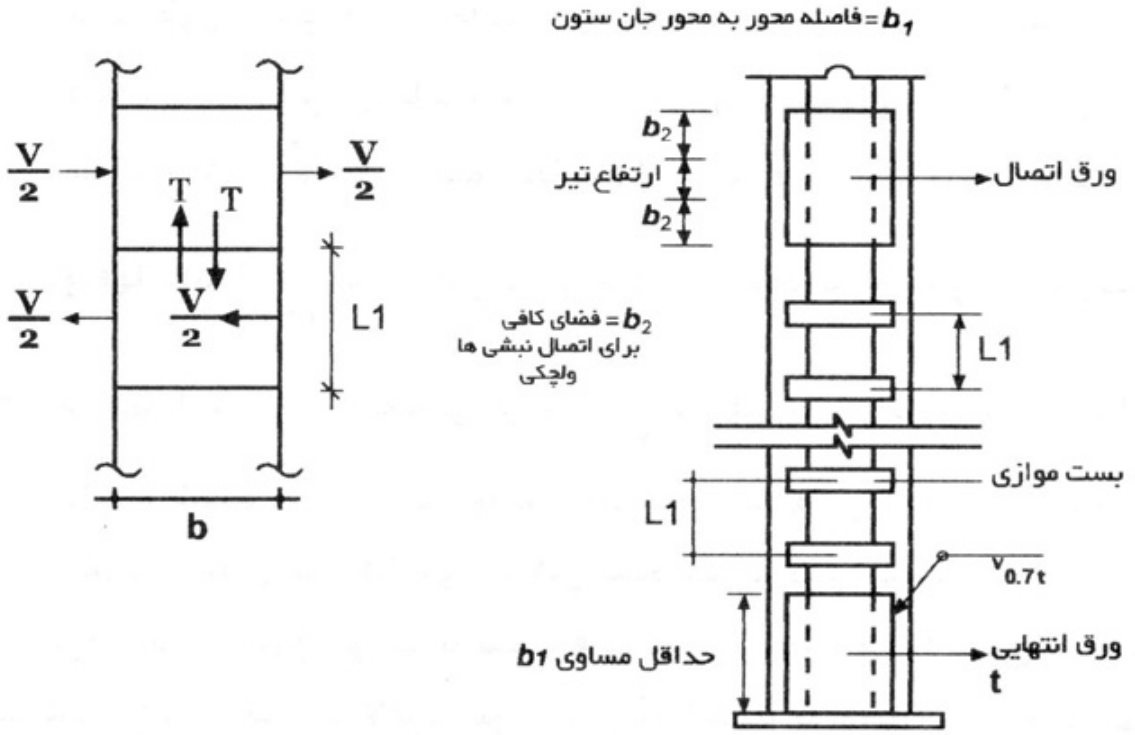
ستونها و اعضای فشاری مرکبی که از نیمرخها و بستهای موازی و عمود بر محور طولی عضو ساخته می شوند، باید شرایط زیر را داشته باشند:

۱- بستهای میانی باید به تعدادی باشد که طول عضو فشاری (بین ورقهای قیدهای انتهایی) را حداقل به سه قسمت تقسیم کند.



۲- فاصلهء بستها از یکدیگر باید به اندازه ای باشد که ضریب لاغری تک نیمرخ عضو فشاری $\left(\frac{L_1}{r_1}\right)$ در قسمتی که بین دو بست متوالی 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 $\mathbf{y-y}$ (محور عمود بر امتداد بست) و L_1 فاصله مرکز به مرکز قیدها در امتداد طول عضو و r_1 شعاع

ژیراسیون حداقل تک نیمرخ می باشد.



شکل ۱۰-۱-۵-۵ ستون با بست های موازی

۳- بستهای موازی و اتصالات آنها باید برای تحمل لنگر خمشی و نیروی برشی وارده محاسبه شوند. فرض میشود لنگر و برش مؤثر بر بستها حاصل از نیروی برشی جانبی $\mathbf{V}$ میباشد که در امتداد عمود بر محور طولی عضو فشاری به موازات صفحهء بستها 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 بست در روی دو سطح موازی عضو، به تساوی تقسیم می شود.

۴- بستها را میتوان از تسمه، ورق، ناودانی و یا نیمرخ I انتخاب کرد. اتصال بستها به نیمرخهای اصلی عضو فشاری باید توسط پیچ، پرچ و یا جوش دورادور صورت گیرد به طوری که هر اتصال و نیز مقطع هر بست در مقابل نیروی برشی طولی (عمود بر امتداد بست) $T_1 = \frac{V.L_1}{۲b}$ و لنگر خمشی $M_1 = \frac{V.L_1}{۴}$ مقاوم باشد. در روابط فوق:

$\mathbf{V}$ = نیروی برشی جانبی ستون (طبق تعریف مندرج در زیر بند ۳ فوق)،

L_1 = فاصلهء مرکز به مرکز بستها در امتداد طول عضو، مطابق شکل ۱۰-۱-۵-۵

$\mathbf{b}$ = فاصله بین مرکز هندسی اتصالهای دو سر بست است.

۵- ورقهای انتهایی که در دو سر عضو فشاری قرار می گیرند، باید حداقل طولی (در امتداد محور طولی عضو) برابر با فاصله بین مراکز سطح نیمرخهای تشکیل دهنده عضو فشاری را داشته باشند. این ورقها باید با جوش دورادور با بعدی مساوی t7/0 و یا بعد جوش حداقل، هر کدام که بزرگترند، به نیمرخها متصل شوند. t ضخامت ورق انتهایی است. ضخامت این ورقها نباید از $\frac{۱}{۴۰}$ فاصله بین مراکز هندسی اتصالات روی خود کمتر باشد.

۶- بستها باید حداقل ضخامتی برابر با $\frac{۱}{۴۰}$ فاصله بین مراکز هندسی اتصالات دو سر خود را داشته باشند. رعایت محدودیت اخیر برای بستهایی که از نیمرخ ناودانی و یا I با بالهای عمود بر سطح عضو فشاری تشکیل شده باشند، لازم نیست.

اگر در طرح عضو فشاری مرکب با بست های موازی تنها، محدودیتهای زیر بندهای ۱ تا ٦ فوق رعایت شده با شد، ضریب لاغری مؤثر (λ_{ye}) نسبت به محور $y-y$ (محور عمود بر صفحه بستها) را می توان از رابطه (۱۰-۱-۵-۳) تعیین کرد:

(۱۰-۱-۵-۳)

$$\lambda_{ye} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}$$

در این رابطه $\lambda_y = \frac{K_y L_y}{r_y}$ ضریب لاغری اسمی نسبت به محور $y-y$ و λ_1 ضریبی است که از رابطه (۱۰-۱-۵-٤) به دست می آید:

$$\lambda_1 = \frac{L_1}{r_1}$$

(۱۰-۱-۵-٤)

که در آن:

L_1 = فاصله مرکز به مرکز بست در امتداد طولی عضو،

r_1 = شعاع ژیراسیون حداقل هر یک از نیمرخهای فشاری تک می باشد.

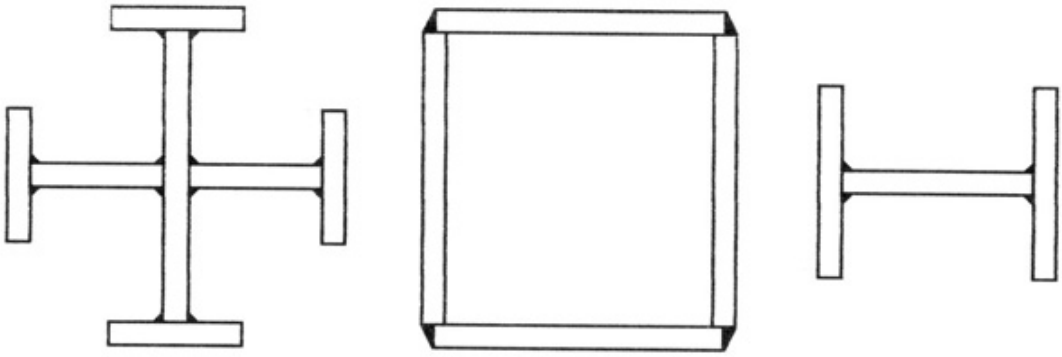
۱۰-۱-۵-۵ اعضای فشاری ساخته شده از ورق

اعضای فشاری ساخته شده از ورق غالبا" در مقاطع زیر ساخته می شوند:

۱- مقطع H

۲- مقطع قوطی

۳- مقطع صلیبی



شکل ۱۰-۱-۵-٦ مقاطع اعضای فشاری ساخته شده از ورق

جوش اتصال دهنده بال به جان

جوشی که بال ستون را به جان متصل می کند، شرایط زیر را باید برآورده سازد:

الف - باید بتواند برش ناشی از تغییرات لنگر خمشی در طول ستون را انتقال دهد.

ب - در محل اتصال تیر به ستون به علت تغییرات ناگهانی لنگر خمشی، مقدار نیروی برشی* بصورت موضعی تشدید خواهد یافت، لذا تقویت جوش در این ناحیه الزامی است.

پ - نیروی کششی ناشی از بال تیر، ایجاد تنش متمرکز بزرگی در این جوش می نماید، مگر اینکه نیروی مذکور با استفاده از ورقهای پیوستگی مستقیما" به بال مقابل انتقال یابد. در این مورد باید مطابق بند ۱۰-۱-۵-۷ عمل نمود.

ت - ارجح است که این جوش پیوسته باشد.

۱۰-۱-۵-٦ اعضای فشاری با اتصال لولایی

اتصال مفصلی در اعضای فشاری باید محدودیتهای بند ۱۰-۱-٤-٤ را برآورده کند.

۱۰-۱-۵-۷ برش در جان ستونها*

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

---

* در حالتی که ستون بصورت تیر ستون عمل می نماید.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰-۱-۶ اعضا تحت اثر تنش های مرکب (تیر - ستونها)

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 میگیرند باید یک یا دو محور تقارن در مقطع داشته باشند. برای تعیین $\mathbf{F_a}$ به فصل ۱۰-۱-۵ و برای تعیین $\mathbf{F_{bx}}$ و $\mathbf{F_{by}}$ 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:

الف: در صورتیکه $\frac{f_a}{F_a} > ۰/۱۵$

باشد :

(۱۰-۱-۶-۱)

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ey}}\right) F_{by}} \leq 1$$

(۱۰-۱-۶-۲)

$$\frac{f_a}{۰/۶ F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1$$

در رابطه (۱۰-۱-۶-۱) وقتی بارگذاری جانبی بین تکیه گاهها موجود است، باید x و y را بر اساس لنگر بین تکیه گاهی محاسبه

کرد و در رابطه (۱۰-۱-۶-۲) آنها را بر اساس لنگر تکیه گاهی محاسبه نمود. در صورتیکه بارگذاری جانبی اعمال نگردد، تنشهای ذکر شده بر اساس بیشینه لنگر محاسبه می شوند.

ب: در صورتیکه $\frac{f_a}{F_a} \leq ۰/۱۵$ باشد :

(۱۰-۱-۶-۳)

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq ۱$$

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

$\mathbf{F_a}$ = تنش فشاری مجاز اگر فقط نیروی محوری عمل کند (فصل ۱۰-۱-۵).

$\mathbf{F_b}$ = تنش فشاری مجاز خمشی اگر فقط لنگر خمشی عمل کند، (فصل ۱۰-۱-۲)

$\mathbf{F'_e}$ = تنش اولر که بر ضریب اطمینان تقسیم شده و مقدار آن عبارت است از:

$$SI: \left[F'_e = \frac{۱۰۵ \times ۱۰^۳}{\lambda_b^۲} \right]^*$$

یا

$$F'_e = \frac{۱۲}{۲۳} \times \frac{\pi^۲ E}{\lambda_b^۲} = \frac{۱۰۵ \times ۱۰^۳}{\lambda_b^۲}$$

$\lambda_b = \frac{KL_b}{r_b}$ که در آن $\mathbf{L_b}$ طول آزاد قطعه در صفحه خمش، $\mathbf{r_b}$ شعاع ژیراسیون نظیر و K ضریب طول مؤثر در صفحه خمش می باشد.

مانند مقادیر $\mathbf{F_a}$ ، $\mathbf{F_b}$ ، $\mathbf{F_y}$ ۰/۶ ، در مورد $\mathbf{F'_e}$ نیز مجاز است که در حالت بارگذاری فوق العاده (طبق بند ۱۰-۰۰-۵-۱) افزایش به مقدار یک سوم را اعمال کرد.

$\mathbf{F_a}$ = تنش فشاری ناشی از بار محوری که برای نقطه مورد نظر محاسبه شده،

$\mathbf{F_{bx}}$ = تنش ناشی از خمش حول محور x ،

$\mathbf{F_{by}}$ = تنش ناشی از خمش حول محور y ،

$\mathbf{C_m}$ = ضریب میزان هم مکانی لنگر حداکثر با لنگر ناشی از اثرات $\mathbf{P-\Delta}$ که مقدار آن به شرح زیر اختیار می شود:

الف) برای اعضای فشاری (ستونها) در قابهای خمشی مهارنشده:

$C_m =$ ۰/۸۵

ب) برای اعضای فشاری (ستونهای) قابهای خمشی مهار شده، مشروط بر آنکه بار مستقیم خارجی در بین دو انتهای عضو، در صفحهء خمش بر آن وارد نشود:

$$C_m = ۰/۶ - ۰/۴\left(\frac{M_۱}{M_۲}\right) \geq ۰/۴$$

(نسبت لنگر کوچکتر به لنگر بزرگتر در دو انتهای طول مهار نشدهء عضو) مثبت است اگر عضو انحنای مضاعف داشته باشد و منفی است اگر انحنای عضو ساده باشد.

پ) برای اعضای فشاری در قابهای مهار شده و تحت اثر بارهای خارجی در بین دو انتها، مقدار C_m باید به وسیله تحلیل مستدل تعیین شود. به جای تحلیل مزبور می توان از اعداد زیر استفاده کرد:

برای اعضایی که اتصال دو انتهای آنها گیردار باشد:

$C_m =$ ۰/۸۵

برای اعضایی که اتصال دو انتهای آنها ساده باشد:

$C_m = ۱$

تحلیل $P-\Delta$

چنانچه نیروها و لنگرهای طراحی ستون بر اساس تحلیل مرتبه دوم که در برگیرندهء اثرات $P-\Delta$ است، بدست آمده باشد، ضریب تشدید لنگر $\frac{C_m}{(۱ - f_a / F'_e)}$

در رابطه ۱۰-۱-۶-۱ مساوی ۱ منظور می شود.

تبصره:

در اعضای تحت اثر لنگر خمشی و نیروی محوری فشاری، چنانچه تنش های کششی ناشی از خمش، بیش از تنش های فشاری ناشی از ترکیب خمش و فشار باشد، کنترل تنش های ترکیبی کششی عضو نیز طبق بند ۱۰-۱-۶-۲ الزامی است.

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 (۱۰-۱-۶-٤) را برآورده نمایند:

(۱۰-۱-۶-٤)

$$\frac{f_t}{F_t}+\frac{f_{bx}}{F_{bx}}+\frac{f_{by}}{F_{by}}\le 1/0$$

که در آن:

$\mathbf{f_b}$ = تنش کششی محاسباتی حاصل از لنگر خمشی،

$\mathbf{f_t}$ = تنش محاسباتی حاصل از کشش محوری،

$\mathbf{F_b}$ = تنش خمشی مجاز، و

$\mathbf{F_t}$ = تنش کششی مجاز (مندرج در بند ۱۰-۱-٤-۲) می باشد.

در صورتیکه تنش فشاری ناشی از خمش، بیش از تنش های کششی ناشی از کشش مستقیم باشد، کنترل تنش فشاری در بال فشاری طبق فصل ۱۰-۱-۲ ضروری است.

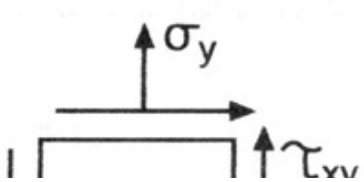
از طرف دیگر، تنشهای فشاری ناشی از خمش که از بارگذاری مستقل دیگری حاصل شده باشد، نباید از مقادیر مجاز مندرج در فصل ۱۰-۱-۲ تجاوز کند.

۱۰-۱-۶-۳ ترکیب تنشهای صفحه ای

در صورت وجود حالت تنش صفحه ای در یک نقطه از قطعه مورد مطالعه، به منظور جلوگیری از تسلیم موضعی، علاوه برکنترل تنش ها بصورت مجزا، تنش مقایسه ای ترکیبی از رابطه فون میسز قابل محاسبه می باشد.

(۱۰-۱-۶-۵)

$$\sigma_h=\sqrt{\sigma_x^2-\sigma_x\sigma_y+\sigma_y^2+3\tau_{xy}^2}$$



در رابطهء فوق:

σ_h = تنش مقایسه ای ترکیبی

σ_x = تنش عمودی در امتداد x ،

σ_y = تنش عمودی در امتداد y ،

τ_{xy} = تنش برشی،

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

تنش مقایسه ای ترکیبی σ_h باید کوچکتر از $0.75F_y$ باشد .

در مورد جوشها، ترکیب تنشهای برشی و عمودی بصورت برداری طبق رابطه زیر امکانپذیر می باشد.

(۱۰-۱-۶-۶)

$$\sigma_{wh} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$$

تنش مقایسه ای σ_{wh} باید کوچکتر از تنشهای مجاز جوش طبق جدول ۱۰-۱-۷-٤ باشد.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰-۱-۷ اتصالات و وسایل اتصال

این فصل به اتصالات، شامل عناصر اتصال دهنده (ورقها، قطعات تقویتی، ورقهای اتصال در گره، نبشیها 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 بحرانی تر باشد، از تنش مجاز کمتر گردد:

۱- بر مبنای تحلیل سازه برای بارهای مؤثر،

۲- بر مبنای درصدی از مقاومت اعضای متصل شونده به شرحی که در قسمت مربوطه ارائه می گردد.

ب) اتصال ساده

در این حالت فرض می شود اتصال تیرها، شاهتیرها و خرپاها انعطاف پذیر (بدون قید دورا نی) بوده و می توان آنها را فقط در مقابل برش (عکس العملهای تکیه گاه) محاسبه کرد.

اتصال انعطاف پذیر باید آزادی دوران زاویه ای در انتهای تیر را تأمین کند، به عبارت دیگر تکیه گاهی ساده بدون قید دورانی به وجود آورد. برای تأمین این وضع، تغییر شکل غیرالاستیک در اتصال مجاز می باشد.

پ) اتصال انتقال دهندهء لنگر (اتصال لنگر گیر)

اتصال انتهای تیرها، شاهتیرها و خرپاهایی که داشتن مقداری صلبیت در تکیه گاههای آنها موردنظر با شد، باید در مقا بل ا ثر مشترک نیروهای ناشی از برش و لنگر حاصل از صلبیت اتصال، محاسبه شود.

ت) اتصال ستون به کف ستون

اتصال ستون به کف ستون باید برای انتقال نیروهای موجود در پای ستون طراحی گردد. برای نیروی محوری فشاری، هنگامی که انتقال نیروی فشاری به کف ستونها از طریق فشار مستقیم تماسی انجام می شود، باید سطح تماس آنها برای انتقال نیروی فشاری صاف و آماده شده باشد، بعلاوه باید اتصال کافی بین دو قطعه (ستون و کف ستون) موجود باشد تا قادر به انتقال نیروهای حین ساخت و یا هر نوع نیروی احتمالی دیگر باشد.

ث) وصلهء اعضای فشاری

در وصله ستونها، سطح انتهایی دو قطعه باید تا حد امکان صاف و تنظیم شود و بدون توجه به تماس مستقیم، مصالح وصله و وسایل اتصال باید طوری تنظیم شود که قطعات متصل شونده به خوبی در محل خود و محور موردنظر نگهداری شوند. وصله باید بتواند نیرویی برابر ظرفیت مجاز عضو کوچکتر متصل شونده را تحمل کند.

محل وصله ستون باید تا حد امکان از محل اتصال تیر به ستون دور باشد و در منطقه ای با نیروهای داخلی کوچک قرار گیرد.

کلیه وصله های فشاری باید برای کشش حاصل از اثر بارهای جانبی توأم با اثر ۷۵ درصد بار مرده بدون اثر بار زنده کنترل گردند، بطوریکه تنش کششی فراتر از مقدار مجاز نگردد.

ج) اتصال اعضای کششی و فشاری در خرپاها و مهاربندها

اتصال هر انتهای عضو کششی یا فشاری در خرپاها و مهاربندها باید بتواند نیروهای محاسباتی در اعضا را تحمل کند و در عین حال باید بتواند حداقل ۷۵ درصد ظرفیت مؤثر مجاز کششی مقطع عضو را تأمین نماید.

چ) وصلهء اعضای خمشی

وصله اعضای خمشی تا حد امکان باید از محل نیروهای حداکثر (مثل وسط دهانه و یا تکیه گاه) دور باشد و در منطقه ای با نیروهای داخلی کوچک قرارگیرد.

این وصله باید برای بزرگترین نیروهای داخلی زیر محاسبه گردد.

۱- نیروهای داخلی حاصل از تحلیل سازه تحت ترکیب بار بحرانی

۲- متوسط نیروهای داخلی و ظرفیت خمشی مجاز مقطع کوچکتر

۳- ۷۵ درصد ظرفیت خمشی مجاز مقطع کوچکتر عضو و برش نظیر آن.

در صورتیکه برای وصله تیر نورد شده و یا تیرورق از جوشهای شیاری نفوذی با لبهء آماده شده استفاده شود، حداقل باید ظرفیت کامل مقطع کوچکتر وصله شونده را تأمین نماید. در این وصله، درز جوش بال و جان لازم است فاصله ای به اندازه ۲۵۰ میلیمتر نسبت به هم داشته باشند.

- وصلهء بال اعضای خمشی

وصلهء بال تیرهای نورد شده و تیر ورقها باید تا حد امکان از محل تنش خمشی حداکثر دور باشد. اگر از ورق پوششی برای وصله استفاده شود، سطح مقطع آن با ید حداقل ۵ درصد از سطح مقطع بال وصله شونده بیشتر و مرکز ثقل آن تا حد امکان به مرکز ثقل بال نزدیک باشد.

- وصله در جان اعضای خمشی

وصله در جان تیرها و تیرورقها باید برای نیروی برشی و سهم لنگر خمشی مربوط به جان در محل درز اتصال، محاسبه شود. اگر از ورقهای وصلهء جان استفاده می شود، حتی المقدور باید این ورقها به صورت قرینه و با ضخامت مساوی در دو طرف جان قرار گرفته و ارتفاع این ورقها از سه چهارم ارتفاع جان عضو خمشی کمتر نباشد.

ح) وصلهء اعضای کششی

وصلهء اعضای کششی باید بتواند نیروی کششی داخلی حاصل از تحلیل سازه تحت ترکیب بار بحرانی و یا ۷۵ درصد ظرفیت مؤثر مجاز کششی مقطع عضو را تأمین نماید.

خ) حداقل اتصال

اتصالات اعضایی که در حمل نیرو مشارکت دارند و شامل موارد اشاره شده در بندهای قبل

نمی باشند، باید حداقل برای تحمل ۵۰ درصد ظرفیت مجاز مربوطهء عضو با مقطع کوچکتر محاسبه شوند.

د) وصله در مقاطع سنگین

این بند به نیمرخهای نورد شده حجیم و سنگین و نیمرخهای مرکبی که با ورقهای ضخیمتر از ٤٠ میلیمتر ساخته می شوند، مربوط می شود.

در وصله اینگونه اعضا چنانچه از جوش نفوذی لب به لب استفاده شود، باید برای جلوگیری از اثر انقباض ناشی از سردشدن و شکست ناشی از تردی در جوش و مصالح مجاور آن، احتیاط های لازم به عمل آید. استفاده از پیش گرمایش و یا الکترودهای کم هیدروژن در این خصوص لازم است.

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 زخم دار طبق روش شارپی بررسی گردد.

در صورت به کار بردن سوراخهای دسترسی جوشکاری، جزئیات این سوراخها باید طبق بند ۱۰-۱-۷-۱-ذ 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، تسمه پشت بند جوش (در صورت موجود بودن) را از جای خود برداشت و جوشها را با سنگ زدن صاف و یکنواخت کرد و در صورت لزوم از جوش پشت استفاده نمود.

برای وصله مقاطع یاد شده می توان از جزئیاتی استفاده کرد که افت و انقباض جوش در آن بزرگ نباشد. مثلا" می توان از ورقهای وصله جان با جوش گوشه یا پیچ استفاده کرد.

ذ) سوراخهای دسترسی برای جوشکاری و برش بالهای تیر برای اتصال

کلیه سوراخهایی که به منظور دسترسی و تسهیل جوشکاری تعبیه می شود (مثل سوراخ دسترسی در جان به منظور جوش لب به لب بال)، برای قرار دادن مصالح جوش در موضع موردنظر، باید دید کامل و فراخی کافی را داشته با شد. این سوراخها و نیز قسمتهای برش داده بال در انتهای تیرها باید به صورتی کاملا" یکنواخت، با انحنای ملایم و بدون گوشه های تیز، تعبیه شود. در نیمرخهای سنگین و مقاطع مرکبی که از مصالح به ضخامت بیش از ٤٠ میلیمتر ساخته می شوند، لبه های برش دادهء 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.

ر) آرایش پیچ و جوش در اتصال اعضای محوری

ترتیب قرارگیری پیچها یا جوش در انتهای هر عضوی که نیروی محوری را انتقال می دهد باید طوری باشد که مرکز هندسی گروه وسایل اتصال و مرکز ثقل عضو در یک راستا قرار گیرند مگر حالتی که به برون محوری موجود در طرح و اثر آن در محاسبه توجه شده باشد. در اتصال تک نبشی و یا تک سپری تحت بار استاتیکی، می توان از برون محوری خارج از صفحه صرفنظر کرد، مشروط به اینکه از تنش مجاز وسایل اتصال ٢٠ درصد کاهش داد.

ز) ترکیب پیچ و جوش

وقتی که پیچهای معمولی و یا پیچهای پرمقاومت در حالت اتصال اتکایی (غیر اصطکاکی) مشترکا" با جوش استفاده شود، نباید فرض کرد که آنها در تحمل بار با جوش سهیم هستند. در این صورت کل تنش در اتصال را باید جوش به تنهایی تحمل کند.

در صورت استفاده از ترکیب جوش و پیچهای پرمقاومت در اتصال اصطکاکی، می توان جوش و پیچ را در تحمل تنشها سهیم فرض کرد.

اگر در ساختمانهای موجود با استفاده از جوش، تقویت یا تغییری صورت گیرد، مجاز است اتصال پیچ پرمقاومت موجود (در صورتی که تا حد لازم تنیده شده باشد) را جوابگوی بارهای موجود فرض کرد. در این صورت جوش باید تنشهای اضافی را تحمل کند.

س) پیچهای پر مقاومت (اصطکاکی) در ترکیب با پرچ

در کارهای جدید یا تغییر در کارهای موجود، می توان فرض کرد که پیچهای پرمقاومت با عمل اصطکاکی، مشترکا" با پرچ بارها را تحمل می کنند.

ش) محدودیتهای اتصالات پیچی و اتصالات جوشی

برای اتصالات زیر باید از اتصال اصطکاکی با پیچهای پرمقاومت و یا جوش استفاده شود:

١- وصله ستونها در سازه های با ارتفاع ٦٠ متر و بیشتر،

٢- وصله ستونها در سازه های با ارتفاع ٣٠ تا ٦٠ متر، در صورتی که نسبت بعد کوچک پلان به ارتفاع در آنها از ٤٠ درصد کمتر باشد.

٣- وصله ستونها در سازه های با ارتفاع کمتر از ٣٠ متر، در صورتی که نسبت بعد کوچک پلان به ارتفاع در آنها از ٢٥ درصد کمتر باشد.

٤- اتصال کلیه تیرها و شاهتیرها به ستونها و یا اتصالات هر نوع تیر یا شاهتیری که مهار ستونها به آنها مرتبط باشد، در سازه های با ارتفاع بیش از ٤٠ متر.

٥- کلیه سازه هایی که جراثقالهای با ظرفیت بیش از ٥ تن را تحمل می کنند. وصله خرپاها یا تیرهای شیب دار سقف، اتصال خرپاها به ستونها، وصله ستونها، مهار ستونها، مهارهای زانویی بین خرپا یا تیر سقف و ستون و تکیه گاههای جراثقال مشمول این امر می باشند.

٦- در اتصالات تکیه گاههای اعضایی که ماشینهای متحرک یا بارهای زنده از نوعی را تحمل می کنند که تولید ضربه و یا معکوس شدن تنشها را به همراه داشته باشد.

۷- هر اتصال دیگری که در نقشه های طرح و محاسبه قید شده باشد.

در کلیه حالتهای دیگر می توان از اتصال اتکایی با پیچهای پرمقاومت یا با پیچهای معمولی، اتصال اصطکاکی با پیچ پرمقاومت و یا اتصال جوشی استفاده کرد.

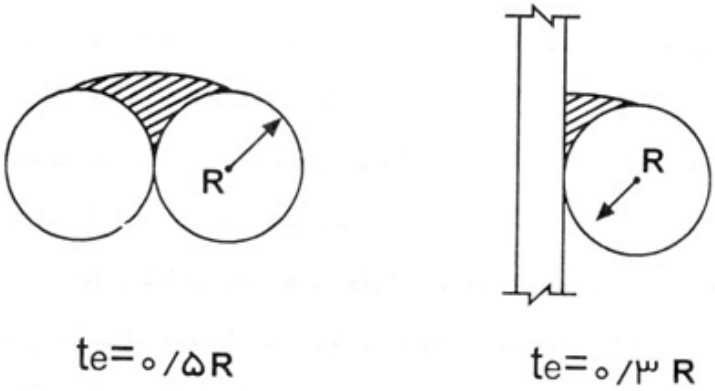
برای ارتفاع ساختمان، می توان فاصله بین رقوم متوسط زمین مجاور ساختمان و بالاترین تیر در ساختمان را به حساب آورد.

۱۰-۱-۷-۲ جوش

الف) جوش شیاری

۱. سطح مقطع مؤثر: سطح مقطع مؤثر در جوشهای شیاری عبارت است از: حاصلضرب طول مؤثر در ضخامت مؤثر جوش. طول مؤثر جوش برابر با طول جوش شده و ضخامت مؤثر جوش شیاری با نفوذ کامل، برابر با ضخامت قطعهء نازکتر در اتصال لب به لب و ضخامت قطعهء جوش شده در اتصال کنج و سپری در نظر گرفته می شود. ضخامت مؤثر در جوش شیاری با نفوذ نسبی، برابر با عمق شیار جوش منهای ۳ میلیمتر در نظر گرفته می شود. استفاده از جوش شیاری با نفوذ نسبی در وضعیتی که بارگذاری متناوب (اثر خستگی) وجود داشته باشد مجاز نیست.

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



۲. محدودیت: ضخامت مؤثر در جوش شیاری با نفوذ نسبی نباید از مقادیر مندرج در جدول ۱۰-۱-۷-۱ کمتر شود. حداقل ضخامت مؤثر با توجه به ضخامت قطعه ضخیمتر تعیین می شود، از طرفی ضخامت جوش نباید از ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده تجاوز کند.

جدول ۱۰-۱-۷-۱ حداقل ضخامت مؤثر جوش شیاری با نفوذ نسبی

ضخامت قطعه ضخیمتر	حداقل ضخامت مؤثر
تا ۶ میلیمتر	۳ میلیمتر
۶ تا ۱۲ میلیمتر	۴ میلیمتر
۱۲ تا ۲۰ میلیمتر	۶ میلیمتر
۲۰ تا ۴۰ میلیمتر	۸ میلیمتر

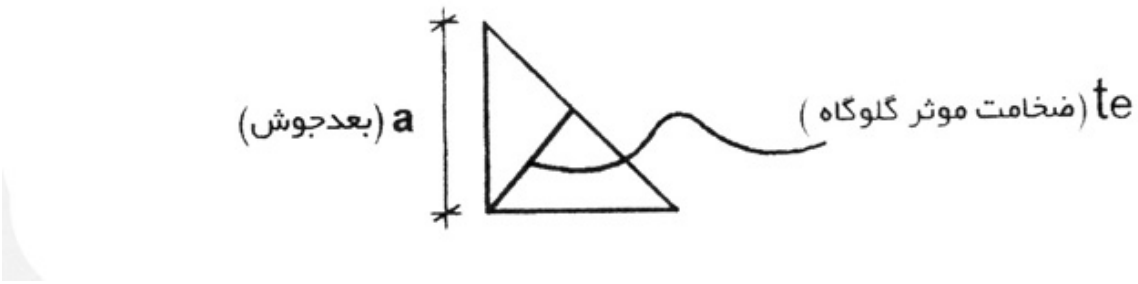
* در صورتیکه نتوان ضخامتهای حداقل فوق را تأمین نمود، باید از پیش گرمایش و یا فرآیندهای کم هیدروژن استفاده نمود.

برای ضخامتهای بزرگتر، پیش گرمایش و دستورالعمل جوشکاری باید با مطالعه خاص مورد بررسی قرارگیرد.

ب) جوشهای گوشه

۱. **سطح مقطع مؤثر**: سطح مقطع مؤثر در جوشهای گوشه برابر با حاصلضرب طول مؤثر در ضخامت گلوگاه مؤثر در نظر گرفته می شود.

طول مؤثر جوش گوشه (به جز جوشهایی که در سوراخ و شکاف قرار می گیرد) برابر با طول کلی نوار جوش شامل قسمتهای برگشت خورده می باشد.



ضخامت مؤثر گلوگاه (t_e) در جوش گوشه، برابر کوتاهترین فاصله بین ریشهء مقطع جوش تا سطح خارجی آن و به عبارت دیگر برابر ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش به حساب می آید.

بعد جوش گوشه (a) ، اندازهء ساق مقطع جوش می باشد که از هندسه مقطع جوش بر حسب t_e قابل محاسبه است.

برای جوشهای گوشه در سوراخ و شکاف، طول مؤثر برابر با طول محوری (میانتاری) که از مقطع گلوگاه جوش می گذرد، در نظر گرفته می شود.

۲. **محدودیت**: حداقل بعد جوش گوشه باید طبق جدول ۱۰-۱-۷-۲ تعیین شود. حداقل بعد جوش تابع ضخامت قطعه ضخیمتر می باشد. از طرفی نباید بعد جوش از ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده تجاوز کند.

حداکثر بعد جوش گوشه در لبهء قطعات متصل شونده به این شرح است:

در قطعات با ضخامت مساوی یا کمتر از ۷ میلیمتر، از ضخامت قطعه بیشتر نبا شد. در قطعات با ضخامت بیش از ۷ میلیمتر، حداکثر بعد مساوی ضخامت قطعه منهای ۲ میلیمتر می باشد.

جدول ۱۰-۱-۷-۲ حداقل بعد جوش گوشه.

ضخامت فلز پایه (T)	حداقل بعد جوش گوشه (با یک بار عبور)
تا ۷ میلیمتر	۳ میلیمتر
۷ تا ۱۲ میلیمتر	۵ میلیمتر
۱۲ تا ۲۰ میلیمتر	۶ میلیمتر
بیش از ۲۰ میلیمتر	۸ میلیمتر

۱- برای فرآیند غیر کم هیدروژن و بدون پیش گرمایش، T مساوی ضخامت قطعهء ضخیمتر است.

۲- برای فرآیند غیر کم هیدورژن با استفاده از تدابیر پیش گرمایش، و همچنین برای فرآیند کم هیدروژن، T مساوی ضخامت قطعه نازکتر است. در این حالت شرط مربوط به حصول جوش با یک بار عبور نیز اعمال نمی گردد.

۳- اندازه جوش لازم نیست از ضخامت ورق نازکتر، بزرگتر شود.

۴- در سازه تحت بار دینامیکی، حداقل اندازه جوش ۵ میلیمتر می باشد.

۵- در جوش اتصال جان به بال نیمرخهای ورقی، اندازه جوش لازم نیست از جوش هم مقاومت جان بزرگتر اختیار گردد. در این صورت شرایط پیش گرمایش بر حسب ضخامت بال اعمال می گردد.

طول مؤثر جوش گوشه که برای تحمل تنشها محاسبه شده باشد، نباید از ٤ برابر بعد آن کمتر باشد.

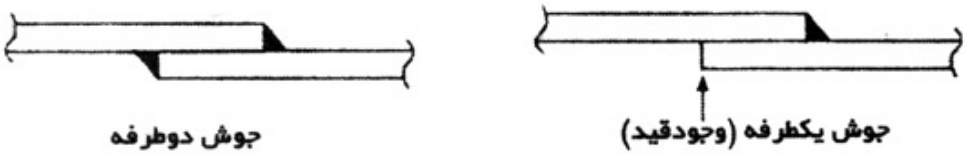
در انتهای تسمه های کششی اگر از جوش گوشه فقط در لبه های طولی و موازی امتداد نیرو استفاده می شود، طول جوش هر طرف نباید از فاصله بین آنها (تقریبا" عرض تسمه) کمتر باشد و این فاصله نباید از ۲۰ سانتیمتر تجاوز کند.

جوشهای گوشه منقطع برای انتقال تنشهای محاسبه شده هنگامی مجاز است که نیروی منتقله از مقاومتی که با جوش سرتاسری و حداقل بعد جوش تأمین می شود، کمتر باشد. استفاده از این نوع جوش در اتصال جان و بال تیر ورقها و یا دیگر مقاطع ساخته شده و اتصال ورقهای تقویتی بال، در صورتیکه تحت بارهای دینامیکی و خستگی نباشند، و اتصال سخت کننده به جان تیر ورق نیز مجاز می باشد.

طول مؤثر قطعات جوش نباید از ٤ برابر بعد جوش و از ٤۰ میلیمتر کمتر شود. فاصلهء آزاد بین قطعات جوش نباید از ١٦ برابر ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده وقتی که در فشار است و از ٢٤ برابر این ضخامت وقتی که در کشش است، بیشتر شود.

۳. جوش گوشه در اتصالات پوششی (رویهم): در اتصال پوششی دو قطعه، طول همپوشانی نباید از ۵ برابر ضخامت قطعه نازکتر کمتر باشد و در هیچ حالتی از ۲۵ میلیمتر کمتر نشود.

در اتصالات پوششی که ورقها و تسمه هایی تحت اثر تنشهای محوری را به یکدیگر متصل میکند، باید ضلع انتهایی هر یک از قسمتهای متصل شونده، توسط جوش گوشه اتصال یابند (جوش دوطرفه). در وضعیتی که اتصال به اندازه کافی مقید شده باشد یا تغییر شکل خمشی آنقدر محدود باشد که از باز شدن اتصال تحت اثر بار حداکثر جلوگیری شود، می توان از جوش یکطرفه استفاده کرد.



٤. جوش گوشه در سوراخ و شکاف: استفاده از جوش گوشه در لبهء سوراخ و شکاف در اتصالات روی هم، به منظور انتقال برش یا جلوگیری از کمانش و یا جدایی قسمتهای متصل شونده مجاز می باشد.

٥. جوش گوشه در انتهای اعضا: کلیهء جوشهای گوشه که در لبه کناری و یا ضلع انتهایی عضو انجام می شود، باید در آخر ضلع و بر روی ضلع دیگر برگشت داده شود (قلاب) که حداقل طول این برگشت ۲ برابر بعد جوش می باشد. این شرط شامل جوشهای گوشه قائم و جوشهای گوشه سربالا در تکیه گاههای لچکی (براکت) و برای نبشیهای نشیمن تیر و اتصالات نظیر می باشد. در نبشیهای اتصال تیر و ستون یا ورقهای این نوع اتصال (که انعطاف پذیری اتصال به مقدار زیادی تابع انعطاف پذیری بال برجسته نبشی یا طول قابل تغییر شکل ورق است)، برگشت در انتهای جوش گوشه نباید از ٤ برابر بعد جوش بیشتر باشد. برگشت انتها در جوش گوشه باید در نقشه ها و جزئیات اجرایی قید شود.

پ) جوش انگشتانه و کام

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

۲. محدودیت: استفاده از جوش انگشتانه و کام برای انتقال برش در اتصال های پوششی و یا جلوگیری از کمانش در عناصر روی هم آمده در اعضای مرکب ساخته شده، مجاز می باشد.

جوش انگشتانه

قطر سوراخ در جوش انگشتانه نباید از ضخامت قطعه سوراخ شده به اضافه ۸ میلیمتر کمتر باشد. همچنین قطر یاد شده نباید از مقدار حداقل به اضافه ۳ میلیمتر و یا $۲\frac{۱}{۴}$ برابر ضخامت جوش بزرگتر شود. حداقل فاصله مرکز به مرکز سوراخهای جوشهای انگشتانه ٤ برابر قطر سوراخ می باشد.

جوش کام

پهنای شکاف در جوش کام نباید از ضخامت قطعه بریده شده به اضافه ۸ میلیمتر کمتر و همچنین از $۲\frac{۱}{۴}$ برابر ضخامت جوش بیشتر باشد.انتهای شکاف باید به صورت نیم دایره یا خطی مستقیم که در گوشه ها تبدیل به ربعی از دایره (با شعاعی بزرگتر از ضخامت قطعه) می شود، باشد.

حداقل فاصله مرکز به مرکز شکافها در امتداد عمود بر طول، ٤ برابر پهنای شکاف و حداقل فاصله مرکز به مرکز شکافها در امتداد طول، ۲ برابر طول شکاف می باشد که طول شکاف نیز نباید از ۱۰ برابر ضخامت جوش بیشتر شود.

ضخامت جوش انگشتانه و کام در مصالحی که ضخامت آنها ١٦ میلیمتر و یا کمتر است باید برابر با ضخامت مصالح باشد. در مصالحی که ضخامت آنها بیش از ١٦ میلیمتر است، ضخامت این جوش باید حداقل $\frac{۱}{۲}$ ضخامت مصالح باشد و از ١٦ میلیمتر نیز کمتر نشود.

ت) تنشهای مجاز جوش ها

بجز حالتی که عامل خستگی طبق بند۱۰-۱-۸-۳ تعیین کننده باشد، جوشها باید طوری محاسبه شوند که محدودیتهای تنش مندرج در جدول ۱۰-۱-۷-٤ را با اعمال ضرایب زیر جوابگو باشند:

۱. در صورت انجام آزمایشهای غیرمخرب نظیر رادیوگرافی و التراسونیک (فراصوتی): $\phi = ۱$

۲. در صورت انجام جوش در کارخانه (و یا شرایط مشابه) و بازرسی چشمی جوش توسط افراد مجرب: $\phi = ۰/۸۵$

۳. در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش توسط افراد مجرب: $\phi = ۰/۷۵$

ث) ترکیب جوشها

اگر از دو یا چند نوع جوش بصورت مجموعه (جوش شیاری، جوش گوشه، جوش انگشتانه 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

در اتصالات مقاطع سنگین و مواردی که اثر خستگی ملاک طراحی باشد و طاقت نمونه زخم دار به عنوان شرطی برای مصالح جوش تعیین شده باشد، مصالح و روش جوشکاری برای فلز تمام جوشها اعم از خال جوش، عبور جوش در عمق و ریشه اتصال، یا عبورهای بعدی که جوش تکمیلی را در اتصال ایجاد می کند، باید سازگاری لازم را داشته باشد تا طاقت نمونه زخم دار برای فلز جوش مختلط محرز شود.

چ) پیش گرمایش فولادهای ساختمانی

برای نیمرخهای نورد شده سنگین و قطعات مرکب ساخته شده با جوش، باید قبل از انجام جوش، پیش گرمایش تا دمای لازم صورت گیرد. حداقل دمای پیش گرمایش مطابق جدول ۱۰-۱-۷-۳ می باشد:

جدول ۱۰-۱-۷-۳ حداقل دمای پیش گرمایش

ضخامت (mm)	دمای پیش گرمایش در فرآیند غیر کم هیدروژن (درجه سلسیوس)	دمای پیش گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلسیوس)
$t \leq ۲۰$	۲۰*	۱۰*
$۲۰ < t < ۴۰$	۶۵	۲۰*
$۴۰ < t \leq ۶۵$	۱۱۰	٦٥
$t > ۶۵$	۱۵۰	۱۱۰

* این دما در حد لمس کردن ورق قابل حس است و در سایر موارد باید از روش های دماسنجی سطحی (مثلا" گچ های حساس به دما) استفاده شود.

جدول ۱۰-۱-۷-٤ تنشهای مجاز جوش*

نوع جوش	نوع تنش	تنش مجاز
جوش شیاری با نفوذ کامل و لبه آماده شده	کششی یا فشاری، در امتداد عمود بر مقطع مؤثر	متناسب با فلز مادر **
	کششی یا فشاری، موازی با محور جوش	متناسب با فلز مادر**
	برشی، در مقطع مؤثر	۰/۳*مقاومت نهایی کششی فلز جوش (تنش برشی در فلز مادر نباید از ۰/٤ تنش تسلیم بیشتر شود)
جوش شیاری با نفوذ نسبی	فشاری، در امتداد عمود بر مقطع مؤثر	متناسب با فلز مادر**
	کششی یا فشاری، موازی با 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 ۰/٦ تنش تسلیم فلز مادر بیشتر شود)
	برشی، موازی با محور جوش	۰/۳* مقاومت نهایی کششی فلز جوش (تنش برشی در فلز مادر نباید از ۰/٤ تنش تسلیم بیشتر شود)
جوش گوشه	برشی، در مقطع مؤثر	۰/۳* مقاومت نهایی کششی فلز جوش
	کششی یا فشاری، موازی با محور جوش	متناسب با فلز مادر **
جوش انگشتانه و کام	برشی، موازی سطح برش شونده (روی مقطع مؤثر)	۰/۳* مقاومت نهایی کششی فلز جوش

* این تنشها باید در ضرایب مذکور در بند۱۰-۱-۷-۲-ت ضرب شوند.

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

مقاومت نهایی کششی فلز الکترود (F_{ue})	تنش تسلیم فلز مادر (F_y)
(E60) ۴۲۰Kg/cm² یا [۴۲۰ N/mm²]*	[۳۰۰ N/mm²]* یا ۳۰۰۰ Kg/cm² تا
(E70) ۴۹۰Kg/cm² یا [۴۹۰ N/mm²]*	[۳۸۰ N/mm²]* یا ۳۸۰۰Kg/cm² تا
(E80) ۵۶۰Kg/cm² یا [۵۶۰ N/mm²]*	[۴۶۰ N/mm²]* یا ۴۶۰۰ Kg/cm² تا

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

الف) کلیات

اتصالات می توانند بصورت اتکایی یا اصطکاکی باشند. استفاده از پیچهای پرمقاومت منطبق با استانداردهای ملی یا بین المللی، برای هر دو نوع اتصال و استفاده از پیچهای معمولی یا پرچ فقط در اتصالات اتکایی مجاز است.

ب) اندازه ها و سوراخها

۱. اندازه حداکثر برای سوراخ پیچها در جدول ۱۰-۱-۷-۵ داده شده است.

۲. سوراخهای بزرگ فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز می باشد.

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

٤. در اتصالات اتکایی، سوراخهای لوبیایی بلند فقط در امتداد عمود بر مسیر نیرو مجاز هستند و در اتصالات اصطکاکی فقط میتوانند در یکی از ورقهای اتصال و در هر امتداد اختیاری وجود داشته باشند.

۵. قطر سوراخ برای پرچکاری به اندازه ۲ میلیمتر بزرگتر از قطر اسمی پرچ تعبیه می شود.

جدول ۱۰-۱-۷-۵ ابعاد اسمی سوراخ پیچ.

اندازه حداکثر سوراخ (mm)					
قطر پیچ (mm)	استاندارد (قطر)	بزرگ (قطر)	لوبیایی کوتاه (طول x عرض)	لوبیایی بلند (طول x عرض)	میله مهار پای ستون
d	mm2 + d	mm5 + d	(d) × (2 +d +V)	(d5/2) × (2 + d)	mm6 + d

پ) سطح مؤثر در تنش اتکایی

در اتصالات اتکایی، سطح مؤثر تماس در اتکای مستقیم پیچها، قطعات دندانه شده و پرچها باید به صورت حاصلضرب قطر در ضخامت تماس به حساب آید، مگر در پیچها و پرچهای کله خزینه که نصف عمق خزینه باید کم شود.

ت) تنش های مجاز

تنشهای مجاز کششی و برشی برای پیچها، قطعات دندانه شده و پرچها مطابق جدول ۱۰-۱-۷-٦ در نظر گرفته می شود. در محاسبه تنشها، مقطع اسمی پرچ (قبل از عمل پرچکاری) و مقطع دندانه نشده پیچ (مقطع ا سمی تنهء پیچ)یا میله های دندانه شده (غیر از میله های با دندانه های برجسته) ملاک می باشند. در محاسبه تنش در میله ها با دندانه برجسته، سطح میلهء بدون دندانه ملاک محاسبه می باشد.

پیچهای پرمقاومت 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 ۱۰-۱-۷-٦ تجاوز نکند. نیروی مؤثر باید برابر نیروی خارجی به اضافه اثر اهرم شدن (ناشی از تغییر شکل در قطعات متصل شده) باشد.

طرح و محاسبه پیچها، قطعات دندانه شده و پرچهایی که تحت اثر خستگی قرار می گیرند باید با توجه به بند ۱۰-۱-۸-۳ انجام شود.

ت) اثر مشترک کشش و برش در اتصالات اتکایی

پیچها و پرچها و قطعات دندانه شده ای که تحت اثر عمل مشترک برش و کشش قرار می گیرند، 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 ۱۰-۱-۷-۷ بیشتر نشود. تنش برشی (f_v) که همزمان توسط همین نیروها به وجود می آید نباید از مقادیر تنش برشی که در جدول ۱۰-۱-۷-٦ داده شده است بیشتر شود.

جدول ۱۰-۱-۷-٦ - تنشهای مجاز در انواع وسایل اتصال

		تنش برشی مجاز (F_v)	
	تنـــــــش	اتصال اصطکاکی(٤)	

نوع وسیله اتصال	کششـــــی مجاز F_t	ســـــوراخ استاندارد	سوراخ بزرگ شده و لوبیایـــی کوتاه	سوراخ لوبیایی بلند		اتصال
				بـــــار در امتـــــداد عرضی	بـــــار در امتـــــداد طولی	اتکایی(۵)
پرچ	۰/۵F_y					۰/۶F_y
پیچ معمولی	۰/۲۲F_u (۶) و(۱)					۰/۱۷F_u (۲)
قطعه دندانه شـده طبـق مشخصـات تعیین شـده، در حالتی که سطح برش از قسـمت دندانـه شـده می گذرد.	۰/۲۲F_u (۶) و(۱)					۰/۱۷F_u
قطعه دندانه شـده طبـق مشخصـات تعیین شـده، در حالتی که سطح برش از قسـمت دندانـه شـده نمی گذرد.	۰/۲۲F_u (۶) و(۱)					۰/۲۲F_u
پیچ پرمقاومت که سـطح بـرش از قسـمت دندانـه شده می گذرد.	۰/۲۸ F_u (۶) و(۳)	۰/۱۵F_u	۰/۱۲F_u	۰/۱F_u	۰/۰۹F_u	
پیچ پرمقاومت که سـطح بـرش از قسـمت دندانـه شده نمی گذرد.	۰/۲۸ F_u (۶) و(۳)	۰/۱۵F_u	۰/۱۲F_u	۰/۱F_u	۰/۰۹F_u	۰/۲۸ F_u

در این جدول (۱) فقط بارگذاری استاتیکی، (۲) قرار گرفتن دندانه ها در سطح برش مجازاست و (۳) برای پیچهـای A ، A325 ۴۹۰ و یا مشابه تحت اثر خستگی.

(٤) با ضریب اصطکاک ۰/۳۳ برای وضعیتی که سطوح تماس تمیز با فلس ناشی از عمل نورد کارخانه ای باشند.

(٥) وقتی که فاصله اولین و آخرین پیچ در امتداد نیرو از ۱۲۵۰ میلیمتر تجاوز کند این تنشهای مجاز را باید ۲۰% کاهش داد.

(٦) F_u تنش نهایی مصالح پیچ و F_y تنش جاری شدن مصالح پرچها می باشد. به عنوان مثال F_u بـرای پیچهـای معمولـی A307 طبق استانداردASTM (یا ۴,۵ طبق استاندارد ISO) برابر 4000(kg/cm2)، برای پیـچ A325 طبـق اسـتاندارد ASTM(یا ۸,۸ طبق استاندارد ISO) با قطری مسـاوی و یـا کمـتر از ۲۵ میلیمـتر مسـاوی 8000(kg/cm2) و قطـر بزرگـتر از ۲۵ میلیمـتر مسـاوی 7250(kg/cm2) و برای پیچ A490 طبق استاندارد ASTM(یا ۱۰,۹ طبق استاندارد ISO) مساوی 10000(kg/cm2) می باشد.

ج) اثر مشترک کشش و برش در اتصالات اصطکاکی

برای پیچهای پرمقاومت که در اتصالات اصطکاکی تحت اثر مشـترک کـشش و بـرش مـورد اسـتفاده قـرار مـی گیرنـد، بایـد تنـش برشی مجازی را که در جدول ۱۰-۱-۷-٦ تعیین شده اسـت در ضـریب کـاهش دهنـده $(1-\frac{f_t A_b}{T_b})$ ضرب کـرد. در ا ین ضـریب f_t تنش کششی متوسط ناشی از نیروی کششی اعمالی بر تمام پیچها و

T_b بار پیش تنیدگی پیچ که از جدول ۱۰-۱-۷-۱۱ استخراج می شود. در صورت وجود اثر باد یا زلزله در ترکیبات بار، تنش مجاز کاهش یافته برشی می تواند به میزان یک سوم افزایش یابد.

چ) تنش مجاز اتکایی در جدار سوراخهای پیچ یا پرچ

تنش فشاری اتکایی مجاز بر روی سطح تصویر شده پیچ یا پرچ (حاصلضرب قطر در ضخامت قطعه) در اتصالات اتکایی که در آنها حداقل فاصله مرکز به مرکز سوراخها ۳d و فاصله انتهایی از مرکز سوراخ تا لبه (در امتداد نیرو) حداقل ۲d باشد، به شرح زیر تعیین می شود:

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

(پرچ)

$$F_p = ۱/۲F_y$$

(۱۰-۱-۷-۱)

(پیچ)

$$F_p = ۱/۲F_u$$

که در آن F_p تنش اتکایی مجاز در فشار و F_u تنش نهایی مصالح مادر (مصالح ضعیفتر) و F_y تنش تسلیم مصالح پرچ می باشد.

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

(۱۰-۱-۷-۲)

$$F_p = ۱/۰F_u$$

برای سوراخهای استاندارد و یا سورخهای لوبیایی کوتاه در سطح تصویر شده نزدیکترین پیچ و پرچ به لبه، که فاصله مرکز تا لبه در آنها کمتر از۲d و یا در تمام اتصال یک عدد پیچ در خط نیرو داشته باشند:

(۱۰-۱-۷-۳)

$$F_p = \frac{L_e . F_u}{۲d} \le ۱/۲F_u$$

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

جدول ۱۰-۱-۷-۷ تنش کششی مجاز F_t در پیچها و پرچها تحت اثر برش و کشش در اتصالات اتکایی

نوع وسیله اتصال	سطح برش از قسمت دندانه شده می گذرد	سطح برش خارج از قسمت دندانه شده قرار دارد
پیچ معمولی	$F_t = ۰/۴۴F_u - ۱/۸f_v \le ۰/۳۳F_u$	

پیچ پرمقاومت		$F_t = \sqrt{(۰/۳۸F_u)^۲ - ۲/۱۵f_v^۲}$
قطعهء دندانه شده	$F_t = ۰/۴۲F_u - ۱/۸f_v \le ۰/۳۳F_u$	$F_t = ۰/۴۳F_u - ۱/۴f_v \le ۰/۳۳F_u$
پرچ	$F_t = ۱/۰۵F_y - ۱/۴f_v \le ۰/۵F_y$	

در حالتهایی که تنش مجاز برای اثر باد یا زلزله طبق ماده ۱۰-۰۰-۵-۱ افزایش داده می شود، ضرایب در روابط جدول ۱۰-۱-۷-۷ نیز باید به میزان یک سوم افزایش یابد ولی ضریب مربوط به (F_v) را نباید افزایش داد.

* در این جدول:

F_u = تنش نهایی مصالح پیچ (kg/cm2) و یا [N/mm۲] *

F_y = تنش تسلیم مصالح پرچ (kg/cm2) و یا [N/mm۲] *

(F_v) = تنش برشی موجود (kg/cm2) و یا [N/mm۲] *

ح) در اتصالات اصطکاکی که در آن صرفا" استفاده از پیچهای پرمقاومت مجاز است، لازمست پیچها به نحوی سفت شوند که نیروی پیش تنیدگی مطابق جدول ۱۰-۱-۷-۱۱ ایجاد شود. لنگر پیچشی لازم برای این کار توسط آچار مدرج، پیچاندن اضافی، یا واشرهای DTI قابل اندازه گیری است. در اتصالات اتکایی، سفت کردن پیچها به میزان لازم جهت تماس وسایل اتصال و اجزای متصل شونده، کافی است. (در این خصوص به توضیحات تکمیلی مبحث یازدهم مراجعه گردد)

خ) حداقل فواصل سوراخها

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

در صورتی که مقدار F_P از روابط (۱۰-۱-۷-۱) و (۱۰-۱-۷-۲) تعیین می شود، فاصله بین مراکز سوراخها(S) در امتداد نیروهای انتقالی، نباید از d3 کمتر شود. در غیر این صورت فاصله بین مراکز سوراخها نباید از مقادیر زیر کمتر باشد:

الف) در سوراخهای استاندارد:

(۱۰-۱-۷-٤)

$$S \le \frac{۲P}{F_u t} + \frac{d}{۲}$$

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

ب) برای سوراخهای بزرگ و سوراخهای لوبیایی، مقدار بدست آمده از زیر بند الف با مقدار C_1 مربوط از جدول ۱۰-۱-۷-۸ جمع می شود ولی فاصله خالص بین سوراخها نباید از قطر پیچ کمتر شود.

د) حداقل فاصله تا لبه

فاصله مرکز سوراخهای استاندارد تا لبه قطعه متصل شونده نباید از مقادیر داده شده در جدول ۱۰-۱-۷-۹ و همچنین مقدار حاصل از رابطه (۱۰-۱-۷-۵) کمتر باشد.

در طول یک خط انتقال نیرو در صوتی که F_P از روابط ۱۰-۱-۷-۱ و ۱۰-۱-۷-۲ تعیین شده باشد، فاصله از مرکز سوراخ استاندارد تا لبه قطعه متصل شونده L_e نباید از ۲d کمتر شود، در غیر این صورت باید رابطه (۱۰-۱-۷-۵) صادق باشد.

(۵-۷-۱-۱۰)

$$L_e \geq \frac{۲P}{F_u t} + \frac{d}{۲}$$

t ، F_u ، P و d در بند ۱۰-۱-۷-۳-خ تعریف شده اند. برای سوراخ بزرگ شده و لوبیایی فاصله مرکز سوراخ تا لبه نباید از آنچه که برای سوراخ استاندارد تعیین شد به اضافه مقدار C_2 مربوط از جدول ۱۰-۱-۷-۱۰ کمتر شود.

ذ) حداکثر فاصله تا لبه و فاصله مرکز به مرکز

علاوه بر کنترل های لازم از لحاظ کمانش موضعی، حداکثر فاصله از مرکز هر پیچ و یا پرچ تا نزدیکترین لبهء قطعه در قطعات حفاظت شده در مقابل خوردگی، ۱۲ برابر ضخامت قطعه متصل شونده می با شد ولی نباید از ۱۵۰ میلیمتر تجاوز کند. برای قطعات مرکب رنگ نشده که تحت اثر خوردگی و زنگزدگی ناشی از عوامل جوی قرار داشته باشند، فاصله وسایل اتصال که دو ورق یا ورق و نیمرخی را متصل می کنند نباید از ۱٤ برابر ضخامت نازکترین قسمت متصل شونده و همچنین از ۲۰۰ میلیمتر بیشتر شود. فاصله تا لبه این قطعات نباید از ۸ برابر ضخامت نازکترین قطعه و یا از ۱۲۵ میلیمتر تجاوز کند.

ر) اتصال با طول گیره بلند

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

جدول ۱۰-۱-۷-۸ مقادیر C_1

سوراخ بزرگ شده (mm)	سوراخ لوبیایی (mm)		
	در امتداد عمود بر خط نیرو	در امتداد موازی با خط نیرو	
		لوبیایی کوتاه	لوبیایی بلند
mm5	o	mm7	mm

جدول ۱۰-۱-۷-۹ حداقل فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در امتداد نیرو

قطر اسمی پیچ یا پرچ	لبه بریده شده با قیچی (گیوتین)	لبه نورد شده ورق، نیمرخ، تسمه و نیز لبه بریده شده با شعله اتوماتیک یا اره
d	d25/2	d2

جدول ۱۰-۱-۷-۱۰ مقادیر افزایش فاصله تا لبه C_2

سوراخ بزرگ شده (mm)	سوراخ لوبیایی (mm)		
	عمود بر امتداد لبه		موازی با لبه
	لوبیایی کوتاه	لوبیایی بلند	
mm 3	mm 5	d75/0	o

جدول۱۰-۱-۷-۱۱ حداقل نیروی پیش تنیدگی در اتصالات اصطکاکی*

سطح مقطع اسمی پیچ	حداقل نیروی پیش تنیدگی

A_b	$0/55F_u A_b$

* 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

۱۰-۷-۱-٤ تنش مجاز در گسیختگی قالبی

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

(۱۰-۷-۱-٦)

$$F_v = 0/4F_u$$

که در مقطع خالص برشی (A_v) در نظر گرفته می شود. تنش کششی مجاز نیز عبارت است از:

(۱۰-۷-۱-۷)

$$F_t = 0/5F_u$$

که F_t در مقطع خالص کششی (A_t) در نظر گرفته می شود. F_u نیز تنش نهایی مصالح میباشد. در اتصالات جوشی باید مسیر حداقل برای پارگی در جوشها کنترل شود.

۱۰-۷-۱-۵ عناصر اتصال دهنده

این بند مربوط است به عناصر اتصال دهنده مانند قطعات تقویتی، ورقهای اتصال ، نبشیها، لچکی ها و ناحیه چشمه اتصال تیر به ستون.

الف) اتصالات برون محور

در اتصال اعضای با نیروی محوری باید سعی شود که محورهای مار بر مرکز ثقل اعضا در یک نقطه تلاقی کنند وگرنه باید برای خمش و برش ناشی از برون محوری ، پیش بینیهای لازم در تحلیل و طراحی صورت گیرد.

ب) برش مجاز در پارگی

در حالتی که ممکن است به علت برش در صفحه ای که از وسایل اتصال می گذرد، گسیختگی اتفاق افتد و یا برای حالتی که گسیختگی حاصل از عمل مشترک برش در امتداد صفحه ای که از وسایل اتصال می گذرد و کشش در امتداد صفحه عمود بر آن می باشد، به بند۱۰-۱-۷-٤ مراجعه شود.

۱۰-۷-۱-٦ ورقهای پرکننده

در اتصالات جوشی، ورقهای پرکننده ای که ضخامت آن ٦ میلیمتر و بیشتر باشد باید از لبه ورق وصله به اندازه کافی ادامه یابد و به قطعه ای که روی آن قرار می گیرد جوش شود. این جوش باید برای انتقال تنشهای ورق وصله هنگامی که به صورت برون محور بر سطح ورق پرکننده اثر می کند، کافی باشد. جوشهایی که ورق وصله را به ورق پرکننده متصل می کنند باید برای انتقال تنشهای ورق وصله کافی بوده و طول کافی داشته باشد.

هر ورق پرکننده ای که ضخامت آن کمتر از ٦ میلیمتر باشد باید لبه هایش همباد ورق وصله تمام شود و بعد جوش باید به اندازه ای باشد که ضخامت ورق پرکننده را در برگیرد و جوابگوی تنشهای ورق وصله نیز باشد. در این حالت ورق پرکننده نقش سازه ای نداشته و لزومی به طراحی آن

نمی باشد.

در اتصالات پیچی و پرچی که تنشهای محاسبه شده ای تحمل می شود و پیچ یا پرچ از میان ورق پرکننده ای با ضخامت بیش از ٦ میلیمتر می گذرد، ورق پرکننده باید از اطراف ورق اتصال ادامه یافته و توسط وسایل اتصال کافی نگهداری شود. در مورد ورقهایی از ٦ تا ۲۰ میلیمتر، در صورتیکه ضریب کاهش $1-0/016(t-6)$ به تنش برشی پیچ اعمال گردد، نیازی به ادامه

یافتن ورق پرکننده به اطراف نخواهد بود. در رابطه فوق، ضخامت ورق پرکننده بر حسب میلیمتر است.

۱۰-۷-۱-۷ تنشهای مجاز اتکایی

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

(۱۰-۷-۱-۸)

$$F_p = ۰/۹F_y$$

اگر دو یا چند عضو در تماس دارای تنش تسلیم (F_y) مختلف باشند، F_y کوچکتر ملاک طراحی خواهد بود.

شدت تنش اتکایی مجاز در روی خط مولد غلتکها و کفشکهای تکیه گاه عبارت است از:

(۱۰-۷-۱-۹)

$$F_p = \frac{F_y - ۹۲۰}{۱۴۰۰} \times ۴۶/۳d$$ یا SI: $$\left[F_p = \frac{F_y - ۹۲}{۱۴۰} \times ۴/۶۳d \right]^*$$

که در آن F_P بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر طول یا [N/mm] *، F_y بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع یا [N/mm2] * و d قطر غلتک یا کفشک بر حسب سانتیمتر یا [mm] * است.

۱۰-۷-۱-۸ کف ستون ها و قطعات فولادی با فشار مستقیم بر بتن و مصالح بنایی

پیش بینیهای لازم برای انتقال بارهای ستونها به شالوده باید به عمل آید.

در صورتی که مقررات و مشخصات ویژه ای برای تنش مجاز اتکایی موجود نباشد، اعداد زیر ملاک محاسبه خواهد بود:

تنش فشاری مجاز بر روی سنگ آهکی و ماسه سنگ متراکم در ملات ماسه سیمان:

]*۲N/mm2/2[یا

$$F_p = ۲۲ kg/cm^۲$$

تنش فشاری مجاز بر روی آجرکاری با ملات ماسه سیمان:

$$F_p = ۱۴ kg/cm^۲$$ یا]*۲N/mm4/1[

تنش فشاری مجاز بر روی تکیه گاه بتنی:

(۱۰-۷-۱-۱۰)

$$F_p = ۰/۳ f_c \sqrt{\frac{A_۲}{A_۱}} < ۰/۶ f_c$$

که در آن:

f_c = مقاومت مشخصهء فشاری بتن بر روی نمونه استوانه ای استاندارد،

A_1 = سطح ورق زیر ستون در تماس با شالوده

A2= حداکثر سطحی از شالوده هم مرکز و متشابه با ورق زیر ستون

۹-۷-۱-۱۰ میل مهارها

میل مهارها باید طوری طراحی و محاسبه شوند که در تمام حالتهای بارگذاری وارد بر سازه، از نظر کشش و برش در پای ستونها، جوابگو باشند که شامل کشش ناشی از لنگر خمشی حاصل از گیرداری و یا نیمه گیرداری پای ستون نیز می باشد.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰-۱-۸ مسائل ویژه در طرح و محاسبه

این بخش به محاسبه قطعات تحت اثر بارهای متمرکز،لنگر پیچشی و اثرات خستگی مربوط میشود.

۱۰-۱-۸-۱ جان و بالهای اعضا تحت اثر بارهای متمرکز

الف) مبانی طراحی

اعضایی که تحت اثر بار متمرکز بر بال قرار می گیرند، باید جان و بال آنها طوری محاسبه شود که در مقابل خمش موضعی بال ستون در مقابل بال کششی تیر در اتصال صلب تیر به ستون، تسلیم موضعی در جان تیر، لهیدگی در جان، کمانش توأم با انتقال عرضی جان و کمانش فشاری در جان ستون در مقابل نیروی فشاری تیر طبق بندهای ۱۰-۱-۸-۱-ب تا ۱۰-۱-۸-۱-ج مقاوم باشند.

اگر یک جفت قطعه سخت کنندهٔ مناسب 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 باشند باید بند ۱۰-۱-۸-۱-چ و برای قطعات سخت کنندهٔ فشاری ، ضوابط بند ۱۰-۱-۸-۱-ح رعایت شود.

ب) خمش موضعی در بال ستون در مقابل بال کششی تیر در اتصال صلب تیر به ستون

در ستونها با مقطع H شکل (نورد شده یا ورقی)در صورتیکه ضخامت بال ستون کمتر از مقدار رابطه ۱۰-۱-۸-۱ باشد، در محاذات بال کششی تیری که به ستون متصل می شود و یا در محاذات ورق اتصال بال کششی تیر باید یک جفت قطعه تقویتی قرار داد:

(۱۰-۱-۸-۱)

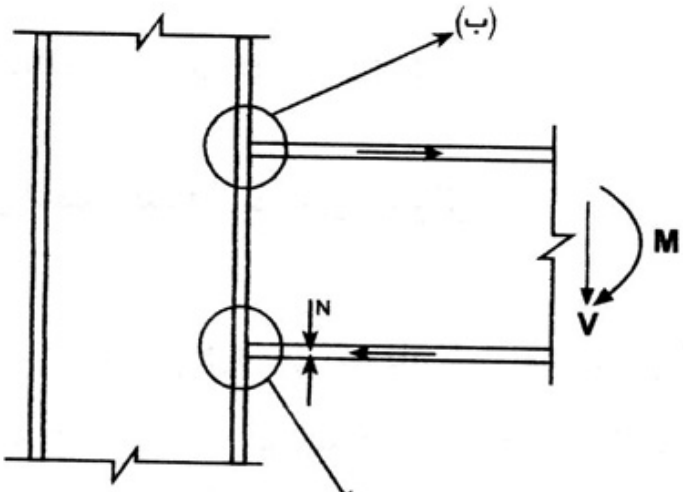
$$t = 0.4\sqrt{\frac{P_{bf}}{F_{ye}}}$$

در این رابطه:

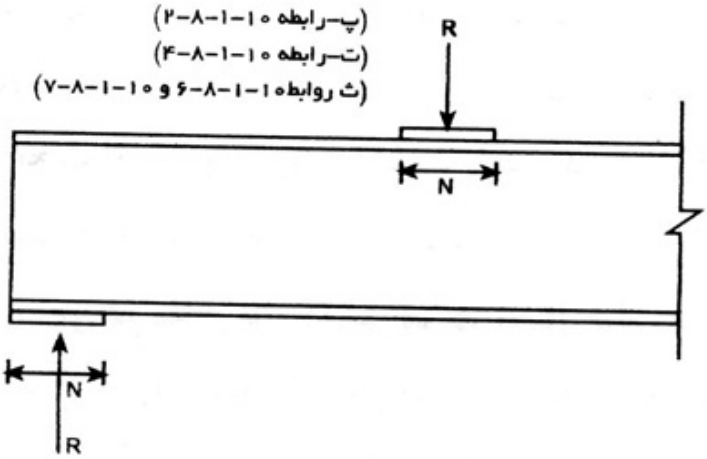
t = ضخامت بال ستون (cm) یا*[mm]

F_{ye} = تنش تسلیم فولاد ستون (kg/cm2) یا *[N/mm2]

P_{bf} = نیرویی که از بال کششی تیر و یا ورق اتصال خمشی، به ستون وارد می شود (kg) یا *[N]. وقتی که این نیرو حاصل از اثر بار مرده و بار زنده است، مقدار نیروی محاسبه شده باید در $\frac{5}{3}$ ضرب گردد. هنگامی که این نیرو حاصل از ترکیبات بارگذاری شامل اثر باد یا زلزله است، مقدار آن مساوی حاصلضرب مساحت بال کششی در تنش تسلیم میباشد.

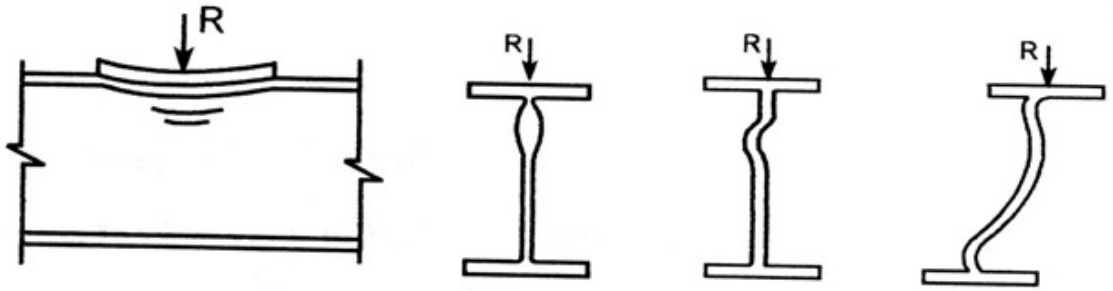


(ج) و (پ)-(رابطه ۱۰-۱-۸-۲)



(پ-رابطه ۱۰-۱-۸-۲)
(ت-رابطه ۱۰-۱-۸-۴)
(ث روابط ۱۰-۱-۸-۶ و ۱۰-۱-۸-۷)

(پ-رابطه ۱۰-۱-۸-۳)
(ت-رابطه ۱۰-۱-۸-۵)
(ث-روابط ۱۰-۱-۸-۶ و ۷-۸-۱-۱۰)



شکل ۱۰-۱-۸-۱ جان وبالهای اعضاء تحت اثربارهای متمرکز

اگر عرض بارگذاری شده در روی بال ستون از b ۰/۱۵ (b عرض بال ستون است) کمتر باشد، بررسی رابطه (۱۰-۱-۸-۱)لازم

نمی باشد.

پ) تسلیم موضعی جان

در تیرها و تیرورق هایی که تحت اثر بار متمرکز عمود بر محور تیر در صفحهء جان و همچنین در جان ستونهایی که در مقابل بال فشاری تیر در اتصال صلب تیر به ستون قرار دارند، باید روابط زیر برقرار شوند:

در حالتی که بار متمرکز، از انتهای عضو در فاصله ای مساوی و بزرگتر از d از انتهای تیر وارد می شود:

(۱۰-۱-۸-۲)

$$\frac{R}{t_w(N+5K)} \le 0.66F_y$$

در حالتی که بار متمرکز در فاصله ای کمتر از d از انتهای تیر وارد می شود:

(۱۰-۱-۸-۳)

$$\frac{R}{t_w(N+2.5K)} \le 0.66F_y$$

که در آن:

d = ارتفاع کلی تیر یا تیر ورق

$\mathbf{R}$ = بار متمرکز یا عکس العمل تکیه گاه،

$\mathbf{t_w}$ = ضخامت جان،

$\mathbf{N}$ = طول تماس بار متمرکز (برای عکس العمل کمتر از $\mathbf{K}$ نباشد) ،

$\mathbf{K}$ = فاصله از سطح خارج بال تا انتهای دو ماهیچه جان و بال یا انتهای بعد جوش یا آخرین ردیف پیچ اتصال بال و جان.

اگر روابط فوق برقرار نشوند، تعبیهء سخت کننده های فشاری مطابق بند ۱۰-۱-۸-۱-ح ضروری است.

ت) لهیدگی در جان

در تیرها و تیرورق هایی که تحت اثر بار متمرکز عمود بر محور تیر در صفحهء جان قرار دارند، وقتی که نیروی متمرکز از مقادیر ز یر تجاوز کند، باید سخت کننده های 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:

(۱۰-۱-۸-٤)

$$R = 0.75t_w^2\left[1+3\left(\frac{N}{d}\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{1.5}\right]\sqrt{F_{yw}\frac{t_f}{t_w}}$$

یا

SI:
$$\left[R = 13.8t_w^2\left[1+3\left(\frac{N}{d}\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{1.5}\right]\sqrt{F_{yw}\frac{t_f}{t_w}}\right]^*$$

۲. اگر بار متمرکز در فاصله کمتر از $\frac{d}{۲}$ از انتهای عضو وارد شود:
(۵-۸-۱-۱۰)

$$R = ۲۸۵\, t_w^۲ \left[۱ + ۳ \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{\frac{۲}{۳}} \right] \sqrt{F_{yw} \frac{t_f}{t_w}}$$

یا

SI:
$$\left[R = ۹ t_w^۲ \left[۱ + ۳ \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{\frac{۲}{۳}} \right] \sqrt{F_{yw} \frac{t_f}{t_w}} \right]^*$$

در این روابط:

$\mathbf{F_{yw}}$ = تنش تسلیم فولاد جان تیر (Kg/cm۲ یا N/mm۲] *

d = ارتفاع کلی نیمرخ (cm) یا [mm] *

$\mathbf{t_f}$ = ضخامت بال (cm) یا [mm] *

$\mathbf{t_w}$ = ضخامت جان (cm) یا [mm] *

اگر سخت کننده های فشاری که مطابق ضوابط بند ۱۰-۱-۸-۱-ح تعبیه شده، حداقل تا نصف ارتفاع جان ادامه یابد، بررسی روابط (۱۰-۱-۸-٤) و (۱۰-۱-۸-۵) لازم نخواهد بود.

ث) کمانش توأم با حرکت جانبی در جان

تعبیهء سخت کننده های فشاری حداقل در جان اعضایی که از حرکت جانبی بال بار گذاری شده توسط مهارهایی جلوگیری نشده و تحت اثر بارهای متمرکز فشاری در صفحهء جان و عمود بر محور تیر باشند، هنگامی ضروری است که نیروی متمرکز فشاری از حدود زیر بیشتر شود:

۱. اگر بال بارگذاری شده در مقابل دوران زاویه ای نگهداری شده و نسبت $\frac{d_c / t_w}{L / b_f}$ کمتر از ۲/۳ باشد:

(۱۰-۱-۸-٦)

$$R = \frac{۴۸ \times ۱۰^۳ t_w^۲}{h} \left[۱ + ۰/۴ \left(\frac{d_c / t_w}{L / b_f} \right)^۲ \right]$$

یا

SI:
$$\left[R = \frac{۴۸ \times ۱۰^۳ t_w^۲}{h} \left[۱ + ۰/۴ \left(\frac{d_c / t_w}{L / b_f} \right)^۲ \right] \right]^*$$

۲. اگر بال بارگذاری شده در مقابل دوران زاویه ای نگهداری نشده باشد و نسبت $\frac{d_c/t_w}{L/b_f}$ کمتر از ۱/۷ باشد:

(۱۰-۸-۱-۷)

$$R=\frac{۲۸\times۱۰^{۳}t_w^{۳}}{h}\left[۰/۴\left(\frac{d_c/t_w}{L/b_f}\right)^{۲}\right]$$

یا

SI: $$\left[R=\frac{۲۸\times۱۰^{۳}t_w^{۳}}{h}\left[۰/۴\left(\frac{d_c/t_w}{L/b_f}\right)^{۲}\right]\right]^{*}$$

در این روابط:

$\mathbf{R}$ = بار متمرکز یا عکس العمل تکیه گاه (kg) یا *[N]

$\mathbf{L}$ = بزرگترین طول بدون تکیه گاه جانبی در هر یک از بالها در محدوده اعمال بار متمرکز (cm) یا *[mm]،

$\mathbf{b_f}$ = عرض بال (cm) یا *[mm] ،

$\mathbf{d_c}$ = $d-۲k$ ارتفاع خالص جان (فاصله بین انتهای دو ماهیچه جان و بال در روی جان) (cm) یا (mm).

در صورتی که نسبت $\frac{d_c/t_w}{L/b_f}$ از مقدار ۲/۳ و یا ۱/۷ (بسته به حالت مورد بحث) بزرگتر باشد، احتیاجی به بررسی روابط (۱۰-۸-۱-۶) و (۱۰-۸-۱-۷) نمی باشد.

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

ج) کمانش فشاری در جان ستون در مقابل بال فشاری تیر در اتصال صلب تیر به ستون

اگر نسبت ارتفاع خالص جان ستون (فاصله بین انتهای دو ماهیچه جان و بال در روی جان) به ضخامت جان، از مقدار زیر بزرگتر باشد، باید یک جفت سخت کننده در مقابل بال فشاری تیر در جان ستون تعبیه کرد:

(۱۰-۸-۱-۸)

$$\left[\frac{d}{t_{wc}}=\frac{۱۱\times۱۰^{۳}t_{wc}^{۳}\sqrt{F_{yc}}}{P_{bf}}\right]^{*}$$

یا SI:

در این رابطه:

$\mathbf{t_{wc}}$ = ضخامت جان ستون (cm) یا *[mm]،

$\mathbf{F_{yc}}$ = تنش تسلیم مصالح جان (Kg/cm)۲(یا N/mm]۲[* ،

$\mathbf{P_{bf}}$ = نیروی فشاری محاسبه شده ای که از بال تیر به جان وارد می شود (kg) یا *[N]. توضیحات رابطه (۱۰-۸-۱-۱) در مورد این نیرو نیز صادق است.

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

اعضای فشاری که جان آنها تحت اثر برش قرار گیرد، باید مطابق با ماده ۱۰-۱-۲-٤ کنترل شوند.

ح) لزوم تعبیه سخت کننده‌ء فشاری زیر بارهای متمرکز

در انتهای تیرهایی که اتصال آنها به ستون یا تیر دیگر به کمک نبشی جان انجام نمی شود، یا در محل بارهای متمرکز در داخل دهانه تیرها، شاهتیرها و ستونها در صورتی که طبق بندهای ۱۰-۱-۸-۱۰-ب تا ۱۰-۱-۸-۱۰-ج قطعات سخت کننده لازم باشد، باید آنها را به صورت جفت قرار داد.

اگر طبق بندهای ۱۰-۱-۸-۱۰-ب و ۱۰-۱-۸-۱۰-پ و یا رابطه (۱۰-۱-۸-۹) وجود سخت کننده لازم باشد و بار بر یکی از بالها وارد شود، لزومی ندارد که آنها را بیش از نصف ارتفاع جان ادامه داد. چنانچه طبق بند ۱۰-۱-۸-۱۰-ت و یا ۱۰-۱-۸-۱۰-ج سخت کننده لازم باشد، این سخت کننده ها باید به صورت ستون فرضی با بار محوری محاسبه شوند. برای این محاسبه شرایط ماده ۱۰-۱-۵-۲ صادق است و طول مؤثر ستون فرضی برابر h75/0 (h 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 بالی 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 کاملا" 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 می شود، باید یک جفت قطعه تقویتی در جان ستون قرار داد، به طوری که سطح مقطع مجموع آنها از مقداری که از رابطه (۱۰-۱-۸-۹) به دست می آید کمتر نشود (این عمل در حالتهایی صادق است که مقدار محاسبه شده A_{st} مثبت باشد).

(۱۰-۱-۸-۹)

$$A_{st}=\frac{P_{bf}-F_{yc}t_{wc}(t_b+\Delta K)}{F_{yst}}$$

که در آن:

F_{yc} = تنش تسلیم مصالح ستون،

F_{yst} = تنش تسلیم مصالح سخت کننده،

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 می کند.

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

۱- عرض هر سخت کننده به اضافه نصف ضخامت جان ستون نباید از یک سوم عرض بال تیر یا ورق اتصال (که بار متمرکز را وارد می کند)، کمتر باشد.

۲- ضخامت سخت کننده 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 لنگر پیچشی

اگرچه اثرات لنگر پیچشی در اجزاء سازه های فولادی ساختمانهای متعارف، نقش درجه اول را بازی نمی کند لیکن به منظور آشنایی با اثرات لنگر پیچشی و ترکیب آنها با اثرات سایر تلاشهای داخلی لازم است موارد زیر مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

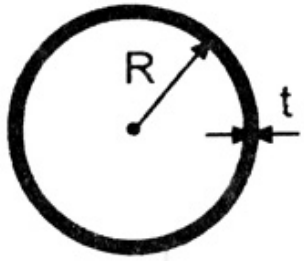
الف) لنگر پیچشی خالص

هرگاه مقطع یک عضو تحت اثر لنگر پیچشی تاب نخورد و یا اگر تاب می خورد ولی در هیچ مقطعی از عضو تحت هر شرایطی از تاب خوردگی جلوگیری بعمل نیاید اصطلاحا" می گوییم که فقط پیچش خالص داریم و تحت اثر لنگر پیچشی در مقطع فقط

تنشهای برشی بوجود می آید.

- برای مقاطع لوله ای جدار نازک تحت اثر لنگر پیچشی M_t

(۱۰-۸-۱-۱۰)

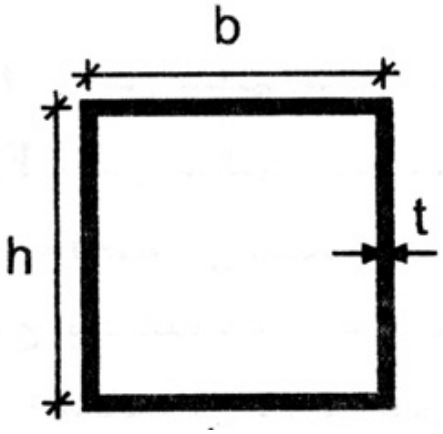


$$\tau_{max} = \frac{M_t . R}{J_t}$$

$$J_t = 2\pi t R^3$$

- برای مقاطع قوطی شکل جدار نازک تحت اثر لنگر پیچشی M_t :

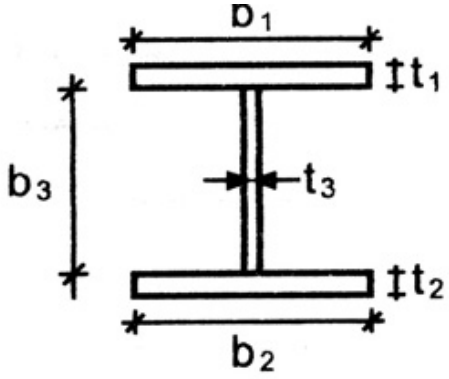
(۱۰-۸-۱-۱۱)



$$\tau_{max} = \frac{M_t}{2bht}$$

- برای مقاطع جدار نازک باز تحت اثر لنگر پیچشی M_t :

(۱۰-۸-۱-۱۲)



$$(\tau_{max})_i = \frac{M_t . t_i}{J_t}$$

$$J_t = \sum \frac{1}{3} b t^3$$

تنش برشی حاصله ناشی از لنگر پیچشی M_t باید به تنشهای برشی نظیر ناشی از ا نواع بارگذاری دیگر اضافه شود و حداکثر منتجه آنها نباید از مقادیر مجاز تجاوز کند.

ب) لنگر پیچشی تابیدگی مقاطع ا شکل

هرگاه مقطع یک عضو تحت اثر لنگر پیچشی (M_t) تابیده گردد، در صورتیکه در یک یا چند مقطع از تیر تحت هر شرایطی از تاب خوردگی جلوگیری بعمل آید باعث می شود که لنگر پیچشی کل (M_t) به دو بخش لنگر پیچشی خالص (M_s) و لنگر پیچشی تابیدگی (M_w) تقسیم شود.

M_t = لنگر پیچشی کل*

(M_s) = لنگر پیچشی که صرف پیچش خالص می شود (لنگر پیچشی خالص یا سن و نان) *

(M_w) = لنگر پیچشی که صرف پیچش تاب خوردگی می شود (لنگر پیچشی تابیدگی) *

با داشتن لنگرهای (M_s) و M_t ، تنش های برشی و قائم در مقطع با استفاده از روابط زیر قابل محاسبه هستند.

(۱۰-۱-۸-۱۳)

$$\tau_s = \frac{M_s . t_i}{J_t}$$

(۱۰-۱-۸-۱٤)

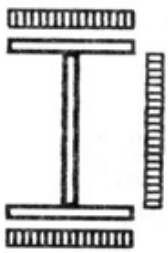
$$\tau_w = \frac{E}{16} b^2 h \frac{d^3 \varphi}{dx^3}$$

(۱۰-۱-۸-۱۵)

$$\sigma_w = \frac{E}{4} bh \frac{d^3 \varphi}{dx^3}$$

b = عرض بال مقطع ا شکل

h= مرکز تا مرکز بال مقطع ا شکل



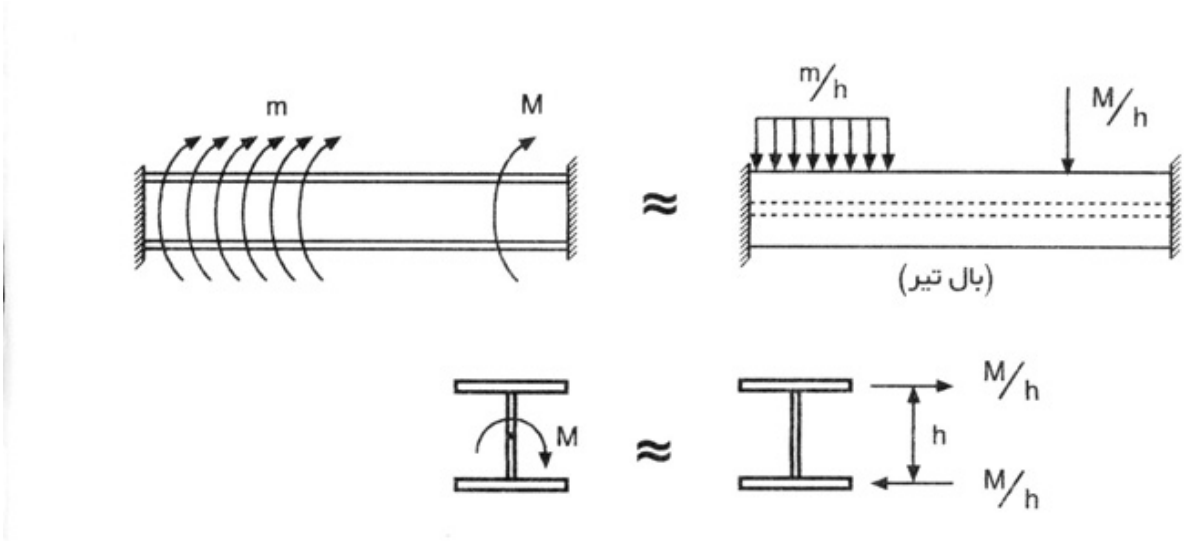
σ_w تنش قائم τ_w تنش برشی τ_s تنش برشی

شکل ۱۰-۱-۸-۲ توزیع تنش در مقاطع I شکل تحت اثر لنگر پیچشی

تنشهای برشی و قائم ناشی از لنگرهای (M_s) و (M_w) باید به تنشهای برشی و قائم نظیر ناشی از انواع بارگذاری دیگر اضافه شود و حداکثر منتجه آنها نباید از مقادیر مجاز تجاوز نماید.

ج) روش تقریبی برای محاسبه تنش های قائم σ_w و برشی τ_w ناشی از پیچش تابیدگی

به عوض حل معادلات دیفرانسیل، از روش تقریبی بسیار ساده ای می توان برای محاسبه تنشهای ناشی از پیچش تابیدگی استفاده نمود. در این روش برای محاسبه τ_w و σ_w ناشی از لنگر پیچشی تابیدگی، می توان لنگر پیچشی کل M_t را به یک زوج نیرو در امتداد بال های فوقانی و تحتانی تیرهای I شکل تبدیل نمود و از روابط خمش عرضی تنش های σ_w و τ_w را با استفاده از مشخصات هندسی بالها محاسبه نمود.



شکل ۱۰-۱-۸-۳ روش تشبیه پیچش به خمش

د) لنگر پیچشی تابیدگی در مقاطع جدار نازک بسته

حل معادلات دقیق نشان می دهد که در اینگونه مقاطع اثر پیچش تابیدگی ناچیز بوده و قابل صرفنظر است.

۱۰-۱-۸- ۳ خستگی

به ندرت لازم می شود که اعضا و اتصالات ساختمانهای معمولی برای خستگی محاسبه شوند، زیرا تعداد نوسان بارها و تغییرات مقدار تنشهای مربوط معمولا" کوچک است. اثر باد و زلزله هم در این گروه وارد نمی شود زیرا تعداد تکرار آنها کم است. با این وجود اعضایی که بارهای جراثقال و یا ماشینها و وسایل متحرک را تحمل می کنند و دیگر اعضایی که احتمال ضعف در اثر

خستگی برای آنها وجود دارد باید در مقابل خستگی محاسبه شوند.

---

* برای تعیین سهم لنگر پیچشی خالص (M_s) و سهم لنگر پیچشی تابیدگی (M_w) از لنگر پیچشی کل (M_t) باید معادله دیفرانسیل زیر حل گردد.

$$\frac{d^4\varphi}{dx^4} - \alpha^2 \frac{d\varphi}{dx} = -\alpha^2 \frac{M_t(x)}{GJ_t}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{G.J_t}{E.C_w}}$$

$$M_s = GJ_t \frac{d\varphi}{dx}$$

$$M_w = -EJ_w \frac{d^3\varphi}{dx^3}$$

$$M_t = M_s + M_w$$

φ = معادله زاویهء پیچش مقطع در طول عضو

J_t = ثابت پیچشی

C_w = ثابت پیچشی تابیدگی

G = مدول الاستیسیته برشی

E = مدول الاستیسیته

از حل معادل دیفرانسیل فوق با توجه به شرایط مرزی مقادیر (M_s) و (M_w) محاسبه می شوند. لازم به ذکر است برای پرداختن به جزئیات حل معادله دیفرانسیل فوق می توان به مراجع مربوطه مراجعه نمود.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

۱۰-۱-۹ توجه به شرایط بهره برداری در طرح و محاسبه

این فصل به عواملی که از نظر شرایط بهره برداری در طرح و محاسبه مطرح است و در بخشهای دیگر یاد نشده است، می پردازد. شرایط بهره برداری عبارت است از شرایطی که در آن سازه ساختمان ضمن انجام نقش اصلی خود (مقاومت در مقابل نیروهای خارجی)، حفظ ظاهر، عوامل سرویس و نگهداری، دوام و پایداری و نیز راحتی استفاده کنندگان را تأمین می کند.

محدودکردن بازتاب سازه، برای تأمین شرایط بهره برداری (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 پیش خیز در تیرها

اگر برای بعضی از اعضای خمشی، پیش خیز بخصوصی لازم است تا در هنگام بارگذاری به شکل موردنظر و در ارتباط با اعضای دیگر درآید، باید اینگونه محدودیتها در مدارک طرح و محاسبه به روشنی مشخص شود.

در خرپاها با دهانه بیش از ۱۲ متر، لازم است به اندازه تغییر شکل بار مرده ، پیش خیز داده شود.

در شاهتیرهای مربوط به جراثقال با دهانه بزرگتر از ۱۲ متر باید پیش خیزی در حدود تغییر شکل ناشی از بار مرده به اضافه $\frac{1}{2}$ بار زنده، پیش بینی 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

بررسی پیش بینیهای لازم برای اثرات تغییرات دما، متناسب با شرایط بهره برداری باید به عمل آید. در محاسبات، ضریب انبساط و انقباض حرارتی فولاد برابر ۱۲ × ۱۰-۶ به ازای هر درجه سانتیگراد در نظر گرفته می شود.

۱۰-۱-۹-۳ افتادگی، ارتعاش و انتقال جانبی

الف) افتادگی

تیرها و شاهتیرهایی که کفها و سقفهای ساختمانی را تحمل میکنند باید با توجهی خاص به تغییر مکان آنها در اثر بارهای محاسباتی، طرح و محاسبه شوند.

تیرها و شاهتیرهایی که سقفهای نازک کاری شده را تحمل می کنند، باید طوری محاسبه شوند که تغییر

مکان حداکثر نظیر بار مرده و زنده از $\frac{1}{240}$ طول دهانه و تغییر مکان حداکثر نظیر بار زنده از $\frac{1}{360}$ طول دها نه بیشتر نشود.

ب) ارتعاش

تیرها و شاهتیرهایی که سطوح بزرگ خالی از تیغه بندی (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. در تیرهای مربوط به این کف ها، نسبت ارتفاع به دهانه $(\frac{d}{L})$ نباید از $\frac{1}{20}$ کمتر گردد. d ارتفاع کلی مقطع تیر (شامل ارتفاع بتن در تیرهای مختلط) و L طول مرکز به مرکز تکیه گاهی تیر است. همچنین لازم است فرکانس نوسانی تیرها محاسبه گردد که این فرکانس باید از حد احساس بشری کمتر باشد*.

پ) انتقال و نوسان جانبی در سازه های فولادی

سازه فولادی باید سختی و صلبیت کافی داشته باشد و تغییر مکان جانبی آن در مقابل اثر باد یا زلزله محدودیتهای آیین نامه های مربوط را برآورده کند.

۱۰-۱-۹-٤ فساد و خوردگی در فلز

در مواردی لازم است فساد و خوردگی مصالح در طرح ومحاسبه 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 رنگ زدن و یا راه حلهای دیگر، باید شرایط بهره برداری حفظ شود. دستورالعمل رنگ آمیزی قطعات فولادی به شرح جدول ۱۰-۱-۹-۱ می باشد.

در جاهایی که تیرها و یا ستونها در معرض عوامل جوی قرار می گیرند باید سطوح داخلی آنها (در صورتی که قسمتهای توخالی داشته باشند) برای مقابله با خوردگی کاملا" مسدود شود و به صورت آب بندی شده درآید، یا فضاهای داخلی آنها ابعاد کافی داشته باشد تا با دسترسی به داخل آنها هر چند وقت یک بار تمیز و رنگ شوند.

جدول ۱۰-۱-۹-۱ حداقل ضخامت رنگ آمیزی قطعات فولادی در شرایط محیطی مختلف

شرایط محیطی	آماده سازی سطح فولاد	نوع و ضخامت رنگ		
		قطعه فولاد در داخل دیوار و نازک کاری	قطعه فولادی بصورت روباز لیکن درون محیط بسته	قطعه فولادی در معرض شرایط جوی
معتدل(۱)	Sa1.5	٤۰ میکرون ضد زنگ (رنگ الکیدی غنی از روی)	٤۰ میکرون آستر الکیدی غنی از روی ٤۰ میکرون رویه الکیدی	٤۰ میکرون آستر الکیدی غنی از روی ٤۰ میکرون لایه میانی الکیدی ٤۰ میکرون رویه الکیدی

سخت (۲)	Sa2.5	٤٠ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی.	٤٠ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ٤٠ میکرون لایه میانی اپوکسی ٤٠ میکرون رویه اپوکسی	٦٠ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ٦٠ میکرون آستر میانی اپوکسی ٦٠ میکرون رویه اپوکسی پلی یورتان
بسیار(۳) سخت و ساحلی	Sa3	٤٠ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ٤٠ میکرون رویه اپوکسی	٦٠ میکرون آستر اپوکسی غنی از روی ٦٠ میکرون لایه میانی اپوکسی ٦٠ میکرون رویه اپوکسی پلی یورتان	مثل ناحیه جزر و مدی که نیاز به مطالعه خاص دارد

1. شرایط معتدل، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط کمتر از ٥٠% (همانند شهر تهران)
2. شرایط سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط بیش از ٨٠% (همانند شهر رشت)
3. شرایط بسیار سخت ، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط بیش از ٨٠% همراه با بخار کلر یا نظایر آن (مانند شهر بندرعباس)
4. در صورتیکه دستورالعمل رنگ آمیزی توسط کارشناس ذیصلاح تهیه شود، می توان از شرایط جدول فوق عدول نمود.
5. صفحاتی که قرار است در اتصال اصطکاکی رویهم قرار گیرند، نباید رنگ شوند، فقط به لایه ای در حد ۲۰ میکرون به عنوان رنگ انبارداری نیاز می باشد.
6. میکرون $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ میلیمتر است.

۱۰-۱-۹-۵ حداقل ضخامت قطعات فولادی

به جز قطعاتی که در آنها پیش بینیهای ویژه و مؤثری برای جلوگیری از خوردگی به عمل آمده باشد، محدودیتهای زیر برای ابعاد قطعات فولادی باید رعایت شود:

الف) ضخامت اجزای اعضای سازه ای که در فضای خارج و در معرض عوامل جوی یا اثرات خورنده دیگر قرار داشته باشند، از ٦ میلیمتر کمتر نباشد. در محیطهای خشک و عاری از هرگونه آثار خورندگی، این مقدار به ٥ میلیمتر کاهش می یابد.

ب) اعضایی با مقطع لوله ای شکل و یا قوطی شکل که کاملا" آب بندی شده و بین داخل و خارج آنها هیچ نشتی صورت نگیرد، حداقل ضخامت جدار ٤ میلیمتر و در اعضای داخلی که نسبتا" از خوردگی محفوظ باشند، ۳ میلیمتر میباشد.

پ) برای نیمرخهای سرد تا شده از ورق، باید به آیین نامه مربوطه مراجعه گردد.

*در این خصوص به مراجع راهنمای معتبر مراجعه شود. برای محاسبه فرکانس تیرهای دهانه ساده رابطه زیر پیشنهاد شده است:

$$f = 20\sqrt{\frac{I}{P_d L^4}} \geq 5$$

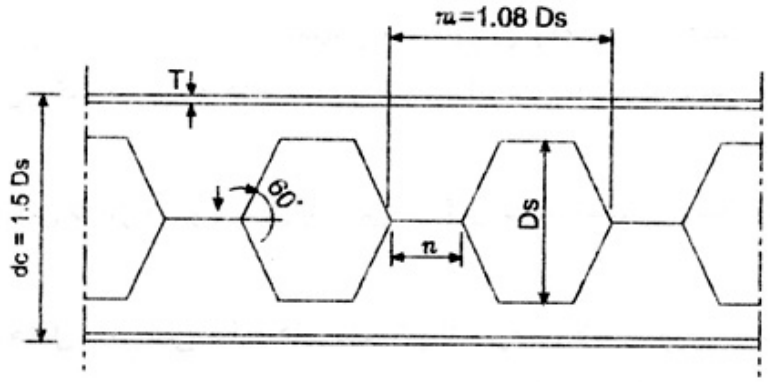
I = ممان اینرسی تیر ، P_d بار مرده (cm^4) = ، L ، طول دهانه (m) = (kg/m)

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

پیوست الف

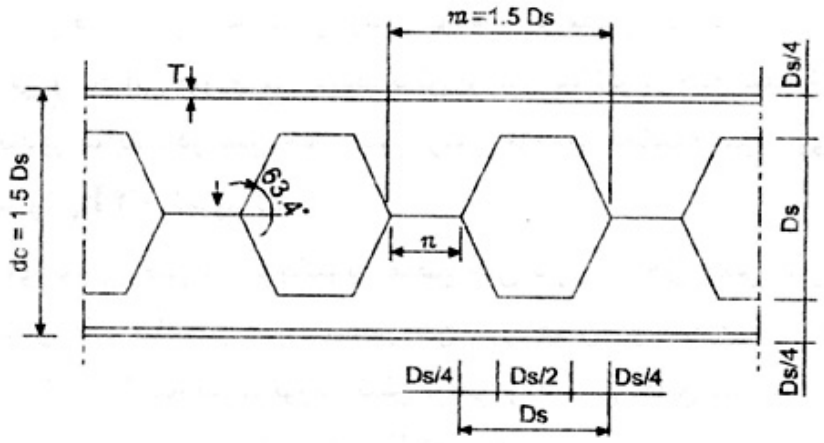
تیرهای لانه زنبوری

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 می نمایند و در اعمال آنها به تیرهای لانه زنبوری با هندسه و مشخصات متفاوت، باید جانب احتیاط رعایت گردد.



Ds=ارتفاع تیر اولیه

استاندارد نوع ۱



استاندارد نوع ۲

الف) ۲ روشهای تحلیل و طراحی

در تحلیل تیرهای لانه زنبوری، علاوه بر اثر خمش کلی، لازم است اثرهای ناشی از خمش ثانوی حاصل از رفتار شبه ویرندیل نیز در نظر گرفته شود.

الف) ۲-۱ تحلیل ارتجاعی و طراحی به روش تنش های مجاز

الف) ۲-۱-۱ به منظور طراحی به روش تنشهای مجاز (روش ارتجاعی)، تحلیل تیر لانه زنبوری باید با استفاده از اصول مکانیک سازه ها و منظور نمودن اثرهای ناشی از تنش های برشی و خمشی ثانویه انجام گیرد.

استفاده از روش قیاس با خرپای ویرندیل با فرض تشکیل نقاط عطف در وسط اجزای اطراف سوراخ، مجاز می باشد.

الف) ۲-۱-۲ در تحلیل ماتریسی سازه های متشکل از تیرهای لانه زنبوری، 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 تحلیل ارتجاعی نباید در هیچ نقطه از تیر از تنشهای مجاز مقرر شده در این آیین نامه تجاوز نمایند مگر در گوشه های سوراخها، که در این مواضع، تنشهای خمشی، بدون احتساب تمرکز تنش نباید از ۰/۷ F_y تجاوز نمایند.

الف) ۲-۱-٤ می توان فرض نمود که نیروی برشی کل وارد بر مقطع سوراخدار تیر، به طور مساوی بین مقاطع T فوقانی و تحتانی توزیع می گردد. تنش برشی حداکثر در هیچ نقطه از جان مقاطع T نباید از ۰/٤۷ F_y تجاوز نماید. در عین حال تنش برشی متوسط محاسبه شده روی جان، در هیچ یک از مقاطع نباید از ۰/٤ F_y تجاوز کند.

الف) ۲-۱-۵ نیروی برشی افقی در کوچکترین مقطع جان تیر (در محل جوش جان) را می توان 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 می توان یکنواخت فرض کرد. تنش برشی متوسط در این مقطع نباید از ۰/٤ F_y تجاوز نماید.

الف) ۲-۲ طرح و آنالیز خمیری

در صورتی که نسبت بعد به ضخامت اجزاء تشکیل دهندهء تیر لانه زنبوری به نحوی باشد که تشکیل مفصل خمیری در مقاطع اعضا میسر باشد، کلیهء ضوابط آنالیز و طرح خمیری مندرج در فصل ۱۰-۳ این مقررات صادق است.

الف) ۲-۲-۱ آنالیز خمیری تیر لانه زنبوری را می توان به روش های زیر انجام داد:

روش قیاس با خرپای ورندیل، با در نظر گرفتن مکانیزم های منفرد و ترکیبی مربوط به خرپای ورندیل و مکانیزم خمش کلی؛

روش اجزاء محدود.

الف) ۲-۲-۲ در طراحی مقاطع T باید اثر نیروی محوری ناشی از خمش کلی توام 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 ارتجاعی 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 وارد بر درز جوش، کمتر از نیروی برشی مجاز فولاد مادر باشد، فقط کافی است اتصالی ایجاد کرد که قادر به انتقال ایمن نیروی برشی وارده باشد. در این حالت می توان از روش متداول استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل عدول نمود و در عوض از جوش شیاری با نفوذ نسبی بدون آمادگی خاصی که بر اساس تنش متوسط برشی محاسبه میگردد، استفاده کرد.

الف) ۳-۱-۱ طرح ارتجاعی:

به این منظور باید رابطه زیر برقرار باشند:

$$F_{v(avg)} = \frac{V_w}{a_{w(net)} \cdot M} \leq 0.4 F_y$$

که در آن:

$F_{v(avg)}$ = تنش برشی متوسط در درز جوش،

$a_{w(net)}$ = حداقل ضخامت خالص جوش که برابر است با مجموع حداقل عمق نفوذ جوش و حداقل ضخامت جوش تقویتی دایم در هر دو سمت،

V_w = کل نیروی برشی در محل درز جوش،

n = طول جوش مطابق شکل ۱،

الف) ۳-۱-۲ طرح خمیری:

در این حالت:

$$\bar{V}_w \leq 0.7 F_y a_{w(net)} n$$

که در آن $a_{w(net)}$ و n در بند الف ۳-۱-۱ تعریف شده اند و $\bar{V}_w$ عبارت است از نیروی برشی ضریب دار، در درز جوش.

الف) ۳-۲ در صورتی که با رعایت شرایط فوق، از جوش های شیاری با نفوذ نسبی استفاده شود، جوشکاری باید از هر دو سمت صورت گیرد. حداقل ضخامت جوش تقویتی دایم و حداقل عمق نفوذ باید به وضوح در نقشه های اجرایی مشخص گردد. در مواردی که برآمدگی جوش تقویتی باید تراشیده(سنگ زده شده) و برداشته شود (مانند نقاط اتصال جان به جان تیرهای متقاطع) باید این امر در احتساب حداقل ضخامت خالص جوش، $a_{w(net)}$ در نظر گرفته شود.

الف) ٤ 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) ٥ کمانش موضعی

کلیه اجزای 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) ٥-١ کمانش جانبی - پیچشی جان دراثر خمش درون صفحه ای ناشی از برش.

الف) ٥-٢ 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) ٥-٣ کمانش موضعی جان در گوشه سوراخها به علت وجود تمرکز تنش.

الف) ٥-٤ کمانش موضعی مقطع T

الف) ٥-٥ 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) ٦ 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. در محل نیروهای متمرکز و یا واکنش تکیه گاهی، سوراخ جان باید پر شود و در صورت نیاز از سخت کننده های عرضی جان استفاده گردد.

الف) ٧ تغییر مکان

در محاسبه تغییر مکان ارتجاعی تیرهای لانه زنبوری، باید اثر تغییر شکلهای ناشی از برش موجود در مدولها (شامل تغییرشکلهای برشی و خمشی اجزاء در هر مدول) با تغییر شکل ناشی از خمش کلی جمع گردد.

الف) ٨ اثرخستگی

از ایجاد گوشه های تیز تحت اثر بارهای متناوب، بخصوص در مورد چشمه هایی که در منطقه تغییر لنگر خمشی کلی قرار می گیرند، باید احتراز شود. در گوشه سوراخها باید قوس دایروی ایجاد کرد. در غیاب تحلیل ارتجاعی تفصیلی جهت تعیین ضریب شدت تنش و شدت حوزه تنشی، حداقل شعاع انحنای گوشه،
r_{min} ، باید به شرح زیر اختیار شود:

$$r_{min} \geq ۰/۰۷ D_s$$

شکافهای منتج از ایجاد قوسها در دو انتهای جوشهای جان باید با جوش پر شوند. استفاده از جوش شیاری با نفوذ نسبی تحت اثر بارهای متناوب و بارگذاری منجر به بروز پدیده خستگی، در حالت کلی و بدون انجام تحقیقات کافی، مجاز نمی باشد.

الف) ٩ 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 قاب مقاوم در برابر زلزله) باید با رعایت توصیه های اجمالی زیر صورت گیرد. لازم به ذکر است که استفاده از چنین تیرهایی فقط در قابها با شکل پذیری کم مجاز می باشد.
- حداقل شعاع قوس دایروی گوشه ها مطابق بند الف) ٨ رعایت شود .
- در تیرهای لانه زنبوری تحت اثر بار گسترده یکنواخت که به عنوان تیر برشی زلزله گیر طراحی می شوند، پانلهای انتهایی به طور مناسب تقویت شوند (به صورت پر کردن کامل سوراخها، استفاده از سخت کننده های عمود بر جان و روشهای تقویتی دیگر متناسب با بارهای اعمالی).
- در مواضع اثر بارهای متمرکز نسبتا" سنگین و در محل تکیه گاهها، از تقویتهای مناسب جان استفاده شود.
- از جوش شیاری با نفوذ کامل استفاده شود.

الف) ١٠ کنترل و تضمین کیفیت، بازرسی فنی، نکات اجرایی

در ساخت تیرهای لانه زنبوری، خصوصا" 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، برنامه ریزی 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 دونیمه جوش شده تیر که برحسب نسبت اندازه نابجایی اولیه در وسط ارتفاع اعضای قائم جان (δ) به ارتفاع کل جان (تقریبا" برابر با d_c مطابق شکل ۱) تعریف می شود، نباید در هیچ یک از $\frac{1}{500}$ اعضای قائم جان از تجاوز کند.
- از روش های برشکاری که منجر به بیرون زدگی مواضعی از جان از صفحه خود، به ویژه در گوشه سوراخها می گردد باید اجتناب نمود.
- 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 به میزان مکفی پرداخت شوند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

پیوست ب

مشخصات مکانیکی فولادهای ساختمانی

نوع فولاد	مقاومت کششی برای ضخامت mm		حداقل تنش تسلیم برای ضخامت قطعه به mm N/mm²						کرنش گسیختگی ($L_o = 5d_o$) برای ضخامت قطعه (میلیمتر) %min					وضعیت نمونه	آزمایش تا شدگی (۱۸۰°) برای ضخامت قطعه به mm قطر خمش			وضعیت نمونه	حداقل طاقت بر اساس نمونه شیار دار برای ضخامت قطعه به mm ژول					وضعیت مرغوبیت
	≥۳ ≤۱۰۰	>۱۰۰	≤۱۶	>۱۶ ≤۴۰	>۴۰ ≤۶۳	>۶۳ ≤۸۰	>۸۰ ≤۱۰۰	>۱۰۰	≤۴۰	>۴۰ ≤۶۳	>۶۳ ≤۱۰۰	>۱۰۰			≤۶۳	>۶۳ ≤۱۰۰	>۱۰۰		دمای آزمایش	≥۱۰ ≤۱۶	>۱۶ ≤۴۰	>۴۰ ≤۶۳	>۶۳ ≤۱۰۰	>۱۰۰	
ST۲۷-۲	۲۴۰ تا ۴۷۰	بر اساس توافق	۲۳۵ ۲۳۲	۲۲۵ ۲۲۵	۲۱۵ ۲۱۵	۲۰۵ ۲۱۵	۱۹۵ ۲۱۵	بر اساس توافق	۲۶ ۲۴	۲۵ ۲۳	۲۴ ۲۴	بر اساس توافق	طولی عرضی	۱a ۲a	۱/۵a ۲/۵a	بر اساس توافق	طولی عرضی طولی عرضی	U,N U,N U,N U N	+۲۰ +۲۰ +۲۰ ±۰ -۲۰	۲۷ ۲۷ ۲۷ ۲۷ ۲۷	— — ۲۷ ۲۷ ۲۷	— — ۲۷ ۲۷ ۲۷	— — ۲۳ ۲۳ ۲۳	بر اساس توافق
ST۲۷-۲																								
RST۲۷-۲																								
ST۲۷-۳																								
ST۴۴-۲	۲۴۰ تا ۴۵۰		۲۷۵	۲۶۵	۲۵۵	۲۴۵	۲۳۵		۲۲ ۲۰	۲۱ ۱۹	۲۰ ۱۸		طولی عرضی	۲a ۳a	۲/۵a ۳/۵a		طولی عرضی	U,N U N	+۲۰ ±۰ -۲۰	۲۷ ۲۷ ۲۷	۲۸ ۲۷ ۲۷	— ۲۳ ۲۳	
ST۴۴-۳																								
ST۵۲-۳	۳۹۰ تا ۶۳۰		۳۵۵	۳۴۵	۳۳۵	۳۲۵	۳۱۵		۱۲ ۲۰	۲۱ ۱۹	۲۰ ۱۸		طولی عرضی	۳a ۳a	۳/۵a ۳/۵a		طولی عرضی	U N	±۰ -۲۰	۲۷ ۲۷	۲۷ ۲۷	۲۳ ۲۳	

U = بصورت گرم شکل داده شده است. N = نرمالیزه شده است.

جدول ب ۱- مشخصات مکانیکی فولادهای ساختمانی

نوع فولاد	نوع تولید	نوع فرآیند مرغوب سازی	مشخصات مکانیکی													
			حداقل تنش تسلیم برای ضخامت					حداقل مقاومت کششی	کرنش گسیختگی	حداقل انرژی شکل پذیری						
			≤۱۲	>۱۲ ≤۱۶	>۱۶ ≤۳۵	>۳۵ ≤۵۰	>۵۰ ≤۶۰	>۵۰ ≤۶۰	شکل نمونه	محل نمونه	-۶۰°C	-۴۰°C	-۲۰°C	۰°C	+۲۰°C	قطر ناشدگی عرضی طولی
			N/mm²					N/mm²	٪ حداقل (l=۵d)	ژول						
STE ۴۶۰	ورق پروفیل لوله جوش شده، لوله بدون درز	N	۴۶۰ ۴۶۰	۴۶۰ ۴۵۰	۴۵۰ ۴۴۰	۴۴۰ ۴۲۰	۷۳۰ —	۵۳۰ تا ۷۳۰	۱۷	V-۱۵۰	طولی عرضی			۳۹	۴۳ ۳۱	۵۱ ۳۱	۳a	۴a
STE ۶۹۰	ورق پروفیل لوله جوش شده	V	۶۹۰	۶۹۰	۶۹۰	۶۹۰	—	۷۹۰ تا ۹۴۰	۱۶	V-۱۵۰	طولی عرضی	۲۷	۳۰	۳۵	۴۰	۶۰ ۴۰	۳a	۴a

N = نرمالیزه شد و V = مرغوب شده (با آب)

جدول ب-۲ مشخصات مکانیکی فولادهای ساختمانی

نوع فولاد	مقاومت کششی N/mm^2	تنش تسلیم به N/mm^2 برای ضخامتهای (به میلیمتر)				ازدیادطول نسبی به ٪ برای $L_o=5d$ برای ضخامتهای (به میلیمتر)			ترکیب شیمیایی (بر حسب درصد)				
		تا ۲۰	۲۰تا۴۰	۴۰–۱۰۰	بیش از ۱۰۰	تا ۲۰	۲۰–۴۰	بیش از ۴۰	کربن C	منگنز Mn	فسفر P	گوگرد S	سلسیم Si
فولاد ۳۳	۳۳۰	—	—	—	—	۲۳	۲۲	۲۰	۰/۲۰	—	۰/۰۶	۰/۰۵	—
	۳۲۰–۴۵۰	—	—	—	—	۳۴	۳۳	۳۱	۰/۰۶–۰/۱۲	۰/۲۵–۰/۵۰	۰/۰۴۵	۰/۰۵	۰/۱۲–۰/۳۰
۳۴-۲	۳۴۰–۴۷۰	۲۲۰	۲۱۰	۲۰۰	۱۹۰	۳۳	۳۲	۳۰	۰/۰۹–۰/۱۵	۰/۲۵–۰/۵۰	۰/۰۴۵	۰/۰۵	۰/۱۲–۰/۳۰
۳۷-۳	۳۷۰–۵۲۰	۲۵۰	۲۴۰	—	—	۲۵	۲۵	—	۰/۱۴–۰/۱۶	۰/۱۴–۰/۶۵	۰/۰۴۵	۰/۰۵	۰/۲۰–۰/۳۵
۳۷-۲	۳۸۰–۵۲۰	۲۵۰	۲۴۰	۲۳۰	۲۱۰	۲۶	۲۶	۲۳	۰/۱۵–۰/۲۲	۰/۱۵–۰/۶۵	۰/۰۴۵	۰/۰۵	۰/۱۲–۰/۳۰
۴۲-۳	۴۲۰–۵۷۰	۲۷۰	۲۶۰	۲۵۰	۲۴۰	۲۴	۲۳	۲۱	۰/۱۸–۰/۲۷	۰/۴۰–۰/۷	۰/۰۴۵	۰/۰۵	۰/۱۲–۰/۳۰
۵۰-۴	۵۰۰–۶۷۰	۲۹۰	۲۸۰	۲۷۰	۲۶۰	۲۰	۱۹	۱۸	۰/۲۸–۰/۲۷	۰/۵۰–۰/۸	۰/۰۴۵	۰/۰۵	۰/۱۵–۰/۳۵
۶۰-۲	۶۰۰–۶۷۰	۳۲۰	۳۱۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵	۱۴	۱۲	۰/۳۸–۰/۵	۰/۵۰–۰/۸	۰/۰۴۵	۰/۰۵	۰/۱۵–۰/۳۵

جدول ب –۳ – فولادهای تولیدی ذوب آهن اصفهان

پیچ		گروه مقاومت								
		۳/۶	۴/۶	۴/۸	۵/۶	۵/۸	۶/۸	۸/۸		۱۰/۹	۱۲/۹
	حداکثر	۳۰۰	۴۰۰		۵۰۰		۶۰۰	۸۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰
مقاومت گسیختگی N/mm^2 , F_u	حداقل	۳۳۰	۴۰۰	۴۲۰	۵۰۰	۵۲۰	۶۰۰	۸۳۰	۸۰۰	۱۰۴۰	۱۲۲۰
حد تسلیم N/mm^2 , F_y	حداکثر	۱۸۰	۲۴۰	۳۲۰	۳۰۰	۴۰۰	۴۸۰	—	—	—	—
حد تسلیم نظیر کرنش ۰/۲ درصد N/mm^2 , $F_{0.2}$	حداکثر	—	—	—	—	—	—	۶۶۰	۶۴۰	۹۰۰	۱۱۰۰
کرنش گسیختگی N/mm^2 , ε_u	حداقل	۲۵	۲۲	۱۴	۲۰	۱۰	۸	۱۲	۱۲	۹	۸
سختی ویکرز ،HV	حداقل	۹۵	۱۲۰	۱۳۰	۱۵۵	۱۶۰	۱۹۰	۲۵۵	۲۳۰	۳۱۰	۳۷۲
	حداکثر			۲۲۰			۲۵۰	۳۳۶	۳۰۰	۳۸۲	۴۳۴
سختی ویکرز ،HB	حداقل	۹۰	۱۱۴	۱۲۴	۱۴۷	۱۵۲	۱۸۱	۲۴۲	۲۱۹	۲۹۵	۳۵۳
	حداکثر			۲۰۹			۲۳۸	۳۱۹	۲۸۵	۳۶۳	۴۱۲
انرژی ضربه نمونه زخمی	حداقل		—		۲۵		—	۳۰	۳۰	۲۰	۱۵
گروه بندی قدیم		۴۸	۴D	۴S	۵D	۵S	۶S	AG		۱۰K	۱۲K
								>M 16	≤M16		

جدول ب ۴– انواع مصالح پیچها بر اساس ISO 898 T_1

تذکر: فولادهای رایج در بازار ایران اغلب از نوع ST37 بوده و فولاد ST52 با سفارش قبلی به کارخانه تولید می شود

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

پیوست پ

جدول تنش های مجاز فشاری

ST37

تنش مجاز فشاری ستونهابر حسب ضریب لاغری

$E = 2/1 \times 10^6 kg/cm^2$ $F_y = 2400 kg/cm^2$ $C_c = 131$

λ	Fa	λ	Fa	λ	Fa	λ	Fa	λ	Fa
۱	۱۴۳۷	۴۱	۱۲۸۲	۸۱	۱۰۴۰	۱۲۱	۷۲۲	۱۶۱	۴۱۷
۲	۱۴۳۴	۴۲	۱۲۷۷	۸۲	۱۳۳	۱۲۲	۷۱۳	۱۶۲	۴۱۲
۳	۱۴۳۲	۴۳	۱۲۷۲	۸۳	۱۰۲۶	۱۲۳	۷۰۴	۱۶۳	۴۰۷
۴	۱۴۲۹	۴۴	۱۲۶۷	۸۴	۱۰۱۹	۱۲۴	۶۹۵	۱۶۴	۴۰۲
۵	۱۴۲۶	۴۵	۱۲۶۲	۸۵	۱۰۱۲	۱۲۵	۶۸۶	۱۶۵	۳۹۷
۶	۱۴۲۳	۴۶	۱۲۵۶	۸۶	۱۰۰۴	۱۲۶	۶۷۶	۱۶۶	۳۹۲
۷	۱۴۲۰	۴۷	۱۲۵۱	۸۷	۹۹۷	۱۲۷	۶۶۷	۱۶۷	۳۸۷
۸	۱۴۱۷	۴۸	۱۲۴۶	۸۸	۹۹۰	۱۲۸	۶۵۸	۱۶۸	۳۸۳
۹	۱۴۱۴	۴۹	۱۲۴۰	۸۹	۹۸۲	۱۲۹	۶۴۹	۱۶۹	۳۷۸
۱۰	۱۴۱۱	۵۰	۱۲۳۵	۹۰	۹۷۵	۱۳۰	۶۳۹	۱۷۰	۳۷۴
۱۱	۱۴۰۸	۵۱	۱۲۲۹	۹۱	۹۶۸	۱۳۱	۶۳۰	۱۷۱	۳۶۹
۱۲	۱۴۰۵	۵۲	۱۲۲۴	۸۲	۹۶۰	۱۳۲	۶۲۰	۱۷۲	۳۶۵
۱۳	۱۴۰۱	۵۳	۱۲۱۸	۹۳	۹۵۳	۱۳۳	۶۱۱	۱۷۳	۳۶۱
۱۴	۱۳۹۸	۵۴	۱۲۱۲	۹۴	۹۴۵	۱۳۴	۶۰۲	۱۷۴	۳۵۷
۱۵	۱۳۹۵	۵۵	۱۲۰۶	۹۵	۹۳۷	۱۳۵	۵۹۳	۱۷۵	۳۵۳
۱۶	۱۳۹۱	۵۶	۱۲۰۱	۹۶	۹۳۰	۱۳۶	۵۸۴	۱۷۶	۳۴۹
۱۷	۱۳۸۷	۵۷	۱۱۹۵	۹۷	۹۲۲	۱۳۷	۵۷۶	۱۷۷	۳۴۴
۱۸	۱۳۸۴	۵۸	۱۱۸۹	۹۸	۹۱۴	۱۳۸	۵۶۷	۱۷۸	۳۴۱
۱۹	۱۳۸۰	۵۹	۱۱۸۳	۹۹	۹۰۶	۱۳۹	۵۵۹	۱۷۹	۳۳۷
۲۰	۱۳۷۶	۶۰	۱۱۷۷	۱۰۰	۸۹۸	۱۴۰	۵۵۱	۱۸۰	۳۳۳
۲۱	۱۳۷۲	۶۱	۱۱۷۱	۱۰۱	۸۹۱	۱۴۱	۵۴۳	۱۸۱	۳۳۰
۲۲	۱۳۶۸	۶۲	۱۱۶۵	۱۰۲	۸۸۳	۱۴۲	۵۳۶	۱۸۲	۳۲۶
۲۳	۱۳۶۴	۶۳	۱۱۵۹	۱۰۳	۸۷۵	۱۴۳	۵۲۸	۱۸۳	۳۲۲
۲۴	۱۳۶۰	۶۴	۱۱۵۲	۱۰۴	۸۶۷	۱۴۴	۵۲۱	۱۸۴	۳۱۹
۲۵	۱۳۵۶	۶۵	۱۱۴۶	۱۰۵	۸۵۸	۱۴۵	۵۱۴	۱۸۵	۳۱۶
۲۶	۱۳۵۲	۶۶	۱۱۴۰	۱۰۶	۸۵۰	۱۴۶	۵۰۷	۱۸۶	۳۱۲
۲۷	۱۳۴۸	۶۷	۱۱۳۴	۱۰۷	۸۴۲	۱۴۷	۵۰۰	۱۸۷	۳۰۹
۲۸	۱۳۴۳	۶۸	۱۱۲۷	۱۰۸	۸۳۴	۱۴۸	۴۹۳	۱۸۸	۳۰۶
۲۹	۱۳۳۹	۶۹	۱۱۲۱	۱۰۹	۸۲۸	۱۴۹	۴۸۷	۱۸۹	۳۰۲
۳۰	۱۳۳۵	۷۰	۱۱۱۴	۱۱۰	۸۱۷	۱۵۰	۴۸۰	۱۹۰	۲۹۹
۳۱	۱۳۳۰	۷۱	۱۱۰۸	۱۱۱	۸۰۹	۱۵۱	۴۷۴	۱۹۱	۲۹۶
۳۲	۱۳۲۶	۷۲	۱۱۰۱	۱۱۲	۸۰۰	۱۵۲	۴۶۸	۱۹۲	۲۹۳
۳۳	۱۳۲۱	۷۳	۱۰۹۵	۱۱۳	۷۹۲	۱۵۳	۴۶۱	۱۹۳	۲۹۰
۳۴	۱۳۱۶	۷۴	۱۰۸۸	۱۱۴	۷۸۳	۱۵۴	۴۵۶	۱۹۴	۲۸۷
۳۵	۱۳۱۲	۷۵	۱۰۸۱	۱۱۵	۷۷۵	۱۵۵	۴۵۰	۱۹۵	۲۸۴
۳۶	۱۳۰۷	۷۶	۱۰۷۴	۱۱۶	۷۶۶	۱۵۶	۴۴۴	۱۹۶	۲۸۱
۳۷	۱۳۰۲	۷۷	۱۰۶۸	۱۱۷	۷۵۷	۱۵۷	۴۳۸	۱۹۷	۲۷۸
۳۸	۱۲۹۷	۷۸	۱۰۶۱	۱۱۸	۷۴۸	۱۵۸	۴۳۳	۱۹۸	۲۷۵
۳۹	۱۲۹۲	۷۹	۱۰۵۴	۱۱۹	۷۴۰	۱۵۹	۴۲۷	۱۹۹	۲۷۲
۴۰	۱۲۸۷	۸۰	۱۰۴۷	۱۲۰	۷۳۱	۱۶۰	۴۲۲	۲۰۰	۲۷۰

با تقسیم مقادیر تنش ها بر ۱۰، مقادیر تقریبی تنش بر حسب N/mm^2 بدست می آید.

(ضریب لاغری)

ST52

تنش مجاز فشاری ستونها بر حسب ضریب لاغری

$E = 2/1 \times 10^6 kg/cm^2$ $F_y = 3600 kg/cm^2$ $C_c = 107$

λ	Fa	λ	Fa	λ	Fa	λ	Fa	λ	Fa
۱	۲۱۰۵	۴۱	۱۸۵۱	۸۱	۱۳۵۷	۱۲۱	۷۳۸	۱۶۱	۴۱۷
۲	۲۱۰۵	۴۲	۱۸۴۰	۸۲	۱۳۴۳	۱۲۲	۷۲۶	۱۶۲	۴۱۲
۳	۲۱۴۵	۴۳	۱۸۳۰	۸۳	۱۳۵۲	۱۲۳	۷۱۴	۱۶۳	۴۰۷
۴	۲۱۴۰	۴۴	۱۸۱۹	۸۴	۱۳۱۴	۱۲۴	۷۰۳	۱۶۴	۴۰۲
۵	۲۱۳۵	۴۵	۱۹۰۹	۸۵	۱۲۹۹	۱۲۵	۶۹۲	۱۶۵	۳۹۷
۶	۲۱۲۹	۴۶	۱۷۹۸	۸۶	۱۲۸۴	۱۲۶	۶۸۱	۱۶۶	۳۹۲
۷	۲۱۲۴	۴۷	۱۷۸۷	۸۷	۱۲۶۹	۱۲۷	۶۷۰	۱۶۷	۳۸۷
۸	۲۱۱۸	۴۸	۱۷۷۷	۸۸	۱۲۵۴	۱۲۸	۶۶۰	۱۶۸	۳۸۳
۹	۲۱۱۲	۴۹	۱۷۶۶	۸۹	۱۲۳۸	۱۲۹	۶۴۹	۱۶۹	۳۷۸
۱۰	۲۱۰۶	۵۰	۱۷۵۴	۹۰	۱۲۲۲	۱۳۰	۶۳۹	۱۷۰	۳۷۴
۱۱	۲۱۰۰	۵۱	۱۷۴۳	۹۱	۱۲۰۸	۱۳۱	۶۳۰	۱۷۱	۳۶۹
۱۲	۲۰۹۴	۵۲	۱۷۳۲	۸۲	۱۱۹۲	۱۳۲	۶۲۰	۱۷۲	۳۶۵
۱۳	۲۰۸۷	۵۳	۱۷۲۰	۹۳	۱۱۷۶	۱۳۳	۶۱۱	۱۷۳	۳۶۱
۱۴	۲۰۸۰	۵۴	۱۷۰۹	۹۴	۱۱۶۰	۱۳۴	۶۰۲	۱۷۴	۳۵۷
۱۵	۲۰۷۴	۵۵	۱۶۹۷	۹۵	۱۱۴۵	۱۳۵	۵۹۳	۱۷۵	۳۵۳
۱۶	۲۰۶۷	۵۶	۱۶۸۵	۹۶	۱۱۲۹	۱۳۶	۵۸۴	۱۷۶	۳۴۹
۱۷	۲۰۶۰	۵۷	۱۶۷۴	۹۷	۱۱۱۲	۱۳۷	۵۷۶	۱۷۷	۳۴۵
۱۸	۲۰۵۲	۵۸	۱۶۶۲	۹۸	۱۰۹۶	۱۳۸	۵۶۷	۱۷۸	۳۴۱
۱۹	۲۰۴۵	۵۹	۱۶۵۰	۹۹	۱۰۸۰	۱۳۹	۵۵۹	۱۷۹	۳۳۷
۲۰	۲۰۳۸	۶۰	۱۶۳۷	۱۰۰	۱۰۶۳	۱۴۰	۵۵۱	۱۸۰	۳۳۳
۲۱	۲۰۳۰	۶۱	۱۶۲۵	۱۰۱	۱۰۴۷	۱۴۱	۵۴۳	۱۸۱	۳۳۰
۲۲	۲۰۲۲	۶۲	۱۶۱۳	۱۰۲	۱۰۳۰	۱۴۲	۵۳۶	۱۸۲	۳۲۶
۲۳	۲۰۱۴	۶۳	۱۶۰۰	۱۰۳	۱۰۱۳	۱۴۳	۵۲۸	۱۸۳	۳۲
۲۴	۲۰۰۶	۶۴	۱۵۸۸	۱۰۴	۹۹۶	۱۴۴	۵۲۱	۱۸۴	۳۱۹
۲۵	۱۹۹۸	۶۵	۱۵۷۵	۱۰۵	۹۷۹	۱۴۵	۵۱۴	۱۸۵	۳۱۶
۲۶	۱۹۹۰	۶۶	۱۵۶۲	۱۰۶	۹۶۱	۱۴۶	۵۰۷	۱۸۶	۳۱۲
۲۷	۱۹۸۱	۶۷	۱۵۴۹	۱۰۷	۹۴۴	۱۴۷	۵۰۰	۱۸۷	۳۰۹
۲۸	۱۹۷۲	۶۸	۱۵۳۶	۱۰۸	۹۲۷	۱۴۸	۴۹۳	۱۸۸	۳۰۶
۲۹	۱۹۶۴	۶۹	۱۵۲۳	۱۰۹	۹۱۰	۱۴۹	۴۸۷	۱۸۹	۳۰۲
۳۰	۱۹۵۵	۷۰	۱۵۱۰	۱۱۰	۸۹۳	۱۵۰	۴۸۰	۱۹۰	۲۹۹
۳۱	۱۹۴۶	۷۱	۱۴۹۶	۱۱۱	۸۷۷	۱۵۱	۴۷۴	۱۹۱	۲۹۶
۳۲	۱۹۳۷	۷۲	۱۴۸۳	۱۱۲	۸۶۲	۱۵۲	۴۶۸	۱۹۲	۲۹۳
۳۳	۱۹۲۸	۷۳	۱۴۶۹	۱۱۳	۸۴۶	۱۵۳	۴۶۱	۱۹۳	۲۹۰
۳۴	۱۹۱۹	۷۴	۱۴۵۶	۱۱۴	۸۳۲	۱۵۴	۴۵۶	۱۹۴	۲۸۷
۳۵	۱۹۰۹	۷۵	۱۴۴۲	۱۱۵	۸۱۷	۱۵۵	۴۵۰	۱۹۵	۲۸۴
۳۶	۱۹۰۰	۷۶	۱۴۲۸	۱۱۶	۸۰۳	۱۵۶	۴۴۴	۱۹۶	۲۸۱
۳۷	۱۸۹۰	۷۷	۱۴۱۴	۱۱۷	۷۹۰	۱۵۷	۴۳۸	۱۹۷	۲۷۸
۳۸	۱۸۸۱	۷۸	۱۴۰۰	۱۱۸	۷۷۶	۱۵۸	۴۳۳	۱۹۸	۲۷۵
۳۹	۱۸۷۱	۷۹	۱۳۸۶	۱۱۹	۷۶۳	۱۵۹	۴۲۷	۱۹۹	۲۷۲
۴۰	۱۸۶۱	۸۰	۱۳۷۲	۱۲۰	۷۵۰	۱۶۰	۴۲۲	۲۰۰	۲۷۰

با تقسیم مقادیر تنش ها بر ۱۰، مقادیر تقریبی تنش بر حسب N/mm۲ بدست می آید.

(ضریب لاغری)

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.

پیوست ت

واژه نامه فارسی - انگلیسی

فارسی	انگلیسی
اتصال	Connection
اساس پلاستیک مقطع (Z)	Plastic section modulus
انحنای دوگانه	Reverse curvature bending
انحنای ساده	Single curvature bending
برپایی	Erection
پیش خیز	Camber
پین (اتصال مفصلی)	Pin
تسمه های سرپهن	Eyebar
تسمه های لولا شده	Pin connected member
تغییر مکان نسبی طبقه	Story drift
چشمه اتصال	Panel zone
رواداری ابعادی	Dimensional tolerance
سیستم باربر جانبی	Lateral force resisting system
سیستم دوگانه یا ترکیبی	Dual system
سیستم قاب ساختمانی ساده	Building frame system
شکل پذیری	Ductility
طراحی بر اساس روش تنش مجاز	ASD= Allowable stress desing
طراحی بر اساس روش ضریب بار و مقاومت- طراحی به روش حدی	LRFD= Load and resistance factor design
کنگره	Rib
گره	Joint
قاب خمشی	Moment resisting frame

Intermediate moment resisting frame	قاب خمشی متوسط
Ordinary moment resisting frame	قاب خمشی معمولی
Special moment resisting frame	قاب خمشی ویژه
Braced frame	قاب مهاربندی شده
Unbraced frame	قاب مهاربندی نشده
Inhibited frame	قاب مهار شده
Uninhibited frame	قاب مهار نشده
Concentric braced frame	قاب مهاربندی شده همگرا
Eccentric braced frame	قاب مهاربندی شده واگرا
Link beam	قطعه رابط
Slenderness	لاغری
Strength	مقاومت
Built up sections	مقاطع مرکب (ساخته شده)
X-bracing	مهاربند همگرای ضربدری
Diagonal bracing	مهاربند همگرای قطری
Chevron bracing (V or invertedV)	مهاربند همگرای V و یا Λ
K-bracing	مهاربند همگرای K
Uplift	نیروی برکنش
DTI= Direct Tension Indicator	واشر سنجش نیروی پیش تنیدگی
Direct tension indicator	واشرهای DTI
Flang plate	ورق بال
Web plate	ورق جان
Deck	ورق ذوزنقه ای
Continuity plates	ورقهای پیوستگی
Doubler plates	ورقهای مضاعف

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.