جمهوری اسلامی ایران

دستورالعمل طراحی پل‌های فولادی

نشریه شماره ۳۹۵

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری
معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
http://tec.mporg.ir

وزارت راه و ترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری
شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل
پژوهشکده حمل و نقل

۱۳۸۶

www.mirjalili.net

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره : ۱۰۰/۹۷۸۶۶
	تاریخ : ۱۳۸۶/۷/۲۸

موضوع :
دستورالعمل طراحی پل‌های فولادی

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی ، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ٤۲۳۳۹/ت ۳۳٤۹۷هـ ، مورخ ۱۳۸۵/٤/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۳۹۵ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، با عنوان «**دستورالعمل طراحی پل‌های فولادی**» از نوع گروه اول، ابلاغ می‌شود تا از تاریخ ۱۳۸٦/۱۲/۱ به اجرا درآید.

رعایت کامل مفاد این نشریه از طرف دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر الزامی است. ولی در یک دوره گذر دو ساله تا ۱۳۸۸/۱۲/۱ استفاده از آیین‌نامه‌های معتبر نیز مجاز خواهد بود.

امیرمنصور برقعی
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

٤۲۳۸۰۲

www.mirjalili.net

اصلاح مدارک فني

خواننده گرامي:

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری با استفاده از نظر کارشناسان برجسته، مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، ***از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:***

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان، متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، خیابان شیخ بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

صندوق پستی ۴۵۴۸۱- ۱۹۹۱۷ **http://tec.mporg.ir**

www.mirjalili.net

بسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط و معیارها در مراحل تهیه (مطالعات امکان‌سنجی)، مطالعه، طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه برخوردار است.

نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوب جلسه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۲ هیئت وزیران) به‌کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از طرحها را مورد تأکید قرار داده است.

بنابر مفاد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور موظف به تهیه و ابلاغ ضوابط، مشخصات فنی، آیین‌نامه‌ها و معیارهای مورد نیاز طرحهای عمرانی می‌باشد. وجود استانداردها، ضوابط، مشخصات فنی و آیین‌نامه‌های ملی در هر کشور، نشانه رشد و توسعه آن کشور است.

به دلیل نبود آیین‌نامه‌ای مدون برای طراحی پل، معمولاً مهندسان طراح ناگزیر به استفاده از آیین‌نامه‌های کشورهای مختلف بوده‌اند. این آیین‌نامه‌ها نه تنها با یکدیگر تفاوت دارند و موجب ناهمگونی طرح‌ها می‌شوند، بلکه با آیین‌نامه بارگذاری پل‌ها (نشریه شماره ۱۳۹) نیز ناهمسازند و گاه موجب غیراقتصادی بودن طرح (ضرایب اطمینان زیاد) و زمانی موجب ناامن بودن آن (ضرایب اطمینان کم) می‌شوند. بر این اساس پروژه تدوین دستورالعمل طراحی پل‌های فولادی از سوی معاونت امور فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور وقت) در دستور کار پژوهشکده حمل و نقل قرار گرفت.

در تدوین این نشریه چند اصل در نظر گرفته شده است. نخست آنکه ضوابط و روشها در صورت امکان با آیین‌نامه طرح و اجرای ساختمانهای فولادی ایران، هماهنگ و همساز باشد تا بکارگیری آن برای مهندسان کشور ساده و روان گردد. دوم اینکه، تناسب و ارتباط موزون میان ضوابط بارگذاری و طراحی در نظر گرفته شود و بالاخره اصل سوم گنجاندن نکات و ضوابطی است که به ویژگیهای خاص پل مربوط می‌شود و آن را از سایر ساختمانها و ابنیه فنی متمایز می‌سازد. در این مجموعه از آخرین اطلاعات آیین‌نامه آشتو در زمینه طراحی پل‌های فولادی به روش تنش مجاز و نیز مبحث شماره ۱۰ مقررات ملی ساختمانی ایران که توسط دفتر نظامات مهندسی وزارت مسکن و شهرسازی تهیه شده، استفاده گردیده است. آیین‌نامه آشتو در چاپهای اخیر، طراحی سازه‌های فولادی در حالات حدی (ضرایب بار و مقاومت) را مورد توجه قرارداده است که می‌تواند موضوع دستورالعمل موازی با این دستورالعمل باشد.

www.mirjalili.net

این نشریه در ۱۸ فصل با موضوعات زیر ارائه شده است:

۱- مصالح، ۲- محدودیتهای لاغری، ۳- اعضای کششی، ۴- اعضای خمشی (تیرها و تیرورق‌ها)، ۵- تیرهای مختلط، ۶- تیرهای جعبه‌ای، ۷- اعضای فشاری، ۸- ترکیب تنش‌ها، ۹- وسایل اتصال، ۱۰- اتصالات و وصله‌ها، ۱۱- تنش‌های مجاز خستگی، ۱۲- خرپاها، ۱۳- تیرورق‌های قوسی با ورق جان یکپارچه، ۱۴- تیرهای خمیده، ۱۵- مسائل ویژه در طرح و محاسبه، ۱۶- ساخت، نصب و کنترل نوع کار، ۱۷- بالشتک‌های الاستومری، ۱۸- رنگ‌آمیزی و گالوانیزه کردن قسمت‌های فلزی.

معاونت امور فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری و معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری، به این وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از کارشناسان مشروح زیر، که در تهیه، تدوین و ابلاغ این نشریه زحمات فراوانی کشیده‌اند، ابراز می‌نماید.

مجری پروژه : آقای مهندس شاپور طاحونی

ناظر پروژه : آقای مهندس سلمان گودرزی

همکاران پژوهشکده حمل‌ونقل :

آقای دکتر کیومرث عماد — خانم مهندس زهرا گواشیری

آقای دکتر مجیدرضا ناظم

همکاران دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله :

خانم مهندس بهناز پورسید — آقای مهندس علی تبار

آقای مهندس سیدمحمود ظفری — آقای مهندس طاهر فتح‌اللهی

کمیته ابنیه شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل‌ونقل :

آقای مهندس فرامرز امین‌پور — آقای مهندس کریم جلالیان

آقای مهندس هوشنگ حسن‌نیا — آقای مهندس سیاوش خدابخش

آقای مهندس مصطفی طباطبایی‌مقدم — آقای دکتر کیومرث عماد

آقای مهندس مهران غلامی — آقای دکتر رضا غیاثی

آقای دکتر مرتضی قارونی‌نیک — آقای مهندس سعید میرلو

امید است در آینده شاهد توفیق روزافزون این کارشناسان، در خدمت به جامعه فنی مهندسی کشور باشیم.

معاون امور فنی

۱۳۸۶

www.mirjalili.net

فهرست مطالب

فصل اول- مصالح ۱

۱-۱- حدود کاربرد
۱-۲- مصالح فولادی
۱-۳- بارهای محاسباتی
۱-٤- تنش های مجاز
۱-٥- ترکیبات بارگذاری
۱-٦- تحلیل سازه
۱-۷- توجه به شرایط بهره برداری
۱-۸- مدارک طراح و محاسبه

فصل دوم- محدودیت های لاغری ۲۳

۲-۱- لاغری کلی اعضا
۲-۲- لاغری تک نیمرخ ها
۲-۳- کمانش موضعی
۲-٤- حداقل ضخامت اجزای مقطع

فصل سوم- اعضای کششی ۲۹

۳-۱- سطح مقطع کلی
۳-۲- سطح مقطع خالص
۳-۳- سطح مقطع موثر
۳-٤- لاغری اعضای کششی
۳-٥- تنش کششی مجاز
۳-٦- اعضای کششی مرکب از چند نیمرخ و ورق
۳-۷- اعضای کششی با اتصال لولایی

www.mirjalili.net

فصل چهارم- اعضای خمشی ——— ۳۵

٤-١- کلیات
٤-٢- مقطع خالص تیرها
٤-٣- بالها
٤-٤- دهانه محاسباتی تیرها
٤-٥- نسبت ارتفاع به دهانه
٤-٦- افتادگی
٤-٧- پیش خیز
٤-٨- تکیه گاه انتهایی
٤-٩- سیستم های مهاربندی در عرشه های متشکل از تیر I
٤-١٠- تنش های خمشی مجاز
٤-١١- تنش های برشی مجاز
٤-١٢- ضخامت حداقل جان
٤-١٣- سخت کننده های عرضی
٤-١٤- سخت کننده های طولی
٤-١٥- جوش سخت کننده های عرضی به جان
٤-١٦- سخت کننده های فشاری
٤-١٧- اثر مشترک برش و کشش
٤-١٨- تیر ورق های دوگانه

فصل پنجم- تیرهای مختلط (مرکب) ——— ٤٩

٥-١- معرفی
٥-٢- مقطع مختلط
٥-٣- ضریب تبدیل n
٥-٤- تاثیر خزش

www.mirjalili.net

۵-۵- بتن های خاص
۵-۶- محل تار خنثی
۵-۷- اثر بتن در ناحیه کششی
۵-۸- کمانش جانبی بال فشاری قبل از گرفتن بتن
۵-۹- عرض موثر
۵-۱۰- عدم استفاده از پایه موقت
۵-۱۱- استفاده از پایه موقت
۵-۱۲- تیرهای مختلط سراسری
۵-۱۳- ناحیه لنگر منفی
۵-۱٤- اتصال برشگیر در ناحیه لنگر منفی
۵-۱۵- اتصالات برشگیر
۵-۱٦- نیروی برشی
۵-۱۷- تغییرشکل تیرهای مختلط

فصل ششم- تیرهای جعبه ای ۵۷

٦-۱- کلیات
٦-۲- طراحی ورق های جان
٦-۳- طراحی ورق های بال تحتانی (متکی در دو لبه به ورق جان)
٦-٤- سخت کننده های بال فشاری
٦-۵- طراحی جوشهای جان به بال
٦-٦- دیافراگم ها
٦-۷- مهاربندی جانبی
٦-۸- مهاربندی داخلی تیر جعبه ای
٦-۹- زه کشی و دسترسی (به داخل تیر ورق)

فصل هفتم- اعضای فشاری ٦۵

۷-۱- ضریب لاغری

www.mirjalili.net

۷-۲- ضریب طول موثر K
۷-۳- تنش مجاز اعضای فشاری
۷-٤- اعضای فشاری مرکب

فصل هشتم- ترکیب تنش ها ۷۵

۸-۱- ترکیب نیروهای فشاری محوری و لنگر خمشی
۸-۲- ترکیب کشش محوری و خمشی
۸-۳- ترکیب تنش های صفحه ای (تنش تخت)

فصل نهم- وسایل اتصال ۷۹

۹-۱- جوش
۹-۲- پیچ و مهره قطعات رزوه شده، و پرچ
۹-۳- غلتکها

فصل دهم- اتصالات و وصله ها ۹۱

۱۰-۱- مقاومت مجاز اعضا
۱۰-۲- نوع وصله
۱۰-۳- مقاومت وصله
۱۰-٤- اتصال بال به جان
۱۰-۵- وصله تیرها و تیرورقها
۱۰-٦- وصله اعضای فشاری
۱۰-۷- وصله اعضای کششی
۱۰-۸- وصله های جوشی
۱۰-۹- ورق های پرکننده
۱۰-۱۰- جزئیات وصله

www.mirjalili.net

۱۰-۱۱- اتصالات ساده
۱۰-۱۲- اتصال انتهایی دیافراگم ها و مهاربندی های عرشه

فصل یازدهم- تنش‌های مجاز خستگی ۹۵

۱۱-۱- تنش های مجاز خستگی

فصل دوازدهم- خرپاها ۱۰۵

۱۲-۱- کلیات
۱۲-۲- اعضای خرپا
۱۲-۳- تنش های ثانویه
۱۲-٤- نسبت ارتفاع به دهانه
۱۲-۵- پیش خیز
۱۲-٦- خط محور
۱۲-۷- مهاربندی و قاب های عرضی
۱۲-۸- بست های موازی و مورب
۱۲-۹- ورق های اتصال
۱۲-۱۰- خرپای میانگذر بدون بادبندی در صفحه یال فوقانی

فصل سیزدهم- تیرورق های قوسی (طاقی) با ورق جان یکپارچه ۱۰۹

۱۳-۱- ضریب تشدید لنگر
۱۳-۲- ترکیب نیروی محوری و لنگر خمشی
۱۳-۳- کمانش در صفحه قائم
۱۳-٤- کنترل اثر لاغری جانبی
۱۳-۵- ورق جان
۱۳-٦- ورق بال
۱۳-۷- طول موثر کمانش در پرتال انتهایی

www.mirjalili.net

فصل چهاردهم- تیرهای خمیده در افق ——— ۱۱۷

۱٤-۱- کلیات
۱٤-۲- بارگذاری و مبانی طراحی
۱٤-۳- تیرهای خمیده I شکل
۱٤-٤- تیرهای خمیده مختلط با مقطع I
۱٤-۵- تیرهای خمیده دوگانه
۱٤-٦- تیرهای جعبه ای خمیده مختلط

فصل پانزدهم- مسائل ویژه در طرح و محاسبه ——— ۱۳۷

۱۵-۱- جان و بالهای تیر در زیر بارهای متمرکز
۱۵-۲- پیش خیز در تیرها و خرپاها
۱۵-۳- انبساط و انقباض حرارتی
۱۵-٤- فساد و خوردگی در فلز
۱۵-۵- حداقل ضخامت قطعات فولادی
۱۵-٦- افتادگی
۱۵-۷- جزئیات تکیه گاهی

فصل شانزدهم- ساخت، نصب، کنترل کیفیت ——— ۱٤۳

۱٦-۱- مقدمه
۱٦-۲- دامنه کاربرد
۱٦-۳- مشخصات فولاد مصرفی
۱٦-٤- ساخت قطعات فولادی

www.mirjalili.net

فصل هفدهم- بالشتک‌های الاستومری ——— ۱۵۵

۱۷-۱- کلیات
۱۷-۲- حمل و نگهداری
۱۷-۳- مشخصات فیزیکی الاستومر
۱۷-٤- ورقهای فولادی
۱۷-۵- رواداریهای ساخت

فصل هجدهم- رنگ آمیزی و گالوانیزه کردن قسمت های فلزی ——— ۱٦۱

۱۸-۱- موارد مورد استفاده
۱۸-۲- آماده سازی سطوح
۱۸-۳- رنگ آمیزی
۱۸-٤- ضخامت رنگ
۱۸-۵- رنگ آمیزی
۱۸-٦- تعمیر رنگ
۱۸-۷- گالوانیزه کردن

فهرست علائم
فهرست مآخذ

www.mirjalili.net

فصل اول
مصالح

۱-۱- حدود کاربرد

این آئین‌نامه حداقل ضوابط و مقررات لازم را برای طرح، محاسبه و اجرای پل‌های فولادی تعیین می‌کند و مشتمل بر روش طرح و محاسبه با تنشهای مجاز (روش ارتجاعی) می‌باشد.

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

کاربرد این آیین‌نامه مربوط به طراحی پلهای جاده و راه‌آهن می‌باشد.

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

www.mirjalili.net

۱-۲- مصالح فولادی

۱-۲-۱- نام گذاری

در جدول ۱-۱ لیست مصالح فولادی مورد استفاده در پلسازی ارائه شده است. نام گذاری جدید طبق آئین نامه اروپایی EN 10027-1 می باشد که کدگذاری جدید اروپا می باشد. به منظور مقایسه، نام گذاری قدیم این فولادها نیز ارائه شده است. معمولاً نام گذاری قدیم کشور آلمان در محاورات فنی ایران رایج می باشد.

۱-۲-۲- ترکیب شیمیایی

در جدول ۱-۲ ترکیب شیمیایی و میزان عناصر شیمیایی فولادهای مورد مصرف در پلسازی و در جدول ۱-۳ مقادیر حدی این عناصر ارائه شده است.

۱-۲-۳- کربن معادل

کربن معادل (CEV) فولادها از رابطه زیر تعیین می شود:

$$CEV = C + \frac{Mn}{٦} + \frac{Cr + Mo + V}{٥} + \frac{Ni + Cu}{١٥} \qquad (١-١)$$

در رابطهٔ فوق:

C = درصد کربن، Mn = درصد منگنز، Cr = درصد کرم، Mo = درصد مولیبدین، V = درصد وانادیوم،

Ni = درصد نیکل، Cu = درصد مس

در جدول ۱-٤ مقادیر حدی کربن معادل ارائه شده است.

www.mirjalili.net

جدول ۱-۱- لیست مصالح فولادی مورد مصرف در پلسازی

ECISS	EN 10027-2	EN 10025:1990	آلمان	فرانسه	انگلیس	اسپانیا	ایتالیا	بلژیک	سوئد	پرتغال	اتریش	نروژ
S185	1.0035	Fe 310-0	St 33	A33		A310-0	Fe 320	A 320	13 00-00	Fe 310-0	St 320	
S235JR	1.0037	Fe 360 B	St 37-2	E 42-2			Fe 360 B	AE 235-B	13 11-00	Fe 360-B		NS 12 120
S235JRG1	1.0036	Fe 360 BFU	USt 37-2			AE 335-B-FU					USt 360B	NS 12 122
S235JRG2	1.0038	Fe 360 BFN	RSt 37-2		40 B	AE 335-B-FN			13 12-00		Rst 360B	NS 12 123
S235J0	1.0114	Fe 360 C	St 37-3U	E 24-3	40 C	AE 235 C	Fe 360 C	AE 235-C		Fe 360-C	St 360 C St 360 CE	
S235J2G3	1.0116	Fe 360 D1	St 37-3 N	E 24-4	40 D	AE 235 D	Fe 360 D	AE 235-D		Fe 360 D	St 360 D	NS 12 124
S235J2G4	1.0117	Fe 360 D2										
S275JR	1.0044	Fe 430 B	St 44-2	E 28-2	43 B	AE 275 B	Fe 430 B	AE 255-B	14 12-00	Fe 430 B	St 430 B	NS 12 142
S275J0	1.0143	Fe 430 C	St 44-3 U	E 28-3	43 C	AE 275 C	Fe 430 C	AE 255-C		Fe 430-C	St 430 C	NS 12 143
S275J2G3	1.0144	Fe 430 D1	St 44-3 N	E 28-4	43 D	AE 275 D	Fe 430 D	AE 255-D	14 14-00	Fe 430-D	St 430 CE	
S275J2G4	1.0145	Fe 430 D2							14 14-01		St 430 D	NS 12 143
S355JR	1.0045	Fe 510 B		E 36-2	50 B	AE 355 B	Fe 510 B	AE 355-B		Fe 510-B		
S355J0	1.0553	Fe 510 C	St 52-3 U	E 36-3	50 C	AE 355 C	Fe 510 C	AE 355-C		Fe 510-C	St 510 C	NS 12 153
S355J2G3	1.0570	Fe 510 D1	St 52-3 N		50 D	AE 355 D	Fe 510 D	AE 355-D		Fe 510-D	St 510 D	NS 12 153
S355J2G4	1.0577	Fe 510 D2										
S355K2G3	1.0595	Fe 510 DD1		E 36-4	50 DD			AE 355-DD		Fe 510-DD	St 490	
S355K2G4	1.0596	Fe 510 DD2			50 DD						St 590	
E295	1.0050	Fe 490-2	St 50-2	A 50-2		A 490	Fe 480	A 490-2	15 50-00 15 50-01	Fe 490-2	St 690	
E335	1.0060	Fe 590-2	St 60-2	A 60-2		A 590	Fe 580	A 590-2	16 50 00 16 50-01	Fe 590-2		
E360	1.0070	Fe 690-2	St 70-2	A 70-2		A 690	Fe 650	A 690-2	16 55 00 16 55 01	Fe 690-2		

www.mirjalili.net

جدول ۱-۲- ترکیب شیمیایی فولاد[1]

علامت		روش دی اکسیداسیون	زیر گروه[4]	حداکثرمقدارکربن محصول به ٪ ضخامت به mm			درصد حداکثر منیزیم	درصد حداکثر سیلیس	درصد حداکثر فسفر	درصد حداکثر گوگرد	درصد حداکثر نیتروژن[2-3]
مطابق با EN 10027-1 و ECISS IC 10	مطابق با EN 10027-2			≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40[5]					
S185[6]	1.0035	Opt.	BS	--	--	--	--	--	--	--	--
S235JR[6]	1.0037	Opt.	BS	0.17	0.20	--	1.40	--	0.045	0.045	0.009
S235JRG1[6]	1.0036	FU	BS	0.17	0.20	--	1.40	--	0.045	0.045	0.007
S235JRG2	1.0038	FN	BS	0.17	0.17	0.20	1.40	--	0.045	0.045	0.009
S235J0	1.0114	FN	QS	0.17	0.17	0.17	1.40	--	0.040	0.040	0.009
S235J2G3	1.0116	FF	QS	0.17	0.17	0.17	1.40	--	0.035	0.035	--
S23J2G4	1.0117	FF	QS	0.17	0.17	0.17	1.40	--	0.035	0.035	--
S275JR	1.0044	FN	BS	0.21	0.21	0.22	1.50	--	0.045	0.045	0.009
S275J0	1.0143	FN	QS	0.18	0.18	0.18[7]	1.50	--	0.040	0.040	0.009
S275J2G3	1.0144	FF	QS	0.18	0.18	0.18[7]	1.50	--	0.035	0.035	--
S275J2G4	1.0145	FF	QS	0.18	0.18	0.18[7]	1.50	--	0.035	0.035	--
S355JR	1.0045	FN	BS	0.24	0.24	0.24	1.60	0.55	0.045	0.045	0.009
S355J0	1.0553	FN	QS	0.20	0.20[8]	0.22	1.60	0.55	0.040	0.040	0.009
S355J2G3	1.0570	FF	QS	0.20	0.20[8]	0.22	1.60	0.55	0.035	0.035	--
S355J2G4	1.0577	FF	QS	0.20	0.20[8]	0.22	1.60	0.55	0.035	0.035	--
S355K2G3	1.0595	FF	QS	0.20	0.20[8]	0.22	1.60	0.55	0.035	0.035	--
S355K2G4	1.0596	FF	QS	0.20	0.20[8]	0.22	1.60	0.55	0.035	0.035	--
E 295	1.0050	FN	BS	--	--	--	--	--	0.045	0.045	0.009
E335	1.0060	FN	BS	--	--	--	--	--	0.045	0.045	0.009
E360	1.0070	FN	BS	--	--	--	--	--	0.045	0.045	0.009

۱- بخش ۱-۲-۲ را ببینید.

۲- حداکثر مقدار نیتروژن (N) می‌تواند از مقدار مزبور تجاوز کند مشروط برآنکه به ازای هر 0.001 درصد افزایش نیتروژن، میزان حداکثر فسفر (p) 0.005 درصد کاهش یابد. میزان نیتروژن (N) به هر حال نباید از 0.012 درصد بیشتر باشد.

۳- چنانچه میزان کل آلومینیوم در ترکیب شیمیایی از 0.02 درصد تجاز نماید و یا سایر عناصر محصورکننده نیتروژن به مقدار کافی موجود باشد، حداکثر مقدار نیتروژن اعمال نمی‌شود.

٤- فولاد مادر = BS و فولاد باکیفیت = QS

٥- برای مقاطع با ضخامت اسمی بیشتر از (100(mm، میزان کربن (C) بطور توافقی تعیین می‌شود. (گزینه ۲۵)

٦- فقط در ضخامت اسمی کوچکتر و یا مساوی (25(mm موجود است.

۷- برای ضخامت اسمی بزرگتر از (150(mm مقدار حداکثر C، 0.2% است.

۸- برای ضخامت اسمی بزرگتر از (30(mm و برای درجه‌های مناسب برای غلتک سرد، 0.22 = C% می‌باشد.

www.mirjalili.net

جدول ۱-۳- مقادیر حدی میزان ترکیبات شیمیایی فولاد

علامت		روش دی اکسیداسیون	زیر گروه[4]	حداکثر مقدارکربن به ٪ ضخامت اسمی محصول به mm			درصد حداکثر منگنز	درصد حداکثر سیلیس	درصد حداکثر فسفر	درصد حداکثر گوگرد	درصد حداکثر نیتروژن[2-3]
مطابق با EN 10027-1 و ECISS IC 10	مطابق با EN 10027-2			≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40[5]					
S185[6]	1.0035	Opt.	BS	--	--	--	--	--	--	--	--
S235JR[6]	1.0037	Opt.	BS	0.21	0.25	--	1.50	--	0.055	0.055	0.011
S235JRG1[6]	1.0036	FU	BS	0.21	0.25	--	1.50	--	0.055	0.055	0.009
S235JRG2	1.0038	FN	BS	0.19	0.19	0.23	1.50	--	0.055	0.055	0.011
S235J0	1.0114	FN	QS	0.19	0.19	0.19	1.50	--	0.050	0.050	0.011
S235J2G3	1.0116	FF	QS	0.19	0.19	0.19	1.50	--	0.045	0.045	--
S23J2G4	1.0117	FF	QS	0.19	0.19	0.19	1.50	--	0.045	0.045	--
S275JR	1.0044	FN	BS	0.24	0.24	0.25	1.60	--	0.055	0.055	0.011
S275J0	1.0143	FN	QS	0.21	0.21	0.21[7]	1.60	--	0.050	0.050	0.011
S275J2G3	1.0144	FF	QS	0.21	0.21	0.21[7]	1.60	--	0.045	0.045	--
S275J2G4	1.0145	FF	QS	0.21	0.21	0.21[7]	1.60	--	0.045	0.045	--
S355JR	1.0045	FN	BS	0.27	0.27	0.27	1.70	0.60	0.055	0.055	0.011
S355J0	1.0553	FN	QS	0.23	0.23[8]	0.24	1.70	0.60	0.050	0.050	0.011
S355J2G3	1.0570	FF	QS	0.23	0.23[8]	0.24	1.70	0.60	0.045	0.045	--
S355J2G4	1.0577	FF	QS	0.23	0.23[8]	0.24	1.70	0.60	0.045	0.045	--
S355K2G3	1.0595	FF	QS	0.23	0.23[8]	0.24	1.70	0.60	0.045	0.045	--
S355K2G4	1.0596	FF	QS	0.23	0.23[8]	0.24	1.70	0.60	0.045	0.045	--
E 295	1.0050	FN	BS	--	--	--	--	--	0.055	0.055	0.011
E335	1.0060	FN	BS	--	--	--	--	--	0.055	0.055	0.011
E360	1.0070	FN	BS	--	--	--	--	--	0.055	0.055	0.011

۱- بخش ۱-۲-۲ را ببینید.

۲- حداکثر مقدار نیتروژن (N) می‌تواند از مقدار مزبور تجاوز کند مشروط برآنکه به ازای هر 0.001 درصد افزایش نیتروژن، میزان حداکثر فسفر (p) 0.005 درصد کاهش یابد. میزان نیتروژن (N) به هر حال نباید از 0.012 درصد بیشتر باشد.

۳- چنانچه میزان کل آلومینیوم در ترکیب شیمیایی از 0.02 درصد تجاز نماید و یا سایر عناصر محصورکننده نیتروژن به مقدار کافی موجود باشد، حداکثر مقدار نیتروژن اعمال نمی‌شود.

٤- فولاد مادر = BS و فولاد باکیفیت = QS

٥- برای مقاطع با ضخامت اسمی بیشتر از (100(mm، میزان کربن (C) بطور توافقی تعیین می‌شود. (گزینه ۲۵)

٦- فقط در ضخامت اسمی کوچکتر و یا مساوی (25(mm موجود است.

۷- برای ضخامت اسمی بزرگتر از (150(mm مقدار حداکثر C، 0.2% است.

۸- برای ضخامت اسمی بزرگتر از (30(mm و برای درجه‌های مناسب برای غلتک سرد، 0.22 = C% می‌باشد.

www.mirjalili.net

جدول ۱-٤- مقادیر حدی کربن معادل (CEV)

علامت		روش دی‌اکسیدکربن	زیرگروه [1]	حداکثر مقدار حدی کربن معادل محصول ضخامت اسمی به mm		
مطابق با EN10027-1 و ECISS IC 10	مطابق با EN 10027-2			≤ 40	> 40 ≤ 150	> 150 ≤ 250
S235JR[2]	1.0037	Opt.	BS	0.35	--	--
S235JRG1[2]	1.0036	FU	BS	0.35	--	--
S235GRG2	1.0038	FN	BS	0.35	0.38	0.40
S235J0	1.0114	FN	QS	0.35	0.38	0.40
S124J2G3	1.0116	FF	QS	0.35	0.38	0.40
S235J2G4	1.0117	FF	QS	0.35	0.38	0.40
S275JR	1.0044	FN	BS	0.40	0.42	0.44
S275J0	1.0143	FN	QS	0.40	0.42	0.44
S275J2G3	1.0144	FF	QS	0.40	0.42	0.44
S275J2G4	1.0145	FF	QS	0.40	0.42	0.44
S355JR	1.0045	FN	BS	0.45	0.47	0.49
S355J0	1.0553	FN	QS	0.45	0.47	0.49
S355J2G3	1.0570	FF	QS	0.45	0.47	0.49
S244J2G4	1.0577	FF	QS	0.45	0.47	0.49
S355K2G3	1.0595	FF	QS	0.45	0.47	0.49
S355K2G4	1.0596	FF	QS	0.45	0.47	0.49

۱- فولاد مادر = BS و فولاد با کیفیت = QS

۲- فقط برای ضخامت‌های اسمی بیشتر از 25 میلیمتر کاربرد دارد.

www.mirjalili.net

۱-۲-٤- مشخصات مکانیکی

در جدول ۱-۵ مشخصات مکانیکی فولادهای پلسازی (شامل تولیدات بلند و تخت مثل تسمه، ورق، نیمرخ) ارائه شده است.

۱-۲-۵- انرژی آزمایش ضربه

در جدول ۱-٦ انرژی حداقل در آزمایش ضربه برای فولادهای پلسازی ارائه شده است.

www.mirjalili.net

جدول ۱-۵- مشخصات مکانیکی فولادهای پلسازی- مشخصات تنشی

علامت		روش دی اکسیداسیون	زیر گروه[۲]	حداقل تنش تسلیم (Fy) به N/mm^2[۱] ضخامت اسمی به (mm)								مقاومت کششی (Fu) به N/mm^2[۱] ضخامت اسمی به (mm)			
مطابق با EN 10027-1 و ECISS IC 10	مطابق با EN 10027-2			≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250	< 3	≥ 3 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250
S185[3]	1.0035	Opt.	BS	185	175	--	--	--	--	--	--	310-510	290-510	--	--
S235JR[3]	1.0037	Opt.	BS	235	225	--	--	--	--	--	--	360-510	340-470	--	--
S235JRG1[3]	1.0036	FU	BS	235	225	--	--	--	--	--	--	360-510	340-370	--	--
S235JRG2	1.0038	FN	BS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-370	340-470	320-470
S235J0	1.0114	FN	QS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-470	340-470	320-470
S235J2G3	1.0116	FF	QS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-510	340-470	320-470
S235J2G4	1.0117	FF	QS	235	225	215	215	215	195	185	175	360-510	340-470	340-470	320-470
S275JR	1.0044	FN	BS	275	265	255	245	235	225	215	205	430-580	410-560	400-540	380-540
S275J0	1.0143	FN	QS												
S275J2G3	1.0144	FF	QS												
S275J2G4	1.0145	FF	QS												
S355JR	1.0045	FN	BS	355	345	335	325	315	295	285	275	510-680	490-630	470-630	450-630
S355J0	1.0553	FN	QS												
S355J2G3	1.0570	FF	QS												
S355J2G4	1.0577	FF	QS												
S355K2G3	1.0595	FF	QS												
S355K2G4	1.0596	FF	QS												
E295[4]	1.0050	FN	BS	295	295	285	275	265	255	245	235	225	490-660	450-610	440-610
E335[4]	1.0060	FN	BS	335	335	325	315	305	295	275	265	255	590-770	550-710	540-710
E360[4]	1.0070	FN	BS	360	355	345	335	325	305	295	285	690-900	670-830	650-830	640-830

۱- مقادیر جدول فوق مربوط به آزمایش قطعات طولی می‌باشد.

۲- فولاد مادر = BS و فولاد باکیفیت = QS

۳- فقط برای ضخامت‌های کمتر از ۲۵ میلیمتر قابل استفاده است.

٤- این فولادها معمولاً برای ناودانی، نبشی و مقاطع دیگر استفاده نمی‌شود.

www.mirjalili.net

جدول ۱-۵- ادامه- مشخصات کرنشی

علامت		روش دی اکسیداسیون	زیر گروه[۲]		کرنش نهایی حداقل									
					ضخامت اسمی به (mm) و $L_0 = 80mm$					ضخامت اسمی به (mm) و $L_0 = 80mm$				
مطابق با EN 10027-1 و ECISS IC 10	مطابق با EN 10027-2				≤ 1	> 1 ≤ 1.5	> 1.5 ≤ 2	> 2 ≤ 2.5	> 2.5 < 3	≥ 3 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250
S185[3]	1.0035	Opt.	BS	1	10	11	12	13	14	18	--	--	--	--
				t	8	9	10	11	12	16	--	--	--	--
S235JR[3]	1.0037	Opt.	BS	1	17	18	19	20	21	26	25	24	22	21
S235JRGI[3]	1.0036	FU	BS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S235JRG2	1.0038	FN	BS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S235J0	1.0114	FN	QS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S235J2G3	1.0116	FF	QS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S235J2G4	1.0117	FF	QS	t	15	16	17	18	19	24	23	22	22	21
S275JR	1.0044	FN	BS	1	14	15	16	17	18	22	21	20	18	17
S275J0	1.0143	FN	QS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S275J2G3	1.0144	FF	QS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S275J2G4	1.0145	FF	QS	t	12	13	14	15	16	20	19	18	18	17
S355JR	1.0045	FN	BS	1	14	15	16	17	18	22	21	20	18	17
S355J0	1.0533	FN	QS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S355J2G3	1.0570	FF	QS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S355J2G4	1.0577	FF	QS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S355K2G3	1.0595	FF	QS	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
S355K2G4	1.0596	FF	QS	t	12	13	14	15	16	20	19	18	18	17
E295[4]	1.0050	FN	BS	1	12	13	14	15	16	20	19	18	16	15
				t	10	11	12	13	14	18	17	16	15	14
E335[4]	1.0060	FN	BS	1	8	9	10	11	12	16	15	14	12	11
				t	6	7	8	9	10	14	13	12	11	10
E360[4]	1.0070	FN	BS	1	4	5	6	7	8	11	10	9	8	7
				t	3	4	5	6	7	10	9	8	7	6

۱- مقادیر جدول فوق مربوط به آزمایش قطعات طولی می‌باشد.

۲- فولاد مادر = BS و فولاد باکیفیت = QS

۳- فقط برای ضخامت‌های کمتر از ۲۵ میلیمتر قابل استفاده است.

٤- این فولادها معمولاً برای ناودانی، نبشی و مقاطع دیگر استفاده نمی‌شود.

www.mirjalili.net

جدول ۱-٦- انرژی حداقل در آزمایش ضربه برای تولیدات تخت و بلند

علامت		روش دی‌اکسیداسیون	زیرگروه [2]	دمای محیط (°c)	انرژی حداقل (J) ضخامت اسمی به mm	
مطابق با EN 10027-1 و ECISS IC 10	مطابق با EN 10027-2				>10[3] ≤ 150	>150[3] ≤ 250
S185[4]	1.0035	Opt.	BS	--	--	--
S235JR[4)5)]	1.0037	Opt.	BS	20	27	--
S235JRG1[4)5)]	1.0036	FU	BS	20	27	--
S235JRG2[5)]	1.0038	FN	BS	20	27	23
S235J0	1.0114	FN	QS	0	27	23
S235J2G3	1.0116	FF	QS	-20	27	23
S235J2G4	1.0117	FF	QS	-20	27	23
S275JR[5)]	1.0044	FN	BS	20	27	23
S275J0	1.0143	FN	QS	0	27	23
S275J2G3	1.0144	FF	QS	-20	27	23
S275J2G4	1.0145	FF	QS	-20	27	23
S355JR[5)]	1.0045	FN	BS	20	27	23
S355J0	1.0553	FN	QS	0	27	23
S355J2G3	1.0570	FF	QS	-20	27	23
S355J2G4	1.0577	FF	QS	-20	27	23
S355K2G3	1.0595	FF	QS	-20	40	33
S355K2G4	1.0596	FF	QS	-20	40	33
E295	1.0050	FN	BS	--	--	--
E335	1.0060	FN	BS	--	--	--
E360	1.0070	FN	BS	--	--	--

۱- فولاد مادر = BS و فولاد باکیفیت = QS

۲- برای مقاطع با ضخامت اسمی بیشتر از 100 میلیمتر مقدار انرژی باید به توافق برسد.

۳- فقط برای ضخامت‌های کوچکتر و مساوی 25 میلیمتر قابل استفاده می‌باشد.

٤- خواص ضربه‌ای محصولات JR، فقط در هنگام زمان احتیاج به آن و یا سفارش آن مورد تایید قرار می‌گیرند.

www.mirjalili.net

۱-۲-۶- تنش تسلیم اسمی[1]

تنش تسلیم اسمی F_y مساوی حداقل تنش تسلیم ارائه شده در جدول ۱-۵ براساس ضخامت مربوطه در نظر گرفته می شود.

در صورتیکه از فولادهایی غیراز فولادهای ارائه شده در جدول فوق استفاده شود، تنش تسلیم اسمی F_y از رابطه زیر تعیین می شود.

$$F_y = F_{ym} - ۰/۶ S_{۱۰} \qquad (۱-۲)$$

که در رابطه فوق:

$$S_{۱۰} = \sqrt{\frac{\sum_{i=۱}^{۱۰} (F_{ym} - F_{yi})^۲}{۹}} \qquad (۱-۳)$$

F_{ym} = متوسط تنش تسلیم حاصل از حداقل ۱۰ آزمایش

$S_{۱۰}$ = انحراف استاندارد حاصل از ۱۰ آزمایش

F_{yi} = تنش تسلیم حاصل از آزمایش ها

۱-۲-۷- مقاومت کششی نهایی

مقاومت کششی نهایی مصالح فولادی نباید کمتر از $۱/۲F_y$ گردد که در آن F_y تنش تسلیم اسمی مصالح فولادی می باشد.

۱-۲-۸- شکل پذیری[2]

فولاد مورد استفاده در پلسازی باید دارای شکل پذیری متناظر با ۱۵ درصد افزایش طول نسبت به حالت اولیه نمونه استانداردی که فاصلهٔ مقیاس آن $۵/۶۵\sqrt{S_o}$ است، باشد. که در رابطه فوق S_o سطح مقطع قطعه مورد آزمایش می باشد.

در صورتیکه ظرفیت لنگر پلاستیک مقطع فشرده استفاده می شود و یا توزیع مجدد تنش کششی بال محاسبه می شود، شکل پذیری فولاد نباید کمتر از ۱۹ درصد افزایش طول نسبت به حالت اولیه نمونه استانداردی که فاصله مقیاس آن $۵/۶۵\sqrt{S_o}$ است، باشد. که در رابطه فوق نیز S_o سطح مقطع عرضی قطعه مورد آزمایش می باشد.

[1] - Nominal yield stress
[2] - Ductility

www.mirjalili.net

۱-۲-۹- طاقت نمونه شیاردار[1]

۱-۲-۹-۱- مقدمه

برای اجتناب از شکست ترد، کیفیت قطعات فولادی در آزمایش ضربه باید با توجه به مقادیر زیر انتخاب گردد:

الف) حداقل دمای طراحی

ب) نوع فولاد مصرفی و جزئیات ساخت

ج) تراز سطح تنش مورد انتظار در حالت بهره برداری

د) مقاومت فولاد

هـ) ضخامت قطعهٔ تحت تنش

۱-۲-۹-۲- حداقل دمای طراحی[2]

حداقل دمای طراحی U مورد استفاده برحسب درجهٔ سلسیوس، بصورت زیر بدست می آید:

۱- در مواردیکه کارکرد اصلی آن، مقابله با تغییرشکلهای ناشی از حرارت باشد:

$$U = U_e - 5°C$$

۲- در سایر موارد:

$$U = U_e$$

که در آن:

U_e : حداقل دمای موثر طراحی پل برحسب درجه سلسیوس $(°C)$ می باشد.

۱-۲-۹-۳- طبقه بندی تردی[3]

۱-۲-۹-۳-۱- کلیات

برای طبقه بندی تردی قطعات فولادی از ضریب K استفاده می گردد.

$$K = K_d \times K_g \times K_\sigma \times K_s$$

که در آن:

K = ضریبی که حداکثر ضخامت مجاز را بدست می دهد.

---

[1] - Notch toughness
[2] - Design minimum temperature
[3] - Fracture classification

www.mirjalili.net

K_d = ضریب جزئیات

K_g = ضریب تمرکز تنش

K_σ = ضریب سطح تنش

K_s = ضریب نرخ بارگذاری

۱-۲-۹-۳-۲- ضریب جزئیات (K_d)

مقدار K_d باید براساس مقدار پتانسیل شکست اولیه منطقه ای مطابق جدول ۱-۷ محاسبه گردد.

۱-۲-۹-۳-۳- ضریب تمرکز تنش هندسی (K_g)

باید هرگونه تغییرات ناگهانی در مقطع عضو مانند ایجاد سوراخ، و یا اتصال نیمه صلب در محل اتصال بین اعضای نورد شده مورد توجه قرار گیرد.

در این نواحی، ضریب تمرکز تنش الاستیک (K)، باید در اولین نقطه ای که جزئیات شروع می گردد اندازه گیری شود. ضریب K_g از رابطهٔ زیر بدست می آید:

$$K_g = K^{-0.5}$$

K = ضریب تمرکز تنش مساوی نسبت حداکثر تنش کششی اصلی در ناحیه اولیه به تنش اسمی اصلی در آن مقطع می باشد.

۱-۲-۹-۳-٤- ضریب سطح تنش[1]

ضریب K_σ، بسته به مقدار حداکثر تنش اصلی (σ_{max})، در محدوده حداکثر مجاز، باید براساس جدول ۱-۸ انتخاب شود.

۱-۲-۹-۳-۵- ضریب نرخ بارگذاری[2]

برای نواحی که در آنها خطر نیروی برخورد و ضربه وجود دارد، مانند عرشه ای که در مجاورت نرده های ثابت قرار دارد، یا ستون های فولادی که نزدیک به ترافیک بزرگراه یا راه آهن قرار دارند، مقدار $K_S = 0.5$ توصیه می شود. برای بقیه انواع بارگذاری مقدار $K_S = 1$ استفاده می گردد.

[1] - Stress level coefficient
[2] - Rate of loading coefficient

www.mirjalili.net

١-٢-٩-٣-٦- حداکثر ضخامت مجاز[1]

ضخامت t قطعه فولادی به موارد زیر محدود می شود:

اگر $U>T_{27j}-20$ باشد:

$$t \le 50K\left(\frac{355}{F_y}\right)^{1.4} 1.2^{\left(\frac{U-T_{27j}}{10}\right)}$$

اگر $U < T_{27j} - 20$ باشد:

در این شرایط استفاده از فولاد مورد نظر،مجاز نمی باشد.

در روابط فوق:

t = حداکثر ضخامت مجاز قطعه فولادی تحت تنش برحسب میلیمتر

K = ضریبی است که در بند ١-٢-٩-٣-١ محاسبه شد.

F_y = تنش تسلیم اسمی قطعه فولادی مطابق بند ١-٢-٦ (N/mm^2)

U = حداقل دمای طراحی برحسب درجه سلسیوس

T_{27j} = دمای آزمایش برحسب درجه سلسیوس متناظر با انرژی شارپی ٢٧ ژول.

برای فولادهایی که T_{30j} و T_{40j} آنها در دست است، T_{27j} را می توان از روابط زیر محاسبه نمود:

$$T_{27j} = T_{30j}$$
$$T_{27j} = T_{40j} - 10$$

[1] - maximum permitted thickness

www.mirjalili.net

جدول ۱-۷- ضریب جزئیات K_d

روش ساخت	شکل محصول	شرح جزئیات پتانسیل شکست اولیه منطقه		k_d
اعضای غیرجوشی	کلیه مقاطع	سطوح نورد شده		۲
		گوشه‌های بریده شده توسط شعله اتصالات پیچی و جوشی که سوراخها توسط مته‌کاری ایجاد می‌شوند.		۱/۵
		اتصالات جوش و پیچی		۱
اعضاء جوش شده	کلیه مقاطع	جوش عرضی طولی در اعضاء مرکب جوش عرضی برگشتی در انتهای جوش‌های کوتاه		۱
		جوش عرضی برگشتی در انتهای جوش‌های طولی با $(\ell > 150mm)$	مقاطع کم عرض $w \le 50mm$	۰/۷
			مقاطع عریض $w > 50mm$	۰/۵
			در گوشه‌های برش نشده	
	ورقها	جوش عرضی لب‌به‌لب در ورق‌ها		۱
		جوش عرضی لب‌به‌لب در اعضاء مرکب از ورق‌ها		۰/۷
	مقاطع	جوش لب‌به‌لب عرضی		۰/۵
	کلیه مقاطع	جوش گوشه در اتصالات صلیبی و T شکل		۱

www.mirjalili.net

جدول ۱-۸- ضریب سطح تنش K_σ

مقدار K_σ		
محدوده تنش	K_σ	
	$k_d > 0.7$	$k_d \le 0.7$
در کشش $\sigma_{max} > 0.5\sigma_y$	1	۱
در کشش $0.25\sigma_y < \sigma_{max} \le 0.5\sigma_y$	1	۱/۲۵
در کشش $\sigma_{max} \le 0.25\sigma_y$	1.5	۱/۵
تمامی تنش‌های فشاری	2	۲
اجزای پل ممکن است در زمان نصب تحت تنشی بیشتر از مقدار کشش در حالت بهره‌برداری قرار گیرند.		

www.mirjalili.net

۱-۲-۹-٤- مشخصات مکانیکی فولاد مصرفی[1]

مشخصات مکانیکی فولاد مصرفی بصورت زیر در نظر گرفته می شود:

- ضریب الاستیسیته، $۲/۱\times۱۰^{۶}$ kg/cm^2
- ضریب الاستیسیته برشی، $۰/۸\times۱۰^{۶}$ kg/cm^2
- ضریب پواسون، $\upsilon = ۰/۳$
- ضریب انبساط حرارتی، $\alpha = ۱۲\times۱۰^{-۶}$ $1/^{\circ}C$

۱-۲-۹-۵- مشخصات مکانیکی مصالح پیچ، پرچ و گل میخ

در جداول ۱-۹، ۱-۱۰ و ۱-۱۱ به ترتیب مشخصات مکانیکی مصالح پیچ، پرچ و گل میخ ارائه شده است.

[1] - Properties of steel

www.mirjalili.net

جدول ۱-۹- مشخصات مصالح پیچ

	۱	۲	۳
	رده پیچ	تنش تسلیم F_y (kg/cm^2)	تنش تسلیم F_u (kg/cm^2)
۱	٤/٦	۲٤۰۰	٤۰۰۰
۲	٥/٦	۳۰۰۰	٥۰۰۰
۳	۸/۸	٦٤۰۰	۸۰۰۰
٤	۱۰/۹	۹۰۰۰	۱۰۰۰۰

جدول ۱-۱۰- مشخصات مصالح پرچ

	۱	۲	۳
	رده پرچ	تنش تسلیم F_y (kg/cm^2)	مقاومت نهایی کششی F_u (kg/cm^2)
۱	USt 36	۲۰٥۰	۳۳۰۰
۲	RSt 38	۲۲٥۰	۳۷۰۰

جدول ۱-۱۱- مشخصات مصالح گل‌میخ

	۱	۲	۳
	رده	تنش تسلیم F_y (kg/cm^2)	مقاومت نهایی کششی F_u (kg/cm^2)
۱	DIN 32 500 Part 1, رده 4.8	۳۲۰۰	٤۰۰۰
۲	DIN 32 500 Part 3, با ترکیب شیمیایی ST37-3 (DIN 17 100)	۳٥۰۰	٤٥۰۰
۳	DIN 17 100) $d \leq 40$ (St 37-2 یا	۲٤۰۰	۳٦۰۰
	St 37-3) $40 < d \leq 80$	۲۱٥۰	
٤	DIN 17 100) $d \leq 40$	۳٦۰۰	٥۱۰۰
	(St 52-3) $40 < d \leq 80$	۳۲٥۰	

www.mirjalili.net

۱-۳- بارهای محاسباتی

۱-۳-۱- بارهای مرده

برای محاسبه وزن قطعات، وزن مخصوص مصالح باید طبق استاندارد شماره ۵۱۹ موسسه استاندارد تعیین شود.

۱-۳-۲- بارهای زنده

بارهای زنده باید طبق مقررات نشریه ۱۳۹ دفتر تحقیقات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی محاسبه شود.

۱-۳-۳- بارهای زلزله

بارهای زلزله باید منطبق بر مقررات آئین‌نامه طرح پل‌های شوسه و راه‌آهن در برابر زلزله (استاندارد ۲۳۵ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران) منظور شود.

۱-۳-٤- سایر بارها

سایر بارها باید طبق مقررات نشریه ۱۳۹ دفتر تحقیقات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی محاسبه شود.

۱-٤- تنشهای مجاز

تمام عناصر سازه اعم از اتصالات و وسایل اتصال، باید طوری طراحی و محاسبه شوند که تحت اثر بارهای مفروض بهره‌برداری، تنش در آنها از مقادیر مندرج در فصول بعدی تجاوز نکند.

۱-۵- ترکیبات بارگذاری

با توجه به همزمانی بارهای ارائه شده در نشریه ۱۳۹، ترکیبات بارگذاری در طراحی به روش تنش مجاز مطابق جدول ۱-۱۲ درنظرگرفته می‌شود.

www.mirjalili.net

جدول ۱-۱۲- ترکیبات بارگذاری در طراحی به روش تنش مجاز

گروه	ترکیب بار	تنش مجاز برحسب درصد از تنش مجاز پایه
۱	D + B + R + S + ST + PF + SF + E	۱۰۰
۲	گروه ۱ + L + I + LF + CF	۱۰۰
۳-الف	گروه ۱ + W	۱۳۳
۳-ب	گروه ۲ + W + WL	۱۳۳
٤-الف	گروه ۱ + T	۱۳۳
٤-ب	گروه ۲ + T	۱۳۳
٥	گروه ۱ + EQ	مطابق آیین نامه طرح لرزه ای پلها
٦	بارهای ویژه + گروه ۱	طبق نیاز

اختصارات به کاررفته در جدول فوق به قرار زیر می‌باشند:

D = بارمرده

L = بارزنده

I = ضربه بارزنده

E = فشار زمین

B = نیروی غوطه‌وری

W = بارباد روی سازه

WL = بارباد روی بارزنده

PF = نیروی حاصل از پیش‌تنیدگی

ST = نیروهای ناشی از نشست تکیه‌گاهی

LF = نیروی ترمز بار زنده

CF = نیروی گریز از مرکز بار زنده

R = اثر حاصل از کوتاه شدن قوس و تیرهای پیش‌تنیده

S = نیروهای حاصل از افت (انقباض) مصالح

EQ = نیروی حاصل از زلزله

T = نیروی حاصل از تغییرات دما

SF = نیروی حاصل از جریان رودخانه

www.mirjalili.net

۱-٦- تحلیل سازه

نیروهای داخلی و تنش اعضا، اتصالات، و وسایل اتصال در سازه تحت اثر بارهای وارده باید توسط یکی از روشهای شناخته شده تحلیل الاستیک سازه تعیین شود.

۱-۷- توجه به شرایط بهره‌برداری

سازه و اجزای تشکیل دهنده آن، همچنین اتصالات و وسایل اتصال، باید برای شرایط بهره‌برداری کنترل گردند.

۱-۸- مدارک طراح و محاسبه

۱-۸-۱- نقشه‌ها

نقشه‌های سازه باید طرح کامل مقاطع، محل قرار گرفتن اعضای سازه نسبت به یکدیگر، تراز عرشه، محورهای مار بر مرکز ستونها، پیش‌آمدگیها و پس‌نشستگیها با اندازه‌های مربوطه را شامل باشند.

مدارک طراحی و محاسبه باید حاوی اطلاعاتی در مورد مقادیر بار، نیروهای برشی، لنگرهای خمشی و نیروهای محوری که توسط قطعات و اتصالات آنها تحمل می‌گردد باشد، به طوری که با مراجعه به آنها بتوان نقشه‌های اجرایی کارگاهی را تهیه کرد.

اگر استفاده از پیچهای پرمقاومت، برای اتصالات موردنظر باشد، مدارک طرح و محاسبه و نقشه‌ها باید نوع اتصال را از نظر رفتار (اتصال اصطکاکی، اتصال اتکایی و یا کششی) معین کند.

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

۱-۸-۲- حروف، علائم، و یادداشتهای فنی

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

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

www.mirjalili.net

www.mirjalili.net

فصل دوم

۲- محدودیتهای لاغری

۲-۱- لاغری کلی اعضا

در اعضایی که ملاک طراحی آنها نیروی فشاری است، ضریب لاغری KL/r نباید از ۱۲۰ برای اعضای اصلی و ۱٤۰ برای اعضای فرعی تجاوز کند و اگر نیروی کششی ملاک است، ضریب لاغری L/r نباید از ۲۰۰ برای اعضای اصلی و ۲٤۰ برای بادبندها تجاوز کند. اعضای کششی با نیروی پیش‌تنیدگی کافی، مستثنی از این قاعده می‌باشند. لاغری اعضای کششی که تحت تنشهای معکوس قرار می‌گیرند، نباید از ۱٤۰ تجاوز کند. L طول مهار نشده عضو از مرکز ثقل دو نقطه مهاربندی عرضی یا مرکز ثقل دو اتصال عضو درنظرگرفته می‌شود. در خصوص طول مهاری خرپاهای میان‌گذر (بدون مهاربندی عرضی بال فشاری) باید به بخش مربوطه مراجعه نمود.

۲-۲- لاغری تک نیمرخها

در اعضای فشاری مرکب از چند نیمرخ و بستهای افقی یا چپ و راست، لاغری حداکثر L_1/r_1 هر تک نیمرخ در حدفاصل بین دو گره، نباید از ٤۰ و یا $\frac{۲}{۳}$ ضریب لاغری حداقل کلی عضو بیشتر گردد. L_1 طول آزاد هر نیمرخ بین دو گره و r_1 شعاع ژیراسیون حداقل می‌باشد.

۲-۳- کمانش موضعی

۲-۳-۱- به منظور جلوگیری از کمانش موضعی، نسبت پهنا به ضخامت عناصر مقطع نباید از مقادیر مندرج در جدول ۲-۱ تجاوز نماید.

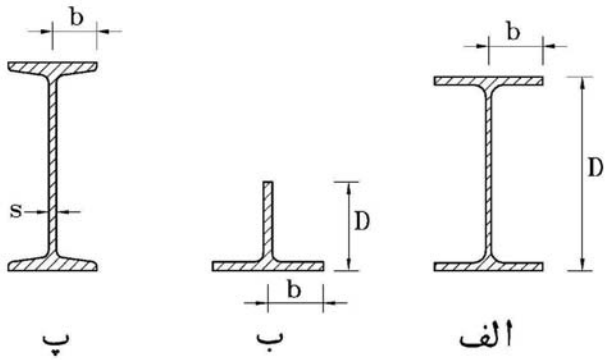
۲-۳-۲- پهنای آزاد اجزا بایک لبه متکی

پهنای آزاد اجزایی که فقط در یک لبه در امتدادی موازی با نیروی فشاری نگهداری شده‌اند، به شرح زیر درنظرگرفته می‌شود:

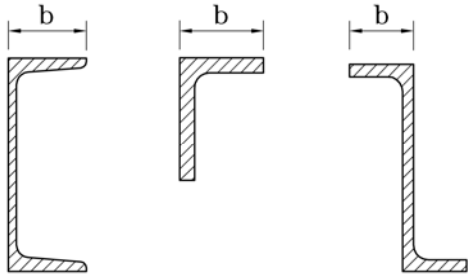
www.mirjalili.net

۱- برای بالهای نیمرخ I و نیمرخ سپری، برابر عرض بال

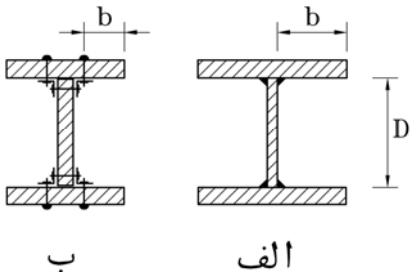
برای بال نیمرخهای نورد شده‌ای که شیب داشته باشد، ضخامت معادل، برابر ضخامت بال در نقطه مابین لبه بال و سطح جان درنظرگرفته می‌شود.



۲- برای بالهای نیمرخ نبشی، ناودانی، دو نبشی (Z)، برابر با تمام عرض موجود.



۳- برای تیرورقها، عرض b عبارت است از عرض بال



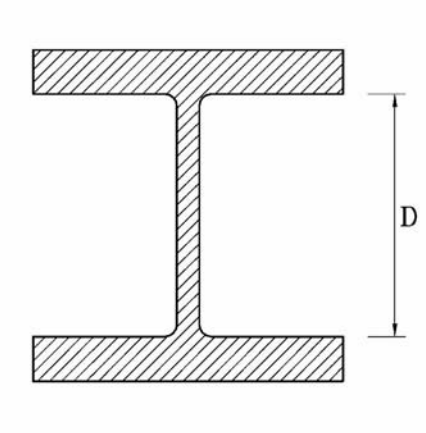
٤- برای تیغه جان نیمرخ سپری، پهنای D برابر ارتفاع کلی مقطع

۲-۳-۳- پهنای آزاد اجزا با دو لبه متکی

پهنای آزاد b یا D برای اجزایی که در دو لبه در امتدادی موازی با نیروی فشاری نگهداری شده‌اند به شرح زیر در نظرگرفته می‌شود.

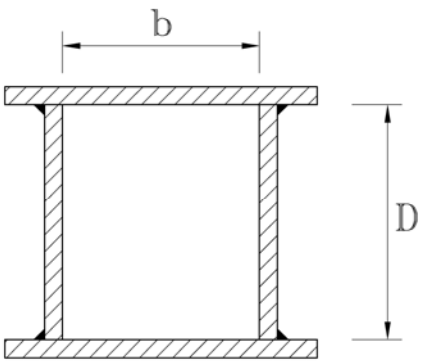
۱- برای جان نیمرخ‌های نوردشده، D مساوی فاصله بین دوبال

www.mirjalili.net

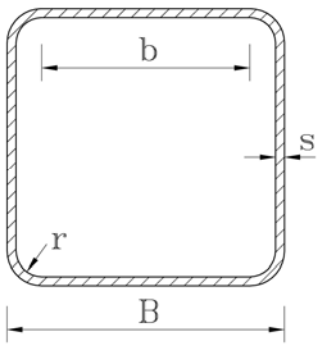


۲- برای جان نیمرخهای ساخته شده از ورق، D برابر فاصله خالص بین بالهای نیمرخ.

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



٤- برای بالهای نیمرخهای قوطی، پهنای b عبارت است از فاصله خالص دوجان منهای شعاع انحنای بین جان و بال در هر طرف. اگر شعاع مشخص نباشد، می‌توان پهنای کل منهای سه برابر ضخامت جان را درنظر گرفت.



$$b = B - 3s$$

۵- برای ورقهای تقویتی، b عرض ورق می‌باشد.

www.mirjalili.net

جدول ۲-۱- مقادیرحداکثر نسبت پهنا به ضخامت

	شرح	پهنا به ضخامت	حداکثرنسبت پهنای آزاد به ضخامت		
اجزا با یک لبه متکی	بالهای تیرنوردشده I و ناودانی در خمش	$\frac{b}{t}$	$\frac{860}{\sqrt{f_b}} \le 24$		
	بال تیرورق در خمش	$\frac{b}{t}$	$\frac{860}{\sqrt{f_b}} \le 24$		
	عضوفشاری تک نبشی یا جفت نبشی با اتصال و لقمه بین دو نیمرخ	$\frac{b}{t}$	$\frac{430}{\sqrt{f_a}} \le 12$		
	ورقهای سخت کننده	$\frac{b}{t}$	$\frac{430}{\sqrt{f_a}} \le 12$		
اجزا با دو لبه متکی	جان تیرورقهای قوس و جان ستونها	$\frac{D}{t}$	بدون‌سخت‌کننده طولی $\frac{1300}{\sqrt{f_a}} \le 60$	یک سخت‌کننده طولی دروسط ارتفاع $\frac{2000}{\sqrt{f_a}} \le 90$	دوسخت‌کننده طولی در نقاط $\frac{1}{3}$ ارتفاع $\frac{2600}{\sqrt{f_a}} \le 120$
	ورقهای تقویتی روی بال تیر با دو خط اتصال در دو لبه موازی	$\frac{b}{t}$	$\frac{1300}{\sqrt{f_a}} < 50$		
	بالهای مقطع قوطی با ضخامت ثابت جدار درخمش یا فشار و تمام عناصر دیگر با دو لبه متکی تحت اثر فشار یکنواخت	$\frac{b}{t}$	$\frac{1050}{\sqrt{f_a}} \le 45$		
	جان تیرهای خمشی	$\frac{D}{t}$	بدون سخت کننده طولی $\frac{6100}{\sqrt{f_b}} \le 170$	باسخت کننده طولی $\frac{12200}{\sqrt{f_b}} \le 340$	
	جان تیرستونها تحت اثر مشترک فشار حاصل از خمش و فشار محوری	$\frac{D}{t}$	$\frac{6100}{\sqrt{f_b}}\left(1-0.7\frac{f_a}{f_b}\right)$		
لوله	مقطع لوله (D قطر خارجی لوله)	$\frac{D}{t}$	$\frac{120\times10^3}{f_a}$		

f_a = تنش فشاری موجود (kg/cm^2) f_b = تنش خمشی فشاری موجود (kg/cm^2)

F_y = تنش تسلیم مصالح (kg/cm^2)

توجه: در بحرانی‌ترین شرایط f_a و f_b را می‌توان مساوی $0.55Fy$ در نظر گرفت.

www.mirjalili.net

۲-٤- حداقل ضخامت اجزای مقطع

حداقل ضخامت اجزای مقطع ۸ میلیمتر می‌باشد. ضخامت جان تیرهای نوردشده نباید کمتر از ٦ میلیمتر باشد. حداقل ضخامت پشت‌بندهای عرشه‌های ارتوتروپیک ۵ میلیمتر می‌باشد.

در صورتیکه شرایط خوردگی فولاد در میان باشد، باید اضافه ضخامت قربانی برای اجزای مقطع درنظرگرفته شود و یا سیستم محافظت موثر و یا رنگ‌های پوششی مناسب منظور گردد.

www.mirjalili.net

www.mirjalili.net

فصل سوم

۳- اعضای کششی

۳-۱- سطح مقطع کلی

سطح مقطع کلی عضو (A_g) برابر با مجموع مساحت اجزای آن و سطح مقطع هر جزء، برابر با حاصلضرب پهنای کلی در ضخامت آن می‌باشد. برای نیمرخهای نبشی پهنای کلی عبارت است از مجموع پهناهای دوبال منهای ضخامت بال.

۳-۲- سطح مقطع خالص

سطح مقطع خالص عضو (A_n) برابر با مجموع حاصلضربهای پهنای خالص اجزا در ضخامت نظیر آنها می‌باشند. پهنای خالص عبارت‌است از پهنای کل منهای قطر سوراخهای عضو که به شرح زیر درنظرگرفته می‌شود:

۱- قطر محاسباتی سوراخ پیچ و پرچ به مقدار ۲ میلیمتر بزرگتر از قطر سوراخ به حساب می‌آید.

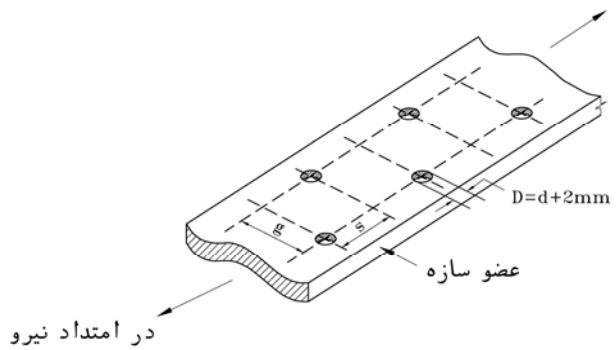
۲- اگر سوراخهای متعدد به شکل زنجیره (به صورت زیگزاگ) در مسیر مقاطع بحرانی احتمالی قرار داشته باشند، برای محاسبه پهنای خالص باید از پهنای کلی مورد بررسی، مجموع قطرهای مسیر زنجیره را کم و به آن به ازای هر مسیر قطری، یک مرتبه جملهٔ $S^2/4g$ را اضافه کرد که در آن:

S = گام طولی پیچها (فاصله مرکزبه مرکز سوراخها در امتداد طولی)

g = گام عرضی (فاصله مرکز به مرکز ردیفهای طولی)

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 بحرانی مقطعی است که سوراخهای مسیر زنجیره مربوطه، حداقل پهنای خالص را به دست می‌دهد.



شکل ۳-۱

www.mirjalili.net

۳-۳- سطح مقطع موثر

۱- در صورتیکه بار بصورت مستقیم، توسط وسایل اتصال، به هر یک از عناصر تشکیل‌دهندهٔ مقطع منتقل شود، سطح مقطع موثر (A_e) برابر سطح مقطع خالص (A_n) در نظرگرفته می‌شود.

۲- اگر بار توسط پیچ یا پرچ به قسمتی از عناصر تشکیل دهنده مقطع (و نه تمام آن) منتقل شود، سطح مقطع موثر از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$A_e = UA_n \qquad (۱-۳)$$

که درآن:

A_n = سطح مقطع خالص

U = ضریب کاهش

۳- اگر بار توسط اتصال جوشی به قسمتی از عناصر تشکیل دهنده مقطع (و نه تمام آن) منتقل شود، سطح مقطع موثر از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$A_e = UA_g \qquad (۲-۳)$$

که درآن:

A_g = سطح مقطع کلی

مقادیر U بصورت زیر تعریف می‌شود:

الف: برای نیمرخهای I و IPB و نیمرخ‌های سپری بریده شده از آنها که اتصال آنها از طریق بالها صورت گرفته و سایر نیمرخها، شامل نیمرخهای ساخته شده از ورق، که دارای اجزای غیرمتصل باشند و نبشی‌ها با یک بال متصل که حداقل سه وسیله اتصال در هر ردیف در امتداد تاثیر نیرو موجود باشد:

$U = 0.85$

ب: در تسمه‌ها که با جوشهای طولی در دو لبه موازی (در انتهای قطعه) متصل‌اند، طول جوشها نباید از فاصله عمودی بین آنها (پهنای تسمه) کمتر باشد و ضریب U برای آنها بصورت زیر تعریف می‌شود:

$1.5W > L \geq W \quad \rightarrow \quad U = 0.75$

$2W > L \geq 1.5W \quad \rightarrow \quad U = 0.87$

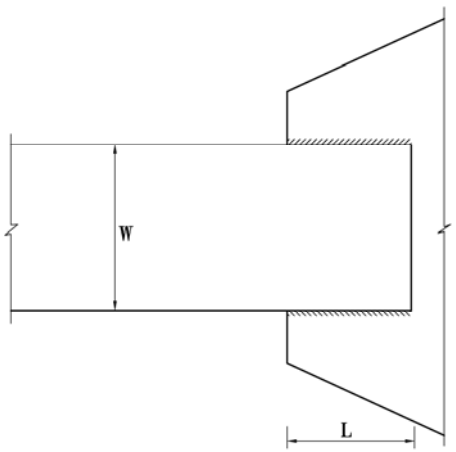
$L \geq 2W \quad \rightarrow \quad U = 1$

که درآن:

L = طول جوش

W = پهنای تسمه (فاصله بین خطوط جوش)

www.mirjalili.net



شکل ۳-۲

۳-٤- لاغری اعضای کششی

لاغری اعضای کششی باید شرایط مندرج در بندهای ۲-۱ و ۲-۲ را تامین نمایند.

۳-۵- تنش کششی مجاز

تنش کششی مجاز نباید از $0.55F_y$ برروی سطح مقطع کلی و یا از $0.46F_u$ برروی سطح مقطع موثر خالص تجاوز کند که F_y تنش تسلیم و F_u تنش نهایی مصالح می‌باشد.

۳-٦- اعضای کششی مرکب از چند نیمرخ و ورق

۳-٦-۱- در اعضای کششی که به طور سرتاسری در تماس با یکدیگر متصل می‌شوند، فاصله محور به محور وسایل اتصال یا فاصله بین نوارهای جوش منقطع بین یک نیمرخ و ورق، یا بین دو ورق نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

الف) در اعضای رنگ شده و اعضایی که رنگ نمی‌شوند ولی احتمال زنگ‌زدگی و خوردگی ندارند، ۲٤ برابر ضخامت نازکترین ورق یا ۳۰۰ میلیمتر.

ب) در اعضای رنگ نشده که تحت اثر زنگ‌زدگی و خوردگی (حاصل از عوامل جوی) قرار گیرند، ۱٤ برابر ضخامت نازکترین ورق یا ۱۸۰ میلیمتر.

۳-٦-۲- در اعضای کششی که از دو (یا تعداد بیشتری) نیمرخ در تماس با یکدیگر تشکیل می‌شوند، فاصله محوربه‌محور پیچها و پرچها و یا فاصله آزاد بین نوارهای جوش منقطع که آنها را به یکدیگر متصل می‌کند، نباید از ٦۰۰ میلیمتر تجاوز کند.

www.mirjalili.net

۳-٦-۳- در اعضای کششی که از دو (و یا تعداد بیشتری) نیمرخ و یا ورق تشکیل می‌شوند و بین آنها به فواصلی قطعات لقمه قرار گرفته و در این نقاط به یکدیگر متصل می‌شوند، فاصله لقمه‌ها و اتصالات باید طوری اختیار شود که ضریب لاغری هر یک از عناصر تشکیل دهنده در فاصله آزاد از ۲۰۰ تجاوز نکند.

۳-٦-٤- در اعضای کششی مرکب از چند نیمرخ، به کاربردن ورقهای تقویتی سوراخدار و یا قیدهای موازی (بدون بستهای چپ و راست) در طرف باز نیمرخ مرکب مجاز است. ضلع قیدهای موازی در امتداد طول عضو باید حداقل $\frac{۲}{۳}$ فاصله بین دو ردیف وسایل اتصالی باشد که قید را به عناصر عضو کششی متصل می‌کند.

در اتصال با جوش، این ضلع باید حداقل $\frac{۲}{۳}$ فاصله بین مراکز ثقل جوشهای اتصال دوسر باشد.

ضخامت این قیدها نباید از $\frac{۱}{۵۰}$ فواصل یاد شده یا ۸ میلیمتر، کمتر شود. فاصله محوربه‌محور 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 اندازه‌ای باشد که ضریب لاغری هر یک از عناصر کششی متصل شده بین این قیدها، از ۲۰۰ بیشتر نشود.

۳-۷- اعضای کششی با اتصال لولایی

۳-۷-۱- تنشهای مجاز

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

تنش فشاری تماسی در سطح تصویر شده پین (حاصلضرب قطر در طول تماس) نباید از:

$F_p = 0.4F_y$ (اتصال لولایی با دوران) $F_p = 0.8F_y$ (اتصال لولایی بدون دوران) (۳-۳)

تجاوز کند. اگر دو و یا چند عضو در تماس دارای حد تسلیم (F_y) مختلف باشند، F_y کوچکتر ملاک خواهد بود.

در تسمه‌های سرپهن که شرایط بند ۳-۷-۳ را داشته باشند، تنش مجاز برابر $0.55F_y$ بر سطح مقطع تسمه درنظرگرفته می‌شود.

۳-۷-۲- تسمه با عرض ثابت با اتصال لولایی

حداقل سطح مقطع خالص بعد از سوراخ پین (که موازی محور عضو کششی در نظر گرفته می‌شود)، نباید از $\frac{۲}{۳}$ سطح مقطع عرضی باقیمانده در محل سوراخ، کمتر شود.

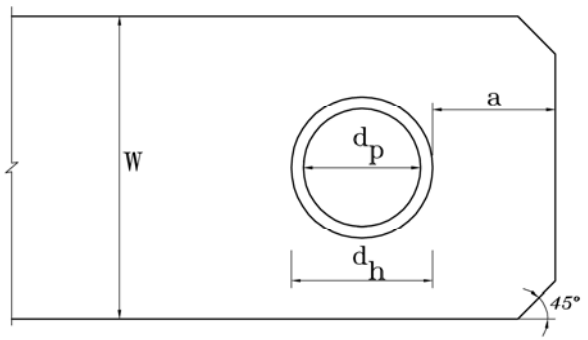
www.mirjalili.net

$$a \geq \frac{2}{3}(w - d_h)$$

در قطعات با اتصال پین که انتظار می‌رود اتصال مفصلی تحت بارهای حداکثر، حرکت نسبی بین قطعات متصل شده را تحمل نماید، قطر سوراخ پین نباید بیش از ۲ میلیمتر بزرگتر از قطر پین باشد.

$$d_h \leq d_p + 2^{mm}$$

می‌توان گوشه‌های بعد از محل پین را تحت زاویه ٤٥ درجه نسبت به محور طولی عضو، پخ زد مشروط برآنکه باقیمانده بعد از سوراخ مفصل در امتداد عمود برخط بریده شده، کمتر از سطح مقطع بعد از سوراخ، به موازات محور عضو نباشد.



شکل ۳-۳- تسمه با عرض ثابت

۳-۷-۳- تسمه‌های سرپهن با اتصال لولایی

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

در طراحی، عرض تسمه نباید بیشتر از ۸ برابر ضخامت آن درنظرگرفته شود ($W \leq 8t$). ضخامت تسمه را نباید کمتر از ۱۲ میلیمتر درنظرگرفت، مگر حالتی که بین اتصال دارای مهره باشد که با سفت کردن آنها قطعات جمع و فشرده شوند. فاصله بین لبه سوراخ تا لبه تسمه در امتداد عمود بر نیروی وارده، نباید کمتر از $\frac{۲}{۳}$ و بیشتر از $\frac{۳}{٤}$ عرض تسمه درنظرگرفته شود.

$$\frac{2}{3}W \leq b \leq 0.75W$$

قطر پین نباید از $\frac{۷}{۸}$ برابر عرض تسمه کمتر باشد.

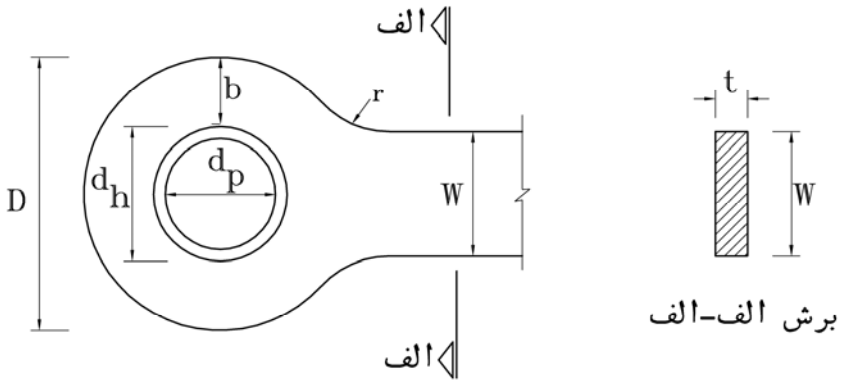
$$d_p \geq \frac{7}{8}W$$

قطر سوراخ پین نباید بیش از ۲ میلیمتر بزرگتر از قطر پین باشد.

$$d_h \leq d_p + 2mm$$

www.mirjalili.net

برای فولادهای پرمقاومت، (F_y>4900kg/cm^2)، قطر سوراخ پین نباید از ۵ برابر ضخامت تسمه تجاوز کند و عرض تسمه باید متناسباً کاهش داده شود.



شکل ۳-٤- تسمه سرپهن

www.mirjalili.net

فصل چهارم
اعضای خمشی (تیرها و تیرورق‌ها)

٤-١- کلیات

این فصل شامل ضوابط مربوط به طراحی اعضای خمشی زیر می‌باشد:

- تیرها از نیمرخ نورده شدهٔ INP، IPE، IPB
- تیرورقها با یک یا دو محور تقارن که در صفحه تقارن خود بارگذاری شوند.
- تیر از نیمرخهای ناودانی که در صفحه مار بر مرکز برش و موازی صفحه جان ناودانی بارگذاری شود و یا در مقابل پیچش در محل نقطه اثر بار و تکیه‌گاه مقید شده باشد.

٤-٢- مقطع خالص تیرها

ابعاد لازم برای تیرورقها، با محاسبه ممان اینرسی مقطع کلی تعیین می‌شود. فرض می‌شود که وجود سوراخهای پیچ و پرچ (چه کارخانه‌ای و چه کارگاهی) در بالها، از ممان اینرسی نمی‌کاهد، مگر در حالتهایی که نسبت سطح مقطع خالص به سطح مقطع کل بال کششی در رابطه زیر صدق نماید:

$$\frac{A_{fn}}{A_{fg}} \le 0.85$$

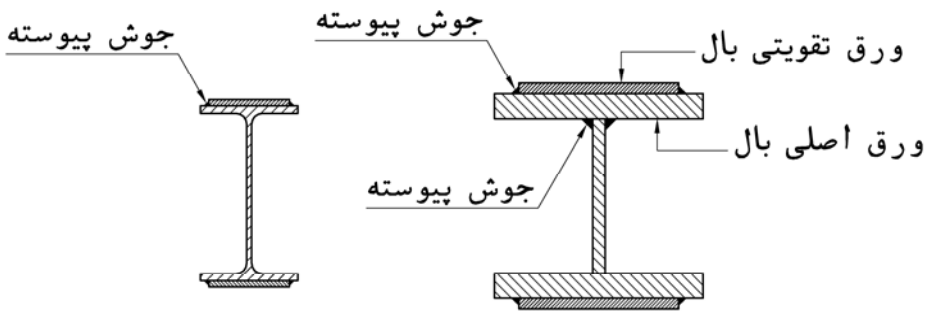
Fy = تنش جاری شدن (kg/cm^2)

در این صورت از سطح مقطع سوراخدار بال کششی استفاده می‌شود، لیکن می‌توان از جابجایی تار خنثی بواسطه این سوراخها صرفنظر نمود.

٤-٣- بالها

٤-٣-١- بالهای تیرورقها متشکل از تسمه‌های بریده شده از ورق می‌باشد که به کمک جوش شیاری نفوذی سربه‌سر به هم یکسره شده‌اند. حسب نیاز مساحت بال می‌تواند تغییر نماید. این تغییر می‌تواند به کمک تغییر عرض، تغییر ضخامت و یا افزودن ورق تقویت انجام بگیرد. به استثنای تیرورقهای مختلط، سطح مقطع کل بال فشاری نباید کمتر از سطح مقطع کل بال کششی گردد.

www.mirjalili.net



شکل ٤-١- تقویت بال‌ها

٤-٣-٢- نسبت عرض کلی بال به ضخامت آن باید مطابق جدول ٢-١ باشد.

٤-٣-٣- پیچ های پرمقاومت، پرچ و یا جوش که بال و جان تیرورق را به یکدیگر و یا ورقهای تقویتی را به بال اتصال می‌دهد، باید در مقابل برش افقی کل ناشی از نیروهای خمشی وارد بر تیر محاسبه شوند. طرز توزیع این پیچها، پرچها و یا جوش در طول تیر باید با شدت برش در طول آن متناسب باشد. فواصل طولی محوربه‌محور بین پیچ‌ها یا پرچها نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

الف: حالتی که وسایل اتصال در خطوط اتصال مجاور پس و پیش نباشند:

$$\frac{1060}{\sqrt{F_y}} t \le 30cm$$

ب: حالتی که وسایل اتصال در خطوط اتصال مجاور پس و پیش قرار گیرند:

$$\frac{1590}{\sqrt{F_y}} t \le 45cm$$

t = ضخامت ورق تقویتی

در صورتیکه شرایط خوردگی مطرح باشد، فواصل پیچها نباید از ۱۰ برابر ضخامت ورق بیشتر باشد.

٤-٣-٤- پیچها، پرچها، و یا جوشهایی که بال و جان را به هم اتصال می‌دهد، باید طوری محاسبه شوند که قادر باشند بارهای مستقیم برروی بال را نیز به جان تیر انتقال دهند، مگر اینکه پیش‌بینی شده باشد که چنین بارهایی مستقیماً به وسیله سخت‌کننده‌های فشاری منتقل شوند.

www.mirjalili.net

٤-۳-۵- ورقهای تقویتی بال

٤-۳-۵-۱- حداقل طول ورق تقویتی که به یک تیر ورق یا تیر نورد شده اضافه می‌گردد، نباید از $(2d+90)$ cm کمتر گردد که d ارتفاع کل تیر می‌باشد.

٤-۳-۵-۲- ضخامت ورق تقویتی تک نباید از دو برابر ضخامت بالی که بدان متصل می‌شود بزرگتر گردد. در صورت استفاده از چند ورق تقویتی، مجموع ضخامتهای آنها نباید از ۲/۵ برابر ضخامت بالی که بدان متصل می‌شوند، بزرگتر باشد.

٤-۳-۵-۳- در صورتیکه ضخامت بال بیشتر از ۲۰ میلیمتر بوده و بال تحت بارهای خستگی در وضعیت کششی یا معکوس قرار داشته باشد، نمی‌توان بدان ورق تقویتی با طول محدود متصل کرد و ورق تقویتی باید در تمام طول دهانه اجرا گردد.

٤-۳-۵-٤- ورقهای تقویتی که در تمام طول تیر ادامه ندارند، باید بعد از نقطه قطع محاسباتی[1]، به اندازهٔ a ادامه یابند به طوری که در این طول اضافی اتصال کامل بین ورق و بال برقرار باشد. اتصال در این قسمت باید قادر باشد که در حد تنش مجاز نظیر، با نیروی حاصل از خمش سهم ورق تقویتی در نقطه قطع تئوریک مقابله کند.

در تیرورقهای با اتصال جوشی، جوشهایی که انتهای ورق تقویتی قطع شده در طول a را به تیر متصل می‌کند، باید شرایط زیر را برآورده نماید:

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

۲- طول a که از انتهای ورق تقویتی اندازه‌گیری می‌شود باید برابر باشد با:

الف: ۱/۵ برابر پهنای ورق تقویتی در حالتی که جوش اتصال پیوسته و در دو لبه طرفین و انتهای ورق تقویتی اجرا گردد.

ب: 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 نمی‌شود.

در انتهای باریک شونده، عرض لبه انتهای ورق تقویتی نباید از ۷۵ میلیمتر کمتر باشد.

دامنه تنش در نقطه قطع عملی ورق باید در حد دامنه تنش خستگی باشد.

٤-۳-۵-۵- در صورت استفاده از اتصالات پرچی و پیچی پیش‌تنیده، نسبت عرض به ضخامت بال نبشی اتصال دهنده بال فشاری به جان، نباید از مقادیر جدول ۲-۱ تجاوز نماید.

---

[1] - نقطه قطع محاسباتی، نقطه‌ای است که تنش خمشی در مقطع تیر بدون ورق تقویتی به علت بارهای وارده، مساوی تنش خمشی مجاز باشد.

www.mirjalili.net

٤-٤- دهانه محاسباتی تیرها

دهانه محاسباتی تیرها، مرکز به مرکز تکیه‌گاهها در نظر گرفته می‌شود.

٤-٥- نسبت ارتفاع به دهانه

در تیرها و شاهتیرها، نسبت ارتفاع به دهانه ترجیحاً نباید کمتر از $\frac{۱}{۲۵}$ شود. در تیرهای مرکب (مختلط)، ارتفاع شامل ضخامت دال بتنی نیز می‌شود. در اینگونه تیرها، ارتفاع تیر فولادی به تنهایی نباید کمتر از $\frac{۱}{۳۰}$ گردد.
در دهانه‌های سراسری، طول تیر برای محاسبه نسبت فوق، فاصله نقاط عطف بار مرده درنظر گرفته می‌شود.

٤-٦- افتادگی

در تیرهای ساده و یا یکسره، افتادگی (تغییرشکل قائم) ناشی از بار زنده و ضربه نباید از $\frac{۱}{۸۰۰}$ دهانه تجاوز نماید. در پل‌های شهری این حد به $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ دهانه کاهش می‌یابد. افتادگی بازوهای طره‌ای به علت بارزنده و ضربه نباید از $\frac{۱}{۳۰۰}$ طول طره تجاوز نماید. برای بازوهای طره‌ای با کاربری پیاده‌رو، این حد به $\frac{۱}{۳٦۰}$ دهانه کاهش می‌یابد.
در محاسبه تغییرشکل‌ها، می‌توان از مدل سه‌بعدی عرشه با منظورکردن اعضای عرضی (دیافراگم‌ها) و یا سایر اجزای یکپارچه کننده عرشه استفاده نمود.
در محاسبه تغییرشکل از ممان اینرسی سطح مقطع کلی عضو استفاده می‌شود.

٤-٧- پیش‌خیز

تیرها باید طوری پیش‌خیز داده شوند که پس از اعمال تمام بارهای مرده، منطبق بر پروفیل طولی موردنظر پل گردند. مقدار پیش‌خیز باید در نقشه‌ها نشان داده شود.

٤-٨- تکیه‌گاه انتهایی

٤-٨-١- برای تیرها با دهانه کمتر از ۱۵ متر، تکیه‌گاه انتهایی نیاز به تدابیر خاصی برای هماهنگی با تغییرشکل ندارد. برای دهانه ۱۵ متر و بیشتر، برای تکیه‌گاه انتهایی باید بالشتک مناسب برای هماهنگی با تغییرشکل تیر و دوران انتهایی تعبیه گردد. این بالشتک می‌تواند ورق محدب، بالشتک الاستومر، یا از نوع یاتاقانی(مفصلی) باشد.

www.mirjalili.net

٤-٨-٢- یک انتهای تیر باید مفصل ثابت باشد تا بتواند با نیروهای طولی مقابله نماید. برای هماهنگی با تغییرشکل‌های طولی عرشه به علت تغییرات درجه حرارت، انتهای دیگر باید بصورت لغزشی باشد.

برای دهانه‌های کمتر از ۱۵ متر تکیه‌گاه لغزشی می‌تواند یک ورق ساده تنها باشد. برای دهانه‌های بزرگتر از ۱۵ متر، انبساط و انقباض دهانه باید با استفاده از یک تکیه‌گاه لغزشی مناسب شامل بالشتک الاستومر، تکیه‌گاه یاتاقانی گهواره‌ای و یا جزئیات مشابه باشد.

٤-٨-٣- باید با استفاده از ضامن‌ها و مهارهای مناسب پایداری لغزشی و واژگونی عرشه در مقابل نیروهای جانبی زلزله تامین گردد. برای این منظور باید به آیین‌نامه طرح پلها در مقابل زلزله مراجعه شود.

٤-٩- سیستم‌های مهاربندی در عرشه‌های متشکل از تیر I

٤-٩-١- در عرشه‌های متشکل از تیرهای **I** باید سیستم‌های بادبندی زیر تعبیه گردد:

الف: دیافراگم یا تیرعرضی انتهایی در محل تکیه‌گاهها. این دیافراگم یا تیر عرضی انتهایی باید مقاومت کافی در مقابل نیروی جک زدن برای بلندکردن عرشه به منظور تعویض نئوپرن را داشته باشند.

ب: دیافراگم یا تیرهای عرضی در داخل دهانه در فواصل کمتر یا مساوی ۷/۵ متر. امتداد دیافراگم‌های داخلی باید عمود بر تیرهای اصلی باشد.

پ: بادبندی افقی در صفحه بال فوقانی. اگر بال فوقانی به دال بتنی کف یا هر کف دیگری با سختی جانبی کافی، متصل شده باشد، لزومی به انجام این مهاربندی نمی‌باشد.

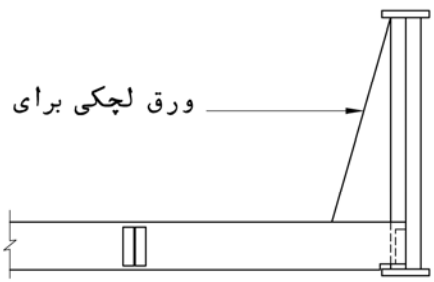
ت: بادبندی افقی در صفحه بال تحتانی (اختیاری)

٤-٩-٢- نیروی بادبندیها و دیافراگم براساس فشار بادی معادل ۲۵۰ کیلوگرم برمترمربع سطح بادگیر محاسبه می‌گردد. نصف این فشار به بال تحتانی و نصف آن به بال فوقانی اعمال می‌شود.

٤-٩-٣- ارتفاع حداقل دیافراگم‌ها یا تیرهای عرضی، $\frac{۱}{۲}$ و یا ترجیحاً $\frac{۳}{٤}$ ارتفاع تیر اصلی، می‌باشد.

٤-٩-٤- حداقل نیمرخ به کاررفته در دیافراگم‌ها و بادبندی‌ها، نبشی ۸×۸۰×۸۰ می‌باشد.

٤-٩-٥- در صورتیکه بال فشاری تیر مربوط به عرشه میانگذار باشد و امکان مهاربندی عرضی بال فشاری موجود نباشد، باید بال فشاری را به کمک ورق لچکی مثلثی شکل به تیر عرضی کف متصل نمود.



شکل ٤-٢

www.mirjalili.net

٤-٩-٦- تنش موجود در بال تحتانی تیرورقها تحت بار جانبی از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$f = Rf_{cb} \qquad (١-٤)$$

در رابطه فوق داریم:

$$R = [0.75L - 11]\left(\frac{0.305}{S_d}\right)^{0.67} \qquad \text{(بال تحتانی بادبندی نشده است)} \qquad (٢-٤)$$

$$R = [0.2L - 0.64]\left(\frac{0.305}{S_d}\right)^{0.5} \qquad \text{(بال تحتانی بادبندی شده است)} \qquad (٣-٤)$$

$$f_{cb} = \frac{M_{cb} \times 10^5}{S_f} \qquad (٤-٤)$$

$$M_{cb} = 0.08WS_d^2 \qquad (٥-٤)$$

$$S_f = \frac{t_f b_f^2}{6} \qquad (٦-٤)$$

W = نیروی باد بر سطح جانبی تیرورق در واحد طول (تن برمتر)

S_d = فواصل دیافراگم (متر)

L = طول دهانه کلی (متر)

t_f = ضخامت بال تحتانی (cm)

b_f = عرض بال تحتانی (cm)

M_{cb} = لنگر (تن- متر)

f = تنش (کیلوگرم بر سانتیمترمربع)

٤-٩-٧- حداکثر نیروی افقی F_d در دیافراگم‌ها از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_d = 1.14WS_d \qquad (٧-٤)$$

که W و S_d مطابق مقادیر تعریف شده قبلی می‌باشد.

٤-١٠- تنش‌های خمشی مجاز

٤-١٠-١- تنش فشاری مجاز ناشی از خمش در تارهای انتهایی اعضای خمشی از نیمرخ I که نسبت به صفحه جان خود دارای تقارن بوده و در همین صفحه بارگذاری شده‌اند برابراست با:

$$F_b = 0.55F_y\left[1 - \frac{6(L/b)^2}{C_c^2}\right] \le 0.55F_y \qquad (٨-٤)$$

www.mirjalili.net

که در رابطه فوق:

F_b = تنش مجاز بال فشاری (kg/cm^2)

F_y = تنش تسلیم فولاد مصرفی (kg/cm^2)

L = طول قسمتی از بال فشاری که در جهت عرضی اتکا ندارد (cm)

b = عرض بال فشاری

C_c = لاغری مرز بین کمانش ارتجاعی و غیرارتجاعی

$$C_c = \pi\sqrt{\frac{2E}{F_y}} \qquad (٩-٤)$$

E = ضریب ارتجاعی فولاد (kg/cm^2)

آیین‌نامه آشتو اجازه نمی‌دهد طول L آنقدر زیاد شود که امکان کمانش ارتجاعی ستونی بال فشاری ممکن باشد. طول L باید در رابطهٔ زیر صدق کند:

$$\frac{L}{b} \le \pi\sqrt{\frac{E}{6F_y}} \qquad (١٠-٤)$$

برای فولاد نرمه با $F_y = 2400 kg/cm^2$، روابط ٤-٨ تا ٤-١٠ بصورت ساده شدهٔ زیر در می‌آیند.

$$F_y = 2400 kg/cm^2 \begin{cases} F_b = 1320 - 0.476\left(\frac{L}{b}\right)^2 \\ C_c = 130 \\ \frac{L}{b} < 37 \end{cases}$$

به جای استفاده از رابطه ٤-٨ می‌توان تنش خمشی مجاز را از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$F_b = \frac{3.5\times10^6 C_b}{S_{xc}}\left(\frac{I_{yc}}{L}\right)\sqrt{0.772\frac{J}{I_{yc}} + 9.87\left(\frac{d}{L}\right)^2} \le 0.55F_y \qquad (١١-٤)$$

در رابطه فوق:

S_{xc} = اساس مقطع تیر حول محور قوی نسبت به بال فشاری (cm^3)

F_y = تنش تسلیم فولاد تیر (kg/cm^2)

L = فاصله تکیه‌گاههایی که از تغییرمکان جانبی و یا پیچیدن بال فشاری جلوگیری می‌کند (cm). در تیرهای طره‌ای که فقط در محاذات تکیه‌گاه به طور جانبی نگهداری شده باشد، می‌توان L را برابر طول طره درنظر گرفت.

A_f = سطح مقطع بال فشاری (cm^2)

www.mirjalili.net

C_b = ضریب یکنواختی نمودار لنگر خمشی که از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$C_b = 1.75 + 1.05\frac{M_1}{M_2} + 0.3\left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2 \le 2.3 \qquad (١٢-٤)$$

در رابطه فوق، M_1 لنگر کوچکتر و M_2 لنگر بزرگتر در دو انتهای طول آزاد (بدون تکیه‌گاه جانبی) است که نسبت به محور قوی مقطع درنظرگرفته می‌شود. در صورتیکه M_1 و M_2 باعث انحنای مضاعف شوند، نسبت M_1/M_2 مثبت، و در حالتی که باعث انحنای ساده شوند، این نسبت منفی به حساب می‌آید.

اگر لنگر خمشی در بین دو انتهای طول آزاد، مقداری بزرگتر از لنگرهای دوانتها را به خود بگیرد، ضریب C_b برابر ١ محسوب می‌شود.

در تیرهای طره‌ای می‌توان C_b را مساوی ١ درنظر گرفت.

I_{yc} = ممان اینرسی بال فشاری نسبت به محور قائم مار بر صفحه جان (cm^4)

d = ارتفاع کلی مقطع

J = ثابت سن‌ونان مقطع تیر طبق رابطه زیر (cm^4):

$$J = \frac{1}{3}\left[\sum bt^3\right]$$

b عرض و t ضخامت عناصربال وجان تیر

L = فاصلهٔ دونقطه مهارشده (cm)

٤-١٠-٢- تنشهای مجاز خمشی نسبت به محور ضعیف برای اعضای بامقطع I، تسمه‌ها و ورقها از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_b = 0.55\ F_y \qquad (١٣-٤)$$

٤-١٠-٣- تنش خمشی در اعضای با مقطع قوطی نورد شده، و لوله (مقطع دایره)، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_b = 0.55\ F_y \qquad (١٤-٤)$$

مقاطع قوطی که در آنها ارتفاع مقطع کمتر از ٦ برابر پهنا باشد، به مهار جانبی احتیاجی ندارند.

٤-١١- تنشهای برشی مجاز

٤-١١-١- در صورتیکه در تیر ورق سخت‌کننده عرضی تعبیه نشده باشد، تنش برشی مجاز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_v = \frac{51\times10^5}{(h/t_w)^2} \le \frac{F_y}{3} \qquad (١٥-٤)$$

www.mirjalili.net

که h ارتفاع و t_w ضخامت جان می‌باشد.

در صورتیکه $\frac{h}{t_w} > 150$ و یا تنش برشی موجود بزرگتر از مقدار فوق باشد، تعبیه سخت‌کننده عرضی الزامی است.

۴-۱۱-۲- وقتی که f_v بزرگتر از F_v طبق رابطه ۴-۱۵ باشد، نیاز به سخت‌کننده عرضی خواهیم داشت. در حالت اخیر فاصله سخت‌کننده‌ها به 3h یا $h\left(\frac{260}{h/t_w}\right)^2$ (هرکدام که کوچکترند)، محدود می‌شود و تنش برشی مجاز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F_v = \frac{F_y}{3}\left[C_v + \frac{0.87(1-C_v)}{\sqrt{1+(a/h)^2}}\right] \qquad \text{(با استفاده از عمل دستکهای کششی)} \qquad (۴-۱۶)$$

$$F'_v = C_v \frac{F_y}{3} \qquad \text{(بدون استفاده از عمل دستکهای کششی)} \qquad (۴-۱۷)$$

که در روابط فوق:

h = ارتفاع جان (cm)

a = فواصل سخت‌کننده‌های عرضی (cm)

F_y = تنش تسلیم فولاد جان (kg/cm^2)

F_v = تنش برشی مجاز (kg/cm^2)

C_v = نسبت تنش کمانش برشی طبق روابط زیر:

$$\frac{h}{t_w} \le 1600\sqrt{\frac{K}{F_y}} \rightarrow C_v = 1 \qquad (۴-۱۸)$$

$$1600\sqrt{\frac{K}{F_y}} \le \frac{h}{t_w} < 2000\sqrt{\frac{K}{F_y}}$$

$$C_v = \frac{1600}{(h/t_w)\sqrt{\frac{K}{F_y}}} > 0.8 \qquad (۴-۱۹)$$

$$\frac{h}{t_w} > 2000\sqrt{\frac{K}{F_y}} \rightarrow C_v = \frac{3.15\times10^6 K}{(h/t_w)^2 F_y} \le 0.8 \qquad (۴-۲۰)$$

$$K = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \qquad (۴-۲۱)$$

در چشمه اول سخت‌کننده طوری قرار داده می‌شود که $a/h \le 1.5$ باشد و تنش برشی بدون توجه به عمل میدان کششی از رابطه ۴-۱۷ بدست می‌آید.

www.mirjalili.net

٤-١٢- ضخامت حداقل جان

در صورت عدم استفاده از سخت‌کننده‌های طولی، نسبت ارتفاع به ضخامت جان نباید از مقدار زیر تجاوز نماید:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{6100}{\sqrt{f_b}} \le 170 \qquad (٢٢-٤)$$

h = ارتفاع جان در حد فاصل داخلی دو بال

t_w = ضخامت جان

f_b = تنش خمشی موجود (kg/cm^2)

در صورت استفاده از سخت‌کننده طولی، نسبت فوق را می‌توان دوبرابر نمود:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{12200}{\sqrt{f_b}} \le 340 \qquad (٢٣-٤)$$

٤-١٣- سخت‌کننده‌های عرضی

٤-١٣-١- در تیرورقهای جوشی، سخت‌کننده‌های عرضی ترجیحاً باید از ورق باشند این سخت‌کننده‌ها می‌توانند بصورت جفت در دو طرف جان و یا تک در یک طرف جان تعبیه گردند. در حالت جفت، سخت‌کننده‌ها باید به بال فشاری محکم شوند، و لزومی ندارد به آن جوش گردند. در حالت تک سخت‌کننده‌ها بهتر است به بال فشاری جوش گردند، جوش سخت‌کننده عرضی به بال کششی لازم نیست. در صورتیکه از سخت‌کننده برای اتصال دیافراگم‌های عرضی یا بادبندهای عرضی استفاده شود، سخت‌کننده باید به بال فوقانی و تحتانی جوش شود. در این صورت کاهش کلاس خستگی باید مورد توجه قرار گیرد.

٤-١٣-٢- ممان اینرسی سخت‌کننده جفت نسبت به محور میانی جان و یا سخت‌کننده تک نسبت به سطح تماس با جان نباید از مقدار بدست آمده از رابطه زیر کمتر گردد:

$$I = at_w^3 J$$
$$J = 2.5\left(\frac{h}{a}\right)^2 - 2 \ge 0.5 \qquad (٢٤-٤)$$

I = ممان اینرسی حداقل هر نوع سخت‌کننده نسبت به محور مرکزی جان

J = نسبت صلبیت سخت‌کننده به ورق جان

a = فاصله خالص سخت‌کننده‌های عرضی

h = ارتفاع خالص جان (در صورتیکه سخت‌کننده طولی وجود داشته باشد، فاصله بین سخت‌کنندهٔ طولی و بال)

www.mirjalili.net

t_w = ضخامت ورق جان

سطح مقطع کلی سخت‌کننده‌های عرضی میانی باید بزرگتر از مقدار بدست آمده از رابطه زیر باشد:

$$A = \left[0.15BDt_w(1-C_v)(f_v/F_v) - 18t_w^2\right]Y \qquad (٢٥-٤)$$

که درآن:

Y = نسبت تنش تسلیم ورق جان به تنش تسلیم ورق سخت‌کننده

B = ١/٠ برای سخت‌کننده‌های جفت، ١/٨ برای سخت‌کننده نبشی و ٢/٤ برای سخت‌کننده تک

C_v = طبق رابطه ٤-١٨ تا ٤-٢٠

در صورتیکه مقدار حاصل از رابطه ٤-٢٥ صفر و یا منفی گردد، تحقق شرط رابطه ٤-٢٤ کفایت می‌کند.

٤-١٣-٣- عرض ورق سخت‌کننده یا عرض برجسته نبشی نباید از ٥٠ میلیمتر به علاوه $\frac{١}{٣٠}$ ارتفاع تیر و از $\frac{١}{٤}$ عرض کامل بال تیرورق کمتر باشد. نسبت عرض به ضخامت ورق سخت‌کننده یا بال برجسته نبشی نباید از ١٦ تجاوز نماید.

٤-١٤- سخت‌کننده‌های طولی

٤-١٤-١- سخت‌کنندهٔ طولی به فاصله $\frac{h}{5}$ از بال فشاری تیر و به موازات آن و در یک طرف جان و در حد فاصل سخت‌کننده‌های عرضی تعبیه می‌گردد. حداقل ممان اینرسی ورق سخت‌کننده طولی نسبت به سطح تماس با جان نباید کمتر از مقدار بدست آمده از رابطه زیر گردد:

$$I = ht_w^3\left[2.4\left(\frac{a}{h}\right)^2 - 0.13\right] \qquad (٢٦-٤)$$

پارامترهای موجود در رابطه فوق در زیر رابطه ٤-٢٤ تعریف شده‌اند.

٤-١٤-٢- نسبت عرض به ضخامت سخت‌کننده طولی باید در رابطه زیر صدق نماید:

$$\frac{b}{t} \le \frac{600}{\sqrt{f_b}} \qquad (٢٧-٤)$$

که در آن:

b = عرض سخت کننده

f_b = تنش فشاری خمشی در بال

٤-١٤-٣- تنش در سخت‌کننده نباید بزرگتر از تنش خمشی مجاز پایه برای مصالح سخت‌کننده باشد.

www.mirjalili.net

٤-١٤-٤- سخت‌کننده‌های طولی معمولاً در یک طرف جان و بصورت منقطع درحد فاصل سخت‌کننده‌های عرضی قرار می‌گیرند.

٤-١٤-٥- در صورت تعبیه سخت‌کننده‌های طولی، ارتفاع کلی جان باید در تمام روابط ذکر شده در قسمتهای قبل (شامل محاسبات مربوط به تنش برشی مجاز و مشخصات هندسی سخت‌کننده) مورد استفاده قرار گیرد.

٤-١٥- جوش سخت‌کننده‌های عرضی به جان

ورق‌های سخت‌کننده عرضی باید طوری به جان تیرورق متصل گردند که بتوانند برشی برابر و یا بیش از مقدار داده شده در ذیل را تحمل کنند:

$$f_{vs} = h\sqrt{\left(\frac{F_y}{1400}\right)^3} \qquad (٢٨-٤)$$

f_{vs} = جریان برش برحسب کیلوگرم برسانتیمترطول یک ورق و یا یک زوج ورق سخت‌کننده

F_y = تنش تسلیم فولاد جان

h = ارتفاع جان

جوش فوق بصورت پیوسته انجام شده و باید در فاصله‌ای نه کمتر از $4t_w$ و نه بیشتر از $6t_w$ از بال کششی قطع گردند.

٤-١٦- سخت‌کننده‌های فشاری

٤-١٦-١- در محل تاثیر نیروهای متمرکز و یا واکنشهای تکیه‌گاهی باید سخت‌کننده‌های فشاری تعبیه گردد. سخت‌کننده‌های فشاری باید در تمام ارتفاع جان ادامه داشته باشند.

٤-١٦-٢- نسبت عرض به ضخامت سخت‌کننده فشاری نباید بیشتر از $12 \le 430/\sqrt{f_a}$ گردد و عرض آن نباید کوچکتر از $\frac{١}{٣}$ عرض بال (بال عریض‌تر) گردد. f_a تنش موجود در سخت‌کننده است.

٤-١٦-٣- سخت‌کنندهٔ فشاری به صورت ستونی محاسبه می‌گردد که طول موثر آن h (h ارتفاع جان) می‌باشد و سطح مقطع آن متشکل است از سطح مقطع جفت سخت‌کننده فشاری به علاوه نواری از جان که پهنای آن در سخت‌کننده‌های فشاری $18t_w$ در نظر گرفته می‌شود.

٤-١٦-٤- اگر بار عمود بر امتداد بال به صورت کششی باشد، سخت‌کننده باید به بال جوش شود. وقتیکه بار به صورت فشاری است، سخت‌کننده یا باید با فشار مستقیم تماسی (با سطحی که کاملاً صاف و با بال جفت شده است)، بار را منتقل کند و یا اینکه اتصال جوشی کافی برای این انتقال تعبیه شود.

www.mirjalili.net

٤-١٧- اثر مشترک برش و کشش

جان تیرورقهایی که 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 به علت لنگر خمشی، نباید از $0.55\ F_y$ و نیز از مقداری که از رابطه زیر تعیین می‌گردد، بیشتر شود:

$$F_b' = \left(0.754 - 0.34\frac{f_v}{F_v}\right)F_y \qquad (٢٩-٤)$$

f_v = تنش برشی محاسبه شده موجود در جان

F_v = تنش برشی مجاز

٤-١٨- تیرورقهای دوگانه

٤-١٨-١- این بخش مربوط به طراحی تیرهایی می‌شود که فولاد بکاررفته در جان تیرورق نسبت به فولاد یکی از بالها یا هر دو بال، دارای مقاومت کمتری باشد. اینگونه تیرها، شامل تیرورقهای مختلط و غیرمختلط و حتی تیرورقهای مختلط جعبه‌ای می‌باشند. در هر مقطع عرضی که تنش خمشی در هر کدام از بالها از ٥٥ درصد تنش تسلیم فولاد جان تجاوز کند، سطح بال فشاری نباید کمتر از سطح بال کششی باشد. سطح بال فوقانی شامل سطح تبدیل یافته هر بخشی از دال یا آرماتورهایی که فرض می‌شوند بصورت مرکب با تیرهای فولادی عمل می‌کنند، می‌باشد.

٤-١٨-٢- تنش مجاز خمشی

٤-١٨-٢-١- در صورتیکه تنش در هر یک از بالها از حاصلضرب تنش مجاز حاصل از روابط ارائه شده در این آیین‌نامه در ضریب کاهش R بیشتر نگردد، تنش خمشی در جان می‌تواند از مقدار مجاز بیشتر گردد. ضریب کاهش R طبق رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$R = 1 - \frac{\beta\psi(1-\alpha)^2(3-\psi+\psi\alpha)}{6+\beta\psi(3-\psi)} \qquad (٣٠-٤)$$

که در آن:

α = نسبت تنش تسلیم فولاد جان به تنش تسلیم فولاد بال کششی

β = نسبت مساحت جان به مساحت بال کششی

ψ = نسبت فاصله تار خارجی بال کششی تا محور خنثای مقطع (مقطع تبدیل یافته برای تیرهای مختلط) به ارتفاع مقطع فولادی

٤-١٨-٢-٢- تنش خمشی در دال بتنی تیرهای مرکب (مختلط) نباید از تنش مجاز بتن ضربدر R بیشتر شود.

www.mirjalili.net

٤-١٨-٣- برش

تنش برشی متوسط در جان تیرورقهای دوگانه نباید از مقدار حاصل از رابطه ٤-١٧ تجاوز نماید. استفاده از رابطه ٤-٢٩ برای تیرورقهای دوگانه مجاز نیست.

٤-١٨-٤- خستگی

تیرورقهای دوگانه باید برای دامنه تنش خستگی که در فصل خستگی ارائه شده، کنترل گردند.

٤-١٨-٥- نسبت‌های عرض به ضخامت

در محاسبه نسبتهای عرض به ضخامت مجاز برای جان و بال، f_bهای موجود در روابط باید بر R تقسیم گردد.

٤-١٨-٦- سخت‌کننده‌های فشاری

در طراحی سخت‌کننده‌های فشاری در تیرورقهای دوگانه یکسره که در آنها α کمتر از 0.7 است، هیچ قسمتی از جان در تحمل نیروها دخالت داده نمی‌شوند.

www.mirjalili.net

فصل پنجم

تیرهای مختلط (مرکب)

۵-۱- معرفی

این بخش شامل دستورالعمل‌های طراحی تیرهای فولادی می‌باشد که دال بتن‌آرمه به کمک اتصالات برشگیر بدان متصل بوده و ازاین پس تیر مختلط خوانده می‌شوند.

۵-۲- مقطع مختلط

محاسبات مقطع مختلط، با استفاده از مفهوم مقطع تبدیل یافته انجام می‌شود. جنس مقطع تبدیل‌یافته برحسب فولاد انتخاب شده و برای تبدیل، عرض موثر دال بتنی بر ضریب تبدیل n تقسیم می‌شود. n نسبت ضریب ارتجاعی فولاد به بتن می‌باشد.

۵-۳- ضریب تبدیل n

ضریب تبدیل n یا نسبت ضریب ارتجاعی فولاد به بتن با توجه به مقاومت مشخصه بتن مطابق جدول ۵-۱ انتخاب می‌شود.

جدول ۵-۱- مقادیر ضریب تبدیل n

fc (مقاومت مشخصه نمونه استوانه‌ای بتن- kg/cm^2)	n
$f_c = 200$	10
$200 < f_c \le 250$	9
$250 < f_c \le 300$	8
$300 < f_c \le 400$	7
> 400	6

۵-۴- تاثیر خزش

برای منظور کردن اثرات خزشی بتن تحت بارهای دائمی، ضریب تبدیل n باید ۳ برابر گردد.

۵-۵- بتن های خاص

در صورت استفاده از بتن با خواص انبساطی، طراحی مقطع مختلط باید توام با احتیاط انجام شده و تمهیداتی برای انطباق با انبساط درنظرگرفته شود.

www.mirjalili.net

۵-٦- محل تار خنثی

در دهانه‌های ساده و در نواحی لنگر مثبت دهانه‌های یکسره، تناسبات مقطع مختلط باید طوری انتخاب گردد که تار خنثی در زیربال فوقانی تیر فولادی قرار گیرد.

۵-۷- اثر بتن در ناحیه لنگر منفی

بتن موجود در نواحی لنگر منفی نباید در محاسبات مربوط به لنگر مقاوم مورد استفاده قرار گیرد. در این نواحی فقط آرماتورهای موازی محور تیر می‌توانند بصورت مرکب با مقطع فولادی در محاسبات مربوط به لنگر مقاوم مشارکت نمایید.

از بتن ناحیه لنگر منفی می‌توان در محاسبه ممان اینرسی برای محاسبات تغییرشکل و یا تعیین پارامترهای سختی در تحلیل سازه استفاده نمود.

۵-۸- کمانش جانبی بال فشاری قبل از گیرش بتن

در هنگام بتن‌ریزی دال، کمانش جانبی بال فشاری تیر فولادی باید کنترل گردد.

۵-۹- عرض موثر

عرض موثر دال بتنی که با تیر بصورت مقطع T مختلط عمل می‌نماید، نباید بزرگتر از حداقل مقادیر حاصل از معیارهای زیر منظور گردد:

الف) یک چهارم دهانه محوربه‌محور تیر

ب) فاصله مرکزبه‌مرکز تیرها

پ) ۱۲ برابر ضخامت حداقل دال

ت) فاصله تا لبه آزاد بتن

برای تیرهایی که بال آنها فقط در یک طرف می‌باشد، عرض موثر نباید بزرگتر از حداقل مقادیر حاصل از معیارهای زیر منظور گردد:

الف) یک دوازدهم طول دهانه

ب) نصف فاصله مرکزبه‌مرکز تا تیر مجاوز

پ) ٦ برابر ضخامت دال

www.mirjalili.net

۵-۱۰- عدم استفاده از پایه موقت

در صورتیکه در هنگام بتن‌ریزی دال، در زیر تیر فولادی از پایه‌های موقت استفاده نشده باشد، تنش‌های حداکثر در تیر فولادی و دال بتنی مجموع سه گروه تنش زیر خواهد بود:

الف) تنش در تیر فولادی تنها به علت وزن تیر، دال بتنی، و وزن قالب‌بندی.

ب) تنش در مقطع مختلط با ضریب تبدیل 3n به علت بارهای مرده اضافی (مثل وزن آسفالت، نرده، پیاده‌رو و...).

پ) تنش در مقطع مختلط با ضریب تبدیل n به علت بارهای زنده و ضربه.

از مجموع تنش‌های فوق، می‌توان تنش ناشی از قالب‌برداری از مقطع مرکب با ضریب تبدیل n را کسر نمود.

۵-۱۱- استفاده از پایه موقت

در صورتیکه در هنگام بتن‌ریزی دال، در زیر تیر فولادی از پایه‌های موقت استفاده شده باشد، تنش‌های حداکثر در تیر فولادی و دال بتنی مجموع دوگروه تنش زیر خواهد بود:

الف) تنش در مقطع مختلط با ضریب تبدیل 3n به علت کلیه بارهای مرده.

ب) تنش در مقطع مختلط با ضریب تبدیل n به علت بارهای زنده و ضربه.

۵-۱۲- تیرهای مختلط سراسری

در تیرهای مختلط پیوسته، اتصالات برشی را می‌توان در سرتاسر طول دهانه و یا فقط در نواحی لنگر مثبت مورد استفاده قرار دارد. طراحی ناحیه لنگر مثبت، مشابه طراحی تیرساده می‌باشد. در نواحی لنگر منفی در صورتیکه از آرماتورهای طولی در تعیین لنگر مقاوم استفاده شده باشد، باید اتصالات برشگیر نصب گردد. در غیراینصورت وجود اتصال برشگیر لازم نبوده و باید طبق بند ۵-۱۵-۹ عمل نمود. در صورت جوش دادن سخت‌کننده‌ها به بال کششی باید به کاهش کلاس خستگی بال فشاری توجه نمود.

۵-۱۳- ناحیه لنگر منفی

در نواحی لنگر منفی، حداقل سطح مقطع آرماتورهای طولی ۱ درصد سطح مقطع بتنی می‌باشد که $\frac{۲}{۳}$ آن باید در محدوده عرض موثر و در تارفوقانی دال قرار داده شوند.

۵-۱۴- اتصال برشگیر در ناحیه لنگر منفی

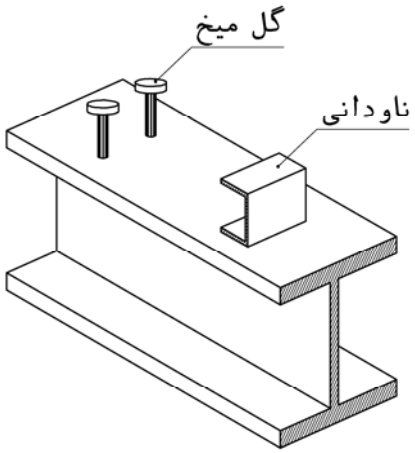
وقتیکه اتصالات برشگیر از ناحیه لنگر منفی حذف می‌گردند، آرماتورهای طولی دال باید به اندازه ۴۰ برابر قطر از نقطه عطف عبور کرده و وارد ناحیه لنگر مثبت گردند.

www.mirjalili.net

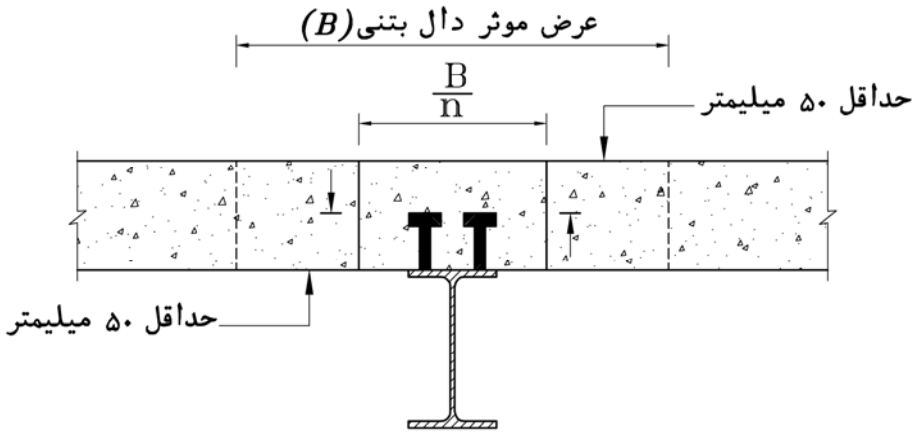
۵-۱۵- اتصالات برشگیر

۵-۱۵-۱- به منظور تامین رفتار مختلط بین تیرفولادی و دال بتنی، باید وسایل مکانیکی خاصی برای انتقال برش افقی موجود در فصل مشترک آنها تعبیه گردد (شکل ۵-۱).

۵-۱۵-۲- حداقل پوشش بتن روی سطح فوقانی اتصال، ۵۰ میلیمتر می‌باشد و برشگیر باید حداقل ۵۰ میلیمتر در بتن فرورفته باشد (شکل ۵-۲).



شکل ۵-۱- اتصالات برشگیر



شکل ۵-۲

www.mirjalili.net

۵-۱۵-۳- در هنگام استفاده از برشگیر ناودانی، حداقل اندازه جوشی که در دورادور آن اجرا می‌گردد، ۵ میلیمتر می‌باشد.

۵-۱۵-٤- حداقل فاصله لبه اتصال برشگیر تا لبه ورق بال، ۲۵ میلیمتر است. فاصله مرکزبه‌مرکز دو اتصال برشگیر مجاور، نباید از ۱۰۰ میلیمتر کمتر باشد.

۵-۱۵-۵- حداکثر فاصله اتصالات برشگیر در امتداد طولی ٦۰۰ میلیمتر می‌باشد. از این قاعده در نواحی لنگر منفی که از جوش اتصال برشگیر به واسطه مسائل تمرکز تنش و خستگی نگرانی وجود دارد، می‌توان عدول نمود.

۵-۱۵-٦- اتصالات برشگیر باید برمبنای خستگی محاسبه شده و برای مقاومت نهایی کنترل گردند.

۵-۱۵-۷- طراحی برشگیر برای خستگی

۵-۱۵-۷-۱- در طراحی برای خستگی، فواصل طولی اتصالات برشگیر در محل موردنظر از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P = \frac{\sum Z_r}{S_r} \le 60cm \qquad (۱-۵)$$

۵-۱۵-۷-۲- S_r دامنه تغییرات برش افقی در نقطه موردنظر در محل اتصال بال فوقانی و دال بتنی است که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$S_r = \frac{V_r Q}{I} \qquad (۲-۵)$$

که درآن:

S_r = دامنه تغییرات برشی افقی در محل اتصال بال فوقانی و دال بتنی (kg/cm)

V_r = دامنه تغییرات نیروی برشی مقطع به علت بارزنده و ضربه در نقطه موردنظر (kg)

$V_r = V_{max} - V_{min}$

Q = لنگر استاتیک بال بتنی (یا آرماتورهای طولی در ناحیه لنگر منفی) نسبت به تارخنثای مقطع مختلط تبدیل یافته (cm^3).

I = ممان اینرسی مقطع مختلط تبدیل یافته (cm^4). در نواحی لنگر منفی به جای بال بتنی، مشارکت آرماتورهای طولی در محاسبه I منظور می‌گردد.

www.mirjalili.net

۵-۱۵-۷-۳- Z_r دامنه تغییرات نیروی مجاز برشگیر برحسب کیلوگرم برای هر قطعه اتصال است که از روابط صفحه بعد بدست می‌آید:

الف) برای اتصال برشگیر ناودانی:

$$Z_r = BW \qquad (۵-۳)$$

ب) برای گل‌میخ $(H/d \geq 4)$

$$Z_r = \alpha d^2 \qquad (۵-٤)$$

در روابط فوق مقادیر B و α که تابع تعداد تکرار می‌باشند، از جدول ۵-۲ تعیین می‌گردد.

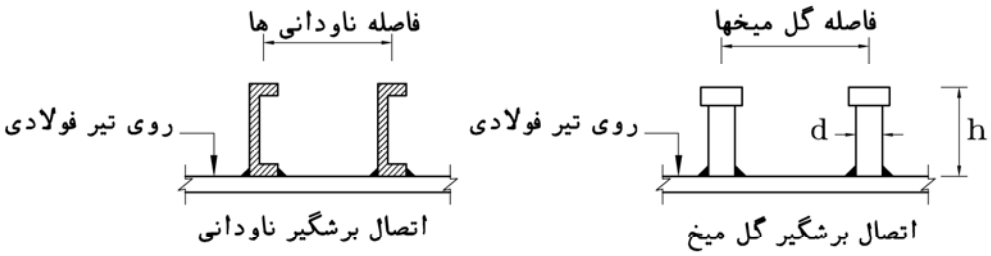
جدول ۵-۲

تعداد تکرار	۱۰۰.۰۰۰	۵۰۰.۰۰۰	۲.۰۰۰.۰۰۰	>۲.۰۰۰.۰۰۰
B	۷۱۵	۵۳۵	٤۳۰	۳۷۵
α	۹۱۵	۷٤۵	۵۵۰	۳۸۵

W = طول ناودانی (cm)

d = قطر گلمیخ (cm)

H = ارتفاع گلمیخ (cm)



شکل ۵-۳

۵-۱۵-۸- طراحی برای مقاومت نهایی

۵-۱۵-۸-۱- در تیرهای ساده تعداد اتصالات برشگیر بین نقطه حداکثر لنگر خمشی مثبت و تکیه‌گاه انتهایی مجاور برابراست با:

$$N_1 = \frac{P}{\phi S_u} \qquad (۵-۵)$$

www.mirjalili.net

که درآن:

N_1 = تعداد اتصالات برشگیر بین نقطه حداکثر لنگر خمشی مثبت و تکیه‌گاه انتهایی مجاور

S_u = مقاومت نهایی یک اتصال برشگیر (kg)

ϕ = ضریب کاهش مقاومت مساوی ۰/۸۵

P = نیروی برشی افقی که باید انتقال داده شود (kg). نیروی P کوچکترین مقدار دو نیروی زیر خواهد بود:

$$P_1 = A_s F_y \qquad (۵-۶)$$

$$P_2 = 0.85 f_c b t_s \qquad (۵-۷)$$

در روابط فوق:

A_s = سطح مقطع کلی مقطع فولادی شامل ورقهای تقویتی (cm^2)

F_y = تنش جاری شدن فولاد (kg/cm^2)

f_c = مقاومت فشاری مشخصه بتن (kg/cm^2)

b = عرض موثر بال فشاری (cm)

t_s = ضخامت دال بتنی (cm)

۵-۱۵-۸-۲- مقاومت نهایی برشگیر (S_u)، از روابط زیر بدست می‌آید:

الف: برای اتصال برشگیر ناودانی:

$$S_u = 146(h + \frac{t}{2})\ W\sqrt{f_c} \qquad (۵-۸)$$

ب: برای اتصال برشگیر گل‌میخ

$$S_u = 247 d^2 \sqrt{f_c} \qquad (۵-۹)$$

که درآنها:

W = طول ناودانی (cm)

t = ضخامت جان ناودانی (cm)

h = ضخامت متوسط بال ناودانی (cm)

d = قطر گل‌میخ

۵-۱۵-۸-۳- در تیرهای سراسری، تعداد اتصال برشگیر لازم بین نقطه حداکثر لنگر خمشی مثبت و نقطه حداکثر لنگر خمشی منفی نباید از مقدار زیر کمتر گردد.

$$N_2 = \frac{P + P_3}{\phi S_u} \qquad (۵-۱۰)$$

www.mirjalili.net

در رابطهٔ فوق تمام نمادها در قبل تعریف شده‌اند و داریم:

$$P_3 = A_s^r F_y^{r*} \qquad (۱۱-۵)$$

A_s^r = سطح مقطع کل میلگردهای طولی دال که در عرض موثر بال قرار گرفته و از آنها در ناحیه لنگر منفی در تعیین لنگر مقاوم خمشی استفاده شده است.

F_y^{r*} = تنش تسلیم آرماتورهای طولی.

۵-۱۵-۹- در صورتیکه از آرماتورهای طولی دال در مقاومت خمشی ناحیه لنگر خمشی منفی استفاده نشود، لازمست در نقطه عطف لنگر خمشی، اتصالات برشگیر اضافی زیر تعبیه گردد:

$$N_c = A_r^2 \ f_r / Z_r \qquad (۱۲-۵)$$

در رابطه فوق:

N_c = تعداد اتصال برشگیر اضافی برای هر تیر در نقطه عطف

A_r^2 = سطح مقطع کلی آرماتورهای طولی ناحیه لنگر منفی سهم هر تیر

f_r = دامنه تغییرات تنش برای بارزنده (در غیاب اطلاعات دقیقتر، می‌توان مقدارآنرا ۷۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع منظور کرد.)

Z_r = دامنه مجاز نیروی برشی برای هر اتصال برشگیر

برشگیرهای فوق در محدوده $\frac{۱}{۳}$ عرض موثر دال در دو طرف نقطه عطف قرارداده می‌شوند.

۵-۱۶- نیروی برشی قائم

در مقاطع مختلط، اینطور فرض می‌شود که تمام برش قائم توسط سطح مقطع جان تیر فولادی حمل می‌گردد.

۵-۱۷- تغییرشکل تیرهای مختلط

در تیرهای مختلط که اجرای آنها بدون پایه موقت انجام می‌شود، تغییرشکل ناشی از وزن تیر و وزن دال و قالب‌بندی، با استفاده از ممان اینرسی تیر فولادی تنها انجام می‌شود. همچنین کلیه محدودیتهای ذکر شده درخصوص تغییرشکل تیرها، باید در مورد تیرهای مختلط رعایت گردد (بند ٤-٥ و ٤-٦).

www.mirjalili.net

فصل ششم
تیرهای جعبه‌ای

٦-١- کلیات

این بخش مربوط به طراحی تیرهای جعبه‌ای عرشه‌های متشکل از دو یا چند تیر جعبه‌ای طولی در دهانه‌های ساده یا یکسره با طول متوسط می‌شود. فاصله مرکزبه‌مرکز بالهای فوقانی تیرورقهای جعبه‌ای باید یکسان، و متوسط فاصله مرکزبه‌مرکز بالهای فوقانی تیرورقهای جعبه‌ای مجاور نباید از ۱/۲ برابر فاصله مرکز به مرکز بالهای فوقانی هر تیر جعبه‌ای بیشتر و از ۰/۸ برابر آن کمتر باشد.

در هنگام کاربرد تیرهای غیرموازی، فاصله مرکزبه‌مرکز بالهای مجاور در تکیه‌گاهها نباید از ۱/۳۵ برابر فاصله مرکزبه‌مرکز بالهای هر تیرجعبه بیشتر و از ۰/٦٥ برابرآن کمتر گردد. طول طره لبه دال شامل جدول دست‌اندازها به ٦٠ درصد متوسط فاصله مرکزبه‌مرکز بالهای تیرورقهای جعبه‌ای مجاور محدود می‌شود، که نباید از ۱/۸ متر بیشتر گردد.

٦-٢- طراحی ورقهای جان

٦-٢-١- برش قائم

برش طراحی V_W در صفحه جان تیرورق طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$V_W = \frac{V_V}{\cos\theta} \qquad (١-٦)$$

که درآن:

V_V = نیروی برشی در امتداد قائم

θ = زاویه بین ورق جان و محورقائم

٦-٢-٢- تنشهای خمش ثانوی

٦-٢-٢-١- ورقهای جان ممکن است بصورت قائم (بازاویه ۹۰ درجه نسبت به بال تحتانی) یا شیبدار بکاررونـد. چنانچه شیب جان نسبت به صفحه قائم بربال تحتانی بزرگتر از ۱ افقی به ٤ قائم نباشد و عرض بال تحتانی نیز از ۲۰ درصد دهانه کمتر باشد، احتیاجی به درنظرگرفتن تنشهای خمشی عرضی به علت اعوجاج مقطع، و ارتعاش بال تحتانی نمی‌باشد. در مورد سازه‌هایی که در این طبقه قرار می‌گیرند، تنشهای خمشی عرضی به علت بارهای تکمیلی، شامل بارهای خدمات شهری، نباید از ۳۵۰ کیلوگرم برسانتیمترمربع بیشتر شود.

www.mirjalili.net

۶-۲-۲-۲- در مورد سازه‌هایی که خارج از این حدود قرار می‌گیرند، باید ارزیابی دقیقی از تنش‌های خمشی عرضی ناشی از تمامی علل فوق، صورت گیرد. این تنشها باید به ۱۴۰۰ کیلوگرم برسانتیمترمربع محدود شوند.

۶-۳- طراحی ورقهای بال تحتانی (متکی در دو لبه به ورق جان)

۶-۳-۱- بال تحتانی در کشش

۶-۳-۱-۱- در دهانه‌های ساده، درصورتیکه عرض بال تحتانی کششی کوچکتر از $\frac{۱}{۵}$ دهانه باشد، تمام عرض آن در کشش موثر فرض می‌گردد. چنانچه عرض ورق بال از $\frac{۱}{۵}$ طول دهانه بیشتر شود، فقط $\frac{۱}{۵}$ طول دهانه بعنوان عرض موثر درنظرگرفته می‌شود.

۶-۳-۱-۲- در دهانه‌های یکسره، به جای طول دهانه، فاصله بین دو نقطه عطف منظور شود.

۶-۳-۲- بال تحتانی در فشار (بدون سخت‌کننده‌های طولی و عرضی)

۶-۳-۲-۱- اگر نسبت عرض به ضخامت بال تحتانی، کمتر از مقدار بدست آمده از رابطه زیر باشد، تنش فشاری مجاز آن مساوی $0.55F_y$ منظور می‌شود:

$$\frac{b}{t} \le \frac{1625}{\sqrt{F_y}} \qquad (۲-۶)$$

که:

$\left(F_y=2400 \rightarrow \frac{b}{t} \approx 35\right)$

b = عرض بال بین دو جان (سانتیمتر)

t = ضخامت بال (سانتیمتر)

۶-۳-۲-۲- برای نسبتهای $\frac{b}{t}$ بزرگتر ولی نه بیشتر از ۶۰، تنشها در بال تحتانی سخت نشده، نباید از مقدار زیر بیشتر شود:

$$F_b = 0.55F_y - 0.224F_y \times \left[1 - \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{13300 - \frac{3.77b\sqrt{F_y}}{t}}{7160}\right)\right] \qquad (۳-۶)$$

www.mirjalili.net

۶-۳-۲-۳- در مورد مقادیر $\frac{b}{t}$ بیشتر از $\frac{3515}{\sqrt{F_y}}$ (مساوی ۷۰ برای $F_y = 2400$)، تنش در بال باید از مقدار زیر کمتر باشد:

$$F_b = \frac{4 \times 10^6}{(b/t)^2} \qquad (۶-۴)$$

۶-۳-۲-۴- ارجح است که نسبت $\frac{b}{t}$، به جز نواحی نزدیک نقطه عطف که تنشهای خمشی ناشی از بارمرده بسیار ناچیز می‌باشد، از مقدار ۶۰ تجاوز نکند.

۶-۳-۲-۵- درصورتیکه نسبت $\frac{b}{t}$ از ۴۵ تجاوز کند، لزوم استفاده از سخت‌کننده‌های طولی مطرح می‌شود.

۶-۳-۳- بال تحتانی در فشار (با سخت کننده طولی)

۶-۳-۳-۱- سخت‌کننده‌های طولی باید با فواصل مساوی در عرض بال فشاری توزیع گردند. ممان اینرسی هر سخت‌کننده نسبت به محور مار بر محل تماس سخت‌کننده با بال نباید از مقدار بدست آمده از رابطه زیر کمتر گردد:

$$I_s = \phi \ t_f^3 W \qquad (۶-۵)$$

که درآن:

$\phi = 0.07k^3n^4$ (برای n>1)

$\phi = 0.125k^3$ (برای n=1)

t_f = ضخامت بال فشاری

W = عرض بال فشاری بین سخت‌کننده‌های طولی یا فاصله بین جان و نزدیک‌ترین سخت‌کننده

n = تعداد سخت‌کننده‌های طولی

k = ضریب کمانش که نباید بزرگتر از ۴ باشد (معمولاً عددی بین ۲ تا ۴ مورد استفاده قرار می‌گیرد)

۶-۳-۳-۲- در صورت استفاده از سخت‌کننده‌های طولی، برای تنش مجاز فشاری $0.55F_y$، نسبت $\frac{W}{t}$ نباید از مقدار بدست آمده توسط رابطهٔ زیر بیشتر شود:

$$\frac{W}{t} = \frac{810\sqrt{k}}{\sqrt{F_y}} \qquad (۶-۶)$$

www.mirjalili.net

۶-۳-۳-۳- در مورد مقادیر بزرگتر $\frac{W}{t}$ (کمتر از ۶۰ یا $\frac{1755\sqrt{k}}{\sqrt{Fy}}$ هر کدام که کوچکتر باشند)، تنش در بال شامل سخت‌کننده‌های طولی، باید از مقدار زیر کمتر باشد:

$$F_b = 0.55F_y - 0.224F_y \times \left[1-\sin\left(\frac{\pi}{2}\times\frac{6650\sqrt{k} - \frac{3.77W\sqrt{F_y}}{t}}{3580\sqrt{k}}\right)\right] \qquad (۶-۷)$$

۶-۳-۳-٤- برای مقادیر $\frac{W}{t}$ بیشتر از $\frac{1755\sqrt{k}}{\sqrt{Fy}}$ و کمتر از ۶۰، تنش در بال شامل سخت‌کننده باید از مقدار مجاز زیر کمتر گردد:

$$F_b = \frac{1\times 10^6 k}{(W/t)^2} \qquad (۶-۸)$$

۶-۳-۳-۵- در صورت استفاده از سخت‌کننده‌های طولی، بهتراست که در محل نقطه عطف بارهای مرده، حداقل یک سخت‌کننده عرضی، علاوه بر سخت‌کننده‌های طولی موجود بکاررود. ابعاد این سخت‌کننده عرضی، نظیر سخت‌کننده طولی انتخاب می‌شود.

۶-۳-۳-۶- در صورتیکه سخت‌کننده‌های طولی در بیشترین مقدار $\frac{W}{t}$ نظیر تنش مجاز $0.55F_y$ تعبیه شده و تعداد آنها نیز از ۲ بیشتر باشد، استفاده از سخت‌کننده‌های عرضی باید مورد توجه قرار گیرد.

۶-۳-٤- بال تحتانی در فشار (با سخت‌کننده‌های طولی و عرضی)

۶-۳-٤-۱- سخت‌کننده‌های طولی باید در فواصل مساوی در عرض بال قرار گیرند و ممان اینرسی هرسخت‌کننده نسبت به محور مار برمحل تماس سخت‌کننده با بال نباید کمتر از مقدار زیر باشد:

$$I_s = 8t_f^3 W \qquad (۶-۹)$$

۶-۳-٤-۲- ممان اینرسی حداقل هرکدام از سخت‌کننده‌های عرضی نسبت به محوری مار برمرکز سطح و موازی لبه تحتانی، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$I_t = 0.1(n+1)^3 W^3 \frac{f_s}{E}\frac{A_f}{a} \qquad (۶-۱۰)$$

www.mirjalili.net

که درآن:

A_f = سطح مقطع بال فشاری شامل سخت‌کننده‌های طولی (سانتیمترمربع)

a = فاصله سخت‌کننده‌های عرضی (سانتیمتر)

f_s = حداکثر تنشی خمشی طولی بال در پانلهای مجاورسخت‌کننده‌های عرضی (کیلوگرم برسانتیمترمربع)

E = ضریب الاستیسیته فولادجان (کیلوگرم برسانتیمترمربع)

W = فاصله بین دو سخت‌کننده طولی

٦-٣-٤-٣- در بال تحتانی با سخت‌کننده‌های طولی و عرضی، جهت استفاده از تنش مجاز پایه $F_b = 0.55F_y$، نسبت $\frac{W}{t}$ برای سخت‌کننده‌های طولی نباید از مقدار زیر تجاوز کند.

$$\frac{W}{t} = \frac{810\sqrt{k_1}}{\sqrt{Fy}} \qquad (١١-٦)$$

$$k_1 = \frac{\left[1+(a/b)^2\right]^2 + 87.3}{(n+1)^2(a/b)^2\left[1+0.1(n+1)\right]} < 4 \qquad (١٢-٦)$$

٦-٣-٤-٤- برای مقادیر بزرگتر $\frac{W}{t}$، (کمتر از ٦٠ یا $\frac{1755\sqrt{k_1}}{\sqrt{Fy}}$، هرکدام که کوچکتر باشد) تنش فشاری مجاز برابر خواهد بود با:

$$F_b = 0.55F_y - 0.224F_y \times \left[1-\sin\left(\frac{\pi}{2}\times\frac{6650\sqrt{k_1} - \frac{3.77W\sqrt{F_y}}{t}}{3580\sqrt{k_1}}\right)\right] \qquad (١٣-٦)$$

٦-٣-٤-٥- در مورد مقادیر $\frac{W}{t}$ بزرگتر از $\frac{1755\sqrt{k_1}}{\sqrt{Fy}}$ و کمتر از ٦٠، تنش در بال به مقدار زیر محدود می‌شود:

$$F_b = \frac{1\times10^6 k_1}{(W/t)^2} \qquad (١٤-٦)$$

٦-٣-٤-٦- بیشترین مقدار عدد کمانش k_1، مساوی ٤ درنظرگرفته می‌شود. وقتیکه k_1 مساوی حداکثر مقدار خود یعنی ٤ می‌باشد، فواصل سخت‌کننده‌های عرضی نباید از 4W تجاوز نماید. چنانچه نسبت $\frac{a}{b}$ از ٣ بیشتر گردد، به وجود سخت‌کننده‌های عرضی نیازی نیست.

www.mirjalili.net

٦-٣-٤-٧- سخت‌کننده‌های عرضی لازم نیست به ورق بال متصل شوند، ولی اتصال آنها به ورقهای جان و سخت‌کننده‌های طولی ضروری می‌باشد. هرکدام از اتصالات جان باید برای تحمل نیروی قائمی که از رابطه زیر تعیین می‌شود، طراحی گردند:

$$R_w = \frac{F_y S_s}{2b} \qquad (١٥-٦)$$

که در رابطه فوق S_S اساس مقطع سخت‌کننده عرضی است.

٦-٣-٤-٨- اتصال به هرکدام از سخت‌کننده‌های طولی نیز باید برای تحمل نیروی قائم زیر طراحی گردد:

$$R_s = \frac{F_y S_s}{nb} \qquad (١٦-٦)$$

٦-٤- سخت‌کننده‌های بال فشاری- کلیات

٦-٤-١- نسبت عرض به ضخامت هرکدام از عناصر برجسته سخت‌کننده‌های بال نباید از مقدار زیر تجاوز نماید:

$$\frac{b'}{t'} = \frac{690}{\sqrt{F_y}} \qquad (١٧-٦)$$

که درآن:

b' = عرض هر عنصر برجسته سخت‌کننده

t' = ضخامت عنصربرجسته سخت‌کننده

F_y = مقاومت نظیرحد تسلیم عنصربرجسته سخت‌کننده

٦-٤-٢- سخت‌کننده‌های طولی تا جایی ادامه می‌یابند که حداکثر تنش در بالها از مقادیر مجاز مربوط به فلز مبنا بیشتر نشود.

٦-٥- طراحی جوشهای جان به بال

ضخامت موثر مجموع جوشهای اتصالی بال به جان، نباید کمتر از ضخامت جان باشد، مگر زمانیکه دو یا چندین دیافراگم در داخل دهانه در حد فاصل دو تکیه‌گاه بکاررفته باشد، که در اینصورت حداقل اندازه لازم برای جوشهای گوشه طبق فصل ٩ می‌تواند به کاررود. بدون توجه به نوع جوش بکاررفته، جوشها باید در هر دو طرف ورق جان قرار داشته باشند.

www.mirjalili.net

۶-۶- دیافراگم‌ها

۶-۶-۱- در تکیه‌گاهها، درحدفاصل تیرهای جعبه‌ای، برای جلوگیری از دوران، تغییرمکان، و اعوجاج، لزوم تعبیه دیافراگم یا تیرهای عرضی ضروری است.

۶-۶-۲- برای تیر جعبه‌هایی که طبق مفاد این فصل طراحی شده‌اند، تعبیه دیافراگم و یا تیرهای عرضی در داخل دهانه (در حد فاصل دو تکیه‌گاه) ضروری نیست.

۶-۷- مهاربندی جانبی

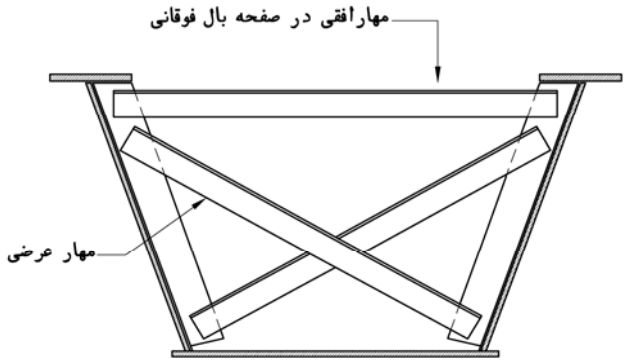
بطورکلی، هیچ سیستم مهاربندی جانبی بین دو تیرورق جعبه‌ای لازم نمی‌باشد. برای تعیین لزوم تعبیه مهارجانبی، فشار بادی معادل ۲۵۰ کیلوگرم برمترمربع برسطح بادگیر تیرورق اعمال می‌شود. نصف فشار کل به صورت خطی به بال تحتانی اعمال می‌شود. مقطع مقاوم در مقابل این بار افقی، مقطعی است که بال تحتانی تیرورق، جان آن را تشکیل می‌دهد و بالهای آن، عرضی از جان تیرورق به اندازه ۱۲ برابر ضخامت آن می‌باشد. در صورتیکه ترکیب تنشهای ناشی از نیروی افقی فوق و بارمرده تیرورق و دال بتنی روی آن، از ۱۵۰ درصد تنش‌های مجاز طراحی تجاوز نماید، سیستم مهاربندی جانبی ضروری می‌باشد.

۶-۸- مهاربندی داخلی تیر جعبه‌ای

بمنظورجلوگیری ازاعوجاج مقطع تیر در حین حمل و نقل و قبل از بتن‌ریزی دال، لازمست داخل تیر جعبه‌ای مطابق شکل ۶-۱ مهاربندی گردد. این سیستم مهاربندی شامل مهار عرضی و مهار افقی در صفحه بال فوقانی می‌باشد.

۶-۹- زهکشی و دسترسی (به داخل تیرورق)

بنا به شرایط آب‌وهوایی، موقعیت و نوع مصالح بکاررفته، تعبیه دریچه‌های آدم‌رو یا بازشوهای دیگر در دال بتنی عرشه یا در جعبه فولادی تیرورق به منظور دسترسی به داخل آن برای نقل‌مکان، بازرسی، تعمیر، نگهداری، زهکشی و موارد مشابه ضروری می‌باشد.



شکل ۶-۱- مهاربندی تیرجعبه‌ای

www.mirjalili.net

www.mirjalili.net

فصل هفتم
اعضای فشاری

این فصل اختصاص به طراحی اعضای فشاری (شامل ستونها و اعضای فشاری خرپاها) دارد که تحت اثر فشار محوری قرار دارد. برای اعضایی که تحت اثر همزمان فشار محوری و لنگر خمشی قرار دارند به فصل هشتم مراجعه نمایید.

۷-۱- ضریب لاغری: ضریب لاغری عضو فشاری با λ نشان داده شده و بصورت زیر محدود می‌گردد:

$$\lambda = \frac{KL}{r_{\min}} < 120 \qquad \text{(اعضای اصلی)} \qquad (۷-۱)$$

$$\lambda = \frac{KL}{r_{\min}} < 140 \qquad \text{(اعضای فرعی)} \qquad (۷-۲)$$

در رابطه فوق:

K = ضریب طول موثر

L = طول آزاد عضو (فاصله بین مراکز ثقل اتصال دو انتهای عضو)

r_{min} = شعاع ژیراسیون حداقل مقطع

اعضای اصلی، اعضایی هستند که تنش‌های ناشی از بارهای مرده و زنده را تحمل می‌نمایند. اعضای فرعی اعضایی هستند که برای مهاربندی سازه در مقابل نیروهای عرضی و طولی به کار می‌روند و یا از آنها برای کاهش طول مهارنشدهٔ اعضای اصلی استفاده می‌شود.

در تعیین r_{min} برای کنترل لاغری طبق روابط ۷-۱ و ۷-۲ می‌توان از قسمتی از مقطع صرفنظر نمود، مشروط براینکه در تعیین باربری مجاز عضو نیز از آن قسمت صرفنظر شود.

۷-۲- ضریب طول موثر K

در اعضای فشاری که از حرکت جانبی دو انتهای آن جلوگیری شده است، ضریب طول موثر K باید مساوی ۱ درنظرگرفته شود.

در اعضای فشاری که از حرکت جانبی دوانتهای آن جلوگیری نشده و پایداری جانبی سازه از طریق سختی خمشی اعضای سازه که با اتصالات صلب به یکدیگر متصل شده‌اند، تامین می‌شود، ضریب طول موثر باید با استفاده از تجزیه و تحلیل وضع موجود تعیین شود، و هیچگاه نباید از ۱ کوچکتر درنظرگرفته شود. در غیاب محاسبات دقیقتر K را می‌توان از رابطه زیر تعیین نمود:

www.mirjalili.net

$$K=\sqrt{\frac{1.6G_AG_B+4(G_A+G_B)+7.5}{G_A+G_B+7.5}}\geq 1 \qquad (۳-۷)$$

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

$G=1$ انتهای گیردار

$G=10$ انتهای مفصلی

K برای اعضای فشاری طره‌ای، گیردار در یک انتها و آزاد در انتهای دیگر، مساوی ۲ درنظرگرفته می‌شود.

۷-۳- تنش مجاز اعضای فشاری

در اعضای فشاری که اجزای مقطع آن شرایط کمانش موضعی را برآورده می‌نمایند، تنش مجاز فشاری از روابط زیر تعیین می‌گردد:

$$C_c=\sqrt{\frac{2\pi^2E}{F_y}}=\frac{6440}{\sqrt{F_y}} \qquad (٤-۷)$$

F_y = تنش تسلیم فولاد مصرفی (kg/cm^2)

E = ضریب الاستیسیته فولاد مساوی ۲/۱×۱۰^{٦} کیلوگرم برسانتیمترمربع

C_C = لاغری مرزی بین کمانش الاستیک و غیرالاستیک

درصورتیکه $\lambda \leq C_c$ باشد:

$$F_a=\frac{F_y}{2.12}\left[1-\frac{\lambda^2F_y}{4\pi^2E}\right]=\frac{F_y}{2.12}\left[1-\frac{\lambda^2F_y}{8\times10^7}\right] \qquad (۵-۷)$$

درصورتیکه $\lambda > C_c$ باشد:

$$F_a=\frac{\pi^2E}{2.12\lambda^2}=\frac{95\times10^5}{\lambda^2} \qquad (٦-۷)$$

در روابط ۷-۵ و ۷-٦، عدد ۲/۱۲ ضریب اطمینان می‌باشد و همچنین داریم:

λ = لاغری حداکثر عضو فشاری طبق بند ۷-۲ که مساوی KL/r می‌باشد.

F_a = تنش فشاری مجاز (kg/cm^2)

F_y = تنش تسلیم فولاد مصرفی (kg/cm^2)

www.mirjalili.net

۷-٤- اعضای فشاری مرکب

۷-٤-۱- معرفی

اعضای فشاری مرکب ترکیبی از نیمرخ، ورق، تسمه به یکی از صور زیر می‌باشند:

الف: اعضای فشاری مرکب از نیمرخها و ورقهای سراسری (جان پر) شامل:

اعضای فشاری ساخته شده از ورق با مقطع I و یا جعبه

اعضای فشاری ساخته شده از چند نیمرخ با اتصال مستقیم

اعضای فشاری ساخته شده از چند نیمرخ که به کمک ورق‌های سرتاسری به هم متصل شده‌اند.

ب: اعضای فشاری مرکب مشبک شامل:

اعضای فشاری مرکب که در آن نیمرخ‌های فولادی به کمک لقمه به هم متصل می‌شوند.

اعضای فشاری مرکب با بستهای چپ و راست

اعضای فشاری مرکب با بستهای موازی

۷-٤-۲- اعضای فشاری مرکب از نیمرخها و ورقهای سراسری

طراحی چنین اعضای فشاری مطابق نیمرخهای یکپارچه انجام می‌شود. جوشی که اجزای مقطع را به یکدیگر متصل می‌نماید، باید شرایط زیر را برآورده نماید:

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

ب- در محل اتصال به علت تغییرات ناگهانی نیروهای داخلی، مقدار نیروی برشی بصورت موضعی تشدید می‌یابد. لذا تقویت جوش در این ناحیه الزامی است.

پ- در دو انتهای عضو، در طولی به اندازه ۱/۵ برابر عرض مقطع، بعد جوش اتصالی باید طوری محاسبه گردد، که قادر به حمل نیروی محوری اجزای اتصالی با تنش $۰/۵۵F_y$ باشد.

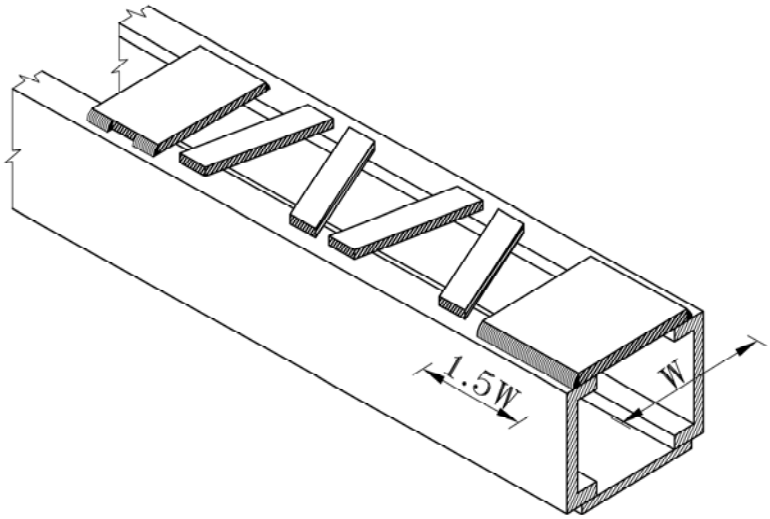
ت- این جوش باید بصورت پیوسته باشد. به استثنای دوانتهای عضو، در سایر نواحی بعد جوش حداقل غالباً برای آن کفایت می‌کند.

۷-٤-۳- اعضای فشاری مرکب مشبک

۷-٤-۳-۱- کلیات

در دو انتهای عضو فشاری مرکب مشبک، و یا در محل وصله نیمرخها، در طولی مساوی ۱/۵ برابر عرض حداکثر عضو، عناصر تشکیل دهنده باید به کمک جوش پیوسته و یا پیچ و پرچهایی با فواصل کوچکتر از ٤ برابر قطر به یکدیگر متصل شوند (شکل ۷-۱). این جوش باید بتواند نیروی سهم هر جزء متصل شونده را با تنش $۰/۵۵F_y$ تحمل نماید.

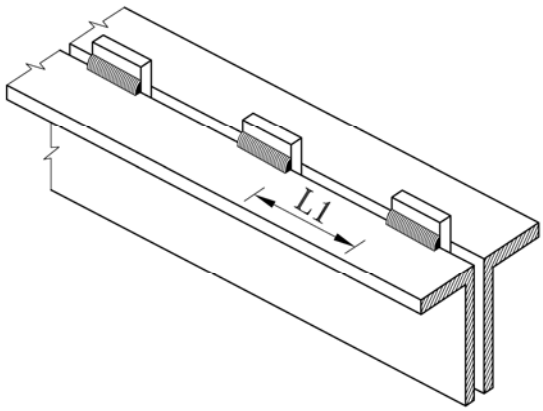
www.mirjalili.net



شکل ۷-۱- نحوه اتصال نیمرخ‌ها در انتهای اعضای فشاری

۷-٤-۳-۲- اعضای فشاری مرکب با لقمه

اعضای فشاری مرکب که از دو یا چند نیمرخ نورد شده ساخته شوند و با گذاردن قطعات لقمه در بین آنها به یکدیگر متصل گردند، فواصل لقمه‌ها (یا نقاط اتصال) باید طوری باشد که ضریب لاغری λ حداکثر هر نیمرخ در قسمتی که بین دو لقمه قرار دارد، از $\frac{۲}{۳}$ ضریب لاغری تعیین کننده کل عضو مرکب تجاوز نکند. شعاع ژیراسیون حداقل هر نیمرخ، ملاک محاسبه ضریب لاغری حداکثر آن خواهد بود. در طول یک عضو مرکب، حداقل دو نقطه اتصال، باید بین دوسر آن موجود باشد (شکل ۷-۲).

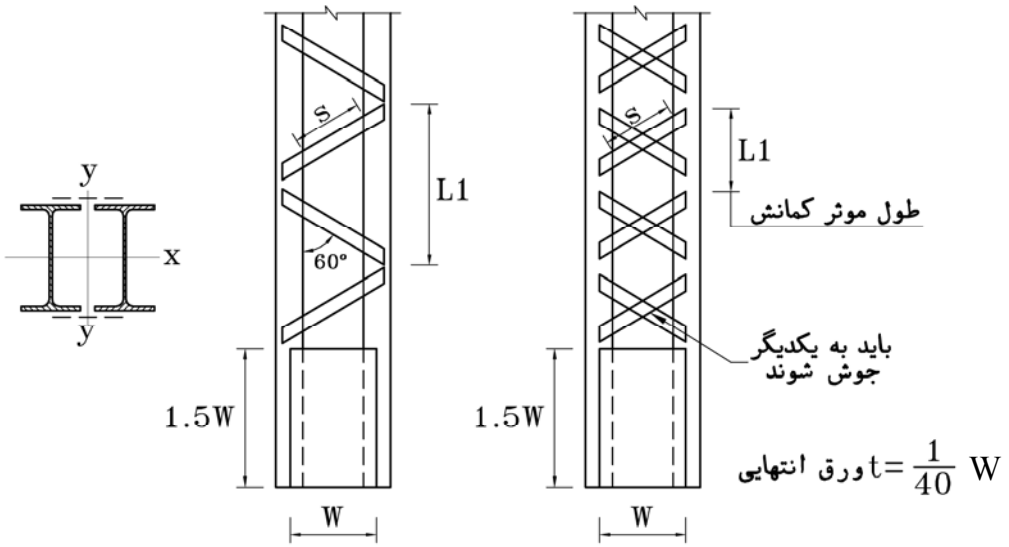


شکل ۷-۲- اعضای فشاری مرکب با لقمه

www.mirjalili.net

۷-٤-۳-۳- اعضای فشاری مرکب با بستهای چپ و راست

الف- ورق انتهایی: بستهای چپ و راست در دو انتهای عضو، باید به ورق قید انتهایی ختم شوند. طول ورق قید انتهایی باید حداقل مساوی ۱/۵ برابر فاصلهٔ عرضی دو خط اتصال خود به عضو عرضی باشد. ضخامت ورق انتهایی نباید از $\frac{۱}{٤۰}$ فاصله بین دو خط اتصال دوطرف آن کمتر باشد.



شکل ۷-۳- اعضای فشاری با بست چپ و راست

اگر وسیله اتصال ورقهای انتهایی، پیچ یا پرچ باشد، فاصله این وسایل اتصال از یکدیگر در امتداد تنش نباید از ٦ برابر قطر آنها تجاوز کند و ورقهای انتهایی باید در اتصال هر طرف خود حداقل سه عدد پیچ یا پرچ داشته باشند. در اتصال جوشی، طول هر خط جوش که ورق انتهایی را متصل می‌کند، باید مساوی طول ورق باشد که در دو انتها دارای طول برگشت (قلاب) باشد.

ب- بستهای چپ و راست: بستهای چپ و راست را می‌توان از تسمه، نبشی، ناودانی یا مقطع مناسب دیگر انتخاب کرد. بستهای چپ و راست را باید طوری قرار داد که لاغری حداکثر موضعی اعضای محصور بین نقاط اتصال آنها از $\frac{۲}{۳}$ لاغری تعیین کننده کلی عضو و یا ٤۰ (هرکدام که کوچکترند)، بیشتر نشود.

www.mirjalili.net

بستهای چپ و راست را باید برای تحمل نیروی برشی ناشی از نیروهـای خـارجی و نیـروی برشـی اضـافی ناشـی از کمانش که در امتداد عمود برمحور طولی عضو اثر می‌کند و مقدار آن ۲ درصد نیروی فشـاری عضـو فـرض مـی‌شـود، محاسبه کرد.

نسبت L/r برای بستهای چپ و راست تکی نباید از ۱۲۰ تجاوز کند. برای بستهای چپ و راست زوج (ضربدری)، این نسبت نباید از ۱٤۰ بیشتر شود.

بستهای چپ و راست زوج که بصورت 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 اتصالات (پیچ، پرچ یا جوش) دوسر آنها به عضو فشاری و در بستهای زوج ضربدری، ۷۰ درصد این فاصله به حساب می‌آید.

زاویه تمایل امتداد بستها نسبت به محور طولی عضو، ارجح است که برای بست تکی از ٦۰ درجه و برای بستهای زوج از ٤٥ درجه کمتر نباشد.

اگر فاصله بین اتصالات (پیچ یا پرچ یا جوش) دوسر بست بیش از ٤۰۰ میلیمتر باشد، ارجح است که بستها به صـورت زوج درنظرگرفته شوند و یا در آنها از نیمرخ نبشی استفاده گردد.

پ- طراحی بست چپ و راست:

نیروی محوری بست چپ و راست از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$F=\frac{V}{2\sin\alpha} \qquad (۷-۷)$$

V = مجموع نیروی برشی ناشی از بارگذاری جانبی و برش ناشی از کمانش (رابطه ۷-۱۲)

۷-٤-۳-٤- اعضای فشاری با بستهای موازی

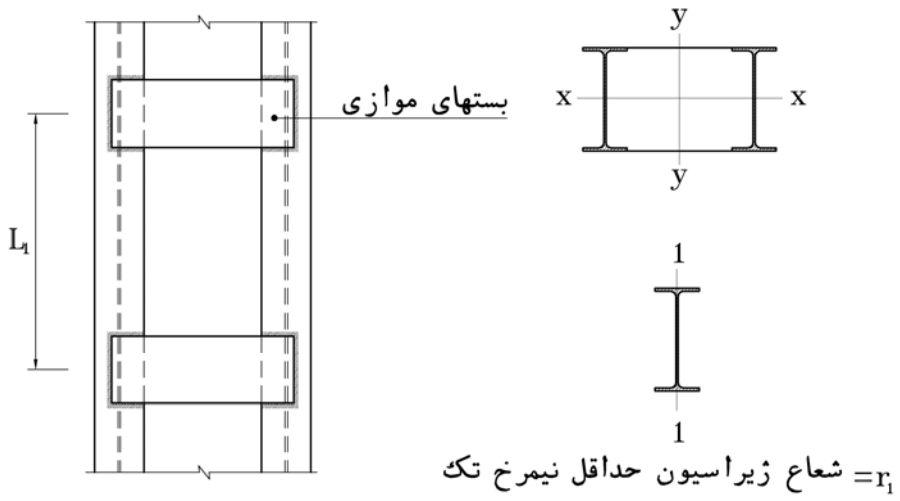
الف- بستهای میانی باید به تعدادی باشد که طول عضو فشاری (بین دو بست انتهایی) را حداقل به سه قسـمت تقسـیم کند.

ب- فاصله بستها از یکدیگر باید به اندازه‌ای باشد که نسبت لاغری تک نیمرخ عضو فشاری $(\lambda_1=L_1/r_1)$ در قسـمتی که بین بستها قرار دارد، از ٤۰ و همچنین از $\frac{۲}{۳}$ ضریب لاغری λ_y بیشتر نشود. λ_y ضریب لاغری عضو فشاری نسبت به محور y-y (محور عمود بر امتداد قید) و L_1 فاصله مرکزبه‌مرکز قیدها در امتداد طـول عضـو و r_1 شـعاع ژیراسـیون حداقل تک‌نیمرخ می‌باشد.

پ- بستهای موازی و اتصالات آنها باید برای تحمل لنگر خمشی و نیروی برشی وارده محاسبه شوند. فـرض مـی‌شـود لنگر و برش موثر بر بست‌ها حاصل از نیروی برشی جانبی V می‌باشد که در امتداد عمود برمحور طولی عضـو فشـاری

www.mirjalili.net

عمل می‌کند و مقدار آن ۲ درصد بار محوری عضو فشاری به علاوه برش ناشی از نیروهای خارجی است و اثر آن بین یک جفت قید در روی دو سطح موازی عضو، به تساوی تقسیم می‌شود.



شکل ۷-٤- عضو فشاری مرکب مشبک با بست‌های موازی

ت- بستها را می‌توان از تسمه، ورق، ناودانی و یا نیمرخ I انتخاب کرد. اتصال قیدها به نیمرخ‌های اصلی عضو فشاری باید توسط پیچ، پرچ و یا جوش صورت گیرد به طوری که هر اتصال و نیز مقطع هر بست در مقابل نیروی برشی T و لنگر M مقاومت نماید:

$$T=\frac{V.L_1}{2b} \qquad (۸-۷)$$

$$M=\frac{V.L_1}{4} \qquad (۹-۷)$$

در این روابط:

V = نیروی برشی جانبی مساوی برش ناشی از بارهای خارجی (شامل وزن) به علاوه برش ناشی از کمانش (رابطه ۷-۱۲)

L_1 = فاصله مرکزبه‌مرکز بستها در امتداد طول عضو

b = فاصله بین مرکز ثقل اتصالهای دوسربست

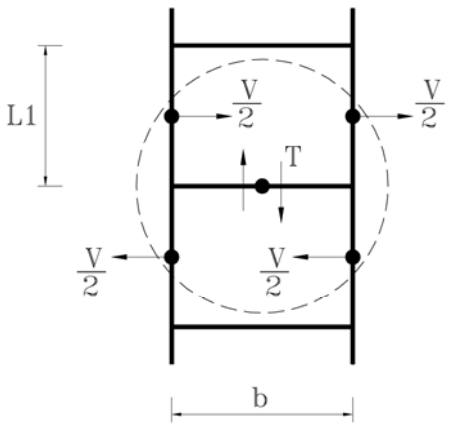
ث- ورقهای انتهایی که در دو سر عضو فشاری قرار می‌گیرند، باید حداقل طولی برابر با ۱/۵ برابر فاصله بین مراکز ثقل نیمرخهای تشکیل دهنده عضو فشاری را داشته باشند.

www.mirjalili.net

ج- بستها باید حداقل ضخامتی مساوی $\frac{۱}{٤۰}$ فاصله بین مراکز ثقل اتصالات دوسر خود را داشته باشند. رعایت محدودیت اخیر برای قیدهایی که از نیمرخ ناودانی و یا I با بالهای عمود برسطح عضو فشاری تشکیل شده باشند، لازم نیست.

چ- طول موثر بستها در کمانش (در مقابل نیروی محوری) برابر با فاصله بین مراکز ثقل اتصالات دو سر آنها در نظرگرفته می‌شود.

ح- بستها باید در دو انتهای خود در تمام نقاط تماس با نیمرخهای طولی جوش شوند.



شکل ۷-۵- محاسبه بستهای موازی

۷-٤-۳-۵- لاغری موثر ستونهای مرکب با بستهای مورب و موازی

درصورتیکه محور y، محور اصلی مقطع عمود برصفحه بستها باشد (اشکال ۷-۳ و ۷-٤)، نسبت لاغری در حول آن به علت تغییرشکلها باید اصلاح گردد. نسبت لاغری موثر را می‌توان از رابطه زیر تعیین نمود:

$$\lambda_{ye} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} \qquad (۱۰-۷)$$

در رابطه فوق:

λ_y = نسبت لاغری کلی در حول محور y

λ_1 = نسبت لاغری موضعی طبق روابط زیر:

www.mirjalili.net

الف: برای اعضا با بستهای موازی

$$\lambda_1 = L_1 / r_1$$

L_1 = فاصله مرکز به مرکز دو بست موازی

r_1 = لاغری حداقل تک نیمرخ

ب: برای ستونهای مرکب با بست مورب

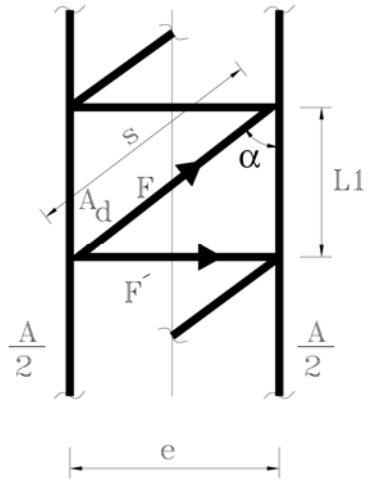
$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{A}{2A_d} \cdot \frac{S^3}{L_1 e^2}} \qquad (۱۱-۷)$$

A = سطح مقطع کلی ستون

A_d = سطح مقطع یک بست مورب

S = طول مرکزبه‌مرکز بست مورب

e = فاصله بین مراکز نیمرخها



شکل ۷-٦- هندسه بستهای چپ و راست

۷-٤-۳-٦- برش ناشی از کمانش

در محاسبات مربوط به بستهای چپ و راست و مورب، نیروی برشی ناشی از کمانش عضو فشاری از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V = \frac{P}{100}\left[\frac{100}{\ell / r + 10} + \frac{(\ell / r) F_y}{230000}\right] \geq 0.02P \qquad (۱۲-۷)$$

در رابطه فوق:

V = نیروی برشی ناشی از کمانش

www.mirjalili.net

P = نیروی فشاری مجاز عضو

ℓ = طول عضو

r = شعاع ژیراسیون مقطع عضو فشاری حول محوری عمود بر صفحه مشبک

F_y = تنش تسلیم فولاد مصرفی

مقدار نیروی برشی فوق حدود ۲ درصد ظرفیت فشاری مجاز عضو فشاری منظور می‌شود.

www.mirjalili.net

فصل هشتم
ترکیب تنش‌ها

۸-۱- ترکیب نیروی فشاری محوری و لنگر خمشی

اعضایی که تحت اثر نیروی فشاری محوری توأم با لنگر خمشی قرار می‌گیرند، باید روابط زیر را اقناع نمایند:

$$\frac{f_a}{F_a}+\frac{C_{mx}f_{bx}}{\left(1-\dfrac{f_a}{F'_{ex}}\right)F_{bx}}+\frac{C_{my}f_{by}}{\left(1-\dfrac{f_a}{F'_{ey}}\right)F_{by}}\le 1 \qquad (۱-۸)$$ [1]

و

$$\frac{f_a}{0.472F_y}+\frac{f_{bx}}{F_{bx}}+\frac{f_{by}}{F_{by}}\le 1 \quad \text{(دردوانتهای عضو)} \qquad (۲-۸)$$

در روابط فوق، اندیسهای x و y در ترکیب با اندیسهای b، e و m، محورهای خمشی مربوط بـه تنشـها و یـا خواصـی دیگر را نشان می‌دهند. داریم:

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

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

F'_e = تنش کمانش که برضریب اطمینان تقسیم شده است.

$$F'_e=\frac{\pi^2E}{2.12\left(\dfrac{K_bL_b}{r_b}\right)^2}=\frac{95\times10^5}{\lambda_b^2} \qquad (۳-۸)$$

L_b = طول آزاد در صفحه خمش

r_b = شعاع ژیراسیون نظیر

K_b = ضریب طول موثر در صفحه خمش

λ_b = لاغری حول محور خمش $(\lambda_b = k_bL_b/r_b)$

۱- در معادله ۸-۱ وقتی بارگذاری جانبی در حدفاصل تکیه‌گاهها موجود است، باید f_{bx} و f_{by} براساس لنگر بین تکیه‌گاهی، و در رابطه ۸-۲ براساس لنگر تکیه‌گاهی محاسبه گردد. در صورتیکه بارگذاری جانبی نداشته باشیم، تنشهای ذکرشده براساس حداکثر لنگر محاسبه می‌شوند.

www.mirjalili.net

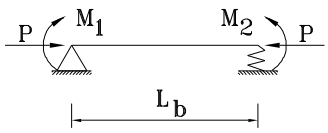
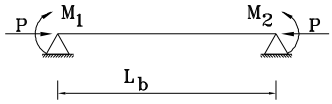
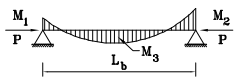
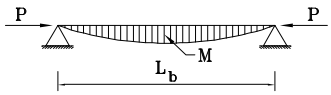
f_a = تنش فشاری موجود

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

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

C_m = مطابق جدول ۸-۱

جدول ۸-۱ ضریب C_m در رابطه اندرکنشی ۸-۱

شرایط بارگذاری	شکل	C_m
از انتقال جانبی دوانتهای عضو فشاری جلوگیری نشده است. لنگر خمشی در دو انتهای عضو حداکثر است.		0.85
از انتقال جانبی دوانتهای عضو فشاری جلوگیری شده است. بارگذاری عرضی موجود نیست. لنگر خمشی در دو انتهای عضو حداکثر است.		$0.6-0.4\frac{M_1}{M_2}\geq 0.4$ M_1 = لنگر کوچکتر M_2 = لنگر بزرگتر برای انحنای مضاعف $M_1/M_2>0$ می‌باشد. برای انحنای ساده، $M_1/M_2<0$ می‌باشد.
از انتقال جانبی دو انتها جلوگیری شده است. بارگذاری عرضی همراه با لنگرهای انتهایی وجود دارد.		0.85
از انتقال جانبی دو انتها جلوگیری شده است. بارگذاری عرضی وجود دارد.		1.0

همواره می‌توان در جهت اطمینان، C_m را مساوی واحد منظور کرد.

۸-۲- ترکیب کشش محوری و خمشی

اعضایی که تحت اثر کشش محوری توام با تنش خمشی قرار می‌گیرند، باید طوری محاسبه شوند که در تمام نقاط طول عضو، رابطه زیر برآورده گردد:

www.mirjalili.net

$$\frac{f_t}{F_t}+\frac{f_{bx}}{F_{bx}}+\frac{f_{by}}{F_{by}}\le 1 \qquad (٤-٨)$$

که درآن:

f_b = تنش کششی محاسباتی حاصل از لنگر خمشی

f_t = تنش کششی محاسباتی حاصل از کشش محوری

F_b = تنش خمشی مجاز

F_t = تنش کششی مجاز

از طرف دیگر، تنشهای فشاری ناشی از خمش که از بارگذاری مستقل دیگری حاصل شده باشد، نباید از مقادیر مجاز تجاوز نماید.

۸-۳- ترکیب تنشهای صفحه‌ای (تنش تخت)

در صورت وجود تنش صفحه‌ای در یک نقطه از قطعه موردنظر، تنش مقایسه‌ای از رابطه فون‌میسز قابل محاسبه می‌باشد:

$$\sigma_h=\sqrt{\sigma_x^2-\sigma_x\sigma_y+\sigma_y^2+3\tau_{xy}^2} \qquad (٥-٨)$$

در رابطه فوق:

σ_h = تنش مقایسه‌ای

σ_x = تنش قائم در امتداد x

σ_y = تنش قائم در امتداد y

τ_{xy} = تنش برشی

علامت σ_x، σ_y در صورتیکه کششی باشند، مثبت و در صورتیکه فشاری باشند، منفی درنظر گرفته می‌شود.

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

www.mirjalili.net

www.mirjalili.net

فصل نهم
وسایل اتصال

جهت اتصال قطعات مختلف سازه به یکدیگر از وسایل اتصال که شامل جوش، پیچ و پرچ می‌باشد، استفاده مـی‌گـردد. در این فصل انواع وسایل اتصال و مشخصات و مقررات مربوط به هر یک ارائه می‌گردد.

۹-۱- جوش

انواع جوشها عبارتنداز: جوش شیاری، جوش گوشه، جوش انگشتانه و جوش کام

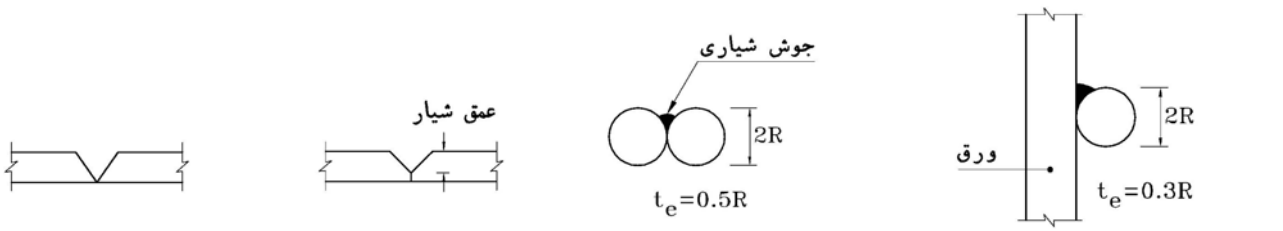
۹-۱-۱- جوشهای شیاری (لب‌به‌لب)

الف: انواع جوش شیاری: انواع جوش شیاری عبارتنداز: جوش شیاری با نفوذ کامل (شکل ۹-۱-الف) و جوش شیاری با نفوذ نسبی (اشکال ۹-۱-ب و پ و ت). استفاده از جوش شیاری با نفوذ نسبی در وضعیتی کـه بارگـذاری خسـتگی کششی وجود داشته باشد مجاز نیست.

ب: سطح مقطع موثر: سطح مقطع موثر در جوشهای شیاری عبارت است از حاصلضرب طول موثر جوش در ضخامت گلوگاه موثر

پ: طول موثر: طولی است که جوش در آن با سطح مقطع یکنواخت اجرا شده باشد.

ت: ضخامت گلوگاه موثر: در جوش شیاری با نفوذ کامل، مساوی ضخامت قطعه نازکتر و در جوش شـیاری بـا نفـوذ نسبی، مساوی عمق شیار جوش منهای ۳ میلیمتر درنظرگرفته می‌شود. ضخامت گلوگاه موثر جوش شیاری کـه بـین دو لبه گرد (مثل شیار بین دو میلگرد) و یا بین یک لبه گرد و لبه تخت (مثل میلگرد در مجاورت ورق) داده می‌شود، طبـق اشکال ۹-۱-پ و ت می‌باشد.



ت: جوش شیاری با نفوذ نسبی بین لبه گرد و تخت

پ: جوش شیاری با نفوذ نسبی دو لبه گرد

ب: جوش شیاری با نفوذ نسبی

الف: جوش شیاری با نفوذ کامل

شکل ۹-۱

www.mirjalili.net

ث: حداقل ضخامت موثر جوش شیاری با نفوذ نسبی: ضخامت گلوگاه موثر نباید از مقادیر مندرج در جدول ۹-۱ کمتر شود. حداقل ضخامت گلوگاه موثر با توجه به ضخامت قطعه ضخیمتر تعیین می‌شود. از طرفی مقدار حداقل نباید از ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده تجاوز نماید.

جدول ۹-۱- حداقل ضخامت گلوگاه جوش شیاری با نفوذ نسبی

ضخامت قطعه ضخیمتر (mm)	حداقل گلوگاه جوش شیاری با نفوذ نسبی (mm)
$t \le 20mm$	6
$t > 20mm$	8

۱) استفاده از ضخامت کمتر طبق نظر مهندس طراح با اعمال پیش‌گرمایش مجاز است.

۲) حداقل ضخامت جوش نمی‌تواند بیش از ضخامت قطعه نازکتر باشد.

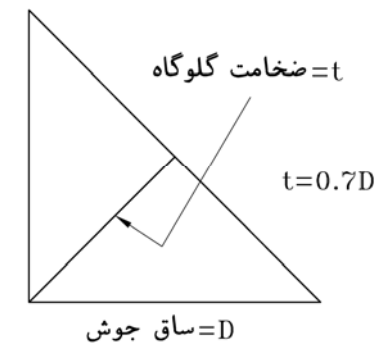
۹-۱-۲- جوش گوشه

الف: سطح مقطع موثر: سطح مقطع موثر مساوی حاصلضرب طول موثر در ضخامت گلوگاه موثر در نظر گرفته می‌شود.

ب: طول موثر: مساوی طول کلی نوارجوش شامل قسمتهای برگشت خورده می‌باشد. برای جوشهای گوشه در سوراخ و شکاف، طول موثر برابر با طول میانتاری که از مقطع گلوگاه جوش می‌گذرد، در نظر گرفته می‌شود.

پ: ضخامت گلوگاه موثر: مساوی کوتاهترین فاصله بین عمیقترین نقطه مقطع جوش تا سطح خارجی آن منظور می‌شود به عبارت ساده‌تر، ارتفاع وارد بر وتر مثلث مقطع جوش.

ت: ساق جوش: ضلع مثلث قائم‌الزاویه مقطع جوش، ساق جوش یا بعد جوش نامیده می‌شود.



شکل ۹-۲- هندسه مقطع جوش گوشه

www.mirjalili.net

ث: حداقل اندازه ساق جوش: حداقل اندازه ساق جوش گوشه طبق جدول ۹-۲ تعیین می‌شود. حداقل اندازه ساق جوش تابع ضخامت قطعه ضخیمتر می‌باشد. این مقدار نباید از ضخامت نازکترین قطعه متصل شونده تجاوز نماید.

جدول ۹-۲- حداقل اندازه ساق جوش گوشه

ضخامت قطعه ضخیمتر (mm)	حداقل گلوگاه جوش شیاری (mm)
$t \le 20$	6
$t > 20$	8

۱) استفاده از ساق کوچکتر از مقادیر حداقل، طبق نظر مهندس با اعمال پیش‌گرمایش مجاز است.

۲) حداقل ضخامت جوش نمی‌تواند بیش از ضخامت قطعه نازکتر باشد.

ج: حداکثر اندازه ساق جوش گوشه: حداکثر ساق جوش گوشه در قطعات با ضخامت کمتراز ۸ میلیمتر، مساوی ضخامت قطعه و در قطعات با ضخامت ۸ میلیمتر و بیشتر، ۲ میلیمتر کمتر از ضخامت قطعه می‌باشد. حداکثر اندازه جوش باید طوری محدود شود که تنش در مصالح پایه مجاور از مقادیر مجاز تجاوز ننماید.

چ: محدودیتهای طول موثر: طول موثر جوش گوشه در تحمل تنش، نباید از ٤ برابر اندازه ساق آن و یا ٤٠ میلیمتر کمتر باشد. اگر از جوش گوشه در لبه‌های طولی و موازی در انتهای تسمه‌های کششی استفاده شود، طول هر طرف نباید از فاصله عمودی بین آنها (تقریباً عرض تسمه) کمتر باشد. فاصله عمودی نباید از ۲۰۰ میلیمتر تجاوز نماید. انتهای این جوش‌ها در گوشه‌ها باید به صورت قلاب با طول برگشتی مساوی حداقل ۲ برابر ساق جوش درآید.

ح: جوشهای منقطع: استفاده از جوش گوشه منقطع در پلسازی ممنوع است، مگر برای اتصال سخت‌کننده که آنهم باید بصورت بخیه، پشت و رو، انجام شود.

خ: جوش آب‌بند: جوش آب‌بند باید بصورت پیوسته اجرا گردد. چنین جوشی می‌تواند نقش مقاومتی نیز داشته باشد. اندازه این جوش غالباً براساس محدودیتهای جوش حداقل تعیین می‌گردد.

د: اتصالات رویهم با جوش گوشه: در اتصال دو قطعه‌ای که روی هم‌می‌آیند، طول رویهم‌آمدگی نباید از ۵ برابر ضخامت قطعه نازکتر کمتر باشد و در هیچ حالتی از ۲۵ میلیمتر کمتر نشود. اتصالات روی‌هم که ورقها و تسمه‌هایی تحت اثر تنشهای محوری را به یکدیگر متصل می‌کند، باید در ضلع انتهایی هر یک از قسمتهای متصل شونده، توسط جوش گوشه اتصال یابند.

ذ: جوش گوشه در لبه سوراخ و شکاف: در اتصالات رویهم، به منظور انتقال برش یا جلوگیری از کمانش و یاجدایی قسمتهای متصل شونده، می‌توان از جوش گوشه در لبه سوراخ و شکاف استفاده نمود.

ر: برگشت جوش گوشه (قلاب): کلیه جوشهای گوشه که در لبه کناری و یا ضلع انتهایی عضو انجام می‌شود، باید در آخر ضلع و برروی ضلع دیگر برگشت داده شود که به آن قلاب می‌گویند. حداقل طول قلاب ۲ برابر اندازه ساق جوش

www.mirjalili.net

می‌باشد. این شرط برای نشیمن‌های تکیه‌گاهی (براکت)، در جوشهای گوشه قائم و جوشهای گوشه سربالا نیز صدق می‌کند. در نبشی‌های اتصال تیر و ستون یا ورقهای این نوع اتصال (که انعطاف‌پذیری اتصال به مقدار زیادی تابع انعطاف‌پذیری بال برجستهٔ نبشی یا طول قابل تغییر شکل ورق است)، برگشت در انتهای جوش گوشه (قلاب) نباید از ٤ برابر اندازه ساق جوش بیشتر باشد. برگشت انتها در جوش گوشه باید در نقشه‌ها و جزئیات اجرایی قید شود.

۹-۱-۳- جوش انگشتانه و کام توپر

الف: سطح مقطع موثر: سطح مقطع موثر در برش برای جوش انگشتانه (جوش در سوراخ) و کام (جوش در شکاف) برابر با سطح مقطع اسمی سوراخ و شکاف در صفحه برش به حساب می‌آید.

ب: مورد استفاده: از جوش انگشتانه و کام می‌توان برای انتقال برش در اتصال عناصری که روی هم قرار گرفته‌اند و یا جلوگیری از کمانش در عناصر روی هم آمده در اعضای مرکب ساخته شده استفاده نمود.

پ: محدودیتها: 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 ۲/۲۵ برابر ضخامت جوش بزرگتر شود.

حداقل فاصله مرکز به مرکز جوشهای انگشتانه ٤ برابر قطر سوراخ می‌باشد.

عرض شکاف در جوش کام، نباید از ضخامت قطعه به اضافه ۸ میلیمتر کمتر و همچنین از ۲/۲۵ برابر ضخامت جوش بیشتر شود.

انتهای شکاف باید بصورت نیم‌دایره یا خطی مستقیم که در گوشه‌ها تبدیل به ربعی از دایره (با شعاعی بزرگتر از ضخامت قطعه) می‌شود، باشد.

حداقل فاصله مرکزبه‌مرکز شکافها در امتداد عمود برطول، ٤ برابر عرض شکاف و حداقل فاصله مرکزبه‌مرکز شکافها در امتداد طول، ۲ برابر طول شکاف می‌باشد که طول شکاف نیز نباید از ۱۰ برابر ضخامت جوش بیشتر شود.

ت: ضخامت جوش: ضخامت جوش انگشتانه و کام در قطعاتی که ضخامت آنها ١٦ میلیمتر و یا کمتر است، باید برابر با ضخامت قطعه باشد. در قطعاتی 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.

۹-۱-٤- تنشهای مجاز

به جز حالتی که عامل خستگی تعیین کننده باشد، جوشها باید طوری محاسبه شوند که محدودیتهای تنش مندرج در جدول ۹-۳ را جوابگو باشند. کلیهٔ جوشها باید طبق مشخصات ارائه شده در بند ١٦-٤-٤ مورد آزمایش غیرمخرب قرار گیرند.

www.mirjalili.net

۹-۱-۵- ترکیب تنشها

الف: دوتنش برشی هم صفحه و متعامد را می‌توان با قانون جمع متوازی‌الاضلاع، جمع زد.

$$\tau_h = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2} \qquad (۹-۱)$$

ب: در جوش‌هایی مثل جوش اتصال بال‌به‌جان تیرورق که در آن ترکیب تنش عمود بر مقطع جوش و تنش برشی در صفحه گلوگاه وجود دارد، تنش برشی مجاز از رابطه زیر تعیین می‌گردد:

$$\tau_{\text{مجاز}} = \sqrt{\left(0.27F_u\right)^2 - \frac{\sigma^2}{4}} \qquad (۹-۲)$$

در رابطه فوق σ تنش عمود بر مقطع جوش و F_u مقاومت نهایی فلز الکترود است.

۹-۱-۶- ترکیب جوشها

اگر از دو یا چند نوع جوش (شیاری، گوشه، انگشتانه، و یا کام) در یک اتصال استفاده شود، باید ظرفیت موثر هر یک را جداگانه نسبت به محور مجموعه جوش محاسبه و سپس ظرفیت مجاز مجموعه جوش را محاسبه نمود.

۹-۱-۷- فلز جوش مختلط

اگر طاقت نمونه زخم‌دار به عنوان شرطی برای مصالح جوش تعیین شده باشد، مصالح و روش جوشکاری برای فلز تمام جوش اعم از خال‌جوش، عبور ریشه، و عبورهای بعدی، باید سازگاری لازم را داشته باشد تا طاقت نمونه زخم‌دار برای فلز جوش مختلط محرز شود.

۹-۱-۸- پیش‌گرمایش

برای نیمرخهای نورد شده و قطعات مرکب ساخته شده از ورق با جوش، باید قبل از انجام جوش، پیش‌گرمایش تا دمای لازم صورت گیرد. دمای پیش‌گرمایش به شرح زیر می‌باشد:

ضخامت ورق (میلیمتر)	دمای پیش‌گرمایش در فرآیند غیرکم هیدروژن (درجه سلیوس)	دمای پیش‌گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلیوس)
≤ 20	۲۰	۱۰
$20 < t \leq 40$	٦٥	۲۰
$40 < t \leq 65$	۱۱۰	٦٥
$t > 65$	۱٥۰	۱۱۰

www.mirjalili.net

جدول ۹-۳- تنش‌های مجاز جوش

نوع جوش	نوع تنش	تنش مجاز
جوش شیاری (لب) با نفوذ کامل و لبه آماده شده	کششی یا فشاری، در امتداد عمود بر مقطع موثر	متناسب با فلز مادر**
	کششی یا فشاری، موازی با محور جوش	متناسب با فلز مادر**
	برشی، در مقطع موثر	۰/۲۷×مقاومت نهایی کششی فلز جوش (مشروط براینکه از ۰/۳٦F_y فلز پایه بیشتر نشود.)
جوش شیاری (لب) با نفوذ نسبی	فشاری، در امتداد عمود برمقطع موثر	متناسب با فلز مادر**
	کششی یا فشاری، موازی با محور جوش	متناسب با فلز مادر**
	کششی، در امتداد عمود برمقطع موثر	۰/۲۷×مقاومت نهایی کششی فلزجوش (تنش کششی درفلز مادر نباید از ۰/۵۵ حد جاری شدن فلز مادر بیشتر شود).
	برشی، موازی با محور جوش	۰/۲۷×مقاومت نهایی کششی فلز جوش (مشروط براینکه از ۰/۳٦F_y فلز پایه بیشتر نشود).
جوش گوشه	برشی، در مقطع موثر	۰/۲۷×مقاومت نهایی کششی فلز جوش (مشروط براینکه از ۰/۳٦F_y فلز پایه بیشتر نشود).
	کششی یا فشاری، موازی با محور جوش	متناسب با فلز مادر**
جوش انگشتانه و کام	برشی، موازی سطح برش شونده (روی مقطع موثر)	۰/۲۷×مقاومت نهایی کششی فلز جوش (مشروط براینکه از ۰/۳٦F_y فلز پایه بیشتر نشود).

* این تنشها باید در ضرایب مذکور در بند ۹-۱-٤ ضرب شوند.

** فلز جوش (الکترود مصرفی) باید با فلز مادر سازگار باشد و محدودیت مقاومت الکترود مطابق با مقادیر زیر تامین شود:

مقاومت نهایی کششی فلز الکترود (F_{ue})	حدتسلیم فلز مادر (F_y)
4200 kg/cm^2	تا 3000 kg/cm^2
4900 kg/cm^2	تا 3800 kg/cm^2
5600 kg/cm^2	تا 4600 kg/cm^2

www.mirjalili.net

۹-۲- پیچ و مهره، قطعات رزوه شده و پرچ

۹-۲-۱- انواع اتصالات پیچی

در اتصالاتی که مقاومت آنها بر پایه انتقال برش بین قطعات متصل شونده استوار است، از دو نوع اتصالات اصطکاکی و اتکایی می‌توان استفاده نمود. در حالات زیر فقط استفاده از اتصالات اصطکاکی مجاز است:

۱- در حالت وجود بارهای خستگی (تکراری)، ضربه‌ای، و ارتعاشی

۲- در صورت استفاده از سوراخهای فراخ و لوبیایی

۳- در اتصالاتی که اثر مشترک جوش و پیچ به کار گرفته می‌شود.

٤- در تمام مواردی که قضاوت مهندس طراح، وجود لغزش در اتصال را برای شرایط بهره‌برداری سازه مضر تشخیص دهد.

۵- اتصالاتی که تحت اثر همزمان برش و کشش و یا کشش تنها قرار دارند.

استفاده از اتصالات اتکایی با پیچهای پرمقاومت، محدود به اعضای فشاری و اعضای درجه دوم می‌باشد.

۹-۲-۲- سوراخها

۱- در جدول ۹-٤ انواع سوراخها و اندازه حداکثر آنها ارائه شده است.

جدول ۹-٤- ابعاد اسمی سوراخ‌پیچ

قطر پیچ (mm)	اندازه حداکثر سوراخ (mm)			
	استاندارد (قطر)	بزرگ (قطر)	لوبیایی کوتاه (طول×عرض)	لوبیایی بلند (طول×عرض)
d	d+2	d+5	(d+2)×(d+7)	(d+2)×(2.5d)

۲- سوراخهای فراخ فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز هستند.

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

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

www.mirjalili.net

۹-۲-۳- سطوح موثر

۱- سطح موثر در برش و کشش: سطح موثر پیچها، قطعات رزوه شده و پرچها در برش و کشش، مساحت حاصل از قطر اسمی آنها می‌باشد.

۲- سطح موثر در تنش لهیدگی (فشار تماسی): سطح موثر تماس پیچها، قطعات رزوه شده و پرچها در فشار مستقیم به صورت حاصلضرب قطر در ضخامت تماس به حساب می‌آید، مگر در پیچها و پرچهای کله خزینه که نصف عمق خزینه باید کم شود.

۹-۲-٤- تنش‌های کششی و برشی مجاز

تنشهای کششی و برشی مجاز برای پیچها، قطعات رزوه شده و پرچها مطابق جدول ۹-۵ می‌باشد. سطح موثر این تنشها، مقطع اسمی پرچ (قبل از پرچکاری)، و مقطع دندانه نشده پیچ یا میله‌های رزوه شده (غیر از میله‌های با دندانه‌های برجسته) در نظرگرفته می‌شود. پیچهای پرمقاومت که بار وارده را به صورت کشش مستقیم تحمل می‌کنند، باید طوری محاسبه شوند که تنش متوسط در مقطع اسمی پیچ، بدون درنظرگرفتن هر گونه نیروی پیش‌تنیدگی، از مقادیر مجاز در جدول ۹-۵ تجاوز نکند. نیروی موثر باید برابر نیروی خارجی به اضافه اثر اهرم شدن (ناشی از تغییرشکل در قطعات متصل شده) باشد.

طرح و محاسبه پیچها، قطعات دندانه شده و پرچهایی که تحت اثر خستگی قرار می‌گیرند، باید با توجه به اصول معرفی شده در مبحث خستگی انجام شود.

www.mirjalili.net

جدول ۹-۵- تنش‌های مجاز در انواع پیچها و پرچها (kg/cm^2)

نوع وسیله اتصال	تنش کششی مجاز (F_t)	تنش برشی مجاز (F_v)				
		اتصال اصطکاکی (۱)				اتصال اتکایی با سوراخ استاندارد (۲)
		سوراخ استاندارد	سوراخ‌بزرگ و لوبیایی کوتاه	سوراخ لوبیایی بلند		
				بار در امتداد طولی	بار در امتداد عرضی	
پرچ	$0.5\ F_y$					$0.6\ F_y$
پیچ معمولی	$0.33\ F_u$ (۳) (a)					$0.17\ F_u$ (b)
پیچ‌های اتکایی (حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده می‌گذرد.)	$0.33\ F_u$ (a)					$0.17\ F_u$
پیچ‌های اتکایی (حالتی که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد.)	$0.33\ F_u$ (a)					$0.22\ F_u$
پیچهای پرمقاومت اصطکاکی	$0.38\ F_u$ (a)	$0.15\ F_u$	$0.12\ F_u$	$0.1\ F_u$	$0.09\ F_u$	$0.2\ F_u$

a- فقط برای بارهای استاتیکی

b- قرارگرفتن دندانه‌ها در سطح برش مجاز است.

(۱) باضریب اصطکاک 0.33 برای وضعیتی که سطوح تماس ازفلس ناشی ازعمل نوردکارخانه‌ای به کمک سندبلاست تمیز باشند.

(۲) وقتی که فاصله اولین و آخرین پیچ در امتداد نیرو از ۱۲۵۰ میلیمتر تجاوز کند این تنشهای مجاز را باید ۲۰٪ کاهش داد.

(۳) F_u تنش نهایی مصالح پیچ و F_y تنش تسلیم مصالح پرچها می‌باشد.

۹-۲-۵- ترکیب تنشها

۱- در اتصالات اصطکاکی که تحت نیروی کششی قرار دارند، نیروی کششی از نیروی پیش‌تنیدگی سطوح در حال تماس کاسته و باعث کاهش تنش برشی اصطکاکی در سطح تماس می‌گردد. در این حالت تنش برشی مجاز کاهش یافته از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$F'_v = F_v(1 - 0.00022\ f_t) \qquad (۹-۳)$$

در رابطه فوق:

F_v =تنش برشی مجاز در اتصال اصطکاکی طبق جدول ۹-۵

F'_v = تنش برشی مجاز کاهش یافته

f_t = تنش کششی موجود به علت نیروی کششی خارجی شامل اثر اهرمی شدن (kg/cm^2)

www.mirjalili.net

۲- در اتصالات اتکایی از نوع پرچ یا پیچ‌های پرمقاومت، اثر مشترک تنش کششی و تنش برشی از روابط زیر تعیین می‌گردد:

$$f_v / F_v \le 0.33 \rightarrow F'_t = F_t$$
$$f_v / F_v > 0.33 \rightarrow F'_t = F_t\sqrt{1-(f_v / F_v)^2} \qquad (۹-٤)$$
$$f_v^2 + (k\ \ f_t)^2 \le F_v^2$$

f_v = تنش برشی موجود در پیچ یا پرچ

f_t = تنش کششی موجود در پیچ یا پرچ

k = مساوی ۰/۷۵ برای پرچ و ۰/٦ برای پیچ وقتی که صفحه برش خارج از ناحیه دنده شده باشد.

F_v = تنش برشی مجاز طبق جدول ۹-۵

F_t = تنش کششی مجاز طبق جدول ۹-۵

F'_t = تنش کششی کاهش یافته

۹-۲-٦- خستگی

در صورتیکه پیچ تحت نیروی کششی خستگی قرار گیرد، تنش کششی به علت نیروی کششی خستگی و نیروی اهرمی ناشی از آن نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید:

تنش کششی مجاز	سیکل تناوب
$0.33\ F_u$	۲۰.۰۰۰
$0.3\ F_u$	۲۰.۰۰۰ تا ۵۰۰.۰۰۰
$0.23\ F_u$	بزرگتر از ۵۰۰.۰۰۰

F_u = تنش کششی نهایی پیچ

۹-۲-۷- اثر اهرمی شدن

در صورت اعمال نیروی کششی، علاوه بر کشش خارجی، نیروی اهرمی طبق رابطه زیر بوجود می‌آید که باید برکشش خارجی اعمال گردد:

$$Q = \left[\frac{3b}{8a} - \frac{t^3}{20}\right]T \qquad (۹-۵)$$

که درآن:

Q = نیروی اهرمی برای هر پیچ

T = نیروی کششی مستقیم برای هر پیچ به علت بارهای خارجی

www.mirjalili.net

a = فاصله مرکز پیچ تا لبه ورق

b = فاصله مرکز پیچ موردنظر تا پنجه یا ماهیچه قطعه اتصالی

t = ضخامت نازکترین قطعه متصل شده

۹-۲-۸- تنش لهیدگی مجاز

تنش لهیدگی مجاز برروی سطح تصویر اسمی (حاصلضرب قطر در ضخامت قطعه) در اتصالات اتکایی برابر است با:

$$\frac{0.5L_eF_u}{d} \le F_u \qquad (۶-۹)$$

F_u = تنش نهایی مصالح ورق

d = قطر سوراخ

L_e = فاصله خالص بین لبه سوراخ و لبه ورق و یا دو لبه سوراخ

۹-۲-۹- فواصل پیچها

۱- فاصله مرکز به مرکز سوراخهای استاندارد، بزرگ، لوبیایی کوتاه و بلند نباید از 3d کمتر باشد. در سوراخ بزرگ و لوبیایی فاصله خالص بین دو لبه سوراخ نباید از 2d کمتر گردد. d قطر وسیله اتصال می‌باشد.

۲- فاصله انتهایی بین لبه سوراخ و لبه ورق نباید کمتر از 1.5d باشد. d قطر وسیله اتصال می‌باشد.

۳- حداکثر فاصله مرکزبه‌مرکز پیچها یا پرچها برای ایجاد درز رطوبت‌بند، نباید از ۱۰۰ میلیمتر به علاوه ٤ برابر ضخامت قطعه متصل شونده یا ۱۷۵ میلیمتر بیشتر شود. فاصله مرکز پیچ تا لبه نیز نباید از ۸ برابر نازکترین قسمت متصل شونده و یا ۱۲۵ میلیمتر بزرگتر شود.

۹-۲-۱۰- حداقل نیروی پیش‌تنیدگی

حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی، $0.55F_uA_b$ می‌باشد که در آن A_b سطح مقطع پیچ و F_u تنش نهایی مقاوم مصالح پیچ است.

۹-۲-۱۱- برش قالبی

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

$$F_V = 0.3F_u \qquad (۷-۹)$$

www.mirjalili.net

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

$$F_t = 0.5F_u \qquad (۸-۹)$$

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

F_u نیز تنش نهایی مصالح می‌باشد.

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

۹-۲-۱۲- قطرهای توصیه شده برای پیچها

قطرهای توصیه شده برای پیچها، ۱۸، ۲۰ و ۲۲ میلیمتر می‌باشد.

۹-۳- غلتکها

نیروی فشاری تماس مجاز در واحد طول تماس غلتک تکیه‌گاهی با ورق زیرسری برابراست با:

$$d \le 65cm$$

$$p = \frac{F_y - 920}{1400}(42d) \qquad (۹-۹)$$

$$65cm < d \le 320cm$$

$$p = \frac{F_y - 920}{1400}(335\sqrt{d}) \qquad (۱۰-۹)$$

که درآن:

p = تنش فشاری تماسی مجاز (kg/cm)

d = قطر غلتک (cm)

F_y = تنش تسلیم حداقل مصالح در حال تماس (kg/cm^2)

www.mirjalili.net

فصل دهم
اتصالات و وصله‌ها

۱۰-۱- مقاومت مجاز اعضا

الف: اعضای فشاری

در وصله‌های پیچی و پرچی، مقاومت اعضای فشاری بر مبنای سطح مقطع کلی محاسبه می‌شود. در نتیجه ظرفیت فشاری مجاز عضو فشاری از رابطه زیر تعیین می گردد:

$$P = A_g F_a \qquad (۱-۱۰)$$

F_a = تنش فشاری مجاز در محل وصله

A_g = سطح مقطع کلی طبق تعریف بالا

ب: اعضای خمشی

مقاومت اعضای خمشی برمبنای سطح مقطع کلی است، مگر اینکه بیش از ۱۵ درصد از مقطع هر بال به علت سوراخها کسر شده باشد که در اینصورت مازاد بر ۱۵ درصد باید از سطح مقطع کلی کسر گردد. در نتیجه ظرفیت خمشی مجاز از رابطه زیر بدست می آید:

$$M = S F_b$$

F_b = تنش خمشی مجاز در محل وصله

S = اساس مقطع برمبنای سطح مقطع تعریف شده در بالا

پ: اعضای کششی

مقاومت اعضای کششی نباید از $0.46\ F_u\ A_n$ بیشتر گردد که در آن A_n سطح مقطع خالص عضو کششی و F_u مقاومت نهایی فولاد مصرفی است.

۱۰-۲- نوع وصله

وصله می تواند پرچی، پیچی (پر مقاومت) و یا جوشی باشد.

۱۰-۳- مقاومت وصله

نیروی طرح وصله در فشار، کشش، برش، و خمش بزرگترین دو مقدار زیر در نظر گرفته میشود:

الف: متوسط نیروی داخلی موجود در محل وصله و مقاومت مجاز عضو در همان نقطه

ب: ۷۵ درصد مقاومت عضو در محل وصله

www.mirjalili.net

۱۰-٤- اتصال بال به جان

در صورتیکه برای اتصال بال به جان تیرورق از پیچ یا پرچ استفاده شود، باید دو نبشی در هر دو طرف ورق جان تعبیه گردد.

۱۰-۵- وصله تیرها و تیرورقها

الف: وصله جان

در وصله جان باید دو ورق وصله در دو طرف جان بصورت متقارن قرار داده شود. ورق وصله باید در تمام ارتفاع جان ادامه داشته و در هر طرف درز حداقل دو ستون پیچ یا پرچ تعبیه گردد. ورق وصله جان و اتصال آن باید برای نیروی برشی و لنگر خمشی سهم جان و لنگر خمشی ناشی از برون محوری نیروی برشی طراحی گردد.

ب: وصله بال

وصله بال را می توان برای قسمتی از لنگر طرح مازاد بر لنگر سهم جان انجام داد.

پ: نیروی برش طرح

به عنوان یک روش دیگر، برش طرح در وصله جان تیرهای نورد شده را می توان مساوی برش حداقل واقعی که در نسبت لنگر طرح به لنگر واقعی در محل وصله ضرب شده، طراحی نمود.

ت: در اعضای خمشی پیچی یا پرچی، بین دو وصله کارگاهی، نباید در اجزای بال، وصله وجود داشته باشد، مگر با اجازه مخصوص دستگاه نظارت. در بالهایی که فقط از یک جزء تشکیل یافته اند، محل وصله، همان محل وصله کارگاهی در نظرگرفته می شود. تا حد امکان سعی کنید وصله را در مناطق کم تنش قرار دهید.

ث: در تیرهای سراسری، سعی کنید وصله را در نقاط عطف قرار دهید.

۱۰-٦- وصله اعضای فشاری

الف: اعضای فشاری را می توان با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل، ترجیحاً بدون استفاده از ورق وصله، به یکدیگر وصله کرد.

ب: دروصله ستونها واعضای فشاری خرپا، در صورتیکه انتهای دو عضو در محل درز کاملاً سنگ خورده باشد، طوریکه درمحل درز درتماس کامل قرار گیرند، وصله را می توان برای ۵۰ درصد مقاومت مجازعضو در محل درز طراحی نمود.

پ: سعی گردد محل وصله اعضای فشاری خرپا تا حد امکان به محل گره نزدیک باشد و سعی گردد هر قسمت برای نیروی سهمی خود متصل شده و وصله ها متقارن باشد.

www.mirjalili.net

۱۰-۷- وصله اعضای کششی

الف: اعضای کششی را می توان با استفاده از جوش شیاری با نفوذ کامل، ترجیحاً بدون استفاده از ورق وصله، به یکدیگر وصله کرد.

ب: در وصله اعضای کششی، برای عضو و ورقهای اتصال، از سطح مقطع کلی استفاده می شود، مگر اینکه سطح مقطع خالص کمتر از ۸۵ درصد سطح مقطع کلی باشد که در اینصورت مازاد بر پانزده درصد، از سطح مقطع کلی کسر می‌گردد.

۱۰-۸- وصله های جوشی

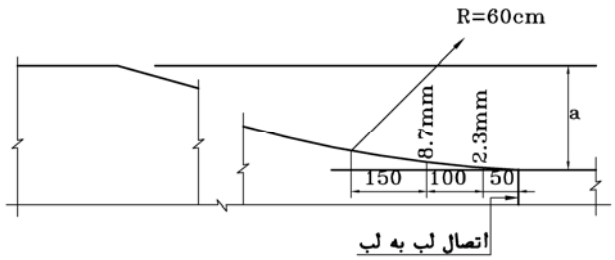
الف: اعضای فشاری و کششی را می توان به کمک جوش شیاری کاملاً نفوذی، ترجیحاً بدون استفاده از ورق اضافی، وصله نمود.

ب: در جوشهای کارگاهی، تا حد امکان باید از جوشهای بالای سر (سقفی) پرهیز نمود.

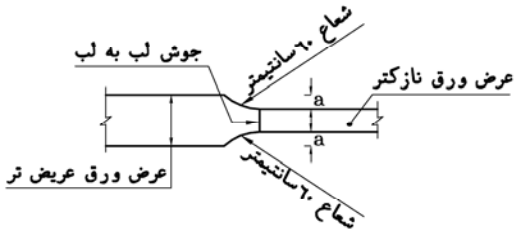
پ: ورقهای پرکننده با ضخامت ٦ میلیمتر و یا بزرگتر، باید از لبه های ورق وصله بیرون زده و با جوش کامل به عضو در تماس جوش شود. در طراحی جوش ورق پرکننده، باید اثر برون محوری نیروی انتقال یافته از ورق اتصال، منظور گردد.

لبه ورقهای پرکننده با ضخامت مساوی و یا کوچکتر از ٦ میلیمتر، باید همباد ورق اتصال بوده و ضخامت جوش محاسباتی ورق اتصال باید به اندازه ضخامت ورق پرکننده افزایش یابد.

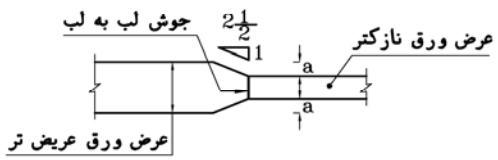
ت: در وصله ورقهای بال با عرضهای متفاوت با جوش شیاری نفوذی، یکی از جزئیات شکل زیر باید مراعات گردد:



جزئیات تغییر تدریجی عرض



الف: انتقال با قوس به شعاع ٦٠ سانتیمتر



ب: انتقال با خط مستقیم

www.mirjalili.net

۱۰-۹- ورقهای پرکننده

الف: در اتصالات پیچی یا پرچی، در صورت استفاده از ورق پرکننده، ترجیحاً ورق پرکننده باید بعد از ورق اتصال ادامه یافته و با وسایل اتصال کافی جهت انتقال نیروی پرکننده، متصل شود. تنش موجود در ورق پرکننده از تقسیم نیروی عضو بر سطح مقطع کلی شامل سطح مقطع عضو و ورق پرکننده بدست می آید. می توان وسایل اتصال اضافی را در محدوده ورق اتصال قرارداد و ورق پرکننده را ادامه نداد. تعداد وسایل اضافی، حداقل باید دو خط عرضی از وسایل اتصال تشکیل دهد.

در اتصالات پیچی از نوع اصطکاکی نیازی به ادامه ورق پرکننده، و لزومی به تعبیه وسایل اتصال اضافی نیست.

ب: در صورتیکه ضخامت ورق پرکننده کمتر از ٦ میلیمتر باشد، لازم نیست بعد از ورق اتصال ادامه یافته و احتیاج به وسایل اتصال اضافی نیست.

پ: تعداد ورقهای پرکننده با ضخامت بزرگتر از ٦ میلیمتر، نمی تواند بیش از دو عدد باشد، مگر با اجازه مخصوص مهندس.

۱۰-۱۰- جزئیات وصله

جزئیات اتصال باید طوری سازمان یابد که نسبت به هر دو محور مقطع متقارن باشند.

۱۰-۱۱- اتصالات ساده

در اتصالات ساده انتهایی تیرهای عرضی و تیرچه های سیستم عرشه به تیرهای حمال، باید از دو نبشی جان که در طرفین جان قرار دارند، استفاده شود. حداقل ضخامت این نبشی ها ۱۰ میلیمتر است. این اتصال بهتر است با پیچهای پرمقاومت برقرار گردد، لیکن از پرچ و جوش نیز می توان برای آن استفاده نمود. در صورت استفاده از جوش، لنگر انتهایی باید در محاسبات جوش دیده شود.

۱۰-۱۲- اتصال انتهایی دیافراگم ها و مهاربندی های عرشه

ورقهایی که برای اتصال دیافراگم ها و مهاربندی عرشه به تیرهای عرشه به کار می روند، باید به هر دو بال تیرهای عرشه جوش شوند.

www.mirjalili.net

فصل یازدهم
تنش‌های مجاز خستگی

۱۱-۱- تنشهای مجاز خستگی

اعضا و وسایل اتصالات (شامل پرچ و پیچ و جوش) که تحت تنشهای متغیر و یا معکوس تکرار شونده قرار دارند، باید طوری طراحی شوند که حداکثر تنش موجود در آنها از تنشهای مجاز پایه حالت استاتیکی و همچنین دامنه تغییرات تنش در آنها، از دامنه‌های مجاز (F_{sr}) جدول ۱۱-۳ تجاوز نکند. در ارتباط با استفاده از جدول ۱۱-۳ ذکر توضیحات زیر ضروری است:

۱. تکرار بارگذاری: همانطور که جدول ۱۱-۳ نشان می‌دهد، دامنهٔ مجاز تنش خستگی تابعی از تکرار بارگذاری می‌باشد. در این جدول، چهار وضعیت بارگذاری برای تکرار ۱۰۰.۰۰۰ سیکل، ۵۰۰.۰۰۰ سیکل، ۲.۰۰۰.۰۰۰ سیکل، و بالای ۲.۰۰۰.۰۰۰ سیکل نشان داده شده است. تعداد تکرار بارگذاری، با توجه به جدول ۱۱-۱ انتخاب می‌شود، مگر اینکه مطالعات بارسنجی و یا سایر ملاحظات، دلالت برعدد دیگری داشته باشند.

۲. طبقه تنش: طبقه تنش برحسب نوع مصالح و نیمرخ و همچنین جزئیات طرح، از جدول ۱۱-۲ و شکل ۱۱-۱ انتخاب می‌شود.

۳. مسیر بار معین و مسیر بار نامعین: جدول ۱۱-۳ شامل دو قسمت، یکی برای سازه‌ها و اجزا با مسیر بار معین و دیگری برای سازه‌ها و اجزا با مسیر بار نامعین می‌باشد. در یک تعریف کلی، سازه با مسیر بار معین، سازه‌ای است که از بین رفتن یک جزء، باعث فروریختن کامل سازه شود. اجزای باربر اصلی را که تحت تنشهای کششی قرار دارند، می‌توان اعضا با مسیر بار معین درنظرگرفت. مثالهایی از اعضا با مسیر بار معین عبارتنداز: بالها و جان شاهتیر پلها با یک یا دو شاهتیر، اعضای اصلی خرپاهای معین، ورقهای آویز، تیرسرستون در پایه‌های یک و دو ستونی.

٤. تنشهای خستگی مجاز برآن دسته از ترکیبات بارگذاری اعمال می‌شوند که شامل بار زنده یا بار باد می‌باشند. تعداد تکرار برای ترکیبات بار مرده و باد، مساوی ۱۰۰.۰۰۰ سیکل منظور می‌شود.

۵. برای اعضای باربر اصلی که تحت تنش کششی قرار دارند، باید مشخصات ضربه طبق آزمایش طاقت شیاری شارپی تعیین شود. احتیاجات ضربه‌ای اعضا بستگی به نوع فولاد، نوع ساخت، نوع وسیله اتصال (جوش یا پیچ و پرچ) و دمای متوسط بهره‌برداری دارد. اعضایی که برای آنها تعیین مشخصات طاقت شیاری اجباری است، باید به همراه محدوده دمای بهره‌برداری، در مدارک پیمان مشخص شوند. محدوده دمای بهره‌برداری به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شود:

www.mirjalili.net

ناحیهٔ ۱ ۱۸- درجهٔ سانتیگراد و بالاتر

ناحیهٔ ۲ ۱۷- تا ۳٤- درجهٔ سانتیگراد

ناحیهٔ ۳ ۳۵- تا ۵۰- درجهٔ سانتیگراد

جدول ۱۱-۱- تعداد سیکل بارگذاری

نوع جاده	اعضای باربر اصلی (طولی)		
	حالت	ADTT[1]	بارکامیون[2]
آزادراهها، بزرگراهها، شاهراهها (راههای اصلی)، و خیابانها	I	۲۵۰۰ و یا بیشتر	۲.۰۰۰.۰۰۰
آزادراهها، بزرگراهها، شاهراهها (راههای اصلی)، و خیابانها	II	کمتر از ۲۵۰۰	۵۰۰.۰۰۰
سایر راهها و خیابانها که در دو حالت I و II ذکر نشده‌اند.	III	———	۱۰۰.۰۰۰
اعضای عرضی و سایر جزئیاتی که تحت بار چرخ قرار دارند			
آزادراهها، بزرگراهها، شاهراهها (راههای اصلی)، و خیابانها	I	۲۵۰۰ و یا بیشتر	بالای ۲.۰۰۰.۰۰۰
آزادراهها، بزرگراهها، شاهراهها (راههای اصلی)، و خیابانها	II	کمتر از ۲۵۰۰	۲.۰۰۰.۰۰۰
سایر راهها و خیابانها	III	———	۵۰۰.۰۰۰

۱- ترافیک متوسط روزانه کامیون در یک امتداد

۲- اعضا با فرض وجود یک کامیون در عرض پل، باید برای تکرار بیش از ۲.۰۰۰.۰۰۰ نیز کنترل شوند.

www.mirjalili.net

جدول ۱۱-۲

شرایط کلی	وضعیت	نوع تنش[1]	شکل مثال (شکل ۱۱-۱)	طبقه تنش
مصالح ساده	فلز مبنا با سطح نوردشده یا پرداخت شده. لبه‌های بریده شده با مشعل با صافی ۱۰۰۰ یا کمتر طبق ANSI	T یا Rev	۱ و ۲	A
اعضای مرکب از چند نیمرخ	فلز مبنا و مصالح جوش در اعضای ساخته شده از ورق و یا نیمرخ (بدون ملحقات) که اجزای آنها توسط جوش شیاری پیوسته با نفوذ کامل (که تسمه پشت‌بند آن برداشته شده) و یا جوش گوشه پیوسته به موازات امتداد تنشهای وارده، به یکدیگر متصل شده است.	T یا Rev	۳و ٤و ٥و ۷	B
	فلز مبنا و فلز جوش در اعضای ساخته شده از ورق و یا نیمرخ (بدون ملحقات) که اجزای آنها توسط جوش شیاری پیوسته با نفوذ کامل (بدون حذف تسمه پشت‌بند) و یا جوشهای شیاری نیمه‌نفوذی به موازات امتداد تنش، به یکدیگر متصل شده‌اند.	T یا Rev	۳و ٤و ٥و ۷	B'
	تنش خمشی محاسبه شده در ریشه جوش سخت کننده عرضی به جان و یا بال تیر	T یا Rev	٦	C
	فلز مبنا در دو انتهای ورقهای تقویتی جوشی با طول محدود، و کم عرض‌تر از بال با انتهای راست گوشه یا باریک شونده، با و یا بدون جوش عرضی انتهایی و یا عریض‌تر از بال با جوش عرضی انتهایی (الف) ضخامت بال کمتر و یا مساوی ۲۰ میلیمتر (ب) ضخامت بال بیشتر از ۲۰ میلیمتر	T یا Rev T یا Rev	۷ ۷	E E'
	فلز مبنا در انتهای ورقهای تقویتی جوشی با طول محدود با عرضی بزرگتر از عرض بال بدون جوش عرضی انتهایی	T یا Rev	۷	E'

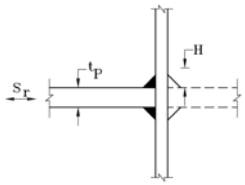
۱- T تنش همواره کششی، Rev تنش معکوس (به طور متناوب کششی و فشاری)

۲- به طور طولی بارگذاری شده، بدین معناست که تنش وارده در امتداد محور جوش است. به طور عرضی بارگذاری شده، بدین معناست که تنش وارده عمود بر امتداد جوش است.

۳- جوشهای شیاری نیمه نفوذی با بارگذاری عرضی، منع شده‌اند.

٤- دامنه تنش خستگی مجاز در گلوی جوشهای گوشه که به طور عرضی بارگذاری شده‌اند، تابعی از گلوی موثر و ضخامت ورق می‌باشد.

$$* \; S_r = S_r^c \left(\frac{0.06 - 0.79H/t_p}{1.1 t_p^{.167}}\right)$$ (ابعاد برحسب اینچ)



S_r^c = دامنه تنش مجاز مربوط به طبقه تنش C. هیچ نفوذی در ریشه جوش فرض نشده است.

۵- ورقهای اتصال (گاست) که با جوش گوشه به سطح بال تیر متصل می‌شوند، ممنوع می‌باشند.

www.mirjalili.net

جدول ۱۱-۲- ادامه

شرایط کلی	وضعیت	نوع تنش[1]	شکل مثال (شکل ۱۱-۱)	طبقه تنش
جوش شیاری نفوذی	فلز مبنا و فلز جوش در محل وصله اجزای مقاطع مشابه (از نیمرخ نورد شده یا ساخته شده) با جوش شیاری تمام نفوذی که در امتداد تنشهای وارده سنگ خورده و سلامت جوش توسط آزمایشهای غیرمخرب تایید شده است.	T یا Rev	۸ و ۱۰	B
	فلز مبنا و فلز جوش در محل وصله اجزایی با ضخامت و یا عرض متفاوت و دارای طول انتقال به شعاع ۶۰ سانیمتر با جوش شیاری تمام نفوذی که در امتداد تنشهای وارده سنگ خورده و سلامت جوش توسط آزمایشهای غیرمخرب تایید شده است.	T یا Rev	۱۳	B
	فلز مبنا و فلز جوش در محل وصله اجزایی با ضخامت و یا عرض متفاوت و دارای طول انتقال، با جوش شیاری تمام نفوذی که در امتداد تنشهای وارده طوری سنگ خورده که شیب آن از ۱ به ۲/۵ تندترنباشدوسلامت‌جوش‌توسط آزمایشهای‌غیرمخرب تاییدشده است. (الف) فلز پایه مطابق A514 و A517 (ب) سایر مصالح پایه	T یا Rev T یا Rev	۱۱و ۱۲ ۱۱و ۱۲	*B′* B
	فلز پایه و فلز جوش در محل وصله اجزایی با ضخامت و یا عرض متفاوت با جوش شیاری تمام نفوذی با و یا بدون طول انتقال با شیبی نه بزرگتر از ۱ به ۲/۵، وقتی که گرده جوش سنگ نخورد و سلامت جوش توسط آزمایش غیرمخرب تایید گردد.	T یا Rev	۸ و ۱۰ و ۱۱و ۱۲	C
جوش شیاری قطعات الحاقی به طور طولی بارگذاری شده‌اند[2]	فلز مبنا در مجاورت قطعات الحاقی که توسط جوش شیاری تمام و یا نیمه‌نفوذی متصل شده و طول قطعه الحاقی (L)، کوچکتر از ۵ سانتیمتر است.	T یا Rev	۶ و ۱۵	C
	فلز مبنا در مجاورت قطعات الحاقی که توسط جوش شیاری تمام و یا نیمه‌نفوذی متصل شده‌و طول قطعه الحاقی (L)، بین ۵ سانتیمتر و ۱۲ برابر ضخامت ورق قرار دارد، لیکن از ۱۰ سانتیمتر کوچکتر نیست.	T یا Rev	۱۵	D
	فلز مبنا در مجاورت قطعات الحاقی که توسط جوش شیاری تمام و یا نیمه‌نفوذی متصل شده و طول قطعه الحاقی (L)، بزرگتر از ۱۲ برابر ضخامت ورق و یا ۱۰ سانتیمتر است. ضخامت قطعه الحاقی کوچکتر از ۲۵ میلیمتر ضخامت قطعه الحاقی بزرگتر یا مساوی ۲۵ میلیمتر	T یا Rev T یا Rev	۱۵ ۱۵	E *E′*

www.mirjalili.net

جدول ۱۱-۲- ادامه

شرایط کلی	وضعیت	نوع تنش[1]	شکل مثال (شکل ۱۱-۱)	طبقه تنش
	فلز مبنا در مجاورت قطعات الحاقی که توسط جوش شیاری تمام نفوذی با شعاع انتقال R متصل شده است. بدون توجه به طول قطعه الحاقی داریم:			
	- وقتی که جوشهای انتهایی سنگ زده شده‌اند.		۱۶	
	(الف) شعاع انتقال بزرگتر یا مساوی ۶۰ سانتیمتر	T یا Rev		B
	(ب) شعاع انتقال کوچکتر از ۶۰ و بزرگتر یا مساوی ۱۵ سانتیمتر			C
	(پ) شعاع انتقال کوچکتر از ۱۵ و بزرگتر یا مساوی ۵ سانتیمتر			D
	(ت) شعاع انتقال کوچکتر از ۵ سانتیمتر			E
	- برای تمام شعاعهای انتقال بدون سنگ زدن انتهای جوش		۱۶	E
جوش شیاری- قطعات الحاقی به طور عرضی بارگذاری شده‌اند	قطعه الحاقی توسط جوش شیاری تمام نفوذی با شعاع انتقال R متصل و سلامت جوش در امتداد عمود برامتداد نیرو توسط آزمایش غیرمخرب تایید شده است. بدون توجه به طول قطعه الحاقی داریم:			
	- ضخامت ورقهای اتصالی یکسان است و گرده جوش سنگ‌زده شده است.	T یا Rev	۱۶	
	(الف) شعاع انتقال بزرگتر یا مساوی ۶۰ سانتیمتر			B
	(ب) شعاع انتقال کوچکتر از ۶۰ و بزرگتر یا مساوی ۱۵ سانتیمتر			C
	(پ) شعاع انتقال کوچکتر از ۱۵ و بزرگتر یا مساوی ۵ سانتیمتر			D
	(ت) شعاع انتقال کوچکتر از ۵ سانتیمتر			E
	- ضخامت ورقهای اتصالی یکسان است و گرده جوش سنگ زده نشده است.			
	(الف) شعاع انتقال بزرگتر و یا مساوی ۱۵ سانتیمتر			C
	(ب) شعاع انتقال کوچکتر از ۱۵ و بزرگتر یا مساوی ۵ سانتیمتر			D
	(پ) شعاع انتقال کوچکتر از ۵ سانتیمتر			E
	- ضخامت ورقهای اتصالی یکسان نیست، لیکن گرده جوش سنگ زده شده است.	T یا Rev	۱۶	
	(الف) شعاع انتقال بزرگتر یا مساوی ۵ سانتیمتر			D
	(ب) شعاع انتقال کوچکتر از ۵ سانتیمتر			E
	- ضخامت ورقهای اتصالی یکسان نیست و گرده جوش سنگ زده نشده است. برای تمام شعاع‌های انتقال	T یا Rev	۱۶	E

www.mirjalili.net

جدول ۱۱-۲- ادامه

شرایط کلی	وضعیت	نوع تنش[1]	شکل مثال (شکل ۱۱-۱)	طبقه تنش
جوش شیاری (اتصالات)	فلز پایه در اتصالی که توسط جوش با بارگذاری عرضی متصل شده است. جوش عمود بر امتداد تنش می‌باشد. (الف) ضخامت قطعه، کوچکتر یا مساوی ۱۲ میلیمتر (ب) ضخامت قطعه بزرگتر از ۱۲ میلیمتر	T یا Rev T یا Rev	۱٤	C به پانویس٤ مراجعه‌شود
	فلز مبنا در جوشهای گوشه منقطع	T یا Rev	ـــــ	E
	تنش برشی در گلوی جوش گوشه	برش	۹	F
جوش گوشه قطعات الحاقی تحت بارگذاری طولی (۲و ۳و ۵)	فلز مبنا در مجاورت قطعه الحاقی با جوش گوشه به طول (L)، در امتداد تنش، کمتر از ۵ سانتیمتر و گلمیخهای برشگیر	T یا Rev	۱۵و ۱۷و ۱۸و ۲۰	C
	فلز مبنا در مجاورت قطعه الحاقی با جوش گوشه به طول (L)، در امتداد تنش، بین ۵ سانتیمتر و ۱۲ برابر ضخامت ورق ولی کمتر از ۱۰ سانتیمتر	T یا Rev	۱۵ و ۱۷	D
	فلز مبنا در مجاورت قطعه الحاقی با جوش گوشه به طول (L)، در امتداد تنش، بزرگتر از ۱۲ برابر ضخامت ورق یا ۱۰ سانتیمتر (الف) ضخامت قطعه الحاقی کوچکتر از ۲۵ میلیمتر (ب) ضخامت قطعه الحاقی بزرگتر یا مساوی ۲۵ میلیمتر	T یا Rev T یا Rev	۷و ۹و۱۵و ۱۷ ۱۵و ۹و ۱۷	E E'
	فلز مبنا در مجاورت قطعه الحاقی که توسط جوش گوشه، با شعاع انتقال R متصل شده است. بدون توجه به طول قطعه انتقالی: - جوشهای انتهایی سنگ زده شده است. (الف) شعاع انتقال بزرگتر یا مساوی ۵ سانتیمتر (ب) شعاع انتقال کوچکتر از ۵ سانتیمتر - برای تمام شعاعهای انحنا بدون سنگ‌زدگی جوشهای انتهایی	T یا Rev T یا Rev	۱٦	 D E E
جوش گوشه- قطعات الحاقی تحت بارگذاری عرضی- جوش در امتداد تنشهای اصلی	فلز مبنا در مجاورت قطعه الحاقی که توسط جوش گوشه، با شعاع انتقال R متصل شده است. بدون توجه به طول جوش داریم (تنش برشی در گلوی جوش گوشه در طبقه F قرار می‌گیرد) - جوشهای انتهایی سنگ زده شده است. (الف) شعاع انتقال بزرگتر یا مساوی ۵ سانتیمتر (ب) شعاع انتقال کوچکتر از ۵ سانتیمتر - برای تمام شعاعهای انحنا بدون توجه به سنگ‌زدگی جوشهای انتهایی	T یا Rev T یا Rev	۱٦	 D E E

www.mirjalili.net

جدول ۱۱-۲- ادامه

شرایط کلی	وضعیت	نوع تنش[1]	شکل مثال (شکل ۱۱-۱)	طبقه تنش
اتصالات با وسایل اتصال مکانیکی (پیچ و پرچ)	فلز مبنا در مقطع کلی اتصالات با پیچهای پرمقاومت اصطکاکی، به استثنای درزها با بار محوری که در قطعات متصل کننده خمش خارج از صفحه ایجاد می‌نمایند.			
	فلز مبنا در مقطع خالص اتصالات با پیچهای پرمقاومت اتکایی	T یا Rev	۲۱	B
	فلز مبنا در مقطع خالص اتصالات با پرچ	T یا Rev	۲۱	D
اتصالات مفصلی	فلز مبنا در مقطع خالص	T	۲۳ و ۲٤	E
	فلز مبنا در تنه اتصال مفصلی یا مقطع کل پنجه اتصال	T		
	الف: سطوح نوردشده و یا ماشین‌کاری شده		۲۳ و ۲٤	A
	ب: لبه‌های برش داده شده با هواگاز		۲۳ و ۲٤	B

www.mirjalili.net

جدول ۱۱-۳- دامنه خستگی[۱] مجاز F_{sr} برحسب کیلوگرم برسانتیمترمربع

طبقه تنش	برای ۱۰۰.۰۰۰ تکرار	برای ۵۰۰.۰۰۰ تکرار	برای ۲.۰۰۰.۰۰۰ تکرار	برای بیش از ۲.۰۰۰.۰۰۰ تکرار
مسیر بار نامعین				
A	۴۴۱۰	۲۵۹۰	۱۶۸۰	۱۶۸۰
B	۳۴۳۰	۲۰۳۰	۱۲۶۰	۱۱۲۰
B′	۲۷۳۰	۱۶۱۰	۱۰۱۵	۸۴۰
C	۲۴۸۵	۱۴۷۰	۹۱۰	۷۰۰
	———	———	———	[۲]۸۴۰
D	۱۹۶۰	۱۱۲۰	۷۰۰	۴۹۰
E	۱۵۴۰	۹۱۰	۵۶۰	۳۱۵
E′	۱۱۲۰	۶۴۴	۴۰۶	۱۸۲
F	۱۰۵۰	۸۴۰	۶۳۰	۵۶۰
مسیر بار معین				
A	۳۵۰۰	۲۰۳۰	۱۶۸۰	۱۶۸۰
B	۲۷۳۰	۱۶۱۰	۱۱۲۰	۱۱۲۰
B′	۲۱۷۰	۱۲۶۰	۷۷۰	۷۷۰
C	۱۹۶۰	۱۱۲۰	۷۰۰	۶۳۰
	———	———	[۲]۸۴۰	[۲]۷۷۰
D	۱۵۴۰	۹۱۰	۵۶۰	۳۵۰
[۳]E	۱۱۹۰	۷۰۰	۴۲۰	۱۶۱
E′	۸۴۰	۴۹۰	۲۸۰	۹۱
F	۸۴۰	۶۳۰	۴۹۰	۴۲۰

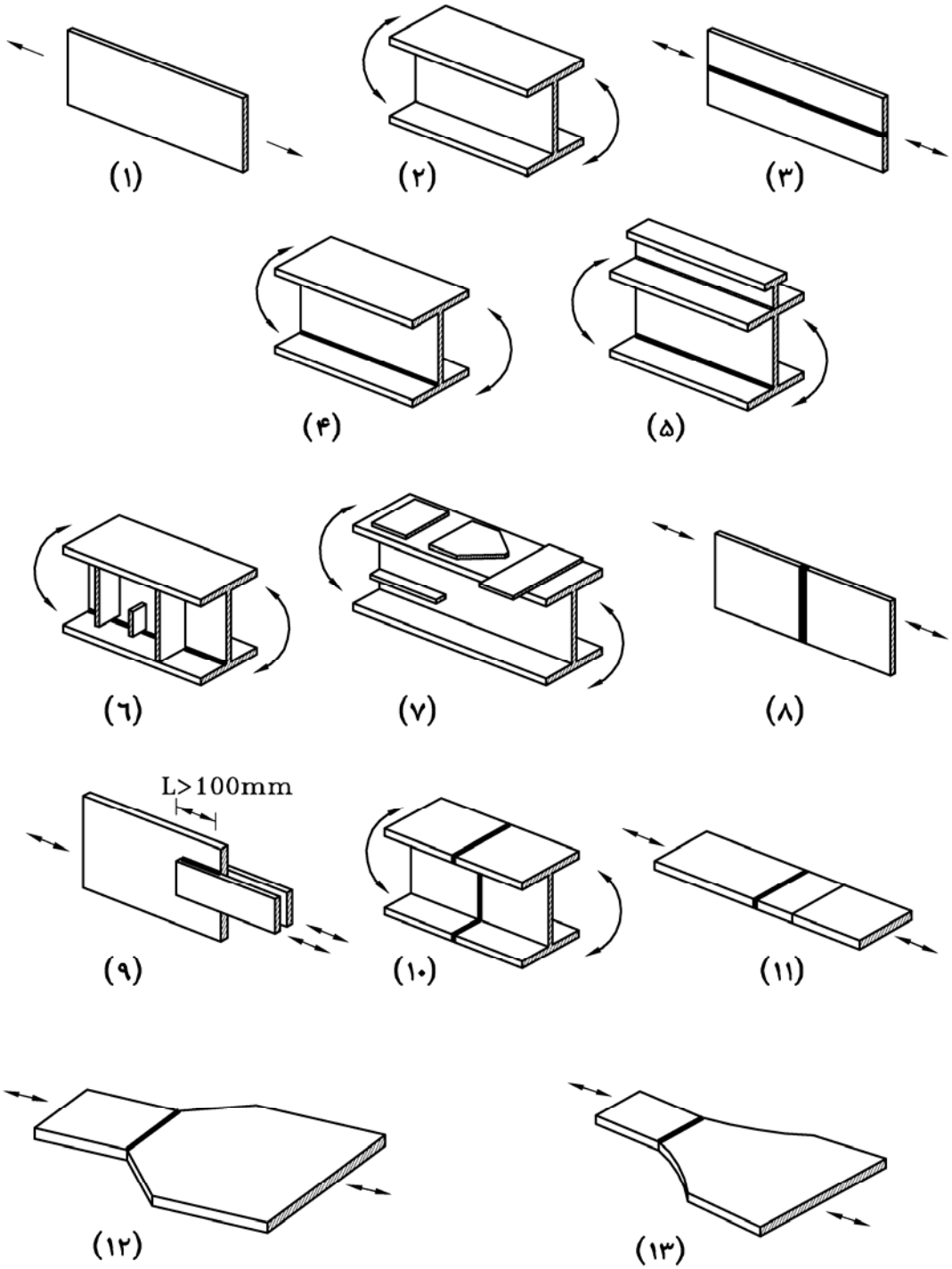
۱) تنش حداقل- تنش حداکثر = دامنه خستگی

تنش کششی مثبت و تنش فشاری منفی درنظرگرفته می‌شود.

۲) برای جوش سخت‌کنندهٔ عرضی به بال و یا به جان

۳) در سازه‌ها با مسیر بار معین، برای بال ضخیمتر از ۲۰ میلیمتر، نباید از ورق پوششی جوش شده بـا طـول محدود استفاده کرد.

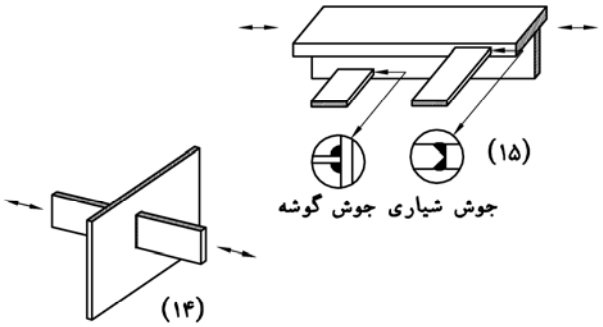
www.mirjalili.net



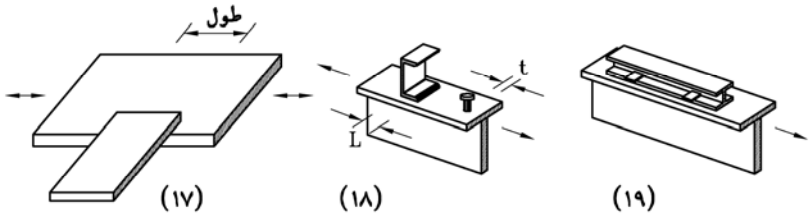
شکل ۱۱-۱

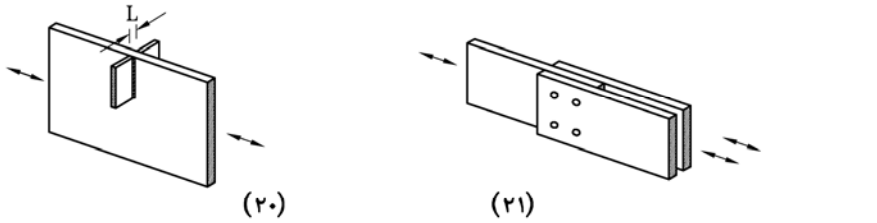
www.mirjalili.net

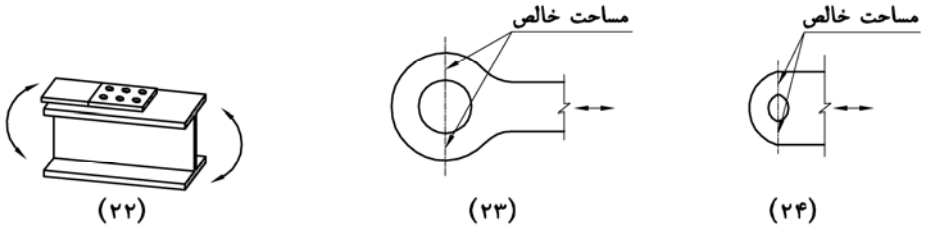
قطعه الحاقی با جوش گوشه یا شیاری



جهت R به جدول زیر مراجعه گردد.







شیاری	گوشه	R (س م)
B	D	R>60
C	D	60>R≥15
D	D	15>R≥5
E	E	5>R

طبقه	شرایط جوش
B	ضخامتها مساوی با حذف گرده
C	ضخامتها مساوی بدون حذف گرده
D	ضخامتها نامساوی با حذف گرده
E	ضخامتها نامساوی بدون حذف گرده

شکل ۱۱-۱- ادامه

www.mirjalili.net

فصل دوازدهم

خرپاها

۱۲-۱- کلیات

۱۲-۱-۱- اجزای تشکیل دهنده اعضای خرپا را می‌توان با جوش، پرچ و یا پیچهای پرمقاومت بهم متصل کرد.

۱۲-۱-۲- مقطع اعضای خرپا باید نسبت به صفحه میانی خرپا متقارن باشند.

۱۲-۱-۳- عضو انتهایی خرپا بهتر است بصورت مایل بوده و باید در محل اتصال آن به یال فوقانی، دارای مهار جانبی باشد.

۱۲-۱-٤- برای جلوگیری از واژگونی در برابر نیروهای جانبی، خرپاهای اصلی باید با فاصله مرکزبه‌مرکز کافی از هم قرارداده شوند.

۱۲-۱-۵- برای مقاصد طراحی، ارتفاع موثر باید مطابق زیر فرض شود:

در خرپاهای پرچی یا پیچ شده، فاصله بین مراکز ثقل یالها

در خرپاهای با اتصالات مفصلی، فاصله بین مراکز مفاصل

۱۲-۲- اعضای خرپا

۱۲-۲-۱- اعضای جان و یال خرپا معمولاً از نیمرخهای زیر ساخته می‌شوند:

مقاطع H نورد شده و یا ساخته شده از ورق یا ناودانی، با جان پر، مشبک و یا بستهای موازی و مورب.

مقاطع ناودانی بصورت نوردشده یا ساخته شده از ورق یا نبشی، با جان پر، مشبک و یا بستهای موازی و مورب.

مقاطع قوطی با استفاده از مقاطع I، ناودانی، نبشی، ورق، که بوسیله ورقهای پر، مشبک و یا بستهای موازی یا مورب متصل گردیده‌اند.

۱۲-۲-۲- یال فشاری بهتر است بصورت پیوسته باشد.

۱۲-۲-۳- چنانچه اعضای جان خرپا تحت تنشهای خستگی معکوس باشند، اتصالات انتهایی آنها نباید بصورت مفصلی (پینی) باشد.

۱۲-۲-٤- آرایش اجزای مقطع طوری باشد که زهکشی طبیعی صورت گرفته و از ماندآب در گوشه‌ها جلوگیری شود.

www.mirjalili.net

۱۲-۳- تنشهای ثانوی

تنش‌های ثانوی در خرپا، ناشی از لنگرهای انتهایی اعضا به علت گیرداری در محل اتصالات می‌باشند. هندسه خرپا باید بگونه‌ای باشد که تنشهای ثانویه تا حدامکان کاهش یابند. تنشهای ثانویه ناشی از اعوجاج عرضی خرپا، و یا تغییرشکل تیرعرضی، در اعضایی که بعدشان در صفحه اعوجاج از یک دهم طولشان کمتر است، معمولاً منظور نمی‌شوند. اگر تنش ثانویه از ۲۸۰ کیلوگرم برسانتیمترمربع برای اعضای کششی و ۲۱۰ کیلوگرم برسانتیمترمربع در مورد اعضای فشاری بیشتر شود، مقدار اضافی به مثابه تنش اولیه منظور می‌شود. تنشهای ناشی از لنگر خمشی وزن اعضا بعنوان تنش ثانویه اضافی درنظرگرفته می‌شود.

۱۲-٤- نسبت ارتفاع به دهانه

نسبت ارتفاع به دهانه خرپا، نباید کمتر از $\frac{۱}{۱۰}$ گردد. طول دهانه، فاصله مرکزبه‌مرکز دو تکیه‌گاه می‌باشد.

۱۲-۵- پیش‌خیز

در ساخت خرپا، باید خیز اولیه‌ای به اندازه تغییرشکل ناشی از بار مرده تعبیه گردد. در محاسبه تغییرشکل خرپاها، از سطح مقطع کلی اعضا استفاده می‌شود.

۱۲-٦- خط محور

خطوط واصل بین نقاط تقارب اعضا در محل اتصالات را خطوط محور گویند.

۱۲-٦-۱- اعضای اصلی باید بگونه‌ای انتخاب شوند که محور ثقل آنها حتی‌الامکان به خط محور نزدیک باشد.

۱۲-٦-۲- در اعضای فشاری با مقطع نامتقارن، نظیر مقاطعی که از قطعات گونه و یک ورق پوششی تشکیل شده‌اند، محور ثقل مقطع به استثنای مواردی که به جهت مقابله با خمش ناشی از بارمرده، وجود برون محوری لازم می‌باشد، باید تا حد امکان به خط محور نزدیک باشد.

۱۲-۷- مهاربندی و قابهای عرضی

در پلهای خرپایی تعبیه سیستم‌های مهاربندی زیر ضروری است:

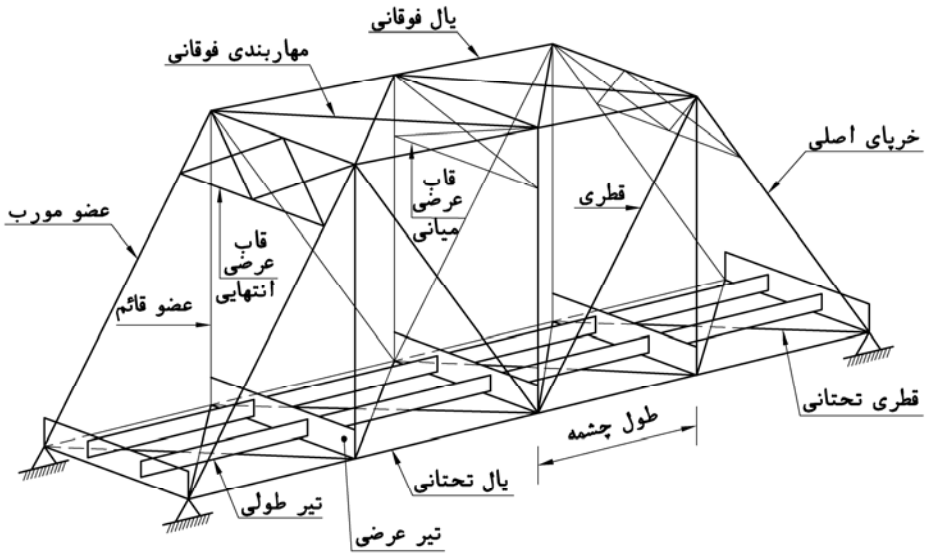
۱۲-۷-۱- مهاربند افقی در صفحه مار بر دو یال فوقانی

۱۲-۷-۲- مهاربند افقی در صفحه مار بر دو یال تحتانی

www.mirjalili.net

۱۲-۷-۳- قابهای (پرتال‌های) انتهایی و میانی در صفحه قائم مار بـر اعضـای قـائم دو خرپـای مجـاور در خرپاهـای میانگذر. حداقل ارتفاع تیر افقی مساوی ۱/۵ متر می‌باشد (به قسمت ۱۳-۷ مراجعه نمایید).

۱۲-۷-٤- مهاربندی عرضی در صفحه قائم مار بر اعضای قائم دو خرپای مجاور در خرپاهای عبور از بالا.



شکل ۱۲-۱- مهاربندی خرپاها

۱۲-۸- بست‌های موازی و مورب

در صورت استفاده از بستهای موازی و مورب برای ساخت اعضای فشاری وکششی، باید تناسبات آنها منطبـق بر تناسبات ذکر شده در قسمت ۷-٤-۳ فصل ۷ (اعضای فشاری) باشد.

۱۲-۹- ورقهای اتصال

۱۲-۹-۱- به استثنای خرپای مفصلی (ساخته شده با پین)، در محل اتصال اعضای اصلی باید از ورق اتصـال اسـتفاده نمود.

۱۲-۹-۲- خطوط جوش و آرایش وسایل اتصال نظیر پرچ و پیچ، باید حتی‌الامکان نسبت به محور عضو متقارن باشند.

۱۲-۹-۳- ضخامت ورق اتصال براساس تنشهای برشی، محوری، خمشی و ترکیب آنها در بحرانی‌ترین مقطـع تعیـین می‌گردد.

۱۲-۹-٤- باید حتی‌الامکان از برش ورق با زوایای حاده پرهیز نمود.

۱۲-۹-۵- اگر نسبت عرض به ضخامت لبه آزاد ورق اتصال از $2900/\sqrt{F_y}$ تجاوز نمایـد، لبـه ورق بایـد تقویـت گردد. این نسبت برای فولاد نرمه با $F_y = 2400 kg/cm^2$ مساوی ٦۰ بدست می‌آید.

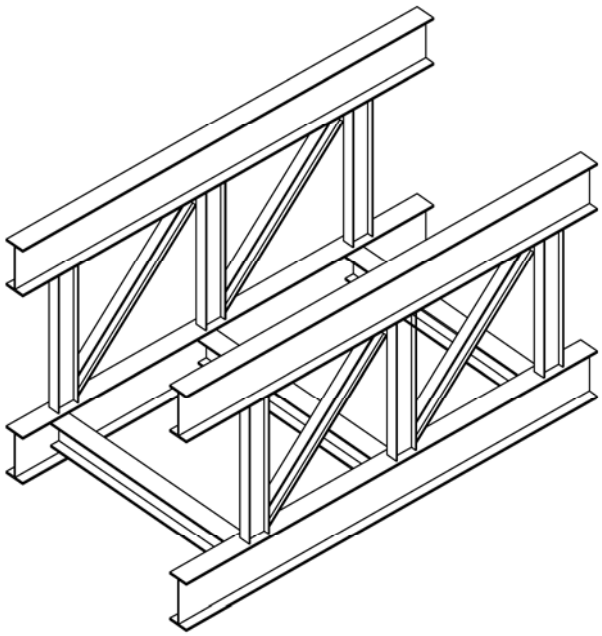
www.mirjalili.net

۱۲-۱۰- خرپاهای میانگذر بدون بادبندی در صفحه یال فوقانی

خرپاهای میانگذر (عبور از میان) را می‌توان بدون بادبندی در صفحه یال فوقانی طراحی نمود، مشروط براینکه؛

الف: قاب U شکل متشکل از تیرهای عرضی کف و اعضای قائم خرپا، مقاومت خمشی جانبی کافی برای بار جانبی به مقدار حداقل ٤٥٠ کیلوگرم برمترطول که بر یال فوقانی اعمال می‌شود، داشته باشد. این مقدار نباید از نیروی کمانشی یال فشاری کمتر باشد.

ب: یال فوقانی باید همانند ستونی متکی بر تکیه‌گاههای ارتجاعی در محل گره‌ها در نظر گرفته شود. نیروی کمانشی این ستون فرضی، حداقل باید ۱/۵ برابر مجموع نیروهای حاصل از بارهای مرده، زنده و ضربه گردد.



شکل ۱۲-۲- قاب U شکل

www.mirjalili.net

فصل سیزدهم

تیرورقهای قوسی (طاقی) با ورق جان یکپارچه

این فصل اختصاص به معرفی ضوابط خاص برای طراحی تیرورقهای قوسی (طاقی) با ورق جان یکپارچه دارد.

۱۳-۱- ضریب تشدید لنگر

در صورتیکه در تحلیل، تغییرشکل تیرقوس درنظرگرفته نشده باشد، لنگرهای ناشی از بار زنده و ضربه باید در ضریب تشدید بدست آمده از رابطهٔ زیر ضرب گردد:

$$A_F = \frac{1}{1-\frac{1.70T}{AF_e}} \qquad (۱-۱۳)$$

که درآن:

T = نیروی محوری قوس در نقطه $\frac{۱}{٤}$ دهانه به علت بار مرده و زنده و ضربه

F_e = تنش کمانش اولر طبق رابطه زیر:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(\frac{KL}{r})^2} = \frac{20\times10^6}{\lambda^2} \qquad (۲-۱۳)$$

L = نصف طول تیرقوسی

A = سطح مقطع تیر قوسی

r = شعاع ژیراسیون مقطع

K = ضریب طول موثر

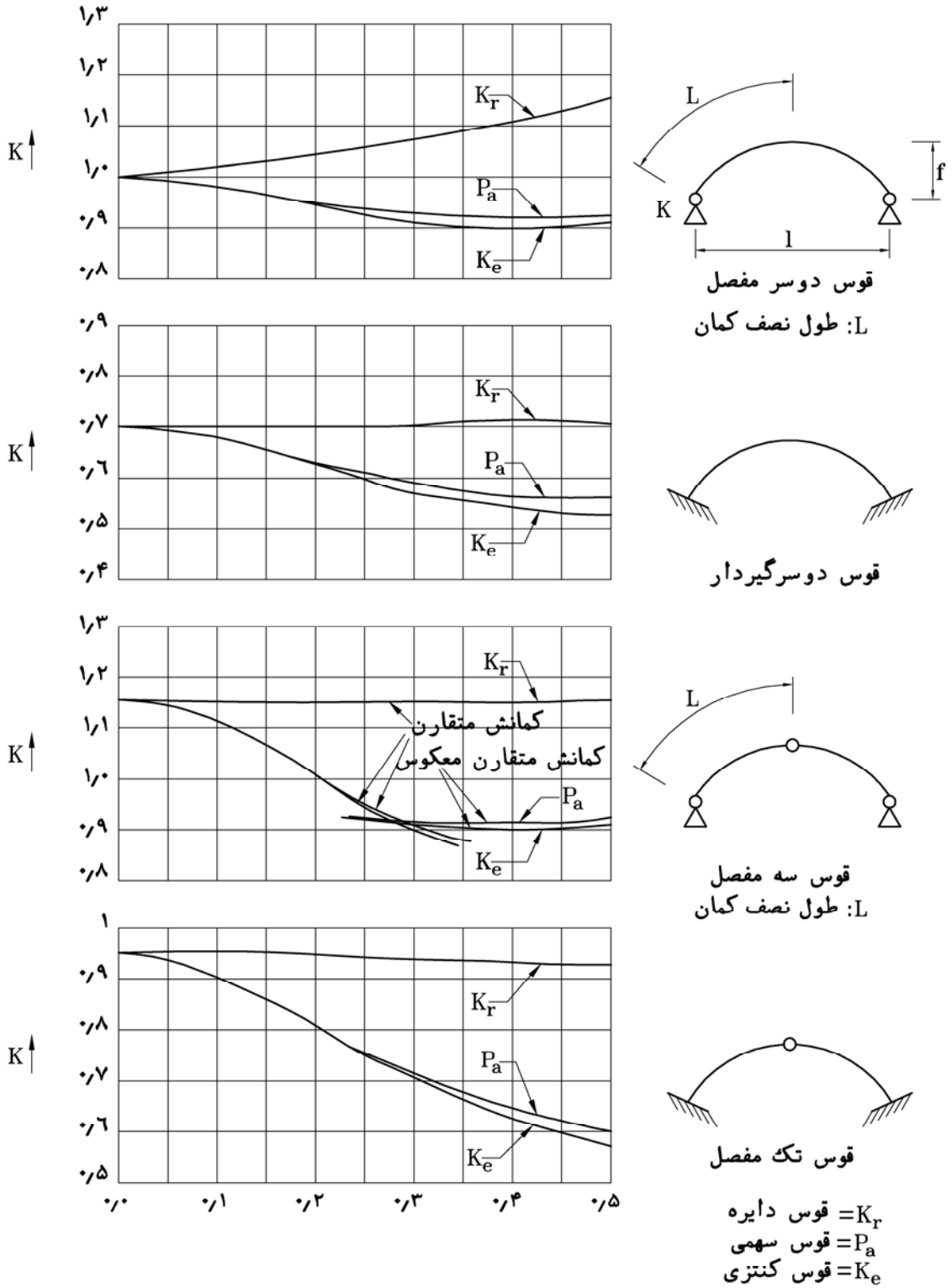
E = ضریب الاستیسیته فولاد

مقادیر محافظه‌کارانه K برای کمانش قوس در صفحه، در تعیین F_a و F_e به شرح زیر است:

قوس دوسرگیردار	قوس دوسر مفصل	قوس سه مفصل	نسبت خیز به دهانه
۰/۷۰	۱/۰٤	۱/۱٦	۰/۱-۰/۲
۰/۷۰	۱/۱۰	۱/۱۳	۰/۲-۰/۳
۰/۷۲	۱/۱٦	۱/۱٦	۰/۳-۰/٤

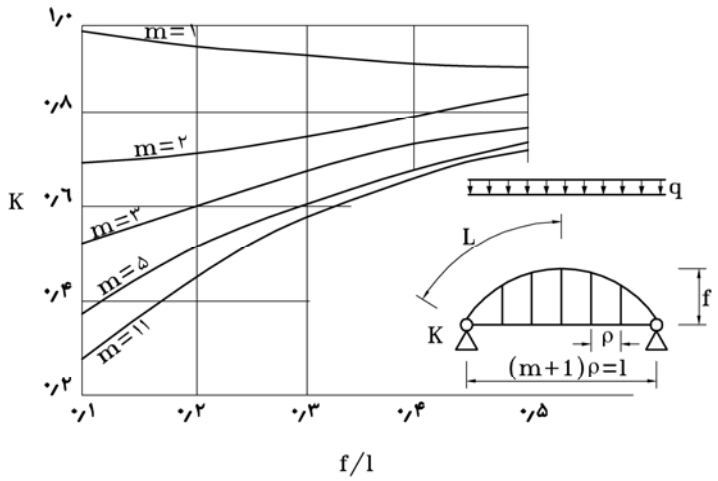
به جای استفاده از جدول فوق، مهندس طراح می‌تواند از مقادیر دقیقتر k طبق شکل ۱۳-۱ برای قوسهای دومفصل، دوسرگیردار، سه مفصل و تک مفصل، و طبق شکل ۱۳-۲ برای قوسهای مهارشده با عرشه آویزان استفاده نماید.

www.mirjalili.net



شکل ۱۳-۱- مقادیر K برای کمانش قوس‌ها در صفحه

www.mirjalili.net



شکل ۱۳-۲- مقادیر K برای کمانش در صفحه قوسهای مهارشده با عرشه آویزان

۱۳-۲- ترکیب نیروی محوری و لنگر خمشی

تحت اثر ترکیب نیروی محوری و لنگر خمشی، مقطع تیر باید طوری انتخاب گردد که رابطه زیر را اقناع نماید:

$$\frac{f_a}{F_a}+\frac{f_b}{F_b}\le 1 \qquad (۳-۱۳)$$

که درآن:

f_a = تنش ناشی از نیروی محوری فشاری

f_b = تنش ناشی از لنگر خمشی با منظورکردن ضریب تشدید لنگر طبق رابطه ۱۳-۱

F_a = تنش فشاری مجاز

F_b = تنش خمشی مجاز

۱۳-۳- کمانش در صفحه قائم

برای کمانش در صفحه قائم (صفحه قوس)، F_a از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$F_a=\frac{F_y}{2.12}\left[1-\frac{(\frac{KL}{r})^2F_y}{4\pi^2E}\right]=\frac{F_y}{2.12}\left[1-\frac{\lambda^2F_y}{80\times10^6}\right] \qquad (٤-۱۳)$$

$$\lambda=\frac{KL}{r}\ (\text{ضریب لاغری})$$

تمام نمادهای رابطه فوق، در زیر رابطه ۱۳-۲ تعریف شده‌اند.

F_y = تنش تسلیم مصالح قوس (kg/cm^2)

www.mirjalili.net

۱۳-٤- کنترل اثر لاغری جانبی

اثر لاغری جانبی باید مورد مطالعه قرار گیرد. قوسهای مهارشده که در آنها کش و عرشه بصورت معلق است، تحت تشدید لنگر نمی‌باشند.

۱۳-۵- ورق جان

۱۳-۵-۱- نسبت ارتفاع به ضخامت ورق جان در صورت عدم تعبیه سخت‌کننده‌های طولی، نباید از مقدار زیر تجاوز نماید:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{1325}{\sqrt{f_a}} \le 60 \qquad (۵-۱۳)$$

h = ارتفاع جان

t_w = ضخامت ورق جان

f_a = تنش فشاری یکنواخت ناشی از نیروی محوری

۱۳-۵-۲- در صورتیکه یک سخت‌کننده طولی در وسط ارتفاع جان قرارداده شود، نسبت ارتفاع به ضخامت جان نباید از مقدار زیر تجاوز نماید:

$$\frac{h}{t_w} \le \frac{1985}{\sqrt{f_a}} \le 90 \qquad (٦-۱۳)$$

ممان اینرسی سخت کننده نسبت به صفحه جان (پای سخت‌کننده) نباید از مقدار زیر کمتر باشد:

$$I_s = 0.75 h t_w^3 \qquad (۷-۱۳)$$

۱۳-۵-۳- اگر دو سخت کننده طولی در نقاط $\frac{۱}{۳}$ ارتفاع جان تعبیه گردد، نسبت ارتفاع به ضخامت جان نباید از مقدار زیر تجاوز نماید:

$$\frac{h}{t_w} \le \frac{2650}{\sqrt{f_a}} \le 120 \qquad (۸-۱۳)$$

ممان اینرسی سخت‌کننده نسبت به صفحه جان (پای سخت‌کننده) نباید از مقدار زیر کمتر گردد:

$$I_s = 2.2 h t_w^3 \qquad (۹-۱۳)$$

www.mirjalili.net

۱۳-۵-٤- نسبت عرض به ضخامت هر قسمت برجسته از سخت‌کننده جان نباید از مقدار زیر تجاوز نماید:

$$\frac{b'}{t_s} = \frac{430}{\sqrt{f_a + \frac{f_b}{3}}} \le 12 \qquad (۱۰-۱۳)$$

۱۳-۵-۵- روابط مربوط به ورق جان در محدوده زیر قابل استفاده هستند:

$$0.2 \le \frac{f_b}{f_a + f_b} \le 0.7 \qquad (۱۱-۱۳)$$

۱۳-٦- ورق بال

۱۳-٦-۱- در قوسها با مقطع جعبه‌ای، نسبت عرض به ضخامت بال (b/t_f) درحدفاصل دو جان، نباید بزرگتر از مقدار زیر باشد:

$$\frac{b}{t_f} = \frac{1125}{\sqrt{f_a + f_b}} \le 47 \qquad (۱۲-۱۳)$$

۱۳-٦-۲- نسبت عرض به ضخامت قسمت برجسته بال، نباید از مقدار زیر تجاوز نماید:

$$\frac{b'}{t_f} = \frac{430}{\sqrt{f_a + f_b}} \le 12 \qquad (۱۳-۱۳)$$

۱۳-۷- طول موثر کمانش در پرتال انتهایی

طول موثر کمانش برای کمانش جانبی قسمت ابتدایی قوس که عضو ستونی پرتال انتهایی را تشکیل می‌دهد (شکل ۱۳-۳) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{طول موثر کمانشی} = \beta h \qquad (۱٤-۱۳)$$

در رابطه فوق:

h = طول ظاهری قسمت ستونی پرتال انتهایی

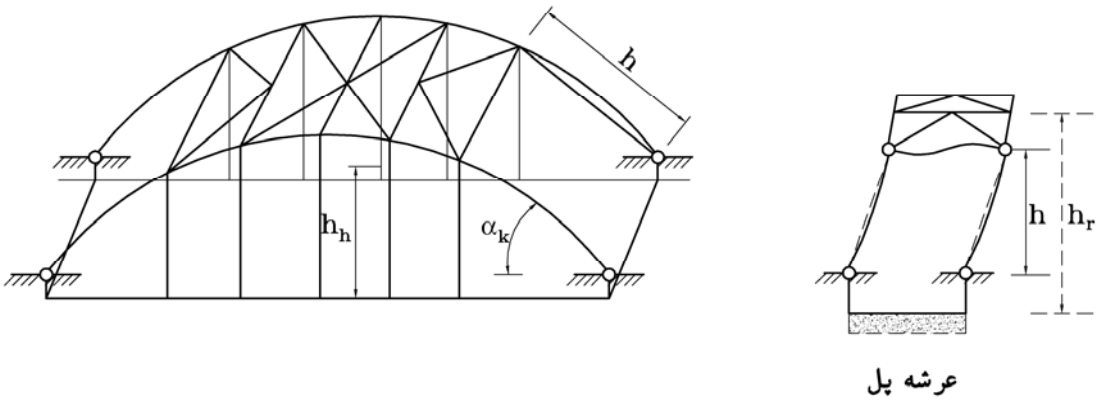
β = ضریب طول موثر کمانش

ضریب طول موثر β برحسب شرایط گیرداری، از یکی از حالات شکل ۱۳-٤ بدست می‌آید. در این شکل داریم:

I = ممان اینرسی قسمت ستونی پرتال (انتهای قوس) در حول محور کمانش

www.mirjalili.net

I_o = ممان اینرسی تیرعرضی



شکل ۱۳-۳- پرتال انتهایی

h_r = ارتفاعی که از رابطه زیر بدست می‌آید:

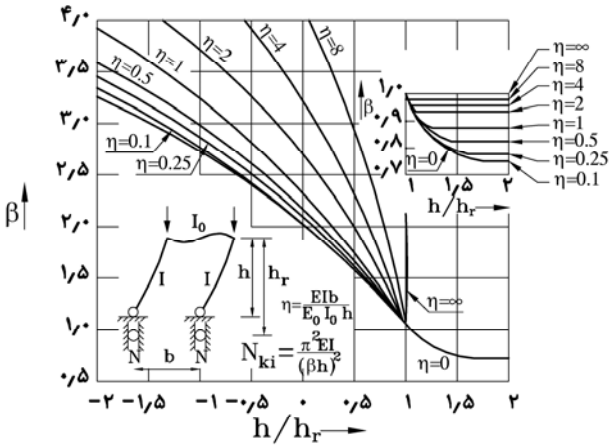
$$h_r = h_H / \sin \alpha_k \qquad (۱۵-۱۳)$$

α_k = زاویه قسمت ابتدایی قوس

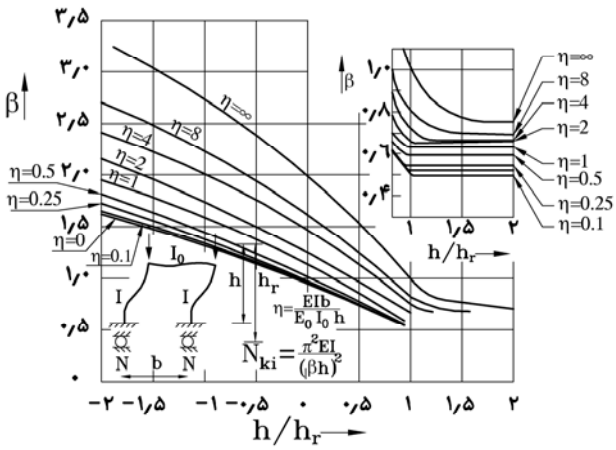
h_H = ارتفاع متوسط آویز

نسبت h/h_r وقتی منفی است که تیر قوس مستقیماً به پایه متصل نیست، یعنی تیرحمال عرشه به روی پایه متکی است و تیر قوس به تیرحمال عرشه متصل می‌باشد. در این حالت وضعیت کمانشی بحرانی‌تر است.

www.mirjalili.net

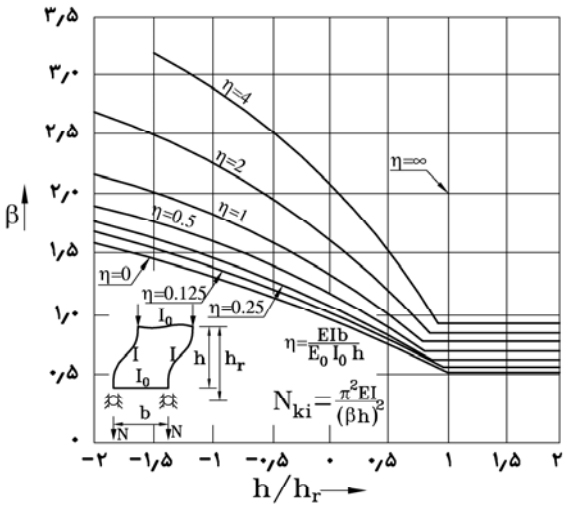


الف:پای مفصل



ب: پای گیردار

$$\eta=\frac{(\frac{EI}{h})_{\text{ستون}}}{(\frac{EI_0}{b})_{\text{تیر}}}$$



پ: پای ستون به طور صلب به تیر عرضی تحتانی متصل است

شکل ۱۳-٤- ضریب طول موثر برای پرتال انتهایی

www.mirjalili.net

www.mirjalili.net

فصل چهاردهم
تیرهای خمیده

۱۴-۱- کلیات

مطالب این بخش شامل تیرهای فولادی I و جعبه‌ای، مختلط و یا غیرمختلط، مربوط به عرشهٔ پل‌هایی می‌شود که در پلان، دارای انحنا بوده و از این پس تیرهای خمیده نامیده می‌شوند.

مقررات این بخش شامل مقاطع I شکل نورد شده و یا ساخته شده و نیز مقاطع جعبه‌ای بوده و در پل‌های با دهانه‌های ساده و یا یکسره با طول دهانه متوسط قابل اعمال می‌باشد.

۱۴-۲- بارگذاری و مبانی طراحی

در طرح تیرهای خمیده عرشه پل‌های فولادی علاوه بر مقررات بندهای ۱-۱، ۱-۳ این آیین‌نامه که باید برای طراحی مورد استفاده قرار گیرد توجه به موارد زیر نیز ضروری است.

۱۴-۲-۱- نیروهای برخاست

در تحلیل نیروهای بخش‌های مختلف پل‌های خمیده، تشخیص بحرانی‌ترین حالت اعمال بارهای زنده که منتهی به حداقل واکنش‌های تکیه‌گاهی می‌گردد ضروری بوده و نیروهای برخاست و بلندشدن عرشه پل در محل تکیه‌گاه باید مدنظر قرار گرفته و پیش‌بینی‌های لازم انجام شود.

هنگامی که حداقل واکنش تکیه‌گاهی در اثر بار زنده بیش از دو خط عبور بوجود می‌آید، کاهش بار زنده نباید صورت گیرد.

۱۴-۲-۲- مبانی طراحی

در تعیین نیروها و لنگرهای خمشی و پیچشی ناشی از بارهای مختلف اعمال شده به عرشه پل، باید از روش‌های تحلیل سازه مناسب استفاده شود که تنش‌های ناشی از پیچش غیریکنواخت و پیچش تابیدگی را نیز مدنظر قرار دهد.

۱۴-۲-۳- پیش‌بینی تغییرمکان‌های حرارتی

در طراحی عرشه پل‌های خمیده باید امکان تغییرمکان‌های حرارتی در امتداد شعاعی در تکیه‌گاه‌ها مدنظر قرار گیرد. در حالت کلی این جهت‌های شعاعی بر محور تقارن تیرها در تکیه‌گاه‌ها مماس نخواهند بود.

www.mirjalili.net

۱۴-۲-۴- دیافراگم‌ها و مهاربندی‌های جانبی

در طرح عرشه پل‌های خمیده علاوه بر دیافراگم‌ها و مهاربندی‌های تکیه‌گاهی، حداقل دو مهاربند یا دیافراگم عرضی در داخل دهانه یا در فواصل مساوی و یا کوچکتر از ۷/۵ متر لازم است.

جهت سیستم‌های مهاربندی در عرشه‌ها به فصل پنجم و فصل ششم رجوع شود.

۱۴-۲-۵- خستگی

در طراحی تیرهای خمیده نیز باید مقررات فصل ۱۱ این آیین‌نامه مورد استفاده قرار گیرد.

۱۴-۳- تیرهای خمیده I شکل

۱۴-۳-۱- کلیات

مقررات این بخش شامل تیرهای ساخته شده به وسیله پرچ و پیچ نمی‌باشد. تیرهای خمیده I شکل می‌توانند به صورت غیرمختلط و یا مختلط با دال بتنی و اتصالات برشگیر و یا بصورت تیرهای دوگانه طراحی گردند.

۱۴-۳-۲- تنش‌های مجاز قائم در بال تیرهای I شکل غیرمختلط

۱۴-۳-۲-۱- تنش‌های فشاری

نسبت عرض بال فشاری به ضخامت آن نباید از مقدار زیر تجاوز کند.

$$\frac{b}{t} = \frac{1160}{\sqrt{F_y}} \qquad (۱-۱۴)$$

که درآن:

b = عرض بال فشاری (سانتیمتر)

t = ضخامت بال فشاری (سانتیمتر)

F_y = تنش تسلیم فولاد بال (کیلوگرم برسانتیمترمربع)

تنش فشاری نباید از مقدار بدست آمده از رابطه زیر تجاوز نماید.

$$F_b = 0.55F_y\left[1 - \frac{(L/r)^2 F_y}{4\pi^2 E}\right]\rho_B\rho_w \qquad (۲-۱۴)$$

www.mirjalili.net

که درآن:

L = طول مهار نشده بال فشاری (سانتیمتر)

r = شعاع ژیراسیون بال فشاری حول محوری که در صفحه جان قرار دارد. (سانتیمتر)

E = ضریب ارتجاعی فولاد

ضریب $\rho_B \rho_w$ که ضریب کاهش در تنش مجاز بواسطه انحنا می‌باشد از طریق روابط زیر بدست آمده و در عین حال مقادیر مختلف آن نیز در جدول ۱۴-۱ ارائه شده است.

$$\rho_B = \frac{1}{1+\left(\frac{L}{R}\right)\left(\frac{L}{b}\right)} \qquad (۱۴-۳)$$

$$\rho_w = \frac{1}{1-\left(\frac{f_w}{f_b}\right)\left(1-\frac{75L}{b}\right)} \qquad (۱۴-۴)$$

$$\rho_w = \frac{0.95+\frac{(L/b)}{30+8000[0.1-(L/R)^2]}}{1+0.6(f_w/f_b)} \qquad (۱۴-۵)$$

که در روابط بالا:

R = شعاع انحنای جان تیر (سانتیمتر)

و L و b مطابق تعریف قبلی می‌باشد.

$\frac{f_w}{f_b}$ نسبت تنش قائم در گوشه بال ناشی از پیچش تابیدگی به تنش خمشی در بال می‌باشد، که به شرح زیر تعیین می‌گردد.

هنگامی که f_w در گوشه دور از مرکز انحنا فشاری است:

$$\frac{f_w}{f_b} > 0 \qquad (۱۴-۶)$$

هنگامی که f_w در گوشه نزدیک به مرکز انحنا فشاری است:

$$\frac{f_w}{f_b} < 0 \qquad (۱۴-۷)$$

www.mirjalili.net

جدول ۱۴-۱- ضریب کاهش $\rho_b \rho_w$ برای تنش مجاز ناشی از انحنا

$\frac{L}{R}$	$\frac{f_w}{f_b}$	L / b										
		۷	۸	۹	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴
۰/۰۰۸	۰/۵۰	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۷	/۷۷	/۷۷
	۰/۲۵	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷
	۰/۰۰	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۱	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۸۵	/۸۴
	-۰/۲۵	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۲
	-۰/۵۰	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۳
۰/۰۱۰	۰/۵۰	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۵
	۰/۲۵	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴
	۰/۰۰	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۸۱
	-۰/۲۵	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۶۹
	-۰/۵۰	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۰
۰/۰۱۴	۰/۵۰	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۷۰
	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۱	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۷۹
	۰/۰۰	۰/۹۱	۰/۹۰	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۵
	-۰/۲۵	۰/۷۴	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۴
	-۰/۵۰	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۵۶	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۶
۰/۰۱۸	۰/۵۰	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۷۰	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۶
	۰/۲۵	۰/۸۰	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۵
	۰/۰۰	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۷۰
	-۰/۲۵	۰/۸۲	۰/۸۱	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۶۰
	-۰/۵۰	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۲
۰/۰۲۲	۰/۵۰	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۶۳
	۰/۲۴	۰/۷۸	۰/۷۸	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۱
	۰/۰۰	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۶۵
	-۰/۲۵	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۶
	-۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۹
۰/۰۲۶	۰/۵۰	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۶۰
	۰/۲۵	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۶۹	۰/۶۸
	۰/۰۰	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۲
	-۰/۲۵	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۳
	-۰/۵۰	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۶
۰/۰۳۰	۰/۵۰	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۸
	۰/۲۵	۰/۷۶	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۶
	۰/۰۰	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۰	۰/۵۸
	-۰/۲۵	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۰
	-۰/۵۰	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۷۳
۰/۰۴۰	۰/۵۰	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۴	۰/۵۳
	۰/۲۵	۰/۷۳	۰/۷۲	۰/۷۱	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۶۰
	۰/۰۰	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۱
	-۰/۲۵	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۴
	-۰/۵۰	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۸

www.mirjalili.net

ادامه جدول ۱۴-۱- ضریب کاهش $\rho_b \rho_w$ برای تنش مجاز ناشی از انحنا

$\frac{L}{R}$	$\frac{f_w}{f_b}$	L / b										
		۷	۸	۹	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴
۰/۰۵۰	۰/۵۰	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۰
	۰/۲۵	۰/۷۰	۰/۶۹	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۵
	۰/۰۰	۰/۴۸	۰/۷۱	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۵
	-۰/۲۵	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۳۶
	-۰/۵۰	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۴
۰/۰۶۰	۰/۵۰	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۴۸
	۰/۲۵	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۵۴	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۴۹
	۰/۰۰	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۱
	-۰/۲۵	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۵
	-۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۱
۰/۰۷۰	۰/۵۰	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۶
	۰/۲۵	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۵
	۰/۰۰	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۳۷
	-۰/۲۵	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۲
	-۰/۵۰	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۸
۰/۰۸۰	۰/۵۰	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۴
	۰/۲۵	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۱
	۰/۰۰	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۴
	-۰/۲۵	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۲۶
	-۰/۵۰	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۶
۰/۰۹۰	۰/۵۰	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۲
	۰/۲۵	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۸
	۰/۰۰	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۲
	-۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۷
	-۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۴
۰/۱۰۰	۰/۵۰	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۴۰
	۰/۲۵	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۳۵
	۰/۰۰	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۲۹
	-۰/۲۵	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۵
	-۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۲

www.mirjalili.net

تبصرهٔ ۱: هنگامی که $f_w/f_b > 0$ باشد، کوچکترین مقدار بدست آمده از روابط (۱۴-۴) و (۱۴-۵) ملاک عمل خواهد بود.

تبصرهٔ ۲: هنگامی که $f_w/f_b < 0$ باشد، مقدار بدست آمده از رابطه (۱۴-۴) ملاک عمل خواهد بود.

در هیچ حالتی نباید حداکثر تنش قائم در گوشه بال $(f_w + f_b)$ از F_y ۰/۵۵ تجاوز کند.

تبصرهٔ ۳: در محاسبه مقدار تنش مجاز از رابطه (۱۴-۲)، بزرگترین مقدار لنگر خمشی در هر یک از دو سرعضو بعلاوه مقدار f_w در آن نقطه، باید مورد استفاده قرار گیرد.

تبصرهٔ ٤: در نقطه با تنش خمشی حداکثر باید رابطه زیر برقرار باشد.

$$\left|\frac{f_w}{f_b}\right| \le 0.5 \qquad (۱۴-۸)$$

و همین‌طور:

$$\frac{L}{b} \le 25 \qquad (۱۴-۹)$$

و

$$\frac{L}{R} \le 0.1 \qquad (۱۴-۱۰)$$

۱۴-۳-۲-۲- تنش کششی

در گوشه بال کششی محدودیت زیر حاکم است.

$$f_w + f_b \le 0.55 F_y \qquad (۱۴-۱۱)$$

۱۴-۳-۳- تنش برشی مجاز

تنش برشی مجاز در جان تیرهای خمیده از رابطه زیر تعیین می‌گردد.

$$F_v = \frac{C_v}{3} F_y \qquad (۱۴-۱۲)$$

که درآن:

F_v = تنش برشی مجاز (کیلوگرم برسانتیمترمربع)

F_y = تنش تسلیم فولاد جان (کیلوگرم برسانتیمترمربع)

C_v = نسبت تنش کمانش برشی طبق روابط ٤-۱۸، ٤-۱۹ و ٤-۲۰

www.mirjalili.net

۱٤-۳-٤- نسبت ضخامت به ارتفاع جان

الف: شاه‌تیرهای فاقد سخت‌کننده طولی

در تیرهای خمیده، نسبت ضخامت ورق جان به ارتفاع آن نباید کمتر از مقدار حاصل از رابطه زیر باشد:

$$\frac{t_w}{D} = \frac{\sqrt{F_b}}{15330} \times \frac{1}{1 - 4(d_o / R)} \geq \frac{1}{170} \qquad (۱۳-۱٤)$$

که درآن:

F_b = تنش مجاز بدست آمده از رابطه (۱٤-۲)

D = ارتفاع جان (سانتیمتر)

d_o = فاصله موجود بین سخت‌کننده‌های جانبی (سانتیمتر)

R = شعاع انحنای جان شاه‌تیر (سانتیمتر)

ب: شاهتیرهای دارای سخت‌کننده طولی

نسبت ضخامت ورق جان به ارتفاع آن در تیرهای خمیده که دارای یک سخت‌کننده طولی در ناحیه تنش فشاری هستند، نباید از مقدار تعیین شده از رابطه زیر کمتر باشد.

$$\frac{t_w}{D} = \frac{\sqrt{F_b}}{30600} \times \frac{1}{1 - 2.9(d_o / R) + 2.2(d_o / R)} \geq \frac{1}{340} \qquad (۱٤-۱٤)$$

D = ارتفاع آزاد جان بین بال و سخت‌کننده طولی

۱٤-۳-٥- سخت‌کننده‌های عرضی میانی

در تیرهای خمیده، ممان اینرسی سخت‌کننده‌های عرضی نباید از مقدار بدست آمده از رابطه زیر کمتر باشد:

$$I = 3.82\ d_o\ t^3_w\ J \qquad (۱٥-۱٤)$$

به طوری‌که:

I = حداقل ممان اینرسی لازم برای هر نوع سخت‌کننده عرضی میانی (سانتیمتر به توان ٤)

d_o = فاصلهٔ موجود بین سخت‌کننده‌های عرضی (سانتیمتر)

t_w = ضخامت ورق جان (سانتیمتر)

J = نسبت سختی مورد نیاز برای یک سخت‌کننده عرضی به ورق جان که از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$J = (0.01\ D^2 - 20)(X) \qquad (۱٦-۱٤)$$

www.mirjalili.net

به طوری که:

D = ارتفاع جان (سانتیمتر)

X = ضریبی است که به شرح زیر تعیین می‌گردد.

الف: هنگامی که $\frac{d}{D} \leq 0.78$ باشد:

$$X = 1.0 \qquad (۱۷-۱٤)$$

ب: هنگامی که $0.78 \leq \frac{d}{D} < 1.0$ و $0 \leq Z \leq 10$ باشد:

$$X = 1.0 + \frac{[(d/D) - 0.78]Z^4}{1775} \qquad (۱۸-۱٤)$$

در روابط فوق:

d = فاصله مورد نیاز بین سخت‌کننده‌های عرضی (سانتیمتر)

Z = ضریبی است که طبق رابطه زیر تعیین می‌گردد.

$$Z = 242\frac{d^3}{R.t_w} \qquad (۱۹-۱٤)$$

به طوری که:

R = شعاع انحنای جان تیرورق (سانتیمتر)

و d و t_w مطابق تعریف قبل می‌باشند.

۱٤-۳-٦- ضخامت ورق سخت‌کننده‌های عرضی

ضخامت ورق این سخت‌کننده‌ها نباید از مقدار بدست آمده از رابطه زیر کمتر باشد:

$$t_s = \frac{b'\sqrt{F_y}}{682} \qquad (۲۰-۱٤)$$

که درآن:

t_s = ضخامت ورق سخت‌کننده عرضی (سانتیمتر)

b' = طول قسمت برجسته ورق سخت‌کننده (سانتیمتر)

F_y = تنش تسلیم فولاد (کیلوگرم برسانتیمترمربع)

www.mirjalili.net

۱٤-۳-۷- سخت‌کننده‌های طولی

علاوه بر مقررات مربوط به سخت‌کننده‌های طولی، شعاع ژیراسیون سخت‌کننده‌های جان تیرهای خمیده، نباید از مقدار زیر کمتر باشد:

$$r = \frac{d_o \sqrt{F_y}}{15330} \qquad (۲۱-۱٤)$$

که در رابطه فوق d_o و F_y مطابق تعاریف قبلی می‌باشند.

۱٤-٤- تیرهای خمیده مختلط با مقطع I شکل

۱٤-٤-۱- کلیات

مطالب این بخش شامل دستورالعمل‌های مربوط به طراحی تیرهای مختلط با مقطع I شکل می‌باشد که توسط اتصالات برشگیر به دال بتنی متصل شده‌اند. علاوه بر مقررات فصل پنجم، دستورالعمل‌های این بخش نیز باید در طراحی مدنظر قرار گیرد.

جهت تعیین عرض موثر دال بتنی مطابق بند ۵-۹ عمل می‌شود.

۱٤-٤-۲- طراحی اتصالات برشگیر

اتصالات برشگیر برمبنای خستگی محاسبه شده و برای مقاومت نهایی کنترل می‌گردد.

۱٤-٤-۲-۱- طراحی اتصالات برشگیر برای خستگی

طراحی اتصالات برشگیر برای خستگی باید مطابق بند ۵-۱۵-۷ انجام شود.

۱٤-٤-۲-۲- طراحی اتصالات برشگیر برای مقاومت نهایی

تعداد اتصالات برشگیر لازم بین نقاط لنگر مثبت حداکثر و تکیه‌گاه‌های انتهایی یا نقاط عطف بار مرده باید در رابطه زیر صدق کند.

$$P_c \le \phi S_u \qquad (۲۲-۱٤)$$

که درآن:

ϕ = ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۸۵

S_u = مقاومت نهایی یک اتصال برشگیر مطابق بند ۵-۱۵-۸

P_c = نیروی برشی افقی که باید انتقال داده شود و بشرح زیر تعیین می‌گردد.

$$P_c = \sqrt{\overline{P}^2 + F^2 + 2\overline{P}F.\sin\frac{\theta}{2}} \qquad (۲۳-۱٤)$$

www.mirjalili.net

$$\overline{P} = \frac{P}{N} \qquad (۲۴-۱۴)$$

الف: مقدار P در نقاط لنگر حداکثر مثبت کوچکترین دو مقدار زیر می‌باشد.

$$P_1 = 0.85\ f_c\ b\ t_s \qquad (۲۵-۱۴)$$

$$P_2 = A_s\ F_y \qquad (۲۶-۱۴)$$

ب: مقدار P در نقاط لنگر حداکثر منفی با رابطه زیر تعیین می‌گردد.

$$P = A_{sr}\ F_{yr} \qquad (۲۷-۱۴)$$

در روابط فوق:

f_c = مقاومت فشاری مشخصه بتن (کیلوگرم برسانتیمترمربع)

A_s = سطح مقطع کل مقطع فولادی شامل ورق‌های تقویتی (سانتیمترمربع)

F_y = تنش تسلیم فولاد (کیلوگرم برسانتیمترمربع)

b = عرض موثر بال فشاری (سانتیمتر)

t_s = ضخامت دال بتنی (سانتیمتر)

A_{sr} = سطح مقطع کل میلگردهای طولی دال، که در عرض موثر بال قرار گرفته و از آنها در ناحیه لنگر منفی در تعیین لنگر مقاوم خمشی، استفاده شده است.

F_{yr} = تنش تسلیم میلگردهای طولی

N = تعداد اتصالات برشگیر بین نقاط لنگر مثبت حداکثر و تکیه‌گاه‌های مجاور انتهایی و یا نقاط عطف مربوط به بار مرده، یا بین نقاط حداکثر لنگر منفی و نقاط عطف بار مرده مجاور

$$F = \frac{P(1-\cos\theta)}{4k \times N_s \times \sin\frac{\theta}{2}}$$

θ = زاویه محصور بین نقاط حداکثر لنگر مثبت یا منفی و نقطه عطف یا تکیه‌گاه مجاور

N_s = تعداد اتصالات برشگیر در یک مقطع

$$k = 0.166\left(\frac{N}{N_s} - 1\right) + 0.375$$

www.mirjalili.net

۱٤-۵- تیرهای خمیده دوگانه

۱٤-۵-۱- کلیات

مطالب این بخش شامل دستورالعمل‌های طراحی تیرهای خمیده دوگانه‌ای می‌شود که مقطع آنها دارای محور تقارن قائم در میان‌صفحه ورق جان می‌باشد. علاوه بر مقررات بند ٤-۱۹ باید از دستورالعمل‌های این بخش نیز استفاده شود.

۱٤-۵-۲- تنش‌های مجاز

۱٤-۵-۲-۱- تنش‌های خمشی در تیرهای غیرمختلط

در صورتی که تنش در هر یک از بال‌ها از حاصل‌ضرب تنش مجاز حاصل از روابط ارائه شده در این آیین‌نامه و ضریب کاهش R بیشتر نگردد، تنش خمشی در جان می‌تواند از مقدار تنش خمشی مجاز بیشتر باشد.

ضریب کاهش R طبق رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$R = 1 - \frac{\beta\psi(1-\alpha')^2(3-\psi+\psi\alpha')}{6+\beta\psi(3-\psi)} \qquad (۲۸-۱٤)$$

β = نسبت مساحت جان به مساحت بال کششی

ψ = نسبت فاصله تار خارجی بال کششی تا محور خنثای مقطع (مقطع تبدیل یافته برای تیرهای مرکب به ارتفاع مقطع فولادی)

α' = نسبت تنش تسلیم فولاد جان به تنش تسلیم فولاد بال کششی

$$\alpha' = \alpha\left(1+\left|\frac{f_w}{f_b}\right|_t\right) \qquad (۲۹-۱٤)$$

$\left|\frac{f_w}{f_b}\right|_t$ = قدر مطلق نسبت تنش کششی گوشه بال ناشی از پیچش تابیدگی به تنش خمشی بال کششی

اگر $\left|\frac{f_w}{f_b}\right|_t \geq \frac{1-\alpha}{\alpha}$ باشد، R=1 خواهد بود.

۱٤-۵-۲-۲- تنش‌های خمشی در تیرهای مختلط

در ناحیه لنگر مثبت تیرهای مختلط در صورتی که تنش در بال کششی از مقدار حاصل‌ضرب تنش مجاز رابطه ۱٤-۲ برای فولاد بال و ضریب کاهش رابطه (۱٤-۲۸) تجاوز نکند، تنش خمشی در جان می‌تواند از تنش مجاز فولاد جان تجاوز کند.

www.mirjalili.net

در محدوده لنگر منفی تیرهای مختلط با دهانه‌های یکسره، در جایی که بال کششی توسط اتصالات برشگیر بـه دال بتنی متصل می‌شود، ضریب کاهش باید توسط رابطه (۱٤-۲۸) و مقادیر α' تعریف شده به شرح زیر تعیین گردد.

الف: وقتی که $\left|\frac{f_w}{f_b}\right|_c \le \frac{2\psi-1}{1-\psi}$ باشد:

$$\alpha' = \alpha \qquad (۱٤-۳۰)$$

ب: وقتی که $\frac{2\psi-1}{1-\psi} < \left|\frac{f_w}{f_b}\right|_c < \frac{\psi}{\alpha(1-\psi)}$ باشد:

$$\alpha' = \alpha\left[1+\left|\frac{f_w}{f_b}\right|_c\right]\frac{1-\psi}{\psi} \qquad (۱٤-۳۱)$$

در روابط فوق α و ψ مطابق تعریف قبل می‌باشند.

$\left|\frac{f_w}{f_b}\right|_c$ = قدر مطلق نسبت تنش فشاری گوشه بال ناشی از پیچش تابیدگی به تنش خمشی بال فشاری.

اگر $\left|\frac{f_w}{f_b}\right|_c \ge \frac{\psi}{a(1-\psi)}$ باشد، R=1 خواهد بود.

در ارتباط با مقادیر R به شکل‌های ۱٦-۱ و ۱٦-۲ رجوع شود.

۱٤-۵-۳- برش

تنش برشی در جان نباید از تنش برشی مجاز برای فولاد جان تجاوز کند.

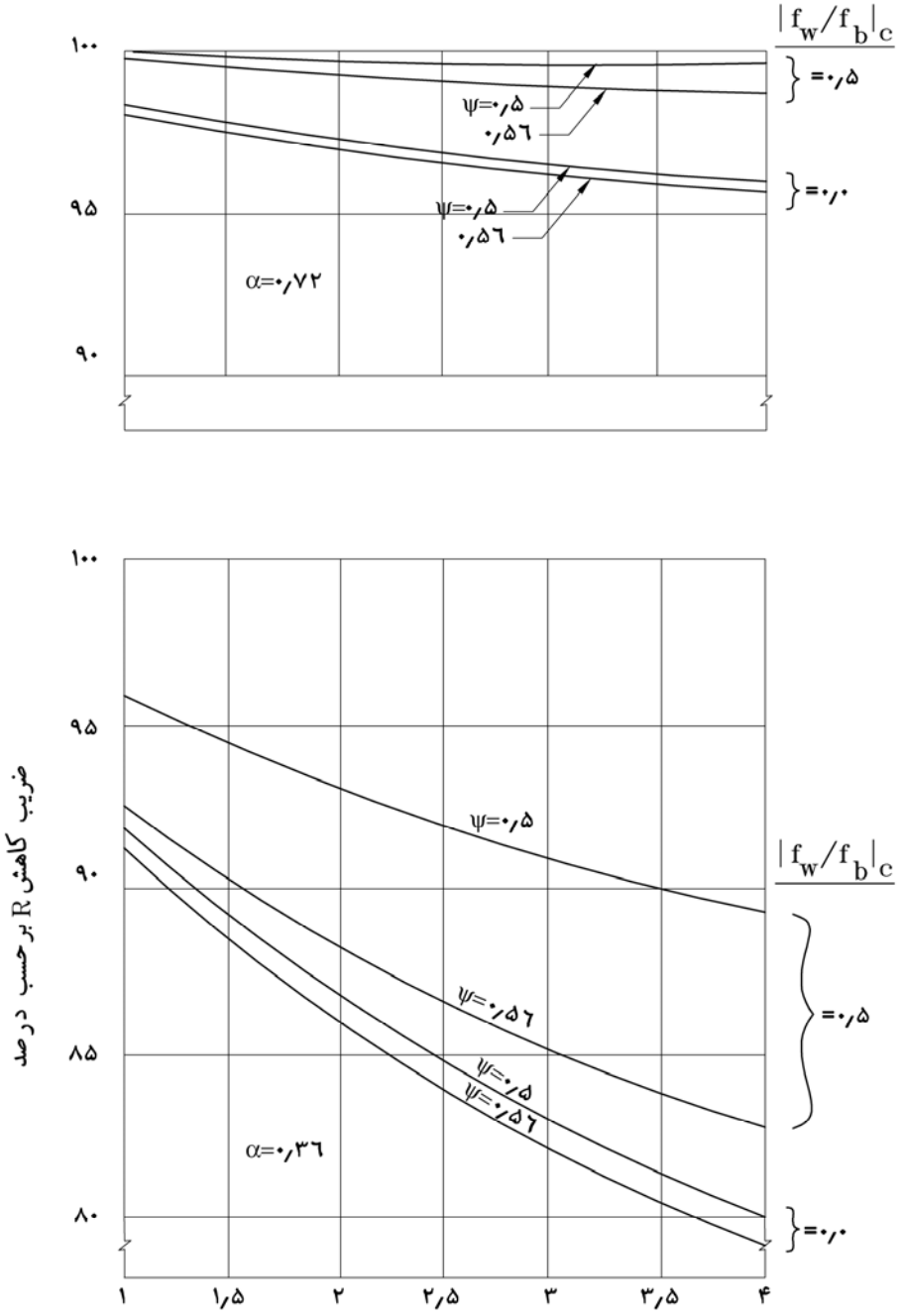
۱٤-۵-٤- خستگی

طراحی برای خستگی باید مطابق مقررات فصل یازدهم باشد.

۱٤-۵-۵- نسبت‌های عرض به ضخامت

درمحاسبه نسبت‌های عرض به ضخامت مجاز برای جان و بال، f_b های موجود در روابـط بایـد بـر R تقسـیم گردد.

www.mirjalili.net

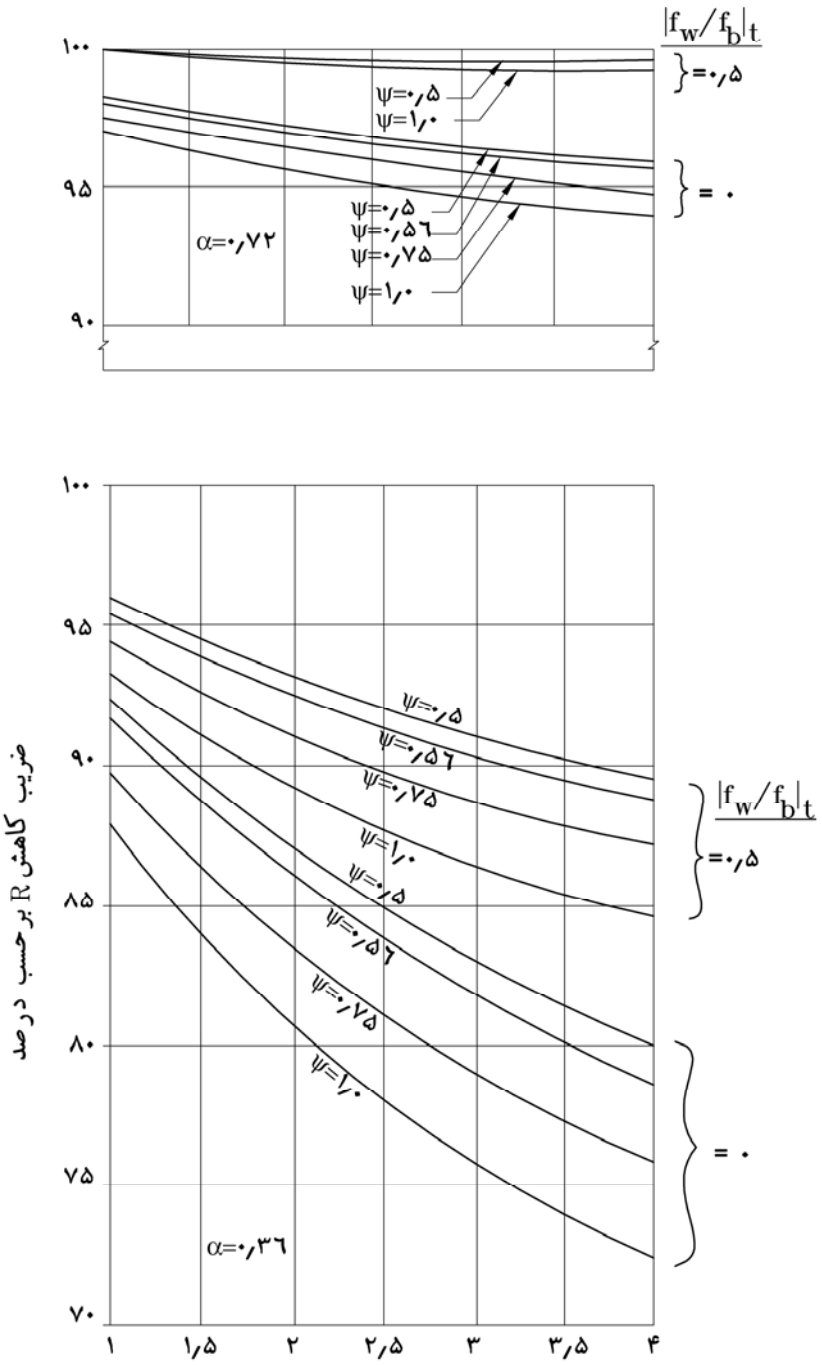


نسبت سطح جان به سطح بال کششی، β

ضرایب کاهش تیرهای دوگانه در ناحیه لنگر منفی شاه‌تیرهای مرکب

شکل ۱۴-۱- نمودار ضریب کاهش در تیرهای دوگانه

www.mirjalili.net



نسبت سطح جان به سطح بال کششی، β

ضرایب کاهش تیرهای دوگانه در شاه‌تیرهای غیرمرکب و ناحیه لنگر مثبت شاه‌تیرهای مرکب

شکل ۱۴-۲- نمودار ضریب کاهش در تیرهای دوگانه

www.mirjalili.net

۱۴-۶- تیرهای جعبه‌ای خمیدهٔ مختلط

۱۴-۶-۱- کلیات

مقررات این بخش شامل ضوابط طراحی تیرهای جعبه‌ای چندتایی، در دهانه‌های ساده و یکسره، با طول دهانه متوسط در پل‌های خمیده می‌باشد. در طراحی تیرهای جعبه‌ای خمیدهٔ مختلط علاوه بر دستورالعملهای فصل ۶ این آیین‌نامه، موارد زیر نیز باید مدنظر قرار گیرد.

۱۴-۶-۲- بارگذاری

۱۴-۶-۲-۱- کلیات

بارگذاری این نوع پل‌ها می‌بایست مطابق بند ۱-۳ صورت گرفته و موارد زیر نیز در مورد آنها اعمال گردد.

۱۴-۶-۲-۲- اثر ضربه

ضریب ضربه بواسطه بارهای متحرک و نیز نیروی گریزازمرکز باید مطابق جدول ۱۴-۲ درنظر گرفته شود.

جدول ۱۴-۲- ضرایب ضربه در تیر جعبه‌های خمیده

مقدار	ضریب ضربه I
عکس‌العمل‌ها	۲/۰۰
تنش‌های مستقیم در جان جعبه و ورق‌های تحتانی	۱/۳۵
تنش‌های مستقیم در دال	۱/۳۰
تنش‌های برشی در جان جعبه	۱/۵۰
تنش در دیافراگم	۱/۵۰
خیزها	۱/۳۰

تبصره: ضرایب ضربه ارائه شده در محدوده تعیین شده زیر قابل اعمال می‌باشد.

متر ۹۰ ≤ طول دهانه ≤ ۳۰ متر

متر ۳۰۰ ≤ شعاع انحنای محور میانی عرشه پل ≤ ۹۰

کیلومتر در ساعت ۱۱۰ ≤ سرعت خودرو

۳ ≤ تعداد شاه‌تیرهای جعبه‌ای

۲ ≤ تعداد دهانه‌های یکسره

۰/۳ ≤ نسبت وزن خودرو به وزن پل

در صورتی که از محدوده‌های فوق تجاوز گردد، باید بررسی دینامیکی اثر ضربه مدنظر قرار گیرد.

www.mirjalili.net

۱۴-۶-۳- مبانی طراحی

در طراحی تیرهای جعبه‌ای خمیده مرکب، اگر ورق‌های جان مقاطع جعبه‌ای توسط یک ورق فولادی بال با سیستم مهاربندی در قسمت فوقانی به یکدیگر متصل شده باشند، مقطع فولادی باید به صورت مقطع بسته، تحت بار بتن تازه و دیگر بارهای اعمال شده ناشی از ساخت و قبل از سخت شدن عرشه بتنی، تحلیل و طراحی گردد. در غیراینصورت مقاطع باید به صورت مقطع باز مورد بررسی قرار گیرند.

جهت تحمل پیچش در عرشه پل‌های با شاه‌تیرهای جعبه‌ای مجزا، پیش‌بینی دیافراگم‌های میانی و تکیه‌گاهی الزامی است.

تنش‌های ناشی از پیچش تابیدگی بویژه در ارتباط با خستگی باید مدنظر قرار گرفته و در صورت لزوم در طراحی پیش‌بینی‌های لازم صورت گیرد.

۱۴-۶-۴- طراحی ورق جان

۱۴-۶-۴-۱- نیروی برش طراحی

نیروی برشی طراحی V_w برای جان، باید برپایه نیروی برشی قائم توأم با لنگر خمشی، V_v و نیروی برشی توام با لنگر پیچشی، V_t در مقطع موردنظر، تعیین گردد.

برای شاه‌تیرهای با جان مورب، مولفه نیروی برشی طراحی توام با لنگر خمشی باید از رابطه زیر محاسبه گردد.

$$V_w = \frac{V_v}{\cos\theta}$$

به طوری که:

V_v = نیروی برشی قائم توأم با لنگر خمشی

θ = زاویه بین ورق جان و محور قائم

نیروی برشی پیچشی باید بسته به جهت پیچش داخلی، به برش خمش هر جان اضافه و یا از آن کسر گردد.

اگر سخت‌کننده‌های عرضی جان موردنیاز باشد، فواصل سخت‌کننده‌ها در جان باید با درنظرگرفتن مقدار کل تنش برشی برای جان موردنظر تعیین گردد. سخت‌کننده‌های عرضی، در جان هر یک از جعبه‌های مجزا، ترجیحاً باید در امتداد خطوط شعاعی قرار گیرد.

www.mirjalili.net

۱۴-۶-۵- طراحی ورق بال پایین

۱۴-۶-۵-۱- بال‌های کششی

علاوه بر ضوابط فصل ٦ این آیین‌نامه، نقطه‌نظرات زیر نیز باید اعمال گردد.

تنش قائم مجاز در بال کششی باید به مقدار زیر محدود گردد.

$$F_b = 0.55F_y\sqrt{1-9.2(f_v/f_y)^2}$$

به طوری که:

f_v = تنش برشی ناشی از پیچش که باید از $\frac{C_v}{3}F_y$ کمتر باشد.

F_y = تنش تسلیم

۱۴-۶-۵-۲- بال‌های فشاری بدون سخت‌کننده

الف: در بال‌های فشاری سخت‌نشده، هر گاه نسبت عرض به ضخامت مساوی یا کمتر از مقدار بدست آمده از رابطه زیر باشد، تنش مجاز قائم همان تنش مجاز قائم بال کششی خواهد بود.

$$\frac{b}{t} = \frac{1620}{\sqrt{F_y}}X$$

به طوری که:

b = عرض بال بین جان‌ها

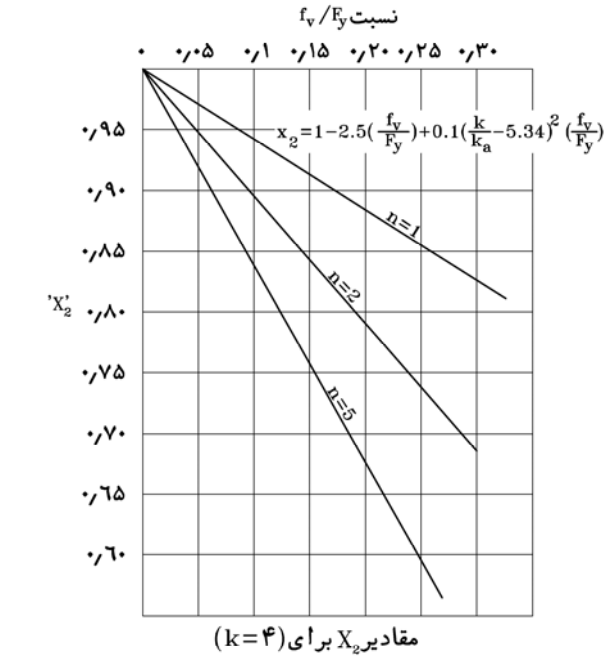
t = ضخامت بال

$$X = 1+\frac{4}{3}\left(\frac{f_v}{F_y}-0.15\right) \geq 1$$

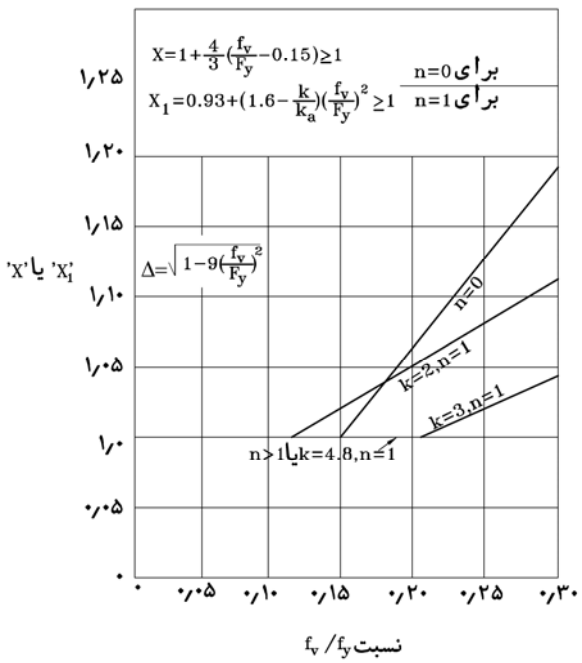
f_v = تنش برش پیچشی در بال

برای تعیین مقادیر X به شکل ۱۴-۳ رجوع شود.

www.mirjalili.net



مقادیر X_2 برای ($k=۴$)



نسبت f_v / f_y

مقادیر X برای بال سخت شده

مقادیر X_1 برای بال سخت نشده

شکل ۱٤-۳- نمودار تعیین مقدار X و X_1 و X_2

www.mirjalili.net

هنگامی که رابطه زیر برقرار باشد.

$$\frac{1620X}{\sqrt{F_y}} < \frac{b}{t} < \frac{3510}{\sqrt{F_y}}$$

تنش قائم در یک بال فشاری سخت‌نشده، نباید از مقدار بدست آمده از رابطه زیر بیشتر باشد.

$$F_b = \left[0.326F_y + 0.224F_y.\sin\left(\frac{\pi}{2}\left(\frac{3510 - (b/t)\sqrt{F_y}}{3510-1620X} \right) \right) \right] \times \Delta$$

به طوری که:

$$\Delta = \sqrt{1 - 9.0(f_v / F_y)^2}$$

ب: هنگامی که رابطه زیر برقرار باشد،

$$\frac{b}{t} > \frac{3510}{\sqrt{F_y}}$$

تنش قائم در بال نباید از کوچکترین دو مقدار زیر بیشتر شود.

$$F_b = 57.6(\frac{t}{b})^2 \times 10^6 \times \Delta$$

$$F_b = 57.6(\frac{t}{b})^2 \times 10^6 - \frac{f_v^2}{113.4(t/b)^2 \times 10^6}$$

Δ مطابق تعریف قبل می‌باشد.

پ: تنش برشی پیچشی f_v، در ورق بال نباید از $\frac{1}{3}F_y$ تجاوز کند و موارد مذکور در بندهای ٦-٣-٢-٤ و ٦-٣-٢-٥ در مورد تیرهای خمیده نیز باید رعایت گردد.

١٤-٦-٥-٣- ورق بال تحتانی در فشار، با سخت‌کننده طولی

الف: تامین سخت‌کننده‌های طولی باید مطابق دستورالعمل‌های بند ٦-٣-٣-١ صورت گیرد.

ب: در صورت استفاده از سخت‌کننده‌های طولی، برای تنش مجاز قائم، نظیر بال کششی، نسبت $\frac{w}{t}$ نباید از مقدار بدست آمده از رابطه زیر تجاوز کند.

$$\frac{w}{t} = \frac{810\sqrt{k}}{\sqrt{F_y}} X_1$$

به طوری که:

www.mirjalili.net

برای $n > 1$ $X_1 = 1$

برای $n = 1$ $X_1 = 0.93 + \left(1.6 - \frac{k}{k_s}\right)\left(\frac{f_v}{F_y}\right) \geq 1$

$$k_s = \frac{5.34 + 2.84\ \sqrt[3]{(I_s / Wt^3)}}{(n+1)^2} \leq 5.34$$

پ: در مورد مقادیر بزرگتر $\frac{w}{t}$ (کمتر از ۶۰ یا $\frac{1755\sqrt{k}}{\sqrt{F_y}} X_2$ هر کدام که کوچکتر باشد)، تنش در بال دارای سخت‌کننده‌های طولی باید از مقدار زیر کمتر باشد:

$$F_b = \left[0.326F_y + 0.224F_y \times \sin\left(\frac{\pi}{2}\left(\frac{1755\sqrt{k}X_2 - (w/t)\sqrt{F_y}}{1755\sqrt{k}X_2 - 810\sqrt{k}X_1}\right)\right)\right]\Delta$$

به طوری که:

$$\Delta = \sqrt{1 - 9.0(\frac{f_V}{F_y})^2}$$

$$X_2 = 1 - 2.13\left(\frac{f_v}{F_y}\right) + 0.1\left[\left(\frac{k}{k_s}\right) - 5.34\right]^2\left(\frac{f_v}{F_y}\right)$$

ت: برای مقادیر $\frac{w}{t}$ بیشتر از $\frac{1755\sqrt{k}}{\sqrt{F_y}} X_2$ و کمتر از ۶۰، تنش در بال دارای سخت‌کننده، نباید از کوچکترین دو مقدار زیر تجاوز کند.

$$F_b = 14.4k(\frac{t}{w})^2 \times \Delta \times 10^6$$

$$F_b = 14.4k(\frac{t}{w})^2 \times \Delta \times 10^6 - \frac{f_v^2 k}{14.4 \times k_s^2 (t/w)^2 \times 10^6}$$

که Δ و k_s مطابق روابط قبل می‌باشند.

www.mirjalili.net

فصل پانزدهم

مسائل ویژه در طرح و محاسبه

۱۵-۱- جان و بالهای تیر در زیر بارهای متمرکز

الف) مبانی طراحی

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

ب) خمش موضعی در بال

در صورتی که ضخامت بال ستون کمتر از مقدار رابطه ۱۵-۱ باشد، در محاذات بال کششی تیری که به ستون متصل می‌شود و یا در وضعیت مشابه در اتصال خرپا، باید یک جفت قطعهٔ سخت‌کننده قرار داد:

$$t = 0.4\sqrt{\frac{P_{bf}}{F_{yc}}} \qquad (۱-۱۵)$$

در این رابطه:

t = ضخامت بال ستون (cm)

F_{yc} = تنش تسلیم فولاد ستون (kg/cm^2)

P_{bf} = نیروی نهایی بال تیر که به ستون وارد می‌شود (kg). مقدار آن A_sF_y است که A_s سطح مقطع بال و F_y تنش تسلیم است.

پ) تسلیم موضعی جان

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

۱- در حالتیکه بار متمرکز، از انتهای عضو در فاصله‌ای بیش از ارتفاع مقطع وارد می‌شود:

$$\frac{R}{t_w(N+5K)} \le 0.55F_y \qquad (۲-۱۵)$$

۲- درحالتی که بار متمرکز در انتها و یا نزدیک به انتهای عضو وارد می‌شود:

$$\frac{R}{t_w(N+2.5K)} \le 0.55F_y \qquad (۳-۱۵)$$

www.mirjalili.net

که درآن:

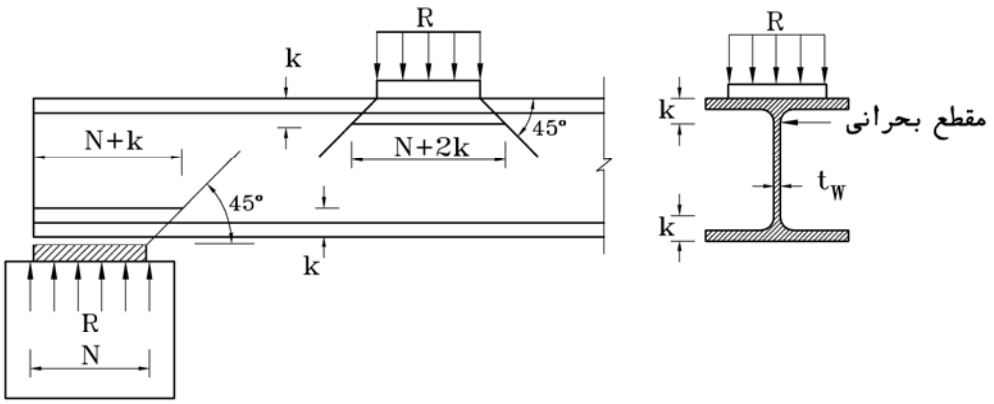
R = بار متمرکز یا عکس‌العمل تکیه‌گاه

t_w = ضخامت جان

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

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

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



شکل ۱۵-۱- تسلیم موضعی جان

ت) لهیدگی در جان

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

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

$$R = 566t_w^2\left[1+3\left(\frac{N}{d}\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{3/2}\right]\sqrt{F_{yw}\frac{t_f}{t_w}} \qquad (۱۵-۴)$$

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

$$R = 285t_w^2\left[1+3\left(\frac{N}{d}\right)\left(\frac{t_w}{t_f}\right)^{3/2}\right]\sqrt{F_{yw}\frac{t_f}{t_w}} \qquad (۱۵-۵)$$

در این روابط:

F_{yw} = تنش تسلیم فولاد جان تیر (kg/cm^2)

www.mirjalili.net

d = ارتفاع کل نیمرخ (cm)

t_f = ضخامت بال (cm)

t_w = ضخامت جان (cm)

ث) کمانش توأم با انتقال جانبی در جان

تعبیه قطعات سخت کننده فشاری در جان تیرهایی که از حرکت جانبی بال توسط مهار جلوگیری نشده و تحت اثر بارهای متمرکز فشاری باشند، هنگامی ضروری است که نیروی متمرکز فشاری از حدود زیر بیشتر شود:

۱. اگر بال بارگذاری شده در مقابل دوران زاویه‌ای نگهداری شده و نسبت $\frac{d_c / t_w}{L / b_f}$ کمتر از ۲/۳ باشد:

$$R = \frac{480 \times 10^3 t_w^3}{h}\left[1 + 0.4\left(\frac{d_c / t_w}{L / b_f}\right)^3\right] \qquad (۶-۱۵)$$

۲. اگر بال بارگذاری شده در مقابل دوران زاویه‌ای نگهداری نشده باشد و نسبت $\frac{d_c / t_w}{L / b_f}$ کمتر از ۱/۷ باشد:

$$R = \frac{480 \times 10^3 t_w^3}{h}\left[0.4\left(\frac{d_c / t_w}{L / b_f}\right)^3\right] \qquad (۷-۱۵)$$

در این روابط:

R = بار متمرکز یا عکس‌العمل تکیه‌گاه (kg)

L = بزرگترین طول بدون تکیه‌گاه جانبی در هر یک از بالها در محل بار متمرکز (cm)

b_f = عرض بال (cm)

$d_c = d-2k$ ارتفاع خالص جان (فاصلهٔ بین انتهای دو ماهیچه جان و بال در روی جان) (cm)

در صورتیکه 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 ۱۵-۶ و ۷ نمی‌باشد.

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

ج) کمانش فشاری در جان

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

www.mirjalili.net

$$\frac{34.5\times10^{3}\,t^{3}_{wc}\sqrt{F_{yc}}}{P_{bf}} \qquad (۸-۱۵)$$

در این رابطه:

t_{wc} = ضخامت جان ستون (cm)

F_{yc} = تنش تسلیم مصالح جان (kg/cm^2)

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

چ) لزوم تعبیه قطعات سخت‌کننده در محل بارهای متمرکز

در صورت عدم اقناع بندهای ب تا ج، باید در جان تیر قطعات سخت کننده بصورت جفت تعبیه گـردد. ایـن سخت‌کننده‌ها باید در تمام ارتفاع جان ادامه داشته و به هر دو بال فوقانی و تحتانی نیز جوش شوند.

در صورت نیاز به قطعات سخت‌کننده، این قطعات باید به صورت ستون فرضی با بار محوری طراحی شـوند. نسبت عرض به ضخامت قطعات سخت‌کننده، باید مقادیر مربوط به عناصر فشاری را برآورده نموده و طول موثر ستون فرضی برابر با h (ارتفاع آزاد جان بین دو بال) در نظر گرفته شود. سطح مقطع این ستون عبارت اسـت از سـطح مقطـع جفت قطعه تقویتی به اضافه نواری از جان که پهنای آن در قطعات تقویتی میانی برابر $18t_w$ و در قطعات تقویتی انتهایی برابر $12t_w$ درنظرگرفته می‌شود.

اگر بار عمود بر امتداد بال به صورت کششی باشد، قطعه سخت‌کننده باید به بالی که تحت اثر این بـار اسـت، جوش شود و وقتیکه بار عمود بر امتداد بال، به صورت فشاری است، قطعه سخت‌کننده یا باید با فشار مستقیم تماسـی (با سطحی که کاملاً صاف و با بال جفت شده است) بار را منتقل کند و یا اینکه اتصال جوشی کافی بـرای ایـن انتقـال تعبیه شود.

قطعات سخت‌کننده باید محدودیتهای زیر را نیز جوابگو باشد:

۱- عرض هر قطعه سخت کننده به اضافه نصف ضخامت جان ستون نباید از $\frac{۱}{۳}$ عرض بال تیر یا ورق اتصال (که بار متمرکز را وارد می‌کند) کمتر باشد.

۲- ضخامت قطعه سخت‌کننده نباید از نصف ضخامت بال تیر یا ورق اتصال (که بار متمرکز را وارد می‌کند) کمتر باشد.

۳- جوشهایی که قطعه سخت کننده را به جان ستون متصل می‌کند، باید در مقابل نیرویی که در قطعه سخت‌کننـده از بار متمرکز به وجود می‌آید، محاسبه شوند.

www.mirjalili.net

۱۵-۲- پیش‌خیز در تیرها و خرپاها

اگر برای بعضی از قطعات، پیش‌خیز بخصوصی لازم است تا در هنگام بارگذاری به شکل موردنظر و در ارتباط با قطعات دیگر درآید، باید این گونه محدودیتها در مدارک طرح و محاسبه به روشنی مشخص شود.

در تیرها و خرپاها لازم است به اندازه تغییرشکل بار مرده و شیب طولی لازم، پیش‌خیز داده شود.

در خرپاها و تیرهای مربوط به عرشه پلهای شهری باید پیش‌خیزی در حدود تغییرشکل ناشی از بار مرده، به اضافه $\frac{۱}{۲}$ بار زنده و شیب طولی لازم پیش‌بینی شود.

تیرها و خرپاهایی که پیش‌خیز معینی برای آنها قید نشده باشد، باید در کارخانه طوری ساخته شوند که به هر حال پس از نصب، تغییرشکل روبه‌بالا (خیز) داشته باشند.

۱۵-۳- انبساط و انقباض حرارتی

باید پیش‌بینی‌های لازم برای انبساط و انقباض، متناسب با شرایط بهره‌برداری به عمل آید.

در محاسبات، ضریب انبساط و انقباض حرارتی فولاد برابر $۱۱/۵\times۱۰^{-۶}$ به ازای هر درجه سانتیگراد در نظر گرفته می‌شود.

۱۵-٤- فساد و خوردگی در فلز

در مواردی لازم است فساد و خوردگی مصالح در طرح و محاسبه اعضای سازه درنظرگرفته 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 راه‌حلهای دیگر، باید شرایط بهره‌برداری حفظ شود. برای جزئیات تکمیلی به بندهای ۱۸-۳ و ۱۸-٤ مراجعه شود.

در جاهایی که تیرها و یا ستونها در معرض عوامل جوی قرار می‌گیرند باید سطوح داخلی آنها (در صورتی که قسمتهای توخالی داشته باشند) برای مقابله با خوردگی کاملاً مسدود شود و به صورت آب‌بندی شده درآید، یا فضاهای داخلی آنها ابعاد کافی داشته باشد تا با دسترسی به داخل آنها هر چند وقت یکبار تمیز و رنگ شوند.

۱۵-۵- حداقل ضخامت قطعات فولادی

بجز قطعاتی که در آنها پیش‌بینی‌های ویژه و موثری برای جلوگیری از خوردگی به عمل آمده باشد، محدودیتهای زیر برای ابعاد قطعات فولادی باید رعایت شود:

الف) ضخامت اجزای اعضای سازه‌ای که در فضای خارج و در معرض عوامل جوی یا اثرات خورنده دیگر قرار داشته باشند، از ۸ میلیتر کمتر نباشد.

ب) اعضایی با مقطع لوله‌ای شکل و یا قوطی شکل که کاملاً آب‌بندی شده و بین داخل و خارج آنها هیچ نشتی صورت نگیرد، حداقل ضخامت جدار ٦ میلیمتر می‌باشد.

www.mirjalili.net

پ) در مورد سخت‌کننده‌های عرشه‌های ارتوتروپیک، حداقل ضخامت ٤ میلیمتر می‌باشد.

۱۵-٦- افتادگی

در دهانه‌های ساده و یکسره، افتادگی ناشی از بار زنده و ضربه به $\frac{۱}{۸۰۰}$ دهانه محدود می‌گردد. در پلهای شهری این محدودیت $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ دهانه است.

در بازوهای طره‌ای، افتادگی حداکثر به $\frac{۱}{۳۰۰}$ دهانه محدود می‌گردد. اگر این بازوها حامل پیاده‌رو باشند، تغییرشکل حداکثر آنها به $\frac{۱}{۳۷۵}$ دهانه محدود می‌شود.

در صورت وجود تیرها و دیافراگم‌های عرضی کافی، در محاسبه افتادگی می‌توان فرض نمود تمام تیرها بطور مساوی در مقابل افتادگی مشارکت دارند و افتادگی آنها مساوی است.

در تیرهای مختلط، از ممان اینرسی کل مقطع مختلط با ضریب تبدیل n می‌توان در محاسبه افتادگی استفاده نمود.

۱۵-۷- جزئیات تکیه‌گاهی

برای دهانه‌های کوتاهتر از ۱۵ متر، تعبیه هیچگونه تمهیداتی برای دوران و انبساط تکیه‌گاهی لازم نیست و یک صفحه تکیه‌گاهی تخت برای این منظور کافی است. برای دهانه‌های بلندتر از ۱۵ متر، تعبیه جزئیات تکیه‌گاهی خاص از قبیل تکیه‌گاه یاتاقانی، نئوپرن و یا جزئیات دیگر ضروری است.

www.mirjalili.net

فصل شانزدهم
ساخت، نصب و کنترل نوع کار

۱۶-۱- مقدمه

این فصل اختصاص به روشهای تهیه مصالح، برشکاری، مونتاژ، جوشکاری، حمل، پیش مونتاژ، نصب و محکم کردن پیچها، دارد.

۱۶-۲- دامنه کاربرد

براساس مفاد این فصل و طبق نقشه های اجرایی فولادی پیمانکار موظف به انجام موارد زیر میباشد:

- تهیه مصالح، تجهیزات و نیروی انسانی لازم .
- تهیه نقشه های کارگاهی که جزئیات اجرای عملیات آهنگری درکارگاه را مشخص سازند در هماهنگی با نقشه های اجرایی وتجهیزات وامکانات کارگاه .
- برشکاری، سوراخکاری ومونتاژ قطعات
- جوشکاری قطعات مونتاژ شده
- تهیه پیچ ومهره پرمقاومت وآچارهای مدرج مخصوص سفت کردن پیچ ها
- پیش مونتاژ قسمتهای کاردرمحل کارگاه ساخت
- حمل قطعات ساخته شده به محل نصب
- ایجاد امکانات لازم برای انبارکردن قطعات فولادی در محل
- مونتاژ قطعات طبق نقشه ها درمحل کار

۱۶-۳- مشخصات فولادمصرفی

کلیه فولادهای مصرفی اعم از ورق، تیرآهن، ناودانی، نبشی، تسمه وغیره می بایستی از انواع مذکور در فصل ۱ باشد.

قطعات فولادی باید از معایبی که به مقاومت و یا شکل ظاهری آن لطمه میزند عاری باشند. بکار بردن فولادهای مصرف شده قابل قبول نمی باشد.

www.mirjalili.net

قطعات فولادی اعم از اجزای قاب، ستونها و شاهتیرها باید حتی الامکان یکپارچه بوده و از وصله کردن قطعات کوتاه خودداری گردد، مگر محل وصله در نقشه های اجرایی مشخص شده باشد یا موافقت مهندس طراح با کروکی تهیه شده برای اتصال مورد نظر جلب گردد.

هرگاه دستگاه نظارت ازمشخصات فولادهای واردشده به کارگاه اطمینان نداشته باشدمیتواند از هر ۱۰ تن نیمرخ فولادی مشابه به تعداد ۳ نمونه اتفاقی انتخاب وانجام آزمایشهای زیر را درمورد آنها تقاضا نماید:

- آزمایش مقاومت کششی با اندازه گیری تغییرشکل نسبی
- آزمایش خمش سرد
- آزمایش خمش براثرضربه
- آزمایش متالورگرافی وتعیین ترکیب شیمیایی

۱٦-٤- ساخت قطعات فولادی

۱٦-٤-۱- کلیات

کارفرما نقشه‌های محاسباتی فولادی را در اختیار پیمانکار قرار میدهد. پیمانکارموظف است براساس نقشه های مذکور ابتدا نقشه های کارگاهی[1] را تهیه وبه تصویب مهندس مشاوربرساند.

نقشه های کارگاهی بایدکلیه اطلاعات وجزئیات لازم برای برش و ساخت قطعات اعم از ابعاد و اندازه ها، آماده سازی لبه ها برای جوشکاری، جزئیات جوش و اندازه پیچ ها و سوراخهای آنها را شامل شود.

قبل از شروع به ساختن ونصب قطعات باید اندازه های مندرج در نقشه ها بمنظور تطبیق کامل و جلوگیری از بروز هر گونه اشکال درموقع ساخت ونصب به دقت کنترل گردد.

هرقطعه پس از آنکه به اندازه وشکل مشخص شده در نقشه ها ساخته شد، باید شماره و علامت گذاری شود. مونتاژ، جوشکاری و متصل کردن قطعات به یکدیگر باید در کارگاه سرپوشیده و مجهز ساخت اسکلت های فولادی توسط استادکاران وکارگران ماهر و زیرنظر متخصص فن انجام گردد.

۱٦-٤-۲- بریدن و سوراخ کردن

ابتدا قطعات باید به ابعاد و اشکال لازم به دقت بریده شده ودرمحلهای لازم سوراخ گردد. برش ورقهایی که درساختن قطعات فولادی مصرف می گردد باید توسط دستگاه برش شعله ریلی انجام گیردو برش با دستگاه گیوتین، جوش یا برش دستی قابل قبول نیست. برش نیمرخهای فولادی (تیرآهن، ناودانی ونبشی) که برای ساخت مهارها، نرده ها و اتصال آن مصرف می شوند درصورت موافقت مهندس مشاور با دستگاه نظارت می تواند با اره یا برش دستی انجام گیرد. در هرصورت کلیه ناصافی هایی که براثر برش بوجود می آید باید با سنگ زدن برطرف شود.

[1] - Work-Shop Drawings

www.mirjalili.net

سوراخهای نهایی ورقها باید به کمک مته دوار انجام پذیرد. برای سوراخهای باقطرزیاد میتوان ابتدا با قطر کوچکترسوراخی توسط منگنه ایجاد نمود وبعد بامته سوراخ را به قطر دلخواه رساند. قطعاتی که با پیچ به هم متصل می گردند درصورت امکان باید همه به هم خالجوش شده باهم سوراخکاری شوند.

به کارگیری روشهای گرم کردن موضعی ویاتغییرشکل مکانیکی برای ایجاد انحنا یا راست کردن قطعات با تأیید دستگاه نظارت مجاز میباشد، ولی دمای موضع گرم شده نباید از ۶۵۰ درجه سانتیگراد بیشتر شود. این دما باید به کمک گچ های رنگی مخصوص که در درجه حرارت حدود ۶۰۰ درجه تغییر رنگ میدهند، مورد کنترل قرارگیرد.

۱۶-۴-۳- ساخت و آماده کردن قطعات قبل ازمونتاژ

قطعات فولادی باید طوری ساخته شوند که هیچ نوع تغییرشکلی غیرازآنچه درنقشه مشخص شده درآنها بوجود نیاید. انحناء وتغییرشکل هایی که طبق نقشه و یا دستور دستگاه نظارت لازم باشد هنگام ساختن قطعات ایجاد می شود.

قطعاتی که درنقشه یکپارچه (بدون وصله) مشخص شده اند نباید از اتصال دویاچند قطعه ساخته شوند مگر با موافقت دستگاه نظارت. دراین حالت نحوه وصله کردن وابعاد صفحات اتصال باید طبق نقشه ها و یا دستورکار دستگاه نظارت مشخص شده و به پیمانکار ابلاغ شود. از وصله نمودن بیش از حد باید خودداری گردد.

پخ زنی و آماده کردن لبه قطعات برای جوشکاری باید هنگام برش شعله، با زاویه دادن به سرمشعل یا با سنگ زنی های بعدی انجام پذیرد. استفاده از دستگاههای پخ زن ضربه ای مجاز نمی باشد. پخ زنی و آماده کردن لبه ها باید مطابق جزئیات اجرایی جوش باشد، که مطابق بند ۱۶-۴-۴ این مشخصات قبلاً به تأیید دستگاه نظارت رسیده است.

۱۶-۴-۴- اتصال با جوشکاری

برای برقراری اتصالات جوشی رعایت مشخصات مندرج در آیین نامه جوشکاری ساختمانی (نشریه ۲۲۸ دفتر تحقیقات و استانداردهای فنی سازمان مدیریت و برنامه ریزی) لازم است. موارد زیر جهت تکمیل وتأیید بعضی مفاد نشریات فوق عنوان میگردند:

الف- پیمانکار باید برای یکایک جوشها قبل از شروع جوشکاری نوع الکترود مصرفی وقطرآن، شدت جریان و ولتاژ، تعدادپاسها، نحوه آماده سازی لبه ها و تمام اطلاعات اجرایی دیگر را توسط مهندس یا کاردان ارشد جوشکاری برروی برگه های «دستورالعمل جوشکاری[1]» ثبت نموده و درتمام مدت جوشکاری دراختیار جوشکار، سرپرست کارگاه جوشکاری وناظرین قرار دهد. برگه های «دستورالعمل جوشکاری» باید قبلاًبه تایید دستگاه نظارت رسیده باشند.

ب – جوشکاری باید طبق نقشه وکاملاً مطابق باابعاد مشخص شده بوسیله طراح، توسط جوشکاران ماهر (ارزیابی شده) انجام گردد و چنانچه دستگاه نظارت لازم بداند باید جوشکاران دارای گواهینامه جوشکاری از وزارت کار یا مراجع ذیصلاح دیگر بوده ویاقبل از انجام کار توسط دستگاه نظارت آزمایش لازم ازآنها بعمل آید.

[1] - Welding Procedure

www.mirjalili.net

پ – قبل از جوشکاری باید سطوح موردنظرازمواد زاید (گردوخاک، زنگ زدگی، رنگ وغیره) کاملاً پاک شود.

ت – جوشکاری بطورکلی در درجه حرارت زیرصفر درجه سانتیگراد خصوصاً درجریان باد ممنوع است، درصورتیکه جریان هوا یکنواخت وثابت بوده وبتوان سطوح مجاور محل جوشکاری را به شعاع حداقل ۱۰ سانتیمتر با وسائل مناسب بنحوی گرم کرد که با دست کاملاً محسوس باشد و این درجه حرارت در تمام مدت جوشکاری حفظ شود، میتوان در هوای تا ۵ درجه زیرصفر جوشکاری کرد.

ث – جوشکاری نباید بیش از آنچه درنقشه ذکرشده ویا دستگاه نظارت دستورداده است انجام شود.

ج – شدت جریان ونوع الکترودها باید طوری انتخاب شوند که جوش کامل ودارای نفوذ کافی بوده وقطعات مورد اتصال بقدر کافی ذوب شوند. سطح جوش باید عاری از شیار، قسمتهای برآمده، سوختگی و گودی درز باشد.

چ – چنانچه جوشکاری در بیش از یک پاس انجام شود قبل از برداشتن پوسته پاس قبلی و پاک کردن آن با برسی سیمی، نباید پاس بعد شروع شود.

ح – بین قطعاتی که مستقیماً بطریق جوش گوشه بهم جوش می شوند نباید درزی بیش از ۲ میلیمتر موجود باشد.

خ – جوشکاری باید بنحوی انجام گیرد که قطعات مربوطه از شکل اصلی خارج نشده و از تاب برداشتن و اعوجاج بیشتر از حد رواداریهای جدول شماره ۱۶-۱ جلوگیری شود.

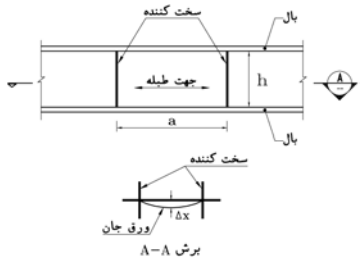
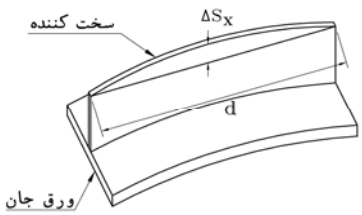
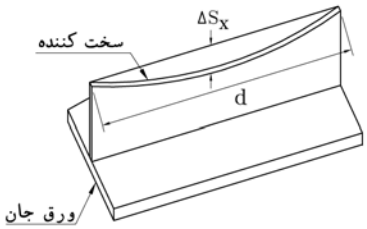
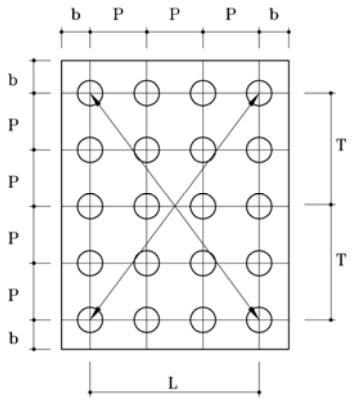
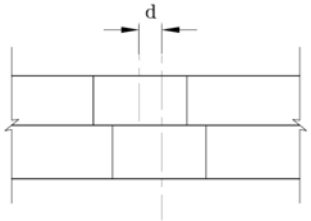
د – برروی تمام جوشها باید آزمایشهای کنترل کیفیت چشمی توسط بازرس جوش انجام و نتیجه این آزمایشها به دستگاه نظارت و کارفرما گزارش شود. در جدول ۱۶-۲ میزان آزمایش های غیرمخرب جوش ارائه شده است. نتیجه تمام این آزمونها باید در پرونده های مخصوص ثبت شده دراختیار دستگاه نظارت قرارگیرند. تفسیر دستگاه نظارت از نتایج آزمایش قعطی محسوب میگردد.

دستگاه نظارت می تواند مستقیماً آزمایشهای کنترل کیفیت برروی قطعات انجام داده یا دستور تکرار و تجدید آزمایشهای لازم توسط پیمانکار را بنماید.

ذ- روش اجرا باید طوری ترتیب داده شود که مقدار جوش های کارگاهی لازم به حداقل برسد. بطوریکه ساخت قطعات با جوش در کارخانه انجام شده و اتصال در کارگاه توسط پیچ پرمقاومت برقرار شود.

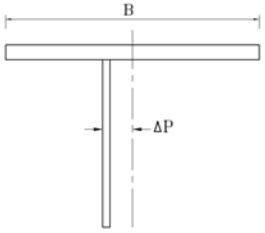
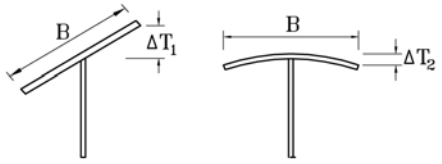
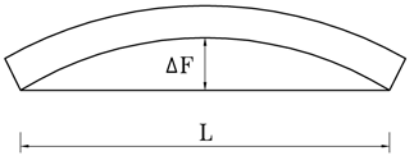
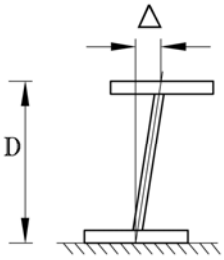
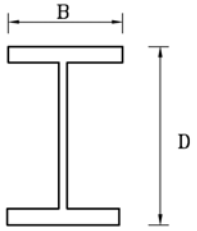
www.mirjalili.net

جدول شماره ۱۶-۱- حداکثرانحراف مجاز درساخت تیرورقهای فولادی (رواداریهای ساخت)

شرح انحراف	رواداری	مثال
طبله ورق جان عمود برصفحه که به موازات ضلع بزرگتر اندازه گیری شده است	$\Delta x = \frac{G}{100}$ یا ۳ mm هرکدام که بزرگترند G = بعد حداقل چشمه G=min(a یا h)	
تاب برداشتن سخت کننده در جهت عمود برورق سخت شده	$\Delta S_x = \frac{d}{500}$ یا ۳ mm هرکدام که بزرگترند	
تاب برداشتن سخت کننده به موازات ورق سخت شده	$\Delta S_y = \frac{d}{250}$ یا ۳ mm هرکدام که بزرگترند	
رواداری سوراخ پیچ ها	$\Delta P = \pm ۲$ $\Delta b = \pm ۳$ $\Delta L = \pm ۳$ $\Delta T = \pm ۳$ $\lvert a - b \rvert \le ۳\text{mm}$	
جابه جایی سوراخ	d< ۲mm	

www.mirjalili.net

جدول شماره ۱۶-۱- حداکثرانحراف مجاز درساخت تیرورقهای فولادی (رواداریهای ساخت) (ادامه)

شرح انحراف	رواداری	مثال
جابجایی مرکز بال نسبت به جان	$\Delta p = \frac{B}{100} < 6\text{mm}$	
کجی یا تحدب بال	$\Delta T = \frac{B}{100}$ یا ۳ mm هرکدام که بزرگترند	 $\Delta T = \Delta T_1 = \Delta T_2$
ریسمانی بودن بال یا جان در طول قطعه	$\Delta F = \frac{L}{1000}$ یا ۳ mm هرکدام که بزرگترند L = طول قطعه ای از تیریاتمام طول تیر	
انحراف نسبی یک بال نسبت به بال دیگر	$\Delta = \frac{D}{300}$ یا ۳ mm هرکدام که بزرگترند	
رواداری ابعادی اجزای مقطع	±۴ mm	

www.mirjalili.net

جدول ۱۶-۲- میزان آزمایشهای غیرمخرب هنگام تولید

نوع جوش مورد آزمایش	نوع آزمایش
۱- صددرصد کلیهٔ جوشها	بازرسی چشمی
۲- صددرصد جوشهای لب به لب عرضی بالهای کششی، اعضای کششی خرپاها، ۱/۶ عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی*	پرتونگاری یا فراصوت
۳- ده درصد جوشهای لبه به لب طولی بالهای کششی و اعضای کششی خرپاها	پرتونگاری یا فراصوت
٤- بیست درصد جوشهای لب به لب عرضی و طولی در بالهای فشاری و اعضای فشاری خرپاها	پرتونگاری یا فراصوت
۵- بیست درصد جوشهای لب به لب عرضی حان تیرها که شامل بند ۲ فوق نمی باشد و جوشهای لب به لب طولی جان تیرها	پرتونگاری یا فراصوت
٦- ده درصد جوش گوشه بال به جان	براده مغناطیسی یا رنگ نافذ

* در صورت حصول نتایج مثبت، مهندس مشاور می تواند دستور تقلیل آزمایشات را تا سقف ۵۰ درصد صادر نماید.

www.mirjalili.net

۱۶-٤-۵- پیش مونتاژ

درصورتی که دستگاه نظارت لازم بداند، پیمانکار موظف است تیرها و ستونهای فولادی را در محل کارگاه ساخت پیش مونتاژ نماید. هدف از پیش مونتاژ تیرها و ستونها حصول اطمینان از دقت ساخت و کیفیت جفت و جورشدن قطعات درهنگام نصب می باشد. همچنین در هنگام پیش مونتاژ، خیز شاهتیر تحت بار خود آن اندازه گیری شده و با خیز تئوریک مقایسه خواهدشد، جفت و جوش شدن قطعات بادبندها با بستن تعدادی از آنها مورد کنترل قرار خواهد گرفت.

به هنگام پیش مونتاژ باید حداقل ۵۰ درصد از پیچهای هراتصال بسته شوند. پیچهای پیش مونتاژ می تواند از نوع پیچهای معمولی انتخاب گردد. ازاین پیچها بعداً به عنوان پیچهای اصلی نباید استفاده نمود.

قطعات پیش مونتاژ شده بعد از علامت گذاری بازشده به همراه صفحات اتصال برای حمل به کارگاه نصب، انبارخواهندشد.

۱۶-٤-٦- انبارکردن، حمل و رفع معایب

انبارنمودن وحمل قطعات فولادی درکارگاه ساخت ومحل نصب باید بنحوی صورت گیرد که قطعات تغییرشکل نداده و تنشهای بیش ازحدمجاز در آن ایجاد نشود و هیچ آسیبی به آن وارد نیاید. قطعاتی که تغییرشکل داده یا آسیب دیده است، به هرعلت که باشد باید قبل ازبکارگیری بنحو رضایت بخشی با تایید دستگاه نظارت اصلاح و مرمت گردد. درصورتیکه تعمیرقسمتهای معیوب بدون کم کردن مقاومت آن میسرنباشد باید آن قسمتها تعویض گردند.

قطعات فولادی باید در محیطی دوراز رطوبت انبار گردند. درصورت انبارکردن قطعات درمحیط باز، باید زیر قطعات سکوهای مناسبی قرار داد تا قطعه با زمین فاصله داشته باشد. تعداد و فاصله سکوها باید بنحوی انتخاب گردد که قطعات دچار تنش یا تغییرشکل بیش از حد نگردند.

جابجا کردن قطعات باید بادرنظرگرفتن ضوابط ایمنی با وسایل مناسب و بنحوی انجام گیرد که تنشهای اضافی دراین قطعات ایجاد نشود. قطعات سنگین با شکل وفرم خاص باید با قلاب نمودن در نقاط مناسب و یا نقاطی که قبلاً تعیین وعلامت گذاری شده است بلند شوند تاهنگام جابجا کردن ونصب، تنش و تغییرشکل زیاد در هیچ قسمتی ایجاد نشده، به اتصالات برشی و سوراخهای پیچها نیز آسیبی وارد نگردد.

۱۶-٤-۷- اتصال قطعات

۱۶-٤-۷-۱- اصلاح سوراخها

برای مونتاژ نهایی قطعات، بعداز آنکه قطعات علامت گذاری شده برروی خرک چیده شدند وصفحات اتصال برروی سوراخها قرارگرفت، قطعات بوسیله سمبه هایی که از سوراخهای اتصال می گذرند درجای خود ثابت میشوند. درکارگاه ساخت، انطباق سوراخها مورد کنترل دقیق قرارگرفته است ولی بازهم امکان دارد که حداکثر تا ۱۵ درصد

www.mirjalili.net

سوراخها بعلت عدم دقت های ساخت کاملا منطبق نباشد. درچنین حالتی باید این سوراخها را با گذراندن یک پیچ امتحانی پیدا کرده بوسیله برقوزدن آنها را اصلاح نمود. حداکثر قطر بر قوی مصرفی ۳ میلیمتر بزرگتر از قطر پیچ می‌باشد.

۱۶-٤-۷-۲- بستن ومحکم کردن پیچ ها

محکم کردن پیچهای هراتصال در دو مرحله انجام می گیرد. اول، تعدای از پیچ ها تا حد سفتی کامل محکم می شوند، تا اطمینان حاصل شود که سطوح تماس کاملا به هم چسبیده اند، سپس تمام پیچها در سوارخ قرارگرفته کاملا سفت میشوند. درمرحله دوم، با چرخاندن اضافی مهره، پیچها پیش تنیده میگردند. درهریک از مراحل محکم کردن پیچ‌ها باید ازقسمتی که اتصال صلب تراست وصفحات تغییرشکل کمتری میدهند شروع به بستن پیچ ها کرد. در وصله‌ها، قسمت صلب اتصال، وسط صفحه اتصال می باشند. بعد از محکم کردن پیچ های وسط با حفظ تقارن و ترتیب، پیچهای کناری تا لبه آزاد ورق اتصال محکم می شوند. سپس می توان به پیچهای وسط پرداخت تا اطمینان حاصل شود سفت کردن پیچهای کناری آنها را از حالت کاملا سفت خارج نکرده است. درتمام مراحل محکم کردن پیچها باید دقت کرد از چرخیدن پیچ و مهره با هم جلوگیری بعمل آید.

سفتی کامل را درپیچ به حالتی می گویند که یک نفر کارگر زورمند با یک آچارمعمولی بدون آنکه با وزن خود به دسته آچار ضربه وارد کند، با بکارگیری آخرین زور خود نتواند پیچ را از آن محکمتر نماید. برای پیش تنیده کردن چنین پیچی باید مهره آنرا به اندازه مقداری که درجدول شماره ۱۶-۲ مشخص شده اضافه چرخاند. این چرخش اضافی را میتوان به کمک آچار دسته بلند، یا با آچارمعمولی با استفاده از دو کارگر یا بوسیله آچار بادی و کمپرسور تأمین نمود.

جدول شماره ۱۶-۲- چرخش اضافی لازم برای پیش تنیده کردن پیچها

طول پیچ (L)	تعداد دور اضافه برای پیش تنیده کردن پیچها
$L \le 4D$	$\frac{1}{3}$ دور
$4D < L \le 8D$	$\frac{1}{2}$ دور
$8D < L \le 12D$	$\frac{2}{3}$ دور

D قطر پیچ می باشد.

اگر در چرخاندن پیچها ازآچارهایی که با کمپرسور بادی کار میکنند استفاده شود، باید فشار باد را طوری تنظیم کرد که در یک مرحله مهره ها را بدون چرخیدن پیچ تا مرحله سفتی کامل برساند و درمرحله بعد با ازدیاد فشار باد یا با دست به روشی که در بالا گفته شد پیچ ها را پیش تنیده کرد. تنظیم باد کمپرسور متضمن استفاده از آچارمدرج

www.mirjalili.net

(تورک متر) یا آزمون وخطاهای متوالی میباشد و باید درآن دقت کامل بعمل آید. بازکردن پیچهایی که به حدپیش تنیدگی رسیده اند و استفاده مجدد از آنها مجاز نمی باشد. درجدول ۱۵-۳ مشخصات مکانیکی پرچها و پیچها و در جدول ۱۵-٤ میزان نیرو و لنگر پیش تنیدگی مطابق استاندارد DIN ارائه شده است.

۱٦-٤-۷-۳- کنترل پیش تنیدگی پیچ ها

پیمانکار موظف است کنترل کیفیت دقیقی برعملیات بستن پیچ ومهره ها درکارگاه نصب اعمال داشته، گزارشهای مربوط به این کنترلها را جهت بررسی و تأیید به دستگاه نظارت اعلام نماید.

دستگاه نظارت میتواند رأساً یا از طریق آزمایشگاه با صلاحیت، مستقلاً پیش تنیدگی پیچها را کنترل نماید. در هر صورت تصمیم دستگاه نظارت درمورد کفایت پیش تنیدگی پیچ ها قطعی خواهد بود.

برای پیچهای پر مقاومت بکارگرفته شده درطرح، نیروی پیش تنیدگی لازم برای سفت کردن پیچ ها برابر ۵۵ درصد مقاومت نهایی پیچ میباشد. لازم به تذکراست که با پیچاندن اضافی مهره ها ممکن است کشش پیچ بطور قابل ملاحظه ای از مقدار فوق الذکر بیشترشوند ولی این موضوع اشکالی دربر ندارد.

درپیچهایی که وسیله چرخاندن اضافه مهره پیش تنیده می‌شوند، بعد از آنکه پیچها کاملاً سفت شدند بوسیله یک گچ رنگی نقطه ای ازپیچ ومهره راکه روبروی هم قراردارند، علامت گذاری کرده بعداً کنترل میگردد که چرخش اضافی مطابق جدول شماره ۱٦-۲ بمیزان کافی انجام شده باشد. برای کنترل پیش تنیدگی پیچ ها باید ازتورک متر مناسب که قبلاً دریک آزمایشگاه مورد قبول دستگاه نظارت کالیبره شده است، استفاده بعمل آورد.

www.mirjalili.net

جدول ۱۶-۳- مشخصات مکانیکی پرچها و پیچها

توضیح	نام تجاری پیچ یا پرچ		تنش تسلیم F_y (kg/cm^2)	تنش نهایی F_u (kg/cm^2)
	DIN	ASTM		
پرچ	UST ۳۶		۲۰۵۰	۳۳۰۰
	UST ۳۸		۲۲۵۰	۳۷۰۰
		Gr۱ و A۵۰۲	۱۹۰۰	
		Gr۲ و A۵۰۲	۲۶۰۰	
پیچ معمولی	۴/۶		۲۴۰۰	۴۰۰۰
	۵/۶		۳۰۰۰	۵۰۰۰
		A۳۰۷		۴۲۰۰
پیچ پرمقاومت	۸/۸		۶۴۰۰	۸۰۰۰
	۱۰/۹		۹۰۰۰	۱۰۰۰۰
		A۳۲۵	*۵۹۰۰-۶۴۰۰$^+$	۸۲۵۰ و $\leq$(d۲۵mm)
			*۵۱۰۰-۵۶۰۰$^+$	۷۲۵۰ و $\leq$(d۲۵mm)
		A۴۹۰	*۸۲۵۰-۹۰۰۰$^+$	۱۰۰۰۰

* نظیرکرنش ۰/۵ درصد + روش تصویر

جدول ۱۶-۴- نیروی پیش تنیدگی و لنگر پیچشی پیش تنیدگی طبق استاندارد DIN

پیچ	نیروی پیش تنیدگی (Ton)	لنگر پیچشی لازم	
		گریسکاری با Mos_2 (T.m)	روغن کاری شده (T.m)
M۱۲	۵/۰	۰/۰۱۰۰	۰/۰۲۱
M۱۶	۱۰/۰	۰/۰۲۵۰	۰/۰۳۵۰
M۲۰	۱۶/۰	۰/۰۴۵۰	۰/۰۶۰۰
M۲۲	۱۹/۰	۰/۰۶۵۰	۰/۰۹۰۰
M۲۴	۲۲/۰	۰/۰۸۰۰	۰/۱۱۰۰
M۲۷	۲۹/۰	۰/۱۲۵۰	۰/۱۶۵۰
M۳۰	۳۵/۰	۰/۱۶۵۰	۰/۲۲۰۰
M۳۶	۵۱/۰	۰/۲۸۰۰	۰/۳۸۰۰

www.mirjalili.net

www.mirjalili.net

فصل هفدهم
بالشتک‌های الاستومری

۱۷-۱- کلیات

پیمانکار موظف است کلیه مشخصات مربوط به بالشتک‌های الاستومری از جمله ابعاد، خواص مصالح، رده الاستومر و نوع لایه های مصرفی را به انضمام کاتالوگ کارخانه سازنده به موقع تهیه و به تایید کارفرما برساند. بالشتک باید درابعاد مندرج در نقشه های اجرایی سفارش داده شود و هرنوع برش کاری روی بالشتک غیرمجاز می باشد. بالشتکها باید در محل دقیق خود مطابق نقشه های اجرایی نصب شوند. سطح زیرین بالشتکها باید به کمک ملات ریزدانه و پرعیار و پرمقاومت بصورت یک سطح کاملاً مسطح درآید. قبل از نصب بالشتکها پیمانکار موظف است تراز و یکنواختی سطح ملات را به تایید دستگاه نظارت برساند. استفاده از ورق زیرسری طبق جزئیات شکل ۱۷-۱ قابل توصیه می باشد.

۱۷-۲- حمل و نگهداری

بالشتک ها باید قبل از حمل و نقل، بسته بندی شده بطوریکه مصون از هرگونه آسیب باشند. انبارداری آنها باید در اتاق های سربسته و عاری از نور و صدمات محیطی و فیزیکی باشد.

۱۷-۳- مشخصات فیزیکی الاستومر

الاستومر می تواند از نوع نئوپرن (پلی کلروپرند) و یا لاستیک طبیعی (پلی ایزوپرن) باشد. الاستومرها به ۵ رده کلی ۰ و ۲ و ۳ و ٤ و ۵ تقسیم می شوند. رده های فوق باتوجه به مندرجات جداول ۱۷-۱ و ۱۷-۲ مشخص میشوند. در بالشتکها می توان از الاستومر با رده بالاتر به جای رده پایینتر استفاده کرد.
درمورد الاستومرها باید آزمایشات زیر انجام شود. (جداول ۱۷-۱ و ۲)

الف- مشخصات فیزیکی

۱- سختی درومتر

۲- استحکام کششی حداقل

www.mirjalili.net

۳- ازدیاد طول نظیرگسیختگی درآزمایش کششی
٤- ضریب برجهندگی درکشش و برش
۵- مقاومت پارگی

ب – مقاومت حرارتی
۱- تغییرسختی درومتر
۲- تغییرمقاومت کششی
۳- تغییرازدیاد طول نسبی

ج – مانایی فشاری
د – مقاومت ازنی
هـ- ترد شکنی در درجه حرارت پایین

همه آزمایشها باید دردمای ۲ ± ۲۳ درجه سانتیگراد انجام شوند، مگر در مواردی که ذکرشده باشد.

۱۷-٤- ورقهای فولادی

ورق‌های فولادی از فولاد $ST-52$ می باشند. سطح ورق‌های فولادی باید کاملاً آماده شده وبه کمک چسباننده های مناسب پیوستگی کامل با نئوپرن داشته باشند. روی سطح ورقهای فولادی حداقل باید با ۲/۵ میلیمتر نئوپرن پوشیده شده باشد.

۱۷-۵- رواداری های ساخت

رواداری های ساخت براساس جدول ۱۷-۳ می باشند.

www.mirjalili.net

جدول ۱۷-۱- آزمایشهای کنترل کیفیت نئوپرن

مشخصات فیزیکی				
D۲۲٤۰ D ٤۱۲	سختی درومتر (Shore A) حداقل استحکام کششی (kg/cm^2) حداقل ازدیاد طول نهایی (٪)	۵۰ ± ۵ ۱۵۷/۵ ٤۰۰	۶۰ ± ۵ ۱۵۷/۵ ۳۵۰	۷۰ ± ۵ ۱۵۷/۵ ۳۰۰
زمانبندی حرارتی				
D ۵۷۳ ۷۰ ساعت در ۱۰۰°C	تغییرات در سختی درومتر (Shore A) حداکثر تغییرات در مقاومت کششی (٪) حداکثر ازدیاد طول نهایی (٪)	۱۵ -۱۵ -٤۰	۱۵ -۱۵ -٤۰	۱۵ -۱۵ -٤۰
مانایی فشاری				
D ۳۹۵ روش B	۲۲ ساعت دردمای ۱۰۰ درجه سلسیوس، (حداکثر ٪)	۳۵	۳۵	۳۵
مقاومت ازنی				
D ۱۱٤۹	غلظت ۱۰۰PPhm ازن، ۲۰٪ کرنش، (۱ ± ۳۸) درجه سلسیوس به مدت ۱۰۰ ساعت ماندگاری طبق روال D518، روش A	بدون ترک	بدون ترک	بدون ترک
شکنندگی در دمای پایین				
D ۷٤۶ روش B	رده ۰ و ۲ بدون نیاز به آزمایش رده ۳- شکنندگی در ٤۰- درجه سلسیوس رده ٤- شکنندگی در ٤۸- درجه سلسیوس رده ۵- شکنندگی در ۵۷- درجه سلسیوس	عدم گسیختگی عدم گسیختگی عدم گسیختگی	عدم گسیختگی عدم گسیختگی عدم گسیختگی	عدم گسیختگی عدم گسیختگی عدم گسیختگی
سفتی حرارتی آنی				
D ۱۰٤۳	رده ۰ و ۲- آزمایش در ۳۲- درجه سلسیوس رده ۳- آزمایش در ٤۰- درجه سلسیوس رده ٤- آزمایش در ٤۶- درجه سلسیوس رده ۵- آزمایش در ۵٤- درجه سلسیوس	سختی در درجه حرارت زمان آزمایش نباید بیشتر از ٤ برابر سختی اندازه گیری شده در ۲۳ درجه سلسیوس باشد.		

www.mirjalili.net

جدول ۱۷-۲- آزمایشهای کنترل کیفیت لاستیک طبیعی

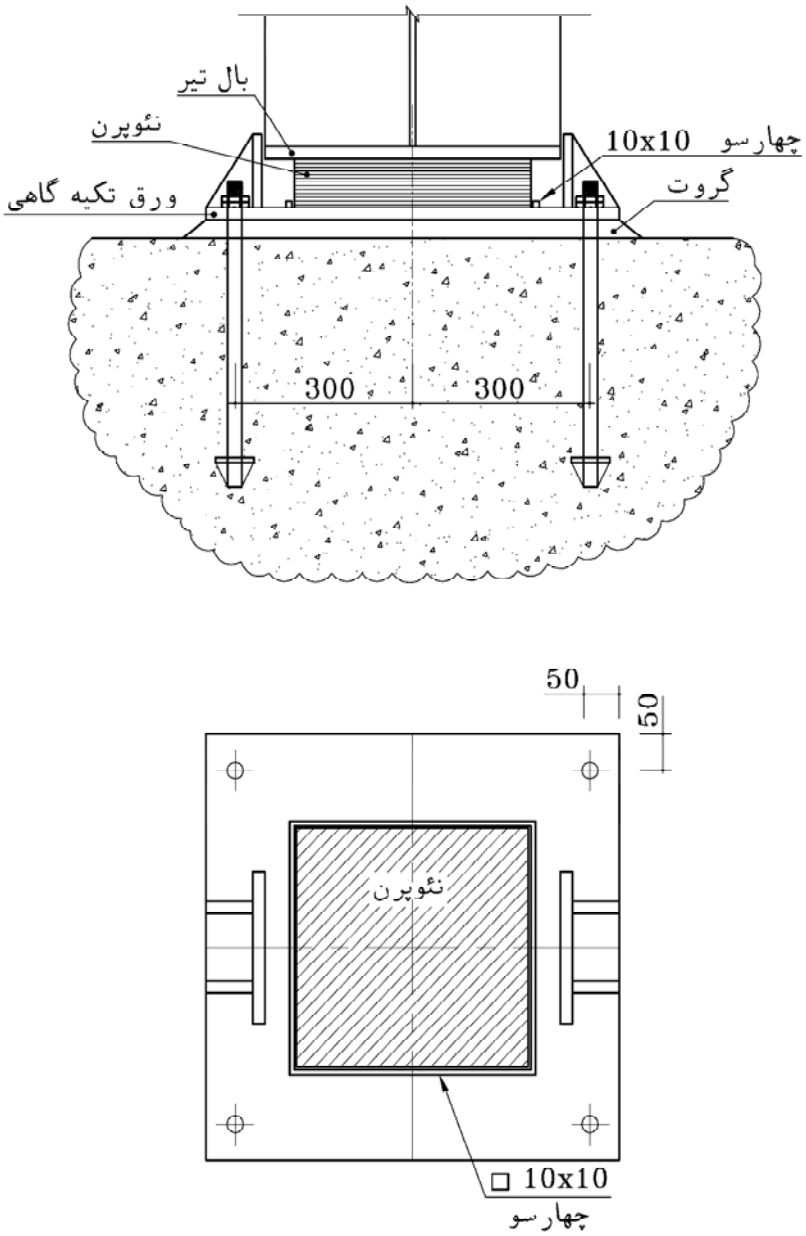
مشخصات فیزیکی				
D۲۲٤۰ D ٤۱۲	سختی درومتر (Shore A) حداقل استحکام کششی (kg/cm^2) حداقل ازدیاد طول نهایی (٪)	۵۰ ± ۵ ۱۵۷/۵ ٤۵۰	٦۰ ± ۵ ۱۵۷/۵ ٤۰۰	۷۰ ± ۵ ۱۵۷/۵ ۳۰۰
زمانبندی حرارتی				
D ۵۷۳ ۷۰ ساعت در ۷۰°C	تغییرات در سختی درومتر (Shore A) حداکثر تغییرات در استحکام کششی (٪) حداکثر ازدیاد طول نهایی (٪)	۱۰ -۲۵ -۲۵	۱۰ -۲۵ -۲۵	۱۰ -۲۵ -۲۵
مانایی فشاری				
D ۳۹۵ روش B	۲۲ ساعت در ۷۰ درجه سلسیوس، حداکثر	۲۵	۲۵	۲۵
مقاومت ازنی				
D ۱۱٤۹	غلظت ۲۵PPhm ازن، ۲۰٪ کرنش، (۱ ± ۳۸) درجه سلسیوس و ٤۸ ساعت ماندگاری طبق روال D518، روش A	بدون ترک	بدون ترک	بدون ترک
شکنندگی در دمای پایین				
D ۷٤٦ روش B	رده ۰ تا ۲ بدون نیاز به آزمایش رده ۳- شکنندگی در ٤۰- درجه سلسیوس رده ٤- شکنندگی در ٤۸- درجه سلسیوس رده ۵- شکنندگی در ۵۷- درجه سلسیوس	 عدم گسیختگی عدم گسیختگی عدم گسیختگی	 عدم گسیختگی عدم گسیختگی عدم گسیختگی	 عدم گسیختگی عدم گسیختگی عدم گسیختگی
سختی آنی				
D ۱۰٤۳	رده ۰ و ۲- آزمایش در ۳۲- درجه سلسیوس رده ۳- آزمایش در ٤۰- درجه سلسیوس رده ٤- آزمایش در ٤٦- درجه سلسیوس رده ۵- آزمایش در ۵٤- درجه سلسیوس	سختی در درجه حرارت زمان آزمایش نباید بیشتر از ٤ برابر سختی اندازه گیری شده در ۲۳ درجه سلسیوس باشد.		

www.mirjalili.net

جدول ۱۷-۳- رواداری های ساخت

۱- ارتفاع کلی	
ضخامت طراحی ۳۲ میلیمتر یا کمتر ضخامت طراحی بیشتر از ۳۲ میلیمتر	(۳mm+ و ۰-) (٦mm+ و ۰-)
۲- بعد افقی کل	
۹۱٤ میلیمتر یا کمتر بیشتر از ۹۱٤ میلیمتر	(٦mm+ و ۰-) (۱۲mm+ و ۰-)
۳- ضخامت هر لایه	
ضخامت الاستومر در هر نقطه ای در داخل تکیه گاه	۲۰٪ ± مقدار طراحی، اما کمتر از ($\pm ۳mm$)
٤- توازی سطوح مخالف	
بالا و پایین لبه ها	۰/۰۰۵ رادیان ۰/۰۲ رادیان
۵- وضعیت ظاهری	
سوراخها، شیارها یا مغزی ها	(± ۳mm)
٦- پوشش لبه	
لایه های مدفون یا اعضای اتصال	(± ۳mm)
۷- ضخامت	
پوشش لایهٔ بالا و پایین (در صورت نیاز)	۰- و کوچکترین از ۱/۵+ میلیمتر و ۲۰٪+ ضخامت اسمی لایه پوشش
۸- اندازه	
سوراخها، شیارها یا مغزی ها	(± ۳mm)

www.mirjalili.net



شکل ۱۷-۱- جزئیات ورق زیرسری نئوپرن

www.mirjalili.net

فصل هجدهم
رنگ آمیزی و گالوانیزه کردن قسمت های فلزی

قسمت های فلزی باید در مقابل خوردگی محافظت شوند که برای این منظور باید سطوح آنها رنگ شود.

۱۸-۱- مواد مورد استفاده

رنگهای مورداستفاده جهت قسمت های فولادی باید از نوع آماده و مناسب باشرایط آب وهوایی منطقه باشند و استفاده از رنگها پس از مشخص شدن کارخانه تولید کننده آن ها منوط به تصویب دستگاه نظارت می باشد.
تمام موارد مورد استفاده جهت آماده سازی سطح و رنگ آمیزی آن باید دارای بهترین کیفیت ممکن بوده و باید مطابقت کامل با استانداردهای کارخانهٔ سازنده داشته و مورد تصویب دستگاه نظارت قرارگیرند، درهر صورت حصول به کیفیت نهایی مطلوب برعهده پیمانکار خواهد بود.

۱۸-۲- آماده سازی سطوح

تمیزکاری با پاشش مواد ساینده بهترین روش برای از بین بردن رنگ، اکسیدهای حاصل از نورد، رنگ های قدیمی با چسبندگی کم می باشد. کلاً درمورد آماده سازی سطح با پاشش مواد ساینده موارد زیر حائز اهمیت می باشند:

یکی از مطالب مهم در پاشش مواد ساینده، اطمینان از فشار مؤثر باد می باشد. مقدار صحیح فشار باد در آماده سازی با مواد ساینده، تقریباً kg/cm^2 ۷ می باشد. اگر فشار باد تا kg/cm^2 ۵ کاهش یابد، برای به دست آوردن نتایجی مشابه، تقریباً دو برابر از مواد ساینده استفاده می شود. بدین منظور بعد از آماده سازی سطح با مواد ساینده، باید بلافاصله سطح را با آستری مناسب پوشش داد. البته قبل از اعمال آستری باید گرد و خاک برروی سطح را با هوای فشرده (بدون آب و روغن) و یا جاروی برقی صنعتی کاملاً تمیز کرد.

اگر مقدار زنگ و رنگ ها، با چسبندگی کم برروی سطح زیاد باشد، بهتر است که ابتدا با تراشیدن، حجم مواد زاید را کم کرده و سپس عملیات آماده سازی با پاشش مواد ساینده را آغاز نمود.

سطوح آلومینیومی آماده سازی نشده و یا سایر فلزات سبک و آهن گالوانیزه شده، سطوح مشکلی برای رنگ آمیزی می‌باشند، زیرا چسبندگی لایه پرایمر به سطوح فوق بسیار کم می باشد. در این شرایط موارد زیر توصیه می‌شوند.

ابتدا باید سطح را با یک حلال قوی کاملاً چربی زدایی کرد. سپس یک لایه واش پرایمر[1] برروی سطح اعمال نموده و آنگاه سیستم رنگ ارایه شده را برروی آن اعمال نمود.

[1] - Wash Primer

www.mirjalili.net

۱۸-۲-۱- درجات مختلف کیفیت آماده سازی

تمیزکاری با برس سیمی و با پاشش مواد ساینده ممکن است باتوجه به چگونگی انجام کار به نتیجه ای خوب یابد منتهی شود.

درجات آماده سازی

سطوح فولادی قبل از اعمال آستری ها به صورت زیر طبقه بندی می شود. درجات آماده سازی که درزیر آورده می شوند، بیانگر تمیزی سطح آهن می باشند که باید از کثافات و چربی ها پاک شده و همچنین لایه های ضخیم زنگ از روی سطح آن برداشته شده باشند.

Sa 1 : تمیزکردن به صورت ماسه پاشی خفیف

سطح فولاد پس از ماسه پاشی و به هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره بین باید عاری از روغن، چربی، کثیفی و نیز لایه اکسید حاصل از نورد که چسبندگی آن کم می باشد و زنگ و پوشش های رنگی و مواد خارجی باشد.

Sa 2 : تمیزکردن به صورت ماسه پاشی عمیق

سطح فولاد پس از ماسه پاشی، به هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز بیشترین مقدار لایه اکسید حاصل از نورد، زنگ و پوشش های رنگی و مواد خارجی از روی سطح زدوده شده باشد، هرگونه مواد آلاینده باقیمانده باید به سختی به سطح چسبیده باشند.

Sa 2.5 : تمیزکردن به صورت ماسه پاشی عمیق تر

سطح فولاد پس از ماسه پاشی، به هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره بین باید عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز باید لایه اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. هرگونه اثر به جامانده از مواد آلاینده، فقط به صورت لکه های جزئی به شکل خال ها و نوارها به نظر خواهد آمد.

www.mirjalili.net

Sa 3: تمیزکردن بصورت ماسه پاشی تادرجه ای که تمیزی فولادباچشم دیده شود و سطح فولاد نقره ای گردد.

سطح فولاد پس از ماسه پاشی، به هنگام بازرسی بدون استفاده از ذره بین بایستی عاری از روغن، چربی و کثیفی باشد و نیز باید لایه اکسید حاصل از نورد، زنگ، پوشش های رنگی و مواد خارجی کاملاً زدوده شده باشند. اینچنین سطحی باید دارای نمای فلزی یکنواختی باشد.

۱۸-۳- رنگ آمیزی

۱۸-۳-۱- برای حفاظت سازه های فلزی در مقابل خوردگی باید کلیه سطوح رنگ آمیزی شوند، مگر در مواردی که عدم رنگ آمیزی از سوی مشاور تصریح شوند.

۱۸-۳-۲- قبل از شروع عملیات رنگ آمیزی باید تمام سطوح را کاملاً تمیز، خشک و آماده نمود به قسمی که برای پذیرفتن رنگ شرایط مناسبی داشته باشند. درهرمورد شروع کار منوط به تایید دستگاه نظارت خواهد بود. به عبارت دیگر قبل از شروع هرقشر رنگ آمیزی، نوع رنگ آمیزی، نوع رنگ، سیستم رنگ آمیزی و قشر قبلی باید توسط دستگاه نظارت بازدید و تایید گردد.

۱۸-۳-۳- رنگ مصرفی باید کاملاً سطح موردنظر را پوشش داده و برای جلوگیری از سوسماری شدن پوشش، باید رنگهای آستر و رویه از یک کارخانه تهیه شوند. رنگ آمیزی سطوح بزرگ باید بصورت پاششی باشد. تنها برای لکه گیری ها استفاده از قلم مجاز است.

۱۸-۳-٤- رنگ آمیزی باید در محیط مناسب و سربسته و رطوبت و دمای مناسب انجام شود.

۱۸-۳-۵- قطعاتی که تازه رنگ شده اند باید از گرد و خاک محافظت شده و سطح رنگ آمیزی تا زمان تحویل موقت حفاظت شوند.

۱۸-۳-٦- رنگ آمیزی باید در شرایط آب وهوای منطبق با کاتالوگ معتبر کارخانه سازنده رنگ صورت گیرد.

۱۸-۳-۷- درشرایط محیطی خشک فروشنده موظف است عملیات رنگ آمیزی را حداکثر تا ٢٤ ساعت پس از تمیزنمودن سطوح انجام دهد، مشروط برآنکه دمای شرایط نگهداری سطوح با کاتالوگ کارخانه سازنده تطابق داشته و به تصویب دستگاه نظارت رسیده باشد.

۱۸-۳-۸- درسطوح و لبه هایی از سازه فلزی که پس از رنگ آمیزی جوش خواهند شد، بایدرنگ آمیزی تا فاصله پنج سانتیمتر از لبه متوقف شود.

۱۸-۳-۹- تمام نقاطی که رنگ قطع شده و سطح فلز بیرون است باید تمیز شده و مجدداً رنگ آمیزی شوند به طوری که سطح کاملاً پوشیده شده و یکپارچگی رنگ با سطوح مجاور رنگ شده تامین گردد.

۱۸-۳-۱۰- درتمام سطوحی که طبله کردن، وجود ترک ها و پوسته شدن رنگ و سایرعلایم حاکی از این است که اتصال رنگ به سطح تامین نشده است، باید عملیات ترمیم انجام گیرد. بدین ترتیب که رنگ سطوح فوق به کمک ماسه پاشی به طور کامل برداشته شود و مجدداً عملیات مربوط به آماده نمودن سطوح رنگ آمیزی صورت گیرد.

www.mirjalili.net

۱۸-۳-۱۱- سطوح تمام شده رنگ آمیزی باید دارای مشخصات زیر باشد:
یکنواختی ظاهری در رنگ، یکنواخت بودن میزان ماتی و شفافیت رنگ، عدم ایجاد موج وسایه، نداشتن چروک و پخش نشدن پوسته رنگ، انطباق لایه اجرا شده با مشخصات، ایجاد پوشش کامل و بدون شره، عدم چسبندگی سطوح رنگ شده با دست و لباس و تمیزبودن سطوح از گردوغبار.

۱۸-۳-۱۲- اگر در حین اجرای عملیات نصب، رنگ قطعات صدمه ببینند (به واسطه عملیات جوشکاری، حمل، بستن و یا....) بایستی پیمانکار باید سطوح موردنظر را تمیز نموده و به طوری که سطوح فولادی ظاهر شود و سپس براساس مشخصات فنی لایه های رنگ متناسب و سازگار با رویه قبلی و مجاور را در فواصل زمانی مناسب جهت پوشش دادن کامل استفاده نماید. نقاشی و رنگ کاری نباید در هوای سرد یا تاریک و یا زمانی که درصد رطوبت هوا بالا باشد انجام گیرد. در رطوبت بیش از ۸۰ درصد و در حالتیکه اختلاف دمای محیط و نقشه شبنم کمتر از ۵ درجه باشد، رنگ آمیزی ممنوع می باشد.

۱۸-٤- ضخامت رنگ

۱۸-٤-۱- رنگ آمیزی باید باتوجه به میزان تعیین شده توسط سازنده انجام گیرد. اما ضخامت رنگ خشک شده نباید از حداقل ضخامت رنگ تعیین شده کمترشود. چنانچه میزان تعیین شده دریک دست رنگ نتواند ضخامت لازم را تامین کند، رنگ آمیزی باید مجدداً تکرار شود تا حداقل ضخامت مورد لزوم به دست آید.

۱۸-٤-۲- کلیه مصالح قطعات فلزی باید با یکدست رنگ اولیه (ضدزنگ) و دو دست رنگ (آستر و رویه) با مشخصات جدول ۱۸-۱ رنگ شود.

www.mirjalili.net

جدول ۱۸-۱- حداقل ضخامت رنگ آمیزی قطعات فولادی در شرایط محیطی مختلف

شرایط محیطی	آماده سازی سطح فولاد	نوع وضخامت 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)	Sa 2	٤٠ میکرون ضدزنگ (رنگ الکیدی غنی از روی)	٤٠ میکرون آستر الکیدی غنی از روی ٤٠ میکرون رویه الکیدی	٤٠ میکرون آسترآلکیدی غنی از روی ٤٠ میکرون لایه میانی الکیدی ٤٠ میکرون رویه الکیدی
سخت (۲)	Sa 2.5	٤٠ میکرون آستراپوکسی 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
بسیارسخت و ساحلی (۳)	Sa 3	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 جزرومدی که نیاز به مطالعه خاص دارد.

۱) شرایط معتدل، شرایط آب و هوایی بار طوبت نسبی متوسط کمتر از ۵۰٪ (مانند شهر تهران)

۲) شرایط سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی بیش از ۸۰٪ (همانند شهر رشت)

۳) شرایط بسیار سخت، شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی متوسط بیش از ۸۰٪ همراه با بخار کلر یا نظایر آن (مانند شهر بندرعباس)

٤) در صورتیکه دستورالعمل رنگ آمیزی توسط کارشناس ذیصلاح تهیه شود، می توان از شرایط جدول فوق عدول نمود.

۵) 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.

٦) میکرون $\frac{۱}{۱۰۰۰}$ میلیمتر است.

www.mirjalili.net

۱۸-٤-۳- سطوح غیرقابل دسترس

بجز سطوح تماس بقیه سطوحی که بعد از ساخت، قابل دسترس نخواهد بود باید قبل از جمع‌کردن کار، تمیز و رنگ‌آمیزی شود، البته در صورتی که در مدارک طرح و محاسبه این عمل خواسته شده باشد.

۱۸-٤-٤- سطوح تماس

در اتصالات اتکایی (غیراصطکاکی)، رنگ کردن سطوح تماس به طور کلی مجاز است. در اتصالات اصطکاکی شرایط لازم در سطوح تماس باید طبق مقررات مربوط به پیچهای اصطکاکی رعایت شود.

۱۸-٤-۵- سطوح صاف و آماده شده

سطوحی که با ماشین کردن آماده می‌شوند باید در مقابل خوردگی محافظت شوند. بدین‌منظور 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.

۱۸-٤-٦- سطوح مجاور جوش کارگاهی

بجز 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 می‌گیرند، باید از موادی که به جوشکاری صدمه می‌زنند و یا در حین جوشکاری گازهای سمی و مضر تولید می‌کند، کاملاً پاک شود.

۱۸-۵- انبارداری رنگ

مواد مورد استفاده جهت آماده‌سازی بایدمطابقت کامل باتوصیه‌های کارخانه سازنده داشته باشدو لازم است مواد مورد مصرف در مکانی انبار شوند که درجه حرارت محیط حداقل برابر ۱۸ و حداکثر ۳۵ درجه باشند.

۱۸-٦- تعمیر رنگ

درصورت نیاز مراحل ترمیم رنگهای آستر در محلهای خاص به شرح زیر می‌باشد.

۱- در کلیه سطوحی که آستری آن شره، طبله و یا هرنوع معایب دیگر رنگ را دارد تا حذف کامل عیب و ایجاد سطح کاملاً صاف و پرداخت شده جهت رنگ‌آمیزی، پوستاب‌زنی شده و سپس با دستمال هرگونه گرد و غبار و زائده‌های رنگ از روی سطح حذف و خشک گردد و بعد یک لایه آستری درمحل فوق اعمال گردد.

www.mirjalili.net

۲- درصورتیکه رنگ آستری خراب شده، بصورت گسترده باشد ترمیم رنگ می‌بایست پس از آماده‌سازی سطح بصورت اسپری انجام گردد.

۳- درصورتیکه مساحت رنگ آستری خراب شده، کم باشد و ترمیم آن قابل اجرا بصورت اسپری نباشد از قلم‌مو استفاده گردد.

۱۸-۷- گالوانیزه کردن

عملیات گالوانیزه کردن باید با شیوه غوطه وری داغ (hot dip precess) بوسیله روی با خلوص ۰/۹۸ درهرمترمربع پوشانده شوند.

قبل از عملیات گالوانیزه کردن سطح فلز باید کاملاً تمیز و عاری از هرگونه آلودگی های خارجی گردد.

درمورد قطعات گالوانیزه شده و پیچهایی که مورد عملیات جوشکاری قرار خواهند گرفت نباید نزدیکتر از ۵ سانتیمتر به محل جوش گالوانیزه شوند چنین قسمتهائی که گالوانیزه نشده اند مطابق آنچه در بخش رنگ آمیزی آورده شده است مورد عملیات ترمیم قرار خواهند گرفت.

www.mirjalili.net

فهرست علائم

A	سطح مقطع عرضی
A	ضریب لنگر خمشی
A_F	ضریب تشدید
$(AF_y)_{bf}$	حاصلضرب سطح در تنش تسلیم برای بال تحتانی مقطع فولادی
$(AF_y)_c$	حاصلضرب سطح در تنش تسلیم برای بخش فشاری دال
$(AF_y)_{tf}$	حاصلضرب سطح در تنش تسلیم برای بال فوقانی مقطع فولادی
$(AF_y)_W$	حاصلضرب سطح در تنش تسلیم برای جان مقطع فولادی
A_f	مساحت بال
A_{fc}	مساحت بال فشاری
$A_S{}^t$	مجموع مساحت آرماتور طولی روی تکیه گاه میانی در محدوده عرض موثر بال
$A_r{}^S$	مجموع مساحت آرماتور طولی دال مسلح برای هر نوار روی تکیه گاه میانی
A_S	مساحت مقطع فولادی
A_W	مساحت جان تیر
a	فاصله مرکز پیچ های مفروض تا لبه ورق
a	فاصله سخت کننده های عرضی
a	ارتفاع ناحیه فشاری (عمق بلوک فشاری)
a	نسبت لنگر کوچکتر به لنگر بزرگتر در دو انتهای عضو
B	ثابت وابسته به تعداد سیکل های تنش (چرخه)
B	ثابت سخت کننده ها
b	عرض بال فشاری
b	فاصله مرکز پیچ های مفروض تا لبه بخش اتصال
b	عرض موثر دال
b	عرض موثر بال
b	عرض بال پهن تر
b	فاصله لبه ورق تا تکیه گاه
b	طول مهار نشده
b	عرض بال بین جان ها
b'	عرض سخت کننده
b'	پهنای آزاد بال نیمرخ، نبشی و سخت کننده
C	ضریب کمانش جان
C	نیروی فشاری در دال
C	ضریب تعادل لنگر
C'	نیروی فشاری در ناحیه بالای مقطع فولادی

www.mirjalili.net

C_b	ضریب یکنواختی لنگر خمشی
C_c	نسبت داوری ستون حدفاصل کمانش الاستیک و غیرالاستیک
C_{mx}	ضریب هم‌مکانی لنگر ثانوی با حداکثر لنگر نسبت به محور x
C_{my}	ضریب هم‌مکانی لنگر ثانونی با حداکثر لنگر نسبت به محور y
c	ضریب تنش کمانش
D	فاصله خالص بین بال ها
D	فاصله خالص مهار نشده بین اجزاء بال
D'	فاصله بالای دال تا محور خنثی در مقطع مرکب در زمانیکه در تئوری تحت لنگر مثبت به ظرفیت خمشی پلاستیک می‌رسد و حداکثر کرنش در دال 0.003 می باشد.
D_C	فاصله خالص بین تار خنثی و بال فشاری
D_C	لنگر بار مرده تیر مرکب
D_{CP}	عمقی از جان که در لنگر پلاستیک در ناحیه فشاری واقع می گردد
D_P	فاصله بالای دال تا تار خنثی پلاستیک
D_S	لنگر بار مرده روی تیر فولادی
d	قطر پیچ
d	قطر گل میخ
d	ارتفاع تیر
d	قطر غلتک
d_b	ارتفاع تیر
d_c	عمق ستون
d_o	فاصله سخت کننده های میانی
E	مدول الاستسیته فولاد. برحسب psi
E_C	مدول الاستسیته بتن
F	حداکثر تنش ایجاد شده در بال پایین
F	حداکثر تنش فشاری
F_a	تنش مجاز محوری
F_b	تنش مجاز خمشی
F_{cr}	تنش کمانشی بال فشاری ورق یا ستون
F_{bx}	تنش فشاری ناشی از خمش حول محور x
F_{by}	تنش فشاری ناشی از خمش حول محور y
F_D	حداکثر نیروی افقی
F_e	تنش کمانشی اویلر
F'_e	تنش اویلر تقسیم بر ضریب اطمینان
F_P	تنش تکیه گاهی محاسباتی بر اساس بار طراحی

www.mirjalili.net

F_S	تنش خمشی محدوده کننده
F_{sr}	محدوده مجاز تنش
F_t'	تنش کششی مجاز کاهش یافته در پرچ ها یا پیچ ها وقتی تنش برشی نیز موجود است.
F_y^r	حداقل تنش تسلیم مشخصه آرماتور
F.S.	ضریب اطمینان
F_u	حداقل مقاومت کششی مشخصه
F_u	مقاومت کششی رده الکترود
F_v	تنش برشی مجاز
F_V	مقاومت برشی وسیله اتصال
F_{vc}	ترکیب کشش و برش در اتصالات تکیه گاهی
F_y	حداقل تنش تسلیم مشخصه فولاد
F_{yf}	حداقل مقاومت مشخصه تسلیم بال
F_{yw}	حداقل مقاومت مشخصه تسلیم جان
f_a	تنش محوری فشاری محاسباتی
f_b	تنش خمشی فشاری محاسباتی
f_c'	مقاومت فشاری نهایی بتن (نمونه استوانه ای ۲۸ روزه)
F_{dl1}	تنش فشاری بال فوقانی تحت بار مرده در عملکرد غیر مرکب
f_r	محدوده تنش در اثر بار زنده و ضربه در تکیه گاه دال بتن مسلح
f_s	حداکثر تنش خمشی طولی در بال هر ناحیه در هر سمت سخت کننده عرضی
f_t	تنش کششی ناشی از بار بهره برداری
f_v	تنش برشی
f_{bx}	تنش خمشی فشاری محاسباتی حول محور X
f_{by}	تنش خمشی فشاری محاسباتی حول محور Y
G	فاصله بین وسایل اتصال
H	ارتفاع گل میخ
h	ضخامت متوسط بال در ناودانی
I	ممان اینرسی
I_S	ممان اینرسی سخت کننده
I_t	ممان اینرسی سخت کننده عرضی
I_y	ممان اینرسی عضو حول محور قائم در صفحه جان
I_{yc}	ممان اینرسی بال فشاری حول محور قائم در صفحه جان
J	نسبت سختی مورد نیاز یک سخت کننده عرضی به ورق جان
J	ثابت پیچش سن و نان Sanvenan
K	ضریب طول موثر در صفحه کمانش

www.mirjalili.net

k	ثابت: 0.75 برای پرچ ، 0.6 برای پیچ با مقاومت بالا
k	ضریب کمانش
k	فاصله لبه خارجی بال تا انتهای ماهیچه جان
K_L	ضریب کمانش
K_b	ضریب طول موثر در صفحه خمش
L	فاصله بین پیچ ها در جهت بارهای وارده
L	طول مهارنشده واقعی
L	نصف طول قوس
L	فاصله بین تیرهای عرضی
L_b	طول مهار نشده
L_C	طول عضو بین تکیه گاه ها
L_C	فاصله خالص بین سوراخها و یا بین سوراخ و لبه مقطع در جهت اعمال بار تکیه گاهی
L_P	طول مهار نشده حدی
L_r	طول مهار نشده حدی
l	طول عضو
M	حداکثر لنگر خمشی
M_1	لنگر انتهای عضو
M_1&M_2	لنگر در دو منطقه مهار شده مجاور
M_C	لنگر ستون
M_P	لنگر پلاستیک کامل مقطع
M_r	لنگر کمانش پیچشی جانبی یا لنگر تسلیم
M_S	لنگر الاستیک پایه (ستون یا شمع) تحت بارگذاری که بیشترین لنگر مثبت را در دهانه مجاور ایجاد کند
M_u	حداکثر مقاومت خمشی
M_y	ظرفیت لنگر در تسلیم اول
N_1&N_2	تعداد اتصال دهنده های برشی
N_C	تعداد اتصال دهنده های اضافی برای هر تیر در نقطه عطف
N_S	تعداد سطوح لغزش در یک اتصال لغزشی
N_W	تعداد خطوط عبور طراحی راه
n	نسبت مدول الاسیسته فولاد به بتن
n	تعداد سخت کننده های طولی
P	نیروی محوری فشاری مجاز در عضو
P	فشار محوری عضو
$P_0.P_1.P_2.P_3$	نیرو در دال

www.mirjalili.net

P_s	مقاومت لغزشی مجاز
P_u	حداکثر ظرفیت محوری فشاری
P	باربری مجاز
Q	کشش اهرمی هر پیچ
Q	ممان استاتیکی حول تارخنثی
R	شعاع
R	تعداد خطوط عبور طراحی برای تیر ورق جعبه ای
R	ضریب کاهش برای تیر ورق مختلط
R_b	ضریب کاهش ظرفیت خمشی
R_{ev}	محدوده تنش کششی و فشاری در یک چرخه تنش
R_v	نیروی عمودی در محل اتصال سخت کننده قائم به سخت کننده طولی
R_w	نیروی عمودی جان
R_r	شعاع ژیراسیون
r_b	شعاع ژیراسیون در صفحه خمش
r_y	شعاع ژیراسیون در امتداد محور y-y
r'	شعاع ژیراسیون بال فشاری حول محور مار بر صفحه جان
S	تنش مجاز پیچ و پرچ در برش
S	مدول مقطع
S	شیب بین دو سوراخ متوالی در زنجیر
S_r	محدوده برش افقی
S_S	مدول مقطع سخت کننده عرضی
S_t	مدول مقطع سخت کننده طولی یا عرضی
S_u	مقاومت نهایی اتصالات برشی
S_{xc}	مدول مقطع در بال فشاری
s	تنش محاسباتی در پیچ یا پرچ در برش
T	محدوده تنش کششی
T	کشش مستقیم در پیچ در اثر بار خارجی
t	ضخامت ورق خارجی نازکتر
t	ضخامت عضو فشاری
t	ضخامت نازکترین بخش اتصال
t	تنش محاسباتی پیچ یا پرچ در کشش همراه با هر تنش ناشی از عملکرد اهرمی
t	ضخامت سطح فرسودنی
t	ضخامت بال

www.mirjalili.net

t	ضخامت بال نبشی
t	ضخامت جان ناودانی
t	ضخامت سخت کننده
t_b	ضخامت بال زیر بار متمرکز
t_c	ضخامت بال یا عضوی که بایستی سخت شود
t_f	ضخامت بال
t_h	ضخامت ماهیچه بتنی بالای تیر یا بال فوقانی آن
t_s	ضخامت سخت کننده
t_s	ضخامت دال
t_w	ضخامت جان
t_{tf}	ضخامت بال فوقانی
t'	ضخامت بخش بیرون زده سخت کننده
V	نیروی برشی
V_P	مقاومت تسلیم برشی جان
V_r	محدوده برش در برابر بار زنده و ضربه
V_u	حداکثر نیروی برشی
V_V	برش قائم
V_W	برش طراحی جان
W	طول اتصال برشی ناودانی
W_C	عرض راه بین جدول ها و یا موانع در صورتی که از جدول استفاده نشود.
W_L	سهم بار چرخ
w	طول اتصال برشی ناودانی که در جهت عمود بر تیر اندازه گیری می شود.
w	وزن واحد حجم بتن
w	عرض بال بین سخت کننده های طولی
Y	نسبت مقاومت تسلیم ورق جان به مقاومت تسلیم سخت کننده
Y_O	فاصله تار خنثی تا لبه خارجی
$\bar{y}$	موقعیت مقطع فولادی نسبت به تار خنثی
Z	مدول پلاستیک مقطع
Z_r	محدوده مجاز برش افقی در وسیله اتصال
α	ثابت وابسته به تعداد سیکل های تنش
α	حداقل مقاومت مشخصه تسلیم جان تقسیم بر حداقل مقاومت مشخصه تسلیم بال کششی
β	مساحت جان تقسیم بر مساحت بال کششی
P	$\frac{Fyw}{Fyf}$

www.mirjalili.net

θ	زوایه انحراف ورق جان نسبت به قائم
Ψ	نسبت سطح مقطع کل به سطح مقطع دو بال
Ψ	فاصله لبه خارجی بال کششی تا تار خنثی تقسیم بر ارتفاع مقطع فولادی
Δ	خیز
Δ_{DL}	افتادگی مرده در هر منطقه
Δ_m	حداکثر Δ_{DL}
Φ	ضریب کاهش
Φ	ضریب سخت کننده طولی
μ	ضریب لغزش در نقطه بحرانی لغزش

www.mirjalili.net

فهرست مآخذ

1- AASHTO- standard specification for highway bridges- 16th ed 1996- section 10.
2- B55400: Part 3: 1982
Code of Practice for design of steel bridges.
3- AASHTO-design criteria for horizontally curved steel bridges.
4- DIN 4114- steel structure stability.
5- DIN 18800- structural steel work.
٦- مجموعه مقررات ملی ساختمان ایران- مبحث دهم: طرح و اجرای سازه های فولادی.
۷- مرکز تحقیقات و مطالعات راه و ترابری- معیارهای طراحی پل های خمیدهٔ فولادی- فرخ فروتن.

www.mirjalili.net

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی – فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیتهای عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی سالهای اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده‌کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

www.mirjalili.net

www.mirjalili.net

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

معاونت امور فنی

فهرست نشریات منتشر شده در سالهای اخیر
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

www.mirjalili.net

Ġ¢ر‡ز ڙنواںّ	ه‌ر‌ڑ‌ا Ġ¢ر‡ز	ع‌ر‌ڑ‌ش ا‌ن‌¢ر‌ک‌ ع‌ر‌ڑ‌ش		Ůنو ڑ‌ڑ‌ںا‌ر‌و‌ا‌ٹ‌ز‌٧	Θ‌ک‌ڑ‌ف‌ا‌ه‌
		ğ‌ر‌ا	‌ذ‌خ‌ر		

مشخصات فني عمومي كارهاي ساختماني	۵۵	۱۳۸۳		۱	تجديدنظر دوم
مشخصات فني عمومي و اجرايي تأسيسات برقي كارهاي ساختماني جلد دوم – تأسيسات برق جريان ضعيف	۱۱۰-۲	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فني عمومي تأسيسات مكانيكي ساختمان جلد ششم – نقشه‌هاي جزئيات	۱۲۸-۶	۱۳۸۵		۱	
ضوابط و معيارهاي طرح و اجراي سيلوهاي بتني جلد اول – مشخصات فني عمومي و اجرايي سازه و معماري سيلو (۲۳۵-۱) جلد دوم – مشخصات فني عمومي و اجرايي تأسيسات برق سيلو (۲۳۵-۲) جلد سوم – مشخصات فني عمومي و اجرايي تأسيسات مكانيكي سيلو (۲۳۵-۳) جلد چهارم – معيارهاي فني و تحويل موقت سيلو (۲۳۵-۴)	۲۳۵	۱۳۸۲ ۱۳۸۱ ۱۳۸۳ ۱۳۸۴		۳	
راهنماي برگزاري مسابقات معماري و شهرسازي در ايران	۲۴۰	۱۳۸۲		۳	
فهرست جزئيات خدمات مهندسي مطالعات مرحله دوم تسطيح و قطعه‌بندي اراضي كشاورزي	۲۴۴-۱	۱۳۸۵		۳	
ضوابط طراحي سينما	۲۴۵	۱۳۸۲		۳	
ضوابط و مقررات شهرسازي و معماري براي افراد معلول جسمي حركتي	۲۴۶	۱۳۸۲		۱	
دستورالعمل حفاظت و ايمني در كارگاههاي سدسازي	۲۴۷	۱۳۸۲		۳	
فرسايش و رسوبگذاري در محدوده آبشكنها	۲۴۸	۱۳۸۲		۳	
فهرست خدمات مرحله توجيهي مطالعات ايزوتوپي و رديابي مصنوعي منابع آب زيرزميني	۲۴۹	۱۳۸۲		۲	
آيين نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پيش تنيده	۲۵۰	۱۳۸۲		۱	
فهرست خدمات مطالعات بهسازي لرزه اي ساختمانهاي موجود	۲۵۱	۱۳۸۲		۳	
رفتارسنجي فضاهاي زيرزميني درحين اجرا	۲۵۲	۱۳۸۲		۳	
آيين نامه نظارت و كنترل برعمليات و خدمات نقشه برداري	۲۵۳	۱۳۸۲		۱	
دستورالعمل ارزيابي پيامدهاي زيست محيطي پروژه هاي عمراني: جلد اول – دستورالعمل عمومي ارزيابي پيامدهاي زيست محيطي پروژه هاي عمراني(۲۵۴-۱) جلد دوم – شرح خدمات بررسي اوليه و مطالعات تفصيلي ارزيابي آثارزيست محيطي طرح عمراني (۲۵۴-۲) جلد سوم – دستورالعمل هاي اختصاصي پروژه هاي آب .....(۲۵۴-۳)	۲۵۴	۱۳۸۲		۳ ۱ ۳	
دستورالعمل آزمايشهاي آبشويي خاكهاي شور وسديمي در ايران	۲۵۵	۱۳۸۲		۳	
استانداردهاي نقشه كشي ساختماني	۲۵۶	۱۳۸۲		۳	
دستورالعمل تهيه طرح مديريت مناطق تحت حفاظت	۲۵۷	۱۳۸۲		۳	
دستورالعمل بررسيهاي اقتصادي منابع آب	۲۵۸	۱۳۸۲		۳	
دستورالعمل آزمون ميكروبيولوژي آب	۲۵۹	۱۳۸۲		۳	
راهنماي تعيين عمق فرسايش و روشهاي مقابله باآن درمحدوده پايه هاي پل	۲۶۰	۱۳۸۲		۳	
ضوابط و معيارهاي فني روشهاي آبياري تحت فشار مشخصات فني عمومي آبياري تحت فشار	۲۶۱	۱۳۸۲		۱	
فهرست جزئيات خدمات مطالعات تاسيسات آبگيري (مرحله هاي شناسائي ، اول و دوم ايستگاههاي پمپاژ)	۲۶۲	۱۳۸۲		۲	

www.mirjalili.net

ΘΚŏfℓℓ	Ŭℓοι ĶŽΰΪΙιγοℚ⅀Ƴ	ϱΚŠ ιΚ‡Ψιι ωℓγΚσ ğϱΙ	ϱ Ƴ	ογΚŽΙΙ Ġℓγ‡ι	ĹĴℓοιγŽ ι‡ℓγĠ

فهرست جزئيات خدمات مهندسي مطالعات تاسيسات آبگيري (سردخانه سازي)	۲		۱۳۸۲	۲۶۳	
آيين نامه اتصالات سازه هاي فولادي ايران	۱		۱۳۸۲	۲۶۴	
برپايي آزمايشگاه آب	۳		۱۳۸۲	۲۶۵	
۱- دستورالعمل تعيين اسيديته و قليائيت آب ۲- دستورالعمل تعيين نيتروژن آب	۳		۱۳۸۲	۲۶۶	
ايمني راه و حريم (جلد اول) ۱-۲۶۷ ايمني ابنيه فني (جلد دوم) ۲-۲۶۷ ايمني علائم (جلد سوم) ۳-۲۶۷ تجهيزات ايمني راه (جلد چهارم) ۴-۲۶۷ تأسيسات ايمني راه (جلد پنجم) ۵-۲۶۷ ايمني بهره‌برداري (جلد ششم) ۶-۲۶۷ ايمني در عمليات اجرايي (جلد هفتم) ۷-۲۶۷	۱		۱۳۸۴	۲۶۷	
دستورالعمل تثبيت لايه‌هاي خاكريز و روسازي راه‌ها	۳		۱۳۸۲	۲۶۸	
راهنماي آزمايش‌هاي دانه‌بندي رسوب	۳		۱۳۸۲	۲۶۹	
معيارهاي برنامه‌ريزي و طراحي كتابخانه‌هاي عمومي كشور	۳		۱۳۸۳	۲۷۰	
شرايط طراحي (DESIGN CONDITIONS) براي محاسبات تأسيسات گرمايي، تعويض هوا و تهويه مطبوع مخصوص تعدادي از شهرهاي كشور	۳		۱۳۸۲	۲۷۱	
راهنماي مطالعات بهره‌برداري از مخازن سدها	۳		۱۳۸۳	۲۷۲	
راهنماي تعيين بار كل رسوب رودخانه‌ها به روش انيشتين و كلبي	۳		۱۳۸۳	۲۷۳	
دستورالعمل نمونه‌برداري آب	۳		۱۳۸۳	۲۷۴	
ضوابط بهداشتي و ايمني پرسنل تصفيه‌خانه‌هاي فاضلاب	۱		۱۳۸۳	۲۷۵	
شرح خدمات مطالعات تعيين حد بستر و حريم رودخانه يا مسيل				۲۷۶	
راهنماي بررسي پيشروي آب‌هاي شور در آبخوان‌هاي ساحلي و روش‌هاي كنترل آن	۳		۱۳۸۳	۲۷۷	
راهنماي انتخاب ظرفيت واحدهاي مختلف تصفيه‌خانه‌هاي فاضلاب شهري	۳		۱۳۸۳	۲۷۸	
مشخصات فني عمومي زيرسازي راه‌آهن	۱		۱۳۸۳	۲۷۹	
مشخصات فني عمومي راهداري	۱		۱۳۸۳	۲۸۰	
ضوابط عمومي طراحي شبكه‌هاي آبياري و زهكشي	۳		۱۳۸۳	۲۸۱	
ضوابط هيدروليكي طراحي ساختمان‌هاي تنظيم سطح آب و آبگيرها در كانال‌هاي روباز	۳		۱۳۸۳	۲۸۲	
فهرست خدمات مهندسي مرحله ساخت طرح‌هاي آبياري و زهكشي				۲۸۳	
راهنماي بهره‌برداري و نگهداري از تصفيه‌خانه‌هاي فاضلاب شهري بخش دوم - تصفيه ثانويه	۳		۱۳۸۳	۲۸۴	
راهنماي تعيين و انتخاب وسايل و لوازم آزمايشگاه تصفيه‌خانه‌هاي فاضلاب	۳		۱۳۸۳	۲۸۵	
ضوابط طراحي سيستم‌هاي آبياري تحت فشار	۳		۱۳۸۳	۲۸۶	
طراحي بناهاي درماني (۱) بخش بستري داخلي- جراحي ۲۸۷-۱	۳		۱۳۸۳	۲۸۷-۱	**Σ⁄د ‡ÕÛ**:راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري
					Σ⁄د ØØQƳ : راهنماي طراحي تأسيسات مكانيكي
					Σ⁄د ƻQ:راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي
					Σ⁄د ØØHŠ Qر: راهنماي گروه‌بندي و مشخصات فني تجهيزات
طراحي بناهاي درماني (۲)					**Σ⁄د ‡ÕÛ**:راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري

www.mirjalili.net

عنوان	شماره				توضیحات
		تاریخ	مبلغ		

بخش مراقبت‌هاي ويژه I.C.U ۲۸۷-۲	۲۸۷-۲	راهنمـاي طراحـي تأسيـسات مكانيكي			۳
		راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي			
		راهنمـاي گـروه‌بنـدي و مشخصات فني تجهيزات بيمارستاني			
طراحي بناهاي درماني (۳) بخش اعمال زايمان ۲۸۷-۳	۲۸۷-۳	راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري			
		راهنمـاي طراحـي تأسيـسات مكانيكي	۱۳۸۴		۳
		راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي			
		راهنمـاي گـروه‌بنـدي و مشخصات فني تجهيزات بيمارستاني			
طراحي بناهاي درماني (۴) بخش بستري زايمان ۲۸۷-۴	۲۸۷-۴	راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري			
		راهنمـاي طراحـي تأسيـسات مكانيكي	۱۳۸۴		۳
طراحي بناهاي درماني (۵) بخش نوزادان NICU ۲۸۷-۵	۲۸۷-۵	راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري			
		راهنمـاي طراحـي تأسيـسات مكانيكي	۱۳۸۵		۳
		راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي			
طراحي بناهاي درماني (۶) بخش خدمات زايمان ۲۸۷-۶	۲۸۷-۶	راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري			
		راهنمـاي طراحـي تأسيـسات مكانيكي	۱۳۸۵		۳
		راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي			
طراحي بناهاي درماني (۷) بخش خدمات قلب ۲۸۷-۷	۲۸۷-۷	راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري			
		راهنمـاي طراحـي تأسيـسات مكانيكي	۱۳۸۵		۳
		راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي			
طراحي بناهاي درماني (۸) بخش مراقبت قلب ۲۸۷-۸	۲۸۷-۸	راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري			
		راهنمـاي طراحـي تأسيـسات مكانيكي	۱۳۸۶		۳
		راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي			
طراحي بناهاي درماني (۹) بخش خدمات تشخيصي غيرتهاجمي قلب ۲۸۷-۹	۲۸۷-۹	راهنماي برنامه‌ريزي‌وطراحي‌معماري			
		راهنمـاي طراحـي تأسيـسات مكانيكي	۱۳۸۶		۳
		راهنماي طراحي‌تأسيسات برقي			
آيين‌نامه طرح هندسي راه‌آهن	۲۸۸		۱۳۸۳		۱
راهنماي روش محاسبه تعديل آحاد بهاي پيمان‌ها	۲۸۹		۱۳۸۳		
دستورالعمل تهيه، ارائه و بررسي پيشنهادهاي تغيير، با نگاه مهندسي ارزش دستورالعمل تهيه و ارسال گزارش سالانه پيشنهادهاي تغيير، با نگاه مهندسي ارزش	۲۹۰				
جزئيات تيپ كارهاي آب و فاضلاب	۲۹۱		۱۳۸۴		۳
مجموعه نقشه‌هاي همسان پل‌هاي راه دهانه ۲ تا ۱۰ متر	۲۹۲				
مجموعه نقشه‌هاي همسان پل‌هاي راه‌آهن دهانه ۲ تا ۱۰ متر	۲۹۳				
مجموعه نقشه‌هاي همسان پل‌هاي راه دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر	۲۹۴				
مجموعه نقشه‌هاي همسان پل‌هاي راه‌آهن دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر	۲۹۵				
راهنماي بهسازي رويه‌هاي شني و آسفالتي	۲۹۶		۱۳۸۴		۳
فرهنگ واژگان نظام فني و اجرايي كشور	۲۹۷		۱۳۸۴		

www.mirjalili.net

Θκδfλλα	Ŭλοι ǨǯüǨlяоǁѕΥ	ŗĸšяĸ‡ϕiıա#яĸσ ğρl	 ғхтƌ	ярĸǨǯll Ǵ#яŗ‡ı	Ǵ#яŗ‡ı ǯǨлоаŭ

مجموعه مقالات كارگاه مشترك ايران و ژاپن (۵-۷ مهرماه ۱۳۸۳)	۲۹۸	۱۳۸۴			
فهرست جزئيات خدمات ساماندهي و تجهيز و نوسازي اراضي تحت پوشش تعاوني توليد روستايي	۲۹۹	۱۳۸۵		۲	
آيين‌نامه طراحي بنادر و سازه‌هاي دريايي ايران (۱۱ جلد) ۱- ملاحظات محيطي و بارگذاري ۲- مصالح ۳- مكانيك خاك و پي ۴- اصول و مباني مطالعات و طراحي بنادر ۵- موج‌شكنها و سازه‌هاي حفاظتي ۶- سازه و تجهيزات پهلوگيري ۷- آبراهه و حوضچه ۸- تسهيلات و تجهيزات بهره‌برداري و پشتيباني بنادر ۹- سكوهاي دريايي ۱۰- ملاحظات زيست‌محيطي بنادر ۱۱- سازه و تجهيزات تعمير شناور	۳۰۰	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فني عمومي روسازي راه‌آهن	۳۰۱	۱۳۸۴		۱	
دستورالعمل مطالعات هيدروليكي و آبشستگي پل	۳۰۲	۱۳۸۴		۳	
مشخصات فني عمومي كارهاي خطوط لوله‌هاي آب و فاضلاب شهري	۳۰۳	۱۳۸۵		۱	
راهنماي طراحي نماي ساختمان‌هاي عمومي	۳۰۴				
شرح خدمات مطالعات برنامه‌ريزي و تهيه طرح‌هاي تفصيلي – اجرايي جنگلداري جنگل‌هاي شمال كشور	۳۰۵				
آماده‌سازي و تميزكاري سطوح فلزي جهت اجراي پوشش	۳۰۶	۱۳۸۴		۳	
راهنماي پهنه‌بندي سيل و تعيين حد بستر و حريم رودخانه	۳۰۷	۱۳۸۴		۳	
راهنماي طراحي ديوارهاي حائل	۳۰۸	۱۳۸۴		۳	
راهنماي طراحي سازه‌اي تونل‌هاي آبر	۳۰۹	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل و ضوابط تقسيم‌بندي و كدگذاري حوضه‌هاي آبريز و محدوده‌هاي مطالعاتي در سطح كشور	۳۱۰	۱۳۸۴			
راهنماي حفاظت كاتدي خطوط لوله و سازه‌هاي فولادي	۳۱۱	۱۳۸۴		۳	
ضوابط عمومي طراحي سازه‌هاي آبي بتني	۳۱۲	۱۳۸۴		۳	
فهرست خدمات مهندسي مطالعات بهره‌برداري و نگهداري از سامانه‌هاي آبياري و زهكشي در حال بهره‌برداري	۳۱۳	۱۳۸۴		۳	
ارزيابي ظرفيت وام‌گيري كشاورزان در طرح‌هاي آبياري و زهكشي	۳۱۴	۱۳۸۴			
راهنماي نگهداري سامانه‌هاي زهكشي	۳۱۵	۱۳۸۴			
راهنماي تعيين دوره بازگشت سيلاب طراحي براي كارهاي مهندسي رودخانه	۳۱۶	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحي هيدروليكي ايستگاه‌هاي پمپاژ شبكه‌هاي آبياري و زهكشي»	۳۱۷	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل كنترل كيفيت در تصفيه‌خانه‌هاي آب	۳۱۸	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحي تعيين فاصله و زهكش‌هاي زيرزميني	۳۱۹	۱۳۸۴		۳	
فهرست خدمات ارزيابي عملكرد سامانه‌هاي زهكشي زيرزميني	۳۲۰	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحي هيدروليكي سيفون‌ها و آبگذر زير جاده	۳۲۱	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل تعيين هدايت هيدروليك خاك	۳۲۲	۱۳۸۴			

www.mirjalili.net

Ġ#ر‡ذ ذ̃نواذ̃	ه‌ر‰ذ̃ll Ġ#ر‡ذ	ع‰ر‰ذ ا‰#‡ك ر‰ذ̃ع‰ ğpl	ذ̃اخر	نوذ̃ ذ̃ك‰ذ̃ا‌روا‌ذ̃	ه‌لاه‌ك‰ذ̃ه‌
دستورالعمل ارزيابي اثرات زيست‌محيطي طرح‌هاي آب و فاضلاب در مرحله اجمالي	۳۲۳	۱۳۸۴			
ضوابط طراحي ساختمان‌هاي با اتصال خرجيني	۳۲۴	۱۳۸۵		۱	
ضوابط طراحي و محاسبه ساختمان‌هاي صنعتي فولادي	۳۲۵	۱۳۸۵		۱	
دستورالعمل ساخت و اجراي بتن در كارگاه	۳۲۷	۱۳۸۵		۳	
واژه‌هاي و اصلاحات اكتشافات معدني	۳۲۸	۱۳۸۵			
فهرست خدمات مطالعات برداشت مصالح رودخانه‌اي	۳۲۹	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل آماربرداري از منابع آب	۳۳۰	۱۳۸۴			
راهنماي تشخيص اثرهاي اقتصادي، اجتماعي، ارزش‌گذاري و توجيه اقتصادي طرح‌هاي توسعه منابع آب	۳۳۱	۱۳۸۴			
راهنماي طراحي، ساخت و نگهداري پوشش‌ها در كارهاي مهندسي رودخانه	۳۳۲	۱۳۸۴			
شرح خدمات توجيه فني و اقتصادي- اجتماعي سامانه‌هاي آبياري تحت فشار (در سه سطح الف- ب- پ)	۳۳۳	۱۳۸۵		۳	
روش‌نامه مطالعات توجيه فني، اقتصادي- اجتماعي و زيست‌محيطي سامانه‌هاي آبياري تحت فشار	۳۳۴	۱۳۸۵		۳	
راهنماي بهره‌برداري هيدروليكي از مخزن سدهاي بزرگ	۳۳۵	۱۳۸۴		۳	
راهنماي برداشت مصالح رودخانه‌اي	۳۳۶	۱۳۸۵		۳	
ضوابط طراحي هيدروليكي ساختمان‌هاي حفاظتي و تقاطعي، تبديل و ايمني و ساختمان‌هاي حفاظت در مقابل فرسايش سامانه‌هاي آبياري	۳۳۷	۱۳۸۵		۳	
دستورالعمل ارزيابي اثرات زيست‌محيطي طرح‌هاي آب و فاضلاب در مرحله تفصيلي	۳۳۸	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فني اجرايي بازيافت سرد آسفالت	۳۳۹	۱۳۸۵		۱	
تعاريف و مفاهيم در فعاليت‌هاي معدني؛ واژه‌ها و اصطلاحات پايه استخراج معدن	۳۴۰	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فني اجرايي بازيافت گرم آسفالت	۳۴۱	۱۳۸۵		۱	
راهكار كاهش نوفه ترافيك براي ساختمانهاي حواشي بزرگراه‌هاي شهري	۳۴۲	۱۳۸۵		۳	
راهنماي طراحي آكوستيكي فضاهاي آموزشي	۳۴۳	۱۳۸۵		۳	
آيين‌نامه سازه‌هاي بتني حجيم	۳۴۴	۱۳۸۵			
راهنماي طراحي و ضوابط اجرايي تقويت ساختمانهاي بتني موجود با استفاده از الياف تقويتي FRP	۳۴۵	۱۳۸۵		۳	
ضوابط و مباني طراحي، تجهيز، نوسازي و يكپارچه‌سازي اراضي خشكه‌زاري (پنج جلد)	۳۴۶	۱۳۸۵		۳	
راهنماي طراحي تلمبه‌خانه‌هاي آب	۳۴۷				
ضوابط انتخاب و طراحي مزرعه آزمايشي زهكشي زيرزميني	۳۴۸	۱۳۸۵		۳	
راهنماي عمليات صحرايي نمونه‌برداري مواد رسوبي رودخانه‌ها و مخازن سدها	۳۴۹	۱۳۸۶		۳	
مقررات تهويه در معادن	۳۵۰				
مراحل مختلف اكتشاف ذغال سنگ	۳۵۱				
معيارهاي فني طراحي پايانه‌هاي مسافري جاده‌اي	۳۵۲	۱۳۸۶			
راهنماي طراحي روسازي فرودگاه	۳۵۳				

www.mirjalili.net

عنوان	شماره	وضعیت		نوع	ملاحظات
		تاریخ	وضعیت		
راهنماي طراحي و اجراي بتن غلتكي در روسازي راه‌هاي كشور	۳۵۴	۱۳۸۶			
دستورالعمل نظارت بر اجراي روسازي راه‌آهن	۳۵۵	۱۳۸۶			
ضوابط و دستورالعمل پردازش رقومي تصاوير ماهواره‌اي ETM در استخراج نقشه كاربري و پوشش اراضي مطالعات ساماندهي دشت	۳۵۶				
ضوابط عمومي و دستورالعمل ايجاد پايگاه اطلاعات جغرافيايي (GIS) براي كاربردهاي مطالعاتي بخش كشاورزي و منابع طبيعي	۳۵۷				
ضوابط طراحي سازه‌هاي اتصال و تخليه زهكشهاي روباز	۳۵۸				
راهنماي كاربرد مدلهاي تجربي و نظري آبشويي نمكهاي خاكهاي شور	۳۵۹				
دستورالعمل بهسازي لرزه‌اي ساختمانهاي موجود	۳۶۰	۱۳۸۶			
تفسير دستورالعمل بهسازي لرزه‌اي ساختمانهاي موجود	۳۶۱				
جزئيات اجرايي بهسازي لرزه‌اي ساختمانهاي موجود	۳۶۲				
راهنماي كار براي دستورالعمل بهسازي لرزه‌اي ساختمانهاي موجود	۳۶۳				
دستورالعمل ارزيابي سريع لرزه‌اي ساختمانهاي موجود	۳۶۴				
شرح خدمات بهسازي لرزه‌اي سامانه‌هاي آبرساني	۳۶۵	۱۳۸۶			
شرح خدمات بهسازي لرزه‌اي تأسيسات صنعت برق	۳۶۶				
شناسنامه فني پلها	۳۶۷	۱۳۸۶			
راهنماي طراحي و انتخاب مواد و مصالح براي زهكشهاي زيرزميني	۳۶۸				
ضوابط احداث تونل مشترك تأسيسات شهري	۳۶۹	۱۳۸۶			
راهنماي نگهداري علائم و تجهيزات ايمني راه	۳۷۰	۱۳۸۶			
مجموعه مقالات همايش تكنولوژيهاي نوين بهسازي لرزه‌اي (۲۷-۲۶ دي ماه ۱۳۸۵)	۳۷۱	۱۳۸۵			
مجموعه مقالات كنفرانس هفتم تونل ايران (۱۹-۲۱ تير ماه ۱۳۸۵)	۳۷۲	۱۳۸۶			
مباني طراحي و اجراي ساختمان ورزشگاه‌هاي كوچك (محله‌اي)	۳۷۳	۱۳۸۶			
مشخصات فني عمومي اجرايي خطوط توزيع برق هوايي و كابلي فشار متوسط و فشار ضعيف	۳۷۴	۱۳۸۶		۲	
مشخصات فني عمومي اجرايي پستهاي توزيع هوايي و زميني ۲۰ و ۳۳ كيلو ولت	۳۷۵	۱۳۸۶		۲	
دستورالعمل بهسازي لرزه‌اي ساختمانهاي بنايي غيرمسلح موجود	۳۷۶	۱۳۸۶		۳	
شرح خدمات مرحله دوم آبياري تحت فشار	۳۷۷				
مباني طراحي بيمارستانهاي ۲۰۰ تختخوابي آموزشي	۳۷۸			۱	
مباني طراحي بيمارستانهاي ۱۶۰ تختخوابي آموزشي	۳۷۹			۱	
مباني طراحي بيمارستانهاي ۱۰۰ تختخوابي آموزشي	۳۸۰			۱	
مباني طراحي بيمارستانهاي ۶۴ تختخوابي آموزشي	۳۸۱			۱	
مباني طراحي بيمارستانهاي ۳۲ تختخوابي آموزشي	۳۸۲			۱	
راهنماي مطالعات فرسايش و رسوب در ساماندهي رودخانه‌ها	۳۸۳			۳	
راهنماي تحويل حجمي آب در شبكه‌هاي آبياري و زهكشي	۳۸۴			۳	
دستورالعمل طراحي، ساخت و اجراي سيستم‌هاي پيش‌ساخته سبك سه‌بعدي	۳۸۵				
دستورالعمل اصلاح مراتع با استفاده از روشهاي تأمين آب شرب دام	۳۸۶			۳	

www.mirjalili.net

Θκδfلا	Ŭنو ǨǯüǩlروﻝsY	ډκšر‡ﻝi ىﻗرκ ğpl	 ﺧر	ەرǨǯll Ǵﻗر‡ء	ڵنواǯ ء‡رﻗǴ
	۳			۳۸۷	دستورالعمل و ضوابط حفاظت و حمايت در طرحهاي منابع طبيعي
			۱۳۸۶	۳۸۸	آيين‌نامه طرح و محاسبه سازه‌هاي بتني پيش‌ساخته
				۳۸۹	آيين‌نامه طرح و محاسبه پل‌هاي بتن‌آرمه
			۱۳۸۶	۳۹۰	راهنماي انجام خدمات مطالعات جنبي پروژه‌هاي مقاوم‌سازي
				۳۹۱	راهنماي طراحي روسازي بنادر
				۳۹۲	ضوابط و مباني طراحي بارهاي چندمنظوره كشاورزي
				۳۹۳	جزئيات تيپ تأسيسات برقي ساختمان
				۳۹۴	دستورالعمل طراحي و نظارت بر روسازي راه‌آهن سريع‌السير
				۳۹۵	دستورالعمل طراحي و محاسبه پلهاي فولادي
				۳۹۶	شرح خدمات مرحله توجيهي مطالعات آبخيزداري
	۳			۳۹۷	راهنماي تهيه شناسنامه غار
				۳۹۸	آشنايي با سازه‌هاي فضاكار
	۳			۳۹۹	مشخصات فني عمومي سدها
				۴۰۰	آيين‌نامه سازه‌هاي فضاكار ايران
	۲			۴۰۱	مشخصات فني عمومي و اجرايي خطوط فوق توزيع و انتقال – مسيريابي خطوط نيرو
	۲			۴۰۲	مشخصات فني عمومي و اجرايي خطوط فوق توزيع و انتقال – طراحي عمومي خطوط نيرو
	۲			۴۰۳	مشخصات فني عمومي و اجرايي خطوط فوق توزيع و انتقال – كليد قدرت در پستهاي فشار قوي (جلد اول) : ۱-۴۰۳ مشخصات فني عمومي و اجرايي خطوط فوق توزيع و انتقال – كليد قدرت در پستهاي فشار قوي (جلد دوم) : ۲-۴۰۳
	۲			۴۰۴	مشخصات فني عمومي و اجرايي خطوط فوق توزيع و انتقال – زمين‌شناسي خطوط انتقال نيروي برق
	۳			۴۰۵	راهنماي طراحي هيدروليكي تصفيه‌خانه‌هاي فاضلاب
				۴۰۶	پيكربندي و ساختار مديريت پل‌هاي كشور
				۴۰۷	مشخصات فني عمومي و اجرايي خطوط فوق توزيع و انتقال – سيكسيونر و تيغه زمين در پستهاي فشار قوي (جلد اول : ۱-۴۰۷) (جلد دوم : ۲-۴۰۷)
				۴۰۸	مشخصات فني عمومي و اجرايي خطوط فوق توزيع و انتقال – ترانسفورماتور ولتاژ در پستهاي فشار قوي (جلد اول : ۱-۴۰۸) (جلد دوم : ۲-۴۰۸)
				۴۰۹	مشخصات فني عمومي و اجرايي خطوط فوق توزيع و انتقال – سيستم زمين خطوط انتقال

www.mirjalili.net

این نشریه
با عنوان «دستورالعمل طراحی پل‌های فولادی»، شامل هجده فصل است.
۱- مصالح، ۲- محدودیت‌های لاغری، ۳- اعضای کششی، ۴- اعضای خمشی (تیرها و تیرورق ها)، ۵- تیرهای مختلط، ۶- تیرهای جعبه‌ای، ۷- اعضای فشاری، ۸- ترکیب تنش‌ها، ۹- وسایل اتصال، ۱۰- اتصالات و وصله‌ها، ۱۱- تنش‌های مجاز خستگی، ۱۲- خرپاها، ۱۳- تیرورق‌های قوسی با ورق جان یکپارچه، ۱۴- تیرهای خمیده، ۱۵- مسائل ویژه در طرح و محاسبه، ۱۶- ساخت، نصب و کنترل نوع کار، ۱۷- بالشتک‌های الاستومری، ۱۸- رنگ آمیزی و گالوانیزه کردن قسمت های فلزی، فصلهای این مجموعه را تشکیل می‌دهند.
رعایت کامل مفاد این نشریه از طرف دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر در طرحهای عمرانی الزامی است.

www.mirjalili.net