مهنـدس علیرضـا کافیان عطـاری | کارشـناس عمـران و رییـس انجمن صنفی شرکت های بازرسی فنی خراسان
مهندس وحید بارویی | کارشـناس عمران و مشاور فنی مهندسان مشاور و بازرسی فنی جوش توس آزمون



مقاله ها | عمران

مبانی بازرسی در سازه های پیچ و مهره ای

چکیده:
یکی از مهم ترین اجزای سـازه های فولادی که وظیفه ی انتقال نیروهای اعضا به یکدیگر و به تکیه گاه ها را بر عهده دارد، اتصالات میان اعضا می باشـد. اتصالات پیچی به دلیل سـرعت بسـیار بالا در اجرا و اطمینان از رفتار آن ها به گونه ی مورد انتظار و شکل صنعتی مطلوب ساخت سازه ای، از بهترین انواع اتصال در سازه های فولادی بوده که در سال های اخیر مورد توجه طراحان قرار گرفته است. اما، در روند سـاخت این نوع سـازه ها، با توجه به تکنولوژی تولید و ساخت در کشور ما، مواردی از عدم اجرای درسـت و اصولی دیده می شـود. در این مقاله تلاش شـده است تا با گـردآوری نکات آیین نامـه ای و روند تولید با توجه به فرآوری و تکنولوژی موجود، نکاتی را در طراحی، اجرا و از همه مهم تر بازرسـی سـازه های فولادی با اتصالات پیچی ارایه گردد.
واژگان کلیـدی: اتصالات سـازه هـای فـولادی، عملکرد اصطکاکـی و اتکایی، پیش تنیدگی، آزمایش های پیچ و مهره ای.

۱. پیشگفتار:
اتصالات در همه ی سـازه ها از جمله سـازه های فولادی یکی از اجزای سازه بوده و عامل اصلی یکپارچگی سیسـتم های سازه ای می باشد. به طور کلی تعریف نوع قاب نیز بر اساس نوع و رفتار اتصال صورت می گیرد. یک اتصال ضعیف و نامناسب می تواند منجر به یک سری زوال های پی درپی و بنیادی در سازه ی فولادی گردد. از آن جاکه زوال دیگر اعضای سازه ای خیلی کم اتفاق می افتد، بسیاری از زوال های سازه ای ناشی از طراحی ضعیف اتصالات و یا ضعف در جزییات اجرایی می باشد که با اندکی دقت در نحوه ی شکسـت بیشتر سازه های فولادی تحت بارگذاری های گوناگون، قابل مشـاهده است که ضعف اتصال چگونه می تواند عاملی بسیار تعیین کننده در خرابی سازه های فولادی باشد.

۲. انواع عملکرد اتصالات پیچی:
انواع اتصال های پیچی: به طور کلی دو فلسفه در عملکرد اتصالات پیچی وجود دارد که عبارتند از: اتصال اتکایی و اتصال اصطکاکی.
۱-۲. عملکـرد اتصال اتکایـی: در عملکـرد اتکایی، پیـچ درون سـوراخ صفحـات اتصـال قرار می گیرد و مهره بسته می شود. هنگامی که بار خارجی به پیچ وارد می شود، قطعات اتصال لغزش پیدا می کنند که در اثر آن، یک نیروی فشاری به لبه های اتصال وارد می شود که تبدیل به نیروی برشی در پیچ می گردد. این اتصال تنها برای حالت بارگذاری ثقلی می باشد و در طرح لرزه ای نباید از این نوع عملکرد در اتصال استفاده نمود. در این نوع اتصـال هیچ نیروی پیش تنیـدگی در پیچ ایجاد نمی شود و برای اجرای این اتصال، تنها سفت کردن پیچ به وسیله ی کارگر کفایت می کند.
۲-۲. عملکرد اتصال اصطکاکی: هنگامی که پیچ درون سوراخ صفحات اتصال قرار می گیرد، علاوه بر مهره باید از واشر نیز استفاده نمود. باید توجه شود که واشر مصرفی در اتصال اصطکاکی نباید از نوع واشر فنری باشد. بر اساس بند ۱۰-۳-۵-۳ مبحث دهم ویرایش ۱۳۸۷، در طراحی لرزه ای تنها باید از این فلسفه ی طراحی در اتصال اسـتفاده شـود. به عبارتی دیگر، در طراحی همه ی اتصالات قاب های خمشـی و قـاب های دوگانه و نیز اتصالات بادبندی و وصله ی سـتون هـای باربر جانبی در قاب های سـاده باید از این نوع عملکرد اسـتفاده نمود. در این نوع اتصال، علاوه بر سفت کردن نخستین پیچ، باید به مقداری که در طراحی مشخص شده است، نیروی پیش تنیدگی نیز در پیچ ایجاد شود. با اعمال نیروی پیش تنیدگی، در پیچ تحت کشش قرار گرفته و با اعمال بار، بین صفحات اتصال اصطکاک به وجود می آید که باعث عدم لقی و کارکرد کامل اتصال می شود. باید در نظر داشت که شکل پیچ در اتصال اصطکاکی با شـکل پیـچ در اتصـال اتکایی متفاوت است؛ به طوری که پیـچ های اتصال اصطکاکی دارای سرپیچ بزرگتر هستند.
۱-۲-۲. زمانی که یک پیچ پرمقاومت بدون کشـش اولیه، تحت اثر نیروی کششی خارجی قرار می گیرد، نیروی کششی درون پیچ با نیروی اعمال شده برابر می گردد. در صورتی که پیچ پیش تنیده(پیش کشیده) شده باشد، درصد بسیار زیادی از نیروی کششـی خارجی صرف ایجاد نیروهای فشـاری و یا گیره ای اعمال شده به اجزای اتصال می شـود. به دلیل آن که به طور معمول کشـش به وجود آمده در پیچ های پرمقاومت ناشـی از نیروی کششی خارجی در لحظه ی جداشدن قطعات از یکدیگر نزدیک به ده درصد بیش از کشش در آغاز بارگذاری می باشد، لذا باید همه ی پیچ هایی که تحت اثر کشش مستقیم قرار دارند، پیش کشیده شوند.
۲-۲-۲. الزامات ضریب اصطکاک سـطوح فولادی در اتصالات اصطکاکی: به طور کلی اصطکاک حاصل دو عامل می باشـد، یکی زبری سطح و دیگری نیروی پیش تنیدگی. در طراحی فرض بر رنگ نشـدن و وجود زبری مناسـب سطوح اتصال می باشد، در نتیجه هنگامی که قطعات نصب می شوند، باید همه ی سطوح اتصال(شامل سطوح مجاور سرپیچ ها و مهره ها) از قسمت های پوسته شده و دیگر مواد زاید عاری بوده و به ویژه سطوح تماس اتصالات اصطکاکی باید به طور کامل تمیز باشد و اثری از پوسته ی زنگ، رنگ، لاک، انواع روغن و مصالح دیگر در آن ها وجود نداشته باشد. بنابراین پس از این که اتصال به وجود آمد، محل همه ی پیچ های بسته شده رنگ آمیزی می شود.
۳-۲. محدودیت های اتصالات پیچی: بر اساس فصل ۱۰-۱-۱۰ مبحث دهم، برای اتصالات زیر باید از اتصال اصطکاکی با پیچ پرمقاومت یا اتصال جوشـکاری شـده استفاده شود:
۱-۳-۲. وصله ی ستون ها در سازه های با ارتفاع ۶۰متر و بیشتر.

۲-۳-۲. وصله ی ستون ها در سازه های با ارتفاع بین ۳۰تا۶۰ متر در صورتی که نسبت بُعد کوچک پلان به ارتفاع در آن ها از ۴۰ درصد کمتر باشد.
۳-۳-۲. وصله ی ستون ها در سازه های با ارتفاع کمتر از ۳۰ متر در صورتی که نسبت بُعد کوچک پلان به ارتفاع در آن ها از ۲۵ درصد کمتر باشد.
۴-۳-۲. در سازه های با ارتفاع بیش از ۴۰متر، برای اتصال همه ی تیرها و شاه تیرها به ستون ها و یا اتصالات هر نوع تیر یا شاه تیری که مهار ستون ها با آن ها مرتبط باشد.
۵-۳-۲. همه ی سازه هایی که جراثقال های با ظرفیت بیش از ۵تن تحمل می کنند. وصله ی خرپاها یا تیرهای شیب دار سقف، اتصال خرپاها به ستون ها، وصله ی ستون ها، مهار ستون ها، مهار زانویی بین خرپای تیر سقف و ستون و تکیه گاه های جرثقیل مشمول این امر می باشند.
۶-۳-۲. در اتصالات تکیه گاه های اعضایی که ماشین های متحرک یا بارهای زنده از نوعی را تحمل می کنند که تولید ضربه و یا معکوس شدن تنش ها را به همراه داشته باشد.
۷-۳-۲. هر اتصال دیگری که در نقشه های طرح و محاسبه قید شده باشد.

۳. آشنایی با روش های تولید پیچ:

۱-۳. روش های نورد و ساخت پیچ: پیچ ها به طور کلی به دو روش «فورج سرد» و «فورج گرم» تولید می شوند. روش فورج سرد دارای عیوب کمتر و کیفیت بهتری نسبت به فورج گرم می باشد. همچنین باید دانست که در حال حاضر در کشور ما، تنها تا سایز M24 به روش فورج سرد تولید می شود که به این نکته در طراحی باید توجه نمود.
۲-۳. روش های پوشش دهی پیچ بر اساس ASTM: ممکن است پس از ساخت، پیچ ها برای جلوگیری از خوردگی پوشش دهی شوند. روش های پوشش دهی عبارتند از: الف پوشش گالوانیزه ی سرد یا الکترولیز، ب پوشش گالوانیزه ی مکانیکی(که در ایران کمتر تکنولوژی آن وجود دارد)، پ پوشش گالوانیزه ی گرم یا غوطه وری گرم، ت پوشش غیرگالوانیزه یا رنگی.
آیین نامه‌ی ASTM به طور اکید توصیه می کند که برای پیچ های رده ی 10.9 از هیچ پوشش فلزی استفاده نشود، چراکه امکان به وجود آمدن ترک های هیدروژنی در پیچ وجود خواهد داشت. درنتیجه باید توجه داشت که در محیط های خورنده از پوشش های غیرگالوانیزه یا رنگی استفاده نمود. تفاوت روش غیرگالوانیزه با گالوانیزه در مرحله ی اسیدشویی ست که باعث فعال شدن یون هیدروژن در فولاد پیچ می شود؛ در حالی که در روش غیرگالوانیزه، از روش شات بلاست یا پاشش ریزدانه ی فولادی به جای اسیدشویی استفاده می شود.

۴. آزمایش های پیچ، مهره و واشر:

به طور کلی آزمایش های زیر برای ست پیچ و مهره و واشر انجام می شود:
۱-۴. آزمایش های ابعادی
۲-۴. آزمایش های متالورژیکی
۳-۴. آزمایش های مکانیکی
۴-۴. آزمایش های پوشش مقاوم خوردگی
آزمایش های ابعادی و نیز متالورژیکی در هنگام تولید پیچ و مهره و واشر، در کارخانه ی سازنده انجام می شود. آزمایش های مکانیکی پس از تولید پیچ و مهره و واشر، در کارخانه ی سازنده یا آزمایشگاه های مقاومت مصالح انجام می گیرند. آزمایش های مکانیکی برای مهندسان طراح و بازرسان سازه دارای اهمیت می باشد. به طورکلی آزمایش های مکانیکی شامل آزمایش های کشش، سختی سنجی و ضربه می شود. آزمایش کشش خود شامل سه نوع آزمایش می شود که عبارتند از: آزمایش بار گواه، آزمایش کشش گوه ای بر روی نمونه ی کامل و آزمایش کشش بر روی نمونه ی ماشین کاری شده.
۱-۴-۴. آزمایش ضربه: در آزمایش ضربه که به آن «تاب نمونه ی زخم دار» نیز می گویند، یک نمونه از مصالح مورد استفاده را برداشته، به کمک دستگاه پاندول دار و سقوط آزاد پاندول، قطعه شکسته شده و میزان انرژی جذب شده ی آن را اندازه گیری می کنند. آزمایش ضربه برای پیچ اجباری نیست اما در صورت امکان باید آن را انجام داد.
۲-۴-۴. آزمایش کشش: این آزمایش از آزمایش های بسیار معمول برای پیچ می باشد. در آزمایش کشش، پس از بستن کامل پیچ با یک مهره از رده ی مقاومتی بالاتر بر روی دستگاه کشش، با سرعتی مناسب پیچ تا حد تنش تسلیم زیر کشش قرار گرفته و سپس به مدت ده ثانیه در همین حالت باقی می ماند؛ سپس بار کششی از روی پیچ برداشته می شود. در این آزمایش هیچ گونه شکست یا افزایش طول همیشگی در پیچ نباید وجود داشته باشد.
۳-۴-۴. آزمایش کشش گوه ای: پس از آزمون کشش این آزمایش بر روی پیچ انجام می شود. الزام آیین نامه برای انجام آزمایش کشش بر روی نمونه ی کامل و واقعی پیچ و مهره ی استفاده شده در پروژه است، مگر در مواردی که محدودیت ظرفیت دستگاه آزمایش وجود دارد و یا طول پیچ خیلی کوتاه است که در این حالت از نمونه ی ماشین کاری شده استفاده می شود. در این آزمایش باید دست کم به مقدار چهار رزوه ی کامل از پیچ بین فک های دستگاه قرار بگیرد. حداکثر سرعت دستگاه نباید از ۲۵ mm/min بیشتر باشد. شکست به وجود آمده تنها باید در بدنه ی پیچ باشد و در صورت بروز شکست در محل اتصال سرپیچ به بدنه، حتا اگر به مقاومت مورد نیاز نیز رسیده باشد، نمونه مورد پذیرش نیست. این شکست در پیچ های ساخته شده به روش فورج گرم بیشتر مشاهده می شود و بر همین اساس تا حد امکان باید از پیچ های ساخته شده به روش فورج سرد استفاده شود. از آن جایی که در ایران و در حال حاضر تنها تا قطر M۲۴ به روش فورج سرد تولید می شود، در طراحی باید تلاش نمود تا از قطرهای بالاتر استفاده نشود.
۴-۴-۴. آزمایش سختی سنجی: این آزمایش در رده ی آزمایش های غیرمخرب پیچ بوده و برای آگاهی از میزان سختی قطعه و برابری آن با مقدار استاندارد انجام می شود. سختی سنجی برای بخش انتهایی، سطح صاف بدنه و سطح صاف سرپیچ انجام می شود. به طورکلی از سه روش برای آزمون سختی سنجی استفاده می شود که عبارتند از : روش برینل، روش راکول و روش ویکرز.
۵-۴-۴. برای مهره از آزمایش کشش استفاده نمی شود و تنها آزمایش های بار گواه و سختی سنجی بر روی مهره ها انجام می گیرد. برای واشر نیز تنها آزمایش سختی سنجی انجام می شود.
۶-۴-۴. جهت انجام آزمایش های لازم برای پیچ و مهره و واشر، باید تعداد نمونه ی لازم بر اساس جدول موجود در نشریه ی ۲۶۴ (آیین نامه ی اتصالات) استفاده شود. باید دانست که از این جدول تنها می توان تعداد نمونه را برای پیچ با پوشش غیرگالوانیزه به دست آورد. اما آیین نامه ی ASTM تعداد نمونه جهت انجام آزمایش برای پیچ های پوشش دهی شده به هر دو روش گالوانیزه و غیرگالوانیزه را ارایه داده است که برابر جدول زیر می باشد:

	تعداد پیچ، مهره و واشردر یک محموله	تا ۱۵۰	۱۵۱ تا ۲۰۰	۲۰۱ تا ۵۰۰	۵۰۱ تا ۱۲۰۰	۱۲۰۱ تا ۳۲۰۰	۳۲۰۱ تا ۱۰۰۰۰	بیش از ۱۰۰۰۰
کمترین مقدار نمونه	پوشش غیرگالوانیزه	۱	۲	۳	۵	۸	۱۳	۲۰
	پوشش گالوانیزه	۲۰	۳۲	۵۰	۸۰	۱۲۵	۲۰۰	۳۲۵

۵-۴. تعریف محموله ی تولیدی: به محصولاتی که از نظر ابعادی دارای مشخصات یکسان بوده و همه ی آن ها از یک شماره ی ذوب تولیدی مواد اولیه ساخته شده باشند یک محموله ی تولیدی یا یک «بَچ» می گویند. در نتیجه، برای انجام آزمایش های لازم پیچ، مهره و واشر، تعداد نمونه بر اساس هر «بچ» تعریف می شود.



۵. مشخصات پیچ های تولیدی در ایران:

۵-۱. تنش گسیختگی FU در پیچ که با توجه به نحوه ی تولید پیچ های پرمقاومت در ایران، طراحان باید به مورد مهمی در طراحی سـازه توجه کنند. در تولید پیچ، به دلیل اسـتفاده ی تولیدکنندگان از فن آوری و تجهیزات آلمانی، آیین نامه ی مرجع DIN آلمان می باشـد، اما آیین نامه ی طراحی بر اسـاس مبحث دهم، برگرفته از علایم استانداردهای امریکایی می باشد. در آیین نامه های امریکایی، رده ی پیچ بر اساس مقاومت طبقه بندی شده است در حالی که در آیین نامه های آلمانی بر اساس شـکل و عملکرد پیچ دسته بندی صورت گرفته است. طراح باید به این نکته توجه داشته باشد که در محاسبات و نیز نقشه ها از علامت های آلمانی استفاده کنند چرا که پیچ موجود در بازار ایران بر این اساس می باشد.

۵-۱-۱. دسـته بندی پیچ براسـاس مبحث دهم از مقررات ملی ساختمان بر اساس جدول زیر است:

کد پیچ	استحکام کششی نهایی F_U	تنش مجاز کششی F_y
A 307	4200 kg/cm²	3000 kg/cm²
A 325	d<25mm. 8250 kg/cm²	d<25mm. 6400 kg/cm²
	d≥25mm,7250 kg/cm²	d≥25mm,5600 kg/cm²
A 490	10000 kg/cm²	9000 kg/cm²



نمونه ی پیچ DIN 6914 HV

۵-۱-۲. رده ی مقاومتی پیچ های تولیدی در ایران بر اساس جدول زیر می باشد:

کد پیچ	ردهی مقاومت	استحکام کششی نهایی F_U	تنش مجاز کششی F_y	نوع عملکرد	مقدار رزوه
DIN931	8.8	8000 kg/cm²	6400 kg/cm²	اتکایی	نیم رزوه
	10.9	10000 kg/cm²	9000 kg/cm²		
DIN933	8.8	8000 kg/cm²	6400 kg/cm²	اتکایی	تمام رزوه
	10.9	10000 kg/cm²	9000 kg/cm²		
DIN6914-HV	10.9	10000 kg/cm²	9000 kg/cm²	اصطکاکی	نیم رزوه



نمونه ای از پیچ DIN 933

۵-۲. تعریف رده ی مقاومتی پیچ: رده ی مقاومتی در پیچ ها بر اساس DIN با سه عدد 8.8، 10.9 و 12.9 تعریف شده است که در ایران رده ی 12.9 تولید نمی شود. البته این آیین نامه رده های مقاومتی 4.6 و 5.6 را نیز برای پیچ های معمولی تعریف نموده اسـت. از آن جا که با توجه به بنـد ۱۰-۳-۵-۳ مبحث دهم ویرایش ۱۳۸۷، در اتصالات لرزه ای تنها باید از پیچ های پرمقاومت اسـتفاده شـود، این نوع پیچ ها در طراحی اتصـالات اصطکاکی کاربردی ندارد؛ ضمن آن که تولید این نوع پیچ نیز در کشور ما بسیار محدود می باشد. این عدد معرف مقدار تنش جاری شدن و تنش گسیختگی پیچ می باشد. به عنوان مثال، در رده ی مقاومتی 8.8، منظور از 8 اول حداقل مقاومت نهایی پیچ برابر با 8000 kg/cm²، و منظور از 8. مقدار تنش جاری شدن پیچ برابر با 0.8×8000=6400 kg/cm² می باشد.

به همین ترتیب برای رده ی 10.9 داریم:

$$F_U = 10000\ ^{Kg}/_{cm^2} \quad , \quad F_y = 0.9 \times 10000 = 9000\ ^{Kg}/_{cm^2}$$



نمونه ای از پیچ DIN 931

۶. آشنایی با وسایل بستن و پیش تنیدگی در اتصالات:

۱-۶. وسایل دستی: این ابزار شامل آچار رینگی، بست(Spanner) و ابزاری از این دست بوده که بیشتر برای بستن پیچ ها در اتصالات اتکایی کاربرد دارد. این ابزار برای پیش تنیدگی اتصالات اصطکاکی کاربردی ندارد.

۲-۶. وسایل ماشینی: چون یک کارگر توانایی لازم برای پیش تنیدگی پیچ های اتصالات اصطکاکی را ندارد، به ناچار باید از وسایل ماشینی برای این مقصود استفاده نمود. این وسایل شامل ابزار مختلفی ست که پرکاربردترین آن ها عبارتند از:

۱-۲-۶. آچار هیدرولیک: این وسیله با فشار روغن کار کرده و در سازه های فولادی کاربرد زیادی نداشته و بیشتر در مخازن تحت فشار استفاده می شود.

۲-۲-۶. آچار بادی: در کشور ما، برای سازه های فولادی بیشتر از این وسیله استفاده می شود. این وسیله دارای انواع و اندازه های گوناگون بوده و کارکرد آن با فشار باد می باشد. به همین دلیل باید از کمپرسور باد برای تامین نیروی آن استفاده نمود. در این روش با استفاده از باد پرفشار و ضربه زدن، پیچ ها سفت می شود.

۳-۲-۶. آچار برقی: این وسایل همان گونه که از نامشان پیداست با برق کار می کند. این ابزار در کشور ما رایج نیست که شاید به دلیل گرانی ابزار و هزینه ی تامین و نگهداری بالا باشد.

۳-۶. به طور کلی به ابزار سفت کردن و پیش تنیدن پیچ ها Impactor گفته می شود. نکته ی مهم هنگام استفاده از این ابزار عدم آگاهی از میزان گشتاور ایجاد شده و میزان پیش تنیدگی پیچ می باشد که مورد بسیار مهمی در زمینه ی ایجاد یک اتصال درست در هنگام اجراست.

۱-۳-۶. ترک متر (Torque Meter): همان گونه که اشاره شد، با استفاده از ابزار دستی یا ماشینی برای سفت کردن پیچ های اتصال سازه، نمی توان میزان گشتاور ایجاد شده و پیش تنیدگی حاصل از آن را به دست آورد. برای رسیدن به پیش تنیدگی در پیچ های یک مجموعه اتصال، باید میزان گشتاور پیچشی مشخص شود که برای این کار از وسیله ای به نام ترک متر استفاده می شود. این وسیله دارای نشانگری ست که به کمک آن می توان مقدار گشتاور پیچشی وارد بر پیچ را اندازه گیری نمود.



۲-۳-۶. چندکاره(MultiPlayer): در مورد پیچ های تا سایز M۲۰(سایزهای پایین) می توان انتظار داشت که نیروی یک کارگر معمولی توان سفت کردن آن را داشته باشد؛ اما، برای سایزهای بزرگتر از آن که نیروی کارگری تامین کننده ی میزان سفت شدگی نیست، باید از دستگاه «چندکاره» که در اصطلاح به آن «مولتی پلایر» گفته می شود استفاده نمود. این دستگاه دارای انواع گوناگونی است که براساس شاخصه ی نسبی با افزایش نیروی دست کارگر تقسیم بندی شده است. به عنوان مثال، مولتی پلایر ۱:۲ میزان نیروی دست کارگر را دو برابر و مولتی پلایر ۱:۵ میزان نیروی دست کارگر را پنج برابر می کند.





۳-۳-۶. به طور معمول در پروژه های ساختمانی، از ترکیب ترک متر و مولتی پلایر برای سفت کردن و پیش تنیدن پیچ های اتصالات سازه های فولادی استفاده می شود.

۷. روش های پیش تنیدن در پیچ های اتصالات فولادی:

استانداردهای گوناگون هر کدام روش هایی را برای پیش تنیدگی پیچ ها معرفی کرده و به رسمیت شناخته اند. یکی از معتبرترین استانداردها در این زمینه، استاندارد کمیته ی RCSC که از کمیته های زیرمجموعه ی AISC می باشد بوده و چهار روش کاربردی را برای پیش تنیدگی در پیچ معرفی نموده است:

۱-۷. استفاده از آچار کالیبره: در این روش به طور روزانه از هر بچ تعداد سه نمونه ی پیچ، مهره و واشر انتخاب شده و کالیبره می شود. به منظور کالیبراسیون نمونه ها از یک دستگاه «اسکید مور ویلهلم» استفاده می شود. و به کمک ترک متر میزان گشتاور مشخص بر اساس مشخصات نقشه ها یا جدول ۴،۴،۱۰ آیین نامه ی مبحث دهم تنظیم شده و برای همه ی پیچ های مشابه کاربردی در همان روز به کار گرفته می شود. نکته ی بسیار مهم در عدم برابری میزان پیش تنیدگی بین پیچ ها با مقدار یک گشتاور اعمال شده ی ثابت است. یعنی وقتی برای سه نمونه پیچ یک میزان گشتاور اعمال شود، مقدار نیروی پیش تنیدگی نمایش داده شده در دستگاه «اسکید مور ویلهلم» متفاوت است. بررسی ها نشان داده که از میزان گشتاور اعمال شده، حدود هشتاد درصد صرف غلبه بر اصطکاک موجود بین رزوه ها و نیز اصطکاک بین سطح مهره بر روی واشر شده و تنها کمتر از بیست درصد گشتاور اعمال شده جهت پیش تنیدگی به کار می رود. در نتیجه آیین نامه کالیبراسیون با این روش را با توجه به دما، شرایط محیطی و مسایلی از این دست برای هر بچ به صورت روزانه به رسمیت می شناسد.

۲-۷. استفاده از واشرهای ویژه (DTI Washers): این واشر ها دارای برآمدگی هایی ست که برای هر سایز پیچ کالیبره شده است. روش کار به این صورت است که آن را درون اتصال قرار داده و پیچ سفت شده؛ سپس با اعمال نیروی بیشتر تا حد پیش تنیدگی برای آن سایز، برآمدگی های روی واشر تخت می شود. پس از آن با چشم و یا با استفاده از فیلر کنترل انجام می گیرد که تخت شدگی کامل واشر نشانه ی رسیدن به میزان پیش تنیدگی لازم برای پیچ می باشد. در این روش نیازی به استفاده از ترک متر نمی باشد. البته نوع دیگری از این واشرها موجود است که به جای برآمدگی دارای یک نوع کپسول سیلیکونی رنگی ست که با رسیدن به پیش تنیدگی لازم، کپسول سیلیکونی ترکیده و رنگی قرمز از خود تراوش می کند که به راحتی و با چشم، می توان پیچ های پیش تنیده را از غیرپیش تنیده تشخیص داد. به منظور اطمینان از کیفیت واشرهای DTI، باید همه ی الزامات استاندارد ASTM F959M در ساخت، تولید و بازرسی این قطعات به کار گرفته شده باشد.

۳-۷. استفاده از بولت های ویژه (Twist off Bolt): این روش که گاهی به آن TC Bolt نیز می گویند، بر اساس میزان گشتاور لازم برای جداشدن قسمت اضافه ی سرپیچ کار می کند. این نوع پیچ ها دارا ی یک قسمت اضافی پایینی بوده که با سفت شدن کامل پیچ به وسیله ی آچارهای ویژه ی خود، مهره در جهت عقربه های ساعت چرخانده شده، و بخش اضافی را در خلاف حرکت عقربه های ساعت می چرخاند، که این باعث بریده شدن قسمت اضافی پایینی پیچ شده که نشانه ی پیش تنیدگی پیچ می باشد. این روش بسیار دقیق اما غیرکاربردی ست، چون نیاز به فضای کافی برای قرارگیری آچار مخصوص داشته و همچنین برای سفت کردن پیچ تنها باید از آچارهای ویژه استفاده نمود.

۴-۷. استفاده از چرخش مهره: در این روش ابتدا پیچ ها را تا اندازه ای که قابل سفت شدن می باشد، بسته و سپس، روی بدنه ی مهره و میله ی پیچ را علامت گزاری کرده، آن گاه به میزان دوری که بر اساس طول و قطر در آیین نامه مشخص شده، چرخش اضافه بر مهره اعمال می شود. طبق جدول ۲،۴،۱۰ مبحث دهم چرخش لازم برای پیش تنیده کردن پیچ ها آورده شده که تنها برای سطوح بدون شیب کاربرد دارد. برای همه ی سطوح می توان از جدول زیر استفاده نمود:

طول پیچ	وضعیت قرارگیری سطوح اتصال بر روی هم		
	سطوح روی هم بدون شیب	یک سطح شیب دار کمتر از ۱:۲۰	هر دو سطح شیب دار کمتر از ۱:۲۰
برابر یا کمتر از چهار برابر قطر	۱/۳دور	۱/۲ دور	۲/۳دور
بزرگتر از چهار برابر تا کوچکتر مساوی هشت برابر قطر	۱/۲ دور	۲/۳ دور	۵/۶ دور
بزرگتر از هشت برابر تا کوچکتر مساوی دوازده برابر قطر	۲/۳ دور	۵/۶ دور	یک دور کامل

۵–۷. در اتصالات پیچی سوراخ ها بر روی خط مستقیم در جهت نیرو و یا عمود بر آن در یک یا چند ردیف تعبیه می گردد. چنان چه تعداد سوراخ ها زیاد باشد می توان شکل قرارگیری سوراخ ها را به صورت زیگزاگ اجرا نمود. فاصله های بین سوراخ ها به صورت یکنواخت و هماهنگ با قطر سوراخ انتخاب می شود.

۸. انواع سوراخ ها: در اتصالات پیچی بر اساس آیین نامه های طراحی AISC و مبحث دهم از مقرارت ملی ساختمانی ایران، انواع سوراخ به شرح زیر طبقه بندی می شود :

الف سوراخ استاندارد گرد

ب سوراخ بزرگ شده گرد

پ سوراخ لوبیایی بلند

ت سوراخ لوبیایی کوتاه

ث سوراخ لوبیایی(بلند یا کوتاه) عمود برجهت نیرو

۸–۱. آیین نامه ی AISC در اتصالات اصطکاکی تنش های مجاز برشی برای پیچ های پر مقاومت را بر اساس وضعیت سطوح ورق های در حال تماس و نیز نوع سوراخ بیان می کند. آیین نامه ی مذکور سطوح تماسی که تمیز بوده و لایه ای از اکسید حاصل از نورد گرم در روی آن قرار داشته باشد را کلاس A می نامد و برای وضعیت های مختلف سطوح طی جدولی تنش های برشی مجاز را ارائه می کند.

۸–۲. مبحث دهم از مقررات ملی ساختمانی ایران تنش های مجاز برشی پیچ در اتصالات اصطکاکی را بر اساس نوع سوراخ بیان می نماید. سوراخ استاندارد طبق تعریف آیین نامه ی ایران سوراخی است که قطر آن ۲میلی متر از قطر پیچ بیشتر است. در حالی که آیین نامه AISC سوراخی را استاندارد می نامد که قطر آن به طور دقیق برابر قطر پیچ باشد. از نظر اجرایی تعریف آیین نامه ی AISC امکان پذیر نیست، بلکه حتا می توان گفت که تعریف آیین نامه ی ایران برای سوراخ استاندارد نیز بسیار دشوار اجرا می گردد. در نتیجه در محاسبات بیشتر محاسبان فرض را بر غیر استاندارد بودن سوراخ ایجاد شده در حالت اصطکاکی(با توجه به بخش «ب» از بند۳,۱۰,۱,۱۰ و بند ۳,۵,۳,۱۰ ویرایش ۱۳۸۷ مبحث دهم، اتصالاتی که در سیستم لرزه بر مشارکت ندارند) گذاشته و کنترل ها را بر اساس سوراخ بزرگ در نظر می گیرند؛ و در اتصالات اتکایی تاکید بر استاندارد بودن سوراخ دارند، چرا که در هر حال اجرای سوراخ استاندارد در عمل کار آسانی نیست.

۸–۳. فاصله ی بین سوراخ ها در بازه ی مقادیری مشخص می باشد. مقدار کمینه برای فاصله ی سوراخ ها به دو جهت است؛ یکی جلوگیری از گسیختگی و پارگی ورق و دیگری اجرایی بودن کار و فراهم کردن فضای مناسب برای بستن پیچ. مقدار بیشینه ی سوراخ ها پیروی سه دلیل است. نخست آن که بتوان توزیع به نسبت واقعی تری از نیرو در اتصال داشته و همنواختی و یکسانی آن را در پیچ ها به وجود آورد، تا فرض صلب بودن ورق تامین شود؛ دوم این که با کم کردن فاصله، طول موج کمانشی حاصل از نیروی فشاری را نیز به کمترین مقدار ممکن رساند تا از کمانش موضعی جلوگیری شود؛ و آخرین دلیل هم این که از باز شدن درز بین ورق های اتصال و خطر زنگ زدگی ورق جلوگیری نمود.

۸–۴. فاصله ی کمینه بین سوراخ ها بر اساس جدول زیر در واحد کیلوگرم سانتی متر است:

نوع سوراخ	مقدار کمینه بر اساس سانتیمتر
سوراخ استاندارد و سوراخ لوبیایی عمود بر خط نیرو	$P_b \leq (2V_b)/(F_U \cdot t_L) + 0.5d_b$
سوراخ بزرگ شده	$P_b \leq (2V_b)/(F_U \cdot t_L) + 0.5(d_b+1)$
سوراخ لوبیایی کوتاه موازی بر خط نیرو	$P_b \leq (2V_b)/(F_U \cdot t_L) + 0.5d_b + 0.7$
سوراخ لوبیایی بزرگ موازی بر خط نیرو	$P_b \leq (2V_b)/(F_U \cdot t_L) + 2d_b - 0.2$

۸–۵. فاصله ی کمینه ی سوراخ ها با لبه ی کناری بر اساس جدول زیر در واحد کیلوگرم سانتی متر است:

نوع سوراخ	مقدار کمینه بر اساس سانتیمتر
سوراخ استاندارد و سوراخ لوبیایی موازی با لبه	$L_e \geq \max\{((2V_b)/(F_U \cdot t_L) + 0.5d_b), L_e1\}$
سوراخ بزرگ شده	$L_e \geq \max\{((2V_b)/(F_U \cdot t_L) + 0.5d_b + 0.3), L_e1 + 0.3\}$
سوراخ لوبیایی کوتاه عمود بر امتداد لبه	$L_e \geq \max\{((2V_b)/(F_U \cdot t_L) + 0.5(d_b+1)), L_e1 + 0.5\}$
سوراخ لوبیایی بزرگ عمود بر امتداد لبه	$L_e \geq \max\{((2V_b)/(F_U \cdot t_L) + 1.25d_b), L_e1 + 0.75d_b\}$

بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ایران، به جای جمله ی از استفاده شده است؛ بنابراین استفاده از رابطه ی AISC محافظه کارانه می باشد.

Le۱ با توجه به نوع برش از جدول زیر اقتباس می گردد:

لبه ی بریده شده با گیوتین یا قیچی	$L_e1 = 2.25d_bW$
لبه ی نورد شده، نیمرخ، تسمه و یا بریده شده با شعله و اره	$L_e1 = 2d_bW$

۸–۶. مبحث دهم از مقررات ملی ساختمانی ایران محدودیت های زیر را برای سوراخ های اتصالات پیچی در نظر می گیرد:

الف) سوراخ های بزرگ فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز است.

ب) سوراخ های لوبیایی کوتاه در تمام امتداد ها در اتصالات اصطکاکی مجاز هستند و در اتصالات اتکایی امتداد طولی سوراخ باید عمود بر امتداد نیرو باشد.

پ) در اتصالات اتکایی، سوراخ های لوبیایی بلند فقط در امتداد عمود بر مسیر نیرو مجاز هستند و در اتصالات اصطکاکی فقط می توانند در یکی از ورق های اتصال و در هر امتداد اختیاری وجود داشته باشد.

۸–۷. سوراخ های لوبیای و بزرگ به دلایل زیر در اتصالات تعبیه می شوند:

الف در اتصالات اتکایی و یا اصطکاکی که در آن ها به دلایلی نیروی پیش تنیدگی کاهش یا حذف می شود. هنگامی که اتصال تحت بارهای دینامیکی قرار می گیرد احتمال تماس تنه ی پیچ با دیواره ی سوراخ در دفعات مکرر وجود دارد. تعبیه ی سوراخ های بزرگ یا لوبیایی موجب عدم تماس تنه پیچ با دیواره ی سوراخ به ویژه در اثر پدیده ی خستگی خواهد شد.

ب تعبیه ی سوراخ های بزرگ و لوبیایی شرایط مناسب تری برای مونتاژ، تنظیم و رواداری پیچ ها در اتصال فراهم می نماید.

پ تعبیه ی سوراخ های بزرگ و لوبیایی از وقوع تنش های ناشی از دما و نیز تنش های مرتبه ی دوم جلوگیری می کند.

۸–۸. در رابطه با قطر پیچ، باید توجه داشت در ایران قطرهای M۱۸ وM۳۳ تولید نمی شود. در نتیجه در طراحی هیچ گاه از این دو نمره نباید استفاده کرد.

۹. وظایف بازرسان پیچ و مهره:

۹–۱. مطالعه ی دقیق مباحث اجرایی مشخصات فنی، نقشه های قرارداد، نقشه های کارگاهی ساخت و نیز نصبی پروژه.

۹–۲. مطالعــه ی همــه ی «گواهی نامه های مطابقت مواد» که از ســوی کارخانه ی ســازنده صادر شده است و حصول اطمینان از تطابق ویژگی های مواد قطعات با الزامات پروژه.

۹–۳. تایید شناسایی مواد پیچ ومهره ها.

۹–۴. تایید وجود شرایط مناسب و تحت کنترل جهت انبار قطعات.

۹–۵. تایید وجود دستورکارهای مصوب نصب پیچ ومهره و استفاده از این دستورکارها در روند عملیات اجرایی.

۹–۶. تایید صلاحیت همه ی پرسنل نصاب پیچ ومهره.

۹–۷. حصول اطمینان از آگاهی تمام نیروهای کاری از دستورکار نصب پیچ و مهره.

۹–۸. مشاهده ی آزمایش پیش از نصب که در آغاز کار و به ازای هر محموله انجام می شود.

۹–۹. در روش استفاده از آچار کالیبره، عملیات کالیبراسیون آچار در ابتدای هر شیفت کاری بررسی و بازرسی شود.

۹–۱۰. کنتــرل کفایت وضعیــت اتصال اعم از وضعیت ابعاد ســوراخ ها، عدم وجود وضعیت نامناسب در سوراخ هایی که گشاد شده و یا برقو زده شده اند.

۹–۱۱. در اتصالات اصطکاکی، کنترل مناسب بودن وضعیت سطوح ورق های اتصالی که بر روی هم قرار می گیرند.

۹–۱۲. کنترل ســفت شــدن نخســتین همه‌ی پیچ‌ها، پیش از اعمال نیروی پیش تنیدگی.

۹–۱۳. در اتصالاتی که باید پیش تنیده شــوند، درقالــب یک برنامه ی زمان بندی مناســب عملیات پیش تنیدگی کنترل شود تا از درســتی انجام آن اطمینان حاصل شود.

۹–۱۴. هرگونه اختلاف نظر در خصوص دستیابی به میزان پیش تنیدگی مورد نظر باید بلافاصله حل وفصل شود.

۹–۱۵. گزارش کاملی در خصوص اتصالات مشــاهده و بازرسی شده که مورد قبول قرار گرفته اند تهیه شــود. این گزارش باید طبق برنامه و در زمان های مربوطه و از پیش مشخص به دستگاه مربوطه تحویل شود.

۱۰. گواهی نامه های تطابق:

۱۰–۱. پیمانکار موظف اســت که در قالب ارســال نامه ی رســمی آگاهی خود را از بررســی و مطالعه ی دقیق گواهی نامه های مواد خام و مصرفی پروژه، پیچ و مهره ها، الکترودها و برشگیرها که توسط کارخانه های سازنده ی آن ها تهیه شده است، اعلام نموده و از تطابق آن با استانداردها، مشخصات فنی و مدارک قرارداد اطمینان حاصل کند.

۱۰–۲. گــزارش های آزمایش کارخانه ی ســازنده در رابطه با مواد اولیه ی قطعات اتصال (پیچ و مهره ها):

۱۰–۲–۱. پیمانکار موظف اســت نســبت به ارایه ی کپی همه ی گواهی نامه های کارخانه ی سازنده ی قطعا ت اتصال در سیستم مقاوم در برابر زلزله شامل پیچ، مهره، واشر و نیز واشه های نشانگر مستقیم کشش DTI اقدام نماید. پیمانکار باید گواهی نامه های مذکور را به پیوست «گواهی نامه ی تطابق» ارایه نماید.

۱۰–۲–۲. گواهی نامه های کارخانه ی ســازنده ی پیــچ و مهره باید حاوی حداقل اطلاعات زیر باشد:

۱۰–۲–۲–۱. آنالیز شیمیایی مواد خام، شماره ی ذوب و گواهی عدم استفاده از عناصر غیر مجاز در روند تولید پیچ و مهره ها.

۱۰–۲–۲–۲. نتایج آزمایش های ســختی، کشــش و بارگواه بــه نحوی که بیانگر چگونگی انجام آزمایش و مطا بقت آن با استاندارد باشد.

۱۰–۲–۲–۳. در صورتی که از پیچ و مهره های گالوانیزه اســتفاده می شــود، نتایج آزمایش ظرفیت چرخشی و روش انجام آزمایش (با استفاده از ورق صلب یا ابزار اندازه گیر کشش) و استفاده از روغن.

۱۰–۲–۲–۴. در صورت گالوانیزه بودن ضخامت و یا وزن پوشــش روی، در گواهی نامه قید گردد.

۱۰–۲–۲–۵. نتایج بازرسی چشمی زنگ زدگی.

۱۰–۲–۲–۶. بیان مطابقت الزامات ابعادی رزوه ها با استاندارد.

۱۰–۲–۲–۷. شماره ی محموله و شماره ی درخواست خرید.

۱۰–۲–۲–۸. نشانی کامل پستی سازنده ودفاتر آن.

۱۰–۲–۲–۹. مهر و امضای واحد کنترل کیفیت.

۱۰–۲–۳. برای پیچ هایی که مطابق استاندارد A 490 تولید می شوند، فقط بازرسی «حین تولید» قابل قبول است و بازرسی «محموله ی آماده ی حمل» به هیچ وجه قابل پذیرش نمی باشد.

۱۰–۲–۴. پیچ ومهره های مورد اســتفاده در ســازه ی فولادی باید طبق اطلاعات نقشه های طراحی از لحاظ مقاومت رده و نوع با الزامات استاندارد های ASTM به شرح زیر است مطابقات داشته باشند:

۱۰–۲–۴–۱. A325: استاندارد مشخصات فنی پیچ های فولادی عملیات حراراتی شده با حداقل مقاومت کششی120/105ksi.

۱۰–۲–۴–۲. A490: اســتاندارد مشخصات فنی پیچ های فولادی عملیلت حرارتی شده با حداقل مقاومت کششی150ksi.

۱۰–۲–۴–۳. A563: استاندارد مشخصات فنی مهره های فولادی آلیاژی وکربن دار.

۱۰–۲–۴–۴. F436: استاندارد مشخصات فنی واشرهای فولادی سخت.

۱۰–۲–۴–۵. F959: اســتاندارد مشخصات فنی واشرهای نشانگر مستقیم کشش (DTI Washers) که در اتصالات سازه های فولادی به کاربرده می شوند.

۱۰–۲–۴–۶. F1852 استاندارد مشخصات فنی(پیچ با قطعه جدا شونده (Twist off bolts))، با حداقل میزان مقاومت کششی 120/105ksi

۱۰–۲–۵. دستورکار بستن پیچ و مهره ها:

۱۰–۲–۵–۱. پیمانکار موظف به ارایه ی دستورکار آزمایش های پیش از بستن، سفت کردن اولیه، پیش تنیدگی و بازرسی بعد از بستن می باشد. تمامی این دستورکارها باید مطابق الزامات آیین نامه ی مرکز تحقیقات اتصالات سازه ای (RCSC) و مدارک فنی پروژه باشند.

۱۰–۲–۵–۲. دســتورکار بستن، باید مشخص نماید که پیمانکار از کدام روش بستن پیچ و مهره، شامل: روش چرخش مهره، آچار کالیبره، پیچ با قطعه ی جداشونده (پیچ های TC) یا نشانگرهای مستقیم کشش(DTI) استفاده می نماید.

	SAE J429 Gr 5		ASTM A193 G/B8	304	SS 304
	SAE J429 Gr 8	L7	ASTM A320 Gr L7	316	SS316
307A	ASTMA307 Gr A	316M	A193 G/B8M	316L	SS316L
307B	ASTMA307 Gr B	4.8	BS 3692 GR 4.8	A2-50	BS EN ISO 3506 A2 - 50
A325	ASTM A325 TYPE 1	8.8	BS 3692 GR 8.8	A2-70	BS EN ISO 3506 A2 - 70
A490	ASTM A490 TYPE 1	10.9	BS 3692 GR 10.9	A2-80	BS EN ISO 3506 A2 - 80
B7	ASTM A193 Gr B7	12.9	BS 3692 GR 12.9	A4-50	BS EN ISO 3506 A4 - 50
B7M	ASTM A193 Gr B7M	F8T	JIS B1186 Class F8T	A4-70	BS EN ISO 3506 A4 - 70
B16	ASTM A193 Gr B16	F10T	JIS B1186 Class F10T	A4-80	BS EN ISO 3506 A4 - 80

مشخصات پیچ با توجه به شکل کله ی پیچ

۱۱. جمع بندی:

۱-۱۱. با توجه به این که در حال حاضر در کشور ما قطرهای M18 و M33 تولید نمی شود، در طراحی سازه های فولادی با اتصالات پیچ و مهره، از این دو سایز نباید استفاده کرد.

۲-۱۱. از آن جـا کـه سیسـتم تولید پیچ و مهره در کشـور مـا و در حال حاضر بر اسـاس استانداردهای اروپایی می باشد، از مشخصات پیچ بر اساس DIN آلمان در طراحی ها و نقشه ها باید استفاده نمود.

۳-۱۱. با توجه به سیسـتم تولید پیچ در ایران، در طراحی اتصالات اصطکاکی، تنها از پیچ DIN 6914-HV باید استفاده شود که این پیچ تنها دارای رده ی مقاومتی 10.9 می باشد.

۴-۱۱. با توجه به برتری روش تولیدی فورج سرد به فورج گرم و تولید قطعات پیچ تا سایز M24 به این روش در کشور ما، تلاش باید نمود تا در طراحی ها تا حدامکان بیش از این سـایز استفاده نشـود. همچنین در مشخصات نقشه ها و دستورکارهای ساخت و نصب، بر خرید پیچ ساخته شده به روش فورج سرد تاکید شود.

۵-۱۱. برای پیچ های اتصالات اصطکاکی به طور ویژه و برای همه ی پیچ ها به طور کلی، نباید از پوشش های گالوانیزه(فلزی) برای محیط های خورنده استفاده شود. برای این محیط ها از پیچ های با پوشش غیرفلزی(رنگی) باید استفاده نمود.

۶-۱۱. تا حد امکان باید کوشـش شـود که خرید پیچ و مهره از کارخانه ی سازنده صورت گیرد تا گواهی نامه های مرغوبیت و سـایر گواهی های تطابق در دسترس باشد.

۷-۱۱. در هنگام نمونه گیری و انجام آزمایش توسط آزمایشگاه های مقاومت مصالح، بازرسی دقیق و مستقیم صورت پذیرد.

۸-۱۱. بـا توجه به شـرایط موجود، روش چرخش اضافی مهـره ارزان ترین و قابل اطمینان ترین روش پیش تنیدگی در اتصالات اصطکاکی در کشور ماست.

* تقدیر و تشکر

با سپاس ویژه از دکتر فرامرز رحیمی نیا

* منابع:

۱- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ۱۳۸۶

۲-نخستین همایش بازرسی فنی در صنعت ساختمان، شرکت توس آزمون، دکتر فرامرز رحیمی نیا

۳- طراحی سازه های فولادی، جلد سوم، طراحی اتصالات، دکتر رسول میرنادری

۴- مرجع طراحی اتصالات سازه های فولادی، امیر تولایی، علیرضا کافیان

معرفی کتاب
«مرجع طراحی اتصالات سازه‌های فولادی»

معرفی کتاب:

طراحی اتصالات از مهم ترین بخش های طراحی در سـازه های فولادی می باشـد. به طور کلی تعریف نوع قاب نیز بر اسـاس نوع و رفتار اتصال صورت می گیرد.اتصالات به سـه دسـته ی مفصل، نیمه صلب و صلب تقسیم می شود که دو دسته ی اتصالات مفصلی و صلب بیشترین کاربرد را در طراحی های سازه های فولادی دارد.

در حال حاضر، همه ی این اتصالات بیشتر به دو روش جوشی و پیچی اجرا می شـوند و روش پرچی اکنون متداول نمی باشد. اتصالات از نظر محل آن نیز به چند دسته تقسیم می شود؛ مانند اتصال تیر به ستون، تیر به تیر، ستون به کف ستون، بادبند و غیره.

طراحی و محاسبه‌ی یک سازه به کمک نرم‌افزارهای رایج صورت می‌گیرد که به طور عموم طراحی اتصالات در حیطه‌ی طراحی نرم‌افزاری نبوده و به روش محاسبات دستی صورت می‌گیرد.

کتاب «مرجع طراحی اتصالات سازه‌های فولادی» که توسط مهندس امیر تولایی و مهندس علیرضا کافیان نگاشـته شده است، روش جامع طراحی اتصالات را بر اسـاس فرمولر گام به گام جهت سهولت دستیابی به روش محاسبات اتصالات بر اساس نحوه‌ی اتصالات بر مبنای محل و نیز روش اتصال و دسـته‌بندی نوع آن به تفکیک ارایه داده اسـت که شامل تقسیم بندی زیر می‌باشد:

۱. اتصالات تیر به ستون

۱-۱. اتصالات مفصلی

۱-۱-۱. اتصال به کمک نبشی جان

۱-۱-۱-۱. روش اتصال جوشی

۱-۱-۱-۱. روش اتصال پیچی

۱-۱-۲. اتصال با نشیمن نبشی(تقویت نشده)

۱-۱-۲-۱. روش اتصال جوشی

۱-۱-۲-۱. روش اتصال پیچی

۱-۱-۳. اتصال با نشیمن براکت(تقویت شده)

۱-۱-۳-۱. روش اتصال جوشی

۱-۲. اتصالات صلب

۱-۲-۱. اتصال با ورق نشیمن به بال

۱-۱-۲-۱. روش اتصال جوشی

۱-۲-۲-۱. روش اتصال پیچی

۱-۲-۲. اتصال با ورق نشیمن به جان

۱-۲-۲-۱. روش اتصال جوشی

۱-۲-۲-۱. روش اتصال پیچی

۱-۲-۳. اتصال با سخت کننده ی T به جان

۱-۳-۲-۱. روش اتصال جوشی

۲-۳-۲-۱. روش اتصال پیچی

۱-۲-۴. اتصال فلنجی (ورق انتهایی)

۱-۲-۵. اتصال شاخه درختی در قاب صنعتی (کنج زانویی)

۱-۲-۶. اتصال ساعتی در قاب صنعتی

۱-۳. اتصالات نیمه صلب

کالاهای مشمول مقررات استاندارد اجباری
صنایع معدنی

ردیف	نام کالا	شماره استاندارد
۱	سنگدانه مورد مصرف در بتن	۳۰۲
۲	بتن آماده	۶۰۴۴
۳	آجر رسی ماشینی	۷
۴	آجرهای سبک باربر و غیر باربر با سوراخهای قائم	۷۱۲۱
۵	آجرهای رسی سبک غیر باربر با سوراخ های افقی و پنل های آجرهای رسی سبک غیر باربر با سوراخهای افقی	۷۱۲۲
۶	تیرچه مورد مصرف در سقفهای تیرچه بلوک	۱- ۲۹۰۹
۷	بلوک سقفی مورد مصرف در سقفهای تیرچه بلوک	۲ - ۲۹۰۹
۸	بلوک سیمانی	۲ و ۱- ۷۰
۹	بلوک پلی استایرن	۱۵۸۴
۱۰	مواد شیمیایی بتن	۲۹۳۰
۱۱	عایقهای حرارتی مورد مصرف در ساختمان بر پایه پشم های معدنی (پشم شیشه و پشم سنگ)	۸۱۱۶
۱۲	عایقهای رطوبتی بام نوع A با اصلاح کننده (APP)	۳۸۸۵
۱۳	عایقهای رطوبتی بام نوع S با اصلاح کننده (SBS)	۳۸۸۵
۱۴	عایقهای رطوبتی بام نوع O با پایه قیر اکسیده	۳۸۸۵
۱۵	عایق های رطوبتی قیری برای پی	۳۸۶۴
۱۶	عایقهای رطوبتی با قیر اصلاح شده توسط پلیمرها	۳۸۸۴
۱۷	ورق های سیمان آزبست صاف	۵۷۵
۱۸	ورقهای سیمان آزبست موج دار	۶۳۱
۱۹	لوله سیمان و آزبست تحت فشار	۴۰۵
۲۰	سیمان پرتلند	۳۸۹
۲۱	سیمان بنایی	۳۵۱۶
۲۲	سیمان پرتلند آهکی	۴۲۲۰
۲۳	سیمان ترانس	۹۹۰
۲۴	سیمان سرباره ای	۳۵۱۷
۲۵	سیمان سفید	۲۹۳۱
۲۶	سیمان پرتلند پوزولانی	۳۴۳۲
۲۷	کاشی کف و دیوار	۲۵
۲۸	کاشی ضد اسید	۳۰۵۱
۲۹	کاشی موزائیک گروهی	۴۲۸۹
۳۰	موزائیک	۷۵۵
۳۱	شیشه جام	۸۹۷
۳۲	شیشه دوجدار	۸۵۲۲
۳۳	شیشه های ایمنی ساختمان	۲۳۸۵

کالاهای مشمول مقررات استاندارد اجباری صنایع مکانیک و فلزی

ردیف	نام کالا	شماره استاندارد
۱	تیرآهنهای گرم نوردیده بال نیم پهن موازی	۱۷۹۱
۲	تیرآهنهای گرم نوردیده بال باریک شیبدار	۳۲۷۷
۳	تیرآهنهای گرم نوردیده بال پهن شیبدار	۳۲۷۷
۴	تیرآهنهای گرم نوردیده بال پهن موازی سبک	۳۲۷۷
۵	تیرآهنهای گرم نوردیده بال پهن موازی سنگین	۳۲۷۷
۶	تیرآهنهای گرم نوردیده بال پهن موازی متوسط	۳۲۷۷
۷	شیرآلات ساختمانی	۳۶۶۴
۸	لوله های فولادی گازرسانی مورد مصرف در منازل و ساختمان	۳۳۶۰
۹	لوله های فولادی گازرسانی مورد مصرف در شبکه های شهری (درزجوش و بدون درز)	۳۵۷۴
۱۰	شیر ربع گرد در کلیه اندازه ها	۴۰۴۷
۱۱	انواع دیگهای بخار	۴۲۳۱
۱۲	دیگ آب گرم فولادی	۷۹۱۱
۱۳	دیگ آب گرم چدنی	۴۴۷۳-۴۴۷۲
۱۴	مشعلهای گاز سوز	۷۵۹۵
۱۵	مشعلهای گازوئیل سوز	۷۵۹۴
۱۶	رادیاتور گرمایشی	۴۰۲۳-۴۰۲۲-۷۰۳-۴۰۲۴
۱۷	تجهیزات زمین بازی مستقر در پارکها و مدارس	۶۴۳۶-۱ و ۶۴۳۷ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۳ و ۲
۱۸	وسایل تفریحی شهر بازی	۳ و ۲ و ۱ -۸۹۸۷
۱۹	آبگرمکن گازسوز مخزن دار	۱۲۱۹-۲ و ۱۲۱۹
۲۰	آبگرمکن گازسوز فوری	۱۸۲۸-۲ و ۱۸۲۸
۲۱	آبگرمکن نفتی	۱۲۲۸
۲۲	بخاری گازسوز دودکشدار	۲- ۱۲۲۰ و ۱۲۲۰
۲۳	بخاری گازسوز بدون دودکش	۷۲۶۸
۲۴	بخاری نفت سوز دودکشدار	۹۳۷
۲۵	سیلندر گاز مایع	۴۷۳
۲۶	شیر سیلندر گاز و اتصالات ورودی و خروجی	۸۳۹
۲۷	انواع رگولاتور سیلندر گاز مایع نوع پیچی	۷۳۲
۲۸	انواع رگولاتور سیلندر گاز مایع نوع سوزنی یا فشاری	۸۷۴
۲۹	انواع رگولاتور سیلندر گاز مایع نوع فشار قوی و قابل تنظیم	۳۶۴۱
۳۰	الکترود جوشکاری	۸۷۱
۳۱	نبشی های فولادی گرم نوردیده با بالهای مساوی و یا نامساوی	۱۷۹۲ – ۱۷۹۴
۳۲	ناودانی های گرم نوردیده لبه گرد بال شیبدار	۴۴۷۷
۳۳	میلگردهای گرم نوردیده مصرفی در بتن (ساده و اجدار از قطر ۶ تا ۴۰ میلیمتر)	۳۱۳۲
۳۴	ورق فولادی گرم نوردیده با کیفیت ساختمانی	۳۶۹۴
۳۵	آتش خاموش کن	۸۶۹
۳۶	ورق فولادی گرم نوردیده با پوشش روی (گالوانیزه)	۷۵۹۶– ۷۵۹۷
۳۷	ورق فولادی سرد نوردیده با کیفیت ساختمانی	۵۷۲۲
۳۸	پیچ و میله های دوسر دنده فولادی	۲۸۷۴
۳۹	مهره دنده ریز و دنده درشت فولادی	۵۶۵۵ – ۵۶۵۴
۴۰	شیرآلات حمام	۶۶۷۹ – ۱۵۴۶
۴۱	شیرآلات توکاسه	۶۶۷۹ – ۱۵۴۶
۴۲	شیرآلات دیواری	۶۶۷۹ – ۱۵۴۶
۴۳	شیرآلات آفتابه	۶۶۷۹ – ۱۵۴۶
۴۴	شیرآلات پیسوار	۶۶۷۹ – ۱۵۴۶
۴۵	شیرآلات تکی	۶۶۷۹ – ۱۵۴۶
۴۶	شیر اطمینان مخازن آبگرم (فشار شکن)	۲۴۳۷
۴۷	لوله های قابل انعطاف برای سوخت گاز	۷۷۴
۴۸	اسباب بازی های شناور در آب و تجهیزات کمک شناوری	۵۸۹۲
۴۹	چراغهای روشنایی گاز سوز	۲۵۱۲