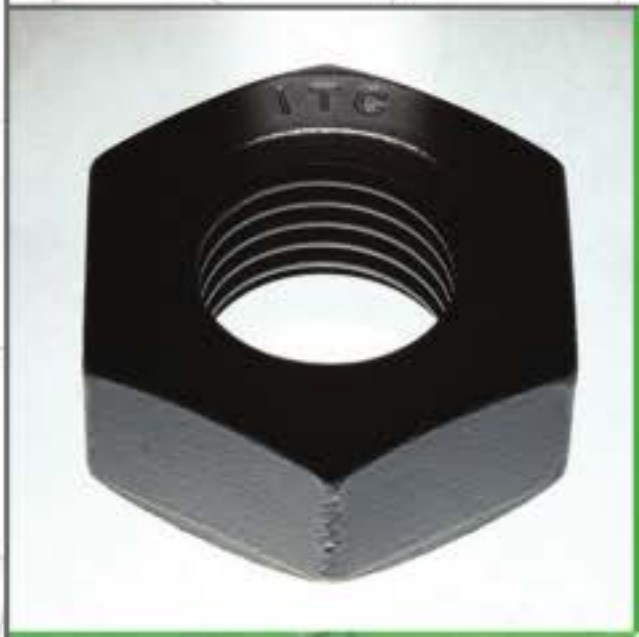
دست نامه
پیچ کاری سازه‌ای



سرپرست: دکتر علیرضا رضائیان

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد کرج

ترجمه و گردآوری

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

گروه صنعتی ایران توحید
Iran Tohid Industrial Group

بنام خداوند جان و خرد

دیباچه

در سال‌های اخیر استفاده از سازه‌های فولادی گسترش چشمگیری داشته است. متداول‌ترین روش‌های اتصال عضوهای مختلف این نوع سازه‌ها، جوشکاری یا پیچ‌کاری می‌باشد. انتخاب جوشی یا پیچی بودن اتصال‌های سازه و مقایسه‌ی مزیت‌ها و عیب‌های آن‌ها، مسأله‌ی به‌ظاهر ساده‌ای است اما می‌تواند منجر به بحث‌های کارشناسی طولانی گردد. هر کدام از این تکنولوژی‌های اتصال از نظر ساخت، حمل‌ونقل، نصب و مصرف مصالح قابل بحث و بررسی هستند.

هرچند نصب سازه‌های فولادی با اتصال‌های پیچی نیازمند دقت بیشتر به‌منظور تأمین رواداری‌های نصب و روی هم قرار گرفتن صحیح سوراخ‌ها در دو قسمت متصل‌شونده می‌باشد، باتوجه به صعوبت جوشکاری در محل برپایی سازه در حال حاضر و سرعت بیشتر اجرای سازه‌های پیچی، کاربرد اتصال‌های پیچی مورد توجه قرار گرفته است. یکی از بحث‌های مهم در حوزه‌ی سازه‌های با اتصال‌های پیچی در ایران عدم هم‌خوانی کلی بین استانداردهای طراحی، تولید، برپایی و نصب می‌باشد. به‌صورتی‌که طراحی سازه‌ی فولادی بر اساس آیین‌نامه‌های عمدتاً آمریکایی و تولید پیچ و مهره بر مبنای استانداردهای اروپایی صورت می‌گیرد. بنابراین تمام عوامل درگیر در تولید یک سازه‌ی فولادی باید اشراف کامل به هر دو مجموعه‌ی استانداردها داشته باشند تا چنان‌چه لازم باشد ضابطه‌ای را رعایت کنند که در دیگری وجود ندارد، توانایی انتخاب راهکار مناسب را داشته باشند.

هدف این دست‌نامه، کمک به تولیدکننده، برپاکننده، کارگر، بازرس و همچنین مهندس و تهیه‌کننده‌ی نقشه‌ی کارگاهی در استفاده، نصب و بازرسی صحیح پیچ‌های سازه‌ای در ساختمان‌ها و پل‌های فولادی می‌باشد. تلاش شده است که این کتاب کمکی باشد برای کاربرد صحیح استانداردهای حاکم که در مدارک طراحی و مشخصات پروژه، مورد استناد قرار می‌گیرند.

مرجع این دست‌نامه، استانداردهای آمریکایی می‌باشد و تمام واحدهای به‌کار رفته بر اساس سیستم متریک تنظیم شده‌اند که قابلیت استفاده در ایران را داشته باشند، لازم به ذکر است در بیشتر کارهای انجام شده

در ایران صرفاً واحدهای آمریکایی به واحدهای متریک تبدیل می‌شوند که یک اشتباه بزرگ است. در انتهای دست‌نامه، مقایسه‌های موردی با استانداردهای اروپایی انجام شده است تا یک دید کلی از این نظر وجود داشته باشد.

این اثر یک همکاری مشترک بین یک دفتر طراحی و یک تولیدکننده‌ی پیچ و مهره می‌باشد که هر دو دغدغه‌ی تولید یک سازه‌ی سالم را به عنوان وظیفه‌ی ملی بر خود واجب می‌دانند.

هر چند تلاش شده تا اثری کم‌ایراد متولد شود اما نقص، همراه همیشگی فعالیت‌های انسانی می‌باشد. لذا خواهشمند است برای رسیدن به مرز ایده‌آل ما را از نظرها، پیشنهادها و انتقادهای خود بی نصیب نگذارید و آن‌ها را به آدرس publications@SazanCo.ir ارسال نمایید.

بدیهی است که تمام اطلاعات و جدول‌های این دست‌نامه به‌عنوان یک راهنما می‌باشند و استفاده از آن‌ها بدون کمک گرفتن از استانداردهای اصلی توصیه نمی‌شود و مسئولیت هرگونه پیشامدی بر عهده‌ی استفاده کننده است.

در انتها از مدیریت گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان، آقای مهندس رضایی و مدیریت شرکت ایران توحید، آقای مهندس مرعشی تشکر ویژه می‌گردد. از سرکار خانم مهندس رضوانی، سرکار خانم مهندس فرجی، سرکار خانم مهندس صفی‌پور، آقای مهندس هدایتی، آقای مهندس شادی، آقای مهندس اسماعیلی و آقای مهندس روغنی برای کمک‌های شایان در تهیه مطالب تشکر می‌گردد. همچنین از آقای مهندس نیری برای پیاده‌سازی طرح جلد تقدیر می‌شود. در نهایت از مدیریت محترم انتشارات سیمای دانش که در مدت زمان کوتاه، هماهنگی‌های لازم را انجام دادند نیز قدردانی می‌گردد.

علیرضا رضائیان

مرداد ماه ۱۳۹۶

کمیته‌ی تدوین و گردآوری

سرپرست:

دکتر علیرضا رضائیان

تهیه‌ی متن اولیه و ویرایش کلی:

مهندس نیلوفر بهبود

اعضای کمیته:

دکتر علی مزروعی

مهندس اسماعیل مرعشی

مهندس محمدرضا رضایی

مهندس مهدی فریدونی

ویراستار:

مهندس پارسا جلوخانی

فهرست مطالب

کلمه‌های کلیدی ۹

اصطلاح‌ها و تعریف‌های متداول ۱۰

۱ پیش‌فصل ۱ معرفی ۱۳

پ-۱ مقدمه ۱۳

پ-۲ مشخصات پیچ ۱۳

پ-۳ استانداردهای مورد استفاده ۱۴

پ-۴ مراجع ۲۰

۱ انواع اتصال ۲۱

۱-۱ انتقال بار از طریق مکانیزم برشی-اتکایی ۲۲

۱-۲ انتقال بار از طریق اصطکاک ۲۵

۱-۳ انتقال بار از طریق کشش مستقیم ۲۶

۲ راهنمای ضوابط عمومی RCSC ۲۷

۲-۱ بارگذاری فقط برشی ۲۷

۲-۲ ترکیب بارگذاری برشی و کششی ۲۸

۲-۳ بارگذاری فقط کششی ۲۹

۳ اتصال‌های سفت‌شده‌ی اولیه ۳۱

۳-۱ نصب ۳۱

۳-۲ بازرسی ۳۴

۴ اتصال‌های پیش‌تنیده و مقاوم در برابر لغزش ۳۷

۴-۱ صحت‌سنجی پیش‌نصب ۳۷

۴-۲ حداقل پیش‌تنیدگی‌های پیچ ۳۸

۴-۳ روش‌های پیش‌تنیده کردن پیچ‌ها ۳۸

۵ روش چرخش اضافه‌ی مهره ۳۹

۵-۱ صحت‌سنجی پیش‌نصب ۳۹

۵-۲ پیش‌تنیدگی ۴۱

۵-۳ بازرسی ۴۵

۶ پیچ‌های ویژه ۴۹

۶-۱ صحت‌سنجی پیش‌نصب ۴۹

۶-۲ پیش‌تنیده کردن ۵۱
۶-۳ بازرسی ۵۳
۷ روش واشر ویژه ۵۷
۷-۱ صحت‌سنجی پیش‌نصب ۵۷
۷-۲ پیش‌تنیده کردن ۶۶
۷-۳ بازرسی ۶۹
۸ روش واشر ویژه با نشانگر رنگی ۷۳
۸-۱ کالیبراسیون ۷۳
۸-۲ پیش‌تنیده کردن ۷۵
۸-۳ بازرسی ۷۸
۹ روش آچار کالیبره‌شده ۷۹
۹-۱ صحت‌سنجی پیش‌نصب-فرآیند کالیبراسیون آچار نصب ۷۹
۹-۲ پیش‌تنیده کردن ۸۳
۹-۳ بازرسی ۸۴
۱۰ بازرسی تحت ضوابط عمومی AISC ۸۷
۱۰-۱ بازرسی پیچ‌کاری پرمقاومت بر اساس بند N5.6 از ضوابط عمومی AISC ۸۷
۱۱ داوری اختلاف‌ها ۹۱
۱۱-۱ روش گشتاور ۹۱
۱۲ ایجاد سوراخ ۹۷
۱۳ انبارش در کارگاه ۹۹
۱۴ روغن‌کاری مجموعه‌های پیچ‌کاری بدون پوشش ۱۰۱
۱۵ روغن‌کاری مجموعه‌های پیچ‌کاری گالوانیزه‌شده ۱۰۳
۱۶ رویکرد نظام‌مند ۱۰۵
۱۷ الزام‌های مربوط به واشرها ۱۰۷
۱۸ بیرون‌زدگی پیچ ۱۱۳
۱۹ گشتاور ۱۱۵
۲۰ سفت‌کاری بیش از اندازه‌ی پیچ‌های پرمقاومت ۱۱۷
۲۱ کنده شدن رزوه ۱۲۱

۲۲ استفاده‌ی مجدد از پیچ‌هایی که قبلاً پیش‌تنیده شده‌اند .۱۲۳
۲۳ آزمایش ظرفیت دورانی ۱۲۵
۲۳-۱ استفاده از دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ (BTMD) ...۱۲۵
۲۳-۲ برای پیچ‌هایی که برای قرار گرفتن در دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ بسیار کوتاه هستند ۱۳۰
۲۴ دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ ۱۳۵
۲۵ تعیین کالیبراسیون واشر ویژه برای استفاده به‌عنوان دستگاه صحت‌سنجی کشش پیچ.....۱۳۹
۲۶ علامت‌گذاری گل پیچ ۱۴۱
۲۶-۱ پیچ‌هایی با استاندارد ASTM F3125M و رده‌ی A325M یا با استاندارد ASTM A325M.....۱۴۱
۲۶-۲ پیچ‌هایی با استاندارد ASTM F3125M و رده‌ی A490M یا با استاندارد ASTM A490M.....۱۴۱
۲۶-۳ پیچ‌هایی با استاندارد ASTM A449 .....۱۴۲
۲۶-۴ پیچ‌هایی با استاندارد ASTM F3125M و رده‌ی F1852 یا با استاندارد ASTM F1852 .....۱۴۲
۲۶-۵ پیچ‌هایی با استاندارد ASTM F3125M و رده‌ی F2280 یا با استاندارد ASTM F2280 .....۱۴۳
۲۶-۶ پیچ‌هایی با استاندارد ASTM A354 .....۱۴۴
۲۶-۷ پیچ‌هایی با استاندارد ASTM A307 .....۱۴۴
۲۷ علامت‌گذاری مهره ۱۴۹
۲۷-۱ مهره‌هایی با استاندارد ASTM A563M ۱۴۹
۲۷-۲ مهره‌هایی با استاندارد ASTM A194 .....۱۴۹
۲۸ طول‌های پیچ ۱۵۵
پیوست ۱ ..... ۱۷۱
پیوست ۲ ..... ۱۷۵
مراجع ۱۹۵
واژه‌نامه..... ۱۹۷

پیش‌فصل ۱ معرفی

پ-۱ مقدمه

در صورت استفاده از اتصالات پیچی، آن‌چه مهندس طراح باید به‌عنوان مشخصات پیچ در نقشه‌های سازه قید نماید، قطر پیچ (برای مثال M22)، استاندارد تولیدی پیچ (برای مثال رده‌ی A490M از استاندارد ASTM F3125/F3125M)، شرایط سطح برش نسبت به رزوه‌ها (برای مثال، عدم عبور سطح برش از رزوه‌ها)، نوع سوراخ (برای مثال سوراخ استاندارد) و نوع اتصال (برای مثال مقاوم در برابر لغزش) می‌باشد.

در هنگام اجرا و برپایی سازه، این خروجی‌های کمی و کیفی در مشخصات فنی و نقشه‌های طراحی، توسط پیمانکار به یک **مجموعه‌ی پیچ‌کاری** برای نصب اتصال‌های پیچی تبدیل می‌شود که شامل پیچ، مهره و واشر (در صورت نیاز واشر ویژه) می‌باشد و باید پیچ با مشخصات و طول مناسب به‌همراه مهره و واشر متناظر تهیه شوند. هم‌چنین روش سفت کردن پیچ انتخاب و تجهیزات لازم تأمین گردند. برای تبدیل موردهای ذکرشده در نقشه‌های سازه به اتصال‌های پیچی در کارگاه، آشنایی با مشخصات پیچ و استانداردهای مرتبط با پیچ و پیچ‌کاری ضروری است.

پ-۲ مشخصات پیچ

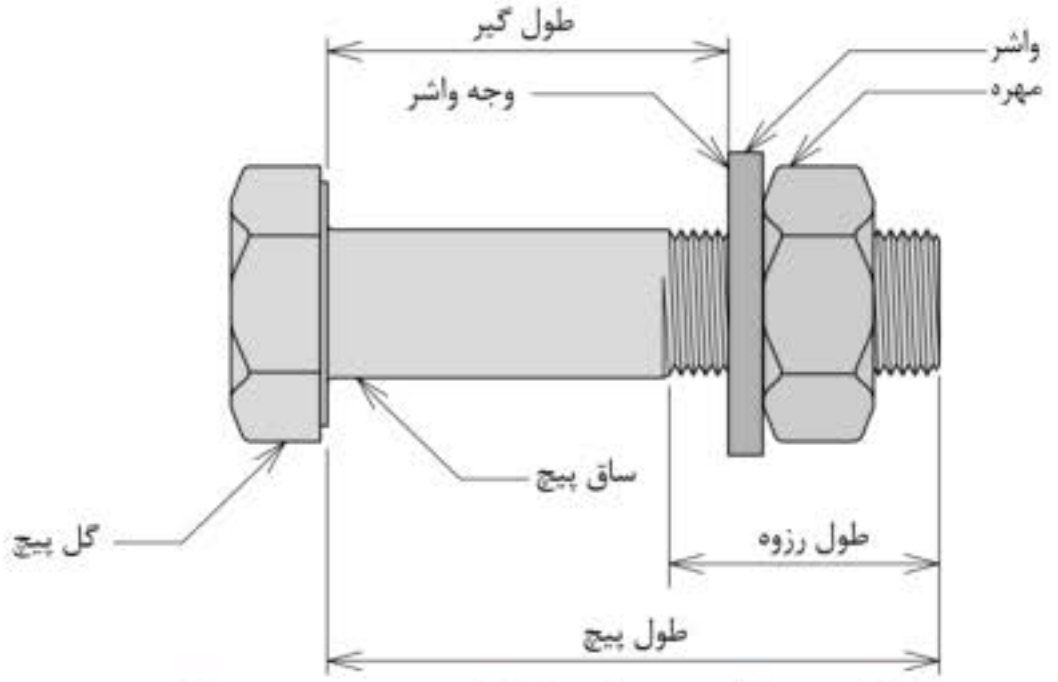
نام‌گذاری انواع پیچ در سه دسته‌ی پیچ شش‌گوش، پیچ شش‌گوش درشت و پیچ ویژه انجام می‌گیرد.

از نظر ظاهری، پیچ از گل پیچ و بدنه (ساق پیچ) تشکیل می‌شود، شکل پ-۱.

در پیچ‌های شش‌گوش، شکل ظاهری گل پیچ، شش ضلعی است. این پیچ‌ها برای مصارف عمومی در کارهای ساخت ساختمان، راه‌آهن، پل‌ها و کارخانه‌ها استفاده می‌شوند. مشخصه‌ی اصلی پیچ‌های سازه‌ای شش‌گوش درشت که آن‌ها را از پیچ‌هایی با کاربرد عمومی متمایز می‌نماید، ابعاد گل پیچ و طول رزوه‌نشده‌ی بدنه‌ی آن‌هاست. پیچ‌های

شش‌گوش درشت، گل پیچ بزرگتری دارند و سطح اتکای گل پیچ، بیشتر از پیچ‌های شش‌گوش است و نیرو را در مساحت بزرگتری توزیع می‌کنند. پیچ‌های سازه‌ای شش‌گوش درشت نسبت به پیچ‌هایی با کاربرد عمومی، طول‌های رزوه‌شده‌ی کوتاهتری دارند که امکان عدم عبور صفحه‌ی برش از رزوه‌ها را ممکن می‌سازند. بازه‌ی قطرهای تولیدی این دو نوع پیچ یکسان نیست.

بخشی از بدنه‌ی پیچ به منظور بسته شدن در مهره، رزوه می‌شود، شکل پ-۱. بر اساس ضوابط عمومی RCSC[1] طول گیر[2] پیچ، ضخامت کلی صفحه‌های یک اتصال تعریف می‌گردد که پیچ از آن‌ها عبور می‌کند و واشرها یا واشرهای ویژه در این تعریف در نظر گرفته نمی‌شوند.



شکل پ-۱ قسمت‌های مختلف مجموعه‌ی پیچ‌کاری

در قسمت انتهایی پیچ‌های ویژه، زائده‌ای تعبیه می‌شود که هرگاه گشتاور اعمالی به مجموعه‌ی پیچ و مهره، منجر به تولید **پیش‌تنیدگی** لازم در پیچ شود، بریده خواهد شد، شکل پ-۲. از پیچ‌های ویژه، به‌عنوان یکی از روش‌های پیش‌تنیده کردن نام برده می‌شود.

پ-۳ استانداردهای مورد استفاده

استانداردهای طراحی سازه، تولید پیچ و مهره (مکانیکی و هندسی) و اجرای سازه‌ی فولادی در آمریکا و اروپا متفاوت هستند، اگرچه شباهت‌های زیادی نیز با هم دارند. در ایران، طراحی اتصال‌های پیچی

1- Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts (RCSC Specification-14)

2- Grip Length

۱ انواع اتصال

الزام‌های مقاومت طراحی، نصب و بازرسی برای یک اتصال پیچی سازه‌ای به نوع اتصال انتخاب‌شده توسط مهندس (طراح سازه)، بستگی دارد. مهندس باید نوع اتصال را در مدارک طراحی تعیین نماید، نوع اتصال همچنین باید در نقشه‌های اجرایی و برپایی تعیین شده باشد.

پیش از ویرایش ۲۰۱۰ ضوابط عمومی AISC، تمام اتصال‌ها از نوع اتصال پیش‌تنیده بودند مگر آن‌که توسط مهندس (طراح سازه)، اتصال از نوع سفت‌شده‌ی اولیه یا مقاوم در برابر لغزش، ذکر شده باشد. شرایط پیش‌فرض در ویرایش سال ۲۰۱۰ ضوابط عمومی AISC، اتصال سفت‌شده‌ی اولیه در نظر گرفته شده و اتصال‌هایی که پیش‌تنیده یا مقاوم در برابر لغزش هستند باید در نقشه‌های طراحی مشخص شوند.

در ضوابط عمومی RCSC سال ۲۰۰۰، یک سیستم جدید نام‌گذاری اتصال برای استفاده‌ی مهندس و کسانی که **مجموعه‌ی پیچ‌کاری** را نصب و بازرسی می‌کنند، معرفی شد. به جای تعریف مکانیزم انتقال بار و به دنبال آن تعیین سفت‌شدن اولیه یا **پیش‌تنیدگی**، مهندس اتصال‌ها را از طریق تأمین اطلاعات مورد نیاز برای نصب و بازرسی مشخص می‌نماید. این اتصال‌ها به شرح جدول ۱-۱ نام‌گذاری می‌شوند.

جدول ۱-۱ نام‌گذاری انواع اتصال‌های پیچی

عبارت موجود در ادبیات فنی	معادل فارسی
Snug Tightened (ST)	سفت‌شده‌ی اولیه
Pretensioned (PT)	پیش‌تنیده
Slip Critical (SC)	مقاوم در برابر لغزش

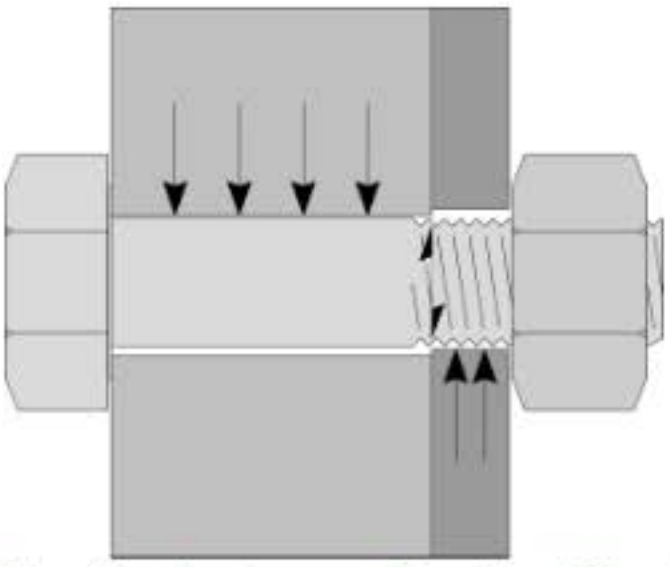
اتصال مقاوم در برابر لغزش نیز از پیچ‌های پیش‌تنیده استفاده می‌کند، اما نگرانی‌های بیشتری در رابطه با سطح تماس (سطح تماس بین المان‌های فولادی که متصل می‌شوند) دارد.

برای اطلاع بیشتر به بخش ۴ ضوابط عمومی RCSC ارجاع داده می‌شود.

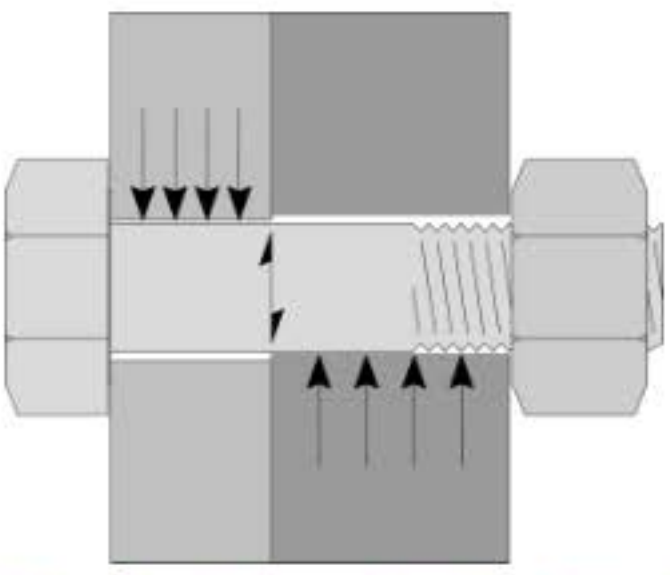
۱-۱ انتقال بار از طریق مکانیزم برشی-اتکایی

متداول‌ترین روش برای انتقال بار، مکانیزم برشی-اتکایی می‌باشد. بار از یک صفحه‌ی فولادی از طریق تماس ساق پیچ و سوراخ به پیچ منتقل می‌شود و توسط برش از پیچ عبور می‌کند، سپس از طریق اتکای پیچ به وجه مقابل سوراخ به صفحه‌ی دیگر می‌رسد.

انتقال بار برشی-اتکایی می‌تواند به‌صورت عبور از رزوه[1] (N) یا عدم عبور از رزوه[2] (X) طراحی شوند. در نوع N، رزوه‌ها می‌توانند سطح برش را شامل شوند (سطح برش از قسمت دندانه‌شده می‌گذرد)، یعنی بین صفحه‌های فولادی قرار گیرند، شکل ۱-۱. در نوع X رزوه‌ها نمی‌توانند در سطح برش باشند، شکل ۱-۲.



شکل ۱-۱ برش-اتکایی (نوع N)، رزوه‌ها سطح برش را شامل شده‌اند



شکل ۱-۲ برش-اتکایی (نوع X)، رزوه‌ها از سطح برش خارج شده‌اند

1- Threads Included
2- Threads Excluded

۴ اتصال‌های پیش‌تنیده و مقاوم در برابر لغزش

۴-۱ صحت‌سنجی پیش‌نصب

هنگامی‌که لازم است مجموعه‌های پیچ‌کاری پرمقاومت پیش‌تنیده شوند (منظور آن‌که تا تولید/ایجاد یک تراز حداقلی کشش پیچ در حین نصب، سفت شوند)، ضوابط عمومی AISC، RCSC و AASHTO لازم می‌دانند که مجموعه‌های پیچ‌کاری (پیچ، مهره، واشر و/یا واشر ویژه، در صورت استفاده) پیش از نصب در سازه با استفاده از فرآیند نصب انتخاب‌شده، آزمایش شوند. هدف از این فرآیند، اعتبارسنجی این موضوع است که پرسنل پیچ‌کاری، روش نصب را آموخته‌اند و می‌توانند آن را به‌درستی اجرا کنند و روش و **مجموعه‌ی پیچ‌کاری**، حداقل **پیش‌تنیدگی** مورد نیاز پیچ در هنگام نصب در سازه را تأمین خواهند کرد. مقادیر **پیش‌تنیدگی** مورد نیاز در مرحله‌ی صحت‌سنجی پیش‌نصب در جدول ۴-۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۴-۱ صحت‌سنجی پیش‌نصب، پیش‌تنیدگی مورد نیاز بر اساس ضوابط عمومی AISC

قطر پیچ	نیروی پیش‌تنیدگی مورد نیاز (kN)	
	ASTM F3125/F3125M	
	رده‌ی A325M رده‌ی F1852	رده‌ی A490M رده‌ی F2280
M16	96	120
M20	149	188
M22	185	232
M24	215	270
M27	280	351
M30	342	428
M36	499	625

مقادیر فوق ۵ درصد بیشتر از مقدار **پیش‌تنیدگی** مورد نیاز مورد استفاده برای طراحی، نصب و بازرسی واقعی هستند و به نزدیک‌ترین عدد بر حسب کیلونیوتن گرد شده‌اند.

مرجع: بخش ۷ ضوابط عمومی RCSC، جدول J3-1 از ضوابط عمومی AISC (برای جدول ۴-۱)

۵ روش چرخش اضافه‌ی مهره

۵-۱ صحت‌سنجی پیش‌نصب

۵-۱-۱ استفاده از دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ (BTMD)[1]

۱- سه پیچ از هر قطر، طول، رده و محموله‌ی تولیدی، سه مهره از هر قطر، رده و محموله‌ی تولیدی بردارید که در کارگاه مونتاژ خواهند شد. اگر باید از واشر استفاده شود، واشرهایی که استفاده خواهد شد نیز بردارید. هر دسته، یک **مجموعه‌ی پیچ‌کاری** نامیده می‌شود.

۲- پیچ را با جداکننده[2]، بوشن فاصله‌انداز[3]، ورق‌های پرکننده و/یا واشرهای تخت در دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ (BTMD) قرار دهید، چرا که لازم است وقتی مهره با دست سفت می‌شود، تقریباً دو تا سه رزوه از وجه مهره بیرون زده باشد. بیرون‌زدگی نهایی می‌تواند در بازه‌ی بین پنج رزوه و شرایط هم‌تراز بودن انتهایی (عدم وجود بیرون‌زدگی) قرار بگیرد. اگر مهره در سازه چرخانده خواهد شد، گل پیچ را در پشت دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ قرار دهید و مهره را در وجه (جلوی) دستگاه بچرخانید. اگر گل پیچ چرخانده خواهد شد، از یک بوشن تخت در پشت دستگاه استفاده نمایید و گل پیچ را در پشت دستگاه بچرخانید، یا مهره را در شیار بوشن قرار داده و گل پیچ را در وجه دستگاه بچرخانید.

۳- پیچ را با استفاده از همان شیوه‌ای (آچار دم‌موشی، آچار ضربه‌ای یا سایر آچارهای نصب) که در سازه استفاده خواهد شد، سفت کنید. از تلاش دستی یا تلاش آچار مشابه آنچه در سازه استفاده خواهد شد، استفاده نمایید.

۴- مهره، پیچ و ورق نگهدارنده‌ی قسمت جلوی دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ را مطابق آنچه در سازه اجرا خواهد شد، جفت‌نشان

1- Bolt Tension Measurement Device (BTMD)
2- Spacer
3- Spacer Bushing

۸ روش واشر ویژه با نشانگر رنگی

۸-۱ کالیبراسیون

۸-۱-۱ استفاده از دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ (BTMD)

توجه: این فرآیند کالیبراسیون به روش واشر ویژه با نشانگر رنگی[1] اختصاص دارد که توسط شرکت Applied Bolting Technology (ABT) ثبت اختراع و عرضه شده است. ABT دستورالعمل اجرای این فرآیند را عرضه می‌نماید و این دست‌نامه نیز از آخرین ویرایش دستورالعمل‌های این شرکت تبعیت نموده است. در صورت اصلاح محصول یا اعمال تغییر در دستورالعمل‌های ABT، فرآیند ارائه‌شده از سوی این شرکت باید ملاک عمل باشد.

این کالیبراسیون را پس از اجرای آزمایش صحت‌سنجی پیش‌نصب مطابق آنچه در بخش‌های پیشین برای کاربردهای واشر ویژه‌ی استاندارد تشریح شد، به روشی مناسب انجام دهید.

۱- پیچی را در دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ قرار دهید، به طوری‌که گل پیچ در یک بوشن شکاف‌دار در پشت و واشر ویژه با نشانگر رنگی به‌همراه واشر و مهره در قسمت جلو باشد.

۲- **مجموعه‌ی پیچ‌کاری** را تقریباً تا مقدار کشش پیچ هدف نشان داده‌شده در جدول ۸-۱، که تقریباً ۱۰ تا ۲۰ درصد بالاتر از حداقل **پیش‌تنیدگی** مورد نیاز نشان داده شده در جدول ۴-۲ می‌باشد، سفت کنید. کشش باید معادل یا بیشتر از مقادیر جدول ۴-۱ باشد.

۳- هنگامی‌که عملیات سفت‌کاری انجام شد، به‌صورت چشمی به ظاهر، حجم جریان و تعداد بیرون‌زدگی‌ها از زیر واشر ویژه با نشانگر رنگی در آن کشش، توجه کنید.

1- Squirter® DTI

۴- اطمینان حاصل نمایید که تعداد بیرون‌زدگی‌ها حداقل معادل مقدار نشان داده شده در جدول ۸-۲ است.

جدول ۸-۱ کشش پیچ هدف برای کالیبراسیون واشر ویژه با نشانگر رنگی

قطر پیچ	نوع 8.8	نوع 10.9
M16	100-109	125-137
M20	156-170	197-215
M22	194-211	243-265
M24	226-246	283-308
M27	294-320	367-401
M30	359-391	449-490
M36	523-570	655-714

جدول ۸-۲ حداقل تعداد بیرون‌زدگی‌ها از واشر ویژه با نشانگر رنگی

قطر پیچ	نوع 8.8	نوع 10.9
M16	3	3
M20	4	5
M22	4	5
M24	5	6
M27	5	6
M30	6	7
M36	7	8

۵- این آزمایش را روی تعدادی واشر ویژه با نشانگر رنگی دیگر به‌منظور تعیین یک شاخص دیداری برای اینکه چه مقدار بیرون‌ریختگی لازم است، تکرار کنید.

۸-۱-۲ برای پیچ‌هایی که برای قرارگرفتن در دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ بسیار کوتاه هستند

توجه: این فرآیند کالیبراسیون به روش واشر ویژه با نشانگر رنگی اختصاص دارد که توسط شرکت Applied Bolting Technology (ABT) ثبت اختراع و عرضه شده است. ABT دستورالعمل اجرای این فرآیند را عرضه می‌نماید و این دست‌نامه نیز از آخرین ویرایش دستورالعمل‌های این شرکت تبعیت نموده است. در صورت اصلاح محصول یا اعمال تغییر در دستورالعمل‌های ABT، فرآیند ارائه‌شده از سوی این شرکت باید ملاک عمل باشد.

۲۳ آزمایش ظرفیت دورانی

۲۳-۱ استفاده‌از‌دستگاه‌اندازه‌گیری کشش پیچ (BTMD)

توجه: این فصل، آزمایش‌های ظرفیت دورانی (RC)[1و2] را با هدف ارزیابی وجود روغن، کارآیی روغن و سازگاری مجموعه‌ها تشریح می‌نماید. این آزمایش به‌عنوان یک کنترل کیفیت بیشتر، روی مهره‌های بیش از حد قلاویزشده، مصالح با شکل‌پذیری ناکافی و به‌صورت عمومی اطمینان از اینکه جزءهای پیچ‌کاری (پیچ، مهره و واشر) با هم به‌عنوان یک واحد برای دستیابی به **پیش‌تنیدگی** مورد نیاز عمل می‌کنند، به‌کار می‌رود. **مجموعه‌ی پیچ‌کاری** که مطابق این فصل آزمایش می‌شود باید **مجموعه‌ی پیچ‌کاری** سازگار باشد.

۱- دو مجموعه از محموله‌ی ظرفیت دورانی بردارید. محموله‌ی ظرفیت دورانی (RC) به‌عنوان پیچ‌های تهیه‌شده از یک رده، قطر، طول و محموله‌ی تولیدی خاص به‌همراه مهره‌های تهیه‌شده از یک رده، قطر و محموله‌ی تولیدی خاص و واشرهای (در صورت استفاده) تهیه‌شده از یک قطر و محموله‌ی تولیدی خاص نام‌گذاری می‌شود.

۲- یک مجموعه را در دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ (BTMD) نصب کنید به طوری‌که بین سه تا پنج رزوه در طول گیر باشد (عموماً، شرایط هم‌تراز بودن انتهایی تا سه رزوه‌ی بیرون‌زدگی این ضابطه را تأمین می‌نماید). در صورت نیاز از جداکننده، بوشن فاصله‌انداز، ورق‌های فولادی و/یا واشر استفاده نمایید.

توجه: AASHTO در این مورد اضافه می‌نماید که اطمینان حاصل نمایید واشر محموله‌ی RC (در صورت استفاده) دقیقاً در زیر مهره قرار گرفته باشد. اگر واشر به‌عنوان بخشی از مجموعه لازم نیست، آزمایش باید با استفاده از واشر ASTM F436M با قطر مناسب انجام شود.

1- Rotational Capacity (RC)

۲- این آزمایش در ضوابط عمومی پل‌های AASHTO نیز ارائه شده است، اما فرآیند انجام آن با آنچه در این فصل گزارش می‌شود، تفاوت‌هایی دارد که به آن‌ها اشاره خواهد شد.

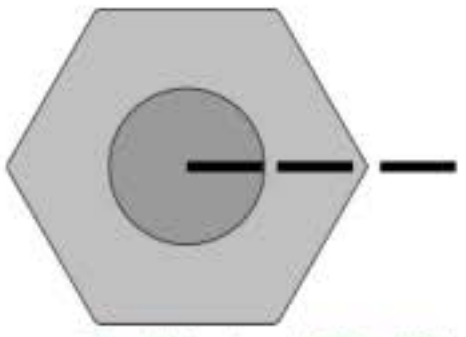
ضمن آنکه دو تا سه رزوه‌ی بیرون‌زدگی را برای تأمین سه تا پنج رزوه در طول گیر لازم می‌داند.

۳- اتصال را با دست تا تراز کمی از کشش اولیه سفت کنید. این مقدار کشش نباید از کشش‌های جدول ۲۳-۱ با رواداری –صفر و ۸+ کیلونیوتن فراتر رود.

جدول ۲۳-۱ حداکثر کشش اولیه با توجه به قطر پیچ

قطر پیچ	حداکثر کشش اولیه (kN)	
	ASTM F3125/3125M	
	رده‌ی A325M رده‌ی F1852	رده‌ی A490M رده‌ی F2280
M12	5	6
M16	9	11
M20	14	18
M22	18	22
M24	21	26
M27	27	33
M30	33	41
M36	48	60

۴- انتهای پیچ، مهره و ورق نگهدارنده‌ی قسمت جلوی دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ را با یک خط مستقیم جفت‌نشان کنید، شکل ۲۳-۱.



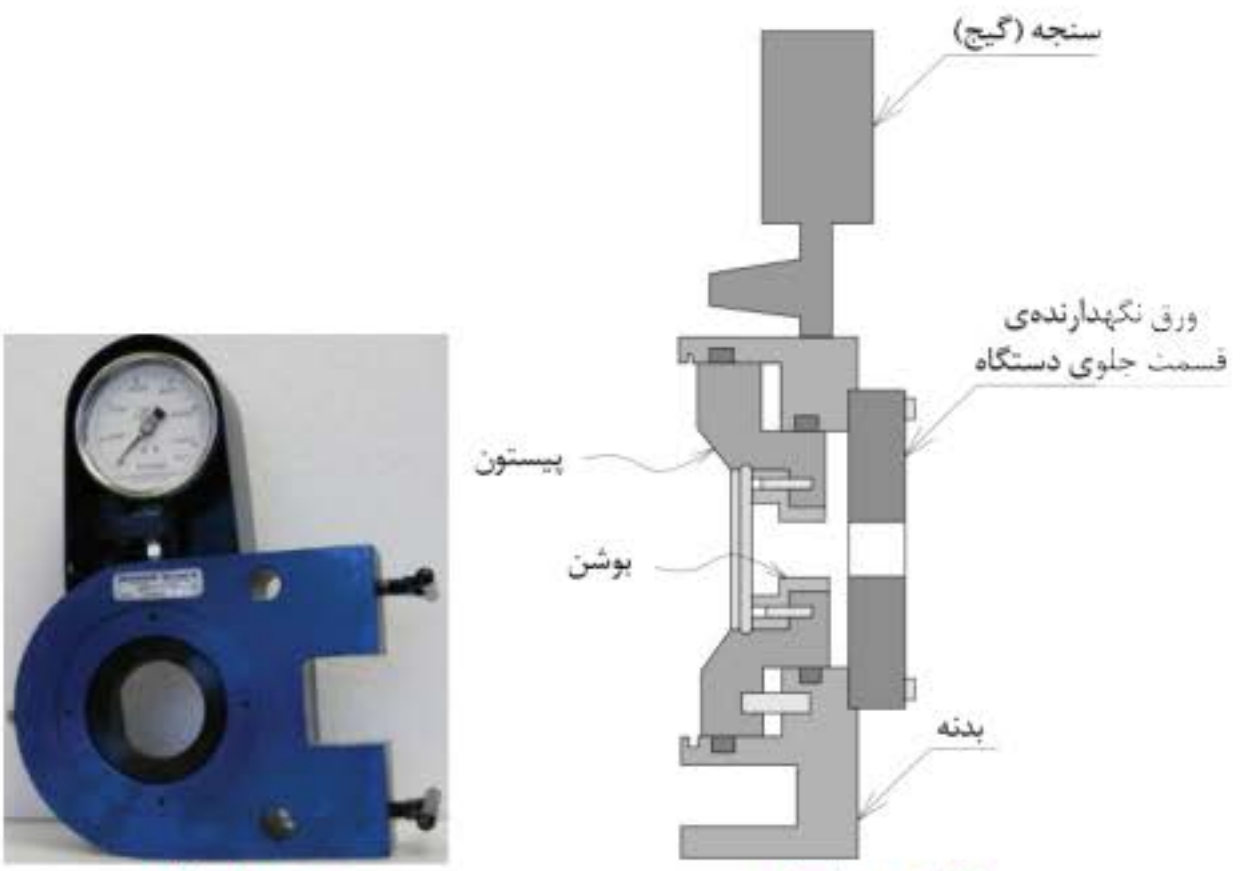
شکل ۲۳-۱ جفت‌نشان کردن

۵- پیچ را حداقل به اندازه‌ی مقدارهای **پیش‌تنیدگی** فهرست‌شده در جدول ۲۳-۲ سفت کنید و هر دو مقدار کشش و گشتاور را ثبت نمایید. گشتاور باید با مهره‌ی در حال حرکت قرائت شود.

۲۴ دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ

کالیبراتورهای کشش پیچ با مارک تجاری Skidmore-Wilhelm مورداستفاده‌ترین دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ (BTMD) در آمریکا می‌باشند. سایر سازندگان محصول‌های مشابهی می‌سازند.

دستگاه یک بار سنج[1] هیدرولیکی می‌باشد. سفت‌کاری پیچ در دستگاه، فشار تولید می‌کند. بوشن قابل‌تعویض در پشت دستگاه Skidmore درون یک پیستون می‌نشیند. بین پیستون و بدنه‌ی دستگاه، سیال هیدرولیک وجود دارد که با ایجاد کشش در پیچ فشرده می‌شود. این فشار هیدرولیک روی سنجه‌ی (گیج) مدرج نمایش داده می‌شود یا به‌صورت خروجی دیجیتالی تهیه می‌گردد، شکل ۲۴-۱.



(الف) شماتیک (ب) مدل واقعی

شکل ۲۴-۱ دستگاه اندازه‌گیری کشش پیچ

در هنگام استفاده از روش چرخش اضافه‌ی مهره، به دلیل حرکت اندک پیستون، دستگاه، کشش واقعی که باید به‌ازای چرخش معلوم در یک پیچ وجود داشته باشد را دست پایین تخمین می‌زند. بخشی از چرخش توسط حرکت پیستون گرفته می‌شود. در سازه، فولاد فشرده نمی‌شود و تمام چرخش صرف سفت‌کاری پیچ می‌گردد، شکل ۲۴-۲.

1- Load Cell

شکل ۲۴-۲ مقایسه‌ی کالیبراتور هیدرولیکی و فولاد ساده

هنگامی‌که پیچ‌های با قطر بزرگ با استفاده از ورق نگهدارنده‌ی قسمت جلوی دستگاه نازک‌تر که برای استفاده در آزمایش پیچ‌های کوتاه طراحی شده، آزمایش می‌شوند، ممکن است تخمین دست پایین در **پیش‌تنیدگی** پیچ رخ بدهد و اندازه‌گیری گشتاور، اگر وجود داشته باشد، تحت تأثیر قرار گیرد. در مورد کاربرد در دماهای خیلی پایین، به‌منظور راهنمایی، با تولیدکننده‌ی دستگاه تماس بگیرید.

کالیبراتورهای پیچ باید حداقل سالی یک بار برای دقت کالیبره شوند. این کالیبراسیون می‌تواند توسط Skidmore-Wilhelm یا یک آزمایشگاه قابل اطمینان انجام شود.

مرجع: بخش ۷-۱ از ضوابط عمومی RCSC

مشخصات کالیبراتور کشش پیچ شرکت Skidmore-Wilhelm در جدول ۲۴-۱ و جدول ۲۴-۲ ارائه شده‌اند.

جدول ۲۴-۱ بازه‌های ظرفیت کالیبراتور کشش پیچ شرکت Skidmore-Wilhelm

مدل	حداکثر کشش پیچ (kN)	بازه‌ی قطر پیچ (mm)	
		ASTM F3125/3125M	
		ردەی A325M ردەی F1852	ردەی A490M ردەی F2280
HS(الف)	800	M16 تا M36	M16 تا M36

(الف) مدل‌های MZ و K از مدل‌های کنونی و مدل‌های MS، M، ML و H از مدل‌های قبلی، معادل متریک ندارند و در این جدول به آن‌ها اشاره نشده است.

۲۶ علامت‌گذاری گل پیچ

تمام پیچ‌ها باید دارای علامت تولیدکننده باشند.

۲۶-۱ پیچ‌هایی با استاندارد ASTM F3125M و رده‌ی A325M یا با استاندارد ASTM A325M

- درج علامت «A325M» اجباری است، شکل ۲۶-۱.
- نوع ۱: سه خط با زاویه‌های ۱۲۰ درجه اختیاری است.
- نوع ۲: دیگر تولید نمی‌شود، از استاندارد ASTM کنار گذاشته شده است.
- نوع ۳: خط زیرین بر اساس استاندارد، مورد نیاز است. برای کاربردهای فولاد در معرض شرایط آب و هوایی استفاده می‌شود.
- علامت‌گذاری پیچ‌هایی با استاندارد ASTM A325M یا با استاندارد ASTM F3125M و رده‌ی A325M یکسان هستند.

نوع ۳ نوع ۱

شکل ۲۶-۱ علامت‌گذاری پیچ‌های A325M

۲۶-۲ پیچ‌هایی با استاندارد ASTM F3125M و رده‌ی A490M یا با استاندارد ASTM A490M

- درج علامت «A490M» اجباری است، شکل ۲۶-۲.
- نوع ۲: دیگر تولید نمی‌شود، از استاندارد ASTM کنار گذاشته شده است.
- نوع ۳: خط زیرین بر اساس استاندارد، مورد نیاز است، برای کاربردهای فولاد در معرض شرایط آب و هوایی استفاده می‌شود.

جدول ۲۶-۱ ابعاد پیچ شش‌گوش درشت از نوع A325M و A490M

ابعاد اسمی (میلی‌متر)					
قطر پیچ	عرض در امتداد قسمت تخت گل پیچ[1]		ارتفاع گل پیچ		طول رزوه
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	
M12	20.16	21	7.05	7.95	25
M16	26.16	27	9.25	10.75	31
M20	33	34	11.6	13.4	36
M22	35	36	13.1	14.9	38
M24	40	41	14.1	15.9	41
M27	45	46	16.1	17.9	44
M30	49	50	17.65	19.75	49
M36	58.8	60	21.45	23.55	56

عرض در امتداد قسمت تخت گل پیچ = بُعد آچار یا شکاف

مرجع: ASME B18.2.6M-12

جدول ۲۶-۲ ابعاد پیچ ویژه از نوع F1852 و F2280

ابعاد اسمی (اینچ[2])					
پیچ ویژه‌ی سرعدسی (گل پیچ دکمه‌ای)					
قطر پیچ	قطر سطح تماس (حداقل)	ارتفاع گل پیچ (حداقل)	ارتفاع گل پیچ (حداکثر)	طول رزوه	طول زائده (معمول)
$\frac{1}{2}$	0.89	0.302	0.323	1	0.5
$\frac{5}{8}$	1.102	0.378	0.403	$1\frac{1}{4}$	0.6
$\frac{3}{4}$	1.338	0.455	0.483	$1\frac{3}{8}$	0.65
$\frac{7}{8}$	1.535	0.531	0.563	$1\frac{1}{2}$	0.72

1- Width Across Head Flats

۲- در مرجع متریک این جدول آمده است که با توجه به عدم وجود مصالح ASTM و استانداردهای آزمایش برای پیچ‌های ویژه (در سیستم متریک)، ابعاد آن‌ها در نسخه‌ی اولیه‌ی ASME B18.2.6M وجود ندارد. به همین دلیل ابعاد ارائه شده در این استاندارد به اینچ گزارش شده است.

۲۸ طول پیچ

جدول C-2.2 از RCSC اعدادی را ارائه می‌نماید که اگر به طول گیر (مجموع ضخامت ورق‌های اتصال بدون در نظر گرفتن واشرها) اضافه شوند، طول پیچ اسمی لازم در سه حالت بدون واشر، استفاده از یک واشر و استفاده از دو واشر، به دست می‌آید. با پیروی از فرآیند مورد استفاده در این آیین‌نامه، جدول متناظر متریک آن مطابق جدول ۲۸-۱ تولید شده است.

جدول ۲۸-۱ تخمین طول پیچ برای پیچ‌های A325M و A490M با طول کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر

قطر پیچ	این مقادیر را به طول گیر اضافه کنید، عدد را به طول پیچ موجود بعدی گرد کنید		
	بدون واشر	یک واشر	دو واشر
M12	17	21	25
M16	22	26	30
M20	27	31	35
M22	29	33	37
M24	30	34	38
M27	35	39	43
M30	38	42	46
M36	44	48	52

در صورتی‌که طول پیچ از ۱۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد، این اعداد به شرح جدول ۲۸-۲ خواهند بود.

جدول ۲۸-۲ تخمین طول پیچ برای پیچ‌های A325M و A490M با طول بیشتر از ۱۵۰ میلی‌متر

قطر پیچ	این مقادیر را به طول گیر اضافه کنید، عدد را به طول پیچ موجود بعدی گرد کنید		
	بدون واشر	یک واشر	دو واشر
M12	18	22	26
M16	25	29	33
M20	29	33	37
M22	31	35	39
M24	32	36	40
M27	35	39	43
M30	38	42	46
M36	44	48	52

جدول ۲۸-۳ مقادیر طول پیچ پیشنهادی برای M16

طول گیر	طول اسمی پیچ (میلی‌متر)		
	بدون واشر	یک واشر	دو واشر
10	45	45	45
12	45	45	45
14	45	45	45
16	45	45	50
18	45	45	50
20	45	50	50
22	45	50	55
24	50	50	55
26	50	55	60
28	50	55	60
30	55	60	60
32	55	60	65
34	60	60	65
36	60	65	70
38	60	65	70
40	65	70	70
42	65	70	75
44	70	70	75
46	70	75	80
48	70	75	80
50	75	80	80
52	75	80	85
54	80	80	85
56	80	85	90
58	80	85	90
60	85	90	90
62	85	90	95
64	90	90	95
66	90	95	100
68	90	95	100
70	95	100	100
72	95	100	110
74	100	100	110
76	100	110	110
78	100	110	110
80	110	110	110
82	110	110	120
84	110	110	120

پیوست ۱ معرفی آچارها

آچار کالیبره‌شده	Calibrated Wrench
آچاری که به‌منظور رساندن پیچ به حداقل پیش‌تنیدگی مورد نیاز کالیبره می‌شود.	
آچار ضربه‌ای	Impact Wrench
آچار الکتریکی که به‌منظور بستن و پیش‌تنیده کردن، به صورت ضربه‌ای به پیچ نیرو اعمال می‌کند.	
آچار دم‌موشی	Spud Wrench
ابزاری که توسط کارگران برای تنظیم سوراخ‌ها و بستن پیچ‌ها استفاده می‌شود. دارای دسته‌ی فولادی مخروطی شکل و باریک با انتهای باز می باشد.	
آچار دم‌موشی معمولی	Ordinary Spud Wrench
ابزار فولادی نصب که شامل یک انتهای معمولی و انتهای دیگر به شکل میخ می‌باشد. این آچار برای تنظیم سوراخ‌ها (معمولاً به هنگام جفت کردن اتصالات فلنجی) استفاده می‌شود. آچاری که یک کارگر معمولی توسط آن تمام کوشش خود را برای بستن اولیه پیچ به‌کار می‌گیرد.	

پیوست ۲ مقایسه‌ی استانداردهای ابعادی آمریکا و اروپا

استانداردهای طراحی، تولید و اجرای اتصال‌های پیچی آمریکایی در جدول پ-۱ از پیش‌فصل این دستنامه ارائه شد. با توجه به آنکه تولید جزءهای پیچ‌کاری در ایران از استانداردهای اروپایی تبعیت می‌کند، این پیوست جهت مقایسه‌ی رویکرد ابعادی و هندسی استانداردهای آمریکایی و اروپایی تهیه شده است. جدول پ ۲-۱ استانداردهای اروپایی کاربردی در صنعت پیچ‌کاری را معرفی می‌نماید.

جدول پ ۲-۱ استانداردهای اروپایی مورداستفاده در اتصالات پیچی

نقش	استانداردهای مورد استفاده	توضیحات
طراحی و الزام‌های کلی ساخت و برپایی	Eurocode 3	ضوابط عمومی طراحی سازه‌های فولادی
	Eurocode 8 (به‌صورت محدود)	ضوابط لرزه‌ای طراحی سازه‌های فولادی
تأمین مصالح، تولید، آزمایش	ISO898	استاندارد مشخصات مکانیکی و مصالح پیچ، مهره و واشر
	EN14399	استاندارد مشخصات ابعادی و هندسی پیچ، مهره و واشر
طرح، اجرا و بازرسی	EN1090	الزام‌های اجرایی

BS EN 14399 استاندارد ابعادی و هندسی مجموعه‌های پیچ‌کاری سازه‌ای پرمقاومت برای **پیش‌تنیدگی** را در ۱۰ بخش ارائه می‌نماید، جدول پ ۲-۲.

جدول پ۲-۳ آچار خور گل پیچ (پارامتر s در DIN و EN و پارامتر F در ASME)

پیچ	DIN 6914		EN 14399						ASME			
			Part 3				Part 4		A325M		A490M	
			HR (8.8)		HR (10.9)		HV					
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
M12	21.16	22	21.16	22	21.16	22	21.16	22	20.16	21	20.16	21
M14	-	-	23.16	24	23.16	24	-	-	-	-	-	-
M16	26.16	27	26.16	27	26.16	27	26.16	27	26.16	27	26.16	27
M18	-	-	29.16	30	29.16	30	-	-	-	-	-	-
M20	31	32	31	32	31	32	31	32	33	34	33	34
M22	35	36	35	36	35	36	35	36	35	36	35	36
M24	40	41	40	41	40	41	40	41	40	41	40	41
M27	45	46	45	46	45	46	45	46	45	46	45	46
M30	49	50	49	50	49	50	49	50	49	50	49	50
M36	58.8	60	58.8	60	58.8	60	58.8	60	58.8	60	58.8	60

Structural Bolting

Handbook

By: Alireza Rezaeian, Ph.D
Islamic Azad University - Karaj Branch

گروه طراحی و تضمین کیفیت سازان
SAZAN Design & Quality Assurance Group

گروه صنعتی ایران توحید
Iran Tohid Industrial Group

SazanCo.com irtoco.com