



مسائل اجرای سازه های فلزی در پروژه های ساختمانی و صنعتی

مریم اقراریان

دانشجوی ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، دانشگاه پیام نور

Eghrarian.mar@gmail.com

چکیده

از جمله مزایای سازه های فولادی که سال ها مورد استفاده ی بشر قرار گرفته عبارت است از پایداری بالای سازه، تحمل مطلوب انواع زلزله های افقی و عمودی، انتقال بار، امکان توسعه سازه بعد از اتمام، قطعات پیش ساخته کارخانه، سرعت بالای اجرا و نصب. اما معایب آن نیز که عبارتند از حساسیت فولاد در برابر رطوبت هوا و همچنین مقاومت پایین آن در مقابل آتش سوزی مطرح می باشد. در نصب سازه های صنعتی برای تجهیزات حساس و گران قیمت صنعتی، امان ضد زلزله بودن بسیار مورد توجه قرار دارد. استراکچر های فلزی در سازه های قاب بندی شده، سازه های پوسته ای، سازه های معلق از جمله پرکاربردترین انواع استراکچر های فلزی محسوب می شوند. نصب سازه های صنعتی (نیروگاهی، پالایشگاهی و ...) با توجه به گستردگی تجهیزات همواره با پیچیدگی و دشواری همراه خواهد بود. سازه های فلزی از نوع پیچ و مهره یکی از بهترین انتخاب ها به جهت ساخت سازه هایی برای نصب تجهیزات پالایشگاهی و نیروگاهی و سازه های بلند مرتبه می باشند. نصب اسکلت فلزی سازه های تجهیزات پالایشگاهی، سازه های توربین و ژنراتور و بویلرها در نیروگاه ها و اسکلت ساختمان های بلند مرتبه و عظیم می بایست همواره همراه با دقتی بسیار، حساسیتی بالا و مهارتی کامل با دانش کاملی بر این استاندارد ها به نحو احسن به انجام برسد. فلذا طراحی، ساخت و نصب در پلتفرم های خاص و پیچیده می بایست با نهایت دقت و کاملا منطبق با دستور العمل های مرتبط صورت پذیرد. در این راستا عوامل مختلفی در اجرای اصولی سازه های فلزی دخیل می باشند که مدیریت صحیح این عوامل منتهی به اجرای سازه ی قابل بهره برداری خواهد گردید فلذا در این مقاله به بررسی این مسائل می پردازیم و بر آنیم که در خصوص اجرای سازه های فلزی اهمیت این موارد را تاکید و در باب نکات مهم و کلیدی آن توضیحاتی را ارائه بنماییم.

واژه ی کلیدی: نصب، اسکلت فلزی، اجرا، سازه



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

مقدمه

سازه های فولادی بخش قابل توجهی از ساختمان های در حال احداث را تشکیل می دهند و متأسفانه هنوز علیرغم عنایت به زلزله خیزی از یک سو و افزایش بی رویه ی متریال فلزی از طرف دیگر، اشکالات اجرایی زیادی در آن ها دیده می شود. بکار گیری اصول صحیح اجرایی می تواند کارایی سازه را به خصوص در برابر بارهای فوق العاده زلزله افزایش دهد.

این نکته حائز اهمیت می باشد که اجرای بی نقص یک سازه فلزی نیازمند رعایت عوامل بسیاری است که هر کدام نقش مؤثری در روند اجرا ایفا می کنند. اهمیت وجود نقشه های اجرایی دقیق و پرسنل ماهر، از جمله مهم ترین عوامل بیرونی مؤثر در اجرای یک سازه فلزی می باشد.

همچنین اتصالات یک سازه فولادی مهم ترین عامل درونی سازه است که کیفیت اجرا و مقاومت آن در برابر نیروهای وارده را تضمین می کند. انتخاب نوع اتصال با توجه به کاربری و شرایط سازه، بسیار اثرگذار است. گاهی با یک انتخاب درست هزینه ها و نتیجه کار بسیار بهبود می یابد و بالعکس یک تصمیم نادرست در روند اجرا، می تواند خسارات جبران ناپذیری را تحمیل نماید.

اتصالات جوشی، پیشینه قدیمی تری نسبت به اتصالات پیچی دارند و از نظر اجرایی نیز نیازمند دقت و مهارت بیشتری می باشند. نکاتی مربوط به اتصالات جوشی ذکر شده که عدم رعایت آن، منجر به کاهش کیفیت اتصالات سازه جوشی می گردد.

در انتها اتصال پیچی و نکات پر اهمیت آن بیان گردید و همچنین مزایای این اتصال نسبت به اتصال جوشی مورد بحث قرار گرفت. کاهش زمان و هزینه اجرا، دو فاکتور مهمی هستند که اتصال پیچی را نسبت به اتصال جوشی برجسته تر می کنند. از طرفی عواملی نظیر عدم انطباق دقیق قطعات و محکم نبودن اتصال بین دو قطعه از جمله معایب اتصال پیچی در برابر اتصال جوشی می باشد.

آنچه که در مبحث سازه های فلزی پروژه های صنعتی حائز اهمیت می باشد آنست که بخشی از این سازه ها فصل مشترکی با تجهیزات دوار یا متحرک دارند و در این موضوع علاوه بر آنکه می بایست بار دینامیکی را در طراحی سازه لحاظ نماید بلکه ضروریست در زمان نصب هم دستور العمل و رویه ی مرتبط را داشته و منطبق با آن اقدام نمایند و در غیر اینصورت هر گونه آسیب به سازه می تواند خسارات مازاد تجهیزاتی را نیز به همراه داشته باشد که این جریان یا منجر به تقص عملکردی و یا تخریب بخشی از تجهیز خواهد شد.

۱. تاریخچه سازه های فولادی

در زمان های قدیم در ساختار اسکلت فلزی از چدن استفاده میشد. سپس به تدریج انسان ها از آهن های چکش خوار استفاده کردند. به این ترتیب میتوانستند توسط این فلزات اشکال مورد نظر خود را شکل دهند. پس از سالها استفاده از آهن چکش خوار و فلز چدن، انسان ها تصمیم گرفتند از فولاد استفاده کنند. هم اکنون نیز در اسکلت فلزی از فولاد استفاده می شود.

استفاده از فلز به عنوان مصالح سازه ای در صنعت ساختمان، با ساخت یک پل قوسی به دهانه ۳۰ متر با استفاده از اعضای چدنی بین سال های ۱۷۷۷ تا ۱۷۷۹ فراگیر شد. از سال ۱۸۴۰، به تدریج آهن - کم کربن (چکش خوار) جایگزین چدن معمولی در



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

ساخت سازه های فولادی شد. قدیمی ترین مثال در این زمینه پل چهار ۱۴۰، ۷۰، ۱۴۰، دهانه ای با دهانه های ۷۰ متر می باشد که برای ساخت آن از ورق ها و نبشی هایی از جنس آهن کم کربن استفاده گردید.

فولاد چندین مزیت دارد که یکی از این مزیت ها پایین بودن وزن این فلز است که موجب میشود اسکلت فلزی نهایی وزنی پایین داشته باشد. همینطور این فلز موجب میشود که فضای کمتری اشغال شود. اما در اسکلت بتنی میزان فضای اشغالی بسیار زیاد است. اسکلت فلزی در سازه های طویل بسیار مناسب است. اسکلت فلزی غالباً توسط پیچ و مهره و یا جوش اتصالات به هم وصل می شود.

۲. محاسن سازه های اسکلت فلزی

سازه فولادی نوعی سازه است که مصالح اصلی آن که برای تحمل نیروها و انتقال آن ها به کار می رود از فولاد است. اتصالات به کار رفته در این نوع سازه ها از نوع جوشی، پرچی یا پیچ می باشد. از جمله مزایای اسکلت فلزی می توان به موارد زیر اشاره کرد: - امکان توسعه سازه بعد از اتمام وجود دارد. - امکان اتصال چند قطعه به یکدیگر وجود دارد. - قطعاتی در کارخانه به صورت پیش ساخته هستند. - اجرا و نصب آنها سرعت بالایی دارد - فضای کمتری نسبت به بتن اشغال می کند و در ارتفاع زیاد کاربرد دارد. در حال حاضر فولاد از مهمترین مصالح برای ساخت ساختمان و پل و سایر سازه های ثابت است مقاومت فولاد (تنش تسلیم) مورد استفاده در بازه ۲۴۰۰ تا ۷۰۰۰ kgr/cm^2 است که برای ساختمان های معمولی از فولاد با مقاومت ۲۴۰۰ که به آن فولاد نرمه گفته می شود استفاده می گردد. سازه های فولادی به سه دسته تقسیم می شوند، سازه های قاب بندی شده: که مجموعه ای از اعضای محوری، خمشی یا محوری خمشی اند. سازه های پوسته ای: منابع نگهداری مابعات و گازها که نیروی محوری حاکم است. سازه های معلق: که در آن نیروی کششی حاکم است. منظور از سازه های فولادی در عمران معمولاً سازه های قاب بندی شده است. نقش قاب در ساختمان انتقال بارهای مرده و بار زنده و زلزله و بار برف از سازه به پی می باشد و پایداری کلی سازه را حفظ می کند. برای ساخت سازه های ساختمانی بیشتر از پروفیل های نورد شده استفاده می شود اگر ابعاد طراحی شده مقادیر دیگری باشد می توان با استفاده از ورق های موجود در بازار پروفیل مربوطه را تهیه کرد.

اگر بخواهیم به مزایای این سازه اشاره کنیم می توانیم موارد زیر را نام ببریم:

کاهش حجم فونداسیون، کاهش قابل ملاحظه وزن ساختمان، بالا بردن چشم گیر سرعت پیشرفت پروژه، امکان بازرسی و تست های غیر مخرب در کلیه مراحل انجام عملیات، بالا بردن میزان سطح زیر بنا مناسب برای ساخت سازه های طویل، امکان اصلاح و رفع عیب در هر مرحله بدون تخریب و از بین رفتن مصالح، امکان انجام عملیات در شرایط مطلوب کارخانه و در نتیجه دقت و کیفیت بالا و مطلوب، دوام و استحکام فولاد بسیار بالاست و برای مدت زمان طولانی می توان از آن استفاده نموده و بهره برداری کرد. ساخت و اجرای اسکلت فلزی آسان است. وزن آن در مقایسه با اسکلت بتنی کمتر است، از این رو وزن ساختمان کاهش پیدا می کند.

فلز از خواص یکنواخت برخوردار است زیرا تحت نظارت دقیق تولید می شود. این متریکال به دلیل موادی که در تولید آن به کار رفته همگن است. ساختمان هایی که با این سازه ساخته می شوند در برابر عوامل مختلف نظیر انفجار بسیار مقاوم هستند.



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

قابلیت شکل پذیری از ویژگی های بارز مصالح فلزی است که باعث شده در برابر تنش، ضربه و نیروی دینامیکی از آستانه تحمل بالایی برخوردار باشند. سرعت اجرای قطعات فلزی بالاست و در مدت زمان کمتری نسبت به قطعات بتنی نصب می شوند.

۳. معایب سازه های اسکلت فلزی

حساسیت فولاد در برابر رطوبت هوا منجر به زنگ زدگی اسکلت فولادی می شود لازم است برای حفاظت آن به اقداماتی از قبیل رنگ آمیزی با ضدزنگ و سایر روش های حفاظتی، خصوصاً در مناطقی نظیر بندر، مبادرت نمود. مقاومت پایین آن در مقابل آتش سوزی و احتمال اتصالات نامناسب یا با کیفیت نامطلوب جوشکاری از معایب سازه های فولادی است. در زمان اجرا و نصب اسکلت فلزی ما نیاز به متخصصینی داریم که برای عملیات جوشکاری، برش کاری و نصب اسکلت فلزی استفاده شوند. این در حالی است که پیاده سازی اسکلت بتنی نیاز چندانی به تخصص ندارد و این مورد یک مزیت برای اسکلت بتنی می باشد. در ساخت سازه فولادی میزان فولادی که استفاده میشود نسبت به فولادی که در ساختمان بتنی استفاده میشود بیشتر است، به همین علت هزینه اجرای اسکلت فلزی نسبت به اسکلت بتنی بالاتر می باشد.

۴. آشنایی با مراحل نصب اسکلت فلزی

برای ساختن سازه های ساختمانی در دنیای امروز روش های متعددی ابداع شده است که بسیاری از آنها به شکلی متداول در سطح جهانی مهندسی شده و مورد استفاده قرار می گیرد. یکی از قدیمی ترین روش های ساخت و ساز استفاده از اسکلت فلزی می باشد. شاید بتوان سازه های فلزی برای ساختمان های مدرن امروزی را در پی تغییر در تفکرات ساختمان سازی های قدیمی و کلاسیک دانست. نصب اسکلت فلزی همواره یکی از حساس ترین و در عین حال پررونق ترین فعالیت ها در ساختمان سازی های مدرن می باشد. از آن جهت که غالباً برای ساختمان های بلند مرتبه انتخاب می شوند، از حساسیت های بالای مهندسی برخوردار هستند. به گونه ای که نصب اسکلت فلزی به تنهایی می تواند بار مهندسی یک ساختمان بلند مرتبه را بر دوش بکشد. همه ی توانمندی های مهندس در ساخت در طراحی و محاسبات اسکلت فلزی بنا خلاصه می شود. از این رو نصب اسکلت فلزی که آورده گاه عملی این محاسبات و مهندسی ها می باشد، باید همواره همراه با دقتی بسیار، حساسیتی بالا و مهارتی کامل به نحو احسن به انجام برسد. نصب اسکلت فلزی در طول سالیان دراز که مورد توجه صنعت ساختمان سازی بوده است، در این روز ها دارای مراحل استانداردی می باشد. به گونه ای که هر سازنده ای می تواند با دانش کاملی بر این استاندارد ها همراه با کسب مهارت های لازم در نصب اسکلت فلزی، اقدام به ساخت نماید.

۱-۱ مراحل اجرای ساختمان اسکلت فلزی از نصب صفحه ستون تا بادبند ها

- آنچه در این بیان قصد پرداختن به آن را داریم، ماجرای ساخت سازه فلزی نمی باشد؛ بلکه تجسم را بر آن نهاده ایم که قطعات فولادی سازه فلزی از قبل در محل کارخانه ساخت اسکلت فلزی ساخته شده و به محل پروژه منتقل و قرار است در محل پروژه در مرحله ی نصب قرار گیرند. در این باب یک توضیح مختصر می تواند مفید باشد. چرا که مراحل ساخت



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

و اجرای اسکلت فلزی شامل دو مرحله ی کاملاً متفاوت اما وابسته به هم می باشد. ساخت کارخانه ای و نصب و مونتاژ در محل پروژه هال بته هر یک از این مراحل را می توان در جمع کلی مراحل اجرای ساختمان اسکلت فلزی قرار داد. از آنجا که اسکلت فلزی شامل قطعات بسیار بزرگ فولادی است که در کنار هم مونتاژ شده و در نهایت چارچوب کلی سازه را خلق خواهند کرد؛ گام اول در ساخت اسکلت فلزی، ساخت قطعات فولادی این سازه ها می باشد. ساخت قطعات فولادی ممکن است که در محل پروژه مورد ساخت قرار گیرد؛ اما بنا به دلایلی بهتر است که این ساخت در فضا هایی با نام کارخانجات تولید سازه فلزی صورت گیرد. مسائلی مانند تولید آلودگی های صوتی تا محیطی، فضای کم به جهت تاسیس کارگاه، رسیدن به استاندارد های بالای تولید و... هر کارفرمایی را به سمت تولید کارخانه ای قطعات بزرگ فولادی رهنمون می سازد.

۱-۲ صفحه ستون و بولت ها در نصب اسکلت فلزی

احتمالاً ساخت فونداسیون را در مراحل نصب اسکلت فلزی در نظر نگیرند؛ اما نمی توان از قرار دادن بولت های صفحه ستون در فونداسیون چشم پوشی نمود. دقت در محل قرارگیری بولت های صفحه ستون می تواند دقت در موقعیت نصب ستون های را به دنبال داشته باشد. این دقت تا جایی مهم است که برای رسیدن به موقعیت مناسب از دوربین های نقشه برداری استفاده می شود. بولت های صفحه ستون را قبل از عملیات بتن ریزی در اسکلت فونداسیون محکم کرده تا در زمان بتن ریزی دچار تغییر موقعیت و جا به جایی نشود.

۱-۳ ساخت و نصب ستون ها در مسیر نصب اسکلت فلزی

ستون ها در هر نوع سازه ای از اجزای اصلی ساختمان محسوب می شوند. چرا که بار کلی ساختمان را به سمت فونداسیون منتقل کرده و باعث ثبات کامل سازه می شوند. برای ستون ها مقاطع گوناگون تعریف شده است که نوع مربعی و یا H شکل از بهترین انواع برای سطح مقطع ستون می باشد.

در مراحل نصب اسکلت فلزی، ساخت ستون ها و در ادامه نصب آنها بر فونداسیون بر روی بولت های از قبل کار گذاشته شده از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. در این مرحله هر ستون به طور جداگانه خواه در محل سازه و یا در کارگاه با استفاده از تیر آهن های گوناگون ساخته شده و در محل مخصوص به خود نصب می شوند.

۱-۴ ساخت و نصب تیر ها قدم تکمیلی در رسیدن به ساختار نهایی

ساخت و نصب تیر ها، مرحله ی بعد از اجرای ستون ها در نصب اسکلت فلزی می باشد. بسته به نوع که به جهت چه نوع اتصالی طراحی شده باشند، اقدامات لازم به جهت طراحی و ساخت تیر ها صورت می گیرد. انواع اتصالات در نصب اسکلت فلزی می تواند نوع جوشی، پیچی و یا پرچی باشد. در این مرحله انتخاب نوع جوش، نوع الکتروود، عمق جوش و یا نوع و جنس پیچ و پرچ از جمله موارد مهندسی شده است که باید همراه با بررسی های لازم انتخاب و اجرایی گردد. در ساخت و نصب تیر ها چهار روش متداول



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

کشویی، اسپالیسی، مفصلی و فلنچی وجود دارد که هر کدام بسته به شرایط مورد استفاده قرار می گیرند. اما از این بین نوع کشویی به جهت سادگی در ساخت از محبوبیت و کاربرد وسیعتری در طراحی و نصب اسکلت فلزی برخوردار است.

۱-۵ اجرای بادبند ها، ساده اما با اهمیت

در مونتاژ اسکلت فلزی قطعات با عنوان بادبند ها وجود دارند که آنها را مابین ستون ها و تیر ها قرار می دهند. البته برای هر نوع اسکلت فلزی بسته به طراحی ای که از قبل صورت گرفته است، بادبند مخصوص طراحی و تولید خواهد شد. اجرای صحیح در نصب بادبند ها از جمله مهمترین مراحل در نصب اسکلت فلزی می باشد. بادبند ها در مسیر نیرو های اصلی وارد بر ساختمان قرار نمی گیرند. بلکه هدف از نصب آنها مهار نیرو های جانبی وارد بر می باشد. اهمیت مهار و کنترل این نیرو های جانبی تا آنجا است که نصب صحیح و اصولی بادبند ها از توجه بالایی در محاسبات مهندسی برخوردار شده است. از این رو هیچ مهندس تا پیمانکاری اهمیت نصب بادبند ها در استحکام کلی را دست کم نخواهد گرفت.

در این بین برخی از نکات در روند اجرایی نصب اسکلت فلزی از اهمیت بالایی برخوردار هستند. موضوعاتی مانند چک لیست های ساخت و نصب اسکلت فلزی، رعایت تمامی استانداردها همراه با نکات مهم در جوشکاری اجزای اسکلت، بررسی تمام اندازه ها و محاسبات کامپیوتری به شکل دستی، در نظر گرفتن نکات مهندسی تا اجرای اصولی در فونداسیون و... می توانند از این دست موارد باشند.



شکل ۱: نصب سازه ACC نیروگاه

۵. آشنایی با نصب استراکچر در فضاهای صنعتی

برای ساختن هر نوعی از سازه های ساختمانی، اعم از مسکونی تا صنعتی روش ها و شیوه های گوناگونی ابداع و مورد بهره برداری قرار گرفته است. از آنجا که کاربری های گوناگون، الزامات متعدد در ایجاد ساختمان ها را تولید می نمایند، هر یک از این روش ها دارای جایگاه، ویژگی و شرایط ساخت مخصوص به خود هستند. یکی از متداول ترین سازه های ساختمانی به جهت اهداف صنعتی، استراکچر های فلزی می باشند. نصب استراکچر نیز یک فرآیند مهندسی است که با هدف طراحی تا اجرای سازه های استراکچری در فضا های مهندسی مورد توجه قرار دارد.

استراکچر های فلزی یکی از انواع متداول در ساخت سازه های فلزی به حساب می آیند. کاربرد شایع این نوع از سازه ها را می توان در بدنه ی صنایع نفت و گاز و پتروشیمی و حتی نیروگاهی و گاهای صنایع فولاد و سیمان شاهد باشیم. نصب استراکچر یک فرآیند کاملا مهندسی و بسیار حساس و سختگیرانه می باشد. دقت بالا در نصب استراکچر همواره وجود دارد. چرا که فرآیند های صنعتی علاوه بر نیاز به یک اسکلت محکم به جهت نصب تجهیزات، نیازمند به دقت بالا در کنار امنیت قابل قبول نیز هستند. از این رو نصب استراکچر فلزی به یکی از سخت ترین عملیات های ساخت و ساز در فضا های صنعتی تبدیل شده است. (شکل ۱)

در نصب سازه های ساختمانی برای تجهیزات حساس و گران قیمت صنعتی، امان ضد زلزله بودن بسیار مورد توجه قرار دارد. هدف از نصب استراکچر، تولید فضا های ساختمانی به جهت اسکان و یا انبار کالا نمی باشد. استراکچر های فلزی را با هدف نصب تجهیزات صنعتی طراحی و تولید می کنند. مثلا نصب لوله های انتقال نفت در صنایع پتروشیمی تا نصب یک توربین بخار در فضا های نیروگاهی و... (شکل ۲).



شکل ۲: سازه و رک های پتروشیمی



۶. نصب استراکچر فضاهای صنعتی

نصب استراکچر از جایگاه حساس برخوردار است و دقت بالایی را می طلبد. استحکام کافی، تحمل وزن بالا، دوام طولانی و متریال با سطح استاندارد بالا از ویژگی های کلی استراکچر های فلزی می باشند. یکی از مهمترین مراحل در نصب استراکچر، مراحل مربوط به زنگ زدایی است. چرا که سازه های فلزی مانند استراکچر های فلزی با توجه به ماهیت فلزی خود همواره در مسیر زنگ زدن قرار دارند. از این رو مراحل زنگ زدایی با اعمال رنگ در نصب استراکچر اولویت و جایگاه مهمی دارد.

این موضوع می تواند در کشور ایران از اهمیت دو چندانی برخوردار باشد. چرا که عمده استفاده از استراکچر های فلزی در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی بوده و این تجهیزات عموماً در مناطق جنوبی در کنار ساحل دریا و حتی در دل دریای آزاد نصب می شوند. رطوبت بالای این مناطق می تواند به راحتی و در کوتاه زمانی خسارت های سنگین ناشی از زنگ زدن را بر تجهیزات حساس و گران قیمت صنایع نفت و گاز و پتروشیمی وارد نماید. عملیات های زنگ زدایی در نصب استراکچر می تواند به خوبی خطرات ناشی از زنگ زدگی در مناطق با رطوبت بالا را مرتفع سازد.

۷. استفاده از انواع استراکچر های فلزی

در نصب سازه های صنعتی برای تجهیزات حساس و گران قیمت صنعتی، المان ضد زلزله بودن بسیار مورد توجه قرار دارد. این می تواند اساسی ترین و عمده ترین دلیل در استفاده از استراکچر های فلزی در ساخت سازه های ساختمانی به جهت نصب تجهیزات صنعتی باشد؛ اما همین استراکچر های فلزی بسته به نوع کاربری و طراحی، در انواع گوناگون طراحی و تولید و اجرا می شوند. هر یک از این روش ها بسته به نوع صنعت، تجهیزات صنعتی، مکان مورد نصب و... انتخاب می گردند. استراکچر های فلزی در سازه های قاب بندی شده، سازه های پوسته ای، سازه های معلق و... از جمله پرکاربردترین انواع استراکچر های فلزی محسوب می شوند.

گاهاً در عملیات های عمرانی با اصطلاح سازه های فولادی رو به رو هستیم که منظور همان استراکچر های فلزی قاب بندی شده می باشد. استراکچر های فلزی در سازه های قاب بندی شده قسمت عمده ای از نصب استراکچر در فضا های صنعتی را شامل می شود. انتقال بسیار خوب بار های مرده، پایداری بالای سازه در کنار تحمل مطلوب و فوق العاده در مقابل انواع زلزله های افقی و عمودی باعث شده است تا این نوع از استراکچر های فلزی کاربرد های بسیاری داشته باشند.

۸. سازه فلزی پیچ و مهره اولویت سازه های صنعتی

اسکلت فلزی در سازه های صنعتی به شکل عمده و فراگیری مورد استفاده قرار می گیرند. سرعت بالای کار، استحکام مطلوب، طول عمر زیاد و اطمینان بالایی که این نوع از سازه ها ایجاد می کنند، در کنار قیمت تمام شده ی منطقی همراه با متریال در دسترس باعث می شود تا بسیاری از کارفرمایان ساختمان های کوچک تا بزرگ، اسکلت های فلزی را همواره در نگاه انتخابی خود داشته باشند. اتصال قسمت های گوناگون فلزی در اسکلت فلزی به سه روش کلی جوش، پرچی و پیچ و مهره ای انجام می شود. سازه فلزی پیچ و مهره یکی از بهترین انتخاب ها در بین این سه روش می باشد. مزایای آن عبارتند از:



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

- نصب و اجرای کم هزینه
- امکان باز کردن سازه و استفاده ی مجدد
- عدم نیاز به جوشکاری
- سر و صدای کمتر در زمان نصب و اجرا
- سرعت نصب و مونتاژ بالا
- روش اجرایی عمومی نصب اسکلت های فلزی

۹. مزیت های نصب سازه فلزی پتروشیمی برای صنایع نفت و گاز و پتروشیمی

صنایع پتروشیمی از جمله صنایع مادر با ابعاد بسیار بزرگ محسوب می شود. صنعتی که در آن طیف گسترده ای از تجهیزات بزرگ صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد. ابعاد بزرگ در کنار سنگینی به همراه دقت بالا در روند اجرای فعالیت های این تجهیزات باعث می شود تا سازندگان سایت های پتروشیمی نصب سازه فلزی پتروشیمی با هدف نصب تجهیزات این صنعت را در نگاه ویژه ای بررسی نمایند. اجرای اسکلت فلزی در سایت های پتروشیمی یک روند عادی و مهندسی شده به جهت نصب تجهیزات بزرگ پتروشیمی می باشد. به سازه های فلزی مورد استفاده با این هدف در اصطلاح استراکچر گفته می شود. استراکچر های فلزی مقاومت مقبولی در برابر زلزله دارند. تا آنجا که می توان استراکچر های فلزی با هدف نصب سازه فلزی پتروشیمی را در ردیف بهترین سازه ها با ویژگی مقاومت در مقابل زلزله قرار داد. این سازه ها می توانند با حفظ پایداری و استحکام کلی خود، انرژی ناشی از زلزله ها را تا حد بسیار زیادی جذب و مستهلک نمایند. در نصب سازه فلزی پتروشیمی با هدف نصب تجهیزات پتروشیمی ویژگی مقاومت در مقابل زلزله یکی از اصلی ترین فاکتور ها در طراحی می باشد. گران بودن تجهیزات در کنار فرآیند ساخت پیچیده ی آنها لزوم امنیت بالای این تجهیزات را نشان می دهد. از طرفی طیف گسترده ای از ترکیبات قابل به اشتعال تا سمی در محصولات پتروشیمی حساسیت های نصب سازه فلزی پتروشیمی را دو چندان می کند. از این رو همراه با بهره گیری از ویژگی انعطاف پذیری فولاد در اجرای اسکلت فلزی در سایت های پتروشیمی امنیت مقبولی به جهت مقاومت در مقابل انواع زلزله را ایجاد خواهند کرد.

دلایل متعددی می تواند در نصب سازه فلزی پتروشیمی تحت عنوان استراکچر های فلزی به جهت نصب تجهیزات پتروشیمی مورد بررسی قرار گیرد. به هر صورت ساختار های فلزی همراه با ویژگی های برتری که به نسبت دیگر روش های ساختمان سازی دارند به خوبی می توانند هدف بسیاری از صنایع مادر تا معمولی باشند. از جمله دلایل در نصب سازه فلزی پتروشیمی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

استحکام بالای فولاد: نصب سازه فلزی پتروشیمی با هدف کارکرد دراز مدت صورت می گیرد و سازه های فولادی به خوبی می توانند پاسخگوی این کارکرد طولانی باشند. البته فولاد به راحتی در مسیر آسیب های ناشی از آب قرار می گیرد. باران و رطوبت بالا پدیده ای آشنا در تمامی محیط ها می باشد. برای افزایش طول عمر سازه در مراحل نصب سازه فلزی پتروشیمی عموماً اقدامات جدی در زمینه ی زنگ زدایی تا رنگ زدن قطعات فولادی صورت می گیرد.



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

هزینه ی تمام شده ی پایین تر: اجرای اسکلت فلزی به نسبت دیگر روش های ساختمان سازی از هزینه ی تمام شده ی کمتری برخوردار است. این موضوع در ساخت سایت های عظیم پتروشیمی به طرز چشمگیری تاثیرگذار می باشد. این کاهش قیمت باعث شده تا نصب سازه فلزی پتروشیمی به نسبت نوع بتنی از اولویت در اجرا برخوردار باشد. سرعت بالا در اجرا: نصب سازه فلزی پتروشیمی از سرعت بالایی در اجرا برخوردار است. ساخت کارخانه ای قطعات فولادی تا مونتاژ بسیار سریع این قطعات در محل پروژه بسیار سریعتر از هر روش دیگری در ساختمان سازی صورت خواهد گرفت. این موضوع در ساخت پروژه های عظیم صنعتی از اهمیت بالایی برخوردار است. البته این سرعت زمانی به چشم خواهد آمد که کارخانه ساخت سازه فلزی در نزدیکی محل پروژه ساخت پتروشیمی قرار داشته باشد. دور بودن کارخانه از محل پروژه قطعاً تاثیرات منفی بر سرعت نصب سازه فلزی پتروشیمی خواهد گذاشت.

قابلیت باز کردن مجدد: اجرای اسکلت فلزی در صنایع همراه با ساده ترین روش های ساختمان سازی می باشد. این فرآیند عادی از هر گونه مصالح عام در ساختمان سازی است. این موضوع باعث می شود تا استراکچر های فلزی خصوصاً انواع پیچ و مهره ای به راحتی ديمونتاژ شده تا در جایی دیگر نصب و مورد بهره برداری قرار گیرند. در صنایع پتروشیمی که تمامیت سایت بارها مورد بازبینی، تغییر کاربری و یا طرح توسعه قرار می گیرد، این ویژگی یک مزیت جذاب و کاربردی در نصب سازه فلزی پتروشیمی محسوب می شود.

۱۰. استفاده از استراکچرهای فلزی در نصب تجهیزات پالایشگاهی

تجهیزات پالایشگاهی از لوله های انتقال گرفته تا انواع مخازن، مبدل های حرارتی، توربین ها، کوره ها و... از وزن قابل توجهی برخوردار هستند. یک تجهیز ساده ی پالایشگاهی می تواند تا چندین تن وزن داشته باشد. این موضوع باعث می شود تا نصب تجهیزات پالایشگاهی یک فرایند ساده و قابل درک برای عوام نباشد. تجهیزات پالایشگاهی غالباً نیازمند ساختار هایی بسیار محکم، قابل اطمینان و بادوام به جهت نصب می باشند. این موضوع در کنار استفاده از مواد به شدت آتش زا و یا سمی در دل فرآیند های صنعتی رنگ و بویی حساس تری به خود می گیرد.

از طرفی عمده اقدامات به جهت نصب تجهیزات پالایشگاهی در ارتفاع های متنوعی صورت می گیرد. یک کوره ی بزرگ پالایشگاهی می تواند صد ها لوله ی کوچک و بزرگ در ارتفاعات گوناگون داشته باشد که هر کدام در فضا هایی متنوع و در ارتفاعاتی متغیر تغذیه ی تجهیزات دیگر را تامین خواهند کرد. سازه های خاص فلزی که با عنوان کلی استراکچرهای فلزی از آنها یاد می شوند یکی از بهترین انتخاب ها به جهت ساخت سازه هایی برای نصب تجهیزات پالایشگاهی می باشند. البته نوع فلزی پیچ و مهره در این بین از مقبولیت قابل توجهی برخوردار است.

۱۱. اهمیت یکپارچگی در فرایند های پالایشگاهی

پالایشگاه مکانی مانند یک کارگاه و یا کارخانه به جهت تولید محصولات نمی باشد. در این فضا محصولات شیمیایی به شکلی که به هیچ حالت در دسترس مستقیم انسانی قرار ندارند، یکی پس از دیگری تولید و مورد استفاده قرار می گیرند. لوله های بسیاری که



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

محصولات را در بین تجهیزات مختلف پالایشگاهی جا به جا می کنند باعث ایجاد این جریان یکپارچه و کاملاً ایزوله از محیط خارج هستند. دقت در نصب تجهیزات پالایشگاهی در کنار یکدیگر به گونه ای که کاملاً مهندسی شده در تکمیل فرآیند های شیمیایی وارد و خارج شوند، در تمامی مراحل ساخت پالایشگاه دیده می شود. یکپارچگی در تمامی فرایندهای پالایشگاهی باعث می شود تا همواره نصب تجهیزات پالایشگاهی از دقت و حساسیت بالایی برخوردار باشند و هر گونه عدم تناسب در نصب تجهیزات پالایشگاهی و یا تخریب و رانش و گاهی جا به جایی اندک این تجهیزات می تواند تمامی فرایند تولیدی یک پالایشگاه را به مخاطره اندازد.

۱۲. ویژگی دمونتاژ استراکچرهای فلزی و مزایای آن

در نصب تجهیزات پالایشگاه گاهی طرح های توسعه تا تغییرات احتمالی و حتی تغییر کاربری و در مواردی تعطیل شدن کل سایت پالایشگاه دیده می شود. علاوه بر نصب تجهیزات پالایشگاه در صنایع نفت و گاز نیز به مراتب شاهد این گونه از اتفاقات هستیم. مثلاً طرح توسعه ی یک کوره ی حرارتی و یا اضافه نمودن توربین های جدید و گاهی وجود فراوان لوله هایی که مدام در حال تغییر در ساختار خود هستند. اگر نصب تجهیزات پالایشگاه همراه با سازه هایی کاملاً ثابت باشند، به این آسانی نمی توان شاهد طرح های توسعه در سطح پالایشگاهی باشیم. اصولاً نصب تجهیزات پالایشگاه نیاز به ساختار هایی دارند که قابلیت توسعه و یا حذف آسان از سطح پالایشگاه را داشته باشند. سازه های فلزی خصوصاً سازه فلزی پیچ و مهره به خوبی می تواند از عهده ی این ویژگی بر آید. یک سازه ی فلزی پیچ و مهره که غالب طرح های استراکچرهای فلزی در پالایشگاه را تشکیل می دهد به آسانی با همان سرعتی که مونتاژ شده است می تواند دمونتاژ شده و یا همراه با ساختار های جدید در طرح توسعه ی نصب تجهیزات پالایشگاه مورد استفاده ی آسان قرار گیرد.

۱۳. انواع اشکالات اجرایی سازه های صنعتی

اشکالات اجرایی سازه های فولادی در کارگاه های ساختمانی به شرح ذیل می باشد:

- کافی نبودن جوش بین دو پروفیل در ستون مرکب.
- استفاده از پروفیل ها و ورق های غیر ساختمانی یا فاقد استاندارد ایران به عنوان یکی از اشکالات اجرایی سازه های فولادی.
- داکسه بودن (خارج بودن از آکس) ورق اتصال بادبندی.
- اتصال مستقیم ورق اتصال بادبندی به جان ستون.
- اتصال نامناسب پروفیل های ترکیبی.
- زیاد بودن آمپر جوشکاری و آسیب دیدن پروفیل ها و مقاطع فولادی.
- عدم اجرای دستک در مقاطعی که مورد نیاز است مانند تیر کنسول و تیر راه پله..
- اشکال در اتصال کج تیر و ستون و اتصالات زاویه دار.



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

- ناشاقولی ستون ها و خارج بودن میزان ناشاقولی از میزان انحراف استاندارد مطابق آیین نامه و مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان
- جوش نشدن ورق اتصال بادبندی هم به ستون و هم به تیر.
- قرارنگرفتن بادبند در محور و آکس تیر و ستون.
- عدم رعایت نکات فنی در اجرای بادبندها.
- استفاده از الکتروود نامناسب در جوشکاری.
- استفاده از اکیپ های اجرایی دارای مهارت ناکافی در اجرای اسکلت فلزی.

۱۴. حمل و نگهداری مصالح فلزی و اجرای سازه صنعتی

مصالح فلزی باید با دقت حمل و در محل سایت باراندازی شود. حمل و نگهداری مصالح تا زمان اجرا باید به گونه ای باشد که تحت تنش های بیش از حد مجاز قرار نگرفته و مشخصات آنها تغییر نکند. مصالح فلزی باید در مکانی تمیز، بدون رطوبت و عاری از گرد و خاک انبار شود، تا از آلودگی و زنگ زدگی آنها جلوگیری به عمل آید. تمامی مصالح باید برحسب نوع آنها (نیمرخ های مختلف) از یکدیگر تفکیک شوند، به گونه ای که به آسانی قابل تشخیص و در دسترس باشند. همچنین مصالح فلزی منتقل شده به کارگاه تا زمان نصب باید در مکانی به دور از رطوبت و بالاتر از سطح زمین نگهداری شود.

۱-۱۵ زنگ زدایی و رنگ آمیزی

قبل از نصب اسکلت فلزی باید از سالم بودن آنها و نبود زنگ زدگی در قطعات اطمینان حاصل کرد. در صورت وجود زنگ زدگی باید با استفاده از روش های مربوطه قطعات فلزی را زنگ زدایی نمود. مهم ترین روش های زنگ زدایی استفاده از برس سیمی و ماسه پاشی می باشد که با توجه به میزان زنگ زدگی باید روش مناسب را به کار برد.

۲-۱۵ کنترل ناشاقولی ستون ها در سایت های صنعتی

شاقول بودن ستون ها از اهمیت بسیار ویژه ای برخوردار است. وجود ناشاقولی های غیرمجاز می تواند منجر به سقوط ستون های نصب شده در اثر عوامی نظیر باد و ..شود. شاقول بودن ستون ها باید در حین کار و پس از نصب ستون ها به طور مرتب کنترل گردد. با این حال، به دلیل وجود مشکلات اجرایی، بند ۱۰-۴-۶-۷ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۳۹۲) ضوابطی را برای ناشاقولی ستون ها در نظر گرفته و وجود میزان کمی ناشاقولی را مجاز دانسته است. در این خصوص کنترل ناشاقولی ستون ها رعایت الزامات مربوطه ضروری است.

۳-۱۵ نکات اجرایی مخصوص اتصالات پیچی

امروزه استفاده از اتصالات پیچی در نصب اسکلت فلزی به طرز قابل توجهی افزایش یافته است. مهم ترین دلایل استفاده از اتصال پیچی بجای اتصال جوشی عبارت است از افزایش سرعت در اجرا، کاهش هزینه ساخت، کاهش زمان اجرا و برپایی سازه، عدم نیاز



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

به جوشکاری و رفع محدودیت برق لازم جهت جوشکاری می باشد. پیچ مورد استفاده در سازه های فلزی از سه قسمت اصلی شامل پیچ، مهره و واشر تشکیل شده است. معمولاً اتصالات پیچی به دو صورت اتکایی و اصطکاکی طراحی می گردند. همچنین این پیچ ها تحت دو بار کششی و برشی قرار می گیرند. پیچ های مورد استفاده در ساخت و ساز به دو دسته پیچ های معمولی و پیچ های پرمقاومت تقسیم بندی می شوند. پیچ های معمولی تنها برای اتصال اتکایی بکار برده شده و از پیچ های پرمقاومت در هردو اتصال اتکایی و اصطکاکی استفاده می شود. بدیهی ست که آیین نامه استفاده از پیچ های معمولی را در اتصال اصطکاکی منع کرده است.

۱-۵-۱۵ عملکرد اتکایی

در اتصال اتکایی ابتدا پیچ درون سوراخ مربوطه قرار گرفته و سپس مهره سفت می شود. عملکرد این اتصال بدین صورت است که هنگام اعمال بار خارجی به پیچ، قطعات اتصال لغزیده و در اثر آن یک نیروی فشاری در کناره های اتصال ایجاد شده و باعث تشکیل نیروی برشی در پیچ می شود. اتصال اتکایی تنها برای بارگذاری ثقلی مجاز بوده و استفاده از آن در طرح لرزه ای ممنوع است. در این نوع اتصال مقاومت مورد نظر تنها با سفت کردن پیچ ها توسط کارگر تأمین شده و هیچ گونه نیروی پیش تنیدگی در پیچ ها ایجاد نمی گردد.

۲-۵-۱۵ عملکرد اصطکاکی

در این اتصال بعد از قرار گرفتن پیچ در سوراخ مربوطه، واشر غیر فنری روی پیچ قرار گرفته و سپس پیچ ها سفت می شود. در طراحی لرزه ای فقط استفاده از اتصال اصطکاکی مجاز می باشد. به بیان دیگر در اتصالات قاب خمشی، قاب های دوگانه، اتصالات بادبندی و وصله ی ستون های برابر جانبی در قاب های ساده باید از این نوع اتصال در طراحی استفاده شود. در اتصال اصطکاکی پس از سفت کردن پیچ ها، باید طبق طراحی مقداری نیروی پیش تنیدگی در پیچ ایجاد شود، چرا که با انجام این کار، هنگامی که پیچ تحت کشش قرار می گیرد، بین صفحات اتصال اصطکاکی ایجاد شده و باعث عدم لقی اتصال می گردد. پیچ های این نوع اتصال با اتصال اتکایی متفاوت بوده و داری سرپیچ بزرگ تر می باشند.

۴-۱۵ پیش نصب

یکی از مراحل که قبل از نصب اسکلت فلزی با اتصال پیچی در صورت صلاح دید دستگاه نظارت باید انجام شود، پیش نصب سازه می باشد. در این شرایط تیرها و ستون های سازه مورد نظر باید در محل کارخانه یا سایت پروژه پیش نصب شود. هدف از انجام این کار کنترل کیفیت قطعات و دقت قرارگیری آن ها در محل خود می باشد. در هنگام پیش نصب، خیز شاه تیر تحت بار خود اندازه گیری شده و با خیز محاسبه شده توسط طراح مقایسه می گردد. در هنگام پیش نصب نیاز به بستن همه پیچ های سازه نبوده و طبق بند ۱۰-۴-۴-۵ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۱۳۹۲) به هنگام پیش نصب باید حداقل ۲۵ درصد از پیچ های هر اتصال که کمتر از دو پیچ نباشد، بسته شوند. نکته قابل توجه این است که طبق آیین نامه، پیچ های پیش نصب می تواند از نوع پیچ های معمولی انتخاب گردد. از این پیچ ها بعداً به عنوان پیچ های اتصال نباید استفاده شود. پس از انجام مرحله پیش نصب قطعات مورد نظر علامت گذاری شده و باز می شوند.



۱۵-۵ کنترل پیچ ها و مهره ها و نحوه بستن آن ها

بستن صحیح پیچ ها از مهم ترین مراحل اتصال پیچی و به ویژه اتصال اصطکاکی می باشد. پیمانکار موظف است کنترل کیفیت دقیقی بر عملیات بستن پیچ و مهره ها در کارگاه نصب اسکلت فلزی اعمال داشته، گزارش های مربوط به این کنترل را جهت بررسی و تأیید مهندس ناظر اعلام نماید.

قبل از نصب، باید تمام پیچ ها و مهره های مربوطه طبق نقشه مشخص و تمیز شوند. سپس هر پیچ در سوراخ مربوط به خود قرار گرفته و با استفاده از آچار مخصوص محکم می شود. در ابتدا تمام پیچ های اتصال تا حد سفتی کامل محکم می شوند. طبق بند ۱۰-۴-۴-۶-۲ آیین نامه، منظور از سفتی کامل حالتی است که کارگر ماهر با آچار معمولی بدون آنکه با وزن خود به دسته آچار نیرو وارد کند، با بکار گیری آخرین توان خود نتواند پیچ را از آن محکم تر نماید.

در مرحله بعد، باید ناظر مربوطه همه پیچ ها را کنترل کرده و اطمینان حاصل کند که سطوح تماس کاملاً به هم چسبیده اند. در هنگام نصب قطعات، طبق آیین نامه باید کلیه سطوح اتصال (شامل سطوح مجاور کله ی پیچ ها و مهره ها) از قسمت های پوسته شده و دیگر مواد زائد عاری باشد، به ویژه سطوح تماس اتصالات اصطکاکی باید کاملاً تمیز بوده و اثری از پوسته ی زنگ، رنگ، لاک، انواع روغن و مصالح دیگر در آن ها وجود نداشته باشد. سفت شدن اولیه هنگامی است که یک کارگر معمولی با یک آچار معمولی تلاش کامل خود را برای محکم کردن پیچ به کار برد. سپس در اتصال اصطکاکی با چرخاندن اضافی مهره، پیچ ها پیش تنیده می گردند. باید در موقع بستن پیچ ها این موضوع را کنترل کرد که بستن پیچ ها از قسمتی آغاز شود که اتصال صلب تر بوده و صفحات تغییر شکل کمتری می دهند. همچنین در تمام مراحل محکم کردن پیچ ها باید دقت شود که از چرخیدن پیچ و مهره باهم جلوگیری به عمل آید.

۱۵-۶ وسایل محکم کردن پیچ ها

وسایل محکم کردن پیچ ها در هنگام نصب اسکلت فلزی باید کاملاً سالم و به دور از هرگونه خرابی و اعوجاج باشد. وسایل دستی بستن پیچ ها شامل آچار رینگ و ابزار از این قبیل می باشد که عمدتاً برای بستن عادی پیچ ها و اتصال اتکایی بکار می رود. وسایل ماشینی برای پیش تنیده کردن پیچ ها و اتصال اتکایی استفاده می شود که مهم ترین آن ها عبارتند از آچار بادی، آچار برقی و تورک متر (آچار مدرج). در کشور ما عمدتاً از آچار بادی برای پیش تنیده کردن پیچ ها استفاده می شود. همان طور که از نامش پیداست، عملکرد این آچار با استفاده از فشار باد می باشد و نیروی آن توسط یک کمپرسور بادی تأمین می گردد. در این روش با استفاده از فشار زیاد و وارد کردن ضربه پیچ ها محکم شده و بسته به تنظیم درجه آن می توان قدرت آن را افزایش یا کاهش داد. به طور مثال وقتی آچار روی درجه ۱ تنظیم شده باشد، سرعت زیاد و قدرت کم است که برای پیچ نمره ۲۲ و ۲۰ کاربرد دارد. چنانچه آچار روی درجه ۳ تنظیم گردد، قدرت زیاد و سرعت کم است که برای پیچ نمره ۳۰ مناسب بوده و درجه ۲ مابین این سرعت ها می باشد.

۱۵-۷ کنترل پیش تنیدگی پیچ ها

همان طور که قبلاً گفته شد در اتصالات اصطکاکی برای جلوگیری از لقی، باید در پیچ ها پیش تنیدگی ایجاد نمود. پیش تنیدگی هنگامی ایجاد می شود که مهره بیش از حد معمول چرخانده و سفت شود.



شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی، معماری، عمران و محیط زیست

در آیین نامه بیان می کند در صورتی که چرخاندن پیچ ها با استفاده از آچار بادی صورت پذیرد، باید فشار باد طوری تنظیم شود که در یک مرحله، مهره ها را بدون چرخیدن پیچ تا مرحله سفتی کامل برساند و در مرحله بعد با ازدیاد فشار باد یا با دست و با استفاده از آچار معمولی پیچ ها را پیش تنیده کرد. باید به این نکته توجه شود که باز کردن و استفاده مجدد از پیچ هایی که به حد پیش تنیدگی رسیده اند، مجاز نمی باشد .

۱۵. نتیجه گیری

تجهیزات پالایشگاهی و نیروگاهی از لوله های انتقال گرفته تا انواع مخازن، مبدل های حرارتی، توربین ها، کوره ها و... از وزن قابل توجهی برخوردار هستند و علاوه بر این بعضا دارای نیروی دینامیکی به جهت ارتعاشات و دوار بودن آن ها و بارهای حرارتی می باشد . یک تجهیز ساده ی پالایشگاهی می تواند تا چندین تن وزن داشته باشد. این موضوع باعث می شود تا نصب تجهیزات پالایشگاهی یک فرایند ساده و سطحی نباشد. تجهیزات پالایشگاهی غالباً نیازمند ساختار هایی بسیار محکم، قابل اطمینان و بادوام به جهت نصب می باشند. این موضوع در کنار استفاده از مواد به شدت آتش زا و یا سمی در دل فرآیند های صنعتی رنگ و بویی حساس تری به خود می گیرد. نصب سازه های صنعتی (نیروگاهی ، پالایشگاهی و ...) با توجه به گستردگی تجهیزات همواره با پیچیدگی و دشواری همراه بود .سازه های خاص فلزی که با عنوان کلی استراکچرهای فلزی (البته نوع فلزی پیچ و مهره) از آنها یاد می شوند یکی از بهترین انتخاب ها به جهت ساخت سازه هایی برای نصب تجهیزات پالایشگاهی می باشند. البته نوع فلزی پیچ و مهره در این بین از مقبولیت قابل توجهی برخوردار است. در پالایشگاه لوله های بسیاری که محصولات را در بین تجهیزات مختلف پالایشگاهی جا به جا می کنند باعث ایجاد این جریان یکپارچه و کاملاً ایزوله از محیط خارج هستند. دقت در نصب تجهیزات پالایشگاهی در کنار یکدیگر به گونه ای که کاملاً مهندسی شده در تکمیل فرآیند های شیمیایی وارد و خارج شوند، در تمامی مراحل ساخت پالایشگاه دیده می شود. در نیروگاه ، توربین و ژنراتور و بویلرها و سایر تجهیزات سنگین و حساس می بایست پیوسته عملکرد آنها بدون وقفه برقرار باشد . فلذا طراحی ، ساخت و نصب به خصوص در پلنفرم های خاص و پیچیده می بایست با نهایت دقت و کاملاً منطبق با دستور العمل های نصب سازه و پلنفرم صورت پذیرد. لذا هر گونه ایجاد تغییر در نحوه ی اجرا به دلایل کنترل پروژه ای و تامین قطعات می تواند خسارات و مخاطرات سنگینی را به همراه داشته باشد.

مراجع

- ۱- طاحونی شاپور ، کتاب طراحی سازه های فولادی (روش تنش مجاز و روش حدی LFRD) ، انتشارات علم و ادب، ۱۳۹۷
- ۲- مقررات ملی ساختمان ، طرح و اجرای ساختمان های فولادی ، مبحث دهم، نشر توسعه ایران ، ۱۳۹۲
- ۳- مقررات ملی ساختمان ، ایمنی و حفاظت کار در حین اجرا ، مبحث دوازدهم ، نشر توسعه ایران ، ۱۳۹۲
- ۴- مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (نشریه ۵۵)، نشر سازمان برتامه و بودجه کشور ، چاپ نوزدهم، ۱۴۰۰
- ۵- آیین نامه اتصالات در سازه های فولادی (نشریه ۲۶۴)، نشر سازمان برتامه و بودجه کشور ، چاپ هفتم، ۱۳۹۱
- ۶- نهري امير سرمد ، روش های اجرایی ساختمان، نشر فرهنگ روز، ۱۳۹۱.
- ۷- منیرعباسی آرمین ، علیدادی بهمن ، مسایل و مشکلات و روشها و راهکار های اجرایی در نصب سازه های فلزی پروژه های ساختمانی ، مقاله کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران - ۱۳۹۷