

به نام خداوند جان و خرد

گرانقیمت ترین ثروت انسان دانشی است که خیر و نیکی از آن حاصل شود

درس اجزای ساختمان

گروه آموزشی عمران

مدرس و گردآورنده:

رئیس هیئت

فصل پنجم

اتصالات سازه های بتنی و فولادی

پاییز ۱۵۰۳

اتصالات در سازه‌های بتنی و فولادی یکی از مهم‌ترین بخش‌های طراحی و اجرای سازه‌ها به شمار می‌آیند. عملکرد مناسب یک سازه به انتقال صحیح نیروها از اعضای مختلف از طریق اتصالات بستگی دارد. در این فصل به بررسی انواع اتصالات، ویژگی‌های آن‌ها، استانداردها و الزامات طراحی، روش‌های اجرا و رفتار آن‌ها تحت بارگذاری پرداخته می‌شود.

انواع اتصالات در سازه‌های بتنی

۵-۲-۱. اتصالات خمشی

در سازه‌های بتنی، اتصالات خمشی برای انتقال لنگر خمشی و برش طراحی می‌شوند. این اتصالات معمولاً در تیرها و ستون‌ها یافت می‌شوند و باید به گونه‌ای طراحی شوند که شکست برشی رخ ندهد و ظرفیت خمشی به خوبی تأمین شود.

۵-۲-۲. اتصالات مفصلی

این نوع اتصالات برای انتقال نیروهای برشی و محوری استفاده شده و معمولاً اجازه دوران نسبی را فراهم می‌کنند. کاربرد اصلی این اتصالات در سازه‌های ساده و قاب‌های مفصلی است.

۵-۲-۳. اتصالات گیردار

اتصالات گیردار در سازه‌های بتنی اغلب با جزئیات آرماتوربندی ویژه‌ای انجام می‌شود. در این اتصالات، هدف انتقال کامل لنگر، برش و نیروی محوری از یک عضو به عضو دیگر است.

آشنایی با اصلی‌ترین انواع اتصالات بتنی

اگر در محل اتصال تیر به ستون، ترک یا گسیختگی وجود داشته باشد، امکان ریزش کل ساختمان وجود دارد. این ترک یا گسیختگی در محل اتصال می‌تواند در اثر زلزله یا انفجار به وجود بیاید. از این رو مقاوم‌سازی انواع اتصالات بتنی جزء الزامات یک سازه است. در ادامه شما را با انواع اتصالات بتنی آشنا می‌کنیم و سپس در مورد روش‌های مقاوم‌سازی آن‌ها توضیح خواهیم داد.

- اتصالات جداسازی

برای تفکیک یک بخش از سایر بخش‌های بتنی، از اتصالات جداسازی استفاده می‌شود. در اتصالات جداسازی، در کنار دیوار یا لوله تخلیه یا ستون، یک ماده اتصالی که از قبل ساخته شده است، قرار می‌دهند تا تغییرات دارای نوسان از فضای کافی بهره‌مند شوند. در این صورت ابعاد سطوح مورد نظر می‌تواند به راحتی تغییر کند تا دیگر اتصالات دچار ترک یا شکستگی نشوند.

- اتصالات انقباضی

زمانی که بتن تازه شروع به سخت شدن می‌کند، جمع می‌شود و تنش‌های کششی را تجربه می‌کند. به دلیل این که بتن مقاومت کششی کمی دارد، ترک‌هایی در بافت آن ایجاد می‌شود. این ترک‌ها باعث ناهمواری سطح بتن می‌شوند. در این شرایط برای این که ترک خوردگی‌ها را کنترل کنند یا از آرماتور فولادی یا اتصالات انقباضی استفاده می‌کنند. اتصالات انقباضی یا در زمان بتن‌ریزی یا بعد از سفت شدن بتن، در سطح بتن قرار می‌گیرند. شیار ایجادشده در اثر اتصال انقباضی، فضای کافی برای تغییرات ابعادی را ایجاد می‌کند. هنگام نصب انواع اتصالات بتنی از نوع انقباضی باید فاصله و عمق مناسب را در نظر گرفت.

اتصالات ساختمانی

محل اتصالات ساختمانی در نقاط پشتیبانی مانند دیوارهای پایه است. اتصالات ساختمانی در هنگام اجرای پروژه به کار برده می‌شوند. در واقع اتصالات ساختمانی بین تکیه‌گاه‌های جانبی قرار می‌گیرند. در برخی موارد این نمونه از انواع اتصالات بتنی، داخل دیوارهای بتنی ساده قرار می‌گیرند.



چگونه انواع اتصالات بتنی را مقاوم سازی می‌کنند؟

استفاده از ژاکت بتنی، ژاکت فولادی و ورق کامپوزیت پلیمری جزء روش‌های اصلی مقاوم سازی در انواع اتصالات بتنی است که در ادامه هر کدام را توضیح می‌دهیم.

در مقاوم سازی اتصالات با ژاکت بتنی، قسمتی از اتصالات را با استفاده از پوشش بتنی به منظور تقویت، محصور می‌کنند. مقاوم سازی با ژاکت بتنی و ژاکت فولادی یکسان است. در مقاوم سازی انواع اتصالات بتنی با ژاکت فولادی، بخشی از سازه را با یک پوشش خارجی محصور می‌کنند. این اتصال، المان موردنظر را در برمی‌گیرد و با استفاده از پیچ و مهره، چسب‌های مخصوص یا جوشکاری، قطعه‌ها را به هم متصل می‌کنند. ژاکت ایجادشده، ظرفیت باربری را افزایش می‌دهد و در نتیجه مقاومت بالای اتصالات را به دنبال دارد.



مقاوم‌سازی اتصالات بتنی با ورق‌های کامپوزیت نسبت به سایر روش‌ها، کیفیت بالاتری دارد. این ورق‌های کامپوزیت، مقاومت بالایی در برابر وزن‌های زیاد از خود نشان می‌دهند. از این ورق‌های در سازه‌هایی مانند پل‌ها یا سیلوها و به‌طور کل سازه‌هایی که از نظر وزنی، اهمیت دارند، استفاده می‌شود. مقاوم‌سازی با ورق‌های کامپوزیت نسبت به سایر روش‌های مزیت‌هایی دارد که در ادامه آن‌ها را معرفی می‌کنیم:

اتصال سازه فلزی به بتنی

اتصال سازه فلزی به مقاطع بتنی یکی از انواع اتصالات در سازه‌های بتنی است. این نوع اتصال با اهداف مختلفی ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. از جمله مواردی که استفاده از این نوع اتصال کاربرد زیادی دارد، در افزایش دهانه دال و اتصال قسمت‌های جدید دال به قسمت‌های موجود است که با توجه به این نکته که درگیری بتن جدید با بتن قدیمی می‌تواند مشکلات زیادی داشته و با هزینه بالایی همراه باشد، معمولاً با توجه به شرایط پروژه از این نوع اتصال استفاده می‌گردد. با وجود مزیت‌های فراوان، این روش می‌تواند با دشواری‌های طراحی و اجرایی همراه باشد. برای این منظور آشنایی با جزئیات این روش چه از نظر طراحی و چه از نظر اجرایی می‌تواند به تسهیل در استفاده از این روش منجر گردد.

انواع اتصالات در سازه‌های بتنی

انواع اتصالات در سازه‌های بتنی را می‌توان از نقطه نظرهای گوناگون تقسیم‌بندی نمود. از نظر رفتار اتصال، اتصالات سازه‌های بتنی را می‌توان به اتصالات مفصلی، اتصالات نیمه مفصلی و اتصالات صلب یا گیردار تقسیم‌بندی کرد. البته این تقسیم‌بندی تئوری بوده و در عمل اتصالاتی اجرا شده تماماً گیردار یا تماماً مفصلی نخواهند بود. با این حال هم در اتصالات مفصلی و هم در اتصالات گیردار فرض بر این است که عملکرد اتصال با حالت ایده‌آل تفاوت چندانی ندارد. از نظر نوع اجزایی که به هم متصل می‌شوند نیز می‌توان اتصالات بتنی را تقسیم‌بندی کرد. تنوع اتصالات بتنی از این جهت تنوع بیشتری دارد. از جمله می‌توان به اتصال ستون به فنداسیون، اتصال تیر به ستون، اتصال تیر به تیر و ... اشاره نمود. هر یک از این اتصالات را با توجه به جزئیاتی که در طرح و اجرای آن‌ها وجود دارد می‌تواند به صورت مفصلی یا گیردار تقسیم‌بندی گردد.



اتصال صلب بتنی

اتصال صلب بتنی معمولاً بیشترین استفاده را در سازه های بتنی دارد. با توجه به نوع عملکرد بتن و تفاوت های آن با فولاد اتصالات سازه های بتنی معمولاً به صورت گیردار اجرا می شود و اتصالات مفصلی کاربرد زیادی در این سازه ها ندارند. اتصال صلب بتنی می تواند برای اتصال پای ستون به فنداسیون، اتصال تیر به ستون و ... مورد استفاده قرار گیرد. این اتصالات معمولاً با توجه به نحوه چینش آرماتورهای متصل کننده دو عضو به صورت گیردار یا مفصلی عمل می کنند.

اتصال گیردار تیر به ستون بتنی

اتصال گیردار تیر به ستون بتنی رایج ترین نوع اتصال تیر به ستون در سازه های بتنی است. معمولاً با توجه به نوع عملکرد سازه های بتنی و نحوه آرایش میلگردها در تیرها و ستون ها و محل اتصال آن ها و همچنین جهت بهبود عملکرد سازه های بتنی در برابر بارهای جانبی مانند زلزله اتصال تیر به ستون بتنی به صورت گیردار ایجاد می گردد.

برای ایجاد اتصال بین تیر و ستون بتنی به صورت گیردار، میلگردهای تیر باید به شکل مناسبی درون ستون مهار شوند. رعایت حداقل میلگردهای مورد نیاز، عدم تجاوز از حداکثر نسبت در نظر گرفته شده آرماتور به مقطع بتنی در محل اتصال، حداقل طول مهاری آرماتورها و ... از جمله مواردی هستند که برای تضمین عملکرد مناسب اتصال باید رعایت شوند.

اتصال تیر به تیر بتنی

اتصال تیر به تیر بتنی یکی دیگر از انواع اتصالات در سازه های بتنی است. معمولاً در دهانه های بزرگتر این اتصال ها مورد استفاده قرار می گیرد و تیرهای فرعی به تیرهای اصلی اتصال پیدا می کنند. مشابه این اتصال در سازه های فولادی نیز اجرا می شود که تیرهای فرعی بار خود را به تیر اصلی یا پل انتقال می دهند.

اتصال تیر به تیر در سازه های فولادی معمولاً به صورت مفصلی اجرا می شود، با این حال در سازه های بتنی به دلیل دشواری های اجرایی مربوط به اتصالات مفصلی به دلیل اجرای یکپارچه اعضای بتنی معمولاً این اتصالات به صورت گیردار و یا نیمه مفصلی طراحی و اجرا می شوند.

دتایل اتصال تیر به تیر بتنی

برای اتصال تیر به تیر بتنی نیز باید جزئیاتی را رعایت نمود. از جمله نکات حائز اهمیت در این رابطه می توان به نحوه مهار آرماتورهای تیر فرعی در تیر اصلی، چینش آن ها و ... اشاره نمود. معمولاً با توجه به این که نوع اتصال مفصلی یا گیردار طراحی شده است، چینش آرماتورها و نحوه مهار آن ها می تواند تغییر کند. در اتصالاتی که تلاش برای اجرای آن ها به صورت مفصلی است، معمولاً تلاش بر آن است که آرایش میلگردها به گونه ای باشد که در طول تیر فرعی و تا حد امکان نزدیک به محل های اتصال، لنگر صفر شده و مفصل ایجاد گردد.

اتصال المان های فولادی به بتن

تا این جا اتصالات سازه های بتنی به صورت اجمالی مورد بررسی قرار گرفتند. با این حال درصد بالایی از سازه ها از اسکلت فلزی ساخته می شوند. در این سازه ها اگرچه اسکلت سازه فولادی است، فنداسیون از بتن ساخته شده و برای عملکرد مناسب سازه باید اتصال ستون های فولادی با بتن به شکل مناسبی ایجاد شود. این کار به کمک بیس پلیت انجام می شود. جزئیات بیشتر در این رابطه را می توانید از اینجا مطالعه نمایید.

با این حال اتصال ستون های فولادی به فنداسیون بتنی تنها مورد اتصال میان المان های فولادی و بتنی نیست و ممکن است این اتصال در قسمت های دیگر سازه نیز مورد استفاده قرار گیرند.

اتصال تیر فولادی به تیر بتنی

اتصال تیر فولادی به تیر بتنی یکی از اتصالاتی است که به دلایل مختلفی ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. خصوصا از این اتصال برای اتصال قسمت های جدید به سازه موجود استفاده می گردد. به عنوان مثال در سازه هایی که می خواهیم دال را گسترش دهیم و دال جدیدی را به دال موجود استفاده کنیم استفاده از این سیستم یکی از بهترین روش ها می باشد. برای ایجاد چنین اتصالی میلگرد و یا راد تمام رزوه با استفاده از روش کاشت شیمیایی درون بتن جایگذاری می شود. سپس تیرهای فولادی به صورت مستقیم و یا با استفاده از المان های واسط (استفاده از ورق اتصال) بر روی این رادها سوار می شوند و در نهایت دال جدید بر روی این تیرها اجرا می گردد.

در برخی موارد نیز ممکن است برای لبه های تیرهای فولادی محلی تعبیه گردد تا تیر فولادی به میزان هرچند اندک (در حدود ۲۰ سانتی متر) درون بتن رفته و بتن به عنوان نشیمن تیر فولادی عمل کند. در هر صورت باید از کاشت میلگرد در بتن برای اطمینان از اتصال صحیح و کامل بهره برد.

جزئیات دیگری نیز ممکن است برای ایجاد این نوع اتصال مورد استفاده قرار گیرد که با توجه به شرایط پروژه و قضاوت مهندسی است. با این حال ایجاد اتصال باید به گونه ای باشد که عملکرد سازه به صورت یکپارچه بوده و دچار اختلال نگردد.



طراحی اتصال تیر فولادی به تیر بتنی

طراحی اتصال تیر فولادی به تیر بتنی می تواند برای سازه جدید یا برای سازه موجود صورت پذیرد. در صورتی که این طراحی برای سازه جدید باشد، می توان آن را با استفاده از نرم افزارهای مختلف انجام داد. با این حال اتصالات باید با دقتی بیشتری طرح شده و در صورتی که این اتصالات با ورق واسط ایجاد شود، باید اتصال با دقت بیشتری طرح شود تا دچار آسیب های مختلف نگردد. از طرف دیگر در صورتی که قرار باشد این اتصال برای سازه موجود مورد استفاده قرار بگیرد، باید طراحی با بررسی دقیق شرایط سازه از جهات مختلف صورت پذیرد تا علاوه بر این که از نظر باربری شرایط مورد نظر برآورده می شوند، شرایط اجرایی سازه نیز در نظر گرفته شوند. از جمله مواردی که پس از طراحی می توان در ارتباط با آن ها تصمیم گیری نمود، فواصل تیرها، سایز آن ها، سایز میلگردها، آرایش و تعداد آن ها و ... می باشد.



جزئیات اتصال تیر فولادی به تیر بتنی

جزئیات اتصال تیر فولادی به تیر بتنی یا دیوار بتنی با توجه به شرایط اجرایی پروژه تعیین می شود، با این حال در اکثر پروژه ها از ساختار مشابهی استفاده می شود. یکی از جزئیاتی که زیاد مورد استفاده قرار می گیرد، استفاده از یک پلیت و نصب آن بر روی تیر بتنی است. در این روش با بهره گیری از روش کاشت میلگرد، میلگردهایی که یک سر آن که رزوه شده اند درون تیر بتنی کاشته شده و پلیت بر روی آن ها نصب می شود. سپس تیر فولادی با استفاده از جوش به پلیت نصب می شود. همچنین در مواردی که تیر فولادی به دیوار بتنی متصل می شود، در صورتی که ضخامت دیوار قابل توجه باشد، ممکن است به اندازه مقطع تیر فولادی و با طول اندک در دیوار حفره ایجاد شده و تیر به مقدار اندکی داخل دیوار قرار گیرد.





در پروژه های جدید با توجه به تمایل به استفاده از اتصالات پیچ و مهره به جای جوش در کارگاه ممکن است تیر فولادی مستقیماً با میلگردهای کاشته شده اتصال یابد (مشابه اتصال فلنجی در سازه های فولادی). همچنین در صورتی که هدف ایجاد اتصال مفصلی باشد، می توان از اسپالایس برای ایجاد این نوع اتصال استفاده نمود.

مقاوم سازی اتصالات بتنی

یکی از مهم ترین مشکلاتی که در سازه های مختلف می تواند مشکلاتی را ایجاد نماید، مربوط به اتصالات سازه ها است. تمرکز تنش ها در محل اتصالات از یک طرف و اجرای با کیفیت پایین آن ها از طرف دیگر می تواند سازه را دچار مشکل نماید.

مقاوم سازی اتصالات بتنی یکی از مهم ترین مباحث مطرح در ارتباط با سازه های بتنی و همچنین در ارتباط با مقاوم سازی آن ها است. اتصالاتی که در اثر گذر زمان به دلایل مختلفی دچار آسیب شده اند و این آسیب ها به شکل های مختلفی در آن ها نمود یافته اند، می توانند سازه را با مشکلاتی روبرو نمایند.

مقاوم سازی اتصالات بتنی همچون سایر مباحث مربوط به مقاوم سازی بسیار پیچیده بوده و نیازمند تجربه و دانش بالای مهندسی است. به همین دلیل برای مقاوم سازی آن ها نمی توان با ارائه نسخه ای واحد راهکاری مناسب برای پروژه های مختلف ارائه نمود.

همان طور که اشاره شد روش های مختلفی برای مقاوم سازی اتصالات در سازه های بتنی وجود دارد که با توجه به شرایط پروژه باید روش مناسب را انتخاب نمود. یکی از این روش ها استفاده از المان های فولادی در محل اتصالات است.

استفاده از المان های فولادی برای تقویت اتصالات نیز خود می توانند در جزئیات بسیار تنوع پذیر باشد. با این حال یکی از رایج ترین حالات آن استفاده از کاشت شیمیایی و مکانیکی برای اتصال پلیت های فولادی به بتن است. با استفاده از روش کاشت و ایجاد اتصال صحیح و مهندسی میان ورق های جدید و سازه بتنی موجود می توان انتظار عملکرد یکپارچه و بهبود شرایط سازه ای را داشت.

۵-۳. انواع اتصالات در سازه های فولادی

۵-۳-۱. اتصالات پیچ و مهره ای

اتصالات پیچ و مهره ای به دلیل سهولت نصب، امکان جداسازی و مقاومت بالا، کاربرد گسترده ای دارند. در این نوع اتصالات، پیچ ها می توانند به صورت اصطکاکی یا اتکایی عمل کنند.

۵-۳-۲. اتصالات جوشی

اتصالات جوشی یکی از پرکاربردترین اتصالات در سازه های فولادی است که به دلیل یکنواختی در انتقال نیروها و ظاهر یکپارچه، در بسیاری از پروژه ها مورد استفاده قرار می گیرد. نکته مهم در این نوع اتصالات، کیفیت جوش و کنترل های لازم برای جلوگیری از ترک های جوشی است.

۵-۳-۳. اتصالات مفصلی و گیردار

اتصالات فولادی مفصلی معمولاً برای قاب های ساده استفاده می شوند، در حالی که اتصالات گیردار برای قاب های خمشی طراحی شده اند و نیاز به جوشکاری و یا استفاده از پیچ های مقاوم در برابر برش دارند.

۵-۵. الزامات طراحی اتصالات

۵-۵-۱. استانداردهای طراحی

طراحی اتصالات سازه های بتنی و فولادی بر اساس استانداردهای معتبر جهانی همچون ACI 318 برای بتن و AISC برای فولاد انجام می شود. در ایران نیز استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان در این زمینه حائز اهمیت هستند.

۵-۵-۲. تحلیل رفتار اتصالات

رفتار اتصالات تحت بارهای مختلف، مانند بارهای ثقلی و زلزله، باید به دقت مورد تحلیل قرار گیرد. در طراحی لرزه ای، اتصالات باید به گونه ای طراحی شوند که از شکست ترد جلوگیری شود و انرژی ناشی از زلزله به خوبی مستهلک گردد.

۵-۵. روش‌های اجرای اتصالات

۵-۵-۱. در سازه‌های بتنی

اجرای دقیق قالب‌بندی و آرماتوربندی: اطمینان از همپوشانی صحیح آرماتورها. کنترل کیفیت بتن‌ریزی: پر کردن کامل محل اتصال بدون ایجاد حفره یا کرمو شدگی.

۵-۵-۲. در سازه‌های فولادی

اجرای صحیح جوشکاری: استفاده از الکتروود مناسب و اطمینان از کیفیت جوش. بستن پیچ‌ها با گشتاور مناسب: استفاده از آچارهای گشتاورسنج برای محکم کردن پیچ‌ها.

۵-۶. مشکلات و خرابی‌های متداول در اتصالات

ترک‌های ناشی از انقباض بتن در اتصالات بتنی.

ایجاد حفره در بتن‌ریزی اتصالات.

خرابی‌های جوش در اثر عدم کنترل کیفی.

شکست پیچ‌ها در اتصالات پیچ و مهره‌ای در اثر تنش‌های بالا.

اتصالات نقش حیاتی در عملکرد سازه‌های بتنی و فولادی دارند و طراحی و اجرای صحیح آن‌ها تضمین‌کننده ایمنی و دوام سازه است. توجه به استانداردها، تحلیل صحیح رفتار اتصالات تحت بار و اجرای دقیق می‌تواند از بروز خرابی‌های زودرس جلوگیری کند.

۵-۸. منابع

۱. "ACI Committee 318. "Building Code Requirements for Structural Concrete

۲. "American Institute of Steel Construction (AISC). "Steel Construction Manual

۳. مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث دهم: طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی.

۵. استاندارد ۲۸۰۰: آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله.

در این بخش به بررسی کامل اتصالات فولادی می پردازیم

اتصالات سازه های فولادی بر اساس معیارهای مختلف به پنج دسته زیر تقسیم می شوند:

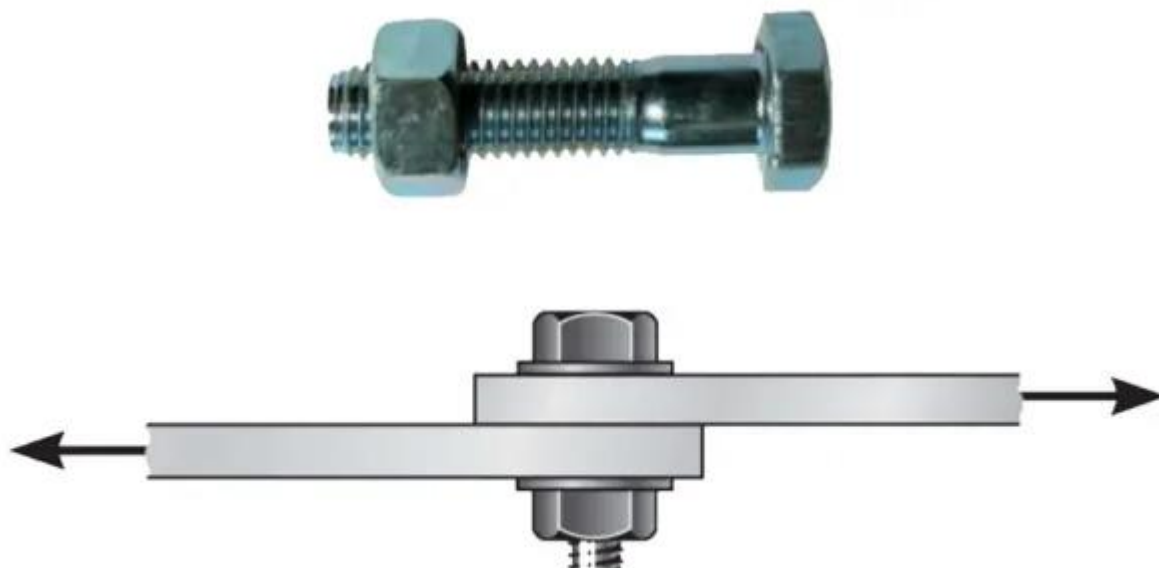
- اتصالات سازه های فولادی بر اساس ابزار اتصال
- اتصالات سازه های فولادی بر اساس توزیع نیروهای داخلی
- اتصالات سازه های فولادی بر اساس المان های سازنده
- اتصالات سازه های فولادی بر اساس عضوهای متصل شوند
- اتصالات سازه های فولادی بر اساس محل اجرا

انواع اتصالات سازه های فولادی بر اساس ابزار اتصال

امروزه، متداول ترین روش برای اتصال اجزا سازه های فولادی به یکدیگر، استفاده از پیچ یا جوش است. در گذشته، پرچ نیز به این منظور مورد استفاده قرار می گرفت اما با گسترش کاربرد پیچ، به کارگیری پرچ به دلایل مختلف منسوخ شد.

اتصالات پیچی در سازه های فولادی

پیچ، یکی از پرکاربردترین ابزار اتصال در سازه های فولادی است. این ابزار به همراه مهره در اتصال عضوهای مختلف سازه های فولادی مورد استفاده قرار می گیرد. متداول ترین انواع پیچ مورد استفاده در اتصالات سازه های فولادی، پیچ های با مقاومت بالا و پیچ های معمولی (با کد A307) هستند. پیچ های فولادی با مقاومت بالا به دو گروه A (با کد A325) و B (با کد A490) تقسیم می شوند. این پیچ ها به عنوان پیچ ساختمانی مورد استفاده قرار می گیرند.



به فرآیند اتصال عضوهای سازه با استفاده از پیچ و مهره، پیچ کاری گفته می شود. این فرآیند بسیار ساده است و بر خلاف پرچ کاری، اجرای آن نیازی به نیروی کار متخصص ندارد. اتصالات پیچی انعطاف پذیری خوبی دارند. به علاوه، نصب و باز کردن قطعات آن در هنگام بازرسی یا نگهداری های دوره ای ساده است. این نوع از اتصالات برای اعضای تحت کشش، برش یا ترکیبی از این نوع بارگذاری ها مناسب هستند.



از مزیت‌های اتصالات پیچی در سازه های فولادی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سرعت بالا در نصب اتصالات و ساخت سریع تر سازه
- عدم نیاز به کارکنان متخصص و باتجربه
- عدم ایجاد صدا در هنگام نصب اتصالات
- کاهش نیروی انسانی مورد نیاز
- فراهم شدن امکان استفاده فوری از سازه
- امکان استفاده از اعضای جایگزین در بخش های مختلف سازه
- امکان انجام کار در فضاهای کوچکتر

معایب اتصالات پیچی عبارت هستند از:

- شل شدن اتصالات در هنگام اعمال بارهای لرزشی یا ضربه‌ای
- بالا بودن هزینه مصالح
- کاهش مقاومت کششی در سقف به دلیل کاهش سطح درگیر اتصالات
- احتمال شکست دائمی اتصال در هنگام اعمال بارهای بیش از حد
- احتمال شکست اتصال بر اثر خوردگی پیچ یا مهره

اتصالات جوشی در سازه های فولادی

در اتصالات جوشی، عضوهای مورد نظر توسط جوش به یکدیگر متصل می‌شوند. اتصالات جوشی را می‌توان بر اساس نوع جوش، حالت جوش و نوع اتصال به انواع زیر تقسیم‌بندی کرد:

- نوع جوش: جوش ماهیچه ای (نبشی)، جوش شیاری، جوش انگشتانه (انسدادی یا نقطه‌ای) و جوش کام
- حالت جوش: افقی، عمودی، بالاسری و تخت
- نوع اتصال: سر به سر، روی هم، گوشه، لبه، سپری



به طور کلی، جوش ماهیچه ای نسبت به جوش شیاری ضعیف‌تر است. با این وجود، به دلیل استحکام بالای جوش ماهیچه ای در حین اجرا، کاربرد بیشتری نسبت به دیگر گزینه‌ها دارد. هزینه جوش انگشتانه و جوش کام بالا است. به علاوه، این جوش‌ها در انتقال نیروهای کششی عمود بر سطح ضعیف عمل می‌کنند. در مجموع، کیفیت اتصالات جوشی به توانایی جوشکار بستگی دارد. **مزایای اتصالات جوشی در**

سازه های فولادی عبارت هستند از:

- فراهم کردن اتصالات صلب
- مقاومت خوب در برابر بارهای اعمال شده
- اجرا نسبتاً ساده در سازه‌های پیچیده
- سهولت طراحی
- بهره‌وری بالا
- ظاهر بهتر
- ایجاد یک سازه یکپارچه

از معایب اتصالات جوشی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ضعف اتصالات در مقابل انقباض و احتمال ترک خوردگی آن‌ها
- نیاز به نیروی کار ماهر
- رخ دادن پدیده خستگی در دماهای بالا
- جمع شدن سرباره جوش
- دشوار بودن و هزینه بالای بازرسی
- نیاز به دقت بالا و دشوار بودن تعمیر و نگهداری

انواع اتصالات سازه های فولادی بر اساس توزیع نیروهای داخلی

یکی از مهمترین ملاحظات در حین طراحی اتصالات سازه های فولادی، انتخاب نوع اتصالات بر اساس نحوه توزیع مورد انتظار نیروهای داخلی است. بر اساس بار اصلی وارد شده، اتصالات سازه های فولادی به انواع خمشی (صلب)، برشی (نیمه صلب) و محوری تقسیم بندی می شوند. به این ترتیب، انتظار می رود اتصالات انتخاب شده توانایی تحمل دو یا چند مورد از این بارها را داشته باشند.

اتصالات خمشی در سازه های فولادی یا اتصالات صلب در سازه های فولادی

اتصالات خمشی در سازه های فولادی، اتصالاتی هستند که اجازه انتقال نیروهای گشتاور خمشی بین ستون و تیر (یا هر جفت عضو سازه ای دیگر) را فراهم می کنند. در صورت وجود گشتاور داخلی در یک عضو فرعی (مانند تیر فرعی)، اتصالات باید قادر به انتقال آن گشتاور باشند. با وجود تحمل بارهای گشتاوری، مقاومت در برابر بارهای برشی و محوری نیز در طراحی این نوع از اتصالات در نظر گرفته می شود. به همین دلیل، به آن‌ها اتصالات صلب یا اتصالات گیردار نیز می گویند.



اتصالات خمشی صلبیت و مقاومت بیشتری نسبت به اتصالات برشی دارند. با این وجود، به دلیل استفاده از مصالح بیشتر در نصب این اتصالات، هزینه آن‌ها به مراتب بیشتر از اتصالات دیگر خواهد بود. بنابراین برای به حداقل رساندن هزینه‌ها، معمولاً فقط از یک یا دو اتصال خمشی در سازه های فولادی استفاده می شود. انواع اتصالات خمشی را می توان به اتصالات جوشکاری شده، فلنجی و صفحه انتهایی تقسیم کرد. در ادامه، به معرفی هر یک از این موارد می پردازیم.

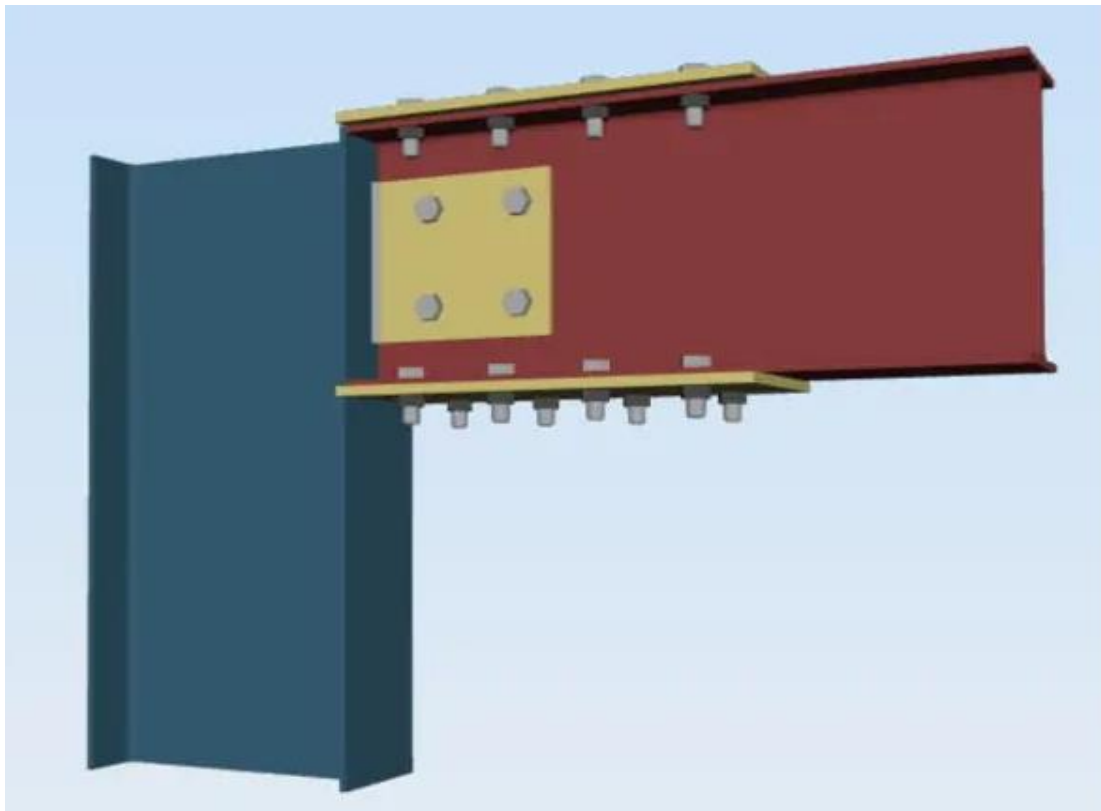
اتصالات جوشکاری شده در سازه های فولادی

اتصالات جوشکاری شده در سازه های فولادی باعث ایجاد یک پیوند مستحکم و صلب در تمام جهات می شوند. با جوش دادن یک ورق بین ستون و تیر (جوشکاری گوشه ها)، محدودیت کاملی در جابجایی و دوران اعضا به وجود می آید. به این ترتیب، یک اتصال خمشی شکل می گیرد.



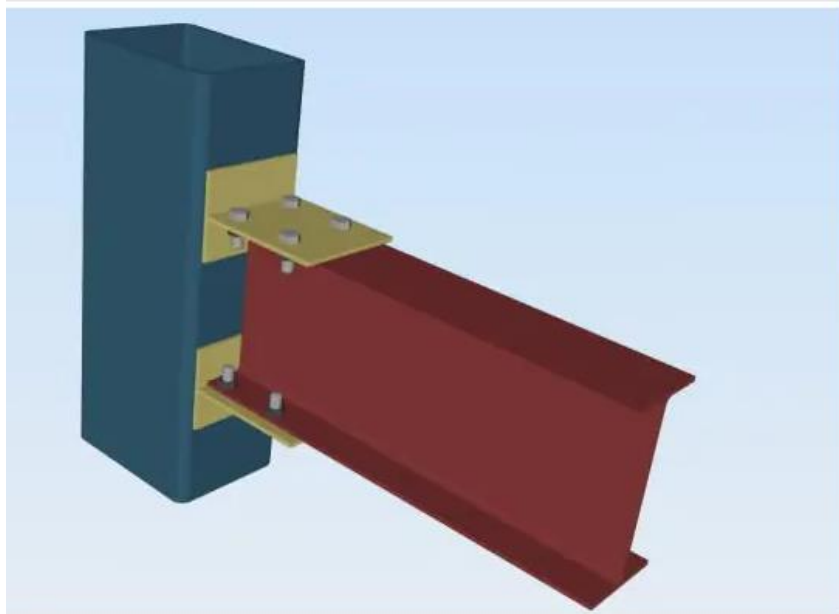
اتصالات فلنجی در سازه های فولادی

اتصال فلنجی، بال ستون را به جان تیر مجاور وصل می کند. به منظور ایجاد یک اتصال صلب، صفحه یا ورق توسط پیچ یا جوش به جان تیر متصل می شود. در تصویر زیر، نمونه ای از یک اتصال فلنجی نمایش داده شده است. در این تصویر، دو ورق (زرد) با استفاده از پیچ به بال های تیر و جان ستون وصل شده اند. در صورت خمش تیر، نیروهای گشتاور به اتصالات منتقل می شوند.



اتصالات صفحه ای در سازه های فولادی

اتصال صفحه ای، گشتاور اعمال شده را با کمک یک صفحه صلب (پیچ کاری یا جوشکاری شده) بین عضوهای درگیر توزیع می کند. تصویر زیر، نمونه ای از کاربرد اتصالات صفحه ای در سازه های فولادی است. در صورت اعمال خمش بر روی ستون، مولفه های گشتاور توسط ورق های زرد رنگ به تیر منتقل می شوند.



اتصالات برشی در سازه های فولادی یا اتصالات نیمه صلب در سازه های فولادی

اتصالات برشی در سازه های فولادی، اتصالاتی هستند که امکان انتقال نیروی برشی بین دو عضو سازه را فراهم می کنند. بنابراین، در صورت وجود نیروهای برشی در یک عضو فرعی (مانند تیر فرعی)، این نیروها به عضو اصلی (مانند ستون) انتقال داده می شوند. به طور کلی، اتصالات برشی مانند یک مفصل (پین) عمل می کنند و بر خلاف اتصالات خمشی، عکس العملی زیادی در برابر نیروی گشتاور از خود نشان نمی دهند. اتصالات برشی، متداول ترین نوع اتصالات سازه های فولادی هستند که با عناوین مختلفی نظیر اتصالات نیمه صلب، اتصالات ساده، اتصالات نیمه گیردار یا اتصالات مفصلی نیز شناخته می شوند.



از انواع اتصالات برشی می‌توان به اتصالات صفحه ای، نبشی و نشیمن اشاره کرد.

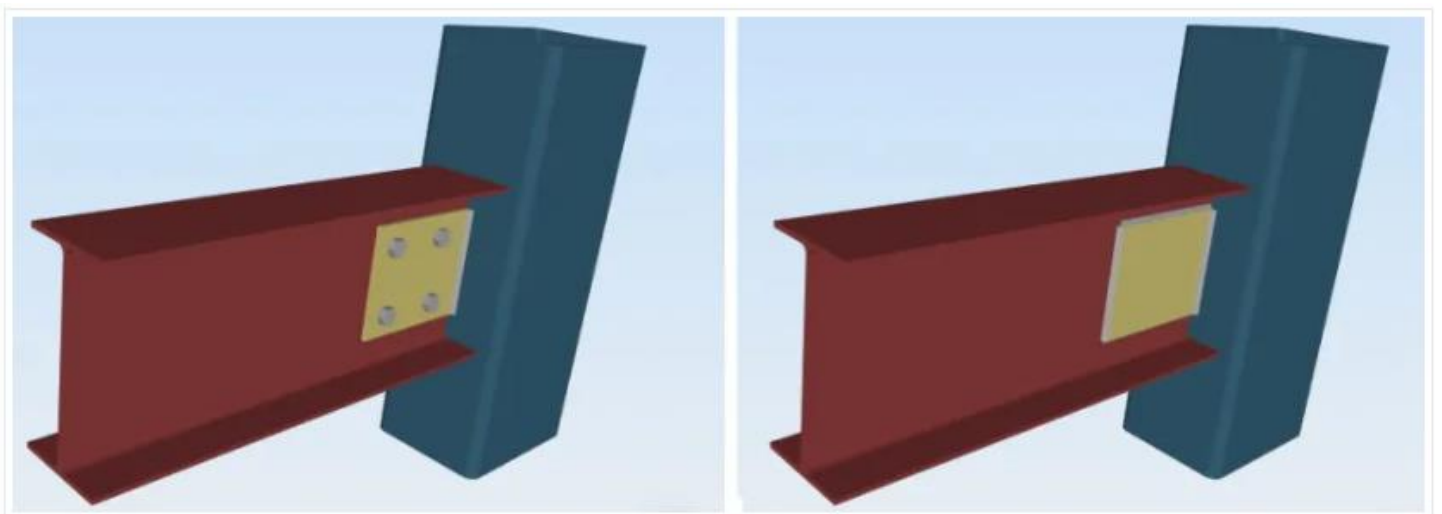
اتصالات نبشی در سازه های فولادی

در اتصال نبشی، از چند لچکی L شکل (قطعات مثلثی شکل) برای نگهداشتن عضوهای اصلی و فرعی در کنار یکدیگر استفاده می‌شود. در این اتصالات می‌توان از یک لچکی در یک سمت یا دو لچکی در هر دو سمت عضوها استفاده کرد. با به کارگیری دو لچکی (اتصال دو نبشی)، صلبیت اتصال افزایش می‌یابد. به علاوه، مقاومت اتصال در برابر نیروهای برشی نیز بیشتر می‌شود. اتصالات نبشی برای اتصال بال یک عضو به جان دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. رایج‌ترین پیکربندی اتصالات نبشی، پیچ کاری دو لچکی در دو طرف عضوهای درگیر است. استفاده از پیچ در این حالت، هزینه‌ها را کاهش می‌دهد.



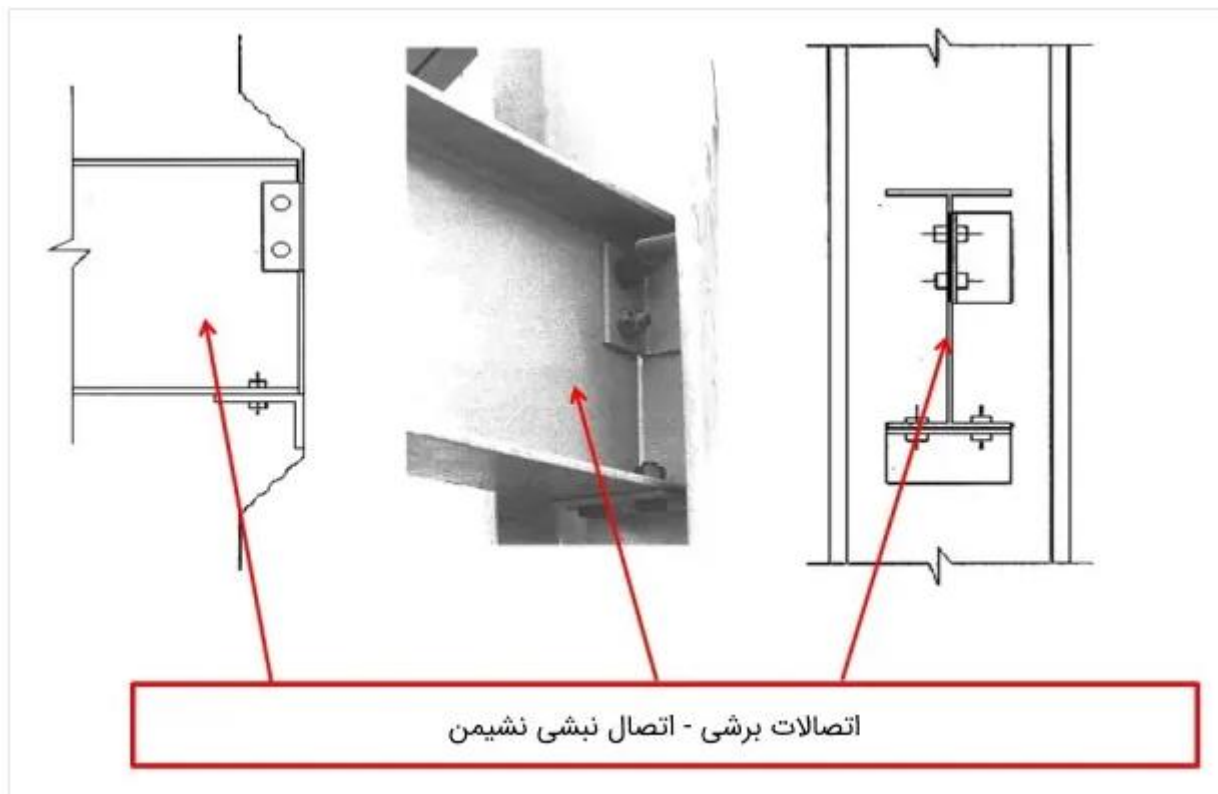
اتصالات صفحه ای یا اتصالات تک ورق در سازه های فولادی

در اتصالات صفحه ای یا تک ورق نیز مانند اتصالات نبشی، از یک ورق برای کنار هم نگهداشتن دو عضو سازه استفاده می‌شود. برای اتصال این ورق به عضو فرعی می‌توان از پیچ کاری یا جوشکاری استفاده کرد. با این وجود، اتصال ورق به عضو اصلی حتما باید از طریق جوشکاری صورت گیرد. به همین دلیل، هزینه اتصالات صفحه ای از اتصالات نبشی بیشتر است.



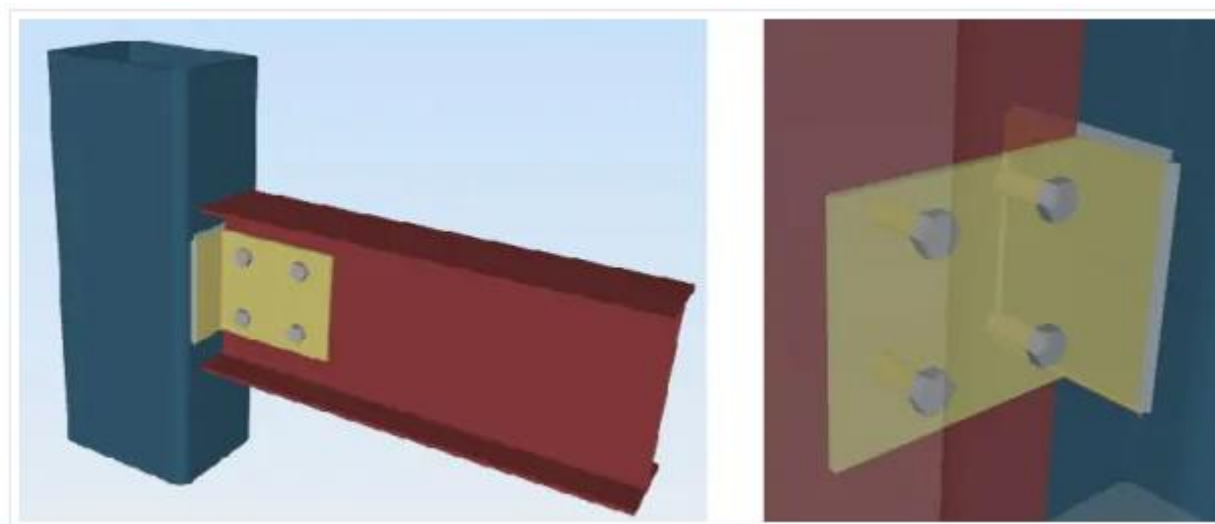
اتصالات نشیمن در سازه های فولادی

در اتصال نشیمن یا نبشی نشیمن، از چند لچکی L شکل برای اتصال عضوهای اصلی و فرعی به یکدیگر استفاده می شود. تفاوت این اتصالات با اتصالات نبشی در محل نصب آن ها است. اتصالات نشیمن بال عضو اصلی را به بال عضو فرعی متصل می کند. اگرچه، نحوه اجرای اتصالات (پیچ کاری یا جوشکاری) در هر دو مورد مشابه است. علاوه بر این، در اتصالات نشیمن از یک لچکی نگهدارنده بر روی جان یا بال عضو فرعی استفاده می شود.



اتصالات T شکل در سازه های فولادی

در این اتصال، یک مقطع T شکل به منظور کنار هم نگه داشتن عضو اصلی و فرعی مورد استفاده قرار می گیرد. به این ترتیب، مقاومت در برابر بارهای برشی و خمشی به میزان زیادی افزایش می یابد. مقاومت تکیه گاهی در اتصال T شکل از اهمیت بالایی برخوردار است.

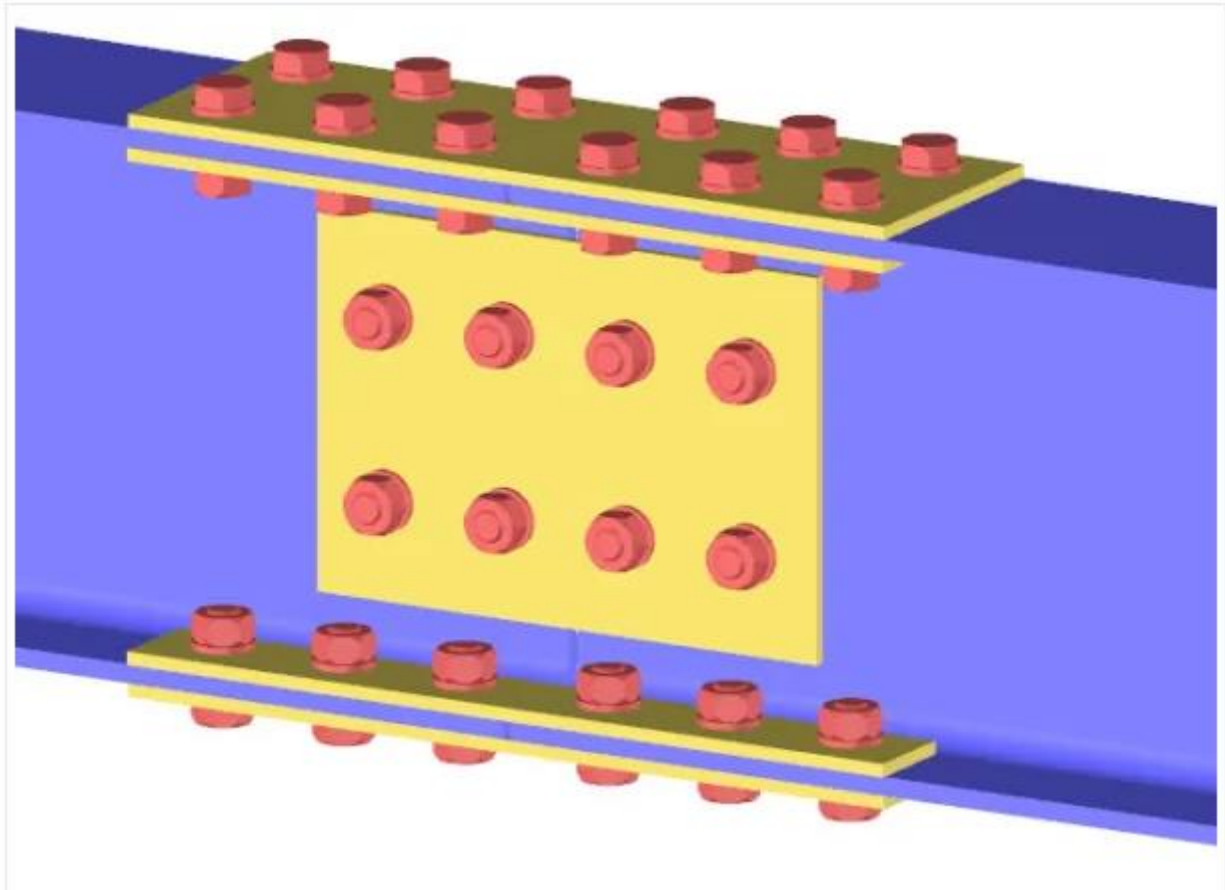


اتصالات محوری در سازه های فولادی

اتصالات محوری در سازه های فولادی، وظیفه مقاومت در برابر بارهای محوری را دارند. این اتصالات معمولاً برای اتصال ستون به ستون یا تیر به تیر مورد استفاده قرار می گیرند. اتصالات وصله ای، مهاربند و خرپا به عنوان انواع مختلف اتصالات محوری شناخته می شوند.

اتصالات وصله ای

اتصال وصله ای به منظور انتقال نیروهای محور، برشی و خمشی طراحی می شود. این نوع اتصالات دو عضو هم راستا (تیر یا ستون) را در کنار یکدیگر نگه می دارند. سطح مقطع های دو عضو در گیر در اتصالات وصله ای می توانند مشابه یا متفاوت باشند.



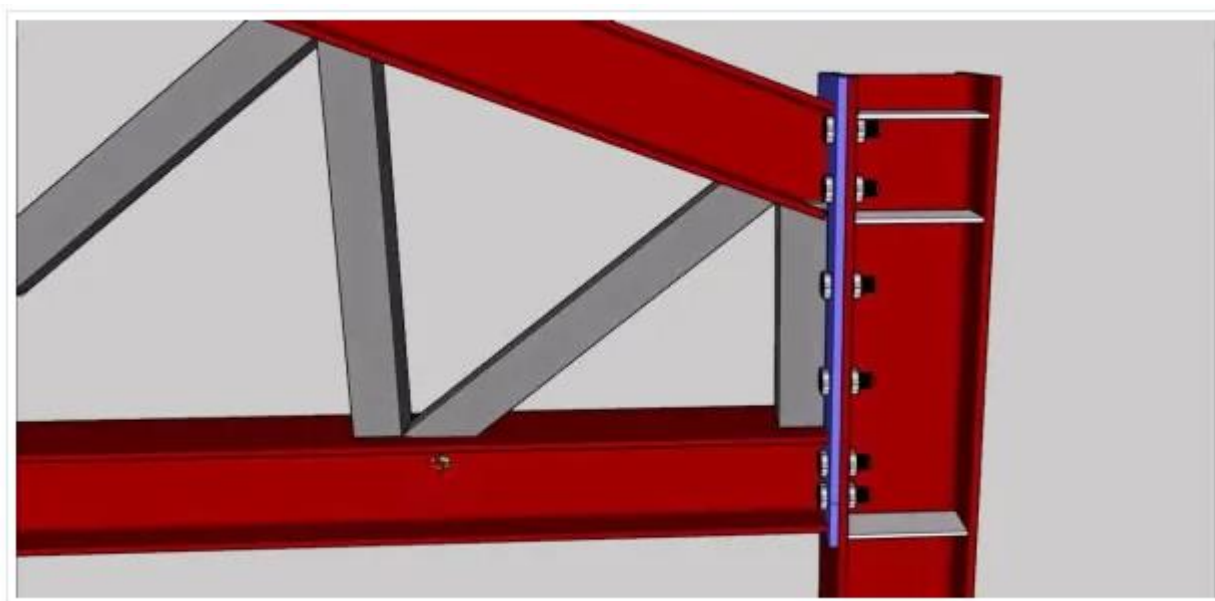
اتصالات مهاربند

اتصال مهاربند به منظور نگهداری ستون یا عضوهای دیگر سازه مورد استفاده قرار می گیرد. این نوع اتصال بارهای کششی و فشاری (بارهای محوری) اعمال شده را بین عضوهای مختلف توزیع کرده و از عضوهای اصلی سازه نگهداری می کنند.



اتصالات خرپایی

خرپا، مجموعه‌ای از تیرهای متصل به هم است که تشکیل یک سازه صلب را می‌دهد. به دلیل توزیع خوب بار در خرپا، این سازه مقاومت بسیار خوبی در برابر انواع بار دارد. اتصالات خرپایی نیز از اتصال چندین تیر فرعی به یکدیگر و همچنین به ستون یا تیر اصلی ایجاد می‌شوند. این نوع اتصالات، توزیع بارهای فشاری و کششی بین عضوهای سازه را به بهترین نحو انجام می‌دهند.



انواع اتصالات سازه های فولادی بر اساس عضوهای متصل شونده

اتصالات سازه های فولادی بر اساس نوع عضوهای درگیر به موارد زیر تقسیم می شوند:

- اتصالات تیر به ستون
- اتصالات تیر به تیر
- اتصالات ستون به ستون
- اتصالات پای ستون

اتصالات تیر به ستون در سازه های فولادی

اتصال تیر به ستون، یکی از رایج ترین پیکربندی های اعضای سازه های فولادی است. در این حالت، ستون به عنوان عضو اصلی (نگهدارنده) و تیر به عنوان یک عضو فرعی (نگهداری شونده) عمل می کند.



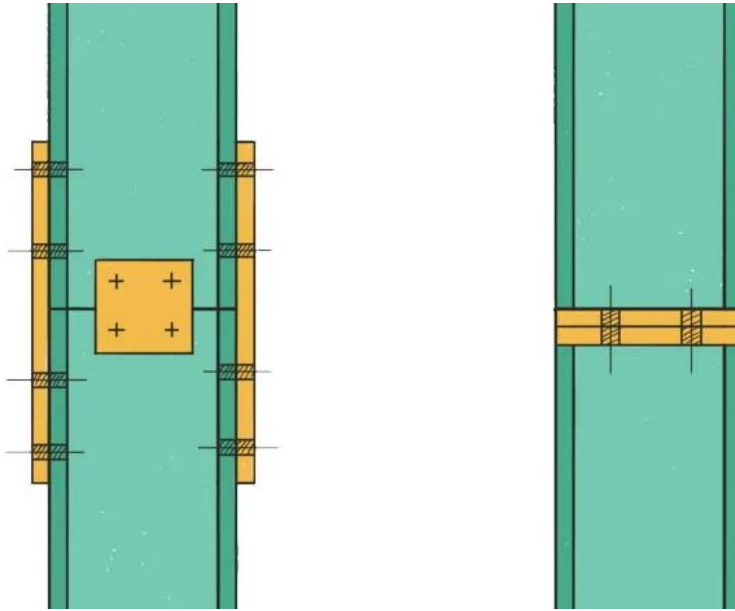
اتصالات تیر به تیر در سازه های فولادی

بسته به هندسه تیرها، دو نوع اتصال تیر به تیر در سازه های فولادی وجود دارد. در نوع اول، تیر اصلی به تیر فرعی مجاور خود متصل می شود. در نوع دوم، اتصالات وصله ای به منظور نگه داشتن دو تیر هم راستا در کنار یکدیگر مورد استفاده قرار می گیرند. به عبارت دیگر، این دو تیر به دلیل هم راستا بودن، به یکدیگر پیوند می خورند.



اتصالات ستون به ستون در سازه های فولادی

اتصال ستون به ستون در سازه های فولادی معمولاً توسط اتصالات وصله ای صورت می گیرد. به این ترتیب، دو ستون هم راستا به یکدیگر پیوند می خورند. کاربرد رایج این حالت، اتصال دو ستون با سطح مقطع های متفاوت است.



اتصالات پای ستون در سازه های فولادی

اتصال پای ستون در سازه های فولادی به عنوان نگهدارنده ستون بر روی شالوده بتنی در نظر گرفته می شوند. در طراحی این نوع اتصالات، مواردی نظیر اندازه، ضخامت و تراز بودن صفحه پایه مورد توجه قرار دارند. به منظور اتصال پای ستون به شالوده بتنی از «انکر بولت» (Anchor bolts) یا پیچ مهاری استفاده می شود. انکر بولت از جابجایی عمودی ستون در حین ساخت سازه جلوگیری می کند.



انواع اتصالات سازه های فولادی بر اساس روش اجرا

یکی دیگر از معیارهای تقسیم‌بندی اتصالات سازه های فولادی، نحوه اجرای اتصالات است. این معیار، تاثیر قابل توجهی بر روی هزینه تمام شده پروژه دارد. روش اجرای اتصالات سازه های فولادی به دو نوع اجرا در محل پروژه و اجرا در کارخانه تقسیم می‌شود. اجرای اتصالات در محل پروژه نیازمند تنظیم نهایی عضوها است. این مسئله باعث افزایش هزینه نیروی انسانی و افزایش فرآیندهای انجام کار می‌شود.

اجرای اتصالات در کارگاه، هزینه نیروی انسانی را کاهش می‌دهد. به علاوه، اتصال عضوها (جوشکاری المان‌های اتصال دهنده به عضوهای سازه) به طور کامل صورت می‌گیرد. به طور کلی، هزینه ساخت قطعات مختلف سازه در محل پروژه بیشتر از همین هزینه در کارگاه است. از این رو، به منظور کاهش هزینه‌های تمام شده، اجرای اتصالات سازه های فولادی به صورت ترکیبی انجام می‌شود.

اجرای اتصالات سازه های فولادی در کارگاه

اجرای اتصالات سازه های فولادی در کارگاه گزینه مناسبی برای جوشکاری است؛ چراکه جوشکاری در محل پروژه دشوار است و هزینه بالایی دارد. به منظور پیچ کاری و پرچ کاری فقط می‌توان بخش سوراخ کاری عضوهای فولادی را در کارگاه انجام داد. به این ترتیب، نصب و تکمیل این اتصالات باید در محل پروژه صورت گیرد.



از مزایای اجرای اتصالات سازه های فولادی در کارگاه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سرعت اجرای بالا
- هزینه تمام شده پایین در مقیاس‌های نسبتاً بزرگ تا بزرگ
- بهره‌وری بالا

معایب اجرای اتصالات سازه های فولادی عبارت هستند از

- نیاز به تجهیزات مخصوص
- نیاز به نیروی کار ماهر و باتجربه
- هزینه تمام شده بالا در مقایسه های کوچک

اجرای اتصالات سازه های فولادی در محل پروژه

اجرای اتصالات سازه های فولادی در محل پروژه معمولاً به منظور نصب پیچ و یا پرچ صورت می گیرد. در برخی از مواقع، عملیات جوشکاری نیز در محل پروژه انجام می شود. برای اتصالاتی که تمام بخش های آنها به وسیله جوش به یکدیگر متصل شده اند، انجام جوشکاری در محل پروژه اجتناب ناپذیر است. البته با جوشکاری المان های اتصال بر روی عضوهای فرعی (نگهداری شونده) یا عضوهای اصلی (نگهدارنده) در کارگاه می توان مقداری از هزینه تمام شده را کاهش داد. در این حالت، ادامه جوشکاری المان های اتصال بر روی عضوهای دیگر در محل پروژه صورت می گیرد.



عوامل موثر بر هزینه اتصالات سازه های فولادی کدام هستند؟

معمولاً هزینه ساخت و سرهم کردن یک سازه فولادی، حدود ۵۰ درصد از هزینه تمام شده سازه را در برمی گیرد. به همین دلیل، طراحی مناسب اتصالات سازه های فولادی از اهمیت بسیار بالایی در کنترل هزینه پروژه برخوردار است. عوامل متعددی بر روی هزینه طراحی و ساخت اتصالات تاثیرگذار هستند. در ادامه به معرفی هر یک از این عوامل می پردازیم.

وجود استانداردهای مشخص

استفاده از استانداردهای مشخص باعث کاهش هزینه ساخت قالبها و نصب قطعات در مقیاس بزرگ می شود. این موضوع به صرفه جویی در زمان نیز کمک می کند. در پروژه های بزرگ بهتر است از طراحی و به کارگیری اتصالات پیچیده اجتناب شود.

سادگی اجرای اتصالات

اجرای آسان فرآیندهای پیچ کاری یا جوشکاری در هنگام نصب اتصالات سازه های فولادی از اهمیت بالایی برخوردار است. در صورتی که جانمایی عضوهای متصل شونده به همراه تکیه گاه های موقتی صورت گرفته باشد، امکان آزادسازی سریع تر تجهیزات جابجایی و استفاده از آنها در بخش های دیگر فراهم می شود. به علاوه، در این حالت، تنظیم و نصب اتصالات سریع تر صورت می گیرد.

استفاده مناسب از فرآیندهای دستی و خودکار

بهره‌وری دستگاه‌های ماشین ابزار NC و جوشکاری زیرپودری پیوسته به عنوان روش‌های خودکار بسیار بیشتر از روش‌های دستی است. با این وجود، نصب و راه‌اندازی روش‌های خودکار هزینه بالاتری دارد. به همین دلیل، فرآیندهای خودکار برای ساخت قطعات با تعداد بالا مناسب هستند. در طرف مقابل، زمان نصب و راه‌اندازی پایین فرآیندهای دستی و هزینه ساخت هر یک قطعه در آنها پایین است. اگرچه، فرآیندهای دستی بهره‌وری و کیفیت پایینی دارند. به همین دلیل، استفاده از این فرآیندها در ساخت قطعات با تعداد پایین مناسب خواهد بود.

انتخاب روش اتصال مناسب

به طور کلی، اتصالات جوشی نسبت به اتصالات پیچی دارای بهره‌وری بالاتر و نیازمند آماده‌سازی بیشتر هستند. به این ترتیب، معمولاً از جوشکاری در کارگاه و از پیچ کاری در محل پروژه استفاده می‌شود. البته در برخی از موارد مانند ساخت اتصالات خرپایی با تعداد پایین، سوراخ کاری عضوهای متصل شونده در کارگاه و نصب اتصالات در محل پروژه صورت می‌گیرد. این کار باعث صرفه‌جویی در زمان و کاهش هزینه‌ها می‌شود. در طرف مقابل، هنگام ساخت اتصالات خرپایی با تعداد بالا و با مشخصات مشابه، هزینه تمام شده برای ساخت قالب‌ها و جوشکاری اتصالات در کارگاه کمتر خواهد بود.

عوامل موثر دیگر بر هزینه طراحی اتصالات سازه های فولادی

پیچیدگی جزئیات اتصالات باعث دشوار شدن اجرای آنها در محل پروژه می‌شود. این مسئله سردرگمی، بی‌توجهی، کیفیت پایین، تاخیر و هزینه‌های اضافی ناشی از تعمیرات و شکست اتصالات را در پی خواهد داشت. مسئله دیگر، یکسان بودن وزن قطعات پیش ساخته است. این موضوع برای استفاده بهینه از جرتقیل و بهره‌وری بیشتر تجهیزات حمل و نقل اهمیت پیدا می‌کند. استفاده از پیچ‌های HSFG نسبت به پیچ‌های معمولی، هزینه بالاتر، نیاز به نیروی کار ماهرتر و بازرسی دقیق‌تر را به همراه دارد. از این رو، به کارگیری این نوع پیچ باید به بخش‌های حساس‌تر سازه محدود شود.

introduction

Connections play a vital role in the structural integrity of concrete and steel structures. Proper design and execution of these connections are critical to ensuring the safety and durability of the overall structure. Adhering to design standards, conducting thorough behavior analysis, and maintaining quality during construction can prevent premature failures and enhance structural performance.

5.8 References

1. ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete.
2. American Institute of Steel Construction (AISC). Steel Construction Manual.
3. ASCE 7. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.
4. Iranian National Building Regulations, Chapter 10: Design and Construction of Steel Structures.
5. Standard 2800: Seismic Code for Design of Buildings.

Chapter Four: Connections in Concrete and Steel Structures

5.1. Introduction

Connections in concrete and steel structures are among the most crucial elements in structural design and execution. The overall performance of a structure largely depends on the proper transfer of forces through these connections. This chapter delves into the various types of connections, their characteristics, design standards, execution methods, and their behavior under loading conditions.

5.2. Types of Connections in Concrete Structures

5.2.1. Moment Connections

Moment connections in concrete structures are designed to transfer bending moments and shear forces. These connections are commonly found in beam-to-column joints and must be designed

to prevent shear failure while ensuring adequate moment capacity. Reinforcement detailing plays a significant role in their performance.

5.2.2. Hinge (Pin) Connections

Hinge connections are used to transfer axial and shear forces while allowing relative rotation between connected members. These connections are typically employed in simple structures and frames where flexibility is necessary.

5.2.3. Fixed (Rigid) Connections

Fixed connections are designed to transfer the full range of forces—bending moments, shear, and axial forces—from one member to another. They are typically used in rigid frame systems and require detailed reinforcement to ensure stability and load transfer.

5.3. Types of Connections in Steel Structures

5.3.1. Bolted Connections

Bolted connections are widely used due to their ease of installation, disassembly, and high strength. Bolts in these connections can function in two primary ways: frictional (slip-critical) or bearing-type. Proper tightening and the use of high-strength bolts are crucial for their performance.

5.3.2. Welded Connections

Welded connections are one of the most common connection types in steel structures, offering uniform force transfer and a seamless appearance. However, weld quality is critical, as poor welding can lead to cracks and structural failure.

5.3.3. Hinge and Fixed Connections

Hinge Connections: Allow rotational movement, typically used in simple frames.

Fixed Connections: Transfer moments, shear, and axial forces, commonly requiring full penetration welds or a combination of welds and high-strength bolts.

5.4. Design Requirements for Connections

5.4.1. Design Standards

The design of connections in concrete and steel structures adheres to global standards such as ACI 318 for concrete and AISC for steel. In addition, seismic design codes like ASCE 7 ensure connections can withstand dynamic loading. In Iran, the 2800 Standard and Chapter 10 of the National Building Regulations are crucial references.

5.5.2. Connection Behavior Analysis

Connections must be analyzed under various loading conditions, including gravitational and seismic forces. For seismic design, connections should be ductile enough to dissipate energy without brittle failure.

5.5. Execution Methods for Connections

5.5.1. Concrete Structures

Accurate Formwork and Reinforcement: Ensuring proper overlap and anchorage of reinforcement bars.

Quality Concrete Placement: Avoiding voids or honeycombing during pouring.

5.5.2. Steel Structures

Proper Welding: Using suitable electrodes and ensuring weld quality through inspections.

Bolt Tightening: Using torque wrenches to achieve specified bolt tension, ensuring the connection's reliability.

5.6. Common Issues and Failures in Connections

Cracking in Concrete Connections: Often due to shrinkage or improper curing.

Voids in Concrete Joints: Caused by poor compaction during placement.

Weld Failures: Resulting from inadequate welding or lack of inspection.

Bolt Shearing: Occurs when bolts are subjected to excessive shear forces or improper tightening.

5.7. Conclusion

Connections play a vital role in the structural integrity of concrete and steel structures. Proper design and execution of these connections are critical to ensuring the safety and durability of the overall structure. Adhering to design standards, conducting thorough behavior analysis, and

maintaining quality during construction can prevent premature failures and enhance structural performance.

۴, ۸. References

۱. ACI Committee 318. Building Code Requirements for Structural Concrete.
۲. American Institute of Steel Construction (AISC). Steel Construction Manual.
۳. ASCE 7. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.
۴. Iranian National Building Regulations, Chapter 10: Design and Construction of Steel Structures.
5. Standard 2800: Seismic Code for Design of Buildings.

(ترجمه مقاله فوق)

۵, ۱. مقدمه

اتصالات در سازه‌های بتنی و فولادی از مهم‌ترین عناصر در طراحی و اجرای سازه هستند. عملکرد کلی یک سازه تا حد زیادی به انتقال صحیح نیروها از طریق این اتصالات بستگی دارد. این فصل به انواع مختلف اتصالات، ویژگی‌های آنها، استانداردهای طراحی، روش‌های اجرا و رفتار آنها تحت شرایط بارگذاری می‌پردازد.

۵, ۲. انواع اتصالات در سازه‌های بتنی

۵, ۲, ۱. اتصالات گیردار (Moment Connections)

اتصالات گیردار در سازه‌های بتنی برای انتقال لنگر خمشی و نیروهای برشی طراحی می‌شوند. این اتصالات معمولاً در گره‌های تیر به ستون یافت می‌شوند و باید به گونه‌ای طراحی شوند که از شکست برشی جلوگیری کرده و ظرفیت خمشی کافی را تضمین کنند. جزئیات آرماتوربندی نقش مهمی در عملکرد این اتصالات دارد.

۵, ۲, ۲. اتصالات مفصلی (Hinge Connections)

اتصالات مفصلی برای انتقال نیروهای محوری و برشی استفاده می‌شوند و در عین حال اجازه چرخش نسبی بین اعضای متصل را می‌دهند. این اتصالات معمولاً در سازه‌ها و قاب‌های ساده به کار می‌روند که در آنها انعطاف‌پذیری لازم است.

۵, ۲, ۳. اتصالات صلب (Fixed Connections)

اتصالات صلب برای انتقال کلیه نیروها، از جمله لنگر خمشی، برش و نیروهای محوری، از یک عضو به عضو دیگر طراحی می‌شوند. این اتصالات معمولاً در سیستم‌های قاب صلب به کار می‌روند و نیاز به آرماتوربندی دقیق برای اطمینان از پایداری و انتقال بار دارند.

۵,۳. انواع اتصالات در سازه‌های فولادی

۵,۳,۱. اتصالات پیچی (Bolted Connections)

اتصالات پیچی به دلیل نصب آسان، قابلیت جداسازی و استحکام بالا به طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند. در این اتصالات، پیچ‌ها می‌توانند به دو روش اصلی اصطکاکی (لغزش بحرانی) یا اتکایی عمل کنند. سفت کردن صحیح پیچ‌ها و استفاده از پیچ‌های پرمقاومت برای عملکرد مناسب این اتصالات ضروری است.

۵,۳,۲. اتصالات جوشی (Welded Connections)

اتصالات جوشی یکی از متداول‌ترین انواع اتصالات در سازه‌های فولادی هستند که انتقال یکنواخت نیرو و ظاهری یکپارچه ارائه می‌دهند. با این حال، کیفیت جوش بسیار مهم است، زیرا جوشکاری ضعیف می‌تواند منجر به ترک و خرابی سازه شود.

۵,۳,۳. اتصالات مفصلی و صلب

اتصالات مفصلی: امکان حرکت چرخشی را فراهم می‌کنند و معمولاً در قاب‌های ساده استفاده می‌شوند.

اتصالات صلب: انتقال لنگر، برش و نیروهای محوری را انجام می‌دهند و معمولاً نیاز به جوش‌های نفوذی کامل یا ترکیبی از جوش و پیچ‌های پرمقاومت دارند.

۵,۴. الزامات طراحی برای اتصالات

۵,۴,۱. استانداردهای طراحی

طراحی اتصالات در سازه‌های بتنی و فولادی بر اساس استانداردهای جهانی مانند ACI 318 برای بتن و AISC برای فولاد انجام می‌شود. علاوه بر این، کدهای طراحی لرزه‌ای مانند ASCE 7 تضمین می‌کنند که اتصالات می‌توانند بارهای دینامیکی را تحمل کنند. در ایران، استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان مراجع مهمی هستند.

۵,۴,۲. تحلیل رفتار اتصالات

اتصالات باید تحت شرایط مختلف بارگذاری، از جمله بارهای ثقیلی و لرزه‌ای، تحلیل شوند. در طراحی لرزه‌ای، اتصالات باید به اندازه کافی شکل‌پذیر باشند تا انرژی را بدون شکست ترد جذب کنند.

۵,۵. روش‌های اجرای اتصالات

۵,۵,۱. سازه‌های بتنی

قالب‌بندی و آرماتوربندی دقیق: اطمینان از همپوشانی و مهار مناسب آرماتورها.
بتن‌ریزی با کیفیت: جلوگیری از ایجاد حفره یا کرم شدن بتن در حین بتن‌ریزی.

۵,۵,۲. سازه‌های فولادی

جوشکاری مناسب: استفاده از الکترودهای مناسب و اطمینان از کیفیت جوش از طریق بازرسی.
سفت کردن پیچ‌ها: استفاده از آچار گشتاور برای دستیابی به کشش مشخص شده در پیچ‌ها و اطمینان از قابلیت اطمینان اتصال.

۵,۶. مسائل و خرابی‌های رایج در اتصالات

ترک خوردگی در اتصالات بتنی: معمولاً به دلیل جمع‌شدگی یا عمل‌آوری نامناسب رخ می‌دهد.

حفره در اتصالات بتنی: ناشی از تراکم ضعیف بتن در هنگام بتن‌ریزی.

خرابی جوش: به دلیل جوشکاری ناکافی یا عدم بازرسی.

برش پیچ‌ها: زمانی رخ می‌دهد که پیچ‌ها تحت نیروهای برشی بیش از حد قرار گیرند یا به درستی سفت نشده باشند.

۵,۷. نتیجه‌گیری

اتصالات نقش حیاتی در یکپارچگی سازه‌های بتنی و فولادی ایفا می‌کنند. طراحی و اجرای صحیح این اتصالات برای اطمینان از ایمنی و دوام کلی سازه ضروری است. رعایت استانداردهای طراحی، تحلیل دقیق رفتار اتصالات و حفظ کیفیت در حین ساخت می‌تواند از خرابی‌های زودرس جلوگیری کرده و عملکرد سازه را بهبود بخشد.

۵,۸. مراجع

۱. کمیته ACI 318. الزامات کد ساختمانی برای بتن سازه‌ای.

۲. موسسه فولاد آمریکا (AISC). راهنمای ساخت و ساز فولاد.

۳. ASCE 7. حداقل بارهای طراحی برای ساختمان‌ها و سازه‌های دیگر.

۴. مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث دهم: طراحی و اجرای ساختمان‌های فولادی.

۵. استاندارد ۲۸۰۰: آیین‌نامه طراحی لرزه‌ای ساختمان‌ها.