

اتصالات در سازه های فولادی

معرفی انواع اتصالات در سازه های فولادی
پایگاه خبری تحلیل فولاد مرکز آهن

اصفهان-خیابان امام خمینی-چهار راه شریف-مجتمع الماس-طبقه ۵-واحد ۵۱۵ | مرکز آهن

اتصالات در سازه های فولادی



معرفی انواع اتصالات در سازه فولادی

اتصالات در سازه ها، اعضا و قسمت های مختلف سازه (اعم از تیرآهن و ستون) را به هم متصل کرده و نیروها را بین این اعضا منتقل می کند. یک اتصال هم مشابه با سایر قسمت های سازه در هنگام انتقال نیرو از خود تغییر شکل نشان می دهد. اتصالات را می توان به گونه های مختلفی دسته بندی کرد. از نظر مصالح تشکیل دهنده و اعضا متصل شونده می توان اتصالات در سازه های ساختمانی معمولی را به دسته های فولادی، بتنی و مختلط دسته بندی کرد. همچنین می توان اتصالات را از لحاظ درجه گیرداری به اتصالات گیردار، نیمه گیردار و ساده دسته بندی کرد که البته حالت گیردار و ساده به صورت ایده آل در نظر گرفته می شود و در واقعیت تقریباً تمام اتصالات در دسته اتصالات نیمه گیردار هستند. در هرکدام از دسته های موجود جزئیات اتصال متنوعی وجود دارد که با توجه به مکانیزم انتقال نیرو و نوع کاربرد و هدف از استفاده آن دسته بندی می شود.

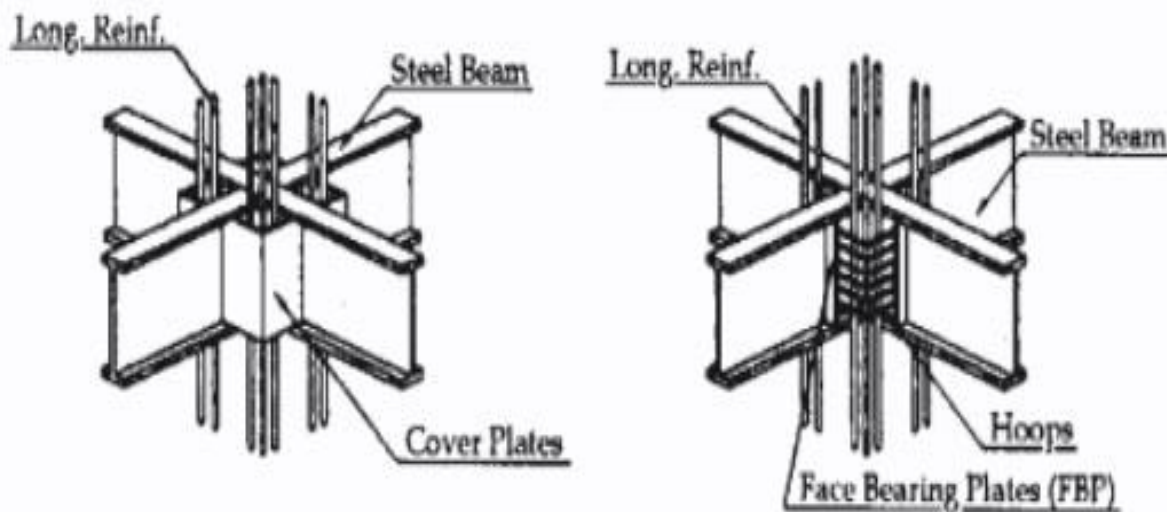


معرفی سازه های مختلط

در دهه اخیر استفاده از سیستم سازه های مختلط به دلیل کاهش برخی از ضعف های موجود و استفاده از مزایای خاص این دسته از سازه ها افزایش یافته است. سیستم های سازه ای مختلط را نیز می توان به صورت های مختلف دسته بندی نمود

- **سازه مختلط با تیرآهن و ستون بتنی**

در این نوع سازه ها تیرآهن با استفاده از جزئیات خاص به ستون های بتن آرمه متصل می شوند. این دسته از سازه ها دارای مزایای زیادی هستند که در ادامه این بخش به آن ها اشاره خواهد شد. به دلیل ابهامات زیاد در زمینه رفتار سازه های مختلط تیرآهن و ستون بتنی، بسیاری از آیین نامه ها در مورد این سازه ها سکوت کرده اند.



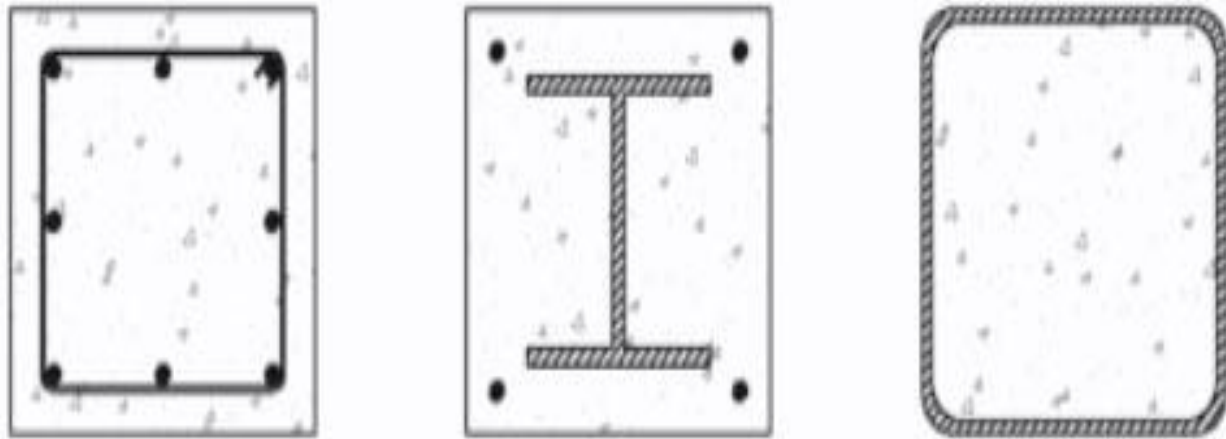
سازه مختلط با تیرآهن و سازه بتنی

- **سازه مختلط با مصالح مختلف در مقطع اعضا آن**

در این نوع سازه ها معمولا از مقاطع مرکب از بتن و فولاد استفاده می شود و در اغلب موارد با فرض عملکرد یکپارچه هر دو مصالح تحلیل و طراحی انجام می گیرد. دو دسته بزرگ از این سازه ها، سازه های بتن مسلح و سازه های مرکب با ستون فولادی توخالی پر شده با بتن است.

سازه های بتن مسلح که دارای سابقه بیشتری است و مدتهاست که مورد استفاده قرار می گیرد. در این سازه ها برای افزایش عملکرد یکپارچه از میلگردهای آجدار استفاده می شود که پیوستگی بین بتن و فولاد را افزایش می

دهد. استفاده سازه های مرکب با ستون فولادی توخالی پر شده با بتن در چند دهه اخیر برای سازه های بلند مورد توجه قرار گرفته است. در این سازه ها به دنبال استفاده از مزایای سازه های فولادی و بتن مسلح می باشند. از مزایای استفاده از سازه های با ستون فولادی توخالی پر شده با بتن می توان به وزن سبک، شکل پذیری قاب های فولادی و سختی ستون های مختلط بتنی و فولادی برای کنترل تغییر مکان های جانبی نسبی، اشاره کرد. در این سازه ها ستون های فولادی توخالی قالب لازم را برای بتن ریزی فراهم کرده و هسته بتنی ستون را محصور می کند.



چند نوع اعضای مختلط بتنی فولادی

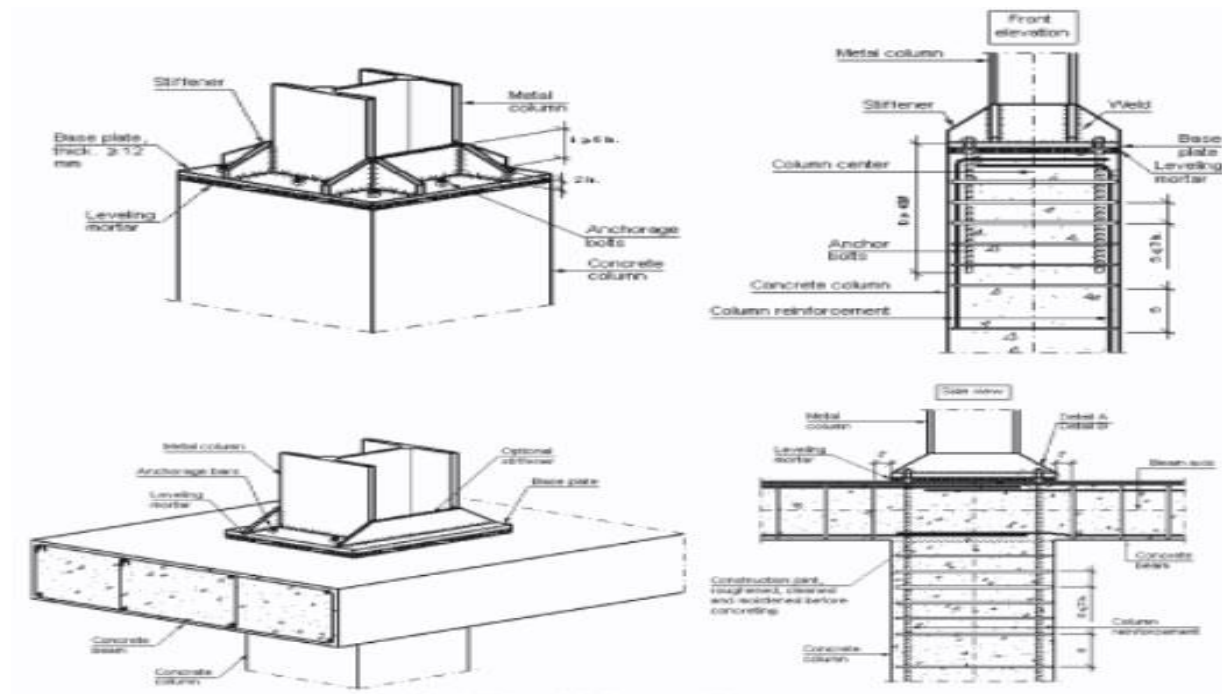
- **سازه مختلط در ارتفاع دارای چند طبقه بتنی و چند طبقه فولادی**

این سازه ها بیشتر در سازه های دارای طبقات زیر سطح زمین و به ویژه در ساختمان هایی که ستون های آن باید بتواند فشار جانبی خاک اطراف را تحمل کند، مورد استفاده قرار می گیرد. به علت اینکه سختی این سازه در بالای تراز ستون های بتنی کاهش چشمگیری دارد باید به این ناحیه از سازه توجه خاص داشت. اتصالات در این ناحیه یکی از مهمترین قسمت های سازه است که باید بتواند نیروهای سازه فوقانی را به خوبی به سازه تحتانی منتقل کند.

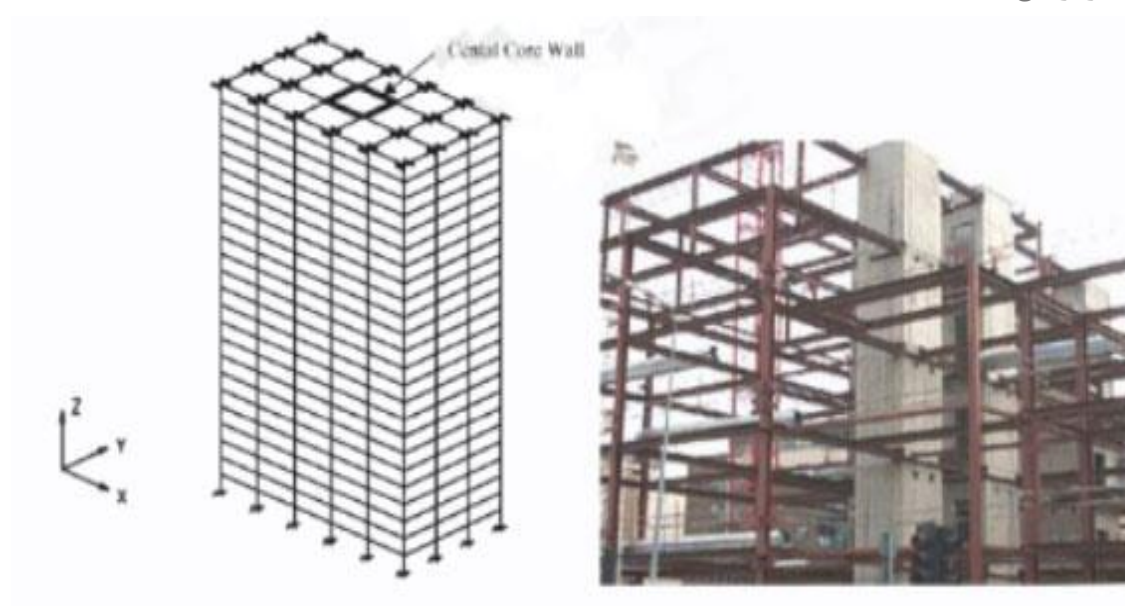
- **سازه مختلط با اسکلت فولادی و هسته بتنی مرکزی**

از این سازه ها بیشتر در ساختمان های بلند استفاده می شود و هدف از استفاده از آن ایجاد هسته بتنی برای افزایش سختی جانبی سازه و انتقال قسمت اعظم نیروهای جانبی سازه به هسته بتنی است. این هسته بتنی کنترل جابجایی های سازه را راحت تر کرده و وزن سازه را کاهش می دهد. یکی از قسمت های مهم در این نوع سازه ها اتصال بین تیرهای فولادی و دیوار بتنی است که باید در جزئیات آن دقت بیشتری کرد. اتصال باید بتواند نیروهای

وارد بر قسمت های مختلف سازه مخصوصا نیروهای جانبی وارد بر سازه و دیافراگم های سازه را به خوبی به هسته بتنی منتقل کند.



سازه مختلط در ارتفاع



سازه مختلط با اسکلت فولادی و هسته بتنی مرکزی

• مزایای سازه های مختلط تیرآهن و ستون بتنی

- ۱ - کاهش هزینه ها: با توجه به صرفه جویی مصالح، هزینه ها کاهش می یابد.
- ۲ - توانایی استفاده از اسکلت فولادی اولیه ضعیف برای برپا سازی که خود می تواند باعث افزایش سرعت ساخت این دسته از سازه ها شود.
- ۳ - افزایش جذب انرژی سازه: استفاده از تیرآهن به علت ظرفیت جذب انرژی بالای فولاد، باعث افزایش ظرفیت جذب انرژی سازه نسبت به سازه های بتنی می شود.
- ۴ - کاهش زمان ساخت نسبت به سازه های بتنی: در این سازه ها استفاده از تیرهای فولادی باعث می شود مزیت سرعت بالاتر اجرا در سازه های فولادی به دست آید، به دلیل اینکه بخش اعظم زمان در سازه های بتنی صرف قالب بندی و بتن ریزی و گذشت زمان لازم برای کسب مقاومت کافی بتن سقف می شود که با حذف آن سرعت اجرای سازه افزایش می یابد.
- ۵ - کاهش وزن سازه در دهانه های بزرگ: در سازه های با دهانه های بزرگ به خصوص در سازه های بتنی وزن اعضای آن به خصوص تیرها باعث افزایش وزن سازه می شوند که در این سازه ها با جایگزین شدن تیرآهن از وزن سازه کاسته می شود.
- ۶ - دستیابی راحت تر به معیار ستون قوی تیر ضعیف: این معیار به منظور اجتناب از رفتار غیر خطی نامناسب در ستون های سازه در نظر گرفته می شود. در سازه های فولادی با دهانه های بزرگ معمولاً این معیار بر طراحی ستون های سازه حاکم است. در سازه های مختلط با توجه به وجود ستون بتنی که معمولاً مقاومت خمشی آن نسبت به تیرآهن به میزان قابل توجهی بیشتر است این معیار راحت تر تامین می شود.
- ۷ - قابلیت استفاده از انواع مهاربند فولادی در سیستم باربر جانبی: در این سازه ها با توجه به وجود تیرهای فولادی و ستون بتنی می توان از سیستم مهاربند فولادی مختلف مانند بادبند ۷ و ۸ و بادبندهای فولادی واگرا به سهولت استفاده نمود.

چند نوع اتصال در سازه های مختلط وجود دارد

اتصالات در سازه ها دارای نقش اساسی می باشد و نگاهی بر زلزله های گذشته نشان می دهد که بسیاری از خسارت ها و خرابی ها ناشی از ضعف اتصالات بوده است. متأسفانه در کشور ما بحث ضعف در اتصالات نمود بیشتری دارد و اغلب موارد شاهد خسارت های زیاد ناشی از این ضعف هستیم. تحقیقات و آزمایشات زیادی در

زمینه اتصالات در کشور مورد نیاز می باشد تا با شناخت مناسب ضعف های موجود راه کارهای مناسب برای برطرف ساختن آن ارائه شود.

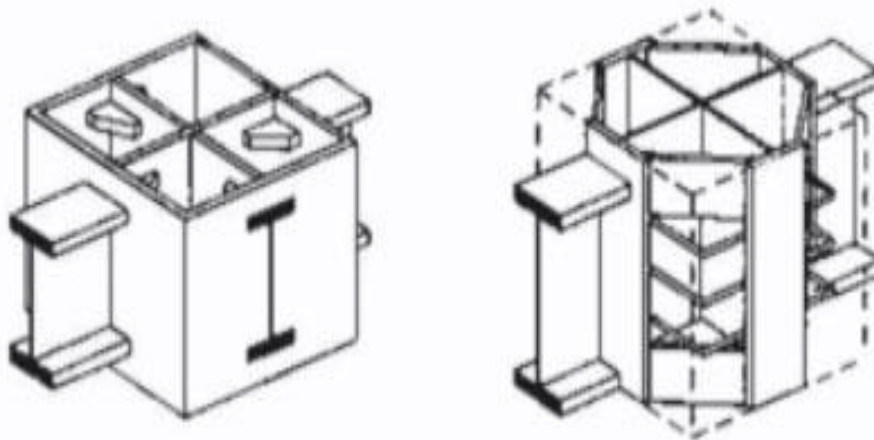
سازه های مختلط با تیرآهن و ستون بتنی دارای مزایای زیادی می باشند که در قسمت قبل به بعضی از این مزایا اشاره شد. در این سازه ها مهم ترین بخش سازه اتصالات آن می باشد. در صورت وجود اتصالات مناسب در آن ها می توان همزمان از مزایای سازه های بتنی و فولادی نظیر شکل پذیری بالای سازه های فولادی و سختی جانبی بالاتر سازه های بتنی استفاده نمود. در ادامه به ارائه چند نمونه اتصال خمشی پیشنهادی با جزئیات مختلف برای سازه های مختلط تیرآهن و ستون بتنی در حالت ستون عبوری از ناحیه اتصال به صورت قاب خمشی خواهیم پرداخت.

دسته بندی اتصالات مختلط تیرآهن و ستون بتنی

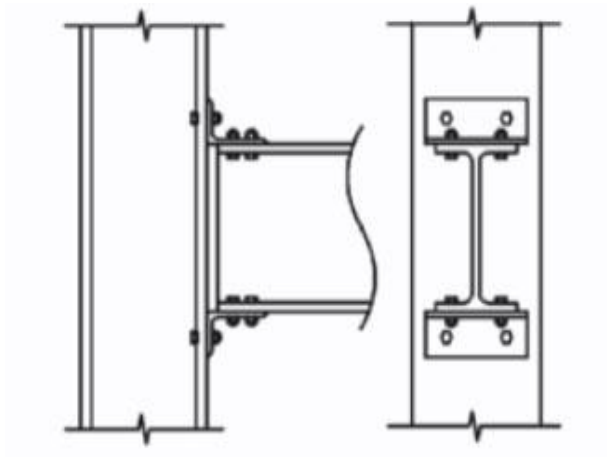
اتصال سازه های مختلط که در آن ها از تیرهای فولادی به همراه ستون های بتن مسلح استفاده می شود را می توان با توجه به خصوصیات مختلفی مانند خصوصیات ناحیه اتصال، مکانیزم گسیختگی اتصال و شکل پذیری اتصال دسته بندی کرد. در ادامه تعدادی از این دسته بندی ها ارائه می شود.

وضعیت چشمه اتصال

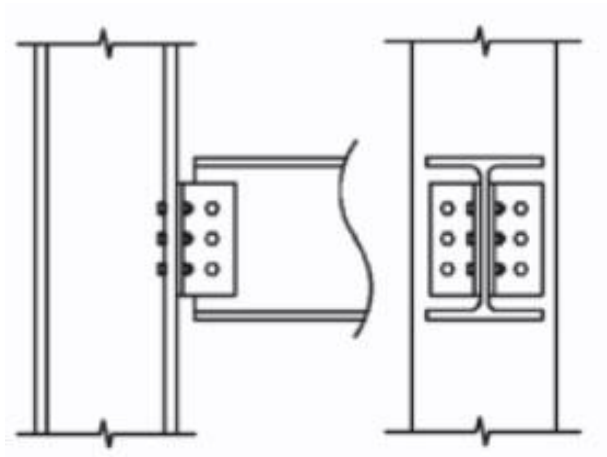
از نظر وضعیت چشمه اتصال، اتصالات مختلط به دو دسته تقسیم بندی می شوند
الف) در این نوع اتصال ستون به صورت پیوسته از داخل چشمه اتصال عبور می کند و تیر با استفاده از وسایل اتصال دهنده به ستون متصل می شود. جزئیات مختلفی برای اتصال تیر به ستون می تواند مورد استفاده قرار گیرد که از آن جمله می توان به اتصال تیر به غلاف فولادی و غلاف فولادی به ستون و اتصال با ورق انتهایی و بولت اشاره کرد.



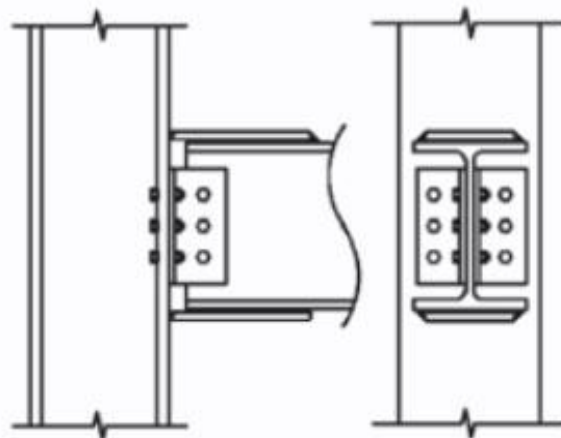
چند نمونه اتصال تیر آهن و ستون بتنی در حالت ستون عبوری از ناحیه اتصال اتصال تیر به غلاف فولادی یا ورق انتهایی مشابه اتصالات سازه های فولادی بوده که دارای انواع مختلف می باشد. از آن جمله می توان به اتصال با نبشی و نبشی فوقانی (شکل زیر)، اتصال با جفت نبشی جان، اتصال با ورق فوقانی و تحتانی و غیره اشاره کرد.



اتصال با نبشی نشیمن و نبشی فوقانی

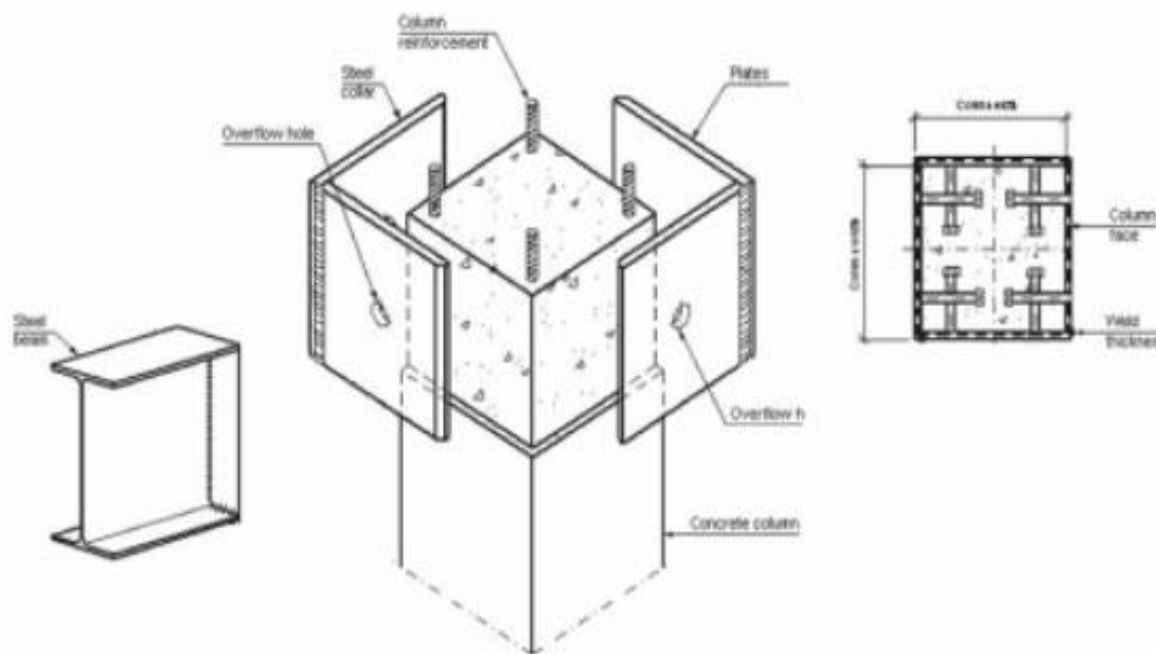


اتصال با جفت نبشی جان

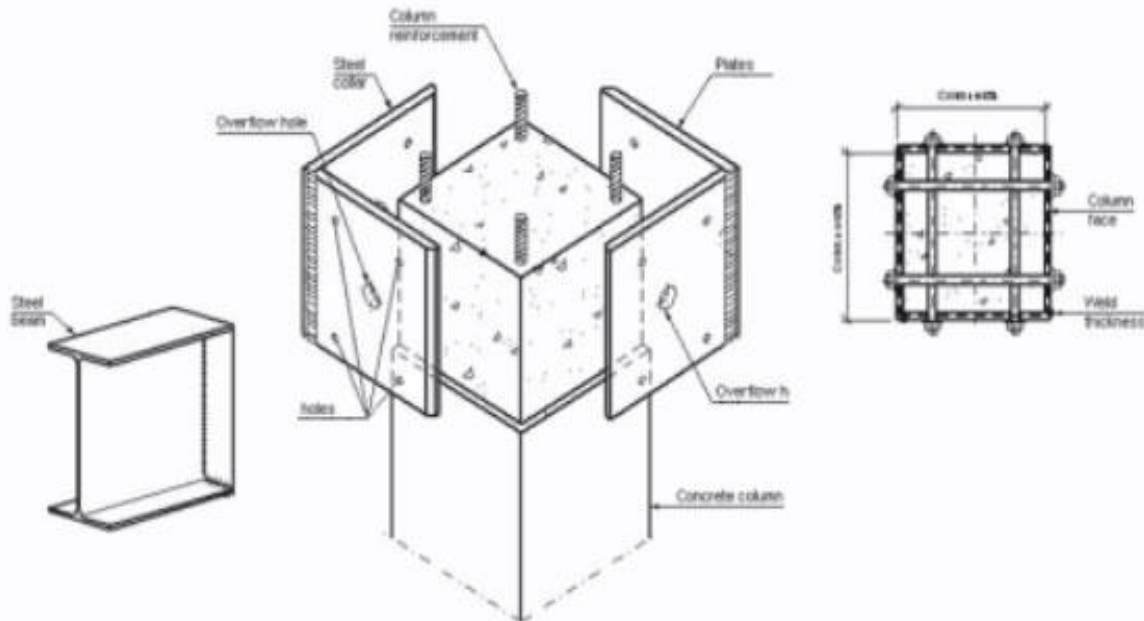


اتصال با ورق فوقانی و تحتانی

اتصال غلاف فولادی به ستون می تواند توسط وسایل اتصال دهنده ای همچون گل میخ، میل مهار و یا وسایلی که فقط برش را به چشمه اتصال انتقال می دهند مانند نبشی و ناودانی استفاده کرد.



اتصال توسط گل میخ



اتصالات توسط میل مهار

استفاده از غلاف فولادی در ناحیه اتصال باعث ایجاد محصور شدگی در چشمه اتصال می شود که خود باعث افزایش مقاومت فشاری و برشی چشمه اتصال می شود.

ب) اتصال با تیر عبوری از ناحیه اتصال

در این نوع اتصالات تیر به صورت پیوسته از داخل چشمه اتصال عبور می کند. البته در اتصالات میانی که تیر از دو طرف وارد ناحیه اتصال می شود یکی از تیرها به صورت پیوسته و دیگری به صورت ناپیوسته از ناحیه داخل چشمه اتصال عبور می کند. در بعضی از موارد برای سهولت در اجرای سازه اسکلت فولادی ضعیفی برای برپاسازی مورد استفاده قرار می گیرد که در این موارد تیر به پروفیل موجود به روش های مختلف اتصال داده می شود و ستون بتن مسلح در اطراف این پروفیل اجرا می گردد.

درجه گیرداری اتصال

درجه گیرداری اتصال به میزان لنگر انتقال یافته در اتصال به نسبت اتصال گیردار می شود. اتصالات مختلط تیر آهن و ستون بتنی را می توان از لحاظ درجه گیرداری اتصال به سه دسته تقسیم نمود:

الف) اتصال گیردار

در این دسته از اتصالات لنگر انتقال یافته توسط اتصال مختلط حداقل به میزان ۹۰ درصد لنگر اتصال گیردار کامل می باشد. در سازه های متوسط و کوتاه می توان این دسته از اتصالات را به تنهایی به عنوان سیستم باربر

جانبی به کار برد. اتصال کامل تیرآهن و اتصال با ورق های فوقانی و تحتانی با توجه به سایر جزئیات اتصال مختلط در ناحیه اتصال می تواند در این دسته از اتصالات قرار گیرد.

ب) اتصال مفصلی

در این دسته از اتصالات فقط برش و نیروی محوری در ناحیه اتصال به ستون منتقل شده و لنگر انتقال یافته توسط اتصال حداکثر به میزان ۲۰ درصد اتصال گیردار کامل می باشد. این دسته از اتصالات باید همراه با سایر سیستم های باربر جانبی نظیر دیوار برشی بتنی و فولادی و مهاربندهای فولادی به کار برده شود. اتصال با جفت نبشی جان و اتصال با نبشی نشیمن و فوقانی می تواند در این دسته از اتصالات قرار گیرد.

ج) اتصال نیمه گیردار

در حقیقت بیشتر اتصالات در دسته اتصالات نیمه گیردار قرار می گیرند. در این دسته از اتصالات علاوه بر نیروی محوری، لنگر خمشی به میزان ۲۰ تا ۹۰ درصد لنگر اتصال گیردار کامل به تکیه گاه منتقل می شود. در عمل در اتصالات خمشی در حالتی که وسایل اتصال دهنده به خوبی نیروهای وارده به اتصال را به ستون منتقل نکنند، اتصال به صورت نیمه گیردار عمل کرده و از کارایی آن به عنوان سیستم باربر جانبی مسنقل کاسته می شود. از سازه های با اتصالات نیمه گیردار با توجه به درجه گیرداری در سازه های کوتاه و در مناطق با خطر لرزه خیزی پایین می توان به تنهایی به عنوان سیستم باربر جانبی استفاده نمود. افزایش درجه گیرداری اتصالات در سازه های با قاب خمشی معمولا باعث تعدیل نیروهای داخلی شده که منجر به کاهش ابعاد اعضا تیر و ستون در سازه می شود.

مکانیزم گسیختگی اتصال

در اثر اعمال بارهای جانبی شامل بارهای زلزله نیروهای داخلی اعضا و چشمه اتصال افزایش یافته و در نهایت با ادامه بارگذاری بر اثر ترکیب این نیروهای جانبی و نیروهای ناشی از بارهای ثقلی، سازه به بار نهایی رسیده و بعد از آن به گسیختگی می رسد. این گسیختگی می تواند ناشی از تشکیل مفاصل پلاستیک در اعضا و یا گسیختگی برشی چشمه اتصال باشد. بر این اساس می توان اتصالات را به سه دسته تقسیم بندی نمود.

تشکیل مفصل پلاستیک تیر

معمولا تشکیل مفصل پلاستیک در تیر مطلوب تر از سایر مکان ها می باشد. دلیل این امر افزایش ظرفیت جذب انرژی و شکل پذیری در سازه، امکان ترمیم و مقاوم سازی راحت تر پس از زلزله و هدایت گسیختگی به سمت خرابی موضعی در سازه است. در بعضی از سازه ها برای هدایت مفصل پلاستیک به داخل تیرها از تیرهایی با مقطع کاهش یافته در نزدیکی اتصالات استفاده می کنند. استفاده از این اعضا باعث کاهش مقاومت عضو در این ناحیه

و در نهایت ایجاد مفصل پلاستیک در تیر می شود. البته روش های دیگری نیز برای انتقال کنترل شده مفصل پلاستیک به داخل تیر وجود دارد که از جمله آن ها می توان به کاهش مدول الاستیسیته فولاد تیر به صورت موضعی به وسیله حرارت دادن و یا افزایش مقاومت ناحیه اتصال به وسیله وسایل اتصال دهنده اشاره کرد.

گسیختگی برشی چشمه اتصال

اگرچه تشکیل مفصل برشی در چشمه اتصال معمولا باعث افزایش ظرفیت جذب انرژی و شکل پذیری اتصال می شود، این حالت خیلی مطلوب نیست، به این دلیل که ترمیم و مقاوم سازی آن بعد از وقوع زلزله معمولا مشکل و در بعضی موارد غیر ممکن است. البته حالت معمولی که در بسیاری از سازه ها رخ می دهد، تشکیل مفصل پلاستیک در تیر و گسترش آن به داخل چشمه اتصال است.

تشکیل مفصل پلاستیک در ستون

از تشکیل مفصل پلاستیک در داخل ستون ها باید به شدت پرهیز کرد. ایجاد مفصل پلاستیک در ستون ها باعث ایجاد مشکلات زیادی در سازه از جمله کاهش ظرفیت جذب انرژی و شکل پذیری سازه، ایجاد طبقه نرم و جابجایی های نسبی زیاد در طبقه ای که در تعداد زیادی از ستون های آن مفصل پلاستیک ایجاد شده، و هدایت گسیختگی به سمت خرابی کلی در سازه است. به عنوان یک اصل کلی در طراحی سازه ها معمولا سعی می شود با اعمال معیارهایی مانند ستون قوی و تیر ضعیف از وقوع مفاصل پلاستیک و در نتیجه خرابی کلی در سازه جلوگیری شود.

شکل پذیری اتصال

افزایش شکل پذیری در اتصالات قابلیت جذب انرژی در آن ها را تحت بارهای جانبی و زلزله افزایش می دهد. اتصالات را از نظر شکل پذیری به سه دسته اتصالات با شکل پذیری بالا، اتصالات با شکل پذیری متوسط و اتصالات با شکل پذیری معمولی تقسیم بندی می کنند. این دسته بندی معمولا براساس نسبت جابجایی حداکثر سازه به جابجایی معادل تسلیم انجام می شود. هر چقدر این نسبت بزرگتر باشد شکل پذیری سازه بیشتر است. در سازه های با شکل پذیری پایین این نسبت در سازه به یک نزدیک است.