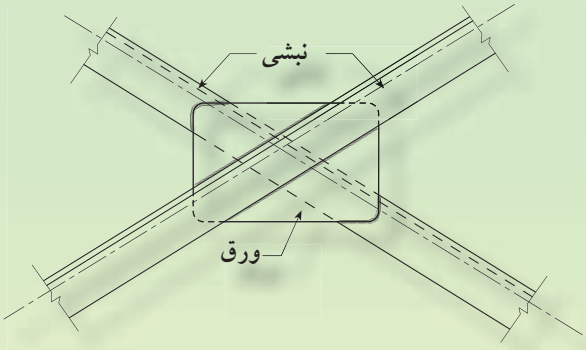
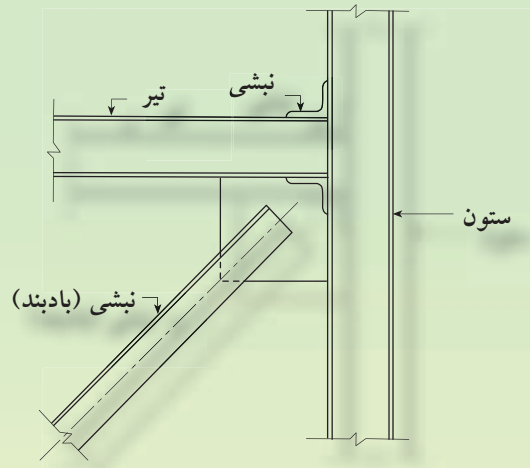
فصل ۸

اتصالات در سازه‌های فولادی







هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل فراگیر باید بتواند:

۱. انواع اتصالات در ساختمان‌های فولادی را نام ببرد و هر کدام را توضیح دهد.
۲. انواع اتصالات تیر به ستون در ساختمان‌های فولادی را نام ببرد و تفاوت آن‌ها را از لحاظ عملکرد و نیروهای قابل تحمل شرح دهد.
۳. انواع اتصالات ساده را شرح دهد.
۴. روش‌های اجرای اتصالات ساده را توضیح دهد.
۵. اتصال صلب را تعریف کند و روش‌های اجرای آن را شرح دهد.
۶. اتصال خورجینی را تعریف کند و روش اجرای آن را شرح دهد.
۷. دلایل استفاده از اتصال خورجینی و نقاط ضعف آن را توضیح دهد.
۸. نکات اجرایی در اتصال مهاربندها را شرح دهد.
۹. دلایل وصله کردن تیرها و روش‌های اجرایی آن را شرح دهد.
۱۰. محل اتصال ستون به ستون و روش اجرای آن را شرح دهد.
۱۱. جزییات طراحی و اجرایی وصله‌ی تیرهای راه پله را شرح دهد.

۸-۱- انواع اتصالات در ساختمان‌های فولادی

اتصال (Connection) اعضای مختلف یک سازه‌ی فولادی متشکل از اعضای فشاری، کششی و خمشی به یکدیگر و به خودشان با روش‌های مختلف انجام می‌شود که شامل اتصال تیر به ستون، اتصال مهاربند به قاب، اتصال پای ستون و وصله‌ها می‌باشد.



۸-۲- اتصال تیر به ستون

مجموعه به هم پیوسته اعضای یک سازه را معمولاً «قاب» (Frame) می‌نامیم. اصولاً در ساختمان‌های فولادی نحوه اتصال و رفتار قطعات نسبت به یکدیگر در تکیه‌گاه (محل تقاطع اعضا) در محاسبات حائز اهمیت می‌باشد. بدون درنظرگرفتن چگونگی رفتار قطعات نسبت به هم، تعیین مشخصات مقاطع ستون‌ها و شاهتیرها میسر نیست. اتصالات در تکیه‌گاه ساختمان‌های فولادی که برای به هم پیوستن اعضای سازه به کار می‌رود، عموماً به سه دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند:



اتصال اعضای قاب در اسکلت فولادی

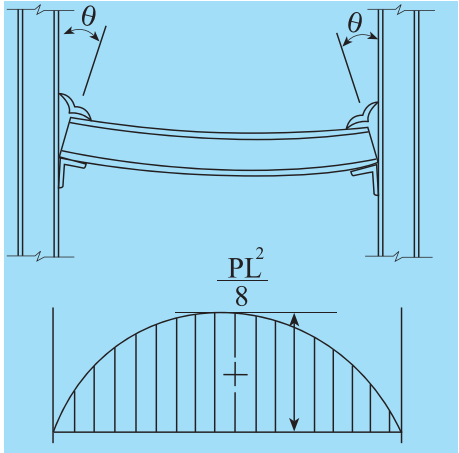
الف) اتصال ساده (مفصلی)

ب) اتصال نیمه صلب

پ) اتصال صلب

۸-۲-۱- اتصال ساده تیر به ستون (مفصلی) (hinge connection)

در این نوع اتصال تیر می‌تواند آزاد باشد و به راحتی دوران زاویه‌ای به خود بگیرد. بنابر این در این تکیه‌گاه لنگر گیرداری وجود ندارد. به عبارتی تکیه‌گاه، لنگری را منتقل نمی‌کند. اتصال با جفت نبشی جان، اتصال با نبشی نشیمن و اتصالات با نشیمن تقویت شده از این گروه هستند که آن‌ها را «اتصالات برشی» نیز می‌نامند.



شکل ۸-۱- نمودار لنگر خمشی در اتصال ساده

بیش‌تر بدانیم



ضعف نبشی اتصال و جوش نامرغوب اتصال موجب جداشدن تیر از ستون در زلزله‌ی بم شده است.



اتصال صحیح تیر و ستون موجب پایداری سازه در زلزله بم شده است.

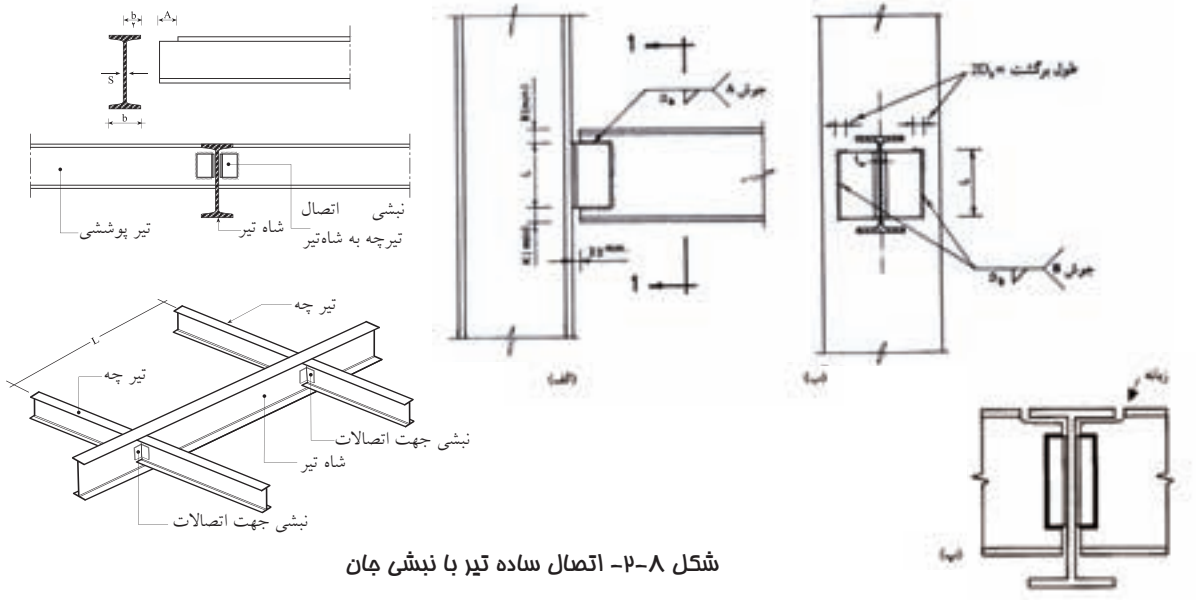
۸-۲-۱-۱- اتصال ساده‌ی تیر با نبشی جان





اتصال ساده‌ی برشی به کمک نبشی جان، برای اتصال تیرچه به شاهتیر یا تیر به ستون به کار می‌رود. در این نوع اتصال، نبشی باید تا سر حد امکان انعطاف پذیر در نظر گرفته شود (شکل ۸-۲).

در این اتصال ساده‌ی تیر به تیر دو عدد نبشی را در یک سر تیر به جان آن جوش می‌دهند و در سمت دیگر با خال جوش به ستون یا شاهتیر متصل می‌کنند. جوش بین نبشی و ستون یا شاهتیر را بعد از این که اتصال تنظیم شد، بر روی کار انجام می‌دهند. وقتی که از نبشی جان برای اتصال تیر به ستون استفاده می‌گردد، فاصله‌ای در حدود ۲۰ میلی متر بین تیر و ستون در نظر گرفته می‌شود تا نصب تیر ساده باشد. وقتی که اتصال تیرچه به شاهتیر به نحوی انجام می‌گیرد که بال‌های فوقانی هر دو در یک تراز واقع می‌گردد، باید قسمتی از بال تیرچه را زبانه کرد (شکل ۸-۲-پ).



شکل ۸-۲- اتصال ساده تیر با نبشی جان

بیش‌تر بدانیم



اتصال نادرست تیربه ستون با مقطع قوطی شکل که نبشی نشیمن چند سانتیمتر پایینتر از محل اصلی خود قرار گرفته است و سازنده به جای نصب نبشی نشیمن اقدام به سوراخ کردن قوطی کرده و تیر را در داخل آن قرار داده است.

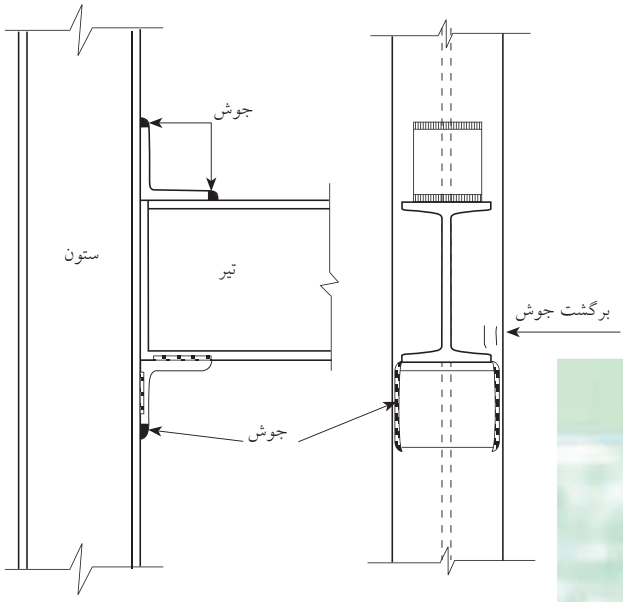




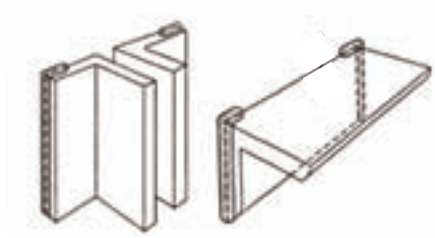
۸-۲-۱-۲- اتصال ساده‌ی تیر با نبشی نشیمن:

مانند اتصال ساده با نبشی جان، از اتصال با نبشی نشیمن تنها برای انتقال واکنش تکیه‌گاهی قائم استفاده می‌شود. بنابراین اتصال نباید در انتهای تیر، گیرداری قابل توجهی ایجاد کند. به این دلیل است که نبشی نشیمن و نبشی بالایی باید نسبتاً قابل انعطاف باشند. در این نوع اتصال، تیر بر روی یک نشیمن که هیچ گونه تقویتی در آن صورت نگرفته است، قرار می‌گیرد.

نبشی نشیمن عمل نصب و تنظیم تیر را آسان می‌کند. این نوع نبشی معمولاً ابتدا در کارخانه یا درکارگاه در ارتفاع لازم به ستون جوش داده می‌شود و بعد از نصب ستون، تیر را روی آن سوار نموده و به آن جوش می‌دهند. در این اتصال، نبشی کمکی دیگری در بالای تیر نصب و جوش می شود که در باربری قائم مشارکت ندارد و تنها برای ثابت نگه داشتن تیر در محل خود و تأمین تکیه‌گاه عرضی و جلوگیری از غلتیدن آن به کار می‌رود. سعی می‌شود اتصال با نبشی نشیمن تا حدامکان انعطاف پذیر باشد تا از آزادی دورانی تیر در تکیه‌گاه جلوگیری نشود و در حقیقت بصورت اتصالی ساده و مفصلی عمل نماید و تکیه‌گاه لنگری را تحمل نکند. معمولاً عرض نشیمن نباید از ۷/۵ سانتی‌متر کمتر باشد. طبق ضوابط طراحی، عرض استاندارد ۱۰ سانتی‌متر برای نشیمن انتخاب می‌شود. برای این منظور نبشی فوقانی را با ابعاد ظریف انتخاب کرده و فقط دو لبه‌ی انتهایی بال‌های آن‌را (در امتداد عرض بال تیر) جوش می‌دهند. (شکل ۸-۳)



شکل ۸-۳- اتصال ساده تیر با نبشی نشیمن



قلاب انتهایی (برگشت جوش در اتصال ساده)

بیش‌تر بدانیم



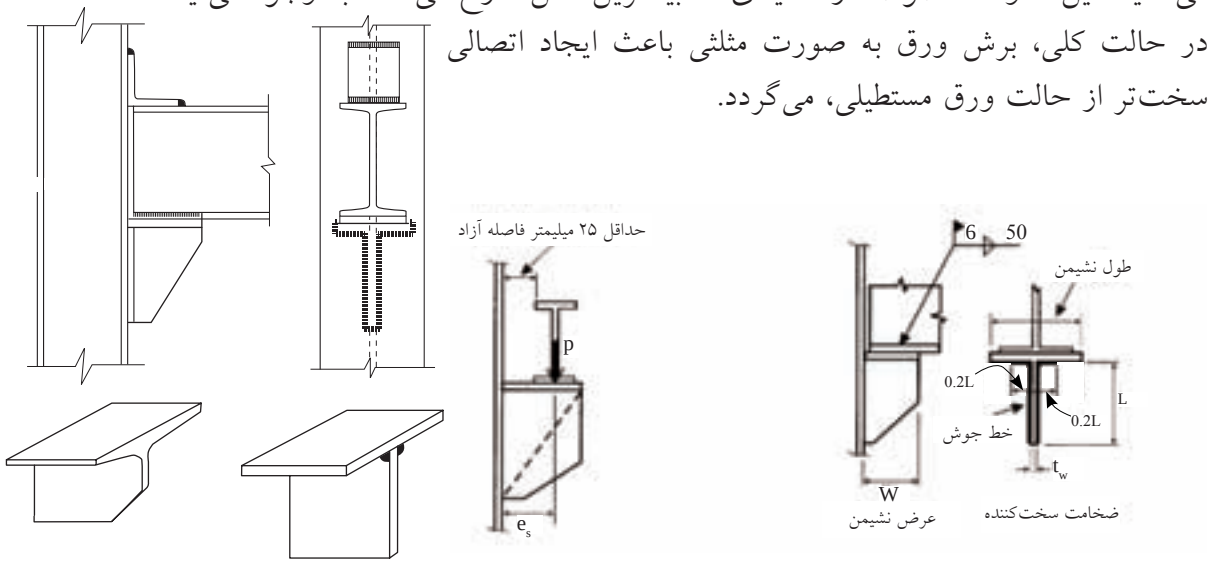
اتصال صحیح تیر به ستون که در حین زمین لرزه سالم مانده و پایداری سقف و تیر را حفظ نموده است.

۸-۲-۱-۳- اتصال ساده تیر با نشیمن تقویت شده

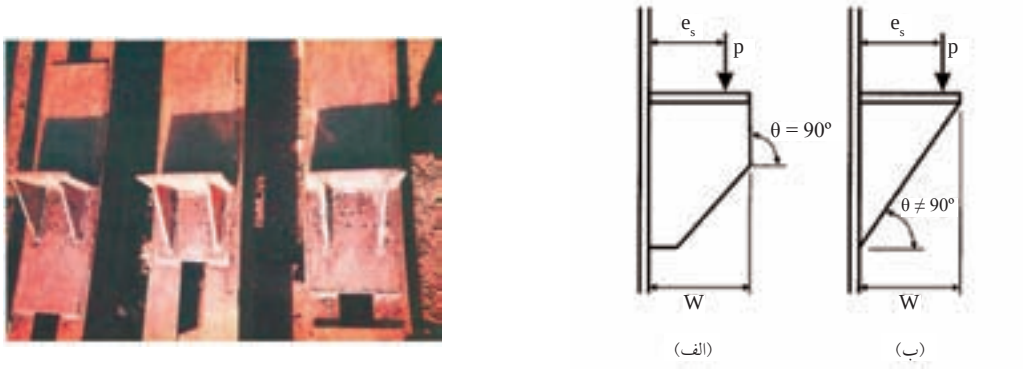
وقتی که عکس العمل قائم در محل تکیه‌گاه زیادتر از حدّ تحمل نشیمن‌های ساده گردد، می‌توان از نبشی با ورق تقویت شده استفاده کرد. ضخامت صفحه‌ی نشیمن‌گاه در حدود ضخامت بال تیر انتخاب می‌شود و از صفحات تقویت‌کننده (محکم کننده) زیر نشیمن به صورت مستطیلی یا مثلثی (که لچکی نامیده می‌شود) استفاده می‌گردد. (شکل ۸-۴)

وقتی که صفحات سخت کننده در زیر یک نشیمن طاقچه‌ای به صورت مثلثی مانند شکل ۸-۵-ب برش داده می‌شود، صفحه به صورتی متفاوت با حالتی که لبه‌ی آزاد موازی جهت بار وارده است (شکل ۸-۵-الف) عمل می‌نماید. این تفاوت خصوصاً در ناحیه‌ای که بیشترین تنش‌ها رخ می‌دهند به وجود می‌آید.

در حالت کلی، برش ورق به صورت مثلثی باعث ایجاد اتصالی سخت‌تر از حالت ورق مستطیلی، می‌گردد.



شکل ۸-۴- انواع اتصال ساده با نشیمن تقویت شده



شکل ۸-۵- اتصال ساده با نشیمن تقویت شده

با این که این اتصال برای نیمرخ‌های تک هم قابل استفاده است، ولی نیمرخ‌های زوج به دلیل عکس‌العمل‌های تکیه‌گاهی بالاتر، نیاز بیشتری به تکیه‌گاه‌های تقویت شده دارند.

لازم به ذکر است جهت جوش دادن ورق سخت‌کننده در داخل نبشی تکیه‌گاه نکات زیر باید رعایت شود:

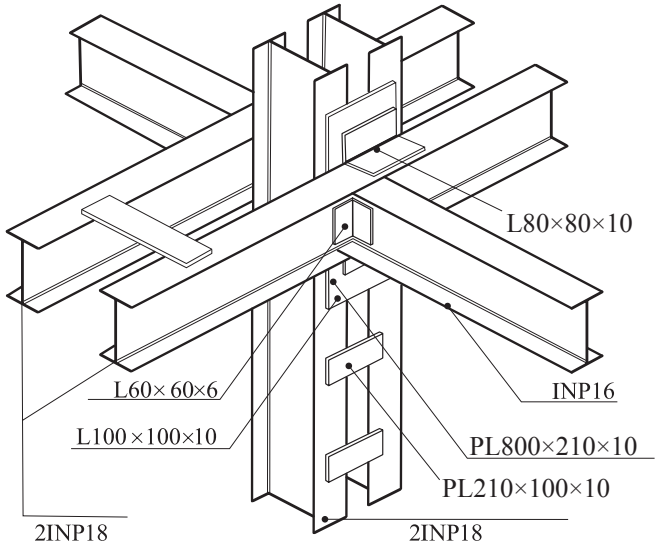
۱-جهت حرکت جوشکاری از گیرداری بیشتر به سمت آزادی بیشتر است یعنی از محل کنج داخلی نبشی به سمت بیرون.
۲-در انتهای جوش هرطرف سخت‌کننده یک برگشت به سمت مقابل (قلاب کردن جوش) انجام شود.
۳-از ایجاد حوضچه‌ی جوش پرنشده خودداری شود.



جوشکاری نبشی نشیمن روی زمین

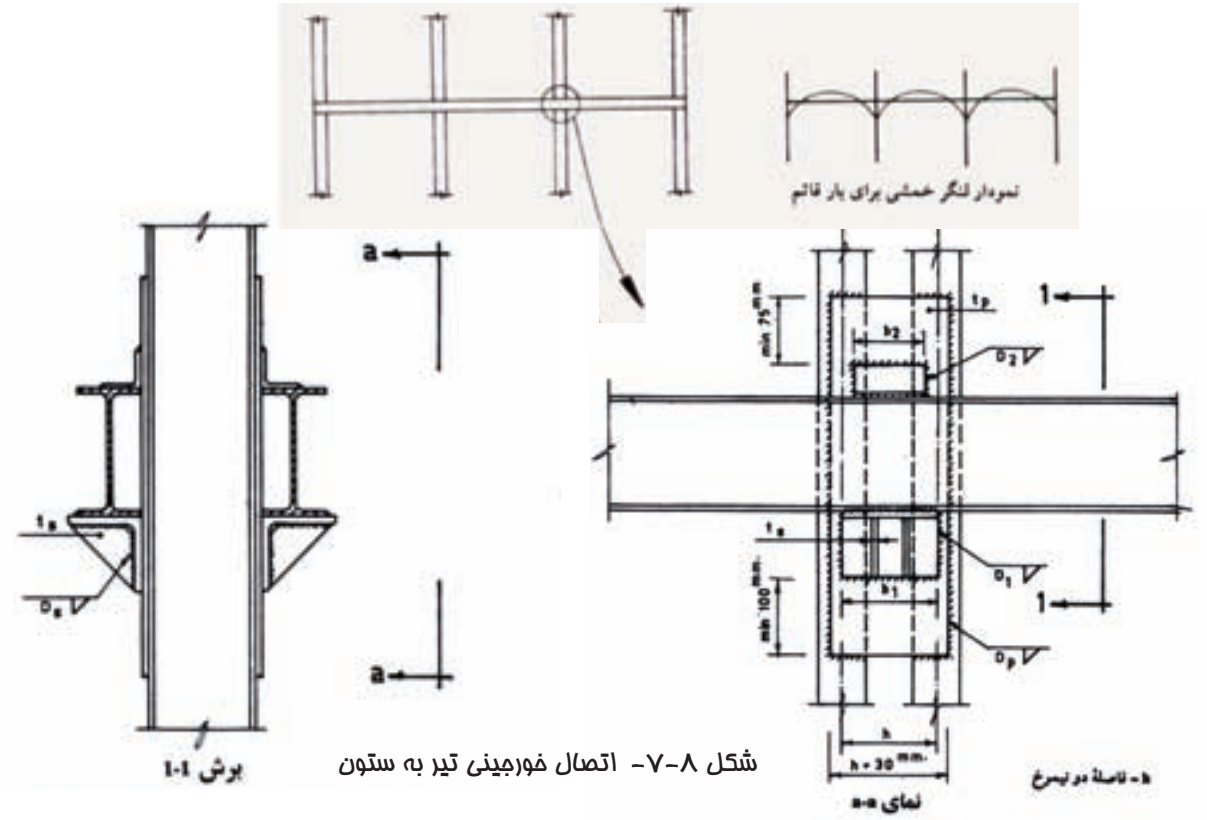
۸-۲-۱-۴- اتصال خورجینی

اتصال خورجینی در گذشته متداول‌ترین شکل اتصال در ساختمان‌های اسکلت فلزی در ایران بود. نحوه‌ی اجرای اتصال خورجینی بدین طریق است که تیرهای باربر از طرفین ستون‌ها به طور یکسره عبور داده می‌شوند و روی نبشی‌هایی که در طرفین ستون نصب شده‌اند قرار می‌گیرند. معمولا در بالای هر تیر یک نبشی قرار می دهند، لذا اتصال خورجینی تامین‌کننده‌ی نشیمن برای عبور یک جفت تیر سرتاسری از طرفین ستون است.(شکل ۸-۶ و ۸-۷)
کاربرد گسترده‌ی این اتصال در ایران به علت سادگی اجرا، کاهش هزینه، کم کردن نیمرخ بال پهن و قابلیت استفاده از شماره‌های بالای نیمرخ IPE بوده‌است. یکی از اجزای کلیدی دراتصال خورجینی، نبشی‌های بالا و پایین اتصال است. تیرهای اصلی قاب‌ها که به صورت یکسره از کنار ستون‌ها عبور کرده‌اند، روی نبشی‌های نشیمن سوار می‌شوند و معمولا از یک نبشی اتصال کوچک نیز برای اتصال بال فوقانی تیر به ستون استفاده می‌شود که مقداری گیرداری در اتصال به وجود می‌آورد. نبشی تحتانی با عرض پهن‌تر از پهنای بال تیر I شکلی که بر روی آن قرار می‌گیرد، انتخاب می‌شود و این عمل به خاطر فراهم نمودن سطحی است که بتوان تیر را به نبشی جوش داد.
وقتی که ستون‌ها به صورت خوابیده بر روی زمین آماده‌سازی می‌شوند، نبشی‌های تحتانی در محل‌های خود جوش می‌شوند و پس از نصب ستون‌ها و قراردادن تیرها بر روی نبشی‌های تحتانی، بال تیر به نبشی تحتانی به صورت افقی جوش شده و سپس نبشی فوقانی نصب و به بال فوقانی تیر جوش می‌شود.



شکل ۸-۶- اتصال خورجینی تیر به ستون

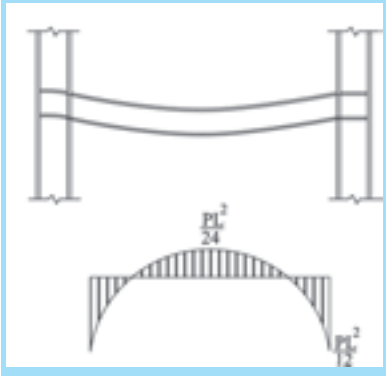
قاب با اتصال خورجینی فقط برای تحمل بارهای قائم طراحی می‌شوند. این اتصال در مقابل بارهای جانبی عملکرد خوبی ندارد و تنها برای تحمل بارهای قائم مناسب است و بارهای جانبی را باید سیستم‌های دیگری از جمله مهاربندها تحمل کنند.
یکی دیگر از مشکلات اتصال خورجینی هنگامی بروز می‌کند که تیرها در دو طرف، دهانه‌های نامساوی را پوشش دهند. در این صورت دهانه‌های نامساوی عکس‌العمل‌های نامساوی را در برابر بارهای وارده نشان خواهند داد و افزایش لنگرها را موجب می‌شوند. عدم اتصال تیرهای موازی به هم و نامساوی بودن دهانه‌ی طرفین، باعث می‌شود که نتوانند با هم کار کنند.



شکل ۸-۷- اتصال خورجینی تیر به ستون

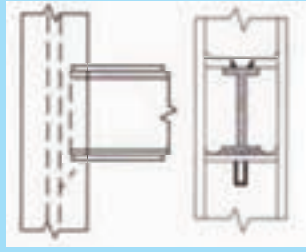
۸-۲-۲- اتصال صلب تیر به ستون (Rigid Connection):

در تکیه‌گاه کاملاً گیردار، دوران زاویه‌ای (چرخشی) بین تیر و ستون انجام نمی‌گیرد، در این نوع اتصال تکیه‌گاهی، تامین درصد گیرداری در حدود ۹۰ درصد یا بیشتر برای جلوگیری از تغییر زاویه ضرورت دارد.

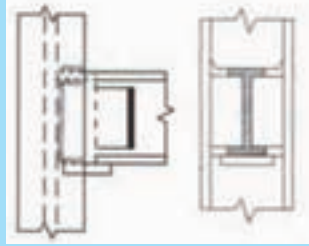


مقصود طراح در هنگام استفاده از اتصال صلب تیر به ستون این است که اتصال قادر به انتقال کامل لنگر باشد و هیچ گونه چرخش نسبی بین اعضای وارد به اتصال به وجود نیاید. تنوع اتصالات صلب تیر به ستون آنقدر زیاد است که مشکل بتوان لیست کاملی از آن‌ها تهیه نمود، لیکن اتصالات رایج نشان داده شده در شکل ۸-۸ امروزه به نحو گسترده‌تری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

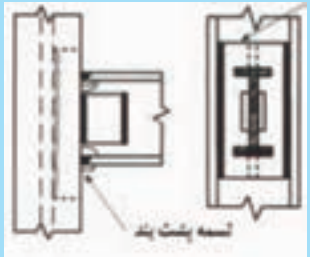
قسمتی از جوش اغلب این اتصالات در کارخانه و یا در روی زمین انجام می‌شود و مابقی آن پس ازنصب توسط جوش در محل و یا پیچ‌های پرمقاومت تکمیل می‌گردد.



الف) ورق فوقانی و نبشی نشیمن



ب) ورق فوقانی و تحتانی با ورق جان و ورق نشیمن



پ) نیمرخ T با ورق‌های پشت بند و ورق جان

شکل ۸-۸- انواع اتصالات صلب تیر به ستون

۸-۲-۲-۱- اتصال مستقیم

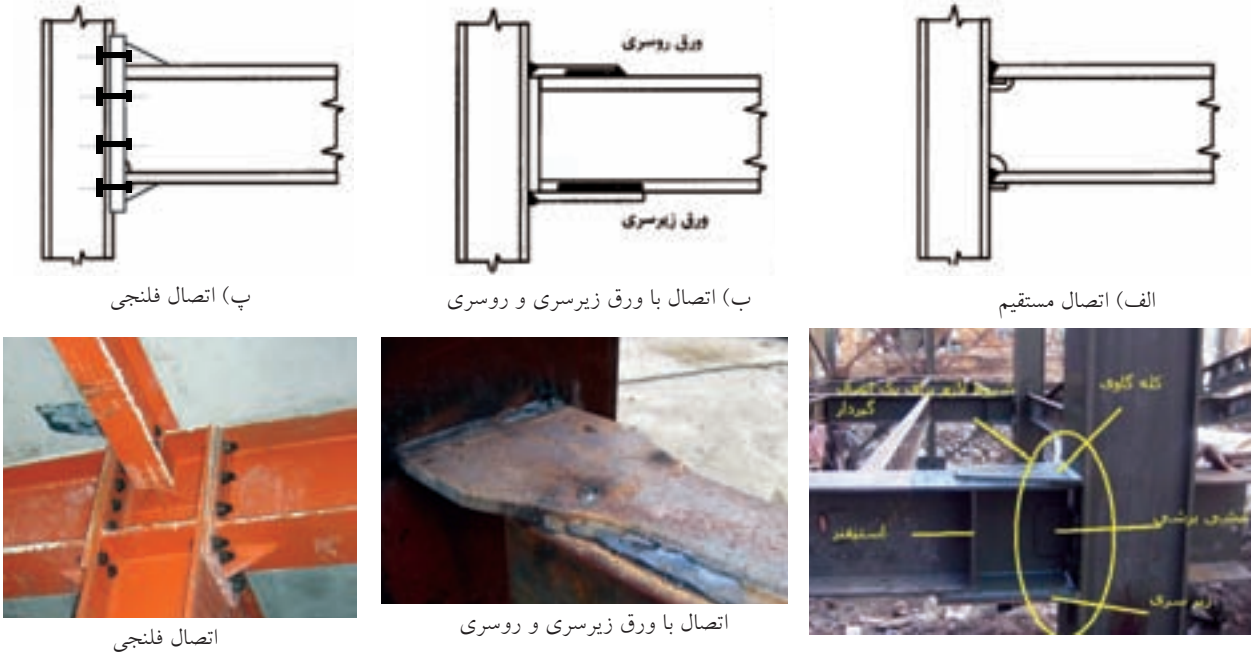
در شکل ۸-۹-الف، بال فوقانی و تحتانی به طور مستقیم و بدون هیچ واسطه‌ای با جوش شیاری با نفوذ کامل به ستون جوش شده است. اجرای این جزییات در پای کار مشکل است، زیرا طول تیر باید دقیقاً به اندازه‌ی فاصله‌ی آزاد دو ستون بریده شود که این عمل به راحتی امکان پذیر نیست.

۸-۲-۲-۲- اتصال با ورق زیرسری و روسری

در شکل ۸-۹-ب برای هر دو بال تحتانی و فوقانی به ترتیب از ورق‌های زیرسری و روسری استفاده شده است. ورق زیرسری در کارگاه برروی زمین به ستون جوش شده و ورق روسری پس از نصب تیر روی آن مونتاژ و جوش می‌شود. (شکل ۸-۱۰)

۸-۲-۲-۳- اتصال فلنجی

در شکل ۸-۹-پ، نوعی از اتصال صلب با استفاده از ورق اتصال فلنجی در انتهای تیر نشان داده شده است. روش اتصال تیرها به هم با استفاده از پیچ‌های پرمقاومت و بصورت اصطکاکی می‌باشد.



الف) اتصال مستقیم

ب) اتصال با ورق زیرسری و روسری

پ) اتصال فلنجی

اتصال با ورق زیرسری و روسری

اتصال فلنجی

شکل۸-۹- انواع اتصال صلب تیر به ستون



نصب و جوش ورق روسری در محل نصب

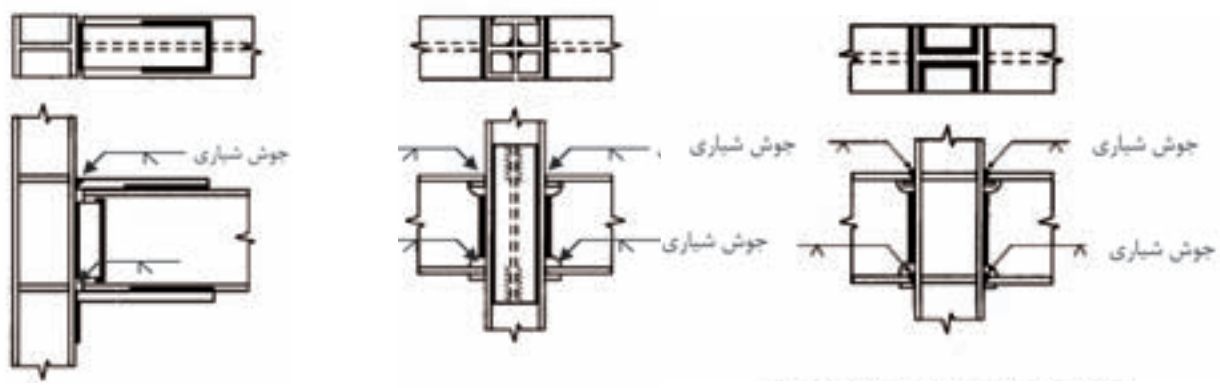


نصب ورق زیرسری روی ستون در کارگاه

شکل ۸-۱۰- نصب ورق زیرسری و روسری دراتصال صلب

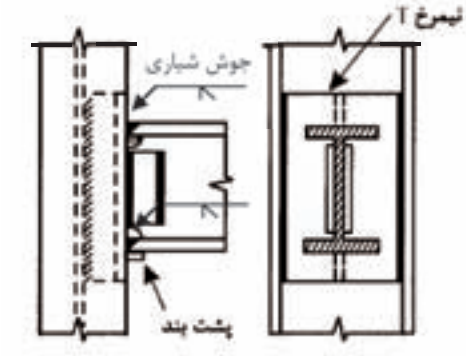
۸-۲-۲-۴- اتصالات صلب در قاب‌های صفحه‌ای و فضایی

در اتصال صلب تیر به ستون، تیرها ممکن است از دو طرف به هر دو بال ستون بطور مستقیم متصل شده باشند (شکل‌های۸-۱۱-الف و ب) و یا با استفاده از ورق‌های زیرسری و روسری به بال ستون متصل شوند (شکل ۸-۱۱-پ). همچنین ممکن است همانند شکل ۸-۱۲، تیرها از یک یا دو طرف به جان ستون به طور صلب متصل شده باشند. اگر در یک سیستم قاب صلب، تیرها فقط در یک راستا به دو بال و یا جان ستون متصل شده باشند سیستم را، قاب صلب صفحه‌ای می‌نامند. سیستم قاب صلبی که شامل اتصالاتی باشد که در آن تیرها در دو راستای متعامد به بال و جان ستون متصل شده باشند (البته ممکن است که فقط بر یک طرف جان و بال متصل شده باشند) به نام قاب صلب فضایی خوانده می‌شود.



الف) اتصال مستقیم بال به بال توسط جوش شیاری — ب) سخت کننده قائم — پ) اتصال با ورق روسری و زیرسری

شکل ۸-۱۱- اتصالات صلب تیر به بال ستون از نوع جوشی



شکل ۸-۱۲- اتصال صلب تیر به جان ستون از نوع جوشی با استفاده از نیم رخ T

بیش‌تر بدانیم



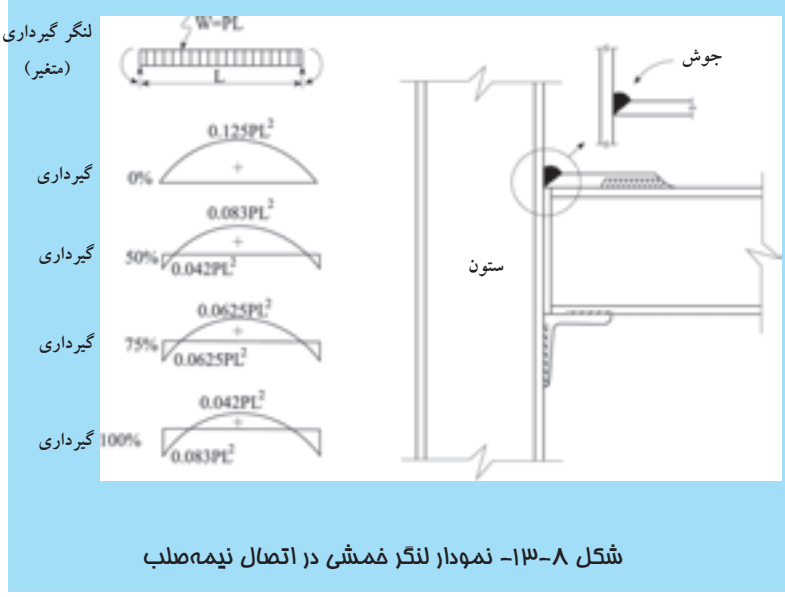
به علت کم بودن طول اتصال چند دهانه پل تخریب شده است.



تخریب پل آگوآکالینت، به علت ضعف در اتصالات تیرورق‌های عرشه‌ی پل به تکیه‌گاه، در زلزله گواتامالا(۱۹۷۶)

۸-۲-۳- اتصال نیمه صلب تیر به ستون (Semi-rigid-Connection)

اتصالاتی را که مقداری گیرداری در تکیه‌گاه به وجود می‌آورند و در نتیجه باید برش و لنگر را توأمان تحمل کنند «اتصالات نیم‌گیردار» می‌نامیم. در این حالت، بین تیر و ستون دورانی صورت می‌گیرد که مقدار آن کمتر از اتصال مفصلی است. در عین حال، مقداری لنگر گیرداری در تکیه‌گاه تولید می‌کند و گیرداری آن بسته به وضعیت اتصالات، بار و دهانه‌ی تیر ممکن است بین ۲۰ تا ۹۰ درصد باشد.(شکل۸-۱۳)



شکل ۸-۱۳- نمودار لنگر خمشی در اتصال نیمه‌صلب

شکل ۸-۱۴- نمونه‌ای از اتصال نیمه صلب تیر به ستون

بیش‌تر بدانیم



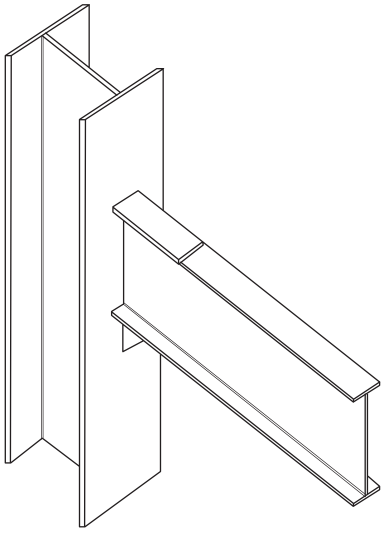
اجرای ناصحیح نبشی نشیمن در تکیه‌گاه تیرو ستون، منجر به تخریب کلی سقف شده است.



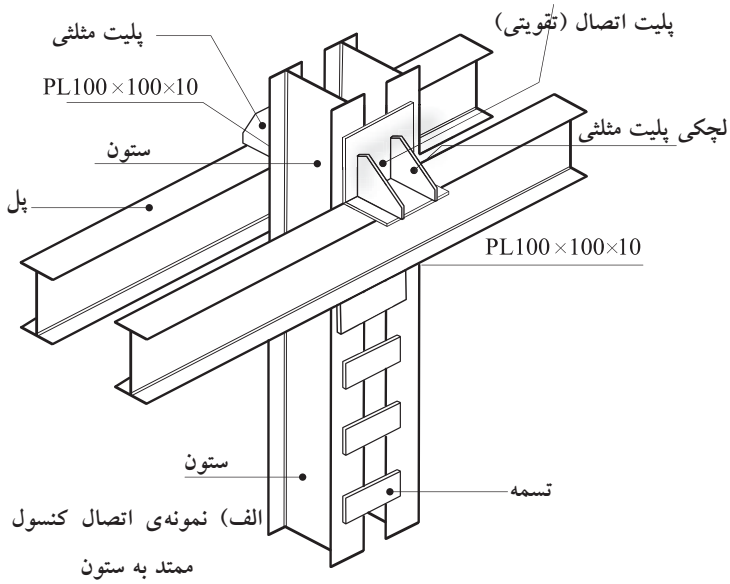
شکست اتصال تیرچه به تیر اصلی در زلزله بم

۸-۲-۴- اتصال کنسول‌ها به ستون

در سیستم اسکلت فلزی، پیش‌آمدگی (کنسول)، به دو شیوه اجرا می‌گردد؛ یکی پیش‌آمدگی ممتد که تیرها از ستون عبور می‌کنند (به صورت تک یا دوبل) و کنسول لازم به دست می آید؛ دیگر اینکه کنسول به صورت غیرممتد باشد (شکل ۸-۱۴). اتصالات باید متناسب با طول کنسول، مقدار بار وارده و نحوه گیرداری آن به ستون طراحی شود. چون کنسول در محل تکیه‌گاه لنگر منفی دارد، باید اتصال آن به ستون همانند اتصال صلب تیر به ستون اجرا شود. کلیه‌ی ابعاد و اندازه‌ی اتصالات و تقویت‌کننده‌ها بر اساس محاسبات انتخاب می‌شوند.

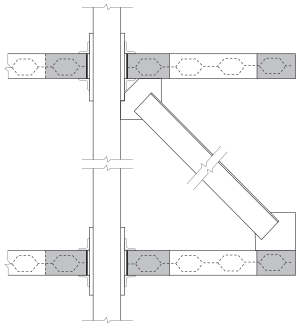


ب) نمونه‌ی اتصال کنسول غیرممتد به ستون



الف) نمونه‌ی اتصال کنسول ممتد به ستون

شکل ۸-۱۴- نمونه‌ی اتصال کنسول به ستون



در صورت استفاده از اتصال مفصلی و یا در مواقعی که طول کنسول از حد معینی تجاوز کند و یا مقدار بار وارده به آن به اندازه‌ای باشد که نبشی‌ها یا ورق اتصال جواب‌گو نباشند، می‌توان از دستک استفاده کرد. با توجه به نقشه‌ی معماری می‌توان این دستک را در پایین یا بالای تیر در نظر گرفت و اتصال صحیح و اصولی را اجرا کرد. (شکل ۸-۱۵).

شکل ۸-۱۵- نمونه اتصال کنسول با دستک

بیش‌تر بدانیم



اتصال نامناسب تیر موجب فرو ریختن سقف شده است.



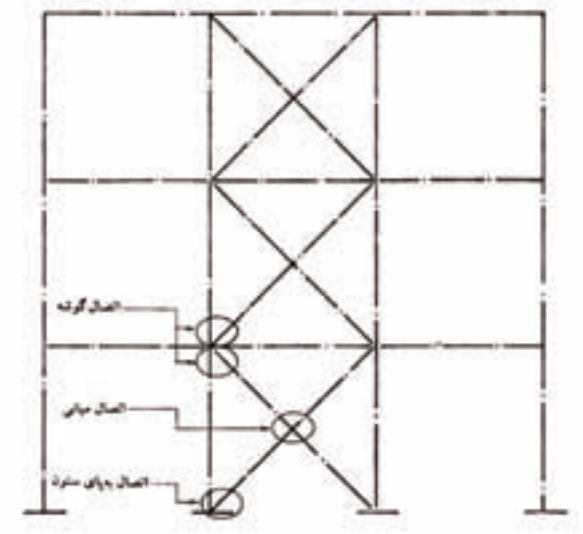
این سازه در یک طرف دارای اتصالات خورجینی و در طرف دیگر دارای اتصالات ساده می‌باشد و هیچ‌گونه مهاربند جانبی در آن تعبیه نشده است. این موضوع سبب شده تا نیروی زلزله، مستقیماً به دیوارهای میان‌قاب وارد شده و از آنجا که این دیوارها، دارای ظرفیت باربری کمی هستند، به طور کامل تخریب شوند.

۸-۳- اتصال مهاربند به قاب فولادی

معمولترین مهاربندها در اسکلت‌های فولادی مهاربندهای ضربدری (X) می‌باشد.(شکل۸-۱۶)

اتصال مهاربندها در گوشه‌ها به قاب فولادی، با یک صفحه (ورق فولادی) انجام می گیرد. نحوه ساخت و نصب به این گونه می‌باشد که با پروفیل‌های مورد نظر، اعضای مورب را بر روی سطح صاف نظیر کف کارگاه یا زمین معمولاً به وسیله ورق فلزی مربع مستطیل که در ناحیه وسط جوش می شود، تهیه می‌کنند.

اعضای مورب به وسیله بالابر یا جرثقیل یا کشیدن توسط طناب، در محل اتصال قرار می‌گیرند و در محل خود، در روی ورق فلزی که به ستون و تیر وصل است، جوش می‌گردد.(شکل ۸-۱۷)



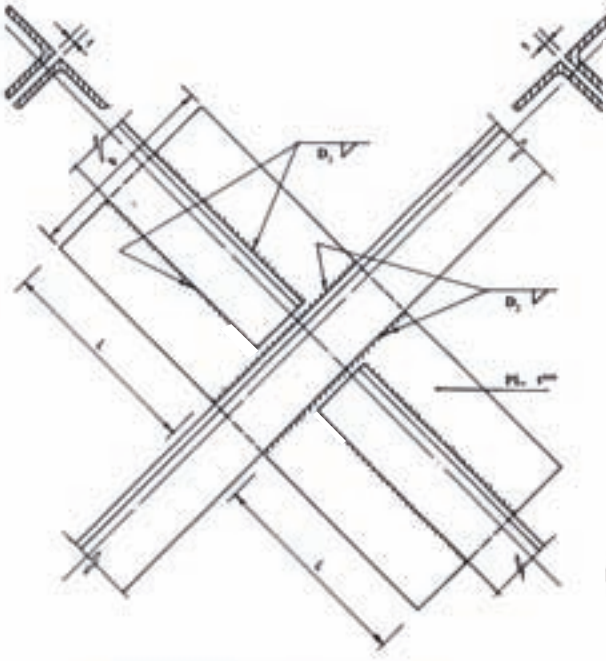
شکل ۸-۱۶- بادبند فولادی ضربدری



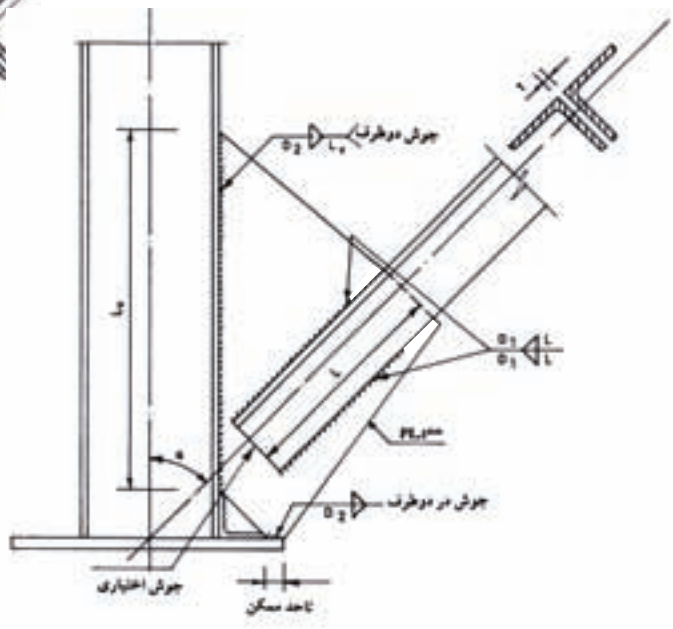
شکل ۸-۱۷- نحوه‌ی اجرای اتصالات مهاربندی



در شکل ۸-۱۸ چند نمونه بادبند و جزئیات اتصالات مهاربندها نشان داده شده است.

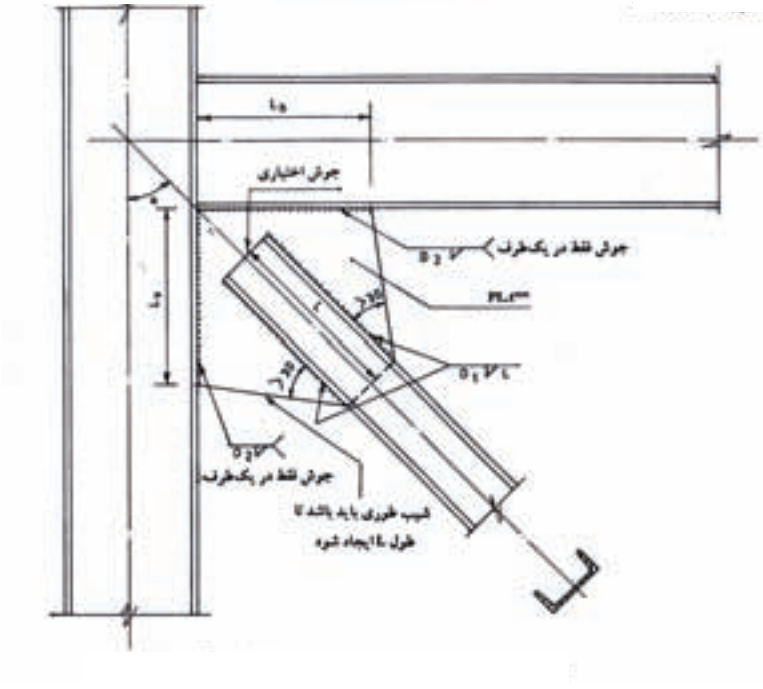


اتصال میانی در بادبند از نیمرخ نبشی زوج



اتصال به پای ستون در بادبند از نیمرخ نبشی زوج

شکل ۸-۱۸- جزئیات اتصالات مهاربند



اتصال گوشه در بادبند از نیمرخ ناودانی تک

برای جوش دادن ورق‌های مهاربند به بال تیر یا بال ستون، باید جهت جوشکاری از سمت گیرداری بیشتر به سمت آزادی بیشتر انجام شود.

بهتر است ورق‌های مهاربندی در مرحله‌ی ساخت ستون‌ها روی ستون و در محل مناسب مطابق نقشه، نصب شوند و در روی زمین در وضعیت افقی جوشکاری شود. خروج از مرکزیت و ناگونیا بودن ورق‌های مهاربندی در زمان نصب باعث بوجود آمدن مشکلات فراوانی می‌شود.

در مهاربندهای جفت، باید در فواصل حدوداً یک متری از یک سری تسمه‌های فولادی به ضخامت ورق های مهاربندی جهت ثابت نگه داشتن آن‌ها استفاده شود.

در جوش اتصال عضو مهاربندی به ورق مهاربندی باید حدود ۲ سانتی متر از انتهای دو جوش سمت لبه‌ی بیرونی ورق مهاربندی جوشکاری نشود.

۸-۴- اتصال پای ستون

در طراحی اتصال پای ستون دو شرط اصلی زیر باید تأمین گردد:

(الف) نیروی فشاری موجود در مقطع ستون باید توسط ورق کف ستون در شالوده گسترش یابد که تنش فشاری در بتن شالوده کمتر از مقادیر مجاز توصیه شده توسط آیین‌نامه‌ها شود.

(ب) ورق کف ستون و ستون کاملاً به بتن شالوده مهار گردد.

۸-۴-۱- انواع اتصال ستون به شالوده

جزئیات اتصال ستون فلزی به شالوده بتنی، به نیروی موجود در پای ستون بستگی دارد. در ستون با انتهای مفصلی فقط نیروی فشاری و برشی از ستون به شالوده منتقل می‌شوند. اگر بخواهیم لنگر خمشی را نیز به شالوده منتقل نماییم، در آن صورت، نیاز به طرح اتصال مناسب برای این کار خواهیم داشت که «اتصال گیردار» خوانده می‌شود. (شکل ۴-۲۸)

بیش‌تر بدانیم



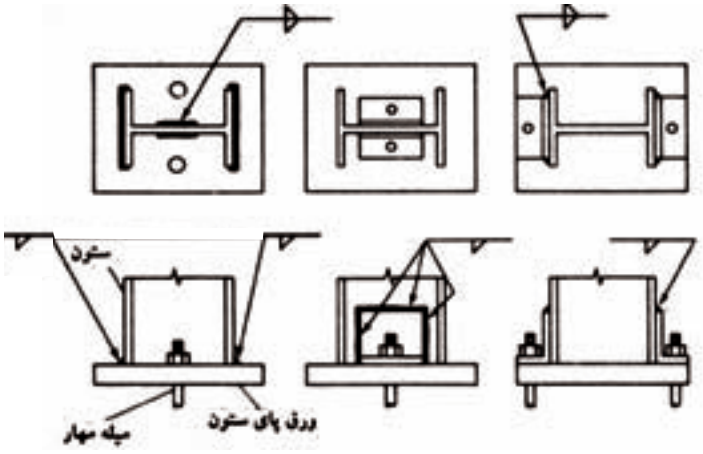
اتصال نادرست مفصلی تیر و ستون موجب تخریب سازه در زلزله بم شده است.



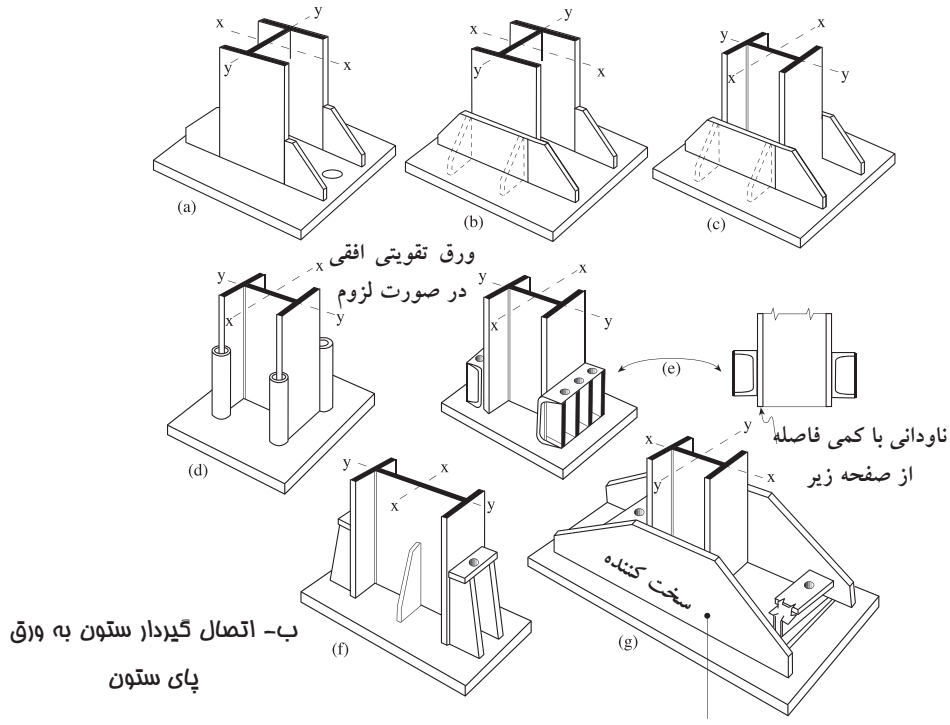
ضعف اتصال مفصلی تیر و ستون مو جب تخریب سازه در زلزله شده است.

۸-۴- ۲- اتصال ستون به ورق پای ستون

در اتصال مفصلی پای ستون، فقط نیروی محوری و نیروی برشی از ستون به ورق پای ستون منتقل می‌شود. در شکل ۸-۱۹-الف چند نمونه از جزئیات اتصال ساده‌ی ستون به ورق پای ستون نشان داده شده است.در اتصال گیردار پای ستون علاوه بر نیروهای محوری و برشی، لنگر خمشی نیز به ورق پای ستون انتقال می‌یابد. شکل ۸-۱۹-ب ، نمونه‌هایی از اتصال گیر دار ستون به ورق پای ستون را نشان می‌دهد.



الف - اتصال ساده‌ی ستون به ورق پای ستون



ب- اتصال گیردار ستون به ورق پای ستون

شکل ۸-۱۹- نمونه‌هایی از اتصال ستون به ورق پای ستون

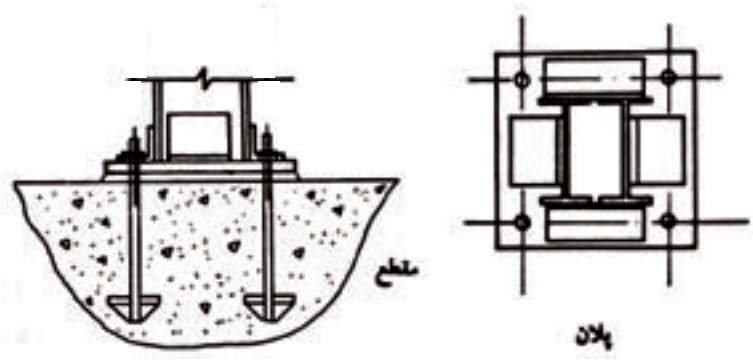
بیش‌تر بدانیم





جدا شدگی دو بال نبشی نشیمن تیر به ستون، نشان‌دهنده‌ی ضعف مقاومت کششی نبشی در مقابل نیروی ناشی از زلزله بوده است. زیرا اندازه‌ی نبشی و مقدار جوش آن به اندازه کافی نبوده است.

انتهای ستون که با ورق کف ستون در تماس است، باید به صورت گونیا بریده شده و سنگ زده شود تا در تماس کامل با ورق کف ستون قرار بگیرد. در چنین حالتی، اکثر نیروی محوری توسط فشار تماسی منتقل می‌شود و نبشی‌ها و یا جوش فقط عمل نگهداری و انتقال نیروی برشی را برعهده می‌گیرند. در صورتی که انتهای ستون سنگ زده نشود، جوش و نبشی‌های اتصال باید بتوانند صد در صد نیروی محوری را انتقال دهند. (شکل۸-۲۰)



شکل۸-۲۰- نمونه‌ای از اتصال مفصلی ستون به ورق پای ستون

۸-۴-۳- استفاده از ورق های سخت کننده در اتصال گیردار پای ستون

گاهی مواقع به منظور کم کردن ضخامت ورق کف ستون، از ورق‌های سخت کننده‌ی مثلثی یا ذوزنقه‌ای در اتصال گیردار پای ستون استفاده می‌شود. (شکل ۸-۲۱)





شکل ۸-۲۱- نمونه‌ی اتصال گیردار پای ستون با ورق سخت‌کننده

بیش‌تر بدانیم



اجرای نا صحیح جوش در درون گوشه‌ی مهاربند منجر به جدا شدن مهاربند از ستون در اثر نیروی ناشی از زلزله شده است



اتصال نا مناسب ورق اتصال مهاربند به ستون، ناکافی بودن طول جوش و ابعاد ورق اتصال و لاغری عضو، منجر به گسیختگی مهاربند از محل اتصال شده است

۸-۵- وصله‌ها

۸-۵-۱- وصله‌ی تیرها

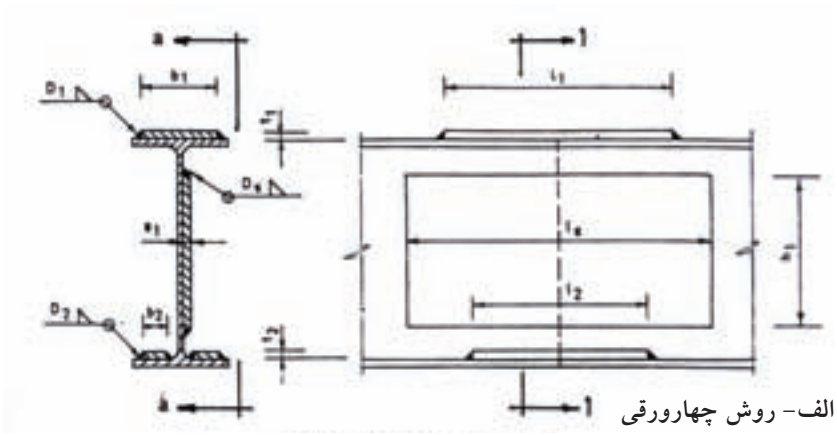
در اجرای تیرها و یا شاهتیرها به دلایلی باید جهت اتصال قطعات از وصله استفاده نمود که مهمترین آن‌ها عبارتنداز:

۱-طول استاندارد پروفیل کافی نباشد.

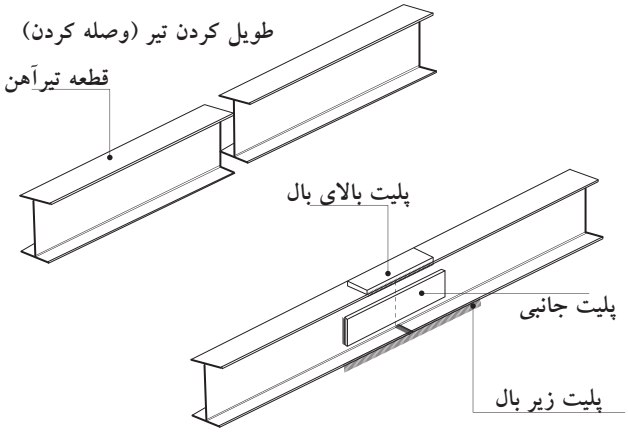
۲-تغییر اندازه‌ی تیر آهن یا پروفیل لازم باشد.

۳-کاهش ضایعات تیرآهن ضروری باشد.

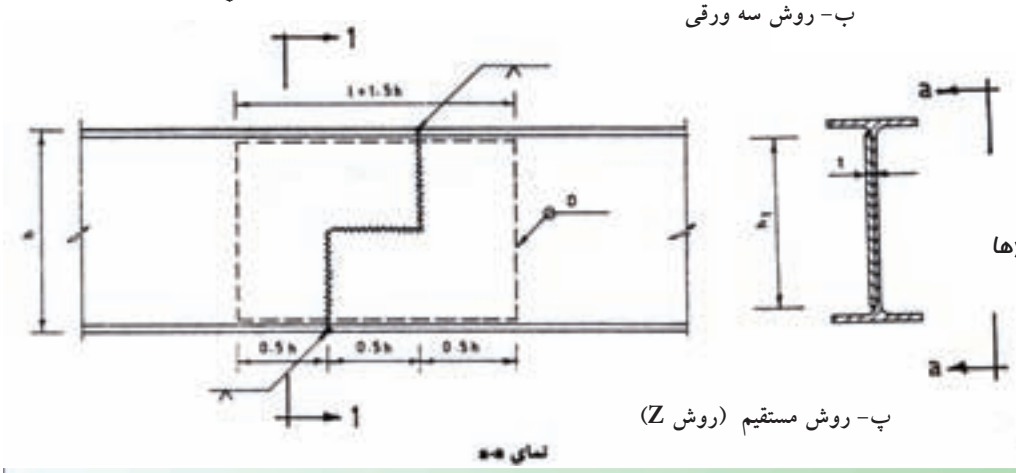
وصله کردن تیرها به سه روش نشان داده شده در شکل ۸-۲۲ انجام می‌شود. وصله‌ی تیرها به صورت مستقیم و بدون استفاده از ورق‌های تحتانی و فوقانی بیشتر، در مواردی که ملاحظات معماری اجازه‌ی استفاده از ورق‌های تحتانی و فوقانی را نمی‌دهد قابل استفاده است.



الف- روش چهارورقی



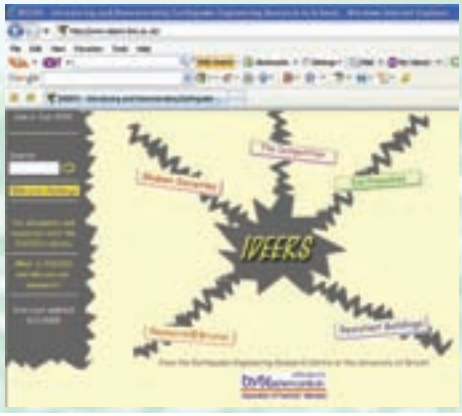
ب- روش سه ورقی



پ- روش مستقیم (روش Z)

شکل ۸-۲۲- وصله‌ی تیرها

بیش‌تر بدانیم



مرکز *IDEERS*

http://WWW.IDEERS.bris.ac.uk

این مرکز معرفی پژوهش‌ها و تحقیقات مهندسی زلزله و زلزله شناسی را در مدارس بر عهده دارد که زیر نظر دانشگاه بریستول انگلستان می‌باشد. این سایت به صورت سمعی و بصری بوده و باروش مولتی مدیا مطالب مختلف را در مورد مهندسی زلزله با فهم ساده به دانش‌آموزان آموزش می‌دهد. کتابخانه، اخبار و اطلاعات، بازی و پرسش از دیگر بخش‌های این سایت می‌باشد.

جزییات اجرایی وصله‌ی تیرها:

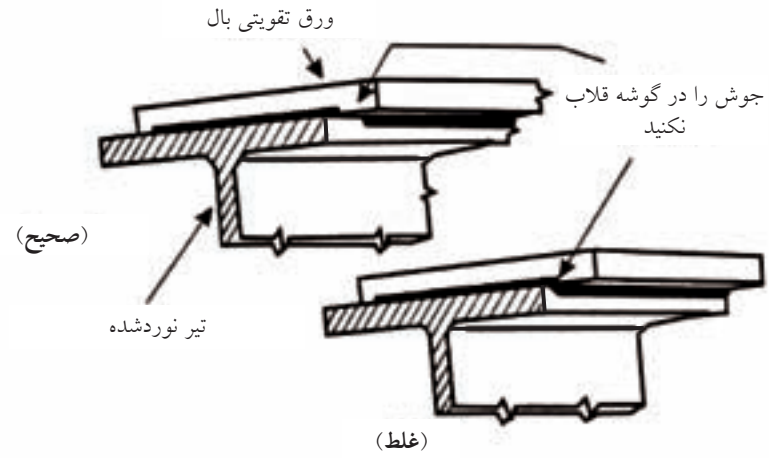
ابتدا در محل مناسب، دو تیر آهن (پروفیل) در امتداد یکدیگر بصورت ریسمانی قرار گرفته و برای جوشکاری کامل بین دو تیرآهن، در هر یک از پروفیل‌ها درز یا پخ مناسب ایجاد می شود؛ سپس جوشکاری با نفوذ لازم انجام می‌شود و پس از آن سطح جوش سنگ‌زنی شده و بلافاصله با ورق درز پوشانده شده و اطراف آن جوش دورتادور داده می‌شود. اندازه‌ی وصله‌ی اتصال و طول جوش مورد نیاز باید محاسبه شود.

بهترین محل ورق برای وصله کردن، ناحیه‌ی نقطه عطف لنگر خمشی و تنش برشی است (که مقادیر این نیروها کمینه می‌باشد) و باید از اتصال ورق در ناحیه برش (نزدیک تکیه گاه) و لنگر حداکثر (وسط دهانه) پرهیز کرد. باید علاوه بر جان تیرآهن (پروفیل) بال‌ها را به نحو مطلوب با ورق اتصال جوشکاری کرد.

چنانچه ورق تقویتی از بال تیر عریض‌تر باشد، جوش اتصال به بال باید در انتها قطع شده و به صورت قلاب در نیاید (شکل ۸-۲۳).

در صورت اجرای روش وصله‌ی مستقیم ترتیب جوشکاری به شرح زیر می‌باشد:

۱. برشکاری مطابق ابعاد نقشه
۲. مونتاژ ریسمانی دو سر تیر
۳. جوشکاری درز جان و پشت درز بال
۴. مونتاژ ورق وصله‌ی جان
۵. سنگ‌زنی درز جوش بال از روی بال و آماده سازی لبه جهت جوش نفوذی
۶. جوشکاری درز جوش بال
۷. جوشکاری دورتادور ورق وصله‌ی جان



شکل ۸-۲۳- جزئیات اجرایی جوش وصله تیرها با ورق تقویتی

بیش‌تر بدانیم



گسیختگی در اثر اتصال مهاربند به ستون بدون ورق اتصال



ضعف مقاطع ستون‌ها و اتصالات دو قسمت سازه منجر به تخریب آن شده است.



گسیختگی در اثر طول جوش کم عضو مهاری به ورق اتصال



عدم اتصال صفحه مهاربند به گره تقاطع تیر و ستون

۸-۵-۲- وصله ستون

سازه‌های فولادی را اغلب در چندین طبقه احداث می‌کنند. طول نیمرخ های نورد شده برای ساخت ستون محدود است. از طرفی با در نظر گرفتن بار وارده و دهانه‌ی بین ستون‌ها و نحوه‌ی قرار گرفتن ستون‌های کناری، مقاطع مختلفی برای ساخت ستون‌ها به دست می‌آید.

ممکن است در هر طبقه، ابعاد مقطع ستون با طبقه‌ی دیگر تفاوت داشته باشد؛ بنابراین باید اتصال مقاطع با ابعاد مختلف برای طویل کردن ستون با دقت زیادی انجام شود.(شکل۸-۲۴و ۸-۲۵) محل مناسب برای وصله‌ی ستون‌ها به هنگام طویل کردن آن‌ها، حداقل در ارتفاع ۹۰ سانتی‌متر بالاتر از کف هر طبقه یا یک سوم ارتفاع طبقه می‌باشد. این ارتفاع کمترین اندازه‌ای است که از نظر دسترسی به محل اجرای جوش و نصب اتصالات مورد نیاز برای ادامه‌ی ستون یا اتصال مهاربندی لازم است. در شکل ۸-۲۶ انواع وصله‌ی کارگاهی ستون با مقطع یکسان I شکل نشان داده شده است.

جهت اجرای وصله ستون‌ها به هم عموماً قبل از نصب ستون‌های مرحله‌ی اول در روی زمین ورق‌های اتصال دوبال یا یک بال و یک جان روی ستون نصب شده و در حالت تخت یا افقی جوش داده می‌شود. پس از اجرای مرحله‌ی اول اسکلت (ستون‌های مرحله‌ی اول)، ستون‌های مرحله‌ی دوم که این بار ورق‌های وصله در وجه باقیمانده روی آن جوش داده شده‌اند روی ستون‌های مرحله‌ی اول با دقت نصب می‌شوند.

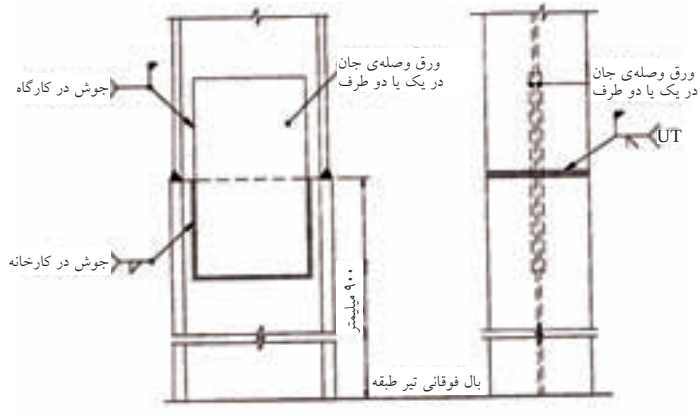


شکل ۸-۲۴- وصله جوشی ستون جعبه‌ای

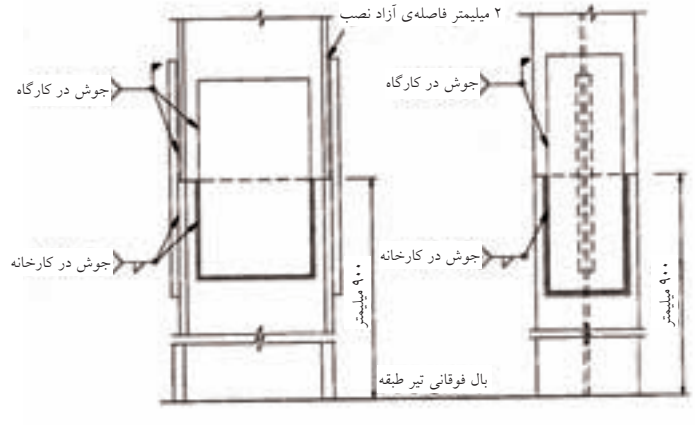


شکل ۸-۲۵- اتصال ستون به ستون بصورت پیچ و مهره‌ای

به این ترتیب حدود نیمی از جوشکاری‌های ورق‌های اتصال ستون به ستون در روی زمین و در وضعیت‌های افقی یا تخت و با دقت و کنترل بیشتری انجام خواهد شد. جهت انجام عملیات وصله‌ی ستون‌ها ابتدا سطح تماس دو ستون را به خوبی گونیا می‌کنند و با سنگ زدن صاف می‌نمایند تا کاملاً در تماس با یکدیگر و صفحه‌ی وصله قرار گیرد. در صورتی که پروفیل دو ستون یکسان نباشد، باید اختلاف نمره‌ی دو ستون را با قرار دادن صفحات پرکننده (هم سطح کننده) در ابتدای ستون فوقانی پر نمود و سپس ورق وصله را نصب کرده و جوش لازم را انجام داد (شکل ۸-۲۷- الف). اگر ابعاد مقطع دو نیمرخ که به یکدیگر متصل می‌شوند تفاوت زیاد داشته باشد، به طوری که قسمت بزرگی از سطح آن دو در تماس با یکدیگر قرار نگیرد، در این صورت باید یک صفحه‌ی تقسیم فشار افقی در بین دو نیمرخ قرار داد (شکل۸-۲۷-ب). این صفحه معمولاً باید ضخیم انتخاب شود تا بتواند بدون تغییر شکل زیاد، عمل تقسیم فشار را انجام دهد. کلیه‌ی ابعاد و ضخامت صفحه و مقدار جوش لازم را باید محاسبه کرد و کلیه‌ی عملیات براساس نقشه‌های اجرایی باشد. همچنین می‌توان بدون استفاده از ورق پر کننده و ورق سر به کمک یک ورق مورب ستون‌ها را به یکدیگر متصل نمود.(شکل۸-۲۷-پ)

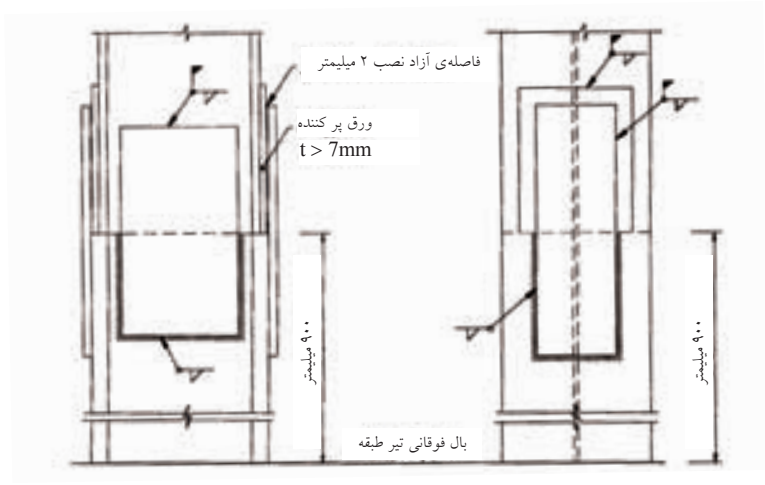


(الف) اتصال لب‌به‌لب بال و ورق وصله‌ی جان

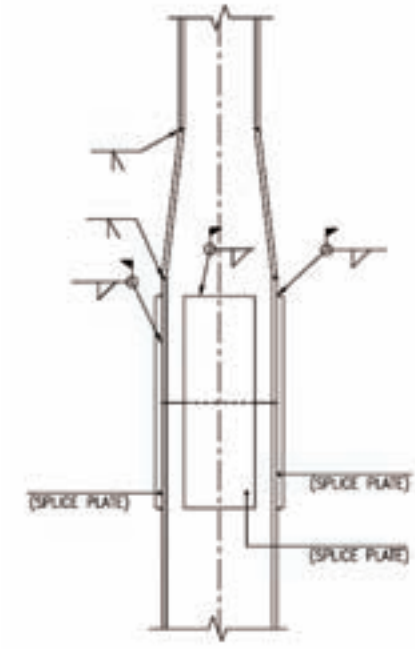


(ب) اتصال با ورق وصله‌ی بال جان

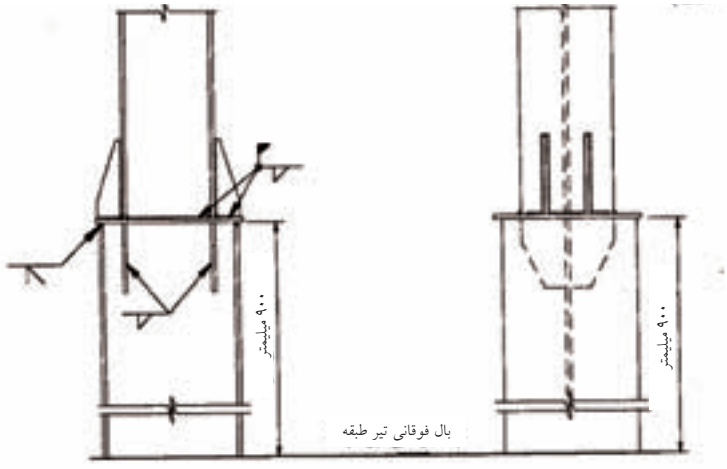
شکل ۸-۲۶- انواع وصله ستون با مقطع یکسان I شکل



الف) اتصال با ورق وصله‌ی بال و جان با ورق پر کننده با ضخامت بیش از ۷ میلیمتر



پ) اتصال بدون ورق پرکننده و ورق سر (تغییر مقطع کله‌قندی)



ب) اتصال با ورق سر (صفحه‌ی تقسیم فشار)

شکل۸-۲۷- انواع اتصال ستون به ستون در محل تغییر مقطع ستون

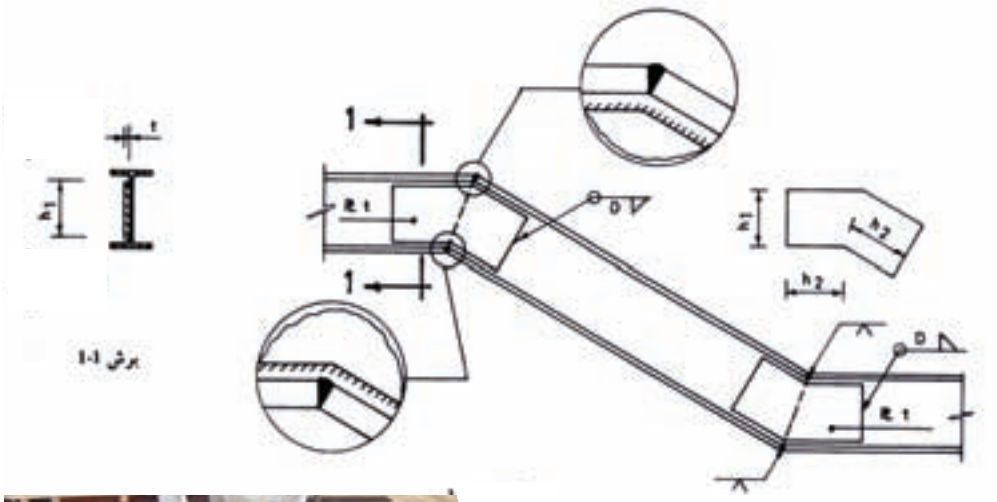
بیش‌تر بدانیم



اتصال دو قسمت یک تیر به یکدیگر بدون استفاده از ورق‌های اتصال انجام شده است و این سبب شده تا طول جوش موجود کمتر از ظرفیت کششی تیر باشد و در هنگام زمین لرزه دو قسمت در این مقطع از یکدیگر جدا شوند. به منظور تامین طول جوش، لازم است همواره در ناحیه اتصال از صفحات فولادی در جان و یا بال تیر آهن استفاده شود، تا عملکرد آن‌ها در هنگام زمین لرزه که نیروهای شدید برشی و کششی در آن‌ها ایجاد می شود مختل نگردد.

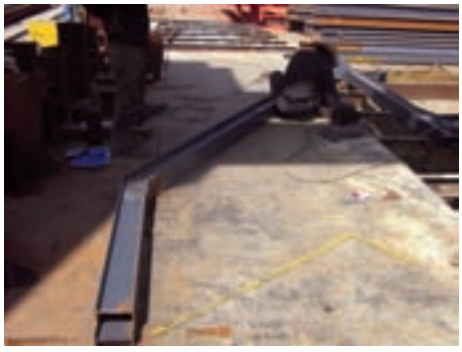
۸-۵-۳-وصله‌ی تیر راه پله

جزئیات ساخت تیر راه‌پله (شمشیری پلکان) در شکل ۸-۲۹ نشان داده شده است. ورق وصله‌ی جان که در یک طرف جوش می‌شود به همراه اتصال لب به لب بال‌ها، امکان برقراری یک اتصال با ظرفیت کامل را فراهم می‌آورد.



شکل ۸-۲۹- وصله تیر راه‌پله (شمشیری)



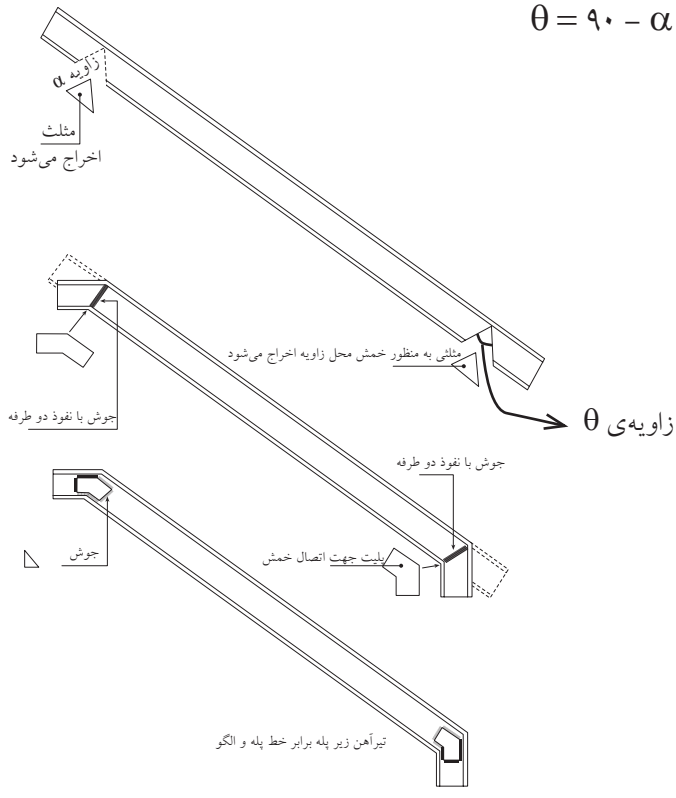






برای ساخت تیر راه‌پله، ابتدا الگوی آن تهیه شده و سپس مطابق شکل ۸-۳۰ شمشیری ساخته می‌شود. ضمناً زاویه‌ی الگو (α)، برابر با زاویه‌ی شیب راه‌پله می‌باشد. و زاویه‌ی θ متمم α خواهد بود یعنی:

$$\theta = ۹۰ - \alpha$$



شکل ۸-۳۲- مراحل سه گانه ساخت تیر راه‌پله (شمشیری)

به این پرسش‌ها پاسخ دهید:

۱- اتصالات در ساختمان‌های فولادی برحسب مقدار گیرداری در تکیه‌گاه‌ها، به چند دسته تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید و هر یک را با رسم شکل توضیح دهید.

۲- روش‌های اتصال ساده‌ی تیر به ستون را شرح دهید.

۳- اتصال خورجینی را شرح داده و نقاط قوت و ضعف آن را بیان کنید.

۴- مزایای اتصالات صلب را نسبت به اتصالات ساده بیان نمایید.

۵- رایج‌ترین اتصال صلب مورد استفاده در ساختمان‌های فلزی کشور کدام است؟

۶- درچه مواقعی لازم است از دستک جهت نگه‌داشتن تیرهای کنسول استفاده شود؟

۷- دلایل وصله کردن ستون‌ها چیست؟ به چه روش‌هایی انجام می‌شود؟ و محل مناسب آن کجاست؟

۸- اگر بخواهیم تیر شمشیری راه‌پله بسازیم و نخواهیم از ورق وصله‌ی جان استفاده کنیم، چه روشی را پیشنهاد می‌کنید؟ در این خصوص تحقیق نمایید و گزارش تحقیق خود را ارایه نمایید.