

## ایرادات قابل توجه در طرح و اجرای ساختمانهای متعارف

یکی از عوامل عمده پیشرفت و توسعه پایدار در کشورهای صنعتی، ارتباط کامل و دوجانبه بین صنایع و مراکز علمی می باشد که به بهره گیری از این ارتباط، پیشرفت صنعتی بر اساس پتانسیل های موجود در دانشگاهها با سرعت و سهولت مناسبی حاصل گشته و از طرف دیگر فعالیتهای پژوهشی و تحقیقات علمی، بخصوص در حوزه های مهندسی و کاربردی مفید فایده قرار گرفته و به روز میگردند. علم مهندسی ساختمان نیز از این قاعده مستثنی نیست و در کشورهای جهان سوم و یا در حال توسعه، به همان اندازه که ارتباط بین علم و صنعت، جاری و کافی باشد، فعالیتهای دانشگاهی دارای ارزش عملی و اقتصادی شده و تبدیل به یکی از مبناهای توسعه پایدار کشور خواهد گردید.

عملگرایی و درک موثر از نیازهای واقعی و جاری صنعت ساختمان، توسط نهادهای دانشگاهی با حضور اساتید و پژوهشگران و دانشجویان در شرکتهای مشاور و سازنده و ارتباط دائم و حرفه ای میسر میگردد. در این مقاله بصورت جزئی به ذکر چند مثال از جزئیات رایج تدریس شده در دانشگاهها پرداخته میشود و ضمن معرفی ایرادات و نواقص آن که میتواند مبنای عدم اطمینان از رفتار سازه در زلزله قرار گیرد، نسبت به ارائه راه حل ساده و عملی برای رفع ایرادات اقدام شده و براحتی با تجسم نحوه ساخت و ساز در کشور نسبت به اصلاح و تکمیل آن در دروس دانشگاهی و رویه رایج در مشاوران و طراحان اهتمام نمود.

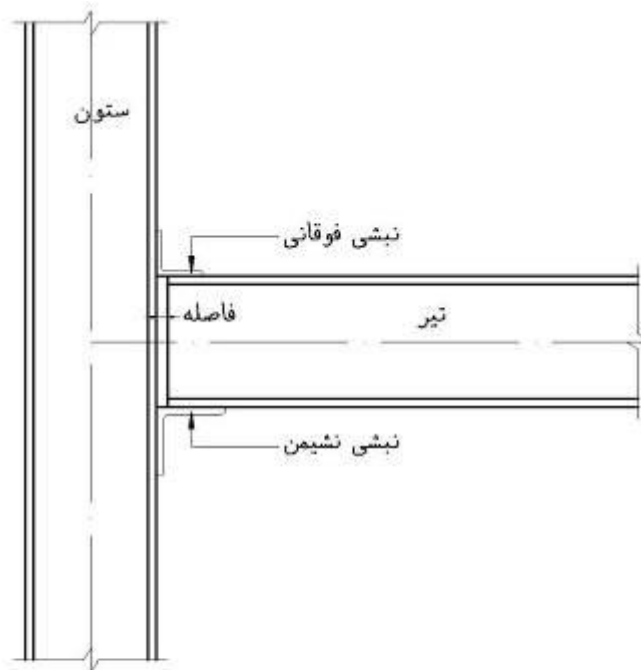
مقاومت ساختمانها در برابر زلزله در کشور لرزه خیز ایران همواره مورد بحث در محافل علمی، فنی و اجرایی بوده است. یکی از ضعفهای رایج و مزمن سازه های موجود یا در دست احداث، عدم وجود جزئیات اجرایی کامل و کافی میباشد که در طرح و ترسیم آنها، کلیه مسائل اجرائی نیز دیده شده باشد و اگر در نقطه ای از سازه جزئیاتی خاص وجود داشته باشد، تلاقی آن با سایر المانهای موجود سازه ای، معماری و یا تاسیساتی مد نظر طراح قرار گرفته و نیز طراح آنقدر تجربه اجرایی داشته باشد تا ضمن رسیدن به مقاومت و اطمینان کافی در محاسبات و نقشه ترسیم شده، دیتیل ارائه شده از حداکثر سهولت، دقت و سرعت ممکن (تا مرز عدم کاهش اطمینان) نیز برخوردار باشد.

بدیهی است در نظر نگرفتن سایر اعضایی که در محل اجرای جزییات وجود دارند، ولی بعلت دانش اجرایی ناقص طراح، تجسم و ترسیم نمیگردند و برای وجود آنها راه حلی ارائه نمی گردد، موجب جو نامناسبی در کارگاههای ساختمانی میگردد که تاثیر آن، کاهش اطمینان از صحت و دقت "کل محاسبات و نقشه ها" بوده و با ایجاد این جو، متأسفانه پیمانکار با ارائه سند و دلیل، از غیر قابل اجرا بودن بخشی از نقشه ها، به غلط میتواند بر تغییر طرحها به سمت سهولت و عدم اطمینان، حکمرانی نماید.

از جمله خطاهای رایج ناشی از عدم وجود نقشه های کامل (سازه، معماری و تاسیسات در تلاقی با هم) که منجر به ایجاد ضعف شدید در سازه های بتنی میگردد، عبور مسیرهای تاسیساتی مانند کانال کولر، مسیر دود کش موتورخانه، هواکش و ونت، داکت و رایزر یا محل نصب سرویسها از دوراهی "سازه - معماری" میباشد که باعث میشود حتی در صورت اجرای سازه ای استاندارد با حضور کامل و موثر مجری ذیصلاح و مهندس ناظر، در اجرای اسکلت و سقف، بعداً در مرحله تاسیسات و لوله کشی، با تخریب سازه، مسیرهای تاسیساتی باز شود و از دلایل عمده این امر، مقاومت کارفرما، مقابل

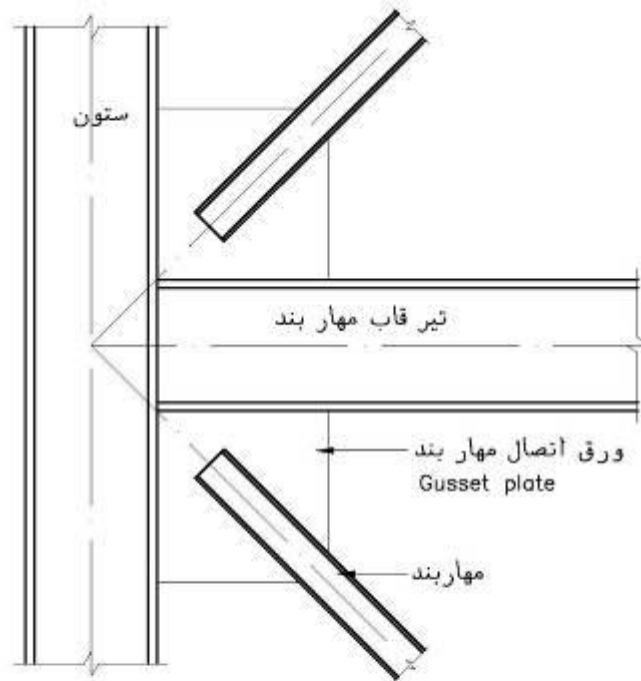
"مزاحمت تاسیسات در معماری" و ایجاد لغاز و بیرون زدگی میباشد که غالباً منجر به پنهان کردن المانهای قائم تاسیساتی در گوشه بیرونی دیوارهای پیرامونی بنا میگردد، بدون تجسم اینکه زیر دیوار ۲۰ سانتی (طبق نقشه) که غالباً ۱۰ سانتی (در عمل) اجرا شده، تیر بتنی ۴۰ سانتی (گم در کف) وجود دارد که نقش ایستایی بنا بر عهده آن است. اما مثالی که در این مقاله به آن میپردازیم تلاقی رایج جزئیات سازه با سازه میباشد که نشات گرفته از دروس دانشگاهی بوده و متأسفانه در این مورد خاص، نحوه برخورد با علم مهندسی عمران بگونه ای بوده که با آن از پایه به عنوان "شاخه‌ای عملی" از هندسه و فیزیک و ریاضی برخورد نشده و در جایی که با انکار قطعه اتصال تیر به ستون (نبشی زیر و روی تیر) بدون تجسم اینکه "ماده حجم اشغال میکند"، محاسبه ورق اتصال بادیند، تدریس می‌گردد مشکلات زیر پدید می‌آید:

۱- عدم تعیین تکلیف المانهای تیپ اتصال مانند نبشی نشیمن و نبشی فوقانی یا ورق و سخت کننده (لچکی مثلثی) زیر تیر در تلاقی با ورق اتصال مهاربند ضربدری در همان نقطه



شکل شماره ۱- اتصال ثقیلی تیر به ستون

۲- عدم امکان اجرای جوش سربالا- دست بالا (سقفی) بین تیغه نازک ورق مهاربند به زیر بال پایین تیر

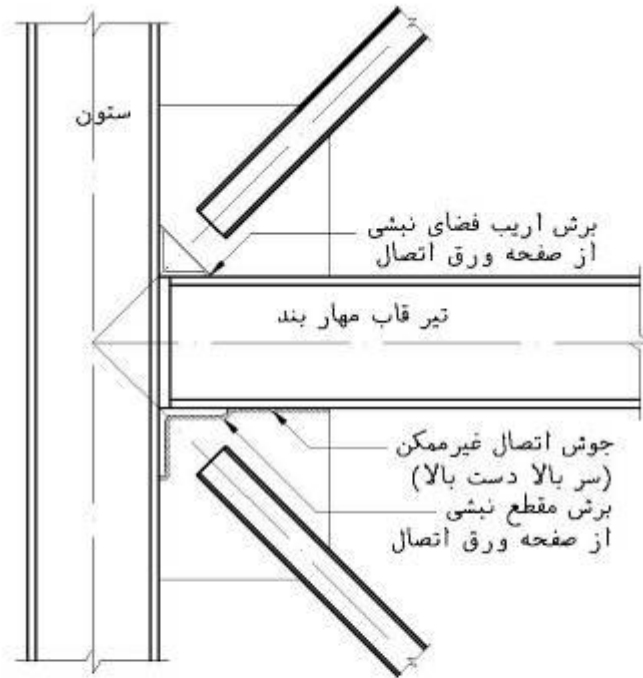


شکل شماره ۲- اتصال لرزه ای تیر به ستون (بادبند X) \*

(طبق دروس دانشگاهی رشته مهندسی عمران)

\* برای تلافی جزئیات ثقلی و لرزه ای، تکلیفی تعیین نشده است.

۳- ابداع جزئیات غلط و رایج مانند برش اریب ورق اتصال مهاربند و کاهش راندمان مقاومتی آن علیرغم مصرف مصالح و یا برش شکل مقطع نبشیها از صفحه ورق اتصال



شکل شماره ۳- جزئیات غلط اتصال ترکیبی استفاده از نبشی نشیمن و ورق گاست (تیغه در محور تیر)

- ۴- عدم تجسم اجرایی نبودن این جزئیات، که غالباً هم در دیوارهای سمت همسایه اجرا شده، بدون امکان دسترسی مشخص جوشکاری که در ارتفاع، روی تیر نشسته و به زیر تیر خم شده، تا جوشی سربالا را از فضای درز انقطاع اجرا کند (بدون دسترسی مناسب بین زیر تیر و ضلع بالای ورق)
- ۵- از دست رفتن پایداری لرزه ای ساختمانهایی که از ساده ترین و مطمئن ترین سیستم لرزه ای (اسکلت فلزی با اتصال ساده و مهاربند ضربداری) روی نقشه بهره میبرند و بعضاً با همکاری و هماهنگی مناسب بین کارفرما، مهندس طراح معماری و مهندس محاسب سازه، دهانه هایی را مسدود یا محدود نموده تا از نا امنی اتصالات جوشی گیردار (صلب) پرهیز نمایند.
- ۶- عدم تعیین تکلیف و تجسم و ارائه دیتیل در محل تلاقی ورق اتصال مهاربند با صفحه ستون، و رفع تلاقی آن با انکر بولت یا سخت کننده های تیپ پای ستون در نقشه همان پروژه به خصوص در ستون محورهای کناری و کنجهای پلان
- ۷- عدم تعیین تکلیف و تجسم اتصال مهاربند در بعد سوم (جهت عمود بر نمای جزئیات)، هنگامیکه مقطع ستون بر خلاف دروس دانشگاهی، H نباشد و برای سازه های معمول و کوتاه تا میان مرتبه، ستون تشکیل شده باشد از دو تیر آهن نیم

پهن چسبیده یا با فاصله، همراه ورق تقویتی پوشش بال یا قید و بست نردبانی. (در صورتیکه طبق دروس دانشگاهی ورق اتصال بادبند بخواهد در محور ستون اجرا شود، عملاً یا روی فضای خالی محور ستون قرار میگیرد و یا حداکثر روی ورق پوشش موضعی یا تقویتی بال نصب میشود که نقطه قوتی به حساب نمی آید.)

راه حل:

ساختمانهای اسکلت فلزی کوتاه تا میان مرتبه، با اتصال مفصلی و مهاربند ضربدری، بطور نسبی و در مقام مقایسه با سایر سازه ها، از آنجا که غالباً تیر و ستونها در آن از پروفیل نوردیده تشکیل شده و زلزله بطور غالب در قابهای مهار شده وارد میشود؛ از جمله مطمئن ترین سیستمهای سازه ای بوده که "نیاز کیفی" بالایی ندارند و با شرایط تکنولوژی موجود در جامعه اجرایی، برای پروژه های کوچک تا متوسط، تشکیلات مفصل و پیچیده ای برای اطمینان از صحت آنها مورد نیاز نمیباشد. البته دیتیل مورد نظر در انواع سازه های بلندتر یا ترکیبی با اتصال گیردار نیز کاربرد داشته و از نقاط قوت و موثر رفتار سایر سازه ها نیز، در برابر بارهای جانبی، میباشد.

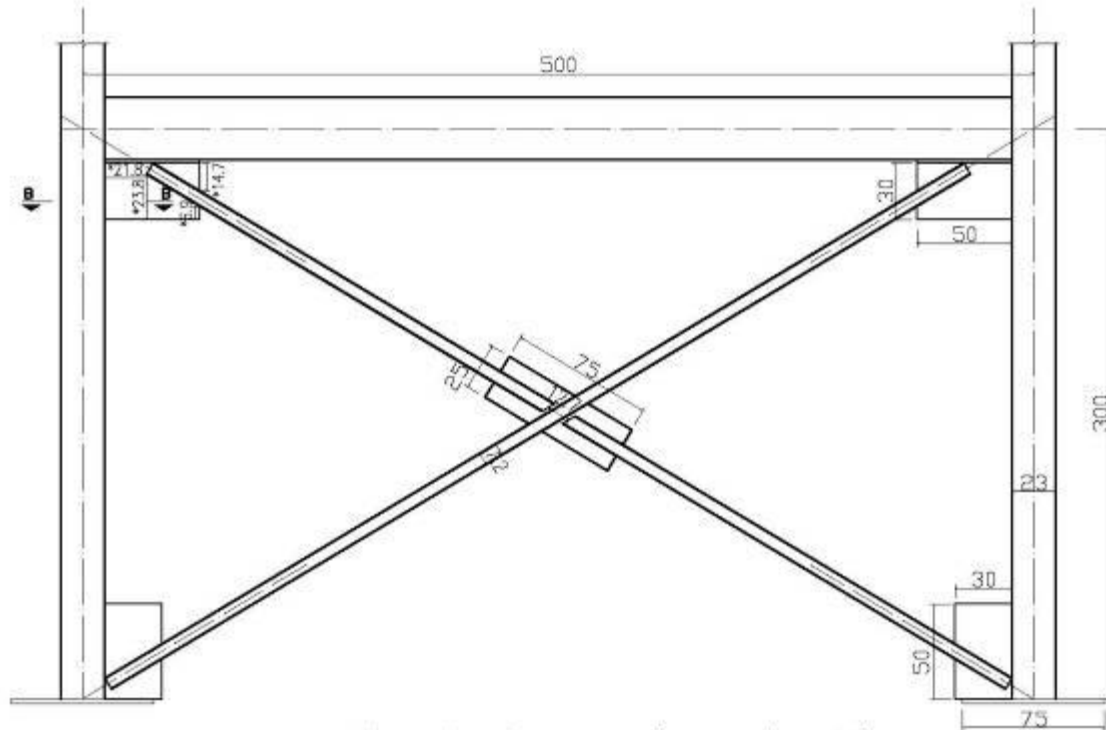
راه حل مناسب برای اجرای دیتیل فوق عبارتست از :

۱- طرح بهینه نیز طرحی است که در آن اعضای اصلی از نسبت تنش موجود به مجاز، نزدیک به یک، برخوردار باشند و با این استراتژی در مرحله طراحی، ۹۵٪ وزن سازه کنترل و به حداقل رسیده باشد ولی در اتصالات صرفه جویی صورت نگیرد. چون در صورت وقوع زلزله مطمئناً، تیر و ستون فلزی هیچوقت از وسط نمی شکنند ولی همواره احتمال جدایی اتصال وجود دارد.

۲- به عنوان یک معیار مهم، از سنگین شدن اتصالات، نباید نگران خروج طرح، از توجیه اقتصادی بود. بلکه همواره باید نگران این بود که مهندس ناظر، بعد و کیفیت تمام جوشها را اندازه نگرفته و حتی گاهی بازرسی دقیق و همگانی تک تک اتصالات در ارتفاع گرانتر از این میشود که کارفرما پاداشی برای کیفیت اجرای اتصالات در سازه در نظر گرفته و هزینه بازرسی حداقل مورد نیاز را نیز بپذیرد. چرا که بعنوان اعدادی کاملاً تقریبی شاید مجموع سازه و سقف و سفت کاری ۴۰٪ هزینه ساخت باشند و هزینه ساخت ۳۰٪ هزینه فروش ملک باشد و اتصالات ۵٪ هزینه سازه و افزایش وزن اتصالات زیر ۱٪ هزینه ساخت بوده یکپهزارم ارزش افزوده و از پرت مصالح نیز کمتر میباشد.

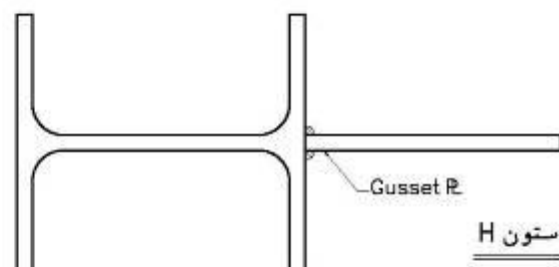
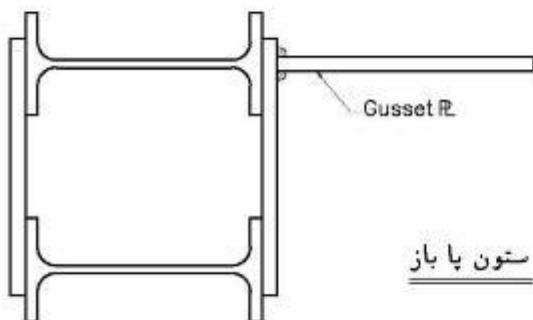
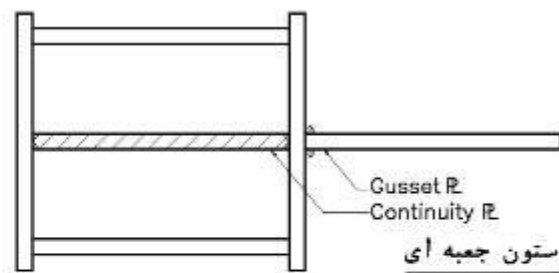
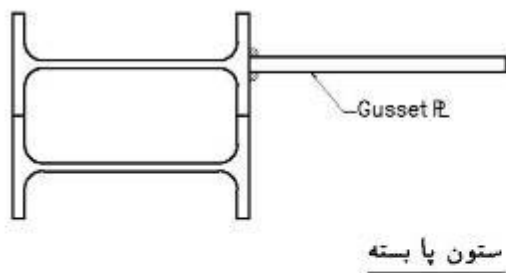
۳- فرض ساده کننده مهندسی برای طراحی جوش و ابعاد ورق بادبندی آنست که مولفه افقی و قائم زلزله را به تنهایی به جفت خط جوش های افقی و قائم وارد نموده و طول یا بعد جوش و ورق را طرح نماییم. در صورت عدم تامین جوش افقی یا قائم برای مولفه هم جهت، باید از جوش نفوذی، با کنیک کردن لبه ورق به میزان کافی و تا حداکثر ظرفیت معادل سطح مقطع ورق، استفاده نمود. (رجوع کنید به شکل شماره ۸)

۴- انتخاب اولیه ابعاد ورق اتصال مهاربند : گرچند این ابعاد باید بر اساس محاسبات و نیروهای منتج از تحلیل سازه کنترل و نهایی گردند اما برای حدس اولیه؛ برای رعایت معیار "عبور خطوط نیرو یا تار خنثای تیر، ستون و بادبند از یک نقطه" ابعاد ورق بادبند به صورت تناسبی از ارتفاع و دهانه تیر (فاصله دو ستون در قاب مهاربند) فرض شود. مثلاً برای ارتفاع ۳ متر و دهانه ۵ متر، ورق ۳۰×۵۰ سانتی متر (ضلع بزرگتر افقی)

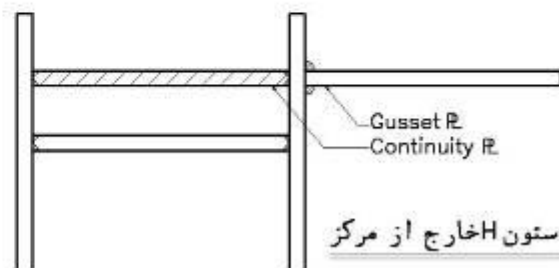


شکل شماره ۴- یک نمونه نمای قاب مهاربندی شده  
\* بدون ترسیم دقیق اندازه گذاری های روی  
ورق اتصال مهاربند، امکان عبور محور اعضای  
سازه از یکدیگر وجود ندارند.





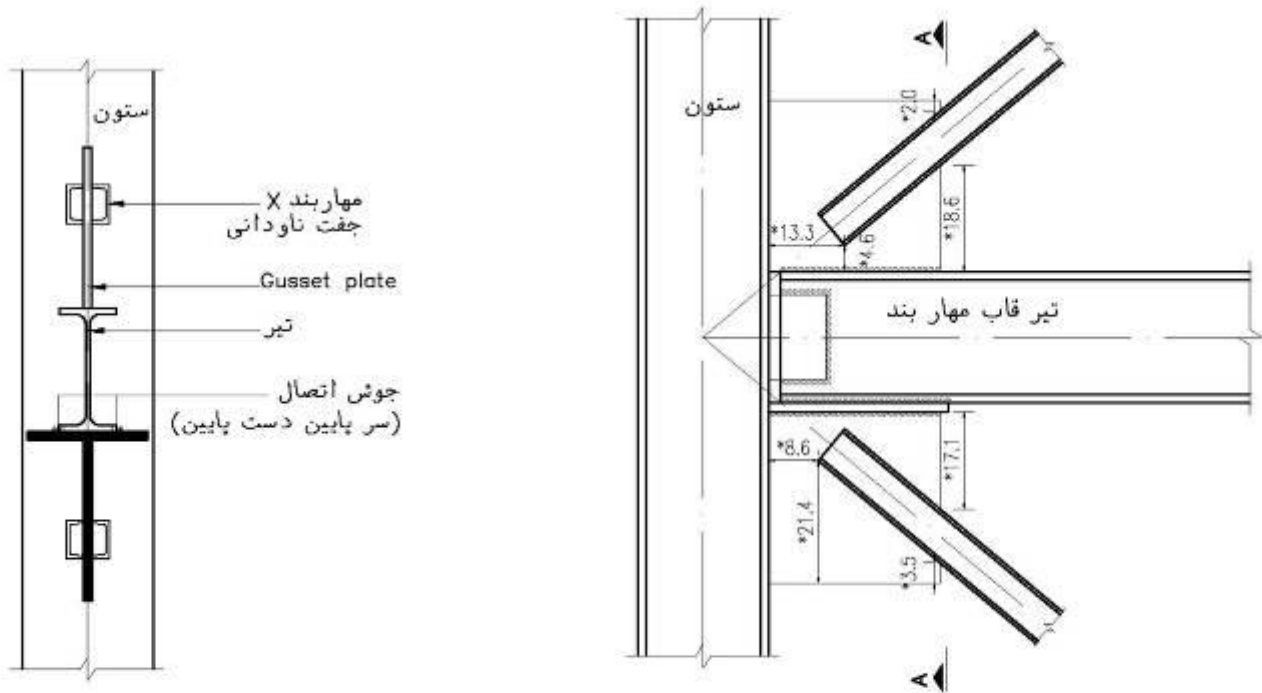
مثال هایی از انواع مقاطع B-B



۵- گاهی در ساختمانهای میان مرتبه و یا حتی کوتاه، به عللی مانند کمبود دهانه های کافی مهاربند، سازه پروفیل طراحی شده، قدری بالا میرود، به عنوان مثال با افزایش سازه ناودانی، دیگر عرض ورق انتخاب شده با معیار اولیه، کفایت دو خط طول جوش لازم برای رسیدن مقطع به حد تسلیم را نمیدهد و لذا مناسب است طول و عرض را ۵ تا ۱۰ سانتیمتر بلندتر اختیار کنیم تا جوش لبه های بادبند که بصورت کج و اریب روی ورق قرار میگیرند، تامین شود. این امر با ترسیم دقیق و با اشل، نتیجه بهتری میدهد ولی بهتر است ابعاد ورق به بالا روند شده و مضربی از ورق خام بازار آهن باشد (مثلا ۶×۱/۲ متر و تمام اجزا عدد صحیح آن)

۶- انتخاب ضخامت ورق اتصال مهاربند بر اساس "جمع سطح مقطع جفت پروفیل" در پایین ترین طبقات یا بالاترین سازه طرح شده.

۷- انتخاب مقطع ورق نشیمن با طولی معادل طول افقی ورق اتصال و عرضی معادل عرض ستون (که حتما باید از عرض تیر بیشتر باشد) و ضخامت معادل ضخامت ورق مهاربند.



شکل شماره ۵- جزئیات درست اجرایی اتصال (ترکیب ثقیلی و لرزه ای) شکل شماره ۶- مقطع A-A

با استفاده از روش سپری نشیمن

استفاده از سپری T پیش ساخته

\* بدون ترسیم دقیق اندازه گذاریهای روی ورق اتصال مهاربند، امکان عبور به جای نبشی نشیمن با عرض بزرگتر از بال تیر

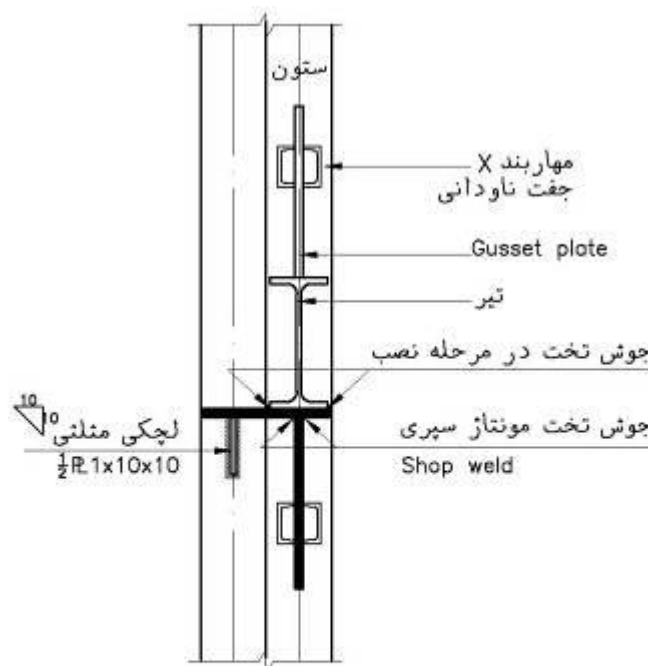
محوراعضای سازه از یکدیگر وجود ندارد.

۸- ساخت مقطع سپری T روی زمین و استقرار آن روی ستون در مرحله مونتاژ ستون به جای نبشی یا قطعه نشیمن در جوهی که قاب مهاربند وجود دارد و جوش دور تا دور آن به ستون.



۹- پس از علم کردن ستون و در مرحله نصب تیر روی نشیمن سپری شکل، امکان نشستن جوشکار روی تیر و اجرای دو خط جوش تخت (سر و دست پایین) با حداکثر کیفیت و اطمینان وجود دارد.

۱۰- در ستونهای کناری و پیرامونی، جان سپری میتواند تا حدی از مرکز ورق نشیمن خارج شود که با ورق جان تیر آهن کناری ستون در یک صفحه قائم قرار گیرد. در این حالت مناسب است که یک لچکی مثلثی زیر ورق نشیمن (در صفحه جان تیر آهن دیگر مقطع ستون) نصب شود.



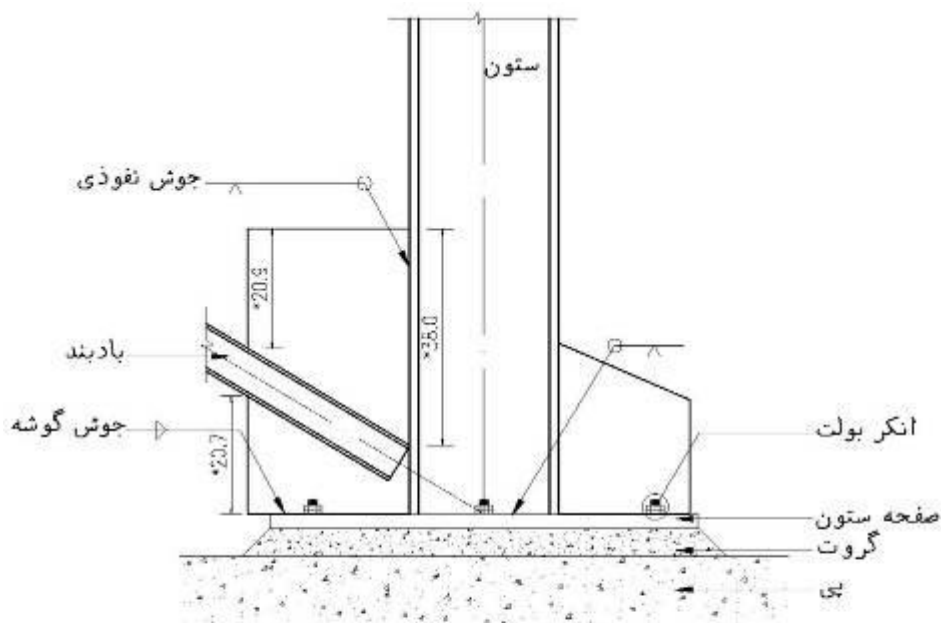
شکل شماره ۷- مقطع قاب مهاربند در مجاورت همسایه ها \*

\* در ستونهای جفت پروفیل، تعبیه صفحه قائم مهاربند در محور موضعی هر تیر آهن ممکن است.

۱۱- در ستونهای پاباز (دو تیر آهن با فاصله و ورق پوشش بال موضعی در تراز طبقات یا تقویت سراسری در طبقات پایین)، در صورتیکه صفحه بادبند در محور تقارن ستون اجرا میشود، دو عدد لچکی در صفحه قائم جان ستونها تعبیه شود.

۱۲- پس از تصمیم گیری راجع به صفحه قائمی که مهاربند در آن اجرا میشود، تصویر افقی ورق اتصال مهاربند بر صفحه ستون، رسم شده و از استقرار و تلاقی سخت کننده و انکر بولت در این مسیر برای ارائه جزئیات و نقشه صفحه ستونها، پرهیز گردد. مطمئنا در اکثریت قریب به اتفاق حالاتیکه ستون دارای مقاطع تک پروفیل بال پهن و یا جعبه ساخته شده از ورق نمیباشد، تغییر محل صفحه قائم بادبند به جایی که در صفحه قائم جان یکی از تیرآهنهای ستون قرار گیرد از تمرکز تنش در اتصال کاسته و صلبیت کف نیز مانع مشکل پیشش عمومی خواهد گردید و این امر بطور نسبی از خطای رایج و بی ضابطه، حرکت دادن صفحه قائم به لبه ستونها بدون جزئیات مناسب، بهتر میباشد.

۱۳- در حالاتیکه امکان انتخاب صفحه ستونی با معیار فوق نمیباشد. جهت طول و عرض در ورق اتصال بادبند به پای ستون عوض شده و طول بزرگتر (مثال ۵۰ سانتی متر) به وجه ستون جوش میشود و عرض کمتر به بخشی از صفحه که از بر ستون شروع میشود جوش میشود. (اصطلاحاً ورق ایستاده جوش میشود و ضلع بزرگترش قائم است) همچنین برای صفحه ستون محورهای کناری، که از ضلع مجاور همسایه مهاربندی شده‌اند، ابعاد پیشنهادی بسته به بزرگی مقطع ستون و مضربی از ابعاد ورق موجود در بازار معادل ۴۰×۶۰، یا ۵۰×۶۰ یا ۵۰×۷۵ سانتیمتر میباشد. با این ابعاد حتما بخشی از مولفه افقی زلزله موجود در مهاربند توسط جوش افقی تحمل میگردد.



شکل شماره ۸- نمای صفحه ستون محور کناری

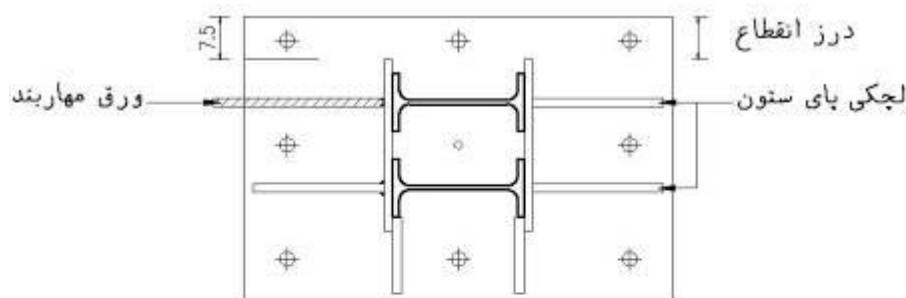
\* بدون ترسیم دقیق اندازه گذاری های روی ورق اتصال مهاربند، امکان عبور محور اعضای سازه از یکدیگر وجود ندارند.

- ۱۴- در صورت عدم تجسم طول جوش لازم ورق مهاربند به صفحه ستون، صفحه ستون های ترسیم ( نه طراحی ) میشوند که طول باقیمانده شان از هر طرف ستون در حد ۱۰ الی ۱۵ سانتیمتر بیش نبوده و امکان تامین مقاومت برای تحمل مولفه افقی توسط جوش افقی وجود نداشته و جوش نفوذی روی وجه ستون نیز آنرا دچار خمش موضعی مینماید.
- ۱۵- در تیپ بندی اتصالات توصیه اکید بر روند کردن ابعاد به بالاترین سایز میباشد. این امر در صورتی مفید خواهد بود که از لحاظ هندسی، اتصالات در انواع اعضا امکان جازدن و فضایی برای استقرار داشته باشند. همانگونه که میدانیم وجود اثر شلاقه ای در بام و یا اندازه گیری تغییر مکان نسبی در آخرین طبقه در نرم افزار تحلیل سازه و نیز بررسی رفتارهای دینامیکی سازه در بارگذاری های لرزه ای، همگی نشانگر آنند که اولاً زلزله طبق آیین نامه و یا فرضیات مهندس محاسب وارد نمیشود ولی اگر سازه ای درست طرح و اجرا شده باشد، با اضافه مقاومت ناشی از شکل پذیری و بازپخش نیروها، میتواند برای نیروهای بزرگتر لحظه ای ایستایی خود را حفظ نماید و گاهی در مودهای دوم تحریک لرزه ای و مود های بعدی، میزان برش در طبقات فوقانی نیز بیش از حد محاسباتی خواهد بود لذا مناسب است برای جلوگیری از بکارگیری اشتباه قطعات اتصال به جای یکدیگر و نیز برای اطمینان بیشتر، همه اتصالات مربوط به یک موقعیت سازه ای با مشخصات هندسی مشابه، حتی المقدور یکسان اختیار شوند.
- ۱۶- در طرح و انتخاب ابعاد ورق میانی اتصال ضربدری، با این فرض که حتما در محل برخورد دو جفت المان متقاطع، یک جفت از آنها قطع میشود، برای وصله عضو قطع شده، معادل سطح مقطع آن نیاز به ورق وصله میباشد. به میزان نیروی تسلیم کششی افزایش یافته با ضریب اطمینان، نیاز به طول جوش تامین شده روی ورق وصله میباشد که همین موضوع طول ورق وصله میانی ضربدری را تعیین مینماید. بدیهی است بخشی از این ورق بخاطر عبور عضو سراسری متقاطع، قابل جوش کاری نبوده و باید به میزان آن به طول ورق افزوده شود. طبیعی است بجز حالات خاص که ارتفاع طبقه و فاصله دو ستون مساوی باشند، در سایر حالات زاویه ی بین دو قطر تیر و ستون (امتداد بادبندها) قائم نخواهد بود و لذا طول ورق میانی برابر طول جوش بعلاوه عددی بیش از عرض مقطع بادبند متقاطع خواهد بود. مثلاً اگر برای حالتی خاص نیروی تسلیم افزایش یافته ظرفیت بادبند معادل طول جوش ۶۰ سانتیمتر با بعد ۶ میلیمتر محاسبه شود این عدد باید با بعد مقطع بادبند (مثلاً ۱۳ سانتیمتر برای ناودانی ۷) جمع شده و علاوه بر آن اثر کج بودن دو امتداد نسبت به قائمه نیز اضافه شود. ( مثلاً عدد ۷۵ سانتیمتر طول ورق میانی)
- ۱۷- گرچند در مدل های کامپیوتری و نیز محاسبه دستی ممان اینرسی، یکی از رایج ترین مقاطع بادبندی، دابل ناودانی بسته میباشد که با لقمه های میانی تشکیل مقطعی جعبه ای میدهند که از لحاظ تقارن و شعاع ژیراسیون مقاومت کمانشی خوبی هم دارد ولی در زمینه طراحی تخصصی جزئیات باید مد نظر داشت که اگر نظر طراح این باشد که ابعاد جوشها را زیاد بگیرد (مثلاً ۸-۱۰ یا ۱۲ میلیمتر) تا در ابعاد وره های اتصال صرفه جویی گردد، سازه با مشکل ویژه ای مواجه میشود که آن عبارتست از شکل خاص مقاطع ناودانی UNP که با مراجعه به جداول اشتال یا مشاهده مقاطع موجود، خواهیم دید نوک بال های ناودانی تیز بوده و به سمت بعد صفر میلیمتر متمایل است. و این امر یعنی ذوب و دفرمه شدن لبه های مورد جوشکاری ناودانی و ضعف شدید اتصال آن، اگر امکان جوش کاری این لبه ها از داخل ناودانی وجود داشت (که به

علت عدم دسترسی ممکن نیست) این نکته قوت بحساب می آید و مانند کنیک کردن برای جوش نفوذی عمل می‌کند. لذا توصیه بر آنست که اولاً بعد جوش محاسباتی را بیش از ۶ تا ۷ میلیمتر فرض نماییم. (گرچند عددنمایش داده در نقشه میتواند کمی بیش از محاسبه باشد) و یا ناودانی را برای تشکیل مقطع بادبند از سمت جان به هم نزدیک کنیم (پشت به پشت) و یا در قسمتهایی که قرار است به ورق یا لقمه وصل شود، قسمت نوک تیز با برش و سنگ برداشته شود. که البته نتیجه ای مطلوب داشته ولی کاریست سخت. نکته قابل توجه آنکه در صورت دسترسی به پروفیل UPE (ناودانی با ضخامت بال ثابت) این مشکل وجود ندارد.

۱۸- در انتخاب ضخامت ورق اتصال مهاربند، علاوه بر اینکه مساحت سطح مقطع عرضی ورق باید جوابگوی ظرفیت کششی بادبند باشد و طول ورق نیز تامین کننده طول جوش لازم برای انتقال ظرفیت کششی باشد، طبق معیاری مستقل، ضخامت ورق باید از مجموع بعد جوش طرفین بزرگتر یا مساوی بوده تا ظرفیت جوش طرفین را داشته باشد. هر زمان طراحی اتصالات بر اساس ظرفیت اعضا طراحی شود، این اطمینان بوجود می‌آید که در صورت اعمال نیرو یا وقوع زلزله‌های شدیدتر از آنچه در طراحی فرض شده، سازه از اتصال دچار ضعف و گسیختگی نمیشود و اعضای اصلی نیز با شکل پذیری و جذب انرژی تحمل بیشتری خواهند داشت.

۱۹- در صفحه ستون پای بادبند، استفاده از انکر بولت در وسط موقعیت ستون یا محور صفحه، کمک شایانی به تحمل نیروی کشش ناشی از زلزله نموده و بلحاظ نزدیکی به ستون تحت uplift، از خمش صفحه و لچکی‌ها تا حد زیادی ممانعت مینماید. در سایر حالات نیز تعبیه سوراخ کوچک در وسط صفحه، برای هواگیری بتن یا گروت زیر صفحه مفید میباشد. در ستونهای قاب خمشی یا دارای uplift کنیک کردن و جوش دور تا دور نفوذی بین ستون و صفحه الزامیست و صفحه ستون پای بادبند نیز شامل این مورد میباشد.



شکل شماره ۹- پلان صفحه ستون مهاربند محور کناری

ترسیم اشله درز انقطاع، ابعاد واقعی ستون  
موقعیت ورق مهاربند محور کناری پلان در  
تطابق با موقعیت لچکی و انکر بولتها

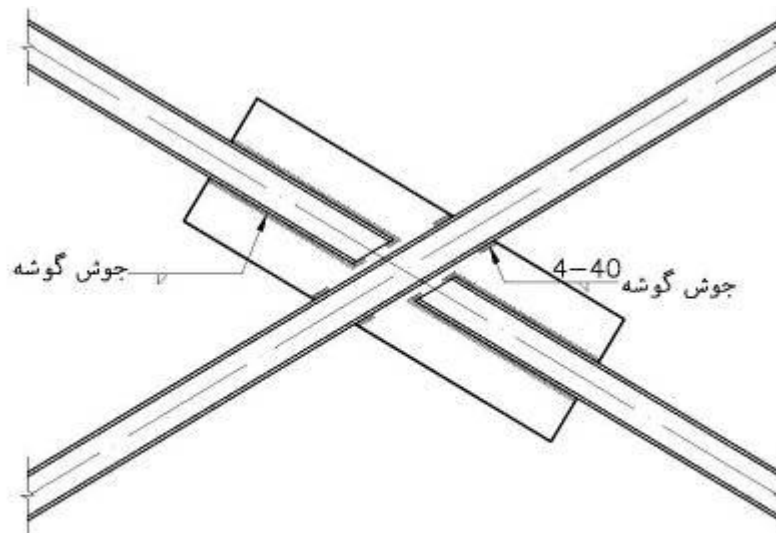
۲۰- از جمله جاهایی که به جای جوش گوشه باید جوش نفوذی انجام شود، اتصال بادبند به کنجهایی که محدودیت هندسی ابعاد اجازه طول لازم برای جوش گوشه را نمی‌دهد و نیز جوش گوشه موازی با نیروی مورد نظر تامین نشده و از جوش در جهت دیگر (متعامد) برای تحمل مولفه نیرو، بخواهیم استفاده کنیم که در این موارد جوش نفوذی لازم می‌باشد. غالباً امکان اجرای جوش افقی با طول کافی روی صفحه ستون وجود ندارد و لذا جوش مناسب در خط اتصال قائم ورق مهاربند به ستون (در پای ستون) نفوذی خواهد بود.

۲۱- برای طراحی اتصال بادبند به پای ستون حتماً باید کل موارد: درز انقطاع، مقطع هر ستون در پایین ترین تراز، انتخاب صفحه قائم مهاربند که مثلاً از محور ستون عبور کند و یا از محور تیر آهن کناری ستون، موقعیت و تعداد لازم انکربولتها و مهره‌ها و لچکی‌ها، عنداللزوم موقعیت نبشی موقت پای ستون برای شاقول کاری که بعداً برای جوش ستون به صفحه باید برداشته شود، تجسم امکان استقرار آچار برای چرخش و سفت کردن مهره‌ها، بصورت اشله، در پلان و مقطع ترسیم و سپس طراحی انجام شود. این امر بابت جلوگیری از تلاقی آیتمهای مختلف با هم است.

۲۲- در سازه‌های بلند در صورت امکان، نصب بادبندها و تکمیل اتصالات آنها، باید پس از بارگذاری بارهای مرده (یا عمده بارهای مرده) صورت پذیرد. این امر برای وارد نشدن نیروی ثقلی ناشی از تغییر شکل الاستیک و میل به کوتاه شدن ستونها پس از بارگذاری است که اثر آن بصورت عکس العمل و نیروی ثقلی در بادبندها نیز بوجود می‌آید و این مشکل در مورد بادبندهای ۸ و ۷ که با میل تیر به تغییر شکل ثقلی به وجود می‌آید شدیدتر است.

۲۳- جوش ورق مستطیلی وسط مهاربند ضربدری، برای جفت پروفیلی که بدون قطع شدن و بصورت سالم و سراسری از محل تلاقی رد میشوند لزومی ندارد بیش از دو خط جوش حداکثر ۵ سانتی متری در دو گوشه ورق بیشتر باشد. این جوش نقش نگهدارنده موقت و جلوگیری از کمانش عضو فشاری بلند را داشته و در صورت بلندتر شدن، صرفاً باعث کمک به کمانش یا خمش بادبند متقاطع میشود. ( نقش عملکرد مفصلی با پیچ و مهره بهتر ایفا می‌گردد). استفاده از جفت پروفیل برای بادبند از آن جهت است که همواره در یکی از زلزله‌های رفت یا برگشت، عضو بصورت فشاری عمل نموده و باید از مقاومت در برابر کمانش کافی برخوردار بوده و از پدیده کش آمدن و لقی بادبند کششی (متعامد) جلوگیری نماید.





شکل شماره ۱۰- جزئیات جوشکاری ورق میانی مهاربند ضربدری

۲۴- کارفرما، مهندس محاسب، دستگاه نظارت و مجری و مامور خرید مصالح، در خرید انواع مقاطع قلزی دقت نمایند که "عنوان نمره پروفیل" (بخصوص غیر از تیر آهن نیم پهن IPE تولید ذوب آهن اصفهان و امثال آن) برای دستیابی به مشخصات مد نظر در نقشه سازه، کافی نبوده و علاوه بر جنس فولاد (معمولاً ST37)، وزن واحد طول نیز برای سفارش آهن آلات بیان گردد و حتماً پس از خرید نیز، ضخامت بال و جان مقطع اندازه گیری و به شکل آن دقت شده و وزن آن نیز کنترل گردد. (بال پروفیل UNP موجود در جدول اشتال شیبدار میباشد).

در حال حاضر انواع ناودانی (مقطع رایج مهاربند) وارداتی و یا تولید کارخانه‌های مختلف در بازار موجود است که علیرغم ارتفاع مقطع (نمره پروفیل) یکسان از وزنه‌های بسیار متفاوتی برخوردار میباشند و برخلاف جوشکاری نمیباشند. رعایت این امر بر فضای غیر شفاف بازار آهن فائق خواهد آمد که در آن، ورق و تسمه بصورت کیلویی فروخته میشود ولی تیر آهن و ناودانی بعضاً بدون اعلام شکل مقطع و وزن واحد طول و طول دقیق، بصورت شاخه‌ای فروخته میشود. (انواع رایج طولها عبارتند از ۱۲، ۶، ۱۱/۸ متر و یا اصطلاحی با عنوان نرمال! و به معنای طول متغیر نامعلوم)

در دروس دانشگاهی مقطع مورد استفاده برای طراحی تیر و ستون، تیر آهن باریک INP با استاندارد اروپا و دارای بال با ضخامت متغیر و وارداتی بوده و از دوران راه اندازی اولین ذوب آهن در ایران، استفاده از آن مرسوم نبوده و در بناهای خیلی قدیمی مورد تخریب، یافت میگردد. تیر آهن تولید داخل IPE نیم پهن تا سایز ۲۷ و ۳۰ میباشد که ضخامت بال آن ثابت بوده و عرض بال آن تقریباً مساوی ارتفاع مقطع میباشد.



۲۵- معیارهای تجربی ارائه شده، برای ساختمانهای مسکونی کوتاه و میان مرتبه و با در نظر گرفتن سطح تکنولوژی رایج در ساختمانهای معمول، توصیه شده و برای ساختمانهای دارای اهمیت زیاد، سازه‌های ویژه، صنعتی و تحت بارهای دائم دینامیکی، معیارهای کاملتری مانند اجرای جوش متعادل، قرار گیری تار خنثی یا مرکز هندسی جوش بر مرکز عضو، برشهای ویژه اتصالات (ورقهای با شکل غیر از مستطیل)، سخت کننده عرضی، انتهایی و لبه ورقهای اتصال و امثالهم مدنظر میباشد.

دکتر هادی نظریور - مهندس بابک نوبهار - واحد تحقیق و توسعه پایکار بنیان پانل  
فهرست مراجع و مآخذ:

کتب درسی و دانشگاهی رشته مهندسی عمران

**AISC HANDBOOK**

**AISC DETAILING**

آیین نامه زلزله ایران - استاندارد ۲۸۰۰

مبحث دهم مقررات ملی ساختمان - طرح و اجرای سازه‌های فولادی

مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان - اجرای صنعتی ساختمانها