

سازه های فولادی

مقدمه

فولاد بعنوان ماده ای با مشخصات خاص و منحصر بفرد ، مدتهاست در ساخت ساختمانها کاربرد دارد. قابلیت اجرای دقیق ، رفتار سازه ای معین ، نسبت مقاومت به وزن مناسب ، در کنار امکان اجرای سریع سازه های فولادی همراه با جزئیات و ظرافتهای معماری ، فولاد را بعنوان مصالحی منحصر و ارزان در پروژه های ساختمانی مطرح نموده است ؛ به نحوی که اگر ضعفهای محدود این ماده نظیر مقاومت کم در برابر خوردگی و عدم مقاومت در آتش سوزیهای شدید به درستی مورد توجه و کنترل قرار گیرند ، امکانات وسیعی در اختیار طراح قرار می دهد که در هیچ ماده دیگر قابل دستیابی نیست .

فولاد ، آلیاژی از آهن و کربن است که کمتر از 2 درصد کربن دارد. در فولاد ساختمانی عموماً در حدود 3 درصد کربن و ناخالصیهای دیگری مانند فسفر ، سولفور ، اکسیژن و نیتروژن و چند ماده دیگر موجود می باشد . ساخت فولاد شامل اکسیداسیون و جدانمودن عناصر اضافی و غیر ضروری موجود در محصول کوره بلند و اضافه کردن عناصر مورد نیاز برای تولید ترکیب دلخواه است. برای ساخت فولاد ، از چهار روش اصلی استفاده می شود. این روشها عبارتند از : روش کوره باز ، روش دمیدن اکسیژن ، روش کوره برقی ، روش خلاء . آنچه فولاد را به عنوان یک مصالح ساختمانی مناسب معرفی کرده می تواند شامل موارد زیر باشد :

- تغییر شکل در اثر بارگذاری و ایجاد تنش یکنواخت

- وجود خاصیت الاستیک و پلاستیک

- شکل پذیری

- خاصیت چکش خواری و تورق

- خاصیت خمش پذیری

- خاصیت فنری و جهندگی

- خاصیت چقرمگی

- خاصیت سختی استاتیکی و دینامیکی

- مقاومت نسبی بالا
- ضریب ارتجاعی بالا
- جوش پذیری
- همگن بودن
- امکان استفاده از ضایعات
- امکان تقویت مقاطع در صورت نیاز

طراحی ساختمانهای فولادی

انتخاب نوع مقطع ، روش ساخت ، روش بهره برداری و محل ساخت ساختمان ، خصوصیات و ویژگیهای متنوعی برای ساخت اسکلت باربر یک ساختمان بوجود می آورد. مزیت‌های هر سیستم سازه ای و مصالح مورد نیاز آن سیستم را در صورتی می توان بکار برد که خصوصیات و ویژگیهای آن مصالح و سیستمها در مرحله طراحی به حساب آورده شود و طراح باید در مورد هر یک از مصالح به درستی قضاوت کند. این موضوع بویژه در ساختمانهایی که اسکلت فولادی دارند ضروری است. معیارهای سازه ای زیر اهمیت زیادی در طراحی کلی و ستون گذاری ساختمان دارد :

- نوع مقطع
 - آرایش و روش قرار گیری مقاطع
 - فواصل تکیه گاهی
 - اندازه دهانه های سقف
 - نوع مهاربندی
 - نوع سیستم صلب کننده
 - محل قرار گیری سیستم صلب کننده (سیستم فضا سازی داخلی)
- برای استفاده بهینه از خواص مطلوب ساختمانهای فولادی ، سیستم فضا سازی داخلی باید بگونه ای اختیار شود که : - متشکل از قطعات پیش ساخته باشد ، بدین منظور که سرعت بیشتر نصب و برپایی سازه ، موجب کوتاه شدن زمان کلی ساخت می شود.

- قطعات سبک باشد تا وزن کلی ساختمان به حداقل ممکن برسد.
- نوع سیستم انتخاب شده ، سازگار با سیستم سازه ای انتخاب شده باشد.
- با یک روش اقتصادی قابل محافظت در برابر آتش باشد.
- فضاهای داخلی ساختمان فلزی معمولاً شامل سقفها بام دیوارهای خارجی دیوارهای داخلی سیستم رفت و آمد (پله و آسانسور) می باشد که با هماهنگی دقیق و علمی این امکان بوجود می آید که اقتصادی ترین روش ساخت و اجرای ساختمان بدست آید.

طراحی با توجه به روش مهاربندی

- تمام ساختمانها باید برای مقاومت در برابر نیروی زلزله و باد و یا دیگر نیروهای افقی صلب شوند سیستم صلب کننده باید :
- نیروهای جانبی را به فونداسیون منتقل کند.
- تغییر مکانهای افقی را محدود کند.
- در ساختمانهای بلند باید ملاحظات ویژه ای برای جلوگیری از ایجاد نوسانات ناشی از باد در نظر گرفته شود. بزرگی نیروهای افقی اعمال شده در اثر باد به عوامل زیر بستگی دارد:

- سرعت باد
- شکل آیرودینامیکی ساختمان
- وضعیت سطح نما
- روشهای صلب کردن
- یک قاب سازه ای فولادی را می توان به یکی از روشهای زیر مهاربندی کرد :
- سیستمهای قاب صلب
- سیستمهای قاب بادبندی
- دیوارهای بتنی بصورت دیوارهای برشی یا هسته های بتنی
- انتخاب روش صحیح مهاربندی ، اهمیت عمده ای در طراحی سازه ای دارد و حتی ممکن است کل اندیشه طراحی یک ساختمان بلند مرتبه را تحت تاثیر قرار دهد. مهاربندی به

وسیله اعضای بادبندی یا دیوارهای بتنی به صورت دیافراگم صلب ، نقاط ثابتی را در ساختمان ایجاد می کند ، به گونه ای که آزادی عمل در جانمایی و معماری داخل ساختمان را محدود می کند.

طراحی با توجه به اجزای تشکیل دهنده فضاهای داخلی ساختمان انتخاب سیستم مناسب برای اجزای داخلی ساختمان به عوامل مختلفی بستگی دارد. روشهای زیر به طور رایج در ساخت سقفهای متکی به تیرهای فولادی به کار می روند :

- دال بتنی درجا بر روی قالب مناسب
- دال بتنی پیش ساخته
- عرشه فولادی با بتن درجا

عملکرد مرکب بین دال بتنی و تیر فولادی که در هر سه روش امکان پذیر است ، سبب اقتصادی شدن ساخت می گردد. مسئله حفاظت قسمتهای فولادی سقف در برابر آتش سوزی باید در اجرای سقف در نظر گرفته شود. استفاده از سقف کاذب می تواند این کار را به خوبی انجام دهد. در سازه های اسکلت فلزی ، معمولاً "دیوارهای خارجی باربر نیستند، برای ساخت این دیوارها ، بنابر شرایط موجود ، از مصالح مختلف استفاده می شود.

لزم محافظت در برابر حریق ، خوردگی و عایق بندی صوتی اغلب اظهار می شود که هزینه لازم برای محافظت ساختمانهای فلزی در برابر آتش سوزی و خوردگی و عایق بندی صوتی بسیار زیاد است ، ولی استفاده از راههای معقول و مناسب برای هر ساختمان ، با توجه به سیستم بکار رفته در آن ، می تواند باعث کاهش این هزینه شود. ایجا یک سیستم محافظت در برابر آتش سوزی در تمام ساختمانهای فلزی لازم و ضروری است. آنچه از اقتصادی در این مسئله حائز اهمیت است ، استفاده از روش صحیح حفاظت اجزای فلزی است. اغلب المانهای داخلی ساختمان مانند سقف و دیوارهای داخلی و خارجی آن بعنوان یک سیستم محافظت در برابر آتش سوزی در ساختمان قابل استفاده است. تیرها و ستونهای فلزی می تواند به روش مناسب در بین

این اجزا مدفون شود. در غیر اینصورت باید با روش مناسب اسکلت فولادی ساختمان محافظت شود.

از آنجایی که زنگ زدگی در قطعات داخلی ساختمان فولادی با توجه به رطوبت ناچیز موجود در هوا بعید به نظر می رسد ، محافظت در برابر خوردگی برای این قطعات یک مشکل جدی محسوب نمی شود. بنابراین حفاظت در برابر خوردگی فقط برای قطعات بیرونی و اجزایی که در معرض رطوبت هوا قرار دارند لازم و ضروری است.

مشخصات صوتی یک ساختمان ، بستگی به خواص اجزای داخلی آن دارد مانند نوع سقف و سیستم دیوارهای جداکننده و تیغه ها . در این بین ، سیستم اسکلت باربر ساختمان نقش کمتری دارد رفتار اسکلت یک ساختمان بتنی و فولادی ، با یک سیستم فضاسازی داخلی مشابه ، یکسان است .

توجیه اقتصادی سازه های فولادی

در ارزیابی اقتصادی یک ساختمان فولادی ، فقط در نظر گرفتن قیمت مصالح ساختمانی و نیروی انسانی کفایت نمی کند و بقیه عوامل موثر در این موضوع باید مورد بررسی قرار گیرد. موارد زیر در اقتصاد یک ساختمان موثر است :

- قیمت زمین : بدلیل کوچک بودن مقاطع عرضی در ساختمانهای فولادی ، فضای کمتری توسط اسکلت سازه اشغال شده و در مقایسه با سازه های بتنی ، ساختمانهای فلزی در پلان دارای سطح موثر بیشتری هستند. بنابراین هزینه زمین در هر متر مربع مفید ساختمان ، در ساختمانهای فلزی کمتر خواهد بود.

- مصالح در دسترس

- ارزش نهایی ساختمان : هرچه مدت زمان ساخت یک ساختمان کوتاهتر باشد ، هزینه نهایی آن ساختمان کمتر خواهد بود. با توجه به روشهای مختلف ساخت سازه ، متوجه می شویم که در مقایسه با سایر روشها ، ساخت سازه های فلزی زمان کمتری صرف می کند.

- هزینه اسکلت اصلی سازه (سفت کاری)

- تاثیر نازک کاری

- تاثیر نصب تجهیزات و تاسیسات
- نحوه تاثیر این عوامل در بهره برداری بهینه از ساختمان
- هزینه ایجاد تغییرات داخلی و بهسازی در ساختمان
- هزینه تخریب (در ساختمانهای با عمر کوتاه)
- بررسی میزان مصرف فولاد در ساختمانهای فلزی
- در ساختمانهای فلزی ، هزینه با توجه به میزان مصرف فولاد در هر متر مربع مساحت کف (تصویر افقی) یا متر مکعب ساختمان محاسبه می شود. هزینه ساخت و میزان مصرف فولاد به عوامل زیر بستگی دارد :
- تعداد طبقات
- بار اعمال شده به طبقات (مرده و زنده)
- دهانه ها در اطراف ستون
- ضخامت سقف
- سیستم سازه ای (سیستم انتقال بارهای قائم و جانبی)
- انتقال بار در سازه های فولادی
- سازه های فولادی مشتمل بر تعدادی تیر و ستون به شکل قاب و نیز شامل تعدادی تقویت کننده ، به منظور ایستایی بیشتر می باشد. بدیهی است انتقال بارهای افقی و قائم از طریق این اجزاء صورت می گیرد. به این صورت که :
- سقف ، بارهای عمودی را تحمل کرده و بصورت افقی ، از طریق تیرها به تکیه گاههای تیر منتقل می کند.
- سیستم باربر قائم (ستونها) ، بارها را از تکیه گاههای دو سر تیر به فونداسیون انتقال می دهد.
- همچنین سیستم های مهاربندی قائم و افقی ، بارهای جانبی ناشی از باد ، زلزله ، فشار زمین و ... را به فونداسیونها منتقل می نمایند.
- ماهیت انتقال بار از طریق تیرها به تکیه گاهها و روش قرارگیری تیرها (تیر ریزی) به عوامل زیر بستگی دارد :

- نوع مقطع قابل استفاده با توجه به طراحی معماری
- فواصل تکیه گاهها و طول دهانه تیر با توجه به طراحی سازه ها
- روش انتقال بار توسط اجزای باربر
- سیستم تکیه گاهی انتخاب شده (صلب ، نیمه صلب ، ساده)

تعریف ستون فلزی :

ستون عضوی است که معمولا به صورت عمودی در ساختمان نصب می شود و یارهای کف ناشی از طبقات به وسیله تیر و شاتیر به آن منتقل می گردد و سپس به زمین انتقال می یابد.

شکل ستونها :

شکل سطح مقطع ستونها معمولا به مقدار و وضعیت بار وارد شده بستگی دارد. برای ساختن ستونهای فلزی از انواع پروفیلها و ورقها استفاده می شود. عموما ستونها از لحاظ شکل ظاهری به دو گروه تقسیم می شوند:

1- نیمرخ (پروفیل) نورد شده شامل انواع تیرآنها و قوطیها: بهترین پروفیل نورد شده برای ستون ، تیرآهن با پهن یا قوطیهای مربع شکل است؛ زیرا از نظر مقاومت بهتر از مقاطع دیگر عمل می کند. ضمن اینکه در بیشتر مواقع عمل اتصالات تیرها به راحتی روی آنها انجام می گیرد.

2- مقاطع مرکب : هرگاه سطح مقطع و مشخصات یک نیمرخ (پروفیل) به تنهایی برای ایستایی (تحمل بار وارد شده و لنگر احتمالی) یک ستون کافی نباشد ، از اتصال چند پروفیل به یکدیگر ، ستون مناسب آن (مقاطع مرکب) ساخته می شود.

چگونگی ساخت ستون (مقاطع مرکب):

ستونها ممکن است بر حسب نیاز با ترکیب و اتصالات متنوع از انواع پروفیلهای مختلف ساخته شوند ، اما رایجترین اتصال برای ساخت ستونها سه نوع است :

1- اتصال دو پروفیل به یکدیگر به طریقه دوبله کردن : ابتدا دو تیرآهن را در کنار یکدیگر و بر روی سطح صاف به هم چسبیده گردند ؛ سپس دو سر و وسط ستون را جوش داده و ستون برگردانده شده و مانند قبل جوشکاری صورت می گیرد ؛ آن گاه ستون معکوس و در قسمت وسط ، جوشکاری می شود . همین کار را در سوی دیگر ستون انجام می دهند و به ترتیب جوشکاری ادامه می یابد تا جوش مورد نیاز ستون تامین گردد. این شیوه جوشکاری برای جلوگیری از پیچش ستون در اثر حرارت زیاد جوشکاری ممتد می باشد . در صورتیکه در سرتاسر ستون به جوش نیازی نباشد ، دست کم جوشها باید به این ترتیب اجرا گردد :

الف) حداکثر فاصله بین طولهای جوش در طول ستون به صورت غیر ممتد از 60 سانتیمتر تجاوز نکند.

ب) طول جوش ابتدایی و انتهایی ستون باید برابر بزرگترین عرض مقطع باشد و به طور یکسره انجام گیرد.

ج) طول موثر هر قطعه از جوش منقطع نباید از 4 برابر بعد جوش یا 40 میلیمتر کمتر باشد.

د) تماس میان بدنه دو پروفیل نباید از یک شکاف $1/5$ میلیمتری بیشتر ، اما از 6 میلیمتر کمتر باشد ؛ ضمناً بررسیهای فنی نشان دهد مه مساحت کافی برای تماس وجود ندارد ؛ در آن صورت ، این بادخور باید با مصالح پر کننده مناسب شامل تیغه های فولادی با ضخامت ثابت پر شود.

2- اتصال دو پروفیل با یک ورق سراسری روی بالها : در مقاطع مرکبی که ورق اتصال بر روی دو نیمرخ متصل می شود تا مقاطع مرکب تشکیل بدهد ؛ فاصله جوشهای مقطع (غیر ممتد) که ورق را به نیمرخها متصل می کند ، نباید از 30 سانتیمتر بیشتر شود . اندازه حداکثر فاصله فوق الذکر در مورد فولاد معمولی به صورت $22t$ که t در آن ضخامت ورق است در می آید.

3- اتصال دو پروفیل با بستهای فلزی (تسمه) : متداولترین نوع ستون در ایران ستونهای مرکبی است که دو تیرآهن به فاصله معین از یکدیگر قرار می گیرد و

قیدهای افقی یا چپ و راست این دو نیمرخ را به هم متصل می کند ؛ البته بستهای چپ و راست که شکلهای مثلثی را به وجود می آورند ، دارای مقاومت بهتری نسبت به قیدهای موازی می باشند. در مورد اینگونه ستونها ، بویژه ستون با قید موازی مسائل زیر را بایستی رعایت کرد :

(الف) ابعاد بست (وصله) افقی ستون کمتر از این مقادیر نباشد:

L : طول وصله حداقل به فاصله مرکز تا مرکز دو نیمرخ باشد .

B : عرض وصله از 42 درصد طول آن کمتر نباشد .

T : ضخامت وصله از $1/35$ طول آن کمتر نباشد.

(ب) در اطراف کلیه وصله ها و در سطح تماس با بال نیمرخها عمل جوشکاری انجام گیرد (مجموع طول خط جوش در هر طرف صفحه نباید از طول صفحه کمتر شود) .

(ج) فاصله قیدها و ابعاد آن بر اساس محاسبات فنی تعیین می شود.

(د) در قسمت انتهایی ستون ، باید حتما از ورق با طول حداقل برابر عرض ستون استفاده کرد تا علاوه بر تقویت پایه ، محل مناسبی برای اتصال بادبندها به ستون به وجود آید.

(ه) در محل اتصال تیر یا پل به ستون لازم است قبلا ورق تقویتی به ابعاد کافی روی بالهای ستون جوش شده باشد.

روش نصب نبشی بر روی کف ستونها (بیس پلیت) برای استقرار ستون

هنگام محاسبه ابعاد کف ستونها باید حداقل فاصله میله مهاري از لبه کف ستون و محل جاگذاری نبشی با ضخامت جوش لازم برای نگه داشتن ستون ، همچنین ضخامت پلیت انتهایی ستون و ابعاد ستون را با دقت بررسی کرد ؛ سپس با توجه به موارد یاد شده ، به نصب نبشی و استقرار ستون به این صورت اقدام نمود . بر روی بیس پلیت ها محل کف ستون و محل آکس را کنترل می کنیم ؛ سپس نبشیهای اتصال را به صورت عمود بر هم بر روی بیس پلیت جوش داده ، آنگاه ستون را

مستقر و اقدام به نصب دگر نبشیهایی لازم کرده و آنها را به بیس پلیت جوش می دهیم . از مزایای عمود بر هم بودن دو نبشی روی بیس پلیت علاوه بر سرعت عمل و استقرار بهتر به علت تماس مستقیم ستون به بال نبشی ، اتصال جوشکاری به گونه ای درست تر و اصولی تر صورت می گیرد . روشن است که قبل از جوشکاری باید ستونها را هم محور و قائم نموده و عمود بودن در دو جهت کنترل گردد . پس از نصب ستونها با توجه به ارتفاع ستون و آزاد بودن سر ستون ممکن است تا زمان نصب پلها ، ستونها در اثر شدت باد و وزن خود حرکتی داشته باشند که احتمالا تاثیر نا مطلوب و ایجاد ضعف در جوشکاری و اتصالات کف ستونها خواهد داشت . به این سبب ، باید پس از نصب ، فوراً به مهاربندی موقت ستونها به وسیله میلگرد یا نبشی بصورت ضربدری اقدام کرد .

طویل کردن ستونها :

سازه های فلزی را اغلب در چندین طبقه احداث می کنند ، طول پروفیلها برای ساخت ستون محدود است . با در نظر گرفتن بار وارده و دهانه بین ستونها و نحوه قرار گرفتن ستونهای کناری ، مقاطع مختلفی برای ساخت ستونها به دست می آید . ممکن است در هر طبقه ، ابعاد مقطع ستون با طبقه دیگر تفاوت داشته باشد ؛ بنابراین ، باید اتصال مقاطع با ابعاد مختلف برای طویل کردن با دقت زیادی انجام شود . محل مناسب برای وصله ستونها به هنگام طویل کردن آنها حداقل در ارتفاع 45 تا 60 سانتی متر بالاتر از کف هر طبقه یا $1/6$ ارتفاع طبقه می باشد . این ارتفاع اندازه حداقلی است که از نظر دسترسی به محل اجرای جوش و نصب اتصالات مورد نیاز برای ادامه ستون یا اتصال بادی بند لازم است .

نحوه طویل کردن ستونها :

ابتدا سطح تماس دو ستون را به خوبی گونیا می کنند و با سنگ زدن صاف می نمایند تا کاملاً در تماس با یکدیگر یا صفحه وصله قرار گیرد . در صورتی که پروفیل دو ستون یکسان نباشد ، باید اختلاف دو نمره ستون را با گذاردن صفحات لقمه (هم سو کننده) بر ستون فوقانی را پر نمود ؛ سپس صفحه وصله را نصب کرد و جوش لازم

لازم را انجام داد. اگر ابعاد مقطع دو نیمرخ که به یکدیگر متصل می شوند، تفاوت زیاد داشته باشند، به طوری که قسمت بزرگی از سطح آن دو در تماس با یکدیگر قرار نگیرد، در این صورت باید یک صفحه تقسیم فشار افقی بین دو نیمرخ به کار برد. این صفحه معمولاً باید ضخیم انتخاب شود تا بتواند بدون تغییر شکل زیاد، عمل تقسیم فشار را انجام دهد. کلیه ابعاد و ضخامت صفحه و مقدار جوش لازم را باید طبق محاسبه و بر اساس نقشه های اجرایی انجام داد.

ستونها با مقاطع دایره ای :

معمولاً مقاطع لوله ای (دایره ای) از قطر 2 تا 12 اینچ برای ستونها بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. مقطع لوله در مواقعی که بوسیله اتصال جوش باشد، آسانتر به کار می رود. کاربرد لوله بیشتر در پایه های بعضی منابع هوایی، دکل های مختلف و خرپاهای سبک است. این مقطعه ها به طور کلی مقاومترند برای اینکه ممان انرسی آنها در تمام جهات یکسان است. با تغییر ضخامت مقاطع لوله ای می توان اینرسی های مختلف را به دست آورد.

انحراف مجاز پس از نصب ستون :

همان طور که گفتیم، ستونها باید کاملاً شاغول بوده و علاوه بر آن، از محور کلی که در نقشه آکس بندی مشخص شده است، نباید انحرافی بیش از آنچه در آیین نامه ها تعیین شده داشته باشد. در این جدول میزان انحراف مجاز ستونها در نگام نصب، مشخص گردیده است :

حداکثر انحراف

قطعه ساختمانی

ستون با ارتفاع h انحراف موقعیت مکانی

محور ستون از محور انتخاب شده

آن در سطح اتکای ستون 5 - +

انحراف محور ستون در انتهای فوقانی آن از خط شاغول..... -25 +
 $H/1000 \leq$

انحراف از خط شاغول در اثر خم شدن ستون (شکم دادن)..... -15 +
 $H/1000 \leq$

اتصالات تیر به ستون فلزی براساس آیین نامه فولاد ایران اتصالات در ساختمان های اسکلت فلزی به سه دسته تقسیم می شوند

الف) ساختمان های نوع یک : قاب های با اتصالات صلب در این نوع اتصالات پیوستگی کامل در محل اتصال تیر به ستون برقرار می شود و زاویه اولیه بین تیر ستون با تامین درجه گیرداری چرخشی (صلبیت) در حدود 90 درصد و بیش تر ثابت نگه داشته می شود
 ب) ساختمان های نوع دو: قاب های ساده در این نوع ساختمان های گیرداری چرخشی بین تیر و ستون در حد امکان پایین نگه داشته می شوند به این ترتیب که حدود 80 درصد چرخش بین تیر و ستون در محل اتصال آزاد است

ج) ساختمان های نوع سه : اتصال نیمه گیردار در این نوع اتصالات گیرداری چرخشی بین اعضای تیر و ستون در محل اتصال از 20 درصد تا 80 درصد نوسان دارد به خاطر اشکالات عمده در تخمین درجه گیرداری در این حالت از اتصال نیمه صلب استفاده نمی شود اتصالات ساده تیر به ستون با نبشی جان در این اتصال نبشی جان باید در حد امکان قابل انعطاف (حداکثر نبشی نمره 15*15) برای این اتصال فاصله آزاد بین تیر و ستون حدود 2 سانتی متر منظور می شود تا هنگام نصب تیر به لحاظ اجرایی مشکلی ایجاد نشود اگر این فاصله رعایت نشود جا گذاری تیر بسیار سخت انجام خواهد شد این نبشی برای انتقال نیروی برشی بین تیر و ستون طراحی می شود و می تواند به صورت تکی (در یک طرف جان تیر) و یا دو تایی (در دو طرف جان تیر) باشد معمولاً از این اتصال (نبشی جان) برای تیر های تکی در طاق ضربی یا اسکلت فلزی استفاده می شود در عمل به علت نداشتن نبشیشمین کار نصب در این حالت با مشکل روبه رو می شود در جداول زیر اندازه نبشی لازم جهت اتصال پروفیل های مختلف تیر آمده است جهت استفاده از جداول زیر شرط L بزرگتر یا مساوی 15h باید برقرار باشد که در آن: L : طول دهانه تیر

h ارتفاع نیم رخ تیر جدول نبشی جان در اتصال ساده نقل از راهنمای اتصالات در ساختمان های فولادی (دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان ، بعد جوش (mm) طول (cm) نبشینوع پروفیل ، تیر)

توضیح: جدول مزبور صرفاً برای تیر آهن بدون هیچ گونه ورق تقویتی کاربرد دارد جدول اتصال ساده نبشی جان به تیر زنبورینقل از راهنمای اتصالات ساختمان های فولادی (دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان (نوع پروفیلنبشی) طول (cm) بعد جوش توجه : در استفاده از جدول بالا شرط L بزرگتر یا مساوی $h15$ نیز باید برقرار باشد و علاوه بر آن تیر های لانه زنبوری بدون ورق تقویتی می باشد اتصال ساده تیر به ستون با نبشی نشیمن انعطاف پذیر در این اتصال تیر بر روی یک نبشی نشیمن تقویت نشده قرار می گیرد نکته مهم: در این اتصال باید همیشه از یک نبشی بر روی بال بالایی تیر (بال فشاری) که تنها وظیفه آن تامین تکیه گاه جانبی برای بال فشاری است استفاده نمود این نبشی اولاً باید به اندازه ی کافی قابل انعطاف باشد و ثانیاً هنگام جوش کاری به هیچ وجه ساق های آن در محل اتصال تیر و ستون جوش نخورد و فقط در طول نبشی عمل جوش کاری انجام می شود اندازه نبشی بالایی و جوش آن اسمی است و محاسبه خاصی ندارد در عمل برای IPE14 و کم تر نبشی نمره 8 و برای IPE16 به بالا نبشی نمره 10 به کار می رود در هر صورت ضخامت نبشی بالایی به هیچ وجه از 6 میلی متر نباید کم تر باشد مهم: به لحاظ تئوری نیازی به جوش دادن بال پایین تیر بر روی نبشی نشیمن نمی باشد اما در عمل این جوش کاری انجام می شود جدول نبشی نشیمن انعطاف پذیر با دو IPE ساده (تیر دوبله ساده)

نوع پروفیل نبشی طول (cm) بعد جوش .

مانند قبل شرط L بزرگتر یا مساوی $h15$ باید برقرار باشد تا از جدول بالا استفاده شود ضمناً دو تیر، بدون ورق تقویتی و به صورت زیر به هم چسبیده اند جدول نبشی نشیمن

انعطاف پذیر با دو تیر لانه زنبوری (2)CPE)نقل از راهنمای اتصالات ساختمان های فولادی (دفتر تدوین مقررات ملی ساختمان)

نوع پروفیل نبشی طول (cm) بعد جوش.

شرط استفاده از جدول مانند قبل می باشد اتصالات ساده تیر به ستون با نشیمن های تقویت شده اگر در اتصال ساده واکنش تکیه گاهی (نیروی برشی در تکیه گاه) از حد قابل قبولی تجاوز کند به منظور جلوگیری از استفاده از نبشی نشیمن با ضخامت بسیار زیاد از نبشی تقویت شده استفاده می شود در تیر های غیر سراسری نبشی نشیمن در دو طرف ستون قرار داده می شود و تیر ها عمود بر ستون روی آن ها قرار می گیرند این نوع اتصال جز اتصالات ساده است و باید توجه شود که حتماً نبشی انعطاف پذیر بالای بال فشاری اجرا شود در تیرهای خورجینی تیر ها به صورت سراسری در دو طرف ستون اجرا می شوند از نظر ایستایی از نوع اتصال ساده محسوب می شوند از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر از تیرهای غیر سراسری است) لنگر حداکثر تیر سراسری کمتر از تیر با تکیه گاه ساده است) عملکرد خمشی و برشی دیوار برشیوقتیکه یک دیوار برشی تک تحت نیروی جانبی زلزله قرار می گیرد شکست در پای آن (یعنی محل اتصال به شالوده) رخ می دهد که این همان محل لنگر خمشی حداکثر است و جالب این که نیروی برشی ماکزیمم نیز در همین نقطه قرار دارد اگر در طرح دیوار های برشی شکل پذیری متعادلی در همه قسمت های دیوار در نظر گرفته نشود ممکن است صدمات زیادی به بار آورد از نظر شکل ظاهری دیوار های برشی ممکن است با اشکال زیر مورد استفاده قرار گیرد خرابی در دیوار های برشی ساده توپر خرابی در خمش در این حالت به علت لنگر خمشی زیاد از عمل کرد نیروی جانبی زلزله در امتداد پهنای دیوار در پای دیوار مفصل پلاستیک تشکیل می شود ارتفاعی که در آن مفصل پلاستیک تشکیل می شود (منطقه مفصل پلاستیک) در حدود یک یا یک و نیم برابر عمق دیوار است که باید به عنوان منطقه بحرانی با پیش بینی های لازم به خوبی فولاد گذاری شود و به خصوص سلاح برشی (میل گرد های افقی و قائم (غیر از میل گرد های خمشی)

فولاد

فولاد یکی از مهمترین مصالح ساختمانی به شمار می آید . فولاد از احیا شدن سنگ آهن ، به همراه کک و اکسیژن در کوره های بلند با درجه حرارت زیاد بدست می آید . آهن خام که به این ترتیب به دست می آید بین 3 تا 4 درصد کربن دارد .

محاسن فولاد

- (1) مقاومت زیاد
 - (2) شکل پذیری زیاد
 - (3) یکسان بودن مقاومت و فشار
 - (4) عملکرد مناسب در برابر زلزله به علت شکل پذیری و سبک بودن
- مهمترین عیب فولاد ضعف در برابر آتش سوزی می باشد .

مشخصات مکانیکی فولاد

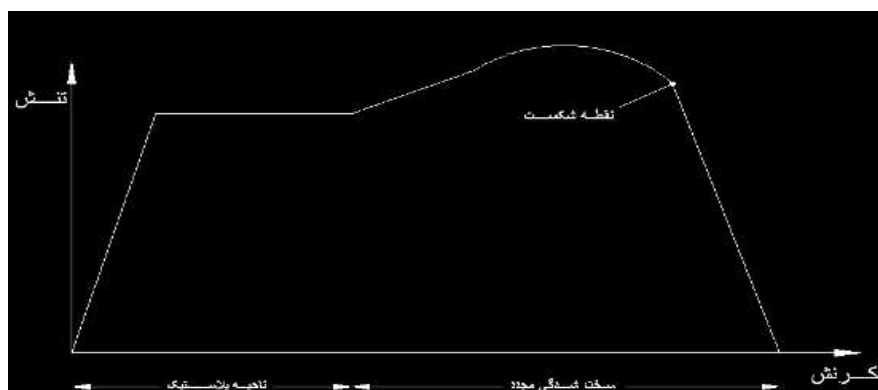
مهمترین مشخصه مکانیکی فولاد نمودار تنش _ کرنش آن می باشد که از روی آن تنش تسلیم و یا تنش جاری شدن بدست می آید . اگر یک میله فولادی تحت نیروی p قرار بگیرد تنش و کرنش در آن به صورت زیر محاسبه می شود . در شکل زیر نمودار تنش _ کرنش فولاد نشان داده شده است .

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

تنش

$$\epsilon = \frac{\text{تغییر طول}}{\text{طول ابتدایی}} = \frac{\Delta L}{L}$$

کرنش



همان گونه که از نمودار تنش_کرنش فولاد مشاهده می شود سه قسمت جداگانه در این نمودار قابل تشخیص است.

الف (ناحیه الاستیک یا خطی : قسمت ابتدایی نمودار تنش_کرنش به صورت خطی می باشد که در این قسمت تغییر شکل های فولاد برگشت پذیرند ، که به این ناحیه ، ناحیه الاستیک یا خطی گفته می شود

ب (ناحیه خمیری یا پلاستیک : بعد از نقطه ی تسلیم منحنی تنش و کرنش به صورت افقی در می آید . تغییر شکل ها در این ناحیه در حدود 15 الی 20 برابر نظیر حد خطی می باشد . از این خاصیت در طراحی پلاستیک استفاده می شود.

ج (ناحیه سخت شدگی مجدد : در این ناحیه افزایش کرنش مجدداً با افزایش تنش همراه است . شیب منحنی تنش_کرنش در این قسمت به مراتب کوچکتر از ناحیه الاستیک می باشد و معمولاً در محاسبات از این ناحیه صرف نظر می شود.

اعضای کششی

تنش کششی مجاز (FT) برابر $(f_y 0.6)$ می باشد. بال تحتانی تیرچه ها و اعضای قطری که تنها تحت تنش های کششی قرار میگیرند ، باید بر اساس این تنش مجاز طراحی شوند .

$$\text{IF } (L/r) < C_c \Rightarrow F_c = \frac{\left[1 - \left(\frac{L}{r}\right)^2 Q F_y\right]}{\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \frac{L/r}{C_c} - \frac{1}{8} \left(\frac{L/r}{C_c}\right)^2}$$

$$F_c = \frac{(1 - \beta^2) Q F_y}{F.S.} \quad C_c = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{Q F_y}}$$

$$\beta = \frac{L}{C_c} F.S. = 1/\rho\gamma + \gamma\gamma\beta - \gamma\gamma\beta^2$$

$$\text{IF } (L/r) > C_c \Rightarrow F_c = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2} = \frac{1.0 \times 10^6}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

در روابط فوق، L فاصله بین گره ها برای بالها و طول آزاد مهار نشده اعضای جان می باشد و Q ضریب شکل است .

ضریب شکل Q ، برای نبشی ها به شرح ذیل است:

$$\frac{b}{t} \leq \frac{637}{\sqrt{F_y}} \quad Q = 1$$

$$\frac{637}{\sqrt{F_y}} < \frac{b}{t} < \frac{1300}{\sqrt{F_y}} \quad Q = 1/34 - 0/000533 \frac{b}{t} \sqrt{F_y}$$

$$\frac{b}{t} > \frac{1300}{\sqrt{F_y}} \quad Q = \frac{1088500}{F_y \left(\frac{b}{t}\right)^2}$$



تبصره : استفاده از مقاطع نامتقارن به عنوان بال فوقانی تیرچه مجاز میباشد لیکن نظر به اینکه روابط مربوط به کمانش بر اساس متقارن بودن بال فوقانی نسبت به محور تیرچه میباشد و احتمال رخ دادن کمانش موضعی وجانبی تا قبل از تکمیل پوشش وجود دارد ، در صورت استفاده از مقاطع نامتقارن باید تدابیر لازم برای مهار کافی تیرچه ها وجلوگیری از کمانش آنها در حین اجرا وقبل از گرفتن بتن صورت پذیرد . بنابراین پس از اتمام اجرای سقف وجرفتن بتن ، کمانش عضو فوقانی مطرح نمی باشد.

طراحی اعضای خمشی

تنش مجاز برای اعضای خمشی بدون نیروی فشاری مطابق زیر است .

الف) برای بالها .

$$F_b = 0.6F_y$$

ب) برای اعضای جان ساخته شده از میلگرد و مقاطع غیر میلگرد .

$$F_b = 0.9F_y$$

د) برای ورقهای نشیمن .

$$F_b = 0.75F_y$$

طراحی اعضای فشاری - خمشی

در صورتیکه فاصله بین گره ها مساوی و یا بیشتر از 60 سانتی متر باشد ، اعضای فوقانی تیرچه ها باید به نحوی طراحی شوند که رابطه زیر در گره ها برقرار شود

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_b}{0.6F_y} \leq 1$$

و همچنین باید رابطه زیر در بین دو گره برقرار گردد.

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{C_m.f_b}{[1 - (f_a/f_e)].Q.f_b} \leq 1$$

برای اعضای میانی تیرچه ها

$$C_m = 1 - 0.3 \left(\frac{f_a}{F_e} \right)$$

برای اعضای کناری تیرچه ها

$$C_m = 1 - 0.4 \left(\frac{f_a}{F_e} \right)$$

Fe تنش مجاز اولر و L فاصله بین گره ها می باشد.

$$C_m = 1 - 0.4 \left(\frac{f_a}{F_e} \right)$$

محدودیت های لاغری اعضا

ضریب لاغری (L/r) در اعضای میانی و کناری بال ها ، همچنین در اعضای فشاری و کششی جان تیرچه نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید :

90 در اعضای میانی بال فوقانی

120 در اعضای کناری بال فوقانی

200 در اعضای فشاری جان

240 در اعضای کششی

ضوابط ویژه اعضای جان تیرچه ها (کنترل برش)

حداقل نیروی برشی قائم که برای اعضاء باید در نظر گرفته شود. نباید از 25 درصد عکس العمل تکیه گاهی کمتر باشد .

در مواردیکه اعضای جان تیرچه ها تحت اثر ترکیب تنش های فشاری و خمشی قرار گیرند . باید بر اساس ضوابط اعضای فشاری - خمشی طراحی گردند . در حالتی که خمش در این اعضا ، موجب انحنای دو طرفه آنها گردد ، ضریب Cm معادل 0.4 در نظر گرفته میشود.

مقاومت جوش

اتصالات جوش اعضا باید بتواند حداقل دوبرابر بار طراحی تیرچه ها را تحمل نماید .

وصله

اتصال دوپروفیل بصورت وصله در هر نقطه از بال مجاز است . وصله بصورت جوش سربه سر در اعضای کششی باید بتواند حداقل مقاومتی معادل $F_y.A1.14$ را از خود نشان دهد که در آن A کل سطح مقطع عضو وصله شده می باشد .

2-طراحی مرحله دوم بعد از گرفتن بتن

در این مرحله مقطع مرکب شامل تیرچه فولادی و بتن باید تلاشهای ناشی از تمام بارهای وارده به سقف (قبل و بعد از گرفتن بتن) را تحمل کند .