اصول و روش های ساخت ساختمان

(جلد چهارم)

مولف:

مهندس محمد طیبی

www.Mohammadtayyebi.com

سرشناسه	:	طیبی، محمد، ۱۳۶۲ -
عنوان و نام پدیدآور	:	اصول و روش های ساخت ساختمان/ مولف محمد طیبی؛ ویراستار و صفحه‌آرا فرانک حاجی‌عبدالله.
مشخصات نشر	:	تهران: نشرزرین اندیشمند ۱۴۰۰
مشخصات ظاهری	:	۵ج: مصور(بخش رنگی)، جدول، نمودار
شابک	:	۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۱۶۵-۱
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
موضوع	:	ساختمان سازی-- ایران
موضوع	:	Building--Iran
موضوع	:	ساختمان سازی—ایران—صنعت و تجارت
موضوع	:	Construction industry--Iran
رده بندی کنگره	:	TH145
رده بندی دیویی	:	۶۹۰/۰۲۹۵۵
شماره کتابشناسی ملی	:	۷۶۰۱۶۱۵

دفتر مرکزی: خیابان انقلاب، مابین خیابان دانشگاه و ابوریحان،
پلاک ۱۱۸۲، ساختمان فروردین، طبقه ۵، واحد ۱۹
شماره تماس: ۰۹۹۰۵۴۴۵۰۰۶ - ۶۶۱۷۶۰۸۷
وب سایت: Andishmandpub.com
پست الکترونیکی: Andishmand.pub@gmail.com

نشر زرین اندیشمند

اصول و روشهای ساخت ساختمان(جلد چهارم)

مولف: محمد طیبی
ویراستار و صفحه آرا: فرانک حاجی عبدالله
نوبت چاپ: اول ۱۴۰۰
طراح جلد: ریحانه عامری پویا
قیمت: ۷۰۰۰۰۰ ریال
ناشر: نشر زرین اندیشمند
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۱۶۵-۱
شمارگان: ۵۰۰

حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است.

تقدیم به پدرم

کوهی استوار و حامی من در طول تمام زندگی

تقدیم به مادرم

سنگ صبوری که الفبای زندگی به من آموخت

تقدیم به برادرانم

همسفران مهربان زندگیم.

مقدمه

دیربازیست که سرپناه نقش حیاتی و تعیین کننده ای در زندگی و محل اسکان بشر داشته است که با توجه به پیشرفت فوق العاده انسان در همه علوم، صنعت ساختمان نیز از این قاعده مستثنی نبوده و برای داشتن سازه های مقاوم و ایمن به جهت محافظت از جان و مال ساکنین باید با علم روز همراه بود تا از بروز حادثه در ساختمان ها جلوگیری شود که توجه ویژه به اصول و روش های ساخت ساختمان ها از تخریب تا نازک کاری از موارد اساسی و بسیار مهم در صنعت ساخت و ساز می باشند که در این کتاب (جلد چهارم) تلاش نموده ام که تا حد امکان به ذکر آنها بپردازم که عبارتند از: اصول و روش های کلی ساخت، اجرا و مقاوم سازی انواع سازه های فولادی، دیوارچینی در سازه های فولادی، وال پست، انواع سازه های سبک (LSF) و (CFT) و سامانه های نوین در ساخت سازه های فولادی، سیستم های مرکب فولادی و بتنی و سازه های صنعتی، انواع اتصالات، انواع جوشکاری و روشهای گوناگون حفاظت از فولاد. امید است با نگارش این کتاب گامی بس کوچک در اعتلای صنعت ساختمان برداشته باشم.

با احترام

محمد طیبی

فهرست مطالب

فصل ۵ ..... ۷

ساخت و اجرای سازه های فولادی ۷

اسکلت فلزی چیست ۸

اجزای سازه فلزی ۱۱

میلگرد و کاربرد آن ۱۱

انواع میلگردها از نظر مکانیکی ۱۲

کاربرد انواع میلگردهای مختلف در بتن ۱۵

انواع سازه‌های فلزی ۲۳

مراحل اجرای فونداسیون اسکلت فلزی ۲۸

انواع ستونهای فلزی ۳۶

انواع تیر در سازه های فولادی ۴۶

وسایل اتصال در سازه های فولادی (پرچ، پیچ و جوش) ۵۸

انواع اتصال تیر به ستون در ساختمان های فولادی ۶۵

اتصال ستون به شالوده ۸۵

بررسی شیوه نوین اتصالات در سازه های فولادی (ConxL و ConxR) ۸۸

انواع سقف در ساختمانهای فولادی ۹۳

مقاوم سازی سازه های فولادی ۱۱۰

دیوار چینی در ساختمان فلزی ۱۲۶

وال پست چیست؟..... ۱۲۸
انواع جوش در اتصالات فولادی..... ۱۳۴
الکترود (سیم جوش) چیست..... ۱۵۴
انواع الکترودهای جوشکاری..... ۱۵۵
نامگذاری الکترودهای جوشکاری با استاندارد A.W.S..... ۱۵۹
روشهای حفاظت فولاد..... ۱۶۳
سازه های سبک..... ۱۷۶
سازه ال اس اف (LSF) چیست..... ۱۷۶
سازه سی اف تی (CFT) چیست؟..... ۱۸۲
سامانه های نوین در سازه های فولادی بلند..... ۱۹۱
سامانه های مورداستفاده در ساختمان های صنعتی..... ۲۰۴
سیستم های مرکب فولادی و بتنی..... ۲۲۴

فصل ۵

ساخت و اجرای سازه های فولادی

اسکلت فلزی چیست

اسکلت فلزی متشکل از فولاد، تیر و ستون می باشد. ستون های سازه اسکلت فلزی به دو صورت عمودی و افقی قرار گرفته اند و امروزه پیکر ساختمان های زیادی در سطح شهرهای کشور را پوشش داده اند. بنیادی ترین مصالح به کار رفته در اسکلت فلزی فولاد می باشد که در حال حاضر از پراهمیت ترین مصالح در صنایع ساخت و ساز به شمار می رود.

به کار بردن اسکلت فلزی در سازه ها و ساختمان ها موجب گردیده تا از وزن کمتری بهره ببرند و در برابر هرگونه ضربه، فشار و عوامل بیرونی نظیر زلزله مقاومت و استحکام بیشتری نشان دهند. پس می توان گفت سازه های دارای اسکلت فلزی دارای تعادل نسبی بیشتری می باشند.

استفاده از اسکلت های فلزی در سازه ها تاریخچه ای طولانی دارد. در ابتدا از چدن در ساخت این اسکلت ها استفاده می شد. رفته رفته چدن جای خود را به آهن کم کربن یا همان چکش خوار داد. اما به مرور زمان استفاده از فولاد در ساخت اسکلت های فلزی جایگزین دیگر مصالح شد، تا جایی که امروزه به این سازه، اسکلت فولادی نیز گفته می شود.

بهترین نوع اتصالات برای اسکلت فلزی پیچ و مهره می باشد و حتی در برخی از کشور های اروپایی اجازه استفاده از اتصالات جوش دار را نمی دهند، چرا که اتصالات جوش دار مقاومت سازه را پایین آورده و سازه از استحکام کمتری برخوردار است.

مزایای استفاده از اسکلت فلزی

- اسکلت فلزی از جمله سازه هایی است که در شهرهای مختلف خصوصاً شهرهای بزرگ مورد توجه قرار می گیرد زیرا امکان استفاده از آن در شلوغ ترین مکان ها وجود دارد.
- کیفیت سازه با استفاده از اسکلت فلزی بالا رفته و میزان پرتی مصالح به میزان قابل توجه کاهش می یابد.
- وزن اسکلت فلزی در مقایسه با اسکلت بتنی کمتر است، به همین دلیل وزن ساختمان با اجرای این نوع اسکلت بندی کاهش می یابد.
- خواص این نوع اسکلت در تمام قسمت های آن یکنواخت است و به دلیل نظارت دقیق بر تولید فولاد می توان نسبت به یکسان بودن ویژگی آن در تمام قسمت ها مطمئن بود.
- ساختمانهایی که با اسکلت فولادی ساخته می شوند به مدت طولانی دوام خود را حفظ خواهند کرد.
- سرعت اجرای اسکلت فلزی و نصب قطعات آن در مقایسه با اسکلت بتنی بالاتر است و در مدت زمان کمتری می توان این سازه را به اتمام رساند.
- استحکام و مقاومت بسیار بالای قطعات اسکلت فلزی باعث شده از آن در سازه های مرتفع و مکان هایی که زمین آن سست است استفاده شود.
- شکل پذیری فولاد بالاست و قدرت آن در برابر تحمل ضربه و نیروهای دینامیکی فوق العاده می باشد.
- یکی از ویژگی های بارز اسکلت فلزی قابلیت مقاوم سازی آن است. برای مثال اگر به دلایل مختلف سازه مقاومت بالایی نداشته باشد میتوان قطعات را با جوش یا پرچ کردن مقاوم نمود و قطعات جدید به آن افزود.

- تیرها و ستون های اسکلت فلزی به نسبت اسکلت بتنی از سایز و حجم کمتری برخوردار هستند، از این رو در ساختمانهای بتنی فضای مرده بیشتر از سازه های فلزی می باشد.
- با استفاده از اسکلت فلزی می توان حجم فونداسیون را کاهش داد.
- رفتار سازه فولادی در برابر انفجار در مقایسه با سازه بتنی بهتر است.
- قطعات سازه فلزی را می توان مجدداً استفاده نمود، خصوصاً اگر با روش پیچ و مهره اجرا شده باشد.
- فولاد از خاصیت ارتجاعی مناسب برخوردار است و نسبت به تنش های بزرگ مقاوم می باشد.
- با اجرای اسکلت فلزی سطح زیر بنا را می توان افزایش داد.
- استحکام سازه های فلزی در مقابل فشارهای ناشی از زلزله بالا است.
- شکل پذیری، قابلیت جوشکاری و خم پذیری از ویژگی های منحصر بفرد فولاد است، از این رو اجرای اسکلت فلزی به نسبت اسکلت بتنی مزایای بیشتری در پی خواهد داشت.
- در صورت ایجاد هر گونه عیب و ایراد در سازه فلزی می توان بدون تخریب و از بین رفتن آن در جهت تعمیر و رفع عیب اقدام نمود.

معایب اسکلت فلزی

- فولاد در برابر خوردگی و زنگ زدگی مقاومت بالایی ندارد، در نتیجه در اثر خوردگی قطعات ممکن است ابعاد آنها کاهش یافته و به تعمیر و نگهداری نیاز پیدا کنند.

- در اسکلت فلزی اصولاً تعداد قطعات فلزی زیاد اما ابعاد آنها کوچک است، از این رو گرایش آن ها نسبت به کمانش یک عیب بزرگ محسوب می شود.
- عدم جوشکاری مناسب قطعات و نظارت دقیق مهندسین ممکن است مقاومت سازه را با مشکل رو به رو کند.
- در صورت افزایش دمای اسکلت فلزی به ۵۰۰ الی ۶۰۰ درجه، مقاومت و تعادل ساختمان به خطر می افتد.

اجزای سازه فلزی

میلگرد و کاربرد آن

میلگرد در بتن دارای اهمیت بسیار زیادی است. میلگرد (تقویت کننده نوار) یک نوار فولادی یا شبکه سیم‌های فولادی است که به عنوان یک دستگاه کشش در بتن مسلح و سازه‌های تقویت شده بنایی برای تقویت و نگهداری بتن در فشار استفاده می‌شود و به طورکلی به عنوان فولاد تقویت کننده شناخته می‌شود.

بتن تحت فشرده سازی قوی است، اما دارای استحکام کششی ضعیفی می‌باشد که میلگرد به طور قابل توجهی مقاومت کششی ساختار آن را افزایش می‌دهد. سطح میلگرد به گونه ای است که به راحتی با بتن درگیر می‌شود. شایع ترین نوع میلگرد، فولاد کربنی است که معمولا شامل میله های گرم نورد تغییر شکل یافته می‌باشد.

دیگر انواع قابل دسترس شامل فولاد ضد زنگ و بخش‌های کامپوزیت ساخته شده از فیبر شیشه ای، فیبر کربن یا فیبر بازالت است. این نوع متناوب معمولا گران تر یا دارای خواص مکانیکی کمتری می باشد و در نتیجه اغلب در ساخت و سازهای

ویژه‌ای استفاده می‌شود که ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها نیاز به عملکرد خاصی را فراهم می‌کند که فولاد کربن آن را فراهم نمی‌کند. در عمل، هر ماده ای با استحکام کششی کافی که به طور قابل توجهی با بتن سازگار باشد، می‌تواند بطور بالقوه برای تقویت بتن مورد استفاده قرار گیرد، به عنوان مثال بامبو در مناطقی که فولاد در دسترس نیست می‌تواند جایگزینی مناسب باشد. فولاد و بتن دارای ضریب مشابهی از انبساط حرارتی هستند بنابراین یک عضو ساختاری بتن مسلح شده با میلگرد حداقل تغییرات دما را تجربه خواهد کرد. به علت استقبال زیادی که از میلگرد می‌شود خرید میلگرد اقساطی متداول است.

انواع میلگردها از نظر مکانیکی

از لحاظ مشخصات مکانیکی مطابق استاندارد روسی، در ایران ۴ نوع میلگردA1، A2، A3،A4 یافت می شود که از ۳ نوع اول یعنی A1، A2،A3 بیشتر استفاده می کنند. به طور کلی میلگردها براساس مقاومتشان در برابر نیروی کششی طبقه بندی می شوند که اصطلاحا به آن مقاومت مشخصه فولاد می گویند.

۱. میلگرد نرم با رویه صاف یا میلگرد ساده (A1)

این میلگردها صاف، ساده و بدون آج می باشند که علامت مشخصه آنها در استانداردهای ملی ایران س ۲۴۰ است. حرف س مخفف کلمه ی ساده از نظر شکل رویه و عدد ۲۴۰ هم عدد مقاومت مشخصه میلگرد بر حسب مگاپاسکال (کیلوگرم بر سانتی متر مربع) می باشد که بعد از حرف S نوشته می شود.

از این نوع میلگردها فقط می توانیم به عنوان دورپیچ در اعضای سازه ای بتن آرمه یا ساختمان های بتن آرمه استفاده کنیم و استفاده از این نوع میلگرد به عنوان

میلگردهای حرارتی و یا به عنوان میلگرد سازه ای به جز مواردی که در بالا ذکر شد، در تمامی ساختمان ها ممنوع می باشد. رده های دیگر میلگردها S500، S400، S340، S240 می باشد.

نکته: رده میلگردها باید در تمامی اسناد فنی (دفترچه محاسبات، نقشه ها و ...) درج شود.

۲. میلگرد نیم سخت با رویه آجدار مارپیچ (A2)

از این نوع میلگردها معمولا برای ساخت خاموت استفاده می کنند. علامت مشخصه آنها در استانداردهای ملی ایران آج ۳۴۰ و از نظر شکل رویه دارای آج مارپیچ می باشند.

۳. میلگرد نیم سخت با رویه آجدار جناقی (A3)

از انواع میلگرد A3 به عنوان میلگردهای راستا برای اجزای سازه ای مثل تیر، ستون و ... استفاده می کنند. علامت مشخصه آنها در استانداردهای ملی ایران آج ۴۰۰ و از نظر شکل رویه دارای آج جناقی (ضربدری هفت و هشتی) می باشند.

۴. میلگرد سخت با رویه آجدار مرکب (A4)

این نوع میلگردها مقاومت بالاتری نسبت به سایر میلگردها دارند. علامت مشخصه آنها در استانداردهای ملی ایران آج ۵۰۰ و از نظر شکل رویه دارای آج مرکب می باشند. محدودیت هایی در مقررات ملی ساختمان برای استفاده از میلگردهای A4 وجود داشت که در سال ۱۳۹۳ شورای تدوین مقررات ملی ساختمان استفاده از

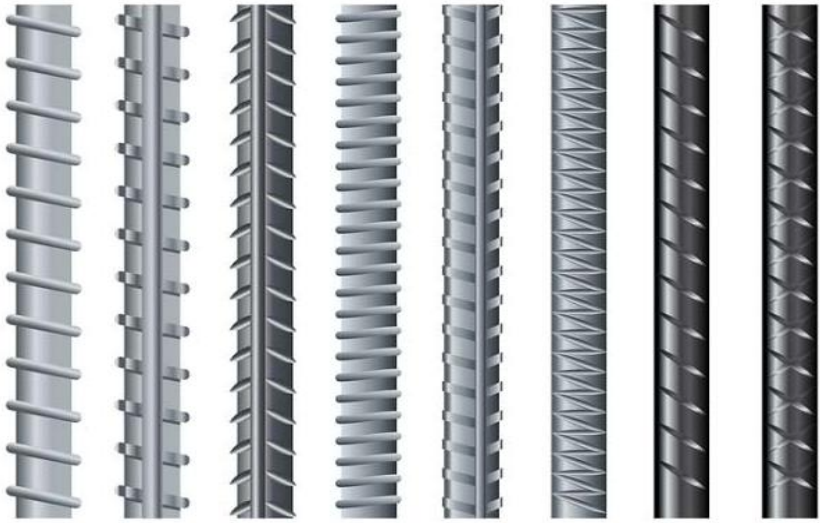
میلگردهای A4 را به جز دیوارهای برشی ویژه و قاب های خمشی ویژه مجاز اعلام کرد.

رده	علامت مشخصه در استانداردهای ملّی ایران	f_{su} (N/mm^2)	f_{yk} (N/mm^2)	طبقه بندی از نظر شکل رویه	رده از نظر سختی
S240	س ۲۴۰	۳۶۰	۲۴۰	ساده	نرم
S340	آج ۳۴۰	۵۰۰	۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت
S400	آج ۴۰۰	۶۰۰	۴۰۰	آجدار جناقی	نیم سخت
S500	آج ۵۰۰	۶۵۰	۵۰۰	آجدار مرکب	سخت

(رده بندی مکانیکی میلگردهای فولادی)

نحوه ی تشخیص میلگردهای مختلف از هم

انواع میلگردهای مختلف را می توانیم از روی آج آنها شناسایی کنیم. میلگردهای A2 دارای آج منفرد و به صورت موازی می باشند در صورتی که آج موجود روی میلگرد نوع A3 به صورت ضربدری (۷ و ۸) است.



کاربرد انواع میلگردهای مختلف در بتن

ما انواع میلگردهای مختلفی را در بتن داریم که هر کدام را در یک جای خاص به کار می بریم و هر کدام هم یک وظیفه ی خاصی دارند.

۱. میلگرد راستا (طولی)

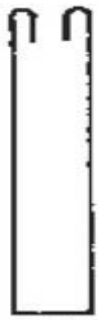
همانطور که می دانید بتن مقاومت فشاری بسیار عالی دارد اما ضعف اصلی آن مقاومت کششی کم می باشد برای همین از میلگردهای راستا (طولی) برای افزایش مقاومت کششی بتن استفاده می کنیم.

۲. میلگرد خاموت (عرضی)

برای جلوگیری از بیرون زدگی میلگردهای راستا (طولی) در اثر کمانش و همچنین تحمل نیروی برشی و جلوگیری از گسترش ترک های به وجود آمده از خاموت ها یا میلگردهای عرضی استفاده می کنیم.

۳. میلگرد رکابی

میلگرد رکابی در آرماتوربندی دیوارها به کار می رود و وظیفه آن در امتداد قرار دادن میلگردهای طولی یا عمودی در بتن ریزی دیوارها می باشد. این نوع میلگرد شبیه به حرف U انگلیسی می باشد.



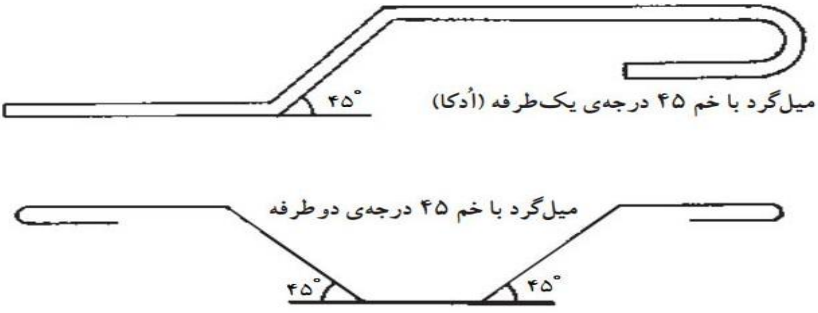
رکابی

۴. میلگرد خرک

در بتن ریزی های کف و فونداسیون به کار می رود و وظیفه آن قرار دادن دو شبکه متوالی (پشت سر هم) افقی با یک فاصله ی مشخص در داخل قالب می باشد.

۵. میلگرد ادکا (اتکا)

برای تحمل لنگرهای منفی در تکیه گاه تیرهای یکسره و همچنین برای تحمل نیروی برشی از میلگرد ادکا (ادتکا) استفاده می کنیم. یکی از پرکاربردترین میلگردها در سقف تیرچه بلوک می باشد.



۶. میلگرد سنجاقک

برای تقویت مقاومت برشی خاموت ها و همچنین اتصال بیشتر میلگردهای طولی با خاموت ها از میلگرد سنجاقک استفاده می کنیم.

نکته: به میلگردهایی با قطر کمتر از ۶ میلی متر، سیم مفتول می گویند.

۷.میلگردهای کامپوزیتی

انواع میلگرد های فولادی مزایای بسیار زیادی دارند اما زمانی که در برابر رطوبت بالا، محیط های اسیدی، قلیایی، محیط های سرد و گرم و موارد این چنینی دیگر قرار می گیرند از خودشان ضعف نشان می دهند.

محققان برای حل مشکل خوردگی میلگردهای فولادی در نواحی با شرایط محیطی شدید و خیلی شدید مطالعات و تلاش های بسیار زیادی انجام داده اند که در نهایت منجر به پیدایش میلگردهای کامپوزیتی شده است.

میلگردهای کامپوزیتی از ترکیب الیاف و ماتریسی متشکل از رزین های مختلف تشکیل شده است. الیاف های مورد استفاده از نوع کربن، شیشه و آرامید هستند. همچنین رزین های مورد استفاده در میلگردها از نوع اپوکسی، وینیل استر و پلی استر می باشد.

۸.میلگرد اپوکسی

میلگردهای اپوکسی میلگردهای مقاوم به خوردگی هستند که با میلگردهای تقویت کننده‌ی رایج بدون پوشش جایگزین شدند. این میلگردها ظاهری سبز رنگ دارند و به نام green rebar یا میلگرد سبز نیز شناخته می‌شوند. میلگردهای اپوکسی به منظور استحکام بخشی به بتن و محافظت در برابر خوردگی استفاده می‌شوند.

بتن تحمل تنش‌های فشاری را دارد و وزن سازه را تحمل می‌کند اما اگر در معرض تنش‌های کششی بالا قرار بگیرد ترک می‌خورد زیرا بتن ترد و شکننده است. با استفاده از تقویت کننده‌های فولادی یا همان میلگردها توانستند این مشکل را برطرف کنند. از آن جایی که میلگرد ابتدا در بتنی که هنوز رطوبت دارد و به طور کامل خشک نشده قرار می‌گیرد، امکان خورده شدن میلگرد فولادی بسیار بالا است. اعمال پوشش‌های مختلف مثل گالوانیزه یا اپوکسی باعث بالا رفتن مقاومت به خوردگی میلگرد می‌شود. پوشش اپوکسی مانع از نفوذ اکسیژن و کلریدها به سطح

فولاد می‌شود. همچنین پوشش اپوکسی در pH های بالا نیز پایدار است. البته میلگرد اپوکسی به دلیل داشتن پوشش محافظ در برابر نمک‌های یخ زدا و آب‌های دریایی نیز دارای مقاومت به خوردگی است. بنابراین میلگرد اپوکسی در سازه‌هایی دریایی نیز قابل استفاده هستند. در استاندارد ASTM A775 اطلاعات کامل‌تری راجع به میلگردهای فولادی با پوشش اپوکسی آورده شده است.

روش ساخت میلگرد اپوکسی

ابتدا سطح میلگرد فولادی به طور کامل از آلاینده‌ها، روغن و اکسیدها تمیز می‌شود. تمیز بودن سطح میلگرد فولادی قبل از اعمال پوشش مهم است زیرا حضور آلودگی‌ها روی سطح میلگرد باعث می‌شود تا پوشش اپوکسی به خوبی به میلگرد نچسبد و به راحتی از آن جدا شود. در مرحله‌ی بعد، میلگرد تمیز در دمای ۴۰۰ الی ۴۵۰ درجه‌ی فارنهایت حرارت داده می‌شود. سپس در اسپری الکترواستاتیک که حاوی پودر ریز اپوکسی است قرار می‌گیرد. پودر اپوکسی از طریق نیروی الکترواستاتیک جذب میلگرد می‌شود. از طرفی چون میلگرد حرارت داده شده بود، این پودر در سطح میلگرد ذوب می‌شود. پودر ذوب شده‌ی اپوکسی با انجام واکنش‌های شیمیایی بین آن پیوند عرضی ایجاد می‌شود و تبدیل به پلیمر ترموست می‌شود. پلیمرهای ترموست یا گرما سخت از پایداری خوبی برخوردار هستند. این روش fusion-bonded نام دارد. اغلب برای ایجاد پوشش اپوکسی روی میلگردهای فولادی از این روش استفاده می‌کنند.

مشکلی که این روش دارد این است که پوشش تشکیل شده از نظر ضخامت غیریکنواخت است. در بعضی قسمت‌ها پوشش ضخیم‌تر و در قسمت‌های دیگر پوشش نازک‌تر است. البته با استفاده از روش dipping پوشش یکنواخت‌تری ایجاد

می‌شود اما پوششی که در روش fusion-bonded ایجاد می‌شود از نظر چسبندگی به زمینه‌ی فولادی مطلوب‌تر است.

مزایا و معایب میلگرد فولادی اپوکسی

مقاومت به خوردگی، مهم‌ترین مزیت میلگرد اپوکسی است. همچنین پوشش اپوکسی، پوششی سبک و غیر سمی است. روش fusion bonded که برای ساخت آن استفاد می‌شود فاقد مواد مضر است و به محیط زیست آسیب نمی‌رساند. از طرفی این پوشش به لحاظ اقتصادی نسبت به سایر میلگردهای موجود در بازار ارزان‌تر است. این میلگردها قابلیت خم شدن دارند و از این جنبه بهتر از میلگرد گالوانیزه هستند. میلگرد گالوانیزه قابلیت خمکاری ندارد، زیرا پوشش گالوانیزه در منطقه‌ای که خم شده پوسته پوسته می‌شود. میلگرد اپوکسی را می‌توان در نواحی هموار و بدون سایش خم کرد. میلگردهای اپوکسی مطابق استاندارد ASTMA706 نیز قابلیت جوشکاری دارند اما نباید پیش‌گرم شوند.

میلگرد اپوکسی مقاومت کمی نسبت به سایش دارد. بنابراین در حمل و نقل نیاز به مراقبت زیادی دارد زیرا هرگونه صدمه دیدن آن باعث آسیب پذیر شدن میلگرد در برابر خوردگی می‌شود. در هنگام استفاده و انبار کردن میلگرد اپوکسی باید دقت کرد که از اصطکاک و تماس بین میلگردها جلوگیری شود در غیر این صورت به علت اصطکاک بین پوشش‌های اپوکسی سایش اتفاق می‌افتد که منجر به آسیب دیدن یا حتی جدا شدن پوشش می‌شود. همچنین میلگرد اپوکسی چسبندگی و اتصال کمی با بتن دارد.

کاربرد میلگرد اپوکسی

میلگرد اپوکسی در سازه‌های زیر به کار می رود:

- پل‌ها
- سازه‌های پارکینگ
- سازه‌های دریایی
- ساختمان‌ها و بناها

اگرچه میلگرد اپوکسی خواص مطلوب‌تری نسبت به میلگرد بدون پوشش دارد اما اگر پوشش سوراخ یا ترک داشته باشد باعث آسیب شدید میلگرد از همان نقطه می‌شود. از این رو در هنگام حمل و نقل، راه اندازی و انبار نیاز به دقت بسیار دارد. در برخی مناطق مانند استان Quebec «کبک» واقع در شرق کانادا استفاده از میلگردهای اپوکسی ممنوع شده است. سایر استان‌های کانادا و برخی ایالت‌های آمریکا در حال انجام بررسی‌هایی برای ارزیابی استفاده مجدد آن‌ها هستند.

انواع سازه‌های فلزی

سازه فولادی قابی

یکی از انواع سازه های فولادی، سازه قابی شکل است. قاب فولادی یک تکنیک ساختمان سازی است که در آن از یک اسکلت فلزی استفاده می شود. این اسکلت از ستون‌های فولادی عمودی و تیرهای افقی I شکل که بصورت شبکه های مستطیلی ساخته شده اند تشکیل می شود. کار این شبکه های مستطیلی پشتیبانی از طبقات، سقف و دیوارها که همگی متصل به آن اسکلت هستند، خواهد بود. در واقع این

تکنیک قاب فولادی بود که به بشر اجازه ساخت آسمانخراش را داد چرا که بدون این نوع سازه، ساخت ساختمانی به این حد از ارتفاع بسیار مشکل است.

پروفیل فولادی رول شده با بخش‌های متقاطع ستون های فولادی، شکل حرف I را تشکیل می دهند. دو لبه پهن در یک ستون، ضخیم تر و پهن تر از لبه های یک تیر هستند. علت این مساله افزایش تحمل بار فشاری در سازه است. بخش های فولادی مربعی و لوله ای شکل نیز می توانند در سازه فولادی قابی استفاده شوند. در این صورت این بخش ها با بتن پر می شوند. تیرهای فولادی با استفاده از پیچ و چفت پیچ دار به ستون ها متصل شده اند. به دلیل افزایش تحمل در برابر خمش لحظه ای، جان تیر در تیرهای I شکل اغلب پهن تر از جان ستون ها است.

ورقه های پهن عرشه های فولادی نیز می توانند برای پوشاندن سطح فوقانی سازه فولادی قابی استفاده شوند.

کاربردهای سازه فولادی قابی

از این نوع از انواع سازه های فولادی می‌توان جهت ساختمان‌های با ارتفاع زیاد مانند ساختمان های چند طبقه و آسمانخراش ها، ساختمان های صنعتی، انبار، ساختمان مسکونی و سازه های موقت استفاده کرد.

مزایای سازه قابی

- وزن بسیار کم در برابر سازه های بتنی
- استفاده بیشتر از فضای زیر پوشش و استفاده بهینه در مصالح
- خواص ارتجاعی بالا، پیوستگی مصالح، شکل پذیری، انتقال آسان سازه و سرعت نصب بالا

معایب سازه قابی

- در دماهای بالا(بالاتر از ۶۰۰ درجه سانتی گراد) سازه فلزی قابی مقاومت خود را از دست می دهد و دچار تغییر شکل می شود
- قطعات کوچکی در ساخت این سازه فلزی به کار برده شده است و به دلیل کم بودن کشش فشاری در این سازه ها قطعات تمایل به کمانش دارند.
- در اثر تماس اجزای سازه فلزی با عوامل خورنده، دچار خوردگی می شود.
- گاهی به دلیل عدم مهارت جوشکاران از سو و از سوی دیگر گرانی هزینه های تست جوشکاری، سازه فلزی قابی جوش مناسبی ندارد.

سازه فولادی پوسته ای

یکی از انواع سازه های فلزی اصلی سازه فولادی پوسته ای است. به بیان ساده، سازه فولادی پوسته ای سازه ای با حجم فضایی مانند کره یا استوانه است که برای ساخت سیلوها و مخازن نگه‌داری سیالات در کارخانه ها و... مورد استفاده قرار می‌گیرد.

سازه فولادی پوسته ای نوعی از انواع سازه های فلزی است که با شکل هندسی ویژه اش شناخته می‌شود. سازه فولادی پوسته ای جسم صلب سه بعدی است که ضخامت آن در مقایسه با سایر ابعاد کم است. ضرورتاً یک سازه فولادی پوسته ای با استفاده از دو روش ایجاد می شود؛ در روش اول ابتدائا شکل دادن به سطح میانی پلیت به عنوان یک سطح یک بار یا دو بار خم شده و دیگری با استفاده از اعمال بار و فشاری که با پلیت تولیدکننده فشار زیاد، هم صفحه است.

مزایای سازه پوسته ای

- در این نوع سازه ها وزن به صورت قابل توجهی پایین است.
- سازه به دلیل طراحی زیبا بدون نیاز به تزئین، زیبایی چشم نوازی دارد.
- در صورت طراحی و ساخت درست سازه در اثر فشار سازه آسیب نمی بیند.

معایب سازه پوسته ای

- سازه های فلزی پوسته ای به دلیل ساختار نازک خود در برابر خمش های ناحیه ای وارد شده از بارهای متمرکز مقاوم نیستند.

سازه فولادی معلق

سازه فولادی معلق یکی دیگر از انواع سازه های فلزی است. سازه فولادی معلق به سازه های با سطوح افقی گفته می شود که در آن ها طبقات با استفاده از کابل های آویزان شده سهمی شکل با قدرت زیاد پشتیبانی می شوند. قدرت یک سازه فولادی معلق از شکل کابل های قوی تاب دار سهمی شکل حاصل می شود.

جهت کارآمدی بیشتر این نوع از انواع سازه های فلزی، فرم سهمی گونه آن طوری طراحی می شود که شکل آن کاملاً نزدیک به فرم دقیق نمودار لحظه ای باشد. کابل تاب دار، تحت شرایط فشار متقارن دارای ثبات بیشتری است، زیرا کابل قابلیت تغییر شکل جهت تنظیم کردن خود با فشار خارج از مرکز را دارد. این قابلیت در کابل باعث فشار ثانویه در سطح افقی و تغییر شکل بیشتر می شود. علت وجود انحنای سهمی گونه در سازه فولادی معلق، مقاوم سازی این سازه در برابر فشارهای خارج از مرکز یا جانبی مانند فشار ناشی از باد یا ارتعاش و مانند آن است.

کاربرد سازه فولادی معلق

از این نوع سازه از انواع سازه های فلزی در ساخت عرشه پل، پل معلق و نیز در ساخت اسکلت سقف استفاده می شود.

مزایا و معایب سازه معلق:

سازه های معلق از مزایایی مثل هزینه کم، زمان کوتاه در اجرا و زیبایی برخوردارند اما به دلیل ساختار معلق طول عمر کمتری نسبت به سازه های بتنی دارند. در طول زمان به حفظ و نگهداری نیاز دارند و قطعات اتصال به ویژه کابل کششی بایستی دائما بازرسی شوند.

سازه فولادی خرپا

یکی دیگر از انواع محبوب سازه های فلزی خرپاها هستند. برای شناخت سازه فولادی خرپا ابتدا باید خرپا را شناخت. خرپا یک سازه تشکیل شده از تیرها و سایر المان هاست به نحوی که یک ساختار مشبک را تشکیل دهند. در علوم مهندسی، یک خرپا سازه ای مشتمل بر اجزایی است که دو نیرو ایجاد می کنند. یک جزء دو نیرویی عبارت است از سازه ای که در آن، نیرو فقط به دو نقطه وارد می شود. در این نوع سازه اجزا به گونه‌ای کنار هم قرار گرفته اند که ترکیب کلی به مثابه یک شی واحد عمل کند.

خرپاها عموماً شامل ۵ واحد مثلثی شکل یا بیشتر هستند. این مثلث ها دارای اجزاء مستقیم و صاف بوده که انتهای آن‌ها در مفصل ها به یکدیگر متصل شده اند. به این مفاصل گره (Node) گفته می شود. در این نوع ساختار نیروهای خارجی و واکنش

ها به این نیروها، فقط در ناحیه مفصل ها اعمال می شوند و منجر به ایجاد نیرو در اجزای کششی یا فشاری می شوند.

مزایا و معایب سازه خرپایی:

سازه خرپایی قابلیت استفاده مجدد را دارد. طراحی ساده ای دارد و برای اجرا به تخصص و دستگاه خاصی نیازی ندارد، همچنین در شرایط مختلف امکان استفاده از آن وجود دارد.

سرعت اجرای سازه خرپایی نسبت به سازه های فلزی دیگر کمتر است. فضای زیادی را اشغال می کنند و حتما به هنگام اجرا بایستی بخشی از خاک برداری با دست صورت گیرد. درقسمت سازه های صنعتی سازه خرپا را به طور کامل شرح میدهیم.

مراحل اجرای فونداسیون اسکلت فلزی

مراحل اجرای فونداسیون اسکلت فلزی کار بسیار دقیقی است و هر مرحله باید با توجه و دقت زیاد انجام شود. به این دلیل که تمامی سنگینی ساختمان روی فونداسیون تقسیم می شود. اگر به هر دلیلی فونداسیون اسکلت فلزی بدون توجه به معیارهای سلامت ساختمان اجرا شود، ساختمان با مشکلات فنی فراوانی مواجه خواهد شد و برای ساکنین آن ساختمان خطر آفرین می شود. قبل از اقدام به اجرای فونداسیون بایستی زمین و خاک آن منطقه مورد بررسی قرار گیرد و از استحکام و مقاومت زمین جهت اجرای فونداسیون اطمینان حاصل شود. مراحل اجرای فونداسیون اسکلت فلزی به ترتیب زیر است:

مرحله اول: خاکبرداری(پی کنی و گودبرداری)

نخستین مرحله اجرایی یک سازه ساخت پی یا شالوده آن میباشد.

قبل از ساخت شالوده باید نقشه پلان پی کنی در زمین محل اجرای سازه با دوربین و یا متر و ریسمان پیاده شود و زمین محل اجرا از هر گونه گیاه و ریشه گیاهان عاری گردد و پستی و بلندی مرتفع شود. بعد از مسطح کردن زمین محل اجرای سازه اقدام به پی کنی تا عمق مشخص میکنیم که این عمق باید به گونه ای باشد که کف شالوده پایینتر از عمق یخ بندان در نظر گرفته شود.

دلایل پی کنی

۱.رسیدن به زمینی با مقاومت مطلوب

۲.مهار کردن بخشی از سازه در زیر زمین هر چند زمین دارای مقاومت زیادی باشد(مانند زمین های سنگی)

۳.رسیدن به ترازی پایین تر از عمق یخبندان

گاهی مواقع به دلیل وجود قسمتی از سازه زیر زمین مجبور به گودبرداری در عمق زیاد میشویم که در این صورت احتمال ریزش جداره یا خالی شدن زیر پی ساختمان وجود دارد که باید با وسایل مناسب شمع بندی و حفاظت جداره صورت گیرد.

مرحله دوم: اجرای بتن مگر

دومین مرحله از سری مراحل اجرای فونداسیون اسکلت فلزی اجرای بتن مگر است. همانطور که در فصل چهارم اشاره کردیم بتن مگر مثل هر نوع بتن دیگری ترکیبی از آب، شن، ماسه و سیمان است ولی استحکام بقیه بتن ها را ندارد و صرفا جهت زیرسازی از آن استفاده می شود. در این مرحله برای جدا کردن پی اصلی از سطح زمین در حدود ده تا پانزده سانتی متر بتن مگر را اجرا می کنند.

مرحله سوم: آرماتوربندی

آرماتوربندی از دیگر مراحل اجرای فونداسیون اسکلت فلزی بوده که از حساسیت خاصی نیز برخوردار است. آرماتوربندی و آرماتور گذاری باید طبق نقشه در محل فونداسیون قرار داده شوند و فاصله آن ها از بتن مگر حدود چهار سانتی متر است.

مرحله چهارم: قالب بندی فونداسیون اسکلت فلزی

بعد از آرمارتور گذاری، قالب بندی فونداسیون که یکی از مراحل اجرای فونداسیون اسکلت فلزی است شروع می شود. تخته هایی که برای اجرای قالب بندی مورد استفاده قرار می گیرند باید سالم، تخت و بدون گره باشند و از طرفی طوری کار گذاشته شوند که خروج آب اضافه از زیر یا اطراف آن ها امکان پذیر باشد. تخته ها باید بتوانند استاندارد های خواسته شده را پاسخ دهند. به عنوان مثال تخته ها باید بتوانند قالب بتن را همانطور که هست حفظ کنند و از آن در برابر صدمات و لرزش ها محافظت کنند. تخته های قالب بندی باید بتوانند از قالب بتن در برابر سرما و گرما محافظت کرده و بعد از خشک شدن بدون آسیب رساندن به بتن از آن جدا شوند.

مرحله پنجم: اجرای بیس پلیت BasePlate یا صفحه زیر ستونی

ستونهای یک ساختمان اسکلت فلزی، نقش انتقال دهنده بارهای وارد شده را به فونداسیون (به صورت نیروی فشاری، کششی، برشی یا لنگر خمشی) به عهده دارند.

در این میان، ستون فلزی با صفحه ای فلزی که از یک سو با ستون و از سوی دیگر با بتن درگیر شده است روی فونداسیون قرار می گیرد. با توجه به اینکه ستون فلزی

به علت مقاومت بسیار زیاد تنشهای بزرگی را تحمل می کند و بتن قابلیت تحمل این تنشها را ندارد ؛ بنابراین صفحه ستون واسطه ای است که ضمن افزایش سطح تماس ستون با پی ، سبب می گردد توزیع نیروهای ستون در حد قابل تحمل برای بتن باشد.

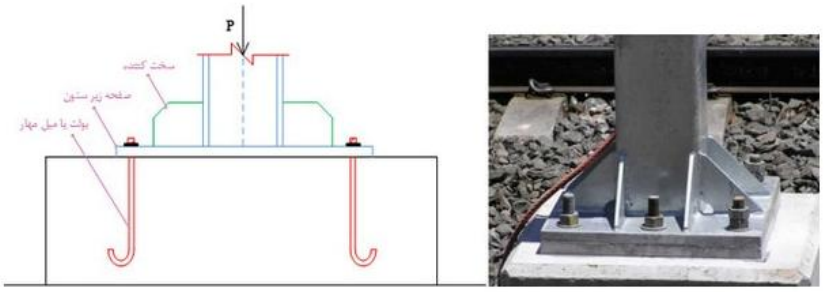
بولت های صفحه ستون

از اجزای دیگر اتصال پای ستون میل مهار ها یا بولت ها (Bolt) هستند. کار اتصال صفحه ستون با بتن به وسیله میل مهار صورت میگیرد و برای ایجاد اتصال، انتهای آن را خم میکنیم. در ستونهایی که تحت بار محوری خالص از نوع فشاری قرار دارند، میل مهارها فقط در هنگام اجرای ستون نقش ایفا می کنند و مانع از افتادن ستون می شوند. اما در ستونهایی که تحت لنگر خمشی و برش نیز می باشند میل مهارها نقش باربری پیدا میکنند و باید تعداد و طول مهاری آنها از طریق محاسبات تعیین شود. ولی حداقل هایی نیز در نظر گرفته می شود.

به عنوان مثال قطر میل مهارها معمولاً حداقل ۲۰ میلیمتر (همان میلگرد نمره ۲۰) در نظر گرفته میشود و طول دندانه شده انتهای میل مهار ها معمولاً بین ۱۰ تا ۱۵ سانتی متر در نظر گرفته میشود و بستگی به بزرگی نیروهای وارده دارد. همچنین توصیه میشود فاصله بین مرکز میل مهارها تا ورق های سخت کننده و مرکز تا مرکز میل مهارها حداقل معادل ۱,۵ برابر قطر میل مهار باشد تا فضای کافی برای بستن و تنظیم کردن مهره های بولت ها وجود داشته باشد.

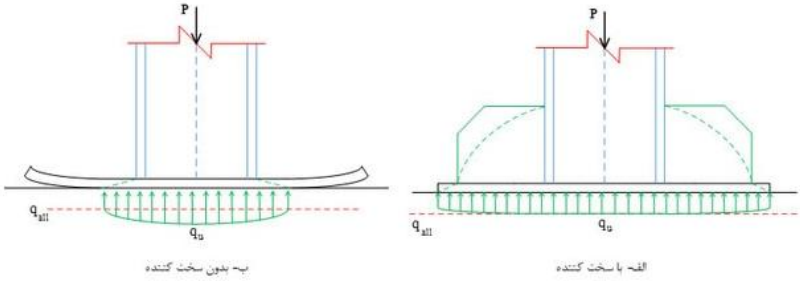
موضوع مهمی که در رابطه با بیس پلیت مطرح است، لزوم استفاده از سخت کننده ها می باشد. اگر ستونی که تنها حامل بار محوری فشاری است بر یک صفحه ستون با ضخامت کم قرار گیرد و هیچ ورق تقویتی در اطراف آن استفاده نشود، بار ستون

تحت زاویه ای روی صفحه ستون پخش می شود و به سمت وجه پایینی ورق حرکت می کند و بار در تمام سطح ورق توزیع نمی شود، در نتیجه قسمت هایی از ورق تغییر شکل داده و اطراف آن بالا می آید.



(جزییات اتصال ستون به بیس پلیت)

اما در طراحی های متداول فرض بر این است که ورق صفحه ستون صلب است. پس باید این صلبیت به نحوی تأمین شود. یک راه حل، افزایش ضخامت ورق است که البته غیر اقتصادی است و باید دنبال راهی برای استفاده از تمامی ظرفیت ورق موجود بود. استفاده از ورق های تقویتی عمود بر ورق کف ستون، به عنوان یک راه حل اقتصادی مورد توجه قرار می گیرد. این ورق های تقویتی معمولاً در امتداد ورق های تشکیل دهنده مقطع ستون قرار می گیرند و عملکرد آنها به این صورت است که بار محوری ستون، پیش از رسیدن به ورق بیس پلیت شروع به پخش شدن می کند در نتیجه وقتی بار به سطح بالایی بیس پلیت می رسد، در سطح وسیع تری نیز پخش شده و دارای شدت کمتری است. بدین ترتیب، تنش فشاری وارد بر پی، تقریباً به طور یکنواخت بر سطح ورق پخش می شود. شکل زیر توزیع بار در کف ستون را در دو حالت با سخت کننده و بدون سخت کننده را نشان می دهد.



(توزیع بار در بیس پلیت در دو حالت با سخت کننده و بدون سخت کننده)

نحوه اجرای صفحه ستون

روش اجرای بیس پلیت به دو صورت است:

اتصال ستون به بیس پلیت در کارخانه: در این روش ورق و بیس پلیت به وسیله جوش نفوذی کاملاً به یکدیگر متصل می شوند. ستون به همراه کف ستونِ جوش شده به آن، از کارخانه به سایت (کارگاه) حمل شده و سپس در هنگام بتن ریزی فونداسیون، میلگرد (بولت) هایی در محل کف ستونها کار گذاشته می شود و بتن ریزی می شود و در نهایت مجموعه ستون و صفحه ستون به آن ها متصل می شوند. در شکل زیر نمونه ای از اجرای کف ستون با این روش نشان داده شده است.

اتصال ستون به بیس پلیت در محل کارگاه: در این روش قبل از بتن ریزی فونداسیون، بیس پلیت همراه با بولت ها (حداقل چهار میل مهار به قطر ۲۰ میلیمتر در چهار گوشه ورق) در جای خود ثابت و بعد بتن ریزی انجام میشود. سپس ستون علم شده و با جوش به صفحه ستون متصل میشود. نکته مهم هنگام نصب کف ستون، به عنوان صفحه تقسیم فشار، این است که انتهای ستون سنگ خورده و صاف باشد تا تمام نقاط مقطع ستون بر روی صفحه ستون بنشیند و عمل انتقال نیرو به خوبی انجام پذیرد. شکل زیر نحوه اجرای ورق کف ستون در محل اجرا را نشان می دهد.

مرحله ششم: اجرای بتن ریزی

بتن ریزی تقریبا آخرین مرحله از مراحل اجرای فونداسیون اسکلت فلزی است. اجرای بتن باید به صورت هماهنگ و همزمان انجام شود. تمام قسمت های آرماتور و فونداسیون باید به خوبی توسط بتن پوشش داده شوند. نکته ای که باید به آن توجه شود این است که قبل از عملیات پاشش، بتن باید در تراک میکسر چندین بار میکس و مخلوط شود. همچنین بتن بعد از میکس شدن نباید از فاصله زیاد پاشیده شود زیرا احتمال جدا شدن ذرات و خراب شدن بتن وجود دارد. به همین دلیل می بایست بتن توسط ناودانی های مخصوصی به نام شوت در محل مورد نظر ریخته شود.

مرحله هفتم: اجرای اسکلت فلزی

اجرای اسکلت فلزی آخرین مرحله از مراحل اجرای فونداسیون اسکلت فلزی است. اسکلت فلزی بعد از اجرا و تکمیل فونداسیون انجام می شود. در بخش فونداسیون

جای قرارگیری ستون ها مشخص شده است و به محض کار گذاشتن ستون ها، تیرهای آهن نیز در جای خود تثبیت شده و اسکلت فلزی شکل می گیرد. استحکام اسکلت فلزی در درجه اول به اجرای صحیح فونداسیون بستگی دارد زیرا سنگینی اسکلت فلزی را تحمل کرده و با تقسیم فشار ناشی از اسکلت فلزی بر زمین مانع از نشست زمین و عواقب بعد از آن می شود.

انواع ستونهای فلزی

ستون های فلزی را با توجه به ویژگی های خاص آنها، هر کدام را در یک گروه مجزا دسته بندی می کنند.

انواع ستون فلزی براساس سطح مقطع

منظور از سطح مقطع شکل هندسی ستون است که در انواع مختلف و برای کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. مهندسین معمولا با توجه به میزان بار وارد شده از طرف ساختمان سطح مقطع ستون فلزی را انتخاب می کنند.

۱.ستون مربعی

۲.ستون مستطیلی

۳.ستون دایره ای

۴.ستون نوع ال

۵.ستون نوع T

۶.ستون نوع V

۷.ستون شش ضلعی

۸.ستون نوع Y