

فصل ۲

سازه‌های فولادی



هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند:

۱. سازه یک ساختمان را تعریف کند.
۲. حداقل دو سازه را از نظر شباهت با یکدیگر مقایسه کند.
۳. مزایا و معایب سازه‌های فولادی را نام ببرد.
۴. انواع سازه‌های فولادی را با یکدیگر مقایسه نماید.
۵. اهداف مقررات ملی ساختمان تحت عنوان مبحث دهم را بیان نماید.
۶. استانداردها و آئین نامه‌های ساختمان‌های فولادی را بشناسد.

۲-۱- مفهوم سازه

در کلاسی که نشسته اید به اطراف خود بنگرید، چه چیزهایی را مشاهده می‌کنید؟ صندلی یا نیمکت شما از چه جنسی است؟ برای چه هدف و منظوری ساخته شده است؟ فرم و شکل آن چگونه است؟ پاسخ این پرسش‌ها برای شما روشن است. در واقع، صندلی سازه‌ای است که از مجموعه‌ای از اجزا یا قطعات چوبی یا فلزی تشکیل شده آن را برای تحمل نیروی وزن شما ساخته‌اند. هر یک از قسمت‌های صندلی وظیفه‌ای دارند: چوبهای کف صندلی وظیفه انتقال وزن را به پایه‌ها به عهده دارند و وظیفه پایه‌های صندلی انتقال بارهای وارده به زمین است.

به شکل و جنس پایه‌ها نگاه کنید. مشاهده می‌کنید که میان وظیفه آن‌ها و شکل هندسی و جنس آن‌ها هماهنگی وجود دارد؛ یعنی آن‌ها طوری انتخاب شده‌اند که بتوانند وظیفه خود را به بهترین صورت انجام دهند (به نظر شما شکل و جنس پایه صندلی را می‌توان به چه صورت‌های دیگری انتخاب کرد؟ کدام یک بهتر است؟ چرا؟) به اتصالات پایه و کف صندلی دقت کنید، آن‌ها چگونه به هم متصل شده‌اند؟ نقش آن‌ها چیست؟ اگر برای مثال، این اتصالات نتوانند نقش خود را بخوبی ایفا کنند، یا پایه‌ها به دلیل جنس یا شاغولی نبودن و دلایل دیگر نتوانند نیروی وزن وارده را تحمل نمایند، صندلی چه وضعیتی خواهد داشت؟ مسلماً با نشستن روی آن، اتصالات اعضا از بین می‌رود یا پایه‌ها شروع به شکستن می‌کنند و صندلی به مجموعه‌ای غیرمنظم از چوب و میخ و غیره تبدیل خواهد شد؛ همچنین ساختمان کلاس شما یک نوع سازه است (چه شباهت‌هایی میان این سازه و سازه صندلی وجود دارد؟ آن‌ها را با هم مقایسه کنید). به این ترتیب اکنون می‌توانیم سازه را تعریف کنیم:

سازه‌ی (Structure) یک ساختمان عبارت است از یک عضو یا مجموعه‌ای از اعضا که به منظور تحمل و انتقال نیرو به کار می‌رود.

بیش‌تر بدانیم

امام صادق - علیه السلام:
قلب، خانه‌ی خداست
جز خدا کسی را در خانه‌اش جای مده.



در شکل ۱-۲ دو نوع سازه‌ی طبیعی و مصنوعی نشان داده شده است.



ب- سازه‌ی مصنوعی (منبع آب)



الف- سازه‌ی طبیعی (اسکلت انسان)

شکل ۱-۲- سازه‌ی طبیعی (اسکلت انسان) و سازه‌ی مصنوعی (منبع آب)



شکل ۲-۲- اولین پل فلزی جهان

۲-۲- تاریخچه سازه‌های فولادی

استفاده از فلز به عنوان مصالح سازه‌ای در صنعت ساختمان، با ساخت یک پل قوسی به دهانه ۳۰ متر با استفاده از اعضای چدنی بین سال‌های ۱۷۷۷ تا ۱۷۷۹ فراگیر شد. (شکل ۲-۲). از سال ۱۸۴۰، به تدریج آهن کم کربن (چکش خوار) جایگزین چدن معمولی در ساخت سازه‌های فولادی شد. قدیمی‌ترین مثال در این زمینه پل چهار دهانه‌ای با دهانه‌های ۷۰، ۱۴۰، ۱۴۰ و ۷۰ متر می باشد که برای ساخت آن از ورق‌ها و نبشی‌هایی از جنس آهن کم کربن استفاده گردید.

با تولید و نورد نیمرخ‌های مختلف از جنس چدن و آهن کم کربن، استفاده از این دو فلز گسترش بیشتری یافت. نورد میلگردها در سال ۱۷۸۰ و نورد ریل‌ها در سال ۱۸۲۰ شروع شد که نهایتاً به نورد نیمرخ‌های I شکل در سال ۱۸۷۰ انجامید.



نمونه‌ی سازه‌ای سافتمانی
در تهران



دکل انتقال برق



بزرگ‌ترین پل قوسی فولادی در ایران
بر روی رودخانه کارون

شکل ۲-۳- پند نوع سازه‌ی فولادی

ابداع روش بسمر در سال ۱۸۵۵ برای تولید فولاد و توسعه و تکامل آن در سال ۱۸۷۰، باعث افزایش کاربرد آن در ساختمان گردید. از سال ۱۸۹۰ به تدریج فولاد جایگزین آهن کم کربن در امر ساختمان‌سازی شد. در حال حاضر فولاد از عمده‌ترین مصالح ساختمانی می‌باشد که با تنش‌های تسلیم، ۲۴۰۰ تا ۷۰۰۰ کیلو گرم بر سانتی متر مربع معادل ۲۴۰ تا ۷۰۰ مگا پاسکال به منظورهای مختلف تولید می‌شود.

۲-۳- انواع سازه‌های فولادی

سازه‌های فولادی به سه گروه اساسی طبقه‌بندی می‌شوند:

الف: سازه‌های قابی (framed structure): معمولاً از مجموعه‌ای متشکل از تیرها (اعضای افقی) و ستون‌ها (اعضای قائم) تشکیل شده است.

ب: سازه‌های پوسته‌ای (shell structure): از ورق پیوسته با اشکال هندسی خاص نظیر استوانه و کره تشکیل می‌یابد.

پ: سازه‌های معلق (suspension structure): در اعضای آن‌ها نیروی کششی حاکم است.

ت: سازه‌های خرابی (truss structure): اعضای آن‌ها، نیروهای محوری (کششی یا فشاری) را تحمل و منتقل می‌نمایند.



پیش‌تر بدانیم

کارنمای انجمن سازه‌های فولادی ایران

www.iss.ir

۲-۳-۱- سازه‌های قابی (قاب‌بندی شده)

سازه‌های قابی ترکیبی از تیرها و ستون‌ها می‌باشند که با استفاده از اتصالات صلب و یا ساده به یکدیگر متصل شده‌اند. سازه‌های قاب‌بندی شده ممکن است به صورت ساختمان‌های چندطبقه و یا ساختمان‌های صنعتی باشند. اکثر ساختمان‌های متداول دارای اسکلت قابی هستند.

در شکل ۲-۴ مثال‌هایی از ساختمان‌های چندطبقه و در شکل ۲-۵ مثال‌هایی از ساختمان‌های صنعتی نشان داده شده است. به طور کلی سازه‌های قابی از ترکیب دو سری قاب صفحه‌ای عمود بر هم به وجود آمده و تشکیل قاب فضایی را می‌دهند.



شکل ۲-۴- سازه‌های قابی ساختمانی



شکل ۲-۵- سازه‌های قابی صنعتی

قاب‌های ساختمانی باید قادر به تحمل نیروهای قائم و جانبی باشند. پل‌ها نیز از انواع سازه‌های قابی هستند که در شکل ۲-۶ مثال‌هایی از آن‌ها نشان داده شده است.



شکل ۲-۶- سازه یک پل در حال سافت



شکل ۲-۶- قسمت‌هایی از پل‌های فولادی



۲-۳-۲- سازه‌های پوسته‌ای

سازه‌های پوسته‌ای به صورت گوناگون از قبیل مخازن نگهداری مایعات و گازهای تحت فشار، سیلوها، سقف‌های گنبدی و موارد مشابه در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرند و در شکل ۲-۷ مثالی از کاربرد آن‌ها نشان داده شده است.

شکل ۲-۷- سازه پوسته‌ای- مفرز آمونیاک واقع در مجتمع پتروشیمی

۲-۳-۳- سازه‌های معلق

سازه‌های معلق اغلب در طرح پوشش‌ها (سقف‌ها) و پل‌های با دهانه بلند مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۲-۸ و ۲-۹). در چنین سازه‌هایی یک اسکلت قاب‌بندی شده وجود دارد (مثلاً در پل‌سازی، عبورگاه یا عرشه پل و در پوشش‌ها، اسکلت سقف) که توسط آویزه‌هایی از کابل‌های کششی اصلی آویزان است. استفاده از سازه‌های معلق در پل‌سازی بسیار متداول است.



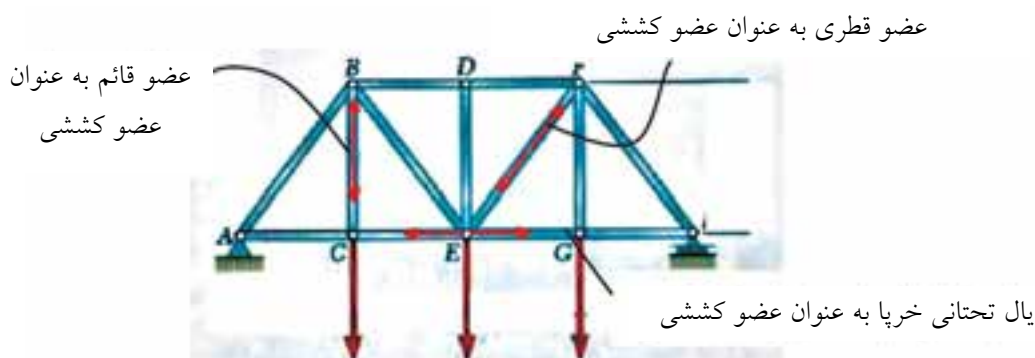
شکل ۲-۸- پل معلق



شکل ۲-۹- سازه‌ی معلق

۲-۳-۴- سازه‌های خرابایی

خرپا، مجموعه‌ای است که بارها را به وسیله ترکیبی مثلی شکل از اعضا با اتصال مفصلی به تکیه‌گاه‌ها منتقل می‌کند. در اعضای خرابا فقط نیروی محوری فشاری و کششی ایجاد می‌شود و در عمل، ممکن است تنش خمشی در بین اتصالات به میزان کمی در اثر اصطکاک آن‌ها و بارهای وارده و پخش شده در اعضا، بوجود آید که قابل صرف‌نظر کردن است. (شکل ۲-۱۰)



شکل ۲-۱۰- سازه‌ی خرابایی

۲-۴- محاسن و معایب سازه‌های فولادی

سازه‌های با اسکلت فولادی دارای محاسن زیادی است؛ البته نقاط ضعف محدودی نیز دارد که می‌توان با تدابیر لازم آن‌ها را رفع کرد.

۲-۴-۱- محاسن سازه‌های اسکلت فولادی

سازه‌های اسکلت فولادی، به دلیل مزایای زیاد، کاربرد فراوان پیدا کرده است. مزایایی مانند استحکام، خواص خوب مکانیکی و مقاومت بالا در کشش و فشار؛ همچنین به علت تولید فولاد در کارخانه و شرایط بهتر کنترل کیفیت آن، از بتن و سایر مصالح بنایی مشخصات مناسب‌تری دارد.

از دیگر مزایای اسکلت فولادی می‌توان به امکان توسعه‌ی سازه، اتصال چند قطعه به یکدیگر توسط جوش یا پیچ، امکان پیش‌ساخته کردن قطعات، سرعت نصب، اشغال فضای کمتر، و قابلیت کاربرد در ارتفاع زیاد اشاره کرد.



اجرای اسکلت فولادی
در ارتفاع

۲-۴-۲- معایب سازه‌های اسکلت فولادی

حساسیت فولاد در برابر رطوبت هوا منجر به زنگ‌زدگی اسکلت فولادی می‌شود لازم است برای حفاظت آن به اقداماتی از قبیل رنگ‌آمیزی با ضدزنگ و سایر روش‌های حفاظتی، خصوصاً در مناطقی نظیر بنادر، مبادرت نمود. مقاومت پایین آن در مقابل آتش‌سوزی و احتمال اتصالات نامناسب یا با کیفیت نامطلوب جوشکاری از معایب سازه‌های فولادی است.

بیش‌تر بدانیم

مرکز تحقیقات سافتمان و مسکن

<http://www.bhrc.ac.ir>

این مرکز دارای بخش‌های مختلف زلزله‌شناسی، مصالح و فناوری‌های سافتمان و ... است. همچنین متولی استاندارد ۲۸۰۰ در مورد طراحی سافتمان‌ها در برابر زلزله می‌باشد.



۲-۵- استانداردها و آیین‌نامه‌های ساختمان‌های فولادی

کشورهای مختلف دارای آیین‌نامه‌های مختلفی هستند، مثلاً در آلمان آیین‌نامه‌ی DIN ۴۱۱۴ یا در آمریکا آیین‌نامه‌ی AISC را برای سازه‌های فولادی به کار می‌برند. در ایران، از حدود سال ۱۳۵۰ به بعد، به تدریج ضوابطی در مورد ساختمان و مقررات ملی ساختمان از سوی موسسه‌ی استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سپس دفتر تحقیقات و معیارهای فنی معاونت برنامه‌ریزی و

«مقررات طرح، مناسبه و اجرای ساختمان‌های فولادی»
مداخل ضوابط و مقررات لازم را برای طراحی، تحلیل
و اجرای ساختمان‌های فولادی تعیین می‌کند.
کاربرد این مبمٹ در محدوده‌ی ساختمان‌ها با
کاربری‌های مندرج در قانون نظام مهندسی
و کنترل ساختمان و آیین‌نامه اجرای آن
می‌باشد و شامل سازه‌های فاص از قبیل
پل‌های جاده و راه آهن نیست.



نظارت راهبردی ریاست جمهوری، و در سال‌های اخیر از سوی دفتر امور مقررات ملی ساختمان وزارت مسکن و شهرسازی با اهداف تامین ایمنی، بهره‌دهی مناسب، آسایش، بهداشت و صرفه‌ی اقتصادی فرد و جامعه تدوین گردیده است. مقررات ملی ساختمان باید به طور کامل طی ضوابط قانونی و توسط کلیه‌ی طراحان و مجریان به مرحله عمل درآید. مقررات ملی تحت عنوان «مبحث دهم: طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی» یکی از منابع مورد استفاده در تدوین این کتاب است که آیین‌نامه‌ی طراحی مورد استفاده‌ی مهندسین ایران می‌باشد.

پیش‌تر بدانیم

معاونت امور مسکن و ساختمان

<http://www.maskan-sakhteman.ir>



راهبری و هدایت سازمان‌های نظام‌مهندسی
ساختمان، تدوین و ترویج آیین‌نامه‌ها و مقررات
ملی ساختمان و ... از وظایف این معاونت در
وزارت مسکن و شهرسازی می‌باشد.



ابداع ساختمان فولادی

گفته اند که در زمان خسرو انوشیروان پادشاه ساسانی، سلطان یمن به دربار او می آید و از وی برای سرکوبی لشکر حبشه یاری می خواهد. انوشیروان گروهی مرکب از هشتصد نفر زندانی را که تعدادی بزرگ زاده در میان آنها بوده با هشت کشتی روانه می کند تا این کار را به اتمام برسانند. طبق نوشته های باقی مانده، فرمانده این گروه هرز فرزند آفرید پسر ساسان فرزند بهمن بوده است. این سپاه پس از انجام مأموریت خود و تصرف یمن و حبشه به سوی عدن می روند و در آن جا شهری می سازند. ابن بلخی در مورد این شهر چنین می گوید: ((... قصد عدن کرد و آن را بگرفت و در میان دو کوه بر کنار دریا، در آب شهرکی بساخت بنیاد آن از سنگ و ارزیر (قلع) و عمودهای (ستون ها و پایه ها) آهن و اکنون مشرعه (آبخور) عدن آن شهر است ...)) طبق گفته ابن بلخی هرز ضمن انجام این مأموریت کانال نهر روان را نیز ساخته است. این طریقه ی ساختمان سازی در آب را که در دوره ساسانیان انجام می شده و ابن بلخی شرح آن را داده است می توان در زمهری نخستین نوع ساختمان های آبی و ساختمان سازی با اسکلت فولادی در جهان به شمار آورد.

به این پرسش ها پاسخ دهید:

- ۱- اسکلتی که برای ساخت کارخانه ها و انبارها در ایران متداول است چه نام دارد؟
پیش ساخته بودن این نوع ساختمان ها چه مزایایی دارد؟
- ۲- تحقیق کنید علت این که اجرای اسکلت فولادی معمولاً از کنترل و دقت کمتری در کارگاه نسبت به ساخت قطعات (در کارخانه) برخوردار است چیست؟
- ۳- تحقیق کنید اگر کیفیت جوش کاری سازه ی اسکلت فولادی مطابق ضوابط نباشد چه خطری متوجه کل سازه می شود؟ چرا؟
- ۴- تفاوت میان انواع سازه های فولادی را بنویسید.
- ۵- اهداف مقررات ملی ساختمان را نام ببرید.

- ۶- چهارپایه‌ای را انتخاب کنید و با دست نیروی افقی بر آن وارد کنید. اگر این چهارپایه پایداری خود را زود از دست بدهد، با چه تدابیری می‌توان بر پایداری آن افزود؟
- الف - اجرای چپ و راست (بادبندی)
- ب - پر کردن دهانه‌های چهارپایه با ورق یا تخته (دیوار برشی)
- پ - ایجاد اتصالات محکم (انتقال بار افقی به قاب صلب)
- ت - ایجاد پایه‌های بیشتر (افزایش تعداد قاب‌ها)
- کدام روش بهتر است؟ چرا؟ آیا می‌توانید روش دیگری را پیشنهاد کنید؟
- ۷ - می‌خواهیم در کارخانه‌ای دستگاه سنگینی را در ارتفاع نصب کنیم. کدام یک از شیوه‌های زیر از نظر فنی و اقتصادی بهتر است؟ چرا؟
- الف - استفاده از ستون‌های آجری یا سنگی یا چوبی
- ب - استفاده از ستون‌های فولادی
- ۸ - ساختمان بدنی انسان را در نظر بگیرید و در این زمینه به پرسش‌های زیر پاسخ دهید:
- الف - آیا می‌توان این سیستم را با سازه‌ی ساختمانی مقایسه کرد؟
- ب - استخوان‌ها نیرو را چگونه تحمل می‌کنند؟ شرح دهید.
- پ - ماهیچه‌ها نیروها را چگونه تحمل می‌کنند؟ شرح دهید.
- ۹ - اگر یکی از اعضای تیم فوتبال مدرسه‌ی شما خوب بازی نکند (به هر علتی)، به نظر شما این تیم، امید موفقیت دارد؟ چرا؟
- ۱۰ - تیم فوتبال چه شباهتی به سازه‌ی ساختمانی دارد؟ چگونگی آن را شرح دهید.

فصل ۳

شالوده ساختمان‌های فولادی



هدف‌های رفتاری:

در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند:

- ۱- شالوده را تعریف کرده و انواع آن را شرح دهد.
- ۲- نکات مهم در پیاده کردن نقشه اسکلت فلزی را بر روی زمین نام ببرد و شرح دهد.
- ۳- نکات فنی مربوط به گودبرداری (خاکبرداری) و زیرسازی شالوده را نام ببرد و اهمیت نقطه مبنا (B.M) را شرح دهد.
- ۴- با استفاده از کتاب‌های تکنولوژی کارگاه و فناوری ساختمان‌های بتنی، نکات فنی مربوط به قالب‌بندی، آرماتوربندی و بتن‌ریزی را فهرست نماید.
- ۵- قالب بندی شالوده را شرح دهد.
- ۶- دلیل استفاده از بتن مگر را شرح دهد.
- ۷- دلیل استفاده از صفحه ستون و میله‌ی مهار را توضیح دهد؛
- ۸- روش نصب میله‌های مهاری و صفحه ستون به روش سنتی را شرح دهد.
- ۹- روش نصب میله‌های مهاری و صفحه ستون به روش صنعتی را توضیح دهد.

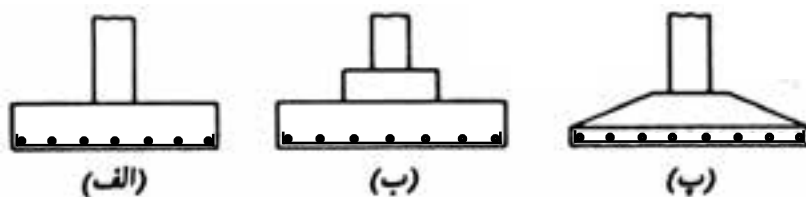
۳-۱- تعریف شالوده

شالوده یا فونداسیون (Foundation) قسمتی از یک سازه است که غالباً زیر تراز سطح زمین قرار می‌گیرد و نیروهای ناشی از سازه را به پی (خاک یا بستر سنگی) انتقال می‌دهد.

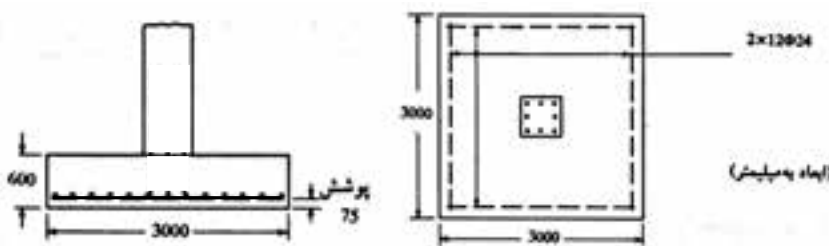
ابعاد شالوده‌ای که بار ستون را تحمل می‌نماید، تابع سه عامل مقدار بار وارده، مقاومت خاک بستر و جنس مصالح تشکیل دهنده‌ی شالوده می‌باشد. ابعاد شالوده با بار وارده به آن نسبت مستقیم و با مقاومت خاک بستر زیر آن نسبت معکوس دارد. اگر مقاومت خاک زیر شالوده مطلوب باشد، نیروهای وارده را با استفاده از شالوده مناسب در سطح کافی گسترده می‌نماییم و در این شرایط به آن شالوده سطحی (shallow foundation) می‌گویند. در صورتیکه خاک با مقاومت کافی در سطح زمین یا در عمق کم در دسترس نباشد، لازم است نیروها با استفاده از شالوده عمیق (شمع Pile) به لایه‌های محکم پائین منتقل گردد.

۳-۲- شالوده‌های سطحی

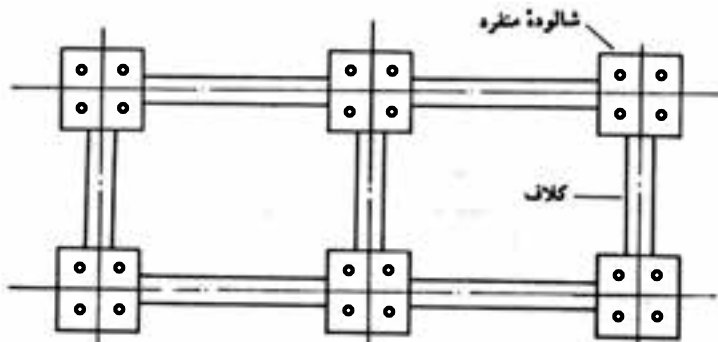
۳-۲-۱- شالوده منفرد یا تکی



الف - انواع شالوده منفرد



ب - نمونه جزئیات آرماتوربندی شالوده منفرد



پ - پلان شالوده منفرد



ت - عبور میلگرد کلاف از داخل شالوده منفرد

شکل ۳-۱- جزئیات در شالوده منفرد

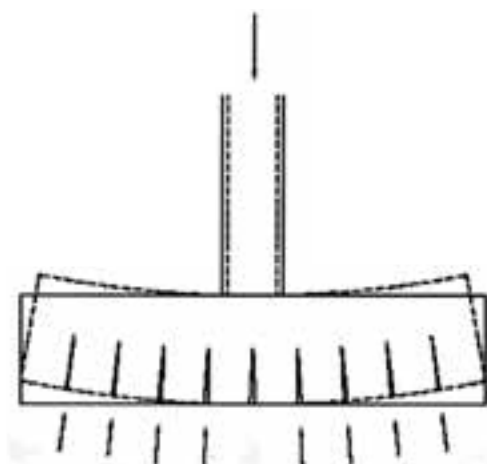
شالوده منفرد (Single footing) به شالوده‌ای اطلاق می‌شود که بار یک ستون را به زمین منتقل می‌نماید. شالوده‌ی منفرد می‌تواند به شکل مربع، چندضلعی منظم و یا هر شکل غیر منظم دیگری باشد و ساده‌ترین و اقتصادی‌ترین نوع شالوده ستون است. شالوده‌های منفرد در پلان اغلب به شکل مربع می‌باشند و در بعضی مواقع به علت محدودیت جا و یا شکل مستطیلی مقطع ستون، ممکن است به شکل مستطیلی نیز طراحی شوند. در شکل ۳-۱ نمونه انواع شالوده منفرد، پلان و جزئیات آرماتورگذاری یک شالوده منفرد مربع شکل نشان داده شده است.



شکل ۳-۲- شالوده منفرد

با توجه به اینکه کشش فقط در تراز پائینی شالوده وجود دارد، فولاد مسلح کننده در یک سفره و در کف پی در نظر گرفته می شود (شکل ۳-۳).

بار ناشی از ستون



فشار خاک

شکل ۳-۳- ترک های کششی ناشی از بار ستون در شالوده منفرد

۳-۲-۲- شالوده مرکب

شالوده هایی که بار بیش از یک ستون را تحمل می نمایند، شالوده های مرکب نامیده می شوند. استفاده از شالوده های مرکب به یکی از دلایل ذیل است:

- نیروی وارده از طرف ستون ها خیلی بزرگ باشد.
- خاک محل ساخت شالوده دارای مقاومت کم باشد.
- سازه در مقابل نشست حساس باشد.

در ساختمان هایی که مقاومت زمین برای طراحی شالوده های منفرد کافی باشد، استفاده از شالوده های مرکب در دو وضعیت زیر لازم می گردد:

الف- برای ستون هایی که در بر زمین قرار دارند، از لحاظ قانونی امکان بیرون زدن شالوده منفرد از بر ستون وجود ندارد؛

ب- در صورتی که فاصله بین ستون ها کم باشد، شالوده های منفرد مربوط به هر ستون ممکن است با یکدیگر همپوشانی داشته و با هم ادغام گردند.

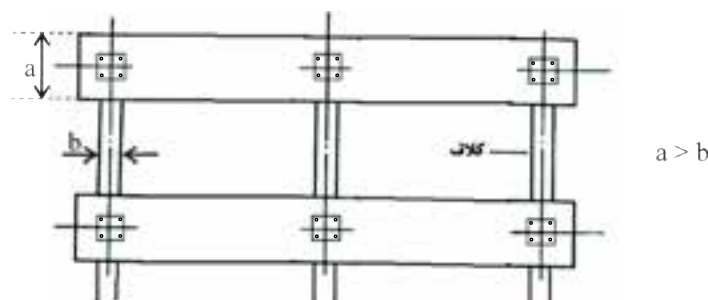
وقتی که مقاومت فشاری زمین کم باشد، سطح تماس مورد نیاز بزرگ می شود، در نتیجه شالوده های تک با یکدیگر ادغام شده و بسته به نیاز از یکی از شالوده های نواری (strip footing)، شبکه ای (Grid footing) و یا گسترده (mat) استفاده می شود.



شکل ۳-۴- آرماتوربندی شالوده مرکب

۳-۲-۱- شالوده نواری

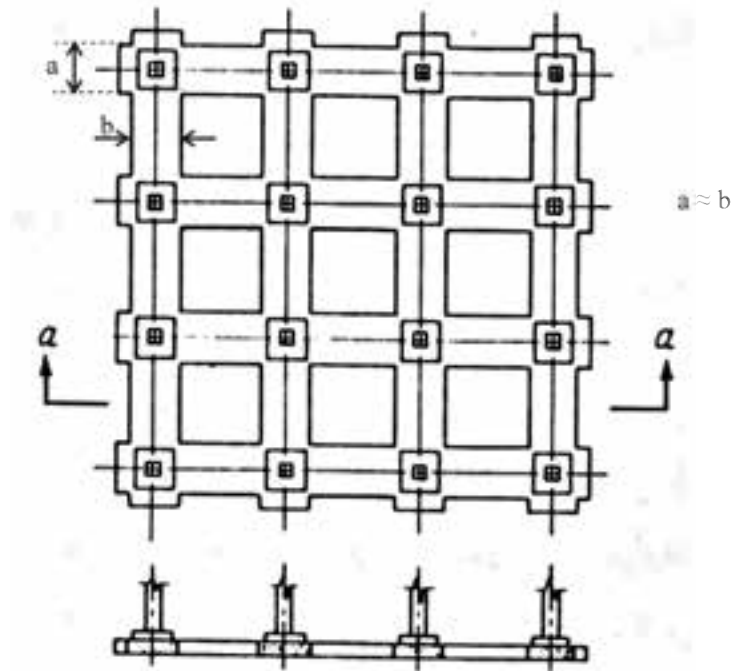
شالوده نواری ساده ترین نوع شالوده های سطحی است و بصورت نوار در زیر ستون های یک محور قرار می گیرد. (شکل ۳-۵)



شکل ۳-۵- شالوده نواری

۳-۲-۲-۲- شالوده شبکه‌ای

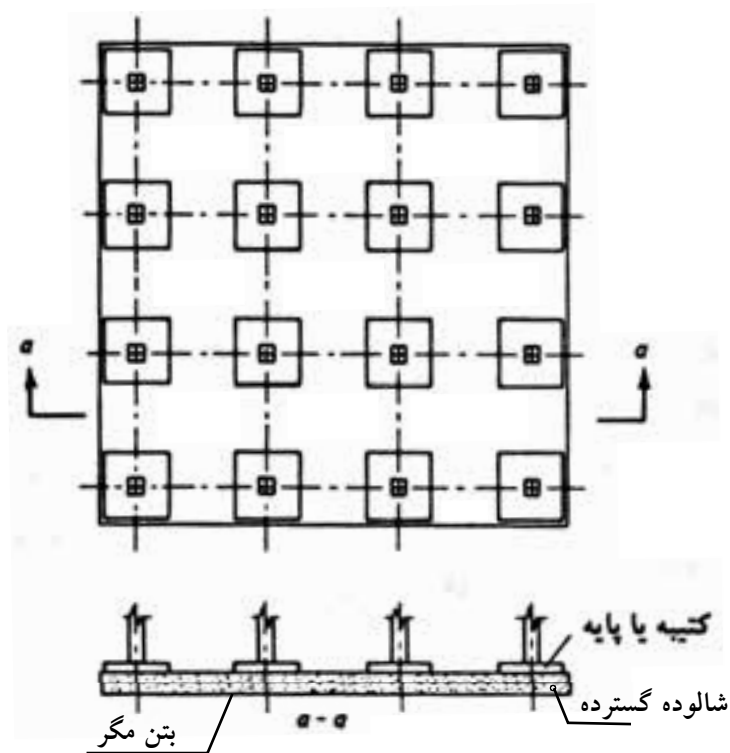
در صورتی که از شالوده‌های نواری در دو امتداد عمود بر هم استفاده گردد، شالوده ایجاد شده شبکه‌ای نامیده می‌شود. (شکل ۳-۶)



شکل ۳-۶- شالوده شبکه‌ای

۳-۲-۲-۳- شالوده گسترده

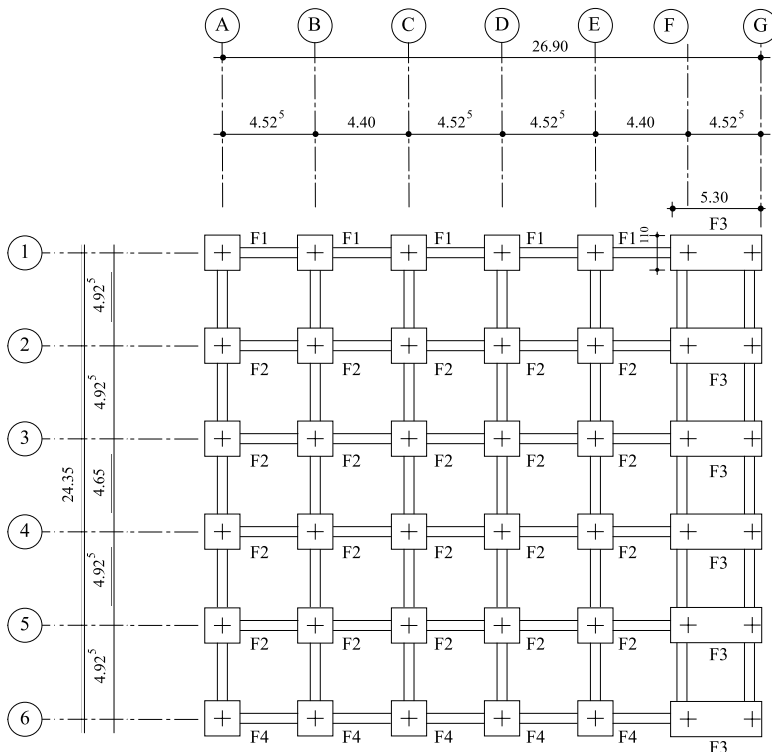
با کم شدن مقاومت فشاری زمین، عرض نوارهای شالوده شبکه‌ای زیاد شده و با رسیدن آن‌ها به یکدیگر، تبدیل به شالوده‌ی گسترده می‌شود (شکل ۷-۳). شالوده گسترده یک دال بتن مسلح یکپارچه می‌باشد که کل سطح ساختمان را در پایین‌ترین تراز پوشش می‌دهد.



شکل ۷-۳ - شالوده‌ی گسترده و کتیبه‌های روی آن

۳-۳- نکات اجرایی در ساخت شالوده

فرض کنید یک پروژه اسکلت فلزی را بخواهیم به اجرا در آوریم، مراحل اولیه اجرایی شامل ساخت پی مناسب است که در کلیه پروژه‌ها تقریباً یکسان اجرا می‌شود، اما قبل از شرح مختصر مراحل ساخت پی، باید توجه داشت که ابتدا نقشه شالوده را روی زمین پیاده کرد و برای پیاده کردن دقیق آن بایستی جزئیات لازم در نقشه مشخص گردیده باشد. از جمله پلان شالوده به شکل یک شبکه متشکل از محورهای عمود بر هم تقسیم شده باشد و موقعیت محورهای مزبور نسبت به محورها یا نقاط مشخصی نظیر محور



شکل ۳-۸- پلان شالوده

جاده، بر زمین، بر ساختمان مجاور و غیره تعیین شده باشد. (معمولاً محورهای یک امتداد با اعداد ۱، ۲، ۳ و... شماره‌گذاری می‌شوند و محورهای امتداد دیگر با حروف A و B و C و... مشخص می‌گردند.

همچنین باید توجه داشت ستون‌ها و شالوده‌هایی را که وضعیت نزدیکی از نظر بار وارد شده دارند، با علامت یکسان نشان داده و یا اصطلاحاً آن‌ها را تیپ‌بندی می‌کنند. ستون را با حرف C و شالوده را با حرف F نشان می‌دهند. ترسیم مقاطع و نوشتن رقوم زیر شالوده، رقوم روی شالوده، ارتفاع قسمت‌های مختلف پی، مشخصات بتن مگر، مشخصات بتن، نوع و قطر میلگردها باید در نقشه مشخص باشد.

قبل از پیاده کردن نقشه روی زمین، اگر زمین ناهموار بود یا دارای گیاهان و درختان باشد، باید نقاط مرتفع ناترازی که مورد نظر است برداشته شود و محوطه از کلیه گیاهان و ریشه‌ها پاک گردد. سپس شمال جغرافیایی نقشه را با جهت شمال جغرافیایی محلی که قرار است پروژه در آن اجرا شود منطبق می‌کنیم (به این کار توجهی نشده می‌گویند). پس از این کار یکی از محورها را (محور طولی یا عرضی) که موقعیت آن روی نقشه مشخص شده است، بر روی زمین حداقل با دو میخ در ابتدا و انتها پیاده می‌کنیم که به این امتداد، محور مبنا گفته می‌شود؛ حال سایر محورهای طولی و عرضی را از روی محور مبنا مشخص می‌کنیم (به وسیله میخ چوبی یا فلزی روی زمین) که این کار در پروژه‌های بزرگ با دوربین تئودولیت و برای کارهای کوچک با ریسمان کار، متر، گونیا و شاقول اجرا می‌شود. حال اگر بخواهیم محل شالوده را خاکبرداری کنیم به ارتفاع خاکبرداری احتیاج داریم که حتی اگر زمین دارای پستی و بلندی جزئی باشد، نقطه‌ای بعنوان مبنا (B.M) باید در محوطه کارگاه مشخص شود (این نقطه بوسیله بتن و میلگرد در جایی که دور از آسیب باشد ساخته می‌شود).

۳-۴- نکات فنی و اجرایی خاکبرداری

داشتن اطلاعات اولیه از زمین و خاک از قبیل ظرفیت باربری خاک، نوع خاک بویژه از نظر ریزشی بودن، وضعیت آب زیر زمینی، عمق یخبندان، تأسیسات زیرزمینی، چاه‌های آب و فاضلاب و قنوات متروک و دایر در نزدیکی مکان گودبرداری و سایر ویژگی‌های فیزیکی خاک که با آزمایش از خاک آن محل مشخص می‌شود، بسیار ضروری است. در هنگام خاکبرداری پی در زیرزمین، ممکن است جداره ریزش کند یا اینکه زیر پی مجاور خالی شود که با وسایل مختلفی باید شمع بندی و حفاظت جداره صورت گیرد؛ به طوری که مقاومت کافی در برابر بارهای وارده را داشته باشد. یکی از راه حل‌های جلوگیری از ریزش خاک و پی ساختمان مجاور، اجرای سازه نگهبان است.



۳-۵- نکات فنی و اجرایی مربوط به زیرسازی شالوده

چاه‌های متروکه با شفته‌ی مناسب پر می‌شوند؛ در صورت برخورد با قنات متروکه نیز باید از پی مرکب یا پی تخت استفاده کرد یا روی قنات را با دال بتنی محافظ پوشاند. در برخی موارد برای حفظ رقوم زیر بتن مگر، ناچار به زیرسازی شالوده هستیم، اما در صورتیکه ضخامت زیرسازی کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد، می‌توان با افزایش ضخامت بتن مگر زیرسازی را انجام داد و در صورت زیاد بودن ضخامت زیر سازی، می‌توان با حفظ اصول فنی، لاشه‌چینی با سنگ و ملات ماسه سیمان انجام داد، یا شفته‌ریزی کرد.



شکل ۳-۹- مفر شمع در زیر شالوده

۳-۶- قالب بندی شالوده

قالب بندی اعضای بتنی باید با استفاده از تخته سالم بدون گره به ضخامت حداقل ۲/۵ سانتیمتر یا ورقه های فلزی صاف یا از قالب آجری (تیغه ۱۱ سانتیمتری آجری یا ۲۲ سانتی متری با اندود ماسه سیمان برای جلوگیری از خروج شیره بتن) صورت گیرد. لازم به یادآوری است، در اجرای پی ها در زمین های سفت می توان با قرار دادن ورقه پلاستیکی (نایلون) در جداره خاکبرداری، از این جداره خالی به عنوان قالب استفاده کرد.



الف- اجرای بتن مگر

۳-۷- بتن مگر

بتن با عیار کم سیمان که در زیر شالوده قرار می گیرد، بتن مگر است و بتن نظافت یا بتن لاغر نیز نامیده می شود. حداقل ضخامت بتن مگر ۱۰ سانتی متر و از هر طرف ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر بزرگتر از ابعاد شالوده ریخته می شود. (شکل ۳-۱۰) بتن مگر معمولاً به دو دلیل مورد استفاده قرار می گیرد:

۱: برای جلوگیری از تماس مستقیم بتن اصلی شالوده با خاک.

۲: برای رگلاژ کف شالوده و ایجاد سطحی صاف برای ادامه عملیات پی سازی.



ب - آرماتوربندی شالوده
قبل از قالب بندی

ج - قالب شالوده پس
از اجرای بتن مگر و
آرماتوربندی



شکل ۳-۱۰- مراحل اجرای شالوده

۳-۸- نکات فنی و اجرایی آرماتوربندی

کلیه ضوابط فنی و اجرایی عملیات آرماتوربندی مطرح شده در دروس تکنولوژی و کارگاهی، باید رعایت گردد. متذکر می‌گردد که فاصله میلگردها تا سطح آزاد بتن در شالوده نباید از ۴ سانتیمتر کمتر باشد. حداقل قطر آرماتور مورد استفاده در شالوده ۱۰ میلیمتر می‌باشد. فاصله بین آرماتورها بین ۱۰۰ تا ۳۵۰ میلیمتر متغیر است.



شکل ۳-۱۱- استفاده از فاصله انداز (Spacer) جهت فاصله دادن آرماتورهای کف با بتن مگر

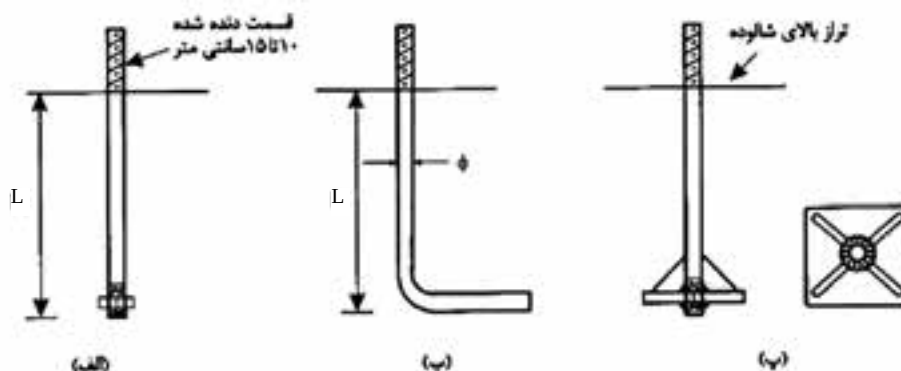
۳-۹- روش نصب پیچ‌های مهاری (بولت‌ها) و صفحه ستون

ستون‌های یک ساختمان اسکلت فلزی، نقش انتقال دهنده بارهای وارد شده را به شالوده (به صورت نیروی فشاری، کششی، برشی و یا لنگر خمشی) به عهده دارند. در این میان، ستون فلزی به واسطه صفحه‌ای فلزی که از یک سو با ستون و از سوی دیگر با بتن درگیر شده است روی شالوده قرار می‌گیرد. ستون فلزی به علت سطح مقطع کم، فشار زیادی روی شالوده منتقل می‌کند که بتن شالوده قادر به مقاومت در مقابل آن نیست. بنابراین صفحه ستون واسطه‌ای است که ضمن افزایش سطح تماس ستون با پی، سبب می‌گردد توزیع نیروهای ستون در حد قابل تحمل برای بتن کاهش یابد. اتصال صفحه ستون با بتن به وسیله پیچ‌های مهاری (میل‌های مهاری یا بولت‌ها) تامین می‌شود. میل‌های مهاری تا حصول مقاومت کششی کل باید در بتن شالوده مهار شوند. در ایران پیچ‌های مهاری از دنده کردن میلگردهای صاف (بدون آج) ساخته



شکل ۳-۱۲- تنظیم پیچ‌های مهاری با شابلن و ریسمان

می‌شوند. لذا برای ایجاد مهار مکانیکی، انتهای میله‌ی مهاری به یکی از صور نشان داده شده در شکل ۳-۱۳ اصلاح می‌شود.



شکل ۳-۱۳- انواع میله‌های مهاری

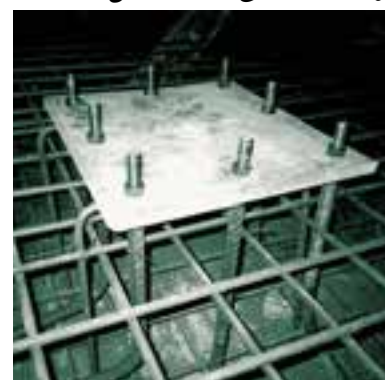
تعداد میله‌های مهاری (بولت‌ها) بسته به نوع کار از دو عدد به بالا تغییر می‌کند، حداقل قطر میله‌های مهاری، میلگرد نمره ۲۰ است. نکته مهم هنگام نصب ستون بر روی صفحه تقسیم فشار این است که لازم است انتهای ستون فلزی سنگ خورده و صاف باشد تا تمام نقاط مقطع ستون بر روی صفحه ستون بنشیند و عمل انتقال نیرو به خوبی انجام پذیرد. از آنجا که علاوه بر فشار، لنگر نیز بر صفحه ستون وارد می‌شود، طول میله‌های مهاری باید به اندازه‌ای باشد که کشش وارده را تحمل نماید که این امر با محاسبه تعیین خواهد شد. در انجام عملیات نصب اسکلت، دو روش عمومی برای نصب صفحه ستون بر روی شالوده وجود دارد:

۱- روش سنتی:

در این روش که در ساختمان‌سازی متعارف در ایران معمول است، ورق صفحه ستون به صورت جدا از ستون همراه با میله‌ی مهاری قبل از بتن‌ریزی بر روی شالوده مستقر می‌گردد. و پس از بتن‌ریزی، مهره‌های میله‌ی مهاری باز شده و سطح شالوده تمیز و مرطوب می‌گردد. سپس ملات پرسیمان با ضخامت لازم روی شالوده پخش شده و ورق صفحه ستون روی آن قرار گرفته و به کمک تراز و دوربین، در وضعیت نهایی خود قرار گرفته و مهره‌های میله‌های مهاری سفت می‌شود. بعد از گرفتن ملات، صفحه ستون آماده‌ی نصب ستون بر روی آن می‌باشد. (شکل ۳-۱۵)



(ب) پس از بتن‌ریزی



(الف) قبل از بتن‌ریزی

شکل ۳-۱۴- نصب صفحه ستون به روش سنتی



الف- سافت ستون با صفحه ستون در کارخانه



ب - نصب ستون و قالب بندی جهت گروت ریزی

۲-روش صنعتی: در این روش، میله‌های مهاري را در محل‌های تعیین شده قرار می‌دهند و موقعیت آن‌ها را به وسیله شابلون تثبیت می‌کنند و سپس بتن‌ریزی شالوده انجام می‌شود. در این روش صفحه ستون در کارخانه به صورت گونیا به پای ستون جوش و یکپارچه می‌شود. برای نصب، ابتدا شابلون‌ها را پس از سفت شدن بتن، باز کرده و روی شالوده پدگذاری (Padding) می‌شود. پدها ورق‌های $100 \times 100 \times 4$ میلیمتر می‌باشند که یک شاخک نبشی به سطح تحتانی آن جوش شده است. پدها بطور کامل به کمک ملات در موقعیت موردنظر مستقر و تراز می‌شوند. بعد از گرفتن ملات زیر پد، ستون به همراه صفحه ستون روی آن‌ها مستقر شده و ستون کاملاً به صورت شاقولی درمی‌آید و مهره‌ی میله‌های مهاري سفت می‌شود. در مرحله آخر دور ورق صفحه ستون قالب‌بندی شده و فضاهای خالی زیر صفحه ستون به کمک ملات خیلی روان منبسط شوند پر می‌شود که به این عمل گروت‌ریزی می‌گویند. (شکل ۱۶-۳)



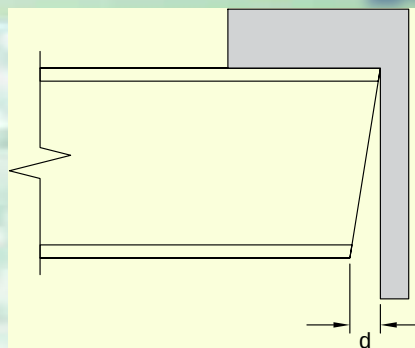
پ - پای ستون پس از گروت‌ریزی

شکل ۳-۱۵- سافت ستون به روش صنعتی



نمونه ای از اتصال نامناسب سازه به صفحه ستون در زلزله بم

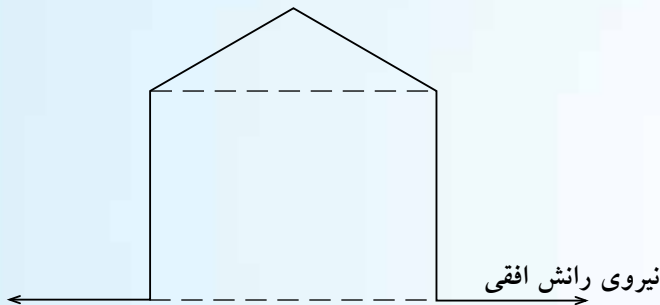
بیش‌تر بدانیم



قبل از نصب ستون روی صفحه ستون باید از گونیا بودن ستون اطمینان حاصل کرد. حداکثر ناگونیايي مجاز (d)، ۲ میلی‌متر می‌باشد.

به این پرسش‌ها پاسخ دهید:

۱ - در شکل زیر، شمای ساختمان کارگاهی با دهانه‌ی زیاد را می‌بینید که نیروی رانش افقی در پایه‌ی آن ایجاد شده است. چه تدابیری برای مهار این نیرو می‌توان به کار بست؟



۲ - اگر محورهای فونداسیون به طور دقیق پیاده نشده باشند، چه دشواری‌هایی در کار بروز می‌کند؟

۳ - اهمیت نقطه‌ای که رقوم مبنا (B.M) از آن گرفته می‌شود را توضیح دهید؟

۴ - اهمیت جنس خاک و زیرسازی فونداسیون در سازه را توضیح دهید؟

۵ - به نظر شما، چرا نقشه‌های فونداسیون اسکلت باید به صورت محورهای عمود برهم مشخص شوند؟

۶ - اگر در جایی مقاومت فشاری زمین بسیار کم باشد کدام یک از انواع شالوده استفاده می‌شود؟

الف - شالوده منفرد ب - شالوده مرکب

۷ - آیا مجاز به حفر چاه فاضلاب در داخل بنای ساختمان هستیم؟ چرا؟

۸ - جهت نصب صفحه ستون روی شالوده به چه روش‌هایی عمل می‌شود؟

۹ - در صورتی که محور صفحات کف ستون در یک امتداد نباشد چه مشکلاتی برای اسکلت فلزی پیش می‌آید؟

۱۰ - اگر کف ستون‌ها نسبت به یکدیگر در سطح تراز نباشند چه تأثیری بر نصب ستون‌ها و تیریزی خواهد داشت؟

۱۱ - در صورتی که خود کف ستون تراز نباشد چه اثری بر روی اسکلت فولادی خواهد داشت.

۱۲ - اگر به عللی (مثل افت بتن، عدم دقت در بتن‌ریزی و محبوس ماندن حباب‌های هوا در زیر ورق کف ستون و غیره) فاصله‌ای بین ورق کف ستون و بتن شالوده به وجود آید، به علت عدم تماس کامل و سرتاسری چه مسئله‌ای از نظر انتقال بار ستون به فونداسیون پیش می‌آید؟

۱۳ - نکات فنی و اجرایی خاکبرداری را شرح دهید.

فصل ۴

اعضای فشاری (ستون)



هدف‌های رفتاری:

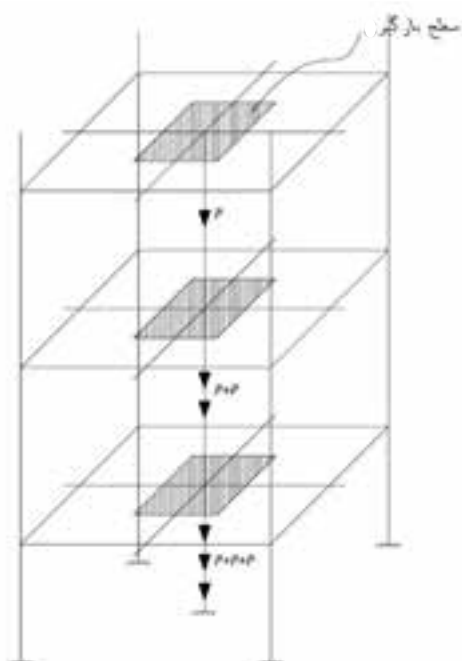
در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند:

- ۱- ستون را تعریف کند و نقش آن را در ساختمان توضیح دهد.
- ۲- کمانش را تعریف کند و اتفاقاتی که در اعضای تحت فشار می‌افتد را شرح دهد.
- ۳- دلایل استفاده از ستون‌های مرکب مشبک را بیان کند.
- ۴- دلایل استفاده از ستون‌های ساخته شده از ورق را بیان کند و انواع آن‌ها را نام ببرد.
- ۵- انواع ستون‌های سالن‌های صنعتی را نام ببرد.
- ۶- انواع مقاطع ستون‌ها و علل استفاده از مقاطع مرکب را نام ببرد.
- ۷- نکات فنی ساخت ستون‌هایی که از دو تیرآهن به هم جوش شده، تشکیل شده‌اند را توضیح دهد.
- ۸- نکات فنی ساخت ستون‌هایی که از دو تیرآهن با فاصله به هم متصل شده، تشکیل شده‌اند را توضیح دهد.
- ۹- نکات فنی اجرای ستون با مقاطع دایره را بیان کند.
- ۱۰- روش متداول استقرار ستون را شرح دهد.
- ۱۱- نکات فنی طویل کردن ستون را شرح دهد.
- ۱۲- انحراف مجاز در نصب ستون را توضیح دهد.

۴-۱- تعریف ستون

ستون عضوی است که معمولاً بصورت عمودی در ساختمان نصب می‌شود و نیروی محوری را تحمل می‌کند. نیروهای محوری بصورت نیروی فشاری ناشی از بار مرده و بار زنده وارده بر سطح کف طبقات است که بطور مستقیم و یا از طریق تیر به ستون منتقل می‌شود. علاوه بر نیروی فشاری، در قاب‌های خمشی، ستون‌ها تحت تاثیر لنگر ناشی از بارهای قائم و جانبی به علت اتصال صلب تیر به ستون نیز قرار دارند.

سهم هر ستون از بار طبقه، مساحتی محصور در نصف فاصله‌ی ستون مورد نظر و ستون‌های پیرامونی آن است که به آن سطح بارگیر گفته می‌شود (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۱- تجمع نیروی مموری فشاری ستون در طبقات مختلف



شکل ۴-۲- نمونه اسکلت فولادی شامل اعضای فشاری

بیشتر بدانیم

سازمان نظام مهندسی ساختمان

برای تأمین مشارکت هر چه وسیع‌تر مهندسان در انتظام امور مرفه‌ای خود و تحقق مجموعه قوانین، مقررات، آئین‌نامه‌ها و استانداردهای ساختمانی، نظام مهندسی ساختمان در استان‌های کشور به وجود آمده است.

۴-۲- کمانش اعضای تحت فشار

کمانش یعنی ناپایداری و از بین رفتن عضو، تحت تغییر شکل های جانبی زیاد که به علت نیروها یا تنش های فشاری رخ می دهد. در اعضای تحت فشار، علاوه بر انهدام یا تسلیم مصالح تحت تنش های فشاری، کمانش یا از بین رفتن پایداری ارتجاعی عضو می تواند تحت تنش های به مراتب کوچکتر از مقاومت نهایی مصالح، باعث خرابی گردد. این موضوع را می توان با اعمال نیروی فشاری به یک خط کش تجربه نمود.

در عضو ساخته شده از نیمرخ فولادی (مثلاً یک ستون فولادی) کمانش به دو صورت ممکن است رخ دهد؛ الف: کمانش کلی عضو، ب: کمانش موضعی اجزای بال یا جان نیمرخ به علت تنش های فشاری.



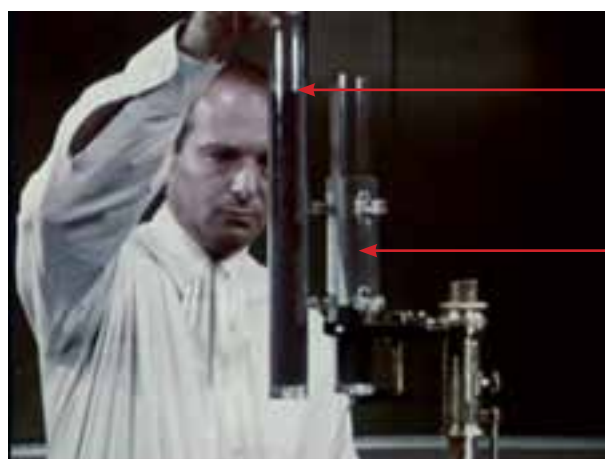
شکل ۴-۳- کمانش عضو فشاری



ب- ریفتن ماسه مورد نیاز جهت کمانش هر دو ستون



الف- مدل دو ستون با ارتفاع مختلف که توسط ماسه بارگذاری می شود



ارتفاع ماسه
(تقریباً دو برابر ارتفاع ماسه
در ظرف دیگر است)

ارتفاع ماسه

پ- مقایسه مقدار ماسه (یا بار مورد نیاز) جهت کمانش

شکل ۴-۴- بررسی کمانش ستون با ارتفاع متفاوت در آزمایشگاه سازه

نیروی کمانشی ستون نسبت مستقیم با مقطع ستون و نسبت عکس با ارتفاع آن در حد فاصل طبقات دارد. یعنی هرچه ابعاد مقطع ستون بزرگتر باشد، نیروی کمانش آن بزرگتر و هر چه ارتفاع آن بلندتر باشد، نیروی کمانش آن کوچکتر است. این موضوع را در خصوص ارتفاع ستون می توان با مقایسه حجم ماسه در شکل ۴-۴ تجربه نمود.

ستون های بلند را ستون های لاغر می نامند. نسبت لاغری ستون به طور تقریبی از تقسیم طول آزاد ستون به $\frac{1}{4}$ بعد حداقل ستون به دست می آید.



شکل ۴-۵- کمانش موضعی ستون

با افزایش نسبت لاغری، ستون لاغرتر شده و ظرفیت باربری فشاری آن کاهش می یابد. یک نیمرخ فولادی ترکیبی از ورق های فولادی نازک می باشد (ورق های بال و جان). این اجزای نازک اگر به عللی تحت تنش های فشاری قرار گیرند کمانه می کنند و در نتیجه قسمتی از نیمرخ، خاصیت باربری خود را از دست می دهد. به این پدیده کمانش موضعی می گویند. (شکل ۴-۵)

۴-۳- مقاطع مناسب برای ستونها

مقطع مناسب برای ستونها بصورت قوطی مربع یا مستطیلی می باشد. مقاطع دایره ای و چند ضلعی نیز در سازه کاربرد دارند و عموماً به منظور تأمین ملاحظات معماری استفاده می شوند.

شکل مقطع ستونها معمولاً به مقدار و وضعیت بار وارد شده نیز بستگی دارد. برای ساختن ستون های فولادی از انواع پروفیل ها و ورق ها استفاده می شود. عموماً ستونها از لحاظ شکل ظاهری به سه گروه تقسیم می شوند:

- ۱- نیمرخ نورد شده
- ۲- ستون مرکب از نیمرخ های نورد شده
- ۳- ستون ساخته شده از ورق



کمانش موضعی بال ها و جان ستون در پایین ستون طبقه ی اول در گوشه ی ساختمان



نمونه هایی از کمانش کلی ستون

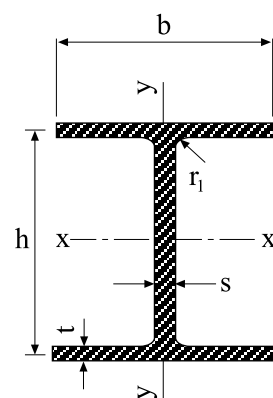


نمونه هایی از کمانش کلی ستون

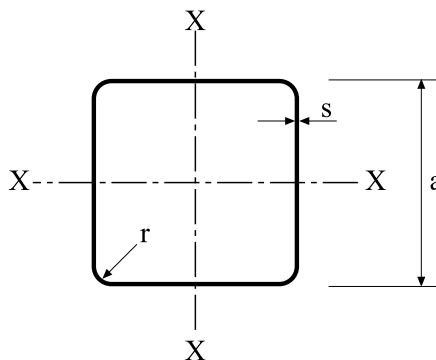
بیشتر بدانیم

۴-۳-۱- نیمرخ نورد شده

بهترین پروفیل نورد شده برای ستون، تیر آهن بال پهن (IPB) یا قوطی مربع شکل است (شکل ۴-۶)، زیرا از نظر مقاومت بهتر از مقاطع دیگر عمل می‌کند، علاوه بر این در اکثر شرایط اجرایی، اتصال تیرها به راحتی روی آنها انجام می‌شود.



الف- ستون با مقطع نیمرخ نورد شده تیر آهن بال پهن (IPB)



ب- ستون با مقطع قوطی شکل
شکل ۴-۶- مقطع تیر آهن بال پهن و قوطی شکل در ستون‌ها

۴-۳-۲- مقاطع مرکب

ترکیبی از نیمرخ‌های نورد شده و ورق را مقطع مرکب می‌گویند که تعدادی از انواع آن در شکل ۴-۷ نشان داده شده است. ستون‌های مرکب از ترکیب دو و یا چند نیمرخ مثل IPE، ناودانی یا نبشی به کمک ورق‌های سرتاسری و ممتد و یا تسمه‌های موازی یا مورب ساخته می‌شوند.



ستون با مقطع مرکب تیرآهن IPE



مقطع مرکب

شکل ۴-۷- ستون با مقطع مرکب

بیش‌تر بدانیم



علل تفریب: کمانش ستون - عدم جوشکاری صحیح و فاصله زیاد تسمه‌ها و ...

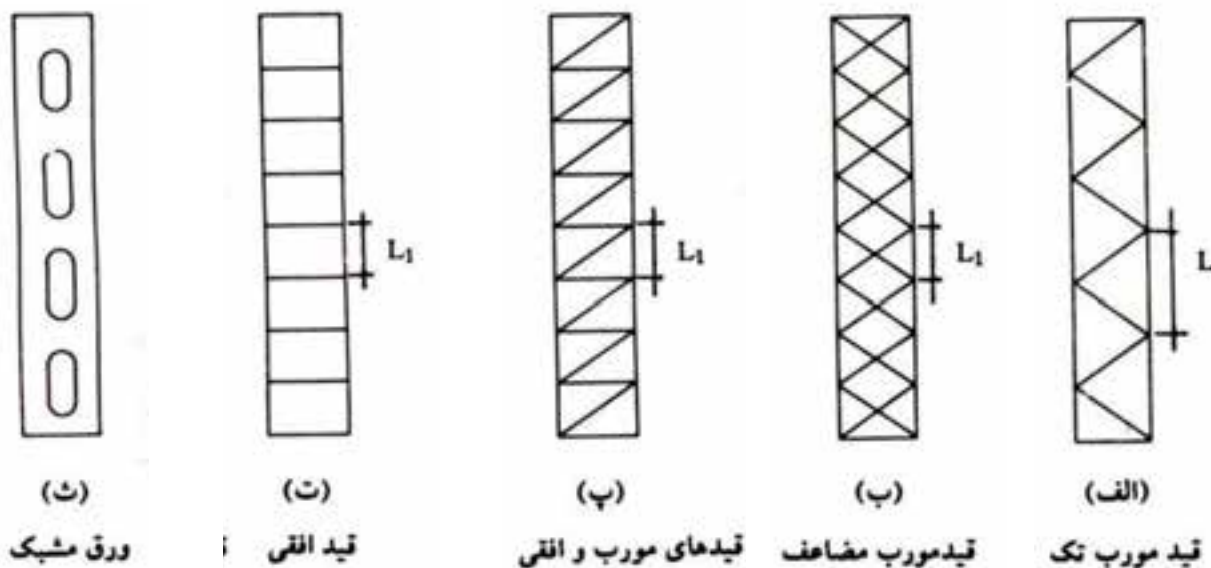
۴-۳-۲-۱- علل استفاده از مقاطع مرکب در ستونها

- ۱- عدم دسترسی به نیمرخ IPB یا قوطی به صورت تولید داخلی
- ۲- افزایش سطح مقطع ستون، در صورتی که نیمرخهای نوردشده سطح مقطع لازم را نداشته باشد.
- ۳- اجرای سریع تر و آسان تر مقاطع مرکب نسبت به ستونهای ساخته شده از ورق.

۴-۳-۲-۲- مقاطع مرکب مشبک

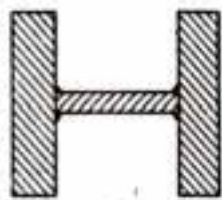
دو راه برای افزایش مقاومت فشاری ستونها وجود دارد: الف) افزایش ضخامت اجزاء مقطع، ب) افزایش ابعاد (طول و عرض) مقطع. در ستونهای بلند افزایش ضخامت اثر قابل توجهی بر مقاومت فشاری نداشته و باعث سنگینی و غیراقتصادی شدن طرح خواهد شد. در چنین مواردی بهتر است نیمرخها را با فاصله کافی از یکدیگر قرار داده و آنها را به وسیله ورق یا تسمه (قید) به یکدیگر متصل کنیم، به اینگونه ستونها، ستون مشبک می‌گوییم.

در شکل ۴-۸ انواع مختلف قیدهای اتصالی ستونهای مشبک نشان داده شده است. شکل الف) قیدهای مورب تک، ب) قیدهای مورب مضاعف، پ) قیدهای مورب و افقی، ت) قیدهای افقی و ث) ورق مشبک نامیده می‌شوند.

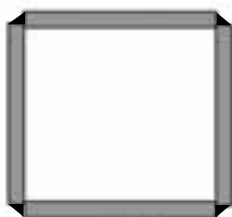


شکل ۴-۸- مقاطع مشبک ستون با انواع قیدهای اتصالی

۴-۳-۳- ستون‌های ساخته شده از ورق



شکل ۴-۹- مقاطع سنگین



(الف)



(ب)

در گذشته وقتی طراحان می‌خواستند ستون‌های سنگین طراحی کنند مقاطع بال پهن را به وسیله ورق‌های پوششی که توسط پرچ به آن متصل می‌شدند را تقویت می‌کردند. در سال‌های اخیر پس از متداول شدن جوش همین عمل را به وسیله جوشکاری انجام می‌دهند. اشکال این روش آن است که چون ورق پوششی فقط در دو لبه کناری به ستون جوش می‌گردد، در مقابل نیروی کششی حاصله از بال تیر از خود ضعف نشان داده و به طرف خارج خم برمی‌دارد.

بهترین نوع طراحی در این موارد استفاده از ستون‌های ساخته شده از ورق می‌باشد. این ستونها بدون هیچگونه جوشکاری اضافه، مستقیم‌ترین راه برای ساختن ستون می‌باشند و برای انتقال نیروی کششی بال تیر به ستون هیچگونه اشکالی ایجاد نمی‌کنند.

در شکل ۴-۹ نمونه ای از مقطع سنگین ساخته شده از تیرورق نشان داده شده است. در صورت زیاد بودن بار ستون، برای آن می‌توان مقطع جعبه‌ای طراحی نمود (شکل ۴-۱۰- الف). استفاده از مقاطع صلیبی شکل نیز می‌تواند مورد توجه قرار گیرد (شکل ۴-۱۰- ب).

شکل ۴-۱۰- مقاطع جعبه‌ای و صلیبی سافت ساخته شده از ورق



سافت ستون با مقطع جعبه‌ای در کارخانه

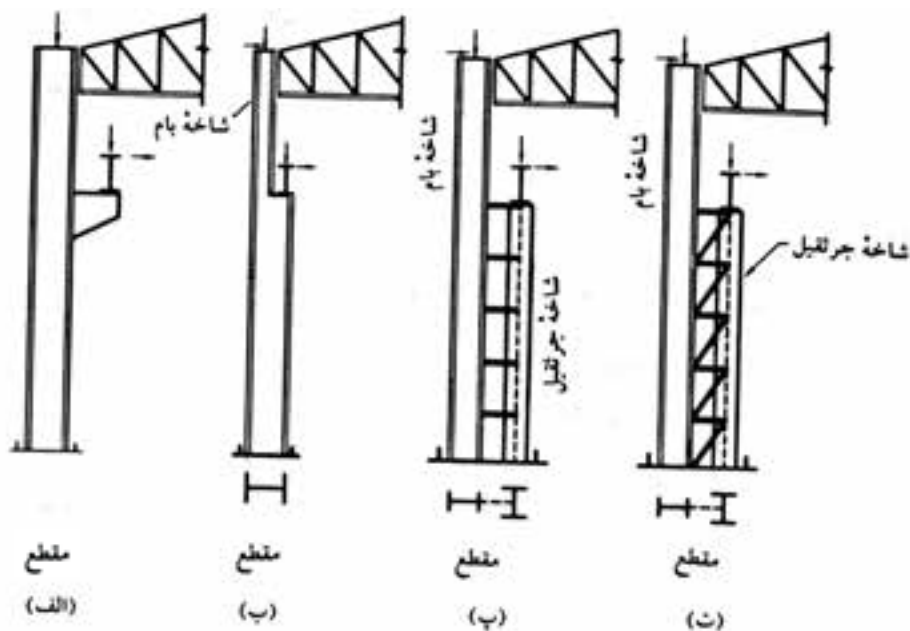


سافت ستون با مقطع صلیبی در کارخانه

شکل ۴-۱۱- سافت ستون از ورق

۴-۴- ستون‌های سالن‌های صنعتی

ستون‌های سالن‌های صنعتی که در آن‌ها جرثقیل‌های سقفی برای حمل و نقل محصولات وجود دارد، اغلب به صورت یکی از انواع معرفی شده در شکل ۴-۱۲ می‌باشد.



شکل ۴-۱۲- ستون‌های سافتمان‌های صنعتی

به استثنای حالت (الف) که مربوط به ستون‌ها با بارهای سبک می‌باشد، در سایر حالات، دو ستون مجزا از یکدیگر داریم که به وسیله ورق جان و یا قیدهای افقی و قیدهای مورب با یکدیگر به صورت مرکب در آمده‌اند. به یکی از این ستون‌ها شاخه بام و به دیگری شاخه جرثقیل می‌گویند.



شکل ۴-۱۳- نمونه‌هایی از ستون‌های سالن‌های صنعتی

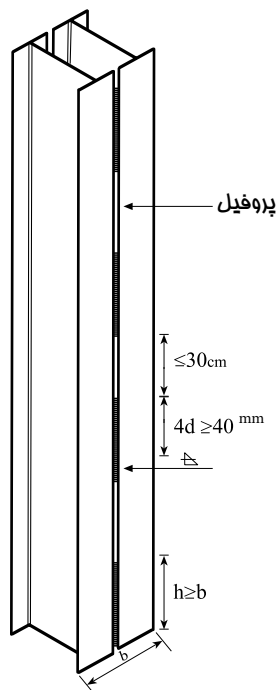
۴-۵- روش‌های ساخت ستون با مقاطع استاندارد مرکب

ستون‌ها ممکن است برحسب نیاز از اتصال انواع پروفیل‌های مختلف ساخته شوند که رایج‌ترین آن‌ها عبارتند از:

الف) اتصال دو پروفیل به یکدیگر به طریقه جفت کردن

ب) اتصال دو پروفیل با یک ورق سراسری روی بال‌ها

پ) اتصال دو پروفیل با قیدهای موازی و یا مورب (ستون مشبک)



شکل ۴-۱۴- ستون با پروفیل جفت

۴-۵-۱- روش ساخت ستون جفت

ابتدا دو تیر آهن در کنار یکدیگر و بر روی سطح شاسی کار (شکل ۴-۱۵) با خال‌جوش به هم متصل می‌شوند؛ سپس دو سر وسط ستون جوش شده و ستون برگردانده شده و مانند قبل جوش کاری می‌شود. در ادامه قسمت‌های باقیمانده جوش کاری می‌گردد؛ همین کار در سوی دیگر ستون انجام می‌شود.

جوش کاری ادامه می‌یابد تا جوش مورد نیاز ستون تأمین گردد. این شیوه جوش کاری برای جلوگیری از پیچش ستون در اثر حرارت زیاد در حین جوش کاری ممتد می‌باشد. در صورتی که در سرتاسر ستون به جوش کاری نیازی نباشد، حداقل طول جوش‌ها باید به این ترتیب اجرا گردد:

الف) حداکثر فاصله بین مرکز به مرکز طول جوش‌های منقطع نباید از ۳۰ سانتی متر تجاوز کند.

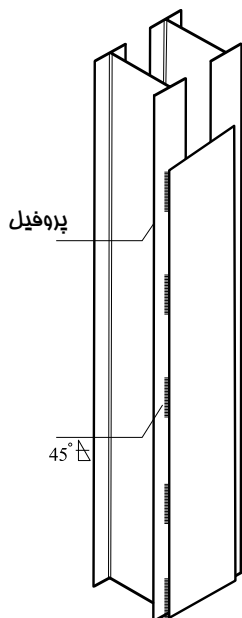
ب) طول جوش ابتدا و انتهای ستون باید حداقل برابر با بزرگ‌ترین بُعد مقطع ستون باشد و به طور پیوسته انجام گیرد.

ج) طول موثر هر قطعه از جوش منقطع نباید از ۴ برابر بعد جوش یا حداقل ۴۰ میلی متر کمتر باشد.

د) فاصله میان لبه بال دو پروفیل نباید از یک درز ۱/۵ میلی متری تجاوز کند.



شکل ۴-۱۵- جوشکاری ستون جفت (وی شاسی کار)



۴-۵-۲- روش ساخت ستون دابل با ورق سراسری

جهت ساخت این ستون‌ها مطابق ستون‌های جفت، ابتدا مونتاژ دو تیر آهن در کنار هم روی یک شاسی مناسب و با رعایت رواداری‌های مجاز انجام شده و سپس ورق‌های سراسری بصورت پوششی که از قبل به روش‌های مناسب برشکاری شده، روی ستون جفت شده نصب و خال جوش می‌شود. اگر جوش ورق اتصال ستون بصورت منقطع باشد، باید بصورت زیر اجرا شود: جهت جلوگیری از پیچش ستون نیز باید ترتیب جوشکاری مطابق بخش ۴-۵-۱ انجام شود.

در ستون‌های جفت با ورق سراسری، فاصله جوش‌های منقطع (غیرممتد) که ورق را به نیمرخ‌ها متصل می‌کند، نباید از ۳۰ سانتی متر بیشتر شود. حداکثر فاصله فوق الذکر در مورد فولاد معمولی ۲۲ برابر ضخامت ورق می‌باشد.

شکل ۴-۱۶- ستون دابل با ورق تقویتی یکسره



شکل ۴-۱۷

ستون دابل با ورق تقویتی

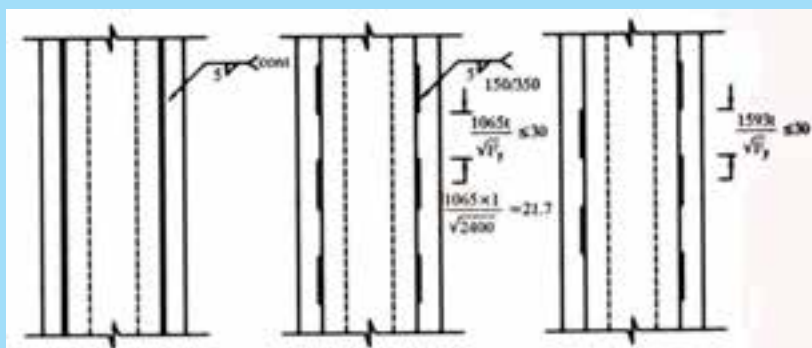
بیشتر بدانیم



علل تفریب: عدم جوشکاری صمیم - عدم اتصال صمیم دیوارها به ستون‌های فلزی و حذف مهاربندها

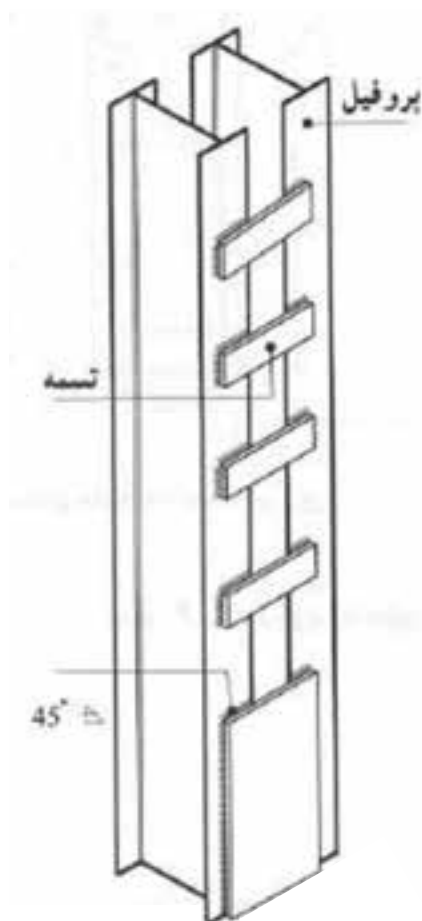


برای جوش ورق تقویتی می‌توان از یکی از سه طرح شکل زیر استفاده نمود.



جوش منقطع یک‌درمیان جوش منقطع موازی جوش سرتاسری (ممتد)
شکل ۴-۱۶- انواع جوش ورق (روی نیم‌رخ‌ها)

شکل ۴-۱۸- مقطع مرکب سه‌تایی با ورق تقویتی



۴-۵-۳- روش ساخت ستون مرکب با بست‌های موازی یا مورب (ستون دابل پاباز)

متداول‌ترین نوع ستون در ایران ستون‌های مرکبی است که دو تیرآهن در کنار هم قرار گرفته و قیدهای افقی یا چپ و راست، این نیم‌رخ‌ها را به هم متصل می‌کند. البته بست‌های چپ و راست که شکل‌های مثلی را به وجود می‌آورند، دارای مقاومت بهتری نسبت به بست‌های موازی می‌باشند. در مورد اینگونه ستون‌ها، به ویژه ستون با بست موازی نکات زیر را رعایت کرد (شکل ۴-۱۸ و ۴-۱۹):

الف) حداقل ابعاد بست یا تسمه افقی ستون باید به این صورت باشد:

شکل ۴-۱۹- ستون مشبک با قیدهای موازی

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

b: عرض تسمه از ۵۰ درصد طول آن کمتر نباشد.

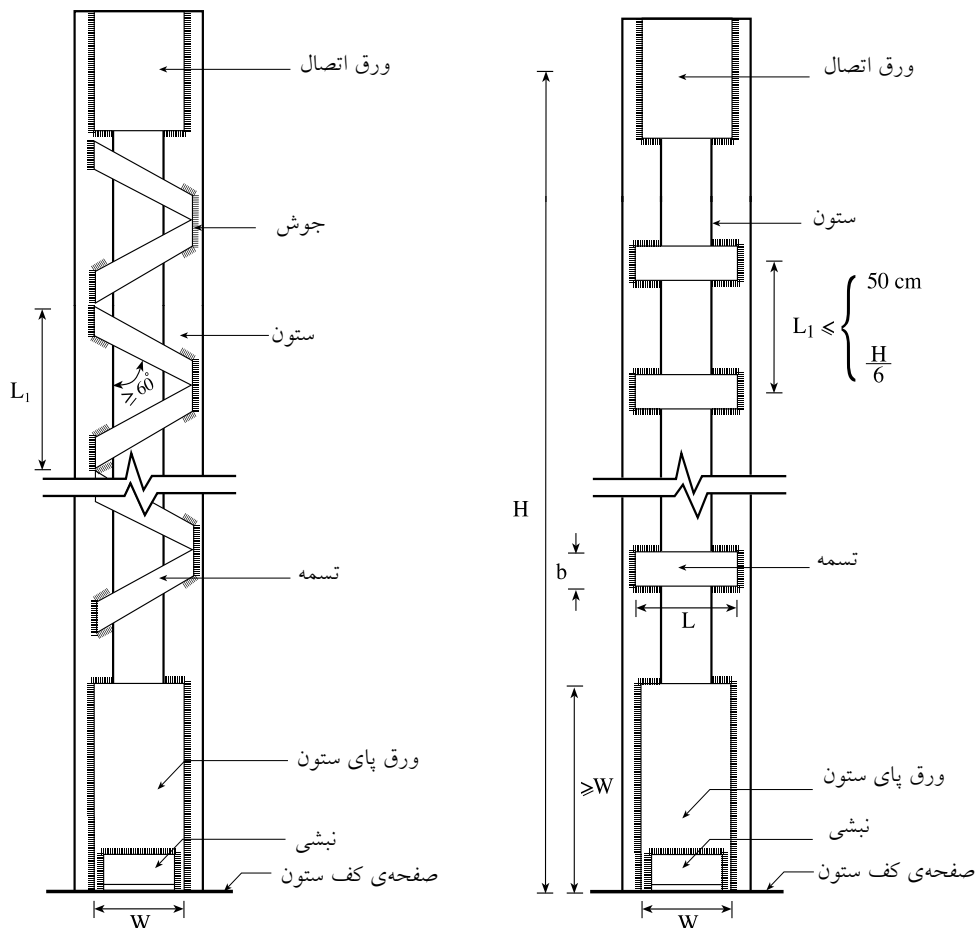
t: ضخامت تسمه از $\frac{1}{4}$ طول آن کمتر نباشد.

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

ج) فاصله قیدها و ابعاد آن براساس محاسبات فنی تعیین می‌شود.

د) در قسمت انتهایی ستون، باید حتماً از ورق‌هایی با طول حداقل برابر با عرض ستون استفاده کرد تا علاوه بر تقویت پایه، محل مناسبی برای اتصال سایر اعضاء به ستون به وجود آید.

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



ب - ستون مشبک با بست مورب

الف - ستون مشبک با بست موازی

شکل ۴-۲۰- جزئیات ستون مشبک با بست موازی و مورب



شکل ۴-۲۱- اتصال تیر به
ستون دابل پا باز



شکل ۴-۲۲- نصب مملقات ستون روی شاسی‌های مونتاژ

بیشتر بدانیم



۴-۵-۴- جزئیات ساخت ستون در محل اتصال خمشی تیر به ستون

در اتصالات خمشی یا گیردار در محل اتصال تیر به ستون از یک ورق میانی بین ورق‌های تقویتی روی بال ستون استفاده می‌شود. در مرحله ساخت ستون، پس از مونتاژ دو تیر آهن در فاصله مورد نظر و خال‌جوش کردن قیدها یا ورق پوششی سراسری روی بال ستون، در محل تراز سقف‌ها از یک ورق میانی بین دو ورق وصله روی بال ستون استفاده می‌شود. همچنین در جان ستون نیز قبل از نصب ورق وصله در امتداد بال شاه‌تیرها، دو ورق سخت‌کننده مونتاژ و جوش می‌شود. (شکل ۴-۲۳)



شکل ۴-۲۳- جزئیات ورق اتصال در قاب‌های خمشی

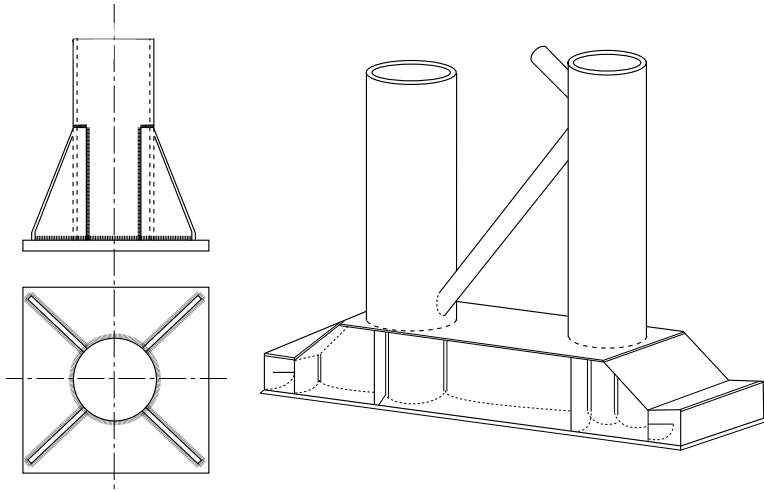
بیشتر بدانیم



ستون با مقطع مرکب سه تایی در محل اتصال خمشی و ورق تقویتی روی بال آن

۴-۶- ستون‌های با مقطع دایره‌ای

معمولاً مقاطع لوله‌ای (دایره‌ای) از قطر ۵ تا ۳۰ سانتیمتر برای ستون‌ها بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاربرد لوله بیشتر در پایه‌های بعضی منابع هوایی، دکل‌های مختلف و خریاسازی‌های سبک است. این مقاطع به طور کلی مقاوم‌ترند، برای اینکه ممان اینرسی آن‌ها در تمام جهات یکسان است. با تغییر ضخامت مقاطع لوله‌ای می‌توان اینرسی‌های مختلف را به دست آورد. (شکل ۴-۲۴)



اتصال پایه ستون لوله‌ای با بدنه‌ی دو لوله



اتصال ستون لوله‌ای به صفحه ستون



ستون با مقطع دایره در یک سازه صنعتی در جزیره فارک



شکل ۴-۲۴- ستون‌های با مقطع دایره‌ای

بیشتر بدانیم



اتصال ستون لوله‌ای
به صفحه ستون



۴-۷- نصب ستون روی صفحه ستون

در انجام عملیات نصب اسکلت، دو روش عمومی برای نصب ستون بر روی صفحه ستون وجود دارد:

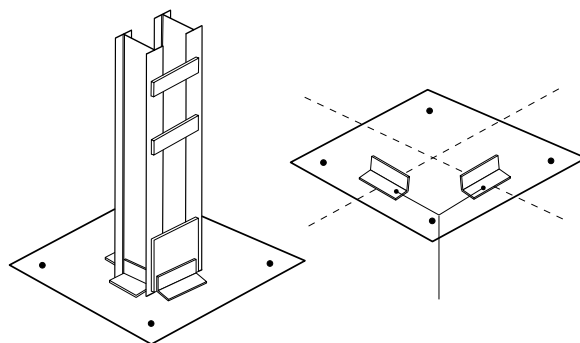
۴-۷-۱- روش سنتی

همان‌طور که در بخش ۳-۹ بیان شد. ورق صفحه ستون به صورت جدا از ستون همراه با پیچ مهاري بر روی شالوده مستقر می‌گردد.

هنگام محاسبه ابعاد صفحه ستون‌ها باید حداقل فاصله میله‌مهاري از لبه کف ستون و محل جاگذاری نبشی با ضخامت جوش لازم برای نگه داشتن ستون، همچنین ضخامت ورق‌های 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 صفحه ستون محل ستون و محل آکس آن را کنترل می‌کنیم؛ سپس نبشی‌هایی به صورت عمود بر هم بر روی صفحه ستون جوش داده، آنگاه ستون را مستقر و اقدام به نصب دیگر نبشی‌های لازم کرده و آن‌ها را به صفحه ستون جوش می‌دهیم. از مزایای عمود بر هم بودن دو نبشی روی صفحه ستون علاوه بر سرعت عمل و استقرار بهتر به علت تماس مستقیم به بال



الف - آماده‌سازی و تمیزکاری صفحه ستون قبل از نصب ستون (تراز کردن صفحه ستون، هواگیری و گروت ریزی، فکاشی و تعیین فک آکس، جوشکاری نبشی‌های نصب و تمیزکاری صفحه ستون)



ب - تنظیم پای ستون نسبت به فک ممور و شاقول کردن آن

دقت کنید!

در تصاویر، استفاده از کفش و کلاه ایمنی فراموش شده است. به نظر شما عواقب آن چیست؟

شکل ۴-۲۵- نصب ستون (روی صفحه ستون در روش سنتی)



شکل ۴-۲۶- جوشکاری کامل پای
ستون و ملمقات آن

نبشی، اتصال جوشکاری به گونه‌ای درست‌تر و اصولی صورت می‌گیرد (شکل‌های ۴-۲۵ و ۴-۲۶). 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 سرستون، ممکن است تا زمان نصب تیرها، ستون‌ها در اثر شدت باد و وزن خود حرکت‌هایی داشته باشند که احتمالاً تأثیر نامطلوب 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 به صورت ضربدری اقدام کرد.

۴-۷-۲- روش صنعتی

در این روش صفحه ستون در کارخانه به صورت گونیا به پای ستون جوش و یکپارچه می‌شود که در بخش ۳-۹ به آن اشاره شد. (شکل ۴-۲۷)



ب - پدگذاری



الف- سافت ستون با صفحه ستون در کارخانه



ت- پای ستون پس از سافت، نصب و گروت‌ریزی



پ - نصب ستون و قالب بندی جهت گروت‌ریزی

شکل ۴-۲۷- نصب ستون بر روی صفحه ستون در روش صنعتی

۴-۷-۳- رواداری نصب ستون

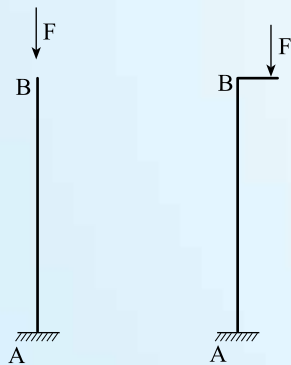
حداکثر میزان جابجایی مجاز محور ستون از محل فرضی، مساوی ۶ میلی‌متر می‌باشد.
حداکثر ناشاقولی مجاز ستون‌ها، به ازای هر طبقه مساوی ۱ ارتفاع و حداکثر ۲۵ میلی‌متر به سمت نما و ۵۰ میلی‌متر به سمت داخل ساختمان می‌باشد.
۵۰۰

به این پرسش‌ها پاسخ دهید:

فعالیت‌های عملی:

۱ - یک خط‌کش پلاستیکی را از دو طرف بفشارید، مشاهده می‌کنید خط‌کش بدون آن که بشکند به حالت خمیده درمی‌آید. این پدیده در اثر چیست؟ آیا ممکن است حالت ناپایدار و از دست دادن توان باربری در خط‌کش نیز ایجاد شود؟ در چه زمانی؟ توضیح دهید.

۲ - میله‌ای را در دو حالت زیر قرار دهید:

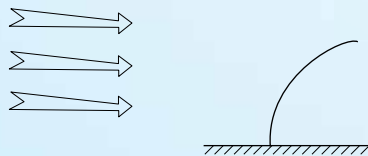


حالت اول: نقطه A از میله را روی صفحه‌ای که در بتن قرار دارد جوش دهید و نقطه‌ی B را آزاد بگذارید. سپس نیرویی عمودی به نقطه‌ی B وارد کنید.

حالت دوم: به نقطه B از میله‌ی مورد نظر، میله‌ی کوتاهی جوش دهید.

حال به انتهای میله‌ی جدید نیرویی وارد کنید، وضعیت میله را در دو حالت اول و دوم با هم مقایسه کنید. کدام یک از نظر باربری بهتر است؟ چرا؟

۳ - یک نوار کاغذی (مقوایی) در دست بگیرید و آن را در معرض وزش باد (مثلاً باد پنکه) قرار دهید، ملاحظه می‌کنید کاغذ مطابق شکل زیر خم می‌شود:



در بدنه خارجی کاغذ، نیرو به چه صورت به وجود می‌آید (کششی یا فشاری)؟

در بدنه داخلی چگونه؟ آیا ستون‌ها ممکن است حالتی شبیه به این کاغذ پیدا کنند؟ در چه هنگام؟

۴- دو میله را در نظر بگیرید که یکی کاملاً شاقول و دیگری دارای انحراف است؛ حال هر دو را تحت فشار قرار دهید. کدام یک زودتر قابلیت باربری خود را از دست می‌دهد؟ چرا؟

۵ - به نظر شما نقش ستون در ساختمان‌های فولادی مهم‌تر است یا تیرآهن‌های سقف؟ دلایل خود را ذکر کنید.

۶- به یک اسکلت ساختمان فولادی نگاه کنید و وضعیت اجرایی ستون‌ها را به کمک دبیر خود بررسی کنید و نتیجه را گزارش نمایید.

۷- علل استفاده از مقاطع مرکب در ستون‌ها را توضیح دهید و انواع روش‌های ساخت ستون‌های مرکب را بیان کنید؟