



یک سازه‌ی بتن مسلح متشکل از تیر، ستون، فونداسیون و دال است که در صورت طراحی و یا اجرای نامناسب نمی‌تواند حافظ جان و مال ساکنین خود شود. پس بیابیم با رعایت اصول فنی طراحی و اجرایی، سازه‌ای ایمن و سرپناهی مطمئن بسازیم.

اعضای ساختمان‌های بتنی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل فراگیر باید بتواند:

- ۱- اعضای مختلف یک ساختمان بتنی را نام ببرد؛
- ۲- انواع شالوده‌ها را نام ببرد و کاربرد هر یک را شرح دهد؛
- ۳- نحوه‌ی میل‌گردگذاری شالوده‌ها را توضیح دهد؛
- ۴- عملکرد شناژ رابط بین فونداسیون‌ها را توضیح دهد؛
- ۵- نقش ستون در ساختمان بتنی را توضیح دهد؛
- ۶- انواع ستون بتنی را نام ببرد؛
- ۷- نحوه‌ی میل‌گردگذاری ستون‌ها و ضوابط آیین‌نامه‌ای آن‌ها را بیان کند؛
- ۸- نحوه‌ی میل‌گردگذاری تیرها را بیان کند؛
- ۹- عملکرد شناژهای قائم و افقی را در ساختمان‌های با مصالح بنایی توضیح دهد؛
- ۱۰- دال را تعریف کرده و نقش آن‌را در ساختمان بتنی بیان کند؛
- ۱۱- انواع دال بتنی را نام ببرد؛
- ۱۲- انواع دیوارهای بتنی را نام ببرد و کاربرد هر یک را شرح دهد.

۵-۱- مقدمه

یک ساختمان بتن مسلح معمولاً از اتصال یکپارچه‌ی ستون‌ها و کف‌های بتنی مسلح تشکیل می‌شود. کف‌ها نیز به نوبه‌ی خود معمولاً از مجموعه‌ی پیوسته‌ی دال‌ها و تیرها ساخته می‌شوند. در مواردی که فاصله‌ی بین ستون‌ها زیاد باشد، معمولاً از تیرهای فرعی یا تیرچه‌ها نیز استفاده می‌شود. ولی وقتی فاصله‌ی ستون‌ها زیاد نباشد، بعضاً تیرهای فرعی حذف می‌شوند که در این حالت، سیستم کف تنها متشکل از دال و تیرهای اصلی بین ستون‌ها خواهد بود. در مواردی حتی تیرها نیز حذف می‌شوند و دال مستقیماً به ستون‌ها اتصال می‌یابد.

نکته‌ی قابل توجه دیگر این است که در سازه‌های فولادی یا چوبی، اعضای مختلف سازه طبق اندازه‌های موردنظر بریده شده و از طریق جوش دادن، پرچ کردن، پیچ کردن و یا میخ به یکدیگر متصل می‌شوند. در مقابل، در سازه‌های بتن مسلح تا آن‌جا که عملاً ممکن است، بتن‌ریزی به صورت یکپارچه و در یک مرحله انجام می‌گیرد. همچنین میل‌گردهای مسلح‌کننده در انتهای اعضای مختلف، قطع نشده و در محل اتصال به داخل عضو دیگر فرو می‌روند. در محل‌های قطع بتن‌ریزی نیز علاوه بر ممتد بودن میل‌گردها، سعی می‌شود که با تمیز و زبرکردن سطح بتن سخت



بدون شرح !!!

شده‌ی قبلی، چسبندگی خوبی بین بتن تازه و بتن سخت شده به وجود بیاید.
در این فصل با انواع مختلف اعضای تشکیل دهنده‌ی ساختمان‌های بتنی آشنا می‌شویم و ضوابط خاص آن‌ها را فرا می‌گیریم.

۲-۵- فونداسیون و شناژ

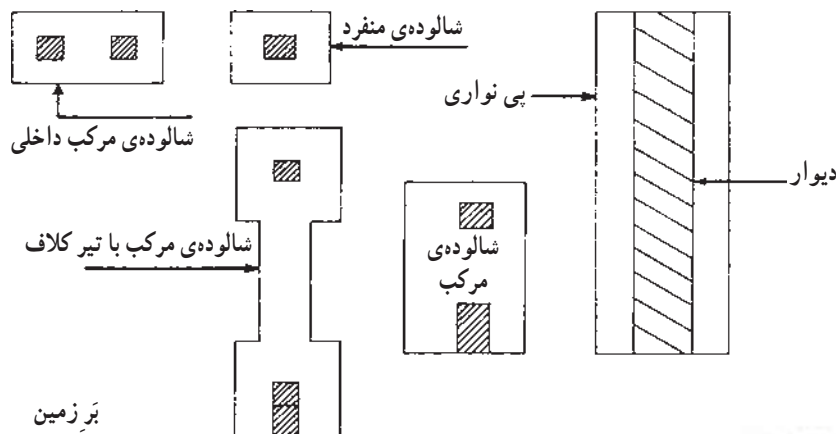
شالوده یا فونداسیون قسمتی از سازه است که غالباً پایین‌تر از سطح زمین قرار می‌گیرد و نیروهای وارده به سازه را به خاک یا بستر سنگی منتقل می‌کند.

تقریباً تمامی خاک‌ها تحت تأثیر نیروی فشاری، به مقدار نسبتاً زیادی، فشرده می‌شوند که این کار باعث نشست سازه‌ی استوار بر آن می‌گردد. فونداسیون، نیروهای فوق را در سطح وسیع‌تری به خاک اعمال کرده و بدین وسیله باعث می‌شود که نشست کلی سازه به مقداری قابل قبول و جزئی محدود گردد. فونداسیون باید به گونه‌ای طرح شود که قسمت‌های مختلف سازه تا حد امکان نشست‌های نامساوی نداشته باشند. به فونداسیون، پی نیز گفته می‌شود.

۲-۱- انواع شالوده‌ها: شالوده‌ها در حالت کلی به شالوده‌های دیوار و ستون تقسیم‌بندی می‌شوند. شالوده‌ی دیوار، یک نوار از بتن مسلح با عرضی بزرگ‌تر از ضخامت دیوار است که بار دیوار را در سطح گسترده‌تری منتقل می‌کند (شالوده‌ی نواری). شالوده‌ی ستون معمولاً به صورت منفرد یا مرکب است. سطح مقطع شالوده‌های منفرد غالباً به شکل مربع یا مستطیل می‌باشد.

البته بعضی از شالوده‌ها ممکن است مقطعی به شکل دوزنقه نیز داشته باشند. شالوده‌های مرکب، برای انتقال بار دو یا چند ستون ساخته می‌شوند. هرگاه مقاومت زمین در حد متعارف باشد از شالوده‌های ساده و مرکب استفاده می‌شود و زمانی که زمین مقاومت کافی ندارد، از شالوده‌های گسترده یا صفحه‌ای استفاده خواهد شد. ضمناً شالوده‌ی مرکب هنگامی که یک فونداسیون در کنار زمین واقع می‌شود، نیز به کار می‌رود.

شالوده‌ی گسترده (رادیه)، یک صفحه‌ی بتن مسلح یک پارچه است که در تمام سطح زمین زیر ساختمان گسترده شده و تمامی ستون‌ها بر روی آن قرار گرفته‌اند. (در شکل‌های ۱-۵ تا ۳-۵ بعضی از انواع شالوده‌ها را مشاهده می‌کنید.)



شکل ۱-۵- انواع شالوده‌ها



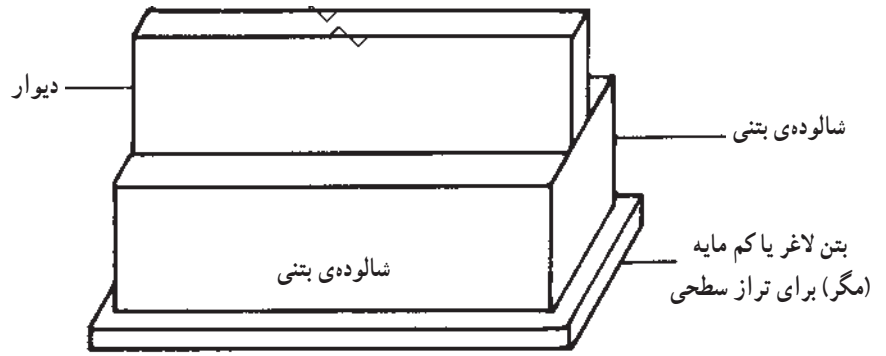
نمایی از فونداسیون نواری و مرکب از یک ساختمان مسکونی در حال بتن‌ریزی



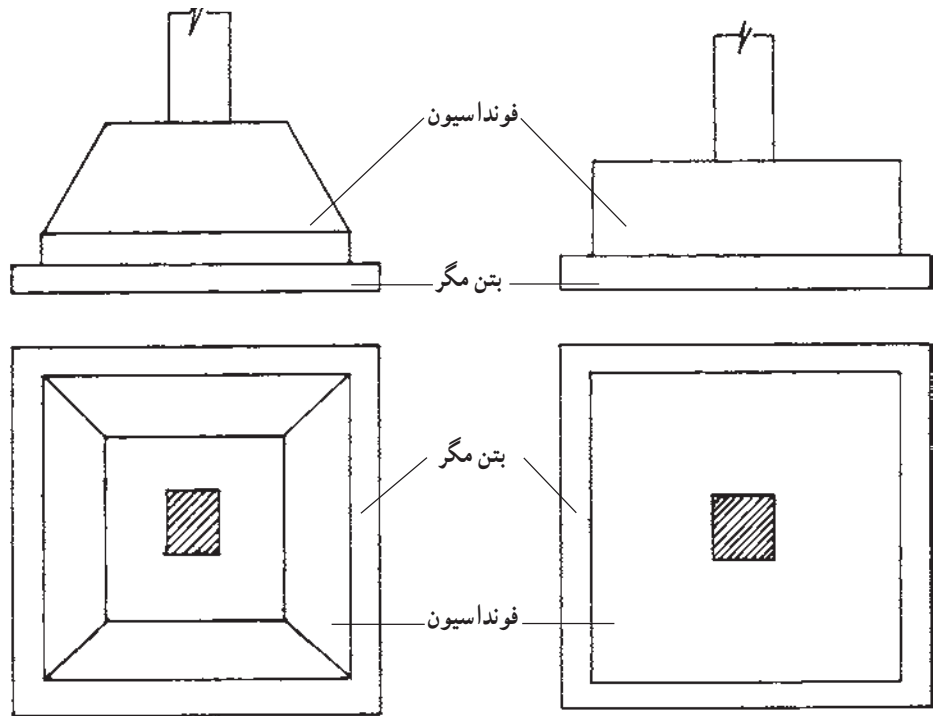
نمایی از یک فونداسیون گسترده (رادیه) مربوط به یک مجتمع مسکونی ۲۰ طبقه در حال آرماتوربندی



نمایی از خرک‌ها و میل‌گردهای یک فونداسیون گسترده



شکل ۵-۲- فونداسیون نواری

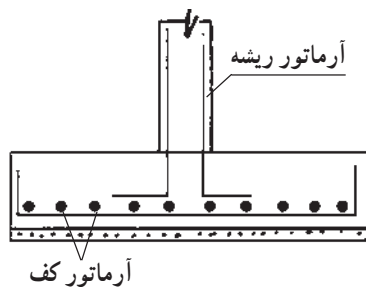


ب) مقطع دوزنقه‌ای

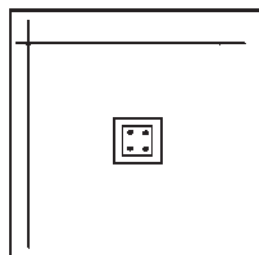
الف) مقطع مستطیلی

شکل ۵-۳- فونداسیون منفرد با نمایش مقاطع افقی و عمودی

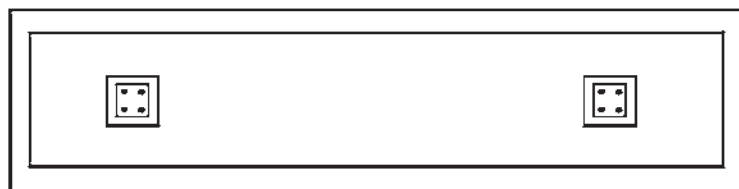
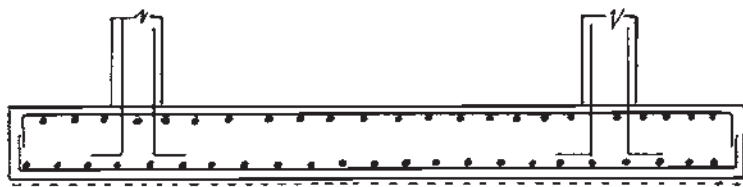
۵-۲-۲- میل‌گردگذاری شالوده‌ها: در عمل، میل‌گردها به صورت شبکه‌ای در کف شالوده قرار داده می‌شوند (با احتساب فاصله‌ی پوشش بتن). برای ایجاد چسبندگی بیش‌تر و انتقال مناسب‌تر نیرو بین فولاد و بتن در کناره‌های فونداسیون، میل‌گردهای شبکه با خم ۹۰ درجه به طول معین، شکل داده می‌شوند. شکل ۵-۴ چند نمونه از میل‌گردگذاری شالوده‌ها را نشان می‌دهد.



شکل میل‌گردهای به کار رفته در کف
به صورت شبکه



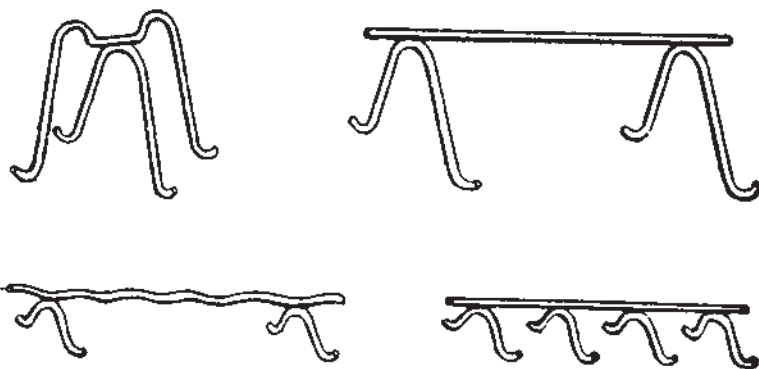
الف) فونداسیون ساده



ب) فونداسیون مرکب

شکل ۴-۵- میل‌گردگذاری شالوده‌ها

با توجه به میزان بار و عمق فونداسیون، سیستم میل‌گردگذاری در آن‌ها می‌تواند به صورت شبکه‌های تحتانی و یا ترکیبی از شبکه‌های تحتانی و فوقانی باشد. برای حفظ فاصله‌ی مناسب بین دو شبکه از خرک (میل‌گرد خم شده به صورت تکیه‌گاه) استفاده می‌شود (شکل ۵-۵).



شکل ۵-۵- خرک برای قرار دادن میل‌گردها



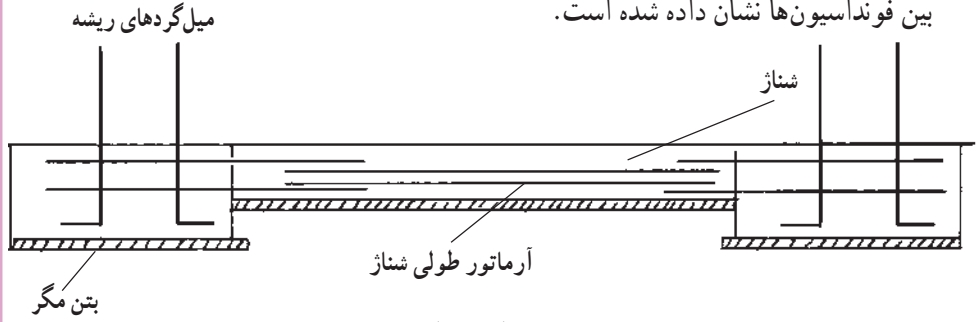
یک پل که به علت طراحی نامناسب فونداسیون و در نظر نگرفتن شرایط خاک زیر آن، در اثر زلزله، پایه‌های آن فرو ریخته و چند دهانه‌اش ویران شده است.



ساختمان مسکونی که در اثر طراحی نامناسب فونداسیون و خاک زیر آن به علت روانگرایی خاک، در حین زلزله دچار واژگونی شده است.

۵-۲-۳- شناژ رابط بین فونداسیون‌ها: نقش شناژ، کلاف کردن و مهار نمودن

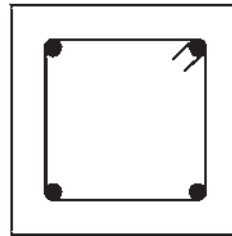
شالوده‌ها (فونداسیون) است. شناژ به منظور مقابله با نیروهای افقی (زلزله، باد و مانند آن) و یکنواخت کردن نشست در ساختمان‌ها به کار می‌رود. در شکل ۵-۶ انواع مختلف شناژ رابط بین فونداسیون‌ها نشان داده شده است.



الف) شناژ هم سطح با سطح فوقانی پی



ب) شناژ هم سطح با سطح تحتانی پی



ج) مقطع شناژ

شکل ۵-۶- انواع شناژ



پی‌سازی در آب

یکی از مسائلی که مهندسان در ساخت پل و سد در ایران همواره با آن روبه‌رو بوده‌اند ساختن شالوده پل و سد (بند) به‌شمار می‌رفته است. برای ساختن سد عموماً جریان رودخانه را منحرف کرده و آن‌گاه در زمین خشک سد را می‌ساختند. ساختمان بند امیر بر روی رودخانه‌ی کر بدین روش انجام گرفته است. ساختن پی و پایه‌های پل که گاهی بر روی رودخانه‌ی خروشان و سریع احداث شده مستلزم پی‌سازی در آب بوده است. در ساخت پایه‌های پل نیز تا آن‌جا که مقدور بوده راه رودخانه را موقتاً منحرف می‌کرده‌اند و یا پی‌سازی را در زمان‌های کم‌آبی انجام می‌داده‌اند.

۵-۳- ستون

نقش ستون، تحمل فشارهای محوری و نیروهای جانبی و انتقال آن‌ها به فونداسیون است. در ستون‌هایی که به‌طور عمده تحت تأثیر نیروی محوری قرار دارند، از نظر اقتصادی به صرفه است که قسمت اعظم بار به‌وسیله‌ی بتن تحمل شود. اما به دلایل مختلف همیشه در ستون‌های بتنی از میل‌گرد استفاده می‌شود.

۵-۳-۱- انواع ستون: از نظر شکل مقطع، انواع ستون‌ها عبارت‌اند از:

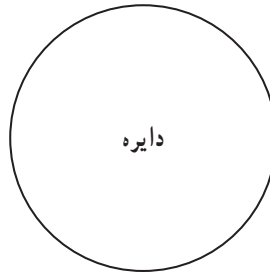
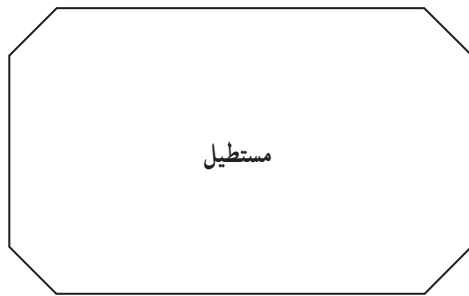
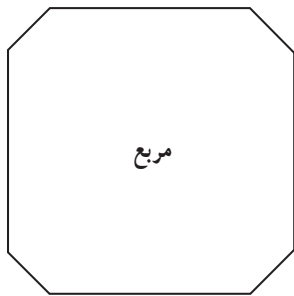
۱- ستون‌های با مقطع مربع

۲- ستون‌های با مقطع مستطیل

۳- ستون‌های با مقطع چندضلعی منتظم (شش ضلعی، هشت ضلعی و ...)

۴- ستون‌های با مقطع دایره

انواع فوق در شکل ۵-۷ نشان داده شده‌اند. در ستون‌های با مقطع مربع و مستطیل، غالباً پخ‌های کوچکی در لبه‌های ستون، به منظور سهولت باز و بسته کردن قالب و زیبایی و جلوگیری از پریدگی، ایجاد می‌شود.

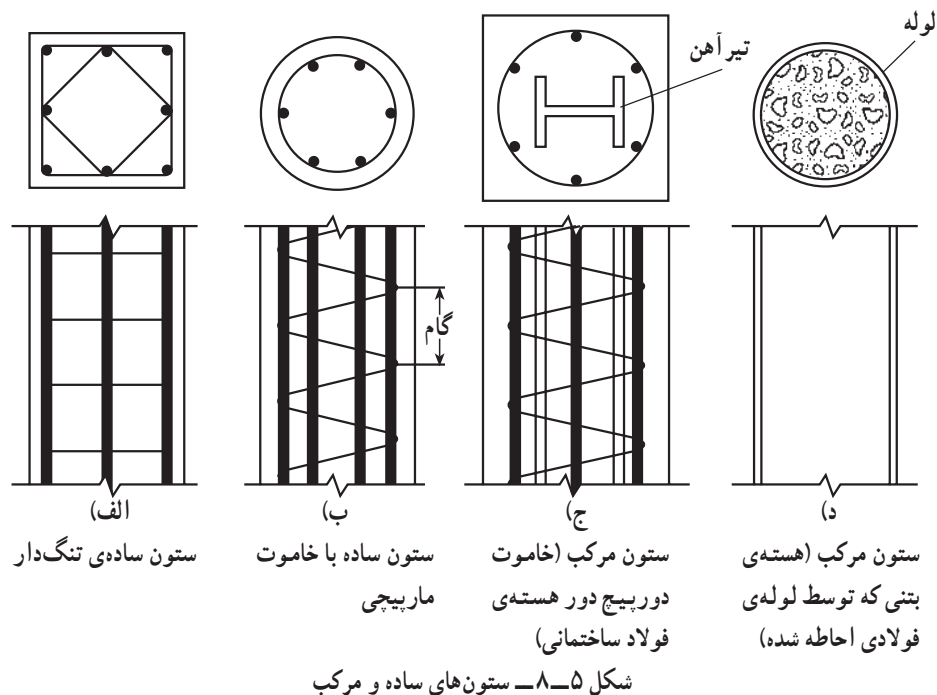


شکل ۵-۷- مقاطع مختلف ستون‌های بتنی

از نظر نحوه‌ی مسلح کردن ستون بتنی، ستون‌ها یا ساده‌اند و یا مرکب. شکل ۵-۸ چند نمونه از این ستون‌ها را نشان می‌دهد. در ستون‌های مرکب به جای میل‌گرد یا توأم با میل‌گرد از مقاطع فولادی نظیر تیر آهن‌ها و یا قوطی‌ها و ... نیز استفاده می‌شود.



سازه‌ی بتنی که در اثر زلزله ستون‌های آن از محل خود خارج شده و موجب تخریب کلی سازه شده است. اتصالات نامناسب تیر و ستون و ضعف طراحی موجب این خرابی شده است.

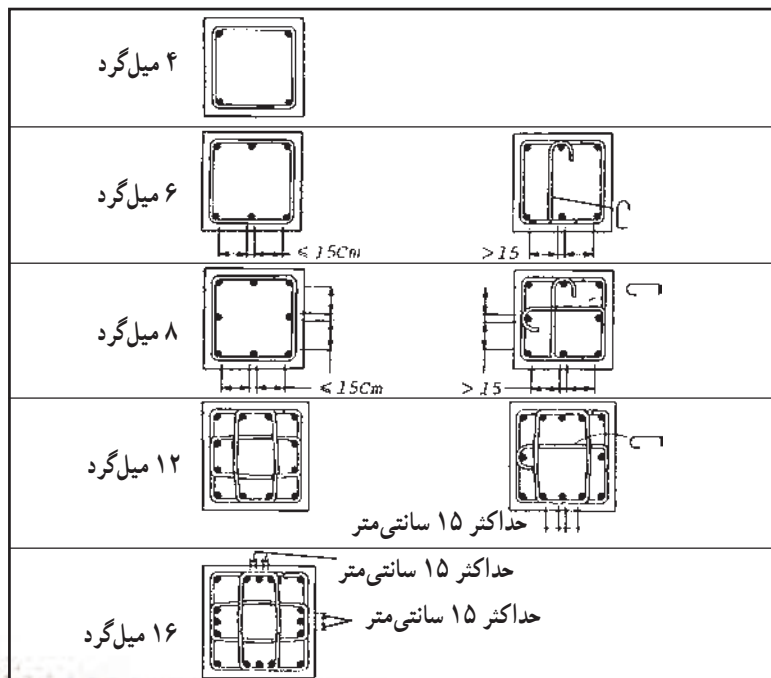


۵-۳-۲- میل‌گردگذاری ستون‌ها:

الف) حداقل تعداد میل‌گرد طولی در هر یک از مقاطع ستون‌ها عبارت‌اند از: ۴ میل‌گرد در مقطع مربع، ۶ تا ۸ میل‌گرد در مقطع مربع مستطیل، ۶ میل‌گرد در مقطع ۶ ضلعی منتظم (در چند ضلعی‌های منتظم حداقل تعداد میل‌گرد، برابر تعداد اضلاع است) و حداقل ۶ میل‌گرد در مقطع دایره. ب) تنگ‌های جانبی یا خاموت‌ها به منظور نگه‌داشتن میل‌گردهای طولی ستون‌ها در جای خود و تأمین تکیه‌گاه جانبی، جهت کوتاه نمودن طول آزاد این میل‌گردها به کار گرفته می‌شوند، به طوری که میل‌گردهای طولی فقط در حد فاصل مابین دو تنگ، امکان کمانش داشته باشند. انواع معمول آرایش تنگ‌ها و میل‌گردهای طولی در ستون‌ها در شکل ۵-۹ نشان داده شده است.



تخریب کامل ستون بتنی در برابر نیروی زلزله



شکل ۵-۹- انواع معمول آرایش تنگ‌ها و میل‌گردها در ستون

ج) قطر خاموت‌ها نباید کم‌تر از مقادیر زیر اختیار شود :

- یک سوم قطر بزرگ‌ترین میل‌گرد طولی (برای میل‌گردهای طولی با قطر حداکثر ۳۰ میلی‌متر)
- ۱۰ میلی‌متر برای میل‌گردهای طولی با قطر بیش از ۳۰ میلی‌متر و نیز برای گروه میل‌گردهای در تماس^۱.

- به هر حال نباید قطر خاموت‌ها از ۶ میلی‌متر کم‌تر باشد.

د) فاصله‌ی هر دو خاموت متوالی نباید از هیچ‌یک از مقادیر زیر بیش‌تر باشد :

- ۱۲ برابر قطر کوچک‌ترین میل‌گرد طولی اعم از این‌که منفرد باشد یا عضوی از گروه میل‌گردهای در تماس به شمار آید.

- ۳۶ برابر قطر میل‌گرد خاموت.

- کوچک‌ترین بعد عضو فشاری.

- ۲۵ میلی‌متر.

ضمناً از لحاظ نحوه‌ی قرارگیری در هر مقطع، تعداد خاموت‌ها باید طوری انتخاب شوند که هر یک از میل‌گردهای زیر در گوشه‌ی یک خاموت با زاویه‌ی داخلی حداکثر ۱۳۵ درجه قرار گیرد و به‌طور جانبی نگه‌داشته شود :

- هر میل‌گرد واقع در گوشه‌های عضو

- هر میل‌گرد غیرواقع در گوشه به صورت حداکثر یک در میان

- هر میل‌گردی که فاصله‌ی آزاد آن تا میل‌گرد نگهداری شده‌ی مجاور بیش‌تر از ۱۵۰ میلی‌متر باشد.

ه) در ستون‌های با مقطع دایره‌ای و برخی از ستون‌های با مقطع مربعی، به جای تنگ از ماریچ استفاده می‌شود. در طراحی ماریچ‌های اعضای فشاری، باید به این نکات توجه کرد :

۱- ماریچ‌ها از میل‌گردهای با سیم‌های پیوسته ساخته شوند.

۲- قطر میل‌گردها یا سیم‌های مصرفی در ماریچ‌ها نباید از ۶ میلی‌متر کم‌تر باشد.

۳- گام ماریچ‌ها (فاصله‌ی آزاد بین میل‌گردها یا سیم‌ها) نباید از ۷۵ میلی‌متر بیش‌تر و از ۲۵ میلی‌متر کم‌تر باشد.

۴- گام ماریچ نباید از $\frac{1}{6}$ قطر هسته‌ی بتنی داخل ماریچ بیش‌تر باشد.

۵- در هر طبقه، ماریچ‌ها باید از روی شالوده یا دال تا تراز پایین‌ترین میل‌گردهای طبقه‌ی فوقانی ادامه یابند.

۶- ماریچ‌ها در ستون‌های قارچی با سرستون باید تا ارتفاعی ادامه یابند که در آن قطر یا پهنا‌ی سرستون دو برابر قطر یا پهنا‌ی ستون باشد.

۷- ماریچ‌ها را باید محکم در جای خود نگهداری کرد و یا به وسیله‌ی فاصله‌نگهدارهای مناسب در جای خود تنظیم و تثبیت نمود.

۱- گروه میل‌گردهای در تماس، به گروهی از میل‌گردهای موازی گویند که در آن‌ها میل‌گردها در تماس با هم بسته می‌شوند تا به صورت واحد عمل کنند.



در بالای ستون به رگم نزدیکی به ناحیه‌ی اتصال با تیر، خاموتی مشاهده نمی‌شود و کمانش میل‌گردهای طولی، عاملی برای شروع خرابی در این موضع است، در حالی که طبق آیین‌نامه باید نزدیک محل اتصال تیر و ستون از خاموت‌گذاری فشرده (ویژه) استفاده می‌شد.

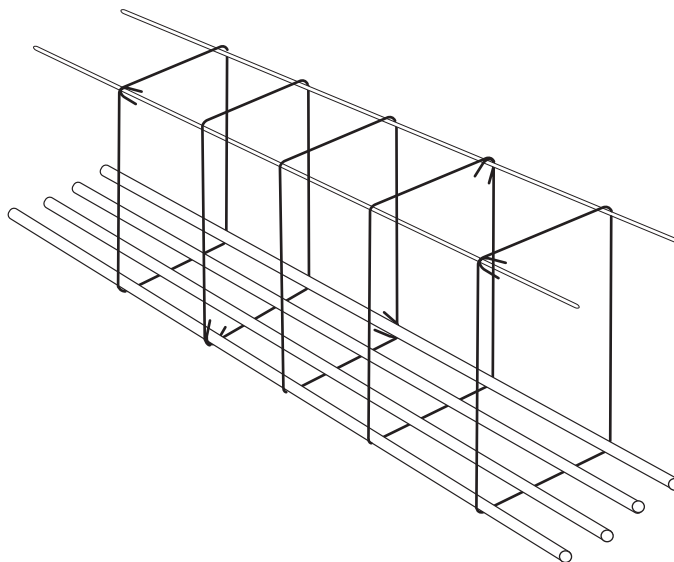


در این شکل یک ستون با مقطع دایره‌ای و خاموت دور پیچ نشان داده شده که در اثر طراحی نامناسب سازه در مقابل نیروی جانبی طبقه‌ی اول بسیار نرم بوده و سازه دچار تغییر شکلی در حدود ۶۵ سانتی‌متر شده و به ستون‌ها آسیب اساسی وارد ساخته است.

- (و) میل‌گردهای انتظار خم شده‌ی ستون‌ها در محل تغییر مقطع باید دارای شرایط زیر باشند:
- ۱- شیب قسمت مایل میل‌گردهای خم شده نسبت به محور ستون نباید از ۱ به ۶ بیش‌تر باشد.
 - ۲- خم کردن میل‌گردهای انتظار باید قبل از قالب‌بندی انجام پذیرد.
 - ۳- هرگاه وجه ستون یا دیوار بیش‌تر از ۷۵ میلی‌متر عقب‌نشستگی یا پیش‌آمدگی داشته باشد میل‌گردهای طولی ممتد نباید به صورت خم شده به کار برده شوند و در محل عقب‌نشستگی باید میل‌گردهای انتظار مجزا برای اتصال به میل‌گردهای وجوه عقب‌نشسته، با رعایت ضوابط مربوط به مهار و وصله‌ها در منطقه‌ی تغییر مقطع پیش‌بینی شوند.

۴-۵- تیر

در تیرهای بتن مسلح، به علت ضعف بتن در مقابل نیروهای کششی، میل‌گردهای فولادی در ناحیه‌ی کششی قرار داده می‌شود. در تیرهای بتن مسلح، کشش ناشی از خمش به وسیله‌ی میل‌گردهای مسلح‌کننده و فشار ناشی از خمش به وسیله‌ی بتن ناحیه‌ی فشاری تحمل می‌شود (در حالی که بین بتن و فولاد چسبندگی کاملی وجود داشته باشد و میل‌گردها در داخل بتن نلغزند). البته بنا به برخی دلایل طراحی و اجرایی، در ناحیه‌ی فشاری مقطع نیز ممکن است میل‌گردهایی قرار داده شود. از نظر ملزومات اجرایی، حداقل تعداد میل‌گردهای اصلی تیر، ۲ عدد است که در عمل حداقل ۲ میل‌گرد دیگر نیز در وجه مقابل برای مونتاژ و امکان استقرار خاموت‌ها در نظر گرفته می‌شود (شکل ۵-۱۰). تعداد دقیق میل‌گردها پس از محاسبات طراحی مشخص می‌شود.



شکل ۵-۱۰- جزئیات میل‌گرد گذاری در یک تیر

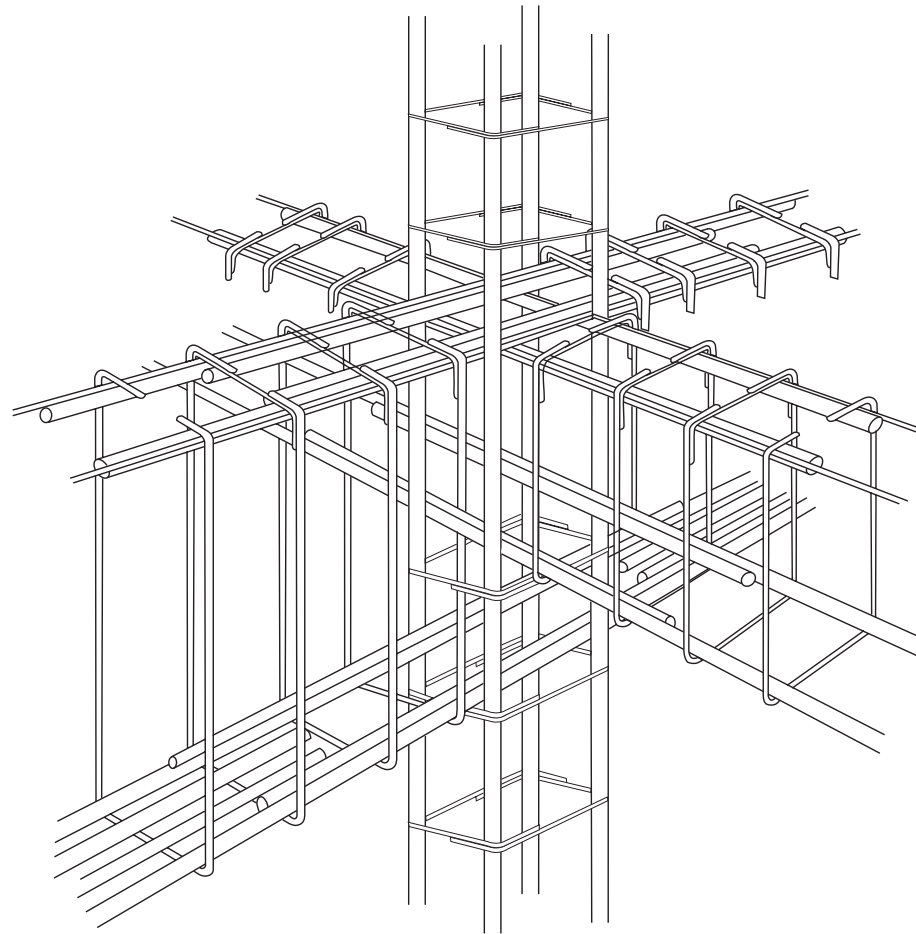
شکل ۵-۱۱ نحوه‌ی اتصال شبکه‌های میل‌گرد در یک اتصال مرکب تیر به ستون را نشان می‌دهد. باید دقت کرد که میل‌گردهای ستون پایینی در امتداد خود بدون خم شدن تا قسمت بالایی تیر ادامه پیدا کند (شکل ۵-۱۲).



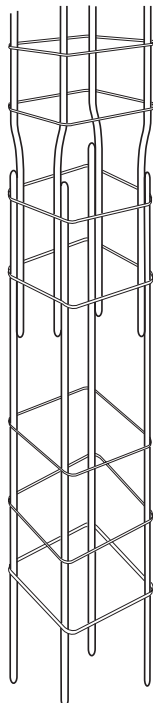
چنانچه در تصویر مشخص است، بتن پای ستون کاملاً خرد و ریخته است. این مسئله نشان می‌دهد که کیفیت بتن نامناسب بوده و بتن پای ستون با قطعه‌ی زیرین پیوستگی نداشته است. در حالی که برای عملکرد مناسب لازم است در محل اتصال و قسمت‌های نزدیک به آن‌ها، مثل همین مورد، دقت لازم در اجرای صحیح به کار برده شود. ضمناً این ساختمان در حال ساخت بوده است.



کیفیت نامطلوب بتن در تیر اصلی یک سقف تیرچه بلوک (دال یک طرفه)، فاصله‌ی زیاد خاموت‌ها و اتصال نامناسب تیرچه‌ها به تیر اصلی باعث عدم انسجام و خرابی سقف شده است.



شکل ۵-۱۱- نحوه‌ی اتصال شبکه‌های میل‌گرد در یک اتصال مرکب تیر و ستون



شکل ۵-۱۲- جزئیات وصله‌ی آرماتورها در ستون در محل اتصال تیر به ستون



در این ساختمان عدم وجود میل‌گرد برشی در ناحیه‌ی اتصال ستون به تیر و کیفیت نامناسب بتن در این محل، باعث شده است که محل اتصال ضعیف باشد و سازه از این جا دچار آسیب شود. همچنین عدم تأمین اتصال کافی بین دیوارها و نمای ساختمان با سیستم سازه‌ای موجب فرو ریختن آن‌ها شده است.

۵-۵- سنارهای قائم و افقی در ساختمان‌های با مصالح بنایی

۵-۵-۱- سنار قائم: برای مقاوم کردن ساختمان‌های با مصالح بنایی در مقابل زلزله و نشست‌های نامتقارن، از سنار قائم استفاده می‌شود. نقش این سنارها، کلاف کردن سنارهای تحتانی و فوقانی ساختمان و ایجاد ارتباط کامل بین اعضای تحمل‌کننده بارهای فشاری است. برای اجرای سنار قائم، ابتدا در پی، ریشه‌هایی به منظور آرماتورهای سنار تعبیه می‌شود. پس از اجرای دیوار و ایجاد فضایی برای سنار قائم، به وسیله‌ی چهار میل‌گرد طولی، اتصال به میل‌گردهای انتظار برقرار می‌شود و پس از تکمیل و اجرای کامل میل‌گردهای طولی و نگهدارنده‌های عرضی (خاموت‌ها) با بستن دو طرف دیگر سنار، بتن‌ریزی انجام می‌گیرد (می‌دانیم که دو ضلع دیگر به وسیله‌ی دیوارها احاطه شده است). میل‌گردهای سنار قائم در محل اتصال با سنارهای افقی به اندازه‌ی لازم و طول استاندارد در نظر گرفته شده و همانند میل‌گردهای انتظار عمل می‌کنند.

در سنارهای قائم غالباً از بتن با عیار حداقل 300 kg/m^3 استفاده می‌شود. همانطور که ذکر شد، در اجرا از دو دیوار جانبی به عنوان قالب‌های ثابت استفاده می‌شود که در این صورت، برای بتن‌ریزی تنها به دو صفحه‌ی قالب در دو طرف حفره نیاز است. بتن‌ریزی سنارها در هر طبقه به نحوی اجرا می‌شود که به راحتی بتوان اتصال لازم را با قسمت بعدی یا طبقه‌ی فوقانی برقرار کرد. برای بتن‌ریزی طبقه‌ی بالاتر، ابتدا سطح بتن قبلی را با برس سیمی قدری خشن کرده، پس از تمیز کردن، آن را کاملاً مرطوب نموده و سپس بتن‌ریزی را آغاز می‌کنیم. برخی اوقات از مواد افزودنی چسبی نیز استفاده می‌گردد.

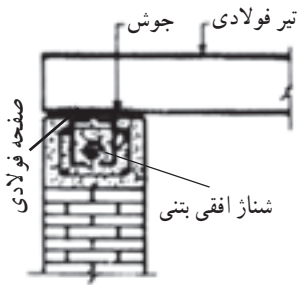
۵-۵-۲- سنار افقی: سنار افقی در واقع یک کلاف بتنی است که بر روی دیوار با مصالح بنایی (زیر سقف و روی تمام دیوارهای باربر) اجرا می‌شود. ابعاد این کلاف معمولاً 30×20 یا 40×30 سانتی‌متر است و غالباً از بتن با عیار 300 kg/m^3 ساخته می‌شود. عملکرد سنار افقی به این صورت خلاصه می‌شود:

- ۱- اتصال کامل با سنار قائم و در نتیجه، ایجاد مقاومت بیش‌تر در برابر نیروهای جانبی (باد، زلزله و ...)
 - ۲- تسهیل در اجرای پوشش سقف
- سنار افقی مانند یک تیر یکسره است که در محل برخورد سنار قائم، دارای ممان منفی است، در نتیجه موقعیت آرماتورگذاری در مقطع آن تغییر می‌کند. در شکل ۵-۱۳ آرماتورگذاری در سنار افقی و اتصال آن با سنار قائم به طور شماتیک نشان داده شده است.

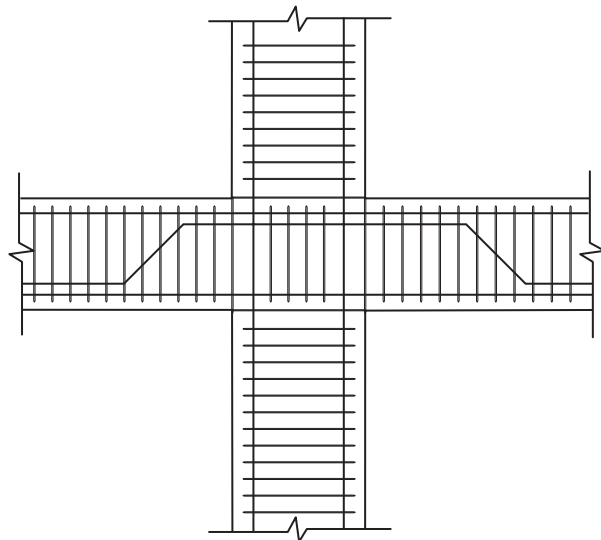


دلایل تخریب این ساختمان را، که متعلق به اورژانس بیمارستان می‌باشد، می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

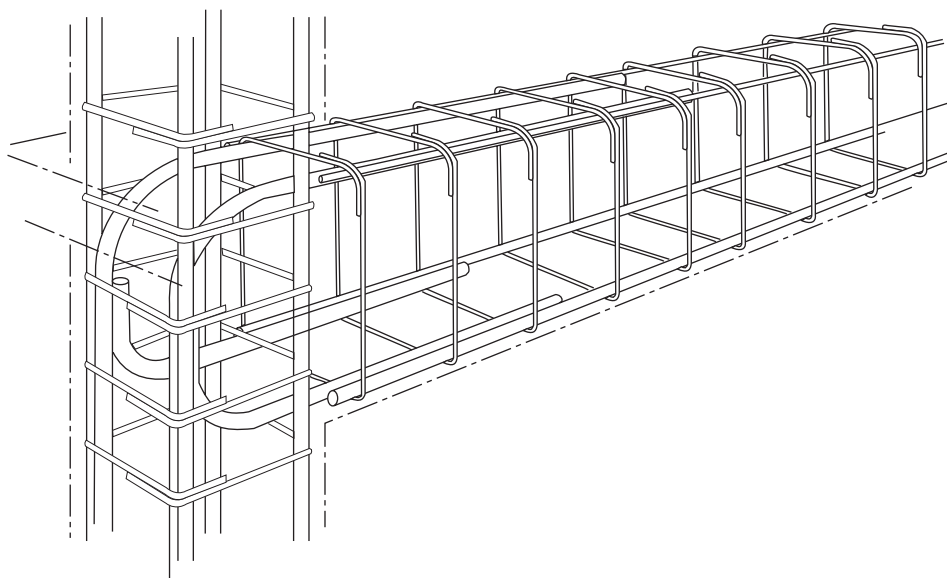
- ۱- عدم اتصال مناسب بین تیر آهن سقف و کلاف بتنی زیر آن
- ۲- اجرای کلاف افقی طولانی بدون کلاف قائم
- ۳- عدم رعایت فواصل صحیح خاموت‌ها در اجرای کلاف افقی
- ۴- وجود بازشوهای بزرگ. همان‌طور که در عکس مشخص است، سقف از روی دیوار لغزیده و فرو ریخته است. برای جلوگیری از خرابی‌ها باید اتصال آن‌ها چنین باشد.



این ساختمان دارای کلاف قائم بوده ولی کلاف افقی و سقف آن قبل از وقوع زلزله اجرا نشده بود همان‌طور که از عکس برمی‌آید، وجود کلاف‌های قائم بدون کلاف‌های افقی، تقریباً بی‌معنی است و کم‌اهمیت می‌باشد. انتظار می‌رود انحراف کلاف‌های قائم در جهت عمود بر جهت زلزله، کم‌تر از مقداری باشد که در عکس دیده می‌شود.



الف) شناژ میانی



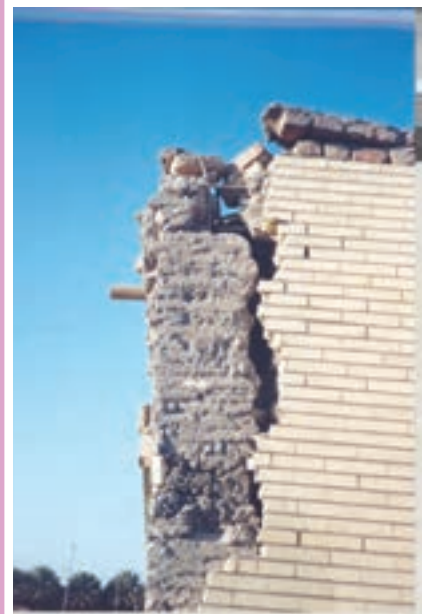
ب) شناژ کناری

شکل ۵-۱۳- اتصال شناژ افقی با شناژ قائم

۵-۶- دال

دال، قسمتی از سازه‌ی بتنی است که برای پوشش فوقانی یا تحتانی فضای مورد نظر به کار می‌رود و هدف از ساخت آن جدا کردن فضاهای مختلف از یکدیگر است. شکل ۵-۱۴ انواع مختلف دال‌های بتنی را نشان می‌دهد. در این بخش به عملکرد متفاوت دال‌های یک‌طرفه و دو طرفه و جزئیات دو سیستم سقف تیرچه بلوک و لانه زنبوری اشاره می‌شود.

۵-۶-۱- دال یک‌طرفه: بارهای وارد بر دال یک‌طرفه فقط در یک جهت حمل می‌شود و آرماتوربندی آن در یک جهت مشخص می‌باشد. جزئیات آرماتورگذاری این نوع دال در شکل ۵-۱۵ نشان داده شده است.



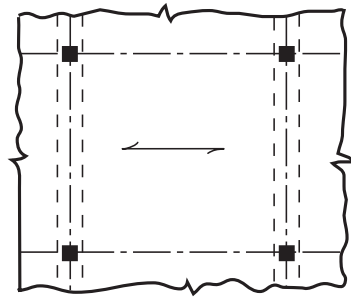
عدم اجرای صحیح شناژهای افقی و قائم و بتن نامرغوب شناژ به شکلی که شناژهای قائم و افقی کاملاً از هم جدا شده‌اند.



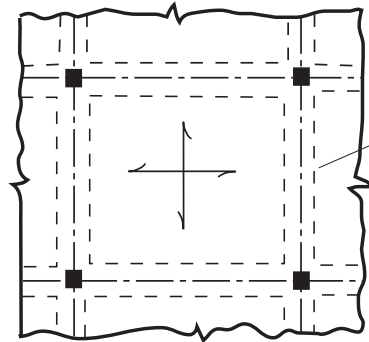
عدم اجرای صحیح شناژهای قائم در ساختمان نیمه‌اسکلت مسجد موجب تخریب ساختمان آن شده است.



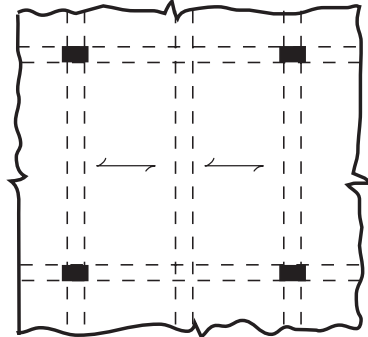
اتصال ضعیف تیرچه‌ها با تیر اصلی موجب جدا شدن آن‌ها از تیر و فرو ریختن سقف شده است.



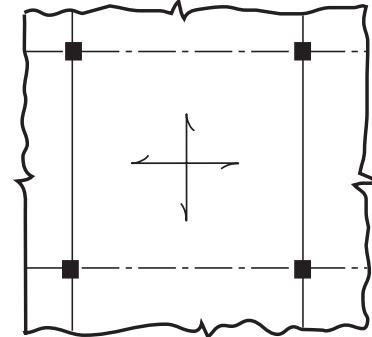
الف) دال یک طرفه



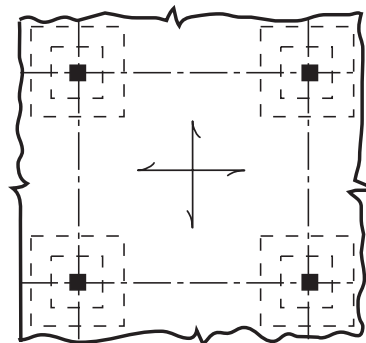
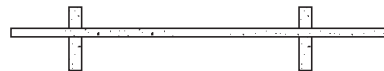
ب) دال دو طرفه



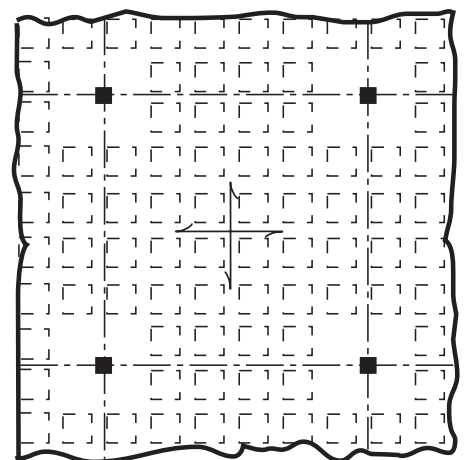
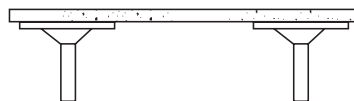
ج) دال یک طرفه با تکیه‌گاه در چهار طرف



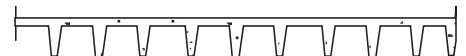
د) دال تخت



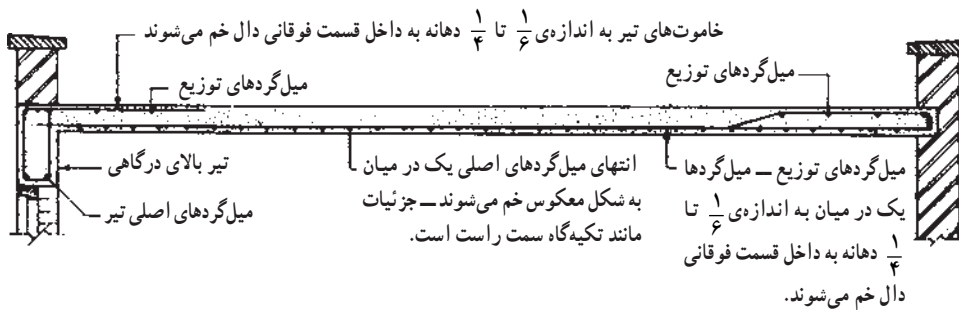
ه) دال تخت قارچی



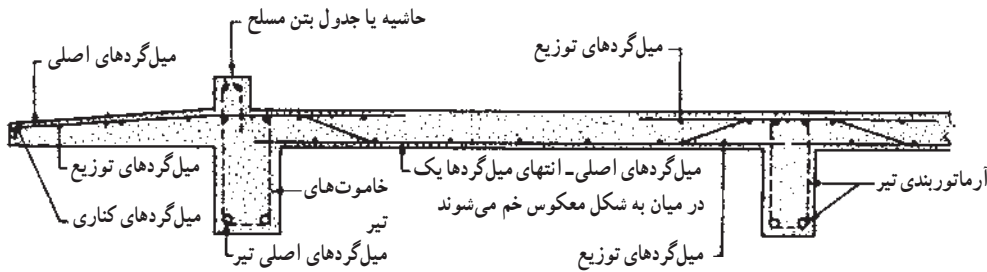
و) دال مجوف



شکل ۵-۱۴- دال‌های بتن مسلح



الف) نمونه‌ی دال بتن مسلح



ب) دال و تیر بتن مسلح طره‌ای

شکل ۵-۱۵ - جزئیات آرما توری‌گذاری‌های یک طرفه

۵-۶-۲ - دال دو طرفه: برای کاربری‌های مختلف، دال‌های مستطیلی بسته به نسبت طول به عرض و یا وضعیت تکیه‌گاهی آن‌ها، به صورت دو طرفه می‌باشند. تغییر شکل چنین دال‌هایی تحت تأثیر نیروهای وارده به صورت یک سطح کروی است. در هر دو امتداد دال، لنگر خمشی وجود دارد و برای مقابله با این لنگرها، دال‌ها باید در هر دو امتداد به وسیله‌ی دو لایه میل‌گرد عمود بر هم مسلح شوند. ساده‌ترین نوع این دال‌ها (شکل ۵-۱۴ - ب) در چهار لبه‌ی خود بر روی تیر بتن مسلح قوی یا دیوار و یا تیر فولادی تکیه دارند، همچنین دال‌هایی به صورت دو طرفه محاسبه می‌شوند که نسبت دهانه‌ی بزرگ به دهانه‌ی کوچک آن‌ها کم‌تر از ۲ باشد.

۵-۶-۳ - سقف تیرچه بلوک: سقف تیرچه بلوک، دال یک طرفه‌ای است که برای کاهش بار مرده از بلوک‌های توخالی سفالی یا بتنی به منظور پرکردن حجم سقف استفاده می‌شود. سقف تیرچه بلوک از اجزای زیر تشکیل شده است:

۱- تیرچه‌هایی که در فواصل مشخص به موازات یکدیگر روی تیرهای باربر قرار می‌گیرند و معمولاً فاصله‌ی آن‌ها ۵۰ سانتی‌متر است. ولی فاصله‌ی آزاد بین آن‌ها نباید بیش‌تر از ۷۵ سانتی‌متر باشد.

۲- بلوک‌های توخالی که با توجه به شکل خاص خود بین تیرچه‌ها قرار داده می‌شوند. در واقع این بلوک‌ها، پرکننده‌ی فاصله‌ی تیرچه‌ها بوده و حجم زیادی از سقف را اشغال می‌کنند.

۳- بتنی که فضای بین بلوک‌ها را پر کرده و روی آن‌ها لایه‌ای به ضخامت ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر تشکیل می‌دهد. در دهانه‌های بزرگ، تیرچه‌ها را در وسط دهانه یا در فواصل مناسب با کلاف‌های عرضی به یکدیگر می‌بندند (شکل ۵-۱۶).



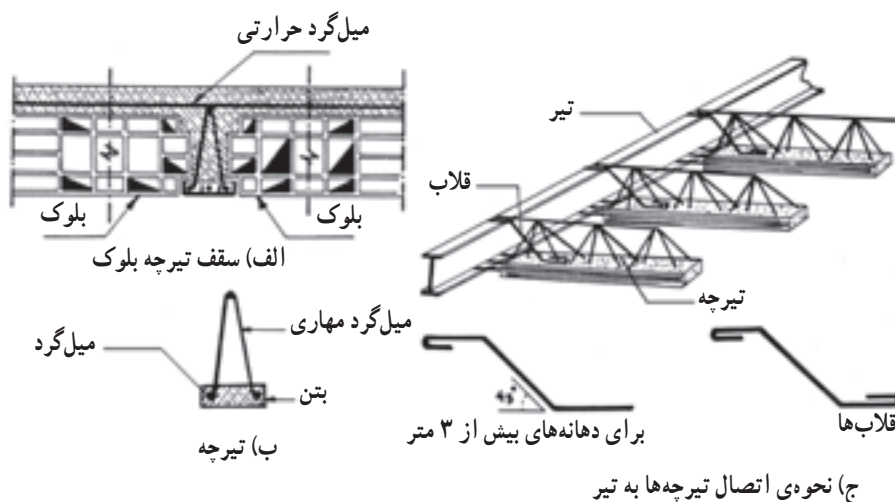
کیفیت نامطلوب بتن در تیر اصلی و عدم اتصال مناسب تیرچه‌ها به آن موجب ریزش سقف شده است.



قرار دادن آرما توری بر روی بلوک‌های سقف تیرچه بلوک برای جلوگیری از پدید آمدن ترک‌های عمیق در سطح بتن



اجرای سقف تیرچه بلوک



شکل ۵-۱۶- سقف تیرچه بلوک و نحوه‌ی اتصال تیرچه‌ها به تیر

برخی از محاسن سقف‌های تیرچه بلوک عبارت است از :

- ۱- سبکی سقف نسبت به سقف‌های مشابه ؛
- ۲- مقاومت مطلوب در مقابل نیروهای جانبی (باد و زلزله) ؛
- ۳- دوام خوب آن در مقابل آتش‌سوزی ؛
- ۴- عایق بودن در مقابل صوت، حرارت و رطوبت ؛
- ۵- هموار بودن سطح زیر سقف و سطح روی آن بعد از اتمام عملیات اجرای سقف. و برخی از معایب آن به شرح زیر است :
- ۱- طولانی بودن زمان اجرا نسبت به سقف‌های طاق ضربی ؛
- ۲- نیاز به نیروهای با تخصص و دقت بالاتر جهت اجرای آن ؛
- ۳- عدم کاربری در دهانه‌های بزرگ ؛
- ۴- نیاز به سرمایه‌گذاری برای تهیه‌ی قالب و شمع به میزان قابل توجه.

به سبب یکپارچگی دال با تیرهای تکیه‌گاهی، تغییرات دما باعث ایجاد تنش‌های کششی در دال می‌شود. با توزیع میل‌گردهای کافی (میل‌گردهای حرارتی) باید این تنش در تمام طول و عرض دال توزیع شود تا ترک ایجاد شده نتواند کاهشی در مقاومت دال ایجاد کند ؛ هم‌چنین وجود این میل‌گردها باعث جلوگیری از پدید آمدن ترک‌های عمیق در سطح بتن می‌شود. میل‌گردهای حرارتی به‌طور عمده در دال‌های یک طرفه که دارای میل‌گردهای اصلی در یک جهت هستند، کاربرد دارند. در دال‌های دو طرفه که سازه در هر دو جهت مسلح می‌شود، نیازی به استفاده از میل‌گرد حرارتی به‌طور مجزا نیست.

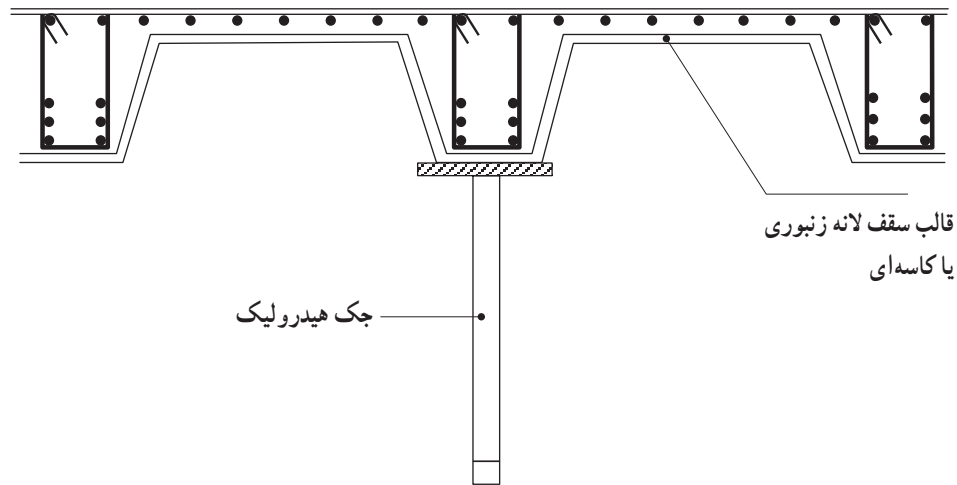
در دال‌های با ضخامت کم، میل‌گردهای حرارتی فقط در یک لایه‌ی در جهت عمود بر میل‌گردهای اصلی قرار می‌گیرند و در دال‌های با ضخامت‌های بالاتر، میل‌گرد حرارتی در دو لایه قرار داده می‌شود.

۵-۶-۴- سقف‌های لانه زنبوری (کاسه‌ای)؛ این سقف‌ها از انواع سقف‌های بتنی هستند که به صورت دال‌های دو طرفه بوده و در دو جهت میل‌گردگذاری می‌شوند. اجرای



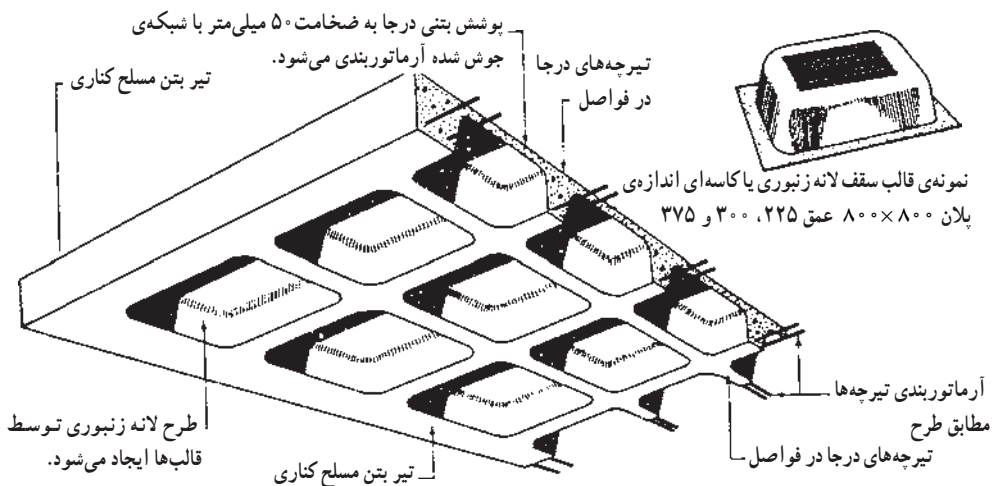
عدم اتصال مناسب تیرچه‌ها با تیر اصلی، موجب جدا شدن آن‌ها از تیر و به تبع آن فرو ریختن سقف شده است.

این سقف به صورت بتن‌ریزی، درجا است و قالب‌بندی آن نیز به صورت شبکه‌های عمود برهم بوده که کاسه‌ها در داخل این شبکه‌ها قرار می‌گیرند. شبکه‌ها به وسیله‌ی جک‌های مخصوص تا زمان سخت شدن بتن نگه‌داشته می‌شوند. قالب‌ها دارای شیب ملایم داخلی بوده و قبل از بتن‌ریزی با روغن‌های مخصوص آغشته می‌شوند تا در هنگام بازکردن قالب، به بتن صدمه‌ای وارد نشود (شکل ۵-۱۷).

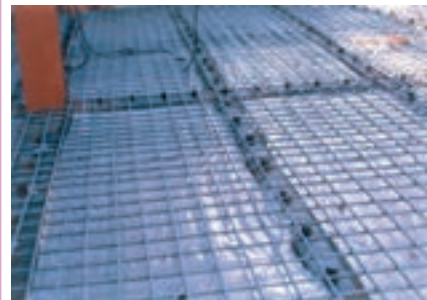


شکل ۵-۱۷- نمایش اجرای قالب‌های سقف لانه زنبوری

حداقل ضخامت بتن‌ریزی روی قالب‌های کاسه‌ای ۱۰ سانتی‌متر است. تمام میل‌گردهای اصلی از فولادهای آجدار استفاده شده و در تمام قسمت‌های تکیه‌گاهی آرماتورهای منفی قرار داده می‌شود. سطح سقف با یک شبکه‌ی میل‌گرد حرارتی (از میل‌گرد آجدار $\Phi 8$ تا $\Phi 12$) به فاصله‌ی حداکثر ۲۵ سانتی‌متر مسلح می‌شود. تا زمان سخت شدن کامل بتن و حصول ۷۰٪ مقاومت نهایی، نباید قالب‌برداری انجام گیرد. حداقل مدت نگهداری بتن در قالب ۷ روز و حداکثر آن ۱۴ روز است (شکل ۵-۱۸).



شکل ۵-۱۸- سقف‌های لانه زنبوری یا کاسه‌ای



آرماتوربندی دال بتنی دو طرفه در یک سازه‌ی اسکلت فلزی (دال مرکب)



دال مرکب بتنی پس از بتن‌ریزی

۵-۷- دیوار

از دیوارهای بتنی در شرایط مختلف در ساختمان‌ها استفاده می‌شود. دیوارها را از نظر رفتار سازه‌ای می‌توان به پنج دسته‌ی زیر طبقه‌بندی کرد:

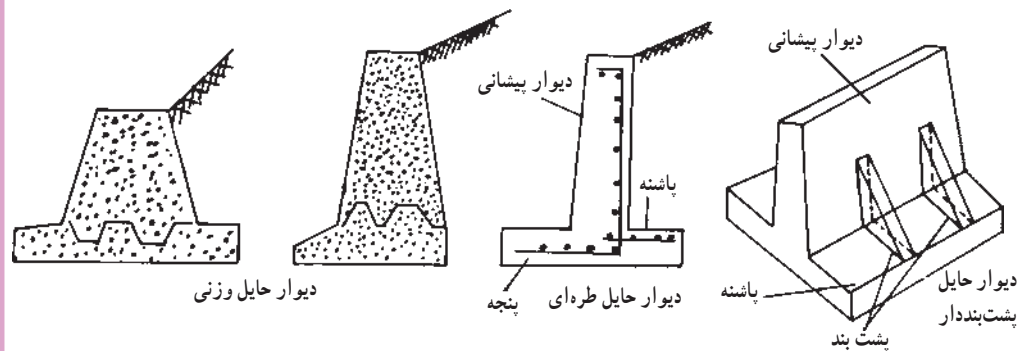
- ۱- دیوارهای حایل،
- ۲- دیوارهای باربر (بار قائم)،
- ۳- دیوارهای زیرزمین،
- ۴- دیوارهای غیر باربر (جدا کننده‌ها و دیوارهای پیرامونی)،
- ۵- دیوارهای برشی (در عمل ممکن است یک دیوار برشی ترکیبی از انواع ۱ الی ۴ نیز باشد).

۵-۷-۱- دیوار حایل: دیواری است که به منظور پایداری در مقابل فشار جانبی خاک

به کار می‌رود. در اکثر حالت‌ها عامل پایداری، وزن دیوار است (شکل ۵-۱۹).



عدم اجرای شناژهای افقی و قائم موجب تخریب دیوار شده است.



شکل ۵-۱۹- انواع مختلف دیوار حایل

۵-۷-۲- دیوار باربر: دیواری است که علاوه بر وزن خود، نیروی خارجی قائمی را

تحمل می‌کند که ناشی از عکس‌العمل سقف یا نظایر آن است. با توجه به اهمیت این دیوارها، ضوابط خاصی برای آن‌ها تدوین شده که مهم‌ترین آن‌ها به این شرح است:

۱- دیوارها باید برای بارهای خارج از مرکز و هرگونه بار جانبی که در معرض آن قرار

می‌گیرد، طراحی شوند.

۲- دیوارها باید به اعضای متقاطع با آن‌ها مانند کف‌ها، بام‌ها، ستون‌ها و پایه‌ها، پی‌ها و ...

مهار شوند.

۳- دیوارهای با ضخامت بیش‌تر از ۲۵ سانتی‌متر باید دارای دو شبکه‌ی فولادی در دو

طرف دیوار، که پوشش بتنی هر شبکه حداقل ۵ سانتی‌متر است، باشند. فاصله‌ی محور به محور

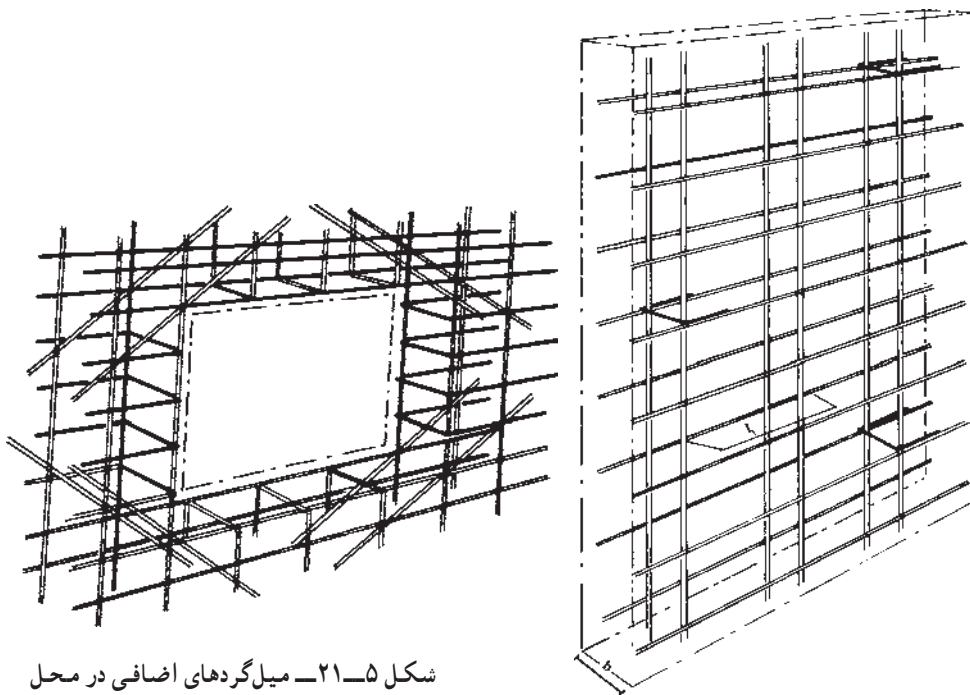
میل‌گردها نباید از ۱/۵ برابر ضخامت دیوار یا ۲۵ سانتی‌متر بیش‌تر باشد. در محل بازشوها در

دیوار باید حداقل ۲ میل‌گرد آجدار نمره ۱۶ در اطراف بازشوها، پنجره‌ها و درها به کار برده شود

(شکل‌های ۵-۲۰ و ۵-۲۱).



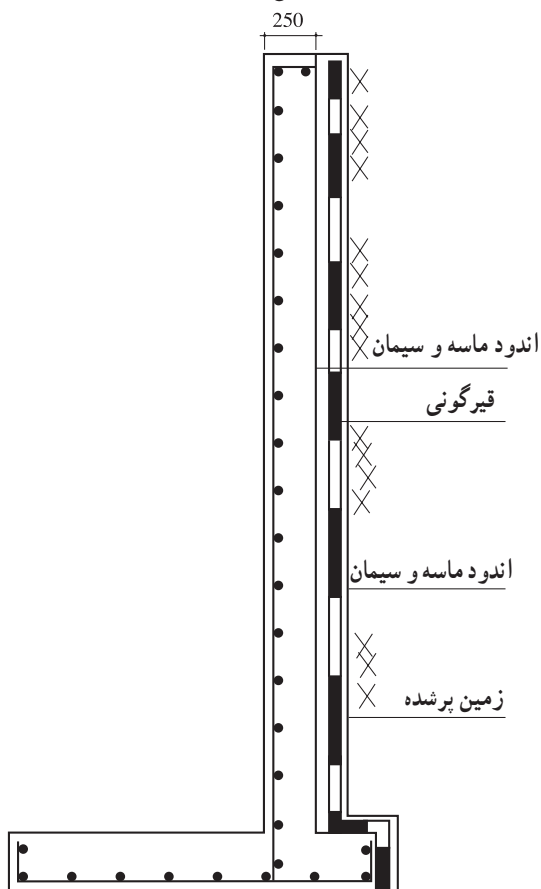
عدم اجرای صحیح شناژهای افقی و قائم و بتن‌ریزی ناصحیح شناژ موجب شده تا شناژهای قائم و افقی کاملاً از هم جدا شوند.



شکل ۵-۲۱- میل‌گردهای اضافی در محل بازشوی دیوار باربر

شکل ۵-۲۰- آرماتورگذاری دیوار باربر

۵-۷-۳ دیوار زیرزمین: دیوار زیرزمین، در واقع نوعی دیوار حایل است که علاوه بر فشار جانبی خاک، نیروهای قائم را نیز تحمل می‌کند. حداقل ضخامت دیوارهای زیرزمین ۲۰ سانتی‌متر و در نقاط مرطوب حداقل ۳۰ سانتی‌متر است. همیشه دیوار زیرزمین باید دارای ضخامتی بیش از دیوارهای بالای آن باشد (شکل ۵-۲۲).



شکل ۵-۲۲- دو نمونه از دیوارهای زیرزمین



اجرای نادرست شنازهای افقی و قائم و بتن‌ریزی نامناسب شناز موجب جدا شدن شنازهای قائم و افقی از هم شده است.



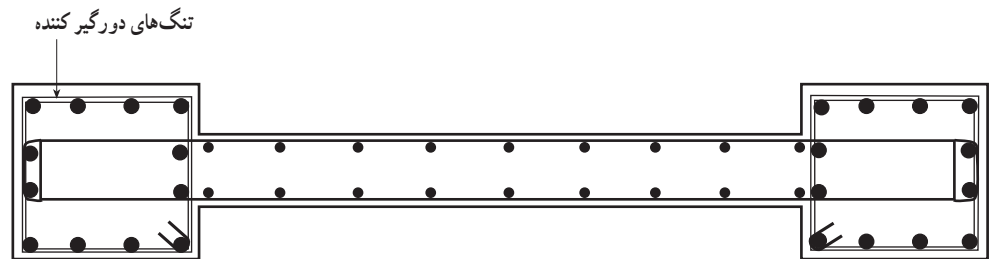
واژگونی ستون در اثر ناکافی بودن سطح آرماتور در پای ستون

۴-۷-۵ دیوار غیر باربر: به دیوارهای محیطی ساختمان، جداساز داخلی و به دیوارهای

محوطه، دیوار غیر باربر می گویند (البته دیوارهای محوطه تحت اثر نیروهای جانبی باد قرار می گیرند). در طراحی این دیوارها باید به عایق بودن آنها در مقابل صدا توجه کافی داشت (به جز دیوارهای محوطه). دیوارهای محیطی در طولهای زیاد نباید بدون تکیه گاه های جانبی به کار برده شوند.

۵-۷-۵ دیوار برشی: برای مقابله با نیروهای افقی مؤثر (نیروی باد و زلزله) بر

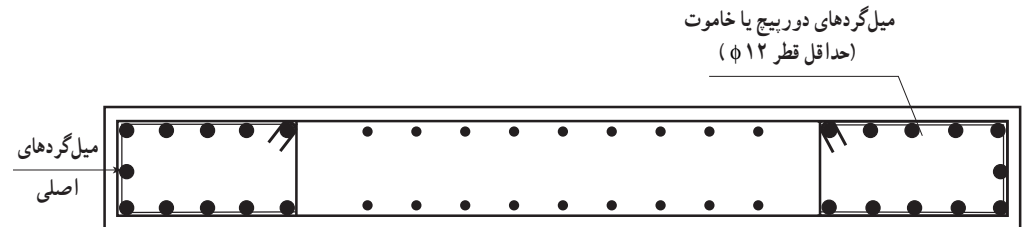
سازه، از این نوع دیوار استفاده می شود. دیوارهای برشی را با ملاحظه ی ملزومات معماری طرح کرده و در قسمت های مختلف پلان ساختمان می توان قرار داد، اما باید دقت کافی به عمل آورد که قرار گرفتن آن در پلان تا حد امکان متقارن باشد. در صورتی که میل گردهای خمشی در دو لبه ی دیوار متمرکز شوند، قابلیت استهلاک انرژی زلزله در دیوار بیشتر می شود. بهتر است که میل گردهای کششی به وسیله ی تنگ یا خاموت دور پیچ شوند (شکل ۲۳-۵).



شکل ۲۳-۵ - مقطع مناسب برای دیوار برشی

در ساختمان های کوتاه و متوسط لزومی ندارد که دو لبه ی دیوار را به صورت برجسته

درآوریم لذا ضخامت دیوار در این ساختمان ها، ثابت در نظر گرفته می شود (شکل ۲۴-۵).



شکل ۲۴-۵ - مقطع دیوارهای برشی با ضخامت ثابت

۸-۵ پله

پله، ساده ترین وسیله برای رسیدن به ارتفاعات مختلف در ساختمان یا محوطه است. ابعاد

پله در حالت معمولی از طریق این رابطه محاسبه می شود:

$$2h + b = 63 \text{ تا } 64 \text{ سانتی متر}$$

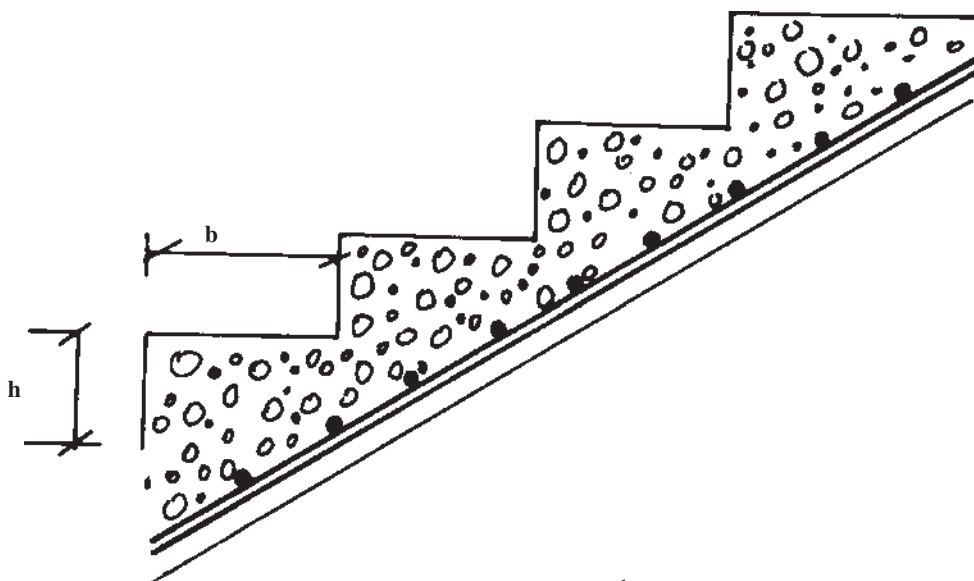
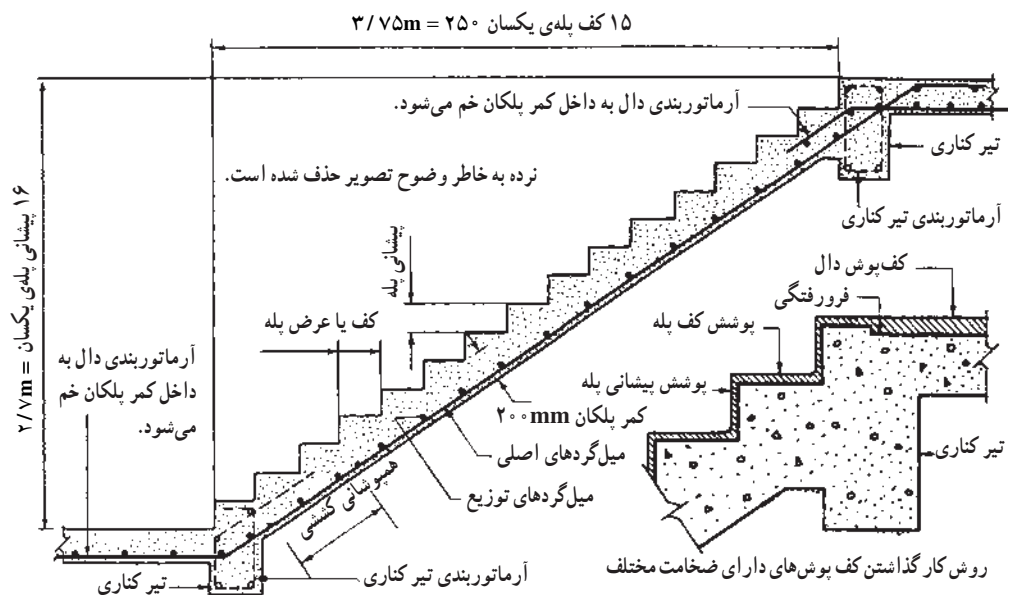
$$h = \text{ارتفاع پاخور پله}$$

$$b = \text{عرض یا کف پله}$$



عبور آهن نعل درگاه از شناز و عدم بتن ریزی در آن نقطه که باعث خرابی گردیده است.

شکل‌های ۲۵-۵ و ۲۶-۵ جزئیات اجرایی پله‌های بتنی را نشان می‌دهند.



شکل ۲۵-۵- جزئیات پله‌ی بتنی

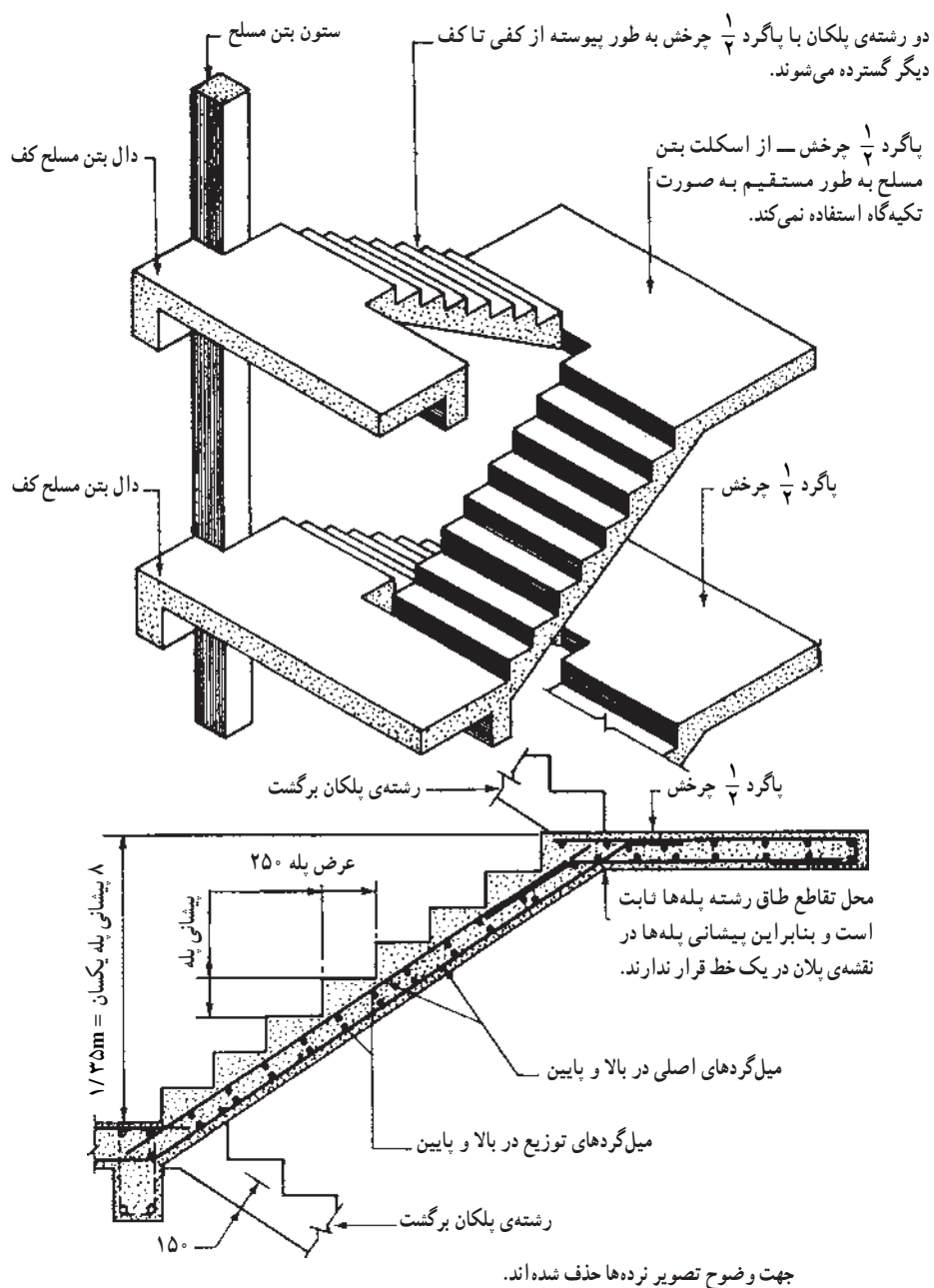


جدا شدن سیستم راه پله از سازه‌ی اصلی، با وجود این‌که ساختمان در حال احداث بوده، قابل تأمل است. علت بروز این مشکل کم بودن تعداد میل‌گردهای طولی در تیرهای مورب راه پله (شمشیری) و عدم تأمین طول مهاري کافی برای آن‌ها بوده است.

با توجه به قرارگیری یک شمشیری روی تیر جانبی، سیستم تیر شمشیری و تیرچه‌بلوک برای راه پله سیستم مناسبی نبوده و استفاده از دال بتنی توصیه می‌شود.



اجرای نامناسب تیر سقف و عدم اتصال کافی به ستون‌ها، باعث نقص در پیوستگی و خرابی ستون‌ها شده است. در این سازه، ستون‌ها از بتن مسلح و تیرهای اصلی سقف (در یک جهت) از نوع فولادی هستند. عبور تیرهای فولادی از داخل ستون‌های بتنی باعث ناپیوستگی آن‌ها شده و محل اتصال ستون بتنی به تیر فلزی در همه‌ی ستون‌ها دچار اشکال شده است.



شکل ۵-۲۶- جزئیات پله‌ی بتنی

پرسش

- ۱- نقش فونداسیون را در یک سازه‌ی بتنی شرح دهید و انواع آن را نام ببرید.
- ۲- دلیل استفاده از خاموت‌ها در ستون چیست؟
- ۳- در زلزله‌ی ۱۳۸۲ بم، بسیاری از ساختمان‌های با مصالح بتّایی، به دلیل ضعف در اجرا و یا اجرا نکردن شناژهای افقی و قائم، فروریخت، به نظر شما شناژهای افقی و قائم چگونه می‌توانند، این ساختمان‌ها را در مقابل زلزله ایمن نگه دارند؟
- ۴- دلیل نام‌گذاری یک طرفه و یا دو طرفه بودن دال‌ها چیست؟
- ۵- علت استفاده از بلوک‌های سفالی در سقف‌های تیرچه بلوک چیست؟ به نظر شما آیا می‌توان به جای بلوک‌های سنگین سفالی از مصالح دیگری استفاده کرد؟
- ۶- سقف‌های لانه زنبوری را تعریف کنید و نحوه‌ی میل‌گردگذاری را در این سقف‌ها شرح دهید.
- ۷- از دیوار حایل در چه مواردی استفاده می‌گردد؟
- ۸- به نظر شما آیا می‌توان از دیوار زیرزمین به عنوان یک دیوار برشی استفاده کرد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ چه نکاتی را باید در اجرای آن در نظر گرفت؟