فصل پنجم

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 بیاییم 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 :

۱ــ اعضای مختلف یک ساختمان بتنی را نام ببرد ؛

۲ــ انواع شالوده‌ها را نام ببرد و کاربرد هر یک را شرح دهد ؛

۳ــ نحوه‌ی میل‌گردگذاری شالوده‌ها را توضیح دهد ؛

۴ــ عملکرد شناژ رابط بین فونداسیون‌ها را توضیح دهد ؛

۵ــ نقش ستون در ساختمان بتنی را توضیح دهد ؛

۶ــ انواع ستون بتنی را نام ببرد ؛

۷ــ نحوه‌ی میل‌گردگذاری ستون‌ها و ضوابط آیین‌نامه‌ای آن‌ها را بیان کند ؛

۸ــ نحوه‌ی میل‌گرد گذاری تیرها را بیان کند ؛

۹ــ عملکرد شناژهای قائم و افقی را در ساختمان‌های با مصالح بنایی توضیح دهد ؛

۱۰ــ دال را تعریف کرده و نقش آن‌را در ساختمان بتنی بیان کند ؛

۱۱ــ انواع دال بتنی را نام ببرد ؛

۱۲ــ انواع دیوارهای بتنی را نام ببرد و کاربرد هر یک را شرح دهد.

۵ــ۱ــ 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 جوش‌دادن، پرچ‌کردن، پیچ‌کردن 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 به‌وجود بیاید.

در این فصل با انواع مختلف اعضای تشکیل‌دهنده‌ی ساختمان‌های بتنی آشنا می‌شویم و ضوابط خاص آن‌ها را فرا می‌گیریم.

۵ــ۲ــ فونداسیون و شناژ

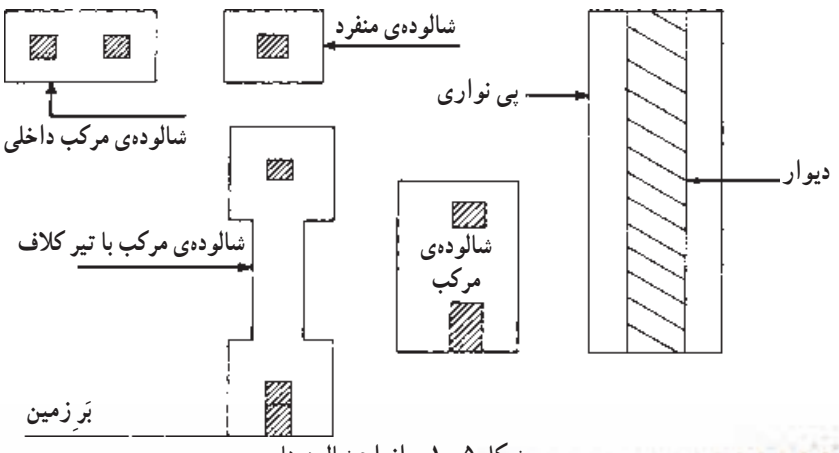
شالوده یا فونداسیون قسمتی از سازه است که غالباً پایین‌تر از سطح زمین قرار می‌گیرد و نیروهای وارده به سازه را به خاک یا بستر سنگی منتقل می‌کند.

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.

۵ــ۲ــ۱ــ انواع شالوده‌ها: شالوده‌ها در حالت کلی به شالوده‌های دیوار و ستون تقسیم‌بندی می‌شوند. شالوده‌ی دیوار، یک نوار از بتنِ 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.

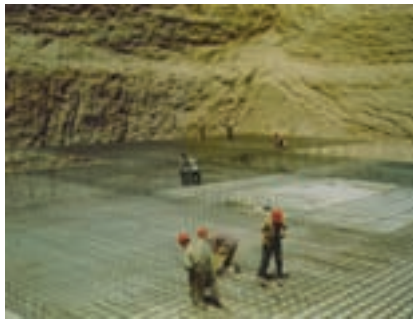
البته بعضی از شالوده‌ها ممکن است مقطعی به شکل ذوزنقه نیز داشته باشند. شالوده‌های مرکب، برای انتقال بارِ دو یا چند ستون ساخته می‌شوند. هرگاه مقاومت زمین در حد متعارف باشد از شالوده‌های ساده و مرکب استفاده می‌شود و زمانی که زمین مقاومت کافی ندارد، از شالوده‌های گسترده یا صفحه‌ای استفاده خواهد شد. ضمناً 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 ۵ــ۱ تا ۵ــ۳ بعضی از انواع شالوده‌ها را مشاهده می‌کنید.)



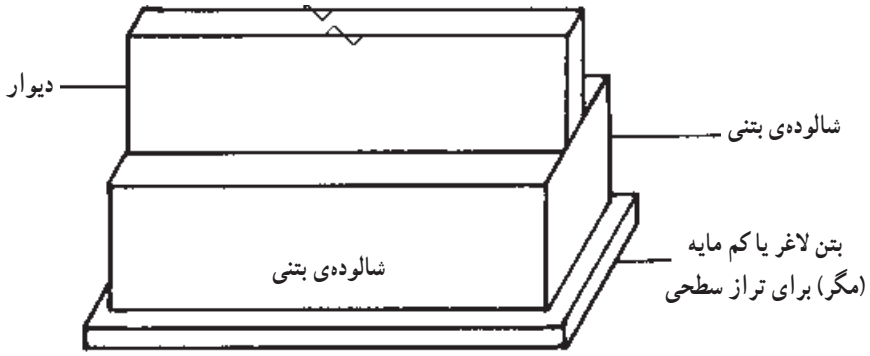
شکل ۵ــ۱ــ انواع شالوده‌ها

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

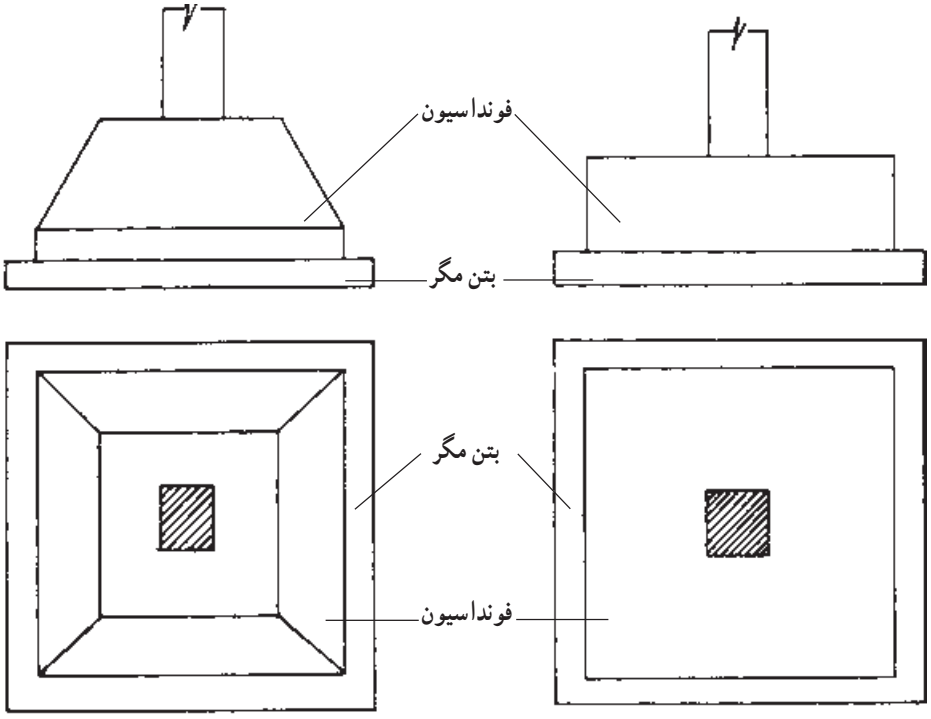


نمایی از یک فونداسیون گسترده (رادیه) مربوط به یک مجتمع مسکونی ۲۰ طبقه در حال آرماتوربندی

نمایی از خرک‌ها و میل‌گردهای یک فونداسیون گسترده



شکل ۵ــ۲ــ فونداسیون نواری



الف) مقطع مستطیلی

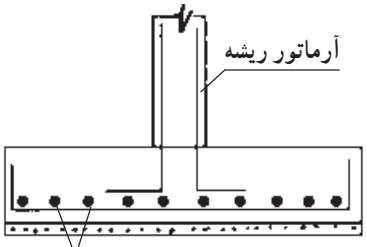
ب) مقطع ذوزنقه‌ای

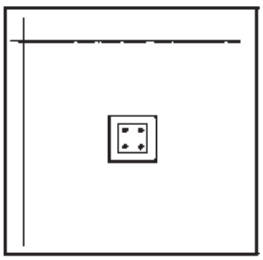
شکل ۵ــ۳ــ فونداسیون منفرد با نمایش مقاطع افقی و عمودی

۵ــ۲ــ۲ــ 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 ۵ــ۴ چند نمونه از میل‌گردگذاری شالوده‌ها را نشان می‌دهد.

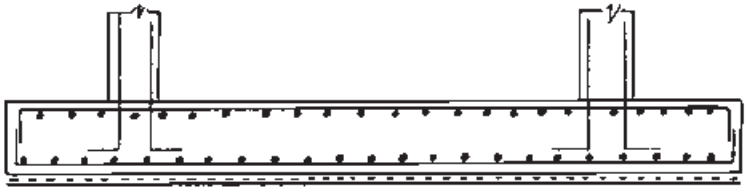
یک پل که به علت طراحی نامناسب فونداسیون و در نظر نگرفتن شرایط خاک زیر آن، در اثر زلزله، پایه‌های آن فرو ریخته و چند دهانه‌اش ویران شده است.

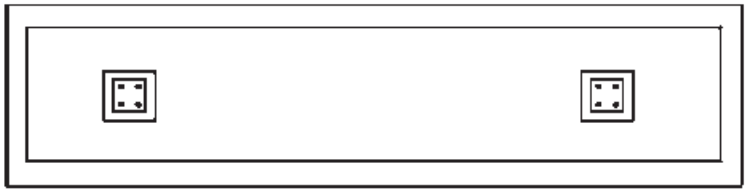
شکل میل‌گردهای به کار رفته در کف به صورت شبکه





الف) فونداسیون ساده

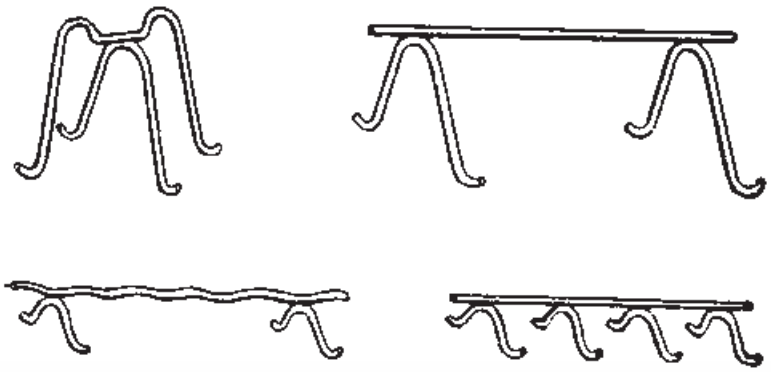




ب) فونداسیون مرکب

شکل ۵ــ۴ــ میل‌گردگذاری شالوده‌ها

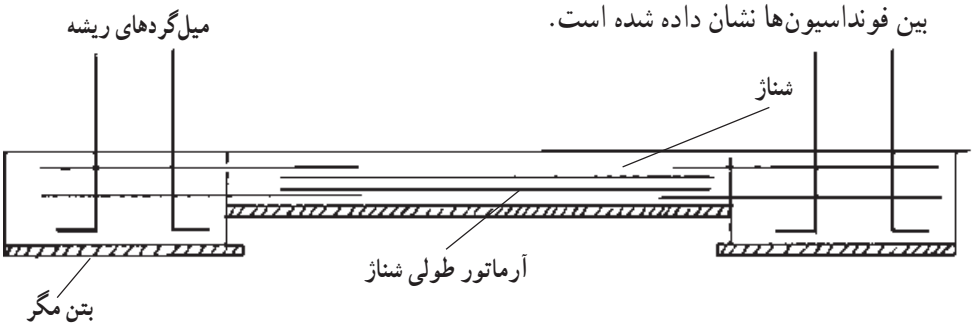
با توجه به میزان بار و عمق فونداسیون، سیستم میل‌گردگذاری در آن‌ها می‌تواند به صورت شبکه‌های تحتانی و یا ترکیبی از شبکه‌های تحتانی و فوقانی باشد. برای حفظ فاصله‌ی مناسب بین دو شبکه از خرک (میل‌گرد خم شده به صورت تکیه‌گاه) استفاده می‌شود (شکل ۵ــ۵).



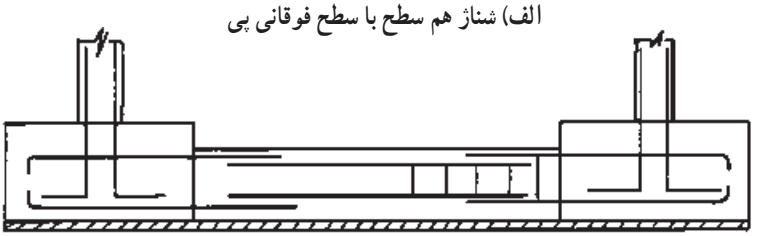
شکل ۵ــ۵ــ خرک برای قرار دادن میل‌گردها

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

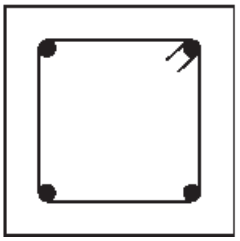
۵ــ۲ــ۳ــ شناژ رابط بین فونداسیون‌ها: نقش شناژ، کلاف کردن و مهار نمودن شالوده‌ها (فونداسیون) است. شناژ به منظور مقابله با نیروهای افقی (زلزله، باد و مانند آن) و یکنواخت کردن نشست در ساختمان‌ها به کار می‌رود. در شکل ۵ــ۶ انواع مختلف شناژ رابط بین فونداسیون‌ها نشان داده شده است.



الف) شناژ هم سطح با سطح فوقانی پی



ب) شناژ هم سطح با سطح تحتانی پی



ج) مقطع شناژ

شکل ۵ــ۶ــ انواع شناژ

آیا می‌دانید که...

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.

۵ــ۳ــ 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.

۵ــ۳ــ۱ــ انواع ستون: از نظر شکل مقطع، انواع ستون‌ها عبارت‌اند از :

۱ــ ستون‌های با مقطع مربع

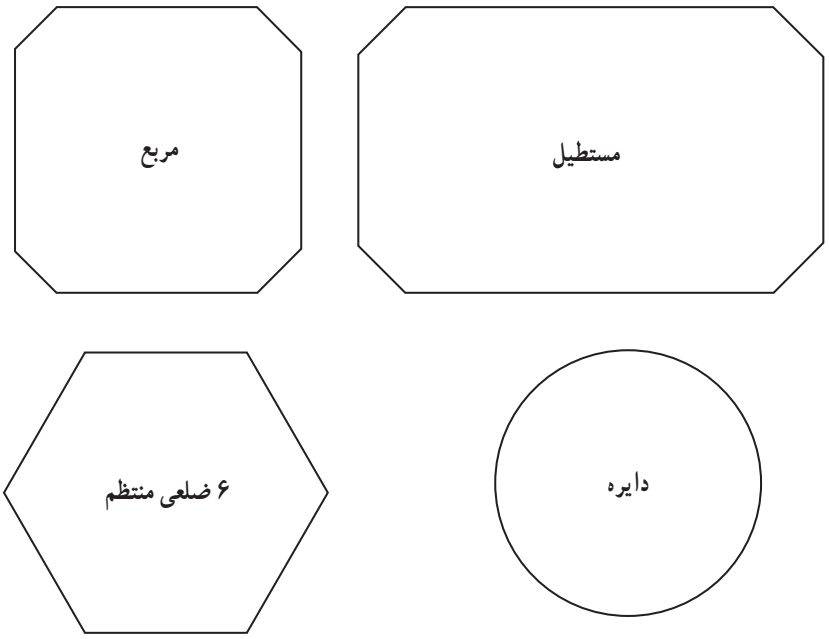
۲ــ ستون‌های با مقطع مستطیل

۳ــ ستون‌های با مقطع چندضلعی منتظم (شش‌ضلعی، هشت‌ضلعی و ...)

۴ــ ستون‌های با مقطع دایره

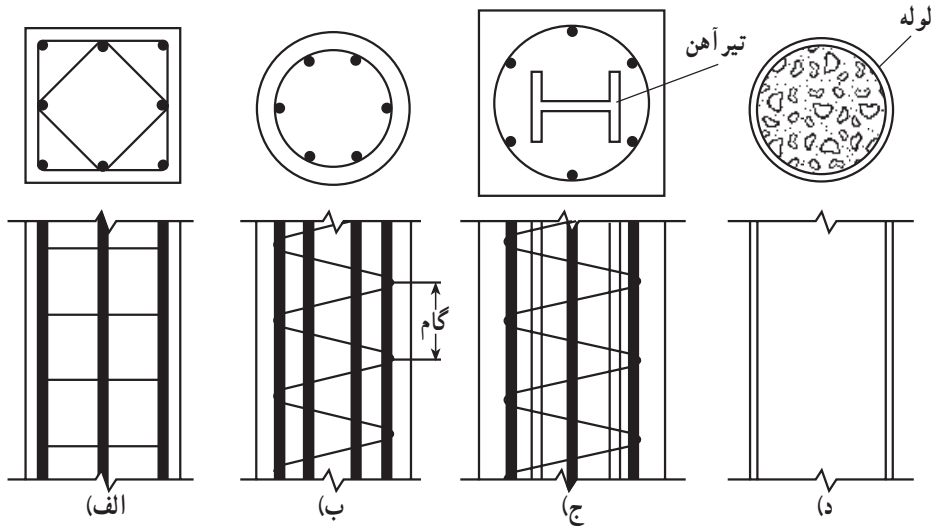
انواع فوق در شکل ۵ــ۷ نشان داده شده‌اند. در ستون‌های با مقطع مربع و مستطیل، غالباً پخ‌های کوچکی در لبه‌های ستون، به منظور سهولت باز و بسته کردن قالب و زیبایی و جلوگیری از پریدگی، ایجاد می‌شود.

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.



شکل ۵ــ۷ــ مقاطع مختلف ستون‌های بتنی

از نظر نحوه‌ی مسلح‌کردن ستون بتنی، ستون‌ها یا ساده‌اند و یا مرکب. شکل ۵ــ۸ چند نمونه از این ستون‌ها را نشان می‌دهد. در ستون‌های مرکب به جای میل‌گرد یا توأم با میل‌گرد از مقاطع فولادی نظیر تیرآهن‌ها و یا قوطی‌ها و ... نیز استفاده می‌شود.



ستون ساده‌ی تنگ‌دار | ستون ساده با خاموت مارپیچی | ستون مرکب (خاموت دورپیچ دور هسته‌ی فولاد ساختمانی) | ستون مرکب (هسته‌ی بتنی که توسط لوله‌ی فولادی احاطه شده)

شکل ۵ــ۸ــ ستون‌های ساده و مرکب

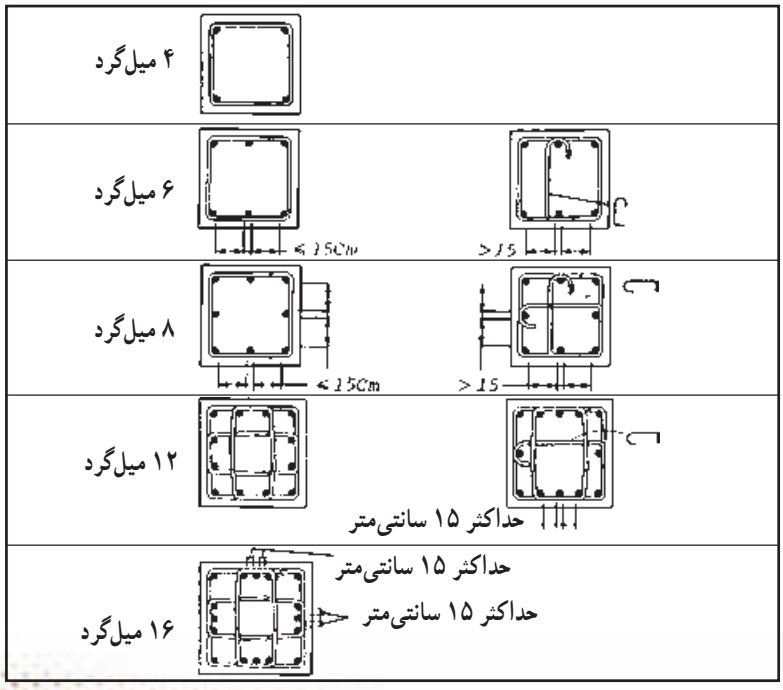
۵ــ۳ــ۲ــ میل‌گردگذاری ستون‌ها:

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 کارگرفته می‌شوند، به‌طوری‌که میل‌گردهای طولی فقط در حد فاصل مابین دو تنگ، امکان کمانش داشته باشند.

انواع معمول آرایش تنگ‌ها و میل‌گردهای طولی در ستون‌ها در شکل ۵ــ۹ نشان داده شده است.

تخریب کامل ستون بتنی در برابر نیروی زلزله



شکل ۵ــ۹ــ انواع معمول آرایش تنگ‌ها و میل‌گردها در ستون

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

ــ یک سوم قطر بزرگ‌ترین میل‌گرد طولی (برای میل‌گردهای طولی با قطر حداکثر ۳۰ میلی‌متر)

ــ ۱۰ میلی‌متر برای میل‌گردهای طولی با قطر بیش از ۳۰ میلی‌متر و نیز برای گروه میل‌گردهای در تماس[۱].

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

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

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

ــ ۳۶ برابر قطر میل‌گرد خاموت.

ــ کوچک‌ترین بعد عضو فشاری.

ــ ۲۵۰ 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 :

ــ هر میل‌گرد واقع در گوشه‌های عضو

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

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

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

۱ــ مارپیچ‌ها از میل‌گردهای با سیم‌های پیوسته ساخته شوند.

۲ــ قطر میل‌گردها یا سیم‌های مصرفی در مارپیچ‌ها نباید از ۶ میلی‌متر کم‌تر باشد.

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

۴ــ گام مارپیچ نباید از $\frac{۱}{۶}$ قطر هسته‌ی بتنی داخل مارپیچ بیش‌تر باشد.

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

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

۷ــ مارپیچ‌ها را باید محکم در جای خود نگهداری کرد و یا به وسیله‌ی فاصله نگهدارهای مناسب در جای خود تنظیم و تثبیت نمود.

۱ــ 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 رغم 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 :

۱ــ شیب قسمت مایل میل‌گردهای خم شده نسبت به محور ستون نباید از ۱ به ۶ بیش‌تر باشد.

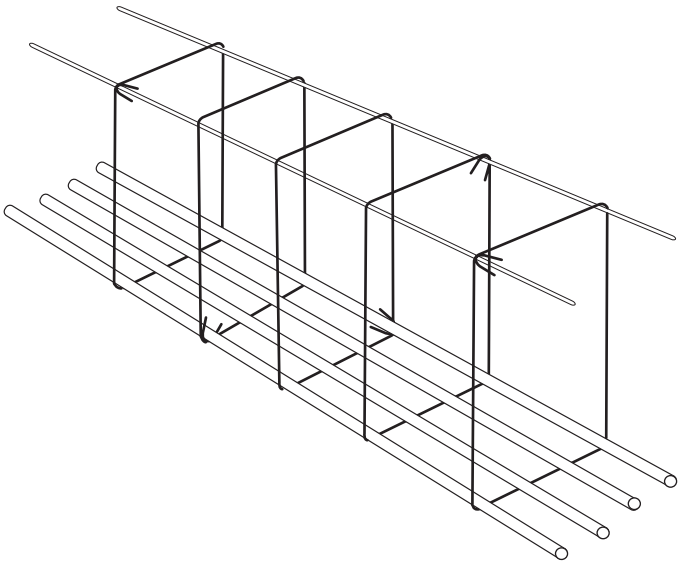
۲ــ خم‌کردن میل‌گردهای انتظار باید قبل از قالب‌بندی انجام پذیرد.

۳ــ هرگاه وجه ستون یا دیوار بیش‌تر از ۷۵ میلی‌متر عقب نشستگی یا پیش‌آمدگی داشته باشد میل‌گردهای طولی ممتد نباید به صورت خم شده به کار برده شوند و در محل عقب نشستگی باید میل‌گردهای انتظار مجزا برای اتصال به میل‌گردهای وجوه عقب نشسته، با رعایت ضوابط مربوط به مهار و وصله‌ها در منطقه‌ی تغییر مقطع پیش‌بینی شوند.

۵ــ۴ــ 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 به‌وسیله‌ی میل‌گردهای مسلح‌کننده و فشار ناشی از خمش به‌وسیله‌ی بتن ناحیه‌ی فشاری تحمل می‌شود (در حالی‌که 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 ۵ــ۱۰). تعداد دقیق میل‌گردها پس از محاسبات طراحی مشخص می‌شود.



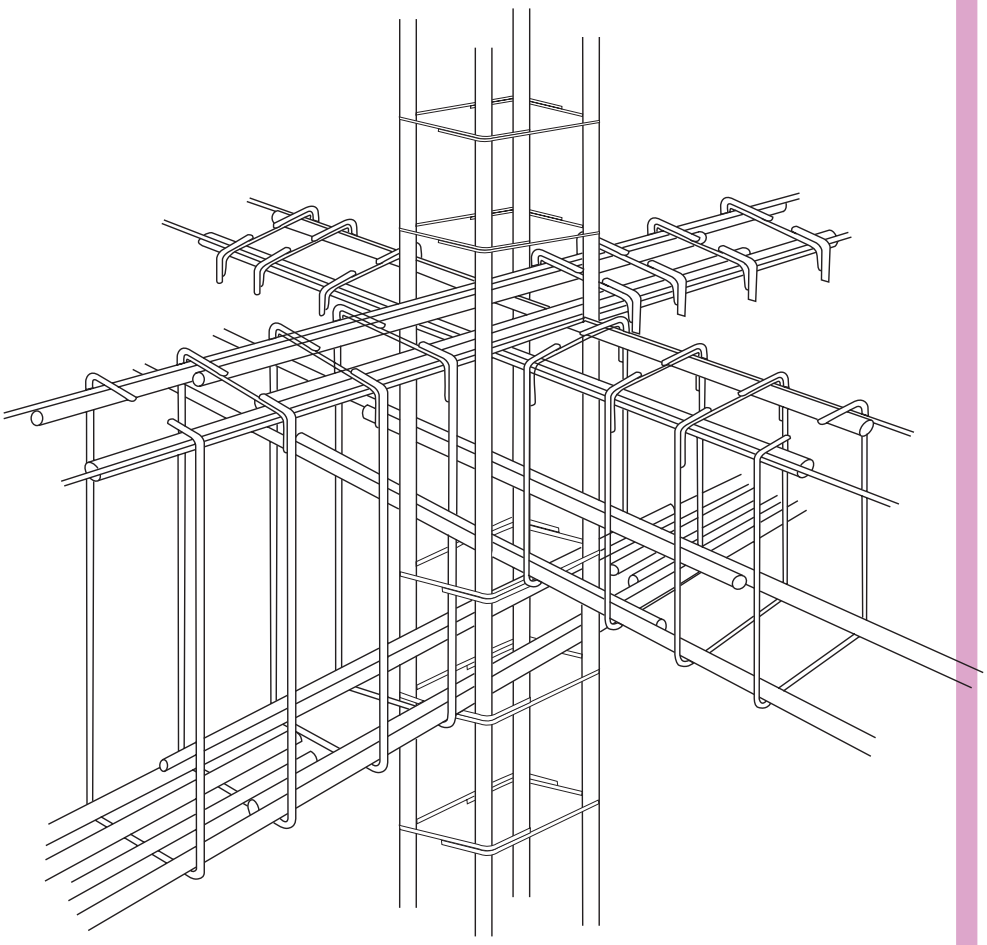
شکل ۵ــ۱۰ــ جزئیات میل‌گرد گذاری در یک تیر

شکل ۵ــ۱۱ 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 خم‌شدن تا قسمت بالایی تیر ادامه پیدا کند (شکل ۵ــ۱۲).

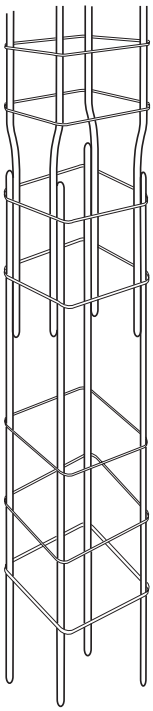
چنان‌چه در تصویر مشخص است، بتن پای ستون کاملاً خرد و ریخته است. این مسئله نشان می‌دهد که کیفیت بتن نامناسب بوده و بتن پای ستون با قطعه‌ی زیرین پیوستگی نداشته است. در حالی که برای عملکرد مناسب لازم است در محل اتصال و قسمت‌های نزدیک به آن‌ها، مثل همین مورد، دقت لازم در اجرای صحیح به کار برده شود. ضمناً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

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 این‌جا دچار آسیب شود. همچنین عدم تأمین اتصال کافی بین دیوارها و نمای ساختمان با سیستم سازه‌ای موجب فرو ریختن آن‌ها شده است.



شکل ۵ــ۱۱ــ نحوه‌ی اتصال شبکه‌های میل‌گرد در یک اتصال مرکب تیر و ستون



شکل ۵ــ۱۲ــ جزئیات وصله‌ی آرماتورها در ستون در محل اتصال تیر به ستون

۵ــ۵ــ شناژهای قائم و افقی در ساختمان‌های با مصالح بنایی

۵ــ۵ــ۱ــ شناژ قائم: برای مقاوم‌کردن ساختمان‌های با مصالح بنایی در مقابل زلزله و نشست‌های نامتقارن، از شناژ قائم استفاده می‌شود. نقش این شناژها، کلاف‌کردن شناژهای تحتانی و فوقانی ساختمان و ایجاد ارتباط کامل بین اعضای تحمل‌کننده‌ی بارهای فشاری است.

برای اجرای شناژ قائم، ابتدا در پی، ریشه‌هایی به منظور آرماتورهای شناژ تعبیه می‌شود. پس از اجرای دیوار و ایجاد فضایی برای شناژ قائم، به‌وسیله‌ی 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 شناژ، بتن‌ریزی انجام می‌گیرد (می‌دانیم که دو ضلع دیگر به وسیله‌ی دیوارها احاطه شده است). میل‌گردهای شناژ قائم در محل اتصال با شناژهای افقی به اندازه‌ی لازم و طول استاندارد در نظر گرفته شده و همانند میل‌گردهای انتظار عمل می‌کنند.

در شناژهای قائم غالباً از بتن با عیار حداقل $۳۰۰kg/m^۳$ 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 شناژها 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 تمیزکردن، آن‌را کاملاً مرطوب نموده و سپس بتن‌ریزی را آغاز می‌کنیم. برخی اوقات از مواد افزودنی چسبی نیز استفاده می‌گردد.

۵ــ۵ــ۲ــ شناژ افقی: شناژ 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 ۲۰×۳۰ یا ۳۰×۴۰ سانتی‌متر است و غالباً از بتن با عیار $۳۰۰kg/m^۳$ ساخته می‌شود.

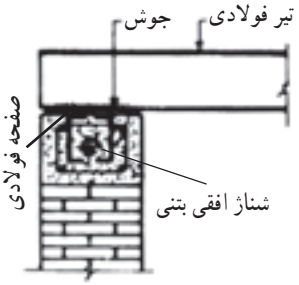
عملکرد شناژ افقی به این صورت خلاصه می‌شود :

۱ــ اتصال کامل با شناژ قائم و در نتیجه، ایجاد مقاومت بیش‌تر در برابر نیروهای جانبی (باد، زلزله و ...) و نشست‌های نامتقارن

۲ــ تسهیل در اجرای پوشش سقف

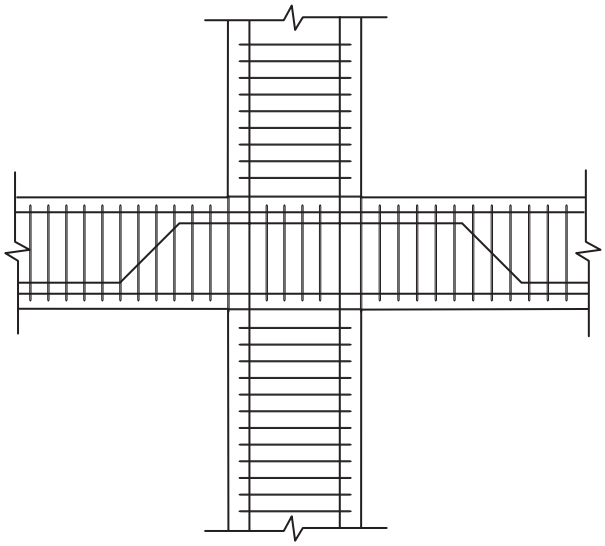
شناژ افقی مانند یک تیر یکسره است که در محل برخورد شناژ قائم، دارای ممان منفی است، در نتیجه موقعیت آرماتورگذاری در مقطع آن تغییر می‌کند. در شکل ۵ــ۱۳ آرماتورگذاری در شناژ افقی و اتصال آن با شناژ قائم به طور شماتیک نشان داده شده است.

دلایل تخریب این ساختمان را، که متعلق به اورژانس بیمارستان می‌باشد، می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد :
۱ــ عدم اتصال مناسب بین تیرآهن سقف و کلاف بتنی زیر آن
۲ــ اجرای کلاف افقی طولانی بدون کلاف قائم
۳ــ عدم رعایت فواصل صحیح خاموت‌ها در اجرای کلاف افقی
۴ــ 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.

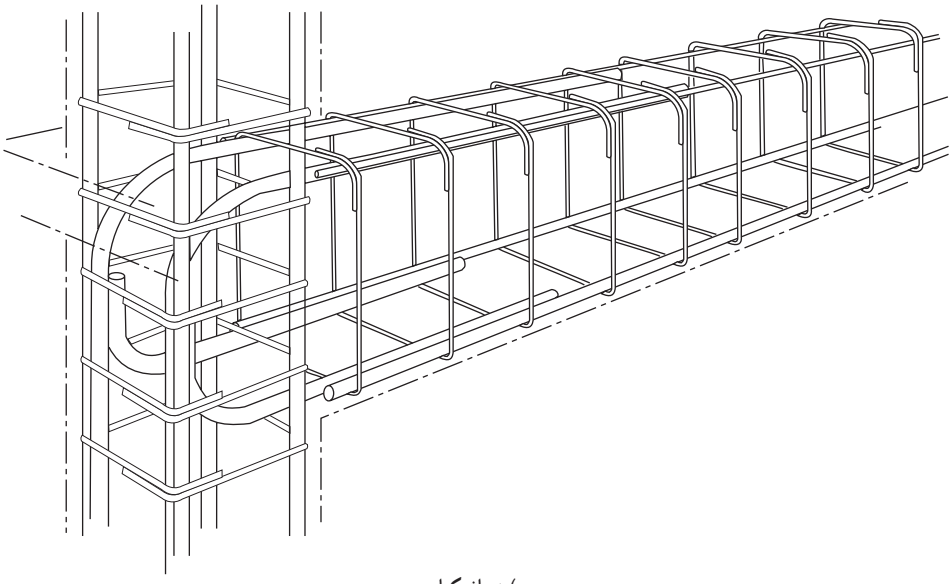


این ساختمان دارای کلاف قائم بوده ولی کلاف افقی و سقف آن قبل از وقوع زلزله اجرا نشده بود همان‌طور که از عکس برمی‌آید، وجود کلاف‌های قائم بدون کلاف‌های افقی، تقریباً بی‌معنی است و کم‌اهمیت می‌باشد. انتظار می‌رود انحراف کلاف‌های قائم در جهت عمود بر جهت زلزله، کم‌تر از مقداری باشد که در عکس دیده می‌شود.

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



الف) شناژ میانی



ب) شناژ کناری

شکل ۵ــ۱۳ــ اتصال شناژ افقی با شناژ قائم

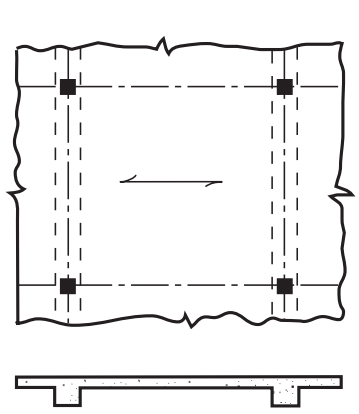
عدم اجرای صحیح شناژهای قائم در ساختمان نیمه‌اسکلت مسجد موجب تخریب ساختمان آن شده است.

۵ــ۶ــ دال

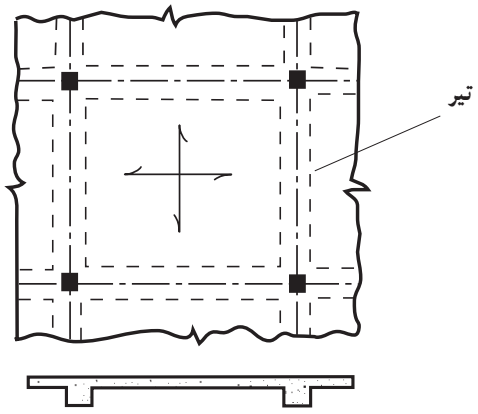
دال، قسمتی از سازه‌ی بتنی است که برای پوشش فوقانی یا تحتانی فضای مورد نظر به کار می‌رود و هدف از ساخت آن جداکردن فضاهای مختلف از یکدیگر است. شکل ۵ــ۱۴ انواع مختلف دال‌های بتنی را نشان می‌دهد. در این بخش به عملکرد متفاوت دال‌های یک‌طرفه و دوطرفه و جزییات دو سیستم سقف تیرچه بلوک و لانه زنبوری اشاره می‌شود.

۵ــ۶ــ۱ــ دال یک‌طرفه: بارهای وارد بر دال یک‌طرفه فقط در یک جهت حمل می‌شود و آرماتوربندی آن در یک جهتِ مشخص می‌باشد. جزییات آرماتورگذاری این نوع دال در شکل ۵ــ۱۵ نشان داده شده است.

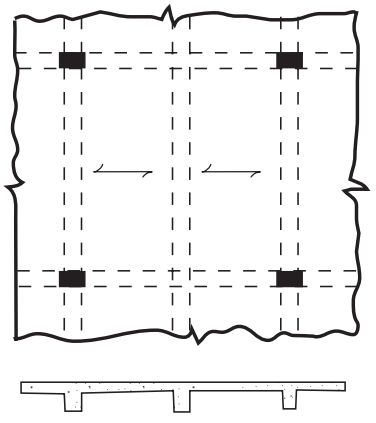
اتصال ضعیف تیرچه‌ها با تیر اصلی موجب جدا شدن آن‌ها از تیر و فرو ریختن سقف شده است.



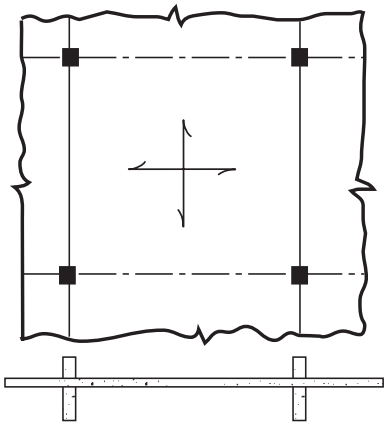
الف) دال یک طرفه



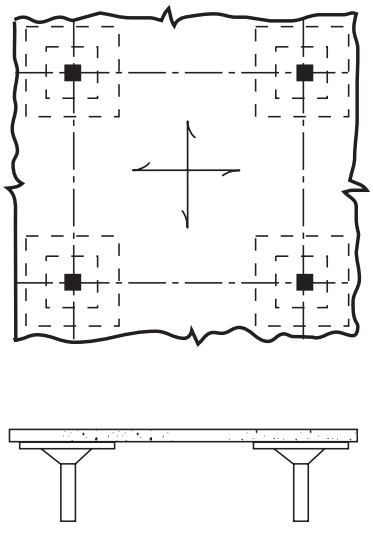
ب) دال دو طرفه



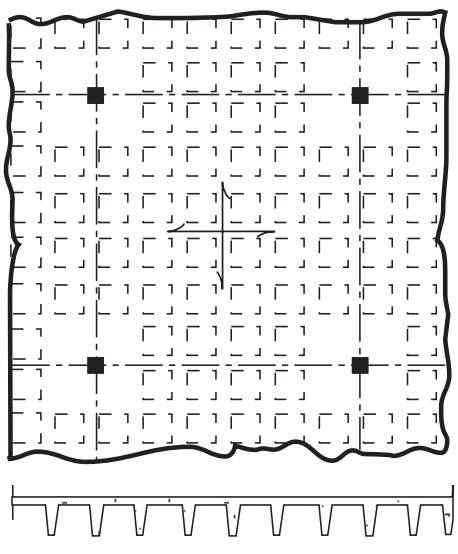
ج) دال یک طرفه با تکیه‌گاه در چهار طرف



د) دال تخت

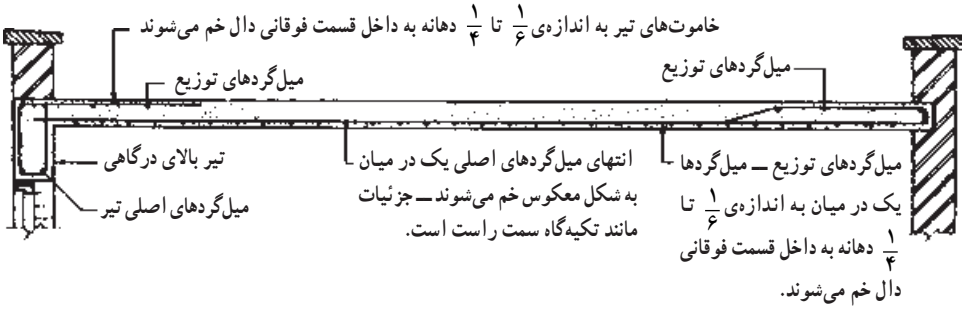


هـ) دال تخت قارچی

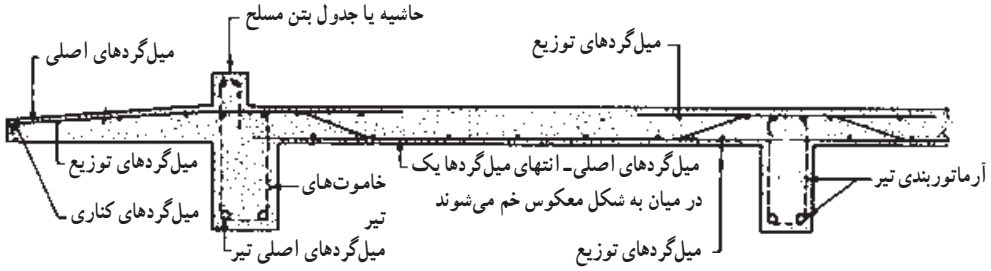


و) دال مجوّف

شکل ۵ــ۱۴ــ دال‌های بتن مسلح



الف) نمونه‌ی دال بتن مسلح



ب) دال و تیر بتن مسلح طره‌ای

شکل ۵ــ۱۵ــ جزئیات آرماتورگذاری‌های یک‌طرفه

۵ــ۶ــ۲ــ 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 به‌وسیله‌ی دو لایه میل‌گرد عمود بر هم مسلح شوند. ساده‌ترین نوع این دال‌ها (شکل ۵ــ۱۴ــ 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.

۵ــ۶ــ۳ــ 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 :

۱ــ 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.

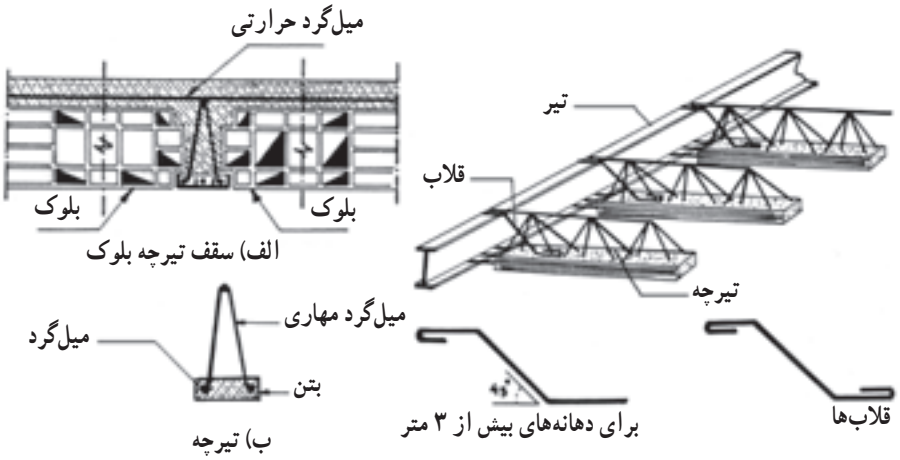
۲ــ بلوک‌های توخالی که با توجه به شکل خاص خود بین تیرچه‌ها قرار داده می‌شوند. در واقع این بلوک‌ها، پرکننده‌ی فاصله‌ی تیرچه‌ها بوده و حجم زیادی از سقف را اشغال می‌کنند.

۳ــ بتنی که فضای بین بلوک‌ها را پرکرده 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 ۵ــ۱۶).

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

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

اجرای سقف تیرچه بلوک



شکل ۵ــ۱۶ــ سقف تیرچه بلوک و نحوه‌ی اتصال تیرچه‌ها به تیر

برخی از محاسن سقف‌های تیرچه بلوک عبارت است از :

۱ــ سبکی سقف نسبت به سقف‌های مشابه ؛

۲ــ مقاومت مطلوب در مقابل نیروهای جانبی (باد و زلزله) ؛

۳ــ دوام خوب آن در مقابل آتش‌سوزی ؛

۴ــ عایق بودن در مقابل صوت، حرارت و رطوبت ؛

۵ــ هموار بودن سطح زیر سقف و سطح روی آن بعد از اتمام عملیات اجرای سقف.

و برخی از معایب آن به شرح زیر است :

۱ــ طولانی بودن زمان اجرا نسبت به سقف‌های طاق ضربی ؛

۲ــ نیاز به نیروهای با تخصص و دقت بالاتر جهت اجرای آن ؛

۳ــ عدم کاربری در دهانه‌های بزرگ ؛

۴ــ نیاز به سرمایه‌گذاری برای تهیه‌ی قالب و شمع به میزان قابل توجه.

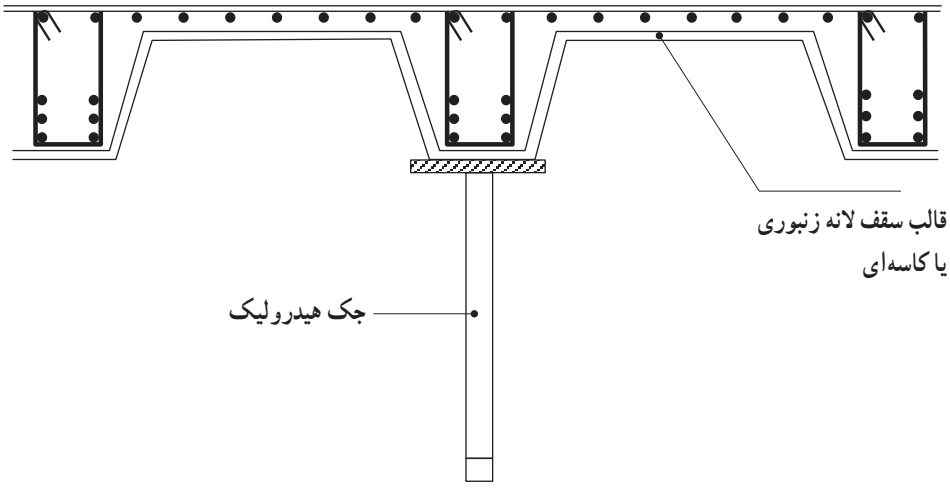
به سبب یکپارچگی دال با تیرهای تکیه‌گاهی، تغییرات دما باعث ایجاد تنش‌های کششی در دال می‌شود. با توزیع میل‌گردهای کافی (میل‌گردهای حرارتی) باید این تنش در تمام طول و عرض دال توزیع شود تا ترک ایجاد شده نتواند کاهشی در مقاومت دال ایجاد کند ؛ هم‌چنین وجود این میل‌گردها باعث جلوگیری از پدید آمدن ترک‌های عمیق 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.

۵ــ۶ــ۴ــ 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 ۵ــ۱۷).

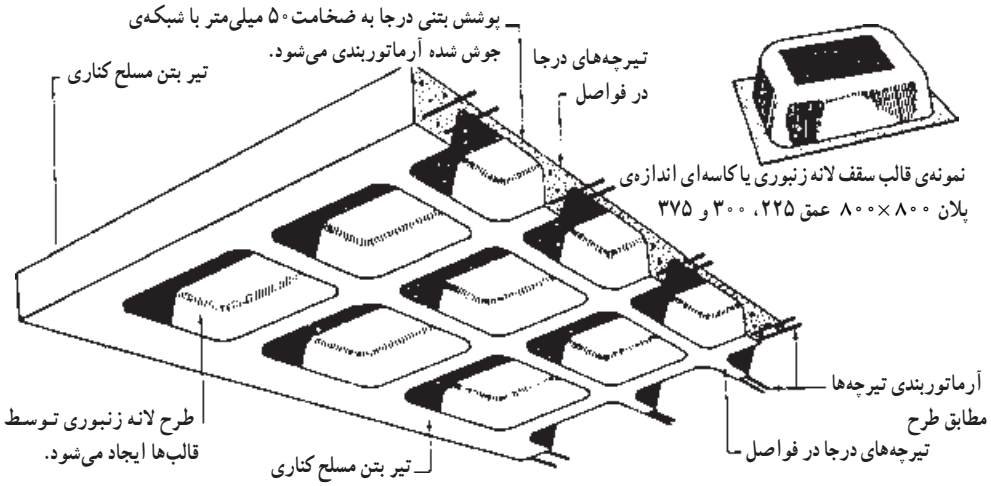


شکل ۵ــ۱۷ــ نمایش اجرای قالب‌های سقف لانه زنبوری

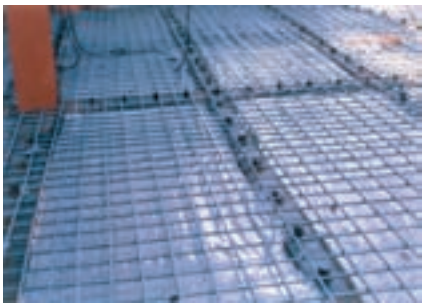
حداقل ضخامت بتن‌ریزی روی قالب‌های کاسه‌ای ۱۰ سانتی‌متر است.

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 Φ۸ تا Φ۱۲) 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 ۵ــ۱۸).



شکل ۵ــ۱۸ــ سقف‌های لانه زنبوری یا کاسه‌ای



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

دال مرکب بتنی پس از بتن‌ریزی

۵ــ۷ــ دیوار

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

۱ــ دیوارهای حایل،

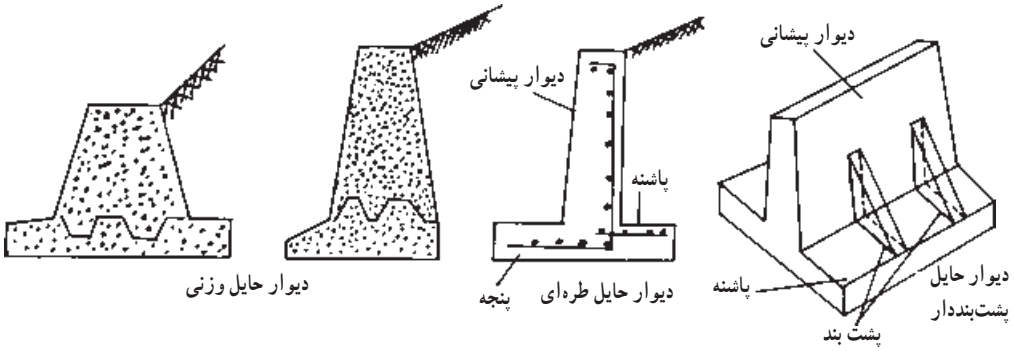
۲ــ دیوارهای باربر (بار قائم)،

۳ــ دیوارهای زیرزمین،

۴ــ دیوارهای غیر باربر (جدا کننده‌ها و دیوارهای پیرامونی)،

۵ــ دیوارهای برشی (در عمل ممکن است یک دیوار برشی ترکیبی از انواع ۱ الی ۴ نیز باشد.)

۵ــ۷ــ۱ــ دیوار حایل: دیواری است که به منظور پایداری در مقابل فشار جانبی خاک به‌کار می‌رود. در اکثر حالت‌ها عامل پایداری، وزن دیوار است (شکل ۵ــ۱۹).



شکل ۵ــ۱۹ــ انواع مختلف دیوار حایل

۵ــ۷ــ۲ــ 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 :

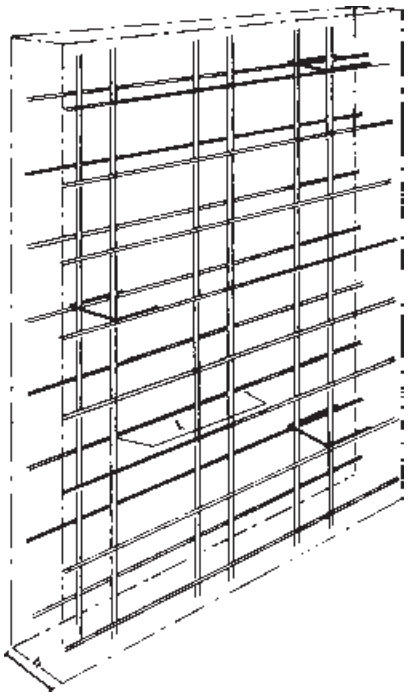
۱ــ دیوارها باید برای بارهای خارج از مرکز و هرگونه بار جانبی که در معرض آن قرار می‌گیرد، طراحی شوند.

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

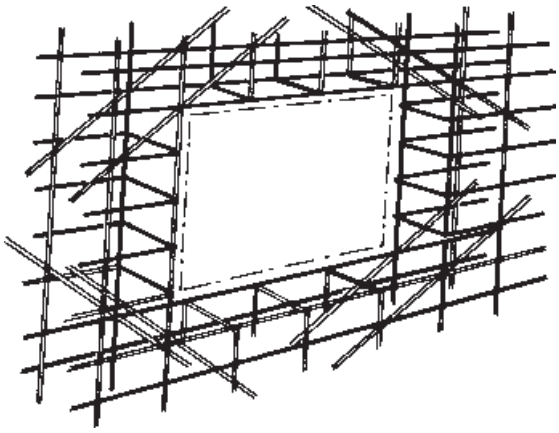
۳ــ دیوارهای با ضخامت بیش‌تر از ۲۵ سانتی‌متر باید دارای دو شبکه‌ی فولادی در دو طرف دیوار، که پوشش بتنی هر شبکه حداقل ۵ سانتی‌متر است، باشند. فاصله‌ی محور به محور میل‌گردها نباید از ۱/۵ برابر ضخامت دیوار یا ۲۵ سانتی‌متر بیش‌تر باشد. در محل بازشوها در دیوار باید حداقل ۲ میل‌گرد آجدار نمره ۱۶ در اطراف بازشوها، پنجره‌ها و درها به کار برده شود (شکل‌های ۵ــ۲۰ و ۵ــ۲۱).

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

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

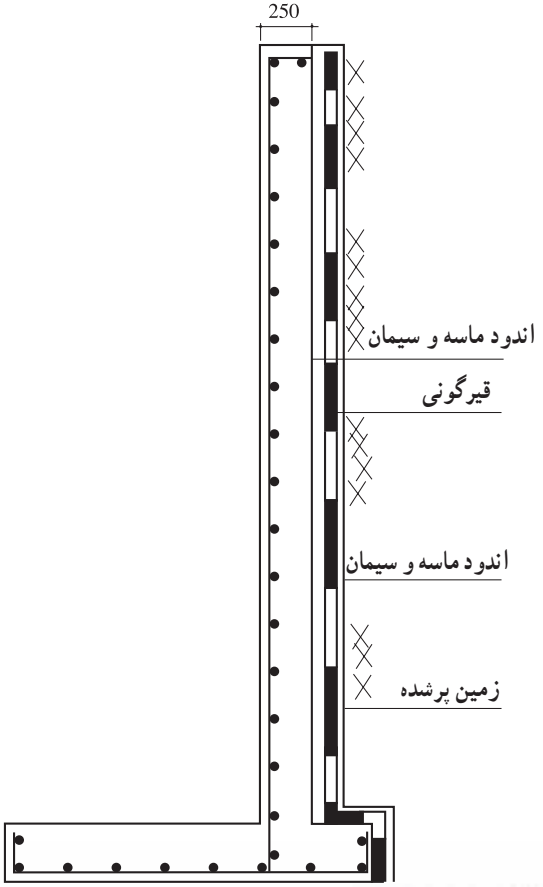


شکل ۵ــ۲۰ــ آرماتورگذاری دیوار باربر



شکل ۵ــ۲۱ــ میل‌گردهای اضافی در محل بازشوی دیوار باربر

۵ــ۷ــ۳ــ دیوار زیرزمین: دیوار زیرزمین، در واقع نوعی دیوار حایل است که علاوه بر فشار جانبی خاک، نیروهای قائم را نیز تحمّل 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 ۵ــ۲۲).

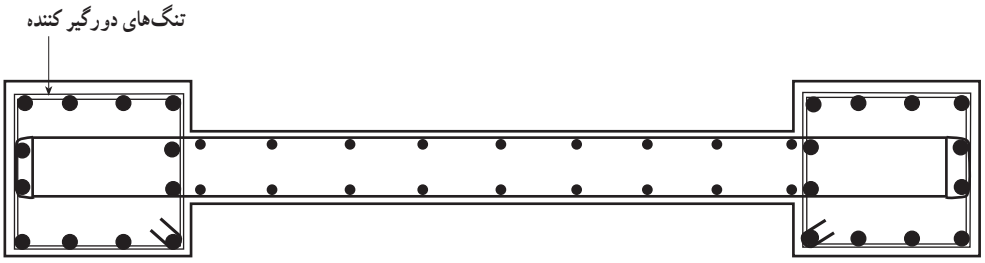


شکل ۵ــ۲۲ــ دو نمونه از دیوارهای زیرزمین

اجرای نادرست شناژهای افقی و قائم و بتن‌ریزی نامناسب شناژ موجب جدا شدن شناژهای قائم و افقی از هم شده است.

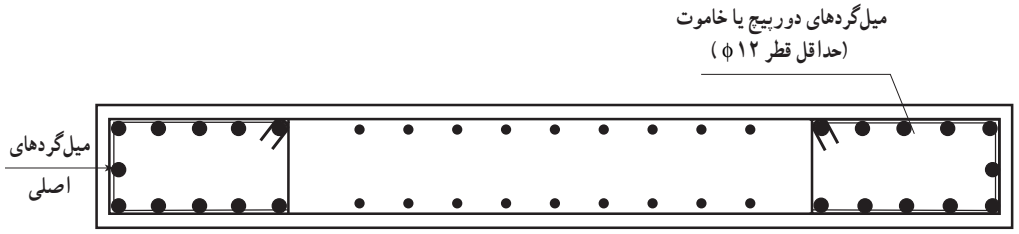
۵ــ۷ــ۴ــ دیوار غیربابر: به دیوارهای محیطی ساختمان، جداساز داخلی و به دیوارهای محوطه، دیوار غیر باربر می‌گویند(البته دیوارهای محوطه تحت اثر نیروهای جانبی باد قرار می‌گیرند). در طراحی این دیوارها باید به عایق بودن آن‌ها در مقابل صدا توجه کافی داشت(به‌جز دیوارهای محوطه). دیوارهای محیطی در طول‌های زیاد نباید بدون تکیه‌گاه‌های جانبی به کار برده شوند.

۵ــ۷ــ۵ ــ دیوار برشی : برای مقابله با نیروهای افقی مؤثر (نیروی باد و زلزله) بر سازه، از این نوع دیوار استفاده می‌شود. دیوارهای برشی را با ملاحظه‌ی ملزومات معماری طرح کرده و در قسمت‌های مختلف پلان ساختمان می‌توان قرار داد، اما باید دقت کافی به عمل آورد که قرار گرفتن آن در پلان تا حد امکان متقارن باشد. در صورتی که میل‌گردهای خمشی در دو لبه‌ی دیوار متمرکز شوند، قابلیت استهلاک انرژی زلزله در دیوار بیش‌تر می‌شود. بهتر است که میل‌گردهای کششی به‌وسیله‌ی تنگ یا خاموت دور پیچ شوند (شکل ۵ــ۲۳).



شکل ۵ــ۲۳ــ مقطع مناسب برای دیوار برشی

در ساختمان‌های کوتاه و متوسط لزومی ندارد که دو لبه‌ی دیوار را به صورت برجسته درآوریم لذا ضخامت دیوار در این ساختمان‌ها، ثابت در نظر گرفته می‌شود (شکل ۵ــ۲۴).



شکل ۵ــ۲۴ــ مقطع دیوارهای برشی با ضخامت ثابت

۵ــ۸ــ پله

پله، ساده‌ترین وسیله برای رسیدن به ارتفاعات مختلف در ساختمان یا محوطه است. ابعاد پله در حالت معمولی از طریق این رابطه محاسبه می‌شود :

$2h + b = 63$ تا 64 سانتی‌متر

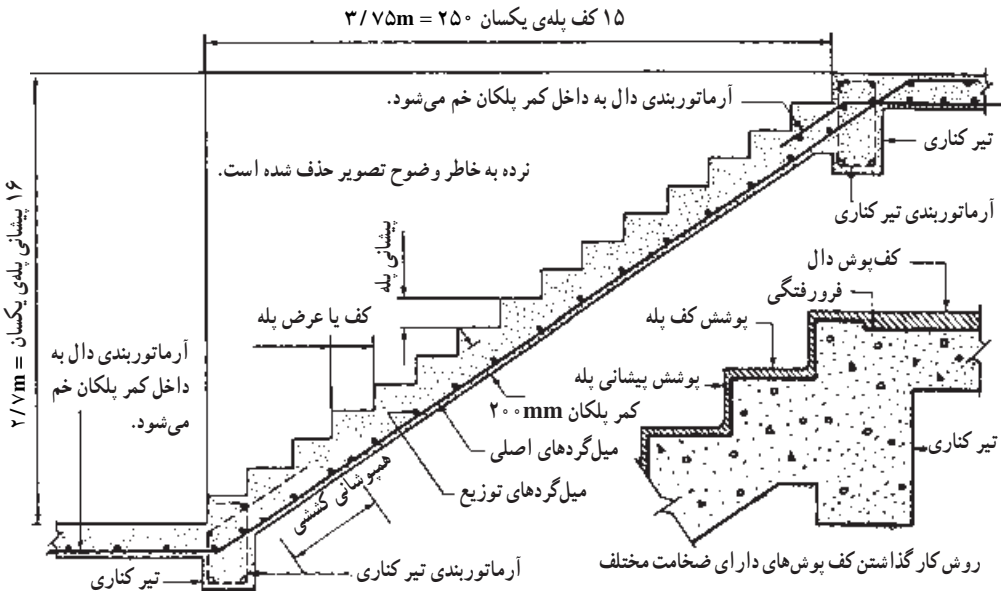
h = ارتفاع پاخور پله

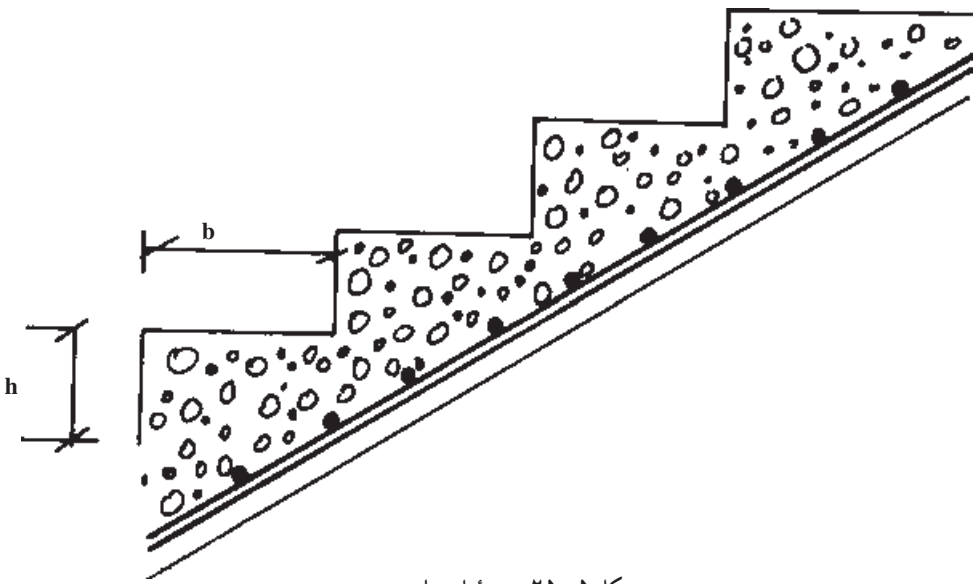
b = عرض یا کف پله

واژگونی ستون در اثر ناکافی بودن سطح آرماتور در پای ستون

عبور آهن نعل درگاه از شناژ و عدم بتن‌ریزی در آن نقطه که باعث خرابی گردیده است.

شکل‌های ۵ــ۲۵ و ۵ ــ۲۶ جزئیات اجرایی پله‌های بتنی را نشان می‌دهند.

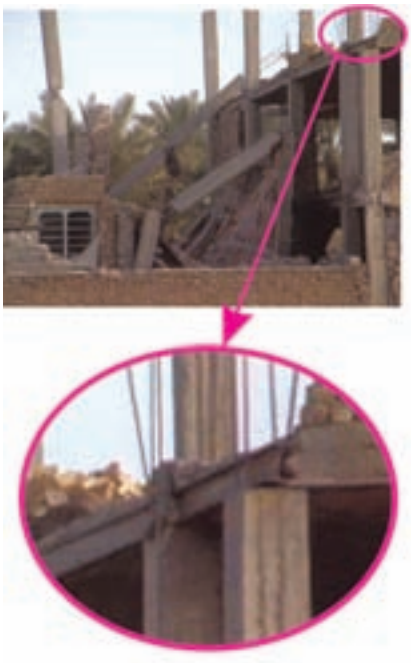




شکل ۵ــ۲۵ــ جزئیات پله‌ی بتنی

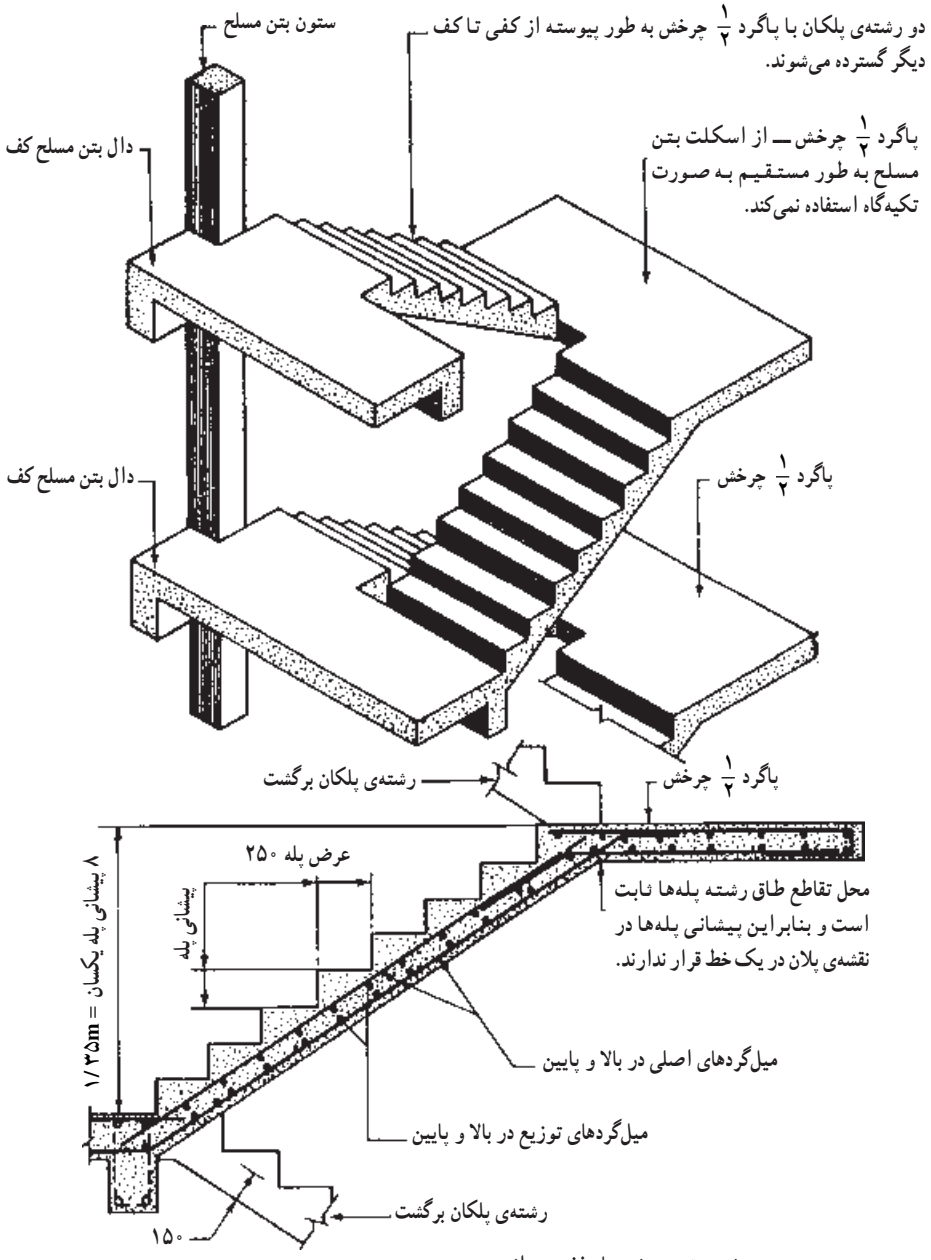
جدا شدن سیستم راه پله از سازه‌ی اصلی، با وجود این‌که ساختمان در حال احداث بوده، قابل تأمل است. علت بروز این مشکل کم بودن تعداد میل‌گردهای طولی در تیرهای مورب راه پله (شمشیری) و عدم تأمین طول مهاری کافی برای آن‌ها بوده است.

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 ۵ــ۲۶ــ جزئیات پله‌ی بتنی

پرسش

۱ــ نقش فونداسیون را در یک سازه‌ی بتنی شرح دهید و انواع آن را نام ببرید.

۲ــ دلیل استفاده از خاموت‌ها در ستون چیست؟

۳ــ در زلزله‌ی ۱۳۸۲ بم، بسیاری از ساختمان‌های با مصالح بنّایی، 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؟

۴ــ دلیل نام‌گذاری یک طرفه و یا دو طرفه بودن دال‌ها چیست؟

۵ــ 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؟

۶ــ سقف‌های لانه زنبوری را تعریف کنید و نحوه‌ی میل‌گردگذاری را در این سقف‌ها شرح دهید.

۷ــ از دیوار حایل در چه مواردی استفاده می‌گردد؟

۸ــ 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؟