فصل اوّل

شناخت زمین و پی‌سازی

هدفهای رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود بتواند :

ـ لزوم شناسایی زمین را توضیح دهد.

ـ انواع زمین را تعریف کند.

ـ نقش پی در ساختمان را تعریف کند.

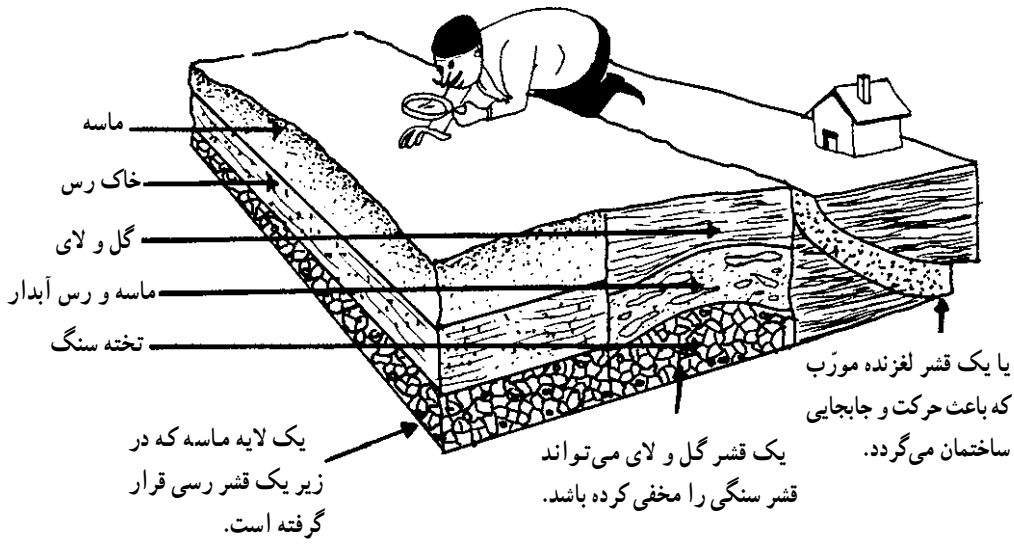
ـ پی‌های نواری را توضیح دهد.

۱ـ۱ـ شناسایی زمینی که ساختمان را بر روی آن بنا می‌کنیم

زمین، نام پوستهٔ سرد و منجمد شده‌ای است که روی آن زندگی می‌کنیم و ساختمانهای خود را بر روی آن بنا می‌کنیم. مهندس طراح قبل از هر چیز می‌باید زمین محل ساختمان را مورد آزمایش قرار دهد، و از اجزاء آن در لایه‌های مختلف مطلع شود.

شکل ۱ـ۱ـ مهندس طراح قبل از هر چیز می‌بایستی محل ساختمان را مورد مطالعه قرار دهد و مهمتر از همه شناخت خاک آن محدوده است. زیرا «باید بداند که بر روی چه چیز ساختمان را بنا می‌کند.»

این نکته را باید در نظر داشت که زمین مانند یک کیک خامه‌ای از لایه‌های مختلفی تشکیل شده که هر یک دارای خصوصیاتی متفاوت هستند، بنابراین شکل ظاهری زمین نمی‌تواند بیان کنندهٔ مواد متشکلهٔ خاک در اعماق آن باشد. اگر به شکل ۲ــ۱ دقت نمایید متوجه خواهید شد که چگونه لایه‌های مختلف که مسلماً توانایی‌های تحمل مختلفی هم دارند بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند.



شکل ۲ــ۱ــ آیا هنوز معتقدید که شکل ظاهری زمین می‌تواند بیان کنندهٔ مواد متشکله خاک در اعماق آن باشد؟

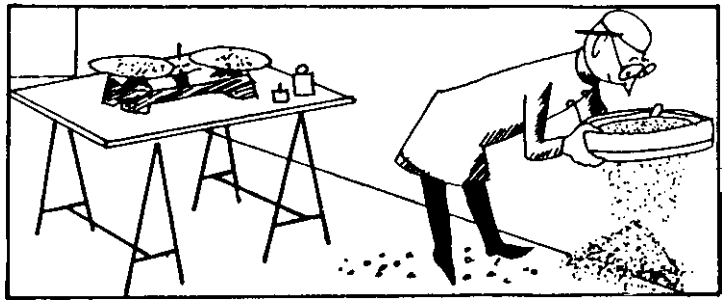
۲ ــ ۱ ــ آزمایش خاک

شناسایی خاک می‌تواند بوسیله نمونه‌برداری انجام پذیرد. آسانترین روش «چاه‌زنی» می‌باشد که با کمک نمونه‌برداری به ما امکان شناخت قشرهای زیرین خاک را می‌دهد. بهترین روش نمونه‌برداری از ابتدا تا انتهای چاه می‌باشد نمونه خاکها را در ظروفی مکعبی شکل به ابعاد ۳۰×۲۰×۲۰ سانتیمتر قرار داده و سپس در آن را بسته و با یک نوار چسب مناسب درزهای آن را مسدود می‌کنیم. در روی جعبه نیز مشخصات محل و عمق مورد نظر را یادداشت می‌کنیم.

حفاری چاه باید تا رسیدن به خاک خوب ادامه یابد.

ابتدا در آزمایشگاه، دانه‌های متشکله خاک را از نظر اندازه و درشتی بررسی می‌کنیم و

همچنین نسبت وزنی آنها را با یکدیگر می‌سنجیم به این عمل «تجزیه و تحلیل دانه‌بندی خاک» می‌گویند.



شکل ۳ــ ۱ ــ با استفاده از «الک» دانه‌بندی خاک را مشخص می‌کنیم.

خاک می‌تواند تشکیل شده باشد از:

تخته سنگ به ابعاد بیش از ۲۰cm

قلوه سنگ به ابعاد بین ۶cm تا ۲۰cm

شن به ابعاد بین ۲ میلیمتر تا ۶۰میلیمتر

ماسه به ابعاد بین ۰/۰۶ میلیمتر تا ۲ میلیمتر

سیلت آماده به ابعاد بین ۰/۰۶ میلیمتر تا ۰/۰۰۲ میلیمتر

و بالاخره از خاک رس که تشکیل شده است از دانه‌های ریزتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر

شکل ۴ــ۱ــ نمایش اندازه دانه‌بندی خاک که بوسیلهٔ الک می‌توان آنها را از یکدیگر جدا کرد.

برای تعیین چگونگی دانه‌بندی خاک آن را از صافیهای مختلف (الک) عبور می‌دهیم.
با توجه به شکل ۴ــ۱ با نام گذاری و ابعاد و کاربرد دانه‌های سنگی مختلف آشنا می‌شویم.
دانه‌های خاک بر حسب اندازه‌شان با استفاده از الک مشخص می‌شوند.
(الک عبارت است از یک توری سیمی نصب شده در انتهای یک قوطی کم‌عمق).
این تقسیم‌بندی شامل خاک رس، لای یا سیلت، ماسه، شن و قلوه سنگ است.
به طورحتم یکی از عواملی که در تاب تحمل خاک مؤثر است وزن مخصوص توده خاک می‌باشد. تجربیات به دست آمده بر مبنای آزمایشها ثابت نموده که به طور کلی :

خاکهایی که دارای درصد بیشتری از دانه‌های درشت می‌باشند، پس از متراکم شدن به وزن مخصوص بالاتری نسبت به خاکی که دارای درصد بیشتری از دانه‌های ریز می‌باشد دست می‌یابند.

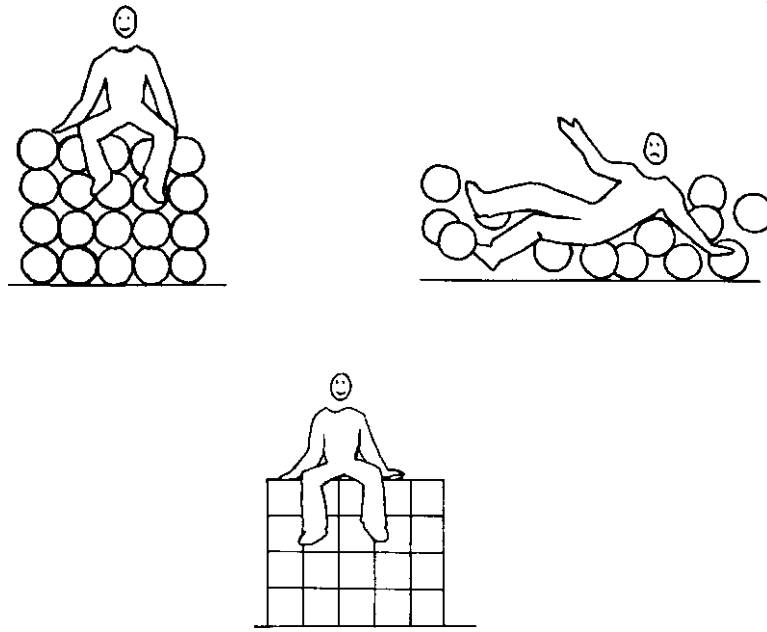
برای آزمایش آن کافی است یک دانهٔ درشت سنگی را همان‌طور که در شکل ۵ ــ۱ نمایش داده شده است در نظر بگیرید تصور کنید که بجای آن دانهٔ درشت توده‌ای از دانه‌های ریز را انباشته نماییم. مسلم است که در پایان این جا به جایی مقداری فضای خالی در این توده باقی می‌ماند که قبلاً قطعهٔ بزرگ فاقد آن بوده است. این فضاهای خالی باعث تقلیل وزن مخصوص و همین‌طور موجب کاهش تحمل خاک شده‌اند.

شکل ۵ــ۱ــ تصور کنید که در این لایه خاکی متراکم شده، دانه درشتی را با دانه‌های ریز جابجا کنیم.

یکی دیگر از عوامل مؤثر برتاب تحمل خاک شکل ذره است. تجربیات مبتنی بر آزمایشها ثابت کرده‌اند که :

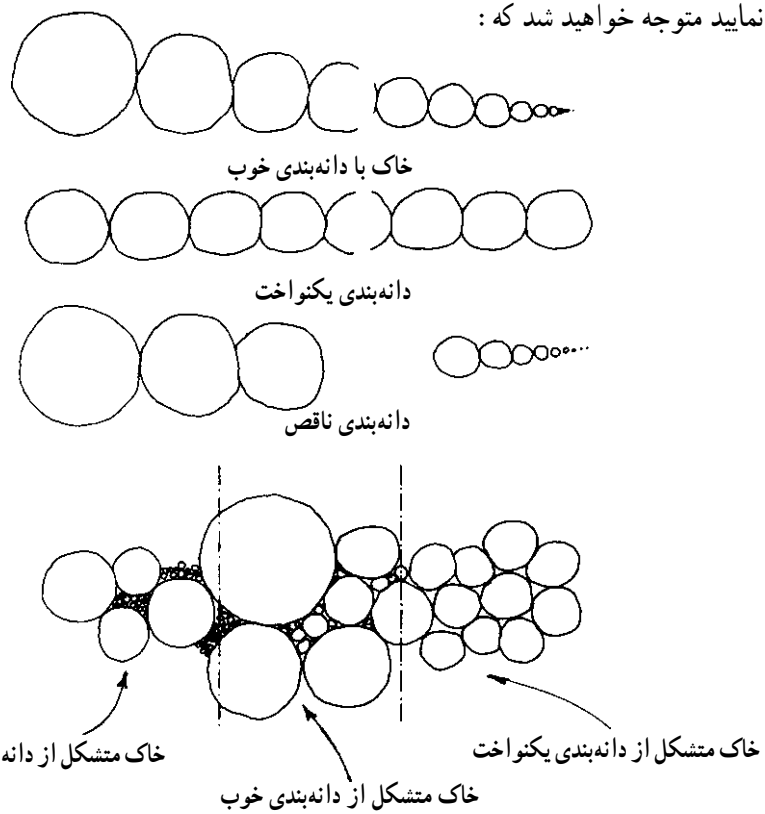
هر چه مقدار دانه‌هایی که دارای شکل گوشه‌دار و شکسته در یک توده خاک بیشتر باشد تاب تحمل آن نیز نسبت به خاکی که بیشتر دارای دانه‌های گرد است افزونتر است.

بدیهی است که دانه‌های گوشه‌دار بر روی هم نمی‌غلتند (شکل ۶ ــ۱) و مابین یکدیگر یک حالت قفل و بست ایجاد می‌کنند و نیز به‌علت ناهموار بودن سطوح، اصطکاک بیشتری بین آنها ایجاد می‌شود.



شکل ۶ــ۱ــ ببینید چگونه دانه‌های گوشه‌دار با یکدیگر قفل و بست ایجاد می‌کنند. آنها را با دانه‌های گرد مقایسه کنید. دانه‌های گوشه‌دار به راحتی متراکم و یکپارچه می‌شوند و قابلیت بارگذاری بیشتری دارند.

دانه‌بندی خاکها نیز از جمله عوامل مؤثر بر تاب تحمل خاک هستند چنانچه به شکل ۷ــ۱ دقت نمایید متوجه خواهید شد که :



شکل ۷ــ۱ــ دانه‌بندی‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. ترتیب قرارگیری آنها رادر کنار هم ببینید؛ متوجه خواهید شد که در توده خاک متشکل از دانه‌بندی خوب چگونه همواره دانه‌ای وجود دارد که فاصله میان دو دانه سنگی دیگر را پر کند.

هر چه طیف دانه‌بندی خاک تکمیل‌تر باشد امکان تراکم‌پذیری و قفل و بست بین ذرات خاک بیشتر و وزن مخصوص آن افزایش می‌یابد.

البته باید بدانید که شناسایی زمین زیر ساختمان برای پی‌بردن به وجود حفره‌ها، مسیر قناتها، چاهها و مانند اینها نیز ضروری می‌باشد.

۳ــ۱ــ تأثیر آب بر خاک

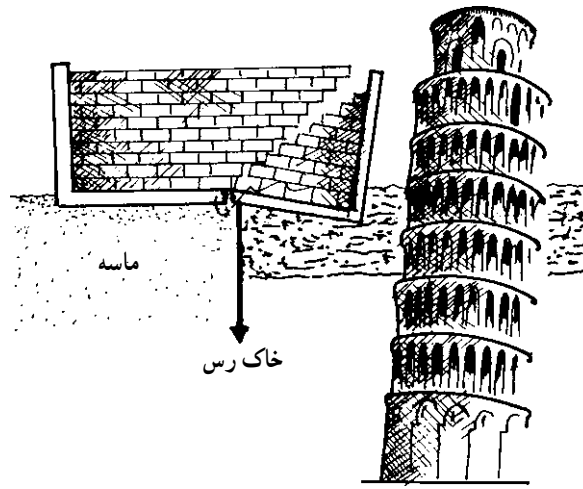
آب نقش بسیار مهمی در خاک و مقاومت آن ایفا می‌کند. به دشتهایی که بستر آنها از جنس

خاک رس است بیاندیشید، آیا در روزهای گرم تابستان ترکهای عمیق و عریض بر روی آنها را به یاد می‌آورید؟آیا بر روی‌سطح شکننده ولی‌تا حدودی‌مقاوم آنها قدم زده‌اید؟ آیا دقت نموده‌اید که پس از یک بارندگی چگونه به سطحی لغزنده تبدیل می‌گردند؟

شکل ظاهری و استحکام خاک خصوصاً خاکهایی که حاوی مقدار بیشتری خاک رس می‌باشند به طریق روشنی براساس میزان آب آنها تغییر می‌کند.

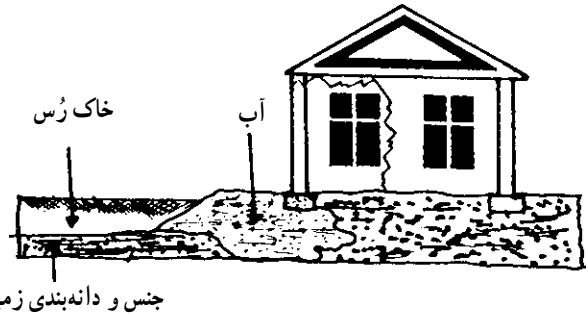
همین طور با افزایش میزان آب افزایش حجمی هم در خاک رخ می‌دهد. اگر خاک خشکی را مرطوب نماییم وقتی که مقدار آب جذب شده از حد معینی تجاوز نماید، متورم می‌شود. این ازدیاد حجم می‌تواند باعث حرکت دادن یا بلند کردن ساختمان از روی زمین گردد، خصوصاً در مناطقی که طبیعت خشکی دارند زمانیکه خاک به طور ناگهانی مرطوب گردد این عمل بیشتر اتفاق می‌افتد.

این همان دلیلی است که باعث کج شدن برج‌پیزا شده است (شکل ۸ ــ ۱). برای جلوگیری از ایجاد مشکلات در این زمینه، ضروری است که در آزمایشگاه، خاکی را که می‌خواهیم بر روی آن ساختمانی بنا کنیم، دقیقاً مطالعه کرده تا اطلاعات لازم را به دست آوریم.



شکل ۸ــ۱ــ نداشتن دانش کافی در مورد زمینی که بر روی آن ساختمان بنا می‌کنیم موجب بروز نشست و ترک در ساختمان می‌شود.

باید بدانیم که جذب آب توسط زمین یکی از دلایل بسیار مهم نشست ساختمانها و بوجود آمدن ترکهای بسیار زیادی در آنها می‌گردد (شکل ۹ ــ ۱). میزان این نشستها بستگی به مقدار خاک رس در ترکیب مواد تشکیل‌دهندهٔ زمین دارد.



شکل ۹ــ۱ــ بر اثر افزایش رطوبت خاک و کم‌شدن مقاومت آن، ترک خوردگی و نشست در ساختمان ایجاد می‌شود.

هر چقدر که میزان خاک رس در زمین بیشتر باشد امکان فرو رفتن غیر متجانس ساختمان در خاک و در نتیجه بروز ترکها بیشتر می‌گردد و همچنین آب موجب لغزندگی و ریزش تپه‌ها می‌گردد، و این به دلیل کم شدن مقاومت خاک پس از نفوذ رطوبت به آن می‌باشد.

۴ ــ۱ــ انواع زمینها

زمینها از دید جنس و دانه‌بندی به هشت گروه زیر تقسیم‌بندی شده‌اند :

۱ ــ۴ ــ۱ ــ زمین شن بوم: مخلوطی از شن و ماسه و لای با کم و بیش دانه‌های قلوه‌سنگ که بهترین آن دارای دانه‌بندی پیوسته است. می‌توان آن را به آسانی متراکم کرد و به وزن فضایی آن افزود.

۲ ــ۴ ــ۱ــ زمین شن‌زار: دارای حدود دو سوم شن است و ماسه و لای بسیار کمی دارد. آب در این گونه زمینها باقی نمانده فرو می‌رود.

۳ ــ۴ ــ۱ــ زمین ماسه‌زار: دارای حدود دو سوم ماسه است و کمی شن به همراه دارد و لای آن بسیار کم است این گونه زمینها را می‌توان غرقاب[1] و متراکم کرد.

۴ ــ ۴ ــ۱ــ زمین خاکی: دارای حدود دو سوم ماسه و حدود یک سوم خاک رس و لای می‌باشد و می‌توان آن را متراکم کرد.

۵ ــ ۴ ــ ۱ــ زمین رسی و گل‌آهکی: (زمین گل‌آهکی ۴۰ تا ۷۵ درصد وزنش گرد سنگ‌آهک و ۲۵ تا ۶۰ درصد آن خاک رس است) زمین رسی دارای حدود دو سوم خاک رس و حدود یک سوم ماسه است. این گونه خاکها در صورت خشک بودن قابل بارگذاری هستند و چنانچه آب بمکند باد کرده خمیری و شل می‌شوند. لذا ساختمان‌سازی بر روی آنها توصیه نمی‌شود.

۱ــ **غرقاب:** در اصطلاح ساختمانی‌سازی به اشباع‌کردن مواد و مصالح از آب گفته می‌شود.

۶ــ۴ــ۱ــزمین لایی: بیش از دو سوم آن لای است و ماسهٔ کمی دارد. این گونه زمینها حالت چسبندگی ندارند و تراکم‌پذیر نیستند و قابلیت بارگذاری ندارد.

۷ــ۴ــ۱ــ زمین لجنی: بیش از دو سوم آن لای است، ماسه آن خیلی کم است و کم و بیش خاک نباتی به همراه دارد که آن را تیره رنگ کرده و قابل ساختمان‌سازی نیست.

۸ــ۴ــ۱ــ زمین خاک دستی: که از تجمع نخاله‌های ساختمانی و یا خاک حاصل از خاکبرداری و حتی زباله به وجود آمده است و به علت عدم پیوستگی و یکنواختی آن ساختمان‌سازی بر روی آن به هیچ وجه توصیه نمی‌شود.

زمینها از نظر کندن و جا به جا کردن در واقع از دید اجرایی به پنج دسته تقسیم شده‌اند که به‌شرح زیر می‌باشند :

الف ــ زمین بیلی : که با بیل برداشته می‌شود و نیازی به کندن ندارد. مانند ماسه و شن و خرده‌سنگ. بدیهی است که این زمین فاقد چسبندگی می‌باشد.

ب ــ زمین پابیلی: که با بیل و فشار پا کنده می‌شود و نیاز به کندن با کلنگ ندارد. مانند شن و ماسه خاکدار مسیل‌ها و زمینهای زراعی.

ج ــ زمین کلنگی: که باید با کلنگ کنده شود. چسبندگی دانه‌های آن به یکدیگر از زمین پابیلی بیشتر است، بدنهٔ گود کنده شده در زمین کلنگی، به ویژه پس از بارندگی باید به صورت عمودی بماند. این گونه زمینها قابلیت ساختمان‌سازی دارند.

د ــ زمین دج: بسته به سختی‌شان، با کلنگ، پتک یا کمپرسور کنده می‌شوند. آنها زمینهای شن بومی هستند که دانه‌های آنها به همدیگر چسبیده‌اند. بدنهٔ گود کنده شده در این زمینها، به ویژه پس از بارندگی باید به‌صورت عمودی باقی‌بماند.

هـ ــ زمین سنگی: این دسته از زمینها بر حسب جنس سنگ و بزرگی آن به چهار دسته زمین سنگی سست، نیم سخت، سخت و خیلی سخت تقسیم می‌شوند. کندن و جابه‌جا کردن آنها با دیلم و پتک و کمپرسور و گاهی اوقات مواد منفجره امکان‌پذیر است و قابلیت ساختمان‌سازی بر روی آنها وجود دارد.

۵ ــ۱ــ نتایج

با توجه به مطالب توضیح داده شده به این نتایج رسیده‌ایم که :

ــ وزن ساختمان و کلیه افراد درون آن و اثاثیه داخل آن به زمین منتقل می‌شود، بنابراین

شناسایی زمینی که قرار است بر روی آن ساختمانی بنا شود الزامی می‌باشد.

ــ زمین از لایه‌های مختلفی ساخته‌شده است، بنابراین براساس ظاهر زمین نمی‌توان در مورد مقاومت آن تصمیم صحیحی گرفت.

ــ اندازهٔ دانه‌های خاک، شکل دانه‌های آن و طیف دانه‌بندی در تاب تحمل خاک مؤثرند و هرچه وزن مخصوص خاک افزایش یابد مقاومت آن نیز افزایش می‌یابد.

ــ رطوبت بر مقاومت خاکها تأثیر بسزایی دارد و چنانچه مقدار آن از حد معینی افزایش یابد خاک متورم می‌شود.

ــ ساختمان‌سازی بر روی زمینهای رسی به هیچ عنوان توصیه نمی‌شود زیرا با مرطوب شدن محیط ازدیاد حجم پیدا کرده و همچنین لغزنده می‌شود.

ــ شناسایی انواع زمینها از نظر «دانه‌بندی» و «کندن و حمل کردن» به‌منظور احداث بنا برروی آنها اهمیت زیادی دارد.

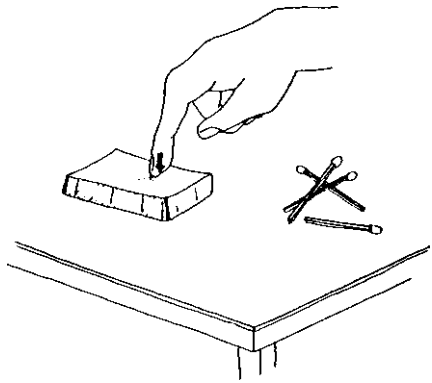
ــ ساختمان‌سازی بر روی زمین رسی و گل‌آهکی، زمین‌لایی، لجنی و خاک دستی توصیه نمی‌شود.

۶ ــ ۱ــ پی[1](شالوده)چیست؟

در مثالهای مربوط به قوطی کبریت متوجه شدیم که ساختمان نیروها را به زمین منتقل می‌کند، ولی این نیروها از چه طریق به زمین منتقل می‌شود؟ مسلماً کف ساختمان این وظیفه را به‌عهده ندارد. این نیروها از طریق دیوارها به زمین انتقال می‌یابند. فصل مشترک دیوار و زمین را یک تودهٔ منسجم که نه تنها بایستی بتواند بارهای ناشی از ساختمان را تحمل کند بلکه باید تحمل شرایط درون خاک را نیز بنماید، تشکیل می‌دهد. البته پی‌وظایف مهم دیگری را نیز به عهده دارد. برای روشنتر شدن موضوع به دقت به چند مثال زیر توجه کرده نتایج آنها را ثبت نمایید.

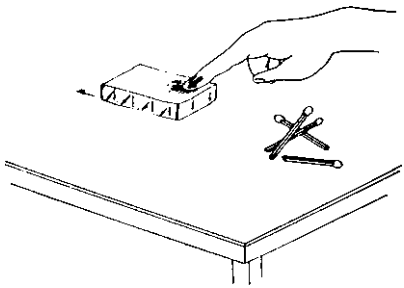
آزمایش اوّل: قسمت داخلی قوطی کبریت را بر روی میز قرار دهید و با انگشت دست برروی آن همان طور که در شکل ۱۰ــ۱ ملاحظه می‌شود نیرو وارد کنید و عکس‌العمل آن را یادداشت نمایید.

۱ــ به پی شالوده یا فونداسیون نیز گفته می‌شود.



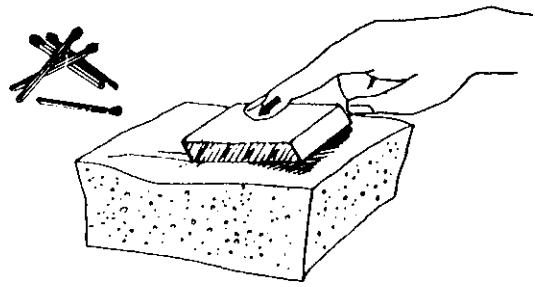
شکل ۱۰ــ۱ــ آزمایش اوّل: به وسیله انگشت یکی از دستها بر روی قسمت داخلی قوطی کبریتی که به‌صورت واژگون بر روی میز قرار دارد نیرو وارد می‌کنیم.

آزمایش دوم: قسمت داخلی قوطی کبریت را روی میز قرار داده و با انگشت دست به‌صورت مایل همان طور که در شکل ۱۱ ــ۱ ملاحظه می‌شود به آن نیرو وارد کنید و نتیجه عکس‌العمل آن را یادداشت کنید.



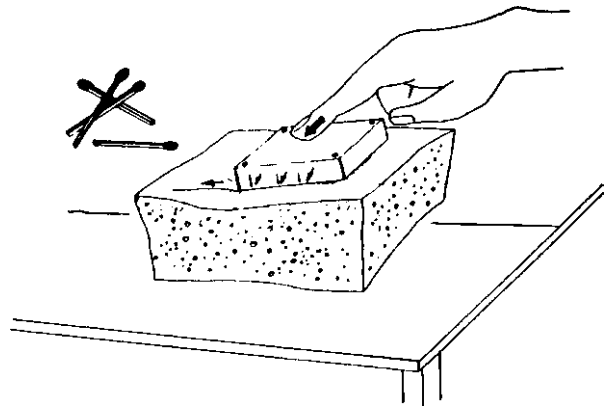
شکل ۱۱ــ۱ــ آزمایش دوم: بوسیلهٔ انگشت یکی از دستها به صورت مایل بر روی قسمت داخلی قوطی کبریتی که به صورت واژگون بر روی میز قرار دارد نیرو وارد می‌کنیم.

آزمایش سوم: آزمایش فوق را بر روی یک اسفنج انجام داده نتیجه را یادداشت نمایید (شکل ۱۲ــ۱).



شکل ۱۲ــ۱ــ آزمایش سوم: بوسیلهٔ انگشت یکی از دستها به صورت مایل بر روی قسمت داخلی قوطی کبریتی که به صورت واژگون بر روی یک تکه اسفنج قرار دارد نیرو وارد می‌کنیم.

آزمایش چهارم: قسمت داخلی قوطی کبریت را بوسیلهٔ چهار سوزن برابر شکل ۱۳ــ۱ درداخل اسفنج محکم کرده و سپس به صورت مایل به آن نیرو وارد کنید. نتیجه را در گزارش خود منعکس کنید.



شکل ۱۳ــ۱ــ آزمایش چهارم: آزمایش سوم را بر روی قسمت داخلی قوطی کبریتی که به وسیله چهار سوزن در داخل اسفنج محکم شده است تکرار می‌کنیم.

آزمایش	نتیجه
شماره ۱	قوطی به صورت ثابت در جای خود باقی می‌ماند.
شماره ۲	قوطی در جهت نیرو به حرکت در می‌آید.
شماره ۳	قوطی با کمی جابه‌جایی در اسفنج فرو می‌رود.
شماره ۴	قوطی بدون جا به جایی در جای خود ثابت می‌ماند، و نیرو از طریق سوزنها به اسفنج منتقل می‌شود.

در واقع نتایج دیگری را می‌توان از آزمایشهای فوق بدست آورد.

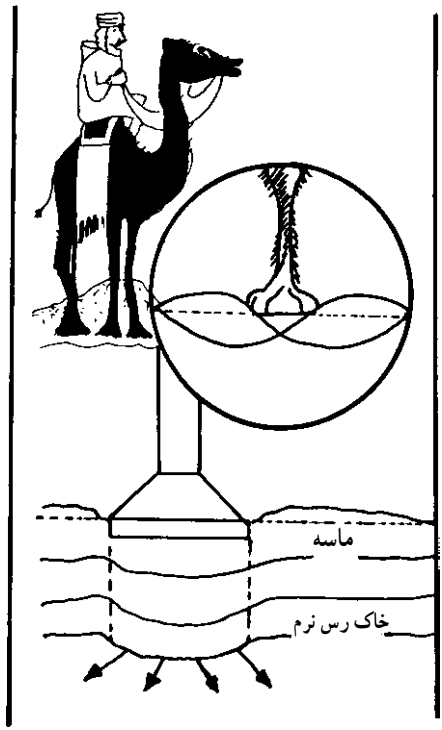
اول این که نیروها فقط به طرف ثقل زمین وارد نمی‌شوند، بلکه نیروهای افقی ناشی از باد و یا زلزله بر ساختمان وارد می‌گردند که انتقال آنها به زمین از اهمیت زیادی برخوردار است.

دوم این که چنانچه ساختمان با زمین مرتبط نگردد، نمی‌تواند نیروها را به درستی به آن منتقل نماید.

تصور می‌رود با این چند مثال متوجه اهمیت وجودی پی در ساختمان شده‌اید، پی‌ها به‌طور معمول در زیر دیوارها و یا ستونها قرار می‌گیرند. پی‌نقش انتقال نیرو و توزیع آن در خاک را به عهده

می‌گیرد برای آن که بهتر متوجه این مطلب شوید به دو مثال زیر به دقت توجه کنید.

آیا تاکنون به پای شترها دقت کرده‌اید؟ اگر این مسأله برای شما جالب نبوده است به شکل ۱۴ــ۱ توجه کنید حال می‌توانید دلیل پهن بودن کف پای این حیوان را دریابید؟ شکل پای او را با حیوانی مثل گوزن که در مناطق کوهستانی زندگی می‌کند مقایسه کنید. شتر نه تنها بایستی گرمای سوزان و خشکی کویر را تحمل کند، بلکه حفظ تعادل و حرکت در ماسه‌زار و همچنین فرو نرفتن درآن از جمله خصوصیات این کشتی کویر است. واضح است که سطح پای شتر با وزن او برای توزیع نیرو در سطح ماسه مرتبط است.



شکل ۱۴ــ۱ــ به طبیعت اطراف خود بیشتر دقت کنید. رازهای بسیار زیادی در آن نهفته است که می‌تواند راهنمای ما باشد.

برای طرح مثال بعدی کمی از ذهن شما کمک می‌گیرم. یک روز زمستانی را در نظر بگیرید و تصور کنید که اطراف شما را برف زیادی پوشانده است، تجسم کنید در یک دست یک میلهٔ فلزی و در دست دیگر یک کتاب دارید، اگر هر دو را در یک زمان و از یک ارتفاع رها کنید (البته توجه داشته باشید که میله فلزی به صورت عمود بر زمین رها می‌شود) چه می‌شود؟ کدام یک بیشتر در زمین

فرو می‌رود؟

نتیجه آزمایش دوم علت شکل و ابعاد وسایل اسکی را در زیر پای اسکی‌بازان برای شما روشن می‌کند. البته باید بدانید هر چه اسکی‌باز سنگینتر باشد چوب اسکی بزرگتری بایستی انتخاب کند.

لذا مجموعاً می‌توان به نتایج زیر دست یافت :

الف : برای احداث هر ساختمانی بر روی زمین ابتدا بایستی پی‌سازی انجام گیرد.

ب : پی نه تنها نیروهای عمود بر ثقل زمین بلکه نیروهای افقی وارده بر ساختمان را نیز به زمین منتقل کرده، مانع از واژگونی ساختمان می‌شود.

ج : پی‌ها معمولاً در زیر دیوارها یا ستونها قرار می‌گیرند.

د : پی‌نقش انتقال نیرو و همچنین توزیع آن به زمین زیرین را به عهده دارد.

هـ :برای توزیع نیرو در زمین «سطح‌پی» اهمیت ویژه‌ای دارد.

و : سطح پی بستگی به وزن ساختمان و خصوصاً جنس زمین دارد. (به طوری که هر چه زمین مقاومتر باشد سطح پی کمتر و هر چه زمین سست‌تر باشد سطح آن وسیع‌تر می‌گردد.)

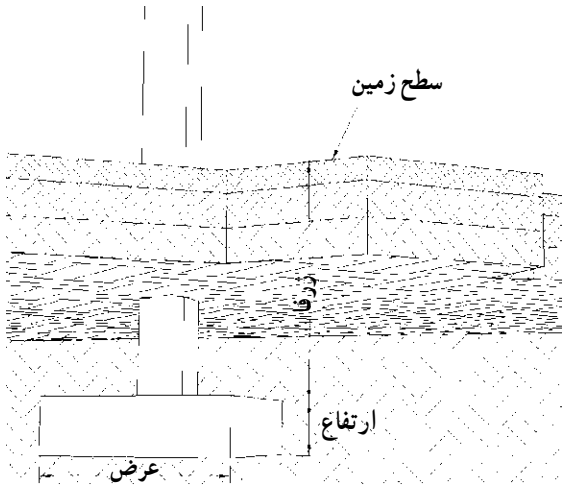
۷ــ۱ــ پی‌های سطحی

۱ــ۷ــ۱ــ تعاریف : طول، عرض، ارتفاع و ژرفای پی در شکل ۱۵ــ۱ مشخص شده‌اند.

بار مرده: عبارت است از بارهای ناشی از وزن اجزای ساختمان مانند وزن دیوارها و سقف‌ها.

بار زنده: عبارت است از بارهای ناشی از اجزای غیر مرتبط با ساختمان مانند افراد و مبلمان.

نیروهای عمودی: مجموعهٔ بارهای زنده و مرده که در جهت مرکز ثقل زمین بر ساختمان وارد



شکل ۱۵ــ۱ــ مفهوم ژرفا، ارتفاع و عرض شالوده

می‌آید.

نیروهای افقی : عبارت است از نیروهایی که به صورت افقی و عمود بر مرکز ثقل زمین برساختمان وارد می‌آیند مانند نیروی باد و زلزله.

سازه: مجموعهٔ اعضایی از ساختمان که نیروهای وارده بر ساختمان را به زمین منتقل می‌کنند و موجب پایداری آن می‌شوند.

عضوسازه‌ای: هر عضو از مجموعهٔ سازه را عضو سازه‌ای می‌نامند. بدیهی است پایداری هرساختمان در گرو وجود کلیه اعضاء سازه در کنار یکدیگر می‌باشد.

اسکلت ساختمان: مجموعه اعضاء سازه‌ای ساختمان را اسکلت ساختمان می‌گویند، مانند تیر و ستون.

دیوار باربر: اگر نیروهای عمودی و افقی توسط دیوارها جذب و به زمین منتقل شوند، آن دیوارها را دیوار باربر می‌نامیم.

دیوار غیرباربر: چنانچه دیوار نقشی در انتقال نیروها نداشته باشد و در صورت تخریب یا حذف آن به پایداری ساختمان خدشه‌ای وارد نشود آن دیوار را اصطلاحاً دیوار غیرباربر می‌نامیم.

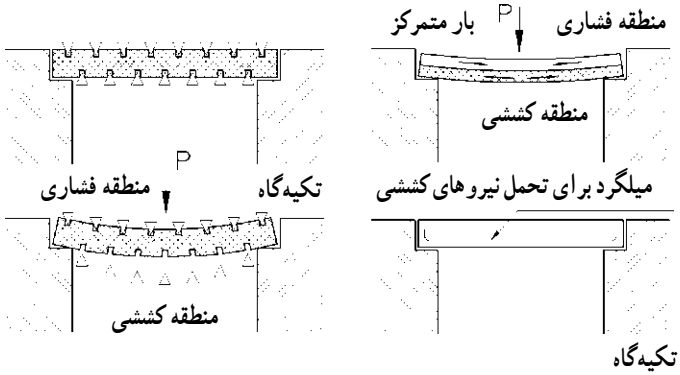
عمق یخبندان : پایینترین عمقی از خاک که آبها و رطوبت آن عمق در سرمای ناشی از سردترین روز سال منجمد می‌گردند را عمق یخبندان می‌گویند. بدیهی است این عمق بستگی به آب و هوای آن محدوده دارد.

بتن : مخلوطی از سیمان، شن و ماسه شسته و آب آشامیدنی را بتن می‌نامیم. نسبت اختلاط آنها از اهمیت زیادی برخوردار است.

نیروهای فشاری و کششی: به شکل ۱۶ــ۱ توجه کنید قسمت افقی را یک تیر سقف در نظر بگیرید و دو فلش پایینی را دو دیوار دو طرف تیر، اگر از بالا نیرویی به این تیر وارد کنیم، سطح بالایی تیر در حال فشرده شدن است و سطح پایین در حال کش آمدن. این تمرین را می‌توانید با خط‌کش خود نیز انجام دهید. به این ترتیب سطح بالایی خط‌کش را نیروهای فشاری، فشرده می‌کنند و سطح پایینی خط‌کش یا تیر سقف را نیروهای کششی، کش می‌آورند.

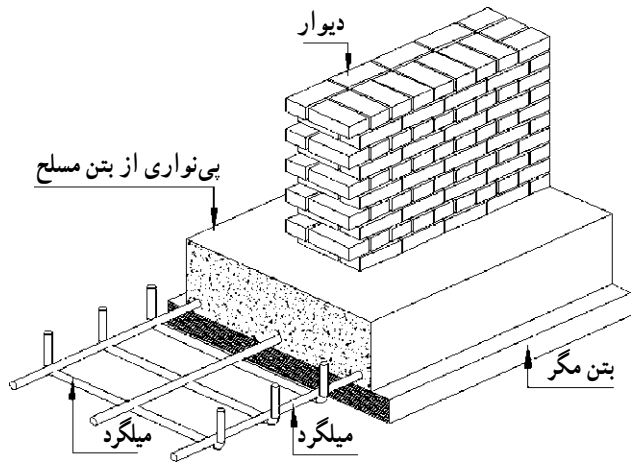
بتن غیرمسلح: بتنی که در آن میلگرد قرار نمی‌دهند را بتن غیر مسلح می‌نامند.

بتن مسلح: معمولاً برای افزایش مقاومت کششی بتن، در داخل آن براساس محاسبات تعدادی



شکل ۱۶ــ۱ــ توجیه چگونگی توزیع. مناطق کششی و فشاری در طول تیر پس از وارد آوردن نیرو به تیر منطقه پایینی به صورت کشش و منطقه بالایی تیر به صورت فشار کار می‌کند. محل قرارگیری میلگردهای فولادی در منطقه کششی قرار دارد. بدین ترتیب ضعف تیر بتنی جبران می‌شود.

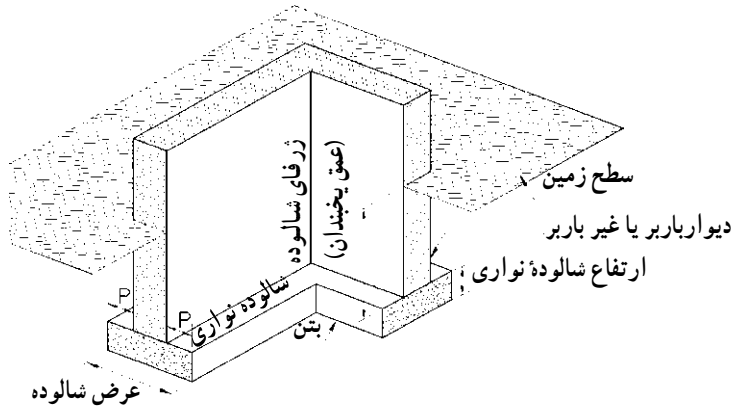
آرماتور (همان گونه که در شکل ۱۷ــ۱ ملاحظه می‌شود) قرار می‌دهند.



شکل ۱۷ــ۱ــ چگونگی قرارگیری میلگردها در بتن

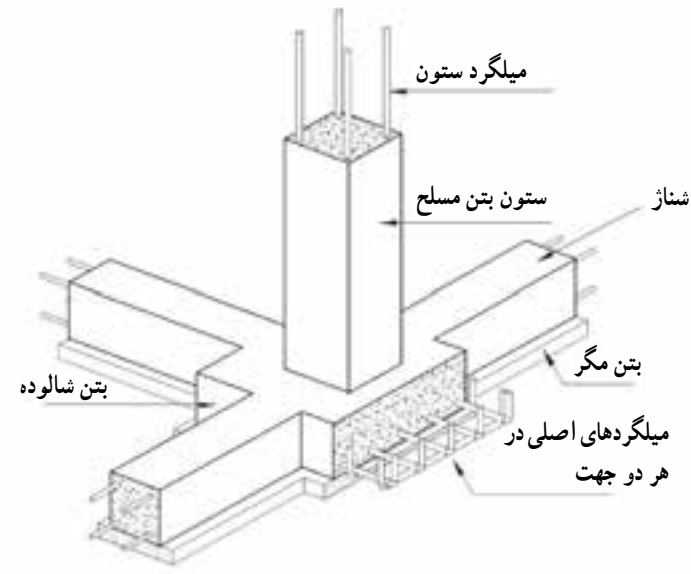
۲ ــ۷ــ۱ــ تعریف و انواع شالوده‌ها (پی‌های سطحی): جهت احداث ساختمانهای کوتاه بر روی یک زمین مناسب و معمولی، غالباً از پی‌های سطحی استفاده می‌شود و بر اساس نوع ساختمان به دو طریق اجرا می‌شوند :

الف : اگر ساختمان کوتاه و فاقد اسکلت باشد و دیوارها باربر باشند، از پی‌های سطحی، نواری ممتد یا شالوده‌های نواری استفاده می‌کنیم. این شالوده‌ها همچنین در زیر دیوارهای غیر باربر نیز برای انتقال وزن آنها به زمین قرار می‌گیرند، شکل ۱۸ــ۱ این نوع شالوده‌ها را نمایش می‌دهد.



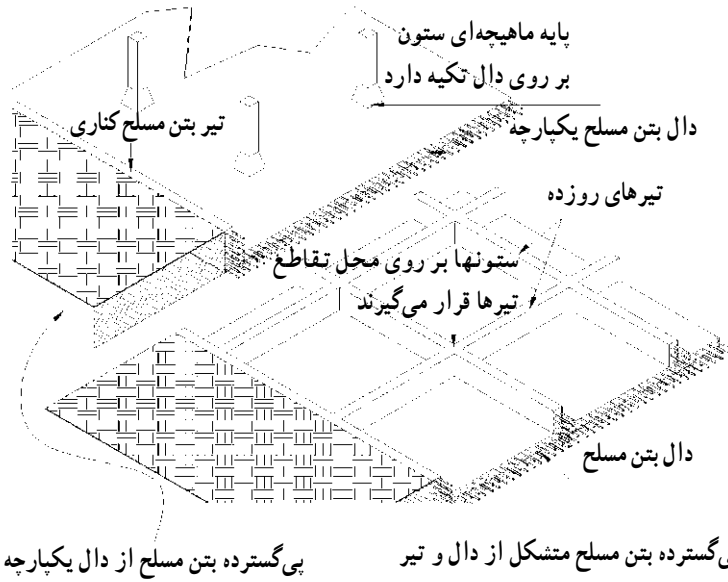
شکل ۱۸ــ۱ــ شالوده نواری و قسمتهای مختلف آن

ب : اگر ساختمان دارای اسکلت باشد از **پی‌های سطحی منفرد** یا شالوده‌های منفرد بهره‌می‌بریم در شکل ۱۹ــ۱ این نوع شالوده‌ها را می‌توانید ببینید.



شکل ۱۹ــ۱ــ شالودهٔ منفرد و چگونگی میلگردگذاری داخل آن

ج : اگر خاک محل احداث ساختمان سست و امکان حفاری نباشد، (مثلاً به دلیل بالا بودن آبهای زیرزمینی) از پی‌های گسترده جهت توزیع نیروهای ساختمان استفاده می‌شود. در شکل ۲۰ــ۱ دو نمونه از این نوع شالوده دیده می‌شود.



شکل ۲۰ــ۱ــ دو نمونه پی‌گستردهٔ سطحی

۳ــ۷ــ۱ــ خصوصیات شالوده‌های نواری: در هنگام ساخت شالوده‌های نواری بایستی به نکات زیر توجه داشته باشیم :

الف ــ شالوده‌ها می‌بایستی بر روی خاک دست نخورده ساخته شوند (باید از قرار دادن شالوده‌ها بر روی زمین رسی، گل‌آهکی، لایی، لجنی و خصوصاً خاک دستی پرهیز نمود).

ب ــ شالوده‌ها بایستی که اندکی در قشر مقاوم خاک فرو رفته باشند تا از لیز خوردن احتمالی شالوده و ساختمان جلوگیری شود. عمق این فرورفتگی بین ۲۰ سانتیمتر برای زمین دج و ۸۰ سانتیمتر برای زمین پابیلی منظور می‌شود.

ج ــ سطح فوقانی شالوده بایستی عمیقتر از عمق یخبندان باشد تا در مقابل یخ‌زدگی آبهای درون خاک ایمن باشند. معمولاً عمقی برابر ۶۰ سانتیمتر در مناطق با آب و هوای معتدل توصیه شده است.

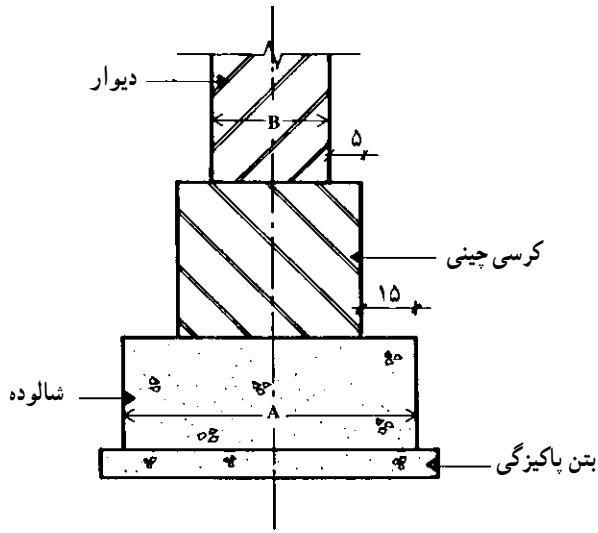
د ــ اجرای یک لایه بتن پاکیزگی در زیر تمامی شالوده‌های بتن مسلح که در مجاورت سطح زیرین خود آرماتور دارند، الزامی است. بتن پاکیزگی خطر آلوده‌شدن بتن‌سازه‌ای با خاک را به هنگام انجام عملیات بتن‌ریزی مرتفع می‌نماید.

ضخامت لایه بتن پاکیزگی به هیچ عنوان نباید کمتر از ۵ سانتیمتر باشد.

هـ ــ ابعاد شالوده به دو عامل بستگی دارد. اول مجموعهٔ بارهای ساختمان، دوم ماهیت و ظرفیت باربری خاک زیرین. عرض شالوده غیر مسلح برای ساختمان یک طبقه در خاک مناسب از رابطه زیر به دست می‌آید (شکل ۲۱ــ۱).

عرض شالوده نواری (سانتیمتر) = عرض دیوار $+2\times(15+5)$

ارتفاع شالوده‌های نواری با بتن غیر مسلح نباید کمتر از ۵۰ سانتیمتر منظور گردد.



شکل ۲۱ــ۱ــ برای بدست آوردن عرض حدودی و حداقل شالودهٔ در زمین خوب از رابطهٔ $A = B + 2\times(15+5)$ استفاده می‌کنیم.

و ــ برای شالوده‌های نواری با بتن غیر مسلح در زیر دیوارهای باربر، بتن با عیار حداقل ۲۵۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب بتن استفاده می‌شود.

ز ــ برای شالوده‌های نواری با بتن مسلح (بتن آرمه) بتن با عیار حداقل ۳۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب بتن استفاده می‌شود.

ح ــ ریختن بتن پاکیزگی یا بتن شالوده باید به مجرد اتمام عملیات گودبرداری صورت گیرد. به‌این دلیل که پاره‌ای خاکها، که در زمان پایان عملیات گودبرداری مقاومتی کافی و مناسب دارند، نسبت به عوامل جوی حساسیت نشان می‌دهند و در اثر ریزش باران بر آنها بعد از چند ساعت، گل‌شده و کاملاً سست می‌شوند و یا در برابر هوا پوسته پوسته می‌شوند.

حداقل عیار بتن پاکیزگی ۱۵۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب بتن است.

۸ ــ ۱ــ مصالح مختلف در پی‌های سطحی و نواری

۱ ــ ۸ ــ ۱ــ پی‌های شفته‌ای: پی‌سازی با شفته فقط برای ساختمانهای یک طبقه و یا پی‌دیوارهای محوطه استفاده می‌شود و از ساده‌ترین انواع پی‌سازی است.

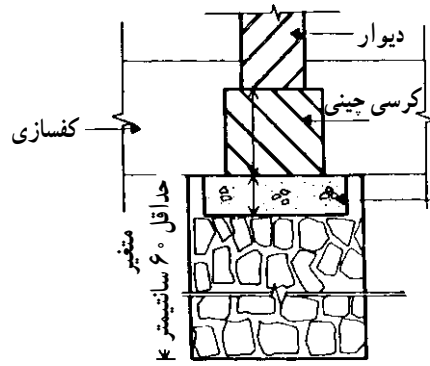
ساخت پی‌شفته‌ای به این ترتیب است که پس از حفر زمین تا عمق لازم، معمولاً از همان خاکهای حاصله از پی‌کنی استفاده کرده و با افزودن مقدار لازم دوغاب آهک به آن شفته تهیه می‌شود. به یاد داشته باشید که معمولاً مقدار آهک مورد نیاز بین ۲۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم دوغاب آهک شکسته در هر متر مکعب شفته می‌باشد و دانه‌های سنگی درون خاک به طور متوسط نباید کمتر از ۳۰ درصد باشد. این شفته را پس از مخلوط کردن در ضخامتهای ۳۰ سانتیمتری در محل پی‌ریخته و می‌کوبند.

پس از یک هفته (البته در آب و هوای معتدل) پی شفته‌ای قابلیت بارگذاری یعنی دیوارچینی پیدا می‌کند.

بناهای سنتی ما بر روی پی‌های شفته‌ای ساخته شده‌اند که امروزه استفاده از این نوع پی منسوخ شده است.

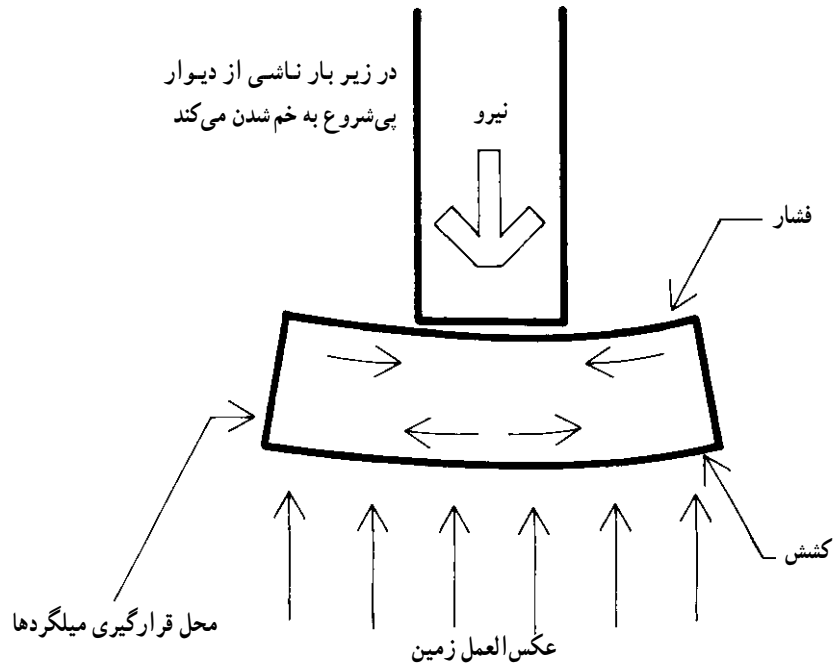
۲ ــ ۸ ــ ۱ــ پی‌های سنگی: زمانی که سنگ مناسب در محل موجود و عمق پی‌زیاد باشد از پی‌های سنگی همان طور که در شکل ۲۲ــ۱ ملاحظه می‌شود استفاده می‌کنیم. سنگی که برای پی‌سازی استفاده می‌کنیم از انواع سنگهای لاشه و شکسته می‌باشد. سنگهای قلوه رودخانه‌ای به علت صیقلی بودن سطح آنها مناسب نمی‌باشند. پس از پی‌کنی سنگهای لاشه شکسته را در میان ملات ماسه و سیمان یا ملات ماسه و آهک و یا ملات باتارد جا می‌دهیم.

استفاده از پی‌های سنگی نیز تنها در ساختمانهای یک طبقه و یا دیوار محوطه توصیه می‌شود.

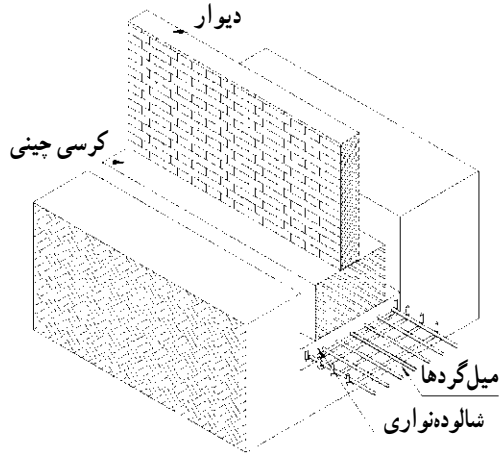


شکل ۲۲ــ۱ــ در هنگامی که زمینی مناسب در عمق واقع شده است می‌توان از پی‌های سنگی استفاده کرد.

۳ــ۸ــ۱ــ پی‌های بتنی: *امروزه توصیه می شود که پی کلیه ساختمانها را از بتن بسازند. بخصوص در مناطق زلزله‌خیز حتی برای ساختمانهای یک طبقه هم پی‌های بتنی مسلح که در تمام طول دیوارهای باربر ساختمان ادامه داشته و به یکدیگر متصلند به کار می‌روند.* چنانچه با دقت به شکلهای ۲۳ــ۱ و ۲۴ــ۱ دقت نمایید، شکل و خصوصیات پی‌های بتنی را متوجه خواهید شد.

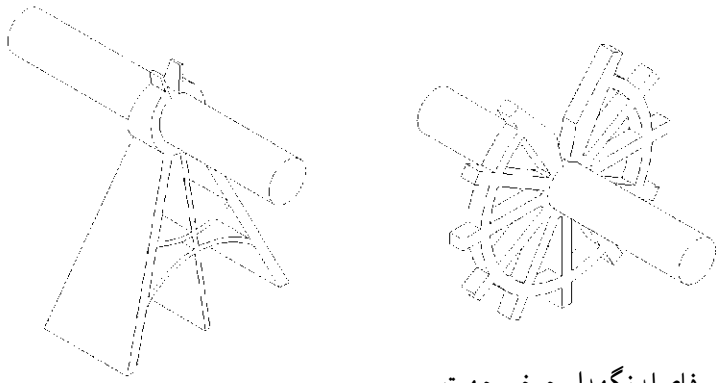


شکل ۲۳ــ۱ــ نحوهٔ توزیع نیروها در مقطع شالوده نواری محل نیروهای کششی و بالطبع میلگردها را مشخص می‌کند.



شکل ۲۴ــ۱ــ چگونگی قرارگیری میلگردها در شالودهٔ نواری بتن مسلح

بمنظور تقویت پی‌ها، آنها را بوسیلهٔ میلگردهای فولادی تقویت می‌نمایند. برای روشن‌تر شدن موضوع یک کتاب را به صورت عمودی بر روی یک اسفنج قرار دهید، متوجه خواهید شد که سطح تحتانی اسفنج به حالت کشش و سطح فوقانی به حالت فشار در می‌آید. شالودهٔ بتنی نیز در زیر دیوار باربر به همین صورت عکس‌العمل نشان می‌دهد و از آنجا که بتن تحمل نیروی فشاری را بیشتر از نیروی کششی دارد لذا میلگردهای فولادی را در محدودهٔ وارد شدن نیروهای کششی یعنی سطح تحتانی قرار می‌دهند. این نکته را نباید از یاد ببریم که میلگرد باید حداقل ۲/۵ سانتیمتر در داخل بتن قرار گرفته باشد. این فاصله که پوشش بتنی میلگرد نامیده می‌شود به منظور جلوگیری از خوردگی میلگرد می‌باشد که براساس نوع رطوبت خاک و نمکهای همراه آن تا ده سانتیمتر افزایش می‌یابد. پوشش بتنی را با قرار دادن بالشتک‌های بتنی یا پلاستیکی مشابه آنچه در شکل ۲۵ــ۱ ملاحظه می‌شود ایجاد می‌کنند.



شکل ۲۵ــ۱ــ برای حفظ پوشش بتنی اطراف میلگرد از فاصله نگهدار استفاده می‌کنند.

پرسشهای فصل اوّل

۱ ــ آزمایش خاک به چه ترتیب انجام می‌شود؟

۲ ــ تأثیر وزن مخصوص فضایی خاک را در تاب تحمل خاک بیان کنید.

۳ ــ تأثیر اندازهٔ دانه‌های خاک را در افزایش تحمل آن بیان کنید.

۴ ــ تأثیر شکل دانه‌های خاک را در افزایش تحمل آن بیان کنید.

۵ ــ تأثیر نسبت دانه‌بندی خاک را در افزایش تحمل آن بیان کنید.

۶ ــ به غیر از ماهیت خاک چه نکات دیگری را هنگام شناسایی زمین باید مورد مطالعه قرار دهیم؟

۷ ــ تأثیر آب بر خاک را تعریف کنید.

۸ ــ انواع زمینها را از نظر جنس و دانه‌بندی تعریف کنید.

۹ ــ انواع زمینها را از نظر کندن و جابه‌جا کردن بیان کنید.

۱۰ ــ پی چیست؟

۱۱ ــ پی‌های سطحی یا شالوده‌ها کدامند؟

۱۲ ــ شالوده نواری را تعریف کرده نکاتی را که در ساخت آن باید در نظر داشت بیان کنید.

۱۳ ــ پی‌های شفته‌ای را تعریف نمایید.

۱۴ ــ پی‌های سنگی را تعریف نمایید.

۱۵ ــ پی‌های بتنی را تعریف نمایید.