

# فصل اوّل

## شناخت زمین و پی سازی

هدفهای رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می رود بتواند:

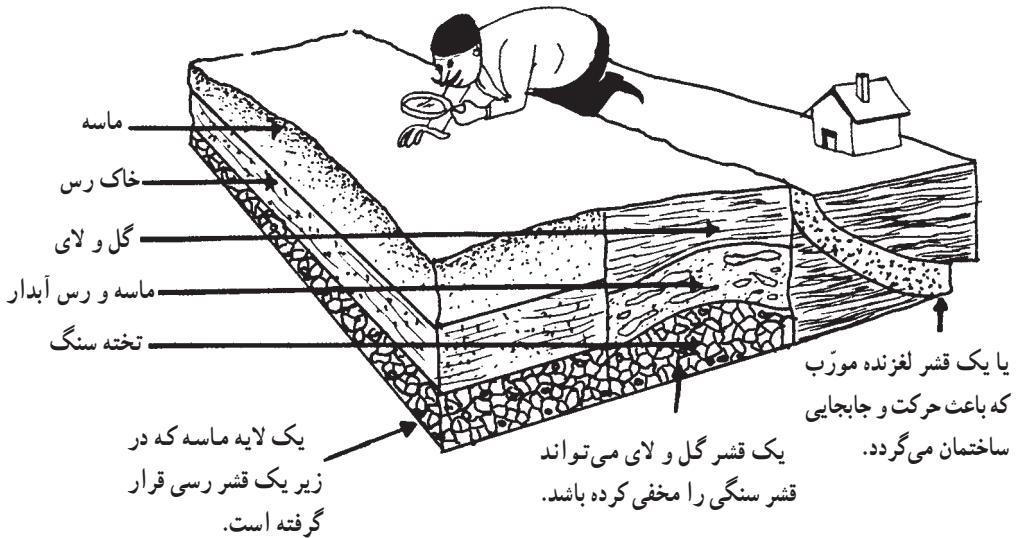
- لزوم شناسایی زمین را توضیح دهد.
- انواع زمین را تعریف کند.
- نقش پی در ساختمان را تعریف کند.
- پی های نواری را توضیح دهد.

### ۱-۱- شناسایی زمینی که ساختمان را بر روی آن بنا می کنیم

زمین، نام پوسته سرد و منجمد شده ای است که روی آن زندگی می کنیم و ساختمانهای خود را بر روی آن بنا می کنیم. مهندس طراح قبل از هر چیزی می باید زمین محل ساختمان را مورد آزمایش قرار دهد، و از اجزاء آن در لایه های مختلف مطلع شود.



این نکته را باید در نظر داشت که زمین مانند یک کیک خامه‌ای از لایه‌های مختلفی تشکیل شده که هر یک دارای خصوصیات متفاوت هستند، بنابراین شکل ظاهری زمین نمی‌تواند بیان‌کنندهٔ مواد متشکلهٔ خاک در اعماق آن باشد. اگر به شکل ۱-۲ دقت نمایید متوجه خواهید شد که چگونه لایه‌های مختلف که مسلماً توانایی‌های تحمل مختلفی هم دارند بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند.



شکل ۱-۲- آیا هنوز معتقدید که شکل ظاهری زمین می‌تواند بیان‌کنندهٔ مواد متشکلهٔ خاک در اعماق آن باشد؟

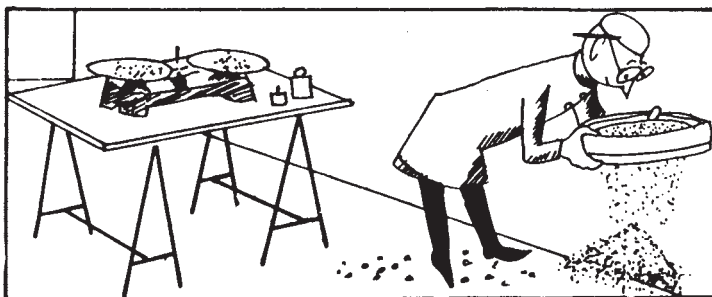
## ۲-۱- آزمایش خاک

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  $30 \times 20 \times 20$  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 درستی بررسی می‌کنیم و

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



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

خاک می‌تواند تشکیل شده باشد از:



تخته سنگ به ابعاد بیش از ۲۰ cm



قلوه سنگ به ابعاد بین ۶ cm تا ۲۰ cm



شن به ابعاد بین ۲ میلی‌متر تا ۶۰ میلی‌متر



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

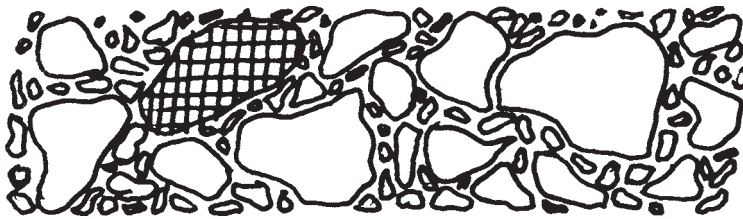


شکل ۴-۱- نمایش اندازه دانه‌بندی خاک که بوسیله الک می‌توان آنها را از یکدیگر جدا کرد.

برای تعیین چگونگی دانه بندی خاک آن را از صافیهای مختلف (الک) عبور می دهیم. با توجه به شکل ۴-۱ با نام گذاری و ابعاد و کاربرد دانه های سنگی مختلف آشنا می شویم. دانه های خاک بر حسب اندازه شان با استفاده از الک مشخص می شوند. (الک عبارت است از یک توری سیمی نصب شده در انتهای یک قوطی کم عمق). این تقسیم بندی شامل خاک رس، لای یا سیلت، ماسه، شن و قلوه سنگ است. به طور حتم یکی از عواملی که در تاب تحمل خاک مؤثر است وزن مخصوص توده خاک می باشد. تجربیات به دست آمده بر مبنای آزمایشها ثابت نموده که به طور کلی:

خاکهایی که دارای درصد بیشتری از دانه های درشت می باشند، پس از متراکم شدن به وزن مخصوص بالاتری نسبت به خاکی که دارای درصد بیشتری از دانه های ریز می باشد دست می یابند.

برای آزمایش آن کافی است یک دانه درشت سنگی را همان طور که در شکل ۵-۱ نمایش داده شده است در نظر بگیرید تصور کنید که بجای آن دانه درشت توده ای از دانه های ریز را انباشته نماییم. مسلم است که در پایان این جا به جایی مقداری فضای خالی در این توده باقی می ماند که قبلاً قطعه بزرگ فاقد آن بوده است. این فضاهای خالی باعث تقلیل وزن مخصوص و همین طور موجب کاهش تحمل خاک شده اند.

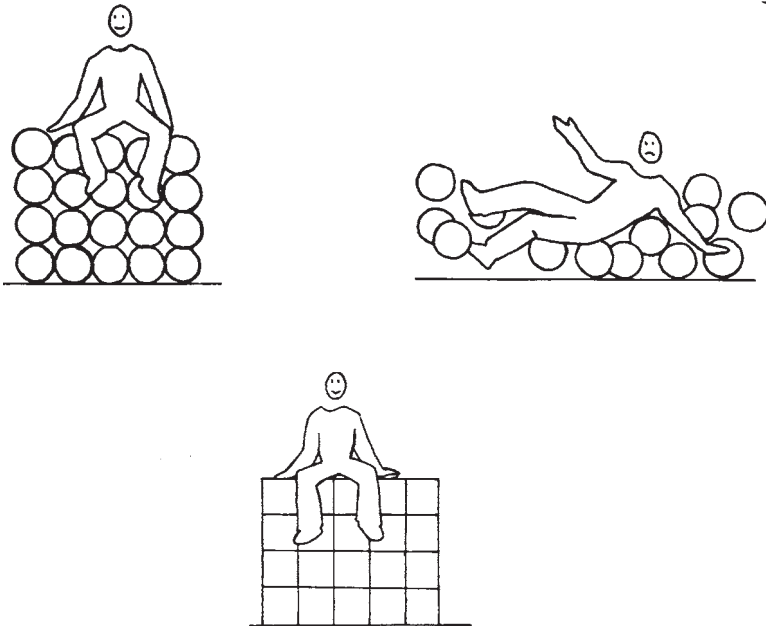


شکل ۵-۱- تصور کنید که در این لایه خاکی متراکم شده، دانه درشتی را با دانه های ریز جابجا کنیم.

یکی دیگر از عوامل مؤثر بر تاب تحمل خاک شکل ذره است. تجربیات مبتنی بر آزمایشها ثابت کرده اند که :

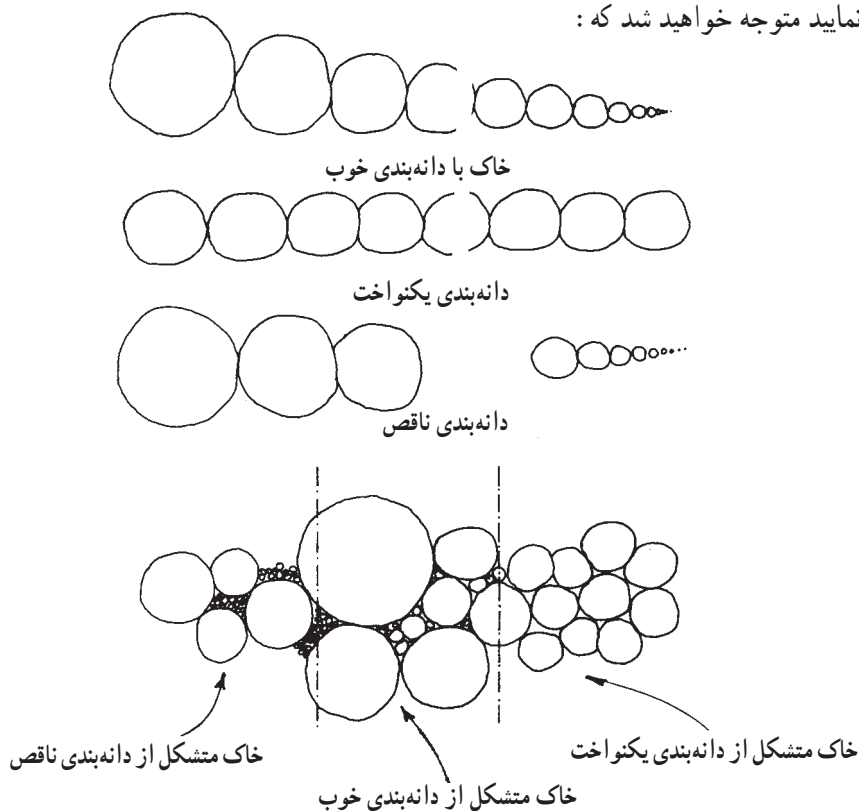
هر چه مقدار دانه‌هایی که دارای شکل گوشه‌دار و شکسته در یک توده خاک بیشتر باشد تاب تحمل آن نیز نسبت به خاکی که بیشتر دارای دانه‌های گرد است افزونتر است.

بدیهی است که دانه‌های گوشه‌دار بر روی هم نمی‌غلطند (شکل ۶-۱) و مابین یکدیگر یک حالت قفل و بست ایجاد می‌کنند و نیز به علت ناهموار بودن سطوح، اصطکاک بیشتری بین آنها ایجاد می‌شود.



شکل ۶-۱- 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.

دانه بندی خاکها نیز از جمله عوامل مؤثر بر تاب تحمل خاک هستند چنانچه به شکل ۱-۷ دقت نمایید متوجه خواهید شد که :



شکل ۱-۷- دانه بندی های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنید. ترتیب قرارگیری آنها را در کنار هم ببینید؛ متوجه خواهید شد که در توده خاک متشکل از دانه بندی خوب چگونه همواره دانه ای وجود دارد که فاصله میان دو دانه سنگی دیگر را پر کند.

هر چه طیف دانه بندی خاک تکمیل تر باشد امکان تراکم پذیری و قفل و بست بین ذرات خاک بیشتر و وزن مخصوص آن افزایش می یابد.

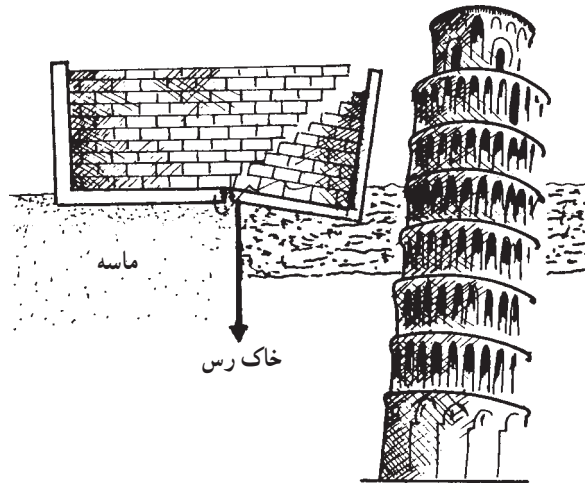
البته باید بدانید که شناسایی زمین زیر ساختمان برای پی بردن به وجود حفره ها، مسیر قنات ها، چاه ها و مانند اینها نیز ضروری می باشد.

### ۳-۱- تأثیر آب بر خاک

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

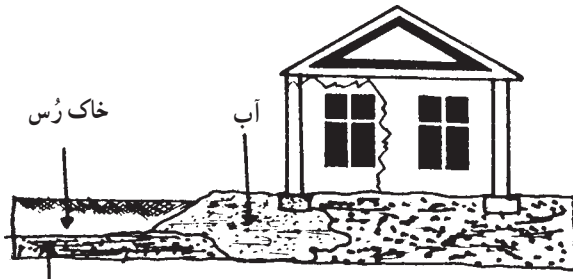
خاک رس است بیاندیشید، آیا در روزهای گرم تابستان ترکهای عمیق و عریض بر روی آنها را به یاد می‌آورید؟ آیا بر روی سطح شکننده ولی تا حدودی مقاوم آنها قدم زده‌اید؟ آیا دقت نموده‌اید که پس از یک بارندگی چگونه به سطحی لغزنده تبدیل می‌گردند؟  
 شکل ظاهری و استحکام خاک خصوصاً خاکهایی که حاوی مقدار بیشتری خاک رس می‌باشند به طریق روشنی بر اساس 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 برج پیزا شده است (شکل ۸-۱). 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 ۸-۱- 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 ساختمانیها و بوجود آمدن ترکهای بسیار زیادی در آنها می‌گردد (شکل ۹-۱). میزان این نشستها بستگی به مقدار خاک رس در ترکیب مواد تشکیل دهنده زمین دارد.



جنس و دانه بندی زمین

شکل ۹-۱- بر اثر افزایش رطوبت خاک و کم شدن مقاومت آن، ترک خوردگی و نشست در ساختمان ایجاد می شود.

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

#### ۴-۱- انواع زمینها

زمینها از دید جنس و دانه بندی به هشت گروه زیر تقسیم بندی شده اند:

۱-۴-۱- زمین شن بوم: مخلوطی از شن و ماسه و لای با کم و بیش دانه های قلوه سنگ که بهترین آن دارای دانه بندی پیوسته است. می توان آن را به آسانی متراکم کرد و به وزن فضایی آن افزود.

۲-۴-۱- زمین شن زار: دارای حدود دو سوم شن است و ماسه و لای بسیار کمی دارد. آب در این گونه زمینها باقی نمانده فرو می رود.

۳-۴-۱- زمین ماسه زار: دارای حدود دو سوم ماسه است و کمی شن به همراه دارد و لای آن بسیار کم است این گونه زمینها را می توان غرقاب<sup>۱</sup> و متراکم کرد.

۴-۴-۱- زمین خاکی: دارای حدود دو سوم ماسه و حدود یک سوم خاک رس و لای می باشد و می توان آن را متراکم کرد.

۵-۴-۱- زمین رسی و گل آهکی: (زمین گل آهکی ۴۰ تا ۷۵ درصد وزنش گرد سنگ آهک 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 بکند باد کرده خمیری و شل می شوند. لذا ساختمان سازی بر روی آنها توصیه نمی شود.

۱- غرقاب: در اصطلاح ساختمانی سازی به اشباع کردن مواد و مصالح از آب گفته می شود.



۶-۴-۱- زمین لایی: بیش از دو سوم آن لای است و ماسه کمی دارد. این گونه زمینها حالت چسبندگی ندارند و تراکم پذیر نیستند و قابلیت بارگذاری ندارد.

۷-۴-۱- 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 ساختمان سازی نیست.

۸-۴-۱- زمین خاک دستی: که از تجمع نخاله های ساختمانی و یا خاک حاصل از خاکبرداری و حتی زباله به وجود آمده است و به علت عدم پیوستگی و یکنواختی آن ساختمان سازی بر روی آن به هیچ وجه توصیه نمی شود.

زمینها از نظر کندن و جا به جا کردن در واقع از دید اجرایی به پنج دسته تقسیم شده اند که به شرح زیر می باشند:

الف- زمین بیلی: که با بیل برداشته می شود و نیازی به کندن ندارد. مانند ماسه و شن و خرده سنگ. بدیهی است که این زمین فاقد چسبندگی می باشد.

ب- زمین پاییلی: که با بیل و فشار پا کنده می شود و نیاز به کندن با کلنگ ندارد. مانند شن و ماسه خاکدار مسیل ها و زمینهای زراعی.

ج- زمین کلنگی: که باید با کلنگ کنده شود. چسبندگی دانه های آن به یکدیگر از زمین پاییلی بیشتر است، بدنه گود کنده شده در زمین کلنگی، به ویژه پس از بارندگی باید به صورت عمودی بماند. این گونه زمینها قابلیت ساختمان سازی دارند.

د- زمین دج: بسته به سختی شان، با کلنگ، پتک یا کمپرسور کنده می شوند. آنها زمینهای شن بومی هستند که دانه های آنها به همدیگر چسبیده اند. بدنه گود کنده شده در این زمینها، به ویژه پس از بارندگی باید به صورت عمودی باقی بماند.

ه- 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 می شوند. کندن و جابه جا کردن آنها با دیلم و پتک و کمپرسور و گاهی اوقات مواد منفجره امکان پذیر است و قابلیت ساختمان سازی بر روی آنها وجود دارد.

## ۵-۱- نتایج

با توجه به مطالب توضیح داده شده به این نتایج رسیده ایم که:

- وزن ساختمان و کلیه افراد درون آن و ائاثیه داخل آن به زمین منتقل می شود، بنابراین

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

– زمین از لایه‌های مختلفی ساخته شده است، بنابراین براساس ظاهر زمین نمی‌توان در مورد مقاومت آن تصمیم صحیحی گرفت.

– اندازه 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.

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

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

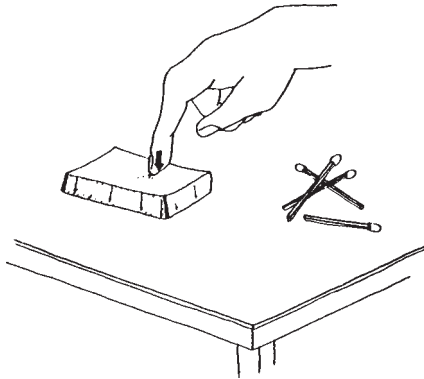
– شناسایی انواع زمینها از نظر «دانه‌بندی» و «کندن و حمل کردن» به منظور احداث بنا بر روی آنها اهمیت زیادی دارد.

– ساختمان‌سازی بر روی زمین رسی و گل‌آهکی، زمین لایی، لجنی و خاک دستی توصیه نمی‌شود.

## ۶-۱- پی (شالوده) چیست؟

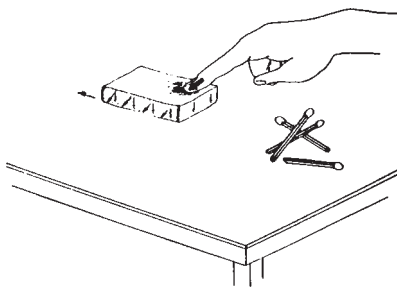
در مثالهای مربوط به قوطی کبریت متوجه شدیم که ساختمان نیروها را به زمین منتقل می‌کند، ولی این نیروها از چه طریق به زمین منتقل می‌شود؟ مسلماً کف ساختمان این وظیفه را به عهده ندارد. این نیروها از طریق دیوارها به زمین انتقال می‌یابند. فصل مشترک دیوار و زمین را یک توده منسجم که نه تنها بایستی بتواند بارهای ناشی از ساختمان را تحمل کند بلکه باید تحمل شرایط درون خاک را نیز بنماید، تشکیل می‌دهد. البته بی‌وظایف 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 اول: قسمت داخلی قوطی کبریت را بر روی میز قرار دهید و با انگشت دست بر روی آن همان طور که در شکل ۱-۱۰ ملاحظه می‌شود نیرو وارد کنید و عکس‌العمل آن را یادداشت نمایید.



شکل ۱-۱۰- آزمایش اول: به وسیله انگشت یکی از دستها بر روی قسمت داخلی قوطی کبریتی که به صورت واژگون بر روی میز قرار دارد نیرو وارد می‌کنیم.

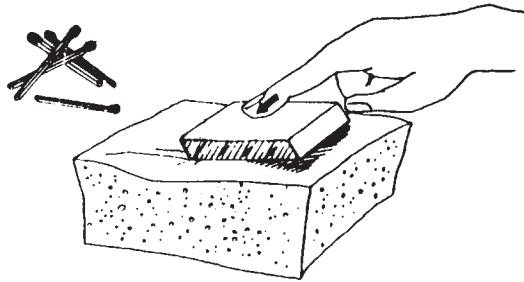
آزمایش دوم: قسمت داخلی قوطی کبریت را روی میز قرار داده و با انگشت دست به صورت



مایل همان طور که در شکل ۱۱-۱ ملاحظه می‌شود به آن نیرو وارد کنید و نتیجه عکس‌العمل آن را یادداشت کنید.

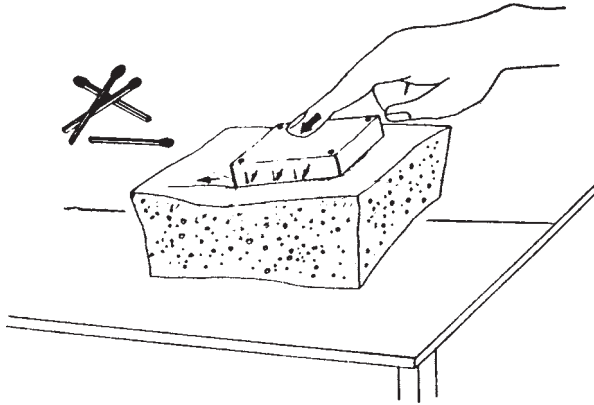
شکل ۱-۱۱- آزمایش دوم: بوسیله انگشت یکی از دستها به صورت مایل بر روی قسمت داخلی قوطی کبریتی که به صورت واژگون بر روی میز قرار دارد نیرو وارد می‌کنیم.

آزمایش سوم: آزمایش فوق را بر روی یک اسفنج انجام داده نتیجه را یادداشت نمایید (شکل ۱-۱۲).



شکل ۱-۱۲- آزمایش سوم: بوسیله 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 بوسیله چهار سوزن برابر شکل ۱۳-۱ در داخل اسفنج محکم کرده و سپس به صورت مایل به آن نیرو وارد کنید. نتیجه را در گزارش خود منعکس کنید.



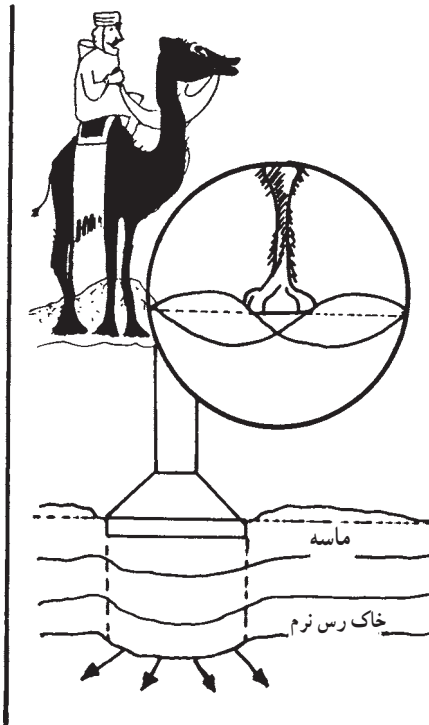
شکل ۱۳-۱- آزمایش چهارم: آزمایش سوم را بر روی قسمت داخلی قوطی کبریتی که به وسیله چهار سوزن در داخل اسفنج محکم شده است تکرار می کنیم.

آزمایش	نتیجه
شماره ۱	قوطی به صورت ثابت در جای خود باقی می ماند.
شماره ۲	قوطی در جهت نیرو به حرکت در می آید.
شماره ۳	قوطی با کمی جابه جایی در اسفنج فرو می رود.
شماره ۴	قوطی بدون جا به جایی در جای خود ثابت می ماند، و نیرو از طریق سوزنها به اسفنج منتقل می شود.

در واقع نتایج دیگری را می توان از آزمایشهای فوق بدست آورد. اول این که نیروها فقط به طرف ثقل زمین وارد نمی شوند، بلکه نیروهای افقی ناشی از باد و یا زلزله بر ساختمان وارد می گردند که انتقال آنها به زمین از اهمیت زیادی برخوردار است. دوم این که چنانچه ساختمان با زمین مرتبط نگردد، نمی تواند نیروها را به درستی به آن منتقل نماید.

تصور می رود با این چند مثال متوجه اهمیت وجودی پی در ساختمان شده اید، بی ها به طور معمول در زیر دیوارها و یا ستونها قرار می گیرند. بی نقش انتقال نیرو و توزیع آن در خاک را به عهد

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 ۱-۱۴ 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 در آن 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 ۱-۱۴- 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 میله 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 : پی نقش انتقال نیرو و همچنین توزیع آن به زمین زیرین را به عهده دارد.

هـ : برای توزیع نیرو در زمین «سطح پی» 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.)

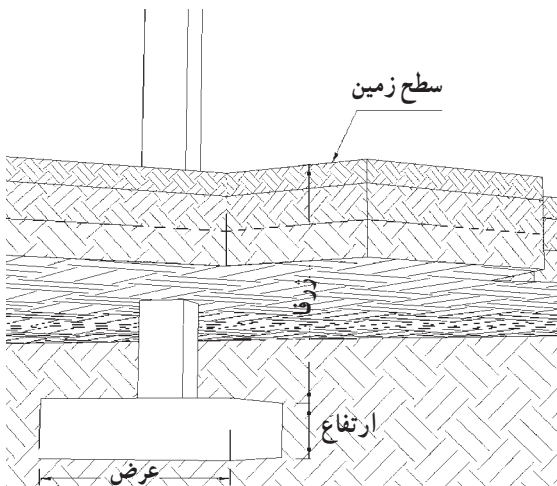
## ۷-۱- پی‌های سطحی

۷-۱-۱- تعاریف : طول، عرض، ارتفاع و ژرفای پی در شکل ۱۵-۱ 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: مجموعه بارهای زنده و مرده که در جهت مرکز ثقل زمین بر ساختمان وارد



شکل ۱۵-۱- مفهوم ژرفا، ارتفاع و عرض شالوده

می آید.

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

سازه: مجموعه اعضای از ساختمان که نیروهای وارده بر ساختمان را به زمین منتقل می کنند و موجب پایداری آن می شوند.

عضو سازه ای: هر عضو از مجموعه سازه را عضو سازه ای می نامند. بدیهی است پایداری هر ساختمان در گرو وجود کلیه اعضاء سازه در کنار یکدیگر می باشد.

اسکلت ساختمان: مجموعه اعضاء سازه ای ساختمان را اسکلت ساختمان می گویند، مانند تیر و ستون.

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

دیوار غیر باربر: چنانچه دیوار نقشی در انتقال نیروها نداشته باشد و در صورت تخریب یا حذف آن به پایداری ساختمان خدشه ای وارد نشود آن دیوار را اصطلاحاً دیوار غیر باربر می نامیم.

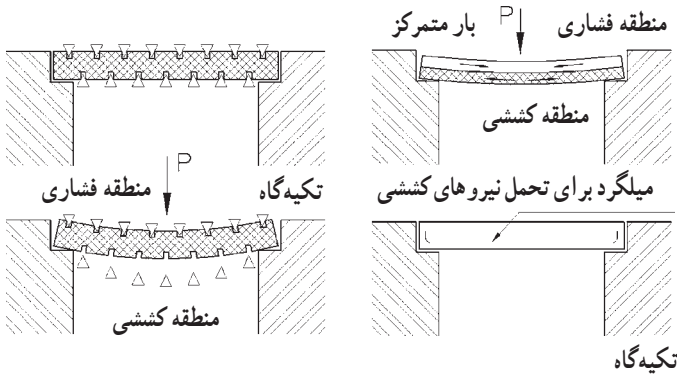
عمق یخبندان: پایینترین عمقی از خاک که آبها و رطوبت آن عمق در سرمای ناشی از سردترین روز سال منجمد می گردند را عمق یخبندان می گویند. بدیهی است این عمق بستگی به آب و هوای آن محدوده دارد.

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

نیروهای فشاری و کششی: به شکل ۱۶-۱ 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 می توانید با خط کش خود نیز انجام دهید. به این ترتیب سطح بالایی خط کش را نیروهای فشاری، فشرده می کنند و سطح پایینی خط کش یا تیر سقف را نیروهای کششی، کش می آورند.

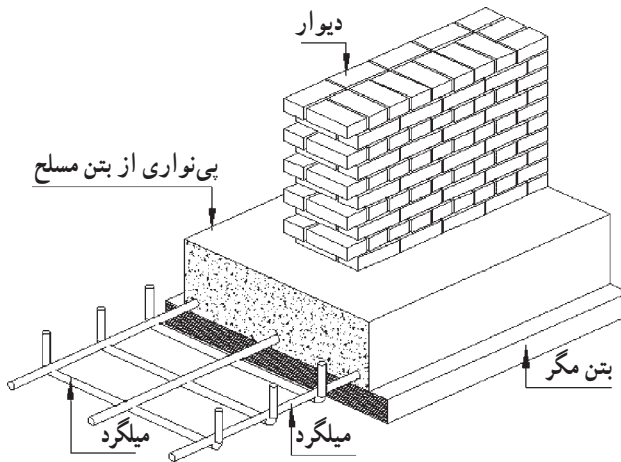
بتن غیر مسلح: بتنی که در آن میلگرد قرار نمی دهند را بتن غیر مسلح می نامند.

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



شکل ۱۶-۱- 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 ۱۷-۱ ملاحظه می‌شود) قرار می‌دهند.



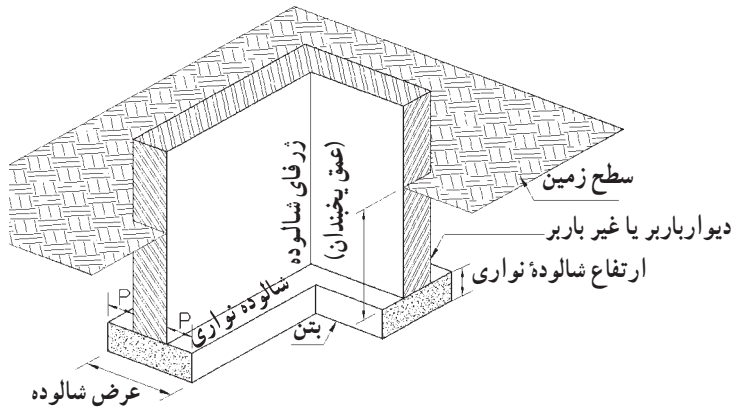
شکل ۱۷-۱- چگونگی قرارگیری میلگردها در بتن

## ۲-۷-۱- 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:

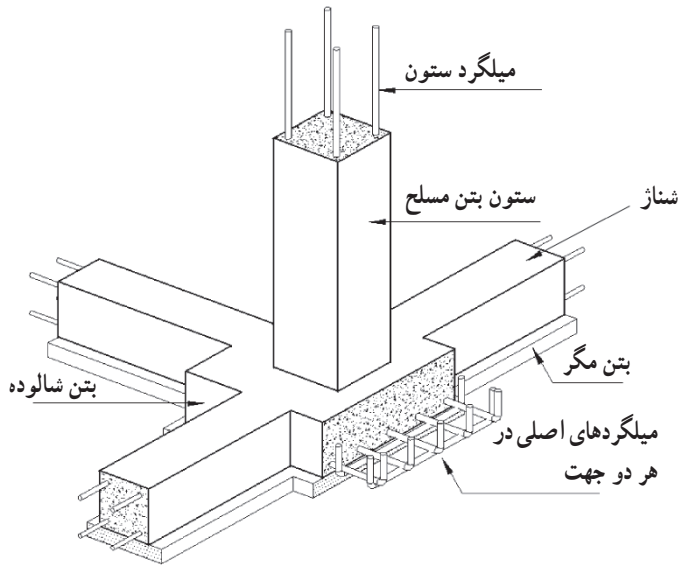
الف: اگر ساختمان کوتاه و فاقد اسکلت باشد و دیوارها برابر باشند، از پی‌های سطحی، نواری ممتد یا شالوده‌های نواری استفاده می‌کنیم. این شالوده‌ها همچنین در زیر دیوارهای غیر برابر نیز برای انتقال وزن آنها به زمین قرار می‌گیرند، شکل ۱۸-۱ این نوع شالوده‌ها را نمایش می‌دهد.





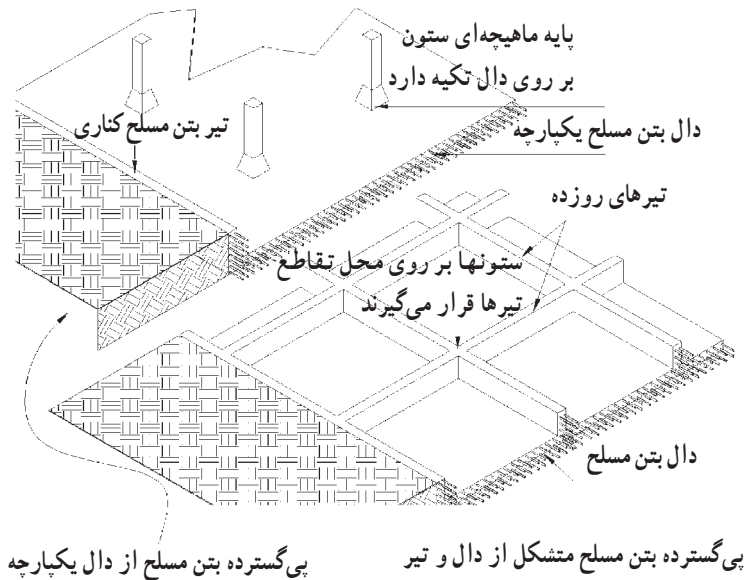
شکل ۱۸-۱- شالوده نواری و قسمتهای مختلف آن

ب: اگر ساختمان دارای اسکلت باشد از پی‌های سطحی منفرد یا شالوده‌های منفرد بهره‌می‌بریم در شکل ۱۹-۱ این نوع شالوده‌ها را می‌توانید ببینید.



شکل ۱۹-۱- شالوده 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 ۲۰-۱ دو نمونه از این نوع شالوده دیده می‌شود.



شکل ۲۰-۱- دو نمونه پی گسترده سطحی

### ۳-۷-۱- خصوصیات شالوده‌های نواری: در هنگام ساخت شالوده‌های نواری بایستی

به نکات زیر توجه داشته باشیم:

الف - 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 - 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  $2^{\circ}$  سانتیمتر برای زمین دج و  $8^{\circ}$  سانتیمتر برای زمین پایلی منظور می‌شود.

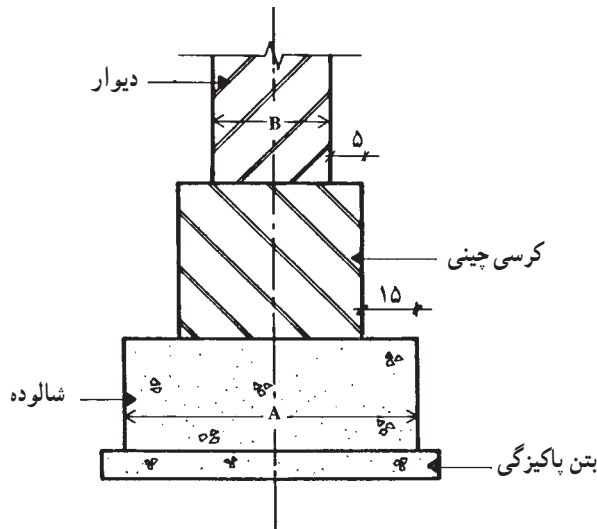
ج - سطح فوقانی شالوده بایستی عمیقتر از عمق یخبندان باشد تا در مقابل یخ‌زدگی آبهای درون خاک ایمن باشند. معمولاً عمقی برابر  $6^{\circ}$  سانتیمتر در مناطق با آب و هوای معتدل توصیه شده است.

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

ضخامت لایه بتن پاکیزگی به هیچ عنوان نباید کمتر از ۵ سانتیمتر باشد.  
 هـ - ابعاد شالوده به دو عامل بستگی دارد. اول مجموعه 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 ۲۱-۱).

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

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



شکل ۲۱-۱ - برای بدست آوردن عرض حدودی و حداقل شالوده در زمین خوب از رابطه  $A = B + 2 \times (15 + 5)$  استفاده می‌کنیم.

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

ح - ریختن بتن پاکیزگی یا بتن شالوده باید به مجرد اتمام عملیات گودبرداری صورت گیرد. به این 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، گل شده و کاملاً سست می‌شوند و یا در برابر هوا پوسته پوسته می‌شوند.

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

## ۸-۱- مصالح مختلف در پی‌های سطحی و نواری

### ۸-۱-۱ پی‌های شفته‌ای: پی‌سازی با شفته فقط برای ساختمانهای یک طبقه و یا

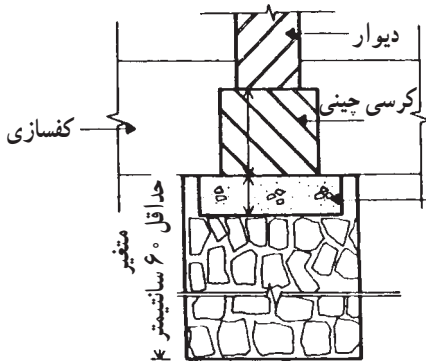
پی دیوارهای محوطه استفاده می‌شود و از ساده‌ترین انواع پی‌سازی است.

ساخت پی شفته‌ای 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  $20^{\circ}$  تا  $35^{\circ}$  کیلوگرم دوغاب آهک شکسته در هر متر مکعب شفته می‌باشد و دانه‌های سنگی درون خاک به طور متوسط نباید کمتر از  $3^{\circ}$  درصد باشند. این شفته را پس از مخلوط کردن در ضخامتهای  $3^{\circ}$  سانتیمتری در محل پی ریخته 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.

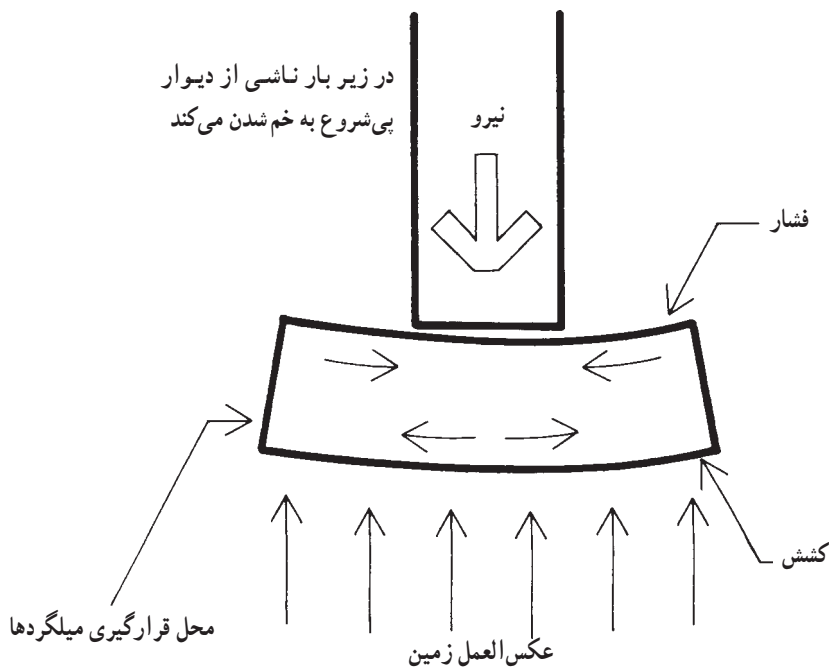
۲-۸-۱ پی‌های سنگی: زمانی که سنگ مناسب در محل موجود و عمق پی زیاد باشد از پی‌های سنگی همان طور که در شکل ۲۲-۱ ملاحظه می‌شود استفاده می‌کنیم. سنگی که برای پی‌سازی استفاده می‌کنیم از انواع سنگهای لاشه و شکسته می‌باشد. سنگهای قلوه رودخانه‌ای به علت صیقلی بودن سطح آنها مناسب نمی‌باشند. پس از پی‌کنی سنگهای 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.



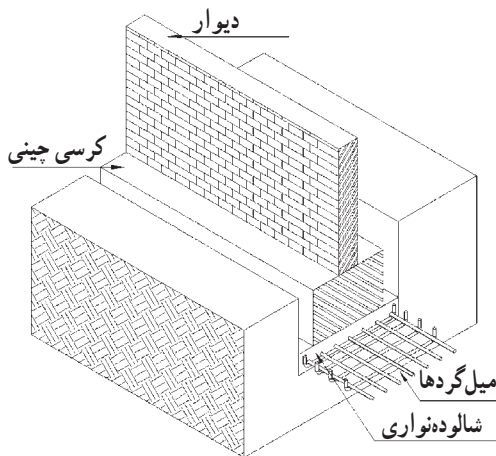
بتن ۲۰۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب  
لاشه چینی یا ملات ماسه آهک یا باتارد

شکل ۲۲-۱ در هنگامی که زمینی مناسب در عمق  
واقع شده است می‌توان از پی‌های سنگی استفاده کرد.

۳-۸-۱- پی های بتنی: امروزه توصیه می شود که پی کلیه ساختمانها را از بتن بسازند. بخصوص در مناطق زلزله خیز حتی برای ساختمانهای یک طبقه هم پی های بتنی مسلح که در تمام طول دیوارهای باربر ساختمان ادامه داشته و به یکدیگر متصلند به کار می روند. چنانچه با دقت به شکل های ۲۳-۱ و ۲۴-۱ دقت نمایید، شکل و خصوصیات پی های بتنی را متوجه خواهید شد.

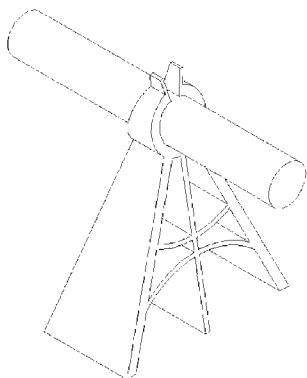


شکل ۲۳-۱- نحوه توزیع نیروها در مقطع شالوده نواری محل نیروهای کششی و بالطبع میلگردها را مشخص می کند.

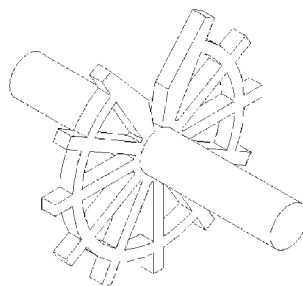


شکل ۲۴-۱- چگونگی قرارگیری میلگردها در شالوده نواری بتن مسلح

بمنظور تقویت پی‌ها، آنها را بوسیله 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. شالوده 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 محدوده وارد شدن نیروهای کششی یعنی سطح تحتانی قرار می‌دهند. این نکته را نباید از یاد ببریم که میلگرد باید حداقل  $2/5$  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 ۲۵-۱ ملاحظه می‌شود ایجاد می‌کنند.



فاصله نگهدار پایه‌دار



فاصله نگهدار چرخ‌جی جهت  
آرماتورهای عمودی یا افقی

شکل ۲۵-۱- برای حفظ پوشش بتنی اطراف میلگرد از فاصله نگهدار استفاده می‌کنند.

## پرسشهای فصل اوّل

- ۱- آزمایش خاک به چه ترتیب انجام می‌شود؟
- ۲- تأثیر وزن مخصوص فضایی خاک را در تاب تحمل خاک بیان کنید.
- ۳- تأثیر اندازه دانه‌های خاک را در افزایش تحمل آن بیان کنید.
- ۴- تأثیر شکل دانه‌های خاک را در افزایش تحمل آن بیان کنید.
- ۵- تأثیر نسبت دانه‌بندی خاک را در افزایش تحمل آن بیان کنید.
- ۶- به غیر از ماهیت خاک چه نکات دیگری را هنگام شناسایی زمین باید مورد مطالعه قرار

دهیم؟

- ۷- تأثیر آب بر خاک را تعریف کنید.
- ۸- انواع زمینها را از نظر جنس و دانه‌بندی تعریف کنید.
- ۹- انواع زمینها را از نظر کندن و جابه‌جا کردن بیان کنید.
- ۱۰- بی چیست؟
- ۱۱- بی‌های سطحی یا شالوده‌ها کدامند؟
- ۱۲- شالوده نواری را تعریف کرده نکاتی را که در ساخت آن باید در نظر داشت بیان کنید.
- ۱۳- بی‌های شفته‌ای را تعریف نمایید.
- ۱۴- بی‌های سنگی را تعریف نمایید.
- ۱۵- بی‌های بتنی را تعریف نمایید.