

# واحد کاراؤل

## توانایی تشخیص انواع پی های ساختمانی

### هدف کلی

تشخیص انواع پی و زمین زیر آن

هدف های رفتاری: فراگیر پس از گذراندن این واحد کار باید بتواند:

- ۱- خاک را تعریف کند.
- ۲- انواع خاک را از نظر دانه بندی نام ببرد.
- ۳- انواع زمین را نام ببرد.
- ۴- پی را تعریف نماید.
- ۵- انواع پی را از نظر مصالح مصرفی شرح دهد.
- ۶- انواع پی را از نظر سیستم ساخت توضیح دهد.
- ۷- عوامل تأثیرگذار در تشخیص پی را نام ببرد.

ساعات آموزش

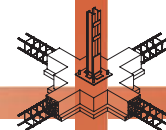
۷

نظری

۸

عملی





# پیش آزمون (۱)

## سوالات تشریحی

- ۱- سه نمونه از زمین های اطراف خود را که می شناسید، نام ببرید.
- ۲- عوامل مؤثر در مقاومت خاک را نام ببرید.
- ۳- به نظر شما ساختمان سازی روی چه زمین هایی نمی تواند مناسب باشد؟ توضیح دهید.
- ۴- نقش پی در ساختمان را با یک مثال نشان دهید.
- ۵- انتخاب نوع مصالح به کار رفته در ساخت پی به چه عوامل بستگی دارد؟ نام ببرید.
- ۶- در ساختمان هایی با مصالح بنایی، وزن بنا چگونه به زمین منتقل می شود؟ توضیح دهید.
- ۷- خاک را تعریف کنید؟
- ۸- عوامل تأثیرگذار در محاسبه ی ابعاد پی را نام ببرید.
- ۹- آیا می توانید توضیح دهید وظیفه ی پی در ساختمان چیست؟

پاسخ:





## سؤالات چهارگزینه‌ای

- ۱- دیوار حائل به منظور کدام یک از گزینه‌های زیر به کار نمی‌رود؟  
الف) مقابله با حرکت خاک  
ب) مقابله با نیروی جانبی  
ج) مانع رطوبت  
د) حرکت کوه
- ۲- در صورتی که ارتفاع دیوار حائل بیش از  $1/5$  تا  $2$  متر باشد، برای جلوگیری از واژگونی چه می‌کنند؟  
الف) از پشت بند استفاده می‌کنند.  
ب) دیوار به صورت پله‌ای ساخته می‌شود.  
ج) دیوار ثقلی ساخته می‌شود.  
د) سه گزینه صحیح است.
- ۳- در ساختمان‌های پیش ساخته‌ی صنعتی از چه نوع عایقی بر روی دیوارها استفاده می‌شود؟  
الف) پلی اورتان  
ب) ساندویچ پانل  
ج) سیپورکس  
د) بلوک بتنی سبک
- ۴- آخرین عضوی که بارسقف را به زمین منتقل می‌کند.... نام دارد.  
الف) ستون  
ب) سقف  
ج) دیوار  
د) پی
- ۵- ملات مصرفی در بنایی با سنگ از نوع.... و با نسبت..... است.  
الف) ملات باتارد-نسبت ۱:۶  
ب) ملات ماسه و سیمان- نسبت ۱:۵  
ج) ملات ماسه و سیمان- نسبت ۱:۱  
د) ملات باتارد-نسبت ۱:۲



## ۱-۱-۱- خاک



شکل ۱-۱ خاک طبیعی

۱-۱-۱- تعریف خاک: خاک‌ها مخلوطی از مواد معدنی و آلی هستند که از تجزیه و تخریب سنگ‌ها در نتیجه‌ی هوازدگی به وجود می‌آیند. البته نوع و ترکیب خاک‌ها در مناطق مختلف بر حسب شرایط آن ناحیه متفاوت است.

شکل ۱-۱ خاک طبیعی را نشان می‌دهد.

از نظر کشاورزی و یا کارهای ساختمانی و راه‌سازی، مقدار آبی که خاک‌ها می‌توانند جذب کنند دارای اهمیت بسیاری است که این مقدار در درجه‌ی اول بستگی به اندازه‌ی دانه‌های خاک دارد.

هرچه دانه‌های خاک ریزتر باشد، آب بیش‌تری را به خود جذب می‌کند که این خصوصیت برای کارهای ساختمان‌سازی مناسب نیست. به طور کلی خاک خوب از دانه‌بندی ریز و درشت تشکیل شده است (شکل ۱-۲). تشکیل خاک‌ها به گذشت زمان، مقاومت سنگ اولیه یا مادر سنگ، آب و هوا، فعالیت موجودات زنده و بالاخره توپوگرافی (عوارض طبیعی زمین) ناحیه‌ای که خاک در آن تشکیل شده بستگی دارد.

به عبارت دیگر: «خاک» به قشر عظیم و پراکنده‌ی سیار و یا ثابت که از ذرات مختلف و با اندازه‌ها و شکل‌های گوناگون تشکیل می‌شود، گویند.



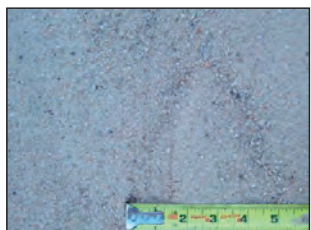
شکل ۱-۲ لایه‌های مختلف خاک با دانه‌بندی متفاوت



شکل ۱-۳  
ماسه، مخصوص راه‌سازی



شکل ۱-۴  
ماسه، مخصوص ساختمان‌سازی



شکل ۱-۵  
ماسه‌ی ساحلی مخصوص زمین‌های بازی

## ۱-۱-۲- طبقه‌بندی خاک: اندازه و شکل دانه‌های

خاک تا حدودی در رفتار خاک‌ها موثرند. بنابراین طبقه‌بندی خاک‌ها براساس اندازه‌ی دانه‌های آن خواهد بود. بعضی از دانه‌های خاک قابل رویت است و بعضی دیگر از دانه‌ها را باید به وسیله‌ی ذره‌بین‌های قوی مشاهده نمود. در مورد خاک‌هایی که دانه‌های آن بسیار ریز است از خاصیت خمیری خاک در طبقه‌بندی آن‌ها استفاده می‌شود.

شکل‌های ۱-۳ و ۱-۴ و ۱-۵ برخی از انواع خاک را نشان می‌دهد.



۳-۱-۱-انواع خاک: خاک‌ها بر اساس اندازه‌ی قطر ذراتشان به دو دسته‌ی درشت‌دانه و ریزدانه طبقه‌بندی می‌شوند.

قلوه سنگ، شن و ماسه از گروه خاک‌هایی هستند که اندازه‌ی دانه‌های آن درشت بوده و به آسانی قابل رویت‌اند. این نوع خاک‌ها به نام خاک‌های «درشت‌دانه» مشهوراند (شکل‌های ۱-۶ و ۱-۷ و ۱-۸).



شکل ۱-۶ قلوه سنگ



شکل ۱-۷ شن



شکل ۱-۸ ماسه

لای، رس، کلوئیدها<sup>۱</sup> و لجن از گروه خاک‌هایی هستند که اندازه‌ی دانه‌های آن بسیار ریز بوده و به آسانی قابل رویت نمی‌باشند و به نام خاک‌های «ریزدانه» مشهوراند (شکل‌های ۱-۹ و ۱-۱۰ و ۱-۱۱).



شکل ۱-۹ لای



شکل ۱-۱۰ رس



شکل ۱-۱۱ لجن



شکل ۱-۱۲ رطوبت درخاک

۴-۱-۱-مقاومت خاک: هر قدر خاک دارای دانه‌بندی پیوسته و رطوبت مناسبی باشد، از مقاومت باربری بهتری برخوردار بوده و امکان ساخت و ساز را در حجمی بالاتر میسر می‌سازد و در صورت عدم پیوستگی دانه‌بندی خاک و درصد زیاد رطوبت در آن، ساختن بنا امکان‌پذیر نیست (شکل ۱-۱۲).

۱- ذراتی به قطر کم‌تر از ۲ میکرون مانند رس‌ها و هوموس‌ها (مواد آلی) که در خاک موجودند و خاصیت جذب آب را در خاک ایجاد می‌نمایند.  
\* ۱ میکرون برابر است با ۰/۰۰۰۱ میلی‌متر



## ۱-۲- نوع زمین از نظر ساختمان سازی

مهم‌ترین مسأله‌ای که قبل از احداث هر بنا و ساختمانی بسیار حائز اهمیت است، شناخت کامل زمین از نظر مقاومت و نوع خاک (مکانیک خاک) آن است. چه بسا در صورت عدم توجه به این موضوع ممکن است باعث خسارات جانی و مالی جبران‌ناپذیری شود.

لذا برای اینکه عوامل مختلف (از قبیل حفره‌ها، مسیرقنوات، چاه‌های فاضلاب و تشکیلات زمین شناسی) در طرح به حد کفایت شناخته شوند، باید با به کارگرفتن وسایل و امکانات لازم، خاک را برای تعیین مقاومت، جهت ساخت و ساز آزمایش نمود (شکل‌های ۱-۱۳ و ۱-۱۴).



شکل ۱-۱۳- کندن زمین با وسایل مکانیکی



شکل ۱-۱۴- آزمایشگاه مکانیک خاک

### ۱-۲-۱- زمین‌های با خاک دستی: به آن دسته از

زمین‌هایی اطلاق می‌گردد که از بقایای ساختمان‌هایی که در اثر عوامل طبیعی مانند زلزله و رانش زمین و سیل و... و عوامل غیرطبیعی چون تخریب بناهای قدیمی و... به جا مانده‌اند. این نوع زمین‌ها دارای معایب فراوان بوده و برای ساخت و ساز توصیه نمی‌شود (شکل ۱-۱۵).



شکل ۱-۱۵- خاک دستی

### ۱-۲-۲- زمین‌های ماسه‌ای: به آن دسته از

زمین‌هایی گفته می‌شود، که از مقاومت فشاری در حدود ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع برخوردار بوده و امکان ساخت و ساز را بر روی آن با رعایت اصول ایمنی فراهم می‌سازد. ولی تا حد امکان باید از ساختن بنا روی زمین‌های ماسه‌ای، بدون در نظر گرفتن شرایط خاص اجتناب شود. نمونه‌ی این زمین‌ها را می‌توان به وفور در کناره‌های ساحل دریا مشاهده نمود (شکل ۱-۱۶).



شکل ۱-۱۶- زمین ماسه‌ای


⚠ - زمین‌های ماسه‌ای می‌تواند بار ساختمان یک طبقه را تحمل کند.



شکل ۱-۱۷ زمین دج

۳-۲-۱- زمین های دج: به آن دسته از زمین هایی که از شن های ریز و درشت و خاک تشکیل شده باشد و مقاومت فشاری آن حدود ۴/۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع پیش بینی گردد، زمین دج گفته می شود. این نوع زمین ها به رنگ های زرد و سرخ و سیاه وجود دارد و برای ساخت و ساز بسیار مناسب است (شکل ۱-۱۷).

به علت اینکه دانه های خاک زمین های دج از پیوستگی خوبی برخوردار است، به سختی با (کلنگ، پتک، مته دستی و کمپرسور) کنده می شود.

- مناسب ترین خاک برای ساختمان سازی  
خاکی به رنگ سیاه قهوه ای است که نفوذ آب در آن کم و به سختی صورت پذیرد.



شکل ۱-۱۸ زمین مخلوط

۴-۲-۱- زمین های مخلوط: به آن دسته از زمین هایی که از قلوه سنگ، شن، ماسه و خاک رس تشکیل شده و چنانچه عناصر متشکله ای آن کاملاً درهم فشرده و متراکم شده باشند زمین های مخلوط گویند. مقاومت فشاری این نوع زمین ها در حدود ۲/۵ تا ۵ کیلوگرم بر سانتی مترمربع است و در صورتی که از تراکم مناسب برخوردار نباشد، برای ساختن بنا مناسب نیست (شکل ۱-۱۸).



شکل ۱-۱۹ زمین سنگی

۵-۲-۱- زمین های سنگی: به زمین های موجود در دامنه ی کوه ها که از تخته سنگ های بزرگ و یکپارچه تشکیل شده و دارای مقاومت فشاری حدود ۴۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع است، اطلاق می گردد. اگر این زمین ها از سنگ های گچی و آهکی باشد، برای ساخت و ساز مناسب نیست. به علت سختی زیاد این زمین ها پی کنی با هزینه ی بسیار سنگین صورت می پذیرد (شکل ۱-۱۹).



شکل ۲۰-۱ زمین لجنی

۶-۲-۱- زمین های نامناسب: به آن دسته از زمین هایی اطلاق می شود که تنها با وسایل و ماشین آلات جدید و با تکنیک پیشرفتهی امروزی می توان از آن بهره برداری نمود. در غیر این صورت هرگونه ساخت و ساز به روش قدیمی بر روی آن ممکن نیست. این زمین ها عبارتند از: زمین های باتلاقی، هوموسی (خاک و برگ) و لجن زار (شکل ۲۰-۱).



شکل ۲۱-۱ زمین رسی

۷-۲-۱- زمین های رسی: این نوع زمین ها در صورتی که خشک و بی آب بوده و فشرده شوند، دارای مقاومت فشاری حدود ۴ تا ۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع است، بنابراین قابلیت ساختن بنا در آن مقدور می باشد. در غیر این صورت هرگز برای ساخت و ساز پیشنهاد نمی شود چون با ازدیاد رطوبت، مقاومت فشاری آن شدیداً کاهش می یابد (شکل ۲۱-۱).



بیش تر بدانیم



علت اصلی ریختن این ساختمان، تراوش آب باران به زیرشمع ها، از بین رفتن اصطکاک شمع ها با خاک و در نتیجه بریده شدن آن ها و در نهایت فرو افتادن این ساختمان ۱۳ طبقه است.



۱- حفاری قسمت جنوبی و دپوی خاک در قسمت شمالی ساختمان

۲- بارش باران و تراوش آب به زیر بی ساختمان

۳- تغییر مکان ناگهانی ساختمان و گسیخته شدن شمع ها در اثر فشار جانبی متغیر

۴- شکسته شدن شمع ها و سقوط ساختمان به سمت جنوبی

شکل ۲۲-۱ ریزش ساختمان ۱۳ طبقه در شانگهای چین



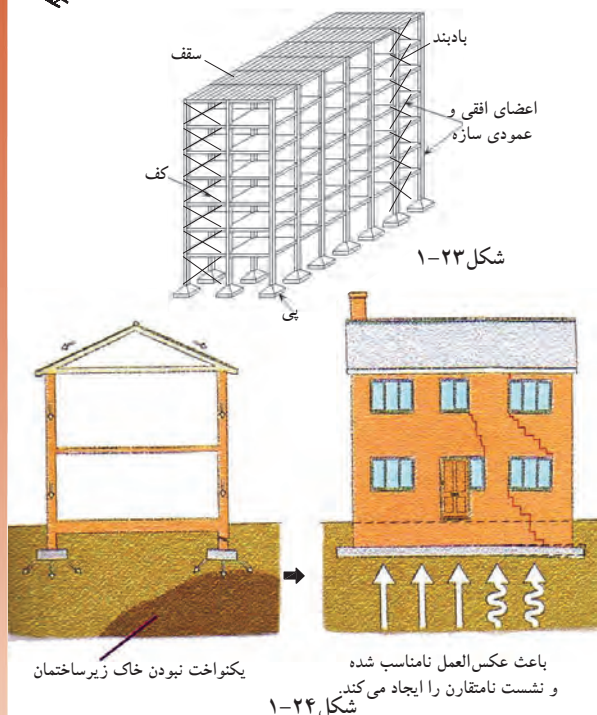
۵- سقوط ساختمان به طور یکپارچه و بدون از هم گسیختگی ترکیب ساختمان





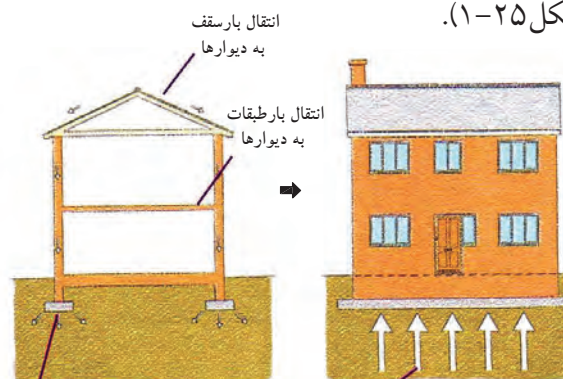
### ۱-۳- پی‌های ساختمانی

پی به عنوان یکی از اعضای باربر ساختمان وظیفه‌ی توزیع و انتقال وزن ساختمان به زمین را دارد (شکل ۱-۲۳). طراحی یک پی مناسب، به خصوصیات خاک زیر آن از یک طرف و مقدار وزن سازه‌ی روی آن از طرف دیگر بستگی دارد (شکل ۱-۲۴ و شکل ۱-۲۵).



یکنواخت نبودن خاک زیر ساختمان

شکل ۱-۲۴



شکل ۱-۲۵



شکل ۱-۲۶

سازه: به مجموعه‌ی اعضای افقی، عمودی و مورب ساختمان، که نقش انتقال بارهای قائم و جانبی (مرده، زنده، باد، زلزله) زمین را به عهده دارد، اطلاق می‌شود.

شکل ۱-۲۶ اجرای پی سنگی یک ساختمان و شکل ۱-۲۷ یک سازه‌ی اسکلت بتنی را نشان می‌دهد.

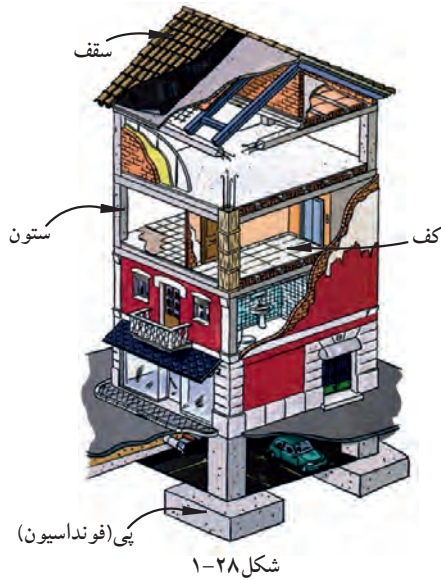


شکل ۱-۲۷

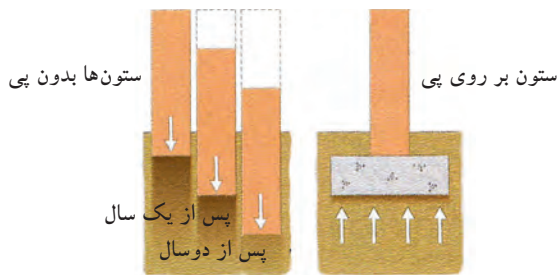
گاهی پی‌ها برحسب شرایط اقلیمی و بارگذاری چندین متر زیر سطح زمین احداث می‌شوند.

#### ۱-۳-۱- تعریف پی (شالوده یا فنداسیون):

پی حد فاصل بین ساختمان (بنا) و زمین است. به بیانی دیگر ساختمان به وسیله‌ی پی به زمین متصل شده و بارهای قائم وارده را که شامل وزن حاصل از ستون‌ها، دیوارها، سقف‌ها و ... و همچنین بارهای افقی (باد و زلزله) را دریافت کرده و به یک نسبت مشخصی پخش و به زمین منتقل می‌کند.



شکل ۱-۲۸



شکل ۱-۲۹ تأثیر بار بر روی پی و زمین



شکل ۱-۳۰ آهک سرند (الک) شده و آماده برای ساخت شفته



شکل ۱-۳۱ اجرای شفته آهک در فونداسیون

شکل ۱-۲۸ ارتباط پی با زمین و ساختمان را

نشان می‌دهد.

ساختمان‌های بدون پی به مرور زمان دچار نشست شده و در نتیجه این نشست در ساختمان ترک ایجاد می‌گردد و مقاومت بنا در برابر بارهای وارده از بین می‌رود (شکل ۱-۲۹).

ابعاد پی بستگی کامل به وزن بنا، نیروهای وارد بر آن (مرده و زنده و بارهای جانبی)، نوع خاک و مقاومت فشاری زمین دارد.

۱-۳-۱-۱-۱ بارمرده: عبارتست از وزن اجزای

ثابت ساختمان که شامل وزن دیوارها، ستون‌ها، سقف‌ها و بازشوها و... .

۱-۳-۱-۲-۱ بارزنده: عبارتست از وزن افرادی

که از ساختمان استفاده می‌نمایند و اشیای مرتبط به آن‌ها که قابل جابه جایی و تغییر است مانند مبلمان و...

۱-۳-۱-۳-۱ بارهای جانبی: نیروهای حاصل

از عوامل طبیعی مانند باد، طوفان و رانش زمین و زلزله.

پی‌ها را از نظر نوع مصالح مصرفی و سیستم ساخت

آن می‌توان به دو گروه تقسیم نمود:

۱-۳-۲-۱ انواع پی از نظر مصالح مصرفی:

این پی‌ها شامل: الف) پی شفته‌ای، ب) پی آجری،

ج) پی سنگی، د) پی فلزی، ه) پی بتنی.

الف) پی شفته‌ای: این نوع پی ساده‌ترین و درعین

حال ابتدایی‌ترین پی برای ساختمان‌های کوچک با

طبقات کم آجری (مصالح بنایی) است. «شفته»، خمیری

است از مخلوط خاک، شن، گردآهک و آب که درهر

مترمکعب خاک آن بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم گردآهک

به کارمی‌رود و گاهی در صورت لزوم مقداری قلوه

سنگ به آن می‌افزایند (شکل‌های ۱-۳۰ و ۱-۳۱).



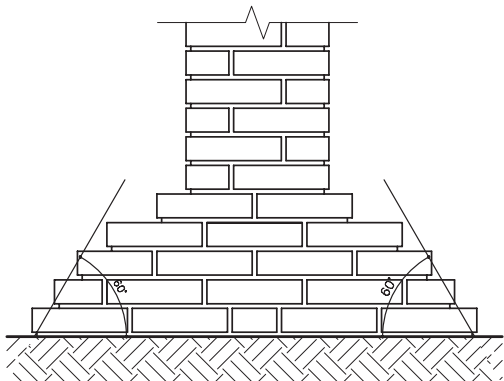
شکل ۱-۳۲ پی سنگی با سنگ لاشه



شکل ۱-۳۳ پی سنگی



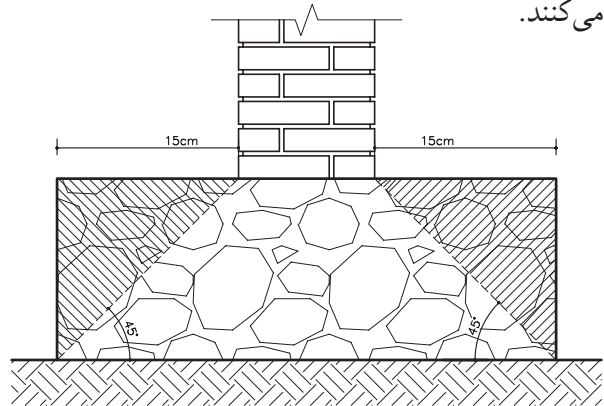
شکل ۱-۳۵ پی آجری



شکل ۱-۳۶ پی آجری با زاویه پخش بار در پی های آجری ۶۰ درجه است.

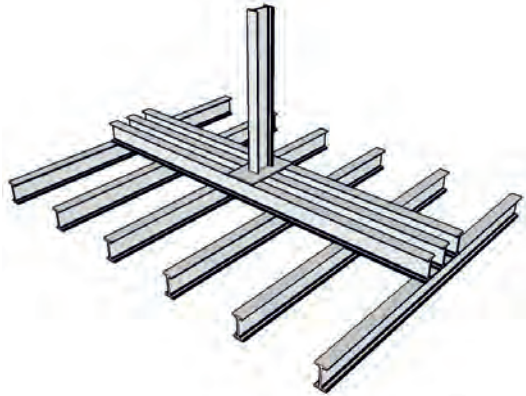
ب) پی سنگی: این پی با استفاده از سنگ های طبیعی در مناطقی که سنگ با قیمت ارزان در دسترس است ساخته می شود. سنگی که برای این گونه پی ها انتخاب می گردد باید سالم (نیوسیده) بوده و از انواع سنگ های لاشه ی شکسته باشد (شکل های ۱-۳۲ و ۱-۳۳). سنگ های قلوه ای به علت صیقلی و مدور بودن آن برای پی سازی مناسب نیست زیرا حالت ناپایداری به پی می دهد. سطح پی های سنگی نسبت به دیوارهای روی آن وسیع تر بوده و به عنوان ریشه از هر طرف دیوار حداقل ۱۵ سانتی متر گسترش داشته باشد. زاویه ی پخش بار در پی های سنگی ۴۵ درجه است (شکل ۱-۳۴).

پی سازی با سنگ با دو نوع ملات صورت می گیرد: چنانچه فشار بار وارده کم باشد از ملات گل و آهک و اگر بار زیاد باشد از ملات ماسه و سیمان استفاده می کنند.

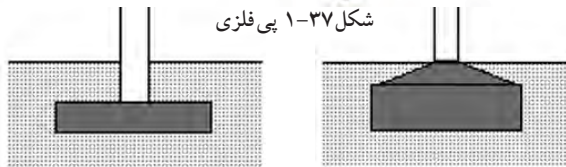


شکل ۱-۳۴ پی سنگی با زاویه پخش بار در پی های سنگی ۴۵ درجه است.

ج) پی آجری: از پی های آجری در مواقعی استفاده می شود که ساختمان کوچک و بار وارده ی آن نیز کم باشد (شکل ۱-۳۵). این پی نیز مانند پی های سنگی دارای ریشه ای به اندازه ی ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر از طرفین دیوار روی آن است. برای این منظور لازم است که عرض پی کنی آجری نیز ۳۰ تا ۴۰ سانتی متر از عرض دیوار بیش تر باشد. این مقدار اضافه در عرض پی کنی عمل آجرچینی در داخل پی را آسان ترمی نماید. برای صرفه جویی در مصرف آجر بهتر است شکل پی به صورت پلکانی اجرا شود این عمل باعث می شود که بار با زاویه ی ۶۰ درجه به زمین منتقل شود (شکل ۱-۳۶).

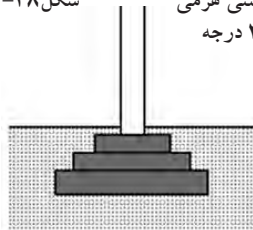


د) پی فلزی: در صورتی که بارهای وارده بر ستون زیاد و مقاومت فشاری زمین (خاک)، از حد مجاز کم تر باشد، گاهی برای ستون‌های فولادی از پی‌های باشبکه‌ی فولادی (شکل ۳۷-۱) استفاده می‌شود اما امروزه جهت صرفه‌جویی اقتصادی امکان استفاده از پی‌های فلزی مقدور نمی‌باشد. لذا پی‌های بتن مسلح جایگزین این نوع پی‌ها گردیده است.

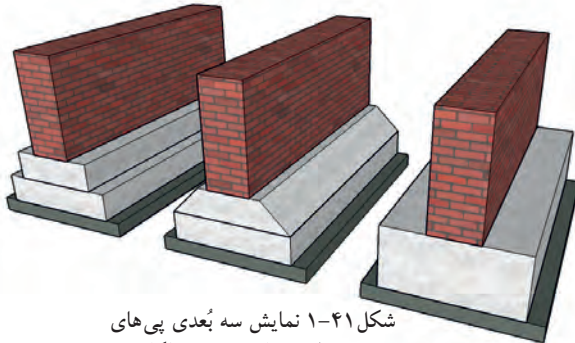


شکل ۳۸-۱ پی بتنی ساده

شکل ۳۹-۱ پی بتنی هرمی با زاویه‌ی ۳۰ درجه



شکل ۴۰-۱ پی بتنی پلکانی با زاویه‌ی ۴۵ درجه



شکل ۴۱-۱ نمایش سه بُعدی پی‌های بتنی نواری ساده، هرمی، پلکانی

ه) پی بتنی (بتن مسلح)<sup>۱</sup>: بتن را می‌توان یکی از مقاوم‌ترین و مستحکم‌ترین سنگ‌های مصنوعی دانست. لذا پی‌هایی که با بتن ساخته می‌شوند بهترین پی در کارهای ساختمانی به شمار می‌آیند. امروزه توصیه می‌شود که پی کلیه‌ی ساختمان‌ها را با بتن مسلح بسازند.

در مناطق زلزله‌خیزی نظیر شهرهای جنوب خراسان، دامنه‌های سلسله جبال البرز، قزوین، برای ساختمان‌های سبک و یک طبقه نیز پی‌های بتنی از نوع نواری اجرا می‌گردد. زاویه‌ی پخش بار در پی‌های بتنی بین ۳۰ تا ۴۵ درجه است لذا می‌توان این گونه پی‌ها را پلکانی و یا به صورت هرم ناقص (شکل‌های ۳۸-۱ و ۳۹-۱ و ۴۰-۱) ساخت و از مصرف اضافی بتن صرفه‌جویی نمود.

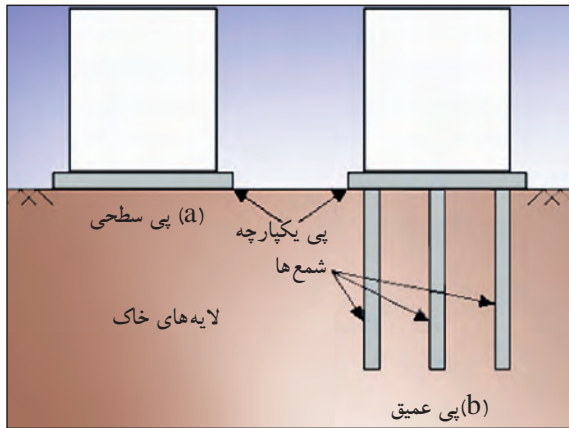
شکل ۴۱-۱ تصویر سه بُعدی از پی نواری بتنی به شکل‌های متفاوت را نشان می‌دهد.

ضمناً باید توجه داشت چنان چه پی از نوع بتن مسلح باشد ابتدا باید مطابق نقشه‌ی اجرایی آرماتور (میلگردگذاری) در قالب پیش‌بینی شده قرار داده، سپس بتن‌ریزی صورت گیرد (از پی‌های بتن مسلح در ساختمان‌های اسکلت فلزی و اسکلت بتنی استفاده می‌شود) (شکل ۴۲-۱).



شکل ۴۲-۱ پی بتن مسلح

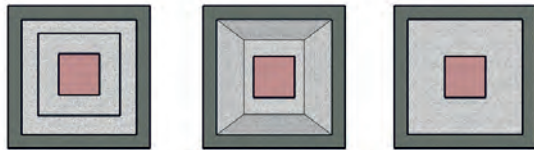
۱- به بتن مسلح شده با میلگرد (آرماتور)، بتن آرمه یا بتن مسلح گفته می‌شود.



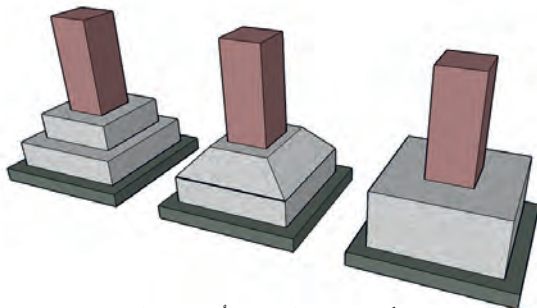
شکل ۱-۴۳ پی‌های سطحی و غیرسطحی



شکل ۱-۴۵ پی تکی (منفرد)



شکل ۱-۴۶ پلان (نمای بالا) از پی‌های بتنی مسلح منفرد ساده، هرمی، پلکانی



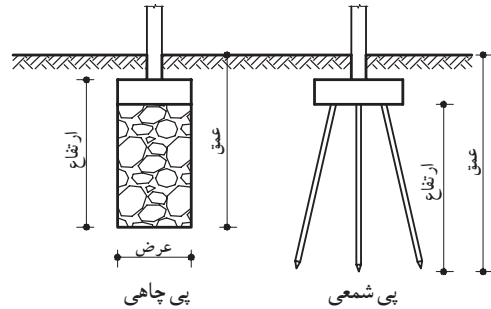
شکل ۱-۴۷ نمایش سه بُعدی پی‌های بتنی مسلح منفرد ساده، هرمی، پلکانی

### ۳-۳-۱- انواع پی از نظر سیستم ساخت:

پی‌ها از نظر سیستم ساخت به دو دسته کلی پی‌های سطحی<sup>۱</sup> و پی‌های غیرسطحی<sup>۲</sup> (عمیق) تقسیم می‌شود (شکل ۱-۴۳):

- پی‌های سطحی شامل: تکی یا منفرد، نواری، صفحه‌ای یا گسترده یا رادیه ژنرال، مشترک، باسکولی و پی کلاف شده می‌باشد.

- پی‌های غیرسطحی شامل: پی‌های نیمه عمیق یا چاهی، عمیق یا شمعی است (شکل ۱-۴۴).



شکل ۱-۴۴ پی‌های غیرسطحی

### الف) پی‌های سطحی

- پی تکی (منفرد)<sup>۳</sup>: معمولاً از پی‌های تکی در مواقعی استفاده می‌شود که بارورده از طرف ساختمان نسبتاً کم بوده و تعداد طبقات ۳ الی ۴ طبقه باشد از طرفی احتمال نشست غیریکنواخت زمین<sup>۴</sup> وجود نداشته باشد (شکل ۱-۴۵).

در ساختمان‌های اسکلت فلزی چون تمام بارها ابتدا به ستون‌ها وارد می‌شود و ستون‌ها بار را به پی‌ها منتقل می‌نمایند، لازم است پی از نوع بتن مسلح (بتن آرمه) استفاده گردد. در این گونه موارد پی‌های بتن مسلح از نوع تکی (منفرد) اجرا می‌شود.

سطح مقطع پی‌های تکی (منفرد) دارای شکل‌های مربع، مربع مستطیل، چندضلعی، دایره است که برای صرفه‌جویی در مصرف مصالح می‌توان آن‌را به صورت پلکانی یا شیب‌دار اجرا نمود (شکل‌های ۱-۴۶ و ۱-۴۷).

۱- Shallow Foundation  
۲- Deep Foundation  
۳- Pad Foundation

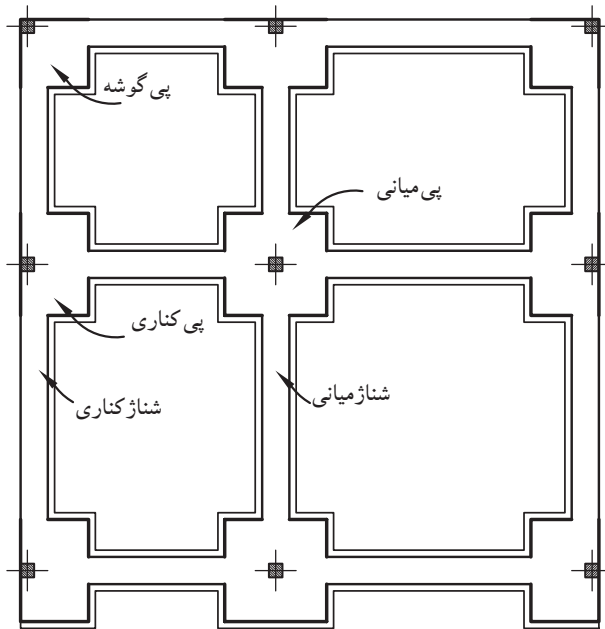
۴- به دلیل نامتقارن بودن بارستون‌ها، در صورت نشست یکنواخت زمین و در هنگام زلزله، احتمال جابه‌جایی سطحی پی‌های تکی (بدون کلاف بندی) وجود دارد، بنابراین امروزه پی‌ها را به صورت پی‌های تکی کلاف بندی شده، اجرا می‌کنند.



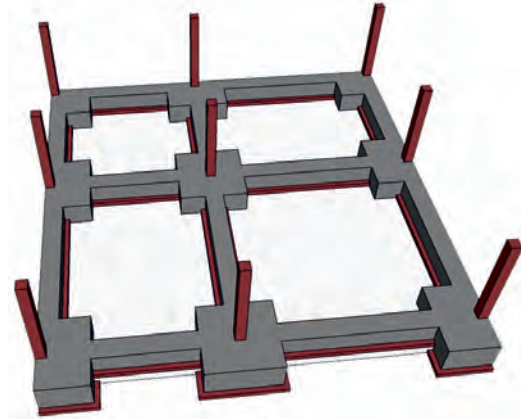
شکل ۴۸-۱ آرماتورگذاری پی تکی کلاف بندی شده

- پی تکی کلاف شده: هرگاه پی های تکی (منفرد) توسط شناژهایی از بتن مسلح (آرمه) به یکدیگر متصل و کلاف گردند، پی را «کلاف شده» می نامند (شکل ۴۸-۱).

پی های کلاف شده بهترین نوع پی در مناطق زلزله خیز به شمار می رود. زیرا در هنگام زلزله شناژها از جابه جایی پی ها جلوگیری نموده و باعث می شوند که در فاصله ی پی ها از یکدیگر تغییری حاصل نگردد (شکل های ۴۹-۱ و ۵۰-۱).



شکل ۴۹-۱ پلان پی تکی کلاف بندی شده



شکل ۵۰-۱ نمایش سه بعدی پی تکی کلاف بندی شده

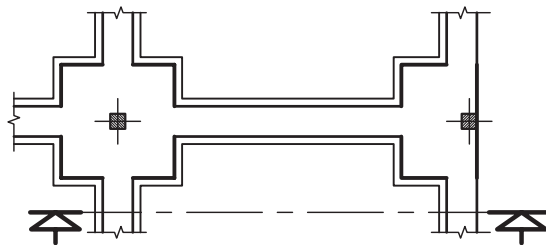
اتصال و یا کلاف پی و شناژ به دو صورت انجام

می شود:

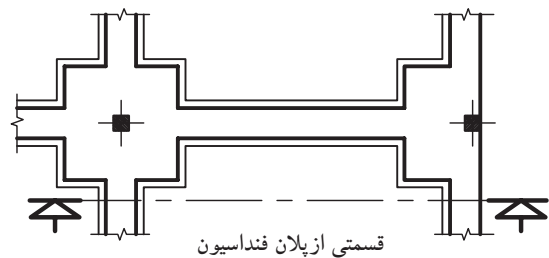
۱- ارتفاع شناژ کمتر از ارتفاع پی باشد (شکل

۵۱-۱).

۲- ارتفاع شناژ و پی یکی باشد (شکل ۵۲-۱).



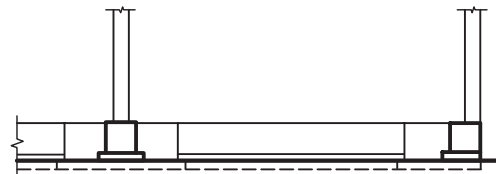
قسمتی از پلان فنداسیون



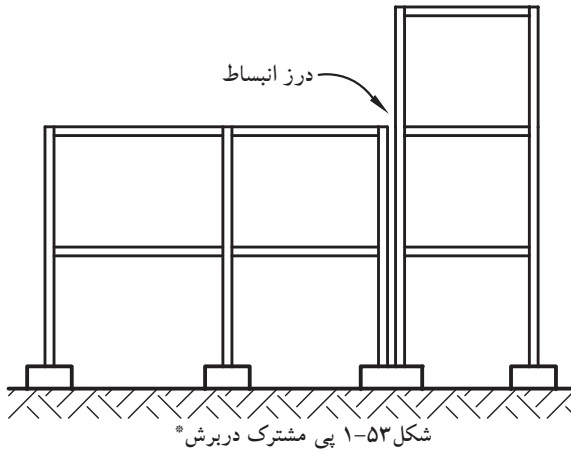
قسمتی از پلان فنداسیون



شکل ۵۱-۱ برش (پی و شناژ دارای ارتفاع های متفاوت اند).



شکل ۵۲-۱ برش (پی و شناژ هم ارتفاع اند).

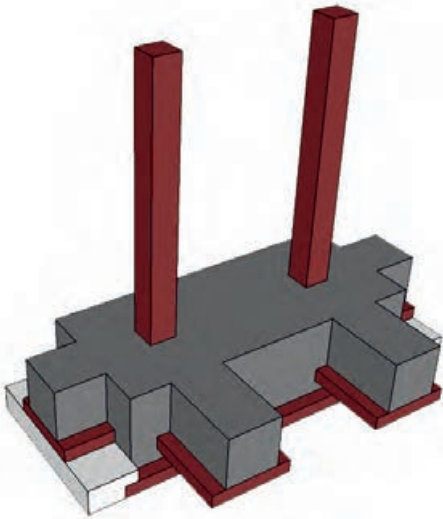


\* در این برش، پناهِ بار وارده‌ی متغیر، نیاز به پی باسکولی است تا پی مورد نظر تعادل و ایستایی خود را حفظ نماید.

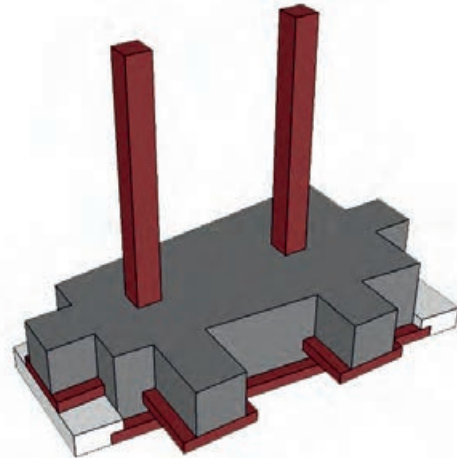
- پی مشترک (مربک): هرگاه برای دو یا چند ستون یک پی ساخته شود «پی مشترک» گویند (شکل ۱-۵۳). پی مشترک وقتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که:

- ۱- فاصله‌ی پی‌ها از یکدیگر کم بوده به طوری که حجم پی‌ها یکی می‌شود.
- ۲- یکی از پی‌ها در کنار زمین همسایه قرار گرفته باشد.

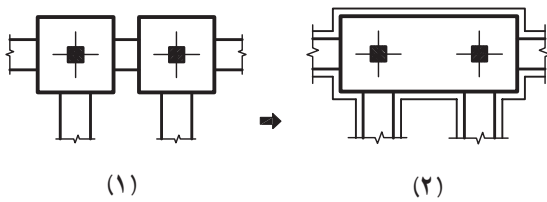
۳- وقتی که به علت طول زیاد یک بنا نیاز به ایجاد درز انبساط (ژوئن) باشد، در این صورت باید برای ستون‌های مجاور درز انبساط نیز پی مشترک در نظر گرفته شود. لازم به توضیح است چنانچه بخواهیم برای دو پی با بارهای مختلف پی مشترک طرح نماییم پی مزبور به شکل دوزنقه خواهد بود که قاعده‌ی کوچک در طرف بار کم‌تر و قاعده‌ی بزرگ آن در جهت بار بیش‌تر قرار می‌گیرد (شکل ۱-۵۴ و ۱-۵۵).



تصویر سه بُعدی پی مشترک مستطیل



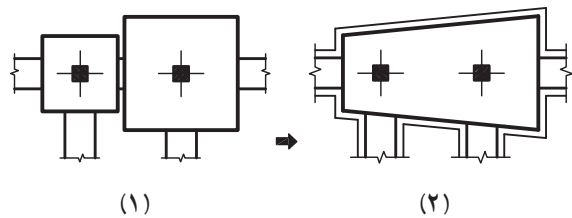
تصویر سه بُعدی پی مشترک دوزنقه‌ای



(۱)

(۲)

شکل ۱-۵۴ پی مشترک مستطیل



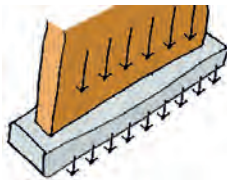
(۱)

(۲)

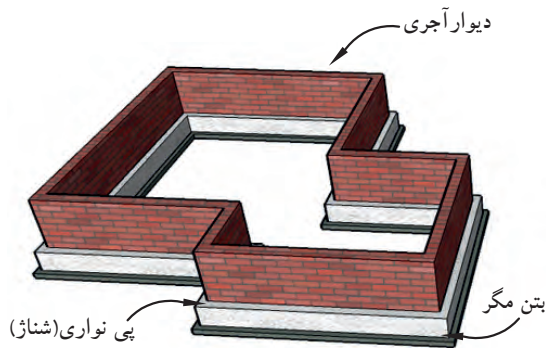
شکل ۱-۵۵ پی مشترک دوزنقه



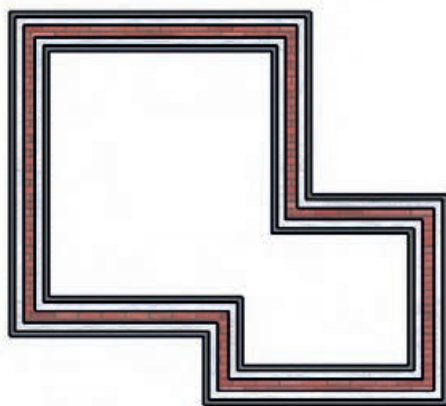
شکل ۵۶-۱ پی بتن مسلح نواری شبکه ای زیرستون



شکل ۵۷-۱ انتقال بار از دیوار به پی



شکل ۵۸-۱ نمایش سه بُعدی پی بتن مسلح نواری با دیوار آجری



شکل ۵۹-۱ پلان پی نواری با دیوار آجری

- پی نواری: با اتصال پی های یک ردیف ستون و یا پی زیر یک دیوار باربر، پی نواری ایجاد می گردد که نسبت طول به عرض آن بسیار زیاد است. معمولاً پی هایی که در آن ها نسبت طول به عرض آن بزرگ تر از ۴ تا ۵ باشد، به عنوان پی نواری در نظر گرفته می شوند. در زمین هایی که خطر رانش به وسیله ی خاک وجود داشته باشد از این گونه پی ها استفاده می شود. این پی ها بار وارده را در جهت طول پخش کرده و به خاک منتقل می کند و بنا را در مقابل لرزش ها و رانش های زمین مقاوم می نماید (شکل ۵۶-۱ و ۵۷-۱).

پی های نواری در موارد زیر قابل اجرا هستند:

۱- زیر یک ردیف ستون در ساختمان های اسکلت فلزی یا بتن مسلح.

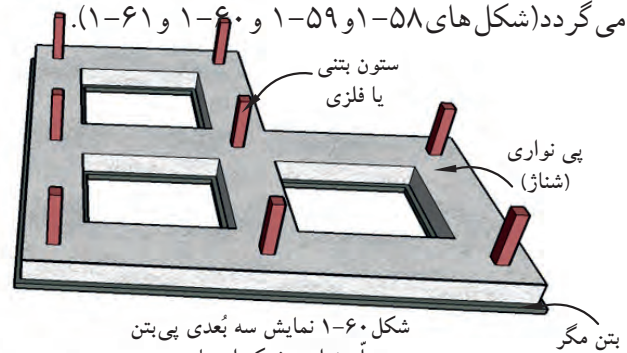
۲- در زیر دیوار باربر در ساختمان های آجری

۳- زیر ستون و دیوار تواما.

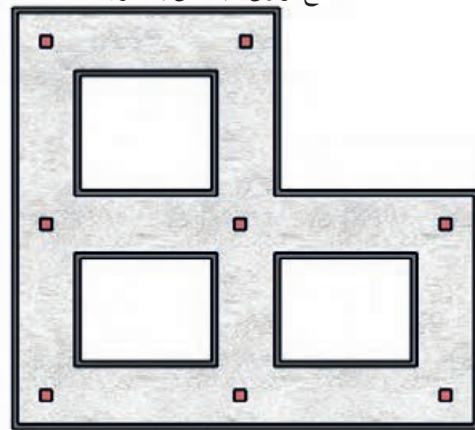
چنان چه این پی ها در هر دو امتداد عمود

برهم قرار گیرند، پی نواری شبکه ای ایجاد

می گردد (شکل های ۵۸-۱ و ۵۹-۱ و ۶۰-۱ و ۶۱-۱).



شکل ۶۰-۱ نمایش سه بُعدی پی بتن مسلح نواری شبکه ای با ستون

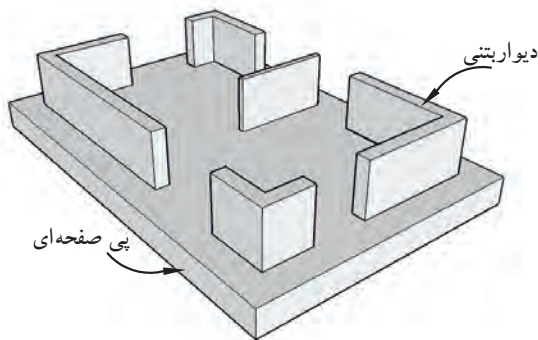


شکل ۶۱-۱ پلان پی نواری شبکه ای با ستون فلزی یا بتنی

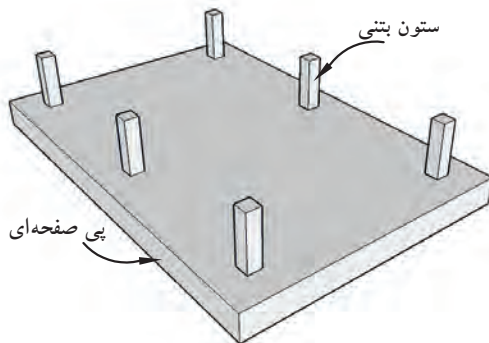




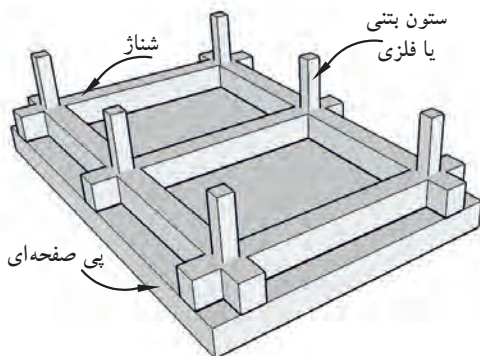
شکل ۱-۶۲ پی بتن مسلح یکپارچه (رادیه ژنرال)



شکل ۱-۶۳ پی یکپارچه با دیوار محیطی



شکل ۱-۶۴ پی یکپارچه ساده با ستون بتنی یا فلزی



شکل ۱-۶۵ پی یکپارچه با شناژ

- پی صفحه‌ای (گسترده یا رادیه ژنرال): از این گونه پی‌ها در مواردی استفاده می‌شود که بارهای وارده از ساختمان بسیار زیاد بوده (مثل آسمان خراش‌ها) و یا مقاومت فشاری زمین (خاک) به قدری کم باشد که جهت انتقال بار به (زمین) زیرپی به تمام سطح زیرین ساختمان نیاز باشد (شکل ۱-۶۲).

رادیه ژنرال به صورت یکپارچه و از بتن مسلح (آرمه) در سرتاسر زیر ساختمان ساخته می‌شود و کلیه ستون‌ها و دیوارها بر روی آن قرار می‌گیرد. در بعضی مواقع که بار بسیار زیاد باشد سطح پی را بزرگ‌تر از سطح ساختمان روی آن می‌سازند تا پخش فشار در سطح بزرگ‌تری انجام پذیرد. پی‌های گسترده به صورت‌های مختلف ساخته می‌شود که فقط به ذکر نام آن‌ها می‌پردازیم.

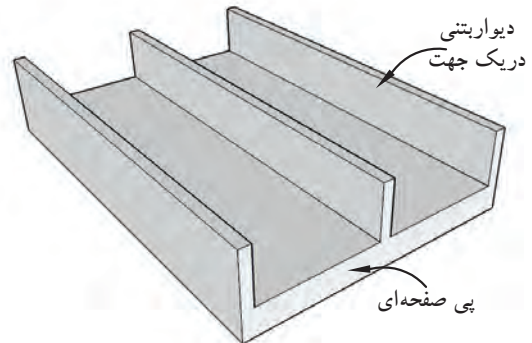
- پی صفحه‌ای با دیوار محیطی (شکل ۱-۶۳)،

- پی صفحه‌ای ساده (شکل ۱-۶۴)،

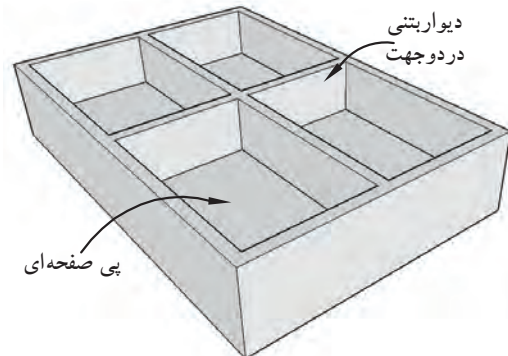
- پی صفحه‌ای با شناژ (شکل ۱-۶۵)،

- پی صفحه‌ای با دیوار بتنی در یک جهت (شکل ۱-۶۶)،

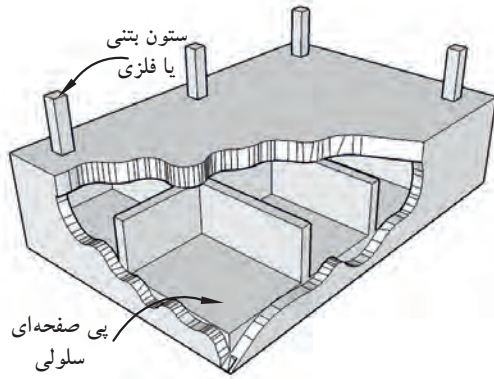
- پی صفحه‌ای با دیوار بتنی در دو جهت (شکل ۱-۶۷).



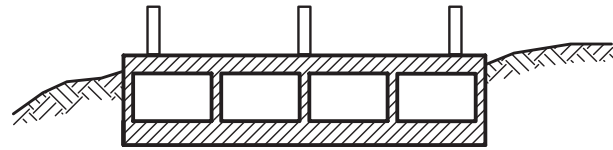
شکل ۱-۶۶ پی یکپارچه با دیوار بتنی در یک جهت



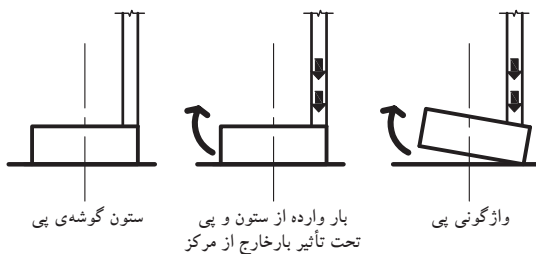
شکل ۱-۶۷ پی یکپارچه با دیوار بتنی در دو جهت



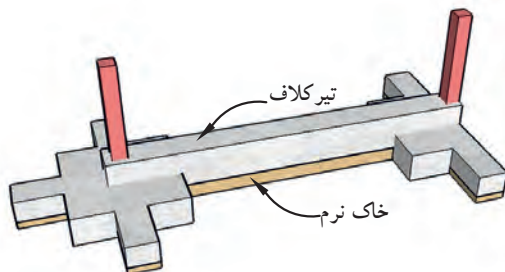
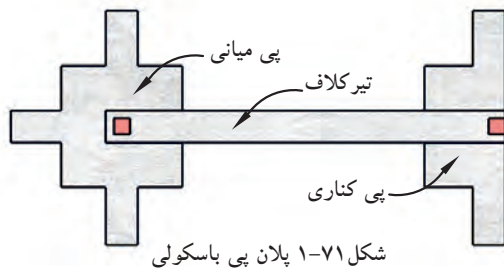
شکل ۶۸-۱ پی یکپارچه‌ی سلولی



شکل ۶۹-۱ برش پی یکپارچه‌ی سلولی



شکل ۷۰-۱ اثر نیرو در پی گوشه و یا پی کناری



شکل ۷۲-۱ نمایش سه بُعدی پی باسکولی

در شکل های ۶۸-۱ و ۶۹-۱ و نیز پی صفحه‌ای سلولی به صورت سه بُعدی و برشی از آن را نشان می‌دهد.

- پی باسکولی: چنانچه ستونی در گوشه و یا میان سطح پی منفرد قرار داشته باشد، نیروی وارده از ستون بر گوشه‌ی پی وارد می‌شود. این گونه پی‌ها تحت بار خارج از مرکز قرار گرفته و باعث چرخش و واژگونی آن می‌شود (شکل ۷۰-۱).

بنابراین جهت جلوگیری از واژگونی پی مذکور آن را با یک تیر رابط (شناژ) به پی منفرد داخلی متصل می‌کنند (شکل ۷۱-۱).

بدین ترتیب، «پی باسکولی» نوعی پی (مرکب) است که متشکل از دو پی منفرد و یک تیر رابط است. این کار ممکن است برای جلوگیری از نشست نامساوی ستون‌ها مورد توجه قرار بگیرد.

تیر رابط، برای انتقال لنگر ناشی از خروج از مرکز ستون خارجی به پی ستون داخلی به کار می‌رود، به طوری که در زیر هر دو پی تنش یکنواخت ایجاد شود. تیر رابط نباید با زمین در تماس باشد تا فشاری از خاک بر آن وارد نیاید و توزیع نیرو را در پی‌ها تغییر ندهد.

شکل ۷۲-۱ تصویر سه بُعدی از پی باسکولی را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۷۳ پی چاهی در حال اجرا

ب) پی های غیر سطحی:

- پی نیمه عمیق (چاهی)<sup>۱</sup>: چنان چه خاک زیر بنا جهت ساختمان سازی مناسب نباشد، مخزن هایی به شکل چاه به عمق تا ۱۰ متر ایجاد نموده، سپس قسمتی از آن را با مصالح مناسب پر می نمایند و پی مورد نظر را بر روی آن قرار می دهند (شکل های ۱-۷۳ و ۱-۷۴).



شکل ۱-۷۴ پی چاهی کامل



شکل ۱-۷۵ پی شمعی

- پی عمیق (شمعی)<sup>۲</sup>: اگر پی کنی و پی سازی در عمق ۱۰ متر و یا بیش تر باشد، به دلیل سستی خاک (زمین)، پی سازی به روش های معمولی امکان پذیر نیست، باید از پی های شمعی استفاده کرد. معمولاً این شمعی ها از جنس چوب به قطر ۲۰ تا ۲۵ سانتی متر و به ارتفاع ۸ تا ۱۰ متر و در ارتفاع بیش تر از ۱۰ متر از جداره ی فلزی (به قطر ۲۰ تا ۳۰ سانتی متر) ساخته شده و مورد استفاده قرار می گیرد، قابل توضیح است که چون چوب و فلز به کار رفته پس از گذشت زمانی می پوسند، لذا لازم است از قطعات پیش ساخته ی بتنی و یا بتن (درجا) که به صورت استوانه ای با قطر ۲۵ تا ۴۰ سانتی متر و ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ متر استفاده گردد، سپس پی مورد نظر را بر روی شمعی ها قرار می دهند. (اجرای پی های شمعی به تکنیک و مهارت خاصی نیاز دارد) (شکل های ۱-۷۵ و ۱-۷۶).



شکل ۱-۷۶ پی شمعی

۱- Hole Foundation  
۲- Pile Foundation



## ۱-۴- پی‌کنی و خاک برداری

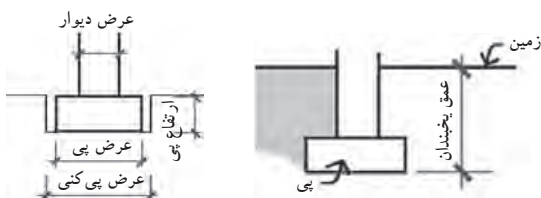


شکل ۱-۷۷ پی‌کنی برای پی‌نواری

به منظور دسترسی به بستری مناسب جهت انتقال وزن ساختمان به زمین «پی‌کنی» صورت می‌گیرد. پی‌کنی در زمین‌هایی که از نظر جنس و مقاومت زمین و وجود آب‌های سطحی و عمقی با هم تفاوت دارند، فرق می‌کند (شکل ۱-۷۷).

به طور خلاصه پی‌کنی به دلایل زیر انجام می‌شود:

- ۱- دسترسی به زمین سخت و مقاوم.
- ۲- محافظت پی ساختمان از اثرات جوی مانند یخ‌زدگی و عوامل محیطی مانند ضربات ناشی از حمل و نقل ماشین‌آلات سنگین مخصوصاً در ساختمان‌های صنعتی.
- ۳- جلوگیری از لغزش ساختمان در اثر نیروهای جانبی.



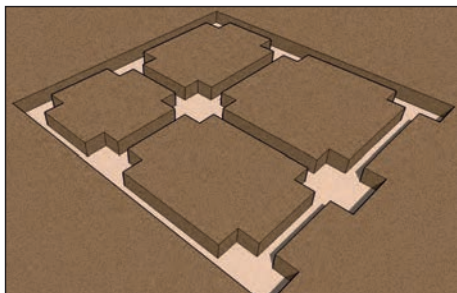
شکل ۱-۷۸

شکل ۱-۷۹

### ۱-۴-۱- ابعاد پی‌کنی: ابعاد و عمق پی‌کنی به ابعاد

و ارتفاع پی و شرایط اقلیمی بستگی دارد (شکل ۱-۷۸). یعنی در مناطقی که در زمستان آب و هوای خیلی سرد دارند و یا میزان بارندگی زیاد است و خطر یخ‌زدگی برای پی وجود دارد، عمق پی را بیش‌تر از مناطق معتدل و گرمسیر در نظر می‌گیرند (شکل ۱-۷۹).

به هر حال در هر نوع آب و هوایی عمق پی‌کنی نباید کم‌تر از ۵۰ سانتی‌متر باشد. طول و عرض پی‌کنی نیز با توجه به نوع قالب‌بندی (مثلاً قالب‌آجری) حدوداً ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متر بزرگ‌تر از ابعاد پی در نظر گرفته می‌شوند (شکل‌های ۱-۸۰ و ۱-۸۱ و ۱-۸۲).



شکل ۱-۸۰ پی‌کنی متناسب با ابعاد مشخص شده‌ی پی در نقشه روی زمین اجرا می‌شود.



شکل ۱-۸۱ پی‌کنی از نوع پی‌کلاف‌بندی شده (پی‌منفرد و شناژ) جداره‌های اطراف پی نقش قالب را ایفاء می‌کنند.



شکل ۱-۸۲ قالب‌بندی آجری در اطراف پی



## ۱-۵- گودبرداری



شکل ۸۳-۱ پیاده کردن نقشه روی زمین



شکل ۸۴-۱ زمین گودبرداری شده



شکل ۸۵-۱ گودبرداری با لودر در زمین نامحدود

جدول ۱-۱

نوع خاک	زاویه به درجه	شیب به درصد	شیب به نسبت
زمین دج	۵	۱۰	۱ به ۱۱
زمین سفت	۱۰	۲۰	۱ به ۶
زمین متوسط	۳۰	۷۰	۲ به ۳
زمین ماسه‌ای	۴۵	۱۰۰	۱ به ۱
زمین دستی و سست	بیش از ۴۵	-	-

بعد از پیاده کردن نقشه و کنترل آن چنانچه یک یا چند طبقه از بنا پایین تر از سطح طبیعی زمین قرار داشته باشد باید گودبرداری انجام شود. گاهی ممکن است عمق گودبرداری به چندین متر برسد (شکل ۸۳-۱).

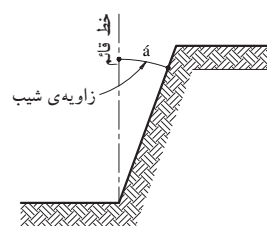
متناسب با عمق گودبرداری و موقعیت زمین (محدود یا نامحدود) گودبرداری ممکن است معمولاً با وسایلی مانند بیل مکانیکی و یا لودر و در صورت محدودیت زمین و عدم دسترسی به ماشین آلات از وسایل دستی مانند بیل و کلنگ و فرغون و در عمق زیاد یا منطقه وسیع مثل پارکینگ‌های زیرزمینی، انبارهای بزرگ زیرزمینی و غیره با کمک سایر ماشین آلات ساختمانی انجام می‌گیرد (شکل ۸۴-۱).

### ۱-۵-۱- گودبرداری در زمین‌های نامحدود: منظور

از زمین‌های نامحدود، زمین نسبتاً وسیعی است که اطراف آن هیچ‌گونه ساختمانی نباشد. برای گودبرداری این‌گونه زمین‌ها از ماشین‌آلاتی مانند بیل مکانیکی، لودر، و ... استفاده شده، سپس خاک با شیب متناسب برداشته می‌شود و خاک‌های حاصل از گودبرداری با کامیون به خارج از محوطه حمل می‌گردد (شکل ۸۵-۱).

برای جلوگیری از ریزش دیواره‌ها، گودبرداری با شیب ملایمی انجام می‌گیرد که این مقدار شیب به جنس زمین بستگی دارد. هرچه قدر خاک گود سست و ریزشی‌تر باشد مقدار زاویه‌ی شیب نیز بیشتر خواهد بود (شکل ۸۶-۱).

در جدول ۱-۱ مقدار زوایای شیب دیواره‌ها، هنگام گودبرداری، انواع زمین‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۸۶-۱



شکل ۱-۸۷ گودبرداری دستی (با بیل و کلنگ)



شکل ۱-۸۸ مهاربندی با پشت بند خاکی ستونی



شکل ۱-۸۹ مهاربندی با پشت بندهای افقی و مایل (فضایی)



شکل ۱-۹۰ مهاربندی با شمع چوبی

## ۲-۵-۱- گودبرداری در زمین های محدود:

گودبرداری در چنین زمین هایی به مراتب از گودبرداری در زمین های نامحدود مشکل تر است. زیرا اولاً در بیش تر مواقع فضای کافی جهت حرکت ماشین آلات خاک برداری وجود ندارد، ثانیاً چنان چه گودبرداری از سطح پی ساختمان های مجاور پایین تر باشد رعایت مسائل ایمنی جهت جلوگیری از ریزش زمین و تخریب ساختمان مجاور ضروری است (شکل ۱-۸۷).

برای ایجاد امنیت در چنین مواقعی باید گودبرداری را با رعایت فاصله ی مناسب از دیوار مجاور و مهار کردن دیوارهای ساختمان مجاور با شمع های چوبی یا فلزی اجرا نمود.

در شکل ۱-۸۸ مهاربندی (سازه نگهدارنده)، دیوارهای ساختمان مجاور را با پشت بندهای خاکی به شکل ستون نشان می دهد.

شکل ۱-۸۹ مهاربندی جداره ها توسط پشت بندهای افقی و مایل را در گودهایی با عرض کم نشان می دهد.

در شکل ۱-۹۰ مهاربندی توسط شمع های چوبی و یا فلزی و هم چنین پشت بندهای خاکی اجرا شده است. این شمع ها به صورت مایل و با زاویه ی ۴۵ درجه مستقر می شوند.

شکل ۱-۹۱ نیز مهاربندی توسط دیوار مانع را نشان می دهد. معمولاً در زمین های ماسه ای و سست به دلیل ریزشی بودن دیوارها مهاربندی افقی عملی نیست بنابراین استفاده از دیوارهای چوبی یا فلزی مقرون به صرفه خواهد بود.



شکل ۱-۹۱ مهاربندی با دیوار مانع چوبی

۱- به منظور جلوگیری از ریزش خاک و تبعات منفی احتمالی ناشی از خاک برداری، سازه های موقتی را برای مهار خاک دیواره ی گودبرداری اجرا می کنند که به آن «سازه نگهدارنده» می گویند. هدف از سازه های نگهدارنده عبارتند از: حفظ اموال و جان انسان های خارج و داخل گود و ایجاد شرایط امن کاری است.



## ۱-۶- عوامل تأثیرگذار در انتخاب نوع پی



شکل ۹۲-۱ پی کلاف بندی



شکل ۹۳-۱ پی نواری



شکل ۹۴-۱ پی گسترده

با توجه به اینکه دربخش‌های قبلی با چگونگی تشخیص نوع خاک و نحوه استفاده از آن و همچنین بازمین و انواع پی و چگونگی تشخیص آن درساختمان‌سازی آشنا شدید، حال دراین قسمت لازم است به عواملی که درانتخاب نوع پی که به طراح کمک می‌کند، اشاره شود.

از جمله عوامل قابل توجه، آگاهی یافتن از شرایط اقلیمی و آب و هوایی، موقعیت جغرافیایی و اطلاع از وضعیت اقتصادی و فرهنگی مردم آن منطقه است که به کمک آن می‌توان دریافت که کدام مکان، باچه نوع کاربری و با چه میزان سرمایه‌گذاری، دارای قابلیت ساخت و ساز می‌باشد.

علاوه برتوجه به مسایل فنی، مانند نوع خاک و مقاومت آن، میزان باروراده از ساختمان به زمین و ... که همگی تعیین کننده‌ی نوع پی و اندازه‌ی آن است، براین اساس، شرایط ساخت بنا برای هر مکان با توجه به قرارگیری آن در شهر یا روستا، در کویر یا کوهستان، در جلگه یا سواحل دریا، در منطقه‌ی جنوب یا در شمال و مناطق معتدل زلزله‌خیز نیز متفاوت بوده و توجه به آن از نکات حائز اهمیت می‌باشد.

بنابراین با تعیین شرایط به دست آمده توسط مهندسین مشاور اعم از نقشه‌برداران، زمین‌شناسان، شهرسازان (طراحان شهری و برنامه‌نویسان)، معماران و معماران‌منظر، مهندسین محاسب و متره و برآورد و اجرا و.... (وضعیت ساخت و ساز تعیین گردیده و با بازدید از محل و نوع بنا به تشخیص نوع پی (فنداسیون) آن نیز می‌پردازند.

شکل‌های ۹۲-۱ تا ۹۴-۱ چند نمونه از انواع پی را با توجه به شرایط اقلیمی و نوع بنا و جنس زمین نشان می‌دهد.



### ۱-۱- خاک

پی به عنوان یکی از اعضای باربر ساختمان وظیفه‌ی توزیع و انتقال وزن ساختمان به زمین زیرش را دارد. به طوری که طراحی یک پی مناسب، به خصوصیات خاک زیر آن از یک طرف و مقدار وزن سازه‌ی روی آن از طرف دیگر بستگی دارد.

۱-۱-۱- تعریف خاک: «خاک» به قشر عظیم و پراکنده‌ی سیار و یا ثابت که توده‌ای از ذرات مختلف و با اندازه‌ها و شکل‌های گوناگون تشکیل می‌شود، گویند.

۱-۱-۲- طبقه‌بندی خاک: اندازه و شکل دانه‌های خاک تا حدودی در رفتار خاک‌ها موثرند. بنابراین طبقه‌بندی خاک‌ها براساس اندازه‌ی دانه‌های آن خواهد بود.

۱-۱-۳- انواع خاک: خاک‌ها براساس اندازه‌ی قطر ذراتشان، به دو دسته‌ی درشت‌دانه و ریزدانه تقسیم می‌شوند. قلوه سنگ، شن و ماسه از گروه خاک‌های درشت و لای و رس و کلونیدها و لجن از گروه خاک‌هایی هستند که اندازه‌ی دانه‌های آن بسیار ریز می‌باشند.

۱-۱-۴- مقاومت خاک: هرچه قدر دانه‌بندی خاک دارای پیوستگی خاص و دارای درصد خوبی از رطوبت باشد، از مقاومت باربری بهتری برخوردار بوده و امکان ساخت و ساز را در حجمی بالاتر میسر می‌سازد.

### ۱-۲- نوع زمین از نظر ساختمان سازی

۱-۲-۱- زمین‌های با خاک دستی: زمین‌هایی که از بقایای ساختمان‌هایی که در اثر عوامل جوی مانند زلزله و رانش زمین و سیل و... و عوامل غیرجوی چون تخریب بناهای قدیمی و... خراب شده‌اند، به وجود می‌آیند. این نوع زمین‌ها دارای معایب فراوان بوده و برای ساخت و ساز توصیه نمی‌شود.

۱-۲-۲- زمین‌های ماسه‌ای: دارای مقاومت فشاری در حدود  $1/5$  تا  $2$  کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بوده و امکان ساخت و ساز را بر روی آن با رعایت اصول ایمنی فراهم می‌سازد. کناره‌های ساحل دریا نمونه‌ای از این زمین‌هاست.

۱-۲-۳- زمین‌های دج: به زمین‌هایی از شن‌های ریز و درشت خاک با مقاومت فشاری در حدود  $4/5$  تا  $30$  کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، گفته می‌شود. این نوع زمین‌ها به رنگ‌های زرد و سرخ و سیاه وجود دارد و برای ساخت و ساز بسیار مناسب است.

۱-۲-۴- زمین‌های مخلوط: زمین‌هایی از قلوه سنگ، شن، ماسه و خاک رس با مقاومت فشاری در حدود  $2/5$  تا  $5$  کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بوده و در صورتی که از تراکم مناسب برخوردار نباشد، برای ساخت و ساز مناسب نیست.

۱-۲-۵- زمین‌های سنگی: دارای مقاومت فشاری حدود  $40$  کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع است. اگر چنانچه این زمین‌ها از نوع سنگ‌های گچی و آهکی تشکیل نشده باشند برای ساخت و ساز مناسب است.

۱-۲-۶- زمین‌های نامناسب: هرگونه ساخت و ساز به روش قدیمی بر روی آن ممکن نیست. این زمین‌ها عبارتند از: زمین‌های باتلاقی، هوموسی (خاک و برگ) و لجن‌زار.

۱-۲-۷- زمین‌های رسی: این نوع زمین‌ها در صورتی که خشک و بی‌آب بوده و فشرده شوند مقاومت فشاری آن حدود  $4$  تا  $5$  کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع خواهد بود. بنابراین قابلیت ساخت و ساز در آن فراهم است و در غیر این صورت با ازدیاد رطوبت، مقاومت فشاری آن شدیداً کاهش می‌یابد.





### ۱-۳-۱- پی‌های ساختمانی و انواع آن

۱-۳-۱- تعریف پی (شالوده یا فنداسیون): بنا به وسیله‌ی پی به زمین متصل شده و بارهای وارده را از بنا که شامل وزن حاصل از ستون‌ها و دیوارها و سقف‌ها و ... را دریافت کرده و به یک نسبت مشخصی پخش و به زمین منتقل می‌کند. ابعاد پی بستگی به وزن بنا، نیروهای وارد بر آن (مرده و زنده و بارهای جانبی)، نوع خاک و مقاومت فشاری زمین دارد.

### ۱-۳-۲- انواع پی از نظر مصالح مصرفی:

الف) پی شفته‌ای: برای ساختمان‌های کوچک ۲ یا ۳ طبقه‌ی آجری استفاده می‌شود. شفته خمیری است از مخلوط خاک، شن، گردآهک و آب که در هر متر مکعب خاک آن بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم گردآهک به کار می‌رود. ب) پی آجری: از پی‌های آجری در مواقعی که ساختمان کوچک و بارورده‌ی آن نیز کم باشد، استفاده می‌شود. برای صرفه‌جویی در مصرف آجر بهتر است شکل پی به صورت پلکانی اجرا شود این عمل باعث می‌شود که بارها زاویه‌ی ۶۰ درجه به زمین منتقل شود.

ج) پی سنگی: این پی با استفاده از سنگ‌های طبیعی در مناطقی که سنگ با قیمت ارزان در دسترس است ساخته می‌شود. سنگ‌های قلوه‌ای به علت صیقلی و مدور بودن آن برای پی‌سازی مناسب نیست. زاویه‌ی پخش بار در پی‌های سنگی ۴۵ درجه است.

پی‌سازی با سنگ با دو نوع ملات صورت می‌گیرد: چنانچه فشار بار وارده کم باشد ملات سنگ‌ها را از نوع گل و آهک و اگر بار زیاد باشد از ملات ماسه و سیمان استفاده می‌کنند.

د) پی فلزی: در صورتی که بارهای وارده بر ستون زیاد و مقاومت فشاری زمین (خاک)، از حد مجاز کم‌تر باشد استفاده می‌شود.

ه) پی بتنی (بتن مسلح): بتن را می‌توان یکی از مقاوم‌ترین و مستحکم‌ترین سنگ‌های مصنوعی دانست. حتی در مناطق زلزله‌خیزی نظیر شهرهای جنوب خراسان، دامنه‌های سلسله جبال البرز، قزوین، برای ساختمان‌های سبک و یک طبقه نیز پی‌های بتنی از نوع نواری اجرا می‌گردد. زاویه‌ی پخش بار در پی‌های بتنی بین ۳۰ تا ۴۵ درجه است.

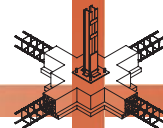
۱-۳-۳- انواع پی از نظر سیستم ساخت: پی‌ها از نظر سیستم ساخت به دو دسته‌ی کلی، پی‌های سطحی و پی‌های غیر سطحی (عمیق) تقسیم می‌شود:

### الف) پی‌های سطحی

- پی تکی (منفرد): معمولاً از پی‌های تکی در مواقعی مورد استفاده می‌شود که بار وارده از طرف ساختمان نسبتاً کم بوده و تعداد طبقات ۳ الی ۴ طبقه باشد از طرفی احتمال نشست غیر یکنواخت زمین وجود نداشته باشد.

- پی تکی کلاف شده: هرگاه پی‌های تکی (منفرد) توسط شناژهایی از بتن مسلح (آرمه) به یکدیگر متصل و کلاف گردند، پی را «کلاف شده» می‌نامند. پی‌های کلاف شده بهترین نوع پی در مناطق زلزله‌خیز به شمار می‌رود.

- پی نواری: با اتصال پی ستون‌های یک ردیف و یا پی زیر یک دیوار باربر، پی نواری ایجاد می‌گردد که نسبت طول به عرض آن بسیار زیاد است. در زمین‌هایی که خطر رانش به وسیله‌ی خاک وجود داشته باشد از این گونه پی‌ها استفاده می‌شود. این پی‌ها بار وارده را در جهت طول پخش کرده و به خاک منتقل می‌کند.



- پی صفحه‌ای (گسترده یا رادیه ژنرال): از این گونه پی‌ها در مواردی استفاده می‌شود که بارهای وارده از ساختمان بسیار زیاد بوده و یا مقاومت فشاری زمین (خاک) به قدری کم باشد که جهت انتقال بار به زمین زیر پی به تمام سطح زیرین ساختمان نیاز باشد.

- پی مشترک: هرگاه برای دو یا چند ستون یک پی ساخته شود «پی مشترک» گویند. پی مشترک وقتی مورد استفاده قرار می‌گیرد که:

۱- فاصله‌ی پی‌ها از یکدیگر کم بوده به طوری که سطح پی‌ها یکدیگر را بپوشاند.

۲- یکی از پی‌ها در کنار زمین همسایه قرار گرفته باشد.

۳- وقتی که به علت طول زیاد یک بنا نیاز به ایجاد درز انبساط (ژوئن) باشد.

- پی باسکولی: چنان چه ستونی در گوشه و یا میان سطح پی منفرد قرار داشته باشد، نیروی وارده از ستون برگوشه‌ی پی وارد می‌شود. این گونه پی‌ها تحت بار خارج از مرکز قرار گرفته و باعث چرخش و واژگونی آن می‌گردد. بنابراین جهت جلوگیری از واژگونی پی مذکور آن را با یک تیر رابط (شناژ) به پی منفرد داخلی متصل می‌کنند. بدین ترتیب یک «پی باسکولی» متشکل است از دو پی منفرد و یک تیر رابط است.  
(ب) پی‌های غیر سطحی:

- پی نیمه عمیق (چاهی): در این نوع پی‌ها یک مخزن به شکل چاه به عمق تا ۱۰ متر ایجاد شده سپس قسمتی از آن را با مصالح انتخابی پرمی‌کنند و پی مورد نیاز را روی آن قرار می‌دهند.

- پی عمیق (شمعی): اگر پی‌کنی و پی‌سازی در عمق ۱۰ متر و یا بیش‌تر باشد، به دلیل سستی خاک (زمین)، پی‌سازی به روش‌های معمولی امکان‌پذیر نیست، بلکه باید از پی‌های شمعی استفاده کرد.

#### ۴-۱- پی‌کنی و خاک‌برداری

به منظور دسترسی به بستری مناسب جهت انتقال وزن ساختمان به زمین «پی‌کنی» صورت می‌گیرد. به طور خلاصه پی‌کنی به دلایل زیر انجام می‌شود:

۱- دسترسی به زمین سخت و مقاوم.

۲- محافظت پی ساختمان از اثرات جوی مانند یخ‌زدگی و عوامل محیطی مانند ضربات ناشی از حمل و نقل ماشین‌آلات سنگین مخصوصاً در ساختمان‌های صنعتی.

۳- جلوگیری از لغزش ساختمان در اثر نیروهای جانبی.

#### ۵-۱- گودبرداری

بعد از پیاده کردن نقشه و کنترل آن چنان‌چه، یک یا چند طبقه از بنا پایین‌تر از سطح طبیعی زمین قرار داشته باشد باید گودبرداری انجام شود. گاهی ممکن است عمق گودبرداری به چندین متر برسد.

۱-۵-۱- گودبرداری در زمین‌های نامحدود: منظور از زمین‌های نامحدود، زمین نسبتاً وسیعی است که اطراف آن هیچ‌گونه ساختمانی نباشد. برای گودبرداری این‌گونه زمین‌ها از ماشین‌آلاتی مانند بیل مکانیکی، لودر و ... استفاده می‌شود و خاک با شیب متناسب برداشته می‌شود.

۲-۵-۱- گودبرداری در زمین‌های محدود: گودبرداری در چنین زمین‌هایی با مهاربندی (سازه‌نگهبان) دیواره‌های ساختمان مجاور با پشت‌بندهای خاکی به شکل ستونی، با پشت‌بندهای افقی و مایل در گودهایی با عرض کم، مهاربندی توسط شمع‌های چوبی و گاهی فلزی و یا با پشت‌بندهای خاکی و هم‌چنین با مهاربندی توسط دیوار مانع انجام می‌شود. معمولاً در زمین‌های ماسه‌ای و سست به دلیل ریزشی بودن دیوارها مهاربندی افقی عملی نیست، بنابراین استفاده از دیواره‌های چوبی یا فلزی مقرون به صرفه تر خواهد بود.



# آزمون پایانی (۱)

## سؤالات تشریحی

- ۱- خاک را تعریف کنید و انواع آن را از نظر ساختمان سازی نام ببرید.
- ۲- مناسب ترین خاک در ساختمان سازی دارای چه ویژگی هایی است؟ توضیح دهید.
- ۳- مواد تشکیل دهنده ی زمین های مخلوط را نام برده و بگویید مقاومت فشاری آن چه قدر است؟
- ۴- هدف از پی کنی چیست؟ شرح دهید.
- ۵- پی را تعریف کرده و وظایف آن را نام ببرید.
- ۶- پی های بتنی نسبت به سایر پی ها چه مزیتی دارد؟ شرح دهید.
- ۷- چرا همواره سعی می شود که سطح پی ها را پایین تر از سطح زمین قرار دهند؟ توضیح دهید.
- ۸- چه عواملی در تعیین ابعاد پی موثر است؟ نام ببرید.
- ۹- در چه شرایطی از پی مشترک استفاده می شود؟ توضیح دهید.
- ۱۰- شناژبندی پی های منفرد به چه منظور انجام می گیرد؟ شرح دهید.
- ۱۱- انواع بارهای وارد بر ساختمان را نام ببرید.
- ۱۲- برای تعیین نوع پی، چه عواملی را باید مدنظر قرارداد؟ توضیح دهید.
- ۱۳- انواع مهاربندی در زمین های محدود را نام ببرید.

پاسخ:





## سوالات چهارگزینه‌ای

- ۱- مناسب‌ترین پی برای مقاوم‌سازی ساختمان در مقابل زلزله کدام است؟  
 الف) پی منفرد  
 ب) پی نواری  
 ج) پی باسکولی  
 د) پی کلاف شده
- ۲- بارهای قابل جابه‌جایی در ساختمان را چه می‌نامند؟  
 الف) بار مرده  
 ب) بار زنده  
 ج) بار جانبی  
 د) بار زلزله
- ۳- زاویه‌ی پخش بار در پی‌های بتنی چند درجه است؟  
 الف) ۳۰ تا ۴۵ درجه  
 ب) ۳۰ تا ۶۰ درجه  
 ج) ۴۵ تا ۶۰ درجه  
 د) ۶۰ تا ۹۰ درجه
- ۴- برای ساختمان‌های بلند (آسمان خراش‌ها) چه نوع پی به کار می‌رود؟  
 الف) پی منفرد  
 ب) پی صفحه‌ای  
 ج) پی نواری  
 د) پی بتنی
- ۵- پی‌های نواری به پی‌هایی گفته می‌شود که در آن.....  
 الف) طول پی نسبت به عرض آن زیاد باشد. ب) بار وارده از ساختمان به آن نسبتاً کم باشد.  
 ج) سطح مقطع آن مربع یا دایره باشد. د) بار وارده از ساختمان به آن نسبتاً زیاد باشد.
- ۶- به زمین‌هایی که از شن‌های ریز و درشت و خاک تشکیل شده، زمین .... نامند.  
 الف) خاک دستی  
 ب) مخلوط  
 ج) دج  
 د) ماسه‌ای
- ۷- در زمین‌های سست و با تحمل باربری کم از چه نوع پی استفاده می‌شود؟  
 الف) پی رادیه ژنرال  
 ب) پی نواری  
 ج) پی بتنی منفرد  
 د) پی باسکولی
- ۸- ابعاد پی بستگی به..... دارد.  
 الف) نیروهای وارد بر آن  
 ب) وزن بنا  
 ج) نوع خاک و مقاومت زمین  
 د) هر سه مورد
- ۹- زیردیوارهای باربر آجری از پی ..... استفاده می‌شود.  
 الف) پی نقطه‌ای  
 ب) پی نواری  
 ج) پی گسترده  
 د) پی مرکب
- ۱۰- کدام یک از ماسه‌های زیر جهت تهیه‌ی بتن مناسب‌تر است؟  
 الف) رودخانه‌ای  
 ب) بادی  
 ج) شکسته  
 د) طبیعی
- ۱۱- ساختمان سازی بر روی کدام یک از زمین‌های نام برده، به هیچ عنوان توصیه نمی‌گردد؟  
 الف) دج  
 ب) سنگی  
 ج) ارسی  
 د) مخلوط
- ۱۲- در زمین‌های با ظرفیت باربری ناچیز مانند (زمین‌های با خاک دستی، باتلاقی، شنی و...) از چه نوع پی‌هایی استفاده می‌شود؟  
 الف) پی‌های بتنی  
 ب) پی‌های گسترده  
 ج) پی‌های شمعی  
 د) پی‌های سنگی
- ۱۳- انواع پی از نظر سیستم ساخت عبارتند از:  
 الف) نواری-بتنی- نقطه‌ای-صفحه‌ای  
 ب) آجری-بتنی-سنگی-فلزی  
 ج) تکی-مشترک-شفته‌ای-کلاف شده-سنگی  
 د) تکی-نواری-صفحه‌ای-کلاف شده-مشترک



## تحقیق کنید . . .

راجع به نوع اسکلت ساختمان مدرسه با کمک هنرآموز خود تحقیقی به عمل آورید که در آن مشخص شود نوع اسکلت بنا از نوع اسکلت فلزی، اسکلت بتنی یا ساختمان بنایی است؟ پس از مشخص شدن نوع بنا در مورد آن نوع سازه، شروع به جمع آوری اطلاعات نمایید.

پاسخ:





## بیشتر بدانیم ... (مطالعه آزاد)

### مهارت روش صحیح مطالعه:

نتیجه تحقیقات بیانگر آن است که بیشترین اطلاعات از طریق مطالعه به دست می‌آید، بنابراین مطالعه مهم‌ترین شیوه‌ی یادگیری است که با خواندن، یادداشت‌برداری، مرور کردن و تمرکز همراه است.

### روش صحیح مطالعه (پس ختام):

نام این روش با استفاده از روش مخفف سازی از شش کلمه‌ی زیر ساخته شده است:

- \* پیش‌خوانی (با بررسی کلی فصل، عنوان‌ها و تیترها در شب قبل از حضور در کلاس)
- \* سؤال‌گذاری (ساختن سؤال از عنوان‌ها و تیترها و مطالب مهم، بلافاصله بعد از پیش‌خوانی)
- \* خواندن (خواندن دقیق مطالب به همراه یادداشت‌برداری از کلمه‌ها و فرمول‌ها)

\* تفکر

\* امتحان

\* مرور

### مهارت تقویت حافظه:

حافظه عبارت است از حفظ، نگهداری و ضبط اطلاعات مختلف در ذهن.

مؤثرترین روش انتقال اطلاعات به حافظه بلند مدت «مرور» است. ۸۰ درصد مطالب، پس از ۲۴ ساعت از ذهن خارج می‌شود، مگر آن‌که با مرورهای کوتاه مدت و به موقع، به حافظه‌ی بلندمدت منتقل شوند.

مهم‌ترین اصل در مرور، رعایت فواصل درست مرور می‌باشد. بهترین زمان مرور عبارت است از:

\* اولین مرور ۲۴ ساعت پس از اولین یادگیری

\* دومین مرور یک هفته بعد

\* سومین مرور یک ماه بعد

\* چهارمین مرور چهار ماه بعد