واحد کار اوّل

توانایی تشخیص انواع پی‌های ساختمانی

هدف کلی

تشخیص انواع پی و زمین زیر آن

هدف‌های رفتاری: فراگیر پس‌ازگذراندن این واحدکار باید بتواند:

۱-خاک را تعریف کند.
۲-انواع خاک را از نظر دانه‌بندی 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	
نظری	۷
عملی	۸

پیش آزمون (۱)

سؤالات تشریحی

۱-سه نمونه از زمین‌های اطراف خود را که می‌شناسید، نام ببرید.
۲-عوامل مؤثر در مقاومت خاک را نام ببرید.
۳-به نظرشما ساختمان‌سازی روی چه زمین‌هایی نمی‌تواند 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 عواملی بستگی دارد؟ نام ببرید.
۶- در ساختمان‌هایی با مصالح بنایی، وزن بنا چگونه به زمین منتقل می‌شود؟ توضیح دهید.
۷-خاک را تعریف کنید؟
۸-عوامل تأثیرگذار درمحاسبه‌ی ابعاد پی را نام ببرید.
۹-آیا می‌توانید توضیح دهید وظیفه‌ی 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-درصورتی که ارتفاع دیوار حائل بیش از ۱/۵تا۲ 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 می کند.... 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-نسبت۱:۶

ب) ملات ماسه و سیمان- نسبت۱:۵

ج) ملات ماسه و سیمان- نسبت۱:۱

د) ملات باتارد-نسبت۱:۲

۱-۱-خاک

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.

ازنظر کشاورزی و یا کارهای ساختمانی و راه‌سازی، مقدارآبی که خاک‌ها می‌توانند جذب کنند دارای اهمیّت 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 ساختمان سازی مناسب نیست. به طورکلی خاک خوب از دانه‌بندی ریز و درشت تشکیل شده است(شکل ۲-۱). تشکیل خاک‌ها به گذشت زمان، مقاومت سنگ اولیّه یا مادرسنگ، آب و هوا، فعالیت موجودات زنده و بالاخره توپوگرافی(عوارض طبیعی زمین)ناحیه‌ای که خاک در آن تشکیل شده بستگی دارد.

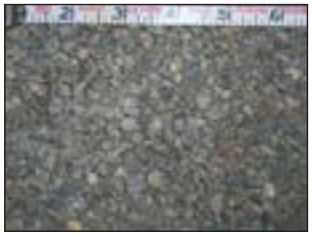
به عبارت دیگر: «خاک» به قشرعظیم و پراکنده‌ی سیّار و یا ثابت که از ذرات مختلف و با اندازه‌ها و شکل‌های گوناگون تشکیل می‌شود، گویند.

۱-۱-۲-طبقه‌بندی خاک: اندازه وشکل 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 ازخاصیّت خمیری خاک درطبقه‌بندی آن‌ها استفاده می‌شود.

شکل‌های ۳-۱ و۴-۱ و۵-۱ برخی ازانواع خاک را نشان می‌دهد.

شکل۱-۱ خاک طبیعی

شکل۲-۱ لایه‌های مختلف خاک با دانه‌بندی متفاوت



شکل۳-۱
ماسه، مخصوص راه سازی

شکل۴-۱
ماسه، مخصوص ساختمان سازی

شکل۵-۱
ماسه‌ی ساحلی مخصوص زمین های بازی

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 «درشت دانه» مشهوراند(شکل‌های۶-۱ و۷-۱ و۸-۱).

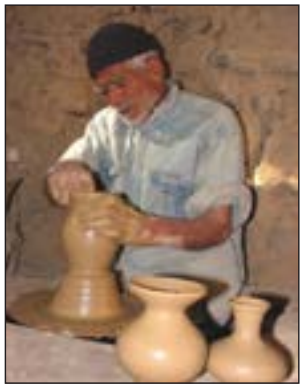
شکل۶-۱ قلوه سنگ

شکل۷-۱ شن

شکل۸-۱ ماسه

لای، رس، کلوئیدها[1] و لجن از گروه خاک‌هایی هستند که اندازه‌ی دانه‌های آن بسیارریز بوده و به آسانی قابل رویت نمی‌باشند و به نام خاک‌های«ریزدانه»مشهوراند(شکل‌های۹-۱ و۱۰-۱ و۱۱-۱).

شکل۹-۱ لای



شکل۱۰-۱ رس

شکل۱۱-۱ لجن

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

شکل۱۲-۱ رطوبت درخاک

۱- ذراتی به قطرکم‌تر از ۲ میکرون مانند رس‌ها و هوموس‌ها(مواد آلی)که درخاک موجوداند و خاصیت جذب آب را درخاک ایجاد می‌نماید.
* ۱ میکرون برابر است با۰/۰۰۰۱ میلی‌متر

۲-۱-نوع زمین از نظر ساختمان سازی

مهم‌ترین مسأله‌ای که قبل از احداث هر بنا و ساختمانی بسیارحائز اهمیت است، شناخت کامل زمین از نظر مقاومت و نوع خاک (مکانیک خاک) آن است. چه بسا درصورت 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 حدّ کفایت شناخته شوند، باید با به کارگرفتن وسایل و امکانات لازم، خاک را برای تعیین مقاومت، جهت ساخت و ساز آزمایش نمود(شکل‌های ۱۳-۱ و ۱۴-۱).

شکل۱۳-۱ کندن زمین با وسایل مکانیکی

شکل۱۴-۱ آزمایشگاه مکانیک خاک

۱-۲-۱-زمین‌های با خاک‌دستی: به آن دسته از زمین‌هایی اطلاق می‌گردد که از بقایای ساختمان‌هایی که دراثرعوامل 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(شکل۱۵-۱).

شکل۱۵-۱ خاک دستی

۲-۲-۱-زمین‌های ماسه‌ای:به آن‌دسته از زمین هایی گفته می‌شود، که از مقاومت فشاری در حدود ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع 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 نظرگرفتن شرایط خاص اجتناب شود. نمونه‌ی این زمین‌ها را می‌توان به وفور در کناره‌های ساحل دریا مشاهده نمود(شکل۱۶-۱).

شکل۱۶-۱ زمین ماسه ای

⚠ -زمین‌های ماسه‌ای می‌تواند بار ساختمان یک‌طبقه را تحمل کند.

۳-۲-۱-زمین‌های دج: به آن دسته از زمین‌هایی که از شن‌های ریز و درشت و خاک تشکیل شده باشد و مقاومت فشاری آن حدود ۴/۵ تا ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع پیش‌بینی گردد، زمین دج گفته می‌شود. این نوع زمین‌ها به رنگ‌های زرد و سرخ و سیاه وجود دارد و برای ساخت وساز بسیار مناسب است(شکل۱۷-۱).

به علت اینکه دانه‌های خاک زمین‌های دج از پیوستگی خوبی برخوردار است، به سختی با (کلنگ، پتک، متّه دستی و کمپرسور) کنده می‌شود.

شکل۱۷-۱ زمین دج

-مناسب‌ترین خاک برای ساختمان‌سازی خاکی به رنگ سیاه قهوه‌ای است که نفوذآب درآن کم و به سختی صورت پذیرد.

۴-۲-۱-زمین‌های مخلوط: به آن دسته از زمین‌هایی که از قلوه سنگ، شن، ماسه و خاک رس تشکیل شده و چنان‌چه عناصرمتشکله‌ی آن کاملاً درهم فشرده و متراکم شده باشند زمین‌های مخلوط گویند. مقاومت فشاری این نوع زمین‌ها درحدود ۲/۵ تا ۵ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع است و در صورتی‌که از تراکم مناسب برخوردار نباشد، برای ساختن بنا مناسب نیست(شکل۱۸-۱).

شکل۱۸-۱ زمین مخلوط

۵-۲-۱-زمین‌های سنگی: به زمین‌های موجود دردامنه‌ی کوه‌ها که از تخته سنگ‌های بزرگ و یکپارچه تشکیل شده ودارای مقاومت فشاری حدود ۴۰ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع است، اطلاق می‌گردد. اگر این زمین‌ها از سنگ‌های گچی و آهکی باشد،برای ساخت و ساز مناسب نیست. به علت سختی زیادِ این زمین‌ها پی‌کنی با هزینه‌ی بسیارسنگین صورت می‌پذیرد(شکل۱۹-۱).

شکل۱۹-۱ زمین سنگی

۶- ۲- ۱-زمین های نامناسب: به آن دسته از زمین‌هایی اطلاق می‌شود که تنها با وسایل و ماشین‌آلات جدید و با تکنیک پیشرفته‌ی امروزی می‌توان از آن بهره‌برداری نمود. درغیراین صورت هرگونه ساخت وساز به روش قدیمی بر روی آن ممکن نیست. این زمین‌ها عبارتند از: زمین‌های باتلاقی، هوموسی(خاک و برگ) و لجن زار(شکل ۲۰-۱).

شکل ۲۰-۱ زمین لجنی

۷-۲-۱-زمین‌های رسی: این نوع زمین‌ها در صورتی که خشک و بی‌آب بوده و فشرده شوند، دارای مقاومت فشاری حدود ۴ تا ۵ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع است، بنابراین قابلیت ساختن بنا درآن مقدور می‌باشد. درغیراین‌صورت هرگز برای ساخت وساز پیشنهادنمی‌شود چون با ازدیاد رطوبت، مقاومت فشاری آن شدیداً کاهش می‌یابد(شکل ۲۱-۱).

شکل ۲۱-۱ زمین رسی

بیش‌تر بدانیم

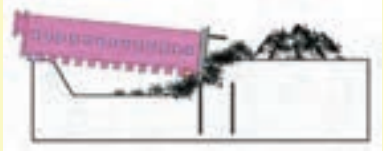
علت اصلی ریختن این ساختمان، تراوش آب باران به زیرشمع‌ها، از بین رفتن اصطکاک شمع‌ها با خاک و در نتیجه بریده شدن آن‌ها و در نهایت فرو افتادن این ساختمان ۱۳ طبقه است.

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

۲-بارش باران و تراوش آب به زیر پی ساختمان

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

۴-شکسته شدن شمع‌ها و سقوط ساختمان به سمت جنوبی

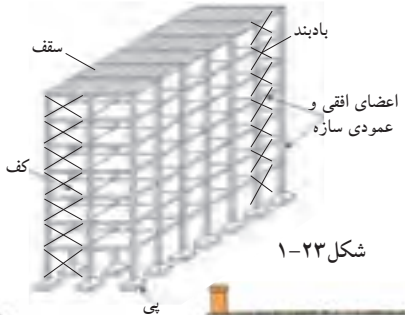


۵-سقوط ساختمان به طور یکپارچه و بدون از هم گسیختگی ترکیب ساختمان

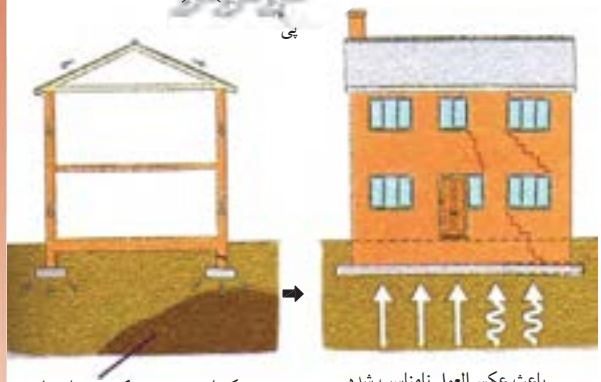
شکل ۲۲-۱ ریزش ساختمان ۱۳ طبقه در شانگهای چین

۳-۱-پی‌های ساختمانی

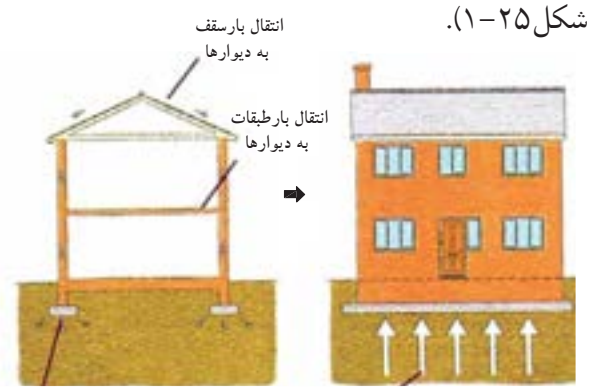
پی به عنوان یکی از اعضای باربر ساختمان وظیفه‌ی توزیع و انتقال وزن ساختمان به زمین را دارد (شکل۲۳-۱). طراحی یک پی مناسب، به خصوصیّات خاک زیرآن ازیک طرف و مقدار وزن سازه‌ی روی آن از طرف دیگر بستگی دارد(شکل۲۴-۱ و شکل۲۵-۱).



شکل۲۳-۱



شکل۲۴-۱



شکل۲۵-۱

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

شکل۲۶-۱ اجرای پی سنگی یک ساختمان و شکل۲۷-۱ یک سازه‌ی اسکلت بتنی را نشان می‌دهد.

شکل۲۶-۱

شکل۲۷-۱

گاهی پی‌ها برحسب شرایط اقلیمی و بارگذاری چندین متر زیرسطح 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، دیواها، سقف‌ها و ... و هم‌چنین بارهای افقی (باد و زلزله) را دریافت کرده و به یک نسبت مشخصی پخش و به زمین منتقل می‌کند.

شکل۲۸-۱ ارتباط پی با زمین و ساختمان را نشان می‌دهد.

ساختمان‌های بدون پی به مرورزمان دچار نشست شده و در نتیجه این نشست در ساختمان ترک ایجاد می گردد و مقاومت بنا در برابر بارهای وارده از بین می‌رود (شکل۲۹-۱).

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

۱-۱-۳-۱- بارمرده: عبارتست از وزن اجزای ثابت ساختمان که شامل وزن دیوارها، ستون‌ها، سقف‌ها وبازشوهاو... .

۲-۱-۳-۱- 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...

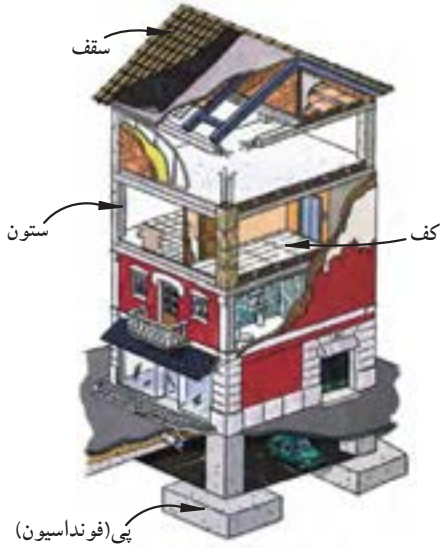
۳-۱-۳-۱- بارهای جانبی: نیروهای حاصل از عوامل طبیعی مانند باد، طوفان و رانش زمین و زلزله.

پی‌ها را ازنظرنوع مصالح مصرفی وسیستم ساخت آن می توان به دوگروه تقسیم نمود:

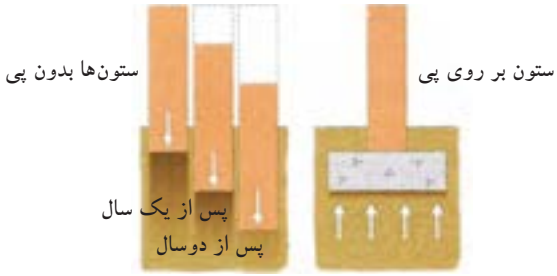
۲-۳-۱-انواع پی از نظر مصالح مصرفی:

این پی‌ها شامل: الف)پی‌شفته‌ای، ب)پی‌آجری، ج)پی‌سنگی، د)پی‌فلزی، ه)پی‌بتنی.

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(شکل های۳۰-۱ و۳۱-۱).



شکل۲۸-۱



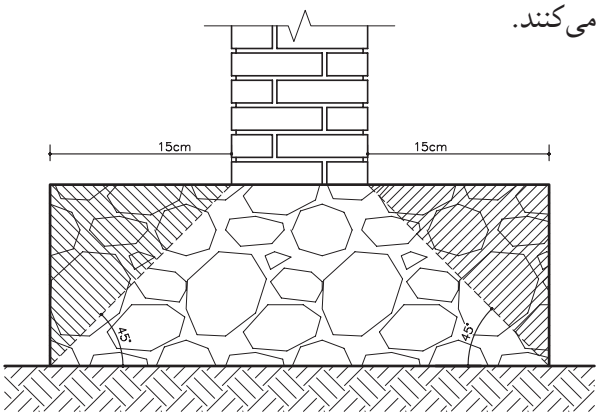
شکل۲۹-۱ تاثیر بار بر روی پی و زمین

شکل۳۰-۱ آهک سرند (الک)شده وآماده برای ساخت شفته

شکل۳۱-۱ اجرای شفته آهک درفنداسیون

ب)پی سنگی: این پی با استفاده از سنگ‌های طبیعی درمناطقی که سنگ با قیمت ارزان در دسترس است ساخته می‌شود. سنگی که برای این گونه پی‌ها انتخاب می‌گردد باید سالم (نپوسیده) بوده و از انواع سنگ‌های لاشه‌ی شکسته باشد(شکل‌های ۳۲-۱و۳۳-۱).سنگ‌های قلوه‌ای به علت صیقلی و مدوّربودن آن برای پی‌سازی مناسب نیست زیرا حالت ناپایداری به پی می‌دهد. سطح پی‌های سنگی نسبت به دیوارهای روی آن وسیع‌تر بوده و به عنوان ریشه ازهر طرف دیوار حداقل ۱۵ سانتی‌متر گسترش داشته باشد. زاویه‌ی پخش بار در پی‌های سنگی ۴۵ درجه است(شکل ۳۴-۱).

پی سازی با سنگ با دو نوع ملات صورت می‌گیرد: چنان‌چه فشاربار وارده کم باشد ازملات گل و آهک و اگر بار زیاد باشد از ملات ماسه و سیمان استفاده می‌کنند.



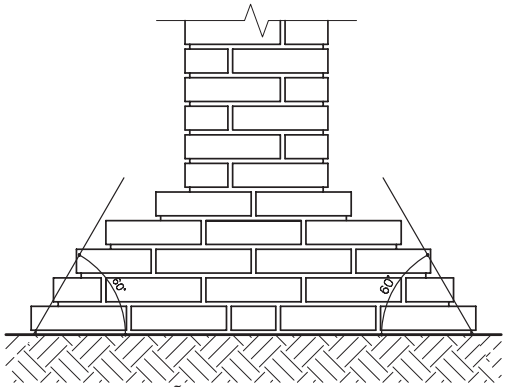
شکل۳۴-۱ زاویه‌ی پخش بار در پی‌های سنگی ۴۵ درجه است.

ج)پی آجری: از پی‌های آجری درمواقعی استفاده می‌شود که ساختمان کوچک و بار وارده‌ی آن نیز کم باشد(شکل۳۵-۱). این پی نیز مانند پی‌های سنگی دارای ریشه‌ای به اندازه‌ی ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر از طرفین دیوار روی آن است. برای این منظور لازم است که عرض پی‌کنی آجری نیز۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر از عرض دیوار بیش‌تر باشد. این مقدار اضافه درعرض پی‌کنی عمل آجرچینی در داخل پی را آسان‌ترمی‌نماید. برای صرفه‌جویی در مصرف آجر بهتراست شکل پی به صورت پلکانی اجرا شود این عمل باعث می‌شود که بار با زاویه‌ی۶۰ درجه به زمین منتقل شود(شکل۳۶-۱).

شکل۳۲-۱ پی‌سنگی با سنگ لاشه

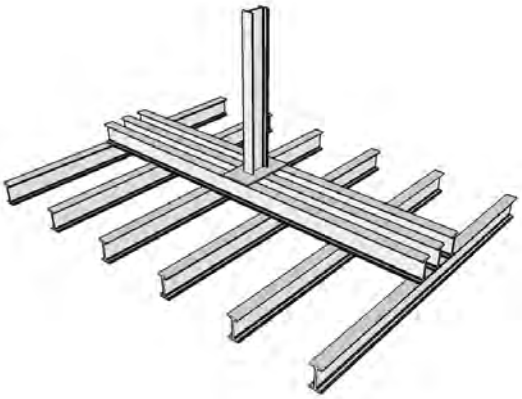
شکل۳۳-۱ پی‌سنگی

شکل۳۵-۱ پی‌آجری



شکل۳۶-۱ زاویه‌ی پخش بار در پی‌های آجری ۶۰ درجه است.

د)پی‌فلزی: درصورتی‌که بارهای وارده بر ستون زیاد و مقاومت فشاری زمین (خاک)، از حد مجازکم‌تر باشد، گاهی برای ستون‌های فولادی از پی‌های باشبکه‌ی فولادی(شکل۳۷-۱)استفاده می‌شود اما امروزه جهت صرفه‌جویی اقتصادی امکان استفاده از پی‌های فلزی مقدور نمی‌باشد. لذا پی‌های بتن مسلّح جایگزین این نوع پی‌ها گردیده است.



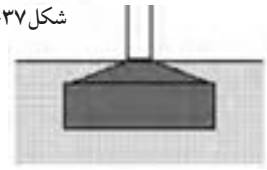
شکل۳۷-۱ پی‌فلزی

ه)پی بتنی(بتن مسلّح[1]): بتن را می‌توان یکی از مقاوم‌ترین ومستحکم‌ترین 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 مسلّح بسازند.

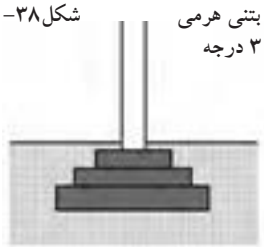
درمناطق زلزله‌خیزی نظیر شهرهای جنوب خراسان، دامنه‌های سلسله جبال البرز، قزوین، برای ساختمان‌های سبک و یک طبقه نیز پی‌های بتنی از نوع نواری اجرا می‌گردد. زاویه‌ی پخش بار درپی‌های بتنی بین ۳۰ تا ۴۵ درجه است لذا می‌توان این گونه پی‌ها را پلکانی و یا به صورت هرم ناقص(شکل‌های۳۸-۱ و۳۹-۱ و۴۰-۱) ساخت و از مصرف اضافی بتن صرفه جویی نمود.

شکل۴۱-۱تصویرسه بُعدی از پی نواری بتنی به شکل‌های متفاوت را نشان می‌دهد.

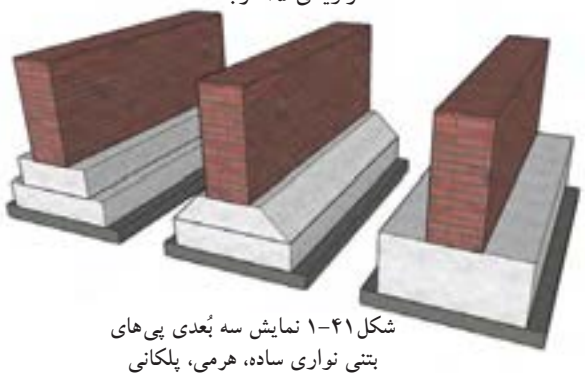
شکل۳۸-۱ پی بتنی ساده



شکل۳۹-۱ پی بتنی هرمی با زاویه‌ی ۳۰ درجه



شکل۴۰-۱ پی بتنی پلکانی با زاویه‌ی ۴۵ درجه



شکل۴۱-۱ نمایش سه بُعدی پی‌های بتنی نواری ساده، هرمی، پلکانی

شکل۴۲-۱ پی‌بتن مسلّح

ضمناً باید توجه داشت چنان چه پی از نوع بتن مسلّح باشد ابتدا باید مطابق نقشه‌ی اجرایی آرماتور (میلگردگذاری) در قالب پیش‌بینی شده قرار داده، سپس بتن‌ریزی صورت گیرد(از پی‌های بتن مسلّح در ساختمان‌های اسکلت فلزی و اسکلت بتنی استفاده می‌شود)(شکل۴۲-۱).

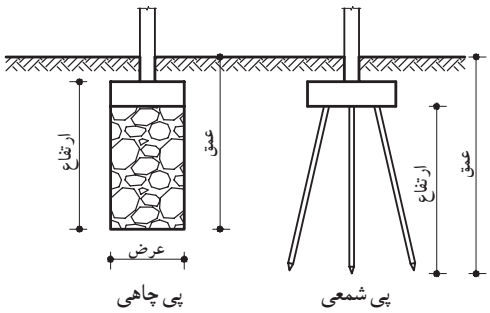
۱-به بتن مسلّح شده با میلگرد(آرماتور)، بتن آرمه یا بتن مسلّح گفته می‌شود.

۳-۳-۱-انواع پی از نظر سیستم ساخت:

پی‌ها از نظر سیستم ساخت به دو دسته‌ی کلّی پی‌های سطحی[1] و پی‌های غیرسطحی[2] (عمیق) تقسیم می‌شود(شکل ۴۳-۱):

-**پی‌های سطحی شامل:** تکّی 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 ۴۴-۱).



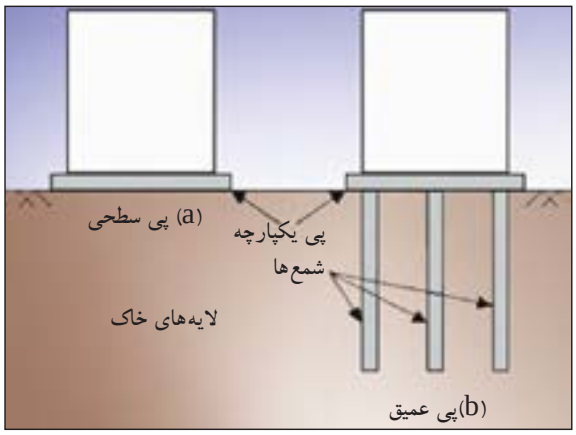
شکل ۴۴-۱ پی‌های غیرسطحی

الف)پی‌های سطحی

-*پی تکی(منفرد)*[3]: معمولاً از پی‌های تکی در مواقعی استفاده می‌شود که بارورده ازطرف ساختمان نسبتاً کم بوده و تعداد طبقات ۳ الی ۴ طبقه باشد ازطرفی احتمال نشست غیریکنواخت زمین[4] وجود نداشته باشد (شکل ۴۵-۱).

درساختمان‌های اسکلت فلزی چون تمام بارها ابتدا به ستون‌ها وارد می‌شود و ستون‌ها بار را به پی‌ها منتقل می‌نمایند، لازم است پی ازنوع بتن مسلّح(بتن آرمه) استفاده گردد. دراین گونه موارد پی‌های بتن مسلّح ازنوع تکی(منفرد) اجرا می‌شود.

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



شکل ۴۳-۱ پی‌های سطحی و غیرسطحی

شکل ۴۵-۱ پی تکی(منفرد)

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

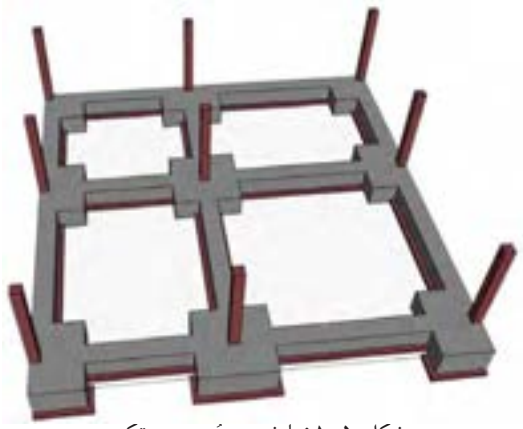
شکل ۴۷-۱ نمایش سه بُعدی پی‌های بتنی مسلّح منفرد ساده، هرمی، پلکانی

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

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

-*پی تکی کلاف شده:* هرگاه پی‌های تکی (منفرد) توسط شناژهایی از بتن مسلّح (آرمه) به یکدیگر متصل و کلاف گردند، پی را «کلاف‌شده» می‌نامند (شکل۴۸-۱).

پی‌های کلاف‌شده بهترین نوع پی در مناطق زلزله‌خیز به شمار می‌رود. زیرا درهنگام زلزله شناژها از جابه‌جایی پی‌ها جلوگیری نموده و باعث می‌شوندکه در فاصله‌ی پی‌ها از یکدیگر تغییری حاصل نگردد (شکل‌های ۴۹-۱ و ۵۰-۱).

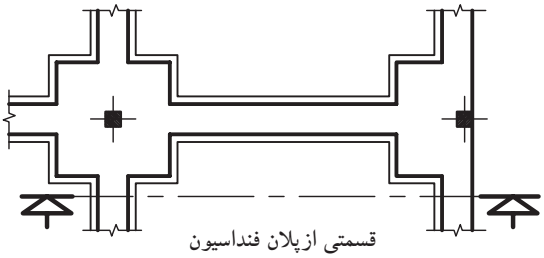


شکل۵۰-۱ نمایش سه بُعدی پی تکی کلاف بندی شده

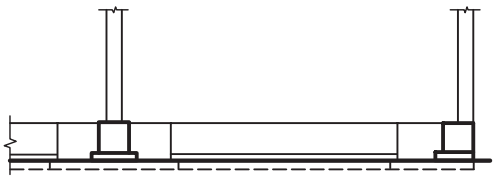
اتصال و یا کلاف پی و شناژبه دو صورت انجام می شود:

۱-ارتفاع شناژ کمتر از ارتفاع پی باشد(شکل ۵۱-۱).

۲-ارتفاع شناژ و پی یکی باشد(شکل۵۲-۱).

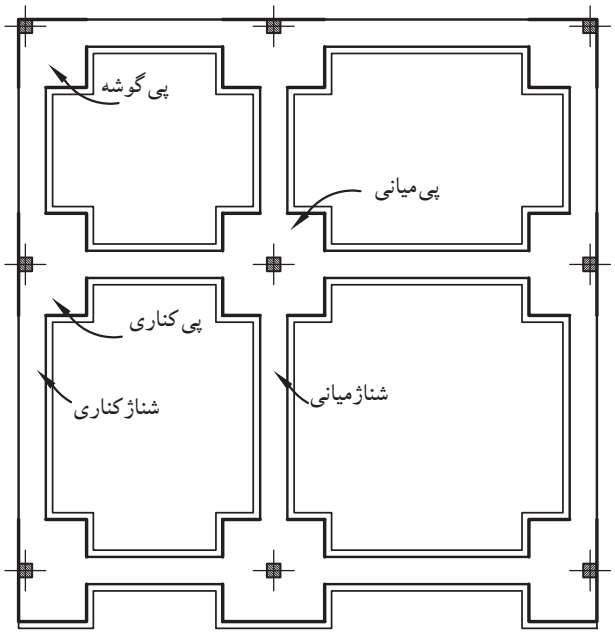


قسمتی ازپلان فنداسیون

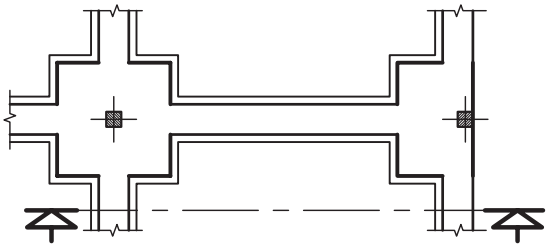


شکل۵۲-۱ برش(پی‌وشناژ هم ارتفاع اند.)

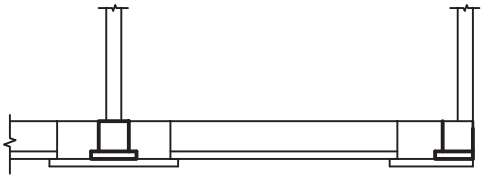
شکل۴۸-۱ آرماتورگذاری پی تکی کلاف‌بندی شده



شکل۴۹-۱ پلان پی تکی کلاف‌بندی شده



قسمتی از پلان فنداسیون



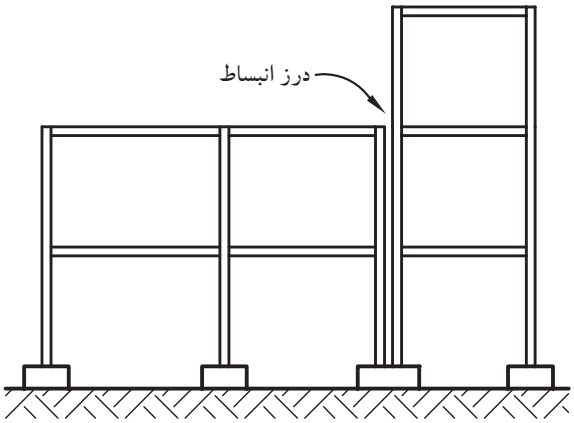
شکل۵۱-۱ برش(پی‌وشناژ دارای ارتفاع‌های متفاوت‌اند.)

-*پی مشترک(مرکب):* هرگاه برای دو یاچند ستون یک پی ساخته شود «پی‌مشترک» گویند (شکل۵۳-۱). پی مشترک وقتی مورد استفاده قرار می‌گیردکه:

۱-فاصله‌ی پی‌ها از یکدیگر کم بوده به طوری که حجم پی‌ها یکی می‌شود.

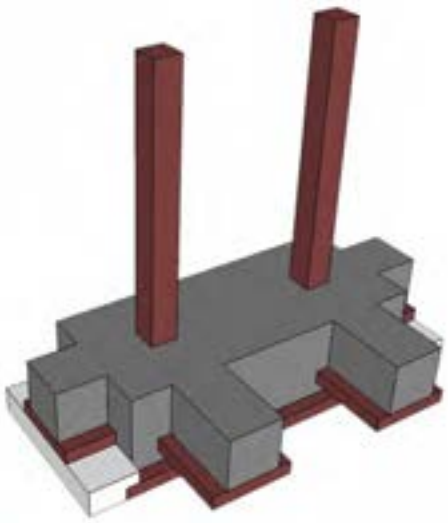
۲-یکی از پی‌ها درکنارزمین همسایه قرارگرفته باشد.

۳-وقتی که به علت طول زیاد یک بنا نیاز به ایجاد درز انبساط(ژوئن) باشد، دراین صورت باید برای ستون‌های مجاورِ درز انبساط نیز پی مشترک در نظر گرفته شود. لازم به توضیح است چنان‌چه بخواهیم برای دو پی با بارهای مختلف پی‌مشترک طرح نماییم پی مزبور به شکل ذوزنقه خواهد بود که قاعده‌ی کوچک در طرف بار کم‌تر و قاعده‌ی بزرگ آن در جهت بار بیش‌تر قرارمی‌گیرد(شکل۵۴-۱و۵۵-۱).

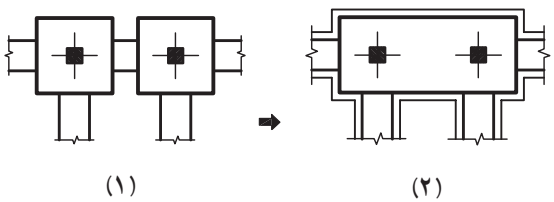


شکل۵۳-۱ پی مشترک دربرش*

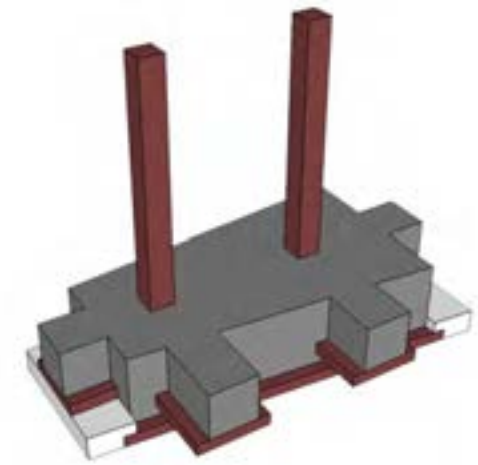
* دراین برش، بنابه بار وارده‌ی متغیر، نیاز به پی باسکولی[1] است تا پی مورد نظر تعادل و ایستایی خود را حفظ نماید.



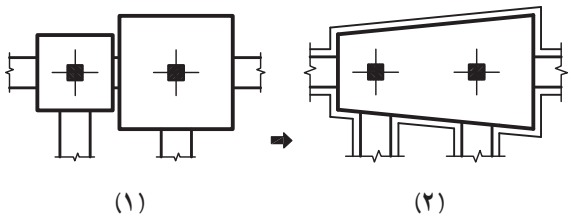
تصویرسه بُعدی پی‌مشترک مستطیل



شکل۵۴-۱ پی مشترک مستطیل



تصویرسه بُعدی پی‌مشترک ذوزنقه‌ای



شکل۵۵-۱ پی مشترک ذوزنقه

۱- به تعریف پی باسکولی، در صفحه‌ی ۱۸ رجوع شود.

-*پی نواری*[1]: با اتصال پی‌های یک ردیف ستون و یا پی زیر یک دیوار باربر، پی نواری ایجاد می‌گردد که نسبت طول به عرض آن بسیار زیاد است. معمولاً پی‌هایی که درآن‌ها نسبت طول به عرض آن بزرگ‌تر از۴ تا ۵ باشد، به عنوان پی نواری در نظرگرفته می‌شوند.

در زمین‌هایی که خطر رانش به وسیله‌ی خاک وجود داشته باشد از این گونه پی‌ها استفاده می‌شود. این پی‌ها بار وارده را درجهت طول پخش کرده و به خاک منتقل می‌کند و بنا را در مقابل لرزش‌ها و رانش‌های زمین مقاوم می‌نماید(شکل۵۶-۱و۵۷-۱).

پی‌های نواری در موارد زیر قابل اجرا هستند:

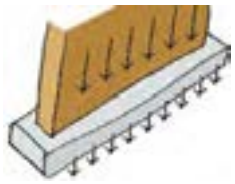
۱- زیریک ردیف ستون درساختمان‌های اسکلت فلزی یا بتن‌مسلّح.

۲-درزیر دیوار باربر در ساختمان‌های آجری

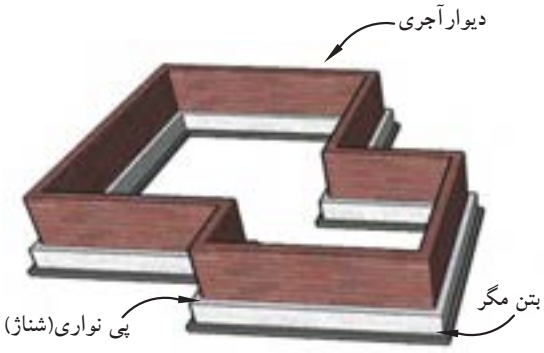
۳- زیرستون و دیوار تواما.

چنان‌چه این پی‌ها در هر دو امتدادعمود برهم قرار گیرند، پی نواری شبکه‌ای ایجاد می‌گردد(شکل‌های۵۸-۱و۵۹-۱ و ۶۰-۱ و ۶۱-۱).

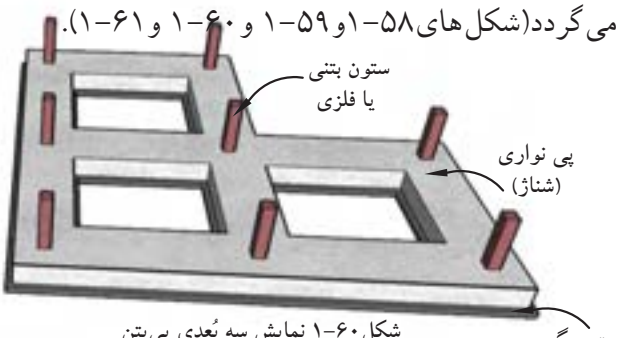
شکل۵۶-۱ پی‌بتن مسلّح نواری شبکه ای زیرستون



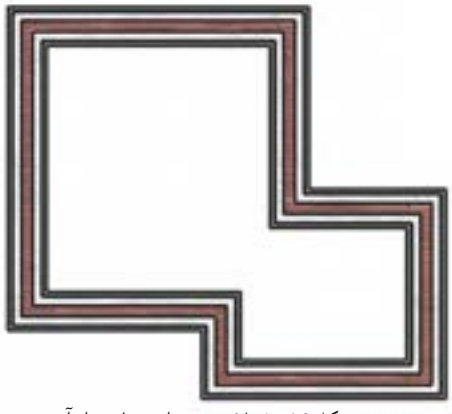
شکل۵۷-۱ انتقال بار از دیوار به پی



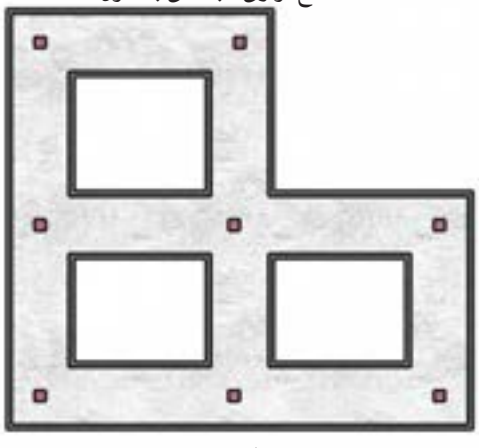
شکل۵۸-۱ نمایش سه بُعدی پی‌بتن مسلّح نواری با دیوار آجری



شکل۶۰-۱ نمایش سه بُعدی پی‌بتن مسلّح نواری شبکه ای با ستون



شکل۵۹-۱ پلان پی نواری با دیوارآجری



شکل۶۱-۱ پلان پی نواری شبکه ای با ستون فلزی یا بتنی

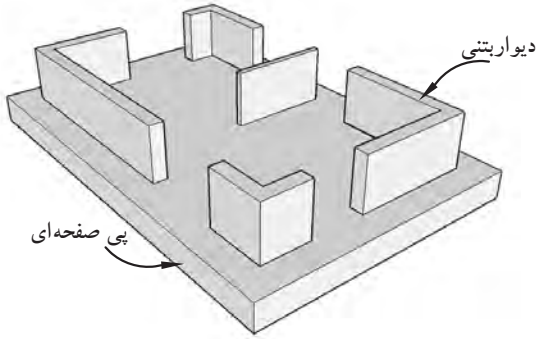
۱- Strip Foundation

-پی صفحه‌ای(گسترده یا رادیه ژنرال)[1]: ازاین گونه پی‌ها درمواردی 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 ۶۲-۱).

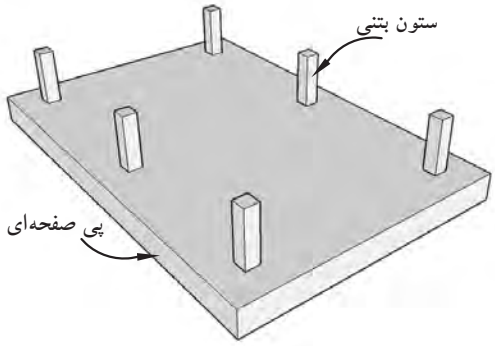
رادیه ژنرال به صورت یکپارچه و از بتن مسلّح(آرمه) در سرتاسر زیرساختمان ساخته می‌شود و کلیه ستون‌ها و دیوارها بر روی آن قرارمی‌گیرد. در بعضی مواقع که بار بسیار زیاد باشد سطح پی را بزرگ‌تر از سطح ساختمان روی آن می‌سازند تا پخش فشار درسطح بزرگ‌تری انجام پذیرد. پی‌های گسترده به صورت‌های مختلف ساخته می‌شود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

-پی صفحه‌ای با دیوار محیطی(شکل ۶۳-۱)،
-پی صفحه‌ای ساده (شکل ۶۴-۱)،
-پی صفحه‌ای باشناژ (شکل ۶۵-۱)،
-پی صفحه‌ای بادیواربتنی دریک جهت(شکل ۶۶-۱)،
-پی صفحه‌ای با دیواربتنی دردوجهت(شکل ۶۷-۱).

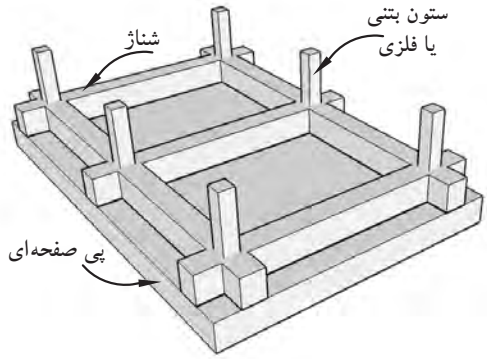
شکل ۶۲-۱ پی‌بتن مسلّح یکپارچه(رادیه ژنرال)



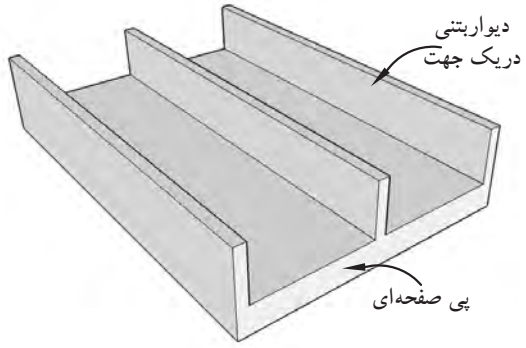
شکل ۶۳-۱ پی‌یکپارچه با دیوار محیطی



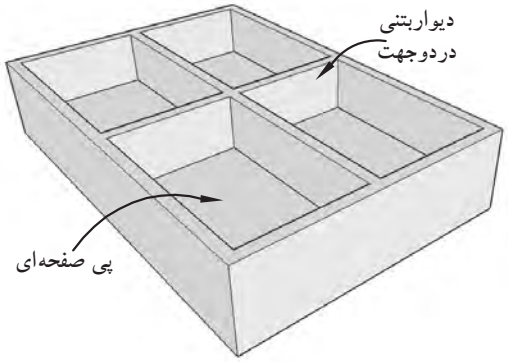
شکل ۶۴-۱ پی‌یکپارچه ساده با ستون بتنی یا فلزی



شکل ۶۵-۱ پی‌یکپارچه با شناژ



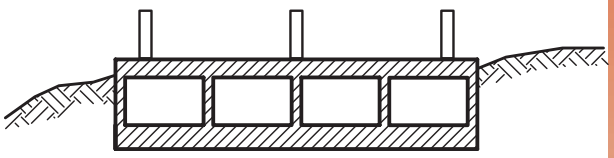
شکل ۶۶-۱ پی‌یکپارچه با دیواربتنی دریک جهت



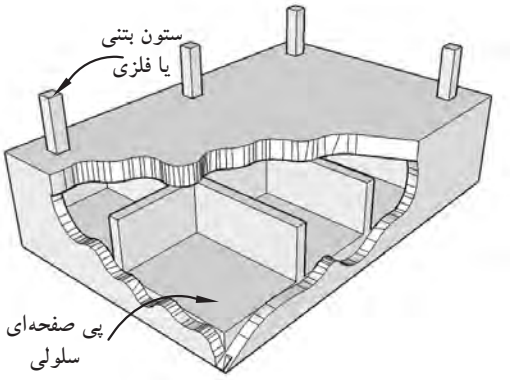
شکل ۶۷-۱ پی‌یکپارچه با دیواربتنی دردوجهت

۱- Mat Foundation

درشکل‌های۶۸-۱و۶۹-۱ نیزپی صفحه‌ای سلولی به صورت سه بُعدی و برشی از آن را نشان می‌دهد.

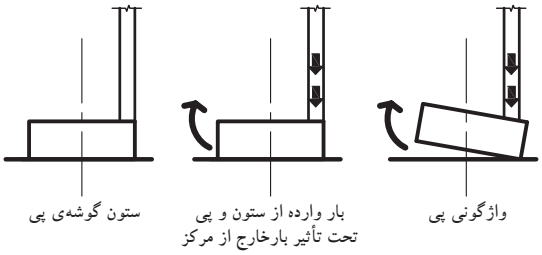


شکل۶۹-۱ برش پی یکپارچه‌ی سلولی



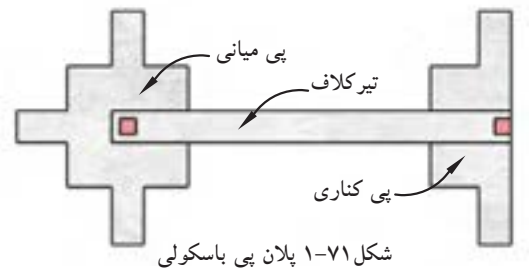
شکل۶۸-۱ پی یکپارچه‌ی سلولی

-*پی باسکولی*[1]: چنان‌چه ستونی درگوشه و یا میان سطح پی منفرد قرار داشته باشد، نیروی وارده از ستون برگوشه‌ی پی وارد می‌شود. این‌گونه پی‌ها تحت بار خارج از مرکز قرار گرفته و باعث چرخش و واژگونی آن می‌شود(شکل ۷۰-۱).



شکل۷۰-۱ اثر نیرو در پی گوشه و یا پی کناری

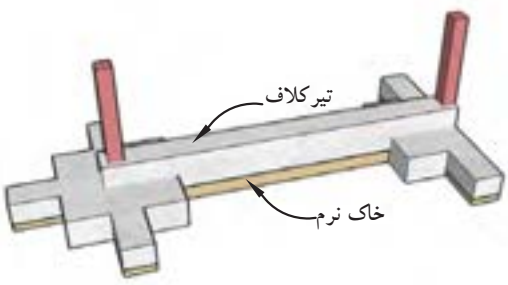
بنابراین جهت جلوگیری از واژگونی پی مذکور آن را با یک تیر رابط (شناژ) به پی منفرد داخلی متصل می‌کنند(شکل ۷۱-۱).



شکل۷۱-۱ پلان پی باسکولی

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.

تیررابط، برای انتقال لنگر ناشی از خروج از مرکز ستون خارجی به پی ستون داخلی به کارمی‌رود، به طوری که در زیر هر دو پی تنش یکنواخت ایجاد شود. تیر رابط نباید با زمین درتماس باشد تا فشاری از خاک برآن وارد نیاید و توزیع نیرو را درپی‌ها تغییر ندهد.



شکل۷۲-۱ نمایش سه بُعدی پی باسکولی

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

۱-Cantilever Footing

ب)پی های غیرسطحی:

-*پی نیمه عمیق(چاهی)*[1]: چنان چه خاک زیربناجهت ساختمان‌سازی مناسب نباشد، مخزن‌هایی به شکل چاه به عمق تا ۱۰ مترایجاد نموده، سپس قسمتی از آن را با مصالح مناسب پرمی‌نمایند و پی مورد نظر را بر روی آن قرارمی دهند(شکل های ۷۳-۱ و ۷۴-۱).

شکل۷۳-۱ پی چاهی در حال اجرا

شکل۷۴-۱ پی چاهی کامل

-*پی عمیق(شمعی)*[2]: اگر پی‌کنی و پی‌سازی در عمق ۱۰ متر و یا بیش‌تر باشد، به دلیل سستی خاک (زمین)، پی سازی به روش های معمولی امکان‌پذیر نیست، باید از پی‌های شمعی استفاده کرد. معمولاً این شمع‌ها از جنس چوب به قطر ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر و به ارتفاع ۸ تا ۱۰ متر و در ارتفاع بیش‌تر از ۱۰متر ازجداره‌ی فلزی (به قطر ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر)ساخته شده و مورد استفاده قرار می گیرد، قابل توضیح است که چون چوب و فلز به کاررفته پس از گذشت زمانی می پوسند، لذا لازم است ازقطعات پیش ساخته‌ی بتنی و یا بتن (درجا) که به صورت استوانه‌ای با قطر۲۵ تا۴۰ سانتی متر و ارتفاع ۱۰ تا۳۰ متراستفاده گردد، سپس پی موردنظر را بر روی شمع‌ها قرار می‌دهند. (اجرای پی‌های شمعی به تکنیک و مهارت خاصی نیازدارد)(شکل های۷۵-۱و ۷۶-۱).

شکل۷۵-۱ پی شمعی

شکل۷۶-۱ پی شمعی

۱- Hole Foundation
۲- Pile Foundation

۴-۱-پی کنی و خاک‌برداری

به منظور دسترسی به بستری مناسب جهت انتقال وزن ساختمان به زمین «پی کنی» 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 ۷۷-۱).

به‌طورخلاصه پی‌کنی به دلایل زیرانجام می‌شود:

۱-دسترسی به زمین سخت و مقاوم.

۲-محافظت پی ساختمان ازاثرات جوی مانند یخ‌زدگی و عوامل محیطی مانندضربات ناشی ازحمل و نقل ماشین‌آلات سنگین مخصوصاً درساختمان‌های صنعتی.

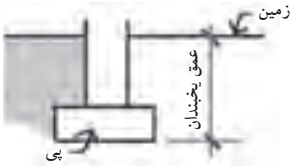
۳-جلوگیری از لغزش ساختمان در اثر نیروهای جانبی.

۱-۴-۱-ابعاد پی کنی: ابعاد و عمق پی‌کنی به ابعاد و ارتفاع پی و شرایط اقلیمی بستگی دارد(شکل ۷۸-۱). یعنی درمناطقی که درزمستان 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 درنظرمی‌گیرند(شکل ۷۹-۱).

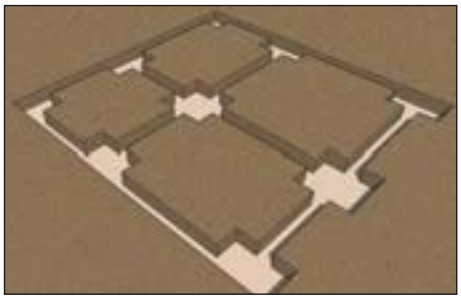
به هرحال درهرنوع آب و هوایی عمق پی‌کنی نباید کم‌تراز ۵۰ سانتی‌متر باشد. طول و عرض پی‌کنی نیز با توجه به نوع قالب‌بندی (مثلاً قالب‌آجری) حدوداً ۱۰ الی ۱۵سانتی‌متر بزرگ‌تر از ابعاد پی درنظر گرفته می‌شوند(شکل‌های ۸۰-۱ و ۸۱-۱ و ۸۲-۱).

شکل۷۷-۱ پی‌کنی برای پی‌نواری

شکل۷۸-۱



شکل۷۹-۱



شکل۸۰-۱ پی‌کنی متناسب با ابعاد مشخص شده‌ی پی درنقشه روی زمین اجرا می‌شود.

شکل۸۱-۱ پی‌کنی از نوع پی‌کلاف‌بندی شده(پی‌منفرد و شناژ) جداره‌های اطراف پی نقش قالب را ایفاء می‌کنند.

شکل۸۲-۱ قالب بندی آجری در اطراف پی

۵-۱-گودبرداری

بعد از پیاده کردن نقشه و کنترل آن چنان‌چه یک یا چندطبقه از بنا پایین‌تر از سطح طبیعی زمین قرار داشته باشد باید گودبرداری انجام شود. گاهی ممکن است عمق گودبرداری به چندین متر برسد(شکل۸۳-۱).

متناسب با عمق گودبرداری و موقعیت زمین (محدود یا نامحدود)گودبرداری ممکن است معمولاً با وسایلی مانند بیل‌مکانیکی و یا لودر و درصورت محدودیت زمین و عدم دسترسی به ماشین‌آلات از وسایل‌دستی مانند بیل و کلنگ و فرغون و درعمق زیاد یا منطقه وسیع مثل پارکینگ‌های زیرزمینی، انبارهای بزرگ زیرزمینی وغیره با کمک سایر ماشین‌آلات ساختمانی انجام می‌گیرد(شکل۸۴-۱).

شکل۸۳-۱ پیاده‌کردن نقشه روی زمین

شکل۸۴-۱ زمین گوبرداری شده

۱-۵-۱-گودبرداری درزمین‌های نامحدود:منظور از زمین‌های نامحدود، زمین نسبتاً وسیعی است که اطراف آن هیچ‌گونه ساختمانی نباشد. برای گودبرداری این‌گونه زمین‌ها از ماشین‌آلاتی مانند بیل‌مکانیکی، لودر، و ... استفاده شده، سپس خاک با شیب متناسب برداشته می‌شود وخاک‌های حاصل از گودبرداری با کامیون به خارج از محوطه حمل می‌گردد(شکل۸۵-۱).

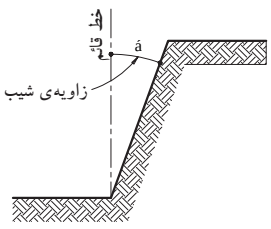
شکل۸۵-۱ گودبرداری با لودر در زمین نامحدود

برای جلوگیری از ریزش دیواره‌ها، گودبرداری با شیب ملایمی انجام می‌گیرد که این مقدارشیب به جنس زمین بستگی دارد. هرچه‌قدر خاک گود سست و ریزشی‌تر باشد مقدار زاویه‌ی شیب نیز بیش‌ترخواهد بود (شکل۸۶-۱).

درجدول۱-۱ مقدار زوایای شیب دیواره‌ها، هنگام گودبرداری، انواع زمین‌ها را نشان می‌دهد.

جدول۱ -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 به۳
زمین ماسه‌ای	۴۵	۱۰۰	۱به۱
زمین دستی و سست	بیش از۴۵	–	–



شکل۸۶-۱

۲-۵-۱-گودبرداری در زمین‌های محدود:

گودبرداری درچنین زمین‌هایی به مراتب از گودبرداری درزمین های نامحدود مشکل تراست .زیرا اولاً در بیش‌تر مواقع فضای کافی جهت حرکت ماشین‌آلات خاک‌برداری وجود ندارد، ثانیاً چنان‌چه گودبرداری از سطح پی ساختمان‌های مجاور پایین‌تر باشد رعایت مسائل ایمنی جهت جلوگیری از ریزش زمین و تخریب ساختمان مجاورضروری است(شکل ۸۷-۱).

برای ایجاد امنیت درچنین مواقعی بایدگودبرداری را با رعایت فاصله‌ی مناسب از دیوار مجاور و مهارکردن دیوارهای ساختمان مجاور با شمع های چوبی یا فلزی اجرانمود.

در شکل ۸۸- ۱مهاربندی (سازه نگهبان [۱])، دیواره‌های ساختمان مجاور را با پشت بندهای خاکی به شکل ستون نشان می‌دهد.

شکل۸۹-۱مهاربندی جداره‌هاتوسط پشت‌بندهای افقی و مایل را درگودهایی با عرض کم نشان می‌دهد.

درشکل۹۰-۱ مهاربندی توسط شمع‌های چوبی و یا فلزی و هم‌چنین پشت‌بندهای خاکی اجرا شده است. این شمع‌ها به صورت مایل و با زاویه‌ی ۴۵ درجه مستقر می‌شوند.

شکل۹۱-۱ نیز مهاربندی توسط دیوار مانع را نشان می‌دهد. معمولاً درزمین‌های ماسه‌ای و سست به دلیل ریزشی بودن دیوارها مهاربندی افقی عملی نیست بنابراین استفاده از دیواره‌های چوبی یا فلزی مقرون به صرفه خواهد بود.

شکل۸۷-۱ گودبرداری دستی (با بیل و کلنگ)

شکل۸۸-۱ مهاربندی با پشت بند خاکی ستونی

شکل۸۹-۱ مهاربندی باپشت بندهای افقی و مایل(فضایی)

شکل۹۰-۱ مهاربندی باشمع چوبی

شکل۹۱-۱ مهاربندی بادیوار مانع چوبی

۱- به منظور جلوگیری از ریزش خاک و تبعات منفی احتمالی ناشی ازخاک‌برداری، سازه های موقتی را برای مهارخاک دیواره‌ی گودبرداری اجرا می‌کنند که به آن «سازه‌نگهبان» می‌گویند. هدف از سازه‌های نگهبان عبارتند از: حفظ اموال و جان انسان‌های خارج و داخل گود وایجاد شرایط امن کاری است.

۶-۱-عوامل تأثیرگذار در انتخاب نوع پی

با توجه به اینکه دربخش‌های قبلی با چگونگی تشخیص نوع خاک و نحوه‌ی 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 طرّاح کمک می‌کند، اشاره شود.

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

علاوه برتوجه به مسایل فنّی، مانند نوع خاک و مقاومت آن، میزان بارورده از ساختمان به زمین و ... که همگی تعیین کننده‌ی نوع پی و اندازه‌ی آن است، براین اساس، شرایط ساخت بنا برای هرمکان با توجه به قرارگیری آن در شهر یا روستا، در کویر یا کوهستان، درجلگه یا سواحل دریا، در منطقه‌ی جنوب یا درشمال و مناطق معتدل زلزله‌خیز نیزمتفاوت بوده و توجه به آن از نکات حائز اهمیت می‌باشد.

بنابراین با تعیین شرایط به‌دست‌آمده 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.

شکل۹۲-۱پی کلاف بندی

شکل۹۳-۱ پی نواری

شکل۹۴-۱ پی گسترده

۱-۱-خاک

پی به عنوان یکی از اعضای باربر ساختمان وظیفه‌ی توزیع و انتقال وزن ساختمان به زمین زیرش را دارد. به طوری‌که طراحی یک پی مناسب، به خصوصیّات خاک زیرآن ازیک طرف و مقدار وزن سازه‌ی روی آن از طرف دیگر بستگی دارد.

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

۱-۱-۲-طبقه‌بندی خاک: اندازه وشکل 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 کلوئیدها و لجن از گروه خاک‌هایی هستند که اندازه‌ی دانه‌های آن بسیارریز می‌باشند.

۱-۱-۴-مقاومت خاک: هرچه‌قدر 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 میسّر می‌سازد.

۱-۲-نوع زمین از نظر ساختمان سازی

۱-۲-۱-زمین‌های با خاک‌دستی: 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 درحدود ۱/۵ تا ۲ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع بوده و امکان ساخت و ساز را بر روی آن با رعایت اصول ایمنی فراهم می‌سازد. کناره‌های ساحل دریا نمونه‌ای ازاین زمین‌هاست.

۱-۲-۳-زمین‌های دج: به زمین‌هایی از شن‌های ریز و درشت خاک با مقاومت فشاری درحدود ۴/۵ تا ۳۰ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع، گفته می‌شود. این نوع زمین‌ها به رنگ‌های زرد و سرخ و سیاه وجود دارد و برای ساخت وساز بسیار مناسب است.

۱-۲-۴-زمین‌های مخلوط: زمین‌هایی از قلوه سنگ، شن، ماسه و خاک رس با مقاومت فشاری درحدود ۲/۵ تا ۵ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع بوده و درصورتی‌که از تراکم مناسب برخوردار نباشد، برای ساخت وساز مناسب نیست.

۱-۲-۵-زمین‌های سنگی: دارای مقاومت فشاری حدود ۴۰ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع است. اگر چنان‌چه این زمین‌ها از نوع سنگ‌های گچی وآهکی تشکیل نشده باشندبرای ساخت وساز مناسب است.

۱-۲-۶-زمین‌های نامناسب: هرگونه ساخت وساز 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 درصورتی‌که خشک و بی‌آب بوده و فشرده شوند مقاومت فشاری آن حدود ۴ تا ۵ کیلوگرم برسانتی‌مترمربع خواهدبود. بنابراین قابلیت ساخت وساز در آن فراهم است و درغیراین‌صورت با ازدیاد رطوبت، مقاومت فشاری آن شدیداً کاهش می‌یابد.

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 دیواها 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 برآن(مرده و زنده و بارهای‌جانبی)، نوع خاک و مقاومت فشاری زمین دارد.

۲-۳-۱-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 درهرمترمکعب خاک آن بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم گردآهک به کارمی‌رود.

ب)پی آجری: از پی‌های آجری درمواقعی که ساختمان کوچک و باروارده‌ی آن نیزکم باشد، استفاده می‌شود. برای صرفه‌جویی در مصرف آجر بهتراست شکل پی به صورت پلکانی اجرا شود این عمل باعث می‌شود که باربا زاویه‌ی ۶۰ درجه به زمین منتقل شود.

ج)پی‌سنگی: 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 مدوّربودن آن برای پی‌سازی مناسب نیست. زاویه‌ی پخش بار در پی‌های سنگی ۴۵ درجه است.

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

د)پی‌فلزی: درصورتی‌که بارهای وارده برستون زیاد و مقاومت فشاری زمین(خاک)، ازحدمجازکم‌ترباشد استفاده می‌شود.

ه)پی بتنی(بتن مسلّح): بتن را می‌توان یکی از مقاوم‌ترین ومستحکم‌ترین 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 درپی‌های بتنی بین ۳۰ تا ۴۵ درجه است.

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

الف)پی‌های سطحی

-*پی تکی(منفرد):* معمولاً از پی‌های تکی درمواقعی مورد استفاده می‌شود که باروارده ازطرف ساختمان نسبتاً کم بوده و تعداد طبقات ۳ الی ۴ طبقه باشد ازطرفی احتمال نشست غیریکنواخت زمین وجود نداشته باشد.

-*پی تکی کلاف شده:* هرگاه پی‌های تکی (منفرد) توسط شناژهایی از بتن مسلّح (آرمه) به یکدیگر متصل و کلاف گردند، پی را «کلاف‌شده» می‌نامند. پی‌های کلاف‌شده 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 درجهت طول پخش کرده و به خاک منتقل می‌کند.

-*پی صفحه‌ای(گسترده یا رادیه ژنرال):* ازاین گونه پی‌ها درمواردی 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 زیرپی به تمام سطح زیرین ساختمان نیاز باشد.

-*پی مشترک:* هرگاه برای دو یاچند ستون یک پی ساخته شود «پی‌مشترک» گویند. پی مشترک وقتی مورد استفاده قرار می‌گیردکه:

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

۲-یکی از پی‌ها درکنارزمین همسایه قرارگرفته باشد.

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

-*پی باسکولی:* چنان‌چه ستونی درگوشه و یا میان سطح پی منفرد قرار داشته باشد، نیروی وارده از ستون برگوشه‌ی پی وارد می‌شود. این‌گونه پی‌ها تحت بار خارج از مرکز قرارگرفته 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 غیرسطحی:

-*پی نیمه‌عمیق(چاهی):* دراین 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 قرارمی‌دهند.

-*پی‌عمیق(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-پی کنی و خاک‌برداری

به منظور دسترسی به بستری مناسب جهت انتقال وزن ساختمان به زمین «پی کنی» صورت می‌گیرد. به‌طور خلاصه پی‌کنی به دلایل زیرانجام می‌شود:

۱-دسترسی به زمین سخت و مقاوم.

۲-محافظت پی ساختمان ازاثرات جوی مانند یخ‌زدگی و عوامل محیطی مانندضربات ناشی ازحمل و نقل ماشین‌آلات سنگین مخصوصاً درساختمان‌های صنعتی.

۳-جلوگیری از لغزش ساختمان در اثر نیروهای جانبی.

۵-۱-گودبرداری

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

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

۲-۵-۱-گودبرداری در زمین‌های محدود:گودبرداری درچنین زمین‌هایی بامهاربندی(سازه‌نگهبان)دیواره‌های ساختمان مجاوربا پشت‌بندهای خاکی به شکل ستونی، باپشت‌بندهای افقی و مایل درگودهایی 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 درزمین‌های ماسه‌ای و سست به دلیل ریزشی بودن دیوارها مهاربندی افقی عملی نیست، بنابراین استفاده از دیواره‌های چوبی یا فلزی مقرون به صرفه‌ترخواهد بود.

آزمون پایانی (۱)

سؤالات تشریحی

۱-خاک را تعریف کنید و انواع آن را از نظر ساختمان‌سازی نام ببرید.
۲-مناسب‌ترین خاک در ساختمان‌سازی دارای چه ویژگی‌هایی است؟ توضیح دهید.
۳-مواد تشکیل دهنده‌ی زمین‌های مخلوط را نام برده و بگویید مقاومت فشاری آن چه‌قدر است؟
۴-هدف از پی‌کنی چیست؟ شرح دهید.
۵-پی را تعریف کرده و وظایف آن را نام ببرید.
۶-پی‌های بتنی نسبت به سایر پی‌ها چه مزیتی دارد؟ شرح دهید.
۷-چرا همواره سعی می‌شود که سطح پی‌ها را پایین‌تر از سطح زمین قراردهند؟ توضیح دهید.
۸-چه عواملی در تعیین ابعاد پی موثر است؟ نام ببرید.
۹-درچه شرایطی از پی مشترک استفاده می‌شود؟ توضیح دهید.
۱۰-شناژبندی پی‌های منفرد به چه منظور انجام می‌گیرد؟ 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 زمین‌های محدود را نام ببرید.

پاسخ:.....

سؤالات چهارگزینه‌ای

۱-مناسب‌ترین پی برای مقاوم‌سازی ساختمان درمقابل زلزله کدام است؟
الف) پی‌منفرد ب) پی‌نواری
ج) پی‌باسکولی د) پی‌کلاف شده

۲-بارهای قابل جابه‌جایی در ساختمان را چه می‌نامند؟
الف) بارمرده ب) بارزنده ج) بارجانبی د) بارزلزله

۳-زاویه‌ی پخش بار در پی‌های بتنی چند درجه است؟
الف) ۳۰تا ۴۵درجه ب) ۳۰تا ۶۰درجه ج) ۴۵تا ۶۰درجه د) ۶۰تا ۹۰درجه

۴-برای ساختمان‌های بلند(آسمان خراش‌ها)چه نوع پی به کار می‌رود؟
الف) پی‌منفرد ب) پی‌صفحه‌ای ج)پی‌نواری د) پی‌بتنی

۵-پی‌های نواری به پی‌هایی گفته می‌شود که درآن.....
الف) طول پی نسبت به عرض آن زیاد باشد. ب) بارواردہ ازساختمان به آن نسبتاً کم باشد.
ج) سطح مقطع آن مربع یا دایره باشد. د) بارواردہ ازساختمان 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) پی‌رادیه ژنرال ب)پی‌نواری ج)پی‌بتنی منفرد د)پی‌باسکولی

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 باربرآجری از پی ..... استفاده می شود.
الف) پی‌نقطه ای ب) پی‌نواری ج)پی‌گسترده د)پی‌مرکب

۱۰-کدام‌یک از ماسه‌های زیر جهت تهیه‌ی بتن مناسب‌تر است؟
الف)رودخانه‌ای ب)بادی ج)شکسته د)طبیعی

۱۱-ساختمان سازی بر روی کدام‌یک از زمین‌های نام برده، به هیچ عنوان توصیه نمی‌گردد؟
الف) دج ب)سنگی ج)رسی د)مخلوط

۱۲-درزمین‌های 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-کلاف‌شده-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 جمع‌آوری اطلاعات نمایید.

پاسخ:.....

بیشتر بدانیم . . . (مطالعه آزاد)

مهارت روش صحیح مطالعه:

نتیجه تحقیقات بیانگر آن است که بیشترین اطلاعات از طریق مطالعه به‌دست 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)
- **سؤال گذاری** (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