

## بررسی خاک و انواع فونداسیون

بررسی خاک به منظور درک خصوصیات خاک و تعیین فونداسیون متناسب با نوع خاک انجام می‌شود. در این مقاله در مورد بررسی انواع خاک، گزارش این بررسی‌ها و نوع فونداسیون مناسب بحث می‌شود.



### بررسی خاک‌های زیرسطحی

شرایط خاک‌های زیرسطحی با استفاده از آزمایش‌های حفاری که مهندس خاک (ژئوتکنیک) ارائه می‌دهد، بررسی می‌شود. تعداد و محل حفاری‌ها به نوع ساختمان و شرایط محل بستگی دارد.

معمولاً وقتی خاک یکنواخت باشد، حفاری‌ها بافاصله‌ی ۱۰۰ تا ۱۵۰ فوت از هم انجام می‌شوند. برای کارهای دقیق‌تر و زمانی که خاک یکنواخت نیست حفاری‌ها بافاصله‌ی ۵۰ فوت از هم انجام می‌شوند.

برای فضاهایی مانند انبارها که دهانه طولانی هستند و ستون کمتری استفاده می‌شود به حفاری کمتری نیاز است.

حفاری باید تا لایه‌های سخت پایین (عبور از لایه‌های نامناسب و رسیدن به لایه‌ها سخت) و حداقل ۲۰ فوت در خاک باربر ادامه یابد.

محل حفاری‌ها در نقشه‌های مهندسی تعیین شده است. توصیه می‌شود که نمونه‌برداری از خاک زیر محل ساخت ستون‌ها انجام نشود.

با استفاده از حفاری می‌توان به عمق، نوع خاک، مقدار رطوبت و گاهی سطح آب‌های زیرزمینی پی برد (مشخصات فیزیکی: اندازه‌ی ذرات، مقدار رطوبت، چگالی).

پیشنهادهای ارائه شده در گزارش بررسی خاک‌های زیرسطحی باید بر اساس آزمایش‌های انجام شده باشد و اطلاعات زیر را شامل شود:

- ظرفیت باربری خاک
- توصیه‌های طراحی پی
- تراکم خاک
- مقاومت جانبی (فعال، غیرفعال و ضریب اصطکاک)
- نفوذپذیری
- عمق یخبندان

#### بررسی خاک‌های سطحی

بررسی خاک‌های سطحی باهدف تعیین موارد زیر انجام می‌شود. این کار برای ساخت‌وساز الزامی است.

- سطح سفره‌های آب
- وجود خاک‌های مشکل‌دار: کود گیاهی، رس نرم، گل‌ولای یا ماسه‌های خیس
- سنگ‌های نزدیک به سطح (که برای حفاری باید منفجر شوند)
- زباله یا خاک دستی
- علائم نشان‌دهنده لغزش یا فرونشست

#### علائم بیرونی نشان‌دهنده شرایط خاک

- ساختمان‌های مجاور - نیاز به شمع‌زنی
- برون‌زد یا رخنمون سنگ - نشان‌دهنده‌ی خوب بودن سنگ‌بستر به لحاظ باربری و مقاومت در برابر یخ‌زدگی و سخت بودن حفاری.
- آب (دریاچه) - نشان‌دهنده‌ی بالا بودن سطح سفره آب‌های زیرزمینی و نیاز به آب‌بندی فونداسیون
- زمین مسطح - عملیات راحت، باربری خوب و زهکشی ضعیف.
- شیب‌های ملایم - عملیات راحت و زهکشی خوب
- زمین محدب (برآمدگی) - سخت بودن خاک
- زمین مقعر (گودی) - نرم و مرطوب بودن خاک
- زمین با شیب تند - حفاری پرهزینه، پتانسیل فرسایش و خاک‌های لغزنده
- درختان - درختان کم نشان‌دهنده خیس بودن خاک و درختان بزرگ نشان‌دهنده‌ی زمین سخت

#### دسته‌بندی خاک:

مهندسان درگیر با مکانیک خاک یک سیستم دسته‌بندی ساده تهیه کرده‌اند که نشان‌دهنده مشخصات یک نوع خاک معلوم هستند. سیستم دسته‌بندی خاک مبتنی بر تعیین نوع خاک است که خود وابسته به مشخصات پلاستیکی و بافت خاک است. خاک‌ها معمولاً در طبیعت به‌صورت ترکیب با ذرات دیگر یافت می‌شوند.

خاک بر اساس این موارد دسته‌بندی می‌شود:

۱. درصد شن، ماسه و ریزدانه‌ها
۲. شکل دانه‌ها

مشخصات پلاستیک و قابلیت تراکم خاک:

در سیستم طبقه‌بندی متحد خاک (USCS) هر خاک یک نام دارد و با دو حرف نشان داده می‌شود که نشان‌دهنده‌ی مشخصات اصلی خاک هستند. قرار دادن خاک‌ها به گروه آن‌ها با بررسی بصری و تست‌های آزمایشگاهی انجام می‌شود. در دسته‌بندی خاک، عبارت‌های سنگ، شن، ماسه و ریزدانه‌ها (لای و رس) برای تعیین کردن بازه‌ی اندازه‌ی ذرات خاک استفاده می‌شوند.

بازه‌های اندازه‌ی ذرات خاک از بزرگ‌ترین به کوچک‌ترین:

۱. سنگ
  ۲. شن (ریز و درشت)
  ۳. ماسه (درشت، متوسط و نرم)
  ۴. ریزدانه‌ها که شامل رس و لای هستند.
- مقاومت برشی خاک وابسته به چسبندگی (مقدار آب و مقدار چسبندگی آن) و اصطکاک داخلی (بر اساس اندازه‌ی دانه‌ها) است. این مقدار با آزمایش تراکم سه محوری اندازه‌گیری می‌شود.

گروه‌های خاک:

با توجه به این مشخصه‌ها خاک‌ها به سه گروه تقسیم‌بندی می‌شوند:

- درشت‌دانه – که به خاک‌های شنی (G) و ماسه‌ها و خاک‌های ماسه‌ای (S) تقسیم‌بندی می‌شوند.
- ریزدانه – که بر اساس مشخصات پلاستیکی آن‌ها تقسیم می‌شوند (L, H).
- به‌شدت آلی – که زیر مجموعه ندارد (Pt).

درشت‌دانه – خاک‌هایی هستند که از شن و یا ماسه تشکیل شده‌اند. این خاک‌ها اکثراً زمانی برای پی‌ها مناسب هستند که به‌خوبی زهکشی و محصور شده باشند. این خاک‌ها به‌خصوص سری G (GC, GM, GP, GW) باربری خوبی دارند. دسته‌بندی آن‌ها با توجه به مقدار شن و ماسه صورت می‌گیرد.

ریزدانه – خاک‌هایی هستند که از نوع لای و رس هستند (L, H). این خاک‌ها برای پی‌ها مناسب بوده ولی باید متراکم شوند. بهترین نوع این دسته از خاک‌ها CL است. دسته‌بندی آن‌ها بر اساس مشخصات چسبندگی و نفوذپذیری انجام می‌شود.

به‌شدت آلی – خاک‌هایی هستند که معمولاً بسیار تراکم پذیر هستند و برای ساخت‌وساز مناسب نیستند. این خاک‌ها دارای علف، برگ و ریشه هستند. کود گیاهی، گیاه‌خاک و خاک‌های باتلاقی معمولاً در این گروه قرار دارند (Pt).

اطلاعات مربوط به نمونه‌های گرفته‌شده با حفاری که می‌تواند به مهندس ژئوتکنیک در تعیین پی‌ها کمک کند عبارت‌اند از:

۱. برای خاک‌های درشت‌دانه – اندازه‌ی ذرات، ترکیب کانی‌ها و شکل دانه‌ها
۲. برای خاک‌های ریزدانه – مقاومت، رطوبت و پلاستیسیته.

در مراحل اولیه می‌توان از بررسی بصری برای تعیین رفتار استفاده کرد.

### مشکلات خاک

مشکل فشار رو به بالا (uplift) در خاک را می‌توان با شن زهکشی شده یا زهکشی آزاد آن (GW, GP) کاهش داد. فشارهای رو به بالا در خاک‌های ریزدانه شامل لای و رس اتفاق می‌افتد؛ چنین خاک‌هایی باعث بلند شدن پی می‌شوند.

### مشکلات ناشی از یخ‌زدگی

- صرف‌نظر از حساسیت گروه‌های مختلف خاک در مقابل یخ‌زدگی، قبل از اینکه بخواهیم یخ‌زدگی را در نظر بگیریم باید دو شرط به صورت هم‌زمان وجود داشته باشد: وجود آب و دمای مناسب برای یخ.
- لای و رس (ML, CL, OL) در مقابل یخ‌زدگی آسیب‌پذیرتر هستند (زیرا رطوبت را نگه می‌دارند). خاک‌های دانه‌ای با زهکشی مناسب آسیب‌پذیری کمتری نسبت به یخ‌زدگی و ایجاد مشکل برای پی دارند.

### مشکلات ناشی از زهکشی

- مشخصات زهکشی خاک‌ها بازتاب مستقیمی از نفوذپذیری آن‌ها هستند. وجود رطوبت در مصالح پی و زیر پی باعث ایجاد فشار آب حفره‌ای و کاهش مقاومت می‌شود.
- خاک‌های ماسه‌ای و شنی با ریزدانه‌ی کم یا بدون ریزدانه (GW, GP, SW, SP) زهکشی خوبی دارند.
- خاک‌های ریزدانه و خاک‌های به‌شدت آلی زهکشی ضعیفی دارند.

### تراکم:

غلتک‌های پاچه‌بزی و لاستیکی تجهیزات معمولی هستند که برای فشرده‌سازی خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از مزیت‌های غلتک پاچه‌بزی این است که سطح خشنی از خود به‌جا می‌گذارد و به این صورت پیوستگی بهتری بین لایه‌ها ایجاد می‌کند. خاک‌های خوب دانه‌بندی شده (GW, SW) نسبت به خاک‌های بد دانه‌بندی شده (GP, SP) بهتر متراکم می‌شوند.

### پی‌ها:

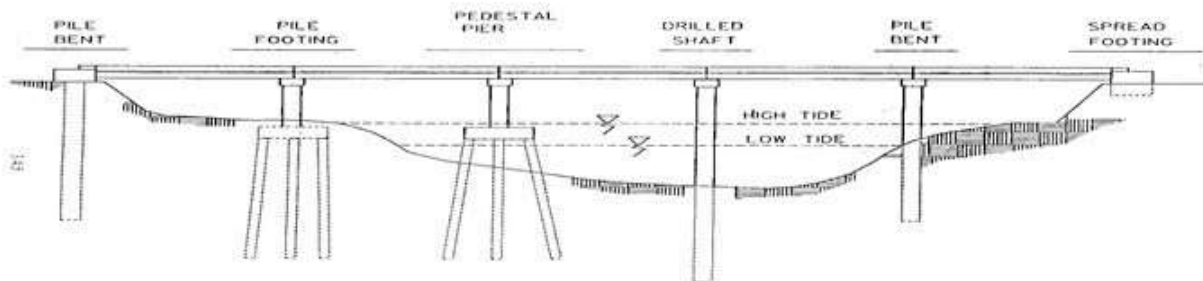
- برای خاک‌های ریزدانه (حاوی لای و رس) بهتر است از پی منفرد ساده استفاده شود که بستگی زیادی به اندازه‌ی بار دارد.
- اگر خاک ضعیف است و بارهای سازه تقریباً سنگین هستند باید از روش‌های جایگزین استفاده کرد.
- پی‌های شمعی وقتی استفاده می‌شوند که خاک چسبنده (لای و رس) باشد (CH, OH).
- گاهی شاید لازم باشد که حفاری بیشتری انجام شود و خاک‌هایی که باربری پایینی دارند برداشته شوند.
- مهندس ژئوتکنیک با توجه به نمونه‌های حفاری شده، پی مناسب را پیشنهاد می‌دهد.
- ظرفیت باربری ایمن خاک برابر است با ظرفیت باربری نهایی تقسیم بر یک ضریب اطمینان (معمولاً ۲ الی ۴ است).
- ظرفی باربری نهایی به‌عنوان بیش‌ترین فشاری که یک خاک می‌تواند بدون تحمل مقادیر زیاد نشست تحمل کند، تعریف می‌شود.
- بستر سنگی بالاترین ظرفیت باربری ایمن را دارد.



- ظرفیت باربری ایمن شن و ماسه‌ی خوب دانه‌بندی شده و همچنین زهکشی شده برابر با ۳۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ پوند بر فوت مربع است.
- لای و رس ظرفیت باربری کمتری یعنی بین ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰ پوند بر فوت مربع دارند.

### نقش پی‌ها

۱. انتقال بار ساختمان به زمین.
۲. مهار ساختمان در برابر بار باد و زلزله.
۳. ایزوله کردن ساختمان در برابر یخ‌زدگی.
۴. دور نگه‌داشتن ساختمان از رطوبت.
۵. ایجاد فضاهای قابل کاربردی (زیرزمین، انبار).
۶. جای دادن سیستم‌های مکانیکی



### انواع پی

#### پی منفرد

- برای ساختمان‌هایی که بار سبکی را متحمل می‌شوند و یا خاک‌های کم‌عمق پر مقاومت قابل استفاده است.
- در محل ستون‌ها این پی دارای یک پی مربعی بوده و در محل دیوارهای باربر شکل طولی دارد. این پی‌ها معمولاً از بتن مسلح ساخته می‌شوند.
- این پی‌ها بار را به صورت مستقیم به خاک‌های زیر پی منتقل می‌کنند.
- مساحت پی منفرد از تقسیم نیروی اعمالی بر ظرفیت باربری ایمن خاک به دست می‌آید ( $f = P/A$ ).
- معمولاً برای ساختمان‌های کوتاه مناسب است (یک تا ۴ طبقه).
- در مواقع لزوم می‌توان پی زیرستون‌ها را با استفاده از تیرهایی به هم متصل کرد تا پایداری جانبی بیشتری هنگام زلزله وجود داشته باشد.
- این پی‌ها کاربرد وسیعی دارند، زیرا مقرون به صرفه تر هستند.
- پی‌های منفرد باید بالاتر از سطح سفره آب‌های زیرزمینی باشند.

#### کیسون‌ها:

- برای خاک‌های منبسط شونده با بارهای کم یا متوسط یا بارهای زیاد و بستر سنگی از کیسون و شمع استفاده می‌شود.

- کیسون‌ها بار را به خاکی با ظرفیت بیشتر منتقل می‌کنند که فاصله‌ی زیادی با سطح ندارد.

#### شمع‌ها:

برای خاک‌های منبسط شونده یا خاک‌هایی که هنگام اعمال بارهای سنگین به شدت فشرده می‌شوند از شمع استفاده می‌شود.

#### پی گسترده:

- پی‌های گسترده‌ی بتن مسلح را می‌توان برای ساختمان‌های کوچک با بار کم یا خاک‌های خیلی ضعیف یا منبسط شونده به کار برد.
- معمولاً از بتن پس کشیده در اجرای آن‌ها استفاده می‌شود.
- این پی‌ها به ساختمان این امکان را می‌دهند که مانند یک قایق روی خاک شناور باشند.
- می‌توان از آن‌ها برای ساختمان‌های ۱۰ تا ۲۰ طبقه استفاده کرد که در آن‌ها این پی مقاومت در برابر واژگونی را فراهم می‌کند.
- می‌توان از آن به جای یک دال بزرگ (ضخیم) در جهت کاهش هزینه‌ها استفاده کرد.
- می‌توان از آن به جای شمع‌های کوبیدنی استفاده کرد، زیرا قیمت کمتری داشته و اثر کمتری هم بر محیط پیرامون خود می‌گذارد.
- معمولاً در رس‌های منبسط شونده و لای استفاده می‌شود تا امکان نشست غیر تفاضلی فراهم شود.

مترجم: علی اکبر خلیلی

منبع:

<https://theconstructor.org/geotechnical/foundations/soil-investigation-foundation-types//۲۶>