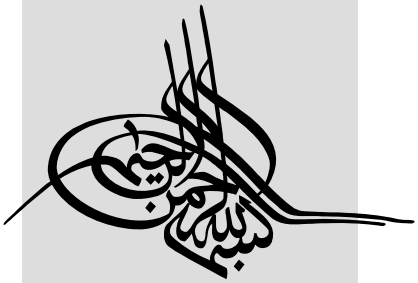


سری کتابهای کمک آموزشی کارشناسی ارشد

پی‌سازی

مجموعه مهندسی عمران

مؤلف: حامد تقی‌زاده

تقی‌زاده، حامد

سلیزی رشته مهندسی عمران /

مشاوران صعود ماهان، ۱۴۰۱

۲۰۲ ص : جدول، نمودار (آمادگی آزمون کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

ISBN: 978-600-458-825-6

فهرستنویسی بر اساس اطلاعات فیپا.

فارسی ـ چاپ اول

۱- پی‌سازی ۲- آزمونها و تمرینها (عالی) ۳- آزمون دوره‌های تحصیلات تکمیلی

٤- دانشگاهها و مدارس عالی ـ ایران ـ آزمونها

حامد تقی‌زاده

ج ـ عنوان

LB ۲۳۵۳/ت ۷۲۳پ ۹۳ ۱۳۹۲

رده‌بندی دیویی ۳۷۸/۱٦٦٤

کتابخانه ملی ایران ۳۱۷۰٤۷۱

☑ **نام کتاب:**	**پی‌سازی**
☑ **مولف:**	**حامد تقی‌زاده**
☑ **ناشر:**	**مشاوران صعود ماهان**
☑ **نوبت و تاریخ چاپ**	**اول/ ۱۴۰۱**
☑ **تیراژ:**	**۱۰۰۰ نسخه**
☑ **قیمت:**	**۲/۲۹۰/۰۰۰ ریال**
☑ **شابک:**	ISBN:**۹۷۸-٦۰۰-٤٥۸-۸۲٥-٦**

مشاوران صعودماهان: سهروردی شمالی- چهارراه میرزا زینالی شرقی – پلاک ۵۱

تلفن: ۸۸۴۰۱۳۱۳

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به موسسه آموزش عالی آزاد ماهان می‌باشد و هر گونه اقتباس کپی‌برداری از این اثر بدون اخذ مجوز پیگرد قانونی دارد.

مقدمه ناشر

آیا آنانکه می‌دانند با آنانکه نمی‌دانند برابرند؟ (قرآن کریم)

پس از حمد و سپاس و ستایش به درگاه بی همتای احدیت و درود بر محمد مصطفی، عالی نمونه بشریت که در تاریک دور تاریخ، بنا به فرمان نافذ صمدیت از میان مردمی برخاست که خود بودند در پست‌ترین حد توحش و ضلال و بربریت و آنگاه با قوانین شامل خویش هم ایشان را راهبری نمود و رهانید از بدویت و استعانت جوییم از قرآن کریم، کتابی که هست جاودانه و بی‌نقص تا ابدیت.

کتابی که در دست دارید آخرین ویرایش از مجموعه کتب خودآموز مؤسسه آموزش عالی آزاد ماهان است که برمبنای خلاصه درس و تأکید بر نکات مهم و کلیدی و تنوع پرسش‌های چهار گزینه‌ای جمع‌آوری شده است. در این ویرایش ضمن توجه کامل به آخرین تغییرات در سرفصل‌های تعیین شده جهت آزمون‌های ارشد تلاش گردیده است که مطالب از منابع مختلف معتبر و مورد تأکید طراحان ارشد با ذکر مثال‌های متعدد بصورت پرسش‌های چهار گزینه‌ای با کلید و در صورت لزوم تشریح کامل ارائه گردد تا دانشجویان گرامی را از مراجعه به سایر منابع مشابه بی نیاز نماید.

لازم به ذکر است شرکت در آزمون‌های آزمایشی ماهان که در جامعه آماری گسترده و در سطح کشور برگزار می‌گردد می‌تواند محک جدی برای عزیزان دانشجو باشد تا نقاط ضعف احتمالی خود را بیابند و با مرور مجدد مطالب این کتاب، آنها را برطرف سازند که تجربه سال‌های مختلف موکد این مسیر به عنوان مطمئن‌ترین راه برای موفقیت می‌باشد.

لازم به ذکر است از پورتال ماهان به آدرس www.mahanportal.ir می‌توانید خدمات پشتیبانی را دریافت دارید.

و نیز بر خود می‌بالیم که همه ساله میزان تطبیق مطالب این کتاب با سؤالات آزمون‌های ارشد- که از شاخصه‌های مهم ارزیابی کیفی این کتاب‌ها می‌باشد- ما را در محضر شما سربلند می‌نماید.

در خاتمه بر خود واجب می‌دانیم که از همه اساتید بزرگوار و دانشجویان ارجمند از سراسر کشور و حتی خارج از کشور و همه همکاران گرامی که با ارائه نقطه نظرات سازنده خود ما را در پربارتر کردن ویرایش جدید این کتاب یاری نمودند سپاسگزاری نموده و به پاس تلاش‌های بی چشمداشت، این کتاب را به محضرشان تقدیم نماییم.

مؤسسه آموزش عالی آزاد ماهان

معاونت آموزش

مقدمه مؤلف

مهندسی پی یکی از مباحث مهم در صنعت ساختمان و در کل در مهندسی عمران می‌باشد که نیاز به بررسی و کاوش دقیق دارد. شناخت خصوصیات و ویژگیهای یک پی، میزان ظرفیت باربری و نشست آن، در طراحی پی‌ها از اصول مهم به شمار می‌آید.

این کتاب مجموعه‌ای از نکات مهم و ضروری در مورد مباحث پی سازی می‌باشد که علاوه بر داوطلبان کنکور کارشناسی ارشد مهندسی عمران می‌تواند به عنوان مجموعه‌ای برای دانشجویان مهندسی عمران، زمین شناسی و ... مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به اینکه مباحث پی سازی دارای گستردگی و پیچیدگیهای فراوانی می‌باشد. لذا از دانشجویان عزیز و اساتید گرامی خواهشمند است که اشکالات و خطاهای مطالب را به آدرس P.N1000@yahoo.com ارسال نمایند.

در نهایت از زحمات بی‌پایان دوستان خویش که مرا یاری رساندند و همچنین از پرسنل محترم موسسه آموزش عالی ماهان کمال تشکر را داشته و این کتاب را به پدر و مادر عزیز خویش تقدیم می‌کنم.

حامد تقی زاده

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: شناسایی تحت الارضی ۷
سوالات چهارگزینه‌ای طبقه‌بندی شده فصل اول ۱۸
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای طبقه‌بندی شده فصل اول ۲۱
سوالات چهارگزینه‌ای تکمیلی فصل اول ۲۳
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای تکمیلی فصل اول ۲۴
فصل دوم: پی‌های سطحی ۲۵
سوالات چهارگزینه‌ای طبقه‌بندی شده فصل دوم ۴۸
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای طبقه‌بندی شده فصل دوم ۵۵
سوالات چهارگزینه‌ای تکمیلی فصل دوم ۶۰
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای تکمیلی فصل دوم ۶۶
فصل سوم: رانش در خاکها و پایداری دیوارهای حائل و نگهبان ۷۳
سوالات چهارگزینه‌ای طبقه‌بندی شده فصل سوم ۱۰۶
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای طبقه‌بندی شده فصل سوم ۱۱۴
سوالات چهارگزینه‌ای تکمیلی فصل سوم ۱۲۱
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای تکمیلی فصل سوم ۱۲۵
فصل چهارم: پی‌های عمیق ۱۲۹
سوالات چهارگزینه‌ای طبقه‌بندی شده فصل چهارم ۱۵۵
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای طبقه‌بندی شده فصل چهارم ۱۵۹
سوالات چهارگزینه‌ای تکمیلی فصل چهارم ۱۶۱
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای تکمیلی فصل چهارم ۱۶۵
سوالات چهارگزینه‌ای آزمون سراسری سال ۸۹ ..... ۱۷۱
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای آزمون سراسری سال ۸۹ ..... ۱۷۴
سوالات چهارگزینه‌ای آزمون سراسری سال ۹۰ ..... ۱۷۷
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای آزمون سراسری سال ۹۰ ..... ۱۸۰
سوالات چهارگزینه‌ای آزمون سراسری سال ۹۱ ..... ۱۸۳
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای آزمون سراسری سال ۹۱ ..... ۱۸۶
سوالات چهارگزینه‌ای آزمون سراسری سال ۹۲ ..... ۱۹۰
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای آزمون سراسری سال ۹۲ ..... ۱۹۲
سوالات چهارگزینه‌ای آزمون سراسری سال ۹۳ ..... ۱۹۴
پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای آزمون سراسری سال ۹۳ ..... ۱۹۶
منابع ۱۹۹

فصل اول

شناسائی تحت‌الارضی

عناوین اصلی

- مقدمه
- عمق ـ فاصله ـ تعداد گمانه‌ها
- روش‌های گمانه‌زنی
- روش‌های نمونه‌گیری
- نمونه‌گیری دست خورده و دست نخورده
- آزمایشهای صحرائی

فصل اول

شناسائی تحت‌الارضی

۱-۱ مقدمه

پی‌ها (شالوده‌ها) همواره بار مشخصی از سازه را تحمل می‌کنند. به همین علت مهندس طراح باید از طبیعت و رفتار خاک زیر شالوده اطلاعات کافی را داشته باشد. فرآیند شناسائی لایه های خاک تحت‌الارضی و تعیین مشخصات فیزیکی آن، شناسائی تحت‌الارضی نامیده می‌شود. معمولاً شناسائی‌های تحت‌الارضی با اهداف مشخص انجام می شوند، اهدافی چون:

۱- تعیین نوع و عمق شالوده مناسب برای سازه

۲- برآوردی از ظرفیت باربری پی

۳- تخمین نشست احتمالی سازه

۴- تعیین پتانسیل های مسئله ساز خاک (تورم و . . . .)

۵- تعیین سطح آب های زیرزمینی

۶- تعیین فشار جانبی بر روی سازه‌ها

۷- تعیین روش‌های اجرائی برای تغییر شرایط تحت‌الارضی

برنامه مطالعات تحت‌الارضی شامل چند گام اساسی می‌باشد. گام اول جمع‌آوری اطلاعات اولیه می‌باشد که حاوی اطلاعات کلّی و کلان از منطقه مورد مطالعه همچون نقشه‌های زمین شناسی و ژئوتکنیکی است. گام دوم شروع بازدیدهای محلّی و جمع‌آوری اطلاعات جزئی‌تری می‌باشد، همچون توپوگرافی عمومی منطقه، بررسی لایه های خاک و ... . گام بعدی عملیات شناسائی می باشند. عملیات شناسائی شامل طرح ریزی عملیات، گمانه زنی، اخذ نمونه‌ها در اعماق مختلف برای شناسائی و انجام آزمایشهای آزمایشگاهی می‌باشد. البته در ابتدای کار لازم است یک عمق تقریبی و اولیه برای گمانه‌ها و همچنین تعداد و فواصل آنها تعیین کرد.

۱-۲- عمق – فاصله – تعداد گمانه‌ها

مهم است عمق گمانه‌ها در حدی باشد که تمامی لایه هائی را که ممکن است تحت تاثیر بارگذاری قرار گیرند شامل شود به طور کلّی عمق گمانه‌ها را می‌توان تابع شرایط مقابل دانست: میزان بارهای انتقالی، روش انجام حفاری و نمونه برداری، مشخصات و موقعیت لایه مقاوم مورد نظر.

۱-۲-۱- نکاتی در مورد عمق گمانه‌ها

• برای پی‌های مجزا و نواری، عمق گمانه‌ها از تراز پی معمولاً باید بین (۳ – ۱/۵) برابر عرض پی در نظر گرفته شود. همچنین این ارتفاع نباید کمتر از عرض یا ارتفاع سازه در نظر گرفته شود.

• برای پی‌های گسترده عمق گمانه‌ها ۱/۵ برابر عرض بنا در نظر گرفته می‌شود.

• برای پی‌های عمیق یا شمع‌ها، عمق گمانه‌ها تا ۴ برابر قطر شمع (4D) از زیر نوک شمع در نظر گرفته می‌شود. در گروه شمع‌ها عمق حفاری باید به اندازه ضلع کوچک مستطیل محیط برگروه شمع پائین‌تر از نوک شمعها گسترش داده شود.

• در مواردی خاص که سازه مستقیماً بر روی سنگ بستر قرار می‌گیرد، حفاری در سنگ با عمق حداقل ۳ متر ضروری است.

• برای ساختمان های عمومی (ساختمان های اداری و بیمارستان ها و . . .) ساور (Sowers) قوانینی را پیشنهاد کرده است:

برای سازه‌های فولادی سبک و بتنی کم عرض $\rightarrow D_b = 3.s^{0.6}$

برای سازه‌های فولادی سنگین و بتنی عریض $\rightarrow D_b = 6.s^{0.7}$

در روابط بالا

D_b : عمق گمانه (متر)

s: تعداد طبقات

۱-۲-۲- تعداد گمانه‌ها

در حالت کلّی تعداد گمانه‌ها از لحاظ تعداد و موقعیت باید گونه ای باشد که نیمرخ زمین را در زیر ساختمان مشخص نماید. در زمین‌های هموار گمانه‌های کمتری نیاز می‌باشد.

• حداقل تعداد گمانه‌ها در زمین‌های هموار ۳ گمانه و در زمین‌های ناهموار ۵ گمانه می‌باشد.

• توصیه شده است در هر ۴۰۰ متر مربع حداقل ۱ گمانه وجود داشته باشد.

۱-۲-۳- فاصله گمانه‌ها

هیچ گونه قانون و رابطه سرراستی برای تعیین فاصله گمانه‌ها وجود ندارد. معمولاً فاصله گمانه‌ها در پروژه‌های کوچک حداکثر ۳۰ متر و در پروژه‌های بزرگ حداکثر ۷۰ متر توصیه می‌شود. در جدول (۱-۱) توصیه هائی برای فواصل گمانه‌ها آمده است که البته تحت شرایط تحت‌الارضی این فواصل ممکن است افزایش یا کاهش داده شوند.

جدول ۱-۱ – فواصل تقریبی گمانه‌ها

فاصله (متر)	نوع پروژه
۱۰ – ۳۰	ساختمان چند طبقه
۲۰ – ۶۰	ساختمان صنعتی یک طبقه
۲۵۰ – ۵۰۰	شاهراه
۲۵۰ – ۵۰۰	مجتمع مسکونی
۴۰ – ۸۰	سدها - بندها

۱-۳- روش‌های گمانه زنی

حفاری‌های اکتشافی در زمین را در بعضی شرایط می‌توان به کمک وسایل دستی انجام داد امّا در اغلب شرایط به دلیل مزایای متعدد حفاری ماشینی، این نوع ترجیح داده می‌شود.

۱-۳-۱- حفاری دستی

• در پروژه‌ها کوچک و تا عمق (۱۵ - ۱۰) متر می‌توان استفاده کرد.

• عدم کارائی در خاک‌های ریزشی.

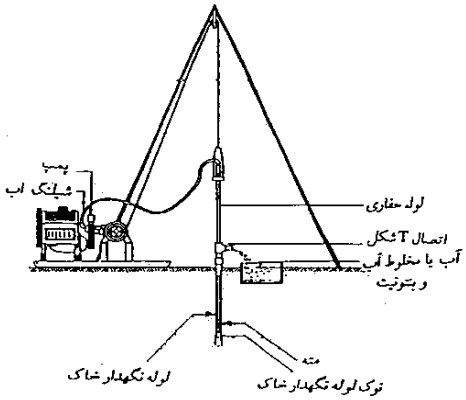
• برای تعیین عمق خاک دستی کاربر دارد.

• عدم کارائی در صورت بالا بودن سطح آب زیرزمینی

حفاری‌های ماشینی به دلیل مزایائی که دارند گستره کاربرد بیشتری دارند. از مزایای این نوع حفاری می‌توان به امکان حفاری‌های عمیق، حفاری در زیرتر از سطح آب، نمونه‌گیری با کیفیت و انجام آزمایشهای در محل درون گمانه‌های اشاره کرد. در زیر چند گونه از این نوع حفاری‌ها تعریف می شوند.

۱-۳-۲- حفاری با آب

حفرگمانه در روش حفاری با آب از فرو کردن یک لوله (Casing) در خاک شروع می‌شود. این لوله تا عمق ۱/۵ الی ۳/۵ متر با ضربه در خاک کوبیده می‌شود و از ریزش خاک به درون گمانه جلوگیری می‌کند. در مرحله بعد خاک درون گمانه توسط مته (Bit) حفاری می‌شود. مته حفاری از فشار زیاد آب استفاده می‌کند. لذا این روش به حفاری با آب شهرت دارد. اگر خاک نسبتاً ریزشی باشد بعضاً مخلوط آب و بنتونیت به جای آب استفاده می‌شود. شکل زیر طرز کار مته در روش حفاری با آب را نشان می‌دهد.



• تجهیزات حفاری با آب نسبت به سایر روشها سبک‌تر است از این روش در مکانهایی که محل وسایل حفاری مشکل است مزیت دارد. ضمناً تجهیزات روش حفاری با آب بطور کلی ارزان است با این روش می‌توان گمانه را با قطر دلخواه حفر کرد.

• روش حفاری با آب برای خاکهای سست و خاکهای ریزدانه غیر چسبنده مناسب است. زیرا در سایر خاکها عملیات حفاری با آب بسیار کند می‌باشد و در خاکهایی که حاوی مقدار زیادی قلوه سنگ‌های بزرگ هستند قابل اجرا نیستند. این روش هنگامی که نمونه دست نخورده در بالای سطح آب زیرزمینی مورد نیاز است قابل توصیه نیست.

• نیاز به آب جهت حفاری می تواند در برخی پروژه‌ها یک عیب اصلی محسوب شود زیرا همواره امکان دسترسی به آب وجود ندارد.

۱-۳-۳- حفاری دورانی

در روش حفاری دورانی از یک مته تیز جهت حفاری استفاده می‌شود. این مته نیروی لازم برای حفاری را از یک موتور بدست می آورد و با ترکیبی از فشار زیاد به مته گمانه و دوران سریع موجب حفر مصالح می‌گردد.

• مته‌ها در حفاری دورانی قویتر از روش حفاری با آب هستند لذا روش حفاری دورانی سریعترین روش جهت حفاری در مصالح سخت می‌باشد.

• از گل حفاری جهت خنک کردن سرمته، بالا آوردن مصالح حفاری شده و تثبیت جداره گمانه استفاده می‌شود.

۱-۳-۴- حفاری با مته حلزونی

• حفاری با مته حلزونی شباهت زیادی به حفاری دورانی دارد.

• حفر زمین در اثر چرخیدن و فشار اوگر صورت می‌گیرد.

• این روش در اغلب خاکها قابل اجراست.

• اوگر می تواند توخالی یا توپر باشد.

• به همراه این نوع حفاری می‌توان آزمایشهای SPT و نمونه‌گیری دست نخورده شلبی را انجام داد.

۱-۳-۵- حفاری ضربه‌ای

• در این روش تیغه بسیار سنگین تا ارتفاع مناسب بالا برده شده و رها می‌شود و این باعث حفر می‌شود.

• با روش حفاری ضربه‌ای می‌توان در مصالح سخت و سنگی حفاری نمود ولی به علت خرد شدن مصالح تهیه نمونه بسیار مشکل است، لذا در کارهای حفاری ژئوتکنیک استفاده کمتری داشته و بیشتر در حفاری چاه‌های آب استفاده می‌شود.

۱-۳-۶- نکاتی در مورد روش‌های حفاری ماشینی

• تجهیزات حفاری با آب سبک‌تر از تجهیزات دیگر حفاری است.

• طول مته در حفاری اوگر بلندتر از بقیه می‌باشد.

• سرعت حفاری دورانی در مصالح سخت، بیشتر از سایر روش‌ها است.

• در روش حفاری ضربه‌ای نیازی به آب نیست.

• در روش‌های حفاری با آب و ضربه‌ای نمی‌توان نمونه دست نخورده تهیه کرد.

• بهترین روش برای تهیه نمونه دست نخورده حفاری با اوگر است.

۱-۴- روش‌های نمونه‌گیری

۱-۴-۱- نمونه‌گیر SPT

۱-۴-۲- نمونه‌گیر (Corebarrel)

۱-۴-۳- نمونه‌گیر جدار نازک (شلبی)

۱- ۵- نمونه‌گیری دست خورده و دست نخورده

به واقع تهیه یک نمونه کاملاً دست خورده امکان پذیر نمی‌باشد، لذا اصلاح «دست نخورده» به نمونه‌ای اطلاق می‌شود که تمهیدات لازم جهت حداقل کردن اثرات دست خوردگی در آن بکار رفته باشد.

• نمونه‌گیری دست نخورده از خاک رسی به علت طبیعت چسبنده و یکپارچه آن ساده‌تر می‌باشد ولی نمونه‌گیری دست نخورده از ماسه‌ها و شن‌ها به علت ساختار دانه‌ای و ناپیوسته آن دشوار می‌باشد. در خاک هائی که تهیه نمونه‌های دست نخورده دشوار می‌باشد تکیه بر روی اطلاعاتی است که از آزمایشات صحرائی بدست می‌آید.

• از نمونه‌های دست خورده می‌توان برای انجام آزمایشهای دانه بندی، تعیین حدود روانی و خمیری، چگالی دانه ها، تعیین میزان مواد آلی و طبقه بندی خاک استفاده کرد.

• از نمونه‌های دست خورده نمی‌توان برای انجام آزمایش‌های تحکیم یا مقاومت برشی استفاده کرد.

• درجه دست خوردگی نمونه خاک طبق رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$A_R = \frac{D_0^2 - D_i^2}{D_i^2}(100\ \ \%)$$

که در روابط:

A_R: نسبت سطح

D_0: قطر خارجی نمونه‌گیر

D_i: قطر داخل نمونه‌گیر

• هر گاه $A_R \leq 10\ \ \%$ باشد، نمونه دست نخورده تلقی می‌شود.

• معمولاً برای نمونه‌گیر استاندارد قاشقی این نسبت حدود $111/5\ \ \%$ و برای نمونه‌گیر جدار نازک $13/75\ \ \%$ می‌باشد.

• معیار دیگری نیز برای تخمین میزان دست خوردگی بکار می رود. (L_r) که ضریب دست خوردگی نامیده می‌شود.

$$L_r = \frac{\text{طول واقعی نمونه خارج شده از نمونه‌گیر}}{\text{طول تئوریک نمونه}}$$

• هر چقدر مقدار L_r به واحد (۱) نزدیکتر باشد یعنی نمونه در اثر اصطکاک با جداره نمونه‌گیر کمتر فشرده شده و دست نخورده‌تر می‌باشد.

۱-۶- آزمایشهای صحرائی

با توجه به مشکلات تهیه نمونه دست نخورده و تغییراتی که ممکن است در حین نمونه‌گیری، حمل و نقل و دوره آزمایش در مشخصات خاک حاصل شود، امروزه استفاده از آزمایشهای محلی که با سرعت عمل کافی و بدون نیاز به تعیین پارامترهای شخصه (مثل c, ϕ) خواص مکانیکی خاک را ارائه می‌کنند بسیار رواج یافته است. در این قسمت در مورد آزمایشهای صحرائی (در محل) پر کاربرد و مهم بحث می‌شود.

آزمایشهای مهم صحرائی ژئوتکنیکی عبارتند از:

۱- آزمایش نفوذ استاندارد (SPT)

۲- آزمایش بارگذاری صحنه (PLT)

۳- آزمایش برش پره‌ای (Vane)

۴- آزمایش نفوذ مخروطی (CPT)

۵- آزمایش پرسیومتری (PMT)

۱-۶-۱- آزمایش نفوذ استاندارد

این آزمایش معمولی‌ترین و کم هزینه‌ترین آزمایش درجا محسوب می‌شود. روش کار در این آزمایش بدین صورت است که نمونه‌گیر Spilt – Spoon استاندارد را در دو مرحله ۱۵ و ۳۰ سانتی متری در داخل خاک فرو می برند. برای این کار از وزنه ۶۳/۵ کیلوگرمی که از ارتفاع ۷۶ سانتی متری سقوط می‌کند استفاده می‌کنند.

• تعداد ضربه های لازم برای فرو بردن نمونه‌گیر در مرحله دوم (۳۰ سانتی متری) را N یا عدد SPT می نامند.

$$N = SPT = N_2(15cm) + N_3(15cm)$$

واحد N: $30\,cm$ نفوذ

• تعداد ضربه های لازم برای فرو بردن نمونه‌گیر در ۱۵ سانتی متر اول (N_1) به علت دست خوردگی به حساب آورده نمی‌شود.

• اساساً آزمایش SPT برای خاکهای دانه‌ای پیشنهاد شده است ولی امروزه برای هر نوع خاکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

• در خاک‌های دانه‌ای به علت تغییر نسبی دانسیته در عمق، عدد SPT تابع تنش موثر می‌باشد. لذا مقدار آن توسط ضریب C_N اصلاح می‌شود.

$$C_N = ۱۰\sqrt{\frac{۱}{\sigma'_v}}$$

$$N(\text{تصحیح شده}) = C_N.N$$

σ'_v: تنش موثر قائم اولیه در ترازی که آزمایش صورت می‌گیرد (KPa)

• محدودیت ها: $C_N \le ۲$ و در اعماق کم معمولاً از این تصحیح صرفنظر می‌شود.

• عوامل مختلفی در میزان انرژی انتقالی ناشی از چکش در حین آزمایش اثر می‌گذارند. در نتیجه برای سنجش واحد و استاندارد پارامترهای خاک از روی نتایج آزمایش، انتخاب یک سطح انرژی مرجع لازم می‌باشد که این مقدار بر اساس بررسی انواع آزمایش‌های انجام شده در دنیا حدود ٪۶۰ انرژی تئوریک در نظر گرفته می‌شود.

$$N_{60} = N \times \left(\frac{E}{60}\right) = N \times C_E$$

در رابطه

E: درصد انرژی انتقالی در آزمایش

• حاصلضرب نسبت انرژی در تعداد ضربات در هر خاکی در آزمایش SPT مقدار ثابتی است.

$$N_1E_1 = N_2E_2 = \ldots$$

در رابطه

$N_۱$: تعداد ضربات بدست آمده در سطح انرژی $E_۱$

• به جز موارد ذکر شده اصلاحاتی نظیر اصلاح اثر قطر گمانه حفاری و نوع نمونه‌گیر در این آزمایش مطرح می‌باشد.

• با توجه به ناهمگنی خاک در شرایط طبیعی اعداد نفوذ استاندارد بدست آمده از یک گمانه دارای دامنه وسیعی خواهند بود.

• در نهشته های خاک که دارای قلوه سنگ و شن می باشند اعداد نفوذ استاندارد بدست آمده ممکن است گمراه کننده و غیرقابل اطمینان باشند.

• از نتایج آزمایش SPT برای تخمین وزن مخصوص (γ)، دانسیته نسبی (D_r) و زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) استفاده می‌شود. در ضمن از نتایج آزمایش نفوذ استاندارد می توان برای محاسبه ظرفیت باربری پی ها و همچنین مدول الاستیته خاک نیز استفاده کرد.

• رابطه عدد SPT با پارامترهای مقاومتی خاک (این مقادیر را به خاطر بسپارید)

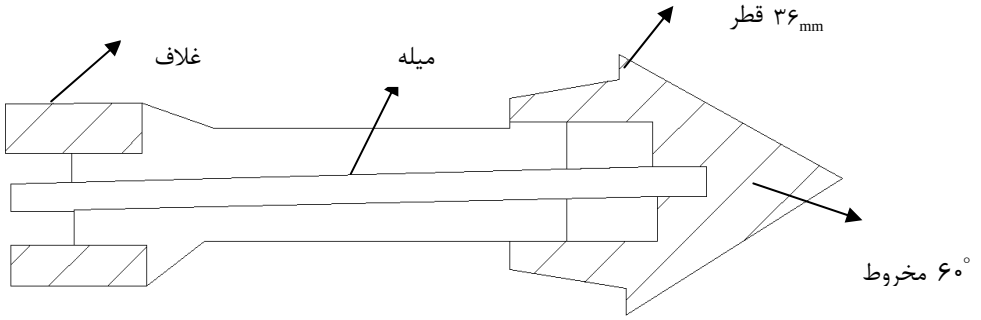
جدول ۱-۲ رابطه عدد N با دانسیته سنی و ϕ برای خاک‌های دانه‌ای

	Very loose بسیار سست	Loose سست	Medium تراکم متوسط	Dense متراکم	Very Dense بسیار تراکم
N	۵ - ۱۰	۸ – ۱۵	۱۰ – ۴۰	۲۰ – ۷۰	> ۳۵
D_r	۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۶۵	۰/۸۵	۱
ϕ	۲۷° – ۳۲°	۳۰° – ۳۵°	۳۵° – ۴۰°	۳۸° – ۴۳°	

جدول ۱ – ۳ – رابطه عدد N با q_u برای خاک‌های چسبنده

	Very soft بسیار نرم	Soft نرم	Medium متوسط	Stiff سخت	Very Stiff بسیار سخت	Hard سخت
N	۰ - ۲	۳ - ۵	۶ – ۹	۱۰ – ۱۶	۱۷ – ۳۰	> ۳۰
q_u (KPa)	< ۲۵	۲۵ - ۵۰	۵۰ – ۱۰۰	۱۰۰ – ۲۰۰	۲۰۰ – ۴۰۰	> ۴۰۰

۱-۶-۲- آزمایش نفوذ مخروط (CPT) راس ۶۰ درجه و سطح قاعده $۱۰cm^۲$ با سرعت یکنواختی در حدود ۲ سانتی متر در ثانیه به داخل باک رانده می‌شود و مقاومت نوک مخروط و مقاومت اصطکاک جدار غلاف با خاک اطراف آن اندازه گیری می‌شود.



• مقاومت نوک مخروط (q_c) مقاومت برشی زهکشی نشده را نشان می دهد (چون خاک در این زمان کم فرصت کافی برای زهکشی شدن ندارد). مقاومت اصطکاکی (q_f) نیز از کم کردن مقاومت نوک مخروط از حاصلجمع مقاومت نوک مخروط + مقاومت اصطکاک بدنه (در کنار هم) بدست می‌آید.

• نتایج حاصل را معمولاً به صورت تغییرات مقاومت نوک (q_c) در عمق و همچنین تغییرات ضریب اصطکاک (FR) در عمق نشان می دهند.

$$FR = \frac{q(total) - q_c}{q_c} = \left(\frac{q_f}{q_c}\right)$$

• مقاومت نوک (q_c) به دست آمده از آزمایش نفوذ مخروط، به زاویه اصطکاک خاک (در خاک‌های دانه‌ای) و سختی خاک (در خاک‌های رسی) نسبت داده می‌شود.

• از آزمایش CPT در خاک‌های رسی نرم، سیلت نرم و خاک ماسه‌ای متوسط استفاده می‌شود و در خاک‌های رسی سخت و خاک‌های شنی نتایج مناسبی به همراه ندارد.

• کاربردهای آزمایش CPT مشابه آزمایش SPT می‌باشد.

۱-۶-۲-۱- استفاده از نتایج آزمایش CPT در تخمین پارامترهای خاک

• در خاک‌های چسبنده:

۱) $$S_u = \frac{q_c - \sigma_{v_0}}{N_K}$$

در رابطه فوق:

S_u: مقاومت برشی زهکشی نشده خاک

σ_{v_0}: تنش کل قائم در نقطه مورد نظر

N_K: ضریب ظرفیت باربری نوک مخروط. برای نوک الکتریکی ۱۵ و نوک مکانیکی ۲۰ در نظر گرفته می‌شود.

۲) $$P_C = ۰/۲۴۳(q_c)^{۰/۹۶}$$

در رابطه فوق:

p_c: فشار پیش تحکیمی $(\frac{MN}{m^۲})$

q_c: فشار نوک مخروط $(\frac{MN}{m^۲})$

۳) $$OCR = ۰/۳۷\left(\frac{q_c - \sigma_v}{\sigma`_v}\right)^{۱/۰۱}$$

در رابطه فوق:

COR: نسبت پیش تحکیمی

• پس طبق روابط فوق داریم:

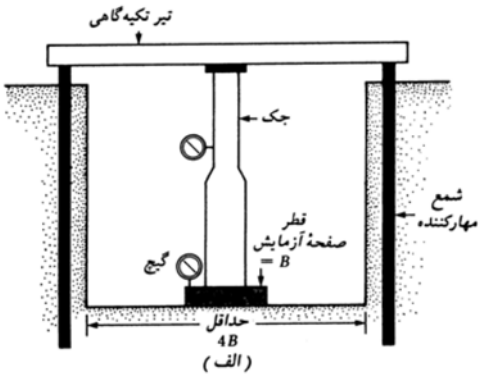
$$q_c \alpha s_u \alpha OCR \alpha P_c$$

• در خاک‌های ماسه‌ای:

در خاک‌های ماسه‌ای می‌توان با استفاده از روابط و نمودارهائی که ارائه شده اند، مقادیر دانسیته نسبی و یا اصطکاک داخلی را بر حسب q_c تخمین زد.

۱-۶-۳- آزمایش بارگذاری صفحه‌ای:

یکی از روشهای تعیین ظرفیت باربری پی‌های سطحی اعمال بار به یک پی نمونه و اندازه گیری مقدار نشست حاصله است. در این آزمایش معمولاً یک صفحه مدور به قطر ۱۵ تا ۷۵ سانتیمتر یا یک صفحه مربعی شکل به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتیمتر و ضخامت ۲/۵ سانتیمتر از جنس فولاد انتخاب شده و تحت بارگذاری قرار می‌گیرد برای انجام آزمایش ابتدا گودالی به عمق مورد نظر (مثلاً عمق پی) و به عرض ۴ برابر قطر صفحه بارگذاری حفر می‌شود و صفحه فولادی در کف آن قرار می‌گیرد. سپس مطابق شکل بار توسط جک بر روی سطح صفحه اعمال و مقدار نشت آن تعیین می‌شود.



بارگذاری در فواصل زمانی برابر (تقریباً هر یک ساعت یکبار) هر دفعه به میزان $\frac{۱}{۵}$ ظرفیت باربری تخمینی افزایش یافته تا مقدار نشست صفحه به حد ۲۵ میلیمتر برسد.

• استفاده از نتایج آزمایش بارگذاری صفحه در محاسبات ظرفیت باربری و نشست شالوده‌ها:

آزمایش بارگذاری صفحه در محاسبات شالوده‌ها باید با دقت کافی صورت گیرد و حتماً اصلاح ابعاد بصورت زیر اعمال شود.

الف- ظرفیت باری گسیختگی شالوده

خاک رس $\rightarrow q_{u(F)} = q_{u(p)}$

خاک ماسه‌ای $\rightarrow q_{u(F)} = q_{u(P)} \cdot \frac{B_F}{B_P}$

در روابط فوق:

$q_{u(p)}$: ظرفیت باربری نهایی آزمایش صفحه

$q_{u(f)}$: ظرفیت باربری نهایی شالوده

B_p: عرض صفحه بارگذاری

B_F: عرض شالوده

نکته: همانطور که مشاهده می‌شود در خاکهای رسی تقریباً می‌توان گفت که q_u مستقل از ابعاد شالوده است.

ب- نشست خاک زیر شالوده:

برای یک مقدار تنش مشخص q_o وارد بر صفحه بارگذاری و شالوده روابط زیر بین مقادیر نشست برقرار است.

خاک رس $\rightarrow S_F = S_P \cdot \frac{B_F}{B_P}$

خاک ماسه‌ای $\rightarrow S_F = S_P \cdot \left(\frac{B_F}{B_P}\right)^2 \cdot \left(\frac{3.28B_P + 1}{3.28B_F + 1}\right)^2$

در رابطه فوق:

S_P: نشست صفحه بارگذاری

S_F: نشست شالوده

B_F: عرض شالوده

B_P: عرض صفحه بارگذاری

۱-۶-۳-۱- تاثیر حباب تنش بر نتایج بدست آمده از آزمایش بارگذاری صفحه

فرض اساسی در آزمایش بارگذاری صفحه‌این است که سطح آب زیرزمینی و جنس خاک که در حباب تنش پی اصلی قرار می‌گیرد، با صفحه بارگذاری یکسان است که این فرض ممکن است برقرار نباشد.

پس اگر وضعیت خاک در حباب تنش پی اصلی با صفحه بارگذاری مشابه نباشد، نمی‌توان به نتایج آزمایش بارگذاری صفحه اطمینان کافی داشت.

۱-۶-۴- آزمایش برش پره‌ای

آزمایش برش پره (VST) روش اصلی مورد استفاده در تخمین مقاومت برشی زهکشی نشده در جای نهشته های بسیار نرم، حساس و ریزدانه است. نتیجه حاصل از این آزمایش با نماد S_{uv} (مقاومت برشی زهکشی نشده آزمایش پره) نمایش داده می‌شود.

روش انجام آزمایش:

برای انجام آزمایش ابتدا گمانه‌ای تا عمق مورد نظر حفر می‌شود. سپس میله دستگاه، که در یک انتهای آنها یک چهارپره (دو صفحه عمود بر هم) و در انتهای دیگران آن یک بازوی چرخاننده نصب شده است در حفره قرار می‌گیرد بطوریکه چهارپره بطور کامل در خاک واقع گردد در مرحله بعد دسته باز می‌شود و با سرعت ثابت بطوریکه با سرعت ۰/۱ درجه در ثانیه خاک را برش دهد به حرکت درمی‌آید و بدین ترتیب گشتاور پیچشی T که باعث چرخش چهارپره و در نهایت برش استوانه ای خاک می‌شود تعیین می‌گردد.

سطح برش یافته در خاک استوانه ای به ارتفاع h و شعاع R می‌باشد که معمولاً ارتفاع چهارپره $h = ۴R$ می‌باشد. (قطرهای متداول ۵۰ ، ۷۵ ، ۱۰۰ میلیمتر می‌باشد). با استفاده از این دستگاهها می‌توان مقدار چسبندگی را از ۰/۰۱ تا ۰/۱MPa و در کل مقاومت برشی را تا عمق ۶۰ متر اندازه گیری کرد.

• با اندازه گیری T لنگر پیچشی مقدار چسبندگی زهکشی نشده خاک در این آزمایش از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$C_u = \frac{۳}{۲۸} \times \frac{T}{\pi R^۳} \quad C_u \alpha \frac{\pi}{R^۳}$$

در رابطه فوق:

T: لنگر پیچشی مورد نیاز برای بریدن خاک

R: شعاع استوانه بریده شده خاک

• نتایج تحقیقات انجام شده نشان میدهد که برای بدست آوردن چسبندگی زهکشی نشده واقعی خاک بهتر است مقدار بدست آمده از آزمایش برش پره را بصورت زیر در یک ضریب اصلاحی λ ضرب نمود.

$$C_{u(d)} = \lambda . c_u(v)$$

ضریب اصلاحی λ تابعی از دامنه خمیری PI است. رابطه زیر برای محاسبه λ بر حسب PI ارائه شده است.

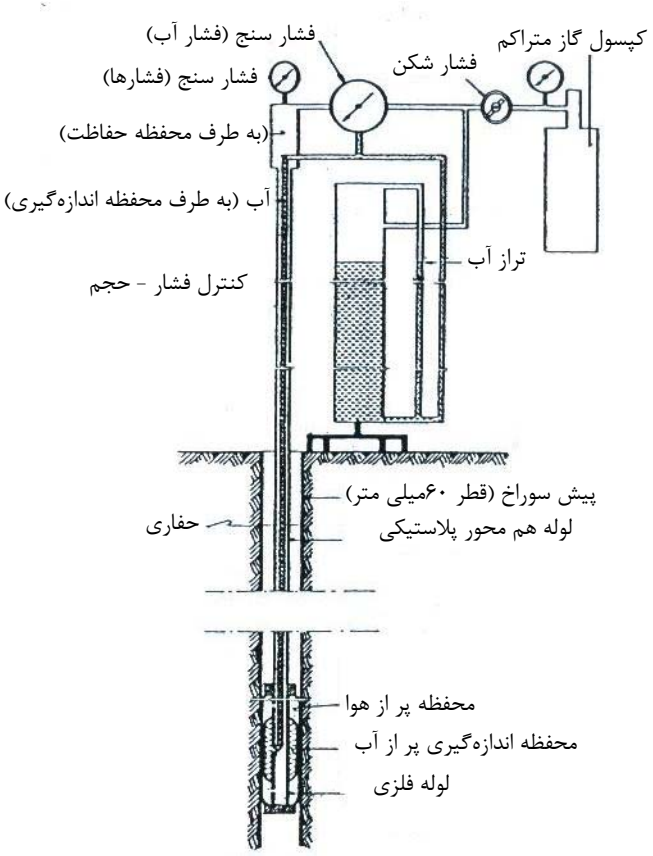
$$\lambda = ۱/۱ - ۰/۰۰۵ \times PI$$

نکته: چسبندگی زهکشی نشده بدست آمده از آزمایش برش پره (C_{uv}) دارای رابطه زیر با مقاومت فشاری تک محوره خاک می‌باشد.

$$C_{u(v)} = ۲q_u$$

۱-۶-۵- آزمایش پرسیومتری (PMT)

در این آزمایش، به کمک انبساط یک استوانه، خاک تحت بارگذاری سریع و مستقیم قرار می‌گیرد. تغییر شکلهای حاصله اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به نحوه بارگذاری، نتایج حاصله مربوط به رفتار کوتاه مدت خاک است که بدون نیاز به تعیین پارامترهای مشخصه (C, ϕ) مستقیماً ظرفیت باربری آن قابل محاسبه است.



• آزمایش پرسیومتری در نهشته های رسوبی نسبتاً ریزدانه بهترین کاربرد را دارد.
• تنشهای ذکر شده در این آزمایش همگی تنش کامل بوده و اندازه گیری فشار منفذی در طول انجام آزمایش امکان پذیر نیست.
• مدول عکس العمل افقی خاک در محدوده شرایط سکون (k_s) تا رانش مقاوم (k_p) با استفاده از نتایج این آزمایش قابل اندازه گیری مستقیم است.

سؤالات چهار گزینه‌ای طبقه‌بندی شده فصل اول

۱- برای ایجاد کدامیک از آزمایش‌های زیر می توان از نمونه دست خورده استفاده کرد؟ (ارشد آزاد ۸۷)

۱) تحکیم ۲) مقاومت برشی تحکیم نیافته زهکشی شده (UU)

۳) آنالیز الک ۴) مقاومت برشی تحکیم یافته زهکشی شده

۲- کدامیک از اعداد زیر بیانگر عدد SPT قابل قبول برای دو نوع خاک رس سفت و نیز ماسه با تراکم نسبی متوسط $(D_r = ۶۰\%)$ می‌باشد؟ (ارشد آزاد ۸۷)

۱) ۱۸ و ۱۸ ۲) ۱۵ و ۳۰ ۳) ۱۲ و ۴۳ ۴) ۳ و ۲۷

۳- در آزمایش بارگذاری صفحه (Plate Load test) با ابعاد ۳۰cm در ۳۰cm در یک زمین رسی، با اعمال بار 500kpa نشست صفحه ۳ میلی متر اندازه گیری شده است. نشت فونداسیون به ابعاد ۳m در ۳m تحت همین مقدار بار در این خاک چقدر می تواند باشد؟ (ارشد آزاد ۸۷)

۱) ۳mm ۲) ۳۰mm ۳) ۱۸mm ۴) ۶۰mm

۴- قطر داخلی یک نمونه‌گیری پیستونی (Piston Sampler)، ۱۰۰mm و قطر خارجی آن ۱۱۰mm است. در صورتی که L_r (Recovery Ratio) برای این نمونه‌گیر ۰/۹۵ باشد. (ارشد آزاد ۸۶)

۱) استفاده از این نمونه‌گیر برای نمونه‌گیری دست خورده از خاک مناسب است.

۲) استفاده از این نمونه‌گیر برای نمونه‌گیری دست نخورده از خاک مناسب است.

۳) استفاده از این نمونه‌گیر برای نمونه‌گیری دست نخورده از خاک ریزدانه مناسب است.

۴) استفاده از این نمونه‌گیر برای خاک درشت دانه مناسب است.

۵- در یک آزمایش برش پره، ابعاد تیغه ۱۰۰×۲۰۰ میلی متر و ضریب α برابر ۱ است. اگر کوپل پیچشی مورد نیاز $T = ۳۷۵N.m$ باشد، مقاومت برشی زهکشی نشده خاک با اعمال ضریب اصلاحی $\lambda = ۰/۸(Bjeruum)$ چقدر است؟ (ارشد آزاد ۸۶)

$$T = S_u.\left[\frac{d^2h}{2} + \frac{ad^3}{4}\right].\pi$$

۱) ۱۰۰kpa ۲) ۱۲۵kpa ۳) ۱۱۵kpa ۴) ۸۰kpa

۶- برای نمونه‌گیری دست نخورده ازا نتهای گمانه کدام روش حفاری مناسب تر است؟ (ارشد آزاد ۸۵)

۱) شستشوئی ۲) ضربه‌ای ۳) دورانی باسرمته آسیابی ۴) اوگری

۷- در یک آزمایش برش پره، ارتفاع و عرض پره به ترتیب ۱۰ و ۵ سانتی متر است. اگر کوپل پیچشی لازم برای چرخاندن پره ۰/۰۴۳۷۵KN.m باشد، مقاومت برشی زهکشی شده خاک چقدر است؟ (ارشد آزاد ۸۵)

$$T = S_u.\left[\frac{d^2h}{2} + \frac{d^3}{4}\right].\pi \ , \ \pi = 3$$

۱) ۱۰kp ۲) 1kpa ۳) 0.01kpa ۴) ۱۰۰kpa

۸- برای کدام یک از آزمایشهای زیر می‌توان از نمونه دست خورده استفاده کرد؟ (ارشد آزاد ۸۴)

۱) سه محوری ۲) دانه بندی ۳) برش مستقیم ۴) تحکیم

۹- در آزمایش SPT مقدار ضربات لازم برای نفوذ ۱۵ سانتی متر اول برابر با ۷، نفوذ ۱۵ سانتی دوم برابر با ۷ و ۱۵ سانتی متر انتهائی برابر با ۱۰ می‌باشد. عدد SPT برای این خاک چقدر می‌باشد؟ (ارشد آزاد ۸۴)

۱) ۱۷ ۲) ۲۴ ۳) ۱۴ ۴) ۸

۱۰- در آزمایش نفوذ مخروط، مقاومت نفوذ مخروط براساس کدام واحد اندازه گیری می‌شود؟ (ارشد آزاد ۸۳)

۱) ضربه ۲) کیلو پاسکال ۳) ضربه در واحد فوت ۴) متر بر ثانیه

۱۱- آزمایش برش پره برای کدامیک از انواع خاک‌های زیر بیشترین کاربرد را دارد؟ (ارشد آزاد ۸۳)

۱) رس اشباع ۲) ماسه اشباع

۳) هر دو خاک رس و ماسه اشباع ۴) شن خشک

۱۲- آزمایش صحرائی نفوذ استاندارد (SPT) برای کدامیک از خاک‌های زیر کاربرد بهترین دارند؟ (ارشد آزاد ۸۲)

۱) رس ۲) شن درشت دانه ۳) رس و لای ۴) ماسه

۱۳- برای کدامیک از آزمایشهای زیر می‌توان از نمونه دست خورده استفاده کرد؟ (ارشد آزاد ۸۲)

۱) سه محوری استاندارد ۲) دانه بندی ۳) تحکیم (اُدومتر) ۴) برش مستقیم

۱۴- تعداد ضربات برای سه مرحله نفوذ لوله نمونه‌گیر SPT به ترتیب ۱۲ و ۱۳ و ۱۸ بدست آمده است. قطر گمانه‌ای که در آن SPT انجام شده ۲۰۰mm می‌باشد، عدد نفوذ استاندارد (SPT) کدام می‌باشد؟ (ارشد سراسری ۸۱)

۱) ۲۹ ۲) ۳۰ ۳) ۳۱ ۴) ۳۶

۱۵- در آزمایش صحرائی نفوذ استاندارد (SPT)، برای نفوذ دستگاه برای ۱۵ سانتی‌متر ابتدائی ۶ ضربه، ۱۵ سانتی متر بعدی تعداد ۸ ضربه و ۱۵ سانتی متر بعدی تعداد ۷ ضربه لازم بوده است. عدد نفوذ استاندارد (N) برای این خاک برابر است با: (ارشد آزاد ۸۱)

۱) ۱۴ ۲) ۷ ۳) ۱۵ ۴) ۲۱

۱۶- اگر آزمایش SPT در یک لایه خاک دانه‌ای بطور متوسط $N = ۳۰$ را به دست دهد، کدامیک از موارد زیر مشخصات مکانیکی این لایه را بهتر بیان می‌کند. (ارشد سراسری ۸۰ و آزاد ۸۰)

۱) $\phi = ۴۵^\circ, D_r = ۰/۹$ ۲) $\phi = ۳۵^\circ, D_r = ۰/۶۵$

۳) $\phi = ۳۰^\circ, D_r = ۰/۳۵$ ۴) $\phi = ۲۰^\circ, D_r = ۰/۱۵$

۱۷- کدامیک از آزمایشات صحرائی زیر جهت تعیین مستقیم مدول الاستیسته (E) خاکهای درشت دانه و ریز دانه به ترتیب ترجیح دارد. (ارشد سراسری ۸۰)

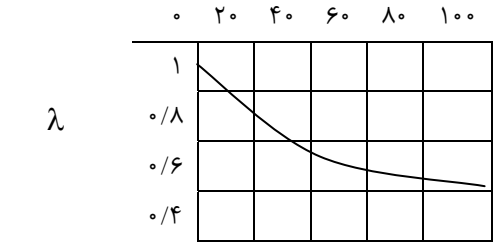
۱) آزمایش فشارسنجی و بارگذاری صفحه

۲) آزمایش نفوذ استاندارد SPT و آزمایش نفوذ مخروط CPT

۳) آزمایش بارگذاری صفحه‌ای و آزمایش SPT

۴) آزمایش بارگذاری صفحه و آزمایش فشارسنجی (پرسیومتری)

۱۸- آزمایش برش پره‌ای با ارتفاع ۵۰_{mm} و قطر ۱۰۰_{mm} در عمق ۸ متری از یک لایه خاک اشباع به نتیجه $T = ۵۲N.m$ منجر شده است. نمونه‌گیری دست نخورده از این لایه نشان می دهد که حد روانی ۷۰ و حد خمیری ۲۲ و $\gamma = ۱۹\frac{KN}{m}$ می‌باشد. مقاومت زهکشی نشده این لایه در وضعیت اصلاح نشده و اصلاح شده بر حسب $\frac{KN}{m^۲}$ چقدر است. (ارشد سراسری ۷۹)



$$T = C_u \pi D^2 (\frac{H}{2} + \frac{D}{6})$$

۱) ۳۹ (اصلاح نشده) و ۳۱/۸ (اصلاح شده) ۲) ۳۷/۷ (اصلاح نشده) و ۳۹/۷ (اصلاح شده)

۳) ۳۹/۷ (اصلاح نشده) و ۴۹/۶ (اصلاح شده) ۴) ۱۱۳/۵ (اصلاح نشده) و ۹۰/۸ (اصلاح شده)

۱۹- اگر آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) در عمق شخصی در یک لایه خاک ماسه‌ای برای فرو رفتن نمونه‌گیر در سه ۱۵ سانتی متر متوالی به ترتیب ۱۵، ۱۷ و ۱۸ ضربه شمارش شده باشد، خاک را چگونه توصیف می کنید. (ارشد سراسری ۷۸)

۱) ماسه‌ای نسبتاً تراکم با $D_r = ۰/۶۵$ ۲) ماسه‌ای متوسط با $D_r = ۰/۲۵$

۳) ماسه‌ای سست با $D_r = ۰/۲$ ۴) ماسه‌ای خیلی متراکم با $D_r = ۰/۹$

۲۰- آزمایش نفوذ مخروط: (ارشد سراسری ۷۷)

۱) یک مخروط استاندارد است که داخل نمونه خاک کوبیده شده در قالب تراکم، فرو می رود و مقاومت و درصد تراکم خاک را می‌دهد.

۲) چکشی به وزن تقریبی $۶۴kg$ است که توسط یک طناب از ارتفاع $۷۶cm$ بر یک مخروط فرود می‌آید و تعداد ضربات لازم را محاسبه می‌کند.

۳) مخروطی استاندارد است که به داخل خاک رانده شده و مقاومت نوک مخروط و مقاومت اصطکاک جدار غلاف با خاک اندازه‌گیری می‌شود و ϕ خاک شنی را می توان بدست آورد. (بر اساس q_c مقاومت نوک مخروط)

۴) مانند گزینه (۳) ولی بر اساس q_c می توان ϕ خاک‌های دانه‌ای و سفتی خاک رس را بدست آورد.

۲۱- برای تعیین مدول الاستیسته خاک استفاده از کدام روش زیر نادرست است؟ (ارشد سراسری ۷۴)

۱) نتایج برش مستقیم
۲) نتایج تحکیم
۳) نتایج بارگذاری صفحه‌ای
۴) نتایج سه محوری

۲۲- در چه شرایطی نتایج حاصل از بارگذاری صفحه در طراحی پی سطحی کاربرد مستقیم دارد؟ (ارشد سراسری ۷۳)

۱) خاک چسبنده و اشباع باشد.
۲) خاک در عمق تاثیر پی همگن باشد.
۳) خاک چسبنده و به صورت عادی تحکیم یافته باشد.
۴) خاک لایه ای و لایه فوقانی مقاومت باشد.

پاسخ سؤالات چهار گزینه‌ای طبقه‌بندی شده فصل اول

۱- گزینه ۳ صحیح است.

۲- گزینه ۲ صحیح است.

با توجه به جداول موجود در بخش (۱-۶-۱)

۳- گزینه ۲ صحیح است.

$$S_F = S_P . \frac{BF}{BP} = ۳mm \times (\frac{۳}{۰/۳}) = ۳۰mm$$

۴- گزینه ۱ صحیح است.

فاکتور A_R (میزان دست خوردگی) را تعیین می کنیم.

$$A_R = \frac{D_۰^۲ - D_i^۲}{D_i^۲} = \frac{۱۱۰^۲ - ۱۰۰^۲}{۱۰۰^۲} = ۰/۲۱ \rightarrow \boxed{A_R = ۲۱\%}$$

با توجه به اینکه $A_R \geq ۱۰\%$ شده است پس نمونه دست خورده می‌باشد.

۵- گزینه ۴ صحیح است.

داریم $d = ۰/۲m \ , \ h = ۰/۱m$

طبق رابطه داریم $\rightarrow ۳۷۵ = ۵_۴ \times ۳\left(\frac{۰/۱^۲ \times ۰/۲}{۲} + \frac{۱ \times ۰/۱^۳}{۴}\right)$

$$\rightarrow S_u = ۱۰۰kpu$$

(اصلاح شده) $S_u = S_u \times \lambda = ۱۰۰ \times ۰/۸ = ۸۰kp$

۶- گزینه ۴ صحیح است.

۷- گزینه ۴ صحیح است.

طبق رابطه داریم: $h = ۰/۱m \ , \ d = ۰/۰۵m$

$$۰/۰۴۳۷۵ = ۳S_u\left(\frac{۰/۰۵^۲ \times ۰/۱}{۲} + \frac{۰/۰۵^۳}{۶}\right)$$

$$\rightarrow S_u = ۱۰۰kp$$

۸- گزینه ۲ صحیح است.

۹- گزینه ۱ صحیح است.

نفوذ ۱۵ سانتی متر اول به دلیل دست خوردگی محسوب نمی‌شود.

$$N_{SPT} = N_۲ + N_۳ = ۱۰ + ۶ = ۱۶$$

۱۰- گزینه ۲ صحیح است.

۱۱- گزینه ۱ صحیح است.

کاربرد در نهشته‌های ریز دانه و حساس می‌باشد.

۱۲- گزینه ۴ صحیح است.

۱۳- گزینه ۲ صحیح است.

سوال در سال های بعد تکرار شده است.

۱۴- گزینه ۳ صحیح است.

$$N_{SPT} = N_۲ + N_۳ = ۱۳ + ۱۸ = ۳۱$$

۱۵- گزینه ۳ صحیح است.

$$N_{SPT} = N_۲ + N_۳ = ۸ + ۶ = ۱۵$$

۱۶- گزینه ۲ صحیح است.

لزوم به خاطرسپاری جداول بخش (۱-۶-۱) مشخص است.

۱۷- گزینه ۴ صحیح است.

طبق توضیحات داده شده برای آزمایشات

۱۸- گزینه ۱ صحیح است.

طبق رابطه داریم:

$$۵۲ = C_u \times \pi \times (۰/۱)^۲ . \left(\frac{۰/۰۵}{۲} + \frac{۰/۱}{۶} \right)$$

$$\rightarrow C_u = ۳۹/۷ \frac{KN}{m^۲} \quad (C_u \text{ اصلاح نشده})$$

$$PI = LL - PL \rightarrow PI = ۴۸ \rightarrow \text{(از نمودار)} \rightarrow \boxed{\lambda = ۰/۸}$$

$$C_u = C_u \times \lambda = ۰/۸ \times ۳۹/۶ = ۳۱/۸ \frac{KN}{m^۲}$$

۱۹- گزینه ۱ صحیح است.

از جداول بخش (۱-۶-۱)

$$N_{SPT} = N_۲ + N_۳ = ۱۸ + ۱۶ = ۳۵$$

$$\rightarrow D_r = ۰/۶۵$$

۲۰- گزینه ۴ صحیح است.

دلیل غلط بودن گزینه (۳) این است که اساساً استفاده از آزمایش CPT در خاک‌های شنی توصیه نمی‌شود.

۲۱- گزینه ۱ صحیح است.

در آزمایش برش مستقیم کرنش ها به صورت برشی می‌باشد و محوری نمی باشند، پس برای تعیین مدول الاستیسیته نمی‌توانند مناسب باشند.

۲۲- گزینه ۳ صحیح است.

با توجه به توضحیات آزمایش بارگذاری صفحه

سؤالات چهار گزینه‌ای تکمیلی فصل اول

۱- دلیل تصحیح عدد SPT در خاک‌های ماسه‌ای ریز یا ماسه‌ای سیلت دار و اشباع در خاک نسبتاً تراکم چیست؟

۱) تغییر ساختار اولیه خاک در اثر ضربات
۲) تابعیت عدد نفوذ استاندارد از سربار موثر
۳) افزایش فشار حفره ای در خاک بر اثر ضربات
۴) افزایش کاذب تعداد ضربات بعلت تراکم خاک

۲- خاکی با مشخصات D_r بین ۰/۸۵ – ۰/۶۵ و عدد نفوذ بین ۵۰ – ۳۰ و ϕ بین ۴۲ – ۳۵ درجه به طور کلی چگونه طبقه بندی می‌شود؟

۱) خیلی سست
۲) تراکم
۳) سست
۴) خیلی تراکم

۳- روش مناسب برای کنترل میزان تراکم اجرای خاکریز با ضخامت حداقل ۱۰ متر در زیر سطح آب زیرزمینی کدام است؟

۱) آزمایش بارگذاری صفحه‌ای
۲) آزمایش تراکم پروکتور
۳) آزمایش پیزومتراستاتیک
۴) آزمایش پیزومتردینامیک

۴- در آزمایش CPT مخروط در عین نفوذ به یک لایه سست و لجنی برخورد نموده است در اینصورت:

۱) سرعت نفوذ بیشتر شده و مخروط از طرف خاک مقاومت کمتری می بیند.
۲) سرعت نفوذ توسط دستگاه ثابت مانده و مخروط از طرف خاک مقاومت کمتری می بیند.
۳) سرعت نفوذ ثابت مانده و از طرف خاک مقاومت حاصل تغییر نمی‌کند.
۴) هیچکدام

۵- آزمایش بارگذاری صفحه به ابعاد $۳۰\times۳۰cm$ بر روی یک خاک چسبنده رسی انجام شده و ظرفیت باربری نهائی برابر $۲\frac{kg}{cm^۲}$ بدست آمده است. با فرض ضریب اطمینان ۳، تنش مجاز برای یک پی مربعی به ابعاد $۱۵\times۱۵cm$ بر روی همین خاک چقدر است؟

۱) $۱/۳۳\frac{kg}{cm^۲}$
۲) $۰/۶۷\frac{kg}{cm^۲}$
۳) $۳/۳۳\frac{kg}{cm^۲}$
۴) $۱۰\frac{kg}{cm^۲}$

۶- کدام گزینه در مورد آزمایش بارگذاری صفحه نیست؟

۱) در خاکهای رسی ظرفیت باربری نهائی، مستقل از اندازه صفحه آزمایش است.
۲) در خاکهای ماسه‌ای ظرفیت باربری برابر نیست عرض شالوده به عرض صفحه آزمایش است.
۳) در خاکهای ماسه‌ای مقدار نشست با توان سوم عرض شالوده به عرض صفحه متناسب است.
۴) در خاکهای رسی مقدار نشست با نسبت عرض شالوده به عرض صفحه متناسب است.

۷- چنانچه ابعاد یک پره برش را که قطر و ارتفاع آن با هم برابرند، دو برابر کنیم، طول بازوی آن باید چند برابر باشند تا نیروی لازم برای چرخاندن آن در یک رس اشباع تغییر نکند؟

۱) $\frac{۱}{۸}$
۲) $\frac{۱}{۴}$
۳) ۴
۴) ۸

۸- در آزمایش برش پره‌ای هر چه مقدار دانه خمیری (PI) کمتر شود مقدار ضریب اصلاح آزمایش .....

۱) تغییری نمی‌کند.
۲) بستگی به سطح آب زیرزمینی دارد.
۳) کمتر می‌شود.
۴) بیشتر می‌شود.

۹- اگر مقاومت برشی رسهای نرم اشباع را که با پره برش اندازه گیری می‌کنند با حرف A و مقاومت برشی واقعی این خاکها را در شرایط طبیعی با حرف B نشان دهیم کدام گزینه صحیح است؟

۱) $A = B$
۲) $A < B$
۳) $A > B$ و تفاوت A و B بستگی به نسبت پوکی دارد.
۴) $A > B$ و تفاوت A و B بستگی به شاخص خمیری (PI) دارد.

۱۰- در کدام حفاری از گل حفاری استفاده می‌شود؟

۱) حفاری دستی
۲) حفاری شستشوئی
۳) حفاری دورانی
۴) حفاری ضربه‌ای

پاسخ سؤالات چهار گزینه‌ای تکمیلی فصل اول

۱- گزینه ۳ صحیح است.

به توضیحات آزمایش مراجع شود.

۲- گزینه ۲ صحیح است.

به جداول مربوط به بخش ۱-۶-۱ مراجعه شود.

۳- گزینه ۳ صحیح است.

در خاکهای با ضخامت زیاد استفاده از آزمایشهای متعارف نظیر بارگذاری صفحه‌ای یا آزمایش تراکم کاربردی ندارد و به دلیل استهلاک انرژی کوبش توسط آب استفاده از پیزومتردینامیک در زیر سطح آب زیرزمینی توصیه نمی‌شود.

۴- گزینه ۲ صحیح است.

در آزمایش CPT سرعت نفوذ همواره ثابت است.

۵- گزینه ۲ صحیح است.

$q_u(F) = q_u(p) = ۲ \quad \frac{kg}{cm^۲} \leftarrow$ در خاکهای رسی

$q_{al}(F) = \frac{q_u(F)}{F.s} = \frac{۲}{۳} = ۰.۶۷ \quad \frac{kg}{cm^۲}$

۶- گزینه ۳ صحیح است.

طبق روابط ارائه شده

۷- گزینه ۴ صحیح است.

طبق ارائه داریم:

$T = c_u \pi o^۲ (\frac{H}{۲} + \frac{D}{۶})$

$D \rightarrow ۲D$

$H \rightarrow ۲H \qquad T_{(new)} = c_u \pi (۲D)^۲ (\frac{۲H}{۲} + \frac{۲D}{۶})$

$T_N = ۸ \times (C_u \pi D^۲ (\frac{H}{۲} + \frac{D}{۶})$

$T_N = ۸T = ۸.F.L$

گشتاور لازم ۸ برابر می‌شود، لذا طول بازو باید ۸ برابر شود.

۸- گزینه ۴ صحیح است.

۹- گزینه ۴ صحیح است.

داریم:

$C_u(d) = \lambda.C_u(V) \rightarrow B = \lambda.A$

از طرفی داریم $\lambda = f(PI)$ و در خاک‌های رسی $PI > ۲۰$ پس $\lambda < ۱$

$\rightarrow B < A$

۱۰- گزینه ۳ صحیح است.

فصل دوم

پی‌های سطحی

عناوین اصلی

- مقدمه
- پی‌های سطحی
- ظرفیت باربری پی‌های سطحی
- ظرفیت باربری نهائی شالوده‌ها
- کنترل تنش برای طرح سازه‌ای پی
- کلاف (شناژ)
- طراحی ابعاد شالوده‌های مرکب
- نشست شالوده‌ها

فصل دوم

پی‌های سطحی

۲-۱- مقدمه

مجموعه بخشهائی از سازه و خاک در تماس با آن که انتقال بار بین سازه و زمین از طرف آن صورت می‌پذیرد «پی» نامیده می‌شود همچنین شالوده عضو بتنی است که در زیر ستون یا دیوار قرار دارد و بار را به زمین منتقل می‌کند.

یک شالوده سطحی وقتی دارای عملکرد صحیح است که دو شرط زیر را برآورده نماید:

الف) گسیختگی برشی در خاک زیر شالوده (پی) رخ ندهد.

ب) نشست‌های بیشتر از مقدار مجاز در زیر شالوده رخ ندهد. مقدار نشست مجاز یک کمیت نسبی است، زیرا مقدار آن برای یک سازه بخصوص بستگی به عوامل و شرایط گوناگون دارد.

بطور کلی پی‌ها را می‌توان به چند گروه عمده تقسیم کرد و نوع آنها بر حسب ابعاد مهندسی پی تعیین می‌شود.

۱- پی‌های سطحی – مانند شالوده‌های سطحی

۲- پی‌های عمیق – مانند شمعها

۳- پی‌های نیمه عمیق – مانند پی‌های صندوقچه‌ای

۴- پی‌های ویژه – مانند مهارها و ستون‌های شنی

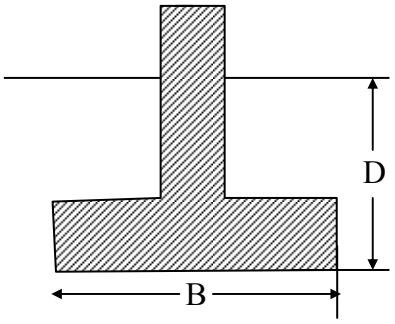
تقسیم بندی پی‌ها بر حسب نسبت D/B صورت می‌پذیرد.

D: عمق شالوده

B: عرض شالوده

h: ارتفاع پی

که داریم:



$$\begin{cases} \frac{D}{B} \le 4 \rightarrow & \text{پی سطحی} \\ 4 < \frac{D}{B} \le 10 \rightarrow & \text{پی نیمه عمیق} \\ \frac{D}{B} > 10 \rightarrow & \text{پی عمیق} \end{cases}$$

۲-۲- پی‌های سطحی

پی‌هائی هستند که در عمق کم و نزدیک سطح زمین اجرا می‌شوند و بارهای سازه‌ای را به زمین منتقل می‌کنند. نسبت عمق به عرض پی‌های سطحی کم می باشد. $(\frac{D}{B} \le 4)$.

عملکرد شالوده‌ها امکان دارد به صورت تکی و یا مرکب باشد شالوده ای که تحت بار یک ستون یا دیوار قرار دارد و جسم آن نسبتاً صلب است شالوده با عملکرد تکی خوانده می شود. اگر شالوده‌های تکی نزدیک به هم باشند می توانند به یکدیگر پیوسته شوند و به صورت شالوده مرکب کار کنند. شالوده‌های مرکب تحت بار چند ستون یا دیوار قرار دارند

پی‌های سطحی از نظر شکل به چند دسته عمده تقسیم می‌شوند:

۱- پی منفرد

۲- پی دو ستونی

۳- پی نواری

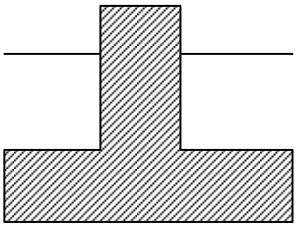
۴- پی شبکه ای

۵- پی گسترده

۶- پی پوسته ای

۲-۲-۱- شالوده‌های منفرد

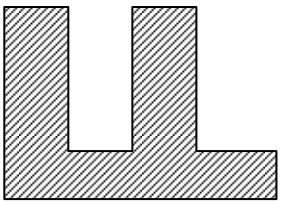
شالوده‌های منفرد تحت بار یک ستون قرار دارند و معمولا شامل یک دال دایره ای یا مربعی یا مستطیلی با ارتفاع مشخص می‌باشند. ارتفاع شالوده منفرد می تواند متغیر باشد و این شالوده‌ها به صورت تکی عمل می کنند.



۲-۲-۲- شالوده‌های دو ستونی

این شالوده‌ها بار دو ستون مجاور را تحمل می کنند. اگر دو ستون نزدیک به هم باشند این نوع شالوده‌ها مناسب می باشند.

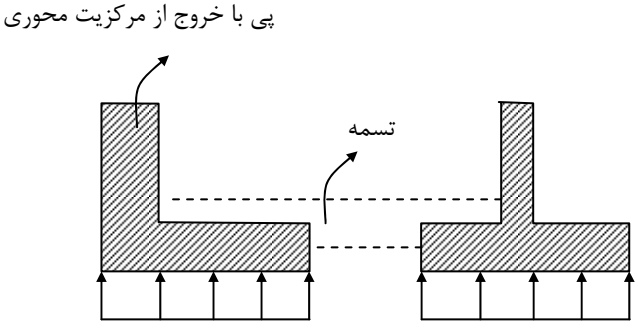
به عنوان نمونه شالوده ستون های مجاور ساختمان همسایه را نمی توان به صورت یک ستون مرکزی بر روی شالوده منفرد قرار داد. در این حالت استفاده از شالوده‌های دو ستونی مفید می باشد.



نکته مهم در طراحی این شالوده‌ها این است که مرکز هندسی آنها در نقطه اثر برآیند بارهای وارد منطبق باشد.

گاهی برای مقابله با خروج از مرکزیت ستون کناری، شالوده آنرا توسط یک تیر قوی به نزدیکترین شالوده داخلی متصل می کنند. این نوع شالوده را شالوده با سکولی یا تسمه ای گویند.

این پی‌ها به صورتی طراحی می‌شوند، که تسمه به صورت صلب برای جلوگیری از چرخش پی عمل کند. همچنین تسمه در تماس با خاک زیر پی نباشد و یا خاک زیر تسمه سست باشد و البته لازم است فشار خاک زیر هر دو پی یکنواخت باشد و عرض پی‌ها یکسان باشد. برای اینکار لازم است مرکز هندسی سطح تماس دو شالوده به منطق بر محل بر آیند. نیروی محوری ستون ها باشد.



نکته: تیر تسمه برای اینکه بتواند از کج شدن شالوده کناری جلوگیری کند، می بایست دارای ممان اینرسی حداقل برابر آن باشد.

نکته: برای طراحی دقیق تر، وزن تیر تسمه به بار محوری ستون ها اضافه می شود.

۲-۲-۳- شالوده‌های نواری

نسبت طول به عرض این شالوده‌ها بزرگ است ($\frac{L}{B} > ۱۰$) این شالوده‌ها تحت بار دیوار و یا ستون های یک ردیف قرار دارند اگر ستون های یک ردیف در فاصله نزدیک به هم قرار داشته باشند و بار آنها زیاد باشد، شالوده‌های نواری بر روی آنها نسبت به شالوده‌های منفرد اقتصادی‌تر می باشد (به دلیل هزینه های قالب بندی)

شالوده‌های نواری که زیر دیواره های باربر و ... قرار دارند بصورت تکی عمل می کنند ولی اگر تحت بار ستونهای یک ردیف باشند عملکرد آنها مثل شالوده‌های مرکب است. پس شالوده‌های نواری از لحاظ عملکرد به دو دسته با عملکرد تکی و مرکب تقسیم می‌شوند.

۲-۲-۴- شالوده شبکه ای

اگر شالوده ستونهای یک ردیف در هم ادغام شود شالوده بصورت نواری دو طرفه عمود بر هم ایجاد شود شالوده شبکه ای بوجود می آید.

شالوده شبکه ای بصورت مرکب عمل می کند.

پلان شالوده‌های منفرد با عملکرد تکی با کلاف شباهت ظاهری زیاد به پلان شالوده شبکه ای دارد اما از لحاظ عملکرد متفاوت هستند.

۲-۲-۵- شالوده‌های گسترده:

اگر زمین زیر پی سست باشد یا فواصل ستونها در امتداد طولی و عرضی ساختمان کم باشد، از شالوده گسترده استفاده می‌شود.

این شالوده شامل یک دال یکپارچه است و تحت تمام بارهای ناشی از ستونها و دیوارها قرار دارد.

شالوده گسترده موجب توزیع نسبتاً یکنواخت تنش و جلوگیری از تمرکز آن زیر بارهای سنگین و موضعی می گردد لذا در کاهش نشست غیر یکنواخت بسیار موثر است.

روش طراحی شالوده گسترده بستگی به صلبیت خمشی آنها دارد. اگر شالوده صلب باشد طراحی آن بسیار ساده‌تر از شالوده انعطاف پذیر است زیرا تعیین توزیع تنش در کف شالوده انعطاف پذیر مشکل است.

برای ایجاد صلبیت خمشی در شالوده‌های گسترده می‌توان از میلگردهای خمشی و تیرهای افقی در دو امتدادها و بر هم استفاده کرد.

ضخامت شالوده‌های گسترده برای ساختمانهای معمولی بین ۰/۴ تا ۰/۸ متر است که در ساختمانهای بلند تا ۲ متر و بیشتر نیز می‌رسد.

۲-۲-۶- شالوده‌های پوسته ای:

اساس این نوع پی‌ها آنست که بار سازه را به سبب شکل خود به زمین منتقل می کند نه به سبب جرم و حجم

طراحی و ساخت این پی‌ها مشکل است و معمولا بعنوان پی برجهای خیلی بلند مانند برجهای رادیو و تلویزیون یا برجهای خنک کننده بکار می روند.

۲-۲-۷- عوامل موثر در انتخاب نوعی پی

۱- نوع خاک زیر پی (هر چقدر خاک سست تر، ابعاد پی بزرگتر)

۲- نوع و میزان بار وارده بر سازه (بار بیشتر، شالوده گسترده تر)

۳- سطح آب زیر زمینی (سطح آب زیرزمین بالا، شالوده گسترده به دلیل وجود زیر فشار حفره ای)

۴- بارگذاری زلزله

۵- مسائل اقتصادی

۶- شرایط جوی

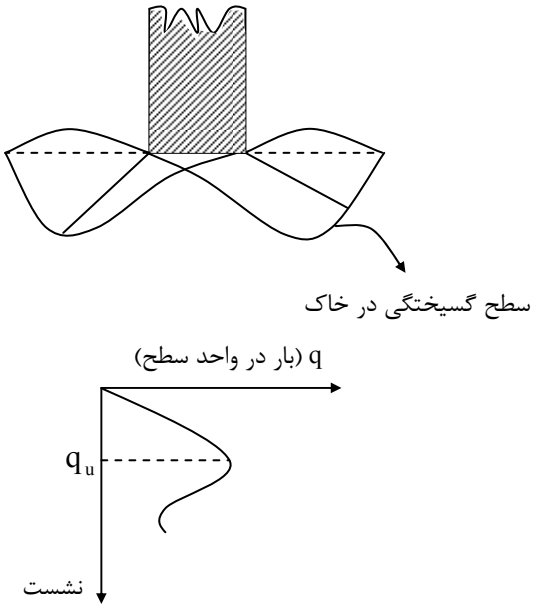
نکته: لازم است که پی در عمقی بیشتر از عمق یخبندان قرار گیرد.

۲-۳- ظرفیت باربری پی‌های سطحی

مقاومت برشی خاک در برابر گسیختگی برشی کامل در مجموعه ای از نقاط خاک زیر شالوده، ظرفیت باربری پی گویند که تابعی از پارامترهای مکانیکی خاک، به شکل پی و نحوه بارگذاری می باشد.

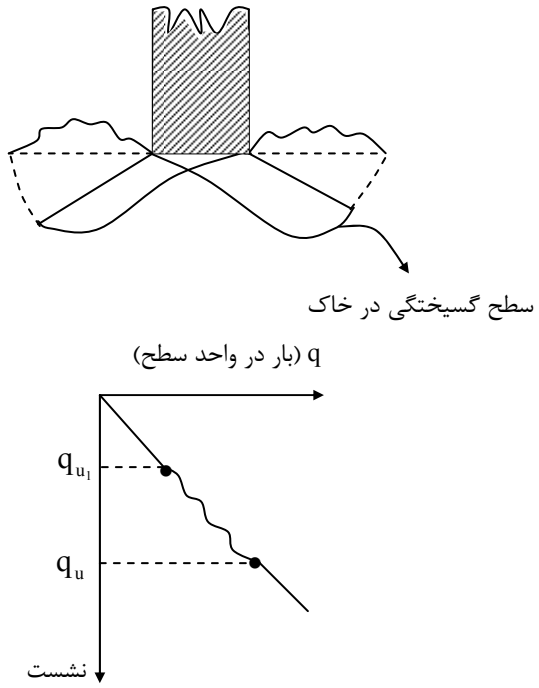
۲-۳-۱- انواع گسیختگی در خاک زیر شالوده

۱- گسیختگی در اثر برش کلی: مکانیزم‌ها گسیختگی در برش کلی به این صورت است که تا قبل از رسیدن سربار به مقدار نهایی (q_u) مقدار نشست بسیار کم است اما به محض رسیدن سربار به مقدار نهائی (ظرفیت باربری)، ناگهان نشست زیاد شده و گسیختگی روی می دهد.



نکته: گسیختگی در اثر برش کلی در خاکهای ماسه ای متراکم و یا رس سخت روی می دهد و در خاکهای بسیار سست امکان روی دادن ندارد.

۲- گسیختگی در اثر برش موضعی: گسیختگی در اثر برش موضعی مشابه حالت برش کلی است با این تفاوت که در این حالت قبل از اینکه منحنی گسیختگی به طور کامل تشکیل گردد، گسیختگی بوقوع می پیوندند. خصوصیات گسیختگی در اثر برش موضعی به این صورت است که حتی قبل از رسیدن سربار به مقدار نهائی خود، مقدار نشست زیاد است (تا نقطه q_{u1}) از این به بعد برای اینکه سطح گسیختگی به سطح زمین توسعه یابد، احتیاج به نشست زیادی می باشد فشار شالوده در لحظه ای که سطح گسیختگی به سطح زمین می رسد (q_u) ظرفیت باربری نهائی خوانده می شود. بعد از این نقطه هر افزایش دربار همراه با افزایش شدید نشست در شالوده همراه است.



نکته: گسیختگی در اثر برش موضعی در خاک های ماسه ای با تراکم کم و متوسط یا در خاکهای رسی با سختی متوسط و کم بر در می کند.

۳- گسیختگی در اثر برش سوراخ کننده: مکانیزم گسیختگی در این حالت کاملاً با دو حالت قبل متفاوت است. در این حالت منحنی گسیختگی سریعا شکل می گیرد و گوۀ مثلثی از خاک زیر شالوده تشکیل می شد که همراه با شالوده نشست می کند. در این نوع گسیختگی شیب منحنی بار نشست بسیار تندتر است و حرکت قائم شالوده در ابتدا قابل ملاحظه است.