



دستورالعمل مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی ژئوتکنیک

WI-LA-005

بازنگری صفر

تعداد صفحات: ۱۹

تصویب کننده

تایید کننده

تهیه کنندگان

تصویب کننده	تایید کننده	تهیه کنندگان	نام و نام خانوادگی
		کمیته تدوین + مدیر طرح و برنامه	سمت
			تاریخ
			امضاء

اعضای کمیته تدوین (به ترتیب حروف الفبا):

۱ - علی دهقان

۲ - مهدی عبدالهی

۳ - فرید عسکری نژاد

۴ - رضا محملی ابیانه

۵ - صادق ناصر خاکی

فهرست

۴	۱- هدف
۴	۲- دامنه کاربرد
۴	۳- تعاریف
۵	۴- روش اجرا
۵	۴-۱- شناسایی ژئوتکنیکی زمین
۵	۴-۱-۱- اقدامات اولیه
۶	۴-۱-۲- عملیات صحرایی
۶	۴-۱-۲-۱- الزامات حفاری
۶	۴-۱-۲-۱-۱- الزامات پیش از انجام عملیات حفاری
۶	۴-۱-۲-۱-۲- الزامات حین انجام عملیات حفاری
۷	۴-۱-۲-۱-۳- الزامات پس از انجام عملیات حفاری
۷	۴-۱-۲-۲- روش حفاری
۷	۴-۱-۲-۳- روش های نمونه برداری
۸	۴-۱-۳- آزمایش های صحرایی
۸	۴-۱-۳-۱- آزمایش نفوذ استاندارد
۹	۴-۱-۳-۲- آزمایش لرزه نگاری
۹	۴-۱-۳-۳- آزمایش دانسیته در محل
۹	۴-۱-۳-۴- آزمایش بارگذاری صفحه
۹	۴-۱-۴- ضوابط مستندسازی
۹	۴-۱-۴-۱- ضوابط عمومی مستندسازی (فیلم برداری)
۱۰	۴-۱-۴-۲- ضوابط مستندسازی نمونه برداری
۱۰	۴-۱-۴-۳- ضوابط مستندسازی آزمایش نفوذ استاندارد
۱۱	۴-۱-۴-۴- ضوابط مستندسازی آزمایش لرزه نگاری
۱۱	۴-۱-۴-۵- ضوابط مستندسازی آزمایش دانسیته در محل
۱۱	۴-۱-۴-۶- ضوابط مستندسازی آزمایش بارگذاری صفحه
۱۱	۴-۱-۵- آزمایش های آزمایشگاهی
۱۳	۴-۱-۵-۱- آزمایش دانه بندی
۱۳	۴-۱-۵-۲- آزمایش هیدرومتری
۱۳	۴-۱-۵-۳- آزمایش تعیین رطوبت و تعیین وزن مخصوص ویژه دانه های خاک
۱۳	۴-۱-۵-۴- آزمایش تراکم
۱۳	۴-۱-۵-۵- آزمایش حدود اتربرگ
۱۳	۴-۱-۵-۶- آزمایش تعیین مقاومت برشی خاک
۱۴	۴-۱-۵-۷- آزمایش تحکیم

- ۱۴-۱-۵-۸- آزمایش تک محوری یا بار نقطه ای سنگ و خاک ۱۴
- ۱۴-۱-۵-۹- آزمایش شیمیایی ۱۴
- ۱۴-۱-۵-۱۰- آزمایش نفوذپذیری ۱۴
- ۱۵-۱-۵-۱۱- آزمایش تورم ۱۵
- ۱۵-۱-۵-۱۲- الزامات مستندسازی آزمایش های آزمایشگاهی ۱۵
- ۱۵-۱-۴-۶- ملاحظات طراحی و محاسبات پی های سطحی ۱۵
- ۱۵-۱-۴-۱- ظرفیت باربری ۱۵
- ۱۶-۱-۴-۲- محاسبات نشست ۱۶
- ۱۶-۱-۴-۳- محاسبات مدول عکس العمل بستر ۱۶
- ۱۷-۱-۴-۷- جمع بندی مطالعات ژئوتکنیک، تفسیر نتایج و تهیه گزارش ۱۷
- ۱۷-۲-۴- بازنگری دستورالعمل ۱۷
- ۵- وظایف و مسئولیتها ۱۷
- ۶- مستندات مرتبط ۱۸
- ۷- کنترل سوابق ۱۸
- ۸- سوابق بازنگری ۱۹

۱- هدف

موضوع مهندسی ژئوتکنیک اساساً به علت تغییرات قابل ملاحظه در خصوصیات خاک‌ها دارای پیچیدگی‌ها و عدم قطعیت‌های زیاد می‌باشد. علم ژئوتکنیک نیازمند تکیه بر آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی متعدد است. استفاده از مهندسی ژئوتکنیک در طراحی، ساخت و عملکرد ساختمان‌ها مستلزم رعایت کلیه ملاحظات ارائه شده در مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان ایران می‌باشد. اگرچه مبحث هفتم پس از ارائه اولیه در سال ۱۳۶۹ مورد توجه و تا سال ۱۳۹۲ سه بار در معرض ویرایش‌های اساسی قرار گرفته است اما همچنان در بسیاری از موارد نیاز به تفسیر و قضاوت مهندسی داشته و استفاده از تجربه مهندسی را توصیه می‌نماید. دستورالعمل حاضر بر مبنای مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان تهیه شده است. در بسیاری از موارد جزئیات کاربردی ارائه و سعی شده است یک رویه واحد برای انجام مطالعات ژئوتکنیک پروژه‌های ساختمانی ارائه گردد. در مواردی که مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان در مورد آنها سکوت کرده و یا جزئیات کافی ارائه نکرده است، از آئین‌نامه‌های معتبر بین‌المللی و تجربیات موجود در انجام مطالعات ژئوتکنیک پروژه‌های ساختمانی در استان البرز استفاده شده است.

تبصره ۱ - در صورت وجود هرگونه تناقض یا ابهام، مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان ملاک عمل می‌باشد.

۲- دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این دستورالعمل کلیه مطالعات ژئوتکنیک پروژه‌های ساختمانی سطح استان البرز که توسط شرکت‌های خدمات آزمایشگاهی عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان استان البرز (ژئوتکنیک، بتن، جوش) و یا متقاضیان دریافت پروانه اشتغال به کار از اداره کل راه و شهرسازی البرز، انجام می‌دهند را دربر می‌گیرد. دستورالعمل حاضر در صورت درخواست و طی شدن سلسله مراتب اداری توسط کمیته تدوین قابل تعمیم به دیگر استان‌ها می‌باشد.

۳- تعاریف

- ❖ **سازمان:** منظور سازمان نظام مهندسی ساختمان استان البرز می‌باشد.
- ❖ **واحد:** واحد خدمات فنی و آزمایشگاهی (قسمت ژئوتکنیک) سازمان
- ❖ **شرکت:** شرکت مهندسی دارای پروانه اشتغال در خدمات فنی و آزمایشگاهی با صلاحیت ژئوتکنیک از وزارت راه و شهرسازی یا مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
- ❖ **مدیر عامل شرکت:** شخص حقیقی که باید دارای پروانه اشتغال به کار مهندسی ساختمان در پایه شرکت و مدرک تحصیلی متناسب مطابق با دستورالعمل تشخیص صلاحیت و صدور پروانه اشتغال به کار شرکت‌های خدمات فنی و آزمایشگاهی باشد و طبق قانون تجارت به اداره ثبت شرکت‌ها اعلام و در روزنامه رسمی نیز درج گردد.
- ❖ **مهندس مسئول:** فرد دارای صلاحیت علمی، فنی و اجرایی ژئوتکنیک که می‌بایست علاوه بر مدیر عامل نتیجه گزارش آزمایش‌ها را تأیید و امضا نماید.
- ❖ **کارشناس عملیات صحرایی:** فرد دارای صلاحیت فنی و اجرایی عملیات صحرایی ژئوتکنیک که باید صلاحیت وی توسط مهندس مسئول تأیید شده و هرگونه امضا از سوی وی رافع مسئولیت مهندس مسئول نخواهد بود.
- ❖ **کارشناس آزمایش‌های آزمایشگاهی:** فرد دارای صلاحیت فنی و اجرایی آزمایش‌های آزمایشگاهی ژئوتکنیک که باید صلاحیت وی توسط مهندس مسئول تأیید شده و هرگونه امضا از سوی وی رافع مسئولیت مهندس مسئول نخواهد بود.
- ❖ **انجمن صنفی:** منظور انجمن صنفی کارفرمایی شرکت‌های خدمات فنی و آزمایشگاهی ساختمان استان البرز می‌باشد.

- ❖ مالک: مالک ملک (وکیل یا نماینده قانونی) که در فرم دستور تهیه نقشه ثبت گردیده است.
- ❖ پروژه: پروژه مطالعات ژئوتکنیک ساختمان‌ها و سازه‌های موضوع مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان در سطح استان البرز
- ❖ کد شناسه پروژه: شماره یکتا که پس از ثبت پروژه در واحد ارائه می‌گردد.
- ❖ تجهیز کارگاه: تجهیز کارگاه عبارتست از آماده بودن کادر فنی و تجهیزات شامل کلیه دستگاه‌ها، پمپ‌ها، لوازم درون چاهی و آزمایش‌های صحرائی و استمرار آمادگی آنها برای انجام تمامی خدمات پیش‌بینی شده در قرارداد.
- ❖ مراکز آموزشی معتبر: دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی، جهاد دانشگاهی، سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای، مرکز پژوهش‌های سازمان ملی استاندارد یا مراکز آموزشی مورد تأیید آن سازمان، پژوهشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی زیرمجموعه وزارت راه و شهرسازی، سازمان‌های نظام مهندسی، انجمن‌های صنفی و سایر مراکز

۴- روش اجرا

۴-۱- شناسایی ژئوتکنیکی زمین

شناسایی‌های ژئوتکنیکی زمین شامل بررسی لایه‌بندی خاک و خصوصیات مهندسی آن، شرایط آب زیرزمینی، تراز سنگ بستر و سایر مشخصات ساختگاه پروژه است. انجام شناسایی ژئوتکنیکی زمین باید چنان برنامه‌ریزی شود که نیازمندی‌های طراحی، ساخت و تأمین عملکرد سازه پیشنهادی را فراهم نماید. باید توجه داشت در صورت مواجه شدن با شرایط متفاوت و جدید در خلال اجرای کار، خصوصیات ژئوتکنیکی لایه‌های خاک می‌تواند مورد تجدید نظر قرار گیرد. ضمناً چنانچه طراحی‌های سازه‌ای دستخوش تغییرات گردند (به‌عنوان مثال جابجایی محل سازه‌های مهم، تغییر تعداد طبقات سازه‌ها و غیره) متناسب با این تغییرات، شناسایی‌های ژئوتکنیکی نیز لازم است تغییر یابند.

شناسایی ژئوتکنیکی زمین در مراحل مختلف انجام می‌پذیرد:

- ❖ اقدامات اولیه
- ❖ عملیات صحرائی (حفاری)
- ❖ عملیات صحرائی (آزمایش‌های صحرائی)
- ❖ آزمایش‌های آزمایشگاهی
- ❖ ملاحظات طراحی و محاسبات پی‌های سطحی
- ❖ تفسیر نتایج و تهیه گزارش

۴-۱-۱- اقدامات اولیه

اقدامات اولیه شامل مراحل مقدماتی مورد نیاز جهت شروع پروژه و قبل از عملیات اجرایی بشرح زیر می‌باشد:

- ❖ تفاهم همکاری بین مالک و شرکت جهت انجام پروژه. در این مرحله نیاز است که کلیه مستندات مورد نیاز از طرف مالک به شرکت ارائه گردد. این مستندات عبارتند از مدارک هویتی مالک و ملک، دستور تهیه نقشه شهرداری، پلان معماری تأییدشده، نامه تحویل زمین و نامه انتقال مسئولیت طراحی سازه نگهبان (در صورت داشتن گود).
- ❖ انجام بازدید از محل پروژه و محدوده اطراف آن و تکمیل قسمت شناسایی اولیه فرم برنامه زمان‌بندی (FR-LA-001)
- ❖ ثبت پروژه در کارتابل مهندسان و تأیید ثبت در واحد.

- ❖ ارائه برنامه زمان‌بندی در قالب فرم برنامه زمان‌بندی جهت انجام عملیات شناسایی و مطالعات ژئوتکنیکی. این برنامه زمان‌بندی شامل اطلاعات پروژه، مشخصات عوامل کلیدی انجام کار، شناسایی اولیه، تعداد، عمق و محل گمانه‌ها و جزئیات عملیات صحرایی و آزمایشگاهی می‌باشد.
- ❖ تعداد، عمق و محل گمانه‌ها بر اساس جداول ۱ و ۲ مندرج در پیوست شماره ۱ و به‌کمک توضیحات و مثال‌های ارائه‌شده تعیین می‌گردد.
- ❖ اخذ تأییدیه برنامه زمان‌بندی و کد شناسه از واحد جهت شروع پروژه. در این مرحله ارائه دستور تهیه نقشه شهرداری، پلان معماری تأییدشده، نامه تحویل زمین و برنامه زمان‌بندی مطابق فرم برنامه زمان‌بندی الزامی می‌باشد.

۴-۱-۲- عملیات صحرایی

- هنگام تدوین برنامه‌ای برای مطالعات ژئوتکنیک، می‌بایست با دقت به ارزیابی انواع تجهیزات مورد نیاز، روش‌های موجود برای حفاری و نمونه‌برداری از خاک و سنگ پرداخت. این ارزیابی دقیق از روش‌های حفاری و نمونه‌برداری به بهینه‌سازی این مرحله از برنامه مطالعات ژئوتکنیک کمک می‌کند تا اطلاعات لازم با کمترین هزینه و بیشترین راندمان بدست آید. در این بخش اطلاعاتی که برای دستیابی به این هدف موردنیاز می‌باشد، ارائه می‌گردد.
- مطالعات صحرایی می‌بایست مطابق الزامات مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان ایران انجام گردد. در صورت برخورد با مواردی که در این مبحث به آن اشاره نشده‌است توصیه می‌گردد به دفترچه راهنمای کاوش‌های زیرسطحی FHWA NHI-01-031 مراجعه شود.
- رعایت کلیه اصول ایمنی، سلامت، بهداشت و محیط زیست در حین عملیات صحرایی و پس از آن طبق الزامات مبحث دوازدهم مقررات ملی ساختمان ضروری بوده و به‌عهده شرکت می‌باشد و کلیه عواقب ناشی از عدم رعایت آن در حین عملیات صحرایی و پس از آن بر عهده شرکت می‌باشد.

تذکر - روش تعیین محل، تعداد و عمق گمانه‌ها بمنظور ایجاد رویه یکسان در ارائه خدمات و کنترل مناسب آن توسط واحد خدمات آزمایشگاهی سازمان، در پیوست یک انتهای این دستورالعمل ارائه گردیده است.

۴-۱-۲-۱- الزامات حفاری

تنوع خاک در پهنه استان البرز روش‌های متفاوتی را برای حفاری و تهیه، بسته‌بندی و حمل نمونه‌های خاک دربر می‌گیرد.

۴-۱-۲-۱-۱- الزامات پیش از انجام عملیات حفاری

- ❖ پیش از عملیات حفاری باید تعداد، عمق و محل گمانه‌ها طبق فرم برنامه زمان‌بندی به تأیید واحد رسیده‌باشد.
- ❖ تجهیز کارگاه قبل از شروع عملیات باید در این مرحله و به‌صورت کامل انجام شود.
- ❖ محل گمانه‌ها باید طبق برنامه زمان‌بندی تأییدشده در محل پروژه پیاده‌سازی شود. در صورت برخورد با معارض و عدم امکان پیاده‌سازی، تغییر محل گمانه‌ها باید به تأیید واحد برسد.
- ❖ حفاری گمانه‌ها و چاهک‌ها الزاماً باید طبق برنامه زمان‌بندی تأییدشده توسط واحد انجام شود.
- ❖ هرگونه تغییراتی در برنامه زمان‌بندی حفاری باید توسط شرکت به اطلاع و تأیید واحد برسد.

۴-۱-۲-۱-۲- الزامات حین انجام عملیات حفاری

- ❖ کارشناس عملیات صحرایی باید در محل پروژه حضور مستمر داشته و پاسخگوی بازرسان و کارشناسان سازمان باشد.

- ❖ الزامات حفاری و گرفتن، بسته‌بندی و ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه شرکت در بندهای ۴-۱-۲ و ۴-۱-۳-۲-۳ ارائه شده است.
- ❖ باید از کلیه مراحل عملیات حفاری گزارش و مستندات تهیه شده و به واحد ارائه گردد. کارشناس عملیات صحرائی باید براساس مشاهده و بازرسی چشمی نمونه‌ها لاگ صحرائی هر گمانه را در قالب فرم لاگ صحرائی (FR-LA-002) و مستندات آن را مطابق بند ۴-۱-۴ ارائه نماید.
- ❖ در صورت برخورد با هرگونه معارض (انباره چاه فاضلاب، قنات، سطح آب زیرزمینی، سنگ و غیره) به پیوست ۱ (الزامات تعیین تعداد، عمق و محل گمانه‌ها) مراجعه شود.

۴-۱-۲-۱-۳- الزامات پس از انجام عملیات حفاری

- ❖ پس از اتمام حفاری گمانه‌های ماشینی، بایستی لوله‌گذاری در داخل گمانه تا عمق نهایی انجام شود و داخل گمانه تمیز گردد، سرگمانه‌ها باید با بلوک بتنی نشانه‌گذاری شده و گمانه‌ها باید با انجام مراحل قبل تا اخذ نامه شهرداری محافظت و نگهداری شود.
- ❖ نمونه‌های اخذشده مطابق با بند ۴-۱-۲-۳ به محل آزمایشگاه شرکت به منظور انجام آزمایش‌ها مطابق فرم برنامه زمان‌بندی حمل گردد.
- ❖ آماده‌سازی محل انجام آزمایش‌های صحرائی شامل آزمایش‌های بند ۴-۱-۳ برای آزمایش‌هایی که در فرم برنامه زمان‌بندی تعیین شده صورت پذیرد.

۴-۱-۲-۲- روش حفاری

❖ حفاری ماشینی

حفاری گمانه‌ها می‌بایست مطابق بند ۷-۲-۴-۴ مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان ایران انجام گردد.

❖ حفاری دستی

حفاری دستی توسط مقنی انجام می‌گردد و رعایت الزامات آیین‌نامه و مقررات حفاظتی حفر چاه‌های دستی در هنگام حفر گمانه دستی الزامی می‌باشد.

۴-۱-۲-۳- روش‌های نمونه‌برداری

- ❖ توصیه می‌گردد همزمان با حفر گمانه‌های اکتشافی، در تمامی گمانه‌ها نمونه‌گیری با فواصل حداکثر ۲ متر و یا تغییر لایه انجام گردد.
- ❖ رعایت الزامات ASTM D4220 در خصوص محافظت و انتقال نمونه‌های خاک الزامی می‌باشد.
- ❖ در هر حال ارائه مستندات نمونه‌گیری برای نمونه‌های گرفته‌شده از اعماق جدول ۱ و یا تغییر لایه و محل برخورد به سطح آب زیرزمینی الزامی می‌باشد.

جدول ۱- اعماق مورد نظر برای ثبت و ارائه مستندات

ستون الف در گمانه‌های جدول ۱ و ۲ در پیوست ۱	محدوده عمق از زیر پی	۱-۳	۵-۷	۹-۱۱	۱۷-۱۹	مابقی اعماق هر ۱۰ متر	انتهای گمانه	
ستون ب در گمانه‌های جدول ۱ و ۲ در پیوست ۱	محدوده عمق ثبت و ارائه مستندات از سطح زمین	ارائه مستندات نمونه‌برداری در محدوده ارتفاعی هر زیرزمین الزامی می‌باشد						

- ❖ ارائه مستندات نمونه برداری شامل، ارائه فیلم نمونه گیری طبق بند ۴-۱-۴، تکمیل فرم لاگ صحرائی و وجود نمونه در محل حفاری به همراه فرم شناسنامه نمونه (FR-LA-003) می باشد.
- ❖ ارائه حداقل دو فیلم نمونه برداری در هر گمانه اصلی و یک فیلم در هر گمانه دیگر الزامیست. با توجه به شرایط پروژه در صورت نیاز و طبق نظر واحد، تعداد و محل مربوط به فیلم برداری ها قابل تغییر می باشد.
- ❖ در پروژه هایی که اخذ نمونه دست نخورده الزامی می باشد، ارائه فیلم از اخذ نمونه دست نخورده نسبت به نمونه دست خورده ارجحیت دارد.
- ❖ نمونه گیری باید به میزانی باشد که جهت انجام آزمایش های مورد نیاز کافی باشد.
- ❖ در خاک های ریزدانه اخذ حداقل یک نمونه دست نخورده در محدوده ارتفاعی هر زیرزمین و اخذ حداقل یک نمونه دست نخورده در محدوده ارتفاعی ۱-۳ متری زیر پی الزامیست.
- ❖ توصیه می گردد به منظور نمونه گیری مناسب دست خورده از نمونه گیر کوربارل استفاده شود.
- ❖ توصیه می گردد به منظور نمونه گیری مناسب دست نخورده از نمونه گیر جدار نازک شلبی، نمونه گیر پیستونی یا دورانی سه جداره دنیسون استفاده شود.

۴-۱-۳- آزمایش های صحرائی

- ❖ آزمایش های صحرائی که در کشور رایج بوده و در این منطقه بسته به مورد کاربرد دارند به قرار زیر می باشند. لازم بذکر است که با توجه به شرایط پروژه و در صورت نیاز پروژه به آزمایش های دیگر، این الزامات توسط واحد ارائه می گردد.
- ❖ تنوع خاک در پهنه استان البرز نیازمند انجام آزمایش های متفاوت صحرائی در انواع مختلف لایه های خاک می باشد.
- ❖ آزمایش های صحرائی مورد نیاز در هر پروژه باید با توجه به نوع لایه خاک توسط شرکت تعیین شده و به تأیید واحد برسد. نوع، تعداد و محل آزمایش ها از طریق فرم برنامه زمان بندی اعلام می گردد.
- ❖ انجام آزمایش ها الزاماً باید طبق برنامه زمان بندی ارائه شده توسط شرکت و تأیید شده توسط واحد انجام شود. هرگونه تغییراتی در برنامه زمان بندی آزمایش ها باید توسط شرکت به اطلاع و تأیید واحد برسد.
- ❖ پیمانکار دارای صلاحیت انجام آزمایش ها باید پیش از انجام آنها تعیین و در فرم برنامه زمان بندی به سازمان اعلام گردد.
- ❖ هر آزمایش باید در فرم لاگ صحرائی هر گمانه مشخص شود.
- ❖ باید از کلیه مراحل آزمایش های صحرائی مستندات تهیه شده و به سازمان ارائه گردد. چگونگی تهیه و ارائه مستندات در بند ۴-۱-۳-۵ ارائه شده است.
- ❖ کارشناس عملیات صحرائی باید در حین انجام آزمایش در محل پروژه حضور داشته و پاسخگوی بازرسان و کارشناسان واحد باشد.

۴-۱-۳-۱- آزمایش نفوذ استاندارد

- ❖ توصیه می شود آزمایش نفوذ استاندارد طبق استاندارد ASTM D1586 در فواصل دومتری یا تغییر لایه انجام گردد.
- ❖ آزمایش نفوذ استاندارد برای خاک هایی که حاوی دانه های با قطر اسمی بزرگتر از ۱۹ میلی متر (مانده روی الک ۳/۴) باشد، الزامی نمی باشد.
- ❖ در هر حال ارائه مستندات انجام آزمایش نفوذ استاندارد در فواصل ۲ متری تا زیر پی و اعماق ارائه شده در جدول ۱ الزامیست.
- ❖ ارائه مستندات آزمایش نفوذ استاندارد شامل ارائه فیلم آزمایش طبق ضوابط اعلامی و تکمیل فرم لاگ صحرائی می باشد.

- ❖ ارائه حداقل دو فیلم آزمایش نفوذ استاندارد در هر گمانه اصلی و یک فیلم در هر گمانه دیگر الزامیست. با توجه به شرایط پروژه در صورت نیاز و طبق نظر واحد، تعداد و محل مربوط به فیلم‌برداری‌ها قابل تغییر می‌باشد. در صورت برخورد به سطح آب زیرزمینی حداقل یکی از فیلم‌ها در عمق برخورد به سطح آب زیرزمینی یا زیر آن باشد.
- ❖ آزمایش نفوذ استاندارد باید با استفاده از نمونه‌گیر انجام شود. انجام آزمایش با استفاده از نوک مخروط توپر مردود می‌باشد.

۴-۱-۳-۲- آزمایش لرزه‌نگاری

- ❖ انجام آزمایش لرزه‌نگاری درون چاهی طبق استاندارد ASTM D7400 برای گمانه‌های با عمق بیشتر از ۳۰ متر زیر تراز پی الزامیست.
- ❖ به منظور تعیین تپ زمین محل پروژه براساس استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، انجام آزمایش لرزه‌نگاری الزامی می‌باشد.
- ❖ به منظور انجام این آزمایش باید الوار بر روی خاک قرار گیرد و انجام این آزمایش بر روی موزائیک، آسفالت و سنگ قابل قبول نمی‌باشد.
- ❖ در صورت وجود شرایط مرزی تأثیرگذار بر سرعت موج برشی تکرار آزمایش در صورت تشخیص واحد الزامیست.
- ❖ مطابق با الزامات ASTM D7400 اجرای گراول پک الزامی می‌باشد.
- ❖ ارائه مستندات این آزمایش شامل ارائه فیلم آزمایش طبق ضوابط اعلامی الزامی می‌باشد.

۴-۱-۳-۳- آزمایش دانسیته در محل

- ❖ انجام آزمایش دانسیته در محل برای مصالح تا اندازه ۳۸ میلیمتر مطابق با استاندارد ASTM D1556 و برای مصالح با اندازه بیش از ۳۸ میلیمتر مطابق با استانداردهای ASTM D4914 و ASTM D5030 الزامی است.
- ❖ انجام آزمایش دانسیته در محل‌های نمونه‌برداری در گمانه دستی الزامی می‌باشد.
- ❖ در خاک‌های ریزدانه می‌توان وزن مخصوص خاک را با استفاده از نمونه دست‌نخورده در آزمایشگاه شرکت به روش غوطه‌وری تعیین نمود. در صورت تعیین وزن مخصوص به روش موم‌گیری نیازی به انجام آزمایش دانسیته در محل نمی‌باشد.
- ❖ ارائه مستندات آزمایش دانسیته در محل شامل ارائه فیلم آزمایش طبق ضوابط اعلامی و تکمیل فرم آزمایش دانسیته در محل (FR-004) می‌باشد.
- ❖ ارائه فیلم آزمایش دانسیته در محل در تراز پی الزامیست.

۴-۱-۳-۴- آزمایش بارگذاری صفحه

- ❖ انجام آزمایش بارگذاری صفحه طبق استاندارد ASTM D1196 در تمامی پروژه‌ها به تعداد گمانه‌های اصلی الزامیست.
- ❖ توصیه می‌گردد حداقل یک آزمایش در تراز پی انجام شود.
- ❖ ارائه مستندات آزمایش بارگذاری صفحه شامل ارائه فیلم آزمایش طبق ضوابط اعلامی و تکمیل فرم آزمایش بارگذاری صفحه (FR-LA-007) می‌باشد.

۴-۱-۴- ضوابط مستندسازی

۴-۱-۴-۱- ضوابط عمومی مستندسازی (فیلم برداری)

- ❖ فیلم‌ها باید دارای تابلوی مشخصات باشند. در تابلو مشخصات، بایستی موارد ذیل درج شود:
- نام شرکت، نام مالک، شماره پلاک‌ثبیتی، آدرس پروژه، شناسه ثبت برنامه زمان‌بندی، نام سرپرست اکیپ صحرائی، نام گمانه، موضوع عملیات، عمق، تاریخ انجام آزمایش، داده‌های آزمایش

- ❖ حضور مستمر مهندس مسئول یا کارشناس عملیات صحرایی شرکت خدمات آزمایشگاهی در هنگام مطالعات صحرایی، در کلیه پروژه‌ها الزامی می‌باشد که طی عملیات بازرسی از مطالعات صحرایی، این موضوع توسط بازرسان واحد ژئوتکنیک کنترل می‌گردد و در صورت عدم حضور وی، موضوع جهت بررسی مراتب به سازمان نظام مهندسی گزارش خواهد گردید.
- ❖ کلیه فیلم‌ها باید به صورت پیوسته گرفته شود به نحوی که در ابتدای هر فیلم نمونه‌گیری و یا آزمایش‌های برجها باید فیلم با نمایش موقعیت پروژه، همجواری‌ها و تابلو اطلاعات شروع گردد و سپس به صورت پیوسته تا محل گمانه منتقل شود و سپس فیلم مربوطه تهیه گردد.
- ❖ فیلم‌های گرفته‌شده در هر مرحله به حافظه اصلی شرکت منتقل و یک نسخه برای ارائه به واحد تهیه گردد.
- ❖ فیلم‌ها باید توسط مهندس مسئول بررسی شده و در صورت مشاهده هرگونه ایراد و عدم انطباق با الزامات این دستورالعمل باید در اعماق دیگر جدول ۱ فیلم تهیه گردد.

۴-۱-۲- ضوابط مستندسازی نمونه برداری

- ❖ کلیه فیلم‌های نمونه‌گیری بایستی به گونه‌ای تهیه گردد که همراه با عملیات رادکشی یا رادگذاری باشد، هدف از این عمل تعیین عمق آزمایش می‌باشد.
- ❖ در فیلم رادکشی عمق گمانه‌ها باید تمامی رادها به روی خرک قرار گیرد و سپس مترکشی با نشان دادن متر از کامل رادها مشخص گردد.
- ❖ فیلم باید به گونه‌ای باشد که ابتدا و انتهای خرک و محل گمانه در هر لحظه در آن مشخص باشد.
- ❖ در فیلم نمونه‌گیری ابتدا داخل نمونه‌گیر توسط دوربین به وضوح نشان داده‌شده تا از خالی بودن نمونه‌گیر اطمینان حاصل گردد و سپس نمونه‌گیر در داخل گمانه قرار گیرد.
- ❖ پس از پایان عملیات نمونه‌گیری می‌بایست فرم شناسنامه نمونه توسط سرپرست اکیپ حفاری تکمیل گردد و شرح نظری نمونه بر روی لوگ صحرایی درج گردد، به گونه‌ای که در فیلم قابل رؤیت باشد.
- ❖ نمونه تهیه‌شده می‌بایست بکر باشد. نمونه‌های شسته‌شده، همراه با آب و گل بنتونیت مورد پذیرش قرار نمی‌گیرد.

۴-۱-۳- ضوابط مستندسازی آزمایش نفوذ استاندارد

- ❖ در فیلم آزمایش نفوذ استاندارد، اندازه‌گیری فواصل مندرج، با متر نمایش داده‌شود. کلیه فیلم‌های آزمایش نفوذ استاندارد باید به گونه‌ای تهیه گردد که همراه با عملیات رادکشی یا رادگذاری باشد هدف از این عمل تعیین عمق آزمایش می‌باشد.
- ❖ در انجام آزمایش نفوذ استاندارد ضروری است ارتفاع سقوط چکش بر روی میانه هادی سقوط چکش به طور مشخص و به وضوح علامت‌گذاری شود و مطابق ضوابط و استانداردهای مربوطه، در کلیه ضربات آزمایش، ارتفاع سقوط چکش به صورت یکنواخت از محل علامت‌گذاری شده، رعایت گردد.
- ❖ طناب مورد استفاده در آزمایش نفوذ استاندارد، باید از جنس نخی باشد و استفاده از سیم، کابل و موارد مشابه ممنوع می‌باشد. ضمناً دور طناب بر روی طبلک نیز طبق استاندارد ASTM D1586 رعایت شود.
- ❖ هنگام انجام آزمایش نفوذ استاندارد، توجه شود که رادهای داخل گمانه کاملاً در امتداد هم بسته و ثابت (تا آخر رزوه) شوند. از به-کارگیری رادهای معیوب و دارای انحراف، خودداری گردد.
- ❖ در هنگام آزمایش نفوذ استاندارد، فاصله زیاد بین چکش تا دهانه گمانه، باعث می‌شود تا رادها و چکش آزمایش دچار نوسان و لرزش گردد که این موضوع منجر به ایجاد خطا و کاهش دقت آزمایش می‌گردد. لذا در انتخاب راد با اندازه‌های مناسب جهت جلوگیری از نوسان مجموعه دستگاه و حفظ تعادل آن، دقت کافی صورت گیرد.

❖ در پایان هر مرحله از آزمایش نفوذ استاندارد، باید نتیجه آزمایش بر روی تابلو مشخصات درج گردد.

۴-۱-۴-۴- ضوابط مستندسازی آزمایش لرزه‌نگاری

- ❖ زاویه فیلم باید به گونه‌ای باشد که شخص ضربه‌زننده، گیرنده (لپ تاپ) و گراول پک اجراشده کامل مشخص باشد و در هر ده متر عمق گمانه قرائت در صفحه گیرنده به‌طور واضح در فیلم نشان داده‌شود.
- ❖ قرائت عمق نهایی فیلم‌برداری و کابل دستگاه در پایان آزمایش با متر اندازه‌گیری شده و در فیلم نشان داده‌شود.
- ❖ فیلم‌برداری به گونه‌ای باشد که در حین انجام آزمایش تکمیل فرم آزمایش و در پایان کل فرم تکمیل‌شده قابل رؤیت باشد.

۴-۱-۴-۵- ضوابط مستندسازی آزمایش دانسیته در محل

- ❖ قبل از انجام آزمایش به روش مخروط می‌بایست وزن مخصوص ماسه و همچنین وزن ماسه زیر مخروط بر روی تابلو درج گردد.
- ❖ فیلم آزمایش دانسیته در محل باید به گونه‌ای باشد که تمامی مراحل حفر چاله و توزین انجام‌گرفته در آن مشخص باشد.
- ❖ پس از پایان آزمایش می‌بایست وزن مخصوص مرطوب توسط سرپرست اکیپ حفاری محاسبه شده و بروی تابلو درج گردد به گونه‌ای که در انتهای فیلم مشخص باشد.

۴-۱-۴-۶- ضوابط مستندسازی آزمایش بارگذاری صفحه

- ❖ قرارگیری صفحه و اندازه‌گیری‌های قطر و تراز آن و سیستم بارگذاری در فیلم مشخص باشد.
- ❖ حداقل قرائت سه نقطه شامل ابتدا، انتها و یکی از نقاط میانه بارگذاری بر روی گیج نشان داده‌شده و تکمیل فرم آزمایش بارگذاری صفحه و فرم تکمیل‌شده در فیلم واضح باشد.

۴-۱-۵- آزمایش‌های آزمایشگاهی

به‌منظور تکمیل آزمایش‌های صحرائی می‌بایست آزمایش‌های آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های اخذشده انجام پذیرد. قبل از انجام آزمایش‌ها می‌بایست بررسی ظاهری نمونه‌ها با گزارش بصری از نمونه‌ها در سایت مطابقت داشته باشد. تعداد آزمایش‌ها باید به گونه‌ای تعیین شود که بیانگر تمامی مشخصات ژئوتکنیکی مؤثر لایه‌های خاک باشد. کلیه آزمایش‌های آزمایشگاهی باید مطابق با مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان و یا استانداردهای ملی یا بین‌المللی معتبر صورت پذیرد و موارد ذکرشده در بندهای ۴-۱-۴ تا ۴-۱-۴-۱۱ در آن لحاظ شود.

در فرآیند انجام مطالعات ژئوتکنیک هر پروژه شرایط آزمایش‌هایی که می‌بایست بر روی نمونه‌های خاک صورت پذیرد در جدول ۲ ارائه شده‌است. بدیهی است این جدول حداقل آزمایش‌های مورد نیاز را ارائه نموده و شرکت ژئوتکنیک می‌بایست بنابر ضرورت و یا نظر واحد، مطابق شرایط هر پروژه، مطالعات تکمیلی مورد نیاز را انجام دهد.

جدول ۲- آزمایش‌های تعیین مشخصات خاک

آزمایش	استاندارد توصیه‌شده	نوع خاک					سنگ	
		خاک رسی و سیلتی			خاک ماسه‌ای و شنی		کور طولی	نمونه بکر
		دست- نخورده	دست- خورده	بازسازی شده	دست خورده	بازسازی شده		
آزمایش دانه‌بندی	ASTM D6913	*	*	*	*	*		
آزمایش هیدرومتری ^۱	ASTM D7928	*	*	*	*	*		
تعیین درصد رطوبت	ASTM D2216	**	*	*	*	*		
تعیین وزن مخصوص دانه خاک	ASTM D854	*	*	*	*	*		
تعیین ماکزیمم و مینیمم دانسیته	ASTM D4253, D4254	*	*	*	*	*		
تراکم	ASTM D698	*	*	*	*	*		
حدود اتربرگ ^۲	ASTM D4318	*	*	*	*	*		
برش مستقیم	ASTM D3080	**		*		*		
سه‌محوری (CD, CU, UU)	ASTM D4767, D2850, D7181	**		*		*		
تعیین تخلخل اولیه		*				*		
تحکیم	ASTM D2435	*						
RQD	ASTM D6032						*	
مقاومت تک- محوری (خاک و سنگ)	ASTM D2166, D7012	*						*
آزمایش شیمیایی	ASTM D4972, C1580 استاندارد ملی ایران ۱۹۰۳۸	*	*	*	*	*		
آزمایش نفوذپذیری	ASTM D2434, D5084	*	*	*	*	*	*	*
آزمایش تورم	ASTM D4546	*	*	*	*	*		

توضیحات جدول:

- ۱- انجام آزمایش هیدرومتری برای خاک‌های درشت‌دانه مطابق بند ۴-۱-۵-۲ صورت می‌پذیرد.
- ۲- انجام آزمایش حدود اتربرگ برای خاک‌های درشت‌دانه مطابق بند ۴-۱-۵-۵ صورت می‌پذیرد.
- ۳- "****" این علامت به نشانه ارجحیت انجام این تست در این نوع نمونه است.

الزامات کلی انجام آزمایش‌ها

۴-۱-۵-۱-۱-۱-۴ آزمایش دانه بندی

- ❖ آزمایش‌های دانه‌بندی باید برای تمامی نمونه‌های اخذ شده از گمانه‌ها و مطابق با آئین‌نامه مذکور در جدول ۲ صورت پذیرد.
- ❖ حداقل وزن‌های مورد نیاز برای انجام این آزمایش باید مطابق با جدول شماره ۲ استاندارد ASTM D6913 باشد.
- ❖ در نمونه‌های اخذ شده به روش آبشویی یا نمونه‌هایی که به صورت کلوخه می‌باشند انجام این آزمایش باید به روش تر صورت پذیرد.

۴-۱-۵-۲-۱-۴ آزمایش هیدرومتری

- ❖ چنانچه در نمونه خاک اخذ شده بیش از ۱۲٪ ذرات از الک نمره ۲۰۰ عبور کنند آزمایش هیدرومتری باید مطابق با الزامات آئین‌نامه مربوطه در جدول ۲ صورت پذیرد. انجام این آزمایش برای دانه‌های کوچکتر از ۲ میلی‌متر مجاز می‌باشد.
- ❖ توصیه می‌گردد این آزمایش بر روی تمامی نمونه‌های حاوی ذرات کوچکتر از الک ۲۰۰ انجام شود ولی در هر صورت انجام آن برای نمونه‌های اخذ شده تا ۱۰ متر زیر فونداسیون الزامی می‌باشد.

۴-۱-۵-۳-۱-۴ آزمایش تعیین رطوبت و تعیین وزن مخصوص ویژه دانه های خاک

- ❖ انجام این آزمایش‌ها در مواردی که نیاز به تعیین پارامترهای مؤثر دیگر در طراحی (مانند تحکیم) و یا تعیین شرایط خاک وجود دارد الزامی می‌باشد.

۴-۱-۵-۴-۱-۴ آزمایش تراکم

- ❖ انجام آزمایش تراکم برای آن دسته از پروژه‌هایی که به خاکریزی جهت تأمین تراز کف پی (مانند ساختمان‌های دارای اشکوب زیرزمین و واقع روی شیب) و یا هرگونه بهسازی خاک نیاز دارند الزامی می‌باشد.

۴-۱-۵-۵-۱-۴ آزمایش حدود اتربرگ

- ❖ انجام آزمایش حدود اتربرگ برای نمونه‌هایی با بیش از ۵٪ ریزدانه جهت تعیین نوع خاک مطابق با الزامات آئین‌نامه مربوطه در جدول ۲ الزامی می‌باشد.

۴-۱-۵-۶-۱-۴ آزمایش تعیین مقاومت برشی خاک

- ❖ آزمایش برش مستقیم باید در جعبه متناسب با بزرگترین قطر دانه مطابق با استاندارد مربوطه صورت پذیرد.
- ❖ در خاک‌های درشت‌دانه غیراشباع باید حداقل یک آزمایش برش مستقیم در رطوبت طبیعی خاک و یک آزمایش برش مستقیم به صورت غرقابی صورت پذیرد.

- ❖ در خاک‌های درشت‌دانه اشباع باید تمامی آزمایش‌های برش مستقیم به صورت غرقابی صورت پذیرد.
- ❖ در خاک‌های ریزدانه غیراشباع باید حداقل یک آزمایش برش مستقیم در رطوبت طبیعی خاک بر روی خاک دست‌نخورده و یک آزمایش برش مستقیم به صورت غرقابی صورت پذیرد.
- ❖ در خاک‌های ریزدانه اشباع باید حداقل یک آزمایش برش مستقیم به صورت غرقابی و یک آزمایش سه محوری به صورت CU بر روی نمونه دست‌نخورده صورت پذیرد.
- ❖ در صورت عدم مشاهده پیک در نمودار نیرو-جابجایی در آزمایش برش مستقیم، آزمایش باید تا کرنش ۱۰٪ ادامه یابد.
- ❖ در هر پروژه انجام حداقل دو آزمایش تعیین مقاومت برشی خاک الزامی بوده و به ازای هر زیرزمین باید حداقل یک آزمایش مقاومت برشی اضافه شود ولی در هر صورت باید در لایه‌های تأثیرگذار بر رفتار پی و یا سازه نگهبان در صورت تغییرات لایه و تغییر در شرایط خاک آزمایش‌های مقاومت برشی بیشتری صورت پذیرد.
- ❖ انجام آزمایش سه محوری به صورت UU صرفاً برای خاک‌های رسی اشباع مجاز می‌باشد.

۴-۱-۵-۲- آزمایش تحکیم

- ❖ در پروژه‌هایی که در بیشترین عمق مؤثر پی که احتمالاً با پی گسترده اتفاق می‌افتد خاک ریزدانه با میزان اشباع بیش از ۸۰٪ و یا سطح مشخص آب رؤیت شد می‌بایست آزمایش تحکیم بر روی نمونه دست‌نخورده اخذشده مطابق با آئین‌نامه مربوطه در جدول ۲ صورت پذیرد.
- ❖ در صورت تغییر در لایه‌های ریزدانه و تأمین شرایط بند قبل، این آزمایش باید در لایه‌های مختلف صورت پذیرد.
- ❖ در انجام این آزمایش باید علاوه بر فاز بارگذاری فاز باربرداری نیز صورت پذیرد.
- ❖ در هر صورت در پروژه‌هایی که شرایط انجام این آزمایش الزامی می‌باشد باید حداقل دو آزمایش تحکیم بر روی نمونه‌های دست‌نخورده اخذشده صورت پذیرد.

۴-۱-۵-۸- آزمایش تک محوری یا بار نقطه‌ای سنگ و خاک

- ❖ آزمایش تک محوری یا بار نقطه‌ای سنگ باید در پروژه‌هایی که به سنگ بستر برخورد کرده جهت تعیین رده سنگ انجام شود.
- ❖ برای خاک‌ها این آزمایش باید بر روی نمونه دست‌نخورده صورت پذیرد.

۴-۱-۵-۹- آزمایش شیمیایی

- ❖ توصیه می‌شود آزمایش شیمیایی برای تمامی مطالعات ژئوتکنیک صورت پذیرد ولی در هر صورت در پروژه‌هایی که خاک با فاصله کمتر از ۱ متر از تراز و یا جداره فونداسیون با خاک دارای اشباع بیش از ۸۰٪ در تماس باشد انجام این آزمایش اجباری است.
- ❖ در پروژه‌هایی که موقعیت قرارگیری انبار فاضلاب قدیمی موجود در محل پروژه تا سطوح فونداسیون کمتر از ۲ متر باشد انجام آزمایش شیمیایی الزامی می‌باشد.
- ❖ عمق انجام آزمایش شیمیایی باید در نزدیک‌ترین نقطه به المان‌های سازه‌ای شامل فونداسیون، شمع و یا سازه‌های نگهبان دائمی باشد.

۴-۱-۵-۱۰- آزمایش نفوذپذیری

- ❖ توصیه می‌گردد آزمایش نفوذپذیری برای پروژه‌ها مطابق با الزامات آئین‌نامه مربوطه در جدول ۲ صورت پذیرد.
- ❖ در پروژه‌های در مجاورت جریان آب‌های سطحی یا زیرزمینی و یا کم عمق بودن سطح آب زیرزمینی انجام این آزمایش در صورت امکان الزامی می‌باشد.

۴-۱-۵-۱۱- آزمایش تورم

❖ در زمین‌هایی که با توجه به خصوصیات فیزیکی و مکانیکی مطابق با آزمایش‌های صورت گرفته احتمال رفتار تورمی وجود دارد می‌بایست آزمایش تورم بر روی نمونه‌های اخذ شده در نزدیکی المان‌های سازه‌ای انجام شود.

۴-۱-۵-۱۲- الزامات مستندسازی آزمایش‌های آزمایشگاهی

- ❖ در تهیه تمامی فیلم‌ها می‌بایست الزامات عمومی بند ۴-۱-۴-۱-۴ رعایت گردد.
- ❖ باید از تمامی نمونه‌های اخذ شده از اعماق مختلف عکس ارائه شود. شیوه ارائه عکس باید به گونه‌ای باشد که کاغذ یا تابلوی حاوی مشخصات عمق، شماره گمانه، پلاک ثبتی و سربرگ یا نام شرکت در پشت نمونه قرار گرفته و نمایان باشد. بدیهی است عکس‌ها می‌بایست با توصیف نمونه اخذ شده مطابقت داشته باشد.
- ❖ از تمامی آزمایش‌های دانه‌بندی، هیدرومتری، حدود اتربرگ و تحکیم باید عکس ارائه شود. عکس‌ها باید به گونه‌ای باشد که کاغذ یا تابلوی حاوی مشخصات عمق، شماره گمانه، پلاک ثبتی، سربرگ یا نام شرکت، تاریخ و آزمایش در حال انجام در پشت یا مجاورت دستگاه آزمایش نمایان باشد. همچنین برای آزمایش‌های دانه‌بندی، هیدرومتری، حدود اتربرگ و تحکیم می‌بایست فرم‌های به ترتیب FR-LA-005، FR-LA-006، FR-LA-008، FR-LA-010 تکمیل و ارائه گردند.
- ❖ از تمامی آزمایش‌های برش مستقیم و سه‌محوری باید فیلم تهیه گردد. فیلم‌ها باید به گونه‌ای باشد که در هر سطح تنش عمودی میزان وزنه‌های قرار گرفته برای اعمال بار عمودی در فیلم نشان داده شود. صفحه گیج‌ها در طول آزمایش و در زمان قطع آزمایش باید در فیلم باشد. فیلم برای هر سطح تنش باید به صورت ممتد و با قراردادن تابلو یا کاغذ مشخصات همانند بند قبل باشد. در فیلم مربوط به هر سطح تنش باید مرحله خروج نمونه از دستگاه پس از پایان بارگذاری و به صورت ممتد وجود داشته باشد. هولوگرام دستگاه می‌بایست در فیلم‌ها مشخص باشد. برای آزمایش برش مستقیم می‌بایست فرم FR-LA-011 و برای آزمایش سه‌محوری فرم مورد نیاز این آزمایش باید تکمیل و ارائه گردند.
- ❖ فرم مربوط به هریک از آزمایش‌های آزمایشگاهی باید مطابق با فرم‌های مرتبط تکمیل و ارائه گردد.
- ❖ فرم FR-LA-009 باید برای آزمایش تراکم تکمیل و ارائه گردد.

۴-۱-۶- ملاحظات طراحی و محاسبات پی‌های سطحی

❖ کلیه محاسبات پی باید مطابق با مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان (بخش ۷-۴) صورت پذیرد و موارد ذیل نیز در آن لحاظ گردد.

۴-۱-۶-۱- ظرفیت باربری

- ❖ توصیه می‌گردد با توجه به محاسبات سازه براساس روش حالت حدی نهایی محاسبات پی نیز با این روش انجام گردد. در هر صورت رویکرد محاسبات پی باید با رویکرد محاسبات سازه (حالت حدی نهایی یا روش تنش مجاز) یکسان باشد.
- ❖ در ساختگاه‌هایی که خاک اطراف پی اشباع بوده و یا قابلیت اشباع شدن در دوره بهره‌برداری را دارد محاسبات پی براساس پارامترهای اشباع خاک در حالات مختلف زهکشی باید کنترل گردد.
- ❖ در خاک‌های لایه‌ای اثر لایه‌های مختلف تأثیرگذار بر رفتار پی در محاسبات ظرفیت باربری باید لحاظ گردد.
- ❖ در صورت استفاده از نرم‌افزارها جهت محاسبات ظرفیت باربری هندسه و مدل‌های رفتاری انتخاب شده باید مطابق با شرایط واقعی پروژه باشد.

۴-۱-۶-۲- محاسبات نشست

- ❖ در انتخاب روابط ارائه شده در کتب مرجع اولویت با روابطی است که شرایط دقیق تری را برای محاسبات نشست پی متصور می شود.
- ❖ توصیه می شود از رابطه تیموشنکو و گودیر^۱ (۱۹۵۱) (رابطه ۱) برای محاسبه نشست استفاده گردد. تعریف پارامترهای این رابطه و جزئیات آن در کتاب Foundation Analysis and Design باولز قابل دسترس است.

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1 - \mu^2}{E_s} \left(I_1 + \frac{1 - 2\mu}{1 - \mu} I_2 \right) I_F \quad (1)$$

- ❖ در کنترل مقادیر نشست مجاز بند ۷-۴-۴ از مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان ملاک عمل می باشد.
- ❖ در نظرگیری نشست تحکیمی برای ساختگاه هایی که خاک ریزدانه اشباع در محدوده تأثیر پی قرار دارد الزامی می باشد. لازم به توضیح است در این دستورالعمل درصد اشباع (S_f) بیش از ۸۰٪ در محدوده اشباع متصور می شود.
- ❖ محاسبات نشست تحکیمی می بایست براساس روابط ۲ تا ۴ صورت پذیرد.

خاک های عادی تحکیم یافته

$$s_c = \frac{c_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma}{\sigma'_0} \quad (2)$$

خاک های بیش تحکیم یافته

اگر $\sigma'_0 + \Delta \sigma < \sigma'_c$

$$s_c = \frac{c_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma}{\sigma'_0} \quad (3)$$

اگر $\sigma'_0 + \Delta \sigma > \sigma'_c$

$$s_c = \frac{c_s H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + \frac{c_c H}{1 + e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma}{\sigma'_c} \quad (4)$$

۴-۱-۶-۳- محاسبات مدول عکس العمل بستر

- ❖ در خاک های اشباع می بایست در محاسبات مقادیر مدول عکس العمل بستر نشست های تحکیمی نیز لحاظ گردد. در این صورت حالات مختلف زهکشی در مواجهه با بارهای استاتیکی و لرزه ای باید در صورت و مخرج کسر مد نظر قرار گیرد.
- ❖ رابطه کلی محاسبه مدول عکس العمل بستر $k_s = q/\delta$ می باشد که نشست در مخرج کسر در حالتی که نشست تحکیمی وجود ندارد باید همان رابطه نشست مورد استفاده در محاسبات نشست باشد.
- ❖ روابط مورد استفاده برای محاسبات مدول عکس العمل بستر باید با روابط استفاده شده برای محاسبه نشست و ظرفیت باربری مطابقت داشته باشد.

¹ Timoshenko and Goodier

۴-۱-۷- جمع بندی مطالعات ژئوتکنیک، تفسیر نتایج و تهیه گزارش

گزارش مطالعات ژئوتکنیک بایستی حداقل شامل موارد زیر باشد:

- ❖ دستور تهیه نقشه شهرداری و نظام مهندسی
 - ❖ خلاصه گزارش شهرداری
 - ❖ فرم برنامه زمان بندی
 - ❖ جدول خلاصه گزارش^۲
 - ❖ توضیحات پروژه (محل پروژه، کروکی و همسایه ها، وضعیت موجود (همراه با تصاویر مناسب)، مشخصات سازه (تعداد طبقات))
 - ❖ خلاصه گزارش زمین شناسی محل و ارائه پروفیل خاک بستر
 - ❖ تفسیر نتایج آزمایش ها
 - ❖ گزارش نتایج آزمایش ها
 - ❖ جزئیات پارامترها و طراحی
 - ❖ جزئیات طراحی و نقشه های سازه نگهبان در صورت وجود زیرزمین
 - ❖ ارائه استعلام تأسیسات در گزارش ژئوتکنیک برای سازه هایی که در مجاورت خیابان های اصلی می باشد (در صورت نیاز)
 - ❖ ارائه مدارک و مستندات وجود آب زیرزمینی، سیستم دفع فاضلاب و آب های سطحی و قنات ها، حفرات و تأسیسات زیرزمینی (در صورت نیاز)
- تبصره ۲ - مهر و امضای صفحات مربوط به خلاصه گزارش شهرداری، جدول خلاصه گزارش و نقشه های پایدار سازی گود (در صورت وجود) توسط مسئول فنی ژئوتکنیک و مدیرعامل شرکت الزامی است.

۴-۲- بازنگری دستور العمل

این دستور العمل بر اساس تغییر قوانین و مقررات و استانداردهای بالادستی و یا به طور سالانه توسط کمیته تدوین مورد بازنگری قرار می گیرد.

۵- وظایف و مسئولیتها

❖ واحد خدمات آزمایشگاهی

• اجرای دستور العمل

❖ واحد طرح و برنامه

• نظارت بر حسن اجرای دستور العمل

• پایش و اندازه گیری شاخص های فرآیند اجرایی

❖ شرکت خدمات ژئوتکنیک

انجام مطالعات ژئوتکنیک مطابق با مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان و الزامات دستور العمل حاضر

❖ کمیته تدوین

• بررسی پیشنهادات و بازخوردهای فنی در خصوص دستور العمل

² geotable

• بازنگری دوره‌ای دستورالعمل

۶ - مستندات مرتبط

❖ قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان مصوب سال ۱۳۷۴

❖ آیین نامه اجرایی قانون نظام مهندسی و کنترل ساختمان مصوب سال ۱۳۷۵

❖ مباحث هفتم و دوازدهم مقررات ملی ساختمان

❖ استاندارد ASTM، شماره‌های مربوطه

❖ کتاب Foundation Analysis and Design, Bowles

❖ آیین نامه و مقررات حفاظتی حفر چاه‌های دستی

❖ استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش چهارم

❖ دفترچه راهنمای کاوش‌های زیرسطحی FHWA NHI-01-031

۷ - کنترل سوابق

مدت نگهداری	محل نگهداری	مسئول نگهداری	مسئول تکمیل	کد فرم	عنوان فرم	ردیف
۳ سال	واحد خدمات آزمایشگاهی	مدیر خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	FR-LA-001	برنامه زمان‌بندی مطالعات ژئوتکنیک	۱
۳ سال	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	FR-LA-002	لاگ صحرایی	۲
۳ سال	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	FR-LA-003	شناسنامه نمونه	۳
۳ سال	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	FR-LA-004	آزمایش دانسیته در محل	۴
۳ سال	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	FR-LA-005	آزمایش دانه‌بندی	۵
۳ سال	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	FR-LA-006	آزمایش هیدرومتری	۶
۳ سال	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	FR-LA-007	آزمایش بارگذاری صفحه	۷
۳ سال	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	FR-LA-008	آزمایش حدود اتربرگ	۸
۳ سال	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	FR-LA-009	آزمایش تراکم	۹
۳ سال	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	FR-LA-010	آزمایش تحکیم	۱۰
۳ سال	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	شرکت خدمات آزمایشگاهی	FR-LA-011	آزمایش برش مستقیم	۱۱

۸ - سوابق بازنگری

شماره بازنگری	شرح کلی (موضوع تغییرات)	تهیه کنندگان	تاریخ موثر
صفر	تدوین مستند	کمیته تدوین + مدیر طرح و برنامه	۱۳۹۹/۰۲/۱۰



دستورالعمل مطالعات صحرائی و آزمایشگاهی ژئوتکنیک

پیوست یک

روش تعیین محل، تعداد و عمق گمانه‌ها

جدول ۱ پیوست ۱				
یک ساختمان منفرد با سطح اشغال کمتر از ۳۰۰ متر مربع				
ساختمان با اهمیت متوسط و روی زمین مناسب و لایه‌بندی ساده				
(ب)			(الف)	
گمانه‌ها براساس جدول ۷-۲-۲ (مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان)			گمانه‌ها براساس جدول ۷-۲-۱ (مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان)	
عمق (m)	تعداد	عمق گود (m)	عمق (m)	تعداد
Max (1.5D , 6)	1	1<D≤10	Max ((30+D) , (B+D))	گمانه اصلی (عمیق)
1.5D	2	10<D≤20		
1.5D	2+n	20<D		

جدول ۲ پیوست ۱				
یک ساختمان منفرد با سطح اشغال ۳۰۰ الی ۱۰۰۰ متر مربع یا بیش از ۱۰۰۰ متر مربع				
ساختمان با اهمیت متوسط و روی زمین مناسب و لایه‌بندی ساده				
(ب)			(الف)	
گمانه‌ها بر اساس جدول ۷-۲-۲ (مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان)			گمانه‌ها بر اساس جدول ۷-۲-۱ (مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان)	
عمق (m)	تعداد	عمق گود (m)	عمق (m)	تعداد
Max (1.5D , 6)	2	1<D≤10	Max ((30+D) , (B+D))	گمانه اصلی (عمیق)
1.5D	3	10<D≤20		
1.5D	3+n	20<D	6+D	گمانه کمکی (کم عمق)

B عرض مؤثر پی. در ساختمان‌های با پلان منظم برابر است با کوچکترین بعد (عرض) سطح اشغال ساختمان. در ساختمان‌های با پلان نامنظم برابر است با ضریبی (a) از عرض مستطیل محیط (B') بر سطح اشغال ساختمان.

$$B = a \cdot B'$$

$$a = \sqrt{\frac{\text{سطح اشغال ساختمان}}{\text{مساحت مستطیل محیط}}}$$

D فاصله سطح زمین تا کف پی (در زمین‌های شیب‌دار متغیر می‌باشد)

n یک گمانه به ازای هر ۱۰ متر اضافی بیش از ۲۰ متر

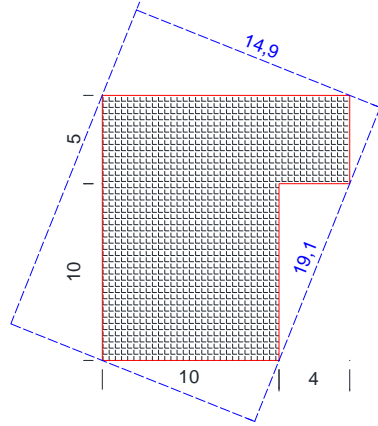
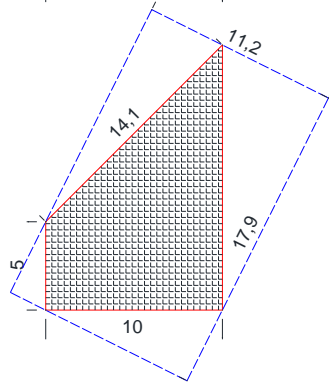
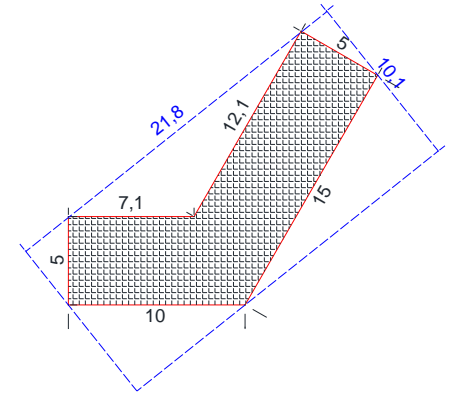
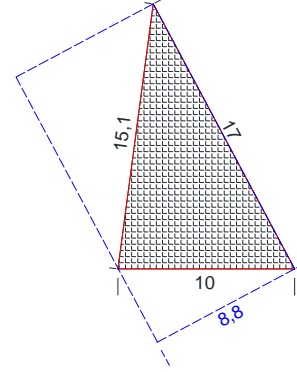
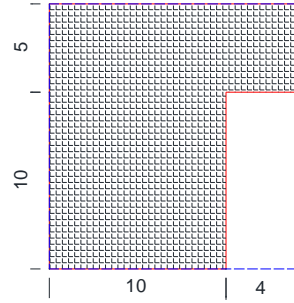
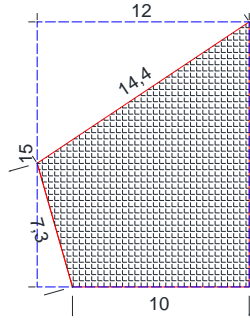
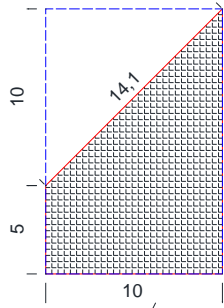
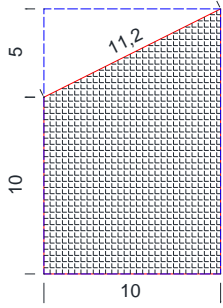
m برای سطح اشغال تا ۱۰۰۰ متر مربع برابر با صفر، و برای سطح اشغال بیش از ۱۰۰۰ متر مربع، یک گمانه اضافی به ازای هر ۱۰۰۰

متر اضافی

توضیحات:

۱. در ساختمان‌های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد یا زمین نامناسب یا لایه‌بندی پیچیده، طبق الزامات جدول ۷-۲-۱ مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان به تعداد گمانه‌ها اضافه شود.
۲. حفاری حداقل یک گمانه دستی با رعایت اصول ایمنی جهت مشاهده بافت خاک در هر پروژه ضروری است.
۳. در تمام پروژه‌ها انجام آزمایش لرزه‌نگاری جهت تعیین سرعت موج برشی الزامی می‌باشد.
۴. در هیچ حالتی نباید فاصله بین دو گمانه عمیق (اصلی) بیش از ۶۰ متر و فاصله بین گمانه عمیق (اصلی) از هر بر سطح اشغال بیش از ۳۰ متر باشد.
۵. در هیچ حالتی نباید فاصله بین دو گمانه کمتر از ۱۵ متر باشد.
۶. در زمین‌های شیب‌دار حداقل یک گمانه در بالای شیب قرار گیرد.
۷. در صورت وجود اختلاف بین سطح اشغال طبقات همکف و زیرزمین (یا وجود درز انقطاع)، ملاک تعیین تعداد گمانه‌های جدول یک بر اساس مساحت تصویر تجمعی سطح اشغال آنها بر روی پلان پروژه (سطح اشغال مؤثر) در نظر گرفته شود. ملاک تعیین تعداد گمانه‌های جدول دو بر اساس مساحت تصویر تجمعی سطح اشغال زیرزمین‌ها بر روی پلان پروژه (سطح اشغال مؤثر زیرزمین) در نظر گرفته شود.
۸. در حفر گمانه اگر به لایه سنگ برخورد شود باید گمانه‌های عمیق (اصلی) تا ۳ متر در لایه سنگ نفوذ کنند.
۹. در صورت برخورد به آب زیرزمینی، گمانه‌های عمیق (اصلی) باید بطور کامل حفاری گردند.
۱۰. در ملک‌هایی که ساختمان اشکوب دارند، تعداد گمانه‌های عمیق (اصلی) بر اساس مساحت بدون اشکوب و با رعایت فاصله‌های الزامی تعیین گردد.
۱۱. در ملک‌هایی که ساختمان اشکوب دارند، جانمایی گمانه‌ها صرفاً بر اساس رعایت حداقل فاصله می‌باشد.
۱۲. در ملک‌هایی که ساختمان اشکوب دارند، اولویت جانمایی گمانه‌ها در سطح اشغال می‌باشد، ولی در صورت وجود معارض هیچ گمانه‌ی خارج از سطح اشغال نباید بیش از ۱۵ متر از بر سطح اشغال فاصله داشته باشد.
۱۳. در صورت وجود خاک دستی، عمق گمانه‌ها باید حداقل تا یک متر در خاک طبیعی ادامه پیدا کند.
۱۴. در صورت وجود گود و عدم وجود معارض، حداقل یک گمانه باید خارج از گود قرار گیرد.
۱۵. در صورت وجود گود، به تعداد گمانه‌های مورد نیاز برای گود (جدول ۷-۲-۲) می‌توان از دیواره‌های مختلف نمونه برداشت و مابقی عمق گمانه در کف گود حفاری گردد.

مثال‌هایی از مستطیل محیط بر سطح اشغال ساختمان با پلان‌های متفاوت



مثالهایی از جانمایی گمانه‌ها در پلان‌های متفاوت

