

مورد ۱

- در تعیین مقدار R در خاک‌های چسبنده به دلیل وجود تغییرات مقاومت برشی خاک در اثر تغییرات فشار آب حفره‌ای و بارهای دینامیکی باید شرایط کوتاه‌مدت و بلندمدت به طور جداگانه بررسی شوند.
- در مواردی که یک سازند مقاوم در زیر یک سازند ضعیف قرار دارد، در محاسبه R باید پارامترهای برشی سازند ضعیف بر حسب محل قرارگیری این سازند ضعیف در محاسبات دخالت داده شوند. همچنین اثر مثبت سازند مقاوم بر ظرفیت باربری باید منظور گردد
- در مواردی که خاک پی متشکل از نهشته‌های چند لایه‌ای است، پارامترهای ژئوتکنیکی هر لایه باید در محاسبه R منظور شود.

مورد ۲

۷-۴-۳ ظرفیت باربری پی‌های سطحی

جهت تعیین ظرفیت باربری پی‌های سطحی می‌توان از یکی از روش‌های زیر بر حسب شرایط پروژه استفاده کرد.

- استفاده از روابط نظری ظرفیت باربری

با توجه به نوع خاک و پارامترهای به‌دست آمده از آزمایش‌های مکانیک خاک بر روی نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده اخذشده از اعماق مختلف و نیز شرایط هندسی و بارگذاری پی، می‌توان از روابط موجود در مراجع معتبر مکانیک خاک و مهندسی پی ظرفیت باربری را تعیین نمود. در این راستا باید کلیه ضرایب کاهنده و افزاینده را بر حسب شرایط هندسی و شرایط بارگذاری پی با توجه به نوع خاک در رابطه اختیارشده بر حسب مورد در نظر گرفت.

- استفاده از آزمونهای برجا

از نتایج آزمایش‌های برجا همانند نفوذ استاندارد، نفوذ مخروط، پرسیومتر، بارگذاری صفحه و غیره می‌توان به صورت مستقیم یا غیر مستقیم ظرفیت باربری را به‌دست آورد. همواره باید توجه داشت که روابط تجربی استفاده‌شده به این منظور باید از اعتبار کامل برخوردار بوده و با شرایط ساختگاه سازگاری داشته باشند. نظر کارشناسی متخصص ژئوتکنیک در این موارد باید اخذ شود.

مورد ۳

الف-۳-۱: نیروی برشی مقاوم (S) در شرایط زهکشی شده و زهکشی نشده (بلندمدت و کوتاهمدت) به شرح زیر محاسبه می‌شوند:

$$S = P' \tan(\delta)$$

الف-۳-۱-۱: خاک در شرایط زهکشی شده

که در این رابطه P' : مؤلفه قائم بارهای طراحی مؤثر وارد به پی است.

δ : زاویه اصطکاک بین سطح زیرین سازه پی با خاک است. در پی‌های ساخته شده با بتن درجا δ برابر با زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) و در پی‌های با بتن پیش ساخته معادل $\frac{2}{3}\phi$ است.

در رابطه فوق همانطوری که مشاهده می‌شود هرگونه چسبندگی مؤثر، C_u ، نادیده گرفته شده است.

$$S = A' \cdot C_u$$

الف-۳-۱-۲: خاک در شرایط زهکشی نشده

در این رابطه A' مساحت مؤثر سطح زیرین پی و C_u چسبندگی زهکشی نشده خاک می‌باشد.

الف-۳-۲: نیروی رانشی مقاوم P_p با استفاده از ضریب مقاوم خاک K_p محاسبه می‌شود و مقدار آن بستگی به میزان حرکت نسبی بین سازه پی و زمین دارد. در محاسبه P_p در هیچ حالت مقدار K_p نباید بیشتر از پنجاه درصد مقدار محاسباتی آن در نظر گرفته شود.

در کاربرد P_p به دلیل نقش مقاوم آن باید اطمینان حاصل کرد که این نیرو در طول عمر سازه (زمان ساخت و زمان بهره‌برداری) وجود دارد و در اثر عواملی مثل فرسایش یا دخالت‌های انسانی حذف نمی‌گردد. در غیراینصورت از آن صرف نظر شود.

ب-۲-۴: به اثرات ناشی از زهکشی خاک که نشست‌های غیریکنواخت ایجاد می‌کند و همچنین به نشست‌های اضافی در اثر تحکیم خاک باید توجه داشت.

ب-۲-۵: دوران پی‌ها بر اثر بارهای خارج از محور را می‌توان با در نظر گرفتن توزیع فشار خطی در زیر پی و با محاسبه نشست‌های ایجاد شده در گوشه‌های پی، تعیین نمود.

ب-۳: در محاسبه نشست‌ها مدل‌های خطی یا غیرخطی رفتار خاک باید با شرایط ساختگاه سازگار باشند.

ب-۴: ژرفای لایه‌های مؤثر در محاسبه نشست باید با توجه به شکل و ابعاد پی، بار وارده و تغییرات سختی خاک در عمق و فاصله اجزای پی از یکدیگر تعیین گردد. این ژرفا معمولاً معادل با عمقی است که تنش قائم اضافی ناشی از بارگذاری پی در آن عمق معادل ۱۰٪ تنش مؤثر روبار برجای خاک باشد یا ژرفای معادل حباب گسترش تنش ۱۰٪ تنش کل وارد بر پی باشد. این ژرفا در بیشتر خاک‌ها بین ۱ تا ۳ برابر پهنای پی (بر حسب گسترده بودن یا نواری بودن پی) در نظر گرفته می‌شود. در پی‌های پهن که زیر بارهای سبک قرار دارند می‌توان این مقدار را کاهش داد. در مورد خاک‌های خیلی نرم این کاهش نباید انجام گیرد.

ب-۵: سایر شرایط

سایر شرایطی که در بهره‌برداری پی تأثیر می‌گذارد از قبیل ارتعاشات پی و خاک، تورم خاک، فروریزی بودن خاک، آب‌شستگی زیر پی، تغییرات سطح آب زیرزمینی و رطوبت خاک و غیره باید در نظر گرفته شوند.

مورد ۵

۲-۴-۴-۷- مقادیر مجاز نشست غیر یکنواخت نصف مقادیر مجاز نشست یکنواخت می باشد.

جدول ۲-۴-۷ مقادیر نشست مجاز تحت بارگذاری استاتیکی

نشت یکنواخت (mm)	سیستم سازه ای	نوع پی	خاک
۲۵	قاب فولادی یا بتنی	منفرد	ماسه
۴۰		نواری	
۵۰		گسترده	
۵۰	قاب فولادی یا بتنی	منفرد	رس
۷۰		نواری	
۱۰۰		گسترده	

مورد ۶

۳-۱-۵-۴-۷- در صورتی که بار زلزله یا باد در نظر گرفته شود، در محاسبه ظرفیت باربری مجاز خاک از

ضریب اطمینان کوچکتری می توان استفاده نمود. به هر حال ضریب اطمینان را بیش از ۳۳٪ نمی توان کاهش

داد.

مورد ۷

- ۷-۴-۶-۲: مدول عکس‌العمل بستر (K_s) باید با استفاده از تحلیل نشست و با در نظر گرفتن توزیع تنش مناسب تعیین گردد. از آزمایش‌های برجا همانند بارگذاری صفحه و پرسیومتری با اصلاحات لازم باید استفاده کرد. این مدول در ارزیابی نیروهای داخلی پی نقش تعیین‌کننده دارد و باید با دقت تعیین شود.
- ۷-۴-۶-۳: برای پی‌های گسترده انتخاب مقدار یکنواخت (K_s) در تمام سطح زیر پی صحیح نمی‌باشد و متناسب با نشست رخداده باید تغییر کند. افزایش سختی در لبه‌ها تا دو برابر توصیه می‌شود. پهنای نوارهای لبه می‌تواند حدود $\frac{1}{10}$ پهنای پی در همان جهت در نظر گرفته شود.
- ۷-۴-۶-۴: به‌جای استفاده از مدول فنری در پی‌های انعطاف‌پذیر، بهتر است از مدل‌سازی محیط متخلخل استفاده نمود.

مورد ۸

در طراحی پی‌هایی که تحت ترکیبات بارگذاری لرزه‌ای قرار می‌گیرند، بندهای زیر در تعیین ظرفیت باربری مجاز پی، R ، الزامی است.

- ۷-۴-۵-۳-۱: احتمال کاهش مقاومت و سختی خاک، بر اثر بارهای زلزله باید بررسی شود و پارامترهای ژئوتکنیکی خاک با توجه به این احتمال محاسبه شوند. کاهش مقاومت و سختی خاک می‌تواند از کرنش‌های کوچک هم آغاز شود.
- ۷-۴-۵-۳-۲: در سازه‌هایی که به تغییرشکل‌های ایجادشده در خاک حساس هستند، در تعیین تغییرشکل‌های دائمی احتمالی ناشی از زلزله باید رفتار غیرخطی خاک مورد توجه قرار گیرد.
- ۷-۴-۵-۳-۳: احتمال کاهش مقاومت برشی در رس‌ها در نظر گرفته شود.
- ۷-۴-۵-۳-۴: خاک‌های دانه‌ای کم متراکم یا با تراکم متوسط بر اثر زلزله در معرض افزایش فشار آب حفره‌ای قرار می‌گیرند. کاهش مقاومت برشی زهکشی‌نشده (کوتاه‌مدت) در اثر این افزایش فشار آب حفره‌ای در محاسبه R در شرایط لرزه‌ای باید لحاظ شود.
- ۷-۴-۵-۳-۵: در خاک‌های ماسه‌ای اشباع نامتراکم تا کم‌تراکم، احتمال وقوع روانگرایی باید بررسی شود و در صورت وقوع روانگرایی پیش‌بینی‌های لازم در نظر گرفته شود. در صورت عدم وقوع روانگرایی، کاهش ظرفیت باربری در اثر افزایش فشار آب حفره‌ای در نظر گرفته شود.

۷-۴-۷- ملاحظات اجرایی پی‌های سطحی

۷-۴-۷-۱: در صورت عدم وجود زیرزمین، عمق قرارگیری پی باید بزرگتر از عمق یخزدگی باشد.

۷-۴-۷-۲: در تعیین تراز پی باید موارد زیر رعایت گردند.

الف- پی باید در تراز قرار گیرد که تغییرات فصلی پی را تحت تأثیر قرار ندهد.

ب- پی باید بر روی لایه باربر مناسب طبیعی یا خاک بهسازی شده یا متراکم شده اجرا شود.

ج- عمق پی در مناطق دارای پتانسیل سیل باید به حدی باشد که خاک زیر آن بر اثر سیلاب شسته نشود

۷-۴-۷-۳: برای جلوگیری از تغییر مکانهای افقی نسبی پی‌ها بر اثر بارهای وارده، به ویژه هنگام زلزله، لازم است پی‌های منفرد واقع در یک صفحه افقی توسط کلاف‌هایی در دو جهت بهم متصل گردند. این کلافها باید دارای مقاومت و سختی کافی برای مقابله با نیروهای افقی پیش‌بینی شده باشند.

کلاف‌ها معمولاً برای کشش طراحی می‌شوند و نیروی ایجاد شده در آنها را می‌توان با مدل‌سازی مناسبی تعیین کرد. در غیر این صورت این کلاف‌ها باید بر اساس ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان برای نیروی کششی معادل ده درصد بزرگترین نیروی محوری وارد به ستون‌های طرفین خود طراحی شوند.

۷-۴-۷-۴: در مواردی که نیاز به استفاده از پی نواری در سازه است ترجیح داده می‌شود به جای نوارهای یکطرفه در یک جهت و کلاف‌های رابط در جهت دیگر، از نوارهای دوطرفه استفاده شود و سختی نوارها طوری در نظر گرفته شود که بارهای وارده تا حد امکان به طور یکنواخت توزیع شوند.

۷-۴-۷-۵: محل پی‌هایی که در نزدیکی شیب‌ها ساخته می‌شوند باید مطابق موارد زیر انتخاب شوند:

الف- پی‌ها باید از لبه شیب در بالا و پائین فاصله مناسبی داشته باشند، این فاصله با کنترل پایداری شیب و تغییرشکلها مشخص می‌شود. در صورت طراحی مناسب (تأمین پایداری با محدودیت تغییرشکل در حد مجاز) این فاصله می‌تواند صفر شود.

ب- در صورت قرارگیری پی در بالای شیب، در صورت عدم محاسبه پایداری، خطی که با شیب ۲ افقی به ۱ قائم از لبه پی می‌گذرد نباید با سطح شیب برخورد کند. در صورت تأمین پایداری و تعیین تغییرشکلهای پی که کمتر از مقادیر مجاز باشند، نقض مورد ذکر شده اشکالی ندارد.

ج- برای قرارگیری پی‌ها در مجاورت سطوح شیب‌دار باید یا از لبه سطح شیب‌دار عقب‌نشینی شود یا با انجام تمهیدات لازم از عدم پایداری یا تغییرشکلهای غیرمجاز جلوگیری شود.

۶-۷-۴: در قرارگیری پی روی بسترهای سنگی باید احتمال برخورد به هر یک از حالات زیر را بررسی

کرد:

- وجود هرگونه لایه ضعیف، قابل انحلال یا هرگونه حفاری و سازه‌های زیرزمینی در زیر پی
- وجود درزه‌ها، شکاف‌ها، ناپیوستگی‌ها و هرگونه مواد پرکننده ناپیوستگی
- شیب لایه‌های سنگی
- وجود حالت هوازدهی و شکست در سنگ

مورد ۱۰

۲-۵-۷: انواع سازه‌های نگهبان

سازه‌های نگهبان از نظر عملکرد و طراحی به دو دسته صلب و انعطاف‌پذیر تقسیم می‌شوند:

الف: سازه‌های نگهبان صلب:

سازه‌هایی هستند که بر اثر فشار جانبی خاک، در آن‌ها حرکت صلب جابجایی یا چرخش اتفاق می‌افتد.

دیوارهای حائل وزنی، طره‌ای و پشت‌بنددار از انواع سازه‌های نگهبان صلب هستند.

ب: سازه‌های نگهبان انعطاف‌پذیر:

سازه‌های هستند که بر اثر فشار جانبی خاک دچار تغییرشکل می‌شوند. سپری‌ها اعم از پشت‌بنددار،

مهارشده یا بدون مهار و پشت‌بند، انواع خاک مسلح، میخ‌کوبی، بلوک و مهار، شمع‌های فولادی یا بتنی

پشت‌بنددار، مهارشده یا نشده، دیوار برلنی، شمع‌های فولادی با مهار متقابل، مهارشده از جلیا توسط خرپا

و نظایر آن از انواع سازه‌های نگهبان انعطاف‌پذیر هستند که به آنها دیوارهای تثبیت‌شده مکانیکی نیز اطلاق

می‌شود.

۷-۵-۳: پایداری انواع سازه‌های نگهدارنده

۷-۵-۳-۱: حالت‌های حدی دیوارهای صلب وزنی

برای طراحی دیوارهای صلب باید حالت‌های حدی زیر کنترل شوند:

- مقابله با لغزش

- مقابله با واژگونی

- تأمین ظرفیت باربری پی زیر دیوار

- بررسی پایداری کلی دیوار

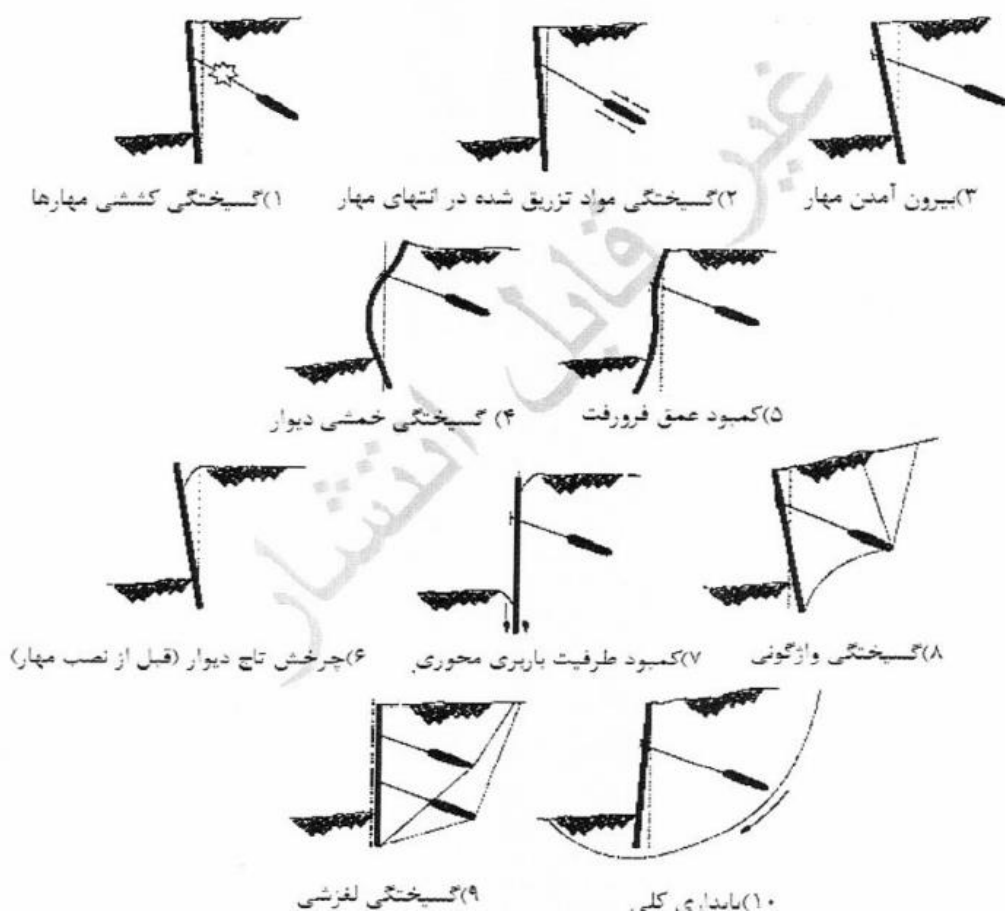
- کنترل سازه‌ای دیوار در برابر خمش و برش

- کنترل نشست پی زیر دیوار

مورد ۱۱ بررسی حالت حصار در دیوارهای انعطاف پذیر و خار سلف

۷-۵-۳-۲: حالت های حدی دیوارهای انعطاف پذیر مهار شده

۷-۵-۳-۲-۱: برای طراحی دیوارهای مهار شده از پشت باید حالت های حدی شکل (۷-۵-۱) کنترل شود.



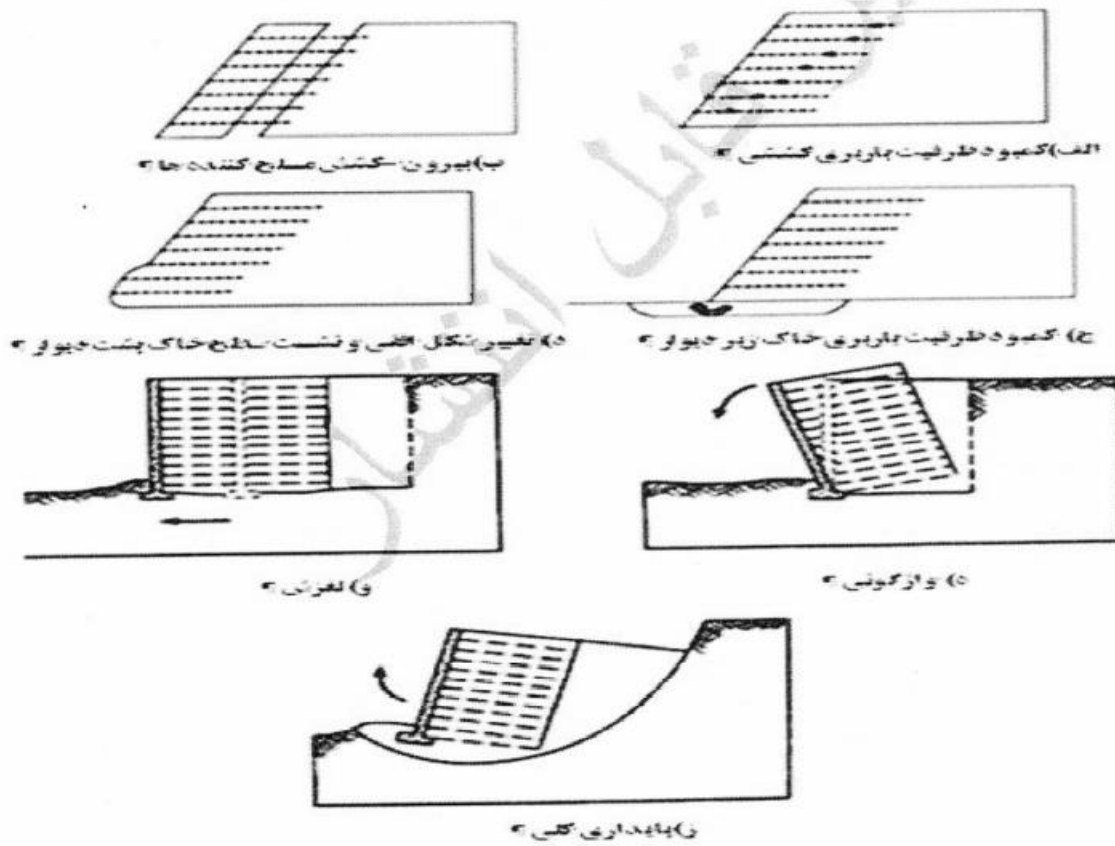
۷-۵-۳-۲-۲: جهت تحلیل دیوارهای مهار نشده باید تمام حالت های حدی ۴ تا ۱۰ نشان داده شده در شکل

(۷-۵-۱) بدون در نظر گرفتن مهارها کنترل گردند.

۷-۵-۳-۲-۳: دیوار مهار شده از جلو می تواند با مهارهای مایل یا متقابل باشد. در دیوار با مهار متقابل یا مایل، حالت های حدی علاوه بر موارد فوق باید کمانش مهارها، بالا آمدگی کف گود و جوشش ماسه در کف گود نیز بررسی شود.

۳-۳-۵-۷: حالت‌های حدی دیوارهای خاک مسلح

برای طراحی دیوارهای خاک مسلح باید حالت‌های حدی نشان داده در شکل (۷-۵-۷) کنترل شود.





۷-۳-۲-۱ گودبرداری‌ها به شرح زیر به دو گروه کلی: حفاظت‌نشده و حفاظت‌شده تقسیم می‌شوند:

گروه اول گودهایی هستند که در کلیه شرایط دوران عملکرد، پایداری و تغییرشکل مجاز در آن بدون هیچ‌گونه حفاظتی تأمین شده باشد.

گروه دوم گودهایی هستند که در کلیه شرایط دوران عملکرد، پایداری و تغییرشکل مجاز در آن با دو مکانیزم مختلف زیر تأمین شده باشد:

- با استفاده از بسیج نیروهای داخلی خاک و عناصر مسلح کننده خاک

- با استفاده از سازه نگهبان

۷-۳-۲-۲ گودها یا دائمی‌اند یا موقت. گود موقت گودی است که برای زمانی کوتاه تعریف‌شده طبق بند

۷-۳-۲-۲-۲ به منظور اجرای عملیات ساختمانی احداث می‌شود.

در طراحی گودهای موقت یا دائم، بارگذاری‌ها و جزئیات روش‌ها و مشخصات مصالح باید منطبق با شرایط پایدارسازی موقت یا دائم در نظر گرفته شود.

۷-۳-۲-۲-۱ پایدارسازی موقت: نوعی پایدارسازی است که پایداری گود را در دوران احداث بنا تأمین می‌کند و برای آن نقشی در کاهش نیروهای رانش خاک بر سازه اصلی در شرایط بهره‌برداری در نظر گرفته نمی‌شود.

۷-۳-۲-۲-۲ پایدارسازی موقت می‌تواند در هنگام طراحی به صورت کوتاه مدت (کمتر از یکسال پس از اتمام یا توقف عملیات گودبرداری) یا بلندمدت در نظر گرفته شود. در پایدارسازی موقت بلندمدت باید ملاحظات بارگذاری متناسب با زمان، شرایط دوام مصالح و جزئیات روش‌های مناسب منطبق با شرایط بلندمدت در نظر گرفته شود.

۷-۳-۲-۲-۳ در پایدارسازی دائم باید الزامات بارگذاری لرزه‌ای، تأمین دوام مصالح و جزئیات روش‌های مناسب در نظر گرفته شود.

۷-۳-۳ ملاحظات کلی

۷-۳-۳-۱ الزامات و مبانی در طراحی و اجرای گودها در این مبحث برای گودبرداری‌های کمتر از ۲۰ متر است و اکیداً توصیه می‌شود از احداث گود با عمق بیشتر از ۲۰ متر احتراز شود. در صورت ضرورت احداث گودهای عمیق‌تر موارد زیر باید انجام پذیرد:

- ضرورت احداث توسط شورای عالی شهرسازی به تصویب برسد.
- مقادیر مجاز تغییر شکل ها ۲۰٪ کاهش و ضرایب اطمینان پایداری و مقاومتی ۲۰٪ افزایش پیدا کند.
- تعداد گمانه‌ها نسبت به جدول ۷-۲-۱ پنجاه درصد افزایش پیدا کند.
- مطالعه جامع جریان‌های آب زیرزمینی در محدوده‌ای که شامل ساختگاه می‌شود، در طول دوران گودبرداری، ساخت و بهره برداری از ساختمان انجام پذیرد و گزارش آن ارائه گردد.
- مطالعه اثرات زیست محیطی احداث این گودها انجام پذیرد.
- مطالعه کامل بررسی اثر اندرکنش خاک و سازه در شرایط استاتیکی و دینامیکی انجام شود.
- پایش گود با روش‌های پیشرفته و تجهیزات کامل در دوران ساخت انجام پذیرد و گزارش آن هر دو هفته یکبار ارائه شود.

۷-۳-۳-۲ بر اثر گودبرداری در خاک وضعیت تنش در آن تغییر می‌کند و ممکن است تغییر شکل‌ها و ناپایداری‌های زیر در آن به وجود آید:

- برآمدگی و تورم کف گود، که می‌تواند در شرایطی به جوشش و ناپایداری کف بینجامد.
 - تغییر مکان جانبی دیواره‌های گود یا ناپایداری دیواره‌ها
 - نشست زمین در نواحی مجاور گود
- تراز سطح آب زیرزمینی و تغییرات آن در هر سه مورد بالا می‌تواند تأثیرگذار باشد و باید کنترل شود.

۷-۳-۳-۳ در بررسی ناپایداری گودبرداریه‌ها، انتخاب و طراحی سیستم‌های نگهدار آن‌ها، موارد زیر باید مدنظر قرار گیرند:

- نوع ساختار و بافت لایه‌های خاک
- پارامترهای مقاومت برشی خاک
- پارامترهای تغییرشکلی خاک
- عمق و عرض گودبرداری
- شرایط آب زیرزمینی و آب‌های سطحی
- وجود یا عدم وجود سازه در نواحی مجاور گود و نحوه ساخت‌وساز آن‌ها
- وضعیت سربارهای موجود در کناره گود از قبیل ترافیک خیابان‌ها و غیره
- کوتاه‌مدت یا بلندمدت بودن دوران استفاده از گود

مورد ۱۴

۷-۳-۳-۶-۶ چنانچه ساختمان موجود در حوزه تأثیر ناپایداری گود دارای یکی از مشخصات در بندهای زیر باشد، خطر گود همواره بسیار زیاد در نظر گرفته می‌شود.

الف- ساختمان فاقد انسجام و یکپارچگی کافی برای تحمل نشست‌های افقی و قائم نظیر ساختمان بدون اسکلت یا بدون پی پیوسته بتنی مسلح (پی‌های نواری و گسترده) یا هرگونه ساختمانی که در آن نشانه آشکار فرسودگی و ضعف در باربری مشاهده گردد.

ب- ساختمان با ارزش فرهنگی و تاریخی

ج- ساختمان با اهمیت بسیار زیاد در استاندارد ۲۸۰۰

د- ساختمان ۸ طبقه یا بیشتر

۷-۳-۳-۶-۷ در صورت وجود تأسیسات شهری عمده (مانند خطوط اصلی آب، گاز و مخابرات) در مجاورت گود، خطر گود زیاد یا بسیار زیاد ارزیابی می‌شود.

مورد ۱۵

۷-۳-۶-۱۱ حضور ناظر ژئوتکنیک در گودهای با خطر زیاد و بسیار زیاد در طول مدت اجرای عملیات گودبرداری و پایدارسازی گود به صورت تمام وقت و پیوسته در کارگاه ضروری است.

مورد ۱۶

۷-۳-۳-۷ تحلیل پایداری و تغییر شکل گود

۷-۳-۳-۷-۱ در صورت وجود بنا در حوزه تأثیر ناپایداری گود، طراحی‌ها باید با در نظر گرفتن تغییر شکل‌ها انجام پذیرد. در این موارد تنها تأمین پایداری جداره‌های گود کافی نیست. در این موارد تغییر مکان افقی و قائم مجاز باید با توجه به شرایط و ویژگی‌های ذکر شده مطابق بند ۷-۳-۵ تعیین شود.

۷-۳-۳-۷-۲ در خاک‌های بسیار سست، سیستم‌های نگهدارنده باید قبل از شروع عملیات گودبرداری احداث شوند. شمع‌ها و چاه‌های نگهدارنده بتنی در جداره بیرونی گود، دیواره‌های جداکننده، سپرهای فلزی (در صورت امکان استفاده) از این نوع سیستم‌ها هستند.

۷-۳-۳-۷-۳ در خاک‌های با پایداری نسبی خوب می‌توان سیستم‌های نگهدارنده را همراه با انجام گودبرداری، به صورت گام‌به‌گام، احداث نمود. در این حالت باید به تغییر شکل گود و تغییر شکل‌های القایی زیر پی ساختمان مجاور توجه ویژه داشت و چنانچه این تغییر شکل‌ها از مقادیر مجاز تجاوز کنند باید از روش ساخت سیستم‌های نگهدارنده قبل از شروع عملیات گودبرداری استفاده نمود.

۷-۳-۳-۷-۴ تحلیل پایداری با روش‌های تعادل حدی و بر اساس روش تنش مجاز انجام می‌گیرد. در این روش، حداقل ضرایب اطمینان به شرط موقت بودن گود (کمتر از یک سال) به شرح جدول ۷-۳-۳ می‌باشد. استفاده از روش ضرایب بار و مقاومت نیز مجاز است.

۷-۳-۳-۷-۵ برای تحلیل پایداری گود لازم است بار مرده و زنده ساختمان‌ها و ابنیه مجاور به طور کامل در نظر گرفته شود.

۷-۳-۳-۷-۶ برای تحلیل گود در شرایط موقت در نظر گرفتن بار زلزله الزامی نیست.

جدول ۳-۳-۷ حداقل ضریب اطمینان برای پایداری کلی گود موقت

نوع	حداقل ضریب اطمینان پیشنهادی برای پایداری کلی
	موقت
شیب‌های خاکبرداری	۱/۳
پایداری کلی شیروانی	۱/۳
بالا آمدن کف گود	۱/۵

۷-۳-۳-۷-۷ در صورتی که گود موقت نباشد باید نیروی زلزله لحاظ شود و در انتخاب ضریب اطمینان مناسب، دوام مصالح نیز مورد توجه قرار گیرد.

۷-۳-۳-۷-۸ در صورت وجود ساختمان در حوزه تأثیر ناپایداری، ضرایب اطمینان در جدول ۳-۳-۷-۳ باید ۱/۵ در نظر گرفته شود.

۷-۳-۳-۷-۹ باید توجه داشت که در بسیاری از خاک‌ها بر حسب شرایط نوع و بافت خاک و کانی‌های تشکیل‌دهنده آن، امکان کاهش ضریب اطمینان در طول زمان موجود است. در چنین شرایطی ضریب اطمینان باید متناسباً افزایش یابد.

۷-۳-۴ تحلیل تغییرشکل گود و سازه‌های مجاور

۷-۳-۴-۱ تعیین تغییرشکل گود و سازه‌های مجاور آن باید از روابط معتبر یا مدل‌سازی‌های عددی صحت‌سنجی شده، به‌دست آید. باید از صحت پارامترهای ورودی به مدل‌سازی عددی نیز اطمینان حاصل کرد. تغییرشکل‌های افقی و قائم پیش‌بینی شده ابنیه مجاور گود باید در حد مجاز باشد. گودبرداری نباید بهره‌برداری از ساختمان مجاور گود را مختل کند.

۲-۴-۷ تغییر مکان های افقی و قائم ساختمان مجاور گود اعم از تغییر مکان یکنواخت یا غیر یکنواخت باید کمتر از حدود مجاز باشد.

۵-۳-۷ تغییر شکل های مجاز

حدود مجاز تغییر شکل ها و تغییر مکان های قائم و افقی در هر گودبرداری با توجه به شرایط تحت الارضی و نوع خاک محل گودبرداری و خاک زیر ساختمان های مجاور گود، نوع و پیوستگی پی، نوع سازه، اهمیت ساختمان، میزان انسجام و یکپارچگی ساختمان مجاور و نوع سیستم سازه ای آن توسط طراح ژئوتکنیکی تعیین می شود.

۶-۳-۷ زهکشی

چنانچه برای تأمین فضایی جهت انجام پروژه، عملیات گودبرداری در محیط آبدار نیاز به زهکشی داشته باشد باید به تغییر شکل های زمین اطراف گود زهکشی شده توجه ویژه مبذول گردد. استفاده از زهکشی به جای آب بندی ساختمان در دوران بهره برداری منوط به کنترل و بررسی تاثیر آن بر محیط ژئوتکنیکی پیرامون آن با رعایت ملاحظات زیست محیطی می باشد. در این صورت باید مطالعه کامل انجام پذیرد و اثرات زهکشی طولانی مدت به طور جامع بررسی و گزارش شود.

۷-۳-۷ پایش و کنترل

در گودهای با خطر زیاد و بسیار زیاد لازم است رفتار سازه‌های مجاور و دیواره گود مورد پایش دقیق قرار گیرد و نتایج آن به طور منظم تفسیر شود.

۷-۳-۷-۱ اهداف ابزارگذاری و پایش

پایش به منظور تأمین اهداف زیر انجام می‌گیرد:

- تأمین ایمنی گود در حین عملیات اجرایی و پس از گودبرداری
- ارزیابی پاسخ سازه‌های موجود به وضعیت جدید در حین و پس از گودبرداری
- کنترل روش و پارامترهای طراحی انتخاب شده و بازنگری آن در صورت نیاز

۷-۳-۷-۲ برنامه پایش

ابزارگذاری و پایش گودها و ساختمان‌های مجاور مستلزم برنامه‌ریزی دقیق و تخصصی است که شامل نوع، تعداد، محل نصب، فواصل اندازه‌گیری و دیگر مواردی است که باید توسط متخصص ذیصلاح انجام گیرد. به طور معمول این ابزارها شامل نشست‌سنج، کشش‌سنج، انحراف‌سنج، سلول‌های بارگذاری، پیزومتر و غیره می‌باشند. در گودهای با خطر بسیار زیاد استفاده از پایش توسط حسگرهای مناسب علاوه بر عملیات نقشه‌برداری یا میکروژئودزی اجباری است.

۷-۳-۷-۳ بخشی از ابزار پایش باید قبل از شروع عملیات گودبرداری نصب و قرائت شوند به‌همین دلیل لازم است انتخاب متخصص انجام‌دهنده این امر و تنظیم برنامه پایش قبل از شروع عملیات سامان یابد.

۷-۴-۷-۳ مسئولیت طراحی، اجرا و نظارت پایش

طراح گودبرداری مسئولیت تهیه برنامه پایش را به عهده دارد.

مسئولیت اجرای روزمره برنامه پایش شامل تأمین، نصب، قرائت، پردازش، اعلام خطر به عهده پیمانکار

پایش می‌باشد. اطلاع‌رسانی به موقع به کلیه دست‌اندرکاران پروژه از وظایف پیمانکار پایش است.

ناظر پروژه مسئولیت نظارت بر حسن اجرای انجام مراحل پایش را به عهده دارد.

در گودهای با خطر معمولی در صورتی که شرایطی موجود باشد که انجام پایش را ضروری سازد، باید این

عملیات انجام پذیرد.

مورد ۱۸

۷-۶-۸-۳-۳ جهت انجام آزمایش بارگذاری، محل آن باید در جایی پیش‌بینی شود که خاک دارای شرایط عمومی محل باشد و باید اثر تغییرات شرایط زمین در پارامترهای خاک مربوط به تعیین ظرفیت باربری شمع در سایر شرایط به نحو مناسبی در نظر گرفته شود.

۷-۶-۸-۳-۴ چنانچه دو یا چند آزمایش بارگذاری انجام می‌شود، محل‌های آن‌ها باید در مکان‌هایی پیش‌بینی شود که خاک دارای شرایط عمومی محل باشد و یکی از این آزمایش‌ها تا حد امکان در محلی که نامناسب‌ترین شرایط برای خاک پیش‌بینی می‌شود، اجرا گردد.

۷-۶-۸-۳-۵ مدت زمان در نظر گرفته‌شده بین نصب شمع‌های آزمایشی و انجام آزمایش‌ها باید به اندازه‌ای در نظر گرفته شود که شمع مقاومت سازه‌ای خود را به دست آورده باشد و فشار آب حفره‌ای اضافی ناشی از اجرای شمع به شرایط پایدار اولیه خود بازگشته باشد.

۷-۶-۸-۳-۶ در صورتی که شمع آزمایشی تحت بارگذاری قرار می‌گیرد باید حداقل تا ۲ برابر بار طراحی یا حد گسیختگی بارگذاری گردد تا نتایج در تدقیق ظرفیت باربری قابل استفاده باشد.

۷-۶-۸-۳-۷ چنانچه بر روی شمع آزمایشی هم آزمایش بارگذاری دینامیکی و هم آزمایش بارگذاری استاتیکی مدنظر باشد، باید فاصله زمانی دو آزمایش به حدی باشد که تغییرات در خاک و زمین ناشی از

عملیات آزمایش اول (مانند تغییرات فشار آب حفره‌ای و دست‌خوردگی خاک) حتی‌الامکان از بین رفته باشد و شرایط خاک به حالت اولیه خود بازگشته باشد.

مورد ۱۹

۳-۴-۶-۷ در صورتی که شمع‌های اصلی تحت بارگذاری قرار گیرند حداکثر تا $1/2$ برابر بار طراحی می‌توانند بارگذاری شوند.

۴-۴-۶-۷ تعداد کل آزمایش‌های بارگذاری استاتیکی در مراحل مختلف طراحی، اجرا و پس از اجرا، بسته به شرایط ساختگاه و تعداد کل شمع‌ها توسط مشاور ژئوتکنیک طرح تعیین می‌گردد.

۵-۴-۶-۷ جهت تعیین تعداد کل شمع‌های مورد آزمایش (استاتیکی و دینامیکی) باید الزامات کلیه بندهای زیر با نظر مشاور ژئوتکنیک لحاظ گردد:

حداقل تعداد ۲٪ از کل شمع‌های اصلی مورد آزمایش استاتیکی و دینامیکی قرار گیرد.

در هر پروژه حداقل ۲ شمع اصلی مورد آزمایش استاتیکی قرار گیرد.

در صورتی که در یک پروژه تعداد شمع‌های اجراشده کمتر از ۱۰ عدد باشد می‌توان از انجام آزمایش‌های استاتیکی صرف‌نظر نمود.

مورد ۲۰

مقاومت نوک را در خاک‌های چسبنده رسی می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$q_b = N_t \cdot S_u \quad (7-6-7)$$

که در آن S_u حداقل مقاومت برشی زهکشی نشده خاک رس در تراز نوک شمع است N_t ضریب ظرفیت باربری است که تابعی از قطر شمع است و به شرح زیر تعیین می‌شود:

- برای قطر شمع کوچکتر از ۰/۵ m برابر ۹

- برای قطر شمع بین ۰/۵ m تا ۱ m برابر ۷

- برای قطر شمع بزرگتر از ۱ m برابر ۶

مورد ۲۱

در روش تنش کل مقدار q_s از فرمول زیر حاصل می‌گردد:

$$q_{st} = \alpha \times S_u \quad (7-6-7)$$

که در آن S_u مقاومت برشی زهکشی نشده و α ضریبی است که در محدوده ۰/۳ تا ۱ تغییر می‌کند.

بر اساس روش تنش مؤثر β ، مقاومت واحد جداری شمع در خاک‌های غیرچسبنده و در هر عمق z در طول شمع از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$q_{st} = \beta \sigma'_v \quad (7-6-8)$$

که در آن β فاکتور مقاومت جداری و σ'_v تنش قائم مؤثر خاک در کنار شمع در عمق z است. فاکتور مقاومت جداری، β ، به طور کلی در دامنه ۰/۲ تا ۱/۵ تغییر می‌کند.

مورد ۲۲

۷-۶-۴-۱-۶ تحلیل معادله موج (WEAP)

در مواردی که ظرفیت باربری نهایی شمع‌های فشاری منفرد با استفاده از تحلیل‌های معادله موج تعیین می‌شود، اعتبار این تحلیل‌ها باید با توجه به عملکرد قبلی آن‌ها در آزمایش‌های بارگذاری استاتیکی روی نمونه شمع‌های مشابه، با طول و مقطع مشابه، و در شرایط زمین یکسان تأیید شده باشد. پارامترهای مورد استفاده در تحلیل معادله موج را در مواردی که آزمایش بارگذاری دینامیکی بر روی شمع‌های آزمایشی انجام شده باشد، می‌توان مورد تجدید نظر قرار داد و اصلاح کرد. در این صورت باید به انجام آزمایش در شرایط کوبش اولیه یا کوبش مجدد توجه داشت.

نتایج تحلیل معادله موج بیشتر برای طراحی شرایط و ابزار کوبش (مانند ظرفیت چکش مورد نیاز، بالشتک چکش و شمع،) و همچنین زمان کوبش و قابل کوبش بودن شمع تا عمق مورد نظر استفاده می‌گردد. در این صورت باید نتایج به صورت "گراف باربری" و "گراف‌های حاصل از تحلیل قابلیت کوبش" ارائه گردند.

در این مبحث گروه شمع به دو حالت

"گروه شمع کلاسیک" و "رادیه-شمع" تقسیم شده است. بسته به نوع گروه شمع فرضی در طراحی، اندرکنش خاک با اجزاء مختلف سازه‌ای مانند شمع‌ها و سرشمع باید به درستی بررسی شود. موارد مطرح شده در این مبحث در ارتباط با گروه شمع کلاسیک می باشد.

۷-۶-۱۱ ملاحظات شمع‌ها در خاک‌های مستعد روانگرایی و گسترش جانبی

۷-۶-۱۱-۱ در خاک‌های مستعد روانگرایی با توجه به افزایش فشار آب منفذی، مقاومت و استحکام خاک کاهش یافته و همچنین در اثر حرکت زمین لنگرهای خمشی و نیروهای برشی زیادی در شمع ایجاد خواهد شد. بنابراین اولاً ظرفیت باربری جدار شمع که در لایه‌هایی با قابلیت روانگرایی قرار می گیرند نباید در محاسبات ظرفیت باربری لحاظ گردد، ثانیاً در صورت بروز گسترش جانبی لنگرها و نیروهای برشی ایجادشده بر روی شمع ناشی از گسترش جانبی زمین باید در نظر گرفته شود.

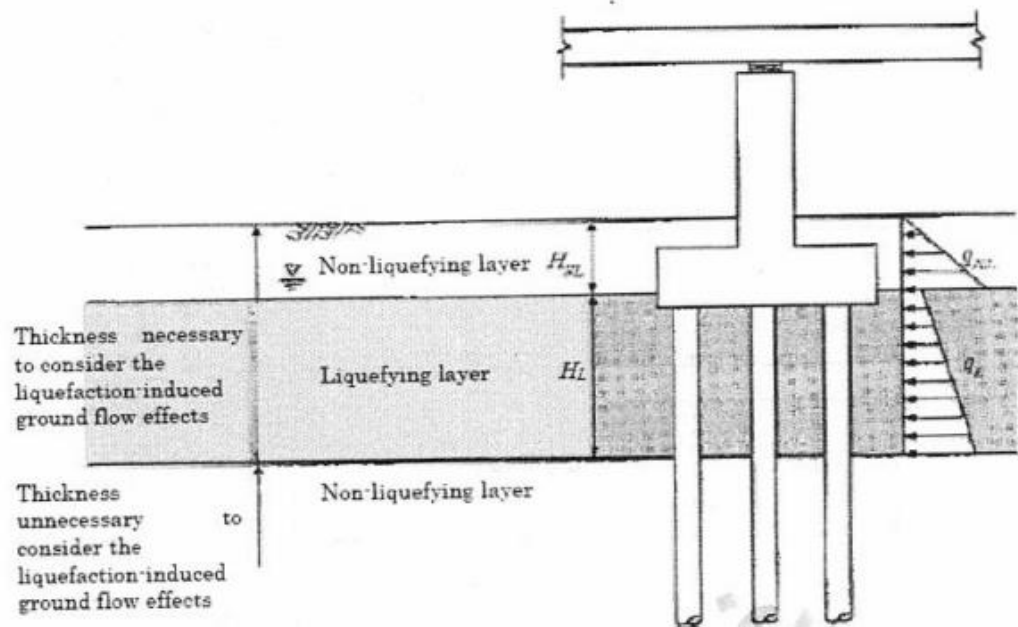
۷-۶-۱۱-۲ در خاک‌های مستعد روانگرایی به جهت از دست دادن مقاومت خاک اطراف جداره شمع، در شمع‌های با نسبت لاغری بالا، اثرات لاغری شمع باید در نظر گرفته شود.

۷-۶-۱۱-۳ در خاک‌های مستعد روانگرایی جهت مقابله با اثرات لاغری شمع و با توجه به افزایش مقدار $P-\Delta$ ، باید مقایسه فنی و اقتصادی بین گزینه‌های استفاده از گروه شمع و بهسازی خاک صورت پذیرد.

۷-۶-۱۱-۴ جهت در نظر گرفتن تاثیر گسترش جانبی بر روی شمعها، نیروهای وارد بر واحد سطح اعضا سازه‌ای مانند شکل ۷-۶-۱، در خاک روانگراشده و روانگرانشده باید در نظر گرفته شوند. این نیروها از روابط ۷-۶-۷ و ۷-۶-۱۴ به دست می آید:

$$q_{NL} = C_{NL} K_p \gamma_{NL} \cdot x \quad (0 \leq x \leq H_{NL}) \quad (7-6-13)$$

$$q_L = C_L (\gamma_{NL} \cdot H_{NL} + \gamma_L (x - H_{NL})) \quad (H_{NL} \leq x \leq H_{NL} + H_L) \quad (7-6-14)$$



شکل شماره (۷-۶-۱): نیروهای وارد بر سطوح اعضای سازه‌ای

به عبارت دیگر در لایه غیر روانگرا زمین که دچار حرکت شده، فشار جانبی وارد بر شمع همان فشار مقاوم بوده که در ضریب C_{NL} ، مطابق جدول ۷-۶-۳ بر حسب شاخص روانگرایی (PL)، ضرب می‌شود. همچنین در لایه روانگرا شده که دچار گسترش جانبی شده، فشار جانبی با ضرب اندازه فشار قائم در ضریب اصلاح C_L که برابر با ۰/۳ در نظر گرفته می‌شود، به دست می‌آید.

جدول ۷-۶-۳ ضرایب C_{NL}

شاخص روانگرایی $P_L(m^2)$	ضریب اصلاحی C_{NL}
$P_L \leq 5$	0
$5 < P_L \leq 20$	$(0.2P_L - 1)/3$
$20 < P_L$	1

۷-۲-۲ بررسی های ژئوتکنیکی

بررسی های ژئوتکنیکی شامل سه مرحله زیر است که ممکن است بین این مراحل همپوشانی هایی وجود داشته باشد:

- بررسی های مقدماتی

- بررسی های طراحی

- بررسی های کنترلی

۷-۲-۲-۱ بررسی های مقدماتی با اهداف زیر انجام می شود:

- شناسایی و ارزیابی کلی ساختگاه ها

- مقایسه ساختگاه های مختلف برای انتخاب مناسب ترین گزینه، در صورت نیاز

- تخمین تغییراتی که ممکن است در اثر کارهای پیشنهاد شده پیش آید و پیامدهای آنها

- پیش بینی پیامدهای ناشی از اجرا در محیط پروژه و اطراف آن

۷-۲-۲-۲ بررسی های طراحی با اهداف زیر انجام می شود:

- فراهم نمودن اطلاعات لازم ساختگاه به منظور طراحی ایمن و تامین عملکرد مورد انتظار سازه های

دائمی و موقت با حفظ صرفه اقتصادی در طراحی

- فراهم نمودن اطلاعات لازم برای برنامه ریزی اجرای کارهای موقت (مثل پایدارسازی گود) و دائمی در ساختگاه

- پیش بینی و شناسایی مشکلات ژئوتکنیکی احتمالی که ممکن است در خلال اجرا و پس از آن بروز نماید

۷-۲-۲-۳ بررسی های کنترلی با اهداف زیر انجام می شود:

- برای اطمینان از تامین ایمنی کافی در حین گودبرداری و اجرای سازه های نگهدارنده موقت و دائم، ساخت پی و سازه

- برای اطمینان از عملکرد مناسب سازه در دوران ساخت و بهره داری، در اموری که به پی سازه و و زمین ارتباط پیدا می کند

- تطبیق فرضیات طراحی با مشاهدات واقعی و اندازه گیریهای ژئوتکنیکی در ساختگاه.

۷-۲-۳ الزامات بررسی های ژئوتکنیکی

با توجه به نوع بررسی ژئوتکنیکی مدنظر، الزامات متفاوتی مطابق بندهای ۱-۳-۲-۷ الی ۳-۳-۲-۷ ممکن است مدنظر قرار گیرد. همچنین تعمیم محتوای الزامات هر بند به الزامات بندهای دیگر به جز در مواردی که صراحتاً بیان شده باشد مجاز نمی باشد.

۷-۲-۳-۱- الزامات بررسی های مقدماتی

۷-۲-۳-۱-۱ در بررسی های مقدماتی موارد زیر باید بررسی یا انجام و اطلاعات و مستندات مربوطه جمع آوری و ارائه گردد:

- شناسایی میدانی ساختگاه
- تاریخچه ساختگاه
- توپوگرافی منطقه
- وجود مناطق ناپایدار
- هیدرولوژی و هیدروژئولوژی
- بررسی محلی در خصوص سطح آب زیرزمینی
- بررسی ساختمان ها و حفاری های همجوار
- نقشه ها و مدارک زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی موجود
- بررسی های پیشین انجام شده در محدوده مورد نظر
- عکس های هوایی و ماهواره ای
- نقشه های قدیمی
- مستحدمات تحت الارضی ساختگاه (مانند قنات ها یا سایر حفارات زیرزمینی، شریان های حیاتی و غیره)
- لرزه خیزی منطقه

۷-۲-۳-۱-۲ گزارش بررسی مقدماتی باید شامل موارد ذیل باشد:

- درج نوع بررسی انجام شده (بررسی مقدماتی) در گزارش ارائه شده الزامی می باشد.
- توضیحات، تحلیل ها و مستندات مربوط به موارد مطرح شده در بند ۷-۲-۳-۱-۱ باید به صورت کامل در گزارش آورده شود.
- استفاده از تحلیل ها و پارامترهای ارائه شده در گزارش بررسی مقدماتی برای طراحی مجاز نمی باشد. در تنظیم ادبیات فنی گزارش بررسی مقدماتی، باید از هرگونه اظهارنظر قطعی اجتناب شده و این امر به ارائه گزارش بررسی طراحی یا کنترلی منوط گردد.
- تعداد، فاصله، عمق و نوع گمانه ها و آزمون های آزمایشگاهی و صحرایی پیش بینی شده لازم، که باید در شناسایی طراحی اعمال گردند، به صورت یک فصل مجزا در انتهای گزارش بررسی های مقدماتی، با استناد به الزامات مذکور در آخرین نسخه مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان (ژئوتکنیک و مهندسی پی) ذکر گردد و توصیه های لازم در این خصوص در صورت نیاز ارائه گردد.
- انجام بررسی مقدماتی قبل از انجام هر نوع بررسی دیگر (بررسی طراحی یا بررسی کنترلی)، الزامی می باشد.

۷-۲-۳-۲ الزامات بررسی های طراحی

۷-۲-۳-۲-۱ شناسایی های لازم در مرحله بررسی طراحی

- ۷-۲-۳-۲-۱-۱ طبقه بندی نوع خاک، باید بر مبنای مشاهدات و آزمایش های مورد نیاز و متناسب با مصالح به دست آمده از حفاری گمانه یا چاهک یا هر شناسایی اکتشافی زیر سطحی در نقاط مناسب انجام شود.
- ۷-۲-۳-۲-۱-۲ به منظور ارزیابی مقاومت برشی خاک و تغییر شکل پذیری خاک در شرایط بارگذاری استاتیکی و لرزه ای باید متناسب با شرایط ژئوتکنیکی وسازه مورد نظر آزمایش های لازم انجام شود.
- ۷-۲-۳-۲-۱-۳ انجام آزمایش هایی به منظور شناخت سطح آب زیرزمینی و توجه به خاک های مسئله دار و ناپایداری های ژئوتکنیک لرزه ای ساختگاه مورد نظر ضروری است.
- ۷-۲-۳-۲-۱-۴ وسعت شناسایی زمین از قبیل تعداد و نوع حفاری، تجهیزات مورد استفاده برای حفاری و نمونه برداری، تجهیزات آزمایش های برجا و برنامه آزمایش های آزمایشگاهی باید توسط متخصص ژئوتکنیک و با استناد به این مبحث تعیین شود.
- ۷-۲-۳-۲-۱-۵ تعداد، فاصله و عمق گمانه و چاه های دستی ذکر شده در بندهای بعدی صرفاً به عنوان مقادیر حداقلی می باشد و انتخاب این مقادیر رافع مسئولیت متخصص ژئوتکنیک نمی باشد.

مورد ۲۶

چنانچه گمانه زنی به منظور ساخت یک ساختمان منفرد انجام می شود:

الف - فاصله گمانه ها باید ۱۵ الی ۳۵ متر متناسب با تعداد طبقات، اهمیت ساختمان و پیچیدگی لایه بندی زمین و با توجه به جدول ۷-۲-۱ تعیین شود.

پ- اگر منظور شناسایی زمین برای ساختمان سازی گسترده برای ساختمان بین ۵ و ۱۲ طبقه باشد فاصله گمانه ها بین ۳۰ تا ۶۰ متر متناسب با تعداد طبقات، اهمیت ساختمان و پیچیدگی لایه بندی زمین خواهد بود.

ت- اگر منظور شناسایی زمین برای ساختمان سازی گسترده با ارتفاع کمتر از ۵ طبقه باشد:

ت-۱- اگر لایه بندی زمین به صورت یکنواخت باشد، فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ متر بین گمانه ها متناسب با تعداد طبقات، اهمیت ساختمان و پیچیدگی لایه زمین قابل قبول می باشد.

ت-۲- اگر لایه بندی زمین پیچیده باشد (مثل مجاور گسل ها، نزدیک رودخانه ها و کوه ها، زمین های بسیار ناهموار و دره ها)، فاصله حداکثر ۳۰ متر بین گمانه ها قابل قبول می باشد.

ث- اگر ساختمانی با تعداد طبقات یا اهمیت متفاوت با سایر ساختمان ها در مجموعه مورد نظر باشد، شناسایی خاص آن ساختمان باید انجام شود. در این صورت برای این گونه ساختمان ها، باید ضوابط تعیین فاصله گمانه ها برای ساختمان های منفرد اعمال گردد.

پ- در صورتیکه ساختمان موردنظر پس از ایجاد گودبرداری احداث شود، گمانه‌های لازم برای گودبرداری (جدول ۷-۲-۱) نیز باید به تعداد گمانه‌های تعیین شده برای ساختمان اضافه شود.

۷-۳-۳-۱ الزامات و مبانی در طراحی و اجرای گودها در این مبحث برای گودبرداری‌های کمتر از ۲۰ متر است و اکیداً توصیه می‌شود از احداث گود با عمق بیشتر از ۲۰ متر احتراز شود. در صورت ضرورت احداث گودهای عمیق‌تر موارد زیر باید انجام پذیرد:

- تعداد گمانه‌ها نسبت به جدول ۷-۲-۱ پنجاه درصد افزایش پیدا کند.

تبصره ۱: چنانچه نتایج حاصل از این گمانه‌ها عدم یکنواختی را در زمین نشان دهد یا لایه‌بندی زمین پیچیده باشد (مثل چین‌خوردگیها، مجاور گسل‌ها، نزدیک رودخانه‌ها و کوه‌ها، زمین‌های بسیار ناهموار و دره‌ها)، به‌منظور رسیدن به اطلاعات لازم، بنابر تشخیص متخصص ژئوتکنیک به تعداد گمانه‌های فوق اضافه می‌شود.

عمق گمانه‌های موردنیاز باید بیش از عمقی باشد که افزایش تنش ناشی از بار ساختمان در آن عمق به کمتر از هر یک از دو معیار زیر برسد. هر عمقی بیشتر شد ملاک می‌باشد:

الف- عمقی که تنش وارده از پی به زمین از ۱۰ درصد تنش مؤثر موجود ناشی از وزن زمین در آن عمق کمتر شود.

ب- عمقی که تنش ناشی از پی به زمین به ۱۰ درصد مقدار تنش خالص ساختمان در تراز پی خود کاهش یابد.

ب-۴: ژرفای لایه‌های مؤثر در محاسبه نشست باید با توجه به شکل و ابعاد پی، بار وارده و تغییرات سختی خاک در عمق و فاصله اجزای پی از یکدیگر تعیین گردد. این ژرفا معمولاً معادل با عمقی است که تنش قائم اضافی ناشی از بارگذاری پی در آن عمق معادل ۱۰٪ تنش مؤثر روبار برجای خاک باشد یا ژرفای

معادل حباب گسترش تنش ۱۰٪ تنش کل وارد بر پی باشد. این ژرفا در بیشتر خاک‌ها بین ۱ تا ۳ برابر پهنای پی (بر حسب گسترده بودن یا نواری بودن پی) در نظر گرفته می‌شود. در پی‌های پهن که زیر بارهای سبک قرار دارند می‌توان این مقدار را کاهش داد. در مورد خاک‌های خیلی نرم این کاهش نباید انجام گیرد.

پ- در هر صورت عمق گمانه‌ها نباید از عرض ساختمان کمتر باشد.

تبصره ۱: در صورتی که عرض ساختمان در مقایسه با بار ساختمان زیاد باشد (مثل سوله،.....) نیازی نیست عرض ساختمان مبنا قرار گیرد.

تبصره ۲: در ساختمان با پی‌های منفرد: اگر فاصله لب به لب دو پی مجاور بیشتر از مجموع عرض آن دو پی باشد، عرض یک پی ملاک تعیین عمق گمانه‌ها در نظر گرفته می‌شود و در غیر این صورت عرض کل ساختمان شاخص تعیین عمق گمانه‌ها خواهد بود.

نکاتی که باید در تعیین عمق گمانه رعایت شود :

- الف- اگر احداث ساختمان با گود برداری همراه باشد، عمق گود باید به عمق گمانه اضافه شود.
- ب- حفر حداقل یک چاه دستی جهت مشاهده بافت خاک در هر پروژه ضروری است. عمق چاه دستی حداکثر تا سطح آب زیرزمینی می باشد. این چاه دستی علاوه بر تعداد حداقل گمانه ها حفر می شود.
- پ- در صورتی که قبل از رسیدن به عمق نهایی گمانه به بستر سنگی برخورد شود عمق گمانه می تواند کمتر شود. نفوذ حداقل سه متر در بستر سنگی ضروری است.
- ت- در صورتی که در گمانه به نهشته هایی که برای پی مناسب نیستند (از قبیل خاک دستی و نباتی) برخورد شود عمق گمانه باید توسط یک متخصص ژئوتکنیک ذیصلاح تعیین گردد.
- ث- برای پی های عمیق یا شمع ها، گمانه ها و آزمایش های نفوذ یا سایر آزمایش های برجا باید تا عمقی صورت گیرد که شناسایی شرایط زمین با اطمینان کافی حاصل شود. این عمق معمولاً تا چهار برابر قطر شمع (4D) برای یک شمع علاوه بر طول شمع ادامه پیدا می کند. برای گروه شمع به اندازه $2B$ (B عرض گروه) شمع پایین تر از نوک شمع ها گسترش داده شود.

۷-۲-۳-۲-۲ حفاری و نمونه برداری خاک

۷-۲-۳-۲-۲-۱ فرآیند حفاری و نمونه برداری و دستگاه‌های مورد استفاده باید مطابق استانداردهای ملی یا بین‌المللی معتبر باشد.

۷-۲-۳-۲-۲-۲ در طول زمان حفاری گمانه و نمونه‌گیری باید ناظر واجد صلاحیت در محل پروژه حاضر و بر عملیات نظارت داشته باشد.

۷-۲-۳-۲-۲-۳ باید صلاحیت مجموعه‌ای که عملیات حفاری گمانه و نمونه برداری و سایر عملیات اجرایی را انجام می‌دهند، به تایید مراجع ذی‌ربط رسیده باشد.

۷-۲-۲-۲-۳-۴ روش‌های حفاری گمانه

حفاری گمانه و نمونه‌گیری به صورت دستی یا ماشینی و با توجه به بندهای ذیل قابل قبول است:

روش معمول گمانه‌زنی در تمام خاک‌ها حتی در زیر سطح آب، حفاری دورانی است. باید توجه نمود که برای اخذ نمونه دست‌نخورده در خاک چسبنده باید سرعت دوران و فشار مته محدود شود. در نمونه‌گیری‌ها باید مراقب بود که عملیات گمانه‌زنی و نمونه‌گیری باعث تغییر در رطوبت یا مشخصات خاک نشود. مصالحی که مستقیماً از حفاری دورانی به دست می‌آیند برای هیچ‌یک از آزمون‌های آزمایشگاهی نباید استفاده شوند.

حفاری با اوگر با میله توپر فقط در خاک چسبنده نرم و کم عمق که دیواره گمانه پایدار است قابل قبول می‌باشد. حفاری اوگر با میله توخالی در بالای سطح آب قابل قبول است. اخذ نمونه دست‌نخورده در این روش در زیر سطح آب قابل قبول نیست.

حفاری دورانی با مغزه‌گیری پیوسته در خاک و سنگ در صورت لزوم و طبق نظر متخصص ژئوتکنیک ذیصلاح انجام می‌گیرد. باید توجه نمود که نمونه خاک اخذشده از داخل مغزه در این روش نمی‌تواند به عنوان نمونه دست‌نخورده مورد استفاده قرار گیرد. در صورت نیاز به نمونه دست‌نخورده در خاک‌ها لازم است از کربارل دو جداره استفاده شود.

در خاک‌هایی که امکان نمونه‌گیری توسط ماشین وجود ندارد (از قبیل خاک‌های مخلوط به‌خصوص خاک‌هایی که دارای قلوه سنگ می‌باشند) حفر چاه دستی و انجام آزمایش‌های برجا و نمونه‌گیری بلوکی دست‌نخورده برای آزمایش مکانیکی دقیق و نمونه دست‌خورده برای آزمایش‌های شناسایی و طبقه‌بندی اکیداً توصیه می‌گردد.

روش‌های نمونه‌گیری، جابجایی و انبارکردن نمونه‌ها باید گزارش شود تا اثر به کارگیری این روش‌ها هنگام تفسیر نتایج آزمایش‌ها مدنظر قرار گیرد.

۲-۳-۲-۳-۷-۳ آزمون‌های آزمایشگاهی

آزمون‌های آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های خاک و سنگ به‌دست‌آمده از ساختگاه پروژه انجام شده و نتایج آن به همراه سایر آزمایش‌ها و مشاهدات مورد استفاده قرار گیرند. این آزمون‌ها باید مطابق با استانداردهای معتبر ملی و بین‌المللی انجام گیرد. جدول ۱-۳-۷ می‌تواند در این رابطه مورد استناد قرار گیرد.

جدول ۱-۳-۷ استانداردهای برخی از آزمایش‌های مکانیک خاک

آزمایش	شماره ASTM
نفوذپذیری خاک دانه‌ای	D ۶۸-۲۴۳۴ (۲۰۰۰)
درصد رطوبت	D ۹۸-۲۲۱۶
دانه‌بندی و هیدرومتري	D ۴۲۲-۴۲۲ (۰۲) و D ۴۲۱-۸۵ (۰۲)
اتربرگ	D ۰۰-۴۳۱۸
وزن مخصوص Gs خاک	D ۰۲-۸۵۴
طبقه‌بندی خاک ASTM	D ۰۰-۲۴۸۷
تک محوری خاک	D ۰۰-۲۱۶۶
سه محوری UU	D ۰۳-۲۸۵۰a
سه محوری CU	D ۰۴-۴۷۶۷
برش مستقیم	D ۰۴-۳۰۸۰
تحکیم	D ۰۴-۲۴۳۵
تراکم آزمایشگاهی استاندارد	D ۰۰-۶۹۸۰a

۴-۲-۳-۲-۷ آزمون‌های برجا

آزمون‌های برجا به عنوان بخش مهمی از شناسایی‌های ژئوتکنیکی زمین باید مورد توجه قرار گیرد. انواع متداول این آزمایش‌ها و نوع خاک‌هایی که هر کدام از این آزمون‌ها کاربرد دارند و همچنین روش انجام آنها باید مطابق با استانداردهای معتبر ملی یا بین‌المللی باشد. جدول ۲-۳-۷ می‌تواند در این رابطه مورد استناد قرار گیرد.

جدول ۷-۳-۲ استانداردهای برخی از آزمونهای برجا

شماره ASTM	نشریه ایرانی	آزمایش
D۱۱-۱۵۸۶	۲۲۴ سازمان برنامه و بودجه	نفوذ استاندارد SPT
D۱۶-۱۸۸۳		C.B.R
D۰۷-۴۷۱۹	۲۲۳ سازمان برنامه و بودجه	پرسیومتری
D۰۹-۴۷۷۱(۲۰۱۴)	۲۴۳ سازمان برنامه و بودجه	C.P.T
D۰۹-۱۱۹۵(۲۰۱۵)	۲۳۱ طرح استاندارد آب	بارگذاری صفحه
D۱۲-۴۵۵۴		برش برجا

۷-۲-۳-۲-۵ گزارش بررسی های طراحی

عملیات مطالعات و خدمات مهندسی ژئوتکنیکی باید توسط مشاور ژئوتکنیکی باتجربه و ذیصلاح انجام گردد. گزارش ارائه شده باید شامل برنامه ریزی عملیات مطالعات ژئوتکنیکی، کلیه داده ها و اطلاعات ژئوتکنیکی حاصل از بررسی ها و حفاری های انجام شده در ساختگاه باشد. برنامه ریزی عملیات مطالعات ژئوتکنیکی، انتخاب پارامترهای طراحی و محاسبات مربوط به طراحی های انجام شده باید توسط مشاور خدمات مهندسی ژئوتکنیکی انجام گیرد و گزارش شود.

گزارش نهایی مطالعات شامل دو بخش عمده زیر است:

- بخش عملیات مطالعات ژئوتکنیکی

- بخش خدمات مهندسی ژئوتکنیک

۷-۲-۳-۲-۵-۱ گزارش عملیات مطالعات ژئوتکنیکی

۷-۲-۳-۲-۵-۱-۱ پس از انجام شناسایی های ژئوتکنیکی مربوط به مرحله بررسی طراحی، لازم است گزارش کامل آن ارائه شود. نتایج آزمون های انجام شده باید به دو صورت اندازه گیری شده و پردازش شده گزارش شوند.

۷-۲-۳-۲-۵-۲ گزارش بررسی مقدماتی که قبلاً مطابق الزامات بند ۷-۲-۳-۲-۱ تنظیم و ارائه شده است، باید به پیوست گزارش عملیات ژئوتکنیکی بررسی طراحی ارائه شود. در صورتی که قبلاً بنا به هر دلیلی بررسی مقدماتی انجام نشده باشد، کلیه اطلاعات مطرح شده در بند ۷-۲-۳-۲-۱-۶ باید در قالب فصل اول

گزارش بررسی طراحی جمع‌آوری و ارائه گردد. به عبارت دیگر برای تهیه گزارش عملیات ژئوتکنیکی بررسی طراحی، همواره بررسی مقدماتی باید انجام و گزارش شود.

۷-۲-۳-۲-۵-۳ گزارش توصیفی از شناسایی‌های ژئوتکنیکی مربوط به بررسی‌های طراحی باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

خلاصه‌ای از پروژه موردنظر شامل اطلاعات محل پروژه، هندسه و ابعاد پروژه، برآورد بارهای پیش‌بینی‌شده، سیستم سازه در صورت امکان

نقشه محل گمانه‌های حفاری با مختصات مسطحاتی و تراز گمانه‌ها.

لوگ گمانه‌ها شامل: شرح تمام نمونه‌های گرفته شده از خاک و سنگ با ذکر تاریخ نمونه‌گیری، سطح آب زیرزمینی در صورت مشاهده با ذکر تاریخ برداشت و درج نوسانات آن در حین اجرای کارهای صحرایی و نتایج تمام آزمایش‌های محلی (برجا)

شرح موارد مشاهده‌شده در حین حفاری از قبیل: افتادن میله حفاری، کاهش یا افزایش سرعت حفاری، برخورد مته با قطعات بزرگ سنگ و سایر موارد

شرح زمان‌هایی که در فاصله بین آنها هر گونه عملیات صحرایی یا آزمایشگاهی انجام شده است.

نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی با ذکر تاریخ آزمایش.

نحوه انجام تمام آزمایش‌های برجا و آزمایشگاهی

فهرست انواع تجهیزات به‌کار برده شده با عنوان نوع خدمات ارائه‌شده توسط آن تجهیزات

اسامی کلیه مشاوران و پیمانکاران ژئوتکنیک دست اندرکار

تهیه جداول مقادیر کارهای صحرایی و آزمایشگاهی

ارائه مشاهدات صحرایی که توسط افراد بخش نظارت صحرایی در خلال بررسی‌های زیر سطحی به عمل

آورده شده است. مشاهدات صحرایی مهم که حتما باید مورد توجه قرار گیرند به شرح زیر است:

- حفره‌ها، فضاها، خالی و قنات‌ها، انباره‌های فاضلاب و غیره

- تغییر وضع سنگ‌ها، خاک‌ها یا مصالح پرکننده

۷-۲-۴ سایر ملاحظات طراحی ژئوتکنیکی

در استفاده از پارامترهای ارائه‌شده در گزارش مطالعات به منظور انجام طراحی‌های ژئوتکنیکی، باید

ملاحظات بارگذاری و دوام مربوطه مدنظر قرار گیرد.

۱-۴-۲-۷ ملاحظات بارگذاری

۱-۴-۲-۷-۱ در طراحی ژئوتکنیکی باید علاوه بر بارهای وارد از سازه به پی، به بارها و اثرات ناشی از عوامل زیر توجه داشت:

- وزن خاک، سنگ و آب
- تنش‌های برجای زمین
- فشارهای هیدروستاتیک آب‌های آزاد، فشار آب‌های زیرزمینی، نیروی جریان آب
- باربرداری یا گودبرداری زمین
- بارهای حاصل از حرکات زمین، خزش و گسیختگی توده‌های خاکی
- بارهای ناشی از ترافیک
- حرکات ناشی از معدن‌کاری و حفر قنات‌ها و احداث تونل
- اثرات ناشی از فعل و انفعالات شیمیایی
- اثرات ناشی از فروریزش (رمبندگی)، جمع‌شدگی و تورم خاک
- حرکات و بارهای ناشی از اثر زلزله، ارتعاشات و انفجارها

۱-۴-۲-۷-۲ برخی از نیروها به تبع تغییر مکان‌های به وجود آمده در خاک بسیج می‌شوند. مانند نیروهای ناشی از فشار خاک بر دیوارها و اصطکاک منفی جدار شمع‌ها. در این نوع موارد باید به این امر توجه داشت و اگر جابجایی و تغییر مکان خاصی اجازه داده می‌شود، میزان نیروی بسیج‌شده مربوط به آن در محاسبات لحاظ گردد.

۱-۴-۲-۷-۳ در موارد خاص از جمله حساسیت سازه به نشست، ممکن است تحلیل برهم‌کنش بین سازه و خاک ضروری گردد. در طراحی و ساخت هر سازه باید اثرات مخرب آن بر محیط و سازه‌های مجاور دیده و راهکار مناسب ارائه شود.

۷-۲-۴-۲ الزامات بررسی‌های کنترلی

۷-۲-۴-۲-۱ الزامات بررسی‌های کنترلی مربوط به سازه‌ها شامل موارد زیر است :

۷-۲-۴-۲-۲ کنترل‌های مضاعف مربوط به خاک و سنگ

الف - خواص ژئوتکنیکی خاک‌ها یا سنگ‌هایی که سازه در داخل یا روی آن بنا می‌شود باید کنترل گردد. احتمال دارد بررسی‌های اضافی ساختگاه نیز ضروری باشد. نمونه‌هایی از این سنگ‌ها و خاک‌ها را می‌توان بازیابی و آزمایش کرد و خواص شاخص، مقاومتی و تغییر شکلی آنها را تعیین نمود.

ب- در صورتیکه بررسی‌های بیشتری برای تعیین جزئیات خواص زمین یا شرایط خاک برداری و خاکریزی که از نظر طراحی دارای اهمیت است، ضروری گردد باید اقدامات لازم زیرنظر متخصص ژئوتکنیک انجام گیرد.

پ- شواهد غیرمستقیم در مورد خواص ژئوتکنیکی زمین، مانند اطلاعات شمع‌کوبی، باید ثبت و از آنها برای تفسیر شرایط زمین استفاده شود.

ت- چنانچه در حین اجرا با خاک‌های مسئله‌دار، خاک‌های ریزشی، حفره‌های زیرزمینی، گسلش و پهنه‌های خردشده که قبلاً دیده نشده مواجه شوند باید مورد توجه قرار گیرد.

ث- به منظور پایش گودبرداری‌ها در موارد حساس ممکن است استفاده از ابزارگذاری به منظور رفتارسنجی ضروری گردد. در این مورد برداشت اطلاعات به فواصل زمانی تعیین‌شده و توأم با شرایط جدید محیطی و ژئوتکنیکی (ناشی از تغییرات فصلی، بارندگی‌های ممتد یا شدید، وقوع زمین لرزه و غیره) باید انجام پذیرد.

۷-۲-۴-۲-۲-۱ کنترل‌های مضاعف مربوط به آب زیرزمینی

در مواردی که شرایط آب زیرزمینی تاثیر مهمی بر روش ساخت یا عملکرد سازه داشته باشد، کنترل‌ها باید با مشاهده مستقیم انجام شود. در این موارد باید به نکات زیر توجه داشت:

- مشاهده و ثبت سطح آب در گمانه‌ها و لوله‌های قائم و نوسان آن در خلال زمان
- ارزیابی هیدروژئولوژیکی ساختگاه شامل عوارضی نظیر سفره‌های آب آرتزین یا معلق یا تغییرات جزرومدی در ساحل‌ها

- مشخصه‌های جریان آب زیرزمینی و رژیم فشار حفره‌ای را می‌توان توسط "پیزومتر" به دست آورد، که ترجیحاً باید قبل از شروع عملیات ساختمانی نصب شده باشند. در بعضی موارد ممکن است ضرورت داشته باشد پیزومترها را به فاصله زیادی از ساختگاه به عنوان بخشی از شبکه رفتارسنجی نیز نصب کرد.
- چنانچه تغییرات فشار آب حفره‌ای در حین اجرا بر عملکرد سازه تأثیرگذار باشد، باید فشارهای آب حفره‌ای تا زمان تکمیل ساختمان یا کاهش آنها به مقادیر ایمن کنترل شود.
- در مورد سازه‌های واقع در زیر تراز آب‌های زیرزمینی که ممکن است شناور شوند، فشارهای آب حفره‌ای باید تا زمانی که وزن سازه به حدی برسد که احتمال شناورشدن را از بین ببرد، کنترل گردند.
- در صورتی که آب زیر زمینی جریان داشته باشد تجزیه شیمیایی آب در گردش باید در هر زمانی که بخشی از کارهای موقت یا دائمی به طور قابل توجهی در معرض خوردگی شیمیایی قرار می‌گیرند، انجام شود.
- مطالعات زیست محیطی و آلودگی‌های آب و خاک مورد توجه قرار گیرد.

۳-۲-۴-۷ گزارش بررسی‌های کنترلی

در صورت انجام نظارت و کنترل در حین اجرا، باید گزارشی از تجزیه و تحلیل مشاهدات میدانی فوق شامل موارد زیر ارائه گردد:

- الف- پیچیدگی شرایط زمین و عدم انطباق آن با مفروضات اولیه در صورت وجود
- ب- خطر گسیختگی و ناپایداری در حین اجرا
- پ- تجزیه و تحلیل بر اساس مشاهدات جدید و مطالعات دیگر تکمیلی و ارائه پیشنهاد در صورت لزوم.

۳-۲-۴-۷ ملاحظات دوام

۳-۲-۴-۷-۱ در طراحی ژئوتکنیکی، شرایط محیطی داخلی و خارجی باید در مرحله طراحی ارزیابی شده و اهمیت آن در رابطه با دوام سازه در عمر مفید آن مشخص گردد. بر اساس این ارزیابی‌ها باید توصیه‌های لازم برای محافظت یا تامین مقاومت لازم در مصالح از نظر دوام ارائه شود.

- در سازه‌های ژئوتکنیکی مانند خاک‌های مسلح و خاک‌های میخ‌کوبی شده و مهاربندی‌ها، به اثر مواد خورنده بر روی مصالح آن‌ها
- به احتمال وجود کاتیون‌ها و آنیون‌های شیمیایی در خاک و تاثیر آن‌ها بر رفتار طولانی مدت سازه‌های مجاور آن‌ها
- به پدیده‌های انحلالی مواد شیمیایی و تغییر ساختار خاک در ایجاد حرکات القایی و تغییرات تنش‌ها در سازه‌های ژئوتکنیکی و اثر آن‌ها در باربری خاک زیر پی.