



مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان
پی و پی سازی

تهیه کننده: دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان

پیشنهادی (غیر مصوب)

این کتاب شامل بررسی های مورد نیاز طراحی های ژئوتکنیکی با اهداف گرد آوری اطلاعات لازم از ساختگاه برای طراحی ایمن واقتصادی ساختمان بوده و درشش فصل بشرح ذیل می باشد:

۱-۷ کلیات

۱-۱-۷ مقدمه

۲-۱-۷ فرضیات تهیه این دستورالعمل

۳-۱-۷ هدف

۴-۱-۷ دامنه کاربرد

۵-۱-۷ تعاریف کلی و واژه ها

۲-۷ مبنای طراحی ژئوتکنیکی

۱-۲-۷-۱ نیازهای طراحی ۱

۱-۱-۲-۷ رده ۱ ژئوتکنیکی ۱

۲-۱-۲-۷ رده ۲ ژئوتکنیکی ۲

۳-۱-۲-۷ رده ۳ ژئوتکنیکی ۳

۲-۲-۷ شرایط طراحی

۳-۲-۷ نیروهای بارگذاری در طراحی ژئوتکنیکی

۴-۲-۷ دوام

۳-۷ اطلاعات ژئوتکنیکی

۱-۳-۷ کلیات

۲-۳-۷ بررسیهای ژئوتکنیکی

۱-۲-۳-۷ بررسیهای ژئوتکنیکی مقدماتی

۲-۲-۲-۷ بررسیهای طراحی

۲-۲-۲-۷ بررسیهای کنترلی

۱-۲-۲-۲-۷ خاک و سنگ

۲-۲-۲-۲-۷ آب زیرزمینی

۳-۲-۷ ارزیابی پارامترهای ژئوتکنیکی

۱-۳-۲-۷ کلیات

۲-۳-۲-۷ وزن مخصوص

۲-۳-۲-۷ دانسیته نسبی

۴-۳-۲-۷ درجه تراکم

۵-۳-۲-۷ مقاومت برشی زهکشی نشده خاک

چسبیده

۶-۳-۲-۷ پارامترهای مقاومت برشی مؤثر برای

خاکها

۷-۳-۲-۷ سختی خاک

۸-۳-۲-۷ (K) پارامترهای تراوایی و تحکیم (CS, CC)

۹-۳-۲-۷ پارامترهای تحکیم

۱۰-۳-۲-۷-شمارش ضربه ها در آزمایش های ۱۰

(S.P.T) نفوذ استاندارد

۱۱-۳-۲-۷ پارامترهای مخروط فروبری ۱۱

(C.P.T)

۱۲-۳-۲-۷ پارامترهای پرسیمتری ۱۲

۱۳-۳-۲-۷ کیفیت و خواص سنگها و توده ۱۳

های سنگی

۱۴-۳-۲-۷-مقاومت فشاری تک محوری و

تغییر شکل پذیری مصالح سنگی

۲-۱۲-۳-۲-۷ مقاومت برشی درزه ها

۴-۲-۷ گزارش نهایی مطالعات ژئوتکنیک

۱-۴-۲-۷ گزارش مطالعات شناسایی

۱-۴-۲-۷-ارائه اطلاعات ژئوتکنیکی ۱

۱-۴-۲-۷-ارزیابی داده های ژئوتکنیکی ۲

۲-۴-۲-۷ گزارش طراحی ژئوتکنیکی

۵-۲-۷ گزارش نهایی بررسیهای کنترلی

۲-۷ پی های سطحی (شالوده ها)

۱-۴-۷ دامنه

۲-۴-۷ حالت های حدی

۳-۴-۷ شرایط طراحی و نیروها

۴-۴-۷ ملاحظات طراحی و ساخت

۵-۴-۷ حالت حدی پایداری

۶-۴-۷ پایداری کلی

۲-۵-۴-۷ گسیختگی حاصل از کمبود ظرفیت باربری

۳-۵-۴-۷ گسیختگی بر اثر لغزش

۴-۵-۴-۷ بارهای با خروج از مرکز زیاد

۵-۵-۴-۷ گسیختگی سازه ای ناشی از حرکت پی

۶-۴-۷ طراحی حالت حدی بهره برداری

۱-۶-۴-۷ نشست

۲-۶-۴-۷ تحلیل ارتعاشی

۷-۴-۷ پی های مستقر بر بستر سنگی، ملاحظات

اضافی طراحی

۴-۷- طراحی سازه ای:

۹-۴-۷ سایر ملاحظات

۵-۷ پی های ژرف (پی های شمعی)

۱-۵-۷ دامنه

۲-۵-۷ حالت های حدی

۳-۵-۷ شرایط طراحی و نیروها

۱-۳-۵-۷ کلیات

۲-۳-۵-۷ نیروهای مربوط به تغییر مکان زمین

۱-۲-۳-۵-۷ کلیات

۲-۳-۵-۷ اصطکاک منفی جدار

۳-۳-۵-۷ آماس

۴-۳-۵-۷ بارگذاری مایل

۱۰-۵-۷ طراحی شمع در برابر بارگذاری لرزه ای

۴-۵-۷ مبانی و ملاحظات طراحی

۱-۴-۵-۷ روش های طراحی

۲-۴-۵-۷ ملاحظات طراحی

۶-۵-۷ شمع های فشاری

۱-۶-۵-۷ طراحی حالت حدی

۲-۶-۵-۷ پایداری کلی

۲-۶-۵-۷ مقاومت باربری

۱-۳-۶-۵-۷ کلیات

۳-۶-۵-۷ ظرفیت باربری نهایی از

آزمایش های بارگذاری شمع

۲-۶-۵-۷ مقاومت باربری نهایی از نتایج

آزمایش

۳-۶-۵-۷ مقاومت نهایی شمع با استفاده

از نتایج کوپیدن شمع

۵-۲-۶-۵-۷ مقاومت نهایی با استفاده از

تحلیل معادله امواج

۴-۶-۵-۷ نشست پی های شمعی

۷-۵-۷ شمعهای کششی

۱-۷-۵-۷ کلیات

۲-۷-۵-۷ مقاومت کششی نهایی

۱-۲-۷-۵-۷ کلیات

۲-۷-۵-۷-۲ مقاومت کششی نهایی از طریق

آزمایش کششی شمع

۳-۷-۵-۷ تغییر مکانهای عمودی

۸-۵-۷ شمعهای با بارگذاری مایل

۱-۸-۵-۷ کلیات

۲-۸-۵-۷ مقاومت نهایی بارگذاری مایل

۱-۲-۸-۵-۷ کلیات

۲-۸-۵-۷-۲ تعیین مقاومت نهایی شمعهای تحت بارگذاری

مایل از نتایج آزمایش و پارامترهای مقاومت شمع

۲-۸-۵-۷ تغییر مکان مایل

۹-۵-۷ طراحی سازه ای شمعها

۱۰-۵-۷ انجام نظارت بر ساخت

۶-۷ سازه های نگهبان

۱-۶-۷ حدود

۲-۶-۷ حالت‌های حدی

۳-۶-۷ بارگذاری، داده های هندسی

۱-۳-۶-۷ بارگذاری

۱-۳-۶-۷-۱ وزن مصالح (خاکریز پشت سازه های

نگهبان)

۱-۳-۶-۷-۱-۲ سربارها

۱-۳-۶-۷-۱-۳ وزن آب

۱-۳-۶-۷-۱-۴ نیروهای امواج

۱-۳-۶-۷-۱-۵ نگهدارنده

۱-۳-۶-۷-۱-۶ نیروهای ضربه ای

۱-۳-۶-۷-۱-۷ تأثیرات دما

۲-۳-۶-۷-۲ داده های هندسی

۲-۳-۶-۷-۲-۱ سطوح زمین

۲-۳-۶-۷-۲-۲ سطوح آب

۴-۶-۷ شرایط و ملاحظات طراحی

۱-۴-۶-۷ شرایط طراحی

۵-۶-۷ تعیین فشارهای خاک و آب

۱-۵-۶-۷ فشارهای مبنای طراحی خاک

۲-۵-۶-۷ مقدار فشار خاک در حال سکون

۳-۵-۶-۷ مقادیر حدی فشار خاک

۴-۵-۶-۷ مقادیر میانی رانش خاک

۵-۵-۶-۷ اثرات تراکم

۶-۵-۶-۷ فشارهای آب

۶-۶-۷ طراحی حالت حدی نهایی

۱-۶-۶-۷ کلیات

۲-۶-۶-۷ پایداری کلی

۳-۶-۶-۷ گسیختگی پی دیوارهای نگهبان وزنی

۴-۶-۶-۷ گسیختگی چرخشی دیوارهای توکار

۵-۶-۶-۷ گسیختگی عمودی دیوارهای توکار

۶-۶-۶-۷ گسیختگی سازه ای

۷-۶-۷ حالت حدی بهره برداری

۱-۷-۶-۷ کلیات

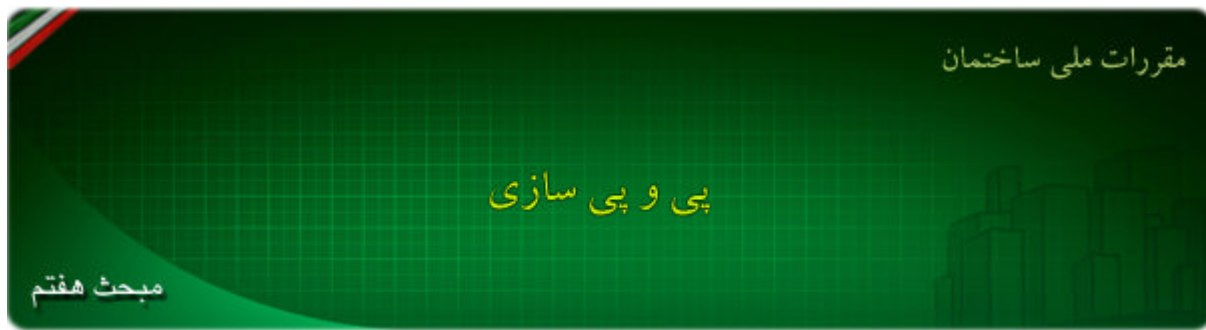
۲-۷-۶-۷ جابجایی ها

۳-۷-۶-۷ ارتعاشات

۴-۷-۶-۷ حالت‌های حدی بهره برداری عناصر

سازه‌های

۸-۶-۷ مهاربندها



۷-۱ کلیات

۱-۱-۷ مقدمه

نیاز به تدوین مقرراتی برای بررسیهای ژئوتکنیکی با هدف انجام طراحیهای ژئوتکنیکی و به تبع آن ضوابط کلی انجام آزمایشهای ژئوتکنیکی به منظور تعیین پارامترهای موردنیاز طراحی در چارچوب طرح تدوین مقررات ملی ساختمان به وضوح حس می شود. در این راستا با استفاده از مدارک موجود در ادبیات فنی ژئوتکنیک سعی شده است دستورالعملی کلی جهت نحوه برنامه ریزی و انجام آزمایشهای ژئوتکنیکی (در ساختگاه و در آزمایشگاه)، تعیین پارامترهای طراحی و نهایت انجام طراحیهای ژئوتکنیکی تدوین شود تا به کمک آن خطوط کلی و فهرست خدمات لازم روشن گردد. یادآوری این نکته بایسته است که اصولاً علم ژئوتکنیک چه در عرصه طراحی و چه در عرصه انجام آزمایشهای موردنیاز در شناسایی و بررسی ساختگاه، برخلاف دیگر گرایشهای اصلی در رشته عمران (سازه و آب و راه)، چندان در چارچوب آئیننامه نمی گنجد و همواره ناهمگونیهای خاک، نابهنجاریهای موضعی، مشکلات انجام آزمایشها و عدم قطعیت در نتایج آزمایش، مهندس ژئوتکنیک را وادار می سازد تا همزمان با تکیه بر اصول و مبانی تئوریک مکانیک خاک و مهندسی پی به تجربیات مشابه دیگر و اطلاعات تجربی و مشاهده ای در دسترس خود مراجعه و با قضاوت مهندسی هوشمندانه اعلام نظر نماید. غرض از قضاوت مهندسی آن نیست که آنچه را که نمی دانیم با نظری کلی چه غلط و چه درست زیر سرپوش قضاوت مهندسی پوشانده و اظهارنظری عاری از نکات اصولی تئوری و تجربی بنمائیم، بلکه مقصود این است که در چارچوب سخت و غیرقابل انعطاف نمانده و با نگرشی عمیق و جامع و با احاطه کامل به اصول تئوری و تجربی و بر اساس آزمایشها و محاسبات انجام شده، نظری کارشناسانه و معتبر در شرایط ویژه هر ساختگاه داده و وجوه مختلف هر مساله را بررسی نموده و قضاوت کرده باشیم.

۲-۱-۷ هدف

بررسیهای مورد نیاز طراحی های ژئوتکنیکی با هدفهای زیر صورت می گیرد:

الف: گردآوری اطلاعات لازم از ساختگاه برای طراحی ایمن و اقتصادی ساختمان

ب: گردآوری اطلاعات لازم برای برنامه ریزی موقت و دائمی برای ساخت و ساز بنا که از طرق مختلف به شرایط زمین ساختگاه مرتبط می شوند، شامل شرایط آب زیرزمینی و غیره.

پ: پیش بینی و شناسایی مشکلات احتمالی که ممکن است در خلال اجرا و پس از آن از ناحیه زمین بروز نماید.

۷-۱-۲ دامنه کاربرد

۷-۱-۳ رعایت کلیه این مقررات در طراحی و اجرای ساختمانهای مشروحه ذیل الزامی است:

الف: کلیه ساختمانهای دولتی و متعلق به نهادهای انقلاب اسلامی شامل ساختمانهایی که توسط دستگاههای اجرایی، شرکتها و سازمانهای دولتی، نهادهای انقلاب اسلامی و سازمانها و مؤسسات و شرکتهایی که شمول مقررات عمومی بر آنها مستلزم ذکر نام است و یا توسط بخش خصوصی برای واگذاری به دولت و نهادهای انقلاب اسلامی ساخته می شوند.

ب: کلیه ساختمانهای غیردولتی عمومی.

ج: کلیه ساختمانهای غیردولتی مخاطره آمیز که در آنها مواد اشتعال زا یا قابل انفجار یا تشعشع زا نگهداری می شود یا مورد استفاده وسیع قرار می گیرد.

۷-۱-۳-۲ در طراحی و اجرای سایر ساختمانهای واقع در محدوده شهرهایی که از طرف وزارت مسکن و شهرسازی بر اساس تبصره (۲) ماده (۶) اصلاحی قانون نظام معماری و ساختمانی اعلام شده یا می شوند صرفاً رعایت مقررات مربوط به «پی و پی سازی» الزامی است و متناسب با توسعه امکانات فنی در سطح کشور با اعلام مشترک وزارتخانه های مسکن و شهرسازی و کشور، در شهرهای موضوع تبصره فوق نیز الزامی می گردد.

الف: کلیه سازه های ساختمانی از قبیل مسکونی، آموزشی....

ب حوزه غیرشمول:

پل ها، سدها، تونل، ابنیه فنی و کلیه نیروگاهها و غیره.

۷-۱-۴ فرضیات تهیه این مقررات

پیش فرضهای زیر در تهیه این مقررات در نظر گرفته شده اند:

- اطلاعات لازم برای طراحی، گردآوری، ثبت و تفسیر می شود،
- پیوستگی و ارتباط مناسب بین افراد گردآورنده اطلاعات، بخش های طراحی و اجرا وجود دارد،
- اجرا با توجه به استانداردها و مشخصات فنی مربوط به آن، توسط افراد دارای صلاحیت و باتجربه انجام می شود.
- مصالح و مواد ساختمانی به شرح مندرج در آیین نامه های رسمی کشور یا در مشخصات فنی مربوط به مصالح و مواد، مورد استفاده قرار می گیرد.
- از ساختمان به نحو مناسب نگهداری خواهد شد،
- از ساختمان بر طبق هدف تعریف شده برای طراحی، بهره برداری خواهد شد.

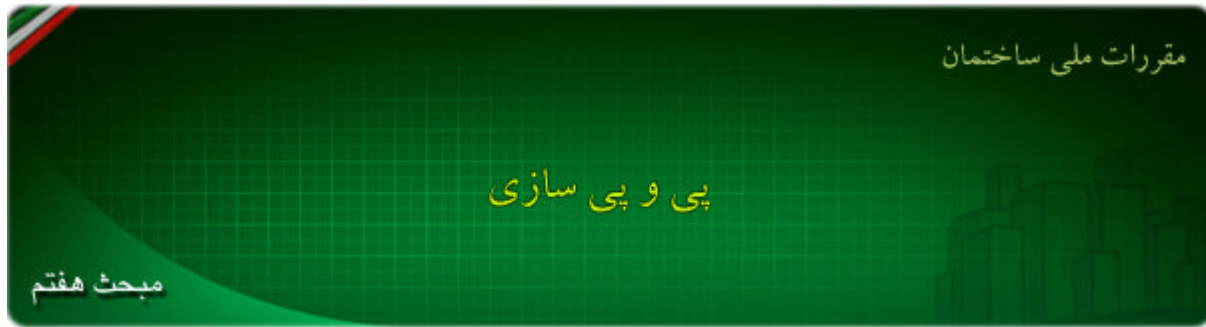
۷-۱-۵ تعاریف کلی و واژه ها

تعاریف کلی مورد نیاز:

- **خاکریزی مهندسی:** به خاکریزی اطلاق می شود که احتیاج به شناخت نوع خاک و کنترل تراکم دارد و در پایداری ساختمان مؤثر است.
- **داده های ژئوتکنیکی:** یافته های پردازش نشده است.
- داده های پردازش شده است.
- معادل لاتین واژه ها در اولین برخورد به کلمه، در پانویس همان صفحه داده شده است.
- طراحی ژئوتکنیکی

- شرایط دشوار ژئوتکنیکی
- سنگ بستر
- تنش موثر و بار طراحی موثر
- ϕ و ϕ'

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



۲-۷ مبانی طراحی ژئوتکنیکی

۱-۲-۷ نیازهای طراحی

۱-۱-۲-۷ در تعیین حداقل نیازهای لازم برای بررسیهای ژئوتکنیکی، محاسبات و کنترلهای ساختمانی، باید سادگی و پیچیدگی هر طراحی ژئوتکنیکی همراه با میزان مخاطره پذیری ابنیه و جان افراد مشخص شود. ۲-۱-۲-۷ در مورد پروژه های دارای پیچیدگی ژئوتکنیکی کم و خطر احتمالی اندک، مراحل سادهء طراحی قابل قبول خواهد بود و می توان با استفاده از تجربه های قبلی و بررسیهای مقایسه ای ژئوتکنیکی نیازهای طراحی را تعیین نمود.

۲-۱-۲-۷ هنگام تعیین نیازهای طراحی ژئوتکنیکی عوامل زیر باید در نظر گرفته شوند:

- شرایط بارگذاری
- نوع و ابعاد سازه ها و اجزای آنها
- شرایط پیرامونی سازه
- شرایط زمین
- لرزه خیزی منطقه
- وضعیت آبهای زیرزمینی
- تأثیرات محیطی (هیدرولوژی، آبهای سطحی، فرورانشست^۱، تغییرات فصلی رطوبت)

۲-۲-۷ رده های ژئوتکنیکی

برای تعیین نیازهای طراحی ژئوتکنیکی، سه رده ژئوتکنیکی ۱، ۲ و ۳ تعریف می شود. طبقه بندی اولیه سازه بر اساس رده ژئوتکنیکی باید قبل از بررسیهای ژئوتکنیکی انجام شود. این رده بندی را می توان در مراحل بعدی تغییر داد. در هر مرحله از طراحی و روند اجرایی رده بندی باید کنترل شود و در صورت نیاز تغییر کند. وجوه مختلف طراحی یک پروژه ممکن است به در نظر گرفتن رده های گوناگون ژئوتکنیکی نیاز داشته باشد. نیازی نیست که تمامی پروژه بر اساس مهمترین رده طراحی شود.

۱-۲-۲-۷ رده ژئوتکنیکی ۱

تبصره: در هیچ یک از شرایط زیر رده ژئوتکنیکی ۱ قابل استناد نمی باشد:

- ۱ - زمینهای مسأله دار از قبیل زمینهای آماسی و رمنده و مستعد روانگرایی.
- ۲ - وجود خاک دستی
- ۳ - احداث طرح، خطری برای سازه مجاور محسوب شود.
- ۴ - گودبرداری و خاکبرداری به زیر سطح سفره اشباع گسترش یابد و یا این که تجربه های مشابه محلی نشان دهد که حفاری پیشنهادی در پایین تر از سطح سفره آب زیرزمینی با اشکال انجام خواهد شد.

۵ - زمین موردنظر طرح از شیروانی با شیب تند برخوردار باشد.
 ۶ - احتمال وقوع عوامل مخاطره آمیز در ساختگاه، حوالی و مجاور سازه وجود داشته باشد (از قبیل نشتی، قرار گرفتن سازه در مسیل و امکان رخداد فرسایش، آب شستگی و غیره).
 این رده فقط شامل انواع سازه های کوچک و غیرپیچیده می شوند. طراحی پی سازه های رده ژئوتکنیکی ۱ در مناطق شهری شناخته شده ژئوتکنیکی با استفاده از تجربیات مشابه و بدون انجام مطالعات گسترده ژئوتکنیکی می تواند انجام پذیرد. در زیر به نمونه هایی از این سازه ها و یا بخشهایی از آنها اشاره می شود:

الف: ساختمانهای تا ۴ طبقه با شرایط زیر:

- اهمیت کم و متوسط
 - حداکثر ۲/۵ متر گودبرداری
 - عدم وجود مسایل خاص ژئوتکنیکی از قبیل لغزش، سنگ ریزش، وجود خاک دستی
 - مساحت اشغال کمتر از ۳۰۰ متر
- ب: دیوارهای نگهبان دیواره خاکبرداری در محل هایی که اختلاف سطح زمین از ۲ متر تجاوز نمی کند.

۲-۲-۲-۷ رده ژئوتکنیکی ۲

این رده شامل انواع متداول سازه ها و پی هایی می شود که در معرض مخاطره پذیری غیرعادی نبوده و دشواری ویژه ای از نظر زمین و بارگذاری ندارند. طرح پی سازه های واقع در رده ژئوتکنیکی ۲ به اطلاعات و تحلیل کمی و کیفی ژئوتکنیکی برای حصول اطمینان از رعایت شرایط اساسی نیاز دارند. برای بررسیهای ژئوتکنیکی طراحی در این رده باید از آزمایشهای صحرایی و آزمایشگاهی متداول و روشهای طراحی شناخته شده و معتبر استفاده کرد.

نمونه های ذیل، سازه هایی را که با رده ژئوتکنیکی ۲ مطابقت دارند نشان می دهند:
 ساختمانهای معمول تا ۲۵ طبقه که در معرض خطرات احتمالی غیرعادی و شرایط دشوار ژئوتکنیکی قرار ندارند.

ساختمانهای با حداکثر دو طبقه زیرزمین.

خاکریزهای مهندسی و کارهای خاکی مرتبط به بنا.

گودبرداریهای متداول و عادی با عمق کمتر از ۶ متر.

دیوارها و دیگر سازه های نگهدارنده آب و خاک تا ارتفاع کمتر از ۶ متر

۲-۲-۲-۷ رده ژئوتکنیکی ۲

این رده شامل سازه ها و یا بخشهایی از سازه هایی می شوند که در چارچوب رده های ژئوتکنیکی ۱ و ۲ قرار نمی گیرند. از قبیل:

- کلیه ساختمانهای با بیش از ۲۵ طبقه.

- ساختمانهای با بارهای غیرعادی، برجها و ساختمانهای بلند با زیرزمینهای بیشتر از ۲ طبقه.

- سازه های متضمن خطرات احتمالی غیرعادی و یا شرایط غیرعادی و دشوار از نظر ساختگاه.

- زمینهایی که در آنها به دلیل پایین آمدن سطح سفره آب زیرزمینی و یا زهکشی های موقت و دائم، نشست، جابجایی و حرکات قابل توجه خاک ایجاد شده و - سازه های مجاور در معرض خطر ناپایداری قرار می گیرند.

- گودبرداریهایی که از نظر عمق و ساختمانهای مجاور به توجه ویژه ای نیاز دارند.

مطالعات و بررسیهای گسترده ژئوتکنیکی با توجه به ویژگیهای ساختگاه و سازه موردنظر برای احداث در این رده باید انجام پذیرد.

۲-۲-۷ ملاحظات طراحی

الف: ملاحظات مربوط به شرایط زمین:

- در طراحی ژئوتکنیکی، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:
- مناسب بودن کلی زمینی که سازه بر روی آن قرار می گیرد.
- لایه بندی و طبقه بندی مناطق مختلف خاک، سنگ و اجزای ساختمانی که در مدل محاسباتی دخالت دارند.
- تعیین مقاومت لایه های نرم و سخت و سطوح لایه بندی شیبدار
- تعیین وجود حفره ها، قنوات و گالریهای طبیعی و یا ساخته دست انسان و یا حفره های انحلالی و شکافهایی که با مصالح نرم پر شده اند و فرآیندهای انحلالی پیوسته در سنگها
- وجود گسلها و نزدیکی به آنها
- درزه ها و شکافها در سنگها
- تعیین کنشها، ترکیب آنها و انواع بارگذارها.

ب: مواردی که بر حسب نوع محیطی که طراحی در آن انجام می شود مدنظر قرار می گیرند عبارتند از: اثرات آب شستگی، فرسایش و حفاری که به تغییرات در هندسه سطح زمین می انجامد.

اثرات خوردگی شیمیایی

اثرات هوازگی

اثرات یخ زدگی

تغییرات در سطوح آب زیرزمینی

قرارگیری در زمینهای با احتمال وقوع لغزش و روانگرایی

قرارگیری در مناطق با پتانسیل سیلگیری

سایر اثرات زمان و محیط بر مقاومت

زمین لرزه ها

فرونشست ناشی از فعالیتهای طبیعی یا انسانی

رواداری^۱ سازه در برابر تغییر شکل های نسبی

اثر سازه جدید بر سازه ها یا تأسیسات موجود

ملاحظات زیست محیطی.

پ: به موارد ذیل باید توجه جدی مبذول گردد:

برآمدگی و نشست های حاصل از فعالیتهای انسانی، آب و هوا یا تغییرات رطوبت.

حرکات ناشی از خزش یا لغزش توده های خاک.

حرکات ناشی از فرسایش درونی، تجزیه، خودتراکمی و حل شدن.

حرکات و شتابهای حاصل از زمین لرزه، انفجارها، ارتعاشها و بارهای دینامیکی.

۴-۲-۷ ملاحظات بارگذاری در طراحی ژئوتکنیکی

در تحلیل های ژئوتکنیکی، موارد زیر در نظر گرفته می شوند:

- وزن خاک، سنگ و آب



۲-۷ داده ها (۱) و اطلاعات (۲) ژئوتکنیکی

۱-۲-۷ کلیات

در این فصل به گردآوریهای مورد نیاز، ارزیابی پارامترهای ژئوتکنیکی و نحوه ارائه گزارشهای ژئوتکنیکی پرداخته می شود.

۱-۱-۲-۷ گردآوری، ثبت و تفسیر دقیق داده های ژئوتکنیکی همواره باید صورت پذیرد. این داده ها شامل داده های زمین شناسی عمومی، زمین شناسی مهندسی، زمین ریخت شناسی، لرزه خیزی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی، داده های ژئوتکنیکی موجود و تاریخچه ساختگاه می باشد. در این مجموعه اطلاعات و شواهد ناشی از تغییرات زمین شناسی باید مدنظر قرار گیرد.

۲-۱-۲-۷ بررسیهای ژئوتکنیکی باید چنان برنامه ریزی شود که نیازمندیهای ساخت و عملکرد سازه پیشنهادی را در برگیرد. برنامه بررسیهای ژئوتکنیکی باید به طور مداوم، با بدست آوردن اطلاعات تازه در خلال اجرای کار، مورد تجدیدنظر قرار گیرد.

۳-۱-۲-۷ بررسیهای صحرایی و آزمایشگاهی متداول باید در انطباق با استانداردها و توصیه های شناخته شده بین المللی انجام و گزارش شود. موارد عدول از این استانداردها و نیاز به آزمایشهای اضافی و تکمیلی باید در گزارش ژئوتکنیک درج شود.

۴-۱-۲-۷ روشهای نمونه گیری، جابجایی و انبارکردن نمونه ها باید گزارش شود و اثر بکارگیری این روشها به هنگام تفسیر نتایج آزمایشها مدنظر قرار گیرد.

۲-۲-۷ بررسیهای ژئوتکنیکی

الف: بررسیهای ژئوتکنیکی باید کلیه اطلاعات مربوط به شرایط لایه های مختلف خاک و آب زیرزمینی در ساختگاه و اطراف آن را در بر گیرد

ب: آن گروه از بررسیهای ژئوتکنیکی که بر تصمیم گیری در مورد رده ژئوتکنیکی تأثیر گذار است باید در اولویت قرار گیرد.

بررسیهای ژئوتکنیکی برای رده های ژئوتکنیکی ۲ و ۳ به طور عادی شامل یک تا سه مرحله زیر است که ممکن است دارای همپوشانی باشند:

- بررسیهای مقدماتی
- بررسیهای طراحی

- بررسیهای کنترلی

۱-۲-۲-۷ بررسیهای مقدماتی

بررسیهای مقدماتی با هدفهای زیر صورت می گیرد:

- شناسایی^(۳) و ارزیابی کلی ساختگاه
- مقایسه ساختگاههای مختلف، برای انتخاب گزینه مورد نظر در صورت نیاز
- تخمین تغییراتی که ممکن است به سبب کارهای پیشنهاد شده پیش آید و پیامد آن ها
- برنامه ریزی بررسیهای طراحی و کنترلی، شامل شناسایی گستره زمین که ممکن است تأثیر قابل ملاحظه ای بر رفتار سازه داشته باشد.

موارد زیر باید در بررسیهای مقدماتی مورد توجه قرار گیرد:

- شناسایی میدانی
- توپوگرافی منطقه
- زمین آشناسی (هیدروژئولوژی)، به ویژه توزیع فشارهای حفره ای
- بررسی ساختمانها و حفاریهای همجوار
- نقشه ها و مدارک زمین شناسی مهندسی موجود
- بررسیهای پیشین انجام شده در محدودهء موردنظر
- عکسهای هوایی
- نقشه های قدیمی
- لرزه خیزی منطقه ای
- اطلاعات دیگر بر حسب شرایط و ویژگیهای هر پروژه.

۲-۲-۲-۷ بررسیهای طراحی

۱-۲-۲-۲-۷ بررسیهای طراحی با هدفهای زیر صورت می گیرد:

- فراهم نمودن اطلاعات لازم برای طراحی مناسب و اقتصادی کارهای دائمی و موقت
 - فراهم نمودن اطلاعات لازم برای برنامه ریزی روش اجرا
 - شناسایی مشکلاتی که احتمالا" در خلال ساخت بروز خواهد کرد.
- این بررسی ها باید موارد زیر را در بر گیرد:

- وضعیت هندسی قرارگیری لایه های متفاوت زمین در ساختگاه (ضخامت لایه، شیب لایه، تناوب لایه ها)

- پارامترهای مقاومتی کلیه لایه های زمین
- خواص تغییرشکل پذیری کلیه لایه های زمین
- توزیع فشار حفره ای آب در نیمرخ زمین
- شرایط تراوایی
- تراکم پذیری زمین
- وجود خاکهای دستی، مواد زائد یا مصالح غیرطبیعی (زباله ها)
- احتمال خوردگی (مهاجم بودن) زمین و آب زیرزمینی
- امکان بهسازی زمین
- احتمال یخبندان

- وجود هرگونه ناپهنجاری ژئوتکنیکی از قبیل قنوات، انباره های فاضلاب و غیره. در بررسیهای طراحی، به منظور شناسایی کلیه عوارض زمین شناسی سازندها باید موارد زیر مورد توجه خاص قرار گیرد:

- حفره ها، فضاهای خالی و قنوات
- تغییر وضع سنگها، خاکها یا مصالح پرکننده
- اثرات زمین آشناسی
- گسلها، درزه ها و سایر ناپیوستگیها
- توده های خزشی خاک و سنگ
- خاکها و سنگهای آماسی و رمبنده.
- برای شناسایی زمین برنامه کاوش مشتمل بر گمانه زنی، آزمایشهای برجا و آزمایشهای آزمایشگاهی می باشد.
- بررسیهای طراحی را باید حداقل تا عمق سازندهایی انجام داد که مرتبط با طرح ارزیابی شده اند و پایین تر از آنها شرایط زمین تأثیر قابل ملاحظه ای بر رفتار سازه نخواهد داشت.
- فاصله بین نقاط اکتشافی و عمق اکتشاف باید بر اساس اطلاعات زمین شناسی محل، شرایط زمین، ابعاد ساختگاه و نوع سازه تعیین شود.

۷-۲-۲-۲-۲-۲ برای بررسیهای ژئوتکنیکی رده ۲، می توان موارد زیر را متذکر شد:

- در مواردی که سازه سطح وسیعی را می پوشاند، نقاط اکتشافی باید حتی الامکان در یک شبکه قرار گیرد. فاصله بین نقاط اکتشافی با توجه به عدم یکنواختی خاک انتخاب می شود. معمولاً فاصله گمانه ها به طور متوسط ۳۰ متر در زیر اشغال یک بنا انتخاب می شود.
- برای پی های ساده و نواری مجزا، ژرفای گمانه های زیر تراز پی پیشنهادی باید به طور معمول کمتر از ۳ برابر عرض پی نباشد. حداقل ژرفای گمانه در زیر تراز پی کمترین مقدار عرض یا ارتفاع ساختمان در نظر گرفته می شود. معمولاً در برخی از نقاط اکتشافی برای ارزیابی شرایط نشست و مشکلات احتمالی آب زیرزمینی با توجه به تأثیرات متقابل از ۱۰٪ تنش کل زیرپی و ۲۰٪ تنش پی های مجاور باید ژرفای بیشتری مورد بررسی قرار گیرد.
- برای پی های گسترده، ژرفای گمانه ها باید از تراز زیر پی کمترین مقدار بین دو ژرفای معادل ۱۰٪ تنش کل زیرپی و یا عمقی که میزان افزایش تنش معادل ۲۰٪ تنش بر جای خاک می شود، انتخاب می گردد.
- با توجه به آیین نامه ۲۸۰۰ برای تشخیص نوع خاک حداقل ژرفای یک گمانه از زیر تراز پی باید ۳۰ متر انتخاب شود.
- برای مناطق پرشده یا خاکریزها، ژرفای حداقل کاوش باید کلیه لایه های خاکهای تراکم پذیر را که تأثیر آنها در نشست با اهمیت است دربرگیرد. ژرفای کاوش ممکن است به تراز محدود گردد که تأثیر لایه های زیر آن تراز در نشست از ۱۰ درصد نشست کلی کمتر باشد. بدیهی است عمق خاک دستی در حداقل ژرفای گمانه ها لحاظ نمی گردد.
- در صورتی که بنا مستقیماً بر روی سنگ بستر قرار گیرد، حفاری در سنگ و یا نمونه گیری از آن به منظور تعیین ژرفا و کیفیت سنگ بستر مناسب برای قرار گرفتن پی بر روی آن ضروری است.
- برای پی های شمعی، گمانه ها، آزمایش نفوذ یا سایر آزمایشهای بر جای درون گمانه ای بطور معمول باید برای شناسایی شرایط زمین تا ژرفای ایمن و مطمئن صورت گیرد که به طور معمول باید حداقل ۵ متر زیر تراز

- انحراف از مفروضات طراحی برای نوع و خواص زمین باید بدون تأخیر به فرد مسئول پروژه گزارش شود.
- باید اطمینان حاصل شود که اصول بکار رفته در طراحی با مشخصات ژئوتکنیکی زمین واقعی تناسب و همخوانی دارند.

۲-۳-۲-۳-۷ آب زیرزمینی

- ترازهای آب زیرزمینی، فشارهای حفره ای و ترکیبات شیمیایی آب زیرزمینی برخورد شده در حین اجرا باید کنترل شود و با آنچه در طراحی فرض شده است، مقایسه شود. در ساختگاههایی که از نظر نوع زمین و نفوذپذیری، چندگونگی چشمگیری شناسایی شده است یا احتمال می رود که وجود داشته باشد، آزمایشهای کاملتری لازم خواهد بود.
- برای رده ژئوتکنیکی ۱، کنترلها معمولاً بر اساس مقایسه تجربیات ثبت شده قبلی در منطقه و یا شواهد غیرمستقیم انجام می شود. در صورت مشاهده هرگونه مغایرت با فرضیات طراحی و عوارض پیش بینی نشده و شرایط غیرمعمول باید فرد مسئول پروژه در مورد تغییر رده ژئوتکنیکی تصمیم گیری نموده و در صورت لزوم با کارشناس ژئوتکنیک مشورت کند.
- برای رده های ژئوتکنیکی ۲ و ۳، در صورتی که شرایط آب زیرزمینی تأثیر مهمی بر روش ساختمانی یا عملکرد سازه بگذارد، معمولاً باید مشاهدات مستقیم به عمل آید.
- مشخصه های جریان آب زیرزمینی و رژیم فشار حفره ای را می توان توسط "پیزومتر" بدست آورد که ترجیحاً باید قبل از شروع عملیات ساختمانی نصب شود. برخی اوقات ضرورت دارد که "پیزومترها" را به فاصله زیادی از ساختگاه به عنوان بخشی از شبکه رفتارسنجی نصب کرد.
- چنانچه تغییرات فشار حفره ای در جریان اجرا رخ دهد و در عملکرد سازه موثر واقع شود، فشارهای آب حفره ای باید تا زمان تکمیل ساختمان و یا کاهش فشارهای آب حفره ای تا مقادیر ایمنی کنترل شود.
- در مورد سازه های واقع در پایین تر از تراز آبهای زیرزمینی که ممکن است شناور گردند، فشارهای آب حفره ای باید کنترل شود تا زمانی که وزن سازه به حدی برسد که احتمال شناور شدن را از بین ببرد.
- تجزیه شیمیایی آب در گردش باید در زمانی که بخشی از کارهای موقت یا دائمی به طور چشمگیری در معرض خوردگی شیمیایی قرار می گیرد، انجام شود.
- اثر عملیات ساختمانی چون آبکشی، تزریق و حفر گالری بر رژیم آب زیرزمینی باید کنترل شود.
- هرگونه مغایرت در مختصات آب زیرزمینی که در طراحی فرض شده است باید بدون تأخیر به اطلاع فرد مسئول پروژه برسد. باید اطمینان حاصل شود که اصول بکاربرده شده در طراحی با مختصات آب زیرزمینی مواجه شده همخوانی دارد.
- در بررسیهای ژئوتکنیکی رده ۲ بررسی توزیع فشار آب حفره ای باید بطور عادی شامل موارد زیر باشد:
 - مشاهده سطح آب در گمانه ها و لوله های عمودی و نوسان آن در خلال زمان
 - ارزیابی هیدروژئولوژیکی ساختگاه شامل عوارضی نظیر سفره های آب آرتزین یا معلق یا تغییرات جزر و مدی (زمین شناسی ساحلی)
- به منظور کنترل ارزیابی پایداری گودبرداری ها در مقابل زیرفشار^۵، فشارهای حفره ای باید تا عمقی حداقل برابر عمق گودبرداری در زیر سطح آب زیرزمینی شناخته شوند. در مواردی که لایه های فوقانی دارای وزن مخصوص اندکی هستند، اکتشاف تا اعماق بیشتر نیز ممکن است ضرورت یابد.
- موقعیت و ظرفیتهای هرگونه آبکشی یا چاههای آب حفر شده در مجاورت محدوده ساختگاه باید روشن شود.

۲-۲-۷ ارزیابی پارامترهای ژئوتکنیکی

۱-۲-۲-۷ کلیات

- خواص خاکها، سنگها و توده های سنگی که به وسیله پارامترهای ژئوتکنیکی در محاسبات طراحی به کار می روند بطور کمی بیان می شوند. این پارامترها را باید از نتایج آزمایشهای صحرایی و آزمایشگاهی و سایر داده های مربوط بدست آورد. آزمایش های صحرایی و آزمایشگاهی باید با تجهیزات مناسب و کالیبره شده و روشهای استاندارد انجام پذیرد. این پارامترها متناسب با شرایط حدی در نظر گرفته شده تفسیر می شوند.

- در بیان ضرورت ارزیابی پارامترهای ژئوتکنیکی، تنها به آزمایشهای آزمایشگاهی و صحرایی رایج اشاره شده است. سایر آزمایشها را نیز می توان بکار برد مشروط بر آنکه مناسب بودن آنها با ذکر تجربه های قابل مقایسه نشان داده شود.

به منظور تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی قابل اعتماد، موارد زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- بسیاری از پارامترهای خاکها ثابتهای واقعی نیستند، بلکه بستگی به عواملی از قبیل تراز تنش، نحوه^۶ تغییر شکل و غیره دارند.

- در تفسیر نتایج آزمایشها، اطلاعات مربوط به کاربرد هر نوع آزمایش در شرایط مناسب زمین باید مدنظر قرار گیرد و به استانداردهای منتشر شده توسط سازمان مدیریت و برنامه ریزی و یا ارگانهای ذیربط دیگر مراجعه شود.

- باید تعداد کافی از هر آزمایش در برنامه آزمایشها پیش بینی شود تا بر اساس آنها بتوان اندازه و دامنه تغییرات هر پارامتر مؤثر در طراحی را بدست آورد.

- اندازه هر پارامتر باید با داده های موجود مربوط و نیز تجربه های محلی و عمومی مقایسه شود. باید روابط همبستگی موجود بین پارامترها، در نظر گرفته شوند.

- در صورت امکان، نتایج آزمایشهای بزرگ مقیاس و اندازه گیریهای صحرایی از ساختمانهای ساخته شده (تمام مقیاس) باید مورد تحلیل قرار گیرد.

- در صورت امکان، همبستگی بین نتایج آزمایشهای پیش از یک نوع، باید کنترل شود.

- مشخصه و سازندهای اصلی خاک یا سنگ باید قبل از تفسیر نتایج آزمایشها مشخص شود.

خواص زیر برای شناسایی خاکها و سنگها بکار می رود:

- خواص شیمیایی (از قبیل میزان کلر، سولفات و کربنات ...)

- خواص فیزیکی (از قبیل اندازه دانه ها، حدود اتربرگ، وزن مخصوص...)

- خواص مکانیکی، پارامترهای مقاومتی و پارامترهای تغییر شکلی از قبیل مقاومت برشی (C, ϕ, E, C_c, \dots) ،

مدول ادنومتري و...

مصلح باید با استفاده از آزمایشهای طبقه بندی مطابق با سیستم یکنواخت^۷ شده نامگذاری گردند.

اهم پارامترهای ژئوتکنیکی مورد نیاز عبارتند از:

۲-۲-۲-۷ وزن مخصوص

- وزن مخصوص باید بر اساس استاندارد شماره..... تعیین شود و اندازه پارامترهای منتج

($\gamma_d, \gamma_s, \gamma_H, \gamma_{Satu}$) از آن برای طراحی مشخص شود.

- تغییرات طبیعی یا مصنوعی یا لایه بندی طبقات در استفاده از آزمایش های تعیین وزن مخصوص باید مورد توجه قرار گیرد.

- تراز تنش در مسئله موردنظر
- دستخوردگی در حین نمونه برداری
- مقادیر C' و ϕ' را تنها می توان در محدوده تنشهایی که مقادیر آن مورد ارزیابی قرار گرفته است، ثابت فرض کرد.
- چنانچه پارامترهای مقاومت مؤثر C' و ϕ' از آزمایشهای زهکشی نشده با اندازه گیری فشار آب حفره ای به دست آید، باید دقت نمود که نمونه ها کاملا" اشباع شده باشند.
- به طور کلی مقادیر ϕ' خاکها در آزمایش تغییر شکل نسبی صفحه ای (ASTM...)، اندکی بیشتر از مقادیر بدست آمده در شرایط آزمایش سه - محوری است.

۷-۲-۲-۷ سختی خاک

- در این بخش به مدولهای تغییر شکل حجمی (K_p)، برشی (G)، مدول ارتجاعی خاک (E) و مدل عکس العمل بسته (K_g) پرداخته می شود.
- در ارزیابی سختی خاک نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:
- شرایط زهکشی
- سطح تنش مؤثر میانگین
- سطح تغییر شکل برشی اعمال شده یا تنش برشی وارده، که این تنش غالباً نسبت به مقاومت برشی در گسیختگی نرمالیزه می شود.
- تاریخچه تنش و تغییر شکل
- سایر عوامل مؤثر بر مدولهای تغییر شکل خاکها عبارتند از:
- امتداد تنش وارد بر خاک نسبت به جهت تنش اصلی تحکیم
- اثر زمان و آهنگ تغییر شکل
- اندازه ابزار آزمایش در ارتباط با اندازه دانه ها و ویژگیهای بافت خاک
- تعیین سختی خاک به نحو اطمینان بخش از آزمایشهای صحرایی و آزمایشگاهی بسیار مشکل است. به ویژه به سبب دستخوردگی نمونه و سایر تأثیرات در آزمایشهای آزمایشگاهی، اندازه گیری روی نمونه های آزمایشگاهی غالباً مقداری کمتر از سختی برجا را به دست می دهد. لذا تحلیل مشاهده ای رفتاری ساختمانهای پیشین توصیه می شود. گاهی بهتر است برای دامنه تغییرات محدودی از تنش رابطه بین تنش و تغییر شکل نسبی خطی یا لگاریتمی - خطی فرض شود. ولی، این امر همواره باید با احتیاط صورت گیرد زیرا رفتار واقعی خاک غالباً به روشنی غیرخطی است.

۸-۲-۲-۷ تراوایی خاک (K)

- در ارزیابی تراوایی خاک، موارد زیر باید موردنظر قرار گیرند:
- اثر شرایط ناهمگونی زمین
- اثر ناهمسانی هیدرولیکی در زمین
- اثر ترکها یا گسله ها در زمین، به ویژه در سنگ
- اثر تغییرات تنش تحت بارگذاری پیشنهادی
- اندازه بدست آمده از روی نمونه های کوچک آزمایشگاهی ممکن است معرف شرایط برجا نباشد. بنابراین در موارد ممکن، آزمایشهای برجا که خواص میانگین را برای حجم بزرگی از زمین اندازه گیری می کند، ارجحیت خواهد داشت. ولی بهر حال، باید تغییرات احتمالی در تراوایی در اثر افزایش تنش مؤثر، مورد توجه قرار گیرد.

گاهی می‌توان تراوایی را بر اساس آگاهی از اندازه دانه‌ها و توزیع آنها برآورد نمود.

۹-۲-۲-۷ پارامترهای تحکیم (C_c) و (C_s)

در ارزیابی تغییر شکل پذیری لایه‌های رسی به پارامترهای شاخص تراکم (C_c) و شاخص تورم (C_s) نیاز است. در ارزیابی این پارامترها باید موارد زیر در نظر گرفته شوند:

- اثر تغییرات تنش تحت بارگذاری مورد نظر
- اثرتاریخچه تنش

نمونه‌های برداشته شده از لایه‌های رسی باید معرف شرایط برجا باشد. در صورت وجود لایه‌های ضخیم رس باید از اعماق مختلف نمونه برداری شود تا بتوان پارامترهای تحکیم را در فاصله‌های تنش ثابت بدست آورد.

۱۰-۲-۲-۷ شمارش ضربه‌ها در آزمایشهای نفوذ استاندارد^{۱۱} (S.P.T.)

در ارزیابی شماره ضربه‌ها، نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- نوع آزمایش^{۱۲} (B.P.T., S.P.T.)
- شرایط نحوه اجرای آزمایش (روش بالا بردن وزنه، کفشک یا مخروط، جرم وزنه، ارتفاع سقوط، قطر کیسینگ و میله‌ها و...) (نشریه شماره ۲۲۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور)
- شرایط آب زیرزمینی
- تأثیر فشار روبار

- طبیعت زمین، به ویژه هنگامی که با قله‌های سنگ یا شن درشت برخورد شود.

۱۱-۲-۲-۷ پارامترهای مخروط فروبری^{۱۳} (C.P.T.)

در ارزیابی مقادیر مقاومت مخروط فروبری، اصطکاک غلاف و در صورت اندازه‌گذاری فشار آب حفره‌ای در خلال فروبری، نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- مخروط و غلاف اصطکاک می‌تواند به گونه‌ای بارز بر نتایج تأثیر بگذارد. بنابراین بر حسب نوع مخروط مورد استفاده، ضریب اصلاحی مناسب باید منظور شود.
- تنها زمانی می‌توان نتایج را با اطمینان تفسیر کرد که توالی خاکها ثبت شده باشد. بنابراین، در بسیاری از موارد حفر گمانه همراه با آزمایش فروبری ضروری است.
- در خاکهای ناهمگون که نتایج نوسانات زیادی را نشان میدهد، مقادیر نفوذ باید طوری در نظر گرفته شود که معرف بخش مربوط به طراحی موجود، در مجموعه خاک باشد.
- در صورت وجود روابط همبستگی بین نتایج این آزمایش و سایر آزمایشها از قبیل اندازه‌گیری دانسیته و سایر روشهای آزمایش فروبری، این روابط باید مورد توجه قرار گیرند. چگونگی انجام آزمایش و نحوه تفسیر نتایج در نشریه شماره..... سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور آورده شده است.

۱۲-۲-۲-۷ پارامترهای پرسیومتری^{۱۴}

در ارزیابی مقادیر فشار حدی و مدولهای پرسیومتری، نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- نوع دستگاه و مهمتر از آن روش بکار رفته برای نصب پرسیومتر در زمین
- منحنی‌هایی که شرایط دستخوردگی بیش از متوسط را نشان می‌دهند نباید مورد استفاده قرار گیرند.
- در مواردی که فشار در حین آزمایش به فشار حدی نمی‌رسد، برای تخمین آن می‌توان برون‌یابی محتاطانه و متعادلی روی منحنی انجام داد. برای آزمایشهایی که در آنها فقط بخش ابتدایی منحنی پرسیومتری مشخص شده است، می‌توان از همبستگیهای کلی، یا ترجیحاً، همبستگیهای محلی از ساختگاه مشابه به طور محتاطانه از مدولهای پرسیومتری برای تخمین فشار حدی استفاده نمود.

۷-۲-۲-۱۲ بارگذاری صفحه ای

- انجام آزمایش در رقوم استقرار پی و در اعماق پایین
- میزان عمق نفوذ تنش که تابعی از اندازه صفحه آزمایش است.
- ناهمگونی خاک و احتمال وجود لایه های تراکم پذیر در اعماق بیش از حوزه نفوذ تنش آزمایش.

۷-۲-۲-۱۴ برش مستقیم برجا

- انجام آزمایش در لایه موثر در مقاومت برشی خاک
- انجام آزمایش در محدوده تنشهای عمودی بر حسب عمق آزمایش و بارگذاری طراحی در هر پروژه

۷-۲-۲-۱۵ کیفیت و خواص سنگها و توده های سنگی

در ارزیابی کیفیت خواص سنگها و توده های سنگی، بین رفتار مصالح سنگی به نحوی که روی نمونه مغزه اندازه گیری می شود و رفتار توده های بسیار بزرگتر سنگی که حاوی ناپیوستگیهای ساختاری نظیر صفحات لایه بندی، درزه ها، پهنه های برشی و حفره های انحلالی هستند، باید تفاوت قایل شد. ویژگیهای زیر باید در ناپیوستگیها مورد توجه قرار گیرد:

- فاصله
- جهت
- بازشدگی دهانه
- به هم پیوستگی یا تداوم
- به هم فشردگی
- زبری، شامل اثرات حرکات قبلی روی درزه ها
- نوع ماده پرکننده
- به علاوه، هنگام ارزیابی خواص سنگها، مواد زیر بایستی، مدنظر قرار گیرند:
- تنشهای برجا
- فشار آب
- تغییرات آشکار خواص در لایه های مختلف
- کیفیت سنگ را می توان با استفاده از نشانه کیفی سنگ (R.Q.D.) که شاخصی از توده سنگ در کارهای مهندسی است، به طور کمی بیان کرد.
- خواص کلی توده سنگ، از قبیل مقاومت و سختی آن را می توان با استفاده از مفهوم رده بندی توده سنگها، برآورد کرد.
- حساسیت به آب و هوا، تغییرات تنش و غیره را باید مورد سنجش قرار داد و پیامدهای تجزیه شیمیایی روی عملکرد شالوده های سنگی باید مورد توجه قرار گیرد.
- در ارزیابی کیفیت سنگها و توده سنگها نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:
- برخی از سنگهای متخلخل نرم به سرعت به خاکهای کم مقاومت تجزیه می شوند، به ویژه اگر در معرض (تأثیر) هوازدگی قرار گیرند.
- برخی از سنگها خاصیت انحلال پذیری بالایی را در مقابل آبهای زیرزمینی از خود بروز می دهند به نحوی که سبب ایجادکانال، مغار و یا حفره هایی می شوند که ممکن است تا سطح زمین ادامه یابد.
- برخی از سنگها پس از باربرداری و قرار گرفتن در معرض هوا، به سبب جذب آب توسط کانیهای رسی به روشنی آماس^{۱۵} می کنند.

۷-۲-۲-۱۵-۱ مقاومت فشاری تک محوری و تغییر شکل پذیری مصالح سنگی

در ارزیابی مقاومت فشاری تک محوری و تغییر شکل پذیری مصالح سنگی، تأثیر عوامل زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- جهت محور بارگذاری نسبت به جهت ناهمسانی نمونه، از قبیل صفحات لایه بندی، برگوارگی و جز آن^{۱۶}.
 - روش نمونه گیری، پیشینه انبارداری و شرایط محیطی آن
 - تعداد نمونه های آزمایش شده
 - وضعیت هندسی نمونه های آزمایش شده
 - درصد آب و درجه اشباع نمونه در زمان آزمایش
 - طول مدت آزمایش و سرعت بارگذاری نمونه
 - روش تعیین مدول الاستیک و تراز یا ترازهای تنش محوری که در آنها مدول الاستیک تعیین شده است.
- مقاومت فشاری تک محوری و تغییر شکل پذیری تحت فشار تک محوری عمدتاً^{۱۷} برای رده بندی و تعیین مشخصات سنگ سالم و یکپارچه به کار می رود. به استاندارد دستورات عمل آزمایش مقاومت فشاری تک محوری طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور مراجعه شود.

۲-۲-۷ مقاومت برشی درزه ها

در ارزیابی مقاومت درزه های مصالح سنگی، تأثیر عوامل زیر باید مدنظر قرار گیرد:

- توجیه فضایی نمونه آزمایش با توجه به توده سنگ و بارهای وارده
 - جهت برش در آزمایش برش
 - تعداد نمونه های آزمایش شده
 - ابعاد منطقه گسیخته شده به برش
 - شرایط فشار آب حفره ای
 - احتمال گسیختگی تدریجی حاکم بر رفتار سنگ در زمین
- صفحات برش معمولاً بر صفحات سست در سنگها (درزه ها، صفحات لایه بندی، شیبستوزیته، کلیواژ^{۱۷} یا با فصل مشترک بین خاک و سنگ، یا بتن و سنگ، منطبق هستند. مقاومت برشی اندازه گیری شده درزه ها عمدتاً^{۱۸} برای تحلیل به روش تعادل حدی در توده سنگها به کار می رود.

۲-۲-۷ گزارش نهایی مطالعات و طراحی ژئوتکنیکی

عملیات مطالعات ژئوتکنیکی می تواند توسط یک مشاور ذیصلاح و خدمات مهندسی ژئوتکنیکی مربوط به همان ساختگاه توسط همان مشاور یا مشاور دیگری انجام شود. بر این اساس گزارشی که فقط شامل داده ها و اطلاعات ژئوتکنیکی حاصل از حفاریهای انجام شده در ساختگاه می باشد توسط مشاور عهده دار عملیات مطالعات ژئوتکنیکی تهیه می گردد. برنامه ریزی عملیات مطالعات ژئوتکنیکی، ارزیابی اطلاعات ژئوتکنیکی، انتخاب پارامترهای طراحی و انجام محاسبات مربوط به طراحیهای موردنظر در مجموعه خدمات مهندسی قرار می گیرد و باید توسط مشاور عهده دار خدمات مهندسی ژئوتکنیکی انجام پذیرد.

گزارش مطالعات و طراحی ژئوتکنیکی شامل دو بخش عمده زیر است:

- I - گزارش بررسیها و مطالعات اکتشافی ساختگاه (عملیات ژئوتکنیکی و مقاومت مصالح)
- II - گزارش نهایی خدمات مهندسی ژئوتکنیکی

۲-۲-۷-۱ گزارش بررسیها و مطالعات اکتشافی ساختگاه (عملیات ژئوتکنیکی و مقاومت مصالح)

نتایج بررسیهای ژئوتکنیکی باید در یک بخش تحت عنوان بررسی و مطالعات اکتشافی ساختگاه گردآوری شود که بر اساس عملیات و خدمات شناسایی انجام شده در ساختگاه می باشد.

گزارش مطالعات شناسایی به طور معمول باید به ارائه اطلاعات ژئوتکنیکی قابل دسترس شامل اطلاعات جمع آوری شده از عوارض زمین شناسی و داده‌های وابسته و اطلاعات بدست آمده از حفاریها و مطالعات اکتشافی ساختگاه موردنظر بپردازد.

اطلاعات ژئوتکنیکی باید در برگیرنده واقعیات کلیه کارهای صحرایی و آزمایشگاهی و مستندسازی روشهای بکار رفته در بررسیهای صحرایی و آزمایشگاهی باشد.

علاوه بر مورد بالا، گزارش باید حاوی اطلاعات زیر نیز باشد:

- هدف و چارچوب خدمات بررسیهای ژئوتکنیکی
- توضیحی درباره رده ژئوتکنیکی پیش بینی شده برای سازه
- زمانهایی که در فاصله بین آنها عملیات صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده است.
- روشهای بکار برده شده برای نمونه گیری، حمل و نگهداری در انبار
- انواع تجهیزات بکار برده شده
- اطلاعات نقشه برداری مربوط به مختصات مسطحاتی و تراز گمانه‌ها
- اسامی کلیه مشاوران و پیمانکاران دست اندرکار
- اطلاعات عمومی و شناسایی صحرایی پروژه شامل:
 - تاریخچه ساختگاه
 - زمین شناسی ساختگاه
 - اطلاعات حاصل از عکسهای هوایی قابل دسترس
 - عوارض طبیعی و مصنوعی مشاهده شده در ساختگاه
 - تجربیات ژئوتکنیکی محلی منطقه ساختگاه
 - گسلش و اطلاعات مربوط به لرزه خیزی ناحیه
- اطلاعاتی درباره نوسان سطح آب زیرزمینی در خلال زمان در گمانه‌ها در حین اجرای کارهای صحرایی و در پیرومترها بعد از تکمیل کارهای صحرایی.
- شواهد وجود آبهای زیرزمینی
- رفتار سازه‌های مجاور در حین عملیات اکتشافی ساختگاه (در صورت بروز موارد قابل ذکر)
- رخنمونهای موجود در کانال‌ها و گودبرداریهای منطقه
- وجود مناطق ناپایدار
- مشکلات حین اجرای حفاری
- تهیه جدول مقادیر کارهای صحرایی و آزمایشگاهی، ارائه مشاهدات صحرایی که توسط افراد بخش نظارت صحرایی در خلال بررسیهای زیرسطحی به عمل آمده است.
- ارائه نمودار گمانه‌ها، شامل عکسبرداری از مغزه‌ها، همراه با توصیف سازندهای زیرزمینی بر اساس توصیف صحرایی و نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی
- دسته بندی و ارائه نتایج صحرایی و آزمایشگاهی به صورت پیوست

۷-۲-۴-۲ گزارش نهایی خدمات مهندسی ژئوتکنیکی

این گزارش شامل ارزیابی اطلاعات ژئوتکنیکی و انتخاب پارامترهای طراحی بر اساس نتیجه گیری از ارزیابی های انجام شده و محاسبات مربوط به طراحی های ژئوتکنیکی خواهد بود. جزئیات گزارش های خدمات مهندسی ژئوتکنیکی بر حسب نوع طراحی متفاوت خواهد بود. مفروضات، داده‌ها و محاسبات باید در گزارش

- خدمات مهندسی ژئوتکنیکی ثبت گردد.
- گزارش معمولاً شامل موارد زیرین می باشد:
- تاریخچه و توصیف ساختگاه و محیط اطراف آن
- توصیف شرایط زمین
- تشریح ساختمان پیشنهادی شامل بارگذاریها و هندسه ساختمان
- پلان جانمایی گمانه ها و سایر عوارض مهم و همچنین چگونگی انطباق گمانه ها و سازه ها
- ذکر آییننامه ها و استانداردهای بکار برده شده
- بررسی گزارش ارائه داده ها و اطلاعات ژئوتکنیکی (بخش I)
- ارزیابی اطلاعات ژئوتکنیکی
- اطلاعات مربوط به لرزه خیزی ساختگاه
- انتخاب مقادیر پارامترهای طراحی ژئوتکنیکی
- انجام محاسبات موردنیاز و تهیه نقشه های طراحی ژئوتکنیکی
- اشاره به ردیفهای نیازمند بازنگری در جریان ساخت یا نیازمند نگهداری و یا رفتارسنجی
- گزارش خدمات مهندسی ژئوتکنیکی باید شامل یک برنامه رفتارسنجی و کنترل در صورت نیاز باشد.
- ارزیابی داده ها و اطلاعات ژئوتکنیکی باید بر حسب مورد حاوی اطلاعات زیر باشد:
- مروری بر کارهای صحرایی و آزمایشگاهی، در مواردی که داده ها محدود یا جزئی هستند، موضوع باید ذکر شود. چنانچه داده ها ناقص، نامربوط، ناکافی یا بدون دقت هستند به این موضوع باید اشاره شده و به تناسب اظهارنظر شود. روشهای نمونه برداری، حمل و نقل و انبارداری باید در تفسیر نتایج مورد توجه قرار گیرد. هر نتیجه آزمایش غیرعادی باید به دقت مورد توجه قرار گیرد تا روشن شود که آیا آن نتایج گمراه کننده اند یا اینکه نشان دهنده یک پدیده واقعی هستند که باید در طراحی به حساب آورده شود.
- ارائه پیشنهادها برای ادامه کارهای صحرایی و آزمایشگاهی در صورت لزوم، همراه با توضیحاتی که نیاز به کارهای اضافی را توجیه کند. چنین پیشنهادهایی باید با یک برنامه تفصیلی برای انواع کارهای اکتشافی اضافی لازم با اشاره ویژه به نکاتی که باید پاسخ داده شود، همراه باشد.
- علاوه بر آنچه در بالا گفته شد، اطلاعات ژئوتکنیکی باید در صورت ارتباط، موارد زیر را نیز شامل گردد:
- جدول بندی و ارائه گرافیکی نتایج کارهای صحرایی و آزمایشگاهی در ارتباط با نیازهای پروژه و در صورت نیاز، هیستوگرامهایی که نشان دهنده دامنه تغییرات مقادیر شاخص داده ها و توزیع آنها باشد.
- تعیین عمق سفره آب زیرزمینی و نوسانات فصلی آن.
- نیمرخهای زیرسطحی که نشان دهنده تفاوت بین سازندهای مختلف باشد. توصیف تفصیلی کلیه سازندها شامل خواص فیزیکی و تراکم پذیری و مشخصات مقاومتی آنها صورت گیرد. اظهارنظر در مورد بی نظمی هایی چون غارها و حفره ها و عدسیهای ناهمگون.
- دسته بندی و ارائه دامنه مقادیر داده های ژئوتکنیکی برای هر طبقه. این گزارش باید به شکلی جامع ارائه شود که بتوان از آن مناسبترین مقدار را برای پارامتر موردنظر در طراحی انتخاب کرد.
- ردیفهای نیازمند بازنگری در جریان اجرا یا نیازمند نگهداری پس از اجرا باید به وضوح در گزارش مشخص شوند. بعد از آنکه بازنگریهای لازم در جریان اجرا انجام گردید، مراتب باید گزارش شوند.
- درباره رفتارسنجی و بازنگری در گزارش طراحی ژئوتکنیکی باید مطالب زیر آورده شود:
- هدف هر یک از مجموعه مشاهدات و اندازه گیریها

- تعیین قسمتهایی از سازه که باید رفتارسنجی شوند و ایستگاههایی که در آنها مشاهدات باید انجام گیرد.
- تعداد دفعات ثبت نتایج قرائت شده
- روش ارزیابی نتایج:
- دامنه مفادبری که نتایج باید در محدوده آنها بررسی شوند
- مدت ادامه رفتارسنجی بعد از پایان عملیات ساختمانی
- بخشهای مسئول انجام اندازه گیریها، مشاهدات، تفسیر نتایج بدست آمده و رفتار سنجی و نگهداری از ابزارهای دقیق

۵-۲-۷ گزارش نهایی بررسیهای کنترلی

- در صورت انجام نظارت و کنترل در حین اجرا، باید گزارشی از مشاهدات میدانی شامل موارد زیر ارائه گردد:
- پیچیدگی شرایط زمین و عدم انطباق با مفروضات اولیه
- خطر گسیختگی در حین اجرا
- تغییرات احتمالی طراحی و یا اقدامات اصلاحی در حین اجرا

Data - ۱

information - ۲

Reconnaissance - ۳

recovering - ۴

Uplift - ۵

mode - ۶

unified-۷

Loosest - ۸

-۹ چسبندگی موثر

۱۰-زاویه اصطکاک موثر

۱۱- Standard Penetration Test نشریه شماره ۲۲۴ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور -

Becker Penetration Test - ۱۲

Cone penetration test-۱۳

۱۴- به نشریه شماره ۲۲۳ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور مراجعه شود.

Swell - ۱۵

Foliation - ۱۶

Cleavage - ۱۷

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



۷-۴ پی های سطحی (شالوده ها)

۱-۴-۷ دامنه:

الزامات این بخش در مورد پی های سطحی (شالوده ها) نظیر پی های تکی، نواری و گسترده، است. همچنین ممکن است برخی از این الزامات شامل بعضی از گونه های پی های نیمه ژرف مانند پی های صندوقه ای نیز بشود.

۲-۴-۷ حالت های حدی:

طراحی پی های سطحی بر اساس حالت های حدی صورت می گیرد. حالت های حدی به شرایطی عنوان می شود که چنانچه پی به آن شرایط برسد پی یا سازه های آن دچار آسیب یا اختلال در عملکرد پی می شود. این حالتها عبارتند از:

- فقدان پایداری کلی،
- گسیختگی حاصل از کمبود ظرفیت باربری،
- گسیختگی بر اثر لغزش،
- گسیختگی مرکب در زمین و در سازه،
- گسیختگی سازه ای ناشی از حرکت پی،
- نشست های بیش از حد،
- آماس بیش از حد و
- ارتعاشات ناپذیرفتنی.

به دو حالت حدی گسیختگی حاصل از کمبود ظرفیت باربری و نشست های بیش از حد در شرایط متعارف بیشتر برخورد می شود.

۲-۴-۷ ملاحظات طراحی و نیروها:

- در گزینش کنش های بارگذاری برای محاسبه حالت های حدی، از فهرست این کنشها که در بخش ۷-۲-۳ آمده است استفاده خواهد شد.
- به منظور محاسبه چگونگی ترکیب نیروها در زمانی که سازه دارای وزن یا سختی قابل ملاحظه ای باشد، ممکن است به یک تحلیل برهم کنش بین سازه و زمین نیاز داشته باشیم.
- گزینش ملاحظات طراحی مطابق با اصولی که در بخش ۷-۲-۲ ذکر شده است، صورت می گیرد.

- در زمان گزینش ملاحظات طراحی پی های سطحی، برآورد تراز ایستابی سفره های آبهای زیرزمینی خیلی مهم است.
- در طراحی پی های سطحی برای تعیین پی با استفاده از مفهوم تنش مجاز خاک ترکیب بارگذاری های زیر لازم است:

$$D + L$$

$$0/75 (D + L)$$

$$D + L \square (E \text{ یا } W)$$

$$D + L + H$$

$$0/75 (D + L + H) \quad \text{هر کدام که بزرگتر باشد} \quad \mathbf{H = K_s \times h^2}$$

$$0/75 (D + L + H + E)$$

$$D + L + T$$

که در آن:

D : بار مرده

L : بار زنده

H : فشار رانش خاک

E : بار زلزله

W : بار باد

T : اثرات خودکرنشی ناشی از تغییرات دما، نشست پایه ها، وارفتگی و غیره
 برای طراحی مقاطع بتن پی باید از ترکیب بارهای ضریب دار مطابق فصل دهم (مبحث نهم مقررات ملی ساختمان) استفاده شود.
 با در نظر گرفتن ضریب ۰/۷۵ در بارگذاری افزایش ظرفیت باربری به اندازه ۳۳ درصد مجاز نیست.

۲-۴-۷ ملاحظات طراحی و ساخت:

ملاحظات ژئوتکنیکی ذکر شده در آئین نامه ۲۸۰۰ باید مدنظر قرار گیرند.

در زمان گزینش ژرفای شالوده باید موارد زیر را در نظر گرفت:

- رسیدن به لایه باربر مناسب طبیعی و یا استقرار بر روی لایه بهسازی شده
- در خاکهای رسی، تراز که بالاتر از آن آماس یا نشست حاصل از تغییرات فصلی هوا و یا درختان و بوته ها، ممکن است سبب حرکات محسوسه شوند.
- تراز که بالاتر از آن پدیده یخ زدگی می تواند موجب خرابی شود.
- حرکت های احتمالی زمین و کاهش مقاومت لایه باربر در اثر نشست و یا اثرات آب و هوایی و یا روش های ساختمانی.
- اثرات حفاری های لازم برای ساخت در نزدیکی پی ها و سازه ها.
- حفاری های ضروری آبی در محدوده های نزدیک پی برای خدمات رسانی (لوله کشی و غیره).
- نیاز به ایجاد عمق در استقرار به منظور تامین پایداری.

برای طراحی یک پی سطحی باید از تحلیلهایی جداگانه برای هر کدام از حالت‌های حدی (نهایی و بهره برداری) ، با بکارگیری مدل‌های محاسباتی و مقادیر طراحی برای نیروها و پارامترهای زمین در هر حالت استفاده شود. در هنگام بررسی نسبت به حالت حدی نهایی، محاسبه باید محتمل ترین سازوکار گسیختگی را مدل نماید. در هنگام بررسی نسبت به حالت حدی بهره برداری باید از تحلیل تغییر شکل پذیری استفاده شود. لازم به یادآوری است که در طراحی یک پی سطحی الزام هر دو حالت حدی نهایی و بهره برداری باید کنترل شوند. مدل‌های محاسباتی برای طراحی حالت‌های حدی نهایی و بهره برداری پی های سطحی بر روی خاک در بخش‌های ۵-۴-۷ و ۶-۴-۷ ذکر می شود. ظرفیت باربری محتمل برای طراحی پی های سطحی (شالوده) مستقر بر سنگ در بخش ۷-۴-۷ آورده شده است.

۵-۴-۷ حالت حدی پایداری

۱-۵-۴-۷ پایداری کلی

گسیختگی ناشی از کمبود پایداری کلی باید در پی ها و اجزای آن به شرح زیر کنترل شود:

- در نزدیکی و یا روی ساختگاه شیبدار، چه به صورت شیب طبیعی و چه خاکریز شیبدار،
 - در نزدیکی محل حفاری و یا دیوار نگهبان،
 - در نزدیکی رودخانه، کانال، دریاچه، مخزن و یا سواحل دریا،
 - در نزدیکی معدن در حال کار و یا سازه های مدفون شده.
- در چنین شرایطی باید پایداری کلی محل سازه و پی تامین شود.

۶-۴-۷ حالت حدی مقاومت

در این بخش با ظرفیت مجاز کار می شود.

۱-۶-۴-۷ گسیختگی حاصل از کمبود ظرفیت باربری

- شرایط استاتیکی

برای نشان دادن این که پی با توجه به نیروهای طراحی، در مقابل گسیختگی حاصل از کمبود ظرفیت باربری، با ایمنی مناسبی مقاومت خواهد کرد، باید نامساوی زیر در همه حالت‌های بارگذاری حدی نهایی و ترکیب‌های مختلف نیروها صدق کند:

$$Q \leq R$$

۱-۴-۷

که در آن:

Q : بار طراحی حالت حدی مقاومت است که به طور عمودی به کف پی وارد می شود و شامل وزن پی و

مصالح روی آن می شود. در محاسبه Q عموماً فشارهای آب نیز در نظر گرفته می شود.

- زمانی که فشار آب در اطراف شالوده به صورت هیدروستاتیک باشد، محاسبه Q با استفاده از زیر فشار ناشی از وزن عناصر سازه ای شناور در زیر تراز ایستایی ساده می شود.

R : مقاومت مجاز طراحی پی است که در آن اثر هرگونه ضریب کاهش یا افزایشده مربوط به شکل و شرایط

هندسی پی، قرارگیری پی روی شیروانی، خروج از مرکزیت بار و تمایل بار در نظر گرفته شده است. R از مقادیر طراحی مربوط به پارامترهای انتخاب شده با در نظر گرفتن ضرایب اطمینان مربوط در ارتباط با بخش ۳-۷-۳ محاسبه می شود.

- در خاکهای چسبنده در مواردی که فشار آب حفره ای می تواند موجب تغییراتی در مقاومت برشی شود در ارزیابی تحلیلی ظرفیت باربری عمودی در طراحی پی سطحی، R، هر دو شرایط کوتاه مدت و بلندمدت به طور

مجزا در نظر گرفته می شود.

- زمانی که خاک و یا توده سنگ زیرپی لایه ای بوده و یا یک گسیختگی کلی مشخصی را نشان می دهد، سازوکار گسیختگی محتمل و پارامترهای مقاومت برشی انتخاب شده و پارامترهای تغییر شکل پذیری مربوط به این وضعیت باید در مشخصه های گسیختگی و تغییر شکل خاک به حساب آیند.
- در محاسبه بار مقاوم طراحی پی در روی نهشته های چند لایه ای با ستبرای زیاد، باید پارامترهای زمین را برای هر لایه در نظر گرفت.
- در مواردی که یک سازند مقاوم و یک سازند ضعیف در زیر پی واقع می شوند، در محاسبه ظرفیت باربری باید پارامترهای برشی مربوط به سازند ضعیف را نیز در نظر گرفت.

ملاحظات لرزه ای:

- توجه به این نکته ضروری است که در اثر وقوع زمین لرزه بعضی از رس های حساس ممکن است دچار کاهش مقاومت برشی شوند و همچنین مصالح غیرچسبنده در معرض افزایش فشار آب حفره ای قرار گیرند.
- ارزیابی ظرفیت باربری خاک تحت بارگذاری لرزه ای، نیازمند توجه کافی به تضعیف احتمالی مقاومت سختی است که ممکن است حتی در سطح تغییر شکل نسبی پایین آغاز شود. در این حالت باید پارامترهای ژئوتکنیکی طراحی با توجه به این امر تعریف شوند.
- ظرفیت باربری پی باید با استفاده از منحنی ها یا فرمولهای مناسب محاسبه گردد که در آن زاویه میل و خروج از مرکزیت بارگذاری ناشی از نیروهای اینرسی سازه و همچنین اثرات احتمالی نیروهای اینرسی در خاک در نظر گرفته شده باشد. افزایش فشار آب حفره ای تحت بارگذاری سیکلیک باید با فرض مقاومت زهکشی نشده یا در نظر گرفتن فشار حفره ای در تحلیل تنش مؤثر مورد توجه قرار گیرد. برای سازه های مهم، رفتار غیرخطی خاک باید در تعیین تغییر شکل احتمالی دایمی در خلال زلزله مورد توجه قرار گیرد.
- در خاکهای ماسه ای اشباع کم تراکم، تحلیل احتمال وقوع روانگرایی با انجام آزمایشهای برجا و آزمایشگاهی بر اساس روشهای شناخته شده ژئوتکنیک لرزه ای باید انجام گیرد. در صورت احتمال وقوع روانگرایی یا بارهای وارد توسط گزینه دیگری به لایه های مقاوم انتقال یابد. و یا از اصلاح و بهسازی خاک استفاده نمود و بدون تغییر گزینه بهینه پی، شرایط ژئوتکنیکی مناسب برای باربری ایجاد نمود.
- با توجه به تولید فشار آب حفره ای در خاکهای ماسه ای اشباع کم تراکم حتی اگر امکان روانگرایی موجود نباشد باید کاهش ظرفیت باربری در اثر افزایش فشار آب حفره ای (سیکلیک موبیلیتی^۱) محاسبه شده و ظرفیت باربری پی سطحی باید بر اساس پارامترهای ژئوتکنیکی دینامیکی از یکسو و در نظر گرفتن کلیه ضرایب کاهنده حاصل محاسبه شود.
- در خاکهای ماسه ای متراکم اشباع، تحلیل و طراحی پی سطحی با پارامترهای ژئوتکنیکی بدست آمده در شرایط استاتیکی باید با در نظر گرفتن کلیه ضرایب کاهنده حاصل از بارگذاری بطور محافظه کارانه ای انجام پذیرد.

۲-۶-۴-۷ گسیختگی بر اثر لغزش:

- زمانی که بار پی تحت اثر توامان نیروهای افقی و قائم قرار می گیرد، باید پی ها را در مقابل گسیختگی ناشی از لغزش کنترل نمود. برای ایمنی در مقابل گسیختگی لغزشی در پایه افقی، باید نامساوی زیر برقرار شود:

$$H < S + E_p \quad 2-6-4-7$$

که در آن:

H: مولفه افقی بارهای طراحی است که شامل نیروهای رانش محرک خاک نیز می باشد.

S: مقاومت برشی طراحی بین پایه پی و زمین است.

E_p : رانش مقاوم خاک در لبه شالوده است که می تواند توسط تغییر مکان حالت حدی در نظر گرفته شده بسیج شود. در هنگام استفاده از این مقاومت باید اطمینان حاصل کرد که این نیرو همواره در طول عمر سازه از بین نمی رود و هیچگاه به دلیلی حذف نمی شود.

مقدار طراحی EP باید نسبت به مقیاس حرکت قابل انتظار در زیر بارگذاری حالت حدی مورد نظر سنجیده شوند. رفتار احتمالی مربوط به حالت حداکثر را در مورد حرکت های زیاد باید در نظر گرفت. توصیه می شود که در هر حال هیچگاه از مقادیر بزرگتر از ۵۰ درصد رانش مقاوم خاک در طراحی استفاده نشود.

- در مورد پایه شیبدار، باید شرایط مشابه ای با نامساوی ۲-۶-۴-۷ برقرار شود.

- در مواردی که پی بر روی خاکهای رسی واقع می شود، باریبری محدوده ای که دارای نوسان سطح آبهای زیرزمینی فصلی است و همچنین امکان انقباض رس در لبه عمودی پی را باید در نظر گرفت.
- امکان جابجایی خاک جلوی پی در اثر سایش و یا فعالیت های انسانی را باید در نظر گرفت.
- برای خاک در شرایط زهکشی شده، باید مقاومت برشی طراحی را با استفاده از معادله زیر محاسبه کرد:

$$S = Q' \tan \delta \quad ۳-۴-۷$$

که در آن:

Q' : بار طراحی مؤثر است که بطور عمودی از خاک به پی وارد می گردد.

δ : زاویه اصطکاک طراحی در مرز خاک زیر پی می باشد.

زاویه اصطکاک δ را می توان مساوی با زاویه برشی ϕ' برای بتن ریخته شده درجا و مساوی با $\frac{2}{3}\phi'$ برای پی های پیش ساخته با رویه صاف در نظر گرفت. هرگونه چسبندگی C' باید حذف شود. مقاومت برشی طراحی، در شرایط زهکشی نشده، عموم از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$S = A' C_u \quad ۴-۴-۷$$

که در آن A' مساحت پایه مؤثر است که برش بر آن اعمال می شود.

چنانچه این امکان وجود داشته باشد که آب و یا هوا به سطح میان پی و بستر روسازی رس زهکشی نشده برسد، باید کنترل زیر را انجام داد:

$$S \leq 0.2Q \quad ۵-۴-۷$$

در واقع نامساوی ۵-۴-۷ فقط وقتی قابل استفاده است که وضعیت فضای خالی بین پی و زمین طوری باشد که بتواند از مکش، در سطحی که هیچگونه فشار بارگذاری مثبتی در آن وجود ندارد، جلوگیری کند.

۲-۶-۴-۷ بارهای با خروج از مرکز زیاد

در زمانی که خروج از مرکزیت بار از $\frac{1}{6}$ پهنای شالوده مستطیلی و یا $\frac{0}{3}$ شعاع شالوده دایره ای تجاوز می کند و یا به عبارت دیگر از هسته مرکزی پی خارج می شود باید مقادیر نیروهای طراحی طبق بخش ۳-۲-۷ مورد بازبینی دقیق قرار گیرند و از مقادیر محافظه کارانه در محل کناره پی در کنترل مقاومت باریبری استفاده شود. بنابراین موارد زیر رعایت می گردد:

- طراحی محل لبه پی با در نظر گرفتن مغایرت های احتمالی محاسبه نسبت به اجرای کار باید در نظر گرفته شود.
- اختلافهای تا ۰/۱ متر را باید در نظر گرفت، مگر اینکه مراقبتهای ویژه ای در حین کار صورت گیرد.

۴-۶-۴-۷ گسیختگی سازه ای ناشی از حرکت پی

- از آنجائیکه تغییر مکانها به پارامترهای طراحی تغییر شکلی انتخاب شده وابسته هستند باید اطمینان حاصل کرد که در شرایط طرح، سازه تحت تأثیر تغییر مکانهای غیرمتجانس افقی و عمودی ایجاد شده در پی ها به گسیختگی نرسد.

- در زمینی که احتمال آماس کردن در آن می رود، با تشخیص اختلاف پتانسیل آماس باید پی ها و سازه ها را طوری طراحی کرد که در مقابل این اختلاف مقاومت نموده و یا اینکه با آن سازگار باشد.

۷-۴-۷ طراحی حالت حدی بهره برداری^۲

- تغییر مکانهای ایجاد شده در پی در اثر نیروهای سازه بالای آن را باید در هر دو حالت تغییر مکان داخلی پی و تغییر مکانهای جزئی بخشهای مختلف پی در نظر گرفت:

- در زمان محاسبه تغییر مکانهای پی برای مقایسه با معیارهای بهره برداری باید از بارهای طراحی حالت حدی بهره برداری استفاده کرد.
- تغییر مکانهای ایجاد شده در اثر نیروها در پی را باید نظیر فهرستی که در بخش ۷-۲-۲ آمده است، در نظر گرفت.
- در مورد محاسبه تغییر مکانهای عمودی ایجاد شده در پی (نشستها)، روشهایی وجود دارد که در بخش ۷-۴-۱-۶ ذکر میشود.
- محاسبات نشست را نباید به عنوان مقادیری دقیق تلقی کرد. این مقادیر، تقریب و تخمین بسیار خوبی را تأمین می کنند.

۱-۷-۴-۷ نشست:

- محاسبه نشستها شامل دو حالت نشست آبی و نشست تحکیمی می باشد.
- نشست آبی در مورد کلیه خاکها با استفاده از تئوری الاستیک خطی یا خیرخطی متداول انجام می شود.
- برای محاسبه نشستها در خاکهای اشباع باید سه مؤلفه نشست زیر در نظر گرفته شود:

- نشست در شرایط بدون زهکشی، برای خاکهای کاملاً اشباع، مربوط به تغییر شکل برشی در حجم S_0 ثابت:
- نشست در اثر تحکیم: S_1
- نشست در اثر خزش: S_2

به خاکهایی همچون خاکها یا مواد آلی و همچنین رسهای حساس که در آنها ممکن است نشست در اثر خزش تا زمان زیادی ادامه یابد، باید توجه ویژه ای مبذول شود.

در مورد نشست در اثر تحکیم موارد زیر قابل ذکر است:

- ژرفای لایه های خاک تحکیم یافتنی را باید با در نظر گرفتن اندازه پی، شکل پی و تغییر در سختی خاک نسبت به ژرفا و فضای اجزای پی انتخاب نمود. به طور عادی این ژرفا ممکن است به عنوان ژرفایی در نظر گرفته شود که در آن تنشهای عمودی مربوط به سر بارهای پی بیشتر از ۱۰ درصد تنش سربار مؤثر است و افزایش تنش در هر عمق از ۱۰ درصد تنش مؤثر موجود در همان عمق تجاوز نکند. این ژرفا در بیشتر حالتها ممکن است بین یک تا سه برابر یهنای پی فرض شود، اما در مورد بارهای سبکتر در پی های سطحی یهن ممکن است کاهش یابد. این مطلب در مورد خاکهای خیلی نرم صادق نیست.
- هرگونه نشستهای اضافی ممکن در اثر تحکیم خودبخودی خاک باید در نظر گرفته شود.
- باید در نظر داشت که نشست تحکیمی ممکن است مدتها پس از احداث ساختمان اتفاق بیافتد و در اثر زهکشی ممکن است نشستهای غیرمتجانس ایجاد شود.
- اثرات احتمالی ناشی از وزن خاک، سیلاب و زمین لرزه در خاکهای رمینده و خاکریزها و اثرات تغییر در تنش در خاکهای دانه ای با قابلیت فشرده شدن (تراکم) باید در نظر گرفته شود.
- بر حسب شرایط ساختگاه، مدل خطی یا مدل غیرخطی رفتاری هر کدام که مناسبتر است باید انتخاب شود.
- نشستهای نابرابر و چرخشهای نسبی، با در نظر گرفتن توأم توزیع نیروها و تغییرات احتمالی زمین محاسبه می شود. این کار برای این است که از امکان وقوع حالت حدی بهره برداری جلوگیری شود.

- محاسبه نشستهای نابرابر بدون در نظر گرفتن مقادیر سختی سازه، مقادیری بیش از حد بیش بینی را ارائه می کند. برای کاهش مجاز نشستهای جزئی می توان از تحلیل بر اساس در نظر گرفتن برهم کنش سازه - زمین استفاده کرد.

نشستهای نابرابر ناشی از تغییرات زمین تا آنجا مجازند که توسط سختی سازه، از بروزشان جلوگیری شود. در مورد پی های سطحی واقع بر زمینهای طبیعی مقادیر مجاز این نشستها بطور عادی کمتر از ۵۰% نشست کل مجاز در نظر گرفته می شود.

برآورد کجی پی با بار خارج از مرکز را می توان با در نظر گرفتن توزیع فشار باربری خطی صورت داد و بعد از آن محاسبه نشست در گوشه های پی با استفاده از توزیع تنش عمودی زمین در زیر هر گوشه با استفاده از متدهای محاسبه نشست متداول انجام شود.

۲-۷-۴-۷ تحلیل ارتعاشی نشست آبی

- برای اطمینان از این که ارتعاشات وارده باعث بوجود آمدن نشستهای غیرمجاز و ارتعاشات بیش از حد ساختمان نخواهد شد، باید پی سازه هایی که در معرض این ارتعاشات و یا بارهای لرزه ای می باشد برای این بارها محاسبه شود.

- برای اطمینان از اینکه در سیستم پی - زمین، بین تواتر بارهای مرتعش و تواتر بحرانی حالت تشدید رخ نمی دهد و همچنین اطمینان از اینکه در زمین روانگرایی اتفاق نمی افتد، باید پیش بینی های لازم انجام شود.

۲-۷-۴-۷ تحلیل لرزه ای

در مقابل زلزله لازم است پی های تک واقع در یک صفحه افقی توسط شناژهای افقی در دو جهت بهم متصل گردند باید این شناژها دارای مقاومت و سختی کافی در مقابل تحمل نیروهای زیر را داشته باشند.

- استفاده از پی های نواری دوطرفه بجای پی های نواری با شناژهای متصل کننده ارجح است، در این صورت لازم است سازه نیز طوری طراحی شود که نیروها متناسب با پی های نواری در دو جهت وارد شوند. نیروهای اضافی وارده بر سازه به دلیل تغییر مکانهای نسبی افقی در پی باید ارزیابی شود و تدابیر طراحی مناسب به عمل آید.

مقاومت کششی لازم این عناصر اتصال دهنده (شناژها) ممکن است به وسیله روشهای ساده شده ای ارزیابی شود. در صورتی که قواعد یا روشهای دقیقتری در دسترس نباشد، چنانچه قواعد ارائه شده در بندهای الف و ب زیرین رعایت شوند، اتصالات پی کافی فرض می شوند.

الف - طراحی برای یک نیروی محوری، در کشش یا فشار، برابر است با:

$$\pm \frac{1}{2} a N$$

برای خاک نوع اول و دوم

$$\pm \frac{1}{3} a N$$

برای خاک نوع سوم

$$\pm \frac{1}{4} a N$$

برای خاک نوع چهارم

که در آن N مقدار متوسط نیروهای محوری طراحی (در ترکیب بار لرزه ای) روی عناصر قائم متصل است و a نسبت شتاب منطقه موردنظر می باشد.

ب - مهار کافی آهنهای طولی در بدنه شالوده.

تبصره: در خاکهای نوع اول می توان به جای شناژ افقی از تمهیدات دیگری استفاده کرد.

۷-۴-۷ پی های مستقر بر بستر سنگی، ملاحظات اضافی طراحی

در طراحی پی های سطحی بر روی بستر سنگی باید موارد زیر را مدنظر داشته باشیم:

- مقاومت سنگ سالم و مقاومت توده سنگی و نشست مجاز تکیه گاه سازه

- طبقه بندی توده سنگ

- وجود هرگونه لایه های ضعیف، قابل انحلال و یا هرگونه حفاریها و سازه های زیرزمینی در زیر پی

- وجود درزه ها، شکافها وسایر ناپیوستگیها و هرگونه مواد پرکننده ناپیوستگیها

- حالت هوازدگی، تجزیه و شکست سنگ
- شیب سنگ
- اغتشاش در وضعیت طبیعی سنگ ناشی از فعالیت‌های ساختمانی
- اثر تغییرات درصد رطوبت روی مقاومت و تغییر شکلهای حجمی گلسنگها و رس سنگها و فورش سنگهای ضعیف و مارنها.

۸-۴-۷ طراحی سازه ای:

طراحی سازه ای پی های سطحی باید منطبق با الزامات گفته شده در مبحث نهم مقررات ملی ساختمان انجام شود.

۹-۴-۷ سایر ملاحظات:

- در شالوده های صلب، می توان توزیع فشار باربری را به طور خطی در نظر گرفت.
- تحلیل‌های تفصیلی بیشتر (کاملتر) برهم کنش خاک - سازه ممکن است به عنوان طراحی اقتصادی تر مورد استفاده قرار گیرد.

در پی های انعطاف پذیر، توزیع فشار را می توان توسط مدلسازی پی ارزیابی کرد. در این صورت می توان پی را مانند تیر یا دالی که بر روی محیط تغییر شکل پذیر و یا یک سری فنرهایی با سختی و مقاومت مناسب قرار دارد، مدل نمود. تخمین مدول فنری خاک در ارزیابیها نقش بسیار مهمی ایفا می کند که باید در تخمین آن دقت ویژه مبذول گردد. در شرایط فعلی طراحی می توان بجای فنر از مدلسازی خاک به عنوان محیط تغییر شکل پذیر متخلخل با در نظر گرفتن شرایط اشباع و یا غیراشباع استفاده نمود.

Cyclic mobility -۱

serviceability-۲

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



۵-۷ پی های ژرف (شمعها)

۱-۵-۷ دامنه:

این بخش شامل شمعهای فشاری (اتکایی^(۱)، اصطکاکی) و کششی است که توسط کوبش، فروردن با فشار، پیچاندن، حفاری با و یا بدون تزریق کار گذاشته می شوند.

۲-۵-۷ حالت‌های حدی

حالت‌های حدی زیر باید در نظر گرفته شود:

- فقدان پایداری کلی،
- گسیختگی حاصل از کمبود ظرفیت باربری شمع ها،
- زیرفشار و یا مقاومت کششی ناکافی شمع ها،
- گسیختگی در زمین ناشی از بارگذاری مایل شمع ها،
- گسیختگی سازه ای شمع در فشار، کشش، خمش، پیچش و یا برش،
- گسیختگی مرکب در زمین و در شمع،
- نشست‌های بیش از حد،
- تغییر شکل جانبی بیش از حد،
- ارتعاشات ناپذیرفتنی.

۳-۵-۷ شرایط طراحی و نیروها:

۱-۳-۵-۷ کلیات:

- در محاسبات حالت‌های حدی سیاهه ای از نیروهای بارگذاری که در بخش ۲-۲-۷ تهیه شده است، باید در نظر گرفته شود.
- شرایط طراحی باید مطابق با اصولی که در بخش ۲-۲-۷ گفته شده است، ارزیابی گردد.
- در محاسبه نیروهایی از سازه که در طراحی شمع ها مدنظر قرار می گیرند، ممکن است به برهم کنش سازه - زمین نیاز باشد. در تحلیل اندر کنش ممکن است، در نظر گرفتن هر دو مقدار مشخصه پارامترهای کمینه و بیشینه تغییر شکل پذیری ضروری باشد.

۲-۲-۵-۷ نیروهای مربوط به تغییر مکان زمین:**۱-۲-۲-۵-۷ کلیات:**

- زمینی که شمع در آن قرار می گیرد، ممکن است با تغییر مکانهای ایجاد شده در اثر تحکیم، بالا آمدگی^(۳)، بارگذاریهای مجاور، خزش خاک، زمین لغزه و یا زمین لرزه مواجه گردد. نیروی حاصل از این پدیده ها در شمعها به صورت ایجاد اصطکاک منفی جدار^(۳)، بالا آمدن شمع، بارگذاری مایل و تغییر مکان اثر می نماید.
- در طراحی باید نقطه نظرات زیر را در نظر گرفت:
- الف) تغییر مکان زمین به عنوان نیرو عمل می کند. آنگاه با استفاده از یک تحلیل اندر کنش نیروها، تغییر مکانها و تغییر شکلها نسبتی در شمع محاسبه می گردد.
- ب) حد بالایی نیرویی که زمین می تواند به شمع انتقال دهد، باید به عنوان نیروی طراحی در نظر گرفته شود. ارزیابی این نیرو، مقادیر مقاومت خاک و منشاء بار را بدست می دهد که توسط وزن و یا فشار خاک به حرکت درآمده و یا بزرگی نیروهای توزیع شده، نشان داده می شود.

۲-۲-۲-۵-۷ اصطکاک منفی جدار:

- اگر محاسبات طراحی بر مبنای رفتار نیروی اصطکاک منفی جدار، به عنوان یک نیرو انجام می شود، مقدار آن باید بیشینه مقداری باشد که می تواند توسط نشست زمین در نسبت به شمع حاصل شود.
- بیشینه نیروهای اصطکاک منفی جدار، تابع مقاومت برشی خاک در طول بدنه شمع، ژرفای خاک متراکم شونده، وزن خاک و بارگذاری سطحی در اطراف شمعهایی که نشست را بوجود می آورند، می باشد.
- در یک گروه شمع، حد بالایی نیروی اصطکاک منفی جدار ممکن است با استفاده از وزن سرباری که نشست را بوجود می آورد، همراه با در نظر گرفتن تغییرات فشار آب زیرزمینی مربوط به تغییر سطح آب، تحکیم و یا کوبش شمع دیگری محاسبه گردد.
- در جایی که نشست زمین بعد از کار گذاشتن شمع به اندازه کافی کوچک باشد، یک طراحی با صرفه اقتصادی می تواند با در نظر گرفتن نشست زمین به عنوان یک تحریک خارجی و انجام تحلیل برهم کنش بین خاک و شمع صورت پذیرد.
- محاسبات اندر کنش باید با استفاده از تغییر مکان شمع نسبت به زمین اطراف خود، مقاومت برشی خاک در طول بدنه شمع و وزن خاک و بار سطحی مورد انتظار در اطراف هر کدام از شمعهایی که اصطکاک منفی جدار را بوجود می آورند، انجام گردد.

۲-۲-۲-۵-۷ بالا آمدگی:

- در ارزیابی اثر بالا آمدگی، یا نیروهای به سمت بالایی^(۴)، که در طول بدنه شمع ایجاد میشوند، عموم حرکت زمین به عنوان یک تحریک خارجی مورد بحث قرار می گیرد.
- بالا آمدگی زمین می تواند از باربرداری، حفاری، عمل یخبندان و یا فرو بردن شمعهای مجاور حاصل شده باشد. همچنین می تواند نتیجه افزایش درصد رطوبت زمین باشد که در اثر کندن درختان، نفوذ آب در لایه های خاک، جلوگیری از تبخیر (بر اثر ساختمان سازی جدید) و غیره ناشی شده باشد.
- بالا آمدگی ممکن است در طول زمان ساخت، قبل از بارگذاری شمعها توسط سازه رخ دهد، ممکن است این رویداد بطور غیرقابل پذیرشی در اثر زیرفشار و یا شکست سازه ای شمعها اتفاق بیافتد..

۴-۲-۲-۵-۷ بارگذاری مایل:

- حرکات مایل زمین باعث بارگذاری مایل بر روی پی های شمعی می شود. این بارگذاری مایل در صورتی که یکی یا ترکیبی از شرایط زیر رخ بدهد، در نظر گرفته خواهد شد:

• مقادیر متفاوت سربار بر روی هر طرف یک شمع

- سطوح متفاوت حفاری بر روی هر طرف یک شمع
- قرار گرفتن یک شمع در جوار یک خاکریز
- ساختن یک شمع در شبی که در حال خزش می باشد.
- شمعها در مناطق لرزه خیز

- بارگذاری مایل بر روی شمع ها، بطور عادی، با در نظر گرفتن شمعها به عنوان تیرهایی در یک توده خاک تغییر شکل پذیر ارزیابی می گردد.

در مواردی که تغییر شکل افقی لایه های خاک ضعیف بالایی زیاد باشد و شمعها فاصله زیادی از هم دارند، حد مقادیر بارهای مایل ایجاد شده را مقاومت برشی لایه های خاک ضعیف تعیین می کند.

۱۰-۵-۷ طراحی شمع در برابر بارگذاری لرزه ای

- شمعها باید برای مقاومت در برابر اثرات دو نوع بارگذاری زیر طراحی شود:
- الف - نیروهای اینرسی از سازه بالای پی: چنین نیروهای همراه با بارهای استاتیکی، مقادیر طراحی بارگذاری قائم در سطح افقی N_{sd} ، نیروی برشی افقی V_{sd} و ممان M_{sd} را تشکیل می دهد.
- ب - نیروهای جنبشی: ناشی از تغییر شکل خاک محیط اطراف به واسطه عبور امواج لرزه ای تحلیل نیروهای داخلی در طول شمع و همچنین جابجایی و دوران در سرشمع باید بر اساس مدل های گسسته یا پیوسته ای باشد که در آنها خصوصیات زیر بطور واقعی (حتی تقریبی) منظور شود:

- سختی خمشی شمع
- کاهش عکس العمل خاک در طول شمع با توجه به اثرات بارگذاری چرخه ای و میزان تغییر شکل های نسبی در خاک
- «اثرات اندرکنش دینامیکی شمع با شمع که اثرات دینامیکی گروه شمع» نیز نامیده می شود.
- درجه آزادی برای دوران در سرشمع یا ارتباط بین شمع و سازه اصلی.

- مقاومت جانبی لایه های خاکی که در معرض روانگرایی یا کاهش مقاومت اساسی هستند نادیده گرفته می شود.

- افزایش لنگر خمشی به واسطه اندرکنش جنبشی باید تنها زمانی که دو یا تعداد بیشتری از شرایط زیر به طور همزمان رخ دهد، محاسبه شود:

- نیمرخ خاک زیرین از لایه های کم مقاومت بوده و یا شامل لایه های متوالی با تغییرات شدید سختی باشد.
- لرزه خیزی منطقه بالا یا متوسط باشد.

- شمع ها باید طوری طراحی شوند که حتی المقدور الاستیک باقی بمانند. در غیر این صورت، بخشهایی که دارای استعداد تشکیل مفصل خمیری هستند، باید طبق ضوابط میحث نهم طراحی شوند.

- در کلیه موارد، چنین مفصل های خمیری بالقوه باید برای محدوده های زیر فرض شوند:

- منطقه ای با عمق $2d$ از سرشمع
- منطقه ای با عمق $\pm 2d$ از فصل مشترک دو لایه دارای سختی برشی کاملاً متفاوت (نسبت ضریب

برشی بزرگتر از ۶).

که در آن d بیانگر قطر شمع است. چنین مناطقی باید با استفاده از آرماتورهای محصورکننده کافی بر طبق ضوابط به صورت شکل پذیر طراحی شوند.

۴-۵-۷ مبانی و ملاحظات طراحی

۱-۴-۵-۷ مبانی طراحی:

طراحی بر مبنای الزامات زیر صورت می گیرد:

a) روشهای تحلیلی و یا تجربی که اعتبار آنها در شرایط مشابهی به وسیله آزمایشهای بارگذاری ایستا به اثبات رسیده باشد.

b) روشهای مبتنی بر استفاده مستقیم از نتایج آزمایشهای برجا (C.P.T., S.P.T., ...) اگر اعتبار آنها توسط آزمایش های بارگذاری ایستا (استاتیک) در شرایط مشابه تایید شده باشد.

c) نتایج آزمایشهای بارگذاری ایستا (استاتیک) که به وسیله محاسبات و یا روشهای دیگر سازگاری آن با سایر تجربه های مربوط به اثبات رسیده باشد.

d) نتایج آزمایشهای بارگذاری دینامیک بهتر است حتی الامکان نتایج آزمایشهای بارگذاری ایستا (استاتیک) در شرایط مشابه تأیید شده باشد.

- مقادیر طراحی بدست آمده برای پارامترها جهت استفاده در محاسبات، باید عموماً با بخش ۷-۳-۳ مطابقت داشته باشند. اما ممکن است در محاسبات، مقادیر پارامترهایی که از نتایج آزمایشهای بارگذاری حاصل شده اند، نیز انتخاب شوند. ضرایب اطمینان متفاوتی بر حسب حجم و دقت آزمایشهای انجام گرفته و روش انتخابی طراحی گزینش خواهند شد.

- توصیه می شود که در هر پروژه حتی المقدور آزمایش بارگذاری ایستا (استاتیک) تا حد گسیختگی انجام گیرد.

آزمایشهای بارگذاری ایستا را می توان بر روی شمعهای آزمایشی که قبل از اتمام طراحی فقط به منظور انجام آزمایش کار گذاشته شده اند و یا شمعهای در حال ساختی که قسمتی از پی هستند، انجام داد.

- در مواردی استفاده از عملکرد پی های شمعی موجود در شرایط مشابه به جای آزمایش برجا می تواند مورد پذیرش باشد به شرط اینکه نتایج بررسیهای صحرایی و آزمایشگاهی نیز آنرا تأیید کند.

۲-۴-۵-۷ ملاحظات طراحی:

- رفتار شمعهای منفرد و گروه شمعها و سختی و مقاومت سازه های مرتبط کننده شمعها باید در نظر گرفته شود.

- در هنگام گزینش روشهای محاسباتی و مقادیر پارامترها و استفاده از نتایج آزمایش بارگذاری باید به طول مدت بارگذاری و تغییرات آن در طول زمان توجه نمود.

- در هنگام انجام محاسبات و همچنین در استفاده از نتایج آزمایش بارگذاری باید به خاکریزها و یا خاکبرداریهای آبی و یا تغییرات در رژیم آب زیرزمینی توجه نمود.

- در انتخاب نوع شمع که شامل جگونگی کیفیت مصالح آن و روشهای اجرای آن می باشد، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- شرایط زمین ساختگاه شامل وجود و یا امکان وجود موانع اجرای شمع
- تنشهای ایجاد شده در شمعها در هنگام اجرای آن
- امکان محافظت و کنترل صحت شمع اجرا شده
- اثر روش اجرا و توالی گامهای آن بر روی شمعهای قبل کار گذاشته شده و سازه های مجاور
- رواداری مجاز در اجرای شمعها جهت تأمین اهداف طراحی

- اثرات شیمیایی زبان آور در زمین

- با در نظر گرفتن فهرست مطالب بالا، باید به موارد زیر توجه نمود:

- فاصله شمعها در گروه شمعها،
- تغییر مکان یا ارتعاشات سازه های مجاور در اثر کار گذاشتن شمع،
- نوع چکش و یا لرزاننده مورد استفاده،
- تنشهای ارتعاشی شمع در اثنای کوبش،
- برای آن دسته از شمعهای برجایی که پایداری چاه حفر شده با سیال (نظیر بنتونیت) تأمین می شود نگهداری فشار سیال در سطح اطمینان بخشی که چاه ریزش نکند و گسیختگی هیدرولیکی و بالازدگی در کف چاه رخ ندهد، ضروری می باشد،
- تمیز کردن کف چاه و در بعضی مواقع جداره چاه، بویژه در زیر بنتونیت، برای از بین بردن مصالح دستکاری شده،
- ناپایداری موضعی چاه شمع در اثنای بتن ریزی، ممکن است باعث ریزش خاک و مخلوط شدن آن با بتن در شمع گردد،
- ورود آب به درون شمعهای درجا ریخته شده،
- تغییر طرح اختلاط بتن توسط جریان آب زیرزمینی قبل از گیرش،
- اثر لایه های ماسه غیراشباع در دور شمع که باعث گرفته شدن آب از بتن می شود،
- تراکم خاک در اثر فرو بردن شمع،
- دستخوردگی در خاک در اثر حفاری چاه در شمعهای درجا،
- تنشهای ایجاد شده در زمان حمل و نقل^(۵)،
- دقت در اتصال مناسب شمع های چند قطعه ای.

۶-۵-۷ شمعهای فشاری

۱-۶-۵-۷ طراحی حالت حدی:

- طراحی باید نمایانگر آن باشد که هیچکدام از حالتهای حدی زیر محتمل نیستند:

- حالتهای حدی نهایی گسیختگی کلی
- حالتهای حدی نهایی گسیختگی ناشی از کمبود مقاومت باربری شمعها
- حالتهای حدی نهایی خرابی و یا خسارت شدیدسازه ناشی از تغییر مکان شمعها
- حالتهای حدی بهره برداری سازه ناشی از تغییر مکان شمعها

۲-۶-۵-۷ پایداری کلی:

- گسیختگی ناشی از فقدان پایداری کلی پی های شمعی فشاری باید در نظر گرفته شود.
- در جایی که امکان ناپایداری وجود دارد، باید تواماً سطوح گسیختگی گذرنده از زیر شمعها و یا سطوحی که شمعها را قطع میکنند در نظر گرفته شوند.
- بندهای مندرج در بخش ۱-۵-۴-۷ در ارتباط با پایداری کلی پی های سطحی در مورد پی های شمعی فشاری نیز کاربرد دارند.

۳-۶-۵-۷ ظرفیت باربری:

۱-۳-۶-۵-۷ کلیات:

برای نمایش اینکه پی، بارهای طراحی را با ایمنی مناسبی تحمل خواهد نمود و به گسیختگی ناشی از فقدان ظرفیت باربری نمیرسد باید نامساوی زیر برای همه حالتهای حدی نهایی بارگذاری و ترکیب بارگذاریها

صدق نماید:

$$F_C \leq R_C$$

(۱-۵-۷)

که در آن:

F_C : بار محوری فشاری طراحی در حالت حدی نهایی می باشد.
 R_C : مجموعه مولفه های مقاومت باربری طراحی در حالت حدی نهایی پی شمعی در برابر بارگذاریهای محوری می باشد که در آن اثر هرگونه شیب و یا بارگذاریهای خارج از مرکز منظور شده است.
 - در مورد شمعهای گروهی، دو ساز و کار گسیختگی در نظر گرفته می شود:

- گسیختگی گروهی حاصل از کمبود ظرفیت باربری شمعها به طور منفرد
- گسیختگی گروهی حاصل از کمبود ظرفیت باربری شمعها و خاک بین آنها که به صورت یک بلوک عمل می کند.

- عموماً، ظرفیت باربری گروه شمعی که به عنوان یک بلوک عمل می کند، می تواند بصورت شمع منفردی با ابعاد بزرگ به شکل بلوک محاسبه گردد.
 - در ارزیابی مقاومت باربری نهایی در شمعهای منفرد کوبیدنی باید اثرکاهنده ناشی ازکوبش هرشمع شمعهای مجاور درنظرگرفته شود و درصورت لزوم شمعهای مجاور مجدداً کوبیده شوند.
 - اگر لایه های خاک باربر شمعهای فشاری اتکایی بر روی یک لایه ضعیف واقع می شوند اثر لایه ضعیف بر روی ظرفیت باربری شمع منفرد و یاگروه شمع باید درنظر گرفته شود.
 - درصورتی که شمعها پایداری یک پی منعطف را تأمین می کنند، باید این موضوع در نظر گرفته شود که قابلیت توزیع مجدد موجود نیست وهرشمع ویامجموعه شمع بایدبرای بارآورده خود طراحی شود.
 اگر شمعها پایداری یک پی صلب را تأمین می کنند، قابلیت توزیع مجدد بار سازه بین شمعها در نظر گرفته می شود. فقط در حالتی که تعداد قابل ملاحظه ای از شمعها با همدیگر گسیخته شوند حالت حدی رخ خواهد داد، بنابراین حالت گسیختگی یک شمع در نظر گرفته نخواهد شد.

۲-۲-۶-۵-۷ ظرفیت باربری نهایی از آزمایشهای بارگذاری شمع

در مواردی که آزمایش بارگذاری شمع انجام می شود می توان ظرفیت باربری طراحی را از روی نتیجه این آزمایش بدست آورد.

- نتایج آزمایش بارگذاری شمع در یک ساختگاه در شرایط اجرای یکسان شمعهای آزمایشی و شمعهای اصلی قابل استفاده است. بدیهی است نتایج یک ساختگاه برای ساختگاه دیگر قابل استفاده نیست.
 - سعی می شود قطر شمعهای آزمایشی با قطر شمعهای اصلی یکسان باشد، در صورت اختلاف قطر در شمع های با قطر بزرگ، نسبت قطر شمع آزمایشی به قطر شمع اصلی از ۰/۵ نباید کمتر باشد.
 - به پدیده اصطکاک منفی در استفاده از نتایج آزمایش بارگذاری شمع در طراحی شمعها باید توجه ویژه داشت.

۲-۲-۶-۵-۷ مقاومت باربری نهایی از نتایج آزمایش

مقاومت باربری طراحی R_C را می توان از طریق زیر بدست آورد:

$$R_C = R_b + R_s \quad (۲-۵-۷)$$

که در آن:

R_b مقاومت طراحی نوک و R_s مقاومت طراحی میله (جداره) شمع می باشد.

R_b و R_s را می توان از فرمولهای زیر محاسبه نمود:

$$R_b = q_b A_b \quad (۲-۵-۷)$$

$$q_{si} \cdot A_{si}$$

$$R_s = \sum_{i=1}^n$$

که در آن نمادهای زیر بکار رفته است:

R_s و R_b : مقادیر یگه مقاومت‌های پایه (نوک) و میله (جداره) شمع،

A_b : مساحت ظاهری غیرواقعی سطح پایه (نوک) شمع،

A_{si} : سطح جانبی ظاهری شمع در لایه i ،

q_b : مقدار یگه مقاومت نوک،

q_{si} : مقدار یگه مقاومت جداره شمع در لایه i ،

مقدار یگه q_b و q_{si} را می توان از قوانین محاسباتی مبتنی بر روابط میان نتایج آزمایشهای بارگذاری

ایستا و آزمایشهای صحرایی و یا آزمایشگاهی بدست آورد.

مقاومت نهایی شمع را نیز می توان با استفاده از روابط ظرفیت باربری نوک و جداره شمع بدست آورد. در برخی از آئین نامه ها مقادیر یگه ذکر شده در روابط محاسباتی بالا مقادیر مشخصه ای هستند که با استفاده از ضرایب تعریف شده در همان آئین نامه ها بدست می آیند.

- در ارزیابی اعتبار رابطه محاسباتی، عوامل زیر باید در نظر گرفته شود:

- نوع خاک شامل: دانه بندی، کانی شناسی، گوشه داری، جرم حجمی، بیش تحکیمی، قابلیت تراکم (فشردگی) و تراوایی،

- اجرای شمع شامل: شمع های درجا ریخته شده ویا رانده شده^(۶) (ویا سایر روشهای کارگذاری)، درازا، قطر و مصالح،

- روش آزمایش

- در روابط ظرفیت باربری جداره شمع بر حسب نوع اجرای آن (کوبیدن، حفر چاه) باید به ایجاد ساز و کار گسیختگی مقاوم توجه ویژه داشت و در صورتیکه بر حسب نوع اجرا، این مکانیزم ایجاد نشود، در روابط موردنظر باید از ضرایب فشار دیگری که با نحوه اجرا منطبق است استفاده نمود. ضرایب فشاری که در روابط مورد نظر بکارگرفته می شود باید به نوع ساز و کارگسیختگی بوجود آمده سازگار باشد.

- در زمان محاسبه مقاومت نوک یک شمع باید مقاومت زمین را در زیر و بالای نوک شمع در نظر گرفت. مقاومت نوک در طول چندین برابر قطر در زیر و بالای نوک شمع گسترش می یابد، بنابراین در طراحی شمع باید اثرات لایه ضعیف را در روی مقاومت نوک به حساب آورد.

اگر در تعیین مقادیری که q_b و q_{si} از نتایج آزمایشهای برجا استفاده شود می توان ضریب اطمینان کوچکتری در نظر گرفت ولیکن بهرحال این ضرایب اطمینان نباید کمتر از ۱/۵ در نظر گرفته شود.

اگر زمین ضعیفی در ژرفای کمتر از ۴ برابر قطر پایه شمع در زیر آن وجود دارد، ساز و کار گسیختگی سوراخ کننده^(۷) را، باید در نظر گرفت.

۴-۲-۶-۵-۷ مقاومت نهایی شمع با استفاده از نتایج کوبیدن شمع

- اگر در ارزیابی مقاومت نهایی شمعهای فشاری منفرد از قواعد کوبیدن شمع استفاده می شود، اعتبار

قواعد باید به وسیله عملکرد خوب تجارب قبلی ویا آزمایشهای بارگذاری ایستا روی نمونه های شمع مشابه با

طول و نیمرخ عرضی مشابه و شرایط یکسان زمین تأیید شود.

- فقط در صورتی که لایه بندی زمین معین شده باشد می توان از قواعد شمع کوشی با ملاحظات بالاستفاده کرد.

۵-۶-۲-۵-۷ مقاومت نهایی با استفاده از تحلیل معادله موج:

در جایی که از تحلیلهای معادله موج برای ارزیابی مقاومت شمعهای فشاری منفرد استفاده می شود، اعتبار این تحلیلهای باید به وسیله عملکرد قابل قبول قبلی در آزمایشهای بارگذاری ایستا در همان نوع شمع با طول مشابه و نیمرخ عرضی مشابه در شرایط خاک یکسان تأیید شود.

- در جایی که آزمایش بارگذاری دینامیکی بر روی شمعهای آزمایشی انجام شده باشد، پارامترهای ورودی در معادله امواج می تواند تغییر کند.

- آزمایش دینامیکی شمع ممکن است عملکرد چکش و پارامترهای زمین را از مقادیر واقعی بیشتر نشان دهد.

- تحلیل به وسیله معادله موج به طور معمول فقط وقتی انجام می شود که لایه بندی زمین توسط حفاریها و آزمایشهای صحرائی تعیین شده باشد.

۴-۶-۵-۷ نشست شمع ها:

- نشست شمع ها باید موارد زیر را شامل شود:

- نشست شمع منفرد،
- نشست اضافی ناشی از عملکرد گروه شمعها.

۷-۵-۷ شمعهای کششی

۱-۷-۵-۷ کلیات:

طراحی شمعهای کششی باید منطبق با قوانین طراحی باشد که در بخش ۶-۵-۷ ذکر شده است.

۲-۷-۵-۷ ظرفیت باربری:

۱-۲-۷-۵-۷ کلیات:

برای اینکه پی، بارهای طراحی را با ایمنی مناسبی در مقابل گسیختگی کششی تحمل کند، نامساوی زیر باید برای همه حالتهاى حدی نهایی و تلفیق های مختلف بارگذاری صدق نماید:

$$F_t \leq R_t \quad (۴-۵-۷)$$

که در آن:

F_t : بارگذاری محوری کششی طراحی در حالت حدی نهایی می باشد و

R_t : ظرفیت کششی طراحی شمع در حالت حدی نهایی است.

- برای شمعهای کششی، دو نوع ساز و کار گسیختگی در نظر گرفته می شود:

- بیرون آمدن شمعها از زمین،
- بالا آمدن بلوک زمین حاوی شمعها.
- در گسیختگی شمعهای کششی منفرد ظرفیت کششی طراحی شمع در حالت حدی نهایی بصورت زیر است:

$$R_t = W_t + R_g$$

- گسیختگی شمعهای کششی منفرد و یا گروه شمعهای کششی ممکن است به صورت بیرون آمدن یک مخروط از زمین، مانند شمعهایی که نوک با قطر بزرگتر از میله دارند، رخ بدهد.

- در صورتی که گسیختگی شمع در اثر بالا آمدن بلوک و یا خاک دربرگیرنده شمع ها رخ دهد ظرفیت کششی طراحی شمع به صورت زیر است:

(۶-۵-۷)

$$R_t = W_t + F_s - U_{upl:ft}$$

که در آن نمادهای زیر بکار رفته است:

W_t : وزن بلوک خاکی (آبدار) و شمعها در طراحی

F_s : مقاومت برشی طراحی در مرز بلوک خاک

$U_{upl:ft}$: برآیند نیروهای رو به بالای طراحی ناشی از فشار آب در زیر بلوک خاک

- اثر بلوک که تعیین کننده ظرفیت کششی طراحی خواهد بود به فاصله شمع ها ارتباط دارد.
- از آنجایی که ممکن است گروه شمعها، تنشهای عمودی مؤثر بر هر شمع را کاهش دهد، بنابراین در هنگام ارزیابی ظرفیت بربری کششی تعیین کننده، کوچکترین دومقدار ظرفیت کششی بربری گروه شمع و مجموع ظرفیت بربری کششی شمع ها به صورت منفرد خواهد بود. در اکثر موارد اثر گروه شمع ها در کشش تعیین کننده نیست زیرا مقاومت برشی فصل مشترک خاک و شمع از مقاومت برشی خاک کمتر است.
- در بارگذاری دوره ای باید اثر بارهای مخالف شدید و همچنین برگشت بار را بر ظرفیت بربری کششی در نظر گرفت.

۷-۵-۲-۲- ظرفیت کششی نهایی از طریق نتایج آزمایش کشش شمع

تنها هنگامی می توانیم از روش نتایج آزمایش کشش شمع برای محاسبه ظرفیت بربری کششی نهایی استفاده کنیم که آزمایشهای بارگذاری بر روی شمعهای مشابه صورت گرفته باشد. این تشابه هم از نظر درازا و هم از نظر نیمرخ عرضی در شرایط یکسان خاک تأمین می گردد.

- مقادیر طراحی مقاومت کششی شمع تکی و یا گروه شمعها با در نظر گرفتن مقاومت برشی بین شمع و خاک، در لایه های از خاک که در مقاومت کششی مؤثر می باشند، ارزیابی می گردد.

۷-۵-۲- تغییر مکانهای قائم

- تغییر مکانهای قائم ناشی از شرایط بار حدی بهره برداری باید با مقادیر حدی مجاز تغییر مکان مقایسه شوند.

- به طور کلی، کنترل تغییر مکانهای قائم در مقابل مقاومت کششی نهایی، ما را مطمئن می سازد که این تغییر مکانها موجب خرابی در سازه و ایجاد حالت حدی بهره برداری نخواهند شد. بهر حال در شرایطی که معیارهای محکمی برای حالت حدی بهره برداری مورد نیاز باشد، کنترل جداگانه تغییر مکانها ضروری است.

۷-۵-۸- شمعهای تحت بارگذاری جانبی:

۷-۸-۱- کلیات:

- شمعهای تحت بارگذاری جانبی منطبق با قوانینی که در ۷-۵-۶ گفته شده است، طراحی می شوند. قوانین طراحی، بویژه برای پی های شامل شمعهای تحت بارگذاری جانبی در این بخش بیان شده است.

۷-۸-۲- مقاومت نهایی بارگذاری جانبی:

۷-۸-۲-۱- کلیات:

- برای نمایش آن که پی بارگذاری جانبی طراحی را با ایمنی مناسبی در مقابل گسیختگی تحمل می کند، باید نامساوی زیر در همه حالتها حدی نهایی و هر ترکیبی از بارگذاری صدق نماید:

$$F_{tr} \leq R_{tr}$$

(V-5-V)

که در آن:

F_{tr} : بارگذار جانبی طراحی حالت حدی نهایی و

R_{tr} : مقاومت حدی نهایی در مقابل بارگذارهای جانبی با در نظر گرفتن اثر هرگونه بارگذاری محوری فشاری و یا کششی میباشد.

- یکی از ساز و کارهای گسیختگی زیر باید در نظر گرفته شود:

- چرخش و یا انتقال شمعهای کوتاه به عنوان یک جسم صلب،
- گسیختگی خمشی شمعهای باریک و بلند همراه با تسلیم موضعی و تغییر مکان خاک در بالای آنها.

- در ارزیابی مقاومت شمعهای تحت بارگذاری جانبی باید اثر گروهی آنها را در نظر گرفت.

۷-۸-۲ تعیین مقاومت نهایی شمعهای تحت بارگذاری جانبی از نتایج آزمایش و پارامترهای

مقاومت شمع:

- مقاومت شمع و یا گروه شمعهای تحت بارگذاری جانبی باید با استفاده از مجموعه سازگاری از لنگرهای خمشی، نیروهای برشی، عکس العملهای زمین و تغییر مکانها محاسبه گردد.

- تحلیل شمعهای تحت بارگذاری جانبی باید شامل احتمال گسیختگی سازه ای شمع در منطقه ای در زیر سطح زمین منطبق با بخش ۷-۵-۹ باشد.

- محاسبه مقاومت شمعهای باریک و بلند تحت اثر بارگذارهای جانبی می تواند با استفاده از تئوری تیرهایی انجام شود که در انتهای آنها بار وارد می شود و بر روی تکیه گاهی با انعطاف پذیری متوسط فرار می گیرد. این انعطاف پذیری توسط ضرایب افقی عکس العمل بستر مشخص می شود.

- درجه آزادی چرخش شمعها در محل اتصال به سازه، باید در هنگام ارزیابی مقاومت شمعهای تحت بارگذاری جانبی آورده شود.

۷-۸-۲ تغییر مکان جانبی:

ارزیابی تغییر مکان جانبی در بالای پی شمع باید با توجه به مسایل زیر انجام شود:

- سختی زمین،
- سختی پیچشی شمعهای تکی،
- ثابت بودن لنگر (ممان) شمعها در محل اتصال به سازه،
- اثر گروه شمعها،
- اثر بارگذاری برگشتی و یا بارگذاری دوره ای.

طراحی سازه ای شمعها:

باید نشان داد که شمعها می توانند تلاشهای ایجادشده را در دوگام زیر تحمل کنند:

الف - بامنظورکردن نیروهای وارده و پارامترهای زمین که ازطراحی ژئوتکنیکی معین شده اند.

ب- اعمال کلیه ضوابط اعلام شده که توسط آئین نامه های طراحی سازه ای و این آئین نامه معین شده اند.

- در هر دو روش پارامترهای طراحی در مورد مصالح سازه ای باید مطابق با آنچه در مجموعه مقررات ملی ساختمان مربوط به مصالح مناسب تصریح شده است، باشند.

- طراحی سازه ای شمعها باید دربرگیرنده مجموعه شرایطی باشد که ممکن است شمع با آن روبرو گردد:

هم در اثنای ساخت که شامل مسایل حمل و نقل آنها و کوبیدنشان (بر حسب مورد) می شود و هم در هنگام استفاده از شمعها. شمعهای کششی، باید طوری طراحی شوند که بتوانند در صورت لزوم همه نیروهای کششی را در تمامی طول خود تحمل نمایند.

- طراحی سازه ای شمعها باید دربرگیرنده کلیه رواداری های معین شده برای نوع شمع، مؤلفه های نیروها و عملکرد پی باشد.

- در کنترل طراحی سازه ای شمعها، خواص زمین موردنظر باید مقادیر طراحی مربوط کمتری را نسبت به شرایط حالت حدی سازه ای نشان دهد.

- مقاومت طراحی زمین مورد استفاده در محاسبات سازه ای باید طوری باشد که در حالت حدی نهایی سازه رخ می دهد.

- در مورد شمعهای لاغر و بلندی که از میان آب و یا نهشته های خاک خیلی ضعیف با ژرفای زیاد گذر می کنند و بر روی لایه سخت قرار می گیرند باید کنترل پیش انجام گردد.

۷-۵-۱۱ نتایج طراحی وملاحظات ساخت:

- طرح مراحل استقرار یک شمع، اساس کارهای اجرایی در حین ساخت خواهد بود.
- طرح استقرار شمعها باید شامل اطلاعات طراحی ذیل باشد:

- نوع شمع، با معین کردن مشخصات فنی (شامل مصالح، روش ها، و ابزار اجرایی) وملاحظات استناداری باتوجه به شرایط ویژه دستگاه
- محل هر شمع و رواداری های موقعیت آن،
- مقاطع طولی وعرضی شمع
- نحوه اتصال شمع های چندقطعه ای
- طول شمع،
- تعداد شمعها،
- ظرفیت باربری شمع،
- تراز پای شمع،
- توالی اجرای شمع ها در یک گروه،
- مقاومت در مقابل نفوذ شمع،
- موانع شناخته شده،
- و هرگونه محدودیتی در عملیات اجرای شمع از قبیل نوع اجرا مثل درجا ریخته یا رانده شده برحسب شرایط

- در صورت امکان استقرار همه شمعها باید توسط نصب ابزار دقیق کنترل و همه داده ها در ساختگاه ثبت شوند. داده ها باید در مورد هر شمع توسط ناظر و سازنده شمع تأیید و نگهداری شوند.

- اطلاعات ثبت شده در مورد هر شمع در صورت امکان شامل موارد زیر می باشد:

- نوع شمع و تجهیزات استقرار آن،

- تعداد شمعها،
- مقاطع طولی و عرضی شمع، طول و مقدار میلگردها (در مورد شمع های بتنی)
- تاریخ و مدت استقرار (شامل توقف بتن ریزی، حجم بتن مورد استفاده و روشهای بتن ریزی در مورد شمعهای درجا ریخته شده)،
- PH وزن مخصوص، ویسکوزیته^۸ (باتلاق) و میزان بنتونیت استفاده شده
- فشارهای تخلیه بتن و یا تزریق، قطرهای داخلی و خارجی، گام پیچ ها و میزان نفوذ در هر دور (در مورد شمعهای متنه ماریچ پیوسته و یا سایر شمعهای تزریقی)،
- مقادیر مقاومت کوبش اندازه گیری شده برای شمعهای کوبشی مانند وزن و میزان ضربه یا قدرت چکش، تعداد ضربات در دقیقه و تعداد ضربات برای عمق نفوذ مشخص در خاک
- قدرت بیرون آوردن لرزاننده ها (در صورت استفاده)،
- نیروی گشتاوری مورد استفاده برای موتور حفاری کننده (در صورت استفاده)،
- در مورد شمعهای درجا ریخته شده، لایه هایی که در موقع حفاری به آن برخورد شده است و شرایط محدوده نوک شمع در صورتی که عملکرد آن بحرانی بوده است،
- موانع برخورد شده در هنگام عملیات اجرایی شمع،
- هرگونه انحرافی در موقعیت، جهت ها و ارتفاع در هنگام ساخت.

-اطلاعات و طرح های ثبت شده در هنگام اجرا، باید بعد از تکمیل عملیات اجرایی شمع، گردآوری و با اسناد مربوط به ساخت نگهداری شود.

- اگر مشاهدات و یا بازرسیهای ثبت شده ساختگاه با توجه به کیفیت شمعهای اجرا شده، نشان دهنده عدم اعتماد به آنها باشد، بررسیهای تکمیلی به منظور تعیین شرایط شمعهای اجرا شده و این که آیا اندازه گیریهای علاج بخشی مورد نیاز هست یا نه، انجام می شود. این بررسیها شامل کوبش مجدد همراه با آزمایش دینامیک شمع (PDA) و یا ترکیبی از آزمایشهای تعیین سلامت شمع، آزمایشهای صحرائی تکمیلی مکانیک خاک و آزمایشهای بارگذاری ایستا در مورد شمعهای مشکوک می باشد.

- اگر روشهای استقرار شمعها را با نصب ابزار دقیق به صورت قابل قبولی کنترل نمی شود، باید برای تعیین سلامت شمعها و این که آیا بسته به روند استقرار کیفیت آن حساس هست یا نه آزمایشهایی بر روی آنها انجام گردد.

برای ارزیابی کلی شمعهایی که ممکن است دارای نقایص جدی باشند و یا این که در اثنای ساخت کمبود مقاومت شدیدی در خاک نشان دهند، آزمایشهای تعیین سلامت دینامیکی با دامنه کوتاه^۹ می تواند مورد استفاده قرار بگیرد. نقایصی چون استفاده از بتن با کیفیت پایین و ضخامت پوششی کم، بر عملکرد دراز مدت شمع اثر گذاشته و اغلب به وسیله آزمایشهای دینامیکی کشف نمی شوند. بنابراین ممکن است به آزمایشهای دیگری از قبیل امواج صوتی، ارتعاش و یا مغزه گیری در هنگام نظارت بر اجرا، مورد نیاز باشد.

End Bearing -۱

Heave -۲

Downdrag-۳

Upward -۴

Splicing -۵

Driven -۶

Punching failure mechanism -۷

Marsh Viscosity -۸

Dynamic Low strain integrity test -۹

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



۶-۷ سازه های نگهبان

۱-۶-۷ حدود

- مندرجات این فصل در سازه هایی کاربرد دارد که نگهدارنده زمین، مصالح مشابه یا آب هستند.
- سازه های نگهبان شامل انواع دیوارها و سیستمهای نگهبان می باشند که در آنها عناصر ساختمانی از ترکیب خاک یا سنگ بدست می آیند.
- در طراحی سازه های نگهبان، شاید بهتر آن باشد که سه نوع سازه نگهبان زیرین از یکدیگر متمایز گردند:
- دیوارهای نگهبان وزنی: دیوارهایی از سنگ یا بتن ساده یا بتن مسلح هستند با شالوده قاعده ای با و بدون پاشنه، لبه با پشت بند، وزن خود دیوار، که گاهی شامل توده های خاک یا سنگ پایدارکننده نیز می شود، نقش مهمی در نگهداری از مصالح نگهداشته شده ایفا می کند. نمونه های این دیوارها عبارتند از دیوارهای سنگی و بتنی وزنی با ضخامت ثابت یا متغیر، دیوارهای بتن مسلح با شالوده گسترده، دیوارهای پشت بنددار و...
- دیوارهای توکار^(۱): معمولاً دیوارهای نسبتاً نازکی از فلز، بتن مسلح یا الوار هستند که به وسیله مهاربند، دستک^(۲) و یا رانش مقاوم خاک نگهداشته می شوند. ظرفیت خمشی چنین دیوارهایی، نقش مهمی در نگهداری از مصالح نگهداشته شده تا زمانی که وزن خود دیوار قابل توجه نیست، ایفا می نماید.
- نمونه های این گونه دیوارها عبارتند از دیوارهای سپری فلزی در انتها گیردار، دیوارهای مهار شده یا دستک دار فلزی یا دیوارهای سپری بتن مسلح، دیوارهای دیافراگمی و...
- سازه های نگهبان ترکیبی: شامل دیوارهایی متشکل از عناصر بکار برده شده در دو نوع دیوار بالا می شوند. تعداد بسیار زیادی از چنین دیوارهایی وجود دارند. نمونه های این گونه دیوارها عبارتند از فرازبندهای سپری دوجداره، سازه های خاکی تقویت شده با فولاد پیش تنیده^(۳)، پارچه گونه ها یا تزریق، سازه های دارای چندین ردیف مهار زمینی یا میخ کوبیده شده در خاک و...

۲-۶-۷ حالت های حدی

- فهرستی از حالت های حدی که لازم است در نظر گرفته شوند، باید تهیه گردد. به عنوان حداقل، حالت های حدی زیر باید برای کلیه انواع سازه های نگهبان در نظر گرفته شوند:
- فقدان پایداری کلی،
- گسیختگی یکی از عناصر سازه ای مانند یک دیوار، مهار، تیر، پشت بند، یا گسیختگی پیوند این گونه عناصر،
- گسیختگی توام در زمین و در عناصر سازه ای،
- حرکات سازه نگهبان که ممکن است موجب فروریختن شود یا در شکل ظاهری یا عملکرد سازه، سازه های مجاور یا تأسیساتی که بر روی آن قرار دارند، مؤثر واقع شود.
- نشست غیرقابل قبول از پشت یا زیر دیوار،
- تغییر غیرقابل قبول در جریان آبهای زیرزمینی.
- اضافه بر آن، حالت های حدی زیرین باید برای سازه های نگهبان وزنی و سازه های نگهبان ترکیبی در نظر گرفته شوند:
- گسیختگی بر اثر فوررفتگی حاصل از کمبود مقاومت باربری خاک،
- گسیختگی بر اثر لغزش در قاعده دیوار،
- گسیختگی بر اثر واژگونی دیوار،
- و برای سازه های نگهبان توکار:
- گسیختگی بر اثر چرخش یا انتقال دیوار یا بخشهایی از آن و گسیختگی بر اثر عدم تعادل عمودی دیوار

- برای انواع سازه های نگهبان، ترکیب حالت‌های حدی بالا باید در نظر گرفته شود.
- طراحی سازه های نگهبان وزنی معمولاً با همان مشکلات طراحی پی های گسترده، خاکریزها و شیپها رو برو می شود. هنگامی که حالت‌های حدی برای سازه های نگهبان وزنی در نظر گرفته می شوند، اصول فصل ۶-۷ باید به عنوان اصول مناسب اعمال شود. بویژه گسیختگی در ظرفیت باربری زمین زیر پایه دیوار تحت بارگذاریهایی که دارای برون محوریهای بزرگ باشد، باید مورد توجه خاص قرار گیرد، در این مورد به ۴-۵-۴-۷ مراجعه شود.

۲-۶-۷ شرایط بارگذاری، طراحی و داده های هندسی

۱-۲-۶-۷ بارگذاری

در انتخاب بارگذاری ها، برای محاسبه حالت‌های حدی، باید موارد مندرج در ۳-۲-۷ در نظر گرفته شوند. بند ۳-۴-۷ در ترکیب بارها در نظر گرفته شود.

۱-۱-۳-۶-۷ وزن مصالح (خاکریز پشت سازه های نگهبان)

مقادیر مبنای طراحی برای وزن مخصوص مصالح خاکریز باید بر اساس اطلاعات موجود در مورد مصالح خاکریز برآورد شود. در گزارش طراحی ژئوتکنیکی باید به کنترلهایی که در جریان ساخت برای واریسی و حصول اطمینان از اینکه مقادیر واقعی صحرائی از آنچه در طراحی فرض شده است کمتر نیستند، توجه شود.

۲-۱-۳-۶-۷ سربارها

- در تعیین مقادیر مبنای طراحی برای سربارها، حضور ساختمانهای محل و یا مجاور سطح زمین، وسایط نقلیه یا جرثقیل های متوقف یا در حال حرکت، مصالح دانه ای انبار شده، کالاهای، کانتینرها، و... باید در نظر گرفته شوند.

۲-۱-۳-۶-۷ وزن آب

- شرایط محلی مانند شوری و درصد گل موجود در آب، ممکن است به طور چشمگیری در وزن مخصوص آب تأثیر بگذارد. مقادیر مبنای طراحی برای وزن مخصوص آب باید با در نظر گرفتن شرایط محلی اصلاح گردد.

۴-۱-۳-۶-۷ نیروهای زلزله

مقادیر مبنای بارگذاری لرزه ای، با استفاده از مفاد بند ۳-۷-۴-۷ بادر نظر گرفتن نوع خاک، لرزه خیزی منطقه و ضرایب و دسته لازم تعیین خواهد شد.

۴-۲-۳-۶-۷ نیروهای امواج

مقادیر مبنای طراحی برای نیروهای امواج و نیروهای ضربه ای امواج باید بر اساس اطلاعات قابل دسترس محلی در شرایط آب و هوایی و هیدرولیکی ساختگاه سازه، انتخاب گردند.

۵-۱-۳-۶-۷ نیروهای نگهدارنده

مؤلفه های نیروهای ناشی از عملکردهای پیش تنیدگی را باید به عنوان کنش در نظر گرفت. مقادیر مبنای طراحی باید با در نظر گرفتن تأثیر پیش تنیدگی^(۴) مهار و تأثیر وادادگی^(۵) آن انتخاب شوند.

۶-۱-۳-۶-۷ نیروهای ضربه ای

- تعیین مقادیر مبنای طراحی برای بارهای ضربه ای باید با در نظر گرفتن انرژی جذب شده توسط نگهبان، به محض وارد آمدن ضربه انجام گردد.

- برای ضربات جانبی بر دیوارهای نگهبان، معمولاً ضرورت دارد که افزایش سختی در زمین نگهداری شده به هنگام مقاومت در مقابل ضربه وارد شده بر سطح دیوار را در نظر گرفت. علاوه بر آن، خطر احتمالی وقوع روانگرایی خاک بر اثر ضربه جانبی بر دیوارهای توکار باید مورد بررسی قرار گیرد.

۷-۱-۳-۶-۷ تأثیرات دما

- در طراحی سازه های نگهبان، تأثیر تغییرات غیرعادی دما در زمان و مکان باید در نظر گرفته شود.
- تأثیرات تغییرات دما باید بویژه در زمانی که بارگذاری در پشت بندها و تیرکها تعیین می گردد، مورد توجه قرار گیرد.
- تأثیرات آتش، در بخشهای مربوط به آتش در مقررات ملی مربوط به مصالح، مورد بررسی قرار می گیرد.

- اقدامات احتیاطی ویژه، مانند انتخاب مصالح مناسب پشته ریزی، اعمال زهکشی یا عایق کاری باید برای جلوگیری از ایجاد عدسیهای یخ زدگی در زمین واقع در پشت سازه های نگهبان بعمل آید.

۲-۳-۶-۷ داده های هندسی

۱-۲-۳-۶-۷ سطوح زمین

- مقادیر مبنای طراحی برای داده های هندسی خاکریز پشت سازه نگهبان باید با در نظر گرفتن تغییرات در مقادیر واقعی صحرایی تعیین گردد. در مقادیر مبنای طراحی، همچنین باید حفاریها یا آب بریدگیهای احتمالی در جلوی سازه نگهبان در نظر گرفته شود.

- در مواردی که پایداری دیوار نگهبان به رانش مقاوم زمین جلوی سازه بستگی دارد، سطح زمین خاک مقاوم باید به مقدار Δ_a در محاسبات حالت حدی نهایی، کاهش یابد. برای دیوار در انتها گیردار، مقدار Δ_a باید مساوی ۱۰ درصد ارتفاع آن و برای دیوار مهاربندی شده، Δ_a مساوی ۱۰ درصد ارتفاع محاسبه شده از زیر پایین ترین مهار باشد. مقدار حداکثر Δ_a محدود به مقدار ۰/۵ متر می شود.

۲-۳-۶-۷ سطوح آب

- انتخاب مقادیر مبنای طراحی برای داده های هندسی مربوط به رژیم آب آزاد و رژیم آب زیرزمینی باید بر اساس داده های موجود در محل برای شرایط هیدرولیکی و هیدروژئولوژیکی ساختگاه سازه نگهبان، انجام گیرد.

- به تأثیر تغییرات تراوایی بر روی رژیم آبهای زیرزمینی نیز باید توجه گردد. احتمال وجود شرایط منفی فشار آب به دلیل وجود سفره آب بالا آمده و یا چاههای آرتزین باید مورد توجه قرار گیرد.

۴-۶-۷ شرایط و ملاحظات طراحی

۱-۴-۶-۷ شرایط طراحی

برای طراحی سازه های نگهبان، موارد زیرین باید مورد نظر قرار گیرد:

- تغییرات در خواص خاک با توجه به مکان و زمان
- تغییرات در سطوح آب و فشار آب حفره ای با توجه به زمان.
- تغییرات در بارگذاریها و چگونگی ترکیب آنها.
- حفاری، آب شستگی یا فرسایش در جلوی سازه نگهبان و در نظر گرفتن عوامل فعالیت انسانی که منجر به برداشتن خاک جلوی سازه می گردد.
- خاکریزی در پشت سازه نگهبان.
- تأثیر سازه ها و بارگذاری سربارها در آینده، در صورت پیش بینی.
- حرکات زمین بر اثر نشست و آماس.
- در طراحی، حالتهاى حدی نهایی و بهره برداری، باید توأماً و با استفاده از ترکیبی از روشهای مندرج در ۱-۲-۷ در نظر گرفته شوند.

- پیچیدگی و برهم کنشهای زمین و سازه نگهبان، برخی اوقات طراحی تفصیلی یک سازه نگهبان را پس از آغاز اجرای کار دچار تغییرات فاحش می سازد. در اینگونه موارد، توصیه می شود که در حین ساخت، تغییرات لازم در طراحی سازه های نگهبان همزمان انجام گیرد.

برای بسیاری از سازه های نگهبان خاکی، در مواردی که دیوار آنقدر جابجا می شود که به سازه ها یا تأسیسات مجاور آسیب برساند، یک حالت حدی بحرانی پیش می آید. با آنکه ممکن است سقوط دیوار قریب الوقوع نباشد، درجه آسیبی که از این طریق وارد می شود ممکن است بطور قابل ملاحظه ای از یک حالت حدی بهره برداری در سازه نگهداری شده فراتر رود. با این حال روشهای طراحی و ضرایب ایمنی پیش بینی شده در این آیین نامه برای طراحی حالت حدی نهایی، غالباً برای جلوگیری از بروز اینگونه حالت حدی کفایت می کند، به شرط آنکه خاکها دست کم از نوع تراکم متوسط یا سفت باشند و روشها و توالی اجرایی مناسبی بکار گرفته شود. اما در مورد برخی از لایه های رسی بیش تحکیم یافته که تنشهای افقی بزرگ آن در حالت سکون ممکن است موجب حرکات اساسی در سطح وسیعی در اطراف حفاریها شوند، باید با احتیاط کافی عمل کرد.

- در طراحی سازه های نگهبان، در موارد لازم نکات زیرین باید رعایت شود:

- تمهیدات و اثرات ساخت دیوار شامل:

- تدارک تمهیدات لازم برای نگهداری موقت خاک برجا
 - در نظر گرفتن تغییرات در تنشهای درجا و حرکتهای ناشی از ساخت و نصب دیوار در زمین
 - دستخوردگی زمین بر اثر شمع کوبی یا گمانه زنی
 - تدارک راههای دسترسی به کارهای ساختمانی
 - وضعیت آب بندی لازم برای دیوار تمام شده
 - عملی بودن ساخت دیوار برای رسیدن به لایه ای با تراوایی اندک و تشکیل یک دیوار آب بند (مسأله تعادل جریان آب زیرزمینی باید ارزیابی شود)
 - عملی بودن ایجاد مهاریهای زمینی در زمین مجاور
 - عملی بودن حفاری بین دیرکهای دیوارهای نگهبان
 - توان تحمل بارگذاری عمودی دیوار
 - شکل ظاهری و دوام دیوار و مهاریها
 - دسترسی برای تعمیر و نگهداری خود دیوار و هرگونه زهکشی مرتبط با آن
 - شکل ظاهری و دوام دیوار و مهاریها
 - برای سیرکوبی، نیاز به مقطعی بقدر کافی سخت برای رسیدن به عمق نفوذ تا حد پیش بینی شده در طراحی، بدون از دست دادن اتصال سپرها
 - پایداری گمانه ها یا جداره ترانشه ها (بریدگیها) در حالت روباز
 - برای پشته ریزی^(۶)، نوع مصالح قابل دسترس و وسایل بکار رفته در تراکم آنها در مجاورت دیوار
 - اگر ایمنی و بهره برداری طراحی به عملکرد موفقیت آمیز زهکشی بستگی دارد، پیامد گسیختگی شبکه زهکشی باید با توجه به صدمات جانی و هزینه های تعمیرات، مورد توجه قرار گیرند. یکی از شرایط زیر (یا ترکیبی از آنها) باید بکار گرفته شود:
 - یک برنامه تعمیر و نگهداری برای شبکه زهکشی باید مشخص شده و در طراحی تدابیر لازم برای رسیدن به این هدف راههای دسترسی برای این هدف در نظر گرفته شود. ایجاد فیلتر مناسب برای زهکشها و تعمیر و نگهداری آنها با استفاده از تزریق آب با فشار بالا.
 - از طریق تجربیات مشابه و ارزیابی میزان آبی که ظاهر خواهد شد، باید عملکرد صحیح شبکه زهکشی بدون تعمیر و نگهداری نشان داده شود.
 - مقادیر آب نشتی، فشارها و درصد نهایی مواد شیمیایی آبی که ظاهر می شود باید در نظر گرفته شود.
- ۵-۶-۷ تعیین فشارهای خاک و آب**
- ۱-۵-۶-۷ فشارهای مبنای طراحی خاک**
- در تعیین فشارهای مبنای طراحی زمین، باید حالت و مقدار حرکت و تغییر شکل نسبی قابل قبول و تغییر شکلی که ممکن است در سازه نگهبان در دست بررسی در حالت حدی پیش بیاید، در نظر گرفته شود.
 - در متن زیر عبارت "فشار زمین" شامل فشار وارده از سنگهای نرم و هوازده و همچنین فشار آب زیرزمینی نیز می باشد:
 - در محاسبه بزرگی و جهات فشارهای مبنای طراحی زمین، موارد زیرین باید مورد توجه قرار گیرند:
 - سربار روی سطح و شیب زمین،
 - انحراف دیوار نسبت به خط قائم،
 - سفره های آب و نیروهای آب نشتی در زمین،
 - مقدار و جهت حرکت دیوار نسبت به زمین،
 - تعادل عمودی و افقی برای کل سازه نگهبان،
 - مشخصه های مقاومت برشی و وزن مخصوص زمین،
 - صلیبیت دیوار و سیستم نگهبان،
 - زبری دیوار.
 - مقدار اصطکاک بسیج شده دیوار و چسبندگی، تابع عوامل زیر است:
 - پارامترهای مقاومتی زمین،

- خواص اصطکاکی فصل مشترک دیوار و زمین،
- جهت حرکات دیوار نسبت به زمین و مقدار حرکت نسبی زمین و دیوار،
- توانایی دیوار به نگهداری نیروهای عمودی حاصل از اصطکاک و چسبندگی،
- مقدار تنش برشی که در فصل مشترک دیوار و زمین ایجاد می شود به پارامترهای زاویه اصطکاک δ و چسبندگی a روی فصل مشترک زمین و دیوار محدود می شود. برای یک دیوار کامل صاف $a=0$ و $\delta=0$ برای یک دیوار کامل زیر $\delta=\phi$ و $a=c$. در مورد دیوار بتنی یا دیوار سپر فلزی که معمولاً فرمول این چنین است:

$$\delta = m\phi \quad , \quad \frac{\tan\phi}{\tan\delta} = \frac{a}{c}$$

- در اینجا به دلیل دستخوردگی موجود در فصل مشترک دیوار و زمین، ϕ نباید از $\frac{a}{c}$ بزرگتر باشد. زاویه اصطکاک حالت بحرانی زمین زیادتر باشد و m نباید برای دیوارهای پیش ساخته یا سپرهای فلزی از $\frac{2}{3}$ بیشتر باشد. مقدار m را برای بتن درجا در مقابل خاک می توان ۱ فرض کرد. یک سیر فلزی کوبیده شده در رس در شرایط زهکشی نشده عادی، بلافاصله پس از کوبیدن، معمولاً دارای $\delta=0$ و $a=0$ می باشد. افزایش مجدد این مقادیر ممکن است پس از مدتی مشاهده گردد.

$$\frac{\tan\phi}{\tan\delta} = \frac{a}{c}$$

- با توضیحات بالا، δ انتخاب می شود و برای بدست آوردن مقدار a از رابطه باید استفاده گردد.
- مقدار مینای طراحی فشارزمین به مقدار حرکت نسبت به خاک بستگی دارد. نتیجتاً فشار زمین را تا زمانی که به عنوان یک کنش از آن نام برده می شود نمی توان با یک مقدار مشخصه واحد نشان داد. به ویژه این مسئله در مورد نیروهای رانشی مقاوم باید مورد توجه خاص قرار گیرد.
- در مورد سازه های نگهبان برای توده های سنگی، در محاسبات فشار زمین باید تأثیر ناپیوستگیها با توجه خاص به توجیه فضایی، بازشدگی^(۷)، زبری و خصوصیات مکانیکی هرگونه مصالح پشته ریزی مورد توجه قرار گیرد.
- در مورد سازه های نگهبان برای زمین آماسی، در محاسبات فشار زمین باید پتانسیل آماسی زمین در نظر گرفته شود.
- فشارهای آماسی خاکهای چسبنده به حالت خمیری، درصد رطوبت به هنگام ریختن و شرایط مرزی هیدرولیکی آن بستگی دارد.

• ۲-۵-۶-۷ مقدار فشار خاک در حال سکون

- در مواردی که دیوار زمین فشارزمین باید از روی حالت تنش در حال سکون محاسبه شود. در تعیین وضعیت در حال سکون باید به تاریخچه تنش در زمین توجه کرد. هنگامی که هیچگونه حرکتی از دیوار نسبت به زمین صورت نمی گیرد، فشار زمین باید از روی حالت تنش در حال سکون محاسبه شود. در تعیین وضعیت در حال سکون باید به تاریخچه تنش در زمین توجه کرد.
- شرایط حالت سکون معمولاً در زمین پشت هر سازه نگهبان به هنگامی که حرکت سازه کمتر از $H * 10^{-5}$ باشد، برای خاک به طور طبیعی تحکیم یافته، وجود خواهد داشت. برای یک سطح افقی زمین، ضریب فشار در حال سکون K_0 که نشان دهنده نسبت بین تنشهای مؤثر افقی و عمودی (تنش روبار) است، توسط این فرمول تعیین میگردد:

$$k_0 = (1 - \sin \phi) \sqrt{OCR}$$

- که در آن OCR نسبت بیش تحکیمی است. از این فرمول نباید برای مقادیر بسیار زیاد OCR استفاده کرد. اگر زمین به صورت شیبدار در جهت بالا و با زاویه $\phi' \leq \beta$ نسبت به افق شیب داشته باشد مؤلفه افقی فشار مؤثر زمین σ'_h ، را می توان به تنش روبار مؤثر

$$\sigma'_v$$

با رابطه زیر مربوط کرد:

$$k_{0\beta} = K_0 (1 + \sin \beta)$$

$$\sigma'_h = k_{0\beta} \cdot \sigma'_v$$

- سپس می توان جهت نیروی فشار خاک را موازی سطح زمین فرض کرد.
- #### ۲-۵-۶-۷ مقادیر حدی فشار خاک

- مقادیر حدی فشار خاک، رانشهای محرک یا مقاومی هستند که هرگاه مقاومت برشی زمین کاملاً بسیج شود و هیچگونه مانعی برای نوع و مقدار حرکت ضروری زمین یا دیوار وجود نداشته باشد، اتفاق می افتند.
- زمانی که حایلها، مهارها یا عناصر مشابه، شرایط حرکتی خاص را بر سازه تحمیل کنند، مقادیر حدی تنها موجب توزیع احتمالی (اما نه ضرورتاً منفی ترین یا به صرفه ترین) فشارهای زمین خواهند گردید.
- باید نشان داده شود که برای توزیع فشار مفروض تعادل برقرار است. در غیر این صورت پارامترهای اصطکاکی دیوار باید در یک سوی دیوار کاهش یابند.

- سه ضریب رانش زمین تعیین می شوند. K_γ ، برای وزن زمین، که توسط وزن مخصوص γ (گاما) تعیین شده است، K_q برای بارگذاری سطحی عمودی q

و K_c برای چسبندگی c زمین که تمام به زاویه مقاومت برشی زمین بستگی دارند. بر حسب نوع رانش زمین که در دو حالت فعال و مقاوم ضرایب بالا با اندیس

a یا p نشان داده می شوند. مثل $K_{a\gamma}$ و $K_{p\gamma}$

- در هر نقطه ای به فاصله Z تا پایین سطح دیوار (یا عمق عمودی $Z \cos \theta$) از سطح زمین، مولفه های کلی فشار σ (نرمال) و τ (مماسی) خواهد بود، و زمانی که فشار از زمین بر دیوار به طرف بالا هدایت شود، τ مثبت است.

برای حالت های زهکشی شده:

$$\sigma = \sigma' + u_z$$

$$\sigma' = K_\gamma \left(\int_0^Z \gamma dz - \frac{u_z - u_0}{\cos \theta} \right) + K_q q' \pm K_c c'$$

$$\tau = \sigma' \tan \delta + a'$$



که در آن:

q' : فشار مؤثر سربار

u_z : فشار حفره ای در سطح گسیختگی در فاصله Z از بالای دیوار

u_0 : فشار حفره ای در $Z=0$

σ' : تنش مؤثر عمود بر دیوار در عمق Z

δ : زاویه مقاومت برشی بین زمین و دیوار

a' = چسبندگی مؤثر دیوار

برای حالت های زهکشی نشده:

$$\sigma = K_\gamma \int_0^Z \gamma dz + K_{qu} q' \pm K_{cu} c_u$$

که در آن:

$$k_{qu} = k_{qu} = 1$$

$$\tau = a_u$$

کل فشار سربار (شامل فشار آب) = q

چسبندگی دیوار زهکشی نشده = qu

- در خاک لایه لایه، ضریب های K را معمولاً می توان فقط از روی زاویه اصطکاک در ژرفای Z و مستقل از مقادیر سایر ژرفاها تعیین کرد.

روابط بالا برای یک خاک همگن بصورت زیر است:

علامت + مقاوم

علامت - محرک

- توصیه می شود که در خاک های چسبنده باتوجه به پیرشدن ترک های کششی توسط آب و زوال چسبندگی در طی زمان از ترم چسبندگی در روش محرک صرف نظر شود.

- توصیه می شود در ساختمانهای شهری اجازه داده نمی شود که K_a از مقدار 0.3 کمتر اختیار شود.

۶-۵-۶-۷ مقادیر میانی رانش خاک

- مقادیر میانی رانش زمین هنگامی رخ می دهد که حرکات دیوار برای بسیج مقادیر حدی کافی نباشند. در تعیین مقدار میانی رانش خاک، مقدار حرکت دیوار و جهت آن نسبت به زمین باید در نظر گرفته شود.

- حرکت لازم برای ایجاد یک حالت حدی محرک در زمین غیرچسبنده نیمه متراکم، دارای بزرگی زیر خواهد بود:

چرخش حول رأس H 002/0،

چرخش حول پاشنه H 005/0،

حرکت انتقالی H 001/0

که در آن H ارتفاع دیوار است.

مقادیر میانی رانشهای زمین را می توان با بکاربردن روابط تجربی مختلف، روشهای عکس العمل با در نظر گرفتن ثابت فنری، اجزای محدود و ... نیز محاسبه کرد.

۵-۵-۶-۷ اثرات تراکم

- در صورتی که دیوار به صورت لایه لایه خاکریزی و متراکم شود رانش افزوده ای در خاک بوجود می آید. در تعیین رانش افزوده خاک، مراحل تراکم باید در نظر گرفته شود. این میزان افزایش می تواند حدوداً تا..... باشد.

- روشهای تراکم مناسب، در حین کارهای اجرایی باید بکار گرفته شود تا از رانش افزوده خاک که ممکن است به حرکتهای اضافی برای سازه بینجامد، جلوگیری شود.

۶-۵-۶-۷ فشارهای آب

- در تعیین فشارهای آب مینای طراحی، سطوح آب در بالای سطح زمین و آب زیرزمینی باید در نظر گرفته شود.

- برای سازه های نگهدارنده خاک دارای تراوایی متوسط یا پایین (سیلتها و رسها)، باید چنین فرض شود که فشارهای آب در پشت دیوار در ارتباط با سفره آب زیرزمینی در سطحی معادل سطح بالایی مصالح با تراوایی کم، به صورت فعال عمل می کند، مگر آنکه یک شبکه زهکشی مطمئن پیش بینی گردد یا از نفوذ آب جلوگیری شود.

- در مواردی که ممکن است تغییرات ناگهانی در سطح سفره آزاد ایجاد شود، وضعیت ناپایا که بلافاصله پس از تغییر در سفره آب رخ می دهد و نیز وضعیت پایا باید بررسی شود.

- در مواقعی که هیچگونه اقدام خاصی برای زهکشی یا جلوگیری از جریان آب بعمل نمی آید، اثرات احتمالی ترکهای کششی یا ترکهای انقباضی پر شده از آب باید در نظر گرفته شوند.

- برای اینگونه وضعیتها، در خاکهای چسبنده نگهداری شده، فشار کلی مینای طراحی معمولاً نباید از فشار آبی که از سطح زمین به عنوان مینا، بطور هیدروستاتیکی افزایش می یابد، کمتر باشد.

۶-۶-۷ ملاحظات کلی حالت حدی

- طراحی سازه های نگهبان باید در حالت حدی کلی شامل حالت حدی پایداری، مقاومت و بهره برداری با بکارگیری بارگذاری مینای طراحی و شرایط مینای طراحی متناسب با آن حالت کنترل شود.

کلیه حالتها حدی مربوط باید در نظر گرفته شوند.

- به عنوان حداقل، حالتها حدی انواعی که در شکلهای ۶-۶-۷ تا ۶-۶-۷ برای متداولترین سازه های نگهبان آمده است، باید

در نظر گرفته شوند.

- در محاسبات مربوط به حالت‌های حدی نهایی باید نشان داده شود که با استفاده از مقاومت‌های مبنای طراحی برای زمین همراه با مقاومت‌های مبنای طراحی برای مصالح سازه ای به شرح مذکور در آیین نامه های مخصوص مصالح، می توان به تعادل دست یافت. سازگاری تغییر شکلها در مصالحی که در یک محاسبه خاص منظور شده است باید در ارزیابی مقاومت‌های مبنای طراحی در نظر گرفته شود.

- از مقادیر بالایی یا پایینی مبنای طراحی برای مقاومت زمین، هر کدام که بحرانی تر باشد، باید استفاده شود.
- برای محاسبات، از روشهایی می توان استفاده کرد که توزیع مجدد فشار زمین را با توجه به جابجایی های نسبی و سختی زمین و اجزای سازه انجام می دهند.

- برای خاکهای ریزدانه، رفتار کوتاه مدت و درازمدت خاک باید توأمآ در نظر گرفته شود.
- برای دیوارهایی که در معرض فشارهای نابرابر آب در دو طرف آن هستند، ایمنی در مقابل گسیختگی بر اثر ناپایداری هیدرولیکی (فرسایش) باید کنترل شود.

۷-۶-۷ حالت حدی پایداری

- در صورت لزوم باید نشان داده شود که گسیختگی در پایداری کلی بروز نخواهد کرد و تغییر شکل‌های مربوط نیز بقدر کافی کوچک هستند

- به عنوان حداقل، حالت‌های حدی باید با توجه به گسیختگی تدریجی و روانگرایی در نظر گرفته شوند.

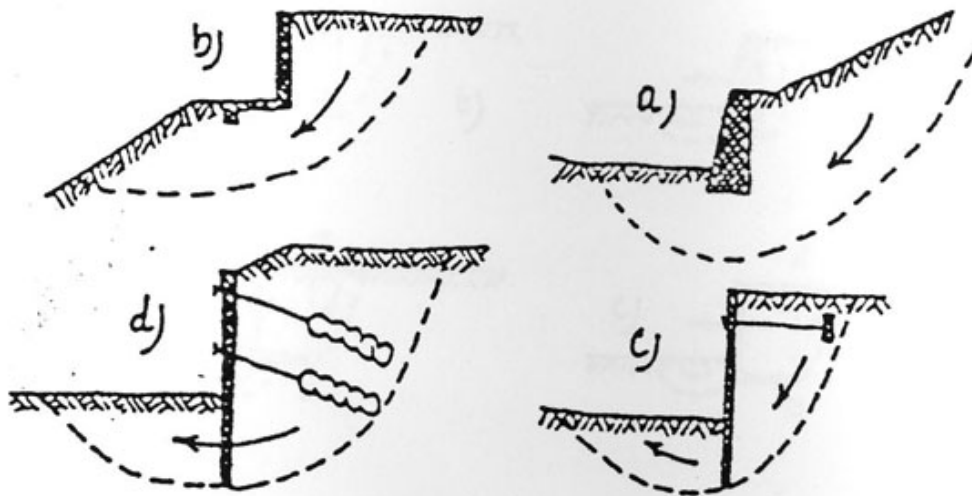
۱-۷-۶-۷ ناپایداری پی دیوارهای نگهدارنده وزنی

منظور از ناپایداری گسیختگی کلی، گسیختگی حاصل از لغزش و واژگونی می باشد.
- در صورت لزوم از اصول مندرج در فصل ۷-۶-۲ باید برای اثبات اینکه بروز گسیختگی در پی بسیار بعید خواهد بود و تغییر شکل‌های مربوط نیز کوچک هستند، استفاده شود. واژگونی، ناپایداری کلی و لغزش باید توأمآ در نظر گرفته شوند.

۲-۷-۶-۷ گسیختگی چرخشی دیوارهای توکار

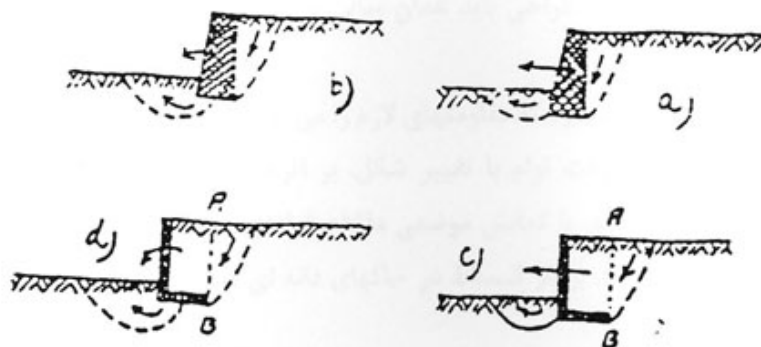
- با استفاده از محاسبات تعادل باید نشان داده شود که دیوارهای توکار به قدر کافی در داخل زمین قرار گرفته اند تا از گسیختگی چرخشی جلوگیری شود.

- به عنوان حداقل، حالت‌های حدی انواع نشان داده شده در شکل ۷-۶-۱ باید در نظر گرفته شود.



شکل شماره ۱-۶-۷ نمونه های حالت‌های حدی برای گسیختگی پی دیوارهای نگهبان وزنی

برای دیوارهای مشابه با دیوارهایی که در شکل‌های ۱-۶-۷ (c,d) نشان داده شده اند، باید معمولاً "چنین فرض شود که فشار زمین بر صفحه AB یعنی سطح مجازی پشت دیوار به صورت موازی با سطح زمین اثر می‌گذارد."



شکل ۲-۶-۷ نمونه های حالت‌های حدی برای گسیختگی چرخشی دیوارهای توکار

- به عنوان حداقل، حالت‌های حدی انواع نشان داده شده در شکل ۷-۶-۲ باید در نظر گرفته شوند.
- بزرگی و جهت تنش برشی مبنای طراحی بین خاک و دیوار، باید با جابجایی نسبی عمودی که در شرایط طراحی بروز می کند سازگار باشد.

۷-۶-۸ حالت حدی مقاومت

۷-۶-۸-۱- کنترل ظرفیت باربری

- باید نشان داده شود که مقاومت های خاک مبنای طراحی از نیروهای وارده مبنای طراحی بزرگتر است. باید به تمام مواردی که در مورد پی هادراین آیین نامه گفته شده است توجه شود.
- در مواردی که حرکت رو به پایین دیوار در نظر گرفته می شود، مقادیر بالایی مبنای طراحی باید در این محاسبات برای نیروهای پیش تنیدگی مانند نیروهای وارده از مهاریهای زمینی، که دارای مؤلفه عمودی رو به پایین هستند، در نظر گرفته شوند.
- بزرگی و جهت تنش برشی مبنای طراحی بین خاک و دیوار باید با بازنگری انجام شده برای گسیختگی چرخشی، سازگار باشد.
- تعادل عمودی و چرخشی باید با همان مقادیر مبنای طراحی تنش برشی روی دیوار کنترل گردد.
- اگر دیوار به عنوان پی یک سازه کاربرد دارد، به تغییر مکان دیوار در تحلیل سازه توجه ویژه مبذول گردد.

۷-۶-۸-۲ گسیختگی سازه ای

- باید نشان داده شود که تلاش های وارده بر دیوار و اجزای سازه، نگهبان مانند شمعها و مهاریها کمتر یا مساوی مقاومت‌های مبنای طراحی دیوار و اجزای سازه نگهبان هستند..
- به عنوان حداقل، برای دیوارهای وزنی، گسیختگی در داخل بدنه و گسیختگی حاصل از چرخش بخش بالایی دیوار باید کنترل شوند.
- به عنوان حداقل برای دیوارهای بتنی، گسیختگی بدنه، تغییر مکانهای زیاد رأس، گسیختگی پاشنه و برای سپرهای فلزی، گسیختگی در قسمت بالایی سپر، در دم سپر، در فصل مشترک دم با سطح خاک جلوی سپر و در مهارندها باید کنترل شوند. مقاومت‌های مبنای طراحی اجزای سازه ای باید با آییننامه های مربوط مطابقت داشته باشند. برای طراحی سازه ای، از مقادیر بالایی فشارهای خاک و آب مبنای طراحی معمولاً باید استفاده شود.
- مبنای محاسبه فشارهای آب مبنای طراحی باید همان مبنای بکاررفته برای فشارهای محاسبه شده برای کنترل محاسبات پایداری دیوار باشند.
- برای هر حالت حدی نهایی باید نشان داده شود که مقاومت‌های لازم را می توان با تغییر شکلهای سازگار در زمین و سازه ایجاد کرد.
- در اجزای سازه ای، کاهش مقاومت توأم با تغییر شکل، بر اثر عواملی چون ترک خوردگی مقاطع آرماتورگذاری نشده، چرخشهای بزرگ در مفصلهای خمیری یا کمانش موضعی مقاطع فولادی باید بر طبق مقادیر آییننامه مربوط به مصالح در نظر گرفته شوند. در زمین، فقدان مقاومت بر اثر انبساط در خاکهای دانه ای متراکم و تشکیل سطوح صیقلی در رسها باید در نظر گرفته شود.
- دیوارهایی که در معرض بارهای سایر سازه ها قرار دارند باید بر طبق بند ۷-۶-۸ بازنگری شوند.

۷-۶-۹ حالت حدی بهره برداری

۷-۶-۹-۱ کلیات

- طراحی سازه های نگهبان باید با استفاده از شرایط مناسب ذکر شده در بند ۷-۶-۳ در حالت حدی بهره برداری کنترل شود.

۷-۶-۹-۲ جابجایی ها

- مقادیر محدود کننده برای جابجایی مجاز در دیوارها و زمین مجاور آنها باید با در نظر گرفتن رواداری سازه ها و تأسیسات نگهداری شده نسبت به جابجایی ها تعیین گردند.

- برآورد تابیدگی و جابجایی دیوارهای نگهبان و اثرات آن بر سازه ها و تأسیسات نگهداری شده باید همواره به طور محتاطانه با در نظر گرفتن تجربیات مشابه انجام گیرد. این برآورد باید شامل اثرات اجرای دیوار باشد. باید تأیید شود که جابجاییهای برآورده شده از مقادیر محدود کننده تجاوز نمی کنند.
- چنانچه برآورد محتاطانه اولیه جابجایی از مقادیر محدودکننده تجاوز کرد، طراحی باید با انجام بررسیهای تفصیلی بیشتری مانند محاسبات جابجایی توجیه گردد.
- چنانچه جابجاییهای برآورده شده از ۵۰ درصد مقادیر محدودکننده تجاوز کند، بررسیهای تفصیلی بیشتری شامل محاسبات جابجایی باید در موقعیتهای زیرین بعمل آید:

- در مواردی که سازه ها و تأسیسات مجاور حساسیتی غیرعادی در برابر جابجایی دارند.
- در مواردی که دیوار بیش از ۶ متر خاک دارای حالت خمیری کم و یا ۳ متر خاک دارای حالت خمیری زیاد را نگه می دارد.
- در مواردی که دیوار در کل ارتفاع یا در قاعده اش با رس نرم در تماس باشد.
- در محاسبات جابجایی باید سختی زمین و اجزای سازه ای و توالی اجرا در نظر گرفته شوند.
- رفتار فرضی مصالح در محاسبات جابجایی باید بر اساس تجربه مشابه و با استفاده از همان مدل محاسباتی سنجیده شود. اگر رفتار خطی فرض شده باشد، سختی در نظر گرفته شده برای زمین و مصالح سازه ای باید برای درجه تغییر شکل محاسبه شده همخوان و مناسب باشد، یا به جای آن می توان از مدلهای پیشرفته تر تنش - تغییر شکل نسبی مصالح استفاده کرد.

۲-۹-۶-۷ ارتعاشات

- مفاد بند ۲-۸-۴-۷ شامل سازه های نگهبان نیز می شود.
- ۲-۹-۶-۷ حالت های حدی بهره برداری عناصر سازه ای**
- مقادیر طراحی فشارهای زمین برای واریسی حالت حدی بهره برداری عناصر سازه ای باید با استفاده از مقادیر مشخصه تمام پارامترهای خاک تعیین گردد.
- در ارزیابی مقادیر طراحی فشارهای زمین باید تنش اولیه، سختی و مقاومت زمین و سختی عناصر سازه ای در نظر گرفته شوند. مقادیر طراحی فشارهای زمین باید با در نظر گرفتن تغییر شکل مجاز سازه در حالت حدی بهره برداری آن تعیین گردد. این مقادیر لزوماً همان مقادیر محدود کننده محرک یا مقاوم نخواهند بود.

۱۰-۶-۷ مهاربندیها

- این بخش به هر نوع مهاربندی بکار رفته برای تقویت سازه نگهبان از راه انتقال نیروهای کششی به تشکیلات خاک یا سنگ باریب مربوط می شود.
- این مهاربندیها شامل انواع زیر می باشند:
- سیستم مهاربندی هایی که از یک سر مهار، یک طول آزاد مهار و یک طول ثابت مهار و یا تزریق تحکیم شده است، تشکیل می شوند.
- سیستم مهاربندی هایی که از یک سر مهار و یک طول ثابت مهار تشکیل می شوند ولی فاقد طول آزاد مهار (میخ مهار) هستند.
- سیستم مهاربندی هایی که از یک سر مهار، یک طول آزاد مهار و یک مهار تقویت شده بتنی یا فلزی تشکیل می شوند.
- سیستم مهاربندی هایی که از یک مهارپیچ و یک کلاهدک مهاربندی تشکیل می شوند.
- از مهاربندیهای زمینی می توان به عنوان عناصر موقتی یا دائمی سازه نگهبان استفاده کرد.
- در طراحی مهاربند، باید کلیه شرایط مربوط به طول عمر قابل پیش بینی مهاربند در نظر گرفته شوند. خوردگی و خزش مهاربندیهای دائمی باید مورد توجه قرار گیرد.
- بررسیهای لازم جهت طراحی در مورد خاک و اجزای مهاربندی، باید آن بخش از زمین خارج از ساختگاه را که تحت تأثیر انتقال نیروهای کششی واقع می شود، نیز شامل می گردد.
- مهاربندیهایی که از آنها بیش از دو سال استفاده خواهد شد باید به عنوان مهاربندیهای دائمی طراحی شوند.
- برای کنترل مهاربندی در حالت های حدی نهایی، سه ساز و کار گسیختگی باید تحلیل شود:

- گسیختگی در فولاد پیش تنیده یا سرمهار با توجه به قدرت مصالح آنها یا گسیختگی در اتصالات فصل مشترکهای داخلی آنها.

- گسیختگی مهاربندی در فصل مشترک فولاد پیش تنیده - تزریق یا زمین - تزریق، مقاومت، بیرون کشیدگی مبنای طراحی باید از بارگذاری مبنای طراحی مهاربندی بیشتر باشد.
- گسیختگی کلی در پایداری سازه، از جمله مهاربندیها بر اساس اصول مندرج در بند ۶-۶-۷

- مقاومت بیرون کشیدگی برای یک وضعیت طراحی معین، به شکل هندسی مهاربندی بستگی دارد، اما انتقال تنشها به زمینهای اطراف از شیوه های فنی اجرا تأثیر می پذیرد.
- این نکته مخصوصاً در مورد مهاربندی های همراه با تزریق که در آن روش اجرا و تا حدودی شیوه فنی حفاری انتخاب شده و شیوه شستشوی سریع اهمیت دارد، صدق می کند.
- فولادهای پیش تنیده و میلله هایی که برای مهاربندی به کار می رود باید بر اساس آییننامه های مربوط طراحی شوند.
- طول آزاد مهاربندی باید حداقل ۵ متر باشد.
- دربرگرفتن سیستم های مهاربندی به عدم قطع هامهارها در طول عمر سازه نگهبان که در خارج زمین ساختگاه قرار دارند باید توجه ویژه ای شود.
- در مورد خورگی قسمت آزاد سرمهارها باید تزریق شود و بالاستیک های گریودار و پوشش مناسب پوشیده شود.

Embedded
Struts
Tendons
Overstressing
relaxation
Backfilling
aperture

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.