فهرست

پیشگفتار

۷-۱ کلیات

۷-۱-۱ مقدمه

۷-۱-۲ فرضیات تهیه این دستورالعمل

۷-۱-۳ هدف

۷-۱-۴ دامنه کاربرد

۷-۱-۵ تعاریف کلی و واژه ها

۷-۲ مبانی طراحی ژئوتکنیکی

۷-۲-نیازهای طراحی۱

۷-۲-۱-۱ ردهء ژئوتکنیکی ۱

۷-۲-۱-۲ ردهء ژئوتکنیکی ۲

۷-۲-۱-۳ ردهء ژئوتکنیکی ۳

۷-۲-۲ شرایط طراحی

۷-۲-۳ نیروهای بارگذاری در طراحی ژئوتکنیکی

۷-۲-۴ دوام

۷-۳ اطلاعات ژئوتکنیکی

۷-۳-۱ کلیات

۷-۳-۲ بررسیهای ژئوتکنیکی

۷-۳-۲-۱ بررسیهای ژئوتکنیکی مقدماتی

۷-۳-۲-۲ بررسیهای طراحی

۷-۳-۲-۳ بررسیهای کنترلی

۷-۳-۲-۳-۱ خاک و سنگ

۷-۳-۲-۳-۲ آب زیرزمینی

۷-۳-۳ ارزیابی پارامترهای ژئوتکنیکی

۷-۳-۳-۱ کلیات

۷-۳-۳-۲ وزن مخصوص

۷-۳-۳-۳ دانسیته نسبی

۷-۳-۳-۴ درجه تراکم

۷-۳-۳-۵ مقاومت برشی زهکشی نشده خاک چسبنده

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

۷-۳-۳-۷ سختی خاک

۷-۳-۳-۸ (K)پارامترهای تراوایی و تحکیم (Cs, Cc)

۷-۳-۳-۹ پارامترهای تحکیم

۷-۳-۳-(S.P.T) شمارش ضربه ها در آزمایش های نفوذ استاندارد ۱۰

۷-۳-۳-(C.P.T)پارامترهای مخروط فروبری ۱۱

۷-۳-۳-پارامترهای پرسیومتری۱۲

۷-۳-۳-کیفیت و خواص سنگها و توده های سنگی ۱۳

۷-۳-۳-۱۳-مقاومت فشاری تک محوری و تغییر شکل پذیری مصالح سنگی۱

۷-۳-۳-۱۳-۲ مقاومت برشی درزه ها

۷-۳-۴ گزارش نهایی مطالعات ژئوتکنیک

۷-۳-۴-۱ گزارش مطالعات شناسایی

۷-۳-۴-۱-ارائه اطلاعات ژئوتکنیکی۱

۷-۳-۴-۱-ارزیابی داده های ژئوتکنیکی۲

۲-۴-۳-۷ گزارش طراحی ژئوتکنیکی

۵-۳-۷ گزارش نهایی بررسیهای کنترلی

۴-۷ پی های سطحی (شالوده ها)

۱-۴-۷ دامنه

۲-۴-۷ حالتهای 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 ازحرکت 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)

۵-۷-دامنه ۱

۵-۷-حالتهای حدی ۲

۵-۷-شرایط طراحی و نیروها ۳

۷-۵-۳-۱ کلیات

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

۷-۵-۳-۲-کلیات ۱

۷-۵-۳-۲-اصطکاک منفی جدار۲

۷-۵-۳-۲-آماس۳

۷-۵-۳-۲-بارگذاری مایل۴

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

۷-۵-۴ مبانی و ملاحظات طراحی

۷-۵-۴-۱ روشهای طراحی

۷-۵-۴-۲ ملاحظات طراحی

۷-۵-۶ شمعهای فشاری

۷-۵-۶-۱ طراحی حالت حدی

۷-۵-۶-۲ پایداری کلی

۷-۵-۶-۳ مقاومت باربری

۷-۵-۶-۳-کلیات۱

۷-۵-۶-۳-ظرفیت باربری نهایی از آزمایشهای بارگذاری شمع۲

۷-۵-۶-۳-مقاومت باربری نهایی از نتایج آزمایش ۳

۷-۵-۶-۳-مقاومت نهایی شمع با استفاده از نتایج کوبیدن شمع۴

۷-۵-۶-۳-۵ مقاومت نهایی با استفاده از تحلیل معادله امواج

۷-۵-۶-۴ نشست پی های شمعی

۷-۵-۷ شمعهای کششی

۷-۵-۷-۱ کلیات

۷-۵-۷-۲ مقاومت کششی نهایی

۷-۵-۷-۲-کلیات ۱

۷-۵-۷-۲-مقاومت کششی نهایی از طریق آزمایش کششی شمع ۲

۷-۵-۷-۳ تغییر مکانهای عمودی

۷-۵-۸ شمعهای با بارگذاری مایل

۷-۵-۸-۱ کلیات

۷-۵-۸-۲ مقاومت نهایی بارگذاری مایل

۷-۵-۸-۲-کلیات۱

۷-۵-۸-۲-تعیین مقاومت نهایی شمعهای تحت بارگذاری مایل از نتایج آزمایش و پارامترهای۲ مقاومت شمع

۷-۵-۸-۳ تغییر مکان مایل

۷-۵-۹ طراحی سازه ای شمعها

۷-۵-۱۰ انجام نظارت بر ساخت

۷-۶ سازه های نگهبان

۷-۶-۱ حدود

۷-۶-۲ حالتهای حدی

۷-۶-۳ بارگذاری، داده های هندسی

۷-۶-۳-۱ بارگذاری

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

۷-۶-۳-۱-سربارها۲

۷-۶-۳-۱-وزن آب۳

۷-۶-۳-۱-نیروهای امواج۴

۷-۶-۳-۱-نیروهای نگهدارنده۵

۷-۶-۳-۱-نیروهای ضربه ای ۶

۷-۶-۳-۱-۷ تأثیرات دما

۷-۶-۳-۲ داده های هندسی

۷-۶-۳-۲-سطوح زمین۱

۷-۶-۳-۲-سطوح آب ۲

۷-۶-۴ شرایط و ملاحظات طراحی

۷-۶-۴-۱ شرایط طراحی

۷-۶-۵ تعیین فشارهای خاک و آب

۷-۶-۵-۱ فشارهای مبنای طراحی خاک

۷-۶-۵-۲ مقدار فشار خاک در حال سکون

۷-۶-۵-۳ مقادیر حدی فشار خاک

۷-۶-۵-۴ مقادیر میانی رانش خاک

۷-۶-۵-۵ اثرات تراکم

۷-۶-۵-۶ فشارهای آب

۷-۶-۶ طراحی حالت حدی نهایی

۷-۶-۶-۱ کلیات

۷-۶-۶-۲ پایداری کلی

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

۷-۶-۶-۴ گسیختگی چرخشی دیوارهای توکار

۷-۶-۶-۵ گسیختگی عمودی دیوارهای توکار

۷-۶-۶-۶ گسیختگی سازه ای

۷-۶-۷ حالت حدی بهره برداری

۷-۶-۷-۱ کلیات

۷-۶-۷-۲ جابجایی ها

۷-۶-۷-۳ ارتعاشات

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

۷-۶-۸ مهاربندیها

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.

۷-۱ کلیات

۷-۱-۱مقدمه

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 اصولا 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.

۷-۱-۲ 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.

۷-۱-۳ دامنه کاربرد

۷-۱-۳-۱ رعایت کلیهء این مقررات در طراحی و اجرای ساختمانهای مشروحهء 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 خصو صی برای واگذاری به دولت و نهادهای انقلاب اسلامی ساخته می شوند.

ب : کلیهء ساختمانهای غیردولتی عمومی.

ج: کلیهء 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 تبصرهء (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 توسعهء 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.

۳-۱-۲-۷ 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، فرونشست[1]، 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 رمبنده 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 زشتی، 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.

۷-۲-۲-۲ 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 از۶ متر.

دیوارها و دیگر سازه های نگهدارنده آب و خاک تا ارتفاع کمتر از۶ متر

۷-۲-۲-۳ رده ژئوتکنیکی ۳

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 وحرکات 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.

۳-۲-۷ 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 بارگذاریها.

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 خورندگی شیمیایی

اثرات هوازدگی

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[1] 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

۳-۷ داده ها[۱] و اطلاعات[۲] ژئوتکنیکی

۱-۳-۷ کلیات

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

۱-۱-۳-۷ 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.

۲-۱-۳-۷ 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.

۳-۱-۳-۷ 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.

۴-۱-۳-۷ روشهای نمونه گیری، جابجایی و انبارکردن نمونه ها باید گزارش شود و اثر بکارگیری این روشها به هنگام تفسیر نتایج آزمایشها مدنظر قرار گیرد.

۲-۳-۷ 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

۷-۳-۲-۱ 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 آبشناسی (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.

۷-۳-۲-۲ بررسیهای طراحی

۷-۳-۲-۲-۱ 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 خورندگی (مهاجم بودن) زمین و آب زیرزمینی
- امکان بهسازی زمین
- احتمال یخبندان

- وجود هرگونه نابهنجاری 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 آبشناسی
- 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.

۲-۲-۳-۷ 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. معمولا فا صله 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. معمولا" 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 برجای 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 ترازی 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 مستقیما" 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 برجای 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

پیش بینی شده قرار گیری نوک شمع در نقطه استقرار شمع باشد. ولی به هرحال ممکن است مواردی پیش آید که در آنها گمانه های بسیار ژرفتری موردنیاز باشد. همچنین ضروری است که عمق کاوش از تراز قرارگیری نوک شمع به اندازه ضلع کوچک مستطیلی که مجموعه شمعهای تشکیل دهنده شالوده ها را در تراز پاشنه شمعها دربر می گیرد بزرگتر باشد.

- فشار آب زیرزمینی مؤثر در خلال انجام بررسیها باید مشخص شود. ترازهای حداقل و حداکثر هرگونه آب آزاد که ممکن است بر فشار آب زیرزمینی تأثیر گذارد باید روشن شده و تراز آب آزاد حین انجام بررسیها نیز ثبت شود.

- تهیه و اجرای برنامه عملیات حفاری و نمونه گیری از خاک باید تحت نظارت مهندس ژئوتکنیک انجام گیرد. نتایج حفاریها و گمانه زنی ها باید با ذکر تراز زمین و به مقیاس مناسب تهیه شود و به تأیید مهندس ژئوتکنیک برسد.

- خاصیت روانگرایی خاک در حالت اشباع در اثر نیروی زلزله و احتمال لغزش لایه های خاک در ساختگاه قرار گرفته در شیب، باید بررسی گردد. در صورت وجود لایه های ماسه اشباع یا قرارگیری ساختگاه روی شیب، بررسی پایداری بناها در شرایط لرزه ای الزامی است.

۳-۲-۳-۷ برای بررسیهای ژئوتکنیکی رده ۳، موارد زیر اعمال می شود:

- کلیه بررسیهای رده ۲ برای رده ۳ به عنوان حداقل الزامی است.
- بررسیهای این مرحله توسط متخصص باتجربه ژئوتکنیک تعیین شود.
- بررسیهای اضافی در یک طبیعت پیچیده تر غالبا" ضروری است و زیرنظر متخصص ژئوتکنیک باتجربه باید انجام شود.
- هرگاه آزمایشهایی در یک طبیعت پیچیده تر یا غیرعادی انجام می شود، نحوه انجام آزمایش و تفسیر نتایج باید ثبت و مستند شود. به علاوه، منابع و مآخذ آزمایشها باید ارائه شود.
- همکاری دائم متخصص با تجربه ژئوتکنیک تا انتهای ساخت پروژه در این رده الزامی است.

۳-۲-۳-۷ بررسیهای کنترلی

۱-۳-۲-۳-۷ خاک و سنگ

تشریح نظری و خواص ژئوتکنیکی خاکها و سنگهایی که سازه در داخل یا روی آنها بنا می شود باید در حین اجرا کنترل شوند.

- برای رده ژئوتکنیکی ۱ تشریح نظری خاکها و سنگها باید از راههای زیر کنترل شود:

الف - بازرسی ساختگاه

ب - تعیین انواع خاک و سنگ واقع در محدودهء تأثیرگذاری سازه

پ - ثبت تشریح نظری خاک و سنگی که در جریان حفاری نمایان می شوند.

- برای ردهء ژئوتکنیکی ۲، خواص ژئوتکنیکی خاک یا سنگی که سازه در داخل یا روی آن بنا می شود باید کنترل شود. احتمال دارد بررسیهای اضافی ساختگاه ضروری باشد. نمونه هایی از این سنگها و خاکها را می توان بازیابی[۴] و آزمایش کرد تا خواص نشانه ای، مقاومتی و تغییر شکلی آنها تعیین شود.

- برای ردهء ژئوتکنیکی ۳، مقررات رده بندی ممکن است بررسیهای بیشتری را در مورد جزییات خواص زمین یا شرایط خاکریزی که از نظر طراحی دارای اهمیت هستند، ضروری نمایند.

- شواهد غیرمستقیم در مورد خواص ژئوتکنیکی زمین (مانند اطلاعات شمع کوبی) باید ثبت و از آنها برای تفسیر شرایط زمین استفاده شود.

- 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 معمولا" 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، معمولا" باید مشاهدات مستقیم به عمل آید.

مشخصه های جریان آب زیرزمینی و رژیم فشار حفره ای را می توان توسط "پیزومتر" بدست آورد که ترجیحا" 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[5]، 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.

۷-۳-۲ ارزیابی پارامترهای ژئوتکنیکی

۷-۳-۲-۱ 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، درنظر گرفته شوند.
- در صورت امکان، نتایج آزمایشهای بزرگ مقیاس و ا ندازه گیریهای صحرایی از ساختمانهای ساخته شده (تمام مقیاس) باید مورد تحلیل قرار گیرد.
- در صورت امکان، همبستگی بین نتایج آزمایشهای بیش 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...,) ، مدول ادئومتری و...

مصالح باید با استفاده از آزمایشهای طبقه بندی مطابق با سیستم یکنواخت[۷] شده نامگذاری گردند.

اهم پارامترهای ژئوتکنیکی موردنیاز عبارتند از:

۷-۳-۲-۲ وزن مخصوص

- وزن مخصوص باید بر اساس استاندارد شماره..... تعیین شود و اندازه پارامترهای منتج (γ_{Satu} ،γ_H،γ_S،γ_dو...) 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.

- وزن مخصوص برجای ماسه و شن را می توان با دقت کافی از نتایج آزمایشهایی چون آزمایشهای نفوذ استاندارد یا شیوه هایی که مقاومت خاک را معین می سازد، تخمین زد.

۷-۳-۳-۳ دانسیته نسبی

- دانسیته نسبی، درجه تراکم یک خاک دانه ای (غیرچسبنده) را نسبت به شل^ترین و متراکم ترین شرایط به گونه ای که به وسیله روشهای آزمایشگاهی استاندارد تعریف می شود، بیان می کند.

- دانسیته نسبی یک خاک را می توان بطور مستقیم از مقایسه وزن مخصوص برجای به دقت اندازه گیری شده (...ASTM) با مقادیر وزن مخصوص تعیین شده در آزمایشگاه از روشهای استاندارد(...ASTM) ، به دست آورد. به طور غیرمستقیم نیز می توان دانسیته را از آزمایشهای S.P.T. یا C.P.T. بدست آورد.

۷-۳-۳-۴ درجه تراکم

- درجه تراکم بر حسب نسبت بین وزن مخصوص خشک خاک و حداکثر وزن مخصوص خشک به دست آمده از آزمایش تراکم استاندارد بیان می شود.

- آزمایشهای تراکمی که باید به کار روند عبارتند از: روش استاندارد یا روش اصلاح شده پروکتور که در آنها مقادیر انرژیهای تراکم متفاوت است.

۷-۳-۳-۵ مقاومت برشی زهکشی نشده خاک چسبنده

در ارزیابی مقاومت برشی زهکشی نشده، C_u، برای خاکهای رسی و اشباع، تأثیر عوامل زیر دارای اهمیت است و باید درنظر گرفته شود:

- تفاوت بین وضعیت تاریخچه تنش در محل و در شرایط آزمایش
- دستخوردگی نمونه، به ویژه در آزمایشهای آزمایشگاهی روی نمونه های بدست آمده از گمانه
- ناهمسانی مقاومت، به ویژه در رس های با حالت خمیری پایین
- ترکها، بویژه در رس های سخت. نتایج آزمایشها ممکن است معرف مقاومت ترکها باشد یا مقاومت قسمت سالم رس، که هر یک از آنها می تواند رفتار رس را در صحرا کنترل نماید. اندازه نمونه نیز ممکن است حائز اهمیت باشد.
- اثر سرعت بارگذاری: آزمایشهایی که با سرعت زیادتری انجام می شوند، مقاومتهای بالاتری را نشان می دهند.
- اثر تغییر شکلهای بزرگ: بیشتر رس ها تحت تغییر شکلهای بسیار بزرگ و روی سطوح لغزش، کاهش مقاومت را نشان می دهند.
- اثر زمان: دوره ای که در آن یک خاک به طور مؤثر زهکشی نشده خواهد بود و بستگی به تراوایی خاک، وجود آب آزاد و وضعیت هندسی محل دارد. برخی از خاکها در بارگذاریهای بسیار کوتاه مدت افزایش مقاومت را نشان می دهند.
- ناهمگونی نمونه ها، از قبیل وجود شن و ماسه در نمونه رسی
- درجه اشباع

- سطح اعتماد به تئوری مورد استفاده برای محاسبه مقاومت برشی زهکشی نشده از روی نتایج آزمایشها. به ویژه برای آزمایشهای برجا.

۷-۳-۳-۶ پارامترهای مقاومت برشی مؤثر خاکها

در ارزیابی پارامترهای مقاومت برشی مؤثر φ', C' و که از مهمترین پارامترهای تحلیل مقاومت برشی طولانی مدت می باشند، نکات زیر باید مدنظر 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.

۷-۳-۳-۷ سختی خاک

در این بخش به مدولهای تغییر شکل حجمی (K_b)، برشی (G)، مدول ارتجاعی خاک (E) و مدل عکس العمل بسته (K_s) 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 غالبا" 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 غالبا" 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 غالبا" به روشنی غیرخطی است.

۷-۳-۳-۸ 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 می توان تراوایی را بر اساس آگاهی از اندازه دانه ها و توزیع آنها برآورد نمود.

۷-۳-۹ پارامترهای تحکیم (C_S) و (C_C)

در ارزیابی تغییر شکل پذیری لایه های رسی به پارامترهای شاخص تراکم (C_C) و شاخص تورم (C_S) نیاز است. در ارزیابی این پارامترها باید موارد زیر درنظر گرفته شوند:

- اثر تغییرات تنش تحت بارگذاری موردنظر
- اثرتاریخچه تنش

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

۷-۳-۱۰ شمارش ضربه ها در آزمایشهای نفوذ استاندارد [۱۱](S.P.T.)

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

- نوع آزمایش [۱۲](S.P.T., B.P.T.)
- شرایط نحوه اجرای آزمایش (روش بالا بردن وزنه، کفشک یا مخروط، جرم وزنه، ارتفاع سقوط، قطر کیسینگ و میله ها و...) (نشریه شماره ۲۲۴ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور)
- شرایط آب زیرزمینی
- تأثیر فشار روبار
- طبیعت زمین، به ویژه هنگامی که با قلوه سنگ یا شن درشت برخورد شود.

۷-۳-۱۱ پارامترهای مخروط فروبری [۱۳](C.P.T.)

در ارزیابی مقادیر مقاومت مخروط فروبری، اصطکاک غلاف و در صورت اندازه گذاری فشار آب حفره ای در خلال فروبری، نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- مخروط و غلاف اصطکاکی ممکن است به گونه ای بارز بر نتایج تأثیر بگذارد. بنابراین بر حسب نوع مخروط مورد استفاده، ضریب اصلاحی مناسب باید منظور شود.
- تنها زمانی می توان 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 درنظر 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 اندازه گیری 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 برنامه ریزی کشور آورده شده است.

۷-۳-۱۲ 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
- منحنی هایی که شرایط دستخوردگی بیش از متوسط را نشان می دهند نباید مورد استفاده قرار گیرند.
- در مواردی که فشار در حین آزمایش به فشار حدی نمی رسد، برای تخمین آن می توان برونیابی محتاطانه و متعادلی روی منحنی انجام داد. برای آزمایشهایی که در آنها فقط بخش ابتدایی منحنی پرسیومتری مشخص شده است، می توان از همبستگیهای کلی، یا ترجیحا"، همبستگیهای محلی از ساختگاه مشابه به طور محتاطانه از مدولهای پرسیومتری برای تخمین فشار حدی استفاده نمود.

۷-۳-۳-۱۳بارگذاری صفحه ای

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

۷-۳-۳-۱٤برش 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

۷-۳-۳-۱۵کیفیت 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 ازسنگها پس از باربرداری و قرار گرفتن در معرض هوا، به سبب جذب آب توسط کانیهای رسی به روشنی آماس[۱۵] می کنند.

۷-۳-۳-۱۵-۱ 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 عمدتا" برای رده بندی و تعیین مشخصات سنگ سالم و یکپارچه به کار می رود. به استاندارد دستورالعمل آزمایش مقاومت فشاری تک محوری طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور مراجعه شود.

۲-۱۵-۳-۳-۷ 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 معمولا" بر صفحات سست در سنگها (درزه ها، صفحات لایه بندی، شیستوزیته، کلیواژ[۱۷] یا با فصل مشترک بین خاک و سنگ، یا بتن و سنگ، منطبق هستند. مقاومت برشی اندازه گیری شده درزه ها عمدتا" برای تحلیل به روش تعادل حدی در توده سنگها به کار می رود.

۴-۳-۷ 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

۱-۴-۳-۷ 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 داده های 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 گمانه ها
- 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 گمانه ها در حین اجرای کارهای صحرایی و در پیزومترها بعد از تکمیل کارهای صحرایی.
  - شواهد وجود آبهای زیرزمینی
  - رفتار سازه های مجاور در حین عملیات اکتشافی ساختگاه (در صورت بروز موارد قابل ذکر)
  - رخنمونهای موجود در کانال ها و گودبرداریهای منطقه
  - وجود مناطق ناپایدار
  - مشکلات حین اجرای حفاری
  - تهیه جدول مقادیر کارهای صحرایی و آزمایشگاهی، ارا ئه مشاهدات صحرایی که توسط افراد بخش نظارت صحرایی در خلال بررسیهای زیرسطحی به عمل آمده است.
  - ارائه نمودار گمانه ها، شامل عکسبرداری از مغزه ها، همراه با توصیف سازندهای زیرزمینی بر اساس توصیف صحرایی و نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی
  - دسته بندی و ارائه نتایج صحرایی و آزمایشگاهی به صورت پیوست

۲-۴-۳-۷ 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. جزییات گزارش های خدمات مهندسی ژئوتکنیکی بر حسب نوع طراحی متفاوت خواهد بود. مفروضات، داده ها و محاسبات باید در گزارش

خدمات مهندسی ژئوتکنیکی ثبت گردد.

گزارش معمولا" 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 آئیننامه 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 جزیی 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 مقادیری 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

۵-۳-۷ 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

۱- Data

۲- information

۳- Reconnaissance

۴- recovering

۵- Uplift

۶- mode

۷-unified

۸- Loosest

۹- چسبندگی موثر

۱۰-زاویه اصطکاک موثر

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

۱۲- Becker Penetration Test

۱۳-Cone penetration test

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

۱۵- Swell

۱۶- Foliation

۱۷- Cleavage

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)

۷-۴-۱ 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.

۷-۴-۲ حالتهای حدی:

طراحی پی های سطحی بر اساس حالتهای حدی صورت می گیرد. حالتهای 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 ازحرکت پی،
- نشستهای بیش از حد،
- آماس بیش از حد و
- ارتعاشات ناپذیرفتنی.

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

۷-۴-۳ ملاحظات طراحی و نیروها:

- در گزینش کنشهای بارگذاری برای محاسبه حالتهای 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 □(E یا W)

D + L + H

0/75 (D + L + H) هر کدام که بزرگتر باشد $H = K_0 \times h^2$

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.

۴-۴-۷ 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 ستقرار بر روی لایه بهسازی شده
- در خاکهای رسی، ترازی که بالاتر از آن آماس یا نشست حاصل از تغییرات فصلی هوا و یا درختان و بوته ها، ممکن است سبب حرکات محسوسی شوند.
- ترازی که بالاتر از آن پدیده یخ زدگی می تواند موجب خرابی شود.
- حرکتهای احتمالی زمین و کاهش مقاومت لایه باربر در اثر نشت و یا اثرات آب و هوایی و یا روشهای ساختمانی.
- اثرات حفاریهای لازم برای ساخت در نزدیکی پی ها و سازه ها.
- حفاریهای ضروری آتی 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 درهر حالت استفاده شود. در هنگام بررسی نسبت به حالت حدی نهایی، محاسبه باید محتمل ترین سازوکار گسیختگی را مدل نماید. درهنگام 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 ۷-۴-۵ و ۷-۴-۶ ذکر می شود. ظرفیت باربری محتمل برای طراحی پی های سطحی (شالوده) مستقر بر سنگ در بخش ۷-۴-۷ آورده شده است.

۷-۴-۵ حالت حدی پایداری

۷-۴-۵-۱ 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..

۷-۴-۶ حالت حدی مقاومت

در این بخش با ظرفیت مجاز کار می شود.

۷-۴-۶-۱ 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:

$$Q \leq R \qquad ۷-۴-۱$$

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 درنظر 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 کاهنده یا افزاینده مربوط به شکل و شرایط هندسی پی، قرارگیری پی روی شیروانی، خروج از مرکزیت بار و تمایل بار در نظر گرفته شده ا ست. R از مقادیر طراحی مربوط به پارامترهای انتخاب شده با در نظر گرفتن ضرایب اطمینان مربوط در ارتباط با بخش ۷-۳-۳ 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 درنظر 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 و 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 درنظر گرفته شده باشد. افزایش فشار آب حفره ای تحت بارگذاری سیکلیک باید با فرض مقاومت زهکشی نشده یا درنظرگرفتن 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 ا فزایش فشار آب حفره ای (سیکلیک موبیلیتی[1]) محاسبه شده و ظرفیت باربری پی سطحی باید بر اساس پارامترهای ژئوتکنیکی دینامیکی از یکسو و درنظر 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 درنظر 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، با ید نامساوی زیر برقرار شود:

$$H < S + E_p \qquad ۲-۴-۷$$

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 حا لت حدی موردنظر سنجیده شوند. رفتار احتمالی مربوط به حالت حداکثر را در مورد حرکتهای 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 ۷-۴-۵ برقرار شود.

- در مواردی که پی بر روی خاکهای رسی واقع می شود، باربری محدوده ای کـه دارای نو سان سـطح آبهـای 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 فعالیتهای انسانی را باید در نظر گرفت.
- برای خاک در شرایط زهکشی شده، باید مقاومت برشی طراحی را با استفاده از معادله زیر محاسبه کرد:

$$S=Q' \tan\delta \qquad ۳-۴-۷$$

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 $\frac{2}{3}\varphi'$ برای پی های پیش ساخته با رویه صاف درنظر گرفت. هرگونه چسبندگی **C'** باید حذف شود.

مقاومت برشی طراحی، در شرایط زهکشی نشده، عموم از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$S= A'C_u \qquad ۴-۴-۷$$

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:

$$S \geq 0{,}4Q \qquad ۵-۴-۷$$

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

۳-۶-۴-۷ بارهای با خروج از مرکز زیاد

در زمانی که خروج از مرکزیت بار از $\frac{1}{6}$ پهنای شالوده مستطیلی و یا ۰/۳ شعاع شالوده دایـره ای تجـاوز مـی کند و یا به عبارت دیگر از هسته مرکزی پی خارج می شود باید مقـادیر نیروهـای طراحـی طـبق بخـش ۷-۲-۳ مورد بازبینی دقیق قرار گیرند و از مقادیر محافظه کارانه در محل کناره پی در کنـترل مقاومـت بـاربری اسـتفاده 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 شـود.
- 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 شـکلی انتخاب شده وابسته هستند باید اطمینان حاصل کرد که در شرایط طرح، سازه تحت تأثیر تغییر مکانهای غیرمتجانس افقی و عمودی ایجـاد شـده در پـی هـا بـه 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 باشـد.

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 داخـلی پـی و تغییر مکانهای جزیی بخشهای مختلف پی درنظر 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 ۷-۲-۳ آمده است، در نظر گرفت.
- در مورد محاسبه تغییر مکانهای عمودی ایجاد شده در پی (نشستها)، روشهایی وجود دارد که در بخش ۷-۴-۶-۱ ذکر میشود.

محاسبات نشست را نباید به عنوان مقادیری دقیق تلقی کرد. این مقادیر، تقریب و تخمین بسیار خوبی را تأمین می کنند.

۷-۴-۷-۱ نشست:

محاسبه نشستها شامل دو حالت نشست آنی و نشست تحکیمی می باشد.

نشست آنی 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 ثابت: S_0
- 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 موثر موجود در همان عمق تجاوز نکند. این ژرفا در بیشتر حالتها ممکن است بین یک تا سه برابر پهنای پی فرض شود، اما در مورد بارهای سبکتر در پی های سطحی پهن 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 رمبنده 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 درنظر 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 درنظر گرفتن مقادیر سختی سازه، مقادیری بیش از حد پیش 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 درنظرگرفتن 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 هرگوشه با استفاده از متدهای محاسبه نشست متداول انجام شود.

۲-۷-۴-۷ تحلیل ارتعاشی نشست آنی

- 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.

۳-۷-۴-۷ 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:

$\pm ۰/۲aN$ برای خاک نوع اول و دوم

$\pm ۰/۴aN$ برای خاک نوع سوم

$\pm ۰/۶aN$ 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.

۴-۷-۷ 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 ناپیوستیگها

- 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 درنظر 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 درنظر گرفتن شرایط اشباع و یا غیراشباع استفاده نمود.

۱- Cyclic mobility

۲-servicebility

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.

۷-۵ پی های ژرف (شمعها)

۷-۵-۱ دامنه:

این بخش شامل شمعهای فشاری (اتکایی[1]، اصطکاکی) و کششی است که توسط کوبش، فروبردن با فشار، پیچاندن، حفاری با و یا بدون تزریق کار گذاشته می شوند.

۷-۵-۲ 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.

۷-۵-۳ شرایط طراحی و نیروها:

۷-۵-۳-۱ کلیات:

- در محاسبات حالتهای حدی سیاهه ای از نیروهای بارگذاری که در بخش ۷-۲-۳ تهیه شده است، باید در نظر گرفته شود.
- شرایط طراحی باید مطابق با اصولی که در بخش ۷-۲-۲ 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.

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

۷-۵-۳-۲-۱ کلیات:

- زمینی که شمع در آن قرار می گیرد، ممکن است با تغییر مکانهای ایجاد شده در اثر تحکیم، بالا آمدگی[۲]، 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 شکلهای نسبی در شمع محاسبه می گردد.

ب) حد بالایی نیرویی که زمین می تواند به شمع انتقال دهد، باید به عنوان نیروی طراحی درنظر 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.

۷-۵-۳-۲-۲ 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 درنظر 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، مقاو مت 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.

۷-۵-۳-۲-۳ 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..

۷-۵-۳-۲-۴ 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 شیبی 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 فا صله ز یادی از هم دارند، حد مقادیر بارهای مایل ایجاد شده را مقاومت برشی لایه های خاک ضعیف تعیین می کند.

۷-۵-۱۰ 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 نیروهایی همراه با بارهای استاتیکی، مقادیر طراحی بارگذاری قائم در سطح افق 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 مدلهای 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 یامتوسط 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 مبحث نهم طراحی شوند.
- در کلیه موارد، چنین مفصل های خمیری بالقوه باید برای محدوده های زیر فرض شوند:

- منطقه ای با عمق ۲d از سرشمع
- منطقه ای با عمق $\pm$۲d از فصل مشترک دو لایه دارای سختی برشی کاملاً متفاوت (نسبت ضریب

برشی بزرگتر از۶).

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

۷-۵-۴ مبانی و ملاحظات طراحی

۷-۵-۴-۱ 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 (S.P.T., C.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.

۷-۵-۴-۲ 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 خاکریزیها و یاخاکبرداریهای آتی و یا تغییرات در رژیم آب زیرزمینی توجه نمود.
- در انتخاب نوع شمع که شامل چگونگی 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 زیان 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 جدارهء 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 برجا،
- 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 ۷-۴-۵-۱ 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:

$$F_C \leq R_C \qquad (۱-۵-۷)$$

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 برا بر 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 ا ثر لا یه 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.

۷-۵-۶-۳-۲ ظرفیت باربری نهایی از آزمایشهای بارگذاری شمع

در مواردی که آزمایش بارگذاری شمع انجام می شود می توان ظرفیت باربری طراحی را از روی نتیجهء 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 دیگرقابل استفاده نیست.

- سعی می شود قطر شمعهای آزمایشی با قطر شمعهای اصلی یکسان باشد، در صورت اختلاف قطردر شمع های باقطر بزرگ، نسبت قطر شمع آزمایشی به قطر شمع اصلی از ۰/۵ نباید کمتر باشد.

- به پدیده اصطکاک منفی در استفاده از نتایج آز مایش بارگذاری شمع در طراحی شمعها باید توجه ویژه داشت.

۷-۵-۶-۳-۳ مقاومت باربری نهایی از نتایج آزمایش

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

$$R_C = R_b + R_s \qquad (۲-۵-۷)$$

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:

$$R_b = q_b A_b \qquad (۳-۵-۷)$$

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

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

که در آن نمادهای زیر بکار رفته است:

R_s و R_b: مقادیر یکّه 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 یکّه مقاومت نوک،

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

مقدار یکّه 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 یکّه 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 سایرروشهای 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 درروابط مورد نظر بکارگرفته می شود باید به نوع ساز و کارگسیختگی بوجود آمده سازگارباشد.

- 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 درتعیین مقادیریکه q_b و q_{si} ازنتایج آزمایشهای برجا استفاده شود می توان ضریب اطمینان کوچکتری در نظرگرفت ولیکن بهرحال این ضرایب اطمینان نبایدکمتراز۱/۵ درنظرگرفته 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.

۴-۳-۶-۵-۷ 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 کوبشی با ملاحظات بالااستفاده کرد.

۷-۵-۶-۳-۵ 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 تحلیلها 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 صحرایی تعیین شده باشد.

۷-۵-۶-۴ 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

۷-۵-۷-۱ کلیات:

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

۷-۵-۷-۲ ظرفیت باربری:

۷-۵-۷-۲-۱ کلیات:

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

$$\mathbf{F_t \leq R_t} \qquad (۷-۵-۴)$$

که در آن:

$\mathbf{F_t}$: بارگذاری محوری کششی طراحی در حالت حدی نهایی می باشد و

$\mathbf{R_t}$: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 منفردظرفیت کششی طراحی شمع در حالت حدی نهایی بصورت زیر است:

$$\mathbf{R_t = W_t + R_s}$$

- 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.

- درصورتی که گسیختگی شمع دراثر بالا آمدن بلوک و یاخاک 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 خواهدبود به فاصله شمع ها ارتباط دارد.

- از آنجایی که ممکن است گروه شمعها، تنشهای عمودی مؤثر بر هرشمع را کاهش دهد، بنابراین در هنگام ارزیابی ظرفیت باربری کششی تعیین کننده، کوچکترین دومقدار ظرفیت کششی باربری گروه شمع و مجموع ظرفیت باربری کششی شمع ها به صورت منفرد خواهد بود.دراکثر موارد اثر گروه شمع ها درکشش 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 برظرفیت باربری کششی در نظر گرفت.

۳-۲-۷-۵-۷ ظرفیت کششی نهایی از طریق نتایج آزمایش کشش شمع

تنها هنگامی می توانیم از روش نتایج آزمایش کشش شمع برای محاسبه ظرفیت باربری 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.

۳-۷-۵-۷ 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 درمقابل مقاومت کششی نهایی، ما را مطمئن می سازد که این تغییر مکانها موجب خرابی در سازه و ایجاد حالت حدی بهره برداری نخواهند شد. بهرحال در شرایطی که معیارهای محکمی برای حالت حدی بهره برداری موردنیاز باشد، کنترل جداگانه تغییر مکانها ضروری است.

۸-۵-۷ شمعهای تحت بارگذاری جانبی:

۱-۸-۵-۷ 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.

۲-۸-۵-۷ مقاومت نهایی بارگذاری جانبی:

۱-۲-۸-۵-۷ کلیات:

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

$$F_{tr} \leq R_{tr}$$ (۷-۵-۷)

که در آن:

F_{tr} : بارگذاریجانبی طراحی حالت حدی نهایی و

R_{tr} : مقاومت حدی نهایی در مقابل بارگذاریهای 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 تسیلم موضعی و تغییر مکان خاک در بالای آنها.

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

۷-۵-۸-۲-۲ 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 بارگذاریهای 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 قرار 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.

۷-۵-۸-۳ 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 وپارامترهای 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 با ید 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 با ید مقادیر طراحی مربوط ک متری 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 پیچش انجام گردد.

۱۱-۵-۷ 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،وابزار اجرایی) وملاحظات استانداری 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 درعملیات 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 وعرضی شمع، طول ومقدارمیلگردها (درمورد 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)،
- PHوزن 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 مته مارپیچ 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 دردقیقه وتعداد ضربات برای عمق نفوذ مشخص درخاک
- 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 درصورتی 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 وطرح های ثبت شده درهنگام اجرا،بایدبعدازتکمیل عملیات اجرایی شمع، گردآوری وبااسناد 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 ا ندازه گیریهای علاج بخشی مورد نیاز هست یا نه، انجام می شود. این بررسیها شامل کوبش مجدد همراه باآزمایش دینامیک شمع (PDA) و یا ترکیبی از آزمایشهای تعیین سلامت شمع، آزمایشهای صحرایی 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 وسیلهء 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.

۱- End Bearing

۲- Heave

۳-Downdrag

۴- Upward

۵- Spelicing

۶- Driven

۷- Punching failure mechanism

۸- Marsh Viscosily

۹- Dynamic Low strain integrity test

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 یا و یا بدون پاشنه، لبه یا 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]: معمولادیوارهای نسبتا 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 عبارتنداز 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 حالتهای حدی

- فهرستی از حالتهای حدی که لازم است در نظر گرفته شوند، باید تهیه گردد. به عنوان حداقل، حالتهای حدی زیر باید برای کلیه انواع سازه های نگهبان درنظر 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.

نشت غیرقابل قبول از پشت یا زیر دیوار،

تغییر غیرقابل قبول در جریان آبهای زیرزمینی.

- اضافه بر آن، حالتهای حدی زیرین باید برای سازه های نگهبان وزنی و سازه های نگهبان ترکیبی در نظر گرفته شوند:

گسیختگی بر اثر فرورفتگی 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 شیبها رو برو می شود. هنگامی که حالتهای حدی برای سازه های نگهبان وزنی در نظر گرفته می شوند، اصول فصل ۷-۶ 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 ۷-۴-۵-۴ مراجعه شود.

۷-۶-۳ شرایط بارگذاری، طراحی و داده های هندسی

۷-۶-۳-۱ بارگذاری

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

۷-۶-۳-۱-۱ 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 وارسی و حصول اطمینان از اینکه مقادیر واقعی صحرایی از آنچه در طراحی فرض شده است کمتر نیستند، توجه شود.

۷-۶-۳-۱-۲ 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، کالاها، کانتینرها، و... باید در نظر گرفته شوند.

۷-۶-۳-۱-۳ 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.

۷-۶-۳-۱-۴ نیروهای زلزله

مقادیرمبنای بارگذاری لرزه ای، بااستفاده ازمفاد بند ۷-۴-۳-۷ بادرنظرگرفتن نوع خاک، لرزه خیزی منطقه وضرایب و دسته لازم تعیین خواهد شد.

۷-۶-۳-۲-۴ 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.

۷-۶-۳-۱-۵ نیروهای نگهدارنده

مؤلفه های نیروهای ناشی از عملکردهای پیش تنیدگی را باید به عنوان کنش درنظر گرفت. مقادیر مبنای طراحی باید با درنظر گرفتن تأثیر پیش تنیدگی[۴] مهار و تأثیر وادادگی[۵] آن انتخاب شوند.

۷-۶-۳-۱-۶ 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.

۷-۶-۳-۱-۷ 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.

۷-۶-۳-۲ داده های هندسی

۷-۶-۳-۲-۱ سطوح زمین

- مقادیرمبنای 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.

۷-۶-۳-۲-۲ 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.

۷-۶-۴ شرایط و ملاحظات طراحی

۷-۶-۴-۱ شرایط طراحی

برای طراحی سازه های نگهبان، موارد زیرین باید موردنظر 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 درنظر گرفتن عوامل فعالیت انسانی که منجربه 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، حالتهای حدی نهایی و بهره برداری، باید توأما و با استفاده از ترکیبی از روشهای مندرج در ۷-۲-۱ 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 توا لی 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
- درنظرگرفتن تغییرات در تنشهای درجا و حرکتهای ناشی از ساخت و نصب دیوار در زمین
- دستخوردگی زمین براثر 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 لا یه 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 ودوام دیوار و مهاریها
- دسترسی برای تعمیر و نگهداری خود دیوار و هرگونه زهکشی مرتبط با آن
- شکل ظاهری و دوام دیوار و مهاریها
- برای سپرکوبی، 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.ایجادفیلترمناسب برای زهکشها وتعمیر ونگهداری آنها بااستفاده ازتزریق آب بافشاربالا.

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.

۷-۶-۵ تعیین فشارهای خاک و آب

۷-۶-۵-۱ 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 وجهت حرکت دیوار نسبت به زمین،
- تعادل عمودی و افقی برای کل سازه نگهبان،
- مشخصه های مقاومت برشی و وزن مخصوص زمین،
- صلبیت 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 **δ=0** برای یک دیوار کامل زبر **δ=φ** و **a=c** . در مورد دیوار بتنی یا دیوار سپر فلزی که معمولاً فرمول این چنین است:

$\delta = m\varphi$, $\frac{tg\varphi}{tg\delta} = \frac{a}{c}$ در اینجا به دلیل دستخوردگی موجود در فصل مشترک دیوار و زمین، **φ**نباید از $\frac{2}{3}$ زاویه اصطکاک حالت بحرانی زمین زیادتر باشد و m نباید برای دیوارهای پیش ساخته یا سپرهای فلزی از بیشتر با شد. مقدار m را برای بتن درجا در مقابل خاک می توان ۱ فرض کرد. یک سپر فلزی کوبیده شده در رس در شرایط زهکشی نشده عادی، بلافاصله پس از کوبیدن، معمولاً دارای δ=۰ و a=0 می باشد. افزایش مجدد این مقادیر ممکن است پس از مدتی مشاهده گردد.

- با توضیحات بالا، **δ** انتخاب می شود و برای بدست آوردن مقدار a از رابطه $\frac{tg\varphi}{tg\delta} = \frac{a}{c}$ باید استفاده گردد.
- مقدار مبنای 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 درمورد نیروهای رانشی مقاوم بایدمورد 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**

-درمواردی که دیوارزمین فشارزمین بایدازروی حالت تنش درحال سکون محاسبه شود.درتعیین وضعیت درحال سکون بایدبه تاریخچه تنش درزمین 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**ز* $۵*۱۰^{-۵}$ 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:

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

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 $\beta \le \varphi'$ نسبت به افق شیب داشته باشد مؤلفه افقی فشار مؤثر زمین σ'_h ، را می توان به تنش روبار مؤثر σ_{v0} با رابطه زیر مربوط کرد:

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

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

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، مهاریها 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 θ) 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 حالتهای 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 موثر عمود بر دیوار در عمق Z

δ : زاویه مقاومت برشی بین زمین و دیوار

a' = چسبندگی مؤثر دیوار

برای حالتهای زهکشی نشده:

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

که در آن:

$$k_{\gamma u} = k_{qu} = 1$$

$$\tau = a_u$$

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 بالابرای یک خاک همگن بصورت زیر است:

علامت + مقاوم

علامت - محرک

- توصیه می شود که درخاک های چسبنده باتوجه به پرشدن ترک های کششی توسط آب وزوال چسبندگی درطی زمان ازترم چسبندگی در روش مجرک صرفنظرشود.

- توصیه می شود درساختمانهای شهری اجازه داده نمی شود که K_a از مقدار ۰/۳ کمتر اختیار شود.

۴-۵-۶-۷ 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 مبنای 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 مبنای 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 نایایا که بلافاصله پس از تغییر در سفره آب رخ می دهد و نیزوضعیت 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 پرشده از آب باید درنظر گرفته شوند.

- برای اینگونه وضعیتها، درخاکهای چسبنده نگهداری شده، فشار کلی مبنای طراحی معمولاً نباید از فشار آبی که از سطح زمین به عنوان مبنا، 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 وبهره برداری با بکارگیری بارگذاری مبنای طراحی و شرایط مبنای طراحی متناسب با آن حالت کنترل شود.

کلیه حالتهای حدی مربوط باید در نظر گرفته شوند.

- به عنوان حداقل، حالتهای حدی انواعی که در شکلهای ۷-۶-۱ تا ۷-۶-۶ 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 تواماً 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 نگهبان وزنی

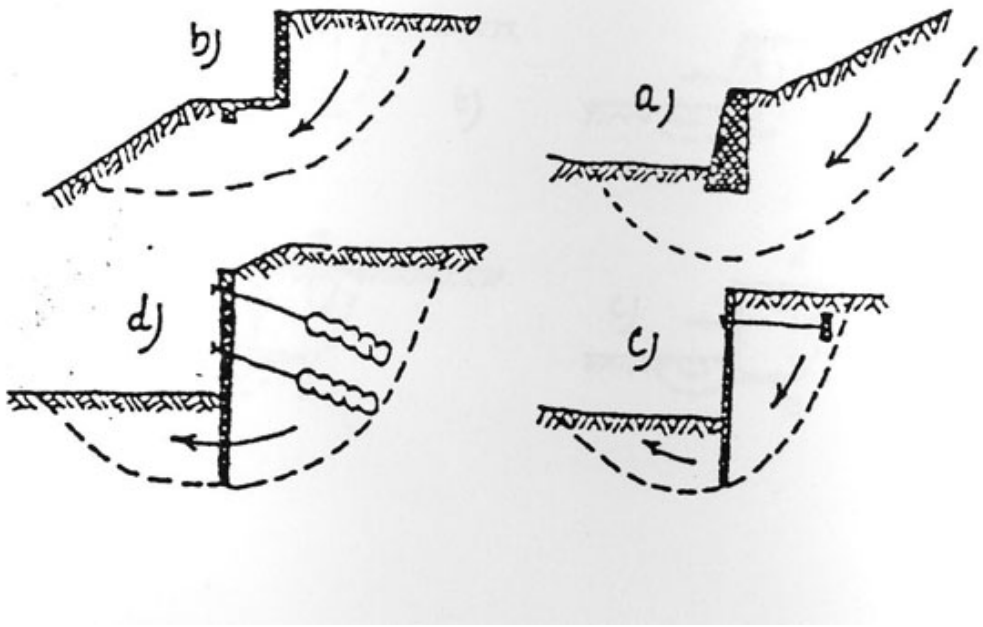
منظورازناپایداری گسیختگی کلی، گسیختگی حاصل ازلغزش و واژگونی می باشد.

- در صورت لزوم از اصول مندرج در فصل ۷-۶-۲ باید برای اثبات اینکه بروز گسیختگی در پی بسیار بعید خواهد بود و تغییرشکلهای مربوط نیز کوچک هستند، استفاده شود. واژگونی، ناپایداری کلی و لغزش باید تواما" در نظر گرفته شوند.

۲-۷-۶-۷ گسیختگی چرخشی دیوارهای توکار

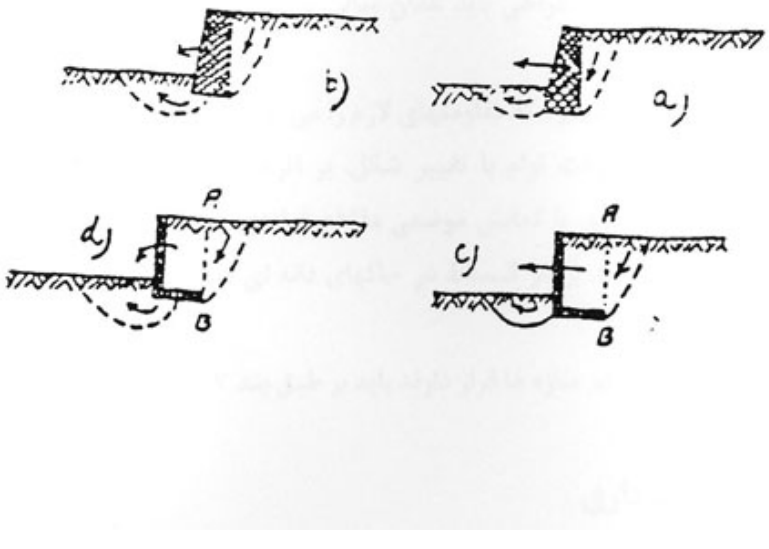
- با استفاده از محاسبات تعادل باید نشان داده شود که دیوارهای توکار به قدر کافی در داخل زمین قرار گرفته اند تا از گسیختگی چرخشی جلوگیری شود.

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



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

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



شکل ۷-۶-۲ 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 ازنیروهای وارده مبنای طراحی بزرگتر است. بایدبه تمام مواردی که درموردپی 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 واجزای سازه، نگهبان مانند شمعها ومهاریها کمتر یامساوی مقاومتهای مبنای طراحی دیوار و اجزای سازهء 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 دُم سپر، در فصل مشترک دم با سطح خاک جلوی سپر و در مهاربندیها باید کنترل شوند. مقاومتهای مبنای طراحی اجزای سازه ای باید با آیینnامه های مربوط مطابقت داشته باشند. برای طراحی سازه ای، از مقادیر بالایی فشارهای خاک و آب مبنای طراحی معمولا" باید استفاده شود.
- مبانی محاسبه فشارهای آب مبنای طراحی باید همان مبانی بکاررفته برای فشارهای محاسبه شده برای کنترل محا سبات 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 توام با تغییر شکل، بر اثرعواملی چون ترک خوردگی مقاطع آرماتورگذاری نشده، چرخشهای بزرگ در مفصلهای خمیری یا کمانش موضعی مقاطع فولادی باید بر طبق مقادیر آئیننامه 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 بایدبااستفاده ازشرایط مناسب ذکرشده دربند۷-۶-۳ درحالت حدی بهره برداری کنترل شود.

۷-۶-۹-۲ جابجایی ها

- مقادیرمحدود کننده برای جابجایی مجاز در دیوارها و زمین مجاور آنها باید با درنظرگرفتن 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 برآورد 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.

۷-۶-۹-۳ ارتعاشات

- مفاد بند ۷-۴-۸-۲ شامل سازه های نگهبان نیز می شود.

۷-۶-۹-۴ حالتهای حدی بهره برداری عناصر سازه ای

- مقادیر طراحی فشارهای زمین برای وارسی حالت حدی بهره برداری عناصر سازه ای باید با استفاده از م قادیر 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 لزوما" همان مقادیر محدود کننده محرک یا مقاوم نخواهند بود.

۷-۶-۱۰مهاربندیها

- این بخش به هر نوع مهاربندی بکار رفته برای تقویت سازه نگهبان از راه انتقال نیروهای کششی به تشکیلات خاک یا سنگ باربر مربوط می شود.

این مهاربندیها شامل انواع زیر می باشند:

- سیستم مهاربندی هایی که از یک سر مهاری، یک طول آزاد مهاری و یک طول ثابت مهاری و یا تزریق تحکیم شده است، تشکیل می شوند.
- سیستم مهاربندی هایی که از یک سر مهاری و یک طول ثابت مهاری تشکیل می شوند ولی فاقد طول آزاد مهاری (میخ مهاری) هستند.
- سیستم مهاربندی هایی که از یک سر مهاری، یک طول آزاد مهاری و یک مهار تقویت شده بتنی یا فلزی تشکیل می شوند.
- سیستم مهاربندی هایی که از یک مهارپیچ و یک کلاهک مهاربندی تشکیل می شوند.

از مهاربندیهای زمینی می توان به عنوان عناصر موقتی یا دایمی 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 دایمی 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 دایمی طراحی شوند.
- برای کنترل مهاربندی در حالتهای 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 اتصالهای 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 ۷-۶-۶

- 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 مخصوصا" 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 میله هایی که برای مهاربندی به کار می رود باید بر اساس آیین‌نامه های مربوط طراحی شوند.
- طول آزاد مهاری باید حداقل ۵ متر باشد.
-دربکارگیری سیستم های مهاربندی به عدم قطع هامهارها درطول عمرسازه نگهبان که درخارج زمین ساختگاه قراردارندبایدتوجه ویژه ای شود.
- درمورد خورگی قسمت آزاد سرمهارهابایدتزریق شود وبالاستیک های گریوداروپوشش مناسب پوشیده شود.

Embedded
Struts
Tendons
ressing 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.