سخنران:

جناب آقای دکتر محمد حسن بازیار

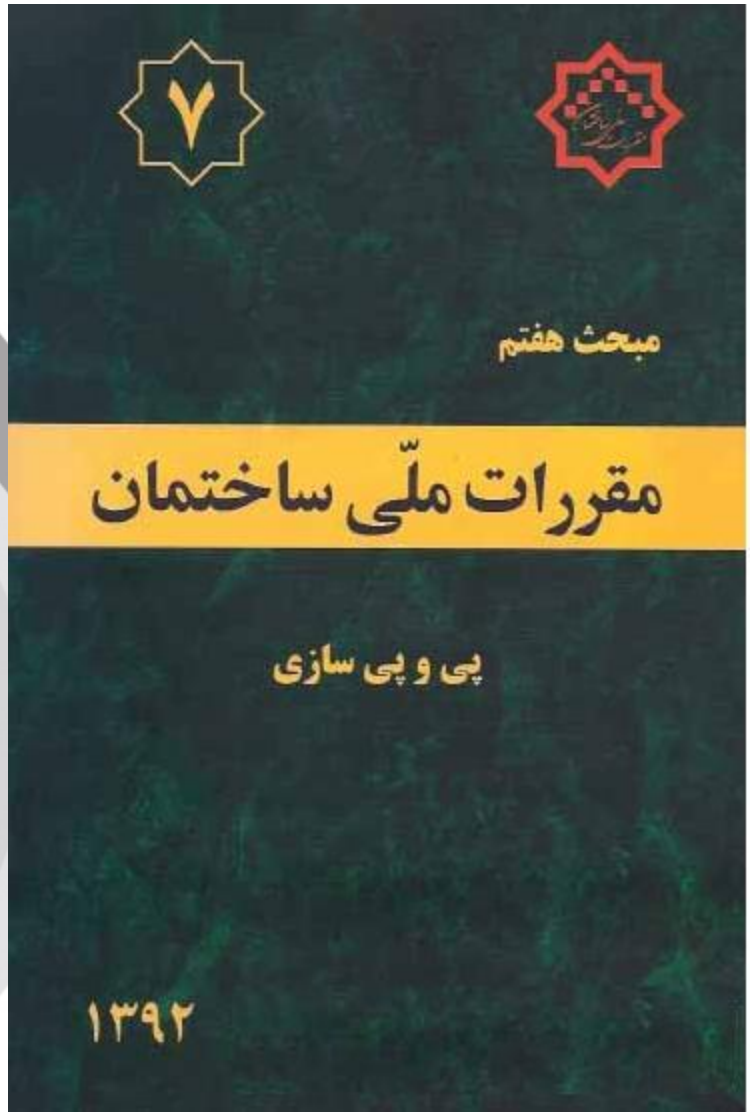
عنوان سخنرانی:

نکات کلیدی گودبرداری از منظر مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان

نکات کلیدی گودبرداری از منظر مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان

دکتر محمد حسن بازیار

کمیته تخصصی تدوین
مبحث هفتم- پی و پی سازی
مقررات ملی ساختمان



اسامی اعضا کمیته:

- **دکتر محمد حسن بازیار**
- **دکتر علیرضا رهایی**
- **دکتر علی فاخر**
- **دکتر کاظم فخاریان**
- **دکتر ارسلان قهرمانی**

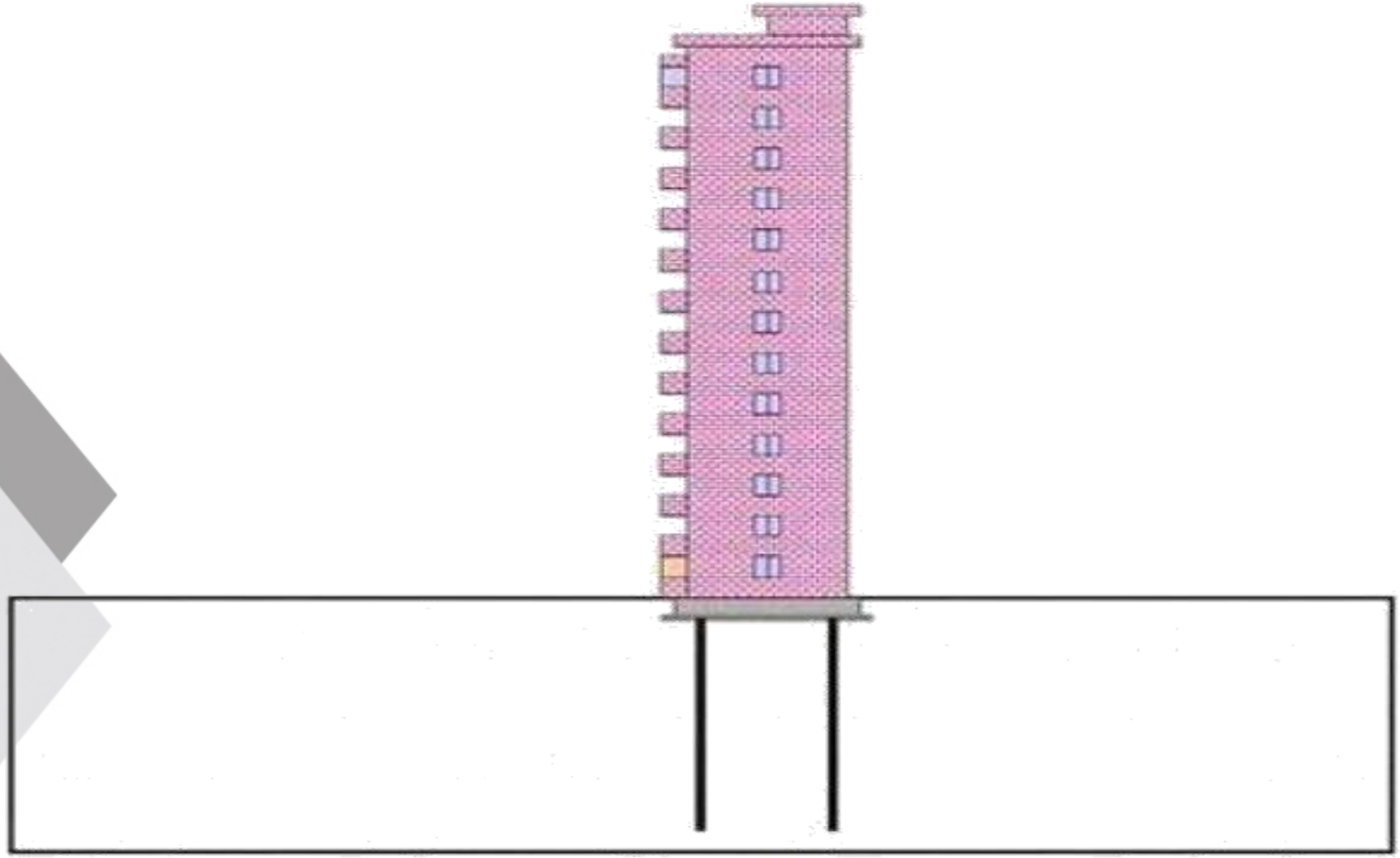
و سایر همکاران که در تدوین متن ۱۳۶۹ و ۱۳۸۸ همکاری نموده اند. من جمله:

دکتر بهروز گتمیری
دکتر کامبیز بهنیا
دکتر مرتضی زاهدی
مهندس علی اصغر طاهری بهبهانی
دکتر کاظم فخاریان
دکتر ارسلان قهرمانی
دکتر سید رسول میرقادری
مهندس مهیار نوربخش پیربازاری

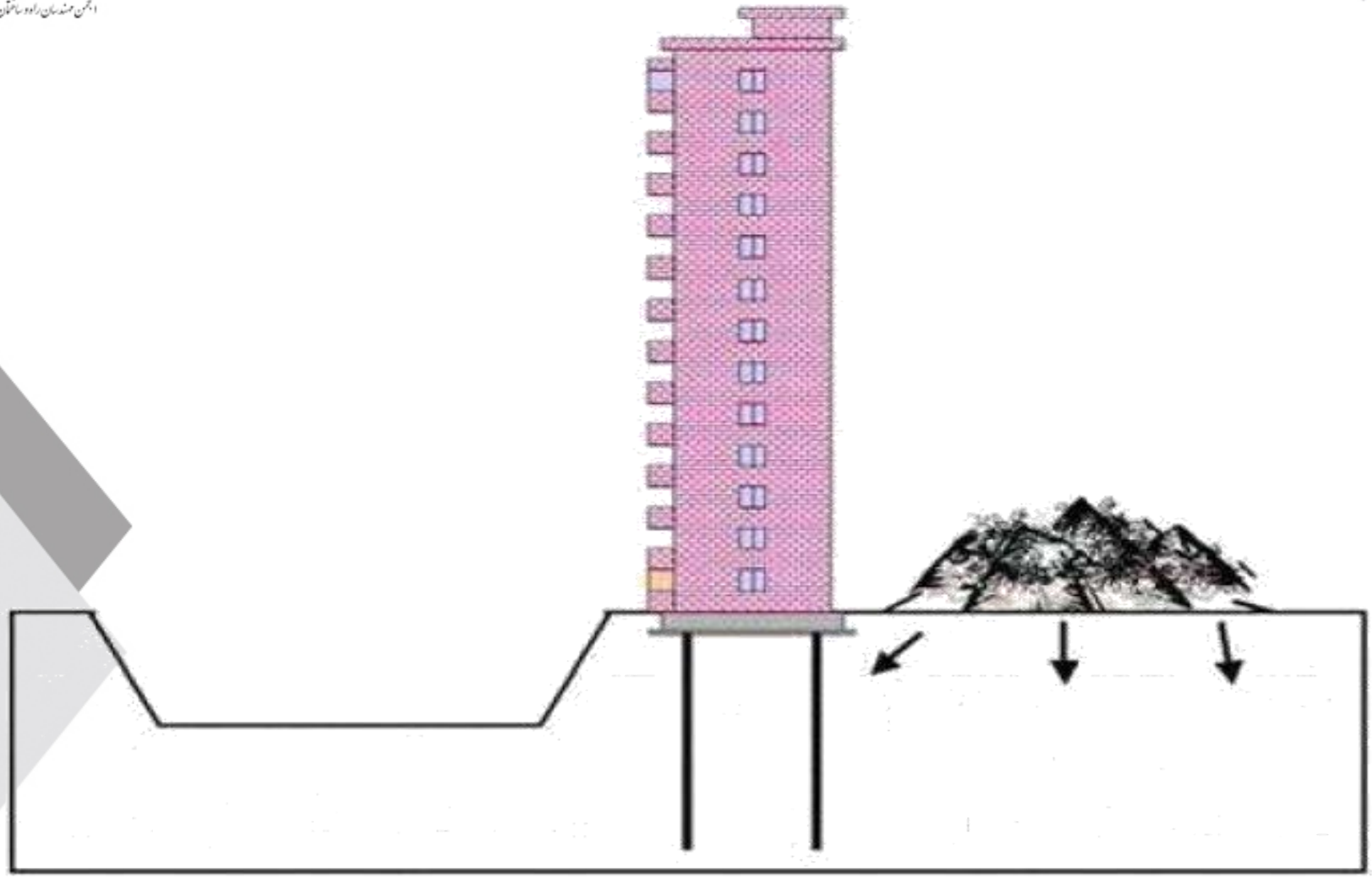
مقدمه :

یکی از مسائل مهم در ساخت و سازه‌های شهری، ایجاد پایداری مناسب در هنگام تخریب،گودبرداری و اجرای سازه‌ی نگهبان است. عدم رعایت مسائل فنی و ایمنی درتخریب، گودبرداری و ساخت سازه‌های نگهبان باعث تخریب برخی از ساختمان‌های مجاور گود در ساخت و سازهای شهری شده است.

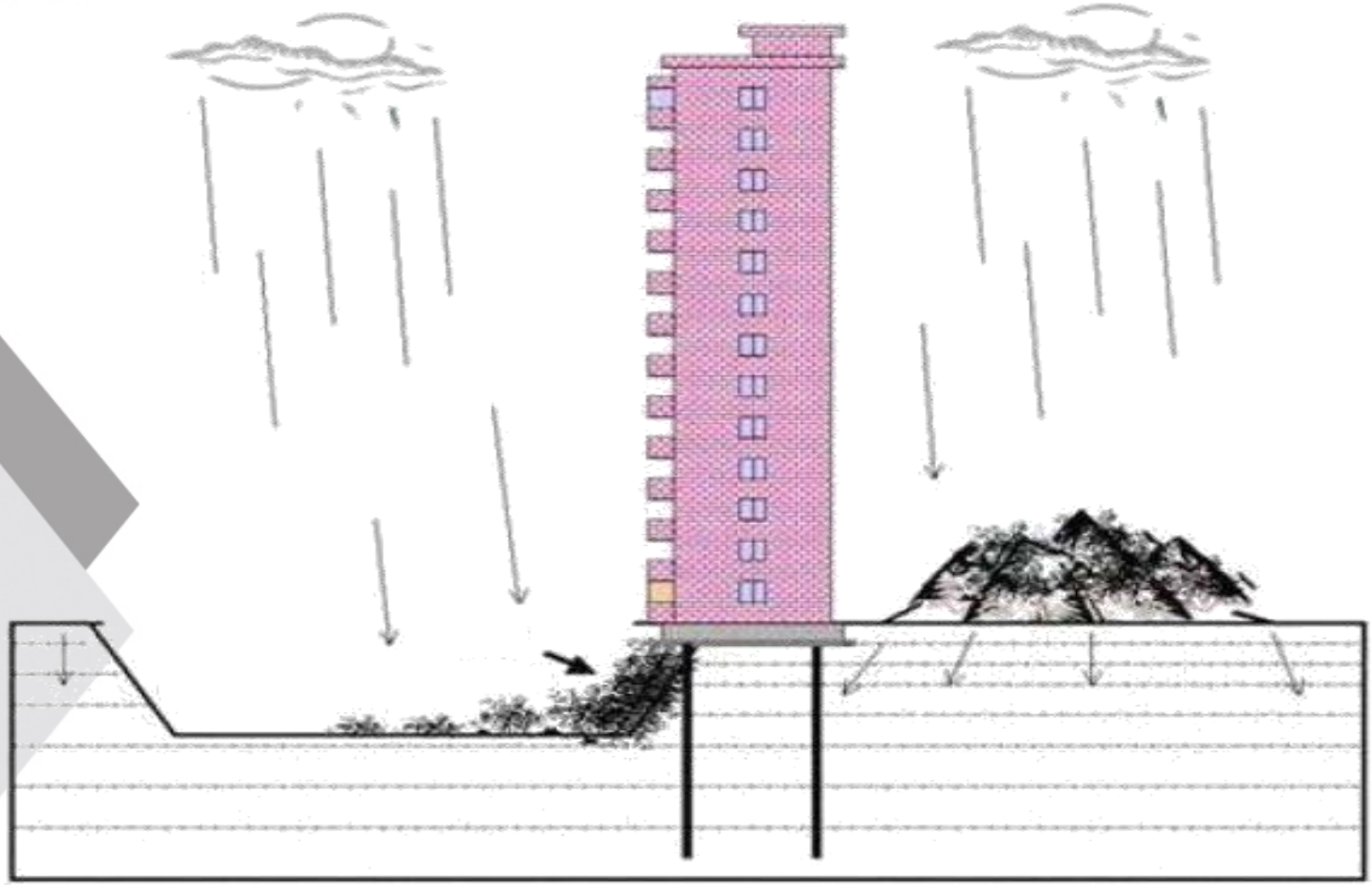
عملیات گودبرداری در زمره عملیات های خاکی خطرناک قرار دارد. براساس آمارهای موجود همه ساله در پروژه های گودبرداری بدلیل عدم رعایت اصول ایمنی، انسانهای زیادی جان خود را از دست داده یا صدمات شدیدی می بینند.



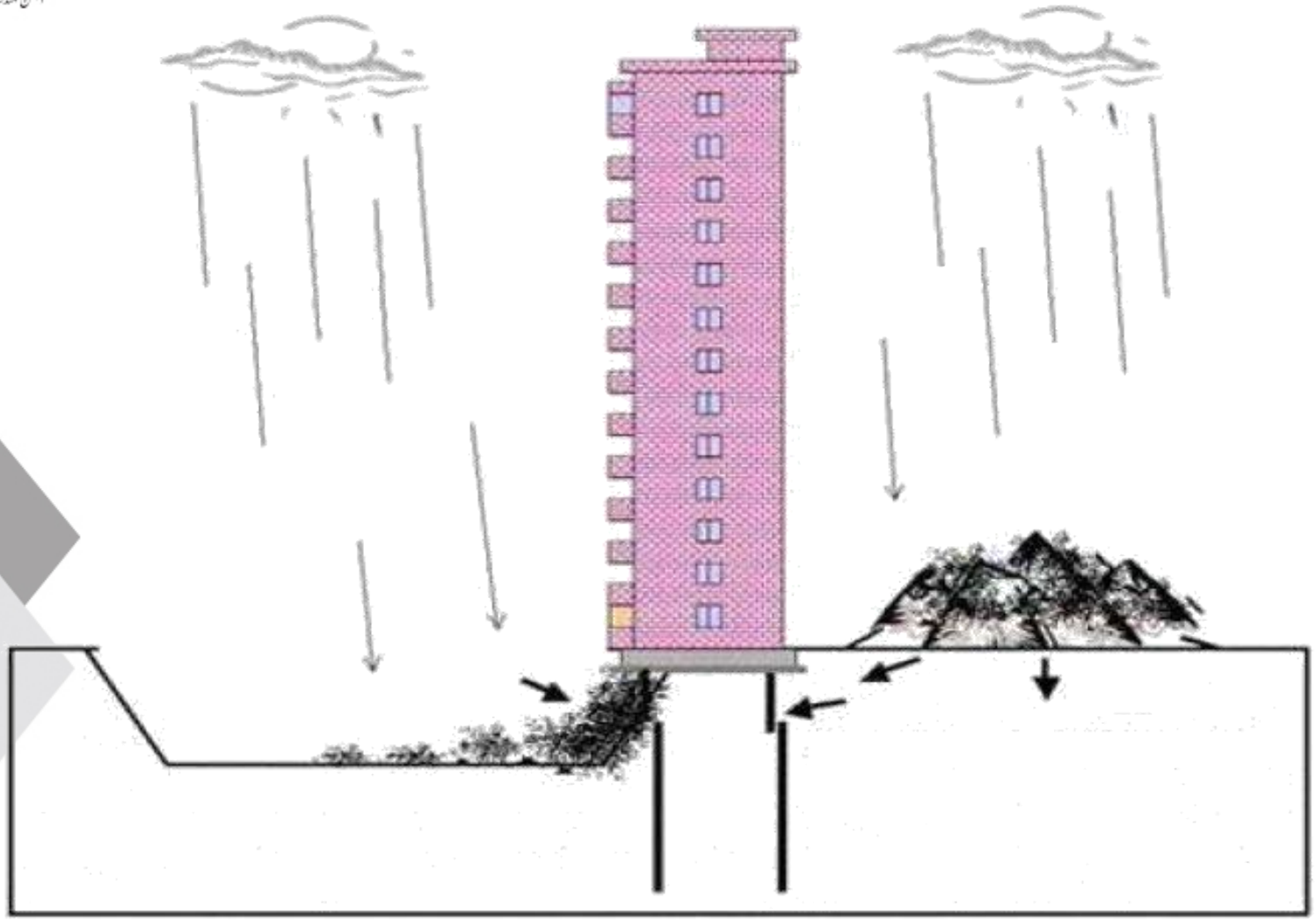
احداث ساختمان



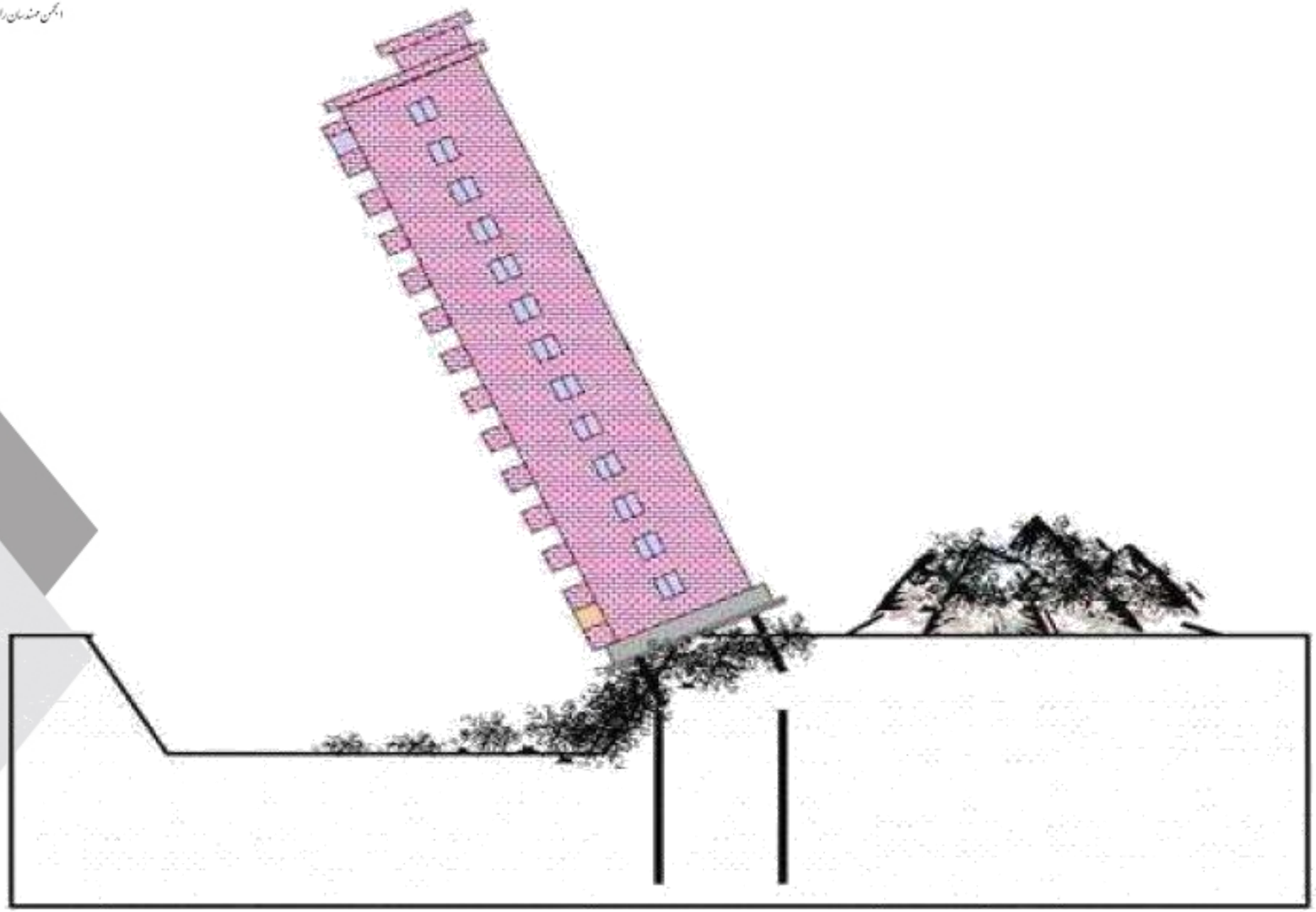
حفاری قسمت جنوبی و دپوی خاک در قسمت شمالی ساختمان



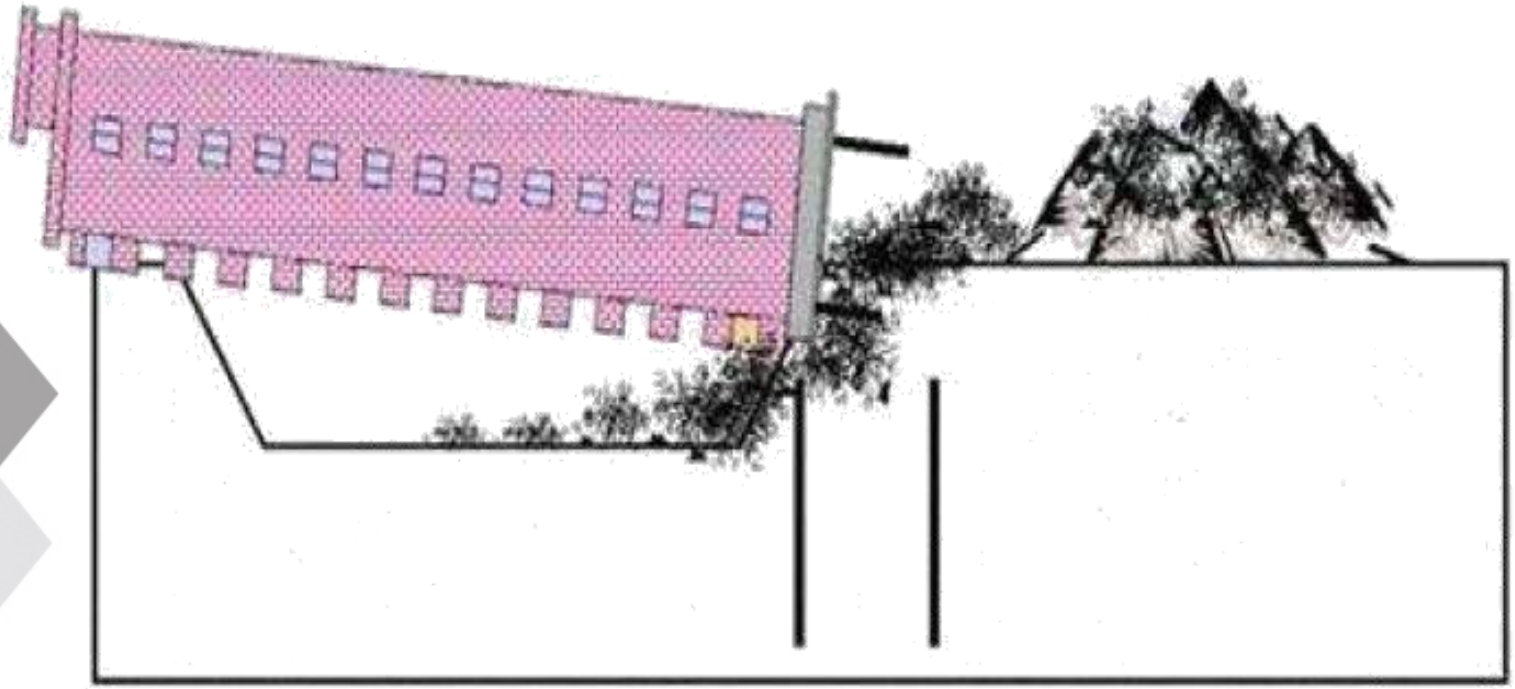
بارش باران و تراوش آب به زیر پی ساختمان



تغییر مکان ناگهانی ساختمان و گسیخته شدن شمع ها در اثر فشار جانبی متغیر



شکسته شدن شمع ها و سقوط ساختمان از سمت جنوبی



سقوط ساختمان بصورت یکپارچه و بدون از هم گسیختگی ترکیب ساختمان

عوامل موثر در ارزیابی خطر گود

۱) عمق گود	۲) نوع خاک دیواره ها	۳) حساسیت ساختمان های مجاور گود

✓ارزیابی خطر گود به منظور واگذاری طراحی گودبرداری و تفویض مسئولیت ها به مراجع ذیصلاح بایستی انجام گیرد.

مراحل طراحی یک گود پایدار

۱– شناسایی خاک

۲– انتخاب معیار های طراحی با توجه به اهمیت سازه ها و تغییر مکان های مجاز

۳– تجزیه و تحلیل نیروها و تغییر شکلها

۴– انتخاب روش پایدار سازی

۵– اجرای پایدار سازی

شناسایی یا تحقیقات محلی

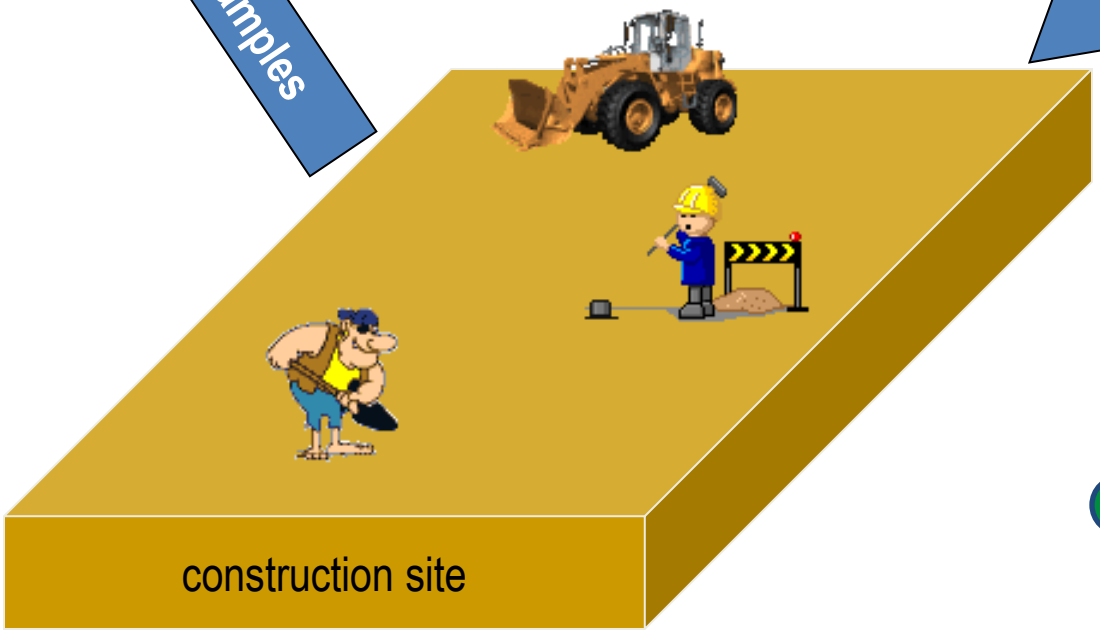
Geo-Laboratory
~ for testing

soil properties

Design Office
~ for design & analysis

soil samples

design details



جهت انجام این روند لازم است:
۱- تعداد گمانه ها
۲- عمق گمانه ها
۳- فاصله گمانه ها مشخص شود

هدف از شناسایی یا تحقیقات محلی

۷-۲-۱

به منظور شناسایی زمین، داده‌های ژئوتکنیکی باید گردآوری و تفسیر شود. این داده‌ها افزون بر اطلاعات ژئوتکنیکی شامل داده‌های زمین‌شناسی عمومی، زمین‌شناسی مهندسی، زمین ریخت شناسی، لرزه‌خیزی، هیدروژئولوژی و تاریخچه ساختگاه می‌باشند. این شناسایی‌ها شامل بررسی لایه‌بندی خاک و خصوصیات مهندسی آن، شرایط آب زیرزمینی، تراز سنگ بستر و سایر مشخصات ساختگاه پروژه است. کسب اطلاعات فوق پیچیده و تابع عوامل زیر می‌باشد:

الف) نوع پروژه

ب) شرایط زمین

پ) بودجه و فناوری در اختیار برای عملیات شناسایی

هدف از شناسایی یا تحقیقات محلی

۱-۲-۷

انجام شناسایی ژئوتکنیکی زمین باید چنان برنامه ریزی شود که نیازمندی‌های طراحی، ساخت و تامین عملکرد سازه پیشنهادی را فراهم نماید. باید توجه داشت در صورت مواجه شدن با شرایط متفاوت و جدید در خلال اجرای کار، خصوصیات ژئوتکنیکی لایه‌های خاک می‌تواند مورد تجدید نظر قرار گیرد.

ضمناً چنانچه طراحی‌های سازه‌ای دستخوش تغییرات گردند (به عنوان مثال جابجایی محل سازه های مهم، تغییر تعداد طبقات سازه ها و غیره) متناسب با این تغییرات، شناسایی‌های ژئوتکنیکی نیز لازم است تغییر یابند.

هدف از شناسایی یا تحقیقات محلی

۱-۲-۷

بررسی‌های مورد نیاز طراحی‌های ژئوتکنیکی باید با هدف‌های ذیل صورت گیرد:

الف- گردآوری اطلاعات لازم ساختگاه از جمله تعیین جنس و لایه‌بندی زیرین زمین، به منظور طراحی ایمن و بدون تغییر در کارایی ساختمان و ضمن صرفه اقتصادی در طرح آن.

ب- گردآوری اطلاعات لازم برای برنامه‌ریزی موقت و دائمی ساخت و ساز بنا در مراحلی که به شرایط زمین ساختگاه مرتبط می‌شوند شامل وضعیت هندسی و مکانیکی لایه‌های زیرسطحی، شرایط آب زیرزمینی، وجود مصالح و شرایط نامناسب برای پایداری ساختمان و غیره.

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

اقدامات لازم برای تعیین فاصله گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی

۷-۲-۳-۴-۱ چنانچه گمانه زنی به منظور شناخت یک زمین جدید و بسیار بزرگ برای ساختمان سازی گسترده انجام شود (مثل شهرهای جدید):

الف- اگر لایه‌بندی زمین به صورت نسبی یکنواخت باشد، فاصله ۵۰ تا ۲۰۰ متر بین گمانه‌ها قابل قبول می‌باشد. انتخاب دقیق با توجه به اهمیت ساختمان و شرایط ژئوتکنیکی تعیین شود.

ب- اگر لایه‌بندی پیچیده باشد (مثل مجاور گسل‌ها، نزدیک رودخانه‌ها و کوه‌ها، زمین‌های بسیار ناهموار و دره‌ها)، فاصله حداکثر ۳۰ متر بین گمانه‌ها قابل قبول می‌باشد.

اقدامات لازم برای تعیین فاصله گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی

۷-۲-۳-۴-۱

پ- اگر اطلاعات ژئوتکنیکی از ساختگاه‌های مجاور یا سازندهای زمین شناسی مشابه با زمین مورد نظر وجود دارد، فاصله بین گمانه‌ها می‌تواند بیشتر از مقادیر مندرج در بندهای۷-۲-۳-۴-۱- الف و ب و حداکثر تا دو برابر فواصل فوق باشد.

ت- اگر ساختمان با شرایط متفاوت سازه ای و یا با اهمیت بیشتر از دیگر ساختمان‌ها در مجموعه مورد نظر باشد، باید شناسایی خاص آن ساختمان انجام شود.

اقدامات لازم برای تعیین فاصله گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی

۷-۲-۳-۴-۲ چنانچه گمانه زنی به منظور ساخت یک ساختمان منفرد انجام می‌شود:

الف- فاصله گمانه‌ها باید در حدود ۱۵ الی ۶۰ متر باشد.

ب- استفاده از جدول زیر با توجه به اهمیت ساختمان‌ها مبنا قرار گیرد.

اقدامات لازم برای تعیین فاصله گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی برای ساختمان منفرد

جدول ۷-۲-۱

مساحت	اهمیت ساختمان	شرایط زیرسطحی	تعداد گمانه
یک ساختمان منفرد با سطح اشغال کمتر از ۳۰۰ متر مربع	خیلی زیاد و زیاد	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۲
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۳
	متوسط	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۱
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۲
	کم	زمین مناسب یا نامناسب	۱
یک ساختمان منفرد با سطح اشغال ۳۰۰ الی ۱۰۰۰ مترمربع	خیلی زیاد و زیاد	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۳
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۵
	متوسط	لایه‌بندی ساده و زمین مناسب	۲
		لایه‌بندی پیچیده یا زمین نامناسب	۳
	کم	زمین مناسب	۱
		زمین نامناسب	۲

برای سطح اشغال بیش از ۱۰۰۰ متر مربع، یک گمانه به ازای هر ۱۰۰۰ متر مربع به مقادیر تعداد گمانه اضافه می‌شود.

اقدامات لازم برای تعیین فاصله گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی برای ساختمان منفرد

۷-۲-۳-۴-۲

پ- در استفاده از جدول بالا باید نکات ذیل مد نظر قرار گیرد

پ-۱ شرایط زیرسطحی اولیه در جدول بر اساس اطلاعات سایت‌های مجاور، شرایط ژئوتکنیکی سازندهای زمین شناسی مشابه و بازدیدهای محلی انتخاب می‌شود. لذا لازم است با بررسی نتایج حفر اولین گمانه، تعداد گمانه‌های مورد نیاز در عمل متناسب با شرایط جدید به دست آمده در صورت نیاز افزایش یابد.

پ-۲ برای مجتمع‌های ساختمانی که از تعداد زیادی ساختمان منفرد و نزدیک به یکدیگر تشکیل شده‌اند (بیش از ۱۰ ساختمان)، برای هر ساختمان حداقل یک گمانه با رعایت حداکثر فاصله‌های ذکر شده در بند ۷-۲-۳-۴-۱بین گمانه‌ها کافی است. اگر فاصله ساختمان‌ها بیشتر از مقادیر مندرج در بند ۷-۲-۳-۴-۱باشد، باید آن‌ها را به صورت منفرد در نظر گرفت.

اقدامات لازم برای تعیین فاصله گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی برای ساختمان منفرد

۷-۲-۳-۴-۲

پ-۳ در صورتیکه ساختمان مورد نظر پس از ایجاد گودبرداری عمیق احداث شود، تعدادی گمانه برای گودبرداری نیز باید به تعداد گمانه‌های بالا اضافه شود.

ت- چنانچه بین فاصله گمانه‌ها و جدول فوق تناقضی پیش آمد اعداد جدول حاکم می‌باشد.

اقدامات لازم برای تعیین تعداد گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی

۷-۲-۳-۴-۳ برای گودبرداری‌ها باید لایه‌های زمین در دیواره هر ضلع گود و در راستای عمود بر دیواره هر ضلع گود مشخص باشد. برای انجام تحلیل‌های پایداری و تغییرشکل در هر ضلع گود لازم است نیمرخ ژئوتکنیکی در دیواره هر ضلع گود و امتداد عمود بر آن تعیین گردد. هر چه گود عمیق تر باشد، وسعت منطقه‌ای که باید شناسایی شود (پلان) بیشتر از سطح اشغال ساختمان شود.

الف- در گودهای عمیق و شیروانی‌های بزرگ برای تعیین مقطع ژئوتکنیکی عمود بر هر ضلع، حفر حداقل ۳ گمانه (بالادست، پایین دست و روی شیب در صورت وجود) برای هر ضلع لازم است. گمانه‌هایی که در محل سطح اشغال ساختمان حفر می‌شود، می‌توانند مشخص کننده مشخصات خاک محل شیب و پایین دست آن باشد. شرایط خاک بالادست در محل سطح اشغال ساختمان همسایه می‌تواند متفاوت باشد و باید اطلاعات آن کسب شود.

اقدامات لازم برای تعیین تعداد گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی

۷-۲-۳-۴-۳

ب- حداقل تعداد گمانه‌ها در صورت نیاز به گودبرداری باید تعداد گمانه‌ها به شرح جدول ۷-۲-۲ اضافه شود.

جدول ۷-۲-۲

مساحت	عمق گود کمتر از ۱۰ متر	عمق گود ۱۰ تا ۲۰ متر
یک ساختمان تکی با سطح اشغال حداکثر ۳۰۰ متر مربع	۱گمانه	۲ یا ۳
ساختمان با مساحت ۳۰۰ الی ۱۰۰۰ مترمربع	۲ گمانه	۳ یا ۴

اقدامات لازم برای تعیین عمق گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی

۷-۲-۳-۵-۱ اگر نشست در طراحی پی بر روی زمین مورد نظر تعیین کننده باشد، آنگاه لازم است که عمق حداقل یک گمانه بیش از عمقی باشد که افزایش تنش ناشی از بار ساختمان در آن عمق به کمتر از هر یک از دو معیار زیر می‌رسد، هر عمقی بیشتر شد ملاک می‌باشد:

- ۱۰ درصد تنش موثر زمین در آن عمق
- ۱۰ درصد تنش ناشی از ساختمان بر کف پی (که با توجه به منحنی‌های حباب تنش، عمق برای پی مربعی بین ۲B تا ۵/۲B و برای پی نواری بین ۳B تا ۴B باید باشد).

اقدامات لازم برای تعیین عمق گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی

۷-۲-۳-۵-۴ نکاتی که باید در تعیین عمق گمانه رعایت شود:

۱) اگر احداث ساختمان با گودبرداری همراه باشد، عمق گود به عمق گمانه به دست آمده در بند ۷-۲-۳-۵ باید اضافه شود.

۲) اگر عمق مورد نیاز برای شناسایی زمین خیلی کم باشد، می‌توان از روش‌های شناسایی دستی مانند آزمایش‌های برجای نفوذ مخروط و کاوشگر دینامیکی به جای گمانه زنی استفاده کرد.

۳) حفر حداقل یک چاهک جهت مشاهده بافت خاک در هر پروژه ضروری است. اگر عمق چاهک کافی باشد می‌تواند جایگزین حفر یک گمانه شود.

اقدامات لازم برای تعیین عمق گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی

۷-۲-۳-۵-۴ نکاتی که باید در تعیین عمق گمانه رعایت شود:

۱) اگر احداث ساختمان با گودبرداری همراه باشد، عمق گود به عمق گمانه به دست آمده در بند ۷-۲-۳-۵ باید اضافه شود.

۲) اگر عمق مورد نیاز برای شناسایی زمین خیلی کم باشد، می‌توان از روش‌های شناسایی دستی مانند آزمایش‌های برجای نفوذ مخروط و کاوشگر دینامیکی به جای گمانه زنی استفاده کرد.

۳) حفر حداقل یک چاهک جهت مشاهده بافت خاک در هر پروژه ضروری است. اگر عمق چاهک کافی باشد می‌تواند جایگزین حفر یک گمانه شود.

اقدامات لازم برای تعیین عمق گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی

۷-۲-۳-۵-۴

۴) در صورتی که قبل از رسیدن به عمق نهایی گمانه به یک بستر سنگی یا لایه خیلی متراکم با ضخامت قابل توجه برخورد شود می‌تواند عمق گمانه کمتر شود.

۵) گمانه مورد نظر باید حداقل تا به زیر نهشته‌هایی که برای پی مناسب نیستند (مانند خاک دستی) ادامه یابد.

۶) در هر حالت عمق یک گمانه نباید کمتر از ۶ متر زیر پی باشد، مگر در مواردی که گمانه قبل از ۶ متر به لایه سخت رسیده باشد.

اقدامات لازم برای تعیین عمق گمانه‌ها یا چاهک های شناسایی

۴-۵-۳-۲-۷

۷) در حفر گمانه اگر به لایه سنگ برخورد شود باید حداقل یکی از گمانه‌ها تا ۳ متر در لایه سنگ نفوذ کند تا وجود بستر سنگی اثبات شود.

۸) در مواردی که از شمع‌های متکی بر نوک در لایه سخت، متراکم یا سنگ استفاده می‌شود، باید عمق گمانه به حدی باشد که از وجود آن لایه تا عمق کافی زیر نوک شمع اطمینان حاصل شود. به عبارت دیگر، تعداد و عمق گمانه‌ها باید به نحوی انتخاب شود که احتمال وجود یک لایه ضعیف در زیر یک لایه سخت، متراکم یا سنگ با ضخامت کمتر از ۳ متر از بین برود. همچنین در مواردی که بخشی از سنگ هوازده می‌باشد، عمق گمانه باید تا حدی باشد که به زیر بخش لایه هوازده سنگ برسد.

حداقل مواردی که باید در گزارش آورده شود

۷-۲-۷-۱ پس از انجام شناسایی‌های ژئوتکنیکی لازم است گزارش کامل آن‌ها ارائه شود. نتایج آزمون‌های انجام شده باید به دو صورت خام و پردازش شده گزارش شوند.

۷-۲-۷-۲ گزارش توصیفی از شناسایی‌های ژئوتکنیکی باید حداقل شامل موارد ذیل باشد:

۱) نقشه محل گمانه یا حفاری.

۲) شرح تمام نمونه های گرفته شده از خاک و سنگ با ذکر تاریخ نمونه گیری.

۳) شرح تمام لایه‌های خاک و سنگ.

۴) سطح آب زیرزمینی در صورت مشاهده با ذکر تاریخ برداشت

۵) نتایج تمام آزمایش‌های محلی و آزمایشگاهی با ذکر تاریخ انجام آزمایشات

نکات مرتبط با گودبرداری

۷-۳-۱ هدف این قسمت تعیین حداقل مراحل لازم جهت رسیدن به مرحله پی‌ریزی می‌باشد. یکی از مهم‌ترین این مراحل عملیات گودبرداری می‌باشد.

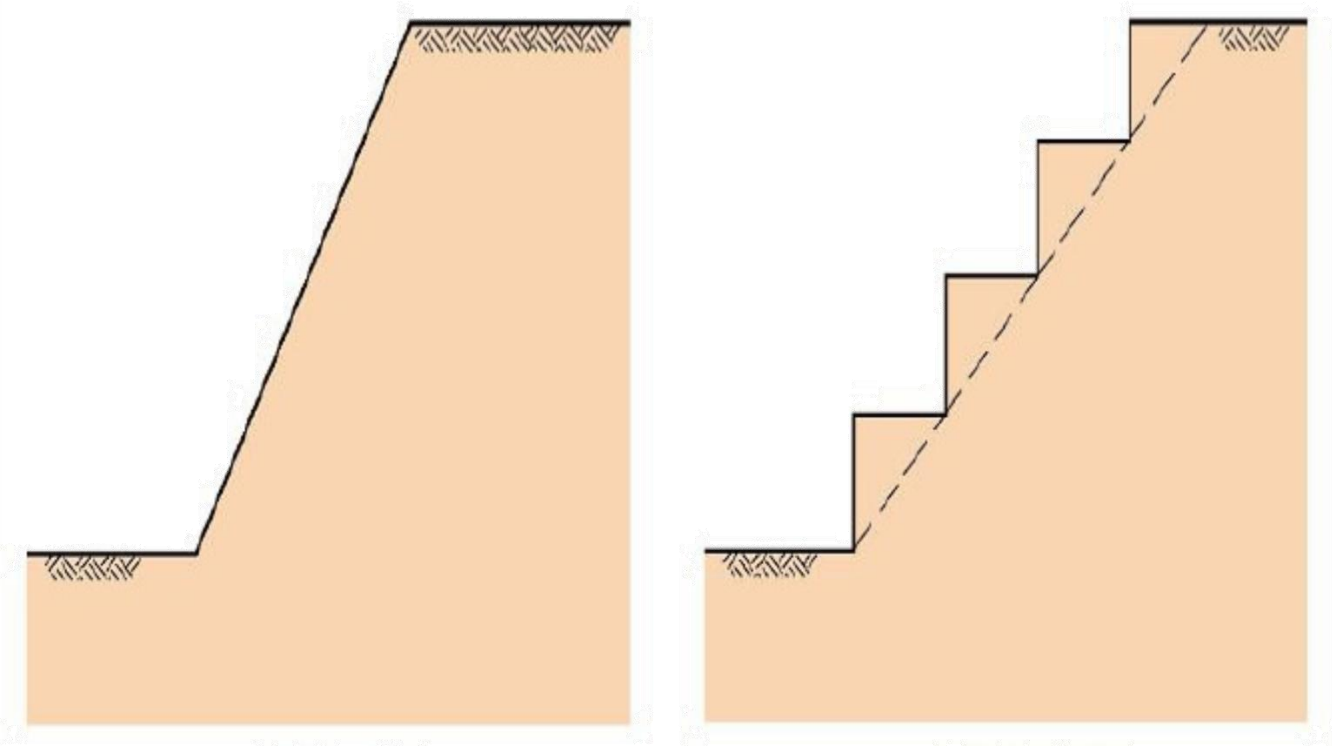
۷-۳-۳-۱ بر اثر گودبرداری در زمین وضعیت تنش در آن تغییر می‌کند و لازم است تغییرشکل‌ها و ناپایداری‌های ناشی از گودبرداری از جمله موارد ذیل بررسی شوند:

الف- برآمدگی و تورم کف گود، که می‌تواند در شرایطی به ناپایداری کف بیانجامد.

ب- نشست زمین در نواحی مجاور گود.

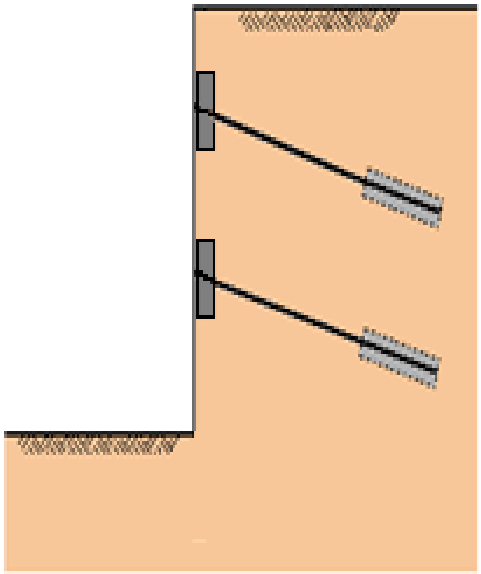
روش های پایدارسازی

الف– ایجاد شیب پایدار

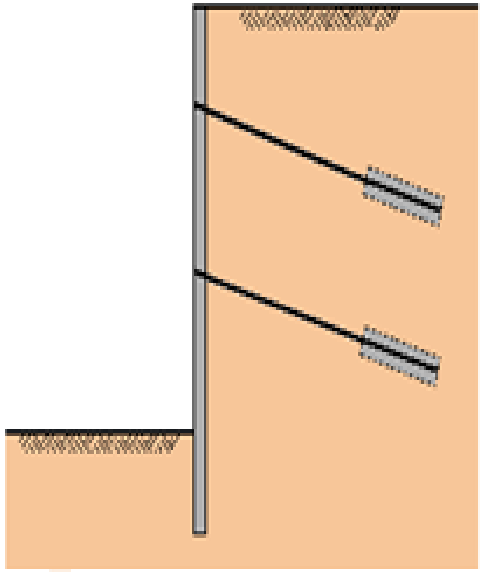


روش های پایدارسازی

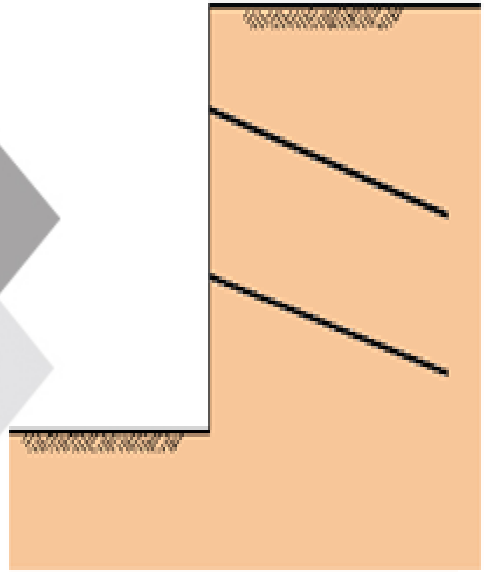
ب– میخ کوبی یا اجرای میل مهار



بلوک و مهارگذاری



مهار گذاری و المان های قائم

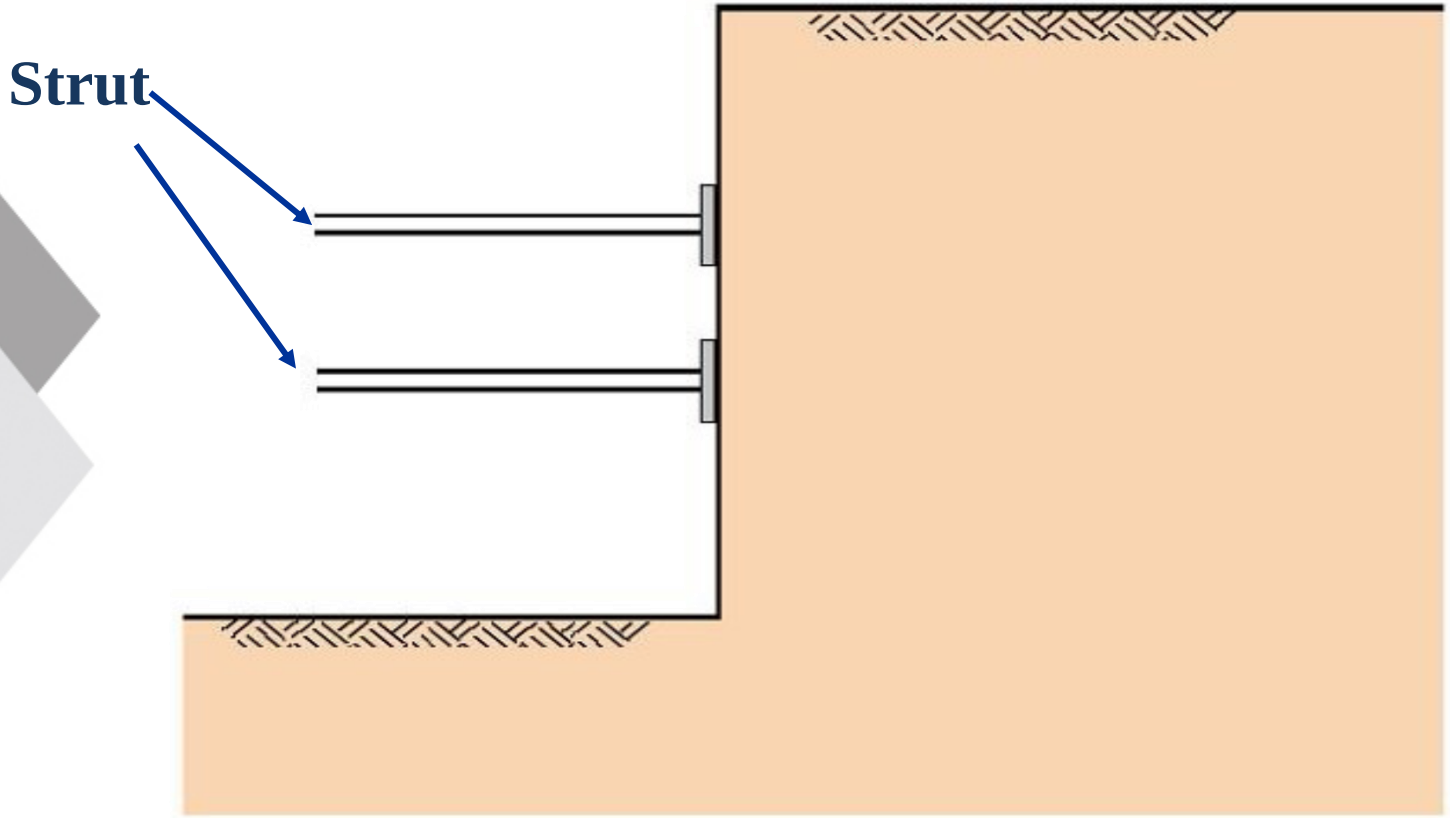


میخکوبی

2008/12/13

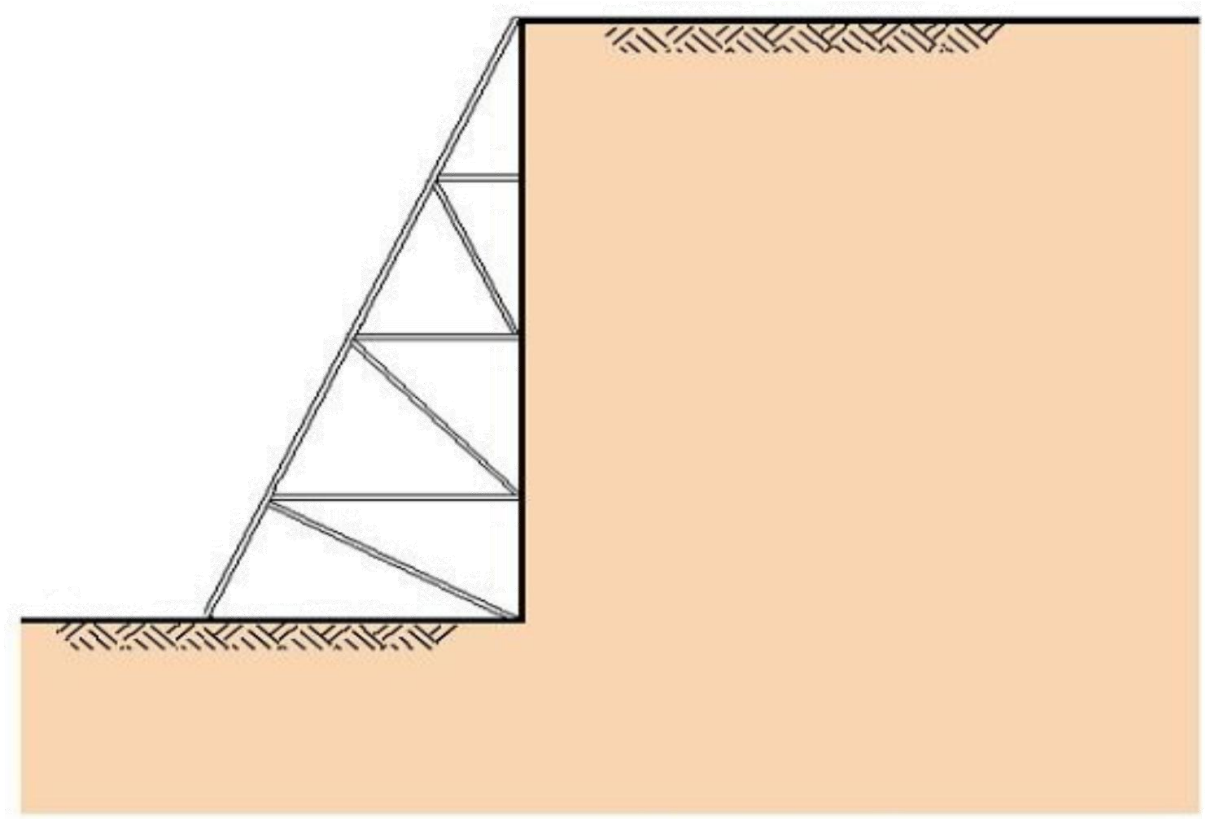
روش های پایدارسازی

پ– دیوارهای مهار شده با تیرک از جلو یا عقب



روش های پایدارسازی

ج– استفاده از سیستم‌های مهار خرپایی



روش های پایدارسازی

چ– استفاده از سیستم‌های شمع‌ها و دیوارکهای طره‌ای

Photo by: D. A. Kolotouros
Available by the Geoengineer Website
http://www.geoengineer.org

گسیختگی های محتمل گودبرداری

۷-۳-۳-۳ در گودبرداری‌ها باید گسیختگی‌ها و مشکلات متداول به شرح ذیل کنترل شود.

الف- لغزش خاک

ب- نشست و تورم خاک و تغییرمکان ساختمان‌های مجاور گود

پ- ریزش

ت- بالا زدگی کف گود

ث- جوشش (در صورت بالا بودن سطح آب زیرزمینی)

ج- مشکلات ناشی از لرزش ناشی از گودبرداری در سازه‌های اطراف گود

ارزیابی خطر گود

جدول ۷-۳-۱

مقدار h / h_c	عمق گود از تراز صفر	عمق گود از زیر پی همسایه	خطر گود
کمتر از ۰/۵	کمتر از ۶ متر	صفر	معمولی
بین ۰/۵ تا ۲	بین ۶ تا ۲۰ متر	بین صفر تا ۲۰ متر	زیاد
بیشتر از ۲	بیشتر از ۲۰ متر	بیشتر از ۲۰ متر	بسیار زیاد

h عمق گود موردنظر و h_c عمق بحرانی از رابطه ی :

$$h_c = \frac{2C}{\gamma\sqrt{K_a}} - \frac{q}{\gamma}$$

ارزیابی خطر گود

جدول ۷-۳-۱

مقدار h / h_c	عمق گود از تراز صفر	عمق گود از زیر پی همسایه	خطر گود
کمتر از ۰/۵	کمتر از ۶ متر	صفر	**معمولی**
بین ۰/۵ تا ۲	بین ۶ تا ۲۰ متر	بین صفر تا ۲۰ متر	**زیاد**
بیشتر از ۲	بیشتر از ۲۰ متر	بیشتر از ۲۰ متر	**بسیار زیاد**

۷-۳-۳-۴ جهت ارزیابی خطر گود لازم است هر سه شرط تعیین شده برای هر دسته در جدول برقرار باشد. در صورتی که هر سه شرط با هم برقرار نباشد، خطر گود با توجه به شرطی تعیین می شود که خطر بیشتر را موجب می شود.

ارزیابی خطر گود

۷-۳-۳-۴-۲ اگر فاصله ساختمان مجاور از لبه گود کمتر از عمق گود باشد، کل بار ساختمان (**q**) در محاسبه $\mathbf{h_c}$ در نظر گرفته شود.

۷-۳-۳-۴-۳ در صورت حضور آب یا رطوبت بالا، به کاهش $\mathbf{h_c}$ با توجه به اثر آب بر خواص خاک در رابطه بالا توجه شود.

۷-۳-۳-۴-۴ اگر آب جاری باشد (تراوش) آنگاه همواره خطر گود زیاد یا بسیار زیاد می‌باشد.

۷-۳-۳-۴-۵ اگر خاکی که در آن گودبرداری انجام می‌شود دستی یا فاقد چسبندگی قابل اعتماد باشد، نمی‌توان خطر گود را معمولی در نظر گرفت.

ارزیابی خطر گود

۷-۳-۳-۴-۶ هرگونه ساختمان در مجاورت گود به عنوان «ساختمان حساس» ارزیابی می شود. چنانچه ساختمان دارای یکی از دو شرط زیر باشد به عنوان «ساختمان بسیار حساس» ارزیابی می شود :

الف) ساختمان بدون اسکلت و یا هرگونه ساختمان با نشانه آشکار علائم فرسودگی و ضعف زیاد در باربری.

ب) ساختمان هایی که به دلیل ارزش فرهنگی، تاریخی و یا حساسیت کارکرد و یا علل دیگر وقوع هرگونه نشست و تغییرشکل در آن ها با خسارات زیادی همراه است.

۷-۳-۳-۴-۷ جدول ۷-۳-۱ برای ساختمان مجاور گود در شرایطی معتبر است که آن ساختمان «بسیار حساس» نباشد. در صورتی که در اطراف گود سازه بسیار حساس باشد، خطر گود همواره بسیار زیاد در نظر گرفته می شود.

تحلیل پایداری گود

۷-۳-۳-۵-۱ در صورتی که برای پایداری گود از سازه‌های نگهبان استفاده شود جهت تحلیل باید موارد مطرح شده در بخش ۷-۵ این مبحث رعایت شود.

۷-۳-۳-۵-۲ در صورتی که در گودبرداری نیازی به سازه نگهبان نباشد، تحلیل پایداری با روش‌های تعادل حدی و بر اساس روش تنش مجاز انجام می‌گیرد. در این روش، حداقل ضرایب اطمینان به شرط موقت بودن گود (کمتر از یک سال) به شرح جدول ۷-۳-۳ باشد. البته طراح در این حالت نیز می‌تواند از حالات حدی استفاده نماید.

تحلیل پایداری گود

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

۷-۳-۳-۵-۴ برای تحلیل گود در شرایط موقت در نظر گرفتن بار زلزله لازم نیست.

تحلیل پایداری گود

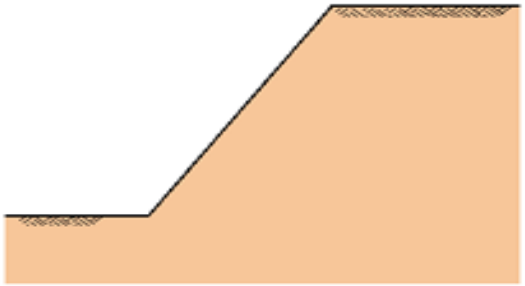
حداقل ضریب اطمینان برای پایداری کلی گود موقت

۷-۳-۳-۵-۵ در صورتی که گود موّقت نباشد باید نیروی زلزله لحاظ شود و در انتخاب ضریب اطمینان مناسب دوام مصالح نیز مورد توجه باشد

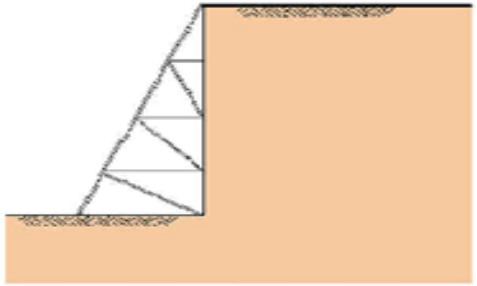
جدول ۷-۳-۳

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

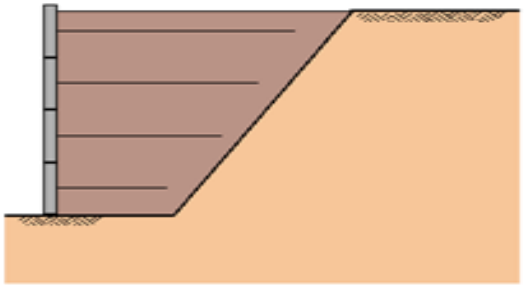
انتخاب روش پایدارسازی



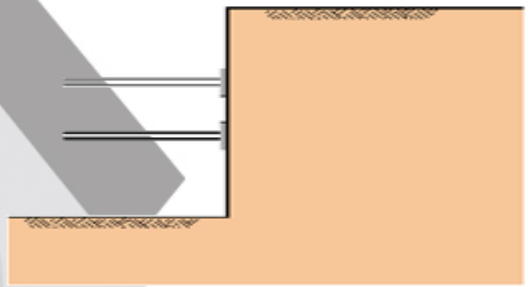
با شیب پایدار



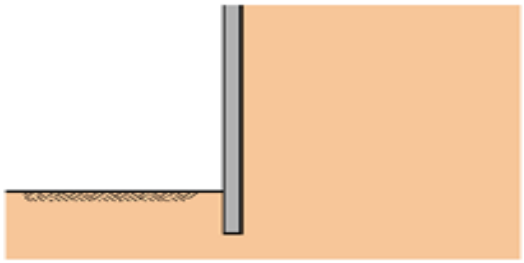
با خرپای حایل



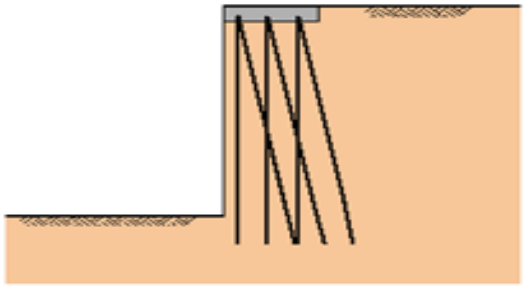
خاک مسلح
(Mechanically Stabilized Earth MSE)



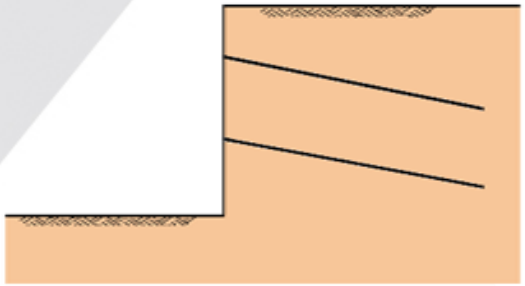
با کمک عنصرهای فشاری



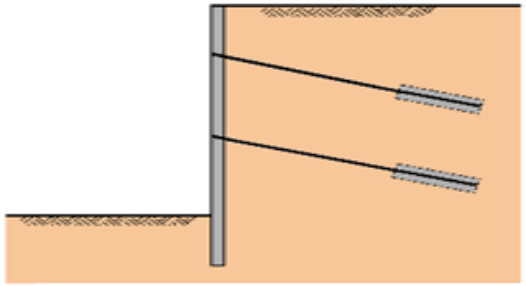
با کمک دیوار دیافراگمی یا شمع های حایل



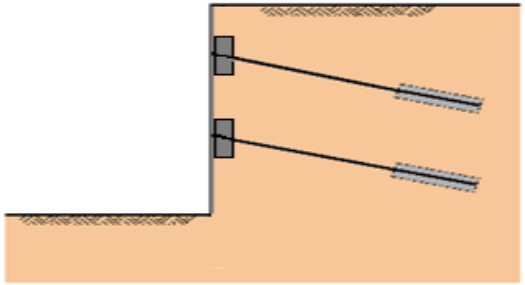
با کمک ریزشمع‌ها



با کمک میخ گذاری
(Nailing)



با کمک مهارگذاری و المان های قائم
(Anchoring)



با کمک بلوک و مهارگذاری

آزمایش باربری و خزش مهارها

جدول ۷-۵-۸ آزمایش باربری مهارها

حالت	شرایط کارگاه و خاک	بار آزمایش	حداقل تعداد آزمایش‌ها
۱	تجربه در آن خاک و مهار در نزدیکی کارگاه مورد نظر وجود داشته باشد	۱۵۰٪ بار طراحی	۵٪ از تعداد کل مهارها باید آزمایش شوند.
۲	تجربه آن در خاک و مهار وجود داشته باشد اما نه در نزدیکی کارگاه مورد نظر	۱۵۰٪ بار طراحی	۵٪ از تعداد کل مهارها باید آزمایش شوند. همچنین ۲ الی ۳ مهار تا ۲۰۰٪ بار طراحی آزمایش شود.
۳	تجربه آن در خاک و مهار وجود نداشته باشد	۱۵۰٪ بار طراحی	۱۰٪ از تعداد کل مهارها باید آزمایش شوند. همچنین ۲ الی ۳ مهار تا ۲۵۰٪ بار طراحی آزمایش شود.

۷-۵-۶-۳-۱ آزمایش مهارها

انتهای کلیه آزمایش‌های فوق آزمایش خزش انجام می‌گیرد.

اگر در آزمایش‌های فوق مهاری زیر ۲۰۰٪ بر طراحی گسیخته شود باید طراحی مجداداً انجام شود. در صورتی که مهارها به صورت موقت استفاده شوند می‌توان به جای ۱۵۰٪ در بار ۱۲۵٪ بار طراحبی آزمایش‌ها انجام شود.

آزمون‌های فوق باید با بارگذاری – باربرداری جهت تعیین عملکرد مهارها انجام شود. هر پله بارگذاری و باربرداری حداقل ۲۵٪ بار طراحی باشد.

جدول ۷-۵-۹ آزمایش خزش مهارها

خاک	مقدار بار	مدت نگهداری بار حداکثر در آزمایش خزش	نرخ قابل قبول
ماسه	۱۵۰٪ بار طراحی	۱ الی ۲ ساعت	در نمودار تغییرمکان – لگاریتم زمان باید شیب در بازه‌های ۲۰ دقیقه کمتر از ۲ میلیمتر باشد.
رس	۱۵۰٪ بار طراحی	۲۴ ساعت	

در صورتی که مهارها به صورت موقت استفاده شوند می‌توان به جای ۱۵۰٪ در بار ۱۲۵٪ بار طراحی آزمایش‌ها انجام شود.

پایدارسازی به کمک مهارها

در تحلیل پاسخ توده به گسیختگی:

۱- از روابط و نمودارهای دستورالعملهای نحوه طراحی دیوارهای میخکوبی شده براساس آیین نامه مؤسسه آزاد راههای امریکا FHWA

۲- برای تحلیل و برآورد ضریب اطمینان گود برداشته شده از نرم افزارهای همانند: Slide و Geo Slope می توان استفاده کرد.

۳- در آنالیز پاسخ تغییر شکل‌پذیری گود در حین عملیات خاکبرداری از نرم‌افزارهای همانند: *PLAXIS* و ABAQUS که از روش اجزای محدود سود برده، استفاده گردید.

با تشکر از توجه شما