

بنام خداوند جان و



موسسه آموزشی ACE

مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان

ویژه آزمون نظارت رشته عمران نظام مهندسی ایران

پی و پی سازی

ویرایش: پاییز ۱۳۹۹

نویسنده و مدرس:

مهندس فاطمه کمالی



اشارات عصر قلم

فهرست مطالب

۷	شناسایی ژئوتکنیکی زمین	فصل اول
۲۹	گودبرداری و پایش	فصل دوم
۵۷	پی سطحی	فصل سوم
۷۵	سازه‌های نگهبان	فصل چهارم
۹۹	پی‌های عمیق	فصل پنجم

مقدمه و کلیات

مؤسسه ACE ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این مجموعه، اعم از اساتید و مؤلفان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی جزوات، تمامی سعی و همت خود را برای جزوات و آموزش‌های درخور و شایسته شما فرهیختگان گرامی به کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد جزوات خوب، هم از نظر محتوایی و غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد. با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این مؤسسه برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرا از نقص و اشکال دانست. بنابراین از تمامی شما مهندسين عزيز تقاضا داریم در راستای بهتر شدن این اثر، انتقاد و پیشنهادات خود را از طریق پست الکترونیکی fkamali_umc@yahoo.com در اختیار اینجانب قرار دهید.

در جزوه پیش رو سعی بر این شده است که تمامی مطالب پرتکرار و مهم در آزمون‌های نظارت و اجرا از مبحث ۷ مقررات ملی ساختمان گنجانده شود و مورد بحث و تفسیر قرار گیرد. لازم به ذکر است نمونه سؤال‌های مربوط به آزمون‌های نظارت و اجرا از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ تماماً در این جزوه قرار داده شده است. بنابراین در آن به موازات آموزش بندهای آیین نامه، به بحث تست زنی و ارائه نمونه سؤال‌های مربوط به آن بند نیز پرداخته شده است. در نهایت از آقایان مهندس فهیمی و مهندس هجرانی‌دلیر و مهندس سید مصطفی اجله که در این مسیر تجربیات و دانش بی‌نظیر خود را در اختیار بنده قرار دادند تشکر می‌نمایم. همچنین از پدر و مادر عزیزم که همواره حامی و پشتیبان اینجانب بوده نیز صمیمانه قدردانی می‌نمایم و برای ایشان سلامتی و شادکامی روزافزون مسئلت دارم.

مهندس فاطمه کمالی

تبصره ۱

اگر اطلاعات ژئوتکنیکی از ساختگاه‌های مجاور یا سازندهای زمین شناسی مشابه با زمین موردنظر وجود دارد، فاصله بین گمانه‌ها می‌تواند بیشتر از مقادیر مندرج در جدول و حداکثر تا دو برابر فواصل فوق باشد.

تبصره ۲

اگر ساختمان با شرایط متفاوت سازه‌ای و یا با اهمیت بیشتر از دیگر ساختمان‌ها در مجموعه موردنظر باشد، باید شناسایی خاص آن ساختمان انجام شود.

ب) چنانچه گمانه زنی به منظور ساخت یک ساختمان منفرد انجام شود، فاصله گمانه‌ها باید در حدود ۱۵ الی ۶۰ متر باشد. تعیین حداقل تعداد گمانه لازم برای شناسایی خاک منطقه:

$$N = n_1 + n_2$$

N : تعداد گمانه لازم

n_1 : تعداد گمانه بدون در نظر گرفتن گود

n_2 : تعداد گمانه اضافه ناشی از گودبرداری

الف) تعیین برای سافت یک ساختمان منفرد

جدول ۷-۲-۱- حداقل تعداد گمانه

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



برای تعیین سطح اشغال ساختمان، باید مساحت زیر بنا را مشخص کنید و نه مساحت زمین پروژه.



درجه اهمیت ساختمان بر اساس نوع کاربری آن، با توجه به ضوابط مبحث ششم مشخص می‌شود.



برای مشخص شدن ساده یا پیچیده بودن لایه‌بندی خاک منطقه به جدول ۱-۲ صفحه قبل مراجعه شود.



برای سطح اشغال بیش از ۱۰۰۰ متر مربع، یک گمانه به ازای هر ۱۰۰۰ متر مربع به مقادیر تعداد گمانه اضافه می‌شود. (برای مثال اگر ۱۲۰۰ متر مربع بود، عدد جدول به اضافه ۱ می‌شود و یا اگر ۲۵۰۰ متر مربع بود، عدد جدول به اضافه ۲ می‌شود).

آزمون نظارت

ب) تعیین برای مجتمع‌های سافتمانی که از تعداد زیادی ساختمان منفرد و نزدیک بهم تشکیل شده‌اند (بیش از ۱۰ ساختمان):

برای هر ساختمان حداقل یک گمانه با رعایت حداکثر فاصله‌های ذکر شده در جدول ۱-۲ بین گمانه‌ها کافی است. اگر فاصله ساختمان‌ها بیشتر از مقادیر مندرج در جدول باشد، باید آنها را به صورت منفرد در نظر گرفت.



چنانچه بین فاصله گمانه‌ها و جدول ۱-۲-۷ تناقضی پیش آمد، اعداد جدول حاکم می‌باشد.

تعیین n_p

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.

پاسخ

گزینه ج صحیح است.

با توجه به جدول ۷-۲-۱، اهمیت ساختمان مسکونی متوسط، سطح اشغال ۸۰۰ و زمین مناسب ۲ گمانه می باشد. همچنین با توجه به جدول ۷-۲-۲، سطح اشغال ۸۰۰ و عمق گود ۴/۵ متر ۲ گمانه لازم داریم که مجموعاً در کل ۴ گمانه لازم است.



نگاهی به آیین نامه جدول ۷-۲-۱ و ۷-۲-۲ صفحه ۸ و ۹

کلیدواژه: حداقل تعداد گمانه

مثال

نظارت - مهر ۹۸

برای ساخت یک ساختمان منفرد مسکونی به ابعاد متر، حداقل تعداد گمانه ها چند عدد است؟ (ساختمان گودبرداری نداشته، زمین مناسب بوده و لایه بندی آن ساده است).

- الف) ۱ ب) ۲ ج) ۳ د) ۴

پاسخ

گزینه ب صحیح است.

برای ساختمان مسکونی (اهمیت متوسط) با سطح اشغال ۴۸۰ متر مربع، بدون گودبرداری و لایه بندی متوسط طبق جدول ۷-۲-۱، حداقل ۲ گمانه مورد نیاز است.

آزمون نظارت



نگاهی به آیین نامه جدول ۷-۲-۱ صفحه ۸

کلیدواژه: حداقل تعداد گمانه

مثال

نظارت - مرداد ۹۴

در نظر است یک هتل بدون زیر زمین با سطح اشغال ۹۵۰ مترمربع در ساختمانی با زمین نامناسب ساخته شود. حداقل تعداد گمانه مورد نیاز به منظور شناسایی ژئوتکنیکی ساختمان چقدر است؟

- الف) ۱ ب) ۲ ج) ۳ د) ۵

پاسخ

گزینه ج صحیح است.

طبق بند ۱-۶ صفحه ۶ استاندارد ۲۸۰۰، هتل ها جزء ساختمان های با اهمیت متوسط می باشند. سطح اشغال ۹۵۰ متر مربع، بدون گودبرداری و دارای زمین نامناسب، طبق جدول ۷-۲-۱، حداقل ۳ گمانه مورد نیاز است.



نگاهی به آیین نامه جدول ۷-۲-۱ صفحه ۸

کلیدواژه: حداقل تعداد گمانه

تعیین عمق گمانه‌ها

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:

الف) ۱۰ درصد تنش موثر زمین در آن عمق

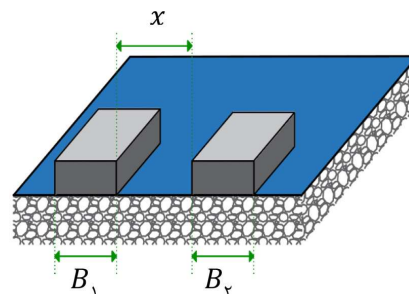
ب) ۱۰ درصد تنش ناشی از ساختمان بر کف پی (که با توجه به منحنی‌های حباب تنش، عمق برای پی مربعی بین B_2 تا $B_{2.5}$ و برای پی نواری بین B_3 تا B_4 باید باشد).

اگر ظرفیت باربری زمین و گسیختگی برشی خاک زیر پی تعیین کننده باشد، عمق گمانه با توجه به نظریه‌های ظرفیت باربری باید بین B تا $B_{1.5}$ باشد.

در دو بند بالا B عرض ساختمان یا پی می‌باشد که باید به صورت ذیل بدست آید:

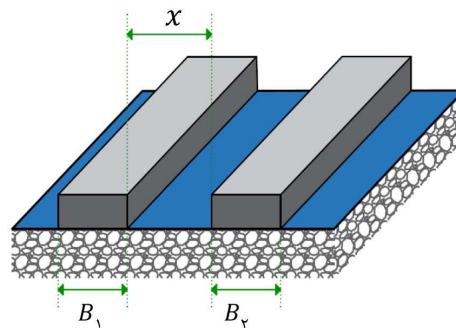
۱) **ساختمان با پی‌های منفرد:** اگر فاصله لب به لب دو پی مجاور بیشتر از مجموع عرض آن دو پی باشد، B را عرض یک پی در نظر گرفته و در غیر این صورت عرض کل ساختمان به عنوان B تعیین می‌شود.

$$\begin{cases} x \geq B_1 + B_2 & \rightarrow B = \frac{B_1 + B_2}{2} \\ x < B_1 + B_2 & \rightarrow B = \text{عرض کوچکتر ساختمان} \end{cases}$$



۲) **ساختمان با پی‌های نواری:** اگر فاصله لب به لب دو پی مجاور بیشتر از $1/5$ برابر مجموع عرض آنها باشد، B را عرض یک پی در نظر گرفته و در غیر این صورت عرض کل ساختمان به عنوان B تعیین می‌شود.

$$\begin{cases} x \geq 1/5 (B_1 + B_2) & \rightarrow B = \frac{B_1 + B_2}{2} \\ x < 1/5 (B_1 + B_2) & \rightarrow B = \text{عرض کوچکتر ساختمان} \end{cases}$$



۳) **ساختمان با پی گسترده:**

$B =$ عرض کوچک ساختمان

پاسخ گزینه ج صحیح است.

بررسی گزینه الف: با توجه به جدول ۷-۲-۱ در درسنامه، برای این ساختمان تعداد حداقل ۲ گمانه لازم است. بنابراین گزینه الف نادرست است.

بررسی گزینه ب: با توجه به جدول ۷-۲-۱، برای ساختمان منفرد با اهمیت خیلی زیاد و زیاد، با سطح اشغال بیش از ۱۰۰۰ در زمین با لایه‌بندی پیچیده، لازم است بیش از ۵ عدد گمانه حفر شود. (برای سطح اشغال بیش از ۱۰۰۰، باید تعدادی گمانه به جدول ۷-۲-۱ اضافه نمود). بنابراین گزینه ب نادرست است.

بررسی گزینه ج و د:

توضیحات	فاصله بین گمانه‌ها	لایه‌بندی زمین
انتخاب دقیق با توجه به اهمیت ساختمان و شرایط ژئوتکنیکی تعیین شود.	۵۰ تا ۲۰۰ متر	لایه‌بندی زمین به صورت یکنواخت
مثل مجاور گسل‌ها، نزدیک رودخانه‌ها و کوه‌ها، زمین‌های بسیار ناهموار و دره‌ها	حداکثر ۳۰ متر	لایه‌بندی زمین به صورت پیچیده

نگاهی به آیین‌نامه ۷-۲-۱-۴ و جدول ۷-۲-۱ صفحه ۷ و ۸



کلیدواژه: تعداد گمانه، فاصله گمانه

۶ اگر ظرفیت باربری زمین و گسیختگی برشی خاک زیر پی تعیین کننده باشد، حداقل عمق گمانه برای یک ساختمان با پی گسترده به ابعاد 20×20 متر حدوداً برابر است با: (اجرا آبان ۹۳)

الف) ۳۵ متر ب) ۲۰ متر ج) ۲۵ متر د) ۳۰ متر

پاسخ گزینه ب صحیح است.

اگر ظرفیت باربری زمین و گسیختگی برشی خاک زیر پی تعیین کننده باشد، عمق گمانه با توجه به نظریه‌های ظرفیت باربری باید بین B تا $1.5B$ باشد. $B=20$ بنابراین حداقل عمق گمانه برابر ۲۰ است.

نگاهی به آیین‌نامه ۷-۲-۱-۳-۵-۲ صفحه ۱۰



کلیدواژه: عمق گمانه

۷ حفاری گمانه به روش دورانی در چه نوع خاک یی قابل قبول است؟ (اجرا مهر ۹۶)

الف) تمام خاک‌ها

ب) تنها در خاک‌های چسبنده

ج) تنها در خاک‌های لای ماسه و سنگ ضعیف

د) تنها در خاک‌های شامل مخلوط شن و ماسه بدون قلوه

پاسخ

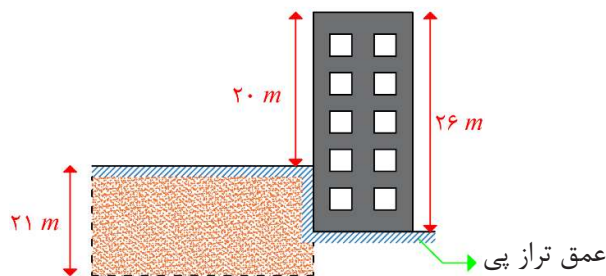
گزینه الف صحیح است.



نگاهی به آیین نامه بند ۷-۶-۴-۳-ب صفحه ۲۳

کلیدواژه: گودبرداری، مسئول گودبرداری

۲۱ در نظر است محل هاشور خورده مطابق شکل، گودبرداری با دیواره قائم شود. گود از نظر خطرپذیری در کدام گروه قرار می گیرد؟ (اجرا اردیبهشت ۹۷)



الف) معمولی

ب) خطر زیاد

ج) بسیار حساس

د) خطر بسیار زیاد

پاسخ

گزینه د صحیح است.

طبق شکل عمق گودبرداری از تراز صفر برابر با ۲۱ متر است. حال با توجه به جدول ۷-۳-۱، برای عمق گود بیشتر از ۲۰ متر، خطر گود را "خطر بسیار زیاد" در نظر می گیریم. (همیشه با بررسی هر سه فاکتور داخل جدول خطر گود را نتیجه گیری می کنیم. اما اینجا چون با بررسی یک فاکتور، یعنی عمق گود از تراز صفر به بحرانی ترین جواب دست یافتیم، دیگر نیازی به بررسی باقی گزینه ها نیست.)

جدول ۷-۳-۱- ارزیابی خطر گود با دیوار قائم

مقدار $\frac{h}{h_c}$	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

گزینه د گزینه صحیح می باشد.



نگاهی به آیین نامه جدول ۷-۱-۳ صفحه ۱۸

کلیدواژه: خطر گود

جدول ۷-۴-۵- وضعیت تنش محاسبه شده زیر پی در مقایسه با ظرفیت باربری

نوع خاک / نوع پی	دانه‌ای	صرفاً چسبنده
صلب	ظرفیت باربری مجاز < تنش متوسط	ظرفیت باربری مجاز < تنش حداکثر
انعطاف‌پذیر	ظرفیت باربری مجاز < تنش متوسط	ظرفیت باربری مجاز < تنش متوسط

روش حالات حدی: در این روش از ترکیب بارهای ضریب‌دار استفاده می‌شود. همچنین نیروها و تنش‌های مقاوم با در نظر گرفتن ضرایب کاهش مقاومت (اعداد کوچکتر از یک)، قدری کاهش می‌یابند.

- ضرایب مورد استفاده برای افزایش بارها، باید منطبق با مباحث ۶، ۹ و ۱۰ باشد.
- ضرایب مورد استفاده برای کاهش مقاومت مصالح مطابق با جدول ۷-۴-۶ می‌باشد.

جدول ۷-۴-۶- ضرایب کاهش مقاومت

ضرایب مقاومت	کنترل
۰/۶۶	پایداری کلی
۰/۴۵	ظرفیت باربری
۰/۵	واژگونی
۰/۸	لغزش
۰/۴۵	فشار مقاوم خاک

- در حالت حدی بهره‌برداری، ضرایب بار و مقاومت برابر یک می‌باشد و مقدار نشست محاسبه شده باید از نشست مجاز کمتر باشد.

مثال محاسبات - شهریور ۹۵

در روش تنش مجاز طراحی پی سطحی، برای محاسبه نشست دراز مدت خاک‌های چسبنده چند درصد بار زنده باید اعمال شود؟

- الف) ۵۰ ب) ۳۳ ج) ۲۵ د) صفر

پاسخ گزینه الف صحیح است.

نگاهی به آیین‌نامه بند ۷-۴-۵-۱-۲ صفحه ۲۹



پاسخ

گزینه ج صحیح است.

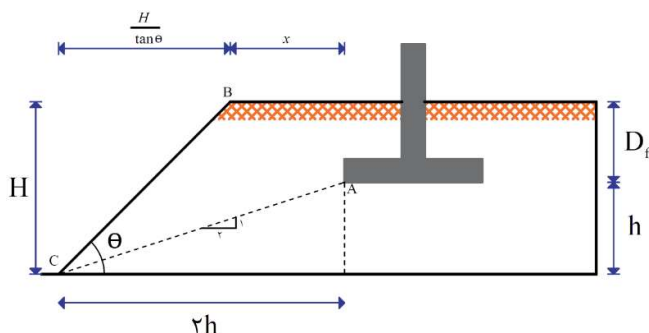


نگاهی به آیین نامه بند ۹-۱-۵-۴-۷ صفحه ۳۰

کلیدواژه: ظرفیت باربری مجاز

بخش چهارم: ملاحظات اجرایی پی‌های سطحی

- عمق پی حداقل باید ۵۰/۰ متر باشد.
- برای تعیین تراز زیر پی، باید موارد ذیل رعایت شود:
 - تغییرات فصلی باعث تورم یا انقباض در خاک‌های رسی نشود.
 - ریشه درختان و بوته‌ها موجب تغییر مکان بیشتر از حد مجاز نگردد
 - در آن تراز، یخ زدگی زمین در پی خرابی ایجاد نکند.
- پی باید بر روی لایه باربر مناسب طبیعی و یا خاک بهسازی شده اجرا شود.
- تراز ایستایی در زمین و مسائلی که ممکن است در اثر حفاری برای پی در زیر سطح آب پیش آید باید در نظر گرفته شود.
- اثرات حفاری‌های احتمالی در محدوده نزدیک پی که برای ساخت و سازهای دیگر و یا عبور زیرزمینی خدمات شهری مورد نیاز است در نظر گرفته شود.
- جابه‌جایی احتمالی زمین و کاهش مقاومت لایه باربر در اثر نشت آب و یا اثرات آب و هوایی و یا روش‌های ساختمانی باید در نظر گرفته شود.
- حتی الامکان اجرای پی در عمق بیشتر به منظور تأمین پایداری پی مدنظر قرار گیرد.
- محل پی‌هایی که در نزدیکی شیب‌ها ساخته می‌شود باید مطابق با موارد ذیل انتخاب شود:
 - الف) پی ۱ باید از لبه شیب در بالا و پایین شیب فاصله مناسبی داشته باشند که با کنترل پایداری شیب و تغییر شکل‌ها مشخص می‌شود.
 - ب) زمانی که پی در بالای شیب قرار می‌گیرد خطی که با شیب ۲ افقی و ۱ قائم از لبه پی می‌گذرد نباید با سطح شیب برخورد کند، مگر آنکه تحلیل دقیق پایداری و تغییر شکل پی انجام شود.

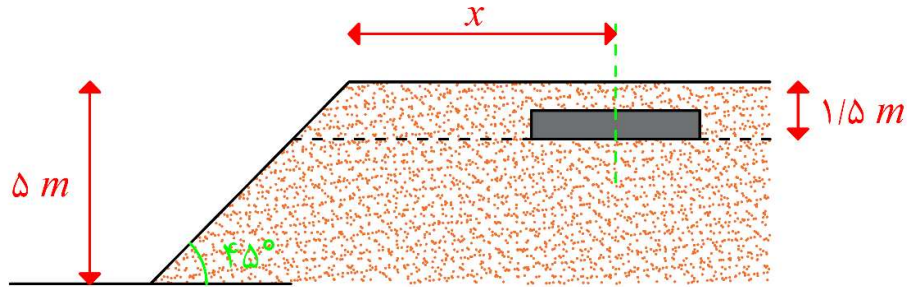


$$x = 2h - \frac{H}{\tan \theta}$$

بنابراین مقدار $2h$ ، حداقل مقدار ممکن می‌باشد.

۹ یک ساختمان یک طبقه ضرورتاً باید در مجاورت یک سطح شیبدار با زاویه 45° ساخته شود. پی‌های این ساختمان از نوع منفرد مربعی به طول ضلع ۲ m بوده و تراز زیر پی، $1/5$ متر پایین‌تر از زمین طبیعی خواهد بود. بدون انجام تحلیل‌های دقیق، تعیین کنید حداقل فاصله مرکز نزدیکترین پی به بالای شیب (X در شکل) مطابق با کدام یک از گزینه‌های زیر است؟ (نظارت بهمن ۹۷)

الف) ۵ متر ب) ۳ متر ج) ۳٫۵ متر د) ۴٫۵ متر



پاسخ گزینه ب صحیح است.

با توجه به بند ۷-۴-۱-۳ پی‌هایی که در نزدیکی شیب‌ها ساخته می‌شود باید مطابق با موارد ذیل انتخاب شود:
الف پی باید از لبه شیب در بالا و پای شیب فاصله مناسبی داشته باشند که با کنترل پایداری شیب و تغییرشکل‌ها مشخص می‌شود.

ب زانی که پی در بالای شیب قرار می‌گیرد ی که با شیب ۲ افقی به ۱ قائم از لبه پی می‌گذرد نباید با سطح شیب برخورد کند، مگر آنکه تحلیل دقیق پایداری و تغییرشکل پی انجام شود.
 بنابراین طبق مورد ب، فاصله افقی از پای شیب تا لبه پی برابر است با:

$$\frac{1}{2} = \frac{3/5}{d} \rightarrow d = 7$$

همچنین فاصله افقی پای شیب تا بالای شیب:

$$\operatorname{tg}(45^\circ) = 1 \rightarrow \frac{5}{\alpha} = 1 \rightarrow \alpha = 5 \text{ m}$$

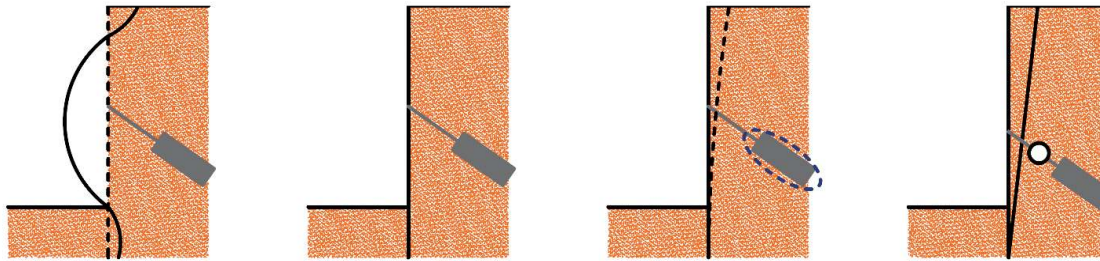
بنابراین فاصله مرکز پی تا بالای شیب:

$$\rightarrow x = d + \frac{\text{عرض پی}}{2} - \alpha \rightarrow x = 7 + \frac{2}{2} - 5 = 3$$

نگاهی به آیین‌نامه بند ۷-۴-۱-۳ صفحه ۳۳



کلیدواژه: ضریب اطمینان پی سطحی، عمق پی

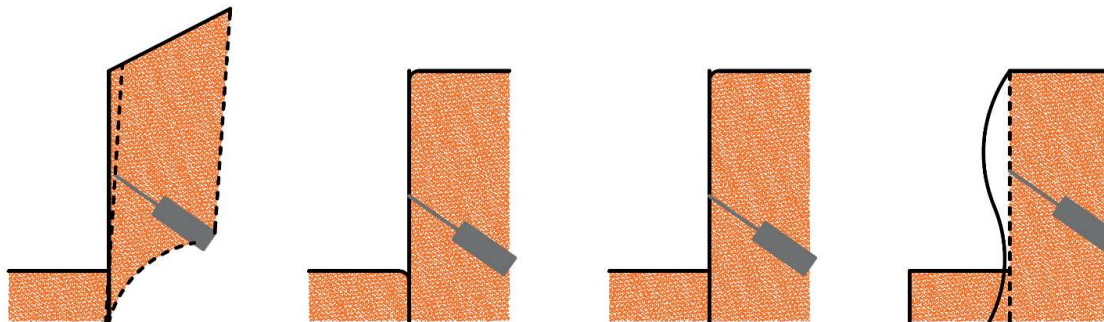


گسیختگی خمشی دیوار

گسیختگی بیرون اومدن مهار

گسیختگی مواد تزریق شده در انتهای مهار

گسیختگی کششی

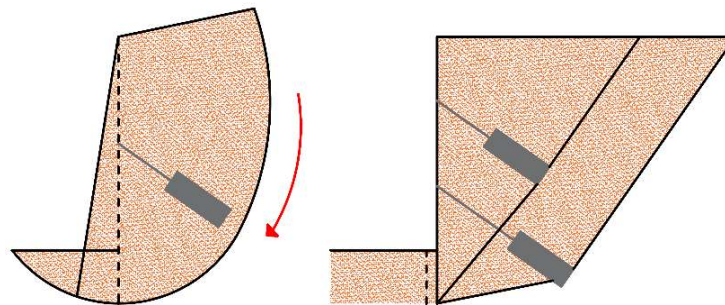


گسیختگی واژگونی

گسیختگی ظرفیت باربری محوری

چرخش کنج دیوار (قبل از نصب)

گسیختگی عمق فرورفتگی



ناپایداری کلی

گسیختگی لغزشی

جهت تحلیل دیوارهای مهار نشده باید تمام حالت‌های حدی ۴ تا ۱۰ نشان داده شده در شکل بالا بدون در نظر گرفتن مهارها کنترل گردند.

دیوار مهار شده از جلو می‌تواند با مهارهای مایل یا متقابل باشد. در دیوار با مهار مایل و متقابل، حالت‌های حدی علاوه بر موارد فوق باید کمانش مهارها، بالا آمدگی کف گود و جوشش ماسه در کف گود نیز بررسی شود.

مقادیر حداقل ضریب اطمینان برای اینگونه دیوارها در روش تنش مجاز یکی از موارد ذیل می‌باشد:

الف) واژگونی: ضرایب اطمینان مشابه جدول ۷-۵-۳ می‌اشد.

ب) لغزش افقی: ضریب اطمینان حدود ۱/۵ تا ۲ بر فشار جانبی مقاوم جلوی سپر اعمال می‌شود تا مقدار نیروی مقاوم جلوی سپر کاهش می‌یابد. این مقدار ضریب اطمینان برای خاک‌های تحکیم یافته باید بزرگتر از ۲ باشد.

ج) افزایش عمق گیرداری سپر: در روش تنش مجاز، طول مورد نیاز نفوذ سپر در خاک، در ضریب ۱/۵ ضرب می‌شود.