

مجموعه پرسش‌های چهارگزینه‌ای

دکتری مهندسی عمران

دینامیک خاک

گرایش ژئوتکنیک و زلزله



شامل:

✓ نکات مهم هر فصل

✓ تست‌های آموزشی جهت آمادگی برای آزمون

✓ پاسخنامه تشریحی آزمون دکتری

سال‌های ۹۱-۹۲-۹۳

تألیف: رامین گرمرودی



مجموعه پرسش‌های چهار گزینه‌ای

دکترای مهندسی عمران

دینامیک خاک

همراه با پاسخ‌های کاملا تشریحی

تالیف:

رامین گرمودی

garmroudiramin@yahoo.com

تقدیم به تهنماہ سپید شب های تاریک،

فرشته ای که:

تجربہ های یکتا و زیبای زندگیم

مدیون حضور سبز اوست.

تقدیم به ہمسرم.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: رفتار دینامیکی خاک.....
۱	رفتار دینامیکی خاک.....
۱۱	تست‌های رفتار دینامیکی خاک.....
۴۳	فصل دوم: تئوری انتشار امواج در محیط‌های یک و چند بعدی.....
۴۳	تئوری انتشار امواج در محیط‌های یک و چند بعدی.....
۵۱	تست‌های تئوری انتشار امواج در محیط‌های یک و چند بعدی.....
۸۹	فصل سوم: اثرات ساختگاه‌ها.....
۸۹	اثرات ساختگاه‌ها.....
۹۳	تست‌های اثرات ساختگاه‌ها.....
۱۰۳	فصل چهارم: پایداری شیروانی‌ها.....
۱۰۳	نکات مهم پایداری شیروانی‌ها.....
۱۰۹	تست‌های پایداری شیروانی‌ها.....
۱۲۱	فصل پنجم: طرح لرزه‌ای دیوارهای حائل.....
۱۲۱	نکات مهم طرح لرزه‌ای دیوارهای حائل.....
۱۳۱	تست‌های طرح لرزه‌ای دیوارهای حائل.....
۱۶۳	فصل ششم: روانگرایی.....
۱۶۳	نکات مهم روانگرایی.....
۱۷۵	تست‌های روانگرایی.....
۲۲۱	فصل هفتم: ارتعاشات سیستم‌های یک درجه آزادی.....
۲۲۱	نکات مهم ارتعاشات سیستم‌های یک درجه آزادی.....
۲۲۷	تست‌های ارتعاشات سیستم‌های یک درجه آزادی.....
۲۳۳	فصل هشتم: سوالات کنکور دکتری سراسری.....
۲۳۷	سوالات دکتری کنکور سراسری سال ۹۱.....
۲۳۸	سوالات دکتری کنکور سراسری سال ۹۲.....
۲۴۳	سوالات دکتری کنکور سراسری سال ۹۳.....
۲۴۸	پاسخنامه تشریحی کنکور سراسری سال ۹۱.....
۲۵۴	پاسخنامه تشریحی کنکور سراسری سال ۹۲.....
۲۶۱	پاسخنامه تشریحی کنکور سراسری سال ۹۳.....
۲۶۶	منابع.....

مقدمه مؤلف

بیت

درس دینامیک خاک یکی از دروس تخصصی در آزمون دکتری مهندسی عمران در گرایش ژئوتکنیک و مهندسی زلزله می‌باشد. به دلیل اهمیت این درس در آزمون دکتری عمران و همچنین تنوع و تعدد منابع و عدم وجود منبعی کامل در زمینه حل سوالات آزمون دکتری این کتاب با هدف پوشش کامل منابع مختلف تهیه شده است. تجربه ثابت کرده است که اگر آموزش ابتدا با طرح سوال همراه گردد فرآیند یادگیری بسیار مؤثرتر خواهد بود. لذا با توجه به محدودیت زمانی داوطلبان کنکور، و نیاز به فهم و یادگیری دقیق مطالب برای پاسخگویی به سوالات کنکور دکتری، در ابتدای هر فصل نکات مهم و ضروری جهت یادآوری ارائه شده و بعد پرسش‌های چهارگزینه‌ای هر فصل طرح و بلافاصله بعد از آن پاسخ با تاکید بر آموزش کامل سوال ارائه شده است. همچنین با بررسی کامل منابع درسی معرفی شده و جزوات اساتید مطرح این درس در دانشگاه‌های معتبر کشور، سعی شده کلیه مطالب مهم درس دینامیک خاک پوشش و در قالب پاسخ تشریحی آموزش داده شود بطوری که نیازی به مراجعه به منابع و مراجع نباشد.

به عقیده مؤلف کتاب مهندسی ژئوتکنیک لرزه‌ای ترجمه دکتر سیدمجدالدین حسینی و مهندس بابک عارف‌پور و جزوه درسی دکتر عباس قلندرزاده (دانشگاه تهران) جزوه بهترین منابع آموزش درس دینامیک خاک می‌باشد. و مطالعه آنها علاوه بر این کتاب برای دانشجویانی که فرصت مطالعه کافی دارند توصیه می‌شود.

با توجه به دقت فراوانی که در تهیه این کتاب شده است مسلماً هیچ کتابی عاری از نقص و اشتباه نمی‌باشد. که فقط با پیشنهادات شما دانشجویان عزیز رفع خواهد شد. خواهشمند است در صورت مشاهده هرگونه ایراد یا ابهامی در مطالب این کتاب آن را به آدرس الکترونیکی زیر ارسال نمایید.

رامین گرمودی

تابستان ۹۳

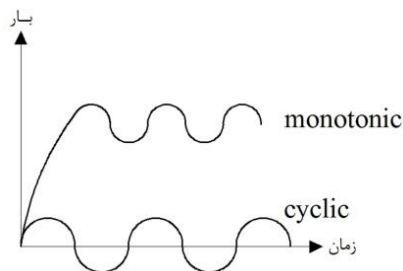
Email: Garmroudiramin@yahoo.com

فصل اول

رفتار دینامیکی خاک ها

انواع و ماهیت بارهای دینامیکی

تفاوت اصلی دینامیک خاک و مکانیک خاک در ماهیت بارهای وارد بر خاک می باشد. در دینامیک خاک بارگذاری وابسته به زمان بوده بعبارت دیگر بارگذاری با زمان مکرراً تغییر خواهد کرد. همچنین رفتار دینامیکی همانند رفتار استاتیکی تابع سطح تنش بوده، ولی تنش و کرنش آن وابسته به زمان می باشد بنابراین عوامل زیر در ماهیت بارهای دینامیک تاثیر گذار خواهند بود:



- تعداد یا تکرار بارگذاری
- رفت و برگشتی بودن بارگذاری
- زمان تناوب

نوع بارگذاری دینامیکی وابسته به منبع آن می باشد. دو نوع بارگذاری دینامیکی در شکل بالا نشان داده شده است نمودار پایینی که همراه با کاهش و افزایش های متناوب است بارگذاری سیکلیک نامیده می شود (همانند بارگذاری ناشی از ارتعاش پی ماشین آلات) نمودار بالایی بارگذاری را نشان می دهد که در اثر افزایش به یک مقدار حداکثری رسیده، سپس کاهش یافته است که به بارگذاری مونوتونیک معروف است. این نوع بارگذاری در ادامه می تواند به صورت سیکلیک نیز ادامه یابد.

در بارگذاری با سرعت زیاد (انفجار و ضربه) اگر مقاومت مصالح تابع سرعت بارگذاری گردد، آنگاه بارگذاری دینامیکی خواهد بود. اغلب خاک ها مقاومت تابع زمان ندارند. ولی در بیشتر خاک های رسی با PI و رطوبت بالا مقاومت می تواند متاثر از سرعت بارگذاری باشند. اثر گذاری سرعت و تکرار بارگذاری در محدوده کرنش های متوسط $10^{-1} \leq \gamma \leq 10^{-3}$ بوده و در

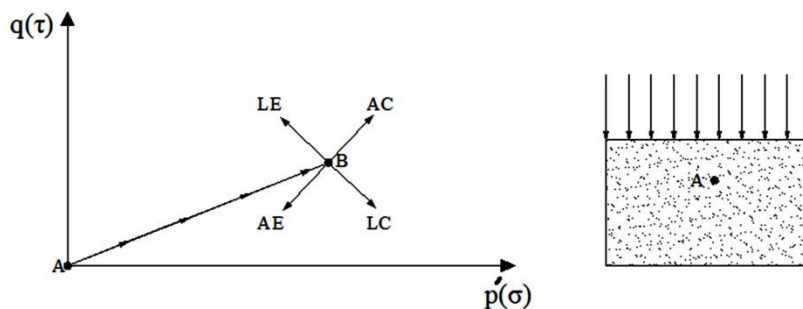
محدوده‌های کمتر از آن تاثیری بر رفتار دینامیکی خاک نخواهند داشت. لازم بذکر است که در هنگام زلزله بعلت بالا بودن کرنش، سختی خاک کاهش می‌یابد. بنابراین سرعت انتشار در زلزله نسبت به ضربه کم می‌باشد.

مسیر تنش مؤثر تحکیم K_0 و بارگذاری زهکشی شده بعد از آن

مسیری که در اثر تغییر شرایط تنش، نقطه‌ای بر روی دایره مؤثر طی می‌کند، مسیر تنش نامیده می‌شود. مسیر تنش یک المان خاک در زیر سطح زمین تحت تنش مؤثر ناشی از تحکیم، از نقطه A به نقطه B حرکت خواهد کرد و شیب مسیر تنش در این محدوده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$m_o = \frac{1 - K_0}{1 + K_0}$$

که در آن $K_0 = \sigma_3 / \sigma_1$ ضریب رانش خاک در حالت سکون می‌باشد.



اگر تنش قائم افزایش یابد، در حالیکه تنش افقی ثابت بماند (همانند بارگذاری پی‌ها) مسیر تنش در جهت AC حرکت خواهد کرد (مسیر تنش فشار محوری). اگر تنش افقی در حالیکه تنش قائم ثابت است، کاهش پیدا کند (همانند رانش فعال خاک) مسیر تنش در جهت LE حرکت خواهد کرد (مسیر تنش کشش جانبی). اگر تنش قائم کاهش یابد، در حالیکه تنش افقی ثابت بماند (همانند تنش در زیر خاکبرداری) مسیر تنش در جهت AE حرکت خواهد کرد (مسیر تنش کشش محوری). اگر تنش افقی در حالیکه تنش قائم ثابت است، افزایش پیدا کند (همانند رانش مقاوم خاک) مسیر تنش در جهت LC حرکت خواهد کرد (مسیر تنش فشار جانبی). واقعی‌ترین شرایط بارگذاری عبارت از آنست که یا تنش‌های قائم و افقی همزمان تغییر نموده و یا اینکه بر روی صفحات قائم و افقی تنش‌هایی برشی ایجاد شود.

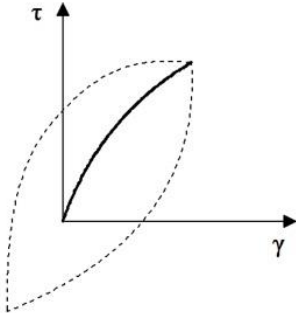
خواص دینامیکی خاک‌ها

خواصی از خاک‌ها که پدیده انتشار امواج و سایر پدیده‌های کم کرنش را تحت تاثیر قرار می‌دهند شامل سختی، میرایی، ضریب پواسون و دانسیته می‌باشند. در کرنش‌های بزرگ اثر سرعت، مقدار سیکل‌ها و خصوصیات تغییر حجم ممکن حائز

اهمیت باشند. و در کرنش‌های کوچکتر تغییرات مدول برشی کم شده و به یک مقدار ثابت می‌رسد به همین علت G_0 را مدول برشی در محدوده $\gamma < 10^{-5}$ در نظر می‌گیریم.

اثر شرایط محیطی و بارگذاری بر مدول برشی ماکزیمم خاک‌های نرمال تحکیم یافته و کمی بیش

تحکیم یافته



رفتار خاک بسیار تابع دامنه کرنشی است که به آن وارد می‌شود بنابراین شیب منحنی را می‌توان بعنوان یک پارامتر رفتار خاک در نظر گرفت. هرچه مساحت لوپ بیشتر باشد، میرایی بیشتر می‌باشد. خواص سیکی خاک‌ها وابسته به وضعیت خاک قبل از بارگذاری و تنش‌های ناشی از بارگذاری می‌باشد.

$$\tau = G\gamma$$

اثرات شرایط محیطی و بارگذاری بر مدول برشی ماکزیمم، G_0 خاک‌های بصورت عادی تحکیم یافته و کمی بیش تحکیم یافته در زیر ارائه شده است که بخاطر سپاری آنها جهت آزمون دکتری بسیار ضروری می‌باشد.

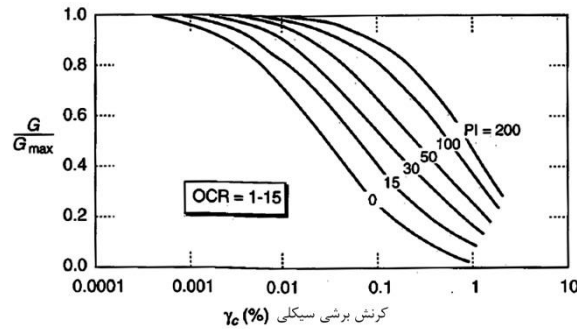
- با افزایش فشار محدود کننده موثر، σ'_o مدول برشی، G_0 افزایش می‌یابد. ($\sigma'_o \uparrow \rightarrow G_0 \uparrow$)
- با افزایش تخلخل، e مدول برشی، G_0 کاهش می‌یابد. ($e \uparrow \rightarrow G_0 \downarrow$)
- با افزایش سن زمین‌شناسی، tg مدول برشی، G_0 افزایش می‌یابد. ($tg \uparrow \rightarrow G_0 \uparrow$)
- با افزایش سمتاسیون، c مدول برشی، G_0 افزایش می‌یابد. ($c \uparrow \rightarrow G_0 \uparrow$)
- با افزایش ضریب بیش تحکیم یافتگی، OCR مدول برشی، G_0 افزایش می‌یابد. ($OCR \uparrow \rightarrow G_0 \uparrow$)
- با افزایش دامنه خمیری، $PI > 1$ اگر باشد مدول برشی، G_0 افزایش می‌یابد و تقریباً ثابت می‌ماند اگر $OCR = 1$ باشد.
- با افزایش سرعت کرنش، $\dot{\gamma}$ برای خاک‌های پلاستیک مدول برشی، G_0 افزایش یافته و برای خاک‌های غیرپلاستیک بدون تغییر باقی می‌ماند.
- با افزایش تعداد سیکل‌های بار، N مدول برشی، G_0 برای ماسه‌های افزایش می‌یابد.
- با افزایش تعداد سیکل‌های بار، N مدول برشی، G_0 برای رس‌ها بعد از N سیکل کرنش بزرگ کاهش می‌یابد ولی بعداً با زمان بر می‌گردد.

اثر شرایط محیطی و بارگذاری بر نسبت مدول (در یک کرنش معلوم) خاک‌های نرمال تحکیم

یافته و کمی بیش تحکیم یافته

اثرات شرایط محیطی و بارگذاری بر نسبت مدول برشی، G_0/G (در یک کرنش معلوم) خاک‌های بصورت عادی تحکیم یافته و کمی بیش تحکیم یافته بصورت زیر می‌باشند:

- با افزایش فشار محدود کننده موثر، σ'_o نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ افزایش می‌یابد. ($\sigma'_o \uparrow \rightarrow \frac{G}{G_o} \uparrow$) و با افزایش PI اثر آن کاهش می‌یابد.



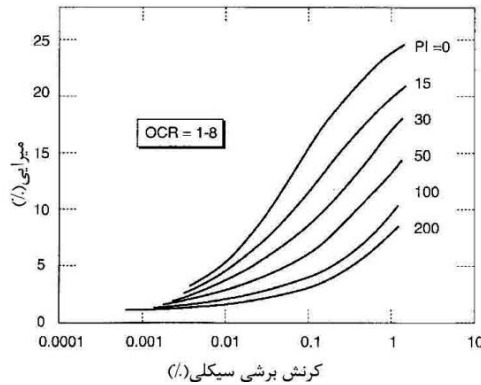
- اثر پلاستیسیته بر خاک بر نسبت مدول
- با افزایش تخلخل، e نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ کاهش می‌یابد. ($e \uparrow \rightarrow \frac{G}{G_o} \downarrow$)
- با افزایش سن زمین‌شناسی، tg نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ ممکن است افزایش یابد.
- با افزایش سمنتاسیون، c نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ ممکن است افزایش یابد.
- افزایش ضریب بیش تحکیم یافتگی، OCR ، بر نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ بی‌تاثیر می‌باشد.
- با افزایش دامنه خمیری، PI نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ افزایش می‌یابد. ($PI \uparrow \rightarrow \frac{G}{G_o} \uparrow$)
- با افزایش کرنش سیکلی، γ_c نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ کاهش می‌یابد. ($\gamma_c \uparrow \rightarrow \frac{G}{G_o} \downarrow$)
- افزایش سرعت کرنش، $\dot{\gamma}$ ، بر نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ بی‌تاثیر می‌باشد.
- با افزایش تعداد سیکل‌های بار، N نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ ماسه‌ها تحت شرایط زهکشی شده افزایش و تحت شرایط زهکشی نشده کاهش می‌یابد.
- با افزایش تعداد سیکل‌های بار، N نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ رس‌ها بعد از N سیکل کرنش بزرگ کاهش می‌یابد.

اثر شرایط محیطی و بارگذاری بر ضریب میرایی خاک‌های نرمال تحکیم یافته و کمی بیش تحکیم یافته

همانگونه که رفتار نسبت مدول با پلاستیسیته خاک تغییر می‌نماید رفتار میرایی خاک‌ها نیز تغییر می‌کند. ضریب میرایی خاک‌های با خمیری بالا، کمتر از ضریب میرایی خاک‌های با خمیری کم در دامنه یکسان می‌باشد. اثرات محیطی و بارگذاری بر نسبت مدول (در یک کرنش معلوم) خاک‌های بطور عادی تحکیم یافته و خاک‌های بصورت ملایم بیش تحکیم یافته بصورت زیر می‌باشد:

- با افزایش فشار محدود کننده موثر، σ'_o ضریب میرایی، D کاهش می‌یابد. ($\sigma'_o \uparrow \rightarrow D \downarrow$) و با افزایش PI اثر آن کاهش می‌یابد.
- با افزایش تخلخل، e ضریب میرایی، D کاهش می‌یابد. ($e \uparrow \rightarrow D \downarrow$)
- با افزایش سن زمین‌شناسی، tg ضریب میرایی، D کاهش می‌یابد. ($tg \uparrow \rightarrow D \downarrow$)

- با افزایش سمتاسیون، c ضریب میرایی، D ممکن است کاهش یابد.
- افزایش ضریب بیش تحکیم یافتگی، OCR بر ضریب میرایی، D بی اثر می باشد.
- با افزایش دامنه خمیری، PI ضریب میرایی، D کاهش می یابد. ($PI \uparrow \rightarrow D \downarrow$)



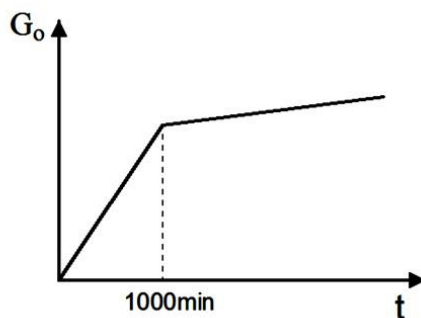
اثر پلاستیسیته و فشار محدود کننده بر میرایی

- با افزایش کرنش سیکلی، γ_c ، ضریب میرایی، D افزایش می یابد. ($\gamma_c \uparrow \rightarrow D \uparrow$)
- با افزایش سرعت کرنش، $\dot{\gamma}$ ضریب میرایی، D ثابت مانده یا افزایش می یابد.
- افزایش تعداد سیکل های بار، N بر ضریب میرایی، D چندان مهم نمی باشد.
- ضریب میرایی هرگز صفر نخواهد بود.

تاثیر عوامل مختلف بر خواص دینامیکی رس، ماسه و شن

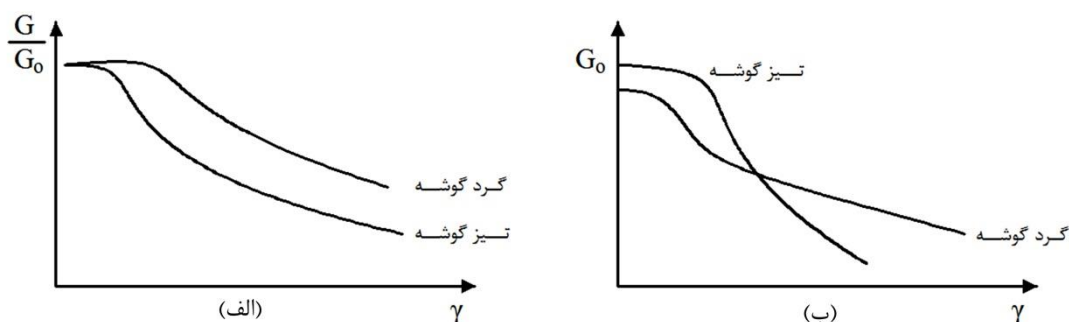
علاوه بر مطالب عنوان شده در ادامه تاثیر عوامل مختلف بر خواص دینامیکی رس، ماسه و شن ارائه می گردد که دارای اهمیت بسیاری در آزمون دکتری می باشند. لذا توصیه می شود مطالب زیر بدقت مطالعه گردد:

- افزایش نسبت تخلخل، e تاثیری بر میرایی رس ها ندارد.
- خاکی که در اعماق وجود دارد بدلیل تنش موثر بالا دارای مدول برشی بیشتری می باشد.
- در رس ها با افزایش زمان تا ۱۰۰۰ دقیقه، مدول برشی با سرعت زیادی افزایش یافته و بعد از آن با سرعت کمتری افزایش می یابد. با افزایش PI تاثیر زمان نیز افزایش می یابد. و هرچه خاک دشت دانه تر شود اثر زمان بر آن کاهش می یابد.
- $\gamma = 10^{-5}$ یک عدد بحرانی برای شن ها بوده و قبل از آن مدول برشی، G_0 ثابت و محدوده الاستیک می باشد. محدوده الاستیک در شن ها بسیار کوچکتر از رس ها بوده و به G_0 بستگی ندارد.
- هرچه خاک ریزدانه تر شود نسبت تخلخل افزایش و هرچه درشت دانه تر شود نسبت تخلخل کاهش می یابد.
- هرچه خاک ریزدانه تر شود مدول برشی، کاهش می یابد.



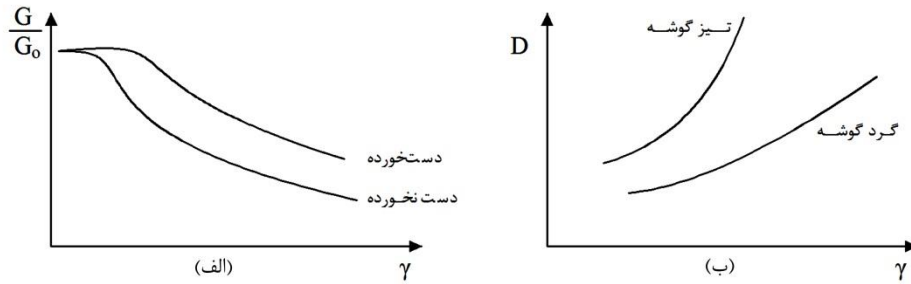
اثر زمان تحکیم بر مدول برشی رس‌ها

- هرچه فرم دانه‌ها تیز گوشه‌تر باشد مدول برشی، G_o افزایش می‌یابد.
- افزایش یا کاهش نسبت تخلخل، e تاثیری بر مدول برشی شن‌ها ندارد.
- دستخوردگی در رس‌های جوان و ماسه‌ها بر مدولی برشی، G_o تاثیری نداشته ولی در رس‌های سالخورده و شن‌ها با مدول برشی، G_o بزرگ، دستخوردگی باعث کاهش G_o می‌گردد.
- با افزایش فشار محدود کننده موثر، σ'_o نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ و محدوده رفتار خطی افزایش می‌یابد.
- میرایی خاک، D با افزایش سطح تنش کاهش می‌یابد.
- در ماسه‌ها نسبت تخلخل، e فقط بر مدول برشی، G_o تاثیر گذار بوده و تاثیر چندانی بر نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ ندارد.
- در رس‌ها تغییرات تنش محدود کننده موثر، σ'_o تاثیر چندانی بر میرایی، D ندارد.
- در رس‌ها با دامنه خمیری، PI ثابت در صورت تغییرات تنش محدود کننده موثر، σ'_o نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ تغییر چندانی نخواهد داشت. بنابراین با حرکت در عمق فرم منحنی $\frac{G}{G_o}$ تغییر نخواهد کرد.
- با افزایش نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ منحنی خطی‌تر شده و محدوده الاستیک خاک افزایش و میرایی آن کاهش می‌یابد.
- هرچه ماسه و شن تیز گوشه‌تر باشند، رفتار غیرخطی آن‌ها بیشتر شده و منحنی نسبت مدول، $\frac{G}{G_o}$ در زیر منحنی خاک گرد گوشه قرار می‌گیرد.
- مدول برشی، G_o خاک تیز گوشه بیشتر از مقدار آن در خاک مشابه با ذرات گرد گوشه می‌باشد.



تأثیر شکل دانه‌های خاک بر منحنی‌های (الف) نسبت مدول (ب) مدول برشی

- بعلت مکانیزم استهلاک انرژی، میزان استهلاک انرژی در خاک‌های تیز گوشه بیشتر از خاک‌های گرد گوشه می‌باشد.
- عامل دستخوردگی در تعیین میرایی، D در جهت اطمینان نمی‌باشد.



(الف) تاثیر عامل دستخوردگی (ب) تاثیر شکل دانه‌ها بر خواص خاک

- منحنی متوسط نسبت مدول برای مصالح شنی مشابه ماسه و کمی خوابیده‌تر می‌باشد.
- ضریب میرایی خاک‌های با خمیری بالا، کمتر از ضریب میرایی خاک‌های با دامنه خمیری کم در دامنه کرنش سیکلی یکسان می‌باشد.

آزمایشات محلی

الف) آزمایشات با کرنش کم

آزمایشات با کرنش کم غالباً در محدود کرنش‌های 0.001 درصد قرار دارند. این آزمایشات مبتنی بر تئوری انتشار امواج در مصالح خطی بوده و خیلی از آنها مربوط به اندازه‌گیری سرعت امواج حجمی می‌باشند. انواع آزمایشات با کرنش کم عبارتند از:

- آزمایش انعکاس لرزه‌ای
- آزمایش انکسار لرزه‌ای
- آزمایش برداشت شناور
- آزمایش ارتعاش حالت یکنواخت (موج رایلی)
- آنالیز طیفی امواج سطحی
- آزمایش امواج عبوری
- آزمایش امواج نزولی (صعودی)
- آزمایش مخروط لرزه‌ای

آزمایش انعکاس لرزه‌ای اجازه می‌دهد که سرعت انتشار موج و ضخامت لایه‌های سطحی از سطح زمین و یا در محیط دریا تعیین گردند. این آزمایش مفیدترین روش برای بررسی لایه‌بندی خیلی عمیق یا وسیع می‌باشد. و بندرت جهت توصیف لایه‌های کم عمق خاک بکار می‌رود. آزمایش ارتعاش حالت یکنواخت (رایلی) برای تعیین سرعت برشی نزدیک به سطح مناسب بوده و می‌تواند جایگزین آزمایش آنالیز طیفی امواج سطحی گردد. هدف آزمایش امواج نزولی (صعودی) اندازه‌گیری زمان حرکت امواج S و P از منبع تحریک تا گیرنده می‌باشد. شیب منحنی زمان حرکت در هر عمق معرف سرعت انتشار موج در آن عمق خواهد بود. تشخیص ورود موج S در اعماقی بزرگتر از 30 تا 60 متر بعلت میرایی مصالح و میرایی شعاعی در آزمایش امواج نزولی مشکل می‌باشد.

آزمایشات آزمایشگاهی با کرنش کم عبارتند از:

- آزمایش ستون تشدید
- آزمایش نوسان اولتراسونیک
- آزمایش خمش پیزوالکتریک

در آزمایش ستون تشدید فرکانس اصلی نمونه تابعی از سختی خاک در کرنش کم، هندسه نمونه و ویژگی‌های خاص دستگاه ستون تشدید می‌باشد. و افزایش جرم به سیستم بارگذاری موجب تغییرات خطی بیشتر دوران گردیده و در نتیجه شرایط وقوع کرنش‌های یکنواخت بیشتر در طول ارتفاع نمونه بوجود خواهد آمد. کرنش‌های برشی در یک نمونه استوانه‌ای توپر ستون تشدید تحت اثر بار پیچشی از مقدار صفر در مرکز نمونه تا مقدار ماکزیمم در لبه بیرونی آن تغییر می‌کند. استفاده از نمونه توخالی در آزمایش ستون تشدید، تغییرات دامنه کرنش برشی در طول نمونه را به حداقل می‌رساند. سختی و میرایی خاک را می‌توان تحت شرایط کنترل شده در آزمایش ستون تشدید را اندازه‌گیری کرد. در این آزمایش اثرات فشار موثر محدود کننده، دامنه کرنش و زمان به آسانی قابل بررسی بوده ولی اندازه‌گیری فشار آب حفره‌ای مشکل می‌باشد. در آزمایش ستون تشدید خواص مصالح معمولاً در فرکانس‌های بالای فرکانس حرکات اغلب زلزله‌ها اندازه‌گیری می‌شود. آزمایش نوسان اولتراسونیک برای خاک با مصالح خیلی نرم مانند رسوبات کف دریا مناسب بوده و سرعت‌های انتشار موج در آزمایشگاه بوسیله آزمایش نوسان اولتراسونیک قابل اندازه‌گیری می‌باشد.

ب) آزمایشات با کرنش زیاد

این آزمایشات متداولترین نوع جهت اندازه‌گیری خواص کرنش بالای خاک‌ها از قبیل مقاومت می‌باشند، معذالک نتایج آنها با خواص کرنش پایین خاک‌ها نیز ارتباط داده شده است. آزمایشات با کرنش زیاد عبارتند از:

- آزمایش نفوذ استاندارد، *SPT*
- آزمایش نفوذ مخروط، *CPT*
- آزمایش اتساع سنجی
- آزمایش فشار سنجی
- سایر آزمایشات صحرایی

برای مسائل ژئوتکنیک لرزه‌ای آزمایشات نفوذ استاندارد، نفوذ مخروط، انبساط سنجی و فشار سنجی از کارایی و بهره‌ویژه‌ای برخوردار هستند. آزمایش نفوذ استاندارد متداولترین آزمایش صحرایی در ژئوتکنیک مهندسی می‌باشد. تعداد ضربه‌ایکه آخرین مقدار نفوذ معادلی ۳۰ سانتیمتر را موجب گردد بنام مقاومت نفوذ استاندارد، N نامیده می‌شود. مقاومت نفوذ استاندارد، N تابعی از نوع خاک، فشار محدود کننده و دانسیته خاک می‌باشد. آزمایش نفوذ مخروط، *CPT* نیز در سالهای اخیر گسترش چمگیری داشته است. *CPT* عبارت است از نفوذ یکنواخت یک نفوذ کننده مخروطی شکل استاندارد در داخل زمین. حضور لایه‌های نازک یا رگه‌هایی که به آسانی در *SPT* قابل تشخیص نمی‌باشند، در *CPT* قابل شناسایی می‌باشند.

مقاومت خاک‌ها تحت بارهای سیکنی

مقاومت برشی یک المان خاک نوعاً بعنوان تنش برشی بسیج شده در نقطه شکست تعریف می‌شود. ولی مقاومت استاتیکی، حدی است که می‌تواند بعد از پایان پذیرفتن بارگذاری سیکلی در نمونه بسیج شود. مقاومت سیکلی یک المان خاک به رابطه میان تنش برشی متوسط، و تنش برشی سیکلی τ_{cyc} وابسته است. برای مصالحی که $\tau_{ave} = 0$ می‌باشد هیچ کرنش یک جهته ایجاد نخواهد شد. بنابراین شکست بایستی برحسب کرنش برشی سیکلی γ_{cyc} تعریف شود. نسب تنش برشی سیکلی τ_{ave} به مقاومت برشی استاتیکی S_u هنگامیکه شکست بر حسب مقدار مشخصی از کرنش سیکلی (اغلب ۳ درصد) می‌باشد، تعریف می‌شود. ضریب مقاومت سیکلی $\frac{\tau_{ave}}{S_u}$ با افزایش تعداد سیکل‌ها کاهش می‌یابد. در مقادیری از ضریب مقاومت سیکلی $\frac{\tau_{ave}}{S_u}$ کمتر از یک مقدار محدود، هرگز کرنش شکست ایجاد نمی‌شود. این ضریب مقاومت سیکلی محدود بنام مقدار بارگذاری تکراری نامیده می‌شود.

در بارگذاری زهکشی نشده معادل ۸۰ درصد مقاومت زهکشی نشده خاک، تغییرات کوچکی را در فشار آب منفذی نشان می‌دهد. هنگامیکه تنش برشی کلی (استاتیکی + دینامیکی) از مقاومت تسلیم دینامیکی تجاوز نماید، تغییر شکل‌های دائمی قابل ملاحظه‌ای ممکن ایجاد شود. مقاومت برشی زهکشی نشده نهایی (مقاومت ماندگار در کرنش‌های بالا) یک خاک بوسیله تخلخل و ساختار آن کنترل می‌شود.

المانی که تحت سیکل‌های بار قرار گرفته است رفتار اتساعی بیشتری نشان داده، ولی دارای سختی کمتری در مراحل اولیه بارگذاری زهکشی نشده استاتیکی، نسبت به المانی که تحت سیکل‌های بار قرار نگرفته است، دارد. مقاومت برشی خاک‌ها ممکن است از بارگذاری متاثر شود. میزان کرنش دائمی که در یک المان خاک تحت اثر بار سیکلی ایجاد می‌شود بستگی به رابطه میان تنش برشی (استاتیک) میانگین و تنش برشی سیکلی خواهد داشت. اگر تنش برشی میانگین صفر باشد، تنها کرنش سیکلی ایجاد شده و گسیختگی برحسب مقدار کرنش سیکلی محدود تعریف می‌گردد. بدلیل آنکه رفتار زهکشی نشده یک خاک اشباع بوسیله دانسیته و ساختار آن کنترل می‌شود، مقاومت زهکشی نشده پس از زلزله (در صورت ممانعت از تغییر ساختار خاک) ضرورتاً با مقاومت زهکشی نشده استاتیکی آن یکی خواهد بود، حتی در شرایطی که در خلال بارگذاری سیکلی فشار آب حفره‌ای اضافی تولید شده باشد.

تست‌های رفتار دینامیکی خاک‌ها

۱- کدامیک از موارد زیر موثر بر رفتار دینامیکی خاک‌ها می‌باشد؟

- (۱) تعداد یا تکرار بارگذاری
(۲) رفت و برگشتی بودن بارگذاری
(۳) زمان تناوب
(۴) هر سه مورد

حل: گزینه ۴ صحیح است.

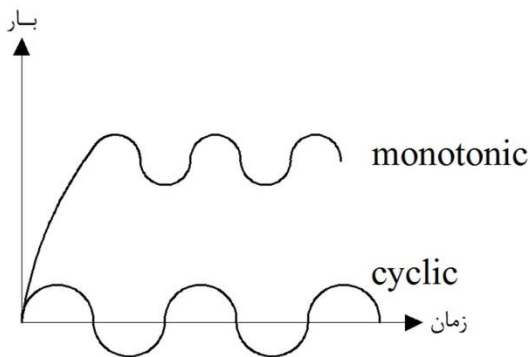
عوامل موثر بر رفتار دینامیکی خاک عبارتند از:

- تعداد یا تکرار بارگذاری
- رفتی و برگشتی بودن بارگذاری
- زمان تناوب

۲- کدام یک از موارد زیر جزو بارگذاری دینامیکی محسوب می‌شوند؟

- (۱) باگذاری منوتونیک *Monotonic*
(۲) بارگذاری سیلیک *Cyclic*
(۳) باگذاری با سرعت زیاد
(۴) هر سه مورد

حل: گزینه ۴ صحیح است.



بارگذاری منوتونیک و سیلیک در شکل مقابل نشان داده شده است که جز بارهای دینامیکی محسوب می‌شوند.

نکته مهم: اگر سرعت بارگذاری زیاد باشد آنگاه مقاومت مصالح تابع سرعت بارگذاری خواهد بود که می‌توان آن را جزء بارهای دینامیکی محسوب کرد.

۳- کدامیک از خاک‌های زیر دارای مقاومت تابع زمان می‌باشد؟

- (۱) همه خاک‌ها دارای مقاومت تابع زمان می‌باشد.
- (۲) بیشتر خاک‌های رسی با PI و درصد رطوبت بالا
- (۳) خاک‌های دانه‌ای (ماسه و شن)
- (۴) خاک‌ها دارای مقاومت تابع زمان نیستند.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

اغلب خاک‌ها مقاومت تابع زمان ندارند ولی مقاومت بیشتر خاک‌های رسی با PI و درصد رطوبت بالا می‌تواند متاثر از سرعت بارگذاری باشد.

سوال: چرا اشتباهاً فرض می‌شود که سختی دینامیکی بیش از سختی استاتیکی می‌باشد؟

یکی از ویژگی‌های بارهای دینامیکی این است که دامنه بار زیاد نیست. بنابراین اشتباهاً فرض می‌شود که سختی دینامیکی بیشتر از سختی استاتیکی است.

۴- درچه محدوده کرنش‌ای تکرار بارگذاری می‌تواند در رفتار بار تاثیر بگذارد؟

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| $10^{-2} - 10^{-4}$ (۲) | $10^{-4} - 10^{-6}$ (۱) |
| $10^{-2} - 10^{-5}$ (۴) | $10^{-1} - 10^{-3}$ (۳) |

حل: گزینه ۳ صحیح است.

در محدوده کرنش‌های متوسط $10^{-1} - 10^{-3}$ تکرار بارگذاری تاثیر گذار است و کمتر از آن تاثیری ندارد.

۵- سرعت بارگذاری در چه محدوده کرنشی بر رفتار خاک تاثیر گذار است؟

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| $10^{-2} - 10^{-4}$ (۲) | $10^{-4} - 10^{-6}$ (۱) |
| $10^{-2} - 10^{-5}$ (۴) | $10^{-1} - 10^{-3}$ (۳) |

حل: گزینه ۳ صحیح است.

در محدوده کرنش‌های متوسط $10^{-3} - 10^{-1}$ سرعت بارگذاری بر رفتار خاک تاثیر گذار است و کمتر از آن تاثیری ندارد.

۶- تاثیر تنش محدود کننده، σ' بر مدول برشی (G_o) رس ها چگونه است؟

- (۱) با افزایش تنش محدود کننده، σ' مقدار G_o کاهش می‌یابد.
- (۲) با افزایش تنش محدود کننده، σ' مقدار G_o افزایش می‌یابد.
- (۳) با افزایش تنش محدود کننده، σ' مقدار G_o ممکن است افزایش یا کاهش یابد.
- (۴) تنش محدود کننده، σ' بر G_o بی‌تاثیر است.

حل: گزینه ۲ صحیح است .

با افزایش تنش محدود کننده σ' در رس‌ها مدول برشی G_o افزایش می‌یابد.

نکته: در کرنش‌های کوچکتر تغییرات مدول برشی کم می‌شود تا به یک مقدار ثابت برسد به همین علت G_o را مدول برشی در محدوده $\gamma < 10^{-5}$ در نظر می‌گیریم.

۷- کدام یک از موارد زیر صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) خاک‌های دانه‌ای معمولا میرایی (D) بزرگتری در مقایسه با خاک‌های رسی دارند.
- (۲) محدوده الاستیک در خاک‌های رسی بزرگتر از خاک‌های دانه‌ای است.
- (۳) خاکی که در اعماق وجود دارد دارای مدول برشی G_o بزرگتری می‌باشد.
- (۴) در کرنش‌های کوچکتر تغییرات G_o با کرنش، γ زیاد است.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

در کرنش‌های کوچکتر تغییرات مدول برشی G کم می‌شود تا به یک مقدار ثابت برسد.

۸- نسبت تاثیر نسبت تخلخل، e_o بر مدول برشی، G_o رس‌ها چگونه است؟

- (۱) با افزایش e_o در یک σ'_o ثابت، G_o بشدت کاهش می‌یابد.
- (۲) با افزایش e_o در یک σ'_o ثابت، G_o بشدت افزایش می‌یابد.

۳) با افزایش e_0 در یک σ'_0 ثابت، G_0 ممکن است افزایش یا کاهش یابد.

۴) افزایش یا کاهش e_0 تاثیری بر مقدار G_0 در خاک‌های رسی ندارد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

خاکی که e_0 بالایی دارد، شل‌تر می‌باشد و در نتیجه با افزایش نسبت تخلخل، G_0 کاهش پیدا می‌کند و تاثیر آن در σ'_0 های بزرگتر بیشتر است.

نکته: سرعت تغییرات G_0 با e_0 به سطح تنش بستگی دارد. هر چه σ'_0 بیشتر باشد کاهش G_0 سریعتر است.

۹- تاثیر نسبت پیش تحکیمی بر رفتار دینامیکی رس‌ها چگونه است؟

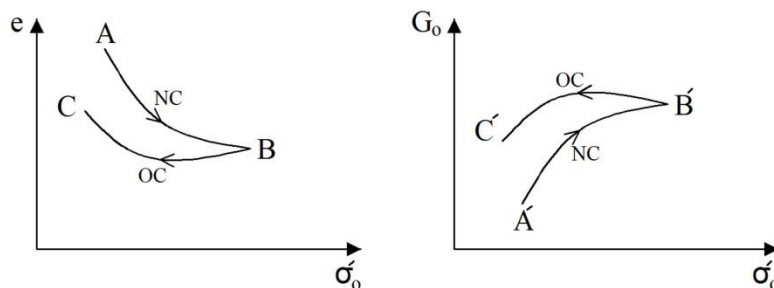
۱) هر چه PI افزایش یابد تاثیر نسبت پیش تحکیمی OCR افزایش یافته و بیشترین تاثیر را در میرایی دارد.

۲) هر چه PI افزایش یابد تاثیر نسبت پیش تحکیمی افزایش یافته و در یک σ'_0 ثابت G_0 افزایش پیدا می‌کند.

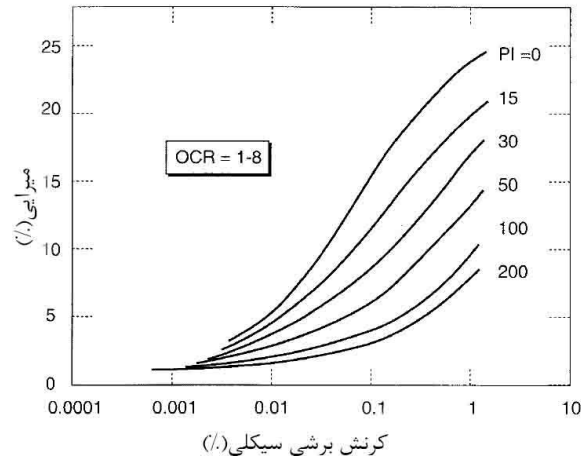
۳) با افزایش PI تاثیر OCR بر خواص خاک رس‌ها کاهش می‌یابد.

۴) گزینه ۲ و ۳ صحیح است.

حل: گزینه ۴ صحیح می‌باشد.



با افزایش PI تاثیر پیش تحکیمی نیز افزایش یافته و موجب افزایش مدول برشی خاک رس می‌گردد. همچنین با افزایش PI میرایی خاک‌های رسی کاهش می‌یابد (شکل زیر)



تغییرات ضریب میرایی خاک‌های ریزنازه با دامنه کرنش برشی سیکیلی و دامنه خمیری

۱۰- تاثیر سن نمونه بر رفتار دینامیکی خاک‌ها چگونه است؟

- (۱) با افزایش زمان در خاک‌های رسی G_o همواره افزایش می‌یابد.
- (۲) با افزایش PI تاثیر زمان افزایش می‌یابد.
- (۳) هرچه خاک درشت‌دانه‌تر باشد اثر زمان بر آن کاهش می‌یابد.
- (۴) هر سه گزینه صحیح می‌باشند.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

با افزایش زمان G_o در خاک‌های رسی با سرعت زیادی افزایش می‌یابد (تا 100 min) و بعد از آن با سرعت کمتری افزایش می‌یابد. علت آن در واقع چسبندگی ماتریس خاک است که در اثر گذشت زمان این چسبندگی بصورت سمنته شدن خاک در می‌آید.

نکته: اگر نمونه را در آزمایشگاه به تراکم محل برسانیم بعلت از بین رفتن سمنتاسیون یک G_o متفاوت به دست می‌آید.

۱۱- تاثیر تنش محدود کننده موثر σ'_o بر مدول برشی G_o ها چگونه است /

- (۱) با افزایش σ'_o مقدار G_o کاهش می‌یابد.
- (۲) با افزایش σ'_o مقدار G_o افزایش می‌یابد.
- (۳) با افزایش σ'_o مقدار G_o ممکن است کاهش یا افزایش یابد.

۴) در شن‌ها σ_o تأثیری بر مقدار G_o ندارد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

با افزایش σ_o در شن‌ها مقدار G_o افزایش می‌یابد.

۱۲- کدام یک از موارد زیر صحیح نمی‌باشد؟

- ۱) $\gamma = 10^{-5}$ یک کرنش بحرانی برای شن‌ها می‌باشد و قبل از آن محدوده الاستیک بوده و مقدار G_o ثابت است.
- ۲) هرچه خاک درشت‌تر شود مقدار $e_{max} - e_{min}$ کاهش می‌یابد.
- ۳) هرچه خاک ماسه‌تر (ریز دانه‌تر) باشد مقدار G_o افزایش می‌یابد.
- ۴) هرچه فرم خاک دانه‌ها تیز گوشه‌تر باشد مقدار G_o افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

هرچه خاک ماسه‌تر (ریز دانه‌تر) باشد مقدار G_o کاهش می‌یابد.

۱۳- تأثیر تخلخل e بر مقدار مدول برشی G_o شن‌ها چگونه است؟

- ۱) تأثیر قابل ملاحظه‌ای ندارد.
- ۲) با افزایش مقدار e مقدار G_o کاهش می‌یابد.
- ۳) با افزایش مقدار e مقدار G_o افزایش می‌یابد.
- ۴) با افزایش مقدار e ممکن است G_o کاهش یا افزایش یابد.

حل: گزینه ۱ صحیح است

در خاک‌های نرمال تحکیم یافته و کمی بیش تحکیم یافته با افزایش مقدار e ، G_o کاهش می‌یابد ولی تغییر e تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر مقدار G_o در شن‌ها ندارد.

۱۴- تأثیر عامل دستخوردگی بر مقدار مدول برشی G_o چگونه است؟

- (۱) دست‌خوردگی در هر خاکی موجب کاهش مقدار G_o می‌شود.
 (۲) دست‌خوردگی در رس‌های جوان و ماسه‌ها بر روی G_o تاثیری ندارد.
 (۳) دست‌خوردگی در رس‌های سالخورده و شن‌های با G_o بزرگ موجب کاهش G_o می‌شود.
 (۴) گزینه ۲ و ۳

حل: گزینه ۴ صحیح است.

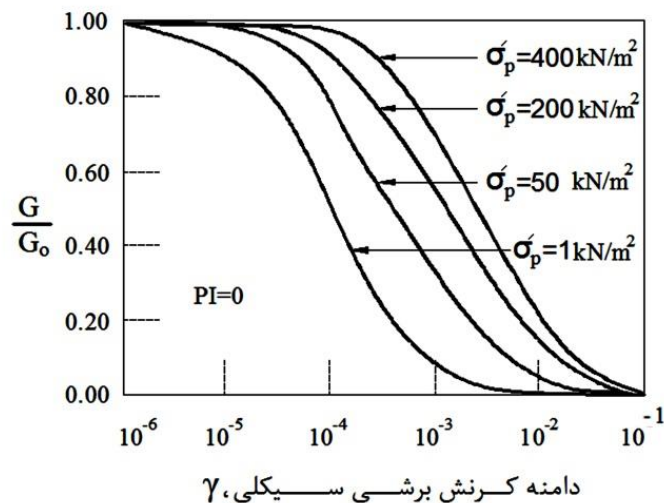
دست‌خوردگی در رس‌های جوان و ماسه‌ها بر روی G_o تاثیری ندارد؛ ولی در رس‌های سالخورده و شن‌های با G_o بزرگ موجب کاهش G_o می‌شود.

۱۵- در ماسه‌ها با تنش محصور کننده متوسط σ'_p مقدار $\frac{G}{G_o}$ می‌یابد.

- (۱) کاهش - کاهش
 (۲) کاهش - افزایش
 (۳) افزایش-افزایش
 (۴) افزایش-کاهش

حل: گزینه ۳ صحیح است.

نمودار شکل زیر نشان می‌دهد که برای خاک‌های غیر پلاستیک با افزایش σ'_p مقدار $\frac{G}{G_o}$ افزایش می‌یابد.



اثر فشار محدود کننده متوسط بر منحنی‌های نسبت مدول خاک غیر پلاستیک

۱۶- میرایی خاک با سطح تنش می‌یابد.

- | | |
|---------------------|-------------------|
| (۱) کاهش - افزایش | (۲) افزایش - کاهش |
| (۳) افزایش - افزایش | (۴) کاهش - کاهش |

حل: گزینه ۲ صحیح است.

میرایی خاک با افزایش سطح تنش کاهش می‌یابد.

۱۷- تاثیر تراکم خاک در ماسه‌ها چگونه است؟

- (۱) فقط بر G_o تاثیر دارد و بر $\frac{G}{G_o}$ تاثیر چندانی ندارد.
- (۲) بر مقدار G_o بی‌تاثیر و بر مقدار $\frac{G}{G_o}$ تاثیرگذار است.
- (۳) بر مقدار هر دوی G_o و $\frac{G}{G_o}$ تاثیرگذار است.
- (۴) بر هیچ کدام از G_o و $\frac{G}{G_o}$ تاثیرگذار نیست.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

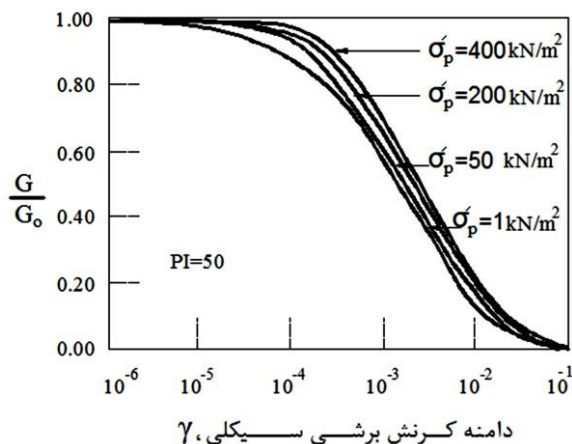
در ماسه‌ها تراکم خاک فقط بر G_o تاثیرگذار است و تاثیر چندانی بر مقدار $\frac{G}{G_o}$ ندارد.

۱۸- تاثیر تنش موثر محدود کننده σ'_p بر مقدار $\frac{G}{G_o}$ در رس‌ها چگونه است؟ (ثابت $PI =$)

- (۱) با افزایش σ'_p مقدار $\frac{G}{G_o}$ کاهش می‌یابد.
- (۲) با افزایش σ'_p مقدار $\frac{G}{G_o}$ افزایش می‌یابد.
- (۳) با تغییر مقدار σ'_p مقدار $\frac{G}{G_o}$ تغییر چندانی نمی‌یابد.
- (۴) با توجه به ساختار رس‌ها هر کدام از سه حالت فوق می‌تواند اتفاق بیافتد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

نمودار شکل زیر نشان می‌دهد که برای خاک‌های پلاستیک با افزایش σ'_p مقدار $\frac{G}{G_o}$ تغییر چندانی نمی‌کند.



اثر فشار محدود کننده متوسط بر منحنی‌های نسبت مدول خاک غیر پلاستیک

۱۹- کدام یک از موارد زیر صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) در رس‌ها با افزایش PI ، $\frac{G}{G_0}$ کاهش می‌یابد.
- (۲) تاثیر σ'_o در میرایی رس‌ها کم است.
- (۳) با حرکت در عمق یک خاک رس با PI ثابت فرم $\frac{G}{G_0}$ تغییر چندانی نمی‌یابد.
- (۴) در شن‌ها با افزایش σ'_o مقدار $\frac{G}{G_0}$ افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

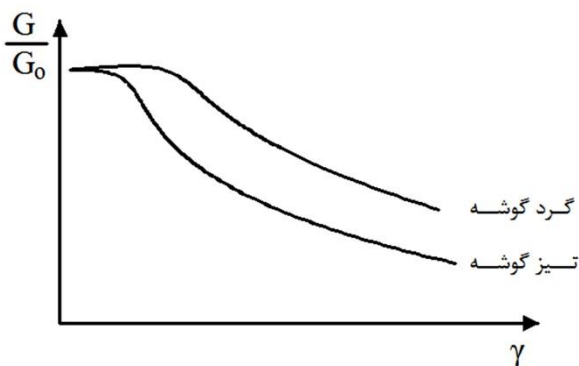
PI بیشترین تاثیر را در رس‌ها دارد با افزایش PI مقدار $\frac{G}{G_0}$ افزایش یافته و فرم منحنی $\frac{G}{G_0}$ خطی‌تر می‌شود در نتیجه محدوده الاستیک افزایش و میرایی کاهش می‌یابد.

۲۰- کدام یک از موارد زیر صحیح است؟

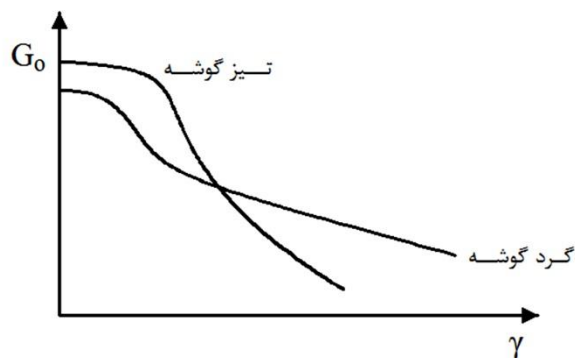
- (۱) هرچه خاک تیز گوشه‌تر باشد رفتار غیر خطی آن بیشتر است.
- (۲) مقدار G_0 در خاک‌های گرد گوشه بیشتر از مقدار G_0 در خاک‌های تیز گوشه است.
- (۳) استهلاک انرژی در خاک‌های گرد گوشه بیشتر است.
- (۴) دست خوردگی خاک در تعیین میرایی D در جهت اطمینان است.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

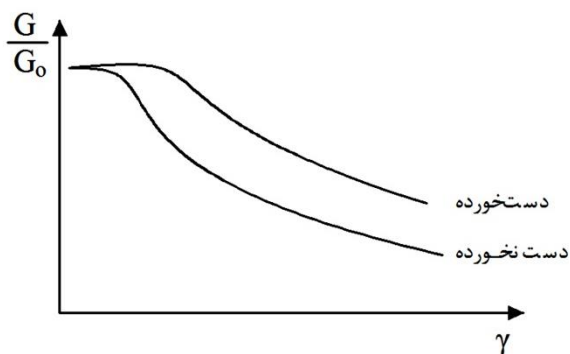
هرچه شن تیز گوشه‌تر باشد رفتار غیرخطی آن نیز بیشتر و زیر منحنی گرد گوشه قرار می‌گیرد. مدول برشی و میرایی در ماسه‌ها و شن‌های تیز گوشه بیشتر از نمونه‌های گرد گوشه می‌باشد.



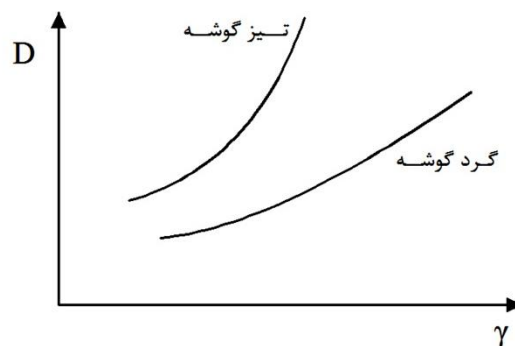
اثر شکل دانه‌ها بر منحنی نسبت مدول



اثر شکل دانه‌های خاک بر منحنی مدول برشی



اثر دست‌خوردگی بر منحنی نسبت مدول



اثر شکل دانه‌های خاک بر منحنی میرایی

۲۱- کدام یک از خاک‌های زیر ممکن است در هنگام زلزله D بزرگتری را نشان دهد؟

(۴) سیلت

(۳) شن

(۲) ماسه

(۱) رس

حل: گزینه ۲ صحیح است.

در رس‌ها، در کرنش بزرگتر افزایش D چندانی نداریم در حالیکه در ماسه با تغییر محدوده کرنش D بسیار تغییر می‌کند. و با افزایش کرنش از $10^{-1} \rightarrow 10^{-3}$ افزایش D زیادی داریم. بنابراین در زلزله ممکن است ماسه D بزرگتری به صورت ناگهانی نشان دهد.

۲۲- اثر سرعت بر مدول برشی، G_o چگونه است؟

- (۱) کاهش (۲) افزایش (۳) کاهش یا افزایش (۴) بی اثر

حل: گزینه ۲ صحیح است.

سرعت می‌تواند موجب افزایش G_o با افزایش سرعت کرنش گردد. اثر سرعت کرنش بر G_o با افزایش پلاسیته خاک افزایش می‌یابد.

نکته: سرعت موج برشی و در نتیجه G_o تقریباً بصورت خطی با لگاریتم زمان گذشته در پایان تحکیم اولیه افزایش می‌یابد.

۲۳- کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد مدول برشی خاک‌های نرمال تحکیم یافته و کمی بیش تحکیم یافته صحیح

نمی‌باشد؟

- (۱) با افزایش فشار محدودکننده موثر مقدار G_o افزایش می‌یابد.
 (۲) با افزایش e ، مقدار G_o کاهش می‌یابد.
 (۳) با افزایش سن زمین شناسی مقدار G_o کاهش می‌یابد.
 (۴) با افزایش ضریب بیش تحکیم یافته OCR مقدار G_o افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

با افزایش سن زمین G_o افزایش می‌یابد.

۲۴- کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد مدول برشی خاک‌های نرمال تحکیم یافته و کمی بیش تحکیم یافته صحیح

نمی‌باشد؟

- (۱) با افزایش PI افزایش می‌یابد اگر $OCR > 1$ و ثابت می‌ماند اگر $OCR = 1$ باشد.
 (۲) با افزایش سرعت کرنش مقدار G_o در خاک‌های غیر پلاستیک افزایش می‌یابد.

- ۳) با افزایش تعداد سیکل بار N برای رس‌ها بعد از N سیکل کرنش بزرگ کاهش می‌یابد.
- ۴) برای ماسه با افزایش تعداد سیکل‌های بارگذاری، مقدار G_0 افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

در خاک‌های پلاستیک افزایش سرعت کرنش موجب افزایش مدول برشی با افزایش کرنش می‌گردد. ولی سرعت کرنش تأثیری بر مدول برشی خاک‌های غیرپلاستیک ندارد.

۲۵- کدام یک از موارد زیر نادرست می‌باشد؟

- ۱) کرنش برشی آستانه سیکلی خطی، برای خاک‌های با پلاستیته بالا، بسیار بزرگتر از خاک‌های با پلاستیته کم می‌باشد.
- ۲) ضریب میرایی خاک با PI بالا، کمتر از ضریب میرایی خاک PI کم در دامنه کرنش یکسان می‌باشد.
- ۳) ضریب میرایی خاک‌های درشت‌دانه کمتر از ضریب میرایی خاک‌های ریزدانه می‌باشد.
- ۴) ضریب میرایی هیچ‌گاه صفر نمی‌شود.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

ضریب میرایی خاک‌های دشت‌دانه در حالت کلی بیشتر از ضریب میرایی خاک‌های ریزدانه است. از نظر تئوری هیچ‌گونه استهلاک انرژی در کرنش‌های کمتر از کرنش برشی سیکلی خطی آستانه اتفاق نمی‌افتد. معذالک شواهد تجربی نشان می‌دهد که حتی در کرنش‌های بسیار کوچک مقداری استهلاک انرژی صورت می‌گیرد، بنابراین ضریب میرایی هرگز صفر نخواهد بود.

۲۶- برای خاک‌های بطور عادی تحکیم یافته و خاک‌های بصورت ملایم بیش تحکیم یافته کدام یک از موارد زیر صحیح نمی‌باشد؟

- ۱) با افزایش تخلخل e ، کاهش $\frac{G}{G_0}$ می‌یابد.
- ۲) با افزایش دامنه خمیری PI ، $\frac{G}{G_0}$ افزایش می‌یابد.
- ۳) با افزایش ضریب بیش تحکیمی OCR ، $\frac{G}{G_0}$ افزایش می‌یابد.
- ۴) با افزایش کرنش سیکلی γ_c ، $\frac{G}{G_0}$ کاهش می‌یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

تغییرات OCR بر $\frac{G}{G_0}$ بی تاثیر است.

نکته: با افزایش σ'_o ، $\frac{G}{G_0}$ افزایش می یابد و با افزایش PI اثر آن کاهش می یابد.

نکته: $\frac{G}{G_0}$ ممکن است با افزایش سن زمین افزایش یابد.

نکته: $\frac{G}{G_0}$ ممکن است با افزایش سمناسیون، c افزایش یابد.

نکته: با افزایش PI ، $\frac{G}{G_0}$ افزایش می یابد.

نکته: G با افزایش سرعت کرنش γ' افزایش می یابد ولی افزایش سرعت کرنش در سرعت یکسان بر $\frac{G}{G_0}$ بی اثر می باشد.

نکته: با افزایش تعداد سیکل های بار، N ، $\frac{G}{G_0}$ بعد از N سیکل با γ_e کاهش می یابد.

سوال: چرا در زلزله ممکن است ماسه D بزرگتری را نشان دهد؟

در رس ها در کرنش بزرگتر افزایش D چندانی نداریم در حالیکه در ماسه ها با تغییر محدوده کرنش D بسیار تغییر می کند. با افزایش کرنش از $10^{-1} \rightarrow 10^{-3}$ افزایش D زیادی داریم به همین علت ممکن است ماسه D بزرگتری را به صورت ناگهانی نشان دهد.

۲۷- برای خاک های بطور عادی تحکیم یافته و خاک های بصورت ملایم بیش تحکیم یافته کدام یک از موارد زیر صحیح نمی باشد؟

(۱) با افزایش فشار محدود کننده موثر σ'_o ضریب میرایی، D افزایش می یابد.

(۲) با افزایش تخلخل، e ضریب میرایی، D کاهش می یابد.

(۳) با افزایش دامنه خمیری، PI ضریب میرایی، D کاهش می یابد.

(۴) با افزایش کرنش سیکلی، γ_e ضریب میرایی، D افزایش می یابد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

با افزایش فشار محدود کننده موثر، σ'_o ضریب میرایی، D کاهش می یابد و با افزایش PI اثر آن کاهش می یابد.

نکته: با افزایش سن زمین، ضریب میرایی D کاهش می‌یابد.

نکته: با افزایش سمانتاسیون، c ضریب میرایی ممکن است کاهش یابد.

نکته: تغییرات بیش تحکیمی، OCR بر ضریب میرایی بی تاثیر می‌باشد.

نکته: با افزایش سرعت کرنش $\dot{\gamma}$ ، ضریب میرایی، D ثابت مانده یا با $\dot{\gamma}$ افزایش می‌یابد.

نکته: با افزایش تعداد سیکل‌های بار، N ضریب میرایی برای N متوسط چندان مهم نمی‌باشد.

۲۸- کدام یک از قوانین زیر برای پاسخ خاک در برابر بارگذاری سیکلی قابل ارائه نمی‌باشد؟

- (۱) برای بارگذاری اولیه، منحنی تنش - کرنش از منحنی اصلی تبعیت می‌کند.
- (۲) اگر برگشت تنشی در نقطه $(\tau_r$ و $\gamma_r)$ اتفاق بیافتد منحنی تنش - کرنش مسیری را طی می‌کند که طبق معادله $\frac{\tau - \tau_r}{2} = F_{bb} \left[\frac{\gamma - \gamma_r}{2} \right]$ قابل بیان است.
- (۳) اگر منحنی باربرداری یا بارگذاری از آخرین کرنش ماکزیمم تجاوز نموده و منحنی اصلی را قطع نماید تا برگشت بعدی تنش، منحنی اصلی را دنبال خواهد کرد.
- (۴) اگر یک منحنی باربرداری یا بارگذاری از منحنی باربرداری قبلی عبور نکند، منحنی تنش - کرنش منحنی سیکل قبل را دنبال خواهد کرد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

اگر یک منحنی باربرداری یا بارگذاری از منحنی باربرداری قبلی عبور کند منحنی تنش - کرنش منحنی سیکل قبلی را دنبال خواهد کرد.

۲۹- کدام یک از موارد زیر از مزیت‌های مدل‌های غیر خطی سیکلی در مقایسه با مدل‌های خطی معادل می‌باشد؟

- (۱) در مدل‌های غیر خطی نیازی به تعریف کرنش برشی صفر ندارد.
- (۲) توانایی تعریف توسعه کرنش
- (۳) قابلیت محاسبه تغییرات آب حفره‌ای
- (۴) هر سه مورد

حل: گزینه ۴ صحیح است.

مدل‌های غیر خطی سیکلی نیازی به کرنش برشی صفر در وضعیت تنش برشی صفر ندارند. توانایی توسعه کرنش‌های دائمی، یکی از مهمترین امتیازات مدل‌های غیرخطی الاستیکی نسبت به سایر مدل‌های خطی معادل می‌باشند. قابلیت محاسبه تغییرات فشار آب حفره‌ای و طبعاً تغییرات تنش‌های مؤثر یکی دیگر از مزیت‌های مهم مدل‌های غیرخطی سیکلی در مقایسه با مدل‌های خطی معادل می‌باشند.

مدل‌های غیرخطی سیکلی اجازه می‌دهند تا تولید، توزیع مجدد و نهایتاً استهلاک فشار آب حفره‌ای در خلال و بعد از حرکات زلزله تخمین زده شود. این قابلیت برای ارزیابی مخاطرات روانگرایی بسیار مفید است.

۳۰- کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

- ۱) مقاومت برشی یک المان خاک نوعاً بعنوان تنش برشی بسیج شده در هر نقطه از خاک تعریف می‌شود.
- ۲) مقاومت استاتیکی حدی است که می‌تواند قبل از پایان پذیرفتن بارگذاری سیکلی در نمونه بسیج شود.
- ۳) خواص سیکلی خاک به وضعیت خاک قبل از بارگذاری وابسته نمی‌باشد.
- ۴) مقاومت سیکلی یک المان خاک به رابطه میان تنش برشی متوسط، τ_{ave} و تنش برشی سیکلی τ_{cyc} وابسته است.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

نکته: مقاومت برشی یک المان خاک نوعاً بعنوان تنش برشی بسیج شده در نقطه شکست تعریف می‌شود.

نکته: مقاومت استاتیکی حدی است که می‌تواند بعد از پایان پذیرفتن بارگذاری سیکلی در نمونه بسیج شود.

نکته: خواص سیکلی خاک وابسته به وضعیت خاک قبل از بارگذاری و تنش‌های ناشی از بارگذاری می‌باشد.

۳۱- چه زمانی تغییر شکل‌های دائمی ممکن است در سدها و خاکریزها در هنگام زلزله ایجاد شود؟

- ۱) هنگامی که تنش برشی استاتیکی از مقاومت تسلیم دینامیکی تجاوز نماید.
- ۲) هنگامی که تنش برشی دینامیکی از مقاومت تسلیم دینامیکی تجاوز نماید.
- ۳) هنگامی که تنش برشی دینامیکی از مقاومت تسلیم استاتیکی تجاوز نماید.
- ۴) هنگامی که تنش برشی استاتیکی باضافه تنش برشی دینامیکی از مقاومت تسلیم دینامیکی تجاوز نماید.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

در گسترش فرآیند تخمین تغییر شکل‌های دائمی ایجاد شده در سدها و خاکریزها توسط زلزله، *Seed* و *Makdisi* (۱۹۷۸) مقاومت تسلیم دینامیکی خاک‌ها را تعریف کرده‌اند که در بارگذاری زهکشی نشده معادل ۸۰ درصد مقاومت زهکشی نشده خاک، تغییرات کوچکی را در فشار آب حفره ای نشان می‌دهد. هنگامی که تنش برشی کلی (استاتیکی باضافه دینامیکی) از مقاومت دینامیکی تجاوز نماید، تغییر شکل‌های دائمی قابل ملاحظه‌ای ممکن است ایجاد شود.

۳۲- مقاومت برشی زهکشی نشده نهایی یک خاک اشباع بوسیله کدام یک از پارامترهای زیر کنترل می‌شود؟

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| (۱) تخلخل و ساختار آن | (۲) میرایی و مدول برشی |
| (۳) فشار آب منفذی | (۴) کرنش |

حل: گزینه ۱ صحیح است.

منظور از مقاومت برشی زهکشی نشده یک خاک اشباع، مقاومت ماندگار در کرنش بالا می‌باشد که بوسیله تخلخل و ساختار آن کنترل می‌شود.

نکته: بدلیل آنکه رفتار زهکشی نشده یک خاک اشباع بوسیله دانسیته و ساختار آن کنترل می‌شود مقاومت زهکشی شده پس از زلزله در صورت ممانعت از تغییر ساختار خاک ضرورتاً با مقاومت زهکشی نشده آن یکی خواهد بود حتی در شرایطی که در خلال بارگذاری سیکلی فشار آب حفره‌ای اضافی تولید شده باشد.

۳۳- رفتار المانی که تحت سیکل‌های بار قرار گرفته است چگونه است؟ (شرایط زهکشی شده)

- (۱) رفتار انقباضی از خودشان می‌دهد و دارای سختی بیشتری نسبت به المان‌ای است تحت سیکل بار قرار نگرفته است.
- (۲) رفتار اتساعی از خودشان می‌دهد و دارای سختی کمتری است.
- (۳) ابتدا رفتار انقباضی بعد رفتار اتساعی از خود نشان می‌دهد.
- (۴) هر کدام از موارد فوق می‌تواند رخ دهد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

انتظار می‌رود المانی که تحت سیکل‌های بار قرار گرفته است رفتار اتساعی بیشتری نشان داده لیکن دارای سختی کمتری در مراحل اولیه بارگذاری زهکشی نشده استاتیکی نسبت به المانی که تحت بار قرار نگرفته است باشد.

نکته: تغییرات در مقاومت استاتیکی می تواند بوسیله بهم خوردگی ساختار خاک در خلال بارگذاری سیکنی ایجاد شود. روندی که طی آن ساختار خاک بهم می ریزد متأثر از رابطه بین دامنه کرنش سیکنی و کرنشی است که تحت شرایط بارگذاری سیکنی گسیختگی رخ می دهد.

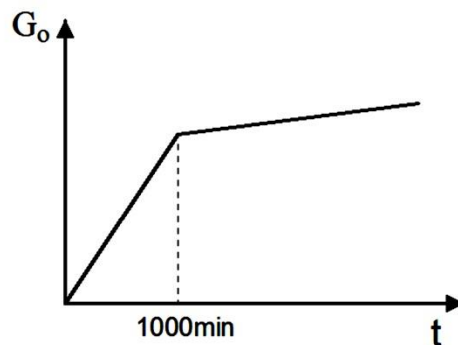
نکته: بهم ریختگی اساسی ساختار خاک می تواند رفتار تنش-کرنش را اصلاح نموده و مقاومت برشی استاتیکی را کاهش دهد.

۳۴- کدامیک از موارد زیر در مورد مدول برشی، G_0 رس ها صحیح می باشد؟

- (۱) با افزایش تخلخل، e مدول برشی، G_0 رس ها افزایش می یابد.
- (۲) با افزایش دامنه خمیری، PI و OCR در یک تنش محصور کننده ثابت مدول برشی G_0 کاهش می یابد.
- (۳) با گذشت زمان مدول برشی با سرعت کمتری افزایش می یابد.
- (۴) با افزایش نسبت بیش تحکیمی OCR ، مدول برشی، G_0 کاهش می یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

با گذشت زمان در رس ها بارگذاری موجب سمناسیون در نمونه خاک می شود؛ سمناسیون مقاومت خاک را افزایش می دهد که این افزایش تا 1000 min با سرعت بیشتری و بعد از آن با سرعت کمتری افزایش می یابد.



اثر زمان بر مدول برشی

۳۵- کدامیک از پارامترهای زیر بیشترین تأثیر را در نسبت میرایی، D خاک های رسی دارد؟

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| (۱) تخلخل، e_0 | (۲) دامنه خمیری، PI |
| (۳) تنش موثر محدودکننده σ'_0 | (۴) نسبت بیش تحکیمی OCR |

گزینه ۲ صحیح است.

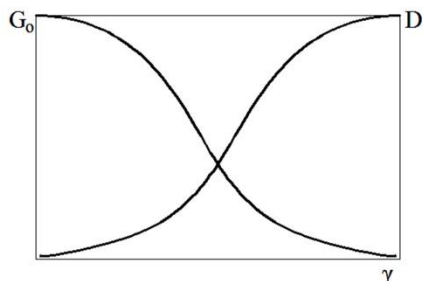
PI مهمترین عاملی است که بیشترین تاثیر را در میرایی خاک‌های رسی دارد با افزایش PI میرایی کاهش می‌یابد.

۳۶- کدامیک از موارد زیر صحیح می‌باشد؟

- (۱) رفتار دینامیکی خاک همانند رفتار استاتیکی تابع سطح تنش می‌باشد.
- (۲) با افزایش کرنش میرایی کاهش می‌یابد.
- (۳) تغییرات PI بر $\frac{G}{G_0}$ و D بی‌تاثیر است.
- (۴) مقدار $\frac{G}{G_0}$ و D برای خاک‌های چسبنده و غیر چسبنده، تابع تراکم آنها و نسبت بیش تحکیمی می‌باشد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

با افزایش کرنش میرایی افزایش و مدول برشی کاهش می‌یابد. نسبت $\frac{G}{G_0}$ و میرایی، D برای شن و ماسه تابع سطح تنش محصورکننده موثر و برای خاک‌های رسی تابع دامنه خمیری PI می‌باشد.



تغییرات میرایی و مدول برشی با کرنش

۳۷- برای خاک‌های ماسه‌ای که سیمانته شده‌اند مقدار مدول برشی، G_0 و میرایی، D چه تغییری می‌کند؟

- (۱) هر دو افزایش می‌یابند.
- (۲) هر دو کاهش می‌یابند.
- (۳) G_0 افزایش و D کاهش می‌یابد.
- (۴) G_0 کاهش و D افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

به علت بوجود آمدن چسبندگی واقعی هر دو آنها افزایش می‌یابند.

۳۸- کدامیک از موارد زیر فقط در کرنش‌های بزرگ موثر هستند؟

- | | |
|--------------------|---------------------------|
| (۱) سختی و میرایی | (۲) ضریب پراسون و دانسیته |
| (۳) سختی و دانسیته | (۴) سرعت و مقدار سیکل |

حل: گزینه ۴ صحیح است.

خواصی از خاک‌ها که پدیده انتشار امواج و سایر پدیده‌های کم کرنش را تحت تاثیر قرار می‌دهد شامل سختی، میرایی، ضریب پواسیون و دانسیته می‌باشند که از میان آنها سختی و میرایی مهمترین بوده و مابقی تاثیر کمتری داشته و معمولا در یک محدوده کوچک تغییر می‌نمایند. میرایی و سختی خاک‌هایی که بصورت سیکلی بارگذاری می‌شوند نسبت به مسائل ژئوتکنیک لرزه‌ای بسیار حساس می‌باشند. این وضع نه تنها در کرنش‌های کم، بلکه بعلاوه غیرخطی بودن حتی در کرنش‌های متوسط و بزرگ نیز به همین صورت می‌باشد. در کرنش‌های بزرگ اثر سرعت و مقدار سیکل‌ها بر مقاومت برشی نیز ممکن است حائز اهمیت باشد. خصوصیات تغییر حجم مصالح نیز در کرنش‌های بزرگ ممکن است حائز اهمیت باشند.

۳۹- کدامیک از مدل‌های تنش-کرنش زیر گسترش کرنش‌های دائمی را میسر می‌سازد و می‌تواند با مولد فشار آب حفره‌ای ترکیب شود؟

- | | |
|---------------------------------|----------------------|
| (۱) مدل خطی | (۲) مدل غیرخطی سیکلی |
| (۳) مدل پیشرفته قانونی (رفتاری) | (۴) گزینه‌های ۲ و ۳ |

حل: گزینه ۲ صحیح است.

مدل‌های غیرخطی سیکلی گسترش کرنش‌های دائمی را میسر می‌سازند. مدل‌های غیرخطی سیکلی همچنین می‌توانند جهت تخمین تغییرات در تنش‌های موثر در خلال بارگذاری سیکلی با مدل‌های مولد فشار آب حفره‌ای ترکیب شوند. مدل کردن چنین رفتاری مستلزم آن است که منحنی اصلی خوابیده‌تر (نرم تر) شود همچنانکه فشار آب‌های حفره‌ای افزایش می‌یابد.

نکته: مدل‌های خطی معادل، با خاک همانند مصالحی دارای خاصیت ویسکوزالاستیک خطی رفتار می‌کنند.

نکته: رفتار غیرخطی با توجه به استفاده از پارامترهای میرایی و سختی وابسته به کرنش در نظر گرفته می‌شوند. سختی خاک معمولاً با مدول برشی حداکثر که در کرنش‌های کم شکل می‌گیرد و با منحنی نسبت مدول، که معرف نحوه کاهش مدول برشی در کرنش‌های بزرگتر می‌باشد مشخص می‌گردد.

نکته: در مدل‌های غیرخطی رفتار میرایی بوسیله ضریب میرایی که با افزایش دامنه کرنش، افزایش می‌یابد مشخص می‌شود.

۴۰- در خاک‌های با پلاستیسیته بالا شکل منحنی میرایی و نسبت مدول، از و برای خاک‌های با پلاستیته بسیار کم از اثرپذیر خواهد بود؟

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| (۱) تخلخل - پلاستیسیته | (۲) پلاستیسیته - تنش محدودکننده موثر |
| (۳) تنش محدودکننده موثر و تخلخل | (۴) تنش محدودکننده موثر - پلاستیسیته |

حل: گزینه ۲ صحیح است.

۴۱- آزمایشات با کرنش کم معمولاً در چه محدوده‌ای کرنش انجام می‌شود؟

- | | |
|-------------------|-------------------|
| (۱) $< 10^{-3}\%$ | (۲) $< 10^{-4}\%$ |
| (۳) $< 10^{-5}\%$ | (۴) $< 10^{-6}\%$ |

حل: گزینه ۱ صحیح است.

آزمایشات با کرنش کم معمولاً در محدوده‌های کرنش‌ای عمل می‌کنند که به اندازه کافی بزرگ نیستند تا در خاک رفتار تنش-کرنش غیر خطی تولید کنند و غالباً در محدوده کرنش‌های زیر 0.001 درصد قرار دارند.

۴۲- عدم توجه به حضور آب‌های زیرزمینی در اندازه‌گیری سرعت امواج S, P باعث می‌شود:

- (۱) در امواج P سختی خاک بیشتر از مقدار واقعی بدست آید.
- (۲) در امواج P سختی خاک کمتر از مقدار واقعی بدست آید.
- (۳) در امواج S سختی خاک بیشتر از مقدار واقعی بدست آید.
- (۴) در امواج S سختی خاک کمتر از مقدار واقعی بدست آید.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

امواج P در داخل آب‌های زیرزمینی با سرعتی زیاد حرکت می‌کنند که البته سرعت به درجه حرارت و املاح بستگی دارد خاک‌های اشباع نرم ممکن است امواج P را با همین سرعت زیاد منتشر کنند. علیرغم اینکه سرعت شاخصی از سختی اسکلت خاک نخواهد بود. عدم توجه به آب‌های زیرزمینی ممکن است موجب بدست آوردن سختی خیلی زیاد خاک شود. مساله آب زیرزمینی با استفاده از امواج S قابل اجتناب است زیرا این امواج صرفاً بوسیله اسکلت خاک منتشر و سرعت مستقل از آب می‌باشد.

۴۳- کدام یک از آزمایشات زیر جز آزمایشات با کرنش کم نمی‌باشد؟

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| (۱) انعکاس لرزه‌ای | (۲) انکسار لرزه‌ای |
| (۳) آزمایش برداشت شناور | (۴) آزمایش اتساع سنجی |

حل: گزینه ۴ صحیح است.

آزمایش‌های با کرنش کم عبارتند از: ۱-انعکاس لرزه‌ای ۲- انکسار لرزه‌ای ۳- برداشت شناور ۴- ارتعاش حالت یکنواخت ۵- آنالیز طیفی امواج سطحی ۶- امواج عبوری ۷- امواج نزولی یا صعودی ۸- آزمایش مخروط لرزه‌ای.

آزمایش‌های با کرنش زیاد عبارتند از: ۱- نفوذ استاندارد ۲- نفوذ مخروط ۳- اتساع سنجی ۴- فشارسنجی ۵- سایر آزمایشات صحرائی

۴۴- در کدام آزمایش می‌توان سرعت موج و ضخامت لایه‌های سطحی از سطح زمین و یا در محیط دریا تعیین گردد و مناسب برای لایه بندی های عمیق می‌باشد؟

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| (۱) انعکاس لرزه‌ای | (۲) انکسار لرزه‌ای |
| (۳) امواج عبوری | (۴) ارتعاش حالت یکنواخت |

حل: گزینه ۱ صحیح است.

آزمایش انعکاس لرزه‌ای اجازه می‌دهد که سرعت انتشار موج و ضخامت لایه‌های سطحی از سطح زمین و یا در محیط دریا تعیین گردد. آزمایش انعکاسی مفیدترین روش برای بررسی لایه‌بندی خیلی عمیق یا وسیع می‌باشند این روش بندرت جهت توصیف لایه‌های کم عمیق خاک بکار می‌رود.

۴۵- در آزمایش انکسار لرزه‌ای اگر لایه‌ای که دارای سرعت کم است زیر لایه‌ای که دارای سرعت بیشتر می‌باشد قرار گیرد. آنگاه عمق محاسبه شده لایه مرزی چگونه خواهد بود؟

- (۱) کمتر از عمق واقعی می‌باشد.
- (۲) بیشتر از عمق واقعی می‌باشد.
- (۳) مساوی با عمق واقعی می‌باشد.
- (۴) بسته به سایر پارامترها هر کدام از گزینه‌های فوق می‌تواند صحیح باشد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

در آزمایش انکسار لرزه‌ای، لایه‌ای دارای سرعت کم که در زیر لایه دارای سرعت بیشتر قرار گرفته باشد، یعنی معکوس شدن یک سرعت در دیاگرام فاصله زمان حرکت، موجب خواهد شد که عمق محاسبه شده لایه مرزی از عمق واقعی بزرگتر بدست آید.
نکته: وجود لایه کشف نشده موجب خواهد شد که عمق محاسبه شده لایه‌های عمیق تر کمتر از عمق واقعی آن بدست آید.

۴۶- کدام یک از آزمایشات زیر برای اکتشافات مربوط به نفت بکار می‌رود و برای مناطقی که لایه‌های نازکی از خاک‌های نرم یا ضعیف دارند بسیار مفید می‌باشد؟

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| (۱) انعکاس لرزه‌ای | (۲) اتساع سنجی |
| (۳) برداشت شناور | (۴) ارتعاش حالت یکنواخت |

حل: گزینه ۲ صحیح است.

آزمایش برداشت شناور برای اکتشافات مربوط به نفت بکار می‌رود.

نکته: آزمایش ارتعاش حالت یکنواخت برای تعیین سرعت برشی نزدیک به سطح مناسب می‌باشد.

۴۷- برای مسائل ژئوتکنیک لرزه‌ای کدام یک از آزمایشات زیر از کارایی کمتری نسبت به سایر گزینه‌ها برخوردار می‌باشد؟

- | | |
|--------------------|-------------------|
| (۱) نفوذ استاندارد | (۲) نفوذ مخروط |
| (۳) فشارسنجی | (۴) مخروط لرزه‌ای |

حل : گزینه ۴ صحیح است.

برای مسائل ژئوتکنیک لرزهای آزمایشات نفوذ استاندارد، نفوذ مخروط، انبساط سنجی و فشار سنجی از کارایی و بهره برداری ویژه‌ای برخوردار می‌باشند.

۴۸- در آزمایش نفوذ استاندارد مقاومت نفوذ استاندارد تعداد ضربه معادل با چند سانتیمتر نفوذ در خاک می‌باشد؟

- (۱) 12cm (۲) 20cm (۳) 30cm (۴) 35cm

حل : گزینه ۳ صحیح است.

تعداد ضربه‌ای که آخرین نفوذ معادل ۳۰ سانتیمتر نفوذ را موجب گردد بنام مقاومت نفوذ استاندارد N نامیده می‌شود.

۴۹- مقاومت نفوذ استاندارد به کدامیک از پارامترهای زیر وابسته نمی‌باشد؟

- (۱) نوع خاک (۲) میرایی خاک (۳) تنش محدود کننده (۴) دانسیته خاک

حل: گزینه ۲ صحیح است.

مقدار N تابعی از نوع خاک فشار محدودکننده و دانسیته خاک می‌باشد. لیکن از مراحل آزمایش و تجهیزات آن نیز متاثر خواهد بود.

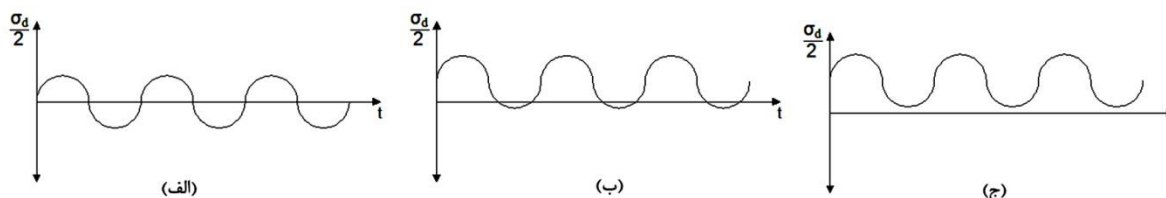
۵۰- کدام یک از آزمایشات آزمایشگاهی زیر جز آزمایش با کرنش کم نمی‌باشد؟

- (۱) آزمایش سه محوری (۲) آزمایش ستون تشدید
(۳) آزمایش نوسان اولتراسونیک (۴) خمش پزوالکتریک

حل : گزینه ۱ صحیح است.

آزمایش سه محوری سیکلی، برش ساده سیکلی و برش پیچشی سیکلی جز آزمایشات آزمایشگاهی با کرنش زیاد می‌باشند.

۵۱- کدام یک از نمودارهای زیر نشان دهنده تحکیم غیر ایزوتروپ می باشد؟



(الف) (۴) (ب و ج)

(الف و ب) (۳)

(ج) (۲)

(الف) (۱)

حل: گزینه ۴ صحیح است.

منحنی های فوق منحنی تغییرات تنش انحرافی با زمان برای (الف): شرایط تحکیم ایزوتروپ؛ (ب) شرایط تحکیم غیرایزوتروپ با دامنه تنش انحرافی سیکلی بزرگتر از تنش انحرافی در خلال نمونه که موجب تولید تنش های رفت و برگشتی شده است (معکوس شدن تنش)؛ (ج) شرایط تحکیم غیرایزوتروپ با دامنه تنش انحرافی سیکلی کوچکتر از تنش انحرافی در خلال تحکیم (بدون تنش های رفت و برگشتی)

۵۲- اثرات غیر یکنواختی تنش ها در آزمایش برش ساده سیکلی را چگونه می توان کاهش داد؟

(۱) با افزایش ارتفاع نمونه

(۲) با کاهش قطر نمونه

(۳) با افزایش نسبت قطر به ارتفاع نمونه

(۴) با کاهش نسبت قطر به ارتفاع نمونه

حل: گزینه ۳ صحیح است.

اثرات غیریکنواختی تنش ها از طریق افزایش نسبت قطر به ارتفاع نمونه قابل کاهش می باشد. چنین اثراتی در نسبت قطر به ارتفاع بزرگتر از هشت به یک کوچک می باشد.

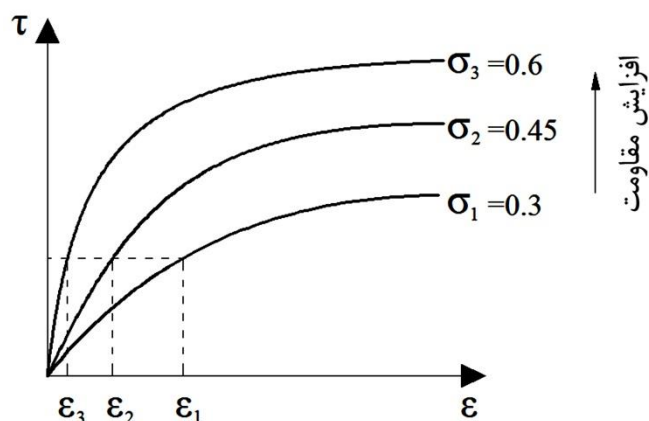
۵۳- تحت بار دینامیکی با افزایش تنش قائم تغییرات کرنش چگونه خواهد بود (تنش برشی ثابت)؟

(۱) افزایش می یابد.

- (۲) کاهش می یابد.
 (۳) ثابت می ماند.
 (۴) ابتدا افزایش و بعد کاهش می یابد.

حل گزینه ۲ صحیح است.

تحت بار دینامیکی با افزایش تنش قائم کرنش کاهش می یابد.

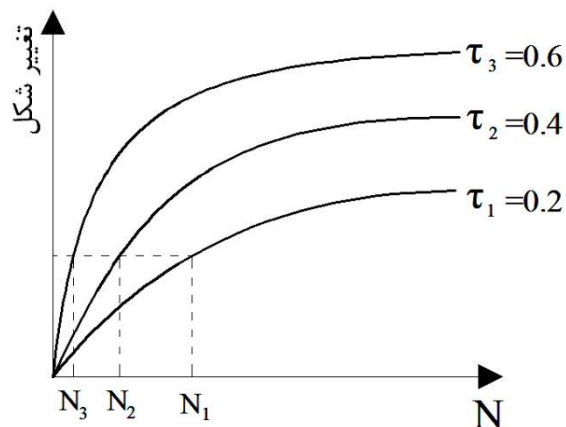


۵۴- در یک تغییر شکل ثابت با کاهش تعداد سیکل ها تنش دینامیکی چگونه تغییر می کند؟

- (۱) افزایش می یابد.
 (۲) کاهش می یابد.
 (۳) ثابت می ماند.
 (۴) می تواند کاهش یا افزایش یابد.

حل گزینه ۱ صحیح است.

در یک تغییر شکل ثابت، کاهش تعداد سیکل ها متناظر با تنش دینامیکی بیشتر می باشد.



۵۵- کدام گزینه نادرست می باشد؟

- (۱) خاک رسی محدوده الاستیک بزرگتری نسبت به شن دارد.
- (۲) خاک رسی میرایی کمتری نسبت به خاک دانه ای دارد.
- (۳) در محدوده کرنش های کوچک تغییرات مدول برشی زیاد است.
- (۴) مدول برشی با افزایش تنش محدود کننده افزایش می یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

در کرنش های کوچک تغییرات مدول برشی با کرنش کم می شود بطوریکه به یک مقدار ثابت می رسد.

۵۶- کدام گزینه در مورد مدول برشی شن ها، G_o نادرست است؟

- (۱) نسبت تخلخل تاثیر قابل ملاحظه ای بر مدول برشی شن ها ندارد.
- (۲) با افزایش تنش محصور کننده، سبب تخلخل تاثیر قابل ملاحظه ای بر مدول برشی شن ها ندارد.
- (۳) با افزایش تنش محصور کننده، G_o افزایش می یابد.
- (۴) هرچه نمونه تیز گوشه تر باشد مدول برشی آن بیشتر است.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

دستخوردگی در شن ها و رس های سالخورده سبب کاهش مدول برشی، G_o می شود.

۵۷- تراکم پذیری خاک خشک بیشتر است یا خاک مرطوب؟

- (۱) خاک مرطوب، چون رطوبت مانند روان کننده عمل می کند و تراکم آسان تر انجام می گیرد.
- (۲) خاک خشک، چون کشش سطحی در بین ذرات خاک دانه‌ای مرطوب مانع لغزش آسان آنها می شود.
- (۳) خاک خشک، چون آب موجود تراکم ناپذیر است.
- (۴) خاک خشک، چون وزن مخصوص کمتری نسبت به خاک مرطوب دارد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

خاک‌های دانه‌ای خشک تراکم‌پذیری بیشتری نسبت به خاک‌های دانه‌ای مرطوب از خود نشان می‌دهند. زیرا کشش سطحی در بین ذرات خاک دانه‌ای مرطوب مانع از لغزش آسان آنها می‌شود.

۵۸- نمونه‌های ماسه که تحت ارتعاش قائم قرار می‌گیرند با تراکم اولیه حدود چند درصد متراکم می‌شوند؟

- (۱) ۳۵٪ (۲) ۵۵٪ (۳) ۶۰٪ (۴) ۷۰٪

حل: گزینه ۳ صحیح است

نتایج آزمایشات انجام شده بر روی ماسه بادی با تنش قائم کنترل کننده نشان می‌دهد که نمونه‌های ماسه با تراکم اولیه حدود ۶۰٪ متراکم شده‌اند.

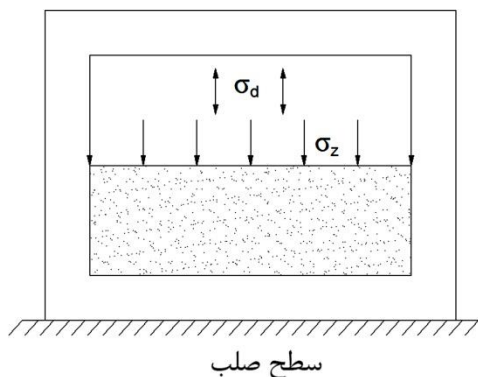
۵۹- در ماسه‌ها مقدار تراکم قائم نمونه، ΔH به ارتفاع اولیه نمونه، H متناسب است با: (N) تعداد سیکل‌های بارگذاری می‌باشد.

- (۱) $\log N$ (۲) $\frac{1}{\log N}$ (۳) N^2 (۴) $\frac{1}{N^2}$

حل: گزینه ۱ صحیح است.

$$\frac{\Delta H}{H} \propto \log N$$

به ازای تعداد دور مشخص بار، تغییر شکل نسبی قائم با افزایش مقدار $\frac{\sigma_d}{\sigma_z}$ افزایش می‌یابد.



σ_z : فشار همه جانبه در راستای قائم

σ_d : تنش قائم دینامیکی

۶۰- در چه شتاب قائمی ماسه می تواند متراکم شود؟

۱g (۴)

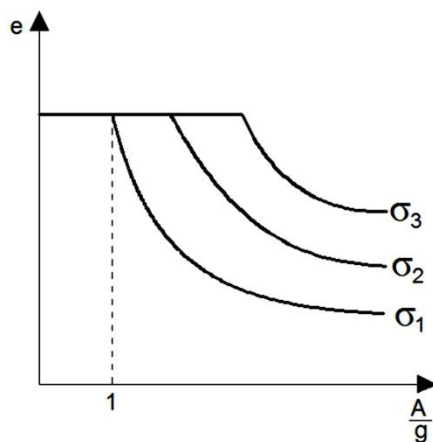
0.65g (۳)

0.35g (۲)

0.2g (۱)

حل: گزینه ۴ صحیح است.

نتایج حاصل از انجام آزمایش روی ماسه خشک با شتاب قائم کنترل شده نشان می دهد که حتی در فشار محدود صفر تا زمانیکه حداکثر حدود 1g شود تغییر شکل قائمی صورت نمی گیرد.



$$\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3$$

۶۱- کدام گزینه نادرست است؟

(۱) تراکم ارتعاشی عمده در حداکثر شتاب کمتر از 1g اتفاق نمی افتد.

(۲) اگر $\sigma_z = 0$ وزن واحد حجم نهایی خاک های خشک شده در هوا برای $2g > a_{max}$ کاهش می یابد.

۳) افزایش درصد رس در خاکها باعث افزایش $\frac{\gamma_d \text{ دینامیکی}}{\gamma_d \text{ پراکتور}}$ می شود.

۴) افزایش رطوبت باعث کاهش $\frac{\gamma_d \text{ دینامیکی}}{\gamma_d \text{ پراکتور}}$ می شود.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

افزایش درصد رطوبت تاثیر عمده‌ای در کاهش $\frac{\gamma_d \text{ دینامیکی}}{\gamma_d \text{ پراکتور}}$ دارد.

۶۲- کدامیک از گزینه‌های زیر نمی‌تواند نشست در زیر پی ماشین‌های مرتعش کننده باشد؟

- | | |
|------------------------|------------------------|
| (۱) نشست ارتجاعی | (۲) نشست ناشی از تحکیم |
| (۳) نشست ناشی از زلزله | (۴) خزش |

حل: گزینه ۴ صحیح است

نشست دائم در زیر پی ماشین‌های مرتعش شونده را می‌توان در دو گروه جای داد:

- نشست ارتجاعی و ناشی از تحکیم تحت اثر وزن استاتیکی.
- نشست ناشی از تراکم ارتعاشی زیر پی

نشست دائم در خاکها بدلیل ارتعاش ناشی از زلزله نیز ایجاد می‌شود. گزینه ۴ تحکیم ثانویه بوده که در اثر تغییر شکل‌های پلاستیک با گذشت زمان بوجود می‌آید.

۶۳- کدامیک از گزینه‌های زیر از عوامل موثر بر نشست یک پی نواری که بر روی یک خاک دانه‌ای قرار گرفته نمی‌باشد؟

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| (۱) تعداد سیکل‌های بارگذاری، N | (۲) عرض پی، B |
| (۳) طول پی، L | (۴) ظرفیت باربری نهایی خاک، q_u |

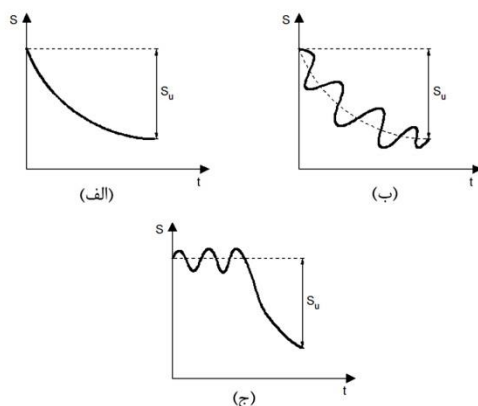
حل: گزینه ۳ صحیح است.

مقدار نشست از رابطه تجربی زیر بدست می‌آید:

$$\frac{S_N}{\log N} = a + bS_N$$

که در آن S_N مقدار نشست و a, b مقادیر ثابتی هستند که تابع عرض پی B می‌باشند. نتایج تجربی نشان می‌دهد به ازاء یک مقدار داده شده S_N ، منحنی σ_d نسبت به $\log N$ تا مقدار $\sigma_d \approx \frac{1}{4}q_u$ به طور تقریبی خطی است و برای $\sigma_d < \frac{1}{4}q_u$ ، شیب منحنی σ_d نسبت به $\log N$ کمتر می‌شود و عکس العمل به سمت شرایط ارتجاعی میل می‌کند.

۶۴- کدام گزینه نشان دهنده رابطه نشست - زمان برای یک پی ماشین آلات تحت اثر ارتعاش قائم می‌باشد؟



- (الف) (۱) (ب) (۲) (الف) و (ب) (۳) (ج) (۴)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

نشست پی‌ها بتدریج با زمان افزایش می‌یابد و به یک مقدار نهایی S_u می‌رسد که بعد از آن ثابت باقی می‌ماند. همچنین نشست پی تحت اثر ارتعاش قائم طبیعت نوسانی دارد بنابراین گزینه ۲ صحیح است.

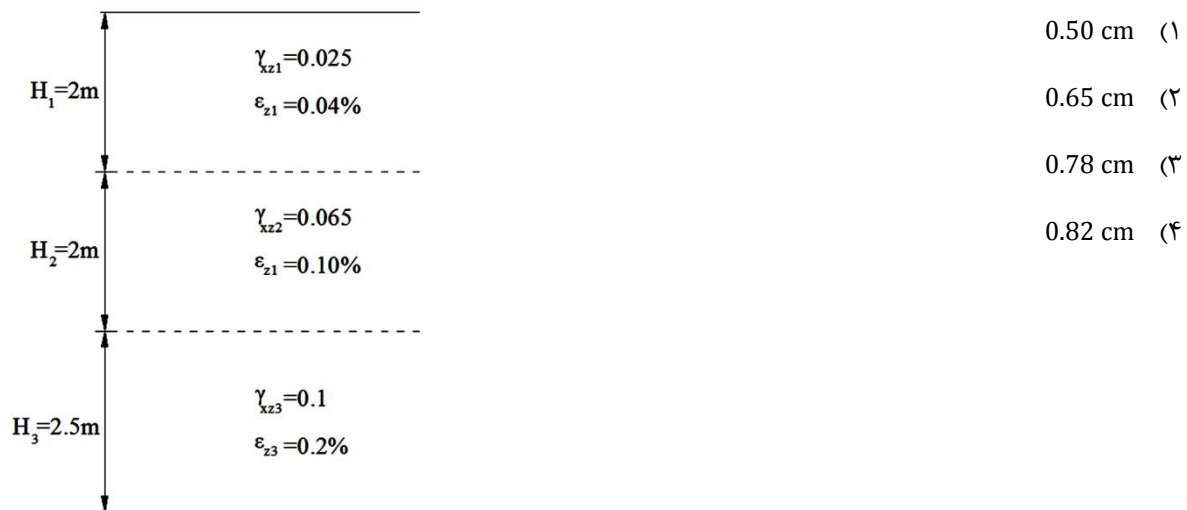
۶۵- کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) با افزایش حداکثر شتاب نشست به صورت خطی نسبت به آن افزایش می‌یابد.
- (۲) با افزایش وزن پی W نشست افزایش می‌یابد.
- (۳) با افزایش انرژی انتقالی در هر دوره تناوب، نشست به صورت خطی افزایش می‌یابد.
- (۴) اگر انرژی انتقالی ثابت باشد با افزایش شتاب حداکثر نشست افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

برای یک وزن مشخص پی، W نشست نسبت به حداکثر شتاب بطور خطی افزایش می‌یابد. هرچند برای یک فرکانس ارتعاش و یک مقدار حداکثر شتاب مشخص، نشست با افزایش W افزایش می‌یابد. انرژی انتقالی در هر دوره تناوب E_{Tr} بطور خطی با نشست تغییر می‌کند. اگر مقدار انرژی انتقالی ثابت باشد نشست‌های دائمی بدون اینکه تابع حداکثر شتاب باشند. ثابت باقی می‌مانند.

۶۶- نشست کل لایه‌های ماسه شکل زیر چقدر می‌باشد؟



گزینه ۳ صحیح است.

$$\Delta H = \epsilon_{z1}H_1 + \epsilon_{z2}H_2 + \dots + \epsilon_{zn}H_n$$

$$\Delta H = (0.04)(2) + (0.1)(2) + (0.02)(2.5) = 0.78 \times 10^{-2} = 0.78 \text{ cm}$$

۶۷- اگر لایه خاک ماسه‌ای به ارتفاع 2m داشته باشیم و حداکثر کرنش برشی در وسط لایه $\gamma_{max} = 0.1\%$ باشد. آنگاه تغییر شکل قائم ناشی از زلزله در این خاک چند سانتی‌متر است؟

- 0.22cm (۴) 0.10cm (۳) 0.13cm (۲) 0.2cm (۱)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

$$\Delta H = H\epsilon_z = 0.65H\gamma_{max} = (0.65)(2)(0.1\%) = 0.13 \times 10^{-2} \text{ m} = 0.13 \text{ cm}$$

۶۸- اگر نشست ناشی از مولفه شتاب در جهت x 5cm و نشست ناشی از مولفه شتاب در جهت y 7cm باشد. نشست کل ناشی از این زلزله چقدر می باشد. (نسبت نشست برابر است با 1.2 و حداکثر شتاب قائم $a_{max} = 0.2g$)

14.4cm (۴)

12cm (۳)

8.4cm (۲)

6cm (۱)

حل : گزینه ۴ صحیح است.

نشست کل ناشی از حرکات افقی $= 5 + 7 = 12\text{cm}$

نشست کلی ناشی از دو مولفه افقی و قائم برابر است با :

$(12)(1.2) = 14.4\text{cm}$ = نسبت نشست \times نشست کل افقی

نسبت با احتساب شتاب قائم $= \frac{\text{نسبت نشست بدون احتساب شتاب قائم}}{\text{نسبت نشست}}$

فصل دوم

تئوری انتشار امواج

سرعت موج

سرعت موج در خاک با استفاده از رابطه زیر تعریف می‌گردد:

$$V = \sqrt{\frac{M}{\rho}}$$

که در آن M مدول و ρ چگالی جرمی خاک می‌باشند.

امواج حجمی، وقتی که امواج فشاری مسطح از جسم نیم بی‌نهایت عبور می‌کند برقرار است و در امتداد موازی با جبهه موج کرنشی وجود ندارد. در این شرایط مدول، مدول محدود شده (D *Constraint*) می‌باشد که از تئوری الاستیسیته بصورت زیر حاصل می‌شود:

$$D = \frac{E(1 - \mu)}{(1 - 2\mu)(1 + \mu)}$$

که در آن μ نسبت پواسون و E مدول یانگ می‌باشد. در امواج برشی، S جابجایی عمود بر امتداد موج می‌باشد. امواج میله در مرزهای جسم یا محل تلاقی اجسام مختلف بوجود می‌آیند. سرعت امواج میله معمولاً به فرکانس بستگی دارد. سرعت موج برشی، موج میله و موج حجمی به ترتیب با استفاده از روابط زیر قابل محاسبه خواهند بود:

$$V_S = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}}$$

سرعت موج برشی

$$V_L = \sqrt{\frac{2G(1+\mu)}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

سرعت موج میله

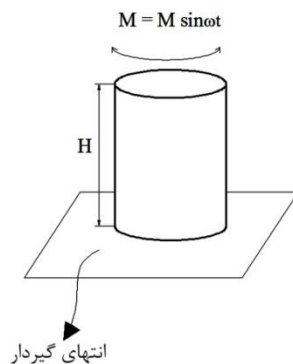
$$V_D = \sqrt{\frac{2G(1-\mu)}{\rho(1-2\mu)}} = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1-2\mu)(1+\mu)}}$$

سرعت موج حجمی

نسبت V_D/V_S فقط تابع نسبت پواسون μ می باشد. امواج حجمی و امواج برشی تنها انواعی از امواج هستند که می توانند در جسم الاستیک یکنواخت نیم بی نهایت بوجود آیند. هیچ یک از امواج نمی تواند فقط شامل تغییر حجم باشد.

رفتار میله تحت تأثیر نیروی اعمالی پریودیک

میله جامد دایره ای شکل که در یک انتها گیردار شده و بر انتهای آن یک نیرو یا پیچش سینوسی نسبت به زمان همانند شکل زیر به آن وارد می شود را در نظر بگیرید، این شرایط در آزمایشات آزمایشگاهی برای مطالعه خواص نمونه خاک ایجاد می شود:



◇ فرکانس میله شکل فوق بصورت زیر محاسبه می شود:

$$\omega_n = (2n - 1) \frac{\pi V_S}{2H}$$

$$f_n = (2n - 1) \frac{V_S}{4H}$$

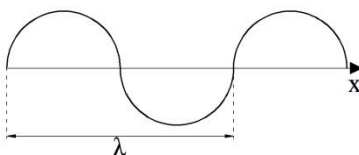
◇ کوچکترین فرکانس طبیعی سیستم فرکانس اصلی نامیده می شود:

$$f_1 = \frac{V_s}{4H}$$

◇ ضریب بار دینامیکی بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$DLF = \left| \frac{\tan \frac{\omega_n H}{V_s}}{\frac{\omega_n H}{V_s}} \right|$$

◇ طول موج مسافتی است که در آن یک سیکل کامل حرکت وجود دارد:



$$\lambda = \frac{4}{(2n-1)} H$$

◇ در شرایط انتهای گیردار-آزاد با بار محوری فرکانس طبیعی ارتعاش بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\omega_n = (2n-1) \frac{\pi V_L}{2H}$$

◇ در شرایط انتهای گیردار-گیردار با بار محوری فرکانس طبیعی ارتعاش بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\omega_n = \frac{n\pi V_L}{2H}$$

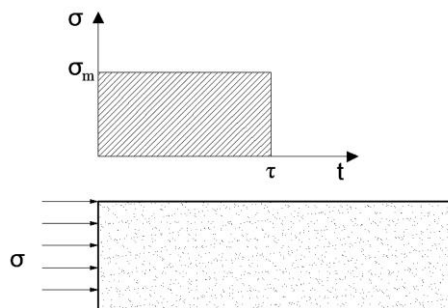
◇ در شرایط انتهای آزاد-آزاد با بار محوری فرکانس طبیعی ارتعاش بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\omega_n = \frac{n\pi V_L}{H}$$

حضور جرم در بالای میله فرکانس طبیعی را کاهش می‌دهد. در سیستم‌های ویسکوز میرایی بیشتری وجود دارد. حاصلضرب ρV که از ضرب چگالی جرمی در سرعت موج بدست می‌آید، امپدانس مصالح نامیده می‌شود.

ارتعاشات گذرا در میله کشایند

در شکل زیر میله کشایندی که تحت اثر ناگهانی امواج تنشی σ_m در یک انتها قرار گرفته است، نشانه داده شده است. مدت زمان پالس فوق، τ می‌باشد. فرض کنید که اثرات اینرسی جانبی قابل چشمپوشی می‌باشد. اگر $t < \tau$ باشد، طول $L = V_L t$ بطور یکنواخت تحت تاثیر تنش σ_m قرار گرفته و در مابقی میله تنشی وجود ندارد.



کاهش طول میله در این بازه برابر است با:

$$\Delta = \varepsilon L = \frac{\sigma_m t}{E} V_L t = \frac{\sigma_m t}{\sqrt{E\rho}} = \frac{\sigma_m t}{\rho V_L}$$

چون نقاط موجود در طرف راست جبهه موج تاکنون حرکت نکرده است، انتهای بارگذاری شده باید به اندازه طولی معادل εL در زمان t جابجا شده باشد. بنابراین سرعت در انتهای بارگذاری شده برابر است با:

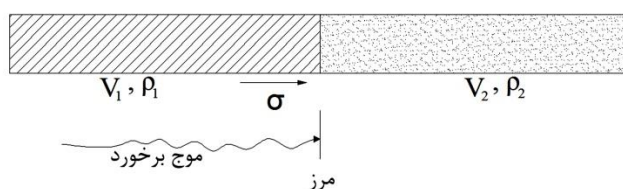
$$\dot{u}_m = \frac{\sigma_m}{E} V_L = \frac{\sigma_m}{\sqrt{E\rho}} = \frac{\sigma_m}{\rho V_L}$$

در واقع همه نقاط مابین انتهای بارگذاری و جبهه موج با سرعت فوق حرکت می‌کنند. بعد از عبور پالس سرعت ذرات به صفر کاهش یافته و ذرات جابجایی دائمی برابر با مقدار زیر خواهد داشت:

$$d = \dot{u}\tau = \frac{\sigma_m \tau}{\rho V_L}$$

میله با دو نوع مصالح

اگر جبهه موج به مرز بین دو نوع مصالح با ρ و V_L متفاوت برسد دو اتفاق بطور همزمان رخ می‌دهد، یکی اینکه موج از میان مصالح نوع ۱ به عقب منعکس می‌شود و دیگری اینکه از مصالح نوع ۲ عبور می‌کند.



تنش و سرعت ذرات در مرز بین دو مصالح باید پیوسته بماند. بنابراین دقیقاً سرعت ذرات در سمت راست مرز برابر است با:

$$\dot{u} - \Delta \dot{u} = \frac{\sigma + \Delta \sigma}{\rho_2 V_2}$$

و سرعت ذرات در سمت چپ مرز برابر است با:

$$\dot{u} - \Delta \dot{u} = \frac{\sigma - \Delta \sigma}{\rho_1 V_1}$$

نسبت امپدانس بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$I = \frac{\rho_2 V_2}{\rho_1 V_1}$$

سرعت موج انعکاس یافته برابر است با:

$$\dot{u}_l = \frac{1 - I}{1 + I} \dot{u}_i$$

\dot{u}_i سرعت موج حرکتی در مصالح نوع ۱ می‌باشد.

سرعت موج عبوری برابر است با:

$$\dot{u}_r = \frac{2}{1 + I} \dot{u}_i$$

اگر جرمی به سرعت V به انتهای میله‌ای برخورد کند. موج تنشی ایجاد می‌شود که در جبهه آن پرش (افزایش ناگهانی) تنش وجود دارد. اگر نسبت امپدانس بی‌نهایت گردد در این حالت افت انرژی وجود نخواهد داشت. با بزرگ شدن نسبت امپدانس بزرگ‌نمایی در فرکانس تشدید افزایش می‌یابد. اگر میرایی وجود نداشته باشد بزرگ‌نمایی به سمت بی‌نهایت میل می‌کند.

برای سطوح خالی از تنش با در نظر گرفتن شرایط مرزی سرعت جدیدی از امواج (موج رایلی) ظاهر می‌شود. امواج رایلی سطحی بوده و حرکات و تنش‌های آن به سرعت با عمق کاهش می‌یابد. سطح نفوذ امواج رایلی به طول موج، λ بستگی دارد. با افزایش فرکانس، f طول موج، λ و عمق نفوذ کاهش می‌یابد.

مدول و سرعت تابع عمق

پریود اصلی لایه خاک به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$T_1 = \frac{4H}{(V_s)_{eq}}$$

سرعت انتشار امواج با افزایش فشار محوری افزایش می‌یابند. تغییر سرعت با عمق متناسب با $z^{p/2}$ است که در آن z عمق در زیر سطح می‌باشد. برای خاک‌های عادی تحکیم یافته $0.5 \leq p \leq 1$ می‌باشد ولی مدول نسبت به عمق بصورت خطی تغییر می‌نماید:

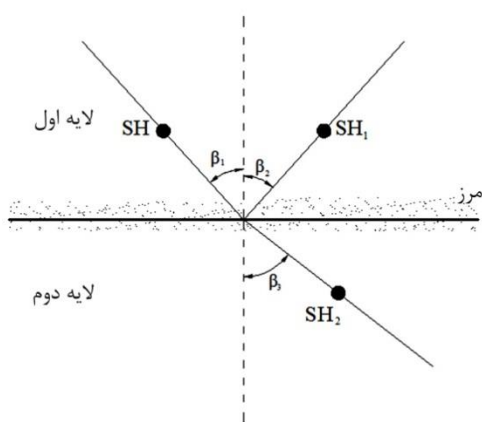
$$V = V_0 z^{\frac{p}{2}}$$

انعکاس و شکست امواج

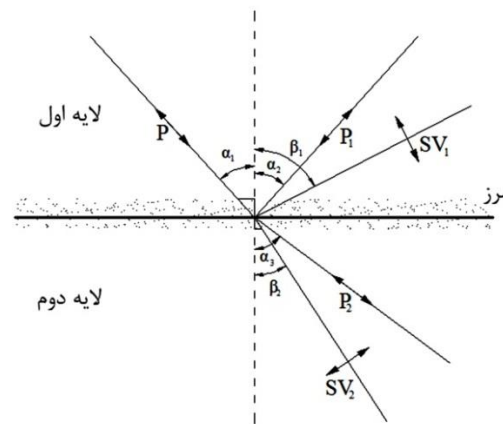
وقتی یک موج تنش ارتجاعی بر مرز بین دو لایه برخورد نماید، منعکس شده و می‌شکند. امواج حجمی دو نوع هستند، امواج فشاری، P و امواج برشی، S در مورد امواج P ، جهت حرکت اجزاء با جهت انتشار موج منطبق می‌باشد. امواج برشی را به دو مولفه می‌توان تقسیم نمود:

۱- امواج SV ، که در آن حرکت اجزاء بر هر صفحه انتشار امواج عمود می‌باشد.

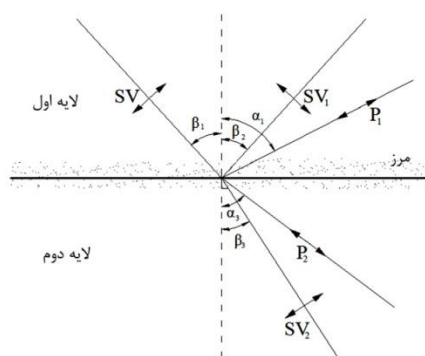
۲- امواج SH ، که در آن حرکت اجزاء در صفحه انتشار امواج می‌باشد.



انعکاس و شکست برای برخورد یک شعاع SH



انعکاس و شکست برای برخورد یک شعاع P

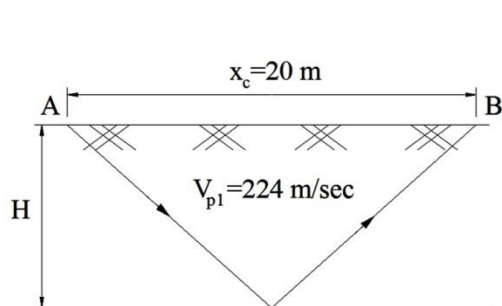


انعکاس و شکست برای برخورد یک شعاع SV

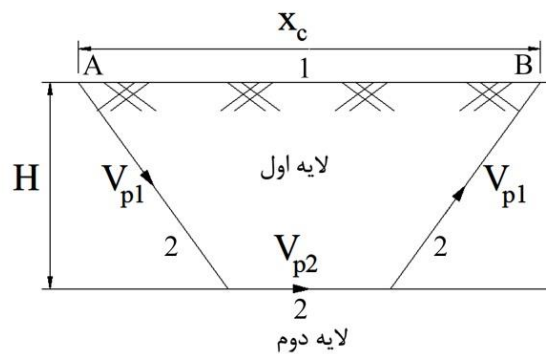
در موج برشی قائم برای مقادیر مشخصی از زوایای تلاقی، موج فشار منعکس شده افقی می‌گردد که به آن زاویه بحرانی می‌گویند. زاویه بحرانی فقط به نسبت پواسون بستگی دارد. ایجاد موج فشاری قائم مسطح با زاویه بزرگتر از زاویه بحرانی غیر ممکن است. امواج برشی قائم با زاویه تند جز امواج مسطح نمی‌باشند.

در مسائل واقعی امواج رایلی به تنهایی وجود نداشته و به همراه امواج برشی و حجمی می‌باشند. امواج حجمی با دامنه غیر صفر نمی‌توانند در یک سطح خالی از تنش انتشار یابند.

با بررسی انعکاس و انکسار امواج و استفاده از روابط زیر می‌توان عمق لایه خاک را بدست آورد:



$$H = \frac{1}{2} \sqrt{(V_{p1}t)^2 - x^2}$$



$$H = \frac{1}{2} x_c \sqrt{\frac{V_{p2} - V_{p1}}{V_{p2} + V_{p1}}}$$

تست‌های تئوری انتشار امواج

۱- کدامیک از ارتعاشات زیر در میله لاغر ممکن است اتفاق افتد؟

- (۱) ارتعاش طولی (۲) ارتعاش پیچشی (۳) ارتعاش خمشی (۴) همه موارد

حل : گزینه ۴ صحیح است.

در یک میله لاغر هر سه ارتعاش طولی، پیچشی و خمشی ممکن رخ دهد.

۲- در کدامیک از ارتعاشات زیر محور میله بدون تغییر مکان جانبی ارتعاش می‌کند؟

- (۱) ارتعاش طولی (۲) ارتعاش پیچشی (۳) ارتعاش خمشی (۴) گزینه ۱ و ۲

حل : گزینه ۴ صحیح است.

در خلال ارتعاش طولی میله، محور میله بدون تغییر مکان جانبی منقبض یا منبسط می‌شود. در ارتعاش پیچشی محور میله حول محورش می‌چرخد ولی در ارتعاش خمشی محور میله خودش دستخوش تغییر مکان می‌شود.

نکته: ارتعاش خمشی در دینامیک خاک کاربرد کمی دارد.

۳- سرعت انتشار موج به کدامیک از عوامل زیر وابسته نمی‌باشد؟

- (۱) سختی خاک (۲) دانسیته خاک
(۳) دامنه و شدت امواج تنش (۴) پدیده‌های دینامیک خاک

حل : گزینه ۳ صحیح است.

سرعت موج بصورت زیر تعریف می‌گردد :

$$V = \sqrt{\frac{M}{\rho}}$$

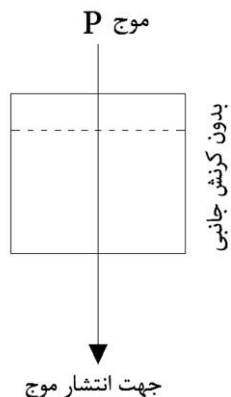
که در آن M مدول و ρ چگالی جرمی خاک می‌باشد. بنابراین سرعت انتشار امواج تنها وابسته به خواص مصالح (سختی و دانسیته) بوده و از دامنه و شدت تنش مستقل می‌باشد. همچنین سرعت انتشار موج یک خاصیت فوق‌العاده مهم مصالح می‌باشد که شدیداً وابسته به پدیده‌های دینامیک خاک و ژئوتکنیک لرزه‌ای می‌باشد.

۴- در کدامیک از امواج زیر در امتداد موازی با جبهه موج کرنش وجود ندارد؟

- (۱) موج میله‌ای L (۲) موج برشی S (۳) موج حجمی P (۴) همه موارد

حل گزینه ۳ صحیح است.

امواج حجمی وقتی که امواج فشاری مسطح از جسم بی‌نهایت عبور می‌کنند بوجود می‌آید و در امتداد جبهه موج کرنش وجود ندارد.

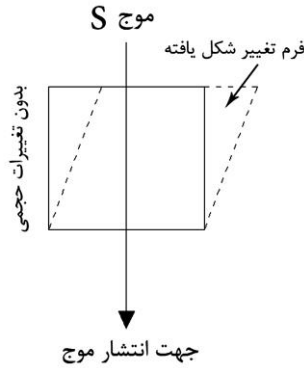


۵- در کدامیک از گزینه‌های زیر المان خاک بدون تغییر حجمی می‌ماند؟

- (۱) موج میله‌ای L (۲) موج برشی S (۳) موج حجمی P (۴) همه موارد

حل: گزینه ۲ صحیح است.

در امواج برشی، جابجایی عمود بر امتداد انتشار موج می‌باشد. و در آن تغییر حجم نداریم چون موج برشی موجب هیچگونه تغییر حجمی نمی‌شود.

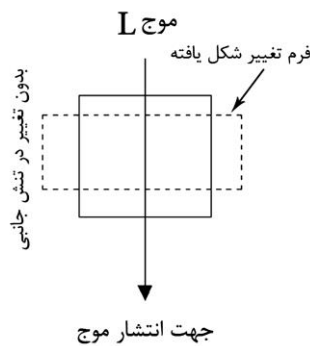


۶- در کدامیک از امواج یک بعدی زیر تنش جانبی بدون تغییر باقی می‌ماند؟

- (۱) موج میله L (۲) موج برشی S (۳) موج حجمی P (۴) همه موارد

حل: گزینه ۱ صحیح است.

بدون تغییر در تنش جانبی:



۷- کدامیک از امواج زیر فقط شامل تغییر حجم می‌باشد؟

- (۱) موج میله L (۲) موج برشی S (۳) موج حجمی P (۴) هیچکدام

حل: گزینه ۴ صحیح است.

در یک المان تغییر حجم و تغییر شکل برشی توأمأ وجود دارد و هیچکدام از انواع امواج نمی تواند تنها شامل تغییر حجم باشد.

۸- اگر E مدول یانک و μ نسبت پواسون باشد. آنگاه مدول محدود شده D ، (Constraint) کدامیک از گزینه های زیر می باشد؟

$$\begin{array}{ll} \frac{E\mu}{(1+\mu)} & (۱) \\ \frac{E(1-\mu)}{(1-2\mu)(1+\mu)} & (۲) \\ \frac{E(1+\mu)}{(1-2\mu)} & (۳) \\ \frac{E(1-\mu)}{(1-2\mu)(1+\mu)} & (۴) \end{array}$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

$$D = \frac{E(1-\mu)}{(1-2\mu)(1+\mu)}$$

۹- سرعت موج برشی در خاک با مشخصات $E = 160 \text{ MPa}$, $\mu = 0.4$, $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ چقدر می باشد؟

$$\begin{array}{ll} \sqrt{80 \times 10^3} & (۱) \\ \sqrt{28.6 \times 10^3} & (۲) \\ \sqrt{171.4 \times 10^3} & (۳) \\ \sqrt{50 \times 10^3} & (۴) \end{array}$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

سرعت موج برشی از رابطه زیر بدست می آید:

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2(1+\mu)\rho}}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{160}{2(1+0.4)} = 57.14 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{20 \times 10^3}{10} = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{57.14 \times 10^6}{2000}} = \sqrt{28.6 \times 10^3} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

۱۰- سرعت موج میله در خاک با مشخصات $E = 160 \text{MPa}$, $\mu = 0.4$, $\gamma = 20 \text{kN/m}^3$ چقدر می باشد؟

$$\sqrt{28.6 \times 10^3} \quad (۲) \qquad \qquad \qquad \sqrt{80 \times 10^3} \quad (۱)$$

$$\sqrt{50 \times 10^3} \quad (۴) \qquad \qquad \qquad \sqrt{171.4 \times 10^3} \quad (۳)$$

حل: گزینه ۱ صحیح است.

سرعت موج میله با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$V_L = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{20 \times 10^3}{10} = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_L = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{160 \times 10^6}{2000}} = \sqrt{80 \times 10^3} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

۱۱- سرعت موج حجمی در خاک با مشخصات $E = 160 \text{MPa}$, $\mu = 0.4$, $\gamma = 20 \text{kN/m}^3$ چقدر می باشد؟

$$\sqrt{28.6 \times 10^3} \quad (۲) \qquad \qquad \qquad \sqrt{80 \times 10^3} \quad (۱)$$

$$\sqrt{50 \times 10^3} \quad (۴) \qquad \qquad \qquad \sqrt{171.4 \times 10^3} \quad (۳)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

$$V_D = \sqrt{\frac{G2(1-\mu)}{\rho(1-2\mu)}} = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1-2\mu)(1+\mu)}}$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{20 \times 10^3}{10} = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_D = \sqrt{\frac{160 \times 10^6 (1 - 0.4)}{2000(1 - 2 \times 0.4)(1 + 0.4)}} = \sqrt{171.4 \times 10^3} \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

۱۲- نسبت سرعت موج حجمی V_p به سرعت موج برشی V_c ($\frac{V_p}{V_c}$) وابسته به کدام یک از پارامترهای زیر می باشد؟

- (۱) مدول یانگ، E
 (۲) نسبت پواسون، μ
 (۳) دانسیته
 (۴) همه موارد

حل: گزینه ۲ صحیح است.

باتوجه به روابط زیر $\frac{V_p}{V_c}$ فقط وابسته به نسبت پواسون می باشد:

$$V_p = \sqrt{\frac{E(1 - \mu)}{\rho(1 - 2\mu)(1 + \mu)}}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{E}{\rho 2(1 + \mu)}}$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{\frac{2(1 + \mu)(1 - \mu)}{(1 - 2\mu)(1 + \mu)}}$$

۱۳- کدامیک از گزینه های زیر نادرست است؟

- (۱) مقادیر تغییر مکان در امتداد طول میله وابسته به زمان است.
 (۲) فقط امواج حجمی و امواج برشی می توانند در جسم الاستیک یکنواخت بی نهایت بوجود آیند.
 (۳) موج میله L در اثر انتشار اغتشاش فشاری در طول میله ای که امکان حرکت در جهت عمود بر میله را دارد پدید می آید.
 (۴) اگر $\frac{\partial u}{\partial x}$ بزرگ باشد رابطه $V_L = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ معتبر نخواهد بود.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

مقادیر تغییرمکان در امتداد طول میله مستقل از زمان می‌باشد. امواج حجمی و برشی تنها امواجی هستند می‌تواند در جسم الاستیک یکنواخت نیمه بی‌نهایت بوجود آید. و موج L در مرزهای جسم یا محل تلاقی اجسام مختلف بوجود می‌آید. روابط ارائه شده برای V_s و V_p بدون هیچ محدودیتی دقیق هستند اما مقدار C_L وقتی $\frac{\partial u}{\partial x}$ بزرگ باشد. بعلت اینکه در امواج میله، حرکت تماماً در جهت محوری و عمود بر آن بوجود می‌آید. دیگر معتبر نخواهد بود.

۱۴- کدام یک از گزینه‌های زیر نشان دهنده سرعت ذرات در داخل میله می‌باشد؟

$$\frac{\sigma_m V_L}{E} \quad (۴) \qquad \frac{\sigma_m}{E V_L} \quad (۳) \qquad \frac{\sigma_m V_L}{\rho} \quad (۲) \qquad \frac{\sigma_m}{E \rho} \quad (۱)$$

حل: گزینه ۴ صحیح است.

سرعت انتشار موج، سرعتی است که یک موج تنش با آن سرعت در امتداد میله حرکت می‌کند. این با سرعت ذرات در داخل میله که با عبور موج به حرکت در می‌آید یکسان نمی‌باشد. سرعت ذرات با استفاده از روابط زیر قابل محاسبه است:

$$\dot{u}_m = \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\sigma_m}{E} V_L \quad , \quad V_L = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$\dot{u}_m = \frac{\sigma_m}{\sqrt{E\rho}} = \frac{\sigma_m}{\rho V_L}$$

نکته: با توجه به روابط فوق سرعت ذرات متناسب با تنش محوری در میله می‌باشد.

نکته: حاصلضرب ρV_L که از ضرب چگالی جرمی در سرعت موج به دست می‌آید، امپدانس مصالح نامیده می‌شود. امپدانس مصالح خاصیت مهم‌ای است که رفتار امواج را در مرزها تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۱۵- کدامیک از گزینه‌های زیر نا درست است؟ (محیط همگن نیمه بی‌نهایت فرض شود)

(۱) سرعت امواج رایلی به وسیله ضریب پواسون، وابسته به سرعت امواج حجمی می‌گردند.

(۲) سرعت امواج حجمی، P با افزایش عمق افزایش می‌یابد.

(۳) سرعت امواج رایلی مستقل از فرکانس می‌باشد.

(۴) سرعت موج لاو با فرکانس بین یک محدوده بالایی و پایینی تغییر می‌کند.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

برای یک محیط همگن نیمه بی‌نهایت سرعت امواج ریلی بوسیله ضریب پواسیون، وابسته به سرعت امواج حجمی می‌گردند. سرعت امواج حجمی با عمق ثابت بوده و سرعت امواج ریلی مستقل از فرکانس می‌باشد. از طرف دیگر موج لائو با فرکانس بین یک محدوده بالایی و پایینی تغییر می‌کند.

۱۶- کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشند؟

- (۱) پراکندگی پدیده‌ای است که در اثر آن امواج با سرعت‌های یکسان پراکنده می‌شوند.
- (۲) موج لائو همگرا می‌باشد.
- (۳) موج ریلی غیر همگرا می‌باشد.
- (۴) با افزایش طول موج اثر موج ریلی افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

پراکندگی پدیده‌ای است که در اثر آن موج‌هایی با فرکانس مختلف با سرعت‌های متفاوت منتشر می‌شوند. امواج لائو واگرا می‌باشند و امواج ریلی در یک محیط همگن نیمه بی‌نهایت همگرا هستند. از آنجایی که عمقی که در آن موج ریلی تغییر مکان قابل ملاحظه‌ای ایجاد می‌نمایند با افزایش طول موج افزایش می‌یابد. امواج ریلی با طول موج بلند (فرکانس کوچک) می‌توانند سریعتر از امواج ریلی با طول موج کوتاه (فرکانس بزرگ) منتشر شوند.

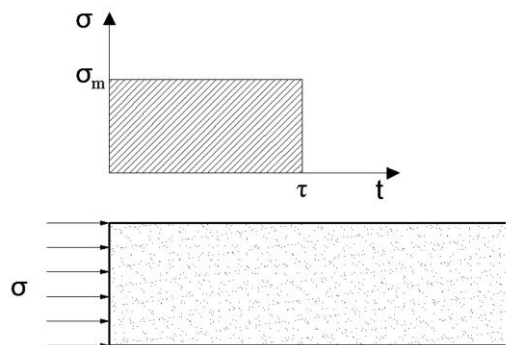
۱۷- اگر ضریب پواسون $\mu = 0.33$ باشد آنگاه نسبت سرعت موج حجمی به سرعت موج برشی چقدر خواهد بود؟

- (۱) 1.78 (۲) 2 (۳) 2.47 (۴) ۳

حل: گزینه ۲ صحیح است.

$$\frac{V_p}{V_s} = \sqrt{\frac{2(1-\mu)}{1-2\mu}} = \sqrt{\frac{2(1-0.33)}{1-2 \times 0.33}} = 1.98$$

۱۸- تغییر طول در میله کشایند زیر که تحت اثر ناگهانی امواج تنشی σ_m قرار گرفته است در زمان $t > \tau$ چقدر می‌باشد؟



$$\frac{\sigma_m t}{EV_L} \quad (۱)$$

$$\frac{\sigma_m t}{\rho V_L} \quad (۲)$$

$$\frac{\sigma_m \tau}{EV_L} \quad (۳)$$

$$\frac{\sigma_m \tau}{\rho V_L} \quad (۴)$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

طولی از میله که تحت تنش قرار دارد:

$$L = V_L t$$

از مقاومت مصالح می‌دانیم:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_m}{E}$$

بنابراین کاهش طول برابر خواهد بود با:

$$\Delta = \varepsilon L = \frac{\sigma_m}{E} V_L t = \frac{\sigma_m \cdot t}{\sqrt{E\rho}} = \frac{\sigma_m \cdot t}{\rho V_L}$$

۱۹- در سوال ۱۸ جایجایی دائمی ذرات چقدر می‌باشد؟

$$\frac{\sigma_m \tau}{\rho V_L} \quad (۴)$$

$$\frac{\sigma_m \tau}{EV_L} \quad (۳)$$

$$\frac{\sigma_m t}{\rho V_L} \quad (۲)$$

$$\frac{\sigma_m t}{EV_L} \quad (۱)$$

حل: گزینه ۴ صحیح است.

بعد از عبور پالس سرعت ذرات، u به صفر کاهش یافته و ذرات جایجایی دائمی برابر با مقدار زیر خواهند داشت:

$$\Delta = u\tau = \frac{\sigma_m \cdot \tau}{\rho V_L}$$

۲۰- دامنه تغییر مکان موج لائو با عمق چگونه می‌باشد؟

(۴) گزینه ۱ و ۳

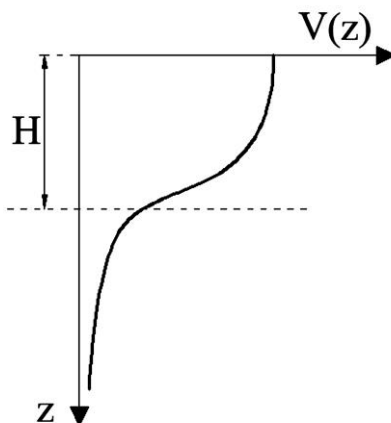
(۳) نمایی

(۲) خطی

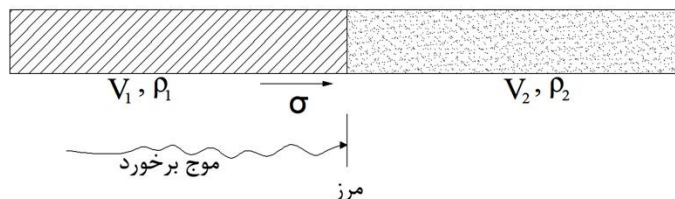
(۱) سینوسی

حل: گزینه ۴ صحیح است.

دامنه تغییر مکان موج لاو در لایه‌ی سطحی به صورت سینوسی با عمق تغییر کرده در حالی که در محیط نیمه بی‌نهایت زیرین به صورت نمایی با عمق مستهلک می‌گردد. طبیعت عمومی تغییر مکان لاو با عمق در شکل زیر نشان داده شده است.



۲۱- سرعت ذرات در سمت راست مرز بین دو مصالح در شکل زیر چقدر است؟ (σ تنش در مرز می باشد)



$$\frac{\sigma - \Delta\sigma}{\rho_2 V_2} \quad (۲)$$

$$\frac{\sigma + \Delta\sigma}{\rho_2 V_2} \quad (۱)$$

$$\frac{\sigma - \Delta\sigma}{\rho_1 V_1} \quad (۴)$$

$$\frac{\sigma + \Delta\sigma}{\rho_1 V_1} \quad (۳)$$

حل: گزینه ۱ صحیح است.

تنش و سرعت ذرات در مرز بین دو مصالح باید پیوسته بماند بنابراین:

$$\dot{u} - \Delta\dot{u} = \frac{\sigma - \Delta\sigma}{\rho_2 V_2}$$

۲۲- سرعت ذرات دقیقاً در سمت چپ مرز بین دو مصالح در سوال ۲۱ چقدر می‌باشد؟

$$\frac{\sigma + \Delta\sigma}{\rho_2 V_2} \quad (۱)$$

$$\frac{\sigma - \Delta\sigma}{\rho_1 V_1} \quad (۳)$$

$$\frac{\sigma - \Delta\sigma}{\rho_2 V_2} \quad (۲)$$

$$\frac{\sigma + \Delta\sigma}{\rho_1 V_1} \quad (۴)$$

حل: گزینه ۴ صحیح است.

سرعت ذرات دقیقاً در سمت چپ مرز برابر است با:

$$\dot{u} - \Delta\dot{u} = \frac{\sigma - \Delta\sigma}{\rho_1 V_1}$$

۲۳- اگر سرعت ذرات در موج حرکتی در مصالح نوع ۱ \dot{u}_i باشد. آنگاه سرعت موج انتقال یافته چقدر می‌باشد؟ I) نسبت امپدانس می‌باشد).

$$\frac{1+I}{1-I} \dot{u}_i \quad (۱)$$

$$\frac{2}{1+I} \dot{u}_i \quad (۳)$$

$$\frac{1-I}{1+I} \dot{u}_i \quad (۲)$$

$$\frac{1}{1+I} \dot{u}_i \quad (۴)$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

سرعت موج انعکاس یافته برابر است با:

$$\dot{u}_l = \frac{1-I}{1+I} \dot{u}_i$$

نکته: نسبت امپدانس بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$I = \frac{\rho_2 V_2}{\rho_1 V_1}$$

نکته مهم: تفکیک انرژی در مرز مشترک، تنها به ضریب امپدانس ویژه مصالح در هر طرف مرز مشترک وابسته است.

۲۴- سرعت موج عبوری در مصالح نوع ۲ در سوال ۲۳ چقدر می‌باشد؟

$$\frac{1-l}{1+l} \dot{u}_i \quad (۲)$$

$$\frac{1}{1+l} \dot{u}_i \quad (۴)$$

$$\frac{1+l}{1-l} \dot{u}_i \quad (۱)$$

$$\frac{2}{1+l} \dot{u}_i \quad (۳)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

سرعت موج عبوری برابر است با:

$$\dot{u}_r = \frac{2}{1+l} \dot{u}_i$$

نکته: \dot{u}_r همیشه هم علامت با \dot{u}_i می باشد.

۲۵- کدام گزینه در مورد سرعت انعکاس یافته در مرز در مصالح صحیح می باشد؟ (\dot{u}_i سرعت ذرات موج در مصالح نوع ۱ و \dot{u}_r و سرعت موج عبوری می باشند).

(۱) هم جهت با \dot{u}_i می باشد.

(۲) مخالف جهت با \dot{u}_i می باشد.

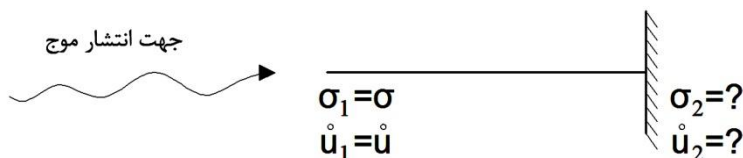
(۳) مخالف جهت با \dot{u}_r می باشد.

(۴) می تواند هم جهت یا مخالف جهت \dot{u}_i باشد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

سرعت موج انعکاس یافته \dot{u}_l بسته به مقدار l (نسبت امپدانس) ممکن است هم علامت یا مخالف علامت \dot{u}_i باشد.

۲۶- سرعت و تنش در انتهای میله شکل زیر چقدر است؟



$$-2\sigma, -\dot{u} \quad (۲)$$

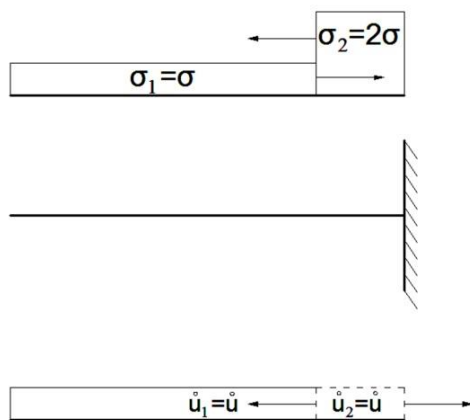
$$-\sigma, -\dot{u} \quad (۴)$$

$$\sigma, \dot{u} \quad (۱)$$

$$-2\sigma, 0 \quad (۳)$$

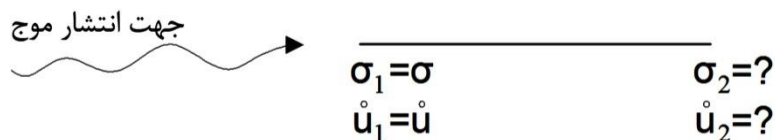
حل: گزینه ۳ صحیح است.

در شرایطی که انتهای میله ثابت است، موج منعکس شده باید بگونه‌ای باشد که شرایط صفر بودن سرعت ذرات در انتها را تامین نماید. بنابراین در این مورد موج منعکس شده باید فشاری باشد. تنش بین انتهای ثابت و موج انعکاس یافته دو برابر تنش اعمال شده است در حالیکه سرعت ذرات در این بازه صفر است.



نکته: اگر نسبت امپدانس بین مصالح $I = \infty$ باشد متناظر با شرایط یک انتها گیردار بوده و در این حالت $\Delta\sigma = \sigma$ می‌باشد.

۲۷- سرعت و تنش در انتهای آزاد میله زیر چقدر است؟



$$\sigma, -2\dot{u} \quad (2)$$

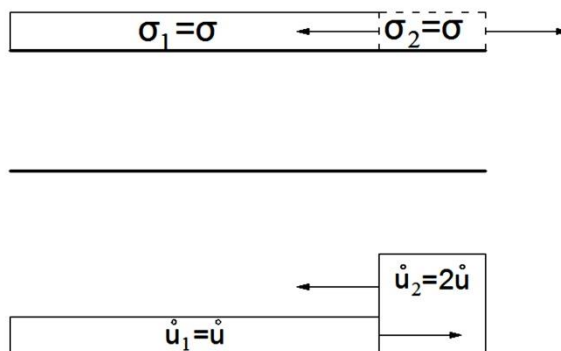
$$0, \dot{u} \quad (4)$$

$$0, -2\dot{u} \quad (1)$$

$$-\sigma, \dot{u} \quad (3)$$

حل: گزینه ۱ صحیح است.

در انتهای آزاد موج انعکاس یافته باید بگونه‌ای باشد که شرط تنش صفر در انتها را تامین نماید. بنابراین موج منعکس شده در این حالت باید کششی باشد. همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است تنش در انتهای آزاد و جبهه موج منعکس شده صفر است در حالی که سرعت در این بازه دو برابر است.



۲۸- تنش ناشی از برخورد جرمی با سرعت V_a به انتهای میله چقدر می‌باشد؟ (V_l سرعت موج میله)

$\rho V_l V_a$ (۴)

$E V_l / V_a$ (۳)

$\rho V_l V_a$ (۲)

$E V_l V_a$ (۱)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

اگر جرمی با سرعت V_a به انتهای میله‌ای برخورد کند موج تنش ایجاد می‌شود که در جبهه آن پرش یا افزایش ناگهانی تنش وجود دارد و از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\rho = \rho V_l V_a = \frac{V_a}{V_l} E$$

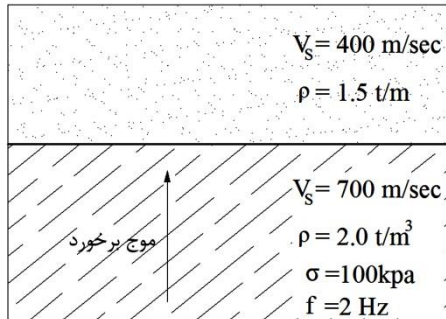
۲۹- در اثر ضربه.....

- (۱) سرعت بتدریج افت می‌کند و تنش در انتهای تحت ضربه در طی زمان کاهش می‌یابد.
- (۲) تنش در انتهای تحت ضربه در طی زمان افزایش می‌یابد در حالی که سرعت ثابت است.
- (۳) سرعت بتدریج افزایش می‌یابد و تنش در انتهای تحت ضربه در طی زمان کاهش می‌یابد.
- (۴) در اثر ضربه سرعت و تنش در هر زمانی افزایش می‌یابند.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

در اثر ضربه بدلیل تنش در جرم، سرعت بتدریج افت می‌کند. در هر لحظه‌ای پس از اعمال ضربه رابطه بین تنش و سرعت $\dot{u}_m = \sigma_m V_l / E$ می‌باشد. از این رو تنش در انتهای تحت ضربه در طی زمان کاهش می‌یابد.

۳۰- با توجه به شکل زیر دامنه امواج منعکس شده و منتقل شده بترتیب در مرز به هنگام رسیدن موج برشی چقدر می‌باشند؟



$$450, -35.1 \quad (۱)$$

$$59.1, -40.8 \quad (۲)$$

$$-45.0, 35.1 \quad (۳)$$

$$-59.1, 40.8 \quad (۴)$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

ضریب امپدانس برای موج برشی نیز مشابه موج طولی می‌باشد:

$$I = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \frac{(1.5)(400)}{(2)(700)} = 0.42$$

دامنه موج منعکس شده برابر است با:

$$\sigma_l = \frac{I - 1}{1 + I} \sigma_i = \left(\frac{0.42 - 1}{1 + 0.42} \right) (100) = -40.8 \text{ kPa}$$

دامنه موج منتقل شده برابر است با:

$$\sigma_r = \frac{2I}{1 + I} \sigma_i = \left(\frac{2(0.42)}{1 + 0.42} \right) 100 = 59.1 \text{ kPa}$$

۳۱- در سوال ۳۰ اگر دامنه تغییر مکان موج برشی 4 mm باشد آنگاه دامنه تغییر مکان امواج منعکس شده و منتقل شده بترتیب برابر خواهد بود با؟

$$5.6 \text{ mm}, 1.63 \text{ mm} \quad (۲)$$

$$5 \text{ mm}, 1 \text{ mm} \quad (۴)$$

$$4 \text{ mm}, 4 \text{ mm} \quad (۱)$$

$$6 \text{ mm}, 2.5 \text{ mm} \quad (۳)$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

دامنه تغییر مکان امواج انعکاس یافته برابر است با:

$$A_l = \frac{1 - I}{1 + I} A_i = \left(\frac{1 - 0.42}{1 + 0.42} \right) (4) = 1.63 \text{ mm}$$

دامنه تغییر مکان امواج منتقل شده برابر است با:

$$A_r = \frac{2}{1+I} A_i = \left(\frac{2}{1+0.42} \right) (4) = 5.6 \text{ mm}$$

۳۲- اگر موج از مصالح با امپدانس بیشتر به سوی مصالح با امپدانس کمتر حرکت کند و آنگاه دامنه تنش و تغییر مکان موج منتقل شده چگونه خواهد بود؟

- (۱) هر دو کاهش می‌یابند.
- (۲) هر دو افزایش می‌یابند.
- (۳) دامنه تغییر مکان افزایش و دامنه تنش کاهش می‌یابد.
- (۴) دامنه تغییر مکان کاهش و دامنه تنش افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

اگر موج از مصالحی با امپدانس بیشتر به سوی مصالحی با امپدانس کمتر حرکت کند در نتیجه دامنه تغییر مکان موج انتقال یافته بزرگتر از دامنه موج برخورد بوده لیکن دامنه تنش کوچکتر خواهد بود.

۳۳- کدام گزینه نادرست است؟ (I نسبت امپدانس می باشد)

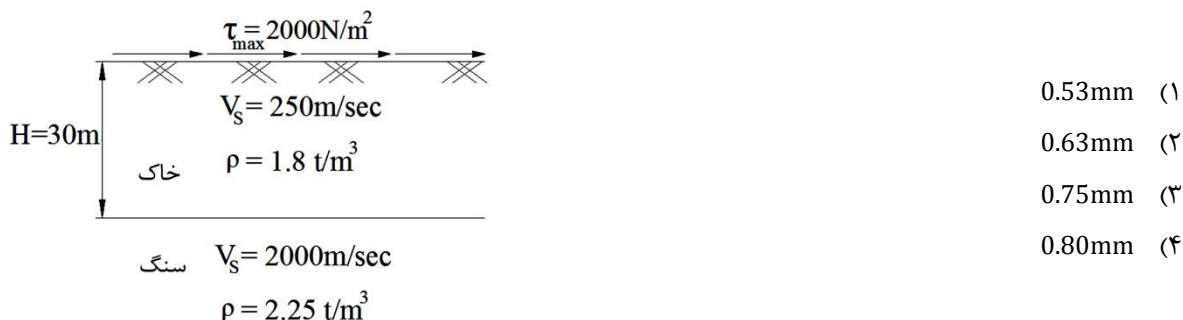
- (۱) اگر $I \neq \infty$ باشد آنگاه افت انرژی وجود خواهد داشت.
- (۲) میرایی تشعشعی (شعاعی) موجب افت حقیقی انرژی می‌شود.
- (۳) با بزرگ شدن امپدانس بزرگ‌نمایی در فرکانس شدید افزایش می‌یابد.
- (۴) اگر میرایی وجود نداشته باشد آنگاه بزرگ‌نمایی به سمت بی‌نهایت میل می‌کند.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

میرایی تشعشعی در واقع افت ظاهری انرژی در اثر حرکت امواج می‌باشد و با میرایی مصالح که موجب افت حقیقی انرژی می‌شود متفاوت است.

نکته: اگر $I = \infty$ باشد در این حالت افت انرژی وجود نداشته و دامنه و سرعت ذرات یکسان و برابر $\pm 2\sigma/\rho_1 V_1$ می‌باشد.

۳۴- لایه‌ای از خاک با مشخصات زیر بر روی سنگ بستر قرار دارد تغییر مکان استاتیکی سطح زمین چقدر است؟



حل: گزینه ۱ صحیح است.

جابجایی استاتیکی زمین از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$d_{st} = \dot{u}t$$

\dot{u} سرعت ذرات و t زمان می‌باشد.

$$\dot{u} = \frac{\tau_m}{\rho V_s}$$

$$t = \frac{H}{V_s}$$

$$d_{st} = \frac{\tau_m}{\rho V_s^2} H = \frac{(2000)}{(1800)(250)^2} (30) = 5.3 \times 10^{-4} m = 0.53 mm$$

۳۵- اگر سرعت موج برشی در لایه خاکی $V_s = 250 \text{ m/sec}$ و ارتفاع آن $H = 25 \text{ m}$ باشد آنگاه پریود اصلی لایه خاک چند ثانیه خواهد بود؟

0.35sec (۴)

0.65sec (۳)

0.45sec (۲)

0.55sec (۱)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

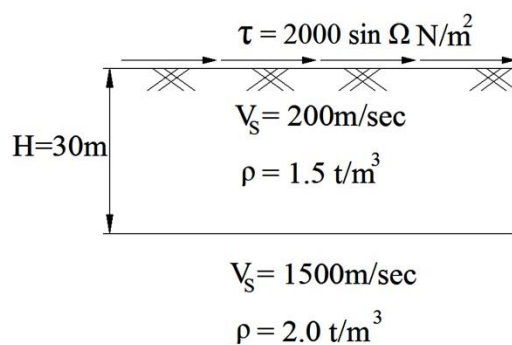
پریود اصلی لایه خاک با استفاده از رابطه متداول زیر محاسبه می‌شود:

$$T_1 = \frac{4H}{V_s} = \frac{(4)(25)}{(250)} = 0.45 \text{ sec}$$

نکته: پریود لایه خاک در مد n ام:

$$T_n = \frac{4H}{V_s(2n-1)}$$

۳۶- با توجه به مشخصات لایه زیر ضریب بار دینامیکی و پریود لایه خاک را در دومین تشدید چقدر می‌باشند؟ (لایه در سطح زمین تحت تنش پریودیک می‌باشد).



0.1sec, 4 (۲)

0.1sec, 2.12 (۱)

0.2sec, 4 (۴)

0.2sec, 2.12 (۳)

حل: گزینه ۳ صحیح است.

پریود لایه خاک در مود n ام:

$$T_n = \frac{4H}{V_s(2n-1)}$$

$$T_2 = \frac{(4)(30)}{(200)(2 \times 2 - 1)} = 0.2 \text{ sec}$$

$$I = \frac{\rho_2 V_{s2}}{\rho_1 V_{s1}} = \frac{(2)(1500)}{(1.5)(200)} = 10$$

ضریب بار دینامیکی برای تشدید n ام از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$DLF = \frac{2I}{(2n-1)\pi} = \frac{(2)(10)}{3\pi} = 2.12$$

۳۷- در سوال ۳۶ جابجایی دینامیکی در اولین تشدید چند میلی‌متر است؟

64mm (۴)

50mm (۳)

24mm (۲)

10mm (۱)

حل: گزینه ۴ صحیح است.

جابجایی دینامیکی از ضرب بار دینامیکی در جابجایی استاتیکی بدست می‌آید.

$$d_m = (DLF)d_{st}$$

$$DLF_1 = \frac{2I}{\pi} = \frac{(2)(10)}{\pi} = 6.4$$

$$d_{st} = \frac{\tau}{\rho V_s^2} H = \frac{(2000)}{(1500)(200)^2} (30) = 1 \times 10^{-3} \text{m} = 10 \text{mm}$$

$$d_m = (6.4)(10) = 64 \text{mm}$$

نکته: جابجایی در تشدید n ام بوسیله رابطه زیر بدست می‌آید.

$$d_{m,n} = \frac{d_{m,1}}{(2n-1)}$$

بعنوان مثال جابجایی در تشدید سوم:

$$d_{m,3} = \frac{64}{5}$$

۳۸- اگر نسبت امپدانس $I = 4$ باشد آنگاه کسر میرایی بحرانی در مورد اول چقدر می‌باشد؟

2π (۴)

π (۳)

$1/2\pi$ (۲)

$1/\pi$ (۱)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

کسر میرایی برای مود n ام:

$$\xi_{rn} = \frac{1}{(2n-1)(2\pi)} \ln \left(\frac{1+I}{1-I} \right)^2$$

محاسبه عبارت فوق در کنکور بسیار سخت است. اگر نسبت امپدانس $I > 2$ باشد. می‌توان از رابطه ساده زیر استفاده کرد:

$$\xi_{rn} \cong \frac{2}{(2n-1)\pi I}$$

$$\xi_{r1} \cong \frac{2}{4\pi} = \frac{1}{2\pi}$$

۳۹- اگر سرعت موج برشی در عمق ۱ متری 100 m/sec باشد آنگاه کدامیک از گزینه‌های زیر می‌تواند نشان دهنده سرعت و مدول برشی در عمق ۵ متری باشد؟ (خاک عادی تحکیم یافته با $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ می‌باشد).

$$28.8 \text{ MPa}, 120 \text{ m/sec} \quad (۲)$$

$$20 \text{ MPa}, 100 \text{ m/sec} \quad (۱)$$

$$25 \text{ MPa}, 250 \text{ m/sec} \quad (۴)$$

$$45 \text{ MPa}, 150 \text{ m/sec} \quad (۳)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

تغییر سرعت با عمق متناسب است با $Z^{\frac{P}{2}}$ که در آن Z عمق در زیر سطح می‌باشد. برای خاک‌های تحکیم یافته $0.5 < P < 1$ می‌باشد.

$$V_z = V_0 Z^{\frac{P}{2}}$$

با فرض $P = 0.5$:

$$V_1 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \rightarrow 100 = V_0 \times 1^{\frac{0.5}{2}} \rightarrow V_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$V_4 = (100)(4)^{\frac{0.5}{2}} = 141 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$V = \sqrt{\frac{G_0}{\rho}} \rightarrow G_0 = V^2 \rho$$

$$G_0 = (141)^2 (2000) = 39.76 \text{ Mpa}$$

با فرض $P = 1$:

$$V_1 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}} \rightarrow 100 = V_0 \times 1^{\frac{1}{2}} \rightarrow V_0 = 100 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$V_4 = (100)(4)^{\frac{1}{2}} = 200 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

$$G_0 = (200)^2 (2000) = 80 \text{ Mpa}$$

بنابراین سرعت و مدول برشی بین دو محدوده زیر خواهد بود که تنها در گزینه ۳ صادق است.

$$41 < V_4 < 200$$

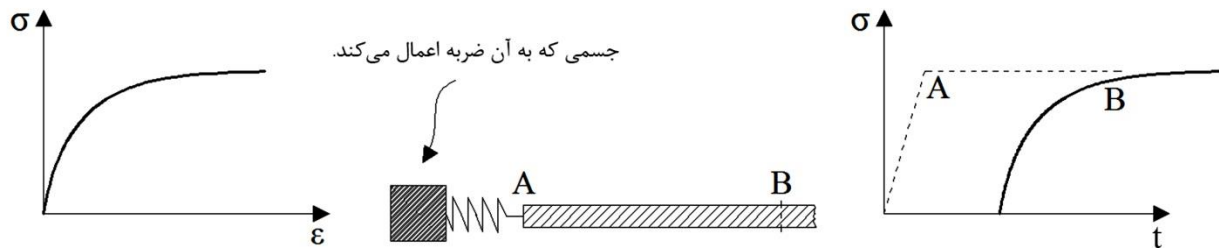
$$39.76 < G_0 < 80$$

۴۰- کدام گزینه نادرست می‌باشد؟

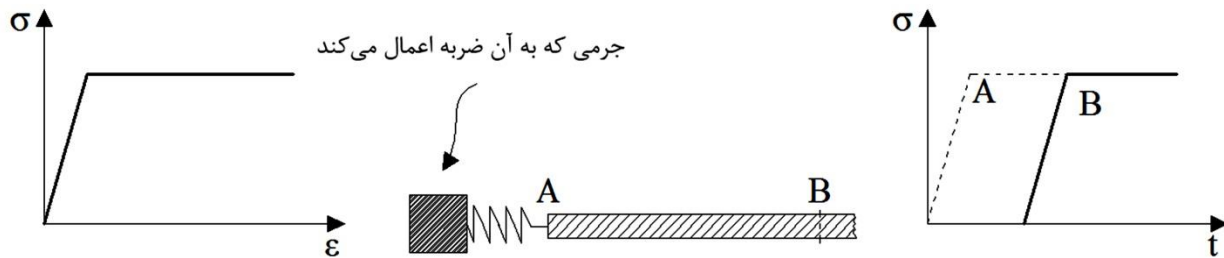
- (۱) انتشار موج و پاسخ بستر در مصالح با رفتار تنش-کرنش غیرخطی، از روش‌های عددی بدست می‌آید.
- (۲) اگر مصالح با افزایش کرنش نرم شوند جبهه موج بدلیل سرعت پایین‌تر در تنش‌های بالا متفرق می‌شود.
- (۳) اگر مصالح دارای نقطه تنش تسلیم تیز در منحنی تنش-کرنش باشد. آنگاه ضربه قابل ملاحظه‌ای ایجاد شده است.
- (۴) برای تحلیل پروفیل خاک با رفتار تنش-کرنش غیرخطی، می‌توان از روش‌های تکراری خطی استفاده کرد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

برای تحلیل پروفیل خاک با رفتار تنش-کرنش غیرخطی، می‌توان از روش‌های تکرار شبه-غیرخطی استفاده کرد. اگر مصالح دارای رفتار نرم شوندگی باشند جبهه موج بدلیل سرعت پایین‌تر در تنش‌ها بالا متفرق می‌شود.



اگر مصالح دارای نقطه تنش تسلیم تیز در منحنی باشد (شکل زیر) ضربه قابل ملاحظه‌ای ایجاد شده و موجب انتشار سطح تنش مربوط می‌شود و ضربه اضافی در کرنش‌های پلاستیک انتهای ضربه خورده جذب می‌گردد.

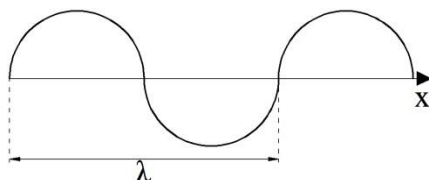


۴۱- کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد امواج ریلی نادرست می‌باشد؟

- (۱) امواج ریلی برای سطوح خالی از تنش با در نظر گرفتن شرایط مرزی بوجود می‌آیند.
- (۲) اثرات امواج ریلی فقط سطحی هستند.
- (۳) با افزایش فرکانس، f عمق نفوذ امواج ریلی افزایش می‌یابد.
- (۴) سرعت موج ریلی همیشه کمتر از سرعت موج برشی می‌باشند.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

برای سطوح خالی از تنش با در نظر گرفتن شرایط مرزی سرعت جدیدی ظاهر می‌شود. این نوع موج، امواج رایلی می‌باشند که حرکات و تنش‌ها به سرعت با عمق کاهش می‌یابند. بنابراین اثرات امواج رایلی فقط سطحی هستند. سطح نفوذ امواج رایلی به طول موج، λ بستگی دارد و با افزایش فرکانس طول موج و عمق نفوذ کاهش می‌یابد.



$$V_R = \frac{\lambda}{T} = \lambda f = \text{ثابت}$$

سرعت امواج بترتیب زیر می‌باشد:

$$V_R < V_s < V_p$$

۴۲- انتشار کدامیک از امواج زیر، مکانیزم اولیه جریان انرژی می‌باشند؟

- (۱) موج رایلی (۲) موج لاونگ (۳) موج فشاری (۴) موج برشی

حل: گزینه ۱ صحیح است.

۴۳- کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) در زاویه بحرانی موج فشاری منعکس شده قائم می‌باشد.
 (۲) زاویه بحرانی فقط به نسبت پواسون بستگی دارد.
 (۳) می‌توان در سطوح خالی از تنش موج فشاری قائم مسطح با زاویه بزرگتر از زاویه بحرانی ایجاد کرد.
 (۴) امواج برشی قائم با زاویه تند امواج مسطح می‌باشند.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

یک موج برشی قائم در صورت تلاقی با سطح آزاد به صورت امواج فشاری و برشی قائم انعکاس می‌یابد. مشابه حالت فوق، زاویه انعکاس امواج برشی قائم، مساوی زاویه تلاقی و زاویه انعکاس امواج فشاری از قانون اسنل بدست می‌آید. برای مقادیر مشخصی از زاویه تلاقی (زاویه بحرانی) موج فشاری منعکس شده، دقیقاً افقی است. این زاویه بحرانی فقط به نسبت پواسون بستگی دارد. ایجاد حالت موج برشی قائم مسطح با زاویه تلاقی بزرگتر از زاویه بحرانی، از نظر فیزیکی شرایطی غیر ممکن است. (چرا؟) چون در این صورت امواج P بعد از امواج برشی به سطح می‌رسند که با مفهوم امواج مسطح تناقض دارد. همچنین امواج برشی قائم با زاویه تند امواج مسطح نمی‌باشند.

۴۴- کدامیک از امواج زیر مکانیزمی برای انتقال یا کشش در سطح خالی از تنش می‌باشد؟

- (۱) موج ریلی (۲) موج لائو (۳) موج حجمی (۴) موج برشی

حل: گزینه ۱ صحیح است.

در مسائل واقعی امواج ریلی به تنهایی وجود نداشته و به همراه امواج برشی و حجمی می‌باشد. امواج حجمی با دامنه غیر صفر نمی‌توانند در یک سطح خالی از تنش انتشار یابند. چون تنش نرمالی در هر صفحه عمود بر جبهه موج بوجود می‌آورند. امواج ریلی امواجی هستند که می‌توانند در سطح خالی از تنش ایجاد شوند.

۴۵- در امواج ریلی با افزایش ضخامت.....

- (۱) سرعت انتشار موج افقی V_H برای مد اصلی به سرعت موج در لایه بالا نزدیک می‌شود.
 (۲) طول موج در این حالت در مقایسه با ضخامت لایه بزرگ است.
 (۳) حرکات ناشی از امواج ریلی به اعماق زیاد نفوذ می‌کند.
 (۴) امواج سطحی خاک متاثر از سختی خاک در عمق می‌باشند.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

وقتی ضخامت لایه $H \rightarrow \infty$ ، V_H برای مد اصلی به سرعت موج ریلی در لایه بالایی نزدیک می‌شود در این حالت طول موج افقی در مقایسه با ضخامت لایه کوچک بوده و حرکات ناشی از امواج ریلی به لایه خاک محدود می‌شود در واقع امواجی که در سطح خاک حرکت می‌کنند از وجود تغییر در سختی خاک در عمق، بی‌اطلاعتند.

وقتی $H \rightarrow 0$ ، V_H به سرعت موج ریلی در لایه زیرین نزدیک می‌شود در این حالت طول موج افقی در مقایسه با ضخامت لایه بسیار بیشتر است و حرکات ناشی از امواج ریلی به اعماق زیادی نفوذ می‌کنند.

۴۶- در حالت کلی در خاک شامل چند لایه سرعت امواج رایلی در.....

- ۱) فرکانس خیلی پایین به مشخصات خاک در اعماق زیاد و لایه ضخیم زیرین بستگی دارد.
- ۲) فرکانس خیلی بالا به مشخصات خاک در اعماق زیاد و لایه ضخیم زیرین بستگی دارد.
- ۳) در فرکانس‌های متوسط به مشخصات خاک سطحی بستگی دارد.
- ۴) باتوجه به نسبت پواسون هر کدام از گزینه‌های بالا می‌تواند صحیح باشد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

- سرعت امواج رایلی در فرکانس خیلی پایین به مشخصات خاک در اعماق زیاد و لایه ضخیم زیرین بستگی دارد.
- سرعت در فرکانس خیلی بالا به مشخصات خاک سطحی بستگی دارد.
- سرعت در فرکانس‌های متوسط به مشخصات خاک میانی بستگی دارد.

۴۷- برای یک لایه خاک که بر روی بستر صلب قرار دارد چه زمانی انتشار آزاد یک بعدی می‌باشد؟

$$V_P/V_H = 0 \quad (۴) \quad V_S/V_H = 0 \quad (۳) \quad V_R/V_H = 0 \quad (۲) \quad V_V/V_H = 0 \quad (۱)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

اگر $V_S/V_H = 0$ باشد ارتعاش آزاد یک بعدی می‌باشد.

نکته: فرکانس ارتعاش آزاد وقتی که پاسخ به بار سطحی مدنظر باشد اهمیت دارد.

۴۸- کدام گزینه در مورد امواج استانیلی صحیح است؟

- ۱) دارای حرکتی عمود بر صفحه انتشار می‌باشند.
- ۲) حالت تعمیم یافته‌ای از امواج برشی صفحه‌ای هستند.
- ۳) سرعت امواج استانیلی از رایلی کمتر است.
- ۴) همانند موج رایلی در فاصله محدودی انتشار می‌یابند.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

وقتی سرعت موج برشی در دو نوع مصالح مساوی باشد. نوع بخصوصی از موج در مرز بین لایه‌ها انتشار می‌یابد که به موج استانیلی مشهور است این موج مشابه موج رایلی که در یک سطح آزاد وجود دارد می‌باشد و همانند موج رایلی حرکات موج استانولی در فاصله محدودی انتشار می‌یابد. سرعت موج استانیلی از سرعت موج برشی کمتر و سرعت موج رایلی بیشتر است:

$$V_R < V_{St} < V_S$$

۴۹- در محیط اشباع چند موج وجود دارد؟

- (۱) یک موج فشاری و یک موج برشی
- (۲) دو موج فشاری و یک موج برشی
- (۳) دو موج فشاری و دو موج برشی
- (۴) فقط یک موج فشاری

حل: گزینه ۲ صحیح است.

در محیط اشباع دو موج فشاری و یک موج برشی وجود دارد. دو موج فشاری عبارتند از موج در آب و موج در مصالح و موج برشی مربوط به خاک است و آب مقاومت برشی ندارد.

۵۰- اختلاف سرعت امواج بین خاک خشک و اشباع برای یک فشار جانبی مشخص چگونه است؟

- (۱) سرعت امواج طولی در خاک خشک بیشتر از خاک اشباع می‌باشد.
- (۲) سرعت امواج طولی در خاک خشک کمتر از خاک اشباع می‌باشد.
- (۳) تقریباً مساوی‌اند.
- (۴) باتوجه به دانسیته خاک هرکدام از گزینه‌های فوق می‌تواند صحیح باشد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

برای یک فشار جانبی مشخص، اختلاف سرعت امواج بین خاک خشک و اشباع بسیار ناچیز بوده و ممکن است به علت اختلاف وزن واحد حجم نمونه باشد. سرعت امواج فشاری در آب را می‌توان بصورت زیر بیان کرد:

$$V_w = \sqrt{\frac{B_w}{\rho_w}}$$

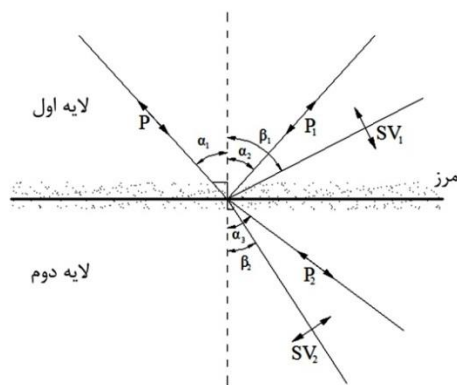
که در آن B_w ضریب توده‌ای و ρ_w وزن مخصوص آب می‌باشد.

۵۱- اگر یک موج P به مرز دو لایه منطبق شود چه موج‌هایی منعکس و چه موج‌های شکسته بوجود می‌آیند؟

- (۱) یک موج منعکس شده P و یک موج شکست شده SV بوجود خواهد آمد.
- (۲) یک موج P و یک موج SV منعکس شده و یک موج SH شکست شده بوجود خواهد آمد.
- (۳) یک موج P و یک موج SV منعکس شده و یک موج P و یک موج SV شکست شده بوجود خواهد آمد.
- (۴) یک موج P و یک موج SH شکست شده بوجود خواهد آمد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

موج P یک موج فشاری می‌باشد که در آن جهت حرکت اجزاء با جهت انتشار موج منطبق می‌باشد. امواج SV امواج برشی می‌باشد که در آن حرکت اجزاء بر هر صفحه انتشار امواج عمود می‌باشد. امواج SH نیز امواج برشی می‌باشند که در آن حرکت اجزاء در صفحه انتشار امواج می‌باشند. اگر یک موج P به مرز بین دو لایه منطبق شود (شکل زیر) دو نوع موج منعکس شده و دو نوع موج شکسته شده بوجود خواهد آمد. امواج منعکس شده شامل یک موج P و یک موج SV و امواج شکسته شده نیز شامل یک موج P و یک موج SV می‌باشند.

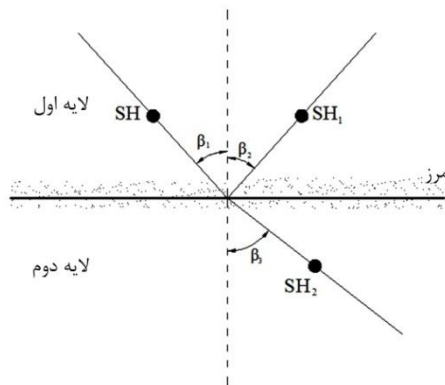


۵۲- اگر یک موج SH به مرز دو لایه منطبق شود چه نوع موج‌هایی منعکس و شکسته بوجود می‌آیند؟

- (۱) یک موج SH منعکس و یک موج SH شکسته شده بوجود می‌آیند.
- (۲) یک موج SH و یک موج P منعکس و یک موج SH و یک موج P شکسته بوجود می‌آیند.
- (۳) یک موج SV منعکس و یک موج SH شکسته شده بوجود می‌آیند.
- (۴) یک موج SH منعکس و یک موج SV شکسته شده بوجود می‌آید.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

اگر یک موج SH به مرز دو لایه برخورد نماید یک موج SH_1 منعکس شده و یک موج SH_2 شکسته شده بوجود خواهد آمد (شکل زیر)

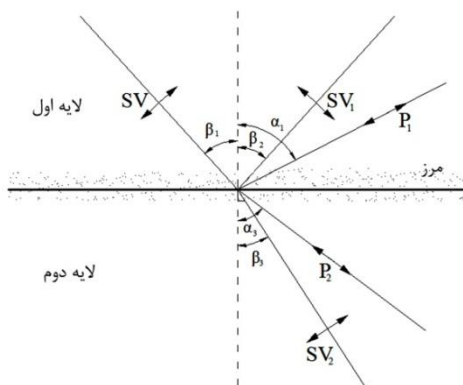


۵۳- هرگاه یک موج SV به فصل مشترک دو لایه برخورد کند آنگاه:

- (۱) یک موج منعکس شده P و یک موج شکست شده SV بوجود خواهد آمد.
- (۲) یک موج P و یک موج SV منعکس شده و یک موج SH شکست شده بوجود خواهند آمد.
- (۳) یک موج P و یک موج SV منعکس شده و یک موج P و یک موج SV شکست شده بوجود خواهند آمد.
- (۴) یک موج P و یک موج SH شکست شده بوجود خواهند آمد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

در این حالت دو نوع موج SV_1 و P_1 منعکس شده و دو نوع موج SV_2 و P_2 شکسته شده بوجود می آیند.

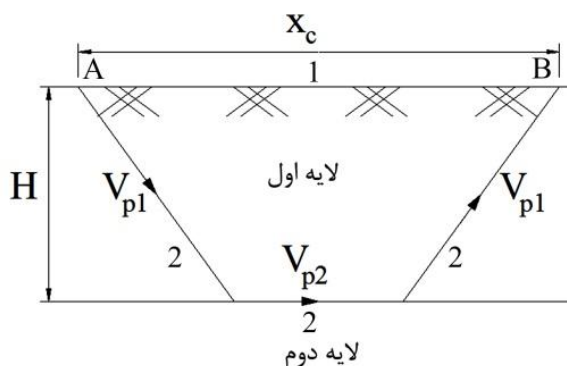


۵۴- اگر در لایه خاک داشته باشیم که سرعت موج فشاری در لایه اول $V_{p1} = 180 \text{ m/sec}$ و سرعت موج فشاری در لایه دوم $V_{p2} = 250 \text{ m/sec}$ و فاصله بحرانی $x_c = 25 \text{ m}$ باشد آنگاه عمق لایه چند متر می‌باشد؟

- 6m (۴) 5m (۳) 4m (۲) 3m (۱)

حل: گزینه ۳ صحیح است.

فاصله بحرانی x_c فاصله‌ای است که بعد از آن موج برشی از محل برخورد قبل از موج مستقیم به گیرنده می‌رسد. بعبارت دیگر موج از مسیر ۲ زودتر از مسیر ۱ به نقطه B می‌رسد.

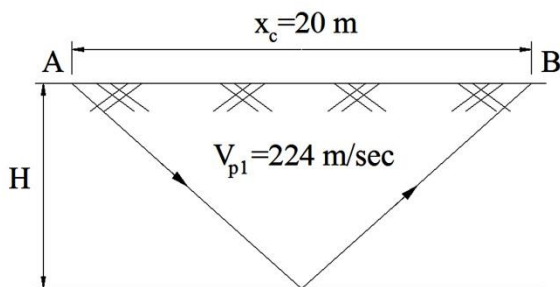


ارتفاع لایه اول با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$H = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_{p2} - V_{p1}}{V_{p2} + V_{p1}}} = \left(\frac{25}{2}\right) \sqrt{\frac{250 - 180}{250 + 180}} = \left(\frac{25}{2}\right) \sqrt{0.16} = 5 \text{ m}$$

۵۵- اگر زمان رسیدن موج از نقطه A به نقطه B $t = 0.2 \text{ sec}$ باشد آنگاه عمق لایه یک را محاسبه چند متر می‌باشد؟

- 12m (۱)
15m (۲)
20m (۳)
25m (۴)

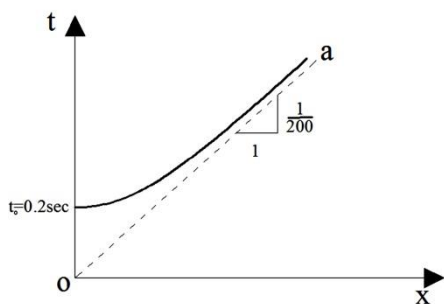


حل: گزینه ۳ صحیح است.

ضخامت لایه با استفاده از رابطه زیر بدست محاسبه می‌شود:

$$H = \frac{1}{2} \sqrt{(V_{P1}t)^2 - x^2} = \frac{1}{2} \sqrt{((224)(0.2))^2 - (20)^2} = 20\text{m}$$

۵۶- اگر منحنی زیر نشان دهنده زمان طی مسافت، t برای امواج انعکاسی P در فواصل مختلف باشد. آنگاه عمق لایه مورد نظر را چند متر می‌باشد؟



- (۱) 15m
- (۲) 20m
- (۳) 25m
- (۴) 30m

حل: گزینه ۲ صحیح است.

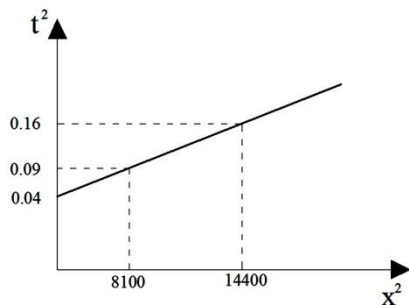
خط oa در نمودار شکل فوق نشان دهنده منحنی زمان - فاصله برای امواج مستقیم است که از لایه یک می‌گذرد شیب این خط برابر است با $1/V_{P1}$ بنابراین سرعت در امواج در لایه یک بدست می‌آید:

$$\frac{1}{V_{P1}} = \frac{1}{200} \rightarrow V_{P1} = 200 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

ضخامت لایه یک برابر است با :

$$H = \frac{1}{2} t_0 V_{P1} = \left(\frac{1}{2}\right) (0.2)(200) = 20\text{m}$$

۵۷- اگر منحنی زیر نشان دهنده مربع زمان در مقابل مربع مسافت طی شده امواج انعکاسی باشد آنگاه عمق لایه مورد نظر چقدر می‌باشد؟



- (۱) 30m
- (۲) 35m
- (۳) 40m
- (۴) 45m

حل: گزینه ۱ صحیح است.

می دانیم:

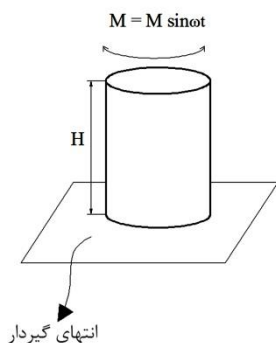
$$H = \frac{1}{2} t_0 V_{p1} \rightarrow H^2 = \frac{1}{4} t_0^2 V_{p1}^2$$

شیب خط شکل فوق می باشد. بنابراین:

$$\frac{1}{V_{p1}^2} = \frac{0.16 - 0.09}{14400 - 8100} = \frac{1}{90000} \rightarrow V_{p1}^2 = 90000$$

$$H^2 = \left(\frac{1}{4}\right)(0.04)(90000) = 900 \rightarrow H = 30\text{m}$$

۵۹- کدام گزینه نشان دهنده فرکانس طبیعی میله شکل زیر تحت تأثیر نیروی پریودیک می باشد؟



$$\omega_n = 2n\pi \frac{V_s}{H} \quad (۱)$$

$$\omega_n = (2n - 1)\pi \frac{V_s}{H} \quad (۲)$$

$$\omega_n = (2n - 1) \frac{\pi V_s}{2H} \quad (۳)$$

$$\omega_n = (n - 1) \frac{\pi V_s}{2H} \quad (۴)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

فرکانس طبیعی میله‌ای که تحت بار پریود پیچشی قرار دارد از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\omega_n = (2n - 1) \frac{\pi V_s}{2H}$$

نکته: اگر میله یک انتها گیردار و انتهای دیگر آزاد باشد و تحت بار پریودیک محوری قرار گیرد بازهم فرکانس از رابطه فوق بدست می آید.

۶۰- فرکانس اصلی f_1 و طول موج میله ای که تحت بار پریودیک با شرایط انتهایی یک انتها گیردار و انتهای دیگر آزاد چقدر است؟

$$\lambda = 4H, f = \frac{V_s}{4H} \quad (۲)$$

$$\lambda = H/4, f = \frac{4V_s}{H} \quad (۴)$$

$$\lambda = 2H, f = \frac{V_s}{2H} \quad (۱)$$

$$\lambda = H/2, f = \frac{2V_s}{H} \quad (۳)$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

فرکانس سیستم از رابطه زیر بدست می آید:

$$f_n = \frac{\omega_n}{2\pi} = (2n - 1) \frac{V_s}{4H}$$

کوچکترین فرکانس طبیعی، فرکانس اصلی نامیده می شود:

$$f_1 = \frac{V_s}{4H}$$

$$V_s = \lambda f$$

$$\lambda_n = \frac{4H}{(2n - 1)} \rightarrow \lambda_1 = 4H$$

نکته: اگر شرایط انتهای میله گیردار-گیردار باشد یا دو انتهای میله آزاد باشد آنگاه:

$$\omega_n = \frac{n\pi V_s}{H}, \quad f_n = \frac{nV_s}{2H}$$

نکته: حضور جرم در بالای میله، فرکانسهای طبیعی را کاهش می دهد.

۶۱- در انتشار امواج به صورت امواج نیم کروی انرژی حاصله متناسب است با (r فاصله از مرکز انتشار می باشد).

$$1/r^2 \quad (۴) \qquad 1/r \quad (۳) \qquad r^2 \quad (۲) \qquad r \quad (۱)$$

حل: گزینه ۴ صحیح است.

وقتی امواج حجمی به صورت جبهه‌هایی از امواج نیم کروی پخش می شوند انرژی حاصله در سطحی توزیع می شود که با مجذور شعاع افزایش می یابد.

$$\dot{E} \propto \frac{1}{r^2}$$

در این حالت دامنه امواج متناسب است با:

$$\text{دامنه} \propto \sqrt{\dot{E}} \rightarrow \text{دامنه} \propto \frac{1}{r}$$

نکته: فقط در طول سطح محیط نیمه بی نهایت ارتجاعی :

$$\text{امواج دامنه حجمی} \propto \frac{1}{r^2}$$

نکته: کاهش دامنه اثر امواج رایلی کندتر از امواج جسمی یا حجمی می باشد:

$$\text{دامنه امواج رایلی} \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$$

۶۲- در کارهای عملی اگر خاک دارای مصالح همگن باشد آنگاه:

(۱) مقدار سرعت امواج رایلی، V_R مستقل از فرکانس ارتعاش می باشد.

(۲) با کاهش فرکانس، f ، λ افزایش می یابد و V_R ثابت باقی می ماند.

(۳) با کاهش فرکانس، f ، V_R افزایش می یابد.

(۴) با افزایش طول موج، عمق نفوذ امواج رایلی کاهش می یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

اگر خاک از مصالح یکنواخت (هموزن) باشد مقدار V_R مستقل از فرکانس ارتعاش می باشد و با کاهش f مقدار λ افزایش می یابد تا V_R ثابت باقی بماند. اما در کاربردهای عملی، معمولاً ملاحظه می شود که λ سریعتر از کاهش f ، افزایش می یابد بطوریکه V_R با کاهش f افزایش می یابد. این نتیجه بر افزایش سرعت موج در عمق دلالت دارد. با افزایش طول موج، امواج سطحی به اعماق بیشتری نفوذ می کنند و از این رو سرعت امواج بوسیله سرعت در اعماق بیشتر تعیین می شود.

۶۳- کدامیک از گزینه های زیر از عوامل مؤثر بر سرعت موج نمی باشد؟ (خاک خشک دانه ای).

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (۱) تنش محصور کننده | (۲) اندازه ذرات خاک |
| (۳) نسبت منافذ | (۴) فرکانس |

حل: گزینه ۲ صحیح است.

سرعت مستقل از اندازه ذرات می باشد.

۶۴- کدام گزینه صحیح می باشد؟ (خاک خشک دانه ای).

- (۱) سرعت موج وابسته به تنش برشی می باشد.
- (۲) با افزایش نسبت منافذ سرعت موج کاهش می یابد.
- (۳) در فرکانس های بین $25 < f < 800$ هرتز تأثیر فرکانس بر سرعت زیاد می باشد.
- (۴) برای نسبت منافذ و تنش محصور کننده مشخص با تغییر دانه بندی خاک سرعت موج تغییر خواهد کرد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

افزایش نسبت منافذ دواثر دارد:

- کاهش چگالی که می خواهد سرعت را افزایش دهد؛
- کاهش مدول که می خواهد سرعت را کاهش دهد؛

که کاهش مدول بر کاهش چگالی غالب است. بنابراین با افزایش نسبت منافذ سرعت موج کاهش می یابد. سرعت به σ_0 مرتبط است و به تنش برشی، حداقل تا زمانیکه تنش برشی کمتر از تنش برشی گسیختگی نمونه است. بستگی ندارد.

$$\bar{\sigma}_0 = \frac{\bar{\sigma}_1 + \bar{\sigma}_2 + \bar{\sigma}_3}{3}$$

سرعت در فرکانس های بین ۲۵ تا ۸۰۰ هرتز مستقل از فرکانس می باشد (نتایج آزمایش ستون تشدید). همچنین سرعت برای نسبت منافذ و تنش محصور کننده مشخص مستقل از اندازه ذرات و دانه بندی می باشد.

۶۵- رابطه سرعت موج برشی و زمان اعمال تنش چگونه است؟ (خاک خشک دانه ای)

- (۱) خطی- با افزایش زمان اعمال تنش سرعت افزایش می یابد.
- (۲) نمایی- با افزایش زمان اعمال تنش سرعت کاهش می یابد.
- (۳) در محور لگاریتمی خطی- با افزایش زمان اعمال تنش سرعت افزایش می یابد.
- (۴) در محور لگاریتمی نمایی- با افزایش زمان اعمال تنش سرعت افزایش می نماید.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

رابطه افزایش سرعت موج برشی با زمان اعمال تنش محصور کننده در محور لگاریتمی تقریباً خطی است.

نکته: این افزایش سرعت توام با کاهش نسبت منافذ است. لیکن میزان کاهش نسبت منافذ به اندازه ای نمی باشد که افزایش فوق را موجب شود. لذا احتمالاً مکانیزم دیگری رخ داده است.

تأثیر تاریخچه تنش: تاریخچه گذشته تغییرات تنش همه‌جانبه در نسبت منافذ کنونی خاک کاملاً مؤثر است. بنابراین بیش‌تحکیمی فقط تا حدی که بر نسبت منافذ مؤثر است، بر سرعت تأثیر گذار خواهد بود. ولی در خاک‌های چسبنده سرعت موج را افزایش می‌دهد.

نکته: در خاک‌های چسبنده با افزایش مدت زمان تنش سرعت با زمان افزایش می‌یابد.

۶۶- در خاک دانه‌ای اشباع

- (۱) در شرایط زهکشی نشده اگر تنش کل افزایش یابد سرعت موج برشی کاهش می‌یابد.
- (۲) در شرایط زهکشی نشده اگر تنش کل افزایش یابد سرعت موج برشی افزایش می‌یابد.
- (۳) در شرایط زهکشی نشده اگر تنش کل تغییر یابد سرعت موج برشی بدون تغییر باقی می‌ماند.
- (۴) شرایط زهکشی یا عدم زهکشی بدون تأثیر می‌باشد و با افزایش تنش کل همیشه سرعت موج برشی افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

امواج حجمی حاصل تغییر حجم هستند و آب حفره‌ای در مقابل تغییر حجم مقاومت می‌کند از طرف دیگر فشار آب هیچگونه مقاومتی در مقابل تغییر شکل‌های برشی ایجاد نمی‌کند. آزمایشات نشان می‌دهد که سرعت امواج برشی عبور کرده از درون ماسه به فشار مؤثر محصور کننده بستگی دارد. اگر تنش کل اعمال شده بر نمونه اشباع تغییر یابد ولی به نمونه اجازه زهکشی داده نشود، سرعت موج برشی تغییر نمی‌یابد.

نکته: فقط بخشی از آب حفره‌ای در کاهش سرعت موج مؤثر است.

۶۷- در چه نسبت منافذی خاک می‌تواند تنش را انتقال دهد؟

- (۱) $e < 2$
- (۲) $e < 3$
- (۳) $e < 4$
- (۴) $e < 5$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

چنانچه نسبت منافذ کوچکتر از ۳ باشد، ذرات کانی به گونه‌ای در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند که تشکیل اسکلت کانی را می‌دهد که تنش را انتقال می‌دهد.

۶۸- سرعت موج فشاری در کدام یک از مصالح زیر بیشتر است.

(۱) آب

(۲) ماسه

(۳) رس

(۴) سنگ

حل: گزینه گزینۀ ۴ صحیح است.

آب بدلیل مدول بالک بالا معمولا از خاکها سرعت فشاری بیشتر و از سنگ سرعت فشاری کمتری دارد. برخلاف اینکه سرعت موج برشی از ترکیبات مختلف ماسه و رس و کاملا متفاوت است. سرعت موج حجمی در درجه اشباع و تنش محصور کننده مشخص تقریبا یکسان می باشد.

۶۹- کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) در رس اشباع با افزایش تنش محصور کننده سرعت موج برشی افزایش می یابد.
- (۲) در خاک دانه ای خشک با افزایش عمق سرعت موج برشی افزایش می یابد.
- (۳) سرعت موج برشی در خاک مرطوب بتدریج با عمق کاهش می یابد.
- (۴) زیر سطح آب زیرزمینی تغییرات سرعت موج حجمی بسیار زیاد است.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

بدلیل افزایش تنش محصور کننده با عمق، سرعت موج عبوری از میان نهشته های یکنواخت خاک دانه ای خشک افزایش می یابد. در رس ها سرعت در حالت اشباع با افزایش تنش محصور کننده ثابت باقی می ماند این امر نشان دهنده بی تأثیر بودن تنش محصور کننده در حالت اشباع کامل بر تنش مؤثر می باشد. سرعت موج برشی در خاک مرطوب بتدریج با عمق افزایش می یابد و در عمق مشخص سرعت موج برشی در خاک بیشتر از خاک اشباع می باشد. چرا؟ چون تنش مؤثر خاک خشک بیشتر از خاک اشباع می باشد. در زیر سطح آب زیر زمینی تغییرات سرعت موج حجمی بسیار جزئی می باشد.

عوامل مؤثر بر سرعت و مدول برشی براس کرنش های دینامیکی کوچک

عامل	خاک چسبنده	خاک دانه ای
نسبت منافذ، e	خیلی مهم	خیلی مهم
مدت اعمال تنش $\bar{\sigma}_0$	خیلی مهم	تاحدی مهم
نسبت بیش تحکیمی	مهم	بی اهمیت*
پیش کرنش دینامیکی	بی اهمیت**	مهم
درجه اشباع	کم تأثیر	کم تأثیر
اندازه، شکل و دانه بندی	کم تأثیر	کم تأثیر
سطح تنش برشی	تأثیر مهمی ندارد	تأثیر مهمی ندارد
فرکانس	تأثیر مهمی ندارد	تأثیر مهمی ندارد

* در ابتدا بر نسبت منافذ مؤثر است.

** بعد از زمان کوتاهی از بازیابی

۷۱- اگر f_p فرکانس غالب زلزله و V_s سرعت موج برشی لایه سطحی از خاک باشد. آنگاه ضخامت بحرانی برای تشدید کدام است؟

$$(۱) \quad V_s/2f_p \quad (۲) \quad V_s/4f_p \quad (۳) \quad 2f_p/V_s \quad (۴) \quad 4f_p/V_s$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

فرکانس طبیعی لایه خاک :

$$f_n = (2n - 1) \frac{V_s}{4H}$$

بیشترین تشدید در کوچکترین فرکانس طبیعی رخ می دهد:

$$f_p = f_1 = \frac{V_s}{4H_{cr}} \rightarrow H_{cr} = \frac{V_s}{4f_p}$$

۷۲- تغییر مکان های سطحی که در مجاورت یک پی دایره ای که بصورت قائم مرتعش می گردد. بوسیله کدام امواج تولید می شود؟

$$(۱) \quad \text{امواج حجمی } P \quad (۲) \quad \text{امواج برشی } S \quad (۳) \quad \text{امواج ریلی } R \quad (۴) \quad \text{امواج لایه}$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

۷۳- برای اندازه گیری سرعت موج برشی دو ژئوفون با فاصله ۶۰ متری در سطح زمین تعبیه شده است. اگر تعداد امواج ثبت شده در فاصله دو ژئوفون در اثر ارتعاش ماشین با پی دایروی ۱۲ عدد باشد سرعت موج برشی در عمق ۲ متری از لایه خاک چقدر است؟ (فرکانس پی 80HZ و قطری 2m)

$$(۱) \quad 400 \text{ m/sec} \quad (۲) \quad 450 \text{ m/sec} \quad (۳) \quad 480 \text{ m/sec} \quad (۴) \quad 528 \text{ m/sec}$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

در مجاورت یک پی دایره ای که بصورت قائم مرتعش می گردد امواج ریلی تولید می شود. بنابراین سرعت امواج ریلی را در مجاورت پی بدست می آوریم:

$$V_R = \lambda \times f$$

فرکانس ارتعاش پی $f = 80\text{Hz}$ و λ طول موج امواج رایلی است که با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\lambda = \frac{\text{فاصله ژئوفون}}{\text{تعداد نوسانات}} = \frac{60}{10} = 6\text{m}$$

$$V_R = (6)(80) = 480 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

سرعت موج برشی معمولاً برابر است با:

$$V_s = 1.1V_R = (1.1)(480) = 528 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

۷۴- اگر سرعت امواج رایلی در خاک رس اشباع $V_R = 500\text{m/sec}$ باشد، آنگاه سرعت موج برشی در آن خاک چقدر است؟

625 (۴)

600 m/sec (۳)

550 m/sec (۲)

500 m/sec (۱)

حل : گزینه یک صحیح است.

اگر نسبت پواسون خاک برابر با $\mu = 0.5$ باشد آنگاه سرعت امواج برشی و رایلی برابر خواهند بود و نسبت پواسون رس اشباع تقریباً $\mu = 0.5$ می‌باشد:

$$V_s = V_R = 500 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

فصل سوم

اثرات ساختگاهها

تأثیر شرایط خاک محل بر خصوصیات حرکات زمین و لزوم در نظر گرفتن خصوصیات خاک زیرین در زلزله از دیرباز آشکار شده است. تقویت شتاب زلزله در اثر عبور از لایه‌های خاک در نقاط مختلف دنیا مشاهده و تأثیر سطح لرزش، سختی سنگ بستر، نوع خاک، سختی و عمق لایه خاک زیرین بر بزرگنمایی حرکات زمین در پیوندهای مختلف آشکار شده است. اثرات محلی ساختگاه نقش مهمی در طراحی مقاوم در برابر زلزله ایفا می‌نمایند و بایستی برای هر حالت بصورت مجزا با آن برخورد لازم صورت پذیرد. در ادامه به برخی از اثرات شرایط محلی بر حرکت زمین اشاره شده است:

- در اغلب ساختگاه‌ها دانسیته و سرعت موج برشی که لایه‌ها در نزدیکی سطح زمین دارند، کمتر از مقادیر آنها در اعماق می‌باشد.
- ساختگاه نرمتر حرکات فرکانس پایین (پیوند بلند) بستر سنگی را نسبت به ساختگاه سخت بیشتر تشدید می‌کند.
- برای بستر سنگی الاستیک، طبیعت تشدید محلی ساختگاه تحت تأثیر امیدانس مشخصی از بستر سنگی قرار دارد.
- اثرات غیرخطی بودن خاک سبب می‌شود که توابع تشدید حرکات نیرومند با حرکت ضعیف تفاوت نماید.
- در اغلب مواد پیوند ساختمان‌های خراب شده در زلزله مساوی یا کمتر از پیوند مشخصه ساختگاه بوده است.
- شرایط محلی ساختگاه شدیداً بر دامنه‌های شتاب ماکزیمم و دامنه‌ها و اشکال طیف پاسخ تأثیر می‌گذارند.
- برای شتاب‌های ماکزیمم کوچک، مقدار این شتاب در سطح توده‌های خاک کمی بزرگتر از سنگ می‌باشد و برای شتاب‌های ماکزیمم بزرگ، عکس این مطلب صادق است.
- در مقادیر شتاب‌های پایین تا متوسط ($a < 0.4g$)، شتاب‌های ماکزیمم در ساختگاه‌های نرم، بزرگتر از این شتاب‌ها در ساختگاه‌های سنگی می‌باشند.

- شتاب‌های نسبتاً کوچک سنگ سبب شتابهای بزرگی در سطح توده‌های خاک نرم گردیده است. اما در مقادیر بالاتر شتاب، سختی پایین و غیرخطی بوده رفتار خاک نرم، اغلب از گسترش شتابهای ماکزیمم به بزرگی آنچه در سنگ مشاهده می‌شود، جلوگیری می‌نماید.
- تشدید طیفی در ساختگاه‌های خاکی بمراتب بیشتر از سنگی می‌باشد.
- نهشته‌های خاک نرم و عمیق نسبت‌های بزرگتری از حرکت با پی‌ود بزرگ (فرکانس پایین) ایجاد می‌کنند.
- توابع تشدید یک و دوبعدی در مرکز دره مسطح کم عمق کاملاً مشابه می‌باشند که نشان دهنده مطلوب بودن تحلیل یک بعدی برای این نواحی می‌باشد. اما هرچه به لبه‌ها نزدیکتر شویم اختلاف توابع تشدید بیشتر می‌شود.
- سازگاری بین توابع تشدید یک و دو بعدی در مرکز دره عمیق بیشتر از کناره‌ها می‌باشد اما نه به خوبی دره‌های کم عمق.
- برای دره‌های آبرفتی با شکل نامنظم از قبیل مناطق مرکب از فرورفتگی و بالاآمدگی، مطالعات تئوریک حاکی از آن است که حرکات بسیار پیچیده و حتی مغشوش می‌تواند بوجود آید.

معمولاً حرکات طرح زمین به یکی از دو روش زیر تدوین می‌شوند:

- از تحلیل‌های ساختگاه ویژه
- از توصیه آیین‌نامه‌ها و استانداردهای ساختمانی

تست‌های اثرات ساختگاه

۱- کدام یک از موارد زیر صحیح می‌باشد؟

- ۱) در لایه‌های نزدیک به زمین دانسیته و سرعت موج برشی بیشتر از لایه‌های عمیق می‌باشد.
- ۲) در لایه‌های نزدیک به زمین دانسیته کمتر و سرعت موج برشی بیشتر از لایه‌های عمیق می‌باشد.
- ۳) در لایه‌های نزدیک به زمین دانسیته و سرعت موج برشی کمتر از لایه‌های عمیق می‌باشد.
- ۴) در لایه‌های نزدیک به زمین دانسیته بیشتر و سرعت موج برشی کمتر از لایه‌های عمیق می‌باشد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

در اغلب ساختگاه‌ها دانسیته و سرعت موج برشی که لایه‌هایی در نزدیکی سطح زمین دارند، کمتر از مقادیر آنها در اعماق می‌باشد.

۲- اثرات خرابی بر ساختمان‌ها در اثر زلزله بیشتر در کدام یک از موارد زیر مشاهده می‌شود؟

- ۱) در ساختمانهایی که دارای پرپود کمتر از $0/5$ ثانیه می‌باشند.
- ۲) در ساختمان‌هایی با پرپود مساوی یا بیشتر از پرپود ساختگاه.
- ۳) در ساختمان‌هایی با پرپود مساوی یا کمتر از پرپود ساختگاه.
- ۴) خرابی زلزله ارتباطی با پرپود ساختمان و ساختگاه ندارد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

بیشتر پرپود ساختمان‌های خراب شده در زلزله‌های گذشته مساوی یا کمتر از پرپود مشخصه ساختگاه بوده است.

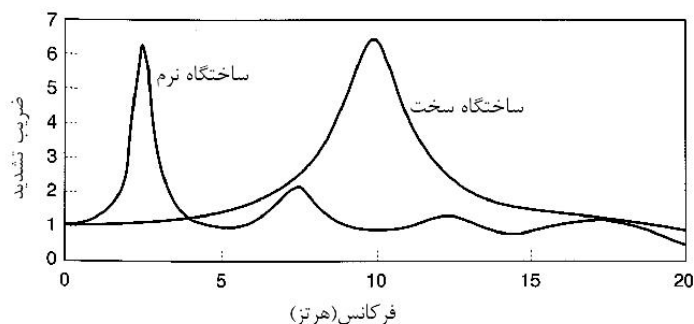
۳- کدام گزینه در مورد ساختگاه نرم صحیح است؟

- ۱) بعلت پلاسیته بالای ساختگاه نرم شدید در آن رخ نمی‌دهد.
- ۲) ساختگاه نرم‌تر حرکات ورودی با فرکانس پایین را بیش از ساختگاه سخت تشدید می‌کند.
- ۳) ساختگاه نرم‌تر حرکات ورودی با پرپود پایین را بیش از ساختگاه سخت تشدید می‌کند.

۴) تشدید در ساختگاه نرم تر همواره کمتر از تشدید در ساختگاه سخت می باشد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

توابع تشدید برای ساختگاه نرم و سخت در شکل زیر نشان داده شده اند. ساختگاه با خاک نرمتر حرکات ورودی با فرکانس پایین (پریود بلند) را بیش از ساختگاه یا خاک سخت تر را تشدید می نماید. ساختگاه با خاک سخت تر حرکات ورودی با فرکانس بالا (پریود کم) سنگ بستر را بیشتر تشدید می کند.



۴- برای بستر سنگی الاستیک طبیعت تشدید محلی ساختگاه تحت تأثیر کدام یک از موارد زیر نمی باشد؟

- (۱) امپدانس (۲) میرایی (۳) سختی (۴) دانسیته

حل: گزینه ۲ صحیح است.

برای بستر سنگی الاستیک طبیعت تشدید محلی ساختگاه تحت تأثیر امپدانس مشخصی از بستر سنگی قرار می گیرد. لذا تشریح شرایط محلی ساختگاه بایستی دانسیته و سختی بستر سنگی را در برگیرد.

نکته: خاکی که دانسیته بیشتری دارد ضرایب تشدید بزرگتری خواهد داشت (ضرایب تشدید در بستر سنگی سخت < ضرایب تشدید در بستر سنگی نرم).

نکته: با کاهش نسبت امپدانس شدید افزایش می یابد.

۵- کدام یک از موارد زیر صحیح می باشد؟

- (۱) شرایط محلی ساختگاه تأثیر کمی بر شتاب ماکزیمم و دامنه ها و اشکال طیف پاسخ دارد.

- (۲) برای شتاب‌های ماکزیمم کوچک، مقدار این شتاب در سطح توده‌های خاک کمی بزرگتر از سنگ می‌باشند.
- (۳) برای شتاب‌های ماکزیمم بزرگ، مقدار این شتاب در توده‌های خاک کمی بزرگتر از سنگ می‌باشد.
- (۴) همه موارد فوق.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

شرایط محل ساختگاه شدیداً بر دامنه‌های شتاب ماکزیمم و دامنه‌ها و اشکال طیف پاسخ تأثیر می‌گذارد. برای شتاب‌های ماکزیمم کوچک مقدار این شتاب در سطح توده‌های خاک کمی بزرگتر از سنگ می‌باشد و برای شتاب‌های ماکزیمم بزرگ عکس این مطلب صادق است.

۶- کدامیک از موارد زیر در مورد ساختگاه نرم صحیح می‌باشد؟

- (۱) برای مقادیر شتاب‌های کمتر از 0.4g شتاب‌های ماکزیمم در ساختگاه‌های نرم بزرگتر از این شتاب‌ها در ساختگاه‌های سنگی می‌باشند.
- (۲) شتاب‌های نسبتاً کوچک سنگ سبب شتاب‌های بزرگی در سطح توده خاک نرم می‌گردد.
- (۳) در مقادیر بالاتر شتاب خاک نرم از گسترش شتاب‌های ماکزیمم به بزرگی آنچه در سنگ مشاهده می‌شود جلوگیری می‌کند.
- (۴) همه موارد.

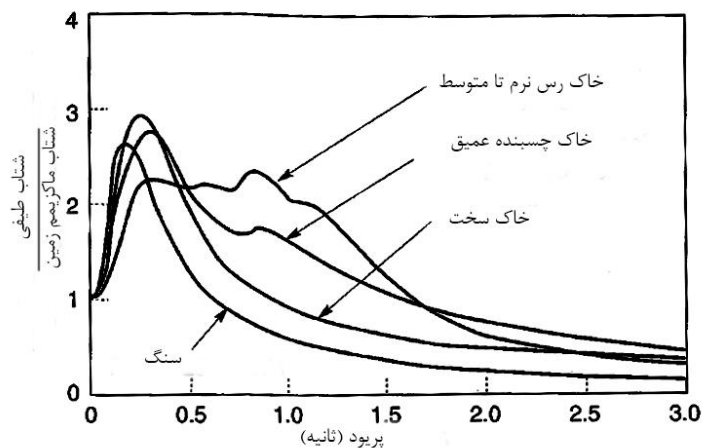
حل: گزینه ۴ صحیح است.

۷- تشدید طیفی در کدام پریود و ساختگاه بیشتر است؟

- (۱) پریودهای کمتر از 0.4 sec در ساختگاه‌های خاکی.
- (۲) در پریودهای بالاتر از 0.5 sec در ساختگاه‌های خاکی
- (۳) در پریودهای کمتر از 0.4 sec در سنگ
- (۴) در پریودهای بالاتر از 0.5 sec در سنگ

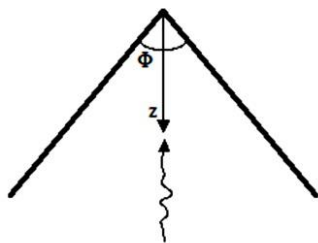
حل: گزینه ۲ صحیح است.

اثرات در پریودهای بالاتر از 0.5 sec مشهود می‌باشد تشدید طیفی در ساختگاه‌های خاکی به مراتب بیشتر از سنگی می‌باشد. در پریودهای طولانی‌تر تشدید طیفی با کاهش سختی پروفیل زیر سطحی افزایش می‌یابد شکل زیر نشان می‌دهد که نهشته‌های نرم و عمیق نسبت‌های بزرگتری از حرکت با پریود بزرگ (فرکانس پایین) ایجاد می‌نماید.



طیف پاسخ متوسط نرمالیزه شده (۵٪ میرایی) برای شرایط مختلف محلی ساختگاه

۸- برای در نظر اثرات توپوگرافی بر حرکات زمین از یک گوه مثلثی که در معرض انتشار قائم امواج SH استفاده می‌شود (شکل مقابل) جابجایی نوک با چه ضریبی تشدید می‌شود؟



$\pi\Phi$ (۴)

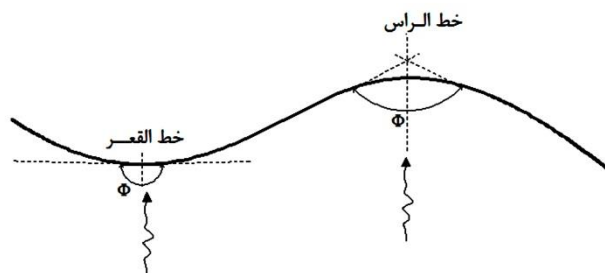
$\frac{\pi}{\Phi}$ (۳)

$2\pi\Phi$ (۲)

$\frac{2\pi}{\Phi}$ (۱)

حل: گزینه ۱ صحیح است.

جابجایی‌های نوک با ضریب $2\pi/\Phi$ تشدید می‌شود که زاویه راس گوه می‌باشد. این روند را می‌توان جهت تعیین اثرات توپوگرافی برای حالات مشخصی از زمین‌های تپه ماهور بکار برد.



محاسبه سطح واقعی زمین در خط الراس و خط القعر

۹- در حوزه‌های آبرفتی در کدامیک از نواحی زیر، توابع تشدید یک بعدی و دوبعدی کاملاً مشابه می‌باشند؟

- (۱) در لبه‌های دره‌های عمیق
- (۲) در مرکز دره‌های مسطح
- (۳) در مرکز دره‌های عمیق
- (۴) در لبه‌های دره‌های مسطح

حل : گزینه ۲ صحیح است

توابع تشدید یک و دوبعدی در مرکز دره مسطح کم عمق کاملاً مشابه می‌باشند که نشان دهنده مطلوب بودن تحلیل یک بعدی برای این نواحی می‌باشد. اما هرچه به لبه‌ها نزدیک‌تر شویم اختلاف توابع تشدید بیشتر می‌شود برای دره‌های عمیق سازگاری بین توابع یک و دوبعدی در مرکز دره‌ها بیشتر از کناره‌ها می‌باشد اما نه به خوبی دره‌های کم عمق. برای دره‌های آبرفتی باشکل نامنظم از قبیل مناطق مرکب از فرورفتگی و بالآمدگی مطالعات تئوریک حاکی از آن است که حرکات بسیار پیچیده و حتی مغشوش می‌تواند بوجود آید.

۱۰- کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) حرکات در بالای ارتفاعات تقویت و تشدید می‌شوند.
- (۲) حرکات در دره‌ها تقویت و تشدید می‌شوند.
- (۳) حوزه‌های آبرفتی با رسوبات ممکن است سبب ایجاد امواج سطحی گردند.
- (۴) حرکات واقعی زمین در حوزه‌های آبرفتی با آنچه از تحلیل‌های یک بعدی پاسخ زمین بدست می‌آید کاملاً متفاوت است.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

۱۱- تأثیر رسوبات بر روی طیف پاسخ و جابجایی و شتاب چگونه است؟

- (۱) تأثیرش روی طیف پاسخ و جابجایی بیشتر از شتاب است و تأثیرش افزایش دامنه می‌باشد.
- (۲) تأثیرش روی طیف پاسخ و جابجایی کمتر از شتاب است و تأثیرش کاهش دامنه می‌باشد.
- (۳) تأثیرش روی طیف پاسخ و جابجایی بیشتر از شتاب است و تأثیرش می‌تواند کاهش یا افزایش دامنه باشد.
- (۴) تأثیرش روی طیف پاسخ و جابجایی کمتر از شتاب است و تأثیرش می‌تواند کاهش یا افزایش دامنه باشد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

۱۲- کدام یک از موارد زیر صحیح است؟

- (۱) در γ های کوچک تأثیر میرایی، D کمتر و تشدید بیشتر رخ می‌دهد.
- (۲) در γ های بزرگ تأثیر میرایی، D کمتر است و شتاب در سنگ بیشتر از سطح زمین می‌باشد.
- (۳) در γ های کوچک تأثیر میرایی، D بیشتر است و تشدید کمتر رخ می‌دهد.
- (۴) در γ های بزرگ تأثیر میرایی، D بیشتر است و شتاب در سنگ کمتر از سطح زمین می‌باشد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

در γ های کوچک تأثیر میرایی، D کمتر است و تشدید بیشتر رخ می‌دهد و در γ های بزرگ تأثیر میرایی، D بیشتر است و شتاب در سنگ بیشتر از سطح زمین می‌باشد.

۱۳- تأثیر ضخامت و سطح شتاب وارده بر حرکت زمین چگونه است؟

- (۱) با افزایش ضخامت لایه‌های سطحی تشدید در پرپوذهای بالاتر رخ می‌دهد و با افزایش سطح شتاب وارده تشدید بیشتر خواهد شد.
- (۲) با افزایش ضخامت لایه‌های سطحی تشدید در پرپوذهای پایین‌تر رخ می‌دهد و با افزایش سطح شتاب وارده تشدید بیشتر خواهد شد.
- (۳) با افزایش ضخامت لایه‌های سطحی تشدید در پرپوذهای پایین‌تر رخ می‌دهد و با افزایش سطح شتاب وارده تشدید کمتر خواهد شد.
- (۴) با افزایش ضخامت لایه‌های سطحی تشدید در پرپوذهای بالاتر رخ می‌دهد و با افزایش سطح شتاب وارده تشدید کمتر خواهد شد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

با افزایش ضخامت لایه‌های سطحی تشدید در پریودهای بالاتر رخ می‌دهد و با افزایش سطح شتاب وارده به دلیل وارد شده به رفتار غیر خطی خاک، باعث کاهش تشدید می‌شود.

۱۴- کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) مدت زمان زلزله نشان دهنده میزان انرژی منتقل شده به سازه می‌باشد.
- (۲) با افزایش نسبت میرایی تشدید کاهش می‌یابد.
- (۳) پریود جابجایی کمتر از پریود شتاب و سرعت می‌باشد.
- (۴) با کاهش نسبت امپدانس تشدید افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

پریود جابجایی < پریود سرعت < پریود شتاب
فرکانس شتاب < فرکانس سرعت < فرکانس جابجایی

۱۵- کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) ضریب بزرگ‌نمایی نهایی متوسط برای ساختگاه با خاک رس نرم با افزایش شتاب در سنگ بستر افزایش می‌یابد.
- (۲) در شتاب‌های حداکثر کوچک در سنگ بستر شتاب در سطح خاک تاچند برابر تقویت می‌شود.
- (۳) حداکثر تقویت طیف پاسخ در فرکانس طبیعی نهشته خاک اتفاق می‌افتد.
- (۴) لایه‌های خاک، شتاب طیفی بستر را در پریودهای بلند پیش از پریودهای کوتاه تقویت می‌کنند.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

ضریب بزرگ‌نمایی متوسط برای ساختگاه‌های با خاک رس نرم با افزایش شتاب در سنگ بستر کاهش می‌یابد.

۱۶- برای لرزش‌های شدید بزرگ‌نمایی.....

- (۱) پریودهای کوچک مقدار بزرگی است.

- (۲) پریودهای کوچک مقدار کوچکی است
 (۳) پریودهای بلند مقدار کوچکی است.
 (۴) بزرگ نمایی مستقل از پریود لایه خاک می باشد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

برای لرزش‌های شدید بزرگ‌نمایی پریودهای کوچک مقدار کوچکی می باشد.

۱۷- در کدامیک از لایه‌های خاک زیر تشدید بیشتر می باشد؟

- (۱) رس با PI پایین
 (۲) رس با PI بالا
 (۳) ماسه
 (۴) شن

حل: گزینه ۲ صحیح است.

هر چه خاک درشت دانه تر باشد میزان میرایی در خاک بیشتر خواهد شد و هرچه قدر PI خاک افزایش یابد میرایی خاک کمتر خواهد شد. بنابراین بیشترین تشدید مربوط به رس با PI بالا می باشد.

۱۸- کدام گزینه صحیح می باشد؟

- (۱) مقیاس بزرگای گشتاور برای بیان زلزله‌های بزرگ مناسب است.
 (۲) برای بیان زلزله‌های عمیق از بزرگای موج حجمی استفاده می شود.
 (۳) بزرگای موج سطحی بر پایه امواج رایلی می باشد.
 (۴) همه موارد

حل: گزینه ۴ صحیح است.

۱۹- اگر در زلزله‌ای پریود غالب زلزله $T_p = 0.3 \text{ sec}$ ، و لایه سطحی داری $G = 80 \text{ MPa}$ ، $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ باشد. آنگاه بحرانی ترین ضخامت این لایه که در آن تشدید رخ می دهد چند متر است؟

- (۱) 15m (۲) 20m (۳) 25m (۴) 30m

حل: گزینه ۱ صحیح است.

برای محاسبه ضخامت بحرانی تشدید باید ابتدا سرعت موج برشی را بدست آوریم:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{20}{10} = 2 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{80 \times 10^6}{2000}} = 200 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

فرکانس مود n ام در لایه خاک با استفاده از رابطه زیر بدست می آید:

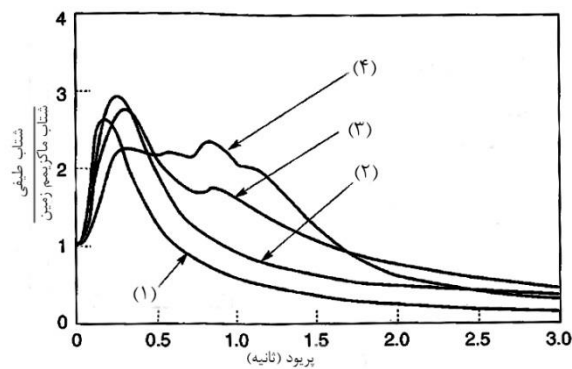
$$f_n = (2n - 1) \frac{V_s}{4H}$$

که در آن H ضخامت لایه خاک می باشد. تشدید در کوچکترین فرکانس طبیعی رخ خواهد دارد:

$$f_1 = \frac{V_s}{4H}, \quad f_1 = \frac{1}{T_1}$$

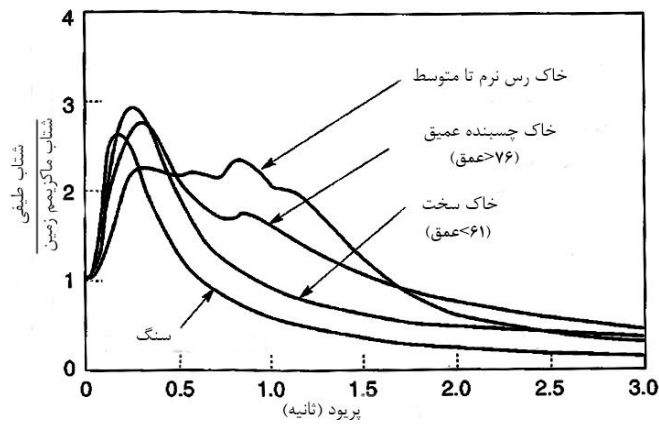
$$H = \frac{V_s T_1}{4} = \frac{(200)(0.3)}{4} = 15\text{m}$$

۲۰- با توجه به شکل زیر طیف‌ها پاسخ نرمال شده (۱)، (۲)، (۳) و (۴) مربوط به کدام ساختگاه می باشند؟

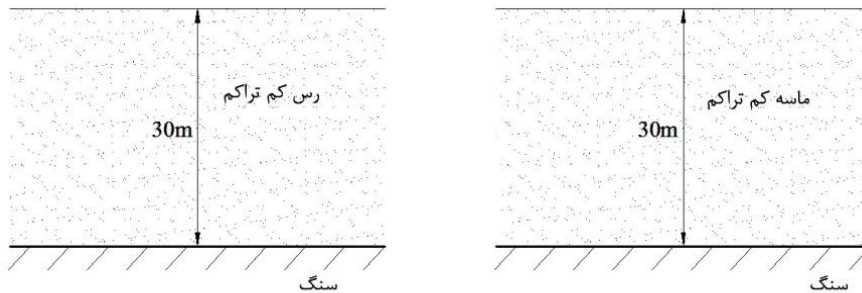


- (۱) (۱) سنگ، (۲) خاک سخت، (۳) خاک چسبنده عمیق، (۴) خاک نرم
 (۲) (۱) خاک سخت، (۲) سنگ، (۳) خاک چسبنده عمیق، (۴) خاک نرم
 (۳) (۱) خاک سخت، (۲) خاک چسبنده عمیق، (۳) خاک نرم، (۴) سنگ
 (۴) (۱) خاک نرم، (۲) خاک سخت، (۳) خاک چسبنده عمیق، (۴) سنگ

حل: گزینه ۱ صحیح است:



۲۱- تشدید در کدام لایه بیشتر می‌باشد (مشخصات دو لایه یکسان بوده، فقط سرعت موج برشی در رس کمتر از ماسه می‌باشد)؟

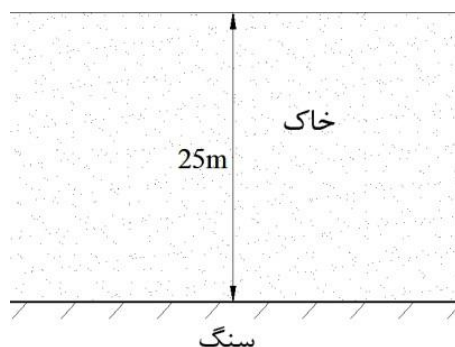


- ۱) در زلزله‌های با شتاب $a_{max} < 0.4g$ تشدید در ماسه بیشتر است.
- ۲) در زلزله‌های با شتاب $a_{max} > 0.4g$ تشدید در رس بیشتر است.
- ۳) در زلزله‌هایی با شتاب $a_{max} < 0.4g$ تشدید در رس بیشتر است.
- ۴) نمی‌توان اظهار نظر دقیقی کرد.

حل گزینه ۳ صحیح است.

در مقادیر شتاب‌های پایین تا متوسط ($a_{max} < 0.4g$) شتاب‌ها ماکزیمم در ساختگاه‌های نرم، بزرگتر از است شتاب‌ها در ساختگاه‌های سنگی می‌باشند. با توجه به اینکه سرعت موج برشی در رس کمتر از ماسه می‌باشد در نتیجه سختی و نسبت امپدانس لایه رسی کمتر بوده و تشدید در آن بیشتر خواهد بود.

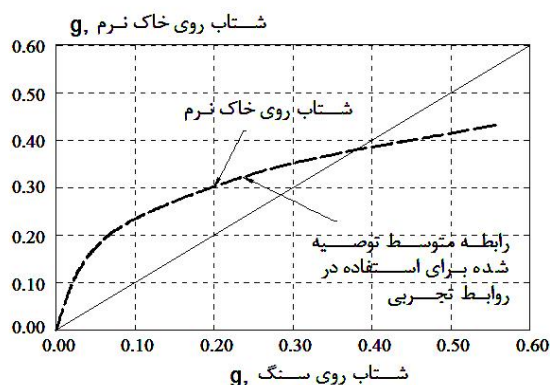
۲۲- کدام گزینه در مورد لایه خاک نرم شکل زیر صحیح می‌باشد؟



- (۱) برای شتاب‌های ماکزیمم کوچک مقدار شتاب در خاک نرم بزرگتر از سنگ می‌باشد.
- (۲) برای شتاب‌های ماکزیمم بزرگ مقدار شتاب در خاک نرم بزرگتر از سنگ می‌باشد.
- (۳) برای شتاب‌های ماکزیمم بزرگ مقدار شتاب در خاک نرم کمتر از سنگ می‌باشد.
- (۴) گزینه ۱ و ۳ صحیح است.

گزینه ۴ صحیح است.

برای شتاب‌های ماکزیمم کوچک مقدار این شتاب در سطح توده خاکی کمی بزرگتر از سنگ می‌باشد و برای شتاب‌های ماکزیمم بزرگ عکس از مطلب صادق است.



برای زلزله‌های با شتاب‌های حداکثر کوچکی بین $0.05g \leq a_{max} \leq 0.1g$ در ساختگاه‌های با لایه رس نرم چند تا چند صد فوت و عمق سنگ تا چند صد فوت، با ضریب بزرگنمایی 1.5 تا 4 تقویت می‌شوند.

فصل چهارم

پایداری شیروانی‌ها

نکات مهم

ارزیابی پایداری شیروانی

پایداری شیروانی از عوامل متعددی تاثیرپذیر می‌باشد و ارزیابی کامل از پایداری آن مستلزم در نظر گرفتن اثر تمامی این عوامل می‌باشد. خصوصیات زمین‌شناسی، هیدرولوژیکی، توپوگرافی، هندسه و مصالح، همگی بر پایداری یک شیروانی بخصوص اثر می‌گذارند.

تحلیل پایداری استاتیکی شیروانی‌ها

در شرایطی که تنش برشی ایجاد شده در شیروانی در روی بعضی از صفحات مساوی یا بزرگتر از مقاومت برشی بالقوه در روی آن صفحات گردند، شیروانی دچار ناپایداری خواهد شد. برای شیروانی‌هایی که، تنش برشی مورد نیاز جهت حفظ تعادل در بارگذاری‌های استاتیکی ثقلی بزرگ باشند، تنش‌های دینامیکی اضافی جهت تولید ناپایداری ممکن است کوچک باشند. بنابراین پایداری لرزه‌ای یک شیروانی متأثر از پایداری استاتیکی آن است.

متداولترین روش‌های مورد استفاده در تحلیل پایداری استاتیکی شیروانی‌ها، تحلیل‌های تعادل حدی و تنش - تغییر شکل می‌باشد. در تحلیل تعادل حدی، تعادل نیرو با گشتاور توده‌ای از خاک روی یک سطح گسیختگی بالقوه با در نظر گیری فرضیات زیر مورد بررسی قرار می‌گیرد:

- خاک روی سطح گسیختگی صلب در نظر گرفته می‌شود (برش تنها روی این سطح اتفاق می‌افتد)

- مقاومت برشی خاک بر روی این سطح با سرعت یکسانی در تمامی نقاط بسیج می‌شود. پایداری شیروانی معمولا برحسب ضریبی که متداولترین آن ضریب اطمینان بوده و در تعادل حدی بصورت زیر تعریف می‌گردد، بیان می‌شود:

$$FS = \frac{\text{مقاومت برشی خاک}}{\text{تنش برشی ایجاد شده در شیروانی}}$$

ضرائب اطمینان حداقل مورد استفاده در طراحی شیروانی‌ها حدود ۱/۵ برای شرایط بارگذاری عادی دراز مدت و حدود ۱/۳ برای شیروانی‌های موقت یا شرایط انتهایی ساخت برای شیروانی‌های دائم می‌باشد. در شیروانی‌های همگن سطح شکست بحرانی معمولا شکل دایره‌ای یا اسپیرال لگاریتمی است. هنگامیکه بالای شیروانی خاک‌هایی با مقاومت چسبندگی زیاد وجود داشته و یا در خاک‌هایی با مقاومت اصطکاکی بالا سطح شکست با شیبی تند در قاعده شیروانی بوجود می‌آید.

تحلیل پایداری لرزه‌ای شیروانی‌ها

ناپایداری لرزه‌ای شیروانی‌ها براساس اینکه کدامیک از این اثرات در یک شیروانی مخصوص غالب می‌باشند به دو گروه زیر دسته بندی می‌گردد:

- ناپایداری اینرسی
- ناپایداری سست کننده

ناپایداری‌های اینرسی مقاومت برشی خاک نسبتا ثابت مانده، لیکن تغییر شکل‌های شیروانی بوسیله تنش‌های دینامیکی زلزله که بزرگتر از مقاومت خاک می‌باشند، گسترش می‌یابند. ناپایداری سست کننده آن‌هایی هستند که در آنها، زلزله خاک را تا میزانی ضعیف می‌کند که تحت تنش‌های تولید شده در اثر زلزله نمی‌تواند پایدار باقی ماند. روانگرایی جریانی و تحریک سیکلی متداولترین دلایل بروز ناپایداری‌های سست کننده می‌باشند. متداولترین روش تحلیل پایداری لرزه‌ای شیروانی‌ها روش تحلیل شبه استاتیکی می‌باشد.

◆ روانگرایی جریانی و تحریک سیکلی متداولترین دلایل بروز ناپایداری‌های سست کننده می‌باشند.

◆ متداولترین روش تحلیل پایداری لرزه‌ای شیروانی‌ها روش تحلیل شبه استاتیکی می‌باشد.

تحلیل شبه استاتیکی

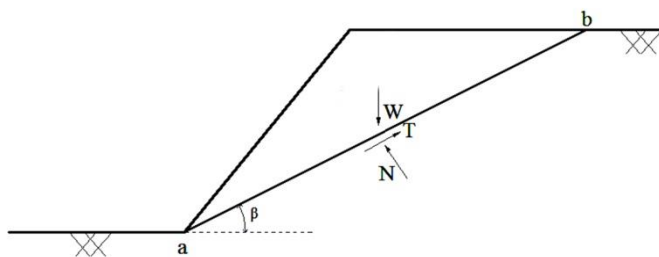
◆ در حالت استاتیکی نیروی‌های زیر بر شیروانی وارد می‌شود:

- نیروی محرک: $W \sin \beta$
- نیروی مقاوم: $W \cos \beta \tan \Phi$

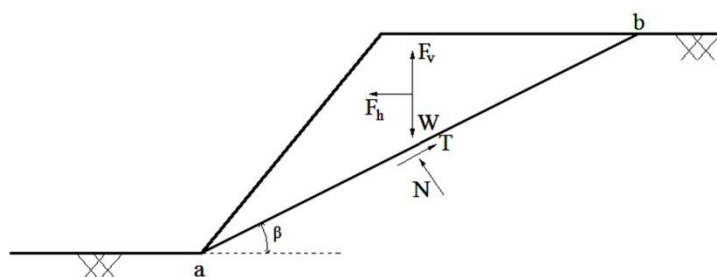
ضریب اطمینان بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$FS = \frac{cl_{as} + W \cos \beta \tan \Phi}{W \sin \beta}$$

که در آن c, Φ بترتیب زاویه اصطکاک داخلی و چسبندگی خاک می‌باشند l_{ab} طول سطح گسیختگی می‌باشد.



تحلیل‌های شبه استاتیکی، در معمول‌ترین شکل خود، اثرات ارتعاشات زلزله را بوسیله شتابهای شبه استاتیکی که نیروهای اینرسی (F_v, F_h) مؤثر بر مرکز توده لغزشی ایجاد می‌نمایند منظور می‌کنند. مقادیر نیروهای شبه استاتیکی بقرار زیر می‌باشند:



$$F_h = \frac{a_h W}{g} = k_h W$$

$$F_v = \frac{a_v W}{g} = k_v W$$

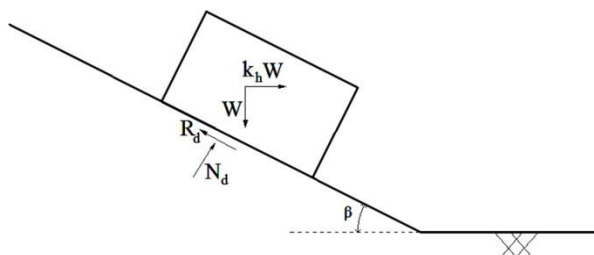
$$FS = \frac{c l_{ab} + [(W - F_v) \cos \beta - F_h \sin \beta] \tan \Phi}{(W - F_v) \sin \beta + F_h \cos \beta}$$

افزایش F_h, F_v هر دو ضریب اطمینان را کاهش می‌دهند. برای F_h برای $\Phi > 0$ نیروی مقاوم را کاهش و نیروی محرک را افزایش می‌دهد. مقدار ضریب اطمینان انتخاب شده در تحلیل پایداری شبه استاتیکی وابسته به دامنه نیروی اینرسی تولید شده در مصالح بالقوه ناپایدار می‌باشد. تحلیل‌های شبه استاتیکی برای خاک‌های که در اثر لرزش‌های زلزله فشارهای آب حفره‌ای بزرگی در آنها ایجاد شده و یا بیش از ۱۵٪ کاهش مقاومت نشان می‌دهند، ممکن است غیرقابل اعتماد باشند.

تحلیل بلوک لغزشی نیومارک

روش تحلیل شبه استاتیکی با وجود اینکه ضریب اطمینانی برای پایداری شیروانی ارائه می‌نماید. ولی اطلاعاتی از تغییرشکل‌های مرتبط با گسیختگی فراهم نمی‌کند. این درحالی است که خدمت‌پذیری یک شیروانی یا دیوار حائل بعد از زلزله بوسیله تغییر شکل‌ها کنترل می‌شود. نیومارک روشی زیر را برای در نظر گرفتن اثر زلزله بر روی شیب‌ها، سدها و خاکریزها ارائه کرده است:

بلوک زیر را در حالت پایدار در نظر بگیرید. تعادل استاتیکی بلوک نیازمند این است که نیروم مقاوم استاتیکی موجود از نیروی رانش استاتیکی بیشتر شود. با فرض مقاومت بلوک به طور کاملاً اصطکاکی در خاک‌های غیر چسبنده ضریب اطمینان بصورت زیر تعریف می‌شود:



$$FS = \frac{\text{نیروی مقاوم استاتیکی}}{\text{نیروی محرک استاتیکی}} = \frac{R_s}{D_s} = \frac{W \cos \beta \tan \Phi}{W \sin \beta} = \frac{\tan \Phi}{\tan \beta}$$

Φ زاویه اصطکاک بین بلوک و صفحه است. با در نظر گرفتن اثر نیروهای داخلی که بوسیله ارتعاش افقی مورب با شتاب $a_h(t) = k_h(t)$ در یک لحظه مشخص از زمان، شتاب افقی بلوک باعث ایجاد نیروی اینرسی افقی $k_h W$ می‌شود. زمانی که نیروی اینرسی در جهت شیب عمل می‌کند، با تجزیه نیروهای در جهت عمود بر شیب (برای سادگی از اثر شتاب قائم صرف‌نظر شده است)، خواهیم داشت:

$$FS = \frac{\text{نیروی مقاوم موجود}}{\text{نیروی محرک شبه استاتیکی}} = \frac{R_s}{D_s} = \frac{W \cos \beta \tan \Phi}{W \sin \beta} = \frac{\tan \Phi}{\tan \beta}$$

مقدار مثبتی از k_y وجود دارد که به ازای آن ضریب اطمینان مساوی با یک می‌گردد، ضریب گسیختگی نامیده می‌شود. این ضریب در اصطلاح ضریب تسلیم k_y متناظر با شتاب تسلیم $a_y = k_y g$ می‌باشد؛ شتاب گسیختگی (شتاب تسلیم) حداقل شتاب شبه استاتیکی است که بلوک را ناپایدار می‌سازد. برای بلوک در حالت لغزش به سمت پایین خواهیم داشت:

$$k_y = \tan(\Phi - \beta)$$

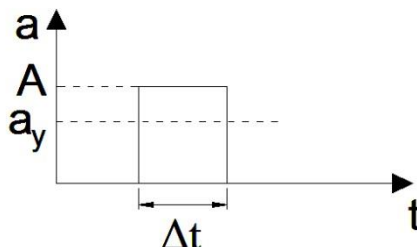
زمانیکه Φ و β کوچک هستند، لغزش در خلاف جهت شیب می‌تواند اتفاق افتد. برای لغزش در جهت بالا داریم:

$$k_y = \frac{\tan \Phi + \tan \beta}{1 + \tan \Phi \tan \beta}$$

جابجایی کلی یک قطعه لغزشی وابسته به دامنه و محتوای فرکانسی و همچنین مدت حرکت نیرومند زمین می‌باشد. روش تحلیل بلوک لغزشی هیچگونه اطلاعاتی در زمینه تغییرشکل‌های مربوط به گسیختگی شیروانی نمی‌دهد. تغییر مکان دائمی یک قطعه لغزشی متناسب با مربع پیروید می‌باشد. و تغییر مکان یک شیروانی در اثر یک نوسان منفرد با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$d_{rel} = \frac{V_{max}^2}{2a_y} \left[\frac{1 - a_y}{A} \right]$$

$$V_{max} = A \Delta t$$



جابجایی دائمی یک شیروانی تحت اثر زلزله با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$d_{max} = \frac{V_{max}^2 a_{max}}{2a_y a_y}$$

دقت تحلیل از روش بلوک لغزشی به دقت حرکت ورودی که به سطح شیب‌دار اعمال می‌شود بستگی دارد. تغییرات جزئی در شتاب گسیختگی می‌تواند به تغییر بزرگی در جابجایی تخمین زده منجر شود. برای شیروانی‌های متشکل از خاک سخت جابجایی در سراسر توده در فاز و برای شیروانی‌های متشکل از خاک نرم ممکن است جابجایی خارج از فاز باشد. مقاومت برشی بعضی از خاک‌ها تابع سرعت بارگذاری می‌باشد بنابراین شتاب گسیختگی می‌تواند در خلال یک زلزله با زمان تغییر نماید. جابجایی دائم یک شیروانی با مصالح سخت شونده کمتر از آن مقداری بدست آمده بوسیله تحلیل بلوک لغزشی و برای خاک‌های با رفتار کرنشی - نرم شده بیشتر از مقدار بدست آمده از تحلیل بلوک لغزشی می‌باشد.

تست‌های پایداری شبروانی‌ها

۱- پایداری لرزه‌ای یک شبروانی شدیداً متأثر از..... می‌باشد.

- | | |
|----------------------|----------------------|
| (۱) پایداری دینامیکی | (۲) پایداری استاتیکی |
| (۳) تنش‌های دینامیکی | (۴) گزینه (۱ و ۳) |

حل: گزینه ۲ صحیح است.

شبروانی‌ها در شرایطی که تنش‌های برشی ایجاد شده در روی بعضی از صفحات مساوی یا بزرگتر از مقاومت برشی بالقوه در روی آن صفحات گردد. دچار ناپایداری خواهند شد. برای شبروانی‌هایی که تنش‌های برشی مورد نیاز جهت حفظ تعادل در بارگذاری استاتیکی ثقلی بزرگ باشد، تنش‌های دینامیکی اضافی جهت تولید ناپایداری ممکن است کوچک باشد بنابراین پایداری لرزه‌ای یک شبروانی شدیداً متأثر از پایداری استاتیکی آن است.

۲- کدامیک از گزینه‌های زیر متداولترین روش‌های تحلیل پایداری استاتیکی شبروانی‌ها می‌باشند؟

- | | |
|---------------------------|------------------------|
| (۱) تحلیل حدی | (۲) تحلیل شبه استاتیکی |
| (۳) تحلیل تنش - تغییر شکل | (۴) گزینه (۱ و ۳) |

حل: گزینه ۴ صحیح است.

متداولترین روش‌های مورد استفاده در حال حاضر جهت تحلیل پایداری استاتیکی شبروانی‌ها، تحلیل‌های تعادل حدی و تنش - تغییر شکل می‌باشد. تحلیل شبه استاتیکی و تحلیل با پایداری اینرسی دار از روش‌های تحلیل پایداری لرزه‌ای شبروانی‌ها می‌باشد.

۳- کدامیک از فرضیات زیر در تحلیل تعادل حدی نادرست می‌باشد؟

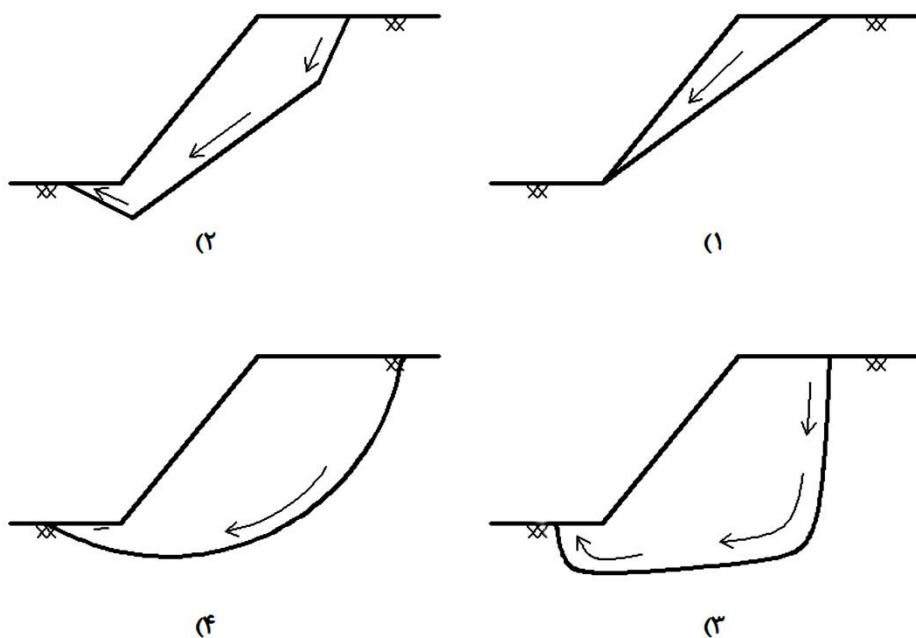
- (۱) تعادل نیرو با گشتاور توده‌ای از خاک روی یک سطح گسیختگی بالقوه مورد بررسی قرار می‌گیرد.
- (۲) خاک روی سطح گسیختگی صلب در نظر گرفته می‌شود.
- (۳) مقاومت برشی خاک بر روی سطح گسیختگی با سرعت یکسانی در تمامی نقاط بسیج می‌شوند.

۴) تغییر شکل شیروانی در سطح گسیختگی قابل اندازه‌گیری می‌باشد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

بدلیل اینکه خاک روی سطح شکست صلب با رفتار پلاستیک فرض می‌شود. تحلیل حدی هیچگونه اطلاعاتی در خصوص تغییر شکل شیروانی‌ها نمی‌دهد.

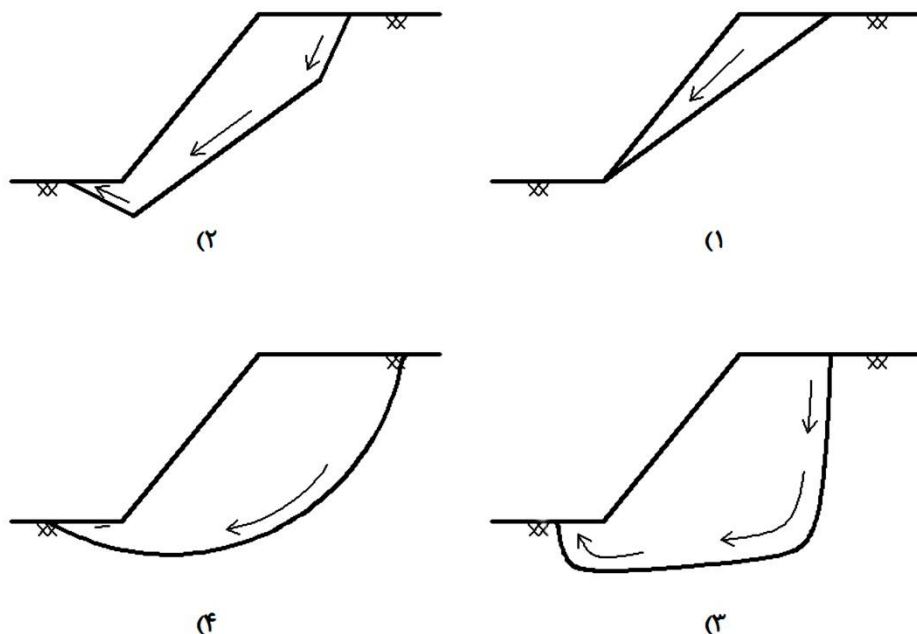
۴- کدامیک از گزینه‌های زیر مربوط به سطح شکست در شیروانی‌های همگن می‌باشد؟



حل: گزینه ۴ صحیح است

در شیروانی‌های همگن سطح شکست بحرانی معمولاً شکل دایره‌ای یا اسپیرال لگاریتمی خواهد داشت. از آنجایی که ضرایب اطمینان حداقل برای سطوح شکست دایره‌ای و اسپیرال لگاریتمی خیلی بهم نزدیک هستند در شیروانی‌های همگن معمولاً سطوح شکست را دایره‌ای در نظر گرفته می‌شود.

۵- کدامیک از نمودارهای شکل زیر مربوط به خاک ناهمگن می‌باشد؟



حل: گزینه ۳ صحیح است

هنگامیکه خاک همگن نباشد بعنوان مثال وقتیکه لایه‌هایی با اختلاف مقاومت قابل ملاحظه و شدیداً غیرایزوتوپ و یا ناپیوسته وجود داشته باشد آنگاه سطوح شکست غیردایره‌ای خواهد بود (شکل ۳).

۶- چه هنگامی سطح شکست با شیب تند در قاعده شیروانی بوجود می‌آید؟

(۱) هنگامی که بالای شیروانی تحت تنش فشاری بزرگ می‌باشد.

(۲) هنگامیکه بالای شیروانی خاک‌هایی با مقاومت چسبندگی زیاد وجود داشته باشد.

(۳) در خاک‌هایی با مقاومت اصطکاکی بالا.

(۴) گزینه ۲ و ۳

حل: گزینه ۴ صحیح است.

هنگامی که بالای شیروانی خاک‌هایی با مقاومت چسبندگی زیاد وجود داشته، یا در خاک‌هایی با مقاومت اصطکاکی بالا سطح شکست با شیبی تند در قاعده شیروانی بوجود می‌آید.

۷- ضرایب اطمینان حداقل مورد استفاده برای طراحی شیروانی‌ها چقدر می‌باشد؟

- ۱) ۱/۳ برای بارگذاری عادی دراز مدت و ۱ برای شیروانی‌های موقت.
- ۲) ۱/۳ برای شرایط بارگذاری عادی دراز مدت و ۱/۱ برای شیروانی‌های موقت.
- ۳) ۱/۵ برای شرایط بارگذاری عادی دراز مدت و ۱/۳ شیروانی‌های موقت.
- ۴) ۱/۵ برای شرایط بارگذاری عادی و دراز مدت و ۱/۱ شیروانی‌های موقت.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

ضرایب اطمینان حداقل مورد استفاده در طراحی شیب‌ها حدود ۱/۵ برای شرایط بارگذاری عادی دراز مدت و حدود ۱/۳ برای شیروانی‌های موقت یا شرایط انتهایی ساخت برای شیروانی‌های دائم یعنی زمانی که استهلاک فشار آب حفره‌ای با زمان موجب افزایش پایداری شیروانی خواهد شد، می‌باشد.

$$FS = \frac{\text{مقاومت برش خاک}}{\text{تنش برش ایجاد شده در شیروانی}} \quad (\text{اطمینان ضریب})$$

۸- کدام گزینه نادرست است؟

- ۱) در ناپایداری‌های اینرسی مقاومت برشی خاک نسبتاً ثابت می‌ماند.
- ۲) تغییر شکل‌های شیروانی بوسیله تنش‌های دینامیکی زلزله گسترش می‌یابند.
- ۳) ناپایداری‌های سست کننده آنهایی هستند که در آنها زلزله خاک را تا میزانی ضعیف می‌کند که تحت تنش‌های تولید شده در اثر زلزله پایدار باقی بمانند.
- ۴) روانگرایی جریان‌ی و تحریک سیلکی متداول ترین دلایل بروز ناپایداری اینرسی می‌باشند.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

ناپایداری لرزه‌ای شیروانی‌ها براساس اینکه کدامیک از این اثرات در یک شیروانی بخصوص غالب می‌باشند به دو گروه دسته بندی می‌گردد. در ناپایداری اینرسی مقاومت برشی خاک نسبتاً ثابت مانده، لیکن تغییر شکل‌های شیروانی بوسیله تنش‌های دینامیکی زلزله که بزرگتر از مقاومت خاک می‌باشند، گسترش می‌یابد. ناپایداری سست کننده آنهایی هستند که در آنها زلزله خاک را تا میزانی ضعیف می‌کند که تحت تنش‌های تولید شده در زلزله نمی‌توانند پایدار باقی بمانند. روانگرایی جریان‌ی و تحریک سیلکی متداول ترین دلایل بروز ناپایداری سست کننده می‌باشند.

۹- کدام گزینه نشان دهنده زمان تناوب برای خاکریز می‌باشد؟ (H ارتفاع و v سرعت موج برش)

$$(1) \frac{4H}{vS} \quad (2) \frac{2.6 H}{vS} \quad (3) \frac{H}{vS} \quad (4) \frac{2H}{vS}$$

حل گزینه ۲ صحیح است.

۱۰- کدام گزینه نشان دهنده زمان تناوب برای سطح مسطح می‌باشد؟

$$(1) \frac{4H}{vS} \quad (2) \frac{2.6 H}{vS} \quad (3) \frac{H}{vS} \quad (4) \frac{2H}{vS}$$

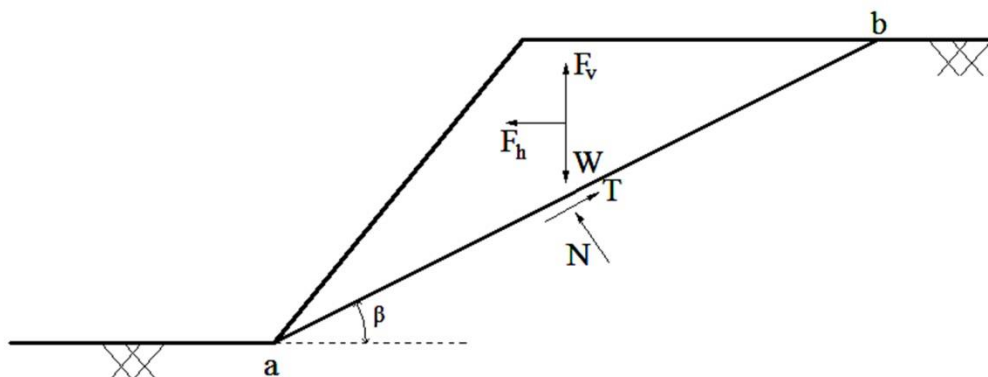
حل گزینه ۱ صحیح است.

۱۱- کدام گزینه در مورد نیروهای شبه استاتیکی صحیح می‌باشد /

- (۱) نیروی شبه استاتیکی افقی ضریب اطمینان را افزایش می‌دهد.
- (۲) نیروی شبه استاتیکی افقی تاثیر کمی بر ضریب اطمینان دارد.
- (۳) نیروی شبه استاتیکی قائم ضریب اطمینان را افزایش می‌دهد.
- (۴) نیروی شبه استاتیکی قائم می‌تواند موجب کاهش نیروی مقاوم و محرک گردند.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

نیروهای موثر بر گوه لغزشی خاک بالای سطح شکست در تحلیل پایداری شبه استاتیکی شیروانی در شکل زیر نشان داده شده‌اند.



در حالت استاتیکی:

$$F_v = F_h = 0$$

$$\text{نیروی محرک} = W \sin \beta$$

$$\text{نیروی مقاوم} = W \sin \beta \tan \Phi$$

$$FS = \frac{W \cos \beta \tan \Phi}{W \sin \beta} = \frac{\tan \Phi}{\tan \beta}$$

که در آن Φ ضریب اصطکاک داخلی خاک می باشد.

حال اگر به این سیستم نیروهای شبه استاتیکی را وارد کنیم:

$$F_h = \frac{a_h W}{g} = k_h W$$

$$F_v = \frac{a_v W}{g} = k_v W$$

$$FS = \frac{c l_{ab} + [(W - F_v) \cos \beta - F_h \sin \beta] \tan \Phi}{(W - F_v) \sin \beta + F_h \cos \beta}$$

در این رابطه c و Φ پارامترهای مقاومت موثر - کولمب بوده که مقاومت برشی بر روی سطح شکست را نشان داده و l_{ab} طول سطح شکست می باشد. نیروی شبه استاتیکی افقی بروشنی ضریب اطمینان را کاهش می دهد این نیرو، نیروی مقاوم را تقلیل داده ($\Phi > 0$) و نیروی محرک را افزایش می دهد. نیروی شبه استاتیکی قائم تاثیر کمتری بر ضریب اطمینان دارد. این نیرو موجب کاهش (یا افزایش، بسته به جهت آن) هر دو نیروی مقاوم و محرک می گردد.

۱۲- روش تحلیل شبیه استاتیکی برای کدامیک از خاکها غیر قابل اعتماد می باشد؟

- ۱) برای خاکهایی که در آنها فشار آب حفره ای بزرگی ایجاد می شود.
- ۲) برای خاکهای چسبنده با پلاسنیته بالا.
- ۳) برای خاکهایی که هنگام زلزله بیش از ۱۵٪ کاهش مقاومت نشان می دهند.
- ۴) گزینه ۱ و ۲

حل: گزینه ۴ صحیح است.

تحلیل های شبه استاتیکی برای خاکهایی که در اثر لرزش های زلزله فشارهای آب حفره ای بزرگ در آنها ایجاد شده و یا بیش از ۱۵٪ کاهش مقاومت نشان می دهند ممکن است غیر قابل اعتماد باشد.

۱۳- کدام گزینه در مورد ضریب اطمینان شبه استاتیکی صحیح می باشد؟

- (۱) در طول زلزله ثابت است.
 (۲) در طول زلزله متغیر است.
 (۳) در طول زلزله بطور پیوسته کاهش می‌یابد.
 (۴) در طول زلزله بطور پیوسته افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

شتاب زلزله با زمان متغیر است بنابراین ضریب اطمینان شبه استاتیکی در طول زلزله تغییر می‌کند.

۱۴- کدام گزینه در تحلیل بلوک لغزشی نیومارک صحیح نمی‌باشد؟

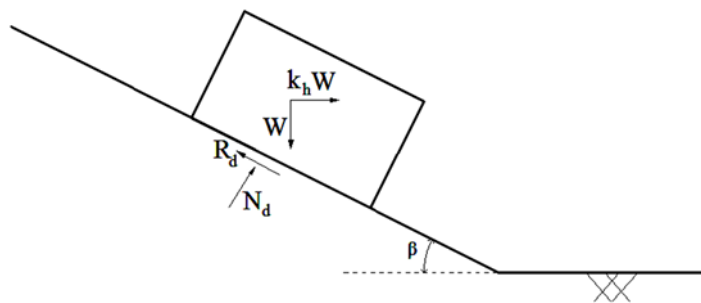
- (۱) برای مقادیر مثبت k_h که $FS = 1$ شود. آنگاه ضریب تسلیم (گسیختگی) $a_y = k_h$ می‌باشد.
 (۲) در حالت لغزش در جهت شیب $k_y = \tan(\Phi - \beta)$
 (۳) امکان حرکت بلوک لغزشی در خلاف جهت شیب وجود ندارد.
 (۴) شتاب گسیختگی حداقل یک مقدار شتاب شبه استاتیکی است که موجب ناپایداری بلوک خواهد شد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

ضریب اطمینان بلوک لغزشی به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$FS_d = \frac{R_d(t)}{N_d(t)} = \frac{[\cos \beta - k_h(t) \sin \beta] \tan \Phi}{\sin \beta + k_h(t) \cos \beta}$$

بدیهی است که ضریب اطمینان دینامیکی با افزایش k_h کاهش می‌یابد. مقدار مثبتی برای k_h (برای بلوک پایدار در حالت استاتیکی) می‌توان در نظر گرفت که ضریب اطمینان معادل یک تولید نماید این ضریب گسیختگی نامیده می‌شود، k_y ، متناظر با شتاب گسیختگی می‌باشد، $a_y = k_y g$ شتاب گسیختگی حداقل یک مقدار شتاب شبه استاتیکی است که موجب ناپایداری بلوک خواهد شد



برای لغزش در جهت شیب شتاب گسیختگی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$k_y = \tan(\Phi - \beta)$$

اگر مقدار Φ و β کوچک باشند آنگاه لغزش می‌تواند در خلاف جهت شیب اتفاق بیفتد در این حال برای شتاب گسیختگی داریم:

$$k_y = \frac{\tan \Phi - \tan \beta}{1 + \tan \Phi \tan \beta}$$

۱۵- کدام گزینه نشان دهنده تغییر شکل دائمی زلزله در شیروانی‌ها می‌باشد؟

$$\frac{V_{max}^2}{a_y} \frac{a_{max}}{a_y} \quad (۲) \qquad \frac{2V_{max}^2}{a_y} \frac{a_{max}}{a_y} \quad (۱)$$

$$\frac{4V_{max}^2}{3a_y} \frac{a_{max}}{a_y} \quad (۴) \qquad \frac{V_{max}^2}{2a_y} \frac{a_{max}}{a_y} \quad (۳)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

تغییر شکل دائمی شیروانی‌ها در هنگام زلزله از رابطه زیر بدست می‌آید. که در آن V_{max} سرعت حداکثر امواج زلزله، a_{max} و a_y به ترتیب شتاب حداکثر و شتاب گسیختگی می‌باشند.

$$d_{max} = \frac{V_{max}^2}{2a_y} \frac{a_{max}}{a_y}$$

۱۶- جابجایی کلی شیروانی به کدامیک از عوامل زیر بستگی دارد؟

- | | |
|---------------------------|-------------------|
| (۱) دامنه شتاب | (۲) محتوای فرکانس |
| (۳) مدت حرکت نیرومند زمین | (۴) همه موارد |

حل: گزینه ۴ صحیح است.

جابجایی نسبی ایجاد شده در اثر یک نوسان منفرد از حرکت نیرومند زمین به هر دو پارامتر دامنه و محتوای فرکانسی آن نوسان بستگی دارد. جابجایی کلی همچنانکه به دامنه و محتوای فرکانس وابسته است از مدت حرکت نیرومند زمین نیز متأثر خواهد بود.

۱۷- کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست می‌باشد؟

- (۱) جابجایی نسبی شیروانی به شدت، مقدار و طول زمانی بستگی دارد که طی آن شتاب زمین از شتاب تسلیم توده خاک تجاوز می‌کند.
- (۲) تغییر مکان دائمی یک قطعه لغزشی تحت تاثیر حرکات پربودیک مستطیلی کمتر از حرکات پربودیک سینوسی می‌باشد.
- (۳) تغییر مکان یک شیروانی در اثر نوسان منفرد: $d_{vel} = \frac{V_{max}^2}{2ag} \left[\frac{1-ay}{A} \right]$
- (۴) در روش نیومارک تعداد نوسانات زمین می‌تواند برابر نسبت $\frac{A}{a_y}$ در نظر گرفته شود.

حل: گزینه ۲ صحیح است

تغییر مکان دائمی مستطیلی < سینوسی < مثلی

۱۸- کدامیک از گزینه های زیر صحیح می‌باشد؟

- (۱) تغییرات جزئی در شتاب گسیختگی موجب تغییر بزرگ در جابجایی تخمین زده می‌شود.
- (۲) تغییرات بزرگ در توزیع دامنه‌های نوسان شتاب میان حرکات مختلف زمین، تغییرات بزرگی در جابجایی‌های تخمین زده شیروانی خواهد داشت.
- (۳) حرکات زمین با دامنه، محتوای فرکانسی و مدت‌های یکسان می‌توانند مقادیر بسیار متفاوتی از جابجایی تخمین زده برای شیروانی‌ها ایجاد نماید.
- (۴) همه گزینه ها

حل: گزینه ۴ صحیح است.

۱۹- کدام گزینه نادرست می‌باشد؟

- (۱) تغییر مکان محاسبه شده برای یک شیروانی با شتاب گسیختگی نسبتاً کم، کمتر از تغییر مکان مربوط به یک شیروانی با شتاب گسیختگی بزرگتر خواهد بود.
- (۲) دقت تحلیل به روش بلوک لغزشی به دقت حرکت ورودی که سطح شیب‌دار اعمال می‌شود بستگی دارد.
- (۳) برای شیروانی‌های متشکل از خاک بسیار سخت و یا شیروانی‌هایی تحت حرکت زمین با فرکانس پایین جابجایی‌های جانبی در سراسر توده لغزشی تقریباً در فاز می باشد.
- (۴) برای شیروانی تحت حرکت زمین با فرکانس بالا جابجایی ممکن است خارج از فاز باشد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

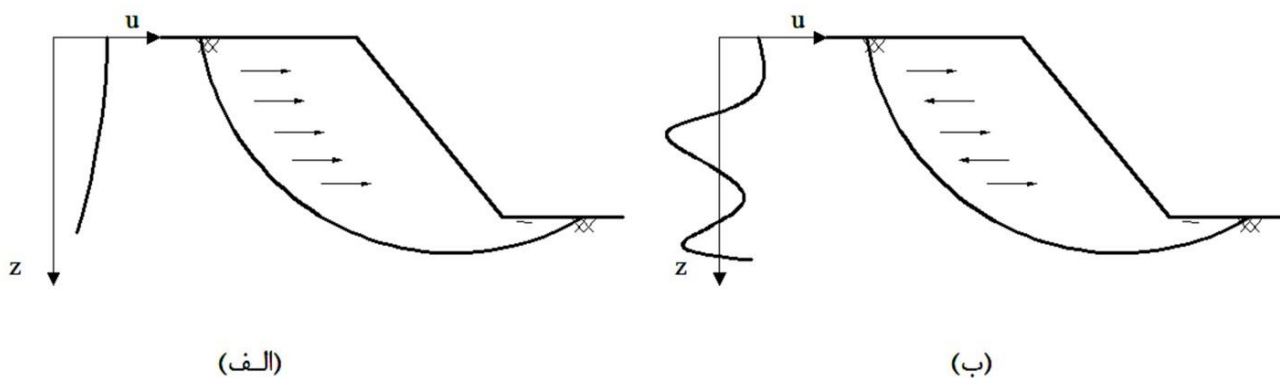
از آنجاییکه جابجایی دائمی از انتگرال گیری مضاعف شتاب اضافی (نسبت به شتاب گسیختگی) بدست خواهد آمد. تغییرمکان‌های محاسبه شده برای یک شیروانی با شتاب گسیختگی کم نسبتاً بزرگتر از تغییرمکان‌های مربوط به یک شیروانی با شتاب گسیختگی بزرگتر خواهد بود.

۲۰- اثر فرکانس بر حرکات ایجاد شده در شیروانی‌ها چگونه است؟

- (۱) در شیروانی‌های خاک نرم بالای صفحه لغزش هم در فاز و هم در فاز مخالف می‌توانند حرکت کنند.
- (۲) برای شیروانی‌های تحت حرکت زمین با طول موج کوتاه توده لغزشی در فاز حرکت می‌کند.
- (۳) برای شیروانی‌های تحت حرکت زمین با فرکانس بالا توده لغزشی در فاز حرکت می‌کند.
- (۴) در شیروانی‌های با خاک سخت جابجایی توده لغزشی ضرورتاً در فاز خواهد بود.

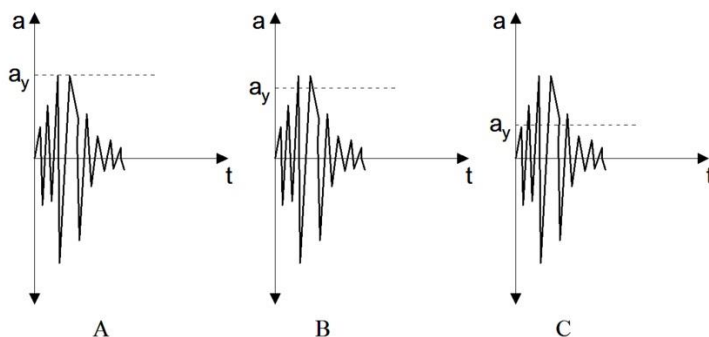
حل: گزینه ۴ صحیح است.

برای شیروانی‌های متشکل از خاک بسیار سخت و یا شیروانی‌های تحت حرکت زمین با فرکانس پایین (ترکیبی که طول موجهای بزرگ تولید می‌کند.) جابجایی در سراسر توده لغزشی در فاز می‌باشد شکل (الف). و فرض بلوک صلب حداقل با تقویت مناسبی رضایت بخش خواهد بود. جابجایی جانبی در توده‌های لغزشی مربوط به شیروانی‌های متشکل از خاک نرمتر و یا شیروانی‌های تحت حرکت زمین با فرکانس بالا (طول موج کوتاه) به هر حال ممکن است خارج از فاز باشد.



شکل (الف) خاک سخت با فرکانس پایین (طول موج بلند). (ب) خاک نرم با فرکانس بالا (طول موج کوتاه)

۲۱- با توجه به نمودارهای زیر تغییر مکانهای دائمی در شیروانی زیر چگونه می‌باشد؟



- (۱) $C < B < A$
 (۲) $C = B < A$
 (۳) $C > B > A > 0$
 (۴) $C > B, A = 0$

حل: گزینه ۴ صحیح است.

تغییر مکان‌های دائمی شیروانی به رابطه میان شتاب گسیختگی و شتاب ماکزیمم بستگی دارد. شکل A: چنانچه شتاب گسیختگی یک شیروانی بزرگتر از شتاب ماکزیمم یک حرکت مشخص زمین باشد هیچگونه جابجایی بوجود نخواهد آمد. همچنانکه شتاب گسیختگی کاهش می‌یابد. اشکال B و C جابجایی شیروانی نیز افزایش می‌یابد.

۲۲- کدام گزینه در مورد تغییر مکان‌های دائمی نرمالیزه شده با نسبت شتاب گسیختگی به شتاب ماکزیمم برای اشکال موج ساده صحیح می‌باشد؟

- (۱) جابجایی مستطیلی < مثلثی < سینوسی
 (۲) جابجایی مستطیلی < سینوسی < مثلثی
 (۳) جابجایی سینوسی < مثلثی < مستطیلی
 (۴) جابجایی مثلثی < سینوسی < مستطیلی

حل: گزینه ۲ صحیح است.

جابجایی مستطیلی < سینوسی < مثلثی

۲۳- کدام گزینه در مورد جابجایی دائم شیروانی‌ها صحیح می‌باشد؟

- (۱) جابجایی دائم یک شیروانی با مصالح نرم شونده بیشتر از مصالح سخت شونده و کمتر از مقدار تحلیل بلوک لغزشی می‌باشد.
- (۲) جابجایی دائم یک شیروانی با مصالح نرم شونده بیشتر از مصالح سخت شونده و هر دو بیشتر از مقدار تحلیل بلوک لغزشی می‌باشند.
- (۳) جابجایی دائم یک شیروانی با مصالح سخت شونده کمتر از مقدار بدست آمده از تحلیل بلوک لغزشی و برای شیروانی‌ها با مصالح نرم شونده بر عکس می‌باشد.
- (۴) با توجه به حرکات ورودی به شیروانی (درفاز یا خارج از فاز بودن جابجایی) هر کدام از موارد فوق می‌تواند اتفاق افتد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

شتابهای گسیختگی شیروانی‌هایی که از خاک نرم شونده یا سخت شونده تشکیل شده‌اند با جابجایی شیروانی تغییر خواهند کرد. در نتیجه جابجایی دائم یک شیروانی با مصالح سخت شونده کمتر از آن مقداری خواهد بود که بوسیله تحلیل بلوک لغزشی متداول بدست می‌آید. برای خاک‌های با رفتار کرنشی - نرم شونده عکس این موضوع صادق است.

۲۴- کدام گزینه در مورد ناپایداری‌های اینرسی دار صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) آنهايي هستند که در آنها مقاومت برشی خاک ضرورتاً ثابت می‌ماند.
- (۲) تغییر شکل‌های شیروانی در اثر تجاوز موقتی تنش‌های دینامیکی ناشی از زلزله از مقاومت خاک بوجود می‌آید.
- (۳) زمانی اتفاق می‌افتد که زلزله موجب تضعیف خاک گردد و نتواند تحت تنش‌های ناشی از زلزله پایدار بماند.
- (۴) برای تحلیل ناپایداری اینرسی دار از روش‌های شبه استاتیکی - بلوک لغزشی و تنش- تغییر شکل استفاده می‌شود.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

گزینه ۳ تعریف ناپایداری‌های سست کننده می‌باشد.

فصل پنجم

طرح لرزه‌های دیوارهای حائل

فشار استاتیکی بر دیوارهای حائل

سازه‌های حائل خاک نظیر دیوارهای حائل، دیوارهای زیر زمین، و دیوارهای ساحلی که برای حفاظت جداره شیروانی‌های خاکی مورد استفاده قرار می‌گیرند، تحت تاثیر فشارهای رانشی خاک قرار دارند. فشارهای فعال خاک در اثر فاصله گرفتن دیوار از خاک بوجود آمده و کرنش‌های کششی در خاک ایجاد می‌نمایند. زمانی که تغییر مکان دیوار جهت بسیج کامل مقاومت خاک پشت آن کافی باشد، حداقل فشار خاک بر دیوار وارد می‌شود. فشار مقاوم خاک زمانی که دیوار بطرف خاک حرکت کند ایجاد می‌شود که در این حالت کرنش جانبی در خاک تولید می‌گردد. هنگامیکه مقاومت خاک بصورت کامل بسیج شود حداکثر فشار مقاوم خاک بر دیوار وارد می‌شود.

فشار جانبی خاک طبق تئوری رانکین و کلمب

برای شرایط حداقل فعال، رانکین فشار بر نقطه‌ای در پشت دیوار حائل را بدینصورت بیان نموده است:

$$p_A = K_A \sigma_v - 2c\sqrt{K_A}$$

که در آن K_A ضریب حداقل فشار فعال خاک، σ_v فشار مؤثر در نقطه موردنظر و c چسبندگی خاک می‌باشد. برای خاکریزهای افقی با دیوار قائم داریم:

$$K_A = \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi}$$

خزش و خصوصیات نفوذپذیری پایین خاک‌های چسبنده موجب می‌گردد که این مصالح برای پشت دیوار حایل نامناسب باشند. برآیند فشار فعال خاک، P_A ، در نقطه‌ای با فاصله $H/3$ (ارتفاع دیوار) از قاعده دیوار اثر کرده و مقدار آن با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_A = \frac{1}{2} K_A \gamma H^2$$

اگر خاک چسبنده باشد برآیند فشار فعال خاک با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$P_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 - 2cH + \frac{2c^2}{\gamma}$$

تحت شرایط حداکثر فشار مقاوم، تئوری رانکین فشار خاک را بصورت زیر معرفی می‌کند:

$$p_p = K_p \sigma_v + 2c\sqrt{K_p}$$

در این رابطه K_p ضریب حداکثر فشار مقاوم خاک می‌باشد. برای دیوارهای حائل قائم با سطح افقی خاک در پشت آن داریم:

$$K_A = \frac{1 + \sin \Phi}{1 - \sin \Phi}$$

برآیند فشار مقاوم یا رانش مقاوم، P_p ، در نقطه $H/3$ از قاعده دیوار (که H ارتفاع دیوار است) عمل می‌نماید و مقدار آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2$$

اگر خاک چسبنده باشد برآیند فشار مقاوم خاک با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 + 2cH$$

نحوه محاسبه فشار فعال محرک و مقاوم در تئوری کولمب همانند روابط تئوری رانکین می‌باشد فقط نحوه محاسبه K_A و K_p متفاوت می‌باشد. لازم بذکر است که ضرایب رانکین و کولمب فشار مقاوم خاک را بترتیب کمتر و بیشتر از مقدار واقعی آن پیش‌بینی می‌کنند.

پاسخ دینامیکی دیوارهای حائل

افزایش فشار خاک در هنگام زلزله عاملی خرابی دیوارهای حائل بسیاری بوده است. اکثر این خرابی‌های مربوط به دیوارهای حائل ساحلی و پایه‌های کناری پل‌ها می‌شوند. افزایش فشار جانبی خاک در هنگام زلزله، باعث لغزش، کج شدن، و واژگونی دیوارهای حائل می‌گردد. علل خرابی دیوارهای حایل در هنگام زلزله به صورت زیر طبقه بندی می‌گردد:

- افزایش فشار جانبی خاک و آب زیرزمینی در هنگام زلزله
- کاهش فشار آب در جلوی دیوار
- روانگیرای مصالح خاکریز پشت دیوار

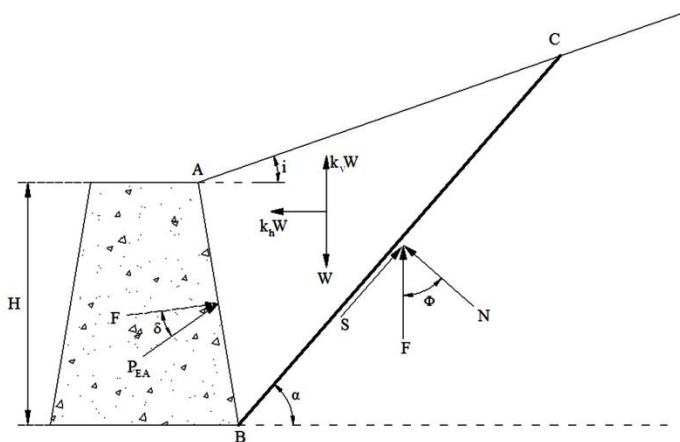
مقدار و توزیع فشار دینامیکی خاک به مود حرکت دیوار بستگی دارد. حداکثر رانش خاک بر دیوار زمانی ایجاد می‌شود که دیوار بسمت خاک پشت دوران یا انتقال داشته باشد. یعنی زمانی که نیروی اینرسی وارد بر دیوار در جهت خاکریز عمل کند. و حداقل رانش خاک بر دیوار زمانی ایجاد می‌شود که دیوار بصورت دوران و یا انتقال از خاک پشت فاصله گیرد. شکل توزیع فشار خاک بر پشت دیوار با حرکات دیوار تغییر می‌نماید. بنابراین نقطه اثر برآیند رانش خاک بر دیوار بطرف بالا و پایین حرکت خواهد کرد.

رانش دینامیکی متاثر از پاسخ دینامیکی دیوار و خاکریز پشت بوده و در حوالی فرکانس طبیعی سیستم خاک- دیوار ممکنست بمقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. تغییر مکان دائمی دیوار در حوالی فرکانس طبیعی سیستم خاک- دیوار افزایش یافته و اثرات پاسخ دینامیکی می‌تواند موجب خارج از فاز شدن تغییر شکل قسمت‌های مختلف دیوار شود. رانش‌های افزایش یافته ماندگار ممکنست پس از یک دوره حرکت نیرومند، بر دیوار حائل باقی ماند.

فشارهای لرزه‌ای بر دیوار حائل

روش مونونوب - اکابه

مونونوبه - اکابه رابطه فشار محرک کلمب را طوری اصلاح نمودند که اثرات شتاب قائم و افقی ناشی از ارتعاشات زلزله را شامل گردد. حل مونونوبه - اکابه بر مبنای فرضیات زیر قرار دارد:

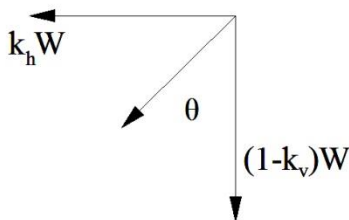


- گسیختگی در BC اتفاق می‌افتد.
- تغییر مکان دیوار به حدی است که حداقل فشار محرک بوجود می‌آید.
- مقاومت برشی خاک‌های غیرچسبنده خشک بصورت مقابل می‌باشد: $S = \sigma \tan \Phi$

- در لحظه گسیختگی مقاومت برشی کامل در BC بسیج می‌گردد.
 - خاک پشت دیوار صلب فرض می‌شود.
- نیروی محرک بدست آمده از تحلیل گوه مشروح در فوق به صورت زیر بدست می‌آید:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} K_{AE} \gamma H^2 [1 - k_v]$$

که در آن K_{AE} ضریب رانش فعال دینامیکی خاک و k_v ضریب شتاب قائم می‌باشند. زاویه برآیند نیروی زلزله، θ که به المان خاک وارد می‌شود بصورت زیر تعریف می‌گردد:



$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right)$$

k_h ضریب شتاب افقی و W وزن گوه گسیختگی می‌باشد. اگر $\Phi - \theta - i < 0$ هیچ جواب واقعی برای K_{AE} بدست نخواهد آمد. یعنی شرایط تعادل نمی‌تواند وجود داشته باشد. بنابراین برای پایدار دیوار حائل باید $k_h \leq (1 - k_v) \tan \Phi$ باشد.

تأثیر عوامل مختلف بر ضریب فشار محرک دینامیکی

پارامترهایی نظیر زاویه اصطکاک دیوار، زاویه اصطکاک داخلی خاک، و شیب خاکریز پشت دیوار با شدت‌های مختلفی بر روی ضریب فشار محرک K_{AE} اثر می‌گذارند. تاثیر هر کدام از این پارامترها بصورت زیر می‌باشند:

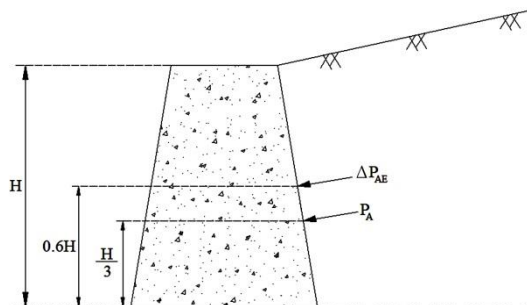
- تأثیر زاویه اصطکاک دیوار، تأثیر زاویه اصطکاک دیوار، δ بر K_{AE} ناچیز می‌باشد.
- تأثیر زاویه اصطکاک خاک، Φ بر K_{AE} بسیار زیاد می‌باشد.
- با افزایش شیب خاکریز، i مقدار K_{AE} افزایش می‌یابد.

یک ضریب شتاب افقی مثبت موجب می‌شود که رانش فعال کل از رانش فعال استاتیکی بیشتر و رانش مقاوم کل از رانش مقاوم استاتیکی کمتر گردد.

نقطه اثر برآیند نیروهای زمین

حل اولیه مونونوب- اکابه برای فشار محرک دیوارهای حائل در حین زلزله، نقطه تاثیر فشار برآیند خاک را در $\frac{1}{3}H$ از پای دیوار مشخص می‌کند. لیکن تمام آزمونهای آزمایشگاهی مین این مسئله هستند که فشار برآیند P_{AE} در ارتفاع \bar{H} که مقداری بالاتر از $\frac{1}{3}H$ است از پای دیوار اثر می‌کند. در ادامه نحوه محاسبه محل اثر P_{AE} برای سه حالت متفاوت ارائه می‌گردد.

الف) اگر خرابی به دلیل چرخش حول نقطه تحتانی باشد نقطه اثر رانش کل بصورت زیر محاسبه می‌شود:



$$\bar{H} = \frac{[P_A H/3 + \Delta P_{AE}(0.6H)]}{P_{AE}}$$

ب) اگر خرابی به دلیل جابجایی دیوار حائل به صورت جسم صلب باشد آنگاه:

$$\bar{H} = \frac{[P_A(0.42H) + \Delta P_{AE}(0.48H)]}{P_{AE}}$$

ج) اگر خرابی به دلیل چرخش حول نقطه بالایی باشد آنگاه:

$$\bar{H} = 0.55H$$

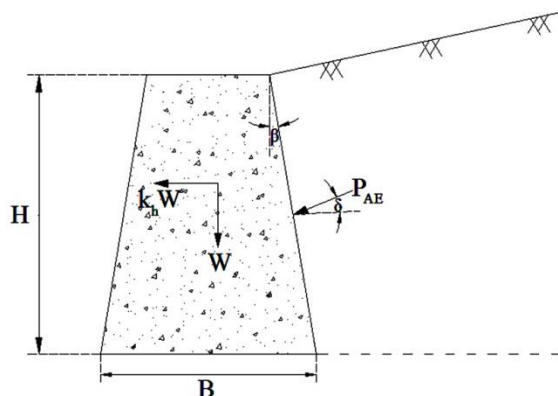
روش ریچارد-المس

ریچارد-المس، اولین روش طراحی سازه‌های حائل وزنی بر پایه تغییرمکان را ارائه دادند. در روش آنها به منظور اعمال تحلیل بلوک صلب لغزان نیومارک در تخمین تغییرمکان‌های ماندگار دیوارهای حائل فرضیاتی به شرح زیر انجام دادند:

- تمام تغییرمکان‌های ماندگار دیوار، توسط لغزش پای دیوار ایجاد می‌شود.
- تغییرمکان‌های ماندگار تنها زمانی حاصل می‌شوند که مقاومت برشی در محل اندکنش دیوار- خاک بستر به بیشترین میزان خود رسیده باشد.
- خاکریز در طی لغزش به سمت بیرون دیوار در حالت محرک قرار دارد.
- سطح شکست خاکریز، خطی است.
- معیار موهر-کولمب، حالت تنش در خاک را در حالت جریان خمیری توصیف می‌کند.
- شتاب خاکریز در گوه یکنواخت بوده و برابر با شتاب تسلیم دیوار، a_r است.

ریچارد-المس درباره فشار دینامیکی خاکریز بیان کردند که: "فشارهای جانبی خاک باید برابر حداقل مقادیر محاسبه شده از تحلیل مونونوبه-اکابه با ضریب شتاب تسلیم k_y باشد." به عبارت دیگر گوه گسیختگی با شتابی برابر با شتاب تسلیم و همراه دیوار در زمان لغزش حرکت می‌کند.

ضریب اطمینان شبه استاتیکی در برابر لغزش به صورت زیر به دست می‌آید:



نیروی مقاوم لغزش در پی = ضریب اطمینان در برابر لغزش
نیروی محرک لغزش در پی

$$FS_{sliding} = \frac{[W + P_{AE} \sin(\delta + \beta)] \tan \Phi_b}{k_h W + P_{AE} \cos(\delta + \beta)}$$

Φ_b زاویه اصطکاک بستر خاک می‌باشد.

با قرار دادن ضریب اطمینان برابر واحد در هنگام لغزش، ضریب شتاب تسلیم از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$K_y = \frac{a_y}{g} = \frac{[W + P_{AE} \sin(\delta + \beta)] \tan \Phi_b - P_{AE} \cos(\delta + \beta)}{W}$$

تشدید در خاک پشت دیوار هم نیروی وارد بر دیوار را افزایش داده و هم ارتفاع رانش برآیند را اضافه خواهد کرد. ریچارد-المس رابطه زیر را برای محاسبه تغییرمکان دائمی دیوار حائل ارائه کرده‌اند:

$$d_{perm} = 0.087 \frac{V_{max}^2 a_{max}^2}{a_y^4}$$

که در آن V_{max} سرعت حداکثر زمین، a_{max} شتاب حداکثر زمین و a_y شتاب گسیختگی برای سیستم خاک - دیوار می‌باشد.

دیوارهای ثابت

در دیوارهای ثابت مانند دیوارهای حائل سنگین واقع بر پی سنگی یا دیوارهای زیرزمین با مهارشدگی در پایین و بالا، حرکت لازم جهت بسیج مقاومت خاک پشت دیوار وجود نخواهد داشت. در نتیجه شرایط محدود کننده حداقل رانش فعال و یا حداکثر رانش مقاوم برای آنها بوجود نخواهد آمد. رانش دینامیکی در دیوار ثابت بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\Delta P_{eq} = \gamma H^2 \frac{a_h}{g} F_p$$

که در آن a_h دامنه شتاب هارمونیک پی و F_p فاکتور بدون بعد رانش دینامیکی می‌باشند. گشتاور واژگونی در دیوارهای ثابت حول قاعده دیوار بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Delta M_{eq} = \gamma H^3 \frac{a_h}{g} F_m$$

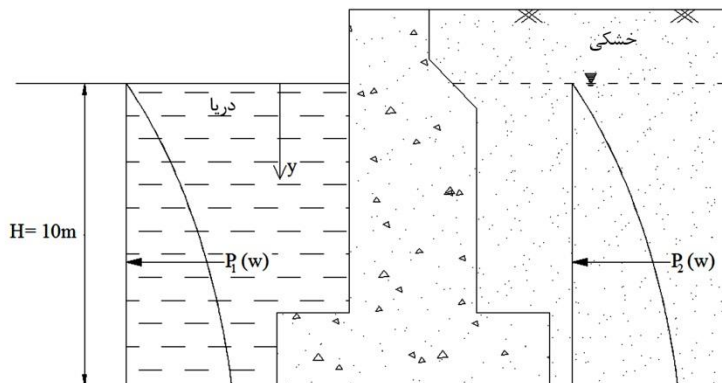
که در آن F_m فاکتور بدون بعد گشتاور می‌باشد. نقطه اثر رانش دینامیکی دیوار ثابت در ارتفاع زیر خواهد بود:

$$h_{eq} = \frac{\Delta M_{eq}}{\Delta P_{eq}}$$

تأثیر فشارهای هیدرو دینامیکی آبهای منفذی

برای دیوارهای ساحلی (شکل زیر)، تاثیر فشار هیدرو دینامیک آب حفره‌ای باید مورد توجه قرار گیرد. دامنه فشار هیدرو دینامیکی با جذر عمق آب افزایش یافته و فشار آب در اثر زلزله در عمق y از رابطه زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$p_1 = \frac{7}{8} \frac{a_h}{g} k_h \gamma_w H^{\frac{1}{2}} y^{\frac{1}{2}}$$



که در آن p_1 شدت اضافه فشار دینامیک آب در هنگام زلزله در سمت آب، γ_w وزن مخصوص آب، و h عمق آب می‌باشد. با استفاده از انتگرال گیری برآیند فشار به دست می‌آید:

$$P_{1(w)} = \int p_1 dy = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

محل اثر برآیند رانش دینامیکی آب برابر با $\bar{y} = 0.6H$ خواهد بود. افزایش فشار حفره‌ای در سمت خشکی را می‌توان ۷۰ درصد اضافه فشار دینامیک دریاچه در نظر گرفت. بنابراین برآیند فشار در سمت خشکی برابر می‌شود با:

$$P_{2(W)} = 0.7P_{1(W)} = (0.7) \frac{7}{12} k_h \gamma_w H^2$$

در هنگام زلزله نیروی وارد بر سمت دریا به اندازه $P_{1(W)}$ کاهش و در سمت خشکی به اندازه $P_{2(W)}$ افزایش می‌یابد. بنابراین مقدار کل نیروی اضافه شده:

$$P_W = P_{1(W)} + P_{2(W)} = 0.9917 k_h \gamma_w H^2$$

حضور آب در خاک پشت دیوار

◇ حضور آب در خاک پشت دیوار به صورت زیر بر بارهای لرزه‌ای تأثیر می‌گذارد.

- تغییر نیروهای اینرسی در داخل خاک؛
- ایجاد فشارهای هیدرولیکی در داخل خاک؛
- ایجاد فشارهای آب حفره‌ای اضافی در اثر کرنش‌های سیکلی خاک پشت دیوار.

تعاریف ضرایب لرزه‌ای در حضور آب

اگر خاک پشت خیلی نفوذپذیر باشد، در اثر زلزله بعثت نفوذپذیری زیاد آب و خاک جداگانه عمل کرده و به دیوار نیرو وارد می‌کنند:

$$F_v = \gamma_{sub}(1 \pm k_v)$$

$$F_h = \gamma_d k_h$$

$$\gamma_{sub} = \dot{\gamma} = \frac{G_s - 1}{1 + e} \gamma_w \quad , \quad \gamma_d = \frac{G_s}{1 + e} \gamma_w \quad , \quad \gamma_{sat} = \dot{\gamma} + \gamma_w = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w$$

$$\tan \theta = \frac{F_h}{F_v} = \left(\frac{G_s}{G_s - 1} \right) \left(\frac{k_h}{1 \pm k_v} \right) = \frac{G_s}{G_s - 1} \tan \theta$$

اگر خاک پشت دیوار دارای نفوذپذیری کم باشد در این حالت حرکت آزادانه آب داخل دانه‌های خاک امکان پذیر نبوده و وزن مخصوص کل در معرض شتاب افقی قرار می‌گیرد:

$$F_h = \gamma_{sat} k_h$$

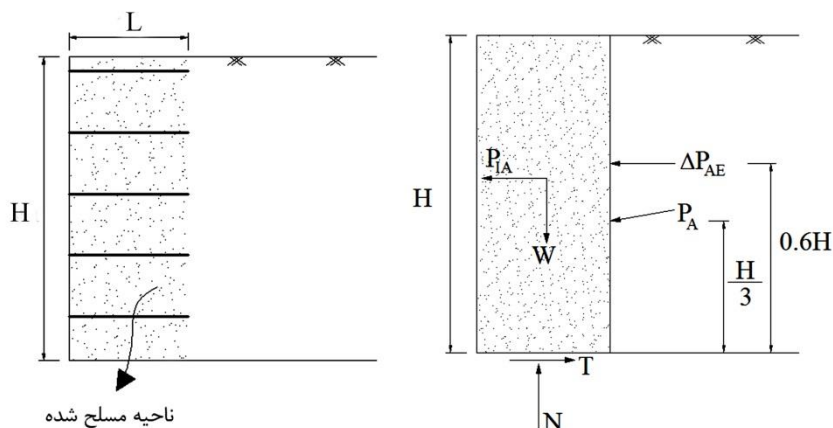
$$F_v = \gamma_{sub}(1 \pm k_v)$$

$$\tan \theta = \frac{F_h}{F_v} = \frac{\gamma_{sat} k_h}{\gamma_{sub}(1 \pm k_v)} = \frac{G_s + e}{G_s - 1} \tan \theta$$

در هنگام زلزله فشار حفره‌ای در نزدیکی دیوار بعلت حرکت دیوار کاهش می‌یابد. به همین ترتیب مشاهده می‌شود که در نزدیکی دیوار حائل روانگرایی رخ نمی‌دهد. اگر خاک پشت دیوار اشباع با نفوذپذیری کم باشد فشار دینامیکی وارد بر خاک افزایش می‌یابد.

دیوارهای خاک مسلح

دیوارهای خاک مسلح از یک زون خاک مسلح که خاک غیرمسلح را در پشت خود نگه می‌دارد تشکیل شده است. یک دیوار خاک مسلح در خلال زلزله تحت اثر رانش دینامیکی خاک در پشت زون مسلح و نیروهای اینرسی در داخل همان زون، علاوه بر نیروهای استاتیکی قرار می‌گیرد. این دیوارها بایستی به‌گونه‌ای طراحی شوند که از ناپایداری بیرونی • لغزش یا واژگونی زون مسلح و درونی (شکست کششی یا برکنشی اجزا مسلح) آنها جلوگیری شود.



پایداری بیرونی

پایداری بیرونی یک دیوار مسلح مطابق مراحل زیر قابل ارزیابی می‌باشد:

۱. تعیین شتاب حداکثر افقی سطح زمین، a_{max}

۲. شتاب حداکثر در مرکز زون مسلح :

$$a_c = \left[1.45 - \frac{a_{max}}{g} \right] a_{max}$$

۳. محاسبه رانش دینامیکی خاک از رابطه:

$$\Delta P_{AE} = 0.375 \frac{a_c \gamma^b H^2}{g}$$

γ^b وزن مخصوص خاک پشت ناحیه مسلح می‌باشد.

۴. محاسبه نیروی اینرسی مؤثر بر زون مسلح شده از رابطه:

$$P_{IR} = \frac{a_c \gamma^r HL}{g}$$

γ^r وزن مخصوص خاک ناحیه مسلح می‌باشد.

۵. با اضافه کردن ΔP_{AE} و ۵۰ درصد از P_{IR} به نیروهای استاتیکی مؤثر بر زون مسلح شده کنترل پایداری لغزشی و واژگونی دیوار صورت می‌گیرد.

نیروی اینرسی شبه استاتیکی که بر زون ناپایدار شکست درونی اثر می‌نماید از رابطه زیر محاسبه خواهد شد:

$$P_{IA} = \frac{a_c W_A}{g}$$

که در آن W_A وزن گوه لغزشی می‌باشد.

تست‌های طرح لرنه‌های دیوارهای حائل

۱- کدام گزینه در مورد دیوارهای حائل صحیح نمی‌باشد؟

- ۱) دیوارهای حائل ثقلی دچار خمش نمی‌شوند.
- ۲) توزیع واقعی رانش خاک روی دیوار حائل طره‌ای بستگی به سختی نسبی و تغییر مکان و دیوار دارد.
- ۳) دیوارهای طره با مکانیزم‌های متفاوتی با دیوارهای ثقلی یا شکست خمشی گسیخته می‌شوند.
- ۴) دیوارهای ثقلی معمولاً بوسیله مکانیزم یک جسم صلب از قبیل لغزش یا واژگونی مرکب گسیخته می‌شوند.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

دیوارهای طره‌ای با مکانیزم‌های یکسانی مشابه دیوارهای ثقلی و یا مکانیزم‌های خمشی گسیخته می‌شوند.

۲- فشار فعال خاک در اثر خاک بوجود آمده و کرنش‌های در خاک ایجاد می‌کند.

- ۱) فاصله گرفتن دیوار از - فشاری
- ۲) فاصله گرفتن دیوار از - کششی
- ۳) نزدیک شدن دیوار به - فشاری
- ۴) نزدیک شدن دیوار به - کششی

حل: گزینه ۲ صحیح است.

فشار فعال خاک در اثر فاصله گرفتن دیوار از خاک بوجود آمده و کرنش‌های کششی ایجاد می‌کند.

۳- فشار مقاوم خاک زمانی که ایجاد می‌شود که در این حالت کرنش‌های در خاک تولید می‌شود.

- ۱) دیوار از خاک فاصله می‌گیرد - کششی
- ۲) دیوار از خاک فاصله می‌گیرد - جانبی فشاری
- ۳) دیوار به طرف خاک حرکت می‌کند - کششی

۴) دیوار به طرف خاک حرکت می کند - جانبی فشاری

حل: گزینه ۴ صحیح است.

فشار مقاوم خاک زمانی که دیوار به طرف خاک حرکت کند ایجاد می شود که در این حالت کرنش جانبی فشاری در خاک تولید می گردد.

۴- چه زمانی حداقل فشار فعال بر دیوار وارد می شود؟

- ۱) زمانی که تغییر مکان دیوار ناچیز باشد.
- ۲) زمانی که تغییر مکان دیوار جهت بسیج کامل مقاومت خاک پشت آن کافی باشد.
- ۳) هنگامی که مقاومت خاک بصورت کامل بسیج گردد.
- ۴) گزینه ۲ و ۳

حل: گزینه ۲ صحیح است.

زمانیکه تغییر مکان دیوار جهت بسیج کامل مقاومت خاک پشت آن کافی باشد، حداقل فشار فعال خاک بر دیوار وارد می شود.

۵- چه زمانی حداکثر فشار مقاوم خاک بر دیوار وارد می شود؟

- ۱) زمانی که تغییر مکان دیوار ناچیز باشد.
- ۲) زمانی که تغییر مکان دیوار جهت بسیج کامل مقاومت خاک پشت آن کافی باشد.
- ۳) هنگامی که مقاومت خاک بصورت کامل بسیج گردد.
- ۴) گزینه ۲ و ۳

حل: گزینه ۳ صحیح است.

هنگامی که مقاومت خاک بصورت کامل بسیج شود حداکثر فشار مقاوم بر دیوار وارد می شود.

۶- کدام گزینه نشان دهنده حداقل فشار فعال رانکین در پشت دیوار حائل می باشد؟

$$K_A \sigma_v - c\sqrt{K_A} \quad (۱)$$

$$K_A \sigma_v - 2c\sqrt{K_A} \quad (۲)$$

$$K_A \sigma_v + c\sqrt{K_A} \quad (۳)$$

$$K_A \sigma_v + 2c\sqrt{K_A} \quad (۴)$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

فشار فعال رانکین با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$p_A = K_A \sigma_v - 2c\sqrt{K_A}$$

که در آن K_A ضریب حداقل فشار فعال خاک، σ_v فشار موثر در نقطه مورد نظر و c چسبندگی خاک می‌باشد.

۷- کدام گزینه نشان دهنده حداکثر فشار مقاوم در تئوری رانکین می‌باشد؟

$$K_p \sigma_v - c\sqrt{K_p} \quad (۱)$$

$$K_p \sigma_v - 2c\sqrt{K_p} \quad (۲)$$

$$K_p \sigma + c\sqrt{K_p} \quad (۳)$$

$$K_p \sigma_v + 2c\sqrt{K_p} \quad (۴)$$

حل: گزینه ۴ صحیح است.

حداکثر فشار مقاوم در تئوری رانکین با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$p_p = K_p \sigma_v + 2c\sqrt{K_p}$$

که در آن K_p ضریب حداکثر فشار مقاوم خاک، σ_v فشار موثر و c چسبندگی خاک می‌باشد.

۸- چه زمانی ضریب حداقل فشار فعال برای خاکریز چسبنده و غیر چسبنده مساوی می‌باشد؟ (β زاویه شیب نسبت به افق می‌باشد).

$$\beta = \Phi \text{ هنگامیکه } \beta > 0 \quad (۱)$$

$$\beta \leq \Phi \text{ هنگامیکه } \beta = 0 \quad (۲)$$

(۳) برای $\beta > \Phi$ و $\Phi = 0$

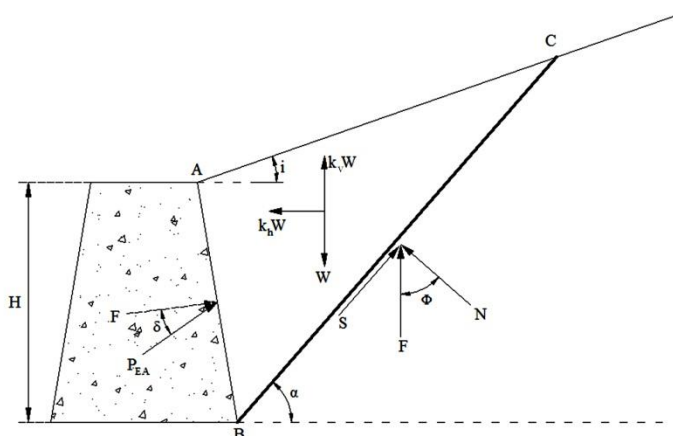
(۴) برای $\beta > \Phi$ و $\beta, \Phi > 0$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

برای $\beta \leq \Phi$ هنگامیکه $\beta = 0$ باشد در خاکریز با مصالح چسبنده و غیر چسبنده مساوی خواهد بود.

۹- نیروی محرک وارد بر دیوار زیر کدام است؟ $\beta = 0^\circ$ ، $i = 0^\circ$ ، $\Phi = 36^\circ$ ، $H = 4\text{m}$ ، $\gamma = 20\text{ kN/m}^3$ ، $k_h = k_v = 0.2$

و $K_A = 0.58$ و $K_{AE} = 0.8$



$60.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ (۴)

$90.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ (۳)

$78 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ (۲)

$102.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ (۱)

حل: گزینه ۱ صحیح است.

فشار محرک زمین بر روی دیوار حائل (خاک دانه ای خشک) در حالت سکون بصورت زیر محاسبه می شود:

$$P_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_A$$

K_A ضریب فشار محرک، Φ زاویه اصطکاک داخلی خاک و δ زاویه اصطکاک دیوار می باشد.

تئوری فشار محرک زمین (روش مونوب - اوکابه)

فرضیات:

- گسیختگی در BC رخ می‌دهد.
- تغییر مکان دیوار به حدی است که حداقل فشار محرک بوجود آید.
- مقاومت برشی خاک‌های غیر چسبنده خشک:
- خاک پشت دیوار صلب فرض می‌شود.

$$S = \sigma' \tan \Phi$$

فشار محرک وارد بر دیوار در هنگام زلزله از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

معادله مونوب – اوکابه:

$$P_{EA} = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - k_v) K_{AE}$$

$$P_{EA} = \left(\frac{1}{2}\right) (20)(4)^2 (1 - 0.2)(0.8) = 102.4 \text{ KN/m}$$

۱۰- اگر $k_h = 0.4$ و $k_v = 0.2$ باشد آنگاه زاویه برآیند نیروهای زلزله، θ که به المان خاک وارد می‌شود چقدر است؟

(۴) $\tan^{-1} 0.2$

(۳) $\tan^{-1} 0.8$

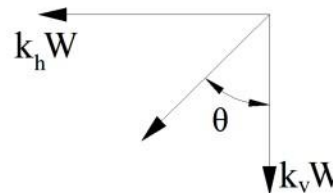
(۲) $\tan^{-1} 0.5$

(۱) $\tan^{-1} 2$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

$$\tan \theta = \frac{k_h}{(1 - k_v)} \rightarrow \theta = \tan^{-1} \left[\frac{k_h}{(1 - k_v)} \right]$$

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{0.4}{(1 - 0.2)} \right] = \tan^{-1} 0.5$$



۱۱- برای تعادل شیب حدی سطح خاکریز کدام رابطه زیر باید برقرار باشد. (i زاویه شیب خاکریز و Φ زاویه اصطکاک و θ زاویه برآیند نیروهای زلزله می‌باشد).

(۲) $i < \Phi$

(۱) $\Phi - \theta - i < 0$

(۴) $\theta < \Phi$

(۳) $i < \Phi - \theta$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

اگر $\Phi - \theta - i < 0$ باشد هیچ جوابی واقعی برای K_{AE} بدست نخواهد آمد یعنی شرایط تعادل نمی‌تواند وجود داشته باشد. بنابراین برای تامین پایداری شیب خاکریز $\Phi - \theta < i$ باشد. گزینه ۲ زمانی صحیح است که زلزله وجود نداشته باشد. و گزینه ۴ برای خاکریزهای افقی صحیح می‌باشد.

۱۲- برای اطمینان از حصول پایداری در خاکریزهای افقی کدام گزینه باید برقرار باشد؟

$$k_h \leq (1 - k_v) \tan \theta \quad (۲) \qquad k_h = (1 - k_v) \tan \theta \quad (۱)$$

$$k_h = (1 - k_v) \tan \Phi \quad (۴) \qquad k_h \leq (1 - k_v) \tan \Phi \quad (۳)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

در خاکریز با سطح افقی، $i = 0$ برای شرایط تعادل داریم:

$$\theta \leq \Phi$$

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{K_n}{(1 - K_v)} \right] \leq \Phi$$

برای حصول شرایط پایداری خواهیم داشت:

$$k_h \leq (1 - k_v) \tan \Phi$$

۱۳- اگر در خاکریزی زاویه اصطکاک خاک $\Phi = 30^\circ$ و $k_v = 0.3$ باشد آنگاه مقدار شتاب افقی بحرانی $k_{h(cr)}$ چقدر می‌باشد؟ ($\cos 30 = 0.87$, $\sin 30 = 0.5$)

$$0.3 \quad (۴) \qquad 0.4 \quad (۳) \qquad 0.7 \quad (۲) \qquad 0.5 \quad (۱)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

برای حصول پایداری شیب خاکریز داریم:

$$k_n \leq (1 - k_v) \tan \Phi$$

در نتیجه مقدار بحرانی شتاب افقی می‌تواند بصورت زیر تعریف شود:

$$k_h \leq (1 - k_v) \tan \Phi = (1 - 0.3) \frac{0.5}{0.87} = 0.4$$

۱۴- کدام گزینه درباره تاثیر پارامترهای مختلف بر ضریب فشار محرک K_{AE} صحیح می‌باشد؟

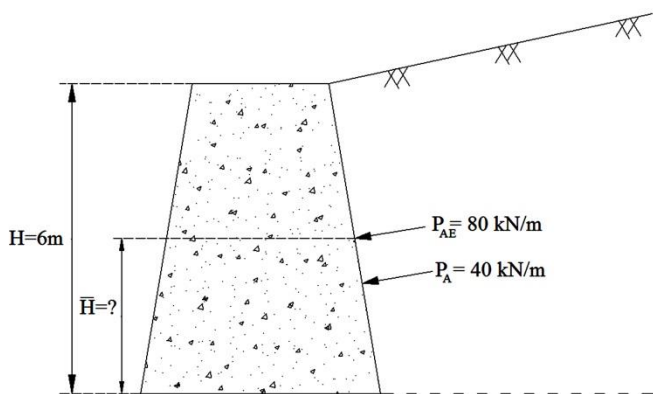
- (۱) تاثیر زاویه اصطکاک دیوار، δ بر روی K_{AE} ناچیز است.
- (۲) تاثیر زاویه اصطکاک دیوار، δ بر روی K_{AE} زیاد است.
- (۳) با افزایش شیب خاکریز، i مقدار K_{AE} افزایش می‌یابد.
- (۴) همه موارد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

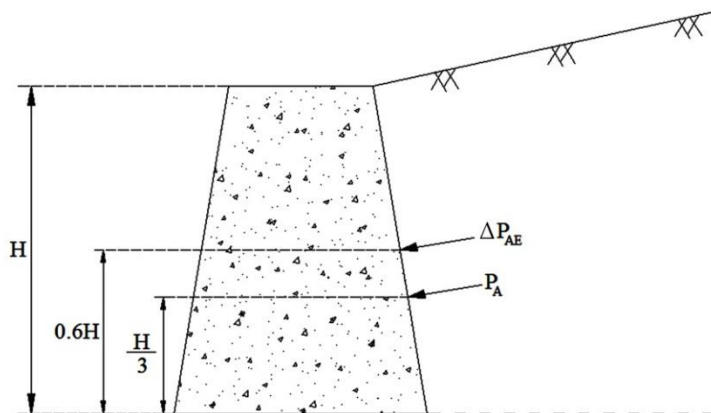
در کارهای عملی $0 < \delta < 0.5$ می‌باشد، تاثیر زاویه اصطکاک دیوار در این محدوده بر K_{AE} ناچیز است. با کاهش مقدار Φ مقدار K_{AE} افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش شیب خاکریز مقدار K_{AE} بسرعت افزایش می‌یابد.

۱۵- نقطه برآیند فشار خاک در دیوار حائل زیر در هنگام زلزله چند متر می‌باشد؟

- (۱) 3m
- (۲) 2.8m
- (۳) 2m
- (۴) 3.8m



حل: گزینه ۲ صحیح است.



$$\bar{H} = \frac{\left[P_A \times \frac{H}{3} + \Delta P_{EA} \times 0.6H \right]}{P_{EA}}$$

$$\Delta P_{EA} = P_{EA} - P_A = 80 - 40 = 40 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

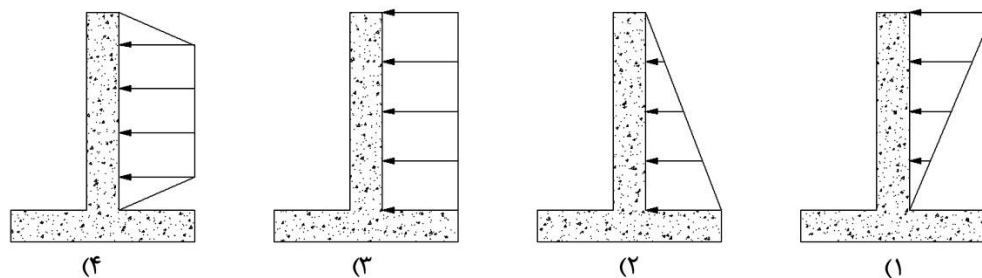
$$\bar{H} = \frac{\left[(40) \left(\frac{6}{3} \right) + (40)(0.6)(6) \right]}{80} = 2.8m$$

نکته: اضافه فشار محرک خاک در آیین نامه زلزله ایران بصورت زیر پیشنهاد شده است:

$$\Delta P_{AE} = 1.25A \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H$$

که در آن A شتاب مبنای طرح، K_A ضریب فشار محرک در حالت عادی، γ وزن مخصوص خاک و H خاک پشت دیوار می باشد.

۱۶- توزیع اضافه فشار محرک خاک در دیوارهای کنسولی که رأس آن می تواند تغییر مکان جانبی داشته باشد چگونه است؟



حل: گزینه ۱ صحیح است.

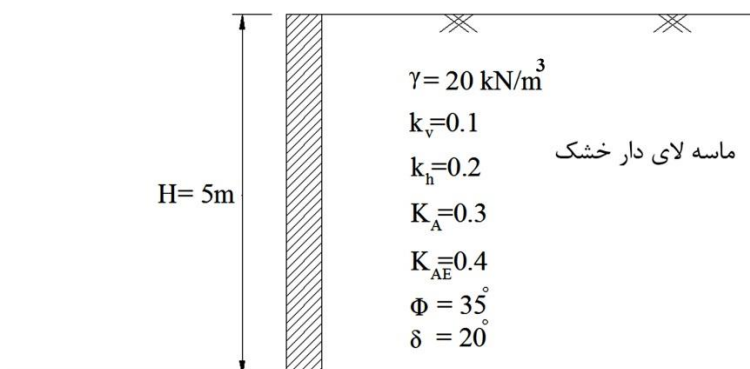
اضافه فشار محرک خاک بصورت زیر در ارتفاع توزیع می شود:

الف) در دیوارهای کنسولی که رأس آنها می تواند تغییر مکان جانبی داشته باشد. این فشار به صورت مثلثی شکل که قاعده آن در رأس دیوار قرار دارد توزیع می شود.

ب) در دیوارهایی که رأس آن تغییر مکان جانبی ندارد پخش فشار به صورت یکنواخت صورت می گیرد.

ج) برای حالت های بین الف و ب، پخش فشار بصورت نمودار دوزنقه ای که مختصات آن با قضاوت مهندس طراح تعیین می شود صورت می گیرد.

۱۷- لنگر واژگونی حول قاعده دیوار نشان داده شده زیر چقدر است؟ ($\sin 20^\circ = 0.34, \cos 20^\circ = 0.94$)



170kN (۴)

160kN (۳)

150kN (۲)

125kN (۱)

حل: گزینه ۳ صحیح است.

ابتدا رانش فعال استاتیکی بر دیوار محاسبه می‌شود:

$$P_A = \frac{1}{2} K_A \gamma H^2 = \left(\frac{1}{2}\right) (0.3)(20)(5)^2 = 75 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

مولفه رانش کل دینامیکی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$P_A = \frac{1}{2} K_{AE} \gamma H^2 [1 - K_v] = \left(\frac{1}{2}\right) (0.4)(20)(5)^2 \times (1 - 0.1) = 90 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta P_{AE} = P_{AE} - P_A = 90 - 75 = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

از رابطه زیر نقطه اثر رانش کل بدست می‌آید:

$$\bar{H} = \frac{P_A H/3 + \Delta P_{AE} [0.6H]}{P_{AE}} = \frac{(75) \left(\frac{5}{3}\right) + (15)(0.6)(5)}{90} = 1.89\text{m}$$

از آنجایی که تنها مولفه افقی رانش کل در گشتاور واژگونی حول دیوار موثر خواهد بود لنگر واژگونی بصورت زیر می‌باشد:

$$M_0 = [P_{AE}] \times \bar{H} \cos \delta = (90)(1.89)(\cos 20^\circ) = 159.84 \approx 160\text{kN}$$

۱۸- تاثیر ضریب شتاب افقی مثبت بر رانش فعال کل و رانش مقاوم کل چگونه است؟

- (۱) باعث می‌شود رانش فعال استاتیکی بیشتر و رانش مقاوم کل از رانش مقاوم استاتیکی کمتر گردد.
- (۲) باعث می‌شود رانش فعال کل از رانش فعال استاتیکی کمتر و رانش مقاوم کل از رانش مقاوم استاتیکی بیشتر شود.
- (۳) باعث می‌شود هر دو کمتر از مقادیر استاتیکی شوند.
- (۴) باعث می‌شود هر دو بیشتر از مقادیر استاتیکی شوند.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

یک ضریب شتاب افقی مثبت موجب می‌شود که رانش فعال کل از رانش فعال استاتیکی بیشتر و رانش مقاوم کل از رانش مقاوم استاتیکی کمتر گردد. از آنجایی که پایداری یک دیوار حائل خاص در اثر افزایش رانش فعال و یا کاهش رانش مقاوم عموماً نقصان می‌یابد. روش $M-O$ بارهای لرزه‌ای ارائه می‌دهد که از بارهای استاتیکی موجود قبل از زلزله، بحرانی‌تر هستند.

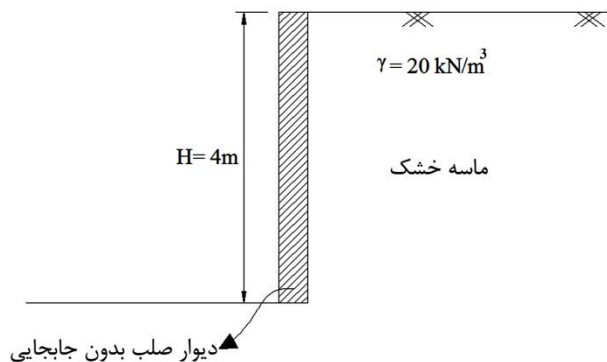
۱۹- اثر تشدید خاک پشت دیوار بر نیروها و محل اثر آنها چگونه است؟

- (۱) باعث کاهش هر دو می‌شود.
- (۲) باعث افزایش هر دو می‌شود.
- (۳) نیروی وارده بر دیوار را افزایش داده ولی ارتفاع رانش برآیند را کم خواهد کرد.
- (۴) نیروی وارده بر دیوار را کاهش داده ولی ارتفاع رانش برآیند را اضافه خواهد کرد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

تشدید در خاک پشت دیوار هم نیروی وارد بر دیوار را افزایش داده و هم ارتفاع رانش برآیند را اضافه خواهد کرد.

۲۰- رانش دینامیکی وارد بر دیوار صلب شکل زیر را تحت حرکت زمین $K_h = 0.2$ و $F_p = 1.0$ بدست آورید.



$$75 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۴)$$

$$64 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۳)$$

$$60 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۲)$$

$$55 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۱)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

برای دیوارهای صلب و بدون اصطکاک رانش دینامیکی و گشتاور واژگونی (حول قاعده دیوار) توسط روابط زیر محاسبه می‌شود:
رانش دینامیکی وارد بر دیوار ثابت:

$$\Delta P_{aq} = \gamma H^2 \frac{a_h}{g} F_p$$

گشتاور واژگونی دیوار ثابت:

$$\Delta M_{eq} = \gamma H^3 \frac{a_h}{g} F_m$$

که در این رابطه $a_h = k_h g$ دامنه با شتاب هارمونیک پی و F_p و F_m بترتیب فاکتورهای بدون بعد رانش دینامیکی و گشتاور می‌باشند.

$$\Delta P_{eq} = (20)(4)^2(0.2)(1) = 64 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

۲۱- در سوال قبل گشتاور واژگونی چقدر است ($F_m = 0.63$).

$$161 \text{ kN} \quad (۴)$$

$$108 \text{ kN} \quad (۳)$$

$$100 \text{ kN} \quad (۲)$$

$$95 \text{ kN} \quad (۱)$$

حل: گزینه ۴ صحیح است.

$$\Delta M_{eq} = \gamma H^3 \frac{a_h}{g} F_m = (20)(4)^3 \left(\frac{0.2g}{g} \right) (0.63) = 161 \text{ kN}$$

۲۲- در سوال ۲۰ نقطه اثر رانش دینامیکی چند متر می‌باشد؟

$$3 \text{ m} \quad (۴)$$

$$2.5 \text{ m} \quad (۳)$$

$$2 \text{ m} \quad (۲)$$

$$1.33 \text{ m} \quad (۱)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

نقطه اثر رانش دینامیکی در ارتفاع زیر از قاعده می باشد.

$$h_{eq} = \frac{\Delta M_{eq}}{\Delta P_{eq}} = \frac{161}{64} = 2.5m$$

۲۳- محل اثر رانش دینامیکی در دیوار حائل ثابت صلب بدون اصطکاک با ارتفاع ۶ متر، چند متر می باشد؟

- ۲m (۱) 3.78m (۲) 4m (۳) 4.23m (۴)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

نقطه اثر رانش دینامیکی در دیوارهای حائل بدون جابجایی معمولاً در ارتفاع $0.63H$ می باشد.

$$h_{eq} = 0.63H = (0.63)(6) = 3.78m$$

۲۴- ضرایب رانکین و کلمب حداکثر فشار مقاوم خاک را بترتیب و از مقدار واقعی آن پیش بینی می کنند.

- (۱) بیشتر - کمتر (۲) کمتر - بیشتر
(۳) بیشتر - بیشتر (۴) کمتر - کمتر

حل: گزینه ۲ صحیح است

ضرایب رانکین و کولمب حداکثر فشار مقاوم خاک را بترتیب کمتر و بیشتر از مقدار واقعی آن پیش بینی می کنند.

۲۵- کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) تئوری رانکین بندرت در محاسبه رانش مقاوم خاک استفاده می شود.
(۲) تئوری رانکین رانش مقاوم خاک را بمقدار زیادی کمتر از مقدار واقعی آن پیش بینی می کند.
(۳) تئوری کلمب برای حالات $\delta < \Phi/2$ جهت ارزیابی رانش مقاوم خاک بندرت استفاده می شود.
(۴) ضرایب فشار مقاوم که بوسیله اسپیرال لگاریتمی بدست می آید دقیقتر از ضرایب بدست آمده از تئوری رانکین یا کلمب می باشد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

تئوری رانکین رانش مقاوم خاک را مقدار زیادی کمتر از میزان واقعی آن تخمین زده و بهمین دلیل بندرت در این زمینه استفاده می‌شود. تئوری کولمب رانش مقاوم را حدود ۱۱٪ برای $\delta = \Phi/2$ و ۱۰۰٪ یا بیشتر برای $\delta = \Phi$ بزرگتر از مقدار واقعی آن تخمین می‌زد (خیلی محافظه کارانه). بهمین دلیل برای حالات $\delta > \Phi/2$ از این تئوری جهت ارزیابی رانش مقاوم خاک بندرت استفاده می‌شود.

۲۶- کدام از موارد زیر در مورد پاسخ دینامیکی دیوار حائل نادرست می‌باشد؟

- (۱) مقدار و توزیع فشار دینامیکی به مود حرکت دیوار بستگی دارد.
- (۲) حداکثر رانش خاک بر دیوار زمانی ایجاد می‌شود که دیوار به سمت خاک پشت دوران یا انتقال داشته باشد.
- (۳) حداکثر رانش مقاوم بر خاک زمانی ایجاد می‌شود که نیروی اینرسی وارد بر دیوار در جهت خاکریز پشت عمل کند.
- (۴) نقطه اثر برآیند رانش به طرف دیوار ثابت است.

حل: گزینه ۴ صحیح است

- ✓ مقدار و توزیع فشار دینامیکی به مود حرکت دیوار بستگی دارد. بعنوان مثال: جابجایی و دوران حول قاعده یا دوران حول قسمت فوقانی دیوار
- ✓ حداکثر رانش خاک بر دیوار زمانی ایجاد می‌شود که دیوار بسمت خاک پشت دوران یا انتقال داشته باشد یعنی زمانیکه نیروی اینرسی وارد بر دیوار در جهت خاکریز پشت عمل کند.
- ✓ حداقل رانش خاک بر دیوار زمانی ایجاد می‌شود که دیوار بصورت دوران یا انتقال از خاک پشت فاصله گیرد.
- ✓ شکل توزیع فشار خاک بر پشت دیوار با حرکت دیوار تغییر می‌کند بنابراین نقطه اثر برآیند رانش خاک بر دیوار بطرف بالا یا پایین حرکت می‌کند.

۲۷- کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) موقعیت رانش خاک زمانیکه دیوار بسمت خاک حرکت می‌کند در بالاترین وضعیت خواهد بود.
- (۲) تغییر مکان دائمی دیوار حوالی فرکانس طبیعی سیستم خاک - دیوار افزایش می‌یابد
- (۳) اثرات پاسخ دینامیکی می‌تواند موجب خارج از فاز شدن تغییر شکل‌های مختلف دیوار گردد.
- (۴) اثر خارج از فاز شدن تغییر شکل‌ها در دیوارهایی که داخل خاک‌های شالوده نفوذ می‌کنند قابل ملاحظه نمی‌باشد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

رائش دینامیکی متاثر از پاسخ دینامیکی دیوار و خاکریز پشت بوده و در حوالی فرکانس طبیعی سیستم خاک دیوار ممکن است بمقدار قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد تغییر مکان دائمی دیوار نیز در حوالی فرکانس طبیعی سیستم خاک - دیوار افزایش می‌یابد اثرات پاسخ دینامیکی همچنین می‌تواند موجب خارج از فاز شدن تغییر شکل قسمت‌های مختلف دیوار شود این اثر می‌تواند بویژه برای دیوارهایی که داخل خاک‌های شالوده نفوذ می‌کنند. زمانیکه خاکریز پشت دیوار خاک شالوده خارج از فاز حرکت کنند مهم باشد.

شکل توزیع فشار خاک بر پشت دیوار با حرکات دیوار تغییر می‌کند بنابراین نقطه اثر برآیند رائش خاک زمانیکه دیوار بسمت خاک حرکت می‌کند در بالاترین وضعیت و زمانی که دیوار بسمت خارج حرکت می‌کند در پایین ترین وضعیت خواهد بود.

نکته: رائش‌های افزایش یافته ماندگار ممکن است پس از یک دوره حرکت نیرومند بر دیوار حائل باقی بماند.

۲۸- کدام گزینه نادرست می‌باشد؟

- ۱) جابجایی کلی یک دیوار حائل وزنی به طور ناگهانی رخ می‌دهد.
- ۲) اگر در طول لرزش شتاب پایه رو به بیرون باشد (به سمت خارج از خاکریز) یک حالت مقاوم بوجود می‌آید.
- ۳) اگر نیروی اینرسی رو به بیرون باشد تمایل به شکست بیشتر است.
- ۴) سرعت نسبی بین دیوار و خاک باعث ایجاد تغییر مکان ماندگار در پایان زلزله می‌شود

حل: گزینه ۱ صحیح است

جابجایی کلی یک دیوار حائل وزنی ناشی از زلزله به طور ناگهانی اتفاق نمی‌افتد بلکه در اثر مجموعه جابجایی‌های کوچک شکل می‌گیرد. اگر در طول لرزش، شتاب پایه رو به بیرون باشد (به سمت خارج از خاکریز) نیروهای اینرسی به سمت داخل هستند بنابراین یک حالت مقاوم به وجود می‌آید و گسیختگی در باری معادل با ۱۰ برابر مقاومت استاتیکی رخ خواهد داد. بنابراین در این حالت تا زمانی که شتاب آستانه برای حرکت نسبی در پایه چندان بزرگ نباشد. بدون شک دیوار و خاک با هم عمل می‌کنند.

در حالت محرک، یعنی زمانی که شتاب پایه به سمت داخل است (یعنی به سمت خاکریز)، شرایط بر عکس بود، و نیروهای اینرسی به سمت بیرون عمل می‌کند و تمایل به شکست بیشتر است.

سرعت نسبی بین دیوار و خاک برای دوره‌های زمانی مختلف اگر وجود داشته باشد باعث ایجاد تغییر مکان ماندگار در پایان زلزله می‌شود.

۲۹- تغییر مکان حداکثر یک دیوار ثقلی بتنی تحت شرایط زیر را چقدر می‌باشد؟

$$V_{max} = 40 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}, \quad a_y = 0.3g, \quad a_{max} = 0.4g$$

3.4cm (۴)

2.1cm (۳)

1.1cm (۲)

0.5cm (۱)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

تغییر مکان دائمی دیوار حائل با استفاده از رابطه ریچارد - المس محاسبه می‌شود:

$$d_{perm} = 0.087 \times \frac{V_{max}^2 \times a_{max}^3}{a_y^2}$$

که در آن V_{max} سرعت حداکثر زمین، a_{max} شتاب حداکثر زمین و a_y شتاب گسیختگی برای سیستم خاک - دیوار می‌باشد.

$$d_{perm} = (0.087) \frac{(40)^2 (0.4 \times 981)^3}{(0.3 \times 981)^4} = 1.1 \text{ cm}$$

۳۰- وزن دیوار حائل به ارتفاع ۴ متر با مشخصات زیر در شرایط استاتیکی چقدر است؟

ضریب اطمینان $FS = 1.5$ ، $C_I = 1$ ، $K_A = 0.2$ و $\gamma = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

64 $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$ (۴)52 $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$ (۳)48 $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$ (۲)32 $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$ (۱)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

برای شرایط استاتیکی وزن دیوار از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$W = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_A C_I$$

$$W = \left(\frac{1}{2}\right) (20) (4)^2 (0.2) (1) = 32 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

وزن دیوار با در نظر گیری ضریب اطمینان:

$$W_f = W \cdot FS = (32)(1.5) = 48 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

۳۱- وزن دیوار به ارتفاع ۴ متر با مشخصات زیر با تغییر مکان صفر در هنگام زلزله را چقدر می‌باشد؟

ضریب اطمینان $FS = 1.5$ ، $C_{IE} = 1$ ، $K_A = 0.2$ و $\gamma = 20 \frac{kN}{m^3}$

(۱) $96 \frac{kN}{m}$ (۲) $100 \frac{kN}{m}$ (۳) $144 \frac{kN}{m}$ (۴) $158 \frac{kN}{m}$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

برای شرایط تغییر مکان صفر در هنگام زلزله وزن دیوار از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$W_w = \frac{1}{2} \gamma H^2 (1 - K_v) K_{AE} C_{IE} = \left(\frac{1}{2}\right) (20)(4)^2 (1 - 0)(0.4)(1.5) = 96 \frac{kN}{m}$$

وزن دیوار با ضریب اطمینان $FS = 1.5$:

$$W_w = W \cdot FS = 1.5 \times 96 = 144 \frac{kN}{m}$$

۳۲- حضور آب در پشت دیوار حائل به کدام طریق ممکن است بر بارهای لرزه‌ای اثر بگذارد؟

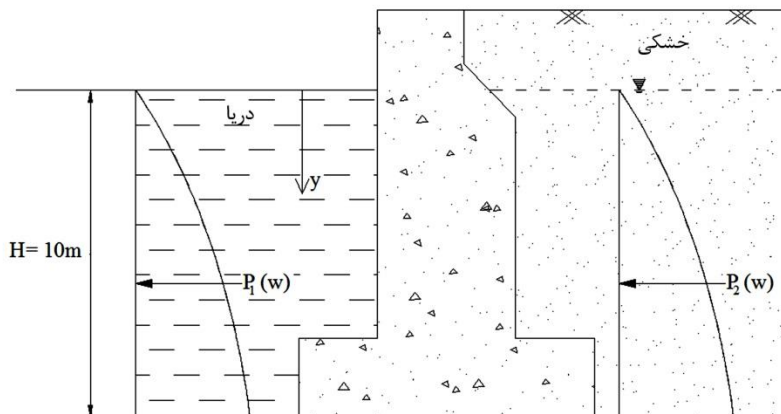
- (۱) تغییر نیروهای اینرسی در داخل خاک.
- (۲) ایجاد فشارهای هیدرولیکی در داخل خاک.
- (۳) ایجاد فشارهای آب حفره‌ای اضافی در اثر کنش‌های سیکلی پشت دیوار.
- (۴) هر سه مورد صحیح است.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

نکته: نیروهای اینرسی در خاک اشباع به حرکت نسبی بین ذرات خاک و فشار منفذی آب که آنها را احاطه می‌کند بستگی خواهد داشت.

۳۳- با توجه به به شکل زیر اضافه فشار دینامیکی آب در هنگام زلزله در سمت دریا چقدر می‌باشد؟

$$\left(k_h = 0.2, \gamma_w = 10 \frac{kN}{m^3}\right)$$



$$11.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۴)$$

$$50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۳)$$

$$116.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۲)$$

$$500 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۱)$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

اضافه فشار در اثر زلزله در عمق y از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$p_1 = \frac{7}{8} K_h \gamma_w h^{\frac{1}{2}} y^{\frac{1}{2}}$$

$$P_1(w) = \int p_1 dy$$

$$P_1(w) = \frac{7}{12} k_h \gamma_w h^2 = \left(\frac{7}{12}\right) (0.2)(10)(10)^2 = 116.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

۳۴- برآیند اضافه فشار دینامیکی خاکریز در مسئله قبل چقدر است؟

$$500 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۴)$$

$$98 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۳)$$

$$81.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۲)$$

$$116.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۱)$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

اضافه فشار حفره‌ای در سمت خشکی ۷۰ درصد اضافه فشار دینامیکی آب دریا در نظر گرفته می‌شود:

$$p_2 = 0.7 \left(\frac{7}{8} k_h \gamma_w h^{\frac{1}{2}} y^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$P_2(w) = 0.7 \left(\frac{7}{12} k_h \gamma_w h^2 \right) = (0.7) \left(\frac{7}{12} \right) (0.2)(10)(10)^2 = 81.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$P_2(w) = 0.7P_1(w) = 0.7 \times 11.67 = 81.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

۳۵- اضافه فشار دینامیکی کل وارد بر دیوار ساحلی مسئله ۳۳ چقدر می باشد؟

$$58.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۴)$$

$$81.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۳)$$

$$116.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۲)$$

$$198.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (۱)$$

حل: گزینه ۱ صحیح است.

در هنگام زلزله فشار وارده از سمت دریا به اندازه $P_{1(w)}$ کاهش و فشار وارد از سمت خشکی به اندازه $P_{2(w)}$ افزایش پیدا می کند. در نتیجه افزایش فشار دینامیکی کل بر روی دیوار ساحلی برابر است با

$$P_w = P_{1(w)} + P_{2(w)} = 0.9917 k_h \gamma_w h^2$$

$$P_w = 116.67 + 81.67 = 198.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

۳۶- اگر خاکریز دارای خاک بسیار نفوذپذیر باشد آنگاه تانژانت زاویه ظاهری لرزه $\tan \theta'$ برابر است با:

$$\left(\tan \theta = \frac{K_h}{1 \pm K_v} \right)$$

$$\frac{G_s + e}{G_s} \tan \theta \quad (۴)$$

$$\frac{G_s + e}{G_s - 1} \tan \theta \quad (۳)$$

$$\frac{G_s}{G_s - 1} \tan \theta \quad (۲)$$

$$\tan \theta \quad (۱)$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

نیروی وزنی قائم که به جز خاک اثر می کند برابر است با:

$$F_v = (1 \pm k_v) \gamma_d$$

نیروی اینرسی افقی برابر است با:

$$F_h = k_h \gamma_d$$

γ_d وزن مخصوص خاک خشک می باشد. زاویه حقیقی ضریب لرزه ای به صورت زیر تعریف می شود:

$$\left(\tan \theta = \frac{K_h}{1 \pm K_v} \right)$$

در خاکریزهای دارای خاک بسیار نفوذپذیر فرض می‌شود که آب حفره‌ای می‌تواند بدون محدودیت از طرف ذرات خاک آزادانه در حفره‌ها حرکت کند در این صورت داریم:

$$F_v = (1 \pm k_v)\gamma_{Sub}$$

$$F_h = \frac{G_s \gamma_w k_h}{1 + e}$$

γ_{Sub} وزن مخصوص غوطه‌وری و G_s چگالی ویژه ذرات و e نسبت تخلخل می‌باشد. فقط بخش جامد تحت شتاب افقی قرار می‌گیرد.

یادآوری: از مکانیک خاک می‌دانیم:

$$\gamma_{Sat} = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w, \quad \gamma_{Sub} = \frac{G_s - 1}{1 + e} \gamma_w, \quad \gamma_d = \frac{G_s}{1 + e} \gamma_w, \quad \gamma_{Sat} = \gamma_{Sub} + \gamma_w$$

بنابراین:

$$\tan \theta' = \frac{F_h}{F_v} = \frac{G_s}{G_s - 1} \cdot \frac{k_h}{(1 \pm k_v)} = \frac{G_s}{G_s - 1} \tan \theta$$

نکته: برای بیشتر خاک‌ها $G_s = 2.65$ می‌باشد، در نتیجه: $\tan \theta' = 1.6 \tan \theta$

۳۷- رابطه تانژانت زاویه ظاهری لرزه‌ای $\tan \theta'$ در خاکریز با نفوذپذیری کم در مقایسه با خاک خشک چگونه

است. $\tan \theta' = ?$

$$\frac{G_s + e}{G_s} \tan \theta \quad (۴) \qquad \frac{G_s + e}{G_s - 1} \tan \theta \quad (۳) \qquad \frac{G_s}{G_s - 1} \tan \theta \quad (۲) \qquad \tan \theta \quad (۱)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

در خاکریز با نفوذپذیری کم فرض می‌شود که بخش جامد و مایع خاک به محض اعمال شتاب لرزه‌ای به عنوان یک واحد عمل می‌کنند. بنابراین وزن مخصوص کل خاک در معرض شتاب قرار می‌گیرد:

$$F_h = \gamma_{Sat} k_h$$

$$F_v = \gamma_{Sub} (1 \pm k_v)$$

$$\tan \theta' = \frac{F_H}{F_v} = \frac{G_s + e}{G_s - 1} \tan \theta$$

۳۸- محل برآیند فشار آب حفره‌ای در دیوارهای ساحلی در چه عمقی قرار می‌گیرد؟ (H عمق آب)

- (۱) $0.6H$ (۲) $0.5H$ (۳) $0.4H$ (۴) $0.33H$

حل: گزینه ۱ صحیح است.

محل برآیند فشار آب حفره‌ای دینامیکی تقریباً در عمق $0.6H$ (بالای $0.4H$ کف مخزن) قرار می‌گیرد.

۳۹- آیا در نزدیکی دیوار حائل روانگرایی رخ می‌دهد؟

- (۱) بلی چون فشار آب حفره‌ای افزایش می‌یابد.
 (۲) خیر چون فشار آب حفره‌ای کاهش می‌یابد.
 (۳) وجود دیوار تأثیری بر روانگرایی ندارد.
 (۴) نمی‌توان در این خصوص اظهار نظر دقیقی کرد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

فشار آب حفره‌ای در نزدیکی دیوار کاهش می‌یابد و این بخاطر حرکت دیوار است به همین ترتیب مشاهده می‌شود که روانگرایی در نزدیکی دیوار حائل رخ نمی‌دهد.

۴۰- اگر خاک پشت دیوار اشباع و با نفوذپذیری کم باشد آنگاه:

- (۱) فشار دینامیکی وارد بر بستر خاک کم می‌شود.
 (۲) فشار دینامیکی وارد بر بستر خاک بیشتر می‌شود.
 (۳) فشار دینامیکی وارد بر بستر خاک بسته به شرایط می‌تواند افزایش یا کاهش داشته باشد.
 (۴) فشار دینامیکی خاک وابسته به مشخصات زلزله بوده و ثابت باقی می‌ماند.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

اگر خاک پشت دیوار اشباع و با نفوذپذیری کم باشد فشار دینامیک بر بستر خاک افزایش می‌یابد.

۴۱- کدام یک از موارد زیر جزء علل خرابی دیوار حائل در هنگام زلزله نمی‌باشد؟

- (۱) افزایش فشار جانبی خاک در هنگام زلزله
- (۲) افزایش فشار آب زیرزمینی در هنگام زلزله
- (۳) افزایش فشار آب در جلوی دیوار
- (۴) آبگونی (روانگرایی) مصالح خاکریز پشت.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

کاهش فشار آب در جلوی دیوار حائل می‌تواند باعث خرابی گردد.

۴۲- کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) با افزایش زاویه اصطکاک داخلی خاک مقدار ضریب فشار محرک K_A افزایش می‌یابد.
- (۲) با افزایش ضریب زلزله k_h مقدار ضریب فشار محرک مونونوب - اکابه ، K_{AE} افزایش می‌یابد.
- (۳) ظرفیت باربری و فشار مقاوم زمین را در خاک‌هایی هنگام زلزله مقاومت برشی خود را از دست نمی‌دهند می‌توان ۳۳ درصد افزایش داد.
- (۴) مقدار حدی نیروهای اینرسی در جهت افقی در یک دیوار حائل تحت بار دینامیکی وابسته به زاویه اصطکاک داخلی می‌باشد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

فشار محرک K_A با افزایش زاویه داخلی Φ کاهش می‌یابد.

۴۳- کدام گزینه از فرضیات زیر در روش مونونوب - اکابه صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) تعادل حدی متأثر از شرایط تنش - کرنش بیش از شکست می‌باشد.
- (۲) شرایط کرنش در سطح شکست خاکریز به اندازه‌ای است که حالت تعادل حدی ایجاد می‌کند.
- (۳) سطح شکست خطی است.
- (۴) شرایط تنش خاک در حالت حدی بوسیله معیار موهر-کولمب توصیف می‌شود.

حل : گزینه ۱ صحیح است.

شرایط تنش – کرنش بیش از شکست هیچ گونه اثری بر تعادل حدی ندارد.

۴۴- کدامیک از گزینه‌های زیر از فرضیات روش $M-O$ (مونوب – اکابه) نمی‌باشد؟

- (۱) سطح شکست خطی است.
- (۲) تنش بعد از کرنش‌هایی که برای شرایط محرک لازم است، ثابت می‌ماند.
- (۳) توزیع فشار زمین به صورت هیدرواستاتیکی می‌باشد.
- (۴) شتاب خاکریز در گوه شکست غیریکنواخت است.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

یکی از فرضیات اساسی روش $M-O$ این است که خاک پشت دیوار صلب می‌باشد بنابراین شتاب خاکریز در گوه شکست یکنواخت می‌باشد.

۴۵- اگر زاویه اصطکاک داخلی دیوار از $\delta = 10^\circ$ باشد. ضریب فشار محرک $K_{AE} = 0.5$ می‌باشد. اگر $\delta = 20^\circ$ باشد

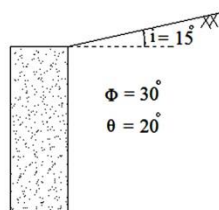
آنگاه $K_{AE} = ?$

- | | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| 0.45 (۴) | 0.60 (۳) | 0.53 (۲) | 0.25 (۱) |
|----------|----------|----------|----------|

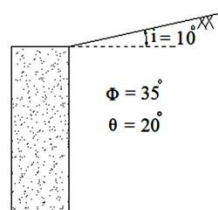
حل : گزینه ۲ صحیح است.

برای اکثر حالات عملی، $0 < \delta < 0.5\Phi$ می‌باشد. تاثیر اولیه اصطکاک دیوار در این محدوده بر ضریب فشار جانبی ناچیز است. بنابراین مقدار $K_{AE} = 0.5$ نباید تغییر چندانی داشته باشد.

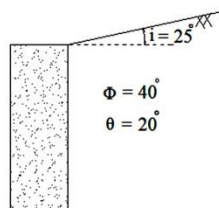
۴۶- کدامیک از دیوارهای زیر پایدار می‌باشد؟



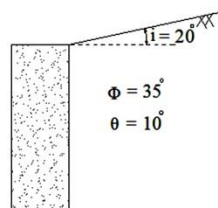
(ب)



(الف)



(د)



(ج)

(۴) (الف و د)

(۳) (الف و ج)

(۲) (د)

(۱) (الف)

حل: گزینه ۳ صحیح است.

برای شرایط تعادل دینامیکی باید $i \leq \Phi - \theta$ باشد.

i : زاویه شیب خاکریز، \square زاویه اصطکاک داخلی خاک و $\theta = \tan^{-1} \frac{k_n}{1-k_v}$ می‌باشد.

گزینه الف پایدار است: $10 \leq 35 - 20 = 15$

گزینه ب ناپایدار است: $15 > 30 - 20 = 10$

گزینه ج پایدار است: $20 \leq 35 - 10 = 25$

گزینه د ناپایدار است: $25 > 40 - 20 = 20$

۴۷- با توجه به شرایط زیر محل اثر فشار محرک دینامیکی زمین کدام است؟

خرابی بعلت دوران حول نقطه تحتانی دیوار و $P_A = 100\text{kN}$ و $P_{AE} = 140\text{kN}$ و ارتفاع دیوار ۱۰ متر می‌باشد (ارتفاع از پای دیوار محاسبه شود)

5.5m (۴)

4.4m (۳)

4m (۲)

3.33m (۱)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

محل اثر فشار محرک دینامیکی تحت اثر خرابی حول نقطه تحتانی بصورت زیر محاسبه می شود:

$$\Delta P_{AE} = P_{AE} - P_A = 140 - 100 = 40 \text{ kN}$$

$$\bar{H} = \frac{(P_A \times \frac{H}{3}) + (\Delta P_{AE} \times 0.6H)}{P_{EA}}$$

$$\bar{H} = \frac{(100)(\frac{10}{3}) + (40) \times (0.6 \times 10)}{140} = 4.09 \text{ m}$$

۴۸- در سوال ۴۷ اگر خرابی دیوار بعلت جابجایی به صورت جسم صلب باشد، آنگاه محل اثر نیروی محرک دینامیکی کدام است؟

- ۳.۳m (۴) ۴.۴m (۳) ۴m (۲) ۵.۵m (۱)

حل: گزینه ۳ صحیح است.

محل اثر نیروی محرک دینامیکی در خرابی بعلت جابجایی به صورت جسم صلب از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\bar{H} = \frac{[(P_A)(0.42H) + (\Delta P_{AE})(0.48H)]}{P_{AE}}$$

$$\bar{H} = \frac{[(100)(0.42 \times 10) + (40)(0.48(10))]}{140} = 4.37 \text{ m}$$

۴۹- در سوال ۴۷ اگر خرابی دیوار بعلت دوران حول نقطه بالایی باشد، آنگاه محل اثر نیروی محرک دینامیکی کدام است؟

- ۳.۳m (۴) ۴.۴m (۳) ۴m (۲) ۵.۵m (۱)

حل: گزینه ۱ صحیح است.

محل اثر فشار محرک دینامیکی خاک بعلت خرابی حول نقطه بالایی دیوار حائل تقریباً در فاصله $0.55H$ از پای دیوار خواهد بود:

$$\bar{H} = 0.55 \times 10 = 5.5 \text{ m}$$

۵۰- در طراحی دیوارهای حائل وزنی بر پایه تغییر مکان (روش ریچارد - المز) با افزایش مقدار k_h مقدار $\frac{W_w}{W}$ چه تغییری می‌کند؟

- (۱) افزایش می‌یابد.
 (۲) کاهش می‌یابد.
 (۳) ثابت باقی می‌ماند.
 (۴) ممکن است افزایش یا کاهش یابد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

در روش ریچارد - المز $\frac{W_w}{W} = F_w$ ضریب اطمینان طراحی لرزه‌ای دیوار حائل می‌باشد. W وزن دیوار برای شرایط استاتیک می‌باشد که ثابت است و وزن دیوار برای مقاومت در شرایط دینامیکی W_w ، با افزایش K_h افزایش می‌یابد بنابراین F_w نیز با k_h افزایش می‌یابد.

۵۱- مقدار فشار آب بوجود آمده ناشی از نیروی دینامیکی در دیوار ساحلی با ارتفاع آب $H = 10m$ و $k_h = 0.4$ و $\gamma_w = 10 \frac{kN}{m^3}$ در عمق $y = 2.5m$ چقدر می‌باشد؟

- (۱) در سمت آب 17.5 kN/m^2 در سمت خشکی 12.25 kN/m^2
 (۲) در سمت آب 12.25 kN/m^2 در سمت خشکی 12.25 kN/m^2
 (۳) در سمت آب 12.25 kN/m^2 در سمت خشکی 17.5 kN/m^2
 (۴) در سمت آب 17.5 kN/m^2 در سمت خشکی 17.5 kN/m^2

حل: گزینه ۱ صحیح است.

فشار آب حفره‌ای در سمت دریا:

$$p_1 = \frac{7}{8} k_h \gamma_w \sqrt{Hy} = \left(\frac{7}{8}\right) (0.4)(10)\sqrt{(10)(2.5)} = 17.5 \text{ kN/m}^2$$

فشار آب حفره ای به وجود آمده در سمت خشکی:

$$p_2 = 0.7p_1 = (0.7)(17.5) = 12.25 \text{ kN/m}^2$$

۵۲- نیروی مقاوم وارد بر دیوار حائل با مشخصات زیر در هنگام زلزله چقدر است؟

$$H = 5m \text{ و } \gamma = 20 \text{ kN/m}^3, k_v = 0.2, k_h = 0.4, K_{PE} = 0.5, K_{AE} = 0.6$$

100 kN/m (۴)

75 kN/m (۳)

90 kN/m (۲)

120 kN/m (۱)

حل: گزینه ۴ صحیح است.

فشار مقاوم کل برای واحد طول دیوار در هنگام زلزله از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$P_{PE} = \frac{1}{2} K_{PE} \gamma H^2 (1 - k_v) = \left(\frac{1}{2}\right) (0.5)(20)(5)^2 (1 - 0.2) = 100 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

۵۳- با افزایش مقدار k_h مقدار نیروی مقاوم در هنگام زلزله

(۱) افزایش می یابد.

(۲) کاهش می یابد.

(۳) تغییر نمی کند.

(۴) می تواند افزایش یا کاهش یابد (وابسته به مقدار زاویه اصطکاک داخلی خاک).

حل: گزینه ۲ صحیح است.

با افزایش k_h ، مقدار K_{PE} به صورت کلی کاهش می یابد ولی سرعت کاهش وابسته به مقدار زاویه اصطکاک داخلی می باشد.

۵۴- مقدار P_{PE} (نیروی مقاوم در هنگام زلزله) با افزایش زاویه اصطکاک داخلی خاک و با افزایش زاویه

خاکریز می یابد.

(۲) افزایش-کاهش

(۱) افزایش-افزایش

(۴) کاهش-کاهش

(۳) کاهش-افزایش

حل: گزینه ۱ صحیح است.

با افزایش مقدار \square و i مقدار K_{PE} نیز افزایش می یابد.

۵۵- در کدامیک از گزینه های زیر فشار دینامیکی محرک بیشترین مقدار خود را دارد؟

(۲) خاکریز اشباع با نفوذپذیری کم

(۱) خاکریز خشک

(۳) خاکریز اشباع با نفوذپذیری زیاد

(۴) خاکریز خشک چسبنده

حل: گزینه ۲ صحیح است.

نیروی اینرسی افقی خاکریز خشک برابر است با:

$$F_h = k_h \gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1 + e} k_h$$

نیروی اینرسی افقی خاکریز اشباع با نفوذپذیری زیاد:

$$F_h = \frac{G_s \gamma_w}{1 + e} k_h$$

نیروی اینرسی افقی خاکریز اشباع با نفوذپذیری کم:

$$F_h = \gamma_{sat} k_h = \frac{G_s + e}{1 + e} \gamma_w k_h$$

چسبندگی خاک موجب کاهش فشار دینامیکی محرک وارد بر دیوار می‌شود. بنابراین فشار دینامیکی در خاکریز اشباع با نفوذپذیری کم بیشترین مقدار را دارد.

۵۶- اگر $P_A = 150 \text{ kN/m}$ و $P_{AE} = 250 \text{ kN/m}$ و $H = 10 \text{ m}$ ، لنگر واژگونی دیوار حائل چقدر می‌باشد؟ محل اثر رانش دینامیکی را $0.6H$ در نظر بگیرید.

900kN (۴)

1100kN (۳)

1500kN (۲)

495kN (۱)

حل: گزینه ۳ صحیح است.

نیروی کل محرک P_{AE} را می‌توان به دو نیروی استاتیکی P_A و دینامیکی ΔP_{AE} تبدیل کرد:

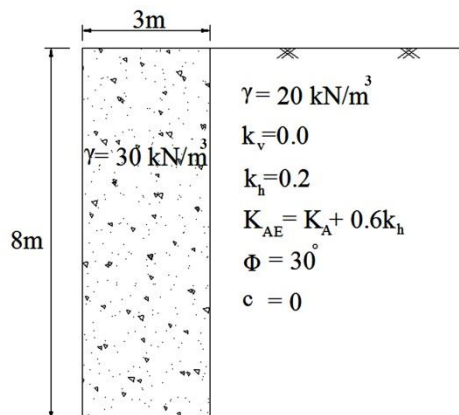
$$\Delta P_{AE} = P_{AE} - P_A = 250 - 150 = 100 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

لنگر واژگونی:

$$M = P_{AE} \bar{H} = P_A \left(\frac{H}{3} \right) + \Delta P_{AE} (0.6H)$$

$$M = (150) \left(\frac{10}{3} \right) + (100)(0.6)(10) = 1100 \text{ kN}$$

۵۷- نیروی محرک فشاری وارد بر دیوار زیر چقدر می‌باشد؟



288 kN/m (۱)

295 kN/m (۲)

300 kN/m (۳)

315 kN/m (۴)

حل: گزینه ۱ صحیح است.

نیروی محرک وارد بر دیوار برابر است با:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} K_{AE} \gamma H^2 (1 - k_v)$$

برای محاسبه نیروی فوق باید ابتدا K_A و بعد K_{AE} را محاسبه کنیم. برای بدست آوردن مقدار K_A از رابطه تقریبی رانکین استفاده می‌کنیم:

$$K_A = \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} = \frac{1 - 0.5}{1 + 0.5} = 0.33$$

$$K_{AE} = K_A + 0.6k_h = 0.33 + (0.6)(0.2) = 0.45$$

$$P_{AE} = \left(\frac{1}{2}\right) (0.45)(20)(8)^2(1 - 0) = 288 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

۵۸- ضریب اطمینان پایداری دیوار سوال ۵۷ چقدر می‌باشد؟ محل رانش دینامیکی $0.6H$ فرض شود.

$FS = 1.7$ (۴)

$FS = 1.5$ (۳)

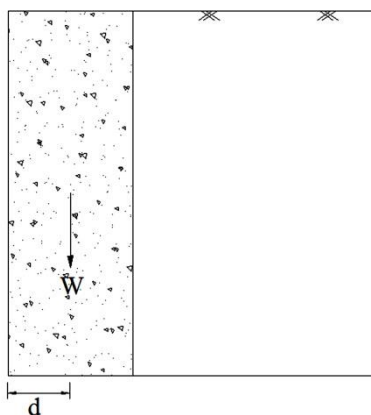
$FS = 1.1$ (۲)

$FS = 0.9$ (۱)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

ضریب اطمینان پایداری به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$FS = \frac{\text{لنگر مقاوم}}{\text{لنگر محرک}}$$



وزن دیوار: $W = HL\gamma = (8)(3)(30) = 720 \text{ kN/m}$

$$M_r = Wd = (720) \left(\frac{3}{2}\right) = 1080 \frac{\text{kN}\cdot\text{m}}{\text{m}}$$

نیروی محرک P_{AE} را می‌توان به دو نیروی استاتیکی P_A و دینامیکی ΔP_{AE} تبدیل کرد.

$$P_{AE} = 288 \text{ kN/m}$$

(از مسئله قبل داریم):

$$P_A = \frac{1}{2} K_A \gamma H^2 = \left(\frac{1}{2}\right) (0.33)(20)(8)^2 = 211.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\Delta P_{AE} = P_{AE} - P_A = 288 - 211.2 = 76.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_a = P_A \left(\frac{H}{3}\right) + \Delta P_{AE} (0.6H) = (211.2) \left(\frac{8}{3}\right) + (76.8)(0.6)(8) = 931.84 \frac{\text{kN}\cdot\text{m}}{\text{m}}$$

$$FS = \frac{1080}{931.84} = 1.1$$

۵۹- تحلیل مونونوب - اکابه جز تحلیل‌های می‌باشد.

(۴) شبه استاتیکی

(۳) شبه دینامیکی

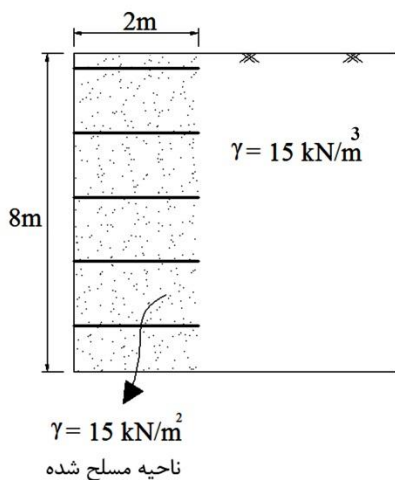
(۲) استاتیکی

(۱) حدی

حل: گزینه ۴ صحیح است.

تحلیل مونونوب- اکابه جز تحلیل‌های شبه استاتیکی می‌باشد.

۶۰- مقدار رانش دینامیکی بر ناحیه مسلح شده از خاکریز شکل زیر چقدر می باشد؟ $a_c = 0.45g$ شتاب حداکثر در ناحیه مسلح شده)



162kN (۱)

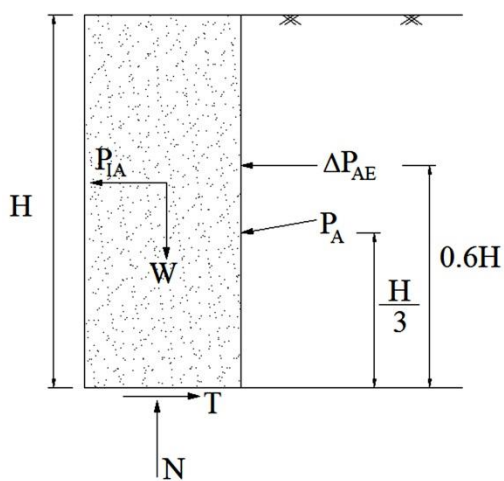
182kN (۲)

200kN (۳)

212kN (۴)

حل : گزینه ۱ صحیح است.

رانش دینامیکی خاک در خاکریز مسلح از رابطه زیر بدست می آید:



$$\Delta P_{AE} = 0.375 \frac{a_c \gamma^b H^2}{g}$$

γ^b وزن مخصوص خاک پشت ناحیه مسلح شده می باشد.

$$\Delta P_{AE} = (0.375) \frac{(0.45g)(15)(8)^2}{g} = 162\text{kN}$$

۶۱- در سوال ۶۰ نیروی اینرسی وارد بر ناحیه مسلح شده چقدر می باشد؟

212kN (۴)

200kN (۳)

182kN (۲)

108kN (۱)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

می دانیم نیروی اینرسی برابر است با: $P_{IA} = ma$ بنابراین نیروی اینرسی موثر بر ناحیه مسلح شده:

$$P_{AI} = \frac{a_c \gamma^r HL}{g}$$

که در آن γ^r وزن مخصوص ناحیه مسلح شده می‌باشد.

$$P_{IR} = \frac{(0.45g)(20)(8)(2)}{g} = 144 \text{ kN}$$

۶۲- اگر شتاب حداکثر افقی زمین $a_{max} = 0.15g$ باشد آنگاه شتاب حداکثر در ناحیه مسلح شده یک خاکریز چقدر می‌باشد؟ ($a_c = ?$)

0.47g (۴)

0.55g (۳)

0.45g (۲)

0.5g (۱)

حل: گزینه ۴ صحیح است.

شتاب حداکثر در ناحیه مسلح شده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$a_c = \left[1.45 - \frac{a_{max}}{g} \right] a_{max} = [1.45 - 0.5](0.5g) = 4.47g$$

۶۳- کدام گزینه صحیح است؟

(۱) واژگونی در دیوارهای حائل ثقلی غیرمحمتمل می‌باشد.

(۲) روش مونوب اکابه دارای دقت کافی می‌باشد.

(۳) دیوارهای ثقلی بر اساس جلوگیری از بروز شکست طراحی می‌شود.

(۴) روش مونوب اکابه جز روش‌های طراحی بر اساس تغییر مکان می‌باشد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

در صورت گسیختگی خاک زیر دیوار حائل ثقلی واژگونی بسیار محتمل خواهد بود و روش مونوب اکابه جز روش‌های نیرو بود و روش محافظه کارانه‌ای می‌باشد.

۶۴- کدام گزینه نادرست می‌باشد؟

- ۱) میزان فشار دینامیکی مورد نیاز جهت ایجاد خسارت به مقدار فشار استاتیکی قبل از زلزله بستگی خواهد داشت.
- ۲) فشار خاک بر یک دیوار حائل وابسته به قابلیت حرکت دیوار نسبت به خاک می‌باشد.
- ۳) فشارهای دینامیکی وارد بر دیوار حائل ثابت از تحلیل الاستیک محاسبه می‌شود.
- ۴) چون آب توانایی تحمل تنش برشی را ندارد نمی‌تواند فشار دینامیکی بر دیوار وارد کند.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

حضور آب در هر طرف دیوار حائل شدیداً بر رفتار لرزه‌ای دیوار تاثیر می‌گذارد. آب در جلوی دیوار علاوه بر فشار هیدرواستاتیکی، فشار دینامیکی بر سطح دیوار وارد می‌کند. آب در داخل خاک پشت دیوار می‌تواند نیروهای اینرسی وارد بر دیوار را تحت تاثیر قرار داده و موجب تولید فشارهای منفذی اضافی هیدرو دینامیکی گردد.

فصل ششم

روانگرایی

روانگرایی

هنگامیکه یک لایه ماسه شل و اشباع تحت اثر ارتعاش قرار گیرد، در صورتی که خاک توانایی زهکشی نداشته باشد، بعلت بیشتر بودن سرعت بارگذاری نسبت به سرعت زهکشی، فشار آب حفره‌ای افزایش یافته و تنش مماسی کاهش می‌یابد و خاک دچار ناپایداری در اثر کاهش مقاومت گشته و تغییر شکل‌های بسیار بزرگی از خود نشان می‌دهد (روانگرایی). دو ویژگی خاک که باعث روانگرایی می‌شود عبارتند از :

- رفتار برشی خاک‌های دانه‌ای که در اثر تغییر شکل برشی تمایل به تغییر حجم دارند.

- مقاومت برشی خاک که تابع تنش محصور کننده می‌باشد. $\tau_f = \sigma_n \tan \Phi + c$

تولید فشار منفذی در شرایط غیر زهکشی، نشان اصلی تمام پدیده‌های روانگرایی است. خاک‌های غیر چسبنده در اثر بارگذاری استاتیکی و یا سیکلی تمایل به متراکم شدن دارند. خاک متراکم در اثر تغییر شکل برشی انبساط یافته و بعلت تمایل به رد شدن دانه‌های خاک بر روی هم موجب ایجاد حالت مکش در خاک شده و تنش موثر، σ' افزایش می‌یابد و یک افزایش مقاومت لحظه‌ای در خاک مشاهده می‌شود.

ویژه‌گی‌های رفتاری خاک‌های اشباع در شرایط زهکشی نشده

تراکم اولیه و سطح تنش محدود کننده خاک مهترین عامل بر رفتار زهکشی نشده خاک‌های اشباع می‌باشند. خاک شل تمایل به انقباض و کاهش مقاومت و خاک سخت تمایل به انبساط و افزایش مقاومت دارد. در کرنش‌های $10^{-5} \leq \gamma$ هیچ تمایلی به تغییر حجم و تغییر مقاوت در خاک مشاهده نمی‌شود. بنابراین با افزایش تنش محدود کننده، σ رفتار خاک انقباضی‌تر و با کاهش σ رفتار آن انبساطی‌تر می‌باشد.

علت روانگرایی

هنگامی که خاک‌های غیرچسبنده، اشباع می‌باشند در اثر بارگذاری سریع در شرایط زهکشی نشده، تمایل به تراکم، موجب افزایش فشار آب حفره‌ای گشته و در نتیجه تنش‌های موثر کاهش می‌یابند و روانگرایی رخ می‌دهد.

انواع روانگرایی ناشی از افزایش فشار آب حفره‌ای

- روانگرایی جریانی (flow liquefaction)
- تحریک سیکی (cyclic mobility)

روانگرایی جریانی

روانگرایی جریانی، هنگامی که تنش برشی لازم برای تعادل استاتیکی توده خاک (تنش برشی استاتیکی) بزرگتر از مقاومت برشی خاک در حالت روانگرایی است رخ می‌دهد. روانگرایی جریانی تنها ویژه خاک‌هایی است که در وضعیت نرم شونده‌گی کرنشی قرار دارند و نیازمند پاسخ نرم شونده‌گی کرنش تحت بازگذاری زهکشی نشده است که در شرایط تنش برشی و تنش موثر ثابت پدید می‌آید. این نوع روانگرایی در هر دو بارگذاری استاتیکی و تناوبی و در هر خاک اشباع کم ثبات مثل رسوبات دانه‌ای، رس‌های بسیار حساس و رس‌های لای دار اتفاق می‌افتد. تغییرشکل‌های زیاد در اثر روانگرایی جریانی در حقیقت در اثر تنش برشی ایجاد شده و شرایط فعال شدن روانگرایی جریانی را می‌توان بسادگی هنگام افزایش یکنواخت تنش در خاک مشاهده نمود.

تحریک سیکی

تحریک سیکی هنگامی رخ می‌دهد که تنش برشی استاتیکی کمتر از مقاومت خاک روان شده باشد. تغییرشکل‌های ایجاد شده توسط گسیختگی‌های تحریک سیکی در خلال زلزله بصورت فزاینده‌ای گسترش می‌یابد. (تنش‌های برشی استاتیکی درجا در مقایسه با تنش‌های برشی تناوبی کوچک هستند). تحرک سیکی می‌تواند تغییرشکل‌های ماندگار بزرگ و غیرقابل انتظاری را در حین لرزش‌های زلزله ایجاد نماید. میزان تغییرمکان‌ها و حرکت‌های بدست آمده در روانگرایی سیکی (تناوبی) به عواملی خارجی

بستگی دارد و تنها در حین بارگذاری دوره‌ای اتفاق می‌افتد. روانگرایی سیکلی (تناوبی) در همه خاک‌های اشباع ماسه‌ای که تحت بارگذاری تناوبی با بزرگی و دوام کافی قرار دارد ممکن است رخ دهد.

زمانی که تنش‌های موجود همواره بزرگتر از صفر بوده و بارگذاری زهکشی نشده تناوبی اعمال می‌گردد. لیکن تنش برشی موجود بسیار کوچکتر از تنش برشی تناوبی می‌باشد، تحریک تناوبی رخ می‌دهد. مقدار و گسترش تغییر شکل‌ها در بارگذاری تناوبی به عوامل زیر بستگی دارد:

- دانسیته
- بزرگی و دوام بارگذاری
- وسعت و دامنه‌ای که در آن تنش برشی معکوس شونده پدید می‌آید.

هنگامی که وضعیت تنش مؤثر صفر به طور طبیعی پدید آید تغییر شکل بزرگ حاصل می‌گردد. ولی اگر تنش برشی معکوس شونده رخ ندهد اغلب رسیدن به وضعیت تنش مؤثر معادل صفر امکان پذیر نخواهد بود و تغییر شکل‌های کوچک بوده و تحریک تناوبی رخ خواهد داد. تغییر شکل‌های ناشی از تحریک سیکلی هم در اثر تنش‌های سیکلی و هم در اثر تنش‌های استاتیکی ایجاد می‌شوند که به گسترش جانبی (*lateral spreading*) مشهورند.

یک حالت خاص از تحریک سیکلی روانگرایی سطحی (*level ground*) می‌باشد. از آنجایی که تنش‌های برشی افقی استاتیکی که سبب بروز تغییر شکل‌های جانبی می‌شوند وجود ندارند، روانگرایی سطحی می‌تواند جابجایی‌های بزرگ و مغشوش که به نواسانات زمین حین زلزله مشهورند ایجاد نماید. گسیختگی‌های روانگرایی سطحی در اثر جریان روبه بالای آب که به هنگام استهلاک اضافه فشار منفذی ناشی از زلزله ایجاد می‌شود رخ می‌دهد. تحریک سیکلی یک پدیده مربوط به زلزله است اما روانگرایی جریانی می‌تواند به طرق مختلف فعال شود.

استعداد روانگرایی

تمامی خاک‌ها استعداد روان شدن را ندارند، لذا اولین قدم در ارزیابی مخاطرات روانگرایی معمولاً ارزیابی استعداد روانگرایی می‌باشد. اگر خاک در یک ساختگاه بخصوص استعداد روان شدن را نداشته باشد، می‌توان روند ارزیابی روانگرایی را پایان داد. اما اگر خاک مستعد باشد، باید احتمال روانگرایی و مخاطرات ناشی از آن ارزیابی گردد. معیارهای بسیاری برای ارزیابی روانگرایی وجود دارد که در ادامه به بطور خلاصه به برخی از آنها اشاره می‌گردد.

معیار تاریخی

مطالعات صحرائی پس از زلزله نشاد داده است که اثرات روانگرایی در طول زمان به مناطقی با فاصله مشخص از منبع زلزله محدود شده است. فاصله‌ای که در آن انتظار وقوع روانگرایی می‌رود شدیداً با افزایش بزرگای زلزله افزایش می‌یابد.

معیار زمین شناسی

توده‌های خاک که مستعد روانگرایی هستند در یک محدوده نسبتاً باریکی از شرایط زمین شناسی شکل گرفته‌اند. شرایط رسوبگذاری، شرایط هیدولوژیکی و سن توده خاک بر استعداد روانگرایی تأثیر می‌گذارند. خاک‌های با دانه‌بندی یکنواخت که در شرایط متخلخل انباشته شده‌اند، مستعد روانگرایی می‌باشند. انباشته‌های رسوبی، واریزه‌ای و انباشته‌های بادی در صورت اشباع بودن، ممکن است مستعد روانگرایی باشند. روانگرایی فقط در خاک‌های اشباع رخ می‌دهد. لذا عمق آب زیرزمینی بر استعداد روانگرایی تأثیرگذار می‌باشد. استعداد روانگرایی با افزایش عمق تراز آب زیرزمین کاهش می‌یابد.

معیارهای ساختاری

لازمه وقوع روانگرایی افزایش فشار آب منفذی می‌باشد، لذا استعداد روانگرایی تحت تأثیر خصوصیات ترکیبی است که بر رفتار تغییر حجم اثر می‌گذارند. خصوصیات ترکیبی مرتبط با پتانسیل بالای تغییر حجم و در نتیجه استعداد بالای روانگرایی می‌باشند. این خصوصیات شامل اندازه دانه‌ها، شکل و دانه بندی آنها می‌باشند. اندازه دانه‌های خاک و دانه‌بندی آن بر پتانسیل تغییر حجم و روانگرایی تأثیرگذار است. توده‌های خاک دستی شل و بدون تراکم مستعد روانگرایی می‌باشند. روانگرایی لای غیرپلاستیک هم در آزمایشگاه و هم در محل مشاهده شده و لای درشت‌دانه که غیر چسبیده و غیرپلاستیک باشد شدیداً مستعد روانگرایی می‌باشد. ولی لای ریزدانه با ذرات پولکی و یا صفحه‌ای عموماً به اندازه‌ای چسبیده هستند که پدیده روانگرایی در آنها رخ نمی‌دهد.

روانگرایی خاک‌های ریزدانه

خاک‌های ریزدانه هر یک از چهار معیار زیر را ارضا نمایند ممکن است مستعد کاهش مقاومت در برابر روانگرایی باشند:

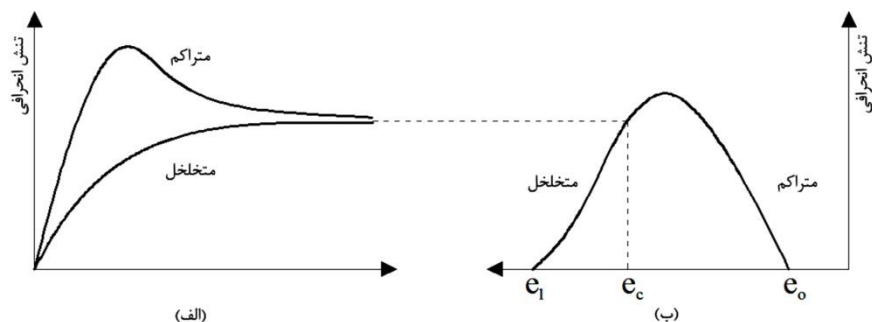
- $15\% \leq$ درصد ذرات زیرتر از 0.005mm
- $LL \leq 35\%$ حد روانی
- $0.9LL \geq$ رطوبت طبیعی
- $0.75 \leq$ شاخص روانی

روانگرایی شن در آزمایشگاه و صحراً مشاهده شده است. استعداد روانگرایی تحت تأثیر دانه‌بندی بوده و خاک‌های خوب دانه‌بندی شده از استعداد کمتری برای روانگرایی دارند. شکل ذرات نیز بر استعداد روانگرایی اثرگذار می‌باشند. خاک‌های با ذرات کروی ساده‌تر از خاک‌های با ذرات گوشه‌دار متراکم می‌شوند و استعداد بیشتری برای روانگرایی دارند.

معیارهای حالت

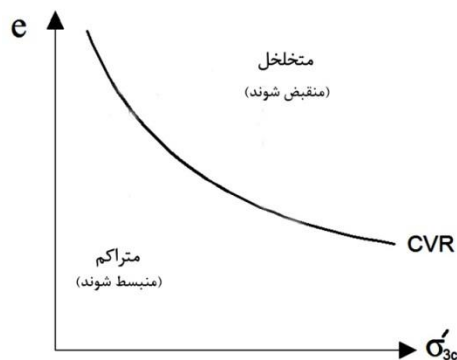
حتی اگر خاکی تمامی معیارهای قبلی جهت قابلیت روانگرایی را ارضا نماید، ممکنست هنوز مستعد روانگرایی نباشد(یا باشد). استعداد روانگرایی به حالت اولیه خاک یعنی خصوصیات تنش و دانسیته آن در زمان وقوع زلزله بستگی دارد. از آنجایی که تمایل برای ایجاد اضافه فشار منفذی در یک خاک بخصوص، شدیداً تحت تاثیر شرایط دانسیته و تنش اولیه می‌باشد لذا استعداد روانگرایی نیز شدیداً به حالت اولیه خاک بستگی دارد.

تمامی نمونه‌هاییکه تحت فشار محدود کننده مؤثر یکسان آزمایش می‌شوند، هنگامی که در اثر کرنش‌های بزرگ دچار گسیختگی برشی می‌شوند به دانسیته یکسانی می‌رسند. نمونه‌های که در ابتدا شل باشند حین برش متراکم و نمونه‌هایی که در ابتدا متراکم باشند حین برش ابتدا حالت انقباضی و بلافاصله حالت اتساعی از خود بروز می‌دهند.



(الف) منحنی تنش - کرنش (ب) منحنی تنش - تخلخل

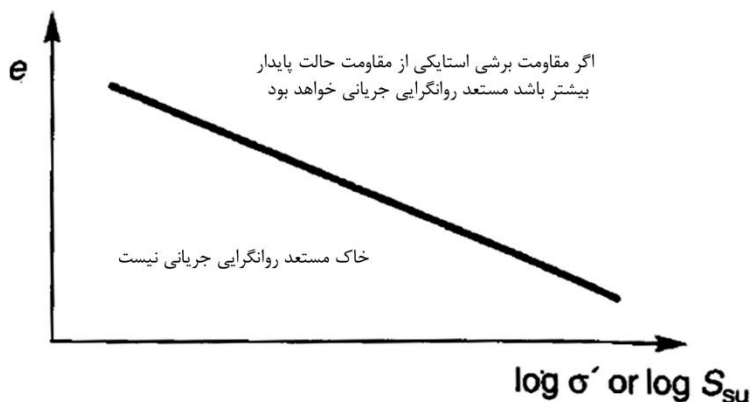
در کرنش‌های بزرگ تمام نمونه‌ها به یک دانسیته رسیده و با مقاومت برشی ثابتی به گسیختگی برشی ادامه می‌دهند. تخلخل متناظر با این دانسیته ثابت را تخلخل بحرانی، e_c می‌گویند. تخلخل بحرانی بطور واحد به فشار جانبی مؤثر بستگی داشته و پوش آن‌ها را خط تخلخل بحرانی (CVR) نامیده می‌شود.



منحنی خط CVR

: حالتی که در آن خاک تحت شرایط تنش برشی ثابت و فشار جانبی مؤثر ثابت در حجم و سرعت ثابت بصورت پیوسته جریان می‌یابد، بعنوان حالت یکنواخت تغییرشکل یا تغییرشکل پایدار تعریف می‌شود. پس از آنکه شرایط اولیه مانند بافت خاک، تاریخچه تنش و کرنش و شرایط بارگذاری برطرف گردید، فشار جانبی مؤثر در یک المان خاک در این حالت تنها به دانسیته آن بستگی خواهد داشت.

پوش نقاطی که رابطه بین تخلخل و فشار جانبی مؤثر را برای تغییر شکل حالت پایدار بیان می‌کند خط حالت پایدار (*SSL*) نامیده می‌شود. خاک‌هایی که حالت آن‌ها در زیر *SSL* قرار می‌گیرند برای روانگرایی جرانی مستعد نمی‌باشند. خاکی که وضعیت آن در بالای *SSL* واقع می‌شود تنها زمانیکه تنش برشی استاتیکی آن از مقاومت حالت پایدار بیشتر شود، مستعد روانگرایی خواهد بود.



خط حالت پایدار *SSL*

مکان *SSL* به خصوصیات ترکیبی خاک حساس می‌باشد. موقعیت قائم آن شدیداً متأثر از دانه‌بندی و شیب آن بوسیله تیزگوشکی ذرات خواهد بود. خاک‌هایی با ذرات گردگوشه دارای *SSL* تخت می‌باشند. خصوصیتی که مشکلاتی در محاسبه مقاومت حالت پایدار در محل ایجاد می‌نماید. بدون تغییر در فشار منفذی تنش مؤثر تغییر نکرده و روانگرایی جرانی، یا تحریک سیکلی هیچکدام اتفاق نخواهد افتاد.

ارزیابی شروع روانگرایی

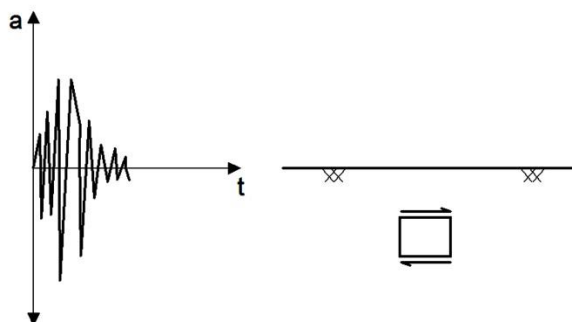
◆ *Lee* و *Seed* روانگرایی اولیه را بعنوان نقطه‌ای که در آن افزایش در فشار منفذی معادل فشار جانبی مؤثر اولیه می‌باشد تعریف نمودند یعنی هنگامی که:

$$u_{excess} = \sigma_{3c} \text{ or } r_u = \frac{\Delta u}{\sigma'_o} \%100$$

روش Seed – Idriss

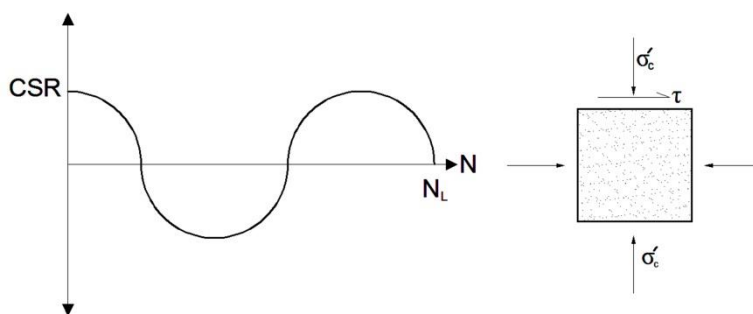
مراحل روش سید- ادریس بصورت زیر خلاصه می‌گردد:

(۱) بارگذاری در زلزله بصورت شکل زیر به نمونه وارد می‌شود.



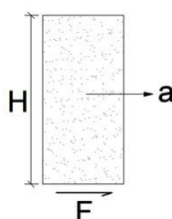
بارگذاری زلزله وارد بر المان خاک

(۲) بارگذاری زلزله بصورت شکل زیر در آزمایشگاه به نمونه وارد می‌شود:



(۳) تنش برشی وارد بر المان بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tau A = A\gamma ha$$



◆ فرضیات روش سید - ادریس:

- ستون خاک صلب است در نتیجه شتاب در همه نقاط آن یکسان می‌باشد.
- شتاب ماکزیمم به آن اعمال نمی‌شود و حداکثر تنش برشی که از تاریخچه زمان - تنش برشی در طول زلزله بدست می‌آید می‌تواند به تعداد سیکل‌های تنش عمده تبدیل شود. مطابق نظریه سید و ادریس $(\tau_{cyc} = 0.65\tau_{max})$:

$$\tau A = 0.65A\gamma ha_{max}$$

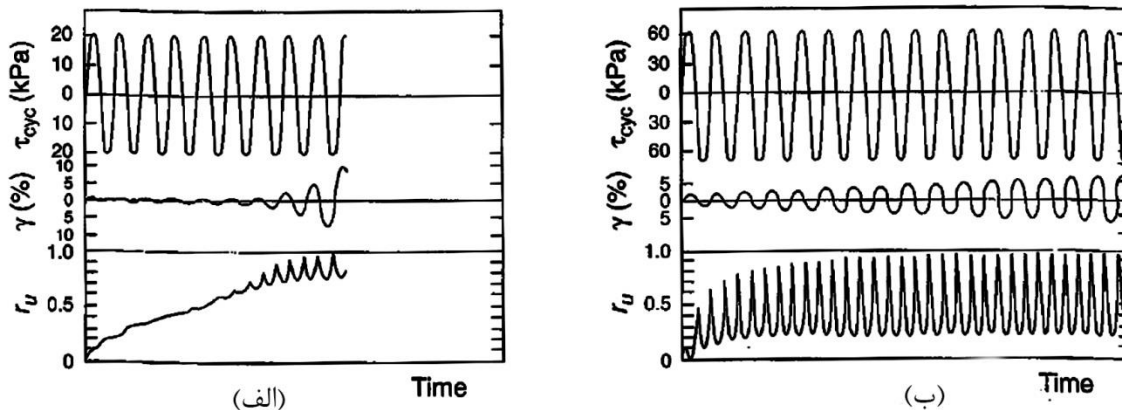
(۴) چون این المان بسته به عمق قرار گیری وضعیت متفاوتی خواهد داشت رابطه فوق را به تنش اولیه σ_c نرمالایز می‌کنیم:

$$CSR = \frac{\tau}{\sigma_c} = \frac{0.65A\gamma h a_{max} r_d}{g\sigma_c}$$

r_d ضریب تصحیح شتاب در عمق و CSR ، *Cyclic Stress Ratio* می‌باشد. با تعریف $\sigma_v = \gamma h$ داریم:

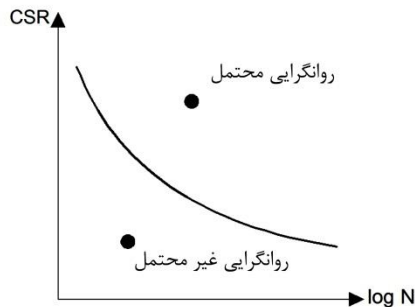
$$CSR = 0.65 \frac{1}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma_c} a_{max} r_d$$

(۵) CSR بدست آمده را در N سیکل به نمونه وارد می‌شود و تا مشاهده گردد خاک چه رفتاری از خود نشان می‌دهد:



نتایج آزمایش: (الف) ماسه شل - (ب) ماسه متراکم

(۶) با رسم CSR مختلف و تعداد سیکل‌ها منحنی پتانسیل روانگرایی تعریف می‌شود.



خط پتانسیل روانگرایی

اگر $CSR_{زلزله} < CSR_{مقاوم}$ باشد آنگاه خاک روانگرا خواهد شد. با تغییر بزرگای زلزله، M ، CSR نیز تغییر خواهد کرد. بنابراین CSR را برای زلزله با بزرگی $M = 7.5$ در نظر گرفته و سایر زلزله‌ها را بصورت زیر اصلاح می‌کنیم:

$$CSR_{(M=7.5)} = \frac{CSR_M}{MSF}$$

در بارگذاری با دامنه ثابت با گذشت زمان دامنه تغییر شکل افزایش می‌یابد ولی فشار آن حفره‌ای تا $r_u = 1$ افزایش و ثابت می‌ماند، درحالی که کرنش‌ها همچنان افزایش می‌یابند. CSR یک عدد وابسته به تعداد سیکل می‌باشد. یعنی در هر CSR باید تعداد سیکل، N را هم داشته باشیم تا تشخیص دهیم خاک روانگرا می‌شود یا نه. بنابراین برای تعیین روانگرایی باید سطح تنش برشی سیکلیک وارده و تعداد سیکل‌ها اندازه‌گیری شود. عوامل موثر بر CSR مقاوم عبارتند از:

- سطح تنش وارده به خاک
- تعداد سیکل‌ها
- تراکم
- دانه‌بندی خاک

هرچه خاک درشت‌دانه‌تر باشد مقاومت روانگرایی، CSR افزایش می‌یابد. اگر روی شن لایه نفوذناپذیر وجود داشته باشد می‌تواند موجب روانگرایی شن گردد. هرچه خاک رسی‌تر باشد مقاومت روانگرایی، CSR باز افزایش خواهد یافت. هرچه درصد رس افزایش یابد کرنش زودتر به مرز روانگرایی می‌رسد. و هرچه درصد رس کاهش یابد فشار آب حفره‌ای زودتر به مرز روانگرایی می‌رسد. ماسه‌های ریزدانه و سیلتی مقاومت بسیار کمی در مقابل روانگرایی دارند. با افزایش مقدار ریزدانه در تعداد یک سیکل مشخص مقدار CSR افزایش می‌یابد.

یک تعریف دیگر روانگرایی زمانی است که کرنش با دو برابر دامنه $\geq 5\% \varepsilon$ باشد. یعنی بین $r_u = 1$ و $\geq 5\% \varepsilon$ هرکدام زودتر اتفاق بیفتد به عنوان روانگرایی تلقی می‌شود. نقطه شروع روانگرایی در آزمایشگاه زمانی است که نمونه به تراز کرنشی معادل ۵ درصد کرنش محوری با دو برابر دامنه در آزمایش محوری یا تراز کرنشی معادل ۳ الی ۴ درصد کرنش برشی با دو برابر دامنه در آزمایش برش ساده تناوبی برسد. تعداد سیکل‌های بارگذاری لازم برای وقوع روانگرایی جریانی، N_L با افزایش دامنه تنش برشی و کاهش دانستیه کاهش می‌یابد.

CSR لازم برای ایجاد روانگرایی اولیه در محل حدود ۱۰ درصد کمتر از CSR لازم برای آزمایش ساده سیکلی می‌باشد بنابراین:

$$[CSR]_{\text{محل}} = \frac{\tau_{cyc}}{\sigma'_{vo}} = 0.9[CSR]_{SS} = 0.9C_r[CSR]_{tx}$$

C_r ضریب اصلاح آزمایش سه محوری می‌باشد که با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود:

- رابطه $Finn$ و همکاران:

$$C_r = \frac{1 + K_o}{2}$$

- رابطه $Peacock$ و $Seed$:

$$C_r = \frac{2(1 + 2K_o)}{3\sqrt{3}}$$

روش کرنش برای ارزیابی روانگرایی

این روش از مبانی فیزیکی و علمی محکم‌تری برخوردار است. اما به دلیل اینکه فقط معیاری برای شروع تولید فشار آب حفره‌ای دینامیکی می‌باشد نه شروع روانگرایی، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تولید فشار آب حفره‌ای در خاک‌های ماسه‌ای، سطح کرنش نقش بیشتری نسبت به سطح تنش دارد، زیرا کمتر تابع عوامل مختلفی همچون تراکم نسبی خاک، روش نمونه سازی، تنش‌های همه جانبه اولیه و غیره می‌باشد. بنابراین معادلات در این روش بر اساس کرنش بوجود آمده در خاک ارائه می‌شود:

میزان تقاضا با دامه کرنش برشی تناوبی از زلزله (γ) در عمق مفروض از پروفیل خاک توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\gamma = \frac{0.65 \frac{a_{max} \frac{\sigma_{vo}}{g} r_d}{\sigma_{vo}}}{G_{max} \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^\gamma}$$

G_{max} مدول برشی در کرنش آستانه و G/G_{max} نسبت مدول برشی در کرنش γ به کرنش آستانه می‌باشد. ظرفیت روانگرایی خاک در این روش با کرنش آستانه (γ_{th}) تعریف شده است. کرنش آستانه (ظرفیت روانگرایی) کرنش آستانه حداقل کرنشی که برای شروع لغزش دانه‌روی دانه لازم است می‌باشد و مقادیر آن برای ماسه‌های مختلف (10^{-4}) بوده و مستقل از روش نمونه سازی و تراکم اولیه و تنش موثر اولیه است. ضریب اطمینان در روش کنترل کرنش بصورت زیر تعریف خواهد شد:

$$FS = \frac{\gamma_{th}}{\gamma}$$

در این روش ضریب اطمینان بزرگتر از یک نشان می‌دهد که روانگرایی قطعا رخ نمی‌دهد ولی ضریب اطمینان کوچکتر از یک، نشان دهنده رخداد قطعی روانگرایی نبوده و تنها بیانگر آنست که کرنش موجود از کرنش آستانه بیشتر است و بدون تردید فشار آب حفره‌ای تولید شده، در حالی که ممکن است به $r_u = 1$ نرسیده باشد. و همچنین از آنجایی که بارگذاری و مقاومت بجای تنش‌ها بر حسب کرنش‌ها تعیین شده‌اند روش کرنش سیکلی نمی‌تواند در مقابل روانگرایی ضریب اطمینانی ارائه دهد.

عواملی که مقاومت روانگرایی را افزایش می‌دهند.

برخی از عوامل مهم که بر مقاومت روانگرایی تاثیر می‌باشند عبارتند از (مهم):

- مقاومت روانگرایی یک نمونه که در معرض کرنش‌های زلزله‌های گذشته بوده بزرگتر از مقاومت نمونه‌ای با همان دانسیته که تحت تاثیر زلزله‌ای نبوده است می‌باشد.
- مقاومت روانگرایی با افزایش ضریب بیش‌تحکیم و ضریب فشار جانبی خاک افزایش می‌یابد.
- طول مدت تحت فشار بودن نیز سبب افزایش مقاومت روانگرایی می‌گردد.
- عواملی که مقاومت روانگرایی را افزایش می‌دهند مقاومت SPT را نیز افزایش می‌دهند.
- وجود ذرات ریزدانه می‌تواند بر مقاومت SPT تاثیر گذارد. مقاومت ماسه مادام که درصد ریزدانه، ذرات کمتر از ۵ درصد باشد، از ذرات ریزدانه متاثر نخواهد شد.

- در درصدهای بالاتر ریزدانه، ذرات ریز از روانگرایی جلوگیری می‌نمایند (یعنی CSR لازم برای شروع روانگرایی برای یک مقدار معلوم $(N_1)_{60}$ افزایش می‌یابد).
- پلاستیسیته ریزدانه نیز می‌تواند بر مقاومت روانگرایی اثر گذارد، چسبندگی ریزدانه پلاستیک از جابجایی نسبی ذرات مجرای خاک جلوگیری نموده و در نتیجه اضافه فشار منفذی حین زلزله را کاهش می‌دهد. برای ریزدانه‌های دارای دامنه خمیری کمتر از ۱۰ تاثیر کم و برای ریزدانه با دامنه خمیری بیشتر از ۱۰ یک افزایش تدریجی در مقاومت روانگرایی نشان می‌دهد.
- سیلت در اعماق کم روانگرایی را کاهش می‌دهد ولی در اعماق با کاهش تراکم نسبی روانگرایی را افزایش می‌دهد. در D_r های مساوی اگر سیلت اضافه شود می‌تواند باعث کاهش روانگرایی گردد.
- در ساختگاه‌هایی که سازه‌های سنگین بر روی آنها نصب شده، وجود تنش‌های برشی استاتیکی اولیه بر مقاومت روانگرایی تاثیر می‌گذارد. برای شرایطی که در آن تنش‌های برشی استاتیکی از مقاومت حالت پایدار بزرگتر است، مقاومت روانگرایی کاهش می‌یابد.
- تنش برشی لازم برای شروع روانگرایی در فشارهای مؤثر جانبی بزرگ (بزرگتر از آنهایی که مبنای تهیه داده‌های محلی می‌باشند) افزایش می‌یابد.
- اضافه فشار منفذی حتی هنگامی که ضریب اطمینان محاسبه شده بزرگتر از یک هم باشد می‌تواند گسترش یابد.
- اضافه فشار منفذی لازم برای آغاز روانگرایی با افزایش نسبت تنش مؤثر اصلی اولیه کاهش می‌یابد و تعداد سیکل‌های لازم برای شروع روانگرایی نیز کاهش می‌یابد.

اثرات روانگرایی

برخی از اثرات مهم انواع روانگرایی بطور خلاصه در زیر تشریح شده است :

- روانگرایی جریانی می‌تواند سبب لغزش توده‌های بزرگ، غرق شدن یا کج‌شدگی سازه‌های سنگین، شناوری سازه‌های مدفون سبک و گسیختگی سازه‌های حائل گردد.
- تحریک سیکلی موجب فروریزی شیب‌ها، نشست ساختمان‌ها تغییر شکل‌های جانبی و گسیختگی دیوار حائل گردد.
- نوسانات قابل ملاحظه زمین، نشست سطح زمین، جوشش ماسه و ناپایداری‌های پس از زلزله در ساختگاه‌های مسطح رخ می‌دهد.
- گسترش خیلی زیاد فشار منفذی باعث می‌شود که سختی و مقاومت حتی یک لایه نازک به حدی کاهش یابد که مؤلفه‌های فرکانس بالای حرکت بستر سنگی نتواند به سطح زمین انتقال یابد.
- دامنه شتاب سطحی هنگام ازدیاد فشار منفذی کاهش می‌یابد. کاهش شتاب سطحی به این معنا نیست که پتانسیل خرابی لزوماً کاهش می‌یابد زیرا دامنه‌های شتاب پایین در فرکانس‌های پایین هنوز می‌توانند تغییر مکان‌های بزرگی تولید نمایند.

- گسترش جوشش ماسه به میزان اضافه فشار منفذی، ضخامت، دانسیته و عمق محدوده با اضافه فشار منفذی، و ضخامت، نفوذپذیری و دست‌نخوردگی هر لایه خاک که بر روی محدوده با اضافه فشار منفذی بالا واقع است، بستگی دارد.
- روانگرایی در اعماق زیاد یا در لایه‌های با ضخامت کم ممکن است جوشش ماسه تولید نکند.
- اضافه فشار منفذی کمتر در لایه‌های ضخیم در اعماق کم ممکنست جوشش ماسه بوجود آورد.
- نفوذپذیری کم ماسه لای‌دار، از جریان سریع آب منفذی برای ایجاد جوشش ماسه، حتی اگر هم اضافه فشار حفره‌ای بالا باشد، جلوگیری می‌نماید.
- ناپایداری روانگرایی هنگامی رخ می‌دهد که تنش‌های برشی ایجاد شده در توده خاک از مقاومت برشی آن تجاوز نماید سپس خاک تا رسیدن به شرایطی که در آن تنش‌های برشی از مقاومت برشی بیشتر نباشد تغییر شکل می‌دهد.

تست‌های روانگرایی

۱- چه هنگامی خاک تغییر شکل‌های بزرگی از خود نشان می‌دهد؟

- ۱) هنگامی که خاک توانایی زهکشی داشته باشد.
- ۲) هنگامی که سرعت بارگذاری کمتر از سرعت زهکشی باشد.
- ۳) هنگامی که خاک توانایی زهکشی نداشته باشد.
- ۴) هنگامی که فشار آب حفره‌ای کاهش می‌یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

در صورتی که خاک توانایی زهکشی نداشته باشد تغییر شکل بسیار بزرگی از خود نشان می‌دهد.

علت چیست؟ اگر سرعت بارگذاری بیشتر از سرعت زهکشی باشد بعلاوه افزایش فشار آب حفره‌ای تنش مماسی کاهش یافته و خاک دچار ناپایداری در اثر کاهش مقاومت می‌گردد (روانگرایی).

۲- دو ویژگی مهم خاک که باعث روانگرایی می‌شوند؟

- ۱) زهکشی بالا- دانسیته بالا
- ۲) مدول برشی- تخلخل
- ۳) رفتار برشی - مقاومت
- ۴) میرایی - چسبندگی

حل: گزینه ۳ صحیح است.

خاک‌های دانه‌ای در اثر تغییر شکل برشی تمایل به تغییر حجم دارند و مقاومت برشی خاک تابع تنش محصور کننده می‌باشد. با افزایش تنش محصورکننده مقاومت برشی خاک افزایش می‌یابد.

۳- خاکی که رفتار انقباضی دارد دچار مقاومت و خاکی که دارای رفتار انبساطی دارد دچار می‌شود؟

- ۱) کاهش - کاهش
- ۲) کاهش - افزایش

(۳) افزایش - افزایش

(۴) افزایش - کاهش

حل: گزینه ۲ صحیح است.

هرچه خاک شل تر، تمایل به روانگرایی بیشتر می‌باشد. خاک متراکم (دارای رفتار انبساطی) در اثر تغییر شکل برشی منبسط گشته و به علت تمایل به رد شده دانه‌های خاک بر روی هم حالت مکشی در خاک ایجاد می‌گردد که باعث افزایش تنش محصور کننده گشته و مقاومت به صورت لحظه ای افزایش می‌یابد ولی در خاک‌های شل (دارای رفتار انقباضی) عکس این مطلب صادق است.

نکته: خاک شل تمایل به انقباض و کاهش مقاومت دارد. خاک سفت تمایل به انبساط و افزایش مقاومت دارد.

۴- رفتار انقباضی و انبساطی در کدام یک از خاک‌های زیر رخ می‌دهد؟

- (۱) رفتار انقباضی در خاک اشباع زهکشی نشده و رفتار انبساطی در خاک زهکشی شده مشاهده می‌شود.
- (۲) رفتار انقباضی در خاک اشباع زهکشی شده و رفتار انبساطی در خاک زهکشی نشد مشاهده می‌شود.
- (۳) هر دو در خاک اشباع زهکشی نشده مشاهده می‌شوند.
- (۴) هر دو در خاک اشباع زهکشی شده مشاهده می‌شوند.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

همه این رفتارها در خاک اشباع زهکشی نشده رخ می‌دهد.

۵- کدامیک از موارد زیر از عوامل مؤثر بر ویژگی‌های رفتاری خاک‌های زهکشی نشده اشباع نمی‌باشد؟

- | | |
|------------------------|--------------------|
| (۱) تراکم اولیه | (۲) سطح کرنش وارده |
| (۳) سطح تنش محدودکننده | (۴) میرایی |

حل: گزینه ۴ صحیح است.

عوامل مؤثر بر رفتار خاک‌های اشباع زهکشی نشده عبارتند از: تراکم اولیه، سطح کرنش وارده و سطح تنش محدودکننده که تراکم اولیه و تنش محدودکننده دارای تأثیر بیشتری می‌باشند.

نکته: در کرنش‌های کوچکتر از 10^{-5} هیچ تمایلی به تغییر حجم و تغییر مقاومت نداریم.

نکته: تحت تنش‌های برشی خاک از هر تراکمی که آغاز شود به یک نقطه می‌رسد در مورد تغییر حجم هم این مورد صادق است.

نکته: $e < e_{cr}$ باشد. پتانسیل روانگرایی وجود ندارد.

۶- e_{cr} تابع چیست؟

- (۱) تنش مؤثر جانبی (۲) مدول برشی (۳) میرایی (۴) دانسیته

حل: گزینه ۱ صحیح است.

تخلخل بحرانی، e_{cr} تابع تنش مؤثر جانی σ_3 می‌باشد.

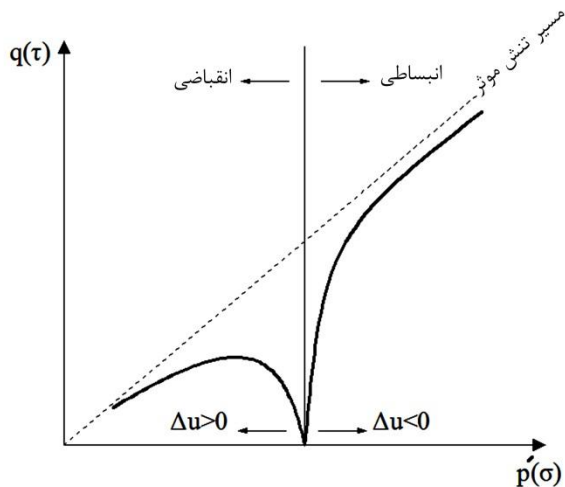
۷- کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد تغییرات حجم در خاک اشباع زهکشی نشده صحیح می‌باشد؟

- (۱) اگر $\Delta V < 0$ باشد آنگاه تغییرات فشار آب منفذی $\Delta u > 0$ و خاک تمایل به افزایش حجم دارد.
 (۲) اگر $\Delta V > 0$ باشد آنگاه تغییرات فشار آب منفذی $\Delta u > 0$ و خاک تمایل به افزایش حجم دارد.
 (۳) اگر $\Delta V < 0$ باشد آنگاه تغییرات فشار آب منفذی $\Delta u < 0$ و خاک تمایل به کاهش حجم دارد.
 (۴) اگر $\Delta V > 0$ باشد آنگاه تغییرات فشار آب منفذی $\Delta u < 0$ و خاک تمایل به افزایش حجم دارد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

اگر $\Delta V < 0$ آنگاه $\Delta u > 0$ در نتیجه خاک تمایل به کاهش حجم دارد.

اگر $\Delta V > 0$ آنگاه $\Delta u < 0$ در نتیجه خاک تمایل به افزایش حجم دارد.



$$\dot{p} = \frac{\dot{\sigma}_1 + 2\dot{\sigma}_3}{3}$$

$$q = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

$$\dot{\sigma}_1 = \dot{\sigma}_1 - u - \Delta u$$

$$\dot{\sigma}_3 = \dot{\sigma}_3 - u - \Delta u$$

$$\dot{p} = \dot{p}_o - \Delta u$$

نکته: رفتار خاک تماماً انقباضی یا انبساطی نیست و می‌تواند ابتدا انقباضی و بعد انبساطی باشد.

۸- تأثیر تنش محصورکننده بر رفتار خاک چگونه است؟

- (۱) با افزایش تنش محصورکننده، رفتار خاک انقباضی تر می‌شود.
- (۲) با افزایش تنش محصورکننده، رفتار خاک انبساطی تر می‌شود.
- (۳) با کاهش تنش محصورکننده، رفتار خاک انبساطی تر می‌شود.
- (۴) رفتار انبساطی و انقباضی متأثر از تنش محصورکننده نمی‌باشد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

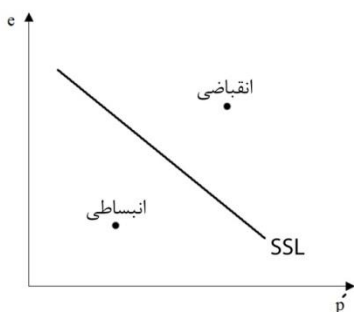
با افزایش تنش محصورکننده رفتار خاک انقباضی تر و با کاهش تنش محصورکننده، رفتار خاک انبساطی تر می‌شود.

۹- کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) به ازای هر تنش محصورکننده یک e_{cr} ثابت خواهیم داشت.
- (۲) تخلخل بحرانی e_{cr} به میزان تنش محصورکننده وابسته است.
- (۳) خط حالت ثابت یکی از ویژگی‌های ذاتی خاک دانه‌ای است و مستقل از تاریخچه تنش و مسیر بارگذاری می‌باشد.
- (۴) اگر خاکی بالای خط حالت ثابت قرار گیرد رفتار آن انبساطی می‌باشد.

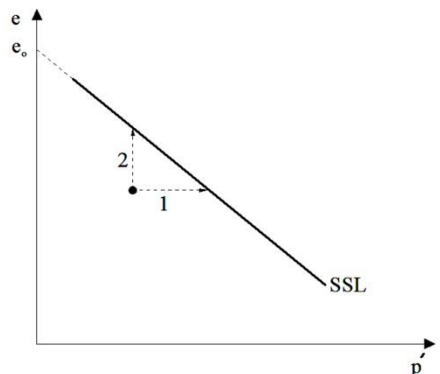
حل گزینه ۴ صحیح است.

اگر خالی بالای خط ثابت قرار گیرد رفتار آن انقباضی و اگر پایین آن قرار گیرد رفتار آن انبساطی خواهد بود.



منحنی خط حالت ثابت

۱۰- با توجه به منحنی زیر کدامیک از موارد زیر صحیح می باشد؟



- (۱) اگر $I_s > 1$ باشد رفتار خاک کاملاً انبساطی است.
- (۲) اگر خاک زهکشی نشده باشد مسیر ۲ را دنبال خواهد کرد.
- (۳) اگر خاک زهکشی شده باشد مسیر ۱ را دنبال خواهد کرد.
- (۴) گزینه ۳ و ۱

حل: گزینه ۱ صحیح است.

I_s توسط رابطه زیر تعریف می شود که در آن e_0 نقطه ای که خط حالت پایدار محور قائم را قطع می کند و e_s تخلخل در حالت *Steady State* می باشد:

$$I_s = \frac{e_0 - e}{e_0 - e_s}$$

اگر $I_s > 1$ رفتار خاک کاملاً انبساطی و اگر $I_s \leq 0$ باشد رفتار خاک کاملاً انقباضی است. مسیر ۱ مربوط به خاک زهکشی نشده و مسیر ۲ مربوط به خاک زهکشی شده می باشد.

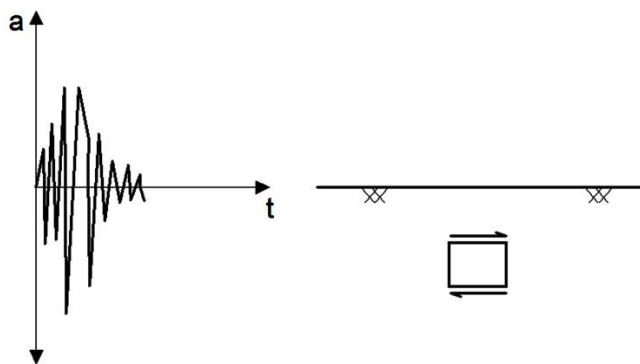
نکته: $\Delta U < 0$ در آزمایش زهکشی نشده معادل با $\Delta V > 0$ در آزمایش زهکشی شده می باشد.

۱۱- در روش سید-ادریس:

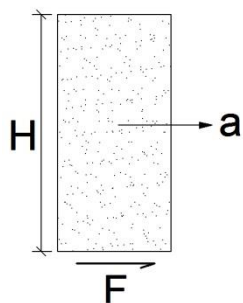
- (۱) ستون خاک صلب در نظر گرفته می شود.
- (۲) شتاب ماکزیمم به آن اعمال می شود.
- (۳) شتاب در همه نقاط یکسان نیست.
- (۴) اگر مقاومت $CSR < CSR$ باشد آنگاه وقوع روانگرایی محتمل است.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

در روش سید-ادریس فرض این بود که در شرایط بسیار ساده در حین زلزله یک بارگذاری دینامیکی مطابق شکل به نمونه وارد می شود.



چون در آزمایشگاه نمی‌توانستند بارگذاری فوق را اعمال کنند آن را به صورت بارگذاری *Cyclic* تقریب زده و آزمایش با بار *Cyclic* معادل انجام می‌گیرد توجیه سید - ادریس این بود که در اینجا نیز شرایط زهکشی نشده را نیز می‌توان ایجاد کرد. زلزله دارای شتاب ماکزیمم a_{max} و بزرگی M و پریود T_d خواهد بود که بر اساس این موارد تعداد سیکل های بارگذاری N بدست می‌آید. فرض می‌شود در عمق H یک المان که یک ستون خاک روی آن قرار دارد، وجود دارد در اثر شتاب وارده $a = 0.65a_{max}$ به این المان یک تنش برشی به آن داده می‌شود.



$$\tau A = \gamma H a / g$$

که در آن A مساحت سطح مقطع المان می‌باشد.

فرضیات روش سید-ادریس:

- ستون خاک صلب است بنابراین شتاب را در همه نقاط یکسان در نظر می‌گیرد. در حالی که شتاب در عمق خاک متغیر است بنابراین یک ضریب تصحیح r_d به آن اعمال می‌کند.
- شتاب ماکزیمم به آن اعمال نمی‌شود: $a = 0.65a_{max}$
- بعلت اینکه این المان بسته به عمق ای که در آن قرار می‌گیرد وضعیت متفاوتی خواهد داشت باید نیروی وارد بر المان را به تنش مؤثر اولیه σ'_o نرمالیز کنیم.

با توجه به فرضیات فوق خواهیم داشت:

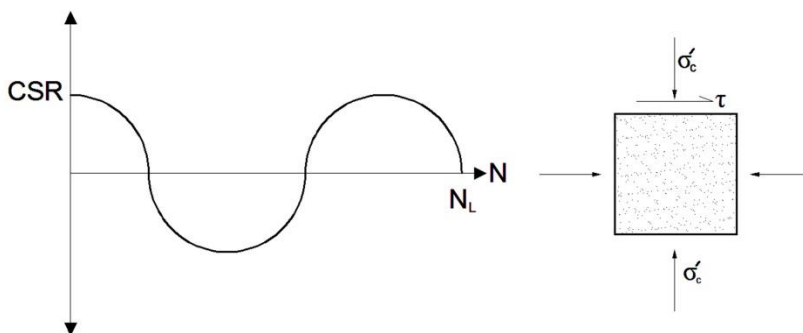
$$\tau A = 0.65A \frac{\gamma}{g} H a_{max}$$

$$CSR = \frac{\tau}{\sigma'_c} = \frac{0.65\gamma H a_{max} r_d}{g \sigma'_c}$$

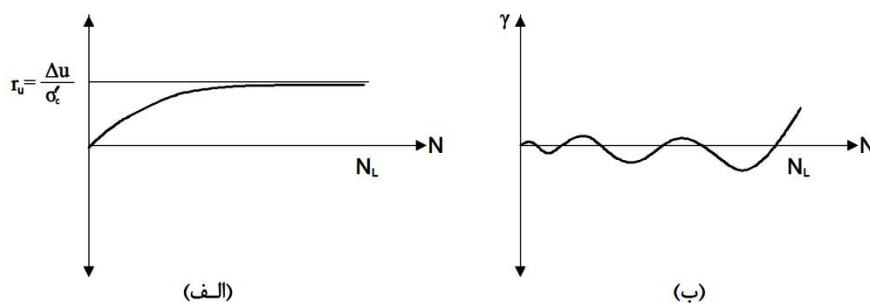
که در آن τ تنش سیکلیک و CSR نسبت تنش سیکلی (Cyclic Stress Ratio) می‌باشد. با قرار دادن $\sigma'_c = \gamma H$ رابطه فوق به صورت زیر خواهد بود:

$$CSR = \frac{0.65\sigma_t a_{max} r_d}{g\sigma'_c}$$

تنش‌های بدست آمده را در N سیکل به خاک وارد می‌کنیم تا مشاهده شود چه رفتاری از خود نشان می‌دهد. نمودارهای شکل زیر نشان دهنده تغییرات پارامترهای مختلف در سیکل‌های متوالی می‌باشند

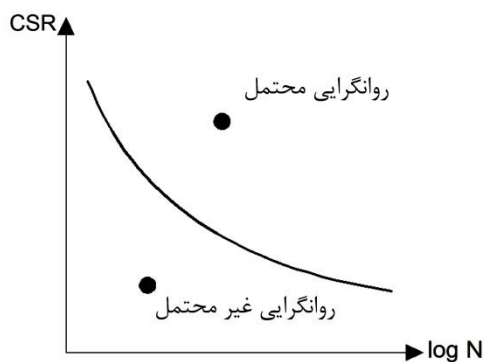


CSR اعمالی به نمونه (N_L تعداد سیکل‌های لازم برای روانگرایی می‌باشد)



تغییرات فشار آب منفذی (الف) و کرنش (ب) در سیکل‌های متوالی

با انجام این آزمایش برای CSR های متفاوت و منحنی بدست می‌آید که به آن خط پتانسیل روانگرایی گفته می‌شود. اگر نقطه‌ای بالای خط پتانسیل روانگرایی قرار گیرد می‌توان گفت که خاک حتما روانگرا می‌شود.



منحنی خط پتانسیل روانگرایی

معیار روش سید-آدریس :

- اگر یک المان در شیب قرار گیرد τ_s آن متفاوت خواهد بود.
- همه موارد ذکر شده بالا برای خاک ماسه‌ای خالص می‌باشد. در حالی که در طبیعت ماسه خالص بندرت یافت می‌شود.

پارامترهای مهم در روش سید-آدریس

- CSR مقاوم : CSR ای که خاک در برابر آن مقاومت میکند تا روانگر شود: $\frac{\tau}{\sigma_c}$
- CSR زلزله : بسته به مشخصات زلزله طرح یک CSR به خاک اعمال می‌شود.
- اگر مقاوم $CSR > CSR$ زلزله آنگاه خاک پتانسیل روانگرایی را دارد.

۱۲- کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

- (۱) در بارگذاری با دامنه ثابت با گذشت زمان دامنه تغییر شکل خاک ثابت می‌ماند.
- (۲) در بارگذاری با دامنه ثابت با گذشت زمان فشار آب حفره‌ای همواره افزایش می‌یابد.
- (۳) با تغییر بزرگی زلزله M ، CSR نیز تغییر می‌کند.
- (۴) CSR مستقل از تعداد سیکل‌ها می‌باشد.

حل : گزینه ۳ صحیح است.

در بارگذاری با دامنه ثابت با گذشت زمان دامنه تغییر شکل و فشار آب حفره‌ای افزایش می‌یابد. تا $r_u = \frac{\Delta u}{\sigma_0} = 1$ و بعد از آن ثابت می‌ماند در حالی که کرنش‌ها همچنان افزایش می‌یابند. CSR یک عدد وابسته به تعداد سیکل است یعنی در هر CSR باید تعداد سیکل N را داشته باشیم تا تشخیص دهیم خاک روانگر می‌شود یا نه. با تغییر بزرگی M ، CSR نیز تغییر خواهد کرد بنابراین CSR را برای $M = 7.5$ در نظر می‌گیریم و سایر زلزله‌ها را بصورت زیر تصحیح می‌کنیم

$$MSF = \frac{CSR_m}{CSR_{7.5}}$$

۱۳- کدامیک از گزینه‌های زیر تعریف روانگرایی در روش سید-آدریس می‌باشد؟

- (۱) تعداد سیکل‌های لازم برای اینکه $r_u = \frac{\Delta v}{\sigma_0} = 1$
- (۲) مقاوم $CSR \geq CSR$ زلزله

(۳) زمانی که کرنش با دو برابر دامنه $\varepsilon > 5\%$ باشد.

(۴) گزینه (۳)

حل: گزینه ۴ صحیح است.

هرکدام از دو حالت $r_u = 1$ و $\varepsilon > 5\%$ هر کدام زودتر اتفاق افتد به عنوان روانگرایی تلقی می‌شود. در مورد گزینه سوم در حالت مقاوم $CSR \geq CSR$ زلزله پتانسیل روانگرایی وجود دارد بعنوان مثال اگر خاک تحت شرایط $CSR = 3$ و $N = 6$ روانگرا باشد و زلزله ای با مشخصات $CSR = 3$ و $N = 5$ به آن اعمال شود خاک روانگرا نمی‌شود.

نکته: بنابراین برای تعیین روانگرایی دو پارامتر زیر باید اندازه گیری شود:

- سطح تنش برش سیکلیک وارده بر خاک
- تعداد سیکل‌های وارده

۱۴- تأثیر خاک رس بر روانگرایی چگونه است؟

(۱) هرچه درصد رس کاهش یابد آنگاه کرنش زودتر به مرز روانگرایی می‌رسد.

(۲) هرچه درصد رس افزایش یابد آنگاه فشار آب حفره‌ای سریع تر افزایش می‌یابد.

(۳) هرچه درصد رس افزایش یابد آنگاه کرنش زودتر به مرز روانگرایی می‌رسد.

(۴) وجود رس در خاک‌های ماسه‌ای تأثیری بر روانگرایی آنها ندارد.

حل: گزینه ۳ صحیح است

با افزایش درصد رس، کرنش زودتر به مرز روانگرایی خواهد رسید و با کاهش درصد رس فشار آب حفره ای سریع تر افزایش یافته و خاک سریع تر روانگرا می‌شود.

۱۵- کدامیک از آزمایشهای زیر برای به دست آوردن CSR مقاوم مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

(۴) همه موارد

(۳) V_s

(۲) CPT

(۱) SPT

حل: گزینه ۴ صحیح است.

CSR مقاوم را می‌توان از آزمایشات سیکلیک و همچنین از آزمایشات میدانی شامل SPT ، CPT و V_s به دست آورد.

نکته: در آزمایش سیکلیک تعداد سیکل‌های بارگذاری تا روانگرایی شمارش می‌شود.

۱۶- کدامیک از گزینه‌های زیر از عوامل مؤثر بر CSR مقاوم نمی‌باشد؟

- | | |
|-------------------------|---------------|
| (۱) سطح تنش وارد بر خاک | (۲) تراکم |
| (۳) میرایی | (۴) دامنه خاک |

حل: گزینه ۳ صحیح است.

عوامل مؤثر بر CSR مقاوم عبارتند از :

- سطح تنش وارد بر خاک
- تعداد سیکل‌ها
- تراکم
- دانه بندی

۱۷- تأثیر دانه بندی خاک بر مقاومت روانگرایی چگونه است؟

- (۱) هرچه درشت دانه‌تر باشد مقاومت روانگرایی افزایش و اگر رسی‌تر باشد مقاومت روانگرایی کاهش می‌یابد.
- (۲) هرچه درشت دانه‌تر باشد مقاومت روانگرایی افزایش و اگر رسی‌تر باشد مقاومت روانگرایی افزایش می‌یابد.
- (۳) هرچه درشت دانه‌تر باشد مقاومت روانگرایی کاهش و اگر رسی‌تر باشد مقاومت روانگرایی افزایش می‌یابد.
- (۴) هرچه درشت دانه‌تر باشد مقاومت روانگرایی افزایش و اگر رسی‌تر باشد مقاومت روانگرایی کاهش می‌یابد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

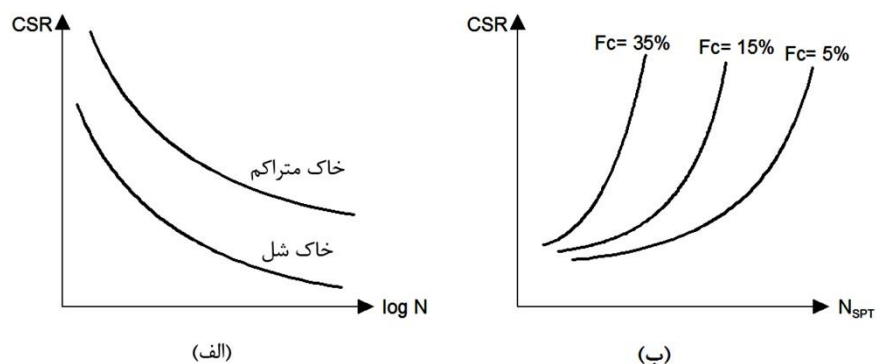
هرچه خاک درشت دانه‌تر باشد مقاومت روانگرایی افزایش می‌یابد همچنین هرچه قدر خاک رسی‌تر باشد باز هم مقاومت روانگرایی افزایش می‌یابد بنابراین ماسه‌های ریزدانه و سیلتی مقاومت بسیار کمی در مقابل روانگرایی دارند.

۱۸- کدامیک از گزینه‌های زیر نادرست می‌باشد؟

- (۱) هرچه خاک متراکم‌تر باشد نمودار $CSR - \log N$ بالاتر قرار می‌گیرد.
- (۲) با افزایش مقدار ریزدانه در تعداد یک سیکل مشخص مقدار CSR افزایش می‌یابد.
- (۳) اگر محتوای ریزدانه کمتر از ۵ درصد باشد ($FC < 5\%$) پتانسیل روانگرایی افزایش می‌یابد.
- (۴) اگر محتوای ریزدانه بیشتر از ۳۵ درصد باشد ($FC > 35\%$) پتانسیل روانگرایی کاهش می‌یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

هرچه خاک متراکم‌تر باشد نمودار آن بالاتر قرار می‌گیرد. همچنین با افزایش مقدار ریزدانه در تعداد سیکل مشخص CSR افزایش می‌یابد. اگر محتوای ریزدانه کمتر از ۵ درصد باشد آنگاه خاک به سمت شن بوده حرکت کرده و روانگرا نمی‌شود و اگر درصد ریزدانه بیشتر از ۳۵ درصد باشد خاک به سمت رس بودن حرکت کرده باز هم روانگرا نمی‌شود.



اثرات تراکم (الف) و محتوای ریزدانه (ب) بر منحنی CSR

۱۹- کدامیک از گزینه‌های زیر نادرست می‌باشد؟

- (۱) شن‌ها هیچگاه روانگرا نمی‌شوند.
- (۲) سیلت در اعماق کم پتانسیل روانگرایی را کاهش می‌دهد.
- (۳) سیلت در اعماق پتانسیل روانگرایی را افزایش می‌دهد.
- (۴) در D_r های مساوی اضافه کردن سیلت میتواند باعث کاهش پتانسیل روانگرایی گردد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

اگر روی شن یک لایه نفوذناپذیر وجود داشته باشد می‌تواند موجب روانگرایی در شن گردد. وجود سیلت در اعماق کم موجب کاهش پتانسیل روانگرایی می‌شود؛ اما در اعماق با کاهش D_r پتانسیل روانگرایی را افزایش می‌دهد. در D_r های مساوی اضافه کردن سیلت می‌تواند پتانسیل روانگرایی را کاهش دهد.

۲۰- روانگرایی جریان‌ی در چه خاک‌هایی رخ می‌دهد؟

- (۱) در هر خاک اشباع کم ثبات مثل رسوبات دانه‌ای، رس‌های بسیار حساس و رس‌های لای‌دار.
- (۲) در همه خاک‌های اشباع ماسه‌ای که تحت بارگذاری تناوبی با بزرگی و دوام کافی قرار دارند.
- (۳) تنها ویژه خاک‌هایی است که در وضعیت نرم شونده‌گی کرنش قرار دارند.
- (۴) گزینه ۱ و ۳

حل: گزینه ۴ صحیح است.

روانگرایی جریان‌ی تنها ویژه خاک‌هایی است که در وضعیت نرم شونده‌گی کرنش قرار دارند مانند: رسوبات دانه‌ای، رس‌های بسیار حساس و رس‌های لای‌دار.

۲۱- روانگرایی جریان‌ی چه هنگامی رخ می‌دهد؟

- (۱) هنگامی که تنش‌های برشی استاتیکی در جا در مقایسه با تنش‌های برشی تناوبی کوچک هستند.
- (۲) هنگامی که تنش مؤثر صفر گردد.
- (۳) هنگامی که تنش‌های برشی در جا با مقادیر بزرگتر از مقاومت برشی زهکشی نشد نهایی باشند.
- (۴) هر سه گزینه بالا صحیح است.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

روانگرایی جریان‌ی نیازمند پاسخ نرم شونده‌گی کرنش تحت بارگذاری زهکشی شده است که در شرایط تنش برشی و تنش مؤثر ثابت پدید می‌آید. برای ایجاد روانگرایی جریان‌ی نیز به تنش‌های برشی در جا با مقادیر بزرگتر از مقاومت برشی زهکشی نشده نهایی است.

۲۲- کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد روانگرایی تناوبی صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) هنگامی رخ می‌دهد که تنش‌های برشی استاتیکی در جا در مقایسه با تنش‌های برشی کوچک هستند.
- (۲) در همه خاک‌های اشباع ماسه‌ای که تحت بارگذاری تناوبی و دوام کافی قرار دارند رخ می‌دهد.
- (۳) در خاک‌های چسبنده احتمال روانگرایی تناوبی وجود ندارد.
- (۴) میزان تغییر مکان‌ها به عوامل خارجی بستگی دارد و در حین بارگذاری دوره‌ای اتفاق می‌افتد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

روانگرایی جریان‌ی در خاک‌های چسبنده نیز ممکن است رخ دهد. اما تغییر شکل‌ها بدلیل وجود مقاومت ناشی از چسبندگی در تنش مؤثر صفر آهسته و کوچک می‌باشند در این نوع خاک‌ها عمدتاً خزش کنترل کننده تغییر شکل‌ها می‌باشد.

۲۳- در تحریک تناوبی

- (۱) تنش تناوبی موجود صفر می‌گردد.
- (۲) تنش‌های برشی موجود بسیار کوچکتر از تنش برشی تناوبی می‌باشند.
- (۳) تغییر شکل‌ها هنگام بارگذاری تناوبی افزایش می‌یابد.
- (۴) تنش‌های برشی در جا بزرگتر از مقاومت برشی ذهکشی نشده می‌باشند

حل: گزینه ۲ صحیح است.

تحریک تناوبی زمانی که تنش‌های برشی موجود همواره بزرگتر از صفر بوده و بارگذاری زهکشی نشده تناوبی اعمال می‌گردد رخ می‌دهد. لیکن تنش‌های برشی موجود بسیار کوچکتر از تنش برشی تناوبی می‌باشند. در این حالت تنش برشی صفر اتفاق نمی‌افتد و تغییر شکل‌ها هنگام بارگذاری تناوبی به حالت ثابت رسیده‌اند.

نکته: تغییر مکان و حرکات در تحریک تناوبی وابسته به علل خارجی بوده و تنها زمانی رخ می‌دهد که بارگذاری تناوبی وجود داشته باشد.

۲۴- کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

- (۱) خاکی که در وضعیت نرم شونده‌گی کرنشی قرار دارد نمی‌تواند دچار تحریک تناوبی و یا روانگرایی تناوبی شود.
- (۲) در خاکی که در وضعیت سخت شونده‌گی کرنشی قرار دارد نمی‌تواند دچار روانگرایی جریان‌ی گردد.
- (۳) روانگرایی جریان‌ی تحت اثر بارگذاری استاتیکی و روانگرایی تناوبی تحت بارگذاری تناوبی رخ می‌دهند.

(۴) هر سه گزینه صحیح هستند.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

خاک با وضعیت نرم شونده کرنشی نیز می‌تواند دچار روانگرایی تناوبی یا تحریک تناوبی شود و این موضوع به هندسه زمین و وضعیت تنش برشی موجود مربوط است. روانگرایی جریانی در هر دو بارگذاری استاتیکی و تناوبی می‌تواند به وجود آید.

۲۵- مقدار گسترش تغییر شکل‌ها به هنگام بارگذاری تناوبی به کدامیک از عوامل زیر بستگی ندارد؟

- (۱) دانسیته
- (۲) بزرگی و دوام بارگذاری
- (۳) میرایی
- (۴) وسعت و دامنه‌ای که در آن تنش برشی معکوس شونده پدید می‌آید.

حل: گزینه ۳ صحیح است

هنگامی که وضعیت تنشی مؤثر صفر به طور طبیعی پدید می‌آید تغییر شکل‌های بزرگ حاصل می‌گردد. اگر بارگذاری بصورت پیوسته و تناوبی باشد تغییر شکل‌ها می‌تواند به صورت پیوسته افزایش یابند؛ در صورتی که تنش برشی معکوس شونده رخ ندهد اغلب رسیدن به وضعیت تنش مؤثر صفر امکان پذیر نخواهد بود و تغییر شکل‌ها کوچک خواهند بود. به عبارتی دیگر تحریک تناوبی اتفاق خواهد افتاد.

۲۶- برای ایجاد بارگذاری معادل با زلزله به بزرگی $M = 7.5$ ($CSR_{7.5}$) و دستیابی به تنش تناوبی در این شرایط از چند سیکل بارگذاری استفاده می‌شود؟

- (۱) ۱۵
- (۲) ۲۰
- (۳) ۲۵
- (۴) ۲۸

حل: گزینه ۱ صحیح است.

در آزمایش سه محوری سیکلی:

$$(CRR)_{tx} = \frac{\sigma_{dc}}{3\sigma_{3c}}$$

در آزمایش برش ساده سیلکی:

$$(CRR)_{ss} = \frac{\tau_{cyc}}{\sigma_{v_0}}$$

۲۷- نقطه شروع روانگرایی در آزمایشگاه زمانی است که نمونه به تراز کرنشی معادل درصد کرنش محوری با دو برابر دامنه در آزمایش محوری یا تراز کرنش معادل درصد کرنش برشی در آزمایش برش ساده تناوبی برسد.

- | | |
|-----------------|-----------------|
| (۱) ۶ - ۴ الی ۵ | (۲) ۵ - ۴ الی ۵ |
| (۳) ۶ - ۳ الی ۴ | (۴) ۵ - ۳ الی ۴ |

حل: گزینه ۴ صحیح است.

۲۸- کدام گزینه در مورد ظرفیت روانگرایی، γ_{th} صحیح می باشد؟

- (۱) حداقل کرنشی است که در آن فشار آب منفذی صفر می گردد
- (۲) مقدار آن برای ماسه های مختلف برابر ۰/۰۱ درصد می باشد
- (۳) وابسته به روش نمونه سازی و تراکم اولیه می باشد.
- (۴) وابسته به تنش مؤثر اولیه می باشد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

ظرفیت روانگرایی خاک γ_{th} ، کرنش آستانه حداقل کرنشی که برای شروع لغزش دانه روی دانه لازم است. و مقدار آن برای ماسه های مختلف برابر ۰/۰۱ درصد (10^{-4}) و مستقل از روش نمونه سازی تراکم و تنش مؤثر اولیه می باشد.

۲۹- پدیده روانگرایی غالباً در چه نوع خاکی رخ می دهد؟

- (۱) در شن و ماسه
- (۲) ماسه و رس
- (۳) در خاک های ماسه ای با دانه بندی ریز تا متوسط
- (۴) در خاک های چسبنده

حل: گزینه ۳ صحیح است.

۳۰- نسبت تخلخل بحرانی چیست؟

- (۱) نسبت تخلخلی که خاک در آن روانگرا می‌شود.
- (۲) نسبت تخلخلی که خاک ماسه‌ای در اثر برش کاهش حجم می‌دهد.
- (۳) نسبت تخلخلی که خاک ماسه‌ای در اثر برش افزایش حجم می‌دهد.
- (۴) نسبت تخلخلی که خاک ماسه‌ای در اثر برش تغییر حجم نمی‌دهد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

نسبت تخلخل بحرانی نسبت تخلخلی است که در آن ماسه تحت اثر برش تغییر حجم نمی‌دهد.

سوال: چرا در نظریه نسبت تخلخل برای ارزیابی کمیت روانگرایی مناسب نیست؟

به علت اینکه نسبت تخلخل مقدار ثابتی نیست و با تنش محدود کننده تغییر می‌کند و هم چنین تغییر حجم در اثر بار دینامیکی با حالت بارگذاری محوری متفاوت می‌باشد.

۳۱- کدامیک از گزینه‌های زیر از عوامل مؤثر بر قابلیت روانگرایی نمی‌باشد؟

- (۱) تراکم نسبی، R_D و فشار محدودکننده، σ_3 .
- (۲) ماکزیمم تنش ضربه‌ای، σ_d و نسبت بیش تحکیمی OCR .
- (۳) تعداد سیکل‌های تنش ضربه‌ای و تنش ضربه‌ای، σ_d .
- (۴) مدول برشی، G_0 و فشار محدودکننده مؤثر، σ'_0 .

حل: گزینه ۴ صحیح است.

عوامل مؤثر بر قابلیت روانی عبارتند از

- تراکم نسبی R
- ماکزیمم تنش ضربه‌ای σ_d
- فشار محدودکننده σ_3
- تعداد سیکل‌های تنش ضربه‌ای

- نسبت بیش تحکیمی OCR

۳۲- کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

- (۱) با افزایش تراکم نسبی اختلاف بین تعداد سیکل‌هایی که موجب ایجاد ۲۰٪ کرنش با دامنه دابل می‌شود نسبت به آنچه موجب روان شدن اولیه می‌گردد زیاد می‌شود.
- (۲) رابطه σ_d و σ_3 برای روان گرایی اولیه خطی می‌باشد.
- (۳) با افزایش فشار محدود کننده σ_3 تعداد سیکل‌ها برای ایجاد روانگرایی با کرنش ۲۰٪ افزایش می‌یابد.
- (۴) همه گزینه‌ها

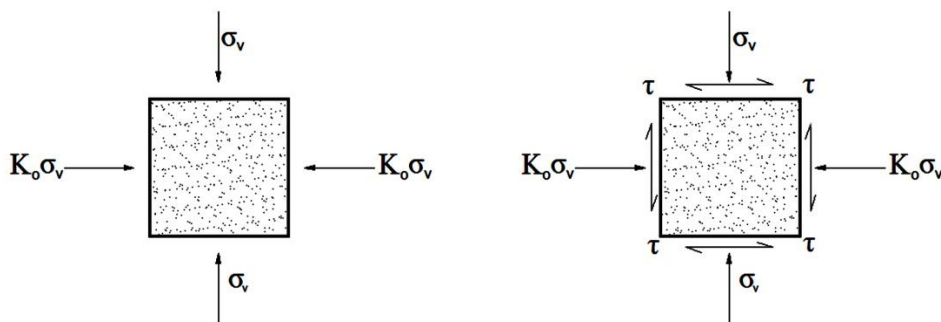
حل: گزینه ۴ صحیح است.

۳۳- در آزمایش برش ساده متناوب

- (۱) برای مقدار مشخص σ_v و R_D و کاهش در τ_n نیاز به کاهش در تعداد سیکل‌ها می‌باشد.
- (۲) برای R_D و تعداد سیکل‌های معین کاهش در σ_v نیاز به کاهش در مقدار نهایی τ_h برای روان شدن می‌باشد.
- (۳) برای σ_v و تعداد سیکل‌های معین، مقدار τ_n با افزایش R_D کاهش می‌یابد.
- (۴) برای مقدار σ_v و R_D و تعداد سیکل‌های معین (آزمایشگاه $\tau_n = \tau_n$ محل)

حل: گزینه ۲ صحیح است.

نتایج حاصل از آزمایش برش ساده متناوب



- برای تراکم‌های نسبی تا حدود ۸۰٪ مقدار حداکثر τ_n برای روانگرایی با R_D به صورت خطی افزایش می‌یابد.

- برای مقدار مشخص σ_v و R_D کاهش در τ_n نیاز به افزایش در تعداد سیکل‌ها می‌باشد.
- برای σ_v و تعداد سیکل‌های معین مقدار τ_n با افزایش R_D افزایش می‌یابد.
- مهم: برای مقدار مشخصی از σ_v و R_D و تعداد سیکل‌های معین τ_n محل ۱۰ الی ۱۵ درصد بیشتر از τ_n آزمایشگاه می‌باشد.

۳۴- در آزمایش برش ساده متناوب :

- (۱) نمونه تحت تنش افقی بیشتر از محل روانگرا می‌شود.
- (۲) در آزمایش برش ساده τ_h وابسته به نسبت بیش تحکیمی OCR می‌باشد.
- (۳) برای یک مقدار مشخص R_D و تعداد سیکل‌های معین مقدار τ_h/σ_v با کاهش K_o افزایش می‌یابد.
- (۴) برای یک مقدار مشخص و تعداد سیکل‌های معین مقدار τ_h/σ_v با کاهش OCR افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

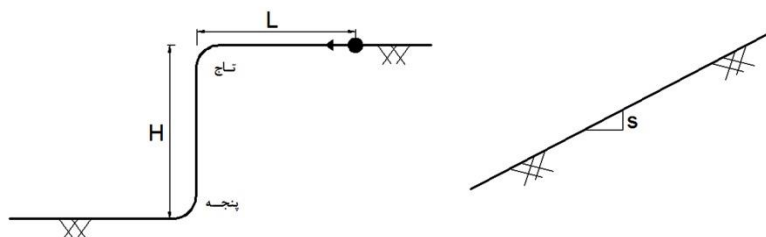
در آزمایش برش ساده به علت غیر یکنواخت بودن تنش، نمونه تحت تنش افقی کوچکتر از محل روانگرا می‌شود همچنین مقدار τ_h وابسته به ضریب فشار خاک در حالت سکون، می‌باشد. و K_o نیز وابسته به ضریب بیش تحکیمی می‌باشد. برای یک مقدار مشخص R_D و تعداد سیکل معین مقدار τ_h/σ_v با کاهش K_o و OCR کاهش می‌یابد.

۳۵- گسترش جانبی (*Lateral spreading*)

- (۱) تغییر شکل‌های ناشی از تحریک سیکلی (تناوبی) می‌باشد.
- (۲) احتمال حرکت زمین به سمت پایین شیب یا وجه آزاد ناشی از وقوع روانگرایی در لایه‌های خاک می‌باشد.
- (۳) جریان روبه بالای آب به هنگام استهلاک اضافه فشار منفذی ناشی از زلزله می‌باشد.
- (۴) گزینه ۱ و ۲

حل: گزینه ۴ صحیح است

بر عکس روانگرایی جریانی تغییرشکل‌های ناشی از تحریک سیکلی (تناوبی) هم در اثر تغییر شکل‌های استاتیکی و هم در اثر تنش‌های سیکلی (تناوبی) ایجاد می‌شود که به آن گسترش جانبی می‌گویند. همچنین احتمال حرکت زمین به سمت پایین شیب یا وجه آزاد زمین ناشی از وقوع روانگرایی در لایه‌های خاک گسترش جانبی نامیده می‌شود. در زمین‌های با شیب ملایم s (شیب زمین) و در زمین‌های مجاور کانال و دره‌ها H/L (نسبت ارتفاع به طول) مؤثر می‌باشد.



گسترش جانبی در شیب و دره‌ها

۳۶- روانگرایی سطحی

- (۱) یک حالت خاص از تحریک سیکلی می‌باشد که تنش‌های برشی افقی استاتیکی وجود ندارد.
- (۲) یک حالت خاص از روانگرایی جریانی می‌باشد که تنش‌های برشی استاتیکی وجود ندارد.
- (۳) یک حالت خاص از تحریک سیکلی (تناوبی) می‌باشد که تنش‌های برشی افقی استاتیکی همواره بزرگتر از صفر می‌باشند.
- (۴) یک حالت خاص از روانگرایی جریانی می‌باشد که تنش‌های برشی افقی استاتیکی همواره کوچکتر از صفر می‌باشند.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

یک حالت خاص از تحریک سیکلی روانگرایی سطحی (*Level ground*) می‌باشد. از آنجایی که تنش‌های برشی افقی استاتیکی که سبب بروز تغییر شکل‌های جانبی می‌شوند، وجود ندارد، روانگرایی سطحی می‌تواند جابجایی‌های بزرگ و مغشوشی که به نوسانات زمین حین لرزش‌های زلزله مشهود است، ایجاد نماید اما جابجایی‌های جانبی ماندگار ایجاد شده کوچک می‌باشد.

۳۷- گسیختگی‌های روانگرایی سطحی ناشی از چیست؟

- (۱) اضافه فشار آب منفذی در هنگام زلزله.
- (۲) جریان رو به بالای آب به هنگام استهلاک فشار منفذی ناشی از زلزله.
- (۳) بالا بودن سطح آب زیرزمینی.
- (۴) عدم زهکشی خاک اشباع در هنگام زلزله.

گزینه ۲ صحیح است.

گسیختگی روانگرایی سطحی در اثر جریان روبه بالای آب به هنگام استهلاک اضافه فشار منفذی ناشی از زلزله ایجاد می‌شود، رخ می‌دهد. برحسب زمان لازم برای رسیدن به تعادل هیدرولیکی گسیختگی روانگرایی سطحی ممکن است پس از اتمام لرزش زمین نیز رخ دهد.

نکته: از نشانه‌های گسیختگی روانگرایی سطحی می‌توان نشت قائم مفرط، و متعاقب آن سیلاب در زمین‌های پست و جوشش ماسه را بر شمرد.

۳۸- کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) اثرات روانگرایی در طول زمان به مناطقی با فاصله مشخص از منبع محدود می‌شود.
- (۲) با افزایش بزرگای زلزله فاصله‌ای که در آن انتظار وقوع روانگرایی می‌رود شدیداً افزایش می‌یابد.
- (۳) قابلیت روانگرایی مستقل از سن خاک می‌باشد.
- (۴) شرایط رسوبگذاری و هیدرولوژیکی بر روانگرایی تأثیر گذار می‌باشد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

قابلیت روانگرایی توده‌های قدیمی خاک عموماً کمتر از توده‌های جوان‌تر می‌باشد. خاک دوره هلوسن مستعدتر از خاک‌های دوره پلی‌استوسن می‌باشند. گرچه استعداد روانگرایی در دوره هلوسن با افزایش سن کاهش می‌یابد. روانگرایی در توده‌های قبل از پلی‌استوسن بندرت اتفاق می‌افتد.

نکته: خاک‌های با دانه‌بندی یکنواخت در شرایط متخلخل انباشته می‌شوند. مستعد روانگرایی می‌باشند.

۳۹- کدامیک از گزینه‌های زیر مستعد روانگرایی می‌باشد؟

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| (۱) ماسه اشباع | (۲) انباشته‌های رسوبی و واریزه‌ای |
| (۳) رسوبات بادی جلگه‌ای و ساحلی | (۴) همه موارد |

حل: گزینه ۴ صحیح است.

انباشته‌های رسوبی، انباشته‌های واریزه‌ای و بادی هنگامی که اشباع شوند ممکن است مستعد روانگرایی گردند. همچنین در رسوبات بادی، جلگه‌ای، ساحلی، برکه‌ای، چند مرحله‌ای و در رسوبات در مصب رودخانه‌ها نیز مشاهده می‌شود.

نکته: روانگرایی فقط در خاک اشباع رخ می‌دهد.

۴۰- رابطه استعداد روانگرایی با عمق تراز آب زیر زمینی چگونه می باشد؟

- ۱) استعداد روانگرایی با افزایش عمق تراز آب زیرزمینی کاهش می یابد.
- ۲) استعداد روانگرایی با افزایش عمق تراز آب زیرزمینی افزایش می یابد.
- ۳) استعداد روانگرایی با افزایش عمق تراز آب زیرزمینی ابتدا کاهش بعد افزایش می یابد.
- ۴) استعداد روانگرایی با افزایش عمق تراز آب زیرزمینی ابتدا افزایش بعد کاهش می یابد.

حل: گزینه یک صحیح است.

استعداد روانگرایی با افزایش عمق تراز آب زیرزمینی کاهش می یابد اثرات روانگرایی معمولاً در ساختگاههایی که تراز آب زیرزمینی چند متری با سطح زمین فاصله دارند بیشتر مشاهده شده است. در ساختگاههایی که سطح آب زیر زمینی بسیار متغیر است مخاطرات روانگرایی نیز متغیر می باشد.

۴۱- کدامیک از گزینه های زیر صحیح می باشد؟

- ۱) لای های درشت دانه که غیر چسبنده و غیر پلاستیک می باشند روانگرا نمی شوند.
- ۲) در رس ها به هیچ وجه روانگرایی مشاهده نمی شود.
- ۳) لای های زیردانه با ذرات پولکی و صفحه ای روانگرا نمی شوند.
- ۴) شن ها روانگرا نمی شوند.

حل: گزینه ۳ صحیح است

روانگرایی لای های غیرپلاستیک هم در آزمایشگاه و هم در صحرا مشاهده شده است. لای های درشت دانه که غیرچسبنده و غیرپلاستیک می باشند شدیداً مستعد روانگرایی می باشند. لای های ریز با ذرات پولکی یا صفحه ای عموماً به اندازه ای چسبنده هستند که پدیده روانگرایی در آنها رخ نمی دهد.

رس ها غیرمستعد برای روانگرایی می باشند؛ البته رس های حساس رفتار نرم شوندگی با کرنش که مشابه روانگرایی خاک است از خود نشان می دهند. هنگامی که به علت وجود لایه های غیر قابل نفوذ امکان استهلاک فشار آب منفذی وجود نداشته و در نتیجه شرایط غیرزهکشی حاکم می شود، خاک های شنی نیز ممکن است مستعد روانگرایی گردد.

۴۲- کدامیک از گزینه های زیر نادرست می باشد؟

- ۱) استعداد روانگرایی به حالت اولیه خاک وابسته می‌باشد.
- ۲) خاک‌های خوب دانه‌بندی شده باعث کاهش فشار آب منفذی می‌شوند.
- ۳) خاک‌های با دانه‌بندی یکنواخت باعث کاهش پتانسیل تغییر حجم می‌شوند.
- ۴) خاک با ذرات کروی استعداد بیشتری در مقایسه با خاک دارای ذرات تیز گوشه برای روانگرایی دارد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

استعداد روانگرایی تحت تأثیر دانه‌بندی می‌باشد. معمولاً خاک‌های خوب دانه‌بندی شده نسبت به خاک‌های با دانه‌بندی نامناسب استعداد کمتری برای روان شدن دارند. پر شدن حفره‌های بین ذرات بزرگتر با ذرات ریزدانه در یک حالت خوب دانه‌بندی شده سبب کاهش پتانسیل تغییر حجم در شرایط زهکشی شده و در نتیجه اضافه فشار منفذی کمتری در شرایط زهکشی نشده می‌گردد.

شکل ذرات نیز بر استعداد روانگرایی اثر می‌گذارد. خاک‌های با ذرات کروی ساده‌تر از خاک‌های با ذرات گوشه‌دار متراکم می‌شوند. لذا معمولاً نسبت به خاک‌های با ذرات تیز گوشه استعداد روانگرایی بیشتری دارند.

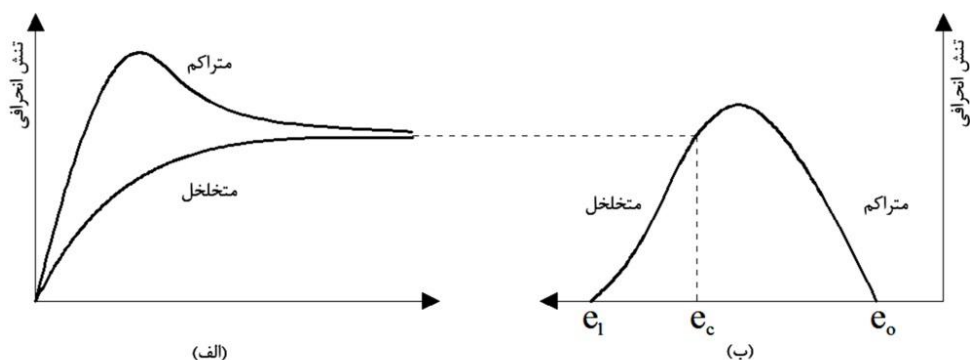
استعداد روانگرایی همچنین به حالت اولیه خاک یعنی خصوصیات تنش و دانسیته آن در زمان زلزله نیز بستگی دارد. تمایل برای ایجاد اضافه فشار منفذی در یک خاک بخصوص شدیداً تحت تأثیر شرایط دانسیته و تنش اولیه می‌باشد. لذا استعداد روانگرایی به حالت اولیه خاک بستگی دارد.

۴۳- کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

- ۱) ماسه شل که تحت فشار محدود کننده مؤثر یکسان آزمایش می‌شود به دانسیته بزرگتری از ماسه متراکم می‌رسد.
- ۲) ماسه شل که تحت فشار محدود کننده مؤثر یکسان آزمایش می‌شود به دانسیته کمتری از ماسه متراکم می‌رسد.
- ۳) ماسه شل و متراکم که تحت فشار محدود کننده مؤثر یکسان آزمایش می‌شود به دانسیته یکسانی می‌رسند.
- ۴) هر کدام از گزینه‌های فوق می‌تواند رخ دهد.

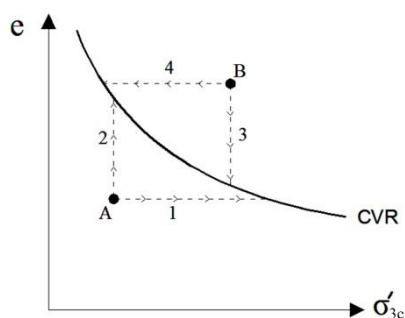
حل: گزینه ۳ صحیح است.

تمامی نمونه‌هایی که تحت فشار محدود کننده مؤثر یکسان آزمایش می‌شوند. هنگامی که در اثر کرنش‌های بزرگ دچار گسیختگی برشی می‌شوند، در حین برش ماسه شل رفتار انقباضی (کاهش تخلخل) و ماسه متراکم رفتار اتساعی (افزایش تخلخل) از خود بروز می‌دهند. هنگام بروز کرنش‌های بزرگ هر دو نمونه به تخلخل بحرانی رسیده و مقاومت برشی - کرنش بزرگ یکسان تولید می‌نمایند.



منحنی‌های (الف) تنش - کرنش، (ب) تنش تخلخل برای ماسه متراکم و متخلخل

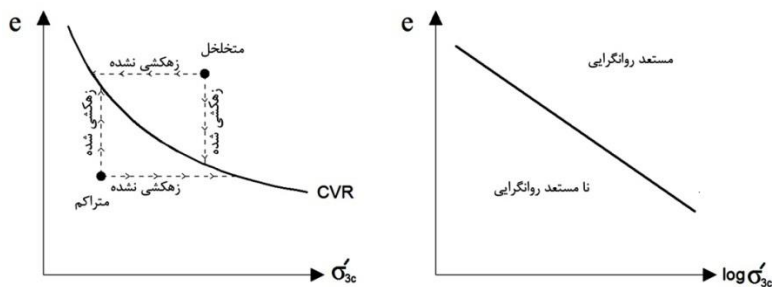
۴۴- کدام گزینه در مورد خط تخلخل بحرانی CVR صحیح نمی‌باشد؟



- (۱) بطور واحد به فشار جانبی مؤثر بستگی دارد.
- (۲) نمونه B متخلخل و A متراکم می‌باشد.
- (۳) نمونه B مستعد برای روانگرایی می‌باشد.
- (۴) مسیرهای ۱ و ۴ مربوط به رفتار زهکشی شده می‌باشد.

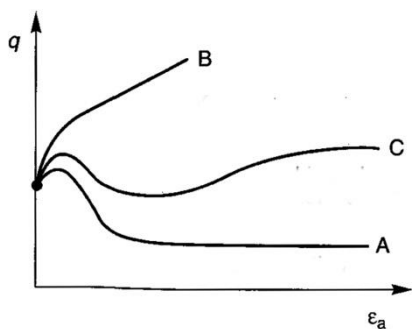
حل: گزینه ۴ صحیح است.

تخلخل بحرانی بطور واحد به فشار جانبی مؤثر بستگی داشته و پوش آنها را خط تخلخل بحرانی (CVR) نامیده می‌شود. با تعریف حالت خاک بر حسب تخلخل و فشار جانبی مؤثر، خط CVR را می‌توان بعنوان مشخصه مرز بین حالات تخلخل (انقباضی) و متراکم (اتساعی) در نظر گرفت. خاک‌های اشباع با تخلخل اولیه که بالاتر از خط CVR قرار می‌گیرند، مستعد برای روانگرایی جریانی بوده و خاک‌های با حالت اولیه پایین تر از خط CVR غیر مستعد برای روانگرایی می‌باشند.



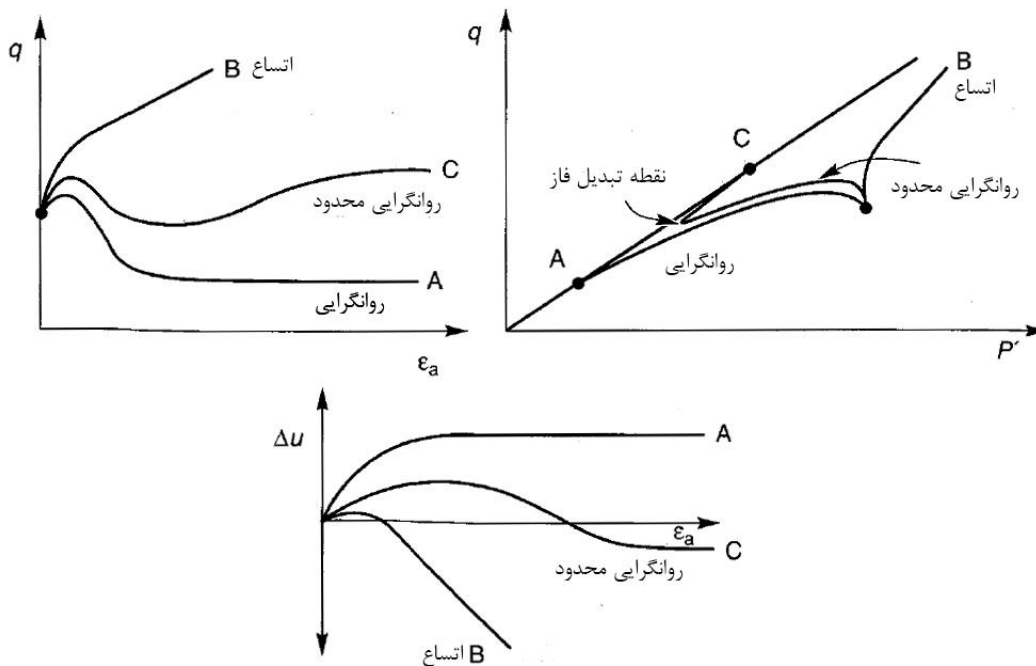
رفتار نمونه‌های متراکم و تخلخل تحت شرایط زهکشی شده و زهکشی نشده

۴۵- با توجه به نتایج بارگذاری یکنواخت کدام گزینه صحیح می باشد؟



- (۱) نمونه B روانگرا می شود.
- (۲) نمونه C و B روانگرا می شوند.
- (۳) فقط نمونه A روانگرا می شوند.
- (۴) نمونه C و A روانگرا می شوند.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

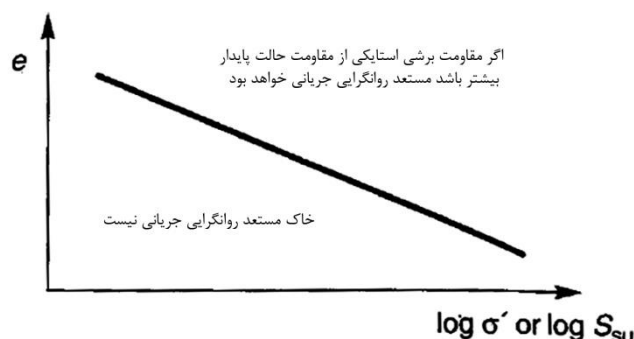


۴۶- کدام گزینه در مورد خط حالت پایدار SSL صحیح نمی باشد؟

- (۱) خط پایدار SSL پوش نقاطی است که رابطه تخلخل و فشار جانبی مؤثر را برای تغییر شکل حالت پایدار را نشان می دهد.
- (۲) خاکهایی که حالت آن در زیر SSL قرار می گیرند برای روانگرایی جرانی مستعد نمی باشند.
- (۳) خاکی که وضعیت آن در بالای SSL واقع شده روانگرا شده است.
- (۴) تغییر شکل حالت پایدار فقط در کرنش های بزرگ ایجاد می شود.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

حالتی که در آن خاک تحت شرایط تنش برشی ثابت و فشار جانبی مؤثر ثابت در حجم و سرعت ثابت بصورت پیوسته جریان می‌یابد بعنوان حالت یکنواخت تغییرشکل حالت پایدار تعریف شده است و از آنجایی که تغییرشکل حالت پایدار تنها در کرنش‌های بزرگ ایجاد می‌شود. فشار جانبی مؤثر در یک المان خاک در این حالت تنها به دانسیته آن بستگی خواهد داشت. خاکی که وضعیت آن در بالای SSL واقع شود تنها زمانی که تنش برشی استاتیکی آن از مقاومت حالت پایدارش (یا مقاومت ماندگار) بیشتر شود مستعد روانگرایی خواهد بود.



معیار قابلیت روانگرایی جریانی

نکته: تحریک سیکلی می‌تواند در خاک‌های شل و هم متراکم بوقوع بپیوندد.

۴۷- موقعیت قائم خط SSL شدیداً متأثر از و شیب آن متأثر ذرات خواهد بود.

- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| (۱) تیز گوشگی - دانه‌بندی | (۲) دانه بندی- تیز گوشگی |
| (۳) تخلخل- دانسیته | (۴) دانسیته- تخلخل |

حل : گزینه ۲ صحیح است.

مکان SSL به خصوصیات ترکیبی خاک حساس است. موقعیت قائم آن شدیداً متأثر از دانه‌بندی و شیب آن بوسیله تیز گوشگی ذرات تعیین خواهد شد. خاک‌های با ذرات گردگوشه دارای SSL تخت می‌باشند؛ خصوصیتی که مشکلاتی در محاسبه مقاومت حالت پایدار در محل ایجاد می‌کند.

۴۸- کدامیک از گزینه‌های زیر نادرست می‌باشد؟

- (۱) بدون تغییر در فشار آب منفذی جریانی یا تحریک تناوبی (سیکلی) هیچکدام اتفاق نمی‌افتد.
- (۲) در اثر لغزش‌های زلزله حالت شبه پایدار (تغییر فاز) رخ خواهد داد.

- (۳) تنش‌های برشی پیوندی به هنگام $K_a \neq 1$ نمی‌توانند یک روانگرایی ایجاد کنند.
- (۴) در نسبت‌های تنش اولیه $\left(\frac{u}{\sigma}\right)$ روانگرایی جریانی می‌تواند با کوچکترین بهم خوردگی استاتیکی یا دینامیکی آغاز شود.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

چون مولفه استاتیکی تنش برشی غالباً ثابت باقی مانده یا حین زلزله کاهش می‌یابد، احتمال ضعیفی دارد حالت شبه پایدار در اثر لرزش‌های زلزله ایجاد شود.

۴۹- کدامیک از گزینه‌های زیر نادرست می‌باشد؟

- (۱) روانگرایی اولیه تنها زمانی که برگشت تنش وجود داشته باشد رخ می‌دهد.
- (۲) تحریک سیکی کرنش‌ها و تغییر شکل‌های دائمی ایجاد می‌کند که مستقل از هم می‌باشند.
- (۳) بزرگای روانگرایی سیکی به تنش برشی استاتیکی و مدت حرکت زمین بستگی دارد.
- (۴) برای حرکات زمین با مدت کوتاه و ساختگاه مسطح، تغییر شکل دائمی کوچک می‌باشد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

Lee و *Seed* روانگرایی اولیه را بعنوان نقطه‌ای که در آن افزایش در فشار منفذی معادل فشار جانبی مؤثر اولیه می‌باشد تعریف نموده‌اند (یعنی هنگامی که $r_u = 100\%$ باشد) شایان ذکر است که روانگرایی اولیه تنها زمانی که برگشت تنش وجود داشته باشد اتفاق می‌افتد. تحریک سیکی کرنش‌ها و تغییر شکل‌های دائمی ایجاد می‌کند (که بصورت فرایندی باهم جمع می‌شوند بزرگای آن‌ها به تنش برشی استاتیکی و مدت حرکت زمین بستگی دارد). برای ساختگاه‌های با شیب متوسط یا ملایم که معرض حرکات زمین با مدت طولانی قرار می‌گیرند تحریک سیکی ممکن است تغییر شکل‌های خسارت باری در خاک ایجاد نماید.

۵۰- کدام گزینه در مورد روش سید- ادریس صحیح نمی‌باشد؟

- (۱) تراز سطح اضافه فشار منفذی مورد نیاز برای فعال نمودن روانگرایی به دامنه و مدت بارگذاری سیکی ناشی از زلزله بستگی دارد.
- (۲) بارگذاری زلزله برحسب تنش‌های فشاری سیکی بیان می‌شود.
- (۳) در کلیه حالات تعداد سیکل‌های تنش یکنواخت معادل با افزایش بزرگای زلزله افزایش می‌یابد.
- (۴) تنش معادل برابر ۶۵٪ تنش ماکزیمم به نمونه اعمال می‌شود.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

ایجاد فشار منفذی اساساً به تنش برشی سیکلی مربوط می‌باشد. لذا بارگذاری زلزله بر حسب تنش برشی سیکلی بیان می‌شود.

نکته: بارگذاری را می‌توان به دو روش پیش بینی نمود ۱- از طریق یک تحلیل کامل پاسخ زمین ۲- با بهره‌گیری از یک روش ساده.

۵۱- کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

- ۱) با افزایش دامنه تنش برشی و کاهش دانسیته تعداد سیکل بارگذاری لازم برای وقوع روانگرایی افزایش می‌یابد.
- ۲) برای آزمایش برش ساده، CSR نسبت تنش برشی سیکلی به ماکزیمم فشار جانبی مؤثر باشد.
- ۳) لرزش‌های یک جهته سبب افزایش فشار سریع تر فشار منفذی نسبت به لرزش‌های چند جهته می‌شوند.
- ۴) CSR لازم برای ایجاد روانگرایی اولیه در محل در حدود ۱۰ درصد کمتر از CSR لازم در آزمایش ساده سیکلی می‌باشد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

$$CSR_{\text{محل}} = 0.9(CSR_{ss})$$

تعداد سیکل‌های بارگذاری لازم برای وقوع روانگرایی جریانی، N با افزایش دامنه تنش برشی و کاهش دانسیته کاهش می‌یابد. برای آزمایشات برش ساده سیکلی CSR نسبت تنش برشی سیکلی به تنش مؤثر قائم اولیه و برای آزمایش سه محوری سیکلی نسبت تنش برشی سیکلی ماکزیمم به فشار مؤثر جانبی اولیه می‌باشد. در لرزش‌های چند جهته ثابت شده است سبب افزایش سریع تر فشار منفذی نسبت به لرزش‌های یک جهته می‌شود.

۵۲- فشار آب منفذی.....

- ۱) در اولین سیکل بارگذاری افزایش و در آخرین سیکل بارگذاری کاهش می‌یابد.
- ۲) در اولین سیکل بارگذاری کاهش و در آخرین سیکل بارگذاری افزایش می‌یابد.
- ۳) در اولین و آخرین سیکل بارگذاری سریعاً افزایش می‌یابد.
- ۴) در اولین و آخرین سیکل بارگذاری ابتدا کاهش بعد افزایش می‌یابد.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

اضافه فشار منفذی در اولین و آخرین سیکل‌های بارگذاری سریعاً افزایش می‌یابد.

۵۳- مقاومت روانگرایی یک نمونه خاک که در معرض کرنش‌های زلزله قبلی بوده است نسبت به نمونه‌ای مشابه که تحت تأثیر زلزله نبوده، چگونه می‌باشد؟

- (۱) بزرگتر می‌باشد.
- (۲) کوچکتر می‌باشد.
- (۳) مساوی می‌باشد.
- (۴) بسته به شرایط هر کدام از گزینه‌های فوق می‌تواند اتفاق افتد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

تاریخچه کرنش‌های حاصل از زلزله‌های قبلی نیز بر مقاومت روانگرایی تأثیر می‌گذارد یعنی مقاومت روانگرایی یک نمونه که در معرض کرنش‌های زلزله گذشته بوده بزرگتر از مقاومت نمونه‌ای با همان دانسیته که تحت تأثیر زلزله نبوده است می‌باشد.

۵۴- تأثیر ضریب پیش تحکیم یافتگی و ضریب فشار جانبی خاک بر مقاومت روانگرایی چگونه می‌باشد؟

- (۱) با افزایش ضریب پیش تحکیم یافتگی و ضریب فشار جانبی مقاومت روانگرایی کاهش می‌یابد.
- (۲) با افزایش ضریب پیش تحکیم یافتگی و ضریب فشار جانبی مقاومت روانگرایی افزایش می‌یابد.
- (۳) ضریب پیش تحکیم یافتگی تأثیری بر مقاومت روانگرایی ندارد. ولی با افزایش جانبی خاک مقاومت روانگرایی افزایش می‌یابد.
- (۴) مقاومت روانگرایی وابسته به خصوصیات دانه بندی خاک بوده و مستقل از پارامترهای فوق می‌باشد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

مقاومت روانگرایی با افزایش ضریب پیش تحکیمی یافتگی و ضریب فشار جانبی خاک افزایش می‌یابد.

۵۵- تأثیر طول مدت تحت فشار بودن بر مقاومت روانگرایی چگونه می‌باشد؟

- (۱) سبب کاهش مقاومت روانگرایی می‌شود.
- (۲) سبب افزایش مقاومت روانگرایی می‌شود.
- (۳) بی تأثیر است.
- (۴) بسته به سایر عوامل ممکن است سبب کاهش یا افزایش روانگرایی می‌شود.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

طول مدت تحت فشار بودن نیز سبب افزایش مقاومت روانگرایی می شود.

۵۶- کدامیک از عوامل زیر مقاومت روانگرایی را افزایش نمی دهد؟

- | | |
|---------------|-----------------------|
| (۱) دانسیته | (۲) کرنش قبل از زلزله |
| (۳) مدول برشی | (۴) فشار جانبی زمین |

حل: گزینه ۳ صحیح است.

عواملی که مقاومت روانگرایی افزایش می دهند عبارتند از

- دانسیته
- کرنش قبل از زلزله
- ضریب بیش تحکیم یافتگی
- فشار جانبی زمین
- طول مدت تحت فشار بودن.

نکته: عوامل فوق مقاومت *SPT* را نیز افزایش می دهند.

۵۷- کدامیک از گزینه های زیر نادرست می باشد؟

- (۱) مقاومت روانگرایی ماسه مادام که درصد ریز دانه کمتر ۵٪ باشد از ذرات ریز دانه متاثر نخواهد شد.
- (۲) درصد های ریزدانه بیشتر از ۵ درصد از روانگرایی جلوگیری می کنند.
- (۳) چسبندگی ریزدانه پلاستیک، اضافه فشار منفذی در حین زلزله را افزایش می دهد.
- (۴) برای ریزدانه های بادامنه خمیری بیشتر از $10 (PI \geq 10)$ یک افزایش تدریجی در مقاومت روانگرایی مشاهده می شود.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

پلاستیته ریزدانه نیز می تواند بر مقاومت روانگرایی اثر بگذارد چسبندگی ریزدانه پلاستیک از جابجایی نسبی ذرات مجزای خاک جلوگیری نموده و در نتیجه اضافه فشار منفذی حین زلزله را کاهش می دهد. برای ریزدانه های با دامنه خمیری بیشتر از ۱۰ یک

افزایش تدریجی در مقاومت روانگرایی مشاهده شده است. اغلب خاک‌های ماسه‌ای در توده‌های رسوبی و خاکریزهای احدائی دامنه خمیری پایین تر از ۱۵ دارند. لذا پلاستینیه ریزدانه در آنها معمولاً کم است.

۵۸- کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟

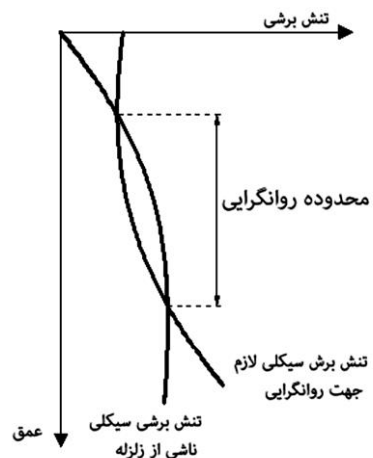
- (۱) آزمایش نفوذ مخروط CPT توانایی شناسایی خاک شل را نسبت به آزمایش نفوذ استاندارد SPT دارد.
- (۲) سرعت موج برشی ماسه به عوامل مؤثر بر مقاومت روانگرایی بستگی دارد.
- (۳) اضافه فشار منفذی هنگامی که ضریب اطمینان روانگرایی بزرگ‌تر از یک باشد نمی‌تواند گسترش یابد.
- (۴) روش کرنش سیکلی برای ارزیابی روانگرایی، ضریب اطمینانی ارائه می‌دهد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

آزمایش نفوذ مخروط CPT می‌تواند پروفیل پیوسته‌ای از مقاومت نفوذ فراهم ساخته و حضور لایه‌های نازک یا رگه‌هایی که به آسانی در SPT قابل تشخیص نیستند را رد یابی کند. سرعت موج برشی ماسه به عوامل مؤثر بر مقاومت روانگرایی چون بافت خاک، ضریب بیش تحکیمی، کرنش سیکلی قبلی بستگی ندارد. بنابراین اندازه گیری سرعت موج برش به تنهایی برای ارزیابی پتانسیل روانگرایی تمام لایه های خاک کافی نیست.

ضریب اطمینان روانگرایی بصورت زیر بیان می‌شود:

$$FS_l = \frac{\text{تنش برش سیکلی لازم برای وقوع روانگرایی}}{\text{تنش برش سیکلی معادل ناشی از زلزله}} = \frac{\tau_{cyc,l}}{\tau_{cyc}} = \frac{CSR \text{ مقاوم}}{CSR \text{ زلزله}}$$



قابل توجه است که اضافه فشار منفذی حتی هنگامی که ضریب اطمینان محاسبه شده بزرگتر از یک باشد؛ هم می‌تواند گسترش یابد. در روش کرنش سیکلی از آنجایی که بارگذاری و مقاومت بجای تنش‌ها برحسب کرنش‌ها تعیین شده‌اند روش کرنش سیکلی نمی‌تواند در مقابل روانگرایی ضریب اطمینانی ارائه دهد.

۵۹- کدامیک از پدیده‌های زیر ناشی از روانگرایی جریانی می‌باشد؟

- ۱) لغزش توده‌های بزرگ، غرق شدن یا کج شدن سازه‌های سنگین.
- ۲) فروریزی شیب‌ها، نشست ساختمان‌ها، تغییر شکل جانبی و گسیختگی دیوارهای حائل.
- ۳) شناوری سازه‌های مدفون سبک و گسیختگی سازه‌های حائل
- ۴) گزینه ۱ و ۳

حل: گزینه ۴ صحیح است.

گزینه دوم مربوط به تحریک سیکلی می‌باشد.

نکته: نوسانات قابل ملاحظه زمین، نشست سطح زمین، جوشش ماسه و ناپایداری‌های پس از زلزله در ساختگاه‌های مسطح رخ می‌دهد.

۶۰- گسترش اضافه فشار منفذی مثبت حین زلزله.....

- ۱) باعث انتقال سریعتر مولفه فرکانس بالای حرکت بستر سنگی به زمین می‌شود.
- ۲) موجب افزایش دامنه شتاب سطحی می‌شود.
- ۳) موجب کاهش پتانسیل خرابی می‌شود
- ۴) موجب تغییر قابل ملاحظه‌ای در دامنه و محتوای فرکانسی سطح زمین می‌شود

حل: گزینه ۴ صحیح است.

گسترش اضافه فشار منفذی مثبت حین زلزله موجب کاهش سختی خاک می‌گردد در نتیجه دامنه و محتوای فرکانس حرکت در سطح زمین به میزان قابل ملاحظه‌ای حین زلزله تغییر می‌کند. در اغلب حالات بسیار بحرانی، گسترش خیلی زیاد فشار منفذی باعث می‌شود که سختی و مقاومت حتی یک لایه نازک خاک به حدی کاهش یابد که مولفه فرکانس بالای حرکت بستر سنگی نتواند به سطح زمین انتقال یابد.

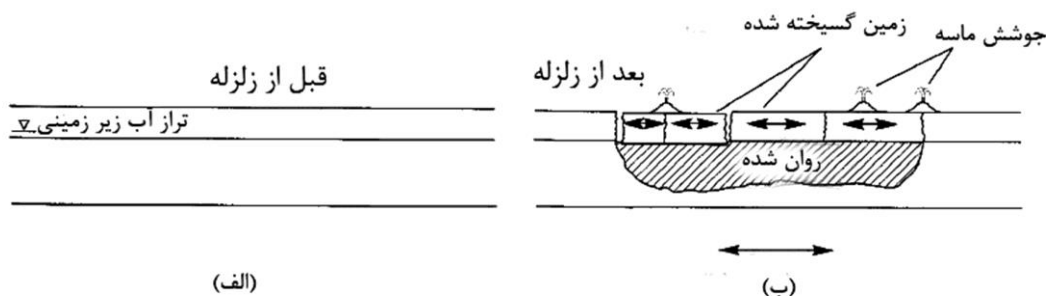
این حقیقت که دامنه شتاب سطحی هنگام ازدیاد فشار منفذی کاهش می‌یابد بدین معنا نیست که پتانسیل خرابی لزوماً کاهش یابد زیرا دامنه‌های شتاب پایین در فرکانس‌های پایین هنوز می‌توانند تغییر مکان‌های بزرگی تولید کنند.

۶۱- وقوع روانگرایی در عمق زیر سطح زمین.....

- (۱) می‌تواند سبب تفکیک خاک‌های روان شده از خاک‌های سطحی شود.
- (۲) ارتعاشات گذاری بزرگی را ایجاد می‌کند.
- (۳) باعث می‌شود خاک‌های سطحی غالباً بصورت بلوک‌هایی شکسته شده و بوسیله ترک‌هایی که در خلال زلزله باز و بسته می‌شوند از یکدیگر جدا شوند.
- (۴) همه موارد.

حل: گزینه ۴ صحیح است

نکته: با آنکه حین ارتعاشات زمین امواجی با دامنه چند فوت مشاهده می‌گردد، اما تغییرمکان های دائمی ایجاد شده معمولاً کوچک است.



ارتعاشان زمین، (الف) قبل از زلزله (ب) بعد از زلزله

۶۲- کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد جوشش ماسه صحیح می‌باشد؟

- (۱) روانگرایی در اعماق زیاد در لایه‌های با ضخامت کم جوشش ماسه تولید می‌کند.
- (۲) در لایه‌های ضخیم کم عمق جوش ماسه بوجود نمی‌آید.
- (۳) گسترش جوشش ماسه ماهیت تصادفی دارد.
- (۴) وجود لای در ماسه باعث گسترش جوشش ماسه خواهد شد.

حل: گزینه ۳ صحیح است

گسترش جوشش ماسه پیچیده بوده و تا حدی ماهیت تصادفی دارد. این امر به میزان اضافه فشار منفذی، ضخامت، دانستیه و عمق محدوده با اضافه فشار منفذی، ضخامت نفوذپذیری و دست‌نخورده‌گی هر لایه خاک که بر روی محدوده با اضافه فشار منفذی بالا واقع است بستگی دارد. روانگرایی در اعماق زیاد یا در لایه‌های با ضخامت کم ممکن است جوشش ماسه تولید نکند. اما اضافه فشار منفذی کمتر در لایه‌های ضخیم در اعماق کم ممکن است جوشش بوجود آورد. همچنین نفوذ پذیری کم ماسه لای دار، از جریان سریع آب منفذی برای ایجاد جوشش ماسه حتی اگر هم اضافه فشار حفره‌ای بالا باشد جلوگیری می‌نماید.

۶۳- کدام گزینه در مورد نشست ماسه‌ها نادرست می‌باشد؟

- (۱) ماسه خشک دیرتر از ماسه اشباع متراکم می‌شود.
- (۲) نشست ماسه خشک در پایان زلزله کامل می‌شود.
- (۳) نشست ماسه اشباع تنها زمانی رخ می‌دهد که فشار آب منفذی ناشی از زلزله مستهلک شده باشد.
- (۴) نشست در ماسه خشک وابسته به تعداد سیکل‌های کرنش برشی اعمال شده حین زلزله می‌باشد.

حل: گزینه ۱ صحیح است

ماسه خشک خیلی سریع متراکم می‌شود معمولاً نشست یک توده ماسه خشک در پایان زلزله کامل می‌شود اما نشست توده ماسه اشباع به زمان بیشتری نیاز دارد.

۶۴- تراکم پس از زلزله در ماسه اشباع تحت تأثیر کدام یک از عوامل زیر نمی‌باشد؟

- | | |
|----------------|-----------------------------------|
| (۱) دانسیته | (۲) کرنش برشی ماکزیمم |
| (۳) تعداد سیکل | (۴) کرنش برشی اعمال شده حین زلزله |

حل: گزینه ۳ صحیح است.

متراکم شدن ماسه خشک در اثر بارگذاری زلزله به دانسیته، دامنه کرنش برشی سیکلی بوجود آمده، تراکم و پس از زلزله در ماسه اشباع تحت تأثیر دانسیته ماسه، کرنش برشی ماکزیمم ایجاد شده و مقدار اضافه فشار منفذی حاصل از زلزله می‌باشد.

نکته: کرنش حجمی پس از روانگرایی اولیه با دانسیته نسبی و کرنش برشی ماکزیمم تغییر می‌کند.

۶۵- اگر مقاومت پایدار خاک متناسب با تنش تحکیم باشد (ثابت $\frac{\sigma_{cu}}{\sigma_{ic}} =$) آنگاه:

- (۱) منحنی تحکیم و خط حالت پایدار یک خاک روانگر منطبق بر یکدیگرند.
- (۲) منحنی تحکیم و خط حالت پایدار یک خاک روانگرا موازی با یکدیگرند.
- (۳) منحنی تحکیم، خط حالت پایدار را قطع کرده است.
- (۴) منحنی تحکیم عمود بر خط حالت پایدار می‌باشد.

حل: گزینه ۲ صحیح است

در این حالت منحنی تحکیم و خط حالت پایدار موازی یکدیگر خواهند بود.

۶۵- کدامیک از گزینه‌های زیر در مورد مقاومت پایدار صحیح می‌باشد؟

- (۱) مقاومت حالت پایدار تحت تأثیر مسیر تنش می‌باشد
- (۲) خاک‌های متفاوت نسبت‌های مقاومت ماندگار یکسانی دارند.
- (۳) مقاومت حالت پایدار تابعی از دانستیه خاک است
- (۴) گزینه ۱ و ۳

حل: گزینه ۳ صحیح است.

از نظر مفهوم این مقاومت تنها تابعی از دانستیه خاک است گرچه برخی مطالعات تجربی حاکی از آن است که این مقاومت تحت تأثیر مسیر تنش و دیگر عوامل نیز می‌باشد. برای بسیاری از خاک‌ها مقاومت حالت پایدار کاملاً به دانستیه خاک حساس است یعنی کوچکترین تغییرات در دانستیه سبب تغییرات بزرگی در مقاومت حالت پایدار می‌گردد.

۶۶- کدامیک از گزینه‌های زیر نادرست می‌باشد؟

- (۱) روانگرایی جریانی تحت شرایط کاملاً غیر زهکشی رخ می‌دهد.
- (۲) توزیع مجدد فشار آب منفذی در روانگرایی جریانی مشاهده می‌شود.
- (۳) روانگرایی جریانی در مکان‌هایی که روانگرایی در اثر لرزش‌های زلزله فعال می‌شود رخ می‌دهد.
- (۴) روانگرایی جریانی تنها در خاک شل اتفاق می‌افتد.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

در روانگرایی جریانی هیچگونه توزیع مجدد فشار آب منفذی یا تغییر تخلخل وجود ندارد.
نکته: گسیختگی‌های روانگرایی جریانی اغلب بسیار سریع رخ داده و موجب حرکات بزرگ در خاک می‌گردند.

۶۷- روانگرایی زمین مسطح هنگامی رخ می‌دهد که:

- (۱) تنش برشی در یک توده خاک روانگرا بزرگتر از مقاومت حالت پایدار خاک باشد.
- (۲) تنش برشی استاتیکی کمتر از مقاومت حالت پایدار بوده و تنش برشی سیکی به اندازه‌ای بزرگ باشد که در یک لحظه از مقاومت حالت پایدار تجاوز نماید.
- (۳) بارگذاری سیکی جهت اضافه فشار منفذی بزرگ، کافی بوده و تنش‌های محرک استاتیکی وجود نداشته باشد.

۴) تنش مؤثر اصلی به یک مقدار بحرانی تحت شرایط غیر زهکشی و تنش کنترل شده برسد.

حل: گزینه ۳ صحیح است

گزینه ۱ و ۴ مربوط به روانگرایی جریانی و گزینه ۲ مربوط به تحریک سیکی می باشد.

۶۸- جوشش ماسه نشان دهنده کدامیک از روانگرایی های زیر می باشد؟

- | | |
|-------------------------|-----|
| روانگرایی جریانی | (۱) |
| تحریک سیکی | (۳) |
| روانگرایی تناوبی (سیکی) | (۲) |
| روانگرایی زمین مسطح | (۴) |

حل: گزینه ۴ صحیح است

وجود جوشش ماسه اغلب بعنوان شاهی از وقوع روانگرایی زمین مسطح در نظر گرفته می شود ولی عدم مشاهده جوشش ماسه لزوماً به معنای عدم وقوع روانگرایی زمین مسطح نمی باشد.

۶۹- برای بررسی پتانسیل روانگرایی کدام عامل مناسب نمی باشد؟

- | | |
|-----------------------|-----|
| ضریب بیش تحکیمی OCR | (۱) |
| عمق لایه های خاک | (۳) |
| تراکم نسبی D_r | (۲) |
| تخلخل بحرانی e_{cr} | (۴) |

حل: گزینه ۴ صحیح است

تخلخل بحرانی با افزایش عمق تغییر می کند بنابراین دارای مقدار ثابتی نمی باشد همچنین تغییر حجم ناشی از بارگذاری دینامیکی با شرایط بارگذاری یک بعدی استاتیکی متفاوت می باشد. بنابراین تخلخل بحرانی نمی تواند عامل مناسبی برای ارزیابی پتانسیل روانگرایی باشد.

۷۰- کدامیک از گزینه های زیر می تواند جهت مقابله با پدیده روانگرایی مورد استفاده قرار گیرد؟

- | | | | | | | | |
|-------------|-----|-------|-----|-------|-----|-----------|-----|
| متراکم سازی | (۱) | زهکشی | (۲) | تسلیح | (۳) | همه موارد | (۴) |
|-------------|-----|-------|-----|-------|-----|-----------|-----|

حل: گزینه ۴ صحیح است

به طور کلی روش‌های مقابله با روانگرایی عبارتند از:

- متراکم سازی
- زهکشی
- تسلیح
- ممنتاسیون
- جامد سازی بوسیله تزریق.

۷۱- کدام گزینه نمی‌تواند بیانگر وقوع روانگرایی در خاک باشد؟

- (۱) افزایش کرنش محوری بیش از ۲۰٪.
- (۲) دامنه شتاب سطحی هنگام زلزله
- (۳) دامنه جابجایی‌های بوجودآمده طی زلزله
- (۴) افزایش فشار آب حفره ای به میزان ۱۰۰٪.

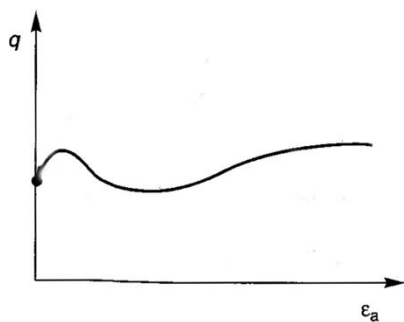
حل: گزینه ۲ صحیح است

دامنه شتاب سطحی هنگام ازدیاد فشار منفذی بعلت خاصیت میرایی خاک روانگر شده کاهش می‌یابد بنابراین نمی‌تواند به عنوان معیاری برای روانگرایی خاک در نظر گرفته شود.

۷۲- روانگرایی محدود ناشی از.....

- (۱) ادامه اتساع ماسه تا فشارهای جانبی مؤثر بالا می‌باشد
- (۲) مقاومت پسماند می‌باشد.
- (۳) افزایش غیر یکنواخت تنش در خاک می‌باشد
- (۴) گزینه ۱ و ۲

حل: گزینه ۴ صحیح است



در دانسیته متوسط تجاوز از یک ماکزیمم در کرنش کم، با رفتار کرنش نرم شونده در یک پریود کوتاه همراه می‌باشد که با آغاز اتساع در کرنش‌های متوسط خاتمه می‌یابد این تغییر رفتار از انقباض به اتساع در نقطه فاز تبدیل رخ می‌دهد. بارگذاری بیشتر سبب ادامه اتساع

تا فشارهای جانبی مؤثر بالاتر و در نتیجه مقاومت‌های بزرگ‌تر (مقاومت پسماند) در کرنش‌های بزرگ می‌گردد. به این نوع رفتار روانگرایی محدود می‌گویند.

۷۴- کدامیک از لایه‌های خاک زیر روانگرا نمی‌شود؟

- (۱) لایه‌های خاک با عدد نفوذ استاندارد $15 < SPT < 20$
- (۲) لایه‌های خاک با عدد نفوذ استاندارد $20 < SPT < 25$
- (۳) لایه‌های خاک با عدد نفوذ استاندارد $25 < SPT < 30$
- (۴) لایه‌های خاک با عدد نفوذ استاندارد $SPT > 30$

حل: گزینه ۴ صحیح است

نیازی به بررسی پتانسیل روانگرایی در لایه‌های با عدد نفوذ استاندارد بالای ۳۰ وجود ندارد.

۷۵- نیاز به بررسی پتانسیل روانگرایی در کدامیک از لایه‌ها زیر وجود ندارد؟

- (۱) عمق لایه ۱۵ متر
- (۲) عمق لایه ۱۸ متر
- (۳) عمق لایه ۲۰ متر
- (۴) عمق لایه ۲۴ متر

حل: گزینه ۴ صحیح است

لایه‌های خاکی که در عمق بیش از ۲۳ متر از سطح زمین قرار دارند مستعد روانگرایی نمی‌باشند.

۷۶- در کدامیک از خاک‌ها پتانسیل روانگرایی وجود ندارد؟

- (۱) لایه‌های درشت‌دانه غیر چسبنده و غیر پلاستیک.
- (۲) خاک دارای ۳۵٪ شن با $D_{50} = 2\text{mm}$
- (۳) لایه‌های ریز دانه با ذرات پولکی و صفحه‌ای
- (۴) خاک ماسه‌ای دارای بیش از ۳۵٪ سیلت غیر پلاستیک.

حل: گزینه ۳ صحیح است

لای‌های درشت‌دانه غیرچسبنده و غیرپلاستیک شدیداً مستعد روانگرایی می‌باشد. گزینه ۲ تعریف خاک ماسه‌ای می‌باشد که شدیداً مستعد روانگرایی می‌باشد. گزینه ۴ ماسه سیلتی می‌باشد که احتمال روانگرایی در آن نیز وجود دارد. لای‌های ریزدانه با ذرات پولکی و صفحه‌ای به اندازه چسبنده هستند که روانگرایی در آنها رخ نمی‌دهد.

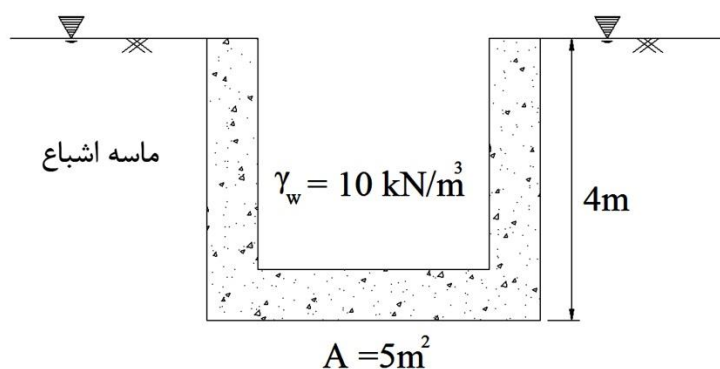
۷۷- روانگرایی در کدام ک از گزینه‌های زیر می‌تواند رخ دهد؟

- (۱) خاک با محتوای ریز دانه $FC \leq 5\%$
- (۲) خاک با محتوای ریز دانه $FC \geq 35\%$
- (۳) خاک ماسه‌ای با $> 35\%$ درصد عبوری از الک ۲۰۰ و $PI < 15\%$
- (۴) ماسه خشک با دانه بندی یکنواخت.

حل: گزینه ۳ صحیح است.

گزینه ۳ ماسه سیلتی می‌باشد که احتمال روانگرایی در آن وجود دارد. گزینه ۱ به سمت شن بودن و گزینه ۲ به سمت رس بودن متمایل هستند که احتمال روانگرایی در آنها بسیار کم می‌باشد و گزینه ۴ ماسه خشک می‌باشد که روانگرایی به هیچ وجه در خاک خشک رخ نمی‌دهد.

۷۸- مخزنی مطابق شکل دارای وزن معادل 250 kN می‌باشد. نیروی برش کل ناشی از اصطکاک بر جداره مخزن 150 kN و مخزن در حالت خالی می‌باشد. اگر در زلزله فشار آب حفره ای $r_u = 0.8$ گردد. آنگاه کدام گزینه درباره شناوری (بالا زدگی) مخزن صحیح می‌باشد؟



(۱) مخزن شناور خواهد شد.

- (۲) مخزن شناور نخواهد شد.
 (۳) شناوری فقط در $r_u = 1$ رخ می‌دهد.
 (۴) داده‌های مسئله کافی نمی‌باشند.

حل: گزینه ۲ صحیح است.

نیروی لازم جهت شناوری در هنگام $r_u = 0$ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F_u \text{ لازم} = W_w + W_s + F_f$$

W_w وزن محتویات مخزن، W_s وزن خود مخزن و F_f نیروی اصطکاک جداره مخزن می‌باشد.

$$F_u \text{ لازم} = 0 + 250 + 150 = 400\text{kN}$$

نیروی شناوری موجود:

$$F_u \text{ موجود} = \gamma_w HA$$

چون در هنگام زلزله $r_u = 0.8$ می‌باشد نیروی لازم جهت شناوری در هنگام زلزله بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F_u \text{ موجود} = \gamma_w HA(1 + r_u)$$

$$F_u \text{ موجود} = (10)(4)(5)(1 + 0.8) = 360\text{kN}$$

نیروی شناوری موجود کمتر از نیروی شناوری لازم در هنگام زلزله می‌باشد بنابراین مخزن شناور نخواهد شد.

$$F_u \text{ موجود} = 360 < F_u \text{ لازم}$$

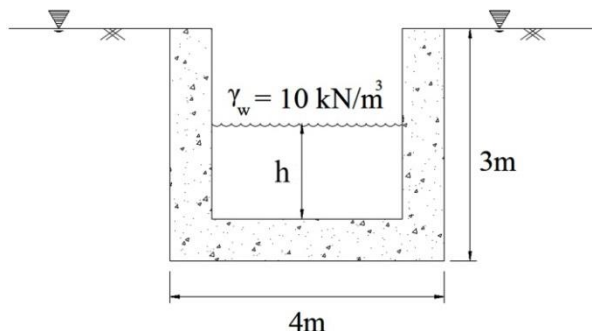
۷۹- حداقل ارتفاع لازم از مخزن استوانه‌ای شکل زیر که باید در هنگام زلزله برای جلوگیری از روانگرایی پر شود چند متر می‌باشد. در هنگام زلزله فشار آب منفذی $v_u = 0.5$ تولید می‌شود و ضخامت جداره مخزن ناچیز نیروی کل اصطکاکی جدار $F_f = 100\text{kN}$ ، وزن مخزن $W_s = 120\text{kN}$ می‌باشد. ($\pi \approx 3$)

(۱) 1.5m

(۲) 2.7m

(۳) 3m

(۴) مخزن اگر خالی از آب هم باشد در هنگام زلزله شناور نمی‌شود.



حل: گزینه ۲ صحیح است

نیروی شناوری وارد بر کف مخزن هنگام زلزله:

$$F_u = \gamma_w HA(1 + r_u)$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{(3)(4)^2}{4} = 12\text{m}^2$$

$$F_u = (10)(3)(12)(1.5) = 540\text{kN}$$

نیروی مقاوم در برابر شناوری:

$$F_r = W_w + W_s + F_f$$

W_w وزن محتویات مخزن، W_s وزن خود مخزن و F_f نیروی اصطکاک جداره مخزن می‌باشد.

$$W_w = \gamma_w Ah = (10)(12)h = 120h$$

$$F_r = 120h + 120 + 100 = 120h + 220$$

برای جلوگیری از شناوری مخزن باید نیروی مقاوم بزرگتر از نیروی شناوری باشد:

$$F_r \geq F_u$$

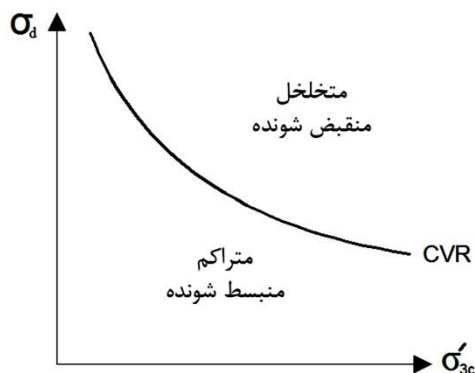
$$120h + 220 \geq 540 \Rightarrow h \geq 2.7\text{m}$$

۸۰- کدام گزینه نادرست است؟

- (۱) اگر تنش برشی استاتیکی کمتر از مقاومت برشی حالت پایدار (SSL) باشد روانگرایی جریانی رخ نمی‌دهد.
- (۲) اگر تنش برشی استاتیکی کمتر از مقاومت برشی حالت پایدار باشد آنگاه تحریک تناوبی رخ می‌دهد.
- (۳) یکی از معیارهای بررسی پتانسیل روانگرایی، سطح جریانی FSL می‌باشد.
- (۴) برای بررسی روانگرایی می‌توان از خط CVR استفاده کرد.

حل : گزینه ۴ صحیح است.

تخلخل بحرانی بطور واحد به فشار جانبی موثر بستگی دارد و پوش آن را خط تخلخل بحرانی CVR می نامند شکل زیر:



با تعریف حالت خاک بر حسب تخلخل و فشار جانبی موثر خط CVR را می توان بعنوان مشخصه مرز بین حالات خاک بر حسب تخلخل (انقباضی) و متراکم (اتساعی) در نظر گرفت. بعلاوه اینکه نسبت تخلخل مقدار ثابتی نیست و با تنش محدود کننده تغییر می کند و همچنین تغییر حجم در اثر دینامیکی با حالت بارگذاری محوری متفاوت است خط CVR نمی تواند معیار مناسبی برای ارزیابی پتانسیل روانگرایی باشد.

۸۱- در کدامیک از ماسه های زیر روانگرایی رخ می دهد؟

$$0.075 < D_{50} < 0.2 \quad (۲)$$

$$0.2 < D_{50} < 1 \quad (۴)$$

$$0.075 < D_{50} < 0.1 \quad (۱)$$

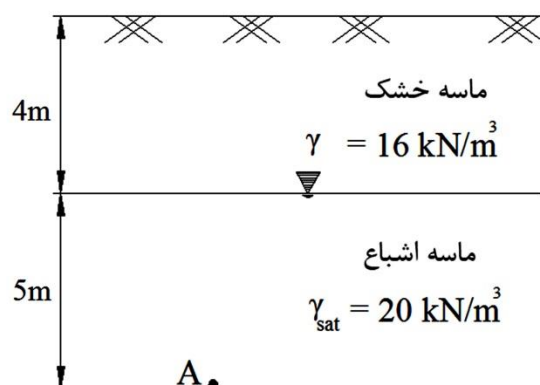
$$0.05 < D_{50} < 0.2 \quad (۳)$$

حل : گزینه ۲ صحیح است.

روانگرایی در ماسه هایی رخ می دهد که اندازه متوسط ذرات آن، D_{50} بین ۰.۰۷۵ تا ۰.۲ میلیمتر باشد.

۸۱- تنش برشی ماکزیمم در نقطه A از شکل زیر در هنگام زلزله چقدر است؟ ($a_{max} = 0.2g$) و ضریب کاهش تنش

$$(r_d = 0.8)$$



$$38.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (۴)$$

$$26.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (۳)$$

$$22.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (۲)$$

$$16.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (۱)$$

حل : گزینه ۳ صحیح است.

با استفاده از روش سید - ادریس تنش برشی ماکزیمم با استفاده از رابطه زیر بدست می آید:

$$\tau_{max} = \frac{a_{max}}{g} \sigma_v \cdot r_d$$

σ_v تنش قائم کل می باشد:

$$\sigma_r = (4)(16) + (5)(20) = 164 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

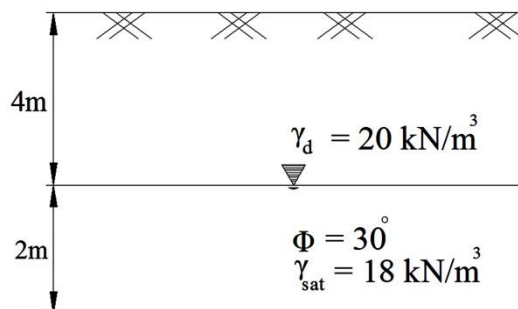
$$\sigma_{max} = \frac{(0.2)(g)}{(g)} (164)(0.8) = 26.24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

نکته: تنش برشی سیکنالی یکنواخت برابر ۰.۶۵٪ تنش برشی ماکزیمم می باشد:

$$\tau_{cyc} = 0.65 \tau_{max} = (0.65)(26.24) = 17.0$$

۸۲- با توجه شکل با بهره گیری از نتایج آزمایش سه محوری تنش برشی ماکزیمم برای وقوع روانگرایی کدام است؟

$$(\sigma_{dc} = 40 \text{ kPa} \quad , \quad \sigma'_3 = 100 \text{ kPa})$$



$$27.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (۴)$$

$$22.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (۳)$$

$$18.27 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (۲)$$

$$11.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad (۱)$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

برای آزمایش سه محوری نسبت تنش برشی سیکلی ماکزیمم به فشار جانبی اولیه می باشد:

$$[CSR]_{tx} = \frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_{3c}}$$

این نسبت برای آزمایش برش ساده سیکلی به صورت نسبت تنش برشی سیکلی به تنش موثر قائم اولیه تعریف می شود:

$$[CSR]_{ss} = \frac{\sigma_{cyc}}{2\sigma_{vo}}$$

برای آزمایشات روانگرایی رابطه زیر برقرار است:

$$[CSR]_{ss} = C_r [CSR]$$

در مقایسه با آزمون‌های آزمایشگاهی سه محوری سیکلی و برش ساده سیکلی، زلزله تنش‌های برشی در جهات مختلف ایجاد می نماید، پیشنهاد شده است CSR لازم برای روانگرایی اولیه در محل حدود ۱۰ درصد کمتر از CSR لازم برای آزمایشات ساده سیکلی باشد. بنابراین:

$$[CSR]_{\text{محل}} = \frac{\tau_{cyc}}{\sigma'_{vo}} [CSR]_{ss} = 0.9 C_r [CSR]_{tx}$$

برای محاسبه C_r می توان از روابط زیر استفاده کرد:

• رابطه $Finn$ وهمکاران:

$$C_r = \frac{1 + K_0}{2}$$

• رابطه $Castro$

$$C_r = \frac{2(1 + 2K_0)}{3\sqrt{3}}$$

حل مسئله:

روانگرایی در ماسه اشباع رخ خواهد داد. ماسه تحت تنش موثر میانگین زیر می‌باشد (برای محاسبه تنش موثر میانگین، تنش در عمق میانی لایه اشباع محاسبه می‌شود):

$$\sigma'_{vo} = (20)(4) + (18 - 10)(1) = 88 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$K_0 = 1 - \sin 30 = 0.5$$

$$C_r = \frac{1 + 0.5}{2} = 0.75$$

$$[CSR]_{tx} = \frac{\sigma_{dc}}{2\sigma'_{3c}} = \frac{(40)}{(2)(100)} = 0.2$$

$$[CSR]_{\text{محل}} = \frac{\tau_{cyc}}{88} = (0.9)(0.75)(0.2) = 0.135 \Rightarrow \tau_{cyc} = (88)(0.135) = 11.88 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\tau_{max} = \frac{\tau_{cyc}}{0.65} = \frac{11.8}{0.65} = 18.27 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

۸۳- در سوال قبل ضریب اطمینان در مقابل روانگرایی در هنگام زلزله چقدر خواهد بود؟ (تنش برشی ماکزیم ناشی

از زلزله در عمق لایه روانگرا را محاسبه کنید $r_d = 0.8$, $a_{max} = 0.2g$)

(۴) 2

(۳) 1.75

(۲) 1.5

(۱) 1.16

حل: گزینه ۱ صحیح است.

$$\tau_{cyc} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \sigma_{vo} \cdot r_d$$

$$\sigma_v = (4)(20) + (1)(18) = 98 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\tau_{cyc} = (0.65) \left(\frac{0.2g}{g} \right) (98)(0.8) = 10.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$FS = \frac{\tau_{cyc} \text{ لازم برای روانگرایی}}{\tau_{cyc} \text{ ناشی از زلزله}} = \frac{11.88}{10.2} = 1.16$$

۸۴- کدامیک از روابط زیر بین نتایج آزمایش برش ساده و سه محوری را می توان برای شروع روان شدن خاک در نظر گرفت؟

- (۱) حداکثر نسبت تنش برشی بوجود آمده در ضمن بارگذاری متناوب به تنش عمودی هنگام تحکیم.
- (۲) حداکثر نسبت تغییرات تنش برشی در طول بارگذاری متناوب به تنش عمودی ضمن تحکیم.
- (۳) نسبت حداکثر تنش برشی بوجود آمده در نمونه ضمن بارگذاری متناوب به تنش اصلی متوسط نمونه تحکیم.
- (۴) همه موارد.

حل: گزینه ۴ صحیح است.

سید و پیکاک موارد زیر جهت این ارتباط برای شروع روان شدن خاک در نظر گرفته اند:

- حداکثر نسبت تنش برشی بوجود آمده در ضمن بارگذاری متناوب به تنش عمودی هنگام تحکیم بر روی هر یک از سطوح نمونه می تواند عامل کنترل باشد:

$$\frac{\tau_h}{K_o \sigma_v} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_d}{\sigma_3}$$

- حداکثر نسبت تغییرات تنش برشی در طول بارگذاری متناوب به تنش عمودی ضمن تحکیم در هر یک از سطوح را نیز می توان یکی دیگر از شرایط ممکن برای شروع روان شدن دانست:

$$\left[\frac{\tau_h}{\sigma_v} \right] = K_o \left[\frac{1}{2} \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \right]$$

- نسبت حداکثر تنش برشی بوجود آمده در نمونه ضمن بارگذاری متناوب به تنش اصلی متوسط نمونه ضمن تحکیم میتواند به عنوان سومین راه حل ممکن مطرح شود:
تنش برشی حداکثر ضمن تحکیم برای نمونه های برش ساده:

$$\sigma_{\text{متوسط}} = \frac{1}{3} (\sigma_v + K_o \sigma_v + K_o \sigma_v) = \frac{1}{3} \sigma_v (1 + 2K_o)$$

برای نمونه های سه محوری، حداکثر تنش برشی در طول بارگذاری متناوب برابر $1/2 \sigma_d$ و تنش اصلی متوسط ضمن تحکیم مساوی σ_3 است بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\sqrt{\tau_h^2 + \left[\frac{1}{2}\sigma_v(1 - K_o)\right]^2}}{\left[\frac{1}{3}\sigma_v(1 + 2K_o)\right]} = \frac{1}{2} \frac{\sigma_d}{\sigma_3}$$

- چهارمین راه حل می‌تواند نسبت حداکثر تغییرات تنش برشی در هر صفحه در طول بارگذاری متناوب به تنش اصلی متوسط در ضمن تحکیم باشد. بنابراین نمونه‌های برش ساده این مقدار برابر $3\tau_h/[\sigma_v(1 + 2K_o)]$ و برای نمونه‌های سه محوری برابر $\frac{1}{2}\sigma_d/\sigma_3$ می‌باشد. لذا:

$$\left[\frac{\tau_h}{\sigma_v}\right]_{\text{simple shear}} = \frac{1}{3}(1 + 2K_o) \left(\frac{1}{2} \frac{\sigma_d}{\sigma_3}\right)$$

در نتیجه در حالت کلی می‌توان نوشت:

$$\left(\frac{\tau_h}{\sigma_v}\right)_{\text{برش ساده}} = \alpha \left(\frac{1}{2} \frac{\sigma_d}{\sigma_3}\right)_{\text{سه محوری}}$$

فصل هفتم

ارتعاشات سیستم های یک درجه آزادی

تعاریف

◊ ارتعاش آزاد: ارتعاش در سیستمی که تحت تاثیر نیروهای درونی خود سیستم پدید آمده و نیروهای خارجی هیچگونه تاثیری در آن ندارند.

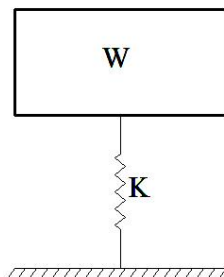
◊ ارتعاش اجباری: ارتعاش در یک سیستم که بوسیله نیروی خارجی بوجود آمده است.

◊ درجه آزادی: تعداد مختصات مستقل که برای حل یک سیستم ارتعاشی مورد نیاز است.

سیستم یک درجه آزادی

ارتعاش آزاد یک سیستم جرم-فنر

شکل زیر یک فونداسیون را که روی یک فنر قرار گرفته نشان می دهد فرض کنید که فنر نشان دهنده خصوصیات ارتجاعی خاک باشد. و نیروی W نشانگر وزن فونداسیون بعلاوه وزن ماشین آلاتی است که به فونداسیون وارد می شود.



◇ اگر سطح مقطع فونداسیون برابر A باشد. مقدار نیروی انتقالی به خاک زیر پی عبارت است از:

$$q = \frac{W}{A}$$

◇ بر اثر نیروی W یک خیز استاتیکی z_s بوقوع می‌پیوندد طبق تعریف:

$$K = \frac{W}{z_s}$$

که در آن K مقدار ضریب فنر برای تکیه‌گاه ارتجاعی می‌باشد.

◇ ضریب عکس‌العمل بستر پی K_s را می‌توان بصورت زیر بدست آورد:

$$K_s = \frac{q}{z_s}$$

◇ اگر فونداسیون از موقعیت تعادل استاتیکی خارج شود، در سیستم ارتعاش ایجاد خواهد شد. معادله حرکت فونداسیون وقتیکه

به اندازه فاصله z حرکت کرده باشد بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$m\ddot{z} + Kz = 0$$

$$\ddot{z} = \frac{d^2z}{dt^2} \quad , \quad m = \frac{W}{g}$$

◇ تواتر طبیعی درونی غیر میرا بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\omega_n = \pm \sqrt{\frac{K}{m}}$$

◇ پریود حرکات سیستم:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_n}$$

◇ تواتر ارتعاشات:

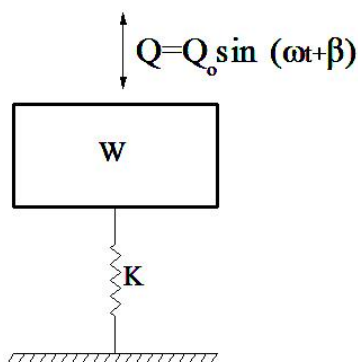
$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega_n}{2\pi}$$

◇ تواتر طبیعی غیرمیرا:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{z_s}}$$

ارتعاش جبری در یک سیستم جرم-فنر

شکل زیر فونداسیون را که بصورت سیستم ساده و ایده‌آل جرم-فنر درآمده و تحت نیروی پریودیک قرار دارد را نشان می‌دهد:



◇ معادله حرکت سیستم:

$$m\ddot{z} + Kz = Q_0 \sin(\omega t + \beta)$$

◇ تغییر مکان حداکثر سیستم:

$$|z_{max}|_{res} = \frac{1}{2} n\pi z_s$$

◇ حداکثر نیروی وارد بر بستر پی هنگامی رخ می‌دهد که دامنه حرکت حداکثر باشد یعنی سرعت مساوی صفر شود:

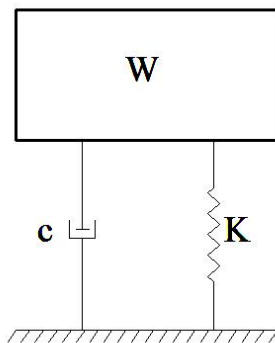
$$F_{dynam(max)} = K[z_{max(max)}] = \frac{Q_0}{1 - \frac{\omega}{\omega_n}}$$

◇ مجموع نیروهای وارد بر پی:

$$F_{all} = W \pm F_{dynam(max)}$$

ارتعاش آزاد و میرا

در شرایط عملی، دامنه کلیه ارتعاشات در طی زمان دچار کاهش تدریجی خواهد شد، این پدیده را میرایی می‌نامند. شکل زیر فونداسیونی را متکی بر یک فنر و یک میراگر نشان می‌دهد.



◇ معادله حرکت سیستم:

$$m\ddot{z} + c\dot{z} + Kz = 0$$

◇ اگر رابطه زیر برقرار باشد سیستم بیش میرا می‌باشد:

$$\frac{c}{2m} > \sqrt{\frac{K}{m}}$$

◇ اگر رابطه زیر برقرار باشد سیستم دارای میرایی بحرانی می‌باشد:

$$\frac{c}{2m} = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

◇ اگر رابطه زیر برقرار باشد سیستم کم میرا می‌باشد:

$$\frac{c}{2m} < \sqrt{\frac{K}{m}}$$

◇ نسبت میرایی بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$D = \frac{c}{c_c} = \frac{c}{2\sqrt{km}}$$

• برای حالت بیش میرا: $D > 1$ ؛

- برای حالت میرایی بحرانی $D = 1$ ؛
- برای حالت کم‌میرا $D = 1$ می‌باشد.

◇ تواتر طبیعی دیرونی میرا:

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - D^2}$$

◇ تاثیر میرایی، کاهش تدریجی دامنه ارتعاشات در طول زمان می‌باشد. به منظور تعیین مقدار کاهش دامنه ارتعاشات در طول زمان داریم:

$$\frac{z_n}{z_{n+1}} = e^{D\omega_n T_d}$$

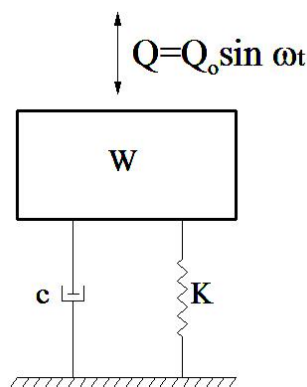
$$T_d = \frac{2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi}{\omega_n \sqrt{1 - D^2}}$$

$$\delta = \ln\left(\frac{z_n}{z_{n+1}}\right) = \frac{2\pi D}{\sqrt{1 - D^2}}$$

اگر نسبت میرایی کوچک باشد:

$$\delta = \ln\left(\frac{z_n}{z_{n+1}}\right) = 2\pi D$$

ارتعاش جبری مداوم و توام با میرایی



◇ معادله حرکت سیستم:

$$m\ddot{z} + c\dot{z} + Kz = Q_0 \sin \omega t$$

◇ جابجایی سیستم:

$$z = \frac{\frac{Q_o}{K}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left(2D \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}}$$

◇ حداکثر مقدار Z زمانی اتفاق می‌افتد که:

$$\omega = \omega_n \sqrt{1 - 2D^2}$$

◇ مقدار تواتر در حداکثر تغییر مکان (تواتر تشدید):

$$f_m = f_n \sqrt{1 - 2D^2}$$

◇ بیشتر دامنه ارتعاش:

$$z_{rez} = \frac{Q_o}{K} \frac{1}{2D\sqrt{1 - D^2}}$$

◇ حداکثر نیروی دینامیکی:

$$F_{dynam} = Kz + c\dot{z} = z\sqrt{K^2 + (c\omega)^2}$$

توجه: دانشجویان گرامی می‌توانند برای مطالعه بیشتر در زمینه ارتعاشات به کتاب کنکور دکتری عمران - دینامیک سازه‌های همین مولف رجوع کنند.

تست‌های ارتعاشات سیستم‌های یک درجه آزادی

۱- جرمی بر روی یک فنر تکیه دارد، خیز استاتیکی بر اثر نیروی جرم ۱ سانتیمتر می‌باشد. تواتر طبیعی ارتعاش چقدر می‌باشد؟

- (۱) 2π (۲) $\frac{2}{\pi}$ (۳) 5π (۴) $\frac{5}{\pi}$

حل: گزینه ۴ صحیح است.

پریود ارتعاش با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$T = \frac{2\pi}{\omega_n}$$

فرکانس یا تواتر ارتعاش برابر است با تعداد سیکل‌های موجود در واحد زمان می‌باشد.

$$f_n = \frac{1}{T} = \frac{\omega_n}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$m = \frac{W}{g}, K = \frac{W}{u_s}$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{u_s}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{10}{0.1}} = \frac{5}{\pi}$$

۲- برای فونداسیون یک دستگاه ارتعاشی وزن فونداسیون معادل 40kN و ضریب ثابت فنر 10^4 kN/m ، فرکانس طبیعی ارتعاش چند هرتز می‌باشد؟

- (۱) $\frac{25}{\pi}$ (۲) 25π (۳) 50π (۴) $\frac{50}{\pi}$

حل: گزینه ۱ صحیح است.

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{(10)^4}{(40)/(9.81)}} = \frac{25}{\pi}$$

۳- فونداسیون یک ماشین ارتعاشی تحت نیروی معادل $P = 900 \sin \omega t$ قرار دارد. حداکثر نیروی انتقالی بر بستر پی چقدر می‌باشد؟ (وزن فونداسیون و ماشین، $W = 1 \text{ ton}$ ، $f = 800 \text{ cycles/min}$ ، سختی، $K = 400 \text{ kg/cm}$ ، $g = 1000 \text{ cm/sec}$ و $\pi = 3$)

- (۱) 1200kg (۲) 1300kg (۳) 1400kg (۴) 1500kg

حل: گزینه ۲ صحیح است.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{(400)}{(1000)/(1000)}} = 20 \text{ rad/sec}$$

$$\omega = 2\pi f = (2)(3)(800) = 480 \text{ rad/min} = 80 \text{ rad/sec}$$

$$f_{dyn} = \pm \frac{P_o}{\left|1 - \frac{\omega}{\omega_n}\right|} = \pm \frac{900}{\left|1 - \frac{80}{20}\right|} = \pm 300$$

$$F_{max} = W + f_{dyn} = 1000 + 300 = 1300 \text{ kg}$$

۴- در یک فونداسیون ماشین آلات ارتعاشی $W = 90 \text{ kN}$ ، $K = 10000 \text{ kN/m}$ و $c = 400 \text{ kN.sec/m}$ می‌باشد. این سیستم در کدامیک از حالات میرایی قرار دارد؟

- (۱) بیش میرا می‌باشد.
 (۲) کم میرا می‌باشد.
 (۳) در حالت میرایی بحرانی می‌باشد.
 (۴) با توجه به مقدار میرایی بحرانی c_c می‌تواند بیش میرا، کم میرا و یا دارای میرایی بحرانی باشد.

حل: گزینه ۱ صحیح است.

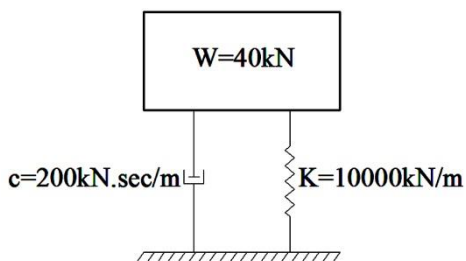
اگر میرایی، $D > 1$ باشد سیستم بیش میرا، اگر $D = 1$ باشد سیستم دارای میرای بحرانی و اگر $D < 1$ باشد سیستم کم میرا می‌باشد. میرایی بحرانی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$c_c = 2\sqrt{km} = 2\sqrt{\frac{(10000)(90)}{10}} = 600 \frac{\text{kN} \cdot \text{sec}}{\text{m}}$$

$$D = \frac{c}{c_c} = \frac{400}{600} = 0.67 < 1$$

بنابراین سیستم کم‌میرا می‌باشد.

۵- با توجه به شکل زیر کاهش لگاریتمی سیستم جرم-فنر زیر چقدر می‌باشد؟



$$\frac{\pi}{2} \quad (۱)$$

$$2\pi \quad (۲)$$

$$\frac{2\pi}{\sqrt{3}} \quad (۳)$$

$$\frac{\sqrt{3}\pi}{4} \quad (۴)$$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

میرای بحرانی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$c_c = 2\sqrt{km} = 2\sqrt{\frac{(10000)(40)}{10}} = 400 \frac{\text{kN} \cdot \text{sec}}{\text{m}}$$

میرایی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$D = \frac{c}{c_c} = \frac{200}{400} = 0.5 < 1$$

سیستم کم‌میرا است و کاهش لگاریتمی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\delta = \frac{2\pi D}{\sqrt{1-D^2}} = \frac{(2\pi)(0.5)}{\sqrt{(1-0.5^2)}} = \frac{2\pi}{\sqrt{3}}$$

۶- در سوال قبل نسبت دو دامنه متوالی چقدر می‌باشد؟

$$e^{\frac{\sqrt{3}\pi}{2}} \quad (۴)$$

$$e^{\frac{2\pi}{\sqrt{3}}} \quad (۳)$$

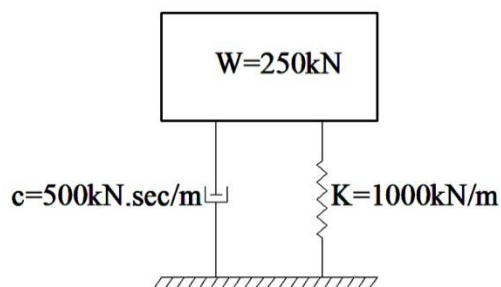
$$e^{2\pi} \quad (۲)$$

$$e^{\frac{\pi}{2}} \quad (۱)$$

حل گزینه ۳ صحیح است.

$$\frac{Z_n}{Z_{n+1}} = e^\delta = e^{\frac{2\pi}{\sqrt{3}}}$$

۷- فرکانس طبیعی میرای سیستم فونداسیون شکل زیر چقدر می باشد؟



- (۱) $\frac{\sqrt{3}}{\pi}$
- (۲) $\frac{5\sqrt{3}}{\pi}$
- (۳) $\frac{5\sqrt{3}}{2\pi}$
- (۴) $\frac{\sqrt{3}}{5\pi}$

حل: گزینه ۳ صحیح است.

فرکانس طبیعی میرا از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$f_d = \sqrt{1 - D^2} f_n$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{10000}{250/10}} = \frac{20}{2\pi} = \frac{10}{\pi}$$

$$c_c = 2\sqrt{Km} = 2\sqrt{\frac{(10000)(250)}{10}} = 1000 \text{ kN. sec/m}$$

$$D = \frac{c}{c_c} = \frac{500}{1000} = 0.5$$

$$f_d = \sqrt{1 - 0.5^2} \times \frac{10}{\pi} = \frac{5\sqrt{3}}{\pi}$$

۸- اگر وزن یک ماشین و پی آن 150kN و ضریب ثابت فنر و میرایی به ترتیب $15 \times 10^4 \text{ kN}$ و 0.2 باشد. و ارتعاش

اجباری پی $50 \sin 150t$ باشد. دامنه حرکت سیستم چقدر می باشد (g = 10 m/sec)؟

- (۱) 2mm
- (۲) 3mm
- (۳) 4mm
- (۴) 5mm

حل: گزینه ۱ صحیح است.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{15 \times 10^4}{150/10}} = 100 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$$

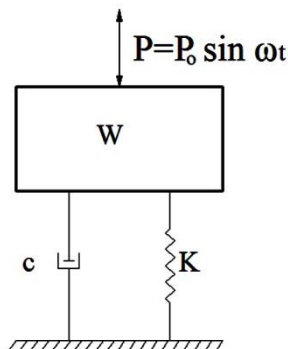
$$P = P_o \sin \omega t = 50 \sin 150t$$

$$\beta = \frac{\omega}{\omega_n} = \frac{150}{100} = 1.5$$

$$z = \frac{\frac{P_o}{K}}{\sqrt{[(1 - \beta^2)^2 + (2D\beta)^2]}} = \frac{\frac{50}{15 \times 10^4}}{\sqrt{[(1 - 1.5^2)^2 + (2 \times 0.2 \times 1.5)^2]}} = 0.002\text{m} = 2\text{mm}$$

۹- در سیستم زیر حداکثر نیروی دینامیکی انتقالی به خاک زیر پی چقدر

است؟



$$2\pi z \sqrt{K^2 + (c\omega)^2} \quad (1)$$

$$z \sqrt{K^2 + (c\omega)^2} \quad (2)$$

$$z \sqrt{(cK)^2 + \omega^2} \quad (3)$$

$$2\pi z \sqrt{(cK)^2 + \omega^2} \quad (4)$$

حل: گزینه ۲ صحیح است.

$$F_{\text{dynam}} = z \sqrt{K^2 + (c\omega)^2}$$

۱۰- کدام گزینه نشان دهنده مقدار فرکانس تشدید برای ماشین‌های دورانی با جرم خارج از مرکز می‌باشد؟

$$\omega_n / \sqrt{1 - 2D^2} \quad (4)$$

$$\omega_n / \sqrt{1 - D^2} \quad (3)$$

$$\omega_n / \sqrt{2D} \quad (2)$$

$$\omega_n \quad (1)$$

حل: گزینه ۴ صحیح است.

مقدار تواتر تشدید شده دورانی را برای جرم دوار خارج از مرکز می‌توان بصورت زیر بدست آورد:

$$\omega = \frac{\omega_n}{\sqrt{1 - 2D^2}}$$

فصل هشتم

سوالات کنکور سراسری

سوالات کنکور سال ۹۱

۱- در مدل رفتاری خاک در بارگذاری دینامیکی، چرا میرایی خاک باید به صورت پسماند مدل شود؟

- ۱) این نوع میرایی می‌تواند اثر جرم را در آزمایش‌های دینامیکی حذف نماید.
- ۲) دلیل واضح و روشنی از نظر مفهوم فیزیکی وجود ندارد.
- ۳) به علت سادگی در محاسبات.
- ۴) زیرا میرایی خاک مستقل از تواتر است.

۲- کدامیک از گزاره‌های زیر در خصوص محدوده کرنش برشی که در آن رفتار خاک‌ها در بارگذاری سیکلیک (تناوبی) خطی است، صحیح است؟

- ۱) معمولاً محدوده خطی رفتار رس‌ها کمتر از ماسه‌ها و ماسه‌ها کمتر از شن‌ها است.
- ۲) محدوده خطی رفتار خاک‌ها ربطی به دانه‌بندی و نوع آنها ندارد و تابع تراکم آنها است.
- ۳) محدوده خطی رفتار رس‌ها با افزایش اندیس پلاستیسیته (PI) کاهش می‌یابد.
- ۴) معمولاً محدوده خطی رفتار رس‌ها بزرگتر از ماسه‌ها و ماسه‌ها بزرگتر از شن‌ها است.

۳- کدامیک از گزاره‌های زیر در خصوص عوامل موثر بر منحنی‌های نسبت مدول برشی به مدول برشی حداکثر به ازای کرنش برشی $(\frac{G}{G_0} - \gamma)$ و نسبت میرایی به ازای کرنش برشی $(D - \gamma)$ صحیح است؟

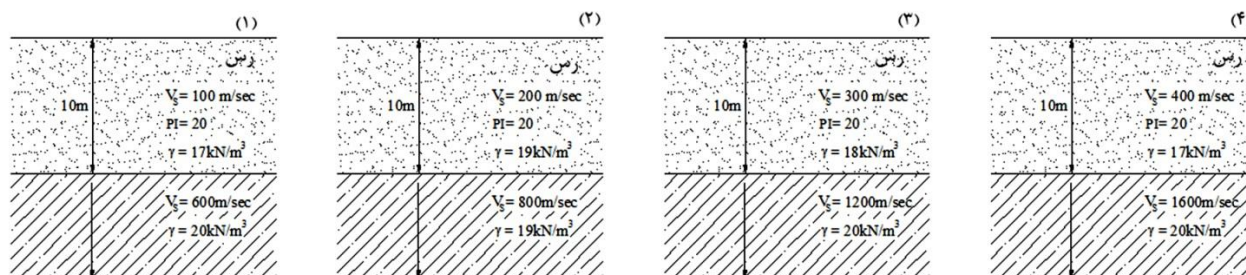
- (۱) منحنی $\gamma - \frac{G}{G_0}$ و $D - \gamma$ برای کلیه خاک‌ها تابع تراکم آنها و میزان نسبت بیش تحکیمی OCR است.
- (۲) منحنی $\gamma - \frac{G}{G_0}$ و $D - \gamma$ برای خاک‌ها دانه‌ای (ماسه‌ها و شن‌ها) تابع تراکم آنها و برای خاک‌های رسی تابع اندیس پلاستیستیه (PI) است.
- (۳) منحنی $\gamma - \frac{G}{G_0}$ و $D - \gamma$ برای خاک‌ها دانه‌ای (ماسه‌ها و شن‌ها) تابع سطح تنش محصور کننده مؤثر و برای خاک‌های رسی تابع اندیس پلاستیستیه (PI) است.
- (۴) منحنی $\gamma - \frac{G}{G_0}$ و $D - \gamma$ برای خاک‌ها دانه‌ای (ماسه‌ها و شن‌ها) تابع تراکم آنها و برای خاک‌های رسی تابع اندیس تابع تنش محصور کننده مؤثر است.

۴- در صورتی که یک لایه رسوبی با ضخامت $H = 15m$ روی یک لایه سنگی قرار داشته باشد و سرعت متوسط انتشار موج برشی متوسط برای این لایه $300 m/sec$ باشد، در صورتیکه:

- ۱- جنس لایه رسوبی شن باشد.
 - ۲- جنس لایه رسوبی رس با $PI < 15$ باشد.
 - ۳- جنس لایه رسوبی رس با $PI > 15$ باشد.
 - ۴- جنس لایه رسوبی ماسه باشد.
- در اینصورت کدامیک از گزاره‌های زیر صحیح‌اند.

- (۱) بیشترین تشدید امواج زلزله در حالت ۳ و کمترین تشدید در حالت ۱ رخ می‌دهد.
- (۲) بیشترین تشدید در حالت ۱ و کمترین تشدید در حالت ۳ رخ می‌دهد.
- (۳) بیشترین تشدید در حالت ۲ و کمترین تشدید در حالت ۳ رخ می‌دهد.
- (۴) بیشترین تشدید در حالت ۲ و کمترین تشدید در حالت ۴ رخ می‌دهد.

۵- با توجه به پروفیل‌های خاک نشان داده شده در زیر امکان بیشترین تشدید در زلزله در کدام یک رخ می‌دهد؟



(۴) پروفیل (۴)

(۳) پروفیل (۳)

(۲) پروفیل (۲)

(۱) پروفیل (۱)

۶- در صورتی که زلزله‌های با پریود غالب $T_p = 0.2 \text{ sec}$ از لایه سطحی خاک با سرعت موج برشی متوسط معادل $400 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ عبور کند، بحرانی‌ترین ضخامت این لایه که بیشترین تشدید را ممکن است به وجود آورد چند متر خواهد بود؟

- (۱) ۱۰ (۲) ۲۰ (۳) ۳۰ (۴) ۴۰

۷- در صورتی که تنش برشی استاتیکی اولیه‌ای روی المان خاک ماسه‌ای تمیز اشباع وجود داشته باشد، مقاومت سیکلیک خاک به روانگرایی (CRR) آن نسبت به حالت بدون وجود این تنش اولیه چگونه تغییر می‌کند؟

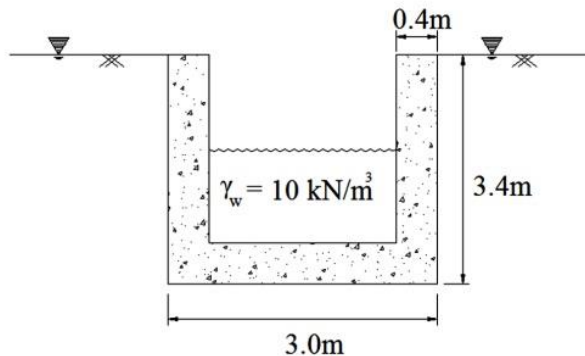
- (۱) کاهش پیدا می‌کند
 (۲) تغییری نمی‌کند
 (۳) افزایش پیدا می‌کند.
 (۴) بسته به میزان تراکم نسبی آن ممکن است کاهش یا افزایش پیدا کند.

۸- در کدامیک از شرایط زیر ضرورتی به بررسی پتانسیل روانگرایی وجود ندارد؟

- (۱) عمق لایه مورد نظر بیش از ۲۳ متر باشد.
 (۲) خاک ماسه‌ای دارای ۳۵ درصد شن با $D_{50} = 2 \text{ mm}$ باشد.
 (۳) خاک ماسه‌ای دارای بیش از ۳۵ درصد سیلت غیرپلاستیک باشد.
 (۴) خاک ماسه‌ای دارای درصد عبوری از الک ۲۰۰ با PI کمتر از ۱۵٪ بیش از ۳۵٪

۹- مخزن بتنی استونهای شکلی با وزن کل (حالت خالی) معادل 200 kN به شکل زیر مفروض است. چنانچه نیروی برشی کل در جداره پیرامون مخزن برابر 183 kN در اثر اصطکاک جداره با خاک پیرامون وجود داشته باشد، اگر در اثر زلزله نسبت فشار آب حفره‌ای اضافی $r_u = 0.5$ گردد. در خصوص شناوری $floating$ (بالازدگی) این مخزن در حالت خالی و نیمه‌پر کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح‌اند؟ (لازم است نیروی شناوری ناشی از ایجاد $r_u = 0.5$ محاسبه گردد)، سطح آب زیرزمینی منطبق بر سطح زمین است. خاک فاقد چسبندگی است.

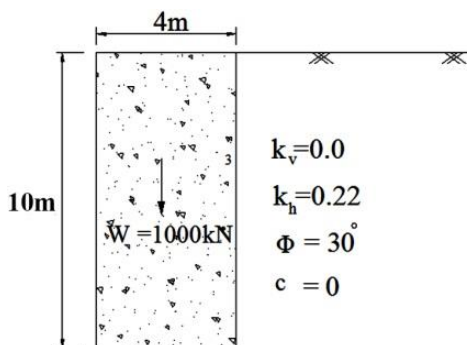
- (۱) نه در حالت خالی و نه در حالت نیمه‌پر شناور نمی‌شود.
 (۲) هم در حالت خالی و هم در حالت نیمه‌پر شناور می‌شود. (از زمین بیرون می‌زند)
 (۳) در حالت خالی شناور می‌شود. (از زمین بیرون می‌زند)، در حالت نیمه‌پر شناور نمی‌شود.
 (۴) شناور شدن صرفاً در حالتی رخ می‌دهد که در اثر روانگرایی $r_u = 1$ باشد، در غیر این صورت این پدیده به وجود نمی‌آید.



۱۰- در کدامیک از حالت‌های زیر فشار دینامیکی ناشی از دانه‌های خاک (در هنگام زلزله) بر دیوار نگهبان بیشترین مقدار را دارد؟

- (۱) خاک پشت دیوار غیراشباع و غیرچسبنده باشد.
- (۲) خاک پشت دیوار اشباع و نفوذپذیری آن بسیار کم باشد.
- (۳) خاک پشت دیوار اشباع و نفوذپذیری آن بسیار زیاد باشد.
- (۴) خاک پشت دیوار غیراشباع و دارای چسبندگی باشد.

۱۱- ضریب اطمینان پایداری دیوار (FS) شکل زیر چقدر است؟ از صطکاک بین خاک و دیوار صرف‌نظر شود، محل اثر رانش لرزه‌ای (دینامیکی خاک) $0.6H$ فرض شود. برای محاسبه K_{AE} از رابطه $K_{AE} = K_A + 0.75k_h$ و برای محاسبه K_A رابطه رانکین استفاده شود.



- (۱) 0.67
- (۲) 0.94
- (۳) 1.04
- (۴) 1.2

۱۲- یکی از مشخصات مهم در رفتار دینامیکی خاک‌ها، مقدار سرعت امواج برشی می‌باشد. این پرامتر چه رابطه‌ای با مدول ارتجاعی خاک دارد؟

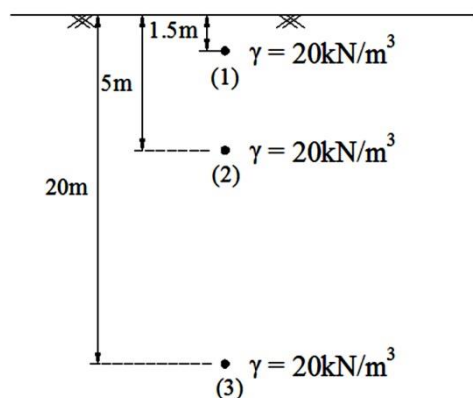
- (۱) با آن رابطه معکوس دارد.
- (۲) با جذر آن رابطه مستقیم دارد.
- (۳) با توان دوی آن رابطه معکوس دارد.
- (۴) اصولاً رابطه خاصی بین آنها وجود ندارد.

۱۳- اگر پی یک سیستم مرتعش (ماشین چرخان) بر روی خاک اشباع قرار گیرد، می باید در حالتی که ارتعاش در جهت قائم صورت می پذیرد، از مدل دوفازی و برای ارتعاش در جهت افقی خاک با مدل یک فازی استفاده نمود. دلیل این موضوع کدام است؟

- (۱) تاثیر فشار منفذی بر روی امواج برشی می باشد.
- (۲) تاثیر امواج سطحی برای ارتعاش در جهت قائم می باشد.
- (۳) وجود اثر موج طولی دوم در مورد ارتعاش در جهت قائم می باشد.
- (۴) رفتار خاک برای ارتعاش در جهت قائم به صورت زهکشی و برای ارتعاش در جهت افقی به صورت زهکشی نشده می باشد.

سوالات کنکور سراسری سال ۹۲

۱۴- در یک نهشته رسوبی ماسه‌ای مطابق شکل زیر، سرعت انتشار موج برشی در نقطه (۱) معادل $100 \frac{m}{s}$ اندازه‌گیری شده است. با توجه به اطلاعات داده شده بر روی شکل، مقدار مدول برشی حداکثر (G_o) در نقاط ۱، ۲ و به ترتیب چند مگاپاسکال است؟ مقدار شتاب ثقل زمین $g = 10 \frac{m}{s^2}$ فرض شود.



(۱) ۴۰، ۲۰، ۱۰

(۲) ۳۲۰، ۸۰، ۱۰

(۳) ۸۰، ۴۰، ۲۰

(۴) ۴۰۰، ۱۰۰، ۲۰

۱۵- در صورتی که به یک خاک ماسه‌ای مقدار ۳۰ درصد رس با PI های ۱۰، ۳۰ و ۵۰ اضافه شود، در یک سطح تنش مؤثر و تراکم یکسان با افزایش PI نسبت میرایی و سختی (مدول) برشی سیکلی خاک‌های مخلوط به ترتیب چگونه تغییر می‌یابد؟

(۱) افزایش - کاهش

(۲) افزایش - کاهش

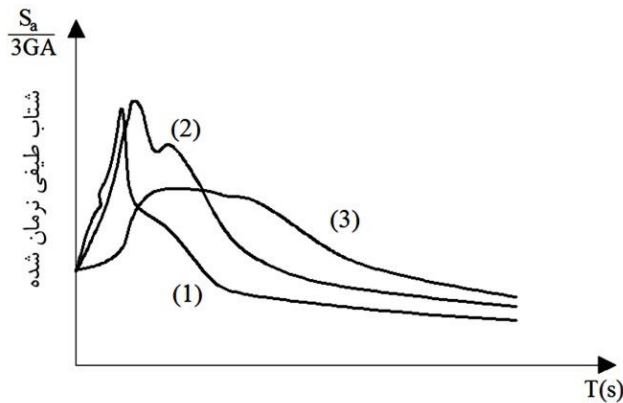
(۳) افزایش - افزایش

(۴) کاهش - افزایش

۱۶- نسبت پیش تحکیمی (OCR) و اندیس خمیری (PI) بر روی مدول برشی کرنش‌های کوچک (G_o)، چگونه است؟

(۱) با افزایش OCR ، مقدار G_o برای خاک‌های با PI بالاتر بیشتر می‌شود.(۲) با افزایش OCR ، مقدار G_o برای خاک‌های با PI بالاتر کم‌تر می‌شود.(۳) مقدار PI ، تاثیری بر نحوه تغییر G_o با OCR ندارد.(۴) مقدار OCR ، تاثیری در مقدار G_o ندارد.

۱۷- شکل زیر به طور شماتیک طیف پاسخ نرمال شده به حداکثر شتاب را در یک ساختمان سنگی (A)، یک ساختمان متشکل از لایه رسولی خاک نسبتاً نرم با ضخامت بیش تر از ۳۰ متر (B) و یک ساختمان متشکل از لایه رسوبی خاک نسبتاً سخت با ضخامت کمتر از ۳۰ متر (C) (در مورد اخیر لایه‌های رسوبی روی لایه سنگ بستر لرزه‌ای قرار دارند)، نشان می‌دهد. طیف‌های پاسخ شتاب نرمال (۱)، (۲) و (۳)، به کدام یک از ساختمان‌های A و B و C، می‌توانند تعلق داشته باشند؟



- ۱) طیف (۱) مربوط به ساختمان (A)، طیف (۲) مربوط به ساختمان (C) و طیف (۳) مربوط به ساختمان (B) است.
- ۲) طیف (۱) مربوط به ساختمان (A)، طیف (۲) مربوط به ساختمان (B) و طیف (۳) مربوط به ساختمان (C) است.
- ۳) طیف (۱) مربوط به ساختمان (B)، طیف (۲) مربوط به ساختمان (A) و طیف (۳) مربوط به ساختمان (C) است.
- ۴) طیف پاسخ شتاب علاوه بر مشخصات ساختمان به مشخصات زلزله اعمالی نیز وابسته است. لذا نمی‌توان راجع به شکل‌های داده شده قضاوت کرد.

۱۸- فرض کنید لایه کم تراکمی به ضخامت ۳۰ متر با جنس ماسه و یا خاک رس روی یک لایه سخت سنگی قرار گرفته باشد. در خصوص پاسخ لرزه‌ای آن، گزینه صحیح کدام است؟

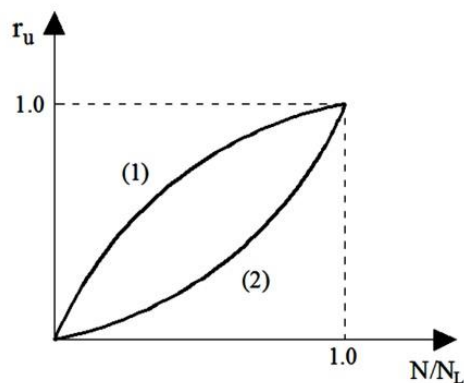
- ۱) زلزله‌های با شتاب مؤثر متوسط و کم با عبور از لایه ماسه‌ای، تشدید بیشتری نسبت به عبور از لایه ماسه‌ای پیدا می‌کند.
- ۲) زلزله‌های با شتاب مؤثر زیاد با عبور از لایه ماسه‌ای تشدید بیشتری نسبت به عبور از لایه رسی پیدا می‌کند.
- ۳) زلزله‌های با شتاب مؤثر متوسط و کم با عبور از لایه رسی، تشدید بیشتری نسبت به عبور از لایه ماسه‌ای پیدا می‌کند.
- ۴) تشدید در لایه‌های خاک ارتباطی با شتاب زلزله ندارد.

۱۹- در صورتی که ارزیابی پتانسیل روانگرایی لایه‌های خاک اشباعی با مشخصات زیر مورد نظر باشد، کدام لایه‌ها قابلیت روانگرا شدن ندارند و کدام لایه‌ها احتمالاً قابلیت روانگرا شدن را دارند؛ و باید بررسی لازم انجام گیرد.

لايه	درصد ریزدانه با قطر کمتر از ۷۵ μ	عمق (m)	اندیس خمیری PI	درصد ریزدانه با قطر کمتر از ۵ μ
(۱)	بیشتر از ۳۵	۱۰	۱۵	بیشتر از ۱۵
(۲)	کمتر از ۳۵	۱۵	۲۰	کمتر از ۱۵
(۳)	بیشتر از ۳۵	۲۰	۱۰	کمتر از ۱۵
(۴)	کمتر از ۳۵	۲۵	۱۲	کمتر از ۱۵

- (۱) لایه (۱) دارد، لایه (۲) دارد، لایه (۳) ندارد، لایه (۴) ندارد.
 (۲) لایه (۱) دارد، لایه (۲) ندارد، لایه (۳) دارد، لایه (۴) دارد.
 (۳) لایه (۱) ندارد، لایه (۲) دارد، لایه (۳) دارد، لایه (۴) ندارد.
 (۴) لایه (۱) ندارد، لایه (۲) دارد، لایه (۳) ندارد، لایه (۴) دارد.

۲۰- منحنی‌های $r_u - \frac{N}{N_L}$ مربوط به نتیج بارگذاری سیکلیک ماسه اشباع در شرایط زهکشی نشده است. (r_u نسبت فشار آب حفره‌ای اضافی، N_L تعداد سیکل‌های منجر به روانگرایی و N تعداد سیکل‌های اعمالی است). گزینه صحیح در مورد آن، کدام است؟



- (۱) منحنی (۱) مربوط به ماسه کم تراکم و معرف رفتار *Initial Liquefaction* و منحنی (۲) مربوط به ماسه نسبتاً متراکم و معرف رفتار *Cyclic Mobility* است.
 (۲) منحنی (۱) مربوط به ماسه نسبتاً تراکم و معرف رفتار *Cyclic Mobility* و منحنی (۲) مربوط به ماسه کم تراکم و معرف رفتار *Initial Liquefaction* است.
 (۳) منحنی (۱) مربوط به خاک کم تراکم و معرف رفتار *Cyclic Mobility* و منحنی (۲) مربوط به خاک نسبتاً متراکم و معرف رفتار *Initial Liquefaction* است.
 (۴) منحنی (۱) مربوط به خاک نسبتاً تراکم و معرف رفتار *Initial Liquefaction* و منحنی (۲) مربوط به خاک کم تراکم و معرف رفتار *Cyclic Mobility* است.

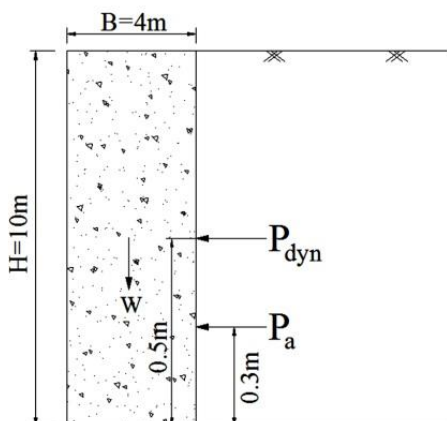
۲۱- وقوع روانگرایی در لایه‌های رسوبی اشباع در زیر یک ساختمان، در حین وقوع زلزله، باعث کدام پدیده می‌شود؟

- (۱) افزایش شتاب وارده به ساختمان و کاهش ظرفیت باربری خاک زیر پی.
- (۲) کاهش شتاب وارده بر ساختمان شده ولی بدون تاثیر بر ظرفیت باربری خاک زیر پی.
- (۳) بدون تاثیر بر شتاب وارده بر ساختمان، ولی کاهش ظرفیت باربری خاک زیر پی.
- (۴) کاهش شتاب وارده به ساختمان و کاهش ظرفیت باربری خاک زیر پی.

۲۲- دیوار حائل وزنی شکل زیر، تحت زلزله‌ای قرار می‌گیرد، که برای آن ضریب مؤلفه افقی زلزله $k_h = 0.2$ و $k_v = 0$ در نظر گرفته می‌شود. کدامیک از گزینه‌های زیر در خصوص ضریب اطمینان دیوار در شرایط واژگونی، حول نقطه O صادق است؟

$$K_{AE} = K_A + 0.75k_h, \quad K_A = 0.25, \quad \gamma_{\text{بتن}} = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}, \quad \gamma_{\text{خاک}} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

اصطکاک خاک و پشت دیوار ناچیز است.



- (۱) در صورتی که ضریب اطمینان مجاز 1.1 باشد، دیوار پایدار می‌ماند.
- (۲) در صورتی که ضریب اطمینان مجاز واژگونی 1.2 باشد، دیوار پایدار می‌ماند.
- (۳) در صورتی که ضریب اطمینان مجاز واژگونی 1.3 باشد، دیوار پایدار می‌ماند.
- (۴) هر سه گزینه صحیح است.

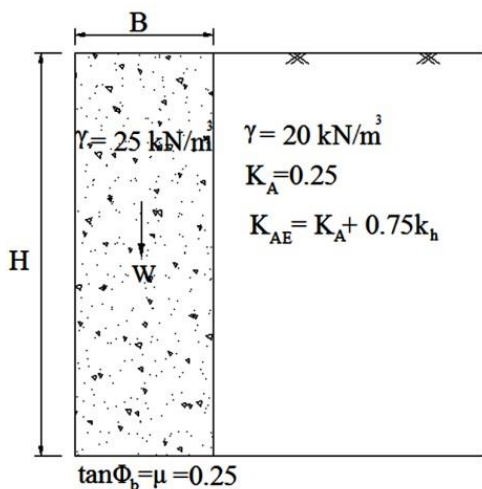
۲۳- اگر ضریب اصطکاک کف دیوار با خاک زیر آن در شکل زیر برابر 0.25 باشد، با توجه به اطلاعات زیر شتاب آستانه گسیختگی (a_y) چقدر است؟ از اصطکاک خاک پشت دیوار صرف‌نظر شود.

$$\frac{1}{10}g \quad (۱)$$

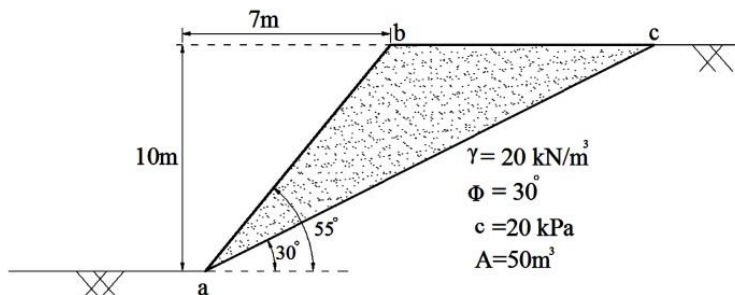
$$\frac{1}{7}g \quad (۲)$$

$$\frac{1}{5}g \quad (۳)$$

$$\frac{1}{4}g \quad (۴)$$

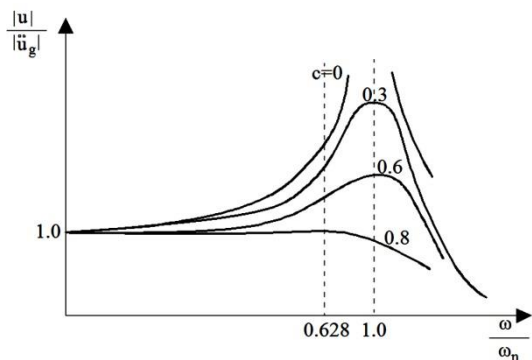


۲۴- یک شیروانی با مشخصات زیر مورد نظر است. در شرایط زلزله با $k_h = 0.2$ و $k_v = 0$ کدامیک از موارد زیر در خصوص پایداری استاتیکی و دینامیکی آن صحیح است؟ ضریب اطمینان پایداری استاتیکی $1/2$ و ضریب اطمینان پایداری دینامیکی (لرزه‌ای) $1/1$ می‌باشد.



- (۱) شیروانی هم در حالت استاتیکی و هم در حالت دینامیکی پایدار است.
- (۲) شیروانی در حالت استاتیکی و در حالت دینامیکی پایدار نیست.
- (۳) شیروانی در حالت استاتیکی، پایدار و در حالت دینامیکی ناپایدار است.
- (۴) شیروانی در حالت استاتیکی پایدار است ولی اگر زاویه شیب از 55° درجه به 50° درجه کاهش یابد، در حالت دینامیکی پایدار خواهد بود.

۲۵- در ساختار یک دستگاه ثبت شتاب، از یک سیستم یک درجه آزادی با میرایی 0.8 و نسبت $\frac{K}{m} = 10000$ استفاده شده است. چنانچه پاسخ این سیستم به ازای تحریک شتاب زمین \ddot{u}_g به صورت منحنی $\frac{|u|}{|\ddot{u}_g|}$ به ازای $\frac{\omega}{\omega_n}$ مطابق شکل زیر باشد. حداکثر فرکانسی که می‌توان با این دستگاه اندازه‌گیری کرد، چند هرتز است؟



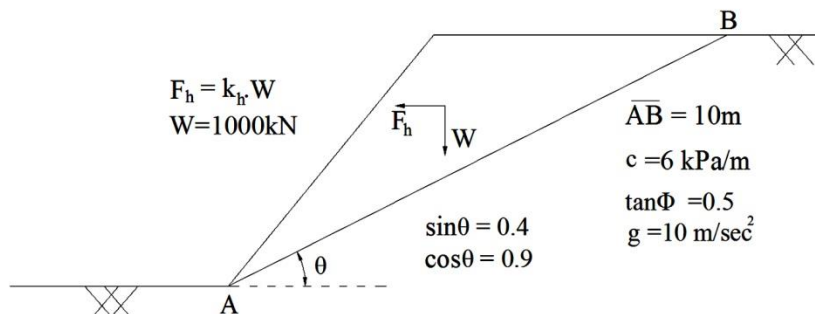
- (۱) ۵
- (۲) ۱۰
- (۳) ۱۰۰
- (۴) ۱۰۰۰

سوالات کنکور سراسری سال ۹۳

۲۶- جابجایی دائمی شیروانی خاکی در صورتی که تحت تاثیر بارگذاری لرزه‌ای با تاریخچه زمانی هارمونیک با زمان تداوم معین و دامنه شتاب بیشتر از شتاب آستانه حرکت شیروانی قرار گیرد با افزایش فرکانس بارگذاری،.....

- (۱) افزایش می‌یابد.
- (۲) کاهش می‌یابد.
- (۳) تغییر نمی‌کند و فقط با افزایش دامنه شتاب افزایش پیدا می‌کند.
- (۴) تغییر نمی‌کند و فقط با افزایش زمان تداوم افزایش پیدا می‌کند.

۲۷- در صورتی که میزان جابجایی دائمی شیروانی نشان داده شده در شکل زیر از رابطه $d = \frac{V_{max}^2}{2a_y} \cdot \frac{a_{max}}{a_y}$ قابل محاسبه باشد، با محاسبه شتاب آستانه حرکت a_y ، میزان جابجایی برای زلزله‌ای با شتاب افقی حداکثر $a_{max} = 0.2g$ و سرعت حداکثر $V_{max} = 0.5 \frac{m}{sec}$ چند متر خواهد بود؟



- | | |
|-----------|-----------|
| (۲) 0.160 | (۱) 0.125 |
| (۴) 0.25 | (۳) 0.20 |

۲۸- تاثیر اندیس خمیری PI بر مقاومت سیکلی به روانگرایی (CRR) برای خاک‌هایی که دارای بیش از ۵۰ درصد ریزدانه ($FC > 50\%$) باشند به شرح زیر است:

- (۱) خاک‌های دارای ریزدانه $FC > 50\%$ فقط در حالتی امکان روانگرایی دارند که $PI = 0$ باشد.

- (۲) برای مقادیر $PI < 10$ تاثیری بر CRR ندارد ولی برای مقادیر $PI > 10$ باعث کاهش CRR می‌شوند.
- (۳) برای مقادیر $PI < 10$ تاثیری بر CRR ندارد ولی برای مقادیر $PI > 10$ باعث افزایش CRR می‌شوند.
- (۴) خاک‌های دارای ریزدانه $FC > 50\%$ در هیچ شرایطی روانگرا نمی‌شوند لذا PI عامل تاثیرگذاری نیست.

۲۹- وجود تنش برشی استاتیکی اولیه باعث می‌شود که پتانسیل (قابلیت) روانگرایی ماسه‌های اشباع در یک تنش تحکیمی یکسان:

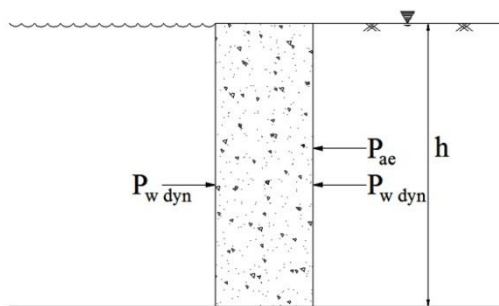
- (۱) کاهش می‌یابد.
- (۲) افزایش می‌یابد.
- (۳) برای خاک‌های با دانسیته نسبی بیش از ۵۰٪ افزایش و برای خاک‌های با دانسیته نسبی کمتر از ۵۰٪ کاهش می‌یابد.
- (۴) برای خاک‌های با دانسیته نسبی بیش از ۵۰٪ کاهش یابد و برای خاک‌های با دانسیته نسبی کمتر از ۵۰٪ افزایش می‌یابد.

۳۰- در صورتی که خاکریز پشت دیوار نگهدارنده خاک، اشباع بوده و در حین زلزله امکان افزایش فشار آب منفذی به اندازه $r_u = \frac{\Delta U}{\sigma_o}$ باشد و فرض گردد که در حین زلزله به دلیل مقدار نفوذپذیری خاک، آب منفذی و دانه‌های خاک به صورت هم فاز (توام) حرکت نمایند، کدام رابطه برای زاویه لرزه‌ای $\Psi = \tan^{-1} \left(\frac{F_h}{F_v} \right)$ صحیح است؟ F_h و F_v به ترتیب مولفه‌های افقی و قائم نیروی زلزله به المانی از خاک با حجم واحد هستند. k_h و k_v ضریب شتاب افقی و قائم زلزله‌اند.

$$\Psi = \tan^{-1} \frac{\dot{\gamma} k_h}{\dot{\gamma}(1-r_u)(1-k_v)} \quad (۲) \quad \Psi = \tan^{-1} \frac{\gamma_{sat} k_h}{\dot{\gamma}(1-r_u)(1-k_v)} \quad (۱)$$

$$\Psi = \tan^{-1} \frac{\gamma_d k_h}{\dot{\gamma}(1+r_u)(1-k_v)} \quad (۴) \quad \Psi = \tan^{-1} \frac{\gamma_d k_h}{\dot{\gamma}(1-r_u)(1-k_v)} \quad (۳)$$

۳۱- برای محاسبه فشار آب دینامیکی و فشار خاک ناشی از زلزله بر روی یک دیوار نگهدارنده ساحلی (مطابق شکل زیر) کدام یک از روابط زیر بایستی به کار گرفته شوند؟ نفوذپذیری خاک ریز بسیار زیاد است. $P_{w dyn}$ و P_{ae} به ترتیب نیروهای ناشی از فشار خاک و فشار آب هستند. k_h ضریب شتاب افقی زلزله است.



$$P_{\text{کل}} = \frac{1}{2} k_{ae} \cdot \gamma_{sat} \cdot h^2 + 2 \times \frac{7}{12} k_h \gamma_h \gamma_w h^2 \quad (۱)$$

$$P_{\text{کل}} = \frac{1}{2} k_{ae} \cdot \gamma_{sat} \cdot h^2 + \frac{7}{12} k_h \gamma_h \gamma_w h^2 \quad (۲)$$

$$P_{\text{کل}} = \frac{1}{2} k_{ae} \cdot \dot{\gamma} \cdot h^2 + 2 \times \frac{7}{12} k_h \gamma_h \gamma_w h^2 \quad (۳)$$

$$P_{\text{کل}} = \frac{1}{2} k_{ae} \cdot \dot{\gamma} \cdot h^2 + \frac{7}{12} k_h \gamma_h \gamma_w h^2 \quad (۴)$$

۳۲- کرنش آستانه تغییر رفتار خطی به غیر خطی در بارگذاری‌های برشی سیکلی در خاک‌ها با افزایش اندیس خمیری

PI

(۱) کاهش می‌یابد.

(۲) افزایش می‌یابد.

(۳) در برخی از خاک‌ها افزایش و در برخی دیگر کاهش می‌یابد.

(۴) تحت تاثیر تغییرات PI قرار ندارد.

۳۳- در بارگذاری‌های برشی سیکلی در خاک‌ها پدیده‌های کاهش سختی سیکلی (Cyclic Degradation):

(۱) در محدوده کرنش‌های برشی بالاتر از حدود 10^{-3} ایجاد می‌شوند.

(۲) در محدوده کرنش‌های برشی پایین‌تر از حدود 10^{-3} ایجاد می‌شوند.

(۳) فقط در خاک‌های دانه‌ای اجاد می‌شوند و ارتباطی با سطح کرنش ندارد.

(۴) در همه سطوح کرنش برشی ایجاد می‌شوند.

۳۴- افزایش شتاب یک زلزله ورودی در رقوم سنگ بستر به بیش از $0.4g$,

(۱) باعث افزایش ضریب تشدید در سطح لایه رسوبی واقع بر روی سنگ بستر می‌شود.

(۲) باعث کاهش ضریب تشدید در سطح لایه رسوبی واقع بر روی سنگ بستر می‌شود.

(۳) باعث افزایش ضریب تشدید در خاک‌های رسی و کاهش ضریب تشدید در خاک‌های دانه‌ای می‌شود.

(۴) تاثیری بر ضریب تشدید لایه رسوبی سطحی ندارد چون ضریب تشدید فقط تابع ویژگی‌های لایه رسوبی است و ربطی به حرکت (زلزله) ندارد.

۳۵- حداقل شتاب لازم برای حرکت لغزشی دیوار نشان داده شده زیر چقدر است؟ از اصطکاک بین دیوار و خاک

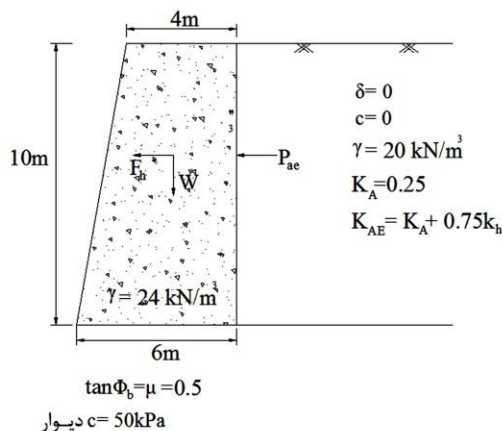
پشت دیوار صرف‌نظر شود.

(۴) 0.5g

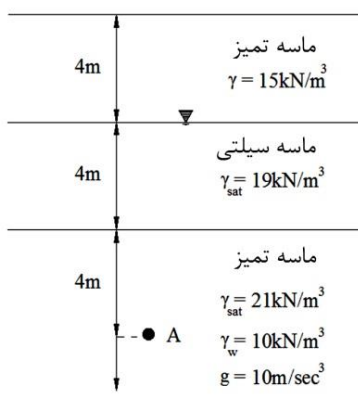
(۳) 0.33g

(۲) 0.25g

(۱) 0.2g



۳۶- چنانچه ضریب اطمینان روانگرایی به صورت $F_L = \frac{CRR}{CSR}$ تعریف شود، در یک زلزله با بزرگی 7.5 و شتاب حداکثر زمین معادل $a_{max} = 0.4g$ در صورتی که برای نقطه A (شکل زیر) خاک دارای $CRR = 0.2$ باشد آیا خاک در نقطه A دچار روانگرایی می‌شود و مقدار F_L آن چقدر است؟ ضریب کاهش r_d را مساوی 0.7 فرض کنید.



- ۱) $F_L = 0.95$ خاک روانگرا می‌شود. r_u به مقدار 100% می‌رسد.
- ۲) $F_L = 0.82$ خاک روانگرا می‌شود. r_u به مقدار 100% می‌رسد.
- ۳) $F_L = 1.10$ خاک روانگرا می‌شود. r_u به مقدار 100% می‌رسد.
- ۴) $F_L = 1.10$ خاک روانگرا می‌شود. r_u قابل توجهی ایجاد نمی‌شود.

۳۷- یک پی ماشین‌آلات به وزن $W = 90 \text{ kN}$ بر روی خاکی قرار گرفته است. با فرض سیستم جرم متمرکز-فنر، ثابت فنر معادل خاک برابر $10000 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ و میرایی معادل $360 \frac{\text{kN.s}}{\text{m}}$ فرض شود. در صورتی که برای تقلیل دامنه به صورت لگارتیمی رابطه $\frac{Z_n}{Z_{n+1}} = e^\delta$ برقرار باشد در خصوص این سیستم جرم و فنر کدام گزینه زیر صحیح است؟ (شتاب ثقل زمین $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$ فرض شود).

- (۱) سیستم کم میرا (*underdamped*) و $\delta = 1.57$ است.
- (۲) سیستم بیش میرا (*overdamped*) و نمی تواند δ را تعیین کرد.
- (۳) سیستم بیش میرا و $\delta = 6.28$ است.
- (۴) سیستم کم میرا و $\delta = 4.71$ است.

پاسخ نامه تشریحی کنکور ۹۱

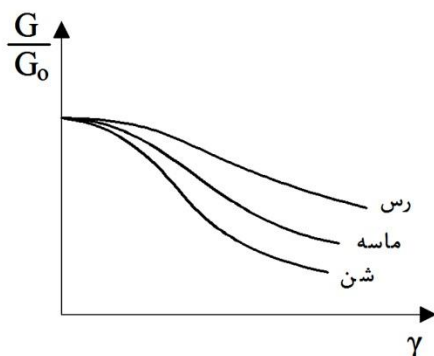
۱- گزینه ۴ صحیح است.

میرایی به دو صورت مدل سازی می گردد. ۱- میرایی پسماند ۲- میرایی ویسکوز. میرایی ویسکوز تابع فرکانس بارگذاری بوده ولی میرای پسماند مستقل از فرکانس بارگذاری می باشد. تغییر شکل های که در خاک به صورت پلاستیک و تحت بارگذاری دینامیکی شکل می گیرد، مستقل از فرکانس بارگذاری است، لذا از مدل سازی خاک به صورت پسماند رفتار واقعی تری از میرایی خاک نشان می دهد.

۲- گزینه ۴ صحیح است.

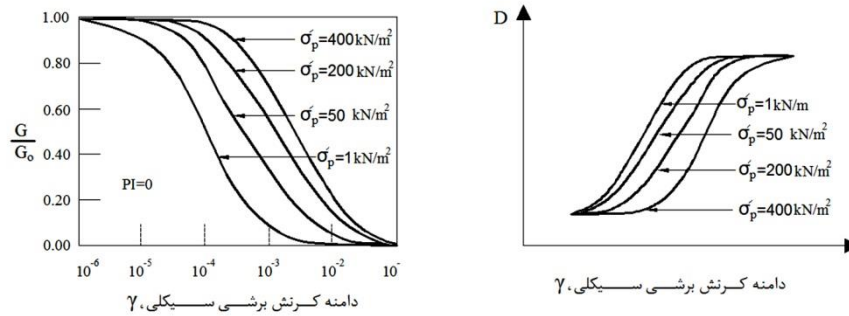
مقایسه نمودارهای کاهش سختی شن، ماسه، و رس نشان می دهد که کاهش مدول برشی خاک (یعنی ورود به ناحیه غیرخطی)، برای خاک های ماسه ای به نسبت خاک های رسی در کرنش های کوچکتری به وقوع می پیوندد. همچنین ورود به ناحیه غیرخطی برای شن ها به نسبت خاک های ماسه ای در کرنش های کوچکتر رخ می دهد. کاهش مدول برشی خاک برای رس ها از کرنش 5×10^{-5} و برای خاک های غیرچسبیده از کرنش 10^{-5} آغاز می شود. لذا محدوده خطی رفتار رس ها بزرگتر از ماسه ها و ماسه ها بزرگتر از شن هاست.

هرچه منحنی نسبت مدول برشی-کرنش خوابیده تر باشد ناحیه الاستیک خاک بیشتر خواهد بود.

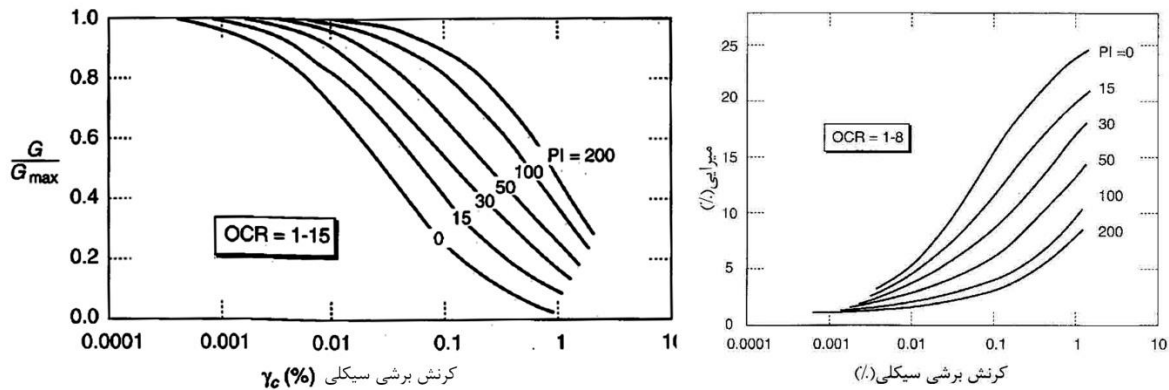


۳- گزینه ۳ صحیح است.

در خاک های دانه ای با افزایش تنش محصور کننده، منحنی نسبت مدول-کرنش، $\frac{G}{G_0}$ ، به سمت بالا حرکت کرده و محدوده کرنشی رفتار الاستیک افزایش می یابد. همچنین با افزایش تنش محصور کننده، σ_0 نسبت میرایی، D کاهش می یابد.



در خاک‌های رسی تاثیر تنش محصور کننده، σ'_0 قابل ملاحظه نبوده و با افزایش دامنه خمیری، PI نسبت مدول، $\frac{G}{G_0}$ افزایش و میرایی، D کاهش می‌یابد.



۴- گزینه ۱ صحیح است.

هر چقدر لایه خاک قرار گرفته بر روی بستر سنگی نرم‌تر باشد، امکان بازگشت موج به محیط سخت کمتر شده و موج پس از برخورد به مرز لایه‌ها مجدداً به لایه نرم باز می‌گردد. با تکرار این عمل موج در محیط نرم به دام افتاده و تشدید رخ می‌دهد. بیشترین تشدید در خاک با کمترین میرایی یعنی لایه رسی با دامنه خمیری بالا و کمترین تشدید در خاک با بیشترین میرایی یعنی شن اتفاق می‌افتد.

۵- گزینه ۱ صحیح است.

هر کدام از لایه‌ها که دارای کمترین نسبت امپدانس باشد، تشدید در آن لایه بیشتر خواهد بود.

$$I_1 = \frac{\rho_2 \cdot V_2}{\rho_1 \cdot V_1} = \frac{(17)(100)}{(20)(600)} = 0.14$$

$$I_2 = \frac{\rho_2 \cdot V_2}{\rho_1 \cdot V_1} = \frac{(19)(200)}{(19)(800)} = 0.25$$

$$I_3 = \frac{\rho_2 \cdot V_2}{\rho_1 \cdot V_1} = \frac{(18)(300)}{(20)(1200)} = 0.22$$

$$I_4 = \frac{\rho_2 \cdot V_2}{\rho_1 \cdot V_1} = \frac{(17)(400)}{(20)(1600)} = 0.21$$

۶- گزینه ۲ صحیح است.

لایه بحرانی که در آن تشدید رخ می‌دهد از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$H = \frac{T_p V_s}{4}$$

که در آن H ضخامت بحرانی لایه، T_p پریود غالب زلزله و V_s سرعت موج برشی لایه می‌شود.

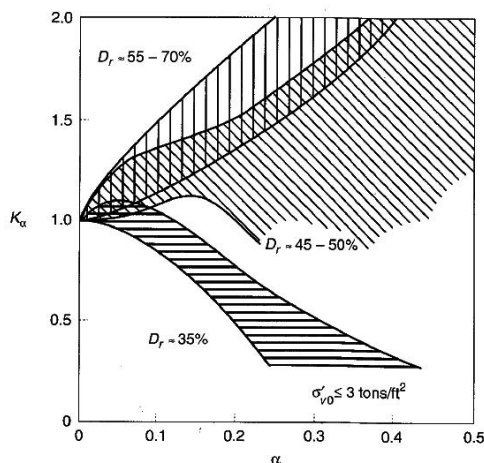
$$H = \frac{(0.2)(400)}{4} = 20m$$

۷- گزینه ۴ صحیح است.

برای استفاده از CRR در تعیین مقاومت سیکلیک به روانگرایی، در صورت وجود سربار و تنش برشی باید به صورت زیر اصلاح گردد:

$$CRR = CRR_{7.5} \cdot k_\sigma \cdot k_\alpha \cdot MSF$$

که در آن $CRR_{7.5}$ مقاومت سیکلیک در زلزله بزرگی ۷.۵، MSF ضریب اصلاح بزرگی زلزله، k_σ ضریب اصلاح تنش موثر، k_α ضریب اصلاح تنش برشی استاتیکی می‌باشد. مقدار k_α از نمودار شکل زیر بدست می‌آید. مقدار k_α وابسته به تراکم خاک بوده و با تغییر آن ممکن است کمتر و یا بیشتر از یک باشد بنابراین مقدار CRR ممکن است کاهش یا افزایش یابد.



۸- گزینه ۱ صحیح است.

در خاک‌های زیر نیاز به بررسی پتانسیل روانگرایی می‌باشد:

- $0.02 \leq D_{50} \leq 2mm$
- سطح آب زیرزمینی کمتر از ۱۰ متر از سطح زمین باشد.
- عمق لایه مستعد روانگرایی کمتر از ۲۰ متر از سطح زمین باشد.
- درصد ریزدانه کمتر از ۳۵٪ ($FC \leq 35$) و یا اندیس پلاستیستیه ریزدانه خاک کمتر از ۱۵٪ باشد ($PI < 15\%$).
- $D_{50} \leq 10mm$ و $D_{50} \leq 1mm$ باشد.
- خاک‌های شنی با $D_{50} > 2mm$ نیز می‌توانند روانگرا شوند.

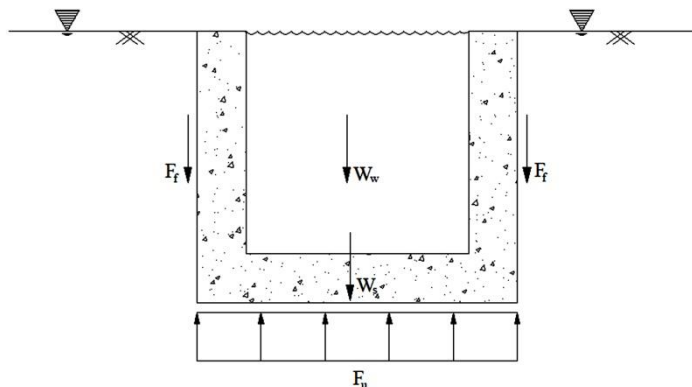
۹- گزینه ۱ صحیح است.

ابتدا نیروی مقاوم در برابر شناوری را برای دو حالت مخزن خالی و نیمه پر محاسبه می‌کنیم.

الف) در حالتی که مخزن خالی می‌باشد.

با توجه به شکل نیروی مقاوم به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$F = W_s + F_f + W_w$$



وزن مخزن $W_s = 200\text{kN}$

نیروی اصطکاک $F_f = 183\text{kN}$

$$F = 200 + 183 + 0 = 383\text{kN}$$

نیروی ناشی از فشار آب بر کف مخزن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$F_u = (1 + r_u)\gamma_w H A = (1 + 0.5)(10)(3.4) \left(\frac{\pi(3)^2}{4} \right) = 360.315\text{kN}$$

$$F = 383 > F_u = 360.315$$

(ب) در حالت مخزن نیمه پر:

ضخامت مخزن 0.4m می‌باشد، بنابراین مقدار وزن آب مخزن در حالت نیمه پر به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$V = \frac{\pi}{4} (D - 2d)^2 h$$

که در آن D قطر مخزن، d ضخامت مخزن و h ارتفاع آب می‌باشد.

$$V = \frac{\pi}{4} (3 - (2)(0.4))^2 (1.7) = 6.45 \text{m}^3$$

$$W_w = \gamma_w V = (10)(6.45) = 64.5 \text{kN}$$

$$F = 200 + 183 + 64.5 = 447.5 \text{kN}$$

$$F = 447.5 > F_u = 360.315$$

در هر دو حالت نیروی *uplift* کمتر از نیروی مقاوم می‌باشد.

نکته: اگر γ خاک داده شده بود بهتر است برای محاسبه نیروی فشار آب از رابطه زیر استفاده گردد.

$$F_u = (\gamma_w + r_u \gamma) AH$$

که در آن H ارتفاع و A سطح مقطع مخزن و γ وزن مخصوص غوطه‌وری خاک می‌باشد.

۱۰- گزینه ۲ صحیح است.

اگر نفوذپذیری خاک کم باشد، حرکت نسبی بین آب و خاک وجود نداشته و نیروهای اینرسی متناسب با وزن مخصوص کلی خاک، γ_{sat} خواهد بود. اما اگر نفوذپذیری خاک پشت دیوار خیلی زیاد باشد، آب حفره‌ای ممکن است ساکن مانده، درحالی که ذرات خاک به جلو و عقب حرکت می‌کنند که در این حالت نیروی دانه‌ها متناسب با وزن غوطه‌وری یعنی γ' خواهد بود. بنابراین چون $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$ می‌باشد، نیروی دانه‌ها در پشت دیوار اشباع با نفوذپذیری کم نیشتر خواهد بود.

۱۱- حل گزینه ۲ صحیح است

$$\gamma = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \text{ با فرض}$$

$$K_A = \frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} = \frac{1 - \sin 30^\circ}{1 + \sin 30^\circ} = 0.33$$

$$K_{AE} = K_A + 0.75k_h = 0.33 + (0.75)(0.22) = 0.5$$

$$P_A = \frac{1}{2} K_{AY} H^2 = \left(\frac{1}{2}\right) (0.33)(20)(10^2) = 330 \text{ kN}$$

$$P_{AE} = \frac{1}{2} K_{AE} \gamma H^2 = \left(\frac{1}{2}\right) (0.5)(20)(10^2) = 500 \text{ kN}$$

$$\Delta P_{AE} = P_{AE} + P_A = 500 - 330 = 170 \text{ kN}$$

$$FS = \frac{\text{لنگر مقاوم}}{\text{لنگر محرک}} = \frac{W \cdot \frac{B}{2}}{P_A \cdot \frac{H}{3} + \Delta P_{AE} \cdot 0.6H} = \frac{(1000) \left(\frac{4}{2}\right)}{(300) \left(\frac{10}{3}\right) + (170)(0.6)(10)} = 0.94$$

۱۲- گزینه ۲ صحیح است.

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2(1+\mu)\rho}} \Rightarrow V_s \propto \sqrt{E}$$

۱۳- گزینه ۲ صحیح است

ارتعاش افقی در خاک تولید امواج سطحی می‌کند، اما ارتعاش قائم سبب فرستادن امواج حجمی P به داخل خاک می‌گردد. سرعت انتشار امواج حجمی در آب بیشتر از خاک می‌باشد. لذا پاسخ‌های مختلفی از فونداسیون ناشی از دو موج حجمی در آب و خاک وجود دارد. به همین دلیل در ارتعاش قائم در خاک اشنباع باید خاک به صورت دو فازی مدل نمود.

پاسخ تشریحی سوالات کنکور ۹۲

۱۴- گزینه ۳ صحیح است.

بدلیل افزایش تنش محصور کننده با عمق، سرعت موج عبوری از میان نهشته‌های یکنواخت خاک دانه‌ای خشک با عمق افزایش می‌یابد:

$$V_{sH} = V_o H^{0.25}$$

که در آن H عمق نقطه مورد نظر از سطح زمین و V_o سرعت موج در نزدیکی سطح زمین می‌باشد.

مدول برشی در نقطه ۱ :

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \Rightarrow G = V_s^2 \rho$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{20000}{10} = 2000 \frac{N}{m^3}$$

$$G_1 = (100^2)(2000) = 20MPa$$

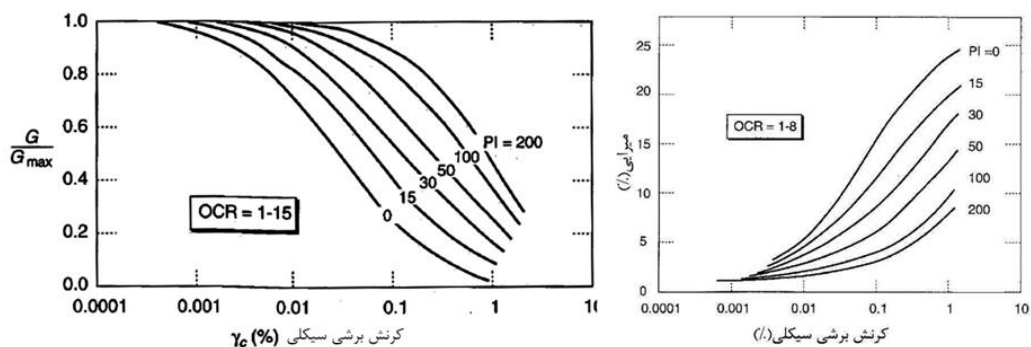
$$V_{s1.25} = 100 = V_o 1.25^{0.25} \Rightarrow V_o = 94.6 \frac{m}{sec}$$

$$V_{s5} = (94.6)(5)^{0.25} = 141.45 \frac{m}{sec} \Rightarrow G_2 = (141.45)^2(2000) = 40MPa$$

$$V_{s20} = (94.6)(20)^{0.25} \approx 200 \frac{m}{sec} \Rightarrow G_2 = (200)^2(2000) = 80MPa$$

۱۵- گزینه ۴ صحیح است.

با افزایش دامنه خمیری، PI ضریب میرایی، D کاهش می‌یابد. ($PI \uparrow \rightarrow D \downarrow$)



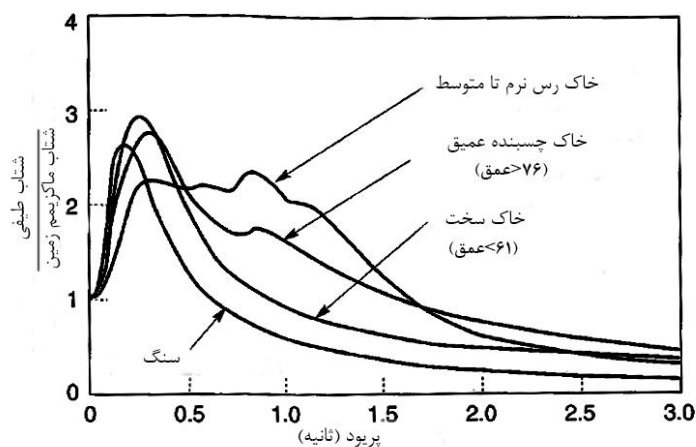
با افزایش دامنه خمیری، PI اگر $OCR > 1$ باشد مدول برشی، G_0 افزایش می‌یابد و تقریباً ثابت می‌ماند اگر $OCR = 1$ باشد.

۱۶- گزینه ۱ صحیح است.

♦ با افزایش ضریب بیش تحکیم یافتگی، مدول برشی، G_0 افزایش می‌یابد. ($G_0 \uparrow \rightarrow OCR \uparrow$) اگر اندیس خمیری، PI افزایش یابد تاثیر نسبت بیش تحکیمی، OCR افزایش یافته و در یک تنش محدود کننده موثر، σ_0 ثابت مدول برشی، G_0 افزایش می‌یابد.

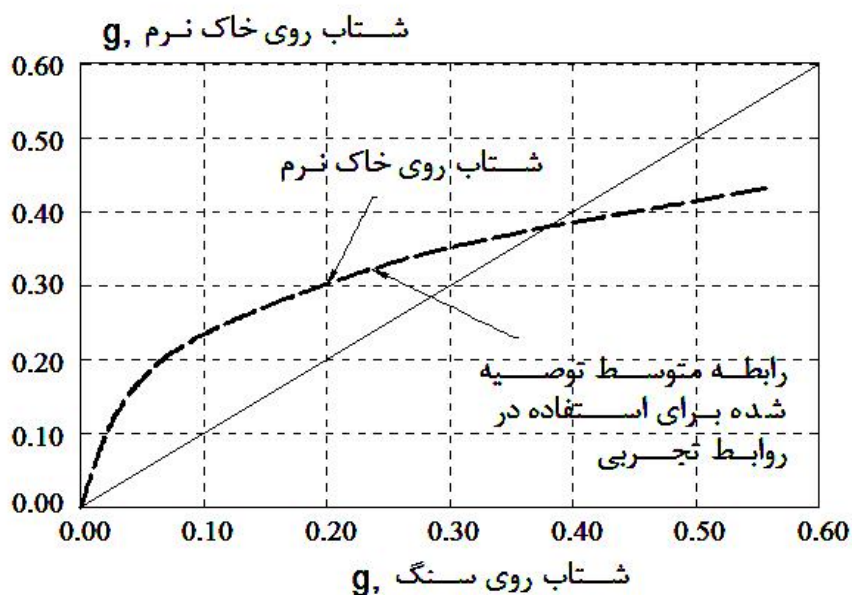
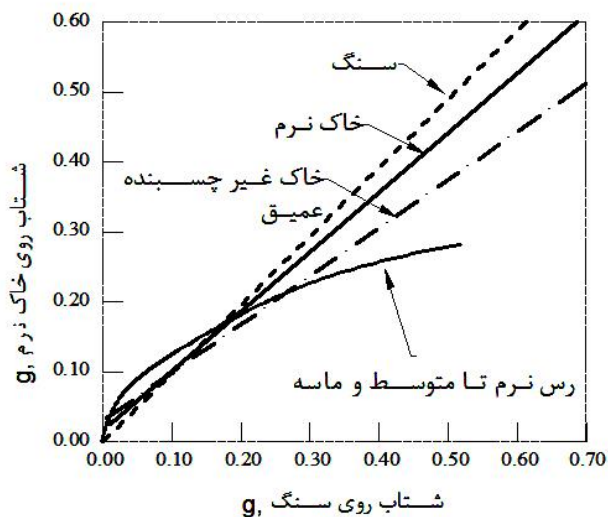
۱۷- گزینه ۲ صحیح است

با توجه به طیف پاسخ متوسط نرمالیزه شده (۵٪ میرایی) برای شریط مختلف ساختمانی که در شکل زیر نشان داده شده گزینه ۲ صحیح می‌باشد.



۱۸- گزینه ۳ صحیح است.

با توجه به شکل‌های زیر مشاهده می‌شود که زلزله‌های با شتاب‌های حداکثر کوچکی بین 0.05g تا 0.1g در ساختمان‌های با لایه‌ای رس نرم با ضخامت چند تا چندصد فوت و عمق سنگ تا چند صد فوت، با ضریب بزرگنمایی حدود 1.5 تا 4 تقویت شدند وجود دارند. ضریب بزرگنمایی برای ساختمان‌های با خاک رس نرم، با افزایش شتاب در سنگ بستر کاهش می‌یابد (از 2.5 تا 3 برای شتاب‌های کوچک به حدود 1 برای شتاب 0.4g در سنگ بستر) رفتار فوق مستقیماً به رفتار غیرخطی تنش-کرنش خاک در شتاب‌های بزرگ مربوط است. در شتاب‌های حداکثر کوچک در سنگ بستر، شتاب سطح خاک تا چند برابر تقویت میشوند؛ بخصوص وقتی که لایه‌های رس نرم بوده و عمق سنگ بستر خیلی زیاد نیست. علاوه بر حداکثر شتاب در سنگ بستر، فاکتورهای دیگری شامل نرمی خاک و لایه‌بندی پروفیل خاک، نقش مهمی در میزان تقویت شتاب دارند.



۱۹- گزینه ۳ صحیح است

در خاک های زیر احتمال روانگرایی وجود دارد.

- $0.02 \leq D_{50} \leq 2mm$
- سطح آب زیرزمینی کمتر از ۱۰ متر از سطح زمین باشد.
- عمق لایه مستعد روانگرایی کمتر از ۲۰ متر از سطح زمین باشد.

- درصد ریزدانه کمتر از ۳۵٪ ($FC \leq 35$) و یا اندیس پلاستیسیته ریزدانه خاک کمتر از ۱۵٪ باشد ($PI < 15\%$).
 - $D_{50} \leq 10mm$ و $D_{50} \leq 1mm$ باشد.
 - خاک‌های شنی با $D_{50} > 2mm$ نیز می‌توانند روانگر شوند.
- خاک‌های ریزدانه هریک از چهار معیار زیر را برآورد کند، ممکن است مستعد برای روانگرایی باشد.

- درصد ریزدانه با قطر کمتر از $5\mu \geq 15\%$
- حد روانی، $LL \geq 35\%$
- رطوبت طبیعی $LL \leq 0.9$
- شاخص روانی $0.75 \geq$

خاک لایه (۱) خاک ریزدانه با درصد ریزدانه با قطر کمتر از $5\mu \leq 15\%$ می‌باشد، بنابراین روانگرا نخواهد شد.

خاک لایه (۲) با توجه به شرایط فوق، کلیه شرایط لازم برای روانگرایی را دارا می‌باشد.

خاک لایه (۳) خاک ریزدانه با درصد ریزدانه با قطر کمتر از $5\mu \geq 15\%$ می‌باشد، بنابراین مستعد روانگرایی می‌باشد.

خاک لایه (۴) در عمق ۲۵ متر می‌باشد که لایه‌های خاک در عمق بیش از ۲۰ متر مستعد روانگرایی نمی‌باشد.

۲۰- گزینه ۲ صحیح است.

در یک مقدار دلخواه $\frac{N}{N_L}$ خاک ۲ داری r_u یا اضافه فشار آب حفره‌ای بیشتری می‌باشد، بنابراین خاک دارای تراکم کم بوده و تحت شرایط مساوی احتمال روانگرایی در خاک ۲ بیشتر می‌باشد (رفتار Initial Liquefaction) و منحنی ۱ وابسته به خاک متراکم می‌باشد (رفتار Cyclic Mobility).

۲۱- گزینه ۴ صحیح است.

در هنگام روانگرایی بعلت افزایش فشار آب حفره‌ای تنش موثر خاک صفر گشته، و افزایش فشار آب حفره‌ای باعث کاهش شتاب سطحی می‌شود. بنابراین شتاب زلزله باعث جابجایی افقی ساختمان می‌گردد. بنابراین شتاب وارده به ساختمان و ظرفیت باربری خاک هر دو کاهش می‌یابد.

۲۲- گزینه ۴ صحیح است.

نیروی محرک وارد بر دیوار:

$$P_A = \frac{1}{2} \gamma K_A H^2 = \left(\frac{1}{2}\right) (20)(0.25)(10)^2 = 250 \text{ kN}$$

نیروی محرک دینامیکی وارد بر دیوار:

$$K_{AE} = K_A + 0.75k_h = 0.25 + (0.75)(0.25) = 0.4$$

$$P_{AE} = \frac{1}{2}\gamma(1 - k_v)K_{AE}H^2 = \left(\frac{1}{2}\right)(20)(1)(0.4)(10)^2 = 400\text{kN}$$

محاسبه لنگر مقاوم:

$$W = HB\gamma = (10)(4)(25) = 1000\text{kN}$$

$$M_r = W\frac{B}{2} = (1000)\left(\frac{4}{2}\right) = 2000\text{kN.m}$$

محاسبه لنگر محرک:

$$\Delta P_{AE} = P_{AE} - P_A = 400 - 250 = 150\text{kN.m}$$

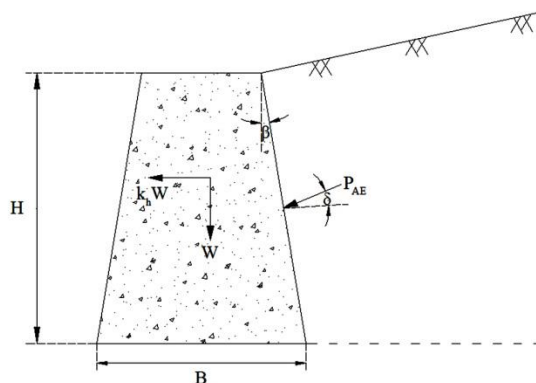
$$M_a = P_A(0.3H) + \Delta P_{AE}(0.5H) = (250)(0.3)(10) + (150)(0.5)(10) = 1500\text{kN.m}$$

محاسبه ضریب اطمینان:

$$FS = \frac{M_r}{M_a} = \frac{2000}{1500} = 1.333$$

۲۳- گزینه ؟ صحیح است.

با قرار دادن ضریب اطمینان برابر واحد در هنگام لغزش، ضریب شتاب تسلیم از رابطه زیر محاسبه می شود.



$$k_y = \frac{a_y}{g} = \frac{[W + P_{AE} \sin(\delta + \beta)] \tan \Phi_b - P_{AE} \cos(\delta + \beta)}{W}$$

$$\delta = \beta = 0$$

$$k_y = \frac{W \tan \Phi_b - P_{AE}}{W}$$

در رابطه بالا ضریب شتاب تسلیم، k_y در عبارت P_{AE} وجود دارد که خود P_{AE} تابعی از k_y است. یعنی k_y در دوطرف رابطه نیز وجود دارد. بنابراین ضریب k_y با روش سعی و خطا محاسبه می‌شود. به این صورت که با فرض مقدار اولیه برای k_y و محاسبه P_{AE} و قرار دادن آن در رابطه بالا مقدار k_y جدید محاسبه می‌شود. k_y بدست آمده با k_y فرض شده مقایسه کرده و این روند را ادامه می‌دهیم تا اختلاف دو k_y از یک حدی کمتر شود.

با توجه به اینکه ابعاد دیوار داده نشده است بنظر می‌رسد نمی‌توان مسئله را با داده های فوق حل کرد.

۲۴- گزینه ۱ صحیح است.

وزن گوه گسیختگی:

$$W = Ay = (50)(20) = 1000\text{kN}$$

نیروی محرک:

$$T_a = W \sin \beta = 1000 \sin 30 = 500\text{kN}$$

طول گسیختگی:

$$l_{ab} = \frac{H}{\sin \beta} = \frac{10}{\sin 30} = 20\text{m}$$

نیروی مقاوم:

$$T_r = cl_{ab} + W \cos \beta \tan \Phi = (20)(20) + (1000) \cos 30 \tan 30 = 900\text{kN}$$

ضریب اطمینان در حالت استاتیکی:

$$FS = \frac{T_r}{T_a} = \frac{900}{500} = 1.8$$

$FS = 1.8 > 1.2$ دیوار در حالت استاتیک پایدار می‌باشد.

ضریب اطمینان دینامیکی:

$$F_h = k_h W = (0.2)(1000) = 200\text{kN} \quad , \quad F_v = k_v W = 0$$

$$FS = \frac{cl_{ab} + [(W - F_v) \cos \beta - F_h \sin \beta] \tan \Phi}{(W - F_v) \sin \beta + F_h \cos \beta}$$

$$FS = \frac{(20)(20) + [(1000) \cos 30 - 200 \sin 30] \tan 30}{(1000) \sin 30 + 200 \cos 30} = \frac{842.26}{673.2} = 1.25$$

$FS = 1.25 \geq 1.1$ دیوار در حالت دینامیکی پایدار می‌باشد.

۲۵- گزینه ۲ صحیح است.

هنطوری که در شکل مشاهده می‌شوند نمودار مربوط به میرایی 0.8 در بازه $0 \leq \omega/\omega_n \leq 0.625$ تقریباً خطی و بازه فرکانسی مفید این شتابنگار $0 \leq \omega/\omega_n \leq 0.625$ می‌باشد بنابراین:

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{10000} = 100$$

$$\frac{\omega}{\omega_n} = 0.626 \Rightarrow \omega = (100)(0.625) = 62.5$$

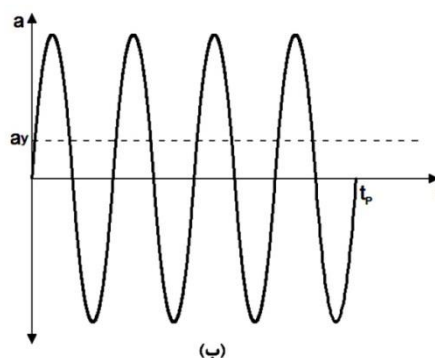
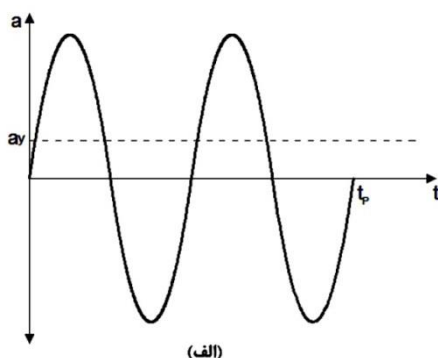
$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{62.5}{2\pi} = 9.94 \approx 10$$

پاسخ تشریحی سوالات کنکور ۹۳

۲۶- گزینه ۲ صحیح است

در روش نیومارک با افزایش فرکانس پریود کم شده و در نتیجه جابجایی کاهش می‌یابد.

$$T = \frac{1}{f}$$



۲۷- گزینه ۴ صحیح است.

برای بدست آوردن شتاب گسیختگی، a_y باید ضریب اطمینان را مساوی یک قرار داده، مقدار بدست آمده برای k_h برابر با شتاب گسیختگی می‌باشد ($a_y = k_h g$).

ضریب اطمینان شیروانی در حالت کلی بصورت زیر می‌باشد:

$$FS = \frac{cl_{ab} + [(W - F_v) \cos \beta - F_h \sin \beta] \tan \Phi}{(W - F_v) \sin \beta + F_h \cos \beta}$$

اگر $F_v = 0$ باشد ضریب اطمینان بصورت زیر ساده می‌شود:

$$FS = \frac{cl_{ab} + [W \cos \beta - F_h \sin \beta] \tan \Phi}{W \sin \beta + F_h \cos \beta}$$

$$FS = \frac{(6)(10) + [(1000)(0.9) - k_h(1000)(0.4)](0.5)}{(1000)(0.4) + k_h(1000)(0.9)} = 1 \Rightarrow k_h = 0.1$$

$$a_y = k_y g = 0.1g$$

$$d = \frac{(0.5)^2}{(2)(0.1)g} \cdot \frac{0.2g}{0.1g} = 0.25m$$

۲۸- گزینه ۳ صحیح است.

تاثیر اندیس خمیری بر مقاومت سیکلی به روانگرایی (CRR) بصورت زیر می‌باشد.

$$CSR_1 = F \cdot CSR$$

$$F = \begin{cases} 1.0 & PI \leq 10 \\ 1.0 + 0.2(PI - 10) & PI \geq 10 \end{cases}$$

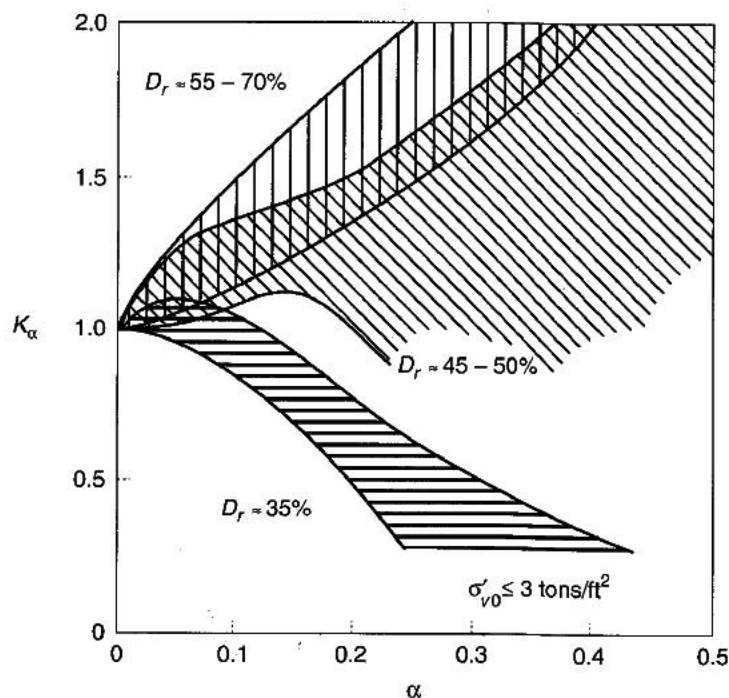
برای مقادیر $PI \leq 10$ تاثیری بر CSR نداشته ولی برای $PI \geq 10$ CSR اندکی افزایش می‌یابد.

۲۹- گزینه ۴ صحیح است.

برای استفاده از CRR در تعیین مقاومت سیکلیک به روانگرایی، در صورت وجود سربار و تنش برشی باید به صورت زیر اصلاح گردد:

$$CRR = CRR_{7.5} \cdot k_\sigma \cdot k_\alpha \cdot MSF$$

که در آن $CRR_{7.5}$ مقاومت سیکلیک در زلزله بزرگی ۷.۵، MSF ضریب اصلاح بزرگی زلزله، k_σ ضریب اصلاح تنش موثر، k_α ضریب اصلاح تنش برشی استاتیکی می‌باشد. مقدار k_α به D_r و σ'_{vc} بستگی دارد. برای ماسه‌ای که تراکم آن کمتر از حد بحرانی است با افزایش α از مقدار k_α کمتر از ۱ شده و برای ماسه‌های که بطور قابل توجه متراکم می‌باشند، ضریب k_α با افزایش α افزایش می‌یابد.



با توجه به نمودار فوق برای خاک‌های با دانسیته نسبی بیشتر از ۵۰٪ مقاومت روانگرایی افزایش و در نتیجه پتانسیل روانگرایی کاهش یافته و برای خاک‌های با دانسیته نسبی کمتر از ۵۰٪ مقاومت روانگرایی کاهش و در نتیجه پتانسیل روانگرایی افزایش می‌یابد.

۳۰- گزینه ۱ صحیح است.

اگر خاکریز دارای نفوذپذیری کم باش وزن مخصوص کل خاک در معرض شتاب قرار می‌گیرد:

$$F_h = \gamma_{sat} k_h$$

$$F_v = \gamma_{sub}(1 \pm k_v) = \dot{\gamma}(1 \pm k_v)$$

$$\frac{F_h}{F_v} = \frac{\gamma_{sat} k_h}{\dot{\gamma}(1 \pm k_v)}$$

اگر تاثیر فشار آب منفذی را در نظر بگیریم :

$$\frac{F_h}{F_v} = \frac{\gamma_{sat} k_h}{\dot{\gamma}(1 - r_u)(1 \pm k_v)}$$

۳۱- گزینه ۳ صحیح است.

چون نفوذ پذیری خاک بسیار زیاد می‌باشد خاک و آب هریک بصورت جداگانه بر دیوار نیرو وارد خواهند کرد. نیروی ناشی از فشار خاک در این حالت:

$$P_{ae} = \frac{1}{2} k_{ae} \dot{\gamma} h^2$$

نیروی ناشی از فشار آب در سمت دریا :

$$P_{1(w)} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w h^2$$

نیروی ناشی از فشار آب در سمت خشکی:

$$P_{2(w)} = 0.7 \left(\frac{7}{12} k_h \gamma_w h^2 \right) = 0.7 P_{1(w)}$$

در هنگام زلزله فشار وارد از سمت دریا به اندازه $P_{1(w)}$ کاهش و فشار وارد از سمت خشکی به اندازه $P_{2(w)}$ افزایش پیدا می‌کند در نتیجه فشار کل بصورت زیر محاسبه می‌شود.

$$P_{\text{کل}} = P_{ae} + P_{1(w)} + P_{2(w)} = \frac{1}{2} k_{ae} \dot{\gamma} h^2 + 1.7 \frac{7}{12} k_h \gamma_w h^2$$

چون خاک دارای نفوذپذیری بسیار زیادی می‌باشد می‌توان $P_{2(w)}$ را برابر با $P_{1(w)}$ در نظر گرفت:

$$P_{\text{ش}} = P_{ae} + 2P_{1(w)} = \frac{1}{2}k_{ae}\dot{\gamma}h^2 + 2\frac{7}{12}k_h\gamma_w h^2$$

۳۲- گزینه ۲ صحیح است.

با افزایش دامنه خمیری، PI مقدار نسبت مدول، $\frac{G}{G_0}$ افزایش یافته و منحنی خطی تر می‌شود و در نتیجه محدوده الاستیک افزایش می‌یابد.

۳۳- گزینه ۱ صحیح است.

در محدوده کرنش 10^{-3} تا 10^{-1} تکرار و سرعت بارگذاری می‌تواند در رفتار خاک تاثیر بگذارد و کمتر از آن هیچ تاثیری ندارد.

۳۴- گزینه ۲ صحیح است.

در مقادیر شتاب‌های پایین تا متوسط کمتر از 0.4g، شتاب ماکزیمم در ساختگاه نرم بزرگتر از این شتاب‌ها در ساختگاه‌های سنگی می‌باشد. شتاب‌های نسبتاً کوچک سنگ سبب شتاب‌های بزرگ در سطح توده‌های خاک نرم می‌گردد. اما در مقادیر بالاتر شتاب، سختی پایین و غیرخطی بودن رفتار خاک نرم، اغلب از گسترش شتاب‌های ماکزیمم به بزرگی آنچه در سنگ مشاهده می‌شود جلوگیری میکند.

۳۵- گزینه ۳ صحیح است.

نیروی محرک دینامیکی وارد بر دیوار:

$$P_{AE} = \frac{1}{2}\gamma K_A H^2 = \left(\frac{1}{2}\right)(20)(K_{AE})(10)^2 = 1000K_{AE}$$

وزن دیوار:

$$W = (10) \left(\frac{4+6}{2}\right) (24) = 1200\text{kN}$$

شتاب گسیختگی مقدار از $k_y = k_h$ می‌باشد که به ازای آن ضریب اطمینان برابر یک گردد:

$$FS = \frac{cB + W \tan \Phi_b}{k_h W + P_{AE}}$$

که در آن c چسندگی دیوار و خاک و B عرض دیوار می باشد.

با مساوی قرار دادن ضریب اطمینان برابر یک شتاب گسیختگی بصورت زیر محاسبه می شود:

$$k_y = \frac{cB + W \tan \Phi_b - P_{AE}}{W} = \frac{(50)(6) + (1200)(0.5) - 1000K_{AE}}{1200} = 0.75 - 0.83K_{AE}$$

$$k_y = 0.75 - 0.83(0.25 + 0.75k_y) \Rightarrow k_y = 0.33$$

$$a_y = k_y g = 0.33g$$

۳۶- گزینه ۱ صحیح است.

$$\sigma_{vo} = (15)(4) + (19)(4) + (21)(4) = 220 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\sigma'_{vo} = (15)(4) + (19 - 10)(4) + (21 - 10)(4) = 140 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$CSR = \frac{\tau_{ave}}{\sigma'_{vo}} = 0.65 \frac{a_{max} \sigma_{vo}}{g \sigma'_{vo}} r_d = (0.65) \left(\frac{0.3g}{g} \right) \left(\frac{220}{140} \right) (0.7) = 0.21$$

$$F_L = \frac{CRR}{CSR} = \frac{0.2}{0.214} = 0.95$$

۳۷- گزینه ۴ صحیح است.

میرایی بحرانی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$C_c = 2\sqrt{Km} = 2 \sqrt{\left((10000) \left(\frac{90}{10} \right) \right)} = 600 \frac{\text{kN.s}}{\text{m}}$$

$$D = \frac{C}{C_c} = \frac{360}{600} = 0.6$$

$D < 1$ می باشد بنابراین سیستم کم میرا می باشد.

$$\delta = \frac{2\pi D}{\sqrt{1 - D^2}} = \frac{(2\pi)(0.6)}{\sqrt{1 - (0.6)^2}} = 4.71$$

منابع:

۱- میرحسینی، م و عارف پور، ب ۱۳۷۸، "مهندسی ژئوتکنیک لرزه‌ای (ترجمه)" - پژوهشگاه بین‌المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.

۲- بازاریارح و قناد، ذ، ۱۳۹۱، "دینامیک خاک" - دانشگاه علم و صنعت

۳- قلندرزاده، عباس، ۱۳۸۳، "دینامیک خاک (جزوه درسی)" - دانشگاه تهران

۴- طاحونی، ش، ۱۳۷۶، "اصول مهندسی ژئوتکنیک (ترجمه)"

۵- نائینی، الف، ۱۳۷۵، "دینامیک خاک (ترجمه) - دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

۶- کمک پناه، ع، ۱۳۸۵، "دینامیک خاک (جزوه درسی)" - مرکز تحقیقات راه ، مسکن و شهرسازی (پژوهشکده ساختمان و مسکن)

۷- قاسم‌زاده، ح، ۱۳۸۹، "دینامیک خاک (جزوه درسی)" - دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

8-Kramer, S.L.,(2004) "Geotechnical Earthquake Engineering" , university of Washington ,

9- Ishihara, K. (1996). (" Soil Behavior in Earthquake Geotechnics ") Department of Civil Engineering Science University of Tokyo

10- Day R. W. (2002) ("Geotechnical Earthquake Engineering Handbook") ,McGraw –Hill.