بسم الله الرحمن الرحيم

عنوان: بانک سؤالات مبحث ۷ (ویژه آزمون محاسبات)
مشخصات نشر: تهران: مؤسسه انتشارات سری عمران قلم‌داور، ۱۴۰۱.
شابک: ۶-۶۷-۷۵۰۳-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست‌نویسی: فیپای مختصر
یادداشت: فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی http://opac.nlai.ir قابل دسترسی است.
مؤلف: حسین فراهانی
شماره کتابشناسی ملی: ۳۹۵۵۸۷۷

مؤسسه انتشارات سری عمران قلم‌داور

بانک سؤالات مبحث ۷ (ویژه آزمون محاسبات)

ناشر: مؤسسه انتشارات سری عمران قلم‌داور
عنوان کتاب: بانک سؤالات مبحث ۷ (ویژه آزمون محاسبات)
مؤلف: حسین فراهانی
واژه‌نگار و صفحه‌آرا: آسیه عبدالحسینی
نوبت چاپ: اول
سال چاپ: ۱۴۰۱
قیمت: رایگان
نشانی: تهران، میدان هفت تیر، جنب مسجد الجواد، کوچه بهار مستیان، پلاک ۵۲، واحد ۹
تلفن: ۸۸۳۱۲۵۲۷ - ۸۸۳۰۰۴۷۴

SERIE OMRAN

تذکر: به موجب ماده ۵ قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸/۱۰/۱۱ کلیه حقوق این کتاب برای مؤسسه انتشارات سری عمران محفوظ می‌باشد و هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق چاپ و برداشت تمام یا قسمتی از اثر را به‌صورت چاپ، فتوکپی، جزوه و حتی دست‌نویس ندارد و متخلفین به موجب این قانون تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

مقدمه

مهندسین عزیز سلام

از اینکه مؤسسه سری عمران را برای مطالعه و آمادگی آزمون نظام مهندسی انتخاب کرده‌اید سپاسگزاریم. همان‌طور که اطلاع دارید، در آزمون نظام مهندسی پیش‌رو (شهریورماه ۱۴۰۱) مبحث هفتم ویرایش جدید ملاک کار بوده و سؤالات از این مبحث طراحی خواهند شد. البته هنوز (در زمان تولید این اثر) نسخهٔ چاپی و نهایی این مبحث منتشر نشده است و صرفاً یک فایل *PDF* (که به نظر می‌رسد نواقصی نیز دارد) در دسترس داوطلبان آزمون می‌باشد.

ما در مؤسسه انتشاراتی سری عمران ابتدا قصد داشتیم پس از تولید نسخهٔ نهایی چاپی این مبحث توسط دفتر امور مقررات ملی ساختمان، نسبت به ویرایش و به روزرسانی کتاب‌های مرتبط با این مبحث اقدام کنیم. اما با توجه به درخواست‌های بسیار زیاد از سوی شما عزیزان، این به روزرسانی بر مبنای فایل *PDF* موجود از مبحث هفتم انجام شده است. بدین ترتیب که مجموعه سؤالات مبحث هفتم در آزمون‌های محاسبات سال‌های قبل را به طور کامل بر اساس همین فایل *PDF* موجود از مبحث هفتم به روز رسانی کرده و در دسترس شما قرار می‌دهیم.

سؤال این محصول برای چه مهندسینی قابل استفاده است؟

پاسخ کلیهٔ داوطلبان آزمون‌های نظام مهندسی محاسبات، نظارت و اجرا شهریور ۱۴۰۱ به شرح زیر می‌توانند از این کتاب استفاده کنند:

۱ دوستان عزیزی که کتاب بانک سؤالات آزمون محاسبات سری عمران را تهیه کرده و از آن استفاده می‌کنند، سؤالات مبحث هفتم (پی‌سازی) داخل کتاب را مطالعه نکنند و به جای آن، از سؤالات قرار گرفته داخل این کتاب الکترونیکی استفاده نمایند.

۲ دوستان عزیزی که کتاب بانک سؤالات آزمون‌های محاسبات سری عمران را ندارند نیز می‌توانند به صورت کاملاً رایگان از کتاب الکترونیکی مجموعه سؤالات مبحث هفتم ویرایش جدید استفاده کنند و خود را برای آزمون آماده نمایند.

سؤال نحوهٔ به روز رسانی سؤالات مبحث هفتم در کتاب جدید چگونه بوده است؟

پاسخ سؤالات مبحث هفتم به صورت زیر در کتاب الکترونیکی به روز رسانی شده‌اند:

دستهٔ اول: سؤالاتی که از مفاهیم پی سازی بوده‌اند و ارتباطی با مبحث هفتم نداشته‌اند. در این کتاب این دسته از سؤالات بدون هیچ تغییری آورده شده‌اند.

دستهٔ دوم: سؤالاتی که از قسمت‌های بدون تغییر مبحث هفتم مطرح شده‌اند. این سؤالات و پاسخ‌های آنها هیچ تغییری نداشته و صرفاً شمارهٔ بند، شمارهٔ جدول و ... آنها براساس مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰ به روزرسانی شده است.

دستهٔ سوم: سؤالاتی که از قسمت‌های تغییریافتهٔ مبحث هفتم مطرح شده‌اند و با ویرایش جدید نیز قابل پاسخ هستند. صورت این سؤالات تغییر خاصی نداشته، ولی پاسخ آنها کاملاً براساس مبحث هفتم ویرایش جدید تنظیم شده است.

دستهٔ چهارم: سؤالاتی که بند مرتبط با آنها در ویرایش جدید مبحث هفتم حذف شده است. این سؤالات کاملاً تغییر کرده‌اند و یک سؤال تألیفی جدید بر اساس مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰ به جای آن قرار گرفته است.

توجه ۱: کتاب پیش‌رو بر مبنای *PDF* موجود از مبحث هفتم ویرایش جدید تنظیم شده است و همان‌طور که گفتیم، این فایل لزوماً نسخهٔ نهایی مبحث هفتم نمی‌باشد و ایراداتی در آن وجود دارد. یکی از ساده‌ترین و ابتدایی‌ترین ایرادها، شماره‌بندهای آیین‌نامهٔ جدید در این فایل *PDF* است. مثلاً به جای آنکه شمارهٔ بند ۷-۳-۶-۳ باشد، به اشتباه ۳-۶-۳-۷ درج شده است.

البته که این ایراد بسیار واضح است و ما نیز در کتاب پیش‌رو، شمارهٔ بندها را با فرمت صحیح آن (یعنی مثلاً ۷-۳-۶-۳) ذکر کرده‌ایم. لطفاً در زمان مطالعهٔ کتاب به این نکته توجه داشته باشید.

توجه ۲: پس از چاپ نسخهٔ نهایی مبحث هفتم ویرایش جدید از سوی دفتر مقررات ملی ساختمان، احتمال تغییر و به روز رسانی مجدد این فایل وجود دارد. لذا از شما مهندسین عزیز در خواست داریم چنانچه به هر نحوی از این فایل استفاده می‌کنید، جهت اطلاع از به روزرسانی بعدی، صفحهٔ اینستاگرام سری عمران را دنبال کنید.

@ serieomran

با تشکر از همراهی شما

سری عمران

فهرست مطالب

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ آذر ۹۲)	۵
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ خرداد ۹۳)	۶
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ آبان ۹۳)	۸
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ مرداد ۹۴)	۱۱
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ بهمن ۹۴)	۱۲
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ شهریور ۹۵)	۱۳
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ اسفند ۹۵)	۱۵
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ مهر ۹۶)	۱۶
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ اردیبهشت ۹۷)	۱۸
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ بهمن ۹۷)	۱۹
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ مهر ۹۸)	۲۰
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ مهر ۹۹)	۲۱
سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ مرداد ۱۴۰۰)	۲۲

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ آذر ۹۲)

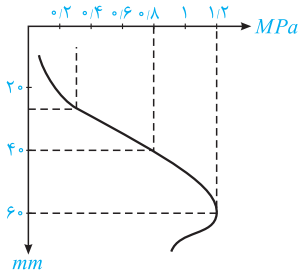
۱- برای شناسایی خاک محل یک پروژهٔ ساختمان‌سازی گسترده که تعداد طبقات ساختمان‌ها ۱۲ طبقه یا بیشتر باشد: (تألیفی)

۱) فاصلهٔ بین گمانه‌ها باید بر اساس تعداد آنها طبق ضوابط مبحث هفتم و با توجه به سطح اشغال ساختمان و اهمیت آن در نظر گرفته شود.
۲) اگر لایه‌بندی زمین یکنواخت باشد، فاصلهٔ گمانه‌ها ۵۰ الی ۱۰۰ متر در نظر گرفته شود.
۳) اگر لایه‌بندی زمین یکنواخت باشد، فاصلهٔ گمانه‌ها ۳۰ الی ۶۰ متر در نظر گرفته شود.
۴) اگر لایه‌بندی زمین یکنواخت باشد، فاصلهٔ گمانه‌ها، حداکثر ۳۰ متر در نظر گرفته شود.

حل: با توجه به مورد (ب) در صفحهٔ ۱۸ از مبحث هفتم ویرایش سال ۱۴۰۰، اگر منظور شناسایی زمین برای ساختمان سازی گسترده برای ساختمان بیش از ۱۲ طبقه باشد، تعداد گمانه‌ها همانند ساختمان منفرد و مطابق جدول ۷-۲-۱ خواهد بود.

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۲- منحنی تنش- نشست برای یک پی منفرد مربعی به ضلع ۲ متر که بر روی ماسه قرار دارد، مطابق شکل مقابل می‌باشد. حداکثر بار مجاز وارد بر پی عبارتست از:



۱) ۴۰۰ کیلونیوتن
۲) ۱۶۰۰ کیلونیوتن
۳) ۳۰۰ کیلونیوتن
۴) ۱۲۰۰ کیلونیوتن

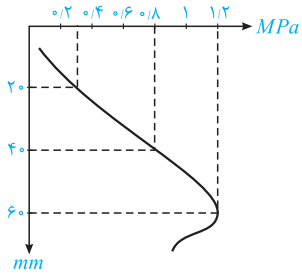
حل: حداکثر بار مجاز (Q) وارد بر یک پی سطحی مطابق رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$q_{all} = min\left\{\frac{q_{ult}}{F.S.}, q_s\right\} \quad , \quad Q_{all} = \underbrace{q_{all}}_{\text{حداکثر تنش مجاز}} \times \underbrace{A}_{\text{مساحت پی}}$$

حال با توجه به نمودار تنش - نشست داده شده، حداکثر تنش مجاز خاک را به‌صورت زیر می‌یابیم:

۱- طبق جدول ۷-۴-۲ از مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، حداکثر نشست یکنواخت مجاز برای یک پی منفرد که بر روی خاک ماسه‌ای قرار دارد، $\Delta_{all} = ۲۵\,mm$ است. در نتیجه از روی نمودار، تنش متناظر با این نشست $q_s = ۰/۳\,MPa$ قرائت می‌شود.

۲- همچنین از روی نمودار داده شده، تنش (ظرفیت باربری) نهایی خاک برابر است با: $q_{ult} = ۱/۲\,MPa$
مقدار ضریب اطمینان این پی نیز مطابق جدول ۷-۴-۴ مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان $F.S. = ۳$ می‌باشد (ضریب اطمینان مربوط به ظرفیت باربری را ببینید.).



بنابراین حداکثر تنش مجاز در زیر پی برابر است با: $q_{all} = min\left\{\frac{q_{ult}}{F.S.}, q_s\right\} = min\left\{\frac{۱/۲}{۳}, ۰/۳\right\} = ۰/۳\,MPa$ یا $۳۰۰\,kPa$

در نهایت حداکثر بار قابل اعمال بر روی این پی برابر می‌شود با: $Q_{all} = q_{all}\,A = ۳۰۰ \times (۲ \times ۲) = ۱۲۰۰\,kN$

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۳- کدام‌یک از گزینه‌های زیر در مورد کنترل تنش در زیر پی سطحی در خاک صرفاً چسبنده و پی صلب در طراحی به روش تنش‌های مجاز درست است؟

۱) ظرفیت باربری مجاز > تنش متوسط
۲) ظرفیت باربری مجاز > تنش حداکثر
۳) ظرفیت باربری نهایی > تنش متوسط
۴) ظرفیت باربری نهایی > تنش حداکثر

حل: با مراجعه به جدول ۷-۴-۵ از مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، مشاهده می‌شود که در پی صلب قرار گرفته بر روی یک خاک صرفاً چسبنده باید داشته باشیم: ظرفیت باربری مجاز > تنش حداکثر

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۴- کدام‌یک از گزینه‌های زیر برای تحلیل نیروها در گروه شمع در زیر یک پی گسترده (سرشمع) انعطاف‌پذیر درست است؟

۱) اگر خاک با فنر مدل شود، لازم است ضرایب اندرکنش بین فنرها در مدل در نظر گرفته شود.
۲) اصطکاک جدار شمع و خاک با فنرهای $Q-Z$ مدل می‌شود.
۳) عکس‌العمل افقی خاک روی شمع با فنرهای $P-Z$ مدل می‌شود.
۴) در ساختمان‌های با اهمیت زیاد و با تعداد طبقات بیشتر از ۵ طبقه مدل‌سازی خاک با فنر کافی بوده و نیاز به تحلیل‌های اضافی دقیق‌تری نمی‌باشد.

حل: با توجه به مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، طبق بند ۷-۶-۶-۳-۲، در تحلیل گروه شمع با لحاظ کردن سهم باربری خاک می‌توان خاک زیر پی گسترده (سر شمع) را به‌صورت فنر در نظر گرفت، ولی باید ضرایب اندرکنش بین فنرها لحاظ گردد (گزینهٔ (۱) صحیح است). خاک اطراف شمع در هر عمق با ۳ فنر (یک قائم و ۲ افقی) تحلیل می‌شود؛ در این صورت رفتار فنر قائم زیر نوک شمع $(Q-z)$، فنرهای قائم اصطکاکی جدار شمع $(t-z)$ (گزینهٔ (۲) غلط است) و فنرهای افقی در جدار شمع $(P-y)$ (گزینهٔ (۳) غلط است) و به‌ویژه مقدار سختی آنها باید براساس اندازه‌گیری در ساختگاه پروژه یا داده‌های تجربی قابل قبول از سایت‌ها و شمع‌های مشابه تعیین گردد.

لازم به ذکر است در بند ۷-۶-۶-۳-۳ مبحث هفتم، می‌خوانیم در ساختمان‌های با اهمیت زیاد و بسیار زیاد و با تعداد طبقات بیشتر از ۳ طبقه و ساختمان‌های با اهمیت متوسط با تعداد طبقات بیشتر از ۸ طبقه، تحلیل‌های اضافی گروه شمع با فرض خاک به‌صورت محیط پیوسته، ضروری است. پس برای ساختمان ۵ طبقه با اهمیت زیاد علاوه بر تحلیل با مدل‌سازی به‌صورت فنر، باید تحلیل‌های اضافی دقیق‌تری نیز صورت بگیرد. پس گزینهٔ (۴) نیز غلط است. **بنابراین گزینه (۱) صحیح است.**

۵- ظرفیت باربری محوری یک شمع از طریق آزمایش نفوذ مخروط $840\ kN$ به‌دست آمده است. ظرفیت باربری محوری مجاز این شمع به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) $380\ kN$ ۲) $210\ kN$ ۳) $420\ kN$ ۴) $300\ kN$

حل: ظرفیت باربری مجاز شمع به‌صورت $Q_{all}=\frac{Q_u}{F.S.}$ تعریف می‌شود. حال با توجه به جدول ۷-۶-۱ از مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، ظرفیت باربری مجاز فشاری (یا کششی) این شمع برابر است با:

$$F.S. \xrightarrow[\text{آزمایش نفوذ مخروط}]{\text{جدول ۷-۶-۱}} 2/8 \Rightarrow Q_{all}=\frac{Q_u}{FS}=\frac{840}{2/8}=300\ kN$$

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ خرداد ۹۳)

۶- در احداث یک پروژه ساختمان‌سازی منفرد با سطح اشغال $480\ m^2$ در زمین به مساحت تقریبی $1200\ m^2$ شامل بنای اصلی و محوطه‌سازی، چنانچه اسکلت سازه از نوع فولادی بوده و ساختمان ۸ طبقه داشته باشد، حداقل تعداد گمانهٔ لازم برای شناسایی خاک منطقه چه تعداد است؟ (فرض می‌شود که گودبرداری نداریم و هر ۸ طبقه روی زمین احداث می‌شوند. همچنین اهمیت ساختمان متوسط بوده و لایه‌بندی زمین ساده و مناسب است.) (تألیفی)

۱) ۱ ۲) ۴ ۳) ۲ ۴) ۳

حل: با مراجعه به بند ۷-۲-۳-۲-۱-۶ از مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰ و جدول ۷-۲-۱ از همین بند، داریم:

تعداد گمانه = ۳عدد ⇐ ساختمان با اهمیت متوسط و سطح اشغال $480\ m^2$

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۷- در صورتی‌که بتوان نشست الاستیک یک شالوده سطحی را از رابطه $\Delta H=qB\frac{1-\mu^2}{E_s}I$ محاسبه کرد که در آن q فشار وارد به خاک، B اندازه کوچکترین بعد شالوده، E_s و μ پارامترهای الاستیک خاک و I ضریب تأثیر است، تعیین کنید یک شالوده سطحی با مساحت ۲ متر مربع که فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال را به زمین منتقل می‌کند در کدام حالت بیشترین و در کدام حالت کمترین نشست را خواهد داشت. ضریب تأثیر برای کلیه شالوده‌ها یکسان فرض می‌شود.

۱) بیشترین نشست را شالودهٔ مستطیلی و کمترین نشست را شالودهٔ مربعی خواهد داشت.

۲) بیشترین نشست را شالودهٔ دایره‌ای و کمترین نشست را شالودهٔ مستطیلی خواهد داشت.

۳) بیشترین نشست را شالودهٔ مربعی و کمترین نشست را شالودهٔ دایره‌ای خواهد داشت.

۴) تمام شالوده‌ها به شکل‌های مختلف، نشست یکسانی خواهند داشت چون فشار آنها یکسان است.

حل: رابطهٔ $\Delta H=qB\frac{1-\mu^2}{E_s}I$ را در نظر بگیرید. ملاحظه می‌کنید که به ازای مقادیر q، μ، E_s و I یکسان برای انواع پی‌ها و خاک زیر آنها (که در این سؤال چنین فرضی در نظر گرفته شده است)، ΔH رابطهٔ مستقیمی با B (بُعد کوچکتر) داشته و به همین علت هر شالوده‌ای که مقدار B کمتری داشته باشد، ΔH آن حداقل و هر شالوده‌ای که B بزرگتری داشته باشد، ΔH آن حداکثر خواهد بود. حال سه پی مربعی، دایره‌ای و مستطیلی را (که در گزینه‌ها مطرح شده‌اند) در نظر گرفته و به‌ازای مساحت یکسان $2\ m^2$، بعد کوچکتر آنها را می‌یابیم و با هم مقایسه می‌کنیم.

پی مربعی : $A=B_1^2 \Rightarrow 2=B_1^2 \Rightarrow B_1=\sqrt{2}\ m\simeq 1/4\ m$

پی دایره‌ای : $A=\frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow 2=\frac{\pi\times D^2}{4} \Rightarrow D=\sqrt{\frac{8}{\pi}}\ m\simeq 1/6\ m \Rightarrow B_2=D=1/6\ m$

مستطیلی : $A=B_3L \Rightarrow 2=B_3L$

برای پی مستطیلی می‌توان ابعاد مختلفی در نظر گرفت. در این‌صورت می‌توان B_3 (بعد کوچکتر پی) را کمتر از دو مقدار به‌دست آمده برای پی‌های مربعی و دایره‌ای لحاظ نمود. مثلاً بگوییم: $B_3 = 1\,m \Rightarrow L = 2\,m$

بدین‌ترتیب با مقایسهٔ B_1، B_2 و B_3 خواهیم داشت:

$$B_2 > B_1 > B_3 \Rightarrow \Delta H_2 > \Delta H_1 > \Delta H_3$$

بنابراین حداکثر نشست در پی دایره‌ای و حداقل آن در پی مستطیلی رخ می‌دهد. **بنابراین گزینه (۳) صحیح است.**

۸- تغییرمکان افقی مرتبط با فشار محرک و فشار مقاوم برای یک دیوار نگهبان خاک ماسه‌ای با تراکم متوسط، به ارتفاع ۶ متر تقریباً برابر است با:

۱) ۱۲ میلی‌متر و ۱/۲ میلی‌متر
۲) ۶۰ میلی‌متر و ۶ میلی‌متر
۳) ۲۴ میلی‌متر و ۱۲ میلی‌متر
۴) ۶۰ میلی‌متر و ۱۲ میلی‌متر

حل: با توجه به جدول ۷-۵-۱ مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، مشاهده می‌کنیم که تغییرشکل افقی لازم برای ایجاد شرایط محرک و مقاوم در دیوار حائل نگهدارندهٔ خاک ماسه‌ای متراکم متوسط برابر است با:

شرایط محرک: $\frac{\Delta x}{H} = 0/002 \Rightarrow \Delta x = 0/002\,H = 0/002 \times 6 = 0/012\,m = 12\,mm$

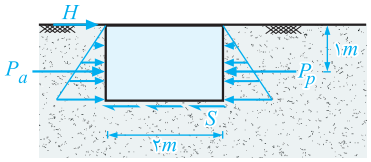
شرایط مقاوم: $\frac{\Delta x}{H} = 0/02 \Rightarrow \Delta x = 0/02H = 0/02 \times 6 = 0/12\,m = 120\,mm$

همانطورکه مشاهده می‌شود پاسخ صحیح در گزینه‌ها وجود ندارد، به همین دلیل این تست در پاسخنامه سازمان نظام مهندسی حذف شده است.

۹- شالودهٔ ساختمانی دارای سطح ۲×۲ متر و ضخامت یک متر بوده و کف آن در عمق یک متری از سطح زمین قرار دارد. خاک محل شن و ماسه‌ای بوده و زاویه اصطکاک داخلی آن ۴۰ درجه و وزن حجمی آن ۲۰ کیلونیوتن بر متر مکعب است. در صورتی‌که بار عمودی طراحی (بدون ضریب بار) وارد بر پی ۵۰۰ کیلونیوتن باشد، حداکثر بار افقی قابل اعمال بر این پی اگر بخواهیم ضریب اطمینان در برابر لغزش برابر با ۲ باشد، چقدر خواهد بود؟ فرض می‌شود که بتن شالوده دارای وزن حجمی ۲۵ کیلونیوتن بر مترمکعب بوده و به‌صورت تر بر روی زمین ریخته شده است. (ویرایش سؤال)

۱) ۲۹۵ کیلونیوتن
۲) ۲۷۰ کیلونیوتن
۳) ۲۵۵ کیلونیوتن
۴) ۲۵۳ کیلونیوتن

حل: اگر حداکثر بار افقی مجاز را H بنامیم، مطابق رابطهٔ قسمت الف -۳ در صفحهٔ ۳۹ از مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، باید شرط زیر برقرار باشد:



$$H \le S + P_p$$

در رابطهٔ فوق S نیروی ناشی از تنش‌های برشی بین خاک و پی است که طبق روش تنش مجاز به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.

$$S = \frac{P' \tan\delta}{F.S.}$$

$$P' = F\ (\text{نیروی ستون}) + \underbrace{W}_{\gamma_{\text{بتن}} \times V_{\text{حجم پی}}}\ (\text{وزن پی}) = 500 + 25 \times 2 \times 2 \times 1 = 600\,kN$$

$(\delta = \phi)$ بتن به صورت درجا اجرا شده است $\Rightarrow S = \frac{600 \times \tan 40^\circ}{2} = 251/7\,kN$

P_p و P_a به‌ترتیب نیروی مقاوم و محرک ناشی از $1\,m$ لایهٔ خاک در مقابل و پشت پی بوده و به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

(H: عمق پی $1\,m$، L: طول پی $2\,m$)

$$P_p = \frac{\frac{1}{2} k \gamma H^2 L}{F.S.}$$

$$k_p = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) = \tan^2(45 + \frac{40}{2}) = \tan^2(65) = 4/6$$

$$P_p = \frac{\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times 4/6 \times 20 \times 1^2 \times 2}{2} = 23\,kN$$

در نهایت با جایگذاری S و P_p در معادلهٔ اولیه خواهیم داشت:

$$H \le S + P_p \Rightarrow H \le 251/7 + 23 \Rightarrow H \le 270\,kN$$

مشاهده می‌کنید که پاسخ به‌دست آمده به گزینهٔ (۱) نزدیک می‌باشد. **بنابراین گزینه (۳) صحیح است.**

۱۰- در دیوارهای سپری مهار شده به همراه شمع و میل مهار متصل به شمع، ضریب اطمینان مهارها چگونه در نظر گرفته می‌شوند؟

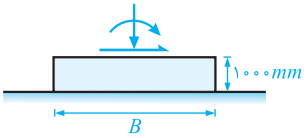
۱) ضریب اطمینان، ۱/۵ برابر ضرایب اطمینان دیوارهای مهارشده یا سپر دیگر می‌باشد.
۲) در صورتی‌که مهار تزریقی در سنگ و خاک باشد، این ضریب به‌ترتیب ۳ و ۴ در نظر گرفته می‌شود.
۳) از ضریب اطمینان مربوط به شمع استفاده می‌شود.
۴) در روش تنش مجاز، ۱/۵ برابر ضرایب اطمینان دیوارهای وزنی می‌باشد.

حل: طبق مورد (الف) از بند ۷-۵-۷-۱-۲-۱ از مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، می‌توان گفت:

- اگر میل مهار به سپر دیگر مهار شده باشد، ضریب اطمینان آن مشابه سپرها انتخاب می‌شود. بنابراین گزینهٔ (۱) نادرست است.
- اگر مهارهای تزریقی در سنگ و خاک باشد، ضریب اطمینان به ترتیب ۴ و ۳ است. بنابراین گزینهٔ (۲) نادرست است.
- برای مهارهای متصل به شمع، از ضریب اطمینان شمع‌ها استفاده می‌شود. بنابراین گزینهٔ (۳) صحیح است.
- گزینه (۴) نیز اصلاً در این بخش از آیین‌نامه مطرح نشده و به همین علت موضوعیت ندارد. **بنابراین گزینه (۳) صحیح است.**

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ آبان ۹۳)

۱۱- در یکی از ترکیبات بارهای طراحی به روش تنش‌های مجاز برای طراحی شالوده (که ضریب بار مرده ۰/۶ است)، نیروی فشاری محوری، لنگر خمشی و نیروی برشی پای یک ستون (که به مرکز سطح پی وارد می‌شود) به‌ترتیب $100\,kN$، $200\,kN.m$ و $50\,kN$ است. اگر ارتفاع شالوده منفرد این ستون ۱۰۰۰ میلی‌متر، عرض آن (عمود بر امتداد راستای برش) ۳۰۰۰ میلی‌متر، ظرفیت مجاز باربری $150\,kN/m^2$ و وزن حجمی بتن شالوده $25\,kN/m^3$ باشد، حداقل طول قابل قبول شالوده به کدام‌یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟ برای سادگی محاسبات از فشارهای مقاوم و محرک خاک اطراف شالوده و کنترل لغزش پی صرف‌نظر کنید. (ویرایش سؤال)



۱) $3750\,mm$ ۲) $3500\,mm$ ۳) $4800\,mm$ ۴) $3000\,mm$

حل: چون به نوع خاک (دانه‌ای یا چسبنده) و نیز نوع پی (صلب یا انعطاف‌پذیر) اشاره نشده، در جدول ۷-۴-۵ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، بحرانی‌ترین حالت را در نظر می‌گیریم. بدین منظور و با توجه به اطلاعات سؤال کافی است تنش حداکثر در زیر پی از ظرفیت باربری مجاز تجاوز نکند. بنابراین داریم:

$$q_{max} \le q_{all} = 150\,kN/m^2$$

برای تعیین q_{max} توجه داشته باشید که بارگذاری داده شده دارای خروج از مرکزیتی برابر مقدار زیر می‌باشد:

$$e_B = \frac{\sum M_B}{\sum F_y} = \frac{M + V \times t}{P + W}$$

در رابطهٔ فوق M، V و P به‌ترتیب لنگر، نیروی برشی و نیروی محوری فشاری اعمال شده به پی هستند. t و W نیز به‌ترتیب ضخامت پی و وزن آن می‌باشند.

$$W = \gamma V = 25 \times (3 \times 1 \times B) = 75B \xrightarrow{\text{با در نظر گرفتن ضریب بار مرده}} W = 75B \times 0/6 = 45B$$

$$e_B = \frac{200 + 50 \times 1}{100 + 45B} = \frac{250}{100 + 45B}$$

با توجه به اینکه در بند ۸-۱-۵-۴-۷ از مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰ عنوان شده است که در پی‌های منفرد، اجازه داده می‌شود که $\frac{1}{4}$ عرض پی در کشش کار کند، پس $\frac{3}{4}$ عرض پی در فشار می‌باشد و خواهیم داشت:

$$\begin{cases} B^*_{(\text{عرضی از پی که تحت فشار است})} = \frac{3}{4}B \\ B^* = 1/5\,(B - 2e_B) \end{cases} \Rightarrow \frac{3}{4}B = 1/5(B - 2e_B) \Rightarrow e_B = \frac{B}{4}$$

با توجه به نتایج به دست آمده برای e_B داریم:

$$\begin{cases} e_B = \frac{250}{100 + 45B} \\ e_B = \frac{B}{4} \end{cases} \Rightarrow \frac{250}{100 + 45B} = \frac{B}{4} \Rightarrow 45B^2 + 100B = 1000 \Rightarrow B \simeq 3/75\,m$$

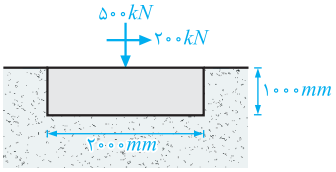
با توجه به مقدار به دست آمده برای B، حداکثر تنش زیر پی برابر است با:

$$e_B = \frac{250}{100 + 45 \times 3/75} = 0/93\,m$$

$$q_{max} = \frac{4\sum F_y}{3L\,(B - 2e_B)} = \frac{4 \times (100 + 45 \times 3/75)}{3 \times 3\,(3/75 - 2 \times 0/93)} = 63/12\,kN/m^2$$

همانطورکه مشاهده می‌شود، به‌ازای $B = 3750\,mm$، $q_{max} < q_{all} = 150\,kN/m^2$ خواهد بود. **بنابراین گزینه (۱) صحیح است.**

۱۲- نیروهای وارد از پای ستون به مرکز یک شالودهٔ منفرد مربعی در یکی از ترکیبات بارها در طراحی به روش تنش مجاز برای طرح شالوده‌های سطحی صلب، مطابق شکل است. ضریب بار مرده در این ترکیب بار ۱ است. کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح می‌باشد؟ خاک دانه‌ای، زاویهٔ اصطکاک داخلی خاک $\phi = ۴۰^\circ$. زاویهٔ اصطکاک بتن شالوده با خاک برابر ϕ ۰/۸، وزن حجمی بتن $۲۵\ kN/m^۳$، وزن مخصوص خاک $۱۸\ kN/m^۳$ و ظرفیت باربری مجاز خاک $۲۰۰\ kN/m^۲$ می‌باشد. (ویرایش سؤال)



۱) پی دچار لغزش می‌شود و تنش در زیر آن قابل قبول نیست.
۲) پی دچار لغزش نمی‌شود و تنش در زیر آن قابل قبول است.
۳) پی دچار لغزش می‌شود، اما تنش زیر آن قابل قبول است.
۴) پی دچار لغزش نمی‌شود و تنش در زیر آن قابل قبول نیست.

حل: **الف) کنترل در مقابل لغزش:** در این حالت باید شرط $H \le S + P_p$ کنترل شود:

$$H_{\text{نیروی برشی سبب لغزش}} = V + P_a = ۲۰۰\ kPa + P_a$$

$$\begin{cases} S_{\text{نیروی برشی مقاوم زیر پی}} = \dfrac{N\tan\delta}{F.S.} = \dfrac{(W+P)\tan\delta}{F.S.} \\ W = \gamma V = ۲۵\times(۲\times۲\times۱) = ۱۰۰\ kN \end{cases} \Rightarrow S = \frac{(۱۰۰+۵۰۰)\times\tan ۳۲^\circ}{۱/۵} = ۲۵۰\ kN$$

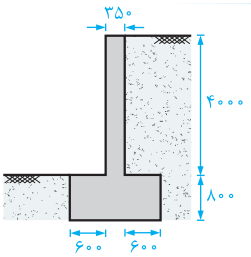
با توجه به مقدار فوق و بدون محاسبهٔ نیروی P_p، می‌توان گفت $۲۰۰ < ۲۵۰ + P_p$ می‌باشد. یعنی $H < S + P_p$ بوده و پی دچار لغزش نمی‌شود.

ب) کنترل تنش‌ها و گسیختگی در زیر پی: چون خاک زیر پی دانه‌ای است، با توجه به جدول ۷-۴-۵ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، باید شرط $q_{ave} \le q_{all}$ کنترل شود. برای محاسبهٔ q_{ave} کافیست بنویسیم:

$$q_{ave} = \frac{\Sigma F_y}{A} = \frac{۵۰۰+۱۰۰}{۲\times۲} = ۱۵۰\ kPa$$

با توجه به اینکه $q_{ave} < q_{all} = ۲۰۰\ kN/m^۲$ است، بنابراین تنش در زیر پی قابل قبول است. **بنابراین گزینه (۳) صحیح است.**

۱۳- دیوار حائل نشان داده شده در شکل انعطاف‌پذیر و فشار خاک در حالت محرک است. در حالت بارگذاری استاتیکی و بدون در نظر گرفتن سربار روی خاک کدام گزینه در ارتباط با ضرایب اطمینان صحیح است؟ فشار مقاوم خاک در پنجهٔ پی را در محاسبات لحاظ نمایید. مشخصات دیگر عبارتند از: وزن مخصوص خاک $\gamma = ۱۸\ kN/m^۳$، وزن حجمی بتن $۲۵\ kN/m^۳$، زاویهٔ اصطکاک داخلی خاک $\phi = ۳۰^\circ$، چسبندگی خاک $C = ۰$، زاویهٔ اصطکاک بتن با خاک $\delta = \frac{۲}{۳}\phi$. ابعاد روی شکل بر حسب میلی‌متر می‌باشند. (ویرایش سؤال)



۱) ضریب اطمینان هم در لغزش و هم در واژگونی ناکافی است.
۲) ضریب اطمینان در لغزش ناکافی و در واژگونی کافی است.
۳) ضریب اطمینان هم در لغزش و هم در واژگونی کافی است.
۴) ضریب اطمینان در لغزش کافی و در واژگونی ناکافی است.

حل: **الف) محاسبهٔ ضریب اطمینان در مقابل لغزش:**

$$F.S._{\text{موجود}} = \frac{F_{\text{مقاوم}}}{F_{\text{محرک}}}$$

ابتدا نیروی محرک لغزش را به‌صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} F_{\text{محرک}} = \dfrac{۱}{۲} k_a \gamma H_a^۲ L \\ k_a = \dfrac{۱-\sin\phi}{۱+\sin\phi} = \dfrac{۱-\sin ۳۰^\circ}{۱+\sin ۳۰^\circ} = \dfrac{۱}{۳} \end{cases} \Rightarrow F_{\text{محرک}} = \frac{۱}{۲}\times\frac{۱}{۳}\times۱۸\times۴/۸^۲\times۱ = ۶۹/۱۲\ kN$$

نیروی مقاوم در مقابل لغزش برابر است با:

$$F_{\text{مقاوم}} = S_{\text{نیروی مقاوم برشی}} + P_p$$

در اینجا نیز ابتدا نیروی مقاوم برشی (S) را تعیین می‌کنیم:

$$S = N\tan\delta + C_a A$$

مقدار نیروی N (عکس‌العمل زیر دیوار حائل)، از محاسبهٔ وزن دیوار و وزن خاک قرار گرفته روی نیمهٔ سمت راست دیوار به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$\begin{cases} N = W_{\text{دیوار}} + W_{\text{خاک سمت راست روی پی دیوار}} \\ W_{\text{دیوار}} = (\gamma V)_{\text{دیوار}} = ۲۵\times(۰/۳۵\times۴\times۱ + ۱/۵۵\times۰/۸\times۱) = ۶۶\ kN \\ W_{\text{خاک}} = (\gamma V)_{\text{خاک}} = ۱۸\times(۴\times۰/۶\times۱) = ۴۳/۲\ kN \end{cases}$$

$$N = ۶۶ + ۴۳/۲ = ۱۰۹/۲\ kN$$

بنابراین نیروی مقاوم برشی در کف دیوار برابر است با:

$$S = N\tan\delta + C_a A = ۱۰۹/۲\times\tan(\frac{۲}{۳}\times۳۰) + ۰ = ۳۹/۷\ kN$$

حال مقدار P_p را به‌صورت زیر به‌دست می‌آوریم:

$$P_p = \frac{۱}{۲}\boxed{k_p}\gamma H_p^۲ L = \frac{۱}{۲}\times ۳\times ۱۸\times ۰/۸^۲ \times ۱ = ۱۷/۲۸\ kN$$
$$\rightarrow k_p = \frac{۱}{k_a} = ۳$$

در نهایت نیروی مقاوم کل در مقابل لغزش و از آنجا ضریب اطمینان لغزش برای دیوار داده شده به‌صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$F_{\text{مقاوم}} = S + P_p = ۳۹/۷ + ۱۷/۲۸ = ۵۷\ kN$$

$$F.S._{\text{لغزش}} = \frac{F_{\text{مقاوم}}}{F_{\text{محرک}}} = \frac{۵۷}{۶۹/۱۲} = ۰/۸۲$$

با توجه به اینکه ضریب اطمینان در مقابل لغزش دیوار حائل وزنی در شرایط استاتیکی در حالتی که در جلوی دیوار فشار مقاوم و خاک وجود دارد، در آیین‌نامه مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، برابر $F.S. = ۲$ داده شده است (صفحهٔ ۶۰ مبحث هفتم)، لذا ضریب اطمینان در مقابل لغزش برای دیوار فوق مناسب نیست.

ب) محاسبهٔ ضریب اطمینان در مقابل واژگونی:

$$F.S._{\text{واژگونی}} = \frac{M_{\text{مقاوم}}}{M_{\text{محرک}}}$$

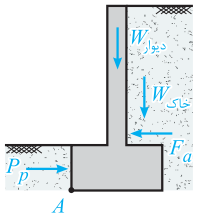
$M_{\text{محرک}}$، برآیند لنگرهای واژگون‌کننده از سمت لایهٔ خاک سمت راست (محرک) می‌باشد، که مقدار آن برابر است با:

$$M_{\text{محرک}} = M_a = \frac{۱}{۶}k_a\gamma H_a^۳ L = \frac{۱}{۶}\times\frac{۱}{۳}\times ۱۸\times ۴/۸^۳\times ۱ = ۱۱۰/۶\ kN.m$$

$M_{\text{مقاوم}}$، برآیند لنگرهای مقاوم در مقابل واژگونی است، که مقدار آن برابر است با:

$$M_{\text{مقاوم}} = M_{\text{وزن دیوار}} + M_p + M_{\text{خاک سمت راست دیوار}}$$

با محاسبهٔ لنگر حول نقطهٔ A، داریم:



$$M_{\text{وزن دیوار}} = W_{\text{دیوار}}\times(۰/۶ + \frac{۰/۳۵}{۲}) = ۶۶\times ۰/۷۷۵ = ۵۱/۱۵\ kN.m$$

$$M_p = \frac{۱}{۶}k_p\gamma H_p^۳ L = \frac{۱}{۶}\times ۳\times ۱۸\times ۰/۸^۳\times ۱ = ۴/۶۱\ kN.m$$

$$M_{\text{خاک سمت راست دیوار}} = W_{\text{خاک}}\times(۰/۶ + ۰/۳۵ + \frac{۰/۶}{۲}) = ۴۳/۲\times ۱/۲۵ = ۵۴\ kN.m$$

در نهایت لنگر مقاوم کل و ضریب اطمینان در مقابل واژگونی این دیوار برابر است با:

$$M_{\text{مقاوم کل}} = ۵۱/۱۵ + ۴/۶۱ + ۵۴ = ۱۰۹/۷۶\ kN.m$$

$$F.S._{\text{واژگونی}} = \frac{M_{\text{مقاوم}}}{M_{\text{محرک}}} = \frac{۱۰۹/۷۶}{۱۱۰/۶} = ۰/۹۹$$

مقدار ضریب اطمینان مطرح شده در جدول ۷-۵-۳ آیین‌نامه مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، در مقابل واژگونی دیوار حائل وزنی در بارگذاری استاتیکی برابر ۱/۷۵ است. بنابراین ضریب اطمینان دیوار در مقابل واژگونی نیز، از مقدار مجاز کمتر است. **بنابراین گزینه (۱) صحیح است.**

۱۴- اگر ضرایب فشار جانبی خاک در حالت سکون (با فرض تحکیم عادی خاک)، محرک و مقاوم به ترتیب برابر با $k_۰$، k_a و k_P نشان داده شود، کدام گزینه برای خاک‌های ماسه‌ای صحیح خواهد بود؟

۱) $k_۰ > k_a > k_p$ ۲) $k_p > k_۰ > k_a$ ۳) $k_p > k_a > k_۰$ ۴) $k_۰ > k_p > k_a$

حل: ضریب فشار جانبی خاک پشت دیوار در حالت‌های سکون $(k_۰)$، محرک (k_a) و مقاوم (k_p) با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$k_۰ = ۱ - \sin\phi \quad , \quad k_a = \frac{۱-\sin\phi}{۱+\sin\phi} \quad , \quad k_p = \frac{۱+\sin\phi}{۱-\sin\phi}$$

با توجه به روابط فوق واضح است که $k_p > k_۰ > k_a$ می‌باشد. **بنابراین گزینه (۲) صحیح است.**

۱۵- قرار است بر روی یک زمین مناسب با لایه‌بندی ساده که دارای مساحت ۶۰۰ متر مربع است، ساختمانی منفرد با اهمیت متوسط و سطح اشغال ۲۵۰ مترمربع ساخته شود. برای احداث این ساختمان گودبرداری نیاز نمی‌باشد. برای شروع عملیّات شناسایی ژئوتکنیکی زمین در این پروژه حداقل تعداد گمانه‌های لازم چند تاست؟ (ویرایش سؤال)

۱) یک گمانه ۲) ۴ گمانه ۳) ۳ گمانه ۴) ۲ گمانه

حل: با توجه به جدول ۷-۲-۱ از مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، چون سطح اشغال کمتر از $۳۰۰m^۲$ است و اهمیت ساختمان نیز متوسط می‌باشد، تعداد ۲ گمانه برای شروع عملیات شناسایی نیاز است. **بنابراین گزینه (۴) صحیح است.**

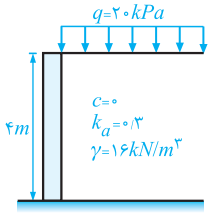
۱۶- در طراحی سازهٔ نگهبان به روش تنش مجاز، برای تعیین ضریب اطمینان مربوط به تنش کششی مجاز مسلح‌کننده‌های ژئوسنتتیک، ضریب اطمینان جزیی مربوط به کدام‌یک از عوامل زیر در نظر گرفته نمی‌شود؟

۱) ضریب تغییرشکل مجاز
۲) ضریب احتمال آسیب‌دیدگی ناشی از نصب
۳) ضریب خزش با توجه به نوع مصالح
۴) ضریب خوردگی یا شیمیایی

حل: با توجه به بند ۷-۵-۷-۱-۳ (رابطهٔ قسمت ب-۱) مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، ضریب اطمینان ناشی از تغییرشکل مجاز در تنش کششی مجاز مسلح‌کننده‌های ژئوسنتتیک لحاظ نمی‌شود. **بنابراین گزینه (۱) صحیح است.**

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ مرداد ۹۴)

۱۷- دیوار سنگی نشان داده شده در شکل زیر دارای وزن مخصوص $25\ kN/m^3$ است. حداقل ضخامت لازم دیوار برای آنکه پایداری در مقابل واژگونی تأمین گردد، به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (ویرایش سؤال)



۱) ۱/۵ متر
۲) ۲/۵ متر
۳) ۲ متر
۴) ۱/۸۵ متر

حل: با توجه به روش تنش مجاز، برای آنکه دیوار واژگون نشود باید داشته باشیم:

$$M_{\text{محرک}} \le \frac{M_{\text{مقاوم}}}{F.S._{\text{واژگونی}}}$$

$$M_{\text{محرک}} = \frac{1}{6} k_a \gamma' H^3 L + \frac{1}{2} k_a q H^2 L = \frac{1}{6}\times 0/3 \times 16 \times 4^3 \times 1 + \frac{1}{2}\times 0/3 \times 20 \times 4^2 \times 1 = 99/2\ kN.m$$

$$M_{\text{مقاوم}} = W_{\text{دیوار}} \times \underbrace{d}_{\text{نصف عرض دیوار}} = (\gamma \forall)_{\text{دیوار}} \times \frac{b}{2} = [25 \times (4 \times b \times 1)] \times \frac{b}{2} = 50\, b^2$$

همچنین با مراجعه به جدول ۷-۵-۳، مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، ضریب اطمینان دیوار حائل وزنی در مقابل واژگونی (در شرایط استاتیکی) برابر ۱/۷۵ می‌باشد. پس می‌نویسیم:

$$99/2 \le \frac{50 b^2}{1/75} \Rightarrow b^2 \ge 3/472 \Rightarrow b \ge 1/86\ m$$

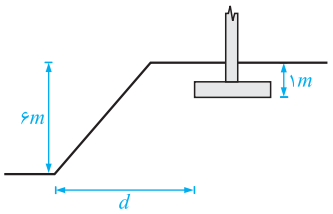
بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۱۸- در طراحی پی‌های سطحی در مقابل واژگونی در شرایط لرزه‌ای، ضریب کاهش مقاومت در روش ضرایب بار و مقاومت و حداقل ضریب اطمینان در روش تنش مجاز به ترتیب چه مقادیر هستند؟ (ویرایش سؤال)

۱) ۰/۶۵ و ۱/۵
۲) ۰/۶۵ و ۱/۲
۳) ۱ و ۱/۵
۴) ۱ و ۱/۷۵

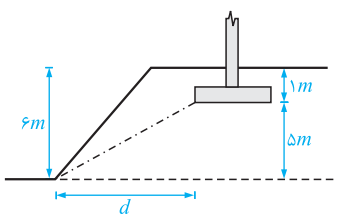
حل: ضریب کاهش مقاومت در روش حالت حدی، برای پدیدهٔ واژگونی پی سطحی در شرایط لرزه‌ای طبق جدول ۷-۴-۸ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، برابر $\phi = 1$ در نظر گرفته می‌شود. همچنین حداقل ضریب اطمینان واژگونی پی سطحی در روش تنش مجاز و در شرایط لرزه‌ای، طبق جدول ۷-۴-۷ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، برابر ۱/۵ می‌باشد. **بنابراین گزینه (۳) صحیح است.**

۱۹- حداقل فاصله d، بدون توجه به تحلیل‌های دقیق پایداری و تغییرشکل پی چه مقدار است؟



۱) ۱۵ متر
۲) ۱۲ متر
۳) ۸ متر
۴) ۱۰ متر

حل: طبق بند ۷-۴-۷-۵-ب، هنگامی‌که پی در نزدیکی شیب اجرا می‌شود، محل پی باید به‌گونه‌ای باشد تا خطی که از لبهٔ پی با شیب ۲ افقی به ۱ قائم رسم می‌شود، با سطح شیب برخورد نکرده و به پایین شیب برسد. پس مطابق شکل مقابل داریم:



$$\frac{(\text{افقی})\, d}{(\text{قائم})\, 5} = \frac{(\text{افقی})\, 2}{(\text{قائم})\, 1} \Rightarrow d = 10\, m$$

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۲۰- حداقل تعداد گمانه مورد نیاز جهت شناسایی ژئوتکنیکی زمین برای احداث یک ساختمان منفرد بدون زیرزمین با سطح اشغال ۵۰۰۰ مترمربع و اهمیت زیاد و روی زمین مناسب با لایه‌بندی ساده، به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (ویرایش سؤال)

۱) ۴ عدد ۲) ۸ عدد ۳) ۱۲ عدد ۴) ۱۰ عدد

حل: از آنجاکه ساختمان مورد نظر فاقد زیرزمین است، نتیجه می‌گیریم که برای اجرای آن نیاز به گودبرداری و گمانهٔ اضافی ناشی از گودبرداری نداریم. بنابراین به جدول ۷-۲-۱ مراجعه کرده و می‌گوییم:

برای ساختمان با $۵۰۰۰\,m^۲$ (بیش از $۳۰۰\,m^۲$) سطح اشغال، با اهمیت زیاد و روی زمین با لایه‌بندی ساده و مناسب، ۴ عدد گمانه نیاز است. اما چون سطح اشغال ساختمان از $۱۰۰۰\,m^۲$ بیشتر است، طبق عبارت پایین همان جدول، باید به‌ازاء هر $۱۰۰۰\,m^۲$ سطح اشغال اضافی، دو گمانه به این تعداد اضافه شود. پس چون $۴۰۰۰\,m^۲$ سطح اشغال بیشتر از $۱۰۰۰\,m^۲$ داریم، $۴\times۲=۸$ گمانه به ۴ گمانهٔ قبلی اضافه شده و در مجموع باید ۱۲ عدد گمانه در نظر گرفته شود. **بنابراین گزینه (۳) صحیح است.**

۲۱- مقدار $\frac{\gamma H}{C}$ طبق مقررات ملّی ساختمان، برای کنترل ضریب اطمینان در برابر بالازدگی کف گود در طراحی سازه‌های نگهبان ترجیحاً باید کوچکتر از کدام‌یک از مقادیر زیر باشد؟

۱) ۴ ۲) ۶ ۳) ۸ ۴) ۱۰

حل: طبق بند ۷-۵-۵-۱-۲-۲ این مقدار نباید از ۶ بیشتر باشد. **بنابراین گزینه (۲) صحیح است.**

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ بهمن ۹۴)

۲۲- کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح نمی‌باشد؟ (ویرایش سؤال)

۱) در ارزیابی ظرفیت باربری جانبی شمع‌های کوتاه، باید مکانیسم چرخش یا انتقال شمع به عنوان یک جسم صلب در نظر گرفته شود.
۲) ضریب بازدهی گروه شمع به فاصله و قطر شمع‌ها بستگی دارد.
۳) ضریب بازدهی گروه شمع در هر پروژه باید با توجه به شرایط آن پروژه تعیین شود.
۴) ظرفیت باربری هر شمع در گروه شمع همواره برابر با ظرفیت باربری شمع تکی است.

حل: مطابق با بند ۷-۶-۵-۱-۱-الف از مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، عبارت مطرح شده در گزینهٔ (۱) صحیح است.

مطابق با بند ۷-۶-۶-۱-۲ مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان، عبارت مطرح شده در گزینه‌های (۲) و (۳) صحیح می‌باشند.

اما مطابق با بند ۷-۶-۶-۱-۱، با توجه به تأثیر شمع‌های گروه بر روی هم و تداخل سطوح گسیختگی شمع‌های مجاور هم، ظرفیت باربری یک شمع واقع در گروه شمع با ظرفیت باربری آن شمع در حالت منفرد متفاوت است. پس عبارت مطرح شده در گزینهٔ (۴) غلط بوده و همین گزینه پاسخ تست خواهد بود. **بنابراین گزینه (۴) صحیح است.**

۲۳- اگر فرض شود ظرفیت باربری جداره شمع با خاک $۱۵\ kPa$ باشد و ظرفیت باربری نوک شمع در خاک رس اشباع ناچیز فرض شود و شمع از نوع بتن مسلح پیش‌ساخته به قطر ۳۰۰ میلی‌متر بوده و به اندازه ۱۰ متر در خاک کوبیده شده باشد. براساس روابط تحلیلی، بار فشاری مجاز شمع بر حسب kN به کدام‌یک ازمقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (فرض کنید اثر وزن شمع ناچیز بوده و مقاومت جسم شمع بیشتر از مقاومت اصطکاکی است).

۱) ۳۵ ۲) ۵۰ ۳) ۶۵ ۴) ۷۵

حل: طبق فرضیات سؤال، شمع اصطکاکی به حساب آمده و ظرفیت باربری نهایی فشاری آن برابر است با:

$$Q_{ult}=Q_s=\underbrace{\alpha C_u}_{=۱۵}PL=۱۵\times(\pi\times۰/۳)\times۱۰\simeq۱۳۵\ kN$$

در نهایت با اعمال ضریب اطمینان $F.S.=۳$ (قرائت شده از جدول ۷-۶-۱ مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، برای شمع پیش‌ساخته یا کوبشی و براساس روابط تحلیلی) خواهیم داشت:

$$Q_{all}=\frac{Q_{ult}}{F.S.}=\frac{۱۳۵}{۳}=۴۵\ kN$$

پاسخ به‌دست آمده به جواب گزینهٔ (۲) نزدیک‌تر است و همین گزینه صحیح می‌باشد. **بنابراین گزینه (۲) صحیح است.**

۲۴- در صورتی‌که بار متمرکز وارد بر مرکز یک پی منفرد ناشی از بارهای مرده (شامل کلیه بارهای مرده و وزن پی و خاک روی آن) برابر $۵۰۰\ kN$ و ناشی از بارهای زنده برابر $۴۰۰\ kN$ و خاک زیر پی از نوع چسبنده باشد، برای کنترل نشست دراز مدت این پی به روش تنش مجاز حداقل مقدار بار محوری برحسب کیلونیوتن چقدر باید در نظر گرفته شود؟

۱) ۵۰۰ ۲) ۶۵۰ ۳) ۷۰۰ ۴) ۹۰۰

حل: مطابق با بند ۷-۴-۵-۱-۲ مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، در محاسبات نشست دراز مدت پی‌های سطحی واقع بر خاک‌های چسبنده، فقط باید ٪۵۰ بار زنده را در ترکیب بار در نظر گرفت. پس بار وارد بر این پی برای محاسبهٔ نشست برابر می‌شود با:

$$P_{کل} = P_D + \frac{۱}{۲}P_L = ۵۰۰ + \frac{۱}{۲}\times ۴۰۰ = ۷۰۰\,kN$$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۲۵- کدام‌یک از موارد زیر در مورد گودبرداری صحیح است؟ (ویرایش سؤال)

۱) اگر گود با عمق ۱۲ متر با شیب قائم اجرا شود، مسئولیت طراحی گودبرداری باید به عهده یک شرکت مهندسی ژئوتکنیک ذیصلاح واگذار شود.

۲) اگر گود با عمق ۱۰ متر با شیب قائم اجرا شود، مسئولیت طراحی گودبرداری می‌تواند بر عهده مهندس طراح ساختمان باشد.

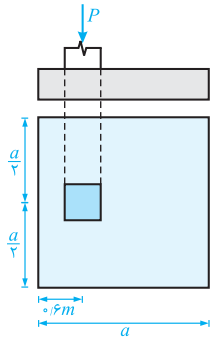
۳) اگر گود با عمق ۱۸ متر با شیب قائم اجرا شود، مسئولیت طراحی گودبرداری باید به عهده مهندس طراح ساختمان باشد مشروط بر آنکه عملیات پایدارسازی گود توسط پیمانکار ذیصلاح انجام شود.

۴) گودبرداری با شیب قائم فقط تا عمق ۹ متر مجاز است.

حل: مطابق با جدول ۷-۳-۱ آیین‌نامه مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، برای گود قائم با عمق بیشتر از $۱۰\,m$، خطر گود بسیار زیاد بوده و بنابراین مطابق با بند ۷-۳-۳-۶-۱۰ همین مبحث، مسئولیت طراحی گود بر عهدهٔ یک شرکت مهندسی ژئوتکنیک ذیصلاح خواهد بود.

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۲۶-محور ستون یک ساختمان در فاصله $۰/۶\,m$ زمین همسایه قرار داشته و فقط نیروی فشاری P (ناشی از ترکیبات بارگذاری به روش تنش‌های مجاز) را به شالوده وارد می‌کند. چنانچه شالوده مقابل این ستون مربعی به ضلع a و تنش مجاز خاک زیر شالوده $۲۰۰\,kN/m^۲$ باشد، برای آنکه تماس هیچ نقطه‌ای از پی و خاک زیر آن قطع نشود، حداکثر مقدار P و a نظیر آن، به کدام‌یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟ (برای سهولت از وزن شالوده صرف‌نظر نمایید. خاک را دانه‌ای و شالوده را صلب فرض کنید). (ویرایش سؤال)



۱) $P = ۳۲۰\,kN$ و $a = ۱/۲\,m$

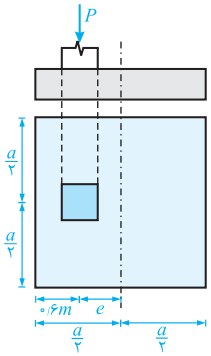
۲) $P = ۱۶۰\,kN$ و $a = ۲/۴\,m$

۳) $P = ۱۱۵۲\,kN$ و $a = ۲/۴\,m$

۴) $P = ۶۵۰\,kN$ و $a = ۱/۸\,m$

حل:

برای آنکه پی از خاک زیرش جدا نشود باید داشته باشیم:



$$e = \frac{a}{۲} - ۰/۶ \le \frac{B}{۶} = \frac{a}{۶} \Rightarrow a \le ۱/۸\,m$$

همچنین مطابق با جدول ۷-۴-۵ مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ویرایش ۱۴۰۰، در کنترل تنش ایجاد شده در زیر پی صلب واقع بر خاک دانه‌ای، باید تنش متوسط ایجاد شده در زیر پی از تنش مجاز خاک زیر پی کمتر باشد. پس داریم:

$$\begin{cases} q_{\text{متوسط}} \le q_{\text{مجاز}} \\ q_{\text{متوسط}} = \dfrac{\sum F_{\text{قائم}}}{A_{\text{پی}}} = \dfrac{P}{a^۲} \end{cases} \Rightarrow \frac{P}{۱/۸^۲} \le ۲۰۰ \Rightarrow P \le ۶۴۸\,kN$$

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ شهریور ۹۵)

۲۷- برای کدام خاک از میان خاک‌های زیر، نسبت تغییرشکل افقی مرتبط به فشار مقاوم به تغییر شکل افقی مرتبط به فشار محرک کمترین می‌باشد؟

۱) ماسه سست
۲) رس متراکم
۳) رس نرم
۴) ماسه متراکم

حل: با مراجعه به جدول ۷-۵-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، برای خاک‌های ذکر شده در گزینه‌های این سؤال، نسبت خواسته شده $(\frac{\Delta x_{\text{مقاوم}}}{\Delta x_{\text{محرک}}})$ را می‌یابیم:

خاک رس متراکم: $\frac{\Delta x_{\text{مقاوم}}}{\Delta x_{\text{محرک}}} = \frac{۰/۰۵}{۰/۰۱} = ۵$

خاک ماسه‌ای سست: $\frac{\Delta x_{\text{مقاوم}}}{\Delta x_{\text{محرک}}} = \frac{۰/۰۴}{۰/۰۰۴} = ۱۰$

خاک ماسه‌ای متراکم: $\frac{\Delta x_{\text{مقاوم}}}{\Delta x_{\text{محرک}}} = \frac{۰/۰۱}{۰/۰۰۱} = ۱۰$

خاک رس نرم: $\frac{\Delta x_{\text{مقاوم}}}{\Delta x_{\text{محرک}}} = \frac{۰/۰۶}{۰/۰۲} = ۳$

ملاحظه می‌کنید که نسبت خواسته شده در خاک رس نرم کمترین تعداد را دارد. **بنابراین گزینه (۳) صحیح است.**

۲۸- کدام‌یک از موارد زیر برای ارزیابی خطر گود صحیح است؟ (h_c عمق بحرانی گودبرداری و h عمق گود است) (ویرایش سؤال)

۱) گود با شیب قائم با عمق ۳ متر و با نسبت $\frac{h}{h_c}$ برابر ۰/۸ با خطر زیاد ارزیابی می‌شود.

۲) گود با دیوار قائم با $\frac{h}{h_c} = ۲/۷$ با خطر زیاد ارزیابی می‌شود.

۳) ارزیابی خطر گود فقط به منظور انتخاب روش تحلیل پایداری گود انجام می‌شود.

۴) گود با شیب قائم با عمق ۱۲ متر و نسبت $\frac{h}{h_c}$ برابر ۱/۵ با خطر زیاد ارزیابی می‌شود.

حل: با مراجعه به جدول ۷-۳-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، ملاحظه می‌کنیم که برای گود با شیب قائم و با عمق $\frac{h}{h_c} = ۰/۸$ و عمق ۳ متر، خطر گودبرداری زیاد ارزیابی می‌شود. **بنابراین گزینه (۱) صحیح است.**

۲۹- کدام‌یک از موارد زیر برای تحلیل پایداری گود صحیح است؟

۱) برای تحلیل پایداری یک گود می‌توان بار مرده ساختمان‌های مجاور را حداکثر تا ٪۳۰ کاهش داد.

۲) در صورتی‌که گود برای ۱۰ ماه طراحی می‌شود و نیازی به سازه نگهبان نباشد و براساس روش تنش مجاز طراحی شود، حداقل ضریب اطمینان برای پایداری کلی شیروانی برابر ۱/۳ است.

۳) در نظر گرفتن بار زلزله برای تحلیل پایداری گود موقت برای عمق گود بیش از ۶ متر لازم است.

۴) بار زلزله برای تحلیل گود در شرایط میان مدت (یک تا سه سال) را می‌توان حداکثر تا ٪۳۰ کاهش داد.

حل: طبق بند ۷-۳-۳-۴-۷ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، چنانچه گودبرداری موقت باشد (کمتر از یک سال که در گزینهٔ ۲ این سؤال ذکر شده است) و نیاز به سازهٔ نگهبان نداشته باشیم، ضریب اطمینان پایداری گود باید از جدول ۷-۳-۳ استخراج شود که برای پایداری کل شیروانی، ضریب اطمینان برابر ۱/۳ می‌باشد. **بنابراین گزینه (۲) صحیح است.**

۳۰- در محاسبات شمع‌ها کدام‌یک از موارد زیر صحیح نمی‌باشد؟

۱) در ارزیابی تغییرمکان جانبی بالای شمع‌ها استفاده از روش منحنی $p-y$ به شرط استفاده از منحنی مناسب برای خاک‌های اصطکاکی و چسبنده، قابل قبول می‌باشد.

۲) از روش «شمع کاهنده نشست» می‌توان در طراحی گروه شمع استفاده نمود.

۳) در تحلیل گروه شمع با لحاظ نمودن سهم باربری خاک و ضرایب اندرکنش بین فنرها، می‌توان خاک زیر سر شمع را به‌صورت فنر در نظر گرفت.

۴) برای محاسبه نهایی نشست گروه شمع می‌توان از مدل‌سازی خاک با فنر (مدل وینکلر) استفاده نمود.

حل: طبق بند ۷-۶-۶-۲-۲ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، برای محاسبهٔ نشست نهایی گروه شمع، مدل‌سازی خاک با فنر (مدل وینکلر) قابل قبول نیست. **بنابراین گزینه (۴) صحیح است.**

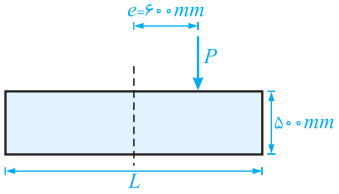
۳۱- در روش تنش مجاز طراحی پی سطحی، برای محاسبه نشست دراز مدت خاک‌های چسبنده چند درصد بار زنده باید اعمال شود؟

۱) ۵۰ ۲) ۳۳ ۳) ۲۵ ۴) صفر

حل: طبق بند ۷-۴-۵-۱-۲ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، در خاک‌های چسبنده فقط ٪۵۰ بار زنده در محاسبات نشست دراز مدت اعمال

می‌شوند. بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ اسفند ۹۵)

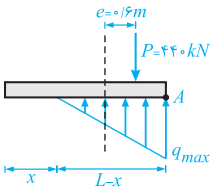


۳۲- یک شالوده بتنی منفرد به‌صورت مربعی تحت تأثیر بار P (ناشی از بارهای ثقلی) با خروج از مرکزیت e در یک امتداد قرار می‌گیرد. شالوده را صلب فرض کرده، P را برابر ۴۴۰ kN و $e=۰/۶۰m$ در نظر بگیرید. تنش مجاز خاک را در گوشه پی ۱۰۰ $kN/m^۲$ منظور نموده و روش تنش مجاز را ملاک عمل قرار دهید. با رعایت اینکه قسمتی از پی تحت فشار صفر قرار گیرد (با رعایت شرایط مندرج در مقررات)، حداقل ابعاد موردنیاز پی به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (از وزن شالوده در محاسبات صرف‌نظر نمایید.)

۱) ۳/۱×۳/۱ متر ۲) ۲/۵×۲/۵ متر ۳) ۲/۷×۲/۷ متر ۴) ۳/۶×۳/۶ متر (ویرایش سؤال)

حل: اگر بخواهیم طبق آنچه در صورت سؤال مطرح شده است (رعایت اینکه قسمتی از پی تحت فشار صفر قرار گیرد) مسئله را حل کنیم، باید بنویسیم: $q_{max} \le q_{all} = ۱۰۰\ kN/m^۲$

حال فرض می‌کنیم که طول $L-x$ از پی تحت فشار صفر قرار بگیرد (مطابق شکل). در این‌صورت مقدار تنش حداکثر در زیر پی (q_{max}) به‌ترتیب زیر به‌دست می‌آید (بعد عمود بر صفحهٔ پی نیز با توجه به گزینه‌ها برابر L است):



$$\begin{cases} \sum M_A = ۰ \Rightarrow \frac{۱}{۲} q_{max}(L-x)\ (L)\ \times(\frac{L-x}{۳}) = P\times(\frac{L}{۲}-e) \\ \sum F_y = ۰ \Rightarrow \frac{۱}{۲} q_{max}(L-x)(L) = P \end{cases} \Rightarrow q_{max} = \frac{۴P}{۳L(L-۲e)}$$

حال رابطهٔ به‌دست آمده برای q_{max} را در شرط ابتدای حل جایگذاری می‌کنیم:

$$q_{max} = \frac{۴P}{۳L(L-۲e)} \le ۱۰۰ \Rightarrow \frac{۴\times۴۴۰}{۳L(L-۲\times۰/۶)} \le ۱۰۰ \Rightarrow L(L-۱/۲) \ge ۶ \Rightarrow L \ge ۳/۱m \xrightarrow{\text{ابعاد انتخابی}} ۳/۱m\times۳/۱m$$

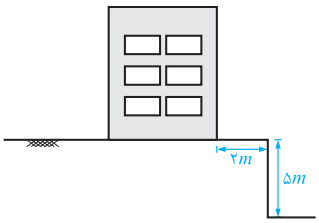
تذکر ۱: با توجه به بند ۷-۴-۵-۱-۸ از مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، $\frac{۱}{۴}$ بعد پی می‌تواند در کشش کار کند. بنابراین داریم:

$$\begin{cases} L^*_{(\text{طول تحت فشار پی})} = ۱/۵\ (L-۲e_L) \\ L^* = L - \frac{L}{۴} = \frac{۳}{۴}L \end{cases} \Rightarrow \frac{۳}{۴}L = ۱/۵\ (L-۲e_L) = ۰ \rightarrow e_L = \frac{L}{۴}$$

$$\Rightarrow ۰/۶m = \frac{L}{۴} \Rightarrow L = ۲/۴\ m$$

بدیهی است که از بین مقادیر $L=۳/۱\ m$ در قسمت اول حل و $L=۲/۴\ m$ در این قسمت، باید طول بیشتر یعنی $L=۳/۱\ m$ انتخاب شود.

بنابراین گزینه (۱) صحیح می‌باشد.



۳۳- مطابق شکل زیر ساختمانی در فاصله ۵ متری از لبه گودی با عمق ۵ متر که در خاک چسبنده حفر شده است، قرار دارد. با توجه به مشخصات ارائه شده، خطر گود را ارزیابی کنید؟ (فرض کنید خاک دارای رطوبت بالا نمی‌باشد.) ($\gamma = ۱۵\ kN/m^۳$ ، $c = ۲۰\ kPa$ ، سربار ساختمان $= ۱۵\ kPa$) (ویرایش سؤال)

۱) قابل تعیین نیست. ۲) زیاد

۳) معمولی ۴) بسیار زیاد

حل: عمق گود از تراز صفر، $۵m$ بوده و در نتیجه طبق جدول ۷-۳-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، خطر گود زیاد است.

خطر گود زیاد $\xrightarrow{\text{عمق گود بین ۴ تا ۱۰ متر}}$ جدول ۷-۳-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰

عمق گود از زیر پی همسایه نیز $۵m$ بوده و براساس همان جدول، خطر گود زیاد محسوب می‌شود.

خطر گود زیاد $\xrightarrow{\text{عمق گود از زیر پی همسایه بین صفر تا ۶ متر}}$ جدول ۷-۳-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰

فاصلهٔ ساختمان تا لبهٔ گود برابر $۲m$ بوده و از عمق گود ($۵m$) کمتر می‌باشد. پس طبق بند ۷-۳-۳-۶-۲ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰ باید کل بار ناشی از ساختمان را به‌عنوان سربار q در محاسبات عمق h_c در ارزیابی خطر گود، لحاظ کنیم. حال عمق h_c را می‌یابیم:

$$h_c = \frac{۲c}{\gamma\sqrt{k_a}} - \frac{q}{\gamma} = \frac{۲\times۲۰}{۱۵\sqrt{k_a}} - \frac{۱۵}{۱۵} \xrightarrow{\text{خاک چسبنده: فرض } \phi=۰} k_a = ۱ \Rightarrow h_c = ۱/۶۷ \Rightarrow \frac{h}{h_c} = ۳ > ۲ \Rightarrow \text{خطر بسیار زیاد}$$

ملاحظه می‌کنید که با فرض انجام شده، در مجموع خطر گود بسیار زیاد است و گزینهٔ (۴) صحیح می‌باشد.

دقت: اگر بخواهیم دقیق‌تر به این سؤال نگاه کنیم، در خاک چسبندهٔ غیر اشباع، $\phi \neq 0$ است و نمی‌توان با فرض $\phi = 0$، k_a را به‌دست آورد و در مجموع خطر گود قابل تعیین نیست، البته طراح محترم به این موضوع توجه نداشته است.

۳۴- برای طراحی دیوارهای خارجی بتن‌آرمه در زیرزمین‌ها، که به سقف‌های ساختمان متصل هستند، بارگذاری ناشی از فشار خاک متراکم و سخت را چگونه می‌توان فرض نمود؟

۱) در هر دو حالت بارگذاری استاتیکی و دینامیکی، فشار خاک در حالت سکون

۲) در حالت بارگذاری استاتیکی، فشار خاک در حالت محرک و در حالت بارگذاری دینامیکی فشار خاک در حالت سکون

۳) در هر دو حالت استاتیکی و دینامیکی، فشار خاک در حالت محرک

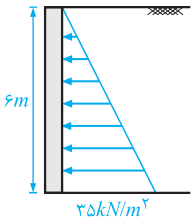
۴) در حالت بارگذاری استاتیکی، فشار خاک در حالت سکون و در حالت بارگذاری دینامیکی فشار خاک در حالت محرک

● حل: برای دیوار زیرزمین که به اجزاء سازه متصل است، فشار حالت استاتیکی خاک در حالت سکون در نظر گرفته می‌شود (بند ۷- ۵- ۵- ۲- ۵- ۶ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰ را ببینید) همچنین طبق جدول ۷-۵-۲ مبحث هفتم، فشار دینامیکی خاک متراکم وارد بر این دیوارها نیز در حالت سکون در نظر گرفته می‌شود. **بنابراین گزینه (۱) صحیح است.**

۳۵- برای دیوار حائل طره‌ای بدون مهار به ارتفاع ۶ متر از روی شالوده، اگر فشار خاک در تراز شالوده دیوار برابر $۳۵ kN/m^۲$، در حالت استاتیکی باشد، لنگر خمشی وارد از خاک در پای دیوار (روی شالوده) وارد بر هر متر طول دیوار چند $kN.m$ خواهد بود؟ (سطح روی خاک همتراز بالای دیوار و به‌صورت افقی بوده و سربارِی روی آن وجود ندارد. فشار آب در پشت دیوار وجود ندارد.)

۱) ۲۱۰ ۲) ۱۴۰ ۳) ۴۲۰ ۴) ۳۱۵

● حل: طبق بند ۷- ۵- ۵- ۲- ۵- ۳ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، توزیع فشار جانبی خاک وارد بر این دیوار (که بدون مهار است) به‌صورت مقابل است (توزیع فشار مثلثی شکل):



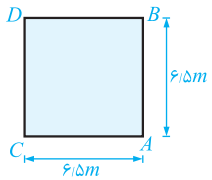
پس لنگر خمشی ایجاد شده در هر متر از طول دیوار و در پایین آن برابر می‌شود با:

$$M_a = F_a \times \frac{H}{۳} = (\text{طول دیوار} \times \text{مساحت نمودار توزیع فشار}) \times \frac{H}{۳} = (\underbrace{۱}_{\text{واحد طول دیوار}} \times \frac{۱}{۲} \times ۶ \times ۳۵) \times \frac{۶}{۲} = ۲۱۰\ kN.m$$

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ مهر ۹۶)

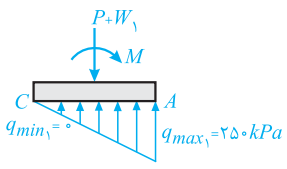
۳۶- ابعاد شالوده منفرد برای یک جرثقیل برجی، براساس ترکیبات بار طراحی به روش تنش مجاز و با این فرض که در ترکیب بار کنترل‌کننده، تنش زیر پی در ضلع CD برابر با صفر و در ضلع AB برابر $۲۵۰\ kPa$ باشد، $۱/۶ \times ۶/۵ \times ۶/۵$ متر اعلام شده است. اگر در عمل ابعاد پی اجرا شده $۱/۶ \times ۷/۵ \times ۷/۵$ متر باشد، تنش حداکثر در زیر پی، تحت ترکیب بارگذاری کنترل‌کننده مورد نظر به کدام‌یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟ (ضریب بار مرده در ترکیب بحرانی موردنظر برابر واحد و وزن مخصوص بتن $۲۵\ kN/m^۳$ فرض شده و از وزن خاک روی پی صرف‌نظر شود. توزیع تنش در زیر پی خطی و نیروی برشی در پای ستون‌های جرثقیل ناچیز فرض شود.)



۱) ۲۸۸ kPa ۲) ۲۱۷ kPa

۳) ۱۸۵ kPa ۴) ۱۴۸ kPa

● حل: در حالت اول که ابعاد پی ۶/۵ متر است، نمودار توزیع فشار در زیر پی به‌صورت زیر خواهد بود:

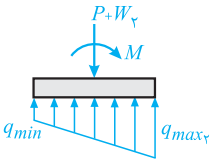


$$\begin{cases} q_{min_۱} = \dfrac{\sum F_{y_۱}}{(A_۱)_{پی}}\left(۱ - \dfrac{۶e_{b_۱}}{B_۱}\right) = ۰ \\ q_{max_۱} = \dfrac{\sum F_{y_۱}}{(A_۱)_{پی}}\left(۱ + \dfrac{۶e_{b_۱}}{B_۱}\right) = ۲۵۰\ kPa \\ W_۱ = \gamma V_۱ = ۲۵ \times (۶/۵ \times ۶/۵ \times ۱/۶) = ۱۶۹۰\ kN \\ \sum F_{y_۱} = P + W_۱ \quad , \quad e_{b_۱} = \dfrac{\sum M_b}{\sum F_{y_۱}} = \dfrac{M}{P + W_۱} \\ A_۱ = ۶/۵^۲ = ۴۲/۲۵\ m^۲ \end{cases}$$

$$q_{min_۱}+q_{max_۱}=۲\frac{\sum F_y}{(A_۱)_{\text{پی}}} \Rightarrow ۲۵۰=۲\times\frac{P+۱۶۹۰}{۴۲/۲۵} \Rightarrow P=۳۵۹۱\,kN$$

$$q_{min_۱}=۰ \Rightarrow e_{b_۱}=\frac{B_۱}{۶} \Rightarrow \frac{M}{۳۵۹۱+۱۶۹۰}=\frac{۶/۵}{۶} \Rightarrow M=۵۷۲۱\,kN.m$$

در حالت دوم و با بزرگتر شدن ابعاد پی، توزیع تنش‌ها به‌صورت زیر خواهد بود:



$$W_۲=\gamma V_۲=۲۵\times(۷/۵\times۷/۵\times۱/۶)=۲۲۵۰\,kN$$

$$e_{b_۲}=\frac{\sum M}{\sum F_{y_۲}}=\frac{M}{P+W_۲}=\frac{۵۷۲۱}{۳۵۹۱+۲۲۵۰}=۰/۹۸\,m$$

$$A_۲=۷/۵\times۷/۵=۵۶/۲۵\,m^۲$$

$$q_{max_۲}=\frac{\sum F_{y_۲}}{(A_۲)_{\text{پی}}}\left(۱+\frac{۶e_{b_۲}}{B_۲}\right)=\frac{۳۵۹۱+۲۲۵۰}{۵۶/۲۵}\left(۱+\frac{۶\times۰/۹۸}{۷/۵}\right)=۱۸۵\,kPa$$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۳۷- مقادیر اولیه نشست مجاز یکنواخت تحت بارگذاری استاتیکی و حداقل ضریب اطمینان به روش تنش مجاز برای واژگونی یک پی منفرد روی خاک ماسه‌ای در شرایط استاتیکی به ترتیب برابر است با:

۱) ۲۵ میلی‌متر و ۱/۷۵ ۲) ۲۵ میلی‌متر و ۳ ۳) ۲۰ میلی‌متر و ۲ ۴) ۲۰ میلی‌متر و ۳

حل: براساس جدول ۷-۴-۲ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، مقدار اولیهٔ نشست مجاز یک پی منفرد بر روی خاک ماسه‌ای، ۲۵ میلی‌متر است. همچنین با توجه به جدول ۷-۴-۴ مبحث هفتم، ضریب اطمینان واژگونی پی منفرد در حالت استاتیکی برابر ۱/۷۵ است.

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۳۸- برای اولین لایه زمین از تراز شروع فونداسیون عمیق به عمق ده متر ظرفیت برشی باربری متوسط جداره شمع که از روش تحلیلی به‌دست آمده است برابر ۱۵ *kPa* و پس از آن برای عمق تا ۲۵ متری از شروع شمع ظرفیت باربری جداره شمع برابر ۲۰ *kPa* برآورد شده است. شمع از نوع بتنی درجاریز به قطر ۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد. اگر حداکثر بار قائم فشاری در شرایط استاتیکی با روش تنش مجاز برابر ۲۴۰ *kN* برای شمع محاسبه شده باشد، حداقل طول قابل قبول شمع برحسب متر به کدام مقدار نزدیک‌تر خواهد بود؟ (در محاسبات از وزن شمع و مقاومت نوک آن صرف‌نظر نمایید).

۱) ۱۱/۶ ۲) ۱۲/۷ ۳) ۲۱/۶ ۴) ۲۵

حل: ظرفیت باربری مجاز شمع (Q_{all}) نباید از بار استاتیکی وارد شده ($P=۲۴۰\,kN$) کمتر شود. پس می‌نویسیم: $Q_{all}\geq P=۲۴۰\,kN$

مقدار Q_{all} به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$Q_{all}=\frac{Q_{ult}}{F.S.}=\frac{Q_s(\text{مقاومت جداره})}{F.S.}$$

(با توجه به جدول (۷-۶-۱) مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰برای شمع درجاریز) ۴

می‌دانیم مقاومت جداره شمع (Q_s) از حاصل‌ضرب تنش اصطکاکی جداره در مساحت جانبی شمع حاصل می‌شود:

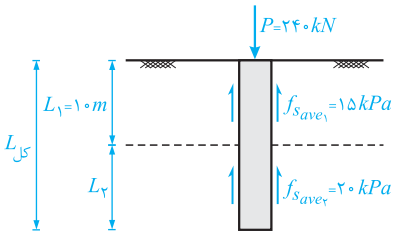
$$Q_s=f_{s_{ave_۱}}PL_۱+f_{s_{ave_۲}}PL_۲=۱۵\times(\pi\times۰/۸)\times۱۰+۲۰\times(\pi\times۰/۸)\times L_۲=۳۷۷+۵۰L_۲$$

($PL=\pi D$)

با جایگذاری مقدار Q_s در رابطهٔ Q_{all} و همچنین Q_{all} در رابطهٔ ابتدای حل، خواهیم داشت:

$$\frac{۳۷۷+۵۰L_۲}{۴}\geq ۲۴۰ \Rightarrow L_۲\geq ۱۱/۶\,m$$

در نهایت طول کل شمع برابر می‌شود با:



$$L_{\text{کل}}=L_۱+L_۲=۱۰+۱۱/۶=۲۱/۶\,m$$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۳۹- برای شرایط استاتیکی و لرزه‌ای سازه‌های نگهبان با دیوارهای وزنی، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (ویرایش سؤال)

۱) ضریب اطمینان پایداری در لغزش در حالت استاتیکی ۳ و در حالت لرزه‌ای ۲ می‌باشد.

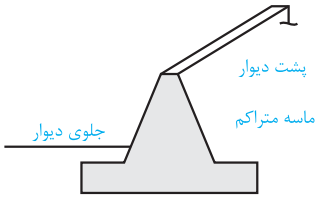
۲) ضریب اطمینان واژگونی در حالت استاتیکی ۳ و در حالت لرزه‌ای ۲ می‌باشد.

۳) ضریب اطمینان پایداری در لغزش در حالت استاتیکی ۲ و در حالت لرزه‌ای ۱/۲ می‌باشد.

۴) ضریب اطمینان واژگونی در حالت استاتیکی ۱/۷۵ و در حالت لرزه‌ای ۱/۲ می‌باشد.

حل: با مراجعه به جدول ۷-۵-۳ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، مشاهده می‌کنیم که مقدار ضریب اطمینان واژگونی و لغزش دیوار حائل وزنی در شرایط استاتیکی، به‌ترتیب برابر ۱/۷۵ و ۱/۵ بوده و در شرایط لرزه‌ای، هر دو مقدار ضریب اطمینان لغزش و واژگونی برابر ۱/۲ می‌باشد. **بنابراین گزینه (۴) صحیح است.**

۴۰- بالای دیوار حائلی به ارتفاع ۱۰ متر تحت بهره‌برداری ۱۱ میلی‌متر نسبت به زمین جابه‌جایی افقی داشته است، کدام‌یک از گزینه‌های زیر برای این دیوار صحیح است؟



۱) فشار در پشت دیوار محرک و در جلوی دیوار فشار در حالت سکون است.
۲) فشار در پشت دیوار در حالت سکون و در جلوی دیوار کمتر از فشار مقاوم است.
۳) فشار در پشت دیوار محرک و در جلوی آن فشار مقاوم است.
۴) فشار در پشت دیوار محرک و در جلوی دیوار کمتر از فشار مقاوم است.

حل: در این سؤال خاک سمت راست (پشت دیوار) می‌تواند به حالت محرک و خاک سمت چپ (جلوی دیوار) می‌تواند به حالت مقاوم برسد. بدین منظور باید جابه‌جایی افقی دیوار نسبت به خاک را بررسی کنیم. برای دیوار مذکور، نسبت $\frac{\Delta_x}{H}$ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{\Delta_x \text{(جابه‌جایی دیوار نسبت به زمین)}}{H \text{ (ارتفاع دیوار)}} = \frac{۱۱}{۱۰\times۱۰^{۳}} = ۰/۰۰۱۱$$

با مراجعه به جدول ۷-۵-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، مشاهده می‌کنیم که برای خاک ماسه‌ای متراکم چون نسبت $\frac{\Delta_x}{H}$ بیشتر از مقدار ۰/۰۰۱ است، خاک پشت دیوار به حالت محرک رسیده و فشار جانبی پشت دیوار همان فشار محرک است. ولی چون نسبت $\frac{\Delta_x}{H}$ کمتر از مقدار ۰/۰۱ برای رسیدن به حالت مقاوم است، خاک جلوی دیوار به حالت مقاوم نرسیده و تنش‌ها کمتر از مقدار مقاوم خواهند بود. **بنابراین گزینه (۴) صحیح است.**

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ اردیبهشت ۹۷)

۴۱- اگر بار مرده وارده به زمین در تراز زیر پی سطحی منفرد برابر $۴۰۰kN$ و بار زنده وارد بر پی برابر $۱۲۰kN$ باشد، با فرض خاک چسبنده در زیر پی، برای محاسبه نشست درازمدت، مقدار بار در نظر گرفته شده برحسب کیلونیوتن حدوداً چقدر باید باشد؟

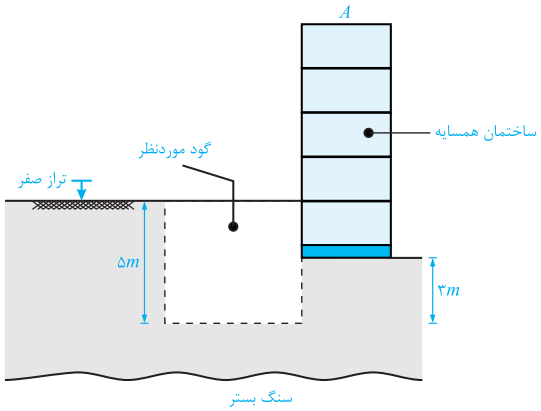
۱) ۵۲۰ ۲) ۴۶۰ ۳) ۴۳۰ ۴) ۴۰۰

حل: با توجه به بند ۷-۴-۵-۱-۲ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، جهت محاسبهٔ نشست دراز مدت خاک‌های چسبنده در زیر پی، بایستی فقط ٪۵۰ بارهای زنده را در نظر بگیریم. پس نیروی وارد بر پی در این سؤال باید برابر مقدار زیر در نظر گرفته شود:

$$F_{کل} = F_D + ۰/۵F_L = ۴۰۰ + ۰/۵\times۱۲۰ = ۴۶۰kN$$

بنابراین گزینه (۲) صحیح است.

۴۲- با توجه به شکل مقابل، هدف احداث یک گود به عمق ۵ متر می‌باشد. چنانچه با توجه به جنس خاک منطقه، عمق بحرانی ۱۲ متر باشد. کدام‌یک از گزینه‌های زیر در مورد این گودبرداری صحیح است؟ (ویرایش سؤال)



۱) مهندس طراح بایستی برای طراحی و پایدارسازی گود از متخصص ذیصلاح کمک بگیرد.
۲) مسئولیت گودبرداری بر عهده مهندس طراح ساختمان است.
۳) در مورد پایدارسازی گود تشخیص پیمانکار ذیصلاح کفایت می‌کند.
۴) باید مسئولیت گودبرداری برعهده یک شرکت مهندسی ژئوتکنیک ذیصلاح واگذار گردد.

حل: برای حل این سؤال به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

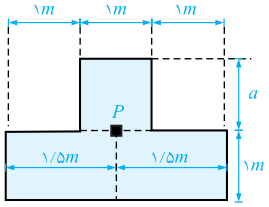
$$h \text{ (عمق گود از تراز صفر)} = ۵m \Rightarrow h > ۴m \xrightarrow[\text{مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰}]{\text{جدول ۷-۳-۱}} \text{خطر گود زیاد}$$

$$h' \text{ (عمق گود از زیرپی همسایه)} = ۳m \Rightarrow ۰ < h' < ۶m \xrightarrow[\text{مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰}]{\text{جدول ۷-۳-۱}} \text{خطر گود زیاد}$$

$\frac{h}{h_c}=\frac{۵}{۱۲}\simeq ۰/۴۲m \Rightarrow \frac{h}{h_c}<۰/۵m \xrightarrow[\text{مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰}]{\text{جدول ۷-۳-۱}}$ خطر گود معمولی

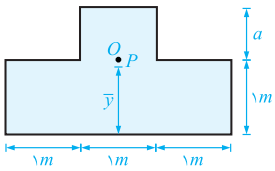
بنابراین با توجه به بند ۷-۳-۳-۶-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، خطر این گود باید زیاد در نظر گرفته شود، همچنین با مراجعه به بند ۷-۳-۳-۶-۹ مسئولیت طراحی گودبرداری به‌عهدهٔ یک شرکت ژئوتکنیک ذیصلاح خواهد بود. **بنابراین گزینه (۴) صحیح است.**

۴۳- پلان شکل مقابل ابعاد یک پی منفرد به ضخامت ۶۰۰ میلی‌متر را نشان می‌دهد. اگر در محاسبات از وزن پی صرف‌نظر شود، آنگاه مقدار a برحسب متر برای آنکه تنش در زیر پی تحت اثر نیروی محوری فشاری P (در موقعیت نشان داده شده)، یکنواخت باشد، به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟



۱) $\sqrt{۳}$
۲) $\sqrt{۲}$
۳) ۲
۴) ۳

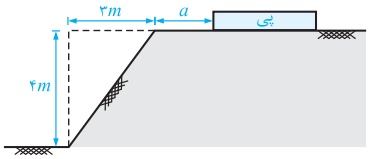
حل: برای آنکه توزیع تنش در زیر پی یکنواخت باشد بایستی بار ستون به مرکز سطح پی وارد شده باشد تا هیچگونه لنگری حول مرکز پی ایجاد نشده باشد. در ادامه محل مرکز سطح پی را به‌صورت زیر می‌یابیم:



$$\begin{cases}\bar{y}=۱m\\ \bar{y}=\dfrac{\sum \bar{y}_i A_i}{A_{\text{کل}}}=\dfrac{\frac{۱}{۲}\times(۳\times۱)+(\frac{a}{۲}+۱)\times(۱\times a)}{(۳\times۱)+(a\times۱)}\end{cases} \Rightarrow a=\sqrt{۳}m$$

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۴۴- جهت احداث یک پی در بالای شیب نشان داده شده در شکل مقابل، حداقل مقدار a برحسب متر جهت قرارگیری پی، بدون نیاز به تحلیل دقیق پایداری و تغییر شکل پی، به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟



۱) ۳
۲) ۴
۳) ۵
۴) ۶

حل: مطابق با بند ۷-۴-۷-۵- ب از مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، بایستی موقعیت پی در نزدیکی شیب به نحوی باشد که خطی با شیب ۲ افقی به ۱ قائم که از لبهٔ پی رسم می‌شود، با سطح شیب برخورد نکند. با ترسیم این خط خواهیم داشت:

تشابه هندسی: $\frac{۳+a}{۴}=\frac{۲}{۱} \Rightarrow a=۵m$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ بهمن ۹۷)

۴۵- در طراحی پی منفرد ساختمانی که با گودبرداری به عمق ۲/۵ متر همراه است، چنانچه فاصلهٔ آزاد بین دو پی مجاور با ابعاد سه متر در سه متر برابر ۸ متر باشد، کدام اندازه معیار تعیین عمق گمانه خواهد بود؟ (تألیفی)

۱) ۳ با در نظر گرفتن عمق گودبرداری
۲) ۶ متر با در نظر گرفتن عمق گودبرداری
۳) ۸ متر
۴) عرض ساختمان

حل: چون از پی منفرد استفاده شده است، مطابق با تبصره (۲) از بند ۷-۲-۳-۲-۱-۷ از مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، داریم:

عرض یک پی یعنی $۳m$ ملاک تعیین عمق گمانه خواهد بود. $\Rightarrow$ مجموع عرض پی‌ها $= ۳+۳=۶m <$ فاصلهٔ لب به لب پی‌ها $= ۸m$

البته باید عمق گود نیز به عمق گمانه اضافه شود. **بنابراین گزینه (۱) صحیح است.**

۴۶- برای تحلیل پی‌های انعطاف‌پذیر و به‌دست آوردن تنش زیر پی کدام روش صحیح است؟

۱) شبیه‌سازی خاک به‌صورت فنر (K_s)، با مقدار یکنواخت، مشروط بر اینکه پی به همراه روسازه تحلیل شود.
۲) شبیه‌سازی خاک به‌صورت فنر (K_s)، با مقدار یکنواخت
۳) شبیه‌سازی خاک به‌صورت فنر (K_s)، با سه مقدار $۱/۲۵K_s$، K_s و $۰/۸K_s$ و انتخاب بحرانی‌ترین نتایج آنها
۴) شبیه‌سازی خاک به‌صورت فنر (K_s)، با تغییرات لازم مقدار آن در زیر سطح پی متناسب با نشست‌ها

حل: با توجه به بند ۷-۴-۶-۳ از مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، در پی‌های انعطاف‌پذیر مقدار K_s نباید در زیر پی یکنواخت باشد و متناسب با نشست باید تغییر کند. **بنابراین گزینه (۴) صحیح است.**

۴۷- در طراحی یک دیوار وزنی حائل نگهبان به ارتفاع ۳/۵ متر، برای تأمین مقاومت لغزش در شرایط استاتیکی، به اصطکاک بین شالوده و خاک و نیروی مقاوم خاک جلوی دیوار اکتفا می‌شود. اگر نیروی رانش خاک پشت دیوار $37\,kN$ در واحد متر طول دیوار و مقاومت ناشی از اصطکاک بین شالوده و خاک $51\,kN$ در واحد متر طول دیوار باشد، حداقل مقاومت ناشی از نیروی مقاوم خاک جلوی دیوار برحسب کیلونیوتن در واحد متر طول دیوار به کدام‌یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (روش تنش مجاز مدنظر است.)

۱) صفر ۲) ۵ ۳) ۱۷ ۴) ۲۳

حل: شرط عدم لغزش دیوار: $FS_{\text{موجود}} \geq FS_{\text{لغزش}}$

براساس بند ۷-۵-۷-۱-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، چون جلوی دیوار حائل وزنی خاک مقاوم قرار دارد بایستی ضریب اطمینان لغزش دیوار را برابر ۲ در نظر بگیریم ($FS_{\text{لغزش}} = ۲$).

همچنین ضریب اطمینان موجود برابر می‌شود با: $FS_{\text{موجود}} = \frac{\sum F_{\text{مقاوم}}}{\sum F_{\text{مخرب}}} = \frac{F_{\text{مقاوم برشی کف}} + F_{\text{مقاوم خاک}}}{F_{\text{محرک خاک}}} = \frac{۵۱ + F_{\text{مقاوم خاک}}}{۳۷}$

در نهایت خواهیم داشت: $\frac{۵۱ + F_{\text{مقاوم خاک}}}{۳۷} \geq ۲ \Rightarrow F_{\text{مقاوم خاک}} \geq ۲۳\,kN$: شرط عدم لغزش دیوار

بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

۴۸- در دیوارهای اطراف زیرزمین که انتهای دیوار به سقف سازه متکی است، در شرایط بارگذاری استاتیکی برای تعیین فشار خاک در پشت دیوار از فشار خاک در کدام حالت باید استفاده شود؟ (شرایط خاصی از قبیل فشار آب، ریشه گیاهان، تورم خاک، یخبندان، برخاست و ترک کششی وجود ندارد و خاک پشت دیوار به‌صورت لایه‌لایه خاک‌ریزی و متراکم نشده است.)

۱) سکون ۲) مقاوم

۳) محرک ۴) بسته به مقدار تغییر شکل افقی، مقاوم یا محرک

حل: با توجه به بند ۷-۵-۵-۲-۵-۵ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، برای دیوار زیرزمین متصل به سقف، فشار خاک در شرایط استاتیکی باید در حالت سکون در نظر گرفته شود. **بنابراین گزینه (۱) صحیح است.**

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ مهر ۹۸)

۴۹- برای تحلیل پی‌های انعطاف‌پذیر و به‌دست آوردن تنش زیر پی، استفاده از کدام‌یک از روش‌های زیر قابل توصیه است؟

۱) مدل‌سازی خاک به‌صورت فنر با رفتار فشاری تنها به نحوی که سختی فنرها در لبه‌ها بیش از سختی آنها در قسمت‌های میانی باشد.

۲) مدل‌سازی خاک به‌صورت فنر با رفتار کششی و فشاری به نحوی که سختی فنرها در لبه‌ها بیش از سختی آنها در قسمت‌های میانی باشد.

۳) مدل‌سازی خاک به‌صورت فنر با رفتار کششی و فشاری و با سختی یکسان در تمام سطح پی

۴) مدل‌سازی خاک به‌صورت فنر با رفتار فشاری تنها و با سختی یکسان در تمام سطح پی

حل: برای پاسخ به این سؤال باید به دو نکتهٔ مهم زیر توجه نمود:

۱) مطابق با بند ۷-۴-۶-۳ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، بایستی فنرهای مدل در لبه‌ها، دارای سختی بیشتر (۲ برابر) نسبت به قسمت میانی باشند.

۲) چون خاک توانایی تحمل کشش ندارد و در قسمت‌های تحت کشش، پی و خاک از هم جدا می‌شوند، مدل‌سازی خاک به صورت فنرهای کششی در زیر پی نادرست می‌باشد و فقط باید خاک به‌صورت فنرهای فشاری مدل شود. **بنابراین گزینه (۱) صحیح است.**

۵۰- براساس طراحی به روش تنش مجاز در شرایط استاتیکی برای یک دیوار وزنی، مؤلفهٔ افقی بار طراحی وارد بر آن (شامل رانش محرک خاک) برابر $120\,kN/m$ و نیروی برشی مقاوم موجود بین سطح زیر آن و خاک برابر $160\,kN/m$ برآورد شده است. حداقل نیروی رانشی مقاوم خاک جلوی این دیوار که در اثر حرکت نسبی دیوار و زمین باید بسیج شود، حدوداً چقدر باشد تا گسیختگی خاک ناشی از لغزش دیوار صورت نگیرد؟

۱) $80\,kN/m$ ۲) $20\,kN/m$ ۳) $31\,kN/m$ ۴) $13\,kN/m$

حل: برای کنترل لغزش دیوار حائل وزنی باید بنویسیم: $F.S._{\text{لغزش}} = \frac{\sum F_{\text{مقاوم}}}{\sum F_{\text{محرک}}} \geq F.S._{\text{آیین‌نامه}}$

با توجه به بند ۷-۵-۷-۱-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، هنگامی‌که در مقابل دیوار، خاک مقاوم داریم، بایستی ضریب اطمینان ۲ را در طراحی در مقابل لغزش دیوار لحاظ کنیم (یعنی $F.S._{\text{آیین‌نامه}} = ۲$)

$\Rightarrow \frac{F_{\text{برش مقاوم}} + F_{\text{رانش مقاوم خاک}}}{F_{\text{رانش محرک خاک}}} \geq ۲ \Rightarrow \frac{۱۶۰ + F_{\text{رانش مقاوم خاک}}}{۱۲۰} \geq ۲ \Rightarrow F_{\text{رانش مقاوم خاک}} \geq ۸۰\,kN/m$

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۵۱- شمع بتنی درجاریز به قطر یک متر که تحت اثر بارهای استاتیکی قرار دارد، دارای مقاومت نهایی از روش تحلیلی $1000\,kN$ در کشش و $5000\,kN$ در فشار است. در محل پروژه اقدام به انجام آزمایش بارگذاری استاتیکی روی شمع‌ها شده است، ولی شمع‌ها تا بار گسیختگی بارگذاری نشده‌اند. بار کششی و فشاری مجاز این شمع حدوداً چقدر است؟

۱) بار کششی $250\,kN$ و فشاری $1250\,kN$
۲) بار کششی $455\,kN$ و فشاری $2273\,kN$
۳) بار کششی $334\,kN$ و فشاری $1667\,kN$
۴) بار کششی $400\,kN$ و فشاری $2000\,kN$

حل:

$$Q_{all}=\frac{Q_{ult}}{F.S.}$$

برای تعیین ضریب اطمینان بایستی توجه کنیم که ظرفیت باربری نهایی برچه اساسی به‌دست آمده است. چون در صورت سؤال گفته شده عددهای $1000\,kN$ و $5000\,kN$ از روش تحلیلی محاسبه شده‌اند و همچنین شمع درجاریز است، با مراجعه به جدول ۷-۶-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، بایستی $F.S=4$ لحاظ شود. پس می‌نویسیم:

$$Q_{all_{\text{فشاری}}}=\frac{Q_{ult_{\text{فشاری}}}}{FS}=\frac{5000}{4}=1250\,kN \qquad Q_{all_{\text{کششی}}}=\frac{Q_{ult_{\text{کششی}}}}{FS}=\frac{1000}{4}=250\,kN$$

توجه: از آنجا که شمع‌ها در آزمایش بارگذاری استاتیکی، تا بار گسیختگی بارگذاری نشده‌اند، مطابق با بند ۷-۶-۷-۱-۵ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، مجاز به استفاده از ضریب اطمینان $FS=2/2$ نمی‌باشیم و گزینهٔ (۲) به این علت غلط است. **بنابراین گزینه (۱) صحیح است.**

۵۲- در کدام‌یک از گزینه‌های زیر، مدل‌سازی خاک با فنر به تنهایی قابل قبول نیست؟

۱) تحلیل سازهٔ شالوده‌های گستردهٔ انعطاف‌پذیر
۲) تحلیل سازهٔ شالوده‌های نواری متعامد (شبکه‌ای) انعطاف‌پذیر
۳) تحلیل نیروها در گروه شمع با لحاظ نمودن ضرایب اندرکنش بین فنرها، در ساختمان‌های با اهمیت متوسط پنج طبقه
۴) محاسبهٔ نهایی نشست گروه شمع

حل: مطابق با بند ۷-۶-۶-۲-۲ از مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، در محاسبهٔ نشست نهایی گروه شمع، مدل‌سازی خاک با فنر قابل قبول نیست.
بنابراین گزینه (۴) صحیح است.

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ مهر ۹۹)

۵۳- برای شناسایی ژئوتکنیکی زمین یک ساختمان منفرد با سطح اشغال ۵۰۰ مترمربع، حفر حداقل چند گمانه الزامی است؟ اهمیت ساختمان زیاد است.

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۴ ۴) ۵ **(تألیفی)**

حل: جدول ۷-۲-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰ $\Rightarrow \begin{cases} \text{سطح اشغال} = 500\,m^2 \\ \text{ساختمان با اهمیت زیاد} \end{cases} \Rightarrow n=4$

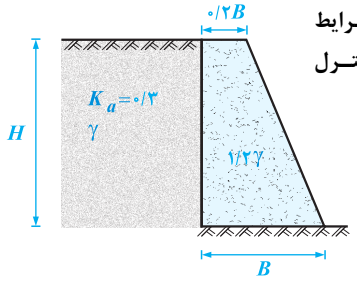
بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۵۴- فرض کنید برای ساخت یک ساختمان، گودبرداری با دیوار قائم صورت گرفته است. اگر نسبت عمق گود به عمق بحرانی برابر ۳، عمق گود از تراز صفر برابر ۱۵ متر و عمق گود از تراز زیر پی همسایه برابر ۱۰ متر باشد، خطر گود کدام‌یک از گزینه‌های زیر خواهد بود؟

۱) قابل تعیین نیست. ۲) معمولی ۳) بسیار زیاد ۴) زیاد

حل: چون نسبت عمق گود به عمق بحرانی $\left(\frac{h}{h_c}\right)$ برابر ۳ داده شده و بیشتر از ۲ می‌باشد، با مراجعه به جدول ۷-۳-۱ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، خطر این گود همواره بسیار زیاد خواهد بود و نیازی به کنترل سایر اطلاعات نمی‌باشد. **بنابراین گزینه (۳) صحیح است.**

۵۵- دیوار حایل وزنی با وزن مخصوص $1/2\gamma$ مطابق شکل جهت نگهداری خاک با وزن مخصوص γ در شرایط استاتیک در نظر گرفته شده است. در صورتی که پی دیوار جزئی از آن باشد، حداقل بُعد B برای کنترل واژگونی با فرض فشار محرک در طراحی به روش تنش مجاز به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

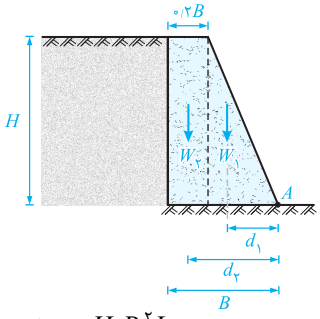


۱) $B=0/36H$
۲) $B=0/4H$
۳) $B=0/43H$
۴) $B=0/52H$

هل: برای کنترل دیوار وزنی داده شده در مقابل واژگونی باید ضریب اطمینان واژگونی را محاسبه کرده و آن را از ضریب اطمینان واژگونی داده شده در جدول ۷-۵-۳ از مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، (برای شرایط استاتیکی) بیشتر قرار دهیم.

$$F.S._{\text{واژگونی}}=\frac{\sum M_{\text{مقاوم}}}{\sum M_{\text{محرک}}}\geq F.S._{\text{آیین‌نامه}}=۱/۷۵$$

در ادامه به محاسبهٔ مقادیر لنگرهای مقاوم و محرک در این سؤال می‌پردازیم:



$$\sum M_{\text{محرک}}=\frac{۱}{۶}k_a\,\gamma H^{۳}L=\frac{۱}{۶}\times ۰/۳\times\gamma\times H^{۳}L=۰/۰۵\,\gamma H^{۳}$$

$$\sum M_{\text{مقاوم}}=W_۱\,d_۱\times W_۲\,d_۲=۱/۲\gamma V_۱\,d_۱+۱/۲\gamma V_۲\,d_۲$$

$$=۱/۲\gamma\left(\frac{۱}{۲}\times ۰/۸B\times H\times L\right)\times\frac{۲}{۳}\times ۰/۸B+۱/۲\gamma\left(۰/۲B\times H\times L\right)\times ۰/۹B=۰/۴۷۲\gamma\,H\,B^{۲}L$$

با جایگذاری مقادیر به‌دست آمده در رابطهٔ اولیهٔ حل خواهیم داشت:

$$\frac{۰/۴۷۲\gamma\,H\,B^{۲}L}{۰/۰۵\gamma H^{۳}L}\geq ۱/۷۵\;\Rightarrow\;B^{۲}\geq ۰/۱۸۵\,H^{۲}\;\Rightarrow\;B\geq ۰/۴۳H$$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۵۶- براساس روش‌های معتبر، بار فشاری طراحی یک شمع استوانه‌ای قائم منفرد برابر $۲۱۵۰kN$ به دست آمده است که ۳۰ درصد آن ناشی از مقاومت نوک شمع و ۷۰ درصد آن ناشی از مقاومت اصطکاکی جدارهٔ شمع است. در صورت عدم وجود آب در زمین در طول شمع و عدم انجام آزمایش بارگذاری استاتیکی کششی، براساس این اطلاعات، حداکثر بار محوری کششی طراحی همین شمع بدون احتساب وزن آن را در بهترین شرایط چه مقدار می‌توان لحاظ کرد؟ انتخاب نزدیک‌ترین گزینه به پاسخ مدنظر است.

۱) $۱۲۸۰kN$ ۲) $۱۵۰۵kN$ ۳) $۱۶۷۰kN$ ۴) $۱۸۳۰kN$

هل: می‌دانیم ظرفیت باربری کششی نهایی یک شمع برابر است با:

$$Q_{ult_t}=Q_s^{*}+W_{\text{شمع}}-F_{uplift}=Q_s^{*}$$

توضیح: در این سؤال از وزن شمع و نیروی *uplift* ناشی از فشار آب منطقه صرف‌نظر شده است. همچنین چون اطلاعات آزمایش بارگذاری کششی در دسترس نیست مطابق با بند ۷-۶-۴-۳-۶ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، Q_s^{*} برابر است با:

$$Q_s^{*}=(۰/۷\sim ۰/۸۵)\,Q_{s_{\text{فشاری}}}\xrightarrow{\text{در بهترین شرایط}}Q_{s_{max}}^{*}=۰/۸۵\,Q_{s_{\text{فشاری}}}$$

از طرفی با استفاده از اطلاعات سؤال می‌توانیم Q_s (ظرفیت باربری اصطکاکی جدارهٔ شمع در حالت فشاری) را به‌صورت زیر بیابیم:

$$Q_{ult_p}=Q_s+Q_p\xrightarrow[(Q_s)\text{ ٪۷۰ مقاومت جداره}]{(Q_p)\text{ ٪۳۰ مقاومت نوک}}Q_s=۰/۷\,Q_{ult_p}=۰/۷\times ۲۱۵۰=۱۵۰۵\,kN$$

در نهایت مقدار ظرفیت باربری کششی این شمع برابر می‌شود با:

$$Q_{s_{max}}^{*}=۰/۸۵\,Q_s=۰/۸۵\times ۱۵۰۵\simeq ۱۲۸۰\,kN\;\Rightarrow\;Q_{ult_t}=Q_s^{*}=۱۲۸۰\,kN$$

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

سؤالات مبحث ۷ (آزمون محاسبات ـ مرداد ۱۴۰۰)

۵۷- باربری فشاری یک شمع بتن آرمه (R_c) درجا به قطر ۱ متر و عمق ۱۲ متر در خاک دانه‌ای فاقد چسبندگی که ظرفیت باربری نوک آن $۱۳۰۰kN/m^{۲}$ است، با استفاده از روابط تحلیلی $۱۲۶۰kN$ محاسبه شده است. حداکثر نیروی مقاوم کششی این شمع در برابر بارهای غیر متناوب (R_t) براساس محاسبات به کدام‌یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ سطح آب‌های زیر زمینی بسیار پایین‌تر از نوک شمع است. جرم مخصوص بتن را $۲۵۰۰kg/m^{۳}$ در نظر بگیرید.

۱) $۴۴۰kN$ ۲) $۸۵۰kN$ ۳) $۱۰۷۰kN$ ۴) $۱۱۲۰kN$

هل: براساس بند ۷-۶-۴-۳-۳ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، ظرفیت باربری کششی شمع به‌صورت زیر به‌دست می‌آید: $Q_{ult_t}=Q_s^{*}+W-F_{uplift}$

در این سؤال چون گفته شده، تراز آب زیرزمینی خیلی پایین است، عملاً F_{uplift} نداریم. همچنین نیروی وزن شمع برابر می‌شود با:

$$W=\gamma V=۲۵\times(\pi\times\frac{۱^{۲}}{۴}\times ۱۲)\simeq ۲۴۰\,kN$$

$$\gamma\to ۲۵۰۰\,kg/m^{۳}=۲۵\,kN/m^{۳}$$

برای محاسبهٔ Q_s^{*} (مقاومت جدارهٔ شمع در حالت کششی) براساس بند ۷-۶-۴-۳-۶ این مقدار برابر ۰/۷ الی ۰/۸۵ ظرفیت باربری جدارهٔ شمع در حالت فشاری می‌باشد.

$Q_s^* = ۰/۷ \sim ۰/۸۵ \times Q_s$ فشاری $\xrightarrow{\text{گفته شده حداکثر مقدار ظرفیت}}$ $Q_s^* = ۰/۸۵ Q_s$ فشاری

حال به محاسبهٔ ظرفیت باربری جداره شمع در حالت فشاری می‌پردازیم:

$$\begin{cases} Q_{ult_c} = Q_s + Q_b & \text{باربری فشاری} \\ Q_b = q_b A_b = ۱۳۰۰ \times (\frac{\pi \times ۱^۲}{۴}) = ۱۰۲۱\, kN & \text{ظرفیت باربری نوک شمع} \end{cases} \Rightarrow ۱۲۶۰ = Q_s + ۱۰۲۱ \Rightarrow Q_s = ۲۳۹\, kN$$

($A_b = \frac{\pi D^۲}{۴}$)

حال ظرفیت باربری جداره شمع در حالت کششی را یافته و سپس ظرفیت باربری نهایی کششی شمع را به‌دست می‌آوریم:

$Q_s^* = ۰/۸۵ Q_{s\,\text{فشاری}} = ۰/۸۵ \times ۲۳۹ = ۲۰۳\, kN \Rightarrow Q_{ult_t} = Q_s^* + W = ۲۰۳ + ۲۴۰ = ۴۴۳\, kN$

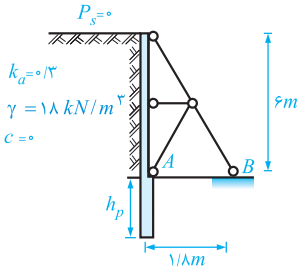
بنابراین گزینه (۱) صحیح است.

۵۸- خاک منطقه‌ای دارای خصوصیات مکانیکی به شرح $C = ۰/۰۲۶ MPa$ و $\varphi = ۳۰^\circ$ و $\gamma = ۱۹\, kN/m^۳$ می‌باشد. برای اجرای یک ساختمان با اهمیت زیاد در نظر است از تراز صفر زمین، گودبرداری قائمی به عمق $۲/۱ m$ صورت پذیرد. اگر سربار ناشی از ساختمان بدون اسکلت مجاور روی خاک محل، شدت باری معادل $۱۰ kN/m^۲$ ایجاد کند، در این صورت خطر گود را چگونه ارزیابی می‌کنید؟ کف گود از زیر پی همسایه ۱ متر پایین‌تر می‌باشد.

۱) خطر گود کم است. ۲) خطر گود معمولی است. ۳) خطر گود زیاد است. ۴) خطر گود بسیار زیاد است.

حل: براساس بند ۷-۳-۳-۶-۶- الف مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، چون ساختمان مجاور گود، فاقد اسکلت است، خطر گود قطعاً و بدون هیچ محاسبه‌ای بسیار زیاد خواهد بود. **بنابراین گزینه (۴) صحیح است.**

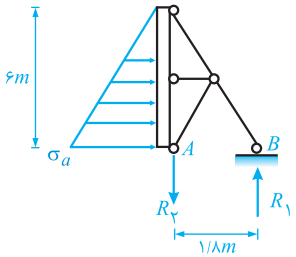
۵۹- در یک گودبرداری به عمق ۶ متر خاک، از سازه‌های نگهبان خرپایی به فواصل ۴ متر استفاده شده است. در صورتی که مقدار مقاومت یکنواخت اصطکاک (نهایی) جدار شمع درجاریز براساس روش تحلیلی و روش تنش مجاز بدون اعمال ضریب اطمینان برابر $۲۷۵ kN/m^۳$ باشد، حداقل طول مورد نیاز شمع برای این سازهٔ نگهبان به کدام‌یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ قطر شمع $۸۰۰ mm$ و وزن مخصوص بتن را $۲۵ kN/m^۳$ در نظر بگیرید. سطح آب زیرزمینی را خیلی پایین‌تر از سطح انتهای شمع و خاک را خشک در نظر بگیرید. از اثر نیروی جانبی بر شمع صرف‌نظر کنید.



۱) $h_y = ۱/۳۸\, m$ ۲) $h_y = ۱/۸۸\, m$

۳) $h_p = ۲/۵۰\, m$ ۴) $h_p = ۳/۲۴\, m$

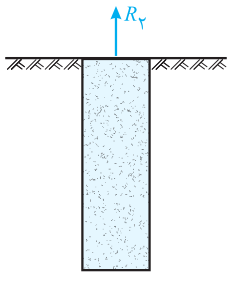
حل: ابتدا باید از تحلیل سازهٔ خرپایی مشخص کنیم چه نیرویی به شمع مذکور وارد می‌شود، سپس طول مورد نیاز شمع را به‌دست آوریم.



$$\begin{cases} \Sigma M_B = ۰ \Rightarrow F_{\text{خاک}} \times \frac{۶}{۳} = R_۲ \times ۱/۸\, m \\ F_{\text{خاک}} = \frac{۱}{۲} k_a \gamma H^۲ L = \frac{۱}{۲} \times ۰/۳ \times ۱۸ \times ۶^۲ \times ۴ \simeq ۳۹۰\, kN \end{cases}$$

$$\Rightarrow R_۲ = \frac{۳۹۰ \times ۲}{۱/۸} \simeq ۴۳۲\, kN$$

این نیرو به صورت کششی به شمع وارد می‌شود. پس داریم:



$$\begin{cases} R_۲ \le Q_{all_t} = \frac{Q_{ult_t}}{F.S} \\ Q_{ult_t} = Q_s^* + W - F_{uplift} \\ \text{شمع درجاریز و روابط تحلیلی} \xrightarrow[\text{مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰}]{\text{جدول ۷-۶-۱}} F.S = ۴ \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} ۴۳۲ \le \frac{Q_s^* + W}{۴} \\ Q_s^* = f_s A_s = ۲۷۵ \times (\pi \times ۰/۸ \times L) = ۶۹۱ L \\ W = \gamma V = ۲۵ \times \pi \times \frac{۰/۸^۲}{۴} \times L = ۱۲/۵۶ L \end{cases}$$

$$\Rightarrow ۴۳۲ \le \frac{۶۹۱ L + ۱۲/۵۶ L}{۴} \Rightarrow L \ge ۲/۴۵\, m$$

بنابراین گزینه (۳) صحیح است.

۶۰- برای اجرای ساختمانی به عرض $۱۰ m$ با پی نواری، گودی به عمق $۲/۵ m$ حفر می‌شود. چنانچه فاصلهٔ آزاد دو پی نواری مجاور به عرض $۱/۵ m$ برابر ۳ متر باشد، عمق گمانه‌های شناسایی زیر پی باید لااقل چقدر در نظر گرفته شود؟ (ویرایش سؤال)

۱) ۱۲/۵ متر ۲) ۱۰ متر ۳) ۵/۵ متر ۴) ۴ متر

حل: با توجه به بند ۷-۲-۳-۲-۱-۷- پ مبحث هفتم ویرایش ۱۴۰۰، حداقل عمق گمانه برابر عرض ساختمان است که با توجه به مورد (الف) در پایان تبصرهٔ (۲) این بند، باید عمق گود نیز به آن اضافه شود.

عمق نهایی گمانه $= ۱۰ + ۲/۵ = ۱۲/۵\ m$

بنابراین گزینه (۱) صحیح است.