به نام یکتا مهندس هستی

سری عمران

مقدمه مؤلف

مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان به موضوع ژئوتکنیک و طراحی پی‌های ساختمانی و سازه‌های نگهبان می‌پردازد. این مبحث یکی از سرفصل‌های همیشگی آزمون‌های نظام مهندسی عمران (محاسبات، نظارت و اجرا) بوده و علاوه بر آن، در آزمون‌های کارشناسی رسمی (دادگستری و قوه قضاییه) همواره سؤالاتی از آن مطرح می‌شود.

در این کتاب سعی کرده‌ایم تا تمامی مطالب لازم برای تسلط کامل برروی مطالب مبحث هفتم و موضوعات مرتبط با آن را به شما آموزش دهیم. در واقع شما با مطالعه این کتاب قادر خواهید بود به کلیه سؤالات مطرح شده از این مبحث در آزمون‌های نظام مهندسی و کارشناسی رسمی پاسخ دهید. اما ویژگی بارز این کتاب چیست که چنین ادعایی را در مورد آن مطرح می‌کنیم.

در این کتاب مطالب مربوط به مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان (ویرایش ۱۴۰۰) در قالب ۶ فصل ارائه شده‌اند. در بخش اول تمامی فصول، مهم‌ترین بندهای مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان ذکر شده‌اند. یعنی شما می‌توانید در جلسه آزمون نظام مهندسی (که یک آزمون کتاب باز است) تا حد خوبی از همین کتاب استفاده کنید. همچنین برخی از بندهای ذکر شده در مبحث هفتم که مبهم هستند و نیاز به توضیح بیشتر دارند، در قالب «تفسیر کاربردی» شرح داده شده‌اند. سپس با بررسی نمونه سؤالات آزمون‌های نظام مهندسی، کارشناسی رسمی و تألیفی شما را با ایده‌های طرح سؤال از هر موضوع آشنا نموده‌ایم.

در یک جمع‌بندی می‌توانیم بگوییم بخش اول هر یک از فصل‌های کتاب، شامل مهم‌ترین بندهای آیین‌نامه‌ای مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان (به‌صورت طبقه‌بندی شده و موضوعی)، تفسیر کاربردی بندهای مبهم و نکته‌دار و نمونه سؤالات تستی از آن موضوع می‌باشد. داوطلبان آزمون‌های نظارت و اجرا و همچنین آزمون‌های کارشناسی رسمی صرفاً می‌توانند مطالب این بخش‌ها را خوانده و از بخش محاسباتی (که در برخی از فصول وجود دارد) صرف‌نظر کنند. اگرچه به ندرت دیده‌ایم در آزمون‌های فوق سؤالات محاسباتی نیز طرح شده است!

در بخش دوم برخی از فصول (پی‌های سطحی، سازه‌های نگهبان و پی‌های عمیق) به مباحث محاسباتی پی و پی‌سازی پرداخته‌ایم. به‌طوری‌که پس از شرح درس هر بحث، یک «تمرین آموزشی» در مورد آن بحث مطرح کرده‌ایم که شما با حل و بررسی آن می‌توانید کاملاً با روند حل سؤالات آن بحث آشنا شوید. سپس با بررسی نمونه سؤالات آزمون‌های نظام مهندسی، کارشناسی رسمی و تألیفی شما را با انواع سؤالات در هر بحث آشنا می‌کنیم. مطالعه این بخش محاسباتی در فصل‌های مختلف کتاب بیشتر به داوطلبان آزمون محاسبات توصیه می‌شود. اگرچه داوطلبان این آزمون به هیچ وجه نباید از بخش‌های اول فصل‌های مختلف کتاب غافل شوند. چراکه بسیاری از سؤالات آزمون محاسبات، غیرمحاسباتی بوده و صرفاً از بندهای مبحث هفتم مطرح می‌شوند.

در اینجا لازم می‌دانم از تلاش‌های مؤسسه انتشاراتی سری عمران نهایت قدردانی را داشته باشم. در پایان برای یکایک شما عزیزان موفقیت و قبولی در آزمون‌های پیش‌رو و آزمون بزرگ زندگی را آرزومندم.

موفق و پیروز باشید

حسین فراهانی

Serie Omran

سری عمران

سری عمران

فهرست مطالب

فصل اول: پی‌های سطحی ۷
فصل دوم: فشار جانبی خاک و سازه‌های نگهبان ۵۷
فصل سوم: گودبرداری ۱۰۹
فصل چهارم: پی‌های عمیق (شمع‌ها) ۱۲۵
فصل پنجم: شناسایی ژئوتکنیکی زمین ۱۵۹
فصل ششم: ژئوتکنیک لرزه‌ای ۱۷۱

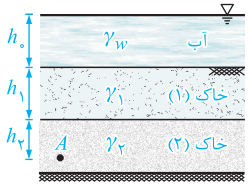
پیش فصل: یادآوری از مکانیک خاک

پی‌سازی یکی از شاخه‌های اصلی علم ژئوتکنیک می‌باشد که ارتباط تنگاتنگی با مباحثی از قبیل تنش مؤثر و همچنین مقاومت برشی خاک دارد. به همین منظور پیش از وارد شدن به مباحث پی‌سازی، مطالب مورد نیاز این دو موضوع از مکانیک خاک را در قالب نکات زیر ارائه می‌کنیم:

۱ محاسبهٔ مقادیر تنش‌ها در یک پروفیل خاک از مباحث مهم و مورد توجه در مکانیک خاک است. در یک نقطه از خاک، محاسبهٔ تنش مؤثر (σ')، فشار آب حفره‌ای (u) و تنش کل (σ) مدنظر قرار می‌گیرند که به ترتیب مربوط به دانه‌های جامد، آب و مجموع آب و دانه‌های جامد هستند. برهمین اساس، اصل تنش مؤثر بصورت زیر بیان می‌گردد:

$$\sigma = \sigma' + u \quad \text{یا} \quad \sigma' = \sigma - u$$

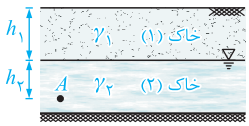
برای محاسبهٔ تنش‌ها، مطابق شکل زیر یک پروفیل خاک را در نظر بگیرید که تحت هیچگونه بارگذاری خارجی نبوده و آب در آن حرکت نداشته باشد. در این حالت مقادیر تنش‌ها برای نقطهٔ (A) به‌شرح زیر می‌باشند:



$$\sigma_A = \gamma_w h_0 + \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2$$
$$u_A = \gamma_w (h_0 + h_1 + h_2)$$
$$\sigma'_A = \sigma_A - u_A = \gamma'_1 h_1 + \gamma'_2 h_2$$

توجه کنید که در روابط فوق $\gamma_1 = \gamma_{sat_1}$ و $\gamma_2 = \gamma_{sat_2}$ می‌باشند، زیرا خاکِ قرار گرفته در زیر سفرهٔ آب زیرزمینی، اشباع است. همچنین $\gamma'_{1,2}$ وزن مخصوص غوطه‌وری خاک هستند که برابر $\gamma_{sat_{1,2}} - \gamma_w$ می‌باشد.

حال اگر سطح آب زیرزمینی تا سطح خاک (۲) پایین بیاید، در آن‌صورت خواهیم داشت:

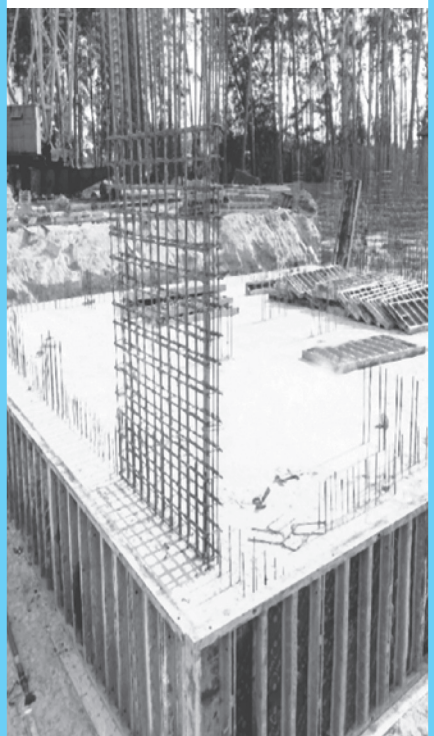


$$\sigma_A = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2$$
$$u_A = \gamma_w h_2$$
$$\sigma'_A = \sigma_A - u_A = \gamma_1 h_1 + \gamma'_2 h_2$$

که در روابط بالا γ_1 یا γ_{t_1} بوده و $\gamma_1 = \gamma_{d_1}$ و $\gamma_2 = \gamma_{sat_2}$ است.

سری عمران

فصل اول:
پی‌های سطحی



بخش اول

مروری بر ضوابط پی‌های سطحی در مبحث هفتم

مقدمه‌ای بر پی‌های سطحی

دوستان عزیز سلام! در این فصل قصد داریم تا بحث پی‌های سطحی را (که یکی از مهم‌ترین موضوعات مبحث هفتم می‌باشد) مورد بررسی قرار دهیم. بدین منظور در ابتدا با مهم‌ترین اصطلاحات و پارامترهای مرتبط با پی‌های سطحی که در مبحث هفتم مقررات ملّی ذکر شده‌اند، به اختصار آشنا می‌شویم. پس از آن ضمن بررسی و تفسیر بندهای این مبحث، سؤالات مطرح شده در آزمون‌های نظام مهندسی و همچنین سؤالات تألیفی هر موضوع را می‌بینیم.

۱ **عمق اجرایی پی:** عمق پی از سطح زمین که معمولاً آن را با D_f نشان می‌دهیم.

۲ **پی سطحی:** فونداسیونی است که عمق آن از سطح زمین (D_f) خیلی کم بوده به‌طوری‌که اگر B عرض (ضلع کوچکتر) پی باشد، رابطهٔ $D_f \leq 3B$ برقرار خواهد بود.

۳ **ظرفیت باربری:** حداکثر تنش فشاری قابل تحمل توسط خاک زیر پی می‌باشد.

۴ **لغزش پی:** جابجایی افقی پی ناشی از نیروی جانبی وارد بر آن را لغزش پی می‌گوییم.

۵ **نشست یکنواخت:** پایین رفتن متقارن پی و ساختمانِ روی آن ناشی از بارهای وارده، نشست یکنواخت پی نامیده می‌شود.

۶ **نشست غیریکنواخت:** نشست نابرابر در نقاط مختلف پی است.

۷ **چرخش پی:** در اثر نشست غیریکنواخت در پی، این عضو و سازه روی آن دچار چرخش می‌شوند.

۸ **آزمون‌های درجا:** یک سری آزمایش که در محل پروژه انجام می‌شوند.

۹ **نشست و چرخش مجاز سازه:** حداکثر نشست یکنواخت، غیریکنواخت و چرخشی که برای انواع پی‌ها و سازهٔ روی آنها قابل قبول است.

۱۰ **پی منفرد:** یک پی تکی (مربعی، دایره‌ای یا مستطیلی) که فقط یک ستون روی آن قرار دارد.

۱۱ **پی نواری:** یک پی مستطیلی طولانی که چندین ستون برروی آن واقع شده‌اند.

۱۲ **پی گسترده:** وقتی کل ستون‌های ساختمان برروی یک پی قرار می‌گیرند، به آن پی گسترده می‌گوییم.

۱۳ **ضریب اطمینان:** حداقل مقدار مورد نیاز برای نسبت عوامل (تنش‌ها، نیروها و یا لنگرهای) مقاوم به عوامل محرک است. مقادیر کافی و مناسب آن توسط آیین‌نامه مشخص می‌شود.

۱۴ **روش تنش مجاز:** در این روش ترکیب بارها بدون اعمال ضرایب افزاینده در نظر گرفته می‌شوند. همچنین نیروها و تنش‌های مقاوم خاک به ضریب اطمینان تقسیم می‌شوند و کاهش می‌یابند.

۱۵ **روش ضرایب بار و مقاومت:** در این روش از ترکیب بارهای ضریبدار استفاده می‌شود. همچنین نیروها و تنش‌های مقاوم با در نظر گرفتن ضرایب کاهش مقاومت، قدری کاهش می‌یابند.

۱۶ **پی صلب:** فونداسیونی که ضخامت آن نسبت به ابعادش قابل توجه بوده و خم‌شدگی برای آن در نظر نمی‌گیریم.

۱۷ **پی انعطاف‌پذیر:** فونداسیونی که ضخامت آن در مقایسه با ابعادش خیلی بزرگ نیست و می‌تواند دچار خمیدگی شود.

۱۸ k_s: ضریب عکس‌العمل بستر خاک زیر پی که در محاسبهٔ تنش و نشست پی تأثیرگذار است.

اکنون به بررسی بندهای مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان در مورد پی‌های سطحی پرداخته و آن‌ها را تفسیر می‌کنیم. همچنین در هر موضوع سؤالات آزمون‌های نظام مهندسی، کارشناسی رسمی و تست‌های تألیفی را نیز مشاهده و حل خواهیم نمود.

موضوع ۱: کنترل ظرفیت باربری در پی‌های سطحی

۷-۴-۲- الف -۲- گسیختگی خاک ناشی از کمبود ظرفیت باربری (مقاومت)

برای آنکه یک پی ایمنی کافی در برابر گسیختگی ناشی از کمبود ظرفیت باربری داشته باشد، باید نامساوی زیر در همهٔ حالات حدی نهایی و برای کلیهٔ ترکیبات بارگذاری برقرار شود.

$$F \le R$$

که در آن:

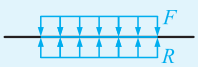
F: تنش طراحی ضرایب بار و مقاومت مقاومت است که شامل تنش حاصل از بار سازه (عمودی، افقی و لنگر)، وزن پی، خاک روی آن و بار ناشی از فشار آب در صورت وجود می‌باشد.

R: ظرفیت باربری نهایی خاک زیر پی می‌باشد. در محاسبهٔ R باید کلیهٔ ضرایب کاهنده یا افزاینده مربوط به شکل، شرایط هندسی پی، قرارگیری پی روی سطح شیبدار، خروج از مرکزیت و مایل بودن بار در نظر گرفته شود.

- در تعیین مقدار R در خاک‌های چسبنده، به دلیل وجود تغییرات مقاومت برشی خاک در اثر تغییرات فشار آب حفره‌ای و بارهای دینامیکی، باید شرایط کوتاه‌مدت و بلندمدت به طور جداگانه بررسی شوند.
- در مواردی که یک سازند مقاوم در زیر یک سازند ضعیف قرار دارد، در محاسبه R باید پارامترهای برشی سازند ضعیف بر حسب محل قرارگیری این سازند ضعیف در محاسبات دخالت داده شوند. همچنین اثر مثبت سازند مقاوم بر ظرفیت باربری باید منظور گردد.
- در مواردی که خاک پی متشکل از نهشته‌های چندلایه‌ای است، پارامترهای ژئوتکنیکی هر لایه باید در محاسبه R منظور شود.

تفسیر کاربردی نحوه کنترل اولیهٔ ظرفیت باربری خاک

خاک زیر پی نباید دچار گسیختگی شود، در غیر این صورت بدون آنکه المانی از سازه خراب شود، ناگهان کل ساختمان فرو می‌ریزد.



ساده‌ترین روش برای کنترل این موضوع آن است که بگوییم باید تنش ایجاد شده در زیر پی (F) ناشی از بارهای مرده و زنده و ... از ظرفیت باربری نهایی خاک (R) کمتر شود.

البته در برخی شرایط لازم است تنش در نقاط مختلف زیر پی را نیز به‌دست آورده و آن را با تنش مقاوم خاک مقایسه کنیم که در موضوع‌های بعدی به آن خواهیم پرداخت.

۷-۴-۳ ظرفیت باربری پی‌های سطحی

جهت تعیین ظرفیت باربری پی‌های سطحی می‌توان از یکی از روش‌های زیر بر حسب شرایط پروژه استفاده کرد.

- **استفاده از روابط نظری ظرفیت باربری**

با توجه به نوع خاک و پارامترهای به‌دست آمده از آزمایش‌های مکانیک خاک بر روی نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده اخذ شده از اعماق مختلف و نیز شرایط هندسی و بارگذاری پی، می‌توان از روابط موجود در مراجع معتبر مکانیک خاک و مهندسی پی ظرفیت باربری را تعیین نمود. در این راستا باید کلیهٔ ضرایب کاهنده و افزاینده را بر حسب شرایط هندسی و شرایط بارگذاری پی با توجه به نوع خاک در رابطهٔ اختیار شده بر حسب مورد در نظر گرفت.

- **استفاده از آزمون‌های برجا**

از نتایج آزمایش‌های برجا همانند نفوذ استاندارد، نفوذ مخروط، پرسیومتر، بارگذاری صفحه و غیره می‌توان به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم ظرفیت باربری را به دست آورد. همواره باید توجه داشت که روابط تجربی استفاده شده به این منظور باید از اعتبار کامل برخوردار بوده و با شرایط ساختگاه سازگاری داشته باشند. نظر کارشناسی متخصص ژئوتکنیک در این موارد باید اخذ شود.

تفسیر کاربردی بند ۷-۴-۳-۱

ظرفیت باربری (تنش نهایی قابل تحمل خاک) از رابطهٔ نظری (تئوری) زیر به‌دست می‌آید:

$$q_{ult} = \underbrace{c N_c s_c d_c i_c b_c g_c}_{\text{جملهٔ چسبندگی}} + \underbrace{q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q}_{\text{جملهٔ عمق}} + \underbrace{0/5 B \gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma}_{\text{جملهٔ عرض}}$$

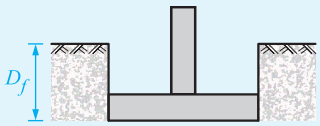
در این رابطه:

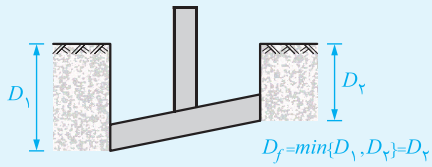
۱ N_c، N_q و N_γ ضرایب اصلی نامیده می‌شوند که طبق بند ۷-۴-۳-۱-۱ از روش هنسن به‌دست می‌آیند.

۲ s_c، s_q و s_γ ضرایب شکل هستند. اگر پی نواری باشد (یا $L \geq ۱۰B$ شود) این سه ضریب برابر یک در نظر گرفته می‌شوند (L طول و B عرض پی هستند).

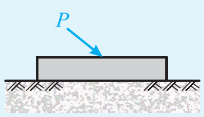
۳ d_c، d_q و d_γ ضرایب عمق هستند. اگر پی در سطح خاک باشد ($D_f = ۰$ شود) این سه ضریب برابر یک در نظر گرفته می‌شوند.

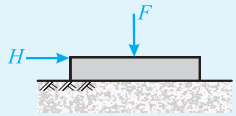
شکل‌های زیر منظور ما از عمق پی را در حالت‌های مختلف نشان می‌دهند.



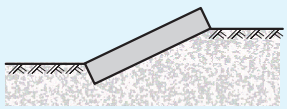


۴ i_c، i_q و i_γ ضرایب شیب بار هستند که اثر مایل بودن برآیند بار وارد بر پی را نشان می‌دهند. اگر بار به‌صورت عمود بر پی وارد شود، این سه ضریب برابر یک در نظر گرفته می‌شوند.

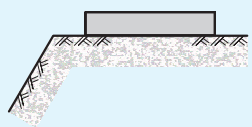




۵ b_c، b_q و b_γ ضرایب شیب کف پی و g_c، g_q و g_γ ضرایب شیب زمین کنار پی می‌باشند. اگر پی شیبدار نباشد ضرایب b برابر یک بوده و اگر زمین کنار پی شیبدار نباشد، ضرایب g نیز برابر یک خواهند بود.



پی شیبدار



سطح زمین کنار پی دارای شیب

۶ گاهی رابطهٔ ظرفیت باربری بدون در نظر گرفتن ضرایب فرعی به‌صورت ساده شدهٔ زیر نیز استفاده می‌شود:

$$q_{ult} = cN_c + q'N_q + ۰/۵BγN_\gamma$$

۷ اگر بار وارد بر پی خروج از مرکزیت داشته باشد، به‌جای B از B' استفاده می‌شود که این موضوع باعث کاهش ظرفیت باربری خواهد شد ($B' < B$).

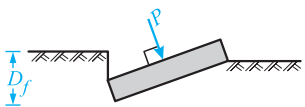
۸ اگر سطح آب زیرزمینی در نزدیکی پی باشد، γ (وزن مخصوص خاک) کاهش یافته و ظرفیت باربری نیز کاهش خواهد یافت.

علاوه‌بر روش‌های نظری (فرمول گفته شده در صفحهٔ قبل) می‌توان ظرفیت باربری نهایی خاک (q_{ult}) را با استفاده از یک سری آزمایش میدانی (درجا) در محل پروژه نیز به‌دست آورد که در مبحث هفتم مقررات ملّی ساختمان به سه آزمایش نفوذ استاندارد (SPT)، نفوذ مخروط (CPT)، پرسیومتری (فشارسنجی یا PMT) و بارگذاری صفحه (PLT) اشاره شده است.

با انجام این آزمایش‌ها می‌توانیم مستقیماً و با استفاده از یک رابطهٔ تجربی، مقدار ظرفیت باربری خاک را مشخص کنیم. همچنین می‌توانیم پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاک (ϕ'، c'، E_s و...) را به‌دست آورده و براساس آنها مقدار ظرفیت باربری خاک را محاسبه کنیم.

بررسی چندتست

تست ۱: برای پی شکل زیر، باید اثر کدام عوامل لحاظ شوند؟ (پی مربعی است.)



۱) فقط ضرایب b

۲) ضرایب b، i و s

۳) ضرایب b و s

۴) ضرایب b، d و s

حل: بار P عمود بر پی است. پس ضرایب i برابر یک هستند. همچنین زمین کناری بدون شیب است و ضرایب g هم برابر یک می‌باشند. عمق مدفون پی از سطح خاک نیز باید کمترین عمق طرفین پی در نظر گرفته شود که چون در سمت راست، پی بدون عمق مدفون است، می‌گوییم $D_f = ۰$ بوده و ضرایب d نیز برابر یک خواهند بود. **بنابراین گزینهٔ (۳) صحیح است.**

سری عمران

فصل ششم:
ژئوتکنیک لرزه‌ای

موضوع (۱): مطالعات ویژه زلزله طرح

برای برخی از ساختمان‌ها طبق شرایط مندرج در استاندارد ۲۸۰۰ باید مطالعات خاص برآورد مخاطره‌پذیری زلزله و محاسبات طیف ویژه طراحی و ارائه تاریخچه زمانی شتاب طراحی ساختگاه به عنوان «زلزله طرح» به شرح زیر انجام گیرد:

۷-۷-۲-۲-۱- تحلیل مخاطره‌پذیری

برای انجام برآورد مخاطره‌پذیری زلزله از روش متعارف «تحلیل احتمالی مخاطره‌پذیری» می‌تواند استفاده شود. در این نوع تحلیل پارامترهای حرکت زمین در سنگ بستر لرزه‌ای محاسبه می‌شوند. منظور از «پارامترهای حرکت زمین» مقادیر مربوط به شتاب، سرعت، جابجایی و نیز سایر پارامترهای طیفی و زمانی زمین‌لرزه است. پارامترهای حرکت زمین در یک خاستگاه براساس موقعیت ساختگاه نسبت به منابع لرزه‌زا، توان لرزه‌ایی و مکانیزم گسیختگی منابع لرزه‌زا محاسبه و پیشنهاد می‌شود. این مطالعه باید توسط مهندس ذیصلاح این موضوع و با در نظر گرفتن نکات زیر و در پنج مرحله کلی انجام شود:

الف) شناسایی و مشخص نمودن تمامی منابع لرزه‌زا که قادر به تولید زمین‌لرزه موثر بر ساختگاه مورد مطالعه هستند.

ب) ارائه رابطه دوره بازگشت زلزله‌ها و انتخاب پارامترهای لرزه‌خیزی مناسب برای هر منبع لرزه‌زا با استفاده از کاتالوگ زلزله منطقه یا روش‌های مناسب دیگر، در صورت نبود یا نقصان داده‌های کاتالوگ.

پ) انتخاب روابط کاهیدگی مناسب.

ت) تعیین مخاطره‌پذیری زلزله در محل سایت بر حسب پارامترهای زلزله طرح که در قالب منحنی مخاطره زلزله و با محاسبه احتمال رخداد پارامتر حرکتی مورد نظر ارائه می‌شود.

ث) بر اساس پارامترهای حرکتی و طیف طرح ویژه ساختگاه، به‌دست آمده در رقوم سنگ بستر لرزه‌ای، نگاشت‌های تاریخچه زمانی شتاب قابل ارائه‌اند. برای محاسبه پارامترهای حرکت قوی زلزله طرح و نیز ارائه نگاشت‌ها مناسب برای آن می‌توان از نرم‌افزارهای معتبر استفاده کرد.

موضوع (۲): تحلیل اثر ساختگاه

حرکت ناشی از زلزله از سنگ بستر لرزه‌ای وارد لایه‌های سطحی رسوبی شده و با عبور از آن به پی سازه‌ها می‌رسد. اثراتی که مشخصات لایه‌های سطحی بر حرکت ناشی از زلزله در تراز پی می‌گذارد از اهمیت زیادی برخوردار بوده و باید در تعیین پارامترها، طیف پاسخ و تاریخچه زمانی حرکت زمین (زلزله طرح) در نظر گرفته شوند. اثر ساختگاه به دلیل وجود عوامل زیر بوجود می‌آید:

- قرارگیری لایه‌های (نهشته‌های) نرم رسوبی بر روی لایه‌های سخت رسوبی یا سنگی
- توپوگرافی سطحی
- توپوگرافی عمقی لایه‌های رسوبی و سنگ بستر لرزه‌ای

۷-۷-۲-۳-۱- تاثیر لایه‌های رسوبی سطحی

مهمترین نمود اثر ساختگاه به‌صورت تأثیر لایه‌های سطحی رسوبی بر پارامترهای حرکتی زلزله عبوری از این لایه‌ها است. در صورتی که لایه‌های رسوبی سطحی افقی یا تقریباً افقی باشند و هیچ‌گونه توپوگرافی سطحی و عمقی قابل ملاحظه‌ای در ساختگاه وجود نداشته باشد می‌توان از تحلیل‌های یک بعدی دینامیکی به روش خطی معادل برای تعیین مشخصات زلزله در سطح خاک استفاده کرد. در خصوص ساختگاه‌های با هندسه محرز دیا سه‌بعدی غیرخطی استفاده کرد. در صورتی که لایه‌های سطحی اشباع باشند باید از تحلیل‌های مناسبی که تغییرات تنش مؤثر در آن‌ها قابل مدل‌سازی است استفاده شود.

ملاحظات زیر برای انجام تحلیل‌های دینامیکی اثر ساختگاه باید در نظر گرفته شود:

- در شناسایی‌های ژئوتکنیکی علاوه بر تعیین مشخصات متعارف لایه‌های خاک، سرعت موج برشی، مدول برشی حداکثر G_{max} و منحنی‌های تغییرات غیرخطی $G_{max}-\gamma$ و $D-\gamma$ برای انجام تحلیل‌های دینامیکی یک بعدی به روش خطی معادل تعیین گردند.

در خصوص ساختمان‌ها توصیه می‌شود که تعیین پارامترهای دینامیکی خاک‌ها با تهیه نمونه‌های دست‌نخورده و با انجام آزمایش‌های دینامیکی مناسب با اندازه‌گیری در محدوده کرنش‌های برشی از 10^{-6} الی 10^{-2} انجام گیرد. برای پوشش دادن این محدوده از کرنش‌ها باید حتی‌الامکان از آزمایش‌های المان خمشی، ستون تشدید و سه محوری دینامیکی استفاده شود.

- زلزله ورودی برای تحلیل، بسته به اینکه در برونزدگی سنگی یا در رقوم عمقی سنگ بستر لرزه‌ای شده باشد با روش متناسب در تحلیل اعمال شود. این زلزله ورودی می‌تواند مربوط به زلزله‌های طبیعی رخداده باشد یا با استفاده از روش‌های ریاضی به صورت شتاب نگاشت مصنوعی تهیه شود.

تاریخچه زمانی شتاب برای تحلیل دینامیکی ساختگاه باید متناسب با مشخصات لرزه‌ای منطقه انتخاب شوند. این نگاشت‌ها باید با توجه به پارامترهای حرکتی زلزله ساختگاه با روش مناسبی مقیاس شوند.

- نتایج به دست آمده با توجه به میزان اهمیت ساختگاه و سازه در مورد نظر و با ملاحظه میزان عدم قطعیت در محاسبات، در قالب پارامترهای حرکتی از جمله شتاب حداکثر و نیز طیف‌های پاسخ حرکت در سطح زمین برای استفاده در طراحی لرزه‌ای سازه‌های رویی ارائه شوند. همچنین در صورت نیاز برای سازه‌های با اهمیت بالا تعداد کافی نگاشت تاریخچه زمانی شتاب باید با روش مناسبی ارائه شوند.

بررسی یک تست

تست ۱: در تحلیل اثر ساختگاه در خصوص ساختمان‌ها و برای تعیین پارامترهای دینامیکی خاک‌ها، کدام عبارت صحیح است؟

۱) باید از نمونه‌های دست نخورده و با اندازه‌گیری کرنش‌های برشی در محدودهٔ 10^{-4} الی 10^{-1} استفاده کرد.

۲) می‌توان از نمونه‌های دست خورده و یا دست نخورده و با اندازه‌گیری کرنش‌های برشی در محدودهٔ 10^{-6} الی 10^{-2} استفاده کرد.

۳) باید از نمونه‌های دست نخورده و با اندازه‌گیری کرنش‌های برشی در محدودهٔ 10^{-6} الی 10^{-2} استفاده کرد.

۴) می‌توان از نمونه‌های دست خورده و یا دست نخورده و با اندازه‌گیری کرنش‌های برشی در محدودهٔ 10^{-6} الی 10^{-1} استفاده کرد.

حل: با توجه به توضیحات ذکر شده در مبحث هفتم، گزینهٔ (۳) صحیح است.

موضوع (۳): تأثیرات توپوگرافی سطحی و عمقی

الف) توپوگرافی سطحی

یکی دیگر از مصادیق مهم اثر ساختگاه تأثیر توپوگرافی سطحی زمین بر پارامترهای حرکت زمین است و چنانچه سازه مورد طراحی بر روی بلندی یا در دامنه یک شیب قرار داشته باشد باید به این موضوع توجه ویژه مبذول شود. چنانچه ارتفاع شیب بیش از ۳۰ متر، زاویه شیب دامنه بیش از ۱۵ درجه بوده و سازه در $\frac{1}{3}$ فوقانی شیب قرار داشته باشد حرکت زمین دچار بزرگنمایی می‌شود و ضرایب پیشنهادی در استاندارد ۲۸۰۰ برای منظور کردن بزرگنمایی باید مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از نرم‌افزارهای مناسب که تأثیر توپوگرافی را مدل می‌سازند توصیه می‌شود.

در خصوص سازه‌های با اهمیت بالا استفاده از تحلیل دینامیکی دیا سه بعدی متناسب با در نظر گرفتن اثرات همزمان توپوگرافی و لایه‌های رسوبی توصیه می‌گردد.

ب) توپوگرافی عمقی

توپوگرافی سنگ بستر لرزه‌ای می‌تواند بر پارامترهای حرکت زمین تأثیر بگذارد. دره‌های تنگ پر شده از نهشته‌های نرم خاکی و نیز قسمت‌هایی از حوضه یا تشتک زمین‌شناسی که سنگ بستر لرزه‌ای به صورت بیرون‌زدگی از رسوب سر بر می‌آورد (گوشه یا لبه حوضه)، نمونه‌های شاخصی از وجود اثرات توپوگرافی عمقی است. چنانچه سازه‌های تحت طراحی در چنین نقاطی قرار داشته باشند برای تحلیل دینامیکی اثرات ساختگاهی ضروری است از تحلیل‌های دیا سه بعدی با در نظر گرفتن اثرات همزمان توپوگرافی و لایه‌های رسوبی استفاده شود و بکارگیری تحلیل‌های یک بعدی مجاز نیست.

موضوع (۴): روانگرایی

روانگرایی به ناپایداری لایه‌های خاک اشباع در اثر کاهش تنش مؤثر و در نتیجه کاهش مقاومت برشی اطلاق می‌گردد که در اثر افزایش فشار آب حفره‌ای ناشی از تغییر شکل برشی حاصل از زلزله ایجاد می‌شود. این پدیده به عنوان یک مخاطره ژئوتکنیکی زلزله به حساب می‌آید که می‌تواند آثار و عوارض مختلفی ایجاد نماید باعث آسیب به سازه‌ها و ابنیه گردد.