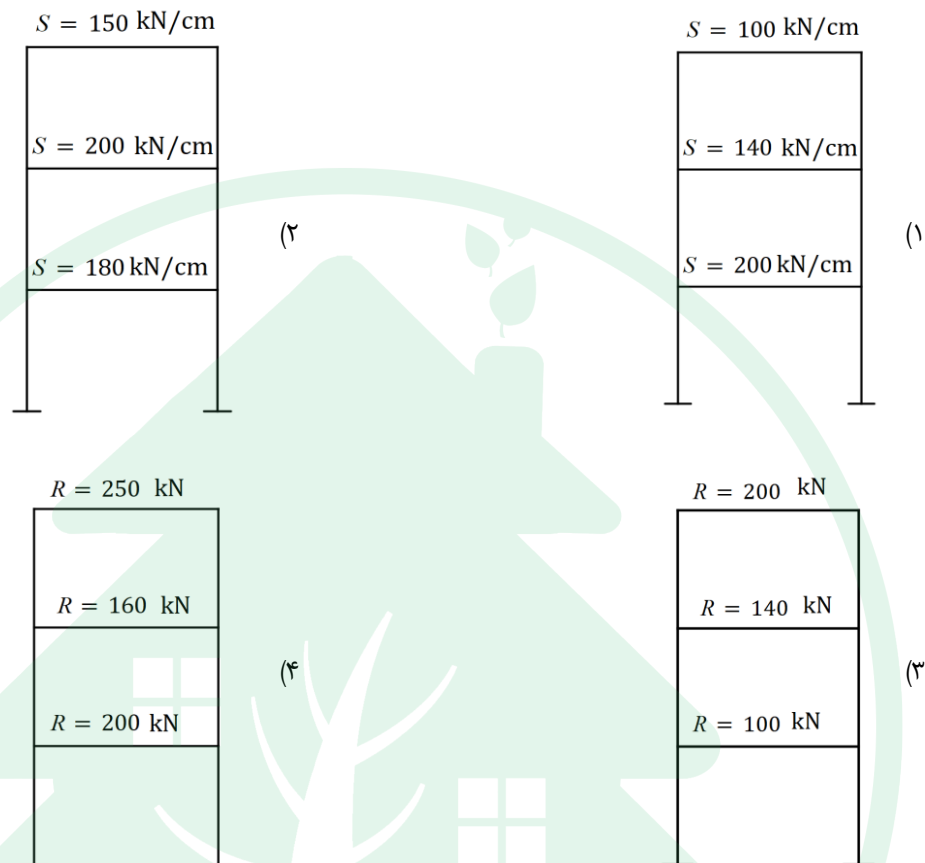


۷- کدامیک از سازه‌های زیر را نمی‌توان در شهر تهران ساخت؟ (تپ خاک IV بوده و R نماینده مقاومت جانبی و S نماینده سختی جانبی طبقات است).



۸- ساختمان یک بیمارستان روی خاک نوع III در شهرستان کرج دارای ده طبقه بوده و ارتفاع هر طبقه 3.4 متر می‌باشد. زمان تناوب حاصل از تحلیل برای این سازه 0.8 ثانیه به‌دست آمده و سیستم استفاده‌شده در هر دو جهت قاب خمشی بتنی ویژه به همراه دیوار برشی بتن آرمه ویژه است. وزن مؤثر لرزه‌ای هر طبقه 1400 کیلونیوتن می‌باشد و جداگرهای میانقابی، مانعی در برابر حرکت سازه ایجاد نمی‌کنند. مقدار نیروی زلزله در این سازه برحسب کیلونیوتن چقدر است؟ (جدول شتاب طیفی در برابر زمان تناوب طیف ویژه ساختگاه مطابق زیر است و می‌توان از درون‌یابی خطی استفاده کرد. زمان تناوب تحلیلی داده شده در طیف طرح استاندارد مورد استفاده قرار گیرد.)

|        |     |      |     |      |     |
|--------|-----|------|-----|------|-----|
| T(sec) | 0.7 | 0.75 | 0.8 | 0.85 | 0.9 |
| Sa(g)  | 0.6 | 0.65 | 0.7 | 0.65 | 0.5 |

(۱) 1306 (۲) 1288 (۳) 1830 (۴) 934

۹- برای ساخت ساختمان تجاری بر روی خاک نوع I در شهر اصفهان، قرار است از قاب خمشی بتنی ویژه استفاده شود. تعداد طبقات این ساختمان 24 طبقه و ارتفاع هر طبقه 3.5 متر می‌باشد. زمان تناوب حاصل از تحلیل 1.35 ثانیه به‌دست آمده است. با در نظر گرفتن اثر میانقاب‌ها، ضریب زلزله این سازه در کدام گزینه به‌درستی بیان شده است؟

(۱) 0.0273 (۲) 0.03 (۳) 0.0185 (۴) 0.0292



پاسخ‌های استاندارد ۲۸۰۰ (تعداد سوالات: ۷)

حل سؤال ۷ (محدودیت ساختمان‌های نامنظم)

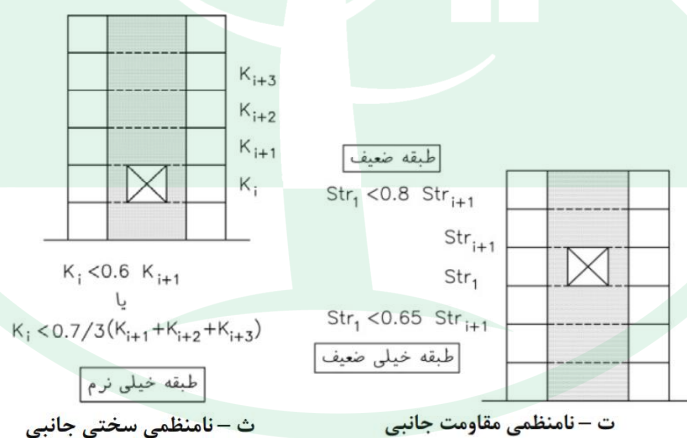
با توجه به اینکه در گزینه‌ها مقادیر مقاومت جانبی (R) و سختی جانبی (S) داده شده است، پس برای حل سؤال باید از بند ۳-۷-۱ استاندارد ۲۸۰۰ استفاده کنیم:

۳-۷-۱ محدودیت در احداث ساختمان‌های نامنظم

الف- احداث ساختمان‌های با نامنظمی "طبقه خیلی ضعیف" در مناطق با خطر نسبی متوسط و بالاتر مجاز نیست و در مناطق با خطر نسبی کم، ارتفاع آنها نمی‌تواند بیش از سه طبقه و یا ۱۰ متر باشد.

ب- احداث ساختمان‌های با نامنظمی از نوع "طبقه خیلی نرم" و "شدید پیچشی" در مناطق با خطر نسبی متوسط و بالاتر، تنها بر روی زمین‌های نوع I، II و III مجاز است.

در بند فوق، محدودیت‌هایی برای ساختمان‌های با طبقه خیلی ضعیف (مربوط به نامنظمی مقاومت جانبی طبق بند ۳-۷-۱-ت)، طبقه خیلی نرم (نامنظمی سختی جانبی طبق بند ۳-۷-۱-ث) و نامنظمی شدید پیچشی (طبق بند ۳-۷-۱-ب) در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه در این سؤال، اطلاعات مربوط به مقاومت جانبی و سختی جانبی داده شده است، پس باید برای گزینه ۱ و ۲، طبقه خیلی نرم و برای گزینه ۳ و ۴، طبقه خیلی ضعیف را کنترل کنیم.



مطابق پیوست ۱ استاندارد ۲۸۰۰، تهران در منطقه با خطر نسبی بسیار زیاد قرار دارد. اکنون به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینه اول) کنترل عدم وجود طبقه خیلی نرم:

$$K_1 \geq 0.6K_2 \rightarrow 200 \geq 0.6 * 140 = 84 \text{ OK}$$

$$K_2 \geq 0.6K_3 \rightarrow 140 \geq 0.6 * 100 = 60 \text{ OK}$$

بنابراین این سازه دارای طبقه نرم نبوده و می‌تواند در محل با خطر نسبی بسیار زیاد (تهران) ساخته شود.

گزینه دوم) کنترل عدم وجود طبقه خیلی نرم:

$$K_1 \geq 0.6K_2 \rightarrow 180 \geq 0.6 * 200 = 120 \text{ OK}$$

$$K_2 \geq 0.6K_3 \rightarrow 200 \geq 0.6 * 150 = 90 \text{ OK}$$

بنابراین این سازه دارای طبقه نرم نبوده و می‌تواند در محل با خطر نسبی بسیار زیاد (تهران) ساخته شود.



گزینه سوم) کنترل عدم وجود طبقه خیلی ضعیف:

$$Str_1 \geq 0.6Str_2 \rightarrow 100 \geq 0.65 * 140 = 91 \text{ OK}$$

$$Str_2 \geq 0.6Str_3 \rightarrow 140 \geq 0.65 * 200 = 130 \text{ OK}$$

بنابراین این سازه خیلی ضعیف نبوده و می تواند در محل با خطر نسبی خیلی زیاد (تهران) ساخته شود.

گزینه چهارم) کنترل عدم وجود طبقه خیلی ضعیف:

$$Str_1 \geq 0.6Str_2 \rightarrow 200 \geq 0.65 * 160 = 104 \text{ OK}$$

$$Str_2 \geq 0.6Str_3 \rightarrow 160 \geq 0.65 * 250 = 162.5 \text{ N. OK}$$

بنابراین طبقه دوم خیلی ضعیف بوده و این سازه نمی تواند در محل با خطر نسبی خیلی زیاد ساخته شود.

نکات:

۱- در مورد ب بند ۱-۷-۳، شرط طبقه خیلی نرم و نامنظمی شدید پیچشی، نیاز نیست به طور هم زمان اتفاق بیفتند. یعنی هر کدام از این نامنظمی ها، به تنهایی هم وجود داشته باشند، در مناطق با خطر نسبی متوسط و بالاتر، نباید بر روی زمین نوع IV ساخته شوند (فقط در مناطق با خطر نسبی کم، می توان روی زمین نوع VI احداث کرد).

۲- با توجه به اینکه در گزینه های ۱ و ۲، تعداد طبقات بیشتر از ۳ طبقه نیست، نمی توان رابطه  $K_i < 0.7/3(K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$  را کنترل کرد و صرفاً رابطه  $K_i < 0.6K_{i+1}$  را کنترل می کنیم.

**پاسخ: گزینه ۴**

**حل سؤال ۸ (طیف طرح ویژه ساختگاه).....**

با توجه به اینکه در سؤال، طیف طرح ساختگاه داده شده است، پس برای محاسبه زمان تناوب سازه، از بند ۲-۵-۲ استاندارد ۲۸۰۰ استفاده می کنیم:

#### ۲-۵-۲ طیف طرح ویژه ساختگاه

این طیف با استفاده از مشخصات زلزله های منطقه ساختگاه و با توجه به ویژگی های زمین شناسی، تکتونیکی، لرزه شناسی، میزان خطرپذیری و مشخصات خاک در لایه های مختلف ساختگاه، و با به کارگیری نسبت میرائی ۵ درصد تعیین می گردد. در صورتی که نوع ساختمان و سطح زلزله مورد نظر نسبت میرائی متفاوتی را ایجاب کند، می توان آن را مبنای تهیه طیف قرار داد. مقادیر محاسبه شده این طیف باید در ضریب اهمیت ۱ و عکس ضریب رفتار  $1/R_u$  ضرب گردد.

مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه نباید کمتر از ۸۰ درصد مقادیر طیف طرح استاندارد اختیار شود.

طیف طرح ویژه را می توان در کلیه ساختمان ها به کاربرد، ولی استفاده از آن در ساختگاه هایی که مطابق بند (۲-۴-۵) مطالعات ویژه ساختگاه برای آنها الزامی است و نیز در مورد ساختمان هایی که طبق بند (۲-۲-۳) مشمول استفاده از روش تحلیل دینامیکی می شوند و در آنها یکی از شرایط زیر موجود است، الزامی است.

مطابق بند فوق، طیف طرح ویژه ساختگاه نباید از ۸۰ درصد مقادیر طیف طرح استاندارد کمتر باشد. یعنی:

$$AB = \max \{0.8(AB)_{\text{طیف طرح استاندارد}}, (AB)_{\text{طیف طرح ویژه ساختگاه}}\}$$



توجه کنید که شتاب طیفی (Sa) همان حاصل ضرب  $A*B$  می باشد. سیستم باربر جانبی سازه، سیستم دوگانه قاب خمشی بتنی ویژه + دیوار برشی بتنی ویژه بوده و در نتیجه داریم:

نکته مهم: برای طیف طرح ویژه ساختگاه محدودیت 1.25 زمان تناوب تجربی با زمان تناوب تحلیلی بررسی نمی شود و زمان تناوب اصلی سازه همان زمان تناوب تحلیلی متناسب با  $(Sa)/g$  می باشد.

$$T = 0.8 \text{ sec}$$

$$T_{\text{تجربی}} = 0.05H^{0.75} = 0.05(10 * 3.4)^{0.75} = 0.7 \text{ sec}$$

بند ۳-۳-۱

$$T = \min \{1.25T_{\text{تجربی}}, T_{\text{تحلیلی}}\} = \min \{1.25 * 0.7 = 0.88, 0.8\} = 0.8 \text{ sec}$$

بیمارستان در گروه اهمیتی ۱ قرار دارد و مطابق جدول ۳-۳ ضریب اهمیت آن،  $I = 1.4$  است. همچنین مطابق پیوست ۱ استاندارد ۲۸۰۰، شهر کرج در منطقه با خطر نسبی بسیار زیاد قرار دارد و مطابق جدول ۱-۲،  $A = 0.35$  می باشد. با توجه به اینکه نوع خاک III است، مطابق جدول ۲-۲ پارامترهای  $T_0, T_s$  و  $S_0$  را استخراج کرده و سپس مطابق بند ۳-۲، ضریب بازتاب ساختمان (B) را محاسبه می کنیم:

جدول ۲-۲ پارامترهای مربوط به روابط (۲-۲)

| نوع زمین | $T_0$ | $T_s$ | خطر نسبی کم و متوسط |      | خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد |      |
|----------|-------|-------|---------------------|------|---------------------------|------|
|          |       |       | $S_0$               | S    | $S_0$                     | S    |
| I        | ۰/۱   | ۰/۴   | ۱                   | ۱/۵  | ۱                         | ۱/۵  |
| II       | ۰/۱   | ۰/۵   | ۱                   | ۱/۵  | ۱                         | ۱/۵  |
| III      | ۰/۱۵  | ۰/۷   | ۱/۱                 | ۱/۷۵ | ۱/۱                       | ۱/۷۵ |
| IV       | ۰/۱۵  | ۱/۰   | ۱/۳                 | ۲/۲۵ | ۱/۱                       | ۱/۷۵ |

$$T_0 = 0.15 \text{ و } T_s = 0.7 \text{ و } S = 1.75 \text{ و } S_0 = 1.1$$

$$T = 0.8 > T_s = 0.7 \rightarrow B_1 = (S + 1) \left( \frac{T_s}{T} \right) = (1.75 + 1) \left( \frac{0.7}{0.8} \right) = 2.406$$

$$T_s = 0.7 < T = 0.8 < 4 \text{ sec} \rightarrow N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.7}{4 - 0.7} (0.8 - 0.7) + 1 = 1.0212$$

$$\rightarrow B = B_1 N = 2.406 * 1.0212 = 2.457 \rightarrow (AB)_{\text{طیف طرح استاندارد}} = 0.35 * 2.457 = 0.86$$

با توجه به اینکه زمان تناوب سازه  $T = 0.8 \text{ sec}$  است، شتاب طیفی طرح ویژه ساختگاه مطابق جدول داده شده در صورت سؤال برابر است با:

$$T = 0.8 \text{ sec} \rightarrow Sa = 0.7 \rightarrow (AB)_{\text{طیف طرح ویژه ساختگاه}} = 0.7$$



در نتیجه:

$$AB = \max\{0.8(AB)_{\text{طیف طرح استاندارد}}, (AB)_{\text{طیف طرح ویژه ساختگاه}}\} = \max\{0.8 * 0.86 = 0.688, 0.7\} = 0.7$$

ضریب رفتار سیستم قاب خمشی بتنی ویژه + دیوار برشی بتنی ویژه مطابق جدول ۴-۳،  $R_u = 7.5$  است. اکنون مطابق بند ۳-۳-۱-۱ داریم:

$$\rightarrow V = C * W = \frac{(AB)I}{R_u} * W = \frac{(0.7) * 1.4}{7.5} * (10 * 1400) = 0.1306 * 14000 = 1829.3 \text{ KN}$$

$$V_{u \min} = 0.12AIW = 0.12 * 0.35 * 1.4 * (10 * 1400) = 823.2 \text{ KN} \leq 1829.3 \text{ KN} \quad OK$$

نکات:

- ۱- با توجه به مشخصاتی که از سازه‌ی مذکور در صورت سؤال اشاره شده و طبق بند ۲-۵-۲، استفاده از طیف طرح ویژه ساختگاه برای این سازه الزامی نیست (کنترل کنید) اما توجه داشته باشید که طبق بند فوق، طیف طرح ویژه ساختگاه را می‌توان برای تمام سازه‌ها استفاده کرد و محدودیتی ندارد.
- ۲- طبق بند ۳-۵-۳-۳ برای ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد (بیمارستان) و در مناطق با خطر نسبی زیاد (کرج)، فقط باید از سیستم‌های باربر جانبی استفاده شود که عناوین "ویژه" دارند که این موضوع در این سؤال، رعایت شده است.

پاسخ: گزینه ۳

**حل سؤال ۹ (ضریب زلزله)**

مطابق بند ۳-۳-۱-۱ ضریب زلزله را محاسبه کرده و با حداقل ضریب زلزله (رابطه ۳-۳) مقایسه می‌کنیم.

سیستم باربر جانبی سازه، سیستم قاب خمشی بتنی ویژه بوده و طبق متن سؤال، جداگرهای میانقابی مانعی در برابر حرکت ایجاد می‌کنند:

$$T_{\text{تجربی}} = 0.8 * 0.05H^{0.9} = 0.8 * 0.05(24 * 3.5)^{0.9} = 2.157 \text{ sec}$$

بند ۳-۳-۱-۳

$$T = \min\{1.25T_{\text{تجربی}}, T_{\text{تحلیلی}}\} = \min\{1.25 * 2.157 = 2.7, 1.35\} = 1.35 \text{ sec}$$

تبصره بند ۳-۳-۱-۳

ساختمان تجاری در گروه اهمیتی ۳ قرار دارد و مطابق جدول ۳-۳ ضریب اهمیت آن،  $I = 1$  است. همچنین مطابق پیوست ۱ استاندارد

۲۸۰۰، شهر اصفهان در منطقه با خطر نسبی متوسط قرار دارد و مطابق جدول ۱-۲،  $A = 0.25$  می‌باشد. با توجه به اینکه نوع خاک I است،

مطابق جدول ۲-۲ پارامترهای  $T_0, T_s, S_0$  و  $S$  را استخراج کرده و سپس مطابق بند ۲-۳، ضریب بازتاب ساختمان (B) را محاسبه می‌کنیم:



جدول ۲-۲ پارامترهای مربوط به روابط (۲-۲)

| خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد |      | خطر نسبی کم و متوسط |      | $T_s$ | $T_0$ | نوع زمین |
|---------------------------|------|---------------------|------|-------|-------|----------|
| $S_0$                     | $S$  | $S_0$               | $S$  |       |       |          |
| ۱                         | ۱/۵  | ۱                   | ۱/۵  | ۰/۴   | ۰/۱   | I        |
| ۱                         | ۱/۵  | ۱                   | ۱/۵  | ۰/۵   | ۰/۱   | II       |
| ۱/۱                       | ۱/۷۵ | ۱/۱                 | ۱/۷۵ | ۰/۷   | ۰/۱۵  | III      |
| ۱/۱                       | ۱/۷۵ | ۱/۳                 | ۲/۲۵ | ۱/۰   | ۰/۱۵  | IV       |

$$T_0 = 0.1, T_s = 0.4, S = 1.5, S_0 = 1$$

$$T = 1.35 > T_s = 0.4 \rightarrow B_1 = (S + 1) \left( \frac{T_s}{T} \right) = (1.5 + 1) \left( \frac{0.4}{1.35} \right) = 0.74$$

$$T_s = 0.4 < T = 1.35 < 4 \text{ sec} \rightarrow N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.4}{4 - 0.4} (1.35 - 0.4) + 1 = 1.105$$

$$\rightarrow B = B_1 N = 0.74 * 1.105 = 0.818$$

سیستم باربر جانبی، قاب خمشی بتنی ویژه بوده و ضریب رفتار ساختمان مطابق جدول ۴-۳،  $R_u = 7.5$  است. اکنون مطابق بند ۱-۱-۳-۳ داریم:

$$\rightarrow C = \frac{ABI}{R_u} = \frac{0.25 * 0.818 * 1}{7.5} = 0.0272$$

$$C_{min} = 0.12AI = 0.12 * 0.25 * 1 = 0.03 \leq 0.0272 \quad NOT OK \rightarrow C = 0.03$$

پاسخ: گزینه ۲

سبزسازه