

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جدول شناسنامه اثر	
کد آموزش	۳۱۳-۰۰۶-۰۰۱
عنوان اثر	پاسخ سوالات آزمون نظام مهندسی - پاسخ سوالات مبحث ۶ و استاندارد ۲۸۰۰ از آزمون محاسبات نظام مهندسی آبان ماه ۱۴۰۳
تالیف	گروه مهندسی سیویل ژئوتک (civilgeotech)
نویسنده	مهندس سید محمد صادق آل محمد
آدرس سایت	https://civilgeotech.ir/
ایمیل	info@civilgeotech.ir
نوع	فایل pdf
تعداد کل صفحات	۲۵ صفحه
فرهیخته گرامی: بازنشر این فایل باعث تضییع حقوق مادی و معنوی سایت سیویل ژئوتک خواهد شد و کپی بخش یا تمام این اثر شرعا و قانونا حرام و ممنوع است. لطفا فایل این آموزش را از سایت اصلی ما دریافت کنید.	



فهرست مطالب

پاسخ سوالات مبحث ۶ و استاندارد ۲۸۰۰ از آزمون محاسبات نظام مهندسی آبان ماه ۱۴۰۳.....	۲
۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند.....	۲
۲- پاسخ سوالات استاندارد ۲۸۰۰ از آزمون محاسبات نظام مهندسی آبان ماه ۱۴۰۳.....	۲
۱-۲- سوال ۶.....	۲
۲-۲- سوال ۷.....	۳
۳-۲- سوال ۸.....	۵
۴-۲- سوال ۹.....	۶
۵-۲- سوال ۱۰.....	۸
۶-۲- سوال ۱۱.....	۹
۷-۲- سوال ۱۴.....	۱۰
۸-۲- سوال ۱۵.....	۱۲
۹-۲- سوال ۱۶.....	۱۳
۱۰-۲- سوال ۱۷.....	۱۵
۱۱-۲- سوال ۱۸.....	۱۷
۳- پاسخ سوالات مبحث ۶ از آزمون محاسبات نظام مهندسی آبان ماه ۱۴۰۳.....	۲۰
۱-۳- سوال ۴.....	۲۰
۲-۳- سوال ۵.....	۲۱
۳-۳- سوال ۱۲.....	۲۲
۴-۳- سوال ۱۳.....	۲۴
۴- مراجع.....	۲۴



پاسخ سوالات مبحث ۶ و استاندارد ۲۸۰۰ از آزمون محاسبات نظام مهندسی آبان ماه ۱۴۰۳

۱- آنچه در این آموزش خواهیم خواند...

در این آموزش پاسخ تشریحی سوالات مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) و استاندارد ۲۸۰۰ (آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله) از آزمون محاسبات نظام مهندسی آبان ماه ۱۴۰۳ داده شده است. پاسخ سوالات براساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و ویرایش سال ۱۳۹۸ مبحث ۶ می‌باشد.

۲- پاسخ سوالات استاندارد ۲۸۰۰ از آزمون محاسبات نظام مهندسی آبان ماه ۱۴۰۳

۱-۲ سوال ۶

در تحلیل به روش استاتیکی معادل، حداکثر نیروی جانبی زلزله در حد مقاومت وارد بر یک جان پناه طره‌ای غیرسازه‌ای متکی بر سازه اصلی که در محلی بالاتر از مرکز ثقل جزء مهار شده است و واقع در طبقه دوم یک ساختمان ۸ طبقه به ارتفاع ۳۲ متر از تراز پایه و اهمیت خیلی زیاد که در پهنه با خطر نسبی زیاد بر روی خاک نوع II احداث می‌شود، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ جزء غیرسازه‌ای مورد نظر برای خدمت رسانی بی وقفه سازه لازم است. همچنین وزن جزء غیرسازه‌ای همراه با محتویات آن در زمان بهره برداری ۵۰ KN بوده و ارتفاع مرکز جرم آن از تراز پایه ۵ متر است.

(۱) 84 KN

(۲) 8.4 KN

(۳) 16 KN

(۴) 11 KN

برای پاسخ به این سوال به بندهای زیر مراجعه می‌کنیم.

۲-۱-۱ روش تحلیل استاتیکی معادل

در این روش نیروی جانبی زلزله طبق رابطه (۱-۴) محاسبه شده و بر مرکز جرم جزء اثر داده می‌شود. توزیع این نیرو بین بخش‌های مختلف جزء به نسبت جرم آنهاست.

$$V_{pu} = \frac{0.4a_p A(1+S)W_p I_p}{R_{pu}} \left(1 + 2 \frac{Z}{H}\right) \quad (1-4)$$

در این رابطه:

V_{pu} = نیروی جانبی زلزله در حد مقاومت. برای تعیین این نیرو در حد تنش‌های مجاز

باید این مقدار به ۱/۴ تقسیم شود.

A = شتاب پایه، طبق بند ۲-۲

S = ضریب شتاب طیفی طبق بند (۲-۳)

a_p = ضریب بزرگنمایی جزء طبق جدول (۱-۴) یا (۲-۴)

I_p = ضریب اهمیت جزء طبق بند (۳-۱-۴)

W_p = وزن جزء سازه‌ای همراه با محتویات آن در زمان بهره‌برداری

R_{pu} = ضریب رفتار جزء طبق جدول (۱-۴) یا (۲-۴).

Z = ارتفاع مرکز جرم جزء از تراز پایه. مقدار Z لازم نیست بیشتر از H در نظر گرفته شود.

H = ارتفاع متوسط بام ساختمان از تراز پایه

مقدار V_{pu} در هیچ حالت نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$V_{pu}(\min) = 0.3A(1+S)I_p W_p \quad (2-4)$$

همچنین مقدار V_{pu} لزومی ندارد بیشتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$V_{pu}(\max) = 1.6A(1+S)I_p W_p \quad (3-4)$$



جدول ۱-۲ نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲۰

جدول ۱-۴ ضرایب اجزای معماری

جزء معماری	a_p	R_{pu}
۱- دیوار غیرسازه‌ای داخلی و تیغه - دیوار غیرمسلح مصالح بنایی - انواع دیگر دیوار و تیغه	۱	۱/۵
۲- اجزای طره‌ای نظیر جان‌پناه، دیوار غیرسازه‌ای و دودکش که مهار نشده یا در محلی پایین‌تر از مرکز ثقل جزء مهار شده باشد.	۲/۵	۲/۵
۳- اجزای طره‌ای نظیر جان‌پناه، دودکش و دیوار غیرسازه‌ای که در محلی بالاتر از مرکز ثقل جزء مهار شده باشند.	۱	۲/۵

۳-۱-۴ ضریب اهمیت جزء

اجزای غیرسازه‌ای برحسب میزان آسیب‌رسانی ناشی از خرابی آنها به دو گروه تقسیم و در تعیین نیروی جانبی زلزله برای هر یک "ضریب اهمیت جزء" خاص در نظر گرفته می‌شود. این ضریب برای اجزاء زیر برابر با ۱/۴ و برای سایر اجزا برابر ۱/۰ می‌باشد:

الف- جزء در داخل و یا متکی به سازه با اهمیت خیلی زیاد بوده و حفظ آن برای خدمت‌رسانی بی‌وقفه سازه لازم باشد.

ب- محتوای جزء مواد خطرناک با امکان ایجاد مسمومیت زیاد و یا انفجار باشد.

پ- خدمت‌رسانی جزء برای تأمین عملکرد ایمنی جانی پس از زلزله لازم باشد، مانند سیستم اطفای حریق و پلکان فرار

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

بنابراین داریم:

$$V_{pu} = \frac{0.4a_p A(1+S)W_p I_p}{R_{pu}} \left(1 + 2 \frac{Z}{H}\right) = \frac{0.4 \times 1 \times 0.3 \times (1+1.5) \times 50 \times 1.4}{2.5} \times \left(1 + 2 \times \frac{5}{32}\right) = 11.03 \text{ KN}$$

$$V_{pu}(\min) = 0.3A(1+S)W_p I_p = 0.3 \times 0.3 \times (1+1.5) \times 50 \times 1.4 = 15.75 \text{ KN}$$

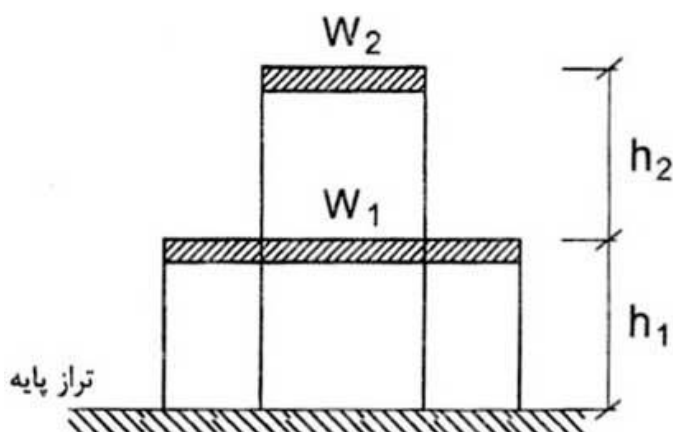
$$V_{pu}(\max) = 1.6A(1+S)W_p I_p = 1.6 \times 0.3 \times (1+1.5) \times 50 \times 1.4 = 84 \text{ KN}$$

$$V_{pu} \neq V_{pu}(\min) \rightarrow V_{pu} = V_{pu}(\min) = 15.75 \text{ KN} \approx 16 \text{ KN}$$

پاسخ صحیح گزینه ۳ می‌باشد.

۲-۲- سوال ۷

فرض کنید زمان تناوب اصلی ساختمان نشان داده شده در شکل زیر کمتر از ۰،۴ ثانیه است. به ازای کدام یک از روابط زیر در تحلیل به روش استاتیکی معادل، مقدار نیروی جانبی وارد به طبقه اول برابر نیروی جانبی وارد به طبقه دوم خواهد بود؟ W_1 و W_2 به ترتیب وزن موثر لرزه‌ای طبقات اول و دوم هستند. $W_2 < W_1$



$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{W_1}{W_1 - W_2} \quad (۱)$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{W_2}{W_1 - W_2} \quad (۲)$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{W_2}{W_1 + W_2} \quad (۳)$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{W_1}{W_1 + W_2} \quad (۴)$$



برای پاسخ به این سوال به بند زیر مراجعه می‌کنیم.

۳-۳-۶ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

نیروی برشی پایه V_u ، که طبق بند (۳-۳-۱) محاسبه شده است، مطابق رابطه زیر در ارتفاع ساختمان توزیع می‌گردد:

$$F_{ui} = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V_u \quad (۳-۶)$$

در این رابطه:

F_{ui} : نیروی جانبی در تراز طبقه i

W_i : وزن طبقه i شامل وزن سقف و قسمتی از سربرار آن مطابق جدول (۳-۱) و نصف وزن دیوارها و ستون‌هایی که در بالا و پایین سقف قرار گرفته‌اند.

h_i : ارتفاع تراز سقف طبقه i از تراز پایه

n : تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا

k : ضریبی است که با توجه به زمان تناوب نوسان اصلی سازه T از رابطه زیر به‌دست آورده می‌شود:

$$K=0.5T+0.75 \quad 0.5 \leq T \leq 2.5 \text{ Sec} \quad (۳-۷)$$

مقدار K برای مقادیر T کوچک‌تر از 0.5 ثانیه و بزرگ‌تر از 2.5 ثانیه باید به ترتیب برابر با $1/0$ و $2/0$ در نظر گرفته شود.

بنابراین داریم:

$$\rightarrow F_{u1} = \frac{w_1 * h_1}{[w_1 h_1 + w_2 (h_1 + h_2)]} * V_u$$

$$\rightarrow F_{u2} = \frac{w_2 * (h_1 + h_2)}{[w_1 h_1 + w_2 (h_1 + h_2)]} * V_u$$

$$\rightarrow F_{u1} = F_{u2}$$

$$\rightarrow \frac{w_1 * h_1}{[w_1 h_1 + w_2 (h_1 + h_2)]} * V_u = \frac{w_2 * (h_1 + h_2)}{[w_1 h_1 + w_2 (h_1 + h_2)]} * V_u$$

$$\rightarrow w_1 * h_1 = w_2 * (h_1 + h_2)$$

$$\rightarrow h_1 (w_1 - w_2) = w_2 * h_2$$

$$\rightarrow \frac{h_1}{h_2} = \frac{w_2}{w_1 - w_2}$$

پاسخ صحیح گزینه ۲ می‌باشد.



۲-۳- سوال ۸

در یک ساختمان فولادی ۷ طبقه از روی تراز پایه از نوع قاب خمشی فولادی ویژه، با کاربری درمانگاه، دارای ارتفاع طبقات یکسان و برابر ۳٫۶۵ متر است. اگر زمان تناوب تحلیلی این ساختمان ۱٫۳ ثانیه باشد برای کنترل تغییر مکان جانبی نسبی این ساختمان در برابر زلزله طرح بزرگترین مقدار زمان تناوب اصلی قابل قبول به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قابها ایجاد نمی نمایند و ساختمان در منطقه با خطر نسبی زیاد و بر روی زمین نوع II احداث شده است.

(۱) ۱٫۱۴ ثانیه

(۲) ۱٫۳ ثانیه

(۳) ۰٫۹۱ ثانیه

(۴) ۰٫۷۳ ثانیه

برای پاسخ به این سوال به بندهای زیر مراجعه می کنیم.

۳-۵-۳ در محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه Δ_e ، برای رعایت محدودیت های فوق، مقدار برش پایه در رابطه (۱-۳) را می توان بدون منظور کردن محدودیت مربوط به زمان تناوب اصلی ساختمان T در تبصره بند (۱-۳-۳) تعیین کرد. ولی در ساختمان های با اهمیت خیلی زیاد محدودیت آن بند در مورد زمان تناوب اصلی باید رعایت شود. در هر حال، رعایت رابطه (۳-۳) از بند (۱-۱-۳-۳) در خصوص حداقل برش پایه در محاسبات تغییر مکان نسبی ضروری است.

۱-۶ گروه بندی ساختمان ها بر حسب اهمیت

ساختمان ها بر حسب نوع کاربری و میزان آسیب رسانی ناشی از خرابی آنها به چهار گروه اهمیت تقسیم می شوند:

گروه ۱- ساختمان های «با اهمیت خیلی زیاد»

این گروه شامل دو دسته زیر است:

الف- ساختمان های ضروری:

این گروه شامل ساختمان هایی است که قابل استفاده بودن آنها پس از وقوع زلزله اهمیت خاص دارد و وقفه در بهره برداری از آنها غیر مستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می شود؛ مانند بیمارستان ها و درمانگاه ها، مراکز آتش نشانی، مراکز و تأسیسات آبرسانی، ساختمان های نیروگاه ها و تأسیسات برق رسانی، برج های مراقبت فرودگاه ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تأسیسات نظامی و انتظامی، مراکز کمک رسانی و به طور کلی تمام ساختمان هایی که استفاده از آنها در نجات و امداد مؤثر می باشد.

۳-۳-۳ زمان تناوب اصلی نوسان، T

۳-۳-۳-۱ ساختمان های متعارف

ساختمان های متعارف به ساختمان هایی اطلاق می شود که توزیع جرم و سختی در ارتفاع آنها عمدتاً به صورت متناسب تغییر کند. در این ساختمان ها زمان تناوب اصلی نوسان را می توان از روابط تجربی زیر به دست آورد.

الف- برای ساختمان های با سیستم قاب خمشی

۱- در مواردی که جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قابها ایجاد نمایند:

- در قاب های فولادی

$$T = 0.08H^{0.75}$$

(۳-۳)



بنابراین داریم:

$$T_a = 0.08(H)^{0.75} = 0.08(7 * 3.65)^{0.75} = 0.91s$$

$$T_m = 1.3s$$

$$T_{\text{اصلی}} = \min(1.25T_a, T_m) = \min(1.25 * 0.91 \approx 1.14s, 1.3s) = 1.14s$$

پاسخ صحیح گزینه ۱ می باشد.

۲-۴ سوال ۹

فرض کنید زمان تناوب اصلی یک ساختمان ۱۰ طبقه (ساختمان A) با زمان تناوب اصلی یک ساختمان ۱۱ طبقه (ساختمان B) یکسان و برابر ۱,۲ ثانیه است. ساختمان A در منطقه با خطر نسبی متوسط بر روی خاک نوع I و ساختمان B در منطقه با خطر نسبی زیاد بر روی خاک نوع II احداث شده است. نسبت ضریب بازتاب ساختمان A به ضریب بازتاب ساختمان B به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟

(۱) ۰,۸۵ ثانیه

(۲) ۰,۷۶ ثانیه

(۳) ۰,۹۷ ثانیه

(۴) ۱,۰۸ ثانیه

برای پاسخ به این سوال به بندهای زیر مراجعه 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	۱/۳	۱/۷۵

۲-۳-۲ ضریب اصلاح طیف، N ، به شرح زیر تعیین می شود:

الف- برای پهنه های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$N=1 \quad T < T_s$$

$$N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 \quad T_s < T < 4 \text{ sec} \quad (۳-۲)$$

$$N=1.7 \quad T > 4 \text{ sec}$$

ب- برای پهنه های با خطر نسبی متوسط و کم

$$N=1 \quad T < T_s$$

$$N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 \quad T_s < T < 4 \text{ sec} \quad (۴-۲)$$

$$N=1.4 \quad T > 4 \text{ sec}$$

۲-۳ ضریب بازتاب ساختمان، B

ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین با توجه به نوع آن است. این ضریب با استفاده از رابطه زیر تعیین می شود:

$$B=B_1N \quad (۱-۲)$$

در این رابطه B_1 ضریب شکل طیف و N ضریب اصلاح طیف است.

۱-۳-۲ ضریب شکل طیف، B_1 ، با در نظر گرفتن بزرگ نمایی خاک در پریودهای مختلف و میزان لرزه خیزی منطقه مشخص می شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از شکل های (۱-۲-الف) و (۱-۲-ب) تعیین می گردد.

$$B_1 = S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) \quad 0 < T < T_0$$

$$B_1 = S + 1 \quad T_0 < T < T_s \quad (۲-۲)$$

$$B_1 = (S + 1)(T_s/T) \quad T > T_s$$

در این روابط:

T : زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیه است. این زمان طبق بند (۳-۳-۳) تعیین می شود.
 S_0 و S : T_s و T_0 پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی منطقه وابسته اند.
 مقادیر این پارامترها در جدول (۲-۲) و انواع زمین ها در بند (۴-۲) مشخص شده اند.

در ساختمان A داریم:

$$\rightarrow T = 1.2s$$

$$\rightarrow T_s = 0.4s$$

$$\rightarrow T_s < T < 4S$$

$$\rightarrow S = 1.5$$

$$\rightarrow B_1 = (S + 1) * \frac{T_s}{T} = (1.5 + 1) * \frac{0.4}{1.2} = 0.834$$

$$\rightarrow N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.4}{4 - 0.4} (1.2 - 0.4) + 1 = 1.09$$

$$\rightarrow B_{\text{ساختمان A}} = B_1 * N = 1.09 * 0.834 = 0.91$$

در ساختمان B داریم:

$$\rightarrow T = 1.2s$$

$$\rightarrow T_s = 0.5s$$

$$\rightarrow T_s < T < 4S$$

$$\rightarrow S = 1.5$$

$$\rightarrow B_1 = (S + 1) * \frac{T_s}{T} = (1.5 + 1) * \frac{0.5}{1.2} = 1.042$$

$$\rightarrow N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.7}{4 - 0.5} (1.2 - 0.5) + 1 = 1.14$$

$$\rightarrow B_{\text{ساختمان B}} = B_1 * N = 1.042 * 1.14 = 1.188$$

بنابراین:

$$\rightarrow \frac{B_{\text{ساختمان A}}}{B_{\text{ساختمان B}}} = \frac{0.91}{1.188} = 0.766$$

پاسخ صحیح گزینه ۲ می باشد.



۲-۵- سوال ۱۰

فرض کنید زمان تناوب اصلی یک ساختمان ۸ طبقه (ساختمان A) با زمان تناوب اصلی یک ساختمان ۹ طبقه (ساختمان B) یکسان است. ساختمان A در منطقه با خطر نسبی متوسط بر روی خاک نوع II و ساختمان B در منطقه با خطر نسبی زیاد بر روی خاک نوع III احداث شده است. به ازای کدام یک از زمان‌های تناوب اصلی زیر مقدار ضریب اصلاح طیف ساختمان A برابر مقدار ضریب اصلاح طیف ساختمان B خواهد بود؟

(۱) ۱,۰۳ ثانیه

(۲) ۰,۸۳ ثانیه

(۳) ۱,۱۳ ثانیه

(۴) ۰,۹۳ ثانیه

برای پاسخ به این سوال به بندهای زیر مراجعه می‌کنیم.

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
A II	۰/۱	۰/۵	۱	۱/۵	۱	۱/۵
B 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

۲-۳-۲ ضریب اصلاح طیف، N ، به شرح زیر تعیین می‌شود:

الف- برای پهنه‌های باخطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$N=1 \quad T < T_s$$

$$N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 \quad T_s < T < 4 \text{ sec} \quad (۳-۲)$$

$$N=1.7 \quad T > 4 \text{ sec}$$

ب- برای پهنه‌های باخطر نسبی متوسط و کم

$$N=1 \quad T < T_s$$

$$N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 \quad T_s < T < 4 \text{ sec} \quad (۴-۲)$$

$$N=1.4 \quad T > 4 \text{ sec}$$

ابتدا فرض می‌کنیم زمان تناوب در بازه T_s و ۴ ثانیه قرار دارد. در ساختمان A داریم:

$$\rightarrow T_s = 0.5s \quad \rightarrow T_s < T < 4s$$

$$\rightarrow S = 1.5 \quad \rightarrow N_{\text{ساختمان A}} = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.4}{4 - 0.5} (T - 0.5) + 1 = \frac{4T}{35} + \frac{33}{35}$$

در ساختمان B داریم:

$$\rightarrow T_s = 0.7s \quad \rightarrow T_s < T < 4s$$

$$\rightarrow S = 1.75 \quad \rightarrow N_{\text{ساختمان B}} = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.7}{4 - 0.7} (T - 0.7) + 1 = \frac{7T}{33} + \frac{281}{330}$$

در نهایت داریم:

$$\rightarrow N_{\text{ساختمان A}} = N_{\text{ساختمان B}}$$

$$\rightarrow \frac{4T}{35} + \frac{33}{35} = \frac{7T}{33} + \frac{281}{330} \rightarrow \frac{113T}{1155} = \frac{211}{2310} \rightarrow T = 0.934s$$



حال فرض اولیه را کنترل می‌کنیم.

$$T_A = T_B = T = 0.934s$$

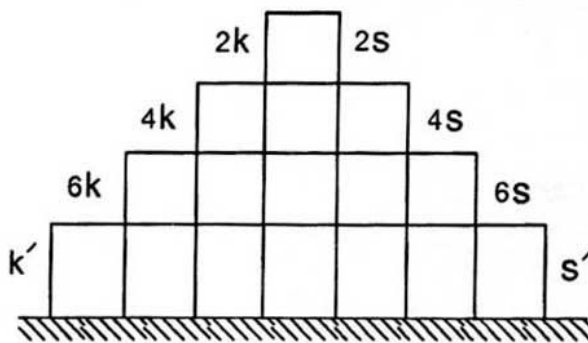
$$\rightarrow (T_S)_A < T_A < 4S \rightarrow 0.5 < 0.934s < 4S \quad \text{ok}$$

$$\rightarrow (T_S)_B < T_B < 4S \rightarrow 0.7 < 0.934s < 4S \quad \text{ok}$$

پاسخ صحیح گزینه ۴ می‌باشد.

۲-۶- سوال ۱۱

۱۱- در شکل زیر نمای یک ساختمان ۴ طبقه از نوع قاب خمشی نشان داده شده است که در سمت چپ آن مقادیر سختی جانبی طبقات و در سمت راست آن مقادیر مقاومت جانبی طبقات نوشته شده است. حداقل سختی (K') و مقاومت جانبی (S') پایین‌ترین طبقه برای آنکه بتوان این ساختمان را در مناطق با خطر نسبی متوسط بر روی خاک نوع IV احداث نمود به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ فرض کنید ساختمان به لحاظ پیچش از نوع شدید پیچشی نیست.



(۱) 4.8S و 4.2k

(۲) 4.8S و 3.2k

(۳) 3.9S و 3.6k

(۴) 3.9S و 2.8k

برای پاسخ به این سوال به بند زیر مراجعه می‌کنیم.

۱-۷-۳ 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.

این ساختمان نباید دارای طبقه خیلی نرم و خیلی ضعیف باشد که بتوانیم آن را در مناطق با خطر نسبی متوسط و بر روی خاک نوع IV احداث کنیم.

با توجه به بند ۲-۷-۱ برای اینکه طبقه خیلی نرم نداشته باشیم:

۲-۷-۱ نامنظمی در ارتفاع

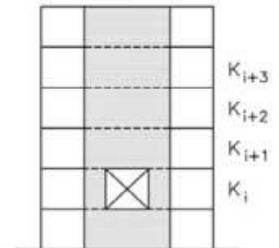
ث - نامنظمی سختی جانبی

$$K_1 \geq 0.6 * K_{i+1} \rightarrow K' \geq 0.6 * 6K \rightarrow K' \geq 3.6K$$

$$K_1 \geq 0.7 * \frac{K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3}}{3} \rightarrow K' \geq 0.7 * \frac{6K + 4K + 2K}{3} \rightarrow K' \geq 2.8K$$

$$\rightarrow K' \geq \max\{3.6K, 2.8K\}$$

$$\rightarrow K' \geq 3.6K$$



$$K_i < 0.6 K_{i+1}$$

یا

$$K_i < 0.7/3(K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$$

طبقه خیلی نرم

همچنین برای اینکه طبقه خیلی ضعیف نداشته باشیم:

۲-۷-۱ نامنظمی در ارتفاع

طبقه ضعیف

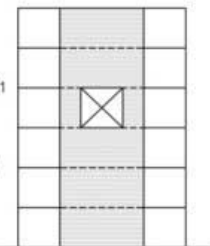
$$Str_1 < 0.8 Str_{i+1}$$

$$Str_{i+1}$$

$$Str_1$$

$$Str_1 < 0.65 Str_{i+1}$$

طبقه خیلی ضعیف



ث - نامنظمی مقاومت جانبی

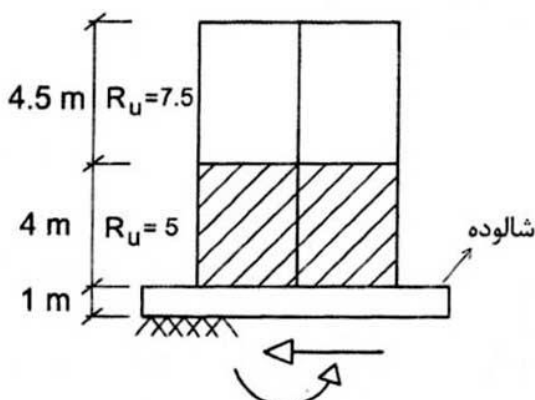
$$\rightarrow S_1 \geq 0.65 * S_{i+1} \rightarrow S' \geq 0.65 * 6S \rightarrow S' \geq 3.9S$$

پاسخ صحیح گزینه ۳ می باشد.

CIVILGEOTECH

۲-۷-۱۴ سوال

در محاسبات یک ساختمان ۲ طبقه با ترکیب سیستم در ارتفاع از "حالت خاص" این نوع ساختمان ها استفاده شده است. برای کنترل های مربوط به لغزش و واژگونی شالوده، کل نیروی جانبی زلزله و لنگر واژگونی ناشی از آن در تراز زیر شالوده به ترتیب ۳۰۰۰ KN و ۲۱۷۵۰ KN.m محاسبه شده است (بدون هرگونه ضریب بار). نیروی جانبی زلزله وارد بر طبقه دوم به کدام یک از گزینه های زیر نزدیک تر است؟ روش تحلیل استاتیکی معادل بوده و ضرایب رفتار بر روی شکل مشخص شده است.



(۱) 2240 KN

(۲) 1500 KN

(۳) 1000 KN

(۴) در محاسبات مربوطه حتماً خطایی رخ داده است.



برای پاسخ به این سوال به بندهای زیر مراجعه می‌کنیم. همچنین توجه کنید که این بخش از استاندارد ۲۸۰۰ دارای اصلاحیه می‌باشد.

۳-۵-۹ ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع

در ساختمان‌هایی که از دو سیستم سازه‌ای مختلف برای تحمل بار جانبی در یک امتداد در ارتفاع استفاده شده باشد، برای تعیین نیروی جانبی زلزله باید الزامات زیر رعایت گردد:

۳-۵-۹-۱ حالت کلی

۳-۵-۹-۲ حالت خاص

در ساختمان‌هایی که سختی جانبی قسمت فوقانی به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از سختی جانبی قسمت تحتانی بوده و شرایط زیر موجود باشد:
الف) سختی جانبی متوسط طبقات تحتانی حداقل ده برابر سختی متوسط طبقات فوقانی باشد.
ب) زمان تناوب اصلی نوسان کل سازه بیشتر از ۱/۱ برابر زمان تناوب اصلی قسمت فوقانی باشد.

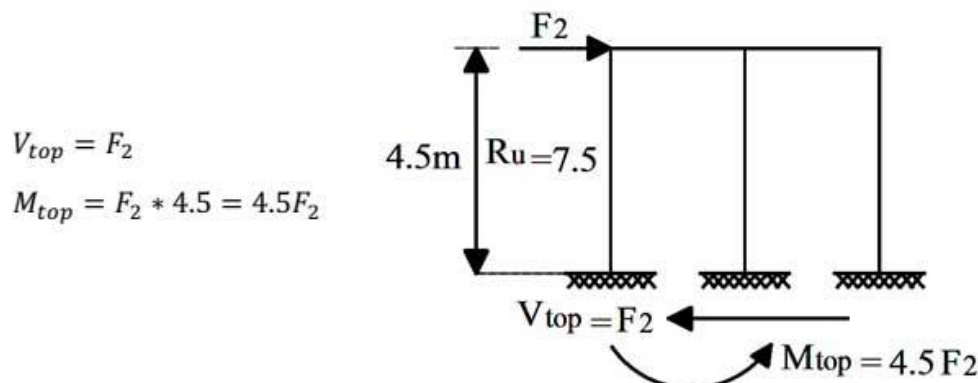
نیروهای جانبی را می‌توان با استفاده از روش دو مرحله زیر تعیین نمود:

- ۱- سازه انعطاف‌پذیر قسمت فوقانی به‌طور مجزا و با پایه‌های گیردار در نظر گرفته شده و مطابق روال عادی تحلیل می‌گردد. در تعیین نیروها کلیه پارامترهای مربوط به سیستم این قسمت مورد استفاده قرار داده می‌شود.
- ۲- سازه سخت قسمت تحتانی عیناً مانند آنچه در زیر بند (۱) گفته شد و با در نظر گرفتن پارامترهای مربوط به این قسمت تحلیل می‌گردد، با این تفاوت که نیروهای عکس‌العمل سازه فوقانی نیز به سازه تحتانی اثر داده می‌شود. این نیروها باید با ضریب نسبت R_u/p قسمت تحتانی به R_u/p قسمت فوقانی تعدیل شوند. ضریب مورد نظر نباید کوچک‌تر از ۱/۱۰ در نظر گرفته شود.

اصلاحیه دوم استاندارد ۲۸۰۰

۱۱	۲۸	۳-۵-۹-۲	ب) زمان تناوب اصلی نوسان کل سازه بیشتر از ۱/۱ برابر زمان تناوب اصلی قسمت فوقانی باشد.	ب) زمان تناوب اصلی نوسان کل سازه کمتر از ۱/۱ برابر زمان تناوب اصلی قسمت فوقانی باشد.
۱۲	۲۸	۳-۵-۹-۲	۲- سازه سخت قسمت تحتانی این نیروها باید با ضریب نسبت R_u/p قسمت تحتانی به R_u/p قسمت فوقانی تعدیل شوند.	۲- سازه سخت قسمت تحتانی این نیروها باید با ضریب نسبت R_u/p قسمت تحتانی به R_u/p قسمت فوقانی تعدیل شوند.

ابتدا سازه انعطاف‌پذیر فوقانی را به صورت مجزا و با پایه‌های گیردار در نظر گرفته و پارامترهای مورد نیاز آن را از جمله نیروی برشی و لنگر خمشی که از سیستم فوقانی به سیستم تحتانی وارد می‌شود را محاسبه می‌کنیم.





سازه سخت قسمت تحتانی مانند قسمت قبل با در نظر گرفتن پارامترهای مربوط به این قسمت تحلیل می‌گردد با این تفاوت که نیروهای عکس العمل سازه فوقانی با ضریب R_u/ρ قسمت فوقانی به R_u/ρ قسمت تحتانی به سازه تحتانی اثر داده می‌شود.

$$\frac{(\frac{R_u}{\rho})_{\text{فوقانی}}}{(\frac{R_u}{\rho})_{\text{تحتانی}}} = \frac{\frac{R_{u_{top}}}{1}}{\frac{R_{u_{bot}}}{1}} = \frac{R_{u_{top}}}{R_{u_{bot}}} = \frac{7.5}{5} = 1.5 > 1 \text{ ok}$$

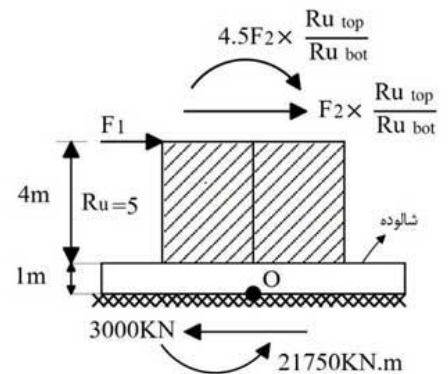
$$\rightarrow + \sum F_x = 0 \rightarrow F_1 + F_2 * \frac{R_{u_{top}}}{R_{u_{bot}}} - 3000 = 0 \rightarrow F_1 + 1.5F_2 = 3000$$

$$\rightarrow + \sum M_O = 0$$

$$\rightarrow F_1 * (4 + 1) + F_2 * \frac{R_{u_{top}}}{R_{u_{bot}}} * (4 + 1) + 4.5F_2 * \frac{R_{u_{top}}}{R_{u_{bot}}} - 21750 = 0$$

$$\rightarrow F_1 * 5 + F_2 * 1.5 * 5 + 4.5F_2 * 1.5 - 21750 = 0$$

$$\rightarrow 5F_1 + 14.25F_2 = 21750$$



با حل دستگاه دو معادله و دو مجهول زیر پاسخ حاصل می‌شود.

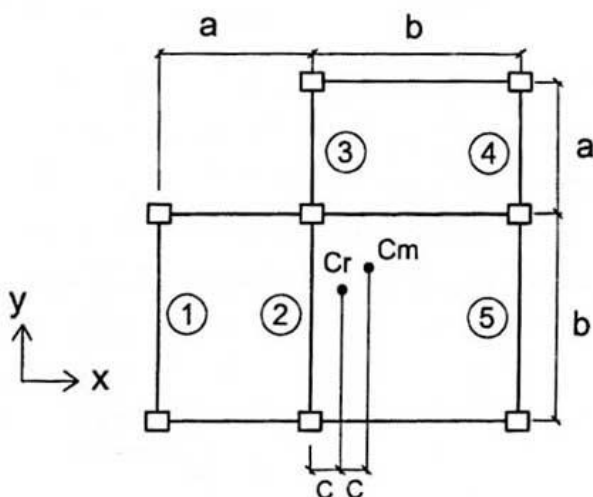
$$\begin{cases} F_1 + 1.5F_2 = 3000 \\ 5F_1 + 14.25F_2 = 21750 \end{cases} \rightarrow F_2 = 1000 \text{ KN}$$

پاسخ صحیح گزینه ۳ می‌باشد.

۲-۸- سوال ۱۵

در شکل، پلان پایین‌ترین طبقه از یک ساختمان ۵ طبقه بتنی از نوع قاب خمشی ویژه نشان داده شده است. نقاط rC و mC به ترتیب موقعیت مرکز سختی و مرکز جرم این طبقه را نشان می‌دهند. پلان‌ها در این ساختمان از هر نظر تپ و یکسان فرض می‌شوند. برای کنترل محدودیت‌های مربوط به ضریب نامعینی تحت نیروی زلزله راستای y ، برای حالت خروج از مرکزیت اتفاقی در سمت راست mC ، حذف مقاومت خمشی اتصالات کدام تیر تعیین کننده است؟ روش تحلیل استاتیکی معادل، برون محوری اتفاقی در تمام طبقات ۵ درصد بعد و دیافراگم‌ها صلب فرض می‌شوند.

همچنین فرض کنید ابعاد مقطع تیرها ۱ الی ۵ و نیز ابعاد تمامی ستون‌ها یکسان است. در تعیین محدودیت ضریب نامعینی فقط معیار پیچش طبقه مدنظر این سوال است.



(۱) تیر شماره ۱

(۲) تیر شماره ۴

(۳) تیر شماره ۵

(۴) تیر شماره ۳



برای پاسخ به این سوال به بند و جدول زیر مراجعه می‌کنیم.

جدول ۲-۳ محدودیت‌های مربوط به $p=1.0$

نوع سیستم مقاوم جانبی	الزامات
سیستم مهاربندی‌شده	حذف یک مهاربند یا اتصال آن
سیستم یا دیوار برشی عادی یا دیوارهای برشی هم‌بسته یا نسبت ارتفاع هر پایه به طول بزرگ‌تر از ۱/۰	حذف یک دیوار و یا یک پایه و یا اتصالات جمع‌کننده آنها
سیستم قاب خمشی	حذف مقاومت خمشی اتصالات دو انتهای یک تیر
سیستم کنسولی	حذف مقاومت خمشی در اتصال پایه یکی از ستون‌ها

۲-۳-۳ ساختمان‌هایی که سیستم مقاوم جانبی آنها دارای خصوصیات زیر هستند، دارای نامعینی کافی بوده و در آنها ضریب p برابر با ۱/۰ منظور می‌شود.

الف- در ساختمان‌های منظم در پلان، در طبقاتی که برش در آنها از ۳۵ درصد برش پایه تجاوز می‌کند، حداقل دو دهانه سیستم مقاوم جانبی در هر سمت مرکز جرم، در هر دو امتداد عمود برهم، موجود باشد. در سیستم‌های دارای دیوار برشی تعداد دهانه‌ها از تقسیم طول دیوار بر ارتفاع آن در طبقه به دست می‌آید.

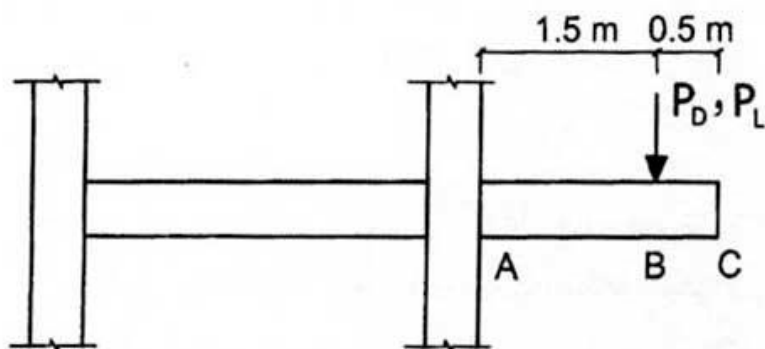
ب- در سایر ساختمان‌ها، در طبقاتی که میزان برش در آنها از ۳۵ درصد برش پایه تجاوز می‌کند، چنانچه حذف جزئی از سیستم مقاوم جانبی، مطابق جدول (۲-۳)، موجب کاهش مقاومت جانبی طبقه به میزان بیشتر از ۳۳ درصد نشود و در طبقه نامنتظمی شدید پیچشی، مطابق تعریف بند (۱-۷-۱) ایجاد نگردد.

با توجه به پلان ساختمان، طول دهانه b بزرگتر از طول دهانه a می‌باشد. همچنین دو تیر شماره ۴ و ۵ فاصله بیشتری از مرکز سختی C_r در اثر نیروی وارده در راستای y را دارند. در مقایسه بین تیرهای ۴ و ۵، تیر شماره ۴ به دلیل طول کوتاه‌تر و سختی بیشتر با حذف مقاومت خمشی اتصالات دو انتهای تیر شماره ۴ با جابه‌جا شدن مرکز سختی و متمایل شدن مرکز سختی به سمت چپ پلان، پیچش شرایط بحرانی‌تری دارد بنابراین در محاسبه ضریب نامعینی p تعیین‌کننده و بیشترین اثر را دارد.

پاسخ صحیح گزینه ۲ می‌باشد.

۲-۹- سوال ۱۶

در شکل بخشی از ساختمانی در تبریز را نشان داده شده است که بارهای ثقلی وارد بر طره AC ، شامل وزن تیر را می‌توان به صورت متمرکز در نقطه B در نظر گرفت. محاسبات به روش LRFD نشان می‌دهد در این طره در تکیه‌گاه A مقاومت خمشی مثبت مورد نیاز 31.5 KN.m و مقاومت خمشی منفی مورد نیاز 22.5 KN.m است. چنانچه بار زنده وارد بر طره چه از نظر مقدار و چه ضریب بار غیر قابل کاهش بوده و ضریب اهمیت سازه در زلزله نیز یک باشد، بار متمرکز مرده و زنده وارد بر تیر به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟



(۱) $P_L=35 \text{ kN}$ و $P_D=65 \text{ kN}$

(۲) $P_L=60 \text{ kN}$ و $P_D=40 \text{ kN}$

(۳) $P_L=75 \text{ kN}$ و $P_D=25 \text{ kN}$

(۴) $P_L=45 \text{ kN}$ و $P_D=55 \text{ kN}$



برای پاسخ به این سوال به بند زیر مراجعه می‌کنیم.

۳-۳-۹ نیروی قائم ناشی از زلزله

۳-۳-۹-۱ نیروی قائم ناشی از زلزله که اثر مؤلفه قائم شتاب زلزله در ساختمان است، در موارد زیر باید در محاسبات منظور شود.

الف- کل سازه ساختمان‌هایی که در پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد واقع شده‌اند.

ب- تیرهایی که دهانه آنها بیشتر از پانزده متر می‌باشد، همراه با ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی آنها.

پ- تیرهایی که بار قائم متمرکز قابل توجهی در مقایسه با سایر بارهای منتقل شده به تیر را تحمل می‌کنند، همراه با ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی آنها. در صورتی که بار متمرکز حداقل برابر با نصف مجموع بار وارده به تیر باشد، آن بار قابل توجه تلقی می‌شود.

ت- بالکن‌ها و پیش‌آمدگی‌هایی که به صورت طره ساخته می‌شوند.

۳-۳-۹-۲ مقدار نیروی قائم از رابطه (۳-۱۰) محاسبه می‌شود. در مورد بالکن‌ها و پیش‌آمدگی‌ها، این نیرو باید در هر دو جهت رو به بالا و رو به پایین و بدون منظور نمودن اثر کاهنده بارهای ثقیل در نظر گرفته شود.

$$F_{vu} = 0.6 A I W_p$$

(۳-۱۰)

در این رابطه:

A و I مقادیری هستند که برای محاسبه نیروی برشی پایه منظور شده‌اند.

W_p: در مورد بند الف بالا بار مرده و در مورد سایر بندها بار مرده به اضافه کل سربار است. نیروی قائم زلزله باید در هر دو جهت رو به بالا و رو به پایین، جداگانه به سازه اعمال شود. در نظر گرفتن نیروی قائم در جهت رو به بالا در طراحی پی ساختمان ضروری نیست.

در این سوال از دو ترکیب بار زیر براساس مبحث ۶ استفاده می‌شود.

$$1.2D + 1.6L$$

$$1.2D + E + L$$

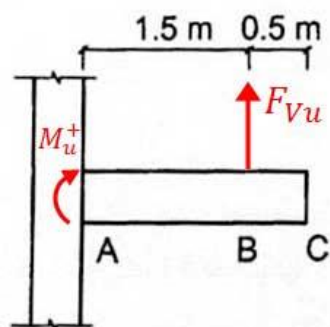
همچنین با توجه به پیوست ۱ استاندارد ۲۸۰۰ خطر نسبی زلزله برای تبریز بسیار زیاد می‌باشد.

در جدول ۱-۲ نیز نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل را برداشت می‌کنیم.

جدول ۱-۲ نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه‌خیزی مختلف

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲۰

در حالت اولی که بررسی می‌کنیم، بارهای ثقلی اثر کاهندگی دارند.



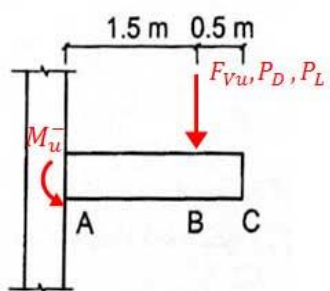
با صرف نظر از بار زنده و مرده $1.2D + E + L \xrightarrow{\quad\quad\quad} E$

$$F_{Vu} = 0.6 * A * I * W_p = 0.6 * 0.35 * 1 * (P_D + P_L) = 0.21(P_D + P_L)$$

$$M_u^+ = 31.5 \text{ KN.m}$$

$$M_u^+ = F_{Vu} * 1.5 \rightarrow 31.5 = 0.21(P_D + P_L) * 1.5 \rightarrow P_D + P_L = 100$$

در حالت دوم بارهای ثقلی اثر کاهندگی ندارند.



$$1.2D + 1.6L$$

$$M_u^- = 225 \text{ KN.m} \quad (1.2P_D + 1.6P_L) * 1.5 = 225 \rightarrow 1.2P_D + 1.6P_L = 150$$

$$\begin{cases} P_D + P_L = 100 \\ 1.2P_D + 1.6P_L = 150 \end{cases} \rightarrow P_D = 25 \text{ kN}, P_L = 75 \text{ kN}$$

حال مقدار لنگر منفی را با استفاده از ترکیب بار $1.2D+E+L$ و جایگذاری مقادیر بار مرده و زنده به دست آمده در رابطه، حساب نموده و پاسخ را کنترل می‌کنیم.

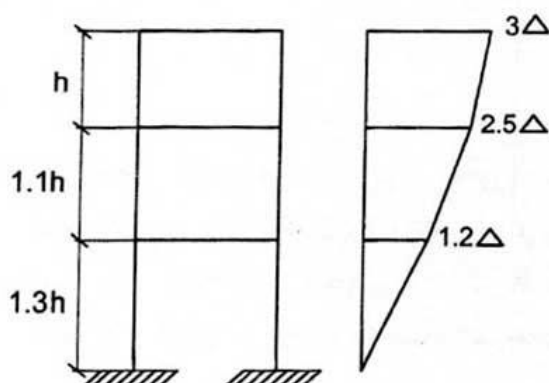
$$(1.2P_D + P_L + E) * 1.5 = (1.2 * 25 + 75 + (0.21 * (25 + 75))) * 1.5 = 189$$

بنابراین چون مقدار این لنگر از لنگر منفی که در سوال داشتیم کمتر شد، این ترکیب بار بحرانی نیست.

پاسخ صحیح گزینه ۳ می‌باشد.

۱۰-۲- سوال ۱۷

در یک ساختمان فولادی با کاربری مسکونی و با سیستم مقاوم جانبی از نوع قاب خمشی ویژه، برای کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طبقات، مقادیر تغییر مکان‌های جانبی طبقات تحت اثر زلزله طرح مطابق شکل زیر محاسبه شده است. حداکثر مقدار Δ به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟



۱) $0.0038h$

۲) $0.0042h$

۳) $0.0031h$

۴) $0.0049h$



برای پاسخ به این سوال به بندهای زیر مراجعه می‌کنیم.

۳-۵ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

۳-۵-۱ تغییر مکان جانبی نسبی واقعی هر طبقه، که اختلاف بین تغییر مکان‌های جانبی واقعی مراکز جرم کف‌های بالا و پایین آن طبقه است، نباید از مقدار مشخصی که در این بند تعیین شده، تجاوز نماید. این تغییر مکان تنها با استفاده از تحلیل غیرخطی سازه قابل محاسبه است، ولی می‌توان آن را با تقریب خوبی از رابطه زیر به‌دست آورد:

$$\Delta_M = C_d \cdot \Delta_{eu} \quad (۱۱-۳)$$

در این رابطه:

Δ_M = تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی و یا تغییر مکان نسبی واقعی طبقه

C_d = ضریب بزرگنمایی مطابق جدول (۳-۴)

Δ_{eu} = تغییر مکان جانبی نسبی طبقه زیر اثر زلزله طرح، مطابق رابطه (۳-۱)

در مواردی که روش طراحی تنش مجاز است، تغییر مکان جانبی نسبی به‌دست آمده از آن روش باید در ضریب $1/4$ ضرب شود و سپس با مقدار مجاز Δ_d در بند (۳-۵-۲) مقایسه شود.

۳-۵-۲ مقدار Δ_M که با منظور کردن اثر $P-\Delta$ در محاسبه Δ_M به‌دست می‌آید نباید از مقدار مجاز Δ_d زیر تجاوز نماید.

- در ساختمان‌های تا ۵ طبقه $\Delta_d = 0.025h$

- در سایر ساختمان‌ها $\Delta_d = 0.020h$

در این روابط h ارتفاع طبقه است.

جدول ۳-۴ مقادیر ضریب رفتار ساختمان، R_u ، همراه با حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان H_m

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
پ- سیستم قاب خمشی	۱- قاب خمشی بتن‌آرمه ویژه [۴]	۷/۵	۳	۵/۵	۳۰۰
	۲- قاب خمشی بتن‌آرمه متوسط [۴]	۵	۳	۴/۵	۳۵
	۳- قاب خمشی بتن‌آرمه معمولی [۴] و [۱]	۳	۳	۲/۵	-
	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	۷/۵	۳	۵/۵	۳۰۰
	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	۵	۳	۴	۵۰
	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۱]	۳/۵	۳	۳	-

با توجه به اینکه سیستم قاب خمشی فولادی ویژه داریم تغییر مکان جانبی نسبی واقعی هر طبقه Δ_M محاسبه می‌کنیم.

$$C_d = 5.5$$

$$\Delta_{M1} = C_d \cdot \Delta_{e1} = 5.5 \cdot (1.2\Delta - 0) = 6.6\Delta$$

$$\Delta_{M2} = C_d \cdot \Delta_{e2} = 5.5 \cdot (2.5\Delta - 1.2\Delta) = 7.15\Delta$$

$$\Delta_{M3} = C_d \cdot \Delta_{e3} = 5.5 \cdot (3\Delta - 2.5\Delta) = 2.75\Delta$$



مقادیر محاسبه شده را با مقدار مجاز Δ_a کنترل می‌کنیم.

$$\Delta_{M1} \leq 0.025h_1 \rightarrow 6.6\Delta \leq 0.025 * 1.3h \rightarrow \Delta \leq 0.0049h$$

$$\Delta_{M2} \leq 0.025h_2 \rightarrow 7.15\Delta \leq 0.025 * 1.1h \rightarrow \Delta \leq 0.0038h$$

$$\Delta_{M3} \leq 0.025h_3 \rightarrow 2.75\Delta \leq 0.025 * h \rightarrow \Delta \leq 0.009h$$

با انتخاب کمترین مقدار Δ ، حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی طبقات در هر سه طبقه از مقدار مجاز کمتر خواهد شد. بنابراین $\Delta \leq 0.0038h$

پاسخ صحیح گزینه ۱ می‌باشد.

۲-۱۱- سوال ۱۸

یک ساختمان بتن آرمه مسکونی واقع در شهر تهران به ارتفاع کل ۳۰ متر از روی فنداسیون مفروض است. فرض کنید ۱۰ متر ابتدای این ساختمان از نوع قاب خمشی توام با دیوار برشی بتن آرمه در پیرامون و ۲۰ متر قسمت فوقانی آن از نوع قاب خمشی ویژه است. اگر زمان تناوب اصلی نوسان این ساختمان ناشی از تحلیل دینامیکی برابر ۲ ثانیه باشد و جداگرهای میانقاب‌ی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد ننمایند، حداقل ضریب زلزله برای تحلیل و طراحی سازه بخش فوقانی به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ زمین از نوع II و تراز پایه روی فنداسیون فرض شود و شرایط استفاده از روش دو مرحله ای فراهم نیست.

(۱) 0.068

(۲) 0.057

(۳) 0.102

(۴) 0.084

برای پاسخ به این سوال به بندهای زیر مراجعه می‌کنیم.

C: ضریب زلزله که از رابطه (۳-۳) به دست می‌آید:

$$C = \frac{ABI}{R_w}$$

(۳-۳)

۳-۵-۳-۹ ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع

در ساختمان‌هایی که از دو سیستم سازه‌ای مختلف برای تحمل بار جانبی در یک امتداد در ارتفاع استفاده شده باشد، برای تعیین نیروی جانبی زلزله باید الزامات زیر رعایت گردد:

۳-۵-۳-۱-۹ حالت کلی

الف- زمان تناوب اصلی سازه باید مطابق ضوابط بند (۳-۳-۳) تعیین گردد. در مواردی که از روابط تجربی استفاده می‌شود، این زمان باید برابر با متوسط وزنی زمان‌های تناوب هر یک از سیستم‌ها در ارتفاع کل سازه در نظر گرفته شود.

ب- در ساختمان‌هایی که ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی بیشتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی است، مقادیر R_u ، C_e و Ω_0 قسمت فوقانی باید برای محاسبات هردو قسمت مورد استفاده قرار گیرد.

پ- در ساختمان‌هایی که ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی کمتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی است، مقادیر R_u ، C_e و Ω_0 قسمت فوقانی باید برای محاسبات این قسمت مورد استفاده قرار گیرد. برای محاسبات قسمت تحتانی مقادیر R_u ، C_e و Ω_0 مربوط به همین قسمت مورد استفاده قرار می‌گیرد. ولی حالت نیروهای عکس‌العمل ناشی از تحلیل قسمت فوقانی نیز که در نسبت R_u/p قسمت فوقانی به R_u/p قسمت تحتانی ضرب شده‌اند، باید به مدل سازه قسمت تحتانی اضافه شود. این نسبت در هر حال نباید کوچک‌تر از ۱/۱۰ باشد.

۳-۵-۳-۲-۹ حالت خاص

در این رابطه:

A: نسبت شتاب مبنای طرح مطابق بند (۲-۲)

B: ضریب بازتاب ساختمان مطابق بند (۳-۲)

I: ضریب اهمیت ساختمان مطابق بند (۳-۳-۴)

R_u : ضریب رفتار ساختمان مطابق بند (۳-۳-۵)

مقداربرش پایه، V_u ، در هیچ حالت نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$V_{u min} = 0.12AIW$$

(۳-۳)

در این سازه ضریب رفتار هر دو قسمت براساس جدول ۳-۴ با هم برابر مقدار ۷٫۵ می‌باشد.



۳-۳-۳ زمان تناوب اصلی نوسان، T

۱-۳-۳-۳ ساختمان‌های متعارف

ساختمان‌های متعارف به ساختمان‌هایی اطلاق می‌شود که توزیع جرم و سختی در ارتفاع آنها عمدتاً به صورت متناسب تغییر کند. در این ساختمان‌ها زمان تناوب اصلی نوسان را می‌توان از روابط تجربی زیر به دست آورد.

الف- برای ساختمان‌های با سیستم قاب خمشی

۱- در مواردی که جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمایند:

- در قاب‌های فولادی

$$T = 0.08H^{0.75} \quad (۳-۳)$$

- در قاب‌های بتن‌آرمه

$$T = 0.05H^{0.9} \quad (۴-۳)$$

۲- در مواردی که جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمایند: مقدار T باید برابر با ۸۰ درصد مقادیر عنوان شده در بالا در نظر گرفته شود.

ب- برای ساختمان‌های با سیستم مهاربندی و اگر، مشابه قاب‌های فولادی، از رابطه (۳-۳)

پ- برای ساختمان‌های با سایر سیستم‌های مندرج در جدول (۵-۳)، به غیر از سیستم کنسولی، با یا بدون وجود جداگرهای میانقابی:

$$T = 0.05H^{0.75} \quad (۵-۳)$$

قسمت تحتانی، قاب خمشی توام با دیوار برشی و قسمت فوقانی، قاب خمشی ویژه می‌باشد.

$$T_{top} = 0.05 * (30)^{0.9} = 1.068s$$

$$T_{bot} = 0.05 * (30)^{0.75} = 0.641s$$

زمان تناوب تجربی کل سیستم:

$$T_a = \frac{10}{30} * T_{bot} + \frac{20}{30} * T_{top} = \frac{10}{30} * 0.641 + \frac{20}{30} * 1.068 = 0.926s$$

با توجه به تبصره زیر زمان تناوب اصلی سازه تعیین می‌شود.

تبصره- در این ساختمان‌ها، در کلیه موارد، می‌توان زمان تناوب اصلی نوسان را با استفاده از تحلیل دینامیکی تعیین و در محاسبات نیروها منظور نمود، ولی مقدار آن در هر حالت نباید از ۱/۲۵ برابر مقادیر به دست آورده شده از روابط تجربی بالا بیشتر در نظر گرفته شود.

$$T_{\text{اصلی}} = \min(1.25T_a, T_m) = \min(1.25 * 0.926 \approx 1.16s, 2s) = 1.16s$$



با توجه به پیوست ۱ استاندارد ۲۸۰۰ خطر نسبی زلزله برای تهران بسیار زیاد می باشد بنابراین با کمک جدول ۲-۱ مقدار $A=0.35$ است. بر اساس بند ۱-۶ استاندارد ۲۸۰۰ ساختمان مسکونی دارای اهمیت متوسط و در گروه ۳ می باشد پس با کمک جدول ۳-۳ مقدار $I=1$ است. با توجه به بندها و جدول زیر مقدار ضریب بازتاب ساختمان محاسبه می شود.

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	۱/۳	۲/۲۵

۲-۳-۲ ضریب اصلاح طیف، N ، به شرح زیر تعیین می شود:

الف- برای پهنه های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$\begin{aligned}
 &N=1 \quad T < T_s \\
 &N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 \quad T_s < T < 4 \text{ sec} \\
 &N=1.7 \quad T > 4 \text{ sec}
 \end{aligned}
 \quad (3-2)$$

$$T_s = 0.5 < T = 1.16 < 4$$

$$\rightarrow B_1 = (S + 1) * \frac{T_s}{T} = (1.5 + 1) * \frac{0.5}{1.16} = 1.078$$

$$\rightarrow N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.7}{4 - 0.5} (1.16 - 0.5) + 1 = 1.132$$

$$\rightarrow B = B_1 * N = 1.078 * 1.132 = 1.22$$

۲-۲ ضریب بازتاب ساختمان، B

ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین با توجه به نوع آن است. این ضریب با استفاده از رابطه زیر تعیین می شود:

$$(1-2)$$

$$B = B_1 N$$

در این رابطه B_1 ضریب شکل طیف و N ضریب اصلاح طیف است.

۲-۳-۱ ضریب شکل طیف، B_1 ، با در نظر گرفتن بزرگنمایی خاک در پریودهای مختلف و میزان لرزه خیزی منطقه مشخص می شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از شکل های (۱-۲ الف) و (۲-۲ ب) تعیین می گردد.

$$\begin{aligned}
 B_1 &= S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 < T < T_0 \\
 B_1 &= S + 1 & T_0 < T < T_s \\
 B_1 &= (S + 1)(T_s/T) & T > T_s
 \end{aligned}
 \quad (2-2)$$

در این روابط:

T : زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثابته است. این زمان طبق بند (۳-۳-۳) تعیین می شود.

T_0 ، T_s ، S و S_0 : پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی منطقه وابسته اند.

مقادیر این پارامترها در جدول (۲-۲) و انواع زمین ها در بند (۴-۲) مشخص شده اند.

در نهایت ضریب زلزله قابل محاسبه است.

$$\rightarrow C = \frac{AB I}{(R_u)_{top}} \geq 0.12 A I$$

$$\rightarrow C = \frac{0.35 * 1.22 * 1}{7.5} = 0.057 \geq 0.12 A I = 0.12 * 0.35 * 1 = 0.042 \text{ ok}$$

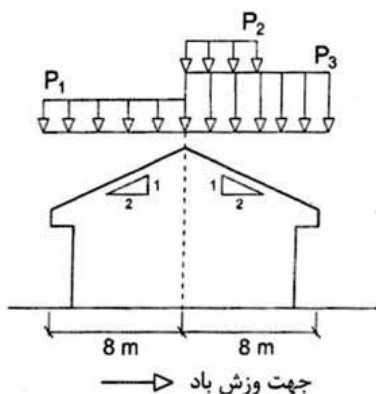
پاسخ صحیح گزینه ۲ می باشد.



۳- پاسخ سوالات مبحث ۶ از آزمون محاسبات نظام مهندسی آبان ماه ۱۴۰۳

۳-۱- سوال ۴

در شکل زیر توزیع بار نامتوازن برف برای یک سقف شیبدار واقع در منطقه بار برف سنگین نشان داده شده است. مقدار بار P_2 به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

۱) 0.98 kN/m^2 ۲) 0.46 kN/m^2 ۳) 1.39 kN/m^2 ۴) 0.64 kN/m^2

برای پاسخ به این سوال به بندهای زیر مراجعه می‌کنیم.

۶-۷-۱- بام‌های با شیب دو یا چند طرفه

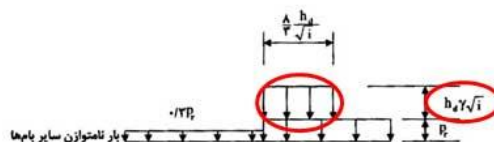
برای بام‌های با شیب دو یا چند طرفه، بارگذاری متوازن و نامتوازن برف مطابق شکل ۶-۷-۲ انجام می‌شود. در نظر گرفتن بار نامتوازن برف برای بام‌های با شیب سقف کمتر از ۴٪ و شیب سقف بیشتر از ۶۰٪ لازم نیست.

برای بام‌های با فاصله افقی بین تاج و پای شیب (W) کمتر از ۶ متر با تیرهای با تکیه‌گاه ساده بین تاج و پای شیب، بار نامتوازن یکنواخت برف در قسمت پشت به باد مطابق شکل با شدت P_s و در قسمت رو به باد بدون بار برف در نظر گرفته شود.

برای سایر بام‌ها، بار نامتوازن شامل بار گسترده $0.7P_s$ در سمت بادگیر و در سمت پشت به باد P_s به اضافه سربار به شدت $\gamma h_d \sqrt{i}$ بر واحد سطح افقی و در فاصله افقی $\frac{A}{P} \frac{h_d}{\sqrt{i}}$ از تاج شیب به سمت پای شیب خواهد بود. i ، بیابگر شیب سقف (تangent زاویه شیب) مطابق شکل می‌باشد. ارتفاع انباشت برف h_d بر حسب متر از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$h_d = 0.12 \sqrt[4]{\frac{A}{P} \sqrt{100P_s + 50}} - 0.5 \quad (۶-۷-۴)$$

در رابطه فوق، i را برابر با W در قسمت رو به باد بر حسب متر می‌باشد. چنانچه W کمتر از ۶ متر باشد، i را برابر ۶ متر در نظر گرفته می‌شود.



$$P_2 = h_d \gamma \sqrt{i}$$

$$\gamma = 0.43P_s + 2.2 = 0.43 * 2 + 2.2 = 3.06 \text{ kN/m}^3$$

$$h_d = 0.12 \sqrt[4]{\frac{A}{P} \sqrt{100P_s + 50}} - 0.5 = 0.12 * \sqrt[4]{8} * \sqrt[4]{100 * 2 + 50} - 0.5 = 0.454 \text{ m}$$

$$i = \tan \alpha = \frac{1}{2} = 0.5$$

$$P_2 = h_d \gamma \sqrt{i} = 0.454 * 3.06 * \sqrt{0.5} = 0.982 \text{ kN/m}^2$$

پاسخ صحیح گزینه ۱ می‌باشد.

وزن مخصوص برف، γ ، را می‌توان از رابطه ۶-۷-۲ محاسبه کرد.

$$\gamma = 0.43P_s + 2.2 \quad \text{kN/m}^3 \quad (۶-۷-۲)$$

۶-۷-۳- بار برف مینا

بار برف مینا، P_s ، باری است که بر اساس آمار موجود در منطقه، احتمال فراگشت از آن در سال دو درصد باشد (دوره بازگشت ۵۰ سال).

بار برف مینا در مناطق مختلف کشور را باید با توجه به تقسیم‌بندی مشخص شده در جدول ۶-۷-۱ یا در شکل پیوست ۶-۵، حداقل برابر با مقادیر زیر در نظر گرفت:

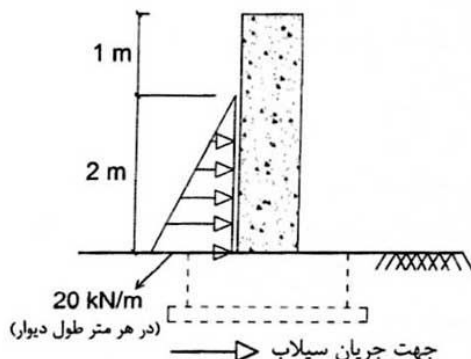
منطقه ۱- برف بسیار کم (نادر)	۰.۲۵ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۲- برف کم	۰.۵ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۳- برف متوسط	۱ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۴- برف زیاد	۱.۵ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۵- برف سنگین	۲ کیلونیوتن بر مترمربع
منطقه ۶- برف فوق سنگین	۳ کیلونیوتن بر مترمربع

این بار را می‌توان با انجام مطالعات دقیق‌تر آماری برای منطقه مورد نظر نیز تعیین نمود، ولی مقدار آن نباید کمتر از ۰.۸ مقدار بار منطقه مربوطه در نظر گرفته شود.



۳-۲- سوال ۵

دیوار بتنی شکل زیر در مناطق سیل خیز قرار دارد و در جهت جریان سیلاب ارتفاع هیدرواستاتیکی برابر ۲ متر است. اگر سرعت جریان سیل ۲,۵ متر بر ثانیه باشد، حداقل لنگر خمشی ضریب‌دار در پای دیوار بتنی با در نظر گرفتن بارهای هیدرواستاتیکی و هیدرودینامیکی به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟



32 kN.m/m (۱)

37 kN.m/m (۲)

55 kN.m/m (۳)

46 kN.m/m (۴)

برای پاسخ به این سوال به بند زیر مراجعه می‌کنیم.

۳-۶-۵ طراحی سازه‌ای در مناطق سیل‌خیز بر مبنای سیل طرح صورت می‌پذیرد. بارهای ناشی از سیل شامل بارهای هیدرواستاتیک و هیدرودینامیک است. چنانچه سرعت جریان سیل از ۳ متر بر ثانیه تجاوز نکند، مقدار بار هیدرودینامیک به صورت اضافه ارتفاعی از بار هیدرواستاتیک، تعریف می‌شود و در غیر این صورت با استفاده از مدل‌های هیدرودینامیکی قابل محاسبه است. این اضافه ارتفاع از رابطه ۱-۶-۶ مطابق شکل ۲-۶-۶ محاسبه می‌گردد.

$$d_h = av^2 / 2g$$

(۱-۶-۶)

که در آن:

a: ضریب شکل

V: سرعت سیلاب (متر بر ثانیه)

g: شتاب ثقل (متر بر مجذورثانیه)

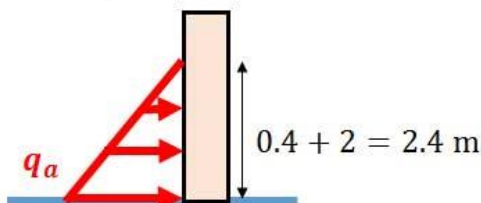
d_h: اضافه ارتفاع مایع (متر) می‌باشد.

ضریب شکل a، به جریان سیال و شکل و زبری اعضای (ستون-شمع و... گرد-چهارگوش...) که در معرض جریان سیل قرار می‌گیرند، وابسته است. در ساختمان‌های معمولی و اشکال متعارف ستون‌ها و پایه‌ها، مقدار ضریب شکل بین ۱ تا ۲ می‌باشد.

در این میحث ضریب شکل ۱/۲۵ به عنوان حداقل مقدار، توصیه شده. مقادیر بزرگتر ضریب شکل را باید با توجه به روابط و توصیه‌های مدارک مکانیک سیالات و هیدرولیک انتخاب نمود.

$$V = 2.5 \frac{m}{s} \leq 3 \frac{m}{s}$$

$$d_h = \frac{a * V^2}{2g} = \frac{1.25 * 2.5^2}{2 * 9.81} \approx 0.4m$$



$$q_a = \gamma_w * (\text{ارتفاع هیدرواستاتیکی} + \text{ارتفاع هیدرودینامیکی}) = 10 * (2 + 0.4) = 24 \frac{KN}{m^2}$$



لنگر بدون ضریب به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$M_a = 24 * \frac{2.4}{2} * \frac{2.4}{3} * 1 = 23 \text{ KN.m/m}$$

لنگر ضریب‌دار براساس بند زیر محاسبه می‌شود.

۲-۳-۲-۶ ترکیب بارها در طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت

ث) اگر طبق فصل ۶-۶ این مبحث در نظر گرفتن بار سیل برای سازه لازم باشد، علاوه بر

ترکیب‌های ارائه شده، باید دو ترکیب بار اضافی با جایگزینی $1.6W + 2.0F_a$ به جای $1.6W$ در ترکیب‌های ۴ و ۶ نیز در نظر گرفته شود.

$$M_u = 2M_a = 2 * 23 = 46 \text{ KN.m/m}$$

پاسخ صحیح گزینه ۴ می‌باشد.

۳-۳-۱۲ سوال

در بالکن یک سالن سینما از یک جان پناه سراسری به ارتفاع ۱٫۱ متر استفاده شده است. در صورتی که جان پناه از میله‌های عمودی به فواصل ۲ متری که به کف بالکن با اتصالات پیچی متصل شده باشد، برای طراحی اتصال به روش ضرایب بار و مقاومت، حداکثر لنگر خمشی و حداکثر نیروی کششی وارد بر اتصال به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ جرم و وزن جان پناه ناچیز است.

۱) $T_{max}=5 \text{ kN.m}$ و $M_{max}=5.5 \text{ kN.m}$

۲) $T_{max}=8 \text{ kN.m}$ و $M_{max}=8.8 \text{ kN.m}$

۳) $T_{max}=0$ و $M_{max}=8.8 \text{ kN.m}$

۴) $T_{max}=0$ و $M_{max}=5.5 \text{ kN.m}$

برای پاسخ به این سوال به بند زیر مراجعه می‌کنیم.

۶-۵-۱-۷ بار وارد بر سیستم‌های نرده و جان پناه

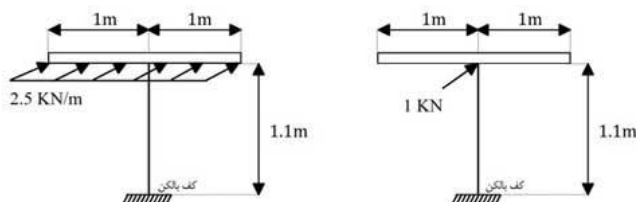
سیستم نرده یا جان پناه باید طوری طراحی شود که یک بار متمرکز ۱ کیلونیوتن وارد بر هر نقطه و در هر امتداد از آن را به نحوی که سبب ایجاد حداکثر اثر بار بر روی اجزاء سازه‌ای مربوط شود، تحمل کرده و آن را توسط تکیه‌گاه‌های خود به سازه منتقل نماید. همچنین نرده یا جان پناه باید طوری طراحی شود که یک بار گسترده ۰/۷۵ کیلونیوتن بر مترطول را در هر امتدادی در راستای نرده یا جان پناه تحمل کند. این بار لازم نیست که به صورت همزمان با بار متمرکز فوق در نظر گرفته شود. در سیستم‌های نرده و جان پناه که در محل‌های ازدحام و اجتماع قرار می‌گیرند بار گسترده خطی فوق باید به ۲/۵ کیلونیوتن بر مترطول افزایش یابد.

میله‌های میانی نرده‌ها و قطعات پرکننده میان آن‌ها باید برای تحمل یک بار افقی ۰/۲۵ کیلونیوتن به صورت عمود بر روی سطحی به ابعاد حداکثر ۳۰۰×۳۰۰ میلی متر (با احتساب فضای خالی بین میله‌های نرده) به نحوی که سبب ایجاد حداکثر اثرات ناشی از آن بارگذاری گردد، طراحی شوند. عکس‌العمل‌های ناشی از این بارگذاری لازم نیست به سایر بارهای مذکور در این بند اضافه گردد.

$$\rightarrow P = 1 \text{ KN}$$

$$\rightarrow q = 2.5 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

حداکثر لنگر خمشی ضریب دار وارد بر اتصال کف با توجه به ترکیب بار آیین نامه محاسبه می شود.



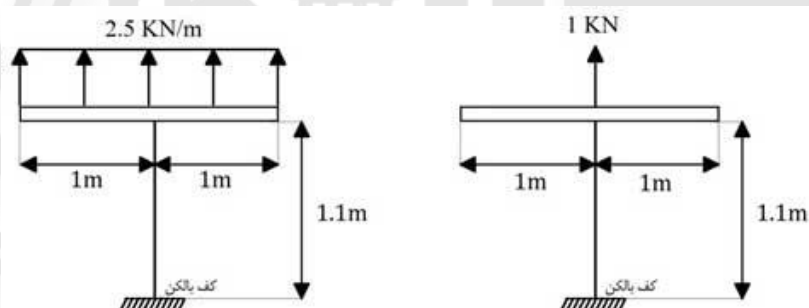
$$M_{\text{گسترده}} = 2.5 * 2 * 1.1 = 5.5 \text{ KN.m}$$

$$M_{\text{متمرکز}} = 1 * 1.1 = 1.1 \text{ KN.m}$$

$$2) \frac{1}{2}D + \frac{1}{6}L + \frac{1}{5}(L_T \text{ یا } S \text{ یا } R)$$

$$M_{u \max} = 1.6 * \max(M_{\text{گسترده}}, M_{\text{متمرکز}}) = 1.6 * \max(5.5, 1.1) = 8.8 \text{ KN.m}$$

حداکثر نیروی کششی ضریب دار وارد بر اتصال کف محاسبه می شود.



$$T_{\text{گسترده}} = 2.5 * 2 = 5 \text{ KN}$$

$$T_{\text{متمرکز}} = 1 \text{ KN}$$

$$T_{u \max} = 1.6 * \max(T_{\text{گسترده}}, T_{\text{متمرکز}}) = 1.6 * \max(5, 1) = 8 \text{ KN}$$

توجه: در گزینه های سوال واحد حداکثر نیروی کششی $T_{u \max}$ اشتباه داده شده است.

پاسخ صحیح گزینه ۲ می باشد.



۳-۴- سوال ۱۳

یک ساختمان مسکونی ۲۰ طبقه از سطح زمین با ارتفاع طبقات ۴ متر و پلان مربع شکل و ساده در شهر تهران و در منطقه مسطح تهران و پرتراکم که به میزان سه کیلومتر در بالادست سمت رو به باد ساختمان ادامه دارد، قرار دارد. در صورتی که کل سطح ساختمان از دیوارهای پانلی ۴×۴ متر پوشیده شده باشد، براساس همین اطلاعات حداکثر نیروی باد وارد بر هر پانل دیوار به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ ساختمان دارای پنجره‌های معمولی قابل بازشو است.

(۱) ۳۶,۲ kN

(۲) ۲۳,۵ kN

(۳) ۲۵,۹ kN

(۴) ۳۰,۶ kN

احتمالا این سوال جز سوالات حذفی باشد، به همین دلیل از حل آن در اینجا صرف نظر شده است.

۴- مراجع

- مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان (بارهای وارد بر ساختمان) ویرایش ۱۳۹۸
- آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم ۱۳۹۳

CIVILGEOTECH