



پاسخنامه تشریحی سوالات استاندارد ۲۸۰۰ آزمون محاسبات خردادماه ماه ۱۴۰۴



دکتر رامین منصوری



[dr_aminmansouri1370](#)



[dr_aminmansouri](#)

پاسخنامه سوالات استاندارد ۲۸۰۰ محاسبات بر اساس دفترچه: 211C



۴- در کدام یک از حالت‌های زیر برش پایه یک ساختمان کوتاه مرتبه با زمان تناوب اصلی 0.3 ثانیه دارای بیشترین مقدار است؟ در همه حالت‌ها وزن مؤثر لرزه‌ای و نوع سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی زلزله یکسان است.

(۱) در پهنه با خطر نسبی متوسط، زمین نوع IV و ساختمان دارای اهمیت زیاد

(۲) در پهنه با خطر نسبی، زیاد زمین نوع II و ساختمان دارای اهمیت زیاد

(۳) در پهنه با خطر نسبی زیاد، زمین نوع I و ساختمان دارای اهمیت متوسط

(۴) در پهنه با خطر نسبی زیاد، زمین نوع III و ساختمان دارای اهمیت زیاد

سطح سوال آسان

حل: طبق بند ۳-۳-۱-۱ صفحه ۲۸ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم داریم:

$$V_u = CW$$

(۱-۳)

در این رابطه:

V_u : نیروی برشی در حد مقاومت. حد مقاومت و حد تنش مجاز در "تعاریف" آیین‌نامه توضیح داده شده‌اند. برای تعیین این نیرو در حد تنش مجاز مقدار آن باید بر ضریب ۱/۴ تقسیم شود.

W : وزن مؤثر لرزه‌ای، شامل مجموع بارهای مرده و وزن تأسیسات ثابت و وزن دیوارهای تقسیم‌کننده به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف، مطابق جدول (۳-۱). بار زنده باید به صورت تخفیف‌نیافته، مطابق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود.

C : ضریب زلزله که از رابطه (۳-۲) به دست می‌آید:

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

(۲-۳)

در این رابطه:

- A: نسبت شتاب مبنای طرح مطابق بند (۲-۲) ص ۱۴
 B: ضریب بازتاب ساختمان مطابق بند (۳-۲) ص ۱۴
 I: ضریب اهمیت ساختمان مطابق بند (۳-۳-۴) ص ۳۳
 R_u : ضریب رفتار ساختمان مطابق بند (۳-۳-۵) ص ۳۴

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

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

(۳-۳)

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

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 می‌شود:

$$B = B_1 N \quad (۱-۲)$$

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 لرزه‌خیزی منطقه مشخص می‌شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از شکل‌های (۱-۲-الف) و (۱-۲-ب) تعیین می‌گردد.

$$\begin{aligned} B_1 &= S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 < T < T_0 \\ B_1 &= S + 1 & T_0 < T < T_s \\ B_1 &= (S + 1)(T_s/T) & T > T_s \end{aligned} \quad (۲-۲)$$

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

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

الف- برای پهنه‌های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$\begin{aligned} N &= 1 & T < T_s \\ N &= \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s < T < 4 \text{ sec} \\ N &= 1.7 & T > 4 \text{ sec} \end{aligned} \quad (۳-۲)$$

ب- برای پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و کم

$$\begin{aligned} N &= 1 & T < T_s \\ N &= \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s < T < 4 \text{ sec} \\ N &= 1.4 & T > 4 \text{ sec} \end{aligned} \quad (۴-۲)$$



جدول ۳-۳ ضریب اهمیت ساختمان	
ضریب اهمیت	طبقه‌بندی ساختمان
۱/۴	گروه ۱
۱/۲	گروه ۲
۱/۰	گروه ۳
۰/۸	گروه ۴

گروه ۳- ساختمان‌های «با اهمیت متوسط»

گروه ۲- ساختمان‌های «با اهمیت زیاد»

با توجه به برابر بودن ضریب رفتار R_u و وزن موثر لرزه ای W در تمام گزینه های سوال، بنابراین:

$$\rightarrow V_u \propto ABI$$

کنترل گزینه ۱: برای زمین نوع IV:

$$\rightarrow V_{u1} = ABI \frac{W}{R_u} = 0.25 * 3.25 * 1.2 = 0.975 \frac{W}{R_u}$$

$$A = 0.25$$

$$I = 1.2$$

$$T_o < T < T_s$$

$$S = 2.25$$

$$N = 1$$

$$B = B_1 = S + 1 = 2.25 + 1 = 3.25$$

کنترل گزینه ۲: برای زمین نوع II:

$$\rightarrow V_{u2} = ABI \frac{W}{R_u} = 0.30 * 2.5 * 1.2 = 0.90 \frac{W}{R_u}$$

$$A = 0.30$$

$$I = 1.2$$

$$T_o < T < T_s$$

$$S = 1.5$$

$$N = 1$$

$$B = B_1 = S + 1 = 1.5 + 1 = 2.5$$

کنترل گزینه ۳: برای زمین نوع I:

$$\rightarrow V_{u3} = ABI \frac{W}{R_u} = 0.30 * 2.5 * 1 = 0.75 \frac{W}{R_u}$$

$$A = 0.30$$

$$I = 1$$

$$T_o < T < T_s$$

$$S = 1.5$$

$$N = 1$$

$$B = B_1 = S + 1 = 1.5 + 1 = 2.5$$

کنترل گزینه ۴: برای زمین نوع III:

$$\rightarrow V_{u4} = ABI \frac{W}{R_u} = 0.30 * 2.75 * 1.2 = 0.99 \frac{W}{R_u}$$

$$A = 0.30$$

$$I = 1.2$$

$$T_o < T < T_s$$

$$S = 1.75$$

$$N = 1$$

$$B = B_1 = S + 1 = 1.75 + 1 = 2.75$$

در نهایت داریم:

$$\rightarrow V_u = \max\{V_{u1}, V_{u2}, V_{u3}, V_{u4}\} = V_{u4} = 0.99 \frac{W}{R_u}$$

پاسخ سوال گزینه (۴)

۵- یک ساختمان n طبقه مسکونی از روی تراز پایه و کاملاً منظم هر طبقه به ارتفاع ۴ متر، از نوع قاب خمشی فولادی ویژه بر روی زمین نوع III مفروض است. در تحلیل به روش استاتیکی معادل حداکثر تعداد طبقات این ساختمان برای آنکه ضریب شکل طیف کمتر از نصف مقدار ناحیه ثابت منحنی ضریب شکل طیف نباشد، مطابق کدام یک از گزینه های زیر است؟ جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب ها ایجاد نمی کنند و از زمان تناوب تجربی استفاده نمائید.

(۱) ۱۲ طبقه

(۲) ۱۱ طبقه

(۳) ۱۰ طبقه

(۴) ۹ طبقه

سطح سوال متوسط و جدید

حل: طبق بند ۲-۳-۱ صفحه ۱۴ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم داریم:

۲-۳-۱ ضریب شکل طیف، B_1 ، با در نظر گرفتن بزرگ‌نمایی خاک در پیوندهای مختلف و میزان لرزه‌خیزی منطقه مشخص می‌شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از شکل‌های (۱-۲-الف) و (۱-۲-ب) تعیین می‌گردد.

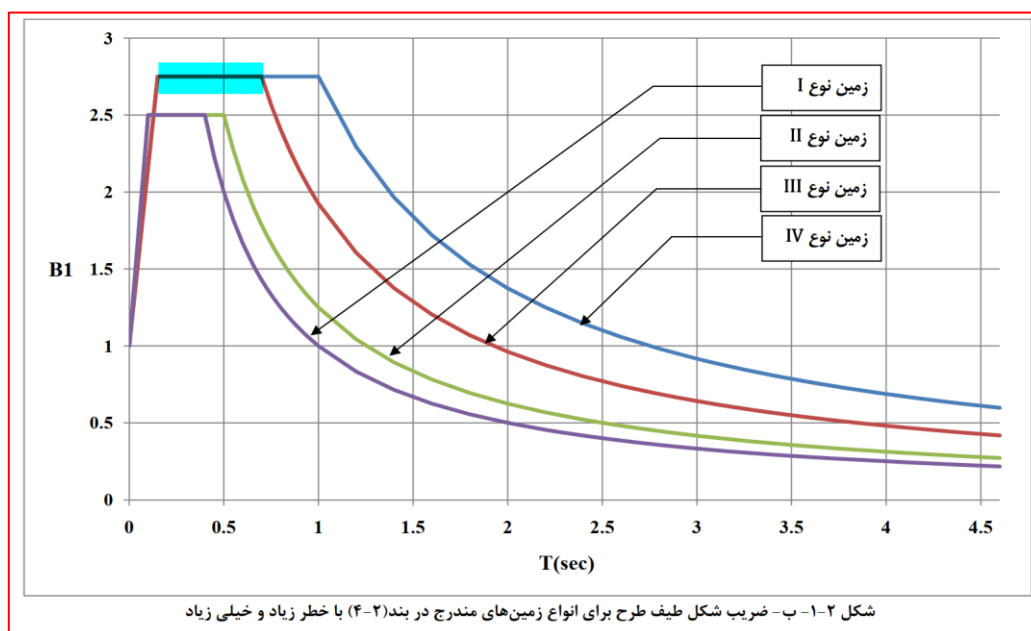
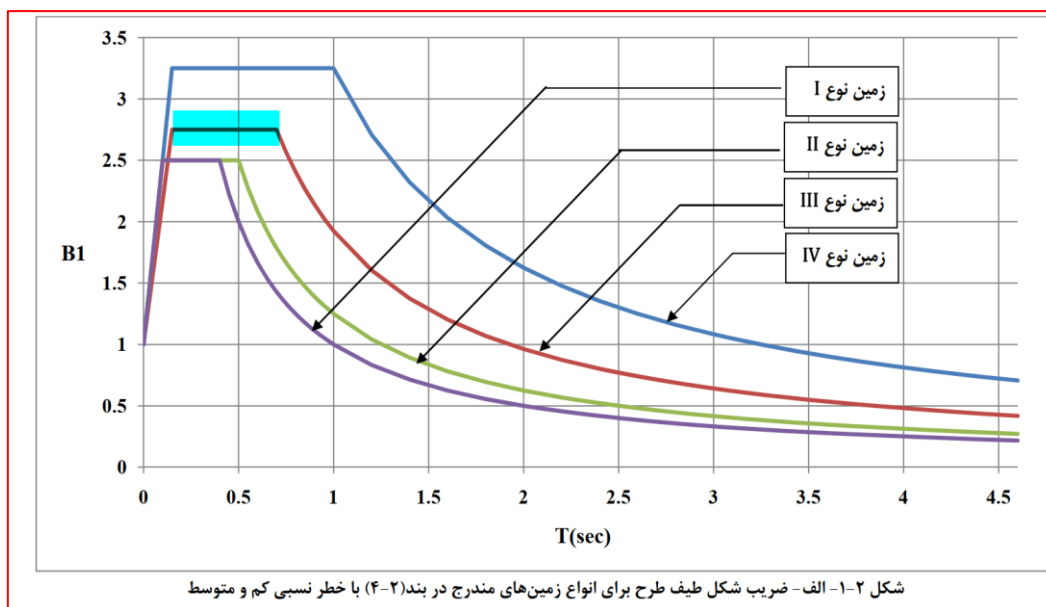
$$\begin{aligned} B_1 &= S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 < T < T_0 \\ B_1 &= S + 1 & T_0 < T < T_s \\ B_1 &= (S + 1)(T_s/T) & T > T_s \end{aligned} \quad (2-2)$$

در این روابط:

T : زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیه است. این زمان طبق بند (۳-۳-۳) تعیین می‌شود.
 T_0 ، T_s و S_0 : پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه‌خیزی منطقه وابسته‌اند.
 مقادیر این پارامترها در جدول (۲-۲) و انواع زمین‌ها در بند (۴-۲) مشخص شده‌اند.

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



۳-۳-۳ زمان تناوب اصلی نوسان، T

۳-۳-۳-۱ 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 ننمایند:

- 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.



مطابق صورت سوال داریم:

تذکر: ناحیه ثابت منحنی ضریب شکل طیف ناحیه ای می باشد که زمان تناوب اصلی نوسان سازه در محدوده زیر باشد:

$$T_o < T < T_s \rightarrow B_1 = S + 1 = 1.75 + 1 = 2.75$$

$$S = 1.75$$

$$\rightarrow B_1 \geq 0.5 * 2.75 = 1.375$$

با فرض در نظر گرفتن کمترین تعداد طبقه در گزینه های صورت سوال مقدار زمان تناوب را بدون اثر جداگرهای میانقابی محاسبه می کنیم. بنابراین برای زمین نوع III داریم:

$$\rightarrow T = 0.08 * (9 * 4)^{0.75} = 1.176s$$

$$\rightarrow n = 9$$

$$T_s = 0.7$$

$$T = 1.176s \geq T_s = 0.7 \rightarrow B_1 = (S + 1) \frac{T_s}{T}$$

$$\rightarrow (1.75 + 1) * \frac{0.7}{T} \geq 1.375 \rightarrow T \leq 1.4s$$

در نهایت با استفاده از رابطه زمان تناوب تجربی تعداد طبقات را محاسبه می کنیم:

$$\rightarrow T = 0.08 * (n * 4)^{0.75}$$

$$\rightarrow 0.08 * (n * 4)^{0.75} \leq 1.4$$

$$n \leq 11.36 \rightarrow n = 11 \text{ طبقه}$$

پاسخ سوال گزینه (۲)

۶- برش پایه یک ساختمان مسکونی در شهر خوی استان آذربایجان غربی با سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی ویژه و مهاربندی همگرای ویژه فولادی براساس روش تحلیل استاتیکی معادل برابر V محاسبه شده است. نوع زمین II و زمان تناوب اصلی ساختمان برابر یک ثانیه است. اگر ارتفاع از روی تراز پایه همین ساختمان ۲۵ درصد افزایش یابد و با فرض افزایش ۲۵ درصد وزن مؤثر لرزه ای برش پایه حدوداً چقدر خواهد شد؟ برای محاسبه زمان تناوب اصلی از رابطه تجربی استفاده شود. در هر دو حالت ارتفاع ساختمان در محدوده مجاز قرار دارد.

(۱) $1.25 V$

(۲) $0.87 V$

(۳) $1.15 V$

(۴) $1.10 V$

سطح سوال آسان و تکراری

حل: طبق بند ۳-۱-۱-۳ صفحه ۲۸ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم داریم:

$$V_u = CW$$

(۱-۳)

در این رابطه:

V_u : نیروی برشی در حد مقاومت. حد مقاومت و حد تنش مجاز در "تعاریف" آیین نامه توضیح داده شده اند. برای تعیین این نیرو در حد تنش مجاز مقدار آن باید بر ضریب $1/4$ تقسیم شود.

W : وزن مؤثر لرزه ای، شامل مجموع بارهای مرده و وزن تأسیسات ثابت و وزن دیوارهای تقسیم کننده به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف، مطابق جدول (۱-۳). بار زنده باید به صورت تخفیف نیافته، مطابق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود.

C : ضریب زلزله که از رابطه (۲-۳) به دست می آید:

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

(۲-۳)

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

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

(۳-۳)

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 ننمایند:

- 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 واگرا، 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:

$$T = 0.05H^{0.75} \quad (۵-۳)$$

۴-۳-۳ ضریب اهمیت ساختمان، I

ضریب اهمیت ساختمان با توجه به گروه طبقه‌بندی آنها، در بند (۱-۶)، مطابق جدول (۳-۳) تعیین می‌گردد:

جدول ۳-۳ ضریب اهمیت ساختمان

ضریب اهمیت	طبقه‌بندی ساختمان
۱/۴	گروه ۱
۱/۲	گروه ۲
۱/۰	گروه ۳
۰/۸	گروه ۴

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

H_m (متر)	C_d	Ω_0	R_u	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	سیستم سازه
۲۰۰	۵/۵	۲/۵	۷/۵	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن‌آرمه ویژه	ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی
۷۰	۵	۲/۵	۶/۵	۲- قاب خمشی بتن‌آرمه متوسط + دیوار برشی بتن‌آرمه ویژه	
۵۰	۴/۵	۲/۵	۶	۳- قاب خمشی بتن‌آرمه متوسط + دیوار برشی بتن‌آرمه متوسط	
۵۰	۴/۵	۲/۵	۶	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن‌آرمه متوسط	
۲۰۰	۴	۲/۵	۷/۵	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	
۷۰	۵	۲/۵	۶	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	
۲۰۰	۵/۵	۲/۵	۷	۷- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	
۷۰	۵	۲/۵	۶	۸- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	

ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۳۸	خور	فارس			*
۳۹	خوراسان	اصفهان		*	
۴۰	خورزوق	اصفهان		*	
۴۱	خورموج	بوشهر			*
۴۲	خوسف	خراسان جنوبی		*	
۴۳	خوی	آذربایجان غربی			*

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 می‌شود:

$$B = B_1 N \quad (۱-۲)$$

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 لرزه‌خیزی منطقه مشخص می‌شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از شکل‌های (۲-۱-الف) و (۲-۱-ب) تعیین می‌گردد.

$$\begin{aligned} B_1 &= S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 < T < T_0 \\ B_1 &= S + 1 & T_0 < T < T_s \\ B_1 &= (S + 1)(T_s/T) & T > T_s \end{aligned} \quad (۲-۲)$$

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

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

الف- برای پهنه‌های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$\begin{aligned} N &= 1 & T < T_s \\ N &= \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s < T < 4 \text{ sec} \\ N &= 1.7 & T > 4 \text{ sec} \end{aligned} \quad (۳-۲)$$

**حالت اول:**

برای ساختمان مسکونی در شهر خوی با خطر نسبی بسیار زیاد بر روی زمین نوع II داریم:

$$\rightarrow A = 0.35$$

$$\rightarrow I = 1$$

$$\rightarrow T = 1s \rightarrow 1 = 0.05 * H_1^{0.75} \rightarrow H_1 = 54.29m$$

$$\rightarrow T_s = 0.5s$$

$$\rightarrow S = 1.5$$

$$\rightarrow R_u = 7$$

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

$$\rightarrow B_1 = (S + 1) * \frac{T_s}{T} = (1.5 + 1) * \frac{0.5}{1} = 1.25$$

$$\rightarrow N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.7}{4 - 0.5} (1 - 0.5) + 1 = 1.1$$

$$\rightarrow B = B_1 * N = 1.25 * 1.1 = 1.375$$

$$\rightarrow W_1 = W$$

در ادامه برش پایه به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\rightarrow V_{u1} = \frac{ABIW_1}{R_u} \geq 0.12AIW$$

$$\rightarrow V_{u1} = V = \frac{0.35 * 1.375 * 1 * W}{7} = 0.069W$$

$$V_{u1} = 0.069W \geq 0.12AIW = 0.12 * 0.35 * 1 * W = 0.042W \quad \text{OK } \checkmark$$

حالت دوم:

برای ساختمان مسکونی در شهر خوی با خطر نسبی بسیار زیاد بر روی زمین نوع II داریم:

$$\rightarrow A = 0.35$$

$$\rightarrow I = 1$$

$$\rightarrow H_2 = 1.25 * 54.29 = 67.86m$$

$$\rightarrow T = 0.05 * (67.86)^{0.75} = 1.182s$$

$$\rightarrow T_s = 0.5s$$

$$\rightarrow S = 1.5$$

$$\rightarrow R_u = 7$$

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

$$\rightarrow B_1 = (S + 1) * \frac{T_s}{T} = (1.5 + 1) * \frac{0.5}{1.182} = 1.058$$

$$\rightarrow N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.7}{4 - 0.5} (1.182 - 0.5) + 1 = 1.1364$$

$$\rightarrow B = B_1 * N = 1.058 * 1.1364 = 1.2$$

$$\rightarrow W_2 = 1.25W$$

در ادامه برش پایه به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\rightarrow V_{u2} = \frac{ABIW_2}{R_u} \geq 0.12AIW$$

$$\rightarrow V_{u2} = \frac{0.35 * 1.2 * 1 * 1.25W}{7} = 0.075W$$

$$V_{u2} = 0.075W \geq 0.12AIW = 0.12 * 0.35 * 1 * W = 0.042W \text{ OK } \checkmark$$

در نهایت نسبت خواسته شده به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\rightarrow V_{u1} = V = 0.069W$$

$$V_{u2} = 0.075W$$

$$\frac{V_{u2}}{V_{u1}} = \frac{V_{u2}}{V} = \frac{0.075W}{0.069W} = 1.09 \rightarrow V_{u2} \approx 1.10V$$

پاسخ سوال گزینه (۴)



۷- دو ساختمان A و B با کاربری مسکونی و هر یک چهار طبقه روی سطح زمین مفروض است. ارتفاع طبقات هر دو ساختمان یکسان و برابر h است. زمان تناوب اصلی ساختمان A برابر 0.5 ثانیه و وزن مؤثر لرزه ای طبقات آن برابر W_A و زمان تناوب اصلی ساختمان B برابر 0.8 ثانیه و وزن مؤثر لرزه ای طبقات آن برابر W_B است. اگر ضریب نیروی زلزله این دو ساختمان یکسان باشد، نسبت نیروی جانبی آخرین طبقه ساختمان A به نیروی جانبی آخرین طبقه ساختمان B به کدام یک از گزینه های زیر نزدیک تر است؟ مقدار ρ هر دو ساختمان برابر یک است.

$$(۱) \quad 1.15 \frac{W_A}{W_B}$$

$$(۲) \quad \frac{W_A}{W_B}$$

$$(۳) \quad 0.95 \frac{W_A}{W_B}$$

$$(۴) \quad 1.05 \frac{W_A}{W_B}$$

سطح سوال آسان و تکراری

حل: طبق بند ۲-۳ صفحه ۱۴ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم داریم:

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

نیروی برشی پایه V_u ، که طبق بند (۳-۱-۱) 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 سربار 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 ۰/۵ ثانیه و بزرگ‌تر از ۲/۵ ثانیه باید به ترتیب برابر با ۱/۰ و ۲/۰ در نظر گرفته شود.

ساختمان (A):

$$\rightarrow T = 0.5s \rightarrow K = 1$$

$$C_A = C$$

$$\rightarrow V_{uA} = C * 4W_A$$

$$\rightarrow (F_{u4})_A = \frac{W_A * 4h}{W_A(h + 2h + 3h + 4h)} * C * 4W_A = 1.6CW_A$$

ساختمان (B):

$$\rightarrow T = 0.8s \rightarrow K = 0.5 * 0.8 + 0.75 = 1.15$$

$$C_B = C$$

$$\rightarrow V_{uB} = C * 4W_B$$

$$\rightarrow (F_{u4})_B = \frac{W_B * (4h)^{1.15}}{W_B[h^{1.15} + (2h)^{1.15} + (3h)^{1.15} + (4h)^{1.15}]} * C * 4W_B$$

$$\rightarrow (F_{u4})_B = 1.69CW_B$$

در نهایت طبق صورت سوال نسبت مورد نظر را محاسبه می کنیم:

$$\rightarrow \frac{(F_{u4})_A}{(F_{u4})_B} = \frac{1.6CW_A}{1.69CW_B} \approx 0.95 \frac{W_A}{W_B}$$

پاسخ سوال گزینه (۳)



۸- یک ساختمان مسکونی با سیستم قاب خمشی فولادی ویژه به ارتفاع ۵۰ متر از تراز پایه بر روی خاک نوع III در شهر تهران واقع شده است. چنانچه زمان تناوب اصلی نوسان براساس تحلیل دینامیکی در برابر ۱.۷ ثانیه و وزن مؤثر لرزه ای ساختمان برابر W باشد. به منظور طراحی اعضای این ساختمان کمترین مقدار قابل قبول نیروی برش پایه استاتیکی (V_u) به کدام یک از گزینه های زیر نزدیک تر است؟ جداگرها مانعی برای حرکت قاب ها ایجاد نمی کنند و $\rho = 1$ است.

$$(۱) \quad 0.064 W$$

$$(۲) \quad 0.053 W$$

$$(۳) \quad 0.059 W$$

$$(۴) \quad 0.071 W$$

سطح سوال: آسان و تکراری

حل: طبق بند ۳-۳-۱-۱ صفحه ۲۸ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم داریم:

$$V_u = CW$$

(۱-۳)

در این رابطه:

V_u : نیروی برشی در حد مقاومت. حد مقاومت و حد تنش مجاز در "تعاریف" آیین‌نامه توضیح داده شده‌اند. برای تعیین این نیرو در حد تنش مجاز مقدار آن باید بر ضریب ۱/۴ تقسیم شود.

W : وزن مؤثر لرزه‌ای، شامل مجموع بارهای مرده و وزن تأسیسات ثابت و وزن دیوارهای تقسیم‌کننده به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف، مطابق جدول (۳-۱). بار زنده باید به صورت تخفیف‌نیافته، مطابق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود.

C : ضریب زلزله که از رابطه (۳-۲) به دست می‌آید:

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

(۲-۳)

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

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

(۳-۳)

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 به‌دست آورده شده از روابط تجربی بالا بیشتر نظر گرفته شود.

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	۲۰۰
	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	۲۰۰
	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	۵	۳	۴	۵۰
	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۱]	۳/۵	۳	۳	-

ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۲۳	تنکابن	مازندران			*
۲۴	تنگ ارم	بوشهر			*
۲۵	توشک آبسرد	لرستان			*
۲۶	تویسرکان	همدان			*
۲۷	تویه	سمنان			*
۲۸	تهران	تهران			*
۲۹	تیران	اصفهان		*	
۳۰	تیغدر	خراسان جنوبی			*
۳۱	تیکمه داش	آذربایجان شرقی			*

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 می‌شود:

$$B = B_1 N \quad (۱-۲)$$

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 پیوندهای مختلف و میزان لرزه‌خیزی منطقه مشخص می‌شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از شکل‌های (۲-۱ الف) و (۲-۱ ب) تعیین می‌گردد.

$$\begin{aligned} B_1 &= S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 < T < T_0 \\ B_1 &= S + 1 & T_0 < T < T_s \\ B_1 &= (S + 1)(T_s/T) & T > T_s \end{aligned} \quad (۲-۲)$$



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

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

الف- برای پهنه‌های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

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

$$T_s < T < 4 \text{ sec}$$

(۳-۲)

$$N = 1.7$$

$$T > 4 \text{ sec}$$

۳-۳-۳ زمان تناوب اصلی نوسان، T

۳-۳-۳-۱ 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 ننمایند:

- در قاب‌های فولادی

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

(۳-۳)

- در قاب‌های بتن‌آرمه

$$T = 0.05H^{0.9}$$

(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.

ابتدا زمان تناوب تجربی سیستم قاب خمشی فولادی ویژه بدون اثر جداگرهای میانقابی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T_a = 0.08(H)^{0.75} = 0.08 * (50)^{0.75} = 1.5s$$

در ادامه طبق بند تبصره صفحه ۳۲ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم داریم:

$$T_m = 1.7s$$

$$T_{\text{اصلی}} = \min(1.25T_a, T_m) = \min(1.25 * 1.5 = 1.875s, 1.7s) = 1.7s$$

برای ساختمان مسکونی در شهر تهران با خطر نسبی بسیار زیاد بر روی زمین نوع III داریم:

$$\rightarrow A = 0.35$$

$$\rightarrow I = 1$$

$$\rightarrow T = 1.7s$$

$$\rightarrow T_s = 0.7s$$

$$\rightarrow S = 1.75$$

$$\rightarrow R_u = 7.5$$

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

$$\rightarrow B_1 = (S + 1) * \frac{T_s}{T} = (1.75 + 1) * \frac{0.7}{1.7} = 1.132$$

$$\rightarrow N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.7}{4 - 0.7} (1.7 - 0.7) + 1 = 1.212$$

$$\rightarrow B = B_1 * N = 1.132 * 1.212 = 1.372$$

$$\rightarrow W_1 = W$$

در ادامه کمترین مقدار قابل قبول نیروی برش پایه استاتیکی به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\rightarrow V_u = \frac{ABIW}{R_u} \geq 0.12AIW$$

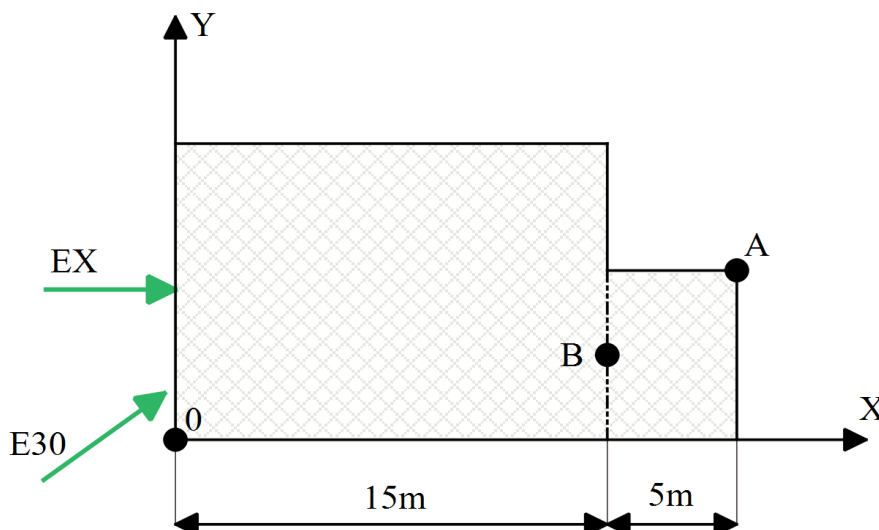
$$\rightarrow V_u = \frac{0.35 * 1.372 * 1 * W}{7.5} = 0.064W$$

$$V_u = 0.064W \geq 0.12AIW = 0.12 * 0.35 * 1 * W = 0.042W \quad OK \checkmark$$

پاسخ سوال گزینه (۱)



۱۴- در شکل پلان سقف یک ساختمان یک طبقه با دیافراگم صلب نشان داده شده است. تحلیل سازه بدون احتساب پیچش تصادفی نشان می‌دهد، وقتی نیروی زلزله در راستای $+X$ به سازه وارد می‌شود جابجایی نقاط A و B در راستای Y ، $+6\text{mm}$ است. وقتی نیروی زلزله در راستای 30° درجه نسبت به محور X وارد می‌شود، جابجایی نقاط A و B در راستای Y به ترتیب $+20.2\text{ mm}$ و $+17.7\text{ mm}$ است. فقط با این اطلاعات، با در نظر گرفتن تمام راستاهای محتمل برای نیروی زلزله، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ مقدار نیروی زلزله در تمام راستاها یکسان فرض می‌شود.



(۱) سازه فاقد نامنظمی پیچشی است اما نامنظمی هندسی دارد.

(۲) سازه دارای نامنظمی پیچشی است اما با این اطلاعات نمیتوان زیاد یا شدید بودن آن را تعیین کرد.

(۳) سازه قطعاً دارای نامنظمی شدید پیچشی است.

(۴) سازه دارای نامنظمی زیاد پیچشی است.

سطح سوال: سخت

حل: طبق بند ۱-۷-۱ مورد الف و ب صفحه ۶ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم داریم:

۱-۷-۱ نامنظمی در پلان

الف-نامنظمی هندسی: در مواردی که پس‌رفتگی هم‌زمان در دو جهت در یکی از گوشه‌های ساختمان بیشتر از ۲۰ درصد طول پلان در آن جهت باشد.

ب-نامنظمی پیچشی: در مواردی که حداکثر تغییرمکان نسبی در یک انتهای ساختمان در هر طبقه، با احتساب پیچش تصادفی و با منظور کردن $A_j = 1/10$ بیشتر از ۲۰ درصد متوسط تغییرمکان نسبی در دو انتهای ساختمان در آن طبقه باشد. در این موارد نامنظمی "زیاد" و در مواردی که این اختلاف بیشتر از ۴۰ درصد باشد، نامنظمی "شدید" پیچشی توصیف می‌شود.

نامنظمی‌های پیچشی تنها در مواردی که دیافراگم‌های کفها صلب و یا نیمه‌صلب هستند کاربرد پیدا می‌کند.

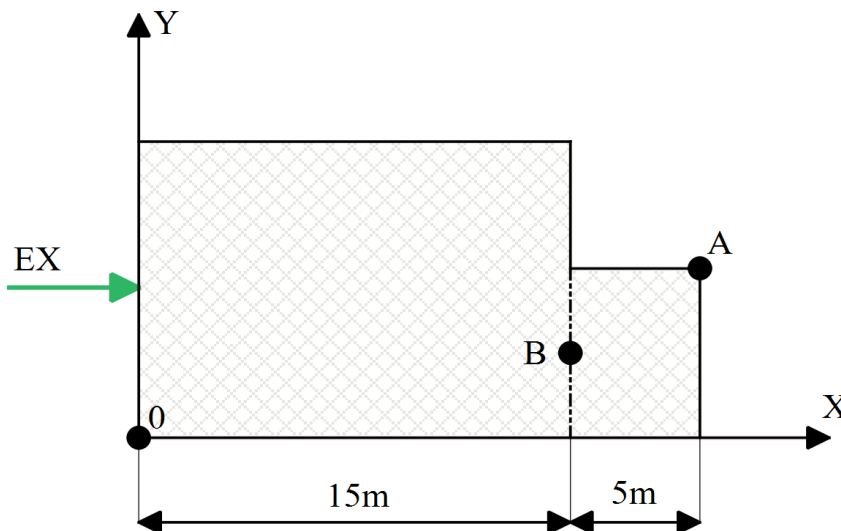
ابتدا نامنظمی هندسی در پلان را برای جهت x بررسی می‌کنیم:

$$l > 0.2L \rightarrow 5m > 0.2 * (15 + 5) = 4m \quad \text{ok } \checkmark$$

نکته: با توجه به نداشتن اندازه پس‌رفتگی و بعد کلی پلان در جهت y نمی‌توان در مورد نامنظمی هندسی در پلان نظر داد، زیرا باید پس‌رفتگی در هر دو جهت x و y هم‌زمان بیشتر از ۲۰ درصد بعد ساختمان در آن امتداد باشند.

در ادامه نامنظمی پیچشی را بررسی می‌کنیم:

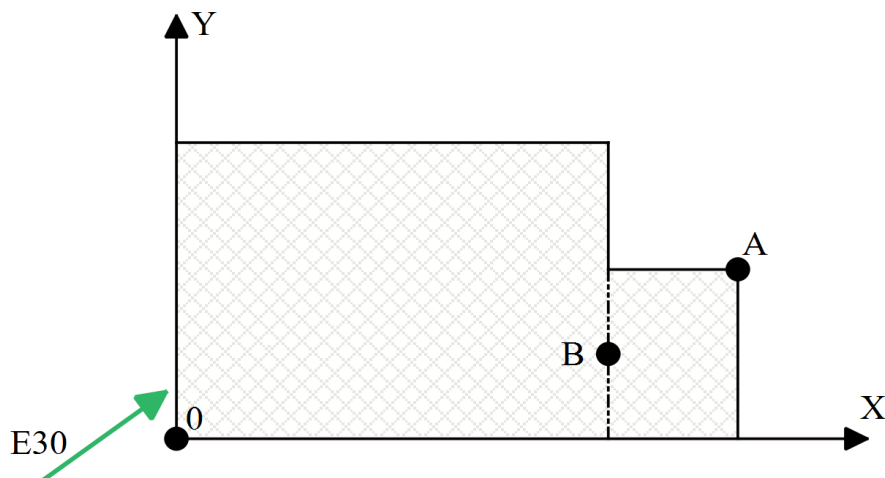
حالت اول: نیروی زلزله در راستای $+X$ به سازه وارد می‌شود بدون احتساب پیچش تصادفی:



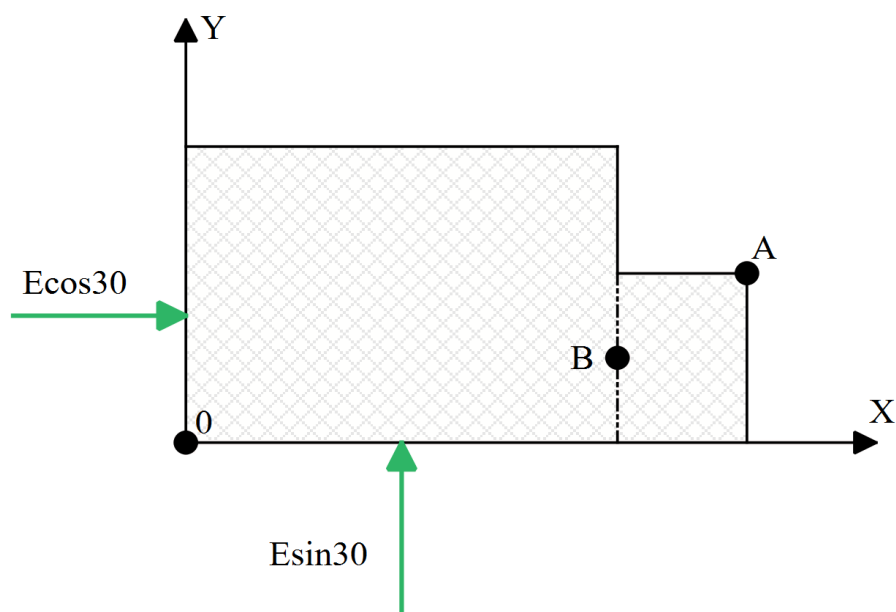
$$\Delta_A = \Delta_B = +6mm$$



حالت دوم: در حالت بدون احتساب پیچش تصادفی و اعمال نیروی زلزله در راستای (30°) نسبت به محور افقی داریم:

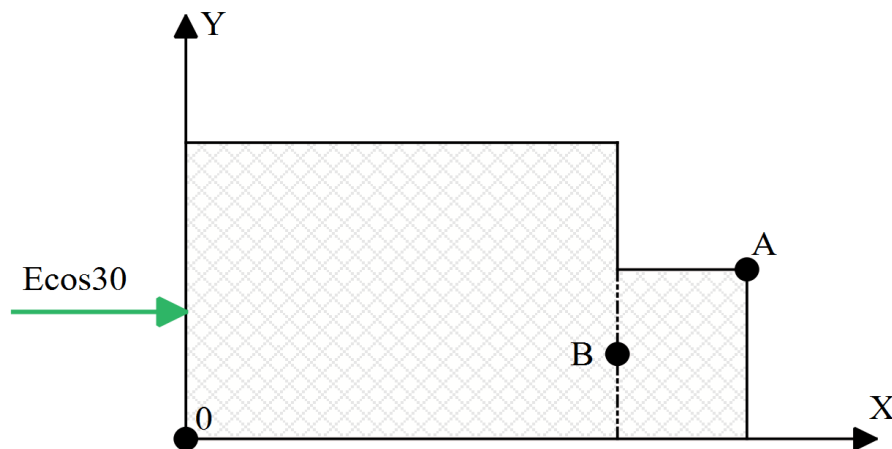


تجزیه مؤلفه نیروی زلزله در دو راستای x و y به صورت شکل زیر می باشد:





در حالت بدون احتساب پیچش تصادفی و اعمال نیروی زلزله راستای (30°) نسبت به محور افقی داریم:



$$E_x = K_x * \Delta$$

$$E_x = E \cos 30 = \frac{\sqrt{3}E}{2}$$

$$E_x \propto \Delta$$

$$\rightarrow \Delta_A = \Delta_B = \Delta_{\text{حالت الف}} \cos 30 = 6 * \cos 30 = 6 * \frac{\sqrt{3}}{2} = 5.2 \text{ mm}$$

در نهایت مقدار جابجایی کل پلان سازه حول محور y زمانی که نیروی زلزله در راستای $+X$ به سازه وارد می شود بدون احتساب پیچش تصادفی:

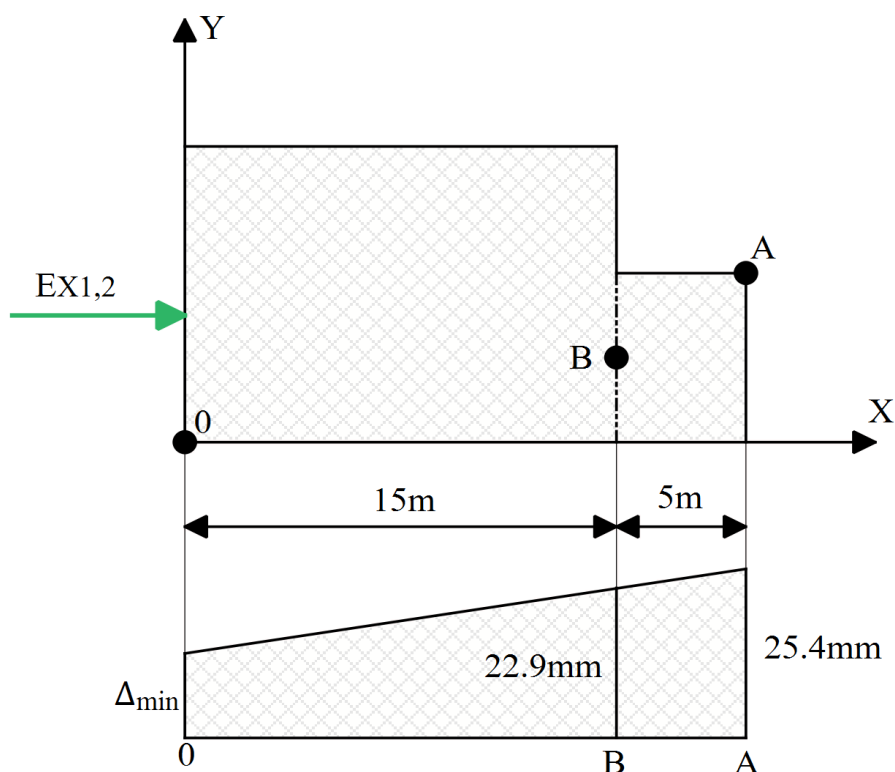
$$\rightarrow \Delta_A = 20.2 \pm 5.2$$

$$\rightarrow \Delta_B = 17.7 \pm 5.2$$

در حالتی که نیروی زلزله در هر دو حالت به صورت هم جهت به پلان وارد شوند:

$$\rightarrow \Delta_A = 20.2 + 5.2 = 25.4 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \Delta_B = 17.7 + 5.2 = 22.9 \text{ mm}$$



$$\frac{25.4 - 22.9}{5000} = \frac{22.9 - \Delta_{min}}{15000} \rightarrow \Delta_{min} = 15.4 \text{ mm}$$

$$\Delta_{avg} = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2} = \frac{25.4 + 15.4}{2} = 20.4 \text{ mm}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} = \frac{25.4}{20.4} = 1.245$$

$$1.2 < \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} = 1.245 \leq 1.4$$

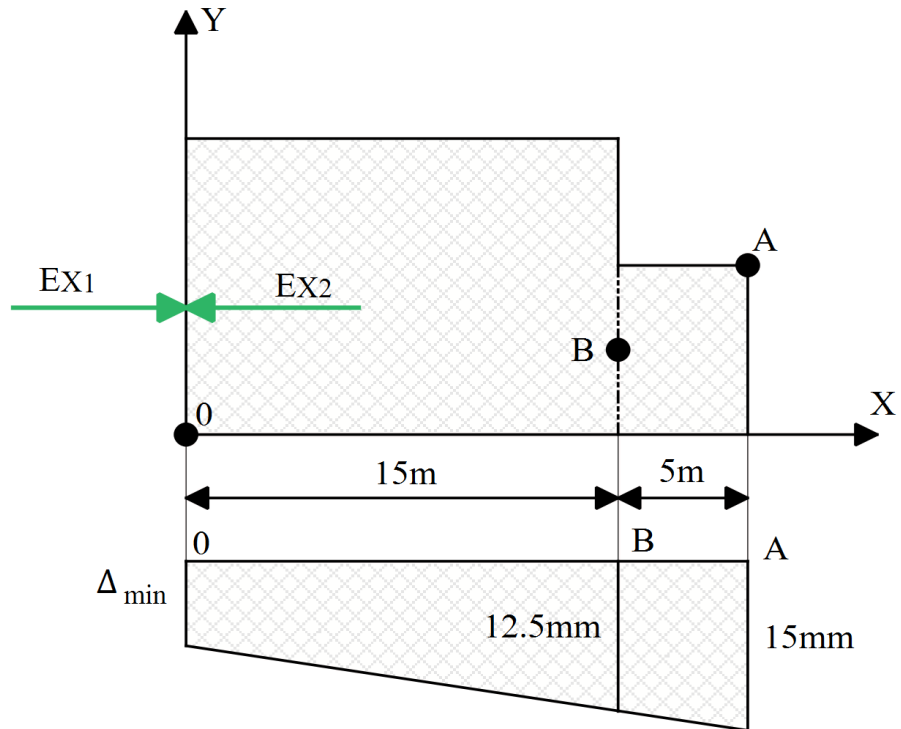
نامنظمی پیچشی زیاد می باشد.



در حالتی که نیروی زلزله در هر دو حالت خلاف جهت هم به پلان وارد شوند:

$$\rightarrow \Delta_A = 20.2 - 5.2 = 15 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \Delta_B = 17.7 - 5.2 = 12.5 \text{ mm}$$



$$\frac{15 - 12.5}{5000} = \frac{12.5 - \Delta_{min}}{15000} \rightarrow \Delta_{min} = 5 \text{ mm}$$

$$\Delta_{avg} = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2} = \frac{15 + 5}{2} = 10 \text{ mm}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} = \frac{15}{10} = 1.5$$

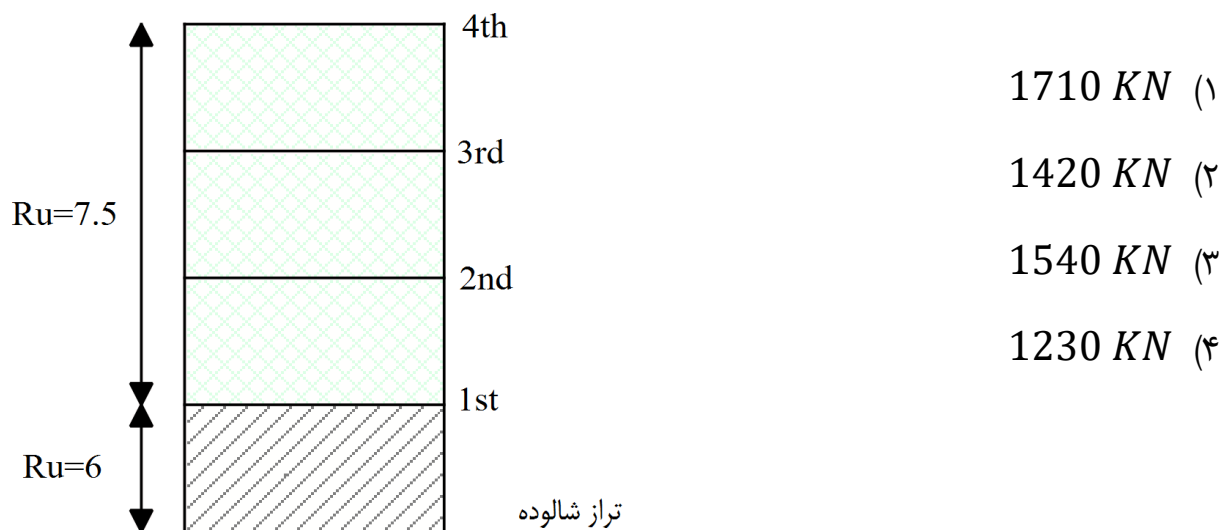
$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}} = 1.5 > 1.4$$

نامنظمی پیچشی شدید می باشد.

در پلان ساختمان نامنظمی شدید پیچشی به صورت قطعی وجود دارد.

پاسخ سوال گزینه (۳)

۱۵- برای تحلیل یک سازه چهار طبقه با ترکیب سیستم در ارتفاع، حالت کلی مورد استفاده قرار گرفته و زمان تناوب اصلی سازه 0.48 ثانیه محاسبه شده است. برای محاسبات قسمت فوقانی، برش ناشی از نیروی جانبی زلزله در طبقه دوم (بین 1st و 2nd) برابر 1230 KN است. برای محاسبات قسمت تحتانی، برش ناشی از نیروی جانبی زلزله روی تراز شالوده به کدام یک از گزینه های زیر نزدیک تر خواهد بود؟ ارتفاع و جرم موثر لرزه ای تمام طبقات یکسان بوده و برای هر دو بخش $\rho = 1$ فرض می شود. روش تحلیل استاتیکی برای این سازه معتبر فرض شده و مورد استفاده است. ضرایب رفتار روی شکل نشان داده شده است.



سطح سوال: متوسط و نکته دار

حل: طبق بند ۳-۳-۵-۹-۱ مورد ب و بند ۳-۳-۶ صفحات ۳۷ و ۳۸ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم داریم:

۳-۳-۵-۹ 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:

۳-۳-۵-۹-۱ 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_d و Ω_0 قسمت فوقانی باید برای محاسبات هر دو 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_d و Ω_0 قسمت فوقانی باید برای محاسبات این قسمت مورد استفاده قرار گیرد. برای محاسبات قسمت تحتانی مقادیر R_u ، C_d 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/ρ قسمت فوقانی به R_u/ρ قسمت تحتانی ضرب شده‌اند، باید به مدل سازه قسمت تحتانی اضافه شود. این نسبت در هر حال نباید کوچک‌تر از ۱/۰ باشد.

۳-۶ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

نیروی برشی پایه V_u ، که طبق بند (۳-۱-۱) 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 سربار 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.

ابتدا برش پایه ناشی از سیستم فوقانی را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\rightarrow T = 0.48s \rightarrow K = 1$$

$$\rightarrow F_{u2} = \frac{W * 2h}{W(h + 2h + 3h + 4h)} * V_{u,top} = 0.2V_{u,top}$$

$$\rightarrow F_{u3} = \frac{W * 3h}{W(h + 2h + 3h + 4h)} * V_{u,top} = 0.3V_{u,top}$$

$$\rightarrow F_{u4} = \frac{W * 4h}{W(h + 2h + 3h + 4h)} * V_{u,top} = 0.4V_{u,top}$$

$$V_{top} = F_{u2} + F_{u3} + F_{u4} = 0.2V_{u,top} + 0.3V_{u,top} + 0.4V_{u,top} = 0.9V_{u,top}$$

$$V_{top} = 1230KN \rightarrow 1230 = 0.9V_{u,top} \rightarrow V_{u,top} = \frac{1230}{0.9} = 1366.67KN$$

نکته مهم: مقدار $1366.67KN$ برش پایه بدست آمده با استفاده از ضریب رفتار قسمت فوقانی می‌باشد.

در ادامه داریم:

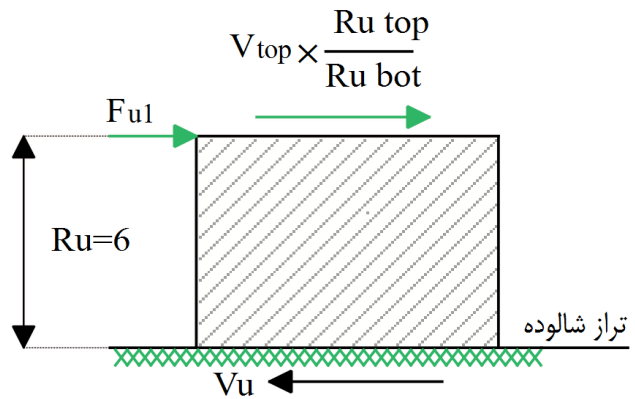


$$\rho_{top} = \rho_{bot} = 1$$

$$\left(\frac{R_u}{\rho}\right)_{top} = R_{u_{top}} = 7.5$$

$$\left(\frac{R_u}{\rho}\right)_{bot} = R_{u_{bot}} = 6$$

$$\frac{R_{u_{top}}}{R_{u_{bot}}} = \frac{7.5}{6} = 1.25 \geq 1 \text{ ok } \checkmark$$



برای محاسبه نیروی جانبی زلزله در تراز طبقه اول در سیستم تحتانی ابتدا باید برش پایه با استفاده از ضریب رفتار قسمت تحتانی را محاسبه کنیم:

$$V_{u,bot} = \frac{V_{u,top} * R_{u_{top}}}{R_{u_{bot}}} = \frac{1366.67 * 7.5}{6} = 1708.34 \text{ KN}$$

$$\rightarrow F_{u1} = \frac{W * h}{W_A(h + 2h + 3h + 4h)} * 1708.34 = 170.834 \text{ KN}$$

در نهایت برای قسمت تحتانی برش ناشی از نیروی جانبی زلزله روی تراز شالوده را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$\rightarrow V_u = F_{u1} + \frac{R_{u_{top}}}{R_{u_{bot}}} * V_{top} = 170.834 + 1.25 * 1230 = 1708.334 \text{ KN}$$

$$\rightarrow V_u \approx 1710 \text{ KN}$$

پاسخ سوال گزینه (۱)

۱۶- ساختمانی 8 طبقه از نوع سیستم دوگانه با قاب خمشی بتن آرمه ویژه توام با دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه بدون زیرزمین با کاربری بیمارستان در شهر تبریز روی زمین نوع II به ارتفاع هر طبقه 4 متر موجود است. هرگاه زمان تناوب اصلی ساختمان با استفاده از تحلیل دینامیکی 1.2 ثانیه باشد. و جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب ها ایجاد نکنند. در محاسبه تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه کمترین مقدار قابل قبول ضریب زلزله (C) به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟

(۱) 0.065

(۲) 0.075

(۳) 0.09

(۴) 0.055

سطح سوال: آسان و تکراری

حل: طبق بند ۳-۳-۱-۱ صفحه ۲۸ و بند ۳-۵-۳ صفحه ۴۶ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم داریم:

۳-۳-۳ زمان تناوب اصلی نوسان، T

۳-۳-۱-۳ 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 بتن آرمه

$$T = 0.05H^{0.9} \quad (۴-۳)$$

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 واگرا، 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:

$$T = 0.05H^{0.75} \quad (۵-۳)$$

۳-۵-۳ در محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه Δ_{eu} ، برای رعایت محدودیت‌های فوق، مقدار برش پایه در رابطه (۱-۳) را می‌توان بدون منظور کردن محدودیت مربوط به زمان تناوب اصلی ساختمان T در تبصره بند (۱-۳-۳-۳) تعیین کرد. ولی در ساختمان‌های 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.

$$V_u = CW$$

(۱-۳)

در این رابطه:

V_u : نیروی برشی در حد مقاومت. حد مقاومت و حد تنش مجاز در "تعاریف" آیین‌نامه توضیح داده شده‌اند. برای تعیین این نیرو در حد تنش مجاز مقدار آن باید بر ضریب ۱/۴ تقسیم شود.

W: وزن مؤثر لرزه‌ای، شامل مجموع بارهای مرده و وزن تأسیسات ثابت و وزن دیوارهای تقسیم‌کننده به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف، مطابق جدول (۱-۳). بار زنده باید به صورت تخفیف‌نیافته، مطابق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود.

C: ضریب زلزله که از رابطه (۲-۳) به دست می‌آید:

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

(۲-۳)

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

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

(۳-۳)

گروه ۱- ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد»

این گروه شامل دو دسته زیر است:

الف- ساختمان‌های ضروری:

این گروه شامل ساختمان‌هایی است که قابل استفاده بودن آنها پس از وقوع زلزله اهمیت خاص دارد و وقفه در بهره‌برداری از آنها غیرمستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می‌شود؛ مانند بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز آتش‌نشانی، مراکز و تأسیسات آبرسانی، ساختمان‌های نیروگاه‌ها و تأسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تأسیسات نظامی و انتظامی، مراکز کمک‌رسانی و به‌طور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آنها در نجات و امداد مؤثر می‌باشد.

جدول ۳-۳ ضریب اهمیت ساختمان

ضریب اهمیت	طبقه‌بندی ساختمان
۱/۴	گروه ۱
۱/۲	گروه ۲
۱/۰	گروه ۳
۰/۸	گروه ۴

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

ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۵	تالش	گیلان			بسیار زیاد
۶	تایباد	خراسان رضوی		*	
۷	تبریز	آذربایجان شرقی			*

۳-۲ 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:

$$B = B_1 N \quad (۱-۲)$$

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

۳-۲-۱ ضریب شکل طیف، B_1 ، با در نظر گرفتن بزرگنمایی خاک در پیوندهای 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.

$$\begin{aligned} B_1 &= S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0) & 0 < T < T_0 \\ B_1 &= S + 1 & T_0 < T < T_s \\ B_1 &= (S + 1)(T_s/T) & T > T_s \end{aligned} \quad (۲-۲)$$

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



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

الف- برای پهنه‌های باخطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

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

$$T_s < T < 4 \text{ sec}$$

(۳-۲)

$$N = 1.7$$

$$T > 4 \text{ sec}$$

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)
ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن‌آرمه ویژه	۷/۵	۲/۵	۵/۵	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتن‌آرمه متوسط + دیوار برشی بتن‌آرمه ویژه	۶/۵	۲/۵	۵	۷۰
	۳- قاب خمشی بتن‌آرمه متوسط + دیوار برشی بتن‌آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰
	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن‌آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰

زمان تناوب تجربی سیستم قاب خمشی بتنی ویژه بدون اثر جداگرهای میانقابی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T_a = 0.05(H)^{0.75} = 0.05 * (8 * 4)^{0.75} = 0.672s$$

در ادامه طبق بند ۳-۵-۳ صفحه ۴۶ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم برای درمانگاه‌ها با اهمیت خیلی زیاد داریم:

$$T_m = 1.2s$$

$$T_{\text{اصلی}} = \min(1.25T_a, T_m) = \min(1.25 * 0.672 = 0.84s, 1.2s) = 0.84s$$

برای ساختمان بیمارستان در شهر تبریز با خطر نسبی بسیار زیاد بر روی زمین نوع II داریم:

$$\rightarrow A = 0.35$$

$$\rightarrow I = 1.4$$

$$\rightarrow T = 0.84s$$

$$\rightarrow T_s = 0.5s$$

$$\rightarrow S = 1.5$$

$$\rightarrow R_u = 7.5$$

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

$$\rightarrow B_1 = (S + 1) * \frac{T_s}{T} = (1.5 + 1) * \frac{0.5}{0.84} = 1.486$$

$$\rightarrow N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = \frac{0.7}{4 - 0.5} (0.84 - 0.5) + 1 = 1.068$$

$$\rightarrow B = B_1 * N = 1.486 * 1.068 = 1.587$$

در ادامه کمترین مقدار قابل قبول ضریب زلزله به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\rightarrow C = \frac{ABI}{R_u} \geq 0.12AI$$

$$\rightarrow C = \frac{0.35 * 1.587 * 1.4}{7.5} = 0.1$$

$$\rightarrow C = 0.1 \geq 0.12AI = 0.12 * 0.35 * 1.4 = 0.059 \text{ OK } \checkmark$$

پاسخ سوال به گزینه ۳ نزدیک تر می باشد.

پاسخ سوال گزینه (۳)

۱۷- ساختمان بتنی ۳ طبقه منظم به ارتفاع هر طبقه ۴ متر و وزن مؤثر لرزه ای هر طبقه 1500 kN بر روی شالوده گسترده به ابعاد $10 \times 10 \times 1$ متر موجود است. هرگاه نیروی جانبی وارد بر طبقه سوم، دوم و اول به ترتیب ۳۰۰، ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلونیوتن باشد. نسبت لنگر واژگونی به لنگر مقاوم به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ وزن حجمی بتن $25 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$ فرض شود. مرکز جرم طبقات بر مرکز سطح شالوده واقع بوده و روی شالوده فاقد هرگونه خاک و کف سازی در نظر گرفته شود.

(۱) ۰.۲

(۲) ۰.۲۵

(۳) ۰.۱۸

(۴) ۰.۱۰

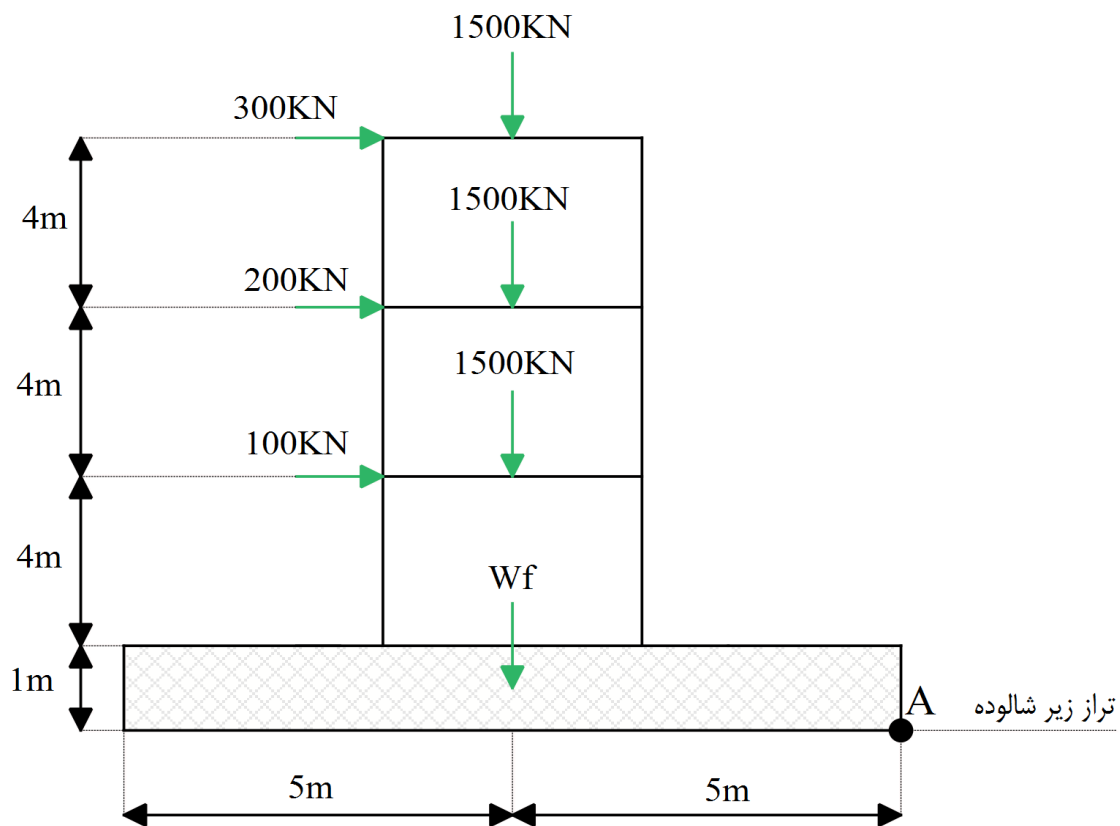
سطح سوال: آسان و تکراری

حل: طبق بند ۳-۳-۸ صفحه ۴۰ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم داریم:

۳-۳-۸ محاسبه ساختمان در برابر واژگونی

لنگر واژگونی ناشی از نیروهای جانبی زلزله در تراز زیر شالوده برابر مجموع حاصلضرب نیروی جانبی هر تراز در ارتفاع آن نسبت به تراز زیر شالوده ساختمان است. در محاسبه لنگر مقاوم در برابر واژگونی، بار تعادل وزن مؤثر لرزه‌ای ساختمان است که برای تعیین نیروی جانبی به کار رفته است و وزن شالوده و خاک روی آن به وزن مؤثر لرزه‌ای اضافه می‌شود. سازه ساختمان و پی آن باید به گونه‌ای طراحی شوند که توانایی تحمل اثر لنگر واژگونی را داشته باشند.

ابتدا شکل کلی سازه را طبق صورت سوال ترسیم می‌کنیم:



ابتدا لنگر واژگونی در اثر نیروهای جانبی زلزله را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\rightarrow M_A = [(300 * 13) + (200 * 9) + (100 * 5)] = 6200 \text{ KN.m}$$

وزن شالوده بتنی را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\rightarrow W_f = \gamma V = 25 * (10 * 10 * 1) = 2500 \text{ KN}$$

در ادامه لنگر مقاوم ناشی از وزن مؤثر لرزه‌ای طبقات سازه و وزن شالوده را به صورت زیر محاسبه می‌کنیم:

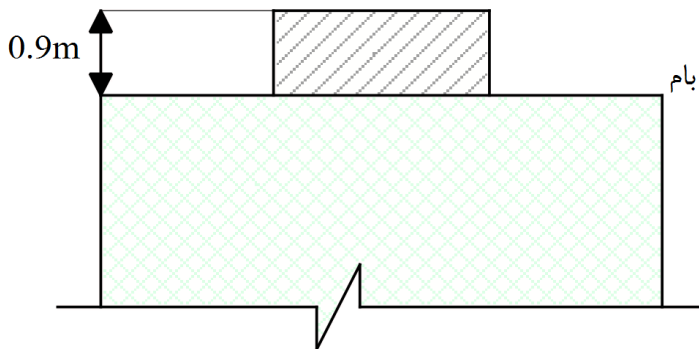
$$\rightarrow M_P = [(1500 + 1500 + 1500 + 2500) * 5] = 35000 \text{ KN.m}$$

در نهایت طبق صورت سوال نسبت مورد نظر را محاسبه می کنیم:

$$\rightarrow \frac{M_A}{M_P} = \frac{6200}{35000} = 0.177 \approx 0.18$$

پاسخ سوال گزینه (۳)

۱۹- در شکل زیر یک دستگاه سیستم سرمایشی چیلر مستقر بر بام ساختمان رادیو و تلویزیون با ارتفاع $12m$ از تراز پایه در شهر منجیل (گیلان) نشان داده شده است. چنانچه نوع خاک III و وزن این سیستم در زمان بهره برداری $45KN$ باشد، نسبت برآیند حداکثر نیروی قائم به نیروی افقی وارد بر چیلر در هنگام زلزله به کدام یک از گزینه های زیر نزدیک تر است؟ از روش تحلیل استاتیکی معادل و حد مقاومت در محاسبه نیروی زلزله استفاده شود. حفظ سیستم سرمایشی برای خدمت رسانی بی وقفه سازه لازم است



(۱) 2

(۲) 1.9

(۳) 1.13

(۴) 2.5

سطح سوال: متوسط

حل: طبق بند ۳-۳-۱-۱ صفحه ۲۸ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم داریم:

۱-۲-۴ روش تحلیل استاتیکی معادل

در این روش نیروی جانبی زلزله طبق رابطه (۱-۴) محاسبه شده و بر مرکز جرم جزء اثر

$$V_{pu} = \frac{0.4a_p A(1+S)W_p I_p}{R_{pu}} \left(1 + 2 \frac{Z}{H}\right) \quad (۱-۴)$$

در این رابطه:

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

باید این مقدار به $1/4$ تقسیم شود.

A = شتاب پایه، طبق بند ۲-۲

$1+S$ = ضریب شتاب طیفی طبق بند (۱-۳-۲)

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.

$$V_{pu}(\min) = 0.3A(1+S)I_p W_p \quad (۲-۴)$$

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

$$V_{pu}(\max) = 1.6A(1+S)I_p W_p \quad (۳-۴)$$

۲-۲-۴ مؤلفه قائم نیروی زلزله

مؤلفه قائم نیروی زلزله از رابطه (۵-۴) تعیین می‌شود. این مؤلفه باید همزمان با نیروی جانبی به جزء اثر داده شده و در ترکیب‌های بارگذاری‌های مختلف به کار برده شود.

$$F_{pu} = 0.2A(1+S)I_p W_p \quad (۵-۴)$$

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 I_p " خاص در نظر گرفته می‌شود. این ضریب برای اجزاء زیر برابر با $1/4$ و برای سایر اجزا برابر $1/0$ 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

ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله		
			کم	متوسط	زیاد
۶۱	منجیل	گیلان			بسیار زیاد
۶۲	منظریه	اصفهان			*

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 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

گروه ۱- ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد»

این گروه شامل دو دسته زیر است:

الف- ساختمان‌های ضروری:

این گروه شامل ساختمان‌هایی است که قابل استفاده بودن آنها پس از وقوع زلزله اهمیت خاص دارد و وقفه در بهره‌برداری از آنها غیرمستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می‌شود؛ مانند بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها، مراکز آتش‌نشانی، مراکز و تأسیسات آبرسانی، ساختمان‌های نیروگاه‌ها و تأسیسات برق‌رسانی، برج‌های مراقبت فرودگاه‌ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تأسیسات نظامی و انتظامی، مراکز کم‌رسانی و به‌طور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آنها در نجات و امداد مؤثر می‌باشد.

جدول ۳-۳ ضریب اهمیت ساختمان

طبقه‌بندی ساختمان	ضریب اهمیت
گروه ۱	۱/۴
گروه ۲	۱/۲
گروه ۳	۱/۰
گروه ۴	۰/۸



جدول ۲-۴ ضرایب لرزه‌ای برای تجهیزات مکانیکی و برقی

R_{pu}	a_p	نام تجهیزات
۶	۲/۵	الف- تجهیزات برقی و مکانیکی هواکش، واحدهای تهویه مطبوع، گرم‌کننده‌ها و جعبه‌های تقسیم هوا، سایر تجهیزات مکانیکی ساخته‌شده از ورق‌های فلزی
۲/۵	۱	واحدهای تهویه مطبوع آبی، دیگ بخار، کوره، تانکر و مخزن فشار آتمسفری، چیلر، سیستم گرم‌کننده آب، مبدل حرارتی و تجهیزاتی که از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد ساخته شده‌اند
۲/۵	۱	موتور، توربین، پمپ و کمپرسور و مخزن تحت فشار که فاقد پایه‌های پیرامونی بوده و مستقیماً توسط شاسی به کف متصل شود.
۲/۵	۲/۵	مخزن تحت فشاری که بر روی پایه‌های پیرامونی نصب شده باشد.
۲/۵	۱	آسانسور و پله برقی
۲/۵	۱	ژنراتور، باتری، موتور، مبدل و سایر تجهیزات برقی که از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد ساخته شده باشد.
۶	۲/۵	تابلو برق، مراکز کنترل موتور، و سایر تجهیزات برقی که از ورق‌های فلزی ساخته شده باشد.
۲/۵	۱	تجهیزات مخابراتی، رایانه و سیستم‌های کنترل و ابزار دقیق

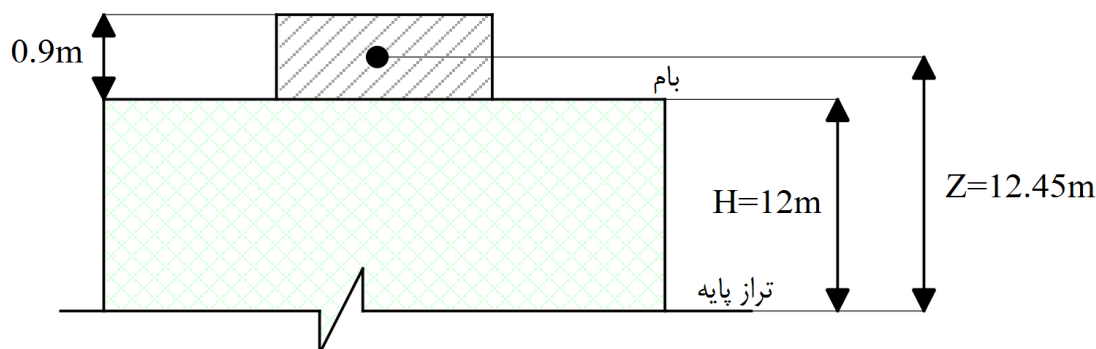
مطابق رابطه زیر حداکثر نیروی جانبی زلزله در حد مقاومت وارد بر چیلر مستقر بر روی بام را محاسبه می‌کنیم:

$$\rightarrow V_{Pu} = \frac{0.4a_p A(1+S)W_P I_P}{R_{Pu}} \left(1 + 2 \frac{Z}{H}\right)$$

برای چیلر طبق جدول ۱-۴ داریم:

$$a_p = 1, \quad R_{Pu} = 2.5$$

با توجه به اینکه مرکز جرم چیلر بالاتر از ارتفاع ساختمان می‌باشد. لذا داریم:



$$Z = 12.5m \leq H = 12m \text{ not ok } \times \rightarrow Z = 12m$$

$$H = 12m$$

$$\frac{Z}{H} = 1$$

$$I_P = 1.4$$

$$W_P = 45 \text{ KN}$$

$$S = 1.75$$

$$A = 0.35$$

در ادامه مقدار V_{Pu} را محاسبه می کنیم:

$$\rightarrow V_{Pu} = \frac{0.4 * 1 * 0.35 * (1 + 1.75) * 45 * 1.4}{2.5} (1 + 2 * 1) = 29.1 \text{ KN}$$

در ادامه مقدار V_{Pu} را با $V_{Pu_{min}}$ و $V_{Pu_{max}}$ کنترل می کنیم:

$$V_{Pu_{min}} = 0.3A(1 + S)W_P I_P = 0.3 * 0.35 * (1 + 1.75) * 45 * 1.4$$

$$V_{Pu_{min}} = 18.2 \text{ KN}$$

$$V_{Pu_{max}} = 1.6A(1 + S)W_P I_P = 1.6 * 0.35 * (1 + 1.75) * 45 * 1.4 = 97 \text{ KN}$$

$$\rightarrow V_{Pu_{min}} \leq V_{Pu} \leq V_{Pu_{max}} \quad \text{OK} \checkmark$$

مطابق رابطه زیر حداکثر نیروی قائم زلزله وارد بر چیلر مستقر بر روی بام را محاسبه می کنیم:

$$\rightarrow F_{Pu} = 0.2A(1 + S)W_P I_P = 0.2 * 0.35 * (1 + 1.75) * 45 * 1.4 = 12.13 \text{ KN}$$

$$I_P = 1.4$$

$$W_P = 45 \text{ KN}$$

$$S = 1.75$$

$$A = 0.35$$

نکته مهم: در صورت سوال به برآیند حداکثر نیروی قائم وارد بر چیلر اشاره شده است. بنابراین داریم:

$$\rightarrow F_y = F_{Pu} + W_P = 12.13 + 45 = 57.13 \text{ KN}$$

در نهایت طبق صورت سوال نسبت مورد نظر را محاسبه می کنیم:



$$\rightarrow \frac{F_y}{V_{Pu}} = \frac{57.13}{29.1} = 1.963$$

پاسخ سوال به گزینه ۱ نزدیک تر می باشد.

تذکر: در این سوال استفاده از ترکیب بار برای محاسبه برآیند حداکثر نیروی قائم وارد بر چپ‌تر مد نظر طراح نبوده است.

پاسخ سوال گزینه (۱)



گروه صنعتی سبزسازه

تحلیل سازه‌ها

تحلیل سازه‌ها



بررسی پایداری و محاسبه درجه نامعینی سازه‌ها

تحلیل سازه‌های معین و رسم خط تاثیر آن‌ها

محاسبه تغییرشکل‌های خمشی در سازه‌ها

تحلیل سازه‌های نامعین و رسم خط تاثیر آن‌ها

نویسنده: دکتر رامین منصوری

گروه صنعتی سبزسازه