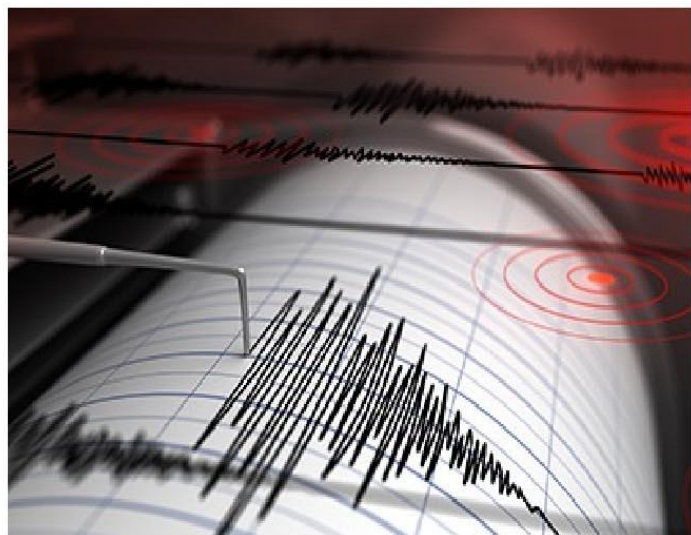




طراحی در برابر زلزله استاندارد ۲۸۰۰

ویژه آزمون نظام مهندسی

ویرایش بهار ۱۴۰۰

مسعود حسین زاده اصل

۱- مقدمه	۱
۲- کلیات	۲
۳- نامنظمی	۳
۳-۱- نامنظمی در پلان	۳
۳-۱-۱- نامنظمی هندسی	۴
۳-۱-۲- نامنظمی پیچشی	۶
۳-۱-۳- نامنظمی در دیافراگم	۸
۳-۱-۴- نامنظمی سیستم های ناموازی	۹
۳-۱-۵- نامنظمی خارج از صفحه	۱۰
۳-۲- نامنظمی در ارتفاع	۱۱
۳-۲-۱- نامنظمی هندسی	۱۲
۳-۲-۲- نامنظمی طبقه نرم	۱۳
۳-۲-۳- نامنظمی طبقه ضعیف	۱۶
۴- سیستم های باربر جانبی	۱۷
۴-۱- سیستم دیوار باربر	۲۰
۴-۲- سیستم قاب ساختمانی	۲۱
۴-۳- سیستم دوگانه	۲۲
۴-۴- سیستم کنسولی	۲۳
۵- نیروی زلزله استاتیکی	۲۴
۵-۱- تعیین A	۲۴
۵-۲- تعیین نوع خاک	۲۵
۵-۳- تعیین دوره تناوب	۲۷
۵-۴- تعیین B	۲۸
۵-۵- وزن لرزه ای	۳۶
۵-۶- توزیع زلزله در طبقات	۴۵
۵-۷- تراز پایه	۵۲
۵-۸- برون مرکزی اتفاقی	۵۳
۵-۹- ترکیب سیستم	۵۸
۶- تحلیل دینامیکی طیفی	۶۱
۶-۱- انواع روشهای تحلیل	۶۱
۶-۲- مفهوم طیف طرح	۶۲

۶-۳- ضوابط تحلیل طیفی	۶۷
۷- زلزله متعامد (۱۰۰-۳۰)	۷۱
۸- واژگونی	۷۲
۹- روش ساده شده	۷۳
۱۰- اجزای غیرسازه ای (متصل به سازه)	۷۵
۱۰-۱- کلیات	۷۵
۱۰-۲- نیروی زلزله استاتیکی	۷۶
۱۱- سازه های غیر ساختمانی	۸۳
۱۱-۱- کلیات	۸۳
۱۱-۲- مشابه ساختمان	۸۴
۱۱-۳- غیر مشابه ساختمان	۸۷
۱۲- نیروی قائم زلزله	۹۰
۱۳- ضریب نامعینی	۹۷
۱۴- زلزله سطح بهره برداری	۱۰۰
۱۵- دیافراگم	۱۰۱
۱۶- تغییر مکان جانبی	۱۰۵
۱۷- اثر P-delta	۱۱۳
۱۸- درز انقطاع	۱۱۶
۱۹- مرکز سختی و مرکز جرم	۱۱۹

۱-مقدمه

داوطلب گرامی ضمن آرزوی پیروزی برای شما قبل از استفاده از جزوه مطالب زیر را مطالعه بفرمایید:

- ✓ این کتاب کار ویژه تدریس سر کلاس و افزایش سرعت تدریس تهیه شده و کامل نیست. کتاب به مرور زمان ویرایش و تکمیل خواهد شد (تاریخ ویرایش در قسمت فوقانی صفحات درج شده است).
- ✓ برای اطلاع از برنامه های آموزشی و زمانبندی دوره ها به www.hoseinzadeh.net مراجعه کنید.
- ✓ استفاده از متن و یا تصاویر این کتاب با ذکر منبع آن (www.hoseinzadeh.net) بلامانع است.
- ✓ کانال تلگرام: جهت آگاهی از کلاسهای نظام مهندسی اینجانب و نیز مشاهده پرسش و پاسخهای انجام شده در زمینه آزمون محاسبات می توانید در کانال تلگرام زیر عضو شوید:

https://telegram.me/hoseinzadehasl	لینک عضویت در کانال عمومی:
https://telegram.me/mhoseinzadehasl	ارسال سوال از طریق کانال عمومی:
https://telegram.me/nezam_hoseinzadehasl	لینک عضویت در کانال اختصاصی آزمون محاسبات:
https://telegram.me/nezam_mhoseinzadehasl	ارسال سوال از طریق کانال اختصاصی آزمون محاسبات:

- ✓ در صورتی که به اشتباهی در جزوه برخوردید، ممنون می شوم که از طریق کانال تلگرام اطلاع دهید تا در ویرایش بعدی اصلاح شود.
- ✓ علاوه بر این جزوه، مطالب مفید دیگر را می توانید از سایت اینجانب (www.hoseinzadeh.net) دانلود نمایید.

مسعود حسین زاده اصل

ویرایش اول: ۱۳۹۶/۲

ویرایش فعلی: ۱۴۰۰/۳

۲-۱ زلزله‌های مبنای طراحی

زلزله‌های مبنای طراحی در این آیین‌نامه به شرح زیر می‌باشند:

الف- "زلزله طرح" زلزله‌ای است که احتمال فرا گذشت آن در ۵۰ سال ده درصد باشد. دوره بازگشت این زلزله ۴۷۵ سال است.

ب- "زلزله بهره‌برداری" زلزله‌ای است که احتمال فراگذشت آن در ۵۰ سال ۹۹/۵ درصد باشد. دوره بازگشت این زلزله حدود ۱۰ سال است.

۳-نامنظمی

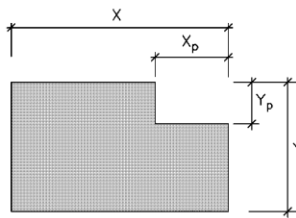
۱-۳ نامنظمی در پلان

۷-۱ گروه‌بندی ساختمان‌ها بر حسب نظم کالبدی

ساختمان‌هایی که به لحاظ خصوصیات کالبدی شامل: شکل هندسی، توزیع جرم و توزیع سختی در پلان و در ارتفاع دارای یکی از مشخصات زیر باشند "نامنظم" و در غیر این صورت "منظم" محسوب می‌شوند.

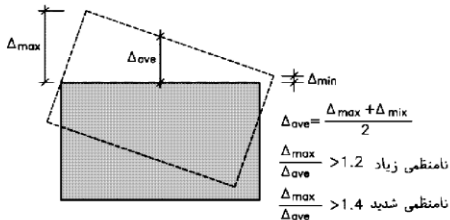
۱-۷-۱ نامنظمی در پلان

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.



$$\frac{X_p}{X} > 0.20 \text{ \& } \frac{Y_p}{Y} > 0.20$$

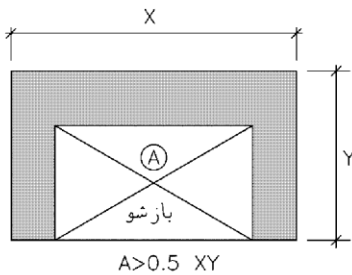
الف - نامنظمی هندسی



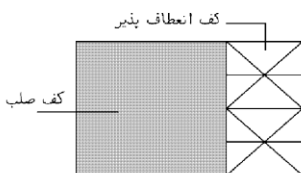
ب- نامنظمی پیچشی

ب-نامنظمی پیچشی: در مواردی که حداکثر تغییر مکان نسبی در یک انتهای ساختمان در هر طبقه، با احتساب پیچش تصادفی و با منظور کردن $A_j = 1/0$ بیشتر از ۲۰ درصد متوسط تغییر مکان 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.

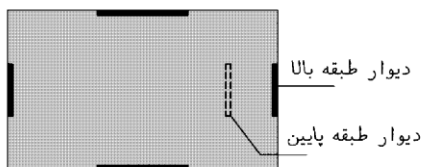


پ-۱ نامنظمی دیافراگم (در مساحت)



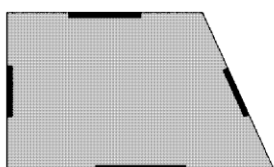
پ-۲ نامنظمی دیافراگم (در سختی)

پ-نامنظمی در دیافراگم: در مواردی که تغییر ناگهانی در مساحت دیافراگم، به میزان مجموع سطوح بازشوی بیشتر از ۵۰ درصد سطح طبقه، و یا تغییر ناگهانی در سختی دیافراگم، به میزان بیشتر از ۵۰ درصد سختی طبقات مجاور، وجود داشته باشد.



ت- نامنظمی خارج از صفحه

ت-نامنظمی خارج از صفحه: در مواردی که در سیستم باربر جانبی انقطاعی در مسیر انتقال نیروی جانبی، مانند تغییر صفحه، حداقل در یکی از اجزای باربر جانبی در طبقات، وجود داشته باشد.



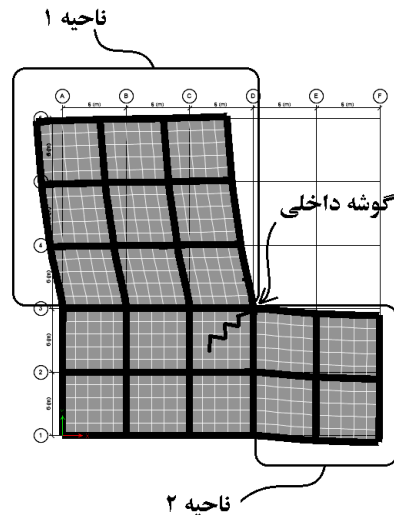
ث- نامنظمی سیستم‌های غیر موازی

ث- نامنظمی سیستم‌های غیر موازی: در مواردی که بعضی اجزای قائم باربر جانبی به موازات محورهای متعامد اصلی ساختمان نباشد.

۳-۱-۱- نامنظمی هندسی

به شکل زیر توجه نمایید. سازه در این پلان دارای ۶ "گوشه" می باشد. تنها یکی از این گوشه ها، گوشه داخلی می باشد. گوشه های داخلی مستعد پارگی می باشند. در دو سوی گوشه داخلی، جرم های قابل توجهی ایجاد می شوند

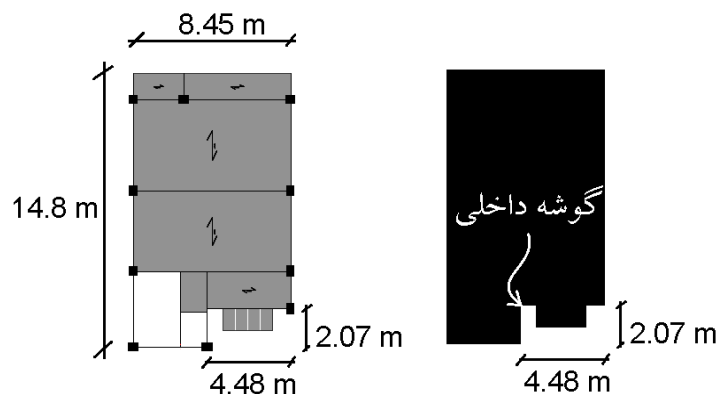
هنگام زلزله دو ناحیه ۱ و ۲ ممکن است در دو جهت متفاوت حرکت کنند که این موجب ایجاد پارگی در گوشه داخلی خواهد شد. هر چه مساحت (و در نتیجه جرم) دو ناحیه ۱ و ۲ بیشتر باشد نیروی اینرسی بیشتری خواهند داشت و نیروی پارگی افزایش می یابند.



سوال: چگونه ممکن است همزمان دو ناحیه ۱ و ۲ در شکل فوق در دو جهت مخالف حرکت کنند؟ مگر راستای زلزله یک جهت مشخص ندارد. با توجه به اینکه هر دو قسمت مربوط به یک سازه می باشند، باید با هم حرکت کنند.

پاسخ: دو قسمت ۱ و ۲ جرم و سختی متفاوتی دارند و در نتیجه دوره تناوب آنها متفاوت می باشد. بنابراین به جهت متفاوت بودن دوره تناوب زمان رفت و برگشت آنها قسمت متفاوت خواهد بود و ممکن است در جهت متفاوت حرکت کنند.

آیا پلان سازه زیر نامنظم هندسی می باشد؟



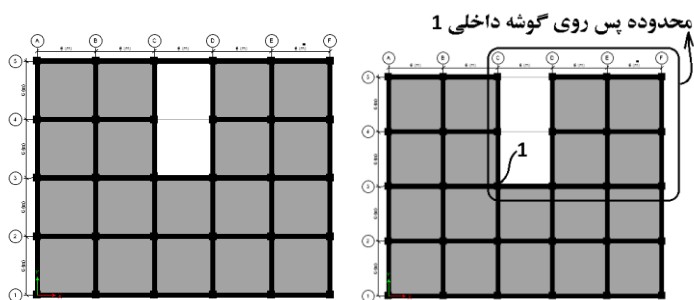
پاسخ: در گوشه داخلی که در شکل نشان داده شده است، در راستای عرضی سازه، پس رفتگی در پلان بیش از ۲۰ درصد می باشد ولی پس رفتگی در طول سازه کمتر از ۲۰ درصد می باشد:

$$\frac{4.48}{8.45} > 0.2$$

$$\frac{2.07}{14.8} < 0.2$$

بنابراین این سازه نامنظم هندسی نمی باشد.

آیا پلان سازه های زیر نامنظم هندسی می باشند؟ طول تمامی دهانه ها ۶ متر است.



(الف) سازه دارای بازشو (بدون تیر رابط) (ب) سازه دارای بازشو (با تیر رابط)

پاسخ: در سازه "الف" دو گوشه داخلی داریم که مشابه هم می باشند. با توجه به اینکه طول هر دهانه ۶ متر است، پس رفتگی گوشه ۱ در راستای x برابر ۱۸ متر و در راستای y برابر ۱۲ متر می باشد. بنابراین در هر دو جهت بیش از ۲۰ درصد پس رفتگی داریم و سازه نامنظم هندسی محسوب می شود:

$$\frac{18}{30} > 0.2$$

$$\frac{12}{24} > 0.2$$

در سازه "ب" در دو سمت بازشو، سازه توسط یک تیر بتنی پیوسته شده است و بنابراین "گوشه داخلی" نداریم. و سازه نامنظم هندسی نمی باشد.

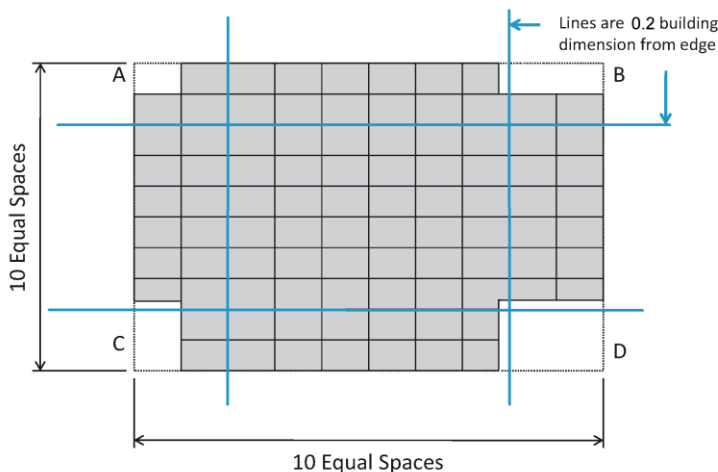
سازه زیر در چهار نقطه دارای پس رفتگی است.

تنها در نقطه D میزان پس رفتگی در دو جهت بیش از 20 درصد بعد سازه است.

این سازه به جهت نقطه D نامنظم هندسی در پلان است.

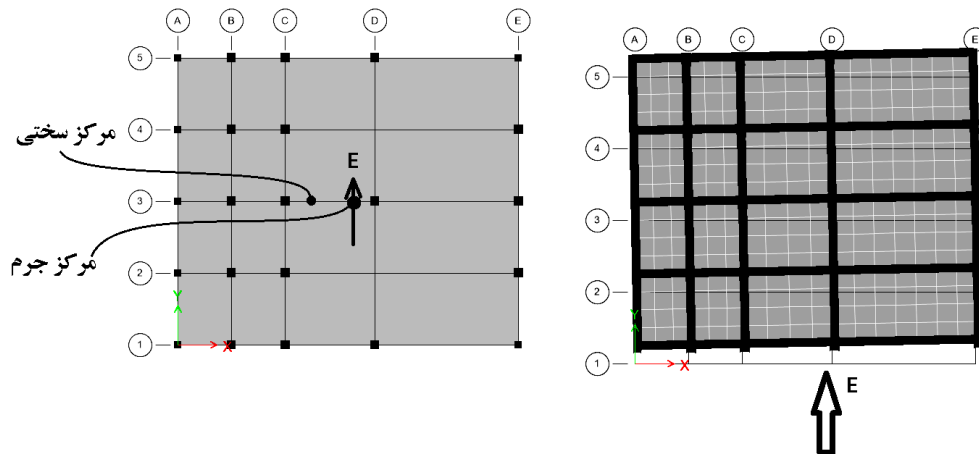
Fig. G9-5

Building with four reentrant corners and a reentrant irregularity



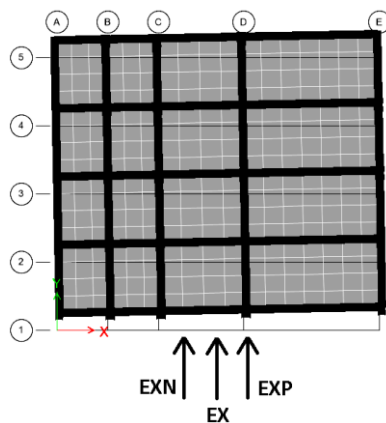
۳-۱-۲- نامنظمی پیچشی

به پلان سازه شکل زیر توجه نمایید. به علت کاربری خاصی که نیمه سمت راست سازه دارد (رستوران می باشد)، تعداد ستونها در آن قسمت کمتر می باشد و مرکز سختی (مرکز مقاومت سازه در برابر بار جانبی) در نیمه چپ سازه خواهد بود.



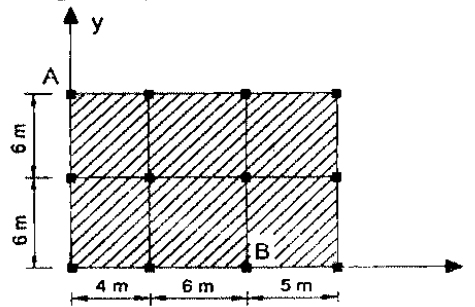
تفاوت در مختصات مرکز سختی و مرکز جرم موجب می شود که تحت اثر نیروی زلزله، سازه علاوه بر حرکت انتقالی، حرکت چرخشی نیز داشته باشد. در شکل فوق تغییر مکان جانبی سازه تحت زلزله نمایش داده شده است. گرچه تعداد ستونها در سمت راست سازه کمتر می باشد ولی با افزایش ابعاد ستونها و ابعاد تیرهای سمت راست می توان سختی آنها را افزایش داد و در نتیجه پیچش سازه را کاهش داد.

سوال: برای محاسبه تغییر مکان جانبی سازه و کنترل پیچش آن، آیا خروج از مرکزیت اتفاقی باید منظور شود؟ پاسخ: بله. در شکل زیر نیروی زلزله وارد بر سازه نشان داده شده است. طبق بند ۱-۷-۱ استاندارد ۲۸۰۰، در تعیین تغییر مکان جانبی طبقه باید زلزله های با خروج از مرکزیت تصادفی نیز منظور شوند. در شکل زیر مسلماً بیشترین پیچش تحت اثر زلزله EXP خواهد بود.



۲- در شکل زیر پلان سقف یک ساختمان یک طبقه مسکونی متعارف نشان داده شده است. با فرض صلب بودن دیافراگم، محاسبات نشان می‌دهد که برای نیروی زلزله در راستای y ، تغییر مکان نسبی نقاط A و B در راستای y به ترتیب ۳۲ و ۲۳ میلی‌متر است. با این اطلاعات کدامیک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (در محاسبات $A_j=1$ و پیچش تصادفی منظور شده است. نیروی زلزله براساس زمان تناوب حاصل از تحلیل دینامیکی که بزرگ‌تر از زمان تناوب تجربی است به دست آمده است)

- (۱) سازه در پلان منظم است.
- (۲) سازه در پلان دارای نامنظمی پیچشی شدید است.
- (۳) سازه در پلان دارای نامنظمی پیچشی زیاد است.
- (۴) اگر به‌ازای زلزله در راستای x ، سازه فاقد نامنظمی پیچشی باشد، آنگاه سازه منظم است.

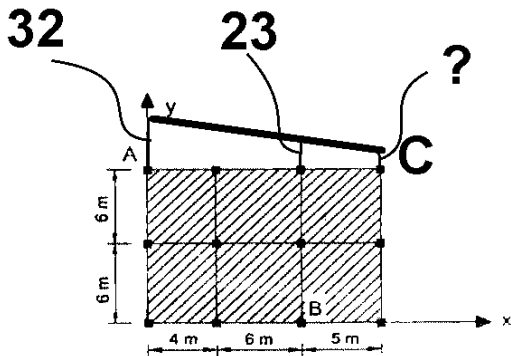


گزینه ۳

سازه تحت زلزله Y نامنظم پیچشی زیاد است ولی نامنظم شدید پیچشی نیست:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta_A = 32 \text{ mm} \\ \Delta_B = 23 \text{ mm} \end{array} \right\} \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{ave}} = \frac{32}{\left(\frac{32+18.5}{2}\right)} = 1.267$$

$$\Delta_C = \left(23 - \frac{32 - 23}{10} \times 5\right) = 18.5 \text{ mm}$$



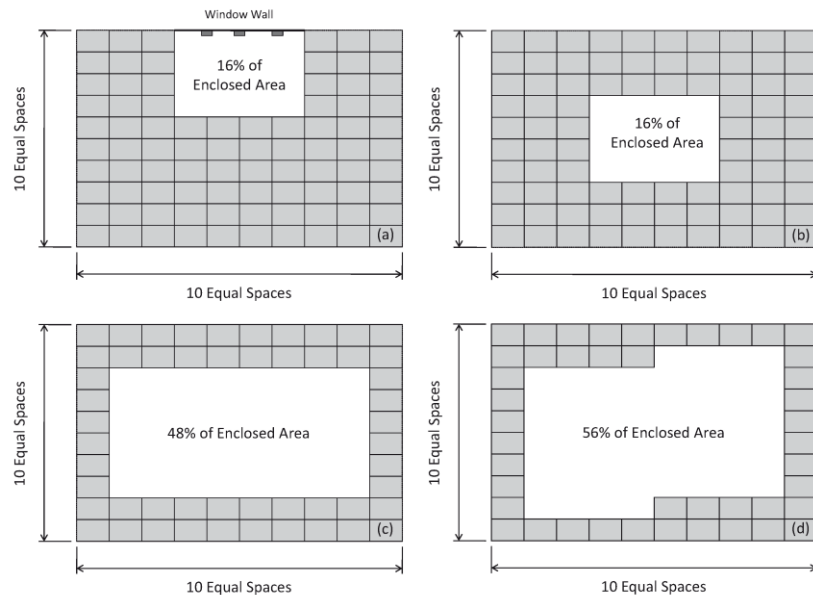
۳-۱-۳- نامنظمی در دیافراگم

پ-نامنظمی در دیافراگم: در مواردی که تغییر ناگهانی در مساحت دیافراگم، به میزان مجموع سطوح بازشوی بیشتر از ۵۰ درصد سطح طبقه، و یا تغییر ناگهانی در سختی دیافراگم، به میزان بیشتر از ۵۰ درصد سختی طبقات مجاور، وجود داشته باشد.

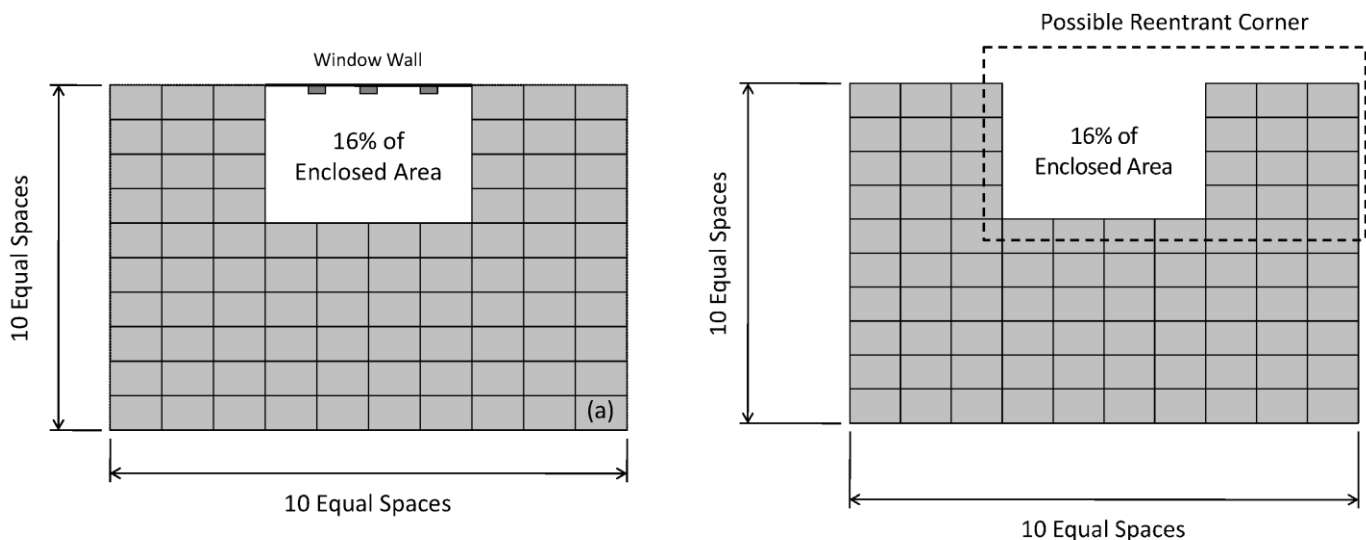
در چهار شکل زیر تنها شکل (d) نامنظم در دیافراگم می باشد:

Fig. G9-6

Diaphragm openings and irregularities



توجه: دو سازه زیر چه تفاوتی با هم دارند؟



سمت راست نامنظم هندسی می باشد.

سمت چپ نامنظم هندسی نیست.

۳-۱-۴- نامنظمی سیستم های نا موازی

در استاندارد ۲۸۰۰ جدید در صورتی که اجزای قائم باربر جانبی به موازات یکی از محورها اصلی (X یا Y) نباشد، سازه نامنظم خواهد بود.

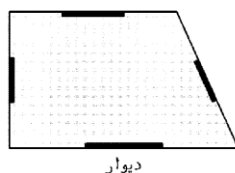
منظور از اجزای "قائم" چیست؟

اجزای باربر جانبی به قسمت باربر جانبی "افقی" و باربر جانبی "قائم" تقسیم بندی می شوند.

"افقی" شامل دیافراگم سقف، مهاربندی سقف و کلیه سیستم هایی می باشد که نیروی اینرسی سقف را در راستای افق به اجزای باربر قائم منتقل می کند.

"قائم" شامل دیوار برشی، مهاربند قائم، قاب خمشی و کلیه سیستم های باربر جانبی می باشد که در ارتفاع سازه قرار می گیرند و بار را در راستای قائم منتقل می کنند.

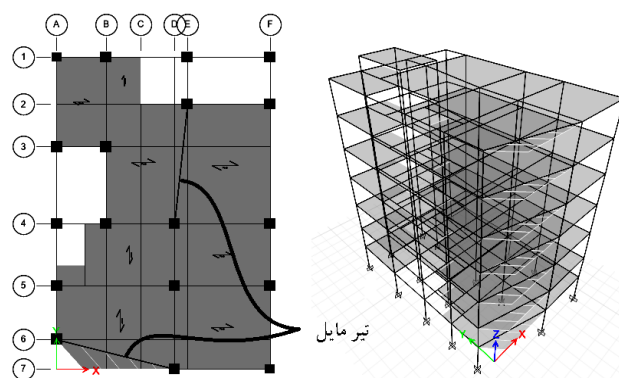
ث- نامنظمی سیستم های غیر موازی: در مواردی که بعضی اجزای قائم باربر جانبی به موازات محورها اصلی ساختمان نباشد.



دیوار

ث- نامنظمی سیستم های غیر موازی

نتیجه: در قابهای خمشی که یک تیر مورب دارند، و این تیر به صورت گیردار به ستونها متصل است (قاب خمشی تشکیل می دهد). نامنظم سیستم های غیر موازی محسوب می شوند. برای مثال سازه زیر نامنظم است. چون دو تا از تیرهایش در راستای X و یا Y نمی باشند:



به بخشی از استاندارد ۲۸۰۰ در این رابطه توجه نمایید:

۱- تعریف و عملکرد

مجموعه سیستم مقاوم ساختمانها در برابر نیروهای جانبی معمولاً از دو قسمت اجزای قائم و اجزای افقی (یا تقریباً افقی) تشکیل می شود. اجزای افقی نیروهای افقی زلزله و باد را به اجزای قائم منتقل نموده و اجزای قائم نیز این نیروها را به شالوده ها و نهایتاً به زمین منتقل می نمایند. به اجزای افقی یا تقریباً افقی منتقل کننده نیروهای جانبی «دیافراگم افقی» و یا به اختصار «دیافراگم» گفته می شود. در ساختمان های متعارف دیافراگم ها شامل کفها و سقفها (افقی و یا با شیب کم) می باشند. در چنین ساختمان هایی دیافراگم ها وظیفه باربری قائم (ثقلی) را همزمان بر عهده دارند. در ساختمان های صنعتی به طور کلی بادبندی های افقی (یا تقریباً افقی) نقش انتقال نیروهای افقی به اجزای قائم (قابها) را عهده دار هستند و بنابراین دیافراگم محسوب می گردند.

۳-۱-۵- نامنظمی خارج از صفحه

در سازه شکل زیر نامنظمی خارج از صفحه داریم.

سازه مربوط به Imperial County Services Building می باشد که در زلزله Imperial Valley (1979) به شدت آسیب دید.

در این سازه:

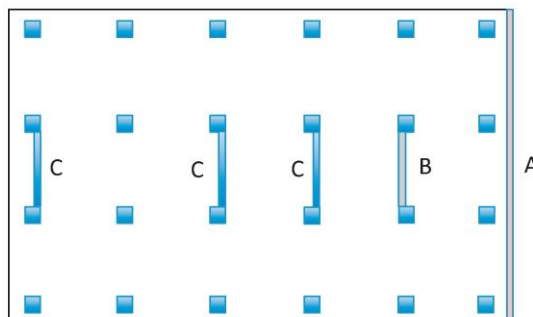
دیوار A در طبقه اول وجود ندارد و تنها در طبقات فوقانی وجود دارد.

دیوار B تنها در طبقه اول وجود دارد.

دیوارهای C در تمامی طبقات وجود دارند.

Fig. G9-9

Plan view of building with an out-of-plane offset irregularity



A) 2nd story and above shear wall

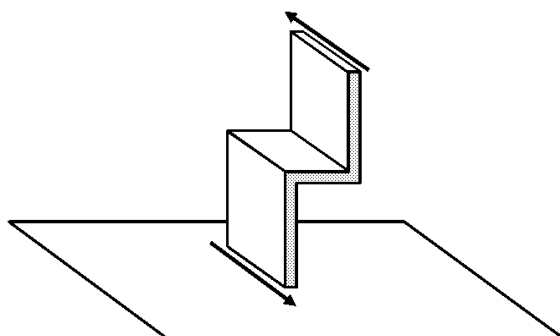
B) 1st story only shear wall

C) Full height shear wall

Fig. G9-10

Photograph of the Imperial County Services Building

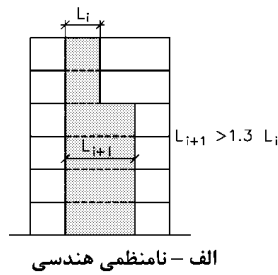
Source: Courtesy of V. Bertero.



۲-۳- نامنظمی در ارتفاع

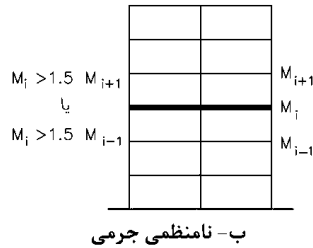
۲-۷-۱ نامنظمی در ارتفاع

الف- نامنظمی هندسی: در مواردی که ابعاد افقی سیستم باربر جانبی در هر طبقه بیشتر از ۱۳۰ درصد آن در طبقات مجاور باشد.



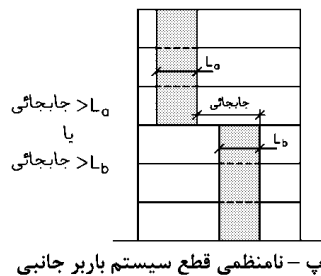
الف - نامنظمی هندسی

ب- نامنظمی جرمی: در مواردی که جرم هر طبقه بیشتر از ۵۰ درصد با جرم‌های طبقات مجاور تفاوت داشته باشد. طبقات بام و خریشته از این تعریف مستثنا هستند.



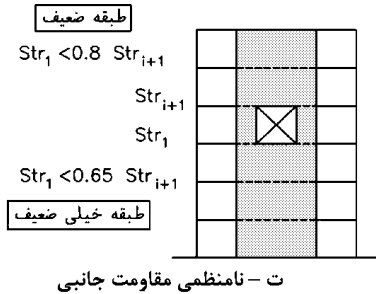
ب- نامنظمی جرمی

پ- نامنظمی قطع سیستم باربر جانبی: در مواردی که جزئی از سیستم بار بر جانبی در ارتفاع قطع شده باشد، به‌طوری که آثار ناشی از واژگونی روی تیرها، دال‌ها، ستون‌ها و دیوارهای تکیه‌گاهی تغییراتی ایجاد کند.



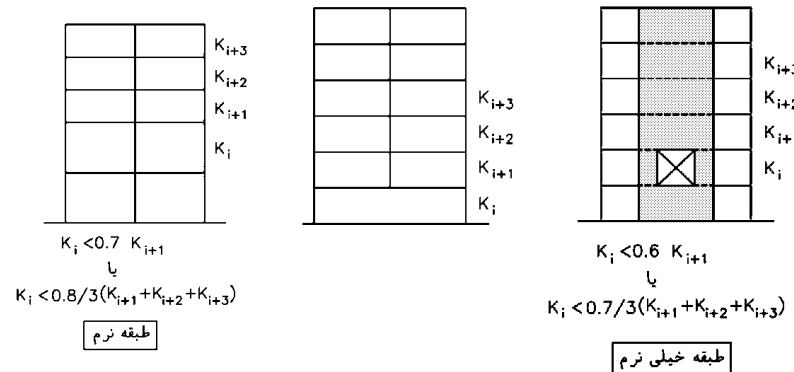
پ- نامنظمی قطع سیستم باربر جانبی

ت- نامنظمی مقاومت جانبی: در مواردی که مقاومت جانبی طبقه از ۸۰ درصد مقاومت جانبی طبقه روی خود کمتر باشد، چنین طبقه‌ای اصطلاحاً "طبقه ضعیف" نامیده می‌شود. در مواردی که مقدار فوق به ۶۵ درصد کاهش یابد، طبقه اصطلاحاً "طبقه خیلی ضعیف" توصیف می‌شود.



ت - نامنظمی مقاومت جانبی

ث- نامنظمی سختی جانبی: در مواردی که سختی جانبی هر طبقه کمتر از ۷۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰ درصد متوسط سختی‌های جانبی سه طبقه روی خود باشد. چنین طبقه‌ای اصطلاحاً "طبقه نرم" نامیده می‌شود. در مواردی که مقادیر فوق به ترتیب به ۶۰ درصد و ۷۰ درصد کاهش پیدا کنند، طبقه اصطلاحاً "طبقه خیلی نرم" توصیف می‌شود.

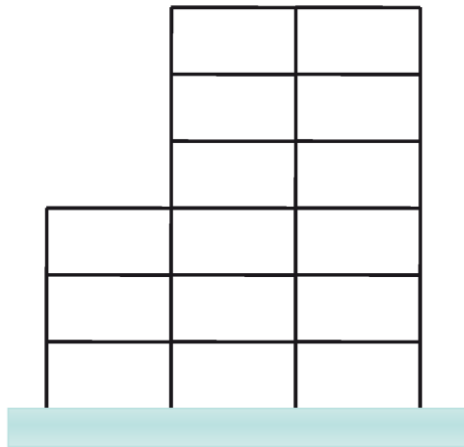


ث - نامنظمی سختی جانبی

۳-۲-۱- نامنظمی هندسی

شکل سمت چپ: عرض سیستم باربر جانبی (قاب خمشی) در طبقه ۴ به صورت ناگهانی کاهش یافته و نامنظم هندسی در ارتفاع است.

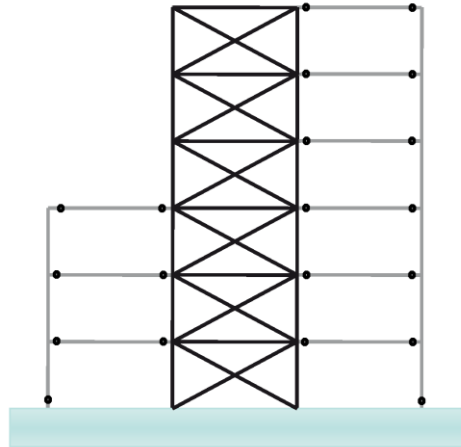
شکل سمت راست: سازه از نظر نامنظمی هندسی در ارتفاع مشکلی ندارد و منظم محسوب می شود. در این سازه عرض سیستم باربر تنها شامل دهانه بادبند می باشد. دهانه های کناری در شکل سمت راست تنها بار ثقلی را تحمل می کنند و در تحمل زلزله مشارکت ندارند.



(a) Moment Frame



نامنظم هندسی در ارتفاع
علت: عرض سیستم باربر جانبی (قاب خمشی)
ناگهانی کاهش یافته است.



(b) Braced Frame

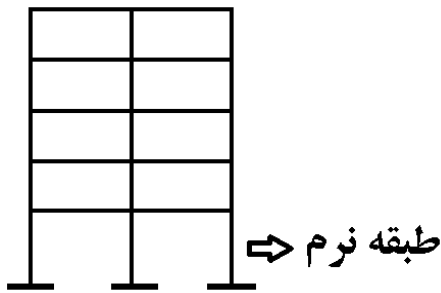


منظم هندسی در ارتفاع
عرض سیستم بار بر جانبی (دهانه مهاربند)
تغییر نکرده است.

- بنابراین در سازه هایی که دارای سیستم قاب خمشی هستند و در برخی طبقات عقب روی داریم، ممکن است نامنظم هندسی در ارتفاع باشند.

۳-۲-۲- نامنظمی طبقه نرم

در شکل زیر طبقه اول تجاری می باشد و ارتفاع طبقه بیش از سایر طبقات است. با افزایش طول ستونها، سختی طبقه کاهش می یابد و ممکن است طبقه نرم ایجاد شود.



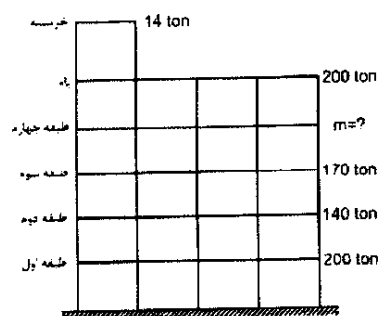
دقت نمایید که سختی جانبی خمشی ستونها با توان سوم طول ستونها رابطه دارد (EI/L^3). بنابراین اگر در شکل فوق فرض کنیم:

- تیرها صلب باشند،
 - ابعاد مقطع ستونها در دو طبقه اول و دوم یکسان باشد،
 - ارتفاع طبقه اول دو برابر ارتفاع طبقه دوم باشد،
- در این صورت سختی طبقه دوم ۸ برابر سختی طبقه اول خواهد.

فرض اول در سازه های واقعی امکان پذیر نمی باشد و باید با منظور کردن سختی تیرها و ستونها (و یا دیوارها و بادبندها در صورت وجود) سختی طبقه محاسبه شود. بنابراین با روابط ساده تحلیل سازه ای نمی توان سختی طبقه را محاسبه نمود و بهتر است از نرم افزار برای محاسبه سختی طبقه استفاده شود.

محاسبات ۹۴

۳۰- در ساختمان پنج طبقه شکل زیر، برای آن که ساختمان به لحاظ توزیع جرم منظم تلقی شود، جرم طبقه چهارم حداکثر چقدر می تواند باشد؟ (نزدیک ترین عدد مورد نظر است.)



95 ton (۱)

280 ton (۲)

80 ton (۳)

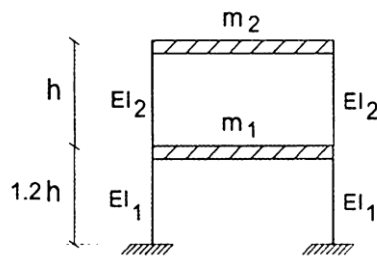
250 ton (۴)

گزینه ۴

$$\frac{m - 170}{170} < 0.5 \rightarrow m < 255$$

۹- در قاب شکل زیر تیرها هم به لحاظ محوری و هم به لحاظ خمشی کاملاً صلب هستند. حداقل

نسبت EI_1 / EI_2 حدوداً چقدر باشد تا پایین‌ترین طبقه قاب به عنوان طبقه نرم تلقی نشود؟



(۱) 1.4

(۲) 1.2

(۳) 0.8

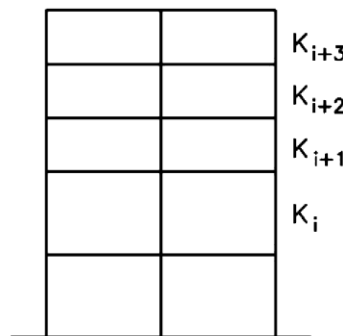
(۴) 0.7

گزینه ۲ (سطح سوال متوسط)

در مواردی که تیرها به لحاظ خمشی صلب باشند، سختی طبقه برابر مجموع سختی ستونهای طبقه خواهد بود. سختی جانبی ستونها در

این حالت برابر $\frac{12EI}{L^3}$ می باشد.

$$\left. \begin{aligned} K_{\text{طبقه اول}} &= 2 \left(\frac{12EI_1}{(1.2h)^3} \right) = 1.157 \left(\frac{12EI_1}{h^3} \right) \\ K_{\text{طبقه دوم}} &= 2 \left(\frac{12EI_1}{h^3} \right) \end{aligned} \right\} K_{\text{اول}} > 0.7 K_{\text{دوم}} \rightarrow 1.157EI_1 > 0.7 \times 2EI_2 \rightarrow \frac{EI_1}{EI_2} > 1.21$$



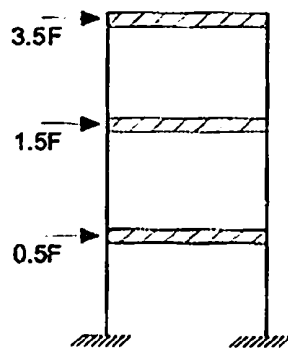
$$K_i < 0.7 K_{i+1}$$

یا

$$K_i < 0.8/3(K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$$

طبقه نرم

۱۸- شکل نشان داده شده مدل ساده شده ای از یک قاب دو بُعدی برشی، تحت بارگذاری جانبی ناشی از زلزله است. تحت بارگذاری نشان داده شده، جابجایی طبقات از پایین به بالا نسبت به پای ستون ها (تکیه گاه ها) به ترتیب d ، $1.5d$ و $2.5d$ محاسبه شده است. در ارتباط با نامنظمی این قاب در ارتفاع، کدام یک از گزینه های زیر حتماً صحیح است؟ منظور از قاب برشی، قابی با اتصالات صلب تیر به ستون و ستون به شالوده است که در آن سختی خمشی، محوری و برشی تیرها و سختی محوری ستون ها بی نهایت فرض می شود.



(۱) طبقه اول نه طبقه نرم محسوب می شود و نه طبقه خیلی نرم

(۲) طبقه دوم سازه طبقه نرم است.

(۳) سازه دارای طبقه خیلی نرم است.

(۴) سازه فاقد نامنظمی سختی جانبی است.

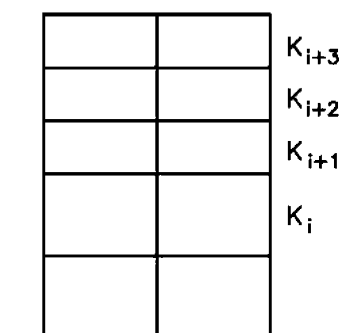
گزینه ۳ (سطح سوال متوسط)

$$K_1 = \frac{F_1}{\Delta_1} = \frac{0.5F + 1.5F + 3.5F}{d} = 5.5 \frac{F}{d}$$

$$K_2 = \frac{F_2}{\Delta_2} = \frac{1.5F + 3.5F}{1.5d - d} = 10 \frac{F}{d}$$

$$K_3 = \frac{F_3}{\Delta_3} = \frac{3.5F}{2.5d - 1.5d} = 3.5 \frac{F}{d}$$

طبقه اول نرم است $\rightarrow K_1 < 0.6K_2$

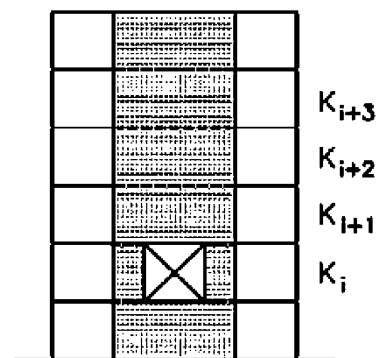
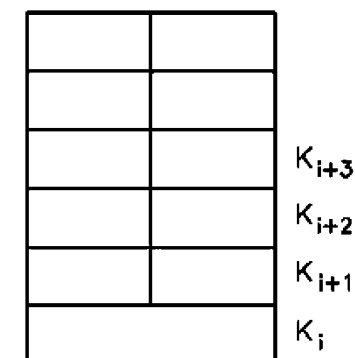


$$K_i < 0.7 K_{i+1}$$

یا

$$K_i < 0.8/3(K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$$

طبقه نرم



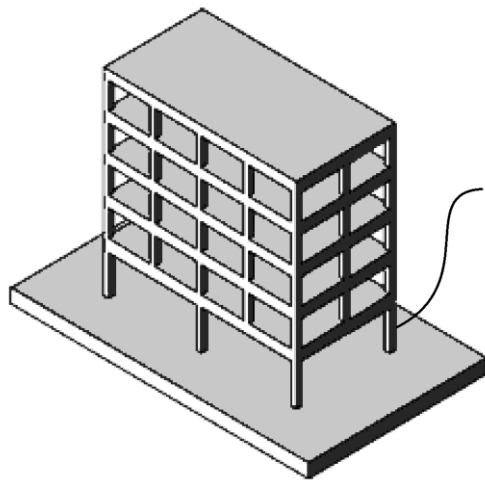
$$K_i < 0.6 K_{i+1}$$

یا

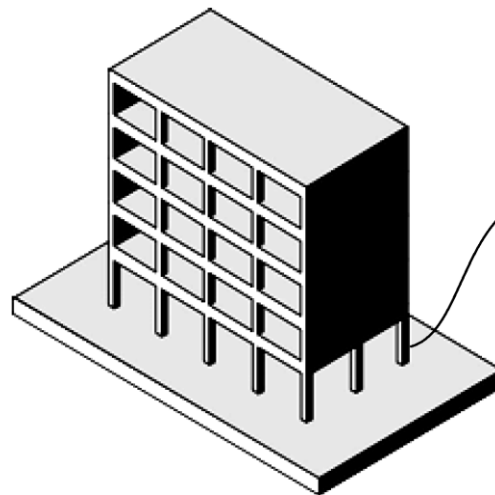
$$K_i < 0.7/3(K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$$

طبقه خیلی نرم

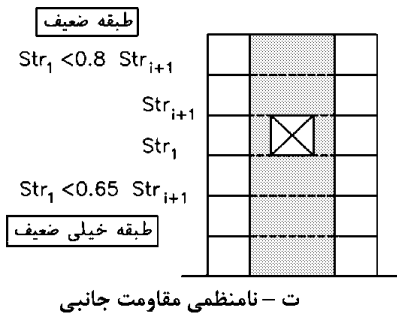
۳-۲-۳- نامنظمی طبقه ضعیف



در طبقه اول ستونها قطع شده اند تا فضای بیشتری در ورودی سازه ایجاد شود.
هم طبقه نرم داریم و هم طبقه ضعیف



در طبقه اول دیوار برشی قطع شده است
هم طبقه نرم داریم و هم طبقه ضعیف



استفاده از سازه هایی مانند دو سازه فوق طبق بند زیر از استاندارد ۲۸۰۰ احداث سازه هایی مانند سازه های شکل فوق، به طوریکه طبقه خیلی ضعیف ایجاد شود، در عمده مناطق کشور غیر مجاز است:

۳-۷-۱ محدودیت در احداث ساختمان های نامنظم

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

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

شکل زیر برگرفته از کتاب پروفیسور Moehle می باشد که در آن دیوار برشی در طبقه همکف حذف شده است و در طبقه اول طبقه ضعیف ایجاد شده است. با توجه به بند فوق احداث چنین سازه هایی در مناطق لرزه خیز غیر مجاز است.



FIGURE 13.5 Permanent offset of weak first story due to discontinued wall, Olive View Hospital, 1971 San Fernando earthquake. (Photograph by K. Steinbrugge, used with permission from the National Information Service for Earthquake Engineering, University of California, Berkeley.)

۴- سیستم های باربر جانبی

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)
الف- سیستم دیوارهای باربر	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۵	۲/۵	۵	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۴	۲/۵	۴	۵۰
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]	۳/۵	۲/۵	۳/۵	-
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۳	۲/۵	۳	۱۵
	۵- دیوارهای متشکل از قاب های سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه ای فولادی	۴	۲	۳/۵	۱۵
	۶- دیوارهای متشکل از قاب های سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی	۵/۵	۳	۴	۱۵
	۷- دیوارهای بتن پاششی سببندی	۳	۲	۳	۱۰
ب- سیستم قاب ساختمانی	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه [۲]	۶	۲/۵	۵	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۵	۲/۵	۴	۳۵
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]	۴	۲/۵	۳	-
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۳	۲/۵	۲/۵	۱۵
	۵- مهاربندی واگرای ویژه فولادی [۲] و [۳]	۷	۲	۴	۵۰
	۶- مهاربندی کمانش تاب	۷	۲/۵	۵	۵۰
	۷- مهاربندی همگرای معمولی فولادی	۳/۵	۲	۳/۵	۱۵
	۸- مهاربندی همگرای ویژه فولادی [۲]	۵/۵	۲	۵	۵۰
پ- سیستم قاب خمشی	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [۴]	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [۴]	۵	۳	۴/۵	۳۵
	۳- قاب خمشی بتن آرمه 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	-
ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۷/۵	۲/۵	۵/۵	۲۰۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	۶/۵	۲/۵	۵	۷۰
	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰
	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰
	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	۷/۵	۲/۵	۴	۲۰۰
	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	۶	۲/۵	۵	۷۰
	۷- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۷	۲/۵	۵/۵	۲۰۰
	۸- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۶	۲/۵	۵	۷۰
ث- سیستم کنسولی	۱- سازه های فولادی یا بتن آرمه ویژه	۲	۱/۵	۲	۱۰

[۱] استفاده از این سیستم برای ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» در تمام مناطق لرزه‌خیزی و برای ساختمان‌های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه‌خیزی ۱ و ۲ مجاز نیست. ارتفاع حداکثر این سیستم برای ساختمان‌های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه‌خیزی ۳ و ۴ به ۱۵ متر محدود می‌گردد.

[۲] ارتفاع مجاز در سیستم قاب ساختمانی با دیوار برشی بتن‌آرمه ویژه، با مهاربندهای واگرایی ویژه یا با مهاربندهای همگرایی ویژه، در صورتی که شرایط زیر موجود باشد، می‌تواند از ۵۰ متر به ۷۵ متر افزایش یابد:

الف- زمین ساختمانی از نوع I، II یا III جدول (۴-۲) باشد.

ب- ساختمان دارای نامنظمی در پلان از نوع شدید پیچشی نباشد.

پ- ساختمان در هر امتداد اصلی دارای سیستم مقاوم جانبی در دو طرف مرکز جرم باشد.

[۳] در سیستم‌های قاب ساختمانی با مهاربندی‌های واگرایی ویژه فولادی، چنانچه در تیرهای پیوند رفتار برشی حاکم باشد، ضریب رفتار برابر با ۷ و چنانچه رفتار خمشی حاکم باشد، این ضریب باید برابر ۶ در نظر گرفته شود.

[۴] در این جدول قاب‌های خمشی بتن‌آرمه با شکل‌پذیری کم، متوسط و زیاد عنوان شده در آیین‌نامه بتن ایران "آبا" با عناوین معمولی، متوسط و ویژه معرفی شده‌اند. ضمناً در این سازه‌ها فاصله خاموت‌ها از یکدیگر در ناحیه ویژه دو انتهای ستون‌ها، مطابق تعریف آبا، نباید بیش از ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شود.

۳-۵-۳-۳ ساخت ساختمان‌های با ارتفاع بیش از H_m در جدول (۴-۳) در کلیه مناطق کشور مجاز نیست. برای ساختمان‌های خاص که در آنها ارتفاعی بیشتر از این حدود مدنظر باشد، تأیید کمیته اجرایی این آیین‌نامه الزامی است.

۳-۵-۳-۳ در مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد برای ساختمان‌های با اهمیت «خیلی زیاد» فقط باید از سیستم‌هایی که عنوان «ویژه» دارند، استفاده شود.

۳-۵-۳-۳ در ساختمان‌های با بیشتر از ۱۵ طبقه و یا بلندتر از ۵۰ متر، استفاده از سیستم قاب خمشی ویژه و یا سیستم دوگانه، به استثناء موارد تصریح شده در یادداشت [۲] مربوط به جدول (۴-۳)، الزامی است. در این ساختمان‌ها نمی‌توان برای مقابله با تمام نیروی جانبی زلزله منحصرأ به دیوارهای برشی و یا قاب‌های مهاربندی شده اکتفا نمود.

۳-۵-۳-۳ استفاده از دال تخت یا قارچی و ستون به عنوان سیستم قاب خمشی منحصرأ در ساختمان‌های سه طبقه و یا کوتاه‌تر از ۱۰ متر مجاز می‌باشد. در صورت تجاوز از این حد، تنها در صورتی استفاده از این سیستم سازه مجاز است که مقابله با نیروی جانبی زلزله توسط دیوارهای برشی و یا قاب‌های مهاربندی شده تأمین گردد.

۳-۵-۳-۳ در ساختمان‌های بتن‌آرمه که در آنها از سیستم تیرچه و بلوک برای پوشش سقف‌ها استفاده می‌گردد و ارتفاع تیرها برابر ضخامت سقف در نظر گرفته می‌شود، در صورتی که ارتفاع تیرها کمتر از ۳۰ سانتی‌متر باشد، سیستم سقف به منزله دال تخت محسوب شده و ساختمان مشمول بند (۳-۵-۳-۳) می‌شود.

۳-۵-۳-۳ قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی ساده بر طبق نشریه شماره ۳۲۴ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی همراه با دیوار برشی یا مهاربندی، در گروه سیستم قاب ساختمانی ساده قرار می‌گیرند. قاب‌های فولادی دارای اتصالات خورجینی گیردار بر طبق ضوابط آن نشریه، قاب خمشی فولادی متوسط محسوب می‌شوند. حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان‌هایی که در آنها تنها از قاب‌های خمشی با این نوع اتصالات استفاده می‌شود به ۳۰ متر تقلیل می‌یابد.

۳۴- استفاده از دال تخت به همراه دیوار برشی بتن مسلح معمولی (بدون تیر و ستون)، به عنوان سیستم باربر قائم و جانبی در چه ساختمان های بتنی مجاز است؟

- (۱) فقط در ساختمانهای تا ارتفاع ۵۰ متر از تراز پایه
- (۲) فقط در ساختمانهای تا ارتفاع ۳۰ متر از تراز پایه
- (۳) فقط در ساختمانهای تا ارتفاع ۱۰ متر از تراز پایه
- (۴) فقط در ساختمانهای تا سه طبقه از تراز پایه

پاسخ این سوال بر اساس ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ گزینه ۲ می باشد.

بر اساس ویرایش ۴ استفاده از این سیستم تنها در مناطق لرزه خیزی ۳ و ۴ مجاز است و ارتفاع آن محدود به ۱۵ متر 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)
الف- سیستم دیوارهای باربر	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۵	۲/۵	۵	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۴	۲/۵	۴	۵۰
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]	۳/۵	۲/۵	۳/۵	-
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۳	۲/۵	۳	۱۵
	۵- دیوارهای متشکل از قاب های سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه ای فولادی	۴	۲	۳/۵	۱۵
	۶- دیوارهای متشکل از قاب های سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی	۵/۵	۳	۴	۱۵
	۷- دیوارهای بتن پاششی سه بعدی	۳	۲	۳	۱۰

یادداشت های مربوط به جدول (۳-۴)

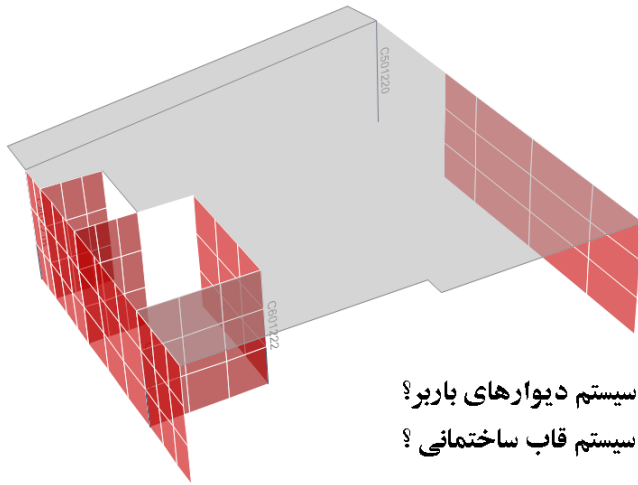
[۱] استفاده از این سیستم برای ساختمان های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» در تمام مناطق لرزه خیزی و برای ساختمان های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۱ و ۲ مجاز نیست. ارتفاع حداکثر این سیستم برای ساختمان های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۳ و ۴ به ۱۵ متر محدود می گردد.

۴-۱- سیستم دیوار باربر

در شکل زیر تنها یک ستون در گوشه قرار گرفته است.

عمده بار ثقلی توسط دیوار بتنی تحمل می شود.

تحمل زلزله نیز به عهده دیوار برشی است.



سیستم دیوارهای باربر؟

سیستم قاب ساختمانی؟

تعریف سیستم دیوار باربر در استاندارد ۲۸۰۰:

۱-۸-۱ سیستم دیوارهای باربر

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن بارهای قائم عمدتاً توسط دیوارهای باربر تحمل می‌شوند و مقاومت در برابر بارهای جانبی توسط دیوارهای باربر که به صورت دیوارهای برشی عمل می‌کنند، تأمین می‌گردد. دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سردنورد که با تسمه‌های فولادی و یا صفحات پوششی فولادی مهار شده‌اند، جزء این سیستم محسوب می‌شوند.

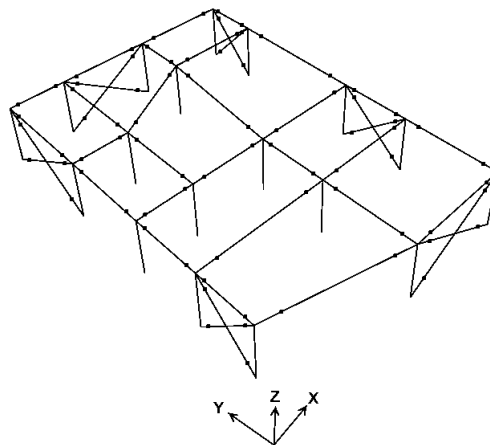
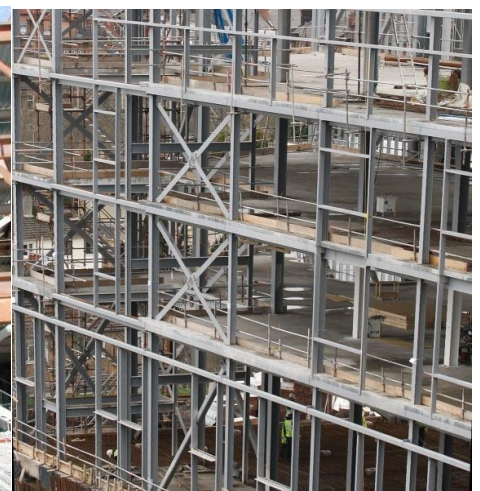
۲-۴- سیستم قاب ساختمانی

تعریف استاندارد ۲۸۰۰:

۲-۸-۱ سیستم قاب ساختمانی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن بارهای قائم عمدتاً توسط قاب‌های فضایی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده تأمین می‌شود. قاب‌های ساختمانی در این سیستم می‌توانند دارای اتصالات ساده و یا گیردار باشند، ولی در تحمل بارهای جانبی مشارکت نخواهند داشت. قاب‌های گیردار باید قادر به تحمل اثر ناشی از اثر $P-\Delta$ باشند.

نمونه رایج این نوع سیستم قاب‌های فولادی با اتصالات مفصلی می باشد که در آنها برای مقابله با زلزله از بادبند استفاده می شود. در این سیستم بارهای ثقلی را قابها (شامل تیر و ستون) تحمل می کنند. برای تحمل نیروی جانبی در این قابها یا باید از بادبند فولادی استفاده شود و یا از دیوار برشی بتنی و یا دیوار برشی بنایی مسلح. شکل زیر نمونه هایی از مهاربندهای هم محور را نشان می دهد.

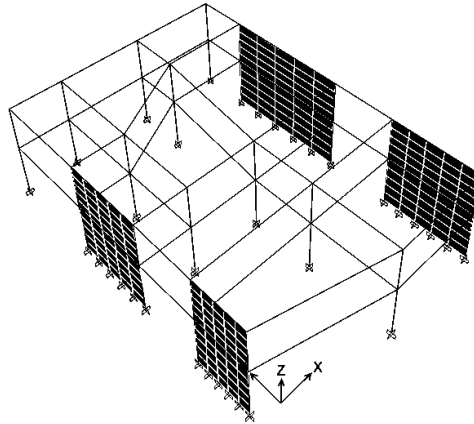


قاب ساختمانی با مهاربند همگرا در دو راستای X و Y

۴-۳- سیستم دوگانه

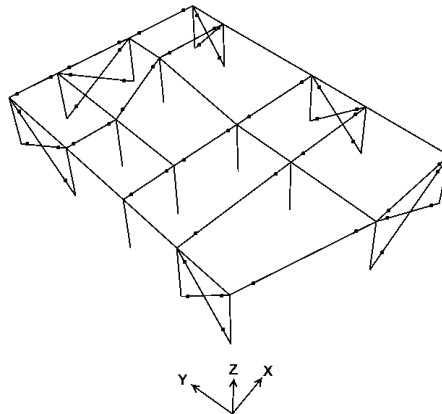
نوعی سیستم سازه ای است که در آن نیروی جانبی توسط عملکرد مشترک و توأم قاب-خمشی و دیوار برشی و یا توسط قاب خمشی همراه با بادبند تحمل و به زمین انتقال میابد.

شکل زیر در راستای X از نوع قاب خمشی و در راستای Y از نوع "سیستم دوگانه" قاب خمشی همراه با دیوار برشی بتنی می باشد.



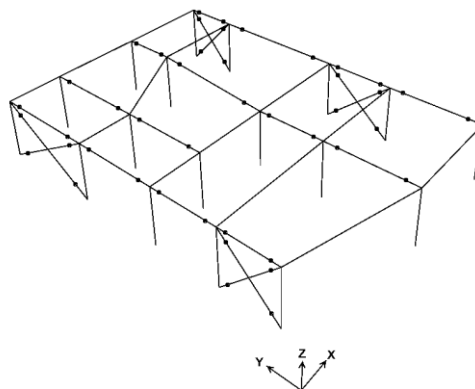
سیستم قاب خمشی در راستای X و سیستم دوگانه در راستای Y

در شکل زیر در راستای X سیستم قاب ساده همراه با مهاربندی ضربدری استفاده شده است. در این سازه در راستای Y "سیستم دوگانه" داریم. در راستای Y برای مقابله با نیروی جانبی زلزله هم قاب خمشی داریم و هم بادبند. سیستم هایی که همزمان دو سیستم باربر جانبی در یک راستا مشارکت می کنند، سیستم دوگانه نامیده می شوند.



سیستم قاب ساده در راستای X و سیستم دوگانه در راستای Y

سازه نشان داده شده در شکل زیر در راستای Y دارای سیستم قاب ساده (اتصالات مفصلی) همراه با مهاربند ضربدری می باشد. ولی در راستای X دارای سیستم قاب خمشی می باشد. در این سازه "ترکیب سیستم در پلان" داریم. دقت کنید که در سازه زیر سیستم دوگانه نداریم:



سیستم قاب خمشی در راستای X و قاب ساده ساختمانی در راستای Y

۴-۸-۱ سیستم دوگانه یا ترکیبی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن:

الف- بارهای قائم عمدتاً توسط قاب‌های ساختمانی تحمل می‌شوند.

ب- مقاومت در برابر بارهای جانبی توسط مجموعه‌ای از دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده همراه با مجموعه‌ای از قاب‌های خمشی تأمین می‌شود. سهم برشگیری هر یک از دو مجموعه با توجه به سختی جانبی و اندرکنش آن دو، در تمام طبقات، تعیین می‌گردد.

پ- قاب‌های خمشی باید مستقلاً قادر به تحمل حداقل ۲۵ درصد نیروهای جانبی در تراز پایه و دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده باید مستقلاً قادر به تحمل حداقل ۵۰ درصد نیروهای جانبی در تراز پایه باشند.

تبصره ۱: در ساختمان‌های کوتاه‌تر از هشت طبقه و یا با ارتفاع کمتر از ۳۰ متر به جای توزیع بار به نسبت سختی عناصر باربر جانبی، می‌توان دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده را برای ۱۰۰ درصد بار جانبی و مجموعه قاب‌های خمشی را برای ۳۰ درصد بار جانبی طراحی کرد.

تبصره ۲: در مواردی که قاب‌های خمشی الزام بند (پ) را اقلان نکنند، سیستم دوگانه جزء سیستم قاب ساختمانی محسوب می‌شود، و در مواردی که دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده الزام بند فوق را اقلان نکنند، ضریب رفتار R در آن باید برابر ضریب رفتار در سیستم قاب خمشی با شکل‌پذیری متناظر در نظر گرفته شود.

۴-۴- سیستم کنسولی

تعریف استاندارد ۲۸۰۰:

۵-۸-۱ سیستم ستون کنسولی

نوعی سیستم سازه‌ای است که در آن نیروهای جانبی توسط ستون‌ها به صورت کنسولی تحمل می‌شوند.



تنها عامل مقاومت در برابر بار جانبی در سیستم های کنسولی اتصال گیردار پای ستونها می باشد. و بنابراین درجه نامعینی آنها بسیار پایین است. بدین معنی که با خرابی تنها چند نقطه از سازه، احتمال ناپایداری آن وجود دارد. به همین جهت در آیین نامه ضریب رفتار آنها بسیار پایین در نظر گرفته شده است. ضریب رفتار این نوع سیستم برابر $R_u=2$ می باشد. پایین بودن ضریب رفتار موجب می شود طراح این نوع سیستم ها را با نیروی زلزله بزرگتری (در مقایسه با سیستم های دیگر) طراحی کند.

۵- نیروی زلزله استاتیکی

۳-۳-۱ نیروهای جانبی زلزله

۳-۳-۱-۱ نیروی برشی پایه V_u

نیروی برشی پایه، یا برش پایه، به مجموع نیروهای جانبی زلزله اطلاق می‌شود که در تراز پایه، موضوع بند (۳-۳-۱-۲)، به ساختمان اعمال می‌گردد. این نیرو در هر یک از امتدادهای ساختمان با استفاده از رابطه (۳-۳-۱) به دست آورده می‌شود:

$$V_u = CW \quad (۳-۳-۱)$$

$$C = \frac{ABI}{R_u} \quad (۳-۳-۲)$$

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

$$V_{u \min} = 0.12AIW \quad (۳-۳-۳)$$

۵-۱- تعیین A

۲-۲ نسبت شتاب مبنای طرح، A

نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل در مناطق مختلف کشور، بر اساس میزان خطر لرزه‌خیزی آنها، به شرح جدول (۲-۱) تعیین می‌شود. مناطق چهارگانه عنوان شده در این جدول در پیوست (۱) مشخص شده است.

جدول ۲-۱ 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

۲-۵- تعیین نوع خاک

۴-۲ طبقه‌بندی نوع زمین

۱-۴-۲ زمین‌ساختگاه‌ها از نظر نوع سنگ و خاک به شرح جدول (۲-۳) طبقه‌بندی می‌شوند.

جدول ۲-۳ طبقه‌بندی نوع زمین

نوع زمین	توصیف لایه‌بندی زمین	پارامترها		
		$\bar{C}_u (kPa)$	$\bar{N}_{1(60)}$	$\bar{v}_s (m/s)$
I	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک‌های سیمانته بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف‌تر تا سطح زمین	-	-	>750
II	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل - شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر که مشخصات مکانیکی آن با افزایش عمق به تدریج بهبود یابد. سنگ‌های آذرین و رسوبی سست، مانند توف و یا سنگ متورق و یا کاملاً هوازده	>250	>50	$375 - 750$
III	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس‌های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	$70 - 250$	$15 - 50$	$175 - 375$
IV	خاک متوسط تا نرم، لایه‌های خاک غیر چسبنده یا با کمی خاک چسبنده با تراکم متوسط تا کم، لایه‌های خاک کاملاً چسبنده نرم تا محکم.	<70	<15	<175

۲-۴-۲ برای تعیین متوسط سرعت موج برشی، $\bar{v}_s$ می‌توان از رابطه (۲-۵) یا از رابطه معتبر دیگری استفاده کرد:

$$\bar{v}_s = \frac{\sum d_i}{\sum (d_i / v_{si})} \quad (2-5)$$

در این رابطه، d_i و v_{si} به ترتیب ضخامت لایه و سرعت موج برشی تا عمق ۳۰ متری از تراز پایه است.

۵۳- در مطالعات مکانیک خاک یک پروژه ساختمانی، سرعت موج برشی برای ضخامت لایه‌های مختلف به شرح زیر گزارش شده است:

- لایه اول به ضخامت ۱۵ متر از تراز پایه با سرعت موج برشی ۳۴۰ متربرثانیه
 - لایه دوم به ضخامت ۳۰ متر از زیر لایه اول با سرعت موج برشی ۴۰۰ متربرثانیه
- در طراحی این ساختمان در برابر زلزله، نوع زمین ساختمانی به کدامیک از انواع زیر نزدیک‌تر است؟
- (۱) نوع I (۲) نوع II (۳) نوع III (۴) نوع IV

گزینه ۳

ابتدا باید متوسط سرعت موج برشی محاسبه شود:

$$v_s = \frac{15 + 15}{\frac{15}{340} + \frac{15}{400}} = 367$$

بنابراین خاک نوع III می باشد.

۲-۴-۲ برای تعیین متوسط سرعت موج برشی، $\bar{v}_s$ می توان از رابطه (۵-۲) یا از رابطه معتبر دیگری استفاده کرد:

$$\bar{v}_s = \frac{\sum d_i}{\sum (d_i / v_{si})} \quad (5-2)$$

در این رابطه، d_i و v_{si} به ترتیب ضخامت لایه و سرعت موج برشی تا عمق ۳۰ متری از تراز پایه است.

۸- سرعت موج برشی متوسط در سه لایه متوالی خاک (از سطح زمین) با ضخامت هر لایه برابر ده متر به ترتیب برابر ۲۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ متربرثانیه اندازه گیری شده است. برای تعیین نوع زمین، سرعت موج برشی متوسط در فاصله سی متری در عمق زمین بر حسب متر بر ثانیه حدوداً چقدر در نظر گرفته شود؟ (از رابطه پیشنهادی استاندارد ۲۸۰۰ استفاده شود)

- (۱) ۲۷۵ (۲) ۴۰۰ (۳) ۳۷۰ (۴) ۳۲۰

گزینه ۴

$$V_s = \frac{30}{\frac{10}{200} + \frac{10}{400} + \frac{10}{500}} = 315.78$$

۳-۵- تعیین دوره تناوب

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

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

(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.

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:

$$T = 0.05H^{0.75}$$

(۵-۳)

در روابط بالا H ارتفاع ساختمان از تراز پایه است و در محاسبه آن ارتفاع خرپشته، در صورتی که وزن آن بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، باید منظور گردد. در بام‌های شیب‌دار، H متوسط ارتفاع بام از تراز پایه است.

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.

۲-۳-۳-۳ ساختمان‌های غیرمتعارف

ساختمان‌های غیرمتعارف به ساختمان‌هایی اطلاق می‌شوند که مشمول تعریف بند (۱-۳-۳-۳) نمی‌گردند، مانند گنبدها، برخی از ساختمان‌های مساجد، آمفی‌تئاترها، سالن‌های ورزشی و در این ساختمان‌ها زمان تناوب اصلی نوسان باید با استفاده از تحلیل دینامیکی ساختمان و با منظور داشتن ضوابط زیر تعیین گردد:

الف- در مواردی که جداگرهای میانقابی در مدل تحلیلی منظور شده باشند:

$$T = T_D$$

ب- در مواردی که جداگرهای میانقابی در مدل تحلیلی منظور نشده باشند:

$$T = 0.8T_D$$

در این روابط T_D زمان تناوب اصلی انتقالی در تحلیل دینامیکی است.

$$B=B_1N$$

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

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

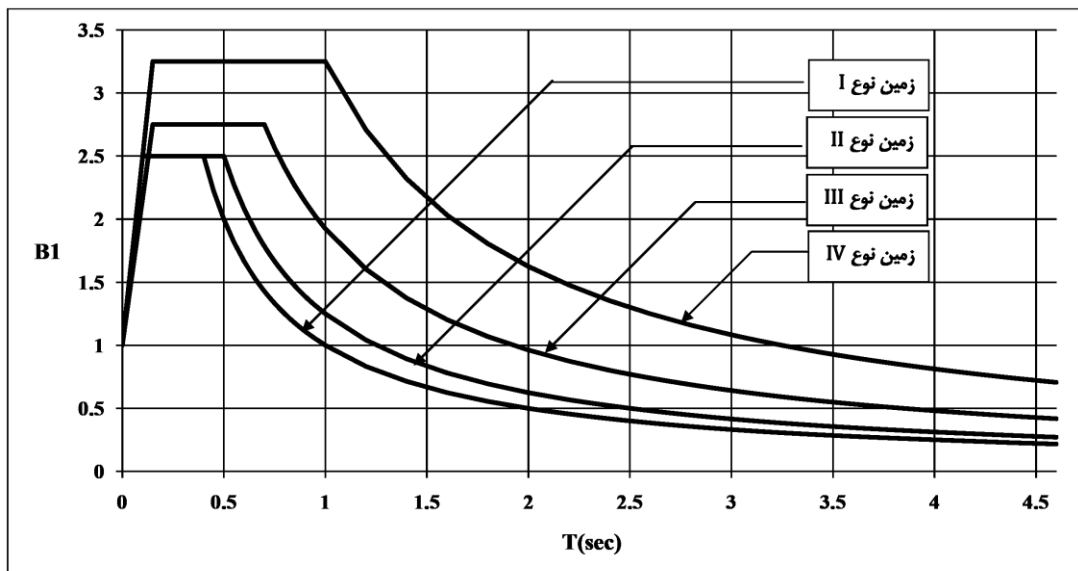
خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد		خطر نسبی کم و متوسط		T_s	T_0	نوع زمین
S_0	S	S_0	S			
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۴	۰/۱	I
۱	۱/۵	۱	۱/۵	۰/۵	۰/۱	II
۱/۱	۱/۷۵	۱/۱	۱/۷۵	۰/۷	۰/۱۵	III
۱/۱	۱/۷۵	۱/۳	۲/۲۵	۱/۰	۰/۱۵	IV

الف- برای پهنه‌های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

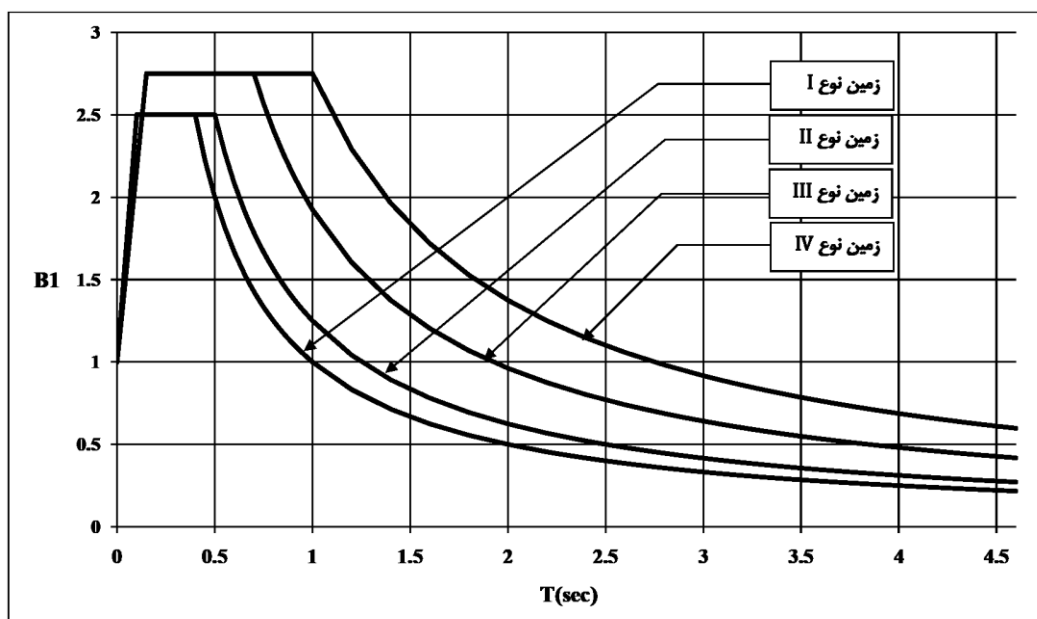
$$\begin{aligned} N &= 1 & T < T_s \\ N &= \frac{0.7}{4 - T_s}(T - T_s) + 1 & T_s < T < 4 \text{ sec} \\ N &= 1.7 & T > 4 \text{ sec} \end{aligned}$$

ب- برای پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و کم

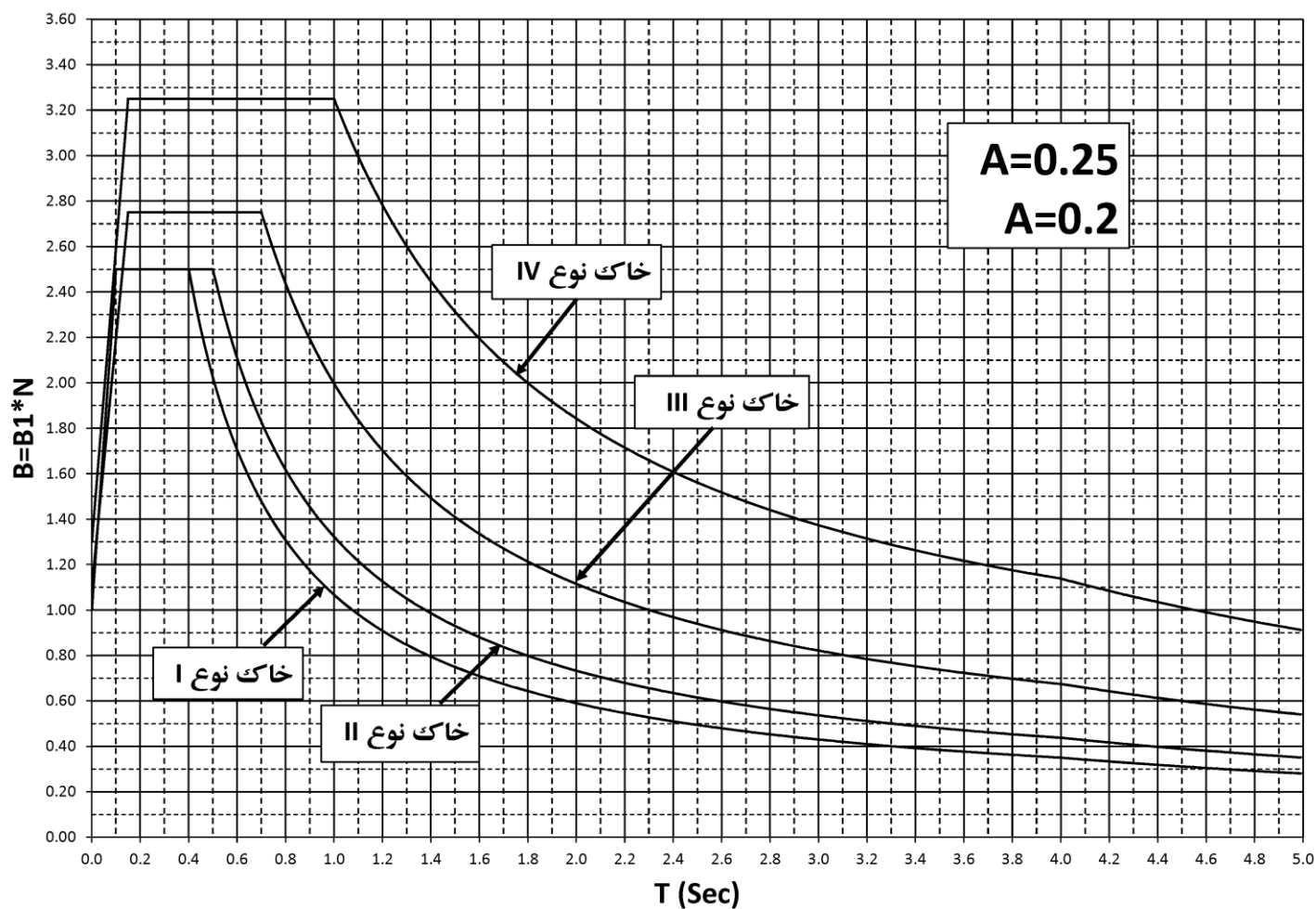
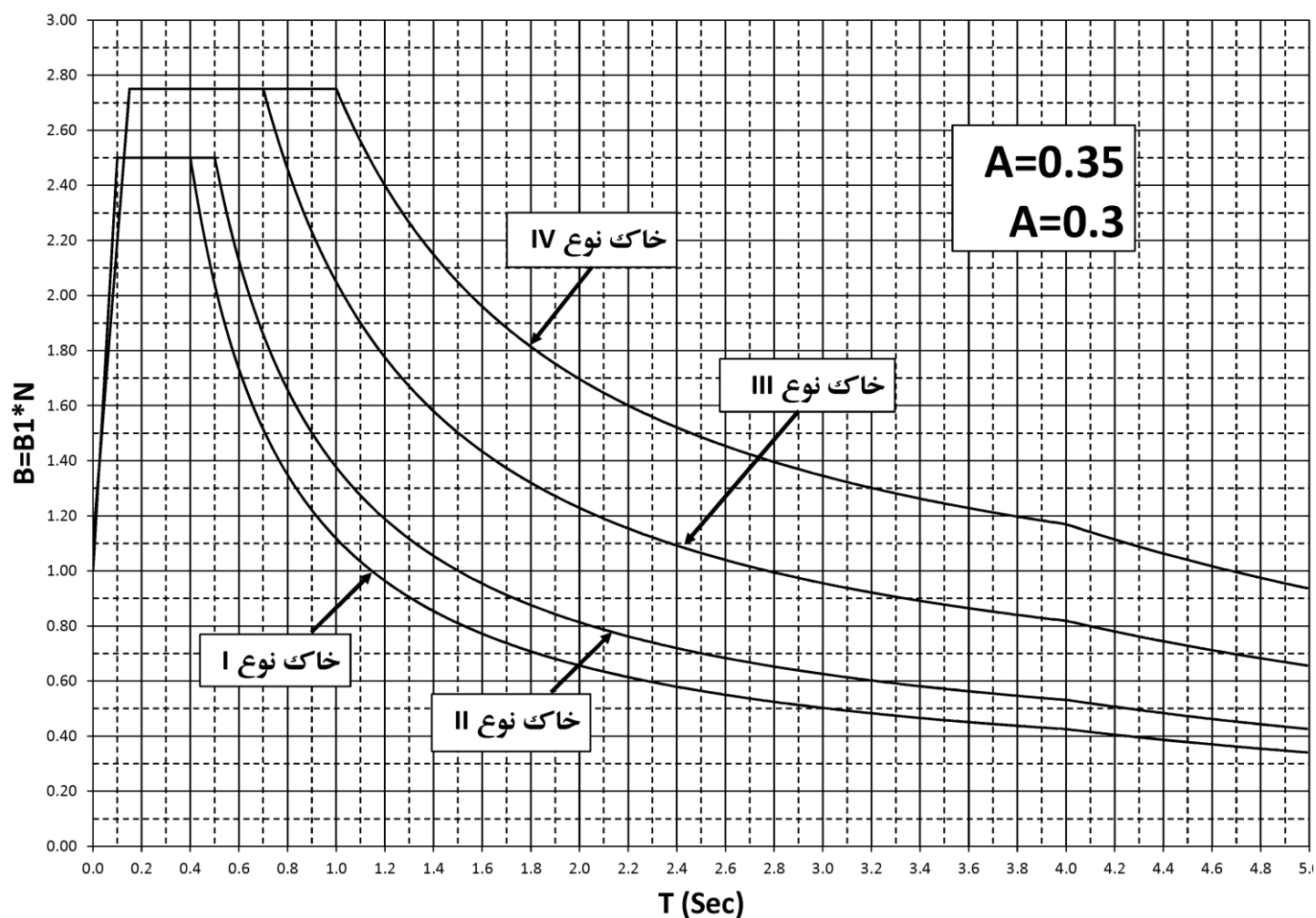
$$\begin{aligned} N &= 1 & T < T_s \\ N &= \frac{0.4}{4 - T_s}(T - T_s) + 1 & T_s < T < 4 \text{ sec} \\ N &= 1.4 & T > 4 \text{ sec} \end{aligned}$$



شکل ۲-۱ الف- ضریب شکل طیف طرح برای انواع زمین‌های مندرج در بند (۲-۴) با خطر نسبی کم و متوسط



شکل ۲-۱ ب- ضریب شکل طیف طرح برای انواع زمین‌های مندرج در بند (۲-۴) با خطر زیاد و خیلی زیاد



۵۵- ضریب زلزله ساختمان اداری با سیستم دوگانه (قاب خمشی بتن آرمه متوسط و دیوار برشی بتن آرمه متوسط) با ارتفاع 16 متر از تراز پایه در شهر مشهد و خاک نوع III و با استفاده از زمان تناوب تجربی حدوداً چقدر خواهد بود؟

0.12 (۲)

0.15 (۱)

0.08 (۴)

0.1 (۳)

ابتدا دوره تناوب را محاسبه می کنیم:

$$T = 0.05H^{0.75} = 0.05 \times 16^{0.75} = 0.4$$

سپس بر اساس دوره تناوب، مقدار B بدست می آید:

$$\rightarrow B_1 = 1 + S = 1 + 1.75 = 2.75$$

$$N = 1$$

$$C = \frac{ABI}{R_u} = \frac{0.3 \times 2.75 \times 1}{6} = 0.1375$$

$$B = B_1 N$$

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

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

الف- برای پهنه‌های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

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

ب- برای پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و کم

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

۱۱- فرض کنید یک ساختمان سه طبقه فولادی با سیستم باربر جانبی از نوع قاب ساختمانی ساده توأم با مهاربندی‌های همگرای معمولی دارای تمامی شرایط لازم برای تحلیل و طراحی به روش ساده‌شده را دارد. اگر ارتفاع کلیه طبقات یکسان و برابر h ، وزن مؤثر لرزه‌ای کلیه طبقات یکسان و برابر W و زمین محل قرارگیری این ساختمان از نوع II باشد و ساختمان در منطقه‌ای با خطر نسبی خیلی زیاد در برابر زلزله قرار گرفته باشد، مقدار برش پایه این ساختمان در روش ساده‌شده تحلیل به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟ مقدار $\frac{AI}{R_u}$ این ساختمان برابر 0.1 فرض شود.

0.75W (۲)

0.90W (۱)

0.30W (۴)

0.63W (۳)

گزینه ۱ (سطح سوال آسان)

$$E = C \times (3W) = \frac{ABIF}{R_u} (3W) = 0.1 \times (1.5 + 1) \times 1.2 \times (3W) = 0.9W$$

۱۰- فرض کنید یک ساختمان سه طبقه فولادی با ارتفاع ۱۰ متر از روی شالوده (تراز پایه) و با سیستم سازه‌ای قاب ساختمانی ساده به علاوه مهاربند همگرای معمولی در هر دو جهت، در شهر مشهد برای خاک نوع III طراحی شده است. اگر بخواهیم همین طرح را بدون محاسبات مجدد در تهران اجرا بدانیم کدامیک از گزینه‌های زیر براساس شرایط لرزه‌خیزی شهرهای تهران و مشهد، صحیح خواهد بود؟

۱) اجرای طرح مذکور در تهران برای هر نوع زمین مجاز است

۲) اجرای طرح مذکور در تهران فقط برای زمین نوع I مجاز است

۳) اجرای طرح مذکور در تهران برای زمین‌های نوع I و II مجاز است

۴) اجرای طرح مذکور در تهران مجاز نیست

گزینه ۴

$$B=B_1N$$

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

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	۱/۴۵	۱/۱	۱/۴۵	۰/۷	۰/۱۵	III
۱/۱	۱/۴۵	۱/۳	۲/۴۵	۱/۰	۰/۱۵	IV

الف- برای پهنه‌های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

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

ب- برای پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و کم

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

$$T_{max} = 0.05 \times 10^{\frac{3}{4}} = 0.25 \text{ sec} \rightarrow T_0 < T < T_s \rightarrow \begin{cases} B_{\text{مشهد III}} = N(S + 1) = 2.75 \\ B_{\text{تهران I}} = N(S + 1) = 2.5 \\ B_{\text{تهران II}} = N(S + 1) = 2.5 \\ B_{\text{تهران III}} = N(S + 1) = 2.75 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} C_{\text{مشهد III}} &= \frac{0.3BI}{R_u} = \frac{0.825I}{R_u} \\ C_{\text{تهران I}} &= \frac{0.35BI}{R_u} = \frac{0.875I}{RR_u} \\ C_{\text{تهران II}} &= \frac{0.35BI}{R_u} = \frac{0.875I}{R_u} \\ C_{\text{تهران III}} &= \frac{0.35BI}{R_u} = \frac{0.9625I}{R_u} \end{aligned}$$

۵۷- یک ساختمان مسکونی با سیستم قاب خمشی فولادی ویژه به ارتفاع ۴۶ متر از تراز پایه بر روی خاک نوع III، در شهر تهران واقع شده است. در صورتی که پریمود تحلیلی سازه ۱.۶ ثانیه و وزن مؤثر لرزه‌ای آن ۱۰۰۰۰۰ kN باشد، نیروی برش پایه استاتیکی (V_u) سازه برحسب kN، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (میان‌قاب‌ها مانعی برای حرکت جانبی قاب ایجاد نمی‌کنند و $p = 1$ می‌باشد).

۷۳۰۶ (۱) ۶۶۸۶ (۲) ۶۴۹۲ (۳) ۶۲۳۷ (۴)

گزینه ۲

محاسبه دوره تناوب طراحی:

$$T_{\text{طراحی}} = \min \left(1.25T_{\text{تحلیلی}} \text{ و } T_{\text{تجربی}} \right) = \min \left(1.25 \times 0.08 \times 46^{0.75} \text{ و } 1.6 \right) = \min \left(1.766 \text{ و } 1.6 \right) = 1.6$$

محاسبه ضرایب B1 و N و B:

$$\left. \begin{array}{l} T_s = 0.7 \\ T_0 = 0.15 \\ S = 1.75 \\ S_0 = 1.1 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} B_1 = (S + 1) \frac{T_s}{T} = 2.75 \times \frac{0.7}{1.6} = 1.2 \\ N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = 1.191 \end{array} \right\} B = B_1 N = 1.2 \times 1.191 = 1.429$$

محاسبه V_u :

$$V_u = \frac{ABI}{R_u} W_e = \frac{0.35 \times 1.429 \times 1}{7.5} 100\,000 = 6670$$

۶۰- مقدار ضریب بازتاب (B) برای یک سازه با سیستم قاب ساختمانی ساده با مهاربندی واگرای ویژه فولادی به ارتفاع ۲۴ متر از تراز پایه و بر روی خاک نوع III در شهر اصفهان به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (میان‌قاب‌ها مانعی برای حرکت جانبی قاب ایجاد نمی‌کنند).

۲۷۵ (۱) ۲۵۳ (۲) ۲۲۶ (۳) ۲۱۰ (۴)

گزینه ۳

محاسبه دوره تناوب طراحی:

دوره تناوب تحلیلی ارائه نشده بنابراین دوره تناوب بر اساس روابط تجربی محاسبه خواهد شد:

$$T_{\text{طراحی}} = T_{\text{تجربی}} = 0.08 \times 24^{0.75} = 0.87$$

محاسبه ضرایب B1 و N و B:

$$\left. \begin{array}{l} T_s = 0.7 \\ T_0 = 0.15 \\ S = 1.75 \\ S_0 = 1.1 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} B_1 = (S + 1) \frac{T_s}{T} = 2.75 \times \frac{0.7}{0.87} = 2.219 \\ N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 = 1.02 \end{array} \right\} B = B_1 N = 2.264$$

۵۵- برش پایه یک ساختمان مسکونی در قزوین با سیستم دوگانه قاب خمشی ویژه بتنی و دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه براساس روش تحلیل استاتیکی معادل برابر 1800 kN محاسبه شده است. نوع زمین II و زمان تناوب اصلی سازه برابر یک ثانیه است. اگر قرار شود ارتفاع ساختمان با سیستم مشابه 20% اضافه شود و با فرض افزایش 20% وزن مؤثر لرزه‌ای، برش پایه برحسب kN حدوداً چقدر خواهد شد؟ (از رابطه تجربی برای محاسبه زمان تناوب اصلی استفاده شود).

1610 (۱) 1940 (۲) 2160 (۳) 2290 (۴)

گزینه ۲

مقایسه دوره تناوب دو سازه:

$$\left. \begin{aligned} T_I &= 0.05 \times H^{0.75} \\ T_{II} &= 0.05 \times (1.2H)^{0.75} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{T_{II}}{T_I} = 1.146$$

مقایسه ضرایب B1 و N و B

$$\left. \begin{aligned} T_s &= 0.5 \\ T_0 &= 0.1 \\ S &= 1.5 \\ S_0 &= 1 \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} \frac{(B_1)_{II}}{(B_1)_I} &= \frac{T_I}{T_{II}} = 0.872 \\ \frac{N_{II}}{N_I} &= \frac{\frac{0.7}{4-T_s}(T_{II}-T_s)+1}{\frac{0.7}{4-T_s}(T_I-T_s)+1} = \frac{0.2(1.146-0.5)+1}{0.2(1-0.5)+1} = 1.0265 \\ \frac{(B_1 N)_{II}}{(B_1 N)_I} &= 0.895 \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{\left(\frac{ABI}{R}W\right)_{II}}{\left(\frac{ABI}{R}W\right)_I} = 0.895 \frac{W_{II}}{W_I} = 1.074 \rightarrow V_{II} = 1.074 \times 1800 = 1933 \text{ kN}$$

۴۶- یک ساختمان اداری با سیستم قاب خمشی فولادی ویژه به ارتفاع 45 متر از تراز پایه بر روی خاک نوع II در شهر ارومیه واقع شده است. در صورتی که زمان تناوب تحلیلی سازه 1.5 ثانیه و وزن مؤثر لرزه‌ای آن 90000 kN باشد، نیروی برش پایه استاتیکی (V_u) سازه برحسب kN به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (ساختمان دارای جداگرهای میان‌قابی بوده و مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد می‌کنند و $p = 1$ است).

5300 (۱) 3800 (۲) 4200 (۳) 4800 (۴)

گزینه ۲

ارومیه در منطقه با لرزه خیزی زیاد قرار دارد.

ابتدا دوره تناوب را محاسبه می‌کنیم:

$$T = \min \left(T_{\text{تحلیل}}, 1.25 T_{\text{تجربی}} \right) = \min \left(1.5, 1.25 \times 0.8 \times 0.08 \times 45^{0.75} \right) = \min (1.5, 1.38) = 1.387$$

سپس بر اساس دوره تناوب، مقدار B بدست می‌آید:

$$\rightarrow B_1 = (1 + S) \left(\frac{T_s}{T} \right) = (1 + 1.5) \left(\frac{0.5}{1.387} \right) = 0.9 \quad N = \frac{0.7}{4 - 0.5} (1.387 - 0.5) + 1 = 1.177$$

$$V = \frac{ABI}{R_u} W = \frac{0.3 \times 0.9 \times 1.177 \times 1}{7.5} \times 90000 = 0.042 \times 90000 = 3813 \text{ kN}$$

کنترل زلزله حداقل:

$$V = 0.12 AIW = 0.12 \times 0.3 \times 1W = 0.036W$$

۱۶- نسبت ضریب بازتاب یک ساختمان با خطر نسبی زیاد و با زمان تناوب یک ثانیه و زمین نوع چهار به ضریب بازتاب یک ساختمان با خطر نسبی زیاد و با زمان تناوب یک ثانیه و زمین نوع یک به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟

۱) 1.0

۲) 1.12

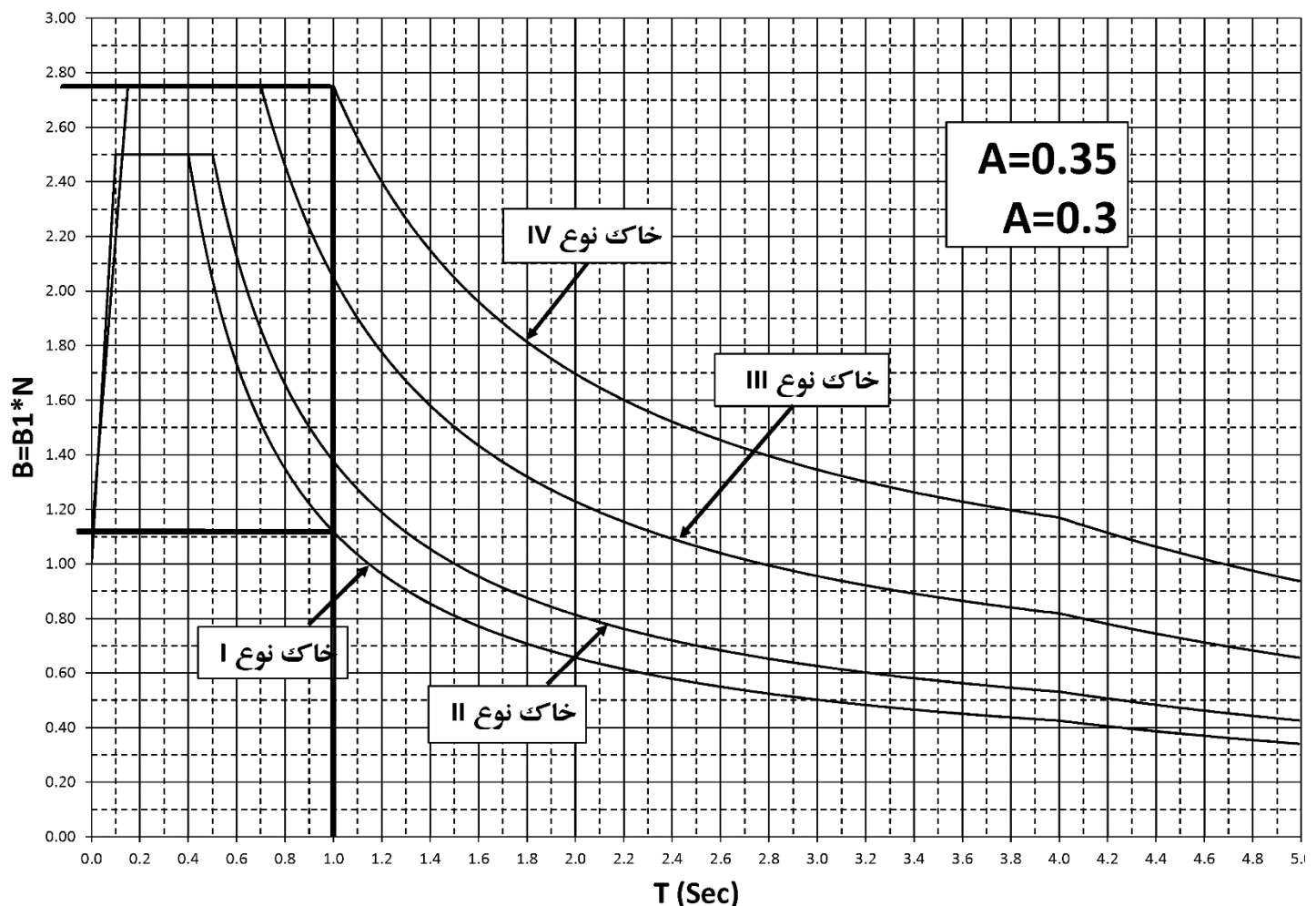
۳) 2.5

۴) 2.75

گزینه ۳ (سطح سوال: آسان)

با توجه به نمودار زیر (از جزوه استاندارد ۲۸۰۰) و به صورت تقریبی داریم:

$$\frac{B}{B} = \frac{2.75}{1.11} = 2.47$$



۸- فرض کنید زمین محل احداث یک ساختمان مسکونی از نوع II بوده و نسبت ضریب اصلاح طیف با فرض ساخت آن در مشهد به ضریب اصلاح طیف با فرض ساخت آن در اصفهان برابر 1.1 محاسبه شده است. زمان تناوب اصلی نوسان این ساختمان به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟

(۲) 1.21 ثانیه

(۱) 0.5 ثانیه

(۴) 2.12 ثانیه

(۳) 1.85 ثانیه

گزینه ۳ (سطح سوال متوسط)

اصفهان در منطقه با خطر نسبی متوسط ($A=0.25$) و مشهد در منطقه با خطر نسبی زیاد ($A=0.3$) قرار گرفته است. بنابراین

$$\left. \begin{aligned} N_{\text{مشهد}} &= \frac{0.7}{4-0.5}(T-0.5) + 1 = 0.2T + 0.9 \\ N_{\text{اصفهان}} &= \frac{0.4}{4-0.5}(T-0.5) + 1 = 0.114T + 0.943 \end{aligned} \right\} \frac{N_{\text{مشهد}}}{N_{\text{اصفهان}}} = \frac{0.2T + 0.9}{0.114T + 0.943} = 1.1 \rightarrow T = 1.84 \text{ sec}$$

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

الف- برای پهنه‌های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

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

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

ب- برای پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و کم

$$\begin{aligned} N &= 1 & T < T_s \\ N &= \frac{0.4}{4-T_s}(T-T_s) + 1 & T_s < T < 4 \text{ sec} \quad (4-2) \\ N &= 1.4 & T > 4 \text{ sec} \end{aligned}$$

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

۱۰- در نظر است یک ساختمان فولادی شش طبقه از نوع قاب خمشی در شهر تهران ساخته شود. اگر زمان تناوب نوسان اصلی این ساختمان 0.6 ثانیه باشد، نسبت ضریب شکل طیف این ساختمان با فرض قرارگیری بر روی زمین نوع I به ضریب شکل طیف آن با فرض قرارگیری بر روی زمین نوع III به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک تر خواهد بود؟

(۴) 0.8

(۳) 0.75

(۲) 0.7

(۱) 0.6

گزینه ۱ (سطح سوال آسان)

$$\text{خاک نوع III} \rightarrow T_0 = 0.1 < T = 0.6 < T_s = 0.7 \rightarrow B_1 = S + 1 = 2.75$$

$$\text{خاک نوع I} \rightarrow T_s = 0.4 < T = 0.6 \rightarrow B_1 = (S + 1) \left(\frac{T_s}{T} \right) = (1.5 + 1) \left(\frac{0.4}{0.6} \right) = 1.666$$

و نسبت دو مقدار برابر است با:

$$\frac{1.666}{2.75} = 0.6$$

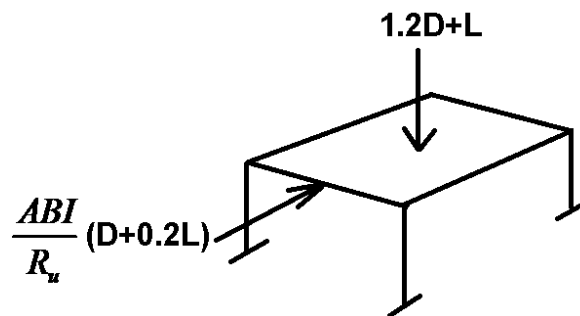
۵-۵- وزن لرزه ای

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.

جدول ۳-۱ درصد میزان مشارکت بار زنده و بار برف در محاسبه نیروی جانبی زلزله

محل بار زنده	درصد میزان بار زنده
بام‌های ساختمان‌ها در مناطق با برف زیاد، سنگین و فوق سنگین	۲۰
بام‌های ساختمان‌ها در سایر مناطق	-
ساختمان‌های مسکونی، اداری، هتل‌ها و پارکینگ‌ها	۲۰
بیمارستان‌ها، مدارس، فروشگاه‌ها، ساختمان‌های محل اجتماع یا ازدحام	۲۰
کتابخانه‌ها و انبارها (با توجه به نوع کاربری)	حداقل ۴۰
مخازن آب و یا سایر مایعات	۱۰۰

برای مثال تحت ترکیب بار $1.2D+L+E$ بارها باید به صورت زیر اعمال شوند:



محاسبات ۹۵

۶۰- پلان طبقات یک ساختمان اداری ۵ طبقه دارای ابعاد 30×40 m و به صورت مستطیل شکل می‌باشد. وزن مرده متوسط کف طبقه سوم با احتساب وزن اسکلت برابر 6.2 kN/m^2 بوده و بار زنده متوسط کف بدون پارتیشن برابر 3.2 kN/m^2 برآورد شده است. وزن معادل دیوارهای تقسیم‌کننده بر کف طبقات برابر 1.25 kN/m^2 تخمین زده شده و وزن متوسط دیوار نمای چهارطرف ساختمان برابر 1.5 kN بر هر مترمربع سطح دیوار می‌باشد. اگر ارتفاع هر طبقه 3.6 متر فرض شود، وزن مؤثر لرزه‌ای طبقه سوم حدوداً چند کیلونیوتن خواهد بود؟ (در محاسبه وزن دیوارهای نما، ارتفاع دیوار را برابر ارتفاع طبقه فرض نمایید).

۱) 12200 ۲) 10500 ۳) 11500 ۴) 9800

گزینه ۲

$$W_e = D + L_{PARTITION} + 0.2LIVE$$

$$W_e = [(6.2 \times 1200) + (1.5 \times 140 \times 3.6)] + (1.25 \times 1200) + 0.2(3.2 \times 1200) = 10464 \text{ kN}$$

۵۵- یک ساختمان مسکونی منظم دو طبقه با ارتفاع 6 متر از تراز پایه با سیستم قاب خمشی فولادی متوسط بر روی خاک نوع IV و در منطقه با خطر نسبی متوسط طراحی شده است. در کدامیک از شرایط زیر می توان از طراحی همین سازه استفاده نمود؟ (مقاومت خاک را یکسان فرض نمایید)

- ۱) بر روی خاک نوع IV و منطقه با خطر نسبی زیاد
- ۲) بر روی خاک نوع I و منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد
- ۳) بر روی خاک نوع II و منطقه با خطر نسبی زیاد
- ۴) بر روی خاک نوع III و منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد

گزینه ۳

$$T_{\text{قاب خمشی}} = 0.08(6)^{0.75} = 0.306 \text{ Sec}$$

$$T_{\text{قاب خمشی با میانقاب}} = 0.8 \times 0.08(6)^{0.75} = 0.24 \text{ Sec}$$

دوره تناوب سازه به گونه ای است که در همه شرایط داریم:

$$T_0 < T < T_s$$

بنابراین ضریب N در تمامی موارد برابر یک است.

با تغییر نوع خاک و منطقه تنها پارامترهای A و B تغییر می کنند:

$$AB = 0.25 \times 3.25 = 0.8125$$

خاک IV و A=0.25

$$AB = 0.3 \times 2.75 = 0.825$$

گزینه ۱) خاک IV و A=0.3

$$AB = 0.35 \times 2.5 = 0.875$$

گزینه ۲) خاک I و A=0.35

$$AB = 0.3 \times 2.5 = 0.75$$

گزینه ۳) خاک II و A=0.3

$$AB = 0.35 \times 2.75 = 0.96$$

گزینه ۴) خاک III و A=0.35

۵۴- یک ساختمان مسکونی پنج طبقه با قاب خمشی بتن آرمه با ارتفاع ۱۷ متر از تراز پایه واقع بر روی خاک نوع IV می باشد. این ساختمان برای شهری با خطر لرزه ای نسبی متوسط طرح شده است. اگر این ساختمان در شهری با خطر لرزه ای نسبی زیاد بر روی همان نوع خاک اجرا گردد، نیروی برش پایه زلزله چه تغییری می یابد؟

- (۱) خیلی جزئی کاهش دارد.
- (۲) خیلی جزئی افزایش دارد.
- (۳) حدود ۲۰ درصد افزایش دارد.
- (۴) حدود ۲۰ درصد کاهش دارد.

گزینه ۲:

نیروی برش پایه به سه پارامتر A, B, I, R و بستگی دارد. با تغییر فوق:

W: (وزن سازه) تغییر نمی کند.

I: ضریب اهمیت همان است و تغییر نمی کند.

R: ضریب رفتار به سیستم باربر جانبی بستگی دارد که در هر دو حالت قاب خمشی بوده و تغییر نمی کند.

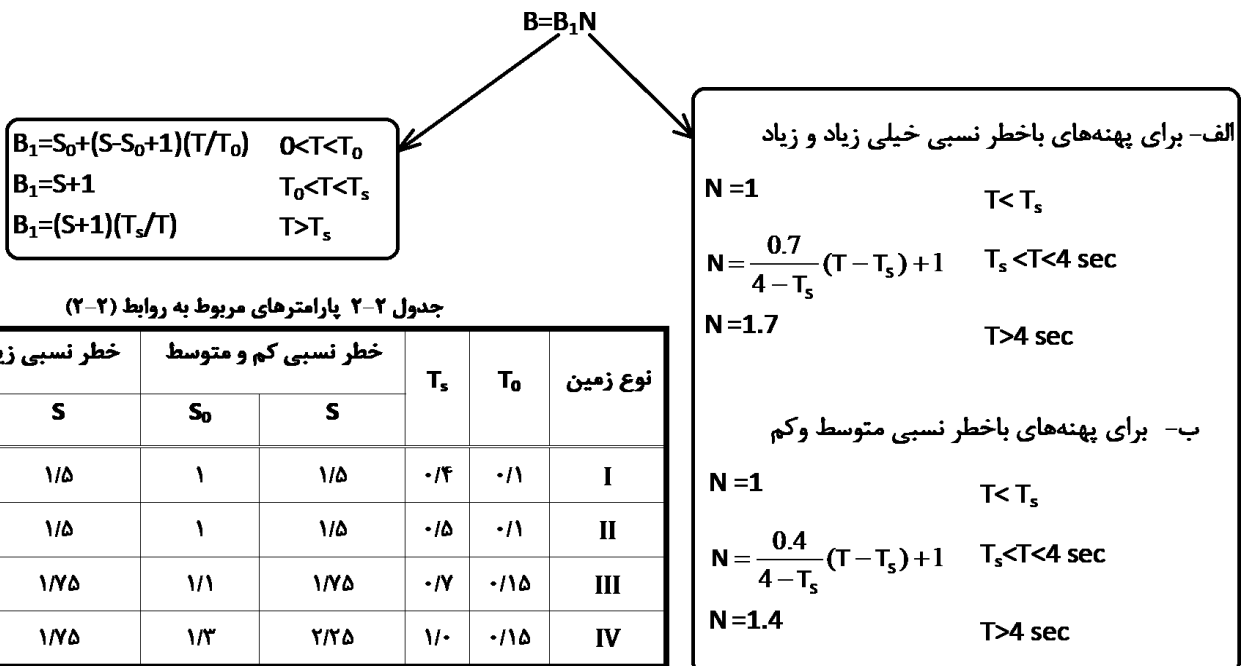
A: از مقدار $A_1=0.25$ به $A_2=0.3$ افزایش می یابد.

B: مقدار B بر اساس دوره تناوب سازه محاسبه می شود. بنابراین باید دوره تناوب سازه محاسبه شود:

$$T = 0.05H^{0.9} = 0.05 \times 17^{0.9} = 0.64 \rightarrow T_0 < T < T_s \quad \left. \begin{array}{l} B_1 = 3.25 \times 1 \\ B_2 = 2.75 \times 1 \end{array} \right\}$$

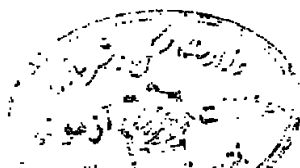
بنابراین نسبت برش پایه در حالت دوم به حالت اول برابر است با:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{0.3 \times 2.75}{0.25 \times 3.25} = 1.015$$



۱۱- ساختمانی اداری چهار طبقه‌ای با زمان تناوب 0.4 ثانیه روی زمین نوع IV در شهر اصفهان طراحی شده است. اگر مشابه این ساختمان (با همان جزئیات طراحی) در مشهد بر روی زمین نوع II ساخته شود در این مورد کدامیک از عبارات زیر صحیح می‌باشد؟

- (۱) نسبت برش پایه ساختمان در مشهد نسبت به برش پایه ساختمان در اصفهان $1/2$ می‌باشد و ساختمان اجرا شده در مشهد ایمن نمی‌باشد.
- (۲) بدلیل بالا بودن لرزه خیزی مشهد، ساختمان فوق ایمن نمی‌باشد.
- (۳) بدلیل نوع زمین در مشهد طرح ایمن نمی‌باشد.
- (۴) علی رغم بالا بودن لرزه خیزی مشهد، ساختمان فوق ایمن می‌باشد.



۸- در یک ساختمان مسکونی شش طبقه در رشت با بام تخت، کل بار مرده ۲۵۰۰۰ کیلونیوتن و کل بار زنده ۸۰۰۰ کیلونیوتن محاسبه شده است. این ساختمان در زمینی که سرعت موج برشی در آن ۳۰۰ متر بر ثانیه است، قرار گرفته است. چنانچه برای این ساختمان از قابهای ساختمانی ساده به همراه مهاربندی برون محور فولادی استفاده شده باشد و زمان تناوب تجربی آن ۰.۵ ثانیه بدست آمده باشد، مقدار نیروی برشی پایه در روش تحلیل استاتیکی معادل برای این ساختمان به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟

- | | |
|-------------|-------------|
| (۱) ۲۶۱۳ kN | (۲) ۳۶۵۸ kN |
| (۳) ۳۱۳۵ kN | (۴) ۲۸۵۰ kN |

۵- ساختمان ۵ طبقه‌ای اداری با زمان تناوب 0.6 ثانیه روی زمین نوع IV در اردکان طراحی شده است. اگر این ساختمان با همان سیستم سازه‌ای در شهر قزوین در روی زمین نوع I با کاربری مدرسه احداث شود، گزینه‌ی صحیح کدام است؟

ضریب زلزله‌ی ساختمان اداری در شهر اردکان ساختمان مدرسه در شهر قزوین است.

- (۱) مساوی ضریب زلزله‌ی
- (۲) کوچک‌تر از ضریب زلزله‌ی
- (۳) بزرگ‌تر از ضریب بازتاب
- (۴) بزرگ‌تر از ضریب زلزله‌ی

۱۲- کنامیک از عبارات زیر درخصوص دو ساختمان مسکونی از نوع قاب خمشی فولادی متوسط واقع در شهر تهران صحیح است؟ (فرض بر این است که هر دو ساختمان بر روی یک نوع زمین احداث می شوند).

- (۱) استفاده از قاب خمشی فولادی متوسط فقط برای ساختمان های با ارتفاع ۱۸ متر مجاز است.
- (۲) ضریب زلزله ساختمان با زمان تناوب بزرگتر همواره بیشتر از ضریب زلزله ساختمان با زمان تناوب کوچکتر است.
- (۳) ضریب زلزله ساختمان با زمان تناوب کوچکتر همواره بیشتر از ضریب زلزله ساختمان با زمان تناوب بزرگتر است.
- (۴) ضریب زلزله هر دو ساختمان نباید کمتر از ۰.۰۳۵ در نظر گرفته شود.

با آیین نامه جدید:

$$V_{min} = 0.12AIW = 0.042W$$

۲۲- ضریب بازتاب زلزله در محل های a و b با خطر نسبی متوسط با نوع زمین متفاوت نشان می دهد که ضریب بازتاب در محل a در پریود یک ثانیه در ناحیه حداکثر طیف و در محل b در پریود ۰.۶ ثانیه در ناحیه حداکثر می باشد. کدام جمله در مورد نوع زمین محل های a و b صحیح است؟

(۱) زمین محل a از نوع I یا II و زمین محل b از نوع III یا IV می باشد.

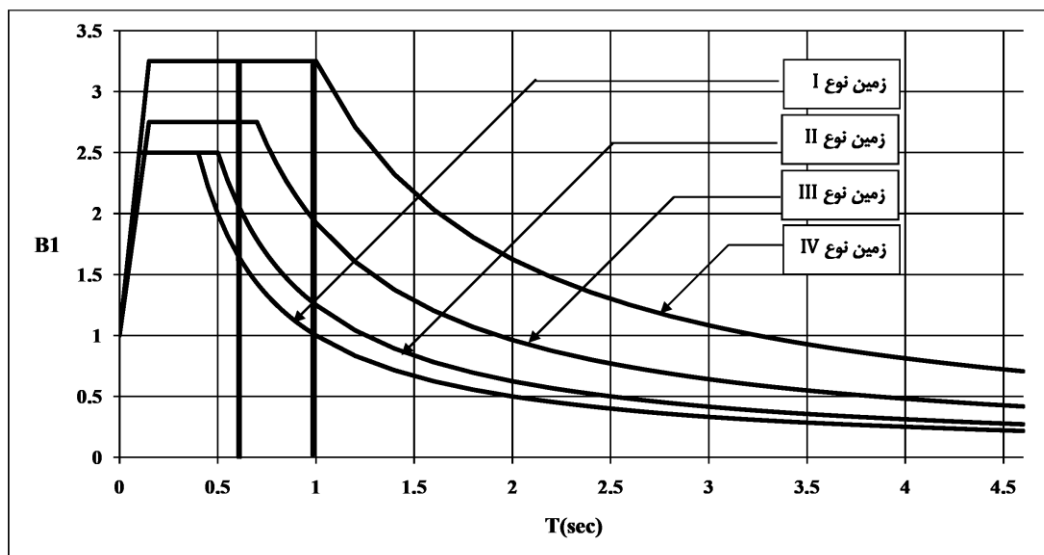
(۲) زمین محل a از نوع IV و زمین محل b از نوع III یا IV می باشد.

(۳) زمین محل a از نوع II و زمین محل b از نوع I یا II می باشد.

(۴) زمین محل های a و b از نوع II می باشد.

گزینه ۲

شکل زیر نمودار طیف استاندارد ۲۸۰۰ برای مناطق با خطر نسبی کم و متوسط می باشد. محور افقی دوره تناوب را نشان می دهد و محور قائم ضریب بازتاب را نشان می دهد. در دوره تناوب ۱ ثانیه که در شکل مشخص کرده ام، تنها در زمین های خاک نوع IV مقدار ضریب بازتاب حداکثر می باشد و برای دوره تناوب ۰.۶ ثانیه در خاکهای نوع III و نوع IV ضریب بازتاب حداکثر می باشد.



شکل ۲-۱ الف- ضریب شکل طیف طرح برای انواع زمین های مندرج در بند (۲-۴) با خطر نسبی کم و متوسط

۶- در نظر است یک ساختمان بلند ۴۰ طبقه با ارتفاع کل ۱۴۰ متر از روی تراز پایه، با سیستم دوگانه قاب خمشی فولادی ویژه و مهاربندی برون محور فولادی، در تهران و روی زمین نوع I احداث شود. در صورتیکه جهت کنترل تحلیل برای زلزله سطح طراحی، نیاز به محاسبه نیروی برش پایه از روش استاتیکی معادل باشد، کل نیروی زلزله به روش استاتیکی معادل (برش پایه) به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیکتر خواهد بود؟ ضریب اهمیت ساختمان را یک فرض کنید. W وزن کل مؤثر لرزه‌ای سازه از تراز پایه به بالاست.

۰.۰۳ W (۱) ۰.۱۰ W (۲) ۰.۰۴۲ W (۳) ۰.۰۳۵ W (۴)

با آیین نامه جدید:

$$\left. \begin{aligned} T &= 0.05H^{0.75} = 0.05 \times 140^{0.75} = 2.035 \text{ sec} \\ S &= 1.5 \\ T_s &= 0.4 \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} B_1 &= (1.5 + 1) \left(\frac{0.4}{2.035} \right) = 0.49 \\ N &= \frac{0.7}{4 - 0.4} (2.035 - 0.4) + 1 = 1.3179 \end{aligned} \right\} B = B_1 N = 0.646$$

$$\left. \begin{aligned} V &= \frac{ABI}{R} W = \frac{0.35 \times 0.646 \times 1}{7.5} W = 0.03W \\ V_{min} &= 0.12AIW = 0.12 \times 0.35 \times 1 \times W = 0.042W \end{aligned} \right\} V = 0.042W$$

$$B = B_1 N$$

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

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	۱/۴۵	۱/۱	۱/۴۵	۰/۷	۰/۱۵	III
۱/۱	۱/۴۵	۱/۳	۲/۴۵	۱/۰	۰/۱۵	IV

الف- برای پهنه‌های با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

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

ب- برای پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و کم

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

۱۳- در نظر است که ساختمان یک انبار یک طبقه تجاری با ارتفاع ۱۶ متر از تراز پایه با سیستم قاب خمشی فولادی معمولی در شهر اصفهان بر روی زمین نوع III ساخته شود. ضریب زلزله این ساختمان به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیکتر است؟ فرض کنید جداگرهای میان قابی در حرکت جانبی سازه، مانع ایجاد نمایند.

۰.۱۶ (۱) ۰.۱۰ (۲) ۰.۱۲ (۳) ۰.۱۴ (۴)

$$\left. \begin{aligned} T &= 0.8(0.08h^{0.75}) = 0.8 \times 0.08 \times 16^{0.75} = 0.512 \text{ Sec} \\ T_0 &= 0.15 \\ T_s &= 0.7 \\ S &= 1.75 \end{aligned} \right\} B = (1 + 1.75) = 2.75$$

$$C = \frac{ABI}{R} = \frac{0.25 \times 2.75 \times 1}{3.5} = 0.196$$

۴- یک ساختمان مسکونی ۶ طبقه از روی تراز پایه با سیستم قاب خمشی بتنی ویژه در هر دو راستا بر روی زمین نوع III و در شهر رشت واقع شده است. براساس روابط تجربی زمان تناوب اصلی این ساختمان ۰.۸ ثانیه محاسبه شده است. اگر ۶ طبقه به این ساختمان اضافه شود و با فرض اینکه در هر دو ساختمان مشخصات هندسی اعضاء، ارتفاع طبقات و وزن مؤثر لرزه‌ای کلیه طبقات یکسان باشد و میان قاب‌ها مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نکنند و برای محاسبه زمان تناوب اصلی هر دو ساختمان از روابط تجربی (بدون هرگونه افزایش) استفاده شود، آنگاه براساس روش تحلیل استاتیکی معادل مقدار برش پایه ساختمان ۱۲ طبقه نسبت به برش پایه ساختمان ۶ طبقه حدوداً چند درصد افزایش می‌یابد؟

(۴) ۶۶

(۳) ۱۷

(۲) ۳۷

(۱) ۲۳

گزینه ۱

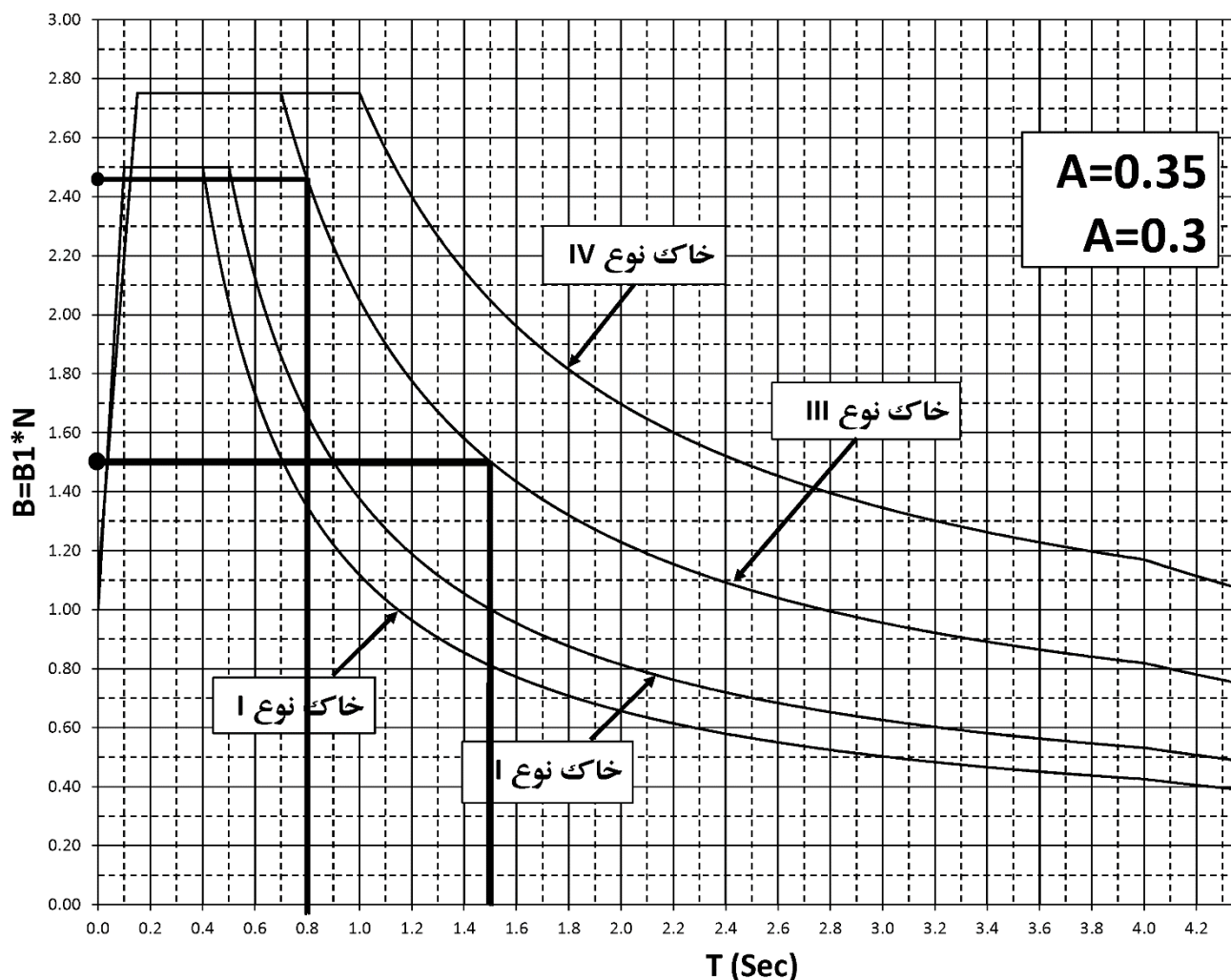
$$T_{6 \text{ طبقه}} = 0.05H^{0.9} = 0.8 \rightarrow H_{6 \text{ طبقه}} = 21.77 \text{ m} \rightarrow \text{با توجه به شکل} \rightarrow B_{6 \text{ طبقه}} = 2.45$$

$$T_{12 \text{ طبقه}} = 0.05(2 \times 21.77)^{0.9} = 1.49 \rightarrow \text{با توجه به شکل} \rightarrow B_{12 \text{ طبقه}} = 1.5$$

$$\left. \begin{aligned} V_{6 \text{ طبقه}} &= \frac{ABI}{R_u} W = \frac{A \times 2.45 \times I}{7.5} W = 0.326 AIW = 0.326 AI \times (6W_i) \\ V_{12 \text{ طبقه}} &= \frac{ABI}{R_u} W = \frac{A \times 1.5 \times I}{7.5} W = 0.2 AIW = 0.2 AI \times (12W_i) \end{aligned} \right\} \frac{V_{12 \text{ طبقه}}}{V_{6 \text{ طبقه}}} = \frac{0.2(12W_i)}{0.326(6W_i)} = 1.227$$

کنترل زلزله حداقل:

$$V = 0.12AIW$$



۱۳- در محاسبه برش پایه، برای ساختمان‌های منظم با سیستم قاب خمشی فولادی ویژه، به روش استاتیکی معادل در منطقه با خطر نسبی زیاد و زمین نوع یک، حداکثر ارتفاع ساختمان از تراز پایه برای آنکه مقدار حاصل از رابطه برش پایه حداقل مورد استفاده قرار نگیرد (تعیین-کننده نباشد)، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (فرض می‌شود که از رابطه تجربی برای محاسبه زمان تناوب اصلی استفاده شده و جداگرهای میان‌قاب‌ی مانعی برای حرکت جانبی قاب‌ها ایجاد نمی‌کنند).

(۲) 41.5 متر

(۱) 36.5 متر

(۴) 50 متر

(۳) 46.5 متر

گزینه ۲

$$\frac{ABI}{R} = 0.12AI \rightarrow \frac{B}{R} = 0.12 \rightarrow \frac{B}{7.5} = 0.12 \rightarrow B = 0.9$$

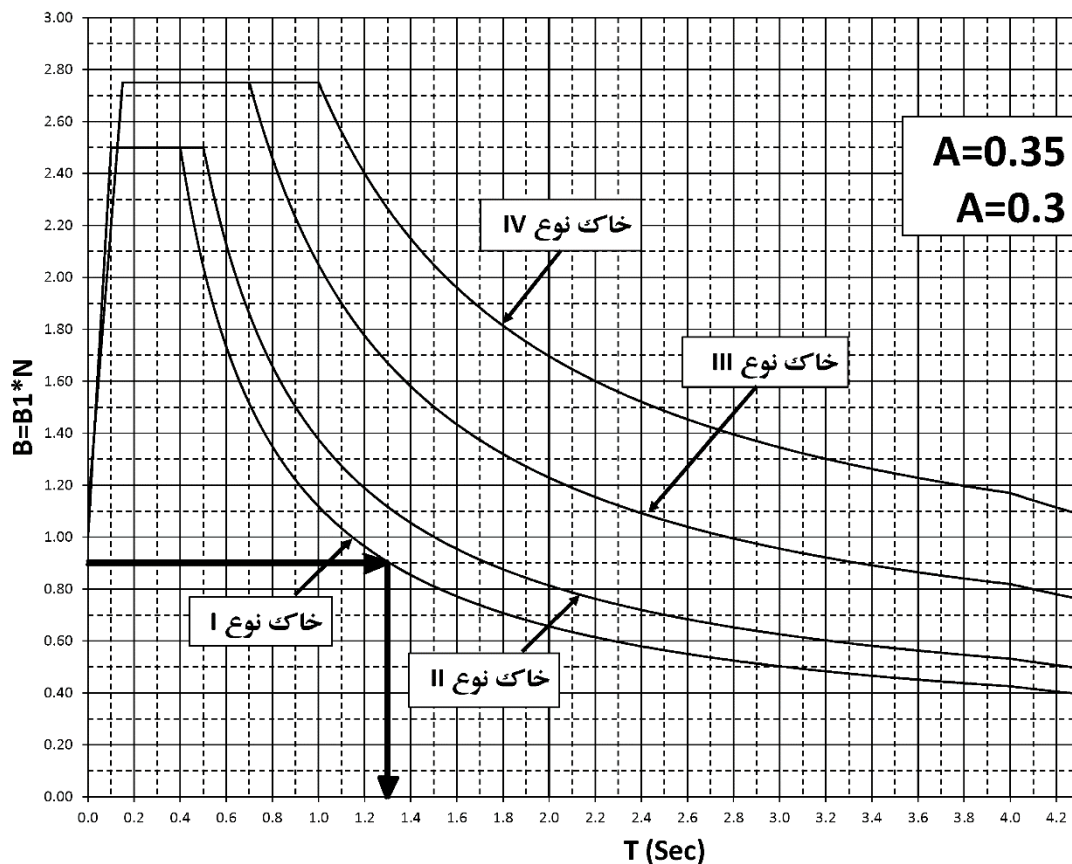
با توجه به شکل زیر برای $B=0.9$ مقدار دوره تناوب برابر $T=1.3$ می‌باشد. بنابراین:

$$T = 0.08H^{0.75} = 1.3 \rightarrow H = 41.16 \text{ m}$$

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

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

(۳-۳)



۸- یک ساختمان ده طبقه با سیستم قاب خمشی فولادی ویژه به ارتفاع 35 متر از تراز پایه واقع در شهر تبریز بر روی خاک نوع II واقع شده است. در صورتی که براساس زمان تناوب تجربی مقدار برش پایه برابر V_u و زمان تناوب اصلی ناشی از تحلیل دینامیکی برابر 1.6 ثانیه باشد، آنگاه برای طراحی مقاطع اعضای این ساختمان مقدار حداقل برش پایه استاتیکی حدوداً چقدر می‌تواند در نظر گرفته شود؟ میان قاب‌ها مانعی برای حرکت جانبی قاب ایجاد نمی‌کنند و $\rho=1$ می‌باشد. (نزدیک‌ترین گزینه صحیح را انتخاب نمایید).

$$0.85V_u \quad (۱)$$

$$0.80V_u \quad (۲)$$

$$0.75V_u \quad (۳)$$

$$0.70V_u \quad (۴)$$

گزینه ۱

مقادیر B به صورت تقریبی از نمودار محاسبه شده است:

$$T_{\text{تجربی}} = 0.08H^{0.75} = 0.08 \times 35^{0.75} = 1.15 \rightarrow B = 1.23 \rightarrow V_{u1} = \frac{ABI}{R}W = \frac{1.23AI}{7.5}W = 0.163AW$$

$$T = \min(1.25T_{\text{تجربی}}, T_{\text{دینامیکی}}) = \min(1.25 \times 1.15, 1.6) = 1.44 \rightarrow B = 1.03 \rightarrow V_{u2} = \frac{ABI}{R}W = 0.137AW$$

برش پایه برابر خواهد بود با:

$$\frac{V_{u2}}{V_{u1}} = \frac{0.137}{0.163} = 0.84$$

۱۴- دو ساختمان با سیستم سازه‌ای مشابه با وزن طبقات یکسان و ارتفاع طبقات برابر با ۳ متر مفروض می‌باشند. چنانچه ساختمان اولی ۸ طبقه با زمان تناوب 0.7 ثانیه و ساختمان دومی ۱۲ طبقه با زمان تناوب $1/4$ ثانیه باشد و محل احداث ساختمان‌ها در تهران و زمین از نوع ۲ باشد کدامیک از عبارات زیر صحیح است؟

(۱) برش پایه ساختمان ۱۲ طبقه کمتر از برش پایه ساختمان ۸ طبقه است.

(۲) برش پایه ساختمان ۱۲ طبقه بیشتر از برش پایه ساختمان ۸ طبقه است.

(۳) برش پایه هر دو ساختمان برابر است.

(۴) با اطلاعات فوق مقایسه برش پایه دو ساختمان امکان ندارد.

۵-۶- توزیع زلزله در طبقات

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 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 به دست 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.

تبصره: در صورتی که وزن خریشته ساختمان بیشتر از 25 درصد وزن بام باشد، باید به عنوان یک طبقه مستقل محسوب شود. در غیر این صورت خریشته به عنوان بخشی از بام در نظر گرفته می‌شود.

۵۱- چنانچه مقدار برش پایه یک ساختمان فولادی منظم ۱۰ طبقه با وزن مؤثر لرزه‌ای و ارتفاع یکسان در کلیه طبقات و زمان تناوب اصلی برابر یک ثانیه، برابر V باشد، نیروی جانبی وارد به تراز بام این ساختمان به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۰.۱۰V (۴) ۰.۱۲V (۳) ۰.۲۰V (۲) ۰.۲۵V (۱)

گزینه ۲

$$K = 0.5T + 0.75 = 1.25$$

$$F_{10} = \frac{W \times (10h)^{1.25}}{Wh^{1.25} \times (1^{1.25} + 2^{1.25} + 3^{1.25} + 4^{1.25} + 5^{1.25} + 6^{1.25} + 7^{1.25} + 8^{1.25} + 9^{1.25} + 10^{1.25})} V$$

$$= 0.2V$$

۱- یک ساختمان ۶ طبقه با ارتفاع طبقات یکسان و برابر h و برش پایه ناشی از زلزله برابر V مفروض است، باتوجه به مشخصات زیر و زمان تناوب اصلی نوسان (T) ۱.۲ ثانیه، برش در طبقه ۵ به کدامیک از

مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

طبقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
وزن	2W	2W	2W	W	W	W

۰.۱۷ V (۱)

۰.۴۶ V (۲)

۰.۴۱ V (۳)

۰.۴۳ V (۴)

حل با آیین نامه جدید:

$$K = 0.5T + 0.75 = 1.35$$

$$F_5 = (V) \frac{W \times (5h)^{1.35}}{2W \times h^{1.35} + 2W \times (2h)^{1.35} + 2W \times (3h)^{1.35} + W \times (4h)^{1.35} + W \times (5h)^{1.35} + W \times (6h)^{1.35}}$$

$$= \frac{8.78Wh^{1.35}}{42.43Wh^{1.35}} V = 0.207V$$

$$F_6 = (V) \frac{W \times (6h)^{1.35}}{2W \times h^{1.35} + 2W \times (2h)^{1.35} + 2W \times (3h)^{1.35} + W \times (4h)^{1.35} + W \times (5h)^{1.35} + W \times (6h)^{1.35}}$$

$$= \frac{11.23Wh^{1.35}}{42.43Wh^{1.35}} V = 0.267V$$

$$V_5 = F_5 + F_6 = 0.48V$$

۱۳- در یک ساختمان ۵ طبقه با ارتفاع طبقات یکسان (h)، در صورتی که وزن مؤثر هر طبقه‌ی ساختمان W و زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان یک ثانیه و نیروی برشی پایه‌ی ناشی از زلزله برابر V باشد، نیروی جانبی تراز بام، کدام است؟

۰/۳۳ V (۱) ۰/۴ V (۲) ۰/۳۶ V (۳) ۰/۳۸ V (۴)

۱- ساختمان 6 طبقه از روی تراز پایه، با ارتفاع طبقات یکسان و برابر 3.2 متر و با وزن یکسان در کلیه طبقات، دارای سیستم دوگانه "قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط" در سه طبقه تحتانی و سیستم دوگانه "قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط" در سه طبقه فوقانی می‌باشد. با استفاده از زمان تناوب تجربی، نیروی برشی حاصل از زلزله منتقله از سه طبقه فوقانی، به سیستم تحتانی حدوداً چند درصد برش کل می‌باشد؟

(۴) 80

(۳) 70

(۲) 60

(۱) 50

گزینه ۳

$$\left. \begin{aligned} f_6 &= \frac{W \times 6h}{W(h + 2h + 3h + 4h + 5h + 6h)} V_u = 0.2857 V_u \\ f_5 &= \frac{W \times 5h}{W(h + 2h + 3h + 4h + 5h + 6h)} V_u = 0.2381 V_u \\ f_4 &= \frac{W \times 4h}{W(h + 2h + 3h + 4h + 5h + 6h)} V_u = 0.190 V_u \end{aligned} \right\} f_4 + f_5 + f_6 = 0.7138 V_u$$

۵- در یک ساختمان پنج طبقه با ارتفاع یکسان هر طبقه برابر h و وزن موثر طبقات به ترتیب از بالا به پایین برابر W ، $2W$ ، $3W$ ، $4W$ ، $5W$ ، زمان تناوب اصلی 0.6 ثانیه محاسبه شده است. چنانچه در روش تحلیل استاتیکی معادل، نیروی برشی پایه در اثر نیروی جانبی زلزله برابر V باشد، بزرگترین مقدار نیروی جانبی زلزله در تراز کدامیک از طبقات ایجاد می‌شود

(۲) در تراز طبقه سوم

(۱) در تراز طبقه دوم

(۴) در تراز طبقه پنجم

(۳) در تراز طبقه چهارم

۳۳- چنانچه در یک ساختمان فولادی سه طبقه با زمان تناوب طبیعی کمتر از 0.5 ثانیه، مقدار نیروی برشی پایه در اثر زلزله برابر V و جرم طبقات اول، دوم و سوم به ترتیب 600، 300 و 200 تن و ارتفاع طبقات یکسان فرض شود، درخصوص نیروی جانبی وارد بر طبقات کدام عبارت صحیح است؟

(۱) نیروی جانبی ناشی از زلزله در تراز طبقه سوم دارای بیشترین مقدار است.

(۲) نیروی جانبی ناشی از زلزله در تراز طبقه اول دارای بیشترین مقدار است.

(۳) نیروی جانبی ناشی از زلزله در تراز طبقه دوم دارای بیشترین مقدار است.

(۴) نیروی جانبی ناشی از زلزله در کلیه طبقات یکسان است.

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

$$\begin{aligned} F_1 &= (V) \frac{600 \times h}{200(3h) + 300(2h) + 600h} = \frac{1}{3} V \\ F_2 &= (V) \frac{300(2h)}{200(3h) + 300(2h) + 600h} = \frac{1}{3} V \\ F_3 &= (V) \frac{200(3h)}{200(3h) + 300(2h) + 600h} = \frac{1}{3} V \end{aligned}$$

۵۵- در یک ساختمان ۸ طبقه از روی تراز پایه با ارتفاع و وزن یکسان در کلیه طبقات، مقدار زمان تناوب تجربی برابر ۰.۸ ثانیه و زمان تناوب تحلیلی برابر ۰.۹ ثانیه برآورد شده است. مقدار نیروی جانبی طبقه بام در تحلیل به روش استاتیکی معادل برحسب مقدار برش پایه به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (V_u برش پایه است).

$$0.18V_u \quad (۱)$$

$$0.22V_u \quad (۲)$$

$$0.24V_u \quad (۳)$$

$$0.28V_u \quad (۴)$$

ابتدا دوره تناوب را محاسبه می کنیم:

$$T = \min(T_{\text{تحلیلی}}, 1.25T_{\text{تجربی}}) = 0.9 \text{ sec} \rightarrow k = 0.5T + 0.75 = 1.2$$

$$F_8 = \frac{W \times (8h)^{1.2}}{Wh^{1.25} \times (1^{1.2} + 2^{1.2} + 3^{1.2} + 4^{1.2} + 5^{1.2} + 6^{1.2} + 7^{1.2} + 8^{1.2})} V_u = 0.24V_u$$

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

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

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

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

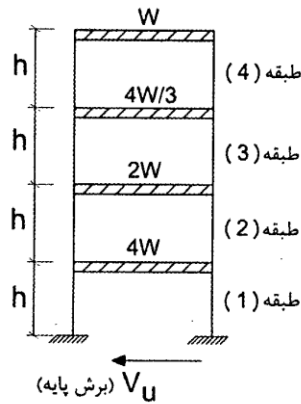
k : ضریبی است که با توجه به زمان تناوب نوسان اصلی سازه T از رابطه زیر به دست آورده می شود:

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

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.

تبصره: در صورتی که وزن خریشته ساختمان بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، باید به عنوان یک طبقه مستقل محسوب شود. در غیر این صورت خریشته به عنوان بخشی از بام در نظر گرفته می شود.

۶- در شکل زیر یک قاب ساختمانی فولادی با رفتار برشی (تیرهای کاملاً صلب) نشان داده شده است. فرض کنید مشخصات هندسی کلیه ستون‌ها یکسان است. همچنین فرض کنید وزن مؤثر لرزه‌ای طبقات مطابق شکل است. اگر زمان تناوب اصلی این قاب کمتر از ۰.۵ ثانیه باشد و از آثار $P-\Delta$ صرف‌نظر شود، آنگاه براساس نتایج تحلیل استاتیکی معادل، کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح نمی‌باشد؟



- (۱) مقدار تغییر مکان جانبی نسبی تراز سقف کلیه طبقات یکسان است.
- (۲) مقدار نیروی جانبی در تراز سقف کلیه طبقات یکسان است.
- (۳) مقدار برش طبقه سوم دو برابر مقدار برش طبقه چهارم است.
- (۴) مقدار برش طبقه دوم سه برابر مقدار برش طبقه چهارم است.

گزینه ۱

با توجه به اینکه $T < 0.5$ ، مقدار ضریب k برابر یک خواهد بود:

$$\begin{aligned}
 F_4 &= (V) \frac{W \times (4h)}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j} = 4(V) \frac{W \times h}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j} & \rightarrow \text{برش طبقه اول} &= 4(V) \frac{W \times h}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j} \\
 F_3 &= (V) \frac{\frac{4W}{3} \times (3h)}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j} = 4(V) \frac{W \times h}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j} & \rightarrow \text{برش طبقه دوم} &= 8(V) \frac{W \times h}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j} \\
 F_2 &= (V) \frac{2W \times (2h)}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j} = 4(V) \frac{W \times h}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j} & \rightarrow \text{برش طبقه سوم} &= 12(V) \frac{W \times h}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j} \\
 F_1 &= (V) \frac{4W \times (h)}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j} = 4(V) \frac{W \times h}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j} & \rightarrow \text{برش طبقه چهارم} &= 16(V) \frac{W \times h}{\sum_{j=1}^4 W_j h_j}
 \end{aligned}$$

۴۵- چنانچه مقدار برش پایه یک ساختمان فولادی منظم ۱۰ طبقه از روی زمین با وزن مؤثر لرزه‌ای و ارتفاع یکسان در کلیه طبقات و زمان تناوب اصلی برابر ۱.۵ ثانیه، مساوی V_u باشد، نسبت مجموع نیروهای جانبی پنج طبقه فوقانی به مجموع نیروهای جانبی پنج طبقه تحتانی به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

(۴) ۳

(۳) ۴

(۲) ۵

(۱) ۲

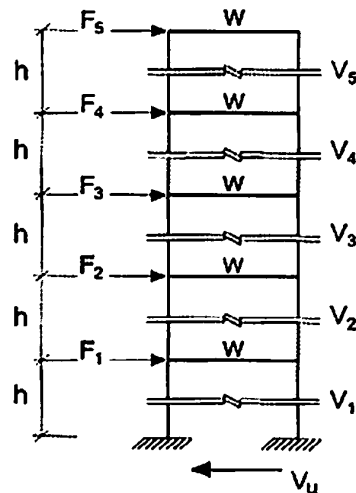
گزینه ۳

$$K = 0.5 \times 1.5 + 0.75 = 1.5$$

$$\left. \begin{aligned} f_6 + f_7 + f_8 + f_9 + f_{10} &= \frac{W \times h^{1.5} (6^{1.5} + 7^{1.5} + 8^{1.5} + 9^{1.5} + 10^{1.5})}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V_u \\ f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 &= \frac{W \times h^{1.5} (1^{1.5} + 2^{1.5} + 3^{1.5} + 4^{1.5} + 5^{1.5})}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V_u \end{aligned} \right\}$$

$$= \frac{f_6 + f_7 + f_8 + f_9 + f_{10}}{f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5} = \frac{(6^{1.5} + 7^{1.5} + 8^{1.5} + 9^{1.5} + 10^{1.5})}{(1^{1.5} + 2^{1.5} + 3^{1.5} + 4^{1.5} + 5^{1.5})} = 4.05$$

۸- اگر در یک ساختمان فولادی ۵ طبقه با ارتفاع و وزن مؤثر لرزه‌ای یکسان طبقات، زمان تناوب اصلی سازه برابر ۰.۸ ثانیه و مقدار برش پایه این ساختمان براساس روش استاتیکی معادل برابر V_u باشد، نسبت برش طبقه در طبقه چهارم (V_4) به برش طبقه دوم (V_2) به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟



(۱) ۰.۴۵

(۲) ۰.۵۰

(۳) ۰.۶۶

(۴) ۲.۲۲

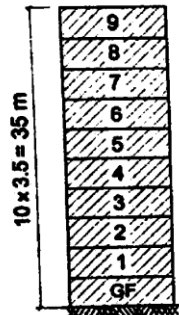
گزینه ۳ (سطح با توجه به تکراری بودن سوال آسان)

$$K = 0.5T + 0.75 = 1.15$$

$$\left. \begin{aligned} V_4 &= F_5 + F_4 = (V) \frac{W \times (5h)^{1.15}}{\sum W_i h_i^{1.15}} + (V) \frac{W \times (4h)^{1.15}}{\sum W_i h_i^{1.15}} \\ V_2 &= F_5 + F_4 + F_3 + F_2 = (V) \frac{W \times (5h)^{1.15}}{\sum W_i h_i^{1.15}} + (V) \frac{W \times (4h)^{1.15}}{\sum W_i h_i^{1.15}} + (V) \frac{W \times (3h)^{1.15}}{\sum W_i h_i^{1.15}} + (V) \frac{W \times (2h)^{1.15}}{\sum W_i h_i^{1.15}} \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{V_4}{V_2} = \frac{(5h)^{1.15} + (4h)^{1.15}}{(5h)^{1.15} + (4h)^{1.15} + (3h)^{1.15} + (2h)^{1.15}} = 0.66$$

۲۷- ساختمانی ده طبقه شامل همکف (در سطح تراز پایه سازه ساختمان) و ۹ طبقه روی همکف می‌باشد. ارتفاع تمام طبقات ۳.۵ m، زمین بستر ساختمان خاک‌رس بسیار سخت با ضخامت ۳۵ m و دیوارهای خارجی ساختمان غیرمسلح با مصالح بنایی و غیرسازه‌ای می‌باشند که ضریب اهمیت آن‌ها ۱.۴ است. نسبت نیروی زلزله (در حد مقاومت) وارد بر دیوارهای خارجی طبقه هشتم به نیروی زلزله وارد به دیوارهای خارجی طبقه سوم حدوداً چه عددی است؟ روش محاسبات استاتیکی معادل است و ساختمان در پهنه‌بندی با خطر نسبی زیاد واقع شده است. وزن موثر لرزه‌ای دیوارهای خارجی کلیه طبقات یکسان فرض شود.



(۱) 1

(۲) 1.63

(۳) 1.25

(۴) 1.44

گزینه ۴ (سطح سوال: متوسط)

از روی سوال چنین بر می‌آید که تراز پایه در تراز طبقه همکف است و بنابراین سازه به لحاظ محاسبه نیروهای لرزه‌ای ۹ طبقه محسوب می‌شود. گرچه اگر ۱۰ طبقه هم فرض کنیم گزینه تغییر نمی‌کند.

$$F_{\text{دیوار طبقه 8}} = \frac{0.4 \times 1 \times A(1+S)W_p I_p}{2.5} \left(1 + 2 \frac{7.5}{9}\right) = 0.426A(1+S)W_p I_p$$

$$F_{\text{دیوار طبقه 3}} = \frac{0.4 \times 1 \times A(1+S)W_p I_p}{2.5} \left(1 + 2 \frac{2.5}{9}\right) = 0.248A(1+S)W_p I_p \rightarrow 0.3A(1+S)W_p I_p$$

$$\frac{F_{\text{دیوار طبقه 8}}}{F_{\text{دیوار طبقه 3}}} = \frac{0.426}{0.3} = 1.42$$

۷-۵- تراز پایه

۳-۱-۲ تراز پایه

تراز پایه، بنا به تعریف، به ترازى در ساختمان اطلاق می‌شود که در هنگام زلزله از آن تراز به پایین اختلاف حرکتی بین ساختمان و زمین وجود نداشته باشند. تراز پایه برای طراحی ساختمان‌ها به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

- ۱- برای ساختمان‌های بدون زیرزمین یا ساختمان‌های دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهبان آن به سازه متصل نباشند، تراز پایه باید در سطح بالای شالوده در نظر گرفته شود.
- ۲- برای ساختمان‌های دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهبان آن به سازه متصل باشند و فضای بین خاکبرداری و دیوار نگهبان زیرزمین با خاک متراکم پر شده باشد، تراز پایه می‌تواند در نزدیک‌ترین سقف زیرزمین به زمین طبیعی اطراف در نظر گرفته شود، منوط بر آنکه اولاً خاک طبیعی موجود در اطراف ساختمان متراکم باشد و ثانیاً دیوارهای نگهبان زیرزمین بتن‌آرمه بوده و آخرین سقف زیرزمین نیز دارای صلبیت کافی باشد. در این راستا می‌توان از صلبیت تیرها و یا مجموعه تیر و دال سقف‌ها برای افزایش صلبیت سقف استفاده نمود.

۸-۵- برون مرکزی اتفاقی

۷-۳-۳ توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان

۱-۷-۳-۳ نیروی برشی زلزله، که بر اساس توزیع نیروها در بند (۶-۳-۳) در طبقات ساختمان ایجاد می‌شود، به همراه نیروی برشی ناشی از پیچش ایجاد شده به علت برون از مرکز بودن این نیروها در طبقات باید، طبق بند (۲-۷-۳-۳)، در هر طبقه بین عناصر مختلف سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی به تناسب سختی آنها توزیع گردد. در صورت صلب نبودن کف طبقات، در توزیع این برش‌ها باید اثر تغییر شکل‌های ایجاد شده در کف‌ها نیز منظور شود.

۲-۷-۳-۳ لنگر پیچشی ایجاد شده در طبقه i ، در اثر نیروهای جانبی زلزله، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$M_{ui} = \sum_{j=1}^n (e_{ij} + e_{aj}) F_{uj} \quad (۸-۳)$$

در این رابطه:

e_{ij} : برون مرکزی نیروی جانبی طبقه j نسبت به مرکز سختی طبقه i ، فاصله افقی مرکز جرم طبقه j و مرکز سختی طبقه i

e_{aj} : برون مرکزی اتفاقی طبقه j ، موضوع بند (۳-۷-۳-۳)

F_{uj} : نیروی جانبی در تراز طبقه j

۳-۷-۳-۳ برون مرکزی اتفاقی در تراز هر طبقه، e_{aj} ، به منظور به حساب آوردن احتمال تغییرات اتفاقی توزیع جرم و سختی از یک سو و نیروی ناشی از مؤلفه پیچشی زلزله از سوی دیگر، در نظر گرفته می‌شود. این برون مرکزی باید در هر دو جهت و حداقل برابر با ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه، در امتداد عمود بر نیروی جانبی اختیار شود. در مواردی که ساختمان مشمول نامنظمی پیچشی موضوع بند (۱-۷-۱-ب) می‌شود، برون مرکزی اتفاقی حداقل باید در ضریب بزرگ‌نمایی A_j ، طبق رابطه زیر، ضرب شود.

$$A_j = \left(\frac{\Delta_{\max}}{1/2 \Delta_{\text{ave}}} \right)^2 \quad 1 \leq A_j \leq 3 \quad (۹-۳)$$

در این رابطه:

$\Delta_{\max}$ = حداکثر تغییر مکان طبقه j که با فرض $A_j = 1/0$ محاسبه شده است.

Δ_{ave} = میانگین تغییر مکان دو انتهای ساختمان در طبقه j که با فرض $A_j = 1/0$ محاسبه شده است.

۴-۷-۳-۳ در ساختمان‌های تا ۵ طبقه و یا کوتاه‌تر از هجده متر در مواردی که برون مرکزی نیروی جانبی طبقه در طبقات بالاتر از هر طبقه کمتر از ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه در امتداد عمود بر نیروی جانبی باشد، برای محاسبات لنگر پیچشی نیازی به در نظر گرفتن برون مرکزی اتفاقی در طبقات نیست.

۳۹- یک ساختمان یک طبقه با پلان مستطیل شکل، بر اثر نیروی زلزله در امتداد جنوب به شمال، جابجایی دو گوشه شمالی بام برابر 72 و 32 میلی متر محاسبه شده است. در صورتی که فاصله مرکز سختی و جرم در امتداد شرقی - غربی برابر 3.1 متر و طول ساختمان در جهت غربی - شرقی برابر 28.6 متر باشد، حداقل مقدار کل برون مرکزی نیروی جانبی (شامل برون مرکز اتفاقی) بر حسب متر به چه مقداری نزدیک تر است؟

- (۱) 3.1 (۲) 4.5 (۳) 5 (۴) 5.8
گزینه ۳

$$A_j = \left(\frac{72}{1.2 \times \frac{32+72}{2}} \right)^2 = 1.33$$

$$e = 3.1 + 0.05A_j \times 28.6 = 5 \text{ m}$$

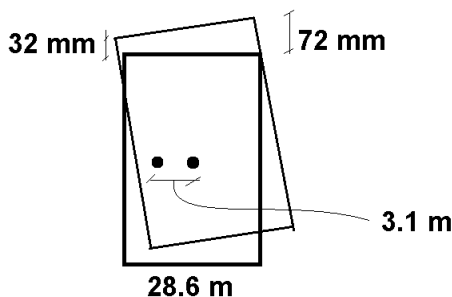
۳-۱۰-۳-۲ برون مرکزی اتفاقی در تراز هر طبقه، e_j ، به منظور به حساب آوردن احتمال تغییرات اتفاقی توزیع جرم و سختی از یک سو و نیروی ناشی از مولفه پیچشی زلزله از سوی دیگر، در نظر گرفته می شود. این برون مرکزی باید در هر دو جهت و حداقل برابر با ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه، در امتداد عمود بر نیروی جانبی، اختیار شود. در مواردی که ساختمان مشمول نامنظمی بند (۱-۸-۱-۱) می شود، برون مرکزی اتفاقی حداقل باید در ضریب بزرگنمایی A_j طبق رابطه زیر، ضرب شود.

$$A_j = \left(\frac{\Delta_{\max}}{1/2 \Delta_{\text{ave}}} \right)^2 \quad 1 \leq A_j \leq 2 \quad (12-2)$$

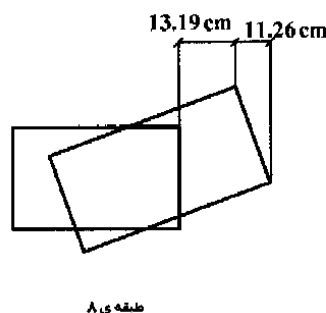
در این رابطه:

$\Delta_{\max}$ = حداکثر تغییر مکان طبقه j

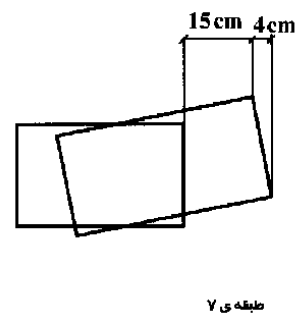
Δ_{ave} = میانگین تغییر مکان دو انتهای ساختمان در طبقه j



۹- در صورتی که تغییر مکان سقف های صلب طبقات ۸ و ۷ ساختمانی ۱۰ طبقه که مشمول نامنظمی بند (۶-۷-۱-۸-۲) می شود، مطابق شکل زیر باشد، درصد برون مرکزی اتفاقی طبقه ۸، کدام است؟



طبقه ۸

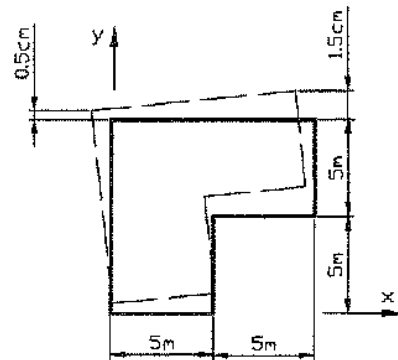


طبقه ۷

- (۱) ۶/۵ (۲) ۵/۹ (۳) ۵/۲ (۴) ۵/۶

گزینه ۲.

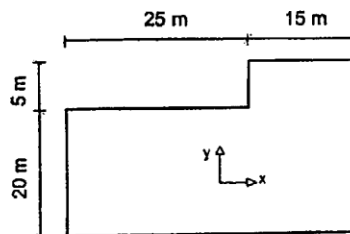
۱۳- برای یک ساختمان مسکونی یک طبقه نامنظم با دیافراگم صلب با پلان L شکل، تغییر مکانهای ناشی از نیروی زلزله در راستای y به شرح زیر محاسبه شده است. برای نیروی زلزله در راستای y برون مرکزی باید حداقل چند درصد بعد ساختمان در امتداد عمود بر نیروی جانبی در نظر گرفته شود؟ (فرض بر این است که تغییر مکان ها در حد مجاز می باشد).



- (۱) 6.25 درصد
(۲) 7.81 درصد
(۳) 5 درصد
(۴) 11.25 درصد

گزینه ۲

۵۸- تحلیل سازه یک ساختمان 12 طبقه با پلان یکسان در تمام طبقات مطابق شکل زیر، نشان می دهد که بر اثر نیروی زلزله راستای y، با در نظر گرفتن برون مرکزی 5 درصد بعد ساختمان در راستای x، حداکثر تغییر مکان در پلان و تغییر مکان مرکز جرم سازه در طبقه هشتم در راستای y، به ترتیب برابر 66 و 55 میلی متر است. برای این طبقه بیشترین مقدار محتمل ضریب بزرگنمایی برون مرکزی اتفاقی (A_j) که از محاسبات به دست می آید برای نیروی زلزله در راستای y، به کدامیک از گزینه های زیر نزدیک تر است؟ (سقف صلب و مرکز جرم منطبق بر مرکز سطح فرض شود).



- (۱) $A_j = 3$
(۲) $A_j = 1.25$
(۳) $A_j = 1.17$
(۴) $A_j = 1$

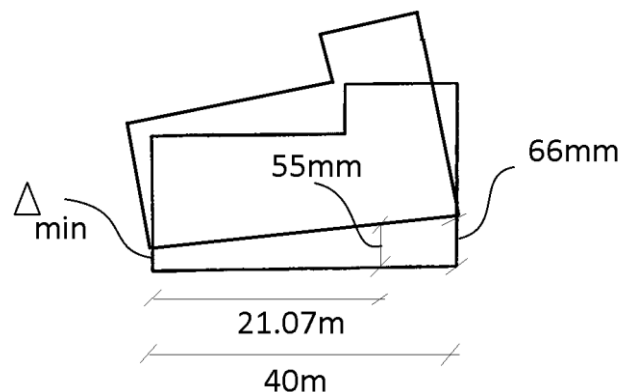
گزینه ۴

مختصات مرکز جرم طبقه:

$$X_M = \frac{(25 \times 20) \times 12.5 + (15 \times 25) \times 32.5}{(25 \times 20) + (15 \times 25)} = 21.07 \text{ m}$$

$$\Delta_{min} = 55 - \frac{66 - 55}{40 - 21.07} \times 21.07 = 42.76 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad \Delta_{ave} = \frac{42.76 + 66}{2} = 54.38 \text{ mm}$$

$$A_j = \left(\frac{66}{1.2 \times 54.38} \right)^2 = 1.022$$



۱۷- در تراز هر طبقه از یک ساختمان و در هر دو جهت برای آنکه مقدار برون مرکزی اتفاقی بیش از ۶ درصد بعد ساختمان در آن طبقه و در امتداد عمود بر نیروی جانبی نباشد، نسبت حداکثر تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (که در یک انتهای ساختمان رخ می‌دهد و براساس برون مرکزی اتفاقی ۵٪ محاسبه شده است)، به حداقل تغییرمکان جانبی نسبی طبقه (که در انتهای دیگر ساختمان رخ می‌دهد و براساس برون مرکزی اتفاقی ۵٪ محاسبه شده است)، حداکثر چقدر می‌تواند باشد؟ (نزدیک‌ترین گزینه به جواب مدنظر است).

(۱) 1.2

(۲) 1.4

(۳) 1.6

(۴) 1.9

هیچکدام.

سوال نادرست است. در روی سوال باید کلمه نسبی قید نمی شد (به صورت زیر):

حداکثر تغییرمکان جانبی ~~نسبی~~ طبقه (که در یک انتهای ساختمان رخ می‌دهد و براساس برون مرکزی اتفاقی ۵٪ محاسبه شده است)، به حداقل تغییرمکان جانبی ~~نسبی~~ طبقه (که

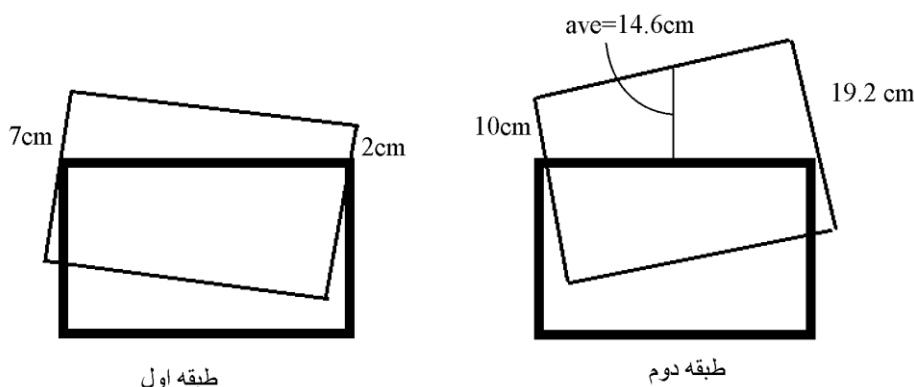
مثال نقض:

در شکل زیر برای طبقه دوم داریم:

$$A_j = \left(\frac{19.2}{1.2 \times 14.6} \right)^2 = 1.2 \rightarrow \text{برون مرکز اتفاقی} = A_j \times 0.05 = 0.06$$

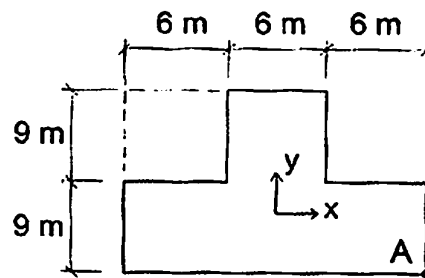
در حالیکه نسبت جابجایی نسبی برابر است با:

$$\frac{\text{حداکثر تغییر مکان جانبی نسبی}}{\text{حداقل تغییر مکان جانبی نسبی}} = \frac{19.2 - 2}{10 - 7} = 5.7333$$



این سوال در کلید نهایی حذف گردید.

۹- پلان شکل زیر یک ساختمان ۸ طبقه با پلان، ارتفاع و وزن مؤثر لرزه‌ای یکسان در کلیه طبقات را نشان می‌دهد که بر اثر نیروی زلزله در راستای x با در نظر گرفتن برون مرکزی اتفاقی برابر ۵ درصد بُعد ساختمان، مقدار تغییر مکان حداکثر در راستای x در طبقه ششم که در نقطه A اتفاق می‌افتد، برابر ۶۰ mm محاسبه شده است. اگر سقف‌ها صلب و مرکز جرم طبقات منطبق بر مرکز سطح آنها باشد و مقدار ضریب بزرگنمایی برون مرکزی اتفاقی برای نیروی زلزله در راستای x در این طبقه برابر $A_j = 2$ محاسبه شده باشد، بر این اساس تغییر مکان مرکز جرم طبقه ششم در راستای x بر اثر نیروی زلزله در راستای x با در نظر گرفتن برون مرکزی اتفاقی برابر ۵ درصد بُعد ساختمان، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟



(۱) 51.5 mm

(۲) 41.5 mm

(۳) 35.4 mm

(۴) 28.9 mm

گزینه ۲ (سطح سوال: متوسط)

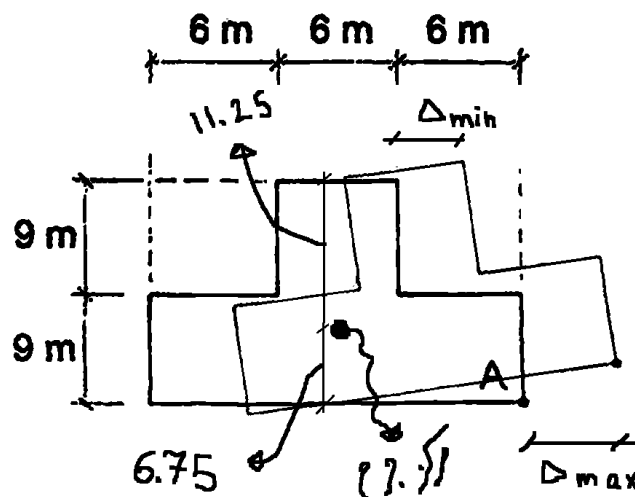
با توجه به اینکه عنوان شده ضریب A_j برابر ۲ بدست آمده است، میتوان به راحتی مقدار تغییر مکان ave و نیز min را بدست آورد:

$$A_j = \left(\frac{\Delta_{max}}{1.2\Delta_{ave}} \right)^2 \rightarrow 2 = \left(\frac{60}{1.2 \times \Delta_{ave}} \right)^2 \rightarrow \Delta_{ave} = 35.35 \text{ mm}$$

$$\Delta_{ave} = \frac{\Delta_{min} + \Delta_{max}}{2} \rightarrow 35.35 = \frac{\Delta_{min} + 60}{2} \rightarrow \Delta_{min} = 10.71 \text{ mm}$$

پس از یافتن تغییر مکان min و با معلوم بودن تغییر مکان max میتوان تغییر مکان مرکز جرم را بدست آورد:

$$\Delta_{\text{مرکز جرم}} = \frac{6.75}{18} \times \Delta_{min} + \frac{11.25}{18} \times \Delta_{max} = 41.51 \text{ mm}$$



۳-۳-۵-۸ ترکیب سیستم‌ها در پلان

در ساختمان‌هایی که از دو سیستم سازه‌ای مختلف برای تحمل بار جانبی، در دو امتداد در پلان استفاده شده باشد، برای هر سیستم باید ضریب رفتار و ضرایب C_d و Ω_0 مربوط به آن سیستم در نظر گرفته شود.

تنها در مواردی که در یک امتداد از سیستم دیوارهای برابر استفاده شده باشد، مقدار ضریب رفتار در امتداد دیگر نباید بیشتر از مقدار آن در امتداد سیستم دیوارهای برابر اختیار گردد.

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:

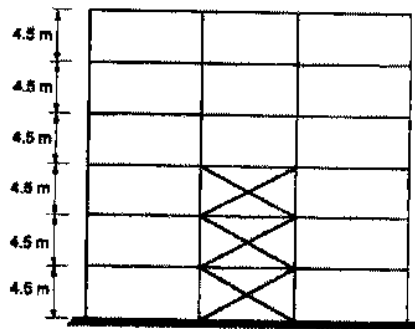
۳-۳-۵-۹-۱ حالت کلی

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.

۵۴- در شکل زیر یک قاب فولادی با دو سیستم سازه‌ای مختلف در ارتفاع برای تحمل بار جانبی نشان داده شده است. چنانچه ارتفاع و وزن موثر تمام طبقات یکسان فرض شود، پریرود تجربی این قاب به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (فرض شود جداگرهای میان‌قاب‌ی مانعی برای حرکت قاب ایجاد نمی‌کنند)



(۱) 0.35 ثانیه

(۲) 0.45 ثانیه

(۳) 0.55 ثانیه

(۴) 0.77 ثانیه

گزینه ۴

$$\left. \begin{aligned} T_{\text{بادبندی}} &= 0.05(H = 27)^{0.75} = 0.592 \text{ Sec} \\ T_{\text{قاب خمشی}} &= 0.08(H = 27)^{0.75} = 0.947 \text{ Sec} \end{aligned} \right\} T = \frac{0.592 + 0.947}{2} = 0.77$$

۵۸- یک ساختمان مسکونی دو طبقه با ارتفاع ۸ متر از تراز پایه در امتداد اصلی X دارای سیستم قاب خمشی بتنی متوسط و در امتداد اصلی Y دارای سیستم دیوارهای باربر از نوع دیوار برشی بتن آرمه متوسط است. در صورتی که نوع خاک محل پروژه III باشد، نسبت برش پایه در امتداد X به برش پایه در امتداد Y به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟

- (۱) ۱.۲۰ (۲) ۱.۰۰ (۳) ۰.۸۰ (۴) ۰.۷۵

گزینه ۲

با توجه به ارتفاع کم سازه دوره تناوب تجربی آیین نامه در هر دو جهت مابین T_0 و T_s قرار خواهد گرفت:

$$T_{\text{قاب خمشی بتنی}} = 0.05H^{0.9} = 0.32 \text{ sec}$$

$$T_{\text{دو گانه}} = 0.05H^{0.75} = 0.237 \text{ sec}$$

الف- برای ساختمان های با سیستم قاب خمشی

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

- در قابهای فولادی

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

(۳-۲)

- در قابهای بتن آرمه

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

(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.

ب- برای ساختمان های با سیستم مهاربندی واگرا، مشابه قابهای فولادی، از رابطه (۳-۳)

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

$$T = 0.05H^{0.75}$$

(۵-۴)

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

۲-۳-۱ 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 (۲-۱-الف) و (۲-۱-ب) تعیین می گردد.

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



آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله / ۲۷

در پلان استفاده شده باشد، برای هر سیستم باید ضریب رفتار و ضرایب C_d و Ω_0 مربوط به آن سیستم در نظر گرفته شود.

تنها در مواردی که در یک امتداد از سیستم دیوارهای باربر استفاده شده باشد، مقدار ضریب رفتار در امتداد دیگر نباید بیشتر از مقدار آن در امتداد سیستم دیوارهای باربر اختیار گردد.

توجه شود که بنابه بند فوق ضرایب رفتار در دو جهت برابر $R_u = 4$ خواهد بود.

$$\left. \begin{aligned} \frac{(B_1)_X}{(B_1)_Y} &= \frac{(S_X + 1)}{(S_Y + 1)} = 1 \\ N_X &= N_Y = 1 \\ R_X &= 5 \\ R_Y &= 4 \end{aligned} \right\} \left. \begin{aligned} \left(\frac{ABI}{R} \right)_X &= 1 \\ \left(\frac{ABI}{R} \right)_Y &= 1 \\ R_X &= R_Y = 4 \end{aligned} \right\}$$

۶-تحلیل دینامیکی طیفی

۱-۶- انواع روشهای تحلیل

۲-۳ روشهای تحلیل سازه

۱-۲-۳ اثر زلزله بر سازه ساختمانها را می‌توان به روشهای خطی یا غیرخطی تحلیل نمود. روشهای خطی شامل "تحلیل استاتیکی معادل" و "تحلیل دینامیکی طیفی" و "تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی" است. روشهای غیرخطی شامل "تحلیل استاتیکی غیرخطی" و "تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی" است. محدودیت‌های مربوط به هریک از روشها در بندهای زیر ارائه شده است:

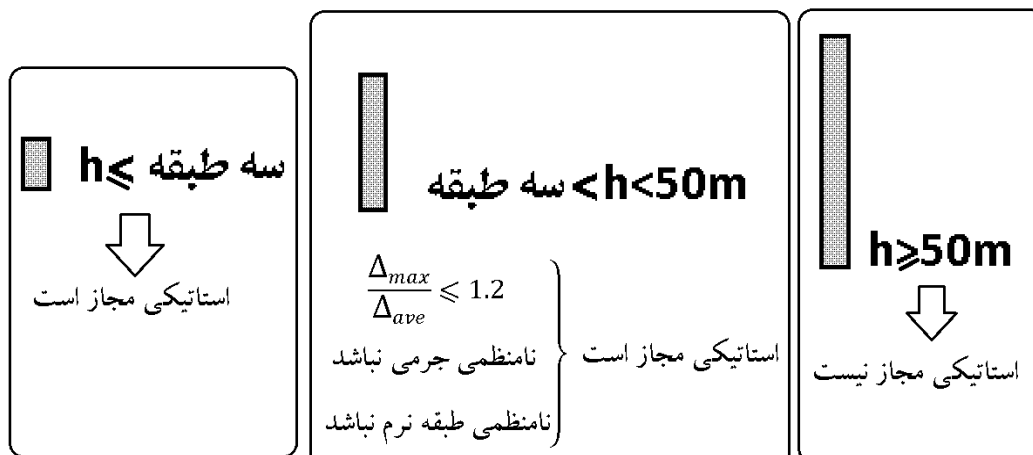
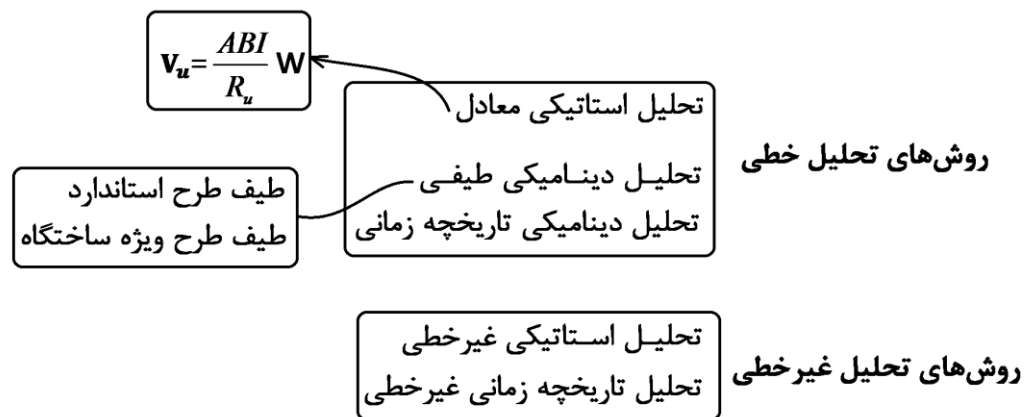
۲-۲-۳ روشهای تحلیل خطی

روشهای تحلیل خطی را می‌توان در کلیه ساختمانها با هر تعداد طبقه به کاربرد. تنها، روش استاتیکی معادل را می‌توان در ساختمانهای سه طبقه و کوتاه‌تر، از تراز پایه و یا ساختمانهای زیر به کار گرفت:

- الف- ساختمانهای منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه
- ب- ساختمانهای نامنظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه که دارای:
 - نامنظمی زیاد و شدید پیچشی در پلان نباشد
 - نامنظمی جرمی، نرم و خیلی نرم در ارتفاع نباشد

۳-۲-۳ روشهای تحلیل غیرخطی

روشهای تحلیل غیرخطی را می‌توان در کلیه ساختمانها با هر تعداد طبقه به کاربرد، ولی برای استفاده از آنها ضروری است سازه علاوه بر اقناع الزامات آنها، ضوابط تحلیل و طراحی یکی از روشهای خطی عنوان شده در بند (۲-۲-۳) را نیز اقناع نماید. الزامات مربوط به روشهای تحلیل غیرخطی در پیوست شماره (۲) ارائه شده است.



۲-۵ حرکت زمین

اثر حرکت زمین در ساختگاه به یکی از روش‌های زیر تعیین می‌شود:

۲-۵-۱ طیف طرح استاندارد

این طیف منعکس‌کننده اثر حرکت زمین برای زلزله طرح در آئین‌نامه است و از حاصلضرب مقادیر ضریب بازتاب ساختمان B در پارامترهای: نسبت شتاب مبنای A، ضریب اهمیت I موضوع بند (۳-۳-۴) و عکس ضریب رفتار $1/R_u$ موضوع بند (۳-۳-۵) و با در نظر گرفتن محدودیت رابطه (۳-۳) به‌دست می‌آید. در تعیین این طیف نسبت میرائی ۵ درصد در نظر گرفته شده است.

طیف طرح استاندارد را می‌توان در کلیه ساختمان‌ها بجز مواردی که در بند (۲-۵-۲) عنوان شده، به‌کار برد.

۲-۵-۲ طیف طرح ویژه ساختگاه

این طیف با استفاده از مشخصات زلزله‌های منطقه ساختگاه و با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی، تکتونیکی، لرزه‌شناسی، میزان خطرپذیری و مشخصات خاک در لایه‌های مختلف ساختگاه، و با به‌کارگیری نسبت میرائی ۵ درصد تعیین می‌گردد. در صورتی که نوع ساختمان و سطح زلزله مورد نظر نسبت میرائی متفاوتی را ایجاب کند، می‌توان آن را مبنای تهیه طیف قرار داد. مقادیر محاسبه شده این طیف باید در ضریب اهمیت I 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 می‌توان در کلیه ساختمان‌ها به‌کاربرد، ولی استفاده از آن در ساختگاه‌هایی که مطابق بند (۲-۴-۵) مطالعات ویژه ساختگاه برای آنها الزامی است و نیز در مورد ساختمان‌هایی که طبق بند (۳-۲-۲) مشمول استفاده از روش تحلیل دینامیکی می‌شوند و در آنها یکی از شرایط زیر موجود است، الزامی است.

الف- ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۱۵۰ متر از تراز پایه ویا دارای زمان تناوب اصلی نوسان T، بیشتر از ۳/۵ ثانیه

ب- ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» که بر روی زمین‌های غیر از نوع I، II یا III جدول (۲-۳)، ساخته می‌شوند.

پ- ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر که بر روی زمین‌های غیر از نوع I، II یا III جدول (۲-۳)، ساخته می‌شوند.

ت- ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر که بر روی زمین‌های نوع II و III، با ضخامت لایه خاک بیش از ۶۰ متر ساخته می‌شوند.

۲-۴-۵ در موارد زیر برای تعیین نوع زمین انجام مطالعات ویژه ساختگاه الزامی است:

الف- برای ساختگاه‌هایی که دارای خصوصیتی غیر از زمین‌های نوع I تا IV هستند. برای این نوع ساختگاه‌ها، امکان ناپایداری زمین تحت نیروی زلزله نیز بایستی مد نظر قرار گیرد.

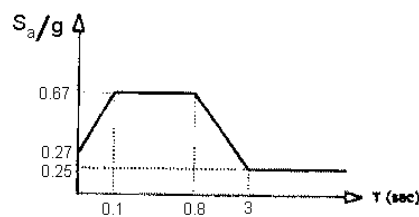
ب- در ساختگاه‌هایی که زمین آنها متشکل از رس یا لای نرم دارای رطوبت زیاد با حداقل ضخامت ۱۰ متر و $PI > 40$ (دامنه خمیری خاک) می‌باشد.

پ- در ساختگاه‌هایی که لایه‌های خاک با سرعت موج برشی معادل خاک‌های نوع III یا IV و ضخامت بین ۵ تا ۲۰ متر بر روی یک لایه سخت با سرعت موج برشی بیش از 750 m/s قرار گرفته و سرعت موج برشی این لایه سخت حداقل ۳ برابر متوسط سرعت موج برشی لایه فوقانی باشد. در این مورد، در صورت عدم دسترسی به طیف طرح ویژه ساختگاه، می‌توان از طیف زمین نوع IV استفاده کرد.

۳۵- در کدامیک از ساختمان‌های زیر تهیه طیف طرح ویژه ساختگاه اجباری است؟

- (۱) ساختمانهای نامنظم بیش از ۵ طبقه و دارای اهمیت زیاد که بر روی زمین نوع IV ساخته می‌شوند.
- (۲) ساختمانهای نامنظم با ارتفاع کمتر از ۳۰ متر از تراز پایه که بر روی زمین نوع III ساخته می‌شوند.
- (۳) ساختمانهای منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه که بر روی زمین نوع IV ساخته می‌شوند.
- (۴) ساختمانهای منظم با ارتفاع بیشتر از ۵۰ متر از تراز پایه که بر روی زمین نوع I ساخته می‌شوند.

۵۶- برای احداث یک بیمارستان سه طبقه به ارتفاع ۱۴ متر از تراز پایه در شهر کرمان طیف طرح ویژه ساختگاه به شکل زیر حاصل شده است. در صورتی که سیستم باربر جانبی ساختمان سیستم دوگانه قاب خمشی بتنی ویژه با دیوار برشی بتنی ویژه باشد، و ساختمان موردنظر منظم باشد، حداقل نیروی جانبی زلزله به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (W وزن مؤثر لرزه‌ای این ساختمان، خاک محل از نوع II و S_a معرف شتاب طیفی است)



$$V_u = 0.13 W \quad (۱)$$

$$V_u = 0.12 W \quad (۲)$$

$$V_u = 0.11 W \quad (۳)$$

$$V_u = 0.16 W \quad (۴)$$

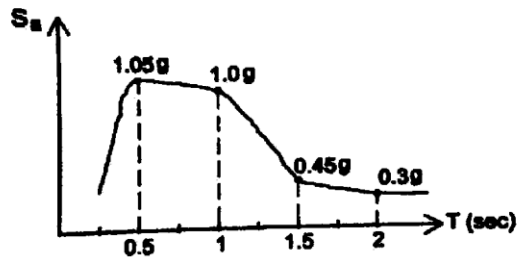
گزینه ۱

$$T_{\text{تجربی}} = 0.05H^{0.75} = 0.05 \times 14^{0.75} = 0.362 \text{ sec}$$

$$\left. \begin{aligned} AB_{\text{استاندارد}} &= 0.35 \times 2.5 = 0.875 \\ S_{a_{\text{ساختگاه}}} &= AB_{\text{ساختگاه}} = 0.67 \end{aligned} \right\} B = \max \left(0.8 \times AB_{\text{استاندارد}}, AB_{\text{ساختگاه}} \right) = 0.7$$

$$V_u = \frac{AB I}{R_u} W = \frac{0.7 \times 1.4}{7.5} W = 0.13 W$$

۲۹- ساختمان یک بیمارستان دارای سیستم قاب خمشی فولادی ویژه منظم با ارتفاع ۶۰ متر از تراز پایه می‌باشد. بیمارستان در تبریز و روی خاک نوع چهار قرار دارد. نمودار طیف ویژه ساختگاه برای S_a (شتاب طیفی) مطابق شکل زیر به دست آمده است. نسبت حداکثر شتاب طیفی (مورد استفاده در محاسبات سازه) برای زمان تناوب ۱ ثانیه به شتاب طیفی (مورد استفاده در محاسبات سازه) برای زمان تناوب ۲ ثانیه به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟



- (۱) ۱.۸
(۲) ۲.۱
(۳) ۲.۶
(۴) ۳.۳

گزینه ۲ (سطح سوال: سخت)

مقادیر شتاب طیفی ($S_a=AB$) بر اساس طیف ویژه ساختگاه برابر است با:

$$S_{a1sec} = 1g$$

$$S_{a2sec} = 0.3g$$

مقادیر فوق نباید کمتر از ۰.۸ طیف استاندارد در نظر گرفته شود.

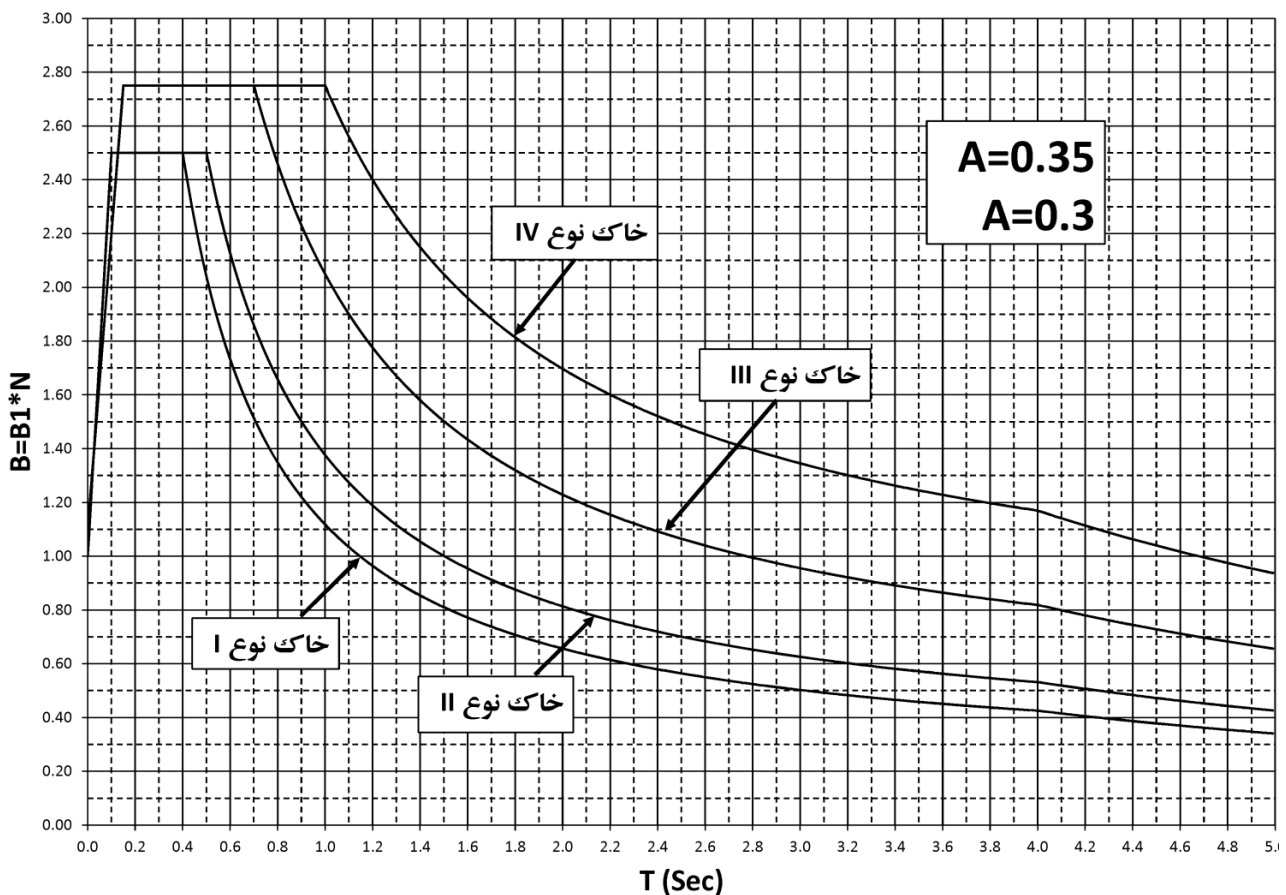
۸۰ درصد مقادیر شتاب طیفی ($S_a=AB$) بر اساس طیف استاندارد ۲۸۰۰ برابر است با:

$$0.8 \times AB_{1sec} = 0.8 \times 0.35 \times 2.75 = 0.77g$$

$$AB_{2sec} = 0.8 \times 0.35 \times 1.7 = 0.476g$$

بنابراین مقادیر شتاب طیفی با منظور کردن محدودیت فوق برابر است با:

$$\left. \begin{array}{l} S_{a1sec} = 1g \\ S_{a2sec} = 0.476g \end{array} \right\} \frac{S_{a1sec}}{S_{a2sec}} = \frac{1}{0.476} = 2.1$$



۱۵- کدام یک از عبارات زیر صحیح است؟

- (۱) در صورتی که تهیه طیف طرح ویژه ساختگاه ضروری باشد و مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه بیش از مقادیر طیف طرح استاندارد باشد، مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه بدون هرگونه کاهش ملاک طراحی قرار می‌گیرد.
- (۲) در تعیین مقدار طیف طرح استاندارد اگر در انطباق مشخصات محل ساختگاه بین زمین نوع I و II تردیدی وجود داشته باشد، در این صورت انجام مطالعات ویژه ساختگاه الزامی است.
- (۳) مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه همواره کوچک‌تر از مقادیر طیف طرح استاندارد است.
- (۴) مقادیر طیف طرح استاندارد همواره کوچک‌تر از مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه است.
- گزینه ۱ (سطح سوال: آسان)

گزینه های ۳ و ۴ که مشخصاً نادرست هستند.

گزینه ۲ نیز با توجه به بند زیر نادرست است:

- ۲-۴-۳ در مواردی که در انطباق مشخصات محل ساختگاه با انواع مندرج در جدول (۳-۲) تردیدی وجود داشته باشد، باید نوع زمینی که ضریب بازتاب بزرگ‌تری به‌دست می‌دهد، انتخاب گردد.

گزینه ۱ صحیح است.

۳-۶- ضوابط تحلیل طیفی

۳-۴-۱- تعداد مدهای نوسان

در هر یک از دو امتداد متعامد ساختمان باید تمام مدهای نوسان که مجموع جرم‌های مؤثر در آنها بیشتر از ۹۰ درصد جرم کل سازه است، در نظر گرفته شود.

۳-۴-۱-۳ ترکیب اثر مدها

حداکثر بازتاب‌های دینامیکی سازه در هر مود، از قبیل نیروهای داخلی اعضا، تغییر مکان‌ها، نیروهای طبقات، برش‌های طبقات و عکس‌العمل پایه‌ها باید با استفاده از روش‌های آماری شناخته‌شده، مانند روش جذر مجموع مربعات و یا روش ترکیب مربعی کامل ترکیب گردد. در ساختمان‌های نامنظم در پلان و یا در ساختمان‌هایی که پیچش در آنها حائز اهمیت است، روش ترکیب مدها باید در برگیرنده اندرکنش مدهای ارتعاشی نیز باشد. در این موارد می‌توان از روش ترکیب مربعی کامل استفاده نمود.

۳-۴-۱-۴ اصلاح مقادیر بازتاب‌ها

در مواردی که برش پایه به‌دست آمده از روش تحلیل طیفی کمتر از برش پایه تحلیل استاتیکی معادل، رابطه (۳-۱) باشد، مقدار برش پایه تحلیل طیفی باید به مقادیر زیر افزایش داده شده و بازتاب‌های سازه متناسب با آنها اصلاح گردد. برش پایه استاتیکی معادل عنوان شده در ردیف‌های زیر، مقدار برش پایه بر اساس رابطه (۳-۱) و با استفاده از مشخصات طیف استاندارد است.

الف- در سازه‌های نامنظم، که نامنظمی در آنها از نوع "طبقه خیلی ضعیف" یا "طبقه خیلی نرم" یا "پیچشی شدید" نباشد، مقادیر بازتاب‌ها باید در ۹۰ درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه به‌دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شوند. ولی در سازه‌های نامنظمی که نامنظمی آنها مشمول موارد فوق‌الذکر باشد، مقادیر بازتاب‌ها باید در نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه به‌دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شود.

ب- در سازه‌های منظم، مقادیر بازتاب‌ها باید در ۸۵ درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه به‌دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شود.

تبصره: مقادیر برش پایه تعدیل شده در بندهای الف و ب نباید از برش پایه به‌دست آمده از تحلیل طیفی کمتر در نظر گرفته شود.

محاسبات-۹۱

۶- در یک قاب ساختمانی دو طبقه، در صورتی که ماتریس سختی $[K] = \begin{bmatrix} 9000 & -3000 \\ -3000 & 3000 \end{bmatrix}$ بر حسب $\frac{N}{m}$ و ماتریس

جرم $[M] = \begin{bmatrix} 20 & 0 \\ 0 & 15 \end{bmatrix}$ بر حسب kg باشد، زمان تناوب اصلی نوسان سازه، چند ثانیه است؟

(۱) ۰/۲۷۱ (۲) ۰/۳۹۷ (۳) ۰/۵۹۵ (۴) ۰/۶۲۵

$$|[K] - w^2[M]| = 0 \rightarrow \begin{vmatrix} 9000 - 20w^2 & -3000 \\ -3000 & 3000 - 15w^2 \end{vmatrix} = 0$$

$$27000000 + 300w^4 - 195000w^2 - 9000000 = 0$$

$$w^4 - 650w^2 + 60000 = 0 \rightarrow \begin{cases} w_1 = 10.55 \\ w_2 = 23.2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} T_1 = 0.595 \\ T_2 = 0.271 \end{cases}$$

۱۶- در صورتی که نیروی طبقات حاصل از تحلیل طیفی مربوط به مد اول تا سوم سازه‌ای با پلان منظم $\{f_1\}$, $\{f_2\}$, $\{f_3\}$ برحسب تن به شرح جدول زیر و میزان برش پایه‌ی حاصل از تحلیل استاتیکی معادل ۱۸/۲۵ton باشد، برش پایه‌ی مربوط به تحلیل طیفی به روش جذر مجموع مربعات، و برش پایه‌ی اصلاح شده، برحسب تن کدام است؟

طبقات	$\{f_1\}$	$\{f_2\}$	$\{f_3\}$
۱	۳/۲۷	۲/۱۲	۰/۲۱
۲	۴/۶۳	۰/۹۱	-۰/۴۱
۳	۴/۳۲	-۱/۲۳	۰/۲۶

(۱) ۱۶/۴۲ و ۱۲/۳۵

(۲) ۱۶/۴۲ و ۱۲/۲۲

(۳) ۱۸/۲۵ و ۱۲/۳۵

(۴) ۱۸/۲۵ و ۱۲/۲۲

$$V1 = 3.27 + 4.63 + 4.32 = 12.22$$

$$V2 = 2.12 + 0.91 - 1.23 = 1.8$$

$$V3 = 0.21 - 0.41 + 0.26 = 0.06$$

$$V = \sqrt{V1^2 + V2^2 + V3^2} = 12.35 \text{ ton}$$

برش دینامیکی کمتر از برش استاتیکی می باشد، و با توجه به منظم بودن سازه، می توان برش دینامیکی را با ۹۰ درصد برش پایه استاتیکی همپایه نمود:

$$V = 0.9 \times 18.25 = 16.42 \text{ ton}$$

۹- پس از انجام تحلیل سه بعدی یک ساختمان مجموع جرم‌های مؤثر مدهای نوسان نسبت به جرم کل مطابق جدول زیر گزارش شده است. برای تحلیل طیفی سه‌بعدی این ساختمان حداقل چند مد نوسانی می‌توانست در نظر گرفته شود؟ (مودهای پیچشی مدنظر نیست)

مد نوسانی	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
مجموع جرم مؤثر در راستای X نسبت به جرم کل	65%	70%	78%	79%	84%	87%	89%	91%	93%	96%
مجموع جرم مؤثر در راستای Y نسبت به جرم کل	2.5%	67%	72%	75%	80%	91%	92%	95%	96%	98%

(۲) 5 مد نوسانی

(۱) 8 مد نوسانی

(۴) 7 مد نوسانی

(۳) 6 مد نوسانی

گزینه ۱

۲۱- یک سازه غیرساختمانی بصورت استوانه‌ای قائم با شعاع متوسط (متوسط شعاع بیرونی و داخلی) r و ضخامت یکنواخت t و ارتفاع L مدل شده است. اگر بدون تغییر نوع مصالح، ارتفاع و ضخامت، فقط مقدار شعاع متوسط به اندازه بیست و پنج درصد اضافه شود، زمان تناوب اصلی نوسان آن چقدر تغییر خواهد کرد؟ (ضخامت استوانه نسبت به شعاع آن را می‌توان ناچیز فرض نمود)

- (۱) ۲۰٪ کاهش می‌یابد. (۲) ۲۵٪ کاهش می‌یابد. (۳) ۲۰٪ افزایش می‌یابد. (۴) ۲۵٪ افزایش می‌یابد.

گزینه ۱

با توجه به رابطه $T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K}}$ باید M و K سازه بررسی شود
جرم استوانه (M) با نسبت زیر افزایش می‌یابد:

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

سختی خمشی با ممان اینرسی سازه رابطه مستقیم دارد. ممان اینرسی دایره توپر برابر $\frac{\pi R^4}{4}$ و ممان اینرسی لوله با مشتق‌گیری از ممان اینرسی دایره توپر بدست می‌آید و برابر است با $\pi R^3 t = \pi R^3 R' = \pi R^3 t$. با توجه به ثابت بودن t ، سختی سازه با نسبت زیر افزایش می‌یابد.

$$\frac{K_2}{K_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_2^3}{R_1^3}$$

دوره تناوب نیز با نسبت زیر تغییر می‌کند:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\sqrt{\frac{M_2}{K_2}}}{\sqrt{\frac{M_1}{K_1}}} = \sqrt{\frac{M_2 K_1}{M_1 K_2}} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{1.25} = 0.8$$

۹- تیرهای یک سالن یک طبقه با سیستم قاب خمشی، دارای صلبیت خمشی زیاد بوده و در محاسبه تغییر مکان جانبی سازه فقط تغییر شکل خمشی ستونها در نظر گرفته می‌شود. اگر ارتفاع ستونها در زمان اجرا ده درصد کاهش یابد، زمان تناوب محاسبه‌شده به روش تحلیلی حدوداً چند برابر می‌شود؟

- (۱) ۱.۱۰ (۲) ۰.۸۵ (۳) ۰.۹۰ (۴) ۰.۹۵

گزینه ۲

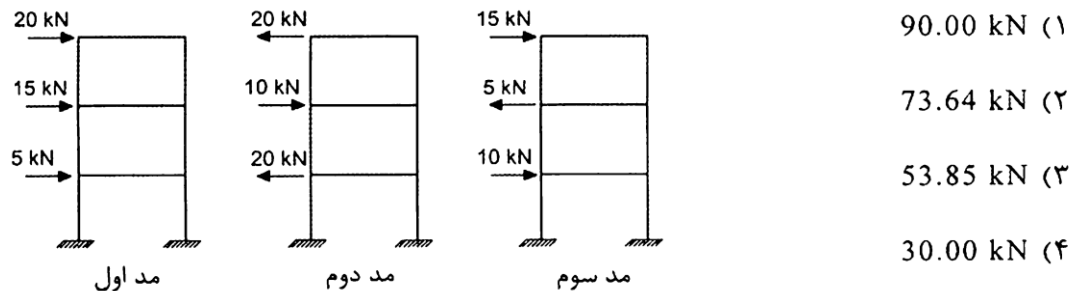
کاهش طول ستون موجب افزایش سختی آن می‌شود و در نتیجه دوره تناوب کاهش می‌یابد.
سختی خمشی ستونها با توان سوم طول آنها رابطه دارد:

$$K_{column} = \frac{12EI}{L^3}$$

بنابراین با کاهش ده درصدی در طول ستونها سختی آنها $\frac{1}{0.9^3} = 1.3717$ برابر می‌شود. با توجه به صلب بودن تیرها، سختی سازه نیز متناسب با سختی ستون تغییر می‌کند و داریم:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\sqrt{\frac{M}{K_2}}}{\sqrt{\frac{M}{K_1}}} = \sqrt{\frac{K_1}{K_2}} = \sqrt{\frac{1}{1.3717}} = 0.8538$$

۱۴- در تحلیل طیفی یک ساختمان سه طبقه توزیع نیروی جانبی ناشی از زلزله برای مدهای مختلف مطابق شکل زیر به دست آمده است. برش پایه ناشی از این تحلیل با استفاده از روش جذر مجموع مربعات به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر خواهد بود؟



گزینه ۳ (سطح سوال با توجه به تکراری بودن آن آسان)

$$V = \sqrt{V_{\text{برش پایه مد اول}}^2 + V_{\text{برش پایه مد دوم}}^2 + V_{\text{برش پایه مد سوم}}^2}$$

$$= \sqrt{(5 + 15 + 20)^2 + (-20 + 10 - 20)^2 + (10 - 5 + 15)^2} = 53.85 \text{ kN}$$

- توجه چیدمان نیروها در مدهای ۲ و ۳ نادرست می باشد. مدهای ۲ و ۳ هم شکل هستند و در سازه ۳ درجه آزادی چنین چیدمانی غیر ممکن می باشد. بنابراین صورت سوال نادرست می باشد.
این مورد را جناب آقای دکتر آهنگر به بنده تذکر دادند. با سپاس از ایشان.

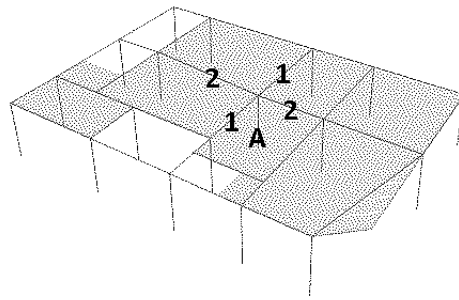
۷- زلزله متعامد (۱۰۰-۳۰)

۳-۱-۴ ساختمان باید در دو امتداد عمود بر هم در برابر نیروی زلزله محاسبه شود. به طور کلی می توان محاسبه در هر یک از این دو امتداد را جز در موارد زیر به طور مجزا و بدون در نظر گرفتن نیروی زلزله در امتداد دیگر انجام داد.

الف- ساختمان های نامنظم در پلان

ب- کلیه ستون هایی که در محل تقاطع دو و یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارند. در این موارد چنانچه بار محوری ناشی از اثر زلزله در ستون، در هریک از دو امتداد مورد نظر، کمتر از ۲۰ درصد ظرفیت بار محوری ستون باشد، این ضابطه را می توان نادیده گرفت.

در موارد فوق امتداد نیروی زلزله باید با زاویه مناسبی که حتی المقدور بیشترین اثر را ایجاد می کند، انتخاب شود و یا می توان صد درصد نیروی زلزله هر امتداد را با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن را ترکیب کرد. در این موارد منظور کردن برون مرکزی اتفاقی، موضوع بند (۳-۳-۷)، در امتدادی که ۳۰ درصد نیرو اعمال می شود، الزامی نیست.



ستون A در محل تقاطع سیستم های باربر 1 و 2 قرار دارد

- در اکثر سازه (شامل قابهای خمشی فولادی و بتنی، سیستم های دو گانه) تمامی ستونها در محل تقاطع دو یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارند و بنابراین بر خلاف تصور برخی از طراحی منظور کردن زلزله متعامد تقریباً در تمامی سازه های قاب خمشی الزامی می باشد. مگر اینکه طراح ثابت کند برای تمامی ستونهای سازه نیروی محوری ناشی از زلزله کمتر از ۲۰ درصد ظرفیت بار محوری ستون می باشد.

۸-واژگونی

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.

۱۳-۳ روش ساده‌شده تحلیل و طراحی

- ۲-۱۳-۳ روش ساده شده تحلیل را تنها در مورد ساختمان‌هایی که تمام شرایط زیر را دارا باشند، می‌توان به کار برد.
- الف- ساختمان دارای کاربری مسکونی، اداری یا تجاری بوده و بر روی زمین‌های نوع I، II یا III واقع شده باشد.
- ب- ارتفاع ساختمان از ۳ طبقه از تراز پایه بیشتر نباشد و نسبت طول به عرض آن در پلان از سه تجاوز ننماید.
- پ- سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی یکی از سیستم‌های مندرج در ردیف‌های الف یا ب جدول (۴-۳) این استاندارد باشد. در این ساختمان‌ها تغییر سیستم سازه‌ای در ارتفاع بالاتر از تراز پایه نباید وجود داشته باشد.
- ت- دیافراگم‌های سازه از نوع دال بتنی یکطرفه یا دو طرفه و یا تیرچه‌های فولادی یا بتنی به همراه دال بتنی باشد و مجموع سطوح بازشو در هر دیافراگم از ۲۰٪ سطح کل دیافراگم تجاوز نکند. بام ساختمان از این شرط مستثنا بوده و می‌تواند از نوع سبک یا شیب‌دار هم باشد.
- ث- سیستم باربر جانبی یعنی دیوارهای برشی و یا دهانه‌های مهاربندی شده در هر امتداد ساختمان، حداقل در دو محور قرار گرفته باشد و هر یک از این محورها در یک طرف مرکز جرم ساختمان باشد. ضمناً امتداد محورها با محورهای متعامد اصلی ساختمان بیشتر از 15° زاویه نداشته باشد.
- ج- در هر طبقه فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی در هر یک از دو امتداد متعامد ساختمان از ۲۰٪ بعد ساختمان در آن امتداد بیشتر نباشد.
- چ- ساختمان در پلان شرایط نامنظمی خارج از صفحه سیستم باربرجانبی، موضوع بند (۱-۷-۱-ت) و در ارتفاع نامنظمی هندسی، جرمی و سیستم باربرجانبی موضوع بندهای (۱-۷-۲-الف، ب و پ) را دارا نباشد.

۱-۳-۱۳-۳ نیروی برش پایه

نیروی برشی پایه از رابطه (۱-۳) محاسبه می‌شود، با این تفاوت که در این روش C ، ضریب زلزله، از رابطه (۱۷-۳) به دست می‌آید،

$$C = \frac{ABIF}{R_u} \quad (۱۷-۳)$$

A ، I و R_u ضرایب تعریف شده در بند (۱-۳-۳) می‌باشند.

B : ضریب بازتاب ساختمان است که در روش ساده شده برابر $B=S+1$ در نظر گرفته می‌شود. ضریب S با توجه به نوع زمین و پهنه‌بندی خطر زلزله با استفاده از جدول (۲-۲) تعیین می‌شود. F : ضریبی است که برای ساختمان‌های ۱ الی ۳ طبقه به ترتیب برابر ۱، ۱/۱ و ۱/۲ در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳-۱۳-۳ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

نیروی برش پایه که طبق بند فوق محاسبه شده است، مطابق رابطه (۱۸-۳) در ارتفاع ساختمان توزیع می‌گردد.

$$F_i = \frac{W_i}{W} V_u \quad (۱۸-۳)$$

در این رابطه W_i بخشی از وزن مؤثر لرزه‌ای ساختمان است که به تراز طبقه i نسبت داده شده است.

۴-۱۳-۳ کنترل تغییرمکان جانبی نسبی طبقات در روش ساده شده تحلیل ضروری نیست. چنانچه محاسبه این تغییرمکان به منظور کنترل اجزای غیرسازه‌ای، تعیین درز انقطاع و یا استفاده‌های محاسباتی دیگر نیاز باشد، مقدار تغییرمکان جانبی غیر خطی طرح را می‌توان ۰/۰۱ ارتفاع در نظر گرفت. البته در صورت استفاده از ضوابط بند (۵-۳)، می‌توان مقدار محاسباتی را برای منظور فوق در نظر گرفت.

۵-۱۳-۳ در مواردی که استفاده از ضریب اضافه‌مقاومت برای کنترل اجزایی از سازه بر طبق ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی ضروری باشد، و یا سازه مشمول بند (۹-۳) این استاندارد باشد، این ضریب در روش ساده شده برابر ۲/۵ فرض می‌شود.

۶-۱۳-۳ در روش ساده‌شده، تحلیل سازه با فرض تکیه‌گاه صلب صورت می‌پذیرد. شالوده ساختمان در این روش باید به گونه‌ای طراحی شود که ضریب اطمینان در مقابل واژگونی، یعنی نسبت لنگر مقاوم به لنگر واژگونی حاصل از نیروهای جانبی، حداقل برابر یک باشد. ۷-۱۳-۳ در روش ساده شده، اثر نیروی قائم ناشی از زلزله بر سازه باید بر اساس ضوابط بند (۹-۳-۳) این استاندارد در طراحی سازه و اجزای آن در نظر گرفته شود.

محاسبات ۹۶

۴۸- با فرض برقراری شرایط استفاده از روش ساده‌شده تحلیل و طراحی برای یک ساختمان مسکونی سه طبقه به ارتفاع ده متر از تراز پایه بر روی زمین نوع III در شهر زنجان، ضریب زلزله براساس این روش به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (از سیستم قاب ساختمانی فولادی با مهاربندی همگرای معمولی فولادی در هر دو امتداد متعامد استفاده خواهد شد).

0.35 (۱) 0.17 (۲) 0.24 (۳) 0.28 (۴)

گزینه ۴

$$C = \frac{ABIF}{R_u} = \frac{0.3 \times (1 + 1.75) \times 1 \times 1.2}{3.5} = 0.283$$

۱۰-۱- اجزای غیرسازه ای (متصل به سازه)

۱۰-۱- کلیات

ضوابط طراحی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای

۱-۴ کلیات

۱-۴-۱ تعریف

اجزای غیرسازه‌ای در ساختمان‌ها به اجزایی اطلاق می‌شود که به سازه اصلی متکی‌اند ولی در تحمل بار جانبی زلزله به آن کمک نمی‌کنند. اجزای معماری مانند دیوارها، نماها و سقف‌های کاذب و نیز تأسیسات مکانیکی و برقی همراه با نگهدارنده‌ها و ادوات اتصال آنها جزو این گروه محسوب می‌شوند.

۱-۴-۲ محدوده کاربرد

ضوابط این فصل کلیه ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد، زیاد و ساختمان‌های با اهمیت متوسط با تعداد طبقات هشت و بیشتر، بجز موارد عنوان شده در زیر، را شامل می‌شود:

الف- اجزای غیرسازه‌ای با وزن بیشتر از ۲۵ درصد وزن مؤثر لرزه‌ای کل سازه (وزن اجزای غیرسازه‌ای و سازه نگهدارنده). این اجزاء در گروه سازه‌های غیرساختمانی قرار می‌گیرند و مشمول ضوابط فصل پنجم آیین‌نامه می‌گردند.

ب- اجزای مکانیکی و برقی با شرایط زیر:

- جزء در گروه اهمیت جزء $I_p = 1/0$ موضوع بند (۴-۱-۳)، قرار داشته باشد
- اتصالات بین جزء و ملحقات آن انعطاف‌پذیر باشد.
- وزن جزء کمتر از ۱۰ کیلوگرم، و یا در مورد خطوط تأسیساتی، وزن آن کمتر از ۱۰ کیلوگرم بر متر باشد. اگر ارتفاع جزء در کف طبقه استقرار کمتر از ۱/۲ متر باشد وزن آن می‌تواند تا ۲۰۰ کیلوگرم افزایش داشته باشد.

تبصره: دیوارهای داخلی در ساختمان‌های با تعداد طبقات کمتر از هشت، مشمول ضوابط فصل هفتم آیین‌نامه می‌گردند.

۱۰-۲- نیروی زلزله استاتیکی

۴-۲-۱ نیروی جانبی زلزله

نیروی جانبی مؤثر بر اجزای غیرسازه‌ای را می‌توان با استفاده از روش تحلیل استاتیکی معادل، طبق بند (۴-۲-۱) و یا روش تحلیل طیفی طبق بند (۴-۲-۲) محاسبه نمود. در محاسبه نیروی جانبی ضریب نامعینی ρ و ضریب اضافه مقاومت Ω_0 مربوط به سازه اصلی برابر با ۱/۰ منظور می‌شوند.

۴-۲-۱-۱ روش تحلیل استاتیکی معادل

$$V_{pu}(\min) < V_{pu} < V_{pu}(\max)$$

$$0.3A(1+S)I_pW_p < \frac{0.4a_pA(1+S)W_pI_p}{R_{pu}} \left(1 + 2\frac{Z}{H}\right) < 1.6A(1+S)I_pW_p$$

ارتفاع متوسط بام ساختمان از تراز پایه

ضریب اهمیت جزء طبق بند (۴-۱-۳)

ضریب رفتار جزء طبق جدول (۴-۱) یا (۴-۲)

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

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

جدول ۴-۲ 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
۳	۲/۵	دودکش، برج خنک‌کننده و دکل نصب شده بر روی بام که در تراز پایین‌تر از مرکز ثقل به‌طور جانبی مهار شده باشد.
۲/۵	۱	تجهیزات ذکر شده در ردیف فوق در حالتی که در تراز بالتر از مرکز ثقل خود به‌طور جانبی مهار شده باشد.
۱/۵	۱	سایر تجهیزات مکانیکی و برقی
۲	۲/۵	ب- سیستم و اجزای متکی بر انواع جداساز لرزه‌ای
۶	۲/۵	ج- سیستم‌های توزیع سیستم لوله‌کشی از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد که دارای اتصالات جوشی و یا لحیم‌کاری باشد.
۴/۵	۲/۵	سیستم لوله‌کشی که با استفاده از مواد دارای قابلیت تغییر شکل متوسط یا زیاد و با استفاده از اتصالات رزوه‌ای، چسبی، کوپلینگ فشاری یا شیاری یا نظایر آن ساخته شده باشد.
۳	۲/۵	سیستم لوله‌کشی که از مواد با قابلیت تغییر شکل کم نظیر چدن یا شیشه یا مواد پلاستیکی شکننده ساخته شده باشد
۶	۲/۵	کانال‌هایی که با استفاده از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد و اتصالات جوشی یا لحیم‌کاری ساخته شده باشد
۴	۲/۵	کانال‌هایی که با استفاده از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد یا متوسط و اتصالاتی غیر از جوشی یا لحیم ساخته شده باشد
۳	۲/۵	کانال‌هایی که از مواد با قابلیت تغییر شکل کم نظیر چدن یا شیشه یا مواد پلاستیکی شکننده ساخته شده باشند
۶	۲/۵	لوله‌کشی سیستم برقی، سینی کابل
۲/۵	۱	باس داکت
۲/۵	۱	لوله‌کشی فاضلاب
۳	۲/۵	نقاله‌های خط تولید غیر آدم‌رو

جدول ۴-۱ ضرایب اجزای معماری

R_{pu}	a_p	جزء معماری
۱/۵	۱	۱- دیوار غیرسازه‌ای داخلی و تیغه
۲/۵	۱	- دیوار غیر مسلح مصالح بنایی
۲/۵	۱	- انواع دیگر دیوار و تیغه
۲/۵	۲/۵	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	۱	۳- اجزای طره‌ای نظیر جان‌پناه، دودکش و دیوار غیرسازه‌ای که در محلی بالاتر از مرکز ثقل جزء مهار شده باشند.
۲/۵	۱	۴- دیوار خارجی غیرسازه‌ای و اتصالات آن
۱	۱/۲۵	- دیوار و اتصال آن
۱	۱/۲۵	- بست‌های سیستم اتصال
۲/۵	۱	۵- پوشش نما
۲/۵	۱	- اجزای با شکل‌پذیری متوسط و اتصالات آنها
۱/۵	۱	- اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آنها
۲/۵	۲/۵	۶- خرپشته (به استثنای حالتی که این بخش به‌صورت یکپارچه با سازه ساختمان ساخته شده باشد که در آن‌صورت باید همراه با سازه تحلیل و طراحی شود)
۲/۵	۱	۷- پله فراری که جزئی از سازه اصلی ساختمان نباشد
۲/۵	۱	۸- سقف کاذب
۲/۵	۱	۹- قفسه و کابینت
۱/۵	۱	۱۰- کف دسترسی
۲/۵	۲/۵	۱۱- تابلو و نشان
۳/۵	۱	۱۲- سایر اجزای صلب (با انعطاف‌پذیری کم)
۲/۵	۱	- اجزای با شکل‌پذیری زیاد و اتصالات آنها
۱/۵	۱	- اجزای با شکل‌پذیری متوسط و اتصالات آنها
۱/۵	۱	- اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آنها
۳/۵	۲/۵	۱۳- سایر اجزای انعطاف‌پذیر
۲/۵	۲/۵	- اجزای با شکل‌پذیری زیاد و اتصالات آنها
۲/۵	۲/۵	- اجزای با شکل‌پذیری متوسط و اتصالات آنها
۱/۵	۲/۵	- اجزای با شکل‌پذیری کم و اتصالات آنها

۴-۱-۳ 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 خطرزا 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

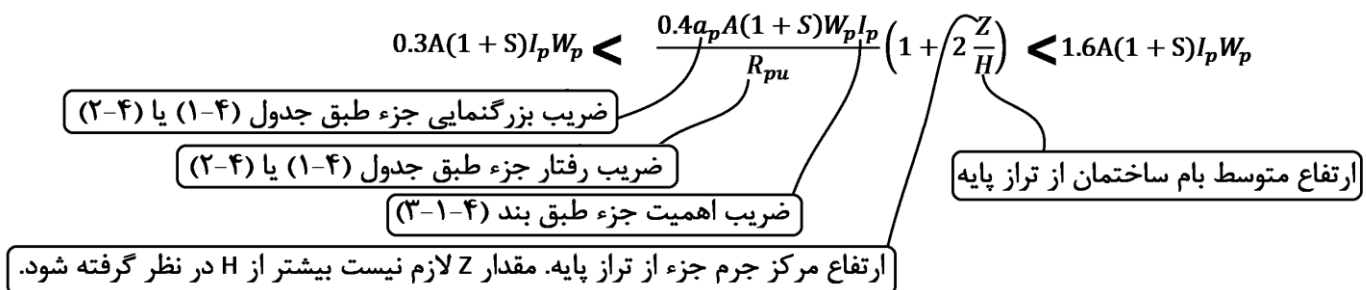
محاسبات ۹۴

۵۸- در یک ساختمان مسکونی ۱۰ طبقه به ارتفاع متوسط بام ۳۴ متر از تراز پایه، نیروی افقی زلزله استاتیکی معادل بر حسب kN/m وارد بر یک دیوار طولی جان‌پناه بام به ارتفاع یک متر در صورتی که جان‌پناه به صورت کنسولی در پای دیوار به بام متصل شده باشد، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (جان‌پناه بتنی، خاک محل نوع II، ساختمان در تهران و وزن واحد طول دیوار $W_p = 3 kN/m$ می‌باشند).

(۱) ۳.۱۵ (۲) ۴.۲ (۳) ۰.۸۵ (۴) ۲.۵

گزینه ۱

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.35 \times (1 + 1.5) \times 3 \times 1}{2.5} (1 + 2 \times 1) = 3.15 \frac{kN}{m}$$



محاسبات ۹۴

۳۷- حداقل نیروی جانبی زلزله در امتداد عمود بر سطح دیوار وارد بر یک تیغه جداکننده در یک بیمارستان واقع در منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد که بر روی خاک نوع III احداث شده است، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (ضخامت تیغه ۱۰۰ میلی‌متر، با ابعاد ۳ متر در ۵ متر از جنس مصالح گچی با جرم مخصوص برابر ۱۳۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد).

(۱) ۶.۶ kN (۲) ۴.۷ kN (۳) ۹.۷ kN (۴) ۳.۷ kN

با آیین نامه جدید و با فرض اینکه تیغه در یکی از طبقات میانی سازه باشد:

$$W_p = 3 \times 5 \times 0.1 \times 1300 = 1950 \text{ kg} = 19.5 \text{ kN}$$

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 1 \times 0.35 \times (1 + 1.75) \times 19.5 \times 1.4}{1.5} \left(1 + 2 \times \frac{1}{2}\right) = 14.01 \text{ kN}$$

۶۰- بر روی بام ساختمان مسکونی چهارطبقه‌ای در اصفهان به ارتفاع ۱۴ متر از تراز پایه و بر روی زمین نوع III در نظر است قطعه‌ای غیرسازه‌ای طره‌ای به ارتفاع ۲ متر و وزن ۴ kN به صورت مهارنشده نصب شود. اگر جرم قطعه در ارتفاع یکنواخت باشد، لنگر خمشی انتقال یافته از پای قطعه به بام ناشی از زلزله (در حد مقاومت) بر حسب kN.m حدوداً چقدر باید در نظر گرفته شود؟ (مقدار ضریب اهمیت قطعه غیرسازه‌ای برابر یک فرض شود)

4.4 (F

3.3. ٢٢

6.5 (F)

2.8 (1)

گزینه ۳

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.25 \times (1 + 1.75) \times 4 \times 1}{2.5} (1 + 2) = 3.30 \text{ kN}$$

$$M = V_{pu} \times 1 = 3.30 \text{ kN.m}$$

$$M = V_{pu} \times 1 = 3.30 \text{ kN.m}$$

$$0.3A(1+S)I_pW_p \leq \frac{0.4a_pA(1+S)W_pI_p}{R_{\text{ext}}} \left(1 + \sqrt{2\frac{Z}{H}}\right) \leq 1.6A(1+S)I_pW_p$$

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

ضریب رفتار جزء طبق جدول (۴-۱) یا (۴-۲)

ضریب اهمیت جزء طبق بند (۴-۱-۳)

ارتفاع متوسط بام ساختمان از تراز پایه

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

الته با توجه به بند زیر نیازی به محاسبه نیروی فوق برای این سازه نیست:

فصل چہارم

ضوابط طراحی لرندهای اجزای غیرسازه‌ای

۴-۱ کلیات

٢-١-١ تعريف

اجزای غیرسازه‌ای در ساختمان‌ها به اجزایی اطلاق می‌شود که به سازه اصلی متکی‌اند ولی در تحمل بار جانبی زلزله به آن کمک نمی‌کنند. اجزای معماری مانند دیوارها، نماها و سقف‌های کاذب و نیز تأسیسات مکانیکی و برقی همراه با نگهدارنده‌ها و ادوات اتصال آنها جزو این گروه محسوب می‌شوند.

۴-۱-۲ محدوده کاربرد

ضوابط این فصل کلیه ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد، زیاد و ساختمان‌های با اهمیت متوسط با تعداد طبقات هشت و بیشتر، بجز موارد عنوان شده در زیر، را شامل می‌شود:

این تست در کلید نهایی حذف شد.

۴- یک دودکش طره‌ای مهار نشده با وزن 5 kN با ارتفاع 1.5 m بر روی پشت‌بام یک ساختمان مسکونی بدون زیرزمین 6 طبقه با ارتفاع هر طبقه برابر 3.5 متر و واقع در کاشان قرار دارد نیروی برشی در حد مقاومت در پای دودکش ناشی از زلزله حدوداً چند kN است؟ (خاک ساختمانی از نوع III می‌باشد و فرض کنید دودکش در ردیف اجزای معماری قرار دارد.)

5.8 (F

5.0 (3)

4.3 (Y

3.7 (1)

گزینہ ۳

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.3 \times (1 + 1.75) \times 5 \times 1}{2.5} (1 + 2) = 4.95 \text{ kN}$$

$$V_{min} = 0.3 \times 0.3(1 + 1.75) \times 1 \times 5 = 1.24$$

$$V_{max} = 1.6 \times 0.3(1 + 1.75) \times 1 \times 5 = 6.6$$

محاسبات ۹۶

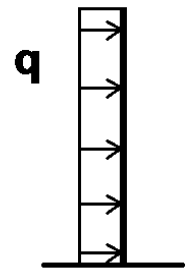
۵۰- دیوار جان پناه طره‌ای با وزن ۲.۵ کیلو نیوتن بر متر مربع و ارتفاع ۱.۸ متر را در بام یک ساختمان ده طبقه مسکونی واقع در شیراز در نظر بگیرید. لنگر خمشی ناشی از نیروی زلزله برای طراحی در حد مقاومت تکیه‌گاه این دیوار به کدامیک از مقادیر زیر بر حسب $kN.m/m$ نزدیک‌تر است؟ (خاک از نوع II فرض شود).

- ۱) ۲.۲۵ (۲) ۴.۸ (۳) ۴.۰۵ (۴) ۳.۷

گزینه ۴

$$q_{pu} = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.3 \times (1 + 1.5) \times 2.5 \times 1}{2.5} (1 + 2 \times 1) = 2.25 \frac{kN}{m^2}$$

$$M_u = \frac{q_{pu} L^2}{2} = \frac{2.25 \times 1.8^2}{2} = 3.645 kN.m$$



محاسبات ۹۳

۳- نیروی زلزله وارد به یک دستگاه هواساز واقع در بام بیمارستانی در شهر تبریز به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ فرض کنید هواساز متصل به کف بوده و وزن آن برابر با ۱۰۰ kN می‌باشد.

- ۱) ۵۰ kN (۲) ۴۰ kN (۳) ۳۵ kN (۴) ۱۰۰ kN

محاسبات ۹۳- آبان

۴- حداقل نیروی جانبی زلزله وارد بر هر متر طول دیوار جان پناه یک بیمارستان در تهران به ارتفاع ۱.۲ متر و به ضخامت ۱۵۰ میلی‌متر از جنس بتن آرمه معمولی بر حسب کیلو نیوتن حدوداً چقدر باید در نظر گرفته شود؟ جرم مخصوص بتن آرمه $2500 kg/m^3$ می‌باشد.

- ۱) ۳.۶۰ (۲) ۲.۵۷ (۳) ۴.۳۳ (۴) ۴.۸۲

۶- دیوار طره‌ای با وزن 600 kg/m^2 و ارتفاع ۲ متر را در یک ساختمان اداری در قم در نظر بگیرید. تکیه‌گاه آن باید برای چه لنگر خمشی ناشی از نیروی زلزله طرح شود؟

- (۱) 0.72 ton.m/m (۲) $1/2 \text{ ton.m/m}$
(۳) 0.36 ton.m/m (۴) $1/44 \text{ ton.m/m}$

فرضیات:

* دیوار طره مربوط به بام سازه بوده و در بالای مرکز ثقل خود مهار ندارد.

* سازه بالای ۸ طبقه و مسکونی می باشد.

* نوع خاک III می باشد.

$$q_{pu} = \frac{0.4 \times 2.5 \times 0.3 \times (1 + 1.75) \times \frac{6 \text{ kN}}{\text{m}^2} \times 1}{2.5} (1 + 2 \times 1) = 5.94 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$M_{pu} = \frac{q_{pu} L^2}{2} = \frac{5.94 \times 2^2}{2} = 11.88 \frac{\text{kN.m}}{\text{m}} = 1.188 \frac{\text{ton.m}}{\text{m}}$$

$$0.3A(1+S)I_p W_p \leq \frac{0.4a_p A(1+S)W_p I_p}{R_{pu}} \left(1 + 2 \frac{Z}{H}\right) \leq 1.6A(1+S)I_p W_p$$

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

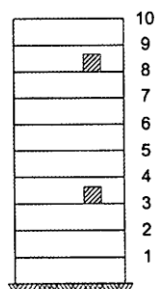
ضریب رفتار جزء طبق جدول (۱-۴) یا (۲-۴)

ضریب اهمیت جزء طبق بند (۳-۱-۴)

ارتفاع متوسط بام ساختمان از تراز پایه

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

۳- نسبت نیروی جانبی زلزله وارد بر قفسه مستقر در طبقه هشتم به نیروی جانبی زلزله وارد بر قفسه مشابه مستقر در طبقه سوم از یک ساختمان ده طبقه از روی تراز پایه به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ مرکز جرم قفسه در ۰.۲۵ ارتفاع طبقه از کف طبقه منظور شود (ارتفاع طبقات یکسان است).



(۱) ۱.۵

(۲) ۱.۴

(۳) ۱.۳

(۴) ۱.۲

گزینه ۲

با توجه به رابطه زیر با افزایش ارتفاع قرار گیری جزء غیرسازه ای (Z)، نیروی زلزله آن افزایش می یابد

$$F_1 = \frac{0.4 \times 1 \times A \times (1 + S) \times W_p I_p}{2.5} \left(1 + 2 \frac{3.25h}{10h} \right) = 0.264A \times (1 + S) \times W_p I_p$$

مقدار F_1 کمتر از حداقل بدست آمد. بنابراین:

$$F_1 = 0.3A \times (1 + S) \times W_p I_p$$

محاسبه مقدار F_2 :

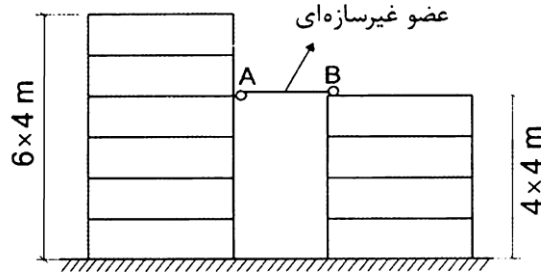
$$F_1 = \frac{0.4 \times 1 \times A \times (1 + S) \times W_p I_p}{2.5} \left(1 + 2 \frac{8.25h}{10h} \right) = 0.424A \times (1 + S) \times W_p I_p$$

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{0.424A}{0.3} = 1.41$$

جدول ۴-۱ ضرایب اجزای معماری

R_{pu}	a_p	جزء معماری
۲/۵	۱	۹- قفسه و کابینت
۱/۵	۱	۱۰- کف دسترسی
۲/۵	۲/۵	۱۱- تابلو و نشان

۱۵- عضو غیرسازه ای AB (شکل زیر) در نقطه A به صورت مفصلی و در نقطه B به صورت تکیه گاه غلتکی (در راستای AB) به دو ساختمان مجاور متصل شده است. در صورتی که تغییر مکان جانبی غیرخطی ساختمان شش طبقه در نقطه A برابر ۳۷۰ میلی متر و تغییر مکان جانبی غیرخطی ساختمان چهار طبقه در نقطه B برابر ۴۳۰ میلی متر باشد، حداقل تغییر مکان نسبی افقی در اثر زلزله که تکیه گاه غلتکی B باید قادر به پذیرش آن باشد بر حسب میلی متر به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟



(۱) ۷۲۰

(۲) ۶۴۰

(۳) ۸۰۰

(۴) ۸۸۰

گزینه ۱ (سطح سوال سخت)

$$D_p = \text{Min} \left\{ \frac{370 + 430}{(16) \times (0.02 \times 4)} + \frac{(16) \times (0.025 \times 4)}{(4)} = \text{Min} \left\{ \frac{800 \text{ mm}}{720 \text{ mm}} = 720 \text{ mm} \right. \right.$$

فصل چهارم

ضوابط طراحی لرزه ای اجزای غیرسازه ای

۴-۱-۲ محدوده کاربرد

ضوابط این فصل کلیه ساختمان های با اهمیت خیلی زیاد، زیاد و ساختمان های با اهمیت متوسط با تعداد طبقات هشت و بیشتر، بجز موارد عنوان شده در زیر، را شامل می شود:

که در آن:

۴-۳ تغییر مکان جانبی

D_p = تغییر مکان نسبی جانبی زلزله که جزء باید برای پذیرش آن طراحی شود.

δ_{XA} = تغییر مکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز X سازه A

δ_{YA} = تغییر مکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز Y سازه A

δ_{XB} = تغییر مکان جانبی غیرخطی ساختمان در تراز X سازه B

h_x = ارتفاع تراز x (مربوط به اتصال بالایی)

h_y = ارتفاع تراز y (مربوط به اتصال پایینی)

Δ_{aA} = تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه برای سازه A

Δ_{aB} = تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه برای سازه B

h_{sx} = ارتفاع طبقه به کار رفته در تعریف تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه

اجزای غیرسازه ای که در دو یا چند نقطه به سازه متکی هستند، باید قادر به پذیرش تغییر مکان های نسبی بین این نقاط باشند. تغییر مکان نسبی، D_p ، بین دو نقطه A و B با استفاده از ضوابط زیر تعیین می شود:

ب- دو نقطه بر روی دو سازه قرار دارند:

$$D_p = |\delta_{XA}| + |\delta_{XB}| \quad (۴-۸)$$

مقدار D_p از این رابطه لازم نیست بیشتر از مقدار رابطه (۴-۹) در نظر گرفته شود:

$$D_p = \frac{h_x \Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_y \Delta_{aB}}{h_{sy}} \quad (۴-۹)$$

۱۱- سازه های غیر ساختمانی

۱-۱۱- کلیات

ضوابط طراحی لرزه ای سازه های غیر ساختمانی

۵-۱ کلیات

۵-۱-۱ سازه های غیر ساختمانی به سازه هایی اطلاق می شود که کاربری آنها مشابه ساختمان های متعارف نیست، مانند سازه های صنعتی، دکل های انتقال نیرو و ...

۵-۱-۲ سازه های غیر ساختمانی به لحاظ باربری جانبی به دو گروه تقسیم می شوند:

الف- سازه های غیر ساختمانی **مشابه ساختمان ها:** به سازه هایی اطلاق می شوند که سیستم باربر آنها مشابه یکی از سیستم های سازه های ساختمانی است.

ب- سازه های غیر ساختمانی **غیر مشابه ساختمان ها:** به سازه هایی اطلاق می شوند که سیستم باربر آنها مطابق بند الف نباشد. به تعدادی از این سازه ها در جدول (۵-۲) اشاره شده است. این سازه ها ممکن است متکی به زمین یا سازه های دیگر باشند.

۵-۱-۳ نیروهای زلزله مؤثر بر سازه های غیر ساختمانی عمدتاً با استفاده از ضوابط فصل سوم آیین نامه تعیین می شوند. تنها در بعضی موارد الزامات دیگری جایگزین شده اند که در این فصل عنوان می گردند.

$$V_u = \frac{ABI}{R_u} W$$

۱۱-۲- مشابه ساختمان

۵-۲ ضوابط تحلیل و طراحی سازه های غیر ساختمانی مشابه ساختمان ها

۵-۲-۱ ضوابط تحلیل و طراحی سازه های غیر ساختمانی مشابه ساختمان ها مطابق فصل سوم می باشد. الزامات اضافی این نوع از سازه ها در بندهای (۵-۲-۲) تا (۵-۲-۱۰) آورده شده است.

جدول ۵-۱ ضرایب مورد استفاده برای سازه های غیر ساختمانی مشابه ساختمان

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
سیستم قاب ساختمانی	مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۵/۵	۲	۵	۵۰
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی	۳/۵	۲	۳/۵	۱۵ [۱]
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی با افزایش ارتفاع مجاز	۲/۵	۲	۲/۵	۵۰
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی (بدون محدودیت ارتفاع)	۲	۱/۵	۲	بدون محدودیت
سیستم قاب خمشی فولادی	ویژه	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	متوسط	۵	۳	۴	۵۰
	متوسط با افزایش ارتفاع مجاز	۳	۲/۵	۳	۸۰
	متوسط (بدون محدودیت ارتفاع)	۲	۱/۵	۲	بدون محدودیت
	معمولی	۳/۵	۳	۳	۱۵ [۲]
	معمولی با افزایش ارتفاع مجاز	۲/۵	۲	۲/۵	۵۰
بتن آرمه	ویژه	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	متوسط	۵	۳	۴/۵	۳۵
	متوسط با افزایش ارتفاع مجاز	۳	۲	۲/۵	۵۰
	متوسط (بدون محدودیت ارتفاع)	۱	۱	۱	بدون محدودیت
	معمولی (با محدودیت ارتفاع)	۳	۳	۲/۵	۱۵
	معمولی با افزایش ارتفاع مجاز	۱	۱	۱	۳۰
قفسهای خود ایستای فولادی		۴	۲	۳/۵	بدون محدودیت

۵-۲-۲ روش تحلیل: در سازه هایی که زمان تناوب اصلی آنها از ۰/۵ ثانیه بیشتر است، استفاده از یکی از روش های تحلیل دینامیکی الزامی است. در سایر سازه ها می توان از روش های دیگر تحلیل استفاده نمود.

۵-۲-۳ زمان تناوب نوسان اصلی سازه، T

در این سازه ها زمان تناوب نوسان اصلی سازه باید با استفاده از روش تحلیل مناسبی محاسبه گردد. استفاده از روابط تجربی بند (۳-۳-۳) مجاز نمی باشد.

۵-۲-۴ وزن مؤثر لرزه ای، W

وزن مؤثر لرزه ای در این نوع ساختمان ها شامل وزن های زیرند:

الف- بارهای مرده ناشی از وزن اجزای سازه و تجهیزات صنعتی

ب- حداقل ۴۰ درصد بار زنده کف ها

پ- وزن محتویات در زمان بهره برداری

در مواردی که در شرایط استثنایی محتویات تجهیزات صنعتی بنا به دلایل خاصی افزایش پیدا می کند، وزن اضافی نباید در محاسبه W اثر داده شود.

در سیلوهایی حاوی مواد دانه ای می توان ۸۰ درصد وزن این مواد را در محاسبه W منظور نمود.

۵-۲-۵ پارامترهای نیروی جانبی

در این سازه ها پارامترهای H_m ، C_d ، Ω_0 و R_u با استفاده از جدول (۵-۱) تعیین می شود.

۵-۲-۶ حداقل نیروی جانبی، برش پایه

برش پایه در این سازه نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود:

$$V_{u\min} = 0.12 A I W \quad (۵-۱)$$

۵-۲-۷ نیروی جانبی در سازه های صلب

سازه های صلب به سازه هایی اطلاق می شود که زمان تناوب نوسان اصلی آنها کمتر از ۰/۰۶ ثانیه باشد. نیروی جانبی این سازه ها از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$V_u = 0.3 A(S + 1) I W \quad (۵-۲)$$

توزیع این نیرو در ارتفاع سازه طبق ضوابط بند (۳-۳-۶) صورت می گیرد.

$$T < 0.06$$



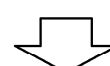
$$V_u = 0.3 A(S + 1) I W$$

$$0.06 \leq T \leq 0.5$$



$$V_u = \frac{A B I}{R_u} W$$

$$0.5 < T$$



تحلیل دینامیکی الزامی است

۷- فرض کنید زمان تناوب نوسان اصلی یک سازه غیر ساختمانی مشابه ساختمان‌ها برابر 0.05 ثانیه محاسبه شده است. این سازه در شهر رشت واقع بوده و قرار است بر روی زمین نوع III ساخته شود. اگر ضریب اهمیت این سازه برابر 1.0 و وزن مؤثر لرزه‌ای آن برابر 900 kN باشد، نیروی جانبی آن ناشی از زلزله به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

(۲) 223 kN

(۱) 260 kN

(۴) 32 kN

(۳) 203 kN

گزینه ۲ (سطح سوال آسان)

$$V_u = 0.3A(S + 1)IW = 0.3 \times 0.3(1.75 + 1) \times 1 \times 900 = 222.75 \text{ kN}$$

۵-۲-۵ پارامترهای نیروی جانبی

در این سازه‌ها پارامترهای Ω_0 ، R_u ، C_d و H_m با استفاده از جدول (۵-۱) تعیین می‌شود.

۵-۲-۶ حداقل نیروی جانبی، برش پایه

برش پایه در این سازه نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود:

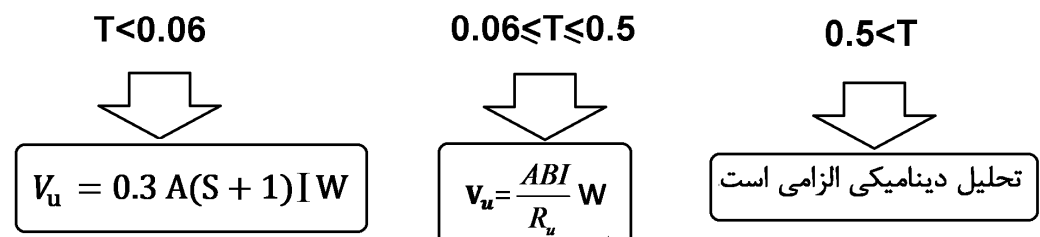
$$V_{u\min} = 0.12 AIW \quad (۵-۱)$$

۵-۲-۷ نیروی جانبی در سازه‌های صلب

سازه‌های صلب به سازه‌هایی اطلاق می‌شود که زمان تناوب نوسان اصلی آنها کمتر از ۰/۰۶ ثانیه باشد. نیروی جانبی این سازه‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$V_u = 0.3 A(S + 1)I W \quad (۵-۲)$$

توزیع این نیرو در ارتفاع سازه طبق ضوابط بند (۳-۳-۶) صورت می‌گیرد.



۱۱- در روش استاتیکی معادل، ضریب زلزله یک سازه غیر ساختمانی مشابه ساختمان با ارتفاع از تراز پایه برابر ۸۵ متر و با سیستم قاب خمشی متوسط فولادی که در شهر خلخال بر روی زمین نوع II قرار است ساخته شود، حدوداً چقدر است؟ (زمان تناوب اصلی نوسان سازه برابر ۲.۲ ثانیه و ضریب اهمیت آن برابر $I=1$ می باشد. فرض کنید از این ضریب زلزله برای اصلاح مقادیر بازتاب های دینامیکی استفاده خواهد شد).

(۱) 0.123

(۲) 0.114

(۳) 0.085

(۴) 0.036

گزینه ۲ (سطح سوال متوسط)

$$C = \frac{ABI}{R} = \frac{0.3 \times 0.76 \times 1}{2} = 0.114$$

۲-۵ ضوابط تحلیل و طراحی سازه های غیر ساختمانی مشابه ساختمان ها

جدول ۱-۵ ضرایب مورد استفاده برای سازه های غیر ساختمانی مشابه ساختمان

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروی جانبی	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
سیستم قاب ساختمانی	مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۵/۵	۲	۵	۵۰
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی	۳/۵	۲	۳/۵	۱۵ [۱]
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی با افزایش ارتفاع مجاز	۲/۵	۲	۲/۵	۵۰
	مهاربندی همگرای معمولی فولادی (بدون محدودیت ارتفاع)	۲	۱/۵	۲	بدون محدودیت
سیستم قاب خمشی فولادی	ویژه	۷/۵	۳	۵/۵	۲۰۰
	متوسط	۵	۳	۴	۵۰
	متوسط با افزایش ارتفاع مجاز	۳	۲/۵	۳	۸۰
	متوسط (بدون محدودیت ارتفاع)	۲	۱/۵	۲	بدون محدودیت
	معمولی	۳/۵	۳	۳	۱۵ [۲]
	معمولی با افزایش ارتفاع مجاز	۲/۵	۲	۲/۵	۵۰

۱-۲-۵ ضوابط تحلیل و طراحی سازه های غیر ساختمانی مشابه ساختمان ها مطابق فصل

سوم می باشد. الزامات اضافی این نوع از سازه ها در بندهای (۲-۲-۵) تا (۵-۲-۱۰) آورده شده است.

۳-۲-۵ زمان تناوب نوسان اصلی سازه، T

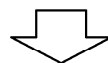
در این سازه ها زمان تناوب نوسان اصلی سازه باید با استفاده از روش تحلیل مناسبی محاسبه گردد. استفاده از روابط تجربی بند (۳-۳-۳) مجاز نمی باشد.

۶-۲-۵ حداقل نیروی جانبی، برش پایه

برش پایه در این سازه نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود:

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

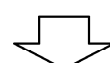
(۱-۵)

 $T < 0.06$ 

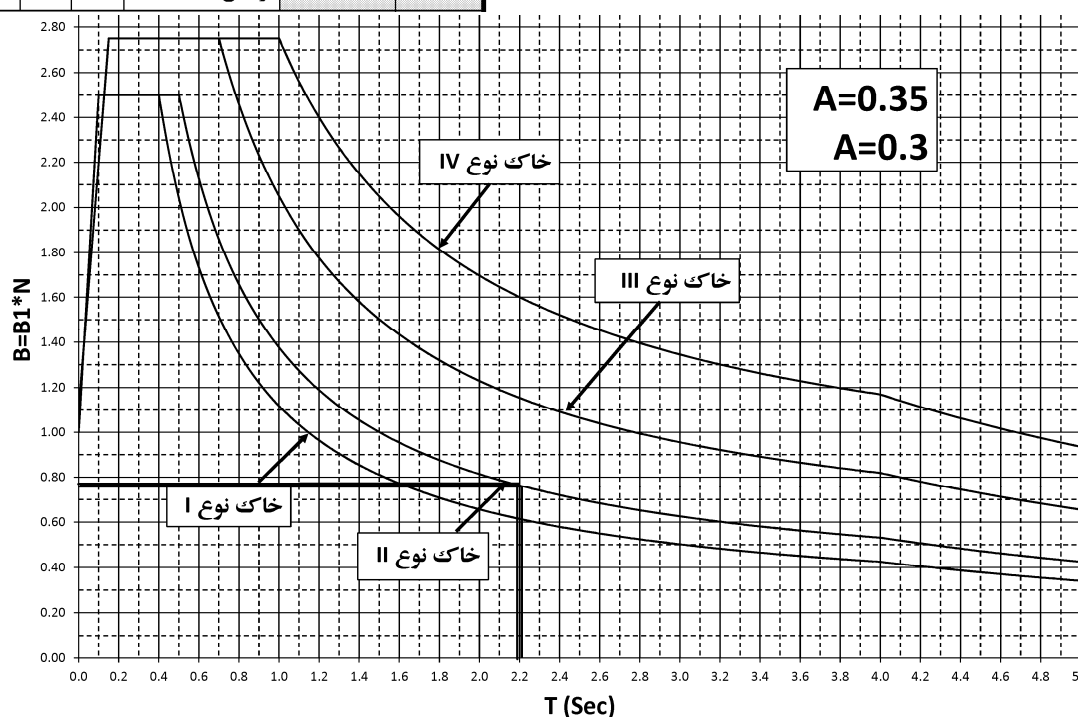
$$V_u = 0.3 A(S + 1) I W$$

 $0.06 \leq T \leq 0.5$ 

$$v_u = \frac{ABI}{R_u} W$$

 $0.5 < T$ 

تحلیل دینامیکی الزامی است



۱۱-۳- غیر مشابه ساختمان

۵-۳ ضوابط تحلیل و طراحی سازه های غیر ساختمانی غیر مشابه ساختمان ها و

متکی بر زمین

۵-۳-۱ ضوابط این نوع سازه ها عیناً مشابه سازه های غیر ساختمانی مشابه ساختمان ها، موضوع بند (۵-۲) است و فقط الزامات زیر جایگزین بندهای نظیر می گردند:

الف- پارامترهای نیروی جانبی بر اساس جدول (۵-۲) تعیین می گردند.
ب- حداقل نیروی جانبی یا برش پایه از روابط زیر به دست می آیند:

۱- در موارد کلی

$$V_{u\min} = 0.09 W \quad (3-5)$$

۲- در مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد و زمین های نوع III و IV

$$V_{u\min} = 1.6AIW/R_u \quad (4-5)$$

۵-۴ ضوابط تحلیل و طراحی سازه های غیر ساختمانی غیر مشابه ساختمان ها و

متکی بر سازه های دیگر

۵-۴-۱ در مواردی که وزن این سازه ها کمتر از ۲۵ درصد وزن کل سازه (وزن سازه غیر ساختمانی به اضافه وزن سازه نگهدارنده آن) باشد، سازه های غیر ساختمانی در گروه "اجزای غیر سازه ای" جای گرفته و مشمول ضوابط فصل چهارم آیین نامه می گردد.

۵-۴-۲ در مواردی که وزن این سازه ها بیشتر از ۲۵ درصد وزن کل سازه (وزن سازه غیر ساختمانی به اضافه وزن سازه نگهدارنده آن) باشد، کل سازه باید هم زمان مدل شده و تحلیل گردد. نیروی جانبی باید با رعایت الزامات زیر تعیین شود:

الف- در شرایطی که سازه ساختمانی شرایط صلب بودن را مطابق تعریف بند (۵-۲-۷) دارا باشد، اثر آن را در مدل کل سازه می توان به صورت توزیع جرم مناسب آن در نظر گرفت. سازه نگهدارنده باید برای پارامترهای خود مطابق فصل سوم یا چهارم (هر کدام مناسب تر است) تحلیل و طراحی شود. سازه غیر ساختمانی باید بر اساس ضوابط اجزای غیر سازه ای فصل چهارم تعیین شده و در آن به جای R_p مقدار R_u از جدول (۵-۲) و مقدار a_p برابر با یک در نظر گرفته می شود.

ب- در مواردی که سازه غیر ساختمانی صلب نباشد، کل سازه، سازه های غیر ساختمانی به همراه سازه نگهدارنده آن، باید هم زمان مدل شده و تحلیل گردد. ضریب رفتار این سازه باید کمترین دو مقدار R_u برای سازه نگهدارنده از جدول (۵-۱) و سازه غیر ساختمانی از جدول (۵-۲) اختیار گردد. سازه غیر ساختمانی و اتصالات آن برای نیروهای حاصل از تحلیل کل سازه طراحی می گردد.

سازه های صلب به سازه هایی اطلاق می شود که زمان تناوب نوسان اصلی آنها کمتر از ۰/۰۶ ثانیه باشد.

جدول ۵-۲ ضرایب مورد استفاده برای سازه های غیر ساختمانی غیر مشابه ساختمان

سیستم سازه	جزئیات	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
بونکر، مخزن، ظرف یا کندوی هوایی	برروی پایه های مهاربندی شده متقارن	۳	۲	۲/۵	۵۰
	برروی پایه های مهاربندی نشده یا مهاربندی شده نامتقارن	۲	۲	۲/۵	۳۰
بدون محدودیت	ظرف افقی جوش شده	۳	۲	۲/۵	
	با پایه زین شکل فولادی	۳	۲	۲/۵	
	دودکش و سیلوی بتنی درجا با دیواره پیوسته تا روی پی	۳	۲	۳	
	تمام سازه های دیگر بتنی یا فولادی طره ای با جرم گسترده غیر از آنهایی که در این جدول ذکر شده اند، شامل دودکش ها، سیلوها و ظروف قائم بر روی پدستال منفرد یا متکی بر جداره تا روی زمین - جوش شده فولادی، بتن آرمه یا بتن پیش تنیده	۳	۲	۲/۵	
	برج های خرابی طره ای یا مهار شده توسط کابل - دودکش های مهار شده توسط کابل	۳	۲	۲/۵	
	برج های خنک کن	۳/۵	۲	۳	
	برج های مخبراتی	۳	۱/۵	۳	
	دیگر - فولادی یا بتنی	۱/۵	۱/۵	۱/۵	
	سازه های خاص تفریحی و بناهای یادبود	۲/۵	۲/۵	۲/۵	
	سازه هایی که رفتارشان مشابه پاندول وارونه است	۲	۲	۲	
سایر سازه ها غیر از موارد فوق	تابلوها و علائم	۳/۵	۲	۳	
		۲/۵	۲/۵	۲/۵	

۱- یک سیلوی بتنی درجا با دیوار پیوسته تا روی پی، در شهر سهندج بر روی خاک نوع II موجود است. وزن سازه و تجهیزات صنعتی سیلو 5000 kN و سیلو حاوی مواد دانه‌ای با وزن 50000 kN می‌باشد. حداقل برش پایه زلزله این سیلو برحسب kN به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (فرض کنید 80 درصد وزن مواد دانه‌ای به عنوان وزن مؤثر لرزه‌ای مواد دانه‌ای سیلو در نظر گرفته می‌شود. همچنین ضریب اهمیت سیلو را برابر 1.0 و زمان تناوب نوسان اصلی آن را 0.4 ثانیه فرض نمایید).

- (۱) 13750
(۲) 13000
(۳) 12500
(۴) 11250

گزینه ۴

$$\left. \begin{array}{l} T_s = 0.5 \\ T_0 = 0.1 \\ S = 1.5 \\ S_0 = 1 \end{array} \right\} T = 0.4 \rightarrow \left. \begin{array}{l} B_1 = (S + 1) = 2.5 \\ N = 1 \end{array} \right\} B = B_1 N = 2.5$$

$$T = 0.4 \text{ Sec} \rightarrow V_u = \frac{ABI}{R_u} W = \frac{0.3 \times 2.5 \times 1}{3} (5000 + 0.8 \times 50000) = 11250 \text{ kN}$$

$$V_{u-\min} = 0.09W = 0.09 \times (5000 + 0.8 \times 50000) = 1620 \text{ kN}$$

۳-۵ ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های غیر ساختمانی غیر مشابه ساختمان‌ها و

متکی بر زمین

0.5 < T ← تحلیل دینامیکی الزامی است

$V_u = \frac{ABI}{R_u} W$ ← 0.06 ≤ T ≤ 0.5

$V_u = 0.3 A(S + 1)W$ ← T < 0.06

۱-۳-۵ ضوابط این نوع سازه‌ها عیناً مشابه سازه‌های غیر ساختمانی مشابه ساختمان‌ها، موضوع بند (۳-۵) است و فقط الزامات زیر جایگزین بندهای نظیر می‌گردند:
الف- پارامترهای نیروی جانبی بر اساس جدول (۳-۵) تعیین می‌گردند.
ب- حداقل نیروی جانبی یا برش پایه از روابط زیر به دست می‌آیند:

۱- در موارد کلی

$$V_{u\min} = 0.09 W \quad (۳-۵)$$

۲- در مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد و زمین‌های نوع III و IV

$$V_{u\min} = 1.6 AIW / R_u \quad (۴-۵)$$

جدول ۳-۲ پارامترهای مربوط به روابط (۳-۲)

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

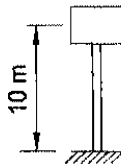
۵۴- یک مخزن بزرگ گاز تشکیل شده است از یک ظرف افقی جوش شده بر روی پایه‌های زین شکل فولادی. این مخزن بر روی زمین نوع III در تبریز نصب شده و در گروه ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد طبقه‌بندی می‌شود. اگر زمان تناوب مخزن 0.05 ثانیه محاسبه شده و وزن مؤثر لرزه‌ای آن 315 کیلو نیوتن باشد، نیروی جانبی ناشی از زلزله (V_u) به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟

- (۱) 82 kN
(۲) 85 kN
(۳) 91 kN
(۴) 97 kN

با توجه به اینکه دوره تناوب سازه 0.05 می باشد، صلب محسوب شده و نیروی زلزله آن به صورت زیر محاسبه می شود:

$$V_u = 0.3A(S + 1)IW = 0.3 \times 0.35(1 + 1.75) \times 1.4 \times 315 = 127.33 \text{ kN}$$

۳- مخزن آب استوانه‌ای بتنی به قطر داخلی ۴ متر و ارتفاع داخلی ۴ متر، با زمان تناوب در حالت پر ۰.۴۸ ثانیه و در منطقه ناغان روی خاک نوع II مستقر می‌باشد. جرم مؤثر مخزن خالی ۴۰۰۰۰ kg است. فاصله مرکز جرم مخزن پر از تراز پایه برابر ۱۰ m می‌باشد. با استفاده از استاندارد ۲۸۰۰ و بدون توجه به دستورالعمل‌های دیگر، لنگر واژگونی ناشی از زلزله در پای ستون مخزن در حالت پر بر حسب kN.m به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (از اثر P-Δ صرف‌نظر شود).



- (۱) ۴۳۰۰
(۲) ۵۵۰۰
(۳) ۶۳۰۰
(۴) ۷۱۰۰

گزینه ۲

$$W = D + L = 40000 + (4 \times \pi \times 2^2) \times 1000 = 90240 \text{ kg} = 885.2 \text{ kN}$$

$$\left. \begin{array}{l} T_s = 0.5 \\ T_0 = 0.1 \\ S = 1.5 \\ S_0 = 1 \end{array} \right\} T = 0.48 \rightarrow \left. \begin{array}{l} B_1 = (S + 1) = 2.5 \\ N = 1 \end{array} \right\} B = B_1 N = 2.5$$

$$T = 0.48 \text{ Sec} \rightarrow V_u = \frac{ABI}{R_u} W = \frac{0.35 \times 2.5 \times 1.4}{2} (885.2) = 542.185 \text{ kN}$$

$$V_{u-\min} = 0.09W = 0.09 \times (885.2) = 79.7 \text{ kN}$$

$$M = 542.185 \times 10 = 5422 \text{ kN.m}$$

۵۵- ارتفاع یک سازه غیر ساختمانی مشابه ساختمان با سیستم قاب خمشی فولادی معمولی از تراز پایه ۲۰ متر بوده و زمان تناوب اصلی این سازه برابر ۰.۴۵ ثانیه محاسبه شده است. این سازه در شهر اراک بر روی خاک نوع II قرار است ساخته شود و دارای گروه اهمیت متوسط می‌باشد. ضریب زلزله طرح این سازه حدوداً چه مقدار باید در نظر گرفته شود؟ (نزدیک‌ترین گزینه به پاسخ را انتخاب کنید).

- (۱) ۰.۳۰ (۲) ۰.۲۵ (۳) ۰.۱۸ (۴) ۰.۰۳

گزینه ۲

$$C = \frac{ABI}{R_u} = \frac{0.25 \times 2.5 \times 1}{2.5} = 0.25$$

۱۲- نیروی قائم زلزله

۹-۳-۳ نیروی قائم ناشی از زلزله

۹-۳-۳-۱ 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.

۹-۳-۳-۲ مقدار نیروی قائم از رابطه (۱۰-۳) 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 ثقلی در نظر گرفته شود.

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

(۱۰-۳)

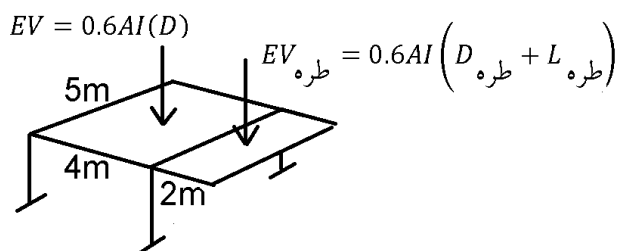
در این رابطه:

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

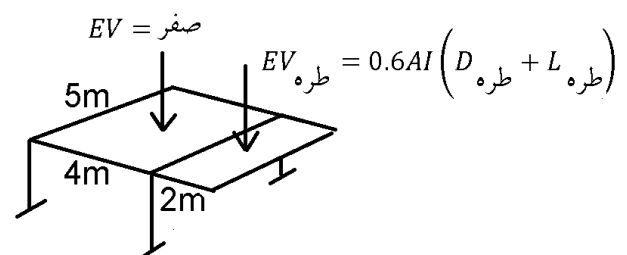
Wp: در مورد بند الف بالا بار مرده و در مورد سایر بندها بار مرده به اضافه کل سربار است.

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.



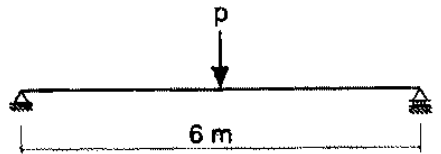
مناطق با خطر نسبی بسیار زیاد



سایر مناطق

۵۷- براساس روش ضرایب بار و مقاومت و با در نظر گرفتن کلیه بارهای مرده، زنده و زلزله، لنگر طراحی تیر دو سر ساده فولادی نشان داده در شکل زیر که مربوط به محل های اجتماع عمومی یک مدرسه در شهر تهران است، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ P_D معرف بار متمرکز ناشی از بارهای مرده و P_L معرف بار متمرکز ناشی از بارهای زنده است. در محاسبات از وزن تیر صرف نظر شود.

$$P_L = 45 \text{ kN} \quad \text{و} \quad P_D = 150 \text{ kN}$$



- (۱) $M_u = 411 \text{ kN.m}$
 (۲) $M_u = 394 \text{ kN.m}$
 (۳) $M_u = 378 \text{ kN.m}$
 (۴) $M_u = 342 \text{ kN.m}$

گزینه ۱

- با توجه به اینکه وزن خود تیر قابل صرف نظر کردن است، کل بار وارد شده بر تیر از نوع متمرکز می باشد و بنابراین در محاسبه زلزله قائم آن باید کل سربار منظور شود. تیرهایی که بیش از نیمی از بار وارد بر آنها متمرکز باشد، مشمول حالت پ می شود. در این تیر اگر از وزن تیر صرف نظر شود ۱۰۰ درصد بار وارد بر آن متمرکز می باشد.

۹-۳-۳ نیروی قائم ناشی از زلزله

۹-۳-۳-۱ 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 ساختمان هایی که در پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد واقع شده اند.

ب- تیرهایی که دهانه آنها بیشتر از پانزده متر می باشد، همراه با ستون ها و دیوارهای

تکیه گاهی آنها.

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

(۱۰-۳)

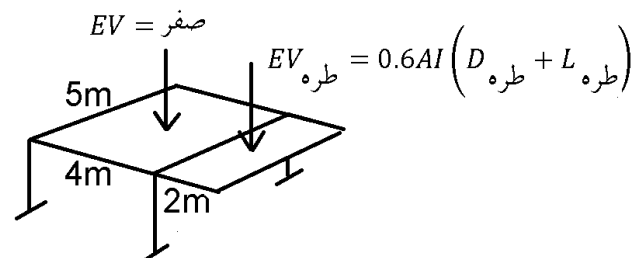
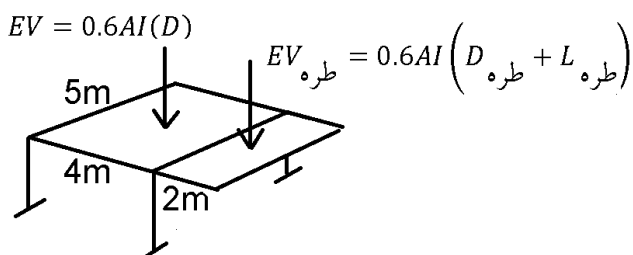
در این رابطه:

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

W_p : در مورد بند الف بالا بار مرده و در مورد سایر بندها بار مرده به اضافه کل سربار است.

پ تیرهایی که بار قائم متمرکز قابل توجهی در مقایسه با سایر بارهای منتقل شده به تیر را تحمل می کنند، همراه با ستون ها و دیوارهای تکیه گاهی آنها. در صورتی که بار متمرکز حداقل برابر با نصف مجموع بار وارده به تیر باشد، آن بار قابل توجه تلقی می شود. ت- بالکن ها و پیش آمدگی هایی که به صورت طره ساخته می شوند.

به شکل زیر توجه کنید. در شکل بار طره مشمول حالت "ت" می شود و بار گذاری زلزله قائم به صورت زیر خواهد بود:



مناطق با خطر نسبی بسیار زیاد

سایر مناطق

$$M_D = \frac{P_D L}{4} = \frac{150 \times 6}{4} = 225 \text{ kN.m}$$

لنگر ناشی از بار مرده:

$$M_L = \frac{P_L L}{4} = \frac{45 \times 6}{4} = 67.5 \text{ kN.m}$$

لنگر ناشی از بار زنده:

لنگر ناشی از بار زلزله قائم:

$$M_{EV} = \frac{P_{EV} L}{4} = \frac{(0.6 A I W_p) \times 6}{4} = \frac{(0.6 \times 0.35 \times 1.2 \times (150 + 45)) \times 6}{4} = 73.71 \text{ kN.m}$$

$$1.2 M_D + M_L + M_{EV} = 1.2 \times 225 + 67.5 + 73.71 = 411 \text{ kN.m}$$

ترکیب بار:

۵۲- بخشی از اتاق خواب یک ساختمان مسکونی واقع در تهران به صورت طره "پیش آمدگی" ساخته شده است. مقدار نیروی قائم زلزله بر هر مترمربع، برحسب دکانیوتن، وارد بر قسمت طره داخل اتاق خواب چقدر می باشد؟ بار مرده کف با احتساب تیغه بندی برابر 600 دکانیوتن بر مترمربع است.

- ۱) 392
۲) 196
۳) 441
۴) 220

حل با آیین نامه جدید:

نیروی قائم زلزله در طره ها بر اساس مجموع بار مرده و زنده طره محاسبه می شود. مساله مقدار بار مرده را داده است. مقدار بار زنده برای سازه مسکونی برابر با 200 kg/m^2 در نظر گرفته می شود.

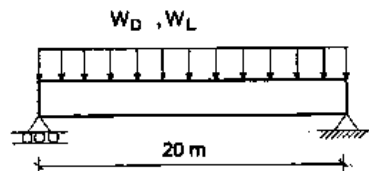
دقت شود که اگر طره فوق به صورت بالکن می بود، بار زنده آن، طبق بند ۶-۳-۲-۵ برابر 300 kg/m^2 باید در نظر گرفته می شد.

$$F_{Vu} = 0.6 \times 0.35 \times 1 \times (600 + 200) = 168 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

سوال: چرا برای بالکن ها بار زنده بیشتر در نظر گرفته می شود؟

پاسخ: چون گاهی اوقات بالکن به عنوان انبار وسایل سبک ساختمان مورد استفاده قرار می گیرد. در این سوال قسمت طره به عنوان بخشی از اتاق خواب بوده و بار زنده آن 200 kg/m^2 خواهد بود.

۱۱- تیری با دهانه 20 m به صورت دوسر ساده با بار مرده یکنواخت بدون ضریب بار $W_D =$ شامل وزن تیر و بار زنده یکنواخت بدون ضریب بار $W_L = 30 \text{ kN/m}$ در داخل سازه یک استادیوم در شهر شیراز قرار دارد. مقدار حداکثر برش تیر ناشی از زلزله (بدون ضریب بار) به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر می باشد؟



- ۱) 355 kN
۲) 180 kN
۳) 135 kN
۴) 265 kN

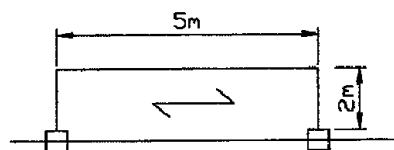
با آیین نامه جدید:

$$q_v = 0.6 \times 0.3 \times 1.2(30 + 40) = 15.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$V_v = \frac{q_v L}{2} = \frac{15.12 \times 20}{2} = 151.2 \text{ kN}$$

البته اگر تیر بتنی باشد، برش حداکثر باید در فاصله d از بر تکیه گاه محاسبه شود که طراح به این موضوع توجه نکرده است.

۴- نیروی قائم ناشی از زلزله بالکن طره ای در یک ساختمان مسکونی در تهران مطابق شکل زیر، که بار مرده وارد بر آن 500 دکانیوتن بر مترمربع و بار زنده وارد بر آن 300 دکانیوتن بر مترمربع می باشد، برابر است با:



- ۱) 27.44 کیلونیوتن
۲) 19.6 کیلونیوتن
۳) 39.2 کیلونیوتن
۴) 13.72 کیلونیوتن

۵۴- تیرچه‌های فولادی با تکیه‌گاه‌های ساده کف اتاق‌های بیمار در یک بیمارستان، دهانه ۳.۸ متر داشته و فاصله آنها از یکدیگر برابر ۱.۱ متر است. اگر کل بار مرده کف شامل وزن تیرچه و تیغه‌بندی به طور متوسط برابر 5 kN/m^2 باشد، حداقل مقاومت خمشی طراحی لازم برای تیرچه‌های میانی برحسب kN.m به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟

۱) ۱۸.۸ ۲) ۱۷.۷ ۳) ۱۸.۳ ۴) ۱۹.۴

گزینه ؟

با توجه به کوتاه بودن طول تیرچه ممکن است لنگر ناشی از بار متمرکز بیشتر از لنگر ناشی از بار گسترده باشد. با توجه به اینکه عرض بارگیر تیرچه ۱.۱m است، لنگر ناشی از بار گسترده را با لنگر بار متمرکز مقایسه می‌کنیم:

$$\frac{PL}{4} = \frac{4.5 \times 3.8}{4} = 4.275 \text{ kN.m}$$

$$\frac{qL^2}{8} = \frac{(2 \times 1.1) \times 3.8^2}{8} = 3.97 \text{ kN.m}$$

لنگر ناشی از بار متمرکز زنده بیشتر است و باید اثر بار متمرکز (۴.۲۷۵) منظور شود

ردیف	نوع کاربری	بار گسترده کیلونیوتن بر مترمربع	بار متمرکز کیلونیوتن
۱۰	بیمارستان‌ها و مراکز درمانی		
۱-۱۰	اتاق‌های بیمار	۲	۴.۵

باید منطقه ساخت مشخص شود.

اگر سازه در یک منطقه با لرزه خیزی بالا ساخته شود، برای طراحی تیرچه‌ها باید زلزله قائم منظور شود در غیر این صورت لازم نیست.

در این حالت بار گسترده ناشی از زلزله قائم برابر خواهد بود با:

$$E_V = 0.6AI(D) = 0.6 \times 0.35 \times 1.4 \times (5) = 1.47$$

حل مساله با فرض اینکه سازه در تهران ($A=0.35$) ساخته می‌شود:

$$M_D = \frac{q_D L^2}{8} = \frac{(5 \times 1.1) \times 3.8^2}{8} = 9.93 \text{ kN.m}$$

$$M_L = 4.275 \text{ kN.m}$$

$$M_{EV} = \frac{q_{EV} L^2}{8} = \frac{(1.47 \times 1.1) \times 3.8^2}{8} = 2.92 \text{ kN.m}$$

یافتن لنگر مورد نیاز طراحی:

$$\left. \begin{aligned} 1.4M_D &= 1.4 \times 9.93 = 13.89 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ 1.2M_D + 1.6M_L &= 1.2 \times 9.93 + 1.6 \times 4.275 = 18.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \\ 1.2D + L + E_V &= 1.2 \times 9.93 + 4.275 + 2.92 = 19.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \end{aligned} \right\} M_u = 19.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

• اگر سازه در شهری با $A=0.3$ باشد، گزینه ۱ صحیح خواهد بود.

۱۳- در یک ساختمان اداری واقع در رشت تیر طره‌ای بطول دو متر به ستون جوش شده و بار ثقلی متمرکز ۲ تن را در انتهای خود تحمل خواهد کرد. اتصال تیر به ستون حدوداً برای چه لنگر خمشی مثبت باید طراحی شود؟ (اثر بار ناشی از زلزله در ترکیب با بارهای ثقلی بصورت افزایش تنش مجاز منظور می‌شود.)

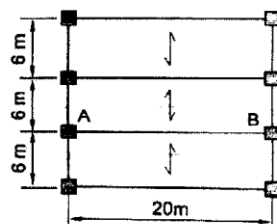
(۲) ۱/۲ تن متر

(۱) ۰/۸ تن متر

(۴) ۲/۳ تن متر

(۳) صفر

۴۰- پلان سازه یک ساختمان اداری دوطبقه مطابق شکل زیر است. این ساختمان در یک منطقه لرزه خیز با خطر نسبی بسیار زیاد و بر روی خاک نوع II واقع شده است. مقدار کل نیروی قائم ناشی از زلزله وارد بر تیر AB واقع در تراز سقف طبقه همکف بر حسب kN حدوداً چقدر می‌باشد؟ (بار مرده سقف 6 kN/m^2 و بار زنده متوسط 3 kN/m^2 برآورد شده است.)



(۱) 265

(۲) 194

(۳) 318

(۴) 530

بر اساس آیین نامه جدید:

تیرها بلندت از ۱۵ متر می باشند و شامل بند "ب" زلزله قائم می شوند:

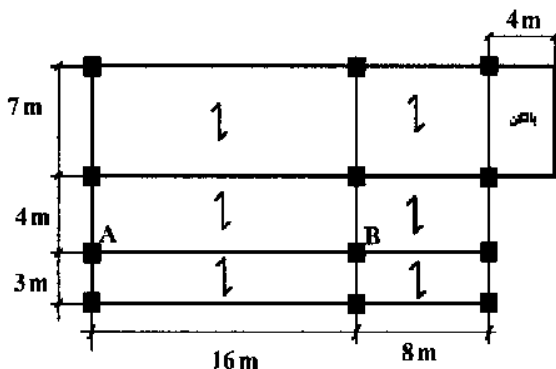
$$W_p = (q_D + q_L)A = (6 + 3)(20 \times 6) = 1080 \text{ kN}$$

$$F_v = 0.6AIW_p = 0.6 \times 0.35 \times 1 \times 1080 = 226.8 \text{ kN}$$

۱۴- پلان تیرریزی ساختمان مسکونی با سقف بتون پیش تنیده در شهر گرمسار مطابق شکل زیر می‌باشد، نسبت نیروی قائم ناشی از زلزله در تیر AB به نیروی قائم ناشی از زلزله در بالکن طره‌ای، کدام است؟

بار مرده‌ی طبقه ۶۰۰ دکا نیوتن بر مترمربع

بار زنده‌ی طبقه ۳۰۰ دکا نیوتن بر مترمربع



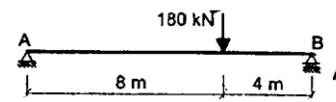
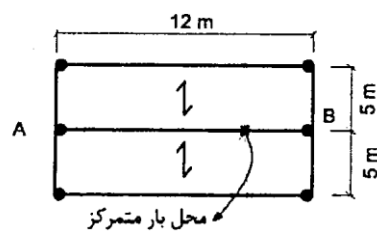
(۱) ۰/۵

(۲) ۱

(۳) ۱/۵

(۴) ۲

۳- در شکل مقابل عکس العمل تکیه گاه B ناشی از نیروی قائم زلزله حدوداً چند کیلونیوتن باید در نظر گرفته شود؟ تیر AB دو سر مفصل، ساختمان دارای کاربری اداری و در منطقه با خطر نسبی زیاد واقع می باشد. بار مرده گسترده یکنواخت کف 5 kN/m^2 و بار زنده یکنواخت کف 2 kN/m^2 می باشند و بار متمرکز مرده بر روی تیر AB در فاصله ۴ متری از تکیه گاه B قرار دارد.



(۱) 60

(۲) 38

(۳) 27

(۴) صفر

گزینه ۴

• تیرهایی که بیش از نیمی از بار وارد بر آنها متمرکز باشد، مشمول حالت پ می شود.

سطح بارگیر تیر برابر $12 \times 5 = 60 \text{ m}^2$ می باشد. بنابراین کل بار وارد بر تیر برابر است با:

$$D + L = 180 + 60(5 + 2) = 600 \text{ kN}$$

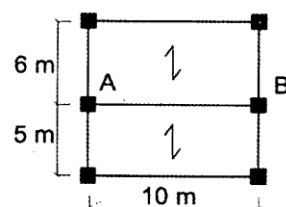
بار متمرکز $0.3 = \frac{180}{600}$ کل بار وارد بر تیر را تشکیل می دهد و بنابراین بر این تیر بار متمرکز "قابل توجهی" وارد نمیشود

نتیجه: بند پ شامل این تیر نمی شود.

با توجه به اینکه سازه در منطقه با خط نسبی زیاد واقع شده است، بند الف نیز شامل آن نمی شود.

بنابراین زلزله قائم آن صفر می شود.

۷- پلان سازه یک ساختمان مسکونی سه طبقه مطابق شکل زیر است. این ساختمان بر روی خاک نوع III و در شهر کرمان واقع شده است. حداقل مقدار کل نیروی قائم ناشی از زلزله وارد بر تیر AB واقع در تراز بام بر حسب kN به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ (فرض کنید بار مرده کلیه سقفها با احتساب تیغه بندی برابر 7.5 kN/m^2 و بار زنده متوسط کلیه سقفها برابر 2 kN/m^2 برآورد شده است همچنین فرض نمائید تیغه بندی از نوع ثابت بوده و جزء بار مرده محسوب می شود).



(۱) 110

(۲) 87

(۳) 16

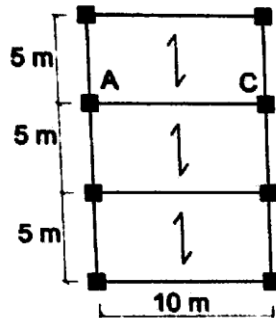
(۴) صفر

گزینه ۲

کرمان جزو شهرهای با خطر نسبی خیلی زیاد ($A=0.35$) می باشد. و تیر AB شامل بند الف می شود:

$$F_V = 0.6AIW_p = 0.6 \times 0.35 \times 1 \times (2.5^m + 3^m) \times 10^m \times (7.5) = 86.6 \text{ kN}$$

۲۰- شکل زیر قسمتی از پلان یک ساختمان اداری در شهر قزوین است. تیر AC علاوه بر بارهای گسترده ناشی از بار مرده 5 kN/m^2 و بار زنده 2 kN/m^2 تحت اثر بار زنده متمرکز 80 kN نیز قرار دارد. کل نیروی قائم ناشی از زلزله برحسب kN که به این تیر وارد می‌شود، به کدام یک از موارد زیر نزدیک‌تر است؟



- (۱) صفر
(۲) 53
(۳) 74
(۴) 90

گزینه ۲ (سطح سوال: آسان)

بار گسترده وارد بر تیر (مرده + زنده) برابر $q = q_D + q_L = 5 \times (5 + 2) = 35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ می‌باشد.

بار متمرکز برابر $P = 80 \text{ kN}$ می‌باشد.

بنابراین کل بار وارد بر تیر برابر است با:

$$W = P + qL = 80 + 35 \times 10 = 430 \text{ kN}$$

بنابراین مقدار بار متمرکز قابل توجه محسوب نمی‌شود ($80 < \frac{1}{2} \times 430$) و این تیر شامل بند پ نمی‌شود

طول تیر کمتر از ۱۵ متر است و شامل مورد "ب" نمی‌شود

قزوین در خطر نسبی خیلی زیاد واقع شده و با توجه به بند های زیر تیر AB تنها شامل مورد "الف" می‌باشد.

دقت شود در حالت الف وزن W تنها شامل بار مرده وارد بر تیر می‌باشد.

بنابراین زلزله قائم برابر است با:

$$F_v = 0.6AIW = 0.6 \times 0.35 \times 1 \times (5 \times 5 \times 10) = 52.5 \text{ kN}$$

۱۳- ضریب نامعینی

۳-۲- ضریب نامعینی سازه، ρ

۳-۲-۱ ساختمان‌هایی که سیستم مقاوم جانبی آنها در دو جهت عمود برهم دارای نامعینی کافی نیستند، باید برای بار جانبی بیشتری طراحی شوند. در این ساختمان‌ها بار جانبی باید با ضریب ρ برابر با ۱/۲ افزایش داده شود.

۳-۲-۲ ساختمان‌هایی که سیستم مقاوم جانبی آنها دارای خصوصیات زیر هستند، دارای نامعینی کافی بوده و در آنها ضریب ρ 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 (۳-۲)، موجب کاهش مقاومت جانبی طبقه به میزان بیشتر از ۳۳ درصد نشود و در طبقه نامنظمی شدید پیچشی، مطابق تعریف بند (۱-۷-۱) ایجاد نگردد.

جدول ۳-۲ محدودیت‌های مربوط به $\rho = 1.0$

نوع سیستم مقاوم جانبی	الزامات
سیستم مهاربندی شده	حذف یک مهاربند یا اتصال آن
سیستم با دیوار برشی عادی یا دیوارهای برشی هم‌بسته با 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

۳-۲-۳ ساختمان‌ها و یا اجزای زیر مشمول محدودیت‌های مربوط به ضریب نامعینی نمی‌شوند و ρ در آنها باید برابر با ۱/۰ منظور شود:

الف- ساختمان‌های با تعداد طبقات کمتر از ۳ طبقه و یا کوتاه‌تر از ۱۰ متر از تراز پایه

ب- محاسبه تغییر مکان جانبی ساختمان

پ- محاسبه اثر $P - \Delta$

ت- تعیین نیروی جانبی در اجزای غیرسازه‌ای

ث- تعیین نیروی جانبی در سازه‌های غیرساختمانی غیر مشابه ساختمان

ج- تعیین نیروها در دیافراگم‌ها، رابطه (۳-۱۵)

چ- در کلیه اعضایی که مشمول طراحی برای زلزله تشدید یافته می‌شوند و نیروی زلزله در آنها در ضریب اضافه مقاومت Ω_0 ضرب می‌شود.

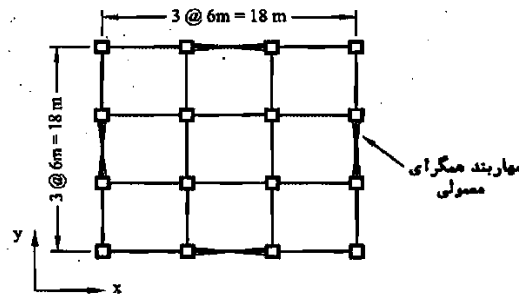
۵۳- در کدامیک از موارد زیر مقدار ضریب نامعینی را نمی‌توان همواره برابر واحد در نظر گرفت؟

- (۱) طراحی اعضای طره‌ای برای مؤلفه قائم زلزله
- (۲) طراحی اعضای مهاربندی در کلیه ساختمان‌های دارای مهاربند معمولی در هر دو راستا
- (۳) کنترل مقاومت محوری ستون‌های فولادی در برابر نیروی محوری ناشی از ترکیبات بار زلزله تشدید یافته
- (۴) طراحی ستون‌های یک ساختمان دوطبقه با سیستم سازه‌ای از نوع قاب خمشی ویژه در هر دو راستا

گزینه ۲

دقت شود که ضریب نامعینی تنها به زلزله‌های افقی اعمال می‌شود و در زلزله قائم لازم نیست ضرب شود.

۵۹- مهاربند‌های یک ساختمان ۴ طبقه مسکونی به ارتفاع ۱۴ متر از تراز پایه به صورت شکل زیر است. محل ساختمان در شهر تهران بوده و بر روی زمین نوع II واقع شده است. مقدار کل نیروی جانبی زلزله وارد بر ساختمان در هریک از دو امتداد x و y برای طراحی مهاربند‌ها به کدامیک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟ (وزن مؤثر لرزه‌ای ساختمان ۱۰۰۰۰ کیلو نیوتن می‌باشد و سیستم مقاوم جانبی در هر دو جهت x و y به صورت قاب ساختمانی ساده با مهاربندی همگرای معمولی فولادی می‌باشد).



$$V_u = 1750 \text{ kN} \quad (۱)$$

$$V_u = 2350 \text{ kN} \quad (۲)$$

$$V_u = 2500 \text{ kN} \quad (۳)$$

$$V_u = 3000 \text{ kN} \quad (۴)$$

گزینه ۳

گام ۱- محاسبه دوره تناوب طراحی. دوره تناوب تحلیلی ارائه نشده بنابراین دوره تناوب بر اساس روابط تجربی محاسبه خواهد شد:

$$T_{\text{طراحی}} = T_{\text{تجربی}} = 0.05 \times 14^{0.75} = 0.36$$

گام ۲- محاسبه ضرایب B1 و N و B:

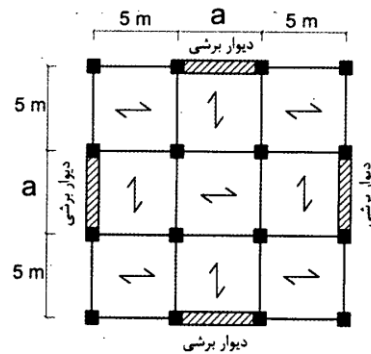
$$\left. \begin{array}{l} T_s = 0.5 \\ T_0 = 0.1 \\ S = 1.5 \\ S_0 = 1 \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} B_1 = (S + 1) = 2.5 = 2.5 \\ N = 1 \end{array} \right\} \quad B = B_1 N = 2.5$$

گام ۳- محاسبه V_u :

$$V_u = \frac{ABI}{R_u} W_e = \frac{0.35 \times 2.5 \times 1}{3.5} 10\,000 = 2500 \text{ kN}$$

- نکته: ضریب نامعینی سازه فوق ممکن است برابر ۱/۲ حاصل شود. اگر سازه در پلان منظم باشد و ضریب نامعینی بر اساس روش الف محاسبه شود، ضریب برابر ۱/۲ خواهد بود و نیروی زلزله محاسبه شده در ترکیب بارها باید به اندازه ۲۰ درصد افزایش یابد. از طرفی همین سازه اگر با روش ب کنترل شود، ممکن پس از محاسبات دقیق مقدار ضریب نامعینی آن برابر بدست آید. بدین منظور باید یکی از بادبندهای ضربدری (یکی از قطری ها) حذف شده و افت مقاومت سازه بررسی شود. با توجه به اینکه در هر راستا چهار بادبند قطری (معادل دو ضربدری) داریم، افت مقاومت بزرگتر از ۲۵٪ خواهد بود (که ممکن است از ۳۳٪ کمتر یا بیشتر شود). همچنین ممکن است سازه دچار پیچش شدید شود (و یا نشود). کنترل این موارد مستلزم اطلاعات بیشتر از جمله هندسه بادبندها، مقاومت فشاری و کششی آنها می‌باشد.
- طراح سوال به اشتباه ضریب نامعینی را ۱/۲ فرض کرده است و در کلید نهایی سازمان گزینه ۱ انتخاب شده است. که از نظر اینجانب این فرض غیر قابل قبول است.

۱۲- پلان یک ساختمان چهار طبقه مسکونی منظم با سیستم باربر جانبی از نوع قاب ساختمانی به همراه دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه مطابق شکل زیر است. حداقل مقدار a برای آنکه مقدار ضریب نامعینی سازه را بتوان برابر واحد در نظر گرفت، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ (فرض کنید مقدار زمان تناوب اصلی کمتر از ۰.۵ ثانیه، ارتفاع طبقه اول برابر ۵ متر و ارتفاع سایر طبقات برابر ۴ متر است. همچنین فرض کنید وزن مؤثر لرزه‌ای طبقات یکسان است).



(۱) ۱۰ متر

(۲) ۸ متر

(۳) ۵ متر

(۴) ۴ متر

گزینه ۱

هر کدام از دیوارهای برشی باید دو دهانه محسوب شود. در طبقه اول داریم:

$$\frac{a}{5} = 2 \text{ دهانه} \rightarrow a = 10 \text{ m}$$

۱۴- زلزله سطح بهره برداری

۳-۱۱ کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره برداری

۳-۱۱-۱ ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» و یا بلندتر از ۵۰ متر و یا بیشتر از ۱۵ طبقه باید برای زلزله سطح بهره برداری کنترل شوند، به طوری که، مطابق تعریف بند (۱-۱-۲)، قابلیت بهره برداری خود را در زمان وقوع زلزله حفظ نمایند. برای این منظور مشخصات سازه این ساختمان‌ها باید چنان باشد که تحت اثر ترکیب بارها در سطح بهره برداری، بدون اعمال ضریب بار، الزامات زیر را تأمین نمایند:

الف- در سازه‌های فولادی تنش‌های ایجاد شده در اعضا از حد رفتار ارتجاعی اعضا تجاوز ننماید. برای کنترل این موضوع در طراحی به روش تنش مجاز، تنش‌های ایجاد شده در اعضا نباید از ۱/۷ برابر مقادیر تنش مجاز عادی تجاوز نماید. در این حالت نباید افزایش مجدد ۳۳٪ در تنش‌های مجاز صورت گیرد. در طراحی به روش حدی تلاش‌های ایجاد شده در اعضا نباید از مقاومت نهایی اسمی اعضا، بدون اعمال ضرایب کاهش مقاومت، تجاوز نماید.

ب- در سازه‌های بتن آرمه تلاش‌های ایجاد شده در اعضا، بدون اعمال ضرایب کاهش مقاومت، از مقاومت نهایی اسمی آنها تجاوز نکند.

تغییر مکان‌های نسبی ارتجاعی بهره برداری طبقات محدودیت بند (۳-۵-۴) را رعایت نماید.

۳-۱۱-۲ در زلزله سطح بهره برداری "تغییر مکان جانبی نسبی بهره برداری" که از تحلیل خطی سازه تحت اثر نیروی زلزله مذکور به دست می‌آید، نباید از ۰/۰۰۵ ارتفاع آن طبقه بیشتر باشد. این محدودیت را در مواردی که نوع و نحوه به کارگیری مصالح و سیستم اتصال قطعات غیر سازه‌ای به گونه‌ای باشد که این قطعات بتوانند در برابر تغییر مکان جانبی بیشتر، بدون خسارات عمده، بر جا بمانند می‌توان تا ۰/۰۰۸ ارتفاع طبقه افزایش داد.

۳-۱۱-۳ مشخصات حرکت زمین در زلزله سطح بهره برداری باید مشابه زلزله طرح، بند (۳-۳)، در نظر گرفته شود، با این تفاوت که شتاب مبنای طرح A در آن به یک ششم مقدار خود کاهش داده شود. در مقابل ضریب رفتار R در محاسبه نیروی جانبی زلزله برابر با یک منظور می‌گردد. به این ترتیب در روش تحلیل استاتیکی معادل مقدار برش پایه در این سطح از رابطه (۳-۱۶) محاسبه می‌شود.

$$V_{scr} = \frac{1}{6} ABIW \quad (۳-۱۶)$$

پارامترهای A, B, I, W تعاریف معمول بند (۳-۳-۱) را دارند.

محاسبات ۹۳

۲۳- کدام جمله صحیح است؟

- ۱) کنترل سازه‌های بلندتر از ۵۰ متر برای زلزله سطح بهره برداری لازم است.
- ۲) کنترل سازه‌ها با هر میزان اهمیت و هر ارتفاع برای زلزله سطح بهره برداری لازم است.
- ۳) ضریب رفتار در زلزله سطح بهره برداری برابر نصف ضریب رفتار در زلزله طرح است.
- ۴) ضریب رفتار در زلزله سطح بهره برداری برابر ۶ است.

۱۵- دیافراگم

۳-۸ دیافراگم‌ها و جمع‌کننده‌ها

۳-۸-۱ در تحلیل سازه ساختمان اثر صلبیت دیافراگم‌ها باید به طور مناسب در نظر گرفته شود. به طور کلی دیافراگم‌ها به سه دسته نرم، نیمه صلب و صلب تقسیم می‌شوند.

الف- در دیافراگم‌هایی که حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها تحت اثر نیروی جانبی زلزله، بند (۳-۳-۶)، بیش از دو برابر تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد، **دیافراگم نرم** تلقی می‌شود. دیافراگم‌های از نوع چوبی یا ورق‌های فلزی تقویت‌نشده بدون پوشش بتن در سازه‌های دارای سیستم جانبی با دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی‌شده ممکن است در این دسته قرار گیرند.

در سازه‌های دارای دیافراگم‌های نرم نیازی به در نظر گرفتن اثر لنگرهای پیچشی در ساختمان بر طبق بندهای (۳-۳-۷-۲) و (۳-۳-۷-۳) نبوده و توزیع نیروی برشی زلزله بین اجزای قائم مقاوم در برابر زلزله بر اساس موقعیت و جرم سهمیه این اجزا انجام می‌شود.

ب- در دیافراگم‌هایی که حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها تحت اثر نیروی جانبی زلزله کمتر از نصف تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد، **دیافراگم صلب** تلقی می‌شود. دیافراگم‌های از نوع دال بتنی یا ورق‌های فلزی همراه با بتن‌آرمه رویه دارای نسبت دهانه به عرض ۳ یا کمتر که دارای هیچ‌یک از نامنظمی‌های مندرج در بند (۱-۷-۱) نباشند، ممکن است در این دسته قرار گیرند.

پ- سایر دیافراگم‌ها **نیمه‌صلب** محسوب شده و اثر سختی نسبی آنها در توزیع نیروها بین اجزای سازه، باید با مدل کردن دیافراگم‌ها، در نظر گرفته شود.

۳-۸-۲ در سازه‌های دارای دیافراگم‌های صلب و نیمه‌صلب در نظر گرفتن اثر لنگرهای پیچشی در ساختمان بر طبق بندهای (۳-۳-۷-۲) و (۳-۳-۷-۳) الزامی است.

۳-۸-۳ دیافراگم‌های صلب و نیمه‌صلب باید برای تلاش‌های برشی و لنگرهای خمشی ناشی از نیروی مؤثر بر دیافراگم‌ها، مطابق رابطه (۳-۱۵) محاسبه شوند.

$$F_{pui} = \left(\frac{\sum_{j=i}^n F_{uj}}{\sum_{j=i}^n W_j} \right) W_i \quad (3-15)$$

در این رابطه:

F_{pui} : نیروی جانبی وارد به دیافراگم در تراز i

W_i : وزن دیافراگم و اجزای متصل به آن در تراز i ، شامل قسمتی از بار زنده مطابق ضابطه بند (۳-۳-۱-۱)

F_{uj} و W_j : به ترتیب، نیروهای وارد به طبقه و وزن طبقه مطابق تعاریف بند (۳-۳-۶)

در رابطه فوق، حداقل مقدار F_{pui} برابر با $0.5 A_i W_i$ است و حداکثر آن لازم نیست بیشتر از $A_i W_i$ در نظر گرفته شود.

۳-۸-۶ در مواردی که تعبیه اجزای "جمع‌کننده" برای انتقال بار از دیافراگم به اجزای مقاوم در برابر بارهای جانبی ضروری باشد، طراحی آنها و اتصالاتشان باید برای زلزله تشدید یافته ($\Omega_0 E$) انجام شود.

۳-۸-۷ در کلیه سازه‌های نامنظم در پلان به لحاظ هندسی، دیافراگم و خارج از صفحه بند (۱-۷-۱) و یا نامنظم در ارتفاع به لحاظ قطع سیستم باربر جانبی بند (۱-۷-۲) در پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و بالاتر، نیروی طراحی اتصالات دیافراگم به اجزای قائم اجزای جمع‌کننده باید به میزان ۲۵٪ افزایش یابد.

۴۹ مقدار نیروی افقی وارد بر دیافراگم سقف طبقه چهارم یک ساختمان اداری شش طبقه در شهر مشهد با مشخصات زیر به کدامیک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (فرض کنید وزن مؤثر لرزه‌ای هر طبقه ۱۵۰۰ کیلو نیوتن، زمان تناوب اصلی ساختمان ۰.۶ ثانیه، ارتفاع طبقات ۴ متر و مقدار نیروی برش پایه برابر ۲۰۰۰ کیلو نیوتن است. همچنین فرض نمایید دیافراگم‌ها صلب بوده و ساختمان فاقد خرپشته است).

۱) ۱۴۵ kN ۲) ۴۸۲ kN ۳) ۴۵۰ kN ۴) ۲۲۵ kN

گزینه ۳

محاسبه مقدار ضریب K :

$$K = 0.75 + 0.5T = 1.05$$

ابتدا نیروی زلزله طرح وارد بر طبقات را محاسبه می‌کنیم:

$$F_{pu4} \frac{\sum_{j=i}^n F_{uj}}{\sum_{j=i}^n W_j} W_i = \frac{F_{u4} + F_{u5} + F_{u6}}{W + W + W} W = \frac{F_{u4} + F_{u5} + F_{u6}}{3}$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{W \times h^{1.05} (4^{1.05} + 5^{1.05} + 6^{1.05})}{Wh^{1.05} \times (1^{1.05} + 2^{1.05} + 3^{1.05} + 4^{1.05} + 5^{1.05} + 6^{1.05})} V_u$$

$$= \frac{1}{3} \times \frac{(4^{1.05} + 5^{1.05} + 6^{1.05})}{(1^{1.05} + 2^{1.05} + 3^{1.05} + 4^{1.05} + 5^{1.05} + 6^{1.05})} \times 2000 = 481 \text{ kN}$$

۳-۸-۳ دیافراگم‌های صلب و نیمه‌صلب باید برای تلاش‌های

برشی و لنگرهای خمشی ناشی از نیروی مؤثر بر

دیافراگم‌ها، مطابق رابطه (۱۵-۳) محاسبه شوند.

$$F_{pui} = \left(\frac{\sum_{j=i}^n F_{uj}}{\sum_{j=i}^n W_j} \right) W_i$$

۳-۳-۶ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان
نیروی برشی پایه V_u ، که طبق بند (۱-۱-۳-۳) محاسبه شده است،
مطابق رابطه زیر در ارتفاع ساختمان توزیع می‌گردد:

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

در این رابطه:

F_{pui} : نیروی جانبی وارد به دیافراگم در تراز i

W_i : وزن دیافراگم و اجزای متصل به آن در تراز i ، شامل

قسمتی از بار زنده مطابق ضابطه بند (۱-۱-۳-۳)

در این رابطه:

F_{ui} : نیروی جانبی در تراز طبقه i

کنترل حداقل و حداکثر:

F_{ui} و W_j : به ترتیب، نیروهای وارد به طبقه و وزن طبقه مطابق تعاریف بند (۳-۳-۶)

در رابطه فوق، حداقل مقدار F_{pui} برابر با $0.5 AIW_i$ است و حداکثر آن لازم نیست

بیشتر از AIW_i در نظر گرفته شود.

$$0.5AIW_i = 0.5 \times 0.3 \times 1 \times 1500 = 225 \text{ kN}$$

$$AIW_i = 0.3 \times 1 \times 1500 = 450 \text{ kN}$$

۲۸- در یک ساختمان ۵ طبقه با زمان تناوب اصلی ۰.۵ ثانیه، مقدار نیروی مؤثر وارد بر دیافراگم پائین‌ترین طبقه جهت طراحی دیافراگم، به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ برش پایه ساختمان برابر V_u ، وزن مؤثر لرزه‌ای کلیه طبقات یکسان و برابر W و ارتفاع کلیه طبقات یکسان و برابر h است؟

$$V_u \quad (۱) \quad \frac{1}{5} V_u \quad (۲) \quad \frac{1}{10} V_u \quad (۳) \quad \frac{1}{15} V_u \quad (۴)$$

گزینه ۲ (سطح سوال: با توجه به تکراری بودن، آسان)

نیروی زلزله وارد بر طبقات برابر است با:

محاسبه مقدار ضریب K :

$$K = 0.75 + 0.5T = 1$$

$$F_5 = \frac{Wh \times 5}{Wh(1+2+3+4+5)} V_u = \frac{5V_u}{15}$$

$$F_4 = \frac{Wh \times 4}{Wh(1+2+3+4+5)} V_u = \frac{4V_u}{15}$$

$$F_3 = \frac{Wh \times 3}{Wh(1+2+3+4+5)} V_u = \frac{3V_u}{15}$$

$$F_2 = \frac{Wh \times 2}{Wh(1+2+3+4+5)} V_u = \frac{2V_u}{15}$$

$$F_1 = \frac{Wh \times 1}{Wh(1+2+3+4+5)} V_u = \frac{1V_u}{15}$$

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:

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

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

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

نیروی وارد دیافراگم طبقه اول:

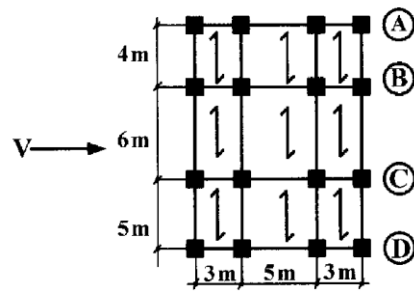
$$F_{p1} = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5}{5W} W = \frac{V_u}{5}$$

۳-۸-۳ دیافراگم‌های صلب و نیمه‌صلب باید برای تلاش‌های برشی و لنگرهای خمشی

ناشی از نیروی مؤثر بر دیافراگم‌ها، مطابق رابطه (۳-۱۵) محاسبه شوند.

$$F_{pui} = \left(\frac{\sum_{j=1}^n F_{uj}}{\sum_{j=1}^n W_j} \right) W_i \quad (۳-۱۵)$$

۷- نسبت سهم قاب D با دیافراگم صلب، به سهم قاب D با دیافراگم انعطاف‌پذیر، از نیروی برشی V کدام است؟



قاب	سختی قاب
A	3K
B	2K
C	2K
D	3K

۲/۱ (۴)

۱/۸ (۳)

۱/۵ (۲)

۱/۲ (۱)

۳- در یک ساختمان واقع در تهران، چنانچه تعبیه اجزای "جمع‌کننده" برای انتقال بار از دیافراگم به اجزای مقاوم در برابر بارهای جانبی ضرورت داشته باشد، در طراحی آنها، مقدار نیروی زلزله چقدر باید در نظر گرفته شود؟

۱.۲۵Ω_۰E (۲)Ω_۰E (۱)

E (۴)

۱.۲۵E (۳)

گزینه ۱

۳-۸-۶ در مواردی که تعبیه اجزای "جمع‌کننده" برای انتقال بار از دیافراگم به اجزای مقاوم در برابر بارهای جانبی ضروری باشد، طراحی آنها و اتصالاتشان باید برای زلزله شدید یافته (Ω_۰E) انجام شود.

۳-۸-۷ در کلیه سازه‌های نامنظم در پلان به لحاظ هندسی، دیافراگم و خارج از صفحه بند (۱-۷-۱) و یا نامنظم در ارتفاع به لحاظ قطع سیستم باربر جانبی بند (۱-۷-۲) در پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و بالاتر، نیروی طراحی اتصالات دیافراگم به اجزای قائم اجزای جمع‌کننده باید به میزان ۲۵٪ افزایش یابد.

۱۶- تغییر مکان جانبی

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 به دست 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)

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

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

- در سایر ساختمان‌ها $\Delta_a = 0.020h$

در این روابط h ارتفاع طبقه است.

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

۳-۵-۴ در ساختمان‌های نامنظم پیچشی و یا نامنظم شدید پیچشی، برای محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه Δ_{eu} ، به جای تفاوت بین تغییر مکان‌های جانبی مراکز جرم کف‌ها، باید تفاوت بین تغییر مکان‌های جانبی کف‌های بالا و پایین آن طبقه در امتداد محورهای کناری ساختمان مد نظر قرار گیرد.

۳-۵-۵ در سازه‌های بتن‌آرمه در تعیین تغییر مکان جانبی نسبی طرح، ممان اینرسی مقطع ترک خورده قطعات را می‌توان، مطابق توصیه آیین‌نامه بتن ایران «آبا» برای تیرها $I_g 0.35$ ، برای ستون‌ها $I_g 0.7$ ، و برای دیوارها $I_g 0.35$ یا $I_g 0.7$ نسبت به میزان ترک خوردگی آنها، منظور کرد. برای زلزله بهره‌برداری مقادیر این ممان اینرسی‌ها را می‌توان تا ۱/۵ برابر افزایش داد و از اثر $P-\Delta$ نیز صرف نظر کرد.

۱۴- یک ساختمان سه طبقه با سیستم سازه‌ای از نوع قاب خمشی متوسط و زمان تناوب اصلی 0.6 ثانیه و با ارتفاع طبقات به ترتیب از پایین به بالا برابر 4 متر، 3.5 متر و 3 متر مفروض می‌باشد. در صورتی که براساس تحلیل استاتیکی معادل و با در نظر گرفتن اثرات $P - \Delta$ ، تغییر مکان جانبی ناشی از زلزله طرح نسبت به تراز پایه در طبقات اول تا سوم به ترتیب برابر 20 میلی‌متر، 42.5 میلی‌متر و 60 میلی‌متر باشد، تغییر مکان جانبی نسبی واقعی در کدام طبقه یا طبقات از مقدار مجاز بیشتر است؟

- (۱) طبقه ۱ و 2 (۲) طبقه ۱ (۳) طبقه 2 و 3 (۴) طبقه 3
گزینه ۳

با فرض اینکه سازه بتنی باشد و بر اساس آیین نامه جدید:

$$C_d \Delta_a = 4.5 \times \frac{2}{400} = 0.0225 < 0.025$$

$$C_d \Delta_a = 4.5 \times \frac{4.25 - 2}{350} = 0.0289 \ngtr 0.025$$

$$C_d \Delta_a = 4.5 \times \frac{6 - 4.25}{300} = 0.02625 \ngtr 0.025$$

۱۰- ساختمانی هفت طبقه دارای سیستم قاب خمشی فولادی متوسط به ارتفاع ۲۱m، با استفاده از نرم‌افزار تحلیل خطی شده است. در صورتی که خروجی‌های نرم‌افزار تغییر مکان مرکز جرم دو طبقه‌ی متوالی را به ترتیب ۷/۷۷cm و ۶/۲۴cm نشان دهد، گزینه‌ی صحیح کدام است؟ (ارتفاع طبقات یکسان است).

- (۱) تغییر مکان جانبی نسبی طرح طبقه از مقدار مجاز کم‌تر است.
(۲) تغییر مکان جانبی نسبی طرح طبقه با مقدار مجاز برابر است.
(۳) تغییر مکان جانبی نسبی طرح طبقه از مقدار مجاز بیش‌تر است.
(۴) تغییر مکان جانبی نسبی طرح طبقه با اطلاعات فوق امکان‌پذیر نیست.

گزینه ۳

بر اساس آیین نامه جدید:

$$C_d \Delta_a = 4 \times \frac{7.77 - 6.24}{300} = 0.0204 \ngtr 0.02$$

۱۱- یک قاب ساختمانی فولادی با سیستم سازه‌ای از نوع قاب خمشی متوسط با زمان تناوب 0.4 ثانیه مطابق شکل با ارتفاع طبقات داده شده مفروض است. با در نظر گرفتن اثر $P - \Delta$ در صورتی که تغییر مکان جانبی ناشی از زلزله طرح طبقه اول 1.5 سانتی‌متر و طبقه دوم 3.75 سانتی‌متر و طبقه سوم 5 سانتی‌متر نسبت به تراز پایه باشد، تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح در کدام طبقه و یا طبقات از مقدار مجاز بیش‌تر می‌باشد.



۵۹- در یک ساختمان مسکونی منظم با سیستم قاب خمشی بتنی ویژه به ارتفاع ۲۴ متر از تراز پایه، مقادیر زمان تناوب اصلی سازه براساس دو نوع تحلیل با سختی‌های کاهش یافته اعضاء به شرح جدول زیر به دست آمده است. حداکثر زمان تناوب برای محاسبه تغییر مکان جانبی نسبی طرح در تحلیل استاتیکی معادل به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (اثر جداگرهای میان‌قاب‌ی ناچیز فرض شود)

زمان تناوب (ثانیه)	سختی ستون	سختی تیر	تحلیل
1.612	$0.7 I_g$	$0.35 I_g$	1
1.425	I_g	$0.5 I_g$	2

$$T = 1.612 \text{ sec (۱)}$$

$$T = 1.425 \text{ sec (۲)}$$

$$T = 1.092 \text{ sec (۳)}$$

$$T = 0.837 \text{ sec (۴)}$$

گزینه ۲.

۳-۵-۳ در محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه Δ_{e_u} ، 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) 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 (۱-۳-۳) در خصوص حداقل برش پایه در محاسبات تغییر مکان نسبی ضروری است.

ابتدا دوره تناوب سازه از سازه **A** استخراج میشود سپس زلزله دریافت محاسبه شده و به سازه **B** اعمال می شود تغییر مکانها باید از سازه **B** استخراج شود

۳-۳-۳ سختی مقاطع بتن آرمه

در محاسبه زمان تناوب اصلی ساختمان‌های بتن آرمه اثر ترک خوردگی اعضاء در سختی خمشی آنها باید در نظر گرفته شود. بدین منظور می‌توان سختی مؤثر اعضا را برابر با مقادیر زیر در نظر گرفت:

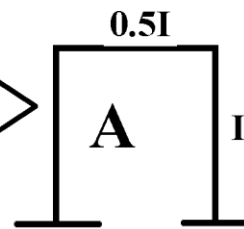
$$I_e = 0.5 I_g$$

$$I_e = I_g$$

- در تیرها

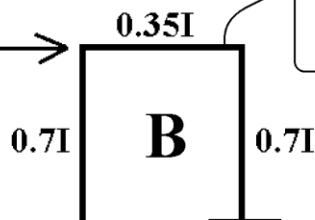
- در ستون‌ها و دیوارها

در این روابط I_g ممان اینرسی مقطع کل عضو بدون در نظر گرفتن فولاد است. توجه شود مقادیر فوق تنها در محاسبه زمان تناوب اصلی ساختمان کاربرد دارد.



تابع دوره تناوب T

$$E\text{-drift} = \frac{AB I}{R} W$$



۳-۵-۵ در سازه‌های بتن آرمه در تعیین تغییر مکان جانبی نسبی طرح، ممان اینرسی مقطع ترک خورده مقاطع را می‌توان، مطابق توصیه آیین‌نامه بتن ایران «آبا» برای تیرها $0.7 I_g$ ، برای ستون‌ها $0.7 I_g$ ، و برای دیوارها $0.7 I_g$ یا $0.7 I_g$ نسبت به میزان ترک خوردگی آنها، منظور کرد. برای زلزله بهره‌برداری مقادیر این ممان اینرسی‌ها را می‌توان تا ۱/۵ برابر افزایش داد و از اثر $P-\Delta$ نیز صرف‌نظر کرد.

$$\left. \begin{aligned} T_{\text{قاب خمشی بتنی تجربی}} &= 0.05 H^{0.9} = 0.873 \text{ sec} \\ T_{\text{قاب خمشی بتنی تحلیلی}} &= 1.425 \end{aligned} \right\} T_{\text{زلزله طرح}} = \text{Min}(1.25 \times 0.873, 1.425) = 1.092 \text{ sec}$$

$$T_{\text{زلزله دریافت}} = 1.425 = 1.425 \text{ sec}$$

۴۷- در یک بیمارستان پنج طبقه به ارتفاع ۲۴ متر از تراز پایه و با سیستم قاب خمشی بتنی ویژه در هر دو راستای اصلی، مقادیر زمان تناوب اصلی سازه براساس دو نوع تحلیل با سختی‌های کاهش یافته اعضا به شرح جدول زیر است. حداکثر زمان تناوب برای تعیین تغییر مکان جانبی نسبی در اثر زلزله طرح در تحلیل استاتیکی معادل به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (اثر جداگرهای میان قابی ناچیز فرض شود).

تحلیل	سختی ستون	سختی تیر	زمان تناوب (ثانیه)
1	0.7Ig	0.35Ig	1.43
2	Ig	0.5Ig	1.20

(۲) ۱.۴۰ ثانیه

(۱) ۰.۸۷ ثانیه

(۴) ۱.۰۹ ثانیه

(۳) ۱.۲۰ ثانیه

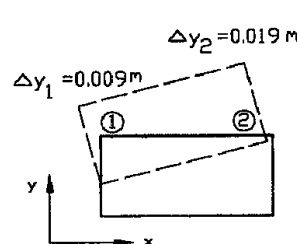
گزینه ۴

با توجه به کاربری سازه (بیمارستان) برای محاسبه نیروی زلزله جهت محاسبه دریافت سازه نمی توان مستقیماً از دوره تناوب تحلیل استفاده نمود.

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.

$$T = \min \left(T_{\text{تحلیل}}, 1.25 T_{\text{تجربی}} \right) = \min (1.2, 1.25 \times 0.05 \times 24^{0.9}) = \min (1.2, 1.09) = 1.09$$

۵- در صورتی که تغییر مکان دال صلب سقف یک سازه یک طبقه با ارتفاع ۳ متر و سیستم باربر قاب فولادی متوسط و با پرپود طبیعی ۰.۵ ثانیه به صورت شکل زیر باشد در مورد محاسبه تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح، کدامیک از موارد زیر صحیح می باشد: ($\theta_1 < 0.1$)



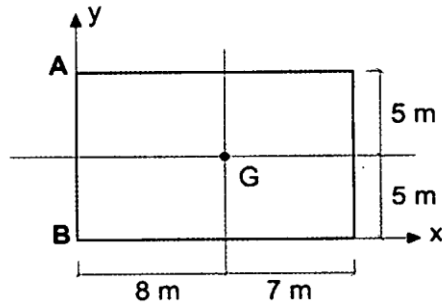
(۱) تغییر مکان سازه در حد مجاز می باشد و $\bar{\Delta}_M = 0.0686 \text{ m}$

(۲) تغییر مکان سازه بیش از حد مجاز می باشد و $\bar{\Delta}_M = 0.0931 \text{ m}$

(۳) تغییر مکان سازه در حد مجاز می باشد و $\bar{\Delta}_M = 0.0441 \text{ m}$

(۴) تغییر مکان سازه بیش از حد مجاز می باشد و $\bar{\Delta}_M = 0.0355 \text{ m}$

۹- پلان سقف یک ساختمان یک طبقه با اهمیت خیلی زیاد و موقعیت مرکز جرم آن در شکل نشان داده شده است. محاسبات نشان می‌دهد که بر اثر نیروی زلزله طرح (V_u) در راستای y، با احتساب اثرات پیچش و برون مرکزی و اثرات P-Δ، گره A در راستای مثبت y برابر 15 mm و در راستای منفی x برابر 5 mm جابجا می‌شود. اگر در این حالت، تغییر مکان گره B در راستای مثبت x برابر 4 mm باشد، تغییر مکان جانبی نسبی طبقه Δ_{eu}، برای کنترل محدودیت تغییر مکان جانبی نسبی طبقات به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟ (سقف را صلب فرض کنید).



(۱) 15 mm

(۲) 19 mm

(۳) 23 mm

(۴) 29 mm

گزینه ۴

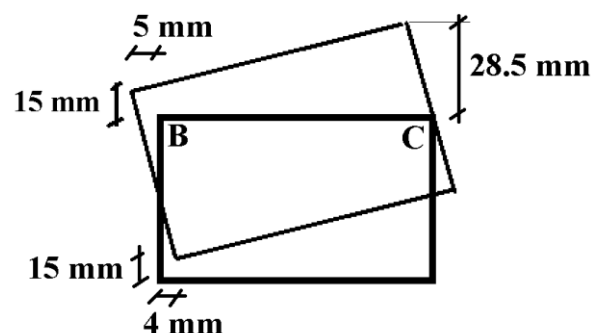
مقدار دوران پلان در شکل زیر برابر $\gamma = \frac{5^{mm} + 4^{mm} = 9^{mm}}{10000^{mm}} = 9 \times 10^{-4} rad$ می‌باشد. بنابراین تغییر مکان قائم نقطه C برابر خواهد بود با:

$$\Delta_C = 15^{mm} + \gamma \times 15000^{mm} = 28.5^{mm}$$

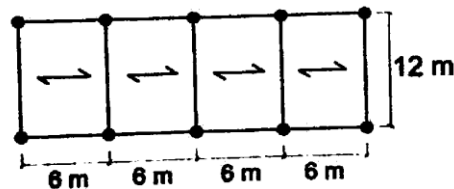
باید کنترل کنیم که سازه نامنظم پیچشی هست یا نه:

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{ave}} = \frac{28.5}{\left(\frac{15+28.5}{2}\right)} = 1.31$$

بنابراین سازه نامنظم پیچشی می‌باشد و باید دریافت لبه سازه منظور شود (28.5 mm)



۲۲- یک سالن یک طبقه منظم با سقف تخت صلب که پلان آن در شکل زیر نشان داده شده است، در تبریز ساخته خواهد شد. برای سازه این سالن، سیستم کنسولی با سازه فولادی ویژه در نظر گرفته شده است. اگر ارتفاع سقف از تراز پایه ۵ متر، زمین نوع III، وزن موثر لرزه‌ای ساختمان 1200 kN و مقطع ستون‌ها لوله فرض شوند، حداقل ممان اینرسی مقطع ستون‌ها برحسب mm^4 برای اینکه تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی طبقه از مقدار مجاز بیشتر نشود به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (ساختمان با اهمیت زیاد فرض می‌شود).



($F_y = 240 \text{ MPa}$)

1) 19000×10^4

2) 24000×10^4

3) 32000×10^4

4) 35000×10^4

گزینه ۲ (سطح سوال: سخت)

جهت محاسبه نیروی زلزله دوره تناوب سازه باید محاسبه شود. برای سیستم کنسولی متاسفانه رابطه تجربی توسط آیین نامه ارائه نشده است. ولی از طرفی جهت محاسبه تغییر مکان‌ها جهت کنترل دریافت طبق بند زیر نیازی به دوره تناوب تجربی نیست. بلکه می‌توان مستقیماً دوره تناوب را بر اساس تحلیل سازه بدست آورد.

۳-۵-۳ در محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه Δ_{ei} ، 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) 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 (۱-۳-۳) در خصوص حداقل برش پایه در محاسبات تغییر مکان نسبی ضروری است.

با فرض اینکه ممان اینرسی ستونها حدوداً برابر 24000×10^4 باشد، دوره تناوب سازه برابر است با:

$$\left. \begin{aligned} T &= 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}} \\ M &= \frac{1200000}{9.81} = 122324 \\ K &= 10 \left(\frac{3EI}{L^3} \right) = 10 \left(\frac{3 \times 2 \times 10^5 \times 24000 \times 10^4}{5000^3} \right) = 11520 \frac{N}{mm} = 11.52 \times 10^6 \frac{N}{m} \\ T &= 2\pi \sqrt{\frac{122324}{11.52 \times 10^6}} = 0.64 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\rightarrow \text{نوع خاک III} \rightarrow B = 2.75 \end{aligned}$$

کل نیروی زلزله وارد بر سازه برابر است با:

$$E = \frac{ABI}{R} W = \frac{0.35 \times 2.75 \times 1.2}{2} (1200) = 693 \text{ kN}$$

با توجه به تقارن و صلب بودن سقف و یکسان بودن ستونها، نیرو به صورت مساوی بین آنها تقسیم می‌شود. و نیروی وارد بر هر ستون برابر $V_{col} = \frac{693}{10} = 69.3 \text{ kN}$ می‌باشد. جابجایی جانبی ستونها با توجه به طره بودن آنها (سیستم کنسولی) برابر است با:

$$\Delta = \frac{Vh^3}{3EI} = \frac{69300 \times 5000^3}{3 \times 200000 \times I} = \frac{14.437 \times 10^9}{I}$$

تغییر مکان غیر خطی طبقه باید کمتر از 0.025 برابر ارتفاع طبقه باشد:

$$\left(C_d \Delta = 2 \times \frac{14.437 \times 10^9}{I} \right) \leq 0.025 \times 5000 \rightarrow I \geq 23100 \times 10^4$$

۲۲- اگر در محاسبه کامپیوتری یک ساختمان بتن آرمه از نوع قاب خمشی، در محاسبه سختی موثر تیرها مقدار ممان اینرسی تیرها برابر $0.35I_g$ و در محاسبه سختی موثر ستون‌ها مقدار ممان اینرسی ستون‌ها برابر $0.7I_g$ در نظر گرفته شده باشد (I_g = ممان اینرسی مقطع کل عضو بدون در نظر گرفتن فولاد است)، مقدار زمان تناوب محاسباتی حاصل از این محاسبات چه نسبتی (حدوداً) با مقدار محاسباتی مورد نظر استاندارد 2800 خواهد داشت ؟

۱.۴۳ (۲)

۱.۲۰ (۷)

۰.۸۴ (۴)

۰.۷۰ (۳)

گزینه ۱ (سطح سوال: متوسط)

دوره تناوب متناسب با سختی تغییر میکند:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}}$$

دوره تناوب باید از سازه ای استخراج شود که ضریب سختی تیر و ستون به ترتیب 0.5 و 1 باشد. بنابراین:

$$\frac{T_{\text{تیر 0.35 ستون 0.7}}}{T_{\text{تیر 0.5 ستون 1}}} = \frac{2\pi \sqrt{\frac{M}{K_{\text{تیر 0.35 ستون 0.7}}}}}{2\pi \sqrt{\frac{M}{K_{\text{تیر 0.5 ستون 1}}}}} = \sqrt{\frac{K_{\text{تیر 0.5 ستون 1}}}{K_{\text{تیر 0.35 ستون 0.7}}}} = \sqrt{1.42} = 1.195$$

$$T_{\text{تیر 0.35 ستون 0.7}} = 1.195 T_{\text{تیر 0.5 ستون 1}}$$

نکته: کسانی که تجربه طراحی دارند، می دانند که دوره تناوب در سازه اصلی (تیر 0.35 ستون 0.7) اندکی بیش از دوره تناوب مد نظر آیین نامه (تیر 0.5 ستون 1) می باشد و گاهی برای راحتی کار به جای ایجاد مدل ویژه برای محاسبه دوره تناوب، دوره تناوب را از فایل اصلی می خوانند و در عوض به 1.2 تقسیم می کنند. بنابراین برای دوستانی که تجربه طراحی دارند این سوال را بدون حل هم می توانستند پاسخ دهند.

- ۱۳- برای کنترل محدودیت تغییر مکان جانبی نسبی، کدام یک از عبارات زیر در خصوص تعیین تغییر مکان جانبی نسبی طبقات یک ساختمان در برابر نیروی زلزله صحیح است؟
- (۱) تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه همواره برابر اختلاف بین تغییر مکان های جانبی حداکثر کف های بالا و پایین آن طبقه است.
- (۲) اگر ساختمان نامنظم شدید پیچشی نباشد، تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه را همواره می توان برابر اختلاف بین تغییر مکان های جانبی واقعی مراکز جرم کف های بالا و پایین آن طبقه در نظر گرفت.
- (۳) تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه را همواره می توان برابر اختلاف بین تغییر مکان های جانبی واقعی مراکز جرم کف های بالا و پایین آن طبقه در نظر گرفت.
- (۴) اگر ساختمان نامنظم شدید پیچشی باشد، تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه را باید برابر اختلاف بین تغییر مکان های جانبی کف های بالا و پایین آن طبقه در امتداد محورهای کناری ساختمان در نظر گرفت.

گزینه ۴ (سطح سوال آسان)

۳-۵ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

۳-۵-۱ تغییر مکان جانبی نسبی واقعی هر طبقه، که اختلاف بین تغییر مکان های جانبی واقعی مراکز جرم کف های 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 غیر خطی سازه قابل محاسبه است، ولی می توان آن را با تقریب خوبی از رابطه زیر به دست آورد:

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

۳-۵-۴ در ساختمان های نامنظم پیچشی و یا نامنظم شدید پیچشی، برای محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه Δ_{eu} ، به جای تفاوت بین تغییر مکان های جانبی مراکز جرم کف ها، باید تفاوت بین تغییر مکان های جانبی کف های بالا و پایین آن طبقه در امتداد محورهای کناری ساختمان مد نظر قرار گیرد.

- ۲۰- در یک ساختمان فولادی ۴ طبقه با اهمیت خیلی زیاد و کاملاً منظم از سیستم قاب خمشی فولادی متوسط در هر دو امتداد ساختمان استفاده شده است. تغییر مکان جانبی طبقه سوم و دوم ناشی از زلزله طرح (با احتساب ضریب نامعینی برابر یک) به روش استاتیکی معادل در مرکز جرم طبقات ساختمان به ترتیب برابر ۵۰ و ۲۵ میلی متر محاسبه شده است. اگر ارتفاع طبقه سوم برابر ۴ متر باشد، براساس این اطلاعات تغییر مکان جانبی نسبی غیر خطی این طبقه چه مقدار بوده و آیا در حد مجاز است؟ اثر $P-\Delta$ منظور شده است و طراحی ساختمان به روش ضرایب بار و مقاومت مدنظر است.

- (۱) ۲۵ میلی متر، در حد مجاز است. (۲) ۵۰ میلی متر، در حد مجاز نیست.
- (۳) ۸۰ میلی متر، در حد مجاز است. (۴) ۱۰۰ میلی متر، در حد مجاز است.

گزینه ۴ (سطح سوال آسان)

$$\Delta_M = C_d \Delta_{eu} = 4 \times (50 - 25) = 100 \text{ mm} \leq \Delta_a = 0.025h = 0.025 \times 4000 = 100 \text{ mm} \quad OK$$

۳-۶ اثر P-Δ

در کلیه سازه‌ها تأثیر بار محوری در عناصر قائم بر روی تغییر مکان‌های جانبی آنها، برش‌ها و لنگرهای خمشی موجود در اعضا و نیز تغییر مکان‌های جانبی طبقات را افزایش می‌دهد. این افزایش به اثر ثانویه و یا اثر P-Δ معروف است. این اثر در مواردی که شاخص پایداری θ_i ، در رابطه (۳-۱۱)، کمتر از ده درصد باشد ناچیز بوده و می‌تواند نادیده گرفته شود. ولی اگر θ_i بیشتر از ده درصد باشد، این اثر باید در محاسبات منظور گردد.

$$\theta_i = \left[\frac{P_u \Delta_{ei}}{V_u h} \right]_i \quad (۳-۱۲)$$

در این رابطه:

P_{ui} = مجموع بارهای مرده و زنده موجود در طبقه i تا n، طبقه آخر، در حد مقاومت

Δ_{ei} = تغییر مکان جانبی نسبی اولیه در طبقه i حاصل از تحلیل خطی

V_{ui} = مجموع نیروی برشی وارد در طبقه i

h_i = ارتفاع طبقه i

شاخص پایداری θ_i در سازه‌ها نباید از θ_{max} در رابطه (۳-۱۲) بیشتر باشد. در این موارد احتمال ناپایداری سازه موجود است و باید در طراحی آن تجدید نظر شود.

$$\theta_{max} = \frac{0.65}{c_d} \leq 0.25 \quad (۳-۱۳)$$

برای منظور کردن اثر P-Δ در طراحی سازه‌ها یا می‌توان این اثر را همراه با سایر عوامل در تحلیل سازه‌ها منظور کرد و نیروهای داخلی اعضاء را به‌دست آورد و یا می‌توان از روش‌های تقریبی عنوان‌شده در آیین‌نامه‌های طراحی استفاده نمود. همچنین می‌توان روش تقریبی ارائه شده در پیوست (۳) را مورد استفاده قرار داد. در کلیه موارد، تغییر مکان‌های جانبی طبقات که در محاسبات نیروهای داخلی به‌کار برده می‌شوند باید تغییر مکان‌های جانبی نسبی افزایش یافته طبقات، $\bar{\Delta}_{ei}$ باشند.

تغییر مکان افزایش یافته جانبی نسبی طبقه با منظور کردن اثر P-Δ، را می‌توان از رابطه (۳-۱۴) محاسبه کرد:

$$\bar{\Delta}_{ei} = \frac{\Delta_{ei}}{1 - \theta_i} \quad (۳-۱۴)$$

محاسبات ۹۳

۲۰- در تحلیل کامپیوتری یک سازه برای زلزله، تغییر مکان جانبی نسبی اولیه یکی از طبقات (بدون لحاظ اثر $P - \Delta$) برابر ۵۰ میلی‌متر و در تحلیل دیگری با لحاظ اثر $P - \Delta$ مقدار تغییر مکان افزایش یافته جانبی نسبی همان طبقه ۷۰ میلی‌متر حاصل شده است. برای این ساختمان خاص از نظر پایداری چه می‌توان گفت؟

- ۱) احتمال ناپایداری سازه موجود است و باید در طراحی تجدیدنظر شود.
- ۲) اعلام نظر برای پایداری این سازه نیازمند دانستن ضریب رفتار آن می‌باشد.
- ۳) برای بررسی پایداری لازم است برش طبقه و بار کل مرده و زنده از آن طبقه تا طبقه آخر محاسبه شود.
- ۴) دانستن ارتفاع طبقه و زمان تناوب اصلی سازه برای بررسی پایداری لازم می‌باشند.

گزینه ۱

$$70 = \frac{50}{1 - \theta_i} \rightarrow \theta_i = 0.286 > 0.25$$

شاخص پایداری بیش از ۰.۲۵ بوده و سازه ناپایدار است.

محاسبات ۹۴

۴۱- جابجایی جانبی نسبی واقعی طرح طبقه‌ای از یک ساختمان بدون لحاظ اثر $P - \Delta$ برابر ۴۰ میلی‌متر و در تحلیل با لحاظ اثر $P - \Delta$ برابر ۵۰ میلی‌متر بدست آمده است. شاخص پایداری برای آن طبقه حدوداً چقدر می‌باشد؟

- ۰.۰۵ (۱) ۰.۱ (۲) ۰.۲۵ (۳) ۰.۲ (۴)

گزینه ۴

$$50 = \frac{40}{1 - \theta_i} \rightarrow \theta_i = 0.2$$

محاسبات ۸۹

۹- برای یک طبقه از یک سازه فولادی تغییر مکان نسبی محاسبه شده برای بار زلزله به کمک نرم افزار کامپیوتری برای گزینه بدون لحاظ اثر $P - \Delta$ ، برابر ۲۵ میلی‌متر و برای گزینه با لحاظ اثر $P - \Delta$ ، برابر ۳۰ میلی‌متر بدست آمده است، شاخص پایداری طبقه مزبور چقدر می‌باشد؟

- ۰.۲۵ (۱) ۰.۲۰ (۲) ۰.۱۷ (۳) ۰.۱۲ (۴)

۱۷- در یک ساختمان مسکونی سه طبقه در شهر اراک در برابر نیروی زلزله، تغییر مکان جانبی نسبی خطی یکی از طبقات به ارتفاع 3.5 متر، بدون در نظر گرفتن اثرات P-Δ برابر 25 mm می‌باشد. برای اینکه این طبقه دارای تغییر مکان قابل قبول باشد، کدام سیستم باربر جانبی را نمی‌توان به کار برد؟ (شاخص پایداری در محاسبات برابر 0.11 فرض شود. ارتفاع کل این ساختمان از تراز پایه برابر 10 متر می‌باشد).

(۱) قاب خمشی فولادی متوسط

(۲) قاب خمشی فولادی معمولی

(۳) دیوار باربر بتن پاششی سه بعدی

(۴) دیوار باربر برشی با مصالح بنایی مسلح

گزینه ۱ (سطح سوال متوسط)

تغییر مکان خطی طبقه با احتساب اثر P-delta برابر است با:

$$\Delta_{\text{خطی}} = \frac{25}{1 - 0.11} = 28.09 \text{ mm}$$

$$(\Delta_a = C_d \times 28.09) < (0.025h = 0.025 \times 3500 = 87.5 \text{ mm}) \rightarrow C_d < 3.11$$

۳-۶ اثر P-Δ

تغییر مکان افزایش یافته جانبی نسبی طبقه با منظور کردن اثر P-Δ، را می‌توان از رابطه (۳-۱۴) محاسبه کرد:

$$\bar{\Delta}_{eu} = \frac{\Delta_{eu}}{1 - \theta_i} \quad (۳-۱۴)$$

۳-۵ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

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

در این رابطه:

Δ_M = تغییر مکان جانبی نسبی غیر خطی و یا تغییر مکان نسبی واقعی طبقه

C_d = ضریب بزرگنمایی مطابق جدول (۳-۴)

۳-۵-۲ مقدار Δ_M که با منظور کردن اثر P-Δ در محاسبه Δ_M به دست می‌آید نباید از مقدار مجاز Δ_a زیر تجاوز نماید.

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

- در سایر ساختمان‌ها $\Delta_a = 0.020h$

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)
الف- سیستم دیوارهای باربر	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۳	۲/۵	۳	۱۵
	۷- دیوارهای بتن پاششی سه بعدی	۳	۲	۳	۱۰
ب- سیستم قاب خمشی	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	۵	۳	۴	۵۰
	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۱]	۳/۵	۳	۳	-

۱۸- درز انقطاع

۴-۱ ملاحظات معماری

۴-۱-۱ برای حذف و یا کاهش خسارت و خرابی ناشی از ضربه ساختمان‌های مجاور به یکدیگر، ساختمان‌ها باید با پیش‌بینی درز انقطاع از یکدیگر جدا شده و یا با فاصله‌ای حداقل از مرز مشترک با زمین‌های مجاور ساخته شوند. برای تأمین این منظور، در ساختمان‌های با هشت طبقه و کمتر، فاصله هر طبقه از مرز زمین مجاور حداقل باید برابر پنج هزارم ارتفاع آن طبقه از روی تراز پایه باشد. در ساختمان‌های با بیشتر از هشت طبقه و یا ساختمان‌های با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" با هر تعداد طبقه، عرض درز انقطاع باید با استفاده از ضابطه بند (۳-۵-۶) تعیین شود.

فاصله درز انقطاع را می‌توان با مصالح کم‌مقاومت، که در هنگام وقوع زلزله بر اثر برخورد دو ساختمان به آسانی خرد می‌شوند، به نحو مناسبی پر نمود به‌طوری که پس از زلزله به سادگی قابل جایگزین کردن و بهسازی باشد.

۳-۵-۶ در ساختمان‌های با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" با هر تعداد طبقه و یا در ساختمان‌های بیشتر از هشت طبقه، عرض درز انقطاع بین ساختمان و ساختمان مجاور باید با استفاده از تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح در طبقه (با در نظر گرفتن اثر $P-\Delta$) تعیین شود. برای این منظور پس از محاسبه این تغییر مکان برای هر دو ساختمان می‌توان از جذر مجموع مربعات دو عدد برای تعیین درز انقطاع استفاده نمود. در صورتی که مشخصات ساختمان مجاور در دسترس نباشد، حداقل فاصله هر طبقه ساختمان از زمین مجاور باید برابر ۷۰٪ مقدار تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح در آن طبقه ساختمان در نظر گرفته شود.

$$\left. \begin{array}{l} \text{سازه با اهمیت متوسط کمتر از 9 طبقه} \\ \text{سازه با اهمیت متوسط بیش از 8 طبقه} \\ \text{سازه با اهمیت زیاد و خیلی زیاد} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{فاصله از زمین مجاور} = \frac{h}{200} \\ \text{زلزله طرح} = 0.7 \times C_d \times \Delta \end{array}$$

محاسبات ۹۵

۵۷- در دو ساختمان منظم ده طبقه از روی تراز پایه و از نوع قاب خمشی فولادی ویژه و با مشخصات کاملاً یکسان، تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه در هریک از ساختمان‌ها تحت اثر زلزله طرح و با در نظر گرفتن اثر $P-\Delta$ ، برابر ۱۴ میلی‌متر بر اساس روش استاتیکی معادل محاسبه شده است. چنانچه ارتفاع طبقات هر دو ساختمان برابر ۴ متر فرض شود، آنگاه حداقل درز انقطاع بین این دو ساختمان در تراز طبقه بام به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (این دو ساختمان مربوط به یک ملک است).

(۱) ۱.۵۰ متر (۲) ۱.۱۰ متر (۳) ۰.۸۵ متر (۴) ۰.۴۰ متر

گزینه ۲

اگر در هر طبقه ۱۴mm تغییر مکان نسبی داشته باشیم، مقدار جابجایی در بام برابر $14 \times 10 = 140 \text{ mm}$ خواهد بود.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta_I = C_d \times \Delta_{\text{زلزله طرح}} = 5.5 \times 140 = 770 \text{ mm} \\ \Delta_{II} = C_d \times \Delta_{\text{زلزله طرح}} = 5.5 \times 140 = 770 \text{ mm} \end{array} \right\} \Delta_{\text{درز}} = \sqrt{\Delta_I^2 + \Delta_{II}^2} = 770\sqrt{2} = 770 \times 1.4 = 1078 \text{ mm}$$

۵- در دو ساختمان منظم، اولی 10 طبقه و دومی 20 طبقه و هر دو از نوع قاب خمشی فولادی ویژه و با اهمیت خیلی زیاد، براساس محاسبات تغییرمکان جانبی نسبی کلیه طبقات در هر دو ساختمان تحت اثر زلزله طرح و با در نظر گرفتن اثر $P-\Delta$ یکسان است. چنانچه ارتفاع طبقات هر دو ساختمان یکسان و برابر 3.6 متر و در تراز بام ساختمان کوتاه‌تر عرض درز انقطاع بین دو ساختمان برابر 1.2 متر باشد، آنگاه حداکثر تغییرمکان جانبی قابل قبول ساختمان بلندتر در تراز بام ساختمان کوتاه‌تر تحت اثر زلزله طرح به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (فرض کنید هر دو ساختمان مربوط به یک ملک است).

۱) 90 mm

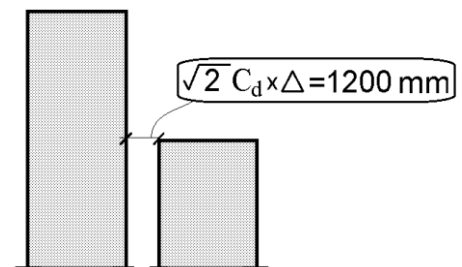
۲) 130 mm

۳) 150 mm

گزینه ۲

$$\sqrt{\left(C_d \Delta_{\text{زلزله طرح}}\right)^2 + \left(C_d \Delta_{\text{زلزله طرح}}\right)^2} = \sqrt{2} C_d \Delta_{\text{زلزله طرح}} = 1200 \rightarrow \Delta_{\text{زلزله طرح}} = 154.7 \text{ mm}$$

۳-۵-۶ در ساختمان‌های با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" با هر تعداد طبقه و یا در ساختمان‌های بیشتر از هشت طبقه، عرض درز انقطاع بین ساختمان و ساختمان مجاور باید با استفاده از تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح در طبقه (با در نظر گرفتن اثر $P-\Delta$) تعیین شود. برای این منظور پس از محاسبه این تغییر مکان برای هر دو ساختمان می‌توان از جذر مجموع مربعات دو عدد برای تعیین درز انقطاع استفاده نمود. در صورتی که مشخصات ساختمان مجاور در دسترس نباشد، حداقل فاصله هر طبقه ساختمان از زمین مجاور باید برابر ۷۰٪ مقدار تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح در آن طبقه ساختمان در نظر گرفته شود.



طبق گفته مساله دریافت طبقات یک مقدار ثابتی می باشد و در نتیجه:

$$C_d \Delta_{\text{نسبی زلزله طرح}} < 0.02h = 0.02 \times 3600 = 72 \text{ mm} \rightarrow \Delta_{\text{نسبی زلزله طرح}} < \frac{72}{5.5} = 13.09 \text{ mm}$$

در این حالت جابجایی ناشی از زلزله طرح در طبقه ۱۰ محدود خواهد شد به:

$$\Delta_{\text{زلزله طرح}} < 13.09 \times 10 = 131 \text{ mm}$$

۲۶- دو ساختمان هم ارتفاع ۱۰ طبقه در کنار یکدیگر ساخته می‌شوند. ساختمان شماره یک دارای قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربند همگرای ویژه فولادی و تغییر مکان جانبی طرح بام آن برابر ۹۰ mm و ساختمان شماره ۲ دارای قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربند واگرای ویژه فولادی با تغییر مکان جانبی طرح بام برابر ۶۰ mm می‌باشد. تغییر مکان‌ها با در نظر گرفتن اثر $P-\Delta$ بدست آمده است. براساس استاندارد ۲۸۰۰ حداقل فاصله درز انقطاع بین این دو ساختمان در تراز بام برحسب میلی‌متر به کدام یک از گزینه‌های زیر نزدیک‌تر است؟ (ارتفاع طبقات را ۳.۵ متر در نظر بگیرید).

۶۳۰ (۴)

۵۱۰ (۳)

۳۵۰ (۲)

۱۰۸ (۱)

گزینه ۳ (سطح سوال: آسان)

$$\text{درز} = \sqrt{(C_d \Delta_1)^2 + (C_d \Delta_2)^2} = \sqrt{(5 \times 90)^2 + (4 \times 60)^2} = 510 \text{ mm}$$

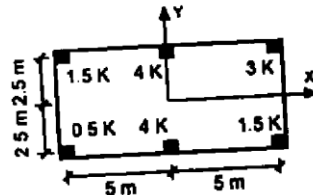
۳-۵-۶ در ساختمان‌های با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" با هر تعداد طبقه و یا در ساختمان‌های بیشتر از هشت طبقه، عرض درز انقطاع بین ساختمان و ساختمان مجاور باید با استفاده از تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح در طبقه (با در نظر گرفتن اثر $P-\Delta$) تعیین شود. برای این منظور پس از محاسبه این تغییر مکان برای هر دو ساختمان می‌توان از جذر مجموع مربعات دو عدد برای تعیین درز انقطاع استفاده نمود. در صورتی که مشخصات ساختمان مجاور در دسترس نباشد، حداقل فاصله هر طبقه ساختمان از زمین مجاور باید برابر ۷۰٪ مقدار تغییر مکان جانبی غیرخطی طرح در آن طبقه ساختمان در 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)
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
	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	۷/۵	۲/۵	۴	۲۰۰
	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	۶	۲/۵	۵	۷۰
	۷- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۷	۲/۵	۵/۵	۲۰۰
	۸- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	۶	۲/۵	۵	۷۰

محاسبات ۹۳-آبان

۱۰- پلان ستون گذاری یک ساختمان یک طبقه، در شکل نشان داده شده است. فرض می شود سقف به عنوان دیافراگم، صلب بوده و همچنین سختی خمشی آن در مقایسه با سختی خمشی ستون ها بسیار زیاد باشد، با این فرض، سختی جانبی ستونها (که در هر دو راستای اصلی یکسان فرض می شود) مطابق با آنچه در شکل نشان داده شده، می باشد. اگر مرکز جرم سقف منطبق بر مرکز محور مختصات باشد، مقدار خروج از مرکزیت مرکز سختی از مرکز جرم در دو راستای x و y به ترتیب به کدامیک از گزینه های زیر نزدیکتر است؟



- (۱) 0.43 m, 0.86 m
(۲) 0.21 m, 0.43 m
(۳) 2.93 m, 5.86 m
(۴) 2.5 m, 5.0 m

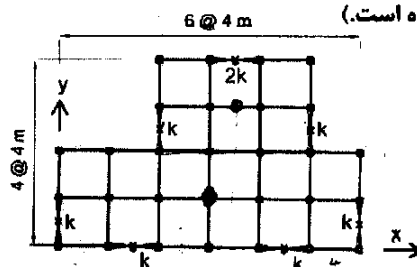
گزینه ۱

$$X_k = \frac{(1.5K \times -5) + (0.5K \times -5) + (4K \times 0) + (4K \times 0) + (3K \times 5) + (1.5K \times 5)}{1.5K + 0.5K + 4K + 4K + 3K + 1.5K} = 0.862 \text{ m}$$

$$Y_k = \frac{(1.5K \times 2.5) + (0.5K \times -2.5) + (4K \times 2.5) + (4K \times -2.5) + (3K \times 2.5) + (1.5K \times -2.5)}{1.5K + 0.5K + 4K + 4K + 3K + 1.5K} = 0.43 \text{ m}$$

محاسبات ۹۴

۴۲- در ساختمانی با سیستم قاب ساختمانی ساده با مهاربندهای هم محور فولادی پلان تیپ طبقات مطابق شکل زیر است. فاصله مرکز جرم و مرکز سختی در امتداد محور x بر حسب متر در هر طبقه حدوداً چقدر می باشد؟ (توزیع جرم در هر طبقه یکنواخت و سقف طبقات صلب فرض شوند. محل و سختی جانبی مهاربندها در روی پلان مشخص شده است.)



(۱) 1.67

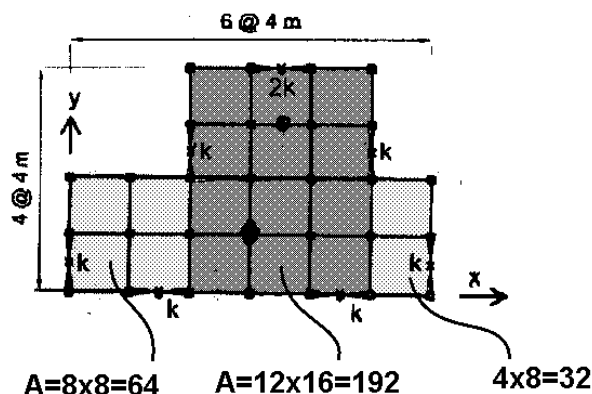
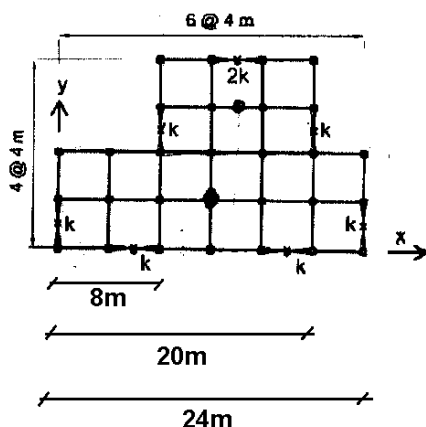
(۲) 1.33

(۳) 0.66

(۴) 0.33

گزینه ۴. مختصات x مرکز سختی بر اساس موقعیت بادبندها برابر است با:

$$X_k = \frac{k \times 0 + k \times 8 + k \times 20 + k \times 24}{4K} = 13 \text{ m}$$



$$A = 8 \times 8 = 64$$

$$A = 12 \times 16 = 192$$

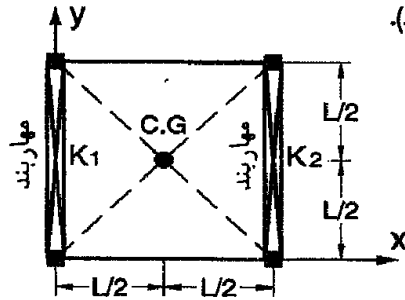
$$4 \times 8 = 32$$

مرکز جرم (با توجه به یکنواخت بودن توزیع جرم) برابر با مرکز سطوح کف ها می باشد:

$$X_M = \frac{(8 \times 8) \times 4 + (12 \times 16) \times 14 + (4 \times 8) \times 22}{(8 \times 8) + (12 \times 16) + (4 \times 8)} = 12.666 \text{ m}$$

$$X_k - X_M = 0.333 \text{ m}$$

۱۲- یک ساختمان سه طبقه با ارتفاع و وزن طبقات یکسان و زمان تناوب کمتر از ۰.۶ ثانیه با نیروی برشی پایه V مفروض است. لنگر پیچشی موثر به طبقه اول (پایین ترین طبقه) ناشی از نیروی زلزله در جهت y به کدام یک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟ (K_1, K_2 سختی جانبی مهاربندها می باشد).



طبقه اول $K_1 = K$, $K_2 = 1.5 K$

طبقه دوم $K_1 = K_2 = K$

طبقه سوم $K_1 = K_2 = K$

۲) $0.15 VL$

۴) $0.067 VL$

۱) $0.10 VL$

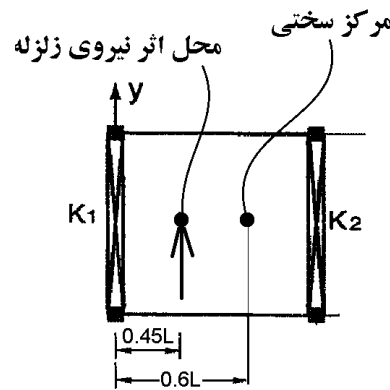
۳) ۰

مختصات مرکز سختی در طبقه اول:

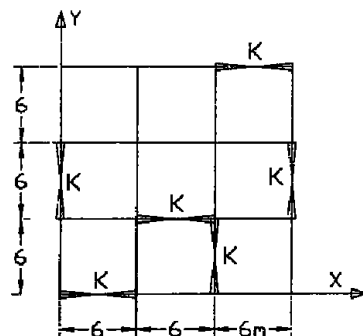
$$X_R = \frac{K_1 \times 0 + K_2 \times L}{K_1 + K_2} = \frac{1.5 KL}{2.5K} = 0.6L$$

محل اعمال نیروی زلزله (با احتساب ۵ درصد خروج از مرکزیت) برابر $0.5L - 0.05L = 0.45L$ می باشد. بنابراین پیچش وارد بر طبقه اول برابر است با:

$$T = V \times (0.6L - 0.45L) = 0.15VL$$



۱۲- یک ساختمان چهار طبقه با بلان مشابه در طبقات و سختی نسبی مهاربندهای هر دهانه برابر با k مفروض است. موقعیت مرکز سختی طبقات برابر است با:



۱) $x_R = 9$ متر و $y_R = 9$ متر

۲) $x_R = 10$ متر و $y_R = 8$ متر

۳) $x_R = 8$ متر و $y_R = 10$ متر

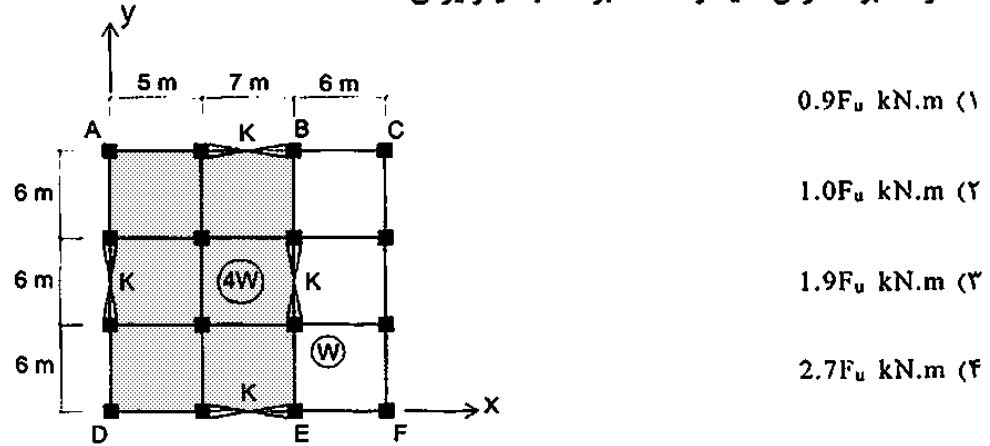
۴) $x_R = 8$ متر و $y_R = 9$ متر

گزینه ۲

$$X_R = \frac{K \times 0 + K \times 2L + K \times 3L}{3K} = \frac{5}{3}L = 10m$$

$$Y_R = \frac{K \times 0 + K \times L + K \times 3L}{3K} = \frac{4}{3}L = 8m$$

۱۲- در شکل زیر پلان یک ساختمان یک طبقه نشان داده شده است که در آن مقدار سختی جانبی عناصر مقاوم در برابر زلزله برابر K ، وزن مؤثر لرزه‌ای بخش ADEB در واحد سطح برابر $4W$ و وزن مؤثر لرزه‌ای بخش BEFC در واحد سطح برابر W است. اگر نیروی زلزله وارد بر این ساختمان در راستای y برابر F_u باشد، لنگر پیچشی کل ایجادشده در طبقه در اثر نیروی زلزله در راستای y (بدون احتساب برون مرکزی اتفاقی) به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک‌تر خواهد بود؟ فرض کنید واحد F_u برحسب کیلونیوتن است.



گزینه ۲ (سطح سوال با توجه به محاسبات کوتاه و ساده آن، آسان)

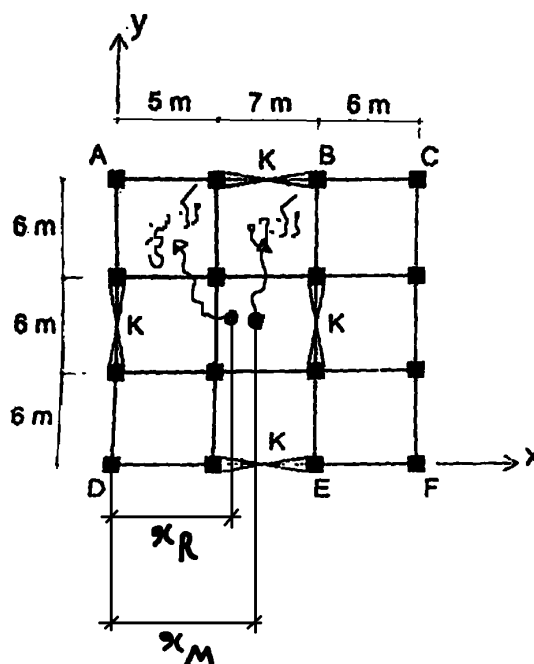
کل وزن قطعه سمت چپ برابر $18 \times 12 \times 4W = 864W$ و کل وزن قطع سمت راست برابر $18 \times 6 \times W = 108W$ می‌باشد و بنابراین مختصات مرکز جرم برابر است با:

$$x_M = \frac{W_1 \times X_1 + W_2 \times X_2}{W_1 + W_2} = \frac{864W \times 6 + 108W \times 15}{864W + 108W} = 7 \text{ m}$$

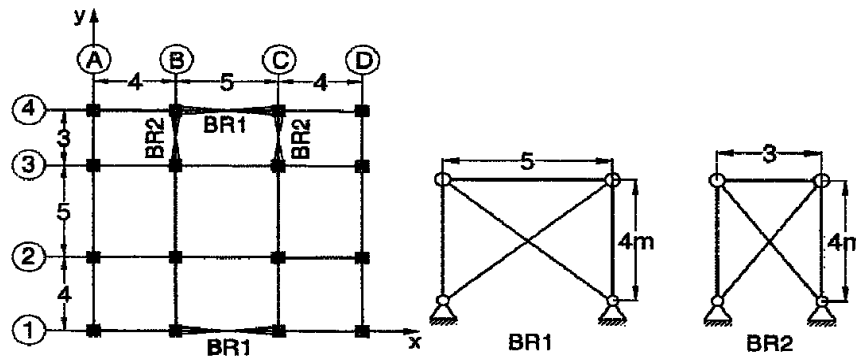
مختصات مرکز سختی با توجه به موقعیت مهاربندهای قائم برابر است با:

$$x_R = \frac{K_1 \times X_1 + K_2 \times X_2}{K_1 + K_2} = \frac{K \times 0 + K \times 12}{2K} = 6 \text{ m}$$

$$M = F_u \times (X_M - X_R) = F_u \times 1 \text{ kN.m}$$



۱۳- پلان یک ساختمان یک طبقه با ارتفاع ۴ متر با سیستم قاب ساده فولادی با مهاربندی ضربدری در شکل نشان داده شده است. نیروی برشی پایه زلزله در هر دو جهت x و y مساوی ۳۰۰ kN است. حداکثر نیروی زلزله طراحی ستون C-4 بر حسب کیلو نیوتن چقدر است؟ (سختی کششی و فشاری مهاربند ضربدری مساوی فرض می شود).



(۱) 118

(۲) 78

(۳) 130

(۴) 90