

بسم الله الرحمن الرحيم

خلاصه نکات ۲۸۰۰



(مناسب جهت آزمون محاسبات)

امید که کمکی باشد هرچند ناچیز برای ارتقای دانش جامعه مهندسی

این نوشتار را

تقدیم می کنم به

روح پدر بزرگوالم

حمید همتیان پور

هزینه استفاده از این جزوه قرائت فاتحه‌ای همراه با صلوات برای شادی روح پدر تدوین کننده

telegram: @hh_1366

فهرست مطالب

۴	نامنظمی در پلان (هندسی-پیچشی).....
۵	نامنظمی در پلان (در دیافراگم-خارج از صفحه سیستمهای غیرموازی).....
۶	نامنظمی در ارتفاع (هندسی-جرمی - قطع سیستم باربر جانبی).....
۷	نامنظمی در ارتفاع (نامنظمی در مقاومت جانبی -نامنظمی در سختی جانبی).....
۷	محدودیت در احداث ساختمانهای نامنظم.....
۸	ضریب نامعینی سازه (ρ).....
۹	ضریب اضافه مقاومت (Ω_0).....
۹	تراز پایه.....
۱۰	مرکز جرم- سختی و مرکز سختی- زمان تناوب تحلیلی.....
۱۱	زمان تناوب اصلی T_a برای ساختمانهای متعارف و نامتعارف-سختی قطعات بتن آرمه.....
۱۲	جدول محاسبات T_a برای ساختمانهای متعارف.....
۱۳	محاسبه زمان تناوب محاسباتی - محاسبه B_1, N, B با استفاده از فرمول.....
۱۴	جدول محاسبه B_1, N, B
۱۶	محاسبه ضریب بازتاب با استفاده از نمودار.....
۱۷	نکات قابل برداشت از نمودار طیف بازتاب.....
۱۸	طبقه‌بندی نوع زمین.....
۱۹	ضریب اهمیت ساختمان (I).....
۲۰	ضریب رفتار ساختمان (R_u).....
۲۲	ترکیب سیستم‌ها در پلان.....
۲۳	ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع.....
۲۵	برش پایه.....
۲۶	نیروی افقی زلزله به روش استاتیکی معادل (توزیع نیروی زلزله در ارتفاع (نیروی جانبی طبقه i) - برش طبقه i).....
۳۲	توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان.....
۳۳	نامنظمی پیچشی در پلان.....
۳۴	نیروی قائم ناشی از زلزله.....
۳۵	دیافراگم‌ها و جمع‌کننده‌ها.....
۳۵	نیروی جانبی زلزله موثر برای طراحی دیافراگم‌ها.....
۳۶	قاعده صد- سی (۳۰-۱۰۰).....
۳۷	اثر ($P-\Delta$).....

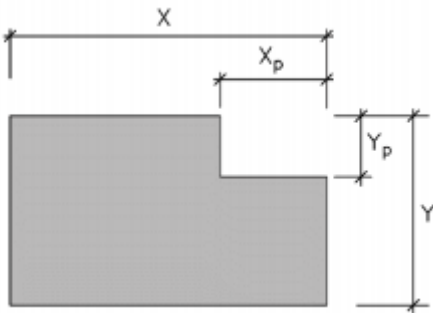
۳۸	تغییر مکان جانبی نسبی طبقات.....
۴۰	درز انقطاع.....
۴۰	کنترل ساختمان در برابر واژگونی.....
۴۱	کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره‌برداری.....
۴۲	طیف طرح استاندارد.....
۴۳	طیف طرح ویژه ساختگاه.....
۴۴	تحلیل دینامیکی خطی.....
۴۴	روش تحلیل طیفی.....
۴۴	تعداد مدهای نوسان (تحلیل طیفی).....
۴۵	محاسبه زمان تناوب مدهای ارتعاش یک سازه (T_i) (تحلیل طیفی).....
۴۵	تعیین برش پایه (V_i) برای هر مد.....
۴۵	محاسبه وزن موثر مدی (W_i)
۴۵	توزیع برش پایه در ارتفاع ساختمان در هر مد $(F_{i,j})$
۴۵	تعیین شکل مد های سازه (φ_i) از حل معادله (تحلیل طیفی).....
۴۶	ترکیب آثار مدها (روش جذر مجموع مربعات، $SRSS$ - روش ترکیب مربعی کامل، CQC).....
۴۷	اصلاح مقادیر بازتاب (تحلیل طیفی) - پیچش (تحلیل طیفی) - روش تحلیل در سیستم دوگانه و یا ترکیبی (تحلیل طیفی).....
۴۸	روش تحلیل تاریخچه زمانی.....
۵۰	اصلاح مقادیر بازتاب ها (روش تحلیل تاریخچه زمانی).....
۵۱	روش ساده شده تحلیل و طراحی.....
۵۳	اجزای غیرسازه‌ای.....
۵۵	ضرایب اجزای معماری.....
۵۶	ضرایب لرزه‌ای برای تجهیزات مکانیکی و برقی.....
۵۷	تغییر مکان جانبی اجزای غیرسازه‌ای.....
۵۷	تغییر مکان جانبی اجزای غیرسازه‌ای.....
۵۸	۵- سازه‌های غیرساختمانی مشابه ساختمان‌ها.....
۶۱	ضرایب مورد استفاده برای سازه‌های غیرساختمانی مشابه ساختمان.....
۶۲	سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمانها متکی بر زمین.....
۶۳	ضرایب مورد استفاده برای سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان.....
۶۴	سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمانها و متکی بر سازه‌های دیگر.....
۶۵	۶- الزامات ژئوتکنیکی.....

نامنظمی در پلان (هندسی-پیچشی)

نامنظمی در پلان

نامنظمی هندسی در پلان: در مواردی که پسرقتگی همزمان در دو جهت در یکی از گوشه‌های ساختمان بیشتر از ۲۰ درصد

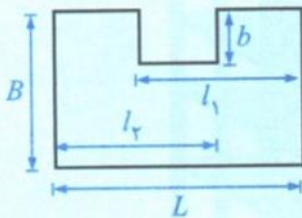
طول پلان در آن جهت باشد



$$X_p > 0.2 X$$

و

$$Y_p > 0.2 Y$$

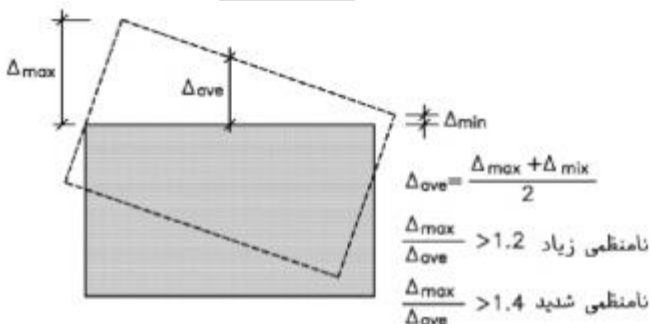


پلان شکل مقابل را در نظر بگیرید. برای کنترل نامنظمی هندسی در پلان‌هایی از این دست که فرورفتگی آنها در وسط ضلع (و نه در گوشه‌ها) باشد، کافی است مقادیر $0.12L$ و $0.12B$ آیین‌نامه را با ابعاد نشان داده شده در شکل کنترل کنید:

$$\text{شرط نامنظمی هندسی: } \begin{cases} \max \{l_1, l_2\} > 0.12 L \\ b > 0.12 B \end{cases}$$

نامنظمی پیچشی در پلان: در مواردی که حداکثر تغییر مکان نسبی در یک انتهای ساختمان در هر طبقه، با احتساب پیچش تصادفی و با منظور کردن $A_j=1$ بیشتر از ۲۰ درصد با متوسط تغییر مکان نسبی در دو انتهای ساختمان در آن طبقه اختلاف داشته 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



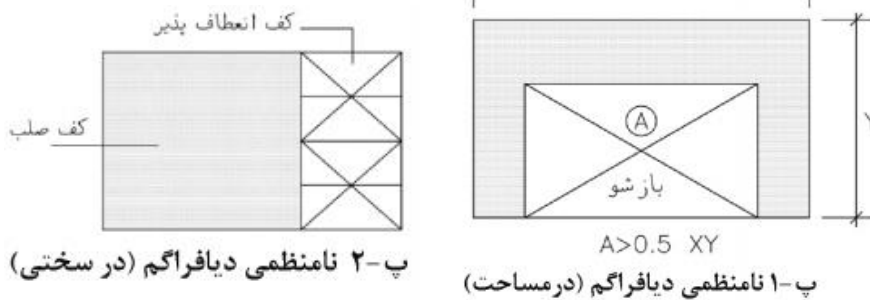
$$\Delta_{ave} = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{ave}} > 1.2 \quad \text{نامنظمی پیچشی زیاد}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{ave}} > 1.4 \quad \text{نامنظمی پیچشی شدید}$$

نامنظمی در پلان (در دیافراگم-خارج از صفحه سیستم‌های غیرموازی)

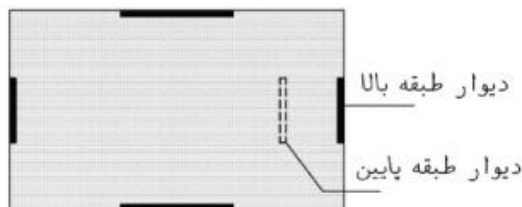
نامنظمی در دیافراگم در پلان: در مواردی که تغییر ناگهانی در مساحت دیافراگم، به میزان مجموع سطوح بازشوی بیشتر از ۵۰ درصد سطح طبقه، و یا تغییر ناگهانی در سختی دیافراگم، به میزان بیشتر از ۵۰ درصد سختی طبقات مجاور، وجود داشته باشد



نامنظمی در دیافراگم $A > 0.5 X \times Y$ باز شو

نامنظمی خارج از صفحه در پلان: در مواردی که در سیستم باربر جانبی انقطاعی در مسیر انتقال نیروی جانبی، مانند تغییر

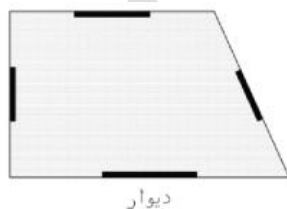
صفحه، حداقل در یکی از اجزای باربر جانبی در طبقات، وجود داشته باشد



ت - نامنظمی خارج از صفحه

نامنظمی سیستم‌های غیرموازی در پلان: در مواردی که بعضی اجزای قائم باربر جانبی به موازات محورهای متعامد اصلی

ساختمان نباشد

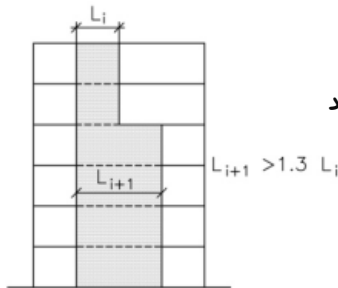


ت - نامنظمی سیستم‌های غیرموازی

نامنظمی در ارتفاع

نامنظمی هندسی در ارتفاع:

در مواردی که ابعاد افقی سیستم باربر جانبی در هر طبقه بیشتر از ۳۰ درصد آن در طبقات مجاور باشد

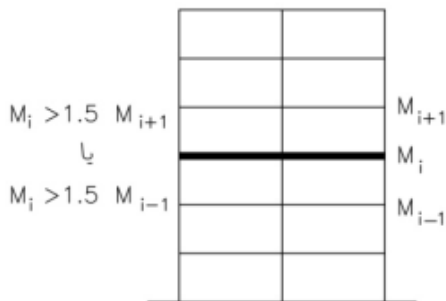


الف - نامنظمی هندسی

نامنظمی جرمی در ارتفاع:

در مواردی که جرم هر طبقه بیشتر از ۵۰ درصد با جرمهای طبقات مجاور تفاوت داشته باشد.

⊖ طبقات بام و خرپشته از این تعریف مستثنا هستند



ب - نامنظمی جرمی

$$M_i > 1.5 M_{i+1} \quad \text{یا} \quad M_i < 0.5 M_{i+1} \quad \text{مقایسه جرم طبقه } i \text{ ام با } i + 1$$

$$M_i > 1.5 M_{i-1} \quad \text{یا} \quad M_i < 0.5 M_{i-1} \quad \text{مقایسه جرم طبقه } i \text{ ام با } i - 1$$

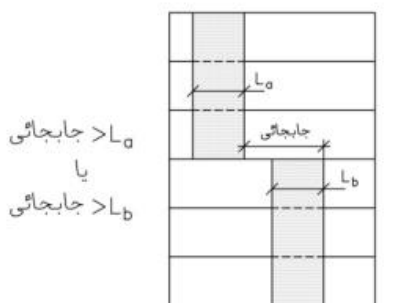
$$0.5 M_{i+1} \leq M_i \leq 1.5 M_{i+1} \quad \text{کنترل جرم طبقه } i \text{ ام با طبقه بالایی}$$

$$0.5 M_{i+1} \leq M_i \leq 1.5 M_{i+1} \quad \text{کنترل جرم طبقه } i \text{ ام با طبقه پایینی}$$

نامنظمی قطع سیستم باربر جانبی: در مواردی که جزئی از سیستم باربر جانبی

در ارتفاع قطع شده باشد، به طوریکه آثار ناشی از واژگونی روی تیرها، دالها، ستونها

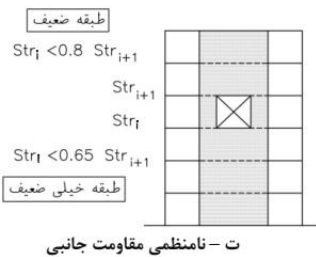
و دیوارهای تکیه گاهی تغییراتی ایجاد کند



پ - نامنظمی قطع سیستم باربر جانبی

نامنظمی در 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

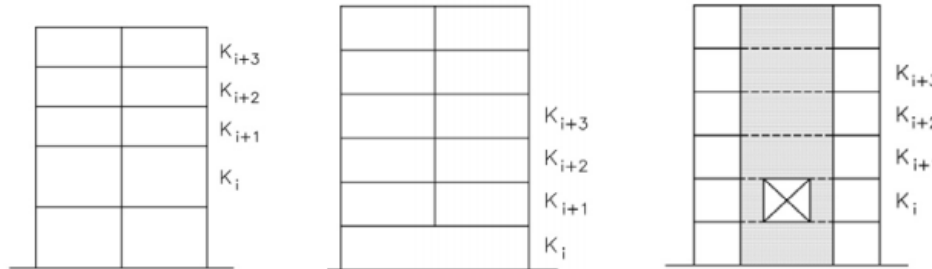


$$\text{طبقه ضعیف} : Str_i < 0.8 Str_{i+1}$$

$$\text{طبقه خیلی ضعیف} : Str_i < 0.65 Str_{i+1}$$

نامنظمی در 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



$$\text{طبقه نرم} : \begin{cases} k_i < 0.7 k_{i+1} \\ k_i < \frac{0.8}{3} (k_{i+1} + k_{i+2} + k_{i+3}) \end{cases}$$

$$\text{طبقه خیلی نرم} : \begin{cases} k_i < 0.6 k_{i+1} \\ k_i < \frac{0.7}{3} (k_{i+1} + k_{i+2} + k_{i+3}) \end{cases}$$

ث - نامنظمی سختی جانبی

$$\frac{\text{برش طبقه}}{\text{سختی طبقه}} = \text{تغییر مکان نسبی طبقه} \rightarrow \frac{\text{برش طبقه}}{\text{تغییر مکان نسبی طبقه}} = \text{سختی طبقه}$$

محدودیت در احداث ساختمانهای نامنظم

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

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

$$\Delta_{ave} = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{ave}} > 1.4 \quad \text{نامنظمی پیچشی شدید}$$

$$\text{طبقه خیلی نرم} : \begin{cases} k_i < 0.6 k_{i+1} \\ k_i < \frac{0.7}{3} (k_{i+1} + k_{i+2} + k_{i+3}) \end{cases}$$

ضریب نامعینی سازه (ρ)

- 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.

آئین نامه با اعمال ضریب ($\rho = 1.2$) برای ساختمان‌هایی که درجه نامعینی کافی ندارند در حقیقت ضریب رفتار سازه را برای محاسبات این ساختمان‌ها کاهش می‌دهد.

$$V = \frac{ABI}{R_u} \Rightarrow \rho V = \rho \frac{ABI}{R_u} = \frac{ABI}{\frac{R_u}{\rho}} \Rightarrow V' = \frac{ABI}{R'_u} \xrightarrow{\rho=1.2} \begin{cases} V' = 1.2V \\ R'_u = 0.833R_u \end{cases}$$

- الف- در ساختمان‌های منظم در پلان، در طبقاتی که برش در آنها از ۳۵ درصد برش پایه تجاوز میکند ($V_i > 0.35V_u$)، 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. (تعداد دهانه برابر $\rightarrow$ دیوار برشی $\frac{\text{طول دیوار}}{\text{ارتفاع طبقه}}$)
- ب- در سایر ساختمانها، در طبقاتی که میزان برش در آنها از ۳۵ درصد برش پایه تجاوز میکند ($V_i > 0.35V_u$)، چنانچه حذف جزئی از سیستم مقاوم جانبی، مطابق جدول زیر موجب کاهش مقاومت جانبی طبقه به میزان بیشتر از ۳۳ درصد نشود و در طبقه نامنظمی شدید پیچشی، ایجاد نگردد

جدول ۲-۳ ضوابط استفاده از $\rho = 1$ برای مواردی که بیش از ۳۵٪ نیروی برش پایه در طبقه‌ای از ساختمان ایجاد شود ($V_i > 0.35V_u$)	
نوع سیستم مقاوم جانبی	ضوابط
سیستم مهار بندی شده	حذف یک مهاربند یا اتصال آن <u>منجر</u> به از دست رفتن بیش از ۳۳٪ مقاومت جانبی طبقه <u>نشود</u> و ضمناً باعث ایجاد نامنظمی شدید پیچشی در پلان <u>نگردد</u>
سیستم با دیوار برشی عادی یا دیوارهای برشی هم‌بسته با نسبت ارتفاع هر پایه به طول بزرگتر از یک ($\frac{h}{L} > 1$)	حذف یک دیوار و یا یک پایه و اتصال جمع کننده آنها <u>منجر</u> به از دست رفتن بیش از ۳۳٪ مقاومت جانبی طبقه <u>نشود</u> و ضمناً باعث ایجاد نامنظمی شدید پیچشی در پلان <u>نگردد</u>
قاب خمشی	حذف مقاومت خمشی اتصالات دوانتهای یک تیر <u>منجر</u> به از دست رفتن بیش از ۳۳٪ مقاومت جانبی طبقه <u>نشود</u> و ضمناً باعث ایجاد نامنظمی شدید پیچشی در پلان <u>نگردد</u>
سیستم کنسول	حذف مقاومت خمشی در اتصال پایه یکی از ستون‌ها <u>منجر</u> به از دست رفتن بیش از ۳۳٪ مقاومت جانبی طبقه <u>نشود</u> و ضمناً باعث ایجاد نامنظمی شدید پیچشی در پلان <u>نگردد</u>

ساختمانها و یا اجزای زیر مشمول محدودیتهای مربوط به ضریب نامعینی نمی‌شوند و در آنها باید $\rho = 1$ 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،
- چ- در کلیه اعضای که مشمول طراحی برای زلزله تشدید یافته می‌شوند و نیروی زلزله در آنها در ضریب اضافه مقاومت Ω ضرب می‌شود

این ضریب، در مواردی که براساس ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی، عضوی از سازه باید برای نیروی زلزله تشدید یافته طراحی شود، به کار برده می‌شود. در این اعضا، اثرهای ناشی از بار جانبی زلزله باید در ضریب Ω_0 ضرب گردند. این آثار در هر حال لزومی ندارد بیشتر از حداکثر آنچه اعضای متصل به عضو می‌توانند به آن منتقل نمایند، در نظر گرفته شود. در این موارد تغییرات لازم در تنش‌های مجاز و یا ضرایب بار نهایی در ترکیبات مختلف بارگذاری باید براساس ضوابط آیین‌نامه‌های طراحی صورت گیرد.

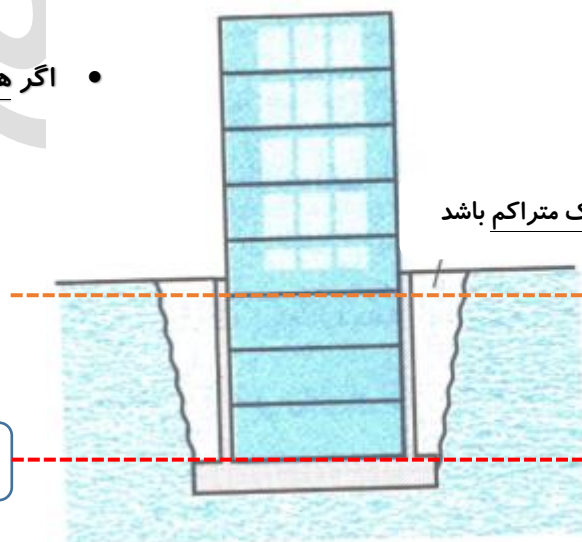
تراز پایه

تراز پایه: به تراز 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:

- ساختمانهای بدون زیرزمین یا دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهبان آن به سازه متصل نباشند، تراز پایه «در سطح بالای شالوده
- 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 بتن آرمه 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)

• اگر همه شرایط قبل برقرار نباشد:



• اگر همه شرایط زیر برقرار باشد:

- دیوار نگهبان زیر زمین به سازه متصل باشد
- فضای بین خاکبرداری و دیوار نگهبان پر شده با خاک متراکم باشد
- آخرین سقف زیرزمین دارای صلبیت کافی باشد
- خاک طبیعی موجود در اطراف ساختمان متراکم باشد
- دیوار نگهبان زیر زمین بتن آرمه باشد

مرکز جرم

مرکز جرم یک طبقه، محلی است که کل نیروی زلزله طبقه $(F_1 + F_2)$ را می‌توان به‌طور متمرکز به آن وارد کرد. در حالت کلی می‌توانیم با استفاده از روابط زیر، مختصات مرکز جرم را تعیین کنیم:

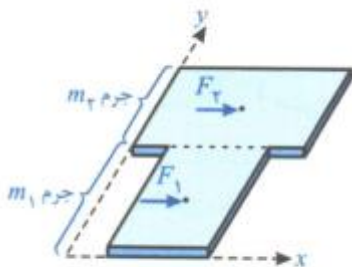
$$X_m = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i} \quad , \quad Y_m = \frac{\sum w_i y_i}{\sum w_i} \quad (13-1)$$

که در این روابط:

w_i : وزن مؤثر لرزه‌ای قسمت i ام (معمولاً برای هر پانل در نظر گرفته می‌شود)

x_i : فاصله مرکز جرم قسمت i ام تا محور y

y_i : فاصله مرکز جرم قسمت i ام تا محور x



سختی و مرکز سختی

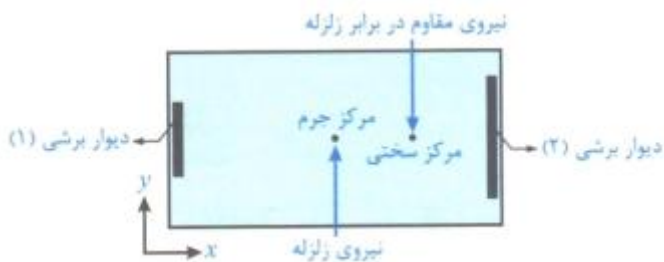
به‌طور کلی در عناصر تأمین‌کننده سختی جانبی یک سازه، نیرویی مقاوم در برابر نیروی زلزله به‌وجود می‌آید. برآیند این نیروهای مقاوم را می‌توانیم در محلی به‌نام مرکز سختی در نظر بگیریم. با در نظر گرفتن فرضیات ساده‌کننده‌ای، محل مرکز سختی را می‌توانیم با استفاده از روابط زیر به‌دست آوریم:

$$X_s = \frac{\sum k_{y_i} x_i}{\sum k_{y_i}} \quad , \quad Y_s = \frac{\sum k_{x_i} y_i}{\sum k_{x_i}}$$

k_{x_i} : سختی جانبی عنصر i ام در امتداد x (عمود بر محور y)

k_{y_i} : سختی جانبی عنصر i ام در امتداد y (عمود بر محور x)

x_i و y_i : مختصات مرکز عنصر i ام



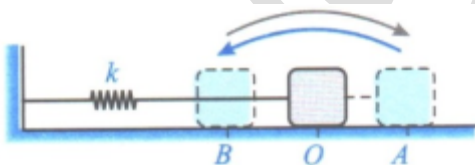
زمان تناوب

۱- زمان تناوب تحلیلی

۱ زمان تناوب تحلیلی (T_m) : این زمان تناوب براساس پارامترهای جرم و

سختی سازه و با بهره‌گرفتن از روابط ریاضی و البته با استفاده از مدل‌سازی

در نرم‌افزار، محاسبه می‌شود که در ادامه به آن خواهیم پرداخت.



$$T_m = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \times \sqrt{\frac{k_1}{k_2}} \quad , \quad k = \frac{EI}{L^3} \rightarrow \frac{k_1}{k_2} = \frac{E_1}{E_2} \times \frac{I_1}{I_2} \times \sqrt{\left(\frac{L_2}{L_1}\right)^3} \quad , \quad m = \rho AL \rightarrow \frac{m_2}{m_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{L_2}{L_1}$$

زمان تناوب اصلی T_a برای ساختمانهای متعارف و نا متعارف-سختی قطعات بتن

۲- زمان تناوب اصلی (T_a)

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

$$\left. \begin{array}{l} T_a = 0.08 H^{0.75} \leftarrow \text{بدون اثر جداگر میانقابی} \\ T_a = 0.8 \times 0.08 H^{0.75} \leftarrow \text{با اثر جداگر میانقابی} \\ T_a = 0.05 H^{0.9} \leftarrow \text{بدون اثر جداگر میانقابی} \\ T_a = 0.8 \times 0.05 H^{0.9} \leftarrow \text{با اثر جداگر میانقابی} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{قاب های فولادی} \\ \text{قاب های بتنی} \end{array} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{برای ساختمان های با سیستم قاب خمشی} \\ \\ \\ \end{array}$$

$$T_a = 0.08 H^{0.75} \leftarrow \text{برای ساختمان های با سیستم مهاربندی واگرا}$$

$$T_a = 0.05 H^{0.75} \leftarrow \text{برای ساختمان های با سایر سیستم های به غیر از سیستم کنسولی، با یا بدون وجود جداگر های میانقابی}$$

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 بام های شیب دار، H متوسط ارتفاع بام از تراز پایه است.

ساختمان های نامتعارف:

ساختمان هایی مانند گنبدها، برخی از مساجد، آمفی تئاترها، سالن های ورزشی و ... در این ساختمانها زمان تناوب اصلی ساختمان با استفاده از تحلیل دینامیکی ساختمان و منظور داشتن روابط زیر تعیین می گردد:

$$1) \text{ اثر جداگر های میانقابی در تحلیل منظور شده باشد: } T = T_m$$

$$2) \text{ اثر جداگر های میانقابی در تحلیل منظور شده باشد: } T = 0.8 T_m$$

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

سختی قطعات بتن آرمه

در محاسبه زمان تناوب اصلی ساختمان بتن آرمه اثر ترک خوردگی اعضا در سختی خمشی آنها باید در نظر گرفته شود. بدین منظور می توان سختی موثر اعضا را برابر با مقادیر زیر در نظر گرفت:

$$I_e = 0.5 I_g \quad \bullet \text{ در تیر ها}$$

$$I_e = I_g \quad \bullet \text{ در ستون ها و دیوار ها}$$

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.

جدول محاسبات T_a برای ساختمانهای متعارف

T_a برای ساختمان های متعارف

ارتفاع (m)	قاب خمشی				قاب ساختمانی ساده با مهاربند واگرا	سایر سیستم ها به جز کنسولی یا بدون جداگر	ارتفاع (m)	قاب خمشی				قاب ساختمانی ساده با مهاربند واگرا	سایر سیستم ها به جز کنسولی یا بدون جداگر
	بتنی		فولادی					بتنی		فولادی			
	بدون اثر جداگر	با اثر جداگر	بدون اثر جداگر	با اثر جداگر				بدون اثر جداگر	با اثر جداگر	بدون اثر جداگر	با اثر جداگر		
1	0.05	0.04	0.08	0.06	0.08	0.05	41	1.41	1.13	1.30	1.04	1.30	0.81
2	0.09	0.07	0.13	0.11	0.13	0.08	42	1.45	1.16	1.32	1.06	1.32	0.82
3	0.13	0.11	0.18	0.15	0.18	0.11	43	1.48	1.18	1.34	1.07	1.34	0.84
4	0.17	0.14	0.23	0.18	0.23	0.14	44	1.51	1.21	1.37	1.09	1.37	0.85
5	0.21	0.17	0.27	0.21	0.27	0.17	45	1.54	1.23	1.39	1.11	1.39	0.87
6	0.25	0.20	0.31	0.25	0.31	0.19	46	1.57	1.25	1.41	1.13	1.41	0.88
7	0.29	0.23	0.34	0.28	0.34	0.22	47	1.60	1.28	1.44	1.15	1.44	0.90
8	0.32	0.26	0.38	0.30	0.38	0.24	48	1.63	1.30	1.46	1.17	1.46	0.91
9	0.36	0.29	0.42	0.33	0.42	0.26	49	1.66	1.33	1.48	1.19	1.48	0.93
10	0.40	0.32	0.45	0.36	0.45	0.28	50	1.69	1.35	1.50	1.20	1.50	0.94
11	0.43	0.35	0.48	0.39	0.48	0.30	51	1.72	1.38	1.53	1.22	1.53	0.95
12	0.47	0.37	0.52	0.41	0.52	0.32	52	1.75	1.40	1.55	1.24	1.55	0.97
13	0.50	0.40	0.55	0.44	0.55	0.34	53	1.78	1.43	1.57	1.26	1.57	0.98
14	0.54	0.43	0.58	0.46	0.58	0.36	54	1.81	1.45	1.59	1.27	1.59	1.00
15	0.57	0.46	0.61	0.49	0.61	0.38	55	1.84	1.47	1.62	1.29	1.62	1.01
16	0.61	0.49	0.64	0.51	0.64	0.40	56	1.87	1.50	1.64	1.31	1.64	1.02
17	0.64	0.51	0.67	0.54	0.67	0.42	57	1.90	1.52	1.66	1.33	1.66	1.04
18	0.67	0.54	0.70	0.56	0.70	0.44	58	1.93	1.55	1.68	1.35	1.68	1.05
19	0.71	0.57	0.73	0.58	0.73	0.46	59	1.96	1.57	1.70	1.36	1.70	1.06
20	0.74	0.59	0.76	0.61	0.76	0.47	60	1.99	1.59	1.72	1.38	1.72	1.08
21	0.77	0.62	0.78	0.63	0.78	0.49	61	2.02	1.62	1.75	1.40	1.75	1.09
22	0.81	0.65	0.81	0.65	0.81	0.51	62	2.05	1.64	1.77	1.41	1.77	1.10
23	0.84	0.67	0.84	0.67	0.84	0.53	63	2.08	1.67	1.79	1.43	1.79	1.12
24	0.87	0.70	0.87	0.69	0.87	0.54	64	2.11	1.69	1.81	1.45	1.81	1.13
25	0.91	0.72	0.89	0.72	0.89	0.56	65	2.14	1.71	1.83	1.47	1.83	1.14
26	0.94	0.75	0.92	0.74	0.92	0.58	66	2.17	1.74	1.85	1.48	1.85	1.16
27	0.97	0.78	0.95	0.76	0.95	0.59	67	2.20	1.76	1.87	1.50	1.87	1.17
28	1.00	0.80	0.97	0.78	0.97	0.61	68	2.23	1.78	1.89	1.52	1.89	1.18
29	1.04	0.83	1.00	0.80	1.00	0.62	69	2.26	1.81	1.92	1.53	1.92	1.20
30	1.07	0.85	1.03	0.82	1.03	0.64	70	2.29	1.83	1.94	1.55	1.94	1.21
31	1.10	0.88	1.05	0.84	1.05	0.66	71	2.32	1.85	1.96	1.57	1.96	1.22
32	1.13	0.91	1.08	0.86	1.08	0.67	72	2.35	1.88	1.98	1.58	1.98	1.24
33	1.16	0.93	1.10	0.88	1.10	0.69	73	2.38	1.90	2.00	1.60	2.00	1.25
34	1.19	0.96	1.13	0.90	1.13	0.70	74	2.41	1.92	2.02	1.61	2.02	1.26
35	1.23	0.98	1.15	0.92	1.15	0.72	75	2.44	1.95	2.04	1.63	2.04	1.27
36	1.26	1.01	1.18	0.94	1.18	0.73	76	2.46	1.97	2.06	1.65	2.06	1.29
37	1.29	1.03	1.20	0.96	1.20	0.75	77	2.49	1.99	2.08	1.66	2.08	1.30
38	1.32	1.06	1.22	0.98	1.22	0.77	78	2.52	2.02	2.10	1.68	2.10	1.31
39	1.35	1.08	1.25	1.00	1.25	0.78	79	2.55	2.04	2.12	1.70	2.12	1.32
40	1.38	1.11	1.27	1.02	1.27	0.80	80	2.58	2.06	2.14	1.71	2.14	1.34

۳- زمان تناوب محاسباتی (T)

سازه های متعارف:

۱) اگر پریود تحلیلی (T_m) در سوال داده نشود، پریود سازه همان پریود تجربی (T_a) خواهد بود: $T=T_a$

۲) اگر هم پریود تحلیلی (T_m) در دسترس باشد و هم پریود تجربی (T_a) قابل محاسبه باشد، برای طراحی اعضای یک سازه با

$$T=\max(T_a, \min(1.25T_a, T_m))$$

هر درجه اهمیتی داریم:

۳) اگر هدف کنترل دریافت سازه های متعارف باشد، داریم:

$$T=\max(T_a, \min(1.25T_a, T_m))$$

سازه های با درجه اهمیت خیلی زیاد:

$$T=\max(T_a, T_m)$$

سازه های با درجه اهمیت کم، متوسط و زیاد:

نکته: بیشترین زمان تناوبی که در طراحی یک ساختمان متعارف قابل استفاده است، $1/25 T_a$ می باشد.

در سازه های نا متعارف:

۱) اثر جداگرای میانقابی در تحلیل منظور شده باشد: $T=T_m$

۲) اثر جداگرای میانقابی در تحلیل منظور نشده باشد: $T=0.8T_m$

در این روابط T_m زمان تناوب اصلی انتقالی در تحلیل دینامیکی و T_a زمان تناوب اصلی بدست آمده از روابط تجربی است

روابط محاسبه B , N , B_1

خطر زیاد و خیلی زیاد		خطر کم و متوسط		T_s	T_0	نوع زمین
S_0	S	S_0	S			
1	1.5	1	1.5	0.4	0.1	I
1	1.5	1	1.5	0.5	0.1	II
1.1	1.75	1.1	1.75	0.7	0.15	III
1.1	1.75	1.3	2.25	1	0.15	IV

T
محاسبه با استفاده از فرمول ها و جدول صفحات قبل

حالت (۲): پهنه با خطرپذیری متوسط و کم

حالت (۱): پهنه با خطرپذیری خیلی زیاد و زیاد

$$\begin{cases} N = 1 & T \leq T_s \\ N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s \leq T \leq 4s \\ N = 1.4 & T \geq 4s \end{cases}$$

$$\begin{cases} N = 1 & T \leq T_s \\ N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s \leq T \leq 4s \\ N = 1.7 & T \geq 4s \end{cases}$$

$$B = \frac{\text{شتاب سازه}}{\text{شتاب سنگ بستر}}$$

$$B = B_1 \times N$$

محاسبه با استفاده از فرمول - جدول صفحات بعد

$$\begin{cases} B_1 = S_0 + (S - S_0 + 1) \left(\frac{T}{T_0} \right) & 0 \leq T \leq T_0 \\ B_1 = S + 1 & T_0 \leq T \leq T_s \\ B_1 = (S + 1) \left(\frac{T_s}{T} \right) & T \geq T_s \end{cases}$$

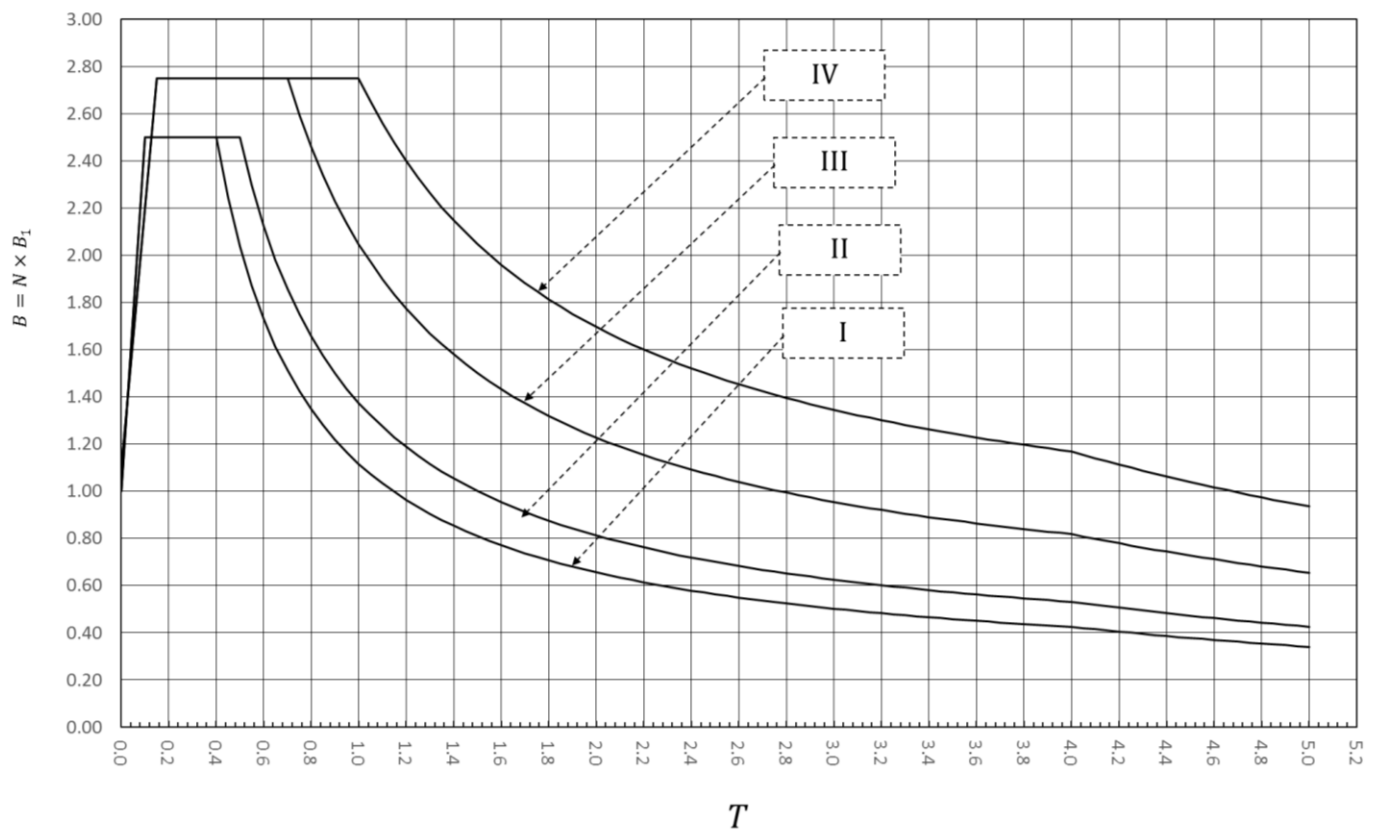
جدول محاسبه B₁, N, B

T	خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد												خطر نسبی کم و متوسط												T
	I			II			III			IV			I			II			III			IV			
	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	1.10	1.10	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	1.10	1.30	1.00	1.30	0.00
0.05	1.75	1.00	1.75	1.75	1.00	1.75	1.65	1.00	1.65	1.65	1.00	1.65	1.75	1.00	1.75	1.75	1.00	1.75	1.65	1.00	1.65	1.95	1.00	1.95	0.05
0.10	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.20	1.00	2.20	2.20	1.00	2.20	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.20	1.00	2.20	2.60	1.00	2.60	0.10
0.15	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.15
0.20	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.20
0.25	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.25
0.30	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.30
0.35	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.35
0.40	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.40
0.45	2.24	1.01	2.22	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.23	1.01	2.22	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.45
0.50	2.04	1.02	2.00	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.02	1.01	2.00	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.50
0.55	1.87	1.03	1.82	2.30	1.01	2.27	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.85	1.02	1.82	2.29	1.01	2.27	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.55
0.60	1.73	1.04	1.67	2.13	1.02	2.08	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.70	1.02	1.67	2.11	1.01	2.08	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.60
0.65	1.61	1.05	1.54	1.98	1.03	1.92	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.58	1.03	1.54	1.96	1.02	1.92	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.65
0.70	1.51	1.06	1.43	1.86	1.04	1.79	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.48	1.03	1.43	1.83	1.02	1.79	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.70
0.75	1.42	1.07	1.33	1.75	1.05	1.67	2.59	1.01	2.57	2.75	1.00	2.75	1.39	1.04	1.33	1.71	1.03	1.67	2.58	1.01	2.57	3.25	1.00	3.25	0.75
0.80	1.35	1.08	1.25	1.66	1.06	1.56	2.46	1.02	2.41	2.75	1.00	2.75	1.31	1.04	1.25	1.62	1.03	1.56	2.44	1.01	2.41	3.25	1.00	3.25	0.80
0.85	1.28	1.09	1.18	1.57	1.07	1.47	2.34	1.03	2.26	2.75	1.00	2.75	1.24	1.05	1.18	1.53	1.04	1.47	2.31	1.02	2.26	3.25	1.00	3.25	0.85
0.90	1.22	1.10	1.11	1.50	1.08	1.39	2.23	1.04	2.14	2.75	1.00	2.75	1.17	1.06	1.11	1.45	1.05	1.39	2.19	1.02	2.14	3.25	1.00	3.25	0.90
0.95	1.17	1.11	1.05	1.43	1.09	1.32	2.13	1.05	2.03	2.75	1.00	2.75	1.12	1.06	1.05	1.38	1.05	1.32	2.09	1.03	2.03	3.25	1.00	3.25	0.95
1.00	1.12	1.12	1.00	1.38	1.10	1.25	2.05	1.06	1.93	2.75	1.00	2.75	1.07	1.07	1.00	1.32	1.06	1.25	2.00	1.04	1.93	3.25	1.00	3.25	1.00
1.05	1.07	1.13	0.95	1.32	1.11	1.19	1.97	1.07	1.83	2.65	1.01	2.62	1.02	1.07	0.95	1.27	1.06	1.19	1.91	1.04	1.83	3.12	1.01	3.10	1.05
1.10	1.03	1.14	0.91	1.27	1.12	1.14	1.90	1.08	1.75	2.56	1.02	2.50	0.98	1.08	0.91	1.21	1.07	1.14	1.83	1.05	1.75	2.99	1.01	2.95	1.10
1.15	1.00	1.15	0.87	1.23	1.13	1.09	1.83	1.10	1.67	2.48	1.04	2.39	0.94	1.08	0.87	1.17	1.07	1.09	1.77	1.05	1.67	2.88	1.02	2.83	1.15
1.20	0.96	1.16	0.83	1.19	1.14	1.04	1.77	1.11	1.60	2.40	1.05	2.29	0.91	1.09	0.83	1.13	1.08	1.04	1.70	1.06	1.60	2.78	1.03	2.71	1.20
1.25	0.93	1.17	0.80	1.15	1.15	1.00	1.72	1.12	1.54	2.33	1.06	2.20	0.88	1.09	0.80	1.09	1.09	1.00	1.64	1.07	1.54	2.69	1.03	2.60	1.25
1.30	0.90	1.18	0.77	1.12	1.16	0.96	1.67	1.13	1.48	2.26	1.07	2.12	0.85	1.10	0.77	1.05	1.09	0.96	1.59	1.07	1.48	2.60	1.04	2.50	1.30
1.35	0.88	1.18	0.74	1.08	1.17	0.93	1.62	1.14	1.43	2.20	1.08	2.04	0.82	1.11	0.74	1.02	1.10	0.93	1.54	1.08	1.43	2.52	1.05	2.41	1.35
1.40	0.85	1.19	0.71	1.05	1.18	0.89	1.58	1.15	1.38	2.15	1.09	1.96	0.79	1.11	0.71	0.98	1.10	0.89	1.49	1.08	1.38	2.45	1.05	2.32	1.40
1.45	0.83	1.20	0.69	1.03	1.19	0.86	1.54	1.16	1.33	2.10	1.11	1.90	0.77	1.12	0.69	0.96	1.11	0.86	1.45	1.09	1.33	2.38	1.06	2.24	1.45
1.50	0.81	1.21	0.67	1.00	1.20	0.83	1.50	1.17	1.28	2.05	1.12	1.83	0.75	1.12	0.67	0.93	1.11	0.83	1.41	1.10	1.28	2.31	1.07	2.17	1.50
1.55	0.79	1.22	0.65	0.98	1.21	0.81	1.47	1.18	1.24	2.00	1.13	1.77	0.73	1.13	0.65	0.90	1.12	0.81	1.37	1.10	1.24	2.25	1.07	2.10	1.55
1.60	0.77	1.23	0.63	0.95	1.22	0.78	1.43	1.19	1.20	1.96	1.14	1.72	0.71	1.13	0.63	0.88	1.13	0.78	1.33	1.11	1.20	2.19	1.08	2.03	1.60
1.65	0.75	1.24	0.61	0.93	1.23	0.76	1.40	1.20	1.17	1.92	1.15	1.67	0.69	1.14	0.61	0.86	1.13	0.76	1.30	1.12	1.17	2.14	1.09	1.97	1.65
1.70	0.74	1.25	0.59	0.91	1.24	0.74	1.37	1.21	1.13	1.88	1.16	1.62	0.67	1.14	0.59	0.84	1.14	0.74	1.27	1.12	1.13	2.09	1.09	1.91	1.70
1.75	0.72	1.26	0.57	0.89	1.25	0.71	1.35	1.22	1.10	1.85	1.18	1.57	0.66	1.15	0.57	0.82	1.14	0.71	1.24	1.13	1.10	2.04	1.10	1.86	1.75
1.80	0.71	1.27	0.56	0.88	1.26	0.69	1.32	1.23	1.07	1.81	1.19	1.53	0.64	1.16	0.56	0.80	1.15	0.69	1.21	1.13	1.07	2.00	1.11	1.81	1.80
1.85	0.69	1.28	0.54	0.86	1.27	0.68	1.29	1.24	1.04	1.78	1.20	1.49	0.63	1.16	0.54	0.78	1.15	0.68	1.19	1.14	1.04	1.96	1.11	1.76	1.85
1.90	0.68	1.29	0.53	0.84	1.28	0.66	1.27	1.25	1.01	1.75	1.21	1.45	0.61	1.17	0.53	0.76	1.16	0.66	1.16	1.15	1.01	1.92	1.12	1.71	1.90
1.95	0.67	1.30	0.51	0.83	1.29	0.64	1.25	1.27	0.99	1.72	1.22	1.41	0.60	1.17	0.51	0.75	1.17	0.64	1.14	1.15	0.99				

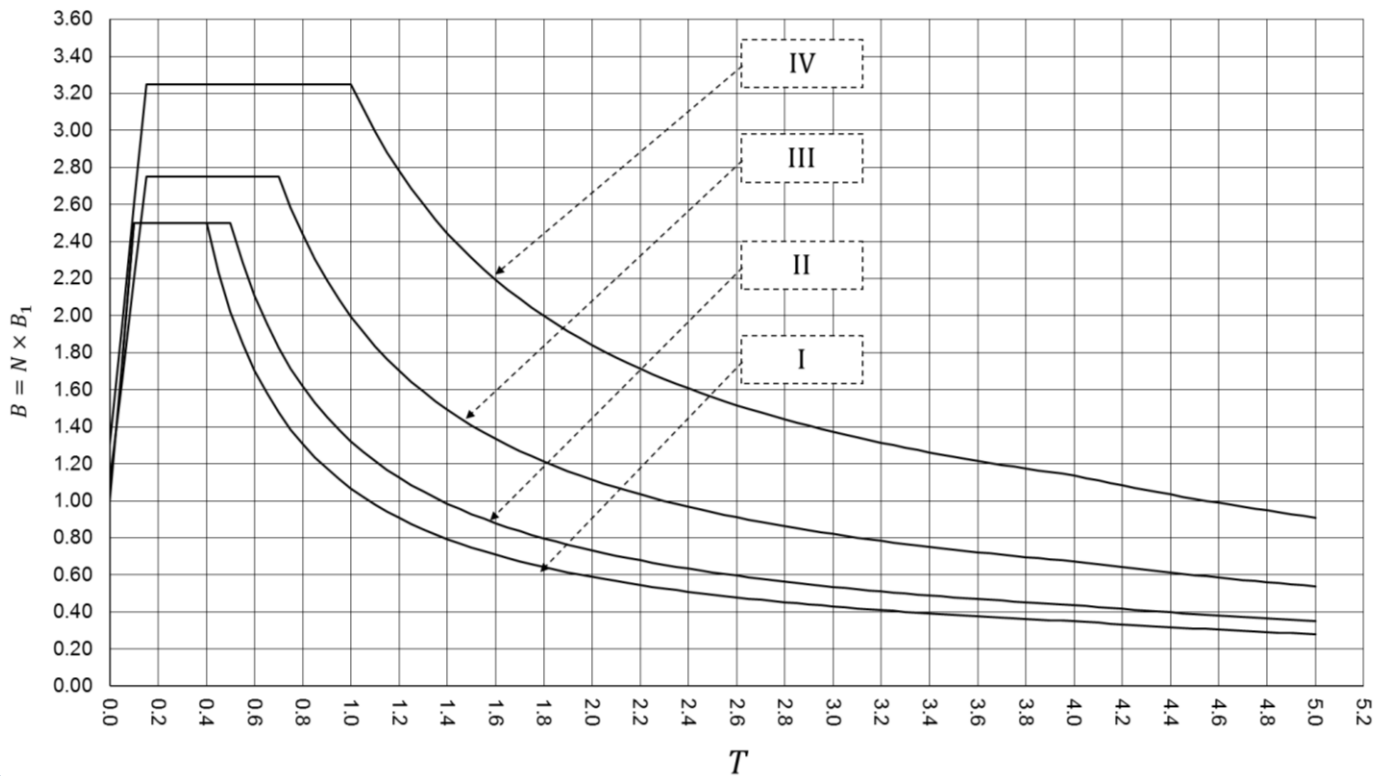
جدول محاسبه B₁, N, B

T	خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد												خطر نسبی کم و متوسط												T
	I			II			III			IV			I			II			III			IV			
	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	
2.55	0.56	1.42	0.39	0.69	1.41	0.49	1.05	1.39	0.75	1.47	1.36	1.08	0.49	1.24	0.39	0.61	1.23	0.49	0.92	1.22	0.75	1.54	1.21	1.27	2.55
2.60	0.55	1.43	0.38	0.68	1.42	0.48	1.04	1.40	0.74	1.45	1.37	1.06	0.48	1.24	0.38	0.60	1.24	0.48	0.91	1.23	0.74	1.52	1.21	1.25	2.60
2.65	0.54	1.44	0.38	0.67	1.43	0.47	1.03	1.41	0.73	1.44	1.39	1.04	0.47	1.25	0.38	0.59	1.25	0.47	0.90	1.24	0.73	1.50	1.22	1.23	2.65
2.70	0.54	1.45	0.37	0.67	1.44	0.46	1.02	1.42	0.71	1.42	1.40	1.02	0.47	1.26	0.37	0.58	1.25	0.46	0.89	1.24	0.71	1.48	1.23	1.20	2.70
2.75	0.53	1.46	0.36	0.66	1.45	0.45	1.00	1.43	0.70	1.41	1.41	1.00	0.46	1.26	0.36	0.57	1.26	0.45	0.87	1.25	0.70	1.46	1.23	1.18	2.75
2.80	0.52	1.47	0.36	0.65	1.46	0.45	0.99	1.45	0.69	1.39	1.42	0.98	0.45	1.27	0.36	0.56	1.26	0.45	0.86	1.25	0.69	1.44	1.24	1.16	2.80
2.85	0.52	1.48	0.35	0.64	1.47	0.44	0.98	1.46	0.68	1.38	1.43	0.96	0.45	1.27	0.35	0.56	1.27	0.44	0.85	1.26	0.68	1.42	1.25	1.14	2.85
2.90	0.51	1.49	0.34	0.64	1.48	0.43	0.97	1.47	0.66	1.37	1.44	0.95	0.44	1.28	0.34	0.55	1.27	0.43	0.84	1.27	0.66	1.40	1.25	1.12	2.90
2.95	0.51	1.50	0.34	0.63	1.49	0.42	0.96	1.48	0.65	1.36	1.46	0.93	0.44	1.28	0.34	0.54	1.28	0.42	0.83	1.27	0.65	1.39	1.26	1.10	2.95
3.00	0.50	1.51	0.33	0.63	1.50	0.42	0.95	1.49	0.64	1.34	1.47	0.92	0.43	1.29	0.33	0.54	1.29	0.42	0.82	1.28	0.64	1.37	1.27	1.08	3.00
3.05	0.50	1.52	0.33	0.62	1.51	0.41	0.95	1.50	0.63	1.33	1.48	0.90	0.42	1.29	0.33	0.53	1.29	0.41	0.81	1.28	0.63	1.36	1.27	1.07	3.05
3.10	0.49	1.53	0.32	0.61	1.52	0.40	0.94	1.51	0.62	1.32	1.49	0.89	0.42	1.30	0.32	0.52	1.30	0.40	0.80	1.29	0.62	1.34	1.28	1.05	3.10
3.15	0.49	1.53	0.32	0.61	1.53	0.40	0.93	1.52	0.61	1.31	1.50	0.87	0.41	1.31	0.32	0.52	1.30	0.40	0.79	1.30	0.61	1.33	1.29	1.03	3.15
3.20	0.48	1.54	0.31	0.60	1.54	0.39	0.92	1.53	0.60	1.30	1.51	0.86	0.41	1.31	0.31	0.51	1.31	0.39	0.78	1.30	0.60	1.31	1.29	1.02	3.20
3.25	0.48	1.55	0.31	0.60	1.55	0.38	0.91	1.54	0.59	1.29	1.53	0.85	0.41	1.32	0.31	0.51	1.31	0.38	0.78	1.31	0.59	1.30	1.30	1.00	3.25
3.30	0.47	1.56	0.30	0.59	1.56	0.38	0.91	1.55	0.58	1.28	1.54	0.83	0.40	1.32	0.30	0.50	1.32	0.38	0.77	1.32	0.58	1.29	1.31	0.98	3.30
3.35	0.47	1.57	0.30	0.59	1.57	0.37	0.90	1.56	0.57	1.27	1.55	0.82	0.40	1.33	0.30	0.49	1.33	0.37	0.76	1.32	0.57	1.27	1.31	0.97	3.35
3.40	0.47	1.58	0.29	0.58	1.58	0.37	0.89	1.57	0.57	1.26	1.56	0.81	0.39	1.33	0.29	0.49	1.33	0.37	0.75	1.33	0.57	1.26	1.32	0.96	3.40
3.45	0.46	1.59	0.29	0.58	1.59	0.36	0.88	1.58	0.56	1.25	1.57	0.80	0.39	1.34	0.29	0.48	1.34	0.36	0.74	1.33	0.56	1.25	1.33	0.94	3.45
3.50	0.46	1.60	0.29	0.57	1.60	0.36	0.88	1.59	0.55	1.24	1.58	0.79	0.38	1.34	0.29	0.48	1.34	0.36	0.74	1.34	0.55	1.24	1.33	0.93	3.50
3.55	0.45	1.61	0.28	0.57	1.61	0.35	0.87	1.60	0.54	1.24	1.60	0.77	0.38	1.35	0.28	0.47	1.35	0.35	0.73	1.35	0.54	1.23	1.34	0.92	3.55
3.60	0.45	1.62	0.28	0.56	1.62	0.35	0.86	1.62	0.53	1.23	1.61	0.76	0.38	1.36	0.28	0.47	1.35	0.35	0.72	1.35	0.53	1.22	1.35	0.90	3.60
3.65	0.45	1.63	0.27	0.56	1.63	0.34	0.86	1.63	0.53	1.22	1.62	0.75	0.37	1.36	0.27	0.47	1.36	0.34	0.72	1.36	0.53	1.21	1.35	0.89	3.65
3.70	0.44	1.64	0.27	0.55	1.64	0.34	0.85	1.64	0.52	1.21	1.63	0.74	0.37	1.37	0.27	0.46	1.37	0.34	0.71	1.36	0.52	1.19	1.36	0.88	3.70
3.75	0.44	1.65	0.27	0.55	1.65	0.33	0.85	1.65	0.51	1.20	1.64	0.73	0.37	1.37	0.27	0.46	1.37	0.33	0.70	1.37	0.51	1.18	1.37	0.87	3.75
3.80	0.44	1.66	0.26	0.55	1.66	0.33	0.84	1.66	0.51	1.20	1.65	0.72	0.36	1.38	0.26	0.45	1.38	0.33	0.70	1.38	0.51	1.17	1.37	0.86	3.80
3.85	0.43	1.67	0.26	0.54	1.67	0.32	0.83	1.67	0.50	1.19	1.67	0.71	0.36	1.38	0.26	0.45	1.38	0.32	0.69	1.38	0.50	1.16	1.38	0.84	3.85
3.90	0.43	1.68	0.26	0.54	1.68	0.32	0.83	1.68	0.49	1.18	1.68	0.71	0.36	1.39	0.26	0.45	1.39	0.32	0.69	1.39	0.49	1.16	1.39	0.83	3.90
3.95	0.43	1.69	0.25	0.53	1.69	0.32	0.82	1.69	0.49	1.18	1.69	0.70	0.35	1.39	0.25	0.44	1.39	0.32	0.68	1.39	0.49	1.15	1.39	0.82	3.95
4.00	0.43	1.70	0.25	0.53	1.70	0.31	0.82	1.70	0.48	1.17	1.70	0.69	0.35	1.40	0.25	0.44	1.40	0.31	0.67	1.40	0.48	1.14	1.40	0.81	4.00
4.05	0.42	1.70	0.25	0.52	1.70	0.31	0.81	1.70	0.48	1.15	1.70	0.68	0.35	1.40	0.25	0.43	1.40	0.31	0.67	1.40	0.48	1.12	1.40	0.80	4.05
4.10	0.41	1.70	0.24	0.52	1.70	0.30	0.80	1.70	0.47	1.14	1.70	0.67	0.34	1.40	0.24	0.43	1.40	0.30	0.66	1.40	0.47	1.11	1.40	0.79	4.10
4.15	0.41	1.70	0.24	0.51	1.70	0.30	0.79	1.70	0.46	1.13	1.70	0.66	0.34	1.40	0.24	0.42	1.40	0.30	0.65	1.40	0.46	1.10	1.40	0.78	4.15
4.20	0.40	1.70	0.24	0.51	1.70	0.30	0.78	1.70	0.46	1.11	1.70	0.65	0.33	1.40	0.24	0.42	1.40	0.30	0.64	1.40	0.46	1.08	1.40	0.77	4.20
4.25	0.40	1.70	0.24	0.50	1.70	0.29	0.77	1.70	0.45	1.10	1.70	0.65	0.33	1.40	0.24	0.41	1.40	0.29	0.63	1.40	0.45	1.07	1.40	0.76	4.25
4.30	0.40	1.70	0.23	0.49	1.70	0.29	0.76	1.70	0.45	1.09	1.70	0.64	0.33	1.40	0.23	0.41	1.40	0.29	0.63	1.40	0.45	1.06	1.40	0.76	4.30
4.35	0.39	1.70	0.23	0.49	1.70	0.29	0.75	1.70	0.44	1.07	1.70	0.63	0.32	1.40	0.23	0.40	1.40	0.29	0.62	1.40	0.44	1.05	1.40	0.75	4.35
4.40	0.39	1.70	0.23	0.48	1.70	0.28	0.74	1.70	0.44	1.06	1.70	0.63	0.32	1.40	0.23	0.40	1.40	0.28	0.61	1.40	0.44	1.03	1.40	0.74	4.40
4.45	0.38	1.70	0.22	0.48	1.70	0.28	0.74	1.70	0.43	1.05	1.70	0.62	0.31	1.40	0.22	0.39	1.40	0.28	0.61	1.40	0.43	1.02	1.40	0.73	4.45
4.50	0.38	1.70	0.22	0.47	1.70	0.28	0.73	1.70	0.43	1.04	1.70	0.61	0.31	1.40	0.22	0.39	1.40	0.28	0.60	1.40	0.43	1.01	1.40	0.72	4.50
4.55	0.37	1.70	0.22	0.47	1.70	0.27	0.72	1.70	0.42	1.03	1.70	0.60	0.31	1.40	0.22	0.38	1.40	0.27	0.59	1.					

خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد



خطر نسبی کم و متوسط



نکات قابل برداشت از نمودار طیف بازتاب

۱) در سازه های صلب ($T=0$)، شتاب منتقل شده به سازه S_0 برابر شتاب ایجاد شده در سنگ بستر است ($B=S_0$)، که این موضوع نشان دهنده مفهوم پارامتر S_0 نیز می باشد. دقت شود که سازه های ساختمانی متداول به ندرت در بازه ($0 < T < T_0$) قرار می گیرند و این بازه اهمیت چندانی در مورد ساختمان ها ندارد

۲) هنگامی که زمان تناوب در بازه ($T_0 < T < T_s$) قرار می گیرد بیشترین استعداد برای انتقال شتاب بستر زمین به سازه وجود دارد ($B=S+1$) و نیروی زلزله وارد بر سازه نیز بیشینه می شود. (در این بازه با تغییر زمان تناوب ضریب بازتاب B تغییر نمی کند)

۳) پارامتر T_s معرف زمان تناوب خاک در طیف بازتاب است در مقایسه زمان تناوب خاک های نوع I, II, III و IV می توان گفت که زمان

تناوب خاک نوع IV بزرگتر از سه نوع دیگر خاک بوده و سختی ($T \propto \frac{1}{\sqrt{k}}$) آن مقدار کمتری دارد با توجه به سختی خاک و رابطه آن با

سرعت موج برشی در خاک:

$$T_s = \frac{4H}{v_s}$$

زمان تناوب خاک کمتر می شود ($T_s \downarrow$) $\implies$ سختی خاک بیشتر شود ($k \uparrow$) $\implies$ سرعت موج برشی در خاک بیشتر شود ($v_s \uparrow$)

۴) هرچه زلزله شدت بیشتری داشته باشد، امکان خارج شدن خاک از رفتار الاستیک و وارد شدن آن به رفتار پلاستیک بیشتر است که این

موضوع بر روی توانایی جذب انرژی خاک از زلزله و مقدار شتابی که از سنگ بستر به سطح خاک می رسد تاثیر می گذارد پارامتر S در

طیف زلزله، به نوعی تاثیر شدت زلزله در طیف بازتاب را در نظر می گیرد. خاک تیپ IV که نرم ترین نوع خاک است عملاً بیشترین S

مقدار را به خود اختصاص می دهد

طبقه‌بندی نوع زمین

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 سیمانه بسیار محکم با حداکثر ۵ متر مصالح ضعیف‌تر تا سطح زمین	-	-	>۷۵۰
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	>۲۵۰	>۵۰	۳۷۵-۷۵۰
III	خاک متراکم تا متوسط، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس‌های سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	۷۰-۲۵۰	۱۵-۵۰	۱۷۵-۳۷۵
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.	<۷۰	<۱۵	<۱۷۵

$$\bar{v}_s = \frac{\sum d_i}{\sum \left(\frac{d_i}{v_{si}} \right)}$$

$\bar{v}_s$: متوسط سرعت موج برشی در لایه‌های مختلف خاک تا عمق ۳۰ متری از تراز پایه

$\bar{N}_{1(60)}$: متوسط $N_{1(60)}$ در لایه‌های مختلف خاک تا عمق ۳۰ متری

$N_{1(60)}$: تعداد ضربات نفوذ استاندارد (اصلاح شده برای فشار مؤثر سربار و انرژی)

$\bar{C}_u$: متوسط C_u در لایه‌های مختلف خاک تا عمق ۳۰ متری

C_u : مقاومت برشی زهکشی‌نشده در خاکهای چسبنده

➤ در مواردی که در انطباق مشخصات محل ساختگاه با انواع مندرج در جدول تردیدی وجود داشته باشد، باید نوع زمینی که **ضریب بازتاب بزرگتری** به دست می‌دهد، انتخاب گردد

➤ در مواردی که جزئیات خصوصیات خاک به حد کافی برای تعیین نوع زمین محل شناخته شده نباشد و داده‌های ژئوتکنیکی خصوصیتی شبیه زمین نوع IV را در محل نشان ندهد و طبق بند (۶-۱) استاندارد ۲۸۰۰ انجام مطالعات ژئوتکنیکی در محل مورد نظر **ضروری نباشد** و ساختمان مورد نظر با **حداکثر چهار سقف (ارتفاع کمتر از ۲ متر)** و سطح اشغال حداکثر ۳۰۰ متر مربع باشد، میتوان زمین مورد نظر را نوع III از جدول انتخاب کرد

➤ 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 ۷۵۰ 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

➤ در کلیه ساختگاه‌ها چنانچه عواملی وجود داشته باشد که منجر به ناپایداری زمین گردد، لازم است در مطالعات ژئوتکنیکی کنترل‌های مطرح شده در فصل ششم استاندارد ۲۸۰۰ مدنظر قرار گیرد

ضریب اهمیت ساختمان (I)

ضریب اهمیت ساختمان (I)	گروه ساختمان
۱,۴	الف - ساختمانهای ضروری: این گروه شامل ساختمانهایی است که قابل استفاده بودن آنها پس از وقوع زلزله اهمیت خاص دارد و وقفه در بهره‌برداری از آنها غیرمستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات میشود؛ مانند بیمارستانها و درمانگاهها، مراکز آتشنشانی، مراکز و تأسیسات آبرسانی، ساختمانهای نیروگاهها و تأسیسات برقرسانی، برجهای مراقبت فرودگاهها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تأسیسات نظامی و انتظامی، مراکز کمک‌رسانی و به طور کلی تمام ساختمان‌هایی که استفاده از آنها در نجات و امداد مؤثر میباشد ب- ساختمانهای خطرزا: این گروه شامل ساختمانها و تأسیساتی است که خرابی آنها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر در کوتاه‌مدت و درازمدت برای محیط زیست می‌شوند، مانند کارخانه - های تولیدکننده مواد شیمیایی خاص
۱,۲	این گروه شامل سه دسته زیر است: الف - ساختمانهایی که خرابی آنها موجب تلفات زیاد میشود، مانند مدارس، مساجد، استادیومها، سینما و تئاترها، سالن‌های اجتماعات، فروشگاه‌های بزرگ، ترمینال - های مسافری و یا هر فضای سرپوشیده دیگری که محل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر در زیر یک سقف باشد ب - ساختمانهایی که خرابی آنها سبب از دست رفتن ثروت ملی میگردد، مانند موزهها، کتابخانهها، و به طور کلی مراکزی که در آنها اسناد و مدارک ملی و یا آثار پر ارزش دیگری نگهداری میشود. پ - ساختمانها و تأسیسات صنعتی که خرابی آنها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش‌سوزی وسیع میشود مانند پالایشگاهها، انبارهای سوخت و مراکز گازرسانی
۱	این گروه ساختمانها شامل کلیه ساختمان‌های مشمول این آییننامه، بجز ساختمان‌های عنوان شده در سه گروه دیگر میباشد، مانند ساختمانهای مسکونی و اداری و تجاری، هتلها، پارکینگهای چندطبقه، انبارها، کارگاهها، ساختمان‌های صنعتی
۰,۸	این گروه شامل دو دسته زیر است: الف - ساختمان‌هایی که خسارت نسبتاً کمی از خرابی آنها حادث میشود و احتمال بروز تلفات جانی انسانی در آنها بسیار کم است، مانند انبارهای کشاورزی و سالنهای نگهداری دام. ب - ساختمانهای موقتی که مدت بهره‌برداری از آنها کمتر از ۲ سال است

ضریب رفتار ساختمان (R_u)

R_u : ضریب رفتار ساختمان

C_d : ضریب بزرگنمایی تغییر مکان جانبی سازه به علت رفتار غیرخطی آن است

Ω_0 : ضریب اضافه مقاومت سازه است که برای تعیین زلزله تشدید یافته مورد استفاده قرار میگیرد

H_m : حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان است که با سیستم باربر عنوان شده ساخته میشود. این ارتفاع از تراز پایه تعیین میگردد

$H_m(m)$	C_d	Ω_0	R_u	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	سیستم سازه
50	5	2.5	5	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	الف- سیستم دیوارهای باربر
50	4	2.5	4	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	
-	3.5	2.5	3.5	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [1]	
15	3	2.5	3	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
15	3.5	2	4	۵- دیوارهای متشکل از قابهای سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه‌ای فولادی	
15	4	3	5.5	۶- دیوارهای متشکل از قابهای سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی	
10	3	2	3	۷- دیوارهای بتن پاششی سه بعدی	
50	4	2.5	6	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه [2]	ب- سیستم قاب ساختمانی
35	4	2.5	5	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	
-	3	2.5	4	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [1]	
15	2.5	2.5	3	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
50	4	2	7	۵- مهاربندی واگرای ویژه فولادی [2] و [3]	
50	5	2.5	7	۶- مهاربندی کمانش تاب	
15	3.5	2	3.5	۷- مهاربندی همگرای معمولی فولادی	
50	5	2	5.5	۸- مهاربندی همگرای ویژه فولادی [2]	
200	5.5	3	7.5	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [4]	پ- سیستم قاب خمشی
35	4.5	3	5	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [4]	
-	2.5	3	3	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی [1] و [4]	
200	5.5	3	7.5	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	
50	4	3	5	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	
-	3	3	3.5	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [1]	
200	5.5	2.5	7.5	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی
70	5	2.5	6.5	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	
50	4.5	2.5	6	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	
50	4.5	2.5	6	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	
200	4	2.5	7.5	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	
70	5	2.5	6	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	
200	5.5	2.5	7	۷- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	
70	5	2.5	6	۸- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	
10	2	1.5	2	سازه‌های فولادی یا بتن آرمه ویژه	ث- سیستم کنسولی

[۱] استفاده از این سیستم برای ساختمانهای «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» در تمام مناطق لرزه خیزی و برای ساختمانهای «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۱ و ۲ مجاز نیست. ارتفاع حداکثر این سیستم برای ساختمانهای «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۳ و ۴ به ۵ متر محدود میگردد.

[۲] ارتفاع مجاز در سیستم قاب ساختمانی با دیوار برشی بتن آرمه و ویژه، با مهاربندهای واگرای ویژه یا با مهاربندهای همگرای ویژه، در صورتیکه شرایط زیر موجود باشد، میتواند از ۵۰ متر به ۷۵ متر افزایش یابد:

الف- زمین ساختگاه از نوع I، II یا III 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 واگرای 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 بتن آرمه با شکل پذیری کم، متوسط و زیاد عنوان شده در آیین نامه بتن ایران "آبا" با عناوین معمولی، متوسط و ویژه معرفی شده اند. ضمناً در این سازه ها فاصله خاموتها از یکدیگر در ناحیه ویژه دو انتهای ستونها، مطابق تعریف آبا، نباید بیش از ۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود

۳-۳-۵-۲ ساخت ساختمانهای با ارتفاع بیش از H_m در جدول (۳-۴) در کلیه مناطق کشور مجاز نیست. برای ساختمانهای خاص که در آنها ارتفاعی بیشتر از این حدود مدنظر باشد، تأیید کمیته اجرایی این آیین نامه الزامی است.

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

۳-۳-۵-۴ 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 (۳-۴)، الزامی است. در این ساختمانها نمیتوان برای مقابله با تمام نیروی جانبی زلزله منحصرأ به دیوارهای برشی و یا قابهای مهاربندی شده اکتفا نمود.

۳-۳-۵ استفاده از دال تخت یا قارچی و ستون به عنوان سیستم قاب خمشی منحصراً 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.

۳-۳-۵-۶ 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 (۳-۳-۵) می‌شود.

۳-۳-۵-۷ 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.

ترکیب سیستم ها 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.

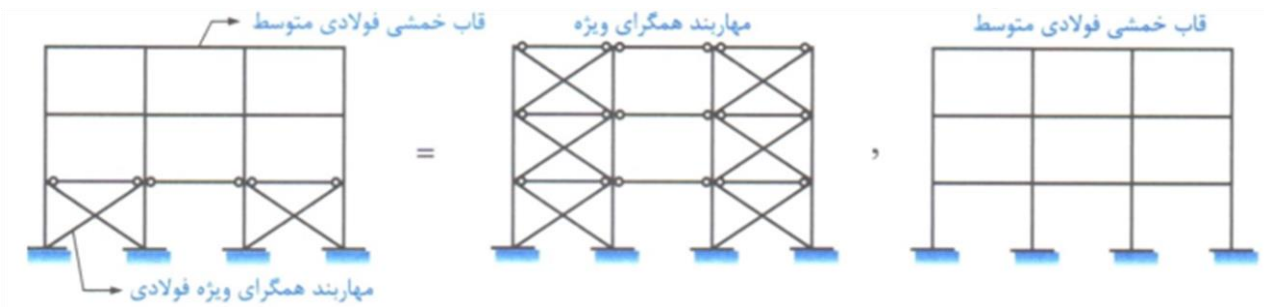
تنها در مواردی که در یک امتداد از سیستم دیوارهای باربر استفاده شده باشد، مقدار ضریب رفتار در امتداد دیگر نباید بیشتر از مقدار آن در امتداد سیستم دیوارهای باربر اختیار گردد.

ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع

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

حالت کلی

الف- **زمان تناوب اصلی سازه** باید مطابق ضوابط روابط صفحات گذشته محاسبه شود 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



گام اول) سازه را به دو سازه تبدیل کرده که هر یک دارای یک سیستم سازه ای در کل ارتفاع خود هستند.

$$T_{Bot} \quad . \quad T_{Top}$$

گام دوم) محاسبه زمان تناوب هر یک از سازه های جدید

گام سوم) محاسبه زمان تناوب سازه اولیه با استفاده از میانگین وزنی زمان تناوب هر یک از سیستم ها در ارتفاع کل سازه

$$T_{Total} = \alpha T_{Bot} + \beta T_{Top} \quad . \quad \alpha = \frac{h_{Bot}}{h_{Total}} \quad . \quad \beta = \frac{h_{Top}}{h_{Total}}$$

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

$$R_{u(پایین)} > R_{u(بالا)} \rightarrow R_{u(بالا)} \cdot C_{d(بالا)} \cdot \Omega_{0(بالا)} \quad \text{قسمت فوقانی باید برای محاسبات هر دو قسمت مورد استفاده قرار گیرد}$$

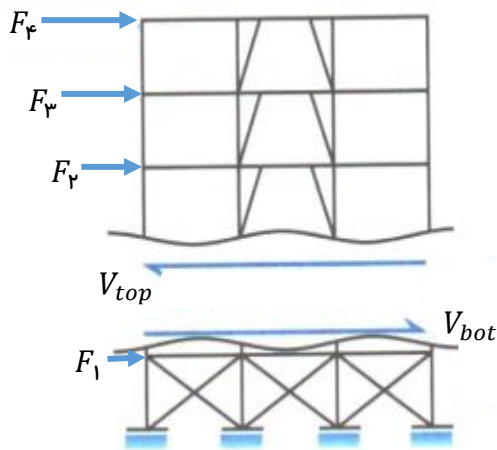
پ- در ساختمانهایی که ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی کمتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی است، مقادیر C_d ، R_u و Ω_0 قسمت فوقانی باید برای محاسبات این قسمت مورد استفاده قرار گیرد. برای محاسبات قسمت تحتانی مقادیر C_d ، R_u و Ω_0 مربوط به همین قسمت مورد استفاده قرار میگیرد. ولی حالت نیروهای عکس العمل ناشی از تحلیل قسمت فوقانی نیز که در نسبت R_u/ρ قسمت فوقانی به R_u/ρ قسمت تحتانی ضرب شده اند، باید به مدل سازه قسمت تحتانی اضافه شود. این نسبت در هر حال نباید کوچکتر از ۱/۰ باشد

$$R_{u(پایین)} < R_{u(بالا)} \rightarrow \begin{cases} R_{u(بالا)} \cdot C_{d(بالا)} \cdot \Omega_{0(بالا)} & \text{باید برای محاسبات قسمت فوقانی مورد استفاده قرار گیرد} \\ R_{u(پایین)} \cdot C_{d(پایین)} \cdot \Omega_{0(پایین)} & \text{باید برای محاسبات قسمت تحتانی مورد استفاده قرار گیرد} \end{cases}$$

پ- در ساختمانهایی که ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی کمتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی است، مقادیر R_u و C_d و Ω_0 قسمت فوقانی باید برای محاسبات این قسمت مورد استفاده قرار گیرد. برای محاسبات قسمت تحتانی مقادیر R_u و C_d و Ω_0 مربوط به همین قسمت مورد استفاده قرار میگیرد. ولی حالت نیروهای عکس العمل ناشی از تحلیل قسمت فوقانی نیز که در نسبت R_u/ρ قسمت فوقانی به R_u/ρ قسمت تحتانی ضرب شده اند، باید به مدل سازه قسمت تحتانی اضافه شود. این نسبت در هر حال نباید کوچکتر از ۱/۰ باشد

قسمت فوقانی باید برای محاسبات هر دو قسمت مورد استفاده قرار گیرد $R_{u(\text{بالا})} \cdot C_{d(\text{بالا})} \cdot \Omega_{0(\text{بالا})} > R_{u(\text{پایین})}$

باید برای محاسبات قسمت فوقانی مورد استفاده قرار گیرد $R_{u(\text{بالا})} \cdot C_{d(\text{بالا})} \cdot \Omega_{0(\text{بالا})}$
 باید برای محاسبات قسمت تحتانی مورد استفاده قرار گیرد $R_{u(\text{پایین})} \cdot C_{d(\text{پایین})} \cdot \Omega_{0(\text{پایین})}$



$$V_{top} = F_4 + F_3 + F_2$$

$$V_{bot} = \left(\frac{R_u}{\rho} \right)_{Top} \times V_{top} \geq V_{top}$$

V_{top} : برش ناشی از طبقات فوقانی

V_{bot} : برش منتقل شده از طبقات فوقانی به طبقات تحتانی

$$V_{\text{طبقه اول}} = V_{bot} + F_1$$

نیروی افقی زلزله به روش استاتیکی معادل (برش پایه)

برش پایه

$$V_u = CW = \frac{ABI}{R_u} W \geq V_{min} = C_{min} W = 0.12 AI W$$

درصدی از بار زنده و برف + وزن تاسیسات ثابت و دیوارهای تقسیم کننده + بار مرده = W وزن موثر لرزه‌ای

ضریب زلزله C

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

درصد میزان مشارکت بارزنده و برف در محاسبه نیروی جانبی زلزله	
محل بار زنده	درصد بار زنده
نحوه مشارکت	
بار برف	بام ساختمان‌ها در مناطق با برف زیاد سنگین و فوق سنگین ۲۰٪ بام ساختمان‌ها در سایر مناطق -
نحوه مشارکت	
بار زنده	ساختمان‌های مسکونی، اداری، هتل‌ها و پارکینگ‌ها ۲۰٪ بیمارستان‌ها، مدارس، و ساختمان‌های محل ازدحام و اجتماع ۲۰٪ کتابخانه‌ها و انبارها (با توجه به نوع کاربری) حداقل ۴۰٪ مخازن آب و یا سایر مایعات ۱۰۰٪

نوع زمین	T ₀	T _s	خطر کم و متوسط		خطر زیاد و خیلی زیاد	
			S ₀	S	S ₀	S
I	0.1	0.4	1	1.5	1	1.5
II	0.1	0.5	1	1.5	1	1.5
III	0.15	0.7	1.1	1.75	1.1	1.75
IV	0.15	1	1.3	2.25	1.1	1.75

ضریب اهمیت ساختمان (I)	
طبقه بندی ساختمان	ضریب اهمیت (I)
گروه ۱	1.4
گروه ۲	1.2
گروه ۳	1.0
گروه ۴	0.8

T: محاسبه با استفاده از فرمول‌ها و جدول صفحات بعد

نسبت شتاب مبنای طرح (A)		
منطقه	خطر لرزه خیزی	نسبت شتاب مبنای طرح (A)
1	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	0.35
2	پهنه با خطر نسبی زیاد	0.30
3	پهنه با خطر نسبی متوسط	0.25
4	پهنه با خطر نسبی کم	0.20

$$\begin{cases} B_1 = S_0 + (S - S_0 + 1) \left(\frac{T}{T_0} \right) & 0 \leq T \leq T_0 \\ B_1 = S + 1 & T_0 \leq T \leq T_s \\ B_1 = (S + 1) \left(\frac{T_s}{T} \right) & T \geq T_s \end{cases}$$

حالت (۲): پهنه با خطر پذیری متوسط و کم

$$\begin{cases} N = 1 & T \leq T_s \\ N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s \leq T \leq 4s \\ N = 1.4 & T \geq 4s \end{cases}$$

حالت (۱): پهنه با خطر پذیری خیلی زیاد

$$\begin{cases} N = 1 & T \leq T_s \\ N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s \leq T \leq 4s \\ N = 1.7 & T \geq 4s \end{cases}$$

$$B = B_1 \times N$$

محاسبه با استفاده از فرمول - جدول صفحات بعد

$$\text{اگر } B < 0.12 R_u \rightarrow C_{min} = 0.12 AI$$

$$B = \frac{\text{شتاب سازه}}{\text{شتاب سنگ بستر}}$$

R_u
استفاده از جدول صفحات بعد

در ساختمان‌هایی که از دو سیستم سازه‌ای برای تحمل بار جانبی در دو امتداد در پلان استفاده شده باشد، برای هر سیستم باید ضرایب R_u، C_d و Ω 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.

$$R_{u(\text{برای هر دو امتداد})} = \min(R_{u(\text{امتداد دیوار باربر})}, R_{u(\text{امتداد دیگر})})$$

نیروی افقی زلزله به روش استاتیکی معادل (نیروی جانبی طبقه i - برش طبقه i)

توزیع نیروی زلزله در ارتفاع

گام اول: محاسبه وزن لرزه ای هر یک از طبقات (W_i) و فاصله آنها از تراز پایه (h_i)

گام دوم: محاسبه پارامتر k با استفاده از زمان تناوب محاسباتی T

$$\begin{cases} k = 1 & T \leq 0.5 \\ k = 0.5T + 0.75 & 0.5 \leq T \leq 2.5s \\ k = 2 & T \geq 2.5s \end{cases}$$

گام سوم: محاسبه نیروی جانبی وارد بر طبقه i

در این رابطه:

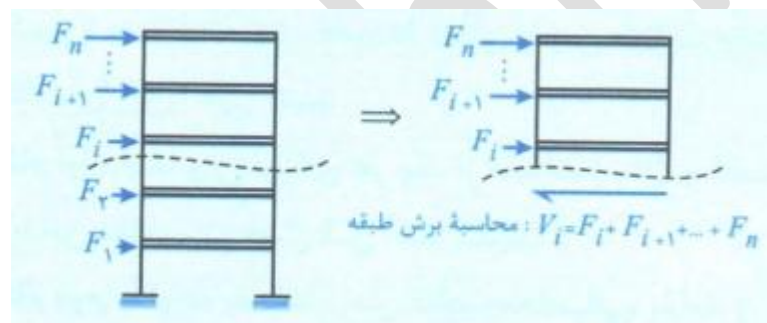
F_{ui} : نیروی جانبی در تراز طبقه i

W_i : وزن طبقه i شامل وزن سقف و قسمتی از سربار و وزن دیوارها و ستون‌هایی که در بالا و پایین سقف قرار گرفته‌اند.

h_i : ارتفاع تراز سقف طبقه i از تراز پایه

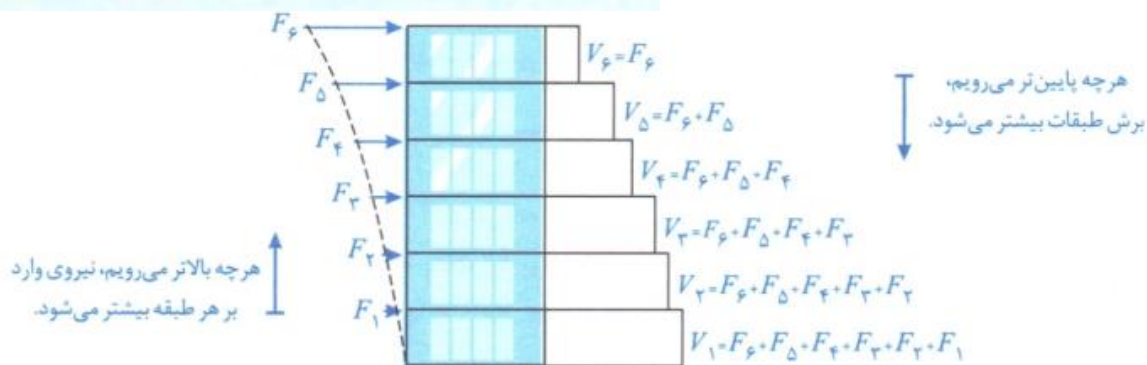
n : تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا

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



برش طبقه i:

$$V_i = F_i + F_{i+1} + \dots + F_n = \sum_{j=i}^n F_j$$



زمان تناوب محاسباتی (T)

سازه های متعارف:

- ۱) اگر پریود تحلیلی (T_m) در سوال داده نشود، پریود سازه همان پریود تجربی (T_a) خواهد بود: $T=T_a$
- ۲) اگر هم پریود تحلیلی (T_m) در دسترس باشد و هم پریود تجربی (T_a) قابل محاسبه باشد، برای طراحی اعضای یک سازه با هر درجه اهمیتی داریم: $T=\max(T_a, \min(1.25T_a, T_m))$

۳) اگر هدف کنترل دررفت سازه های متعارف باشد، داریم:

– سازه های با درجه اهمیت خیلی زیاد: $T=\max(T_a, \min(1.25T_a, T_m))$

– سازه های با درجه اهمیت کم، متوسط و زیاد: $T=\max(T_a, T_m)$

نکته: بیشترین زمان تناوبی که در طراحی یک ساختمان متعارف قابل استفاده است، $1/25T_a$ می باشد.

در سازه های نا متعارف:

۳) اثر جداگرای میانقابی در تحلیل منظور شده باشد: $T=T_m$

۴) اثر جداگرای میانقابی در تحلیل منظور نشده باشد: $T=0.8T_m$

در این روابط T_m زمان تناوب اصلی انتقالی در تحلیل دینامیکی و T_a زمان تناوب اصلی بدست آمده از روابط تجربی است

جدول محاسبات T_a برای ساختمانهای متعارف

T_a برای ساختمان های متعارف

ارتفاع (m) ارتفاع (m)	قاب خمشی				قاب ساختمانی ساده با مهاربند واگرا	سایر سیستم ها به جز کنسولی با یا بدون جداگر	ارتفاع (m) ارتفاع (m)	قاب خمشی				قاب ساختمانی ساده با مهاربند واگرا	سایر سیستم ها به جز کنسولی با یا بدون جداگر
	بتنی		فولادی					بتنی		فولادی			
	بدون اثر جداگر	با اثر جداگر	بدون اثر جداگر	با اثر جداگر				بدون اثر جداگر	با اثر جداگر	بدون اثر جداگر	با اثر جداگر		
1	0.05	0.04	0.08	0.06	0.08	0.05	41	1.41	1.13	1.30	1.04	1.30	0.81
2	0.09	0.07	0.13	0.11	0.13	0.08	42	1.45	1.16	1.32	1.06	1.32	0.82
3	0.13	0.11	0.18	0.15	0.18	0.11	43	1.48	1.18	1.34	1.07	1.34	0.84
4	0.17	0.14	0.23	0.18	0.23	0.14	44	1.51	1.21	1.37	1.09	1.37	0.85
5	0.21	0.17	0.27	0.21	0.27	0.17	45	1.54	1.23	1.39	1.11	1.39	0.87
6	0.25	0.20	0.31	0.25	0.31	0.19	46	1.57	1.25	1.41	1.13	1.41	0.88
7	0.29	0.23	0.34	0.28	0.34	0.22	47	1.60	1.28	1.44	1.15	1.44	0.90
8	0.32	0.26	0.38	0.30	0.38	0.24	48	1.63	1.30	1.46	1.17	1.46	0.91
9	0.36	0.29	0.42	0.33	0.42	0.26	49	1.66	1.33	1.48	1.19	1.48	0.93
10	0.40	0.32	0.45	0.36	0.45	0.28	50	1.69	1.35	1.50	1.20	1.50	0.94
11	0.43	0.35	0.48	0.39	0.48	0.30	51	1.72	1.38	1.53	1.22	1.53	0.95
12	0.47	0.37	0.52	0.41	0.52	0.32	52	1.75	1.40	1.55	1.24	1.55	0.97
13	0.50	0.40	0.55	0.44	0.55	0.34	53	1.78	1.43	1.57	1.26	1.57	0.98
14	0.54	0.43	0.58	0.46	0.58	0.36	54	1.81	1.45	1.59	1.27	1.59	1.00
15	0.57	0.46	0.61	0.49	0.61	0.38	55	1.84	1.47	1.62	1.29	1.62	1.01
16	0.61	0.49	0.64	0.51	0.64	0.40	56	1.87	1.50	1.64	1.31	1.64	1.02
17	0.64	0.51	0.67	0.54	0.67	0.42	57	1.90	1.52	1.66	1.33	1.66	1.04
18	0.67	0.54	0.70	0.56	0.70	0.44	58	1.93	1.55	1.68	1.35	1.68	1.05
19	0.71	0.57	0.73	0.58	0.73	0.46	59	1.96	1.57	1.70	1.36	1.70	1.06
20	0.74	0.59	0.76	0.61	0.76	0.47	60	1.99	1.59	1.72	1.38	1.72	1.08
21	0.77	0.62	0.78	0.63	0.78	0.49	61	2.02	1.62	1.75	1.40	1.75	1.09
22	0.81	0.65	0.81	0.65	0.81	0.51	62	2.05	1.64	1.77	1.41	1.77	1.10
23	0.84	0.67	0.84	0.67	0.84	0.53	63	2.08	1.67	1.79	1.43	1.79	1.12
24	0.87	0.70	0.87	0.69	0.87	0.54	64	2.11	1.69	1.81	1.45	1.81	1.13
25	0.91	0.72	0.89	0.72	0.89	0.56	65	2.14	1.71	1.83	1.47	1.83	1.14
26	0.94	0.75	0.92	0.74	0.92	0.58	66	2.17	1.74	1.85	1.48	1.85	1.16
27	0.97	0.78	0.95	0.76	0.95	0.59	67	2.20	1.76	1.87	1.50	1.87	1.17
28	1.00	0.80	0.97	0.78	0.97	0.61	68	2.23	1.78	1.89	1.52	1.89	1.18
29	1.04	0.83	1.00	0.80	1.00	0.62	69	2.26	1.81	1.92	1.53	1.92	1.20
30	1.07	0.85	1.03	0.82	1.03	0.64	70	2.29	1.83	1.94	1.55	1.94	1.21
31	1.10	0.88	1.05	0.84	1.05	0.66	71	2.32	1.85	1.96	1.57	1.96	1.22
32	1.13	0.91	1.08	0.86	1.08	0.67	72	2.35	1.88	1.98	1.58	1.98	1.24
33	1.16	0.93	1.10	0.88	1.10	0.69	73	2.38	1.90	2.00	1.60	2.00	1.25
34	1.19	0.96	1.13	0.90	1.13	0.70	74	2.41	1.92	2.02	1.61	2.02	1.26
35	1.23	0.98	1.15	0.92	1.15	0.72	75	2.44	1.95	2.04	1.63	2.04	1.27
36	1.26	1.01	1.18	0.94	1.18	0.73	76	2.46	1.97	2.06	1.65	2.06	1.29
37	1.29	1.03	1.20	0.96	1.20	0.75	77	2.49	1.99	2.08	1.66	2.08	1.30
38	1.32	1.06	1.22	0.98	1.22	0.77	78	2.52	2.02	2.10	1.68	2.10	1.31
39	1.35	1.08	1.25	1.00	1.25	0.78	79	2.55	2.04	2.12	1.70	2.12	1.32
40	1.38	1.11	1.27	1.02	1.27	0.80	80	2.58	2.06	2.14	1.71	2.14	1.34

جدول محاسبه B, N, B₁

T	خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد												خطر نسبی کم و متوسط												T
	I			II			III			IV			I			II			III			IV			
	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	1.10	1.10	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	1.10	1.30	1.00	1.30	0.00
0.05	1.75	1.00	1.75	1.75	1.00	1.75	1.65	1.00	1.65	1.65	1.00	1.65	1.75	1.00	1.75	1.75	1.00	1.75	1.65	1.00	1.65	1.95	1.00	1.95	0.05
0.10	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.20	1.00	2.20	2.20	1.00	2.20	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.20	1.00	2.20	2.60	1.00	2.60	0.10
0.15	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.15
0.20	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.20
0.25	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.25
0.30	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.30
0.35	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.35
0.40	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.40
0.45	2.24	1.01	2.22	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.23	1.01	2.22	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.45
0.50	2.04	1.02	2.00	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.02	1.01	2.00	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.50
0.55	1.87	1.03	1.82	2.30	1.01	2.27	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.85	1.02	1.82	2.29	1.01	2.27	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.55
0.60	1.73	1.04	1.67	2.13	1.02	2.08	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.70	1.02	1.67	2.11	1.01	2.08	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.60
0.65	1.61	1.05	1.54	1.98	1.03	1.92	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.58	1.03	1.54	1.96	1.02	1.92	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.65
0.70	1.51	1.06	1.43	1.86	1.04	1.79	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.48	1.03	1.43	1.83	1.02	1.79	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.70
0.75	1.42	1.07	1.33	1.75	1.05	1.67	2.59	1.01	2.57	2.75	1.00	2.75	1.39	1.04	1.33	1.71	1.03	1.67	2.58	1.01	2.57	3.25	1.00	3.25	0.75
0.80	1.35	1.08	1.25	1.66	1.06	1.56	2.46	1.02	2.41	2.75	1.00	2.75	1.31	1.04	1.25	1.62	1.03	1.56	2.44	1.01	2.41	3.25	1.00	3.25	0.80
0.85	1.28	1.09	1.18	1.57	1.07	1.47	2.34	1.03	2.26	2.75	1.00	2.75	1.24	1.05	1.18	1.53	1.04	1.47	2.31	1.02	2.26	3.25	1.00	3.25	0.85
0.90	1.22	1.10	1.11	1.50	1.08	1.39	2.23	1.04	2.14	2.75	1.00	2.75	1.17	1.06	1.11	1.45	1.05	1.39	2.19	1.02	2.14	3.25	1.00	3.25	0.90
0.95	1.17	1.11	1.05	1.43	1.09	1.32	2.13	1.05	2.03	2.75	1.00	2.75	1.12	1.06	1.05	1.38	1.05	1.32	2.09	1.03	2.03	3.25	1.00	3.25	0.95
1.00	1.12	1.12	1.00	1.38	1.10	1.25	2.05	1.06	1.93	2.75	1.00	2.75	1.07	1.07	1.00	1.32	1.06	1.25	2.00	1.04	1.93	3.25	1.00	3.25	1.00
1.05	1.07	1.13	0.95	1.32	1.11	1.19	1.97	1.07	1.83	2.65	1.01	2.62	1.02	1.07	0.95	1.27	1.06	1.19	1.91	1.04	1.83	3.12	1.01	3.10	1.05
1.10	1.03	1.14	0.91	1.27	1.12	1.14	1.90	1.08	1.75	2.56	1.02	2.50	0.98	1.08	0.91	1.21	1.07	1.14	1.83	1.05	1.75	2.99	1.01	2.95	1.10
1.15	1.00	1.15	0.87	1.23	1.13	1.09	1.83	1.10	1.67	2.48	1.04	2.39	0.94	1.08	0.87	1.17	1.07	1.09	1.77	1.05	1.67	2.88	1.02	2.83	1.15
1.20	0.96	1.16	0.83	1.19	1.14	1.04	1.77	1.11	1.60	2.40	1.05	2.29	0.91	1.09	0.83	1.13	1.08	1.04	1.70	1.06	1.60	2.78	1.03	2.71	1.20
1.25	0.93	1.17	0.80	1.15	1.15	1.00	1.72	1.12	1.54	2.33	1.06	2.20	0.88	1.09	0.80	1.09	1.09	1.00	1.64	1.07	1.54	2.69	1.03	2.60	1.25
1.30	0.90	1.18	0.77	1.12	1.16	0.96	1.67	1.13	1.48	2.26	1.07	2.12	0.85	1.10	0.77	1.05	1.09	0.96	1.59	1.07	1.48	2.60	1.04	2.50	1.30
1.35	0.88	1.18	0.74	1.08	1.17	0.93	1.62	1.14	1.43	2.20	1.08	2.04	0.82	1.11	0.74	1.02	1.10	0.93	1.54	1.08	1.43	2.52	1.05	2.41	1.35
1.40	0.85	1.19	0.71	1.05	1.18	0.89	1.58	1.15	1.38	2.15	1.09	1.96	0.79	1.11	0.71	0.98	1.10	0.89	1.49	1.08	1.38	2.45	1.05	2.32	1.40
1.45	0.83	1.20	0.69	1.03	1.19	0.86	1.54	1.16	1.33	2.10	1.11	1.90	0.77	1.12	0.69	0.96	1.11	0.86	1.45	1.09	1.33	2.38	1.06	2.24	1.45
1.50	0.81	1.21	0.67	1.00	1.20	0.83	1.50	1.17	1.28	2.05	1.12	1.83	0.75	1.12	0.67	0.93	1.11	0.83	1.41	1.10	1.28	2.31	1.07	2.17	1.50
1.55	0.79	1.22	0.65	0.98	1.21	0.81	1.47	1.18	1.24	2.00	1.13	1.77	0.73	1.13	0.65	0.90	1.12	0.81	1.37	1.10	1.24	2.25	1.07	2.10	1.55
1.60	0.77	1.23	0.63	0.95	1.22	0.78	1.43	1.19	1.20	1.96	1.14	1.72	0.71	1.13	0.63	0.88	1.13	0.78	1.33	1.11	1.20	2.19	1.08	2.03	1.60
1.65	0.75	1.24	0.61	0.93	1.23	0.76	1.40	1.20	1.17	1.92	1.15	1.67	0.69	1.14	0.61	0.86	1.13	0.76	1.30	1.12	1.17	2.14	1.09	1.97	1.65
1.70	0.74	1.25	0.59	0.91	1.24	0.74	1.37	1.21	1.13	1.88	1.16	1.62	0.67	1.14	0.59	0.84	1.14	0.74	1.27	1.12	1.13	2.09	1.09	1.91	1.70
1.75	0.72	1.26	0.57	0.89	1.25	0.71	1.35	1.22	1.10	1.85	1.18	1.57	0.66	1.15	0.57	0.82	1.14	0.71	1.24	1.13	1.10	2.04	1.10	1.86	1.75
1.80	0.71	1.27	0.56	0.88	1.26	0.69	1.32	1.23	1.07	1.81	1.19	1.53	0.64	1.16	0.56	0.80	1.15	0.69	1.21	1.13	1.07	2.00	1.11	1.81	1.80
1.85	0.69	1.28	0.54	0.86	1.27	0.68	1.29	1.24	1.04	1.78	1.20	1.49	0.63	1.16	0.54	0.78	1.15	0.68	1.19	1.14	1.04	1.96	1.11	1.76	1.85
1.90	0.68	1.29	0.53	0.84	1.28	0.66	1.27	1.25	1.01	1.75	1.21	1.45	0.61	1.17	0.53	0.76	1.16	0.66	1.16	1.15	1.01	1.92	1.12	1.71	1.90
1.95	0.67	1.30	0.51	0.83	1.29	0.64	1.25	1.27	0.99	1.72	1.22	1.41	0.60	1.17	0.51	0.75	1.17	0.64	1.14	1.15	0.99	1.88	1.13	1.67	1.95
2.00	0.66	1.31	0.50	0.81	1.30	0.63	1.23	1.28	0.96	1.70	1.23	1.38	0.59	1.18	0.50	0.73	1.17	0.63	1.11	1.16	0.96				

جدول محاسبه B, N, B₁

T	خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد												خطر نسبی کم و متوسط												T
	I			II			III			IV			I			II			III			IV			
	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	
2.55	0.56	1.42	0.39	0.69	1.41	0.49	1.05	1.39	0.75	1.47	1.36	1.08	0.49	1.24	0.39	0.61	1.23	0.49	0.92	1.22	0.75	1.54	1.21	1.27	2.55
2.60	0.55	1.43	0.38	0.68	1.42	0.48	1.04	1.40	0.74	1.45	1.37	1.06	0.48	1.24	0.38	0.60	1.24	0.48	0.91	1.23	0.74	1.52	1.21	1.25	2.60
2.65	0.54	1.44	0.38	0.67	1.43	0.47	1.03	1.41	0.73	1.44	1.39	1.04	0.47	1.25	0.38	0.59	1.25	0.47	0.90	1.24	0.73	1.50	1.22	1.23	2.65
2.70	0.54	1.45	0.37	0.67	1.44	0.46	1.02	1.42	0.71	1.42	1.40	1.02	0.47	1.26	0.37	0.58	1.25	0.46	0.89	1.24	0.71	1.48	1.23	1.20	2.70
2.75	0.53	1.46	0.36	0.66	1.45	0.45	1.00	1.43	0.70	1.41	1.41	1.00	0.46	1.26	0.36	0.57	1.26	0.45	0.87	1.25	0.70	1.46	1.23	1.18	2.75
2.80	0.52	1.47	0.36	0.65	1.46	0.45	0.99	1.45	0.69	1.39	1.42	0.98	0.45	1.27	0.36	0.56	1.26	0.45	0.86	1.25	0.69	1.44	1.24	1.16	2.80
2.85	0.52	1.48	0.35	0.64	1.47	0.44	0.98	1.46	0.68	1.38	1.43	0.96	0.45	1.27	0.35	0.56	1.27	0.44	0.85	1.26	0.68	1.42	1.25	1.14	2.85
2.90	0.51	1.49	0.34	0.64	1.48	0.43	0.97	1.47	0.66	1.37	1.44	0.95	0.44	1.28	0.34	0.55	1.27	0.43	0.84	1.27	0.66	1.40	1.25	1.12	2.90
2.95	0.51	1.50	0.34	0.63	1.49	0.42	0.96	1.48	0.65	1.36	1.46	0.93	0.44	1.28	0.34	0.54	1.28	0.42	0.83	1.27	0.65	1.39	1.26	1.10	2.95
3.00	0.50	1.51	0.33	0.63	1.50	0.42	0.95	1.49	0.64	1.34	1.47	0.92	0.43	1.29	0.33	0.54	1.29	0.42	0.82	1.28	0.64	1.37	1.27	1.08	3.00
3.05	0.50	1.52	0.33	0.62	1.51	0.41	0.95	1.50	0.63	1.33	1.48	0.90	0.42	1.29	0.33	0.53	1.29	0.41	0.81	1.28	0.63	1.36	1.27	1.07	3.05
3.10	0.49	1.53	0.32	0.61	1.52	0.40	0.94	1.51	0.62	1.32	1.49	0.89	0.42	1.30	0.32	0.52	1.30	0.40	0.80	1.29	0.62	1.34	1.28	1.05	3.10
3.15	0.49	1.53	0.32	0.61	1.53	0.40	0.93	1.52	0.61	1.31	1.50	0.87	0.41	1.31	0.32	0.52	1.30	0.40	0.79	1.30	0.61	1.33	1.29	1.03	3.15
3.20	0.48	1.54	0.31	0.60	1.54	0.39	0.92	1.53	0.60	1.30	1.51	0.86	0.41	1.31	0.31	0.51	1.31	0.39	0.78	1.30	0.60	1.31	1.29	1.02	3.20
3.25	0.48	1.55	0.31	0.60	1.55	0.38	0.91	1.54	0.59	1.29	1.53	0.85	0.41	1.32	0.31	0.51	1.31	0.38	0.78	1.31	0.59	1.30	1.30	1.00	3.25
3.30	0.47	1.56	0.30	0.59	1.56	0.38	0.91	1.55	0.58	1.28	1.54	0.83	0.40	1.32	0.30	0.50	1.32	0.38	0.77	1.32	0.58	1.29	1.31	0.98	3.30
3.35	0.47	1.57	0.30	0.59	1.57	0.37	0.90	1.56	0.57	1.27	1.55	0.82	0.40	1.33	0.30	0.49	1.33	0.37	0.76	1.32	0.57	1.27	1.31	0.97	3.35
3.40	0.47	1.58	0.29	0.58	1.58	0.37	0.89	1.57	0.57	1.26	1.56	0.81	0.39	1.33	0.29	0.49	1.33	0.37	0.75	1.33	0.57	1.26	1.32	0.96	3.40
3.45	0.46	1.59	0.29	0.58	1.59	0.36	0.88	1.58	0.56	1.25	1.57	0.80	0.39	1.34	0.29	0.48	1.34	0.36	0.74	1.33	0.56	1.25	1.33	0.94	3.45
3.50	0.46	1.60	0.29	0.57	1.60	0.36	0.88	1.59	0.55	1.24	1.58	0.79	0.38	1.34	0.29	0.48	1.34	0.36	0.74	1.34	0.55	1.24	1.33	0.93	3.50
3.55	0.45	1.61	0.28	0.57	1.61	0.35	0.87	1.60	0.54	1.24	1.60	0.77	0.38	1.35	0.28	0.47	1.35	0.35	0.73	1.35	0.54	1.23	1.34	0.92	3.55
3.60	0.45	1.62	0.28	0.56	1.62	0.35	0.86	1.62	0.53	1.23	1.61	0.76	0.38	1.36	0.28	0.47	1.35	0.35	0.72	1.35	0.53	1.22	1.35	0.90	3.60
3.65	0.45	1.63	0.27	0.56	1.63	0.34	0.86	1.63	0.53	1.22	1.62	0.75	0.37	1.36	0.27	0.47	1.36	0.34	0.72	1.36	0.53	1.21	1.35	0.89	3.65
3.70	0.44	1.64	0.27	0.55	1.64	0.34	0.85	1.64	0.52	1.21	1.63	0.74	0.37	1.37	0.27	0.46	1.37	0.34	0.71	1.36	0.52	1.19	1.36	0.88	3.70
3.75	0.44	1.65	0.27	0.55	1.65	0.33	0.85	1.65	0.51	1.20	1.64	0.73	0.37	1.37	0.27	0.46	1.37	0.33	0.70	1.37	0.51	1.18	1.37	0.87	3.75
3.80	0.44	1.66	0.26	0.55	1.66	0.33	0.84	1.66	0.51	1.20	1.65	0.72	0.36	1.38	0.26	0.45	1.38	0.33	0.70	1.38	0.51	1.17	1.37	0.86	3.80
3.85	0.43	1.67	0.26	0.54	1.67	0.32	0.83	1.67	0.50	1.19	1.67	0.71	0.36	1.38	0.26	0.45	1.38	0.32	0.69	1.38	0.50	1.16	1.38	0.84	3.85
3.90	0.43	1.68	0.26	0.54	1.68	0.32	0.83	1.68	0.49	1.18	1.68	0.71	0.36	1.39	0.26	0.45	1.39	0.32	0.69	1.39	0.49	1.16	1.39	0.83	3.90
3.95	0.43	1.69	0.25	0.53	1.69	0.32	0.82	1.69	0.49	1.18	1.69	0.70	0.35	1.39	0.25	0.44	1.39	0.32	0.68	1.39	0.49	1.15	1.39	0.82	3.95
4.00	0.43	1.70	0.25	0.53	1.70	0.31	0.82	1.70	0.48	1.17	1.70	0.69	0.35	1.40	0.25	0.44	1.40	0.31	0.67	1.40	0.48	1.14	1.40	0.81	4.00
4.05	0.42	1.70	0.25	0.52	1.70	0.31	0.81	1.70	0.48	1.15	1.70	0.68	0.35	1.40	0.25	0.43	1.40	0.31	0.67	1.40	0.48	1.12	1.40	0.80	4.05
4.10	0.41	1.70	0.24	0.52	1.70	0.30	0.80	1.70	0.47	1.14	1.70	0.67	0.34	1.40	0.24	0.43	1.40	0.30	0.66	1.40	0.47	1.11	1.40	0.79	4.10
4.15	0.41	1.70	0.24	0.51	1.70	0.30	0.79	1.70	0.46	1.13	1.70	0.66	0.34	1.40	0.24	0.42	1.40	0.30	0.65	1.40	0.46	1.10	1.40	0.78	4.15
4.20	0.40	1.70	0.24	0.51	1.70	0.30	0.78	1.70	0.46	1.11	1.70	0.65	0.33	1.40	0.24	0.42	1.40	0.30	0.64	1.40	0.46	1.08	1.40	0.77	4.20
4.25	0.40	1.70	0.24	0.50	1.70	0.29	0.77	1.70	0.45	1.10	1.70	0.65	0.33	1.40	0.24	0.41	1.40	0.29	0.63	1.40	0.45	1.07	1.40	0.76	4.25
4.30	0.40	1.70	0.23	0.49	1.70	0.29	0.76	1.70	0.45	1.09	1.70	0.64	0.33	1.40	0.23	0.41	1.40	0.29	0.63	1.40	0.45	1.06	1.40	0.76	4.30
4.35	0.39	1.70	0.23	0.49	1.70	0.29	0.75	1.70	0.44	1.07	1.70	0.63	0.32	1.40	0.23	0.40	1.40	0.29	0.62	1.40	0.44	1.05	1.40	0.75	4.35
4.40	0.39	1.70	0.23	0.48	1.70	0.28	0.74	1.70	0.44	1.06	1.70	0.63	0.32	1.40	0.23	0.40	1.40	0.28	0.61	1.40	0.44	1.03	1.40	0.74	4.40
4.45	0.38	1.70	0.22	0.48	1.70	0.28	0.74	1.70	0.43	1.05	1.70	0.62	0.31	1.40	0.22	0.39	1.40	0.28	0.61	1.40	0.43	1.02	1.40	0.73	4.45
4.50	0.38	1.70	0.22	0.47	1.70	0.28	0.73	1.70	0.43	1.04	1.70	0.61	0.31	1.40	0.22	0.39	1.40	0.28	0.60	1.40	0.43	1.01	1.40	0.72	4.50
4.55	0.37	1.70	0.22	0.47	1.70	0.27	0.72	1.70	0.42	1.03	1.70	0.60	0.31	1.40	0.22	0.38	1.40	0.27	0.59						

ضریب رفتار ساختمان (R_u)

R_u : ضریب رفتار ساختمان

C_d : ضریب بزرگنمایی تغییر مکان جانبی سازه به علت رفتار غیرخطی آن است

Ω_0 : ضریب اضافه مقاومت سازه است که برای تعیین زلزله تشدید یافته مورد استفاده قرار میگیرد

H_m : حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان است که با سیستم برابر عنوان شده ساخته میشود. این ارتفاع از تراز پایه تعیین میگردد

$H_m(m)$	C_d	Ω_0	R_u	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	سیستم سازه
50	5	2.5	5	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	الف- سیستم دیوارهای باربر
50	4	2.5	4	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	
-	3.5	2.5	3.5	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [1]	
15	3	2.5	3	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
15	3.5	2	4	۵- دیوارهای متشکل از قابهای سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه ای فولادی	
15	4	3	5.5	۶- دیوارهای متشکل از قابهای سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی	
10	3	2	3	۷- دیوارهای بتن پاششی سه بعدی	
50	4	2.5	6	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه [2]	ب- سیستم قاب ساختمانی
35	4	2.5	5	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	
-	3	2.5	4	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [1]	
15	2.5	2.5	3	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
50	4	2	7	۵- مهاربندی واگرای ویژه فولادی [2] و [3]	
50	5	2.5	7	۶- مهاربندی کمانش تاب	
15	3.5	2	3.5	۷- مهاربندی همگرای معمولی فولادی	
50	5	2	5.5	۸- مهاربندی همگرای ویژه فولادی [2]	
200	5.5	3	7.5	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [4]	پ- سیستم قاب خمشی
35	4.5	3	5	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [4]	
-	2.5	3	3	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی [4] و [1]	
200	5.5	3	7.5	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	
50	4	3	5	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	
-	3	3	3.5	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [1]	
200	5.5	2.5	7.5	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی
70	5	2.5	6.5	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	
50	4.5	2.5	6	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	
50	4.5	2.5	6	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	
200	4	2.5	7.5	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	
70	5	2.5	6	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	
200	5.5	2.5	7	۷- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	
70	5	2.5	6	۸- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	
10	2	1.5	2	سازه های فولادی یا بتن آرمه ویژه	ث- سیستم کنسولی

لنگر پیچشی ایجاد شده در طبقه i در اثر نیروهای جانبی زلزله:

$$M_{ui} = \sum_{j=i}^n (e_{ij} + e_{aj}) F_{uj}$$

F_{uj} : نیروی جانبی در تراز طبقه j

$$F_{ui} = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V_u$$

$$\begin{cases} k = 1 & T \leq 0.5 \\ k = 0.5T + 0.75 & 0.5 \leq T \leq 2.5s \\ k = 2 & T \geq 2.5s \end{cases}$$

$$V_u = CW = \frac{ABI}{R_u} W \geq 0.12 AI W$$

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

$$Y_{CR} = \frac{\sum k_{x_i} y_i}{\sum k_{x_i}}$$

$$Y_{CM} = \frac{\sum W_i y_i}{\sum W_i} \xrightarrow{\text{توزیع بار در سطح پلان یکنواخت}} Y_{CM} = \frac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$$

اگر زلزله جهت x بود $e_y = Y_{CM} - Y_{CR}$

$$X_{CR} = \frac{\sum k_{y_i} x_i}{\sum k_{y_i}}$$

$$X_{CM} = \frac{\sum W_i x_i}{\sum W_i} \xrightarrow{\text{توزیع بار در سطح پلان یکنواخت}} X_{CM} = \frac{\sum A_i x_i}{\sum A_i}$$

اگر زلزله جهت y بود $e_x = X_{CM} - X_{CR}$

e_{aj} : برون مرکزی اتفاقی طبقه j زام

➤ این موضوع یعنی در یک ساختمان ۱۰ طبقه برای محاسبه پیچش ایجاد شده در طبقه سوم باید تاثیر پیچش ناشی از نیروها از طبقه $j=3$ تا طبقه $j=10$ را در نظر گرفت.

❖ برون مرکزی اتفاقی (e_{aj}) در تراز هر طبقه:

بعد ساختمان در راستای عمده بر نیرو جانبی $\times 0.05$ $e_{aj} =$

➤ در سازه های منظم پیچشی ← حداقل برابر

➤ در سازه های نامنظم پیچشی ← برون مرکزی اتفاقی حداقل باید در ضریب بزرگنمایی A_j ضرب شود.

$$A_j = \left(\frac{\Delta_{max}}{1.2 \Delta_{ave}} \right)^2 \quad 1 \leq A_j \leq 3 \quad e_{aj} = A_j \times 0.05 \times \text{بعد ساختمان در راستای عمده بر نیرو جانبی}$$

Δ_{max} : حداکثر تغییر مکان (نه نسبی) طبقه j که با فرض $A_j = 1$ محاسبه شده است

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

❖ در ساختمان های تا ۵ طبقه و یا کوتاهتر از ۱۸ متر برای محاسبات لنگر پیچشی اگر:

➤ برون مرکزی نیروی جانبی طبقه (e_{ij}) در طبقات بالاتر از هر طبقه کمتر از ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه در امتداد

عمد بر نیروی جانبی باشد ← نیازی به در نظر گرفتن برون مرکزی اتفاقی (e_{aj}) در طبقات نیست

➤ برون مرکزی نیروی جانبی طبقه (e_{ij}) در طبقات بالاتر از هر طبقه بیشتر از ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه در امتداد

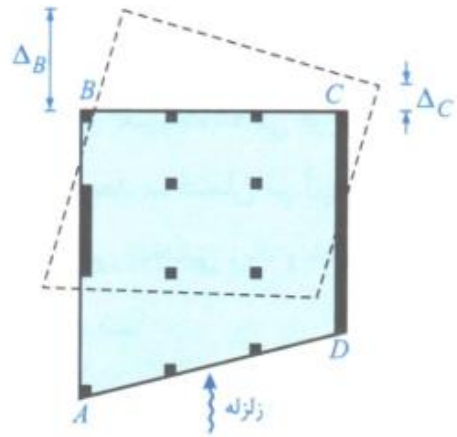
عمد بر نیروی جانبی باشد ← باید برون مرکزی اتفاقی (e_{aj}) در طبقات در نظر گرفته شود

$$\begin{cases} \Delta_{max} = \Delta_B \\ \Delta_{ave} = \frac{\Delta_B + \Delta_C}{2} \end{cases}$$

$$1 \leq \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{ave}} \leq 1.2 \implies \text{منظم پیچشی}$$

$$1.2 \leq \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{ave}} \leq 1.4 \implies \text{نامنظم زیاد پیچشی}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{ave}} > 1.4 \implies \text{نامنظم شدید پیچشی}$$

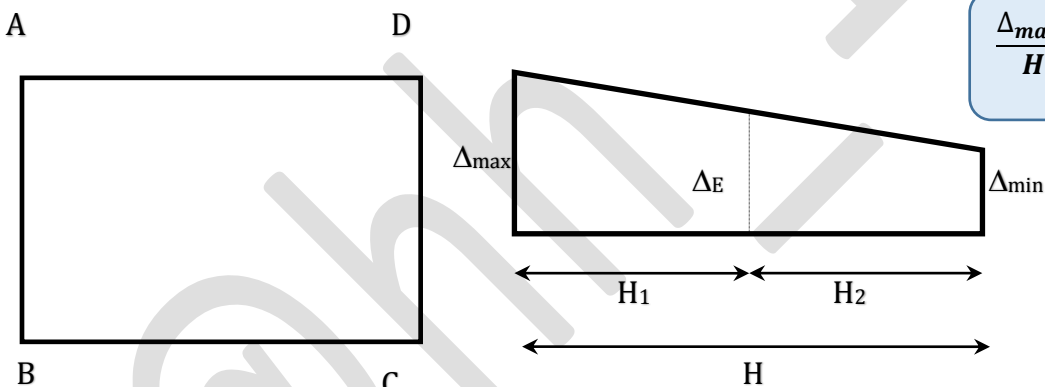


- ➖ نامنظمی‌های پیچشی تنها در مواردی که دیافراگم‌های کف‌ها صلب و یا نیمه‌صلب هستند کاربرد پیدا می‌کند
- ➖ تذکر: منظور از تغییر مکان نسبی در یک طبقه (Δ) که برای کنترل بحث نامنظمی پیچشی استفاده می‌شود، در واقع تغییر مکان یک طبقه نسبت به طبقه زیرین خود می‌باشد.

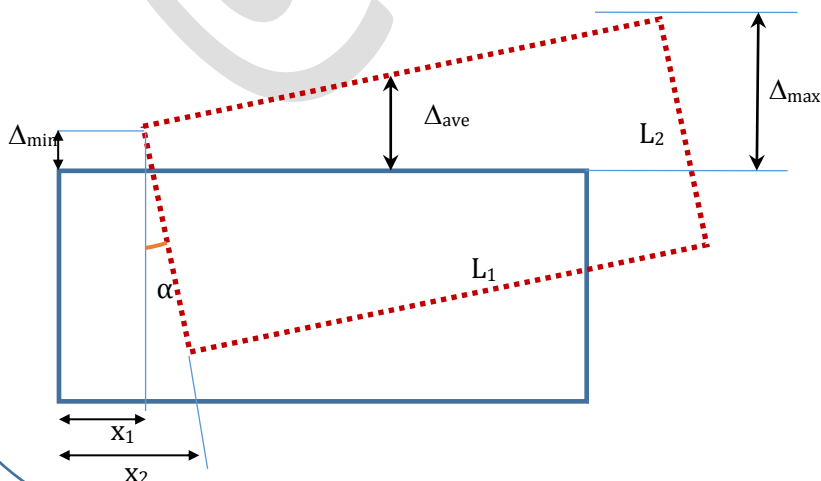
و تغییر مکان یکی از نقاط (A,B,C,D) را به عنوان Δ_{max} داده تغییر مکان نقطه دلخواه E را هم

۱) اگر Δ_{min} مجهول باشد

$$\frac{\Delta_{max} - \Delta_{min}}{H_1 + H_2} = \frac{\Delta_E - \Delta_{min}}{H_2}$$



۲) اگر Δ_{max} مجهول باشد:



$$۱) \alpha = \frac{x_1 + x_2}{L_2}$$

$$۲) \Delta_{max} = \Delta_{min} + \alpha \times L_1$$

$$۳) \Delta_{ave} = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2}$$

مواردی که بار قائم زلزله باید لحاظ شود:

۱) سازه در منطقه ای با خطر لرزه های خیلی زیاد ← در کل سازه

۲) طول تیر < ۱۵ m ← تیر به همراه ستون ها و دیوار تکیه گاهی

۳) تیر با بار قائم قابل توجه $P \geq \frac{P_{\text{کل بار}}}{4}$ ← تیر به همراه ستون هایی و دیوار تکه گاهی متصل است

۴) بالکن و پیش آمدگی هایی که به صورت طره است

$$F_{Vu} = 0.6AIW_p$$

نسبت شتاب مبنای طرح (A)			ضریب اهمیت ساختمان (I)	
منطقه	خطر لرزه خیزی	نسبت شتاب مبنای طرح (A)	ضریب اهمیت (I)	طبقه بندی ساختمان
1	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	0.35	1.4	گروه ۱
2	پهنه با خطر نسبی زیاد	0.30	1.2	گروه ۲
3	پهنه با خطر نسبی متوسط	0.25	1.0	گروه ۳
4	پهنه با خطر نسبی کم	0.20	0.8	گروه ۴

$$W_p \begin{cases} \text{برای کل سازه} \implies W_p = W_{pD} \\ \text{برای تیر و بالکن} \implies W_p = W_{pD} + W_{pL} + W_{pS} \\ \text{برای تیر بلندتر از 15m یا تیر با بار متمرکز توجه قابل} \implies W_p = W_{pD} + W_{pL} + W_{pS} \end{cases}$$

$$W_p (kN) = (\text{بارگیر} \times \text{عرض بارگیر} \times \text{بارگسترده سطحی})$$

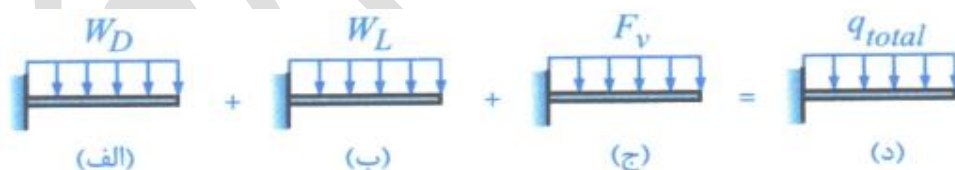
– بار زنده بدون کاهش در روابط فوق وارد می شود.

– بار زنده بالکن را ۵، برابر بار زنده پلان مجاور در نظر گرفته که $5(KN) \geq$

در طراحی طره ها (پیش آمدگی ها) و بالکن ها برای نیروی قائم زلزله نکات زیر باید مدنظر قرار گیرد:

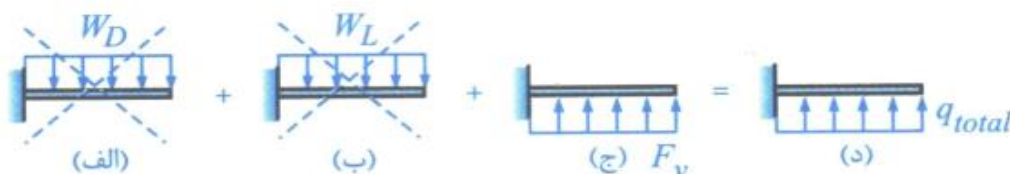
تاثیر نیروی قائم زلزله بر یک تیر طره باید در هر دو جهت روبه بالا و رو به پایین در نظر گرفته شود. (با اعمال ضرایب مناسب)

۱) نیروی زلزله قائم رو به پایین:



بررسی لنگر منفی طره

۲) نیروی زلزله قائم رو به بالا (از اثر کاهنده بارهای ثقلی در مقابل زلزله قائم روبه بالا باید صرف نظر شود):



بررسی لنگر مثبت طره

دیافراگم‌ها و جمع‌کننده‌ها

دیافراگم‌ها که معمولاً کف‌های سازه‌های تحمل‌کننده بارهای ثقلی در ساختمان‌ها هستند، در هنگام وقوع زلزله وظیفه انتقال نیروهای ایجاد شده در کف‌ها را به عناصر قائم باربر جانبی بر عهده دارند. این دیافراگم‌ها باید در برابر تغییر شکل‌های افقی که در آنها ایجاد می‌شود، مقاومت و سختی کافی را دارا باشند

دیافراگم نرم: حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها تحت اثر نیروی جانبی زلزله، بیش از دو برابر تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد. دیافراگم‌های از نوع **چوبی** یا **ورق‌های فلزی تقویت نشده بدون پوشش بتن** در سازه‌های دارای سیستم جانبی با دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده ممکن است در این دسته قرار گیرند برای این سازه‌های دارای دیافراگم نرم نیازی به در نظر گرفتن اثر **لنگرهای پیچشی در ساختمان نیست** و توزیع نیروی برشی زلزله بین اجزای قائم مقاوم در برابر زلزله بر اساس موقعیت و جرم سهمیه این اجزا انجام می‌شود

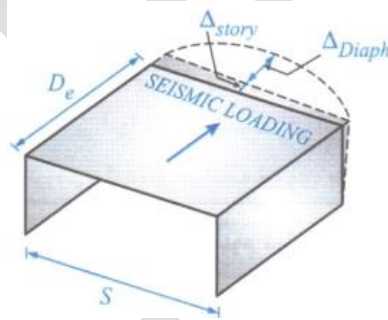
دیافراگم صلب: حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها تحت اثر نیروی جانبی زلزله کمتر از نصف تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد. دیافراگم‌های از نوع دال بتنی یا ورق‌های فلزی همراه با بتناژمه رویه دارای نسبت دهانه به عرض ۳ یا کمتر که دارای هیچیک از نامنظمی‌های در پلان نباشند، ممکن است در این دسته قرار گیرند

دیافراگم نیمه صلب: سایر دیافراگم‌ها نیمه صلب محسوب شده و اثر سختی نسبی آنها در توزیع نیروها بین اجزای سازه، باید با مدل کردن دیافراگم‌ها در نظر گرفته شود.

$$1) \quad \frac{\Delta_{Diaph}}{\Delta_{Story}} > 2 \Rightarrow \text{دیافراگم نرم}$$

$$2) \quad \frac{\Delta_{Diaph}}{\Delta_{Story}} < \frac{1}{2} \Rightarrow \text{دیافراگم صلب}$$

$$3) \quad \frac{1}{2} < \frac{\Delta_{Diaph}}{\Delta_{Story}} < 2 \Rightarrow \text{دیافراگم نیمه صلب}$$



نیروی جانبی زلزله موثر برای طراحی دیافراگم

F_{Pui} : نیروی جانبی وارد بر دیافراگم در تراز i ام

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

$$F_{P_{i_{min}}} = 0.5 A I W_i$$

$$F_{P_{i_{max}}} = A I W_i$$

W_i : وزن دیافراگم و اجزای متصل به آن در تراز i، شامل درصدی از بار زنده

F_{uj} : نیروی جانبی در تراز طبقه j

$$\sum_{j=i}^n F_{uj} = \frac{\sum_{j=i}^n W_j h_j^k}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V_u$$

$$\begin{cases} k = 1 & T \leq 0.5 \\ k = 0.5 T + 0.75 & 0.5 \leq T \leq 2.5s \\ k = 2 & T \geq 2.5s \end{cases}$$

$$V_u = C W = \frac{A B I}{R_u} W \geq 0.12 A I W$$

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

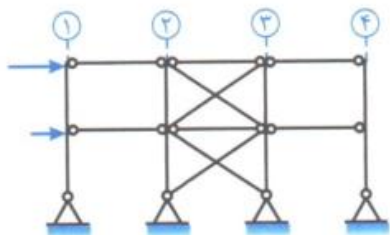
در کلیه سازه‌های نامنظم در پلان به لحاظ هندسی، دیافراگم و خارج از صفحه و یا نامنظم در ارتفاع به لحاظ قطع سیستم باربر جانبی در پهنه‌های با خطر نسبی متوسط و بالاتر، نیروی طراحی، اتصالات دیافراگم به اجزای قائم اجزای جمع‌کننده باید به میزان ۲۵٪ افزایش یابد

ساختمان باید در دو امتداد عمده بر هم در برابر نیروی زلزله محاسبه شود. به طور کلی میتوان 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.

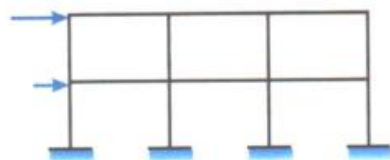
الف- ساختمانهای نامنظم در پلان

ب- کلیه ستونهایی که در محل تقاطع دو و یا چند سیستم مقاوم برابر جانی قرار دارند.

۱ در یک قاب مهاربندی ضربدری مطابق شکل زیر که تحت بارهای جانبی قرار دارد، عملاً تنها در ستونهای دو طرف مهاربند (یعنی ستونهای موجود در محورهای (۲) و (۳)) نیروی محوری ناشی از بار جانبی ایجاد می شود و در سایر ستونهای این قاب (یعنی ستونهای موجود در محورهای (۱) و (۴))، نیروی محوری تنها ناشی از بارهای ثقلی است.



۲ در یک سیستم قاب خمشی که تحت بارهای جانبی قرار دارد، در همه ستونهای موجود در سازه نیروی محوری ناشی از بارهای جانبی ایجاد می شود.

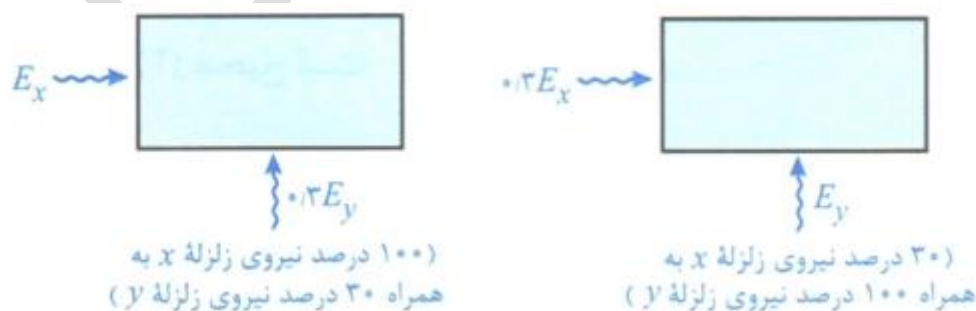


- در این موارد چنانچه بار محوری ناشی از اثر زلزله در ستون، در هریک از دو امتداد مورد نظر، کمتر از ۲۰ درصد ظرفیت بار محوری ستون باشد، این ضابطه را میتوان نادیده گرفت.

نکته: منظور از کنترل نیروی محوری ستون با ۲۰ درصد ظرفیت بار محوری آن، با توجه به رویکرد و آیین نامه طراحی مورد استفاده برای سازه، یکی از حالت های زیر می باشد:

$$\begin{cases} P < 0.12 P_a & \text{(طراحی ساختمان فولادی به روش تنش مجاز)} \\ P_u < 0.12 \phi_c P_n & \text{(طراحی ساختمان فولادی به روش ضرایب بار و مقاومت)} \\ P_u < 0.12 \phi P_n & \text{(طراحی ساختمان بتنی به روش مقاومت نهایی)} \end{cases}$$

- در موارد فوق امتداد نیروی زلزله باید با زاویه مناسبی که حتی المقدور بیشترین اثر را ایجاد میکند، انتخاب شود و یا میتوان صد درصد نیروی زلزله هر امتداد را با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمده بر آن را ترکیب کرد.



- در این موارد منظور کردن برون مرکزی اتفاقی در امتدادی که ۳۰ درصد نیرو اعمال میشود، الزامی نیست

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

شاخص پایداری (θ_i)

$$\theta_i = \left[\frac{P_u \Delta_{eu}}{V_u h} \right]_i$$

P_{ui} : مجموع بارهای مرده و زنده در طبقه i تا n، طبقه آخر، در حد مقاومت

Δ_{eui} : تغییر مکان جانبی نسبی اولیه در طبقه i حاصل از تحلیل خطی

$$\theta_i \leq \theta_{max} = \min \left\{ \frac{0.65}{C_d}, 0.25 \right\}$$

V_{ui} : مجموع نیروی برشی وارد در طبقه i

h_i : ارتفاع طبقه i

- اگر $\theta_i < 1.0\%$ $\Longleftarrow$ اثر (P-Δ) ناچیز بوده و میتواند نادیده گرفته شود.
- اگر $\theta_i > 1.0\%$ $\Longleftarrow$ اثر (P-Δ) باید در محاسبات منظور گردد.
- اگر $\theta_i > \theta_{max}$ $\Longleftarrow$ احتمال ناپایداری سازه موجود است و باید در طراحی آن تجدید نظر شود
- برای منظور کردن اثر P-Δ ($0.1 < \theta_i < \theta_{max}$) و نیروهای داخلی ایجاد شده در اعضا را را بر روی تغییر شکل های نسبی اولیه در طبقات کافی است از رابطه زیر استفاده کنیم:

$$\bar{\Delta}_{eui} = \frac{\Delta_{eui}}{1 - \theta_i}$$

$(\bar{\Delta}_{eui})$: تغییر مکانهای جانبی نسبی افزایش یافته طبقات

- در محاسبه مقدار برش معادل طبقه با منظور کردن اثر P-Δ یعنی $V_{ip\Delta}$ می توان از رابطه زیر استفاده کنیم:

$$V_{ip\Delta} = V_i \left(\frac{1}{1 - \theta_i} \right)$$

- در محاسبه مقدار لنگر نهایی طبقه با منظور کردن اثر P-Δ یعنی $M_{ip\Delta}$ می توان از رابطه زیر استفاده کنیم:

$$M_{ip\Delta} = M_i \left(\frac{1}{1 - \theta_i} \right)$$

- در محاسبه اثر P-Δ، نیروی P در واقع نیروی محوری وارد بر طبقه همزمان با اعمال زلزله است. این موضوع یعنی در

طراحی سازه های فزی و بتنی از ترکیب بار لرزه ای زیر استفاده کرده و داریم :

$$1.2 D + L + 0.2 S + E$$

تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

تغییر مکان جانبی نسبی واقعی هر طبقه، که اختلاف بین تغییر مکانهای جانبی واقعی مراکز جرم کفهای بالا و پایین آن طبقه است این تغییر مکان تنها با استفاده از تحلیل غیرخطی سازه قابل محاسبه است

$$\Delta_M = C_d \times \Delta_{eu}$$

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

C_d : ضریب بزرگنمایی تغییر مکان جانبی سازه به علت رفتار غیرخطی

Δ_{eu} : تغییر مکان جانبی نسبی طبقه زیر اثر زلزله طرح (خطی)

$$\Delta_{eu} = \frac{\text{برش طبقه}}{\text{سختی طبقه}} = \frac{V_{\text{طبقه}}}{k_{\text{طبقه}}}$$

❖ T در محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه، Δ_{eu}

اگر هدف کنترل دررفت سازه های متعارف باشد، داریم:

$$T = \max(T_a, \min(1.25T_a, T_m))$$

- سازه های با درجه اهمیت خیلی زیاد :

$$T = \max(T_a, T_m)$$

- سازه های با درجه اهمیت کم، متوسط و زیاد:

❖ محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه، Δ_{eu}

- در ساختمان های منظم پیچشی: تفاوت بین تغییر مکانهای جانبی مراکز جرم کفهای بالا و پایین آن طبقه $\Delta_{eu} = \Delta_{CM}$

- در ساختمان های نامنظم پیچشی و یا نامنظم شدید پیچشی: باید تفاوت بین تغییر مکانهای جانبی کفهای

بالا و پایین آن طبقه در امتداد محورهای کناری ساختمان مد نظر قرار گیرد. طبقه بالا $\Delta_{eu, max}$ - طبقه بالا $\Delta_{eu, max}$

❖ محدودیت تغییر مکان

$$\bar{\Delta}_m = \bar{\Delta}_{eu} \times \frac{1}{1-\theta_i} = \frac{1}{1-\theta_i} \times C_d \times \Delta_{eu} \leq \Delta_a$$

$\bar{\Delta}_M$: تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی با اثر $P-\Delta$

$$\Delta_a = \begin{cases} 0.025 h & \text{برای ساختمان های تا 5 طبقه} \\ 0.020 h & \text{برای ساختمان های بیش از 5 طبقه} \end{cases}$$

اثر $P-\Delta$: $\frac{1}{1-\theta_i}$

Δ_{eu} : تغییر مکان جانبی نسبی طبقه زیر اثر زلزله طرح

C_d : ضریب بزرگنمایی تغییر مکان جانبی سازه به علت رفتار غیرخطی

$$\bar{\Delta}_m = \frac{1}{1-\theta_i} \times C_d \times \Delta_{eu}$$

$$\Delta_{eu} = \frac{V_{\text{طبقه}}}{k_{\text{طبقه}}}$$

$$\frac{(\bar{\Delta}_m)_r}{(\bar{\Delta}_m)_1} = \frac{(C_d)_r}{(C_d)_1} \times \frac{(\Delta_{eu})_r}{(\Delta_{eu})_1} = \frac{(C_d)_r}{(C_d)_1} \times \frac{(V_u)_r}{(V_u)_1} = \frac{(C_d)_r}{(C_d)_1} \times \frac{(R_u)_r}{(R_u)_1}$$

ضریب رفتار ساختمان (R_u)

R_u : ضریب رفتار ساختمان

C_d : ضریب بزرگنمایی تغییر مکان جانبی سازه به علت رفتار غیرخطی آن است

Ω_0 : ضریب اضافه مقاومت سازه است که برای تعیین زلزله تشدید یافته مورد استفاده قرار میگیرد

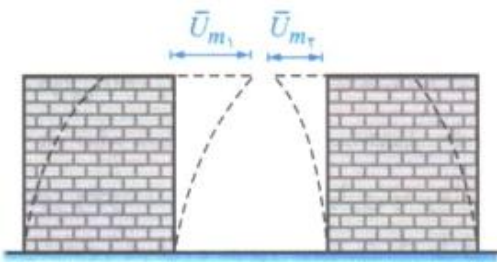
H_m : حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان است که با سیستم برابر عنوان شده ساخته میشود. این ارتفاع از تراز پایه تعیین میگردد

$H_m(m)$	C_d	Ω_0	R_u	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	سیستم سازه
50	5	2.5	5	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	الف- سیستم دیوارهای باربر
50	4	2.5	4	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	
-	3.5	2.5	3.5	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [1]	
15	3	2.5	3	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
15	3.5	2	4	۵- دیوارهای متشکل از قابهای سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه‌ای فولادی	
15	4	3	5.5	۶- دیوارهای متشکل از قابهای سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی	
10	3	2	3	۷- دیوارهای بتن پاششی سه بعدی	
50	4	2.5	6	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه [2]	ب- سیستم قاب ساختمانی
35	4	2.5	5	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	
-	3	2.5	4	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [1]	
15	2.5	2.5	3	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
50	4	2	7	۵- مهاربندی واگرای ویژه فولادی [2] و [3]	
50	5	2.5	7	۶- مهاربندی کمانش تاب	
15	3.5	2	3.5	۷- مهاربندی همگرای معمولی فولادی	
50	5	2	5.5	۸- مهاربندی همگرای ویژه فولادی [2]	
200	5.5	3	7.5	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [4]	پ- سیستم قاب خمشی
35	4.5	3	5	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [4]	
-	2.5	3	3	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی [4] و [1]	
200	5.5	3	7.5	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	
50	4	3	5	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	
-	3	3	3.5	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [1]	
200	5.5	2.5	7.5	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی
70	5	2.5	6.5	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	
50	4.5	2.5	6	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	
50	4.5	2.5	6	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	
200	4	2.5	7.5	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	
70	5	2.5	6	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی واگرای ویژه فولادی	
200	5.5	2.5	7	۷- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	
70	5	2.5	6	۸- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	
10	2	1.5	2	سازه‌های فولادی یا بتن آرمه ویژه	ث- سیستم کنسولی

$$\text{عرض درز انقطاع} = 0.005 \times H$$

در ساختمانهای با ۸ طبقه و کمتر و با اهمیت کم و متوسط:

در ساختمانهای با بیشتر از ۸ طبقه و یا ساختمانهای با اهمیت "خیلی زیاد" و "زیاد" با هر تعداد طبقه:



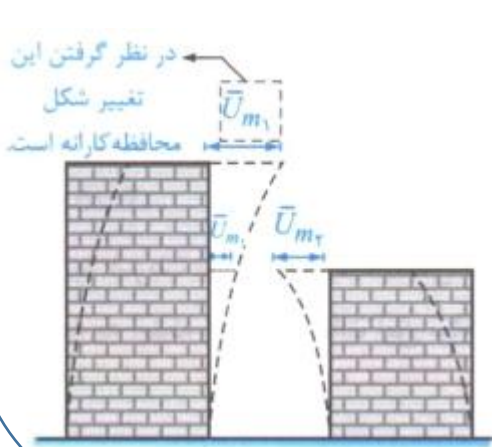
$$\text{عرض درز انقطاع} = \sqrt{(\bar{U}_{m1})^2 + (\bar{U}_{m2})^2} = \sqrt{(C_d \bar{U}_{e1})^2 + (C_d \bar{U}_{e2})^2}$$

$\bar{U}_{m1}$: تغییر مکان جانبی واقعی (تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی با اثر P-Δ)

$$\bar{\Delta}_{eui} = \frac{\Delta_{eui}}{1 - \theta_i}$$

$\bar{U}_{e1}$: تغییر مکان جانبی غیرخطی

در دسترس $\bar{U}_m \times 0.7 =$ حداقل فاصله هر طبقه ساختمان از مرز زمین مجاور $\Rightarrow$ اگر اطلاعات سازه مجاور در دسترس نباشد

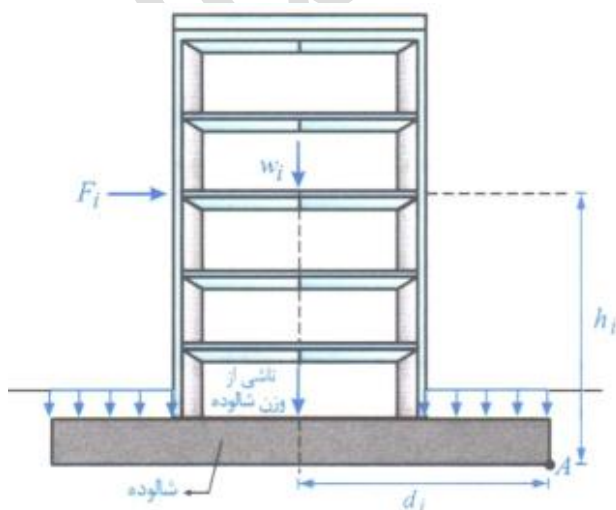


تذکره: اگر ارتفاع سازه‌ها باهم متفاوت باشد (مثل شکل مقابل) بازهم دیدگاه منطقی آن است که برای محاسبه درز انقطاع، تراز بام ساختمانی که کوتاه‌تر است را ملاک قرار داده و تغییر شکل سازه بلندتر در این تراز را در رابطه فوق در نظر بگیریم (در ارتفاع‌های بالاتر از بام ساختمان کوتاه‌تر، امکان برخورد وجود ندارد). جالب است بدانید که در آزمون‌های نظام مهندسی نیز از همین دیدگاه استفاده شده است. ولی در دیدگاه محافظه کارانه می‌توان تغییر مکان تراز بام هر دو ساختمان را مدنظر قرار داد.

کنترل 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. $F.S = \frac{M_R}{M_O} \geq 1$



M_O : لنگر واژگونی (لنگر نیروهای محرک)، حول نقطه A

$$M_O = \sum F_i \times h_i$$

M_R : لنگر مقاوم در برابر واژگونی حول نقطه A

$$M_R = \sum w_i \times d_i$$

w_i : وزن مؤثر طبقه i ام (بار مرده + درصدی از بار زنده)

d_i : فاصله مرکز جرم طبقه i ام تا نقطه A

ساختمانهای «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» و یا بلندتر از ۵۰ متر و یا بیشتر از ۵ طبقه باید برای زلزله سطح بهره‌برداری کنترل شوند به طوری که قابلیت بهره‌برداری خود را در زمان وقوع زلزله حفظ نمایند

مشخصات سازه این ساختمانها باید چنان باشد که تحت اثر ترکیب بارها در سطح بهره‌برداری، 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 مکان جانبی نسبی در زلزله سطح بهره‌برداری که از تحلیل خطی سازه تحت اثر نیروی زلزله به دست می‌آید، نباید از $\Delta_e \leq 0.005 h$ ارتفاع آن طبقه بیشتر باشد.

❖ 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.

$$\Delta_e \leq 0.008 h$$

❖ مقدار برش پایه در زلزله سطح بهره‌برداری در روش تحلیل استاتیکی معادل پایه :

$$V_u = \frac{1}{6} A B I W \quad . \quad R_u = 1$$

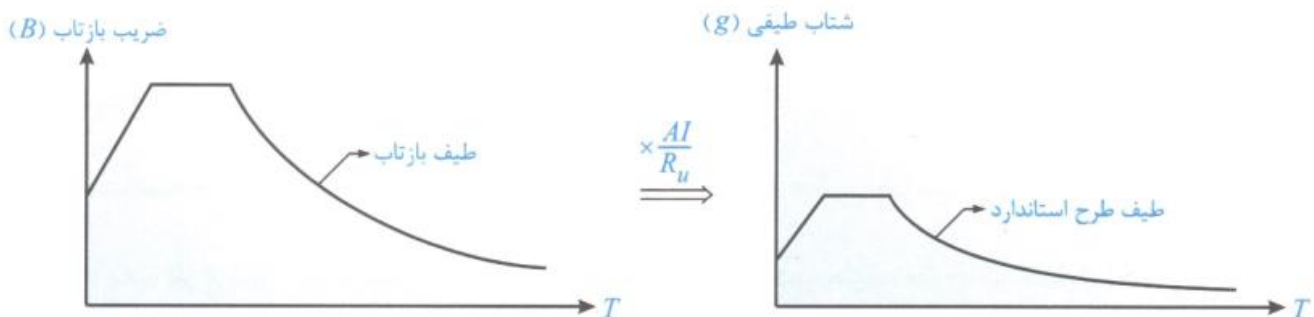
- این طیف منعکس کننده اثر حرکت زمین برای زلزله طرح در آئین نامه است و با توجه به مقادیر ضریب بازتاب (B) به صورت زیر تعریف می شود:

$$S_a = \frac{ABI}{R_u} \implies S_a = \frac{AI}{R_u} \times B \quad \text{نمودار طیف}$$

در رابطه فوق ،

S_a : معرف طیف استاندارد A : نسبت شتاب مبنای طرح B : ضریب بازتاب ساختمان

I : ضریب اهمیت ساختمان R_u : ضریب رفتار ساختمان



نحوه به دست آوردن طیف طرح استاندارد با استفاده از طیف بازتاب (به صورت شماتیک)

- مشابه روش تحلیل استاتیکی معادل تعیین می شوند و از حاصلضرب آن در وزن موثر لرزه ای، نیروی وارد بر ساختمان به دست می آید:

$$V_u = S_a W = \frac{ABI}{R_u} W \geq V_{u,min} = 0.12 \square \square \square$$

- در صورتیکه طیف طرح استاندارد برای زلزله سطح بهره برداری به کار رود مقدار آن با استفاده از رابطه زیر تعیین می شود:

$$S_a = \frac{ABI}{6} \implies S_a = \frac{AI}{6} \times B \quad \text{نمودار طیف}$$

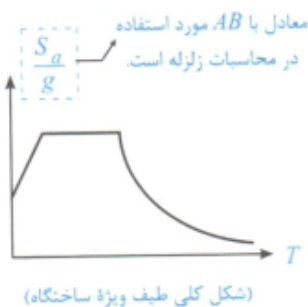
- طیف طرح استاندارد را می توان برای کلیه ساختمان ها به کاربرد مگر در مواردی که استفاده از طیف طرح ویژه ساختگاه در آن الزامی می باشد.
- در تعیین این طیف نسبت میرائی ۵ درصد در نظر گرفته شده است

- 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 صورتیکه 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 γ و عکس ضریب رفتار $(\frac{1}{R_u})$ ضرب گردد
- مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه نباید کمتر از ۸۰ درصد مقادیر طیف طرح استاندارد اختیار شود

$$V_u = \max\left\{\frac{S_a}{g}, 0.8\right\} \times \frac{1}{R_u} W_{\text{لرزه‌ای}}$$

از طیف طرح استاندارد AB

از طیف طرح ساختگاه $\frac{S_a}{g}$



طیف طرح ویژه ساختگاه را میتوان در کلیه ساختمان‌ها به‌کاربرد،
برای موارد زیر الزامی است:

- در ساختگاه‌هایی مطالعات ویژه ساختگاه برای آنها الزامی است
- 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
- در ساختگاه‌هایی که زمین آنها متشکل از رس یا لای نرم دارای رطوبت زیاد با حداقل ضخامت ۱۰ متر و $PI >$ ۴۰ (دامنه خمیری خاک) میباشد.
- 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 ۷۵۰ 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
- در مورد ساختمان‌هایی مشمول استفاده از روش تحلیل دینامیکی میشوند و در آنها یکی از شرایط زیر موجود است، الزامی است:
 - ساختمان‌های با ارتفاع بیش از ۱۵۰ متر از تراز پایه و یا دارای زمان تناوب اصلی نوسان، T بیشتر از ۳/۵ ثانیه ($T > 3.5 S$)
 - ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد و زیاد که بر روی زمین‌های غیر از نوع I، II یا III ساخته می‌شوند
 - ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر که بر روی زمین‌های غیر از نوع I، II یا III ساخته می‌شوند.
 - ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر که بر روی زمین‌های نوع II و III با ضخامت لایه خاک بیش از ۶۰ متر ساخته می‌شوند

تحلیل دینامیکی خطی

روشهای تحلیل دینامیکی (۱) روش تحلیل طیفی (۲) روش تحلیل تاریخیچه زمانی

روش تحلیل دینامیکی: میتوان در **کلیه** ساختمانها با هر تعداد طبقه به کاربرد.

به کار گیری آن برای در سازه های زیر **الزامی** است (در سازه های زیر نمی توان از روش استاتیکی معادل استفاده کرد):

۱. ساختمانهای منظم با ارتفاع بیشتر از ۵۰ متر از تراز پایه

۲. در ساختمانهای بیشتر از **۳ طبقه** که دارای نامنظمی های زیر هستند:

- نامنظمی زیاد و شدید پیچشی در پلان
- نامنظمی جرمی، نرم و خیلی نرم در ارتفاع

در این روشها رعایت ضوابط مربوط به موضوعات زیر که در روش استاتیکی معادل عنوان شده است، نیز الزامی است:

- ضریب نامعینی سازه ρ
- محاسبه ساختمانها در برابر واژگونی
- نیروی قائم زلزله
- ضریب اضافه مقاومت Ω
- اثرهای اندرکنش خاک و سازه

روش تحلیل طیفی

در این روش، ابتدا تحلیل مقادیر ویژه بر روی مدل سازه که بر اساس رفتار خطی تهیه شده است، انجام شده و مشخصات مدهای طبیعی

نوسان آن تعیین میگردد. سپس حداکثر بازتاب در هر مد با توجه به زمان تناوب آن مد از طیف طرح به دست آورده شده و با

ترکیب آماری آنها بازتاب کلی سازه تعیین میگردد

تعداد مدهای نوسان (تحلیل طیفی)

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

نظر گرفته شود (انتخاب تعداد مدهای محاسباتی برای هریک از دو امتداد متعامد سازه به صورت مجزا انجام می گیرد).

مدهای ارتعاش سازه:

- تعداد مدهای ارتعاش یک سازه برابر تعداد درجات آزادی آن سازه است
- درجات آزادی کف صلب یک طبقه برابر ۳ می باشد (۲ درجه انتقالی ناشی از حرکت انتقالی) و ۱ درجه دورانی (ناشی از حرکت پیچشی)) ساختمان دارای n طبقه دارای $3n$ درجه آزاد می باشد.
- مد اول ارتعاش یک سازه به جز در موارد خاص ساده ترین حالتی است که سازه می تواند مشابه با آن ارتعاش کند. هرچه شماره یک مد ارتعاشی بالاتر رود نحوه تغییر شکل سازه در آن مد پیچیده تر می شود.
- هر یک از مدهای نوسانی سازه دارای یک زمان تناوب مخصوص به خود هستند این یعنی مدت زمان یک رفت و برگشت کامل سازه در مدهای مختلف با یکدیگر متفاوت است. هرچه شماره یک مد بیشتر باشد زمان تناوب در آن مد کمتر است این یعنی مد اول بیشترین زمان تناوب ارتعاش را دارد:

$$T_1 > T_2 > \dots > T_{n-1} > T_n \Rightarrow n \text{ مد ارتعاشی} \Rightarrow \text{سازه } n \text{ درجه آزادی}$$

محاسبه نیروهای وارد بر طبقات سازه در هر مد ارتعاشی (تحلیل طیفی)

محاسبه زمان تناوب مدهای ارتعاشی یک سازه (T_i) (تحلیل طیفی):

گام سوم: محاسبه زمان تناوب مدهای سازه

$$|K - \omega^2 M| = 0 \Rightarrow \omega_i$$

محاسبه

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i}$$

گام دوم: تعیین ماتریس سختی سازه

$$[K] = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & & k_{2n} \\ \vdots & 0 & \ddots & \vdots \\ k_{n1} & k_{n2} & \dots & k_{nn} \end{bmatrix}$$

گام اول: تعیین ماتریس جرم سازه

$$[M] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & m_2 & & 0 \\ \vdots & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & m_n \end{bmatrix}$$

تعیین شکل مد های سازه (φ_i) از حل معادله (تحلیل طیفی):

$$[K - \omega_i^2 M][\varphi_i] = 0 \Rightarrow \varphi_i$$

محاسبه

تعیین ضریب بازتاب (B_i) برای هر مد:

با توجه به (T_i) محاسبه شده در قسمت قبل و نوع خاک و فرمول و نمودار و جدول های قسمتهای قبل برای هر مد (B_i) محاسبه می شود

تعیین ضریب زلزله (C_i) برای هر مد:

$$C_i = \frac{AB_i I}{R_u} \text{ ضریب زلزله مد } i \text{ ام}$$

تعیین برش پایه (V_i) برای هر مد:

$$V_i = C_i W_i \text{ برش پایه مد } i \text{ ام}$$

محاسبه وزن موثر مدی (W_i):

$$W_i = \frac{[\sum_{j=1}^n (w_j \varphi_{j,i})]^2}{\sum_{j=1}^n (w_j \varphi_{j,i}^2)}$$

میزان اهمیت و سهم هر یک از مدهای ارتعاشی سازه توسط وزن موثر لرزه ای سنجیده می شود

توزیع برش پایه در ارتفاع ساختمان در هر مد ($F_{i,j}$):

$$F_{i,j} = \frac{w_i \varphi_{i,j}}{\sum_{k=1}^n (w_k \varphi_{k,j})} V_j$$

برای مد j ام، نیروی جانبی در تراز مربوط به درجه آزادی i ام،

ترکیب آثار مدها (روش جذر مجموع مربعات، $SRSS$ - روش ترکیب مربعی کامل، CQC)

روش جذر مجموع مربعات، $SRSS$

هنگامی استفاده می شود که زمان تناوب مدهای مختلف آن از هم فاصله کافی داشته باشند به طوریکه برای مدهای i ام و j ام داشته باشیم:

$$\frac{T_i}{T_j} \leq 0.67 \quad (T_i > T_j)$$

در این روش بازتاب کلی سازه برای هر یک از پارامترهای مورد نظر از رابطه مقابل تعیین می شود:

$$U = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2}$$

u_i : مقدار نیرو یا جابه جایی برای محل مورد نظر در مدهای i ام و j ام n : تعداد مدهای نوسان

U : مقدار کل نیرو یا جابه جایی برای محل مورد نظر (ناشی از ترکیب اثر مدها)

روش ترکیب مربعی کامل، CQC

استفاده از این روش همواره مجاز است ولی در موارد زیر الزامی می باشد:

- سازه هایی که زمان تناوب مدهای مختلف آن چندان با هم فاصله نداشته باشند به طوریکه برای مدهای i ام و j ام داشته باشیم:

$$0.67 < \frac{T_i}{T_j} < 1.0 \quad (T_i > T_j)$$

- ساختمان های نامنظم در پلان
- سازه هایی که تاثیر پیچش در آنها زیاد است.

در این روش بازتاب کلی سازه برای هر یک از پارامترهای مورد نظر از رابطه زیر تعیین می شود:

$$U = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \rho_{ij} u_i u_j}$$

u_i و u_j : مقدار نیرو یا جابه جایی برای محل مورد نظر در مدهای i ام و j ام

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2(1+r)^{1.5}}{(1-r^2)^2 + 4\xi^2 r(1+r)^2} \quad \text{ضریب تاثیر بین مدی که از رابطه مقابل بدست می آید:}$$

ξ : ضریب میرایی که اغلب بر اساس آئین نامه ها ۰.۰۵ فرض می شود

r : نسبت زمان تناوب مد j ام به مد i ام: $(r = \frac{T_j}{T_i})$

- بازتاب نهایی حاصل از این روش ها همواره عددی مثبت است (در نتایج روش تحلیل طیفی جهت نیروها و تغییر مکان ها مشخص نبوده و تنها اندازه آنها بدست می آید که این موضوع همواره یکی از معایب روش تحلیل طیفی بیان می شود)
- نتایج بدست آمده از روش تحلیل طیفی از نظر شکل کلی مشابهت بیشتری با نتایج برای مد اول سازه دارند (سهم مد اول از مد دوم بسیار بیشتر بوده که باعث شده نتایج نهایی بیشتر به مد اول شبیه باشند) (میزان اهمیت و سهم هر یک از مدهای ارتعاش سازه توسط توسط وزن موثر لرزه ای سنجیده می شود)

اصلاح مقادیر بازتاب (تحلیل طیفی)

$$V'_{dyn}(\text{جدید}) = \text{ضریب اصلاح} \times V_{dyn}(\text{قدیم})$$

حالت اول: $V_{dyn} < V_{st}$

- 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 به دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شوند.

$$\text{ضریب اصلاح} = \max\left\{0.9 \frac{V_{st}}{V_{dyn}}, 1\right\}$$

– که نامنظمی آنها از نوع طبقه خیلی ضعیف یا طبقه خیلی نرم یا پیچشی شدید باشد، مقادیر بازتابها باید در نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه به دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شود.

$$\text{ضریب اصلاح} = \max\left\{\frac{V_{st}}{V_{dyn}}, 1\right\}$$

- در سازه‌های منظم،

مقادیر بازتابها باید در ۸۵ درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه به دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شود

$$\text{ضریب اصلاح} = \max\left\{0.85 \frac{V_{st}}{V_{dyn}}, 1\right\}$$

تبصره: مقادیر برش پایه تعدیل شده در موارد فوق نباید از برش پایه به دست آمده از تحلیل طیفی کمتر در نظر گرفته شود

حالت دوم: $V_{dyn} \geq V_{st}$

نیازی به اصلاح وجود ندارد و عملاً ضریب اصلاح برابر واحد می باشد

پیچش (تحلیل طیفی) ← در روش تحلیل طیفی باید اثر پیچش و پیچش اتفاقی را مشابه ضابطه بند (۳-۳-۷) منظور نمود. در مواردی که از مدلهای سه بعدی برای آنالیز سازه استفاده می شود، اثر پیچش اتفاقی را میتوان با جابجا کردن مرکز جرم طبقه به اندازه برون مرکزی اتفاقی منظور نمود

روش تحلیل در سیستم دوگانه و یا ترکیبی (تحلیل طیفی) ← در مواردی که برای تحمل بار جانبی زلزله از سیستم سازه‌های دوگانه و یا ترکیبی استفاده می شود، برای اقناع ضابطه بند (۱-۸-۴-پ) باید ۲۵ درصد و ۵۰ درصد برش پایه به دست آمده از تحلیل طیفی را به قابهای خمشی، مهاربندیها و یا دیوارهای برشی اثر داد و اطمینان حاصل کرد که هر یک از آنها قادر به تحمل این بار می باشند.

برای توزیع این برش در ارتفاع سازه میتوان از توزیع برش به دست آمده از تحلیل طیفی و یا از توزیع برش روش تحلیل استاتیکی معادل، بند (۳-۳-۶) استفاده نمود

۲-۵-۳ تاریخچه زمانی شتاب، شتاب‌نگاشت

۲-۵-۳-۱ حرکت زمین در تعیین اثر زلزله بر ساختمان‌ها را می‌توان مستقیماً با منظور نمودن تغییرات شتاب با زمان در تحلیل دینامیکی سازه به‌دست آورد. استفاده از این روش در کلیه ساختمان‌ها مجاز است. شتاب‌نگاشت‌های مورد استفاده باید دارای خصوصیات مندرج در بندهای زیر باشند.

۲-۵-۳-۲ شتاب‌نگاشت‌هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند باید تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین در محل احداث بنا، در هنگام زلزله، باشند. برای نیل به این هدف لازم است حداقل سه زوج شتاب‌نگاشت متعلق به مؤلفه‌های افقی سه زلزله مختلف ثبت‌شده که دارای ویژگی‌های زیر باشند انتخاب گردند:

الف- شتاب‌نگاشت‌ها متعلق به زلزله‌هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند و در آنها اثر: بزرگا، فاصله از گسل، سازوکار چشمه لرزه‌زا در نظر گرفته شده باشد.

ب- ساختگاه‌های شتاب‌نگاشت‌ها باید به لحاظ ویژگی‌های زمین‌شناسی، تکتونیکی، لرزه‌شناسی و بخصوص مشخصات لایه‌های خاک با زمین محل ساختمان، تا حد امکان، مشابهت داشته باشند.

پ- مدت زمان حرکت شدید زمین در شتاب‌نگاشت‌ها حداقل برابر با ۱۰ ثانیه یا سه برابر زمان تناوب اصلی سازه، هر کدام بیشتر است، باشد. مدت زمان حرکت شدید شتاب‌نگاشت‌ها را می‌توان از روش‌های معتبر مانند روش توزیع تجمعی انرژی، تعیین کرد. در مواردی که تعداد مورد نیاز از زوج شتاب‌نگاشت‌های مناسب ثبت‌شده در دسترس نباشد، می‌توان از زوج شتاب‌نگاشت‌های شبیه‌سازی‌شده مناسب برای تکمیل تعداد آنها استفاده کرد.

۲-۵-۳ زوج شتابنگاشت‌های انتخاب‌شده برای تحلیل سه بعدی سازه‌ها باید به روش زیر به مقیاس درآورده شوند:

الف- هر زوج شتابنگاشت به مقدار حداکثر خود مقیاس شوند. بدین معنی که حداکثر شتاب در مؤلفه‌ای که دارای بیشینه بزرگ‌تری است، برابر با شتاب ثقل g گردد.

ب- طیف پاسخ شتاب هر یک از زوج شتابنگاشت‌های مقیاس‌شده با منظور کردن نسبت میرائی ۵ درصد تعیین گردد.

پ- طیف‌های پاسخ هر زوج شتابنگاشت با استفاده از روش جذر مجموع مربعات با یکدیگر ترکیب شده و یک طیف ترکیبی واحد برای هر زوج ساخته شود.

ت- هر زوج شتابنگاشت چنان مقیاس شود که برای هر پریود در محدوده $0.2T$ / ۰/۱ مقدار متوسط طیف جذر مجموع مربعات مربوط به تمام زوج مؤلفه‌ها، بیش از ده درصد از $1/3$ برابر مقدار متناظر طیف طرح استاندارد کمتر نشود. T زمان تناوب اصلی ساختمان بر طبق بند (۳-۳-۳) است.

ث- ضریب مقیاس تعیین شده باید در شتابنگاشت‌های مقیاس‌شده در بند (الف) ضرب شود و در تحلیل دینامیکی مورد استفاده قرار گیرد. در مواردی که تحلیل سازه به صورت دوبعدی انجام می‌شود، طیف مؤلفه بزرگ‌تر شتابنگاشت باید با طیف استاندارد مقایسه گردد.



۳-۴-۲ روش تحلیل تاریخچه زمانی

۳-۴-۲-۱ در این روش، تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین به صورت تابعی از زمان، در تراز پایه و محاسبات پاسخ مدل ریاضی ساختمان با فرض رفتار خطی انجام می‌شود. در این تحلیل نسبت میرایی را می‌توان ۵ درصد منظور کرد، مگر آنکه بتوان نشان داد مقدار دیگری برای سازه مناسب‌تر است. شتاب زمین براساس شتاب‌نگاشت‌هایی که با شرایط یاد شده در بند (۲-۵-۳) تهیه شده‌اند، تعیین می‌شود. هر زوج شتاب‌نگاشت عنوان شده در آن بند هم‌زمان در دو جهت عمود بر یکدیگر، در امتدادهای اصلی سازه، به آن اثر داده می‌شوند و بازتاب‌های سازه به صورت تابعی از زمان تعیین می‌گردند. بازتاب نهایی سازه برابر با حداکثر بازتاب‌های به‌دست آمده از تحلیل با سه زوج شتاب‌نگاشت مورد نظر می‌باشد.

در این روش تحلیل، می‌توان به‌جای سه زوج شتاب‌نگاشت عنوان شده در بند (۲-۵-۳) هفت زوج شتاب‌نگاشت با مشخصات عنوان شده در آن بند را به‌کار گرفت و مقدار متوسط بیشینه بازتاب‌های به‌دست آمده از آنها را بازتاب نهایی تلقی کرد.

اصلاح مقادیر بازتاب‌ها (روش تحلیل تاریخچه زمانی)

پس از انجام تحلیل برای زوج شتاب‌نگاشت $\dot{u}$ ، مقدار حداکثر برش پایه (V_i) ، تلاش اعضاء (Q_{Ei}) و جابجایی نسبی طبقات (Δ_i) در هر طبقه تعیین خواهد شد.

در صورتی که مقدار حداکثر برش پایه حاصل از تحلیل، کمتر از مقدار برش پایه استاتیکی معادل $(V_u = \frac{ABI}{R_u})$ باشد، تلاش‌های اعضاء (Q_{Ei}) و جابجایی نسبی طبقات (Δ_i) باید مجدداً در نسبت $(\frac{V_u}{V_i})$ نیز ضرب شوند.

- اگر سه زوج شتاب‌نگاشت برای تحلیل مورد استفاده قرار گیرد، تلاش طراحی اعضاء و جابجایی نسبی طراحی طبقات باید برابر با ماکزیمم مقادیر Q_{Ei} و Δ_i حاصل از تحلیل‌ها در نظر گرفته شوند:

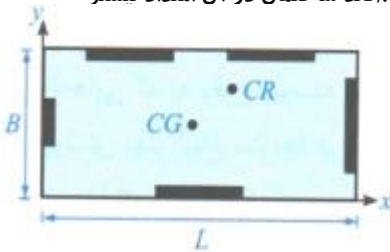
$$Q_E = \max(Q_{E1}, Q_{E2}, Q_{E3}) \quad , \quad \Delta = \max(\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3)$$

- اگر حداقل ۷ شتاب‌نگاشت برای تحلیل مورد استفاده قرار گیرد، تلاش طراحی اعضاء و جابجایی نسبی طراحی طبقات را می‌توان به ترتیب برابر با مقدار متوسط مقادیر Q_{Ei} و Δ_i حاصل از تحلیل‌ها در نظر گرفت:

$$Q_E = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{Ei}}{n} \quad , \quad \Delta = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i}{n} \quad , \quad n \geq 7$$

❖ شرایط استفاده از روش ساده شده تحلیل:

- ۱- ساختمان دارای کاربری مسکونی، اداری یا تجاری بوده و بر روی زمینهای نوع II.I یا III واقع شده باشد.
- ۲- ارتفاع ساختمان از ۳ طبقه از تراز پایه بیشتر نباشد و نسبت طول به عرض آن در پلان از ۳ تجاوز ننماید.
- ۳- سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی یکی از سیستمهای ۱- سیستم دیوارهای باربر ۲- سیستم قاب ساختمانی باشد. در این ساختمانها تغییر سیستم سازه‌ای در ارتفاع بالاتر از تراز پایه نباید وجود داشته باشد
- ۴- دیافراگم‌های سازه از نوع دال بتنی یکطرفه یا دو طرفه و یا تیرچه‌های فولادی یا بتنی به همراه دال بتنی باشد و مجموع سطوح باز شو در هر دیافراگم از ۲۰٪ سطح کل دیافراگم تجاوز نکند. تذکر: بام ساختمان از این شرط مستثنا بوده و میتواند از نوع سبک یا شیبدار هم باشد.
- ۵- 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 محوره‌های مذکور با محوره‌های متعامد اصلی ساختمان بیشتر از ۱۵ درجه زاویه نداشته باشد.
- ۶- 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.



$$|X_{CR} - X_{CG}| \leq 0.2 L$$

$$|Y_{CR} - Y_{CG}| \leq 0.2 B$$

۷- ساختمان نباید دارای نامنظمی‌های زیر باشد:

- نامنظمی خارج از صفحه سیستم باربر جانبی در پلان
- نامنظمی هندسی در ارتفاع، نامنظمی جرمی در ارتفاع، نامنظمی قطع سیستم باربر جانبی در ارتفاع

❖ مقدار برش پایه روش ساده شده:

$$V_u = CW \cdot C = \frac{ABIF}{R_u}$$

$$B=S+1$$

$$\left. \begin{aligned} F = 1 &\Leftarrow \text{ساختمان ۱ طبقه} \\ F = 1.1 &\Leftarrow \text{ساختمان ۲ طبقه} \\ F = 1.2 &\Leftarrow \text{ساختمان ۳ طبقه} \end{aligned} \right\}$$

نسبت شتاب مبنای طرح (A)		
منطقه	خطر لرزه خیزی	نسبت شتاب مبنای طرح (A)
1	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	0.35
2	پهنه با خطر نسبی زیاد	0.30
3	پهنه با خطر نسبی متوسط	0.25
4	پهنه با خطر نسبی کم	0.20

خطر کم و متوسط		خطر زیاد و خیلی زیاد		T _s	T ₀	نوع زمین
S ₀	S	S ₀	S			
1	1.5	1	1.5	0.4	0.1	I
1	1.5	1	1.5	0.5	0.1	II
1.1	1.75	1.1	1.75	0.7	0.15	III
1.1	1.75	1.3	2.25	1	0.15	IV

ضریب اهمیت ساختمان (I)	
طبقه بندی ساختمان	ضریب اهمیت (I)
گروه ۱	1.4
گروه ۲	1.2
گروه ۳	1.0
گروه ۴	0.8

❖ توزیع نیروی جانبی در پلان روش ساده شده:

❖ توزیع نیروی جانبی در ارتفاع روش ساده شده:

$$F_i = \frac{w_i}{W} V_u$$

w_i : وزن کل سازه

w_i : وزن موثر لرزه‌ای طبقه i

شبیه روش استاتیکی معادل

ضریب رفتار ساختمان (R_u)

R_u : ضریب رفتار ساختمان

C_d : ضریب بزرگنمایی تغییر مکان جانبی سازه به علت رفتار غیرخطی آن است

Ω_0 : ضریب اضافه مقاومت سازه است که برای تعیین زلزله تشدید یافته مورد استفاده قرار میگیرد

H_m : حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان است که با سیستم باربر عنوان شده ساخته میشود. این ارتفاع از تراز پایه تعیین میگردد

$H_m(m)$	C_d	Ω_0	R_u	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	سیستم سازه
50	5	2.5	5	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	الف- سیستم دیوارهای باربر
50	4	2.5	4	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	
-	3.5	2.5	3.5	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [1]	
15	3	2.5	3	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
15	3.5	2	4	۵- دیوارهای متشکل از قابهای سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه ای فولادی	
15	4	3	5.5	۶- دیوارهای متشکل از قابهای سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی	
10	3	2	3	۷- دیوارهای بتن پاششی سه بعدی	
50	4	2.5	6	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه [2]	ب- سیستم قاب ساختمانی
35	4	2.5	5	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	
-	3	2.5	4	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [1]	
15	2.5	2.5	3	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
50	4	2	7	۵- مهاربندی و اگرای ویژه فولادی [2] و [3]	
50	5	2.5	7	۶- مهاربندی کمانش تاب	
15	3.5	2	3.5	۷- مهاربندی همگرای معمولی فولادی	
50	5	2	5.5	۸- مهاربندی همگرای ویژه فولادی [2]	
200	5.5	3	7.5	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [4]	پ- سیستم قاب خمشی
35	4.5	3	5	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [4]	
-	2.5	3	3	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی [4] و [1]	
200	5.5	3	7.5	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	
50	4	3	5	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	
-	3	3	3.5	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [1]	
200	5.5	2.5	7.5	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی
70	5	2.5	6.5	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	
50	4.5	2.5	6	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	
50	4.5	2.5	6	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	
200	4	2.5	7.5	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی و اگرای ویژه فولادی	
70	5	2.5	6	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی و اگرای ویژه فولادی	
200	5.5	2.5	7	۷- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	
70	5	2.5	6	۸- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی همگرای ویژه فولادی	
10	2	1.5	2	سازه های فولادی یا بتن آرمه ویژه	ث- سیستم کنسولی

۴- اجزای غیرسازه‌ای

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

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.

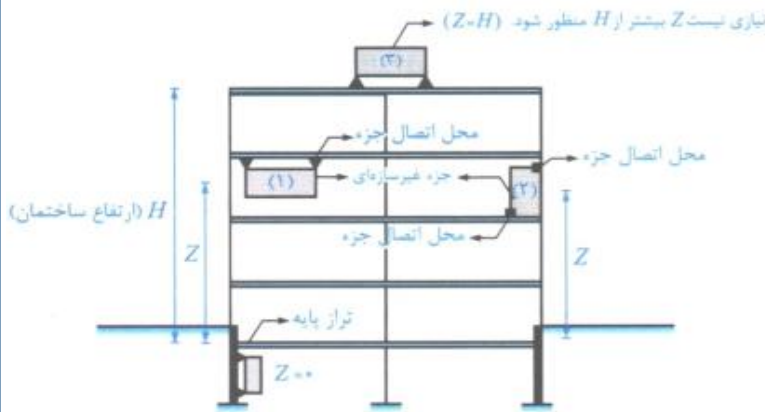
ب- اجزای مکانیکی و برقی با شرایط زیر:

- جزء در گروه اهمیت جزء $I_p = 1/0$ 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 آیین نامه میگردند

❖ مقدار برش پایه روش استاتیکی معادل (V_{pu}) :



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

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

$$V_{pu(min)} = 0.3 A(1+S)W_p I_p$$

$$V_{pu(max)} = 1.6 A(1+S)W_p I_p$$

$$\left\{ \frac{0.4a_p}{R_{pu}} \left(1 + 2\frac{Z}{H}\right) < 0.3 \rightarrow (V_{pu} \leq V_{pu(min)}) \rightarrow V_{pu} = V_{pu(min)} = 0.3 A(1+S)W_p I_p \right.$$

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

$$\frac{0.4a_p}{R_{pu}} \left(1 + 2\frac{Z}{H}\right) > 1.6 \rightarrow (V_{pu} > V_{pu(max)}) \rightarrow V_{pu} = V_{pu(max)} = 1.6 A(1+S)W_p I_p$$

I_p : ضریب اهمیت جزء

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

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

گرفته شود $\left(\frac{Z}{H} \leq 1\right)$

H : ارتفاع متوسط بام ساختمان از تراز پایه

V_{pu} : نیروی جانبی زلزله در حد مقاومت

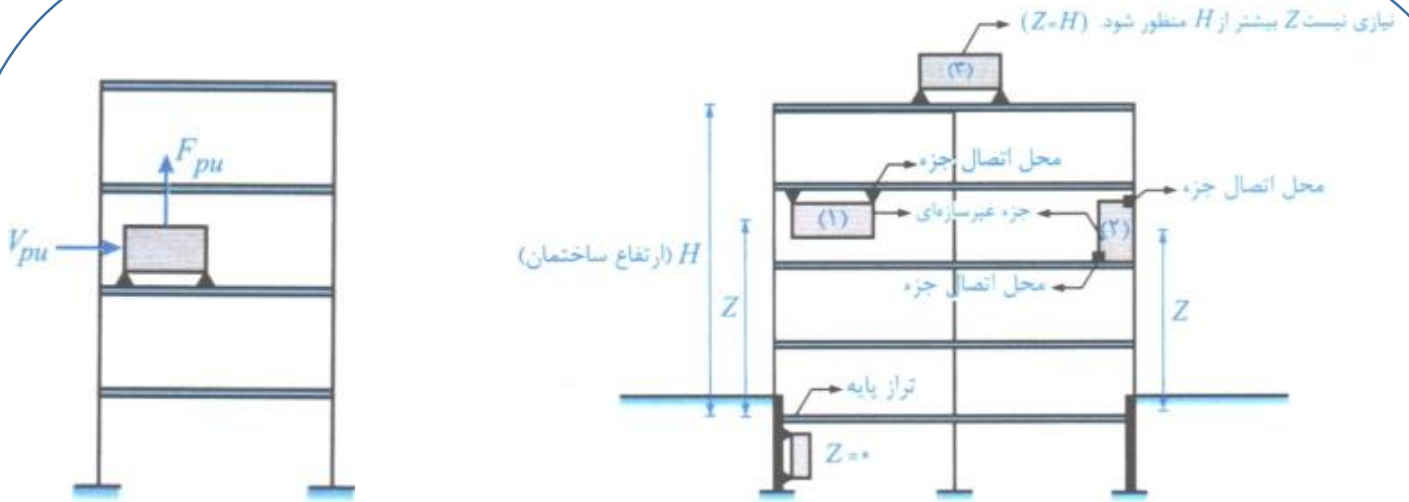
A : شتاب پایه

$1+S$: ضریب شتاب طیفی

a_p : ضریب بزرگنمایی جزء طبق جدول

R_{pu} : ضریب رفتار جزء طبق جدول

اجزای غیرسازه‌ای



ضریب اهمیت ساختمان (I_p)		خطر کم و متوسط		T_s	T_0	نوع زمین
		خطر زیاد و خیلی زیاد	خطر کم و متوسط			
		S0	S	S0	S	
1.4	جزء در داخل و یا متکی به سازه با اهمیت خیلی زیاد بوده و حفظ آن برای خدمت رسانی بی وقفه لازم باشد	1	1.5	1	1.5	I
1.4	محتوای جزء مواد خطرزا با امکان ایجاد مسمومیت زیاد و یا انفجار باشد	1	1.5	1	1.5	II
1.4	خدمت رسانی جزء برای تأمین عملکرد ایمنی جانی پس از زلزله لازم باشد، مانند سیستم اطفای حریق و پلکان فرار	1.1	1.75	1.1	1.75	III
1	سایر موارد	1.1	1.75	1.3	2.25	IV

نسبت شتاب مبنای طرح (A)		
منطقه	خطر لرزه خیزی	نسبت شتاب مبنای طرح (A)
1	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	0.35
2	پهنه با خطر نسبی زیاد	0.30
3	پهنه با خطر نسبی متوسط	0.25
4	پهنه با خطر نسبی کم	0.20

❖ مولفه قائم نیروی زلزله (F_{pu}):

$$F_{pu} = 0.2 A(1 + S)W_p I_p$$

نکته ۱: مؤلفه قائم نیروی زلزله که به یک جزء غیرسازه‌ای وارد می‌شود، باید همزمان با نیروی جانبی به‌دست آمده برای آن عضو در نظر گرفته شده و در ترکیبات بارگذاری استفاده شود.

نکته ۲: نیروی قائم زلزله به تمامی اجزاء غیرسازه‌ای موجود در ساختمان وارد می‌شود و شرط خاصی برای اعمال کردن یا نکردن این نیرو به جزء مورد نظر مطرح نیست.

❖ مقدار برش پایه روش تحلیل طیفی (V_{pu}):

$$V_{pu} = \frac{a_i a_p W_p I_p}{R_{pu}} A_j$$

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

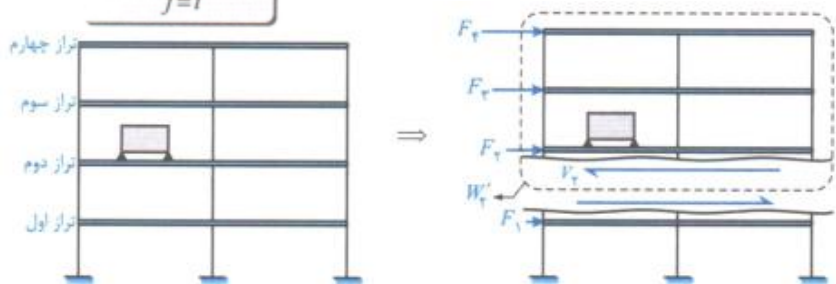
$$V_{pu(min)} = 0.3 A(1 + S)W_p I_p$$

$$V_{pu(max)} = 1.6 A(1 + S)W_p I_p$$

a_i : شتاب در تراز "i" حاصل از تحلیل طیفی سازه با فرض ضریب رفتار و ضریب اهمیت برابر ۱.۰ برای سازه اصلی است. تراز "i" تراز است که جزء غیرسازه‌ای در آن واقع است

$$a_i = \frac{V_i}{\sum_{j=1}^n W_j}$$

A_j : ضریب بزرگنمایی پیچشی



ضرایب اجزای معماری

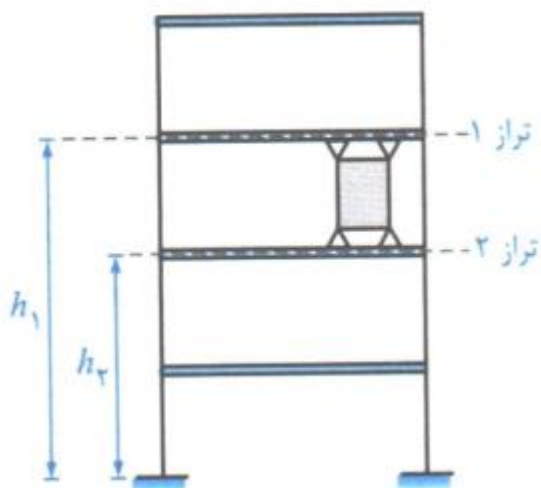
جدول ۴-۱ ضرایب اجزای معماری			
R _{pu}	a _p	جزء معماری	
۱.۵	۱	دیوار غیرمسلح مصالح بنایی	۱ دیوار غیرسازهای داخلی و تیغه
۲.۵	۱	انواع دیگر دیوار و تیغه	
۲.۵	۲.۵	اجزای طرهای نظیر جان پناه، دیوار غیرسازهای و دودکش که مهار نشده یا در محلی پایین تر از مرکز ثقل جزء مهار شده باشد	
۲.۵	۱	اجزای طرهای نظیر جان پناه، دودکش و دیوار غیرسازهای که در محلی بالاتر از مرکز ثقل جزء مهار شده باشند	
۲.۵	۱	دیوار و اتصال آن	۴ دیوار خارجی غیرسازهای و اتصالات آن
۱	۱.۲۵	بستهای سیستم اتصال	
۲.۵	۱	اجزای با شکل پذیری متوسط و اتصالات آنها	۵ پوشش نما
۱.۵	۱	اجزای با شکل پذیری کم و اتصالات آنها	
۲.۵	۲.۵	خرپشته (به استثنای حالتی که این بخش به صورت یکپارچه با سازه ساختمان ساخته شده باشد که در آن صورت باید همراه با سازه تحلیل و طراحی شود)	
۲.۵	۱	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	اجزای با شکل پذیری زیاد و اتصالات آنها	۱۲ سایر اجزای صلب (با انعطاف پذیری کم)
۲.۵	۱	اجزای با شکل پذیری متوسط و اتصالات آنها	
۱.۵	۱	اجزای با شکل پذیری کم و اتصالات آنها	
۳.۵	۲.۵	اجزای با شکل پذیری زیاد و اتصالات آنها	۱۳ سایر اجزای انعطاف پذیر
۲.۵	۲.۵	اجزای با شکل پذیری متوسط و اتصالات آنها	
۱.۵	۲.۵	اجزای با شکل پذیری کم و اتصالات آنها	

ضرایب لرزه‌ای برای تجهیزات مکانیکی و برقی

جدول ۲-۴ ضرایب لرزه‌ای برای تجهیزات مکانیکی و برقی

R _{pu}	a _p	نام تجهیزات
الف- تجهیزات برقی و مکانیکی		
۶	۲,۵	هواکش، واحدهای تهویه مطبوع، گرم‌کننده‌ها و جعبه‌های تقسیم هوا، سایر تجهیزات مکانیکی ساخته شده 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 پایینی تر از مرکز ثقل به طور جانبی مهار شده باشد
۲,۵	۱	تجهیزات ذکر شده در ردیف فوق در حالتی که در تراز بالاتر از مرکز ثقل خود به طور جانبی مهار شده باشد
۱,۵	۱	سایر تجهیزات مکانیکی و برقی
۲	۲,۵	ب- سیستم و اجزای متکی بر انواع جداساز لرزه‌ای
ج- سیستم‌های توزیع		
۶	۲,۵	سیستم لوله‌کشی از مواد با قابلیت تغییر شکل زیاد که دارای اتصالات جوشی و یا لحیم کاری 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 شیار 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 لحیم کاری 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

تغییر مکان جانبی اجزای غیرسازه‌ای



الف) دو نقطه بر روی یک سازه قرار دارد

$$D_p = \min\{\delta_1 - \delta_2 \text{ و } \frac{(h_1 - h_2)\Delta_a}{h_{sx}}\}$$

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

δ_1 : تغییر مکان جانبی غیر خطی ساختمان در تراز ۱

δ_2 : تغییر مکان جانبی غیر خطی ساختمان در تراز ۲

Δ_a : تغییر مکان جانبی نسبی مجاز طبقه

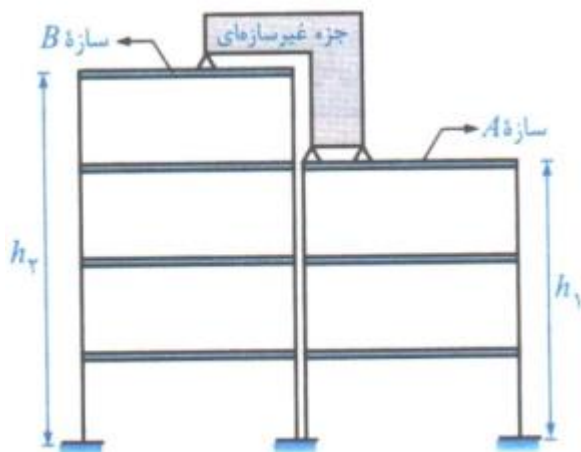
h_1 : ارتفاع تراز ۱ (مربوط به اتصال بالایی)

h_2 : ارتفاع تراز ۲ (مربوط به اتصال پایینی)

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

$$\Delta_a = \begin{cases} 0.025 h & \text{برای ساختمان‌های تا ۵ طبقه} \\ 0.020 h & \text{برای ساختمان‌های بیش از ۵ طبقه} \end{cases}$$

الف) دو نقطه بر روی دو سازه قرار دارد



$$D_p = \min\{|\delta_{1A}| + |\delta_{1B}| \cdot \frac{h_{1A}\Delta_{aA}}{h_{sx}} + \frac{h_{2B}\Delta_{aB}}{h_{sx}}\}$$

۵- سازه‌های غیرساختمانی مشابه ساختمان‌ها

❖ زمان تناوب نوسان اصلی سازه، T

در این سازه‌ها زمان تناوب نوسان اصلی سازه باید با استفاده از روش تحلیل مناسبی محاسبه گردد.

استفاده از روابط تجربی مجاز نمی‌باشد

❖ مقدار برش پایه

$$W = W_D + 0.4W_L + W_m$$

W_L : بار زنده کف‌ها

W_m : وزن محتویات در زمان بهره

برداری (در سیلوهای حاوی مواد دانه‌ای
میتوان W ۸۰٪)

$$\begin{cases} V_u = 0.3 A(S+1)W \\ V_{u(min)} = 0.12 AIW \end{cases}$$

$$T \leq 0.6 s$$

سازه غیر ساختمانی صلب

$$\begin{cases} V_u = \frac{ABI}{R_u} W \\ V_{u(min)} = 0.12 AIW \end{cases}$$

$$0.6 s \leq T \leq 0.5 s$$

منظم سازه

$$0.6 s \leq T \leq 0.5 s$$

نا منظم سازه

$$T > 0.5 s$$

سازه با ارتفاع نسبتاً زیاد و یا سختی نسبتاً کم

حالت (۱): پهنه با خطرپذیری خیلی زیاد و زیاد

تحلیل دینامیکی

تحلیل دینامیکی

$$\begin{cases} N = 1 & T \leq T_S \\ N = \frac{0.7}{4 - T_S} (T - T_S) + 1 & T_S \leq T \leq 4s \\ N = 1.7 & T \geq 4s \end{cases}$$

حالت (۲): پهنه با خطرپذیری متوسط و کم

$$\begin{cases} N = 1 & T \leq T_S \\ N = \frac{0.4}{4 - T_S} (T - T_S) + 1 & T_S \leq T \leq 4s \\ N = 1.4 & T \geq 4s \end{cases}$$

نوع زمین	T_0	T_S	خطر کم و متوسط		خطر زیاد و خیلی زیاد	
			S_0	S	S_0	S
I	0.1	0.4	1	1.5	1	1.5
II	0.1	0.5	1	1.5	1	1.5
III	0.15	0.7	1.1	1.75	1.1	1.75
IV	0.15	1	1.3	2.25	1.1	1.75

$$B = B_1 \times N$$

نسبت شتاب مبنای طرح (A)

ضریب اهمیت ساختمان (I)

منطقه	خطر لرزه خیزی	نسبت شتاب مبنای طرح (A)
1	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	0.35
2	پهنه با خطر نسبی زیاد	0.30
3	پهنه با خطر نسبی متوسط	0.25
4	پهنه با خطر نسبی کم	0.20

طبقه بندی ساختمان	ضریب اهمیت (I)
گروه ۱	1.4
گروه ۲	1.2
گروه ۳	1.0
گروه ۴	0.8

T	خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد												خطر نسبی کم و متوسط												T
	I			II			III			IV			I			II			III			IV			
	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	1.10	1.10	1.00	1.10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	1.10	1.30	1.00	1.30	0.00
0.05	1.75	1.00	1.75	1.75	1.00	1.75	1.65	1.00	1.65	1.65	1.00	1.65	1.75	1.00	1.75	1.75	1.00	1.75	1.65	1.00	1.65	1.95	1.00	1.95	0.05
0.10	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.20	1.00	2.20	2.20	1.00	2.20	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.20	1.00	2.20	2.60	1.00	2.60	0.10
0.15	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.15
0.20	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.20
0.25	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.25
0.30	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.30
0.35	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.35
0.40	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.50	1.00	2.50	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.40
0.45	2.24	1.01	2.22	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.23	1.01	2.22	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.45
0.50	2.04	1.02	2.00	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	2.02	1.01	2.00	2.50	1.00	2.50	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.50
0.55	1.87	1.03	1.82	2.30	1.01	2.27	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.85	1.02	1.82	2.29	1.01	2.27	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.55
0.60	1.73	1.04	1.67	2.13	1.02	2.08	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.70	1.02	1.67	2.11	1.01	2.08	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.60
0.65	1.61	1.05	1.54	1.98	1.03	1.92	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.58	1.03	1.54	1.96	1.02	1.92	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.65
0.70	1.51	1.06	1.43	1.86	1.04	1.79	2.75	1.00	2.75	2.75	1.00	2.75	1.48	1.03	1.43	1.83	1.02	1.79	2.75	1.00	2.75	3.25	1.00	3.25	0.70
0.75	1.42	1.07	1.33	1.75	1.05	1.67	2.59	1.01	2.57	2.75	1.00	2.75	1.39	1.04	1.33	1.71	1.03	1.67	2.58	1.01	2.57	3.25	1.00	3.25	0.75
0.80	1.35	1.08	1.25	1.66	1.06	1.56	2.46	1.02	2.41	2.75	1.00	2.75	1.31	1.04	1.25	1.62	1.03	1.56	2.44	1.01	2.41	3.25	1.00	3.25	0.80
0.85	1.28	1.09	1.18	1.57	1.07	1.47	2.34	1.03	2.26	2.75	1.00	2.75	1.24	1.05	1.18	1.53	1.04	1.47	2.31	1.02	2.26	3.25	1.00	3.25	0.85
0.90	1.22	1.10	1.11	1.50	1.08	1.39	2.23	1.04	2.14	2.75	1.00	2.75	1.17	1.06	1.11	1.45	1.05	1.39	2.19	1.02	2.14	3.25	1.00	3.25	0.90
0.95	1.17	1.11	1.05	1.43	1.09	1.32	2.13	1.05	2.03	2.75	1.00	2.75	1.12	1.06	1.05	1.38	1.05	1.32	2.09	1.03	2.03	3.25	1.00	3.25	0.95
1.00	1.12	1.12	1.00	1.38	1.10	1.25	2.05	1.06	1.93	2.75	1.00	2.75	1.07	1.07	1.00	1.32	1.06	1.25	2.00	1.04	1.93	3.25	1.00	3.25	1.00
1.05	1.07	1.13	0.95	1.32	1.11	1.19	1.97	1.07	1.83	2.65	1.01	2.62	1.02	1.07	0.95	1.27	1.06	1.19	1.91	1.04	1.83	3.12	1.01	3.10	1.05
1.10	1.03	1.14	0.91	1.27	1.12	1.14	1.90	1.08	1.75	2.56	1.02	2.50	0.98	1.08	0.91	1.21	1.07	1.14	1.83	1.05	1.75	2.99	1.01	2.95	1.10
1.15	1.00	1.15	0.87	1.23	1.13	1.09	1.83	1.10	1.67	2.48	1.04	2.39	0.94	1.08	0.87	1.17	1.07	1.09	1.77	1.05	1.67	2.88	1.02	2.83	1.15
1.20	0.96	1.16	0.83	1.19	1.14	1.04	1.77	1.11	1.60	2.40	1.05	2.29	0.91	1.09	0.83	1.13	1.08	1.04	1.70	1.06	1.60	2.78	1.03	2.71	1.20
1.25	0.93	1.17	0.80	1.15	1.15	1.00	1.72	1.12	1.54	2.33	1.06	2.20	0.88	1.09	0.80	1.09	1.09	1.00	1.64	1.07	1.54	2.69	1.03	2.60	1.25
1.30	0.90	1.18	0.77	1.12	1.16	0.96	1.67	1.13	1.48	2.26	1.07	2.12	0.85	1.10	0.77	1.05	1.09	0.96	1.59	1.07	1.48	2.60	1.04	2.50	1.30
1.35	0.88	1.18	0.74	1.08	1.17	0.93	1.62	1.14	1.43	2.20	1.08	2.04	0.82	1.11	0.74	1.02	1.10	0.93	1.54	1.08	1.43	2.52	1.05	2.41	1.35
1.40	0.85	1.19	0.71	1.05	1.18	0.89	1.58	1.15	1.38	2.15	1.09	1.96	0.79	1.11	0.71	0.98	1.10	0.89	1.49	1.08	1.38	2.45	1.05	2.32	1.40
1.45	0.83	1.20	0.69	1.03	1.19	0.86	1.54	1.16	1.33	2.10	1.11	1.90	0.77	1.12	0.69	0.96	1.11	0.86	1.45	1.09	1.33	2.38	1.06	2.24	1.45
1.50	0.81	1.21	0.67	1.00	1.20	0.83	1.50	1.17	1.28	2.05	1.12	1.83	0.75	1.12	0.67	0.93	1.11	0.83	1.41	1.10	1.28	2.31	1.07	2.17	1.50
1.55	0.79	1.22	0.65	0.98	1.21	0.81	1.47	1.18	1.24	2.00	1.13	1.77	0.73	1.13	0.65	0.90	1.12	0.81	1.37	1.10	1.24	2.25	1.07	2.10	1.55
1.60	0.77	1.23	0.63	0.95	1.22	0.78	1.43	1.19	1.20	1.96	1.14	1.72	0.71	1.13	0.63	0.88	1.13	0.78	1.33	1.11	1.20	2.19	1.08	2.03	1.60
1.65	0.75	1.24	0.61	0.93	1.23	0.76	1.40	1.20	1.17	1.92	1.15	1.67	0.69	1.14	0.61	0.86	1.13	0.76	1.30	1.12	1.17	2.14	1.09	1.97	1.65
1.70	0.74	1.25	0.59	0.91	1.24	0.74	1.37	1.21	1.13	1.88	1.16	1.62	0.67	1.14	0.59	0.84	1.14	0.74	1.27	1.12	1.13	2.09	1.09	1.91	1.70
1.75	0.72	1.26	0.57	0.89	1.25	0.71	1.35	1.22	1.10	1.85	1.18	1.57	0.66	1.15	0.57	0.82	1.14	0.71	1.24	1.13	1.10	2.04	1.10	1.86	1.75
1.80	0.71	1.27	0.56	0.88	1.26	0.69	1.32	1.23	1.07	1.81	1.19	1.53	0.64	1.16	0.56	0.80	1.15	0.69	1.21	1.13	1.07	2.00	1.11	1.81	1.80
1.85	0.69	1.28	0.54	0.86	1.27	0.68	1.29	1.24	1.04	1.78	1.20	1.49	0.63	1.16	0.54	0.78	1.15	0.68	1.19	1.14	1.04	1.96	1.11	1.76	1.85
1.90	0.68	1.29	0.53	0.84	1.28	0.66	1.27	1.25	1.01	1.75	1.21	1.45	0.61	1.17	0.53	0.76	1.16	0.66	1.16	1.15	1.01	1.92	1.12	1.71	1.90
1.95	0.67	1.30	0.51	0.83	1.29	0.64	1.25	1.27	0.99	1.72	1.22	1.41	0.60	1.17	0.51	0.75	1.17	0.64	1.14						

جدول محاسبه B , N, B_v

T	خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد												خطر نسبی کم و متوسط												T
	I			II			III			IV			I			II			III			IV			
	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	B	N	B1	
2.55	0.56	1.42	0.39	0.69	1.41	0.49	1.05	1.39	0.75	1.47	1.36	1.08	0.49	1.24	0.39	0.61	1.23	0.49	0.92	1.22	0.75	1.54	1.21	1.27	2.55
2.60	0.55	1.43	0.38	0.68	1.42	0.48	1.04	1.40	0.74	1.45	1.37	1.06	0.48	1.24	0.38	0.60	1.24	0.48	0.91	1.23	0.74	1.52	1.21	1.25	2.60
2.65	0.54	1.44	0.38	0.67	1.43	0.47	1.03	1.41	0.73	1.44	1.39	1.04	0.47	1.25	0.38	0.59	1.25	0.47	0.90	1.24	0.73	1.50	1.22	1.23	2.65
2.70	0.54	1.45	0.37	0.67	1.44	0.46	1.02	1.42	0.71	1.42	1.40	1.02	0.47	1.26	0.37	0.58	1.25	0.46	0.89	1.24	0.71	1.48	1.23	1.20	2.70
2.75	0.53	1.46	0.36	0.66	1.45	0.45	1.00	1.43	0.70	1.41	1.41	1.00	0.46	1.26	0.36	0.57	1.26	0.45	0.87	1.25	0.70	1.46	1.23	1.18	2.75
2.80	0.52	1.47	0.36	0.65	1.46	0.45	0.99	1.45	0.69	1.39	1.42	0.98	0.45	1.27	0.36	0.56	1.26	0.45	0.86	1.25	0.69	1.44	1.24	1.16	2.80
2.85	0.52	1.48	0.35	0.64	1.47	0.44	0.98	1.46	0.68	1.38	1.43	0.96	0.45	1.27	0.35	0.56	1.27	0.44	0.85	1.26	0.68	1.42	1.25	1.14	2.85
2.90	0.51	1.49	0.34	0.64	1.48	0.43	0.97	1.47	0.66	1.37	1.44	0.95	0.44	1.28	0.34	0.55	1.27	0.43	0.84	1.27	0.66	1.40	1.25	1.12	2.90
2.95	0.51	1.50	0.34	0.63	1.49	0.42	0.96	1.48	0.65	1.36	1.46	0.93	0.44	1.28	0.34	0.54	1.28	0.42	0.83	1.27	0.65	1.39	1.26	1.10	2.95
3.00	0.50	1.51	0.33	0.63	1.50	0.42	0.95	1.49	0.64	1.34	1.47	0.92	0.43	1.29	0.33	0.54	1.29	0.42	0.82	1.28	0.64	1.37	1.27	1.08	3.00
3.05	0.50	1.52	0.33	0.62	1.51	0.41	0.95	1.50	0.63	1.33	1.48	0.90	0.42	1.29	0.33	0.53	1.29	0.41	0.81	1.28	0.63	1.36	1.27	1.07	3.05
3.10	0.49	1.53	0.32	0.61	1.52	0.40	0.94	1.51	0.62	1.32	1.49	0.89	0.42	1.30	0.32	0.52	1.30	0.40	0.80	1.29	0.62	1.34	1.28	1.05	3.10
3.15	0.49	1.53	0.32	0.61	1.53	0.40	0.93	1.52	0.61	1.31	1.50	0.87	0.41	1.31	0.32	0.52	1.30	0.40	0.79	1.30	0.61	1.33	1.29	1.03	3.15
3.20	0.48	1.54	0.31	0.60	1.54	0.39	0.92	1.53	0.60	1.30	1.51	0.86	0.41	1.31	0.31	0.51	1.31	0.39	0.78	1.30	0.60	1.31	1.29	1.02	3.20
3.25	0.48	1.55	0.31	0.60	1.55	0.38	0.91	1.54	0.59	1.29	1.53	0.85	0.41	1.32	0.31	0.51	1.31	0.38	0.78	1.31	0.59	1.30	1.30	1.00	3.25
3.30	0.47	1.56	0.30	0.59	1.56	0.38	0.91	1.55	0.58	1.28	1.54	0.83	0.40	1.32	0.30	0.50	1.32	0.38	0.77	1.32	0.58	1.29	1.31	0.98	3.30
3.35	0.47	1.57	0.30	0.59	1.57	0.37	0.90	1.56	0.57	1.27	1.55	0.82	0.40	1.33	0.30	0.49	1.33	0.37	0.76	1.32	0.57	1.27	1.31	0.97	3.35
3.40	0.47	1.58	0.29	0.58	1.58	0.37	0.89	1.57	0.57	1.26	1.56	0.81	0.39	1.33	0.29	0.49	1.33	0.37	0.75	1.33	0.57	1.26	1.32	0.96	3.40
3.45	0.46	1.59	0.29	0.58	1.59	0.36	0.88	1.58	0.56	1.25	1.57	0.80	0.39	1.34	0.29	0.48	1.34	0.36	0.74	1.33	0.56	1.25	1.33	0.94	3.45
3.50	0.46	1.60	0.29	0.57	1.60	0.36	0.88	1.59	0.55	1.24	1.58	0.79	0.38	1.34	0.29	0.48	1.34	0.36	0.74	1.34	0.55	1.24	1.33	0.93	3.50
3.55	0.45	1.61	0.28	0.57	1.61	0.35	0.87	1.60	0.54	1.24	1.60	0.77	0.38	1.35	0.28	0.47	1.35	0.35	0.73	1.35	0.54	1.23	1.34	0.92	3.55
3.60	0.45	1.62	0.28	0.56	1.62	0.35	0.86	1.62	0.53	1.23	1.61	0.76	0.38	1.36	0.28	0.47	1.35	0.35	0.72	1.35	0.53	1.22	1.35	0.90	3.60
3.65	0.45	1.63	0.27	0.56	1.63	0.34	0.86	1.63	0.53	1.22	1.62	0.75	0.37	1.36	0.27	0.47	1.36	0.34	0.72	1.36	0.53	1.21	1.35	0.89	3.65
3.70	0.44	1.64	0.27	0.55	1.64	0.34	0.85	1.64	0.52	1.21	1.63	0.74	0.37	1.37	0.27	0.46	1.37	0.34	0.71	1.36	0.52	1.19	1.36	0.88	3.70
3.75	0.44	1.65	0.27	0.55	1.65	0.33	0.85	1.65	0.51	1.20	1.64	0.73	0.37	1.37	0.27	0.46	1.37	0.33	0.70	1.37	0.51	1.18	1.37	0.87	3.75
3.80	0.44	1.66	0.26	0.55	1.66	0.33	0.84	1.66	0.51	1.20	1.65	0.72	0.36	1.38	0.26	0.45	1.38	0.33	0.70	1.38	0.51	1.17	1.37	0.86	3.80
3.85	0.43	1.67	0.26	0.54	1.67	0.32	0.83	1.67	0.50	1.19	1.67	0.71	0.36	1.38	0.26	0.45	1.38	0.32	0.69	1.38	0.50	1.16	1.38	0.84	3.85
3.90	0.43	1.68	0.26	0.54	1.68	0.32	0.83	1.68	0.49	1.18	1.68	0.71	0.36	1.39	0.26	0.45	1.39	0.32	0.69	1.39	0.49	1.16	1.39	0.83	3.90
3.95	0.43	1.69	0.25	0.53	1.69	0.32	0.82	1.69	0.49	1.18	1.69	0.70	0.35	1.39	0.25	0.44	1.39	0.32	0.68	1.39	0.49	1.15	1.39	0.82	3.95
4.00	0.43	1.70	0.25	0.53	1.70	0.31	0.82	1.70	0.48	1.17	1.70	0.69	0.35	1.40	0.25	0.44	1.40	0.31	0.67	1.40	0.48	1.14	1.40	0.81	4.00
4.05	0.42	1.70	0.25	0.52	1.70	0.31	0.81	1.70	0.48	1.15	1.70	0.68	0.35	1.40	0.25	0.43	1.40	0.31	0.67	1.40	0.48	1.12	1.40	0.80	4.05
4.10	0.41	1.70	0.24	0.52	1.70	0.30	0.80	1.70	0.47	1.14	1.70	0.67	0.34	1.40	0.24	0.43	1.40	0.30	0.66	1.40	0.47	1.11	1.40	0.79	4.10
4.15	0.41	1.70	0.24	0.51	1.70	0.30	0.79	1.70	0.46	1.13	1.70	0.66	0.34	1.40	0.24	0.42	1.40	0.30	0.65	1.40	0.46	1.10	1.40	0.78	4.15
4.20	0.40	1.70	0.24	0.51	1.70	0.30	0.78	1.70	0.46	1.11	1.70	0.65	0.33	1.40	0.24	0.42	1.40	0.30	0.64	1.40	0.46	1.08	1.40	0.77	4.20
4.25	0.40	1.70	0.24	0.50	1.70	0.29	0.77	1.70	0.45	1.10	1.70	0.65	0.33	1.40	0.24	0.41	1.40	0.29	0.63	1.40	0.45	1.07	1.40	0.76	4.25
4.30	0.40	1.70	0.23	0.49	1.70	0.29	0.76	1.70	0.45	1.09	1.70	0.64	0.33	1.40	0.23	0.41	1.40	0.29	0.63	1.40	0.45	1.06	1.40	0.76	4.30
4.35	0.39	1.70	0.23	0.49	1.70	0.29	0.75	1.70	0.44	1.07	1.70	0.63	0.32	1.40	0.23	0.40	1.40	0.29	0.62	1.40	0.44	1.05	1.40	0.75	4.35
4.40	0.39	1.70	0.23	0.48	1.70	0.28	0.74	1.70	0.44	1.06	1.70	0.63	0.32	1.40	0.23	0.40	1.40	0.28	0.61	1.40	0.44	1.03	1.40	0.74	4.40
4.45	0.38	1.70	0.22	0.48	1.70	0.28	0.74	1.70	0.43	1.05	1.70	0.62	0.31	1.40	0.22	0.39	1.40	0.28	0.61	1.40	0.43	1.02	1.40	0.73	4.45
4.50	0.38	1.70	0.22	0.47	1.70	0.28	0.73	1.70	0.43	1.04	1.70	0.61	0.31	1.40	0.22	0.39	1.40	0.28	0.60	1.40	0.43	1.01	1.40	0.72	4.50
4.55	0.37	1.70	0.22	0.47	1.70	0.27	0.72	1.70	0.42	1.03	1.70	0.60	0.31	1.40	0.22	0.38	1.40	0.27	0.59	1.					

ضرایب مورد استفاده برای سازه‌های غیرساختمانی مشابه

R_u : ضریب رفتار ساختمان

C_d : ضریب بزرگنمایی تغییر مکان جانبی سازه به علت رفتار غیرخطی آن است

Ω_0 : ضریب اضافه مقاومت سازه است که برای تعیین زلزله تشدید یافته مورد استفاده قرار میگیرد

H_m : حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان است که با سیستم برابر عنوان شده ساخته میشود. این ارتفاع از تراز پایه تعیین میگردد

جدول ۵-۱ ضرایب مورد استفاده برای سازه‌های غیرساختمانی مشابه ساختمان

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

[۱] برای سازه نگهدارنده لوله‌ها "پایپ رکها" تا ارتفاع حداکثر ۲۰ متر مجاز است.

[۲] برای "پایپ رکها" تا ارتفاع حداکثر ۲۰ متر مجاز است. در صورتی که اتصالات خمشی که در محل انجام میشوند، از نوع پیچی با

اتصالات گیردار فلنجی باشند، ارتفاع "پایپ رکها" میتواند ۳۰ متر باشد.

تبصره- "پایپ رکها" از نوع سازه‌های مشابه ساختمان محسوب میشوند. در این سازه‌ها نباید از اصطکاک لوله‌ها، ناشی از بارهای ثقلی،

برای مقابله با نیروی زلزله استفاده کرد

❖ زمان تناوب نوسان اصلی سازه، T

در این سازه‌ها زمان تناوب نوسان اصلی سازه باید با استفاده از روش **تحلیل** مناسبی محاسبه گردد.

استفاده از روابط **تجربی** مجاز نمی‌باشد

❖ مقدار برش پایه

$$V_{min} = \begin{cases} 0.09 W & \text{در موارد کلی} \\ \frac{1.6 AIW}{R_u} & \text{در مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد و زمین‌های نوع IV, III} \end{cases}$$

$$W = W_D + 0.4W_L + W_m$$

W_L : بار زنده کف‌ها

W_m : وزن محتویات در زمان بهره‌برداری (در

سیلوهای حاوی مواد دانه‌ای میتوان ۸۰٪ W)

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

$$T \leq 0.6 s$$

سازه غیر ساختمانی صلب

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

منظم سازه

$$0.6 s \leq T \leq 0.5 s$$

نا منظم سازه

$$0.6 s \leq T \leq 0.5 s$$

تحلیل دینامیکی

تحلیل دینامیکی

$$T > 0.5 s$$

سازه با ارتفاع نسبتاً زیاد و یا سختی نسبتاً کم

$$B = B_1 \times N$$

حالت (۱): پهنه با خطرپذیری خیلی زیاد و زیاد

$$\begin{cases} N = 1 & T \leq T_s \\ N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s \leq T \leq 4s \\ N = 1.7 & T \geq 4s \end{cases}$$

حالت (۲): پهنه با خطرپذیری متوسط و کم

$$\begin{cases} N = 1 & T \leq T_s \\ N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1 & T_s \leq T \leq 4s \\ N = 1.4 & T \geq 4s \end{cases}$$

$$\begin{cases} B_1 = S_0 + (S - S_0 + 1) \left(\frac{T}{T_0} \right) & 0 \leq T \leq T_0 \\ B_1 = S + 1 & T_0 \leq T \leq T_s \\ B_1 = (S + 1) \left(\frac{T_s}{T} \right) & T \geq T_s \end{cases}$$

نوع زمین	T_0	T_s	خطر کم و متوسط	خطر زیاد و خیلی زیاد
			S_0	S
I	0.1	0.4	1	1.5
II	0.1	0.5	1	1.5
III	0.15	0.7	1.1	1.75
IV	0.15	1	1.3	2.25

نسبت شتاب مبنای طرح (A)			ضریب اهمیت ساختمان (I)	
نسبت شتاب مبنای طرح (A)	خطر لرزه خیزی	منطقه	ضریب اهمیت (I)	طبقه بندی ساختمان
0.35	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	1	1.4	گروه ۱
0.30	پهنه با خطر نسبی زیاد	2	1.2	گروه ۲
0.25	پهنه با خطر نسبی متوسط	3	1.0	گروه ۳
0.20	پهنه با خطر نسبی کم	4	0.8	گروه ۴

ضرایب مورد استفاده برای سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه

R_u : ضریب رفتار ساختمان

C_d : ضریب بزرگنمایی تغییر مکان جانبی سازه به علت رفتار غیرخطی آن است

Ω_0 : ضریب اضافه مقاومت سازه است که برای تعیین زلزله تشدید یافته مورد استفاده قرار میگیرد

H_m : حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان است که با سیستم برابر عنوان شده ساخته میشود. این ارتفاع از تراز پایه تعیین میگردد

جدول ۵-۲ ضرایب مورد استفاده برای سازه‌های غیرساختمانی غیر مشابه ساختمان

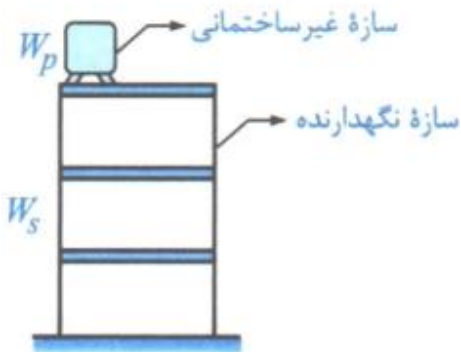
سیستم سازه	جزئیات	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
بونکر، مخزن، ظرف یا کندوی هوایی	برروی پایه‌های مهاربندی شده متقارن	۳	۲	۲/۵	۵۰
	برروی پایه‌های مهاربندی نشده یا مهاربندی شده نامتقارن	۲	۲	۲/۵	۳۰
تور محدودیت	ظرف افقی جوش شده با پایه زین شکل فولادی	۳	۲	۲/۵	
	دودکش و سیلوی بتنی درجا با دیواره پیوسته تا روی پی	۳	۲	۳	
	تمام سازه‌های دیگر بتنی یا فولادی طره‌ای با جرم گسترده غیر از آنهایی که در این جدول ذکر شده‌اند، شامل دودکش‌ها، سیلوها و ظروف قائم بر روی پدستال منفرد یا متکی بر جداره تا روی زمین - جوش شده فولادی، بتن آرمه یا بتن پیش‌تنیده	۳	۲	۲/۵	
	برج‌های خرابایی طره‌ای یا مهار شده توسط کابل - دودکش‌های مهار شده توسط کابل	۳	۲	۲/۵	
	برج‌های خنک کن بتن آرمه یا فولادی	۳/۵	۲	۳	
	برج‌های مخابراتی	قابی یا خرابای فولادی یا بتنی		۳	۱/۵
		دیرک - فولادی یا بتنی		۱/۵	۱/۵
	سازه‌های خاص تفریحی و بناهای یادبود		۲/۵	۲/۵	۲/۵
	سازه‌هایی که رفتارشان مشابه پاندول وارونه است		۲	۲	۲
	تابلوها و علائم		۳/۵	۲	۳
	سایر سازه‌ها غیر از موارد فوق		۲/۵	۲/۵	۲/۵

سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان‌ها و متکی بر سازه‌های دیگر

1 در مواردی که وزن این سازه‌ها کمتر از ۲۵ درصد وزن کل سازه (وزن سازه غیر ساختمانی به اضافه وزن سازه نگهدارنده آن) باشد

($\frac{W_p}{W_p + W_s} < 0.25$)، سازه‌های غیرساختمانی در گروه "اجزای غیرسازه‌ای" جای گرفته مشمول ضوابط فصل چهارم آیین-

نامه می‌گردد



2 در مواردی که وزن این سازه‌ها بیشتر از ۲۵ درصد وزن کل سازه (وزن سازه غیر ساختمانی

به اضافه وزن سازه نگهدارنده آن) باشد ($\frac{W_p}{W_p + W_s} \geq 0.25$)، کل سازه باید همزمان مدل شده

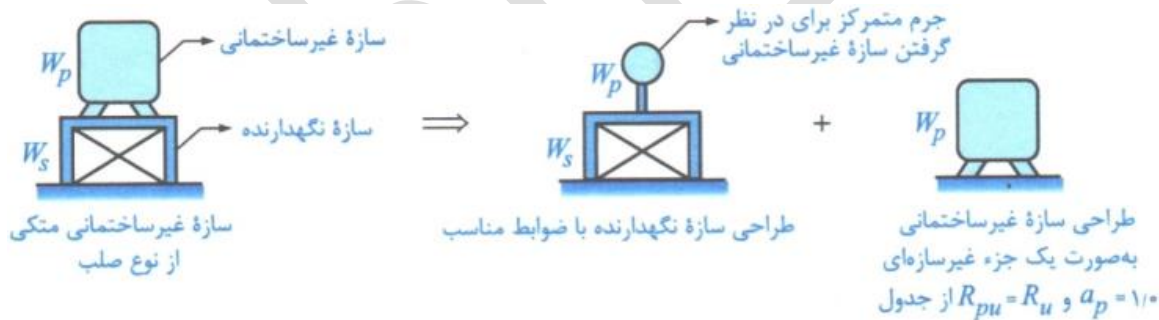
و تحلیل گردد.

نیروی جانبی باید با رعایت الزامات زیر تعیین شود:

الف- اگر سازه ساختمانی صلب باشد ($T < 0.06s$)

اثر آن را در مدل کل سازه میتوان به صورت توزیع جرم مناسب آن در نظر گرفت. سازه نگهدارنده باید برای پارامترهای خود مطابق فصل سوم یا چهارم (هر کدام مناسبتر است) تحلیل و طراحی شود. سازه غیرساختمانی باید بر اساس ضوابط اجزای غیرسازه‌ای

فصل چهارم تعیین شده و در آن به جای R_p مقدار R_u از جدول ۵-۲ و مقدار $a_p = 1$ در نظر گرفته میشود



ب- اگر سازه ساختمانی صلب نباشد ($T \geq 0.06s$)

- کل سازه، سازه‌های غیرساختمانی به همراه سازه نگهدارنده آن، باید همزمان مدل شده و تحلیل گردد.
- ضریب رفتار این سازه باید کمترین دو مقدار R_u برای سازه نگهدارنده از جدول ۵-۱ و سازه غیرساختمانی از جدول ۵-۲ اختیار گردد.
- سازه غیرساختمانی و اتصالات آن برای نیروهای حاصل از تحلیل کل سازه طراحی می‌گردد

❖ ارزیابی استعداد روانگرایی:

به منظور ارزیابی استعداد روانگرایی لازم است مقادیر نسبت تنش برشی تناوبی ناشی از زلزله (CSR) و نسبت مقاومت برشی تناوبی خاک

موجود (CRR) محاسبه و مقایسه شود. این مقایسه باید با تعیین ضریب اطمینان در برابر روانگرایی (FI) به دست آید

$$FI = \frac{CRR}{CSR}$$

- $FI < 1$: خاک مستعد روانگرایی است و اثر آن ممکن است موجب ناپایداری پی و سازه متکی بر آن شود. به این دلیل بایستی ایمنی مناسب پی به وسیله روش مناسب بهسازی زمین یا انتقال بار به وسیله پی‌های عمیق به زیر لایه روانگرا تأمین گردد.
- $1 \leq FI < 1.5$: نشست ناشی از زلزله در زمین را باید محاسبه و در طراحی منظور نمود

❖ ارزیابی پایداری شیب‌ها به منظور بررسی استعداد زمین لغزش

- توپوگرافی سطحی و لایه‌بندی خاک نامنظمی شدید داشته باشد ← پاسخ زمینهای شیبدار به زلزله طرح باید روشهای تحلیل دینامیکی نظیر المان محدود یا مدل بلوک صلب لغزنده و دیگر روشها استفاده گردد
- توپوگرافی سطحی و لایه‌بندی خاک نامنظمی شدید نداشته باشد ← پاسخ زمینهای شیبدار به زلزله طرح میتواند با استفاده از تحلیل شبه استاتیکی ساده‌شده محاسبه گردد

$$\left\{ \begin{array}{l} F_h = K_h W_s \\ F_h = K_h W_s = 0.5 A S_T W_s \end{array} \right. \iff \begin{array}{l} \text{شیب با ارتفاع کوچکتر مساوی از ۳۰ متر و زاویه میانگین کوچکتر از ۱۵°} \\ \text{ارتفاع شیب بیش از ۳۰ متر و} \\ \text{زاویه میانگین شیب بیش از ۱۵° و} \\ \text{ساختمان در ثلث فوقانی ارتفاع شیب واقع باشد} \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K_h = 0.5 A \\ W_s = \text{وزن توده لغزش} \\ F_h = \text{نیروی افقی ناشی از زلزله در شیب} \\ K_h = 0.5 A S_T \\ W_s = \text{وزن توده لغزش} \\ F_h = \text{نیروی افقی ناشی از زلزله در شیب} \end{array} \right.$$

جدول ۶-۲ ضرایب بزرگ‌نمایی ناشی از توپوگرافی

شکل شیب	میانگین زاویه شیب (β)	S _T	نسبت شتاب مبنای طرح (A)		
			نسبت شتاب مبنای طرح (A)	خطر لرزه خیزی	منطقه
	> ۱۵	≥ ۱/۲	0.35	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	1
			0.30	پهنه با خطر نسبی زیاد	2
	۱۵ تا ۳۰	≥ ۱/۲	0.25	پهنه با خطر نسبی متوسط	3
			0.20	پهنه با خطر نسبی کم	4
	> ۳۰	≥ ۱/۴			