



- نوع محصول: کتاب (نسخه چاپی) + فیلم آموزشی
 - پیش نیاز: بدون پیش نیاز
 - تعداد صفحات: ۱۲۶
 - تعداد فصل‌ها: ۵
 - زمان فیلم آموزشی: ۲۴ ساعت
 - روش دریافت فیلم آموزشی: دانلودی
 - تعداد تست‌های کتاب: به همراه تست‌های تالیفی و به انضمام تست‌های سال ۹۲ تا ۱۴۰۰ نظام مهندسی
 - ویرایش: پاییز ۱۴۰۰
 - نوع چاپ: چاپ دوم
- www.acefirm.org

بنام خداوند جان و

آیین نامه ۲۸۰۰

ویژه آزمون محاسبات

مدرسین: مهندس مجید ذکری و مهندس امیرحسین فهیمی



فهرست مطالب

۵.....	مقدمه و کلیات.....
۷.....	فصل اول: نامنظمی در سازه‌ها.....
۸.....	مقدمه‌ای بر مکانیزم رخداد زمین لرزه.....
۸.....	۱-۱ - علل وقوع زلزله.....
۸.....	۱-۱-۱ - تعریف زلزله.....
۸.....	۱-۱-۲ - نحوه رخداد زلزله.....
۹.....	۲-۱ - گروه‌بندی ساختمان‌ها.....
۱۰.....	۳-۱ - انواع سیستم‌های سازه‌ای.....
۱۰.....	۱-۳-۱ - سیستم دیوار باربر.....
۱۰.....	۲-۳-۱ - سیستم قاب ساختمانی.....
۱۰.....	۳-۳-۱ - سیستم قاب خمشی.....
۱۱.....	۴-۳-۱ - سیستم دوگانه یا ترکیبی.....
۱۱.....	۵-۳-۱ - سیستم ستون کنسولی.....
۱۱.....	۶-۳-۱ - سایر سیستم‌های سازه‌ای.....
۱۱.....	۴-۱ - ضریب اهمیت ساختمان‌ها.....
۱۲.....	۱-۴-۱ - گروه ۱ - ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد.....
۱۲.....	۲-۴-۱ - گروه ۲ - ساختمان‌های با اهمیت زیاد.....
۱۳.....	۳-۴-۱ - گروه ۳ - ساختمان‌های با اهمیت متوسط.....
۱۳.....	۴-۴-۱ - گروه ۴ - ساختمان‌های با اهمیت کم.....
۱۴.....	۵-۱ - گروه بندی سازه‌ها بر حسب نظم.....
۱۴.....	انواع نامنظمی‌ها.....
۱۴.....	۱-۵-۱ - الف) نامنظمی در پلان.....
۲۲.....	۲-۵-۱ - ب) نامنظمی در ارتفاع.....
۲۴.....	۶-۱ - ضریب رفتار ساختمان، R_u
۳۱.....	فصل دوم: نیروهای وارده بر ساختمان‌ها.....
۳۲.....	۱-۲ - میانقاب.....
۳۲.....	۲-۲ - تقسیم‌بندی نوع خاک.....
۳۴.....	۳-۲ - تراز پایه.....
۳۴.....	۴-۲ - زمان تناوب سازه.....
۳۵.....	۱-۴-۲ - روابط تجربی زمان تناوب ساختمان‌های متعارف.....
۳۷.....	۵-۲ - انواع روش‌های تحلیل سازه.....
۳۷.....	۶-۲ - محاسبه برش پایه.....
۳۹.....	۷-۲ - ضریب نامعینی ρ
۴۰.....	۸-۲ - توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان.....
۵۷.....	۹-۲ - ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع.....



- ۵۸-۱۰-۲- لنگر پیچشی ایجاد شده در طبقه i در اثر نیروهای جانبی زلزله.....
- ۵۹-۱۱-۲- نیروی قائم ناشی از زلزله.....
- ۶۴-۱۲-۲- دیافراگم‌ها و جمع‌کننده‌ها.....
- ۶۴-۱۲-۲- دیافراگم صلب.....
- ۶۵-۱۲-۲- دیافراگم نرم.....
- ۶۵-۱۲-۳- دیافراگم نیمه صلب.....
- ۶۵-۱۲-۴- جمع‌کننده‌ها.....
- ۶۷- تحلیل خطی و تحلیل استاتیکی معادل.....
- ۶۷- مطالعات ویژه ساختگاه.....
- ۶۷- روش تحلیل طیفی.....
- ۶۷- توضیحات تکمیلی در مورد ضریب بازتاب و طیف بازتاب.....
- ۶۸- طیف طرح ویژه ساختگاه.....
- ۶۹-۱۳-۳- ضوابط تحلیل طیفی.....
- ۷۳-۱۴-۲- کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره برداری.....
- ۷۳-۱۵-۲- روش ساده شده تحلیل و طراحی.....
- ۷۴-۱۵-۲- توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان.....
- ۸۳- فصل سوم: اثرات زلزله در ساختمان‌ها و محدودیت آن‌ها.....
- ۸۴-۱-۳- اثر $\Delta - P$ و شاخص پایداری θ_i
- ۸۵-۲-۳- تغییر مکان جانبی سازه‌ها.....
- ۹۲-۳-۳- درز نقطاع.....
- ۹۷- فصل چهارم: اجزای غیر سازه‌ای.....
- ۹۸-۱-۴- نیروی جانبی زلزله بر اجزای غیر سازه‌ای.....
- ۹۸-۱-۴- روش تحلیل استاتیکی معادل.....
- ۹۹-۲-۱-۴- روش تحلیل طیفی.....
- ۹۹-۳-۱-۴- مولفه قائم نیروی زلزله.....
- ۹۹-۲-۴- تغییر مکان جانبی اجزای غیر سازه‌ای.....
- ۱۰۹- فصل پنجم: سازه‌های غیر ساختمانی.....
- ۱۱۰-۱-۵- ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های غیر ساختمانی مشابه ساختمان‌ها.....
- ۱۱۲-۲-۵- ضوابط تحلیل و طراحی سازه‌های غیر ساختمانی غیر مشابه ساختمان‌ها و متکی بر زمین.....

نکته: علت اینکه آیین نامه احتمال فراگذشت زلزله‌ها را در ۵۰ سال بیان می‌کند عمر مفید سازه‌ها در کشورمان می‌باشد و این عمر مفید سازه‌ها در ایران ۵۰ سال در نظر گرفته می‌شود و دوره بازگشت زلزله‌ها و احتمال وقوع آن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$R_t = 1 - e^{\frac{-t}{T_R}}$$

R_t : احتمال وقوع

t : عمر مفید سازه

T_R : دوره بازگشت زلزله

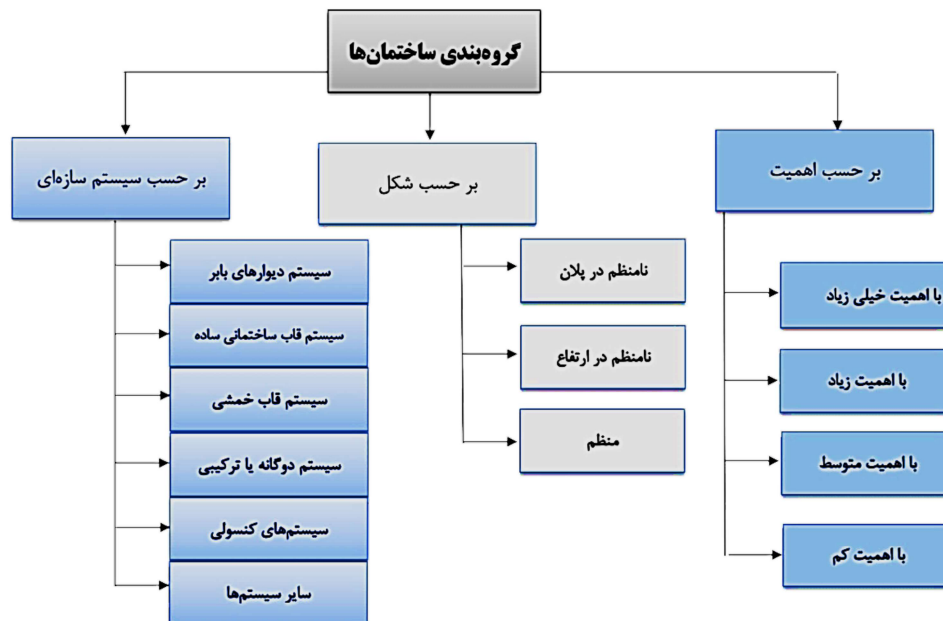
مثال: احتمال وقوع زلزله‌ای با دوره بازگشت ۲۴۷۵ ساله برای یک سازه با عمر مفید ۵۰ سال چقدر است؟

$$R_t = 1 - e^{\left(\frac{-50}{2475}\right)} = 0.01999 \approx 2\%$$

حل:

این زلزله به عنوان زلزله نادر نیز شناخته می‌شود.

۲-۱ - گروه‌بندی ساختمان‌ها



نگاه به آیین‌نامه (بند ۱-۱)

با رعایت ضوابط و مقررات این آیین‌نامه برای طرح:

ساختمان‌های با اهمیت متوسط در اثر زلزله طرح، آسیب عمده سازه‌ای و غیر سازه‌ای نبینند و تلفات جانی در آن‌ها حداقل باشد. (این بدان معنا نیست که سازه دچار خرابی نمی‌شود، سازه ممکن است دچار خرابی شدید شود و حتی قسمت‌هایی از سقف فرو بریزند ولی سازه فرو نریزد و پایداری خود را حفظ نماید)

ساختمان‌های با اهمیت زیاد در اثر زلزله طرح آسیب عمده نبینند به طوری که در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند. ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد در اثر زلزله طرح، تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای نداشته باشند، به طوری که بهره‌برداری از آن‌ها امکان پذیر باشد. (در این حالت اعضای سازه‌ای مثل ستون ترک می‌خورند ولی قابل ترمیم هستند).

کلیه ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر یا بیشتر از ۱۵ طبقه و نیز کلیه ساختمان‌های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در اثر زلزله بهره‌برداری آسیمی نبینند و قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ نمایند.

تعریف

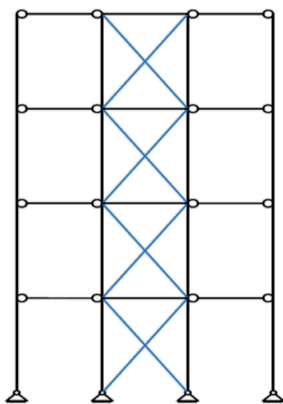
سیستم باربر جانبی: عضو سازه‌ای که در مقابل بارهای جانبی مثل زلزله مقاومت می‌کند. این سیستم‌ها می‌توانند قاب خمشی یا دیوار برشی و ... باشند.

۱-۳- انواع سیستم‌های سازه‌ای

۱-۳-۱- سیستم دیوار باربر

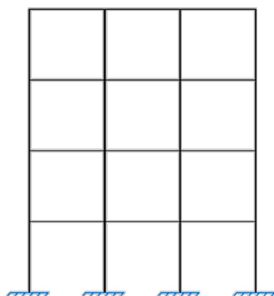
در این نوع از سیستم‌های سازه‌ای بارهای قائم عمدتاً توسط دیوارهای باربر تحمل می‌شوند و مقاومت در برابر بارهای جانبی توسط دیوارهای باربر که به صورت دیوارهای برشی عمل می‌کنند، تامین می‌گردد. دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سرد نورد که با تسمه‌های فولادی و یا صفحات پوششی فولادی مهار شده‌اند جزء این سیستم‌ها محسوب می‌شوند.

۱-۳-۲- سیستم قاب ساختمانی

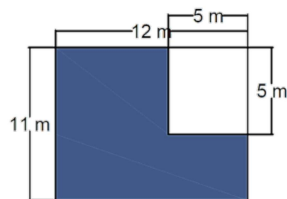


در این نوع از سیستم‌های سازه‌ای بارهای قائم عمدتاً توسط قاب‌های فضایی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده تامین می‌شود. قاب‌های ساختمانی در این سیستم‌ها می‌توانند دارای اتصالات ساده (اکثراً در سازه‌های فولادی) و یا گیردار (در سازه‌های بتنی) باشند، ولی در تحمل بارهای جانبی مشارکت نخواهند داشت. قاب‌های گیردار باید قادر به تحمل اثرناشی از اثر $P-\Delta$ باشند. این نوع قاب‌ها به تنهایی تحمل بارهای جانبی را ندارند و به هنگام اعمال بار جانبی به دلیل اتصال تیر به ستون به صورت مفصلی ناپایدار می‌شوند. در مورد $P-\Delta$ در فصل‌های بعدی بحث خواهیم کرد.

۱-۳-۳- سیستم قاب خمشی



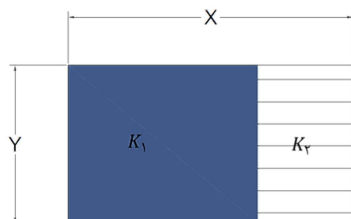
در این نوع از سیستم‌های سازه‌ای بارهای قائم توسط قاب‌های فضایی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی نیز توسط قاب‌های خمشی تامین می‌گردد. سازه‌های با قاب‌های خمشی کامل، و سازه‌های با قاب خمشی در پیرامون و یا در قسمتی از پلان و قاب‌های با اتصالات ساده در سایر قسمت‌های پلان نیز در این گروه جای دارند. اتصالات تیر به ستون در این نوع سیستم‌ها به صورت گیردار (صلب) می‌باشد.



مثال: نامنظمی در دیافراگم شکل زیر را بررسی کنید.

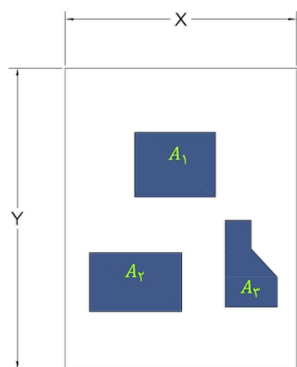
$$\frac{5 \times 5}{12 \times 11} < 0.5$$

پس این پلان نامنظم در دیافراگم نیست.



$$K_1 > 2K_2$$

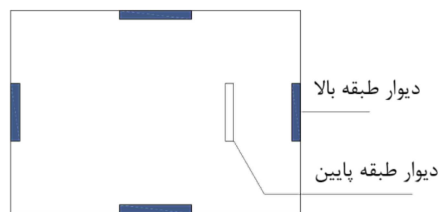
چون تغییرات سختی به صورت ناگهانی است و همین‌طور این مقدار بیش از ۵۰ درصد می‌باشد پس پلان نامنظم در دیافراگم است.



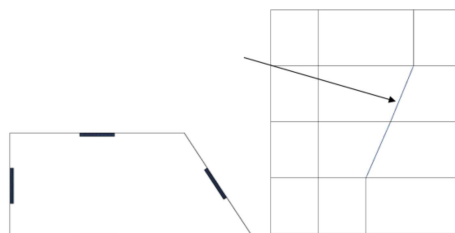
$$A_1 + A_2 + A_3 > \frac{1}{4}(X \times Y)$$

چون مجموع بازشوها بیشتر از نصف کل سطح پلان است پس پلان نامنظم در دیافراگم است.

۱-۵-۴- نامنظمی خارج از صفحه: در مواردی که در سیستم باربر جانبی انقطاعی در مسیر انتقال نیروی جانبی، مانند تغییر صفحه، حداقل در یکی از اجزای باربر جانبی در طبقات وجود داشته باشد.



۱-۵-۵- نامنظمی سیستم‌های غیرموازی: در مواردی که بعضی اجزای قائم باربر جانبی به موازات محورهای متعامد اصلی ساختمان نباشد.



مثال: محاسبات ۹۸

فرض کنید زمین محل احداث یک ساختمان مسکونی از نوع II بوده و نسبت ضریب اصلاح طیف با فرض ساخت آن در مشهد به ضریب اصلاح طیف با فرض ساخت آن در اصفهان برابر ۱/۱ محاسبه شده است. زمان تناوب اصلی نوسان این ساختمان به کدامیک از مقادیر زیر نزدیکتر است؟

- (۱) ۰/۵ ثانیه (۲) ۱/۲۱ ثانیه (۳) ۱/۸۵ ثانیه (۴) ۲/۱۲ ثانیه

$$A_{\text{اصفهان}} = ۰/۲۵$$

$$A_{\text{مشهد}} = ۰/۳$$

$$\frac{N_{\text{مشهد}}}{N_{\text{اصفهان}}} = ۱/۱$$

$$N_{\text{اصفهان}} = \frac{۰/۴}{۴ - T_s} (T - T_s) + ۱ = \frac{۰/۴}{۴ - ۰/۵} (T - ۰/۵) + ۱$$

$$N_{\text{مشهد}} = \frac{۰/۷}{۴ - T_s} (T - T_s) + ۱ = \frac{۰/۷}{۴ - ۰/۵} (T - ۰/۵) + ۱$$

$$\rightarrow ۱/۱ \times \left(\frac{۰/۴}{۴ - ۰/۵} (T - ۰/۵) + ۱ \right) = \frac{۰/۷}{۴ - ۰/۵} (T - ۰/۵) + ۱ \rightarrow T = ۱/۸۵ \text{ sec}$$

۹-۲- ترکیب سیستم‌ها در ارتفاع

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

در مواردی که از روابط تجربی استفاده می‌شود، این زمان باید متوسط وزنی زمان‌های تناوب هر یک از سیستم‌ها در ارتفاع کل سازه در نظر گرفته شود.

یعنی با فرض اینکه سیستم در ارتفاع فرق نمی‌کند زمان تناوب را برای هر یک از سیستم‌های سازه‌ای محاسبه می‌کنیم سپس متوسط وزنی آن‌ها را حساب می‌کنیم:

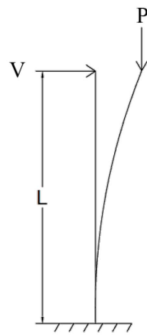
$$T = \frac{T_1 h + T_2 h_2}{H_{\text{total}}}$$

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

$$V_u = \frac{ABI}{R_u(\text{top-frame})} W$$

در ساختمان‌هایی که ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی کمتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی است، مقادیر R_u ، C_d و Ω قسمت فوقانی باید برای محاسبات این قسمت مورد استفاده قرار گیرد. برای محاسبات قسمت تحتانی مقادیر R_u ، C_d و Ω 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 به قسمت تحتانی ضرب شده‌اند، باید به مدل سازه قسمت تحتانی اضافه شود. این نسبت در هر حال نباید کوچکتر از ۱ باشد.

۳-۱- اثر $P - \Delta$ و شاخص پایداری θ_i



به هنگامی که یک بار جانبی به سازه اعمال می‌شود سازه دچار تغییر مکان‌های جانبی می‌شود، بارهای ثقلی (بار مرده و زنده و...) در اثر این جابه‌جایی لنگری در پای ستون ایجاد می‌کنند که مقدار این لنگر برابر است با مقدار نیرو ضرب در فاصله آن، که به این لنگر ایجاد شده توسط بارهای ثقلی اثر $P - \Delta$ می‌گوییم. شکل زیر اثر $P - \Delta$ را نشان می‌دهد.

$$L = h_i$$

$$M_i = V_i h_i$$

$$\Delta M_i = P_i \Delta_{wi}$$

$$M = M_i + \Delta M_i$$

لنگر اولیه در پای ستون که در اثر برش طبقه می‌باشد برابر است با:

لنگر ثانویه در پای ستون در اثر $P - \Delta$ برابر است با:

مقدار لنگر برابر خواهد بود با:

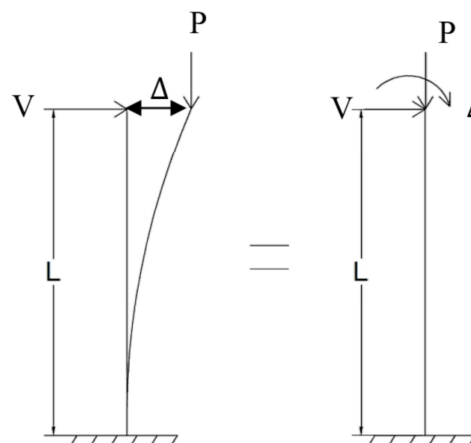
شاخص پایداری θ_i

نسبت لنگر ثانویه (در حالت رفتار ارتجاعی) به لنگری که در اثر برش ایجاد می‌شود شاخص پایداری نامیده می‌شود و با علامت θ_i نشان داده می‌شود در حالتی که این مقدار کمتر از ده درصد باشد یعنی لنگر ثانویه در مقابل لنگرهایی که در اثر برش ایجاد می‌شود قابل اهمیت نیست ولی اگر مقدار آن از θ_{max} بیشتر باشد سازه در طبقه مورد نظر ناپایدار محسوب خواهد شد و باید سازه را سخت‌تر کنیم. مقدار θ_{max} به صورت زیر تعریف شده است:

$$\theta_{max} = \frac{0.65}{C_d} \leq 0.25$$

در صورتی که شاخص پایداری بین دو مقدار ده درصد و θ_{max} باشد باید نیروها و تلاش‌های ثانویه محاسبه و طراحی اعضا از نظر پایداری باید کنترل گردد.

حال اثر این $P - \Delta$ را با لنگری معادل می‌کنیم که در شکل زیر نشان داده شده است:



$$M = M_i + \Delta M_i = M_i + (P\Delta)_i = M_i + M_i \theta_i = M_i (1 + \theta_i)$$

تغییر مکان جانبی نسبی خطی (غیر واقعی) با در نظر گرفتن اثر $P - \Delta$ به صورت زیر خواهد بود:

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

تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی (واقعی) با در نظر گرفتن اثر $P - \Delta$ به صورت زیر خواهد بود:

$$\bar{\Delta}_{Mi} = C_d \bar{\Delta}_{eui}$$

همچنین در محاسبه برش معادل طبقه با در نظر گرفتن اثرهای $P - \Delta$ یعنی $V_{ip\Delta}$ می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

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

این مقادیر جابه‌جایی نسبی غیرخطی (واقعی) بدست آمده نباید از مقدار مجاز Δ_a تجاوز نماید:

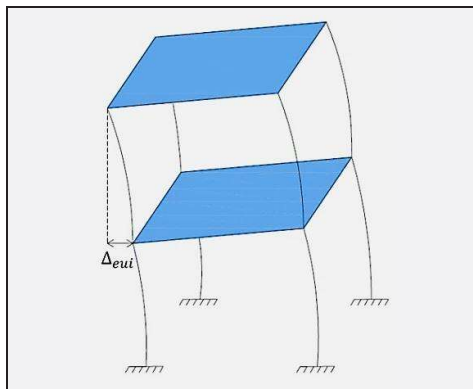
$$\bar{\Delta}_{Mi} = C_d \bar{\Delta}_{eui} \leq 0.25h$$

برای ساختمان‌های تا ۵ طبقه:

$$\bar{\Delta}_{Mi} = C_d \bar{\Delta}_{eui} \leq 0.20h$$

در سایر ساختمان‌ها:

در این رابطه h ارتفاع طبقه مورد نظر برای کنترل جابه‌جایی‌های جانبی نسبی است.



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



نکته: در محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه Δ_{eui} می‌توان زمان تناوب اصلی را بزرگترین مقدار زمان تناوب تجربی و تحلیلی در نظر گرفت (در جهت کاهش برش پایه) ولی در ساختمان‌های با اهمیت خیلی زیاد محدودیت آن باید رعایت شود. همچنین در هر حالت رعایت مقدار حداقل برش پایه ضروری است.

$$T_I = 0.8 \& 1.0 \& 1.2 = \max (T_{\text{تحلیلی}} \& T_{\text{تجربی}})$$

$$T = \min (T_{\text{تحلیلی}} \& T_{\text{تجربی}}) = \text{ساختمان دارای اهمیت خیلی زیاد}$$

$$V_u \geq V_{u_{\min}} = 0.12 AIW$$



نکته: در سازه‌های بتن‌آرمه در تعیین تغییر مکان جانبی نسبی طرح، ممان اینرسی مقطع ترک خورده المان‌ها را می‌توان، مطابق توصیه آیین نامه بتن ایران << آبا >> برای تیرها $I_g 0.35$ ، برای ستون‌ها $I_g 0.7$ ، و برای دیوارها $I_g 0.35$ یا $I_g 0.7$ نسبت به میزان ترک خوردگی آن‌ها منظور کرد. برای زلزله بهره‌برداری مقادیر این ممان اینرسی‌ها را می‌توان تا ۱/۵ برابر افزایش داد و از اثر $P - \Delta$ نیز صرف نظر کرد. (یعنی زمان تناوب را طبق رابطه بالا محاسبه می‌کنیم و برش پایه را بدست می‌آوریم و آن را به سازه‌ای که ممان اینرسی آن طبق ضرایب داده شده کاهش یافته اعمال می‌کنیم و جابه‌جایی‌ها را بدست می‌آوریم).

پ) خدمت رسانی جزء برای تامین عملکرد ایمنی جانی پس از زلزله لازم باشد، مانند سیستم اطفای حریق و پلکان فرار
 H : ارتفاع متوسط بام ساختمان از تراز پایه
 Z : ارتفاع مرکز جرم جزء از تراز پایه. مقدار Z لازم نیست بیشتر از H در نظر گرفته شود. (مثلا در مواقعی که در بام
 جزئی وجود داشته باشد و مقدار آن بیشتر از H شود).

۴-۱-۲- روش تحلیل طیفی

محاسبه این نیرو به صورت زیر می‌باشد و همچنین روابط حداقل و حداکثر عینا مثل روش استاتیکی معادل است:

$$\gamma_3 A(1+S)W_p I_p < V_{pu} = \frac{a_i a_p W_p I_p}{R_{pu}} A_j < \gamma_6 A(1+S)W_p I_p$$

و در آن

a_i : شتاب در تراز i حاصل از تحلیل طیفی سازه با فرض ضریب رفتار و ضریب اهمیت برابر با $1/0$ برای سازه اصلی
 است. تراز i تراز است که جزء غیر سازه‌ای در آن واقع است.
 A_j : ضریب بزرگنمایی پیچشی که در فصل قبل نحوه محاسبه آن توضیح داده شد. (این مقدار بین ۱ تا ۳ است).

نکته: توجه داشته باشید که این نیروهای بدست آمده (چه از روش طیفی چه استاتیکی) نباید به ضرایب ρ و Ω ضرب شوند (یعنی برابر یک در نظر گرفته می‌شوند) همچنین این نیروها به مرکز جرم جزء وارد شده و این نیروی بدست آمده بین بخش‌های مختلف جزء به نسبت وزن آن‌ها توزیع می‌شود.

۴-۱-۳- مولفه قائم نیروی زلزله

این نیرو طبق رابطه زیر قابل محاسبه است و این مولفه (قائم) باید همزمان با نیروی جانبی به جزء اثر داده شده و در ترکیب‌های بارگذاری‌های مختلف به کار برده شود.

$$F_{pu} = \gamma_2 A(1+S)W_p I_p$$

۴-۲- تغییر مکان جانبی اجزای غیر سازه‌ای

تغییر مکان‌هایی که المان‌های سازه اصلی در حین زلزله می‌توانند داشته باشند و اجزای غیر سازه‌ای در دو یا چند نقطه که به این اجزا متکی هستند باید قادر به پذیرش تغییر مکان‌های نسبی بین این نقاط باشند.
 تغییر مکان نسبی، D_p ، بین دو نقطه A و B از سازه اصلی با استفاده از روابط زیر تعیین می‌شود:
الف- در صورتی که دو نقطه بر روی یک سازه قرار داشته باشند:

$$D_p = \delta_{XA} - \delta_{YA}$$

این مقدار بدست آمده از رابطه بالا لزومی ندارد که از مقدار زیر بیشتر در نظر گرفته شود.

$$D_p = \frac{(h_x - h_y)\Delta_{aA}}{h_{sx}}$$

پس:

$$D_p = \delta_{XA} - \delta_{YA} < \frac{(h_x - h_y)\Delta_{aA}}{h_{sx}}$$