

بنام خداوند جان و

آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله

استاندارد ۲۸۰۰

ویژه آزمون نظارت

ویرایش خرداد ۱۳۹۹

مدرس: مهندس فاطمه کمالی



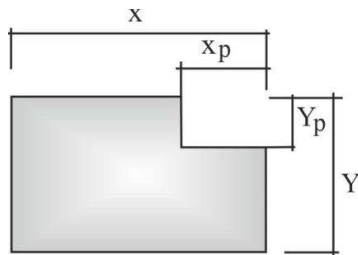
فهرست مطالب

۵	مقدمه و کلیات
۷	فصل اول: کلیات
۸	هدف
۸	ملاحظات معماری
۹	ملاحظات کلی سازه‌ای
۹	گروه بندی ساختمان‌ها بر حسب اهمیت
۱۰	گروه‌بندی ساختمان‌ها بر حسب نظم کالبدی
۱۱	نامنظمی درپلان
۱۳	نامنظمی در ارتفاع
۱۶	محدودیت در احداث ساختمان‌های نامنظم
۱۶	گروه بندی ساختمان‌ها بر حسب سیستم سازه‌ای
۱۶	سیستم دیوارهای باربر
۱۶	سیستم قاب ساختمانی
۱۷	سیستم قاب خمشی
۱۷	سیستم دوگانه یا ترکیبی
۱۷	سیستم ستون کنسولی
۱۷	سایر سیستم‌های سازه‌ای
۱۹	فصل دوم: حرکت زمین
۲۰	تعریف
۲۰	طبقه‌بندی نوع زمین
۲۲	حرکت زمین
۲۳	فصل سوم: ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های ساختمانی
۲۴	ملاحظات کلی
۲۵	روش‌های تحلیل سازه
۲۵	تراز پایه
۲۶	نیروی برش پایه (V_u)
۲۶	پارامتر W (وزن مؤثر لرزه‌ای)
۲۷	پارامتر I (ضریب اهمیت ساختمان)
۲۷	پارامتر A (نسبت شتاب مبنای طرح)
۲۸	پارامتر R_u (ضریب رفتار ساختمان)
۳۳	پارامتر T (زمان تناوب اصلی نوسان)
۳۶	پارامتر B (ضریب بازتاب ساختمان)
۳۹	ضریب نامعینی سازه (ρ)
۴۱	فصل چهارم: ضوابط طراحی لرزه‌ای اجزای غیرسازه‌ای
۴۲	تعریف

۴۲	محدوده کاربرد
۴۲	مهار اجزای غیر سازه‌ای
۴۳	دیوارهای خارجی
۴۴	سقفهای کاذب
۴۵	فصل پنجم: ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های غیرساختمانی
۴۶	کلیات
۴۶	وزن مؤثر لرزه‌ای (W)
۴۶	سازه‌های غیرساختمانی مشابه ساختمان‌ها
۴۶	سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان‌ها - متکی بر زمین
۴۶	سازه‌های غیرساختمانی غیرمشابه ساختمان‌ها - متکی بر سازه‌های دیگر
۴۷	فصل ششم: ناپایداری‌های زمین ناشی از زلزله
۴۸	روانگرایی
۴۸	ارزیابی استعداد روانگرایی
۴۹	گسترش جانبی
۴۹	روش‌های کاهش خطرهای ناشی از روانگرایی و گسترش جانبی
۵۰	زمین لغزش
۵۰	ارزیابی پایداری شیب‌ها به منظور بررسی زمین لغزش
۵۰	فرونشست
۵۱	گسلش
۵۱	بزرگ‌نمایی ناشی از توپوگرافی

نامنظمی در پلان

الف) نامنظمی هندسی: در مواردی که پس رفتگی هم زمان در دو جهت در یکی از گوشه‌های ساختمان بیشتر از ۲۰ درصد طول پلان در آن جهت باشد.



$$\frac{X_p}{X} > 0.2 \quad \text{و} \quad \frac{Y_p}{Y} > 0.2 \rightarrow \text{نامنظمی هندسی}$$

نکته: فرورفتگی در نامنظمی هندسی، باید در سیستم (قاب) سازه‌ای وجود داشته باشد، به عنوان مثال اگر صرفاً یک بازشوی بزرگ در یکی از گوشه‌های ساختمان وجود داشته باشد، مشمول این بند نمی‌شود، چرا که قاب سازه دچار فرورفتگی نشده است.

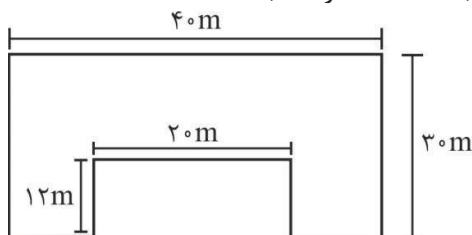
مثال: در مورد منظم یا نامنظم بودن هندسی ساختمانی با پلان شکل مقابل کدام گزینه صحیح است؟

الف) منظم است اگر منطقه احداث با خطر نسبی متوسط و کم باشد تا حداکثر ۳ طبقه

ب) به شرط رعایت حداکثر ارتفاع ۱۲ متر منظم است.

ج) ساختمان در هر صورت نامنظم هندسی است.

د) ساختمان از نظر هندسی منظم است.



حل: برای کنترل نامنظمی هندسی در پلان‌هایی از این دست که فرورفتگی آنها در وسط ضلع (و نه در گوشه‌ها) باشد، اگر ابعاد فرورفتگی همزمان در هر راستا بیشتر از ۲۰ درصد ابعاد پلان در آن جهت باشد، ساختمان از نظر هندسی نامنظم است.

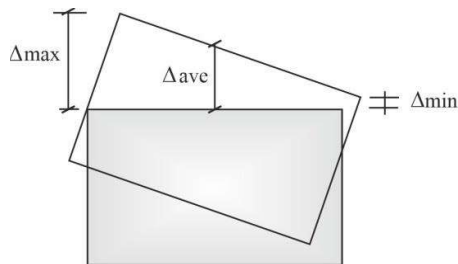
$$\frac{20}{40} = 0.5 > 0.2, \quad \frac{12}{30} = 0.4 > 0.2$$

بنابراین ساختمان از نظر هندسی نامنظم است. لازم به ذکر است که محدودیت تعداد طبقات و حداکثر ارتفاع و ... هیچ ربطی به نامنظمی هندسی ندارد. **گزینه ج** گزینه صحیح می‌باشد.

نگاه به آیین‌نامه بند ۱-۷-۱ صفحه ۶

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

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

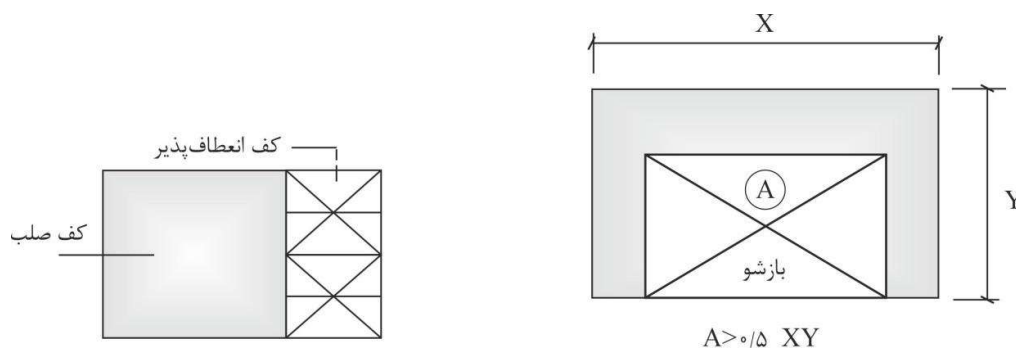


$$\Delta_{ave} = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{ave}} > 1/2 \quad \text{نامنظمی زیاد}$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\Delta_{ave}} > 1/4 \quad \text{نامنظمی شدید}$$

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



ب-۲ نامنظمی دیافراگم (در سختی)

ب-۱ نامنظمی دیافراگم (در مساحت)

مثال: یک سقف دایره‌ای به قطر ۱۰ متر از نوع دال بتنی طراحی شده است. حداکثر مساحت بازشوهای این سقف چقدر باشد تا نامنظمی در دیافراگم به وجود نیاید؟

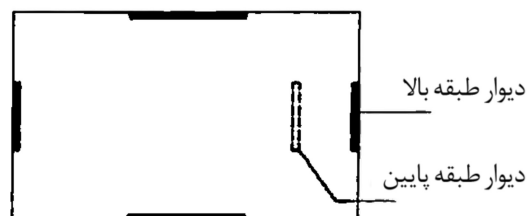
الف) ۱۹ مترمربع ب) ۲۹ مترمربع ج) ۳۹ مترمربع د) ۴۹ مترمربع

حل: همانطور که عنوان شد، در صورتی که میزان مجموع سطوح بازشوها بیشتر از ۵۰ درصد سطح طبقه باشد نامنظمی در دیافراگم به وجود می‌آید. بنابراین داریم:

$$A < 0.5 \times \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) = 39.27$$

گزینه ج گزینه صحیح می‌باشد.

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



مثال:

در پلان یک ساختمان دو طبقه در امتداد طولی از سیستم قاب خمشی فولادی ویژه و در امتداد عرضی از سیستم دیوارهای باربر با دیوارهای برشی بتن‌آرمه ویژه استفاده شده است. در محاسبه این ساختمان در برابر نیروی زلزله، ضریب رفتار ساختمان در امتداد طولی باید کدام یک از مقادیر زیر در نظر گرفته شود؟

الف) ۵ ب) ۱۰ ج) ۷/۵ د) ۵/۵

حل: طبق نکات ارائه شده، در مواردی که تنها در یک امتداد از سیستم دیوار باربر استفاده شده باشد، مقدار ضریب رفتار در امتداد دیگر، نباید بیشتر از مقدار آن در امتداد سیستم دیوار باربر در نظر گرفته شود. همچنین با توجه به جدول (۳-۴) ضریب رفتار سیستم قاب خمشی فولادی ویژه (امتداد طولی) برابر ۷/۵ و ضریب رفتار سیستم دیوارهای باربر با دیوارهای برشی بتن‌آرمه ویژه (امتداد عرضی) برابر ۵ می‌باشد. در نتیجه ضریب رفتار سازه در امتداد طولی نیز برابر ۵ در نظر گرفته می‌شود. بنابراین گزینه الف صحیح می‌باشد.

پارامتر ۲ (زمان تناوب اصلی نوسان)

الف) برای ساختمان‌های متعارف: در این ساختمان‌ها که توزیع جرم و سختی در ارتفاع آنها عمدتاً به صورت متناسب تغییر می‌کند، زمان تناوب اصلی نوسان را می‌توان از روابط تجربی زیر بدست آورد.

سیستم قاب خمشی بتنی

- اگر جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نکنند. $T = 0.05 H^{0.9}$
- اگر جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها محسوب شوند. $T = 0.08 \times 0.05 H^{0.9}$

سیستم قاب خمشی فولادی

- اگر جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نکنند. $T = 0.08 H^{0.75}$
- اگر جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها محسوب شوند. $T = 0.08 \times 0.08 H^{0.75}$

سیستم قاب ساختمانی ساده با مهاربند واگرا

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

سایر سیستم‌های ساختمانی بجز سیستم کنسولی، در صورت وجود یا عدم وجود جداگرهای میانقابی

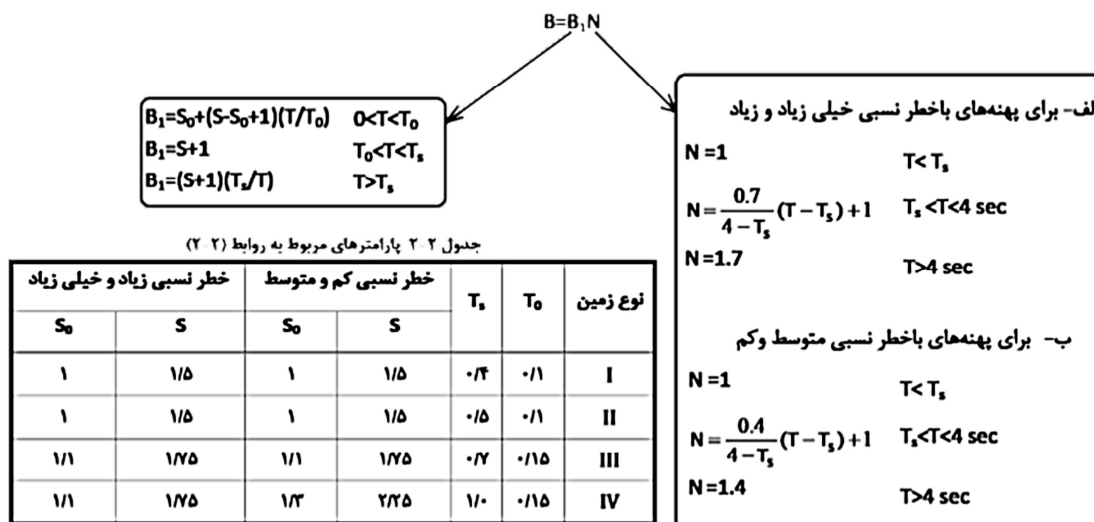
$$T = 0.05 H^{0.75}$$

ارتفاع محاسباتی (H)

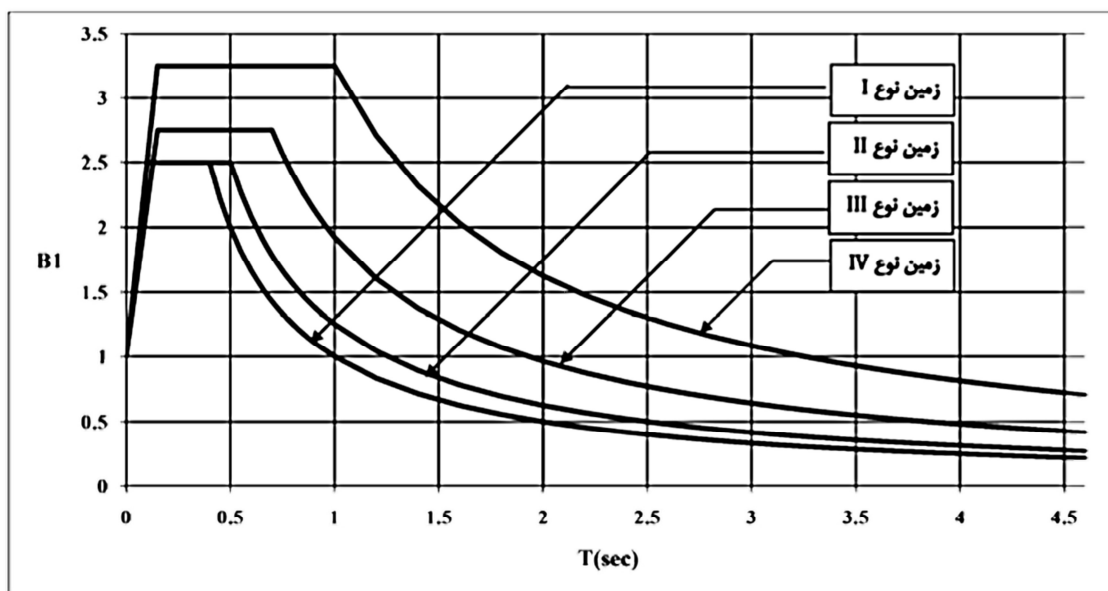
در روابط بالا H ارتفاع ساختمان از تراز پایه است و در محاسبه آن، در صورتی که وزن خریشته بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، ارتفاع خریشته نیز باید منظور گردد. در بام‌های شیب‌دار، H متوسط ارتفاع بام از تراز پایه است. زمان تناوب محاسباتی: در کلیه موارد در ساختمان‌ها می‌توان زمان تناوب اصلی نوسان را با استفاده از تحلیل دینامیکی تعیین و در محاسبات نیروها منظور نمود، ولی مقدار آن در هر حالت نباید از ۱/۲۵ برابر مقادیر بدست آمده از روابط تجربی بالا بیشتر در نظر گرفته شود.

پارامتر B (ضریب بازتاب ساختمان)

این ضریب نشان‌دهندی نحوه‌ی پاسخ ساختمان به حرکت زمین بوده و تابعی از زمان تناوب اصلی ساختمان و جنس زمین است. بر اساس استاندارد ۲۸۰۰، این ضریب با استفاده از ضریب شکل طیف B_1 تعریف شده و با استفاده از ضریب اصلاح طیف N ، برای در نظر گرفتن اثر زلزله حوزه نزدیک و دور اصلاح خواهد شد.



جداول کمکی



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

روانگرایی

تعریف: کاهش مقاومت و یا سختی برشی خاک به دلیل افزایش فشار آب منفذی ناشی از زلزله در خاک‌های ماسه‌ای اشباع که باعث ایجاد تغییرشکل‌های دائمی مهم یا ایجاد شرایطی نزدیک به تنش مؤثر صفر در خاک می‌شود، به عنوان روانگرایی شناخته می‌شود.

➤ زمین‌هایی که حداقل دارای یکی از شرایط زیر باشند، **مستعد روانگرایی** تشخیص داده می‌شوند و لازم است مطالعه خاص آن زمین انجام شود:

الف) سابقه روانگرایی در آنها وجود داشته باشد.

ب) زمین‌هایی که از نوع خاک ماسه‌ای با تراکم کم، اعم از تمیز، یا رس‌دار با مقدار رس کمتر از ۲۰ درصد، یا دارای لای و یا شن بوده و تراز سطح آب زیرزمینی در آنها نسبت به سطح زمین کمتر از حدود ۱۰ متر باشد.

ج) منحنی دانه‌بندی خاک داخل محدوده مستعد روانگرایی باشد.

➤ در مواردی که لایه خاک مورد نظر دارای حداقل یکی از موارد زیر باشد، می‌توان از بررسی وقوع روانگرایی صرف‌نظر کرد.

الف) ماسه محتوی بیش از ۲۰ درصد رس با $PI > 20$

ب) ماسه محتوی بیش از ۳۵ درصد لای و به طور همزمان $N_{1(60)} > 20$

ج) ماسه تمیز با $N_{1(60)} > 30$

ضمناً در مواقعی که خاک ماسه‌ای و اشباع در عمقی بیش از ۲۰ متر از سطح زمین قرار دارد، فقط برای ساختمان‌های با شالوده سطحی می‌توان از ارزیابی استعداد روانگرایی صرف‌نظر کرد.

ارزیابی استعداد روانگرایی

به منظور ارزیابی استعداد روانگرایی لازم است ضریب اطمینان در برابر روانگرایی (F_i) بدست آید.

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

CSR : نسبت تنش برشی تناوبی ناشی از زلزله

CRR : نسبت مقاومت برشی تناوبی خاک موجود

$F_i < 1$: خاک مستعد روانگرایی است و اثر آن ممکن است موجب ناپایداری پی و سازه متکی بر آن شود. بنابراین باید ایمنی مناسب پی به وسیله روش مناسب بهسازی زمین یا انتقال بار به وسیله پی‌های عمیق به زیر لایه روانگرا تأمین گردد.

$1/25 < F_i < 1$: نشست ناشی از زلزله در زمین را باید محاسبه و در طراحی منظور نمود.

❗ **مثال:** کدامیک از زمین‌های زیر مستعد روانگرایی می‌باشد؟

الف) زمین دارای ماسه محتوی بیش از ۳۰٪ رس با دامنه خمیری بیشتر از ۲۰

ب) زمین دارای ماسه محتوی بیش از ۲۰٪ رس با دامنه خمیری بیشتر از ۲۰

ج) زمین دارای ماسه تمیز با تعداد ضربات نفوذ استاندارد بیش از ۳۰

د) زمین دارای ماسه تمیز با تراکم کم و تراز سطح آب زیرزمینی کمتر از ۱۰ متر نسبت به سطح زمین

➤ **حل:** گزینه د گزینه صحیح می‌باشد.