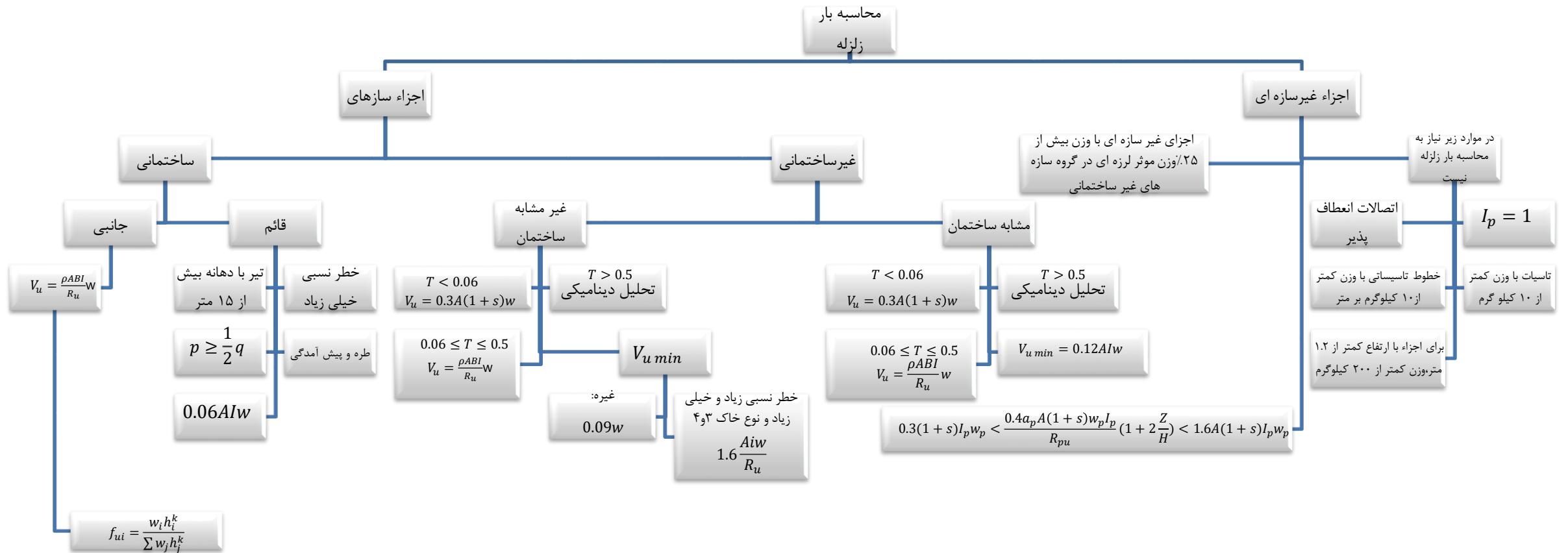


تحليل استناتيكسى



نسبت شتاب مبنای طرح (A): نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل در مناطق مختلف کشور، براساس میزان لرزه خیزی آنها، به شرح جدول (۱-۲) تعیین می شود. مناطق چهارگانه عنوان شده در این جدول در انتهای جزوه مشخص شده است.

جدول ۱-۲ نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۰/۳۵
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۰/۳۰
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۰/۲۵
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۰/۲۰

ضریب اهمیت ساختمان (I): ضریب اهمیت ساختمان با توجه به گروه طبقه بندی آنها در بند ۱-۶ مطابق جدول ۳-۳ تعیین می شود.

جدول ۳-۳ ضریب اهمیت ساختمان

ضریب اهمیت	طبقه بندی ساختمان
۱/۴	گروه ۱
۱/۳	گروه ۲
۱/۰	گروه ۳
۰/۸	گروه ۴

نحوه محاسبه:

ضریب بازتاب ساختمان (B): بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین با توجه به نوع آن است. ضریب بازتاب ساختمان از ضرب ضریب شکل طیف (B_1) در ضریب اصلاح طیف (N) به دست می آید.

$$B = B_1 N$$

برای محاسبه دو ضریب شکل طیف و اصلاح طیف نیاز به محاسبه پریود سازه و نوع خاک و همچنین مشخص نمودن میزان لرزه خیزی منطقه می باشد.

رابطه دقیق محاسبه پریود سازه $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ می باشد. اما با توجه به اینکه ما در لحظه طراحی هستیم و هنوز چیزی به عنوان سختی سازه k در دسترس نیست که منجر به محاسبه پریود سازه شود لذا باید از روابط تجربی که آیین نامه ارائه نموده است استفاده نماییم و پس از طراحی مقدار پریودی را که از رابطه زیر به دست می آید را مبنای محاسبه ضریب بازتاب ساختمان قرار دهیم و با آن بار زلزله را یکبار دیگر محاسبه نموده و به سازه اعمال نماییم.

$$T = \min \left\{ T_{\text{تجربی}}, 1.25T_{\text{تحلیلی}} \right\}$$

اما نحوه محاسبه پریود تجربی (T) برای شروع فرایند محاسبه ضریب بازتاب ساختمان و سپس نیروی برش پایه چیست.

*قاب خمشی فولادی دارای جداگر میانقاب **غیر مانع** حرک سازه :

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

*قاب خمشی بتن آرمه دارای جداگر میانقاب **غیر مانع** حرک سازه :

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

*قاب خمشی فولادی دارای جداگر میانقاب **مانع** حرک سازه :

$$T = 0.8 \times 0.08H^{0.75}$$

*قاب خمشی بتن آرمه داری جداگر میانقاب **مانع** حرک سازه :

$$T = 0.8 \times 0.05H^{0.9}$$

اما نحوه محاسبه پریود تجربی (T) برای شروع فرایند محاسبه ضریب بازتاب ساختمان و سپس نیروی برش پایه چیست.

* سیستم مهاربندی واگرا دارای جداگر میانقاب **غیر مانع** حرک سازه:

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

* سیستم مهاربندی واگرا دارای جداگر میانقاب **مانع** حرک سازه:

$$T = 0.8 \times 0.08H^{0.75}$$

* سایر سیستم های سازه ای مانند دیوار برشی، سیستم های دوگانه؛ دیوار بنایی و ... به جز سیستم های کنسولی **بدون** جداگر میانقاب:

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

* سایر سیستم های سازه ای مانند دیوار برشی، سیستم های دوگانه؛ دیوار بنایی و ... به جز سیستم های کنسولی **با** جداگر میانقاب:

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

در سازه های غیر متعارف مانند مساجد، آمفی تئاترها، ساختمان های ورزشی، گنبد ها و ... نمی توان از پریود تجربی استفاده نمود و حتما باید از تحلیل های دینامیکی این زمان تناوب ها محاسبه شود و مبنای تحلیل استاتیکی سازه های غیر ساختمانی مشابه ساختمان که در الگوریتم صفحه ۲۳ عنوان شد قرار گیرد.

در این نوع سازه ها اگر جداگر میانقاب **غیر مانع** حرک سازه باشد.

$$T = T_D$$

در این نوع سازه ها اگر جداگر میانقاب **مانع** حرک سازه باشد.

$$T = 0.8T_D$$

T_D : زمان تناوب اصلی در تحلیل دینامیکی است.

در تمامی روابط بالا H ارتفاع سازه از **تراز پایه** می باشد. اگر وزن خرپشته بیش از ۲۵ درصد وزن بام باشد ارتفاع خرپشته نیز لحاظ می شود. اگر سقف شیب دار باشد ارتفاع متوسط سقف ملاک محاسبه H قرار میگیرد.

تست:

حل:

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

(۱) 20% کاهش می‌یابد.

(۲) 25% کاهش می‌یابد.

(۳) 20% افزایش می‌یابد.

(۴) 25% افزایش می‌یابد.

محاسبات ۹۳



تست:

حل:

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

0.95 (۴)

0.90 (۳)

0.85 (۲)

1.10 (۱)

محاسبات ۹۳

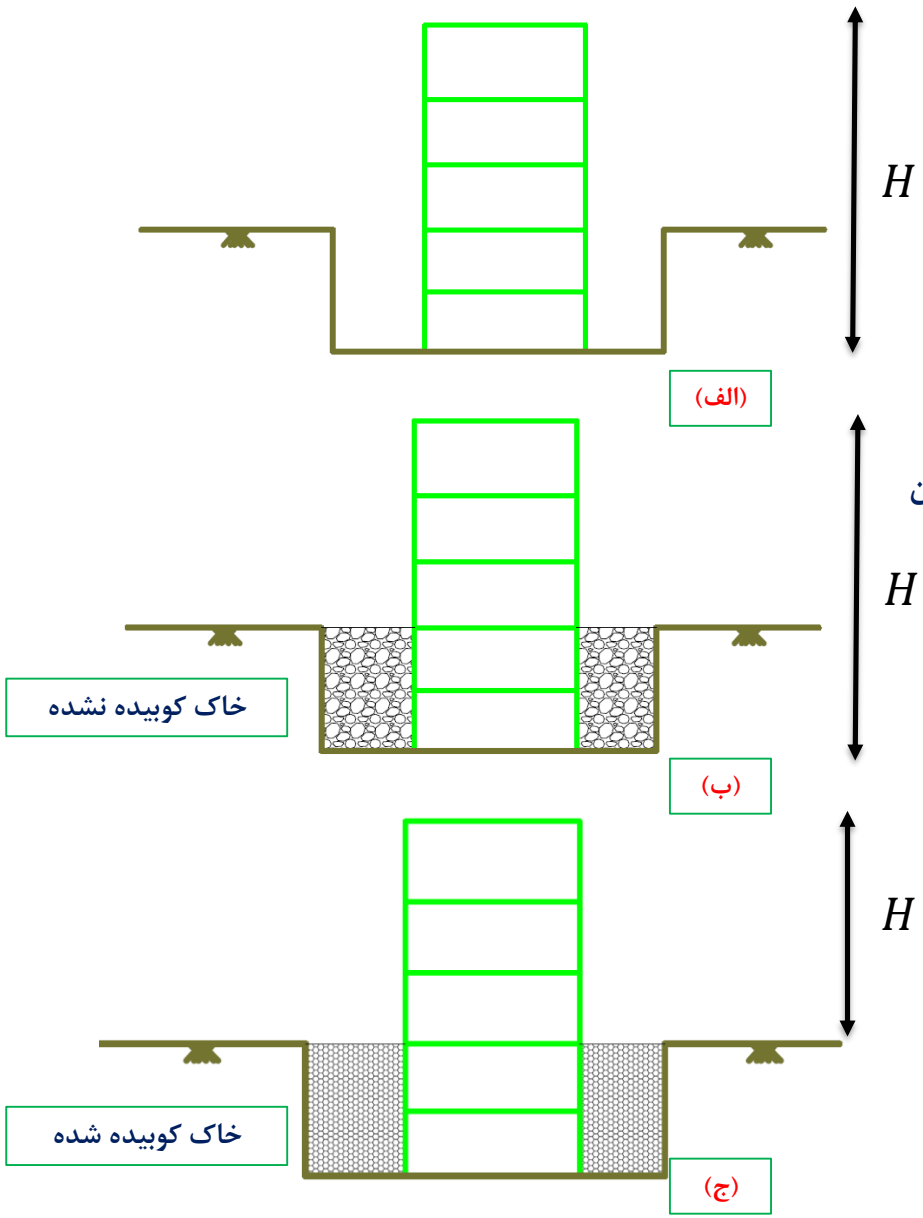
تراز پایه کجاست؟

تراز پایه جایی می باشد که سازه از آن تراز به بالا می تواند ارتعاش داشته باشد و از آن تراز به پایین هرگونه ارتعاشی محدود شده باشد.

اگر شکل های روبه رو را در نظر بگیریم در شکل (الف) تراز پایه روی فونداسیون می باشد زیرا از این قسمت به بالا سازه می تواند تحت بار زلزله ارتعاش داشته باشد.

در شکل (ب) با این حال که دو طبقه زیرین با خاک احاطه شده اند اما چون این خاک ها متراکم نبوده و نتوانسته محدودیت کاملی برای ارتعاش سازه در این قسمت داشته باشد لذا باز هم تراز پایه روی فونداسیون می باشد.

در شکل (ج) علاوه بر اینکه دو طبقه زیرین با خاک احاطه شده اند، این خاک ها متراکم نیز شده اند و از ارتعاش سازه در این قسمت جلوگیری می نمایند. لذا تراز پایه روی سطح زمین می باشد.



تشخیص نوع خاک:

در راستای محاسبه ضریب شکل طیف و اصلاح طیف گفتیم که علاوه بر پرپود سازه و نوع لرزه خیزی منطقه نیاز به محاسبه نوع خاک منطقه داریم : برای محاسبه نوع خاک منطقه باید از جدول روبه رو استفاده شود.

جدول نوع زمین

پارامترها			توصیف لایه بندی زمین	نوع زمین
$\bar{C}_u (kPa)$	$\bar{N}_{1(60)}$	$\bar{v}_s (m/s)$		
-	-	>750	سنگ و شبه سنگ، شامل سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی و خاک‌های سیمانته بسیار محکم با حداکثر 5 متر مصالح ضعیف‌تر تا سطح زمین	I
>250	>50	375 - 750	خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل - شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از 30 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	II
70 - 250	15 - 50	175 - 375	خاک متراکم تا متوسط ، شامل شن و ماسه متراکم تا متوسط یا رس‌های سخت با ضخامت بیشتر از 30 متر	III
<70	<15	<175	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.	IV

در جدول رو به رو می توان با داشتن سرعت موج برشی $\bar{v}_s (m/s)$ در تمامی خاک ها و عدد $SPT \bar{N}_{1(60)}$ و یا ضریب چسبندگی خاک $\bar{C}_u (kpa)$ نوع خاک را محاسبه نمود. نحوه محاسبه سرعت موج برشی به صورت زیر می باشد:

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

d_i : ضخامت هر لایه تا عمق 30 متری زیر فونداسیون
 v_{si} : سرعت موج برشی در هر لایه تا عمق 30 متری زیر فونداسیون

تست:

حل:

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

- لایه اول به ضخامت 15 متر از تراز پایه با سرعت موج برشی 340 متربرثانیه

- لایه دوم به ضخامت 30 متر از زیر لایه اول با سرعت موج برشی 400 متربرثانیه

در طراحی این ساختمان در برابر زلزله، نوع زمین ساختگاه به کدامیک از انواع زیر نزدیک‌تر است؟

(۱) نوع I (۲) نوع II (۳) نوع III (۴) نوع IV

محاسبات ۹۴

نحوه محاسبه:

ضریب بازتاب ساختمان (B): پس از محاسبه نوع خاک، پریود سازه و نوع لرزه خیزی منطقه نوبت به محاسبه ضریب شکل طیفی (B_1) و ضریب اصلاح شکل طیفی (N) می رسد.

*به جدول رو به رو دقت نمایید:

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

نحوه محاسبه ضریب شکل طیفی:

$$0 < T < T_0$$

$$B_1 = s_0 + (s - s_0 + 1) \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

$$T_0 < T < T_s$$

$$B_1 = s + 1$$

$$T_s < T$$

$$B_1 = (s + 1) \left(\frac{T_s}{T} \right)$$

نحوه محاسبه:

نحوه محاسبه ضریب اصلاح شکل طیفی:

الف: منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد و زیاد:

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

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

$$T_s < T < 4sec$$

$$N = 1.7$$

$$4sec < T$$

ب: منطقه با خطر نسبی متوسط و کم:

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

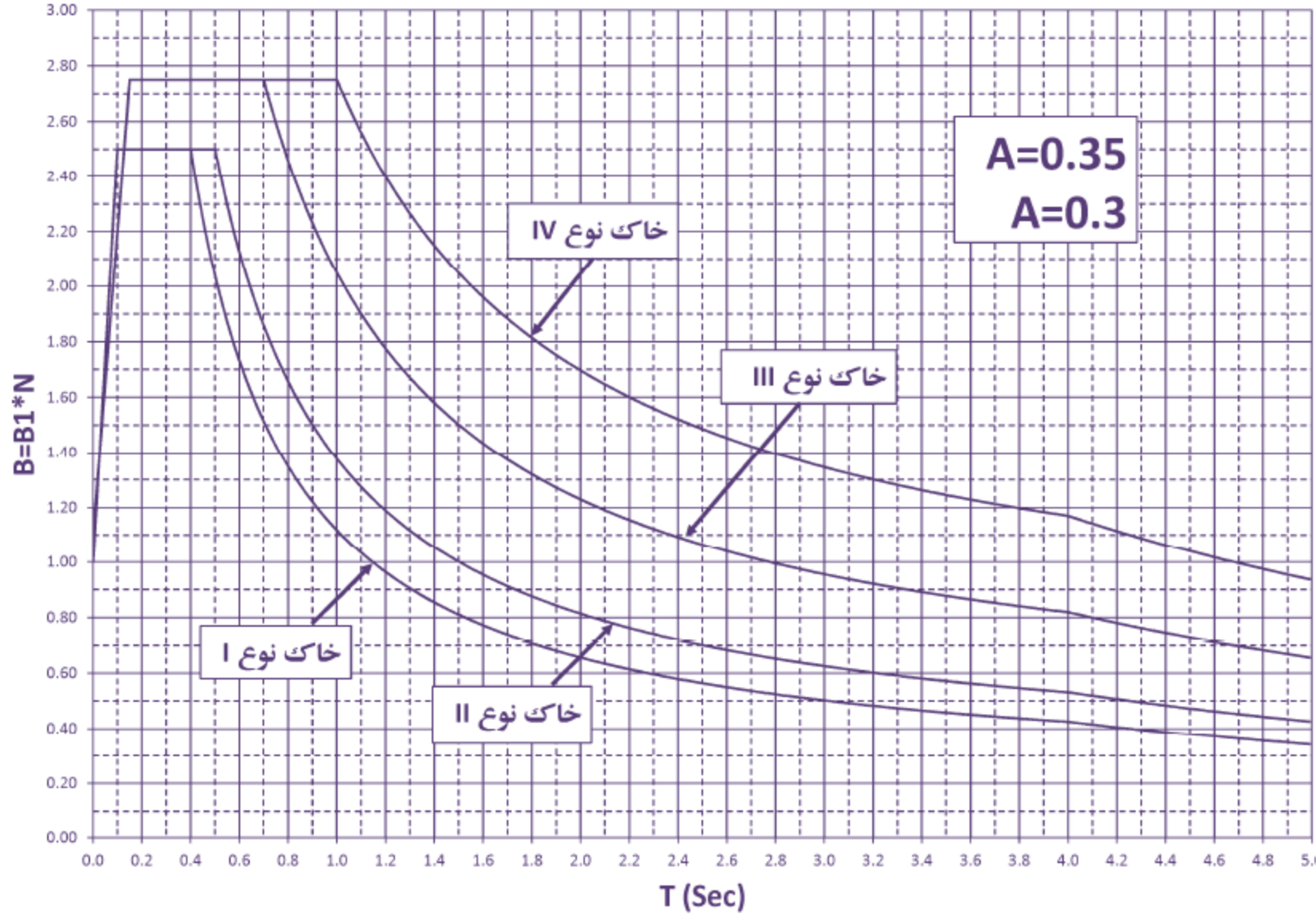
$$N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1$$

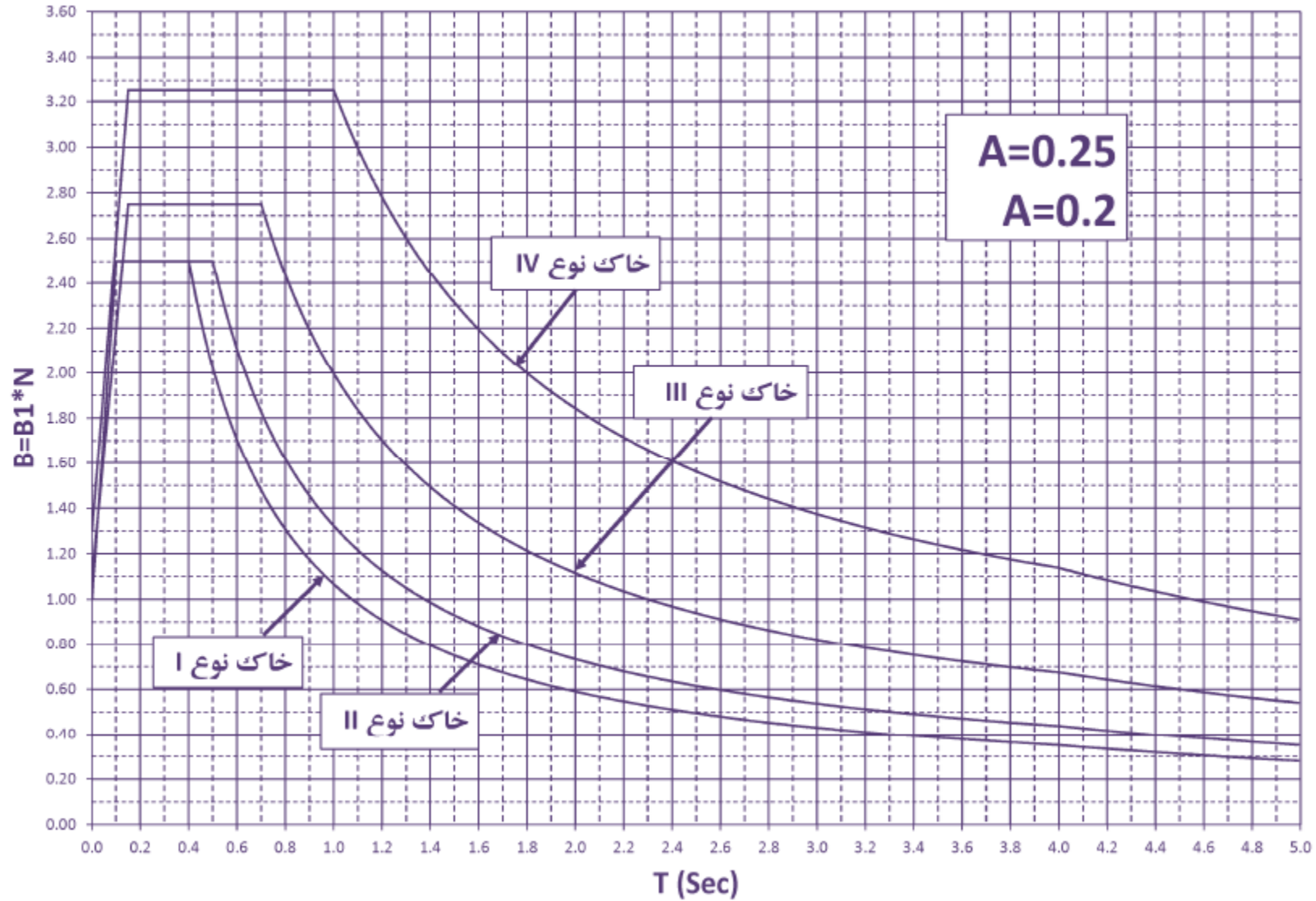
$$T_s < T < 4sec$$

$$N = 1.4$$

$$4sec < T$$

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



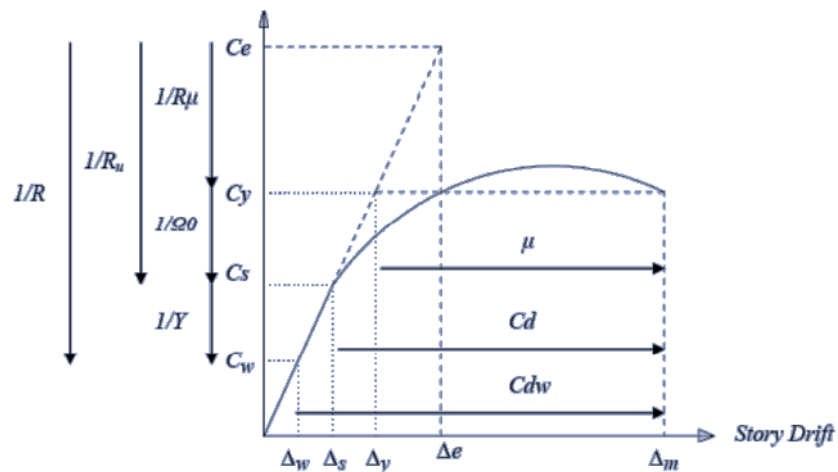


نحوه محاسبه:

ضریب رفتار R_u : در تحلیل استاتیکی علاوه بر اینکه بار زلزله را به صورت استاتیکی در نظر میگیریم پاسخ سازه را نیز به ناحیه خطی محدود می نماییم که این فرض مغایرت دارد با شیوه طراحی ما بر اساس مبحث ۹ و مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان، زیرا طراحی اعضا به گونه ای بوده که اجازه ورود به ناحیه غیر خطی اعضا داده شده است. در تحلیل استاتیکی فرض می شود دوام و پایداری سازه تنها از پارامتر مقاومت اعضای سازه آن هم در ناحیه خطی حاصل می شود که این فرض منجر به غیر اقتصادی شدن پروژه میگردد اما واقعیت طراحی می گوید پایداری سازه از دو پارامتر مقاومت و شکل پذیری سازه تشکیل می شود که تعدیل فرض اولیه یعنی پایداری تنها از طریق مقاومت می باشد. برای اینکه این تعدیل صورت بگیرد و بخشی از مقاومت به شکل پذیری اختصاص داده شود باید از پارامتر ضریب رفتار استفاده نموده و بخشی از نیروی برش پایه را کاهش داده و تحمل مقدار کاهش یافته را بر عهده شکل پذیری سازه قرار داده شود.

در نمودار مقابل مشاهده می نمایید که در حالتی که فرض شود رفتار سازه خطی باشد سازه باید برای مقدار نیروی C_e طراحی شود و در حالتی که برای سازه شکل پذیری قائل باشیم باید برای نیروی C_y طراحی شود. مبانی محاسبه ضریب رفتار براساس **Fema - p695** می باشد که از توضیح آن در اینجا صرف نظر می نماییم. استاندارد ۲۸۰۰ در قالب جدولی برای تمامی سیستم های سازه ای که استفاده می شوند ضریب رفتار را ارائه نموده است.

***** جدول در صفحه بعد...



سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R_c	Ω_c	C_c	H_m (م)
الف- سیستم دیوارهای پاریز	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۵	۲/۵	۵	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۴	۲/۵	۴	۵۰
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]	۳/۵	۲/۵	-	۲/۵
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۳	۲/۵	۳	۱۵
	۵- دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سرد نورد و مهارهای تسمه‌ای فولادی	۴	۲	۲/۵	۱۵
	۶- دیوارهای متشکل از قاب‌های سبک فولادی سرد نورد و صفحات پوشش فولادی	۵/۵	۳	۴	۱۵
	۷- دیوارهای بتن پیش‌سختی سبب‌دی	۳	۲	۳	۱۰
ب- سیستم قاب ساختمانی	۱- دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه [۲]	۶	۳/۵	۵	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	۵	۲/۵	۴	۳۵
	۳- دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی [۱]	۴	۲/۵	۳	-
	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	۳	۲/۵	۳/۵	۱۵
	۵- مهاربندی واگرای ویژه فولادی [۲] و [۳]	۷	۲	۴	۵۰
	۶- مهاربندی کماتش تاب	۷	۲/۵	۵	۵۰
	۷- مهاربندی همگرای معمولی فولادی	۳/۵	۲	۳/۵	۱۵
	۸- مهاربندی همگرای ویژه فولادی [۲]	۵/۵	۲	۵	۵۰
پ- سیستم قاب خمشی	۱- قاب خمشی بتن آرمه ویژه [۴]	۷/۵	۳	۵/۵	۳۰۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط [۴]	۵	۳	۲/۵	۳۵
	۳- قاب خمشی بتن آرمه معمولی [۴] و [۱]	۳	۳	۲/۵	-
	۴- قاب خمشی فولادی ویژه	۷/۵	۳	۵/۵	۳۰۰
	۵- قاب خمشی فولادی متوسط	۵	۳	۴	۵۰
	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۱]	۳/۵	۳	۳	-
ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	۷/۵	۲/۵	۵/۵	۳۰۰
	۲- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه ویژه	۶/۵	۲/۵	۵	۷۰
	۳- قاب خمشی بتن آرمه متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰
	۴- قاب خمشی فولادی متوسط + دیوار برشی بتن آرمه متوسط	۶	۲/۵	۴/۵	۵۰

۳۰۰	۴	۲/۵	۷/۵	۵- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی واگرای ویژه فولادی
۷۰	۵	۲/۵	۶	۶- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی واگرای ویژه فولادی
۳۰۰	۵/۵	۲/۵	۷	۷- قاب خمشی فولادی ویژه + مهاربندی همگرای ویژه فولادی
۷۰	۵	۲/۵	۶	۸- قاب خمشی فولادی متوسط + مهاربندی همگرای ویژه فولادی
۱۰	۲	۱/۵	۲	ث- سیستم کتسولی ۱- سازه‌های فولادی یا بتن آرمه ویژه

تست:

حل:

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

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

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

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

۴) اجرای طرح مذکور در تهران مجاز نیست.

محاسبات ۹۲

تست:

حل:

۵۷- یک ساختمان مسکونی با سیستم قاب خمشی فولادی ویژه به ارتفاع 46 متر از تراز پایه بر روی خاک نوع III، در شهر تهران واقع شده است. در صورتی که پریمود تحلیلی سازه 1.6 ثانیه و وزن مؤثر لرزه‌ای آن 100000 kN باشد، نیروی برش پایه استاتیکی (V_{II}) سازه برحسب kN، به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک‌تر است؟ (میان قاب‌ها مانعی برای حرکت جانبی قاب ایجاد نمی‌کنند و $\rho = 1$ می‌باشد).

6237 (۴)

6492 (۳)

6686 (۲)

7306 (۱)

محاسبات ۹۴

تست:

حل:

۶۰- مقدار ضریب بازتاب (B) برای یک سازه با سیستم قاب ساختمانی ساده با مهاربندی واگرای ویژه فولادی به ارتفاع 24 متر از تراز پایه و بر روی خاک نوع III در شهر اصفهان به کدامیک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ (میان قاب‌ها مانعی برای حرکت جانبی قاب ایجاد نمی‌کنند).

(۱) 2.75

(۲) 2.53

(۳) 2.26

(۴) 2.10

محاسبات ۹۴

تست:

حل:

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

2290 (۴)

2160 (۳)

1940 (۲)

1610 (۱)

محاسبات ۹۴

تست:

حل:

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

4800 (۴)

4200 (۳)

3800 (۲)

5300 (۱)

محاسبات ۹۶