عصرانه ای بـا طعم
مهندسی سازه

محاسبات بار زلزله بر اساس استاندارد ۲۸۰۰-۴

مدرس و نگارنده:

احسان شادمند

کارشناس ارشد سازه

www.shadmand.org
ehsan_shadmand@yahoo.com

مقدمه:

از جمله توانایی های مورد انتظار از یک مهندس عمران به خصوص افـرادی کـه در زمینـه ساختمان فعالیت دارند توانایی طراحی سازه است. امروزه با گسترش کاربرد رایانه به منظور سرعت بخشیدن در انجام محاسبات، تسلط به نرم افزار های طراحی اهمیت ویـژه ای پیـدا کرده است. ولی نکته بسیار مهمی که در این مقوله مـی بایسـتی مـورد توجـه قـرار گیـرد استفاده از این نرم افزارها به صورت اصولی و منطبق با آیین نامه های طراحی است.

در سری کلاس های عصرانه‌سازه‌ای سعی بر این است که مباحث مختلـف سـازه در درس-های مختلف خدمت مهندسین ارائه گردد. بیشترین مباحثی که در این دوره هـا مـد نظـر است شامل نرم افزارهای کاربردی طراحی سـازه ازجملـه Etabs، Safe و Sap2000، آیـین نامه های داخلی و بین المللی، مبانی طراحی سازه و ... می باشد. به منظور ارتباط با بنـده، آشنایی با جزییات کلاس‌ها و هر گونه انتقاد و پیشنهاد می توانید از طریق یکی از راه های زیر با من تماس بگیرید.

احسان شادمند

۱ آذر ۱۳۹۵

تماس: ۰۹۱۷-۱۸۶-۴۵۱۶

تلگرام: @e_shadmand

ایمیل: ehsan_shadmand@yahoo.com

وب سایت: www.shadmand.org

لینک کانال عصرانه‌سازه‌ای:

@asraneh_saze

لینک گروه تلگرامی عصرانه‌سازه‌ای:

https://telegram.me/joinchat/CTJy6UAzNHGuxSdrj9EZNg

فهرست مطالب

فصل ۱- محاسبه ضریب زلزله ۳
۱-۱- برش پایه ۳
۱-۲ ضریب اهمیت : ۴
۱-۳- ضریب رفتار سازه ۴
۱-۴- نسبت شتاب مبنای طرح ۵
۱-۵- ضریب بازتاب ساختمان ۶
۱-۶- توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع سازه ۱۱
۱-۷- نمونه محاسبات ضریب C و K ۱۳
فصل ۲- وزن مؤثر لرزه‌ای ۱۷
فصل ۳- کنترل تغییر مکان سازه ۱۹

فصل ۱- محاسبه ضریب زلزله

۱-۱- برش پایه

$$V_u = CW \qquad (۱-۳)$$

در این رابطه:

V_u: نیروی برشی درحد مقاومت. حد مقاومت و حد تنش مجاز در "تعاریف" آیین‌نامه توضیح داده شده‌اند. برای تعیین این نیرو در حد تنش مجاز مقدار آن باید بر ضریب ۱/۴ تقسیم شود.

W: وزن مؤثر لرزه‌ای، شامل مجموع بارهای مرده و وزن تأسیسات ثابت و وزن دیوارهای تقسیم‌کننده به اضافهٔ درصدی از بار زنده و بار برف، مطابق جدول (۳-۱). بار زنده باید به صورت تخفیف‌نیافته، مطابق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود.

$$C = \frac{ABI}{R_u} \qquad (۲-۳)$$

در این رابطه:

A: نسبت شتاب مبنای طرح مطابق بند (۲-۲)

B: ضریب بازتاب ساختمان مطابق بند (۲-۳)

I: ضریب اهمیت ساختمان مطابق بند (۳-۳-۴)

R_u: ضریب رفتار ساختمان مطابق بند (۳-۳-۵)

$V_{u\,min}$ =0.12AIW	$\Rightarrow C_{min} = 0.12AI \Rightarrow \frac{B}{R_u} \geq 0.12$

۱-۲- ضریب اهمیت :

۳-۳-۴ ضریب اهمیت ساختمان، I

ضریب اهمیت ساختمان با توجه به گروه طبقه‌بندی آنها، در بند (۱-۶)، مطابق جدول (۳-۳) تعیین می‌گردد:

جدول ۳-۳ ضریب اهمیت ساختمان

طبقه‌بندی ساختمان	ضریب اهمیت
گروه۱	۱/۴
گروه۲	۱/۲
گروه۳	۱/۰
گروه ۴	۰/۸

۱-۳- ضریب رفتار سازه

ضریب رفتار ساختمان دربرگیرنده خصوصیاتی مانند شکلپذیری، نامعینی و اضافه مقاومت موجود در سازه ساختمان است. این ضریب با توجه به نوع سیستم باربر ساختمان و تمهیداتی که برای شکل پذیر کردن آن به کار برده شده است، با رعایت محدودیت‌های بند ۳-۳-۵-۲ تا ۳-۳-۵-۷ استاندارد ۲۸۰۰-۴ از جدول ۳-۴ تعیین می گردد.

جدول ۳-۴ مقادیر ضریب رفتار ساختمان، R_u، همراه با حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان H_m

سیستم سازه	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	R_u	Ω_0	C_d	H_m (متر)
الف- سیستم دیوارهای باربر	۱- دیوارهای برشی بتن‌آرمه ویژه	۵	۲/۵	۵	۵۰
	۲- دیوارهای برشی بتن‌آرمه متوسط	۴	۲/۵	۴	۵۰
	۳- دیوارهای برشی بتن‌آرمه معمولی [۱]	۳/۵	۲/۵	۳/۵	-
	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	۳/۵	۱۵

۱-۴- نسبت شتاب مبنای طرح

نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل در مناطق مختلف کشور، بر اساس میـزان خطـر لـرزه خیزی آنها تعیین می‌شود.

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

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

ردیف	مرکز جمعیتی	استان	خطر نسبی زلزله			
			کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
۱	آب بر	زنجان				*
۲	آب پخش	بوشهر			*	
۳	آباد	بوشهر			*	
۴	آبادان	خوزستان	*			
۵	آباده	فارس			*	

۱-۵- ضریب بازتاب ساختمان

۲-۳ ضریب بازتاب ساختمان، B

ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین با توجه به نوع آن است. این ضریب با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$B=B_1N \qquad (۲-۱)$$

در این رابطه B_1 ضریب شکل طیف و N ضریب اصلاح طیف است.

۲-۳-۱ ضریب شکل طیف، B_1، با درنظرگرفتن بزرگ‌نمایی خاک در پریودهای مختلف و میزان لرزه‌خیزی منطقه مشخص می‌شود. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از شکل‌های (۲-۱-الف) و (۲-۱-ب) تعیین می‌گردد.

$$\begin{cases} B_1=S_0+(S-S_0+1)(T/T_0) & 0<T<T_0 \\ B_1=S+1 & T_0<T<T_s \\ B_1=(S+1)(T_s/T) & T>T_s \end{cases} \qquad (۲-۲)$$

در این روابط:

T: زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیه است. این زمان طبق بند (۳-۳-۳) تعیین می‌شود.

T_0، T_s، S و S_0: پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه‌خیزی منطقه وابسته‌اند. مقادیر این پارامترها در جدول (۲-۲) و انواع زمین‌ها در بند (۲-۴) مشخص شده‌اند.

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

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

۳-۳-۳ زمان تناوب اصلی نوسان، T

۳-۳-۳-۱ 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 به‌دست آورد.

الف- برای ساختمان‌های با سیستم قاب خمشی

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

- در قاب‌های فولادی

$$T = 0.08H^{0.75} \quad (۳-۳)$$

- در قاب‌های بتن‌آرمه

$$T = 0.05H^{0.9} \quad (۴-۳)$$

۲- در مواردی که جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قاب‌ها ایجاد نمایند:
مقدار T باید برابر با ۸۰ درصد مقادیر عنوان شده در بالا در نظر گرفته شود.

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

پ- برای ساختمان‌های با سایر سیستم‌های مندرج در جدول (۳-۵)، به‌غیر از سیستم کنسولی، با یا بدون وجود جداگرهای میانقابی:

$$T = 0.05H^{0.75} \quad (۵-۳)$$

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

تبصره- در این ساختمان‌ها، در کلیه موارد، می‌توان زمان تناوب اصلی نوسان را با استفاده از تحلیل دینامیکی تعیین و در محاسبات نیروها منظور نمود، ولی مقدار آن در هر حالت نباید از ۱/۲۵ برابر مقادیر به‌دست آورده شده از روابط تجربی بالا بیشتر در نظر گرفته شود.

۳-۳-۳-۲ ساختمان‌های غیرمتعارف

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

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

$$T = T_D$$

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

$$T = 0.8T_D$$

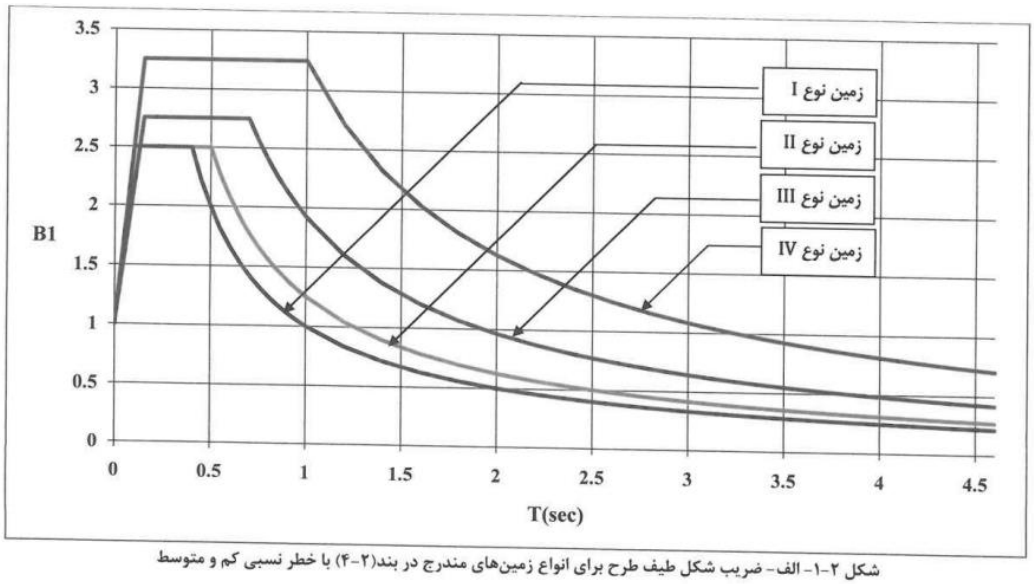
در این روابط T_D زمان تناوب اصلی انتقالی در تحلیل دینامیکی است.

۳-۳-۱-۲ ترازپایه

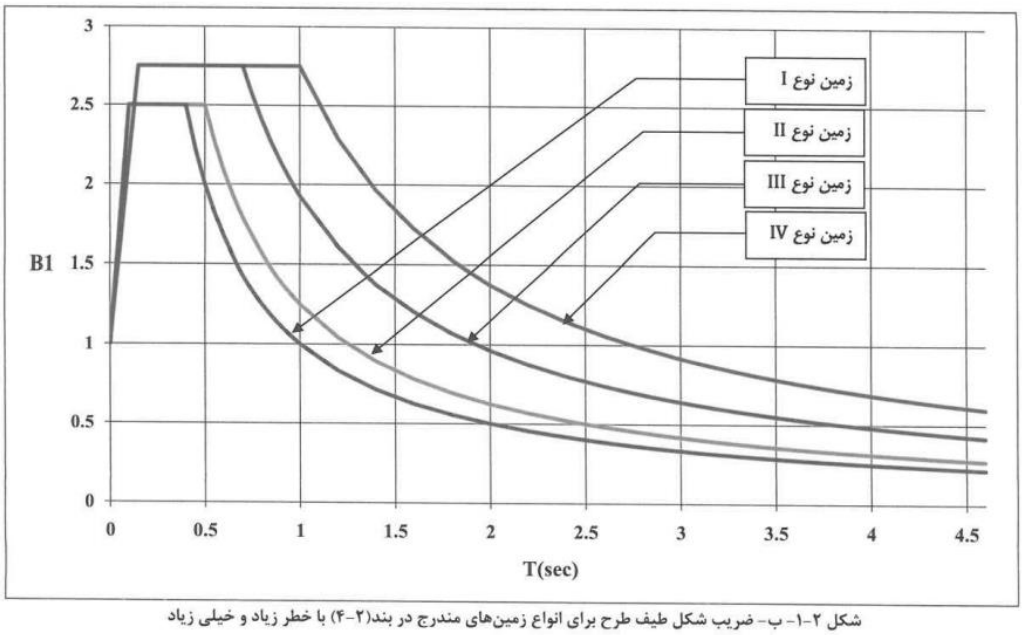
تراز پایه، بنا به تعریف، به ترازی در ساختمان اطلاق می‌شود که در هنگام زلزله از آن تراز به پایین اختلاف حرکتی بین ساختمان و زمین وجود نداشته باشند. تراز پایه برای طراحی ساختمان‌ها به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱- برای ساختمان‌های بدون زیرزمین یا ساختمان‌های دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهبان آن به سازه متصل نباشند، تراز پایه باید در سطح بالای شالوده در نظر گرفته شود.

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



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



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

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

الف- برای پهنه‌های باخطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$N=1 \qquad T< T_s$$

$$N=\frac{0.7}{4-T_s}(T-T_s)+1 \qquad T_s <T<4\ sec \qquad (۲-۳)$$

$$N=1.7 \qquad T>4\ sec$$

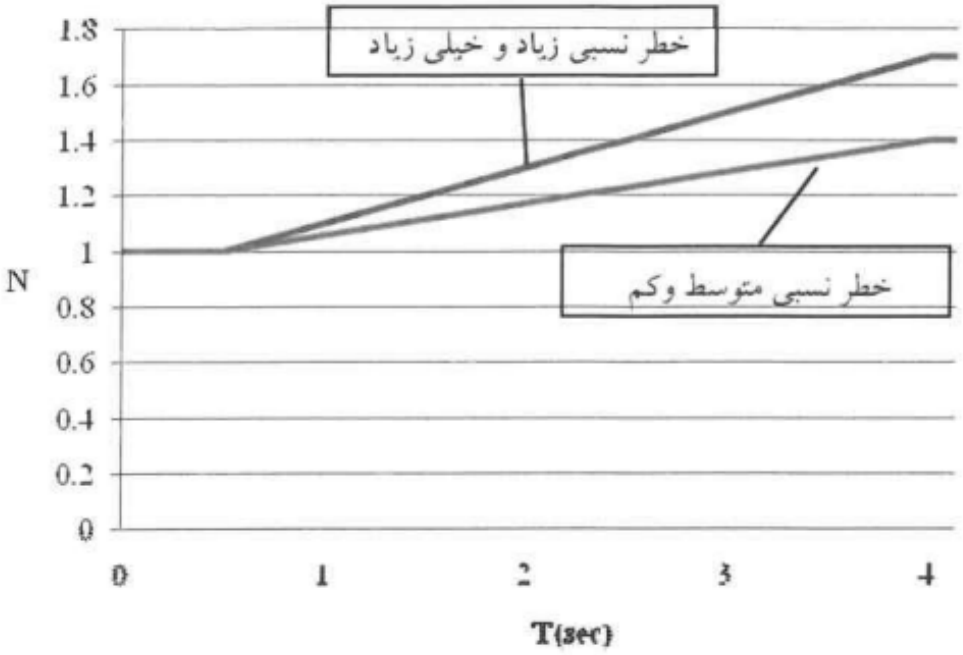
ب- برای پهنه‌های باخطر نسبی متوسط وکم

$$N=1 \qquad T< T_s$$

$$N=\frac{0.4}{4-T_s}(T-T_s)+1 \qquad T_s<T<4\ sec \qquad (۲-۴)$$

$$N=1.4 \qquad T>4\ sec$$

روابط فوق برای خاک نوع II در شکل (۲-۲) نشان داده شده‌اند.



شکل ۲-۲ ضریب اصلاح طیف، N ، خاک نوع II

۱-۶- توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع سازه

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

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

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

در این رابطه:

F_{ui}: نیروی جانبی در تراز طبقه i

W_i: وزن طبقه i شامل وزن سقف و قسمتی از سربار آن مطابق جدول (۳-۱) و نصف وزن دیوارها و ستون‌هایی که در بالا و پایین سقف قرار گرفته‌اند.

h_i: ارتفاع تراز سقف طبقه i از تراز پایه

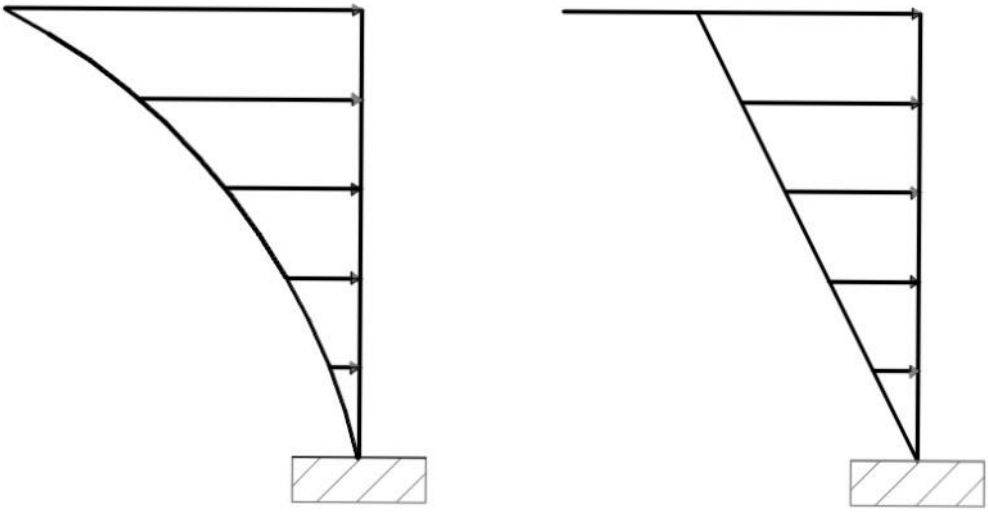
n: تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا

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

$$K=0.5T+0.75 \qquad 0.5 \le T \le 2.5 \ Sec \qquad (۷-۳)$$

مقدار K برای مقادیر T کوچک‌تر از ۰/۵ ثانیه و بزرگ‌تر از ۲/۵ ثانیه باید به ترتیب برابر با ۱/۰ و ۲/۰ در نظر گرفته شود.

تبصره: در صورتی که وزن 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.



۱-۷- نمونه محاسبات ضریب C و K

$$V_u = CW$$
$$C = \frac{ABI}{R_u}$$
$$V_{umin} = 0.12AIW$$

نسبت شتاب مبنای طرح، A

جدول ۳-۱: 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

شهر	منطقه	نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل
بوشهر	۲	۰/۳۰

زمان تناوب: T

الف- سازه ها قاب خمشی

سازه های فولادی	$T = 0.08H^{0.75}$
سازه های بتنی	$T = 0.05H^{0.9}$

ب- سایر قاب ها

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

ضریب اهمیت: I

جدول ۳-۲: ضریب اهمیت ساختمان

طبقه بندی ساختمان	ضریب اهمیت
گروه ۱	۱/۴
گروه ۲	۱/۲
گروه ۳	۱
گروه۴	۰/۸

ضریب رفتار ساختمان، R_U

راستا	سیستم مقاوم در برابر نیروی های جانبی	R_U	Ω_0	C_d	H_m
شمال - جنوب	قاب خمشی بتن آرمه متوسط	۵	۳	۴/۵	۳۵
شرق - غرب	قاب خمشی بتن آرمه متوسط	۵	۳	۴/۵	۳۵

ضریب بازتاب ساختمان، B

$B = B_1 N$

ضریب شکل طیف، B_1

$B_1 = S_0 + (S - S_0 + 1)(T/T_0)$	$0 < T < T_0$
$B_1 = S + 1$	$T_0 < T < T_S$
$\boldsymbol{B_1 = (S + 1)(T_S/T)}$	$T_S < T$

جدول ۳-۳: پارامتر های مربوط به روابط محاسبه ضریب شکل طیف

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

$H = 16.36\ m$
$T = 0.05 \times 16.36^{0.9} = 0.619\ sec$
$T = 0.619 \times 1.25 = 0.773\ sec$

T	T_0	T_S	S	S_0
۰/۷۷۳	۰/۱۵	۰/۷	۱/۷۵	۱/۱

$$B_1 = (1.75 + 1) \times (\frac{0.7}{0.773}) = 2.49$$

ضریب اصلاح طیف، N

الف- برای پهنه با خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد

$N=1$	$T<T_S$
$\boldsymbol{N=\frac{0.7}{4-T_S}(T-T_S)+1}$	$T_S<T<4\,SEC$
$\boldsymbol{N=1.7}$	$T>4\,SEC$

ب- برای پهنه با خطر نسبی متوسط و کم

$N=1$	$T<T_S$
$\boldsymbol{N=\frac{0.4}{4-T_S}(T-T_S)+1}$	$T_S<T<4\,SEC$
$\boldsymbol{N=1.4}$	$T>4\,SEC$

$$N=\frac{0.7}{4-0.7}(0.773-0.7)+1=1.015$$
$$B=B_1N=2.49\times1.015=2.53$$
$$C=\frac{ABI}{R_u}=\frac{0.3\times2.53\times1}{5}=0.152$$

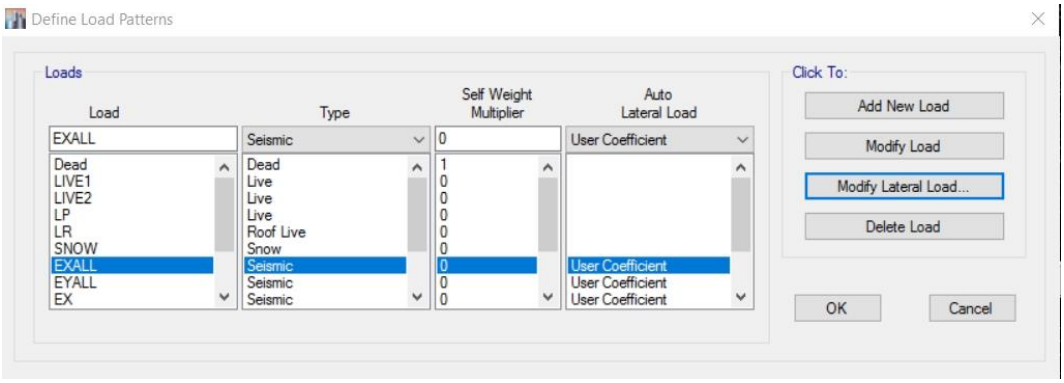
توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

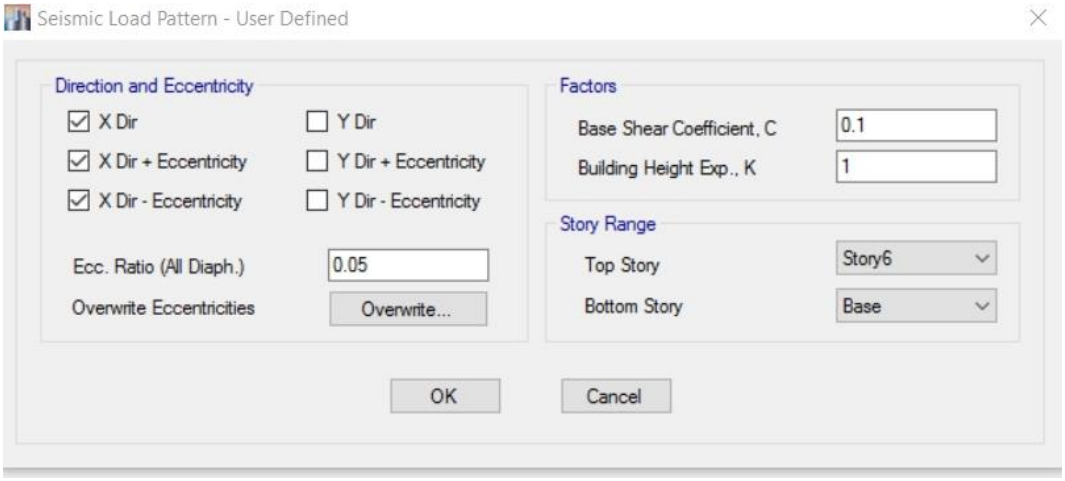
$$F_{ui}=\frac{W_ih_i^k}{\sum_{j=1}^{n}W_jh_j^k}V_u$$

$K=0.5T+0.75$	$0.5\le T\le2.5\,sec$

$T=0.773\Rightarrow use\ 0.773$

$$K=0.5\times0.773+0.75=1.137$$


Define Load Patterns
Loads
Load
Type
Self Weight Multiplier
Auto Lateral Load
EXALL
Seismic
0
User Coefficient
Dead
LIVE1
LIVE2
LP
LR
SNOW
EXALL
EYALL
EX
Dead
Live
Live
Live
Roof Live
Snow
Seismic
Seismic
Seismic
1
0
0
0
0
0
0
0
0
User Coefficient
User Coefficient
User Coefficient
Click To:
Add New Load
Modify Load
Modify Lateral Load...
Delete Load
OK
Cancel

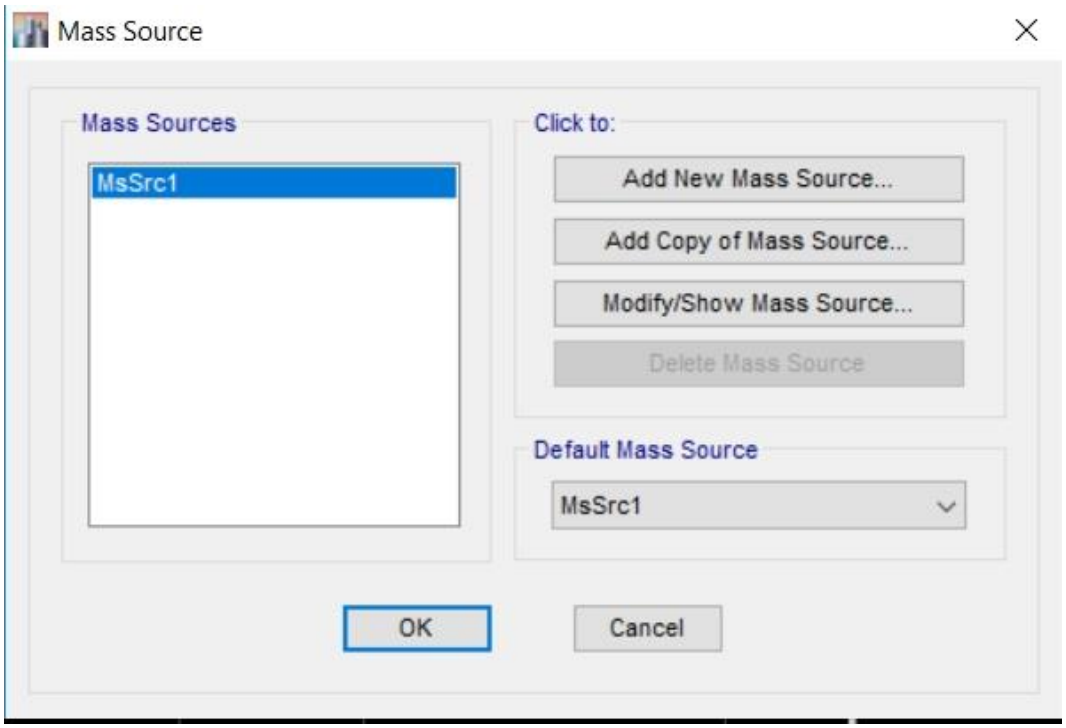

Seismic Load Pattern - User Defined
Direction and Eccentricity
X Dir
X Dir + Eccentricity
X Dir - Eccentricity
Y Dir
Y Dir + Eccentricity
Y Dir - Eccentricity
Ecc. Ratio (All Diaph.)
0.05
Overwrite Eccentricities
Overwrite...
Factors
Base Shear Coefficient, C
0.1
Building Height Exp., K
1
Story Range
Top Story
Story6
Bottom Story
Base
OK
Cancel

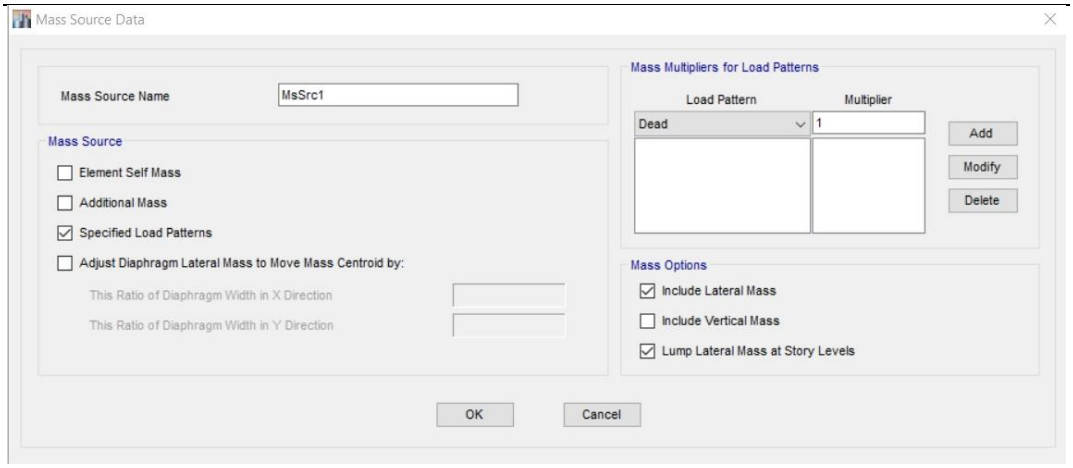
فصل ۲- وزن مؤثر لرزه‌ای

W: وزن مؤثر لرزه‌ای، شامل مجموع بارهای مرده و وزن تأسیسات ثابت و وزن دیوارهای تقسیم‌کننده به اضافهٔ درصدی از بار زنده و بار برف، مطابق جدول (۳-۱). بار زنده باید به صورت تخفیف‌نیافته، مطابق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته شود.

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

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



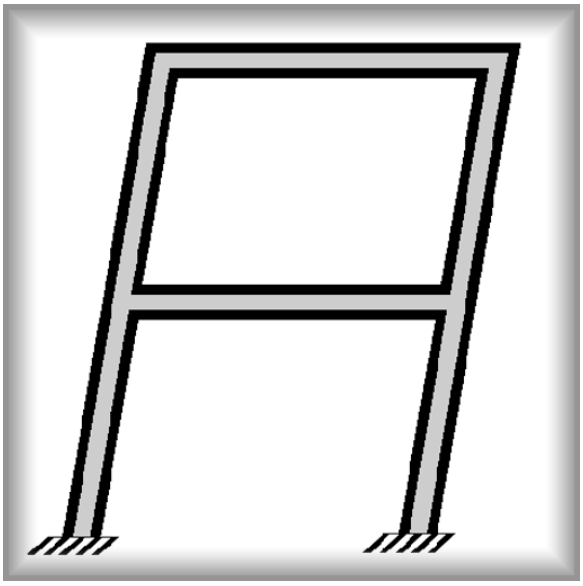

Mass Source Data
Mass Source Name
MsSrc1
Mass Source
Element Self Mass
Additional Mass
Specified Load Patterns
Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:
This Ratio of Diaphragm Width in X Direction
This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction
Mass Multipliers for Load Patterns
Load Pattern
Multiplier
Dead
1
Add
Modify
Delete
Mass Options
Include Lateral Mass
Include Vertical Mass
Lump Lateral Mass at Story Levels
OK
Cancel

فصل ۳- کنترل تغییر مکان سازه

۳-۵-۱ تغییر مکان جانبی نسبی واقعی هر طبقه، که اختلاف بین تغییر مکان‌های جانبی واقعی مراکز جرم کف‌های بالا و پایین آن طبقه است، نباید از مقدار مشخصی که

در این بند تعیین شده، تجاوز نماید. این تغییر مکان تنها با استفاده از تحلیل غیرخطی سازه قابل محاسبه است، ولی می‌توان آن را با تقریب خوبی از رابطه زیر به‌دست آورد:

$$\Delta_M = c_d . \Delta_{eu} \qquad (۱۱-۳)$$



$$\Delta_M = c_d . \Delta_{eu} \qquad (۱۱-۳)$$

در این رابطه:

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

C_d= ضریب بزرگنمایی مطابق جدول (۳-۴)

Δ_{eu} = تغییر مکان جانبی نسبی طبقه زیر اثر زلزله طرح، مطابق رابطه (۳-۱)

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

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

- در سایر ساختمان‌ها $\Delta_a = 0.020h$

در این روابط h ارتفاع طبقه است.

$$C_d.\Delta_{eu} = 0.025 \times h$$

$$\frac{\Delta_{eu}}{h} = \frac{0.025}{C_d}$$

$$\frac{\Delta_{eu}}{h} = \frac{0.025}{4.5} = 0.0056$$