



مبحث ششم مقررات ملی ساختمان
بارهای وارد بر ساختمان

تهیه کننده: دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان
تاریخ انتشار ۱۳۸۰

این کتاب شامل آئین نامه حداقل بار ولردیرساختمان ها واپینه فنی - تجدیدنظر دراستانداردشماره ۵۱۹ سال ۱۳۷۹ - و آئین نامه طراحی ساختمان هادربرابر زلزله استاندارد شماره ۲۸۰۰ ویریش ۲- سال ۱۳۷۸ در هشت فصل و پنج پیوست بشرح ذیل می باشد:

مقدمه

تعاریف

۱-۶ کلیات

۱-۱-۶ دامنه کاربرد

۲-۱-۶ الزامات مبنا

۳-۱-۶ انسجام کلی سازه

۴-۱-۶ اثرات خود کرنشی (خود تنجشی)

۲-۶ بارهای مرده

۱-۲-۶ تعریف

۲-۲-۶ وزن اجزای ساختمان و مصالح مصرفی

۳-۲-۶ وزن تأسیسات و تجهیزات ثابت

۳-۶ بارهای زنده

تعریف ۱-۳-۶

۲-۳-۶ بار زنده کف ها

۳-۳-۶ نامناسب ترین وضع بارگذاری

۵-۳-۶ بارهای ضربه ای

۶-۳-۶ بارهای جراثقال ها

۷-۳-۶ بارهای ضمن اجرای ساختمان

۸-۳-۶ کاهش بارهای زنده

۴-۶ بار برف

تعریف ۱-۴-۶

۲-۴-۶ بار برف مبنا

۳-۴-۶ بار برف بامها

۴-۴-۶ بارگذاری نامتقارن

۵-۶ بارهای ناشی از فشار خاک و آب

۱-۵-۶ بارهای وارد بر دیوارهای حائل

۲-۵-۶ فشار بر کنش بر کفها

۶-۶ بارهای ناشی از اثر باد

کلیات ۱-۶-۶

۲-۶-۶ سرعت مبنای باد

۳-۶-۶ فشار مبنای باد

۴-۶-۶ نیروی باد بر ساختمانها و سایر سازه ها

۵-۶-۶ فشار یا مکش ناشی از باد

۶-۶-۶ ضریب اثر تغییر سرعت، Ce

۷-۶-۶ ضریب شکل، Cq، برای سازه اصلی باربر جانبی ساختمان

۸-۶-۶ ضریب شکل، Cq، برای دیوارها، پوشش بامها و عناصر سازه ای نگهدارنده آنها

۹-۶-۶ ضریب شکل برای سازه های غیر ساختمانی

۱۰-۶-۶ ضوابط عمومی طراحی سازه ها برای باد

تعاریف

علایم

۷-۶ بارهای ناشی از زلزله

۱-۷-۶ کلیات

- ۱-۱-۷-۶ هدف
- ۲-۱-۷-۶ حدود کاربرد
- ۳-۱-۷-۶ ملاحظات ژئوتکنیکی
- ۴-۱-۷-۶ ملاحظات معماری
- ۵-۱-۷-۶ ملاحظات پیکربندی سازه ای
- ۶-۱-۷-۶ ضوابط کلی
- ۷-۱-۷-۶ گروه بندی ساختمان ها برحسب اهمیت
- ۸-۱-۷-۶ گروه بندی ساختمان ها برحسب شکل
- ۹-۱-۷-۶ گروه بندی ساختمان ها برحسب سیستم سازه ای
- ۲-۷-۶ محاسبه ساختمان ها در برابر نیروی زلزله**
- ۱-۲-۷-۶ ملاحظات کلی
- ۲-۲-۷-۶ نیروی جانبی ناشی از زلزله
- ۳-۲-۷-۶ روش تحلیل استاتیکی معادل
- ۱-۳-۲-۷-۶ نیروی برشی پایه، V
- ۲-۲-۲-۷-۶ تراز پایه
- ۳-۲-۲-۷-۶ نسبت شتاب مینای طرح، A
- ۴-۲-۲-۷-۶ ضریب بازتاب ساختمان، B
- ۵-۲-۲-۷-۶ طبقه بندی نوع زمین
- ۶-۲-۲-۷-۶ زمان تناوب اصلی نوسان، T
- ۷-۲-۲-۷-۶ ضریب اهمیت ساختمان، I
- ۸-۲-۲-۷-۶ ضریب رفتار ساختمان، R
- ۹-۲-۲-۷-۶ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان
- ۱۰-۲-۲-۷-۶ توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان
- ۱۱-۲-۲-۷-۶ محاسبه ساختمان در برابر واژگونی
- ۱۲-۲-۲-۷-۶ نیروی قائم ناشی از زلزله

- ۴-۲-۲-۷-۶ روش های تحلیل دینامیکی
- ۱-۴-۲-۲-۷-۶ حرکت زمین
- ۲-۴-۲-۲-۷-۶ روش تحلیل دینامیکی طیفی یا روش تحلیل مدها
- ۳-۴-۲-۲-۷-۶ تعداد مدهای نوسان
- ۴-۴-۲-۲-۷-۶ ترکیب آثار مدها
- ۵-۴-۲-۲-۷-۶ اصلاح مقادیر بازتابها
- ۶-۴-۲-۲-۷-۶ اثرات پیچش
- ۷-۴-۲-۲-۷-۶ ترکیب اثر زلزله در امتدادهای مختلف
- ۸-۴-۲-۲-۷-۶ روش تحلیل در سیستم دوگانه و یا ترکیبی
- ۹-۴-۲-۲-۷-۶ روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی
- ۱۰-۴-۲-۲-۷-۶ تحلیل تاریخچه زمانی خطی
- ۱۱-۴-۲-۲-۷-۶ تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی

۵-۲-۲-۷-۶ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

P-Δ

- ۶-۲-۲-۷-۶ اثر
- ۷-۲-۲-۷-۶ مشخصات سازه از تراز پایه تا روی شالوده
- ۸-۲-۲-۷-۶ نیروی جانبی زلزله وارد بر اجزای ساختمان و قطعات الحاقی
- ۹-۲-۲-۷-۶ نیروی جانبی زلزله مؤثر بر دیافراگم ها
- ۱۰-۲-۲-۷-۶ افزایش بار طراحی در ستونهاى خاص
- ۱۱-۲-۲-۷-۶ طراحی اجزای سازه ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند
- ۱۲-۲-۲-۷-۶ قطعات نما و سایر قطعات غیر سازه ای متصل به ساختمان
- ۱۳-۲-۲-۷-۶ کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره برداری
- ۱۴-۲-۲-۷-۶ سازه های غیر ساختمانی
- ۱۵-۲-۲-۷-۶ ترکیب نیروی زلزله با سایر نیروها- تنش های طراحی

پیوست شماره ۱-۶ جرم مخصوص مواد و جرم واحد حجم مصالح و اجزای ساختمان

پیوست شماره ۲-۶ بار زنده کف انبارهای اجناس

پیوست شماره ۳-۶ روش تحلیل دینامیکی محاسبه بار باد در ساختمانهای خاص

جزئیات روش تحلیل دینامیکی طیفی (با استفاده از تحلیل مدها و طیف بازتاب طرح)

- ۱- حرکت زمین بر اثر زلزله
- ۲- طیف بازتاب زلزله
- ۳- تحلیل طیفی بازتاب های ساختمان
- ۴- ترکیب اثر مدها
- زمان تناوب اصلی نوسان پاندولهای وارونه، برجها، دودکشها و سایر ساختمانهای مشابه

اثر
P-Δ

۱- کلیات، تعاریف و مفاهیم

- ۲- محاسبه تغییر مکان نسبی و نیروی برشی معادل طبقه
- ۳- روش استفاده از برنامه های کامپیوتری
- ۴- روش های طراحی اجزای سازه ای

دیافراگم ها

- ۱- تعریف و عملکرد
- ۲- انواع دیافراگم ها از نظر جنس و سیستم ساختمانی
- ۳- انواع دیافراگم از نظر صلیبیت و انعطاف پذیری
- ۴- تغییر شکل دیافراگم ها
- ۵- نکاتی درباره تحلیل دیافراگم ها
- ۶- نکاتی درباره طراحی دیافراگم ها



مقدمه

متنی که به عنوان مبحث ششم مقررات ملی ساختمان ارائه می گردد شامل دو متن زیر است:

- آئین نامه حداقل بار وارده بر ساختمان ها و ابنیه فنی- تجدید نظر در استاندارد شماره ۵۱۹ سال ۱۳۷۹

- آئین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله- استاندارد شماره ۲۸۰۰، ویرایش ۲- سال ۱۳۷۸

آئین نامه استاندارد ۵۱۹، که مربوط به بارگذاری ساختمان هاست و در آن کلیه فصول بارگذاری به جز بارگذاری مربوط به بارهای ناشی از زلزله آورده شده است، در سال ۱۳۷۹ توسط دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان منتشر گردید و آئین نامه استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش ۲، در سال ۱۳۷۸ توسط مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن منتشر شد و مصوبه هیأت وزیران را برای اجرا به همراه داشت.

در متن فعلی مبحث ششم، در رابطه با متن آئین نامه ۵۱۹، به جز چند اصلاح نگارشی و تغییر شماره بندها تنها تغییر در این متن مربوط به بار زنده «سکوهای تماشاچیان بدون صندلی ثابت»، در جدول ۶-۳-۱، است که مقدار آن از ۷۵۰ به ۶۰۰ دکانیوتن بر متر مربع کاهش داده شده است.

در رابطه با متن آئین نامه ۲۸۰۰ هیچ گونه تغییر ماهوی، به جز آنچه در زیر آورده می شود، داده نشده است ولی تغییرات نگارشی، تغییر شماره بندها و جایجایی هایی در متن داده شده است که تصور می شود استفاده از آن را ساده تر کرده باشد. لازم است عنوان شود در فاصله انتشار متن آئین نامه ۲۸۰۰، آذرماه ۷۸، تاکنون نظرات و پیشنهادات چندی از طرف مهندسان و متخصصین برای بعضی از ظوابط آئین نامه مطرح شده است که جای بحث و گفتگو دارد. رسیدگی به این موارد به بعد موکول شده است و عجاتاً ترجیح داده شده که در متن آئین نامه تغییر ماهوی داده نشود.

در فصل مربوط به بار ناشی از زلزله، فصل ۶-۷، مطالب در سه بخش گروه بندی شده است:

در بخش اول: کلیات، الزامات، گروه بندی ها و توصیه ها آورده شده است.

در بخش دوم منحصراً به روشهای تعیین نیروهای ناشی از زلزله پرداخته شده است و در آن اثر نیروهای ناشی از زلزله بر سازه اصلی ساختمان، ر قطعات الحاقی به ساختمان و بر سازه های غیر ساختمانی به تفصیل آورده شده است.

در بخش سوم: کلیات ضوابطی که در طراحی ساختمانها در مقابل زلزله، علاوه بر اعمال نیروها، باید رعایت شود، آورده شده است.

با این روش جمع بندی مطالب، تصور می شود استفاده از متن آئین نامه ساده تر شده و هماهنگی های لازم بین آن با سایر بخشهای مبحث ششم تأمین شده باشد.

تغییراتی که در متن آئین نامه ۲۸۰۰ داده شده است به شرح زیر است:

۱- مشارکت بار برف در تعیین نیروی جانبی زلزله، جدول شماره ۶-۷-۱، برای سطوح با شیب های مختلف الزامی شده است.

۲- مطالعات ویژه خطر زلزله و تعیین طیف طرح که در بند ۲-۳-۲ الف آئین نامه برای ساختمان های با اهمیت زیاد الزامی دانسته شده بود به «ساختمان های ضروری» از گروه ساختمان های با اهمیت زیاد محدود گردیده است. این مطلب در بند ۶-۲-۷-۱ مبحث ششم آورده شده است.

۳- در بند ۲-۳-۲ آئین نامه لزوم مطالعات ویژه خطر زلزله و تعیین طیف طرح برای ساختمان هایی که بر روی تعدادی از انواع خاک ها ساخته می شوند، الزامی شده است. این موضوع در متن ششم در بند ۶-۲-۷-۱ آورده شده است و مقرر گردیده است که در صورتی که مقادیر طیف طرح ویژه مطالعه شده کمتر از مقادیر

طیف استاندارد باشد خود طیف طرح استاندارد باید مبنای تعیین نیروهای زلزله قرار گیرد.
۴- استفاده از دیوارهای برشی برای مقابله با نیروهای جانبی زلزله در گروهی از ساختمان هائی که با سقف های تیرچه و بلوک ساخته می شوند، الزامی شده است، در این رابطه بند ۶-۷-۳-۱ ج دیده شود.

امید است این متن برای مهندسان مفید واقع شود و کمیته تخصصی مبحث را از راهنمایی و اظهار نظرهای خود محروم نکنند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



تعاریف

اثر P-: اثر ثانوی بر روی برشها و لنگرهای اجزای قاب است که به واسطه عملکرد بارهای قائم بر روی سازه تغییر شکل یافته ایجاد می شود.

اتصال خورجینی: نوعی اتصال تیر به ستون است که در آن تیرها از دو طرف ستون عبور می نمایند و هر تیر با دو نبشی از بالا و پائین به ستون وصل می شود.

برش پایه: مقدار کل نیروی جانبی و یا برش طرح در تراز پایه.

برش طبقه: مجموع نیروهای جانب طراحی در ترازهای بالاتر از طبقه مورد نظر.

بناهای ضروری: آن دسته از بناهایی است که لازم است پس از وقوع زلزله قابل بهره برداری باقی بمانند.

تراز پایه: تراز است که فرض می شود در آن تراز حرکت زمین به سازه منتقل می شود یا به عنوان تکیه گاه سازه در ارتعاش دینامیکی محسوب می شود.

تغییر مکان نسبی طبقه: تغییر مکان جانبی یک کف نسبت به کف پائین آن.

دیافراگم: سیستمی افقی و یا تقریباً افقی است که نیروهای جانبی را به اجزای مقاوم قائم منتقل می نماید. این سیستم می تواند به صورت مهار بندهای افقی در نظر گرفته شود. در ساختمان ها معمولاً کفهای سازه ای تحمل کننده بارهای ثقلی نقش دیافراگم ها را به عهده دارند.

دیوار برشی: دیواری است که برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی، که در صفحه دیوار عمل می کنند، به کار گرفته می شود. به این دیوارها دیافراگم قائم نیز گفته می شود.

روانگرانی: حالتی از دگرگونی و تغییر مکان همراه با کاهش شدید مقاومت در زمین های تشکیل شده از خاکهای ماسه ای از نامتراکم اشباع می باشد که بر اثر وقوع زلزله رخ می دهد.

سازه های غیر ساختمانی: به کلیه سازه ها، به جز سازه هایی که به طور معمول در ساختمانها به کار برده می شود، اطلاق می گردد. این سازه ها در بندهای ۶-۶-۹ و ۶-۷-۲-۹ مشخص شده اند.

سختی طبقه: برابر جمع سختی جانبی اعضای قائم باربر جانبی است. برای محاسبه این سختی ها می توان تغییر مکان جانبی واحدی را در سقف طبقه مورد نظر وارد کرد در حالتی که کلیه طبقات زیرین بدون حرکت باقی بمانند.

سیستم دیوارهای باربر: سیستم سازه ای است که فاقد قابهای ساختمانی کامل، برای بردن بارهای قائم می باشد. در این سیستم دیوارهای باربر عمدتاً بارهای قائم را تحمل نموده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی به وسیله دیوارهای باربر که به صورت دیوارهای برشی عمل می نمایند تأمین می شود.

سیستم قاب ساختمانی ساده: سیستم سازه ای است که در آن بارهای قائم عمدتاً توسط قابهای ساختمانی کامل تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی به وسیله دیوارهای برشی و یا قابهای مهار بندی شده تأمین می شود.

سیستم قاب خمشی: سیستم سازه ای است که در آن بارهای قائم توسط قابهای ساختمانی کامل تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی به وسیله قابهای خمشی تأمین می گردد.

سیستم دوگانه یا ترکیبی: سیستم سازه ای است متشکل از قابهای خمشی همراه با دیوارهای برشی یا قابهای مهار بندی شده. در این سیستم بارهای قائم عمدتاً به وسیله قابهای خمشی تحمل می شود و بارهای جانبی به وسیله مجموعه دیوارهای برشی یا قابهای مهار بندی شده و قابهای خمشی، به نسبت سختی جانبی هر یک، تحمل می شوند.

سیستم مهار بندی افقی: سیستم خریایی افقی است که برای انتقال نیروهای جانبی به اجزاء مقاوم قائم به کار گرفته می شود.

سیستم باربر جانبی: قسمتی از کل سازه است که برای تحمل بارهای جانبی به کار گرفته می شود.

شکل پذیری: به قابلیت جذب و اتلاف انرژی و حفظ ظرفیت باربری یک سازه، هنگامی که تحت تأثیر تغییر مکانهای غیر خطی چرخه ای ناشی از زلزله قرار می گیرد، اطلاق می شود.

کاربری: به نوع استفاده از ساختمان اطلاق می شود، مانند استفاده به صورت مسکونی یا اداری و غیره.

قاب مهار بندی شده: قابی است به شکل خریای قائم که برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی مورد استفاده قرار می گیرد. اعضای مورب خریا ممکن است به صورت هم محور و یا برون محور به اعضای اصلی خریا متصل شوند.

قاب مهاربندی شده هم محور: قاب مهاربندی شده ای است که در آن اعضای مورب به طور متقارب به اعضای اصلی قاب متصل شده اند. در این قابها اعضا عمده‌تاً تحت اثر بارهای محوری قرار می گیرند.

قاب مهاربندی شده برون محور: نوعی قالب مهاربندی شده فولادی است که در آن اعضای مورب به طور متقارب به اعضای اصلی قاب متصل نشده اند. طراحی این قابها براساس ضوابط ویژه ای که در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان آورده شده است، صورت می گیرد.

قاب خمشی: قابی است که در آن اتصالات تیرها به ستونها به صورت پیوسته است و رفتار اعضا و اتصالات آنها عمدتاً خمشی می باشد.

قاب خمشی بتن آرمه متوسط: قاب خمشی بتن آرمه ای است که مطابق ضوابط آئین نامه بتن ایران برای شکل پذیری متوسط طراحی شده باشد.

قاب خمشی معمولی: قابی خمشی فولادی یا بتن آرمه ای است که برای رفتار شکل پذیر طراحی نشده باشند.

قاب خمشی ویژه: قابی خمشی فولادی یا بتن آرمه ای است که برای رفتار شکل پذیر زیاد، مطابق ضوابط مبحث دهم و آئین نامه بتن ایران طراحی شده باشد.

مرکز سختی: مراکز سختی (صلبیت) در یک سازه چند طبقه (با فرض الاستیک خطی) نقاطی در کف طبقات اند که وقتی برآیند نیروهای جانبی زلزله در آن نقاط وارد می شوند، چرخشی در هیچ یک از طبقات سازه اتفاق نیافتد.

مقاومت: ظرفیت نهائی یک عضو برای تحمل نیروهای وارده.

نسبت تغییر مکان طبقه: نسبت تغییر مکان نسبی طبقه به ارتفاع طبقه.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



کلیات

۱-۱-۶ دامنه کاربرد

این مبحث، حداقل بارهایی را که باید در طراحی ساختمانها و سازه های موضوع این مقررات مورد استفاده قرار گیرند، تعیین می نماید. این بارها شامل: بارهای ثقلی- مرده، زنده و برف و بارهای ناشی از باد و زلزله و بالاخره بارهای ناشی از فشار خاک و آب، می باشند.

۲-۱-۶ الزامات مینا

۱-۲-۱-۶ مقاومت: ساختمانها و سازه ها و کلیه اعضای آنها، باید به گونه ای طراحی و ساخته شوند که بتوانند بارها و ترکیبات مختلف آنها را که در این مبحث گفته شده است، تحمل نمایند و بسته به روش طراحی مورد استفاده، تنش های ایجاد شده در هر یک از اعضا از حداکثر تنش مجاز ماده و یا از شرایط حدی مقاومت ماده، که در آن روش طراحی مشخص شده است، تجاوز نکند.

۲-۲-۱-۶ قابلیت بهره برداری: سیستمهای سازه ای و اجزای آنها باید به گونه ای طراحی شوند که سختی کافی را برای محدود کردن افتادگی ها، تغییر مکانهای جانبی، لرزشها و کلیه تغییر شکلهایی که به بهره برداری و رفتار مورد نظر آنها اثر می گذارند، دارا باشند.

۳-۲-۱-۶ تحلیل: اثرات بارها بر روی اعضا سازه ها باید با استفاده از روشهای تحلیلی که در آنها شرایط تعادل، پایداری، همسازی هندسی و خواص کوتاه مدت و درازمدت ماده در نظر گرفته شده اند، تعیین گردند.

۲-۱-۶ انسجام کلی سازه

ساختمانها و سایر سازه ها باید آن چنان طراحی شوند که آسیب دیدگی موضعی در آنها پایداری کلی سازه را به خاطر نیاندازد و در حد امکان به سایر اعضای سازه گسترش نیابد. برای تأمین این منظور سیستم سازه باید به گونه ای انتخاب شود که بارها بتوانند از یک عضو آسیب دیده به سایر اعضا منتقل شوند و پایداری سازه در هر حالت حفظ گردد. این مقصود معمولاً با ازدیاد پیوستگی، نامعینی، شکل پذیری و یا ترکیبی از آنها در اعضای سازه تأمین می شود.

۴-۱-۶ اثرات خود کرنشی (خود تنجشی)

ساختمانها و سایر سازه ها باید چنان طراحی شوند که آسیب دیدگی موضعی در آنها پایداری کلی سازه را به خطر نیاندازد و در حد امکان به سایر اعضای سازه گسترش نیابد. برای تأمین این منظور سیستم سازه باید به گونه ای انتخاب شود که بارها بتوانند از یک عضو آسیب دیده به سایر اعضا منتقل شوند و پایداری سازه در

هر حالت حفظ گردد. این مقصود معمولاً با ازدیاد پیوستگی، نامعینی، شکل پذیری و یا ترکیبی از آنها در اعضای سازه تأمین می شود.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



۲-۶ بارهای مرده

۱-۲-۶ تعریف

بارهای مرده عبارتند از وزن اجزای دائمی ساختمانها مانند: تیرها، ستونها، کف ها، دیوارها، بامها، راه پله و تیغه ها. وزن تأسیسات و تجهیزات ثابت نیز در ردیف این بارها محسوب می شوند.

۲-۲-۶ وزن اجزای ساختمان و مصالح مصرفی

۱-۲-۲-۶ محاسبه بارهای مرده، باید وزن واقعی مصالح مصرفی و اجزای ساختمان مورد استفاده قرار گیرد. برای انجام این محاسبه، در صورت عدم دسترسی به اطلاعات آزمایشگاهی معتبر، جرم مخصوص مواد، جرم واحد حجم و یا جرم واحد سطح اجزای ساختمانی، باید به شرح مندرج در جداول ارائه شده در پیوست شماره ۱-۶ در نظر گرفته شوند.

۲-۲-۲-۶ ساختمان هایی که برای جداسازی فضاها از تیغه هایی استفاده می شود که وزن یک متر مربع سطح آنها کمتر از ۲۷۵ دکانیوتن است، وزن تیغه ها را می توان با رعایت ضابطه بند ۲-۲-۶-۵ به صورت بار معادل که به طور یکنواخت بر کف ها گسترده شده است در نظر گرفت. این بار معادل باید، به صورت مناسبی، با تقسیم وزن تیغه های هر قسمت از کف به مساحت آن قسمت تعیین گردد.

۲-۲-۲-۶ در کفهایی که بار زنده آنها، مطابق فصل ۳-۶، از ۵۰۰ دکانیوتن بر متر مربع کمتر است بار معادل گسترده نظیر تیغه ها، موضوع بند ۲-۲-۶-۲، نباید کمتر از ۱۰۰ دکانیوتن بر متر مربع در نظر گرفته شود. در ساختمان هایی که از تیغه های سبک نظیر دیوارهای ساندویچی استفاده می شود این بار حداقل را می توان به ۵۰ دکانیوتن بر متر مربع کاهش داد مشروط بر آنکه وزن یک متر مربع تیغه ها به اضافه ملحقات آنها از ۴۰ دکانیوتن تجاوز نکند.

۴-۲-۲-۶ ساختمانهایی که برای جداسازی فضاها از تیغه هایی استفاده می شود که وزن یک متر مربع سطح آنها بیشتر از ۲۷۵ دکانیوتن است، بار تیغه ها را باید در محل واقعی خود اعمال نمود.

۵-۲-۲-۶ در صورتیکه وزن یک متر مربع سطح تیغه ها از ۱۵۰ دکانیوتن بیشتر باشد، باید اثر موضعی بار تیغه ها را به طور جداگانه در طراحی کف ها منظور داشت.

۲-۲-۶ وزن تأسیسات و تجهیزات ثابت

وزن تأسیسات و تجهیزات ثابت از قبیل لوله های شبکه آب و فاضلاب، تجهیزات برقی، گرمایشی و تهویه ای باید به نحو مناسبی برآورد و در محاسبه بارهای مرده منظور شود. چنانچه احتمال اضافه شدن این نوع تجهیزات در آینده وجود داشته باشد وزن آنها نیز باید در نظر گرفته شود.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



۲-۶ بارهای زنده

۱-۲-۶ تعریف

بارهای زنده عبارتند از بارهای غیر دائمی که در حین استفاده و بهره برداری از ساختمان به آن وارد می شوند. این بارها شامل بار ناشی از برف، باد یا زلزله نمی شوند. بارهای زنده با توجه به نوع کاربری ساختمان و یا هر بخش از آن، و مقداری که احتمال دارد در طول مدت عمر ساختمان به آن وارد گردد، تعریف می شوند. بارهای زنده نباید کمتر از آنچه در ضوابط این فصل تعیین شده است، در نظر گرفته شوند.

۲-۲-۶ بار زنده کف ها

۱-۲-۲-۶ بار زنده کف ها برای طراحی، به طور عمده بار گسترده یکنواختی است که در سراسر کف اثر داده می شود. حداقل مقدار این بارها، برای کاربردی های مختلف، در جدول شماره ۱-۳-۶ و در بندهای ۲-۲-۲-۶ تا ۲-۲-۳-۶ داده شده است. در به کارگیری این بار گسترده رعایت ضابطه بند ۲-۲-۶ الزامی است.

علاوه بر آن کف ها باید بتوانند بار متمرکز مشخص شده در جدول شماره ۲-۲-۶ را، بطور موضعی، تحمل نمایند. این بار در سطحی به ابعاد ۱۵ سانتیمتر در ۱۵ سانتیمتر وارد می شود و محل آن باید طوری در نظر گرفته شود که بیشترین اثر را در عضو ایجاد کند. این بار، نباید هم زمان با بار یکنواخت به کف اثر داده شود.

۲-۲-۲-۶ در مواردی که کاربری بخشی از ساختمان با مواد مندرج در جدول شماره ۱-۳-۶ تطابق نداشته باشد، مقداری بار کف ها باید با در نظر گرفتن نکات زیر تعیین گردند ولی در هر حال مقادیر این بارها نباید کمتر از ۱۵۰ دکانیوتن بر متر مربع در نظر گرفته شود.

الف- وزن افرادی که احتمالاً در آنجا تجمع خواهند نمود.

ب- وزن تجهیزات و دستگاههایی که احتمالاً در آنجا قرار خواهند گرفت.

پ- وزن موادی که احتمالاً در آنجا انبار خواهد شد.

۲-۲-۲-۶ کفهای تعمیرگاهها، کارخانجات، کارگاههای صنعتی و فضاهایی از این قبیل که دارای تجهیزات و یا کاربریهای خاص می باشند، باید برای بار زنده متناسب با کاربری خود طراحی شوند. این بارها باید با انجام مطالعات خاص تعیین شوند. ولی مقدار آنها در هیچ حالت نباید کمتر از ۴۰۰ دکانیوتن بر متر مربع در نظر گرفته شود. در صورت عدم دسترسی به اطلاعات کافی، این کفها باید حداقل برای بارهای داده شده در جدول شماره ۱-۳-۶ طراحی شوند.

۴-۲-۲-۶ در بخشهایی از ساختمان که امکان رفت و آمد خودروهای آتش نشانی بر روی آنها وجود دارد، کفها باید برای بار نظیر یک اتومبیل با وزن ۹۰۰۰ دکانیوتن، طبق جداول شماره های ۱-۳-۶ و ۲-۳-۶ طراحی شوند. بار نظیر این اتومبیل تنها بر روی یک چشمه از کف، هر یک از چشمه ها به طور جداگانه، اثر داده می شود.

۵-۲-۲-۶ بار زنده کف الکن های طره ای ساختمانها باید برابر با بار کف اتاقهایی که به آنها متصل هستند، در نظر گرفته شود ولی مقدار آن نباید کمتر از ۳۰۰ دکانیوتن بر متر مربع منظور گردد. چنانچه بالکن به عنوان محل تجمع مورد استفاده قرار می گیرد، این بار باید حداقل برابر با ۵۰۰ دکانیوتن بر متر مربع منظور شود.

بالکن ها، همچنین باید بتوانند بار خطی یکنواختی برابر با ۲۵۰ دکانیوتن بر متر طول را که در لبه آنها در جهت قائم وارد می

شود، به طور موضعی، تحمل نمایند. این بار لزومی ندارد همزمان با بار گسترده یکنواخت اعمال گردد.

۶-۳-۲-۶ در پلکانهایی که در آنها کف پله ها به صورت طره ای مجزا در نظر گرفته شده اند، کف پله ها باید برای یکبار متمرکز ۲۰۰ دکانیوتن که در انتهای طره وارد می شود طراحی گردند. این بار لزومی ندارد هم زمان با بار گسترده یکنواخت اعمال شود.

۶-۳-۲-۷ بار گسترده یکنواخت کف انبارها باید براساس جدول پیوست شماره ۶-۲ تعیین گردد. چنانچه وضع مواد انبار شونده روشن نباشد، این بار باید با تخمین نوع انبار و مقایسه آن با جدول پیوست شماره ۶-۲، برابر با مقادیر پیشنهاد شده در آن جدول در نظر گرفته شود. این بار در هر صورت نباید کمتر از ۷۵۰ دکانیوتن بر متر مربع در نظر گرفته شود.

در این بارها اثر موضعی وسیله نقلیه حمل بار که امکان ورود آن به انبار وجود دارد، باید در نظر گرفته شود.

۶-۳-۲-۸ اجزاء خریاها و تیرها، که برای پوشش سالنهای صنعتی، گاراژها، انبارها و ساختمانهایی از این نوع بکار می روند باید علاوه بر بارهای زنده وارد به سقف یک بار متمرکز برابر با ۱۰ کیلونیوتن را بطور موضعی تحمل نمایند. این بار در خریاها در هر گره اختیاری از ضلع پایین خریا و در تیرها به هر نقطه اختیاری از تیر، که شدیدترین اثر را ایجاد می کند، قرار داده می شود.

جدول شماره ۶-۳-۱ حداقل بارهای زنده گسترده یکنواخت

بار گسترده (دکانیوتن بر متر مربع)	نوع کاربری کفها
	۱- کاربریهای مشترک در انواع ساختمانها
-	بامهای شیب دار با پوشش سبک با شیب بیشتر از ۱۰ درجه
۵۰	بامهای شیب دار با پوشش سبک با شیب کمتر از ۱۰ درجه
۱۵۰	بامهای تخت و یا با شیب کم که به عنوان محل تجمع مورد استفاده قرار نمی گیرد
۴۰۰	سالنهای عمومی و محلهای تجمع دارای صندلیهای ثابت
۵۰۰	سالنهای عمومی و محلهای تجمع بدون صندلی ثابت
مطابق بار زنده اتاقهای مجاور	راهروهای فرعی بین اتاقها که امکان تجمع در آنها کم باشد
۳۵۰	راهروهای اصلی و پلکانها که در معرض رفت و آمد و تجمع کم باشد، نظیر راهروهای اصلی
۵۰۰	ساختمانهای مسکونی و اداری
به بند ۶-۳-۲-۵ مراجعه شود	راهروهای اصلی و پلکانها که در معرض رفت و آمد و تجمع زیاد باشد، نظیر راهروهای اصلی مدارس و مراکز تجمع
۷۵۰	بالکنها
۵۰۰	موتورخانه ها
۶۰۰	اتاقهای هواساز، پمپ و نظایر آن
۷۰۰	محل عبور و پارک خودروهای سواری با وزن حداکثر ۲۵۰۰ دکانیوتن
۸۰۰	محل عبور و پارک خودروهای سواری و کامیونت های با وزن حداکثر ۴۰۰۰ دکانیوتن
	محل عبور و پارک خودروها با وزن حداکثر ۶۰۰۰ دکانیوتن
	محل عبور و پارک خودروها با وزن حداکثر ۹۰۰۰ دکانیوتن
	۲- ساختمانهای مسکونی
۲۰۰	اتاقها و راهروهای خصوصی و سرویسها
۵۰۰	انبارها

بار گسترده (دکانیوتن بر متر مربع)	نوع کاربری کفها
۲۰۰ ۵۰۰ ۶۰۰ ۵۰۰ ۷۵۰ ۶۰۰ ۵۰۰	۳- ساختمانها و اماکن عمومی اتاقهای خواب و اقامت در هتلها، خوابگاهها... سالنهای غذاخوری و رستورانها شعبستان مساجد و تکایا سینماها و تاترها صحنه های سینماها و تاترها پایانه ها آشپزخانه و رخت شویخانه ها
۲۵۰ ۵۰۰ ۱۰۰۰	۲- ساختمان های اداری دفاتر کار معمولی اتاقهای بایگانی با قفسه های ثابت اتاقهای بایگانی با قفسه های متحرک
۲۵۰ ۲۵۰ به ازای هر متر ارتفاع مفید حداقل ۷۵۰ ۴۵۰ به ازای هر متر ارتفاع مفید حداقل ۱۰۰۰	۵- ساختمان های آموزشی- فرهنگی کلاسهای درسی، آزمایشگاههای سبک و قرائت خانه ها مخازن کتاب با قفسه های ثابت مخازن کتاب با قفسه های متحرک
۶۰۰ ۱۰۰۰ ۵۰۰ به ازای هر متر ارتفاع مفید حداقل ۱۵۰۰	۴- ساختمانهای صنعتی کارگاههای سبک صنعتی کارگاههای متوسط صنعتی سردخانه ها

بار گسترده (دکانیوتن بر مترمربع)	نوع کاربری کفها
۵۰۰ به بند ۶-۴-۷ مراجعه شود	۷- فروشگاهها کف تمام طبقات غیر از انبارها انبارها
۵۰۰ ۵۰۰ ۶۰۰	۸- ورزشگاهها سالنهای تمرینات بدنی و ورزشی سکوهای تماشاچیان با صندلی ثابت سکوهای تماشاچیان بدون صندلی ثابت
	۹- بیمارستانها و مراکز درمانی

۲۰۰	اتاقهای بیمار
۳۰۰	اتاقهای عمل

جدول شماره (۲-۳-۶) حداقل بارهای زنده متمرکز

بار متمرکز دکانیوتن	نوع کاربری کفها
۱۰۰	بامها
۴۵۰	کلاسها
۹۰۰	دفاتر کار، اتاقهای عمل و صحنه ها
۹۰۰	انبارها
۷۰۰	مخازن کتاب
۱۰۰۰	محل عبور یا پارک اتومبیلهای سواری با وزن حداکثر ۲۵۰۰ دکانیوتن
۲۰۰۰	محل عبور یا پارک اتومبیلهای سواری با وزن حداکثر ۴۰۰۰ دکانیوتن
۳۰۰۰	محل عبور یا پارک اتومبیلهای سواری با وزن حداکثر ۶۰۰۰ دکانیوتن
۴۰۰۰	محل عبور یا پارک اتومبیلهای سواری با وزن حداکثر ۹۰۰۰ دکانیوتن

۲-۳-۶ نامناسب ترین وضع بارگذاری

در تیرهای یکسره و در قابهای نامعین در مواردی که بار زنده بیشتر از ۵۰۰ دکانیوتن بر مترمربع و یا بیشتر از یک و نیم بر بار مرده است، موقعیت قرارگیری بار زنده در دهانه های مختلف باید طوری در نظر گرفته شود که بیشترین اثر مورد نظر را در عضو سازه ای ایجاد نماید. برای این منظور کافی است علاوه بر حالت قرار دادن بار زنده در تمام دهانه ها، حالتی بارگذاری زیر نیز در نظر گرفته شود:

الف- قرار دادن بار زنده در دو دهانه مجاور هم

ب- قرار دادن بار زنده در دهانه های یک در میان

۲-۳-۶ بارهای وارد بر دست اندازها، نرده ها، جان پناه بامها و حفاظ پارکینگ ها

۱-۴-۳-۶ دست اندازها، نرده ها و جان پناه بامها باید بتوانند بار گسترده خطی و بار متمرکز داده شده در جدول شماره ۲-۳-۶ را به طور جداگانه تحمل نمایند. این بارها در رأس این سازه ها و در جهتی که شدیدترین اثر را بوجود می آورد، وارد می شوند. این بارها باید از طریق تکیه گاهها به سازه اصلی منتقل شوند.

۲-۴-۳-۶ حفاظ پارکینگ خودروهای شخصی باید برای بار متمرکز جانبی ۳۰ کیلونیوتن، که در هر جهت می تواند به آن وارد شود، طراحی گردد. این بار در تراز ۵۰ سانتیمتر بالاتر از سطح پارکینگ در سطحی به ابعاد ۳۰ سانتیمتر در ۳۰ سانتیمتر حفاظ وارد می شود و باید بتوان آن را از طریق تکیه گاه ها به سازه اصلی منتقل نمود.

حفاظ پارکینگ اتوبوسها و کامیونها باید بر طبق آیین نامه بارگذاری پلها، نشریه شماره ۱۳۹ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و مدیریت کشور، طراحی شوند.

جدول شماره ۲-۳-۶ حداقل بارهای زنده وارد به دست اندازها و نرده ها

بار متمرکز (دکانیوتن)	بار گسترده خطی (دکانیوتن بر متر طول)	نوع ساختمان
۱۰۰	۵۰	مسکونی تا چهار طبقه
۱۵۰	۲۰۰	محلهای ازدحام

۱۵۰	۱۰۰	سایر ساختمانها
-----	-----	----------------

۵-۲-۶ بارهای ضربه ای

در بارهای زنده مشخص شده در بندهای ۲-۳-۶ و ۴-۳-۶ اثرات ارتعاش سازه و ضربه، در حد متعارف، منظور شده است. در طراحی عناصر سازه های عنوان شده در این بند که در آنها شرایط ارتعاش و ضربه بطور غیر متعارف موجود است، در صورت عدم انجام تحلیل های دینامیکی، بارها باید با ضرائب ضربه تعیین شده افزایش داده شوند.

۱-۵-۲-۶ آویزهای کششی نگهدارنده کفها و بالکنها: بار زنده باید ضریب $1/23$ ضرب شود.

۲-۵-۲-۶ سازه های نگهدارنده ماشین آلات: وزن ماشین، ملحقات و بارهای متحرک آنها باید در ضرائب مشخص شده در زیر ضرب شوند، مگر آنکه سازنده ماشین آلات ضرائب دیگری را مشخص کرده باشد.

الف- ماشین آلاتی که دارای محور دوارنی می باشند: ضریب $1/20$

ب- ماشین آلاتی که دارای حرکت رفت و برگشتی می باشند: ضریب $1/50$

۲-۵-۲-۶ سازه های نگهدارنده آسانسورها: وزن اتا قک، ماشین آلات، وزنه تعادل و بار زنده باشی از وزن مسافران و وسائل باید در ضریب $2/0$ ضرب شوند، مگر آن بارهای اسمی ارائه شده توسط سازنده در ضریبی حداقل برابر این مقدار ضرب شده باشد.

۶-۲-۶ بارهای جراثقال ها

تیرهای زیر سری که ریلهای حامل پل جراثقال را تحمل می نمایند، به همراه اتصالات و نشیمن گاههای آنها و سایر قسمت های سازه باید برای بارهای قائم، افقی جانبی و افقی طولی ناشی از وزن و حرکت جراثقال و ملحقات آن بر طبق ضوابط بندهای ۳-۶-۳ تا ۴-۶-۳ طراحی شوند.

۱-۶-۲-۶ حداکثر بار چرخهای پل جراثقال باری است که چرخ ها در اثر وزن پل، ارابه و ملحقات آن و باری که جایجا می شود- در شرایطی که ارابه در موقعیتی قرار گیرد که بیشترین اثر را بر روی ریل ایجاد نماید به ریل وارد می کنند.

۲-۶-۲-۶ بار قائم: برابر با حداکثر بار چرخهای پل، مطابق تعریف بند ۳-۶-۳، که با ضریب ضربه ای برابر با $1/25$ افزایش داده شده باشد. در طراحی ستونها و شالوده ها می توان اثر این ضریب ضربه را نادیده گرفت.

۳-۶-۲-۶ بار افقی جانبی: برابر با 20% مجموع وزن ارابه و باری که جایجا می شود. این بار به صورت افقی، در امتداد عمود بر محور ریل و در سطح تماس چرخ با ریل، اثر داده می شود. جهت این بار ممکن است به سمت ریل و یا در خلاف آن باشد. این بار بین تیرهای طرفین پل به نسبت سختی خمشی جانبی آنها همراه با سازه نگهدارنده شان تقسیم می گردد.

۴-۶-۲-۶ بار افقی طولی: برابر با 10% حداکثر بار چرخهای پل، مطابق تعریف بند ۳-۶-۳، این بار به صورت افقی، در امتداد محور ریل و در هر یک از جهات، در سطح تماس چرخ با ریل اثر داده می شود.

۷-۲-۶ بارهای ضمن اجرای ساختمان

برای اجزاء سازه ای که در ضمن انجام عملیات ساختمانی تحت تأثیر بارهای ثقلی و یا بارهای ناشی از اثرات محیطی قرار می گیرند، بسته به نوع عملیات و تجهیزاتی که مورد استفاده قرار می گیرد، بارهای مربوطه باید به طور مناسبی در طراحی اجزاء مورد نظر قرار گیرند.

۸-۲-۶ کاهش بارهای زنده

۱-۸-۲-۶ در کلیه کفها به جز کف بامها، کارخانه ها، کارگاهها، انبارها، محل پارک خودروها و محل های اجتماع و ازدحام مقدار بار زنده را می توان براساس ضوابط دو بند زیر کاهش داد. مقدار کاهش در هر حالت نباید بیشتر از 50% باشد.

۲-۸-۲-۶ در طراحی تیرهایی که سطح بارگیر آنها بیشتر از 18 متر مربع بوده و متعلق به کفهایی هستند که بار زنده در آنها کمتر از 400 دکانیوتن بر متر مربع است، مقدار کاهش بار زنده از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$R = 100 \left(0.7 - \frac{F}{\sqrt{A}} \right)$$

در این رابطه A سطح بارگیر و یا جمع سطوح بارگیر عضو به متر مربع و R کاهش بار زنده به درصد است.

۳-۸-۲-۶ در طراحی ستونها، پایه ها، دیوارها و شالوده ها که بار چند طبقه را تحمل می نمایند و جمع سطوح بارگیر آنها، که مشمول سطوح بند ۳-۸-۲-۶ نمی شود، از 18 متر مربع بیشتر است، مقدار کاهش بار زنده برابر با بزرگترین دو مقدار زیر است:

الف- مقدار درصد تعیین شده در رابطه ۳-۶-۱

ب- مقدار درصد تعیین شده به شرح زیر:

- چنانچه عضو بار یک منطقه را تحمل می نماید صفر درصد

- چنانچه عضو بار دو طبقه را تحمل می نماید ۱۰ درصد

- چنانچه عضو بار سه طبقه را تحمل می نماید ۲۰ درصد

- چنانچه عضو بار چهار طبقه را تحمل می نماید ۳۰ درصد

- چنانچه عضو بار پنج طبقه را تحمل می نماید ۴۰ درصد

- چنانچه عضو بار شش طبقه و بیشتر را تحمل می نماید ۵۰ درصد

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



۶-۴ بار برف

۱-۴-۶ تعریف

بار برف، بنا به تعریف، وزن لایه برفی است که براساس آمار موجود در منطقه احتمال تجاوز از آن در سال کمتر از ۲ درصد (دوره بازگشت ۵۰ سال) باشد.

۲-۴-۶ بار برف مبنا

بار برف مبنا، P_S ، را در مناطق مختلف کشور باید با توجه به تقسیم بندی مشخص شده در شکل ۱-۴-۶، حداقل برابر با مقادیر زیر در نظر گرفت. این بار را می توان با انجام مطالعات دقیق تر آماری برای منطقه مورد نظر نیز تعیین نمود، ولی مقدار آن در هر حالت نباید کمتر از ۸۰٪ مقادیر زیر در نظر گرفته شود.

بخش ۱- مناطق با برف کم
 ۲۵ دکانیوتن بر مترمربع
 بخش ۲- مناطق با برف متوسط
 ۱۰۰ دکانیوتن بر مترمربع
 بخش ۳- مناطق با برف زیاد
 ۱۵۰ دکانیوتن بر مترمربع
 بخش ۴- مناطق با برف خیلی زیاد (برف گیر و کوهستانی)
 ۲۰۰ دکانیوتن بر مترمربع

۳-۴-۶ بار برف بامها

بار برف بر روی بامها، P_r ، را باید با توجه به زاویه شیب بام، برای هر مترمربع تصویر افقی سطح آن، از رابطه زیر تعیین نمود.

$$P_r = C_s \cdot P_S$$

$$(0) \quad ۶-۴-۱$$

در این رابطه:

P_S ، بار برف مبنا، طبق بند ۲-۴-۶ است.

C_s ، ضریبی است به نام «ضریب اثر شیب» که برای بامهای مسطح و شیبدار، بامهای شیب دار دندان ای و

بامهای قوسی براساس ضوابط بندهای ۲-۳-۴-۶ تا ۴-۳-۴-۶ تعیین می گردد.

مقدار این ضریب در حالات مختلف در شکل ۲-۴-۶ نمایش داده شده است.

مقدار P_r در هر حالت نباید کمتر از ۲۵ دکانیوتن بر مترمربع در نظر گرفته شود.

در تعیین بار برف بر روی بامها رعایت ضوابط بند ۴-۴-۶ نیز الزامی است.

۲-۳-۴-۶ ضریب اثر شیب، C_s برای بامهای مسطح و شیب دار به شرح زیر تعیین می شود:

الف: در بامهای مسطح و شیب دار با زاویه شیب کمتر از ۱۵ درجه:

$$C_s = 1/0$$

ب: در بامهای شیب دار با زاویه شیب بین ۱۵ درجه و ۶۰ درجه:

$$\left(C_s = 1 - \frac{\alpha - 15}{60} \right) \quad ۶-۴-۲$$

پ: در بامهای شیب دار با زاویه شیب بیشتر از ۶۰ درجه:

$$C_S = 0/25$$

۴-۴-۲، زاویه سطح بام با افق به درجه است. در رابطه

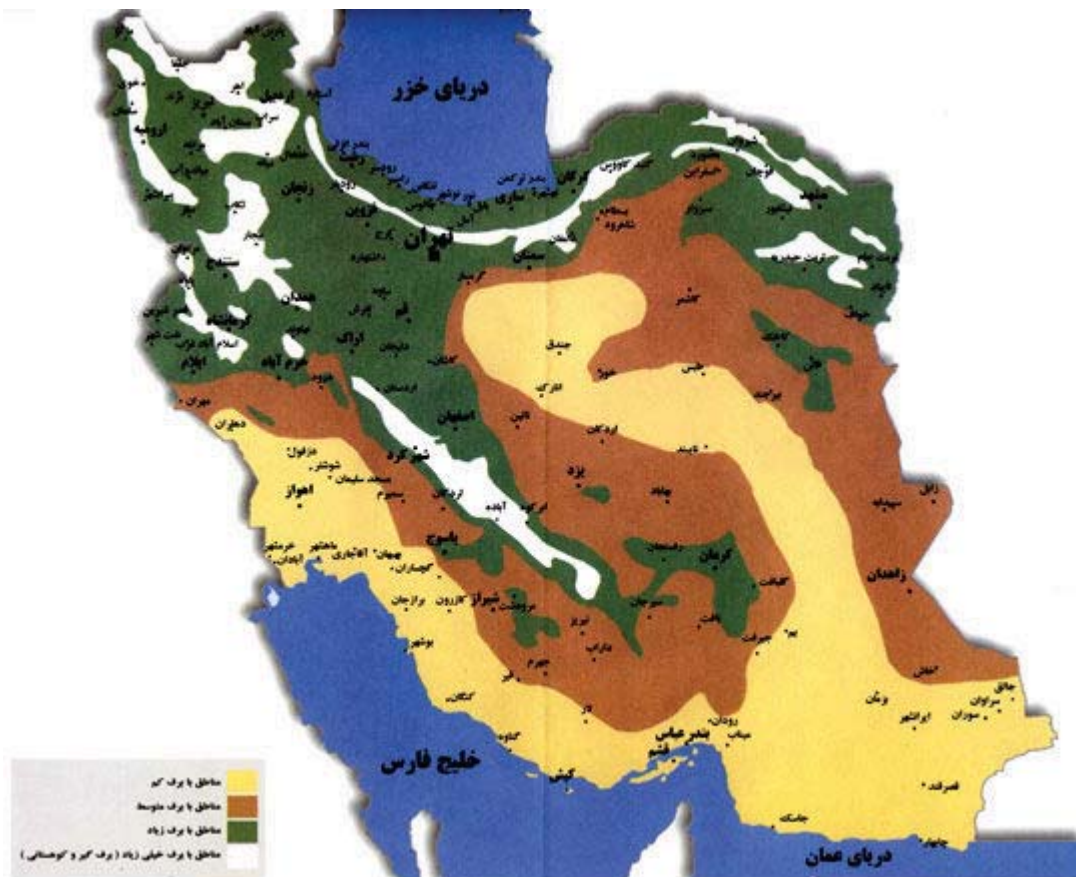
۴-۴-۲ در بامهای شیب دار دندانه های ضریب اثر شیب برای کلیه سطوح $C_S = 1/0$ است.

۴-۴-۳ در بامهای قوسی ضریب اثر شیب باید با توجه به شیب قوس در طول آن تعیین گردد. برای این منظور کافی است قوس به صورت یک چند ضلعی در نظر گرفته شود و ضریب اثر شیب برای هر یک از اضلاع بر حسب زاویه ضلع با افق و بر طبق ضابطه بند ۴-۴-۲ تعیین گردد. تعداد قطعات در هر نیمه قوس نباید از سه قطعه کمتر باشد.

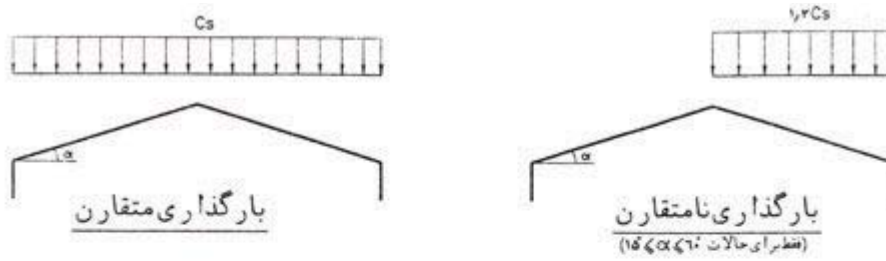
۴-۴-۴ بارگذاری نامتقارن

۴-۴-۴-۱ در بامهای شیب دار دوطرفه که در آنها زاویه شیب بیشتر از ۱۵ درجه و کمتر از ۶۰ درجه است و همچنین در بامهای قوسی که در آنها زاویه خطی که پای قوس را به رأس آن متصل می کند بیشتر از ۱۵ درجه و کمتر از ۶۰ درجه است، اثرات ناشی از بارگذاری نامتقارن باید بررسی شود. برای این منظور کافی است بار برف از سطح رو به باد حذف شده و بر روی سطح پشت به باد به اندازه ۲۰٪ افزایش داده شود.

۴-۴-۴-۲ در بامهای شیب دار دندانه ای برای بارگذاری نامتقارن باید ضریب اثر شیب برای کلیه سطوح بین $C_S = 0/5$ در بالای سطح شیب دار و $C_S = 2/0$ در پایین سطح شیب دار به طور خطی تغییر داده شود.



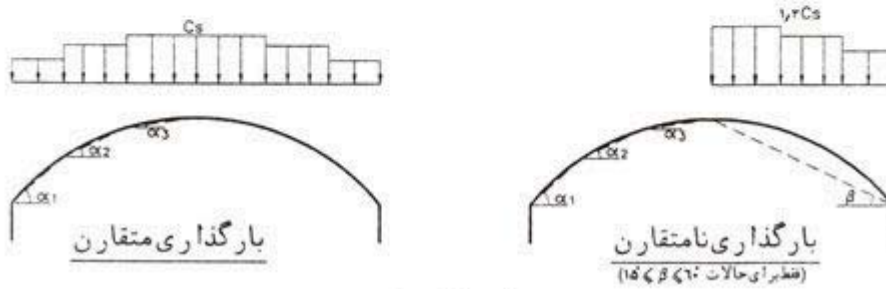
شکل ۶-۴-۱ تقسیم بندی مناطق کشور برای بار برف



بام های تخت و شیبدار

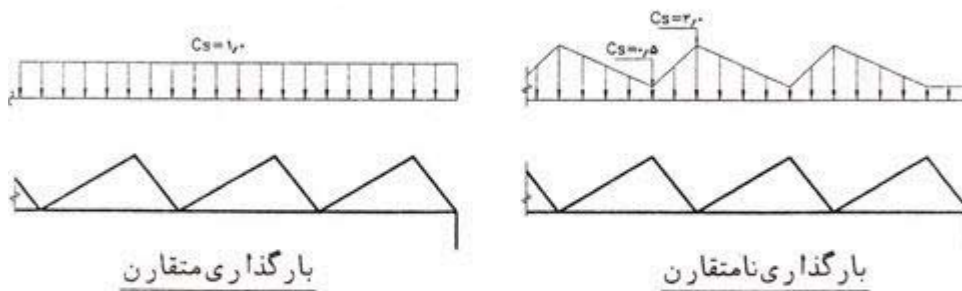
شکل (الف)

$C_s = 1.0$	$\alpha < 15^\circ$
$C_s = 1.0 - \frac{\alpha - 15}{7.5}$	$15^\circ < \alpha < 60^\circ$
$C_s = 0.75$	$60^\circ < \alpha$



بام های قوسی

C_s از روابط شکل (الف) برای α_1 و α_2 و α_3 تعیین می شود.
شکل (ب)



بام های شیبدار دندانه ای

شکل (ب)

شکل (۶-۴-۲) ضریب C_s برای بار برف روی بام های مختلف

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



۵-۶ بارهای ناشی از فشار خاک و آب

۱-۵-۶ بارهای وارد بر دیوارهای حائل

۱-۱-۵-۶ دیوارهای زیر زمین ها و سایر سازه های مشابه باید برای نیروی ناشی از فشار خاک یا آب بر آنها طراحی شوند. فشار خاک باید با توجه به مشخصات مکانیکی آن تعیین گردد. این فشار در هر حالت نباید کمتر از فشار مایع معادل با وزن مخصوص ۵۰۰ دکانیوتن بر متر مکعب در نظر گرفته شود.

۲-۱-۵-۶ چنانچه خاک مجاور دیوار در معرض سربارهای ثابت و یا متحرک قرار گیرد، اثر این سربارها باید در محاسبه فشار خاک بر روی دیوار منظور گردد.

۳-۱-۵-۶ چنانچه سطح آب زیر زمینی بالاتر از کف زیرزمین باشد، اثر آن باید در محاسبه فشار وارد بر دیوار در نظر گرفته شود. در این حالت دیوار باید برای فشار خاک با وزن مخصوص خاک غوطه ور همراه با فشار کامل استابی آب زیرزمینی طراحی شود.

۴-۱-۵-۶ در مواردی که فشار پشت دیوار موجب کاهش بعضی نیروهای داخلی در اعضای سازه می گردد، باید حالتی را که در آن فشار پشت دیوار به نصف تقلیل داده شده است در طراحی منظور نمود.

۵-۱-۵-۶ در طراحی دیوارهای حائل و شالوده های آنها ضریب اطمینان موجود در مقابل واژگونی و لغزش باید به ترتیب حداقل برابر با $1/75$ و $1/5$ در نظر گرفته شود.

۲-۵-۶ فشار بر کنش بر کفها

در طراحی کف زیرزمینها و سایر سازه های مشابه، اثر فشار بر کنش آب زیرزمینی باید به صورت فشار کامل ایستابی بر تمام کف در نظر گرفته شود. این فشار باید براساس اختلاف رقوم زیر کف نسبت به بالاترین سطح آب زیرزمینی محاسبه شود. ضریب اطمینان موجود در مقابل فشار بر کنش کف باید حداقل برابر با $1/5$ در نظر گرفته شود.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



۶-۶ بارهای ناشی از اثر باد

۱-۶-۶ کلیات

۱-۱-۶-۶ ساختمانها و سازه ها و کلیه اجزاء و پوششهای آنها باید برای اثر ناشی از باد، براساس ضوابط این فصل طراحی و ساخته شوند. این اثر باید با توجه به حداکثر سرعت باد در منطقه، ارتفاع و شکل هندسی ساختمانها و میزان حفاظتی که موانع مجاور برای آنها در مقابل باد ایجاد می کنند، محاسبه شوند.

۲-۱-۶-۶ برای تعیین اثر ناشی از باد باید فرض شوند که باد به صورت افقی و در هر یک از امتدادها، به ساختمان اثر می نماید. در طراحی کافی است اثر باد در دو امتداد عمود بر هم، ترجیحاً در امتداد محورهای اصلی ساختمان، و به طور غیر هم زمان بررسی شود. در موارد مخصوص که در این فصل مشخص شده است، اثر باد باید در امتداد مشخص شده در بند مورد نظر نیز بررسی گردد.

۳-۱-۶-۶ در طراحی اعضای سازه اثر ناشی از بار باد با بار زلزله جمع نمی شود. کلیه اعضای سازه باید برای اثر هر یک از این دو که بیشتر باشد، طراحی شوند.

۴-۱-۶-۶ در ساختمانهایی که ارتفاع آنها بیشتر از ۱۲۰ متر و یا بیشتر از ۵ برابر عرض آنها می باشد و در سازه های غیر از ساختمان نظیر دودکش ها، مخازن و دکل ها که زمان تناوب ارتعاشات طبیعی آنها بزرگتر از یک ثانیه می باشد، محاسبه بار باد براساس ضوابط این فصل کافی نیست. برای محاسبه بار باد در این ساختمانها و سازه ها باید یکی از دورش زیر را به کار گرفت:

الف) روش تحلیل دینامیکی، نظیر آنچه در پیوست شماره ۳-۶ ارائه شده است.

ب) روش تجربی و استفاده از تونل باد مطابق روشهای معتبر بین المللی.

در این موارد بار کل باد که برای طراحی سازه ها به کار گرفته می شود در هیچ حالت نباید کمتر از ۸۰٪ بار براساس ضوابط این فصل در نظر گرفته شود.

۲-۶-۶ سرعت مینای باد

سرعت مینای باد، بنا به تعریف، سرعت متوسط ساعتی باد در ارتفاع ۱۰ متر از سطح زمین در منطقه ای مسطح و بدون مانع است که براساس آمار موجود در منطقه، احتمال تجاوز از آن در سال کمتر از ۲٪ (دوره بازگشت ۵۰ ساله) باشد.

سرعت مینای باد برای مناطق مختلف کشور در جدول شماره ۱-۶-۶ ارائه شده است. برای مناطقی که نام آنها در جدول نیامده است سرعت مینای باد برابر با مقدار آن برای نزدیکترین شهری که نام آن در جدول آمده است، اختیار گردد.

برای ساختمانهایی که بنا به اهمیت خاص نیاز به تأمین اطمینان بیشتر برای طراحی در برابر بار باد باشد، سرعت مینای باد باید براساس مطالعات آماری و برای دوره بازگشت مناسب تعیین گردد. این سرعت، به هر حال، نباید کمتر از ۸۰ کیلومتر در ساعت اختیار شود.

۲-۶-۶ فشار مینای باد

فشار مینای باد، بنا به تعریف، فشاری است که باد با سرعتی برابر با سرعت مینای باد بر سطحی عمود بر جهت وزش باد وارد می کند. مقدار این فشار با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$q = 0/005 V^2$$

در این رابطه V سرعت مینای باد، به کیلومتر بر ساعت، و q فشار مینای باد، به دکانیوتن بر متر مربع است.

جدول شماره ۶-۶-۱ سرعت و فشار مینای باد

<tr

فشار مینا (q) دکانیوتن بر مترمربع	سرعت مینای باد (V) کیلومتر بر ساعت	نام ایستگاه	
۴۰/۵	۹۰	آبادان	۱
۵۰/۰	۱۰۰	آباده	۲
۶۰/۵	۱۱۰	آبعلی	۳
۴۰/۵	۹۰	اراک	۴
۸۴/۵	۱۲۰	اردبیل	۵
۴۰/۵	۹۰	ارومیه	۶
۶۰/۵	۱۱۰	آغاچاری	۷
۶۰/۵	۱۱۰	اصفهان	۸
۶۰/۵	۱۱۰	امیدیه	۹
۶۰/۵	۱۱۰	اهواز	۱۰
۶۰/۵	۱۱۰	ایرانشهر	۱۱
۵۰/۰	۱۰۰	بابلسر	۱۲
۸۴/۵	۱۲۰	بجنورد	۱۳
۶۰/۵	۱۱۰	بم	۱۴
۶۰/۵	۱۱۰	بندرانزلی	۱۵
۵۰/۰	۱۰۰	بندرعباس	۱۶
۴۰/۵	۹۰	بندر لنگه	۱۷
۵۰/۰	۱۰۰	بوشهر	۱۸
۴۰/۵	۹۰	بیرجند	۱۹
۵۰/۰	۱۰۰	پارس آبادمغان	۲۰
۶۰/۵	۱۱۰	تبریز	۲۱
۳۲/۰	۸۰	تربت حیدریه	۲۲
۵۰/۰	۱۰۰	تهران	۲۳
۵۰/۰	۱۰۰	جاسک	۲۴
۶۰/۵	۱۱۰	جزیره سیری	۲۵
۵۰/۰	۱۰۰	جزیره کیش	۲۶
۴۰/۵	۹۰	چابهار	۲۷
۳۲/۰	۸۰	خرم آباد	۲۸
۴۰/۵	۹۰	خوی	۲۹
۶۰/۵	۱۱۰	دزفول	۳۰
۴۰/۵	۹۰	رامسر	۳۱

۴۰/۵	۹۰	رشت	۲۲
۷۲/۰	۱۲۰	زابل	۲۲
۸۴/۵	۱۲۰	زاهدان	۲۴
۲۲/۰	۸۰	زنجان	۲۵
۴۰/۵	۹۰	سبزوار	۲۶
۶۰/۵	۱۱۰	سرخس	۲۷
۵۰/۰	۱۰۰	سقز	۲۸
۲۲/۰	۸۰	سمنان	۲۹
۴۰/۵	۹۰	سنندج	۴۰
۲۲/۰	۸۰	شاهرود	۴۱
۲۲/۰	۸۰	شهرکرد	۴۲
۲۲/۰	۸۰	شیراز	۴۲
۴۰/۵	۹۰	طبرس	۴۴
۴۰/۵	۹۰	فسا	۴۵
۴۰/۵	۹۰	قائم شهر	۴۶
۵۰/۰	۱۰۰	قزوین	۴۷
۴۰/۵	۹۰	قم	۴۸
۵۰/۰	۱۰۰	کاشان	۴۹
۸۴/۵	۱۳۰	کرمان	۵۰
۴۰/۵	۹۰	کرمانشاه	۵۱
۲۲/۰	۸۰	گرگان	۵۲
۶۰/۵	۱۱۰	مراغه	۵۳
۴۰/۵	۹۰	مشهد	۵۴
۸۴/۵	۱۳۰	منجیل	۵۵
۴۰/۵	۹۰	نوشهر	۵۶
۵۰/۰	۱۰۰	همدان	۵۷
۶۰/۵	۱۱۰	یزد	۵۸

۴-۶-۶ نیروی باد بر ساختمانها و سایر سازه ها

نیروی ناشی از باد بر روی سطوح ساختمان ها و سایر سازه ها از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$F = p \cdot A$$

(۴-۶-۶)

در این رابطه:

P فشار یا مکش ناشی از باد است که براساس ضوابط بند ۴-۶-۵ محاسبه می شود.

A مساحت سطحی از ساختمان است که فشار یا مکش P بر آن وارد می شود. این سطح در سازه هایی که

دارای سطوح مشبک اند، مانند دکل‌های انتقال نیروی برق، برابر با مجموع سطوح تصاویر اعضای سازه بر صفحه ای است که در امتداد عمود بر جهت باد واقع می باشد.

۶-۶-۵ فشار یا مکش ناشی از باد

فشار یا مکش ناشی از باد بر روی سطوح ساختمان، در هر ارتفاعی از آن، از رابطه زیر محاسبه می شود. اصطلاح فشار برای حالتی است که جهت نیرو رو به سطح و اصطلاح مکش برای حالتی است که جهت نیرو از طرف سطح به طرف خارج باشد.

$$p = C_e \cdot C_q \cdot q$$

(۳-۶-۶)

در این رابطه:

q فشار مبنای باد است که مطابق ضابطه بند ۶-۶-۳ محاسبه می شود.

C_e ضریبی است به نام «ضریب اثر تغییر سرعت» که مطابق ضابطه بند ۶-۶-۶ تعیین می شود.

C_q ضریبی است به نام «ضریب شکل» که با توجه به نوع سازه و شکل هندسی آن به شرح زیر تعیین می گردد:

الف- برای سازه اصلی برابر جانبی ساختمان مطابق ضوابط بند ۷-۶-۶

ب- برای پوشش بامها و دیوارهای ساختمان و عناصر سازه ای نگهدارنده آنها مطابق ضوابط ۸-۶-۶

پ- برای سازه های غیر از ساختمان مطابق ضوابط بند ۹-۶-۶

۶-۶-۶ ضریب اثر تغییر سرعت، C_e

۶-۶-۱ ضریب اثر تغییر سرعت، C_e، در برگزیده آثار زیر است:

- ارتفاع تراز مورد نظر در ساختمان که فشار باد برای آن محاسبه می شود.

- موقعیت ساختمان به لحاظ تراکم ساختمانها و درختان موجود در ناحیه.

- اوج باد که معرف تغییرات لحظه ای سرعت باد می باشد.

این ضریب باید، با توجه به آنکه ساختمان در نواحی با تراکم زیاد یا کم قرار گرفته باشد، به شرح زیر تعیین گردد و در کاربرد آن باید ضابطه بند ۶-۶-۲ نیز رعایت گردد.

الف- در نواحی داخل شهرها و یا محلهائی که دارای ساختمانهای متعدد و یا انبوه درختان اند:

$$C_e \geq 1/6 \quad C_e = 1/6 \left(\frac{Z}{10} \right)^{0.33}$$

(۴-۶-۶)

ب- در نواحی باز خارج از شهرها و یا محلهائی که دارای ساختمانها و یا درختان پراکنده اند:

$$C_e \geq 2/10 \quad C_e = 2/10 \left(\frac{Z}{10} \right)^{0.33}$$

در این روابط Z ارتفاع تراز مورد نظر در ساختمان برای محاسبه فشار باد است.

ضریب اثر تغییر سرعت را می توان به جای محاسبه از روابط فوق به طور محافظه کارانه به شرح جدول شماره ۶-۶-۲ در نظر گرفت.

جدول شماره ۶-۶-۲ ضریب اثر تغییر سرعت برای ارتفاع ترازهای مختلف

۱۰۰-۱۲۰	۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۵۰-۶۰	۴۰-۵۰	۳۰-۴۰	۲۰-۳۰	۱۰-۲۰	۰-۱۰	ارتفاع تراز مورد نظر (به متر)
۲/۹	۲/۸	۲/۶	۲/۴	۲/۳	۲/۲	۲/۱	۱/۹	۱/۶	نواحی بند (الف)

۲/۰	۲/۹	۲/۸	۲/۷	۲/۶	۲/۵	۲/۴	۲/۳	۲/۰	نواحی بند (ب)
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---------------

۲-۶-۶-۶ ضریب اثر تغییر سرعت برای سطوحی که اثر باد بر روی آنها به صورت فشار است، مانند دیوارهای رو به باد، در ارتفاع ساختمان متغییر بوده و باید برای ارتفاع هر تراز محاسبه شود. ولی برای سطوحی که اثر باد بر روی آنها به صورت مکش است، مانند بامها و دیوارهای پشت به باد، رد ارتفاع ساختمان ثابت بوده و مقدار آن باید برای ارتفاع تراز بام محاسبه گردد. در مواردی که بام شیب دار است این ارتفاع باید برابر با تراز متوسط بام منظور گردد. به شکل ۱-۶-۶ مراجعه شود.

۷-۶-۶ ضریب شکل، C_q ، برای سازه اصلی باربر جانبی ساختمان

۱-۷-۶-۶ سازه اصلی باربر جانبی ساختمان به سیستم کلی سازه ای که برای تحمل بارهای جانبی باد در نظر گرفته شده است، اطلاق می شود. ای سازه ها ممکن است به صورت قابهای خمشی، قابهای بادبندی شده، دیوارهای برشی و یا ترکیبی از آنها باشد. دیافراگم کفها که نقش توزیع کننده بارهای جانبی را بین هسته های مقاوم مختلف به عهده دارند، به جزء سازه اصلی محسوب می شوند. در طراحی سازه اصلی، ضریب شکل برای تعیین فشار یا مکش وارده بر سطوح ساختمان، باید بر طبق جدول شماره ۳-۶-۶ تعیین گردد. این ضریب برای حالات مختلف در شکل ۳-۶-۶ نشان داده شده است.

جدول شماره ۳-۶-۶ ضریب شکل برای سازه اصلی باربر جانبی ساختمان

+۰/۸	رو به باد	دیوارها
-۰/۵	پشت به باد	
-۰/۷	موازی با باد	
-۰/۷	بام تخت	بامها
-۰/۷	شیب کمتر از ۱۵ درجه	
-۰/۷ و +۰/۴	شیب بین ۱۵ و ۳۰ درجه	
+۰/۴	شیب بین ۳۰ و ۴۵ درجه	
+۰/۸	شیب بیشتر از ۴۵ درجه	
+۰/۷	شیب دار پشت به باد	
+۰/۷	موازی با باد	

ضرایب مثبت نمایشگر فشار و ضرایب منفی نمایشگر مکش اند. ۲-۷-۶-۶ در ساختمانهای کوتاهتر از ۶۰ متر، به جز ساختمانهای کوتاه که دارای سقفهای شیب دارند مانند ساختمان کارخانجات و انبارها، به جای محاسبه اثر باد بر روی سطوح رو به باد و پشت به باد مطابق بند ۷-۶-۶-۱ می توان اثر بار را بر روی سطوح رو به باد محاسبه نمود و در رابطه ۲-۶-۶ به جای A مساحت تصویر این سطوح را بر روی صفحه ای که عمود بر جهت باد است منظور کرد. در این حالت ضریب شکل باید به شرح زیر در نظر گرفته شود:

$$C_e = 1/3 \quad \text{الف- در ساختمانهای کوتاهتر از ۱۲ متر}$$

$$C_q = 1/4 \quad \text{ب- در ساختمانهای با ارتفاع بین ۱۲ و ۶۰ متر}$$

ضریب شکل برای اثر باد روی بام در هر حالت باید برابر با $C_q = -0.7$ منظور شود.

۲-۷-۶-۶ در بامهای قوسی ضریب شکل باید با توجه به شیب قوس در طول آن تعیین گردد. برای این منظور کافی است قوس به صورت یک چند ضلعی در نظر گرفته شده و ضریب شکل برای هر یک از اضلاع با توجه به شیب آن، بر طبق ضابطه بند ۱-۷-۶-۶ تعیین گردد. تعداد قطعات چند ضلعی در هر نیم قوس نباید از سه قطعه

کمتر باشد.

۶-۶-۶-۷-۴ در بامهای دندانه ای ضریب شکل باید برای سطوح رو به باد در دهانه اول و برای سطوح پشت به باد در دهانه آخر بر طبق ضابطه بند ۶-۶-۶-۷-۱ تعیین گردد. این ضریب برای سایر سطوح باید برابر $C_q = 0.1$ در نظر گرفته شده و بار باد برای این سطوح باید با منظور کردن تصویر افقی آنها در رابطه ۶-۶-۶-۲ محاسبه گردد. این بار باید به صورت یک نیروی رانشی افقی و در جهت وزش باد در مرکز ثقل سطوح اثر داده شود.

۶-۶-۸ ضریب شکل، C_q ، برای دیوارها، پوشش بامها و عناصر سازه ای نگهدارنده آنها

۶-۶-۸-۱ دیوارها و عناصر نگهدارنده آنها مانند تیرها، ستونها و اتصالات آنها باید بتوانند فشار یا مکش از باد را که به طور عمودی بر سطح آنها اثر می کند، به طور مستقل تحمل نمایند. ضریب شکل برای تعیین این آثار باید برابر با مقادیر زیر در نظر گرفته شود.

الف- برای دیوار ساختمان ها و عناصر نگهدارنده آنها $C_q = +1.2, -1.4$

ب- برای دیوارها در فضای باز و جان پناه ها $C_q = +1.3$
در نظر گرفته شود.

۶-۶-۸-۲ پوشش بامها و عناصر نگهدارنده آنها مانند لایه ها، تیرها و اتصالات آنها باید بتوانند فشار یا مکش ناشی از باد را که به طور عمودی بر سطح آنها اثر می کند، بطور مستقل تحمل نماید. ضریب شکل برای تعیین این آثار باید برای دو حالت بارگذاری زیر، به شرح گفته شده در نظر گرفته شود. قطعه مورد نظر باید برای حالتی که بیشترین اثر را در آن ایجاد می کند، طراحی شود.
الف- حالتی که اثر باد بر تمام سطح بارگیر قطعه وارد می شود. ضریب شکل در این حالت باید طبق جدول شماره ۶-۶-۶ تعیین گردد.

جدول شماره ۶-۶-۶ ضریب شکل برای پوشش بامها و اعضای سازه ای نگهدارنده آنها

شیب کمتر از ۱۵ درجه	-۱/۴
شیب بین ۱۵ و ۳۰ درجه	-۱/۴ و +۰/۸
شیب بین ۳۰ و ۴۵ درجه	-۱/۴ و +۱/۴
شیب بیشتر از ۴۵ درجه	-۱/۴ و +۱/۲

ب- حالتی که اثر باد به صورت مکش تنها بر قسمتی از سطح بارگیر قطعه که در نواحی پیرامونی هر یک از سطوح بام قرار دارد، اثر داده می شود. ضریب شکل در این حالت باید برابر با مقادیر زیر در نظر گرفته شود.
- شیب کمتر از ۳۰ درجه
- شیب بین ۳۰ درجه و ۴۵ درجه
نواحی پیرامونی در چهار سمت کناره های بام، برای منظور طراحی، نوارهای به عرض ۰/۱ کوچکترین بعد ساختمان در پلان و یا سه متر، هر کدام کوچکترند، در نظر گرفته می شوند. به شکل ۶-۶-۶ مراجعه شود.

۶-۶-۹ ضریب شکل برای سازه های غیر ساختمانی

۶-۶-۹-۱ دودکشها، مخازن، برجهای با دیوار توپر؛ ضریب شکل برای این سازه ها باید با توجه به شکل هندسی آنها در پلان، به شرح زیر در نظر گرفته شوند:

الف- سازه های با پلان مربع یا مستطیل $C_q = 1.4$

ب- سازه هایی با پلان شش ضلعی یا هشت ضلعی $C_q = 1.1$

پ- سازه هایی با پلان دایره یا بیضی $C_q = 0.8$

ت- سازه های گنبدی شکل $C_q = 0.6$

بار باد در این سازه ها باید با منظور کردن مساحت سطح تصویر سازه بر روی صفحه عمود بر جهت باد، در رابطه ۶-۶-۶-۲ محاسبه شود.

۶-۶-۹-۲ برج ها و دکلها مشبک؛ ضریب شکل برای این سازه ها باید با توجه به شکل هندسی آنها در

پلان و میزان نسبی پر بودن سطح آنها در هر وجه به شرح زیر در نظر گرفته شود:

الف- سازه هایی با پلان مربع یا مستطیل

$$C_q = 4.0 e^2 - 5.9e + 4.0$$

ب- سازه هایی با پلان مثلث

$$C_q = 3.4 e^2 - 4.7e + 3.4$$

در این روابط e نسبت مجموع سطوح اعضای سازه که در یک وجه در مقابل باد قرار می گیرند به مساحت کل آن وجه است.

بار باد در این سازه ها باید با در نظر گرفتن جهت باد در امتداد عمود بر یکی از وجوه و با منظور کردن مجموع مساحت های سطوح تصویر اعضای سازه که در آن وجه قرار دارند بر روی صفحه عمود بر جهت باد، در رابطه ۶-۶-۶ محاسبه شود. در برج هایی که با قطعات سازه ای لوله ای ساخته شده اند، ضریب شکل را می توان به اندازه ۳۳٪ کاهش داد.

در برج هایی که با کابل مهار می شوند، برای طراحی ناحیه طره ای برج، بار باد باید به اندازه ۲۵٪ افزایش داده شود. به علاوه در این برجها باید امکان کاهش بار باد به اندازه ۲۵٪ بر روی هر یک از دهانه ها و اثری که این کاهش بر روی نیروهای داخلی سازه در سایر دهانه ها به وجود می آورد، بررسی شود.

۶-۶-۹-۲ قطعات الحاقی برجها مانند پلکانها، لوله ها، چراغها و آسانسورها: ضریب شکل برای این سازه ها باید با توجه به شکل قطعاتی که در ساخت آنها به کار برده شده است به شرح زیر در نظر گرفته شود:

الف- قطعات لوله ای با قطر کمتر از ۵۰ میلیمتر $C_q = 1.0$

ب- قطعات لوله ای با قطر بیشتر از ۵۰ میلیمتر $C_q = 0.8$

پ- قطعات تسمه ای با مقاطع زاویه دار مانند نبشی و ناودانی $C_q = 1.3$

بار باد در این سازه ها باید با منظور کردن مجموع مساحت های سطوح تصاویر اعضای مختلف سازه بر روی صفحه عمود بر جهت باد، در رابطه (۶-۶-۲) محاسبه شود.

۶-۶-۹-۴ تابلوهای علامات و اعلانات و سازه های از این نوع: ضریب شکل برای این سازه ها باید با توجه به باز یا پر بودن سطح آنها به شرح زیر در نظر گرفته شود:

الف- در تابلوهایی که سطح باز در آنها کمتر از ۲۵٪ سطح کل تابلو است، ضریب شکل باید برابر با ۱/۵ منظور شده و برای محاسبه نیروی باد باید فشار باد را بر روی سطح کل تابلو، بدون در نظر گرفتن سطح باز، اثر دارد.

ب- در تابلوهایی که سطح باز در آنها بیشتر از ۲۵٪ سطح کل تابلو است، ضریب شکل باید برابر با ۲/۰ منظور شده و برای محاسبه نیروی باد باید فشار را بر روی سطح پر تابلو اثر داد.

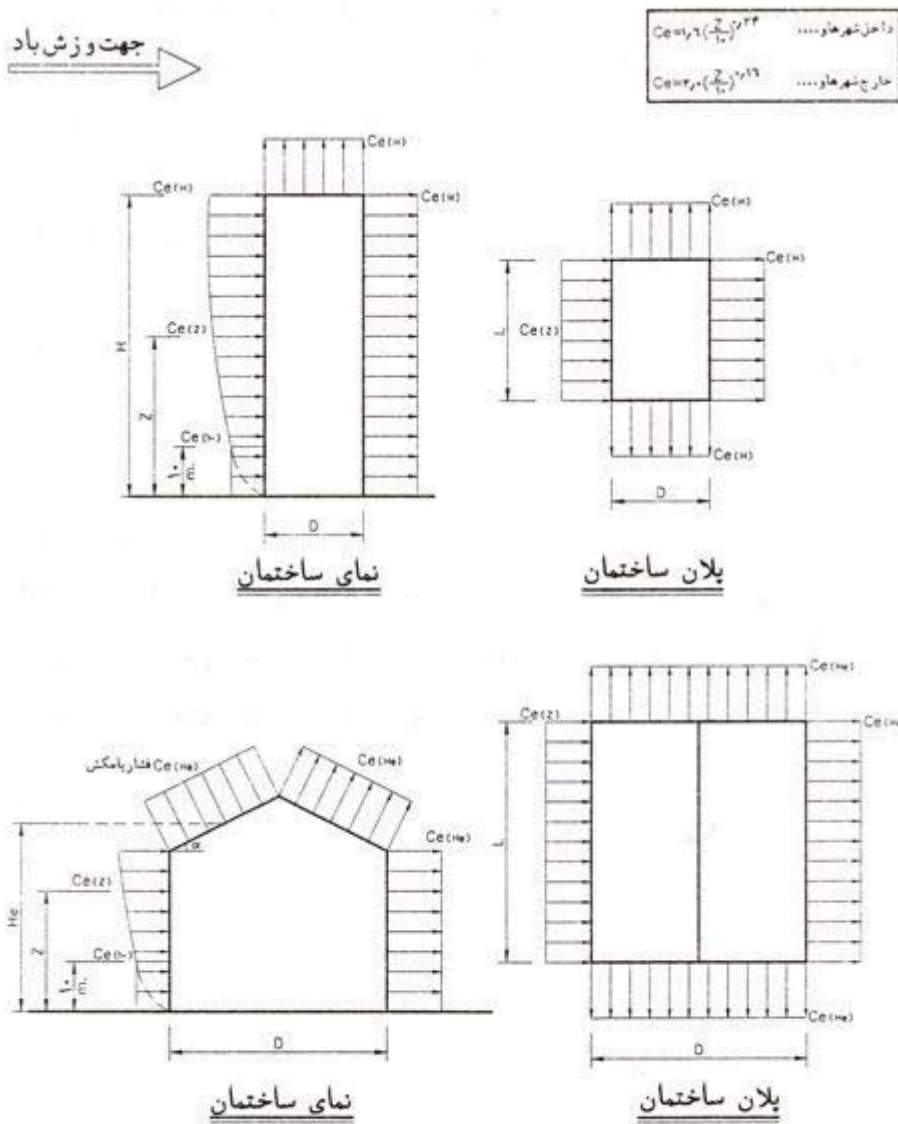
در این تابلوها چنانچه قطعات بکار برده شده در سازه لوله ای شکل باشند، ضریب شکل را می توان به اندازه ۳۳٪ کاهش داد.

۶-۶-۱۰ ضوابط عمومی طراحی سازه ها برای باد

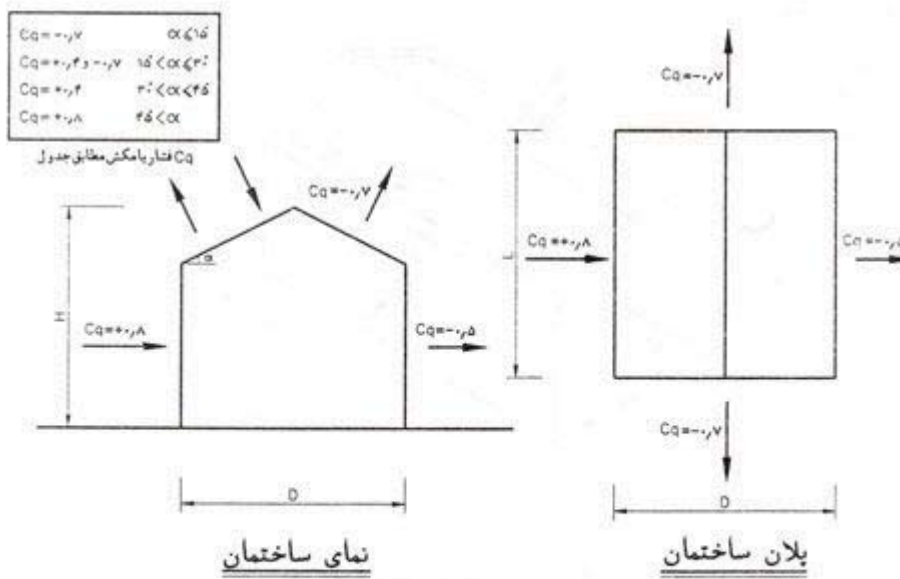
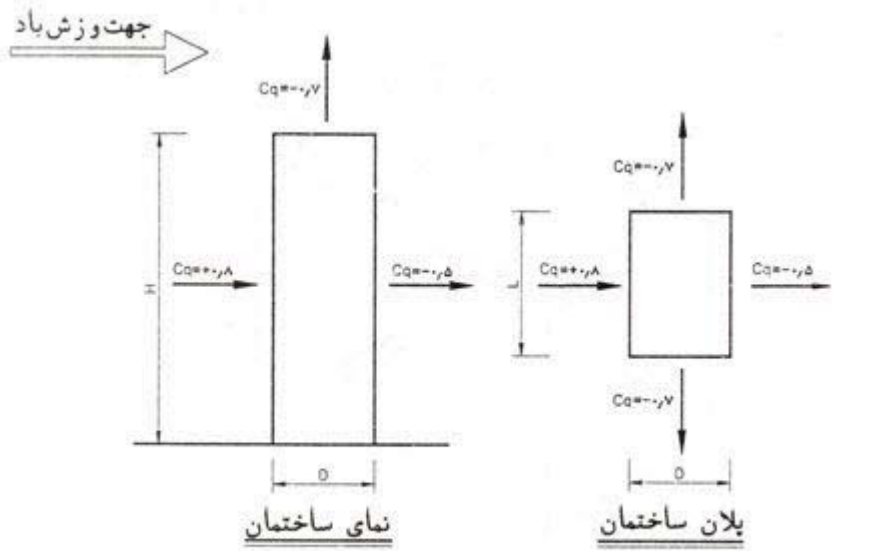
۶-۶-۱۰-۱ در طراحی سازه ها برای باد، کل سازه باید از نظر واژگونی پایدار باشد. لنگر واژگونی مؤثر بر سازه باید نسبت به محور واقع بر فصل مشترک وجه انتهایی شالوده با صفحه زیر آن، در سمت پشت به باد، تعیین گردد. ضریب اطمینان موجود در مقابل واژگونی نباید کمتر از ۱/۷۵ اختیار شود. در محاسبه لنگر مقاوم در مقابل واژگونی می توان وزن شالوده و خاک روی آن را نیز به حساب آورد.

۶-۶-۱۰-۲ مقاومت کل سازه در مقابل رانش بر روی زمین باید به وسیله اصطکاک شالوده ها بر روی زمین، مقاومت ایجاد شده توسط خاک مقابل شالوده، و یا هر مهار جانبی دیگری که برای این منظور تعبیه شده است، تأمین گردد. ضریب اطمینان موجود در مقابل رانش نباید کمتر از ۱/۵ در نظر گرفته شود.

۶-۶-۱۰-۳ سختی جانبی سازه باید به حدی باشد که تغییر مکان جانبی ایجاد شده در هر تراز سازه، زیر اثر بارهای ناشی از باد، برابر ارتفاع آن تراز از سطح زمین تجاوز نکنند. در ساختمانها، این محدودیت باید در مورد تغییر مکانهای نسبی طبقات و یا بام نیز رعایت گردد.



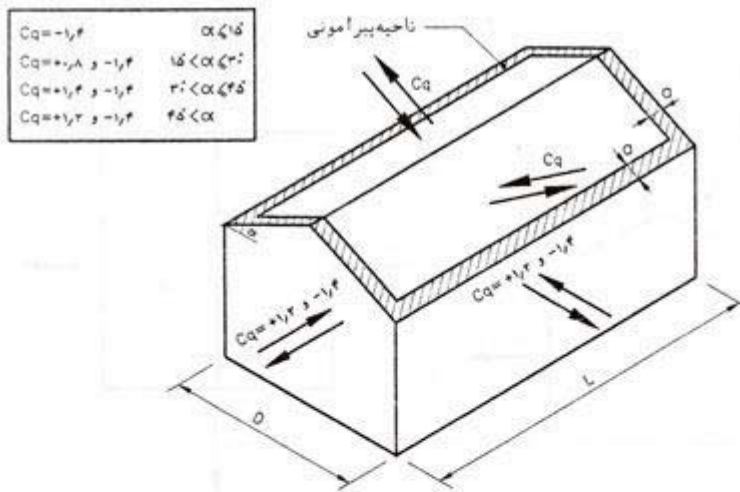
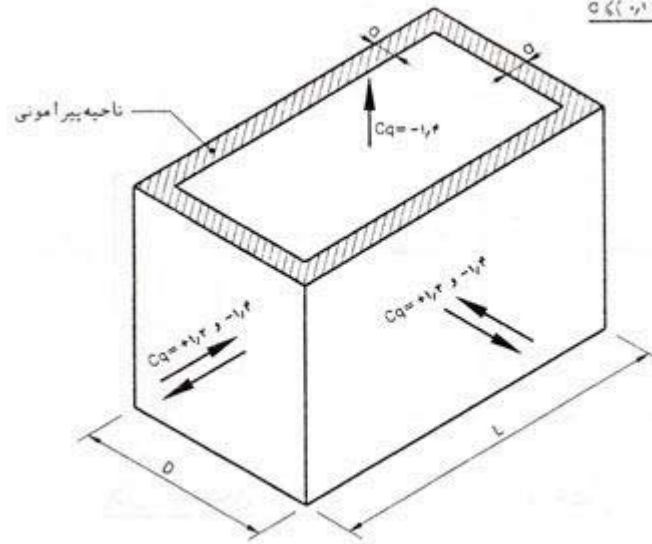
شکل (۶-۶-۱) ضریب اثر تغییر سرعت C_e
سطوح روبرو به باد ، پشت به باد ، موازی باد



شکل (۶-۶-۲) ضریب شکل Cq برای سازه اصلی باربر جانبی ساختمان

عرض ناحیه پیرامونی :

(متر ۳، ۲، ۱، ۰، ۱، ۲، ۳)



شکل (۳-۶-۶) ضریب شکل Cq

برای دیوارها ، پوشش بام ها و عناصر سازه ای نگهدارنده آنها

یادداشت : برای بام هابند (۳-۶-۸-۲-ب) ، نواحی پیرامونی ، نیز باید رعایت شود.

*** تعاریف**

اثر P - Delta Effect

اثر ثانوی بر روی برش ها و لنگرهای اجزای قاب است که به واسطه عملکرد بارهای قائم بر روی سازه تغییر شکل یافته ایجاد می شود.

اتصال خورجینی:

نوعی اتصال تیر به ستون که در آن تیرها از دو طرف ستون عبور می نمایند و هر تیر با دور نبشی از بالا و پایین به ستون وصل شده است.

برش پایه: Base Shear

مقدار کل نیروی جانبی و یا برش طرح در تراز پایه.

بناهای ضروری: Essential Facilities

آن دسته از بناهایی است که لازم است پس از وقوع زلزله قابل بهره برداری باقی بمانند.

برش طبقه: Story Shear

مجموع نیروهای جانبی طراحی در ترازهای بالاتر از طبقه مورد نظر.

تراز پایه: Base

ترازی است که فرض می شود در آن تراز حرکت زمین به سازه منتقل می شود یا به عنوان تکیه گاه سازه در ارتعاش دینامیکی محسوب می شود.

تغییر مکان نسبی طبقه: Story Drift

تغییر مکان جانبی یک کف نسبت به کف پایین آن.

دیافراگم: Diaphragm

سیستمی افقی و یا تقریباً افقی است که نیروهای جانبی را به اجزای مقاوم قائم منتقل می نماید. این سیستم می تواند مهاربندی های افقی را نیز شامل شود.

دیوار برشی: Shear Wall

دیواری است که برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی که در صفحه دیوار عمل می کنند، طراحی شده است و به آن دیافراگم قائم نیز گفته می شود.

روانگرایی: Liquefaction

حالتی از دگرگونی و تغییر مکان همراه با کاهش شدید مقاومت در زمین های تشکیل شده از خاکهای ماسه ای نامتراکم اشباع می باشد که بر اثر وقوع زلزله رخ می دهد.

سختی طبقه: برابر جمع سختی جانبی اعضای قائم باربر جانبی است. برای محاسبه این سختی ها می توان تغییر مکان جانبی واحدی را در سقف طبقه مورد نظر وارد کرد، در حالتی که کلیه طبقات زیرین بدون حرکت باقی بمانند.

سیستم دیوارهای باربر: Bearing Wall System

سیستم سازه ای است که فاقد یک قاب فضایی کامل برای بردن بارهای قائم می باشد. دیوارهای باربر و یا سیستم های مهاربندی عمده بارهای قائم را تحمل می کنند. مقاومت در برابر نیروهای جانبی با دیوارهای برشی و یا قابهای مهاربندی شده تأمین می شود.

سیستم قاب ساختمانی ساده: Building Frame System

سیستمی است که در آن بارهای قائم به طور عمده توسط قاب های فضایی ساده تحمل می شود و مقاومت در برابر نیروهای جانبی با دیوارهای برشی و یا قابهای مهاربندی شده تأمین می شود.

سیستم دوگانه یا ترکیبی: Dual System

سیستمی است متشکل از قابهای خمشی ویژه یا متوسط همراه با دیوارهای برشی یا مهاربندی ها برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی. در این سیستم، بخش عمده بارهای قائم به وسیله قابها تحمل شده و بارهای جانبی با مجموعه دیوارهای برشی و مهاربندها و قابها به نسبت سختی جانبی هر یک تحمل می شوند.

سیستم مهاربندی افقی: Horizontal Bracing System

سیستم خرنمایی افقی که عملکردهای همانند دیافراگم دارد.

سیستم باربر جانبی: Lateral Force Resisting System

قسمتی از کل سازه است که به منظور تحمل بارهای جانبی تعبیه شده است.

شکل پذیری: Ductility

قابلیت جذب و اتلاف انرژی و حفظ تاب باربری یک سازه هنگامی که تحت تأثیر تغییر مکانهای غیر خطی چرخه ای ناشی از زلزله قرار می گیرد.

طبقه: Story

فاصله بین کفها، طبقه A، زیر کف I واقع است.

طبقه نرم: Soft Story

طبقه ای است که سختی جانبی آن کمتر از ۷۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰ درصد متوسط سختی های سه طبقه روی خود است.

طبقه ضعیف: Weak Story

طبقه ای است که مقاومت جانبی آن نسبت هب طبقه بالای آن کمتر از ۸۰ درصد باشد.

قاب مهاربندی شده: Braced Frame

سیستمی به شکل خرنمای قائم است از نوع هم محور و یا برون محور که از آن برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی استفاده می شود.

قاب مهاربندی شده هم محور: Concentric Braced Frame

قاب مهاربندی شده ای است که در آن اعضاء عمدتاً تحت اثر بارهای محوری قرار می گیرند.

قاب مهاربندی شده برون محور: Eccentric Braced Frame

نوعی قاب مهاربندی شده فولادی است که اعضای آن منتقارب نبوده و براساس ضوابط ویژه مندرج در آئین نامه های معتبر طراحی شده است.

قاب خمشی: **Moment Resisting Frame**

قابی است که در آن رفتار اعضا و اتصالات عمدتاً خمشی باشد.

قاب خمشی متوسط: **Intermediate Moment Resisting Frame**

قابی است بتنی که مطابق ضوابط بند (۲۰-۴) آئین نامه بتن ایران (سازه های با شکل پذیری متوسط) طراحی شده باشد.

قاب خمشی معمولی: **Moment Resisting Frame Ordinary**

قابی است خمشی که دارای جزئیات خاص برای رفتار شکل پذیر نمی باشد.

قاب خمشی ویژه: **Special Moment Resisting Frame**

قابی خمشی که دارای جزئیات خاص برای رفتار شکل پذیر می باشد.

مرکز سختی: **Center of Rigidity**

مراکز سختی (صلیبت) برای یک سازه چند طبقه (با فرض رفتار الاستیک خطی) عبارتند از نقاطی در سطوح طبقات که وقتی برآیند نیروهای جانبی حاصل از زلزله در آن نقاط فرض شوند، چرخشی در هیچ یک از طبقات سازه اتفاق نمی افتد.

مقاومت: **Strength**

ظرفیت نهایی یک عضو برای تحمل نیروهای وارده.

نسبت تغییر مکان طبقه: **Story Drift Ratio**

نسبت تغییر مکان نسبی طبقه به ارتفاع طبقه.

* علایم

A شتاب مبنای طرح

B ضریب بازتاب ساختمان

B_p ضریب بازتاب برای قطعات الحاقی

C ضریب زلزله

D عرض ساختمان

D اندازه پیش آمدگی ساختمان در ساختمان های با مصالح بنایی مطابق شکل ۳، فصل ۳

d_i ضخامت لایه I خاک

e_{aj} برون مرکزی اتفاقی طبقه j

e_{ij} فاصله افقی مرکز سختی طبقه I و مرکز جرم تراز j

F_j نیروی جانبی در تراز j

F_p نیروی جانبی قطعه الحاقی

F_{pi} نیروی جانبی وارد به دیافراگم در تراز i

F_t نیروی جانبی اضافی در تراز بام

F_v مؤلفه نیروی قائم زلزله

G شتاب ثقل

H ارتفاع کل ساختمان نسبت به تراز پایه

H_m حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان از تراز پایه

h_i ارتفاع تراز I از تراز پایه

I ضریب اهمیت ساختمان

L طول ساختمان

I اندازه پیش آمدگی ساختمان در ساختمان های با مصالح بنایی مطابق شکل ۳، فصل ۳

M_j لنگر پیچشی در طبقه i

n	تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا
R	ضریب رفتار سازه
R_v	ضریب رفتار عضو برای مؤلفه قائم نیروی زلزله
S	عددی که برحسب نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی تعیین می شود
T	زمان تناوب اصلی نوسان سازه در جهت مورد نظر
T_s	عددی که برحسب نوع زمین تعیین می شود
T₀	عددی که برحسب نوع زمین تعیین می شود
V	کل نیروی جانبی طرح یا برش طرح در تراز پایه
V_{min}	حداقل نیروی جانبی طرح یا برش طرح در تراز پایه
\bar{V}_i	میانگین سرعت موج برشی لایه های خاک
V_{ser}	کل نیروی جانبی یا برش پایه در زلزله سطح بهره برداری
V_{si}	سرعت موج برشی لایه I خاک
W	وزن قابل ارتعاش ساختمان
W_i	آن قسمت از وزن قابل ارتعاش ساختمان که در تراز I واقع شده است.
W_i	وزن دیافراگم و قطعات مرتبط با آن در سطح i
W_p	وزن یک طره (شامل قسمتی از سربار)
w_p	وزن یک عضو یا قطعه الحاقی (شامل قسمتی از سربار)

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



۷-۶ بارهای ناشی از زلزله

۱-۷-۶ کلیات

۱-۱-۷-۶ هدف

هدف این مقررات، تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمان‌ها در برابر اثرهای ناشی از زلزله است به طوری که با رعایت آن انتظار می‌رود:

الف: با حفظ ایستایی ساختمان در زلزله‌های شدید، تلفات جانی به حداقل برسد و نیز ساختمان در برابر زلزله‌های خفیف و متوسط بدون وارد شدن آسیب عمده سازه‌ای قادر به مقاومت باشد.

ب: ساختمانهای «با اهمیت زیاد»، گروه ۲ در بند ۶-۷-۱-۷، در زمان وقوع زلزله‌های خفیف و متوسط، قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ کنند و در ساختمانهای با اهمیت متوسط، گروه ۳ بند ۶-۷-۱-۷، خسارات سازه‌ای و غیر سازه‌ای به حداقل برسد.

پ: ساختمانهای «با اهمیت خیلی زیاد»، گروه ۱ در بند ۶-۷-۱-۷، در زمان وقوع زلزله‌های شدید، بدون آسیب عمده سازه‌ای، قابلیت بهره‌برداری بدون وقفه خود را حفظ کنند.

زلزله شدید که «زلزله طرح» نامیده می‌شود، زلزله‌ای است که احتمال وقوع آن و یا زلزله‌های بزرگتر از آن، در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان، کمتر از ده درصد باشد.

زلزله خفیف و متوسط یا «زلزله سطح بهره‌برداری»، زلزله‌ای است که احتمال وقوع آن و یا زلزله‌های بزرگتر از آن، در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان، بیشتر از ۹۹/۵ درصد است.

۲-۱-۷-۶ حدود کاربرد

۱-۲-۱-۷-۶ این مقررات برای طرح و اجرای ساختمانهای بتن مسلح، فولادی، چوبی به کار می‌رود.

۲-۲-۲-۷-۶ ساختمان‌های زیر مشمول این آئین نامه نیستند:

الف- ساختمانهای خاص، مانند سدها، پلها، اسکله‌ها و سازه‌های دریایی و نیروگاه‌های هسته‌ای. در طرح ساختمانهای خاص باید ضوابط ویژه‌ای که در آئین نامه‌های مربوط به هر یک از آنها برای مقابله با اثرهای زلزله تعیین می‌شود، رعایت گردد. ولی در هر حال، شتاب مبنای طرح آنها نباید کمتر از مقدار مندرج در این آئین نامه در نظر گرفته شود. در مواردی که مطالعات خاص لرزه‌خیزی ساختگاه برای این گونه ساختمان‌ها انجام شود، نتیجه آنها می‌تواند ملاک عمل قرار گیرد، مشروط بر آنکه مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه از دو سوم مقادیر طیف طرح استاندارد مطابق بند ۶-۷-۲-۴-۱، بدون در نظر گرفتن ضرایب اهمیت I و رفتار R، کمتر نباشد.

ب- بناهای سنتی که با گل و یا خشت ساخته می‌شوند.

این نوع بناها به علت ضعف مصالح، مقاومت چندانی در برابر زلزله ندارند و حتی تأمین ایمنی نسبی آنها در برابر زلزله مستلزم تمهیداتی ویژه است. با توجه به اینکه در مناطق کویری و دور دست، فراهم آوردن مصالح مقاوم به سادگی میسر نیست، باید ضوابط و دستورالعمل‌های فنی ویژه برای تأمین ایمنی نسبی آنها با به کارگیری عناصر مقاوم چوبی، فلزی، بتنی، یا ترکیبی از آنها و یا هر گونه مصالح دیگر، تدوین و ترویج و به کار بسته شود.

۲-۲-۱-۷-۶ ساختمانهای آجری مسلح و ساختمانهای بلوک سیمانی مسلح که در آنها از مصالح بنایی برای تحمل فشار و از میلگردهای فولادی برای تحمل کشش استفاده می‌شود مشمول ضوابط و مقررات فصل دوم این مقررات است. طراحی این گونه ساختمان‌ها تا زمانی که مقررات ویژه‌ای در مورد آنها تدوین نگردیده است، باید براساس مقررات معتبر یکی از کشورهای دیگر باشد. در غیر این صورت، ضوابط کلی و مقررات مربوط به ساختمان‌های با مصالح بنایی غیر مسلح، مندرج در مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان باید در مورد این ساختمان‌ها نیز رعایت گردد.

۳-۱-۷-۶ ملاحظات ژئوتکنیکی

۳-۱-۷-۶ به طور کلی باید از احداث ساختمان بر رو و یا مجاور گسل‌های فعالی که احتمال به وجود آمدن شکستگی در سطح زمین، در هنگام وقوع زلزله وجود دارد، اجتناب شود.

در مواردی که در محدوده گسل، احداث ساختمان مورد نظر باشد، باید علاوه بر رعایت ضوابط این آئین نامه، تمهیدات فنی ویژه منظور شود.

۶-۱-۷-۲-۳ در زمین‌هایی که ممکن است بر اثر زلزله، دچار ناپایداری‌های ژئوتکنیکی نظیر: روانگرایی، نشست زیاد، زمین لغزش و یا سنگ ریزش گردد، و یا زمین متشکل از خاک رس حساس باشد، بررسی امکان ساخت بنا و شرایط لازم برای آن، با استفاده از مطالعات ویژه، توصیه می‌گردد. ولی برای احداث ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» مطالعات ویژه الزامی است.

۶-۱-۷-۲-۳ در زمین‌هایی که مستعد روانگرایی می‌باشند باید احتمال ناپایداری، حرکت نسبی ژئوتکنیکی، گسترش جانبی و یا کاهش ظرفیت باربری شالوده و یا وقوع نشست‌های زیاد از حد بررسی شود و در صورت نیاز با استفاده از روش‌های مناسب بهسازی خاک، نسبت به ایمنی شالوده ساختمان، اطمینان حاصل گردد.

زمین‌هایی مستعد روانگرایی تشخیص داده می‌شوند که حداقل دارای یکی از شرایط زیر باشند:

الف- سابقه روانگرایی در آنها مشاهده شده باشد.

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

ماسه با تراکم کم به ماسه‌ای اطلاق می‌شود که عدد ضربه استاندارد آن در آزمایش نفوذ استاندارد، $(N_1)_{60}$ ، کمتر از ۲۰ باشد.

۶-۱-۷-۲-۳ برای احداث ساختمان در دامنه، بالا یا پایین شیب، هرگونه خاکبرداری و یا خاک ریزی بر روی آن باید همراه با تحلیل و بررسی پایداری شیب و در صورت نیاز تمهیدات لازم برای تأمین پایدار سازی کلی شیب باشد. در صورت احداث بنا در بالا یا روی شیب، ظرفیت باربری پی و پایداری موضعی و کلی شیب باید تأمین گردد.

۶-۱-۷-۲-۳ شالوده‌های ساختمان باید حتی المقدور بر روی یک سطح افقی ساخته شود و در مواردی که به علت شیب زمین بو یا علل دیگر احداث همه آنها در یک تراز میسر نباشد، باید هر قسمت از آنها بر روی یک سطح افقی قرار داده شود.

۶-۱-۷-۲ ملاحظات معماری

۶-۱-۷-۲-۴ برای حذف و یا کاهش خسارت و خرابی ناشی از ضربه ساختمان‌های مجاور به یکدیگر، ساختمان‌ها باید با پیش‌بینی درز انقطاع از یکدیگر جدا شده و یا با فاصله‌ای حداقل از مرز مشترک با زمین‌های مجاور ساخته شوند. ضابطه مربوط به عرض درز انقطاع در بند ۱-۶-۲ داده شده است.

۶-۱-۷-۲-۴ پلان ساختمان باید تا حد امکان به شکل ساده و متقارن در دو امتداد عمود بر هم و بدون پیش‌آمدگی و پس‌رفتگی زیاد باشد و از ایجاد تغییرات نامتقارن پلان در ارتفاع ساختمان نیز حتی المقدور اجتناب شود.

۶-۱-۷-۲-۴ از احداث طره‌های بزرگتر از ۱/۵ متر حتی المقدور اجتناب شود.

۶-۱-۷-۲-۴ از ایجاد بازشوهای بزرگ و مجاور یکدیگر در دیافراگم‌های کفها خودداری شود.

۶-۱-۷-۲-۴ از قرار دادن اجزای ساختمانی، تاسیسات و یا چیزهای سنگین بر روی طره‌ها و عناصر لاغر و دهانه‌های بزرگ پرهیز گردد.

۶-۱-۷-۲-۴ با به‌کارگیری مصالح سازه‌ای با مقاومت زیاد و شکل‌پذیری مناسب و مصالح غیر سازه‌ای سبک، وزن ساختمان به حداقل رسانده شود.

۶-۱-۷-۲-۴ از ایجاد اختلاف سطح در کفها تا حد امکان خودداری شود.

۶-۱-۷-۲-۴ از کاهش و افزایش مساحت زیربنای طبقات در ارتفاع، به طوری که تغییرات قابل ملاحظه‌ای ایجاد شود، پرهیز گردد.

۶-۱-۷-۲ ملاحظات پیکربندی سازه‌ای

۶-۱-۷-۲-۵ عناصری که بارهای قائم را تحمل می‌نمایند در طبقات مختلف تا حد امکان بر روی هم قرار داده شوند تا انتقال بار این عناصر به یکدیگر با واسطه عناصر افقی صورت نگیرد.

۶-۱-۷-۲-۵ عناصری که نیروهای افقی ناشی از زلزله را تحمل می‌کنند به صورتی در نظر گرفته شوند، که انتقال نیروها به سمت شالوده به طور مستقیم انجام شوند و عناصری که با هم کار می‌کنند در یک صفحه قائم قرار داشته باشند.

۶-۱-۷-۲-۵ عناصر مقاوم در برابر نیروهای افقی ناشی از زلزله به صورتی در نظر گرفته شوند که پیش‌ناشی از این نیروها در طبقات به حداقل برسد. برای این منظور مناسب است فاصله مرکز جرم و مرکز سختی در طبقه در هر امتداد، کمتر از ۵ درصد بُعد ساختمان در آن امتداد گردد.

۶-۱-۷-۲-۵ ساختمان و اجزای آن به نحوی طراحی گردند که شکل‌پذیری و مقاومت مناسب در آنها تأمین شده باشد.

۶-۱-۷-۲-۵ در ساختمان‌هایی که در آنها از سیستم قاب خمشی برای بار جانبی استفاده می‌شود، طراحی به نحوی صورت گیرد که تا حد امکان ستونها دیرتر از تیرها دچار خرابی شوند.

۶-۱-۷-۲-۵ اعضای غیر سازه‌ای، مانند دیوارهای داخلی و نمادها طوری اجرا شوند که تا حد امکان مزاحمتی برای حرکت اعضای سازه‌ای در زمان وقوع زلزله ایجاد نکنند. در غیر این صورت، اثر اندرکنش این اعضا با سیستم سازه‌ای باید در تحلیل سازه در نظر گرفته شود.

۶-۱-۷-۲-۵ از ایجاد ستون‌های کوتاه، به خصوص در نورگیرهای زیرزمینها، حتی الامکان خودداری شود.

۶-۱-۷-۲-۵ حتی المقدور از به‌کارگیری سیستم‌های مختلف سازه‌ای در امتدادهای مختلف در پلان و ارتفاع خودداری شود.

۶-۱-۷-۲ ضوابط کلی

۶-۱-۷-۲-۶ کلیه عناصر باربر ساختمان باید به نحو مناسبی به هم پیوسته باشند تا در زمان وقوع زلزله عناصر مختلف از یکدیگر جدا نشده و ساختمان به طور یکپارچه عمل کند. در این مورد، کفها باید به عناصر قائم باربر، قابها و یا دیوارها، به نحو

مناسبتی متصل باشند به طوری که بتوانند به صورت یک دیافراگم نیروهای ناشی از زلزله را به عناصر باربر جانبی منتقل کنند.

۶-۱-۷-۶-۲ ساختمان باید در هر دو امتداد افقی عمود بر هم قادر به تحمل نیروهای افقی ناشی از زلزله باشد و در هر یک از این امتدادها نیز باید انتقال نیروهای افقی به شالوده به گونه ای مناسب صورت گیرد.

۶-۱-۷-۶-۳ حداقل عرض درز انقطاع، موضوع بند ۶-۱-۷-۴-۱، در هر طبقه برابر یک صدم ارتفاع آن طبقه از روی تراز پایه می باشد، برای تأمین این منظور، فاصله هر طبقه ساختمان از مرز زمین مجاور حداقل باید برابر پنج هزارم ارتفاع آن طبقه از روی تراز پایه باشد. در ساختمان های «با اهمیت خیلی زیاد» و «زیاد» و یا در سایر ساختمان های با هشت طبقه و بیشتر، این عرض در هر طبقه نباید کمتر از حاصلضرب تغییر مکان جانبی نسبی طرح آن طبقه ضربدر ضریب رفتار R، در نظر گرفته شود. هر یک از ساختمان های مجاور یکدیگر، ملزم به رعایت فاصله ای معادل حاصلضرب R/5 در تغییر مکان جانبی نسبی طرح آن ساختمان در هر طبقه می باشد. ضریب رفتار R در بند ۶-۱-۷-۴-۳-۸ تعریف شده است.

فاصله درز انقطاع را می توان با مصالح کم مقاومت که در هنگام وقوع زلزله، بر اثر برخورد دو ساختمان به آسانی خرد می شود، به نحو مناسبی پر نمود به طوری که پس از زلزله به سادگی قابل جایگزین کردن و بهسازی باشد.

۶-۱-۷-۶-۷ گروه بندی ساختمان ها برحسب اهمیت

در این آئین نامه ساختمان ها از نظر اهمیت به چهار گروه تقسیم می شوند:

گروه ۱- ساختمان های «با اهمیت خیلی زیاد»

در این گروه، ساختمان هایی قرار دارند که قابل استفاده بودن آنها پس از وقوع زلزله اهمیت خاص دارد و وقفه در بهره برداری از آنها به طور غیر مستقیم موجب افزایش تلفات و خسارات می شود، مانند: بیمارستانها و درمانگاه ها، مراکز آتش نشانی، مراکز و تاسیسات آبرسانی، نیروگاه ها و تاسیسات برق رسانی، برجهای مراقبت فرودگاه ها، مراکز مخابرات، رادیو و تلویزیون، تاسیسات انتظامی، مراکز کمک رسانی و بطور کلی تمام ساختمان هایی که استفاده از آنها در نجات و امداد مؤثر می باشد. ساختمان ها و تاسیساتی که خرابی آنها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر در کوتاه مدت و دراز مدت برای محیط زیست می شوند جزو این گروه ساختمان ها منظور می گردند.

گروه ۲- ساختمان های «با اهمیت زیاد»

این گروه شامل سه دسته زیر است:

الف- ساختمان هایی که خرابی آنها موجب تلفات زیاد می شود، مانند: مدارس، مساجد، استادیوم ها، سینما و تئاترها، سالن اجتماعات، فروشگاه های بزرگ، ترمینالهای مسافری، یا هر فضای سرپوشیده که محل تجمع بیش از ۳۰۰ نفر در زیر یک سقف باشد.

ب- ساختمان هایی که خرابی آنها سبب از دست رفتن ثروت ملی می گردد، مانند: موزه ها، کتابخانه ها، و به طور کلی مراکزی که در آنها اسناد و مدارک ملی و یا آثار پر ارزش نگهداری می شود.

پ- ساختمان ها و تاسیسات صنعتی که خرابی آنها موجب آلودگی محیط زیست و یا آتش سوزی وسیع می شود، مانند: پالایشگاه ها، انبارهای سوخت و مراکز گاز رسانی.

گروه ۳- ساختمان های «با اهمیت متوسط»

این گروه ساختمان ها شامل کلیه ساختمان های مشمول این آئین نامه، بجز ساختمان های عنوان شده در سه گروه دیگر است، مانند: ساختمان های مسکونی و اداری و تجاری، هتلها، پارکینگ های چند طبقه، انبارها، کارگاه ها، ساختمان های صنعتی و غیره.

گروه ۴- ساختمان های «با اهمیت کم»

این گروه شامل دو دسته زیر است:

الف- ساختمان هایی که خسارت نسبتاً کمی از خرابی آنها حادث می شود و احتمال بروز تلفات در آنها بسیار کم است، مانند: انبارهای کشاورزی و سالنهای مرغداری.

ب- ساختمان های موقت که مدت بهره برداری از آنها کمتر از ۲ سال است.

۶-۱-۷-۶-۸ گروه بندی ساختمان ها برحسب شکل

ساختمان ها برحسب شکل به دو گروه منظم و نامنظم به شرح زیر تقسیم می شوند:

۶-۱-۷-۶-۸-۱ ساختمان های منظم

ساختمان های منظم، به گروهی از ساختمان ها اطلاق می شود که دارای کلیه ویژگی های زیر باشند.

۶-۱-۷-۶-۸-۱-۱ منظم بودن در پلان

الف- پلان ساختمان دارای شکل متقارن و یا تقریباً متقارن نسبت به محورهای اصلی ساختمان، که معمولاً عناصر مقاوم در برابر زلزله، در امتداد آن قرار دارند، باشد. همچنین، در صورت وجود فرورفتگی یا پیش آمدگی در پلان، اندازه آن در هر امتداد از ۲۵ درصد بعد خارجی ساختمان در آن امتداد تجاوز ننماید.

ب- در هر طبقه فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی در هر یک از دو امتداد متعامد ساختمان از ۲۰ درصد بعد ساختمان در آن امتداد بیشتر نباشد.

پ- تغییرات ناگهانی در سختی دیافراگم هر طبقه نسبت به طبقات مجاور از ۵۰ درصد بیشتر نبوده و مجموع سطوح بازشو در آن از ۵۰ درصد سطح کل دیافراگم تجاوز ننماید.

ت- در مسیر انتقال نیروی جانبی به زمین، انقطاعی مانند تغییر صفحه اجزای باربر جانبی در طبقات وجود نداشته باشد.
ث- در هر طبقه حداکثر تغییر مکان نسبی در انتهای ساختمان، با احتساب پیچش تصادفی، بیشتر از ۲۰ درصد با متوسط تغییر مکان نسبی دو انتهای ساختمان در آن طبقه اختلاف نداشته باشد.

۲-۱-۸-۱-۷-۶ منظم بودن در ارتفاع

الف- توزیع جرم در ارتفاع ساختمان، تقریباً یکنواخت باشد به طوری که جرم هیچ طبقه ای، به استثنای بام و خریشته بام نسبت به جرم طبقه زیر خود بیشتر از ۵۰ درصد تغییر نداشته باشد.

ب- سختی جانبی در هیچ طبقه ای کمتر از ۷۰ درصد سختی جانبی طبقه روی خود و یا کمتر از ۸۰ درصد متوسط سختی سه طبقه روی خود نباشد. طبقه ای که سختی جانبی آن کمتر از محدوده عنوان شده در این بند باشد، انعطاف پذیر تلقی شده و طبقه ساختمان «نرم» نامیده می شود.

پ- مقاومت جانبی هیچ طبقه ای کمتر از ۸۰ درصد مقاومت جانبی طبقه روی خود نباشد. مقاومت هر طبقه برابر با مجموع مقاومت جانبی کلیه اجزای مقاومی است که برش طبقه را در جهت مورد نظر تحمل می نمایند. طبقه ای که مقاومت جانبی آن کمتر از حدود عنوان شده در این بند باشد، ضعیف تلقی شده و طبقه «ضعیف» نامیده می شود.

۲-۸-۱-۷-۶ ساختمان های نامنظم

ساختمان های نامنظم به ساختمان هایی اطلاق می شود که فاقد یک یا چند ویژگی ضوابط بند ۱-۸-۱ باشند.

۹-۱-۷-۶ گروه بندی ساختمان ها برحسب سیستم سازه ای

ساختمان ها برحسب سیستم سازه ای در یکی از گروه های زیر طبقه بندی می شوند:

۱-۹-۱-۷-۶ سیستم دیوارهای باربر

نوعی سیستم سازه ای است که فاقد قاب های ساختمانی برای باربری قائم می باشد. در این سیستم، دیوارهای باربر و یا قابهای مهاربندی شده عمدتاً بارها را تحمل نموده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی نیز به وسیله دیوارهای باربر که به صورت دیوارهای برشی عمل می کنند و یا قابهای مهاربندی شده تأمین می شود.

۲-۹-۱-۷-۶ سیستم قاب ساختمانی ساده

نوعی سیستم سازه ای است که در آن بارهای قائم عمدتاً توسط قابهای ساختمانی با اتصالات ساده تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط دیوارهای برشی یا قابهای مهاربندی شده تأمین می شود. سیستم قابهای با اتصالات خرچینی (یا رکابی) همراه با مهاربندی های قائم نیز از این گروه اند.

در این سیستم، قابهای مهاربندی شده را میتوان به صورت هم محور یا برون محور به کار برد. به یادداشت زیر جدول (۶) مراجعه شود.

۲-۹-۱-۷-۶ سیستم قاب خمشی

نوعی سیستم سازه ای است که در آن بارهای قائم توسط قابهای ساختمانی تحمل شده و مقاومت در برابر نیروهای جانبی توسط قابهای خمشی تأمین می گردد. سازه های با قابهای خمشی کامل، و سازه های با قابهای خمشی در پیرامون و یا در قسمتی از پلان و قابهای با اتصالات ساده در سایر قسمتهای پلان، از این گروه اند.

در این سیستم، قابهای خمشی بتنی و فولادی را می توان به صورتهای معمولی، متوسط یا ویژه به کار برد. به یادداشت های زیر جدول (۶) مراجعه شود.

۲-۹-۱-۷-۶ سیستم دوگانه یا ترکیبی

نوعی سیستم سازه ای است که در آن:

الف- بارهای قائم عمدتاً توسط قابهای ساختمانی تحمل می شوند.

ب- مقاومت در برابر بارهای جانبی توسط مجموعه ای از دیوارهای برشی یا قابهای مهار بندی شده همراه با مجموعه ای از قابهای خمشی صورت می گیرد. سهم برشگیری هر یک از دو مجموعه با توجه به سختی جانبی و اندرکنش آن دو، در تمام طبقات تعیین می شود.

در این سیستم، قابهای مهار بندی شده و قابهای خمشی را می توان به صورتی که در سیستم های بندهای ۲-۹-۱-۷-۶ و ۲-۹-۱-۷-۶ عنوان شده، به کار برد و دیوارهای برشی بتن مسلح را نیز به صورت متوسط یا ویژه به کار گرفت.

پ- قابهای خمشی مستقلاً قادرند حداقل ۲۵ درصد نیروی جانبی وارد به ساختمان را تحمل کنند.

تبصره ۱: در ساختمان های کوتاهتر از هشت طبقه و یا با ارتفاع کمتر از ۳۰ متر، به جای توزیع بار به نسبت سختی عناصر باربر جانبی، می توان دیوارهای برشی یا قابهای مهاربندی شده را برای ۱۰۰ درصد بار جانبی و مجموعه قابهای خمشی را برای ۳۰ درصد بار جانبی طراحی کرد.

تبصره ۲: به کارگیری قابهای خمشی بتنی و فولادی معمولی برای باربری جانبی در این سیستم مجاز نمی باشد و در صورت استفاده از این نوع قاب، سیستم از نوع قاب ساختمانی ساده ۲-۹-۱-۷-۶ محسوب خواهد شد.

تبصره ۳: در صورتی که سیستمی الزام ردیف پ را برآورده نکند، سیستم دوگانه محسوب نشده و جزو سیستم قاب ساختمانی ساده مطابق بند ۲-۹-۱-۷-۶، منظور می گردد.

۵-۹-۱-۷-۶ سایر سیستمهای سازه ای

نوعی سیستم سازه ای است که با سیستمهای معرفی شده در بندهای ۱-۹-۱-۷-۶ تا ۴-۹-۱-۷-۶ متفاوت باشد. ویژگی های این سیستم ها از نظر باربری قائم و جانبی باید بر مبنای آئین نامه ها و تحقیقات فنی و یا آزمایشهای معتبر تعیین شود.

۲-۷-۶ محاسبه ساختمان ها در برابر نیروی زلزله**۱-۲-۲-۷-۶ ملاحظات کلی**

۱-۱-۲-۲-۷-۶ کلیه ساختمان های موضوع این مقررات بجز آن دسته از ساختمان های با مصالح بنایی که مقررات مندرج در محث هشتم، در آنها رعایت شده باشد باید طبق ضوابط مندرج در این فصل محاسبه گردند.

۲-۱-۲-۲-۷-۶ محاسبه ساختمان در برابر نیروهای زلزله و باد به تفکیک انجام می شود و در هر عضو سازه، اثر هر یک که بیشتر باشد، ملاک عمل قرار می گیرد. ولی رعایت ضوابط ویژه طراحی برای زلزله، مطابق نیاز سیستم سازه در کلیه اعضا الزامی است.

۳-۱-۲-۲-۷-۶ بجز مؤلفه های افقی نیروی زلزله، که برای محاسبه ساختمان در نظر گرفته می شود، اثر مؤلفه قائم نیروی زلزله نیز در مواردی که در بند ۱۲-۲-۲-۷-۶ ذکر شده است باید منظور گردد.

۴-۱-۲-۲-۷-۶ ساختمان باید در دو امتداد عمود بر هم در برابر نیروهای جانبی محاسبه شود. به طور کلی محاسبه در هر یک از این دو امتداد جز در موارد زیر به طور مجزا و بدون در نظر گرفتن نیروی زلزله در امتداد دیگر انجام می شود:

الف- ساختمان های نامنظم در پلان

ب- کلیه ستون هایی که در محل تقاطع دو و یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارند. در موارد الف و ب امتداد اعمال نیروی زلزله باید با زاویه مناسبی که حتی المقدور بیشترین اثر را ایجاد می کند، انتخاب شود. برای منظور نمودن بیشترین اثر زلزله، می توان صد در صد نیروی زلزله هر امتداد را با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن ترکیب کرد. در طراحی اجزاء بحرانی ترین حالت ممکن از نظر علائم نیروهای داخلی حاصل از زلزله باید ملحوظ گردند.

تبصره ۱: چنانچه بار محوری ناشی از اثر زلزله، در ستون در هر یک از دو امتداد مورد نظر کمتر از ۲۰ درصد بار محوری مجاز ستون باشد، به کارگیری ترکیب فوق در آن ستون ضرورتی ندارد.

تبصره ۲: در مواردی که ترکیب صد در صد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن در نظر گرفته شود، منظور کردن بیرون مرکزی

اتفاقی، موضوع بند ۲-۲-۱۰، برای نیروی زلزله ای که در امتداد مربوط به ۲۰ درصد اعمال می شود، الزامی نیست.

۶-۷-۲-۱-۵ نیروی زلزله در هر یک از امتدادهای ساختمان باید در هر دو جهت این امتداد، یعنی به صورت رفت و برگشت در نظر گرفته شود.

۶-۷-۲-۱-۶ مدل ریاضی که برای تحلیل سازه در نظر گرفته می شود باید تا حد امکان نمایانگر وضعیت سازه به لحاظ توزیع جرم و سختی باشد. در این مدل باید علاوه بر کلیه اجزای مقاوم جانبی، اجزایی که مقاومت و سختی آنها تأثیر قابل ملاحظه ای در توزیع نیروها دارند، در نظر گرفته شوند. در این ارتباط، در سازه های بتن مسلح رعایت اثر ترک خوردگی اجزا در ختی آنها الزامی است. اثر ترک خوردگی در این سازه ها را میتوان مطابق بند ۲-۵-۶ برای تعیین نیروهای داخلی و تغییر شکل های در تحلیل سازه منظور کرد.

۶-۷-۲-۲-۲ نیروی جانبی ناشی از زلزله

۶-۷-۲-۲-۱ نیروی جانبی زلزله مؤثر بر سازه ساختمان را می توان با استفاده از روش «تحلیل استاتیکی معادل» و یا روشهای «تحلیل دینامیکی» محاسبه کرد. موارد کاربرد هر یک از آنها در بندهای زیر و جزئیات هر یک از روشها در بندهای ۶-۷-۲-۲ و ۶-۷-۲-۲-۴ توضیح داده شده است. نیروی جانبی زلزله مؤثر بر اجزای غیر سازه ای ساختمان را می توان براساس ضوابط بند ۲-۸ محاسبه کرد.

۶-۷-۲-۲-۲ روش تحلیل استاتیکی معادل را تنها در موارد زیر می توان به کار برد:

الف- ساختمان های منظم با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از تراز پایه

ب- ساختمان های نامنظم تا ۵ طبقه و یا با ارتفاع کمتر از ۱۸ متر از تراز پایه

پ- ساختمان هایی که در آنها سختی جانبی قسمت فوقانی به طور قابل ملاحظه ای کمتر از سختی جانبی قسمت تحتانی است به شرط آن که:

۱- هر یک از دو قسمت سازه به تنهایی منظم باشد.

۲- سختی متوسط طبقات تحتانی حداقل ده برابر سختی متوسط طبقات فوقانی باشد.

۳- زمان تناوب اصلی نوسان کل سازه بیشتر از ۱/۱ برابر زمان تناوب اصلی قسمت فوقانی، با فرض اینکه، این قسمت جدا در نظر گرفته شده و پای آن گیردار فرض شود، نباشد.

۶-۷-۲-۲-۳ روشهای تحلیل دینامیکی را در مورد کلیه ساختمان ها می توان به کار برد ولی به کارگیری آنها برای ساختمان هایی که مشمول بند ۲-۲-۲ نمی شوند، الزامی است.

۶-۷-۲-۲-۴ روش تحلیل استاتیکی معادل

در این روش نیروی جانبی زلزله بر طبق ضوابط این بند تعیین می گردد و به صورت استاتیکی رفت و برگشتی، به سازه اعمال می شود.

۶-۷-۲-۲-۵ نیروی برشی پایه، V

حداقل نیروی برشی پایه یا مجموع نیروهای جانبی زلزله در هر یک از امتدادهای ساختمان با استفاده از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$V = CW$$

در این رابطه:

V : نیروی برشی در تراز پایه، این تراز در بند ۲-۲-۲ تعریف شده است.

W : وزن کل ساختمان شامل تمام بار مرده و وزن تتاسیسات ثابت به اضافه درصدی از بار زنده و بار برف که در جدول (۱) مشخص شده است.

C : ضریب زلزله که از رابطه زیر به دست می آید:

$$C = \frac{ABI}{R}$$

که در آن:

A : نسبت شتاب مبنای طرح (شتاب زلزله به شتاب ثقل g)

B : ضریب بازتاب ساختمان که با استفاده از طیف بازتاب طره به دست می آید.

I : ضریب اهمیت ساختمان

R : ضریب رفتار ساختمان

مقادیر ضرایب فوق، طبق ضوابط بندهای ۶-۷-۲-۲-۳ تا ۶-۷-۲-۲-۸ تعیین می شوند.

$$V_{\min} = 0.1 AIW$$

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

درصد میزان بار زنده	محل بار زنده
-----	بامهای شیبدار با شیب ۲۰٪ و بیشتر
۲۰	بامهای مسطح یا با شیب کمتر از ۲۰٪
۲۰	ساختمانهای مسکونی، اداری، هتل ها و پارکینگ ها
۴۰	بیمارستانها، مدارس، فروشگاهها و ساختمانهای محل اجتماع یا ازدحام
۶۰	انبارها و کتابخانه ها
۱۰۰	مخازن آب و یا سایر مایعات و سیلوها

* در صورتی که احتمال ماندگرا شدن برف بر روی این بام ها زیاد باشد، درصد مشارکت، مانند بامهای مسطح در نظر گرفته شود.

۲-۲-۲-۷-۶ تراز پایه

تراز پایه، بنا به تعریف، به تراز در ساختمان اطلاق می شود که در هنگام وقوع زلزله، از آن تراز به پایین حرکتی در ساختمان نسبت به زمین مشاهده نشود. این تراز معمولاً در تراز سطح فوقانی شالوده در نظر گرفته می شود، ولی در مواردی که در قسمت اعظم محیط زیر زمین، دیوارهای حایل بتن مسلح وجود دارد و این دیوارها با سازه ساختمان یکپارچه ساخته می شوند، تراز پایه در تراز نزدیک ترین کف ساختمان به زمین کوبیده شده اطراف ساختمان در نظر گرفته می شود. مشروط بر آن که دیوارهای حایل تا زیر این کف ادامه داده شده باشد.

۲-۲-۲-۷-۶ نسبت شتاب مینای طرح، A

نسبت شتاب مینای طرح در مناطق مختلف کشور، براساس میزان خطر لرزه خیزی آنها، به شرح جدول (۲) تعیین می شود. مناطق چهارگانه عنوان شده در این جدول در پیوست (۱) مشخص شده است.

جدول ۲ نسبت شتاب مینای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف

منطقه	توصیف	نسبت شتاب مینای طرح
۱	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	۲۵٪
۲	پهنه با خطر نسبی زیاد	۳۰٪
۳	پهنه با خطر نسبی متوسط	۲۵٪
۴	پهنه با خطر نسبی کم	۲۰٪

۲-۲-۲-۷-۶ ضریب بازتاب ساختمان، B

ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین است. این ضریب با استفاده از روابط زیر و یا از روی شکل های (۱- الف و ۱- ب) تعیین می شود:

$$B = 1 + S \left(\frac{T}{T_s} \right) \quad * \leq T \leq T_s$$

$$B = S + 1 \quad T_s \leq T \leq T_s$$

$$B = (S + 1) \left(\frac{T_s}{T} \right)^{\frac{1}{2}} \quad T \geq T_s$$

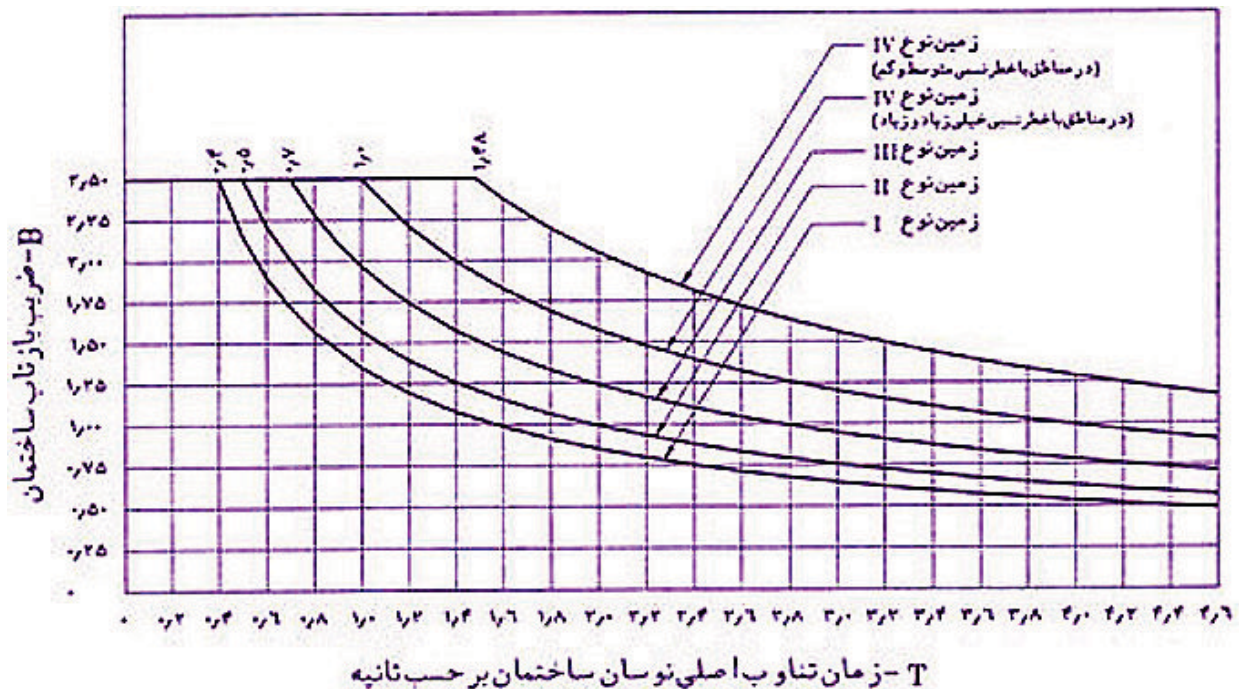
در این روابط:

T : زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیه است. این زمان طبق بند ۲-۳-۶ تعیین می شود.

T_0 ، S و T_s : پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی منطقه وابسته اند. مقادیر این پارامترها در جدول (۳) و انواع زمینها در بند ۲-۳-۵ مشخص شده اند.

جدول ۳ پارامترهای مربوط به روابط (۳-۲)

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



۵-۲-۲-۷-۶ طبقه بندی نوع زمین

زمین ساختگاه ها از نظر نوع سنگ و خاک به شرح جدول (۴) طبقه بندی می گردند:

جدول ۴ طبقه بندی نوع زمین

نوع زمین	مواد متشکل ساختگاه	حدود تقریبی \bar{v}_s (متر بر ثانیه)
I	الف- سنگهای آذرین (دارای بافت درشت و ریزدانه)، سنگهای رسوبی سخت و	

بیشتر از ۷۵۰ $۳۷۵ \leq \bar{V}_s \leq ۷۵۰$	بسیار مقاوم و سنگهای دگرگونی توده ای (گنایس ها- سنگهای متبلور سیلیکاته) طبقات کنگلومرایی ب- خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت) با ضخامت کمتر از ۳۰ متر از روی بستر سنگی	
$۳۷۵ \leq \bar{V}_s \leq ۷۵۰$	الف- سنگهای آذرین سست (مانند توف)، سنگهای سست رسوبی دگرگونی متورق و به طور کلی سنگهایی که بر اثر هوازدگی (تجزیه و تخریب) سست شده اند.	II
$۳۷۵ \leq \bar{V}_s \leq ۷۵۰$	ب- خاکهای سخت (شن و ماسه متراکم، رس بسیار سخت) با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر	
$۱۷۵ \leq \bar{V}_s \leq ۳۷۵$	الف- سنگهای متلاشی شده بر اثر هوازدگی ب- خاکهای با تراکم متوسط، طبقات شن و ماسه با پیوند متوسط بین دانه ای و رس با سختی متوسط	III
کمتر از ۱۷۵	الف- نهشته های نرم با رطوبت زیاد بر اثر بالا بودن سطح آب زیرزمینی ب- هرگونه پروفیل خاک که شامل حداقل ۶ متر خاک رس با اندیس خمیری بیشتر از ۳۰ و درصد رطوبت بیشتر از ۴۰ باشد	IV

\bar{V}_s ، سرعت موج برشی متوسط در فاصله ۳۰ متری در عمق زمین است که با توجه به ضخامت لایه های مختلف و سرعت موج برشی در آنها تعیین می گردد. این سرعت را می توان از رابطه (۴-۲) و یا رابطه معتبر دیگر محاسبه کرد.

$$\bar{V}_s = \frac{\sum d_i}{\sum (d_i / V_{si})} \quad (۴-۲)$$

در این رابطه، d_i و V_{si} به ترتیب ضخامت لایه و سرعت موج برشی در آن است. این رابطه را برای تمام لایه ها تا فاصله ۳۰ متر عمق از سطح زمین می توان به کار برد.

در مواردی که تشخیص نوع خاک با مشاهدات و شواهد توصیفی این جدول امکان پذیر نباشد، لازم است با انجام دادن آزمایش های آزمایشگاهی و یا صحرایی، V_{si} مستقیماً اندازه گیری شده و یا با استفاده از روابط تجربی معتبر و پارامترهای فیزیکی و

مکانیکی خاک محاسبه گردد. طبقه بندی نوع خاک با توجه به مقدار \bar{V}_s صورت می پذیرد. در صورت وجود تردید در انطباق محل ساختگاه با مشخصات زمین های مندرج در جدول (۴) باید نوع زمینی که ضریب بازتاب بزرگتری به دست می دهد، انتخاب شود.

۴-۷-۲-۲-۶-۲-۶ زمان تناوب اصلی نوسان، T

زمان تناوب اصلی نوسان بسته به مشخصات ساختمان و ارتفاع آن از تراز پایه با استفاده از روابط تجربی زیر تعیین می گردد. الف- برای ساختمان های با سیستم قاب خمشی

۱- چنانچه جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قابها ایجاد نمایند:
- در قابهای فولادی

$$T = 0.08 H^{3/4}$$

- در قابهای بتن مسلح

$$T = 0.07 H^{3/4}$$

۲- چنانچه جداگرهای میانقابی مانعی برای حرکت قابها ایجاد نمایند:

مقدار T برابر با ۸۰ درصد مقادیر عنوان شده در بالا در نظر گرفته می شود.

ب- برای ساختمان های با سایر سیستم ها، در تمام موارد وجود یا عدم وجود جداگرهای میانقابی،

$$T = 0.05 H^{3/4}$$

در روابط فوق، H ، ارتفاع ساختمان بر حسب متر، از تراز پایه است و در محاسبه، ارتفاع خریشته، در صورتی که وزن آن بیشتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، نیز باید منظور گردد.

تبصره ۱: به جای استفاده از روابط تجربی یاد شده می توان زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان T را با استفاده از روشهای تحلیلی و یا رابطه (۸-۲) محاسبه نمود، ولی مقدار آن نباید از $1/25$ برابر زمان تناوب به دست آمده از رابطه تجربی بیشتر اختیار شود.

$$T = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n W_i \delta_i^3}{g \sum_{i=1}^n F_i \delta_i}}$$

δ_i و F_i به ترتیب نیروی جانبی وارد به طبقه و تغییر مکان ناشی از آن است. F_i را می توان براساس توزیع تقریبی رابطه (۹-۲) و یا هر توزیع منطقی دیگر اختیار کرد. W_i وزن طبقه، مطابق تعریف بند ۲-۲-۹ و g شتاب ثقل زمین است.

تبصره ۲: در محاسبه زمان تناوب اصلی سازه های بتنی، به منظور در نظر گرفتن سختی مؤثر بر اثر ترک خوردگی بتن، لازم است ممان اینرسی مقاطع قطعات برای تیرها $I_g/5$ و برای ستونها و دیوارها I_g منظور شود. I_g ممان اینرسی مقطع کل عضو بدون در نظر گرفتن فولاد است. این مقادیر $1/5$ برابر مقادیر مندرج در بند ۲-۲-۶ برای مقاطع ترک خورده است.

۷-۲-۲-۷-۶ ضریب اهمیت ساختمان، I

ضریب اهمیت ساختمان با توجه به گروه طبقه بندی آنها، به شرح بند ۷-۱، مطابق جدول (۵) تعیین می گردد:

جدول ۵ ضریب اهمیت ساختمان

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

۸-۲-۲-۲-۷-۶ ضریب رفتار ساختمان، R

۱-۸-۲-۲-۲-۷-۶ ضریب رفتار ساختمان در بر گیرنده آثار عواملی از قبیل شکل پذیری، درجه نامعینی و اضافه مقاومت موجود در سازه است. این ضریب با توجه به نوع سیستم باربر ساختمان، که در آن محدودیت های بند ۸-۸-۳-۲-۷-۶ و ۸-۸-۳-۲-۷-۶ رعایت شده باشد، طبق جدول (۶) تعیین می گردد. مقادیر این جدول برای سازه هایی که با روش تنش های مجاز طراحی می شوند، تنظیم شده است. برای سازه هایی که با روش های حدی یا مقاومت طراحی می شوند مقادیر نیروهای حاصل از این جدول باید مطابق الزامات آن روش افزایش داده شوند.

در مواردی که در ساختمان از سیستم های سازه ای عنوان نشده در جدول (۶) استفاده می شود، ضریب رفتار R را می توان از آئین نامه های معتبر به دست آورد.

۲-۸-۲-۲-۷-۶ ساخت ساختمان های با ارتفاع بیشتر از حدود H_m در جدول (۶) در کلیه مناطق کشور مجاز نیست. برای ساختمان های خاص نظیر برج های مخابراتی، پادمان ها و غیره که در آنها ارتفاعی بیشتر از این حدود مد نظر باشد، تأیید کمیته فنی این آئین نامه الزامی است.

۳-۸-۲-۲-۷-۶ در مناطق با خطر نسبی خیلی زیاد برای ساختمان های با اهمیت «خیلی زیاد» فقط باید از سیستم هایی که عنوان «ویژه» دارند انتخاب شود.

۴-۸-۲-۲-۷-۶ در ساختمان های با بیشتر از ۱۵ طبقه و یا بلندتر از ۵۰ متر، استفاده از سیستم قاب خمشی ویژه و یا سیستم دوگانه الزامی است. در این ساختمان ها نمی توان برای مقابله با تمام نیروی جانبی زلزله منحصراً به دیوارهای برشیس و یا قابهای مهاربندی شده اکتفا نمود.

۵-۸-۲-۲-۷-۶ استفاده از دال تخت یا قارچی و ستون به عنوان سیستم قاب خمشی منحصراً در ساختمان های سه طبقه و یا کوتاهتر از ۱۰ متر مجاز می باشد. 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 قاب های مهاربندی شده تأمین گردد.

۶-۸-۲-۲-۷-۶ در ساختمان های بتن مسلح، که در آنها از سیستم تیرچه و بلوک برای پوشش سقفها استفاده می گردد و

ارتفاع تیرها برابر ضخامت سقف در نظر گرفته می شود، در صورتی که ارتفاع تیرها کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد، سیستم سقف به منزله دال تخت محسوب شده و ساختمان مشمول بند ۵-۸-۲-۲ می شود.

۷-۶-۲-۲-۲-۸-۷-۶ قابهای فولادی با اتصالات خرنجینی متداول، با حفظ ضوابط فنی، همانند سیستم قاب ساختمانی ساده محسوب می شوند.

۸-۸-۲-۲-۲-۷-۶ ترکیب سیستم ها در پلان

در ساختمان هایی که از دو سیستم سازه ای مختلف برای تحمل بار جانی، در دو امتداد در پلان استفاده شده باشد، برای هر سیستم باید ضریب رفتار 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.

۹-۸-۲-۲-۲-۷-۶ ترکیب سیستم ها در ارتفاع

در ساختمان هایی که، علی رغم توصیه بند ۸-۵-۱، از دو سیستم سازه ای مختلف برای تحمل بار جانبی در یک امتداد در ارتفاع ساختمان استفاده شده باشد، ضریب رفتار برای سیستم قسمت تحتانی نباید بیشتر از مقدار آن برای سیستم قسمت فوقانی اختیار شود. در این موارد برای تعیین نیروی جانبی زلزله می توان روش (۱) زیر و در حالت زخاص که سازه مشمول ضوابط بند ۲-۲-۲-۲-۲-۷-۶-۶ می شود یکی از دو روش (۱) یا (۲) زیر را به کار برد:

(۱) در این روش، مقداری نیروی زلزله برای کل سازه با منظور کردن مقدار ضریب رفتار کوچکتر، در امتداد مورد نظر، محاسبه می گردد. برای تعیین زمان تناوب اصلی کل سازه ضابطه بند ۶-۲-۲-۲-۷-۶-۶، با منظور کردن ارتفاع کل سازه، باید رعایت شود و در آن از رابطه تجربی ای که کمترین مقدار زمان تناوب اصلی را برای دو سیستم به کار برده شده به دست می دهد، استفاده گردد.

(۲) در این روش، نیروهای جانبی در دو مرحله به شرح زیر محاسبه می گردند:

الف- سازه اعطاف پذیر قسمت فوقانی به طور مجزا و با تکیه گاه های صلب در نظر گرفته شده و نیروی جانبی آن با منظور کردن ضریب رفتار مربوط به این قسمت محاسبه می گردد.

ب- سازه صلب قسمت تحتانی به طور مجزا در نظر گرفته شده و نیروهای جانبی آن با منظور کردن مقدار ضریب رفتار مربوط به این سازه محاسبه می گردد. بر این نیروها، نیروهای عکس العمل ناشی از تحلیل قسمت فوقانی که در نسبت ضریب رفتار قسمت فوقانی به ضریب رفتار قسمت تحتانی ضرب شده اند، افزوده می شوند.

جدول ۶ مقادیر ضریب رفتار ساختمان، R، همراه با حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان Hm

Hm (متر)	R	سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی	سیستم سازه
۵۰	۷	۱- دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه	الف- سیستم دیوارهای باربر
۵۰	۶	۲- دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط	
۳۰	۵	۳- دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی	
۱۵	۴	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
۵۰	۸	۱- دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه	ب- سیستم قاب ساختمانی ساده
۵۰	۷	۲- دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط	
۳۰	۵	۳- دیوارهای برشی بتن مسلح معمولی	
۱۵	۴	۴- دیوارهای برشی با مصالح بنایی مسلح	
۵۰	۷	۵- مهاربندی برون محور فولادی [۵]	
۵۰	۶	۶- مهاربندی هم محور فولادی [۱]	
۱۵۰	۱۰	۱- قاب خمشی بتن مسلح ویژه [۲]	پ- سیستم قاب خمشی
۵۰	۷	۲- قاب خمشی بتن مسلح متوسط [۲]	
-	۴	۳- قاب خمشی بتن مسلح معمولی [۲] و [۳]	
۱۵۰	۱۰	۴- قاب خمشی فولادی ویژه [۱]	
۵۰	۷	۵- قاب خمشی فولادی متوسط [۵]	
-	۵	۶- قاب خمشی فولادی معمولی [۲] و [۳]	
۲۰۰	۱۱	۱- قاب خمشی ویژه (فولادی یا بتنی) + دیوارهای برشی بتن مسلح ویژه	ت- سیستم دوگانه یا ترکیبی
۷۰	۸	۲- قاب خمشی بتنی متوسط + دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط	

۷۰	۸	۳- قاب خمشی فولادی متوسط+ دیوارهای برشی بتن مسلح متوسط
۱۵۰	۱۰	۴- قاب خمشی فولادی ویژه+ مهاربندی برون محور فولادی
۱۵۰	۹	۵- قاب خمشی فولادی ویژه+ مهاربندی هم محور فولادی
۷۰	۷	۶- قاب خمشی فولادی متوسط+ مهاربندی برون محور فولادی
۷۰	۷	۷- قاب خمشی فولادی متوسط+ مهاربندی هم محور فولادی

یادداشت ها

[۱] برای تعریف ضوابط مربوط به ساختمان های فولادی به پیوست (۲) مراجعه شود.
 [۲] قابهای خمشی بتن مسلح معمولی، متوسط و ویژه به ترتیب همان قابهای خمشی با شکل پذیری کم، متوسط و زیاد در آئین نامه بتن ایران «آبا» اند، با این تفاوت که در قابهای خمشی متوسط فاصله تنگ ها از یکدیگر در ناحیه L0 ستونها، نباید بیشتر از ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

[۳] استفاده از این سیستم برای ساختمان های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» در تمام مناطق لرزه خیزی و برای ساختمان های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۱ و ۲ مجاز نمی باشد. ارتفاع حداکثر این سیستم برای ساختمان های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه خیزی ۲ و ۴ به ۱۵ متر محدود می گردد.
 [۴] برای ساختمان های یک طبقه و یا ساختمان های صنعتی، «با اهمیت متوسط و کم» در تمام مناطق تا ارتفاع ۱۸ متر مجاز است.

[۵] تعاریف ضوابط مربوط به این سیستم ها در چاپ آینده پیوست (۲) آورده خواهد شد.

۹-۲-۲-۲-۷-۶ توزیع نیروی جانبی زلزله در ارتفاع ساختمان

نیروی برشی پایه ۷، که طبق بند ۶-۷-۲-۲-۳-۱ محاسبه شده است، مطابق رابطه زیر در ارتفاع ساختمان توزیع می گردد:

$$F_i = (V - F_t) \frac{W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j}$$

در این رابطه:

F_i : نیروی جانبی در تراز طبقه i

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

h_i : ارتفاع تراز i ، ارتفاع سقف طبقه i ، از تراز پایه

n : تعداد طبقات ساختمان از تراز پایه به بالا

F_t : نیروی جانبی اضافی در تراز سقف طبقه n که به وسیله رابطه زیر تعیین می شود:

$$F_t = 0.07 TV$$

نیروی F_t نباید بیشتر از ۲۵/۰ در نظر گرفته شود و چنانچه T برابر یا کوچکتر از ۰/۷ ثانیه باشد، می توان آن را برابر با صفر اختیار نمود.

تبصره: در صورتی که ساختمان دارای خرپشته یا وزن کمتر از ۲۵ درصد وزن بام باشد، نیروی F_t در تراز بام اعمال خواهد شد و در غیر این صورت، نیروی F_t در تراز سقف خرپشته اثر داده می شود.

۱۰-۲-۲-۲-۷-۶ توزیع نیروی برشی زلزله در پلان ساختمان

۱-۱۰-۲-۲-۲-۷-۶ نیروی برشی زلزله، که براساس توزیع نیروها در بند ۲-۲-۹، در طبقات ساختمان ایجاد می شود به همراه نیروی ناشی از پیچش ایجاد شده به علت برون از مرکز بودن این نیروها در طبقات، باید طبق بند ۲-۲-۱۰-۲، در هر طبقه بین عناصر مختلف سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی به تناسب سختی آنها توزیع گردد. در صورت صلب نبودن کف طبقات، در توزیع این برش ها باید اثر تغییر شکل های ایجاد شده در کفها نیز منظور گردد.

۲-۱۰-۲-۲-۲-۷-۶ لنگر پیچشی ایجاد شده در طبقه i ، بر اثر نیروهای جانبی زلزله، از رابطه زیر به دست می آید:

$$M_i = \sum_{j=1}^n (e_{ij} + e_{ji}) F_j$$

در این رابطه:

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 .

e_{ji} : برون مرکزی اتفاقی طبقه j ، این برون مرکزی طبق ضابطه بند ۲-۳-۱۰-۳ محاسبه می شود.

F_j : نیروی جانبی در تراز طبقه j

کلیه عناصر سازه باید برای لنگر پیچشی که بیشترین تلاش را در آنها ایجاد می کند، طراحی شوند.

۲-۱۰-۲-۲-۷-۶ برون مرکزی اتفاقی در تراز هر طبقه، E_{aj} ، به منظور به حساب آوردن احتمال تغییرات اتفاقی توزیع جرم و

سختی از یک سو و نیروی ناشی از مولفه پیچشی زلزله از سوی دیگر، در نظر گرفته می شود. این برون مرکزی بادی در هر دو جهت و حداقل برابر با ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه، در امتداد عمود بر نیروی جانبی، اختیار شود. در مواردی که ساختمان

مشمول نامنظمی بند (۱-۸-۱-۱-ث) می شود، برون مرکزی اتفاقی حداقل باید در ضریب بزرگنمایی A_j طبقه رابطه زیر ضرب شود.

$$a \leq A_j \leq 3 \quad A_j = \left(\frac{\Delta_{max}}{1/2 \Delta_{ave}} \right)^2$$

در این رابطه:

Δ_{max} = حداکثر تغییر مکان طبقه j

Δ_{ave} = میانگین تغییر مکان دو انتهای ساختمان در طبقه j

۲-۱۰-۲-۲-۷-۶ در ساختمان های تا ۵ طبقه و یا کوتاهتر از هجده متر، در مواردی که برون مرکزی نیروی جانبی طبقه در طبقات بالاتر از هر طبقه کمتر از ۵ درصد بعد ساختمان در آن طبقه در امتداد عمود بر نیروی جانبی باشد، محاسبه ساختمان در برابر لنگر پیچشی الزامی نیست.

۲-۱۰-۲-۲-۷-۶ محاسبه ساختمان در برابر واژگونی

کل ساختمان باید از نظر واژگونی پایدار باشد. لنگر واژگونی ناشی از نیروهای جانبی زلزله در تراز شالوده برابر با مجموع حاصلضرب نیروی جانبی هر تراز در ارتفاع آن نسبت به تراز زیر شالوده ساختمان است. ضریب اطمینان در مقابل واژگونی-نسبت لنگر مقاوم به لنگر واژگونی باید حداقل برابر با ۱/۷۵ اختیار شود. در محاسبه لنگر مقاوم، بار تعادل برابر با قائمی است که برای تعیین نیروهای جانبی به کار رفته است. بر این بارها، وزن شالوده و خاک روی آن افزوده می گردد. در تراز زیر شالوده این لنگر نسبت به لبه بیرونی شالوده محاسبه می شود.

۲-۱۰-۲-۲-۷-۶ نیروی قائم ناشی از زلزله

۲-۱۰-۲-۲-۷-۶ نیروی قائم ناشی از زلزله که اثر مولفه قائم شتاب زلزله در ساختمان است. در موارد زیر باید در محاسبات منظور شود.

الف- تیرهایی که دهانه آنها بیشتر از پانزده متر می باشد، همراه با ستونها و دیوارهای تکیه گاهی آنها.

ب- تیرهایی که بار قائم متمرکز قابل توجهی در مقایسه با سایر بارهای منتقل شده به تیر را تحمل می کنند، همراه با ستونها و دیوارهای تکیه گاهی آنها. در صورتی که بار متمرکز حداقل برابر با نصف مجموع بار وارده به تیر باشد، آن بار قابل توجه تلقی می شود.

ج- بالکن ها و پیش آمدگی هایی که به صورت طره ساخته می شوند.

۲-۱۲-۲-۲-۷-۶ مقدار نیروی قائم برای عناصر بندهای الف و ب از رابطه (۲-۱۲) محاسبه می شود و برای عناصر بند ج دو برابر مقدار این رابطه منظور می گردد، به علاوه در مورد عناصر بند ج، این نیرو باید در هر دو جهت رو به بالا و رو به پایین و بدون منظور نمودن اثر کاهنده بارهای ثقلی در نظر گرفته شود.

$$F_v = 0.7 AIW_p$$

در این رابطه:

A و I مقادیری هستند که برای محاسبه نیروی برشی پایه منظور شده اند.

W_p : بار مرده به اضافه کل سربار آن

۲-۱۲-۲-۲-۷-۶ نیروی قائم زلزله، همراه با نیروهای افقی زلزله باید در ترکیبات زیر به کار برده شوند.

۱- صد در صد نیروی زلزله، در هر امتداد افقی با ۳۰ درصد نیروی زلزله، در امتداد عمود بر آن و ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد قائم.

۲- صدر در صد نیروی زلزله، رد امتداد قائم با ۳۰ درصد نیروی زلزله، در هر یک از دو امتداد افقی عمود بر هم. در ترکیبات یاد شده ضابطه تبصره ۲ بند ۶-۷-۲-۲-۱-۴ را می توان منظور کرد.

۴-۲-۲-۷-۶ روش های تحلیل دینامیکی

در این روشها نیروی جانبی زلزله، با استفاده از بازتاب دینامیکی که سازه بر اثر «حرکت زمین» ناشی از زلزله، از خود نشان می دهد، تعیین می گردد. این روشها شامل روش «تحلیل طیفی» و روش «تحلیل تاریخچه زمانی» است که جزئیات آنها در بندهای ۶-۷-۲-۲-۱-۴ و ۶-۷-۲-۲-۱-۴ توضیح داده شده است. کاربرد هر یک از این دو روش در ساختمان های مشمول این آیین نامه اختیاری است.

مشخصات حرکت زمین، که در این روش ها مورد استفاده قرار می گیرد، طبق ضوابط بند ۶-۷-۲-۲-۱-۴ تعیین می گردد. **تبصره:** کلیه پارامترهایی که در تحلیل دینامیکی به کار برده می شود نظیر جرم، نسبت شتاب مبنا و غیره، همان مقادیری هستند که در تحلیل استاتیکی معادل تعریف شده اند.

۶-۷-۲-۲-۱-۴ حرکت زمین

۶-۷-۲-۲-۱-۴ حرکت زمین، که در تحلیل های دینامیکی مورد استفاده قرار می گیرد باید حداقل دارای شرایط «زلزله طرح» مطابق تعریف بند ۱-۱-۴-۲-۲-۱ باشد. آثار حرکت زمین به یکی از صورت های «طیف بازتاب شتاب» می توان از «طیف طرح استاندارد» و یا از «طیف طرح ویژه ساختگاه»، مطابق ضوابط بندهای ۶-۷-۲-۲-۱-۴ و ۶-۷-۲-۲-۱-۴، استفاده نمود و برای «تاریخچه زمانی شتاب» باید ضوابط بند ۶-۷-۲-۲-۱-۴ را ملحوظ داشت.

استفاده از هر یک از این طیف ها برای کلیه ساختمان ها اختیاری است. تنها در مورد ساختمان هایی که طبق بند ۲-۲-۲ مشمول استفاده از روش تحلیل دینامیکی می شوند و در آنها یکی از شرایط زیر موجود است، به کارگیری طیف طرح ویژه ساختگاه الزامی است.

الف- ساختمان های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» که بر روی زمین نوع IV، جدول (۴)، ساخته می شوند.

ب- ساختمان های بلندتر از ۵۰ متر که بر روی زمین نوع IV ساخته می شوند.

پ- ساختمان های بلندتر از ۵۰ متر که بر روی زمین های II ب و III ب، با ضخامت لایه خاک بیش از ۶۰ متر ساخته می شوند.

۶-۷-۲-۲-۱-۴ طیف طرح استاندارد

این طیف، براساس ضوابط عنوان شده در بند ۲-۲، که منعکس کننده اثر حرکت زمین برای زلزله طرح در آیین نامه است، از

حاصل ضرب مقادیر بازتاب ساختمان B در پارامترهای: نسبت شتاب مینای A، ضریب اهمیت I و عمس ضریب رفتار $\frac{V}{R}$ و با در نظر گرفتن محدودیت رابطه (۲-۲) به دست می آید. در تعیین این طیف نسبت میرایی ۵ درصد در نظر گرفته شده است.

۶-۷-۲-۲-۱-۴ طیف طرح ویژه ساختگاه

این طیف با استفاده از مشخصات زلزله های منطقه ساختگاه و با توجه به ویژگی های زمین شناسی، تکنونیک، لرزه شناسی، میزان خطرپذیری و مشخصات خاک در لایه های مختلف ساختگاه، و با به کارگیری نسبت میرایی ۵ درصد تعیین می گردد. در صورتی که نوع ساختمان و سطح زلزله مورد نظر نسبت میرایی متفاوتی را ایجاد کند، می توان آن را مینای تهیه

طیف قرار داد. مقادیر محاسبه شده این طیف باید در ضریب اهمیت I و عکس ضریب رفتار $\frac{V}{R}$ ضرب گردد. مقادیر طیف طرح ویژه ساختگاه نباید کمتر از دو سوم مقادیر طیف طرح استاندارد اختیار شود.

۶-۷-۲-۲-۱-۴ شتاب نگاشت، شتاب نگاشت

۶-۷-۲-۲-۱-۴ شتاب نگاشت هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می گیرند تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین در محل احداث بنا، در هنگام وقوع زلزله، باشند. برای نیل به این هدف لازم است حداقل سه زوج شتاب نگاشت متعلق به مولفه های افقی سه زلزله مختلف ثبت شده که دارای ویژگیهای زیر باشند انتخاب گردند:

الف- شتاب نگاشت ها متعلق به زلزله هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند و در آنها آثار: بزرگا، فاصله از گسل، ساز و کار چشمه لرزه زا در نظر گرفته شده باشد.

ب- ساختگاه های شتاب نگاشت ها باید به لحاظ ویژگیهای زمین شناسی، لرزه شناسی و بخصوص مشخصات لایه های خاک با زمین محل ساختمان، تا حد امکان مشابهت داشته باشند.

پ- مدت زمان حرکت شدید زمین در شتاب نگاشت ها حداقل برابر با ۱۰ ثانیه یا سه برابر زمان تناوب اصلی سازه، هر کدام بیشتر است، مدت زمان حرکت شدید شتاب انگاشت ها را می توان از روش های معتبر مانند روش توزیع تجمعی انرژی، تعیین کرد.

در مواردی که سه زوج شتاب انگاشت ثبت شده با مشخصات مورد نظر در دسترس نباشند، می توان به جای آنها از زوج های مناسب شتاب نگاشت های شبیه سازی شده مصنوعی استفاده کرد.

۶-۷-۲-۲-۱-۴ زوج شتاب نگاشت های انتخاب شده باید به روش زیر به مقیاس درآورده شوند:

الف- کلیه شتاب نگاشت ها به مقدار حداکثر خود مقیاس شوند. بدین معنی که حداکثر شتاب همه آنها برابر با شتاب ثقل g گردد.

ب- طیف پاسخ شتاب هر یک از زوج شتاب نگاشت های مقیاس شده با منظور کردن نسبت میرایی ۵ درصد تعیین گردد.

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

ت- طیف های پاسخ ترکیبی سه زوج شتاب نگاشت، متوسط گیری شده و در محدوده زمان های تناوب $T/0$ و $T/5$ با طیف طرح استاندارد مقایسه می گردد. ضریب مقیاس آنچنان تعیین شود که در این محدوده مقادیر متوسطها در هیچ حالت کمتر از $1/4$ برابر مقدار نظیر آن در طیف استاندارد نباشد. T زمان تناوب اصلی ساختمان طبق بند ۲-۳-۶ است.

ث- ضریب مقیاس تعیین شده، باید در شتاب نگاشت های مقیاس شده در بند (الف) ضرب شود و در تحلیل دینامیکی مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۴-۲-۲-۷-۶ روش تحلیل دینامیکی طیفی یا روش تحلیل مدها

۱-۲-۴-۲-۲-۷-۶ در این روش، تحلیل دینامیکی سازه با فرض رفتار خطی آن انجام شده و مدهای نوسان در آن تعیین می گردد. 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 می گردد. جزئیات این روش در پیوست (۲) داده شده است. در این روش تحلیل، الزامات بندهای ۲-۴-۲-۲-۷-۶ تا ۲-۴-۲-۲-۷-۶ باید رعایت شود.

۲-۴-۲-۲-۷-۶ تعداد مدهای نوسان

در هر یک از دو امتداد متعامد ساختمان باید حداقل سه مد اول نوسان، یا تمام مدهای نوسان با زمان تناوب بیشتر از 0.4 ثانیه و یا تمام مدهای نوسان که مجموع جرم های مؤثر در آنها بیشتر از ۹۰ درصد جرم کل سازه است، هر کدام که تعدادشان بیشتر است، در نظر گرفته شود.

۲-۴-۲-۲-۷-۶ ترکیب آثار مدها

حداکثر بازتاب های دینامیکی سازه از قبیل نیروهای داخلی اعضا، تغییر مکانها، نیروهای طبقات، برش های طبقات و عکس العمل پایه ها در هر مد را باید با روش های آماری شناخته شده، مانند روش جذر مجموع مربعات و یا روش ترکیب مربعی کامل تعیین نمود. در ساختمان های نامنظم در پلان و یا در ساختمان هایی که پیچش در آنها حایز اهمیت است، روش ترکیب مدها باید در برگیرنده اندرکنش مدهای ارتعاشی نیز باشد. در این موارد می توان از روش ترکیب مربعی کامل استفاده نمود.

۲-۴-۲-۲-۷-۶ اصلاح مقادیر بازتابها

۱-۴-۲-۴-۲-۲-۷-۶ در مواردی که برش پایه به دست آمده از روش تحلیل طیفی کمتر از برش پایه تحلیل استاتیکی معادل، رابطه (۱-۲) باشد، مقدار برش پایه تحلیل طیفی باید به مقادیر زیر افزایش داده شده و بازتاب های سازه متناسب با آنها اصلاح گردد. برش پایه استاتیکی معادل عنوان شده در ردیف های زیر، مقدار برش پایه براساس رابطه (۱-۲) و با استفاده از مشخصات طیف استاندارد است:

الف- در سازه های نامنظم، مقادیر بازتابها باید در نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه به دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شوند.

ب- در سازه های منظم در صورتی که در تحلیل طیفی از طیف استاندارد استفاده شده باشد، مقادیر بازتابها باید در ۹۰ درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل با برش پایه به دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شوند.

پ- در سازه های منظم در صورتی که در تحلیل طیفی از طیف طرح ویژه ساختگاه استفاده شده باشد، مقادیر بازتابها باید در ۸۰ درصد نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه به دست آمده از تحلیل طیفی ضرب شوند.

۲-۴-۲-۴-۲-۲-۷-۶ در صورتی که برش پایه به دست آمده از تحلیل طیفی بیشتر از برش پایه استاتیکی معادل باشد، مقدار برش پایه تحلیل طیفی و کلیه بازتابهای سازه و اعضای آن را می توان به نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه تحلیل طیفی کاهش داد.

تبصره: مقادیر برش پایه تعدیل شده در بندهای ب و پ نباید از برش پایه به دست آمده از تحلیل طیفی کمتر باشد.

۵-۲-۴-۲-۲-۷-۶ اثرات پیچش

در روش تحلیل طیفی باید اثرات پیچش و پیچش اتفاقی را مشابه ضابطه بند ۲-۳-۲-۱۰ منظور نمود. در مواردی که از مدل های سه بعدی برای تحلیل سازه استفاده می شود، اثرات پیچش اتفاقی را می توان با جا به جا کردن مرکز جرم طبقه به اندازه برون مرکزی اتفاقی منظور نمود.

۶-۲-۴-۲-۲-۷-۶ ترکیب اثر زلزله در امتدادهای مختلف

ترکیب اثر زلزله، در امتدادهای مختلف برای مؤلفه های افقی آن باید مطابق ضابطه بند ۲-۱-۴ در تحلیل طیفی و برای مؤلفه قائم آن باید مطابق ضابطه بند ۲-۳-۱۲ به صورت استاتیکی اعمال گردد. در مورد اخیر اگر اثر مؤلفه قادم دینامیکی منظور می شود، مقدار آن نباید کمتر از مقدار استاتیکی اختیار شود.

۷-۲-۴-۲-۲-۷-۶ روش تحلیل در سیستم دوگانه و یا ترکیبی

در مواردی که برای تحمل بار جانبی زلزله، از سیستم سازه ای دوگانه و یا ترکیبی استفاده می شود، برای اقناع ضابطه بند ۱-۴-۹ پ باید ۲۵ درصد برش پایه به دست آمده از تحلیل طیفی را به قابهای خمشی سیستم دوگانه اثر داد و نحوه توزیع این برش در ارتفاع را یا با استفاده از تحلیل طیفی و یا با استفاده از تحلیل استاتیکی معادل، بند ۲-۳-۹، تعیین نمود.

۲-۴-۲-۲-۷-۶ روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی

۱-۲-۴-۲-۲-۷-۶ در این روش، تحلیل دینامیکی سازه با اثر دادن شتاب زمین، به صورت تابعی از زمان، در تراز پایه ساختمان و به کارگیری محاسبات متعارف دینامیک سازه ها انجام می شود. شتاب زمین براساس شرایط شتاب نگاشت های یاد شده در بند ۴-۱-۴-۲ تعیین می شود. هر زوج شتاب نگاشت عنوان شده در آن بند همزمان در دو جهت عمود بر یکدیگر، در امتدادهای اصلی ستزه، به آن اثر داده می شوند و بازتاب های سازه به صورت تابعی از زمان تعیین می گردند. بازتاب نهایی سازه در هر لحظه زمانی برابر با حداکثر بازتاب های به دست آمده از تحلیل با سه زوج شتاب نگاشت مورد نظر می باشد.

در این روش تحلیل، میتوان به جای سه زوج شتاب نگاشت عنوان شده در بند ۴-۱-۴-۲، هفت زوج شتاب نگاشت با مشخصات عنوان شده در آن بند را به کار گرفت و مقدار متوسط بازتاب های به دست آمده از آنها را به عنوان بازتاب نهایی تلقی کرد.

در این روش تحلیل، رفتار سازه را می توان خطی و یا غیر خطی در نظر گرفت. ضوابط به کارگیری هر یک از این دو در بندهای ۶-۷-۲-۴-۲-۲-۷-۶ و ۶-۷-۲-۴-۲-۲-۷-۶ آورده شده است.

۲-۲-۴-۲-۲-۷-۶ تحلیل تاریخچه زمانی خطی

۱-۲-۲-۴-۲-۲-۷-۶ در تحلیل خطی سازه نسبت میرایی را می توان ۵ درصد منظور کرد مگر آنکه بتوان نشان داد مقدار دیگری برای سازه مناسب تر است.

۲-۲-۲-۴-۲-۲-۷-۶ در این تحلیل باید برای اصلاح مقادیر بازتابهای ضابطه، ۴-۲-۴-۲-۲-۷-۶، برای اثرات پیچش ۵-۲-۴-۲-۲-۷-۶ و برای سیستم های دوگانه و یا ترکیبی ضابطه بند ۶-۷-۲-۴-۲-۲-۷-۶ رعایت گردد. در رعایت این ضوابط تحلیل تاریخچه زمانی جایگزین تحلیل طیفی می شود.

۲-۲-۴-۲-۲-۷-۶ تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی

۱-۲-۲-۴-۲-۲-۷-۶ مشخصات غیر خطی اعضای سازه که در مدل آن مورد استفاده قرار می گیرد باید به لحاظ مقاومت، سختی و شکل پذیری با داده های آزمایشگاهی و یا مدل های تحلیلی معتبر سازگار باشد.

۲-۲-۲-۴-۲-۲-۷-۶ در تحلیل غیر خطی سازه نسبت میرایی باید با توجه به مشخصه های غیر خطی سازه تعیین گردد. در صورت نبودن اطلاعات کافی، نسبت میرایی ۵ درصد را می توان به کار برد.

۲-۲-۲-۴-۲-۲-۷-۶ سازه طراحی شده براساس تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی باید به تأیید حقیقی یا حقوقی مستقل با صلاحیت رسانده شود. در این بررسی، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد.

الف- شتاب نگاشت های به کار گرفته شده در تحلیل

ب- سازگاری مشخصات سازه با داده های به کار برده شده در مدل تحلیلی

پ- سازگاری ظرفیت های اعضای سازه با نتایج به دست آمده از تحلیل

۵-۲-۲-۷-۶ تغییر مکان جانبی نسبی طبقات

۱-۵-۲-۲-۷-۶ تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه اختلاف تغییر مکان های مراکز جرم کف در بالا و پایین آن طبقه می باشد. این تغییر مکان معمولاً برای زلزله و یا زلزله سطح بهره برداری محاسبه می شود و با همین نامها عنوان می گردد.

۲-۵-۲-۲-۷-۶ تغییر مکان جانبی نسبی هر طبقه، تغییر مکانی است که با فرض رفتار خطی سازه، زیر اثر بار جانبی زلزله تعیین شده باشد. این تغییر مکان در زلزله های طرح و بهره برداری به ترتیب «تغییر مکان جانبی نسبی طرح» و «تغییر مکان جانبی نسبی بهره برداری» نامیده می شود. در تعیین این تغییر مکان باید اثر عواملی که در سختی سازه موثرند از جمله ترک خوردگی اعضا در سازه های بتن مسلح، موضوع بند ۶-۵-۲، منظور شوند.

۲-۵-۲-۲-۷-۶ تغییر مکان نسبی واقعی طرح، یا تغییر مکان جانبی نسبی غیر ارتجاعی طرح، در هر طبقه تغییر مکان است که در صورت منظور داشتن رفتار واقعی سازه، رفتار غیر خطی، در تحلیل آن به دست می آید. این رفتار، تنها در زلزله طرح قابل ملاحظه است. در مواردی که تحلیل سازه با فرض خطی بودن آن انجام می شود، این تغییر مکان را می توان از رابطه زیر به دست آورد.

$$\Delta_M = \bullet \cdot VR \Delta_W$$

در این رابطه:

Δ_M : تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح در طبقه

Δ_W : تغییر مکان جانبی نسبی طرح در طبقه

R : ضریب رفتار سازه

۴-۵-۲-۲-۷-۶ تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح در محل مرکز جرم هر طبقه نباید از مقادیر زیر بیشتر شود. در رعایت این

محدودیت آثار ناشی از $P-\Delta$ ، موضوع بند ۶-۲، باید در محاسبه تغییر مکانها منظور شده باشد.

۰/۷ ثانیه ۰/۰۲۵ برابر ارتفاع طبقه برای ساختمان های با زمان تناوب اصلا

برای ساختمان های با زمان تناوب اصلی بیشتر و یا مساوی ۰/۷ ۰/۰۲ برابر ارتفاع طبقه $\bar{\Delta}_m \leq$
 $\bar{\Delta}_m$ در رابطه بالا مقدار تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح در طبقه با منظور کردن اثر $P-\Delta$ است.

تبصره: در محاسبه تغییر مکان نسبی هر طبقه Δ_w برای رعایت محدودیتهای فوق مقدار برش پایه در رابطه (۱-۲) را می توان بدون منظور کردن محدودیت مربوط به زمان تناوب اصلی ساختمان T در تبصره ۱ بند ۶-۳-۲ تعیین کرد.

۶-۷-۲-۵-۵ تغییر مکان جانبی نسبی در زلزله سطح بهره برداری در هر طبقه نباید از ۰/۰۵ ارتفاع آن طبقه بیشتر باشد. این محدودیت تنها در مواردی که نوع و نحوه به کارگیری مصالح و سیستم اتصال قطعات غیر سازه ای به گونه ای باشد که این قطعات بتوانند در برابر تغییر مکان جانبی بیشتر، بدون خسارات عمده، بر جا بمانند می توان تا ۰/۰۰۸ ارتفاع طبقه افزایش داد.
 ۶-۷-۲-۶ در سازه های بتن مسلح در تعیین تغییر مکان جانبی نسبی طرح، ممان اینرسی مقطع ترک خورده قطعات را می توان، مطابق توصیه آئین نامه بتن ایران «آبا» برای تیرها Ig 35/0، برای ستونها Ig 7/0، و برای دیوارها Ig 35/0 یا Ig 7/0 نسبت به میزان ترک خوردگی، منظور کرد. برای زلزله، بهره برداری مقادیر این ممان اینرسی ها را می توان تا ۱/۵ برابر افزایش داد و از اثر $P-\Delta$ صرف نظر کرد.

۶-۷-۲-۶ اثر $P-\Delta$

در کلیه سازه ها تأثیر بار محوری در عناصر قائم بر روی تغییر مکان های جانبی آنها، برش ها و لنگرهای خمشی موجود در اعضا و نیز تغییر مکان های جانبی طبقات را افزایش می دهد. این افزایش به اثر ثانویه و یا اثر $P-\Delta$ معروف است. این اثر، در مواردی که شاخص پایداری θ_i ، در رابطه (۱۵-۲)، کمتر از ده درصد باشد ناچیز بوده و می تواند نادیده گرفته شود. ولی اگر θ_i بیشتر از ده درصد باشد، این اثر باید در محاسبات منظور گردد.

$$\theta_i = \left[\frac{P\Delta_w}{V_h} \right]_i$$

در این رابطه:

P_i = مجموع باردهای مرده و زنده موجود در طبقه I تا n ، طبقه آخر

Δ_w = تغییر مکان جانبی نسبی اولیه در طبقه i

V_i = مجموع نیروی برشی وارد در طبقه i

H_i = ارتفاع طبقه i

شاخص پایداری θ_i در سازه ها نباید از θ_{max} در رابطه زیر بیشتر باشد. در این موارد احتمال ناپایداری سازه موجود است و باید در طراحی آن تجدید نظر شود.

$$\theta_{max} = \frac{1/25}{R} \leq 0/25$$

برای منظور کردن اثر $P-\Delta$ در طراحی سازه ها، یا می توان این اثر را همراه با سایر عوامل در تحلیل سازه ها منظور کرد و نیروهای داخلی اعضا را به دست آورد و یا می توان از روش های تقریبی عنوان شده در آئین نامه های طراحی استفاده نمود. هم چنین می توان روش تقریبی ارائه شده در پیوست (۵) را مورد استفاده قرار داد. در کلیه موارد، تغییر مکان های جانبی طبقات که در محاسبات نیروهای داخلی به کار برده می شوند باید تغییر مکان های جانبی نسبی افزایش یافته طبقات، $\bar{\Delta}_m$ باشند.

تغییر مکان افزایش یافته جانبی نسبی طبقه با منظور کردن اثر $P-\Delta$ موضوع بند ۵-۲، را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$\bar{\Delta}_m = \frac{\Delta_m}{1-\theta_i}$$

و همچنین تغییر مکان نسبی واقعی طبقه با منظور کردن اثر $P-\Delta$ موضوع بند ۶-۲، را می توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$\bar{\Delta}_m = 0.7 \bar{R} \bar{\Delta}_m$$

۷-۲-۲-۷-۶ مشخصات سازه از تراز پایه تا روی شالوده

در سازه هایی که تراز پایه بالاتر از روی شالوده منظور شده باشد، سختی و مقاومت جانبی طبقات پایین تر از تراز پایه نباید از سختی و مقاومت جانبی طبقه روی تراز پایه کمتر باشد.

برای تأمین این منظور در سازه هایی که پلان و هندسه بنا در زیر تراز پایه مغایرت چندانی با بالای تراز پایه ندارند، مشخصات سازه در زیر تراز پایه، به لحاظ ابعاد و جزئیات تیرها و ستونها و دیوارهای برشی و بادبندها، باید حداقل مشابه روی آن باشند.

۸-۲-۲-۷-۶ نیروی جانبی زلزله وارد بر اجزای ساختمان و قطعات الحاقی

اجزای ساختمان و قطعات الحاقی به ساختمان باید در مقابل نیروی جانبی که از رابطه زیر به دست می آید محاسبه شوند:

$$F_p = A \cdot B_p \cdot I \cdot W_p$$

در این رابطه:

A و I مقادیر مندرج در بندهای ۶-۲-۲-۷-۶ و ۷-۲-۲-۷-۶ هستند که برای محاسبه نیروی وارد به کل ساختمان به کار برده شده اند.

W_p : وزن جزء ساختمان یا قطعه الحاقی مورد نظر است.

در مخازن و قفسه بندی انبارها و کتابخانه ها W_p علاوه بر بار مرده شامل وزن محتویات آنها در حالت کاملاً پر است. B_p ضریبی است که مقدار آن در جدول (۷) داده شده است.

جدول ۷ ضریب B_p

B_p	جهت نیروی افقی	اجزای ساختمان یا قطعات الحاقی
۰/۷	در امتداد عمود بر سطح دیوار	دیوارهای خارجی و داخلی ساختمان و تیغه های جداکننده
۲/۰۰	در امتداد عمود بر سطح دیوار	جان پناه ها و دیوارهای طره ای
۲/۰۰	در هر امتداد	اجزای تزئینی و داخلی و یا قسمتهای الحاقی به ساختمان
۱/۰۰	در هر امتداد	مخازن، برجها، دودکشها، وسایل و ماشین آلات در صورتی که متصل به ساختمان و یا جزئی از آن باشند و سقفهای کاذب
۱/۰۰	در هر امتداد	اتصالات عناصر سازه ای پیش ساخته

تبصره ۱: برای قطعات الحاقی که با مصالح بنایی و ملات ماسه سیمان ساخته می شوند می توان مقاومت کششی مجاز مصالح و ملات را حداکثر تا ۱۵ درصد مقاومت فشاری آنها، مندرج در استاندارد شماره ۵۱۹ ایران، در محاسبات منظور نمود.

۹-۲-۲-۷-۶ نیروی جانبی زلزله مؤثر بر دیافراگم ها

۱-۹-۲-۷-۶ دیافراگم ها که معمولاً کفهای سازه ای تحمل کننده بارهای ثقلی در ساختمان ها هستند، در هنگام وقوع زلزله وظیفه انتقال نیروهای ایجاد شده در کفها را به عنا صر قائم باربر جانبی بر عهده دارند. این دیافراگم ها باید در برابر تغییر شکلهای افقی که در میان صفحه آنها ایجاد می شود، مقاومت و سختی کافی را دارا باشند. دیافراگم ها باید برای نیروی جانبی زلزله مطابق رابطه زیر محاسبه شوند.

$$F_{pi} = \frac{(F_i + \sum_{j=1}^n F_j)}{\sum_{j=1}^n W_j} W_i$$

در این رابطه:

F_{wi} نیروی جانبی وارد به دیافراگم در تراز i

W_i وزن دیافراگم و اجزای متصل به آن در تراز i ، شامل قسمتی از بار زنده مطابق ضابطه بند ۲-۳-۱.

F_j و W_j به ترتیب، نیروهای وارد به طبقه و وزن طبقه مطابق تعاریف بند ۲-۳-۹.

در رابطه فوق، حداقل مقدار F_{wi} برابر با $AIWi/35/0$ است، و حداکثر آن لازم نیست بیشتر از $AIWi/7/0$ در نظر گرفته شود. در صورتی که لازم باشد دیافراگم علاوه بر نیروی زلزله طبقه، نیروی جانبی اعضای قائمی را که در قسمت بالا و پایین دیافراگم بر روی یکدیگر واقع نشده اند، به یکدیگر منتقل نماید، مقدار این نیروها نیز باید به نیروی به دست آمده از رابطه (۲-۱۹) اضافه شود.

۲-۹-۲-۲-۷-۶ تلاشهای داخلی و نیز تغییر شکل‌های ایجاد شده در دیافراگم‌ها باید با استفاده از روشهای شناخته شده تحلیل سازه‌ها تعیین گردند. در دیافراگم‌های متعارف که دارای پلان نسبتاً منظمی بوده و فاقد بازشوه‌های بزرگ و نزدیک به هم باشند، این تلاشها و تغییر شکلها را می‌توان با فرض عملکرد دیافراگم به صورت تیر تیغه ای که بر روی تکیه گاه‌های ارتجاعی قرار گرفته است، تعیین نمود. برای این منظور می‌توان از روش پیشنهاد شده در پیوست (۶) استفاده کرد.

۲-۹-۲-۲-۷-۶ دیافراگم‌ها باید برای تلاشهای برشی و لنگرهای خمشی ایجاد شده در میان صفحه خود زیر اثر بار جانبی طراحی شوند. کنترل مقاومت دیافراگم‌های بتن مسلح براساس ضوابط آئین نامه بتن ایران «آبا» و دیافراگم‌های ساخته شده از مصالح دیگر براساس ضوابط آئین نامه‌های مربوط تعیین می‌گردد.

۲-۹-۲-۲-۷-۶ در دیافراگم‌ها چنانچه حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها زیر اثر نیروی مؤثر بر دیافراگم، کمتر از نصف تغییر مکان نسبی متوسطه طبقه باشد، دیافراگم‌ها را می‌توان صلب در نظر گرفت و توزیع نیروی برشی طبقه را بین عناصر سیستم مقاوم قائم ساختمان به نسبت سختی آنها انجام داد. در غیر این صورت دیافراگم انعطاف پذیر بوده و در توزیع برش، باید تغییر شکل‌های ایجاد شده در دیافراگم مورد توجه قرار گیرد.

۲-۷-۶-۱۰ افزایش بار طراحی در ستونهای خاص

در موارد ضروری که برخلاف توصیه بند ۱-۵-۱ یکی از اعضای جانبی باربر، مانند دیوار برشی یا قاب بادبندی شده تا روی شالوده ادامه پیدا نمی‌کند، ستونهایی که این عضو را تحمل می‌کنند باید مقاومتی حداقل برابر با بارهای به دست آمده از ترکیبات زیر باشند، این ترکیبات اضافه بر ترکیباتی هستند که در طراحی سازه به طور معمول به کار برده می‌شوند.

$$\begin{aligned} & \text{(بار زلزله)} \pm \frac{2}{8} \pm \text{(بار زنده)} \frac{0}{8} + \text{(بار مرده)} \frac{1}{0} \\ & \text{(بار زلزله)} \pm \frac{2}{8} \pm \text{(بار مرده)} \frac{0}{85} \end{aligned}$$

مقاومت این ستونها لازم نیست بیشتر از حداکثر باری که اعضای متصل به آنها می‌توانند به آنها منتقل نمایند، در نظر گرفته شوند.

مقاومت عنوان شده در بالا برای ستونها، مقاومت نهایی آنهاست. در ستونهایی که طراحی آنها براساس تنش‌های مجاز است، این مقاومت $1/7$ برابر مقاومت مجاز ستون در نظر گرفته می‌شود.

۲-۷-۶-۱۱ طراحی اجزای سازه ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند

در ساختمان‌های بلندتر از ۵ طبقه تمام اجزای سازه ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند، ولی از طریق دیافراگم‌های کفها با سیستم باربر جانبی مرتبط هستند، باید برای آثار ناشی از تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح طبقه، بند ۲-۵-۲، طراحی شوند. در این محاسبات، در صورت نیاز، اثر $P-\Delta$ باید منظور گردد.

۲-۷-۶-۱۲ قطعات نما و سایر قطعات غیر سازه ای متصل به ساختمان

۲-۷-۶-۱۲-۲-۲-۷-۶ در ساختمان‌های با «اهمیت خیلی زیاد و زیاد» و ساختمان‌های بلندتر از هشت طبقه در صورتی که دیوارهای جدا کننده داخلی و یا دیوارهای نما جزو سیستم سازه ای باربر جانبی نباشند، باید به طیفی به سازه متصل شوند که محدودیتی در حرکت سازه در امتداد صفحه دیوار ایجاد ننمایند. اتصالات این دیوارها به سازه باید توانایی انتقال نیروی زلزله ایجاد شده بر اثر جرم دیوار را به سازه دارا باشند. این قبیل دیوارها بهتر است از جنس سبک و انعطاف پذیر انتخاب شوند.

متقابلاً چنانچه این دیوارها محدودیتی در حرکت سازه، در امتداد صفحه دیوار ایجاد نمایند، اثر سختی آنها باید در تحلیل سازه برای نیروهای جانبی منظور گردد و دیوارها و اتصالات آنها به سازه برای تلاشهای ایجاد شده در آنها طراحی شوند.

۲-۷-۶-۱۲-۲-۲-۷-۶ در ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» و یا ساختمان‌های بلندتر از ۸ طبقه که در آنها از قطعات پیش ساخته و یا قطعات شیشه ای برای نما استفاده شده است، قطعات نما باید برای مقاومت در برابر نیروی زلزله مطابق بند ۲-۸-۲ طراحی گردند، و علاوه بر آن، قادر باشند تغییر مکانهای ایجاد شده در طبقات سازه بر اثر نیروی جانبی زلزله را، بدون ایجاد محدودیتی در حرکت سازه، تحمل نمایند. این قطعات باید بر روی اجزای سازه ای متکی بوده و یا با اتصالات مکانیکی مطابق ضوابط زیر به این اجزا متصل شوند:

الف- اتصالات قطعات نما، نظیر قابهای شیشه ای و قطعات پیش ساخته، به سازه و همچنین عرض درز بین این قطعات باید به گونه ای باشند که بتوانند تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح طبقه، بند ۲-۵-۲ و یا $1/5$ سانتیمتر، هر کدام که بزرگتر است، پذیرا باشند.

ب- اتصالات باید به گونه ای باشند که حرکت نسبی دو طبقه مجاور در امتداد صفحه قطعات را از طریق اتصالات لغزشی با

استفاده از پیچ و سوراخهای بادامی شکل و یا اتصالاتی که حرکت نسبی طبقات را از طریق خم شدن قطعات فولادی و یا هر گونه اتصال مشابه دیگری که لغزش و یا انعطاف پذیری مشابه یاد شده را به وجود بیاورد تامین کنند.

پ- اتصالات باید دارای شکل پذیری و ظرفیت چرخش پذیری کافی بوده تا از شکست غیر شکل پذیر مهارها در مجاورت جوشها جلوگیری شود.

ت- بدنه اتصال قطعات به سازه باید برای $1/33$ برابر نیروی زلزله، مطابق بند ۸-۲ طراحی شود.

ث- تمام ادوات اتصال، مانند پیچ ها، جوشها و ریشه های متصل کننده بدنه (عناصر) اتصال به سازه و یا قطعه غیر سازه ای باید برای ۴ برابر نیروی زلزله مطابق بند ۸-۲ طراحی شوند.

ج- ریشه ها و مهارهایی که در داخل بتن قرار می گیرند باید ترجیحاً به میلگردهای داخل بتن متصل شده و یا دور آنها قلاب گردند و یا به نحوی در بتن مهار شوند که قادر باشند نیروهای وارده را به میلگردهای داخل بتن منتقل نمایند.

۶-۷-۲-۲-۱۲-۳-۱ برای ساختمان های غیر از موارد ذکر شده در دو بند ۱-۱۲-۲ و ۲-۱۲-۲، با هر تعداد طبقه رعایت ضوابط دیوارهای غیر سازه ای و نماسازی حداقل، مطابق بندهای ۷-۲ و ۱۲-۳ الزامی است.

۶-۷-۲-۲-۱۲-۳-۱ کنترل سازه برای بار زلزله سطح بهره برداری

۶-۷-۲-۲-۱۲-۳-۱ ساختمان های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» و یا بلندتر از ۵۰ متر و یا بیشتر از ۱۵ طبقه باید برای زلزله سطح بهره برداری کنترل شوند به طوری که، مطابق تعریف بند ۱-۱-ب و ۱-۱-پ، قابلیت بهره برداری خود را در زمان وقوع زلزله حفظ نمایند. برای این منظور مشخصات سازه این ساختمان ها باید چنان باشد که زیر اثر ترکیب بارها در سطح بهره برداری، بدون اعمال ضریب بار، الزامات زیر را تأمین نمایند:

الف- در سازه های فولادی، تنش های ایجاد شده در اعضا از حد جاری شدن فولاد تجاوز نکند.

ب- در سازه های بتن مسلح تلاش های ایجاد شده در اعضا، بدون اعمال ضرایب کاهش مقاومت، از مقاومت نهایی اسمی آنها تجاوز نکند.

پ- تغییر مکان های نسبی ارتجاعي بهره برداری طبقات محدودیت بند ۲-۵-۵ را رعایت نمایند.

۶-۷-۲-۲-۱۲-۳-۱ تفاوت که شتاب مینای طرح A در آن به یک ششم مقدار خود کاهش داده شود. در مقابل ضریب رفتار R در محاسبه نیروی جانبی زلزله برابر با یک منظور می گردد. به این ترتیب، در روش تحلیل استاتیکی معادل مقدار برش پایه در این سطح از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$V_{\text{max}} = \frac{1}{6} AB I W$$

پارامترهای A و B و I و W تعاریف معمول بند ۱-۲-۲ را دارند.

۶-۷-۲-۲-۱۲-۳-۱ سازه های غیر ساختمانی

۶-۷-۲-۲-۱۲-۳-۱ نیروی جانبی زلزله مؤثر بر سازه های غیر ساختمانی، که در جدول (۸) نام برده شده. با استفاده از یکی از روشهای مندرج در بند (۱-۲) و با رعایت ضوابط زیر تعیین می گردد.

الف- زمان تناوب نوسان این سازه ها باید با استفاده از یکی از روشهای تحلیل شناخته شده تعیین گردد. زمان تناوب اصلی نوسان پاندولهای وارونه، برجها و دودکشها را می توان با استفاده از روابط پیشنهاد شده در پیوست (۴) بدست آورد.

ب- چنانچه زمان تناوب اصلی نوسان این نوع سازه ها از $0/5$ ثانیه تجاوز نماید، به کارگیری یکی از روشهای تحلیل دینامیکی در محاسبه نیروی جانبی الزامی است.

$$\frac{B}{R}$$

پ- ضریب رفتار R برای این سازه ها طبق جدول (۸) تعیین می گردد. مقدار $\frac{B}{R}$ در هر حال نباید کمتر از $0/5$ در نظر گرفته شود.

$$\frac{B}{R}$$

ت- سازه هایی که زمان تناوب اصلی نوسان آنها کمتر از $0/06$ ثانیه است صلب تلقی شده و مقدار $\frac{B}{R}$ برای آنها $0/5$ در نظر گرفته می شود.

ث- توزیع نیروی جانبی در ارتفاع این سازه ها برحسب مورد با استفاده از روش مندرج در بند ۲-۳-۹ یا ۲-۴ به عمل می آید.

ج- محدودیت تغییر مکان جانبی موضوع بند ۲-۵ در مورد این سازه ها اعمال نمی شود، مگر آنکه خرابی سازه و یا عوامل غیر سازه ای آن تلفات جانبی به همراه داشته و یا محدودیت های خاصی از نظر بهره برداری مورد نظر باشد.

۶-۷-۲-۲-۱۲-۳-۱ نیروی جانبی زلزله مؤثر در مخازن زیر زمینی و زمینی با استفاده از ضوابط و معیارهای نشریه شماره ۱۲۳ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور تعیین می گردد.

جدول ۸ ضریب رفتار برای سازه های غیر ساختمانی، R

--	--

R	نوع سازه	ردیف
۳	سازه هایی که رفتارشان مشابه پاندول وارونه است. مخازن هوایی که بر روی پایه های بادبندی شده یا نشده قرار دارند.	۱
۵	سیلوها، دودکشها و به طور کلی سازه هایی که دارای جرم گسترده بوده و رفتارشان مشابه ستون طره ای است.	۲
۳	برجهای خنک کن که بر روی پایه های بادبندی شده قرار گرفته اند.	۳
۴	فیفاها و کندوهای متکی بر روی پایه های بادبندی شده یا نشده	۴
۴	برجها و دکلهای مشبک، آزاد یا مهار شده	۵
۵	علائم، تابلوها، تاسیسات خاص تفریحی و بازی و برجهای یادبود	۶
۳/۵	سایر سازه ها	۷

۶-۷-۲-۱۵ ترکیب نیروی زلزله با سایر نیروها- تنش های طراحی

در صورتی که محاسبه سازه به روش تنش های مجاز انجام شود، ضوابط و مقررات ملی ساختمان ملاک عمل است و در صورتی که محاسبه سازه ها به روش مقاومت نهایی و یا در حالت های حدی انجام پذیرد، ترکیب نیروهای زلزله با سایر نیروها باید با رعایت ضوابط مبحث نهم مقررات ملی ساختمان برای سازه های بتن مسلح، و یا با رعایت آئین نامه مورد استفاده برای سازه های فولادی صورت گیرد. حدود مجاز و تنش های تسلیم و گسیختگی مصالح نیز با توجه به ضوابط آئین نامه طراحی مصالح مورد استفاده، تعیین می گردند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



۸-۶ ترکیب بارها

۸-۶-۱ در طراحی سازه ها، احتمال همزمانی تأثیر بارها باید به شرحی که در زیر گفته شده است، ضرائب جزئی ایمنی هر یک از بارها و متقابل مقدار تنشهای محاسباتی مربوط به هر ماده، بسته به روش طراحی سازه، باید براساس ضوابط طراحی خاص همان سازه در نظر گرفته شود. اجزاء سازه باید ترکیبی از بارها که بیشترین اثر را در آن جزء ایجاد می کند، طراحی شوند.

$$(۱) D$$

$$(۲) D + L + (L_r \text{ Or } S)$$

$$(۳) D + (W \text{ Or } S)$$

$$(a۴) D + L + (L_r \text{ Or } 0.5S) + (W \text{ Or } E)$$

$$(b۴) D + L + (L_r \text{ Or } S) + (0.5W \text{ Or } E)$$

$$(۵) D + L$$

$$(۶) D + L (L_r \text{ Or } S) + H$$

$$(۷) D + T$$

$$(۸) D + L + (L_r \text{ Or } S) + T$$

(۱-۸-۶)

علائم به کار رفته در این روابط عبارتند از:

D : بار مرده

L : بار زنده طبقات به جز بام

 L_r : بار زنده بام

S : بار برف

W : بار باد

E : بار زلزله

H : بار ناشی از وزن و فشار ختک یا آب و یا فشار توام خاک و آب

T : اثرات خود کرنشی ناشی از تغییرات دما، نشست پایه ها، وارفتگی و غیره

۸-۶-۲ در مواردی سازه ها برای بار جراثقال طراحی مس شود ترکیبات زیر علاوه بر آنچه در بند ۸-۶-۱ گفته شده است باید بررسی شود.

$$(9) D + A$$

$$(10) D + S + A$$

$$(11) D + (W \text{ Or } E) + \bar{A}$$

(۲-۸-۶)

علائم A و \bar{A} در این ترکیبات عبارتند از:

A : کلیه بارهای ناشی از جراثقال شامل وزن پلها، ارابه، باری که بلند می شود همراه با اثر ضربه در آنها

\bar{A} : بار ناشی از وزن جراثقال به تنهایی شامل وزن پلها و ارابه

۶-۸-۲- در ترکیبات بارهای مرده و زنده بارهای باد یا زلزله افزایش تنش های مجاز محاسباتی در هر سازه باید مطابق ضوابط خاص طراحی همان سازه در نظر گرفته شود.

۶-۸-۴- در طراحی سازه های پیش تنیده، اثر پیش تنیدگی باید مانند اثر بار مرده و در ترکیبات وارد می شود.

۶-۸-۵- در مواردی که برای تعیین ضرائب جزئی ایمنی و یا تنشهای محاسباتی در ترکیبات بارها آئین نامه رسمی در کشور وجود نداشته باشد، این ضریب را می توان از آئین نامه های معتبر کشورهای دیگر به دست

آورد.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



پیوست شماره ۱-۶

جرم مخصوص مواد و جرم واحد حجم مصالح و اجزای ساختمان

جدول شماره پ ۱-۱-۶ - جرم مخصوص مواد

جرم مخصوص (کیلوگرم بر متر مکعب)	شرح
	1 - فلزات
2700	آلومینیم
7200	آهن خام خاکستری
7700	آهن خام سفید
7200	چدن
7850	فولاد نرم
11400	سرب
8900	مس
8500	برنز
7200	روی
7200	قلع
8800	نیکل
6700	آنتیموان
5700	آرسنیک
6900	کرم
8800	برنج ریخته شده
1700	منیزیم
7000	منگنز
9800	بیسموت
13600	جیوه
21400	پلاتین
19300	طلا
	2 - مایعات
1000	آب
1100	لجن
800	اتر
800	الکل
700	نفت
800	بنزین
1250	گلیسرین

1000	روغن دانه
1000	روغن موتور
800	نفت چراغ
1600	اسید سولفوریک
1500	اسید نیتریک
1200	اسید کلریدریک
1200	قیر ذغال سنگ
1000	شیر
1000	روغن نباتی
	3 - گازها (دما صفر درجه سانتی گراد و فشار یک اتمسفر)
1/770	استیلن
1/250	اکسید دو کربن
1/964	انیدرید کربنیک
0/560	گاز روشنائی
1/293	هوای خشک
1/300	هوای مرطوب
1/429	اکسیژن
1/254	ازت
0/089	هیدروژن
	4 - چوبها (در حالت خشک*)
600	زربین
710	زبان گنجشک - ون
670	راش
650	داغداغان- تا دانه
750	گلابی وحشی- خوج
750	خرمندی
580	توسکا بیلاقی
540	توسکا قشلاقی
410	تبریزی
640	شیردار
530	افرا- پلت
520	بیدمشک
850	بلوط - بلندمازو
640	نارون - اوجا
800	انجیری- چوب آهن
700	آزاد
850	زیتون
590	سرخدار
500	چنار- سفیدار- عرعر
400	سفید پلت
450	سیاه بید
650	سیب
480	شب خسب- درخت ابریشم
900	شمشاد
650	گردو
640	گلابی
700	گوجه جنگلی
۷۳۰	گیلاس جنگلی

۴۳۰	لرگ
۶۴۰	کرات- لیلکی
۶۳۰	ملج
۷۰۰	مرس - ممرز
۵۳۰	نمدار
۶۰۰	کاج
۶۰۰	صنوبر
۵۰۰	شربین- کاج سیاه
	۵- سنگ های طبیعی
۲۸۰۰	گرانیت
۳۰۰۰	دیوریت- گابرو
۳۰۰۰	بازالت- ملافیر
۳۰۰۰	کفسنگ (توف)
۲۸۰۰	سنگهای اذین ماگماتیک
۲۸۰۰	سنگهای آتشفشانی
۱۶۰۰	توفهای آتشفشانی
۲۵۰۰	تراورتن
۲۸۰۰	گنایس
۲۸۰۰	شپست
۲۷۰۰	ماسه سنگ
۲۳۰۰	مارل
۲۰۰۰	سنگ آهک متخلخل
۲۴۰۰	سنگ آهک آبی
۲۷۰۰	سنگ آهک سخت
۲۸۰۰	دولومیت
۲۷۰۰	سنگ مرمر
۲۶۰۰	تخته سنگ های رسی

* ارقام مربوط به چوبهای خشک برای چوبهای با حداکثر رطوبت ۱۵ درصد در نظر گرفته شده است. در صورتیکه چوب از اثر باران و رطوبت حفاظت نشده باشد مقدار ۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب به مقادیر فوق اضافه می شود و چنانچه با آب اشباع شده باشد به مقادیر فوق ۱۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب اضافه می شود. در مورد چوبهای تازه بریده شده مقادیر فوق باید در ضریب ۱/۸ ضرب شود.

جدول شماره پ ۶-۱-۲- جرم واحد حجم مصالح و اجزای ساختمان

جرم واحد حجم (کیلوگرم بر متر مکعب)	شرح
	۱- آجرها و بلوکهای ساختمانی
۱۷۰۰	آجر توپر پخته رسی معمولی (آجر فشاری)
۱۳۰۰	آجر سوراخدار پخته رسی (آجر سفال)
۱۴۵۰	آجر ماسه آهکی متخلخل
۱۸۰۰	آجر ماسه آهکی توپر
۱۸۵۰	آجر نسوز
۳۰۰۰	آجر ضد اسید
۱۳۵۰	آجر شیشه ای مجوف
۶۰۰	آجر مجوف
۹۰۰ تا ۱۳۰۰ (بسته به شکل)	بلوک سیمانی
	۲- ملات ها
۱۸۵۰	ملات ماسه آهک

۲۰۰۰	ملات ماسه سیمان و آهک (با تارد)
۲۱۰۰	ملات ماسه سیمان
۱۳۰۰	ملات گچ
۱۹۰۰	ملات خاک نسوز
۱۶۰۰	کاهگل
۱۶۰۰	ملات گچ و خاک
۲۰۰۰	ملات گل
	۲- بتن ها
۲۴۰۰	بتن یا شن و ماسه معمولی
۲۵۰۰	بتن آرمه و بتن پیش تنیده با شن و ماسه معمولی
۱۷۵۰	بتن با سرباره کوره آهن گدازی
۶۰۰	بتن های سبک هوادار و گازی
۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ (بسته به نوع)	بتن با سنگ دانه سبک
۵۰۰ تا ۹۰۰ (بسته به نوع)	بتن اسفنجی
۱۷۰۰	بتن با خرده آجر
۱۳۰۰	بتن با پوکه معدنی و سیمان
۱۰۰۰ تا ۱۸۰۰ (بسته به نوع)	بتن با پوکه صنعتی و سیمان
	۴- سنگ دانه ها و پرکننده ها
۲۰۰۰	شن خیس
۱۷۰۰	شن خشک
۱۸۰۰	ماسه خیس
۱۵۵۰	ماسه خشک
۱۶۰۰	ماسه بادی
۲۱۰۰	خاک- ماسه- گل رس خیس
۱۸۰۰	خاک- ماسه - گل رس مزطوب (۵% رطوبت)
۸۰۰	خاک نسوز
۱۴۰۰	لاشه سنگ
۱۵۰۰	سرباره کوره آهنگدازی
۱۰۰۰	سرباره گوره آهنگدازی دانه به دانه
۱۰۰۰	پوزولان ها
۶۰۰	پوکه معدنی
۷۰۰	پوکه کک
۱۰۰۰	جوش ذغال
۸۰۰	ذغال سنگ
۱۵۰	ذغال چوب(از چوب نرم و سبک)
۲۳۰	ذغال چوب (از چوب سفت و سنگین)
۱۵۰۰	خرده آخر
۷۰۰	سنگ آهک پخته
۷۰۰	خاکستر کک
۱۳۰۰	پودر سیمان توده شده و بطور آزاد
۱۸۰۰	پودر سیمان در کیسه و جابجا شده
	۵-بنائی با سنگ های طبیعی و ملات ماسه سیمان
۲۸۰۰	گرانیت، پورفیت
۲۶۰۰	لاشه آذرین (تراشیت)
۲۳۰۰	ماسه سنگ، لابه سنگ
۲۷۰۰	سنگ آهکی فشرده، دولومیت، مرمر، گل سنگ آهکی (شیل)
۲۴۰۰	تراورتن
۲۸۰۰	اسلیت، تخته سنگ

۲۵۰۰	سنگ چینی با سنگ های لاشه آهکی توپر
۲۰۰۰	سنگ چینی با سنگ توف
	۶- بنایی با آجر و بلوک
۱۸۵۰	آجر کاری با آجر فشاری و ملات سه سیمان
۱۸۰۰	آجرکاری با آجر فشاری و ملات سه آهک
۱۷۵۰	آجر کاری با آجر فشاری و ملات گچ و خاک (طاق ضربی)
۲۱۰۰	آجر کاری با آجر سفال و ملات ماسه سیمان (سوراخها با ملات پر شود)
۲۰۰۰	آجرکاری با آجر سفال و ملات ماسه آهک (سوراخها با ملات پر شود)
۸۵۰	آجر کاری با آجر مجوف و ملات ماسه سیمان
۲۰۰۰	آجر کاری با آجر نسوز و ملات نسوز
۱۹۰۰	آجر کاری با آجر ضد اسید و ملات قیری
	۷- پوششها و مواد متفرقه ساختمانی
۲۲۰۰	آسفالت
۱۲۰۰	قیر
۲۰۰۰	تخته های سقف پوش آزیستی (آردوار)
۱۶۰۰	ورقهای موجدار آزیست
۱۸۰۰	لوله های سیمان آزیست
۲۲۵۰	موزائیک سیمانی
۲۴۰۰	سنگ موزائیک
۱۲۵۰	آجر فرش با آجر سوراخدار
۱۶۰۰	آجر فرش با آجر توپر
۱۱۵۰	رزین اپوکسی بدون فیلتر (افزودنی)
۲۰۰۰	رزین با مواد معدنی
۱۸۰۰	رزین با فایبر گلاس
۱۸۰۰	کف پوش لاستیکی
۱۴۰۰	ورق پی وی سی
۱۷۰۰	کف پوش پی وی سی
۸۵۰	ضخامت گچ و پرلیت جهت سقف کاذب
۲۵۰۰	شیشه جام
۳۰۰۰	شیشه مسلح
۱۷۰۰	کاشی سرامیکی دیواری
۲۱۰۰	کاشی سرامیکی کفی

* در محاسبه وزن دیوار با مصالح بنایی می توان ۷۰ درصد وزن دیوار را در هر متر مکعب مصالح آجری یا بلوکی و ۳۰ درصد بقیه را ملات به حساب آورد.

جدول شماره پ ۶-۱-۲- جرم واحد سطح اجزای ساختمان

شرح	جرم واحد سطح (کیلوگرم بر متر مربع)
پوششهای سقف	
پوشش شیروانی ها با سفال	۷۰
گونی قیراندود یک لا	۱۰
گونی قیراندود دو لا	۱۵
سقف کاذب با اندود سیمانی	۷۵
سقف کاذب با اندود گچی	۵۰



پیوست شماره ۲-۶

بار زنده کف انبارهای اجناس

جدول پ ۲-۶- بار زنده کف انبارهای اجناس

مصالح	وزن به ازای فضای اشغالی	ارتفاع انبار کردن اجناس	سرباز در هر متر مربع کف	بار زنده معادل پیشنهادی
	(دکانیوتن تن بر متر مکعب)	(متر)	(دکانیوتن بر متر مربع)	(دکانیوتن بر متر مربع)
۱- مصالح ساختمانی				
آزبست	۸۱۰	۱/۸۰	۱۴۵۸	
آجر ساختمانی	۷۳۰	۱/۸۰	۱۳۱۴	
آجر نسوز	۱۲۰۰	۱/۸۰	۲۱۶۰	
سیمان پرتلند	۱۶۰۰	۱/۸۰	۲۸۸۰	۱۵۰۰
گچ	۸۱۰	۱/۸۰	۱۴۵۸	تا
آهک	۸۶۰	۱/۸۰	۱۵۴۸	۳۰۰۰
کاشی	۸۱۰	۱/۸۰	۱۴۵۸	
چوب	۷۳۰	۱/۸۰	۱۳۱۴	
۲- مواد شیمیایی				
زاج سفید در بشکه	۵۴۰	۱/۸۰	۹۷۲	
پودر لباسشویی در چلیکهای بزرگ	۵۰۰	۱/۱۰	۵۵۰	
کات کیود در بشکه	۷۳۰	۱/۵۰	۱۰۹۵	
گلیسیرین (جعبه بندی شده)	۸۴۰	۱/۸۰	۱۵۱۲	
روغن دانه در بشکه	۵۸۰	۱/۸۰	۱۰۴۴	
روغن دانه در چلیک های آهنی	۷۳۰	۱/۲۰	۸۷۶	۱۰۰۰
لاک- صمغ- چسب	۶۲۰	۱/۸۰	۱۱۱۶	تا
صابون	۸۱۰	۱/۸۰	۱۴۵۸	۲۰۰۰
گرددسود در چلیکهای بزرگ	۱۰۰۰	۰/۸۵	۸۵۰	
گرد سوز آور در چلیک های آهنی	۱۴۲۰	۱/۰۰	۱۴۲۰	

	۱۵۴۸	۱/۸۰	۸۶۰	سیلیکات سدیم در شبکه
	۴۹۰	۰/۵۰	۹۸۰	اسید سولفوریک
	۱۰۲۶	۱/۸۰	۵۷۰	وسایل توالت
	۱۶۲۰	۱/۸۰	۹۰۰	روغن جلائی ورنی و نظایر آن
	۱۹۶۰	۱/۴۰	۱۴۰۰	سفید آب سرب خشک
	۲۳۶۵	۱/۱۰	۲۱۵۰	سرنج و مردار سنگ خاک
				۳- الیاف و منسوجات (بسته بندی شده)
	۱۲۶۰	۱/۸۰	۷۰۰	گونی و چنایی- عدلی
	۸۸۲	۱/۸۰	۴۹۰	قالی و فرش ماشینی
	۱۲۹۶	۲/۴۰	۵۴۰	الیاف تاییده و نظایر آن- عدلی
	۱۱۷۶	۲/۴۰	۴۹۰	پنبه- عدلی
	۴۸۰	۲/۴۰	۲۰۰	فلافل پنبه ای بسته بندی شده
	۱۰۸۰	۲/۴۰	۴۵۰	اجناس پنبه ای شسته شده
	۹۱۲	۲/۴	۲۸۰	پارچه ها و ملحفه های پنبه ای
۱۰۰۰	۹۶۰	۲/۴	۴۰۰	الیاف و پنبه و نخ پنبه
تا	۷۴۴	۲/۴۰	۳۱۰	پوشال بخاری متراکم
۱۵۰۰	۱۵۸۴	۲/۴۰	۶۶۰	کف - کتان هندی و نظایر آن (متراکم)
	۱۱۷۶	۲/۴۰	۴۹۰	پارچه های کتانی و جامه و غیره
	۱۱۷۰	۱/۸۰	۶۵۰	حوله نظایر آن
	۱۷۵۲	۲/۴۰	۷۳۰	ابریشم و منسوجات ابریشمی
	-	-	۷۸۰	پشم عدلی متراکم
	۵۰۴	۲/۴۰	۲۱۰	پشم عدلی غیر متراکم
	۱۰۳۲		۴۳۰	پشم بافته شده
				۴- محصولات غذایی (بسته بندی شده)
	۱۵۶۰	۲/۴۰	۶۵۰	باقلا- لوبیا
	۱۵۶۰	۲/۴۰	۶۵۰	نوشیدنی ها با بطری
	۱۶۹۳	۱/۸۰	۹۴۰	اغذیه کنسرو
	۱۷۵۲	۲/۴۰	۷۳۰	غله- حیوانات
۱۰۰۰	۱۳۶۸	۲/۴۰	۵۷۰	کاکائو
تا	۱۲۹۶	۲/۴۰	۵۴۰	قهوه بوداده
۱۵۰۰	۱۶۲۰	۱/۸۰	۹۰۰	خرما
	۱۸۰۰	۱/۵۰	۱۲۰۰	انجیر
	۹۷۵	۱/۵۰	۶۵۰	آرد
	۱۳۶۸	۲/۴۰	۵۷۰	میوه جات تازه
	۱۳۱۴	۱/۸۰	۷۳۰	گوشت و فرآورده های گوشتی

	۱۴۵۸	۱/۸۰	۸۱۰	شیز غلیط و فشزده
	۱۱۷۰	۱/۵۰	۷۸۰	ملاس چغندر در بشکه
	۱۶۹۲	۱/۸۰	۹۴۰	برنج
	۱۱۲۵	۱/۵۰	۷۵۰	نمک میوه
	۱۷۲۵	۱/۵۰	۱۱۵۰	نمک
۱۰۰۰	۱۴۸۸	۲/۴۰	۶۲۰	گرد صابون
تا	۷۲۰	۱/۸۰	۴۰۰	نشاسته
۱۵۰۰	۱۰۵۰	۱/۵۰	۷۰۰	شکر
	۱۴۹۴	۱/۸۰	۸۳۰	قند
	۹۶۰	۲/۴۰	۴۰۰	چای
				۵- اجناس فلزی (بسته بندی شده)
	۱۵۶۰	۲/۴۰	۶۵۰	اسباب یدکی ماشین
	۲۹۱۶	۱/۸۰	۱۶۲۰	زنجیر
	۱۵۷۲	۲/۴۰	۷۳۰	کارد و چنگال و غیره
	۱۵۶۰	۲/۴۰	۶۵۰	وسایل الکتریکی
	۱۸۹۰	۱/۸۰	۱۰۵۰	لوله و براق آلات
	۹۰۰	۱/۸۰	۵۰۰	قفل
	۷۹۲	۲/۴۰	۲۳۰	وسایل ماشین آلات سبک
۱۵۰۰	۱۱۷۶	۲/۴۰	۴۹۰	وسایل بهداشتی
تا	۱۶۲۰	۱/۸۰	۹۰۰	لوله و اتصالات بهداشتی
۲۰۰۰	۲۹۷۰	۱/۸۰	۱۶۵۰	پیچ
	۲۷۰۰	۰/۶۰	۴۵۰۰	ورق آهنی و حلبی
	۲۱۶۰	۱/۸۰	۱۲۰۰	ابزار کار فلزی سبک
	۲۱۵۰	-	-	سیم و کابل بر روی قرقره
	۱۵۰۰	۱/۵۰	۱۰۰۰	سیمهای مسی عایق دار
	۲۱۶۰	۱/۸۰	۱۲۰۰	سیمهای گالوانیزه
				۶- اجناس متفرقه (بسته بندی شده)
	۸۸۲	۱/۸۰	۴۹۰	لاستیک اتومبیل
۱۵۰۰	۱۸۹۰	۱/۸۰	۱۰۵۰	کتاب
تا	-	-	۳۳۰	اثاثیه اطاق
۲۰۰۰	۱۵۶۰	۲/۴۰	۶۵۰	شیشه و چینی آلات
	۷۶۸	۲/۴۰	۳۳۰	پوست و چرم
	۱۵۶۰	۲/۴۰	۶۵۰	چرم و اجناس چرمی
	۱۰۲۶	۱/۸۰	۵۷۰	کاغذ و روزنامه و مقوا
	۱۷۴۶	۱/۸۰	۹۷۰	کاغذ نوشتنی فرم و نظایر آن
	۹۳۶	۱/۸۰	۵۲۰	طناب حلقه بندی شده
	۱۹۴۴	۲/۴۰	۸۱۰	لاستیک خام
	۱۳۶۸	۲/۴۰	۵۷۰	تباکو

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



پیوست شماره ۶-۲

روش تحلیل دینامیکی محاسبه بار باد در ساختمانهای خاص

پ ۶-۲-۱- مقدمه:

در هنگام وزش باد و اثر آن بر سازه، سرعت باد ثابت نبوده و به صورت لحظه ای تغییر می کند. این تغییرات در ترازهای مختلف سازه از سطح زمین و نیز در مناطق مختلف که به لحاظ تراکم ساختمان ها یا انبوه درختان فرق داشته باشند، متفاوت است. تغییرات لحظه ای سرعت باد، علاوه بر اینکه بار ناشی از باد بر سازه ها را تغییر می دهد، موجب تحریک دینامیکی سازه های نرم و انعطاف پذیر می گردد. این عامل خود متقابلاً بر بار ناشی از باد اثر می گذارد.

ضریب اثر تغییر سرعت، C_e که در متن آیین نامه ارائه شده است، دربرگیرنده اثرات تغییر سرعت در ترازهای مختلف سازه، موقعیت منطقه به لحاظ تراکم موانع، و نیز تغییرات لحظه ای سرعت نسبت به سرعت متوسط می باشد. ولی اثرات ناشی از نوسان سازه در جهت وزش باد و نیز بر اثر فشارهای متناوب ناشی از جریانهای گردابی لایه های هوا را که در کناره های سازه ایجاد می شوند، دربرنمی گیرد. این اثرات در سازه های انعطاف پذیر، مانند ساختمانهای بلند، ممکن است حائز اهمیت شوند و بار ناشی از باد را تحت تأثیر قرار دهند. پیوست حاضر روشی برای محاسبه اثرات فوق را به دست می دهد. در این روش ها تنها نوسان سازه در جهت وزش باد مورد توجه قرار گرفته و از سایر نوسانات، از جمله نوسان سازه در جهت عمود بر وزش باد، صرفنظر گردیده است. نوسانات دذکر شده معمول اثر چندانی بر بار ناشی از باد ندارند و لی در بعضی سازه ها ممکن است حائز اهمیت شوند. برای تعیین اثر اینگونه نوسانات لازم است به منابع معتبر مراجعه شود.

پ ۶-۲-۲- ضریب اثر تغییر سرعت، C_e

ضریب اثر تغییر سرعت C_e ، در روش تحلیل دینامیکی محاسبه بار باد به صورت حاصلضرب دو ضریب زیر نوشته می شود:

$$C_e = C_L C_g$$

(پ-۶-۲-۱)

ضرایب C_L ، C_g در این رابطه به ترتیب ((ضریب اثر امکان)) و ((ضریب اثر اوج باد)) نامیده می شوند و طبق بندهای پ ۶-۲-۳ و پ ۶-۲-۴ تعریف و محاسبه می شوند.

پ-۶-۲-۳- ضریب اثر مکان، C_L

ضریب اثر مکان، C_L ، دربرگیرنده اثرات تغییرات سرعت در ارتفاع ساختمان و نیز اثر وجود موانع در منطقه بر این

تغییرات است. این ضریب به شرح زیر تعیین می شود و در کاربرد آن ضابطه بند ۶-۶-۶-۲ تیز باید رعایت گردد.
الف- در نواحی داخلی شهرها و یا محلهایی که دارای ساختمانهای متعدد و یا انبوه درختان اند:

$$C_L = 0.18 \left(\frac{Z}{10} \right)^{0.22} \quad C_L \geq 0.18$$

(پ-۶-۳-۲)

ب- در نواحی باز خارج از شهرها و یا محلهایی که دارای ساختمانها و یا درختان پراکنده اند:

$$C_L = 1.0 \left(\frac{Z}{10} \right)^{0.16} \quad C_L \geq 1.0$$

در این رابطه Z ارتفاع تراز مورد نظر در ساختمان برای محاسبه فشار باد است.

پ-۶-۳-۴- ضریب اثر اوج باد، C_g

ضریب اثر اوج باد، C_g ، ینا به تعریف، نسبت اثر پیشینه بارگذاری باد به اثر متوسط آن است. این ضریب با استفاده از رابطه زیر تعیین می شود:

$$C_g = 1 + g_p \left(\frac{\sigma}{\mu} \right)$$

در این رابطه μ اثر بارگذاری متوسط باد، σ انحراف معیار بارگذاری باد، ضریب آماری اوج اثر بارگذاری $\frac{\sigma}{\mu}$ است. این ضرائب با استفاده از تحلیل دینامیکی سازه برای ارتعاشات تصادفی به دست می آیند. نسبت $\frac{\sigma}{\mu}$ و g_p ضریب را می توان به طور خلاصه به شرح زیر تعیین نمود.

$$\frac{\sigma}{\mu} \quad \text{پ-۶-۳-۴-۱ نسبت}$$

نسبت $\frac{\sigma}{\mu}$ از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{K}{C_{LH}} \left(B + \frac{S.F}{\lambda} \right)} \quad \text{پ ۶-۳-۵}$$

پارامترهای موجود در این رابطه به شرح زیر تعیین می شوند:

الف - K ضریبی است که:

برای مناطق بند پ ۶-۳-۳-الف:

$$K = 0.12$$

برای مناطق بند پ ۶-۳-۳-ب:

$$K = 0.10$$

در نظر گرفته می شود.

ب- C_{LH} ، مقدار ضریب اثر امکان، C_L در ارتفاع ساختمان، H ، تست که با استفاده از روابط بند پ ۶-۳-۳ بدست

آورده می شود.

پ - **B** ، ضریبی است به نام ((ضریب تلاطم محیط)) که با استفاده از نمودار شکل پ-۶-۳-۱ تعیین می گردد. در این نمودار H ارتفاع ساختمان و W عرض وجه رو به باد ساختمان است.

ت- **S** ، ضریبی است به نام ((ضریب کاهش ابعاد)) که برحسب نسبتهای $\frac{nH}{V_H}$ ، $\frac{W}{H}$ ، ((فرکانس کاهش یافته)) با استفاده از نمودار شکل پ-۶-۳-۲ به دست می آید. در این رابطه n فرکانس نسبتهای نوسان سازه برحسب هرتز، و V_H سرعت متوسط باد در ارتفاع ساختمان، H ، است. مقدار این سرعت را می توان با استفاده از رابطه:

$$V_H = \sqrt{C_{LH} V} \quad (\text{پ ۶-۳-۶})$$

به دست آورد، V سرعت مینای باد در منطقه برحسب متر بر ثانیه است. **F** - **ث** ، ضریبی است به نام (نسبت انرژی اوج باد) در فرکانس اصلی نوسان سازه که بر حسب پارامتر

عکس طول موج، $\frac{n_s}{V_H}$ با استفاده از نمودار شکل پ-۶-۳-۳ به دست می آید. **λ** ، نسبت میرانی بحرانی است که برای سازه های فولادی برابر با ۰/۰۱ و برای سازه های بتن آرمه برابر ۰/۰۲ اختیار می گردد.

پ-۶-۳-۲- ضریب اوج g_p

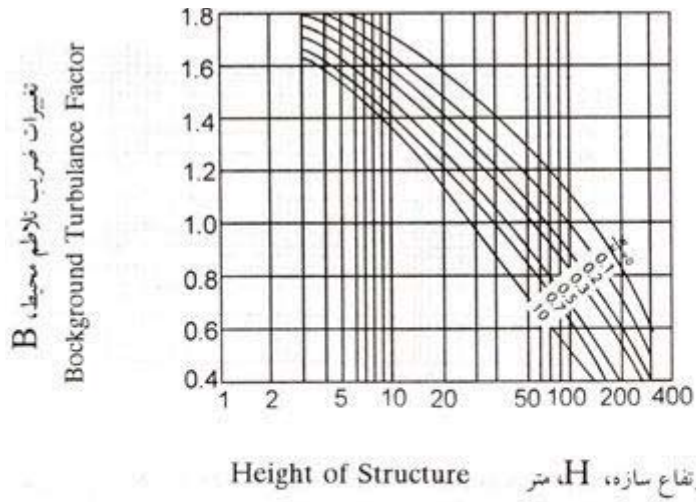
ضریب اوج g_p با محاسبه v ((نرخ متوسط نوسانات)) از رابطه:

$$V = n_s \cdot \sqrt{\frac{SF}{SF + \lambda B}}$$

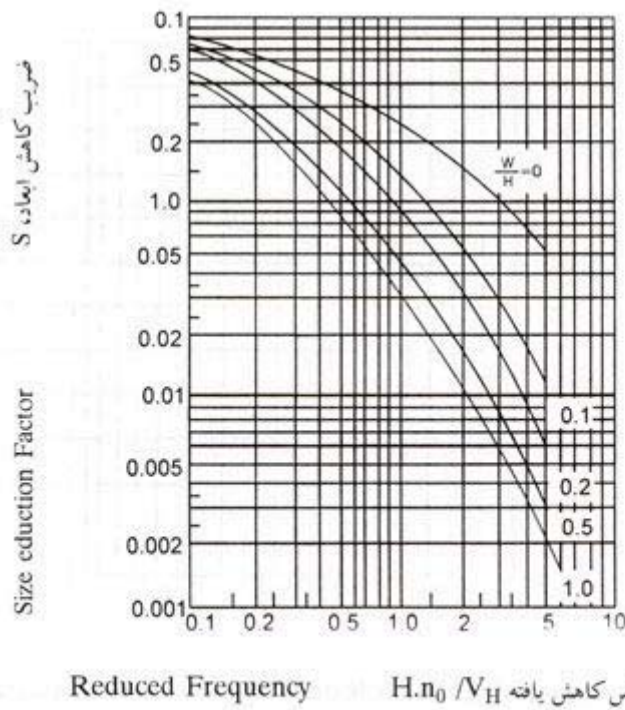
با استفاده از نمودار شکل پ-۶-۳-۴ تعیین می گردد. در تعیین مقدار در این نمودار زمان تداوم باد یک ساعت فرض شده است.

پ ۵-۲-۶ فرکانس اصلی نوسان سازه n_0

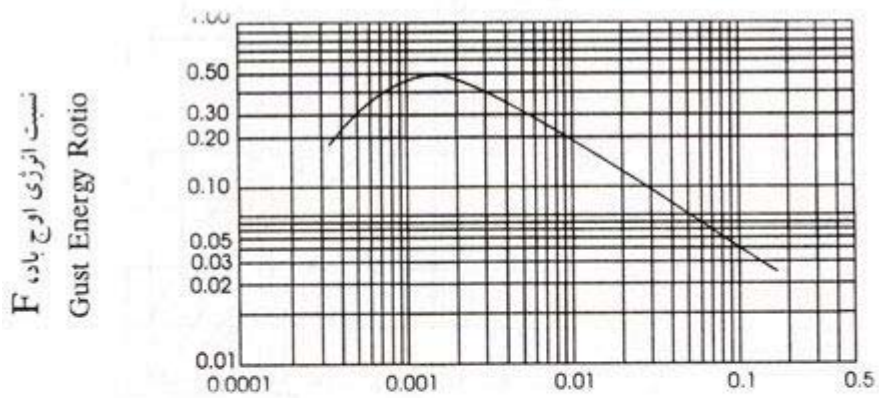
فرکانس اصلی نوسان سازه، n_0 را، با استفاده از تحلیل دینامیکی سازه به دست آورد. در غیر این صورت می توان آن را با استفاده از روابط تجربی داده شده برای تعیین پریود اصلی نوسان سازه، در فصل هفتم این آئین نامه، تعیین نمود. در این حالت، باید هشتماد درصد مقادیر T محاسبه شده از این روابط را در محاسبه n_0 منظور کرد. چنانچه n_0 با استفاده از محاسبات تحلیلی تعیین شده باشد، مقدار آن لزومی ندارد کوچکتر از این مقدار در نظر گرفته شود.



شکل پ - ۱ - ۳ - ۶ تغییرات ضریب تلاطم محیط با ابعاد سازه

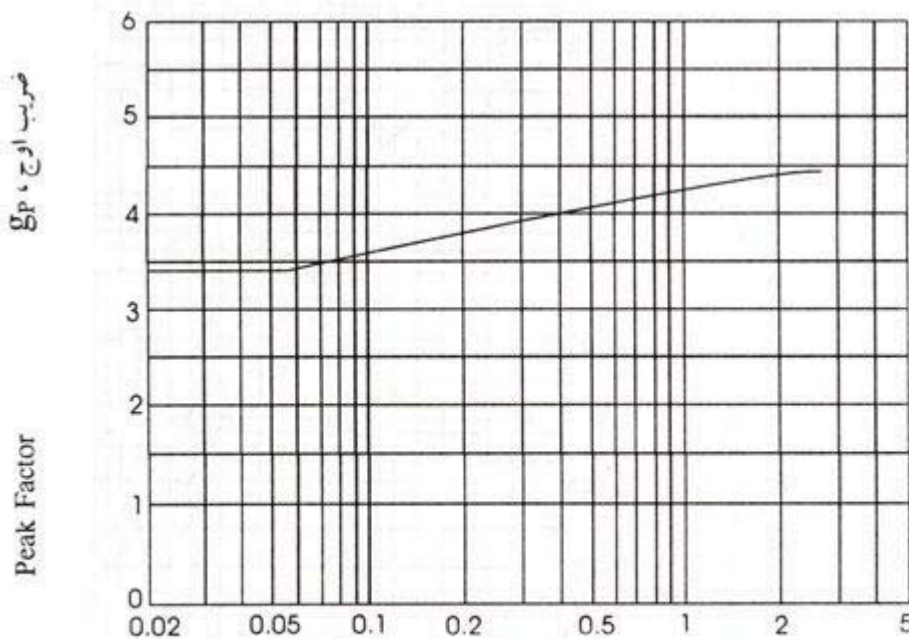


شکل پ - ۲ - ۳ - ۶ تغییرات ضریب کاهش ابعاد با فرکانس کاهش یافته



عکس طول موج، $H.n_0 / V_H$ ، Wave Number , Waves/m.

شکل پ - ۳-۳-۶ تغییرات انرژی اوج باد با عکس طول موج



نرخ متوسط نوسانات، V ، هرترز Average Flutuation Rate (C/S)

شکل پ - ۴-۳-۶ تغییرات ضرب اوج بانرخ متوسط نوسانات

درجه بندی خطر نسبی زلزله شهرها و نقاط مهم ایران

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله	
			خیلی زیاد	زیاد
۱	آبادان	خوزستان		
۲	آبدانان	ایلام		

		*		فارس	آباده	۳
			*	زنجان	آب بر	۴
		*		قزوین	آب گرم (آوج)	۵
			*	قزوین	آبیک	۶
		*		آذربایجان شرقی	آذرشهر	۷
		*		اصفهان	آران	۸
		*		گیلان	آستارا	۹
		*		گیلان	آستانه	۱۰
		*		سمنان	آستانه	۱۱
	*			مرکزی	آستانه	۱۲
		*		مرکزی	آشتیان	۱۳
		*		خراسان شمالی	آشخانه	۱۴
		*		خوزستان	آغاچاری	۱۵
		*		گلستان	آق قلعه	۱۶
		*		مازندران	آلاشت	۱۷
		*		مازندران	آمل	۱۸
		*		قزوین	آوج	۱۹

الف-

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله			
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم
۱	ابهر	زنجان		*		
۲	ابرکوه	یزد			*	
۲	ایبانه	اصفهان		*		
۴	اراک	مرکزی			*	
۵	ارجمند	تهران	*			
۶	ارسنجان	فارس			*	
۷	اردبیل	اردبیل		*		
۸	اردستان	اصفهان		*		

	*			یزد	اردکان	۹
		*		چهارمحال و بختیاری	اردل	۱۰
	*			آذربایجان غربی	ارومیه	۱۱
*				خوزستان	اروندکنار	۱۲
			*	لرستان	ازنا	۱۳
		*		فارس	استهبان	۱۴
		*		همدان	اسدآباد	۱۵
		*		خراسان شمالی	اسفراین	۱۶
		*		کرمانشاه	اسلام آباد غرب	۱۷
		*		آذربایجان غربی	اشنویه	۱۸
			*	تهران	اشتهارد	۱۹
	*			اصفهان	اصفهان	۲۰
		*		اردبیل	اصلاندوز	۲۱
		*		فارس	اقلید	۲۲
		*		لرستان	الشتر	۲۳
		*		لرستان	الیگودرز	۲۴
		*		سمنان	امیرآباد	۲۵
	*			خوزستان	امیدیه	۲۶
		*		کرمان	انار	۲۷
	*			اصفهان	انارک	۲۸
		*		خوزستان	اندیمشک	۲۹
		*		آذربایجان شرقی	آهر	۳۰
	*			بوشهر	اهرم	۳۱
	*			خوزستان	اهواز	۳۲
		*		خوزستان	ایذه	۳۳
		*		سیستان و بلوچستان	ایرانشهر	۳۴
	*			ایلام	ایلام	۳۵
	*			ایلام	ایوان	۳۶

		*	سمنان	ایوانکی	۲۷
--	--	---	-------	---------	----

-ب

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط
۱	بابل	مازندران		*	
۲	بابلسر	مازندران		*	
۳	باجگیران	خراسان رضوی		*	
۴	بادرود	اصفهان			*
۵	باغملک	خوزستان		*	
۶	بافت	کرمان		*	
۷	بافق	یزد		*	
۸	بانه	کردستان		*	
۹	بجستان	خراسان رضوی		*	
۱۰	بجنورد	خراسان شمالی		*	
۱۱	بردسکن	خراسان رضوی		*	
۱۲	بردسیر	کرمان		*	
۱۳	برازجان	بوشهر		*	
۱۴	بروجرد	لرستان	*		
۱۵	بروجن	چهارمحال و بختیاری		*	
۱۶	یزمان	سیستان و بلوچستان			*
۱۷	بستان	خوزستان			*
۱۸	بستان آباد	آذربایجان شرقی	*		
۱۹	بستک	هرمزگان		*	
۲۰	بسطام	سمنان		*	
۲۱	بشروئه	خراسان رضوی		*	
۲۲	بلده	مازندران		*	
۲۳	بلداجی	چهارمحال و بختیاری		*	
۲۴	بم	کرمان		*	
۲۵	بمپور	سیستان و بلوچستان			

	*					
	*			آذربایجان غربی	بوکان	۲۶
	*			آذربایجان شرقی	بناب	۲۷
*				خوزستان	بندر امام خمینی	۲۸
		*		گیلان	بندر انزلی	۲۹
		*		گلستان	بندر ترکمن	۳۰
		*		هرمزگان	بندر خمیر	۳۱
		*		بوشهر	بندر دیر	۳۲
	*			بوشهر	بندر دیلم	۳۳
		*		بوشهر	بندر طاهری	۳۴
		*		هرمزگان	بندرعباس	۳۵
		*		بوشهر	بندر عسلویه	۳۶
		*		گلستان	بندر گز	۳۷
	*			بوشهر	بندر گناوه	۳۸
		*		هرمزگان	بندر لنگه	۳۹
*				خوزستان	بندر ماهشهر	۴۰
		*		بوشهر	بندر مقام	۴۱
			*	قزوین	بوئین زهرا	۴۲
	*			بوشهر	بوشهر	۴۳
			*	تهران	بومهن	۴۴
		*		یزد	بهباد	۴۵
		*		خوزستان	بهبهان	۴۶
		*		فارس	بهرستان	۴۷
		*		مازندران	بهشهر	۴۸
	*			سمنان	بیارجمند	۴۹
	*			کردستان	بیجار	۵۰
		*		خراسان جنوبی	بیرجند	۵۱
		*		کرمانشاه	بیستون	۵۲
		*				

				اردبیل	بيله سوار	۵۲
--	--	--	--	--------	-----------	----

پ-

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط
۱	پارس آباد	اردبیل		*	
۲	پاوه	کرمانشاه		*	
۳	پل دختر	لرستان			*
۴	پلدشت	آذربایجان غربی		*	
۵	پل سفید	مازندران		*	
۶	پلور	مازندران	*		
۷	پیرانشهر	آذربایجان غربی		*	
۸	پیشوا	تهران		*	

ت-

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط
۱	تاکستان	قزوین		*	
۲	تالش	گیلان		*	
۳	تایباد	خراسان جنوبی		*	
۴	تبریز	آذربایجان شرقی	*		
۵	تربت جام	خراسان رضوی		*	
۶	تربت حیدریه	خراسان رضوی		*	
۷	ترود	سمنان		*	
۸	تسوج	آذربایجان شرقی	*		
۹	تفت	یزد			*
۱۰	تفرش	مرکزی		*	
۱۱	تکاب	آذربایجان غربی			*
۱۲	تنکابن	مازندران		*	
۱۳	تویسرگان	همدان		*	
۱۴	تهران	تهران	*		

		*		اصفهان	تیران	۱۵
--	--	---	--	--------	-------	----

ج-

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط کم
۱	جاجرم	خراسان شمالی		*	
۲	جاسک	هرمزگان		*	
۳	جام	سمنان		*	
۴	جالق	سیستان و بلوچستان		*	
۵	جغتای	خراسان رضوی		*	
۶	جلفا	آذربایجان شرقی		*	
۷	جم	بوشهر		*	
۸	جندق	اصفهان		*	
۹	جوانرود	کرمانشاه		*	
۱۰	جهرم	فارس		*	
۱۱	جیرفت	کرمان		*	
۱۲	جیرنده	گیلان	*		

ج-

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط کم
۱	چابکسر	گیلان		*	
۲	چادگان	اصفهان		*	
۳	چالوس	مازندران		*	
۴	چابهار	سیستان و بلوچستان		*	
۵	چارک	هرمزگان		*	
۶	چمن بید	خراسان شمالی		*	
۷	چرمهین	اصفهان		*	
۸	چناران	خراسان رضوی		*	

ج-

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		

کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			
		*		هرمزگان	حاجی آباد	۱
		*		تهران	حسن آباد	۲
		*		مازندران	حسن کیف	۳
	*			خوزستان	حمیدیه	۴

-خ-

خطر نسبی زلزله				استان	شهرستان	ردیف
کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			
	*			بوشهر	خارک	۱
		*		سیستان و بلوچستان	خاش	۲
		*		فارس	خاوران	۳
		*		فارس	خرامه	۴
		*		لرستان	خرم آباد	۵
		*		زنجان	خرم دره	۶
*				خوزستان	خرمشهر	۷
			*	خراسان جنوبی	خضری	۸
		*		اردبیل	خلخال	۹
	*			مرکزی	خمین	۱۰
		*		فارس	خنج	۱۱
	*			مرکزی	خنداب	۱۲
		*		خراسان جنوبی	خواف	۱۳
	*			اصفهان	خوانسار	۱۴
	*			اصفهان	خور	۱۵
	*			یزد	خور	۱۶
	*			بوشهر	خورموج	۱۷
	*			خراسان جنوبی	خوسف	۱۸
		*		آذربایجان غربی	خوی	۱۹

-د-

خطر نسبی زلزله				استان	شهرستان	ردیف
کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			

کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			
		*		فارس	داراب	۱
		*		اصفهان	داران	۲
		*		بوشهر	دالکی	۳
		*		سمنان	دامغان	۴
		*		خراسان رضوی	درگز	۵
			*	لرستان	درود	۶
		*		خراسان رضوی	درونه	۷
	*			ایلام	دره شهر	۸
		*		خوزستان	دزفول	۹
			*	خراسان	دشت بیاض	۱۰
	*			ایلام	دشت عباس	۱۱
	*			بوشهر	دلوار	۱۲
		*		مرکزی	دلیجان	۱۳
			*	تهران	دماوند	۱۴
		*		کهگیلویه و بویراحمد	دو گنبدان	۱۵
		*		فارس	ده بید	۱۶
		*		اصفهان	دهاقان	۱۷
		*		خوزستان	دهدز	۱۸
		*		یزد	دهشیر	۱۹
		*		سیستان و بلوچستان	دهک	۲۰
	*			ایلام	دهلران	۲۱
			*	تهران	دیزین	۲۲
		*		گیلان	دیلمان	۲۳
	*			کردستان	دیواندره	۲۴
			*	یزد	دیپوک	۲۵

ر

خطر نسبی زلزله				استان	شهرستان	ردیف
کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			

		*		مازندران	رامسر	۱
	*			خوزستان	رامشیر	۲
		*		گلستان	رامیان	۲
		*		کرمان	راور	۴
		*		خوزستان	رامهرمز	۵
		*		کرمان	راین	۶
			*	خراسان شمالی	رباط	۷
		*		یزد	رباط پشت بادام	۸
			*	تهران	رباط کریم	۹
		*		همدان	رزن	۱۰
		*		گیلان	رضوانشهر	۱۱
		*		گیلان	رشت	۱۲
		*		خراسان رضوی	رشتخوار	۱۳
		*		کرمان	رفسنجان	۱۴
		*		کرمانشاه	روانسر	۱۵
		*		هرمزگان	رودان	۱۶
			*	گیلان	رودبار	۱۷
		*		گیلان	رودسر	۱۸
			*	تهران	رودهن	۱۹
			*	تهران	ری	۲۰
		*		بوشهر	ریز	۲۱

ز-

خطر نسبی زلزله				استان	شهرستان	ردیف
کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			
		*		سیستان و بلوچستان	زابلی	۱
		*		سیستان و بلوچستان	زابلی	۲
		*		سیستان و بلوچستان	زاهدان	۳
		*		کرمان	زرند	۴

		*		فارس	زرقان	۵
		*		اصفهان	زفره	۶
		*		زنجان	زنجان	۷
		*		آذربایجان شرقی	زنوز	۸
	*			اصفهان	زواره	۹
		*		سیستان و بلوچستان	زهک	۱۰

س-س-

خطر نسبی زلزله				استان	شهرستان	ردیف
کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			
		*		مازندران	ساری	۱
		*			ساغند یزد	۲
		*		چهارمحال و بختیاری	سامان	۳
		*		کرمان	سبزآباد	۴
		*		مرکزی	ساوه	۵
		*		خراسان رضوی	سبزوار	۶
		*		فارس	سپیدان	۷
		*		خراسان جنوبی	سده	۸
		*		آذربایجان شرقی	سراب	۹
		*		سیستان و بلوچستان	سراوان	۱۰
			*	خراسان جنوبی	سرایان	۱۱
		*		سیستان و بلوچستان	سرباز	۱۲
			*	تهران	سریندان	۱۳
*				خوزستان	سریندر	۱۴
		*		خراسان جنوبی	سربیشه	۱۵
		*		کرمانشاه	سراب نیلوفر	۱۶
		*		کرمانشاه	سرپل ذهاب	۱۷
		*		کرمان	سرچشمه	۱۸
		*		چهارمحال و بختیاری	سرخون	۱۹
		*		سمنان	سرخه	۲۰

		*		آذربایجان غربی	سردشت	۲۱
		*		خراسان رضوی	سرخس	۲۲
		*		اردبیل	سرعین	۲۳
	*			آذربایجان غربی	سرو	۲۴
	*			فارس	سعادت شهر	۲۵
		*		کردستان	سقز	۲۶
		*		زنجان	سلطان آباد	۲۷
		*		زنجان	سلطانیه	۲۸
		*		قم	سلفچگان	۲۹
			*	آذربایجان غربی	سلماس	۳۰
		*		سمنان	سمنان	۳۱
		*		اصفهان	سمیرم	۳۲
		*		کرمانشاه	سنقر	۳۳
		*		خراسان رضوی	سنگان	۳۴
		*		کردستان	سنندج	۳۵
	*			خوزستان	سوسنگرد	۳۶
		*		سیستان و بلوچستان	سیب سوران	۳۷
		*		فارس	سوریان	۳۸
			*	تهران	سولقان	۳۹
	*			کرمانشاه	سومار	۴۰
		*		گیلان	سیاهکل	۴۱
	*			کرمان	سیرجان	۴۲
			*	کرمان	سیرچ	۴۳
		*		کهگیلویه و بویراحمد	سی سخت	۴۴
		*		آذربایجان غربی	سیه چشمه	۴۵

ش -

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله			

کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			
*				خوزستان	شادگان	۱
		*		مرکزی	شازند	۲
		*		خراسان رضوی	شاندیز	۳
			*	خراسان جنوبی	شاهرخت	۴
		*		سمنان	شاهرود	۵
	*			آذربایجان غربی	شاهین دژ	۶
	*			اصفهان	شاهین شهر	۷
	*			بوشهر	شبانکاره	۸
			*	آذربایجان شرقی	شبستر	۹
			*	آذربایجان شرقی	شرفخانه	۱۰
		*		چهارمحال و بختیاری	شلمزار	۱۱
	*			خوزستان	شوش	۱۲
		*		خوزستان	شوشتر	۱۳
			*	کرمان	شهداد	۱۴
		*		کرمان	شهر بابک	۱۵
		*		تهران	شهر جدید پرند	۱۶
		*		اصفهان	شهر رضا	۱۷
		*		چهارمحال و بختیاری	شهرکرد	۱۸
			*	تهران	شهریار	۱۹
			*	سمنان	شهمیرزاد	۲۰
		*		فارس	شیراز	۲۱
			*	خراسان شمالی	شیروان	۲۲

ص-

خطر نسبی زلزله				استان	شهرستان	ردیف
کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			
		*		زنجان	صائین	۱
		*		خراسان رضوی	صالح آباد	۲
			*	کرمانشاه	صحنه	۳

			*	آذربایجان شرقی	صوفیان	۴
--	--	--	---	----------------	--------	---

ط -

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط کم
۱	طاهری	بوشهر		*	
۲	طالقان	تهران	*		
۳	طبس	یزد	*		
۴	طرزهره	سمنان		*	
۵	طرود	سمنان		*	

ع -

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط کم
۱	عباس آباد	سمنان		*	
۲	عجب شیر	آذربایجان شرقی			*
۳	عسلویه	بوشهر		*	
۴	عقده	یزد		*	
۵	علمده	مازندران		*	
۶	علویجه	اصفهان			*
۷	علی آباد (گرگان)	گلستان		*	

ف -

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط کم
۱	فارسان	چهارمحال و بختیاری	*		
۲	فاروج	خراسان شمالی	*		
۳	فامنین	همدان			*
۴	فراشبند	فارس		*	
۵	فردوس	خراسان رضوی	*		
۶	فرمهبین	مرکزی			*
۷	فرومد	سمنان		*	

۸	فریدون شهر	اصفهان	*
۹	فریدون کنار	مازندران	*
۱۰	فریمان	خراسان رضوی	*
۱۱	فنوج	سیستان و بلوچستان	*
۱۲	فسا	فارس	*
۱۳	فشم	تهران	*
۱۴	فومن	گیلان	*
۱۵	فیروزآباد	فارس	*
۱۶	فیروزآباد	اردبیل	*
۱۷	فیروزکوه	تهران	*
۱۸	فین	اصفهان	*

ق-

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله			
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم
۱	فایم شهر	مازندران		*		
۲	قائن	خراسان جنوبی	*			
۳	قادرآباد	فارس			*	
۴	قروه	کردستان		*		
۵	قره آغاج	آذربایجان شرقی		*		
۶	قره ضیاء الدین	آذربایجان غربی		*		
۷	قزوین	قزوین	*			
۸	قطور	آذربایجان غربی	*			
۹	قشم	هرمزگان		*		
۱۰	قصر شیرین	کرمانشاه		*		
۱۱	قصر قند	سیستان و بلوچستان		*		
۱۲	قم	قم		*		
۱۳	قمصر	اصفهان		*		
۱۴	قوچان	خراسان رضوی	*			
۱۵	قیدار	زنجان		*		

		*		فارس	قیر	۱۶

-ک

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط کم
۱	کاخک	خراسان رضوی	*		
۲	کازرون	فارس		*	
۳	کاشان	اصفهان		*	
۴	کاشمر	خراسان رضوی		*	
۵	کامیاران	کردستان	*		
۶	کبوتر آهنگ	همدان			*
۷	کرج	تهران	*		
۸	کرمان	کرمان		*	
۹	کرمانشاه	کرمانشاه		*	
۱۰	کرد	کرمانشاه		*	
۱۱	کلپیر	آذربایجان شرقی		*	
۱۲	کلیسا کندی	آذربایجان غربی		*	
۱۳	کلور	اردبیل	*		
۱۴	کلاچای	گیلان		*	
۱۵	کلات نادری	خراسان رضوی		*	
۱۶	کلاله	گلستان		*	
۱۷	کمیشان	مرکزی			*
۱۸	کنارک	سیستان و بلوچستان		*	
۱۹	کنگان	بوشهر		*	
۲۰	کنگاور	کرمانشاه	*		
۲۱	کوار	فارس		*	
۲۲	کوشک	قم		*	
۲۳	کولی	خراسان جنوبی	*		
۲۴	کوهانی	همدان	*		

		*		کرمان	کوهپیان	۲۵
		*		اصفهان	کوهپایه	۲۶
		*		لرستان	کوهدشت	۲۷
			*	چهارمحال و بختیاری	کوهزنگ	۲۸
		*		سیستان و بلوچستان	کوهک	۲۹
		*		قم	کهک	۳۰
		*		کرمان	کهنوج	۳۱
		*		کرمان	کیانشهر	۳۲
		*		مازندران	کیاسر	۳۳
		*		هرمزگان	کیش	۳۴
			*	تهران	کیلان	۳۵

-گ-

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله			
			خیلی زیاد	زیاد	منوسط	کم
۱	گازران	قم		*		
۲	گاوبندی	هرمزگان		*		
۳	گچسر	تهران	*			
۴	گچساران	کهگیلویه و بویراحمد		*		
۵	گراش	فارس		*		
۶	گرمخان	خراسان شمالی		*		
۷	گرگان	گلستان		*		
۸	گرمسار	سمنان		*		
۹	گرمی	اردبیل		*		
۱۰	گلباف	کرمان	*			
۱۱	گلپایگان	اصفهان			*	
۱۲	گناباد	خراسان رضوی		*		
۱۳	گناوه	بوشهر			*	
۱۴	گنبد کاووس	گلستان		*		
۱۵	گندمان	چهارمحال و بختیاری		*		

		*		سیستان و بلوچستان	گواتر	۱۶
			*	خراسان شمالی	گیفان	۱۷
		*		کرمانشاه	گیلان غرب	۱۸
			*	زنجان	گیلوان	۱۹
		*		اردبیل	گیوی	۲۰

-ج

خطر نسبی زلزله				استان	شهرستان	ردیف
کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			
		*		فارس	لار	۱
		*		خوزستان	لالی	۲
		*		فارس	لامرد	۳
			*	تهران	لواسان	۴
		*		هرمزگان	لاوان	۵
		*		اردبیل	لاهرود	۶
		*		گیلان	لاهیجان	۷
		*		چهارمحل و بختیاری	لردگان	۸

-م

خطر نسبی زلزله				استان	شهرستان	ردیف
کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			
		*		لرستان	مامون	۱
			*	گیلان	ماسوله	۲
		*		آذربایجان غربی	ماکو	۳
*				خوزستان	ماهشهر	۴
		*		کرمان	ماهان	۵
		*		زنجان	ماه نشان	۶
		*		اصفهان	مبارکه	۷
		*		سمنان	مجن	۸
	*			مرکزی	محلات	۹

		*		مازندران	محمودآباد	۱۰
		*		خراسان رضوی	مرزداران	۱۱
	*			آذربایجان شرقی	مراغه	۱۲
		*		گلستان	مراوه تپه	۱۳
			*	تهران	مردآباد	۱۴
		*		مازندران	مرزن آباد	۱۵
		*		آذربایجان شرقی	مرد	۱۶
		*		فارس	مرودشت	۱۷
		*		یزد	مروست	۱۸
			*	کردستان	مربوان	۱۹
		*		خوزستان	مسجد سلیمان	۲۰
			*	تهران	مشاء	۲۱
		*		اردبیل	مشکین شهر	۲۲
		*		خراسان رضوی	مشهد	۲۳
		*		سمنان	معلمان	۲۴
			*	قزوین	معلم کلایه	۲۵
	*			خوزستان	ملاثانی	۲۶
		*		همدان	ملایر	۲۷
			*	گیلان	منجیل	۲۸
	*			ایلام	موسیان	۲۹
	*			آذربایجان غربی	مهاباد	۳۰
			*	سمنان	مهدی شهر	۳۱
		*		فارس	مهر	۳۲
	*			ایلام	مهران	۳۳
	*			یزد	مهریز	۳۴
	*			آذربایجان غربی	میاندوآب	۳۵
			*	آذربایجان شرقی	میانه	۳۶
	*			یزد	میبد	۳۷
		*				

			سیستان و بلوچستان	میر جاوه	۲۸
		*	گلستان	مینودشت	۳۹
	*		اصفهان	میمه	۴۰
		*	سمنان	میامی	۴۱
		*	هرمزگان	میناب	۴۲

-۵

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط کم
۱	نائین	اصفهان		*	
۲	ناغان	چهارمحال و بختیاری		*	
۳	نایبند	یزد	*		
۴	نجف آباد	اصفهان			*
۵	نصرت آباد	سیستان و بلوچستان		*	
۶	نطنز	اصفهان		*	
۷	نمین	اردبیل		*	
۸	نقده	آذربایجان غربی		*	
۹	نکاء	مازندران		*	
۱۰	نوران	مرکزی		*	
۱۱	نوسود	کرمانشاه		*	
۱۲	نوشهر	مازندران		*	
۱۳	نور	مازندران		*	
۱۴	نورآباد	فارس		*	
۱۵	نهاوند	همدان	*		
۱۶	نهبندان	خراسان جنوبی		*	
۱۷	نیر	اردبیل		*	
۱۸	نیریز	فارس		*	
۱۹	نیشابور	خراسان رضوی		*	
۲۰	نیک شهر	سیستان و بلوچستان		*	

-۹

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط کم
۱	ورامین	تهران		*	
۲	ورزنه	اصفهان			*
۳	ورزقان	آذربایجان شرقی		*	

-۵

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط کم
۱	هرات	یزد		*	
۲	هریس	آذربایجان شرقی		*	
۳	هرسین	کرمانشاه		*	
۴	هشتپر	گیلان		*	
۵	هشتجین	اردبیل	*		
۶	هشترود	آذربایجان شرقی		*	
۷	هشتگرد	تهران	*		
۸	هفتگل	خوزستان		*	
۹	همدان	همدان		*	
۱۰	هندیجان	خوزستان			*
۱۱	هویزه	خوزستان			*

-۵

ردیف	شهرستان	استان	خطر نسبی زلزله		
			خیلی زیاد	زیاد	متوسط کم
۱	ياسوج	کهگیلویه و بویراحمد		*	
۲	یزد	یزد			*

جزئیات روش تحلیل دینامیکی طیفی (با استفاده از تحلیل مدها و طیف بازتاب طرح)

۱- حرکت زمین بر اثر زلزله

از اینجا که بازتاب یک ساختمان بر اثر زلزله، بستگی به ویژگیهای حرکت زمین دارد، باید سعی نمود تا حرکتی را که در زمین، در هنگام وقوع یک زلزله عمده ایجاد می شوند، تعریف کرد. متأسفانه با یک تعریف واحد نمی

توان تمام حرکات مختلفی را که ممکن است در یک محل به خصوص اتفاق بیفتد، مشخص نمود. به طور کلی می توان موارد زیر را در مورد حرکات زمین بر اثر زلزله، ذکر کرد:

* حرکات زمین در نزدیکی منشأ زلزله (گسل مسبب) شدید بوده و با دور شدن از آن این حرکات ضعیف تر می شوند.

* زمان های تناوب عمده ارتعاش زمین با دور شدن از منشأ افزایش می یابند.

* لایه های عمیق خاک نرم، حرکاتی را در سطح زمین ایجاد می کنند که دارای زمان تناوب های عمده طولانی تری نسبت به حالت وجود لایه های سخت و یا سنگی می باشند.

اندازه گیری اولیه حرکت زمین بر اثر زلزله، همان شتاب نگاشت های به دست آمده، از دستگاه های شتاب نگار است. اطلاعات به دست آمده از یک شتاب نگار معمولاً شامل دو مؤلفه افقی (در امتدادهای عمود بر یکدیگر) و یک مؤلفه قائم حرکت می باشند. هر چند که حالت ایده آل در طراحی ساختمان ها آن است که ساختمان در برابر اثر یک شتاب نگاشت مشخص که احتمال وقوع آن در آینده با قبول یک میزان خطر معلوم وجود دارد، طراحی شود، لیکن اشکالاتی که در حال حاضر برای تعیین مشخصات دقیق شتاب نگاشت فرضی در محل یک ساختمان وجود دارد ایجاب می نماید به جای استفاده مستقیم از شتاب نگاشتها از روش های دیگری که حداکثر بازتاب های ساختمان را تعیین می کند، استفاده شود. عملی ترین و متداولترین این روش ها در حال حاضر روش طیف بازتاب زلزله است.

۲- طیف بازتاب زلزله

در صورتی که برای یک شتاب نگاشت معین و برای یک نسبت میرایی ثابت، منحنی تغییرات حداکثر بازتاب شتاب مطلق S_a برای یک سیستم با یک درجه آزادی با زمانهای تناوب مختلف، رسم گردد، این منحنی طیف بازتاب شتاب (مطلق) نامیده می شود. این طیف را می توان برای میرایی های مختلف سازه ترسیم نمود.

طیف بازتاب فوق برای یک زلزله خاص بوده و همان شکل مربوط به استفاده از یک شتاب نگاشت را دارا می باشد و لذا نمی تواند به تنهایی مبنای طراحی قرار گیرد. برای رفع این نقیصه با استفاده از مجموعه ای از طیف های بازتاب زلزله های مختلف، ولی همگن و اجرای عملیات آماری، طیف هموار شده برای طرح و یا سطح بهره برداری به دست می آید.

این گونه طیف ها با دستورالعمل مندرج در آئین نامه (طیف استاندارد آئین نامه، بند ۲-۴-۱-۲) و یا براساس مطالعات ویژه موقعیت محل (طیف ویژه ساختگاه، بند ۲-۴-۱-۳ به دست می آید.

حداکثر کلیه بازتاب های یک سیستم با یک درجه آزادی با زمان تناوب T و نسبت میرایی معین را می توان با در دست داشتن S_a به دست آورد. در این آئین نامه، در اکثر موارد مطابق شرایط ذکر شده می توان از مقادیر طیف استاندارد آئین نامه (بند ۲-۴-۱-۲) به عنوان S_a استفاده کرد.

یعنی برای زلزله طرح:

$$S_2 = \frac{1}{R} ABI$$

و برای زلزله سطح بهره برداری:

$$S_4 = \frac{1}{6} ABI$$

۲- تحلیل طیفی بازتاب های ساختمان

ساختمان های چند طبقه به صورت سازه های با چند درجه آزادی تحلیل می گردند. انتخاب آزادی برای انجام تحلیل دینامیکی، به نوع سازه، مدل انتخابی و میزان دقت مورد نظر بستگی دارد.

در صورت استفاده از نرم افزارهای اجزای محدود، مدل سازه عموماً دارای تعداد نسبتاً زیادی درجه آزادی که مشتمل بر درجات آزادی انتقالی و چرخشی است، خواهد بود. لیکن به صورت معمول با فرض صلب بودن کف

های طبقات، تعداد درجات آزادی اصلی سازه به ۳ درجه آزادی در هر کف کاهش می یابد. این سه درجه آزادی مشتمل بر ۲ درجه آزادی حرکت انتقالی و یک درجه آزادی حرکت چرخشی است. حالت خاص این نوع مدل سازی قابهای دو بعدی است که در این حالت، آزادی صرفاً شامل حرکت‌های جانبی در هر طبقه خواهد بود. ساختمان‌های چندین طبقه با جرم‌های پراکنده به صورت سازه‌های با چند درجه آزادی که دارای مدهای ارتعاشی متعدد می باشند، تحلیل می گردند.

در هنگام اثر نمودن زلزله به پای سازه با چند درجه آزادی، تغییر شکل جانبی سازه ترکیبی از اثر تمام شکل‌های مدی سازه است، لیکن مدهایی که زمان تناوب طبیعی آنها با زمان تناوب ارتعاش زمین نزدیکتر باشند، بیشتر بر روی تغییر شکل سازه اثر می گذارند.

برای هر مد ارتعاشی عمده با توجه به زمان تناوب، شکل مدی، توزیع جرم و طیف بازتاب می توان حداکثر پاسخ‌های سازه از قبیل تغییر مکان جانبی طبقات، شتاب طبقات، نیروها و لنگرهای واژگونی در طبقات را محاسبه نمود. سپس باید نتایج به دست آمده برای مدهای مختلف ارتعاشی را با یکدیگر ترکیب نمود. برای اغلب ساختمان‌ها، مشارکت مدهای بالاتر (فرکانس بالاتر، زمان تناوب کمتر) نسبت به مدهای پایین‌تر ناچیز بوده و قابل اغماض اند. لیکن برای ساختمان‌های بلند و یا ساختمان‌های با زمان تناوب اصلی زیاد و یا ساختمان‌های نامنظم، اهمیت مدهای دوم، سوم و بالاتر ارتعاشی زیاد بوده و این مدها می توانند بر روی بازتاب مورد نظر تأثیر عمده بگذارند. اهمیت مشارکت هر مد ارتعاشی به ویژگی‌های مدل ساختمان و ویژگی‌های طیف بازتاب بستگی دارد.

در صورتی که در یک سازه با چند درجه آزادی، چند مد دارای اهمیت باشند باید روش مناسبی برای ترکیب آثار مدها انتخاب نمود که در انتهای این پیوست توضیح داده شده است. در تحلیل طیفی سیستم‌های با چند درجه آزادی که صرفاً برای سیستم‌های با رفتار الاستیک خطی کاربرد دارد، برای تعیین بازتاب‌های مختلف به شرح زیر عمل می شود:

(۱) با استفاده از اصول دینامیک سازه‌ها، زمان‌های تناوب و شکل‌های مدی برای مدهای عمده ساختمان محاسبه می گردد.

(۲) جرم مودی M_n برای مد شماره n از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$M_n = \phi_n^T [M] \phi_n$$

در رابطه فوق، ϕ_n بردار ستونی شکل مد n است که به شکل زیر نمایش داده می شود:

$$\phi_n = \left\{ \begin{array}{c} \end{array} \right\}$$

ϕ_n^1 تا ϕ_n^k مقادیر بی بعد و متناسب با تغییر مکان‌های مختلف در تراز طبقات ۱ تا k در مد n هستند، اگر ساختمان به صورت دو بعدی با کف صلب مدل شده باشد، $s=k$ اگر ساختمان به صورت سه بعدی با کف صلب مدل شده باشد، $[s=3k [M$ ماتریس جرم سازه است که دارای s سطر و s ستون است.

(۳) ضریب تحریک مد n مطابق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$L_n = \phi_n^T [M] f$$

در ساختمان‌های چند طبقه، مؤلفه‌های r_i در بردار r برای درجات آزادی هم‌امتداد با حرکت زمین مساوی ۱ و برای سایر درجات آزادی مساوی صفر هستند.

مدهای عمده سازه که باید در تحلیل طیفی مورد استفاده قرار گیرند مطابق بند ۲-۴-۲-۲ آیین‌نامه تعیین می گردد.

(۴) برای هر مد n با استفاده از منحنی طیف بازتاب شتاب به ازای زمان تناوب ویژه آن مد، T_n ، شتاب طیفی S_{an} قرائت می شود.

(۵) در این مرحله، انواع پاسخ‌های سازه در مد n را می توان به دست آورد:

(۱-۵) محاسبه بردار تعیین مکان مدی سازه

$$\dot{X}_n = \phi_n \frac{L_n}{M_n} \frac{T_n^2}{4\pi^2} S_m$$

(۲-۵) مقدار تغییر مکان نسبی هر طبقه i یا drift در مد n از تفاضل حداکثر تغییر مکان جانبی ترازهای بالا و پایین آن طبقه در جهت مورد نظر در مد n حاصل می شود:

$$\Delta X_n$$

(۳-۵) محاسبه بردار شتاب مدی حرکت

$$\ddot{X}_n = \phi_n \frac{L_n}{M_n} S_m$$

\ddot{X}_n و X_n دارای S مؤلفه به ازای S درجه آزادی حرکت سازه هستند. بردارهای

(۴-۵) محاسبه بردار نیروی مدی طبقه

$$f_n = [M] \ddot{X}_n$$

(۶) با اجرای عملیاتی روی پاسخ های ارائه شده در بند ۵، می توان اطلاعات بیشتری از عملکرد سازه در مد n کسب کرد:

(۱-۶) مقدار حداکثر برش طبقه I در هر امتداد در مد n از جمع زدن مؤلفه های بردار نیروی طبقات بالاتر که متناظر با آن امتداد هستند به دست می آید. برای قاب ۲ بُعدی خواهیم داشت.

$$V_n^i = \sum_{j=i}^k f_n^j$$

برای محاسبه حداکثر برش پایه ساختمان در مد n در هر امتداد می توان از رابطه مشابه فوق با انتخاب $j=1$ استفاده کرد، یعنی:

$$V_n = V_n^1$$

حداکثر برش پایه ساختمان در مد n در حالت کلی از رابطه برداری زیر حاصل می شود:

$$V_{np} = r_p^T f_n$$

P نشان دهنده مؤلفه مورد نظر از بین ۲ مؤلفه قابل انتخاب است (۲ حرکت افقی و ۱ حرکت چرخشی) بسته به انتخاب، مؤلفه های r_p متناظر با درجه آزادی مورد نظر مساوی ۱ و بقیه مساوی صفر خواهند بود. اگر r_p با ۲ به کار رفته در محاسبه L_n یکی باشد، می توان از رابطه عددی V_n استفاده کرد:

$$V_n = \frac{L_n^2}{M_n} S_m$$

در این صورت، امتداد V_n ، برش پایه در جهت مؤلفه p خواهد بود. برای قابهای دو بُعدی، رابطه عددی V_n همواره برقرار است.

(۲-۶) مقدار حداکثر لنگر وازگونی در هر جهت در مد n از ضرب کردن نیروی هر طبقه در ارتفاع آن طبقه و سپس جمع کردن حاصلضرب ها به دست می آید. در حالت کلی داریم:

$$OM_n = r_p^T [h] f_n$$

$[h]$ ماتریس ارتفاع طبقات از تراز پایه است و به شکل زیر ظاهر می شود:

۲ بُعدی، r_p در معادله فوق حذف می شود و در حالت قاب

$$OM_n = [h]F_n$$

یا در دست داشتن نیروهای جانبی و تغییر مکان جانبی طبقات، نیروی داخلی اعضا (شامل آثار $P-\Delta$) برای هر مد ارتعاشی و با روشهای متداول تحلیل استاتیکی جداگانه محاسبه شده و سپس نیروهای نهایی اعضا با توجه به ترکیب آماری، نتایج تحلیل هر مد مطابق بند زیر محاسبه می گردد.

۴- ترکیب اثر مدها

در روش تحلیل مدی که در قسمت قبل توضیح داده شد، حداکثر بازتاب های مختلف سازه، (نیروها، تلاش ها و یا تغییر مکانها) هنگامی که در یکی از مدهای طبیعی با اهمیت خود ارتعاش می کند، به دست می آید. از آنجا که این حداکثر بازتابها برای مدهای مختلف در یک زلزله، به طور همزمان اتفاق نمی افتد، لازم است با روشهای آماری مقداری بازتاب های کلی حداکثر در اعضای مختلف سازه تخمین زده شود. این چنین روش آماری باید براساس ترکیبی از حداکثر بازتابهای مدهای مختلف بوده و آثار اندرکنش احتمالی بین بازتابهای مختلف نزدیک به یکدیگر حاصل از مدهای مختلف را در بر بگیرد. یکی از روشهای آماری ترکیب مدها با یکدیگر روش جذر مجموع مربعات یا روش (SRSS) است. در این روش بازتاب کلی، U ، در امتداد هر درجه آزادی از رابطه زیر به دست می آید:

$$U = \left[\sum_{n=1}^N u_n^2 \right]^{1/2}$$

در رابطه فوق، u_n بازتاب درجه آزادی مورد نظر برای مد n بوده و N جمع تعداد مدهای تحت بررسی است. از این روش می توان در مواردی استفاده نمود که زمان تناوب مدهای مختلف با یکدیگر متفاوت بوده و از یکدیگر فاصله کافی داشته باشند به نحوی که رابطه زیر صادق باشد:

$$r = \frac{T_m}{T_n} \leq 0.67$$

$$(T_n > T_m)$$

در رابطه فوق، نسبت میرایی برابر ۵٪ فرض شده و T_m و T_n به ترتیب زمان های تناوب طبیعی برای مدهای n و m است.

در صورتی که رابطه فوق صادق نباشد، جوابهای به دست آمده از ترکیب جذر مجموع مربعات قابل اعتماد نبوده و بهتر است از روش دیگری که به نام ترکیب مربعی کامل یا روش (CQC) موسوم است استفاده شود. این روش قابلیت کاربرد عمومی برای اکثر حالتها را دارد.

در روش ترکیب مربعی کامل بازتاب کلی ترکیبی، U از رابطه زیر به دست می آید:

$$U = \left[\sum_{n=1}^N u_n^2 + 2 \sum_{n=1}^{N-1} \sum_{m=n+1}^N \rho_{nm} u_n u_m \right]^{1/2}$$

در رابطه فوق، مقادیر u_n و u_m حداکثر بازتابهای سازه در درجه آزادی مورد نظر به هنگام ارتعاش سازه به ترتیب در مدهای n و m بوده و

ضرب بین مدی است که از رابطه زیر محاسبه می گردد. همچنین باید توجه داشت که در محاسبه U طبق رابطه بالا علامتهای u_n و u_m باید رعایت شود.

$$\rho_{\text{mm}} = \frac{8\xi^2(1+r)r^{3/2}}{(1-r^2)^2 + 4\xi^2 r(1+r)^2}$$

منظور می شود در رابطه فوق، $\xi = 0/05$

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



جزئیات روش تحلیل دینامیکی طیفی (با استفاده از تحلیل مدها و طیف بازتاب طرح)

۱- حرکت زمین بر اثر زلزله

از اینجا که بازتاب یک ساختمان بر اثر زلزله، بستگی به ویژگیهای حرکت زمین دارد، باید سعی نمود تا حرکتی را که در زمین، در هنگام وقوع یک زلزله عمده ایجاد می شوند، تعریف کرد. متأسفانه با یک تعریف واحد نمی توان تمام حرکات مختلفی را که ممکن است در یک محل به خصوص اتفاق بیفتد، مشخص نمود. به طور کلی می توان موارد زیر را در مورد حرکات زمین بر اثر زلزله، ذکر کرد:

* حرکات زمین در نزدیکی منشأ زلزله (گسل مسبب) شدید بوده و با دور شدن از آن این حرکات ضعیف تر می شوند.

* زمان های تناوب عمده ارتعاش زمین با دور شدن از منشأ افزایش می یابند.

* لایه های عمیق خاک نرم، حرکاتی را در سطح زمین ایجاد می کنند که دارای زمان تناوب های عمده طولانی تری نسبت به حالت وجود لایه های سخت و یا سنگی می باشند.

اندازه گیری اولیه حرکت زمین بر اثر زلزله، همان شتاب نگاشت های به دست آمده، از دستگاه های شتاب نگار است. اطلاعات به دست آمده از یک شتاب نگار معمولاً شامل دو مؤلفه افقی (در امتدادهای عمود بر یکدیگر) و یک مؤلفه قائم حرکت می باشند. هر چند که حالت ایده آل در طراحی ساختمان ها آن است که ساختمان در برابر اثر یک شتاب نگاشت مشخص که احتمال وقوع آن در آینده با قبول یک میزان خطر معلوم وجود دارد، طراحی شود، لیکن اشکالاتی که در حال حاضر برای تعیین مشخصات دقیق شتاب نگاشت فرضی در محل یک ساختمان وجود دارد ایجاب می نماید به جای استفاده مستقیم از شتاب نگاشتها از روش های دیگری که حداکثر بازتاب های ساختمان را تعیین می کند، استفاده شود. عملی ترین و متداولترین این روش ها در حال حاضر روش طیف بازتاب زلزله است.

۲- طیف بازتاب زلزله

در صورتی که برای یک شتاب نگاشت معین و برای یک نسبت میرایی ثابت، منحنی تغییرات حداکثر بازتاب شتاب مطلق S_a برای یک سیستم با یک درجه آزادی با زمانهای تناوب مختلف، رسم گردد، این منحنی طیف بازتاب شتاب (مطلق) نامیده می شود. این طیف را می توان برای میرایی های مختلف سازه ترسیم نمود.

طیف بازتاب فوق برای یک زلزله خاص بوده و همان شکل مربوط به استفاده از یک شتاب نگاشت را دارا می باشد و لذا نمی تواند به تنهایی مبنای طراحی قرار گیرد. برای رفع این نقیصه با استفاده از مجموعه ای از طیف های بازتاب زلزله های مختلف، ولی همگن و اجرای عملیات آماری، طیف هموار شده برای طرح و یا سطح بهره برداری به دست می آید.

این گونه طیف ها یا با دستورالعمل مندرج در آئین نامه (طیف استاندارد آئین نامه، بند ۲-۴-۱-۲) و یا براساس مطالعات ویژه موقعیت محل (طیف ویژه ساختگاه، بند ۲-۴-۱-۲ به دست می آید.

حداکثر کلیه بازتاب های یک سیستم با یک درجه آزادی با زمان تناوب T و نسبت میرایی معین را می توان با در دست داشتن S_a به دست آورد. در این آئین نامه، در اکثر موارد مطابق شرایط ذکر شده می توان از مقادیر طیف استاندارد آئین نامه (بند ۲-۴-۱-۲) به عنوان S_a استفاده کرد.

یعنی برای زلزله طرح:

$$S_a = \frac{1}{R} ABI$$

و برای زلزله سطح بهره برداری:

$$S_a = \frac{1}{6} ABI$$

۲- تحلیل طیفی بازتاب های ساختمان

ساختمان های چند طبقه به صورت سازه های با چند درجه آزادی تحلیل می گردند. انتخاب آزادی برای انجام تحلیل دینامیکی، به نوع سازه، مدل انتخابی و میزان دقت مورد نظر بستگی دارد.

در صورت استفاده از نرم افزارهای اجزای محدود، مدل سازه عموماً دارای تعداد نسبتاً زیادی درجه آزادی که مشتمل بر درجات آزادی انتقالی و چرخشی است، خواهد بود. لیکن به صورت معمول با فرض صلب بودن کف های طبقات، تعداد درجات آزادی اصلی سازه به ۳ درجه آزادی در هر کف کاهش می یابد. این سه درجه آزادی مشتمل بر ۲ درجه آزادی حرکت انتقالی و یک درجه آزادی حرکت چرخشی است. حالت خاص این نوع مدل سازی قابهای دو بعدی است که در این حالت، آزادی صرفاً شامل حرکت های جانبی در هر طبقه خواهد بود.

ساختمان های چندین طبقه با جرم های پراکنده به صورت سازه های با چند درجه آزادی که دارای مدهای ارتعاشی متعدد می باشند، تحلیل می گردند.

در هنگام اثر نمودن زلزله به پای سازه با چند درجه آزادی، تغییر شکل جانبی سازه ترکیبی از اثر تمام شکل های مدی سازه است، لیکن مدهایی که زمان تناوب طبیعی آنها با زمان تناوب ارتعاش زمین نزدیکتر باشند، بیشتر بر روی تغییر شکل سازه اثر می گذارند.

برای هر مد ارتعاشی عمده با توجه به زمان تناوب، شکل مدی، توزیع جرم و طیف بازتاب می توان حداکثر پاسخ های سازه از قبیل تغییر مکان جانبی طبقات، شتاب طبقات، نیروها و لنگرهای واژگونی در طبقات را محاسبه نمود. سپس باید نتایج به دست آمده برای مدهای مختلف ارتعاشی را با یکدیگر ترکیب نمود. برای اغلب ساختمان ها، مشارکت مدهای بالاتر (فرکانس بالاتر، زمان تناوب کمتر) نسبت به مدهای پایین تر ناچیز بوده و قابل اغماض اند. لیکن برای ساختمان های بلند و یا ساختمان های با زمان تناوب اصلی زیاد و یا ساختمان های نامنظم، اهمیت مدهای دوم، سوم و بالاتر ارتعاشی زیاد بوده و این مدها می توانند بر روی بازتاب مورد نظر تأثیر عمده بگذارند. اهمیت مشارکت هر مد ارتعاشی به ویژگیهای مدل ساختمان و ویژگی های طیف بازتاب بستگی دارد.

در صورتی که در یک سازه با چند درجه آزادی، چند مد دارای اهمیت باشند باید روش مناسبی برای ترکیب آثار مدها انتخاب نمود که در انتهای این پیوست توضیح داده شده است. در تحلیل طیفی سیستم های با چند درجه آزادی که صرفاً برای سیستم های با رفتار الاستیک خطی کاربرد دارد، برای تعیین بازتاب های مختلف به شرح زیر عمل می شود:

(۱) با استفاده از اصول دینامیک سازه ها، زمان های تناوب و شکل های مدی برای مدهای عمده ساختمان محاسبه می گردد.

(۲) جرم مودی M_n برای مد شماره n از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$M_n = \phi_n^T [M] \phi_n$$

در رابطه فوق، Φ بردار ستونی شکل مد n است که به شکل زیر نمایش داده می شود:

$$\Phi_n = \{ \}$$

Φ_n^1 تا Φ_n^k مقادیر بی بعد و متناسب با تغییر مکانهای مختلف در تراز طبقات ۱ تا k در مد n هستند، اگر ساختمان به صورت دو بعدی با کف صلب مدل شده باشد، $s=k$ اگر ساختمان به صورت سه بعدی با کف صلب مدل شده باشد، $[S=3k [M$ ماتریس جرم سازه است که دارای s سطر و s ستون است. (۲ ضریب تحریک مد n مطابق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$L_n = \Phi_n^T [M] f$$

در ساختمان های چند طبقه، مؤلفه های r_i در بردار r برای درجات آزادی هم امتداد با حرکت زمین مساوی ۱ و برای سایر درجات آزادی مساوی صفر هستند.

مدهای عمده سازه که باید در تحلیل طیفی مورد استفاده قرار گیرند مطابق بند ۲-۴-۲-۲ آیین نامه تعیین می گردد.

(۴ برای هر مد n با استفاده از منحنی طیف بازتاب شتاب به ازای زمان تناوب ویژه آن مد، T_n ، شتاب طیفی S_{an} قرائت می شود.

(۵ در این مرحله، انواع پاسخ های سازه در مد n را می توان به دست آورد:
(۱-۵) محاسبه بردار تعیین مکان مدی سازه

$$X_n = \Phi_n \frac{L_n}{M_n} \frac{T_n^2}{4\pi^2} S_m$$

(۲-۵) مقدار تغییر مکان نسبی هر طبقه i یا drift در مد n از تفاضل حداکثر تغییر مکان جانبی ترازهای بالا و پایین آن طبقه در جهت مورد نظر در مد n حاصل می شود:

$$\delta_n^i = x_n^i - x_n^{i-1}$$

(۳-۵) محاسبه بردار شتاب مدی حرکت

$$\ddot{X}_n = \Phi_n \frac{L_n}{M_n} S_m$$

\ddot{X}_n و X_n بردارهای

دارای S مؤلفه به ازای S درجه آزادی حرکت سازه هستند.

(۴-۵) محاسبه بردار نیروی مدی طبقه

$$f_n = [M] \ddot{x}_n$$

(۶) با اجرای عملیاتی روی پاسخ های ارائه شده در بند ۵، می توان اطلاعات بیشتری از عملکرد سازه در مد n کسب کرد:

(۱-۶) مقدار حداکثر برش طبقه I در هر امتداد در مد n از جمع زدن مؤلفه های بردار نیروی طبقات بالاتر که متناظر با آن امتداد هستند به دست می آید. برای قاب ۲ بُعدی خواهیم داشت.

$$V_n^i = \sum_{j=i}^k f_n^j$$

برای محاسبه حداکثر برش پایه ساختمان در مد n در هر امتداد می توان از رابطه مشابه فوق با انتخاب $j=1$ استفاده کرد، یعنی:

$$V_n = V_n^1$$

حداکثر برش پایه ساختمان در مد n در حالت کلی از رابطه برداری زیر حاصل می شود:

$$V_{np} = r_p^T f_n$$

P نشان دهنده مؤلفه مورد نظر از بین ۲ مؤلفه قابل انتخاب است (۲ حرکت افقی و ۱ حرکت چرخشی) بسته به انتخاب، مؤلفه های r_p متناظر با درجه آزادی مورد نظر مساوی ۱ و بقیه مساوی صفر خواهند بود. اگر r_p با ۲ به کار رفته در محاسبه L_n یکی باشد، می توان از رابطه عددی V_n استفاده کرد:

$$V_n = \frac{L_n^2}{M_n} S_m$$

در این صورت، امتداد V_n ، برش پایه در جهت مؤلفه p خواهد بود. برای قابهای دو بُعدی، رابطه عددی V_n همواره برقرار است.

(۲-۶) مقدار حداکثر لنگر واژگونی در هر جهت در مد n از ضرب کردن نیروی هر طبقه در ارتفاع آن طبقه و سپس جمع کردن حاصلضرب ها به دست می آید. در حالت کلی داریم:

$$OM_n = r_p^T [h] f_n$$

$[h]$ ماتریس ارتفاع طبقات از تراز پایه است و به شکل زیر ظاهر می شود:

$$[h] = [h_1, h_2, h_3, \dots, h_k]$$

در حالت قاب ۲ بُعدی، r_p در معادله فوق حذف می شود و

$$OML_n = [h]f_n$$

یا در دست داشتن نیروهای جانبی و تغییر مکان جانبی طبقات، نیروی داخلی اعضا (شامل آثار $P-\Delta$) برای هر مد ارتعاشی و با روشهای متداول تحلیل استاتیکی جداگانه محاسبه شده و سپس نیروهای نهایی اعضا با توجه به ترکیب آماری، نتایج تحلیل هر مد مطابق بند زیر محاسبه می گردد.

۴- ترکیب اثر مدها

در روش تحلیل مدی که در قسمت قبل توضیح داده شد، حداکثر بازتاب های مختلف سازه، (نیروها، تلاش ها و یا تغییر مکانها) هنگامی که در یکی از مدهای طبیعی با اهمیت خود ارتعاش می کند، به دست می آید. از آنجا که این حداکثر بازتابها برای مدهای مختلف در یک زلزله، به طور همزمان اتفاق نمی افتد، لازم است با روشهای آماری مقداری بازتاب های کلی حداکثر در اعضای مختلف سازه تخمین زده شود. این چنین روش آماری باید براساس ترکیبی از حداکثر بازتابهای مدهای مختلف بوده و آثار اندرکنش احتمالی بین بازتابهای مختلف نزدیک به یکدیگر حاصل از مدهای مختلف را در بر بگیرد. یکی از روشهای آماری ترکیب مدها با یکدیگر روش جذر مجموع مربعات یا روش (SRSS) است. در این روش بازتاب کلی، U ، در امتداد هر درجه آزادی از رابطه زیر به دست می آید:

$$U = \left[\sum_{n=1}^N u_n^2 \right]^{1/2}$$

در رابطه فوق، u_n بازتاب درجه آزادی مورد نظر برای مد n بوده و N جمع تعداد مدهای تحت بررسی است. از این روش می توان در مواردی استفاده نمود که زمان تناوب مدهای مختلف با یکدیگر متفاوت بوده و از یکدیگر فاصله کافی داشته باشند به نحوی که رابطه زیر صادق باشد:

$$r = \frac{T_m}{T_n} \leq 0.67$$

$$(T_n > T_m)$$

در رابطه فوق، نسبت میرایی برابر ۵٪ فرض شده و T_m و T_n به ترتیب زمان های تناوب طبیعی برای مدهای n و m است.

در صورتی که رابطه فوق صادق نباشد، جوابهای به دست آمده از ترکیب جذر مجموع مربعات قابل اعتماد نبوده و بهتر است از روش دیگری که به نام ترکیب مربعی کامل یا روش (CQC) موسم است استفاده شود. این روش قابلیت کاربرد عمومی برای اکثر حالتها را دارد.

در روش ترکیب مربعی کامل بازتاب کلی ترکیبی، U از رابطه زیر به دست می آید:

$$U = \left[\sum_{n=1}^N u_n^2 + 2 \sum_{n=1}^{N-1} \sum_{m=n+1}^N \rho_{nm} u_n u_m \right]^{1/2}$$

در رابطه فوق، مقادیر u_m و u_n حداکثر بازتابهای سازه در درجه آزادی مورد نظر به هنگام ارتعاش سازه به ترتیب در مدهای n و m بوده و ρ_{nm} ضریب بین مدی است که از رابطه زیر محاسبه می گردد. همچنین باید توجه داشت که در محاسبه U طبق رابطه بالا علامتهای u_m و u_n باید رعایت شود.

$$\rho_{nm} = \frac{8\xi^2(1+r)r^{3/2}}{(1-r^2)^2 + 4\xi^2r(1+r)^2}$$

$\xi = 0/05$ منظور می شود. در رابطه فوق،

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



زمان تناوب اصلی نوسان پاندول های وارونه، برج ها، دودکش ها و سایر ساختمان های مشابه

۱- زمان تناوب اصلی نوسان جرم متمرکز واقع در انتهای طره لاغر (در صورتی که از جرم طره صرف نظر شود) از رابطه زیر به دست می آید:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{P}{gk}}$$

که در آن:

P = وزن جسم نوسان کننده

$$K = \frac{1}{f}$$

f = تغییر مکان انتهای طره ناشی از اعمال بار واحد در انتهای طره

G = شتاب ثقل

۲- زمان تناوب اصلی نوسان جرم متمرکز در انتهای طره لاغر با مقطع یکنواخت (در صورتی که از جرم طره صرف نظر نشود) از رابطه زیر به دست می آید:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{P}{g} \times \frac{I^3}{3EI}}$$

که در آن:

P = وزن جرم متمرکز

Q = وزن واحد طول طره

I = طول طره

G = شتاب ثقل

E = مدول ارتجاعی

I = ممان اینرسی مقطع

۳- زمان تناوب اصلی نوسان منشور که جرم و مقطع آن در ارتفاع یکنواخت باشد از رابطه زیر به دست می آید:

که در آن:

L = طول منشور

Q = وزن واحد طول منشور

I = ممان اینرسی مقطع

E = مدول ارتجاعی

G = شتاب ثقل

۴- زمان تناوب اصلی نوسان مخروط ناقص از رابطه زیر به دست می آید:

$$T = kl^2 \sqrt{\frac{q}{gEI}}$$

که در آن:

L = فاصله رأس تا تراز کف مخروط

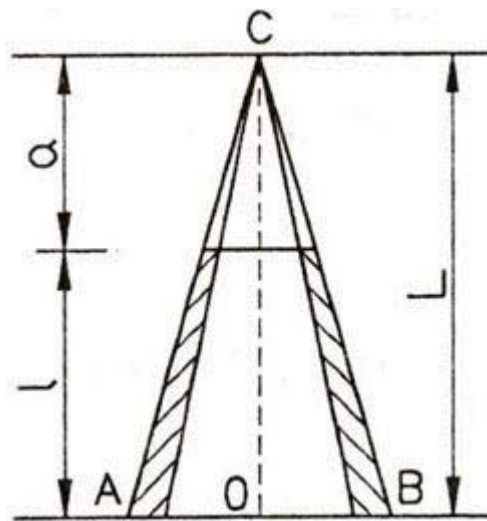
A = فاصله رأس تا تراز بالای مخروط

L = ارتفاع مخروط ناقص

Q = وزن واحد طول در تراز کف مخروط (مقطع AB)

I = ممان اینرسی در تراز کف مخروط

K = ضریبی که مقدار آن به شرح زیر تعیین می گردد:

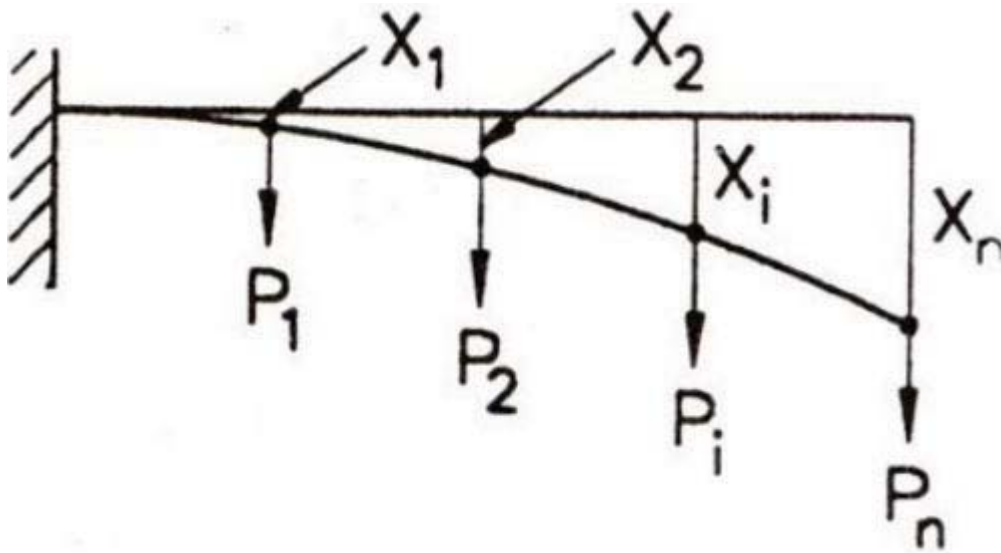


۱/۰	۰/۸	۰/۶	۰/۴	
۱/۷۹	۱/۷	۱/۵	۱/۲۹	K

۵- زمان تناوب اصلی نوسان جرم های متمرکز در طول طره

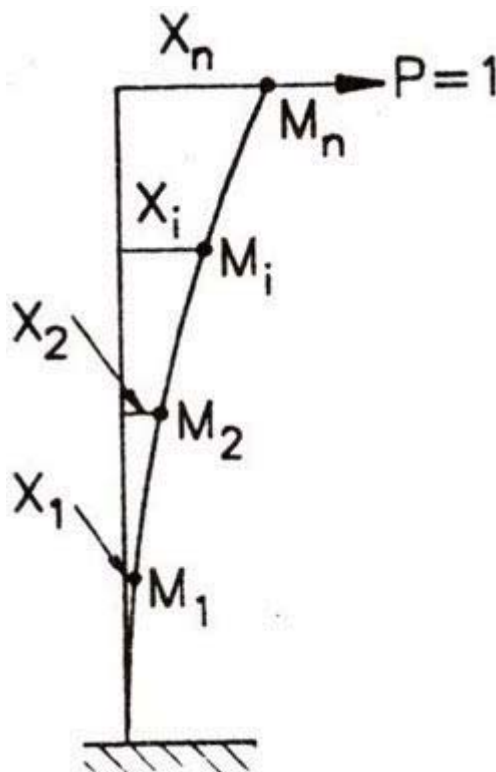
الف) با فرض اینکه سازه به اندازه ۹۰ درجه در میدان ثقلی دوران کرده باشد:

اگر x_1 و x_2 و ... و x_n مقادیر تغییر مکان ناشی از جرم های مختلف باشد و تغییر شکلها در حد ارتجاعی باقی بمانند، زمان تناوب اصلی نوسان از رابطه زیر به دست می آید:



(ب) در صورتی که دقت زیاد لازم نباشد می توان زمان تناوب اصلی نوسان را به ترتیب زیر به دست آورد:
با قرار دادن سازه تحت اثر نیروی افقی واحد در تراز آخرین جرم اگر X_1 و $X_2 \dots X_n$ مقادیر تغییر مکان جرم های مختلف تحت اثر این نیرو باشند، زمان تناوب اصلی نوسان از رابطه زیر به دست می آید:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum P_i X_i^2}{g X_n}}$$



۶- زمان تناوب اصلی نوسان دودکش های فولادی
(الف) دودکش های فولادی با مقطع یکنواخت
زمان تناوب اصلی نوسان این دودکش ها از رابطه زیر به دست می آید:

$$T = 0.018I^2 \sqrt{\frac{q}{gEI}}$$

که در آن:

I = ارتفاع دودکش به متر

Q = وزن واحد طول دودکش به کیلوگرم بر متر

G = شتاب ثقل زمین بر متر بر مجذور ثانیه

E = مدول ارتجاعی به کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

I = ممان اینرسی مقطع دودکش حول محوری که از مرکز دودکش می گذرد برحسب متر به توان چهار

(ب) دودکش های فولادی قیفی شکل

زمان تناوب اصلی نوسان این دودکش ها از رابطه زیر به دست می آید:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{0.08D}{g}}$$

که در آن:

D = تغییر مکان جانبی انتهای فوقانی دودکش (به متر) تحت اثر بار جانبی مساوی با وزن کل دودکش

G = شتاب ثقل زمین به متر بر مجذور ثانیه

اثر $P - \Delta$

۱- کلیات، تعاریف و مفاهیم

اثرهای $P - \Delta$ در هر طبقه به دلیل برون محوری بارهای ثقلی طبقات بالای طبقه I (طبقه مورد نظر) که نیروی P_i (یا P) نامیده می شود، ایجاد می گردند. در صورتی که تغییر مکان جانبی طبقه I بر اثر نیروهای جانبی زلزله، Δ باشد، به لنگر ایجاد شده در هر طبقه، لنگری که مقدار آن برابر با حاصلضرب P و Δ است اضافه می گردد. شکل ۱ حالت تغییر شکل نیافته یک ساختمان n طبقه و شکل ۲ حالت تغییر شکل یافته همان ساختمان بر اثر بارهای جانبی را نشان می دهد. در این پیوست، اثرهای $P - \Delta$ در یک ساختمان متقارن مورد بررسی قرار می گیرد، هر چند تعمیم همین بحث می تواند ساختمان های غیر متقارن (همراه با پیچش) را نیز در بر گیرد.

M_i = لنگر اولیه طبقه بر اثر برش وارد بر طبقه i

Δ_{wi} = تغییر مکان نسبی اولیه طبقه i

V_i = مجموع نیروی برش وارد در طبقه i

P_i = مجموع بارهای مرده و زنده مربوط در طبقات I تا n

H_i = ارتفاع طبقه i

$c.g.$ = مرکز جرم

لنگر ثانویه وارد به طبقه I بر اثر پدیده $P - \Delta$ برابر است با:

لنگر اولیه طبقه بر اثر برش وارد بر طبقه I برابر است با:

$$M_i = V_i h_i P - \Delta$$

برش اضافه در حالت رفتار ارتجاعی طبقه بر اثر I در طبقه I برابر است با:

$$\Delta V_i = \frac{\Delta M_i}{h_i} = \frac{P_i \Delta_{wi}}{h_i}$$

نسبت ΔM_i ایجاد شده بر اثر $P - \Delta$ به لنگر اولیه بر اثر برش، M_i شاخص پایداری طبقه نامیده شده و با

علامت θ_i نشان داده می شود:

$$\theta_i = \frac{\Delta M_i}{M_i} = \left(\frac{p \Delta_w}{Vh} \right)_i$$

اهمیت اثر $P-\Delta$ براساس مقدار شاخص پایداری تعیین می شود. اگر مقدار این شاخص از θ_{max} مطابق رابطه زیر بیشتر باشد، سازه در طبقه مورد نظر ناپایدار محسوب شده و باید در طراحی آن تجدید نظر گردد.

$$\theta_{max} = \frac{1/25}{R} \leq 0/25$$

در صورتیکه مقدار شاخص پایداری طبقه کمتر از ۱۰ درصد باشد، اثرهای $P-\Delta$ در طبقه مورد نظر قابل اهمیت نیست.

در صورتی که $0/1 < \theta_i < \theta_{max}$ باشد باید نیروها و تلاش های ثانویه محاسبه و طراحی اعضا از نظر پایداری با استفاده از رهنمودهای زیر کنترل گردد:

۲- محاسبه تغییر مکان نسبی و نیروی برشی معادل طبقه مجموع لنگر در حالت رفتار ارتجاعی برابر است با:

$$M_i + \Delta M_i = M_i + P_i \Delta_{wi} = M_i (1 + \theta_i)$$

از طرف دیگر، لنگر اضافی ΔM_i ، خود ایجاد یک تغییر مکان اضافی در طبقه I می نماید که این تغییر مکان نیز به نوبه خود اثرهای $P-\Delta$ و در نتیجه لنگر اضافی جزئی ترین را ایجاد می نماید. لنگر طبقه در نهایت برابر خواهد بود با:

$$M_{\text{فنا}} = M_i (1 + \theta_i + \theta_i^2 + \theta_i^3)$$

با توجه به حد سری ها، مقدار حد سری داخل پرانتز برابر با $\frac{1}{1-\theta_i}$ است و خواهیم داشت:

$$M_{\text{فنا}} = M_i \left(\frac{1}{1-\theta_i} \right)$$

در سازه های تحت اثر زلزله، به دلیل رفتار غیر ارتجاعی سازه، تغییر مکان طبقات که از محاسبات ارتجاعی سازه در برابر بارهای جانبی زلزله، مطابق ضوابط بندهای ۲-۲ و ۲-۴ آئین نامه بدست می آید، نمایانگر تغییر مکان جانبی غیر ارتجاعی طبقه در یک زلزله شدید نمی باشد. تغییر مکان جانبی نسبی واقعی (غیر ارتجاعی) در این آئین نامه، از رابطه (۹-ب) برآورد می شود:

$$\bar{\Delta}_{wi} = \Delta_{wi} \left(1 - \frac{1}{\theta_i} \right)$$

بنابراین برای کنترل تغییر مکان جانبی نسبی واقعی طرح طبقات، تغییر مکان به دست آمده از رابطه (۹-ب) با مقادیر مجاز، بند ۲-۴-۵ آئین نامه مقایسه می گردد.

در محاسبه مقدار برش معادل طبقه با منظور نمودن اثرهای $P-\Delta$ ، یعنی $V_{\text{فنا}}$ ، می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

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

۲- روش استفاده از برنامه های کامپیوتری

برنامه های کامپیوتری متعددی وجود دارند که در آنها اثرهای $P - \Delta$ به شکلهای مختلف منظور می گردد. در هنگام استفاده از چنین برنامه هایی باید فرضیات و روش تحلیل $P - \Delta$ برای استفاده کننده کاملاً معلوم و مشخص باشد.

از طرف دیگر، مقدار تغییر مکانهای جانبی نسبی واقعی طرح در برنامه های تحلیل ارتجاعی تعیین نمی گردد. بنابراین برای تعیین تغییر مکانهای جانبی نسبی واقعی طرح باید تغییر مکانهای حاصل از آنالیز ارتجاعی با در نظر گرفتن اثرهای $P - \Delta$ را نیز تا ضریب $R/7/0$ افزایش داد.

۲- روش های طراحی اجزای سازه ای

۱-۴ در صورتی که در نیروها و تغییر مکانهای به دست آمده از تحلیل ارتجاعی سازه اثرهای $P - \Delta$ به نحوی که در این پیوست آمده است منظور شده باشد، تغییرات زیر باید در روابط طراحی این اجزا انجام شود.

الف- در سازه های بتن مسلح که در حالت حدی مقاومت طراحی می گردند و در طراحی ستونها از روش تشدید لنگرها استفاده شده است (آئین نامه بتن ایران)، مقدار لنگر بحرانی ستونها با جایگزین کردن عدد یک به جای δ_s مطابق رابطه زیر به دست خواهد آمد:

$$M_c = \delta_b M_{2b} + M_{2s}$$

ب- در سازه های فولادی که با روش بار مجاز طراحی می گردند، در صورتی که نسبت تنش محوری عضو

فشاری به تنش مجاز محوری $\left[\frac{f_a}{F_a} \right]$ از $0/15$ کمتر باشد، به هیچ تغییری در ضوابط آئین نامه طراحی نیاز نیست.

در صورتی که $\frac{f_a}{F_a} > 0/15$ باشد روابط زیر باید کنترل گردند:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{F_{by}} \leq 1/0$$

$$\frac{f_a}{0/6 F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1/0$$

پ- در سازه های فولادی که در حالت حدی مقاومت، طراحی می گردند (مانند روش LRFD در آئین نامه AISC) باید مشابه بند ۴- الف عمل گردد.

۲-۴ در صورتی که تحلیل $P - \Delta$ با استفاده از نرم افزارهای تحلیل کامپیوتری انجام شود، اثر تغییرات تلاشها بر اثر $P - \Delta$ در دو انتهای کلیه اعضاء (تیرها و ستونها و مهارهای جانبی) به صورت طبیعی منظور گردیده و کلیه گره ها دارای تعادل استاتیکی هستند، حال آنکه در صورت استفاده از روش های دستی ضروری است لنگرهای اضافی انتهای ستونها بر اثر $P - \Delta$ در هر گره بین تیرهای طرفین آن گره به نسبت سختی آنها توزیع گردد.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.



دیافراگم ها

۱- تعریف و عملکرد

مجموعه سیستم مقاوم ساختمانها در برابر نیروهای جانبی معمولاً از دو قسمت اجزای قائم و اجزای افقی (یا تقریباً افقی) تشکیل می شود. اجزای افقی، نیروهای افقی زلزله و باد را به اجزای قائم منتقل نموده و اجزای قائم نیز این نیروها را به شالوده ها و نهایتاً به زمین منتقل می نمایند. به اجزای افقی یا تقریباً افقی منتقل کننده نیروهای جانبی «دیافراگم افقی» و یا به طور اختصار «دیافراگم» گفته می شود. در ساختمان های متعارف، دیافراگم ها شامل کفها و سقفها (افقی و یا با شیب کم) می باشند. در چنین ساختمانهایی دیافراگم ها وظیفه باربری قائم (ثقلی) را به طور همزمان عهده دارند. در ساختمان های صنعتی به طور کلی باندنیهای افقی (یا تقریباً افقی) نقش انتقال نیروهای افقی به اجزای قائم (قابها) را عهده دار هستند و بنابراین دیافراگم محسوب می گردند.

برای سهولت دیافراگم را می توان مشابه یک تیر ورق تصور نمود که بر روی تکیه گاه هایی که همان اجزای قائم باربر جانبی می باشند (قابها و دیوارهای برشی)، واقع شده است (شکل ۱).

جان تیر ورق همان صفحه افقی دیافراگم بوده و بالهای آن اجزای لبه دیافراگم را شامل می شوند. لیکن با ید توجه داشت به واسطه بزرگی نسبت عرض دیافراگم ها (h) به دهانه آنها (L_1 یا L_2) معمولاً این اجزا به عنوان تیرهای عمیق (تیر تیغه) محسوب شده و دیگر فرض مستوی ماندن مقاطع هنگام خمش در آنها صادق نیست. در تغییر شکل تیر تیغه باید علاوه بر اثرهای تغییر شکلهای خمشی، اثرهای تغییر شکلهای برشی نیز منظور گردد.

دیافراگم ها باید با توجه به فرضیات منظور شده در محاسبات کل سازه در برابر بارهای جانبی دارای سختی و صلیبیت مناسب همراه با مقاومت کافی بوده و طوری با سایر قطعات سازه درگیر شده باشند که سازه و دیافراگم هنگام وقوع زلزله، یکپارچه باقی بمانند.

۲- انواع دیافراگم ها از نظر جنس و سیستم ساختمانی

دیافراگم ها ممکن است از کفهای ساخته شده از بتن مسلح درجا ریخته شده، شامل تیرچه بلوک (با بتن مسلح مناسب رویه)، ورقهای ساده یا موجدار فلزی، ورقهای موجدار فلزی با بتن مسلح رویه به صورت مرکب، کفهای چوبی، کفهای ساخته شده از قطعات بتن پیش ساخته همراه با بتن رویه، کفهای ساخته شده از قطعات بتن پیش ساخته با اتصالات خشک و یا تر با یکدیگر و بدون بتن رویه، طاق های ضربی (با مهاربندی) و غیره تشکیل شده است.

همچنین دیافراگم ها می توانند شامل مهاربندی های افقی که از اجزای فولادی و یا بتنی ساخته شده اند نیز باشند. طراحی سیستم مهاربندی افقی مشابه سیستم مهاربندی قائم بوده و از ضوابط آئین نامه های مربوط استفاده می گردد.

۳- انواع دیافراگم از نظر صلیبیت و انعطاف پذیری

نیروی جانبی هر دیافراگم باید بین اجزای قائم سیستم باربری جانبی با توجه به سختی دیافراگم نسبت به سختی اجزای سازه ای قائم تقسیم گردد. در واقع اجزای قائم، مانند تکیه گاه های دیافراگم (تیر ورق) عمل می نمایند. جامعترین روش تحلیلی برای تعیین نیروهای داخلی دیافراگم ها (تلاش ها) و توزیع مناسب

نیروهای جانبی بین اجزای باربر قائم، مدل نمودن دیافراگم به صورت اجزای محدود (finite elements) همراه با اجزای تیر، ستون و دیوارهای برشی در یک مدل سه بعدی کلی است. لیکن به منظور صرفه جویی در وقت در دیافراگم های متعارفی که فاقد بازشوه های بزرگ و نزدیک به هم بوده و دارای پلان نسبتاً منظمی می باشند، مطلوب تر است که از روش های ساده شده و تقریبی استفاده شود. شکل (۲) وضعیت تغییر مکان و تغییر شکل کلی تیر تیغه (دیافراگم) و تکیه گاه های آن (قابها و دیوارهای برشی) را نشان می دهد.

$$\Delta_{story} = \text{تغییر مکان نسبی}$$

$$\Delta_{diaph} = \text{حداکثر تغییر شکل دیافراگم}$$

از نظر صلبیت دیافراگم ها را می توان در حالت های زیر بررسی نمود:



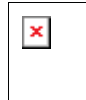
الف- در حالتی که نسبت بسیار کوچک بوده (کمتر از ۰/۵) و یا دیافراگم به تنهایی فاقد هرگونه تغییر شکل تحت تأثیر بارهای جانبی باشد، دیافراگم صلب منظور می شود. در صورت وجود پیچش در صفحه دیافراگم Δ_{story} شامل متوسط تغییر مکانهای نسبی نقاط مختلف طبقه است.

در صورت صلب بودن دیافراگم توزیع نیرو بین قابها و دیوارهای برشی به نسبت سختی این اجزا انجام می گردد. در این صورت، مطابق روش معمول در اغلب برنامه های کامپیوتری می توان برای تحلیل سازه، گره های واقع در یک سطح را با هم مرتبط نمود به طوری که عملاً تغییر مکانهای جانبی طبقه در کلیه گره های آن سطح یکسان باشد (در حالت عدم وجود پیچش) و یا این تغییر مکانها با یکدیگر رابطه خطی داشته باشند (در حالت وجود پیچش).

در دیافراگم های صلب براساس بند (۲-۳-۱۰-۳) آئین نامه، منظور نمودن پیچش اتفافی الزامی است. دیافراگم های ساخته شده از بتن مسلح در جا، ورقهای موجدار یا قطعات پیش ساخته همراه با بتن مسلح رویه می توانند به شرط رعایت ضوابط این قسمت، جزو دیافراگم های صلب محسوب گردند. در ساختمان های بلند مرتبه استفاده از سیستم دیافراگم های صلب موکداً توصیه می شود زیرا در صورت استفاده از دیافراگم های انعطاف پذیر در این قبیل ساختمان ها امکان ارتعاش غیر همزمان قسمت های مختلف دیافراگم در هر طبقه وجود دارد.



ب- در حالتی که همه تکیه گاه های دیافراگم دارای سختی زیاد بوده (Δ_{story} کم) یا نسبت بسیار زیاد باشد، دیافراگم به صورت یک تیر ممتد بر روی تکیه گاه های صلب مطابق شکل (۳) عمل می نماید.



براساس بند ۲-۹-۴ ضوابط آئین نامه، در صورتی که مساوی و یا بیشتر از $\frac{1}{2}$ باشد، دیافراگم انعطاف پذیر محسوب می گردد. در این حالت تلاش های دیافراگم (نیروهای برشی و لنگر خمشی) و عکس العمل های تکیه گاهی آن با استفاده از روش های متداول در مقاومت مصالح برای تیرهای ممتد به دست می آیند. با توجه به تقریب های موجود و به منظور ساده تر شدن حل مسئله با تقریب قابل قبول، عکس العمل های تکیه گاهی را می توان به صورت سطح بارگیر (نصف دهانه از هر طرف) نیز منظور نمود. بدین طریق عکس العمل تکیه گاه های میانی (در صورت برابر بودن دهانه های دیافراگم) دو برابر عکس العمل های تکیه گاه های کناری منظور می گردد. در این حالت، در واقع کل دیافراگم به صورت چند دهانه تیر ساده بین تکیه گاه ها منظور می گردد.



در دیافراگم های انعطاف پذیر اثرهای پیچش اتفافی کم اهمیت تر بوده و در حالتی که بیش از ۲ باشد، نیازی به منظور نمودن این اثرهای نمی باشد. نمونه دیافراگم های انعطاف پذیر متداول شامل دیافراگم های ساخته شده از چوب، گچ، پلاستیک، و قطعات پیش ساخته بدون بتن رویه، ورقهای موجدار فولادی بدون بتن مسلح رویه و طاق ضربی مهاربندی شده ولی بدون بتن مسلح رویه (هر چند باید از انسجام و یکپارچگی طاق در هنگام وقوع زلزله اطمینان حاصل شود) می باشد.

۴- تغییر شکل دیافراگم ها

با توجه به اینکه متداولترین نوع دیافراگم در ایران، دیافراگم های بتن مسلح است، روش تعیین صلبیت این گونه دیافراگم ها در این قسمت مورد بحث قرار می گیرد.

همان طور که قبلاً ذکر شد، تغییر شکل کلی هر دیافراگم (Δ_{story}) تحت اثر بارهای جانبی وارد بر آن از دو (Δ_f) و تغییر شکل برشی (Δ_s) تشکیل می گردد. قسمت تغییر شکل خمشی

$$\Delta_{story} = \Delta_f + \Delta_s$$

در تیرهای معمولی (غیر تیغه) مقدار تغییر شکل های برشی جزئی بوده و از آن صرف نظر می شود، لیکن در تیر تیغه، مقدار تغییر شکل های برشی عمده بوده و باید منظور گردند. روش برآورد تغییر شکل های خمشی تیر

(۴) مقدار حداکثر را می توان از رابطه زیر

محاسبه نمود:

$$\Delta_f = \frac{5wL^4}{384EI}$$

=W بار گسترده یکنواخت

=E مدول ارتجاعی ماده

=I گشتاور ماند مقطع

در دیافراگم های با ضخامت ثابت برای محاسبه I معمولاً کل مقطع دیافراگم منظور می گردد. مثلاً در شکل (۵)

(۵) مقدار I برابر است با:

$$I = \frac{th^3}{12}$$

تغییر شکل برشی دیافراگم ها (Δ_s) به شرطی که دیافراگم به صورت تیر تیغه ساده فرض شود از رابطه زیر به دست می آید:

$$\Delta_s = \frac{awL^2}{8AG}$$

=A ضریب فرم

=A سطح مقطع کل دیافراگم

=G مدول برشی بتن

=W بار جانبی یکنواخت

در رابطه فوق، G برابر با $\frac{0.4}{t}$ مقدار مدول ارتجاعی بتن، براساس آئین نامه بتن ایران، t ضخامت دیافراگم و ضریب a ضربی است که برای دالهای بتنی برابر با $\frac{1}{50}$ منظور می شود.

در سایر انواع دیافراگم ها، مانند دیافراگم های ساخته شده از ورقهای موجدار با بتن رویه یا دیافراگم های چوبی، هر چند اصول محاسبات تغییر شکل دیافراگم مطابق روش فوق است، لیکن باید براساس اصول مکانیک جامدات و مقاومت مصالح و رعایت شرایط سازگاری، محاسبات تغییر شکل دیافراگم انجام شود.

۵- نکاتی درباره تحلیل دیافراگم ها

در تحلیل دیافراگم های چند دهانه برای تعیین صلبیت یا انعطاف پذیری آن، راه حل محافظه کارانه، منظور نمودن کل دیافراگم به صورت چند دهانه ساده است. بررسی اجمالی یک دیافراگم، بحرانی ترین دهانه های آن را به وضوح مشخص می نماید. کنترل صلبیت دیافراگم می تواند فقط برای دهانه های بحرانی دیافراگم های صلب و براساس بارگذاری مطابق بند (۲-۳-۹) انجام شود. در صورت صلب بودن دیافراگم در چند دهانه و انعطاف پذیر بودن آن در یک دهانه ممکن است نیاز به تحلیل جامع کل دیافراگم و سازه وجود داشته باشد.

از طرف دیگر، در صورتی که کل سازه با فرض دیافراگم صلب تحلیل شده باشد می توان مجموع دیافراگم را به صورت یک تیر ممتد چند دهانه بر روی تکیه گاه های صلب و یا منظور نمودن سختی های خمشی (گشتاور ماند) متفاوت و سطوح مقطع برشی موثر متفاوت در دهانه های مختلف و قسمت های مختلف هر دو دهانه

تحلیل نمود. بر این اساس، تغییر مکانهای حداکثر دهانه های مختلف را می توان با تغییر مکانهای مجاز هر طبقه مقایسه نموده و صلبیت دیافراگم را تأیید نمود. کنترل تغییر شکلهای هر دیافراگم باید در امتداد هر دو محور اصلی دیافراگم انجام گیرد.

از طرف دیگر برای تعیین تلاش های داخلی هر دیافراگم بعد از تعیین صلبیت یا انعطاف پذیری آن باید نیروهای طراحی مطابق بند (۱-۹-۲) آئین نامه ملاک عمل قرار گیرد.

توزیع افقی نیروهای برشی بین تکیه گاه های دیافراگم (عناصر قائم بار بر جانبی) با رعایت بند (۱-۱۰-۲-۲) آئین نامه صورت می گیرد. در صورت صلبیت دیافراگم، این توزیع به نسبت سختی جانبی هر کدام از تکیه گاه ها (دیوار برشی، قاب، مهاربند و ..) انجام می شود. برای تعیین نسبت سختی جانبی عناصر قائم می توان تغییر مکان واحدی را در سقف طبقه مورد نظر وارد کرده و در حالتی که کلیه طبقات زیرین بدون حرکت باشند از نسبت نیروهای برشی ایجاد شده در عناصر قائم بار بر جانبی آن طبقه استفاده کرد.

۶- نکاتی درباره طراحی دیافراگم ها

ضخامت حداقل دیافراگم های بتنی و یا بتن رویه دیافراگم های ساخته شده از ورق و یا قطعات پیش ساخته نباید از ۵ سانتیمتر کمتر باشد. کنترل کفایت ضخامت باید با توجه به تلاش های داخلی دیافراگم و ضوابط آئین نامه بتن ایران انجام گردد. این کنترل به خصوص باید در کنار بازشوه های نسبتاً بزرگ با دقت خاص انجام پذیرد. در صورت عدم کفایت بتن دیافراگم می توان آن را با سیستم مهاربندی فولادی مناسب نیز تقویت نمود. به طور کلی توصیه می گردد که میزان و تعداد بازشوها در دیافراگم ها به حداقل ممکن محدود گردد. کلیه اجزای متصل به دیافراگم (سازه ای یا غیر سازه ای) باید قادر به تحمل تغییر شکل دیافراگم در محل اتصال باشند. همچنین اتصالات دیافراگم با دیوارهای برشی و یا قابهای خمشی باید به نحوی طراحی شوند که کل نیروهای وارده را تحمل نمایند.

کلیه نیروها و تلاش هایی که برای طراحی دیافراگم ها به کار می روند باید براساس نحوه بارگذاری مطابق بند (۹-۲) آئین نامه محاسبه شده باشند.

نیروی جانبی که باید برای طراحی دیافراگم منظور شود شامل نیروی اینرسی ایجاد شده بر اثر وزن خود دیافراگم و همچنین وزن قطعات سازه ای و غیر سازه ای متصل به آن در طبقات فوقانی و تحتانی (با توجه به نصف ارتفاع هر طبقه مطابق بند ۱-۹-۲ آئین نامه) است. علاوه بر آن، دیافراگم باید نیروهای جانبی سازه های باربر جانبی را که در محل دیافراگم جا به جا یا قطع شده اند، تحمل نمایند.

کلیه حقوق تهیه و تکثیر لوح فشرده مجموعه مقررات ملی ساختمان متعلق به دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان می باشد و تخلف از آن پیگرد قانونی دارد.