

آشنایی با تغییرات فصول ۲و۱ آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم در مقایسه با ویرایش دوم

مجید قلهکی^۱، محمد بزاز^۲، فاطمه فتحی سردهایی^۳، زهرا عندلیب^۴

- ۱- استادیار دانشکده عمران، دانشگاه سمنان
gholhaki@yaho.com
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه دانشگاه سمنان
mohammad_bazzaz1362@yahoo.com
- ۳- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران دانشگاه سمنان
fathi_83b@yahoo.com
- ۴- کارشناسی مهندسی عمران دانشگاه سمنان
Zahra_andalib63@yahoo.com

خلاصه

با توجه به تغییرات آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم نسبت به ویرایش دوم و الزام به طراحی ساختمان های جدید بر اساس ویرایش سوم برای آشنایی بیشتر مهندسين به تغییرات آیین نامه و علم به اینکه ساختمان های ساخته شده توسط ویرایش دوم بایستی مقاومت کافی در برابر مقاومت وارده را داشته باشند، در این مقاله تلاش شده است تا تغییرات بین این دو آیین نامه بررسی شود تا بتوان ساختمان های ساخته شده براساس ویرایش دوم را ارزیابی نموده و با توجه به آیین نامه جدید احتمالاً بتوان آن ها را مقاوم سازی نمود..

کلمات کلیدی: آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران، ویرایش دوم و سوم، تغییرات و ابهامات آیین نامه

مقدمه

- ویرایش سوم آیین نامه ۲۸۰۰ نیز تالیف شد. با توجه به اهمیت این آیین نامه بررسی و تشریح تغییرات انجام گرفته در این آیین نامه ضروری به نظر می رسد. به طور خلاصه می توان تغییرات انجام گرفته در فصول ۱و۲ را شامل این موارد دانست:
- ۱- اضافه شدن ساختمان های با اهمیت خیلی زیاد
 - ۲- اضافه شدن مقدار درز انقطاع برای ساختمان های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد
 - ۳- اضافه شدن یک شرط به شرایط منظم بودن ساختمان در پلان
 - ۴- ممنوعیت استفاده از قاب فولادی خمشی معمولی در سیستم دوگانه
 - ۵- تصریح در لزوم در نظر گرفتن نقش کلیه اجزاء دارای سختی قابل ملاحظه در رفتار لرزه ای سازه
 - ۶- افزایش مقدار حداقل برش پایه زلزله
 - ۷- تغییر در فرمول تعیین ضریب بازتاب ساختمان (B)
 - ۸- ارایه فرمول پیشنهادی جهت محاسبه زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان بر اساس روش تحلیلی
 - ۹- اجباری شدن رعایت حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان برای تمامی مناطق با توجه به سیستم سازه ای انتخاب شده
 - ۱۰- ممنوعیت استفاده از قاب خمشی معمولی برای ساختمانهای بیش از ۱۵ طبقه
 - ۱۱- تغییر ضریب R برای بعضی سیستم های سازه ای
 - ۱۲- اضافه شدن برخی سیستم های سازه ای جدید و همچنین حذف برخی سیستم های سازه ای دیگر
 - ۱۳- تغییر در میزان ارتفاع های مجاز برای برخی از سیستم های سازه ای نسبت به ویرایش ۲
 - ۱۴- ممنوعیت استفاده از قاب خمشی با شکل پذیری کم (فولادی یا بتنی) برای ساختمان های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد
 - ۱۵- تغییر درصد برون محوری اتفافی برای ساختمان های نامنظم
 - ۱۶- تغییر در نحوه ی اثر مولفه قائم زلزله
 - ۱۷- تغییر در ضریب اصلاح بازتاب ها برای روش تحلیل دینامیکی در مورد سازه های منظم
 - ۱۸- تغییر در نحوه محاسبه تغییر مکان های مجاز طبقات
 - ۱۹- تغییر مقدار افزایش بار ستون هایی که در دهانه هایی قرار دارند که اعضای مقاوم جانبی آنها تا روی پی ادامه پیدا نمی کنند.
- موارد مذکور در ادامه به تفصیل توضیح داده می شوند.

۱- اضافه شدن ساختمان های با اهمیت بسیار زیاد

یکی از تغییرات مهمی که در این ویرایش انجام شده است، اضافه شدن ساختمانهای با اهمیت بسیار زیاد می باشد. این ساختمان ها همان بناهای ضروری در ویرایش قبلی می باشند؛ ضمن آنکه در این ویرایش تصریح شده است که ((ساختمان ها و تاسیساتی که خرابی آنها موجب انتشار گسترده مواد سمی و مضر در کوتاه مدت و درازمدت در محیط زیست می شوند جزو این گروه از ساختمان ها به حساب می آیند)) [۱] - (این تصریح در ویرایش قبلی وجود نداشت) - برای این ساختمان ها ضریب اهمیت برابر ۱,۴ در نظر گرفته شده است. [۲]

۲- تغییر در مقدار درز انقطاع برای ساختمان های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد

در این ویرایش اجرای درز انقطاع برای کلیه ساختمان ها اجباری شده است. در حالیکه در ویرایش ۲ درز انقطاع برای ساختمان های با ارتفاع بیش از ۱۲ متر اجباری بود. اجرای درز انقطاع سبب می شود که ساختمان های مجاور در هنگام زلزله به یکدیگر ضربه وارد نمایند و نیروهای زلزله را تشدید نکنند. مقدار درز انقطاع در ویرایش ۳ از مقدار 0.8R برابر تغییر مکان جانبی هر طبقه به مقدار R برابر این تغییر مکان ها افزایش یافته است. [۳] بقیه ضوابط این قسمت بدون تغییر مانده است.

اضافه شدن شرایط منظم بودن ساختمان در پلان

استفاده از پلان های ساده و متقارن و تیب در طبقات باعث می شود پیچیدگی های رفتاری سازه در هنگام زلزله کمتر و از ایجاد رفتارهای پیشبینی نشده در سازه جلوگیری شود همچنین اختلاف مساحت طبقات باعث اختلاف جرم طبقات مختلف به مقدار قابل توجهی و ایجاد نامنظمی در سازه و در نتیجه پیچیدگی رفتار ساختمان می شود؛ بدین جهت آیین نامه توصیه کرده است که مساحت طبقات مختلف با هم برابر و یا نزدیک به هم در نظر گرفته شود.

۳- اضافه شدن یک شرط به شرایط منظم بودن ساختمان در پلان

به شرایط منظم بودن سازه در پلان این شرط نیز اضافه شده است: ((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 اختلاف نداشته باشد)). [4] این بند محاسبه را برای مهندسانی که می خواهند از مزایای در نظر گرفته شده در آیین نامه برای سازه های منظم استفاده کنند، سخت تر کرده است.

۴- ممنوعیت استفاده از قاب فولادی خمشی معمولی در سیستم دوگانه

در ویرایش قبلی آیین نامه تنها استفاده از قاب بتنی با شکلپذیری معمولی در سیستم دوگانه ممنوع شده بود، در این ویرایش استفاده از قاب خمشی فولادی با شکلپذیری معمولی نیز در این سیستم ممنوع شده است. [۵] قاب خمشی به کار رفته در سیستم دو گانه باید بتوانند مستقلاً ۲۵ درصد نیروی جانبی وارد بر ساختمان را تحمل کند.

در صورت استفاده از قاب خمشی معمولی در سیستم دو گانه سیستم از نوع قاب ساختمانی ساده محسوب خواهد شد. به این ترتیب با توجه به آنکه تا کنون برای ساختمانهای بلندفولادی، متداولترین سیستم، سیستم سازه ای ((قاب خمشی فولادی معمولی به همراه مهاربند)) بوده است، این شرط باعث سخت شدن شرایط ساخت و ساز برای این ساختمان ها شده است.

۵- تصریح لزوم در نظر گرفتن نقش کلیه اجزای دارای سختی قابل ملاحظه در رفتار لرزه ای سازه

در این ویرایش در بند ۲-۱-۶ تصریح شده است که: ((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 تاثیر قابل ملاحظه ای در توزیع نیروها دارند، در نظر گرفته شوند. در این ارتباط در سازه های بتن آرمه رعایت اثر ترک خوردگی اجزا در سختی آنها اجباری است)). البته در اینجا نیز مشخص نشده است که منظور از تاثیر قابل ملاحظه چیست و با این حساب آیا اثر دیوارهای غیرسازه ای را در سختی سازه باید در نظر گرفت یا خیر.

باید توجه نمود که در بررسی رفتار ساختمان در برابر زلزله، تنها اثر عناصر بار بر آن در نظر گرفته می شود و در صورتی که عناصر غیر باربر در مسیر حرکت جانبی سازه مزاحمت ایجاد نمایند، باعث پیچیدگی رفتار سازه می شود. بدین جهت عناصر غیربار بر طبق توصیه آیین نامه باید به نحوی به سازه متصل شوند که مزاحمتی برای حرکت جانبی آن ایجاد نمایند.

۶- افزایش مقدار حداقل برش پایه زلزله

این برش حاصل ضرب ضریب زلزله در وزن موثر ساختمان در هنگام زلزله می باشد.

$$V=C.W$$

که در آن :

$$C=A.B.I/R$$

در ویرایش جدید مقدار حداقل برش پایه از $0.09A.I.W$ به $0.1A.I.W$ افزایش یافته است. [۳] که این افزایش به میزان ۱۱ درصد می باشد.

۷- تغییر در نحوه محاسبه ضریب بازتاب ساختمان (B)

نحوه محاسبه ضریب بازتاب ساختمان در ویرایش جدید به طور کلی تغییر کرده است. این ضریب مطابق فرمولهای زیر محاسبه میشود:

$$\begin{aligned} B &= 1 + S(T/T_0) & 0 \leq T \leq T_0 \\ B &= 1 + S & T_0 \leq T \leq T_s \\ B &= 1 + S(T_s/T)^{2/3} & T \geq T_s \end{aligned}$$

در این روابط:

T: زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان به ثانیه است. (فرمولهای آن نسبت به ویرایش قبلی بدون تغییر مانده است)
S, Ts, T0: پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه خیزی منطقه وابسته اند. مقادیر این پارامترها مطابق جدول شماره ۱ می باشند (جدول ۳ در ویرایش ۳).

جدول ۱- پارامترهای S, Ts, T0

خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد S	خطر نسبی کم و متوسط S	Ts	T0	نوع زمین
1.5	1.5	0.4	0.1	I
1.5	1.5	0.5	0.1	II
1.75	1.75	0.7	0.15	III
1.75	2.25	1	0.15	IV

در جداول ۲ و ۳ مقایسه مابین مقادیر ضریب بازتاب در هر دو ویرایش به طور خلاصه ذکر شده است:

جدول ۲- مقایسه بین مقادیر ضریب بازتاب در دو ویرایش ۲ و ۳ ($0 \leq T \leq T_0$)

مقایسه نتیجه ویرایش ۳ با ویرایش ۲	ضریب بازتاب (B) ویرایش ۳	ضریب بازتاب (B) ویرایش ۲	نوع زمین
کوچکتر یا مساوی	$T \leq 2.5 \delta 1 + 1$	۲.۵	I
کوچکتر یا مساوی	$T \leq 2.5 \delta 1 + 1$	۲.۵	II
کوچکتر، مساوی یا بزرگتر	$1 + 11.7T \leq 2.75$	۲.۵	III
کوچکتر، مساوی یا بزرگتر	$1 + 15T \leq 3.25$	2.5	IV (خطر کم و متوسط)
کوچکتر، مساوی یا بزرگتر	$1 + 11.7T \leq 2.75$	۲.۵	IV (خطر زیاد و خیلی زیاد)

جدول ۳- مقایسه بین مقادیر ضریب بازتاب در دو ویرایش ۲ و ۳ ($T_0 \leq T \leq T_s$)

نوع زمین	ضریب بازتاب (B) ویرایش ۲	ضریب بازتاب (B) ویرایش ۳	مقایسه نتیجه ویرایش ۳ با ویرایش ۲
I	۲,۵	2.5	مساوی
II	۲,۵	2.5	مساوی
III	۲,۵	2.75	بزرگتر
IV (خطر کم و متوسط)	2.5	3.25	بزرگتر
IV (خطر زیاد و خیلی زیاد)	۲,۵	2.75	بزرگتر

جدول ۴- مقایسه بین مقادیر ضریب بازتاب در دو ویرایش ۲ و ۳ ($T_s \leq T$)

نوع زمین	ضریب بازتاب (B) ویرایش ۲	ضریب بازتاب (B) ویرایش ۳	مقایسه نتیجه ویرایش ۳ با ویرایش ۲
I	$2.5(0.4/T)^{2/3} \leq 2.5$	$(1+1.5)(0.4/T)^{2/3} \leq 2.5$	مساوی
II	$2.5(0.5/T)^{2/3} \leq 2.5$	$(1+1.5)(0.5/T)^{2/3} \leq 2.5$	مساوی
III	$2.5(0.7/T)^{2/3} \leq 2.5$	$(1+1.75)(0.7/T)^{2/3} \leq 2.75$	بزرگتر
IV (خطر کم و متوسط)	$3.25(1/T)^{2/3} \leq 2.5$	$(1+2.25)(1/T)^{2/3} \leq 3.25$	بزرگتر
IV (خطر زیاد و خیلی زیاد)	$2.5(1/T)^{2/3} \leq 2.5$	$(1+1.75)(1/T)^{2/3} \leq 2.75$	بزرگتر

با نگاهی به جدول ۲ مشخص می شود که در حالتی که $T \leq T_0$ است، در دو مورد مقادیر حاصل از ویرایش جدید کوچکتر و یا مساوی و در سه مورد دیگر می تواند بزرگتر، مساوی و یا کوچکتر باشد. مقادیر این جدول برای ساختمان های کوتاه سندیت دارد. در جدول ۳ و ۴ از ۱۰ مورد در ۶ مورد مقادیر ویرایش ۳ بزرگتر در ۴ مورد دیگر مساوی می باشد. نکته قابل توجه آنست که در هیچکدام از موارد این ۲ جدول مقادیر ویرایش ۳ کمتر از ویرایش ۲ نمی باشد. مقادیر جدول ۳ برای ساختمان های با ارتفاع متوسط و جدول ۴ برای ساختمان های بلند سندیت دارند. نکته دیگر آنکه در این ویرایش مقدار ضریب بازتاب میتواند تا ۳,۲۵ افزایش یابد؛ درحالیکه این مقادیر در ویرایش قبل به ۲,۵ محدود شده بود.

۸-ارایه فرمول پیشنهادی جهت محاسبه زمان تناوب اصلی نوسان ساختمان براساس روش تحلیلی

در این ویرایش برای محاسبه زمان تناوب اصلی سازه فرمول زیر پیشنهاد شده است:

$$T = 2\pi(\sum W_i \delta_i^2 + g \sum F_i \delta_i)^{(1/2)}$$

Fi و δ_i به ترتیب نیروی جانبی وارد بر طبقه و تغییر مکان ناشی از آن است. Fi را می توان بر اساس توزیع تقریبی خطی وارونه ارایه شده در این آیین نامه یا هر توزیع منطقی دیگری در نظر گرفت.

در محاسبه پریود اصلی سازه های بتنی، به منظور در نظر گرفتن سختی موثر در اثر ترک خوردگی بتن، لازم است ممان اینرسی مقاطع مقاطع برای تیرها 0.5Ig و برای ستون ها و دیوارها Ig منظور شود. (همچنین مطابق بند ۲-۵-۲ نیز در محاسبه تغییر مکان های جانبی طبقه هم باید اثر ترک خوردگی در اعضای سازه های بتنی را در نظر گرفت. در مورد محاسبه تغییر مکان های جانبی طبق بند ۲-۵-۶ مقادیر سختی ها نسبت به اعداد بالا ۳۰ درصد کمتر است). Ig ممان اینرسی مقطع کل عضو بدون در نظر گرفتن فولاد است. پریود به دست آمده از این فرمول می تواند حداکثر ۲۵ درصد بیش از مقدار حاصل از فرمول تجربی باشد.

۹- اجباری شدن رعایت حداکثر ارتفاع مجاز ساختمان برای تمامی مناطق با توجه به سیستم سازه ای انتخاب شده

در ویرایش قبلی این مساله فقط برای مناطق با خطر زلزله خیزی زیاد و خیلی زیاد اجباری بود؛ اما در این ویرایش برای تمامی مناطق این امر اجباری شده است. [3]

مطابق بند ۲-۸-۳-۲ ساخت ساختمان های با ارتفاع بیشتر از H_m در کلیه مناطق کشور مجاز نیست. برای ساختمان های خاص نظیر برج های مخابراتی و بادمان وغیره که در آنها ارتفاعی بیشتر از این حدود مد نظر باشد تایید کمیته فنی این آیین نامه الزامی است.

۱۰- ممنوعیت استفاده از قاب خمشی معمولی و متوسط برای ساختمانهای بلند تر از ۵۰ متر

توصیه آیین نامه این است که در قاب های خمشی طراحی به گونه ای صورت گیرد که ستون ها دیرتر از تیرها دچار خرابی شوند. این مساله بدین دلیل است که در صورت خرابی تیرها، کل سازه هنوز قادر به حفظ ایستایی خود باشد.

در ویرایش قبلی استفاده از سیستم قاب خمشی معمولی و متوسط جهت ساختمانهای بیش از ۱۵ طبقه مجاز بود، اما مطابق این ویرایش جهت این ساختمان ها باید تنها از سیستم قاب خمشی ویژه و یا سیستم دوگانه استفاده نمود.

۱۱،۱۲،۱۳- تغییر در مقدار ضریب رفتار (R) و مقدار ارتفاع مجاز برای برخی از سیستم های سازه ای و همچنین اضافه و کم

شدن برخی سیستم های سازه ای

حاصلضرب ABI چنانچه در شتاب ثقل ضرب شود، در واقع بیانگر طیف پاسخ الاستیک شتاب زلزله طرح برای سازه مورد نظر در منطقه مورد طراحی است. در اکثر اوقات از نظر اقتصادی امکانپذیر نیست که سازه ها را به گونه ای طراحی نمود که تحت اثر سطوح زلزله شدید (زلزله طرح) به صورت الاستیک باقی بمانند. از اینروست که تغییر شکل های غیر الاستیک تا حدی که قابلیت تحمل سازه برای بارهای قائم را به مخاطره نیاندازد، در طراحی ساختمان ها مجاز شمرده می شود. در این حالت نیروی برشی پایه با استفاده از ضریب R کاهش داده می شود. ضریب R بیانگر قابلیت سازه برای تحمل بارهای بالاتر از حد طراحی و میزان استهلاک انرژی از طریق تغییر فرم های غیرالاستیک است. هر چه سیستم سازه ای ضعیفتر و شکننده تر باشد، مقدار R کمتری را داشته و هر چه مقاومتر و شکل پذیرتر باشد، R بزرگتری را به خود اختصاص خواهد داد. مقدار R بستگی به عوامل مختلفی نظیر نوع سیستم سازه ای، درجه نامعینی سازه، ظرفیت باربری اتصالات و ... دارد. در جداول ۸،۷،۶،۵ مقایسه مابین سیستم های سازه ای، ضریب رفتار و ارتفاع مجاز در هر دو ویرایش انجام گرفته است.

با توجه به این جداول در ویرایش جدید سیستم قاب خمشی فولادی معمولی از سیستم های دوگانه حذف شده است (۳ سیستم) و سیستم قاب خمشی فولادی متوسط جایگزین آن شده است. ضمن آنکه سیستم های دیوار برشی متوسط و ویژه نیز در بخش سیستم دیوارهای باربر و قاب ساختمانی ساده اضافه شده اند. ضریب رفتار در ۶ مورد کاهش یافته و در بقیه موارد بدون تغییر مانده است. در هیچ مورد این ضریب افزایش داده نشده است. ارتفاع مجاز ساختمان ها نیز در ۶ مورد کاهش یافته و در یک مورد (سیستم مهاربند هم محور فولادی) افزایش یافته است. در بقیه موارد این ارتفاع بدون تغییر مانده است.

جدول ۵- مقایسه بین سیستمهای سازه ای در دو ویرایش

Hm(m) ویرایش ۳	Hm(m) ویرایش ۲	R ویرایش ۳	R ویرایش ۲	سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی	سیستم سازه
۵۰	-	۷	-	دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	دیوار باربر
۵۰	-	۶	-	دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	دیوار باربر
۳۰	۷۰	۵	۵	دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی	دیوار باربر
۱۵	۳۰	۴	۴	دیوار برشی با مصالح بنایی مسلح	دیوار باربر

جدول ۶- مقایسه بین سیستم های سازه ای در دو ویرایش

Hm(m) ویرایش ۳	Hm(m) ویرایش ۲	R ویرایش ۳	R ویرایش ۲	سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی	سیستم سازه
۵۰	-	۸	-	دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	قاب ساده
۵۰	-	۷	-	دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	قاب ساده
۳۰	۵۰	۵	۷	دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی	قاب ساده
۱۵	۳۰	۴	۵	دیوار برشی با مصالح بنایی مسلح	قاب ساده
۵۰	۵۰	۷	۷	مهاربندی برون محور فولادی	قاب ساده
۵۰	۴۰	۶	۶	مهاربندی هم محور فولادی	قاب ساده

جدول ۷- مقایسه بین سیستمهای سازه ای در دو ویرایش

Hm(m) ویرایش ۳	Hm(m) ویرایش ۲	R ویرایش ۳	R ویرایش ۲	سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی	سیستم سازه
۱۵۰	۱۸۰	۱۰	۱۰	قاب خمشی بتن آرمه ویژه	قاب خمشی
۵۰	۵۰	۷	۸	قاب خمشی بتن آرمه متوسط	قاب خمشی
-	۱۵	۴	۵	قاب خمشی بتن آرمه معمولی	قاب خمشی
۱۵۰	۱۸۰	۱۰	۱۰	قاب خمشی فولادی ویژه	قاب خمشی
۵۰	-	۷	-	قاب خمشی فولادی متوسط	قاب خمشی
-	۵۰	۵	۶	قاب خمشی فولادی معمولی	قاب خمشی

جدول ۸- مقایسه ی بین سیستم های سازه ای در دو ویرایش

Hm(m) ویرایش ۳	Hm(m) ویرایش ۲	R ویرایش ۳	R ویرایش ۲	سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی	سیستم سازه
۲۰۰	۲۰۰	۱۱	۱۱	قاب خمشی ویژه(فولادی یا بتنی)+دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه	دوگانه یا ترکیبی
۷۰	۷۰	۸	۹	قاب خمشی بتنی متوسط + دیوارهای برشی بتنی متوسط	دوگانه یا ترکیبی
۷۰	-	۸	-	قاب خمشی فولادی متوسط + دیوارهای برشی بتن آرمه متوسط	دوگانه یا ترکیبی
۱۵۰	۱۸۰	۱۰	۱۰	قاب خمشی فولادی ویژه +مهاربندی برون محور فولادی	دوگانه یا ترکیبی
۱۵۰	۱۵۰	۹	۹	قاب خمشی فولادی ویژه +مهاربندی هم محور فولادی	دوگانه یا ترکیبی
۷۰	-	۷	-	قاب خمشی فولادی متوسط +مهاربندی برون محور فولادی	دوگانه یا ترکیبی
۷۰	-	۷	-	قاب خمشی فولادی متوسط +مهاربندی هم محور فولادی	دوگانه یا ترکیبی
-	۷۰	-	۷,۵	قاب خمشی فولادی معمولی + دیوارهای برشی بتن آرمه معمولی	دوگانه یا ترکیبی
-	۶۰	-	۷,۵	قاب خمشی فولادی معمولی +مهاربندی برون محور فولادی	دوگانه یا ترکیبی
-	۵۰	-	۶,۵	قاب خمشی فولادی معمولی +مهاربندی هم محور فولادی	دوگانه یا ترکیبی

۱۴- ممنوعیت استفاده از قاب خمشی با شکل پذیری کم (فولادی یا بتنی) برای ساختمان های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد
 مطابق ویرایش جدید برای قاب خمشی بتنی با شکل پذیری کم: استفاده از این سیستم برای ساختمان های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در تمام مناطق لرزه خیزی و برای ساختمانهای 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 ۳ و ۴ به ۱۵ متر محدود می شود [1]. همچنین برای سیستم سازه ای قاب خمشی فولادی با شکل پذیری معمولی: برای ساختمان های یک طبقه و یا ساختمان های صنعتی، با اهمیت متوسط و کم در تمام مناطق تا ارتفاع ۱۸ متر مجاز است.

۱۵- تغییر درصد برون محوری اتفاقی برای ساختمانهای نامنظم

در ویرایش قبلی مقدار درصد برون محوری اتفاقی برای تمامی ساختمان ها ۵ درصد بعد ساختمان در آن تراز و در امتداد عمود بر نیروی جانبی در نظر گرفته می شد؛ اما در ویرایش جدید این مقدار ۵ درصد باید در یک ضریب بزرگنمایی ضرب شود ۱.۳. این ضریب از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$A_j = [\Delta_{\max} \div (1.2\Delta_{ave})] \quad 1 \leq A_j \leq 3$$

در این رابطه:

$$\Delta_{\max} = \text{حداکثر تغییر مکان طبقه } j$$

$$\Delta_{ave} = \text{میانگین تغییر مکان دو انتهای ساختمان در طبقه } j$$

به این ترتیب در این ساختمان ها ممکن است مقدار برون محوری تا ۱۵ درصد افزایش یابد. هم چنین در ویرایش قبلی برای ساختمان های با اهمیت زیاد پیش از اتفاقی قابل صرف نظر نبود، اما در این ویرایش در ساختمان های تا ۵ طبقه یا کوتاه تر از ۱۸ متر (بدون توجه به نوع ساختمان) در صورتی که فاصله بین مرکز سختی در هر طبقه و مرکز جرم آن طبقه و طبقات بالاتر کمتر از ۵ درصد بعد ساختمان در جهت عمود بر اعمال نیروی زلزله باشد، پیش از اتفاقی و غیر اتفاقی قابل صرف نظر است. البته در صورت طراحی و آنالیز سازه با نرم افزارهای ۳ بعدی پیش از غیر اتفاقی عملاً توسط نرم افزار محاسبه می شود. البته در این ویرایش پیش از اتفاقی غیر از حالت گفته شده، در هیچ حالت دیگری قابل صرف نظر نیست، برون از مرکزیت اتفاقی باید در هر دو جهت اصلی سازه در نظر گرفته شود.

۱۶- تغییر در نحوه اثر مولفه قائم زلزله

در ویرایش قبلی در نظر گرفتن مولفه قائم تنها در مورد طره ها اجباری بود؛ اما در این ویرایش موارد زیر نیز اضافه شده است.

الف- تیرهایی که دهانه آنها بیشتر از ۱۵ متر باشد، همراه با ستونها و دیوارهای تکیه گاهی آنها
 ب- تیرهایی که بارهای قائم متمرکز قابل توجهی در مقایسه با سایر بارهای منتقل شده به تیر را تحمل می کنند، همراه با ستون ها و دیوارهای تکیه گاهی آنها، در صورتیکه بار متمرکز حداقل برابر با نصف مجموع بار وارده به تیر باشد، آن بار قابل توجه تلقی می شود.
 مقدار نیروی قائم زلزله برای این دو حالت 0.7A.I.WP است. WP بار مرده به همراه کل سربار آن می باشد. برای طره ها این مقدار برابر 1.4A.I.WP است ۱۵. این مقدار در ویرایش قبلی برای ساختمان های فولادی 0.83A.I.WP و برای ساختمان های بتنی A.I.WP می باشد که بسیار کمتر از مقدار بالا میباشد.

همچنین مطابق ویرایش ۳ بار قائم زلزله باید در ترکیب بارهای زیر در نظر گرفته شود:

- ۱- صد درصد نیروی زلزله در هر امتداد افقی با ۳۰ درصد نیروی زلزله در جهت عمود بر آن و ۳۰ درصد نیروی زلزله در جهت قائم
 - ۲- صد درصد نیروی زلزله در جهت قائم با ۳۰ درصد نیروی زلزله در هر یک از دو امتداد افقی عمود برهم.
- در ویرایش قبلی اشاره ای به نحوه ترکیب بارها نشده بود.

۱۷- تغییر در ضریب اصلاح بازتاب ها برای روش تحلیل دینامیکی در مورد سازه های منظم

در ویرایش قبلی در روش تحلیل دینامیکی طیفی برای سازه های منظم هرگاه برش پایه به دست آمده از این روش از مقدار برش پایه روش تحلیل استاتیکی کمتر میشود مقادیر بازتاب ها باید در ۸۰ درصد نسبت به نسبت برش پایه استاتیکی معادل به برش پایه به دست آمده از تحلیل دینامیکی طیفی ضرب میشود (به شرط کمتر بودن مقدار به دست آمده از برش پایه روش تحلیل دینامیکی طیفی) و به این ترتیب برای این سازه ها با استفاده از این روش مهندسان می توانستند مقدار برش پایه را تا ۲۰ درصد کاهش دهند، اما در ویرایش جدید در مورد این سازه ها مقدار برش پایه باید به جای ۸۰ درصد، تا ۹۰ درصد برش پایه استاتیکی افزایش یابد ۱۷ و به این ترتیب مقدار کاهش برش پایه به جای ۲۰ درصد، تنها ۱۰ درصد می شود. در صورتیکه در تحلیل دینامیکی از طیف طرح ویژه ساختگاه استفاده شده باشد، وضعیت همانند ویرایش قبلی می باشد.

۱۸- تغییر در نحوه محاسبه تغییر مکانهای مجاز طبقات

در ویرایش قبلی مقدار تغییر مکان نسبی مجاز هر طبقه برابر $0.03/R$ برابر ارتفاع نسبی طبقه بود. اما در این ویرایش نحوه محاسبه تغییر مکان ها دچار تغییرات کلی شده است. در این ویرایش دو تغییر مکان نسبی تعریف شده است؛ یکی تغییر مکان جانبی نسبی طرح و دیگری تغییر مکان نسبی واقعی (غیرارتجاعی) طرح. تغییر مکان نوع اول با فرض رفتار خطی و تغییر مکان نوع دوم با فرض رفتار غیرخطی به دست می آید. اگر تغییر مکان نوع اول (خطی) ΔW و تغییر مکان نوع دوم باشد، داریم :

$$\Delta_M = 0.7R.\Delta_W$$

همچنین تغییر مکان های مجاز هر طبقه برابر مقادیر زیر میشود :

$$\Delta_M < 0.025h_i \quad T < 0.7$$

$$\Delta_M < 0.02h_i \quad T \geq 0.7$$

دو رابطه بالا را میتوان به صورت زیر نیز نوشت:

$$\Delta W < (.036/R) h_i \quad T < 0.7$$

$$\Delta W < (.029/R) h_i \quad T \geq 0.7$$

با یک مقایسه می توان فهمید که میزان تغییر مکان مجاز نسبت به ویرایش قبلی برای زمان تناوب کمتر از ۰٫۷ ثانیه (ساختمان های کوتاه) مقداری اضافه شده و برای بقیه ساختمان ها این مقدار اندکی کاهش یافته است .
تغییر دیگری نیز که در رابطه با کنترل تغییر مکان های جانبی در ویرایش جدید ایجاد شده است، اجباری شدن کنترل تغییر مکان ها برابر زلزله سطح بهره برداری برای تمامی ساختمان ها است. که تغییر مکان جانبی نسبی در زلزله سطح بهره برداری در هر طبقه نباید از ۰.۰۰۵ ارتفاع آن طبقه بیشتر باشد. در ویرایش قبلی این کنترل فقط برای ساختمان های با اهمیت زیاد یا بلندتر از ۵۰ متر و یا بیش از ۱۵ طبقه اجباری بود.

۱۹- تغییر مقدار افزایش بار ستون هایی که در دهانه هایی قرار دارند که اعضای مقاوم جانبی آنها تا روی پی ادامه پیدا نمی کنند

در ویرایش قبلی در دهانه هایی که اعضای مقاوم جانبی تا روی پی ادامه پیدا نمی کردند مقرر شده بود که این ستون ها باید در برابر دو ترکیب بار زیر دارای مقاومت کافی باشند:

$$D+0.8L\pm 0.4R.E$$

$$.۰۸۵D\pm 0.4R.E$$

در ویرایش جدید ضریب بار زلزله (E) به جای $0.4R$ به $2.8R$ تغییر یافته است. به این ترتیب اگر سیستم سازه ای استفاده شده دارای ضریب شکل پذیری کمتر از ۷ باشد (به طور مثال سیستم قاب ساده با بادبندهای هم محور)، فرمول ارایه شده در ویرایش جدید باعث به دست آمدن ستون با مقطع بزرگتر می شود و اگر ضریب شکل پذیری بیش از ۷ باشد (مانند سیستم قاب ساده با دیوارهای برشی با شکل پذیری زیاد) این فرمول باعث کوچک شدن ستون ها نسبت به فرمول ارایه شده در ویرایش قبلی می شود.

مراجع:

[1] مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله ویرایش سوم

[2] مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله ویرایش دوم

[3] جعفری، احمد رضا، شرحی بر آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم

[4] جعفری، احمد رضا، ابهامات ویرایش سوم آیین نامه ۲۸۰۰

[5] تنکابنی پور، سید محمد مهدی، اصول مقاوم سازی ساختمان ها