بررسی کاربردی و اقتصادی سازه‌های بتن‌آرمه طراحی شده بر اساس ویرایش سوم و چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ایران

مسعود پوربابا*
هیات علمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه، مراغه، ایران
صابر عظیمی
دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد صوفیان، صوفیان، ایران
pourbaba@iau-maragheh.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۵/۰۳/۱۰

چکیده

با توجه به تصویب ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و لحاظ شدن تغییرات عمده نسبت به ویرایش سوم و همچنین تغییر مبحث ششم مقررات ملی، بررسی و ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های طراحی و ساخته‌شده طبق ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ و مقایسه آن با خواسته‌های ویرایش جدید حائز اهمیت می‌باشد. در این تحقیق عملکرد لرزه‌ای چهار سازه بتن‌آرمه که بر مبنای ویرایش‌های سوم و چهارم آیین‌نامه ۲۸۰۰ و مبحث ششم مقررات ملی ویرایش سال ۸۵ و ۹۲ بارگذاری شده‌اند مورد ارزیابی قرار گرفته است. بطوریکه سازه‌ها بر اساس ویرایش سوم تحلیل و طراحی شده‌اند و به منظور مقایسه، ضوابط ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث ششم سال ۱۳۹۲ در همان سازه‌ها اعمال شده است. در نهایت پارامترهایی از قبیل مقدار آرماتور مورد نیاز المان‌های سازه‌ای، جابجایی نسبی واقعی طبقات و مقدار ضریب زلزله مقایسه شده‌اند. نتایج بدست آمده نشانگر تاثیر فراوان تحولات آیین‌نامه‌ای بر مقدار آرماتور مورد نیاز تیرها می‌باشد، درحالیکه تاثیر آن بر ستون‌ها بسیار ناچیز است.

کلید واژگان: سازه بتن‌آرمه، ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰

۱- مقدمه

پس از زلزله ویرانگر دهم شهریور ۱۳۴۱ بویین‌زهرا که بزرگی آن ۷/۲ در مقیاس ریشتر بوده و طی آن ۱۲۰۰۰ نفر جان خود را از دست دادند، اولین آیین‌نامه زلزله ایران تهیه شد. این آیین‌نامه با گذر زمان و با مشاهده اثرات زلزله در سازه‌ها تغییر یافته و تکمیل شده است. تاکنون این تغییرات شامل چهار مرحله اصلی تحت عناوین ویرایش اول تا چهارم بوده است که هرکدام نسبت به یکدیگر دارای تفاوت‌هایی می‌باشند [1].

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن با تشکیل کمیته‌ای از استادان دانشگاه‌ها و صاحب‌نظران، پیش‌نویس «آیین‌نامه طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله» را تحت عنوان ویرایش اول ۲۸۰۰ تهیه و اولین چاپ آن را در سال ۶۶ منتشر نموده است [2].

پیش‌نویس ویرایش دوم این آیین‌نامه در سال ۱۳۷۸ در یک فراخوان عمومی برای نظرخواهی انتشار یافته و بعد از اصلاح و تکمیل و جمع‌بندی مجدد بنا به پیشنهاد مشترک وزارت مسکن و شهرسازی و وزارت کشور تصویب و ابلاغ شده است [3].

برنامه بازنگری متن آیین‌نامه برای تدوین ویرایش سوم از سال ۱۳۷۹ آغاز گردیده و در سال ۱۳۸۴ منجر به تصویب آن شده است [4].

مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی با توجه به بازخوردهای اجرایی آیین‌نامه و همچنین آخرین دستاوردهای علمی–تحقیقاتی که از وقوع زلزله‌های متعدد در سراسر جهان و ایران به دست آمده است، برنامه بازنگری متن آیین‌نامه برای تدوین ویرایش چهارم را در دستور کار خود قرار داده که منجر به تصویب آن در سال ۱۳۹۴ شده است [5].

بررسی مقایسه‌ای بین آیین‌نامه‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد چرا که با ارزیابی موارد تشابه و اختلاف آنها به شناخت بیشتر پارامترهای لرزه‌ای می‌انجامد و می‌تواند جنبه‌های تمایز و در برخی موارد نقاط ضعف و قوت آیین‌نامه‌ها را بشناساند. با توجه به تصویب ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ و لحاظ شدن تغییرات عمده نسبت به ویرایش سوم، بررسی و ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های طراحی و ساخته‌شده طبق آیین‌نامه قبلی و مقایسه آن با خواسته‌های آیین‌نامه جدید حائز اهمیت می‌باشد. در این تحقیق عملکرد لرزه‌ای قاب‌های خمشی بتن‌آرمه که بر مبنای ویرایش‌های جدید و قدیم آیین‌نامه ۲۸۰۰ بارگذاری لرزه‌ای شده‌اند مورد ارزیابی قرار گرفته است. در پایان ایمنی قاب‌های طراحی شده به لحاظ جابجایی طبق ویرایش قدیم با قاب‌های طراحی شده طبق ویرایش جدید مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است.

هدف اصلی این مقاله مقایسه فنی و اقتصادی سازه‌های بتن‌آرمه طراحی شده با ویرایش سوم و چهارم آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) می‌باشد که در این راستا از نرم‌افزار ETABS ویرایش 9.7.4 بهره گرفته شده است [6]. در کنار این هدف اساسی، بندهای آیین‌نامه‌ای و تغییرات مربوط به آن‌ها نیز مورد بحث واقع شده است تا علاوه بر مقایسه نتایج حاصل از دو سازه، نحوه اعمال ضوابط آیین‌نامه‌ای به نرم‌افزار نیز سنجیده شوند.

۲- مقایسه ویرایش سوم و چهارم استاندارد ۲۸۰۰

ویرایش سوم دارای سه فصل تحت عناوین "کلیات"، "محاسبه ساختمان‌ها در برابر زلزله" و "ضوابط ساختمان‌های با مصالح بنایی غیرمسلح" و ۶ پیوست می‌باشد. درحالیکه تعداد فصل‌ها در ویرایش چهارم به هفت افزایش یافته که عبارتند از "کلیات"، "حرکت زمین"، "محاسبه ساختمان‌ها در برابر زلزله"، ضوابط طراحی لرزه‌ای اعضای غیرسازه‌ای"، " ضوابط طراحی لرزه‌ای سازه‌های غیرساختمانی"، الزامات ژئوتکنیکی" و " ضوابط ساختمان‌های با مصالح بنایی غیرمسلح". همچنین دارای ۵ پیوست در انتهای آیین‌نامه می‌باشد [7].

۳- مقایسه کاربردی ویرایش سوم و چهارم استاندارد ۲۸۰۰

در این بخش با هدف مقایسه کاربردی و عملی سازه‌های بتن‌آرمه طراحی شده بر اساس آیین‌نامه‌های جدید و قدیم چهار سازه کاربردی بر اساس هر دو آیین‌نامه مدل‌سازی شده و در نهایت دو به دو با یکدیگر مقایسه شده‌اند. روند مدل‌سازی و مقایسه سازه‌ها به این ترتیب می‌باشد که در مرحله اول سازه‌های منتخب با استفاده از ضوابط لرزه‌ای ویرایش سوم استاندارد ۲۸۰۰ تحلیل و طراحی شده‌اند. در مرحله بعدی ضوابط لرزه‌ای ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ بر سازه طراحی شده در مرحله قبلی اعمال شده و نسبت به آن سنجیده شده‌اند. نحوه مدل‌سازی و بارگذاری و مقایسه سازه‌ها به شرح زیر می‌باشد [8-11].

۳-۱- مدل‌سازی در نرم‌افزار

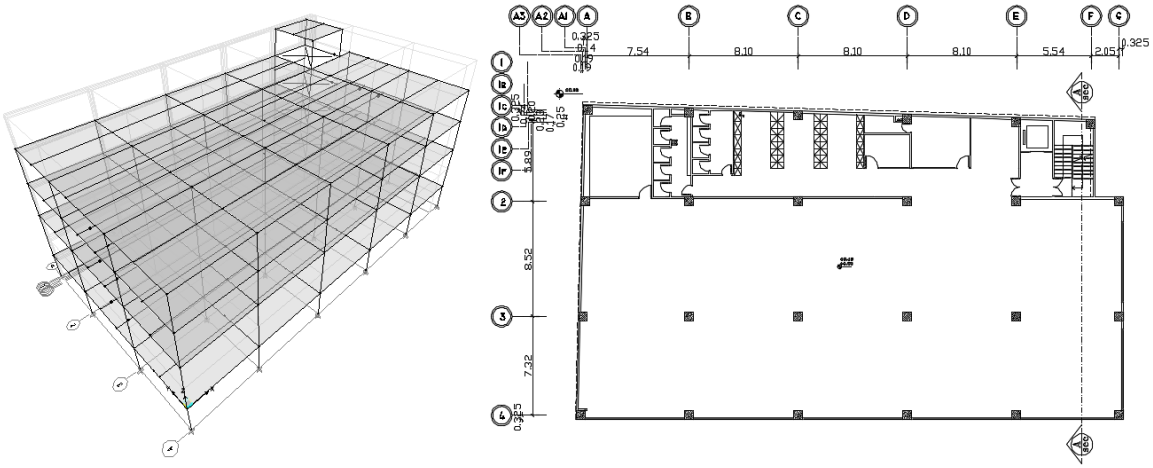
اولین قدم در مدل‌سازی استفاده از نقشه معماری می‌باشد. مشخصات سازه‌های انتخابی در جدول ۱ و پلان طبقه اول و مدل‌سازی هریک از آن‌ها در شکل ۱ تا ۴ نشان داده شده است.

۳-۲- بارگذاری سازه‌ها

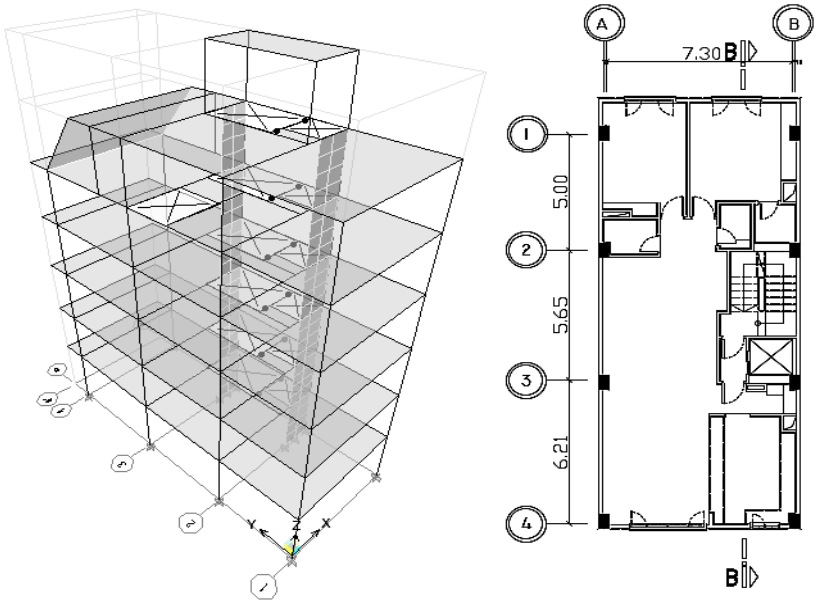
بارگذاری سازه‌ها به این ترتیب انجام گرفته است که به منظور مطابقت آیین‌نامه، در صورت استفاده از ویرایش سوم از مبحث ششم مقررات ملی ویرایش سال ۱۳۸۵ و در صورت استفاده از ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، از مبحث ششم سال ۱۳۹۲ استفاده شده است [12,13]. از جمله تفاوت‌های حائز اهمیت در بارگذاری در رابطه با محاسبه بار جانبی زلزله، اعمال مولفه قائم زلزله، بارگذاری بار زنده، بار معادل تیغه‌بندی و نحوه اعمال بار زنده قابل کاهش می‌باشد که هریک بر اساس آیین‌نامه‌های مذکور تعریف و اعمال شده‌اند.

جدول ۱: مشخصات سازه‌های انتخابی.

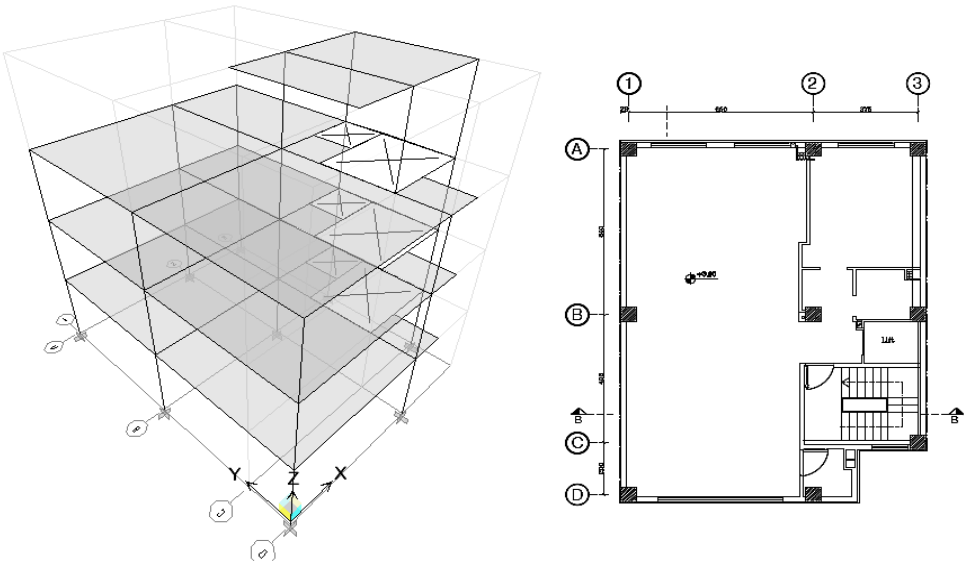
سازه	محل انجام پروژه	نوع خاک	نوع کاربری	تعداد طبقات	نوع سقف سازه‌ای	نوع سیستم باربری
سازه ۱	تبریز	II	تجاری–ورزشی	۴	دال بتنی	قاب خمشی متوسط
سازه ۲	تبریز	II	مسکونی	۶	تیرچه یونولیت	قاب خمشی+ دیوار برشی متوسط
سازه ۳	تبریز	III	مسکونی	۲	تیرچه یونولیت	قاب خمشی متوسط
سازه ۴	تبریز	III	مسکونی	۳	تیرچه بلوک سفالی	قاب خمشی متوسط



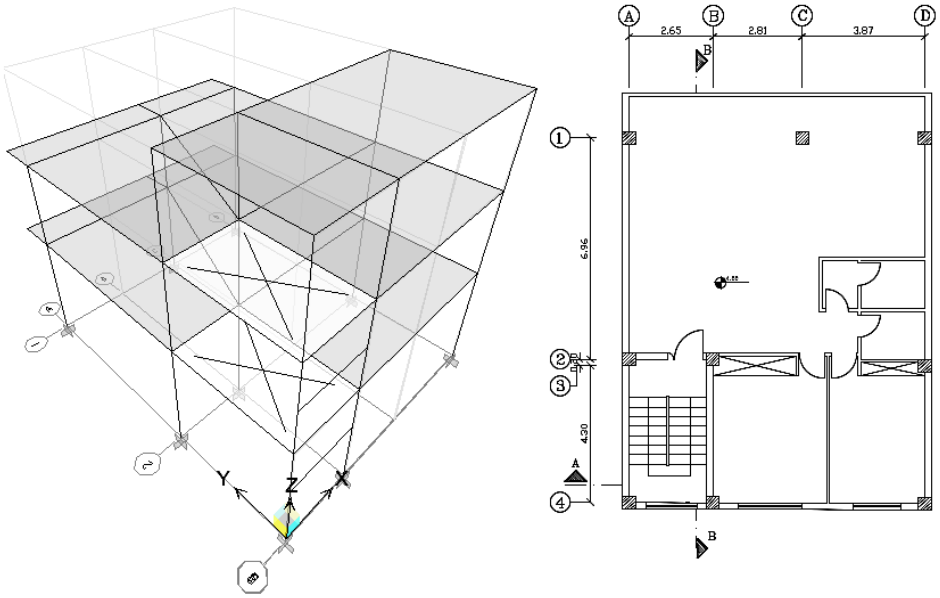
شکل ۱: پلان معماری و مدل‌سازی سازه ۱ در نرم‌افزار.



شکل ۲: پلان معماری و مدل‌سازی سازه ۲ در نرم‌افزار.



شکل ۳: پلان معماری و مدل‌سازی سازه ۳ در نرم‌افزار.



شکل ۴: پلان معماری و مدل‌سازی سازه ۴ در نرم‌افزار.

۳-۳- انتخاب آیین‌نامه طراحی و ترکیبات بار

در ویرایش سوم، آیین‌نامه انتخابی ACI 318-99 و در ویرایش چهارم آیین‌نامه ACI 318-05 در نظر گرفته شده است که ترکیبات بار آن‌ها به شرح زیر می‌باشد [14,15]:

ACI 99:

1) 1.4D
2) 1.4D + 1.7L
3) 1.05D + 1.275L ± E
4) 0.9D ± E

ACI 05:

1) 1.4D
2) 1.2D + 1.6L + 0.5(Lr or S)
3) 1.2D + L + 1.6(Lr or S)
4) 1.2D + L ± E + 0.2S
5) 0.9D ± E

۳-۴- انتخاب روش تحلیل سازه

بر حسب هندسه سازه انتخابی و بر اساس تعریف نامنظمی سازه در ویرایش سوم و چهارم استاندارد ۲۸۰۰، هر یک از این سازه‌ها به یکی از روش‌های استاتیکی معادل و یا دینامیکی تحلیل و طراحی شده‌اند.

۳-۴- کنترل جابجایی نسبی طبقه

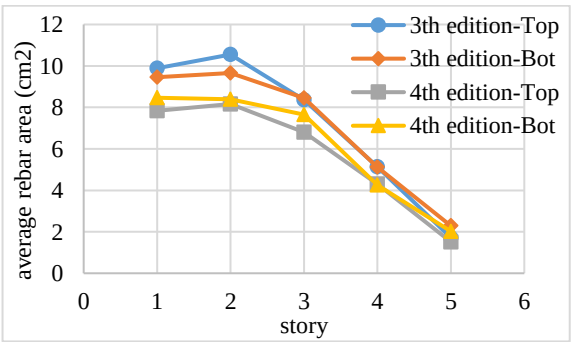
جابجایی نسبی طبقه و کنترل آن در سازه در ویرایش سوم بر اساس بند ۲-۵ و در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰ بر اساس بند ۳-۵ انجام می‌گیرد که در هریک از سازه‌های انتخابی بر اساس دوره تناوب حاصل و ارتفاع سازه به شیوه مناسب محاسبه و مقایسه شده‌اند.

۴- ارزیابی سازه‌ها پس از تحلیل و طراحی

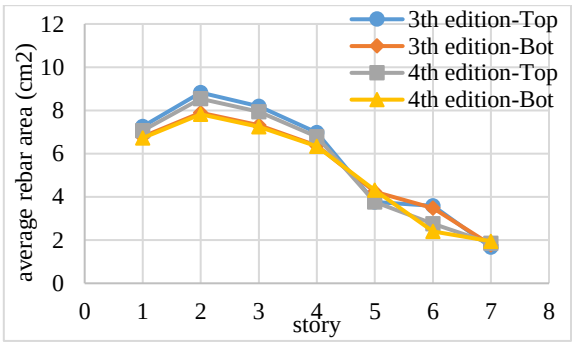
در این مرحله سازه پس از مدل‌سازی و تحلیل بر اساس هریک از ویرایش-های سوم و چهارم آیین‌نامه ۲۸۰۰، طراحی شده و پارامترهایی از قبیل مقدار آرماتور مورد نیاز در تیرها، ستون‌ها و دیوارهای برشی و همچنین مقدار ضریب زلزله و جابجایی نسبی طبقات بدست آمده و مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

۱-۴- مساحت آرماتور مورد نیاز در تیرها

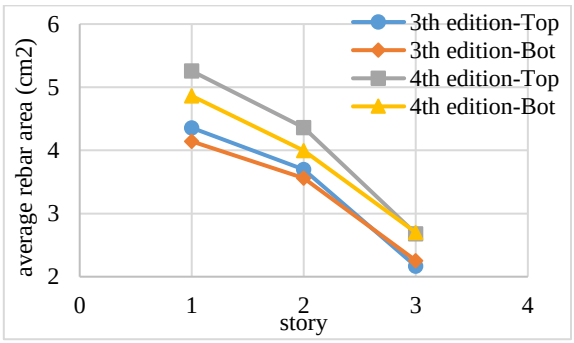
در این بخش مساحت آرماتورهای فوقانی و تحتانی در طبقات مختلف از هریک از سازه‌های مدل‌سازی شده بر حسب ویرایش‌های سوم و چهارم بدست آمده و نتایج حاصل به صورت نمودار در شکل‌های ۵ تا ۸ نشان داده شده است.



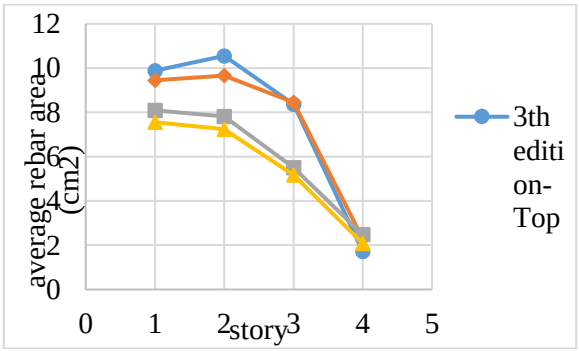
شکل ۵: مقایسه مساحت آرماتورهای مورد نیاز تیرها سازه ۱.



شکل ۶: مقایسه مساحت آرماتورهای مورد نیاز تیرها سازه ۲.



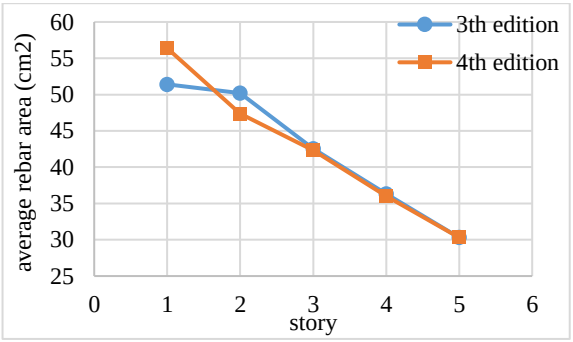
شکل ۷: مقایسه مساحت آرماتورهای مورد نیاز تیرها سازه ۳.



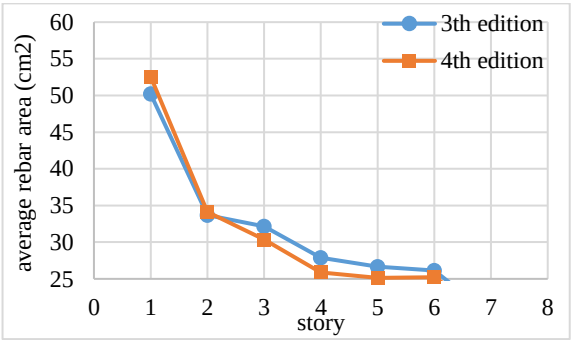
شکل ۸: مقایسه مساحت آرماتورهای مورد نیاز تیرها سازه ۴.

۲-۴- مساحت آرماتور مورد نیاز در ستون‌ها

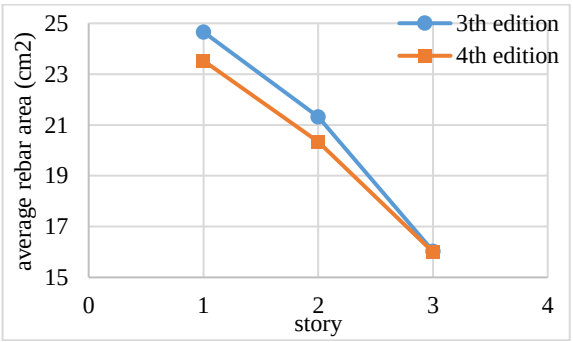
مجموع مساحت مورد نیاز ستون‌ها در طبقات هریک از سازه‌های مدل‌سازی شده بر اساس ویرایش سوم و چهارم آیین‌نامه ۲۸۰۰ به صورت نمودار در شکل‌های ۹ تا ۱۲ نشان داده شده است.



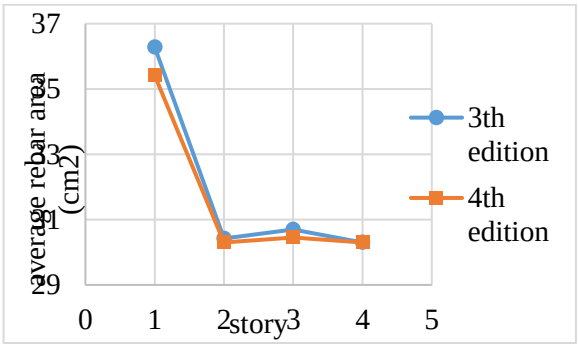
شکل ۹: مقایسه مساحت آرماتور مورد نیاز ستون‌ها در سازه ۱.



شکل ۱۰: مقایسه مساحت آرماتور مورد نیاز ستون‌ها در سازه ۲.



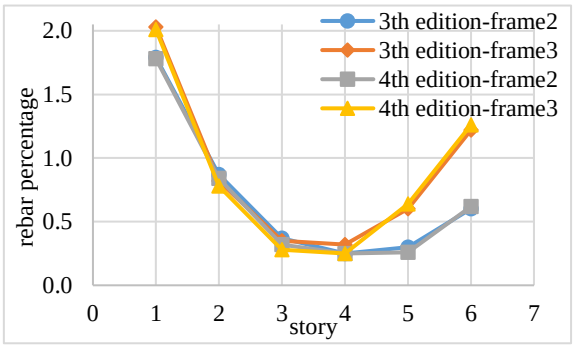
شکل ۱۱: مقایسه مساحت آرماتور مورد نیاز ستون‌ها در سازه ۳.



شکل ۱۲: مقایسه مساحت آرماتور مورد نیاز ستون‌ها در سازه ۴.

۴-۳- نسبت آرماتور مورد نیاز در دیوارهای برشی

نسبت آرماتور مورد نیاز دیوارهای برشی در طبقات مختلف در سازه ۲ به طور متوسط در نمودار زیر نشان داده شده است.



شکل ۱۳: مقایسه درصد آرماتورهای مورد نیاز دیوارهای برشی در سازه ۲.

۴-۴- مقایسه نسبت جابجایی نسبی طبقات

مقادیر بیشترین دریفت طبقه حاصل پس از تحلیل و طراحی سازه‌ها بر اساس بندهای آیین‌نامه‌ای مربوطه به ضرایب مربوطه ضرب شده‌اند و در نهایت مقادیر نسبت جابجایی نسبی واقعی بدست آمده‌اند که این مقادیر در سازه‌های ۱ تا ۴ به طور متوسط در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: مقادیر بیشترین دریفت واقعی طبقات.

	مقدار بیشترین دریفت واقعی طبقه	
سازه	ویرایش چهارم	ویرایش سوم
سازه ۱	۰/۰۱۸۳۸۳	۰/۰۱۶۵۴۷
سازه ۲	۰/۰۱۳۶۹۴	۰/۰۱۴۲۱۸
سازه ۳	۰/۰۲۰۱۲۹	۰/۰۱۴۹۲۱
سازه ۴	۰/۰۱۹۰۱۳	۰/۰۱۴۴۸۹

۴-۵- مقایسه مقادیر ضریب زلزله C

مقادیر ضریب زلزله بدست آمده در ۴ سازه و بر اساس ویرایش‌های سوم و چهارم استاندارد ۲۸۰۰ در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۳: مقایسه مقدار ضریب زلزله در سازه‌های مختلف

سازه	ویرایش چهارم	ویرایش سوم
سازه ۱	۰/۱۰۰۷	۰/۰۹۹۶
سازه ۲	۰/۱۰۰۸	۰/۰۸۹۴
سازه ۳	۰/۱۹۲۵	۰/۱۳۷۵
سازه ۴	۰/۱۹۲۵	۰/۱۳۷۵

۵- نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده از ویرایش چهارم آیین‌نامه ۲۸۰۰ نسبت به ویرایش سوم آن:

۱- در تیرها، در سازه ۱، مساحت آرماتورهای مورد نیاز در تمامی طبقات کمتر شده است و این اختلاف در آرماتورهای فوقانی و تحتانی به ترتیب برابر با ۱۸ درصد و ۱۲ درصد می‌باشد. در سازه ۲، مساحت آرماتورهای مورد نیاز در تمامی طبقات به جز خرپشته، طبقه پنجم و آرماتورهای تحتانی طبقه چهارم کمتر بدست آمده است. در کل سازه، مساحت میلگردهای فوقانی و تحتانی مورد نیاز تیرها هرکدام به طور متوسط ۳ درصد کاهش یافته است. در سازه ۳، مساحت آرماتورهای مورد نیاز در تمامی طبقات بیشتر شده است و این اختلاف در آرماتورهای فوقانی و تحتانی به ترتیب برابر با ۲۱ درصد و ۱۶ درصد می‌باشد. در سازه ۴، مساحت آرماتورهای مورد نیاز در تمامی طبقات به جز خرپشته، کمتر بدست آمده است. در کل سازه، مساحت میلگردهای فوقانی و تحتانی مورد نیاز تیرها به ترتیب به طور متوسط ۸ درصد و ۲۳ درصد کاهش یافته است. در حالت کلی تاثیر تغییرات آیین-نامه‌ای بر مقدار آرماتورهای مورد نیاز تیرها قابل ملاحظه می‌باشد.

۲- در ستون‌ها در سازه ۱، در طبقه خرپشته با توجه به کم بودن نیروی وارده، مقدار آرماتور مقدار کمینه بوده و به این دلیل در هر دو ویرایش برابر محاسبه شده است. در طبقات دوم، سوم و پشت بام مساحت آرماتوهای طولی کاهش یافته ولی در طبقه اول افزایش یافته است. در حالت کلی و با احتساب تمامی ستون‌ها، مقدار آرماتورهای مورد نیاز به اندازه ۱ درصد افزایش یافته است که مقدار ناچیز می‌باشد. در سازه ۲، همانند سازه ۱ مقدار آرماتور طولی در خرپشته یکسان محاسبه شده است. در طبقات سوم تا پشت بام این کمیت کاهش و در طبقات اول و دوم افزایش یافته است. با در نظر گرفتن تمامی ستون‌ها، مقدار آرماتور طولی مورد نیاز به اندازه ۲ درصد کاهش یافته است. در سازه ۳، مقدار آرماتورهای مورد نیاز ستون‌ها در تمامی طبقات کمتر شده است و در حالت کلی این کاهش به مقدار ۳ درصد می‌باشد. در سازه ۴، مساحت آرماتورهای مورد نیاز در خرپشته یکسان بوده و در طبقات اول و دوم و پشت بام کاهش و در طبقه اول افزایش یافته است. با احتساب تمامی ستون‌ها، مقدار آرماتور طولی مورد نیاز به اندازه ۱ درصد افزایش یافته است. با در نظر گرفتن چهار سازه تحلیل و طراحی شده، تاثیر تغییرات آیین‌نامه‌ای بر میزان آرماتور مورد نیاز ستون‌ها ناچیز می‌باشد.

۳- در دیوار برشی سازه ۲، در فریم ۲، در طبقه پشت بام درصد آرماتور مورد نیاز افزایش یافته و در طبقه چهارم ثابت مانده است و در سایر طبقات کاهش یافته است. در حالت کلی در فریم ۲ مقدار آرماتور مورد نیاز ۵ درصد کاهش یافته است. در فریم ۳، درصد آرماتورهای طولی در دیوار برشی در طبقات پشت بام و پنجم افزایش یافته و در سایر طبقات کاهش یافته است. در حالت کلی در فریم ۳ مقدار آرماتور طولی مورد نیاز ۶ درصد کاهش یافته است.

۴- نسبت جابجایی نسبی طبقات، در سازه ۱ و ۳ و ۴ به ترتیب، به اندازه ۱۱ و ۳۵ و ۳۱ درصد افزایش یافته است. این پارامتر در سازه دوم که دارای دیوار برشی می‌باشد، به اندازه ۴ درصد کاهش یافته است.

۵- مقدار ضریب زلزله C در تمامی سازه‌ها افزایش یافته است و این افزایش در سازه‌های ۱ تا ۴ به ترتیب برابر است با ۱، ۱۳، ۴۰ و ۴۰ درصد.

۵- مراجع و منابع

[1] http:www.bhrc.ac.ir/tabid/348/Default.aspx.

[۲] آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش اول، مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن، ۱۳۶۶.

[۳] آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش دوم، مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن، ۱۳۷۸.

[۴] آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن، ۱۳۸۴.

[۵] آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات ساختمان ومسکن، ۱۳۹۴.

[6] ETABS Nonlinear Version 9.7.4, Computers and Structures, Inc.

[۷] میرزایی، م.ج. و سجادیان‌فرد، ف. مقایسه ویرایش جدید و قدیم مبحث نهم مقررات ملی ساختمان(طرح و اجرای ساختمان‌های بتن‌آرمه)، ششمین کنفرانس ملی بتن ایران، ۱۵ مهر ۱۳۹۳.

[۸] پوربابا، م. و فرامرزی، ج. تحلیل و طراحی پروژه‌های کاربردی با استفاده از نرم‌افزار ETABS، تهران، انتشارات آزاده، ۱۳۹۲.

[۹] پوربابا، م. و دادمند، ب. بارگذاری کاربردی سازه‌ها، تبریز، انتشارات فروزش، ۱۳۹۱.

[۱۰] مقررات ملی ساختمان، مبحث نهم، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن-آرمه، نشر توسعه ایران، ۱۳۸۵.

[۱۱] مقررات ملی ساختمان، مبحث نهم، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن-آرمه، نشر توسعه ایران، ۱۳۹۲.

[۱۲] مقررات ملی ساختمان، مبحث ششم، بارهای وارد بر ساختمان، نشر توسعه ایران، ۱۳۸۵.

[۱۳] مقررات ملی ساختمان، مبحث ششم، بارهای وارد بر ساختمان، نشر توسعه ایران، ۱۳۹۲.

[14] ACI Committee 318, Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-99), 1999.

[15] ACI Committee 318, Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-02), 2005.

Practical and Economic evaluation of concrete structures designed based on 3rd and 4th edition of Iran 2800 code

Masoud Pourbaba*
Assistant Professor, Islamic Azad University, Maragheh branch, Maragheh, Iran
Saber Azimi
M.Sc. Student, Islamic Azad University, Sofian branch, Sofian, Iran
pourbaba@iau-maragheh.ac.ir

Abstract:

The comparitive study of design codes has been of great importance for many years because the evaluation of similarity and differences between them can result in better recognition of the seismic parameters and also realization of the diverse aspects and weaknesses and strengths. According the fourth edition of 2800 standard and major changes to the third edition, evaluation and vulnerability assessment of designed and built structures according to previous standards and comparison with the new standard demands is so important. In this study, the seismic performance of reinforced concrete moment frames based on the third and fourth edition of 2800 standard has been evaluated. Finally, the safety of designed frames such as displacement has been compared according to both editions. Also the reinforcement used in the structures is evaluated from an economic point of view.

Keywords: 2800 standard, third edition, fourth edition, concrete frame