

ارزیابی عملکرد لرزه‌های ساختمان‌های بتنی کوتاه مرتبه تحت اثر مقیاس‌بندی زمین‌لرزه‌های حوزه دور

هیلا بهاری^۱، علیرضا مرتضایی^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد مهندسی زلزله، گروه مهندسی عمران، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

۲- دانشیار، مرکز تحقیقات ژئوتکنیک لرزه‌ای و بتن توانمند، گروه مهندسی عمران، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

A.mortezaei@semnaniau.ac.ir

چکیده

امروزه یکی از موارد اجتناب‌ناپذیر طبیعی در سراسر کره‌ی خاکی خطر زلزله می‌باشد. با توجه به غیرقابل پیش‌بینی و اجتناب‌ناپذیر بودن این بلای طبیعی و پیشرفت شگرف علم و فناوری نیاز به طراحی و بررسی دقیق‌تر این حادثه بیش از پیش احساس می‌گردد. پس از مرحله‌ی بررسی و جمع‌آوری اطلاعات در باره‌ی این حادثه مرحله‌ی جدیدی به نام طراحی سازه پیش روی خود احساس می‌کنیم. طراحی به معنای آسیب ندیدن سازه نمی‌باشد بلکه خرابی سازه باید به گونه‌ای باشد که ضمن اتلاف نیروهای وارده کمترین میزان خسارات جانی به ساکنین وارد گردد. در مقاله‌ی ارائه شده ارزیابی عملکرد لرزه‌های ساختمان‌های بتنی کوتاه مرتبه تحت اثر مقیاس‌بندی زلزله‌های حوزه‌ی دور در ۴ آیین‌نامه بررسی شده است. ابتدا تحلیل استاتیکی خطی و سپس تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی با ۷ شتاب‌نگاشت دور از گسل در نرم افزار SAP۲۰۰۰ انجام شده است. نمودار تغییر مکان نسبی ساختمان‌ها نیز ترسیم شده است. نتایج تحلیل نشان داد در ساختمان‌های کوتاه مرتبه (ساختمان‌های تا ۴ طبقه) برای استاندارد ۲۸۰۰ ایران ویرایش چهارم، مقیاس‌بندی ضوابط سختگیرانه‌تری نسبت به سایر آیین‌نامه‌ها دارد.

کلمات کلیدی: مقیاس بندی، تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی، تغییر مکان نسبی، زلزله دور

۱. مقدمه

زلزله به دو صورت افقی و عمودی به سازه وارد می‌شود که سازه تحت اثر این زمین‌لرزه‌ها وارد مرحله غیرارتجاعی شده و رابطه بین نیروی برش پایه و تغییر مکان مرکز جرم بام از حالت خطی خارج می‌شود. اعضای سازه در اثر انرژی زلزله وارد محدوده غیرارتجاعی می‌شوند تا با تغییر شکل‌های خود بتوانند این انرژی را جذب کنند [۱]. Shome^۱ و همکاران براساس پژوهش‌های انجام شده دریافتند که مقیاس‌بندی رکوردهای زمین‌لرزه با در نظر گرفتن شتاب طیفی هدف تا میرایی ۵٪ که دارای بزرگای فاصله یکسانی است برای تعیین پاسخ غیرخطی سازه بسیار مؤثر خواهد بود. Baker & Cornell^۲ نیز اندازه شدت زلزله (IM) که شامل ۲ پارامتر شتاب طیفی و اسپیلون می‌شود را برای پیش‌بینی پاسخ سازه در پیرو زلزله مشخص شده در نظر گرفتند. همچنین، Baker & Cornell طیفی به نام طیف متوسط شرطی را مطرح کردند. در نتیجه دریافتند که تحلیل طیفی زمین‌لرزه‌ها در مقایسه با طیف خطر لرزه‌ای یکنواخت برای محدوده وسیعی از زمان تناوب نتایج محافظه‌کارانه‌تری را ایجاد می‌کند زیرا: (۱) پیرو کوتاه و بلند طیف مورد نظر توسط عوامل مختلفی بدست می‌آید. (۲) اثر پیوستگی در طیف مورد نظر در پیروهای متفاوت در روند توسعه UHS^۴ (طیف خطر لرزه‌ای یکنواخت) تاثیری ندارد [۲]. در این پژوهش عملکرد ساختمان‌های کوتاه مرتبه (با تعداد طبقات ۴) و طول دهانه ۵ متر با سیستم قاب خمشی تحت ۷ رکورد دور از گسل در آیین‌نامه‌های، ۱۰-۰۷-ASCE، ۰۶-۲۰۰۶-IBC و ۹۷-UBC و استاندارد ۲۸۰۰ مورد بررسی قرار گرفته است.

۲. مروری بر پژوهش‌های پیشین

در سال ۱۹۸۰ سوگانو و فوجی مورازوی تعدادی از قاب‌های بتن مسلح بادبندی شده و همچنین قاب‌های مشابه مقاوم شده با میان‌قابهای بنایی و بتنی، آزمایش‌هایی را انجام دادند. هدف از این بررسی‌ها تعیین میزان تأثیر هر یک از سیستم‌ها در افزایش مقاومت درون صفحه‌ای و شکل‌پذیری قاب‌ها تحت اثر زلزله بود [3]. در سال ۱۹۹۰، گونل و لی روی مقاوم‌سازی لرزه‌ای سازه‌های بتن مسلح به کمک سیستم بادبند فولادی مطالعه آزمایشگاهی انجام دادند. در این پژوهش روی مدلی از قاب بتن مسلح دو طبقه مقاوم شده با سیستم بادبند فولادی شکل‌پذیر، بار سیکلی اعمال شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که قاب مقاوم شده از خود پایداری و نیز حلقه‌های هیستریزس کاملی را نشان می‌دهد [4].

در سال ۱۹۹۵ ناطق‌الهی بعد از بررسی چند روش مقاوم‌سازی، روش بادبند فولادی قاب بتنی را به عنوان مناسب‌ترین روش تشخیص داده و خاطر نشان می‌کند که طبق نتایج تحلیل، تغییر مکان افقی در ساختمان بادبندی شده، کاهش می‌یابد [5].

SHOME و همکاران روشی را پیشنهاد کردند که شامل دامنه مقیاس‌بندی رکوردهای زمین‌لرزه برای شتاب تعیین شده در مود اول دوره تناوب سازه می‌باشد. زمین‌لرزه‌هایی که مقیاس‌بندی شده‌اند برای همپایه کردن هر شتاب طیفی متوسط در دوره تناوب ۴٫۷۵ ثانیه بوده که شامل ۳۰ طیف متوسط از ۳۰ زوج زمین‌لرزه مقیاس‌بندی شده برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال می‌شود. آنها دریافتند که پراگندگی در مقادیر شتاب‌های طیفی در دوره‌های تناوب کوتاه و متوسط، بزرگتر از مقادیر شتاب‌های طیفی در دوره‌های تناوب بلند مدت می‌باشد [6].

روش مقیاس‌بندی متوسط هندسی که توسط SOMERVIL و همکارانش انجام شده، افزایش زمان‌های زمین‌لرزه برای پروژه فولادی SAC بعد از زلزله نورتریج سال ۱۹۹۴ بوده است. این روش شامل دامنه مقیاس‌بندی زوج زمین‌لرزه‌ها با استفاده از یک عامل مقیاس‌بندی جدا به منظور کاهش خطاهای جمع مربعات بین مقادیر طیف مورد نظر، میانگین هندسی (ریشه دوم معادله) و طیف عرضی (طیف قائم) می‌باشد [7].

¹ Shome N, Cornell CA, Bazzurro P, Carballo J.

² Baker JW, Cornell CA.

³ Intensity Measure

⁴ Uniform Hazard Specturm

⁵ Sugano and fujimura

HASELTON و همکاران روش ساده‌سازی که به تحلیل‌گر اجازه می‌دهد تا از یک مجموعه زمین لرزه استفاده نماید را پیشنهاد کردند. انتخاب نوع زمین لرزه‌ها بدون در نظر گرفتن ε برای محاسبه ظرفیت فروریزش ساختمان‌ها تحت اثر نیروهای نامتعادل با استفاده از آنالیز دینامیکی غیرخطی انجام شده و سپس این مقاومت با استفاده از عوامل سازگار که شامل اثر ε (T^1) می‌شود برای محل ساختمان و شدت خطر فروریزش، S_a ، (T^1) COL اصلاح شده است. در این فرضیات باید اثر ε (T^1) در انتخاب رکورد های زمین لرزه در نظر گرفته شود [8].

JAYARAM و همکاران آنالیز دینامیکی را که شامل مقیاس‌بندی داده‌های ورودی زمین لرزه‌ها می‌شود برای طیف متوسط پاسخ ارائه کردند. در این روش از تغییرات شتاب طیفی صرف نظر می‌شود و فقط بخشی از پاسخ سازه را می‌توان به دست آورد. آنها محاسبات کارآمد و فرضیات ثابتی را در انتخاب و مقیاس‌بندی زمین لرزه‌ها پیشنهاد کردند که شتاب‌های طیفی دارای مقدار متوسط و واریانس یکسان بودند [9].

Fotopoulou and Pitilakis یک روش تحلیلی برای ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های بتن مسلح تحت جابجایی‌های شیب ناشی از زلزله پیشنهاد کردند. تابع شکنندگی به عنوان تابع شتاب حداکثر زمین (PGA) در رخ نمون‌های سنگ و جابجایی دائمی زمین (PGD) در منطقه شیب بر اساس تاثیرگذارترین پارامترها، یعنی شیب و مصالح خاک، پیشنهاد شده است. در این مطالعات آسیب‌پذیری ساختمان‌ها تنها برای اثر جابجایی دائمی لرزه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین، آسیب بالقوه سازه‌ای ناشی از تکان خوردن زمین (با در نظر گرفتن اثر توپوگرافی) به همراه آسیب‌های ترکیبی ناشی از لرزش زمین و جابجایی‌های لرزه‌ای شیب، در ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان در نظر گرفته نشده است [10].

Assimakiet et al نقشه توپوگرافی، چینه‌شناسی، ناهمسانی خاک، غیرخطی بودن مصالح و اندرکنش خاک و سازه در تشدید حرکت و ورودی لرزه‌ای در نزدیکی تاج را با استفاده از شبیه‌سازی‌های اجزاء محدود الاستیک و دوبعدی غیرخطی با مکان مشخص بررسی کردند. با وجود اینکه آنها نقش بزرگی در این زمینه ایفا کردند، اما مدل ساده شده‌ی سازه‌ای به صورت یک محیط الاستیک خطی پیوسته از دانسیته معادل کاهش یافته، تنها می‌تواند پدیده اندرکنش کینماتیکی را در نظر بگیرد در حالیکه اثرات اندرکنش اینرسی و آسیب بالقوه‌ی اعضای ساختمان در نظر گرفته نمی‌شود. اصلاح مشخصات حرکت زمین در مجاورت یک شیب، ممکن است بر ارزیابی آسیب‌پذیری یک سازه‌ی معمولی قرار گرفته در کنار تاج شیب با فرض اینکه منحنی‌های شکنندگی لرزه‌ای موجود از بهترین لایه‌بندی افقی خاک به دست آمده است، اثر بگذارد. این موضوع برای جوامع بسیاری در اروپا (ایتالیای مرکزی، اپروس در شمال غرب یونان) و همچنین بصورت جهانی با در نظر گرفتن مستندات موجود از رخداد‌های لرزه‌ای مخرب مسئله‌ی مهمی می‌باشد به طوری که ثابت شده ساختمان‌هایی که در بالای تپه‌ها یا تاج شیب‌ها قرار دارند، آسیب بیشتری نسبت به ساختمان‌هایی که نزدیک دامنه قرار دارند، خواهند دید [10].

۳. مدل‌سازی و سازه‌های مورد بررسی

به منظور بررسی اثر مقیاس‌بندی زمین لرزه‌های حوزه دور بر روی ساختمان‌های بتن آرمه کوتاه مرتبه ۴ طبقه ابتدا تحلیل استاتیکی خطی و سپس تحلیل دینامیکی تاریخیچه زمانی غیرخطی با ۷ شتاب‌نگاشت دُور از گسل انجام شده است. مولفه‌های زلزله در هر دو جهت افقی و عمودی به سازه اعمال شده‌اند. (شکل ۲) در این مقاله ۴ ساختمان ۴ طبقه با ۵ دهانه به طول ۵ متر در نظر گرفته شده است. طبق شکل ۱ ارتفاع سازه‌ای طبقات ۳/۲ متر و سیستم مقاوم سازه‌ای در برابر زلزله، قاب خمشی با شکل‌پذیری متوسط می‌باشد. بار مرده وارد بر قاب‌ها 500 kg/m^2 و بار زنده وارد بر قاب‌ها 200 kg/m^2 است. مقاومت فشاری بتن برابر 250 kg/cm^2 بوده و همچنین ضریب ارتجاعی بتن براساس میحث نهم [11] مقررات ملی ساختمان سال ۹۲ محاسبه و به سازه‌ها اعمال گردیده است. ضریب ترک-خوردگی طبق استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم برای تیرها ۰/۳۵ و برای ستون‌ها ۰/۷ برای قاب خمشی در نظر گرفته شده است [12]. ضریب اهمیت ساختمان برابر ۱ و ساختمان‌ها در منطقه با خطر لرزه‌خیزی خیلی زیاد قرار دارند. طبق استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم اثر مولفه قائم برای این ساختمان‌ها باید منظور گردد.

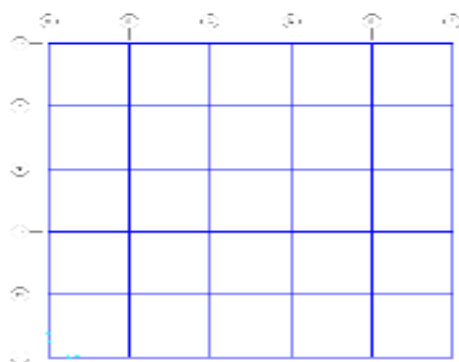
Accelerograms

Compressive strength of concrete

Modulus of elasticity of concrete

*Fraction Index

همانطور که در جداول ۱ و ۲ و ۳ مشخص شده است، برای طراحی اسکلت بتنی از آیین‌نامه [13] ACI 318-14 استفاده شده است. طراحی به گونه‌ای صورت گرفته است که نسبت تنش‌ها در مقاطع بین ۰/۷ و ۱ بوده و نسبت دریافت طبقات براساس ضوابط آیین‌نامه کنترل شده است.



شکل ۱- پلان سازه مورد مطالعه

جدول ۱- مشخصات مکانیکی میلگردها

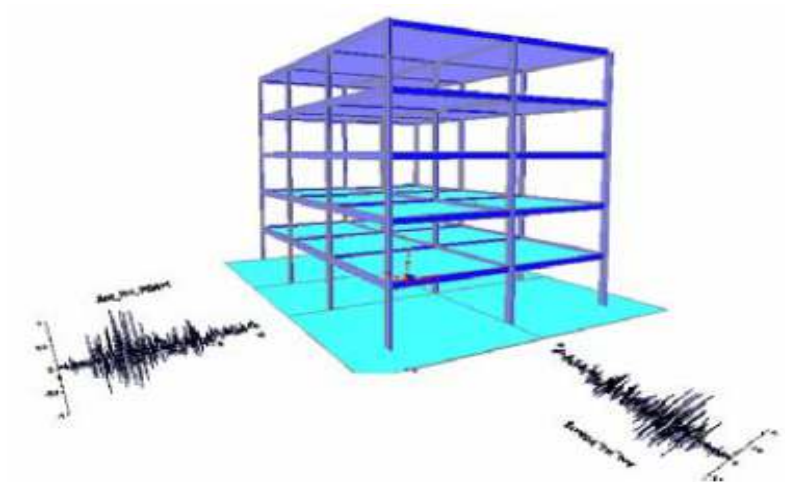
7850 kg/cm^3	وزن واحد حجم
$2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$	ضریب ارتجاعی
۱۵.۰	ضریب پواسون
4000 kg/cm^2	تنش تسلیم
6000 kg/cm^2	تنش نهایی

جدول ۲- مشخصات مکانیکی بتن

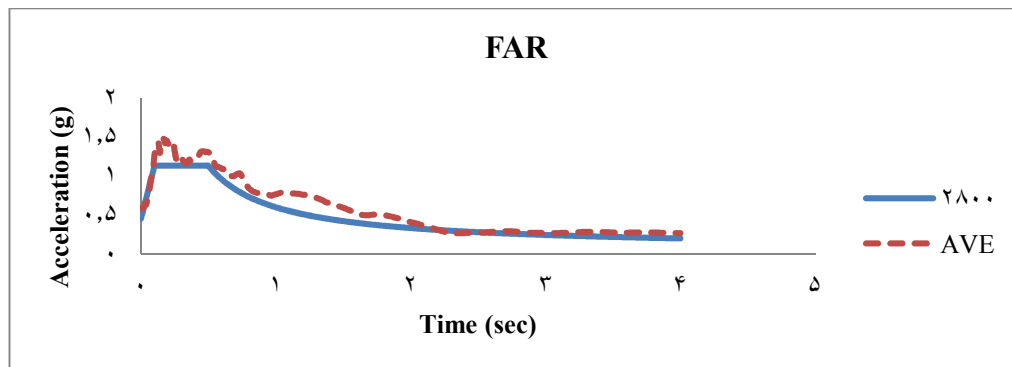
2500 kg/cm^3	وزن واحد حجم
$48.2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$	ضریب ارتجاعی
۱۵.۰	ضریب پواسون
250 kg/cm^2	مقاومت فشاری بتن

جدول ۳- ابعاد ستون و تیر در ساختمان‌های ۴ طبقه

مقطع تیر cm	مقطع ستون cm	طبقات
۶۵×۷۰	۶۵×۶۵	طبقه اول و دوم
۶۰×۶۵	۶۰×۶۰	طبقه سوم
۶۰×۵۵	۵۵×۵۵	طبقه چهارم



شکل ۲- تحلیل دینامیکی سازه تحت مؤلفه‌های رکورد زلزله



شکل ۳- نمودار طیف میانگین رکوردهای دور ازگسل در استاندارد ۲۸۰۰

طبق شکل ۳ در نمودار طیف میانگین رکوردهای دور از گسل استاندارد ۲۸۰۰، ضریب مقیاس‌بندی برابر ۰/۶ است. مشخصات رکوردهای زلزله انتخابی به صورت زیر می‌باشد:

(۱) طبق جدول ۴ تمامی این رکوردها شامل ۷ زمین‌لرزه دور از گسل می‌باشند. فاصله محل ثبت شتاب‌نگاشت برای رکوردهای دور از گسل بیش از ۱۵ km است.

(۲) بیشترین شتاب زمین (PGA) تمام رکوردها برای حوزه دور بین ۰/۰۶۵ تا ۰/۳۵۷ می‌باشد.

(۳) خاک محل ثبت شتاب‌نگاشت‌ها مشابه با خاک محل احداث سازه‌ها از نوع خاک ۲ است.

(۴) تمامی رکوردهای زلزله انتخابی دارای بزرگای محلی بیشتر از ۶ می‌باشند.

(۵) تمامی رکوردهای زلزله دارای سه مؤلفه (دو مؤلفه افقی و یک مؤلفه قائم) هستند.

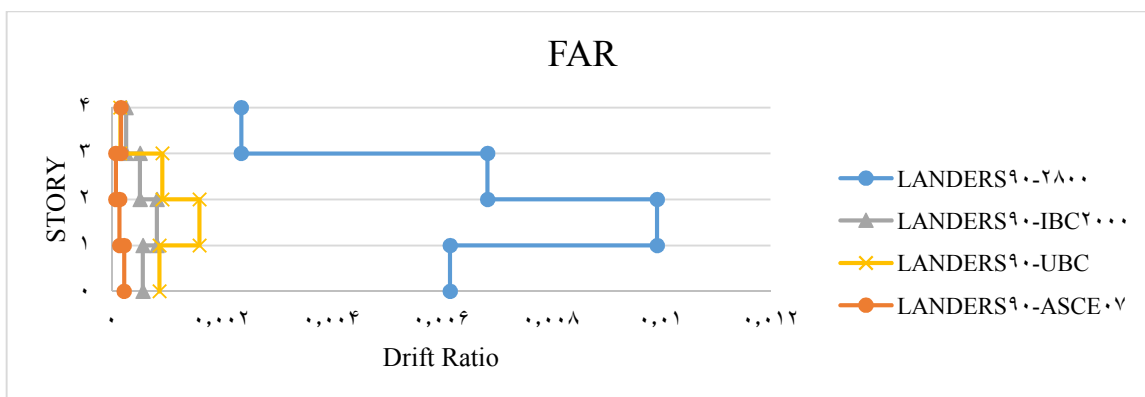
جدول ۴- رکوردهای دور از گسل برای تحلیل ساختمان‌ها

Record	Station	Data	M _w	R _{rup} km	PGA(g)	PGV(cm/s)	PGD(cm)	T _D (sec)
LANDERS ۹۰	Barstow	1992	7.28	34.86	0.135g	25.042	17.47	39.96
LANDERS UP	Barstow	2010	7.28	34.86	0.065g	7.281	2.87	39.96
LANDERS ۳۶۰	Yermo Fire Station	1992	7.28	23.62	0.152g	29.090	23.147	43.96
CHI CHI N	TCU۰۳۴	1999	7.62	35.68	0.105g	24.266	22.07	89.98
CAPE UP	Mendocino	1992	7.01	18.31	0.122g	17.095	8.68	28.6
DARFIELD S۱۰E	Lpcc	2010	7	25.67	0.357g	30.292	21.27	53.58
DARFIELD N۸۰E	Lpcc	2010	7	25.67	0.239g	17.701	3.81	53.6

۴. تحلیل نتایج

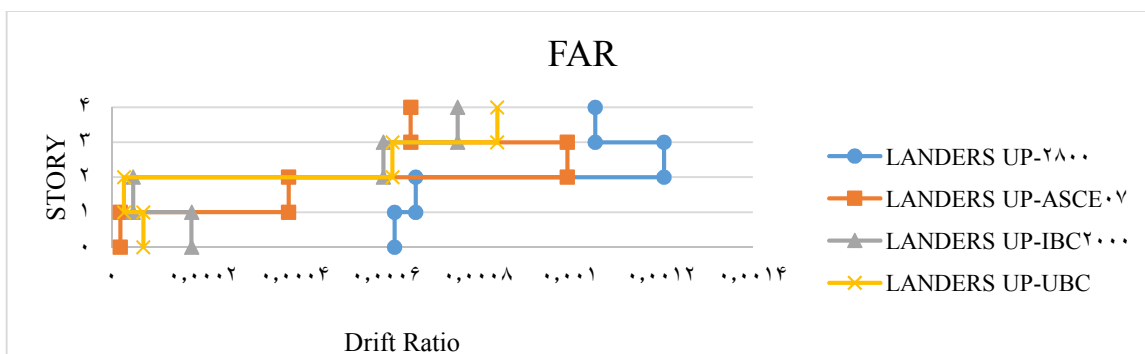
نتایج تحلیل سازه‌ها تحت اثر رکوردهای دور از گسل در آیین‌نامه‌های [14] ASCE ۰۷-۱۰، [15] IBC ۲۰۰۶، [16] UBC ۹۷ و استاندارد ۲۸۰۰ در شکل‌های

۴ تا ۱۰ آورده شده است.



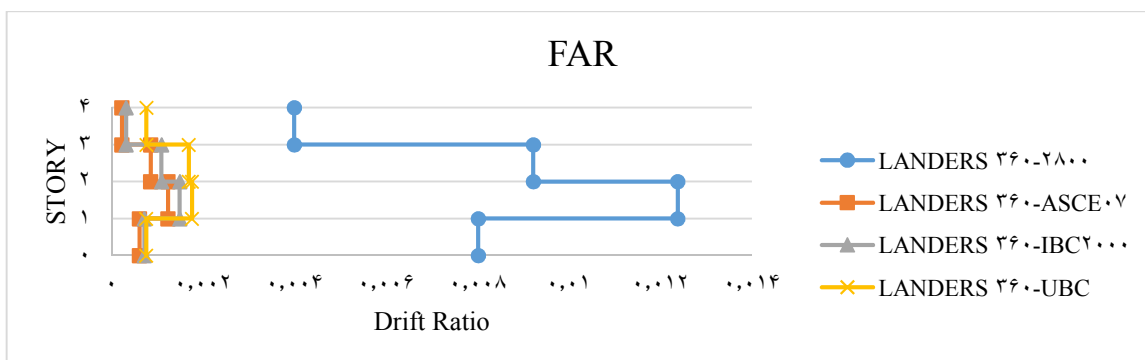
شکل ۴- مقایسه طیف‌های پاسخ رکورد دور از گسل LANDERS 90 در ساختمان ۴ طبقه براساس آیین‌نامه‌های ASCE 07-10، IBC 2006، UBC 97 و استاندارد 2800

با توجه به شکل ۴ مشاهده می‌گردد حداکثر نسبت دررفت در استاندارد 2800 ایران ویرایش چهارم در طبقه دوم، در آیین‌نامه ASCE 07-10، در طبقه اول، در آیین‌نامه IBC 2006 در طبقه دوم و در آیین‌نامه UBC 97، در طبقه دوم رخ داده است به طوریکه نسبت دررفت در آیین‌نامه ASCE 07-10 نسبت به استاندارد 2800 مقدار 97٪ کاهش، در آیین‌نامه IBC 2006 نسبت به 2800، مقدار 91٪ کاهش و در آیین‌نامه UBC 97، 83٪ نسبت به استاندارد 2800 کاهش داشته است.



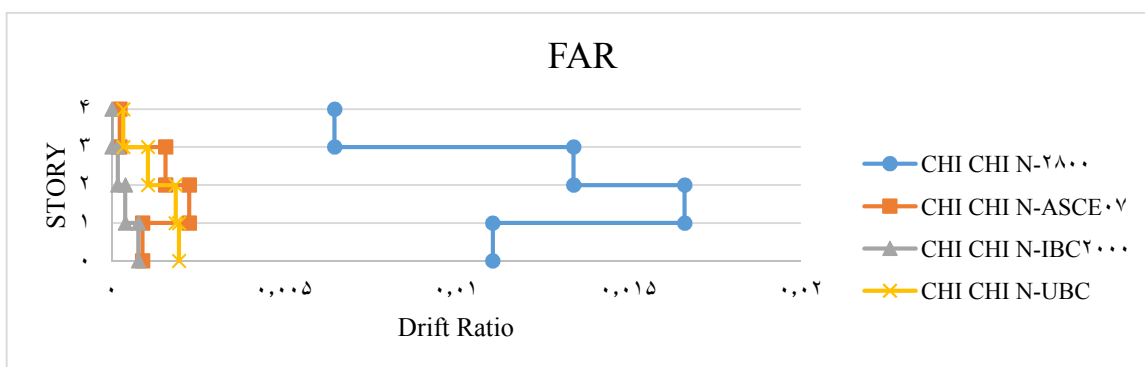
شکل ۵- مقایسه طیف‌های پاسخ رکورد دور از گسل LANDERS UP در ساختمان ۴ طبقه براساس آیین‌نامه‌های ASCE 07-10، IBC 2006، UBC 97 و استاندارد 2800

با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌گردد حداکثر نسبت دررفت در استاندارد 2800 ایران ویرایش چهارم در طبقه سوم، در آیین‌نامه ASCE 07-10، در طبقه سوم، در آیین‌نامه IBC 2006 در طبقه چهارم و در آیین‌نامه UBC 97، در طبقه چهارم رخ داده است به طوریکه نسبت دررفت در آیین‌نامه ASCE 07-10 نسبت به استاندارد 2800 مقدار 17/5٪ کاهش، در آیین‌نامه IBC 2006، 37/5٪ کاهش و در آیین‌نامه UBC 97، 30٪ نسبت به استاندارد 2800 کاهش داشته است.



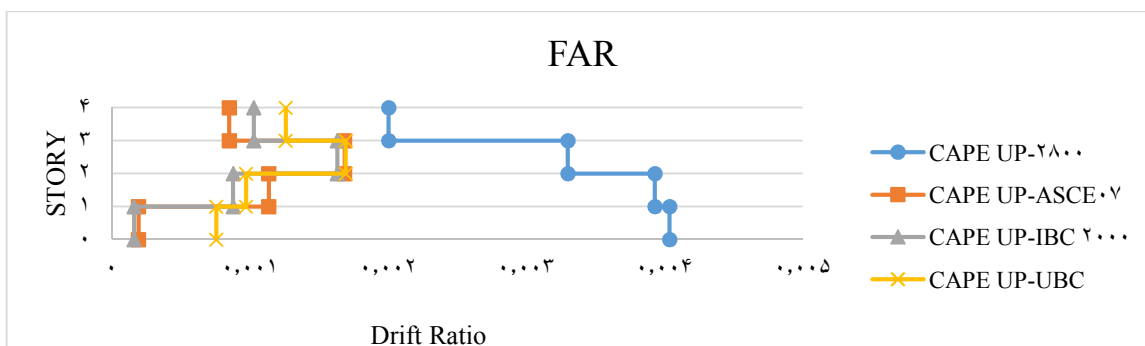
شکل ۶- مقایسه طیف‌های پاسخ رکورد دور از گسل LANDERS 360 در ساختمان ۴ طبقه براساس آیین‌نامه‌های ASCE 07-10، IBC 2006، UBC 97 و استاندارد 2800

با توجه به شکل ۶ مشاهده می‌گردد حداکثر نسبت دررفت در استاندارد 2800 ایران ویرایش چهارم در طبقه دوم، در آیین‌نامه ASCE 07-10، در طبقه دوم، در آیین‌نامه IBC 2006 در طبقه دوم و در آیین‌نامه UBC 97، در طبقه دوم رخ داده است به طوریکه نسبت دررفت در آیین‌نامه ASCE 07-10 نسبت به استاندارد 2800 مقدار 90٪ کاهش، در آیین‌نامه IBC 2006، 88٪ کاهش و در آیین‌نامه UBC 97، 86٪ نسبت به استاندارد 2800 کاهش داشته است.



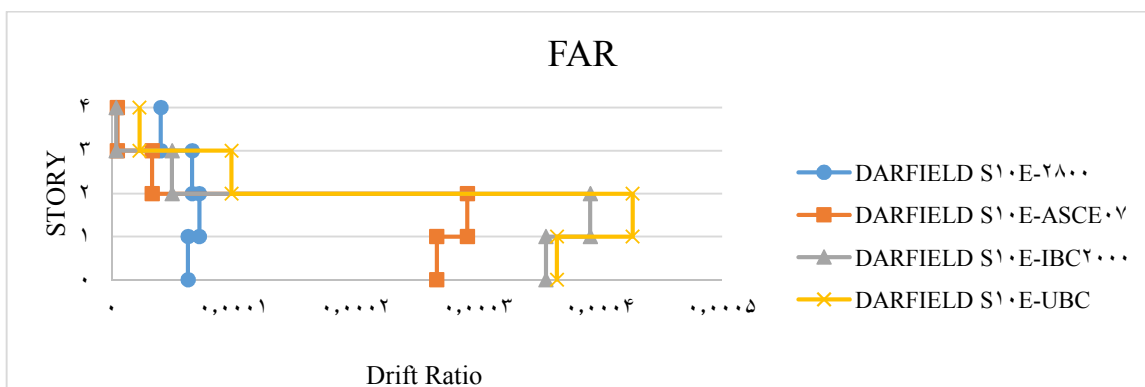
شکل ۷- مقایسه طیف‌های پاسخ رکورد دور از گسل CHI CHI N در ساختمان ۴ طبقه براساس آیین‌نامه‌های ASCE 07-10، IBC 2006، UBC 97 و استاندارد 2800

با توجه به شکل ۷ مشاهده می‌گردد حداکثر نسبت دررفت در استاندارد 2800 ایران ویرایش چهارم در طبقه دوم، در آیین‌نامه ASCE 07-10، در طبقه دوم، در آیین‌نامه IBC 2006 در طبقه اول و در آیین‌نامه UBC 97، در طبقه اول رخ داده است به طوریکه نسبت دررفت در آیین‌نامه ASCE 07-10 نسبت به استاندارد 2800 مقدار 86٪ کاهش، در آیین‌نامه IBC 2006، 95٪ کاهش و در آیین‌نامه UBC 97، 88٪ نسبت به استاندارد 2800 کاهش داشته است.



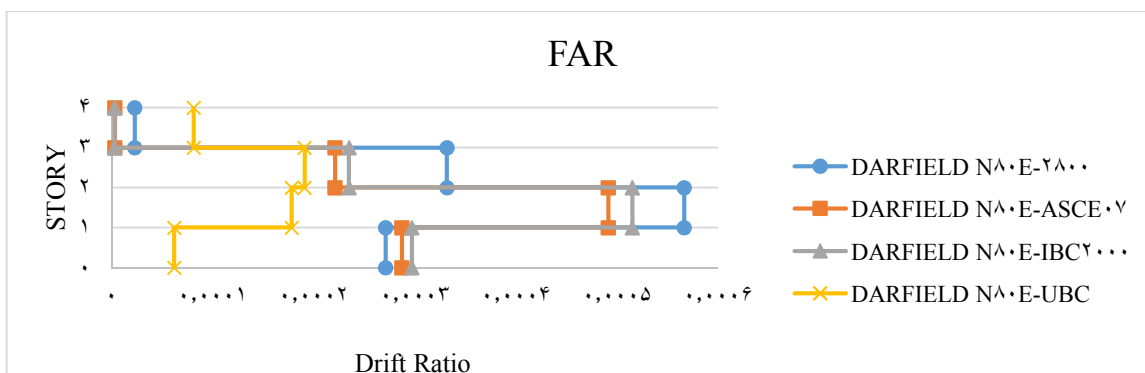
شکل ۸- مقایسه طیف‌های پاسخ رکورد دور از گسل CAPE UP در ساختمان ۴ طبقه براساس آیین‌نامه‌های ASCE ۰۷-۱۰، IBC ۲۰۰۶، IBC ۹۷ و UBC ۲۸۰۰ استاندارد ۲۸۰۰

با توجه به شکل ۸ مشاهده می‌گردد حداکثر نسبت دررفت در استاندارد ۲۸۰۰ ایران ویرایش چهارم در طبقه اول، در آیین‌نامه ASCE ۰۷-۱۰ در طبقه سوم، در آیین‌نامه IBC ۲۰۰۶ در طبقه سوم و در آیین‌نامه UBC ۹۷، در طبقه سوم رخ داده است به طوریکه نسبت دررفت در آیین‌نامه ASCE ۰۷-۱۰ نسبت به استاندارد ۲۸۰۰ مقدار ۶۰٪ کاهش، در آیین‌نامه IBC ۲۰۰۶، ۶۰٪ کاهش و در آیین‌نامه UBC ۹۷، ۶۰٪ نسبت به استاندارد ۲۸۰۰ کاهش داشته است.



شکل ۹- مقایسه طیف‌های پاسخ رکورد دور از گسل DARFIELD S10E در ساختمان ۴ طبقه براساس آیین‌نامه‌های ASCE ۰۷-۱۰، IBC ۲۰۰۶، IBC ۹۷ و استاندارد ۲۸۰۰

با توجه به شکل ۹ مشاهده می‌گردد حداکثر نسبت دررفت در استاندارد ۲۸۰۰ ایران ویرایش چهارم در طبقه دوم، در آیین‌نامه ASCE ۰۷-۱۰، در طبقه دوم، در آیین‌نامه IBC ۲۰۰۶ در طبقه دوم و در آیین‌نامه UBC ۹۷، در طبقه دوم رخ داده است به طوریکه نسبت دررفت در آیین‌نامه ASCE ۰۷-۱۰ نسبت به استاندارد ۲۸۰۰ مقدار ۷۵٪ افزایش، در آیین‌نامه IBC ۲۰۰۶، ۸۷٪ افزایش و در آیین‌نامه UBC ۹۷، ۸۳٪ نسبت به استاندارد ۲۸۰۰ افزایش داشته است.



شکل ۱۰- مقایسه طیف‌های پاسخ رکورد دور از گسل DARFIELD N80E در ساختمان ۴ طبقه براساس آیین‌نامه‌های ۲۸۰۰، ASCE ۰۷-۱۰، IBC ۲۰۰۶، UBC ۹۷ و استاندارد ۲۸۰۰

با توجه به شکل ۱۰ مشاهده می‌گردد حداکثر نسبت دررفت در استاندارد ۲۸۰۰ ایران ویرایش چهارم در طبقه دوم، در آیین‌نامه ASCE ۰۷-۱۰، در طبقه دوم، در آیین‌نامه IBC ۲۰۰۶ در طبقه دوم و در آیین‌نامه UBC ۹۷، در طبقه سوم رخ داده است به طوریکه نسبت دررفت در آیین‌نامه ASCE ۰۷-۱۰ نسبت به استاندارد ۲۸۰۰ مقدار ۱۲/۵٪ کاهش، در آیین‌نامه IBC ۲۰۰۶، ۹٪ کاهش و در آیین‌نامه UBC ۹۷، ۶۶٪ نسبت به استاندارد ۲۸۰۰ کاهش داشته است.

۵. نتیجه‌گیری

در ساختمان‌های کوتاه‌مرتبه (ساختمان‌های تا ۴ طبقه) برای استاندارد ۲۸۰۰ ایران ویرایش چهارم، مقیاس‌بندی ضوابط سختگیرانه‌تری نسبت به سایر آیین‌نامه‌ها دارد. بنابراین برای ساختمان‌های کوتاه‌مرتبه، استاندارد ۲۸۰۰ ایران نیازمند ضوابط مقیاس‌بندی جداگانه‌ای می‌باشد. در واقع می‌توان بیان کرد مقیاس‌بندی رکوردهای زلزله با استفاده از استاندارد ۲۸۰۰ ایران ویرایش چهارم محافظه‌کارانه بوده و به آیین‌نامه IBC ۲۰۰۶ نزدیک‌تر است. در نتیجه آیین‌نامه IBC ۲۰۰۶ نیز نسبت به آیین‌نامه‌های ASCE ۰۷-۱۰ و UBC ۹۷ محافظه‌کارانه‌تر عمل می‌کند. طبق نتایج تحلیل در ساختمان‌های ۴ طبقه، مفاصل تشکیل شده برای استاندارد ۲۸۰۰ ایران نسبت به آیین‌نامه‌های IBC ۲۰۰۶، UBC ۹۷ و ASCE ۰۷-۱۰ بحرانی‌تر می‌باشد. بنابراین، در ساختمان‌های کوتاه‌مرتبه (تا ۴ طبقه) مقیاس‌بندی رکوردها با ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ ایران باعث تشکیل مفاصل پلاستیک در حالت بحرانی‌تر می‌شود.

۶. مراجع

[۱] رحیمی، ه. (۱۳۹۱). "پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بررسی رفتار و آسیب‌پذیری ساختمان‌های فلزی با مهاربند شورون همگرا به همراه میراگر اصطکاکی پال براساس مفاهیم انرژی".

[۲] Samanta, A., Huang, Y. (۲۰۱۷). "Ground-motion Scaling for seismic Performance Assessment of high-rise moment-resisting frame building". ELSEVIER.

[۳] واثقی امیری، ج.، تمجید، ف. (۱۳۹۳). "ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سازه‌های بتنی با بکارگیری میراگر اصطکاکی". نشریه علمی پژوهشی عمران مدرس، شماره ۲، صفحه ۱۸۷-۱۸۸.

[۴] Goel, S., Lee, H., S., (۱۹۹۰) "Seismic Strengthening of Structures by Ductile Steel Bracing System", Proceeding of Forth U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Vol. ۳, California.

[۵] Nateghi, A., F. (۱۹۹۵) "Seismic Strengthening of ۸-Story RC Apartment Building Using Steel Braces", Engineering Structures, Vol. ۱۷, No. ۶, pp. ۴۵۵-۴۶۱.

[۶] Shome, N., Cornell, CA., Bazzurro, P., Carballo, J. (۱۹۹۸). "Earthquakes, Records, and nonlinear Response, Earthq Spectra." ۱۴(۳), ۴۶۹-۵۰۰.

[۷] Somerville P, Smith N, Punyamurthula S, Sun J. (۱۹۹۷). "Development of ground motion time histories for phase 2 of the FEMA/SAC steel project [Report SAC/BD-97/04]". California: SAC Joint Venture: Sacramento.

[۸] Haselton CB, Baker JW, Liel AB, Deierlein GG. (۲۰۱۱). "Accounting for ground motion spectral shape characteristics in structural collapse assessment through an adjustment for Epsilon. J Struct Eng ASCE". ۱۳۷(۳), ۳۳۲-44.

[۹] Jayaram N, Lin T, Baker JW. (۲۰۱۱). "A computationally efficient ground-motion selection algorithm for matching a target response spectrum mean and variance. Earthq Spectra". ۲۷(۳), ۷۹۷-۸۱۵.

[۱۰] Fotopoulou, S., Pitilakis, K. (۲۰۱۶). "Vulnerability assessment of reinforced concrete buildings at precarious slopes subjected to combined ground shaking and earthquake induced landslide" ELSEVIER.

[11] (۱۳۹۲). "مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه ویرایش ۴". دفتر امور مقررات ملی ساختمان.

[12] (۱۳۹۵). "آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش ۴". مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.

[۱۳] ACI -۳۱۸-۲۰۱۴. (۲۰۱۴). "Building Code Reinforcement for Structural Concrete, American Concrete Institute".

[۱۴] American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ۲۰۱۰

[۱۵] International Building Code ۲۰۰۶

[۱۶] Uniform Building Code ۹۷