

ارزیابی و مقایسه اثر زلزله حوزه های نزدیک و دور از گسل با طیف طرح استاندارد آیین نامه ۲۸۰۰ ایران

افسون نیکنامⁱ; محمدتقی کاظمیⁱⁱ; احمد نیکنامⁱⁱⁱ

چکیده

از آن جا که خصوصیات زلزله هم به لحاظ دامنه و هم محتوای فرکانسی برای ساختگاه ها در فواصل نزدیک به چشمه لرزه زا و دور از آن متفاوت است و از طرفی استاندارد ۲۸۰۰ ایران اثرات حوزه نزدیک گسل را در بارگذاری لحاظ ننموده، لذا لزوم مطالعه و مقایسه چنین اثراتی روی سازه ها ضروری است. هدف از این کار پژوهشی، ارزیابی عملکرد سازه های بتنی مسلح با قاب مقاوم خمشی واقع بر خاک نوع II در برابر زلزله های نزدیک و دور از گسل و مقایسه آن، با استفاده از طیف های طرح ویژه ساختگاه به دست آمده برای دو ساختگاه نزدیک و دور از گسل مورد مطالعه می باشد. در این مقاله، از طیف های طرح ویژه ساختگاه حاصل از انجام تحلیل خطر لرزه ای برای دو ساختگاه، جهت دستیابی به نقطه عملکرد یک سازه ۶ طبقه با قاب خمشی بتنی ویژه استفاده شده و نتایج حاصله با پارامترهای نظیر به دست آمده از طیف آیین نامه ۲۸۰۰ مورد مقایسه قرار گرفته است. یادآور می شود که پدیده جهت داری زلزله به عنوان یک پارامتر مهم در طیف های فوق الذکر در نظر گرفته شده است. همچنین در این مقاله از شتابنگاشت های ثبت شده برای فواصل نزدیک به گسل مانند زلزله بم جهت بررسی پاسخ سیستم های بتنی مسلح با قاب خمشی ویژه به این نوع زلزله ها استفاده شده است. ارزیابی اثرات بخش سرعت ثابت طیف های استاندارد ۲۸۰۰ ایران روی نقطه عملکرد، ارزیابی سازگاری شتابنگاشت های انتخاب شده با آن ها و مقایسه اثرات عملکردی طیف های دور از گسل با استاندارد ایران از نتایج این کار پژوهشی می باشد.

کلمات کلیدی: نقطه عملکرد، زلزله های نزدیک و دور از چشمه لرزه زا، سازگاری شتابنگاشت با طیف، مکانیزم سازه.

ⁱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف niknam@civil.sharif.edu

ⁱⁱ دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف

ⁱⁱⁱ استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

۱- مقدمه

در موارد خاصی چون روابط کاهندگی بدان پرداخته می شود. علت این امر عدم وجود موردی خلاف فرضیه های متعارف و نیز در دسترس نبودن هیچ گونه اطلاعات مستند مانند رکوردهای ثبت شده در این خصوص بود.

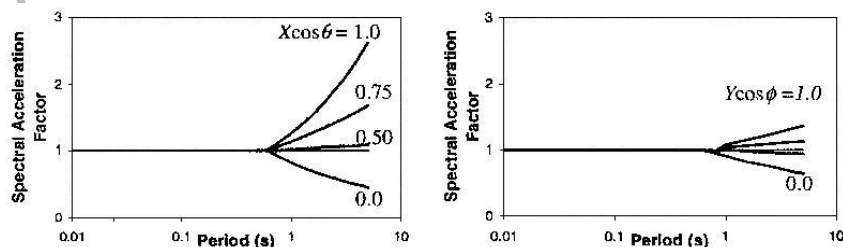
شاید تا دو دهه پیش بحث مربوط به فاصله کانون زلزله تا سایت مخاطب چندان نادانست و تنها به صورتی کلی و

انرژی حاصل از گسلش در یک ضربه (pulse) بزرگ به ساختگاه برسد که این ضربه در ابتدای تاریخچه زمانی زلزله ظاهر می‌شود. به عبارتی اگر فرض کنیم که هر قسمت از طول گسل در یک بازه زمانی مشخص گسیخته شود، از گسلش هر جزء گسل، امواجی به سمت ساختگاه ارسال می‌شود و اگر ساختگاه در جهتی باشد که گسلش به سمت آن حرکت کند، این امواج در محل ساختگاه به هم رسیده و ایجاد ضربه‌ای بزرگ می‌کنند و باعث می‌شود که مدت زمانی که امواج حاصل از گسلش به ساختگاه می‌رسد، کم شود (جهت داری پیش سوی). ولی اگر ساختگاه در جهت خلاف پیشرفت گسلش باشد، عکس این حالت اتفاق می‌افتد و باعث می‌شود امواج از هم دور شده و با مدت زمان بیشتری به ساختگاه برسند (جهت داری پس سوی). جهت‌داری خنثی حالتی است که دور شدن یا نزدیک شدن انتشار گسلش به سمت ساختگاه قابل تشخیص نباشد. در این شرایط جهت‌داری اثر خاصی روی دامنه و مدت تاریخچه زمانی زلزله نخواهد داشت. سامرویل (Somerville, 1997) [2] به فکر این ایده افتاد که به طریقی اثر جهت‌داری را در طیف پاسخ زلزله، خصوصاً در طیف پاسخ شتاب وارد کرده تا بتوان آن را در طراحی به کار گرفت. او در این روش فرض کرد اثر جهت‌داری را می‌توان به وسیله دو پارامتر زاویه و نسبت طول بیان کرد. ضریب اعمال جهت‌داری در طیف شتاب را می‌توان از شکل (۱) بدست آورد. سامرویل در محاسبات خود به این نتیجه رسید که اثر جهت‌داری از دوره تناوب ۰/۶ ثانیه در طیف شروع می‌شود.

ولی پس از وقوع زلزله‌های مخرب و قوی Northridge 1994 و Kobe 1995 و یا Chichi 1999 توجه محققین به زلزله‌های نزدیک به منبع لرزه‌ای (Near Field) یا نزدیک گسل (Near Fault) و خصوصیات منحصر به فرد آنها جلب شد. بنابراین از سال ۱۹۹۴ تحقیقات گسترده‌ای در مورد زلزله‌های نزدیک منبع لرزه‌ای و آثار مخرب آن در جنبه‌های مختلف طراحی سازه‌ها آغاز شد. در کشور ما نیز پس از وقوع زلزله وحشتناک و خانمان برانداز بم، توجه بسیاری از مهندسين معمار و به ویژه محاسب به ویژگی‌های خاص این زمین لرزه معطوف گردید. ویژگی‌های منحصر به فرد این زمین لرزه از جمله وجود همزمان مولفه قائم و افقی به میزان زیاد، نزدیکی گسله، سطحی بودن کانون زلزله و جهت داری آن به دلیل راستا لغز بودن، مقوله ضوابط طراحی سازه‌ها را تا حد قابل ملاحظه‌ای مخدوش نموده است. زیرا سازه‌هایی که مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ [1] طراحی شده‌اند، بارگذاری‌های مذکور را به خود ندیده‌اند. بر این اساس نیاز به یک بازنگری جدی در ضوابط طراحی این آیین نامه و به کارگیری ضرائب و تحلیل‌های دقیق‌تر جهت در نظر گرفتن اثرات مجاورت ساختگاه به چشمه لرزه‌ها احساس می‌شود.

۲- مشخصات زلزله‌های نزدیک به منبع لرزه‌ای (Near Field)

انتشار گسلش به سمت ساختگاه با سرعتی نزدیک به سرعت موج برشی ($V_r \approx 0.8V_s$) باعث می‌شود که اکثر

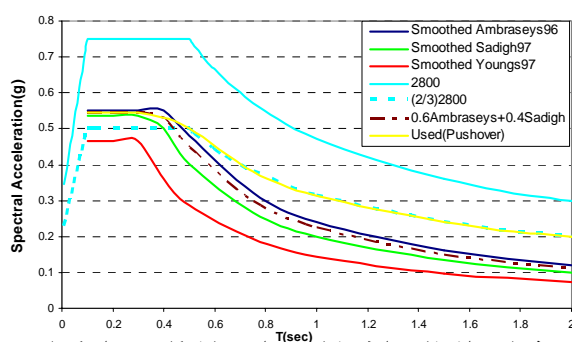


شکل (۱): ضرایب اعمال اثر جهت‌داری در طیف پاسخ شتاب (Somerville, 1997) [6]

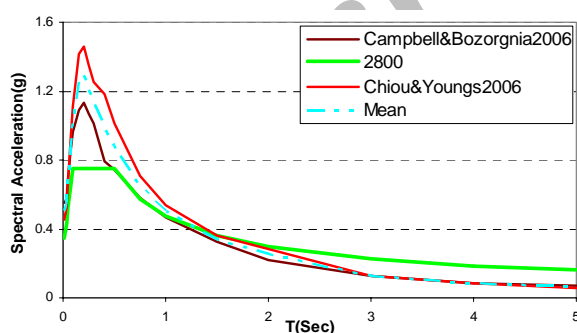
جدول ۱: معرفی مشخصات ساختگاه های مورد مطالعه

نام ایستگاه	کد ایستگاه	مختصات جغرافیایی		V _s (m/s)	کاربرد
		طول	عرض		
Bam	3168/02	58.35	29.09	N/A	Near - Field
Darmazar	3772	57.33	29.24	649	Far - Field

حاصل با نام Used در شکل نمایش داده شده است. همچنین برای ایستگاه دور از گسل از دو رابطه کاهندگی چپو و یانگز (۲۰۰۶) [9] و کمپیل و بزرگ نیا (۲۰۰۶) [10] استفاده شده است. در شکل (۳) طیف‌های به دست آمده از دو رابطه کاهندگی منتخب برای ساختگاه نزدیک به گسل، به همراه طیف طرح استاندارد آیین‌نامه ۲۸۰۰ با یکدیگر مقایسه شده‌اند. طیف‌های مربوط به روابط کاهندگی به نسبت یکسان با هم ترکیب شده و به عبارت دیگر میانگین-گیری می‌شوند. در شکل (۳) طیف میانگین به همراه بقیه طیف‌ها نمایش داده شده است.



شکل ۲: انتخاب طیف نهایی برای ساختگاه دور از گسل



شکل ۳: انتخاب طیف نهایی برای ساختگاه نزدیک به گسل

۴- معرفی مدل سازه ای مورد مطالعه

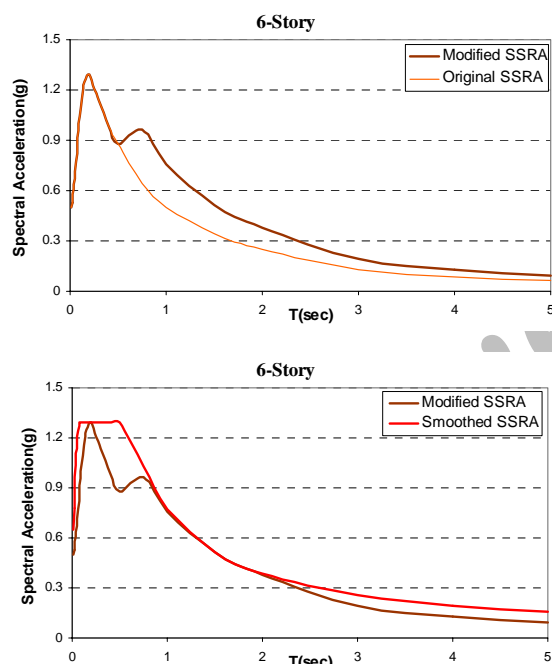
در این مقاله، یک مدل سازه ای ۶ طبقه به صورت ۳ بعدی و با سیستم مقاوم جانبی قاب خمشی ویژه مورد بررسی قرار گرفت. پلان سازه مورد نظر مطابق با شکل (۴) می باشد. همچنین ارتفاع در کلیه طبقات یکسان و برابر با ۳m

۳- تحلیل خطر لرزه ای روی دو ساختگاه نزدیک و دور از گسل

مشخصات ساختگاه های مورد مطالعه در این تحقیق در جدول (۱) آورده شده است. در این بخش بر پایه چشمه‌های لرزه‌زا خطی (گسل‌های فعال منطقه) و با استفاده از پارامترهای لرزه‌خیزی بدست آمده از رابطه گوتنبرگ ریشتر و روش کیچکو [3]، در نرم‌افزار SEISRISKIII [4]، احتمال تجاوز شتاب‌های طیفی افقی در پریودهای مختلف برآورد می شود. در اینجا به ازای هر سطح خطر لرزه‌ای ثابت و برای هر پریود یک شتاب طیفی افقی خواهیم داشت. حال اگر برای هر سطح خطر لرزه‌ای مشخص، پریودها و شتاب‌های افقی متناظر با آن در یک نمودار ترسیم شود طیف خطر یکسان حاصل می‌شود. این طیف‌ها برای سطح خطر لرزه ای ۱۰٪ احتمال رویداد در ۵۰ سال عمر مفید سازه برای هر دو سایت مورد پژوهش ترسیم شده‌اند. در این مطالعه پس از بررسی مدلها و روابط کاهندگی موجود، برای ایستگاه دور از گسل از سه رابطه کاهندگی امبرسیز، سیمپسون و بومر (۱۹۹۶) [5]، یانگز (۱۹۹۷) [6] و صدیق (۱۹۹۷) [7] استفاده شده است. در شکل (۲) طیف‌های مربوط به روابط کاهندگی منتخب به روشی که در آیین‌نامه FEMA356 [8] ارائه شده است، smooth شده‌اند. در اینجا با توجه به تفاوت قابل ملاحظه طیف Youngs97 [6] با دو طیف دیگر، از آن صرف‌نظر شده و دو طیف باقی‌مانده به نسبت ۳ به ۲ به ترتیب برای Ambraseys96 [5] و Sadigh97 [7] با یکدیگر ترکیب می‌شوند. به دلیل این‌که آیین‌نامه ۲۸۰۰ [1]، استفاده از مقادیر کمتر از دو سوم برابر طیف طرح استاندارد را مجاز ندانسته، لذا از همین مقدار حداقل برای قسمت‌هایی از طیف ترکیبی (0.6Ambraseys + 0.4Sadigh) که زیر این مقدار مینیمم قرار می‌گیرد استفاده شده است. طیف

۵- تحلیل استاتیکی غیرخطی (Pushover)

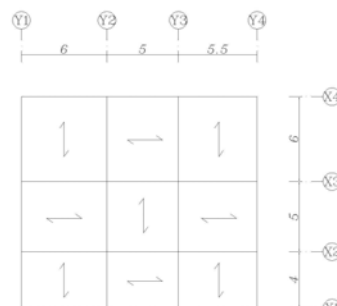
در اینجا با توجه به این که در مدل سازه ای، حداقل ۷۵٪ جرم سازه در مد اول ارتعاش در جهت مورد نظر مشارکت می کند، لذا اثر مدهای بالاتر قابل ملاحظه نیست و توزیع بار جانبی را می توان متناسب با شکل مد اول ارتعاش در نظر گرفت. در این مقاله، با توجه به این که پیوند سازه ۱/۳۶ ثانیه می باشد، لذا ضریب اعمال اثر جهت داری مربوط به آن با توجه به شکل ۱ و با فرض راستای عمود بر گسل یا $X \cos \theta = 1$ ، برابر با ۱/۵ در نظر گرفته می شود. در شکل (۵) طیف Near اصلاح شده با ضرایب اعمال اثر جهت داری برای سازه مورد مطالعه و مقایسه آن با طیف طرح ویژه ساختگاه به دست آمده از تحلیل خطر لرزه ای نشان داده شده است.



شکل (۵): طیف Near اصلاح شده با ضرایب اعمال اثر جهت داری برای سازه ۶ طبقه (بالا) و مقایسه آن با طیف طرح ویژه ساختگاه و طیف smooth شده آن (پائین)

همان طور که از شکل طیف ها مشخص است، طیف اصلاح شده پس از مقدار ماکزیمم خود کاهش داشته و دوباره برای پیوندهای بالاتر از ۰/۶ ثانیه افزایش می یابد و یک ماکزیمم نسبی دیگر تولید می کند. این افزایش دوباره و صعودی بودن شکل طیف، امکان استفاده از این طیف را در تحلیل بار افزون (Pushover) به روش CSM از بین

در نظر گرفته شده و مشخصات مصالح مصرفی (بتن و فولاد) با توجه به آنچه امروزه به طور معمول در ساخت و سازها به کار می رود انتخاب شده است. فولاد آرماتورها از نوع AIII با تنش تسلیم برابر 400 kg/cm^2 و بتن با مقاومت فشاری برابر 280 kg/cm^2 می باشد.



شکل (۴): پلان مدل های سازه ای

با فرض سیستم کف به صورت تیرچه بلوک و با در نظر گرفتن بار پارتیشن بندی در طبقات، بار مرده طبقات و بام برابر 700 kg/m^2 می باشد و براساس استاندارد ۵۱۹ بار زنده برای طبقات 200 kg/m^2 و برای بام 150 kg/m^2 است. در بارگذاری زلزله بر اساس استاندارد ۲۸۰۰، سازه مورد نظر در پهنه با خطر نسبی زیاد با شتاب مبنای طرح 0.3 g در نظر گرفته شده است. همچنین براساس مدارک به دست آمده از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نوع خاک در هر دو ایستگاه Near و Far، خاک نوع II گزارش شده و لذا $T_0 = 0.1$ و $TS = 0.5$ و $S = 1/5$ می باشد. سازه مذکور به صورت سه بعدی و در حالت شکل پذیری ویژه طبق ضوابط آیین نامه ACI 318-05 [11] با استفاده از نرم افزار SAP2000 Version 11.0.4 طراحی شده است. در جدول ۲ مقاطع طراحی شده برای تیرها و ستون های سازه آورده شده است.

جدول ۲: مقاطع تیرها و ستون ها در مدل ۶ طبقه

شماره طبقه	مقطع تیر	مقطع ستون
طبقه ششم	۴۰ * ۴۰	۴۵ * ۴۵
طبقه پنجم	۴۰ * ۴۰	۴۵ * ۴۵
طبقه چهارم	۴۰ * ۴۰	۴۵ * ۴۵
طبقه سوم	۵۰ * ۴۵	۵۰ * ۵۰
طبقه دوم	۵۰ * ۴۵	۵۰ * ۵۰
طبقه اول	۵۰ * ۴۵	۵۰ * ۵۰

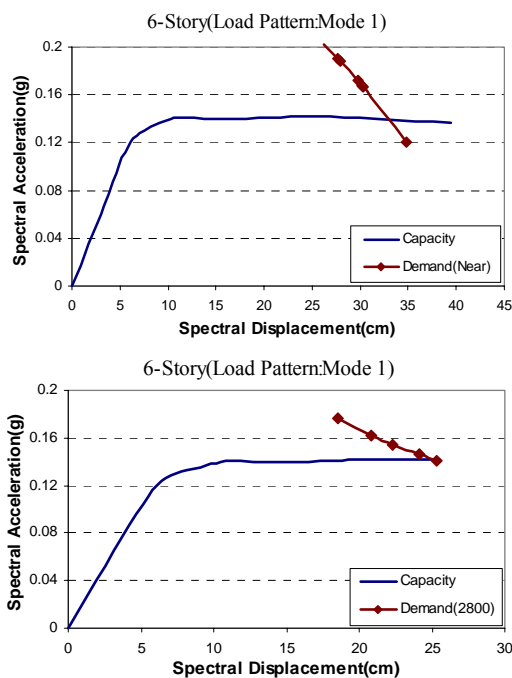
می‌برد. لذا در شکل (۵) طیف Near اصلاح شده به همراه نمونه صاف (smooth) شده آن‌ها نمایش داده شده است. (Traditional Pushover) دانست. در شکل (۶) منحنی-های ADRS مربوط به ظرفیت (Capacity) و تقاضا (Demand) به همراه محل تقاطع این دو منحنی (نقطه عملکرد) نشان داده شده است.

همچنین تشکیل مفاصل پلاستیک در قاب محور ۷4 سازه مورد مطالعه در حالت جابه‌جایی برابر با نقطه عملکرد، حاصل از آنالیز استاتیکی غیرخطی با در نظر گرفتن طیف Near و طیف استاندارد ۲۸۰۰ در شکل (۷) آورده شده است.

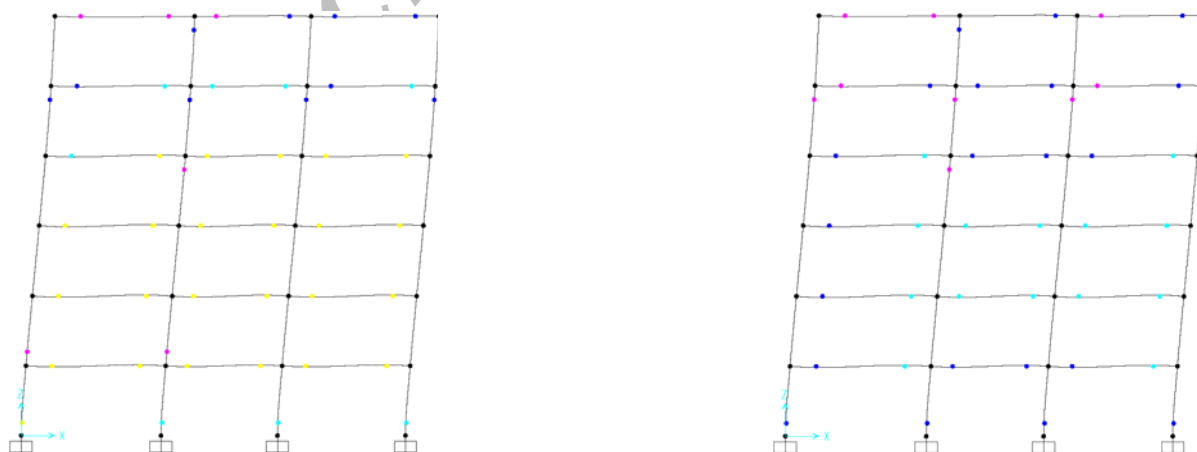
حال چنانچه در حالت استفاده از طیف استاندارد ۲۸۰۰، یک گام از گام مربوط به نقطه عملکرد جلوتر برویم، مشاهده می‌شود که چرخش مفاصل پلاستیک حد LS را پشت سر گذاشته و وارد سطح عملکرد CP می‌شوند. این مطلب گویای عدم وجود حاشیه اطمینان مناسب در کنترل تغییر مکان توسط آیین‌نامه ۲۸۰۰ [1] می‌باشد و به نوبه خود از نقاط ضعف عمده برای طراحی محسوب می‌شود. وقوع این پدیده در شکل (۸) برای قاب محور برای هر سازه) نمایش داده شده است.

به منظور مقایسه کمی پاسخ مدل مورد مطالعه در حالت‌های مختلف، در شکل (۹) اختلاف در جابجایی‌های حاصل از طیف‌های Near و Far نسبت به پارامتر نظیر حاصل از طیف استاندارد ۲۸۰۰ به صورت درصدی از پارامتر دوم رسم شده است.

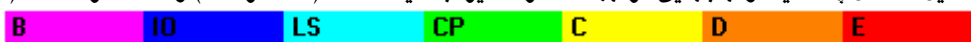
شکل (۶): منحنی ADRS مربوط به Capacity و Demand در حالت طیف Near (بالا) و استاندارد ۲۸۰۰ (پائین)

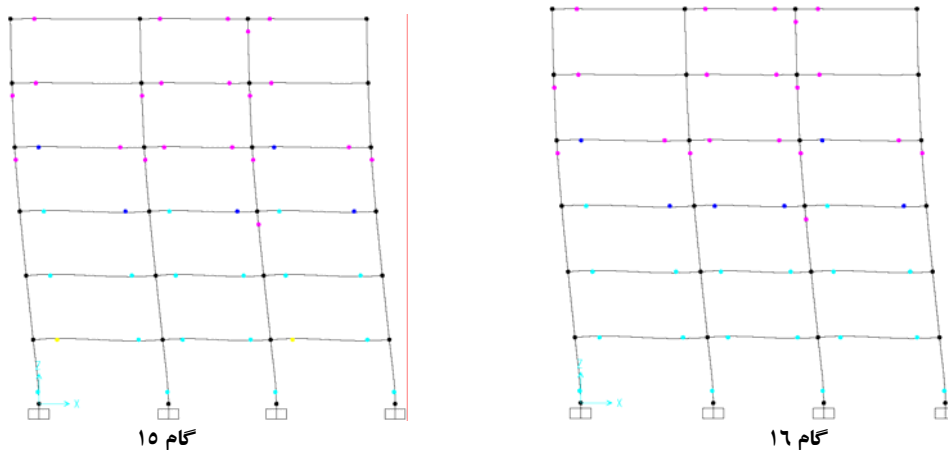


همان‌طور که در شکل نیز مشاهده می‌شود، کردن (smooth) باعث تغییر ساختار طیف و در نتیجه ایجاد خطای نسبتاً بزرگی می‌شود و این مطلب را می‌توان به عنوان یک ضعف بزرگ برای روش سنتی بارافزون



شکل (۷): تشکیل مفاصل پلاستیک و جابجایی در جهت X در آنالیز با طیف Near (سمت راست) و استاندارد ۲۸۰۰ (سمت چپ)





شکل (۸): عبور چرخش مفاصل پلاستیک قاب محور $y1$ از سطح عملکرد Life Safety، یک گام بعد از نقطه عملکرد با طیف استاندارد ۲۸۰۰ در جهت X

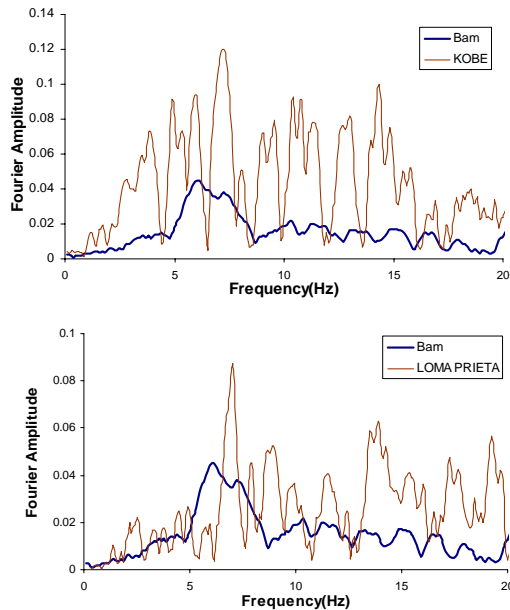


در آیین‌نامه ۲۸۰۰ [1] از محاسبات آماری روی تعدادی رکورد مشخص به دست آمده، لذا آیین‌نامه مذکور می‌بایست اطلاعاتی مبنی بر حدود و ثغور نوع گسلش مربوط به شتابنگاشت‌های مورد استفاده خود ارائه دهد تا رکوردهایی برای سازگاری و انجام تحلیل تاریخچه زمانی انتخاب شوند که دارای ویژگی‌های مشابهی از این نظر باشند. بنابراین با توجه به عدم دسترسی به چنین اطلاعاتی از آیین‌نامه، امکان یکسان نبودن نوع گسلش و ویژگی‌های زمین‌شناسی، تکتونیکی و لرزه‌شناسی رکوردهای انتخاب شده با شتابنگاشت‌های مرجع برای طیف طرح استاندارد وجود دارد. علت دوم این امر در نظر گرفتن نسبت $1/T^{2/3}$ برای قسمت سرهت ثابت طیف به جای $1/T$ می‌باشد که نتیجه این مسأله، بالاتر رفتن طیف طرح و وجود نیاز به ضرایب مقیاس بزرگتر در سازگاری است. در شکل (۱۱) پیدایش مفاصل پلاستیک در قاب‌های محورهای ۱ و ۲ در اثر اعمال شتابنگاشت Bam، با ضریب مقیاس موجود در جدول (۱) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، چرخش مفاصل تشکیل شده سطح عملکرد LS را گذرانده و وارد سطح عملکرد CP شده‌اند.

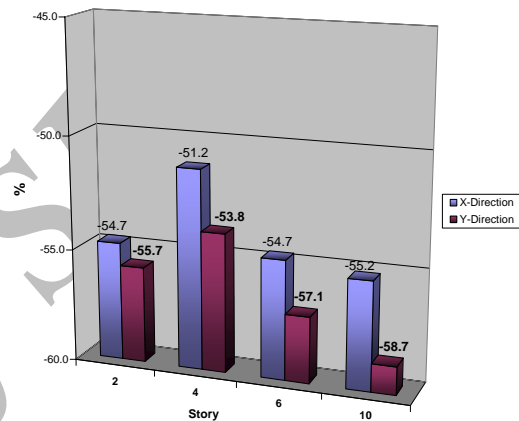
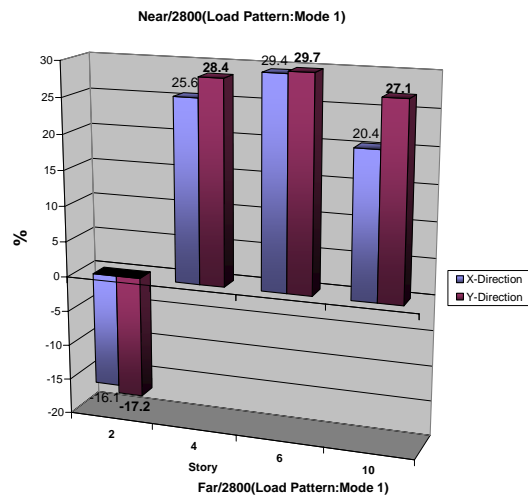
۶- تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی

با توجه به این که رکوردهای ثبت شده در سایت‌های نزدیک به گسل محدود می‌باشد، لذا در این رساله علاوه بر رکورد ثبت شده در ایستگاه فرمانداری بم (ناشی از زلزله پنجم دی ماه ۱۳۸۳)، از دو شتابنگاشت خارجی استفاده شده است. برای مشخص کردن نوع خاک در ایستگاه‌های خارجی، طیف دامنه فوریه (Fourier Amplitude) برای تعدادی رکورد Near-Fault از جمله Kobe 1995، Northridge 1994، Loma Prieta 1989، Palm Springs 1986 و با طیف دامنه فوریه مربوط به رکورد بم مقایسه گردید. با در نظر گرفتن ملاک انتخابی مبنی بر نزدیکی محتوای فرکانسی با مقادیر نظیر در رکورد بم از بین شتابنگاشت‌های فوق، رکوردهای Kobe و Loma Prieta انتخاب گردید. در شکل (۱۰) تطابق طیف‌های دامنه فوریه مذکور نشان داده شده است. ضرایب مقیاس به دست آمده از سازگاری برای رکورد بم $1/7$ ، رکورد کوبه $1/9$ و رکورد لوما $1/8$ می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، با توجه به این‌که شتابنگاشت‌های فوق مربوط به ایستگاه‌های نزدیک به منبع لرزه‌ای و دارای PGAهای به نسبت بزرگ هستند، لذا ضرایب مقیاس به دست آمده نسبتاً بزرگ می‌باشند. علت امر دو چیز است: اولاً از آن‌جا که طیف طرح استاندارد ارائه شده

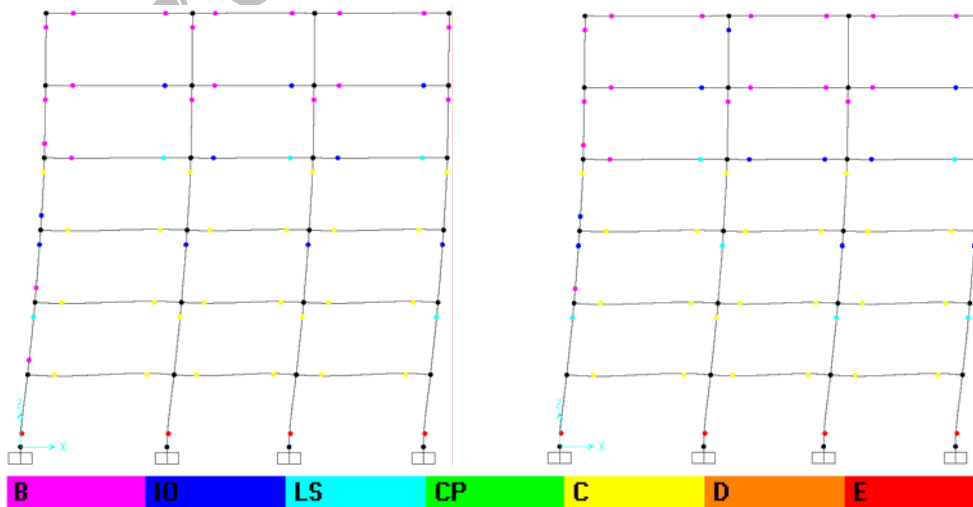
کوچک بودن دامنه در محدوده پریودهای مورد مطالعه می باشد. با توجه به این که طبق ASCE7-05 [12] بازتاب نهایی سازه در هر لحظه زمانی برابر با حداکثر بازتاب های به دست آمده از تحلیل با سه زوج شتابنگاشت مورد نظر می باشد، لذا پاسخ سازه های مورد مطالعه نسبت به رکورد بم به عنوان پاسخ نهایی مد نظر قرار گرفت .



شکل (۱۰): تطابق طیف های دامنه فوریه رکورد زمین لرزه های Bam با Loma Prieta (پائین) و زمین لرزه های Bam با Kobe (بالا)



شکل (۹): مقایسه آماری نتایج تحلیل در دو حالت طیف Far با استاندارد ۲۸۰۰ (پائین) و طیف Near با استاندارد ۲۸۰۰ (بالا) در اثر اعمال شتابنگاشت های Kobe و Loma بر روی مدل ۴ طبقه، سازه های فوق پاسخ های نسبتاً کوچکی از خود نشان داده و چرخش مفاصل در حد الاستیک و بعضاً تا سطح عملکرد IO بوده است. علت امر محتوای فرکانسی زلزله های انتخاب شده و یا به عبارت دیگر



شکل (۱۱): تشکیل مفاصل پلاستیک و جابجایی در محور y_2 (سمت راست) و y_1 (سمت چپ) در جهت X در آنالیز دینامیکی غیر خطی تحت رکورد سازگار شده بم

۷- نتایج

در یک جمع بندی کلی از آنچه در این مقاله عنوان شده است می‌توان موارد زیر را برشمرد:

- نحوه صاف کردن (Smooth) طیف های مربوط به مناطق نزدیک به چشمه لرزه زا جای تأمل دارد و برای حفظ اثر جهت داری لازم است تدابیر ویژه ای برای این کار اندیشیده شود که با صاف کردن در حوزه دور کاملاً متفاوت است.
- چون اساس روش تحلیلی بارافزون سنتی (Traditonal Pushover) بر مبنای میرایی مؤثر سازه می باشد، بنابراین در حالت حوزه نزدیک (Near Field) با توجه به اثر جهت داری (Directivity) در مقطعی از طیف کاربرد این نوع روش تحلیل جایز نیست.
- جهت انتخاب مناسب شتاب نگاشت، آیین نامه ۲۸۰۰ می بایست اطلاعاتی مبنی بر محدوده مجاز نزدیک برای ساختگاه تا منبع لرزه زا و حدود و ثغور نوع گسلش مربوط به شتابنگاشت های مورد استفاده خود در طیف طرح استاندارد ارائه دهد.
- در همین رابطه، نسبت $1/T^{3/2}$ برای قسمت سرعت ثابت طیف به جای $1/T$ باعث بالاتر رفتن طیف طرح و نیاز به ضرایب سازگاری بزرگتر می شود.
- اعمال روش سازگار کردن شتابنگاشت با طیف طراحی ارائه شده در آیین نامه ۲۸۰۰ بر اساس این آیین نامه، در مقایسه با سازگار کردن با طیف ویژه ساختگاه منتهی به نتیجه ای قابل تأمل می شود: زیرا از آن جا که زلزله در حوزه نزدیک قوی تر است انتظار می رود ضرائب سازگاری بزرگتری بدست آید. در حالی که این ضرائب برای طیف آیین نامه ۲۸۰۰ بزرگتر بود و این با واقعیت فیزیکی همساز نیست.
- در این کار پژوهشی نشان داده شد که جابجایی های سازه در برابر زلزله های حوزه نزدیک در مواردی حدود ۳۰ درصد بیشتر از زلزله طرح

می باشد و همچنین جابجایی ناشی از زلزله حوزه دور حدود ۵۰ درصد کمتر است. با توجه به تعداد محدود سازه های تحلیل شده نمی توان ادعا نمود که در صورت استفاده از آیین نامه ۲۸۰۰ ایمنی سازه ها در حوزه نزدیک به دلیل بروز جابجایی های بیشتر مخدوش است ولی لزوم بررسی بیشتر و نیاز به ارائه طیف های نزدیک گسل را کاملاً شفاف می نماید.

• در طراحی بر اساس روش های سنتی حاشیه ایمنی سازه ها (فاصله نقطه عملکرد ایمنی جانی تا نقطه جلوگیری از فروریزی در منحنی عملکرد) پیش بینی نشده است. با توجه به اینکه زلزله اصولاً حاوی عدم قطعیت های زیادی است و بروز زلزله هایی بزرگتر از زلزله طرح اجتناب ناپذیر است، پیشنهاد می گردد در مورد این کاستی نیز چاره ای اندیشیده شود.

۸- مراجع

- [۱] استاندارد ۸۴-۲۸۰۰، آئین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۴
- [۲] Somerville, P. (1997) "The Characteristics and Quantification of Near Fault Ground Motion." Proceedings of the FHWA/NCEER Workshop on the National Representation of Seismic Ground Motion for New and Existing Highway Facilities. Burlingame, California, May 29-30, 293-318.
- [۳] Kijko, A. 2000. "Statistical Estimation of Maximum Regional Earthquake Magnitude M_{max} ," Workshop of Seismicity Modeling in Seismic Hazard Mapping, Poljce, Slovenia, May 22-24.
- [۴] Bernice Bender and David M. Perkins: SEISRISK III, A computer program for Seismic Hazard estimation.
- [۵] Ambraseys, N.N., Simpson, K.A., & Bommer, J.J. 1996. Prediction of horizontal response spectra in Europe. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 25(4), 371-400.
- [۶] Youngs, R.R., Chiou, S. J., Silva, W.J., & Humphrey, J.R. 1997. Strong ground motion attenuation relationships for subduction zone earthquakes. Seismological Research Letters, 68(1), 58-73.

- Campbell, K.W., Bozorgnia, Y., 2006, "Campbell-Bozorgnia NGA Empirical Ground Motion Model for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, PGD and SA at Selected Spectral Periods Ranging from 0.01-10.0 Seconds", Version 1 [۷۰]
- ACI, 2005, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI Committee 318, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan [۷۱]
- ASCE, 2005, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE 7-05 Report, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia [۷۲]
- Sadigh, K., Chang, C.Y., Egan J.A., Makdisi, F., & Youngs, R.R. 1997. Attenuation relationships for shallow crustal earthquakes based on California strong motion data. FEMA 356, 2000, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, prepared by the American Society of Civil Engineers for the Federal Emergency Management Agency, Washington D.C. [۷]
- Chiou, B.S., and Youngs R.R., 2006, "Chiou and Youngs PEER-NGA Empirical Ground Motion Model for the Average Horizontal Component of Peak Acceleration and Pseudo-Spectral Acceleration for Spectral Periods of 0.01 to 10 Seconds", Interim Report for USGS Review [۸]
- [۹]

Archive of SID