مقیاس سازی شتاب نگاشت در تحلیل طیفی سیستم قاب خمشی فولادی ویژه با نرم افزار Seismosignal

مهدا جغطائی[1] ، محسن خزائی[2]

۱-دانشجو کارشناسی ارشدعمران سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه بیرجند، بیرجند، Mahdajoghataee@yahoo.com

۲- استادیار ، گروه مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی قوچان، قوچان ،m.khazaei@qiet.ac.ir

چکیده

همزمان با توسعه تحلیل دینامیکی غیرخطی و استفاده روزافزون از آن به عنوان یک عضو اجتناب‌ناپذیر طراحی مبتنی بر عملکرد، مطالعه تأثیر فرآیند انتخاب شتاب نگاشت در پیش‌بینی پاسخ سازه ضروری به نظر می‌رسد . با توجه به پیشرفت های ایجاد شده در قدرت و سرعت محاسباتی پردازش گرها، شاهد افزایش روز افزون استفاده ازتحلیل های دینامیکی، به خصوص تحلیل تاریخچه ی زمانی می باشیم. برای این منظور رکورد های زلزله در نظر گرفته شده باید مقیاس شوند. آیین نامه ها و دستورالعمل ها، روشهای متفاوتی جهت مقیاس سازی ارائه نموده اند. در این تحقیق به بررسی مقیاس سازی رکوردهای زلزله بر اساس روش SRSS پرداخته شده است . ابتدا شتاب نگاشت ها باتوجه به پیشنهادات آیین نامه زلزله ایران ۲۸۰۰ و UBC برای بررسی رفتار لرزه ای یک سازه سه طبقه با سیستم قاب خمشی فولادی ویژه انتخاب شده اند که از سه شتاب نگاشت زلزله قوی به بزرگی ۶ تا ۸ ریشتر استفاده شده است. تحلیل شتاب نگاشت ها ،طیف های طرح اولیه و همپایه شده توسط نرم افزار سایزموسیگنال (seismosignal) انجام گرفته است و از روش تحلیل تاریخچه زمانی با استفاده از شتاب نگاشت هم پایه بر اساس طیف آیین نامه ۲۸۰۰ منطبق بر خاک منطقه استفاده شده است تا اینکه بهتر و واقعی تر سازه مورد بررسی قرار گیرد.[۲] [۴]

کلید واژه ها: تحلیل دینامیکی غیر خطی تاریخچه زمانی، شتاب نگاشت،آیین نامه ۲۸۰۰،سایزموسیگنال،مقیاس سازی

۱- مقدمه

با توجه به لرزه خیزی بالای کشور ایران، جهت کاهش اثرات مخرب زمین لرزه ها طراحان ملزم به رعایت ضوابط آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) [۱] می باشند. تحلیل دینامیکی تاریخچه ی زمانی ، یکی از روش هایی است که در اکثر آئین نامه ها برای بررسی رفتار لرزه های ساختمان ها پیشنهاد شده است.

امروزه با توجه به مزایای تحلیل تاریخچه زمانی، شاهد استفاده روزافزون از این نوع تحلیل در جامعه مهندسی هستیم. یک گام مهم برای تجزیه و تحلیل تاریخچه زمانی انتخاب و مقیاس شتاب نگاشت های مناسب با پارامترهای لرزه ای ساختگاه مورد نظر می باشد. شتاب نگاشت ها به منظور استفاده در تحلیل تاریخچه زمانی برای مقاصد ارزیابی طراحی و یا عملکرد انتخاب و مقیاس می شوند. تحلیل گران بایستی قبل از گزینش رویکرد انتخاب و مقیاس کردن شتاب نگاشت، فهم عمیقی از اهداف تحلیل داشته باشند . (دارای حداقل شرایط زلزله طرح مثلا زلزله با احتمال وقوع ۱۰درصد در ۵۰ سال) [۳] [۴]

۲- روش تحقیق

برای انجام تحقیق مورد نظر باید روش های مختلف تحلیل ساختمان در برابر زلزله مورد بررسی قرار گیرد.روش های تحلیل در ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله به چهار گروه تقسیم می شوند که عبارتند از: تحلیل استاتیکی خطی (بار جانبی معادل)، تحلیل استاتیکی غیر خطی (پوش اُور)، تحلیل دینامیکی خطی (طیفی و تاریخچه ی زمانی)، تحلیل دینامیکی غیر خطی. از آنجایی که نیروی وارد شده به یک سازه در هنگام زلزله را نمی توان با روش بار جانبی معادل به طور دقیق تخمین زد، از تحلیل دینامیکی برای ارزیابی دقیق تر نیروها و رفتار سازه استفاده می شود.در روش دینامیکی خطی طیفی مقادیر ماکزیمم پاسخ برای مودها از طیف طراحی استخراج شده و با یکدیگر جمع شده اند تا پاسخ کل ماکزیمم سیستم حاصل شود.نوع جمع بندی در این تحقیق همانطور که در ابتدا گفته شد به صورت جمع مربعات (SRSS) می باشد.

در تحلیل دینامیکی خطی تاریخچه زمانی سازه نیز تحت تأثیر شتاب نگاشت قرار می گیرد و پاسخ آن در سازه به صورت نیرو ها یا تغییر مکانها به صورت تاریخچه در زمان های مختلف به دست می آید.. اکثراً برای حل و بررسی سازه ها به روش تاریخچه ی زمانی از انتگرال گیری مستقیم در بازه های زمانی کوچک استفاده می شود و با جمع کردن و

کنار هم گذاشتن پاسخ ها در هر زمان تاریخچه ی پاسخ به دست می آید.در تحلیل دینامیکی غیر خطی رفتار مصالح و سایر مشخصات سازه به صورت غیر خطی مدل شده و تحلیل و بررسی می شود. این روش رفتار واقعی سازه را مورد تحلیل قرار می دهد و پاسخ های واقعی را بیان می کند و علت این امر مدلسازی نزدیک به واقعیت سازه و اجزای آن می باشد. [۳]

۳- دیدگاه های آئین نامه ای

برای بررسی تحلیل مورد نظر باید در چارچوب یک آئین نامه رفتار سازه ای مورد بررسی قرار گیرد. آیین نامه های متعددی برای این منظور در سراسر جهان وجود دارد که عمده ترین و مهم ترین آنها عبارتند از:

آئین نامه ی UBC 97: در این آئین نامه شتابنگاشت مورد نظر باید حداقل احتمال تجاوز بیش از ۱۰ ٪ در طی ۵۰ سال داشته باشد. برای هر آنالیز تاریخچه ی زمانی باید پارامترهای دلخواه محاسبه شود. اگر از سه شتابنگاشت برای آنالیز استفاده شده باشد ماگزیمم پاسخ برای هر پارامتر دلخواه برای طراحی انتخاب خواهد شد باید شتابنگاشت ها بطوری مقیاس شوند که طیف طراحی هدف با میرایی۵٪ در محدودهی زمان های تناوب ۰.۲T تا ۱.۵T حداکثر ۱.۴ برابر طیف حاصل از شتابنگاشت ها باشد. برای هر آنالیز تاریخچه ی زمانی باید پارامترهای دلخواه محاسبه شود. اگر از سه شتابنگاشت برای آنالیز استفاده شده باشد ماگزیمم پاسخ برای هر پارامتر دلخواه برای طراحی انتخاب خواهد شد و اگر برای آنالیز از هفت شتاب نگاشت و یا بیشتر استفاده گردد برای طراحی از مقدار متوسط پارامتر مورد نظر استفاده خواهد شد.

آئین نامه ی ۲۸۰۰ ایران: در این آئین نامه اثرات حرکت زمین ممکن است به یکی از صورت های طیف بازتاب شتاب و یا تغییرات زمانی تغییرات شتاب مشخص شود. حرکت زمین به حرکت زلزله ای اطلاق می شود که احتمال وقوع آن طی ۵۰ سال عمر مفید ساختمان کمتر از ۱۰ ٪ باشد. این زلزله، زلزله ی طرح و طیف بازتاب شتاب آن طیف طرح نامیده می شود. [۳]

۴- خصوصیات شتاب نگاشت ها

*خصوصیات شتابنگاشتها از جمله بزرگا، فاصله از گسل و... باید مشابه طیف طرح باشد.

*ساختگاه محل ثبت شتابنگاشت به لحاظ ویژگی های زمین شناسی از جمله لایه های خاک باید تا حد امکان مشابه ساختگاه سازه باشد.

*مدت زمان حرکت شدید در شتابنگاشتها باید برابر ۱۰ ثانیه یا ۳ برابر زمان تناوب اصلی سازه(هرکدام بیشتر شد) باشد.

*مقادیر دو طیف با میرایی ۵ درصد تهیه و به روش جذر مجموع مجذورات ترکیب شود.

*بند ب در آئین نامه ۲۸۰۰ ایران به صورت مقایسه تفاوت متوسط شتابنگاشتها با ۱.۴ برابر طیف طرح لحاظ شده است.

*در هیچ حالتی مقادیر متوسط شتابنگاشتها نباید از ۱.۴ برابر طیف طرح کمتر باشد.

*مطابق آئین نامه ۲۸۰۰ ایران، شتابنگاشت ها باید به مقدار حداکثر خود (۱g)مقیاس شوند. .[۵]

۵- پارامترهای بازتاب در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی

مطابق بند۳-۴-۲ استاندارد ۲۸۰۰ می توان از ۳ یا ۷ زوج شتاب نگاشت استفاده نمود که در صورت استفاده از ۳ زوج شتاب نگاشت باید حداکثر بازتاب های به دست آمده از تحلیل این سه زوج شتاب نگاشت به عنوان بازتاب نهایی استفاده گردد، اما در صورتیکه از هفت زوج شتابنگاشت یا بالاتر استفاده گردد مقادیر متوسط نیروی حاصل از زوج شتابنگاشت را میتوان به عنوان نیروی طراحی به کار برد در غیر اینصورت مقادیر حداکثر پاسخ نیرویی بدست آمده از تحلیل با سه زوج شتابنگاشت باید لحاظ گردد. .[۵]

۵- مراحل مقیاس سازی شتابنگاشت

۵-۱- تهیه ۳ شتابنگاشت مولفه افقی (x یا y)

با مراجعه به سایتPEER می توان با توجه به فرضیات رکودهای مورد نظر را جمع آوری و در تحلیل استفاده کرد.

۵-۲ - تهیهSa

انتقال به نرم افزار Seismosignal و تهیه sa با میرایی که معمولا ۵ درصد است.

۵-۳- مقایسه

میانگین ۳ sa گرفته شده و با A*B طیف استاندارد در محدوده مورد نظر مقایسه شود.

۵-۴- ضریب

پیدا کردن نقطه بحرانی و بدست آوردن ضریب که نیاز به سعی و خطا دارد. از تقسیم میانگین A*B طیف استاندارد در محدوده بحرانی بر میانگین مقادیر هر شتابنگاشت در محدوده بحرانی بدست می اید.[۵]

۶- اصلاح شتاب نگاشت ها

مقیاس نمودن شتاب نگاشت ها باید به روشی انجام شود که بطور مناسبی توانایی تحریک سازه را داشته باشد و نیز پریود سازه در محدوده پریودی قرار داشته باشد که این شتاب نگاشت ها قادر به تحریک و تشدید آن باشد. بنابراین عمده توجه باید به طیف حاصل از شتاب نگاشت باشد

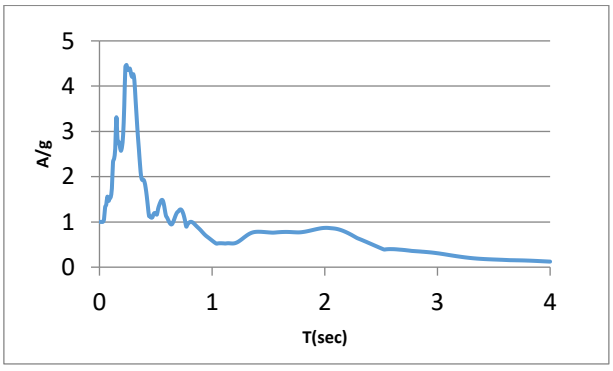
تا بتواند محدوده ی فرکانس آن شتاب نگاشت و شتاب تحریک منتاظر با آن را شناسایی نماید. روش هایی که مقیاس سازی را در محدوده ای از زمان تناوب انجام می دهند نتایج قابل قبول تری نسبت به روش هایی که در یک زمان تناوب مشخص مقیاس سازی را انجام می دهند ارائه می دهد. با توجه به اینکه روش آئین نامه ۲۸۰۰ توانایی تحریک کامل سازه را دارا بوده و روشی مبنی بر طیف شتاب نگاشت ها با دقت نظر به پریود سازه می باشد و آئین نامه معتبر کشور است، لذا مقیاس سازی شتاب نگاشت ها را به روش آئین نامه ۲۸۰۰ انجام می دهیم. [۵] [۳].

در این تحقیق از سه شتاب نگاشت زلزله های منجیل ، طبس و کوبه استفاده شده است که مشخصات عمومی هر یک در جدول۱ آورده شده است.

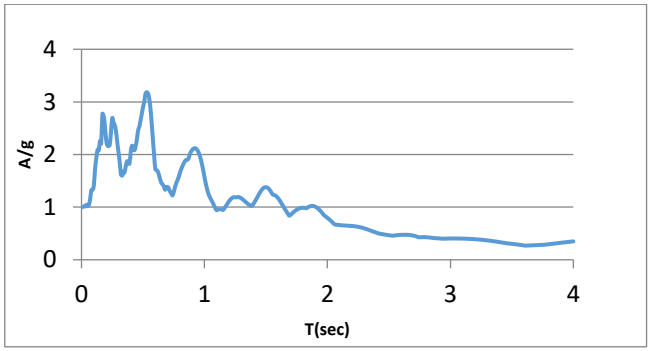
جدول ۱ :مشخصات شتاب نگاشت های انتخابی

نام زلزله	ایستگاه	نام شتابنگاشت	(ریشتر)	Vs30 (m/s)	J-B Distance (km)
منجیل (ایران)	قزوین	سایزموسیگنال	۷.۳	۳۰۲.۶۴	۴۹.۹۷
طبس (ایران)	بشرویه	سایزموسیگنال	۷.۳۵	۳۲۴.۵۷	۲۴.۰۷
کوبه (ژاپن)	آبنو	سایزموسیگنال	۶.۹	۳۱۲	۳۱.۶۹

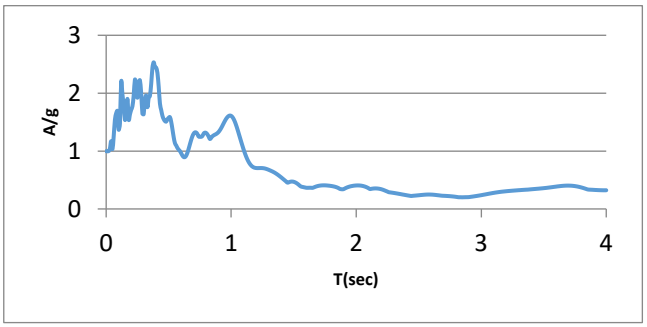
در ادامه طیف های پاسخ اصلاح شده هر شتاب نگاشت در شکل های ۱تا ۳ آورده شده است و در شکل ۴ میانگین هر سه طیف اصلاح شده شتاب نگاشت را مشاهده می کنید.



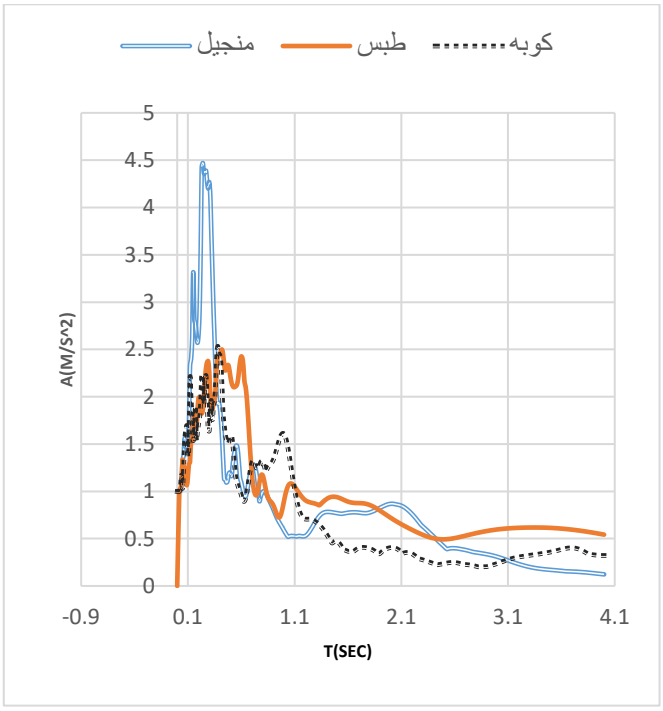
شکل ۱: طیف پاسخ شتاب نگاشت منجیل



شکل ۲: طیف پاسخ شتاب نگاشت طبس



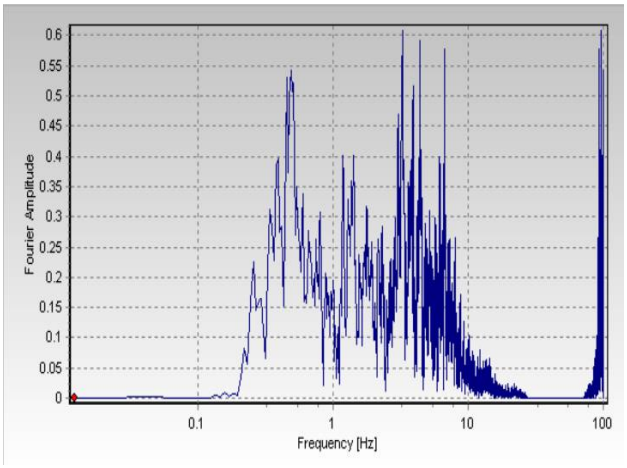
شکل ۳: طیف پاسخ شتاب نگاشت کوبه



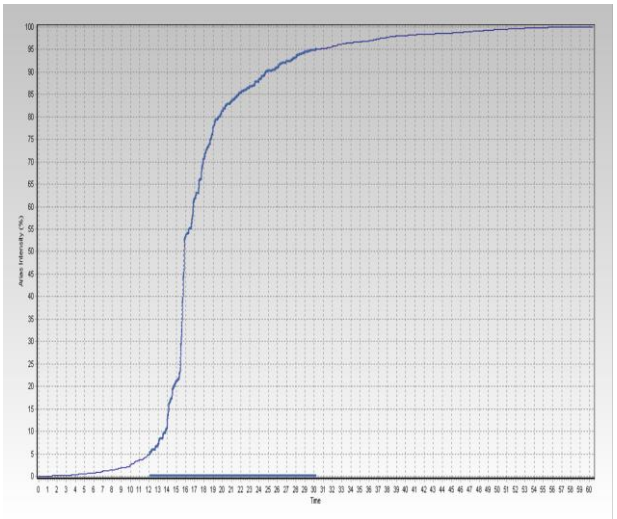
شکل ۴: طیف پاسخ سه شتاب نگاشت منجیل،طبس و کوبه

۷- نتایج

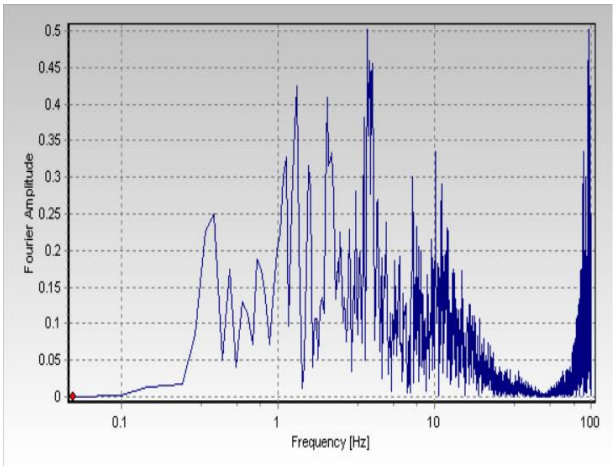
در انتخاب زلزله جهت بررسی و مطالعه ، لحاظ نمودن محتوای فرکانسی و مدت زمان حرکات شدید زمین می تواند بسیار با اهمیت باشد گاهی یک زلزله با مدت زمان طولانی و شدت کم نسبت به زلزله های دیگر با مدت زمان کم و شدت بالا به مراتب می تواند خسارات بیشتری را در سازه ها به وجود آورد. محتوای فرکانسی زلزله با استفاده از تبدیل سری فوریه بررسی می شود و هدف از بررسی محوای فرکانسی هر یک از زلزله ها ، بررسی بیشتر محدوده های پریودی سازه می باشد.[۳] [۶] [۷]



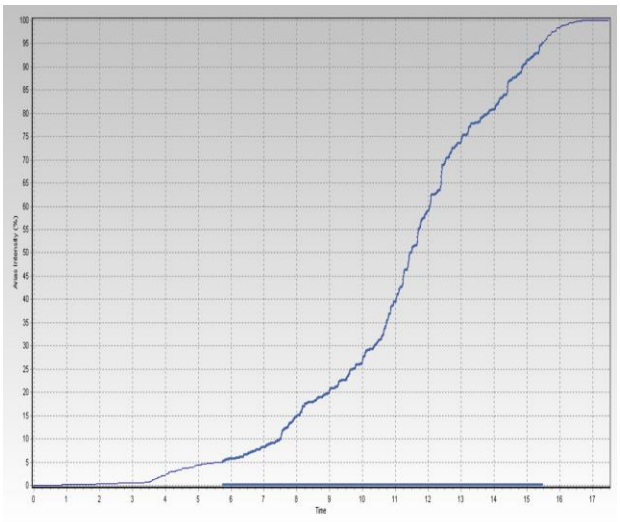
شکل ۵ :محتوای فرکانسی (اصلاح شده)منجیل



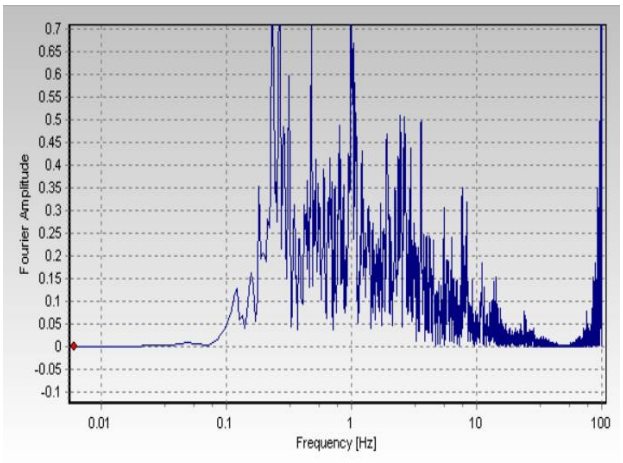
شکل ۶ :مدت زمان حرکات شدید زمین (اصلاح شده) (منجیل)



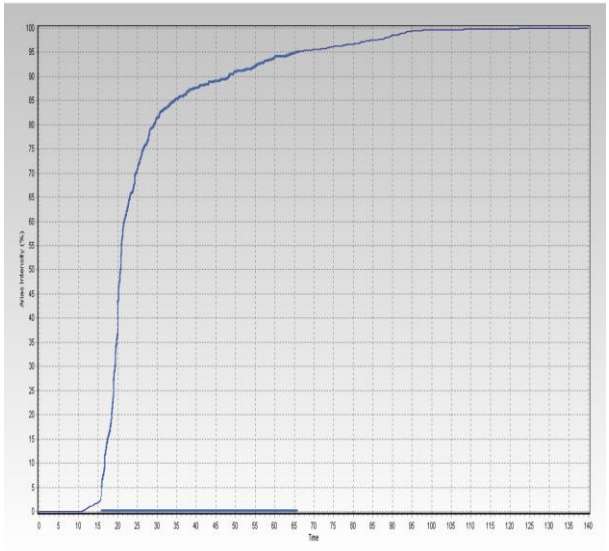
شکل ۷ :محتوای فرکانسی طبس(اصلاح شده)



شکل ۸ :مدت زمان حرکات شدید زمین (اصلاح شده) (طبس)



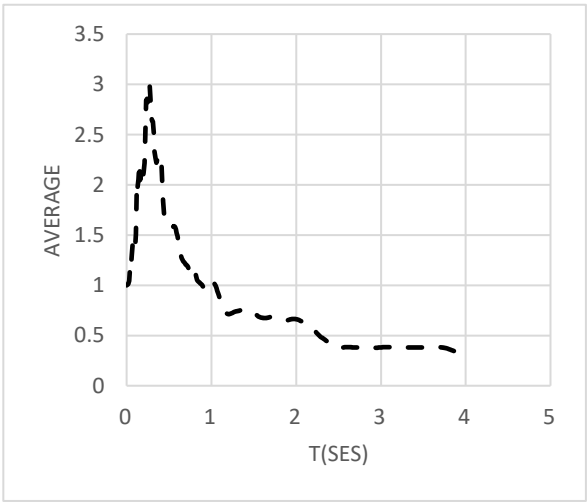
شکل ۹ : محتوای فرکانسی کوبه(اصلاح شده)



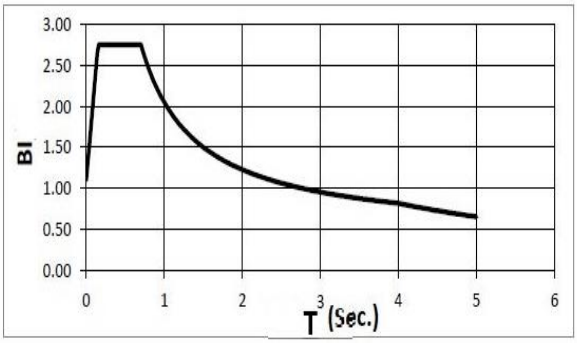
شکل ۱۰: مدت زمان حرکات شدید زمین(اصلاح شده) (کوبه)

همانطور که می دانیم ساختمان های بلند در مقایسه با ساختمان های کوتاه دارای پریود نوسان بالایی هستند به همین دلیل اکثر خرابی در این سازه ها، تحت تاثیر زلزله ها با پریود غالب بالا به وجود می آید. با علم به این موضوع می توان سازه ها را بهتر طراحی کرد.

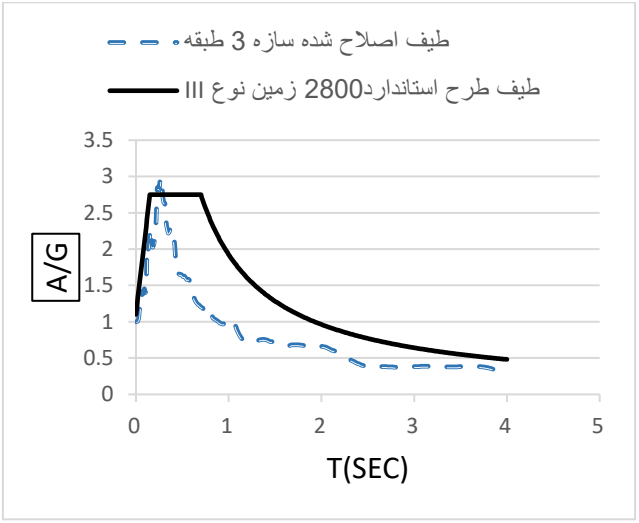
براساس بند ۲-۵-۳-۲ آیین نامه ۲۸۰۰ طیف به دست آمده با مشخصات لایه های خاک و محل ساختمان تا حد امکان یکی باشد.



شکل ۱۱: طیف اصلاح شده سازه سه طبقه



شکل ۱۲:ضریب شکل طیف طرح برای زمین نوع III



شکل ۱۳ :مقایسه طیف استاندارد با طیف اصلاح شده برای سازه ۳ طبقه

۸- نتیجه گیری

در این تحقیق بررسی شایستگی پارامتر های انتخاب زلزله ها و روش همپایه نمودن و مقیاس شتابنگاست ها مطابق آیین نامه ۲۸۰۰ (ویرایش ۴) و UBC 97 قرار گرفت.

دوره غالب یک زلزله را می توان از زوایای مختلف بررسی کرد. دوره های غالب رکورد های زلزله نشان می دهد که زلزله های انتخاب شده تا حدودی در محدوده فرکانسی مختلف قرار دارند و در محدوده های فرکانسی ساختمان ها مورد بررسی قرار می گیرند. این می تواند مطابق با توصیه های آیین نامه های طراحی لرزه ای در تحلیل دینامیکی غیر خطی باشد که توصیه کرده اند؛ شتاب نگاشت های مورد استفاده تا حد امکان در محدوده های فرکانسی مختلفی قرار بگیرند و همچنین قرار گرفتن محدوده ی پریود غالب زلزله با محدوده پریودی ساختمان مورد بررسی می تواند منجر به پدید آمدن پدیده تشدید شده و پاسخ های ساختمان تحت زلزله ی مورد بررسی، افزایش یابد.[۳]

در همپایه کردن شتاب نگاشت ها هر چه طیف شتاب نگاشت منطبق بر طیف طراحی باشد نتایج تحلیل های دینامیکی بر تحلیل های استاتیکی منطبق بوده و تایید خوبی بر روش های تحلیل استاتیکی می باشد.

مراجع

۱-کمیته دائمی بازنگری آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله. آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، 4thed مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی. ۱۳۹۳

۲- جودت سعید آباد،امیر، نوری، محمد، جلالی، عبدالرحیم، ۲۰۱۸، "نرم افزار انتخاب شتاب نگاشت زلزله برمبنای استاندارد ۲۸۰۰ایران(ویرایش ۱،۰)" ،کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام ایران – تبریز(پایتخت گردشگری کشورهای اسلامی ۲۰۱۸).

۳-خسروی امیری،امیر پرویز،حاجی قاسمعلی،دکترسعید،حسینی،سعید،۲۰۱۴،"کاربرد شتاب نگاشت ها در تحلیل تاریخچه زمانی"، دومین کنگره بین المللی سازه ،معماری،شهرسازی و توسعه شهری.

۴- صفوی هیر، سید محسن ،جلالی،دکتر عبدالرحیم،"روش های بهینه انتخاب شتاب نگاشتها برای تحلیل دینامیکی غیر خطی سازه ها"،۱۳۹۳ .

۵- پاک نیت محمود ، پاک نیت ،شایان ، "تحلیل های مورد نیاز در بهسازی لرزه ای سازه ها " ، ،۱۳۹۵انتشارات متفکران،چاپ چهارم .

۶- منصوری سامان ، ۱۳۹۶"بررسی روش انتخاب، همپایه نمودن و مقیاس شتابنگاشتها مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران وآیین نامه ASCE همراه با مطالعات موردی" .

۷-چوپرا ، آنیل.ک ، ترجمه: طاحونی ، شاپور ،" دینامیک سازه ها و تعیین نیروهای زلزله، تئوری و کاربرد " ایران ، انتشارات علم و ادب، چهارم ، ۱۳۸۵

۸- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله،استاندار ۲۸۰۰،ویرایش ۴

9. Chang-Geun Cho, Nonlinear failure prediction of concrete composite columns by a mixed finite element formulation, Engineering Failure Analysis, Volume 18, Issue 7, October 2011, Pages 1723–1734

10. Elghazouli .A.Y, Castro .J, Izzudin .B.A "Seismic performance of composite moment-resisting frames" Engineering structures;London;2008;Vol 30;P 1802-181

11. http//:peer.berkeley. edu/smcat/search.html

12. Manual of SEISMOSIGNAL V5.1.0; www.seismosoft.com

13. S. Gramblicka, Analysis of Composite Steel-concrete Columns, Procedia Engineering, Volume 40, 2012, Pages 247–252