



مقایسه آیین‌نامه‌ای و رفتاری ساختمانهای لرزه جدا

سعید هدایت^۱، دکتر نصرت‌ا... فلاح^۲

۱- کارشناس ارشد سازه دانشکده فنی-دانشگاه گیلان

۲- دکترای سازه دانشکده فنی-دانشگاه گیلان

1- s.hedayat@moshanir.com

2- fallah@guilan.ac.ir

خلاصه

سیستمهای جداسازی پایه در بسیاری از کشورهای زلزله خیز تا حدود زیادی مراحل تئوری و آزمایشگاهی خود را پشت سر گذاشته و طی سالهای اخیر در بسیاری از این کشورها جنبه کاربردی پیدا کرده است. این تحقیق به بررسی روند تکاملی و اصول تدوین آیین نامه های موجود ساختمانهای جداساز لرزه ای، در خصوص انواع جداسازها از نظر تئوری، روشهای تحلیل و نتایج آزمایشگاهی می پردازد. همچنین در این تحقیق سعی بر آن است تا با تحلیل سازه های لرزه جدا و پایه ثابت به بررسی مقایسه ای رفتار سازه های جداساز پایه در مقابل زلزله پرداخته شود.

کلمات کلیدی: جداساز، آیین‌نامه، مقایسه، زلزله، سازه

مقدمه

هنگامی که صحبت از جداسازی لرزه‌ای به میان می‌آید، بطور عادی به جداسازهای پایه رجوع می‌شود مفهوم طراحی جداسازها بر این قاعده کلی استوار است تا خسارت‌های ناشی از حرکات زمین به سازه منتقل نشود. با جدا کردن سازه از حرکت‌های زمین سطح پاسخ سازه به مقدار قابل توجهی نسبت به سازه با پایه گیردار کاهش می‌یابد. فواید بالقوه جداسازهای لرزه‌ای و پیشرفت‌هایی که این سیستم‌ها تاکنون داشته‌اند باعث شده تا به این لحظه صدها ساختمان و پل در سراسر دنیا با استفاده از آنها طراحی و ساخته شوند. در ۲۰ سال گذشته مقدار قابل توجهی پژوهش، توسعه و فعالیت‌های مداوم در این رابطه انجام شده است.

تکامل آیین‌نامه‌ها

دراواسط دهه ۱۹۸۰ اولین درخواست‌ها جهت تدوین یک ضمیمه مشخص در آیین‌نامه‌ها برای ساختمان‌های با پایه جدا ساز لرزه‌ای بروز پیدا کرد. در اواخر دهه ۱۹۸۰ آیین‌نامه‌های ایالات متحده آمریکا یک طرح هدفمند را برای توسعه دادن این موضوع شروع کردند که این طرح به سه بخش تقسیم می‌شود:

۱- در اواخر سال ۱۹۸۹، کمیته زلزله شناسی انجمن مهندسين سازه کالیفرنیا (SEAOC) ضمیمه‌ای را در فصل دوم خود که به کتاب آبی معروف است را با نام «مقررات عمومی طراحی و ساخت سازه‌های جداساز لرزه‌ای» اضافه کرد. این ملزومات به مقامات کنفرانس بین‌المللی ساختمان (ICBO) ارائه گردید و پس از تأیید در سال ۱۹۹۱ بصورت یک ضمیمه در آیین‌نامه UBC در آمدو پس از آن هر سال مورد بازنگری قرار گرفت تا اینکه رایج‌ترین ویرایش این آیین‌نامه در سال ۱۹۹۷ (UBC ۹۷) انتشار یافت.

۲- در اواخر دهه ۱۹۸۰ هیأت سلامت ساختمان (BSB) روش قابل قبول طراحی و بازبینی ساختمان‌های بیمارستانی جداسازی شده را بر مبنای توصیه‌ها "SEAOC" پذیرفت. این روش بصورت یک آیین‌نامه برای بیمارستان‌های کالیفرنیا تنظیم شد، تا اینکه BSB ضمیمه آیین‌نامه UBC

¹ دانشجوی کارشناسی ارشد.

² استادیار دانشگاه.



۱۹۹۶ در مورد سیستم‌های جداسازی را با کمی تغییر جایگزین این روش کرد. نگارش رایج این آیین‌نامه را می‌توان در آیین‌نامه ساختمانی کالیفرنیا ۱۹۹۶ یافت.

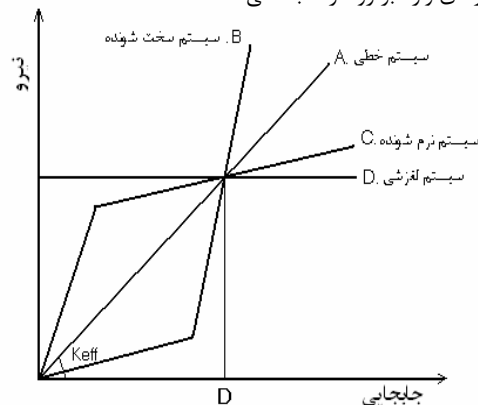
۳- در سال ۱۹۹۱ آژانس مدیریت بحران (FEMA) یک برنامه ۶ ساله را جهت توسعه و تدوین یکسری رهنمودها در مورد مقاوم سازی سازه‌های موجود آغاز کرد. این راهنما که با نام "راهنمای مقاوم سازی لرزه‌ای ساختمان‌ها" (NEHRP) مشهور است، در حال حاضر با نام FEMA 273 قابل دسترسی است. روش آنالیز و طراحی راهنمای مقاوم سازی NEHRP بدقت همسو با مفاد مقررات همین آیین‌نامه برای ساختمان‌ها جدید می‌باشد. بجز چند ضابطه سخت‌تر برای طراحی رو سازه ساختمان مقاوم سازی شده. در طی توسعه و تدوین آیین‌نامه FEMA 273 در سال ۱۹۹۴، تصمیم بر آن گرفته شد تا از ویرایش‌های آخر آیین‌نامه‌های UBC , SEAOC و ویرایش جدید استفاده شود. تنها تغییر مهم قابل بحث، تبدیل طراحی بروش مقاومت جهت ساخت این مقررات بصورت یک روش کاربردی و بومی می‌باشد. در ویرایش ۱۹۹۷ تصمیم بر یکسو سازی ویرایش‌های گذشته UBC , SEAOC گرفته شد. از این رو ویرایش ۱۹۹۷ آیین‌نامه UBC که در حال حاضر قابل دسترسی است، بر اساس طراحی بروش مقاومت تدوین شده است. بنابراین آیین‌نامه UBC 97 و ویرایش ۱۹۹۷ آیین‌نامه FEMA 273 بجز در مورد ضوابط لرزه‌ای شبیه به یکدیگرند.

اهمیت آیین‌نامه‌های UBC 97 , FEMA 273 (۱۹۹۷) این است که بر اساس کاربرد انواع مختلف سیستم‌های جداساز تدوین شده‌اند و در آنها برای سیستم جداسازی خاصی ارجحیت قائل نشده‌اند. ضوابط این آیین‌نامه‌ها بصورت کاربردی برای گسترده بزرگی از انواع سیستم‌های جداسازی ممکن تهیه گردیده است. باید توجه داشت در حالت عمومی برای طراحی و بازبینی نهایی کفایت سیستم جداساز نیاز به انجام مراحل آزمایشگاهی جهت استخراج پارامترهای مهندسی مورد نیاز است، ولی بعضی از این سیستم‌ها قابلیت اثبات و تایید توسط آزمایش را ندارند و در نتیجه بکار گیری چنین سیستم‌هایی جایز نمی‌باشد. بطور کلی سیستم‌هایی قابل قبولند که :

- ۱- برای جابجایی طرح پایداری خود را حفظ کنند.
- ۲- در ازای افزایش جابجایی، مقاومت فزاینده داشته باشند.
- ۳- در چرخه‌های نیرو - تغییر مکان افت نداشته باشند.
- ۴- دارای مشخصه‌های قابل سنجش مهندسی (مانند: نیرو ، جابجایی ، میرایی) باشند.

انواع جداساز

در تئوری چهار نوع سیستم جداسازی از لحاظ رابطه نیرو - تغییر مکان وجود دارد که فرم ایده‌آل آنها در شکل (۱) آورده شده است. فرض بر آن است این سیستمها در فرم ایده‌آل از یک جابجایی طرح ثابت در اثر زلزله می‌گذرند. سیستم خطی که با منحنی A نمایش داده شده است دارای یک پیوند جداسازی مشخص برای هر زلزله، در هر اندازه‌ای می‌باشد. بعلاوه در این نوع سیستم نیروی تولید شده در روسازه بصورت یکنواخت به نسبت جابجایی ایجاد شده در سیستم جداساز می‌باشد. هر سیستم جداساز خطی باید یک مکانیسم مقاومت در برابر باد داشته باشد. سیستم‌های سخت شونده با منحنی B نشان داده شده است. این سیستم به همان اندازه که مقدار نیروی زلزله افزایش می‌یابد، در ابتدا نرم (زمان تناوب مؤثر طولانی) بوده و سپس بصورت سخت (زمان تناوب مؤثر کوتاهتر) عمل می‌کنند. اگر تراز نیروی زلزله افزایش یابد و جابجایی سیستم بیشتر از جابجایی طرح شود، روسازه در معرض نیروهای بزرگتری قرار می‌گیرد. سیستم‌های نرم شونده با منحنی C نمایش داده شده است. این نوع سیستم به همان اندازه که نیروی زلزله افزایش می‌یابد در ابتدا سخت (زمان تناوب مؤثر کوتاه) بوده و سپس نرم (زمان تناوب مؤثر طولانی) عمل می‌کنند. اگر تراز نیروی زلزله جابجایی را از مقدار جابجایی طرح زیاده‌تر کند، در یک سیستم نرم شونده روسازه نیروی کمتری را تحمل می‌کند. سیستم جداساز لغزشی با منحنی D نشان داده شده است. این نوع سیستم مانند یک سیستم جداساز اصطکاکی عمل می‌کند و همانند یک سیستم نرم شونده زمانی که تراز زلزله افزایش می‌یابد، زمان تناوب مؤثر طولانی می‌شود و بارهای وارد بر روسازه ثابت می‌مانند.



شکل ۱- ارتباط فرم ایده آل نیرو- جابجایی سیستم‌های جداساز



روش‌های تحلیل

در تمام ضوابط این آیین‌نامه‌ها سه روش تحلیلی برای تعیین نیروی زلزله طرح جایز شناخته شده است. ویرایش‌های قبلی آیین‌نامه UBC بر استفاده از یک روش ساده استاتیکی معادل تأکید می‌کنند. علت این امر تمرکز تغییر مکان‌های سازه‌های جدا سازی شده در سطح جداساز است که در نتیجه آن، روسازه تقریباً مانند یک جسم صلب حرکت می‌کند. طراحی بر مبنای یک مود ارتعاشی انجام شده و نیروهای طرح روسازه از نیروهای موجود آمده در جداساز به ازای تغییر مکان طرح بدست می‌آیند. این امر منجر به یک روش بسیار ساده طراحی می‌شود. با تکامل تدریجی آیین‌نامه‌ها، حالت‌هایی که در آنها استفاده از تحلیل دینامیکی لازم است، افزایش یافته و توصیه‌های تشویقی به منظور استفاده از تحلیل دینامیکی (تحلیل طیفی و تحلیل تاریخیچه‌زمانی) در شرایطی که لازم نیستند در آیین‌نامه گنجانده شده‌اند.

در تمام طرح‌های جداسازی لرزه‌ای، استفاده از تحلیل استاتیکی ضروری است. این تحلیل، سطح حداقلی برای تغییر مکان‌ها و نیروهای طرح مشخص می‌کند. تحلیل استاتیکی هم برای طرح اولیه سیستم‌های جداسازی و ساختمان در شرایطی که نیاز به تحلیل دینامیکی است و هم برای بررسی مجدد طرح مفید است. در برخی شرایط، این روش تنها روش مورد استفاده در طرح می‌باشد.

هر سه روش تحلیلی فوق بر اساس سطح زلزله مشابه ورودی تعیین شده و به یک سطح کاربری ساده نیاز دارند. طراحی روسازه یک سیستم جداساز بر اساس نیروی زلزله با تراز بالا انجام می‌شود که در حدود $\frac{1}{2}$ بزرگترین زلزله مطرح شده منطقه طرح می‌باشد. سیستم جدا ساز شامل اتصالات، اعضای نگهدارنده سازه‌ای، و ناحیه جداسازی شده لازم است برای ۱۰۰ درصد این نیروی زلزله طرح شوند. اما لازم نیست که اجزای روسازه برای کل نیروی زلزله طرح طراحی شوند، بلکه برای مقدار کمتری از نیرو که در ضریب کاهنده‌ای با مقدار حداکثر ۲، ضرب می‌شود، طراحی می‌شوند. اگر سازه واقع در بالای سطح جداسازی شده دارای شکل‌پذیری کافی باشد تا بدون رفتار غیرخطی قابلیت جلوگیری از خسارت‌ها را داشته باشد. سازه با پایه گیردار مشابه را باید برای نیروی کاهنده‌ای معادل ۸ برابر ضریب ۲ طراحی کرد.

بطور ایده‌آل جابجایی جانبی یک سازه جداسازی شده باید بطور برجسته در سیستم‌های جداسازی آن انجام شود و قسمت روسازه نمی‌بایست دچار اعوجاج و تغییر شکل شود. بنابراین سیستم پایدار جانبی روسازه که در قسمت فوقانی سطح جداسازی شده واقع است می‌بایست طوری طراحی گردد که دارای سختی و مقاومت کافی جهت دوری کردن از هرگونه رفتار غیرخطی باشد. به همین دلایل آیین‌نامه‌های فوق دارای ضوابطی هستند تا رفتار غیرخطی سیستم روسازه را مهارکنند. هر چند در مورد کنترل خرابی‌ها برای زلزله طرح، بطور روشن و واضح در این آیین‌نامه‌ها پرداخته نشده است، اما همینطور که رفتار غیرخطی روسازه محدود می‌شود به همان نسبت مقدار خرابی‌هایی که ممکن است در هنگام زمین‌لرزه اتفاق بیفتد کاهش پیدا می‌کند. در حالت کلی سازه جداسازی شده‌ای که بر اساس توصیه‌های این آیین‌نامه‌ها طرح می‌شود با ید شرایط زیر را داشته باشد:

- ۱- پایداری خود را برای زمین لرزه‌های کوچک و متوسط، بدون خرابی در اعضای سازه‌ای، اجزای غیرسازه‌ای، محتویات سازه و... حفظ کند.
 - ۲- پایداری خود را برای زمین‌لرزه‌های بزرگ، بدون گسیختگی سیستم جداساز، بدون خرابی مهم در اعضای سازه‌ای، بدون خسارت شدید در اجزای غیرسازه‌ای بدون خسارت شدید در اجزای غیرسازه‌ای و بدون قطع عمده بهره برداری ساختمان حفظ کند.
- اهداف بالا برای سازه جداسازی شده کارآیی آنها را به نسبت زیادی نسبت به سازه با پایه گیردار در مقابل زلزله‌های بزرگ و متوسط افزایش می‌دهد. جدول (۱) فهرستی از عملکردهای مورد انتظار سازه جداسازی شده و سازه با پایه گیردار را با هم مقایسه می‌کند. (این مقایسه در مورد آیین‌نامه‌های NEHRP , UBC 97 , IBC صادق است).

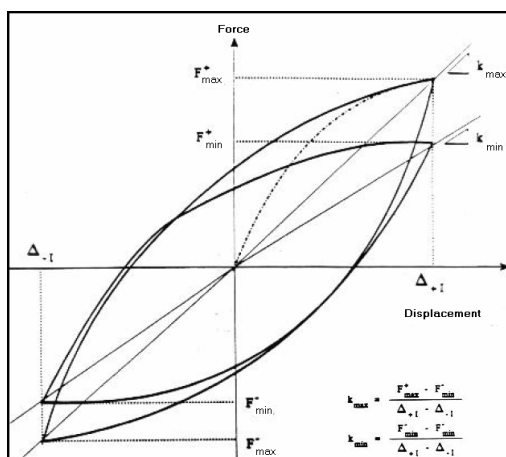
جدول ۱- شروط محافظت ساختمانها در مقابل زلزله های با سطوح پایین، متوسط و بالا

سطح خطر بدتری			سطح حرکات زمین (زمین لرزه)
			بالاتر
			متوسط
			پایین
۱- سلامتی ساکنین			F/I
۲- خسارت اعضای سازه‌ای			F/I
۳- خرابی اجزای غیر سازه‌ای (خرابی محتویات)			F/I

F : سازه با پایه ثابت I : سازه با پایه جداساز

نیازهای آزمایشگاهی

در این آیین‌نامه‌ها رابطه نیرو - جابجایی، مبتنی بر مشخصه های تغییر شکل سیستم‌های جداساز تدوین شده، که نتایج حاصل از مجموعه آزمایش‌هایی است که بصورت جامع و فراگیر روی این سیستمها در گذشته انجام گرفته است. اگر اطلاعات جامعی از یک سیستم جداسازی در دسترس نباشد ممکن است پس از انجام آزمایش به سیستم دیگری نیاز شود، بنابراین توصیه می‌شود هنگام استفاده از این آیین‌نامه‌ها، برای سیستم جداسازی که آزمایش‌های جامع قبلی در مورد آن وجود ندارد در فاز یک طراحی، سیستم انتخابی مورد آزمایش قرار گیرد. نمونه‌ای از نمودار هیسترسیز (نیرو - تغییر مکان) سیستم‌های جدا ساز در شکل (۲) آمده است.



شکل ۲- تاثیرات سختی در یک پایه جداساز

آزمایش‌هایی که به ترتیب می‌بایست بر روی یک سیستم انجام شوند عبارتند از:

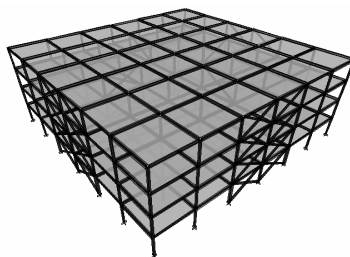
- ۱- تعیین سختی و ظرفیت سیستم برای قابلیت پایداری در مقابل نیروی باد.
 - ۲- اگر سیستم جداساز مورد نظر نیروی قائم را حمل می‌کند، می‌بایست تغییرات مشخصه‌های تغییر شکل آن برای اعمال بارهای جانبی متناوب و بار محوری کنترل شود.
 - ۳- تعیین مشخصه‌های تغییر شکل سیستم جدا ساز در سیکل‌های مختلف بارگذاری در مقدار جابجایی طرح.
 - ۴- تعیین توانایی سیستم جداساز برای بیشترین نیروی کششی و فشاری قائم و بیشترین جابجایی جانبی.
- تغییرات بیش از ۱۵ درصد برای سختی موثر در ۳ سیکل نیروی متناوب و بیش از ۲۰ درصد برای تعداد بیشتر در جابجایی طرح باعث رد شدن سیستم مورد آزمایش می‌شود. مناسب‌ترین میزان بار مرده و کششی برای سیستم جدا ساز از میانگین نیروی محوری جداسازه‌های با ابعاد و نوع مشخص تعیین می‌شود، تا توسط آنها مقدار مطلق بارهای بیشینه و کمینه جهت پایداری سیستم مورد آزمایش تعیین شود.

پژوهش‌های عددی

تحلیل دقیق رفتار دینامیکی سازه‌های لرزه‌خیز یکی از زمینه‌های مهم پژوهش در مهندسی زمین لرزه است. رفتار سازه‌های لرزه‌خیز جدا با مصالح انعطاف پذیر نظیر تکیه گاه‌های الاستومری مسلح شده را می‌توان به کمک چنین نمونه‌هایی پیش بینی نمود. نمونه‌های غیر خطی در بر گیرنده ویژگی‌های اجزای انعطاف پذیر و میرا کننده در این سامانه‌ها می‌توانند نتایج قابل قبولی بدست دهند.

اگر چه رفتار تکیه گاه‌های الاستومری مسلح تا حدودی پیچیده و تعریف دقیق آن تنها با مدل‌های پیشرفته غیر خطی امکان پذیر است، اما رفتار سازه لرزه‌خیز جدا به سادگی بر پایه مدل‌های خطی تعریف می‌گردد. در واقع نتایج پژوهش‌ها نشان داده‌اند که رفتار این سازه‌ها بسیار نزدیک به رفتار یک جسم صلب است. بنابراین در طراحی‌های عملی می‌توان از نمونه‌های ساده خطی برگشت پذیر برای تحلیل سازه استفاده کرد.

سازه‌ای که در این قسمت مورد بررسی قرار می‌گیرد یک بیمارستان چهار طبقه با قاب فلزی مهاربندی شده در دو جهت شکل (۳) واقع در تهران می‌باشد. برای آنالیز سازه از نرم افزار ETABS V8 استفاده شده که دارای کارایی بالا نسبت به نرم افزارهای هم رده خود در آنالیز و طراحی سازه‌های ساختمانی می‌باشد.



شکل ۳- بیمارستان ۴ طبقه



اطلاعات ورودی

بار مرده سقف = 700 Kg/m²بار زنده = 330 Kg/m²بار دیوار های محیطی = 950 Kg/m²

آنالیز و طراحی سازه برای بار جانبی زلزله بر اساس طیف پاسخ آیین نامه ۲۸۰۰ با مشخصات زیر و تحلیل طیفی بر روی هر دو سازه ثابت و جدا ساز صورت گرفت.

- طیف پاسخ برای خاک نوع ۲

- شتاب مبنای طرح $A = 0.35$ (منطقه با لرزه خیزی بالا - نزدیک گسل)- سازه با اهمیت بسیار زیاد $I = 1.4$ - سازه با شکلپذیری کم (قاب مهاربندی شده) $R = 6$

- در صد مشارکت بار زنده در زلزله = 40%

طراحی هر دو سازه به روش تنش مجاز صورت گرفت، طراحی سازه ها به دو منظور زیر صورت گرفت :

اولاً: برای برآورد تفاوت مصالح دو سازه ثابت و لرزه جدا میبایست طراحی مقاطع هر دو سازه براساس نیروی جانبی انتقالی هر سازه و ضریب بازتاب هر سازه به طور جداگانه صورت میگیرد.

ثانیاً: جهت تحلیل تاریخچه زمانی سازه ها برای دقیق بودن محاسبات، میبایست از مقاطع واقعی هر سازه برای تشکیل ماتریس سختی و موارد بند قبل استفاده گردد.

در مرحله اول با انجام یک آنالیز طیفی بر روی هر دو سازه ثابت و لرزه جدا و طراحی سازه ها تفاوت مصالح هر دو سازه مورد مقایسه قرار میگیرد. در مرحله بعدی با انجام تحلیل تاریخچه زمانی بر روی هر دوسازه، با مقاطع بدست آمده از مرحله قبل رفتار دو سازه را مورد ارزیابی قرار میدهیم. فرضیات اولیه :

- پریود مورد نظر سازه جدا ساز $T_D = 2.5$ - انتخاب کرنش برشی طراحی $\gamma_{max} = 50\%$ - انتخاب نسبت میرایی مؤثر الاستومرها $\xi_{eff} = 10\%$ - تعیین ضریب میرایی $Bd = 1.2$ با استفاده از جدول (۲)

جدول ۲- تعیین ضرایب میرایی براساس کرنش برشی

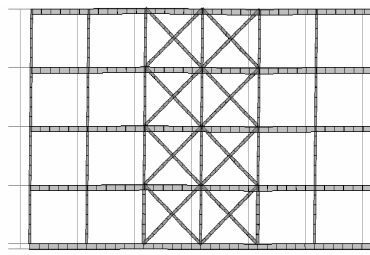
Equivalent Viscous Damping							
	<2%	5%	10%	20%	30%	40%	>50%
B	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7	1.9	2.0

پس از آنالیز طیفی و طراحی هر دوسازه خروجی جدول (۳) بر اساس مقایسه مصالح بکار برده شده در دو سازه تهیه گردید، و انتظار داریم درصد کاهش مصالح در سازه لرزه جدا نسبت به سازه ثابت بین 0% تا 5% باشد.

جدول ۳- مقایسه وزن اعضای سازه ای

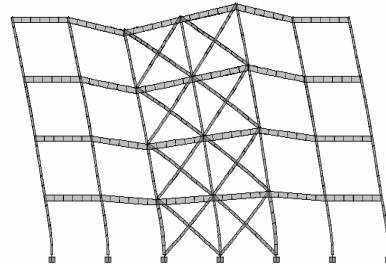
درصد کاهش	سازه لرزه جدا	سازه با پایه صلب	
8.8 %	40.60	44.55	وزن ستونها ton
0 %	90.80	90.81	وزن تیرها ton
16.9%	17.49	21.07	وزن بادبندها ton
4.8 %	148.89	156.43	وزن کل ton

جهت بررسی تفاوت رفتار دو سازه ثابت و لرزه جدا تحلیل دینامیکی بروش تاریخچه زمانی بر روی دو سازه برای تحریک پایه مؤلفه طولی ثبت شده زمین لرزه طبس، ۱۳۵۷ انجام گرفت. نتایج تحلیل عددی سازه برای بدست آوردن مدهای ویژه و نیز مقادیر ویژه میتواند درک کاملی از چگونگی رفتار سازه بدست دهد. مقادیر ضرائب شرکت مدی و نیز شکل مدها برای روسازه با پایه صلب و لرزه جدا در شکل (۴) ارائه شده است.



$T1 = 2.4686 \text{ s}$ $L1 = 95.44\%$

سازه با پایه جداساز

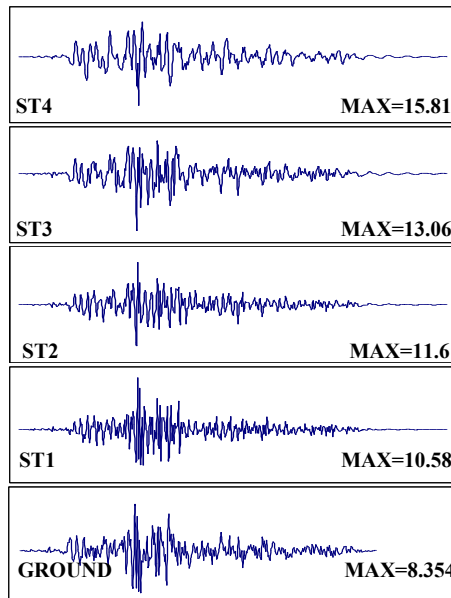


$T1 = 0.8446 \text{ s}$ $L1 = 68.45\%$

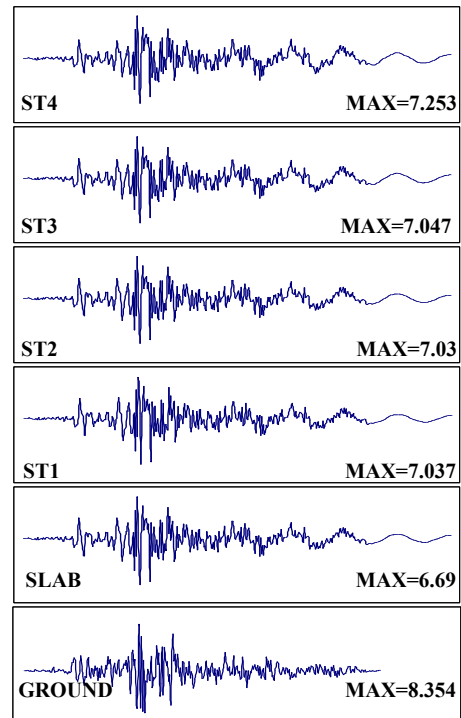
سازه با پایه ثابت

شکل ۴- مقایسه زمان تناوب و ضریب شراکت جرم مودی

همانطور که مشاهده میشود زمان تناوب مد اول در حالت لرزه جدا تا ۳ برابر مقدار مشابه در سازه با پایه صلب افزایش یافته است. دلیل این افزایش، کاهش نیروهای وارد بر سازه با استفاده از جداسازهاست. همچنین میتوان فهمید که رفتار سازه با پایه صلب در تمامی مدها، همراه با تغییر شکل های سازه ای قابل توجه است. اما رفتار سازه لرزه جدا در مد اول، همانند یک جسم صلب است و تنها در مدهای بعدی نشان دهنده تغییر شکلهای سازه ایست. از سوی دیگر، ضریب شراکت مدی سازه لرزه جدا در مد اول تقریباً برابر با یک و در مدهای بعدی تقریباً برابر صفر است. یعنی تمامی انرژی زمین لرزه، در مد اول که تغییر شکلهای (اعوجاج) سازه ای در آن ناچیز است جذب میشود. در شکل (۵) نمودارهای شتاب طبقات سازه های با پایه صلب و لرزه جدا را تحت تحریک پایه زلزله طیس نشان میدهند. همانطور که دیده میشود که شتاب در طبقات بالای سازه تشدید میگردد. اما در سازه لرزه جدا شتاب طبقات بسیار به هم نزدیک است. همچنین نمودار شتاب به دلیل افزایش زمان تناوب بسیار نرم تر از حالت با پایه صلب است.



سازه با پایه ثابت



سازه با پایه جداساز

شکل ۵- شتاب طبقات در سازه های با پایه جداساز و پایه ثابت

نتیجه گیری

در این مقاله ابتدا به بررسی روند تکامل و اصول تدوین آیین نامه های ساختمانهایی جدا ساز لرزه ای پرداخته شد، سپس دو سازه با پایه جداساز و پایه ثابت مورد بررسی قرار گرفتند. باتوجه به دو بحث فوق نتایج زیر بدست می آید:



- ۱- ویرایشهای اخیر آیین نامه های 97 UBC, SEAOC, IBC, FEMA 273, NEHRP در خصوص ساختمانهای جداساز لرزه ای تا حد زیادی منطبق برهم میباشند.
- ۲- از آیین نامه های 97 UBC در ایالات متحده و IBC در سطح بین المللی میتوان به عنوان مرجع آیین نامه های ساختمانهای جداساز لرزه ای نام برد.
- ۳- مناسبترین نوع سیستم جدا سازی از نظر عملکرد سیستمهای نرم شونده میباشد.
- ۴- مشخصه های آزمایشگاهی سیستم جداساز اولین فاز جهت انتخاب نوع سیستم میباشد.
- ۵- از آنجائیکه ضریب کاهش نیروی زلزله (R) جهت طراحی رو سازه حداکثر برابر ۲ در نظر گرفته میشود، مقدار کاهش مصالح سازه ای نسبت به سازه با پایه گیردار حدود ۵ درصد میباشد، که مقدار کمی است، از اینرو میتوان دریافت که آیین نامه های حاضر ضوابط بسیار سختی در طراحی روسازه دارند که میتواند بمراتب ساده تر در نظر گرفته شود.
- ۶- ضریب شراکت مدی سازه لرزه جدا در مد اول تقریباً برابر با یک و در مدهای بعدی تقریباً برابر صفر است. یعنی تمامی انرژی زمین لرزه، در مد اول که تغییر شکلهای (اعوجاج) سازه ای در آن نا چیز است جذب میشود.

مراجع

۱. غفوری آشتیانی، محسن؛ همایون شاد، فرهاد؛ طراحی ساختمانها با جداسازهای لرزه ای از تئوری تا عمل. (ترجمه)، زمساتان ۱۳۸۱ تهران، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
۲. تهرانی زاده، محسن؛ حامدی، فرزانه؛ جداسازی لرزه ای در مقابل زلزله. (ترجمه)، ۱۳۷۸ تهران، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله.
3. International building code, International council, 2003.
4. Federal Emergency Management Agency, commentary on national earthquake hazards reduction program guideline for seismic rehabilitation of building, FEMA-273, Washington, DC, 1998.
5. Lashkari, B., and C. A. Kircher. 1993 "Evaluation of SEAOC & UBC analysis procedures, part 1: stiff superstructure," in Preceding of a Seminar on Seismic Isolation, Passive Energy Dissipation and Active Control, ATC Report 17-1. Redwood City, California: ATC.