

بررسی پاسخ لرزه ای سازه های دارای تکیه گاه آونگ اصطکاکی تحت تحریکات زلزله

غلامرضا عبدالله زاده

دانشیار دانشگاه بابل، بابل، ایران
abdollahzadeh@nit.ac.ir

الهه فغانی آهنگری

کارشناسی ارشد سازه، بابل، ایران
faghani.elahe@yahoo.com

کلید واژه‌ها: جداسازی لرزه ای، تکیه گاه آونگ اصطکاکی، پاسخ لرزه ای، قاب خمشی فولادی، تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی

چکیده

جداسازی لرزه ای یکی از روش های پذیرفته شده برای محافظت لرزه ای ساختمان ها در مناطق پرخطر لرزه ای است. در این روش، جداسازها بین فوندانسیون و روسازه نصب می شوند و با تامین انعطاف پذیری و توانایی استهلاک انرژی، ساختمان را از حرکات مضر زمین جدا می کند. این روش که جز روش های کنترل غیرفعال محسوب می شود، یک روش طراحی مقاوم است که به جای افزایش ظرفیت لرزه ای سازه، مبتنی بر کاهش نیاز لرزه ای می باشد. برای دستیابی به این هدف، دو سازه ۴ و ۸ طبقه فولادی برای دو حالت با پایه ثابت و با تکیه گاه آونگ اصطکاکی پاندولی در نرم افزار sap2000 مدل شده است. به منظور مقایسه عملکرد، تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی بر روی دو حالت پایه ثابت و حالت جداسازی شده با استفاده از سه شتاب نگاشت دور از گسل نوثریج، مکسیکو و چی چی تایوان انجام شده است. نتایج نشان می دهد جداسازها تاثیر قابل ملاحظه ای در کاهش برش پایه، دریافت نسبی طبقات و شتاب مطلق بام دارند و این میزان کاهش در سازه های کوتاه وسخت بیش تر است.

مقدمه

جداساز لرزه ای یک روش طراحی لرزه ای مقاوم است که به جای افزایش ظرفیت لرزه ای سازه، مبتنی بر کاهش نیاز لرزه ای می باشد. در واقع یک روش طراحی ساده سازه ای برای کاهش یا حذف پتانسیل خسارت زمین لرزه است. اساس این روش کاهش پاسخ ها به وسیله افزایش زمان تناوب و میرایی در سازه است. هدف از این مطالعه بررسی کاهش برش پایه، دریافت نسبی طبقات و شتاب مطلق بام در برابر تحریکات زلزله می باشد. برای دستیابی و بررسی این هدف، ساختمان های ۴ طبقه و ۸ طبقه فولادی قاب خمشی با پلان متقارن به عنوان مدل و تکیه گاه آونگ اصطکاکی ساده به عنوان سیستم جداساز در نرم افزار SAP2000 ورژن ۱۴ مدلسازی شده است. برای آشنایی با روند کارهای صورت گرفته، مشخصات مدل روسازه، مدلسازی تکیه گاه اصطکاکی و روش تحلیل به طور مختصر در ادامه بیان شده است. در پایان برش پایه، دریافت نسبی طبقات و شتاب مطلق طبقه بام برای سه نوع تاریخچه زمانی و برای دو حالت پایه ثابت و حالت جداسازی شده مقایسه می شوند.

مدلسازی

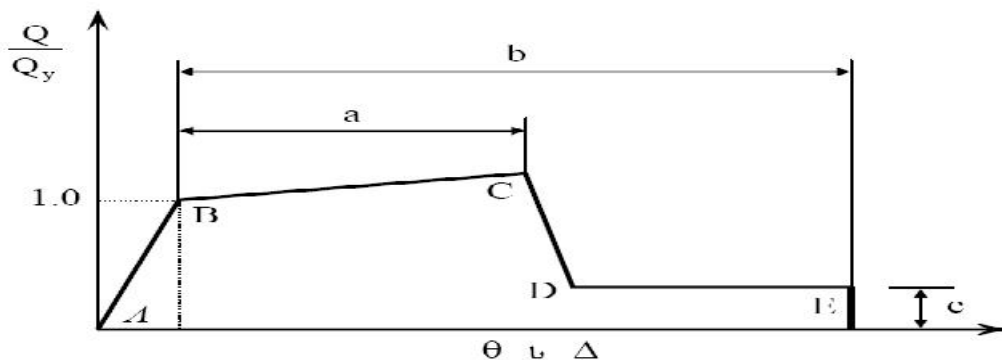
در این مطالعه، مدل های ساختمانی فولادی قاب خمشی ۴ و ۸ طبقه که بیانگر سازه های کوتاه و متوسط می باشند، ابتدا تحت تحلیل استاتیکی معادل تحلیل و طراحی شدند و باتوجه به مقادیر وزن کل بدست آمده از تحلیل استاتیکی سازه با پایه ثابت، جداسازها طراحی شدند و در زیر هر ستون قرار گرفتند. سپس، برای مقایسه عملکرد، سازه های با جداساز و با پایه ثابت تحت تحلیل دینامیکی غیرخطی قرار گرفتند.

مدلسازی روسازه

مبنای طراحی روسازه استاندارد ۲۸۰۰ است که مشابه UBC آمریکاست. در طراحی مقاطع سعی شده است که نسبت تنش ها کمتر از ۱۰۵ باشد. بارگذاری ثقلی براساس میحث ششم مقررات ملی ایران انجام شده است. محل احداث سازه های ساختمانی مورد نظر تهران و در منطقه ای با خاک نوع ۲ و شدت لرزه خیزی خیلی زیاد در نظر گرفته شده است. سیستم باربر جانبی، قاب خمشی متوسط می باشد. پلان طبقات به صورت تیپ در تمام طبقات دارای ۴ دهانه ۴ متری در دو جهت طولی و عرضی می باشد. در تمام مدل های سازه ای ارتفاع تمام طبقات یکسان



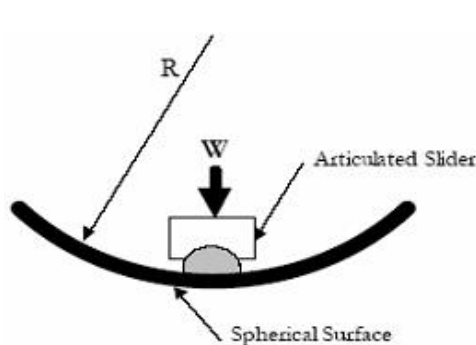
و برابر ۳.۲ می باشد. ارتفاع کلی سازه ۴ طبقه، ۱۲.۸ متر و سازه ۸ طبقه، ۲۵.۶ متر می باشد. در این پروژه در مدل های روسازه کف هر طبقه به صورت صلب در نظر گرفته شده است. رفتار غیرخطی تیرها با اختصاص مفاصل پلاستیک M3 در دو انتهای آن در نظر گرفته شده است. همچنین رفتار غیرخطی در هر ستون با اختصاص مفاصل پلاستیک P-M2-M3 در دو انتهای آن در نظر گرفته شده است. مرجع مورد استفاده برای محاسبه مشخصات مفاصل پلاستیک، FEMA356 می باشد. شکل ۱ منحنی نیرو-تغییر مکان برای مفاصل پلاستیک را نشان می دهد.



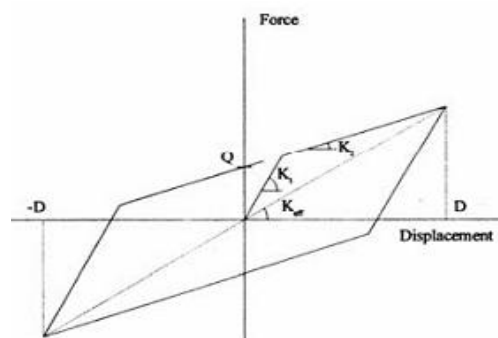
شکل ۱: منحنی نیرو-تغییر شکل تعمیم یافته برای اعضا و اجزای فولادی

مدلسازی تکیه گاه اصطکاکی پاندولی

در عمل تمام جداسازهای لرزه ای به صورت دو خطی مدل می شوند. مدل هیستریزیس دوخطی بیانگر مشخصات غیرخطی سیستم اصطکاکی پاندولی که معمولا به عنوان سیستم های جداساز لرزه ای استفاده می شوند، می باشد. سیستم آونگ اصطکاکی براساس وزن و مشخصات هندسی روسازه طراحی می شود. برای مدل کردن رفتار غیرخطی نیرو-تغییر شکل سیستم جداساز، از طریق چرخه هیستریزیس دوخطی و براساس سه پارامتر K1 سختی الاستیک، K2 سختی پس از تسلیم و Q مقاومت مشخصه که در شکل ۲ نشان داده شده اند، در نظر گرفته می شوند. مقاومت مشخصه، محل برخورد حلقه پس ماند با محور نیرو بوده و در جداساز آونگ اصطکاکی با استفاده از ضریب اصطکاک سطح جداساز و بار روی آن تعیین می شود. (Matsagar and Jangid, 2004) این سیستم جداسازی به وسیله هندسه خاص خود، عمل لغزش و نیروی بازگرداننده را فراهم می کند. تکیه گاه اصطکاکی پاندولی که به صورت شماتیک در شکل ۳ نشان داده شده است، دارای یک قسمت لغزنده مفصلی است که بر روی یک سطح کروی از جنس فولاد ضد زنگ می لغزد. با حرکت قسمت لغزنده از روی سطح کروی، جرم موجود از روی آن بلند شده که این امر سبب ایجاد نیروی بازگرداننده در سیستم می شود. اصطکاک بین سطح لغزنده مفصلی و سطح کروی نیز سبب ایجاد میرایی در سازه می شود. برای تعیین پارامترهای مورد نیاز طراحی و مشخصات مکانیکی سیستم جداساز از فرمول های پیشنهادی کلی و تعمیم استفاده شده است. (Naeim and Kelly, 1999) دوره تناوب سازه جداسازی شده ۴ طبقه، ۲.۴ ثانیه و دوره تناوب سازه جداسازی شده ۸ طبقه، ۲.۷ ثانیه فرض شده است. ضریب اصطکاک سطح جداساز $\mu = 0.01$ در نظر گرفته شده است. نسبت سختی بعد از تسلیم به قبل از تسلیم ۰.۰۱ می باشد.



شکل ۳: سیستم اصطکاکی پاندولی



شکل ۲: رفتار دو خطی ایده آل

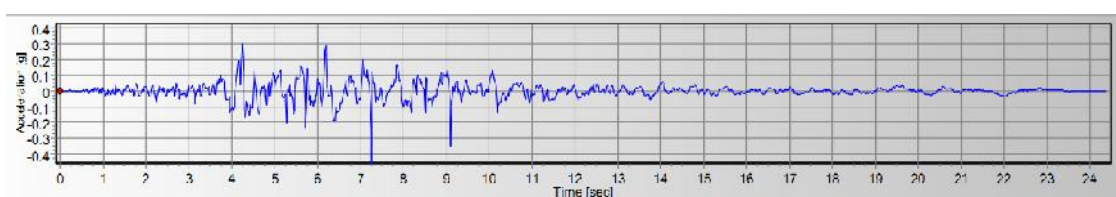
روش انجام تحلیل تاریخیچه زمانی غیر خطی

تحلیل دینامیکی غیرخطی با استفاده از روش تاریخیچه زمانی غیرخطی انتگرال گیری مستقیم در نرم افزار SAP2000 انجام شده است. میرایی متناسب با جرم و سختی برابر ۵٪ در مود اول و دوم در نظر گرفته شده است. برای انجام تحلیل از سه رکورد از زمین لرزه های دور از گسل

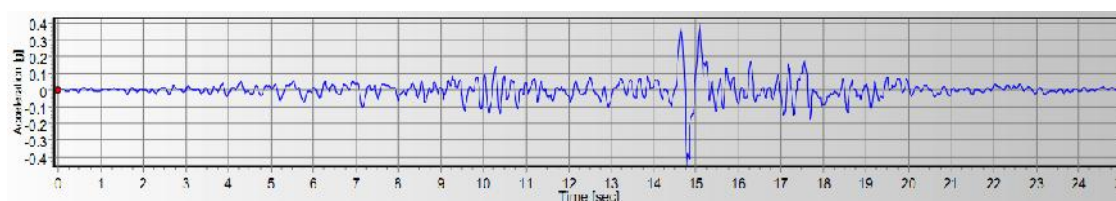
انتخاب شده است که مشخصات زلزله ها در جدول ۱ نمایش داده شده است. همچنین تاریخچه زمانی شتاب را می توان در شکل های تا مشاهده کرد. حداکثر شتاب زمین در رکوردها به شتاب $0.35g$ مقیاس شده است.

جدول ۱: مشخصات زلزله ها

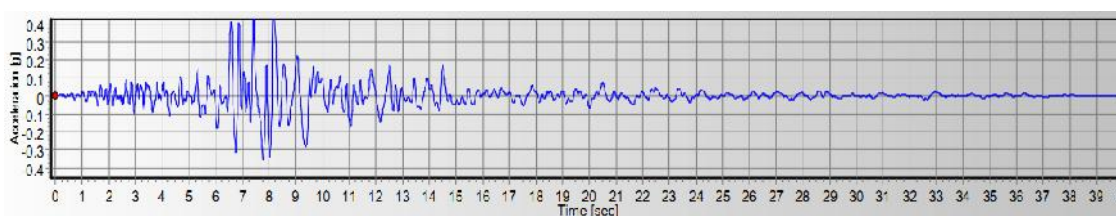
Earthquake	Station	Record/Component	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
Chi-Chi, Taiwan 1999/09/20	TCU045	CHICHI/TCU045-W	0.474	36.7	50.66
Northridge 1994/01/17 12:31	24278 Castaic - Old Ridge Route	NORTHR/ORR090	0.568	52.1	4.21
Victoria, Mexico 1980/06/09 03:28	6604 Cerro Prieto	VICT/CPE315	0.587	19.9	9.4



شکل ۴: تاریخچه زمانی شتاب زلزله مکزیکو



شکل ۵: تاریخچه زمانی شتاب زلزله چی چی تایوان

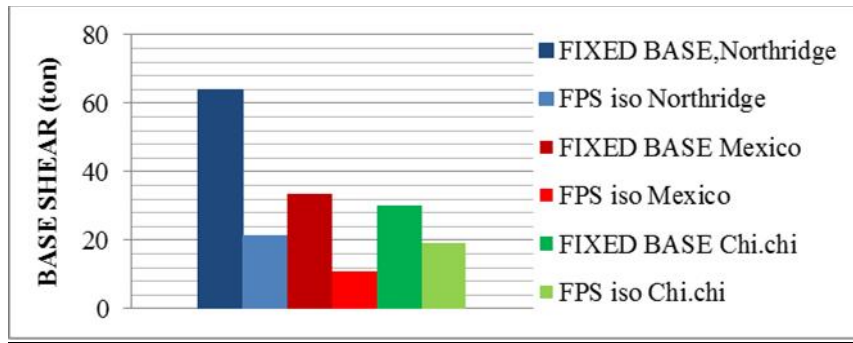


شکل ۶: تاریخچه زمانی شتاب زلزله نورتریج

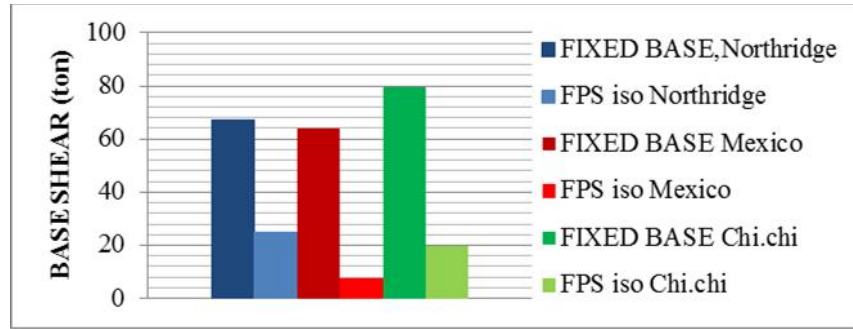
نتیجه گیری

پاسخ برش پایه

در اشکال ۷ و ۸ حداکثر پاسخ برش پایه برای سازه ۴ طبقه و ۸ طبقه تحت سه شتاب نگاشت آورده شده است. همانطور که پیداست حداکثر میزان برش پایه در سازه جداسازی شده نسبت به سازه با پایه ثابت کاهش چشمگیری داشته است. نتایج نشان می دهد جداسازها، برش پایه در سازه ۴ طبقه را به طور میانگین 50% و سازه ۸ طبقه را به طور میانگین 80% کاهش می دهند.



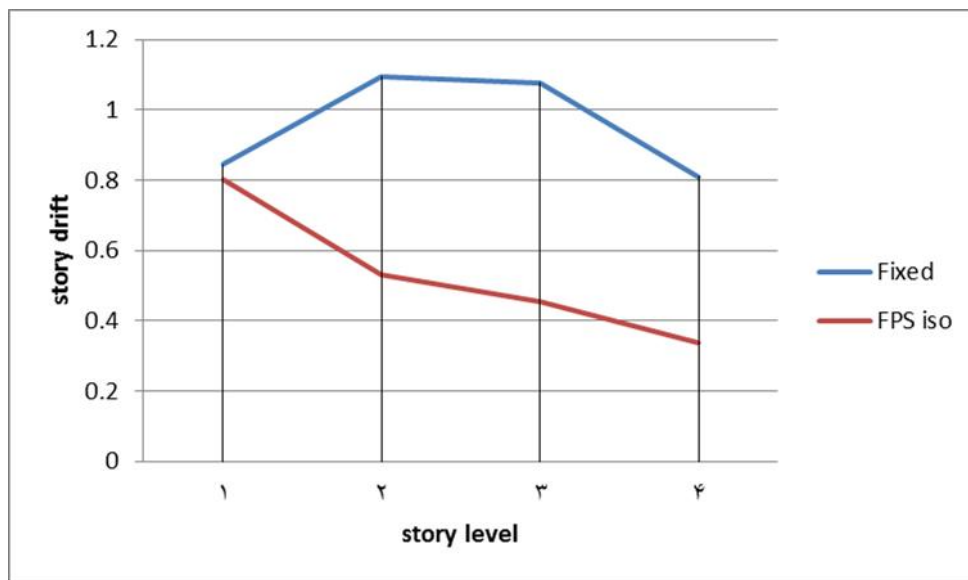
شکل ۷: حداکثر پاسخ برش پایه در سازه ۴ طبقه



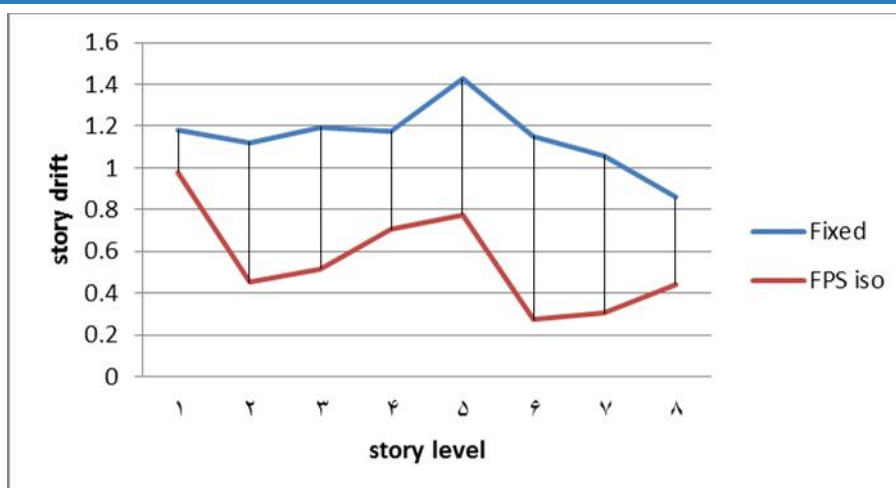
شکل ۸: حداکثر پاسخ برش پایه در سازه ۸ طبقه

دریفت نسبی طبقات

دریفت طبقات (اختلاف جابجایی نسبی دو طبقه متوالی که از حاصل تقسیم این اختلاف جابجایی بر ارتفاع هر طبقه نسبت دریفت داخلی طبقات بدست می آید) یکی از فاکتورهای مهم در طراحی و کنترل طبقات می باشد. همانطور که پیداست دریفت بحرانی که معمولاً در طبقات میانی اتفاق می افتد به طور محسوسی کاهش یافته است. قابل ذکر است میزان دریفت بسیار کمتر از دریفت مجاز است. در نتایج تنها به مقایسه دریفت در دو حالت پرداخته شده است. نتایج در شکل های ۹ و ۱۰ به صورت منحنی برای بحرانی ترین حالت زلزله در دو حالت جداسازی شده و پایه ثابت آورده شده است. و در جداول ۲ و ۳ برای سه شتاب نگاشت مختلف و با جزییات پرداخته شده است. اعداد در 10^2 ضرب شده اند.



شکل ۹: ماکزیمم دریفت نسبی طبقات در سازه ۴ طبقه



شکل ۱۰: ماکزیمم دریفت نسبی طبقات در سازه ۸ طبقه

جدول ۲: ماکزیمم دریفت نسبی طبقات در سازه ۴ طبقه

سقف	Time history	Fixed base	Fps iso	افزایش (%)
4	Northridge	0.809	0.337	-58.34
	Mexico	0.296	0.147	-50.33
	Chi,Chi	0.422	0.249	-40.99
3	Northridge	1.077	0.455	-57.75
	Mexico	0.45	0.185	-58.88
	Chi,Chi	0.512	0.331	-35.35
2	Northridge	1.095	0.532	-51.41
	Mexico	0.533	0.216	-59.47
	Chi,Chi	0.512	0.382	-25.39
1	Northridge	0.844	0.801	-5.09
	Mexico	0.407	0.372	-8.59
	Chi,Chi	0.384	0.361	-5.98

جدول ۳: ماکزیمم دریفت نسبی طبقات در سازه ۸ طبقه

	Time history	Fixed base	Fps iso	افزایش (%)
8	Northridge	0.859	0.442	-48.54
	Mexico	0.74	0.111	-85
	Chi,Chi	0.846	0.25	-70.44
7	Northridge	1.018	0.629	-38.21
	Mexico	0.867	0.143	-83.50
	Chi,Chi	1.058	0.303	-71.36
6	Northridge	1.179	0.691	-41.39
	Mexico	0.838	0.157	-81.26
	Chi,Chi	1.151	0.274	-76.19
5	Northridge	1.428	0.777	-45.58
	Mexico	0.749	0.14	-81.30
	Chi,Chi	0.858	0.298	-65.26
4	Northridge	1.176	0.704	-40.13
	Mexico	0.523	0.151	-71.12
	Chi,Chi	0.426	0.359	-15.72
3	Northridge	1.196	0.518	-56.68
	Mexico	0.773	0.166	-78.52
	Chi,Chi	0.694	0.343	-50.57
2	Northridge	1.129	0.453	-59.87
	Mexico	0.939	0.162	-82.74
	Chi,Chi	1.279	0.35	-72.63
1	Northridge	1.18	0.98	-16.94
	Mexico	0.768	0.62	-19.27
	Chi,Chi	0.841	0.82	-2.49

FEMA 273/274, NEHRP (1997) Guidelines for the seismic rehabilitation of buildings, *Federal Emergency Agency*.

Matsagar VA and Jangid RS (2004) Influence of isolator characteristics on the response of base-isolated structures. *Engineering structures*, 26, 1735-1749.

Naeim F and Kelly JM (1999) Design of seismic isolated structures from theory to practice, John Willey and sons , Inc ., NY

