بررسی اثر پیچش ناشی از توزیع نامتقارن دیوار برشی

سید مجید قاسمی
دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
majid3ghasemi@yahoo.com

حسن مقدم
استاد، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
moghadam@sharif.edu

کلید واژه‌ها: *پیچش، دیوار برشی نامتقارن، خروج از مرکزیت، طراحی بر اساس عملکرد، سازه ترکیبی.*

چکیده

با بررسی گزارش‌های زلزله‌های بزرگ و مخرب که در سالیان گذشته اتفاق افتاده میتوان به این موضوع پی برد که سازه‌های دارای دیوار برشی در اغلب موارد و بر خلاف قاب‌های فاقد دیوار برشی عملکرد لرزه‌ای مناسبی داشته و از قابلیت اطمینان بالاتری برخوردار هستند. چینش نامتقارن دیوار برشی در ساختمان به دلیل محدودیت‌های معماری، باعث به وجود آمدن پیچش در سازه میگردد و از طرفی آیین نامه‌های طراحی لرزه‌ای وجود پیچش در سازه را چندان بر نمی‌تابند. آنچه که گفته شد در مجموع یکی از مهم ترین دلایل طراحان جهت عدم به کارگیری دیوار برشی به صورت نامتقارن در ساختمان می‌باشد. در این پژوهش رفتار لرزه‌ای سازه قاب خمشی متقارن با رفتار لرزه‌ای سازه قاب خمشی دارای دیوار برشی با چینش نامتقارن در پلان تحت اثر شتاب نگاشت زلزله طبس مقایسه شده است. جهت مقایسه رفتار دو سیستم، نتایج تحلیل دینامیکی غیرخطی قاب‌های خمشی متقارن و سازه قاب خمشی مجهز به سیستم دیوار برشی نامتقارن ارائه و مقایسه گردیده است. نتایج مقایسه تحلیل دو سیستم نشان می‌دهد، وجود دیوار برشی هر چند با چینش نامتقارن، سبب کاهش تغییرشکل‌های سازه شده است که نشان دهنده عملکرد لرزه‌ای بهترسیستم مجهز شده به دیوار برشی می‌باشد.. با توجه به شواهد، به نظر می‌رسد که سازه‌های دارای دیوار برشی هر چند نامتقارن از عملکرد لرزه‌ای بهتری برخوردارند.

مقدمه

Mark Fintel (1995) در بررسی گزارش‌های فنی تدوین شده پس از زلزله در ۲۰ سال اخیر، سازه‌های دارای دیوار برشی در زلزله‌های گذشته رفتاری متفاوت از خود نشان داده‌اند. تعدادی از آن‌ها چندین زلزله‌ی بسیار قوی را تقریباً بدون هیچ آسیبی پشت سر گذاشتند ولی تعدادی دیگر با وجود رفتار کلی مناسب دچار خرابی‌های متعددی گردیده‌اند. خرابی‌ها معمولا مرتبط با وجود دیوار برشی نبوده و از عدم طراحی و اجرای دقیق جزئیات ناشی می‌شود. برای مثال در این ساختمان‌ها اغلب با به وجود آمدن ستون‌های کوتاه، موجبات خرابی ستون‌ها که خود نقش بسیار مهمی در پایداری سازه را دارند فراهم شد است. این در حالی است که سازه‌هایی که تنها متکی به قاب خمشی بوده‌اند در اکثر موارد دچار تخریب کلی شده‌اند و در زلزله‌های زیادی عملکردی به مراتب ضعیفتر از سازه‌های دارای دیوار برشی از خود نشان داده‌اند. سازه‌های دارای دیوار برشی نسبت به سازه‌های قاب خمشی دارای مزیت‌هایی مانند کنترل بهتر جابجایی نسبی طبقات ، جذب و مستهلک کردن بیشتر انرژی و افزایش مقاومت و سختی جانبی می‌باشد. موفقیت فوق العاده ساختمان‌های دارای دیوار برشی در مقابله با زلزله‌های قوی در این جمله نصیحت گونه آقای Mark Fintel به زیبایی دیده می‌شود " نمیتوان اقدام به ساخت ساختمان‌های بتنی کرد که در برابر زلزله‌های قوی دوام بیاورند مگر با تجهیز کردن آنها به المان باربر جانبی دیوار برشی".

Rosenblueth and Meli (1986)در زلزله سال ۱۹۸۵ مکزیک بیش از چهل درصد از ساختمان‌ها به علت آثار پیچشی ناشی از عدم تقارن سازه دچار آسیب کلی شده و یا خراب شده‌اند. به طور کلی هرگاه مرکز جرم سازه بر مرکز سختی آن در حالت الاستیک و بر مرکز مقاومت آن در حالت پلاستیک منطبق نباشد، سازه را نامتقارن در پلان گویند، در این حالت سازه در هنگام زلزله علاوه بر حرکت جانبی دارای حرکت پیچشی نیز می‌باشد. سازه‌های نامتقارن در زلزله نسبت به سازه‌های متقارن آسیب پذیری بیشتری دارند که این مسئله باید در طراحی اعضاء مقاوم در برابر بار

جانبی و تغییرشکل دیگر اعضاء درنظر گرفته شود. صدمات به وجود آمده در سازه‌های نامتقارن نسبت به سازه‌های متقارن به حدی بیشتر بوده است که موجب عدم تمایل مهندسین طراح سازه نسبت به طراحی سازه‌های نامتقارن شده است. عدم تمایل مهندسین به طرح سازه‌های نامتقارن به حدی است که در اکثر موارد، بدون تحلیل و بررسی کافی، از طراحی سازه‌های نامتقارن حتی به قیمت حذف یکی از بهترین المان‌های لرزه بر مانند دیوار برشی، صرفنظر می‌کنند. به عنوان مثال میتوان سازه‌هایی را نام برد که بنا به دلایل معماری از جمله وجود واحدهای تجاری در جلو ساختمان، به کار گیری دیوار برشی فقط در ضلع پشتی سازه ممکن است، در این گونه موارد بیشتر اوقات تصمیم بر حذف کامل دیوار برشی از سازه و تنها استفاده از قاب خمشی، گرفته می‌شود. گفتنی است که مطالعات انجام شده در مورد پیچش عمدتا معطوف به کم کردن نیروی برشی در سازه بوده و به طراحی سازه در برابر پیچش به گونه‌ای که در برابر آن مقاومت کند کمتر توجه شده و توانایی سازه در برابر پیچش فراموش شده است. در ادامه به بخشی از مطالعات انجام شده در رابطه با دیوار برشی و پیچش که مرتبط به بحث هستند اشاره می‌شود.

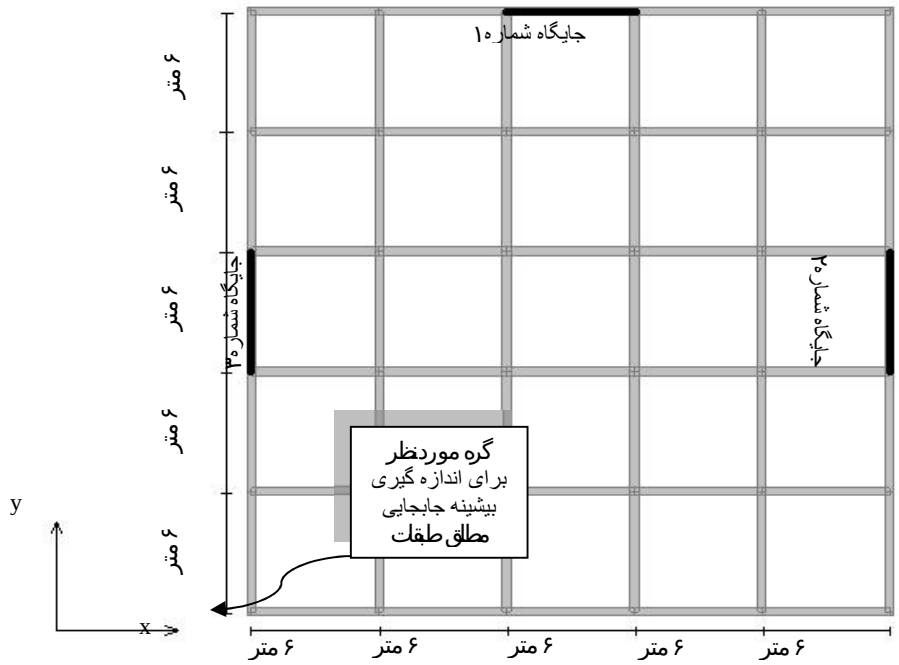
Peng and Wong (2008) اثر سختی پیچشی دیوار برشی را بر پاسخ لرزه‌ای یک ساختمان یک طبقه که دیوار برشی در انتهای آن قرار گرفته بود بررسی کردند و نتیجه گرفتند که درنظر نگرفتن اندر کنش برش و پیچش در دیوار برشی گاهی میتواند در خلاف جهت اطمینان باشد . (Sezen et al., 2002)در گزارش پس از زلزله سال Kokaeli 1999 ترکیه عنوان کردند که سازه‌های دارای دیوار برشی عمدتا آسیب ندیده یا دچار خساراتی کم و قابل جبران شده‌اند در حالی که سازه‌های قاب خمشی بتنی اکثرا دچار تخریب کلی، به خصوص در طبقات اول و دوم شدند. حراتی و مقدم (۱۳۹۲)به بررسی پاسخ لرزه‌ای قاب خمشی بتنی و قاب خمشی بتنی همراه با دیوار برشی پرداخته و به کمتر شدن چرخش مفاصل پلاستیک و جابجایی نسبی طبقات در مدل دارای دیوار برشی نسبت به قاب خمشی اشاره کردند. Yong Lu (2002) به مقایسه پاسخ لرزه‌ای قاب خمشی بتنی و قاب خمشی بتنی دارای دیوار برشی با یکدیگر پرداخته است. طبق مشاهدات ایشان مدل دارای دیوار برشی جابجایی‌ها را در حدود ۶۰٪ جابجایی‌های قاب خمشی کنترل کرده است.

در این مقاله قصد داریم نشان دهیم که سازه دارای دیوار برشی هر چند با چینش نامتقارن در پلان دارای رفتار لرزه‌ای بهتری هستند، در این راستا مدل‌هایی با تعداد طبقات ۳ و ۶ جهت مطالعه پارامتر با چینش‌های مختلف دیوار برشی در پلان آنها استفاده شده است. دسته‌ای از مدل‌ها جهت مطالعه اثر تعداد و جایگیری المان‌ها دارای چینش‌های مختلف دیوار برشی با طول ۲ متر هستند و دسته‌ای دیگر دارای دیوار برشی ۶ متری جهت مطالعه اثر بزرگتر کردن المان باربر جانبی می‌باشند. پاسخ مدل‌های گفته شده و پاسخ مدل قاب خمشی در دو جهت متقارن در برابر زلزله طبس به روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی و در محدوده غیر خطی مصالح با در نظر گرفتن تغییر شکل‌های درجه دوم سازه، محاسبه شده است. مقایسه پاسخ‌های به دست آمده از مدل‌های دارای خروج از مرکزیت با پاسخ مدل‌های متقارن قاب خمشی نشان دهنده عملکرد بهتر مدل‌های دارای دیوار برشی می‌باشد، اگرچه وجود المان دیوار برشی باعث تحمیل خروج از مرکزیت‌های بزرگی به سازه شده است.

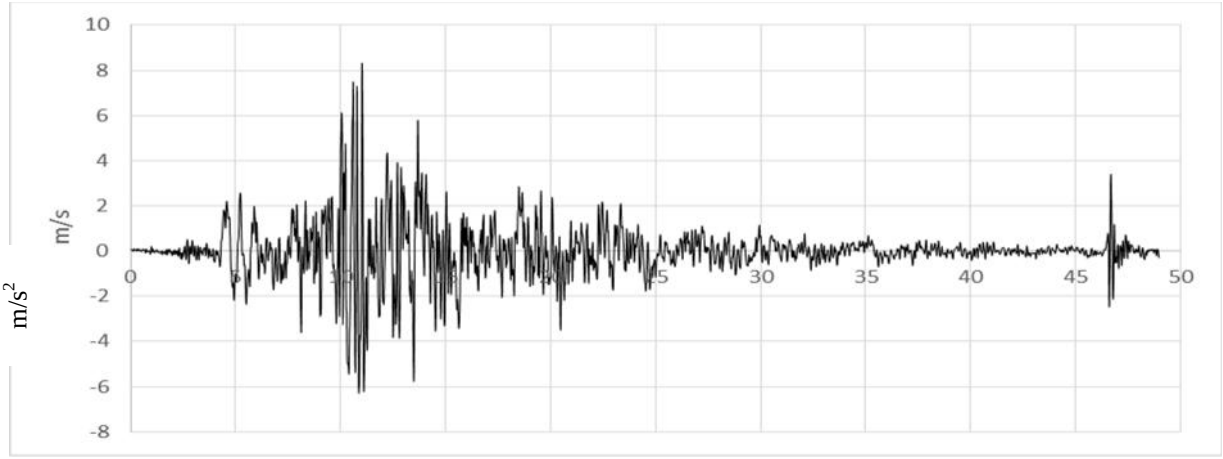
جزئیات مدل سازی

برای مدل سازی سازه‌هایی که دارای طبقاتی با ارتفاع یکسان ۳.۳ متر می‌باشند و در پلان از دو طرف دارای ۵ دهانه ۶ متری مانند شکل ۱ هستند، انتخاب شده است. مدل اول سازه قاب خمشی است که در دو جهت کاملا متقارن است، مدل دوم همان مدل قبلی است که در جایگاه شماره ۱ دارای یک دیوار برشی به طول ۲ متر است،مدل سوم همان مدل قبلی است که در جایگاه شماره ۲ نیز مجهز به دیوار برشی ۲ متری شده است،مدل چهارم در تمامی جایگاه‌های شماره ۱، ۲ و۳ دارای دیوار برشی ۲ متری است و در آخر مدل پنجم هم دارای دیوار برشی‌های ۶ متری در سه جایگاه مشخص شده می‌باشد. برای مدل سازی مصالح بتنی از مدل mander با مقاومت فشاری ۳۰Mpa و ضریب محصوریت ۱.۲ با وزن مخصوص KN/m^3 ۲۴ و برای مصالح فولادی از مدل Menegotto-Pinto با مقاومت کششی ۳۴۰Mpa و مدول الاستیسیته ۲۰۰Gpa با وزن مخصوص KN/m^3 ۷۸ استفاده شده است. ستون‌ها با ابعاد cm ۴۰×۴۰ دارای ۲.۳۵٪ فولاد طولی، تیرها با ابعاد cm ۴۰×۴۰ در مجموع دارای ۱.۲۶٪ فولاد طولی در وجه بالایی و پایینی و دیوار برشی‌ها نیز دارای دو تیپ ابعادی cm ۳۰×۲۰۰ و cm ۳۰×۶۰۰ دارای ۰۷۵٪ فولاد طولی بوده و همگی دارای پوشش cm۳/۵ ۶۶۶ می‌باشند. جهت بارگذاری مدل‌ها علاوه بر بار مرده اعضا سازه، بار گسترده‌ای معادل kg/m^2 به طبقات اختصاص داده شده است. برای مدل سازی میرایی از روش Rayliegh با میرایی ۴ و ۶ درصد به ترتیب برای مدهای اول و دوم بهره گرفته شده است. تمامی مدل‌ها دارای اتصال صلب به پی سازه بوده و سقف تمام طبقات به صورت دیافراگم صلب فرض شده است.

مدل‌ها تحت زلزله طبس که شتاب نگاشت آن در شکل ۲ نشان داده شده با استفاده از نرم افزار seismostruct v-6.5 به روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی، تحلیل شده‌اند. شتاب نگاشت زلزله تنها در جهت x اعمال شده است کما اینکه در واقعیت زلزله مایل بوده و شرایط از آنچه که در اینجا دیده خواهد شد بهتر است.



شکل ۱ – پلان مدل‌های ساخته شده



شکل ۲ – شتاب نگاشت زلزله طبس

داده‌های به دست آمده از تحلیل

در جداول ۱ تا ۴ مقادیر مربوط به بیشینه جابجایی نسبی طبقات که در محل مرکز سطح آنها بدست آمده، گزارش شده است. همچنین مقادیر مربوط به بیشینه جابجایی مطلق طبقات نسبت به پی که در یکی از گره‌های گوشه‌ای سازه اندازه گیری شده است در شکل‌های ۴ تا ۷ به تصویر کشیده شده است. به دلیل اینکه تحریک تنها در جهت x اعمال شده و سازه قاب خمشی که همان مدل اول می‌باشد کاملا متقارن است، مدل اول در راستای y هیچ گونه جابجایی ندارد.

جدول ۱ – جابجایی نسبی طبقات مدل‌های سه طبقه در جهت y

طبقه	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل اول (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل دوم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل سوم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل چهارم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل پنجم (cm)
اول	۰	۰.۰۱	۰.۷	۰.۰۱۷	۰.۰۲
دوم	۰	۰.۰۱	۰.۸۶	۰.۰۱۸	۰.۰۵
سوم	۰	۰.۰۱۷	۱.۳۳	۰.۰۲۵	۰.۰۶

جدول ۲ – جابجایی نسبی طبقات مدل‌های سه طبقه در جهت x

طبقه	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل اول (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل دوم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل سوم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل چهارم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل پنجم (cm)
اول	۶.۴	۴.۵۵	۵.۰۳	۴.۸۷	۱.۶
دوم	۶.۱	۴.۷۹	۵.۳۷	۵.۶۶	۲.۹۳
سوم	۱۱	۸.۱۲	۹.۰۲	۹.۰۶	۳.۶۹

جدول ۳ – جابجایی نسبی طبقات مدل‌های شش طبقه در جهت y

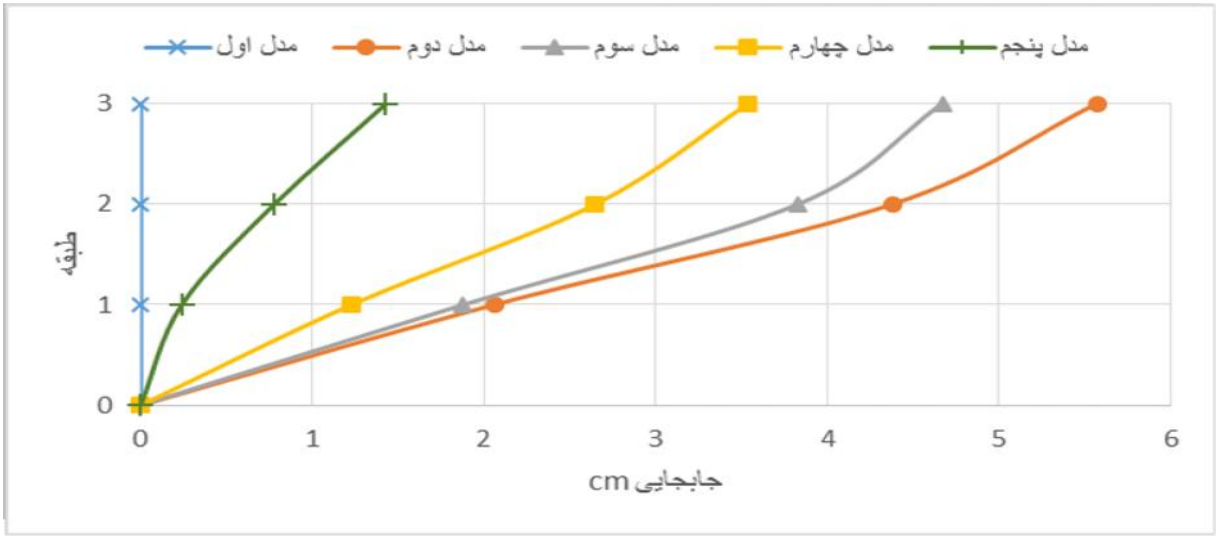
طبقه	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل اول (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل دوم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل سوم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل چهارم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل پنجم (cm)
اول	0	0.93	0.93	0.02	0.04
دوم	0	1.54	1.54	0.05	0.07
سوم	0	1.13	1.13	0.04	0.08
چهارم	0	0.82	0.87	0.03	0.08
پنجم	0	0.63	0.65	0.03	0.08
ششم	0	0.37	0.4	0.02	0.08

جدول ۴ – جابجایی نسبی طبقات مدل‌های شش طبقه در جهت x

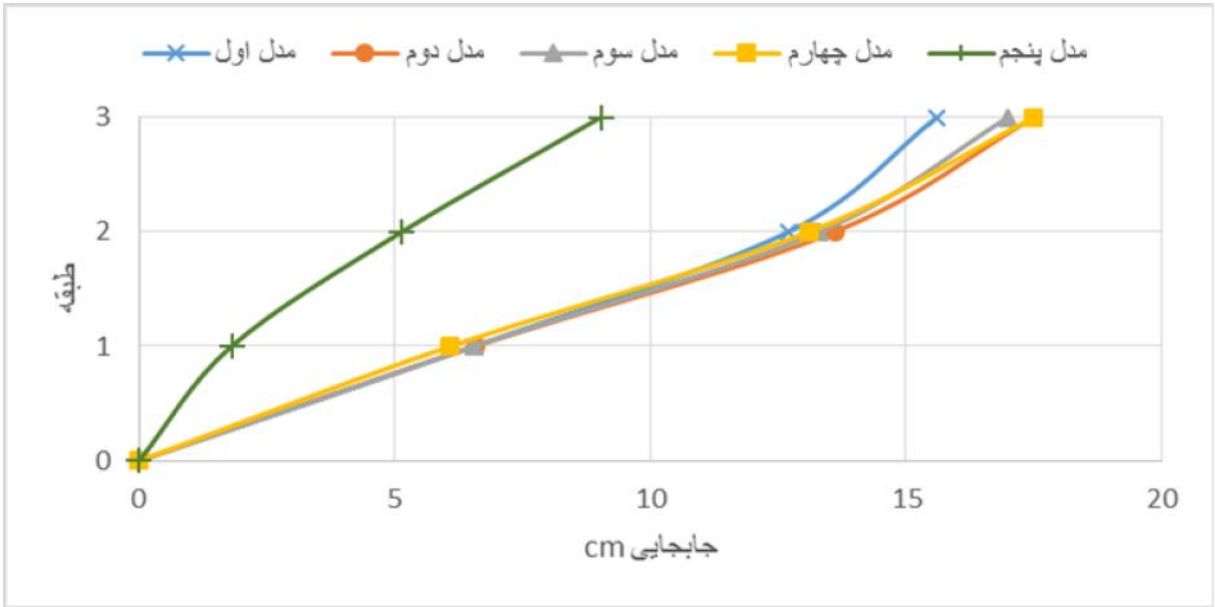
طبقه	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل اول (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل دوم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل سوم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل چهارم (cm)	بیشینه جابجایی نسبی طبقات مدل پنجم (cm)
اول	13.7	7.13	7.3	6.36	1.61
دوم	15.3	8.7	9.18	8.53	3.31
سوم	10.8	7.3	7.48	7.23	3.86
چهارم	6.12	5.14	5.02	5.53	3.92
پنجم	3.49	3.21	3.32	3.78	3.78
ششم	1.78	1.81	2.02	3.57	3.57

همانطور که مشاهده می‌شود تمام جابجایی‌های نسبی طبقات در جهت y از مقادیر نظیر خود در جهت x بمراتب کمتر می‌باشد که نشان‌دهنده این است که جابجایی‌های نسبی طبقات ناشی از پیچش به هیچ وجه نگران کننده نمی‌باشد. همچنین مقادیر جابجایی نسبی طبقات مربوط به مدل اول که همان قاب خمشی فاقد دیوار برشی است در جهت x همیشه یا بیشتر از مقادیر نظیر مربوط به دیگر مدل‌ها است یا همانطور که در طبقات فوقانی دیده می‌شود تقریبا با آنها برابر است. علت پیشی گرفتن این مقادیر در طبقات بالایی مدل‌های شش طبقه، مربوط به چرخش صلب دیوار می‌باشد. با این حال همانطور که دیده می‌شود بکار گیری دیوار برشی هر چند به صورت نامتقارن در پلان باعث کاهش چشمگیر جابجایی نسبی طبقات در قسمت پایینی سازه گشته که بسیار مهم است، چرا که اغلب سازه‌های قاب خمشی در زلزله‌های شدید در طبقات اول و دوم خود دچار تخریب کلی می‌شوند. این تخریب کلی در سازه قاب خمشی به دلیل تغییر شکل زیاد و به تبع آن اثرات ثانویه بیش از حد معمول در ستون‌های سازه می‌باشد، این عوامل در مجوع موجب از دست رفتن ستون‌ها که خود نقش اصلی را در پایداری سازه دارند می‌شود، نمونه‌ای از این نوع فروریزش که در زلزله kokaeli 1999 بوجود آمده در شکل ۳ به تصویر کشیده شده است. وجود دیوار برشی در سازه علاوه بر کاهش جابجایی نسبی طبقات در طبقات پایینی موجب یکنواخت شدن این پارامتر در کل ارتفاع سازه میگردد. با توجه به مدل‌های اول و دوم میتوان گفت که حتی به کار گیری یک دیوار برشی نیز بسیار موثر است. با توجه به مدل‌های دوم، سوم و چهارم دیده می‌شود که با افزایش تعداد دیوارهای برشی به علت افزایش مقاومت و سختی پیچشی و ضعیت بهتر میگردد، با توجه با اینکه این تغییرات چشمگیر نمی‌باشد از این روش در مورد سازه‌هایی که حتی فقط در یک وجه خود قابلیت به کارگیری دیوار برشی را دارند میتوان با خیال آسوده استفاده کرد. با مقایسه مدل‌های چهارم و پنجم دیده میشود که بزرگتر کردن دیوار برشی به مقدار زیادی در کنترل پاسخ یاد شده تاثیر دارد تا جایی که در بعضی از موارد مقادیر مربوط به مدل پنجم به ۳۰٪ مقادیر مربوط به مدل چهارم کاهش یافته است. از مقایسه پاسخ مدل‌های سه و شش طبقه میتوان فهمید که افزایش ارتفاع در این حدود اگرچه موثر است ولی نگران کننده نمی‌باشد.

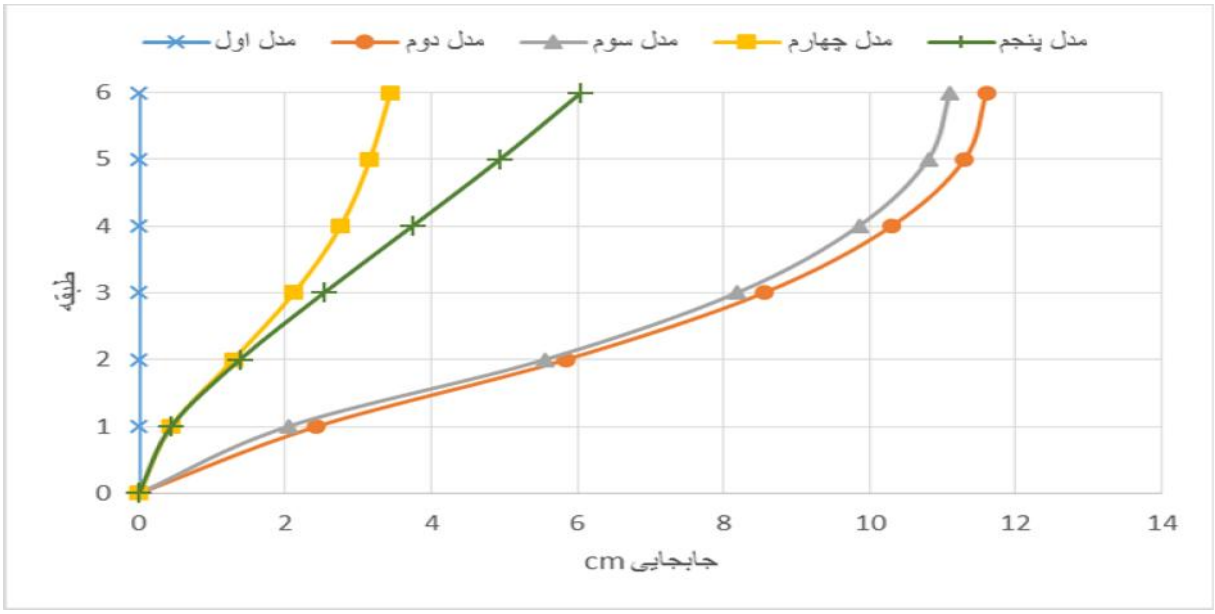
شکل ۳ –از دست رفتن کامل دو طبقه اول از یک ساختمان شش طبقه قاب خمشی بتنی (Sezen et al., 2002)



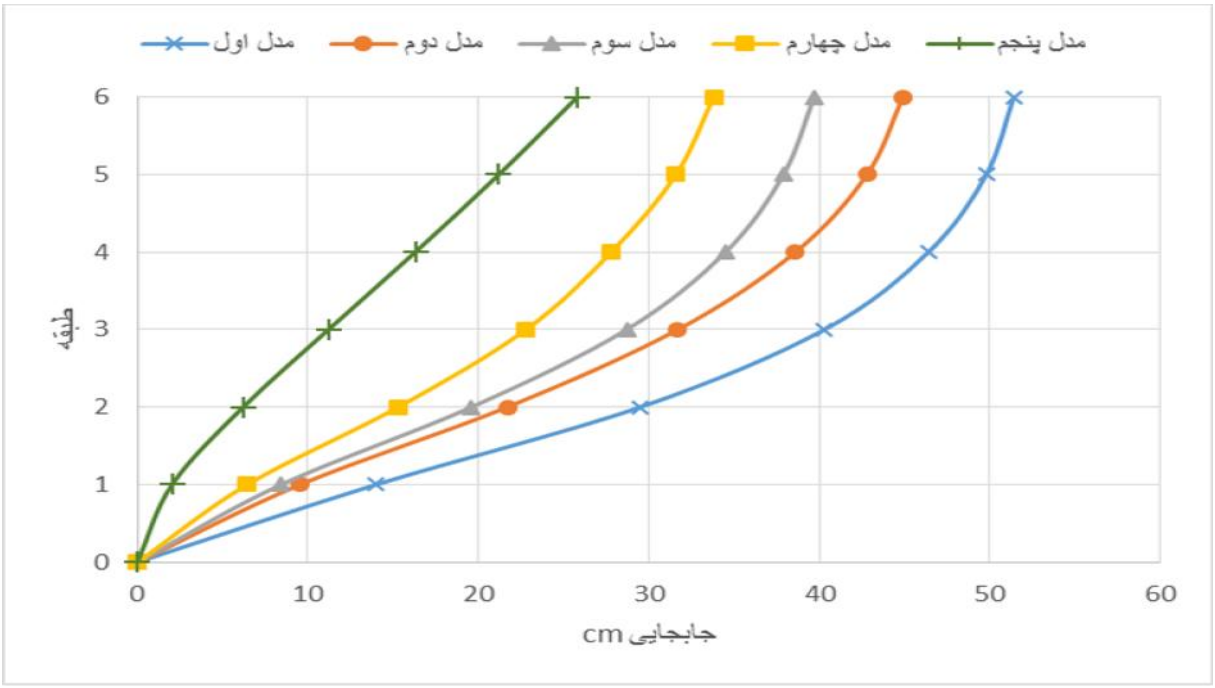
شکل ۴ - جابجایی مطلق طبقات نسبت به پی مدل‌های سه طبقه در جهت y



شکل ۵ - جابجایی مطلق طبقات نسبت به پی مدل‌های سه طبقه در جهت x



شکل ۶ - جابجایی مطلق طبقات نسبت به پی مدل‌های شش طبقه در جهت y



شکل ۷ - جابجایی مطلق طبقات نسبت به پی مدل‌های شش طبقه در جهت x

با مقایسه نمودارهای شکل ۵ و شکل ۷ دیده می‌شود که به طور کلی با افزایش ارتفاع سازه‌های دارای دیوار برشی عملکرد بهتری از خود نشان داده‌اند. همانطور که دیده می‌شود در مدل پنجم چرخش صلب در دیوارهای برشی اتفاق افتاده است که به وضوح در شکل ۷ به چشم می‌خورد. این چرخش صلب باعث شده است که جابجایی مدل پنجم از مدل چهارم در راستای y بیشتر شود ولی در راستای x مدل پنجم به خوبی جابجایی سازه را کنترل کرده است. کاهش جابجایی مدل چهارم نسبت به مدل دوم و سوم در راستای y که در شکل ۴ و ۶ به تصویر کشیده شده است، افزایش چشمگیر سختی و مقاومت پیچشی در سازه‌هایی که دارای سه دیوار برشی هستند را نمایان میسازد. با توجه به شکل ۵ و ۷ میتوان گفت اضافه کردن دیوار برشی در تمامی مدل‌ها باعث بهبود عملکرد لرزه‌ای قاب خمشی می‌شود، اگرچه این امر در مدل‌های سه طبقه کاملا مشهود نیست ولی مدل‌های شش طبقه به خوبی بهبود عملکرد لرزه‌ای را در سازه دارای دیوار برشی نشان میدهند. از نقطه نظر پاسخ جابجایی مطلق طبقات، اضافه کردن دیوار برشی به سازه با هر شکل و تعداد و اندازه رویکردی مثبت تلقی می‌شود و باعث کاهش پاسخ جابجایی می‌شود.

در کل با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل‌ها میتوان گفت که اضافه کردن دیوار برشی با هر چینشی، تعدادی و اندازه‌ای باعث بهبود عملکرد لرزه‌ای قاب خمشی می‌شود و در این رابطه چندان نباید نگران پیچش بوجود آمده در سازه در اثر چینش نامتقارن المان دیوار برشی در سازه بود.

نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی تفاوت رفتار لرزه‌ای سازه قاب خمشی متقارن با سازه قاب خمشی مجهز به دیوار برشی با چینش نامتقارن در پلان پرداخته شده است. به این منظور پنج دسته مدل با ارتفاع مختلف ساخته شده است. دیوارهای برشی در بیرونی‌ترین وجه سازه قرار داده شده‌اند. تمامی مدل‌ها دارای دیافراگم صلب بوده و در پای ستون خود دارای اتصال گیردار به پی می‌باشند. سپس مدل‌ها با تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی تحت شتاب نگاشت زلزله طبس تحریک شده‌اند. پاسخ‌های جابجایی به دست آمده از تحلیل‌ها با هم مقایسه شده و نتایج زیر به دست آمده است. یادآوری می‌شود که این نتایج با فرض اینکه زلزله کاملا در جهت X می‌باشد به دست آمده و همچنین المان دیوار برشی در دورترین وضعیت از مرکز هندسی قرار گرفته کما اینکه در واقعیت شرایط به این شکل نمی‌باشد.

۱. المان دیوار برشی باعث کاهش جابجایی نسبی طبقات و یکنواخت شدن این پارامتر در طبقات مختلف شده است که از نقطه نظر کنترل خسارت به المان‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای بسیار مهم می‌باشد.
۲. المان دیوار برشی باعث کاهش چشمگیر جابجایی نسبی طبقات در طبقه اول شده که به این ترتیب از متداول‌ترین شکل شکست در سازه قاب خمشی بتنی که همان ایجاد مفصل پلاستیک در ستون‌های طبقه اول و دوم می‌باشد جلوگیری می‌کند.
۳. المان دیوار برشی باعث کاهش جابجایی گره‌های گوشه‌ای سازه نسبت به پی شده و از تغییرات سریع آنها در دو طبقه متوالی جلوگیری کرده است، همچنین نکته قابل توجه اینکه جابجایی در جهت y ناشی از پیچش کمتر از جابجایی در راستای X در مدل‌های متقارن قاب خمشی و نا متقارن دارای دیوار برشی می‌باشد.

مراجع

حراتی، مجتبی .مقدم، حسن (۱۳۹۲) " بررسی عملکرد لرزه‌ای قاب‌های بتنی دارای دیوار برشی " دانشگاه صنعتی شریف

شکیب، ح. (۱۳۷۸) "کاربرد ضوابط پیچش در طرح لرزه‌ای ساختمان‌های نامتقارن"مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

Fintel MPE (1995) Performance of Buildings with Shear Walls in Earthquakes of the Last Thirty Years s.l. : *PCI Journal*, May-June 5, Vols. pp. 62-78

H Sezen, Whittaker AS, Elwood KJ and Mosalam KM (2003) Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey earthquake, and seismic design and construction practise in Turkey, *Engineering Structures* 25 ,103–114.

Peng XN and Wong YL (2008) Seismic Behavior of Asymmetric RC Frame Building Systems with One Major Wall, *The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17*

Rosenblueth E, Meli R(1986) The 1985 earthquake causes and effects on Mexico City, Concrete Int. 8(5) , PP.23-24.

Yong Lu (2002)Seismic behaviour of multistorey RC wall–frame system versus bare ductile frame system, *Earthquake Engng Struct*. Dyn.*; 31:79–97*