



## تاثیر چشمه اتصال بر پاسخ لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی با تغییر ارتفاع سازه

محمد علی کافی<sup>۱</sup>، علی کجویی<sup>۲</sup>

۱- عضو هیأت علمی، دانشگاه سمنان، [mcafi@semnan.ac.ir](mailto:mcafi@semnan.ac.ir)

۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه سمنان

### چکیده

چشمه اتصال یکی از مهمترین پارامترها در تخمین پاسخ لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی می‌باشد. در بسیاری از تحلیل‌های عادی قاب‌های خمشی فولادی، چشمه اتصال در نظر گرفته نمی‌شود که این امر می‌تواند باعث بوجود آمدن نتایج گمراه‌کننده در پاسخ سازه شود. در این مطالعه به منظور بررسی تاثیر چشمه اتصال بر روی پاسخ لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی، از تحلیل دینامیکی غیرخطی استفاده شده است. نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که با تغییر ارتفاع سازه قاب خمشی فولادی، چشمه اتصال اثرات متفاوتی بر پاسخ این سازه‌ها دارد. به عنوان مثال در سازه‌های کوتاه قاب خمشی فولادی، چشمه اتصال تاثیر چندانی بر پاسخ لرزه‌ای سازه نداشته است در حالیکه برای سازه‌های قاب خمشی فولادی متوسط و بلند، چشمه اتصال تاثیرات قابل ملاحظه‌ای بر پاسخ لرزه‌ای سازه داشته است. علت این اثرات متفاوت چشمه اتصال در پاسخ لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی تغییر ارتفاع سازه و تغییر صلبیت اتصالات در سازه‌های با ارتفاع‌های متفاوت می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** قاب خمشی فولادی، چشمه اتصال، ارتفاع سازه، صلبیت اتصالات، تحلیل دینامیکی غیرخطی

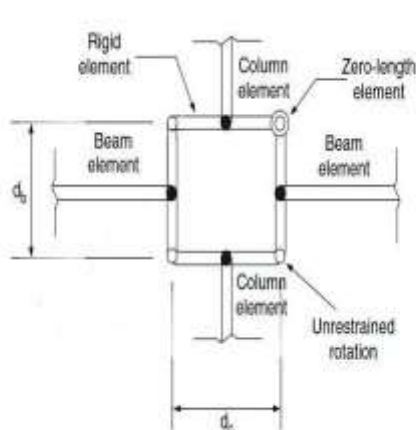
### ۱- مقدمه

چشمه اتصال ناحیه قابگذاری شده تیر در داخل ستون است که شامل جان و بال‌های ستون می‌باشد. این المان می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای در پاسخ لرزه‌ای قاب‌های خمشی فولادی داشته باشد. در دهه‌های اخیر آیین‌نامه‌های امریکا تغییرات زیادی در طراحی چشمه اتصال به منظور کم کردن یا زیاد کردن تاثیر این المان در پاسخ لرزه‌ای قاب‌های فولادی داشته‌اند. در دهه هفتاد در کالیفرنیا به منظور اینکه تیرها به ظرفیت خمشی پلاستیک خود برسند، چشمه‌های اتصال با مقاومت برشی کافی طراحی می‌شدند [4]. این امر سبب می‌شد که چشمه اتصال با ورق‌های دوبله ضخیم در جان تقویت شوند که هزینه قابل ملاحظه‌ای نیز در پروژه‌ها ایجاد می‌کرد. همچنین جوش‌های مفیدکننده نیز بایستی با ورق‌های ضخیم به اتصالات وصل می‌شدند که این امر سبب به وجود آمدن تنش‌های پسماند خیلی بزرگ در ناحیه اتصال می‌شد و همچنین ممکن بود که باعث اعوجاج بال‌های ستون نیز شود [5]. اما در سال‌های بعد به منظور استفاده از شکلپذیری چشمه اتصال در اتلاف انرژی لرزه‌ای، آیین‌نامه‌های طراحی مانند UBC1994 [9] به استفاده از چشمه‌های اتصال ضعیف اجازه دادند که این امر با متمرکز کردن تغییرشکل غیرالاستیک در چشمه اتصال اتفاق می‌افتد. این روند طراحی در امریکا تا زلزله ۱۹۹۴ نورثریج ادامه پیدا کرد. بعد از زلزله ۱۹۹۴ نورثریج شکست‌های زیادی در اتصالات قاب‌های خمشی فولادی مشاهده شد [6]. علت اصلی این شکست‌ها تغییرشکل بسیار زیاد در ناحیه چشمه اتصال بود که منجر به شکست جوش‌های واقع در بال پایینی تیر در ناحیه اتصال با ستون می‌شد. در کل با توجه به وقوع این شکست‌های زیاد در

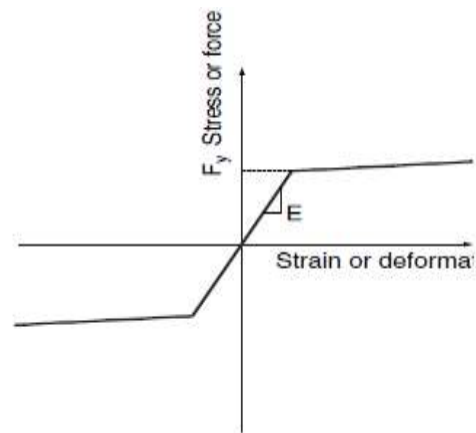
اتصالات خمشی فولادی در طی زلزله نورثریج محققین به ضعف این اتصالات پی برده و به همین خاطر در آیین نامه های طراحی بعد از زلزله نورثریج با طراحی قوی چشمه اتصال به مجبور کردن تشکیل مفصل پلاستیک در تیر دور از وجه ستون اقدام کرده اند [7]. در این مطالعه به منظور بررسی کردن تاثیر چشمه اتصال در پاسخ لرزه ای قاب های خمشی فولادی طراحی شده بر مبنای آیین نامه های جدید آمریکا، دو سری مدل سازه ای قاب خمشی فولادی با در نظر گرفتن چشمه اتصال و بدون در نظر گرفتن چشمه اتصال با استفاده از تحلیل تاریخچه زمانی مورد ارزیابی قرار گرفته اند. همچنین از نرم افزار **opensees** [10] به منظور انجام تحلیل تاریخچه زمانی قاب های خمشی فولادی استفاده شده است. در نهایت نیز پاسخ های مربوط به حداکثر جابجایی طبقات، حداکثر جابجایی نسبی طبقات و حداکثر برش طبقات به منظور مقایسه مدل های سازه ای با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال از تحلیل های تاریخچه زمانی مدل ها استخراج شده اند.

## ۲- مدل کردن المان های سازه ای

در مدل های سازه ای تیرها و ستون ها با استفاده از دستور "**Nonlinear Beam-Column**" که در نرم افزار **opensees** موجود می باشد، تعریف شده اند. همچنین از مصالح **Steel02** به منظور تعریف کردن مصالح المان های تیر و ستون استفاده شده است. شکل ۱ رابطه دوخطی نیرو جابجایی مربوط به مصالح **Steel02** را نشان می دهد. مقدار سختی پس از تسلیم برای این مصالح ۳٪ سختی ناحیه الاستیک در نظر گرفته شده است. همچنین در این مطالعه از مدل چشمه اتصال گوپتا و کراوینکلر (۱۹۹۹) [2] که در شکل ۲ نشان داده شده است به منظور شبیه سازی کردن چشمه اتصال در مدل های سازه ای استفاده شده است. این مدل مستطیلی شکل چشمه اتصال شامل هشت المان تیر با صلیبیت محوری و خمشی بالا می باشد. بعلاوه یک فنر چرخشی به منظور مدل کردن رفتار چشمه اتصال در یکی از گوشه های مستطیل قرار دارد. در سه گوشه دیگر این مستطیل از مفصل های ساده استفاده شده است. فنر چرخشی استفاده شده در این مدل با استفاده از دستور المان "**zeroLength**" موجود در نرم افزار **opensees** و با استفاده از مصالح هیستریک تعریف شده است.



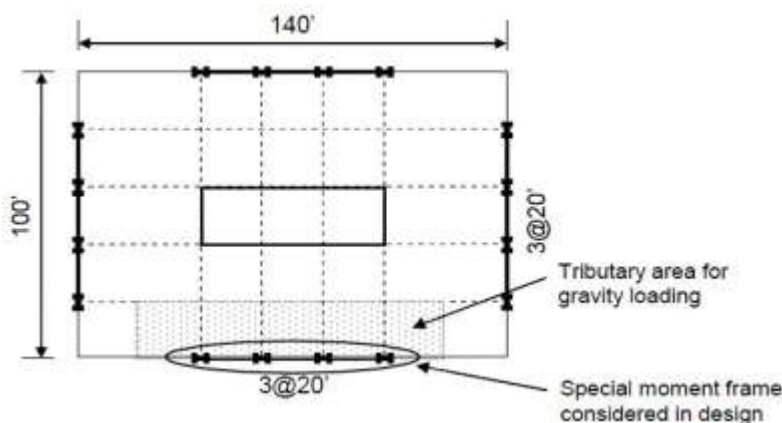
شکل ۲: مدل کردن اتصال تیر به ستون با چشمه اتصال (گوپتا و کراوینکلر ۱۹۹۹)



شکل ۱: مدل کردن مصالح برای اعضای فولادی (**Steel02**)

در این مطالعه از چهار سازه قاب خمشی فولادی ساختمان های گروه **NIST** [8] استفاده شده است. در این راستا از سازه های دو و چهار طبقه **NIST** به عنوان نماینده ساختمان های کوتاه مرتبه، از ساختمان هشت طبقه **NIST** به عنوان نماینده سازه های میان مرتبه و از ساختمان دوازده

طبقه NIST به عنوان نماینده ساختمان های بلند مرتبه استفاده شده است. هر یک از این سازه ها یک بار با در نظر گرفتن اثر چشمه اتصال و یکبار بدون در نظر گرفتن اثر چشمه اتصال مدلسازی شده و بر روی آنها تحلیل تاریخیچه زمانی انجام شده است، تا اینکه نتایج این تحلیل ها به منظور دیدن اثر چشمه اتصال در پاسخ لرزه ای قاب های خمشی فولادی با یکدیگر مقایسه شود. این ساختمان ها بر اساس آیین نامه AISC341-05 [1] طراحی ویژه شده اند. در طراحی این ساختمان ها محدودیت جابجایی نسبی طبقات بر مبنای آیین نامه ASCE/SEI7-05 [3] تعیین شده است. موقعیت قاب های خمشی که مورد ارزیابی قرار گرفته اند با استفاده از خطوط پر رنگ در شکل ۳ نشان داده شده است. همگی ستون ها در قاب های خمشی حول محور قوی خود خم می شوند. تیرها و ستون با استفاده از فولاد ASTM A992 و با مقاومت تسلیم 50ksi طراحی شده اند.



شکل ۳: پلان تیپ مدل های سازه ای

چون در هر راستا فقط دو قاب خمشی در برابر نیروهای جانبی مقاومت می کند جرم هر طبقه را به دو تقسیم کرده و در هر طبقه بین نقاط اتصال دهنده تیرها و ستون ها تقسیم گردیده است. جرم لرزه ای برای همه سازه ها یکسان بوده بطوریکه در بام این جرم برابر ۲,۱۵۷۵ کیلو پوند جرم و در طبقات برابر ۲,۲۶۶۳ کیلو پوند جرم بوده است. در جدول های زیر مشخصات مقاطع استفاده شده در مدل های سازه ای مختلف ارائه گردیده است.

#### ۴- معرفی زلزله های به کار رفته در تحلیل

جهت انجام تحلیل تاریخیچه زمانی سازه های قاب خمشی فولادی با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال و به دست آوردن پاسخ های لرزه ای این سازه ها به منظور مقایسه با یکدیگر از ۱۲ رکورد زلزله با مشخصات زیر استفاده شده است:

جدول ۱: معرفی زلزله های به کار رفته در مدل های سازه ای

PEER-NGA Record Information		Earthquake			Site Data		source (fault type)	Recorded Motions
File Names - Horizontal Records	Record.S eq.No	M	Year	Name	NEHRP Class	Vs_30 (m/sec)		PGA Max (g)
NORTHR/LOS000	953	6.7	1994	Canyon Country-WLC	D	309	Thrust	1.09892
NORTHR/LOS270	953	6.7	1994	Canyon Country-WLC	D	309	Thrust	1.19897
KOCAELI/DZC270	1158	7.5	1999	Duzce	D	276	Strike-slip	1.07643
LANDERS/CLW-LN	848	7.3	1992	Coolwate	D	271	Strike-slip	1.16783
LANDERS/CLW-TR	848	7.3	1992	Coolwate	D	271	Strike-slip	1.22578
LOMAP/CAPO90	752	6.9	1989	Capitola	D	289	Strike-slip	1.21594
SUPERST/B-ICC000	721	6.5	1987	El Centro Imp. Co	D	192	Strike-slip	0.8016
SUPERST/B-ICC090	721	6.5	1987	El Centro Imp. Co	D	192	Strike-slip	0.5761
SUPERST/B-POE270	725	6.5	1987	Poe Road (temp)	D	208	Strike-slip	1.73122
SUPERST/B-POE360	725	6.5	1987	Poe Road (temp)	D	208	Strike-slip	1.05873
CHICHI/CHY101-E	1244	7.6	1999	CHY101	D	259	Thrust	0.86456
SFERN/PELO90	68	6.6	1971	LA - Hollywood Sto	D	316	Thrust	1.58099

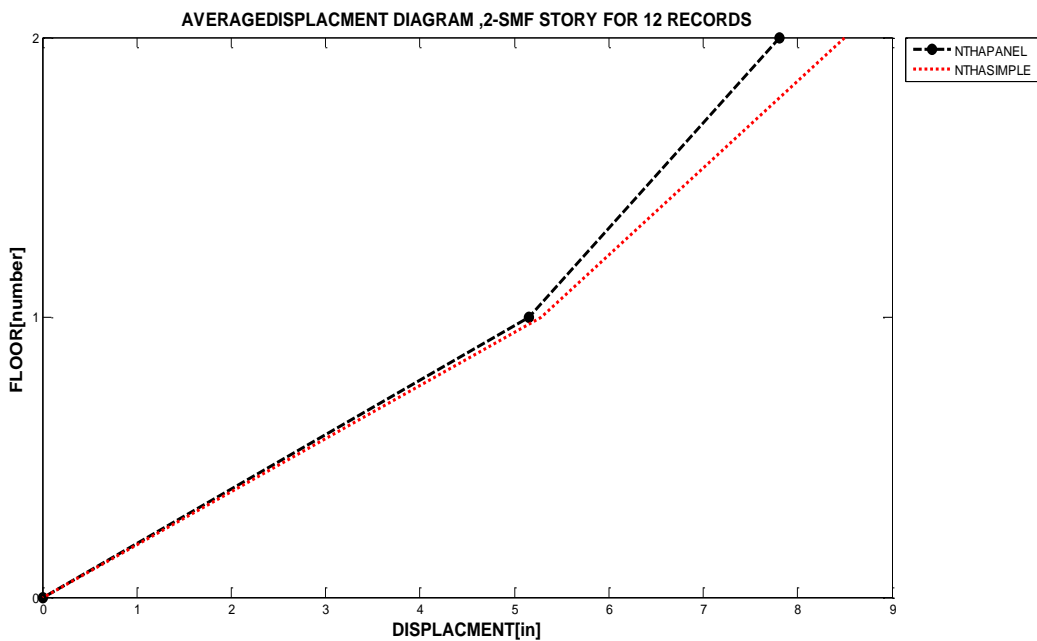
## ۵- نتایج تحلیل ها

در این بخش نتایج حاصل از تحلیل تاریخیچه زمانی مدل های با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال به منظور بررسی کردن اثر چشمه اتصال در پاسخ لرزه ای قاب های خمشی فولادی ارائه شده است. در ابتدا پاسخ های مربوط به حداکثر جابجایی طبقات برای سازه های مختلف آمده است. سپس نتایج مربوط به جابجایی نسبی طبقات برای سازه های مختلف ارائه شده است و در آخر نیز نتایج مربوط به حداکثر برش طبقات ارائه شده است.

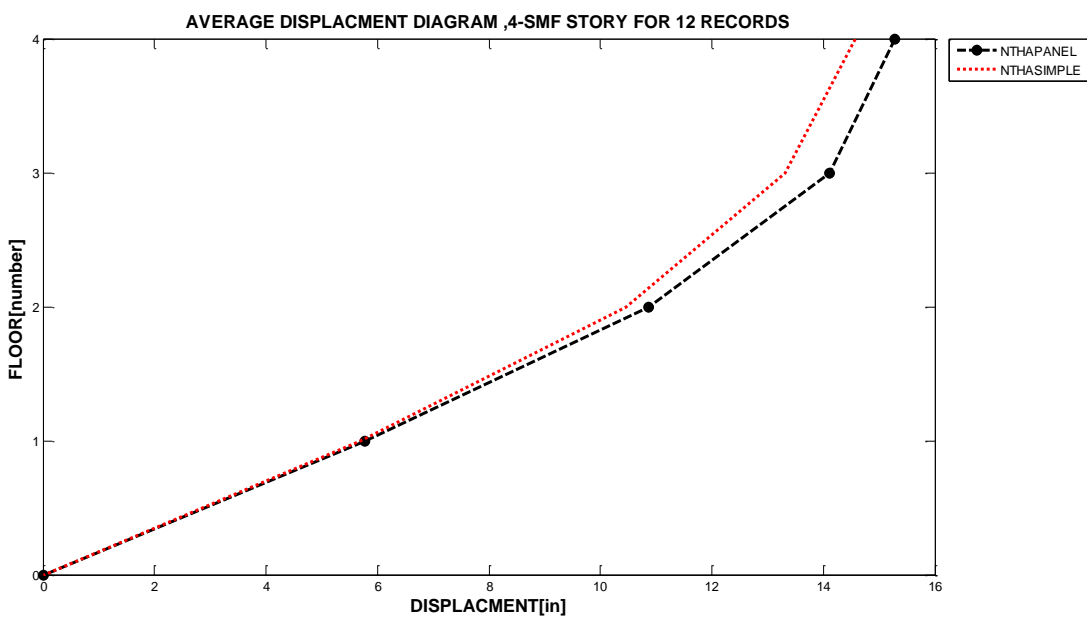
### ۵-۱- تاثیر چشمه اتصال در پاسخ حداکثر جابجایی طبقات برای سازه های مختلف

گراف های حداکثر جابجایی طبقات به دست آمده از تحلیل تاریخیچه زمانی برای سازه های مختلف در شکل های ۴ تا ۷ نشان داده است. با توجه به گراف های به دست آمده برای سازه های دو و چهار طبقه می توان این نتیجه را گرفت که در قاب های خمشی فولادی کوتاه، چشمه اتصال در تخمین پاسخ حداکثر جابجایی طبقات تاثیر چندانی نداشته و می توان از این المان در سازه های قاب خمشی کوتاه به منظور تخمین جابجایی طبقات صرف نظر کرد. اما برای سازه های قاب خمشی متوسط و بلند با توجه به گراف های به دست آمده برای سازه های ۸ طبقه و ۱۲ طبقه شاهد اختلاف بسیار زیاد پاسخ های مدل های با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال در تخمین حداکثر جابجایی طبقات هستیم. این مطلب نشان دهنده آن است که با زیاد شدن ارتفاع سازه تاثیر چشمه اتصال در تخمین جابجایی طبقات بیشتر می شود. نکته حائز اهمیت دیگر که از گراف های مربوط به سازه های ۸ و ۱۲ طبقه استخراج می شود این است که در سازه ۸ طبقه مدل با چشمه اتصال مقدار جابجایی مربوط به طبقات را بیشتر نشان داده است ولی در سازه ۱۲ طبقه این مدل بدون چشمه اتصال است که مقدار جابجایی طبقات را بیشتر نشان داده است. یعنی با توجه به اینکه مدل با چشمه اتصال پاسخ حقیقی سازه را به ما می دهد اینطور می توان ارزیابی کرد که در سازه ۸ طبقه پاسخ مدل بدون چشمه اتصال در جهت خلاف احتیاط بوده است ولی در مدل ۱۲ طبقه این پاسخ محتاطانه بوده است. این تاثیر متفاوت چشمه اتصال در تخمین پاسخ جابجایی طبقات به طراحی سازه ها مربوط می شود. در واقع طراحی این سازه ها که بر مبنای آیین نامه های طراحی جدید آمریکا (AISC341-05) بوده است باعث شده است که اتصالات سازه ۸ طبقه نسبت به سازه ۱۲ طبقه از صلبیت کمتری برخوردار باشد و همین امر

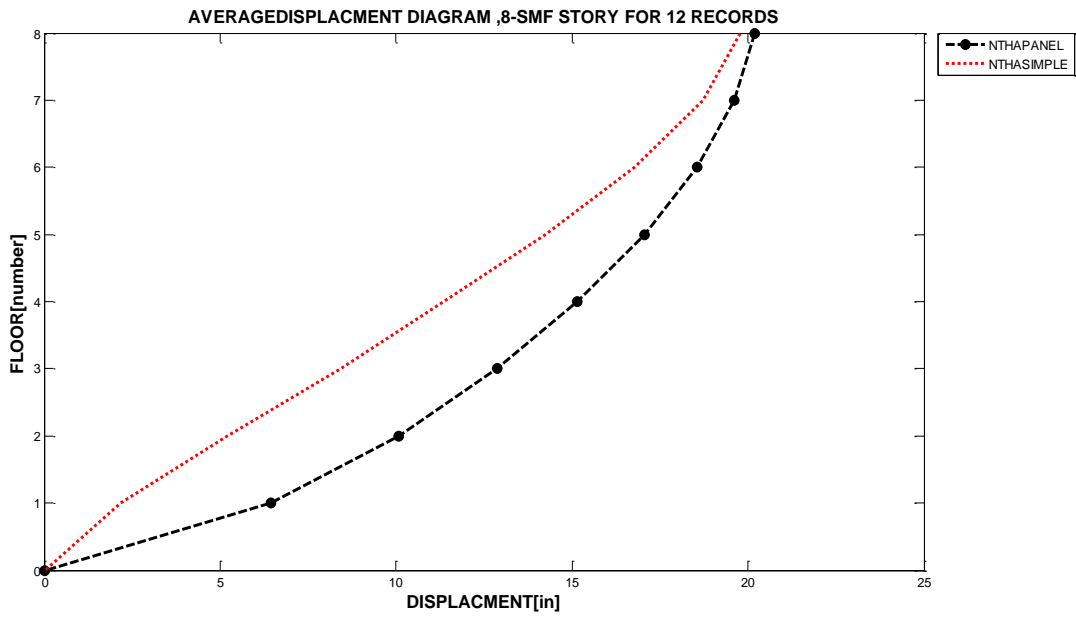
باعث تاثیر متفاوت چشمه اتصال در پاسخ جابجایی طبقات این سازه ها شده است. پس اگر می خواهیم که تخمین صحیح از جابجایی طبقات سازه های قاب خمشی فولادی متوسط و بلند داشته باشیم، باید حتماً اثر المان چشمه اتصال را در تحلیل این سازه ها در نظر گرفت.



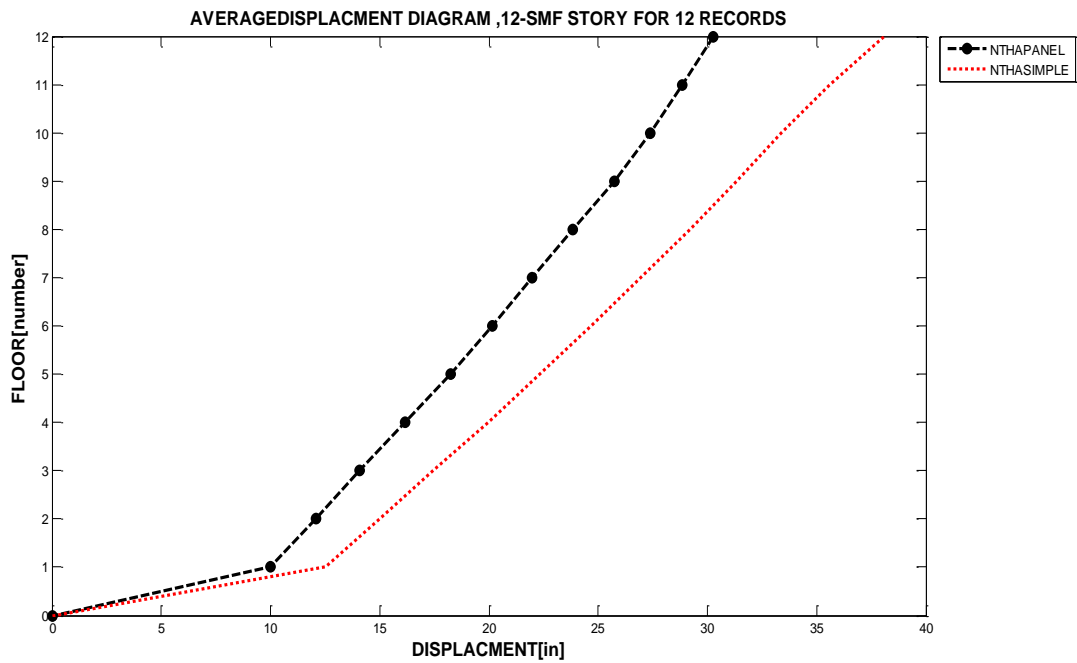
شکل ۴: منحنی مربوط به حداکثر جابجایی طبقات برای سازه ۲ طبقه



شکل ۵: منحنی مربوط به حداکثر جابجایی طبقات برای سازه ۴ طبقه



شکل ۶: منحنی مربوط به حداکثر جابجایی طبقات برای سازه ۸ طبقه

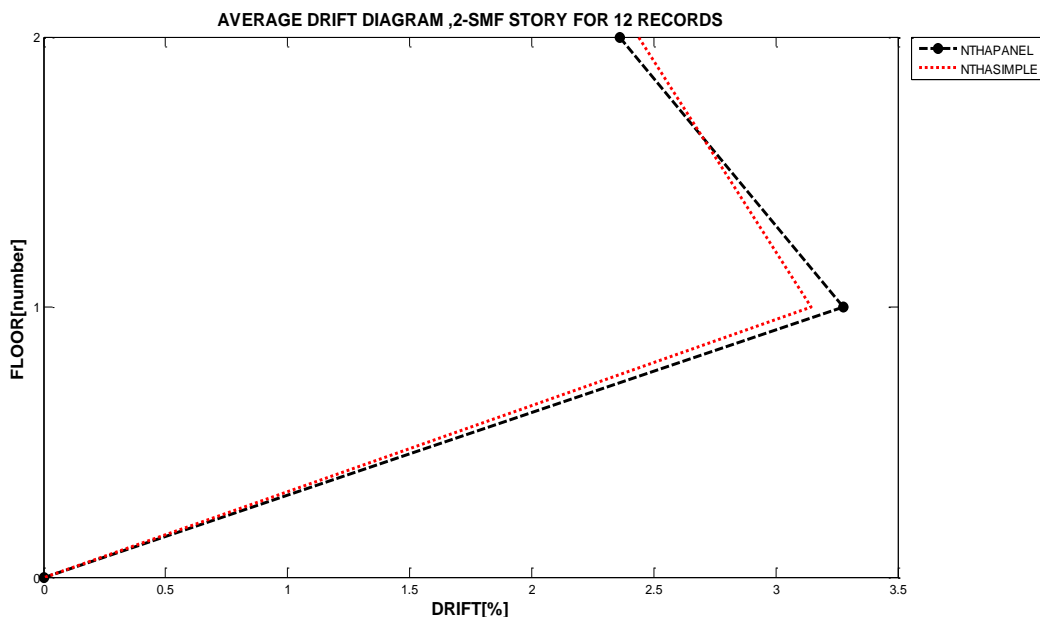


شکل ۷: منحنی مربوط به حداکثر جابجایی طبقات برای سازه ۱۲ طبقه

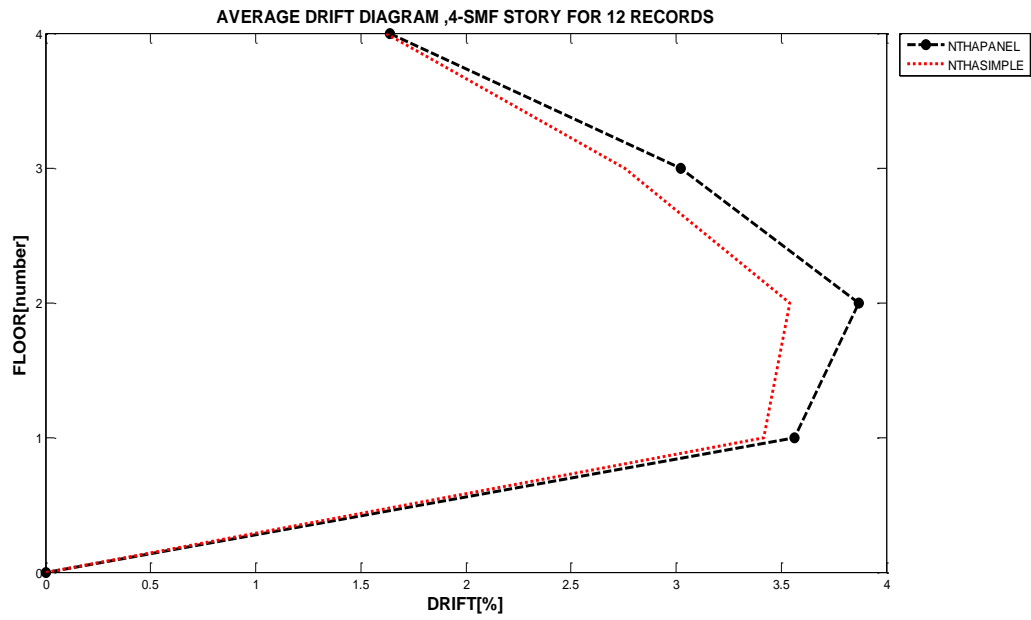
## ۵-۲- تاثیر چشمه اتصال در پاسخ حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای سازه های مختلف

با توجه به گراف های به دست آمده برای حداکثر جابجایی نسبی طبقات که در شکل های ۸ تا ۱۱ نشان داده شده است، برای سازه های مختلف نتایج زیر قابل استنتاج می باشد:

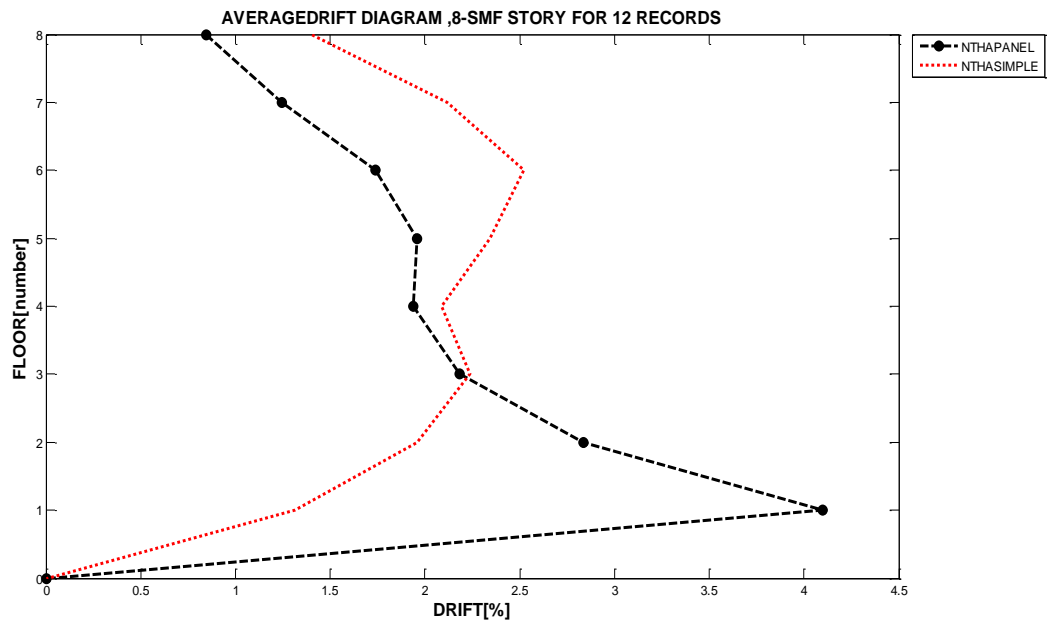
در تخمین جابجایی نسبی طبقات سازه های قاب خمشی کوتاه با توجه به گراف های سازه های ۲ طبقه و ۴ طبقه، چشمه اتصال تاثیر چندانی در پاسخ این پارامتر نداشته است و می توان از این المان در پاسخ جابجایی نسبی قاب های خمشی کوتاه صرف نظر کرد. اما با زیاد شدن ارتفاع سازه، برای سازه ۸ طبقه اختلاف پاسخ مدل های با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال در تخمین حداکثر جابجایی نسبی طبقات بسیار زیاد می شود. این مطلب نشان دهنده این است که زیاد شدن ارتفاع سازه باعث می شود که تاثیر چشمه اتصال در تخمین جابجایی نسبی طبقه زیاد شود و باعث شود که مدل بدون چشمه اتصال نتیجه گمراه کننده از جابجایی نسبی طبقات که یک پارامتر بسیار مهم در تعیین خسارت سازه تلقی می شود، ارائه دهد. اما در سازه ۱۲ طبقه علیرغم زیاد شدن ارتفاع سازه شاهد نزدیک بودن پاسخ های مدل های با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال هستیم. این مطلب بیان کننده آن است که علاوه بر ارتفاع سازه پارامتر دیگری نیز وجود دارد که در رفتار چشمه اتصال در تخمین پاسخ جابجایی نسبی طبقات تاثیرگذار است. این پارامتر صلبیت اتصال است. در واقع طراحی انجام شده برای سازه ۸ طبقه و سازه ۱۲ طبقه همانطور که در بخش قبل نیز اشاره کردیم باعث بوجود آمدن اتصالات با صلبیت کمتر برای سازه ۸ طبقه نسبت به سازه ۱۲ طبقه شده است. به همین خاطر پاسخ مربوط به جابجایی نسبی در سازه ۸ طبقه برای مدل های با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال با هم اختلاف زیادی دارد و لی برای سازه ۱۲ طبقه پاسخ این مدل ها به هم نزدیک می باشد. به همین خاطر و به خاطر رفتار متفاوت چشمه اتصال در تخمین جابجایی نسبی طبقات سازه های متوسط و بلند قاب خمشی فولادی توصیه می گردد که در تحلیل این سازه ها حتماً اثر چشمه اتصال لحاظ شود تا بتوان یک پاسخ دقیق از جابجایی نسبی طبقات که یک پارامتر بسیار مهم در تعیین خسارت سازه می باشد، به دست آورد.



شکل ۸: منحنی مربوط به حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای سازه ۲ طبقه

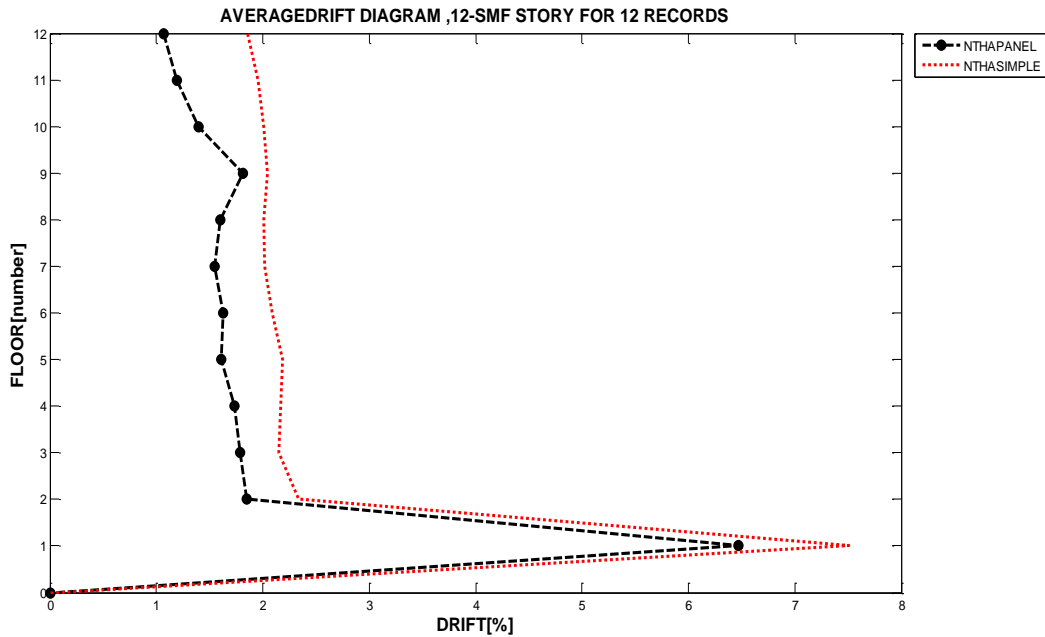


شکل ۹: منحنی مربوط به حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای سازه ۴ طبقه



شکل ۱۰: منحنی مربوط به حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای سازه ۸ طبقه

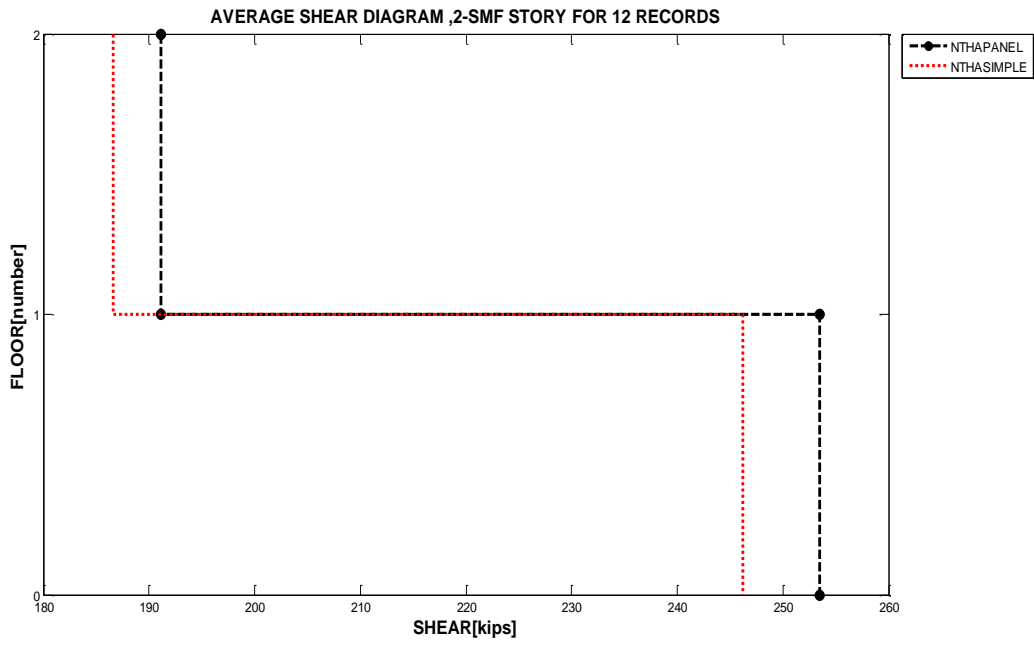




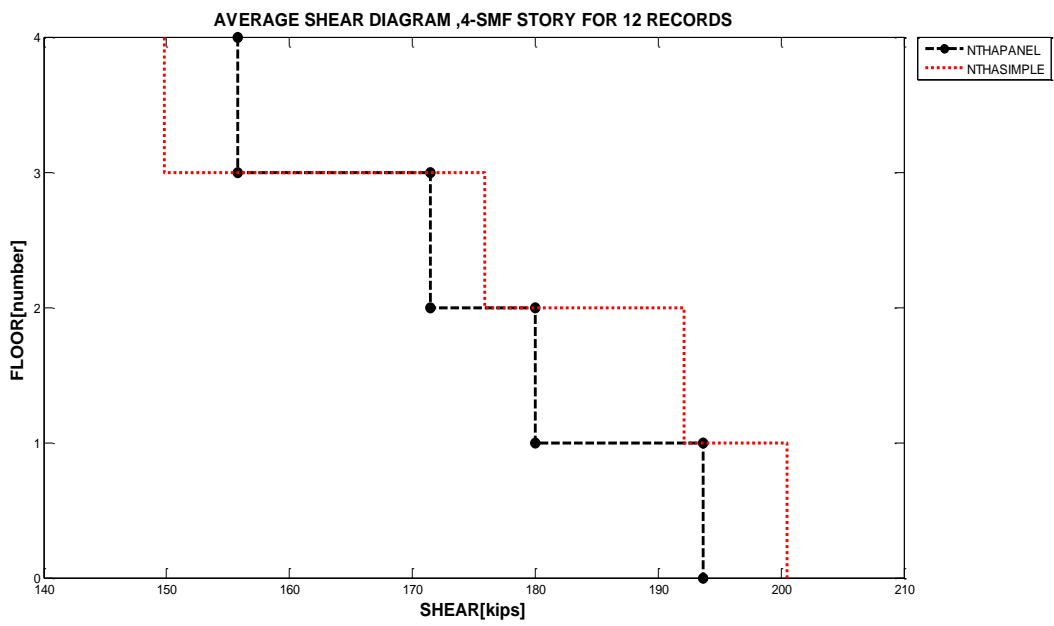
شکل ۱۱: منحنی مربوط به حداکثر جابجایی نسبی طبقات برای سازه ۱۲ طبقه

### ۳-۵- تاثیر چشمه اتصال در پاسخ حداکثر برش طبقات برای سازه های مختلف

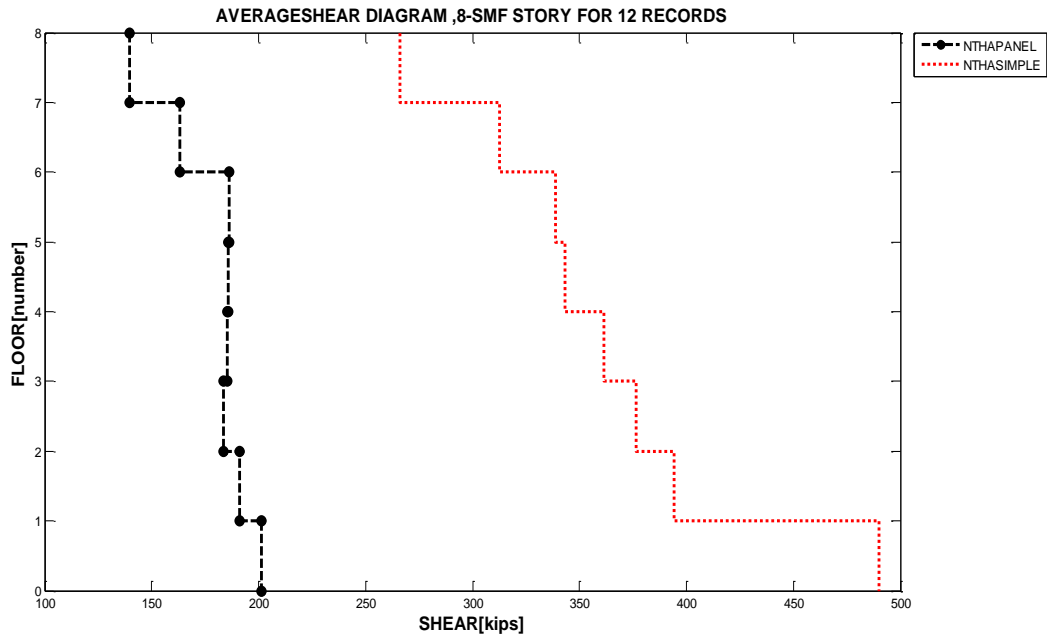
منحنی های مربوط به برش طبقات برای سازه های مختلف در شکل های ۱۲ تا ۱۵ نشان داده شده است. در تخمین برش طبقات با توجه به گراف های به دست آمده برای سازه های ۲ طبقه و ۸ طبقه، مدل های با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال پاسخ های بسیار نزدیکی را نسبت به هم داشته اند. این مطلب نشان دهنده این است که در تخمین برش طبقات در سازه های کوتاه قاب خمشی چشمه اتصال تاثیر چندانی نداشته و می توان از این المان در تحلیل سازه های قاب خمشی کوتاه به منظور به دست آوردن برش طبقات صرف نظر کرد. اما با زیاد شدن ارتفاع در سازه ۸ طبقه شاهد این هستیم که پاسخ مدل های با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال در تخمین برش طبقات بسیار با هم اختلاف دارند. یعنی مدل بدون در نظر گرفتن چشمه اتصال مقدار مقاومت سازه را بسیار بیشتر از آنچه که هست تخمین زده است. اما در سازه ۱۲ طبقه بر عکس سازه ۸ طبقه با اینکه ارتفاع زیاد شده است شاهد نزدیکتر شدن پاسخ های مدل های با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال هستیم. اما در این سازه هم در برخی طبقات (مثل طبقه دوم) پاسخ های مربوط به برش طبقات با هم اختلاف قابل ملاحظه ای دارند. همچنین در سازه ۱۲ طبقه برخلاف سازه ۸ طبقه، این مدل با چشمه اتصال است که مقدار برش طبقات را بیشتر تخمین زده است. علت این رفتار متفاوت چشمه اتصال در تخمین برش طبقات برای سازه های مختلف همانطور که قبلاً در بخش های تخمین جابجایی و جابجایی نسبی طبقات نیز گفتیم مربوط به طراحی سازه می شود که باعث شده است در سازه ۸ طبقه نسبت به سازه ۱۲ طبقه اتصالات با صلیب کمتر ایجاد شود و به همین خاطر مدل با چشمه اتصال در سازه ۱۲ طبقه مقدار برش طبقات را نسبت به مدل بدون چشمه اتصال بیشتر نشان دهد. پس با توجه به نتایج به دست آمده در این بخش برای اینکه بتوان از تحلیل سازه های قاب خمشی متوسط و بلند یک تخمین درست از پاسخ برش طبقات به دست آورد، باید تاثیر چشمه اتصال در مدل های سازه ای این قاب ها در نظر گرفته شود.



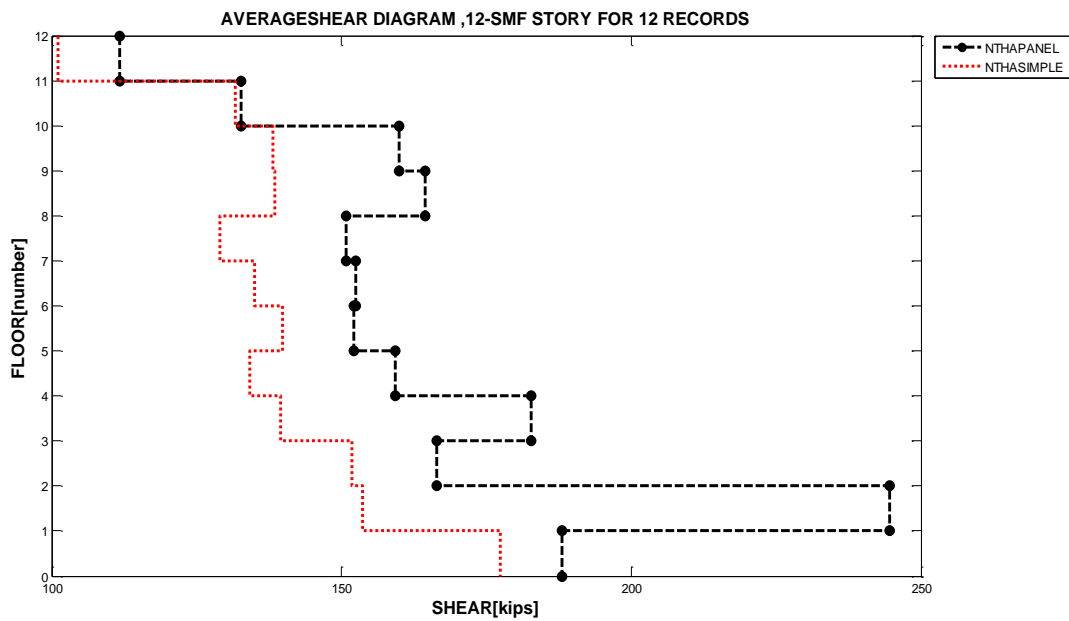
شکل ۱۲: منحنی مربوط به حداکثر برش طبقات برای سازه ۲ طبقه



شکل ۱۳: منحنی مربوط به حداکثر برش طبقات برای سازه ۴ طبقه



شکل ۱۴: منحنی مربوط به حداکثر برش طبقات برای سازه ۸ طبقه



شکل ۱۵: منحنی مربوط به حداکثر برش طبقات برای سازه ۱۲ طبقه

## ۶- نتیجه گیری

در این مطالعه با استفاده از تحلیل دینامیکی غیر خطی مدل های سازه ای با در نظر گرفتن اثر چشمه اتصال و بدون در نظر گرفتن اثر چشمه اتصال، تاثیر چشمه اتصال در تخمین پاسخ های لرزه ای قاب های خمشی فولادی بررسی شد.

با توجه به نتایج به دست آمده از تحلیل برای سازه های مختلف اینطور می توان گفت که در سازه های قاب خمشی فولادی کوتاه، چشمه اتصال در شکلپذیری و مقاومت و سختی سازه تاثیر چندانی نداشته و می توان از این المان سازه ای در تخمین زدن پاسخ لرزه ای این سازه ها صرف نظر کرد. اما برای سازه های قاب خمشی متوسط و بلند دو پارامتر ارتفاع سازه و صلبیت اتصال باعث رفتار متفاوت چشمه اتصال در تخمین پاسخ این سازه ها می شوند. در واقع زیاد شدن ارتفاع سازه باعث می شود که تاثیر چشمه اتصال در تخمین پاسخ های لرزه ای سازه بیشتر شده و اختلاف بین پاسخهای لرزه ای مدل های سازه ای با چشمه اتصال و بدون چشمه اتصال برعکس این مورد، بیشتر شدن صلبیت اتصال که به نوع طراحی سازه ارتباط دارد باعث می شود که تاثیر چشمه اتصال در تخمین پاسخ های لرزه ای سازه کم شده و اختلاف بین پاسخ های لرزه ای مدل های سازه ای بدون چشمه اتصال و با چشمه اتصال بیشتر شود. برای سازه های قاب خمشی متوسط و بلند طراحی شده بر مبنای آیین نامه های جدید امریکا صلبیت اتصالات با زیاد شدن ارتفاع سازه بیشتر می شود. به همین خاطر و با توجه به تاثیر متضادی که زیاد شدن ارتفاع سازه و زیاد شدن صلبیت اتصالات در رفتار چشمه اتصال دارند بهتر است که در سازه های قاب خمشی متوسط و بلند اثر چشمه اتصال در تحلیل سازه در نظر گرفته شود تا اینکه بتوان تخمین های صحیحی از پاسخ های لرزه ای این قاب ها به دست آورد.

## مراجع

- [1] AISC; "Seismic Provisions for Structural Steel Buildings"; ANSI/AISC 341-05, American Institute for Steel Construction, Chicago, Illinois,(2005).
- [2] Akshay Gupta, Helmut Krawinkler; "Seismic Demands for Performance Evaluation of Steel Moment Resisting Frame Structures"; Report No. 132,(1999),19-24.
- [3] ASCE; "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures"; ASCE/SEI 7-05, America Society of Civil Engineers, Reston, Virginia,(2006).
- [4] Bertero VV, Krawinkler H, Popov EP; "Further studies on seismic behavior of steel beam-column subassemblages"; Reportno. EERC-73/27. Berkeley (CA): Earthquake Engineering Research Center, University of California.(1973).
- [5] El-Tawil S; "Evaluation of FEMA-350 seismic provisions for steel panel zones"; Journal of Structural Engineering, ASCE 2005,131(2),(2005), 250-8.
- [6] H. Krawinkler, S. Mohasseb; "Effect of Panel Zone Deformation On Seismic Response"; J.Construct.Steel Research 8,(1987), 233-250.
- [7] James M. Ricles , Changshi Mao, Le-Wu Lu, John W. Fisher; "Ductile Details for Welded Unreinforced Moment Connections Subject to Inelastic Cyclic Loading"; Engineering Structures 25,(2003),667-680.
- [8] NIST GCR 10-917-8; "Evaluation of the FEMA P-695 Methodology for Quantification of Building SeismicPerformance Factors"; NEHRP Consultants Joint Venture,(2010).
- [9] UBC ; "Structural Engineering Design Provisions"; Uniform Building Code, Vol.2, International Conference of Building Officials, (1994).
- [10]Mazzoni S., McKenna F., Scott M.H. and Fenves G.L., eds; "Open System for Earthquake Engineering Simulation, User Command-Language Manual";Pacific Earthquake Engineering Research Center, Berkeley, CA,(2006).