

## بررسی و مقایسه اثر روشهای مختلف کاهش لنگی برش در سیستم‌های لوله‌ای

رحیم حبیبی<sup>۱</sup>، طالب مرادی شقاقی<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه عمران، واحد علوم و تحقیقات آذربایجان شرقی، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

Email: rahim.habibi@ymail.com

\*۲- عضو هیات علمی گروه عمران، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

Email: ta.moradi@iaut.ac.ir

### چکیده

در سیستم‌های لوله‌ای، ستون‌هایی که قاب محیطی را تشکیل می‌دهد در مقابل بارهای جانبی مانند یک تیر طره‌ای تغییر شکل می‌دهند، رفتار واقعی قاب محیطی درجایی ما بین طره‌ای خالص و قاب خالص قرار دارد، اضلاعی از لوله که موازی امتداد نیروهای جانبی می‌باشند، با توجه به انعطاف پذیری تیرها تمایل دارند، که مانند قاب‌های صلب چند دهانه و مستقل عمل کنند، این انعطاف پذیری باعث می‌شود که در قاب تغییر شکل‌های ناشی از برش ایجاد شود که به نام «لنگی برشی» خوانده می‌شود. تغییر شکل برشی در روی عمل قاب محیطی منجر به توزیع غیر خطی فشار در یک سمت و کشش در سمت مقابل در امتداد پوش ستونها می‌گردد، ستونهایی که در گوشه‌های ساختمان قرار دارند مجبور می‌باشند که سهم بیشتری از بار را نسبت به ستونهای ما بین آنها تحمل کنند. به علاوه تغییر شکل کل ساختمان دیگر شباهت به تغییر شکل تیر طره‌ای نخواهد داشت. زیرا تغییر شکل حالت برشی اهمیت بیشتری پیدا خواهد کرد. در این مقاله برای بررسی این موضوع سازه‌های بتنی بلند با تعداد طبقات مختلف در نرم‌افزار SAP مدل‌سازی شده و تحت تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی قرار گرفتند. برای کاهش مقدار لنگی برش در ستونهای پیرامونی از روشهای افزایش ابعاد تیرها، ابعاد ستونها، مهاربند بزرگ مقیاس در مدلها مورد بررسی قرار گرفتند. با بررسی نتایج مشاهده می‌شود که استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس در سیستم لوله‌ای نسبت به سایر روشها لنگی برشی را بصورت قابل توجهی کاهش داده و توزیع برش طبقه ما بین ستونهای گوشه و میانی را یکنواخت می‌نماید.

**کلمات کلیدی:** لنگی برش - سیستم لوله‌ای - مهاربند بزرگ مقیاس - تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی

## ۱. مقدمه

تعیین مشخصات ساختمان هایی که در گروه سازه های بلند قرار می گیرند بسیار مشکل است، زیرا بلندی خود یک حالت نسبی است و ساختمان ها را نمی توان بر حسب ارتفاع یا تعداد طبقات، دسته بندی و تعریف نمود. بلندی یک ساختمان بستگی به شرایط اجتماعی و تصورات فرد از محیط دارد، بنابراین ارائه یک معیار قابل قبول همگانی برای تعریف بلندی سازه نسبی است. از نظر مهندسی هنگامی می توان سازه را بلند نامید که ارتفاع آن باعث شود که نیروهای جانبی ناشی از باد و زلزله، بر طراحی آن اثر قابل توجهی گذارند. همچنین همانند نیروهای ثقلی، تأثیر نیروهای جانبی در سازه ها کاملاً متغیر بوده و به سرعت با افزایش ارتفاع شدت می یابد. سه عامل اساسی که باید در طراحی تمام سازه های بلند در نظر گرفته شوند عبارتند از: ۱- مقاومت ۲- صلیبت ۳- پایداری که در طراحی سازه های بلند سیستم سازه ای باید متناسب با این نیازها باشد. نیاز به مقاومت عامل غالب در طراحی سازه های کوتاه است، اما با افزایش ارتفاع صلیبت و پایداری اهمیت بیشتری می یابد. بنابراین در یک سازه بلند، سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی و قائم بر حسب ارتفاع سازه و نوع کاربری و نیز ماهیت و نوع نیروها متفاوت خواهد بود. هدف از انجام تحقیق پیش رو، بررسی لنگی برش در چندین سازه بتنی با سیستم لوله ای با تعداد طبقات مختلف میباشد، که با افزایش سختی خمشی تیرها، ستونها و تعبیه مهاربند بزرگ مقیاس، و مقایسه نتایج آنها و انتخاب روش مناسب جهت مقابله با پدیده فوق بررسی خواهد شد.

## ۲. مروری بر مطالعات گذشته

بار ناشی از باد به عنوان بار غالب ناشی از محیط که بر سازه وارد می شود با بارهای ناشی از زلزله در رقابت می باشد. این در حالی است که زلزله هایی که قدرت تخریب بالایی دارند نسبت به طوفان های بادی ویرانگر کمتر اتفاق افتاده اند. تقریباً در هر روز از سال یک طوفان جدی در نقطه ای از زمین در حال وقوع است ولی خوشبختانه بسیاری از این طوفان ها کوچک و محلی هستند [۱].

در حالت کلی ساختمانیهای بلند در مقابل نیروهای وارده از باد دارای سه نوع حرکت، حرکت در امتداد وزش باد، عمود بر امتداد وزش باد و حرکت پیچشی که بطور همزمان رخ می دهد، می باشند، لیکن با توجه به ماهیت متغیر و غیرثابت باد تحلیل ساختمانها در مقابل بار باد را مشکل می سازد [۲].

محمدرضا عظیم زادگان، محمدعلی هادیان فرد، علی لشکری در مقاله ای روش های تحلیل سازه تحت اثر بار باد در سازه های بلند با نامنظمی هندسی را ارزیابی کرده اند. نتایج نشان می دهد که، نامنظمی باعث تمرکز نیروها در طبقات پس نشسته و در نتیجه باعث افزایش جابجایی نسبی طبقات می شود که این اثر با استفاده از روش تحلیل تاریخچه زمانی بحرانی تر است. سازه های بلند که ارتفاع آنها نسبت به ابعادشان در پلان بزرگ است در برابر واژگونی و تغییر مکان جانبی حالت بحرانی تری دارند. اندازه گیری بار باد یکی از عوامل مهم برای طراحی سازه های بلندتر از ۱۰ طبقه است. برای بررسی اثر باد بر سازه، روشهای مختلفی (تئوری و تجربی) وجود دارد [۳].

رفتار و پاسخ سازه های بلند تحت اثر بارهای جانبی متأثر از پارامترهای متعددی است که بستگی به نوع سیستم سازه ای دارد. یکی از سیستمهای متداول و کارآمد در سازه های بلند، سیستم لوله ای خمشی است. در این نوع از سازه های بلند، تیرهای نسبتاً عمیق و ستونهای نزدیک به هم مجموعه ای مقاوم در برابر بار جانبی ایجاد می نمایند [۴].

فرهاد عابدی نیک، فرامرز خوشنودیان به بررسی اثر صلیبت چشمه اتصال بر نتایج تحلیل در سازه های بلند با سیستم لوله ای پرداخته اند. یکی از سیستمهای متداول و کارآمد در سازه های بلند، سیستم لوله ای خمشی است. در این نوع از سازه های بلند، تیرهای نسبتاً عمیق و ستونهای نزدیک به هم مجموعه ای مقاوم در برابر بار جانبی ایجاد می نمایند. در این سیستم سازه ای معمولاً چشمه اتصال ابعاد قابل توجهی داشته، تخمین و لحاظ نمودن میزان صلیبت چشمه اتصال در تحلیل سازه، می تواند نتایج تحلیل را تحت تاثیر قرار دهد [۴].

عباس حق الهی، محسن بشارت فردوسی، یوسف مددی در تحقیقی در سال ۱۳۹۰ به ارزیابی کارایی روش کنترل سازه های بلند طراحی شده با تحلیل دینامیکی طیفی بوسیله تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ پرداخته اند. در روش پیشنهادی آیین نامه ۲۸۰۰ بایستی طیف حاصل از نگاشت زلزله در یک محدوده پیرودی مشخص از ۱/۴ برابر طیف طرح معادل آن کمتر نباشد وابستگی این روش به زمان تناوب اصلی ساختمان با در نظر گرفتن افزایش زمان تناوب در ساختمان های بلند منجر به افزایش ضریب مقیاس شتاب نگاشت زلزله مورد نظر می گردد [۵].

علی محمدپور، خسرو پيله ور، مهدی علیرضایی در مقاله ای در سال ۱۳۹۱ اثر باد بر روی ساختمان های با پلان منظم را بررسی کرده اند. در این مطالعه ابتدا ساختمان بصورت تنها و بدون همسایگی با سایر ساختمان ها تحت تاثیر با سرعت های مختلف مورد بررسی قرار خواهد گرفت و پاسخ های بدست آمده با روش های آرایه شده توسط محققین دیگر مقایسه خواهد شده استخراج طیف نیروی عرضی بی بعد برای ساختمان مستطیلی بلند با در نظر گرفتن اثر همجواری ساختمان مجاور و همچنین مقایسه پاسخ طولی حاصل از آزمایشها با رابطه تجربی اداونپورت از جمله اهداف این مطالعه می باشد [۶].

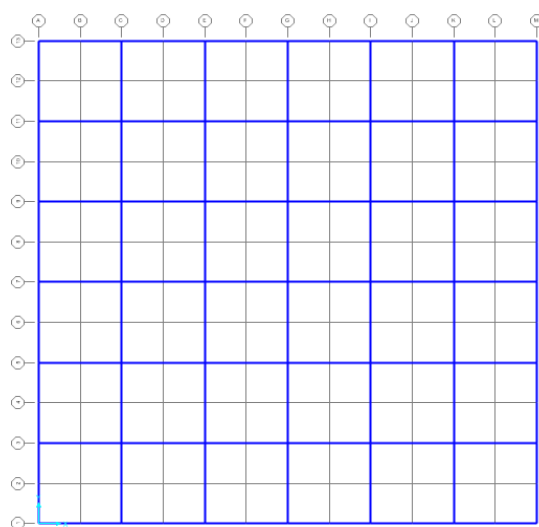
هاشم شریعتمدار و علی مهرداد نیز در تحقیقی آسیب پذیری سازه های بلند فولادی با استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی بررسی کرده اند. همچنین نیاز شکل پذیری طبقات محاسبه و با ظرفیت شکل پذیری طبقات مختلف مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. شکست موضعی اعضای سازه ای کنترل شده و نهایتاً به بررسی آسیب پذیری سازه های فوق پرداخته شد [۷].

پدیده لنگی برش در سازه های با سیستم لوله ای در اثر تغییر مکان قائم ناهمگون ستون های واقع بر بال سازه بوجود می آید. هر ستون داخلی نسبت به ستون خارجی سمت خود، تغییر شکل و تنش کمتری خواهد داشت. چون لنگر اعمالی خارجی باید توسط کوپل داخلی ناشی از نیروهای کششی و فشاری دو سمت مخالف محور خنثی ساختمان تحمل گردد، تنش های ستون های گوشه ای بیشتر از تنش های ناشی از رفتار خالص لوله ای خواهد بود و تنش های ستون های میانی کمتر از آن می باشد و توزیع تنش محوری از حالت خطی (ایده آل) دور می شود [۱۰ و ۱۱].

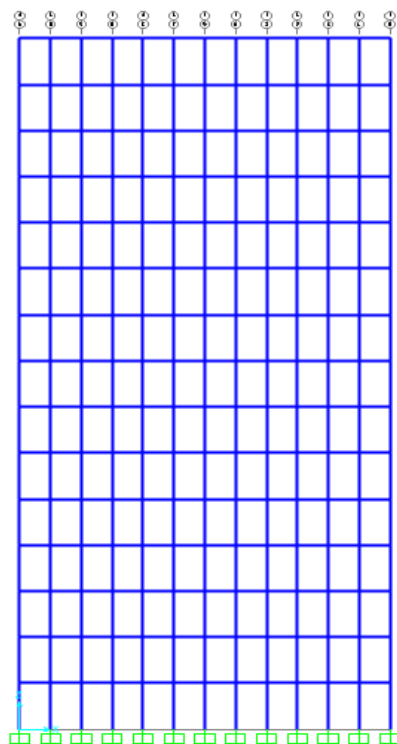
سیستم های لوله ای از پر کاربردترین فرم های سازه ای برای ساختمانهای بلند به حساب می آید. در این سیستم، مقابله در برابر بارهای جانبی بر عهده قاب های خمشی محیطی با سختی زیاد به فرم لوله می باشد. به همین منظور ستون های پیرامونی با فواصل کم توسط شاه تیرهایی به یکدیگر متصل می شوند. مهمترین ایراد این فرم سازه ای وجود لنگی برشی می باشد که سبب کاهش باربری سازه و افزایش تغییر شکل ها میگردد. استفاده از مهار بند بزرگ مقیاس و سیستم های لوله ای دسته بندی شده از جمله راهکار های مهم در خصوص کاهش این پدیده است [۱۲].

### ۳. فرضیات و مدلسازی

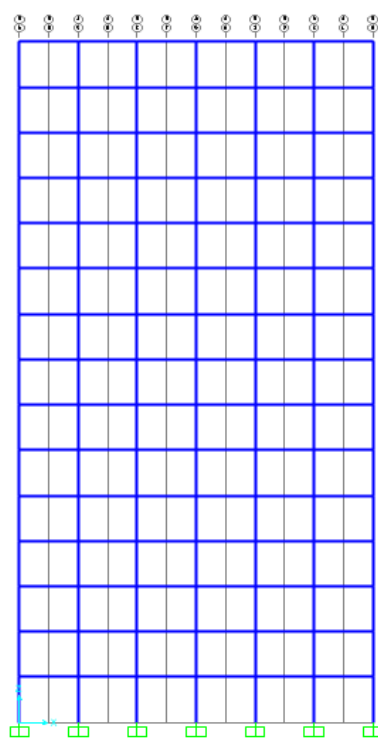
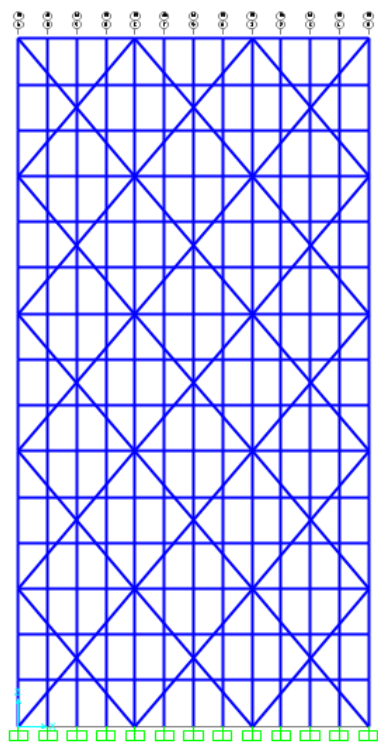
با توجه به اینکه در این مطالعه هدف بررسی لنگی برش در سازه های بتنی بلند با سیستم لوله ای بوده است، لذا سازه های سه-بعدی با سیستم لوله ای در تعداد طبقات مختلف مدلسازی شده است. از طرفی برای بررسی روشهای مختلف کاهش لنگی برش در سیستم لوله ای، هر کدام از روشها بصورت جداگانه مدلسازی و بررسی شده است. در این مطالعه سه روش استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس، افزایش مقطع تیرها و افزایش مقطع ستونها برای لنگی برش مورد بررسی قرار گرفته است. پلان سازه ها و همچنین نمای قابهای پیرامونی، داخلی و قاب به همراه مهاربند بزرگ مقیاس در اشکال ۱-۳ الی ۳-۲ آورده شده است.



شکل ۳-۱: پلان سازه ها با سیستم لوله ای



شکل ۳-۲: نمای قاب پیرامونی سیستم لوله‌ای

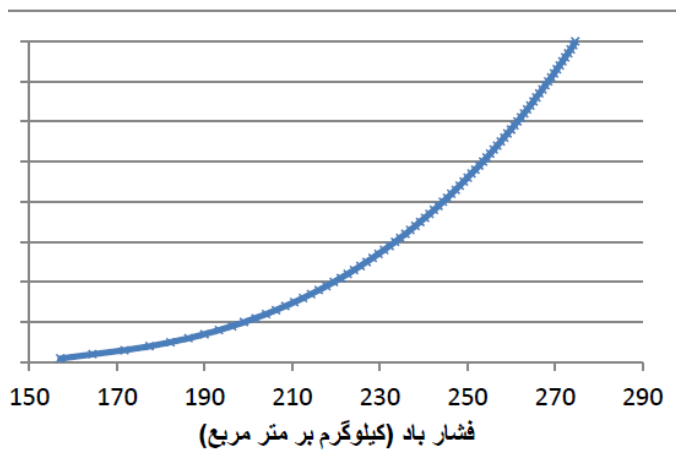


شکل ۳-۳: نمای قاب داخلی سیستم لوله‌ای و قاب مهاربندی سیستم لوله‌ای با مهاربند بزرگ مقیاس

مدلهایی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است، در نرم افزار SAP2000. v16 استفاده می‌باشد. نرم افزار فوق یک نرم افزار المان محدود بوده و قابلیت تحلیل های خطی و غیر خطی استاتیکی و دینامیکی را دارد. در تحقیق فوق نیز از تحلیل دینامیکی خطی تاریخچه زمانی استفاده شده است. با اعمال دیافراگم صلب در طبقات، حرکت گره های هر طبقه در جهت افقی نسبت به هم مقید شده است، بنابراین تیرها تحت بارگذاری، تغییر طول محوری ندارند. بار مرده طبقات مشابه و برابر  $500 \text{ kgf/m}^2$  و بار زنده طبقات  $200 \text{ kgf/m}^2$  فرض می‌شود. جرم موثر لرزه ای در سازه های مورد بررسی جهت محاسبه برش پایه ای استاتیکی، ناشی از بارهای ثقلی شامل تمام بار مرده به اضافه ۲۰٪ بار زنده می‌باشد. بعد از تحلیل استاتیکی خطی، اعضای سازه ها در نرم افزار SAP2000. v16 طراحی شدند. برای طراحی اعضا از آیین نامه ی ACI 318-11 مورد استفاده قرار گرفته است. محدودیت های تغییر مکان تحت نیروی باد توسط بسیاری از آیین نامه ها نظیر آیین نامه نیوزلند و آیین نامه کانادا تعیین شده است [۴]. در بسیاری از موارد این محدودیت ها به صورت توصیه هستند و الزام قطعی ندارند. مندیس و همکاران توصیه کردند که برای اطمینان از قابلیت خدمت سازه تحت نیروی باد محدودیت تغییر مکان حداکثر جانبی نسبی بین طبقه ای برابر  $H/500$  (H، ارتفاع کل سازه است)، اعمال شود [۵]. در این تحقیق از همین معیار برای کنترل جابجایی سازه در طراحی استفاده شده است. سرعت مبنای باد برابر صد و شصت کیلومتر در ساعت (۴۴ متر بر ثانیه) فرض شده است. از نظر شرایط محیطی با فرض واقع شدن در منطقه B از منطقه بندی آیین نامه ASCE7-05 استفاده می شود. همچنین ضریب توپوگرافی و ضریب تند باد به ترتیب ۱ و ۰/۸۵ لحاظ شده است. سایر پارامتر های مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۳-۱ ملاحظه می شود. نیروی باد در یک راستا بر ساختمان اعمال می شود که در یکی از وجوه آن فشار و در وجه مقابل، نیروی کششی وجود دارد. چگونگی مقدار فشار باد در ارتفاع سازه در شکل ۳-۴ آورده شده است.

جدول ۳-۱: پارامترهای مورد استفاده برای تعریف بارگذاری

Parameters and descriptions	value	unit
Basic wind speed, V	44	m/s
Exposure category	B	
Importance factor, I	1	
Directionality factor, $K_d$	0.85	
Topographic factor, $K_{zt}$	1	
Gust factor, $G_f$	0.85	
Windward Coefficient, $C_p$	0.8	
Leeward Coefficient, $C_p$	0.5	
Internal pressure coefficient ( $G C_{pi}$ )	-0.18	



شکل ۳-۴: توزیع فشار باد در ارتفاع سازه های با سیستم لوله ای

بهترین روش برای انجام حل هر سیستم دلخواه به صورت دینامیکی خطی، روش انتگرال گیری مستقیم یا گام به گام از معادلات حرکت است که اساس کار همه نرم افزارهایی است که با روش عددی به حل سیستم های چند درجه آزادی می پردازند. منظور از انتگرال گیری مستقیم آن است که پس از انتگرال گیری عددی، تبدیل معادلات به فرم دیگر صورت نمی گیرد. در این روش میدان زمان به تعداد زیادی فواصل زمانی  $\Delta t$  گسسته شده، برای هر فاصله زمانی معادلات حرکت با این شرط که جابجایی ها و سرعت های پایان گام قبلی به عنوان شرایط اولیه در ابتدای گام فعلی تلقی می شوند، حل می گردند. معمولاً فواصل زمانی ثابت اختیار می شوند؛ ولی انتخاب فواصل زمانی مساوی الزامی نیست. روش انتگرال گیری مستقیم نسبت به گام های زمانی بسیار حساس است. مشخصات سختی و میرایی شروع هر گام زمانی در طول آن گام ثابت فرض می شوند. طبیعت غیرخطی سیستم از طریق محاسبه ی خواص جدید متناسب با وضعیت گام زمانی به صورت تغییر شکل یافته آن در شروع هر گام زمانی لحاظ می گردد. حرکت سیستم در طی هر گام زمانی به صورت تقریبی بر اساس یک مکانیزم فرضی برای پاسخ (مانند فرض شتاب ثابت یا تغییرات خطی شتاب در طول گام زمانی) ارزیابی می شود.

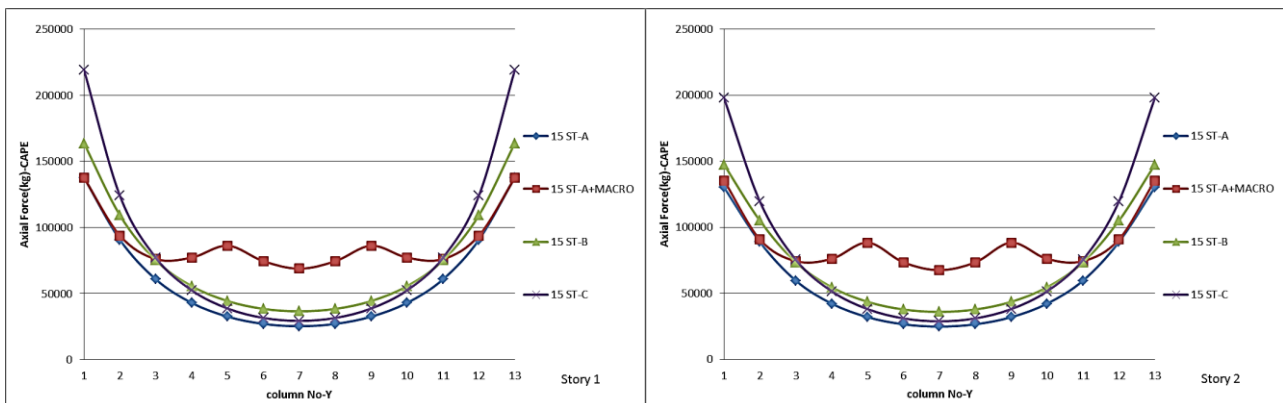
در این تحقیق، تحلیل خطی دینامیکی تاریخچه ی زمانی سازه ها با سه زلزله انجام شده است. با توجه به اینکه نوع زمین، تیپ ۳ فرض شده، زلزله هایی انتخاب شده است که در زمین نوع ۳ ثبت شده اند. مشخصات رکوردها در جدول ۲-۳ آورده شده است.

جدول ۲-۳: مشخصات رکوردهای زلزله

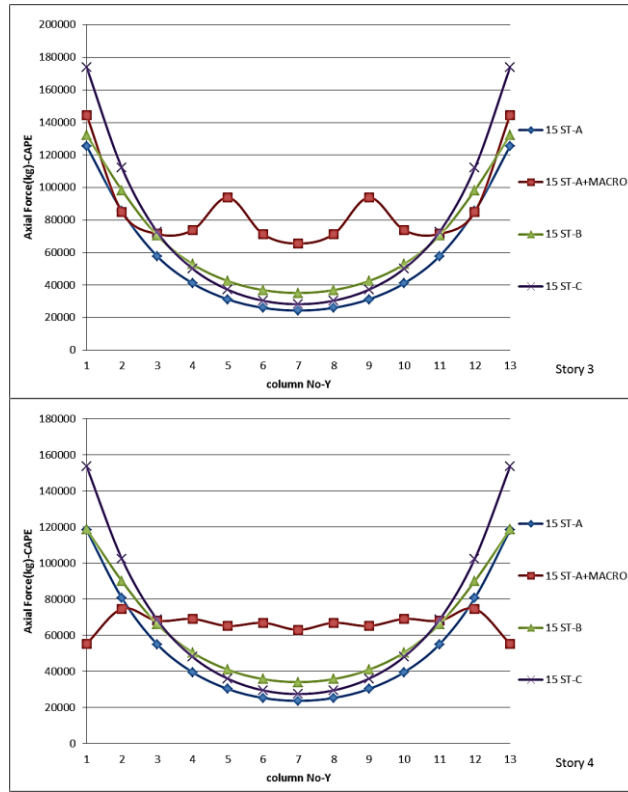
ردیف	زلزله	تاریخ	فاصله از گسل (km)	بزرگی زلزله	ماکزیمم شتاب (g)	گام های زمانی ورودی (s)
۱	Kobe	۱۹۹۵/۱/۱۶	۱۵/۴	۶/۹	۰/۵۰۳	۰/۰۱
۲	Coalinga	۱۹۸۳/۷/۹	۶/۳۴	۵/۱۸	۰/۳۳	۰/۰۰۵
۳	Cape	۱۹۹۲/۴/۲۵	۴/۵۱	۷/۱	۰/۵۹	۰/۰۲

#### ۴. بررسی نتایج نیروی محوری ستون ها

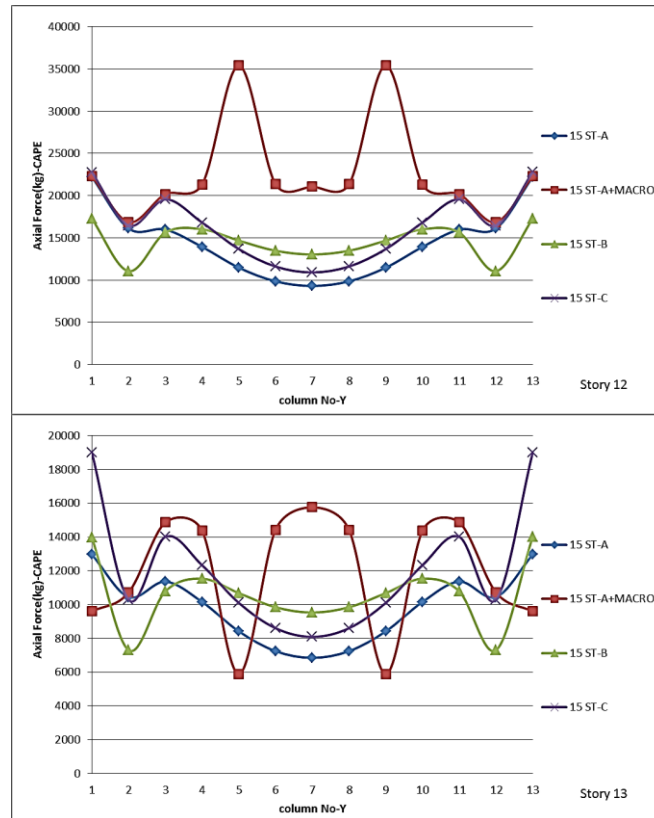
در مدل های مورد بررسی، نیروی محوری ستونها در چهار حالت مورد بررسی قرار گرفته است. در حالت اول، فقط از سیستم لوله ای استفاده شده است. در حالت دوم با استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس که یک سیستم بسیار موثر در کاهش لنگی برش می باشد استفاده شده و در حالت سوم و چهارم به ترتیب مقاطع تیرها و ستونها افزایش یافته و اثرات آنها در کاهش مقدار لنگی برش آورده شده است. لازم به توضیح است که برای هر کدام از زلزله ها، نتایج نیروی محوری بصورت جداگانه برای هر طبقه در چهار حالت گفته شده مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج در اشکال ۱-۴ الی ۱۲-۴ برای زلزله Cape آورده شده است. توضیحات مربوط به هر کدام از نتایج حاصل از زلزله ها، در پایان اشکال مربوط به آن زلزله در هر کدام از مدل ها آمده است.



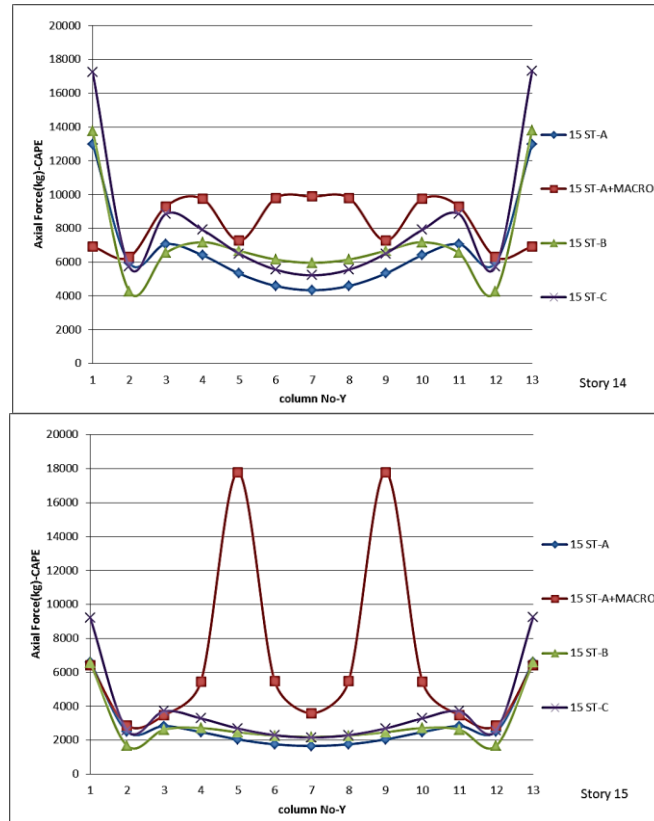
شکل ۱-۴: نیروی محوری ستون طبقه ۱ و ۲ سازه ۱۵ طبقه تحت رکورد CAPE



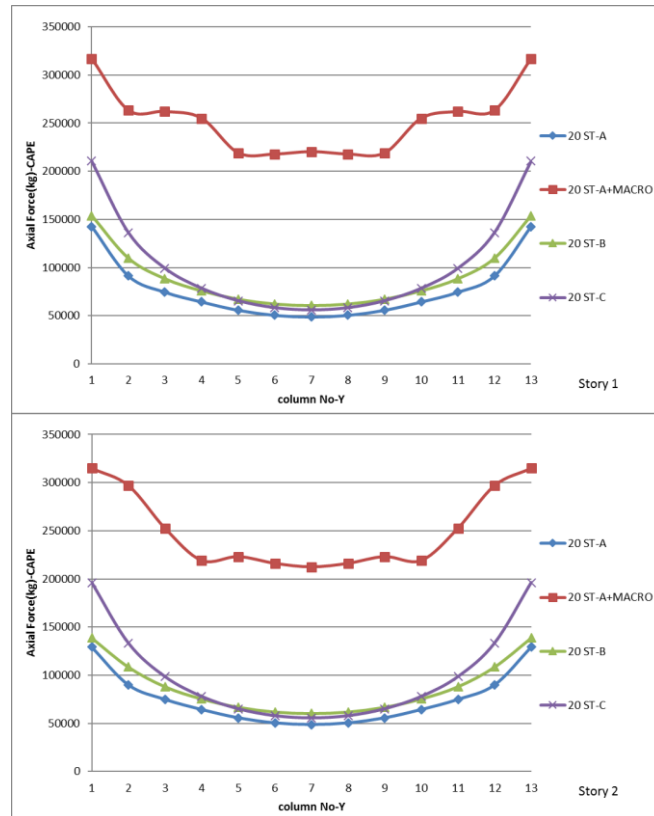
شکل ۴-۲: نیروی محوری ستون طبقه ۳ و ۴ سازه ۱۵ طبقه تحت رکورد CAPE



شکل ۴-۳: نیروی محوری ستون طبقه ۱۲ و ۱۳ سازه ۱۵ طبقه تحت رکورد CAPE

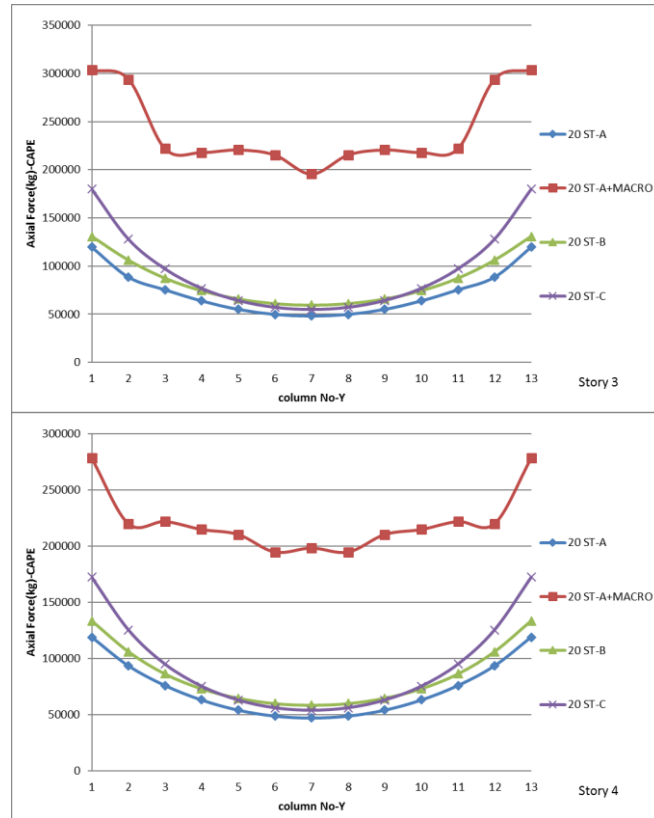


شکل ۴-۴: نیروی محوری ستون طبقه ۱۴ و ۱۵ سازه ۱۵ طبقه تحت رکورد CAPE

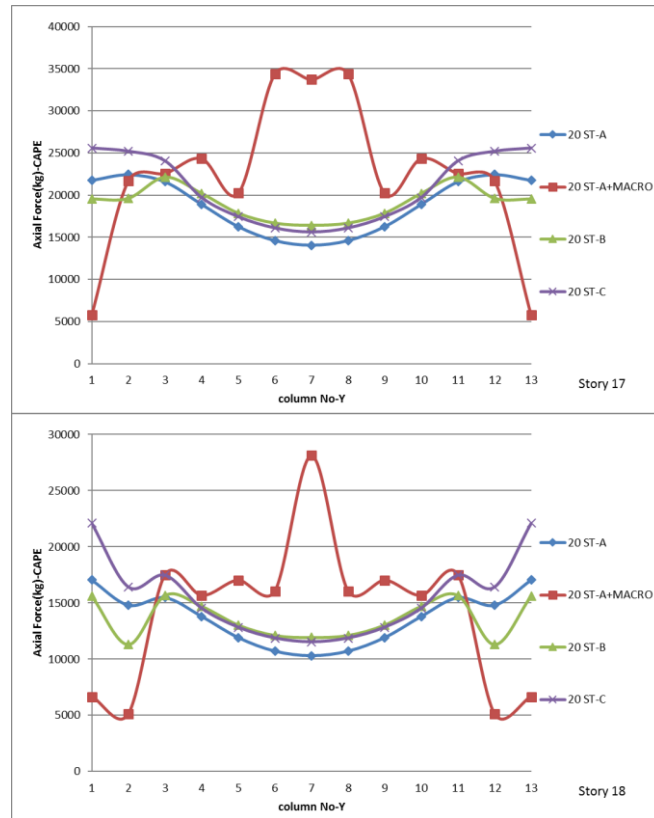


شکل ۴-۵: نیروی محوری ستون طبقه ۱ و ۲ سازه ۲۰ طبقه تحت رکورد CAPE

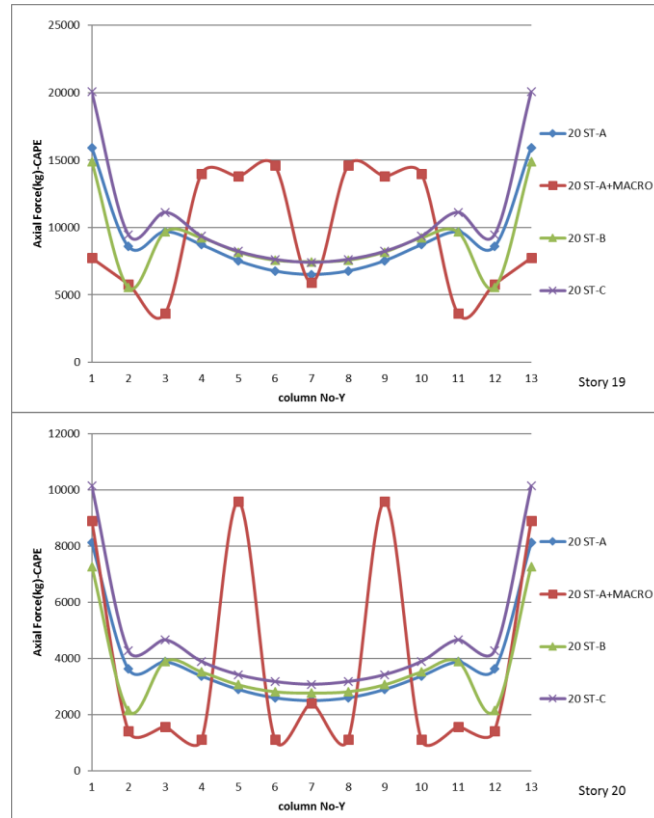




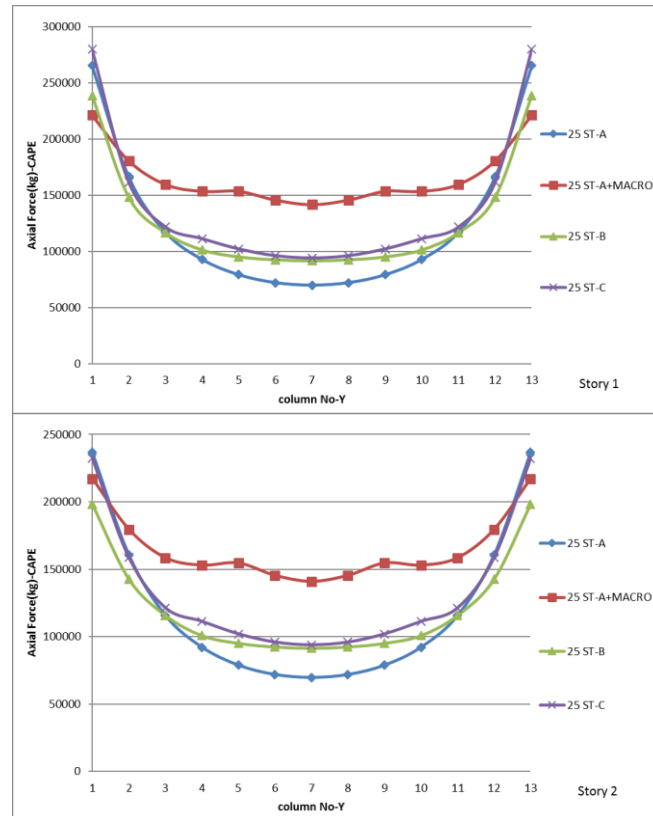
شکل ۴-۶: نیروی محوری ستون طبقه ۳ و ۴ سازه ۲۰ طبقه تحت رکورد CAPE



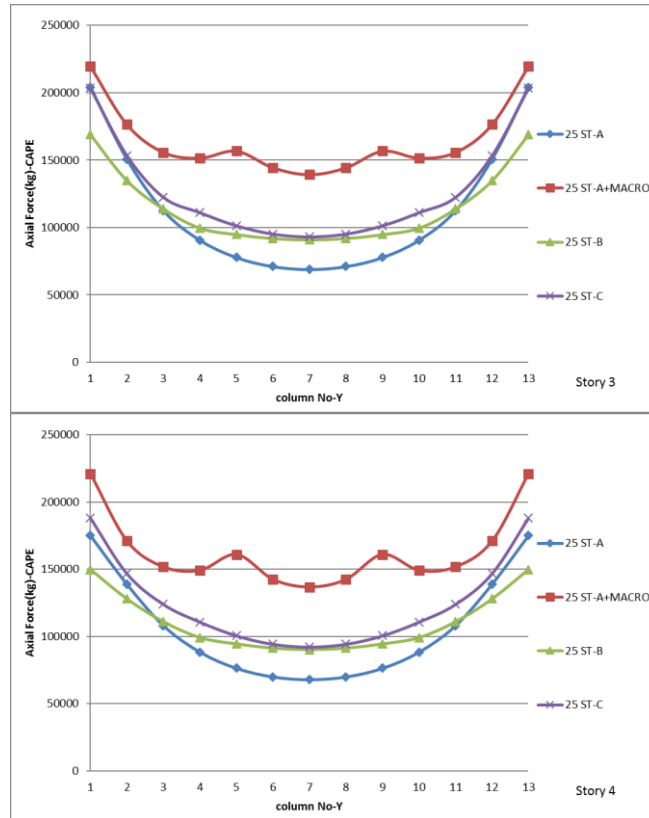
شکل ۴-۷: نیروی محوری ستون طبقه ۱۷ و ۱۸ سازه ۲۰ طبقه تحت رکورد CAPE



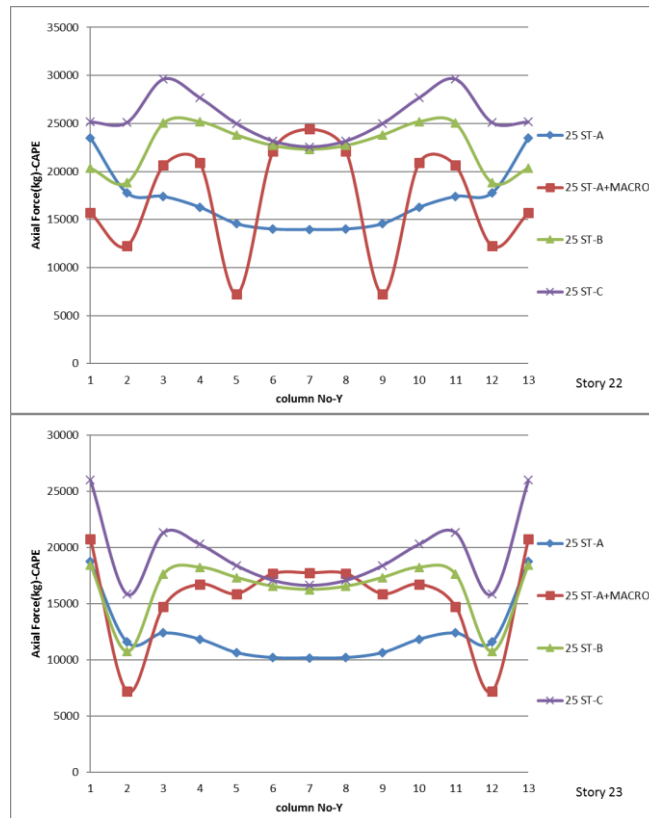
شکل ۴-۸: نیروی محوری ستون طبقه ۱۹ و ۲۰ سازه ۲۰ طبقه تحت رکورد CAPE



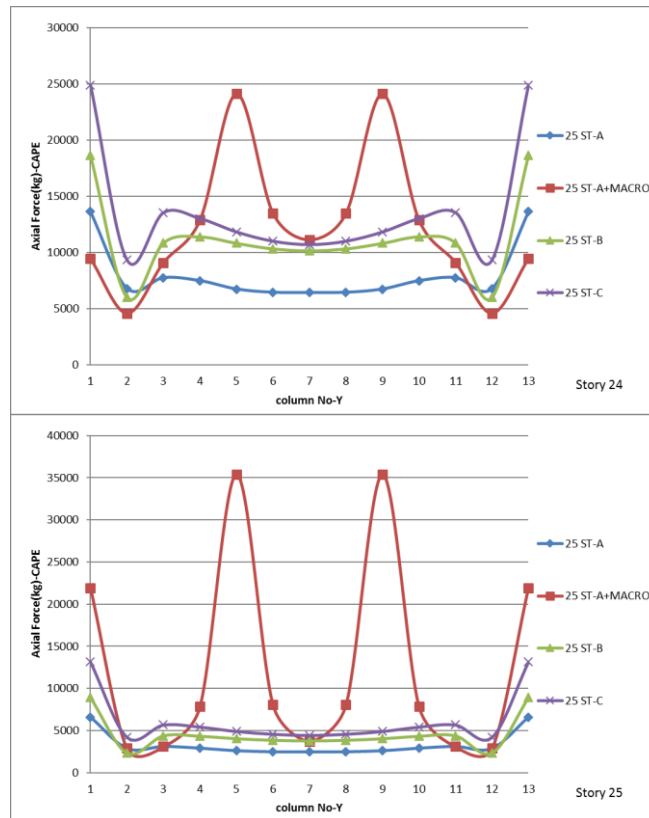
شکل ۴-۹: نیروی محوری ستون طبقه ۱ و ۲ سازه ۲۵ طبقه تحت رکورد CAPE



شکل ۴-۱: نیروی محوری ستون طبقه ۳ و ۴ سازه ۲۵ طبقه تحت رکورد CAPE



شکل ۴-۱۱: نیروی محوری ستون طبقه ۲۲ و ۲۳ سازه ۲۵ طبقه تحت رکورد CAPE



شکل ۴-۱۲: نیروی محوری ستون طبقه ۲۴ و ۲۵ سازه ۲۵ طبقه تحت رکورد CAPE

با بررسی نتایج برای مدل ۱۵ طبقه تحت زلزله Cape مشاهده می‌شود که مقدار لنگی برش در سیستم لوله‌ای بسیار مشهود بوده و قابل توجه است. از طرفی استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس توانسته است به خوبی اثر لنگی برشی را در طبقات کاهش داده و توزیع نیروی برشی طبقه را در مابین ستونهای پیرامونی قاب یکنواخت‌تر کند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس در سیستم لوله‌ای در طبقاتی که مهاربند به قاب متصل شده است، اثر کمتری در کاهش لنگی برش دارد. علت این امر نیز آن است که، در محل اتصال مهاربند به قاب، مهاربند نیروی محوری زیادی را به ستونهای متصل به گره مهاربند اعمال نموده و باعث افزایش مقدار نیروی محوری ستونها در آن طبقه می‌شود که این موضوع ارتباطی به لنگی برش ندارد. اما در حالت کلی مشاهده می‌شود که استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس باعث کاهش قابل توجهی از لنگی برش در مدل ۱۵ طبقه شده است. نتایج نشان می‌دهد که افزایش مقطع تیر و ستون نسبت مهاربند بزرگ مقیاس، تاثیر کمتری در کاهش لنگی برش دارند.

## ۵. نتیجه‌گیری

در طرح لوله‌ای فرض می‌شود که عناصر سازه‌ای پیرامونی ساختمان در مقابل بارهای جانبی همچون یک تیر با مقطع قوطی تو خالی که از زمین طره شده است عمل کند. برای بررسی عملکرد این سیستم در سازه‌های بتنی بلند مرتبه، سازه‌هایی با تعداد طبقات ۱۵، ۲۰ و ۲۵ طبقه، مورد بررسی قرار گرفته است. لنگی برش در این سیستم بعنوان یک مشکل اساسی می‌باشد که باعث عدم توزیع یکنواخت نیروی برشی طبقه ما بین ستونهای پیرامونی می‌شود که این موضوع هم سبب متغییر بودن مقدار نیروی محوری ستونها کناری نسبت بهم می‌شود که این مورد باعث ایجاد مشکلات اساسی در طراحی می‌گردد. برای از بین بردن لنگی برش در این سیستم روشهایی از قبیل مهاربندی سازه، افزایش مقطع تیر و ستون مطالعه شده است. در این تحقیق تاثیرات استفاده از روشهای فوق، در سیستمهای لوله‌ای مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آنها به شرح زیر می‌باشد:

۱- نتایج حاصل از تحلیل سه مدل فوق با سه رکورد زلزله، نشان می‌دهد که استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس بصورت قابل توجهی مقدار لنگی برش را کاهش می‌دهد. از طرفی با افزایش سختی جانبی سیستم که باعث افزایش سطح نیروی محوری

در المانها شده و مقدار آن را افزایش می‌دهد. همچنین بر اساس نتایج می‌توان گفت که مقدار لنگی برش طبقات بالاتر سازه‌ها، در هنگام استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس، بصورت آشفته تغییر می‌نماید که زیاد مطلوب نمی‌باشد.

۲- نتایج نشان دهنده آن است که افزایش مقطع تیر و مقطع ستون که هر کدام بصورت جداگانه بررسی شده است تاثیرات چندانی در مقایسه با مهاربند بزرگ مقیاس در کاهش مقدار لنگی برش نداشته و تغییرات چندانی را در توزیع برش طبقه بین ستونهای کناری ایجاد نمی‌کند.

۳- بر اساس نتایج بدست آمده از سه رکورد فوق، می‌توان گفت که استفاده از مهاربند بزرگ مقیاس در کاهش لنگی برش حساسیت زیادی به محتویات فرکانسی رکوردهای زلزله نداشته و در هر سه زلزله مورد استفاده در این تحقیق تاثیر قابل توجهی را در کاهش مقدار لنگی برش ایفا می‌نماید.

۴- لازم به توضیح است که در این مطالعه، اثرات همزمان افزایش مقطع تیر و ستون نیز مورد مطالعه قرار گرفته است. با توجه به نتیجه مشابه با افزایش مقطع تیر و ستون بصورت جداگانه، در نمودارها آورده نشده است. نتایج نشان داد که افزایش همزمان مقطع تیر و ستون تاثیر قابل توجهی در کاهش مقدار لنگی برش نداشته و توزیع نیروی محوری در مابین ستونهای قاب پیرامونی را یکنواخت نمی‌کند.

## منابع و ماخذ

۱. علی محمدپور، خسرو پيله وریان، مهدی علیرضایی "ارزیابی اثر باد بر روی ساختمان های با پلان مستطیل شکل ششمین کنگره ملی مهندسی عمران"، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران، ۶ و ۷ اردیبهشت ۱۳۹۰
۲. مسعود ابراهیمی، سیروان فرهادی، "ارزیابی میزان دقت مدل‌های ارائه شده برای نیروهای آیرودینامیکی وارده بر ساختمان در آئین نامه های طراحی" ساختمان مصطفی آشنا دانشگاه آزاد اسلامی - واحد سنندج، معاونت پژوهشی، فنی مهندسی دانشکده، گروه مهندسی مکانیک، گزارش نهایی
۳. محمدرضا عظیم زادگان، محمدعلی هادیان فرد، علی لشکری، "ارزیابی روشهای تحلیل سازه تحت اثر بار باد در سازه های بلند با نامنظمی هندسی"، هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۳۹۲
۴. فرهاد عابدی نیک، فرامرز خوشنودیان، "بررسی اثر صلبیت چشمه اتصال بر نتایج تحلیل در سازه های بلند با سیستم لوله ای فولادی"، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۳۸۷
۵. عباس حق اللهی، محسن بشارت فردوسی، یوسف مددی، "ارزیابی کارایی روش کنترل سازه های بلند فولادی طراحی شده با تحلیل دینامیکی طیفی بوسیله تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی مطابق با استاندارد ۲۸۰۰"، اولین کنفرانس بین المللی ساخت و ساز شهری در مجاورت گسله‌های فعال، ۱۳۹۰
۶. علی محمدپور خسرو پيله وریان، مهدی علیرضایی، "اثر باد بر روی ساختمان های با پلان منظم"، همایش ملی عمران و توسعه پایدار، ۱۳۹۱
۷. هاشم شریعتمدار، علی مهرداد بررسی، "آسیب پذیری سازه های بلند فولادی با استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی"، نشریه علمی و پژوهشی سازه و فولاد، سال پنجم شماره هی ششم پائیز و زمستان ۱۳۸۸
۸. NEHRP Recommended Provisions for the Development of Seismic Regulations for New Buildings, Building Seismic Safety Council, Washington, D.C., ۱۹۹۷.
۹. AISC ۱۹۹۷, "Seismic Provisions for Structural Steel Building" American Institute of Steel Construction, ۱۹۹۷.

۱۰- خیرالدین علی، نادرپور علی، "بررسی پدیده لنگی برش در ساختمانهای بتن‌آرمه با سیستم لوله‌ای"، فصلنامه مدلسازی مهندسی، دوره ۹، شماره ۲۶، ۱۳۹۰.

- ۱۱- Luo QZ, Tang J, and Li Q.S.. "Negative Shear Lag Effect in Box Girders with Varying Depth", J.Struct. Engage, ASCE, Vol. ۱۲۷ No. ۱۰, pp.۱۲۳۶-۹. (۲۰۰۱)
- ۱۲- Taranath, B. S, "Reinforced Concrete Design of Tall Buildings", CRC Press, ۲۰۱۰