

# کاهش نیاز لرزه ای قاب‌های فولادی بلند مرتبه با تغییر نوع مهاربندی همگرا در ارتفاع سازه

محسن گرامی<sup>۱\*</sup>، فرهاد دانشجو<sup>۲</sup> و روزبه صدری<sup>۳</sup>

استادیار و مدیر گروه پژوهشی فناوری های نوین - دانشگاه سمنان  
استاد گروه عمران - دانشکده فنی و مهندسی - دانشگاه تربیت مدرس  
شرکت کمانه خاوران

(تاریخ دریافت ۸۷/۷/۱۵، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۹/۳/۳۰، تاریخ تصویب ۸۹/۶/۳۰)

## چکیده

طراحی سازه به منظور مقاوم ماندن در برابر زلزله یکی از مباحث مهم سازه ای می باشد. با در نظر گرفتن پیشرفت‌های دانش لرزه ای و پاسخ سازه و دسترسی به انواع فناوری، توجه طراحان به این موضوع بیشتر از قبل شده است. در آیین نامه های مختلف لرزه ای سعی بر آن است که خسارت در سازه ها کنترل شود، تا نسبت به عملکرد لرزه ای سازه ها اطمینان بیشتری حاصل گردد. در این مطالعه، قاب‌های خمشی بلند مرتبه ۲۰ و ۲۵ طبقه مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی زمین لرزه های واقعی رودسر، ناغان، طیس، قرار گرفت و با تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع این قاب‌ها، تراز مناسب جهت تغییر نوع مهاربندی پیشنهاد گردیده است. در تغییرات مهاربندی‌ها، مهارهای هم محور ضریبی و شورون (V) مورد بررسی قرار گرفت به نحوی که توصیه آیین نامه های لرزه ای مبنی بر سختی طبقات پایین نسبت به سختی طبقات بالاتر، رعایت گردید. در انتها مشخص گردید که تغییر در نوع سیستم مهاربندی در تراز مشخصی از ارتفاع می تواند در بهبود رفتار لرزه‌ای سازه ها تحت زلزله، موثر باشد. این تراز مشخص، بستگی به تعداد طبقات، تعداد دهانه و نوع رکورد زمین لرزه دارد. به عنوان نمونه در سازه ۲۰ طبقه با جایگزینی سومین مهار هفتی، حداکثر بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای، حدود ۷۵٪ کاهش را نشان می دهد همچنین در سازه ۲۵ طبقه با جایگزینی سومین مهار هفتی، کمترین مقدار در حداکثر بیشینه نیاز دوران موضعی رخ می دهد.

**واژه های کلیدی:** سازه های فولادی، تحلیل دینامیکی غیر خطی تاریخچه زمانی، تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع، نیاز موضعی دوران، نیاز موضعی تغییر مکان نسبی

## مقدمه

لرزه ای مشخص به آن دست یافت. تعیین عملکرد گام مهمی به سوی مهندسی زلزله با اساس عملکرد است و انگیزه عمده ای برای ارزیابی دقیق نیازهای لرزه ای می باشد. از طرفی پارامتر نیاز تغییر شکل تجمعی معیاری را برای میزان خسارت آرایه کرده و می تواند تصویر متفاوتی را از پاسخ سازه نسبت به پاسخ های حاصل از حداکثر نیازهای تغییر شکل آرایه نماید.

امروزه مهم ترین هدف در طراحی سازه ها، کنترل نیاز لرزه ای سازه در برابر نیروهای جانبی در سطح کلی<sup>۱</sup> و در سطح موضعی<sup>۲</sup> می باشد. دستورالعمل های FEMA 273 [۱] حداکثر نیازهای تغییر شکل را به سطوح عملکرد مرتبط می سازد در صورتی که چنین ضوابطی در مورد نیازهای تغییر شکل تجمعی موضعی اعضا وجود ندارد. رفتار هر سیستم سازه ای در هنگام زلزله تا حد زیادی توسط ظرفیت استهلاک انرژی آن تعیین می شود و این رفتار شکل پذیر به

معمولا نیاز لرزه ای به پارامترهای پاسخی اطلاق می شود که برای تصمیم گیری در مورد طرح بررسی فنی مفیدند مثل رانش سقف‌ها، رانش طبقات ساختمان، یا تغییر شکل های محلی مانند چرخش مفصل پلاستیک. در واقع اساس طراحی بر اساس عملکرد شناسایی و تخمین پارامترهای نیاز طراحی برای سطوح عملکرد مورد نظر می باشد. با توجه به زلزله های اتفاق افتاده در سراسر دنیا و نمایان شدن ضعف طراحی لرزه ای بر اساس نیرو، روش های جدید برای ارزیابی نیازهای لرزه ای از قبیل روش تغییر مکان، روش انرژی و همچنین روش طراحی بر اساس عملکرد در حال گسترش می باشد. دستورالعمل FEMA جهت کنترل خسارت در سازه های فولادی مقادیر تغییر مکان نسبی سازه ها را محدود نموده است و عنوان می کند که فراتر رفتن از این مقادیر قابل قبول موجب نقص هدف عملکرد می شود که باید با یک احتمال

کننده های انرژی در سازه اشاره نموده است. اما در خصوص تغییر نوع سیستم مهاربندی در ارتفاع سازه بحث خاصی مطرح نموده است. Kumar [۴] ضمن بررسی اثرات سختی و شکل پذیری در مهاربندی ها به موضوع ظرفیت اتلاف انرژی در قابهای مهاربندی شده اشاره نموده است اما در خصوص تغییر نوع مهاربندی بحث نموده است.

قاسمی و صفری و ماهری [۵] نیز مطالعاتی در رابطه با مکان یابی محل مهاربندها در قابهای فولادی و بهینه یابی محل مهاربندها انجام داده اند که در آن با جابه جا نمودن محل مهاربندها در ترازهای مختلف و بررسی رفتارهای قابهای متفاوت به نتایجی دست یافته اند. آنها مقدار تنش در المانها، مقدار جابه جایی طبقات، در کشش نیفتادن پی ها، تعداد مهاربند در هر طبقه و نیز از لحاظ معماری، وجود یا عدم وجود مهاربند در دهانه خاص را در نظر گرفتند. برای کنترل مقدار تنش در المانها آنها با کمک از آیین نامه *AISC-ASD2000* مقدار تنش در روی المانها را به مقادیر تنش مجاز آیین نامه محدود کردند.

### مراحل تحقیق

قابهای بلند مرتبه ۲۰ و ۲۵ طبقه طی دو مرحله ۳ و ۷ دهانه مورد بارگذاری و تحلیل قرار گرفت. در مطالعه صورت گرفته، جهت بارگذاری ثقلی از مبحث ۶ مقررات ملی و جهت بارگذاری لرزه ای از استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ویرایش سوم) [۶] کمک گرفته شد. طول دهانه ها ثابت و برابر ۵ متر، ارتفاع طبقات ثابت و برابر ۳/۵ متر و عرض بارگیر قابها ۴/۵ متر در نظر گرفته شده است. همچنین فرض گردید که قابها بر روی خاک نوع ۲ قرار گرفته و از نظر اهمیت در رده متوسط قرار دارند. کلیه قابها دارای خطر نسبی زیاد هستند و از سیستم دو گانه خمشی فولادی ویژه همراه با مهاربند هم محور با (R=9) بکار گرفته شده است. همچنین در قابهای ۳ دهانه، دهانه میانی و در قابهای ۷ دهانه، دهانه های دوم، چهارم و ششم مهاربندی شده اند. پس از تحلیل و طراحی قابها، مهارهای هفتی به ترتیب جایگزین مهارهای ضربدری در ارتفاع سازه شدند (جایگزینی از بالا به پایین صورت گرفت) و پس از جایگزینی مهارها، مجدداً قابها مورد تحلیل و طراحی قرار گرفتند. لازم به ذکر است آیین نامه های زلزله تاکید دارند که سختی نسبی طبقه ای در طبقات پایین کمتر از سختی نسبی طبقات بالاتر نباشند و در غیر این صورت انجام تحلیل های دینامیکی را توصیه می نمایند. در تحقیق حاضر این موضوع

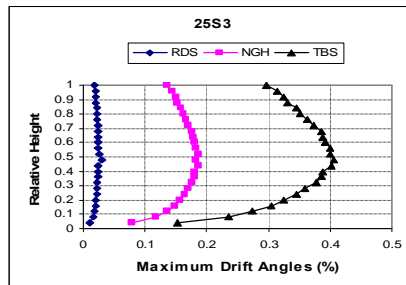
نوبه خود می تواند به وسیله شکست های موضعی ناگهان<sup>۳</sup> و ناپایداری های دینامیکی تحت تاثیر قرار گیرد. در هر حال با توجه به تجربه معیارهای طراحی، عموماً بر اساس روش های استاتیکی و یا دینامیکی خطی به دست می آیند و پارامترهای کنترل کننده بجای شکل پذیری مورد نیاز<sup>۴</sup> همان نیروهای جانبی و تغییر مکانها می باشند. در این مطالعه ۲ پارامتر مهم لرزه ای ( بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای<sup>۵</sup> و بیشینه نیاز دوران موضعی<sup>۶</sup> که در اکثر کدها و آیین نامه های لرزه ای<sup>۷</sup> کنترل آنها دارای ضابطه می باشد مورد بررسی آماری قرار گرفته است. با توجه به این مطلب که تغییر مهاربند در ارتفاع سازه کمتر مورد توجه محققین قرار گرفته است لذا در این مقاله به بررسی رفتار لرزه ای سازه های فولادی بلند مرتبه با تغییر مهاربند در ارتفاع سازه پرداخته شده است. بدین منظور قابهای خمشی بلند مرتبه ۲۰ و ۲۵ طبقه با ۳ و ۷ دهانه پس از بارگذاری و طراحی بر اساس استانداردهای ایران، تحت ۳ زلزله طبس، ناغان و رودسر مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفت و با تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع این قابها و بررسی در پارامترهای ذکر شده، تراز مناسب جهت تغییر نوع مهاربندی پیشنهاد گردیده است. هدف این بررسی تغییرات نیاز لرزه ای سازه با تغییر نوع سیستم مهاربندی در تراز ارتفاعی سازه می باشد. چنانچه بتوان با تغییر نوع سیستم مهاربندی در ارتفاع به کاهش نیاز لرزه ای دسترسی پیدا نمود، می توان کاهش نیاز لرزه ای مذکور را به عنوان عامل اثر گذار در طراحی ها مورد توجه قرار داد.

### تاریخچه مطالعات صورت گرفته

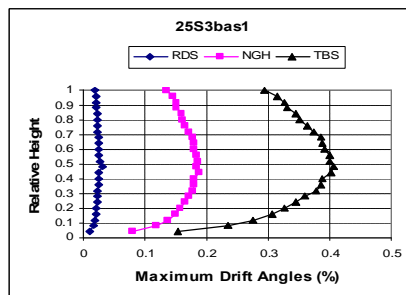
برجیان و برخورداری [۲] مطالعاتی پیرامون تعیین فرم و موقعیت بهینه بادبندها در ساختمانهای مدولار شهری داشته اند که در آن برای ساختمانهای مدولار شهری شکل و محل بهینه برای مهاربندها تعیین شده است. آنها به این نتیجه رسیدند که توزیع مناسب مهاربندها در پلان و در ارتفاع می تواند از تمرکز نیروها کاسته و تقویت های محلی و به ویژه میزان کشش احتمالی در پی را کاهش دهد که از نظر اقتصادی نیز تاثیر به سزایی در کاهش هزینه کل مقاوم سازی دارد.

Field و Ko [۳] ضمن بررسی اثرات شکل پذیری در سیستمهای مهاربندی ضربدری به موضوع مستهلک

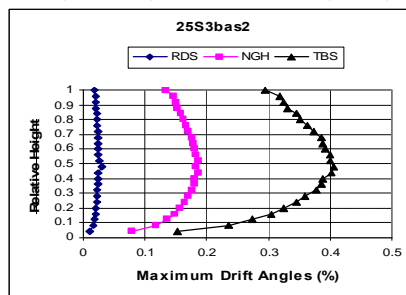
شد که نتایج تحلیل با نتایج سایر محققین ( در قاب‌های خمشی فولادی ) از انطباق مناسبی برخوردار می باشد .  
به عنوان نمونه نمودارهای مربوط به تغییر مکان نسبی میان طبقه ای برای قاب‌های ۲۵ طبقه و ۳ دهانه تحت ۳ رکورد در ادامه نمایش داده شده اند . در این نمودارها ستون عمودی مربوط به ارتفاع نسبی و ستون افقی آن مربوط به بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای به درصد می باشد.



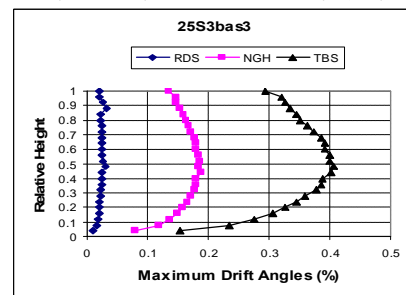
الف- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در تمام ارتفاع



ب- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۲۴ طبقه



ج- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۲۳ طبقه



د- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۲۲ طبقه

مورد توجه بوده و تغییرات مورد نظر در نوع سیستم مهاربندی در محدوده تغییراتی که منجر به نامنظمی در ارتفاع سازه گردد نمی شود. در تحلیل غیرخطی سازه ها از ۳ شتابنگاشت طیس با بیشینه شتاب زمین 0.93g، ناغان با بیشینه شتاب زمین 0.72g و رودسر با بیشینه شتاب زمین 0.78g استفاده شده است .  
همچنین در تحلیل های غیرخطی از نرم افزار DRAIN-2DX کمک گرفته شده است .

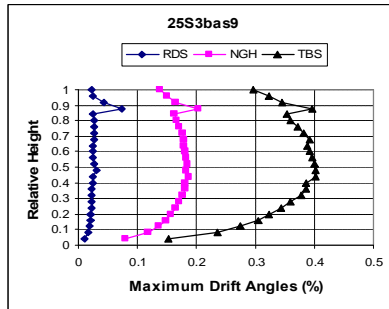
## نامگذاری قاب‌ها

نام گذاری قاب‌ها با توجه به تغییر در مهاربندی در ارتفاع بدین گونه است که عدد اول از سمت چپ بیان کننده تعداد طبقات می باشد و اولین رقم پس از حرف S بیان کننده تعداد دهانه می باشد . به عنوان مثال قاب 20S3 قابی است ۲۰ طبقه که دارای ۳ دهانه می باشد که از این ۳ دهانه، دهانه میانی آن مهاربندی شده است همچنین عدد بعد از bas بیان کننده تعداد مهارهای هفتی در قابها می باشد به عنوان مثال قاب 25s3bas3 قابی است ۲۵ طبقه با ۳ دهانه که ۳ طبقه از آن دارای مهار هفتی است و قاب 20s3bas1 قابی است ۲۰ طبقه با سه دهانه که تنها دهانه بالایی آن دارای مهار هفتی می باشد .

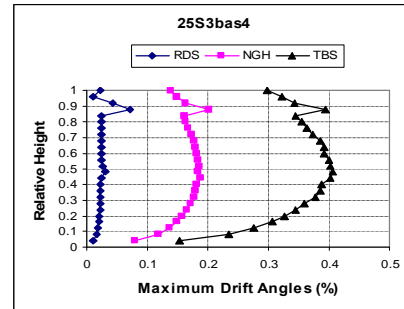
## بررسی تغییر مکان نسبی میان طبقه ای قاب‌ها با تحلیل دینامیکی غیرخطی

نیاز تغییر مکان نسبی طبقه یکی از شاخص‌های اصلی ارزیابی خسارت لرزه ای است و تغییر مکان نسبی طبقه‌ای در طراحی لرزه ای قاب‌ها به دلایل مختلف حائز اهمیت می باشد . تخمین جابه جایی نسبی برای تعیین حداقل فاصله با ساختمان‌های مجاور ( درز انقطاع ) به منظور ممانعت از ضربه به یکدیگر، لازم می باشد . تغییر مکان نسبی طبقات سهم قابل توجهی در ایجاد صدمه به اجزای سازه ای و غیر سازه ای دارند. توجه روز افزون به هزینه های ناشی از خسارت لرزه ای و مشکلات ناشی از آن ( در حوزه ورود سازه به رفتار غیرخطی ) به ضرورت کنترل میزان خسارات و قابلیت تعمیر سازه در مرحله طراحی تاکید می کنند [۷] .

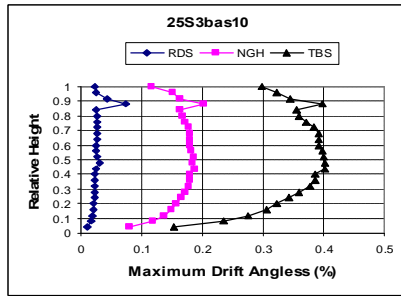
با تحلیل قاب‌ها و ثبت نتایج تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در گام‌های زمانی متفاوت، مقدار تغییر مکان نسبی میان طبقه ای محاسبه گردید. بیشینه مقدار این پارامتر جهت بررسی های بعدی ثبت گردید و مشخص



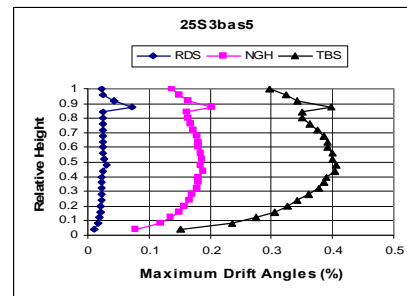
ی- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۶ طبقه



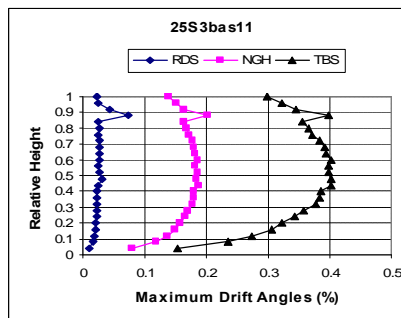
ه- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۲۱ طبقه



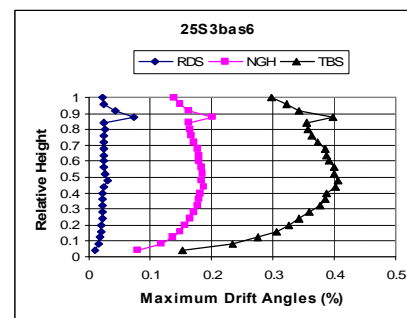
ک- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۵ طبقه



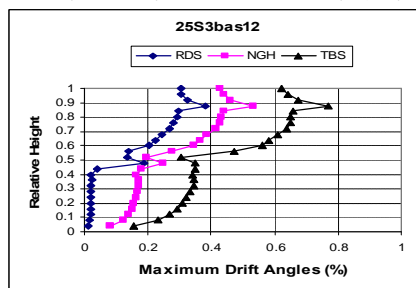
و- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۲۰ طبقه



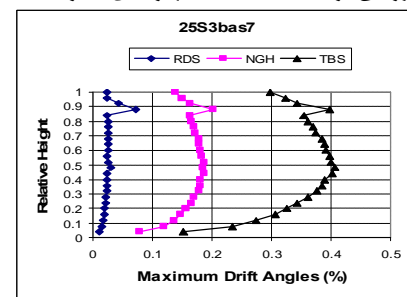
ل- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۴ طبقه



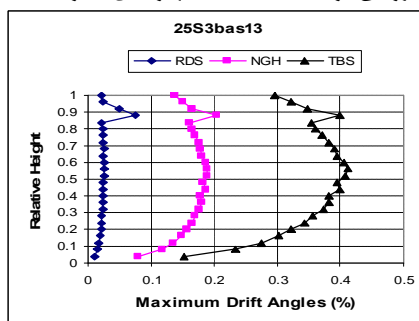
ز- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۹ طبقه



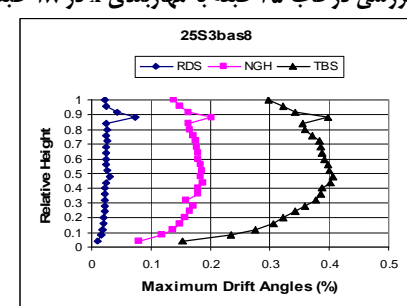
م- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۳ طبقه



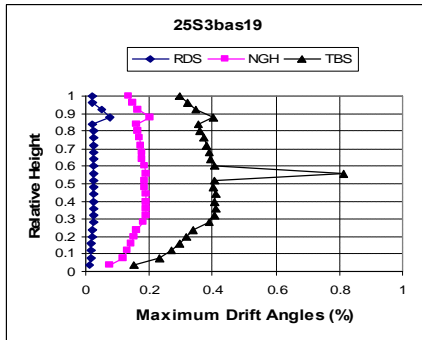
ح- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۸ طبقه



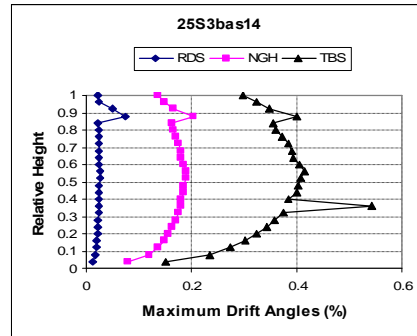
ن- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۲ طبقه



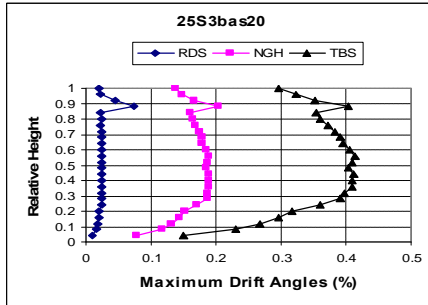
ط- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۷ طبقه



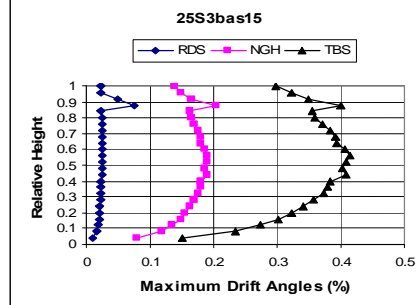
ر- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۶ طبقه



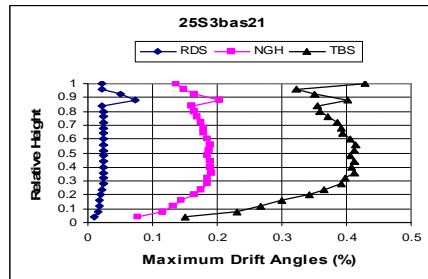
س- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۱ طبقه



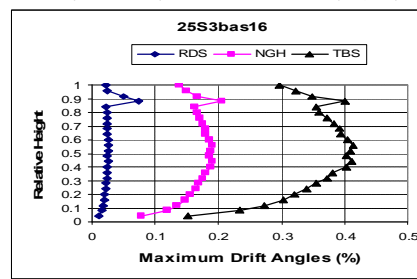
ش- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۵ طبقه



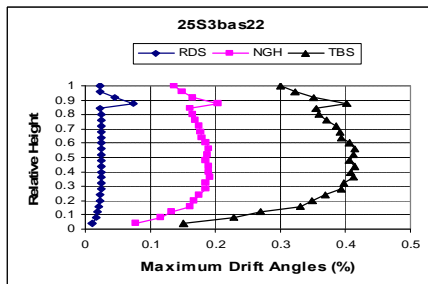
ع- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۰ طبقه



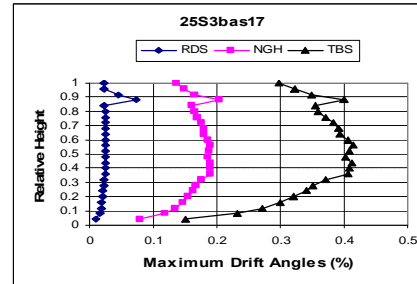
ت- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۴ طبقه



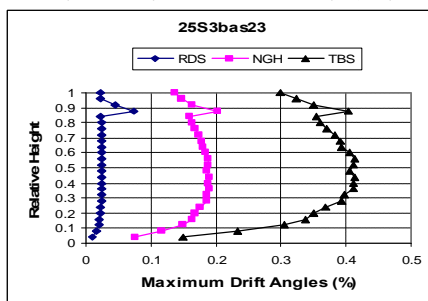
ف- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۹ طبقه



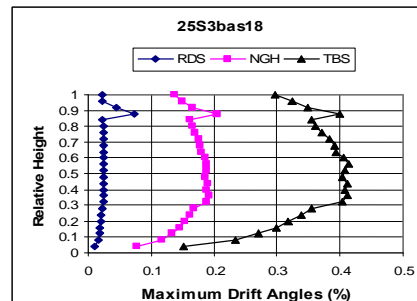
ث- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۳ طبقه



ص- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۸ طبقه



خ- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۲ طبقه



ق- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۷ طبقه

ب - کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در طبقه اول مشاهده گردیده است .

ج - درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای تا طبقه دوازدهم آهنگی رو به رشد داشته اما پس از آن این آهنگ کاهشی بوده است.

از بررسی نمودارهای شکل (۱-ن) که در آن درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای نسبت به ارتفاع نسبی آن ( برای قاب 25S3bas13 ) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد :

الف - درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در طبقات بالایی دچار تغییر شده است . بیشترین مقدار درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در طبقه بیست و دوم رخ داده است .

ب - کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در طبقه اول مشاهده گردیده است .

ج - درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای تا طبقه چهاردهم آهنگی رو به رشد داشته اما پس از آن این آهنگ هم کاهشی و هم افزایشی بوده است . از بررسی نمودارهای شکل (۱-ض) که در آن درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن ( برای قاب 25S3bas25 ) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد :

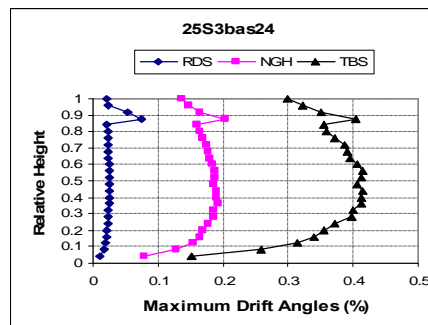
الف - درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در طبقات پایینی و بالایی دچار تغییر شده است . بیشترین مقدار درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در طبقه بیست و دوم ( به جز رکورد طبس ) رخ داده است .

ب - کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در طبقه دوم مشاهده گردیده است .

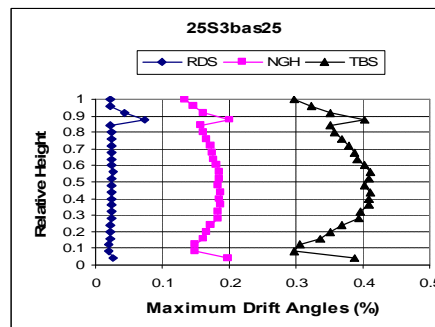
ج - مقدار درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در طبقات با آهنگ افزایشی یا کاهشی منظمی تغییر نکرده است .

با بررسی نمودارهای شکل (۱) که مربوط به سازه ۲۵ طبقه با ۳ دهانه می باشد نتایج زیر حاصل می گردد :

الف - با افزایش جایگزینی مهار هفتی به جای مهار ضربدری در ارتفاع سازه (از بالا به پایین) تغییرات در



ذ- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی X در ۱ طبقه



ض- بررسی در قاب ۲۵ طبقه با مهاربندی V در تمام طبقات

شکل ۱: حداکثر نیاز جابه جایی نسبی طبقات تحت زمینی لرزه های مختلف در قاب ۲۵ طبقه با ۳ دهانه با تغییر در تراز تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع.

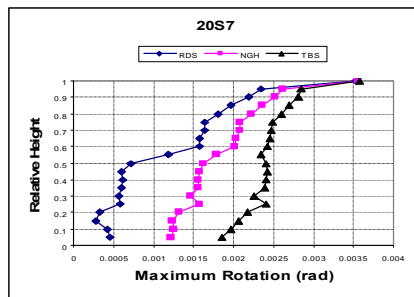
از بررسی تغییرات نیاز در ارتفاع سازه های مورد بررسی مشاهده می گردد که غالباً نرخ تغییرات نیاز در تراز  $\frac{1}{3}$  بالای سازه دچار تغییر اساسی گردیده است. این موضوع که نیازهای لرزه ای در محدوده طبقات بالا دچار تغییر اساسی می گردد در سایر تحقیقات همانند تحقیق مراجع [۷] و [۹] در قاب های خمشی نیز مشاهده گردیده است لکن، چنین رفتاری در سازه های مهاربندی شده مورد تحقیق حاضر نیز مشاهده گردید که این موضوع به اثر موده های بالاتر در ارزیابی لرزه ای سازه های بلند مرتبه مربوط می گردد.

از بررسی نمودارهای شکل (۱-الف) که در آن درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن ( برای قاب 25S3 ) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد :

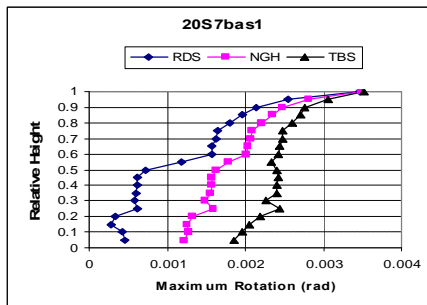
الف - بیشترین مقدار درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در طبقه دوازدهم رخ داده است ( به غیر از رکورد ناغان ) .

ارزیابی عملکرد لرزه ای سازه به صورت ایده آل بایستی بر اساس تحلیل های تاریخچه زمانی غیرخطی سیستم سازه ای با منظور نمودن اثرات واقعی پی و با استفاده از مجموعه زمین لرزه های محتمل انجام گیرد. بدین منظور پس از تحلیل و طراحی قابها، تمامی قابها به کمک نرم افزار *DRAIN-2DX* مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفت.

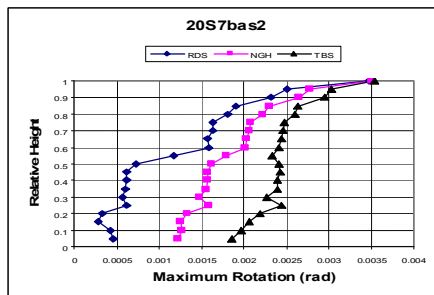
با تحلیل قابها و ثبت نتایج مقدار دوران موضعی در گامهای زمانی حاصل از شتابنگاشتهای طبس، ناغان و رودسر مقدار دوران موضعی محاسبه گردید. به عنوان نمونه نمودارهای مربوط به نیاز دوران موضعی برای قاب ۲۰ طبقه و ۷ دهانه تحت ۳ رکورد در ادامه نمایش داده شده اند. در این نمودارها ستون عمودی مربوط به ارتفاع نسبی و ستون افقی آن مربوط به بیشینه دوران موضعی در گره انتهایی قابها در هر طبقه (بر حسب رادیان) می باشد.



الف- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در تمام ارتفاع



ب- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۱۹ طبقه



ج- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۱۸ طبقه

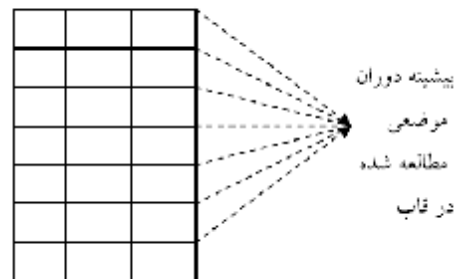
درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در طبقات پایینی، میانی و بالایی دیده می شود. ب - بیشترین مقدار درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای هنگامی رخ می دهد که مهارهای هفتی در طبقات پایین جایگزین مهار ضربدری شود. ج - کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای هنگامی رخ می دهد که هفدهمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری شود.

## بررسی دوران موضعی قابها با تحلیل دینامیکی غیرخطی

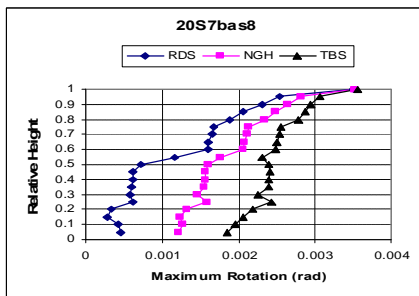
یکی از معیارهای مقایسه جهت ارزیابی نیاز لرزه ای سازه، حداکثر چرخش ( دوران ) اعضای هر طبقه می باشد لازم به ذکر است Quiroz and Antinossi [۸] نیز در مطالعه خود جهت بررسی تحلیل اتصالات مرکب در قابهای بدون مهاربند که تحت بار وزن و باد هستند، پارامتر دوران موضعی را جهت ارزیابی نیاز لرزه ای انتخاب نمودند.

با تحلیل قابها و ثبت نتایج مقدار دوران موضعی در گامهای زمانی متفاوت، مقدار دوران موضعی محاسبه گردید. بیشینه مقدار این پارامتر جهت بررسی های بعدی ثبت گردید و مشخص شد که نتایج تحلیل با نتایج سایر محققین ( در قابهای خمشی فولادی ) از انطباق مناسبی برخوردار می باشد.

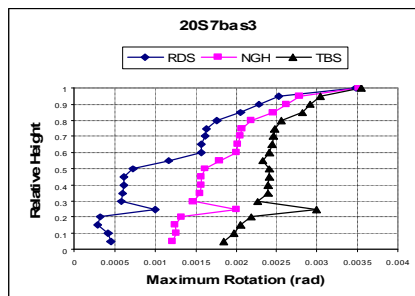
مقدار دوران موضعی برای کلیه قابها، مربوط به گره انتهایی در قاب می باشد که در شکل (۲) نمایش داده شده است.



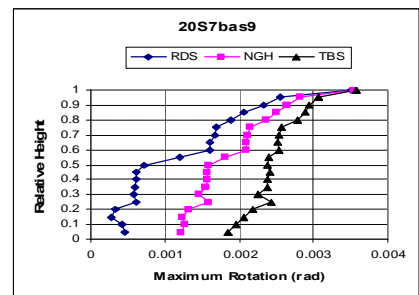
شکل ۲: بیشینه دوران موضعی گره مورد مطالعه در یک قاب نمونه.



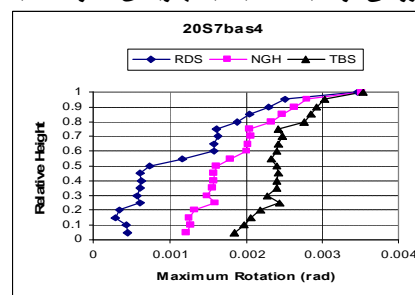
ی- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۱۲ طبقه



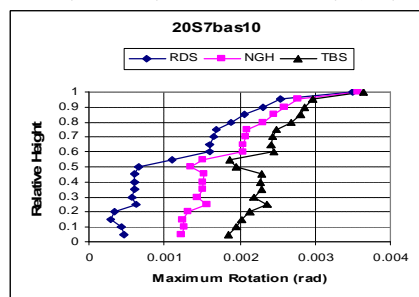
د- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۱۷ طبقه



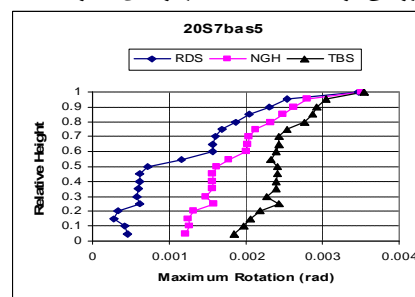
ک- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۱۱ طبقه



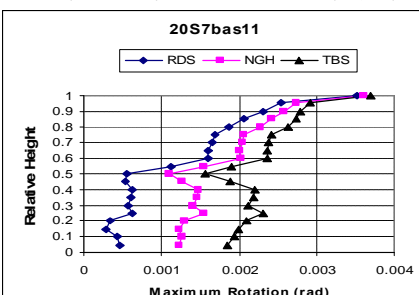
ه- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۱۶ طبقه



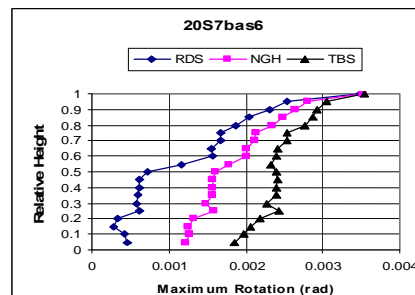
ل- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۱۰ طبقه



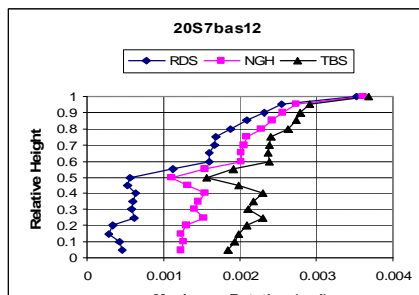
و- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۱۵ طبقه



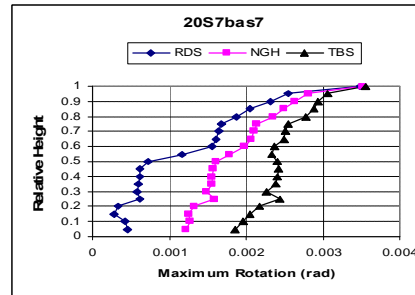
م- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۹ طبقه



ح- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۱۴ طبقه

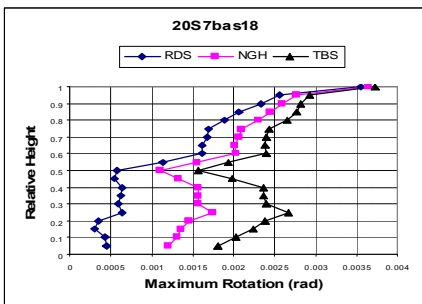


س- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۸ طبقه

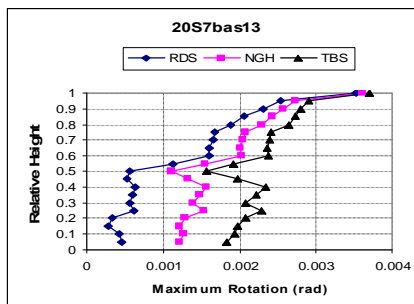


ط- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۱۳ طبقه

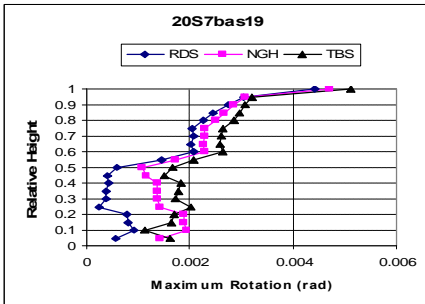




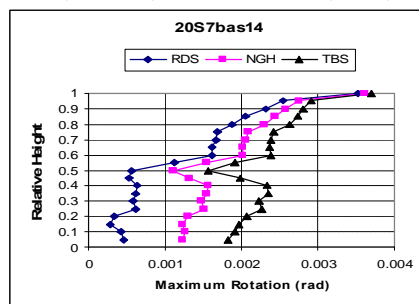
ش- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۲ طبقه



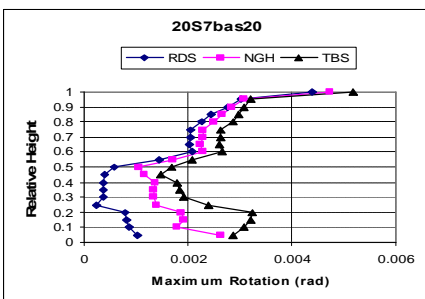
ع- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۷ طبقه



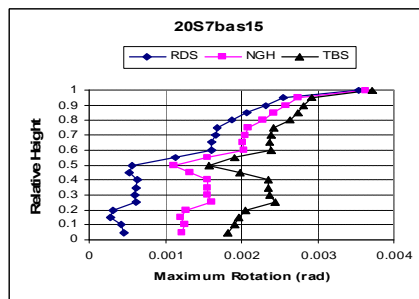
ت- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۱ طبقه



ف- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۶ طبقه



ث- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی ۷ در تمام طبقات

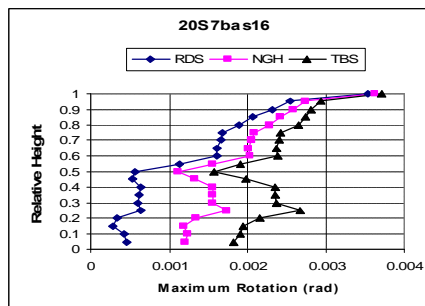


ص- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۵ طبقه

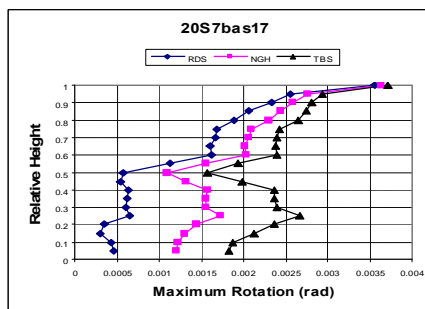
شکل ۳: حداکثر نیاز دوران موضعی گره تحت زمین لرزه های مختلف در قاب ۲۰ طبقه ۷ دهانه با تغییر در تراز تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع.

از بررسی نمودارهای شکل (۳-الف) که در آن بیشینه نیاز دوران موضعی گره انتهایی قاب در هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن ( برای قاب 20S7 ) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد :

- الف - بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات میانی و بالایی دچار تغییرات بیشتری شده است . بیشترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقه بیستم ( طبقه آخر ) رخ داده است .
- ب - کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی تحت رکورد طبس در طبقه اول و تحت رکورد ناغان و رودسر در طبقه سوم روی داده است .



ق- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۴ طبقه



ر- بررسی در قاب ۲۰ طبقه با مهاربندی X در ۳ طبقه

تغییرات در بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات بالایی دیده می شود .

ب - بیشترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی زمانی که سومین مهار هفتی جایگزین مهارهای ضربدری میشوند رخ می دهد .

ج - کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی تحت رکورد طبس هنگامی که نوزدهمین و تحت رکورد ناغان و رودسر هنگامی که تمامی مهارهای هفتی جایگزین مهارهای ضربدری شده اند رخ می دهد .

### نتیجه گیری

هدف از این تحقیق یافتن تراز مناسب جهت تغییر نوع مهاربند در ارتفاع سازه به منظور بهبود عملکرد لرزه ای سازه های بلند مرتبه می باشد . بدین منظور سازه های دو بعدی ۲۰ و ۲۵ طبقه توسط نرم افزار DRAIN-2DX تحت ۳ رکورد رودسر، ناغان و طبس مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفت .

با بررسی بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای و بیشینه نیاز دوران موضعی گره ای به عنوان معیارهای ارزیابی لرزه ای سازه در حوزه غیر ارتجاعی، در سازه های بلند مرتبه ( ۲۰ و ۲۵ طبقه ) نتایج زیر حاصل گردید :

- در سازه ۲۰ طبقه و ۳ دهانه زمانی که ۴۰٪ مهارها در ارتفاع هفتی هستند کمترین مقدار در حداکثر بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای رخ می دهد و با افزایش دهانه از ۳ به ۷، زمانی که ۵۰٪ مهارها در ارتفاع هفتی هستند کمترین مقدار در حداکثر بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای رخ می دهد.
- در سازه ۲۵ طبقه (۳ و ۷ دهانه) زمانی که ۴ تا ۸ درصد مهارها در ارتفاع هفتی هستند کمترین مقدار در حداکثر بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای رخ می دهد.
- حداکثر بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در سازه ۲۰ طبقه و ۷ دهانه در طبقه هفدهم رخ داده که با جایگزینی سومین مهار هفتی این مقدار در رکورد رودسر ۹۰٪ و در رکورد ناغان ۷۰٪ و در رکورد طبس ۵۷٪ در همان طبقه کاهش یافته است.
- حداکثر بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در سازه ۲۵ طبقه (۳ و ۷ دهانه) در طبقه دوازدهم رخ داده که تحت دو رکورد طبس و ناغان با جایگزینی

ج - بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات میانی همواره آهنگی افزایشی داشته است ( ۵٪ ) .

از بررسی نمودارهای شکل (۳-ل) که در آن بیشینه نیاز دوران موضعی گره انتهایی قاب در هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 20S7bas10) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد :

الف - بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات میانی و بالایی دچار تغییرات بیشتری شده است . بیشترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقه بیستم (طبقه آخر) رخ داده است .

ب - کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی تحت رکورد طبس در طبقه یازدهم و تحت رکورد ناغان در طبقه دهم و تحت رکورد رودسر در طبقه سوم روی داده است .

ج - بیشینه نیاز دوران موضعی در برخی از طبقات کاهش و در برخی دیگر افزایش یافته است و از نظم خاصی پیروی نمی کند .

از بررسی نمودارهای شکل (۳-ث) که در آن بیشینه نیاز دوران موضعی گره انتهایی قاب در هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 20S7bas20) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد :

الف - بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات پایینی، میانی و بالایی دچار تغییرات بیشتری شده است. بیشترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقه بیستم (طبقه آخر) رخ داده است .

ب - کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی تحت رکورد طبس در طبقه نهم و تحت رکورد ناغان در طبقه دهم و تحت رکورد رودسر در طبقه پنجم روی داده است .

ج - بیشینه نیاز دوران موضعی در برخی از طبقات کاهش و در برخی دیگر افزایش یافته است و از نظم خاصی پیروی نمی کند .

با بررسی نمودارهای شکل (۳) که مربوط به سازه ۲۰ طبقه با ۷ دهانه می باشد نتایج زیر حاصل می گردد :

الف - با افزایش جایگزینی مهار هفتی به جای مهار ضربدری در ارتفاع سازه ( از بالا به پایین ) همواره تغییرات در بیشینه نیاز دوران موضعی از طبقات بالایی به طبقات پایینی منتقل می شود . اما همواره

رخ داده است (تحت هر ۳ رکورد) که در رکورد رودسر با جایگزینی بیست و چهارمین مهار هفتی این مقدار ۳۱٪ در همان طبقه کاهش یافته است و در دو رکورد ناغان و طبس با جایگزینی سومین مهار هفتی این مقدار ۲/۵٪ در همان طبقه کاهش یافته است.

### نتیجه گیری

از تحقیقات انجام شده در این مطالعه نتیجه گردید که با تغییر تراز مهاربند در ارتفاع سازه (از ضربدردی به هفتی) رفتار لرزه ای سازه در شاخص های بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای (max story drift angle demand) و بیشینه نیاز دوران موضعی (max local rotation demand) بهبود یافت و از توزیع مناسبتری در ارتفاع سازه پیروی نموده است بنحویکه:

- حداکثر بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای در طبقه کاهش پیدا کرده است (تا ۹۰٪).
- حداکثر بیشینه نیاز تغییر مکان نسبی میان طبقه ای سازه در مقایسه با زمانی که سازه تمام ضربدردی بوده است تغییر کرده است (تا ۹۳٪).
- حداکثر بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقه کاهش پیدا کرده است (تا ۸۴٪).
- حداکثر بیشینه نیاز دوران موضعی سازه در مقایسه با زمانی که سازه تمام ضربدردی بوده است تغییر کرده است (تا ۸٪).

دوازدهمین مهار هفتی این مقدار ۱۰٪ در همان طبقه کاهش یافته است.

- در سازه ۲۰ طبقه (۷ و ۳ دهانه) زمانی که ۵٪ مهارها در ارتفاع هفتی هستند کمترین مقدار در حداکثر بیشینه نیاز دوران موضعی رخ می دهد.
- در سازه ۲۵ طبقه و ۳ دهانه زمانی که ۱۲٪ مهارها در ارتفاع هفتی هستند کمترین مقدار در حداکثر بیشینه نیاز دوران موضعی رخ می دهد.
- حداکثر بیشینه نیاز دوران موضعی در سازه ۲۰ طبقه و ۳ دهانه در طبقه بیستم (بالاترین طبقه) رخ داده است (تحت هر ۳ رکورد) که در رکورد رودسر با جایگزینی سیزدهمین مهار هفتی این مقدار ۸۴٪ در همان طبقه کاهش یافته است و در رکورد ناغان با جایگزینی شانزدهمین مهار هفتی این مقدار ۴۵٪ در همان طبقه کاهش یافته است و در رکورد طبس با جایگزینی اولین مهار هفتی این مقدار ۱٪ در همان طبقه کاهش یافته است.
- حداکثر بیشینه نیاز دوران موضعی در سازه ۲۰ طبقه و ۷ دهانه در طبقه بیستم (بالاترین طبقه) رخ داده است که با جایگزینی اولین مهار هفتی این مقدار ۲٪ در همان طبقه کاهش یافته است (تحت هر ۳ رکورد).
- حداکثر بیشینه نیاز دوران موضعی در سازه ۲۵ طبقه و ۳ دهانه در طبقه بیست و پنجم (بالاترین طبقه)

### مراجع

- 1 - FEMA-273, (1997). "NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings." *Federal Emergency Management Agency*.
- 2 - Borjyan Brojeny. F, Barkhordary. M, (2001). *Parametric study of form and location of bracing for optimal design of modular structures*, Iran University of science and technology (in persion).
- 3 - Ko, E. and Field, C. (2003). *The unbonded brace*, From research to Californian Practice.
- 4 - Kumar, G. and Kumar, S. (2007). "Behavior of frames with non buckling bracing under earthquake loading." *Journal of Constructional Steel Rresearch*, Vol. 63, Iissue 2.
- 5 - Mehri, M. and Safari, D. (2007)., "Topology optimization of bracing in steel structures by genetic algorithm." *Fourth International Conference on Advances in Steel Structures*.
- 6 - Iranian code of practice for seismic resistant design of buildings, standard no.2800-05, 3rd edition, permanent committee for revising the Iranian code of practice for seismic resistant design of buildings (in persion).
- 7 - Seneriratana, G. D. P. K. (1995). *Evaluation of inelastic MDOF effects for seismic design*, PhD Dissertation Dept. Of civil engineering, Stanford University.

- 8 - Ueiroz, Gilson, Antinossi, Lucience, (2005). "Analysis of composite connections in unbraced frames subjected to wind and gravity loading." *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 61, Issue 8, PP. 1075-1093.
- 9 - Gerami, M. (2003). *The effect of higher modes on seismic demand of flexural steel frame*, PhD thesis of Structural Engineering. Dept. Of Civil Engineering, Tarbiat Modares University (in persion).

### واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 - Global
- 2 - Local
- 3 - Local Brittle Failure
- 4 - Ductility Demand
- 5 - Max story drift angle demand
- 6 - Max local rotation demand
- 7 - FEMA