



بررسی جابه‌جایی نسبی طبقات در قاب‌های فولادی با تغییر نوع مهاربندی همگرا در ارتفاع

روزبه صدری^۱، محسن گرامی^۲، فرهاد دانشجو^۳
(تاریخ دریافت: ۹۰/۰۶/۰۴، تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۶/۰۴)

چکیده

امروزه مهمترین هدف در طراحی سازه‌ها، کنترل نیاز لرزه‌ای سازه در برابر نیروهای جانبی در سطح کلی (Global) و در سطح موضعی (Local) می‌باشد. دستورالعمل‌های FEMA 273 حداکثر نیازهای تغییر شکل را به سطوح عملکرد مرتبط می‌سازد در صورتی که چنین ضوابطی در مورد نیازهای تغییر شکل تجمعی موضعی اعضا وجود ندارد. از طرفی پارامتر نیاز تغییر شکل تجمعی معیاری را برای میزان خسارت ارایه کرده و می‌تواند تصویر متفاوتی را از پاسخ سازه نسبت به پاسخ‌های حاصل از حداکثر نیازهای تغییر شکل ارایه نماید. در این مطالعه، قاب‌های خمشی فولادی مهاربندی شده مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفت و با تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع این قاب‌ها، تراز مناسب جهت تغییر نوع مهاربندی (از مهار x به مهار v) پیشنهاد گردیده است. در انتها مشخص گردید که تغییر نوع مهاربندی در تراز مشخصی از سازه می‌تواند به کاهش نیازهای لرزه‌ای موضعی سازه‌ها منجر گردد به طوری که تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع باعث جابه‌جا شدن محل ماکزیمم بیشینه نیاز دررفت طبقات و کاهش مقدار آن (حداکثر تا ۹۰٪) بوده است.

کلمات کلیدی

سازه‌های فولادی، تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی، تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع، نیاز موضعی دررفت

Stories Drift Consideration in Steel Frames with Changing CBF Brace kinds in Height

R. Sadry, M. Gerami, F. Daneshjo

ABSTRACT

Today's the most important purpose in structural designing is to control structural seismic demand against lateral forces in global surface and local surface. FEMA273 attributes the majority of deformation demands to behaviors surfaces whether there is no rule about local cumulative deformation demands of elements. On the other side cumulative deformation demands parameters have suggested criteria for damaging rate so it can exhibit a different vision of structures reflex about acquired reflex of maximum deformation demands. Comprehensive behavior of structures system depends on answer and manner of structural surfaces elements and influence of elements reflexes. Because of neglecting of scientist about brace changing in structures height so there is a consideration about steel structure seismic behavior with brace changing in height in the article. A number of moment steel frames braced by different bays, time history non-linear dynamic are analyzed by the 3 earthquake and consideration of max drift story demand in structures suitable height for chagrining the kind of braces was suggested. Changing the kind of braces in certain height of structures can reduce the structural local seismic demand.

KEYWORDS

Steel structures, Time history non-linear dynamic analyses, Changing the kind of brace in height, Drift local demand

۱- کارشناس ارشد سازه، مدرس گروه عمران موسسه آموزش عالی خاوران، Erosadra@gmail.com (نویسنده مسئول)

۲- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه سمنان، Mgerai@semnan.ac.ir

۳- استاد گروه مهندسی عمران، دانشگاه تربیت مدرس، Danesh_f@modares.ac.ir



یکی از سیستم‌های متداول سازه‌ای جهت تامین مقاومت جانبی سازه‌های فولادی، ترکیب سیستم قاب خمشی به همراه مهاربند فلزی است. هر یک از انواع گوناگون سیستم‌های مهاربندی، دارای رفتار متفاوت در برابر زلزله می‌باشند که به همین سبب هر یک از این سیستم‌ها دارای مزایا و معایبی می‌باشند. طراحی اینگونه سازه‌ها و درک درست از رفتار مهاربندی‌ها جهت اطمینان حاصل کردن از رفتار و عملکرد مناسب دوگانه، به ویژه در هنگام زلزله، از اهمیتی خاص برخوردار است. به همین جهت می‌بایست در گزینش نوع سیستم مهاربندی و نیز چیدمان آن در سازه جهت برآوردن ملزومات آیین نامه‌ای و همچنین سرویس دهی، دقتی خاص نمود.

معمولاً نیاز لرزه‌ای به پارامترهای پاسخی اطلاق می‌شود که برای تصمیم‌گیری در مورد طرح بررسی فنی مفیدند مثل رانش سقف‌ها، رانش طبقات ساختمان، یا تغییر شکل‌های محلی مانند چرخش مفصل پلاستیک. در واقع اساس طراحی بر اساس عملکرد شناسایی و تخمین پارامترهای نیاز طراحی برای سطوح عملکرد مورد نظر می‌باشد. آیین نامه‌های اخیر طراحی مانند FEMA273 [۱] و SEAOC 2000 محدودیت‌هایی برای مقادیر قابل قبول پارامترهای پاسخ قرار داده‌اند و عنوان می‌کنند که فراتر رفتن از این مقادیر قابل قبول موجب نقص هدف عملکرد می‌شود که باید با یک احتمال لرزه‌ای مشخص به آن دست یافت، تعیین عملکرد گام مهمی به سوی مهندسی زلزله با اساس عملکرد است و انگیزه عمده‌ای برای ارزیابی دقیق نیازهای لرزه‌ای می‌باشد.

اگر بتوان با تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع، رفتار لرزه‌ای سازه را بهبود بخشید می‌توان نسبت به عملکرد لرزه‌ای آن اطمینان بیشتری حاصل کرد و همچنین می‌توان نسبت به بهینه نمودن مصرف مصالح فولادی در ساختمان‌های فلزی اقدامی جدی نمود.

اخیراً Mehri و همکاران در سال ۲۰۰۷ مطالعاتی در رابطه با مکان‌یابی محل مهاربندها در قاب‌های فولادی و بهینه‌یابی محل مهاربندها انجام داده‌اند [۲] که در آن با

جابه‌جا نمودن محل مهاربندها در ترازهای مختلف و بررسی رفتارهای قاب‌های متفاوت به نتایجی دست یافته‌اند. آنها مقدار تنش در المان‌ها، مقدار جابجایی طبقات، در کشش نیفتادن پی‌ها، تعداد مهاربند در هر طبقه و نیز از لحاظ معماری، وجود یا عدم وجود مهاربند در دهانه خاص را در نظر گرفتند. برای کنترل اثرات P- Δ و کنترل جابجایی نسبی در زلزله سطح بهره‌برداری، جابجایی نسبی هر طبقه را به ۰/۱۵ متر محدود کردند.

ریاحی و همکاران نیز مطالعاتی راجع به بهینه‌سازی موقعیت مهاربندها در قاب‌های فولادی دو بعدی داشته‌اند در مطالعه صورت گرفته هدف، تاثیر بهره‌گیری از تئوری گراف‌ها در تعیین موقعیت مهاربندها در رفتار سازه‌ای قاب (مانند تغییر شکل جانبی و یا وزن) نسبت به حالت‌های مهاربندی متداول است [۳]. پارامترهای مورد بررسی آنها وزن، تغییر مکان طبقات و نیروی بر کنش یا Uplift، بوده است.

تغییر در شکل مهاربندی قاب‌های خمشی فولادی در ارتفاع سازه کمتر مورد بررسی محققین بوده است لذا ارزیابی نیازهای لرزه‌ای و امکان کاهش این نیازها در سطح کلی در تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گرفته است.

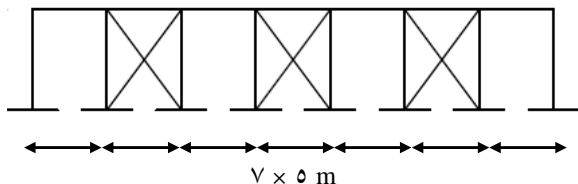
۲- روند انجام پژوهش

گرچه نحوه آرایش و چیدمان مهاربندها در قاب‌های فولادی در کاهش نیازهای لرزه‌ای مهم است لکن در این تحقیق تغییر نوع مهاربند در ارتفاع سازه جهت بهبود رفتار سازه، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. بدین ترتیب با تغییر نوع مهار از ضربداری به هفتی در ارتفاع سازه تراز مناسب جهت تغییر مهار پیشنهاد گردیده است.

در این مطالعه تعدادی قاب ۴، ۷، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ طبقه با تعداد دهانه‌های ۳ و ۷ انتخاب گردید. در ابتدا این قاب‌ها مورد تحلیل استاتیکی خطی قرار گرفته‌اند که این تحلیل و طراحی طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ویرایش سوم) و همچنین آیین نامه فولاد ایران صورت گرفت. برای این منظور از نرم افزار SAP 2000 کمک گرفته شده است. سپس این قاب‌ها تحت ۳ شتاب نگاشت رودسر، ناغان و



جایگزینی مهارها، مجدداً قاب‌ها مورد تحلیل و طراحی قرار گرفتند. در تحلیل غیرخطی سازه‌ها از ۳ شتاب‌نگاشت طبس با بیشینه شتاب زمین $0.93g$ ، ناغان با بیشینه شتاب زمین $0.72g$ و رودسر با بیشینه شتاب زمین $0.78g$ استفاده شده است.



شکل (۲): مشخصات هندسی تپ قاب‌های ۷ دهانه

۴- نیاز لرزه‌ای دریافت طبقات

نیاز دریافت طبقه یکی از شاخص‌های اصلی ارزیابی خسارت لرزه‌ای است و دریافت طبقه‌ای در طراحی لرزه‌ای قاب‌ها به دلایل مختلف حائز اهمیت می‌باشد. تخمین دریافت برای تعیین حداقل فاصله با ساختمان‌های مجاور (درز انقطاع) به منظور ممانعت از ضربه به یکدیگر، لازم می‌باشد. دریافت‌های طبقات سهم قابل توجهی در ایجاد صدمه به اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای دارند. توجه روز افزون به هزینه‌های ناشی از خسارت لرزه‌ای 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 می‌کند [۴].

Kumar و Kumar در سال ۲۰۰۶ جهت بررسی قاب‌های مهاربندی شده هم مرکز و همچنین ظرفیت اتلاف انرژی این نوع قاب‌ها، پارامتر دریافت را جهت مقایسه قاب‌های متفاوت مورد مطالعه قرار داده‌اند [۵]. اما تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع را نیازمند تحقیقات جداگانه‌ای دانسته‌اند.

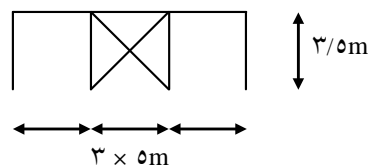
Piluso و Mastrandrea در سال ۲۰۰۹ ضمن بررسی اثرات شکل پذیری در سیستم‌های مهاربندی ضربدری به موضوع بررسی طراحی پلاستیک قاب‌های مهاربندی شده اشاره نموده‌اند [۶]. اما تغییر نوع سیستم مهاربندی در ارتفاع سازه را در حوصله آن تحقیق ندانستند.

طبس مورد تحلیل دینامیکی غیر خطی تاریخچه زمانی قرار گرفتند. برای این منظور از نرم افزار DRAIN-2DX کمک گرفته شده است.

نامگذاری قاب‌ها با توجه به تغییر در مهاربندی در ارتفاع بدین گونه است که عدد اول از سمت چپ بیان کننده تعداد طبقات و اولین رقم پس از حرف S بیان کننده تعداد دهانه می‌باشد. به عنوان مثال قاب 7S3 قابی است ۷ طبقه که دارای ۳ دهانه می‌باشد که از این ۳ دهانه، دهانه میانی آن مهاربندی شده است. همچنین عدد بعد از bas بیان کننده تعداد مهارهای هفتی در قاب‌ها می‌باشد به عنوان مثال قاب 4s3bas3 قابی است ۴ طبقه با ۳ دهانه که ۳ طبقه از آن دارای مهار ۷ است.

۳- مشخصات سازه‌های مورد مطالعه

در مطالعه صورت گرفته جهت بارگذاری ثقلی از مبحث ۶ مقررات ملی و جهت بارگذاری لرزه‌ای از استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ویرایش سوم) کمک گرفته شد. طول دهانه‌ها ثابت و برابر ۵ متر، ارتفاع طبقات ثابت و برابر $3/5$ متر و عرض بارگیر قاب‌ها $4/5$ 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، دهانه‌های دوم، چهارم و ششم مهاربندی شده‌اند (شکل (۱) و (۲)).



شکل (۱): مشخصات هندسی تپ قاب‌های ۳ دهانه

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

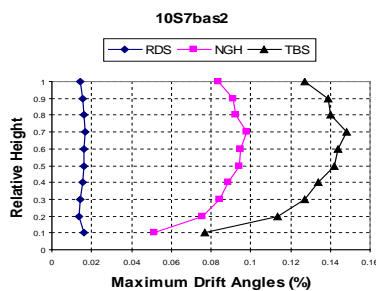
۵- ارزیابی زاویه دررفت طبقات سازه های مورد بررسی با تحلیل دینامیکی غیرخطی

در یک سازه چنانچه توزیع سختی و مقاومت طوری تنظیم شود که تحت یک الگوی بار طراحی، حالت تغییر شکل ارتجاعی یک خط مستقیم باشد، تمامی طبقات همزمان دچار تسلیم می گردند و نتایج حاصل از چنین تحلیلی، دررفت بین طبقه های را در کلیه طبقات یکسان و برابر ضریب دررفت سراسری پیش بینی می کند در حالی که مقادیر دررفت بین طبقه ای حاصل از تحلیل های دینامیکی در ارتفاع سازه، تغییرات عمده ای می یابند.

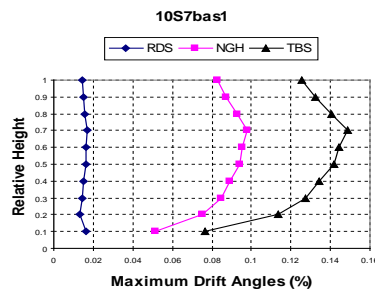
ارزیابی عملکرد لرزه ای سازه به صورت ایده آل بایستی بر اساس تحلیل های تاریخچه زمانی غیر خطی سیستم سازه ای با منظور نمودن اثرات واقعی پی و با استفاده از مجموعه زمین لرزه های محتمل انجام گیرد. بدین منظور پس از تحلیل و طراحی قاب ها، تمامی قاب ها به کمک نرم افزار DRAIN-2DX مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه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

مقدار جابجایی طبقات در گام های زمانی، مقدار دررفت در هر طبقه محاسبه گردید و با تقسیم مقدار بدست آمده بر ارتفاع هر طبقه، زاویه دررفت طبقات محاسبه شد. اما چون این مقدار در گام های متفاوت زمانی محاسبه گردیده است، بیشینه مقدار آن در طول تاریخچه بارگذاری مورد استفاده قرار گرفته است.

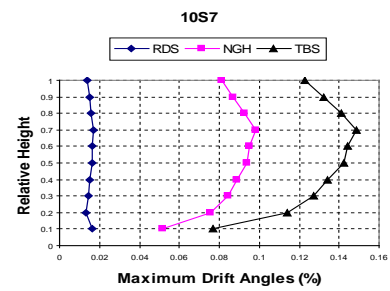
نمودارهای مربوط به نیاز زاویه دررفت طبقات به عنوان نمونه و برای قاب ۱۰ طبقه و ۷ دهانه، ۱۵ طبقه و ۳ دهانه تحت ۳ رکورد در ادامه نمایش داده شده است (شکل ۳) و (۴). در این نمودار ستون عمودی مربوط به ارتفاع نسبی و ستون افقی مربوط به بیشینه نیاز زاویه دررفت به درصد می باشد. منحنی های مختلف مربوط به تغییر در تراز تغییر نوع مهار از ضربدری به هفتی بوده و در هر شکل نتایج برای ۳ زمین لرزه مورد بررسی به تفکیک ارائه شده است.



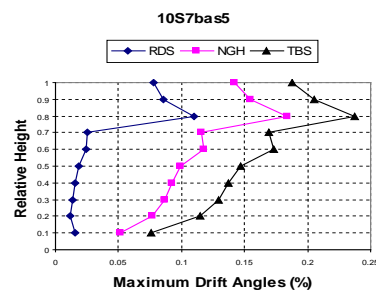
ج) بررسی در قاب ۱۰ طبقه با مهاربندی X در ۸ طبقه



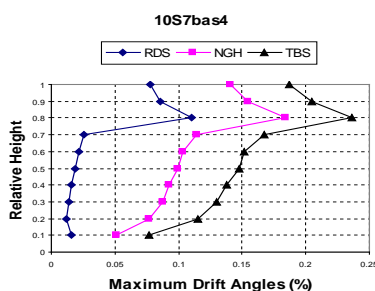
ب) بررسی در قاب ۱۰ طبقه با مهاربندی X در ۹ طبقه



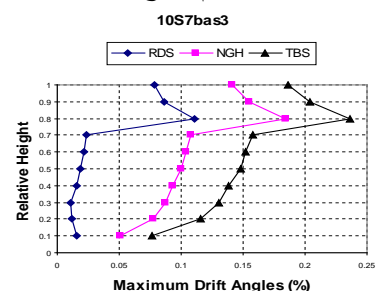
الف) بررسی در قاب ۱۰ طبقه با مهاربندی X در تمام ارتفاع



و) بررسی در قاب ۱۰ طبقه با مهاربندی X در ۵ طبقه

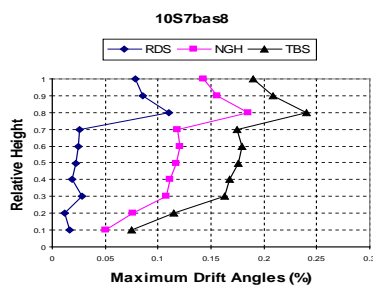


ه) بررسی در قاب ۱۰ طبقه با مهاربندی X در ۶ طبقه

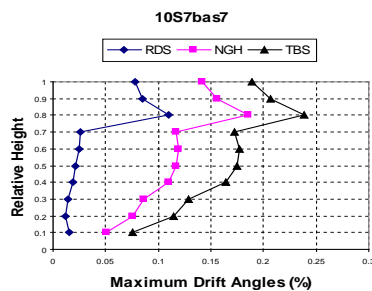


د) بررسی در قاب ۱۰ طبقه با مهاربندی X در ۷ طبقه

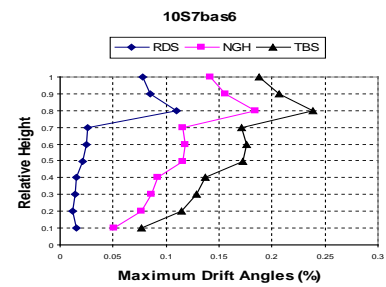




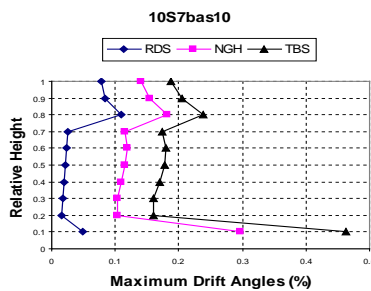
ط) بررسی در قاب ۱۰ طبقه با مهاربندی X در ۲ طبقه



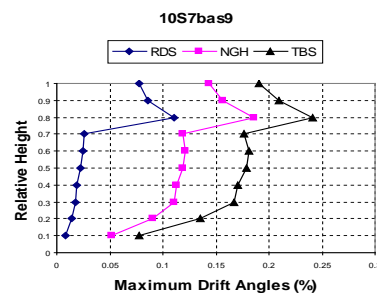
ح) بررسی در قاب ۱۰ طبقه با مهاربندی X در ۳ طبقه



ز) بررسی در قاب ۱۰ طبقه با مهاربندی X در ۴ طبقه



ک) بررسی در قاب ۱۰ طبقه با مهاربندی ۷ در تمام طبقات



ی) بررسی در قاب ۱۰ طبقه با مهاربندی X در ۱ طبقه

شکل (۳): حداکثر نیاز دریفت طبقات تحت زمین لرزه‌های مختلف در قاب ۱۰ طبقه

با ۷ دهانه با تغییر در تراز تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع

بوده است (تا ۱۰٪). این روند در هر ۳ رکورد مشاهده شد. از بررسی نمودارهای شکل (۳-و) که در آن درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 10S7bas5) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می‌گردد:

الف- کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت تحت دو رکورد طبس و ناغان در طبقه اول و تحت رکورد رودسر در طبقه دوم رخ داده است.

ب- درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت تا طبقه هشتم آهنگی رو به رشد داشته (تا ۴۰٪) اما پس از آن این آهنگ کاهش یافته است (تا ۹٪). این روند در هر ۳ رکورد مشاهده شد. با بررسی نمودارهای شکل (۳) که مربوط به سازه ۱۰ طبقه با ۷ دهانه می‌باشد نتایج زیر حاصل می‌گردد:

الف- با افزایش جایگزینی مهار هفتی به جای مهار ضربدری در ارتفاع سازه (از بالا به پایین) تغییرات در درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت همواره در طبقات بالایی دیده می‌شود. اما علاوه بر این مقدار تغییرات در درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت با افزایش جایگزینی مهار هفتی

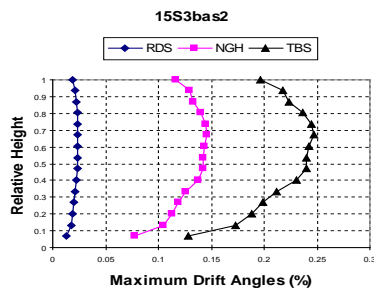
از بررسی تغییرات نیاز در ارتفاع سازه‌های مورد بررسی مشاهده می‌گردد که غالباً نرخ تغییرات نیاز در $\frac{1}{3}$ تراز بالای سازه دچار تغییر اساسی گردیده است. این موضوع که نیازهای لرزه‌ای در محدوده طبقات بالا دچار تغییر اساسی می‌گردد در سایر تحقیقات همانند تحقیق مراجع [۴] و [۷] در قاب‌های خمشی نیز مشاهده گردیده است. لکن، چنین رفتاری در سازه‌های مهاربندی شده مورد تحقیق حاضر نیز مشاهده گردید که این موضوع به اثر مودهای بالاتر در ارزیابی لرزه‌ای سازه‌ها مربوط می‌گردد. از بررسی نمودارهای شکل (۳-الف) که در آن درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 10S7) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می‌گردد:

الف- کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت تحت دو رکورد طبس و ناغان در طبقه اول و تحت رکورد رودسر در طبقه دوم رخ داده است.

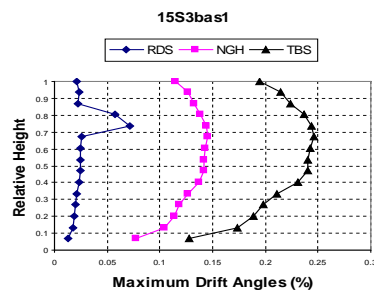
ب- درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت تا طبقه هفتم آهنگی رو به رشد داشته (تا ۴۵٪) اما پس از آن این آهنگ کاهش

ب- بیشترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریافت هنگامی رخ می‌دهد که تمامی مهارهای هفتی جایگزین مهار ضربدری شود. این روند در هر ۳ رکورد مشاهده شد.

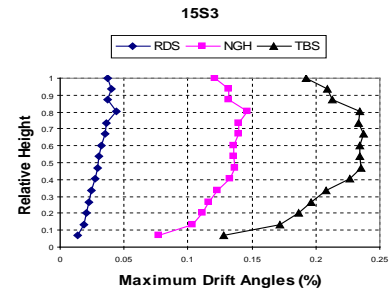
به جای مهار ضربدری در ارتفاع سازه (از بالا به پایین) از طبقات بالایی به طبقات پایین نیز منتقل می‌شود. این روند در هر ۳ رکورد مشاهده شد.



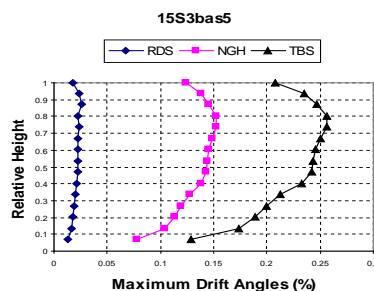
ج) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۳ طبقه



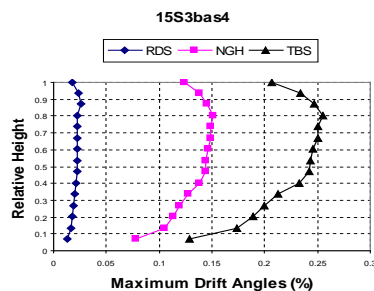
ب) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۴ طبقه



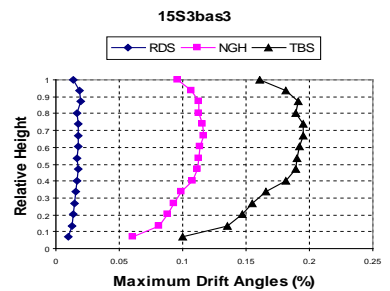
الف) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در تمام ارتفاع



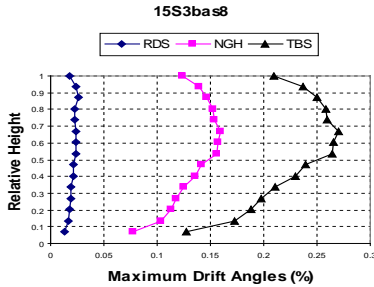
و) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۰ طبقه



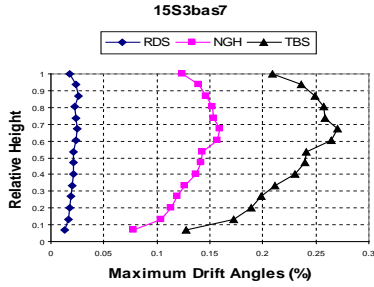
ه) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۱ طبقه



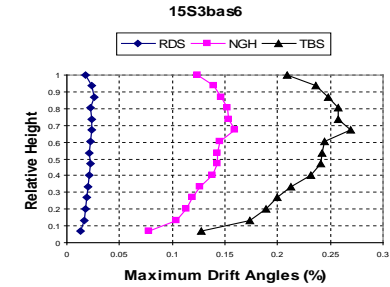
د) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۲ طبقه



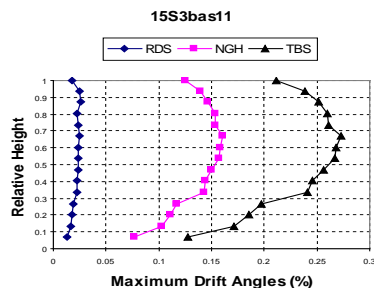
ط) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۷ طبقه



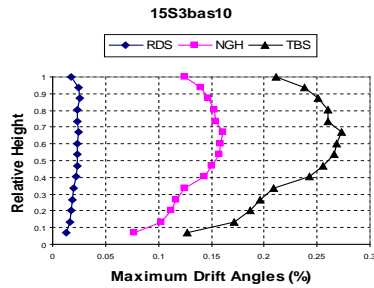
ح) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۸ طبقه



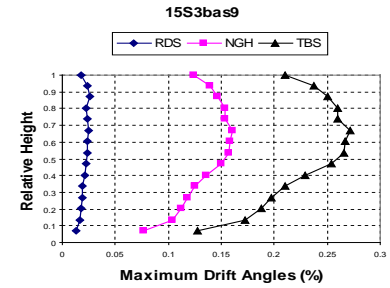
ز) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۹ طبقه



ل) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۴ طبقه

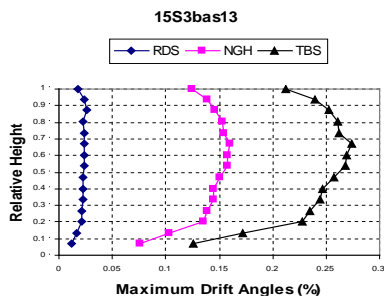


ک) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۵ طبقه

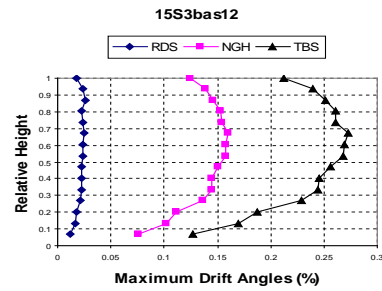


ی) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۶ طبقه

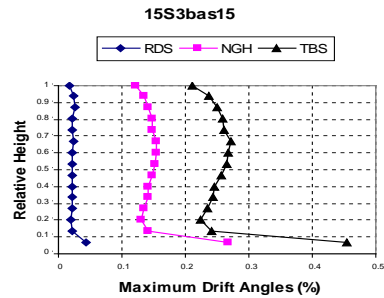




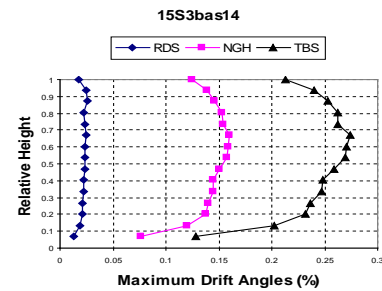
ن) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۲ طبقه



م) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۳ طبقه



ع) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی ۷ در تمام طبقات



س) بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۱ طبقه

شکل (۴): حداکثر نیاز دریفت طبقات تحت زمینلرزه های مختلف در قاب ۱۵ طبقه

با ۳ دهانه با تغییر در تراز تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع

با بررسی نمودارهای شکل (۴) که مربوط به سازه ۱۵ 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 درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت از طبقات بالایی به طبقات پایینی منتقل می شود. این روند در هر ۳ رکورد مشاهده شد.

ب- کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هنگامی رخ می دهد که سیزدهمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری شود.

۶- ارزیابی تحلیل نتایج

هدف از این تحقیق یافتن تراز مناسب جهت تغییر نوع مهاربند در ارتفاع سازه به منظور توزیع مناسب تر بیشینه دریفت طبقات تحت زمین لرزه می باشد. بدین منظور سازه های دو بعدی ۴، ۷، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ طبقه توسط نرم افزار DRAIN-2DX تحت ۳ رکورد رودسر، ناغان و طبرس مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفت.

از بررسی نمودارهای شکل (۴-الف) که در آن درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 15S3) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد:

الف- کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در طبقه اول رخ داده است.

ب- درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت تا طبقه هفتم آهنگی رو به رشد داشته (تا ۳۵٪) اما پس از آن این آهنگ کاهش یافته است (تا ۱۰٪).

از بررسی نمودارهای شکل (۴-ح) که در آن درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 15S3bas7) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد:

الف- کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در طبقه اول رخ داده است.

ب- درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت تا طبقه دهم آهنگی رو به رشد داشته (تا ۳۵٪) اما پس از آن این آهنگ کاهش یافته است (تا ۱۱/۵٪).

با بررسی بیشینه نیاز زاویه دریافت طبقات به عنوان یکی از معیارهای ارزیابی لرزه‌ای سازه در حوزه غیر ارتجاعی در این سازه‌های کوتاه مرتبه (۴ و ۷ طبقه) مورد مطالعه در این تحقیق نتایج زیر حاصل گردید:

الف- در سازه ۴ طبقه و ۳ دهانه ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوم رخ داده است (تحت هر ۳ رکورد). در رکورد رودسر با جایگزینی اولین مهار هفتی به جای مهار ضربدری مقدار بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوم ۲٪ کاهش داشته است و در دو رکورد ناغان و طبس با جایگزینی دومین مهار هفتی به جای مهار ضربدری مقدار بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوم ۱٪ کاهش یافته است.

ب- در سازه ۴ طبقه و ۷ دهانه تحت رکورد رودسر ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه اول رخ داده است که با جایگزینی سومین مهار هفتی به جای مهار ضربدری مقدار آن در طبقه اول ۶۲٪ کاهش داشته است. در رکوردهای طبس و ناغان ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوم روی داده است که کمترین مقدار آن در طبقه دوم در حالتی که تمام مهارها ضربدری بوده‌اند، بدست آمده است.

ج- در سازه ۷ طبقه و ۳ دهانه کمترین مقدار ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت زمانی که اولین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می‌شود، رخ می‌دهد (تحت هر ۳ رکورد).

د- در سازه ۷ طبقه و ۷ دهانه کمترین مقدار ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در دو رکورد طبس و ناغان زمانی که دومین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می‌شود، رخ می‌دهد و در رکورد رودسر کمترین مقدار ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در دو حالت تمام ضربدری و همچنین زمانی که اولین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می‌شود، رخ می‌دهد.

ه- در سازه ۷ طبقه و ۳ دهانه ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه پنجم رخ داده است (تحت هر ۳ رکورد). تحت هر ۳ رکورد با جایگزینی دومین مهار هفتی به جای

مهار ضربدری مقدار بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه پنجم ۱٪ کاهش یافته است.

و- در سازه ۷ طبقه و ۷ دهانه تحت رکورد رودسر ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه اول روی داده است. با جایگزینی ششمین مهار هفتی به جای مهار ضربدری مقدار بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه اول ۵۵٪ کاهش یافته است. در رکورد ناغان و طبس ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه چهارم رخ داده است و با جایگزینی دومین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت ۱۱٪ کاهش یافته است.

با بررسی بیشینه نیاز زاویه دریافت طبقات به عنوان یکی از معیارهای ارزیابی لرزه‌ای سازه در حوزه غیر ارتجاعی در این سازه‌های میان مرتبه (۱۰ و ۱۵ طبقه) مورد مطالعه در این تحقیق نتایج زیر حاصل گردید:

الف- در سازه ۱۰ طبقه (۳ و ۷ دهانه) کمترین مقدار ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت زمانی که دومین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می‌شود، رخ می‌دهد (تحت هر ۳ رکورد).

ب- در سازه ۱۰ طبقه و ۳ دهانه ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه ششم رخ داده است (تحت هر ۳ رکورد). با جایگزینی چهارمین مهار هفتی به جای مهار ضربدری تحت هر ۳ رکورد بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه ششم ۱٪ کاهش یافته است.

ج- در سازه ۱۵ طبقه و ۳ دهانه تحت دو رکورد رودسر و ناغان ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوازدهم و تحت رکورد طبس در طبقه دهم رخ داده است. در رکورد رودسر با جایگزینی سومین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوازدهم ۵۰٪ کاهش یافته است. در رکورد ناغان با جایگزینی اولین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت ۲٪ کاهش یافته است. اما در رکورد طبس کمترین بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دهم زمانی که تمام مهارها ضربدری بودند، رخ داده است.

د- در سازه ۱۵ طبقه و ۷ دهانه ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه هفتم رخ داده است (تحت هر ۳ رکورد).



در رکورد رودسر با جایگزینی تمامی مهارهای هفتی به جای مهارهای ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه هفتم ۱۰٪ کاهش یافته است. در رکورد ناغان با جایگزینی ششمین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه هفتم ۳٪ کاهش یافته است و در رکورد طبس با جایگزینی هشتمین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه هفتم ۵٪ کاهش یافته است.

با بررسی بیشینه نیاز زاویه دریافت طبقات به عنوان یکی از معیارهای ارزیابی لرزه‌ای سازه در حوزه غیر ارتجاعی در سازه‌های بلند مرتبه (۲۰ و ۲۵ طبقه) مورد مطالعه در این تحقیق نتایج زیر حاصل گردید:

الف- در سازه ۲۰ طبقه و ۷ دهانه کمترین مقدار ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت تحت دو رکورد طبس و ناغان زمانی که یازدهمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می‌شود، رخ می‌دهد و در رکورد رودسر کمترین مقدار ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت زمانی که نهمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می‌شود، رخ می‌دهد.

ب- در سازه ۲۰ طبقه و ۳ دهانه ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوازدهم رخ داده است (تحت ۳ رکورد). در رکورد رودسر با جایگزینی هشتمین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوازدهم ۳۴٪ کاهش یافته است. در رکورد ناغان با جایگزینی اولین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوازدهم ۴٪ کاهش یافته است و در رکورد طبس با جایگزینی هفتمین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوازدهم ۱۳٪ کاهش یافته است.

ج- در سازه ۲۰ طبقه و ۷ دهانه ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه هفدهم رخ داده است (تحت ۳ رکورد). با جایگزینی سومین مهار هفتی به جای مهار ضربدری مقدار بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه هفدهم تحت رکورد رودسر ۹۰٪ و تحت رکورد ناغان ۷۰٪ و در رکورد طبس ۵۷٪ کاهش یافته است.

د- در سازه ۲۵ طبقه و ۳ دهانه ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت تحت دو رکورد رودسر و طبس در طبقه دوازدهم و در رکورد ناغان در طبقه یازدهم رخ داده است. تحت رکورد رودسر با جایگزینی بیستمین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوازدهم ۲۲٪ کاهش یافته است و در دو رکورد ناغان و طبس با جایگزینی دوازدهمین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه یازدهم و دوازدهم کاهش یافت (ناغان ۴٪ و طبس ۱۳٪).

ه- در سازه ۲۵ طبقه و ۷ دهانه ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوازدهم رخ داده است (تحت هر ۳ رکورد). در رکورد رودسر با جایگزینی آخرین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوازدهم ۱۴٪ کاهش یافته است و در دو رکورد ناغان و طبس با جایگزینی دوازدهمین مهار هفتی به جای مهار ضربدری بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه دوازدهم کاهش یافته است (ناغان ۱۰٪ و طبس ۱۱٪).

۷- نتیجه گیری

از پژوهش انجام شده در این مقاله نتیجه گردید که با تغییر تراز مهاربند در ارتفاع سازه (از ضربدری به هفتی) رفتار لرزه‌ای سازه در شاخص Max. story drift angle demand بهبود یافته و نیاز لرزه‌ای دریافت طبقات کاهش پیدا نموده است به نحوی که:

- تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع سازه باعث جابه‌جا شدن محل ماکزیمم بیشینه نیاز دریافت طبقات در بیشتر سازه‌های مورد مطالعه شده است.
- ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت در طبقه کاهش پیدا کرده است (در سازه‌های کوتاه مرتبه تا ۶۰ درصد، میان مرتبه تا ۵۰ درصد و بلند مرتبه تا ۹۰ درصد).
- ماکزیمم بیشینه نیاز زاویه دریافت سازه (در مقایسه با زمانی که سازه تمام ضربدری بوده است) تغییر قابل توجهی داشته است (در سازه‌های کوتاه مرتبه تا ۳۵

درصد، میان مرتبه تا ۴۵ درصد و بلند مرتبه تا ۹۳ درصد کاهش یافته است).

بنابراین می‌توان با انتخاب مناسب در تراز تغییر نوع مهاربندی رفتار لرزه‌ای سازه را بهبود داد و حداکثر نیاز زاویه دریفت طبقات سازه را نیز کاهش داد.

۸- مراجع

[1] FEMA-273. (1997), "NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings", Federal Emergency Management Agency.

[2] Mehri, M. and Safari, D. (2007), "Topology Optimization of Bracing in Steel Structures by Genetic Algorithm", Proceeding of 4th International Conference on Advances in Steel Structures, Shanghai, China, Vol. I, pp. 277-282.

[۳] ریاحی، ح. و عبدلی، ن. (۱۳۸۵)، "بهینه سازی موقعیت بادبندها در قاب‌های فولادی دو بعدی با استفاده از نظریه گراف‌ها".

[4] Seneviratna, G.D.P.K. (1995), "Evaluation of Inelastic MDOF Effects for Seismic Design", PhD Thesis, Department of Civil Engineering, Stanford University.

[5] Kumar, G. and Kumar, S. (2007), "Behavior of Frames with Non-Buckling bracings under Earthquake Loading", Journal of Constructional Steel Research, vol. 63, No. 2, pp. 254-262.

[6] Mastrandrea, L. and Piluso, V. (2009), "Plastic Design of Eccentrically Braced Frames, II: Failure Mode Control", Journal of Constructional Steel Research, vol. 65, No. 5, pp. 1015-1028.

[7] Gerami, M. (2003), "The Effect of Higher Modes on Seismic Demand of Flexural Steel Frame", PhD Thesis of Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Tarbiat Modares University (in persian).

