

بررسی دورانهای موضعی گره ای در سازه های فولادی

محسن گرامی^۱، روزبه صدری^۲

۱ - استادیار گروه عمران، Mgerami@semnan.ac.ir

۲ - کارشناس ارشد سازه، Erosadra@gmail.com

Erosadra@gmail.com

خلاصه

دستورالعمل های طراحی سازه ها، کنترل نیاز دورانهای موضعی گره را بصورت کمتر از ظرفیت دورانهای گره ضروری می دانند. در حال حاضر مهمترین هدف در طراحی سازه ها، نحوه مقاوم نمودن آنها در برابر نیروهای جانبی می باشد. با در نظر گرفتن عملکرد لرزه ای مناسب سیستم ترکیبی یا دوگانه در سازه های بلند توصیه بیشتر آیین نامه ها جهت مقاوم نمودن این نوع سازه ها در برابر بارهای جانبی بکارگیری این نوع سیستم می باشد. با توجه به اینکه تغییر مهاربند در ارتفاع سازه کمتر مورد توجه مهندسان سازه قرار گرفته است لیکن بررسی رفتار لرزه ای سازه های فلزی با تغییر مهاربند در ارتفاع سازه از اهمیتی خاص برخوردار است. برای این منظور تعدادی از قابهای خمشی فولادی با دهانه های متفاوت را با مهاربندی، پس از بارگذاری و طراحی بر اساس استانداردهای ایران، تحت ۳ زلزله طیس، ناغان و رودسر مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفته و با تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع این قابها و بررسی در حداکثر دورانهای موضعی سازه از تحلیل، تراز مناسب جهت تغییر نوع مهاربندی پیشنهاد گردیده است. در انتها نتیجه گردید که تغییر در نوع سیستم مهاربندی در تراز مشخصی از ارتفاع می تواند در کاهش حداکثر دوران موضعی گره های سازه تحت زلزله موثر باشد.

کلمات کلیدی: قابهای مهاربندی شده فولادی، تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع، تحلیل دینامیکی غیرخطی، عملکرد لرزه ای

مقدمه

یک آیین نامه زلزله باید معیارهایی جهت مدل کردن سیستم سازه ای ارائه دهد. این معیارها، نوع هر سیستم و جنبه های ویژه هر سیستم را در نظر خواهد گرفت و بر مبنای آن دسته از متغیرهایی خواهند بود که نحوه رفتار سیستم را تعیین می کنند. امروزه مشخص شده است که 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 نوبه خود می تواند بوسیله شکست های موضعی ناگهانی Local Brittle Failure و ناپایداری های دینامیکی تحت تاثیر قرار گیرد. در هر حال با توجه به تجربه معیارهای طراحی عموماً بر اساس روشهای استاتیکی و یا دینامیکی خطی بدست می آیند و پارامترهای کنترل کننده بجای شکل پذیری مورد نیاز Ductility Demand همان نیروهای جانبی و تغییر مکانها می باشند. با توجه به مطالب ذکر شده می توان نتیجه گرفت که برای یک سازه مقاوم در برابر زلزله باید سه عامل سختی، شکل پذیری و مقاومت در معادله عمومی طراحی صدق کند.

معمولاً 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.

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

اخیراً قاسمی و صفری و ماهری [۱] 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

^۱ - استادیار گروه عمران دانشگاه سمنان

^۲ - کارشناس ارشد سازه ۰۹۱۵۱۱۵۹۹۷۸

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.

برای کنترل اثرات $P-\Delta$ و کنترل جابه جایی نسبی در زلزله سطح بهره برداری، جابه جایی نسبی هر طبقه را به 0.15 متر محدود کردند. از لحاظ معماری به جهت اینکه بعضاً به دلیل وجود بازشو در یک دهانه خاص امکان قرار گیری مهاربند در آن دهانه وجود ندارد، وجود بازشو در بعضی دهانه های خاص در طبقه محدود شده است.

ریاحی و عبدلی [۲] نیز مطالعاتی راجع به بهینه سازی موقعیت مهاربندها در قابهای فولادی دو بعدی داشته اند. پارامترهای مورد بررسی آنها وزن، تغییر مکان طبقات و نیروی بر کنش یا *Uplift*، بوده است.

با توجه با اینکه تغییر در شکل مهاربندی قابهای خمشی فولادی در ارتفاع سازه کمتر مورد بررسی محققین بوده است لذا ارزیابی نیاز لرزه ای و امکان کاهش این نیاز در سطح موضعی (*max local rotation demand*) در تحقیق حاضر مورد بررسی قرار گرفته است.

مراحل انجام تحلیل :

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

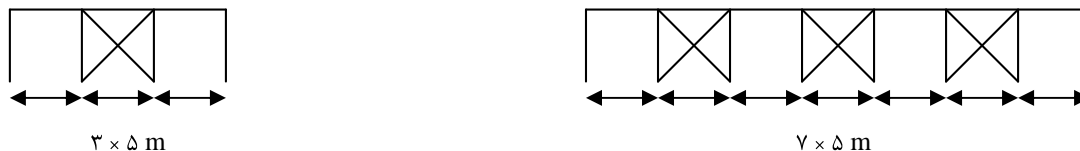
در این مطالعه تعدادی قاب ۴، ۷، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ طبقه با تعداد دهانه های ۳ و ۷ انتخاب گردید. در ابتدا این قابها مورد تحلیل استاتیکی خطی قرار گرفته اند که این تحلیل و طراحی طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ویرایش سوم) [۳] و همچنین آیین نامه فولاد ایران صورت گرفت. برای این منظور از نرم افزار *SAP 2000* کمک گرفته شد.

سپس این قابها تحت ۳ شتاب نگاشت رودسر، ناغان و طبس مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفتند. برای این منظور از نرم افزار *DRAIN- 2DX* کمک گرفته شد.

پس از آن با مطالعه بر روی پارامتر بیشینه نیاز دوران موضعی گره ای در سازه نتایج بدست آمده از بهبود رفتار لرزه ای سازه ارائه گردیده است. نامگذاری قابها با توجه به تغییر در مهاربندی در ارتفاع بدینگونه بدین گونه صورت گرفته 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 *10S3* قابی است ۱۰ 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 *4s3bas3* قابی است ۴ طبقه با ۳ دهانه که ۳ طبقه از آن دارای مهار ۷ است و قاب *7s3bas1* قابی است ۷ طبقه با سه دهانه که تنها دهانه بالایی آن دارای مهار ۷ می باشد.

مشخصات سازه های مورد مطالعه :

در مطالعه صورت گرفته جهت بارگذاری ثقلی از میحث ۶ مقررات ملی و جهت بارگذاری لرزه ای از استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ویرایش سوم) 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 (مطابق شکل (۱)).



شکل (۱) : مشخصات هندسی تیپ قابها

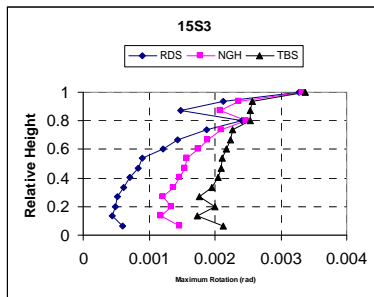
پس از تحلیل و طراحی قابها، مهارهای هفتی به ترتیب جایگزین مهارهای ضربدری در ارتفاع سازه شدند (جایگزینی از بالا به پایین صورت گرفت) و پس از جایگزینی مهارها، مجدداً قابها مورد تحلیل و طراحی قرار گرفتند. در تحلیل غیرخطی سازه ها از ۳ شتابنگاشت طبس با بیشینه شتاب زمین $0.93g$ ، ناغان با بیشینه شتاب زمین $0.72g$ و رودسر با بیشینه شتاب زمین $0.78g$ استفاده شده است.

ارزیابی دوران موضعی در گره سازه های مورد بررسی با تحلیل دینامیکی غیرخطی :

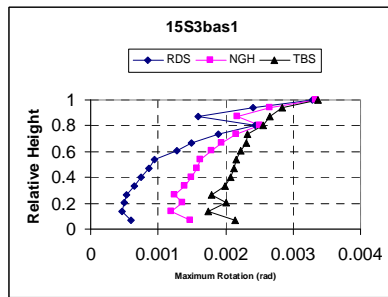
ارزیابی عملکرد لرزه ای سازه به صورت ایده آل بایستی بر اساس تحلیل های تاریخچه زمانی غیرخطی سیستم سازه ای با منظور نمودن اثرات واقعی پی و با استفاده از مجموعه زمینلرزه های محتمل انجام گیرد . بدین منظور پس از تحلیل و طراحی قابها، تمامی قابها به کمک نرم افزار DRAIN-2DX مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه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

یکی از معیارهای مقایسه جهت ارزیابی نیاز لرزه ای سازه، حداکثر چرخش (دوران) اعضای هر طبقه می باشد لازم به ذکر است *Kemp and Nethercot* در مطالعه خود جهت بررسی دوران موضعی در تیرهای مرکب با اتصالات نیمه صلب، پارامتر دوران موضعی را مورد مطالعه قرار داده است . [۴]

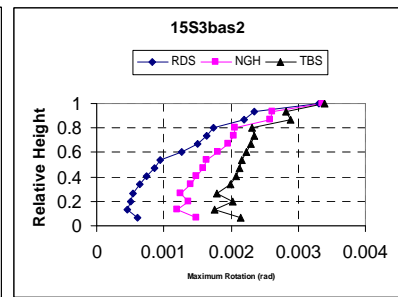
با تحلیل قابها و ثبت نتایج مقدار دوران موضعی در گامهای زمانی حاصل از شتابنگاشتهای طبس، ناغان و رودسر مقدار دوران موضعی محاسبه گردید . به عنوان نمونه نمودارهای مربوط به نیاز دوران موضعی برای قابهای ۱۵ طبقه و ۳ دهانه تحت ۳ رکورد در ادامه نمایش داده شده اند . در این نمودارها ستون عمودی مربوط به ارتفاع نسبی و ستون افقی آن مربوط به بیشینه دوران موضعی در گره انتهایی قابها در هر طبقه (بر حسب رادیان) می باشد .



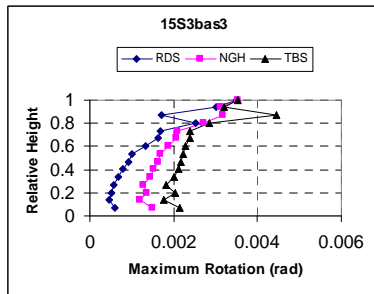
الف- بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در تمام ارتفاع



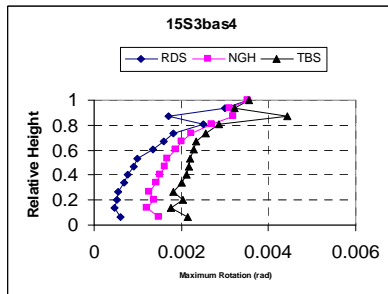
ب- بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۴ طبقه



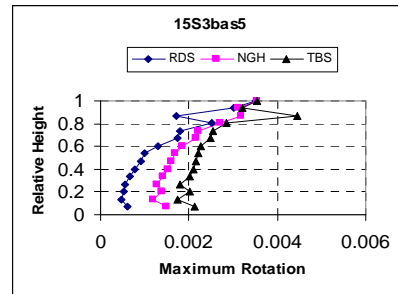
ج- بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۳ طبقه



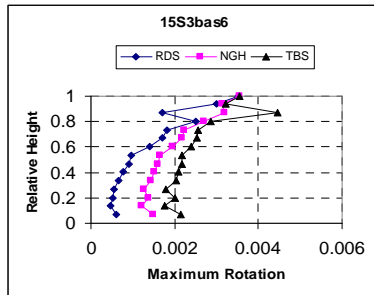
د- بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۲ طبقه



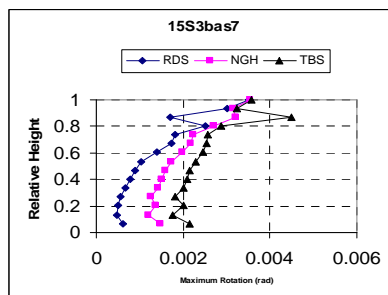
ه- بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۱ طبقه



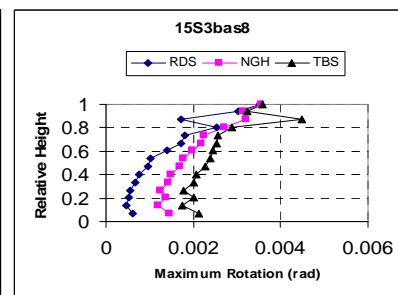
و- بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۱۰ طبقه



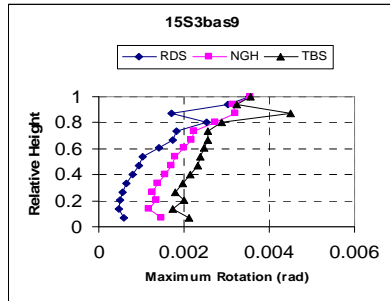
ز- بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۹ طبقه



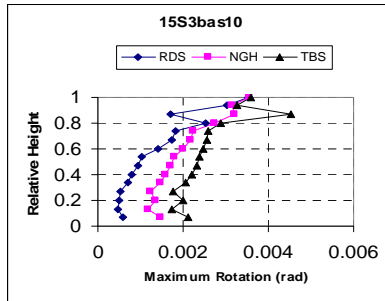
ح- بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۸ طبقه



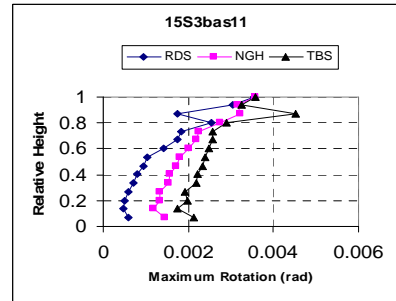
ط- بررسی در قاب ۱۵ طبقه با مهاربندی X در ۷ طبقه



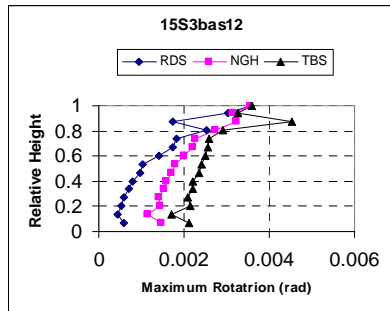
ی- بررسی در قاب ۱۵ طبقه
با مهاربندی X در ۶ طبقه



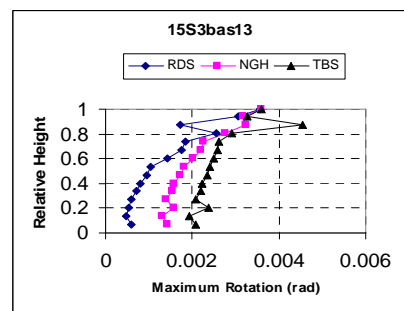
ک- بررسی در قاب ۱۵ طبقه با
مهاربندی X در ۵ طبقه



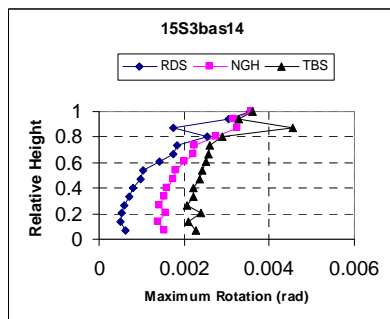
ل- بررسی در قاب ۱۵ طبقه با
مهاربندی X در ۴ طبقه



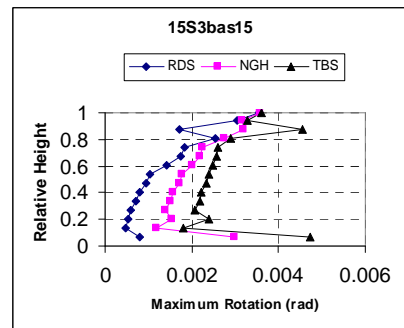
م- بررسی در قاب ۱۵ طبقه
با مهاربندی X در ۳ طبقه



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



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



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

شکل (۲): حداکثر نیاز دوران موضعی گره تحت زمینلرزه های مختلف در قاب ۱۵ طبقه ۳ دهانه
با تغییر در تراز تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع

از بررسی نمودارهای شکل (۲-الف) که در آن بیشینه نیاز دوران موضعی گره انتهایی قاب در هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 15S3) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد:

الف - بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات پایین و بالا دچار تغییرات بیشتری شده است. بیشترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقه پانزدهم (طبقه آخر) رخ داده است.

- ب - کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقه دوم روی داده است .
- ج - بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات میانی همواره آهنگی افزایشی داشته است (۱۰٪) .

از بررسی نمودارهای شکل (۲-ح) که در آن بیشینه نیاز دوران موضعی گره انتهایی قاب در هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 15S3bas7) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد :

- الف - بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات پایین و بالا دچار تغییرات بیشتری شده است . بیشترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقه سیزدهم رخ داده است .
- ب - کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقه دوم روی داده است .
- ج - بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات میانی همواره آهنگی افزایشی داشته است (۱۳٪) .

از بررسی نمودارهای شکل (۲-ع) که در آن بیشینه نیاز دوران موضعی گره انتهایی قاب در هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 15S3bas15) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد :

- الف - بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات پایین و بالا دچار تغییرات بیشتری شده است . بیشترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقه اول رخ داده است .
- ب - کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقه دوم روی داده است .
- ج - بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات میانی همواره آهنگی افزایشی داشته است (۱۲٪) .

- با بررسی نمودارهای شکل (۲) 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) همواره تغییرات در بیشینه نیاز دوران موضعی در طبقات بالایی و طبقات پایینی دیده می شود .
 - ب - بیشترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی زمانی که تمام مهارهای هفتی جایگزین مهارهای ضربدری میشوند رخ می دهد .
 - ج - کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی زمانی که دوازدهمین مهارهفتی جایگزین مهارهای ضربدری شده اند رخ می دهد .

نتیجه گیری :

با بررسی بیشینه نیاز دوران موضعی گره ها (max local rotation demand) به عنوان یکی از معیارهای ارزیابی لرزه ای سازه در حوزه غیر ارتجاعی، در سازه ها نتایج زیر حاصل گردید :

- در سازه ۴ طبقه با افزایش دهانه تغییرات خاصی در بیشینه نیاز دوران موضعی دیده نمی شود . تنها هنگامی که ۳ مهار هفتی جایگزین مهارهای ضربدری شده اند کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی با افزایش دهانه به طور چشمگیری کاهش می یابد (۵۵٪) . همچنین هنگامی که ۳ مهار هفتی جایگزین مهارهای ضربدری می شوند با افزایش دهانه، کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی از طبقه سوم به طبقه اول منتقل می شود .
- در سازه ۱۰ طبقه با افزایش دهانه مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی افزایش می یابد . همچنین کمترین، بیشینه نیاز دوران موضعی با افزایش دهانه کاهش می یابد . همچنین کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی، که بیشتر در طبقه سوم دیده می شود به طبقه هفتم منتقل می شود .
- در سازه ۱۵ طبقه با جایگزینی مهارهای هفتی به جای مهارهای ضربدری در ارتفاع سازه (از بالا به پایین)، با افزایش دهانه بیشتر تغییرات از طبقات پایینی به طبقات میانی منتقل می شود . همچنین با افزایش دهانه بیشترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی کاهش و کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی کاهش می یابد .
- در سازه ۲۰ طبقه با جایگزینی مهار هفتی به جای مهار ضربدری در ارتفاع سازه (از بالا به پایین) و همچنین افزایش دهانه همواره تغییرات در بیشینه نیاز دوران موضعی تغییرات در طبقات بالایی دیده می شود . اما با افزایش دهانه در طبقات میانی نیز دیده می شود . همچنین با افزایش دهانه تحت رکورد طبس بیشترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی کاهش می یابد اما تحت رکورد ناغان و رودسر با افزایش دهانه این مقدار افزایش می یابد .

- در سازه ۲۵ طبقه با جایگزینی مهار هفتی به جای مهار ضربدری در ارتفاع سازه (از بالا به پایین) و همچنین افزایش دهانه همواره تغییرات در بیشینه نیاز دوران موضعی تغییرات در طبقات بالایی دیده می شود . همچنین با افزایش دهانه بیشترین و کمترین مقدار بیشینه نیاز دوران موضعی افزایش یافته است .

مراجع :

1- Mahmoud, Mehri, D.Safari, (2007), "Topology optimization of bracing in steel structures by genetic algorithm, Fourth international conference on advances in steel structures .

۲- ریاحی، حسام، عبدلی، نادر، ۱۳۸۵، "بهینه سازی موقعیت بادبندها در قابهای فولادی دو بعدی با استفاده از نظریه گرافها" .

۳- آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم، ۱۳۸۴، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

4- R.Kemp, Alan, A.nethercot. David, (2001) "Required and available rotations in continuos composite beams with semi-rigid connections", journal of constructional steel research, volume 57, issue 4, april 2001, pages 375-400 .

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.