بررسی تغییر مکان نسبی در سازه های فولادی با تغییر نوع مهاربندی همگرا در ارتفاع سازه

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 FEMA جهت کنترل خسارت در سازه ها، مقادیر تغییر مکان نسبی را محدود نموده است . در سازه های فولادی با سیستم مهاربندی، معمولا مهاربند ها به صورت مشخص و بدون تغییر در ارتفاع استفاده می شود و بیشتر تغییرات در پلان سازه ها متمرکز است . با در نظر گرفتن اینکه تحقیقات جدید برروی انواع گوناگون مهاربندی و رفتار لرزه ای سیستمهای ترکیبی در پلان سازه متمرکز است لیکن تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع سازه کمتر مورد بررسی قرار گرفته است . اگر بتوان با تغییر نوع مهاربند در ارتفاع سازه، رفتار لرزه ای آنرا بهبود بخشید می توان نسبت به عملکرد لرزه ای آن اطمینان بیشتری حاصل کرد همچنین می توان نسبت به بهینه نمودن مصرف مصالح فولادی در ساختمانهای فلزی اقدامی جدی نمود . در این مطالعه تعدادی از قابهای خمشی فولادی با ارتفاع های مختلف، پس از بارگذاری و طراحی بر اساس استانداردهای ایران، تحت ۳ زلزله طبس، ناغان و رودسر مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفته و با تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع این قابها و بررسی در حداکثر تغییر مکان نسبی 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 درکاهش حداکثر تغییر مکان نسبی سازه تحت زلزله موثر باشد .

کلمات کلیدی : تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع، تحلیل دینامیکی غیر خطی، عملکرد لرزه ای، تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی

مقدمه

یکی از سیستمهای متداول سازه ای در سازه های بلند فولادی، سیستم دوگانه یا سیستم ترکیبی می باشد . هر یک از سیستمهای مهاربندی رفتاری متفاوت در برابر زلزله دارند که به همین سبب این سیستمها دارای مزایا و معایبی می باشند . دستورالعمل FEMA [۱] جهت کنترل خسارت در سازه ها، مقادیر تغییر مکان نسبی را محدود نموده است . طراحی سازه های فولادی و همچنین درک درست از رفتار مهاربندی ها جهت اطمینان حاصل کردن از رفتار و عملکرد مناسب دوگانه، بویژه در هنگام زلزله، از اهمیتی خاص برخوردار است . به همین دلیل می بایست در انتخاب نوع سیستم مهاربندی و همچنین چیدمان آن در سازه جهت برآوردن ملزومات آیین نامه ای دقتی خاص نمود . به طورکلی سیستمهای متداول جهت مقاوم نمودن سازه های فولادی در برابر نیروهای جانبی همانند زلزله عبارت است از : قاب خمشی، قاب مهاربندی شده و قاب خمشی مهاربندی شده که هر یک از این سیستمها با توجه به ارتفاع سازه در برابر نیروهای جانبی دارای مزایا و معایبی می باشند .

قابهای خمشی با داشتن اتصالات صلب که باعث حفظ زاویه بین تیر و ستون در فرآیند بارگذاری می شود، بارهای جانبی را بوسیله خمش اصلی تیرها و ستونها تحمل می کنند . از مزایای این سیستم می توان به وجود فواصل زیاد بین ستونها اشاره کرد که فضای قابل توجهی برای تامین اهداف معماری ایجاد می کنند . اما به علت سختی کم در برابر بارهای جانبی دچار ضعف می باشند . به طوریکه طراح در بسیاری از حالات مجبور به انتخاب مقاطع بزرگ برای محدود کردن جابه جایی ها می شود . در این سیستم به علت داشتن تغییر مکانهای جانبی زیاد، اثر p-Δ نیز مشکل ساز است

۱- استادیار گروه عمران دانشگاه سمنان

۲- کارشناس ارشد سازه ۰۹۱۵۱۱۵۹۹۷۸

Computer For Civil Softeare Engineering Group : www.CCSofts.com , www.CompCivil.com

قاب مهاربندی شده به عنوان یک سیستم جهت بهبود عملکرد قاب خمشی می باشد به این ترتیب که با حذف عملکرد خمشی و افـزودن یـک سیـستم خرپایی، برش وارد به سازه ناشی از زلزله، توسط اعضای قطری جذب می شوند و به صورت کشش و فشار به سیستم منتقـل مـی گـردد . از انـواع ایـن سیستم می توان مهاربند X شکل، مهاربند ۷ و .... را نام برد .

سیستم قاب خمشی مهاربندی شده با نامهای سیستم دوگانه یا ترکیبی نیز بکار برده می شود در این سیستم درصدی از نیـروی زلزلـه بـه مهاربنـدها و درصدی دیگر به قاب خمشی منتقل می شود . در حقیقت قاب خمشی جهت تحمل نیروهای ثقلی و درصدی از نیروی زلزله تحلیل می شود . به دلیـل سختی محدود قابهای خمشی و لزوم کنترل تغییر مکانهای جانبی، کاربرد سیستم مهاربندی همگرا که دارای سختی زیادی مـی باشـد بـه همـراه قـاب خمشی دارای امتیازاتی است . اما شکل پذیری سیستم به دلیل کمانش مهاربند قطری محدود می شود .

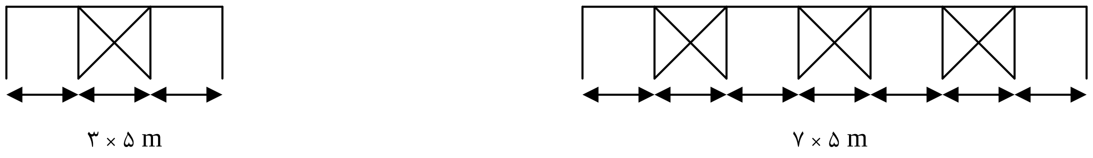
در مرجع ۲ مطالعاتی در رابطه با مکان یابی محل مهاربندها در قابهای فولادی و بهینه یابی محل مهاربندها انجام گرفته اسـت کـه در آن بـا جابـه جـا نمودن محل مهاربندها در ترازهای مختلف و بررسی رفتارهای قابهای متفاوت به نتایجی دست یافته اند . آنها مقدار تنش در المانها، مقـدار جابـه جـایی طبقات، در کشش نیفتادن پی ها، تعداد مهاربند در هر طبقه و نیز از لحاظ معماری، وجود یا عدم وجود مهاربند در دهانه خاص را در نظر گرفتند .

در مرجع ۳ نیز مطالعاتی راجع به بهینه سازی موقعیت مهاربندها در قابهای فولادی دو بعدی صورت گرفته است . در مطالعه صورت گرفته هدف، تـاثیر بهره گیری از تئوری گرافها در تعیین موقعیت مهاربندها در رفتارسازه ای قاب (مانند تغییر شکل جانبی و یا وزن) نسبت به حالتهای مهاربندی متداول است . پارامترهای مورد بررسی در آن مطالعه وزن، تغییر مکان طبقات و نیروی بر کنش یا *Uplift*، بوده است .

روند انجام پژوهش :

گرچه نحوه آرایش و چیدمان مهاربندها در قابهای فولادی در کاهش نیازهای لرزه ای مهم است لکن در این تحقیق تغییر نوع مهاربنـد در ارتفـاع سـازه جهت بهبود رفتار سازه, مورد مطالعه قرار می گیرد . بدین ترتیب با تغییر نوع مهار از ضربدری به هفتی در ارتفاع سازه تراز مناسـب جهـت تغییـر مهـار پیشنهاد گردیده است .

تعدادی قاب دو بعدی با طبقات متفاوت طی دو مرحله مطابق شکل (۱) مورد بررسی قرار گرفت .



شکل (۱) : مشخصات هندسی تیپ قابها

در بارگذاری ثقلی از مبحث ۶ مقررات ملی و در بارگذاری لرزه ای از استاندارد ۲۸۰۰ ایران (ویرایش سوم) [۴] 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 گردیده اسـت کـه قابهـا بـر روی خاک نوع ۲ قرار گرفته باشند و از نظر اهمیت در رده متوسط قرار دارند . کلیه قابها دارای خطر نسبی زیاد هستند و از سیستم دوگانه خـمشی فـولادی ویژه همراه با مهاربند هم محور با R=9 بکار گرفته شده است .

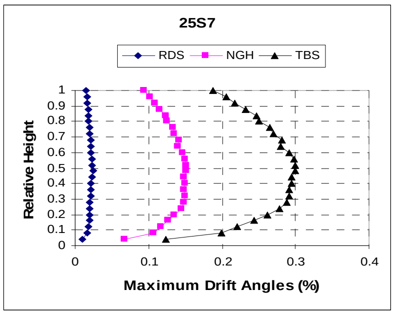
ارزیابی زاویه دریفت طبقات سازه های مورد بررسی با تحلیل دینامیکی غیرخطی :

پس از تحلیل و طراحی قابها، تمامی قابها به کمک نرم افزار ***DRAIN-2DX*** مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفت . در تحلیـل غیرخطی سازه ها از ۳ شتابنگاشت طبس با بیشینه شتاب زمین 0.93g، زلزله ناغان با بیشینه شتاب زمین 0.72g و رودسر با بیـشینه شـتاب زمـین 0.78g استفاده شده است .

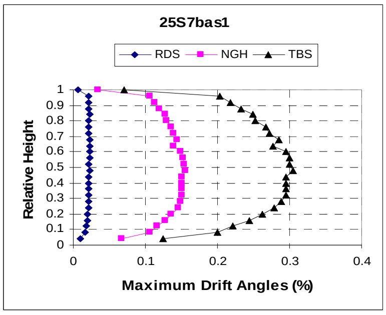
با تحلیل قابها و ثبت نتایج مقدار جابه جایی طبقات در گامهای زمانی، مقدار دریفت در هر طبقه محاسبه گردید . این مقدار از تفاضـل جابـه جـایی دو طبقه متوالی صورت میگیرد . با تقسیم مقدار دریفت بدست آمده بر ارتفاع هر طبقه، زاویه دریفت طبقات محاسبه می گردد . امـا چـون ایـن مقـدار در گامهای متفاوت زمانی محاسبه گردیده است، بیشینه مقدار آن در طول تاریخچه بارگذاری مورد استفاده قرار گرفته است .

نمودارهای مربوط به نیاز زاویه دریفت طبقات به عنوان نمونه و برای قاب ۲۵ طبقه و ۷ دهانه تحت ۳ رکورد در ادامه نمایش داده شـده اسـت . در ایـن نمودار ستون عمودی مربوط به ارتفاع نسبی و ستون افقی مربوط به بیشینه نیاز زاویه دریفت به درصد می باشد . منحنی های مختلف مربوط به تغییـر در تراز تغییر نوع مهار از ضربدری به هفتی بوده و در هر شکل نتایج برای ۳ زمینلرزه مورد بررسی به تفکیک ارائه شده است .

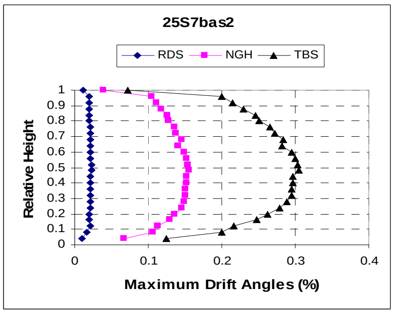
Computer For Civil Softeare Engineering Group : www.CCSofts.com , www.CompCivil.com



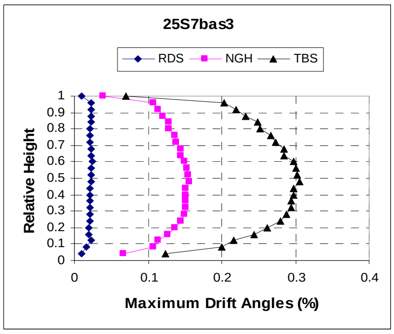
الف–بررسی در قاب ۲۵ طبقه
با مهاربندی x در تمام ارتفاع



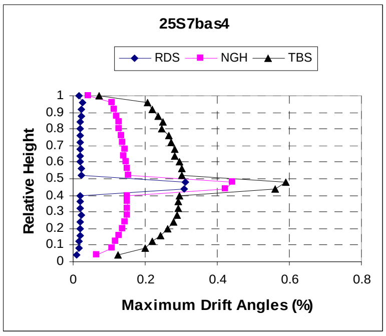
ب–بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۲۴ طبقه



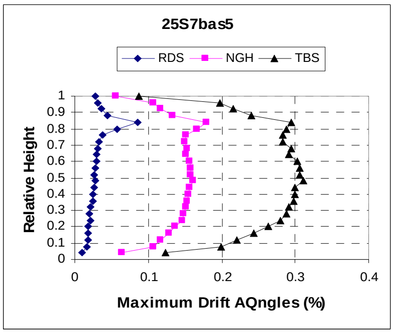
ج-بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۲۳ طبقه



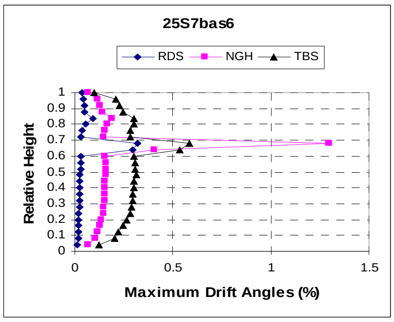
د–بررسی در قاب ۲۵ طبقه
با مهاربندی x در ۲۲ طبقه



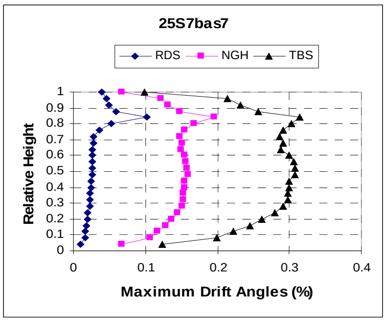
ه–بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۲۱ طبقه



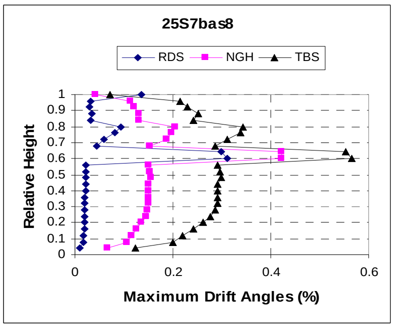
و-بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۲۰ طبقه



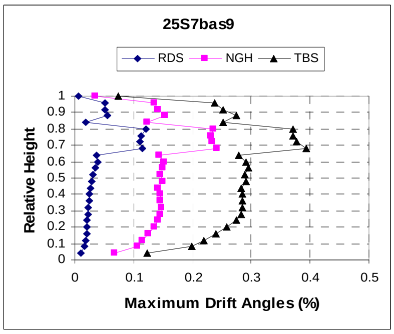
ز–بررسی در قاب ۲۵ طبقه
با مهاربندی x در ۱۹ طبقه



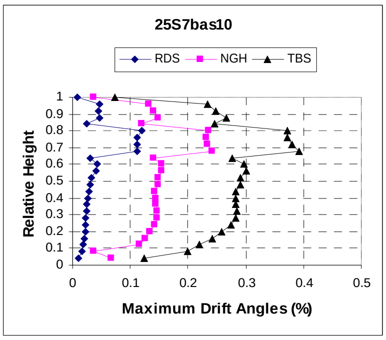
ح–بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۱۸ طبقه



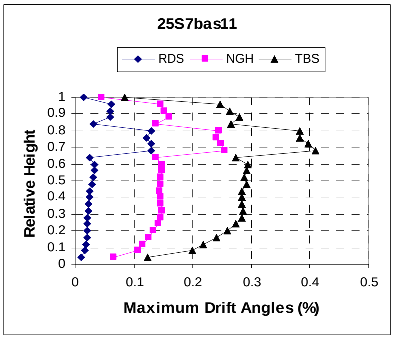
ط-بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۱۷ طبقه



ی–بررسی در قاب ۲۵ طبقه
با مهاربندی x در ۱۶ طبقه

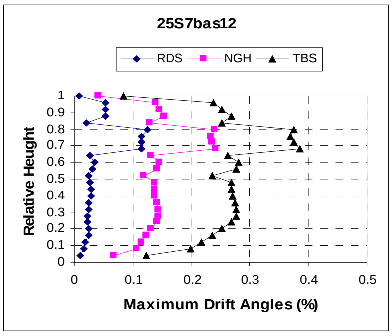


ک–بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۱۵ طبقه

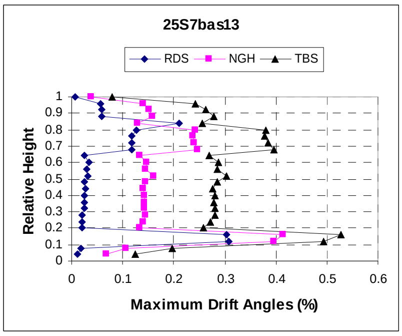


ل-بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۱۴ طبقه

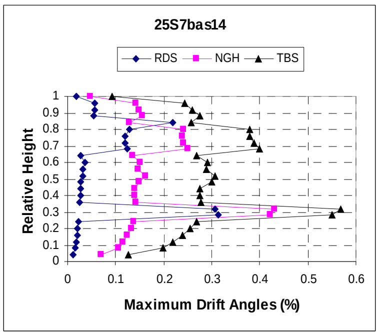
Computer For Civil Softeare Engineering Group : www.CCSofts.com , www.CompCivil.com



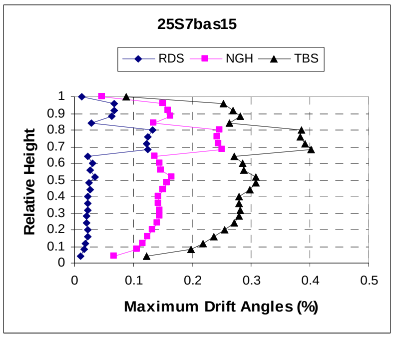
م– بررسی در قاب ۲۵ طبقه
با مهاربندی x در ۱۳ طبقه



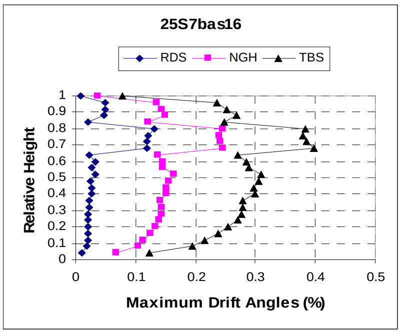
ن– بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۱۲ طبقه



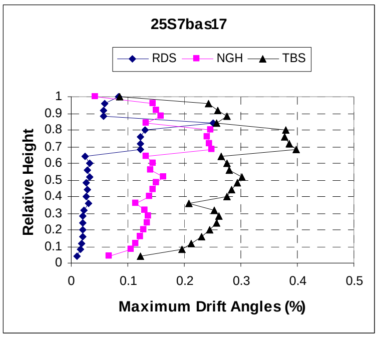
س-بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۱۱ طبقه



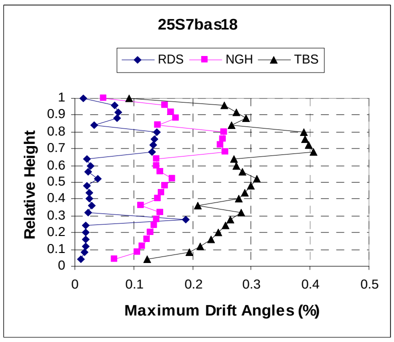
ع– بررسی در قاب ۲۵ طبقه
با مهاربندی x در ۱۰ طبقه



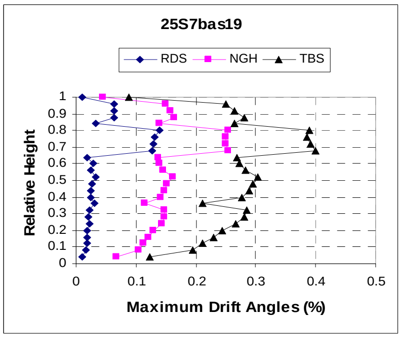
ف– بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۹ طبقه



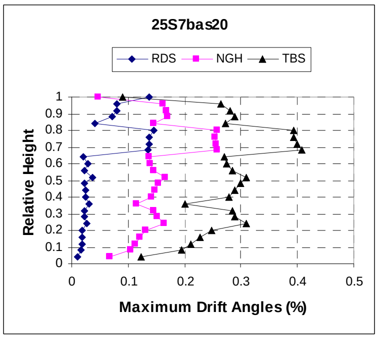
ص-بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۸ طبقه



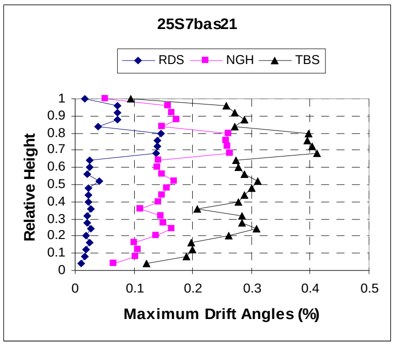
ق– بررسی در قاب ۲۵ طبقه
با مهاربندی x در ۷ طبقه



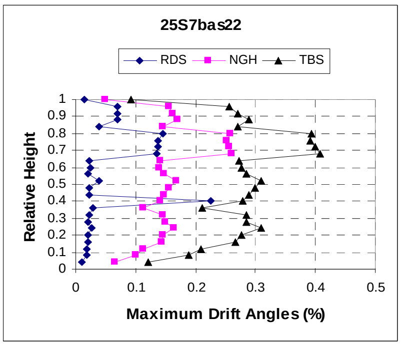
ر– بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۶ طبقه



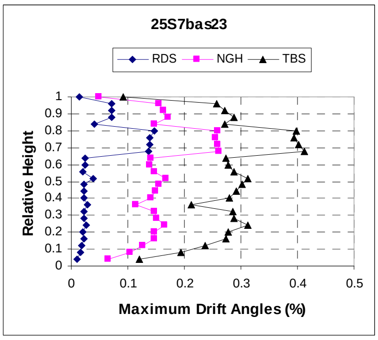
ش-بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۵ طبقه



ت– بررسی در قاب ۲۵ طبقه
با مهاربندی x در ۴ طبقه

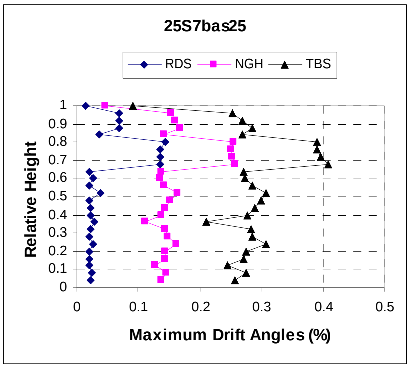


ث– بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۳ طبقه

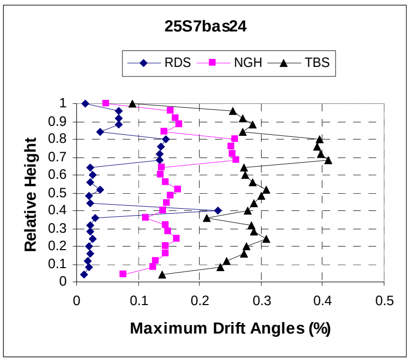


خ-بررسی در قاب ۲۵ طبقه با
مهاربندی x در ۲ طبقه

Computer For Civil Softeare Engineering Group : www.CCSofts.com , www.CompCivil.com



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



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

شکل (۲) : حداکثر نیاز drift طبقات تحت زمینلرزه های مختلف در قاب ۲۵ طبقه با ۷ دهانه با تغییر در تراز تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع

از بررسی نمودارهای شکل (۲-الف) که در آن درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 25S7) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد :

الف - بیشترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در طبقه چهاردهم رخ داده است .

ب - کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در طبقه اول مشاهده گردیده است .

ج - درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت تا طبقات میانی آهنگی رو به رشد داشته اما پس از آن این آهنگ کاهشی بوده است .

از بررسی نمودارهای شکل (۲-ن) که در آن درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 25S7bas13) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد :

الف - درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در طبقات پایینی، میانی و بالایی دچار تغییر شده است . بیشترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در طبقه چهارم رخ داده است .

ب - کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در طبقه بیست و پنجم (طبقه آخر) مشاهده گردیده است .

از بررسی نمودارهای شکل (۲-ض) که در آن درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هر طبقه نسبت به ارتفاع نسبی آن (برای قاب 25S7bas25) ترسیم گردیده است، نتایج زیر حاصل می گردد :

الف - درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در طبقات میانی و بالایی دچار تغییر شده است . بیشترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در طبقه هفدهم رخ داده است .

ب - کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در طبقه بیست و پنجم (طبقه آخر) مشاهده گردیده است .

با بررسی نمودارهای شکل (۲) که مربوط به سازه ۲۵ 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) تغییرات در درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در طبقات میانی و بالایی دیده می شود .

ب - بیشترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هنگامی رخ می دهد که مهارهای هفتی در طبقات پایینی جایگزین مهار ضربدری شود .

ج - کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در رکورد طبس هنگامی که هشتمین مهار هفتی و در رکورد ناغان هنگامی که دهمین مهار هفتی و در رکورد رودسر هنگامی که سیزدهمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می شود رخ می دهد .

Computer For Civil Softeare Engineering Group : www.CCSofts.com , www.CompCivil.com

نتیجه گیری :

هدف از این تحقیق یافتن تراز مناسب جهت تغییر نوع مهاربند در ارتفاع سازه 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 طبس مورد تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی قرار گرفت . با بررسی بیشینه نیاز زاویه دریفت طبقات نتایج زیر در عملکرد لرزه ای سازه با تغییر نوع مهاربندی در ارتفاع حاصل گردید :

- در سازه ۷ طبقه با افزایش دهانه مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت کاهش می یابد . تنها زمانی که ۶ و ۷ مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می شود با افزایش دهانه مقدار درصد بیشینه زاویه دریفت افزایش می یابد . همچنین زمانی که چهارمین، پنجمین و ششمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می شود روند تغییرات درصد نیاز زاویه دریفت تحت هر ۳ رکورد شباهت زیادی نسبت به یکدیگر دارد .

- در سازه ۱۰ طبقه با افزایش دهانه مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت تنها تا زمانی که ۳ مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می شوند کاهش می یابد اما پس آن با افزایش دهانه مقدار درصد بیشینه زاویه دریفت افزایش می یابد .

- در سازه های بلند مرتبه همواره بیشترین مقدار بیشینه نیاز زاویه دریفت زمانی رخ می دهد که تمام مهارهای هفتی در طبقات پایینی جایگزین مهارهای ضربدری شده باشند . با افزایش دهانه نیز این روند تکرار گردیده است .

- در سازه ۲۵ طبقه و ۷ دهانه کمترین مقدار ماکسیمم بیشینه نیاز زاویه دریفت در دو رکورد طبس و ناغان زمانی که تمام مهارها ضربدری هستند و در رکورد رودسر زمانی که دومین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می شود رخ می دهد .

- در سازه ۴ طبقه و ۳ دهانه تحت دو رکورد طبس و ناغان کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هنگامی رخ می دهد که دومین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری شود اما تحت رکورد رودسر کمترین مقدار زمانی که اولین مهار هفتی جایگزین شود رخ می دهد. اما هنگامی که دهانه ها از ۳ به ۷ افزایش می یابد کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هنگامی رخ می دهد که سومین مهاربند هفتی جایگزین مهار ضربدری شود (تحت هر ۳ رکورد) .

- در سازه ۷ طبقه و ۳ دهانه کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هنگامی رخ می دهد که چهارمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری شود . این روند در هر ۳ رکورد مشاهده شده است . اما با افزایش دهانه ها از ۳ به ۷ کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در رکورد طبس هنگامی رخ می دهد که دومین مهاربند هفتی جایگزین مهار ضربدری شود در رکورد رودسر و ناغان این اتفاق هنگامی که شش مهار هفتی جایگزین می شود رخ داده است .

- در سازه ۱۵ طبقه با ۳ و ۷ دهانه کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هنگامی رخ می دهد که سیزدهمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری شود .

- سازه ۲۰ طبقه و ۳ دهانه کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هنگامی رخ می دهد که چهاردهمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری شود . اما هنگامی که دهانه ها از ۳ به ۷ افزایش می یابد کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هنگامی رخ می دهد که چهاردهمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری شود . این روند هنگامی که هشتمین و یا نهمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می شود نیز دیده می شود .

- در سازه ۲۵ طبقه و ۳ دهانه کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت هنگامی رخ می دهد که هفدهمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری شود . اما هنگامی که دهانه ها از ۳ به ۷ افزایش می یابد کمترین مقدار درصد بیشینه نیاز زاویه دریفت در رکورد طبس هنگامی که هشتمین مهار هفتی و در رکورد ناغان هنگامی که دهمین مهار هفتی و در رکورد رودسر هنگامی که سیزدهمین مهار هفتی جایگزین مهار ضربدری می شود رخ می دهد .

مراجع :

1-FEMA-273,1997, “NEHRP guidelines for the for the seismic rehabilitation of buildings“,Federal Emergency Management Agency.

Computer For Civil Softeare Engineering Group : www.CCSofts.com , www.CompCivil.com

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

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

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

Computer For Civil Softeare Engineering Group : www.CCSofts.com , www.CompCivil.com

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.