فصلنامه رویکردهای پژوهشی نوین در
مدیریت و حسابداری
سال ششم، شماره ۸۴، بهار ۱۴۰۱، ص ۵۹۹-۵۹۲

Journal of New Research Approaches
in Management and Accounting
ISSN: 2588-4573
http://www.majournal.ir

بررسی میزان قابلیت اطمینان سازه لرزه ای پیشرفته در ساختمان های بتنی بوسیله مهاربندهای کمانش ناپذیر

سید مجتبی بابارسولی [۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۰۱ تاریخ چاپ: ۱۴۰۱/۰۲/۰۱

چکیده

کنترل ارتعاشات و خرابی ساختمان‌های بتن مسلح در برابر زلزله کاری دشوار است. این امر نیاز به استفاده از دستگاه‌های نوآورانه برای افزایش رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های بتنی دارد. در این بررسی ساختمان‌های بتن‌آرمه با مهاربندهای کمانش ناپذیر (مهاربندهای کمانش تاب)را برای رسیدن به این هدف طراحی شده است. برای این منظور، سه سازه قاب بتن مسلح سنتی با سطوح طبقات ۵ و ۱۰ با استفاده از روش شناخته‌شده الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب به منظور کاهش هزینه و به حداکثر رساندن عملکرد لرزه‌ای طراحی شده‌اند. تحلیل دینامیکی فزاینده، شکنندگی لرزه‌ای و قابلیت اطمینان سازه‌ای بر حسب بیشینه دریفت بین طبقه‌ای برای تمامی ساختمان‌ها محاسبه شده‌است. برای سازه انتخاب‌شده و مدل‌های معادل با مهاربندهای کمانش ناپذیر، نتیجه گرفته می‌شود که نرخ افزایش سالانه هنگامی که مهاربندهای کمانش ناپذیر در نظر گرفته می‌شوند، به طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. عملکرد لرزه ای سیستم مهاربندی کمانش ناپذیر، در دو سطح عملکرد آستانه فرو ریزش و قابلیت استفاده بی وقفه و تنها با در نظر گرفتن پیشانی در نیاز و ظرفیت لرزه ای مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این مقاله به منظور ارزیابی ظرفیت لرزه ای دینامیکی فزاینده استفاده شده است. نتایج این مطالعه نشان می دهد سیستم مهاربندی کمانش ناپذیر در سطوح عملکرد فوق، عملکرد لرزه ای مطلوبی دارد، هرچند عملکرد آن در سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه نگرانی هایی را ایجاد می کند.

واژگان کلیدی

قابلیت اطمینان، سازه لرزه ای پیشرفته، ساختمان های بتنی، مهاربندهای کمانش ناپذیر

۱. کارشناس ارشد مهندسی عمران گرایش سازه

مقدمه

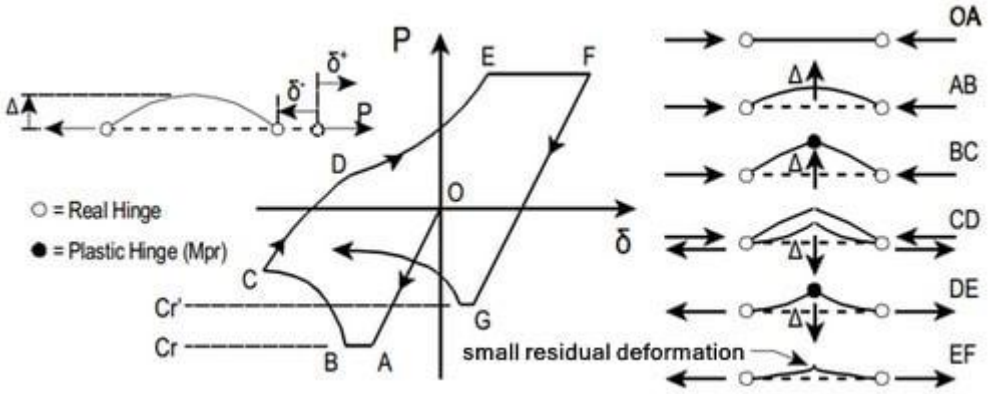
در چند سال گذشته، تعداد زیادی از ساختمان‌ها به خاطر زلزله‌های متوسط و بزرگ آسیب‌دیده اند. امروزه سیستم‌های سازه‌ای به منظور کاهش آسیب لرزه‌ای تکامل‌یافته اند. امروزه، یکی از پر استفاده ترین سیستم‌های سازه‌ای، قاب‌های بتن مسلح شناخته شده‌است. ساختمان‌های بتن مسلح اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، مهم‌ترین عیب آن‌ها مشکل بودن تعمیرات ان پس از وقوع زلزله است. علاوه بر این، سازه‌های بتن‌آرمه واقع در مناطق لرزه‌ای معمولا در معرض جابجایی بین طبقه‌ای پیک بزرگ تولید شده توسط بارهای جانبی قرار می‌گیرند. به منظور ارزیابی راهکارهای مناسب برای کاهش خطر پذیری لرزه ای در نواحی شهری، پیش بینی آسیب پذیری سازه های ساختمانی موجود بر اثر زلزله های احتمالی درآینده یکی از ضروری ترین اقدامات مهندسی می باشد. با توجه به اینکه هزینه های ناشی از مقاوم سازی سازه ها صرفا متوجه هزینه بازسازی سازهای نمی گردد. بلکه هزینه های اجتماعی و تبعات فرهنگی را بدنبال خواهد داشت. اکثر ضعفهای سازه نامنظم در ارتفاع میتواند شامل توزیع جرم، سختی و مقاومت جانبی در ارتفاع سازه باشد که منجر به پیچش، علت به وجود آمدن این مشکل نیز مرکز جرم و مرکز سختی در این اشکال، برای تمامی امتدادهای محتمل زلزله ها نمیتوانند از نظر هندسی برهم منطبق باشند. هدف اصلی آیین نامه های لرزهای، ارایه ضوابط و دستورالعملهای جامع جهت طراحی ایمن یک سازه است. بگونه ای که در حین وقوع یک زلزله شدید، با توزیع تا حد ممکن یکنواخت تغییر شکل غیر خطی در المانهای اصلی سازه، بدون وارد شدن به مرحله خرابی کلی سازه، در سطح عملکرد مناسبی قرار گیرد. از آنجایی که مقررات طراحی لرزه ای کنترل حداکثر رانش بین طبقه را به عنوان پارامتر اصلی تقاضای مهندسی به منظور دستیابی به عملکرد سازه ای خوب توصیه می کند همانطور که گوپتا و کراوینکلر پیشنهاد می کنند لازم است که تقاضای رانش اوج در ساختمان های RC کاهش یابد. جابجایی.e در ساختمان های بتنی سنتی را می توان با استفاده از بادبندهای متحدالمرکز کاهش داد. هدف مهاربندها در قاب های سازه ای افزایش سختی و کاهش جابجایی های جانبی ناشی از زلزله است.

مهاربندهای کمانشی

مهاربندهای کمانشی نوآورانه، وسایلی هستند که به عنوان عناصر جذب انرژی لرزه ای با هدف کاهش آسیب در سازه تحت زلزله های شدید استفاده می شوند. مهاربند کمانش ناپذیر یا همان مهاربند کمانش تاب به علت رفتار متقارنی که در مقابل نیروی کششی و فشاری از خود نشان می دهد راه حل مناسبی برای کنترل کمانش بادبند می باشد. با بررسی رفتار سیستم مهاربندی در خرابی سازه ها، مشخص شد که بزرگترین مشکل این سیستم رفتار نامتقارن مهاربندها در کشش و فشار می‌باشد، به این معنا که مهاربند در کشش تسلیم شده و جذب انرژی می‌نماید اما در فشار به دلیل کمانش نمی‌تواند عملکرد مطلوب داشته باشد.

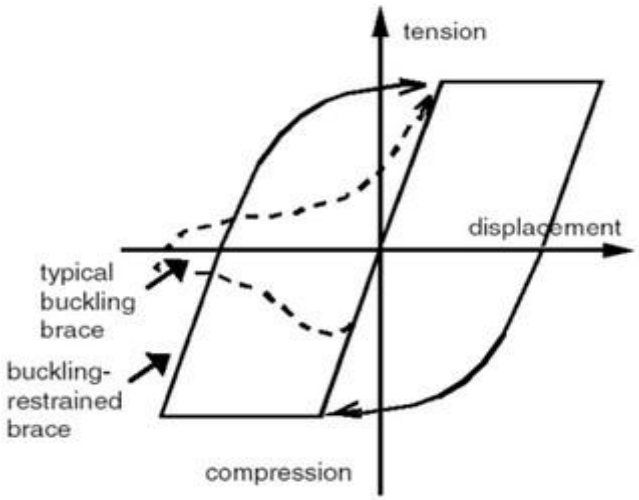
عموماً برای بررسی رفتار اعضا در زمان زلزله، از تست‌هایی با بارگذاری سیکلی استفاده می‌شود، بدین معنا که نیروی کششی و فشاری به تناوب به صورت رفت و برگشتی به المان اعمال شده و نحوه‌ی پاسخ عضو در این بارگذاری بررسی می‌گردد. دلیل انجام چنین تستی، ماهیت رفت و برگشتی نیروی زلزله می‌باشد که جهت نیروی وارده به اعضای سازه‌ای در سیکل‌های مختلف تغییر می‌کند. نتایج بارگذاری سیکلی در قالب یک منحنی به نام منحنی هیسترزیس ارائه می‌شود که در این منحنی جابه جایی در مقابل نیرو (نیروی کششی و فشاری) نشان داده می‌شود. در شکل زیر یک المان مهاربندی تحت کشش و فشار به صورت سیکلی بارگذاری شده و نتایج آن به صورت منحنی هیسترزیس، مشاهده

می‌شود. در این تست، ابتدا عضو به صورت فشاری بارگذاری شده و به دلیل کمانش مهاربند تحت فشار، حلقه‌ی هیسترزیس (حلقه‌های منحنی نیرو-تغییرمکان در بارهای رفت و برگشتی)، نامنظم می‌باشد اما با تغییر جهت بارگذاری و تبدیل آن به کشش، رفتار منظم شده و جذب انرژیِ قابل توجهی رخ می‌دهد (مساحت زیر نمودار منحنی هیسترزیس، انرژی جذب شده یا مستهلک شده‌ی عضو را نشان می‌دهد).



شکل ۱- گام های مختلف اعمال بار، در بارگذاری سیکلی یک مهاربند

در صورتی که از کمانش عضو در فشار جلوگیری شود، حلقه‌ی هیسترزیس به شکل زیر خواهد بود.



شکل ۲- تفاوت حلقه‌ی هیسترزیس مهاربند در حالت وقوع کمانش در مقایسه با حالت بدون کمانش

از توضیحات فوق می‌توان این‌چنین نتیجه گرفت که در سیستم‌های مهاربندی نیاز به مهاربندی می‌باشد که با مقاومت بهتر در مقابل کمانش تحت نیروی فشاری، رفتار پایدارتری داشته باشد تا جذب انرژی بیشتری توسط این مهاربند در هنگام زلزله رخ دهد.

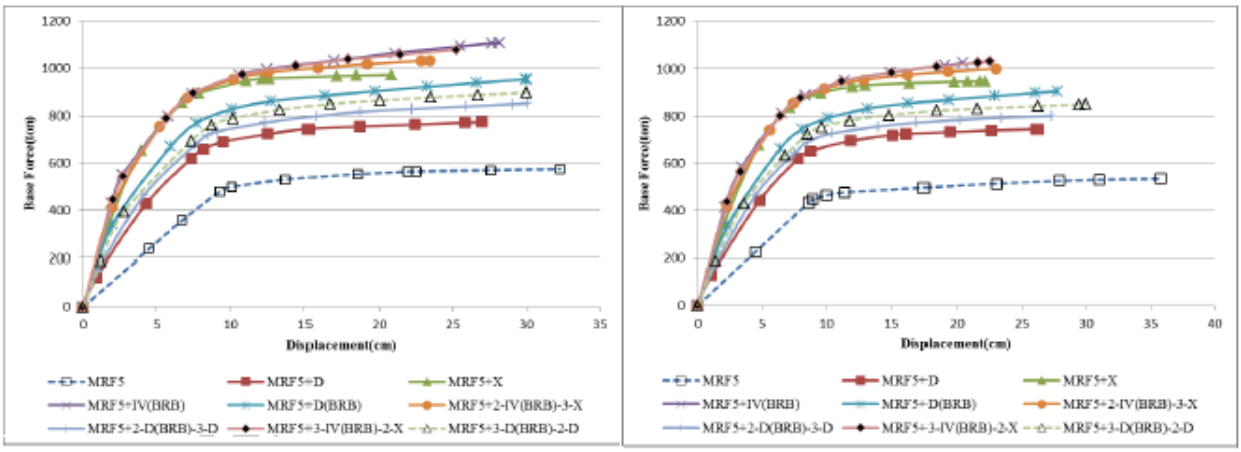
روش انجام کار

در حال حاضر، تعداد زیادی از مطالعات در مورد استفاده از تکنیک های بهینه سازی برای طراحی سازه وجود دارد. در این تحقیق سازه های بتنی ۵ و ۱۰ طبقه مورد بررسی قرار گرفته است. برای مدلسازی سازه های مورد مطالعه از نرم افزار SAP2010 استفاده شده و تحلیل مورد استفاده آنالیز استاتیکی غیرخطی سه بعدی می باشد. همچنین برای مقایسه، سطح مقطع هسته بتنی مهاربندهای کمانش نشونده برابر با سطح مقطع بادبندهای معمولی است. برابر در نظر گرفته شده و همچنین نسبت طول مهار نشده برای کمانش این اعضا ۰/۰۱ در نظر گرفته شده است.

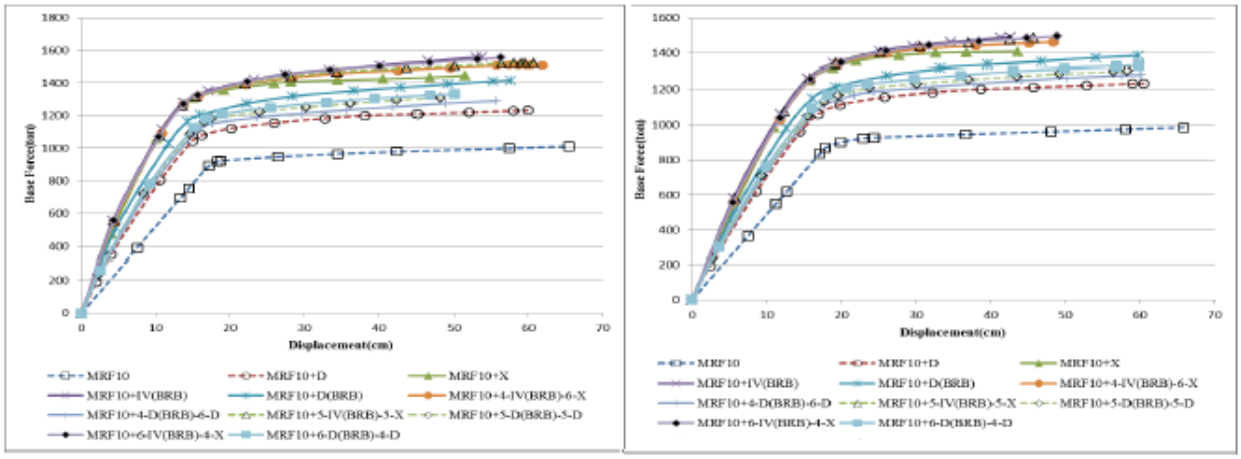
MRF، D و X به ترتیب قاب خمشی و مهاربندی مورب و متقاطع هستند و (BRB)D و (BRB)IV به ترتیب انعطاف پذیر قطری و شورون (هشت شکل) هستند. به عنوان مثال، MRF5 + 2 -D-3(-BRB)D یک قاب خمشی بتنی ۵ طبقه است که با ترکیب مهاربند کمانش مورب و مهاربند مورب معمولی بهبود یافته است، به طوری که در ۲ طبقه اول از بادبند ضد سگک و در ۳ طبقه آخر از مورب معمولی استفاده می شود. مهاربند استفاده شده است و منظور MRF10 + X است که خمش ۱۰ طبقه بتنی با بادبندهای ضربدری در تمامی طبقات بهبود یافته است، در حالت ترکیبی برای سازه های ۵ طبقه، مهاربندهای کمانشی در ۲ و ۳ طبقه اول می باشد؛ و در سازه های ۱۰ طبقه مهاربندهای کمانشی در طبقات ۴، ۵ و ۶ و برای طبقات اول می باشد و انتهای آن به عنوان بادبند معمولی در نظر گرفته می شود، زیرا بادبندهای غیرمتناسب شورون مقدار کمی نامتعادل اعمال می کنند. نیروی وارده به تیرهای دهانه مهاربندی شده همچنین معیارهای لرزه ای برش دهم از n مقررات ملی ساختمان در روش محدود در صورت استفاده از مهاربند معمولی شورون؛ زیرا تیر مهاربندی شده باید برای نیروی سنگین نامتعادل طراحی شود و در نتیجه طرح تقویتی دیگری برای تیرها پیش بینی شود.

مرور مراحل انجام شده

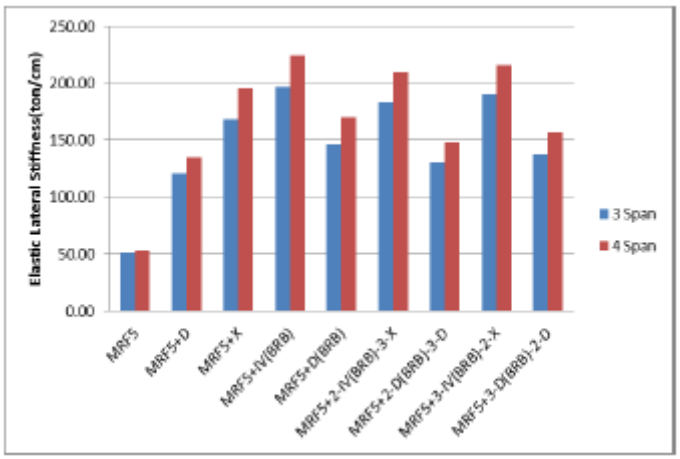
در شکل‌های زیر منحنی‌های ظرفیت، سختی و شکل‌پذیری مدل‌ها در دو جهت، سه دهانه و چهار دهانه، به تفکیک سازه‌های ۵ و ۱۰ طبقه مقایسه شده است.



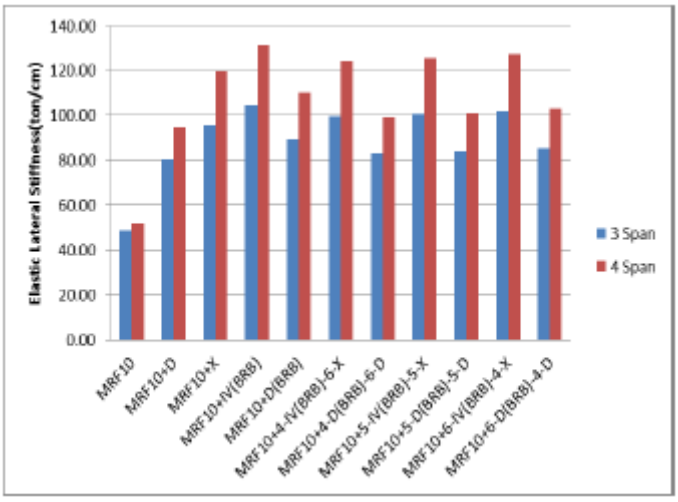
شکل ۳- مقایسه منحنی های ظرفیت سازه های ۵ طبقه در جهت ۴ دهانه و ۳ دهانه



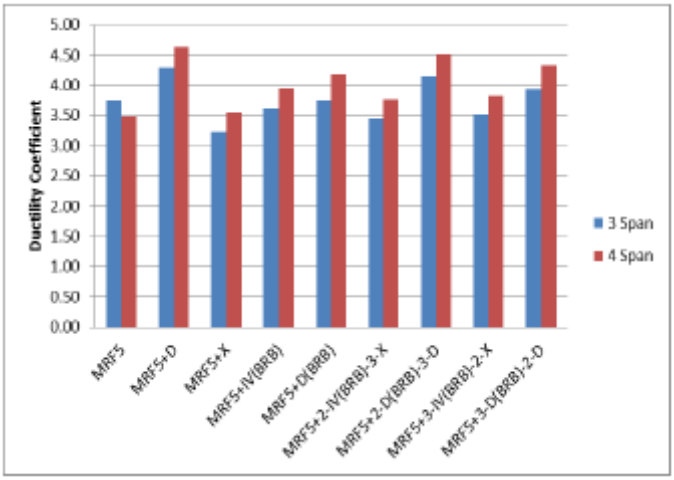
شکل ۴- مقایسه منحنی های ظرفیت سازه های ۱۰ طبقه در جهت ۴ دهانه و ۳ دهانه



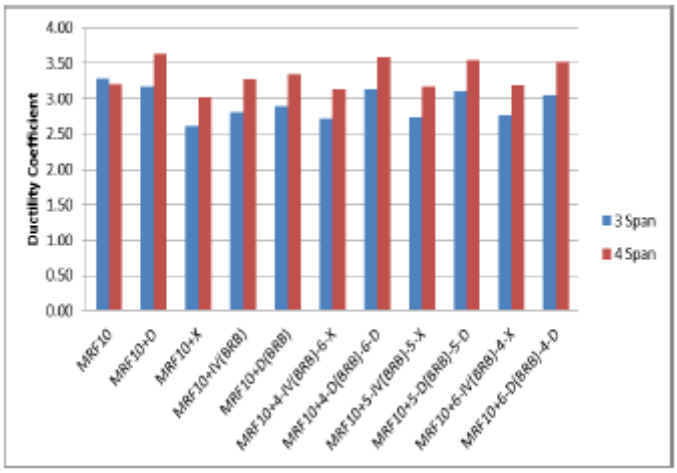
شکل ۵–مقایسه سختی سازه های ۵ طبقه



شکل ۶–مقایسه سختی سازه های ۱۰ طبقه



شکل ۷–مقایسه شکل پذیری سازه های ۵ طبقه



شکل ۸-مقایسه شکل پذیری سازه های ۱۰ طبقه

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله عملکرد لرزه‌ای ساختمان بتنی با مهاربندهای کمانش ناپذیر با استفاده از تحلیل دینامیکی افزایشی، شکنندگی لرزه‌ای و قابلیت اعتماد سازه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته‌است. برای این منظور، حداکثر دریفت بین طبقه‌ای به عنوان پارامتر تقاضای مهندسی انتخاب شده‌است. با توجه به منحنی ظرفیت سازه‌های بهبودیافته، سازه بهبودیافته با هشت مهاربند کمانش‌کننده کمانش‌کننده بهترین عملکرد و سازه بهبود یافته با مهاربندی قطری معمولی ضعیف‌ترین عملکرد را دارند. همچنین عملکرد سازه بهبود یافته با مهاربندهای متقاطع بهترین عملکرد را دارد. مهاربندهای مورب در حال کمانش هستند؛ اما در جابجایی فراتر، شاهد عملکرد بهتر مهاربندهای مورب بدون کمانش هستیم که به دلیل کاهش مقاومت سازه بهبود یافته با مهاربندهای متقاطع به دلیل کمانش مهاربندها است. در سازه های اصلاح شده، از نظر سختی، سازه بهبود یافته با هشت بست کمانشی غیر کمانش، بیشترین سختی و سازه بهبود یافته با مهاربندی مورب معمولی کمترین سختی را دارد. می توان آن را با یک مهاربند مورب کمانش کرد. در سازه های اصلاح شده از نظر شکل پذیری سازه اصلاح شده با مهاربندی مورب معمولی بیشترین شکل پذیری و سازه اصلاح شده با مهاربندهای متقاطع کمترین شکل پذیری را دارد. انعطاف پذیری سازه بهبود یافته با مهاربندی مورب غیر کمانشی است. همچنین سازه های بهبود یافته با هشت مهاربند برگشت ناپذیر کمانش، علیرغم صلب بودن بیشتر، شکل پذیری بیشتری نسبت به سازه های بهبود یافته با مهاربندهای متقاطع دارند. در مورد سازه های بهبودیافته با ترکیب مهاربندهای با قطر غیر کمانش با مهاربندهای قطر معمولی، با توجه به منحنی ظرفیت سازه های اصلاح شده، روند عملکرد کاملاً منظمی را شاهد هستیم به طوری که هر چه تعداد قطرهای کمانش ناپذیر بیشتر باشد. طبقات پایین افزایش می یابد. به عملکرد موقعیتی نزدیک می شود که از یک مهاربند مورب کاملاً کمانش استفاده می شود. از نظر سختی و شکل پذیری با افزایش مهاربندهای مورب قوس در طبقات زیرین شاهد افزایش سفتی و کاهش شکل پذیری هستیم؛ بنابراین در صورتی که هدف اطمینان از سختی سازه موجود در حد مهاربندهای کمانش مورب و در عین حال به حداقل رساندن شکل پذیری سازه موجود باشد و همچنین کاهش مقاومت سازه در اثر کمانش قابل توجه است. مهاربندهای مورب معمولی را می توان به حداقل رساند. از مهاربندهای مورب غیر کمانش و از مهاربندهای مورب معمولی در ارتفاع برای بهبود استفاده می شود. در مورد سازه بهبودیافته با ترکیب مهاربندهای بدون کمانش هشت سگک با مهاربندهای متقاطع، با توجه به منحنی ظرفیت

سازه‌های بهبود یافته، در سازه‌ای ۵ طبقه زمانی که در ۳ طبقه اول یک سگک هشت‌قلوی و در یک سازه ۱۰ طبقه که در ۶ طبقه اول از هشت تسمه کمانش استفاده شده است. منحنی عملکرد تقریباً مطابق با منحنی عملکرد است که در آن از هشت تسمه کمانشی به طور کلی استفاده می شود. در حالت قبل، اجرای مجدد بیشتر به حالتی است که به طور کلی از مهاربندهای غیر کمانش هشت کمانش استفاده می شود و این به این دلیل است که در جابجایی عرضی، مقاومت سازه در اثر کمانش کاهش می یابد. مهاربندهای متقاطع به حداقل می رسد. از نظر سختی و شکل‌پذیری، هم سختی و هم شکل‌پذیری سازه با افزایش هشت مهاربند غیرقابل کاهش کمانشی در طبقات زیرین افزایش می‌یابد؛ بنابراین می توان با ترکیب هشت سگک بدون سگک با مهاربندهای متقاطع سازه را بهبود بخشید، مشروط بر اینکه از سگک های بدون سگک حداقل در بیش از نیمی از لایه ها استفاده شود، با دقت قابل قبولی که جایگزین هشت سگک شود. از شکل غیر کمانشی استفاده می شود. همچنین در صورت استفاده از مهاربندهای هشت ضلعی کمانش ناپذیر به نصف یا کمتر در ترکیب مهاربندهای هشت ضلعی غیر کمانش با مهاربندهای متقاطع، علاوه بر بهبود سفتی و شکل پذیری مهاربندهای متقاطع، مشکل کاهش مقاومت سازه در برابر ضربدری نیز وجود دارد. خمش نیز کاهش می یابد. بهبود می بخشد.

منابع

سلمان پور، امیرحسین و اربابی، فریدون،۱۳۸۷، قابلیت اعتماد لرزه ای سازه های مهاربندی شده کمانش ناپذیر (BRBF)، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، تهران، ۹-۱.

صدقی، پیام و باصر، حامد و محافظ، نیما،۱۳۹۷، بررسی رفتار لرزه ای سازه های نامنظم مجهز به مهاربندهای کمانش ناپذیرBRB ، کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام، تبریز،۸-۱.

Hoveidae, N. (2019) Local buckling behavior of core plate in all-steel buckling restrained braces, International journal of steel structures, 15(2),249-260.

Hoveidae, N. Rafezy, B. (2020) Overall buckling behavior of all-steel buckling restrained braces, Journal of Constructional Steel Research, 79,151-158.

Mirtaheri, M. Gheidi, A.Zandi, A.P. Alanjari, P. Samani, H.R. (2021), Experimental optimization studies on steel core lengths in buckling restrained braces, Journal of constructional steel research, 67(8),1244-1253.

Palazzo, G. López-Almansa, F. Cahís, X. Crisafulli, F. (2019) A low-tech dissipative buckling restrained brace. Design, analysis, production and testing, Engineering Structures, 31(9),2152-2161.

Tsai, C. Lin, Y. Chen, W. Su, H. (2019) Mathematical modeling and full-scale shaking table tests for multi-curve buckling restrained braces, Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 8(3),359-371.

Usami, T. Wang, C. Funayama, J. (2021) Low-cycle fatigue tests of a type of buckling restrained braces, Procedia Engineering, 14,956-964.

Evaluation of reliability of advanced seismic structures in concrete buildings by buckling braces

Seyed Mojtaba Babarasouli [1]

Date of Receipt: 2022/03/21 Date of Issue: 2022/04/21

Abstract

Earthquake vibration and damage to reinforced concrete structures is difficult to control. This requires the use of innovative devices to increase the seismic behavior of concrete structures. In this study, reinforced concrete structures with non-buckling braces (buckling buckles) are designed to achieve this goal. For this purpose, three traditional reinforced concrete frame structures with levels of floors 5 and 10 have been designed using the well-known method of faulty sorting genetic algorithm to reduce costs and maximize seismic performance. Incremental dynamic analysis, seismic fragility and structural reliability are calculated in terms of maximum inter-floor drift for all buildings. For selected structures and equivalent models with buckling buckles, it is concluded that the annual increase rate when buckling buckles are considered is significantly reduced. The seismic performance of the non-buckling bracing system has been evaluated in two levels of collapse performance and uninterrupted usability, and only considering the seismic need and capacity of the forehead. This paper is used to evaluate the increasing dynamic seismic capacity. The results of this study show that the buckling system has good seismic performance at the above performance levels, although its performance at the performance level raises uninterrupted usability concerns.

Keywords

Reliability, Advanced Seismic Structure, Concrete Buildings, Rigging Braces

1. Master of Civil Engineering, Structural Orientation