بهینه یابی الگوی مهاربندی قاب‌های فولادی

احسان کریمی
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندر گز، گروه عمران، گلستان، ایران
karimi@bandargaziau.ir
جعفر عسگری مارنانی
استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، گروه عمران، تهران، ایران
J_asgari@iauctb.ac.ir
شهریار طاووسی تفرشی
استادیار دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، گروه عمران، تهران، ایران
Sh_tavousi@iauctb.ac.ir
(تاریخ دریافت مقاله: تاریخ پذیرش مقاله:)

چکیده

از متداول‌ترین روش‌های مقاوم‌سازی جانبی قاب های فولادی، مهاربندی با استفاده از بادبندهای فولادی قطری و ضربدری می‌باشد. در شیوه مرسوم و سنتی برای مهاربندی قاب، در یک یا چند دهانه‌ی قاب، بسته به نیاز سازه‌ای، از طبقه نخست تا آخرین طبقه بدون هیچ‌گونه جابجایی در ارتفاع و به‌صورت روی‌هم و ستونی، بادبند قرار داده می‌شود. این در واقع ابتدایی‌ترین و ساده‌ترین الگوی مهاربندی می‌باشد که غالباً آیین‌نامه های موجود براین اساس روابط طراحی را ارائه می‌دهند. امّا شیوه مهاربندی متداول بهترین الگوی مهاربندی نبوده و قادر نمی‌باشد تا بهترین پاسخ و رفتار سازه‌ای را حاصل نماید. هدف این تحقیق یافتن الگوی مناسب مهاربندی جهت ارتقاء و بهبود کارآیی و رفتار سازه‌ای می‌باشد. بهینه‌سازی بوسیله ارزیابی الگوهای گوناگون با استفاده از روش تحلیل استاتیکی معادل و تاریخچه‌زمانی به‌دست آمده است. پارامترهایی نظیر وزن، جابجایی فوقانی و پریود سازه برای مقایسه قاب‌های مهاربندی مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تمامی قاب‌های فولادی مهاربندی‌شده براساس آیین‌نامه‌های لرزه‌ای حاضر طراحی گردیده‌اند. نتایج این مطالعه نشان‌داد که توزیع نیروهای جانبی و پاسخ سازه‌ای و کارآیی برای الگوی مهاربندی پیشنهاد شده بهبود یافته‌اند.

کلمات کلیدی: بادبند قطری، بادبند ضربدری، تحلیل شبه استاتیکی، تاریخچه زمانی، الگوی بهینه مهاربندی، رفتار سازه‌ای.

۱- مقدمه

استفاده از قاب‌های ساده ساختمانی فولادی به‌همراه مهاربندی هم‌محور از رایج‌ترین سیستم‌های سازه‌ای مورد توجه می‌باشد. این نوع سیستم سازه‌ای در واقع ساده‌ترین سیستم سازه‌ای و در بین انواع قاب‌های سازه‌ای، ابتدایی‌ترین آنها می‌باشد. پیدایش سایر سیستم‌های سازه‌ای نظیر سیستم‌های قاب صلب، نیمه صلب، دوگانه (ترکیبی از قاب‌های خمشی به همراه مهاربندی)، لوله‌ای، دکل‌وخرپا و بسیاری دیگر، شاید سبب گردید دیگر توجه کمتری به این نوع سیستم سازه‌ای (قاب ساختمانی ساده به‌همراه مهاربندی) گردد. امّا سادگی این نوع سیستم سازه‌ای چه از لحاظ محاسبه و طراحی و چه از لحاظ اجرا، سبب شده تا در سال‌های اخیر توجه بیشتری بدان گردد.

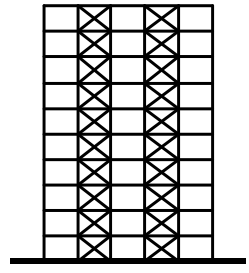
در شیوه‌های مرسوم برای مهاربندی قاب‌ها، دهانه‌ای از قاب

را از نخستین طبقه تا طبقه آخر سازه با قرار دادن بادبند، مهاربندی می‌کنند (شکل ۱). اگر چه این شیوه هم از لحاظ محاسبه و هم اجرا نسبتاً ساده‌تر می‌باشد، امّا از لحاظ قدرت مانور طراح برای رسیدن به یک طراحی بهینه بسیار محدود بوده و غالباً سازه‌هایی که بدین شیوه طراحی می‌گردند نسبت به شیوه‌ی دیگری که در ادامه این تحقیق بدان پرداخته خواهد شد، از لحاظ کارآیی و رفتار سازه‌ای در درجات به‌مراتب پایین‌تری قرار خواهند داشت.

تحقیقی توسط شعیبی [۱]، در خصوص رفتار سازه‌های با سیستم بادبندی زنجیره‌ای غیرروی‌هم صورت گرفته است. در این تحقیق با استفاده از تحلیل ارتجاعی دینامیکی و غیرارتجاعی استاتیکی، کارآیی و رفتار بهتر سازه‌های با مهاربندی ممتد در مقایسه با سیستم مهاربندی متداول نشان داده شده است.

همچنین شالچی[۲]، تحقیقی بر روی ساختمان‌های با مهاربندی پراکنده انجام داده است. در این تحقیق با استفاده از تحلیل دینامیکی و با در نظر گرفتن رفتار ارتجاعی سازه مشاهده گردید که عملکرد سازه با مهاربندی پراکنده نسبت به مهاربندی متداول بهبود می‌یابد. در تحقیق دیگری، شعبانزاده [۳]، با استفاده از تئوری گراف‌ها، نشان داد که می‌توان بدون تغییر چشمگیر در تغییر مکان‌ها نسبت به حالت متداول، تعداد بادبندها را کاهش داد. کریمی‌محمدی و El Naggar [۴]، تحقیقی برای تعیین مقاومت (و سختی) مورد نیاز جهت رسیدن به یک توزیع شکل‌پذیری مشخص مطابق با خصوصیات دینامیکی سازه و زلزله ارائه نمودند.

همچنین مقدم و حاج‌رسولیها[۵]، تحقیقی به منظور بهینه‌سازی پاسخ دینامیکی قاب‌های فولادی مهاربندی هم‌محور تحت اثر زلزله ارائه نمودند. در این مطالعه نشان داده شده است که بهبود عملکرد لرزه‌ای در یک سازه بوسیله انتقال مصالح از قسمت‌های قوی به ضعیف امکان‌پذیر می‌باشد و بدین ترتیب حالتی از توزیع یکنواخت تغییرشکل حاصل می شود. در تحقیقی دیگر Aydin و Boduroglu [۶]، نسبت به بهینه‌یابی موقعیت بادبندهای فولادی ضربدری به منظور ارتقاء پاسخ لرزه‌ای در یک قاب مسطح ساختمانی اقدام نموده‌اند. همچنین Hagishita و Ohasaki [۷]، تحقیقی در خصوص بهینه‌یابی بادبندها در سازه‌های با قاب فولادی با اتصالات نیمه صلب ارائه نموده‌اند.



شکل ۱- حالت مهاربندی متداول (آرایش شماره ۱)

از آنجا که در اغلب مطالعاتی که تاکنون برروی سیستم مهاربندی پراکنده صورت گرفته کمتر به یافتن الگوی خاص مهاربندی پرداخته شده و عموماً تاثیرات جابجایی مهاربندها در اینگونه مطالعات مورد توجه بوده، لذا در این مطالعه تلاش شده تا با در نظر گرفتن الگوهای متنوع مهاربندی در مقابل الگوی مهاربندی متداول، الگویی بهینه برای مهاربندی ارائه گردد.

۲- مدلسازی و روش تحلیل

سیستمی که برای مدل کردن تمامی آرایش‌های مختلف در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است، سیستم قاب ساختمانی ساده با مهاربندی هم‌محور قطری و ضربدری می‌باشد. تعداد طبقات سازه ۱۰، طول تمامی دهانه‌ها ۴ متر و ارتفاع تمامی طبقات ۳ متر می‌باشد. اتصال پای ستون‌های طبقه نخست گیردار در نظر گرفته شده است.

کاربری ساختمان مسکونی در نظر گرفته شده است. همچنین بارگذاری در هر دو جهت ساختمان بطور کاملاً متقارن اعمال گردیده است. در محاسبات این پژوهش، از آیین نامه حداقل بار وارد بر ساختمان‌ها و ابنیه فنی (استاندارد ۵۱۹) و مبحث ششم مقررات ملی ساختمان استفاده شده است. همچنین برای بارگذاری جانبی ناشی از زلزله از آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم استفاده شده است.

برای بدست آوردن بهترین حالت مهاربندی، ابتدا تعداد زیادی (حدود ۱۳۵ عدد) الگوی مهاربندی متفاوت تولید و مورد ارزیابی قرار گرفته است بطوریکه در این الگوها سعی شده تمامی حالات ممکن مهاربندی یک ساختمان مورد نظر قرار گیرد [۸]. تمامی این الگوهای مهاربندی در ابتدا به‌روش تحلیل استاتیکی معادل طبق ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ مورد تحلیل و طراحی قرار گرفته و سپس با استفاده از ارزیابی و مقایسه بین پارامترهای مختلف نظیر

وزن، جابجایی و پریود سازه، تعداد پنج آرایش به‌عنوان بهترین آرایش‌های مهاربندی انتخاب شده‌اند (تصویر ۲). نهایتاً برای اطمینان از صحت نتایج، هر یک از پنج آرایش مهاربندی منتخب به‌همراه حالت مهاربندی متداول، با استفاده از روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی خطی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۳- بررسی براساس روش تحلیل استاتیکی معادل

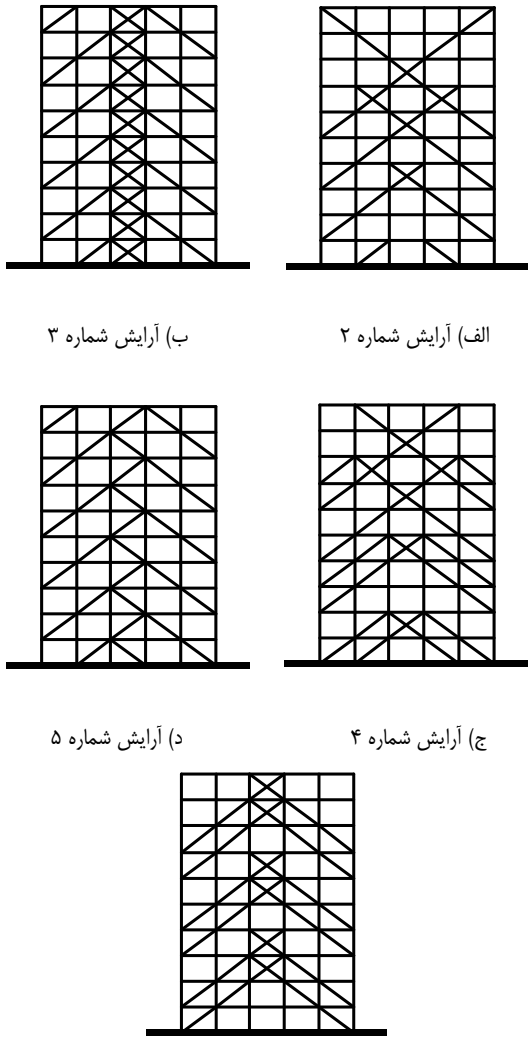
همانگونه که از نام این روش بر می‌آید، نیروهای اعمالی به سازه که ذاتاً دینامیکی هستند، بصورت استاتیکی معادل‌سازی شده و به سازه اعمال می‌شوند. بی‌تردید این روش تقریبی است و برای ساده کردن عملیات تحلیل برگزیده شده است.

اگر چه بنظر می‌رسد این روش خیلی ساده است، لیکن بر مبنای تئوری‌های دینامیک پایه‌ریزی شده و مشاهده شده است که ساختمان‌هایی که بدین روش تحلیل و طراحی می‌شوند، از مقاومت و شکل‌پذیری نسبتاً خوبی در برابر زلزله برخوردار هستند. به همین جهت این روش در اکثر آیین‌نامه‌های طراحی در برابر زلزله کشورهای مختلف با اندک اختلافی که در روش دارند، به عنوان یک روش استاندارد مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸]. تمامی آرایش‌های مختلف مهاربندی با استفاده از این روش مورد تحلیل و طراحی قرار گرفته و با نتایج حاصل از آرایش مهاربندی متداول مقایسه گردیده‌اند.

۳-۱- مقایسه براساس وزن مقاطع طراحی شده

از آنجایی که قاب سازه از نوع قاب ساده ساختمانی بوده و تیرها از نوع ساده با اتصالات مفصلی در نظر گرفته شده‌اند، لذا تیرها تنها تحت نیروهای ثقلی طراحی شده و نیروهای ناشی از بارگذاری جانبی در طراحی تیرها بی‌تاثیر بوده‌اند. از اینرو، در تمامی آرایش‌های مهاربندی، مقطع تیرها یکسان در نظر گرفته شده است و تنها ستون‌ها و تیرها متناسب با نیروهای توزیع شده در قاب طراحی شده‌اند. بدین ترتیب، برای مقایسه تغییرات وزن، مجموع وزن‌های ستون‌ها و بادبندهای طراحی شده در نظر گرفته شده‌اند.

در این پژوهش برای بهینه‌یابی موقعیت بادبندها فرض شده که هرچه نیروهای ناشی از بارگذاری جانبی بیشتر و بهتر در سازه توزیع شوند، اعضای بیشتری در تحمل این نیروها مشارکت نموده و رفتار سازه بهتر و مناسب‌تر خواهد شد. منطقی به نظر می‌رسد که هر چه نیروهای ناشی از بارگذاری جانبی بطور مناسب‌تری در اعضای سازه توزیع شوند، مقاطع از لحاظ طراحی اقتصادی‌تر خواهند شد و این بدان معناست که وزن اسکلت سازه نیز کاهش خواهد یافت.



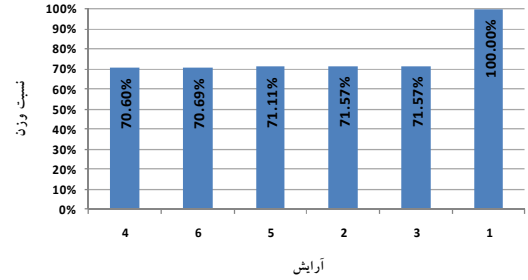
الف) آرایش شماره ۲ ب) آرایش شماره ۳

ج) آرایش شماره ۴ د) آرایش شماره ۵

ه) آرایش شماره ۶

شکل ۲- آرایش‌های منتخب مهاربندی

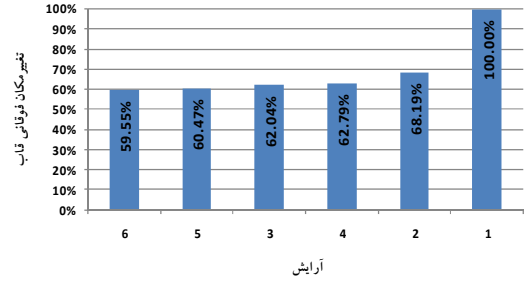
با مقایسه وزن آرایش‌های منتخب مهاربندی در برابر حالت مهاربندی متداول مطابق نمودار ۱، مشاهده می‌شود که با انتخاب الگوی مناسب مهاربندی می‌توان بطور قابل توجهی وزن سازه را کاهش داد. این کاهش وزن نتیجه توزیع مناسب‌تر نیروی‌های ناشی از زلزله در سازه می‌باشد.



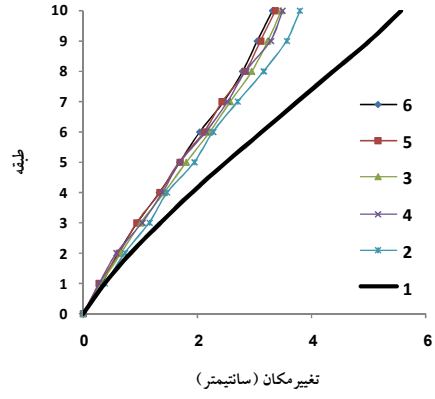
نمودار ۱- مقایسه وزن آرایش‌های مهاربندی

۳-۲- مقایسه براساس تغییرمکان‌ها

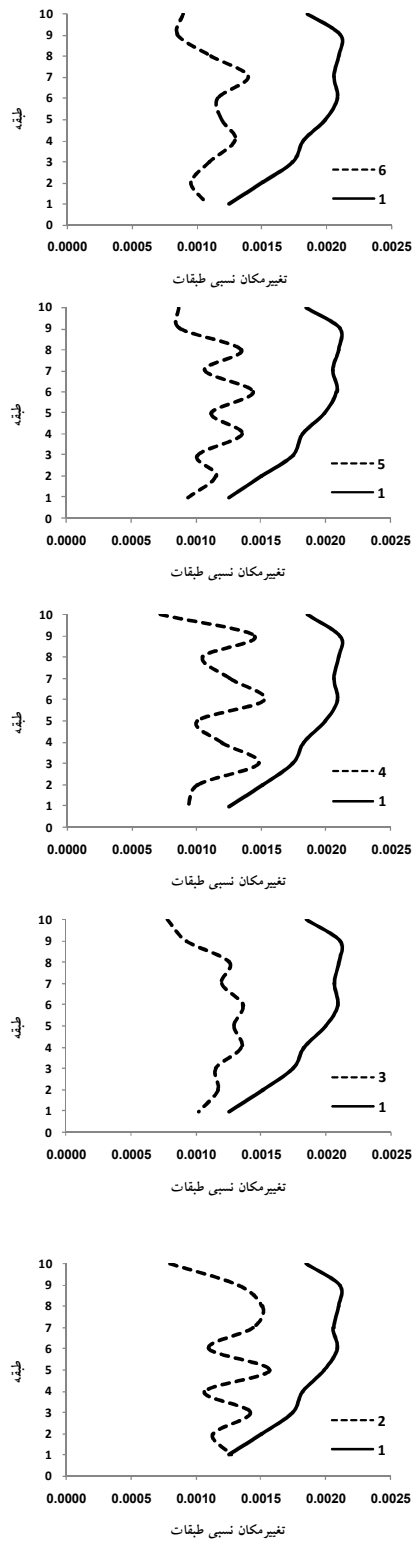
یکی دیگر از پارامترهای مهم در طراحی سازه‌ها، جابجایی یا تغییرمکان‌های سازه می‌باشد. تغییرمکان‌ها به دو صورت حداکثر تغییرمکان جانبی فوقانی سازه و تغییرمکان جانبی نسبی بین طبقات (Drift) سازه می‌باشد. تغییرمکان جانبی نسبی یک طبقه عبارتست از اختلاف مقدار تغییرمکان آن طبقه نسبت به طبقه بالا یا طبقه پایین. در نمودار ۲ نسبت تغییرمکان حداکثر سازه (تغییرمکان فوقانی) برای آرایش‌های مهاربندی منتخب در مقایسه با آرایش مهاربندی ارائه شده است.



نمودار ۲- مقایسه تغییرمکان فوقانی آرایش‌های مهاربندی



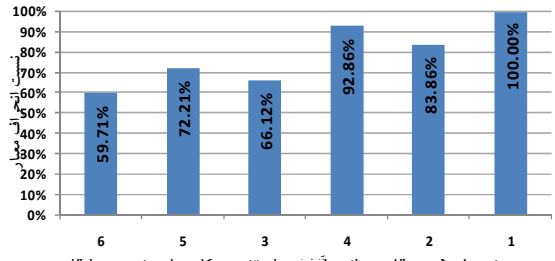
نمودار ۳- مقایسه تغییرمکان‌های آرایش‌های مهاربندی



نمودار ۴- مقایسه تغییرمکان‌های نسبی طبقات

از نمودار ۳ مشاهده می‌شود که با استفاده از آرایش‌های مناسب مهاربندی، در تغییرمکان حداکثر سازه نیز می‌توان کاهش چشمگیری ایجاد نمود.

همچنین در نمودار ۴ تغییرمکان‌های نسبی طبقات برای آرایش های مهاربندی منتخب در مقایسه با آرایش مهاربندی متداول ارائه شده است. همانگونه که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود، تغییرمکان-های نسبی قاب برای آرایش‌های مهاربندی منتخب بطور قابل توجهی نسبت به حالت مهاربندی متداول کاهش یافته‌اند. همچنین علاوه بر کاهش تغییرمکان نسبی طبقات، تغییرات آن در طبقات نیز نسبتاً بهبود یافته است. در حالت مهاربندی متداول تغییرمکان-های نسبی از طبقه تحتانی به سمت طبقات فوقانی روبه افزایش می‌باشند. اما در آرایش‌های منتخب تغییرات نسبت به میانگین تغییرمکان‌ها کمتر می‌باشد. برای بهتر روشن شدن موضوع انحراف معیار تغییرمکان‌های نسبی طبقات هر یک از آرایش‌ها محاسبه و در نمودار ۵ ارائه شده است.

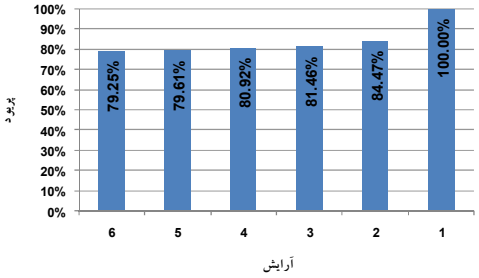


نمودار ۵- مقایسه انحراف معیار تغییرمکان‌های نسبی طبقات

۳-۳- مقایسه براساس پریود محاسباتی

در استاندارد ۲۸۰۰ روابطی تجربی برای محاسبه پریود سازه ارائه شده است که برای بدست آوردن برش پایه در روش استاتیکی معادل مورد استفاده قرار می‌گیرد. علیرغم پریود تجربی که برای تمامی آرایش‌های این مطالعه یکسان می‌باشد، پریود محاسباتی (مود اول) بدست آمده از روش تحلیلی ارائه شده است (نمودار ۶). مشاهده می‌شود که حالت مهاربندی متداول بیشترین پریودها را نسبت به سایر آرایش‌های مهاربندی به خود اختصاص داده است.

از آنجا که سختی سازه نسبت عکس با پریود سازه دارد، لذا این نتیجه نیز حاصل می‌شود که حالت مهاربندی متداول سختی جانبی کمتری نسبت به سایر آرایش‌های مهاربندی ایجاد می‌کند.



نمودار ۶- مقایسه پریود مودهای اول

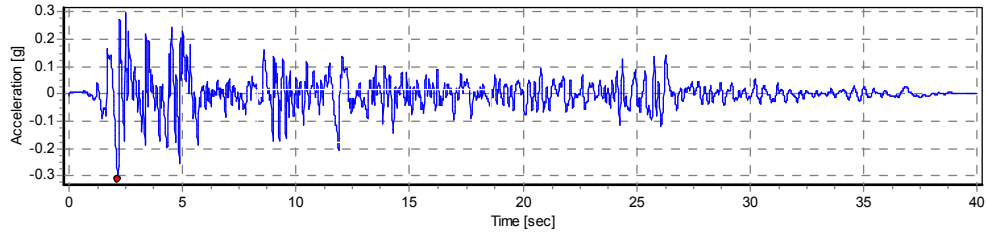
۴- بررسی براساس روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی خطی

همانگونه که بیان شد، در این مطالعه، نخست تمامی آرایش‌های ممکن مهاربندی توسط روش استاتیکی معادل تحلیل و طراحی شده و نهایتاً تمامی آرایش‌هایی که براساس ارزیابی سه پارامتر وزن، جابجایی و پریود بهترین وضعیت را داشتند توسط روش تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی خطی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته‌اند. تحلیل تاریخچه زمانی با استفاده از شتاب‌نگاشت زلزله السنترو با اعمال نسبت میرایی ۵ درصد انجام شده است (نمودار ۷).

برای بررسی و مقایسه نتایج تحلیل آرایش‌های منتخب با آرایش مهاربندی متداول از پارامترهای مختلفی نظیر تاریخچه زمانی برش پایه، تغییرمکان جانبی فوقانی، تغییرمکان نسبی طبقات (Drift) و انرژی ورودی سازه استفاده شده است.

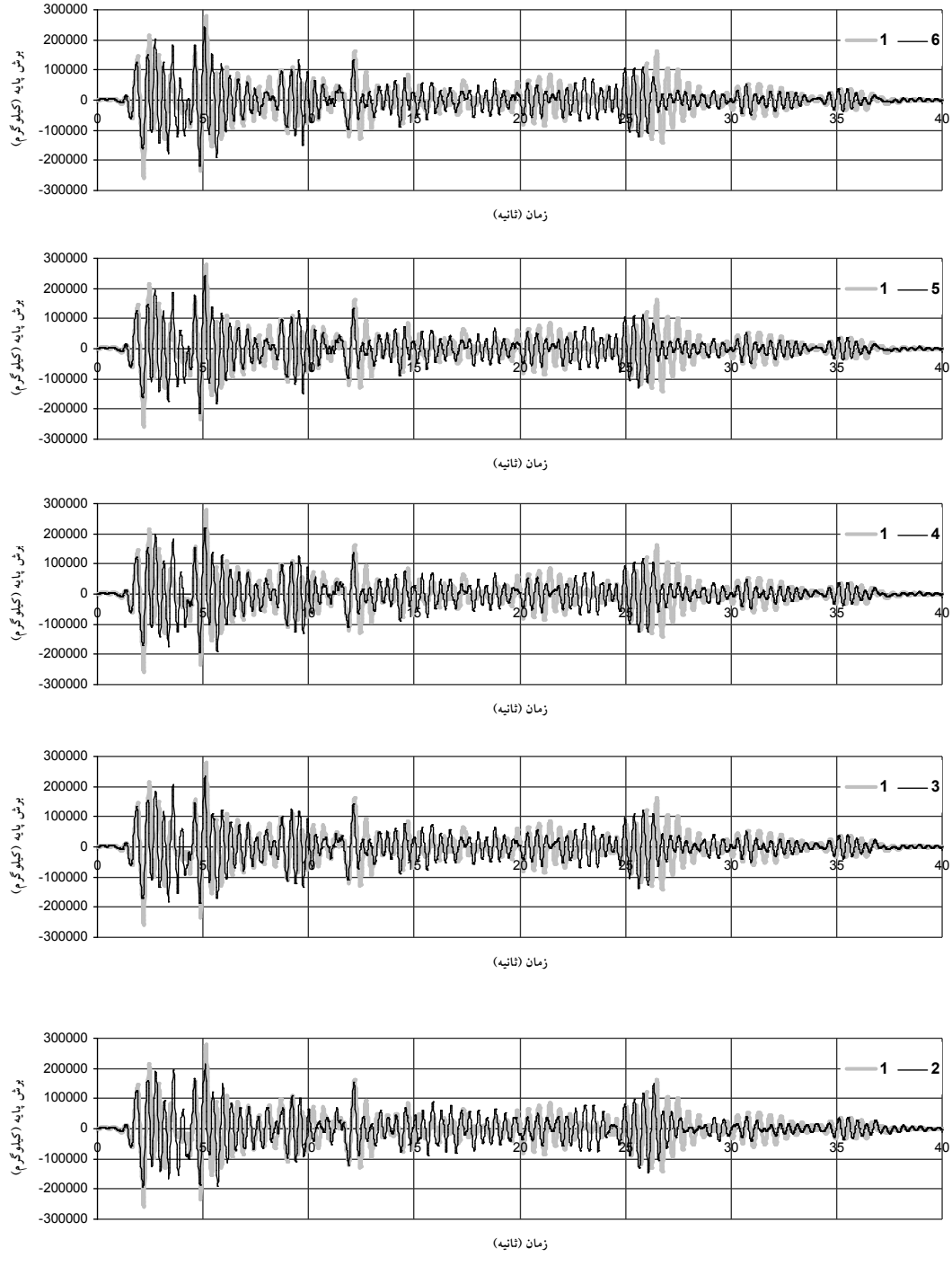
۴-۱- بررسی تاریخچه زمانی برش پایه

یکی از پارامترهای مهم در بررسی رفتار دینامیکی سازه‌ها در تحلیل تاریخچه زمانی، برش پایه بوجود آمده در سازه در هر لحظه از زلزله اعمالی می‌باشد. در نمودار ۸



نمودار ۷- شتاب‌نگاشت زلزله السنترو[۱]

۱- El Centro, Imperial Valley-02 5/19/1940 04:37, 180o



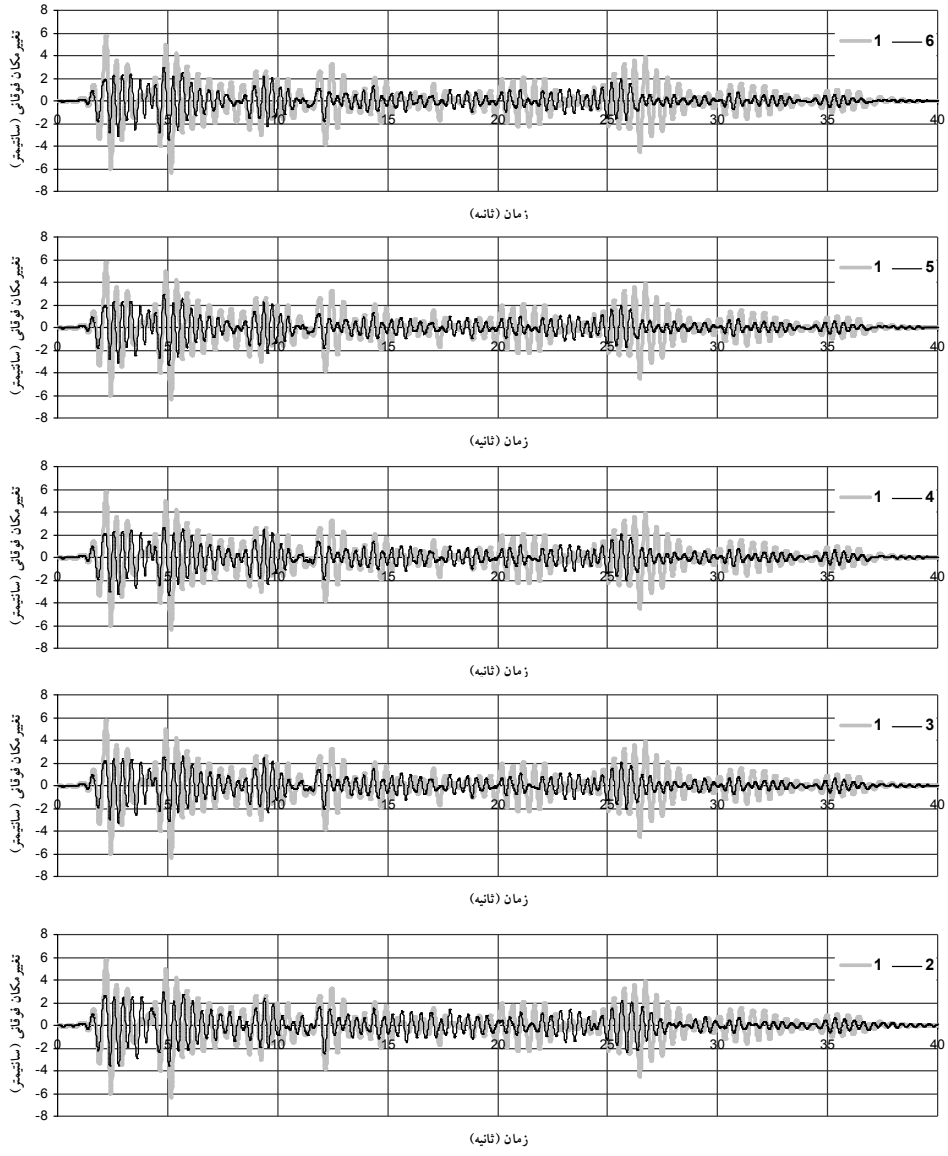
نمودار ۸- مقایسه تاریخچه زمانی برش پایه آرایش‌های منتخب با حالت مهاربندی متداول

تاریخچه زمانی برش پایه برای آرایش‌های مختلف مهاربندی ارائه شده است.

در نمودار ۸ مشاهده می‌شود که جابجایی مهاربندها در موقعیت‌های مختلف قاب به چه میزان می‌تواند در برش پایه بوجود آمده در سازه تاثیر گذار باشد و این نشان دهنده این مطلب است که در نظر گرفتن تنها دو مقدار ضریب رفتار در استاندارد ۲۸۰۰ برای دو حالت مختلف مهاربندی به صرف هم‌محور بودن یا برون‌محور بودن، نمی‌تواند جواب‌های واقع‌بینانه‌ای را نتیجه دهد.

٤-۲- بررسی تاریخچه زمانی جابجایی فوقانی

یکی دیگر از پارامترهای مهم در بررسی رفتار دینامیکی سازه‌ها تحت تحلیل تاریخچه زمانی، پارامتر جابجایی فوقانی (جانبی) سازه می‌باشد. جابجایی فوقانی در واقع جابجایی بالاترین نقطه از سازه می‌باشد که اصولاً تغییرمکان حداکثر سازه در آن نقطه رخ می‌دهد. در نمودار ۹ تاریخچه زمانی جابجایی فوقانی سازه برای آرایش-های مهاربندی منتخب در مقایسه با آرایش مهاربندی متداول نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود



نمودار ۹- مقایسه تاریخچه زمانی تغییرمکان فوقانی آرایش‌های منتخب با حالت مهاربندی متداول

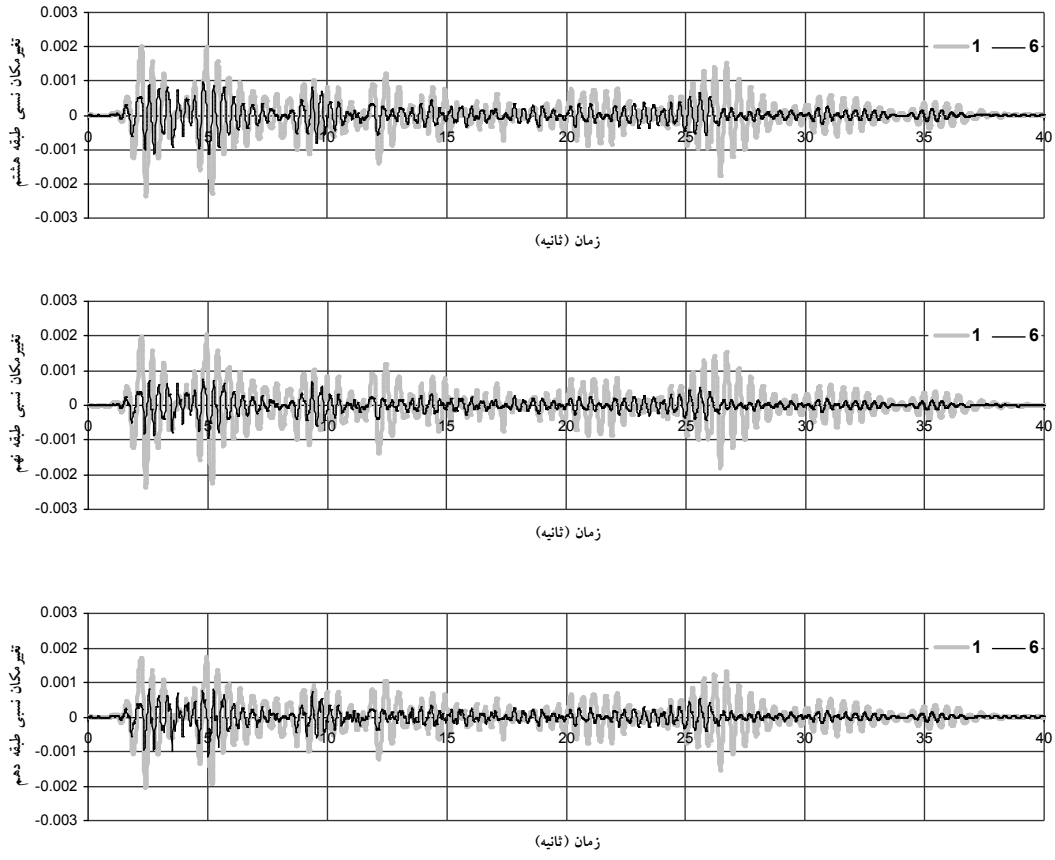
کاهش قابل توجهی در تغییرمکان فوقانی قاب‌های با مهاربندی منتخب اتفاق افتاده است. این بدان معناست که سختی جانبی سازه با جابجایی مهاربندها نسبت به حالت متداول بطور قابل توجهی افزایش یافته است. این کاهش جابجایی در شرایطی رخ داده که غالباً تعداد بادبندهای بکار رفته در آرایش‌های منتخب کمتر از حالت مهاربندی متداول می‌باشد. به عبارتی دیگر، با تعداد کمتری مهاربند به سختی به مراتب بالاتر از حالت مهاربندی متداول، تنها با جابجایی بهینه مهاربندها رسیدیم.

٤-٣- بررسی تاریخچه زمانی تغییرمکان نسبی طبقات

علاوه بر تغییرمکان فوقانی سازه، تغییرمکان نسبی طبقات نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از آنجایی‌که بین جابجایی و سختی در سازه رابطه‌ی عکس برقرار می‌باشد، و جابجایی فوقانی سازه بیان دیگری از سختی کلی سازه است، می‌توان گفت که تغییرمکان نسبی طبقات نیز نمایانگر سختی جانبی هر طبقه می‌باشد. به عبارتی دیگر با مشاهده میزان جابجایی نسبی طبقات می‌توان به نحوه توزیع سختی در ارتفاع سازه پی برد.

همانگونه که نحوه توزیع سختی در عرض سازه مهم می‌باشد، نحوه توزیع سختی در ارتفاع سازه نیز حائز اهمیت می‌باشد. در نمودار ۱۰ تاریخچه زمانی جابجایی نسبی طبقات هشتم، نهم و دهم سازه برای آرایش مهاربندی ۶ در مقایسه با آرایش مهاربندی متداول نمایش داده شده است.

به‌وضوح مشخص است که تغییرمکان نسبی طبقات سازه در آرایش‌های مهاربندی ۶ نسبت به آرایش مهاربندی متداول بطور چشمگیری کاهش یافته است. کاهش تغییرمکان نسبی طبقات باعث بالا رفتن کارآیی و بهبود رفتار سازه شده و در کنترل مواردی همچون اثرهای ثانویه یا اثرهای $P\text{-}\Delta$ نیز بسیار مفید باشد.



نمودار ۱۰- مقایسه تاریخچه زمانی تغییرمکان نسبی طبقات هشتم، نهم و دهم آرایش ۶ با حالت مهاربندی متداول

٤-٤- بررسی تاریخچه زمانی انرژی ورودی

بر اساس تعریف کار، در صورتیکه بر جسمی با جرم معین، نیرویی در خلال یک فاصله زمانی کوتاه اعمال شود و در آن تغییرمکان ایجاد نماید، کار انجام شده از ضرب نیروی اعمال شده در تغییرمکان صورت گرفته بدست می‌آید.

بر این اساس با استفاده از رابطه ۱، انرژی ورودی سازه قابل محاسبه می‌باشد:

$$IE=\int F(t).v(t).dt \qquad (۱)$$

که در اینجا:

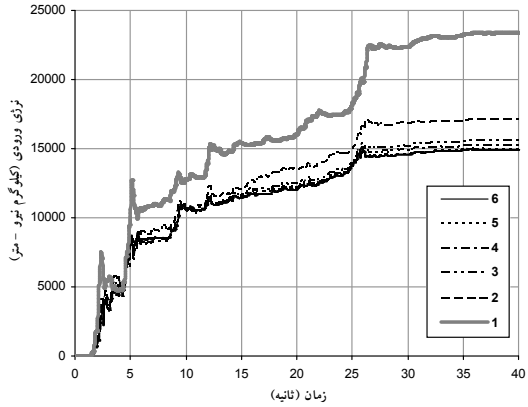
IE: انرژی ورودی؛

v: سرعت؛

t: زمان؛

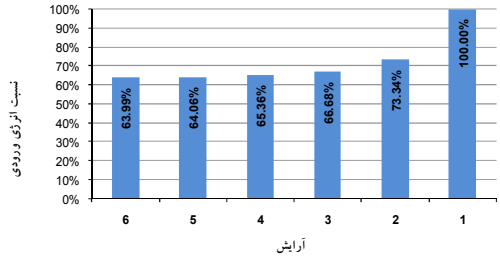
F: نیروی خارجی، حاصل از تاثیر شتاب زمین در هر لحظه بروی جرم سازه.

در نمودار ۱۱، انرژی ورودی برای آرایش‌های منتخب در مقایسه با انرژی ورودی آرایش مهاربندی متداول نمایش داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود، انرژی ورودی به سازه در آرایش-های منتخب نسبت به حالت مهاربندی متداول بطور چشمگیری کاهش یافته است.



نمودار ۱۱- انرژی ورودی سازه برای آرایش‌های مهاربندی

میزان کاهش انرژی ورودی در مقایسه با حالت مهاربندی متداول در نمودار ۱۲ ارائه شده است.



نمودار ۱۲- مقایسه انرژی ورودی سازه برای آرایش‌ها

۵- نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده در این تحقیق، به شرح ذیل می‌باشند:

۱- سازه‌های با آرایش مهاربندی پراکنده دارای وزن کمتری نسبت به سیستم مهاربندی متداول بوده و حتی در بین تمامی آرایش‌ها، سازه‌ی با سیستم مهاربندی متداول بیشترین وزن را به خود اختصاص می‌دهد.

۲- می‌توان با تعداد برابر و حتی تعداد کمتری از مهاربند نسبت به سیستم مهاربندی متداول کارآیی و رفتار سازه را تنها با جابجایی مهاربندها، ارتقاء و بهبود بخشید.

۳- با استفاده از الگویی مناسب در مهاربندی به روش پراکنده می توان به میزان قابل توجهی جابجایی‌های جانبی سازه را نسبت به حالت مهاربندی متداول کاهش داد.

۴- با استفاده از یک آرایش مناسب مهاربندی پراکنده به میزان قابل توجهی می‌توان پریود سازه را کاهش داد.

۵- انرژی ورودی به سازه در سیستم مهاربندی پراکنده بطور چشمگیری نسبت به سیستم مهاربندی متداول در حالت دینامیکی کاهش می‌یابد.

۶- در سیستم مهاربندی پراکنده نیروهای ناشی از بارگذاری جانبی سازه به نحو مناسب‌تری در سازه نسبت به سیستم مهاربندی متداول توزیع شده و تعداد اعضای بیشتری در تحمل این نیروها مشارکت می‌کنند.

۷- با ارتقاء و بهبود توزیع نیروهای ناشی از بارگذاری جانبی سازه و افزایش تعداد اعضای بیشتر جهت مشارکت در تحمل این نیروها، می‌توان کارآیی و رفتار سازه را بهبود بخشید.

۸- تمامی آرایش‌های منتخب از یک الگوی مهاربندی هشتی پیروی می‌کنند که ظاهراً باعث می‌شود سازه همانند یک هرم یا مخروطی که قاعده آن بر زمین قرار گرفته است عمل نماید.

و در نهایت از جمله معایب سیستم مهاربندی پراکنده می‌توان به حجم زیاد محاسبات، بیشتر بودن جزییات و نقشه‌های اجرایی و دشوارتر بودن اجرا اشاره نمود.

مراجع

۱- شعیبی، شاهرخ؛ "بررسی رفتار سازه‌های با سیستم بادبندی زنجیره‌ای غیر روی هم"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه، تهران، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۷۴.
۲- شالچی، علیرضا؛ "تحلیل غیرارتجاعی ساختمان‌های فولادی با سیستم بادبند پراکنده تحت تاثیر نیروی زلزله"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه، تهران، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰.
۳- شعبانزاده، حمید؛ "بهینه‌یابی موقعیت بادبندها در قاب‌های فولادی دو بعدی با استفاده از تئوری گراف‌ها"، کنفرانس بین-المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۲.
4- Karami Mohammadi, R. & El Naggar, M.H. "Optimum strength distribution for seismic resistant shear buildings"; International Journal of Solids and Structures; (2004).
5- Moghaddam, H. & Hajirasouliha, I. "Optimum seismic design of concentrically braced steel frames: concepts and design procedures"; Journal of Constructional Steel Research; (2004).
6- E. Aydin & M.H. Boduroglu; "Optimal placement of steel diagonal braces for upgrading the seismic capacity of existing structures and its comparison with optimal dampers"; Journal of Constructional Steel Research; (2004).
7- T. Hagishita & M. Ohsaki; "Optimal placement of braces for steel frames with semi-rigid joints by scatter search", Journal Of Computers and Structures; (2008).
۸- کریمی، احسان؛ " بهینه‌یابی موقعیت بادبندها در قاب‌های فولادی به منظور ارتقاء و بهبود توزیع نیروهای جانبی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-سازه، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، ۱۳۸۸.
۹- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن؛ آیین‌نامه طراحی ساختمان-ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش سوم، ۱۳۸۴.
۱۰- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن؛ راهنمای تشریحی ویرایش سوم آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)، ۱۳۸۶.

Optimization of The Steel Frames Bracing Template

E. Karimi
Depatment of Civil Engineering, Bandar Gaz Branch, Islamic Azad University,
Bandar Gaz Branch, Iran

J. Asgari Marnani
Depatment of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University,
Tehran, Iran

Sh. Tavousi Tafreshi
Depatment of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University,
Tehran, Iran

Abstract

The most conventional method for lateral bracing of steel frames is using diagonal and x steel braces. In conventional method, braces of frame emplace in one bay or more, relative to structural requirement, from first to last story without displace the braces emplacement on height as columnar form. This pattern is a preliminary and the simplest bracing template upon which the existing codes are based. But conventional bracing method is not the best bracing template and cannot give the best structural response and behavior. The purpose of this article is finding the best bracing template to upgrade structural response and efficiency. The optimization was obtained by evaluating several different templates using pseudo-static and time history analysis method. The parameters such as weight, top displacement and period of structures were used for comparison of various bracing frames. All braced steel frames were designed according to current seismic codes. The results of this study show the lateral loads distribution; structural response and efficiency for proposed bracing template are upgraded.

Key words

diagonal bracing, X bracing, pseudo-static analysis, time history, optimization of the bracing template, structural response.