بررسی عددی کاهش برکنش ستون‌ها در سازه‌های مهاربندی شده

ابوذر صالح*، مربی گروه عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفرش
سید مهدی زهرائی، دانشیارگروه مهندسی عمران، دانشکده فنی دانشگاه تهران

*Aboozar.saleh@ut.ac.ir

چکیده:

یکی از نیروهای پدید آمده در هنگام وقوع زلزله، نیروی کششی است که در ستون‌ها پدید می آید که این نیرو با نام نیروی برکنش شناخته شده است که باعث آسیب دیدن ستون، صفحه ستون ومیل مهارها گشته و حتی ممکن است در صورت عدم کنترل مناسب موجب واژگونی ساختمان نیز گردد. باذکر این دلایل لزوم مهار این نیرو آشکار و اجتناب ناپذیر می‌شود. در این تحقیق سعی برآن است با ارائه راه‌کارهایی نیروی برکنش در ستون‌ها کاهش داده شود. در این مسیر از دو ساختمان به عنوان مدل‌های عددی استفاده می‌شود که با استفاده از انواع بادبندها، تغییر محل مهاربندها و همچنین افزایش تعداد مهاربندها سعی در کاهش مقدار نیروی برکنش در ستون‌ها خواهد شد. برای هر ساختمان، مدل‌های مجزای کامپیوتری ساخته شده که در این مدل‌ها راه کارهای پیشنهادی جهت کاهش نیروی برکنش، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مدل‌ها به بررسی انواع بادبندها در دو حالت بدون خروج از محوریت و دارای خروج از محوریت پرداخته می‌شود. در نهایت با مشاهده نتایجی که از مطالعه عددی به دست می‌آید، به بررسی کمی و کیفی نتایج پرداخته می‌شود. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که استفاده از مهاربندهای تکی در گوشه‌های ساختمان، به جهت خنثی شدن نیروی برکنش، منطقی به نظر نمی‌رسد و حتی المقدور بایستی از یک قاب میانی دیگر جهت مهاربندی کمک گرفت. بررسی اخیر نشان داد که افزایش دهانه بادبندی بیش از ۵۰ ٪ در کاهش نیروی برکنش در حالت‌های متفاوت موثر است. همچنین در این تحقیق استفاده از بادبند هم محور برای ستون‌های کناری و بادبند برون محور برای ستون‌های میانی در جهت کاهش برکنش مناسب‌تر تشخیص داده شد که نتایج عددی متفاوتی را با توجه به محل ستون شامل می‌گردد.

کلید واژگان: نیروی برکنش، مهاربندی، عکس العمل تکیه‌گاهی، مهاربند با خروج از مرکزیت، مهاربند بدون خروج از مرکزیت

۱- مقدمه

در هنگام زلزله نیروهای جانبی بوجود می‌آیند که موجب ایجاد تکان‌های شدید در ساختمان‌ها می‌شوند. این تکان‌ها در ساختمان‌ها با قرار دادن سیستم باربر جانبی، از جمله سیستم قاب خمشی، سیستم مهاربندی و یا دیوار برشی تا حدودی مهار می‌گردند. نیروهای جانبی در جهات مختلف ساختمان و به صورت متناوب روی می‌دهند و سبب

حرکت رفت و برگشتی در ساختمان می‌گردند. این تغییرشکل در سازه باعث ایجاد نیروهای بزرگ کششی در ستون‌ها می‌شوند که عدم کنترل لازم این نیروها سبب بروز خسارات زیادی در ساختمان می‌شوند و گاهی جبران ناپذیر می‌باشند.

پدیده برکنش در ستون‌ها ممکن است باعث خرابی در قسمت‌های مختلف سازه به خصوص در قسمت‌های متصل به زمین از جمله صفحه ستون‌ها و میل مهارها گردد. اثر بزرگتر نیروی برکنش، واژگونی ساختمان در هنگام وقوع زلزله می‌باشد.

در چند سال اخیر بررسی‌های متعددی در موضوعاتی نظیر کاهش برکنش، بررسی عددی و مقایسه ای نوع مهاربندی‌ها، ارائه سیستمی جهت کاهش تنش در مهاربندها و نتایج تجربی مدل آزمایشگاهی در جهت کاهش برکنش انجام گردیده است که مورد تشریح قرار می‌گیرد.

سرو قد مقدم و تکین [۴] در سال ۱۳۸۶ به بررسی ۶۳ مدل مختلف سیستم مهاربندی مقایسه شده پرداخته‌اند. در آن یک قاب پرتال یک دهانه و یک طبقه مدلسازی و انواع سیستم‌های مهار جانبی بر روی آن، مورد تحقیق قرار گرفته است که منجر به معرفی یک سیستم مناسب مهاربندی ترکیبی قابل استفاده در ساختمان و بخصوص برای پل‌ها شده است. این سیستم به‌نام مهاربندی "هشت ضربدر هشتِ پایه کج" نامیده شده است. نتایج مقایسه‌ها در نمودارهایی بر حسب زوایا، ارتفاع مهاربند میانی از کف و فاصله عرضی آنها آورده شده است. از جمله محاسن این سیستم مهاربندی کاهش وزن اسکلت، کاهش نسبت تنش ستون‌های مجاور دهانه بادبندی، کاهش تغییر مکان نسبی طبقه، کاهش میزان برکنش و ... است، که در این مقاله به آن‌ها پرداخته شده است.

زهرائی و یزدان طلب [۵] در تحقیقی در سال ۱۳۸۷ به دنبال بررسی رفتار لرزه ای مهاربندی‌های قطری خارج از مرکز و طرح اینکه آیا سیستم‌های ترکیبی یا دوگانه حاصل ترکیب سیستم‌های قاب صلب و مهاربند قطری، می‌تواند عاملی کنترل‌کننده در تغییرشکل‌های جانبی زیاد به جهت نرمی زیاد این سیستم (اتصال مفصلی) باشد. نتایج نشان داد که با استفاده از اتصال صلب بجای مفصلی در خروج از مرکزیت یکسان، استهلاک انرژی سیستم افزایش پیدا می‌کند. همچنین استفاده از اتصالات صلب در سازه‌های مدل شده در این تحقیق باعث کاهش تنش فشاری مهاربند در حدود ۱۲درصد و جلوگیری ازکمانش آن(در نیروی مشابه با اتصال مفصلی) گردید.

خوشنودیان و خوبی [۷] در سال ۱۳۸۹ به بررسی اثر دوره تناوب سیستم جداسازی بر رفتار لرزه‌ای سازه‌های جداسازی شده‌ای که تحت اثر زلزله‌های سه مولفه‌ای قرار گرفته‌اند و به آن‌ها اجازه برکنش داده شده است و نیز به چگونگی تأثیر این پارامتر بر میزان اثربخشی برکنش بر سازه‌های جداسازی شده پرداختند. نتایج حاصل شده از این تحقیق، نشان داد که کاهش دوره تناوب، موجب افزایش برش‌های وارده به ساختمان می‌شود اما تأثیر چندانی بر نیروی محوری ستون‌های طبقه همکف ندارد. Midorikawa [۸] در سال ۲۰۰۶ در یک کار تحقیقاتی آزمایشگاهی ارتعاش و پاسخ‌های لرزه خیزی در قاب‌های فلزی مهاربندی شده را مورد بررسی قرار داده است. این مطالعات با استفاده از یک مدل سه طبقه با نصف اندازه واقعی انجام گرفته است، نتیجه این تحقیق حاکی بر اینست که در سیستم سازه‌ای سخت، نیروی برکنش ناشی از ارتعاش حاصل از تکان‌های زلزله ماکزیمم بهترکنترل می‌شود.

نکته جالب در بررسی برکنش، مطالعاتی است که به مفید بودن این پدیده در کاهش آسیب پذیری قابل وقوع اشاره دارد Rodrigues,Montes [۹] در تحقیقات خویش در سال ۲۰۰۷ به این نتیجه رسیدند که بلندشدگی شالوده گسترده یک سازه ممکن است باعث کاهش فوق‌العاده در آسیب‌پذیری قابل وقوع در ساختمان گردد. مطالعه موردی نشان می‌دهد که برکنش ممکن است در نقاطی از سازه گسیختگی‌های موضعی بوجود آورد که این امر به علت شکل‌پذیری کم آنها روی می‌دهد. همچنین در هنگام روی دادن زلزله و پدیده برکنش ظرفیت باربری خاک افزایش می‌یابد و همچنین حرکات دینامیکی کوتاه مدت سازه نسبت به بارگذاری استاتیکی از نتایج این پدیده می‌باشد.

همچنین در خصوص پدیده برکنش براساس مرور کارهای قبلی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

۱-هنگام روی دادن زلزله، پای ستون‌ها به تناوب به زمین برخورد خواهند کرد و موجب جدا شدن ستون از پی خواهد شد، هر چه زمین سخت تر باشد برخورد شدیدتر خواهد بود.

۲-اجرای شمع‌های بتنی در ساختمان می‌تواند موجب تحمل نیروی برکنش شود.

۳-پدیده برکنش سبب ایجاد تغییر مکان‌های بزرگ در پی ساختمان خواهد شد.

۴-نیروی برکنش علاوه بر پیامدهای زیان‌بارش دارای مزایایی برای اتلاف انرژی زلزله می‌باشد. کاهش برش پایه و بارهای جانبی ستون‌ها و نیز افزایش ظرفیت باربری دینامیکی خاک از جمله این مزایا می‌باشند.

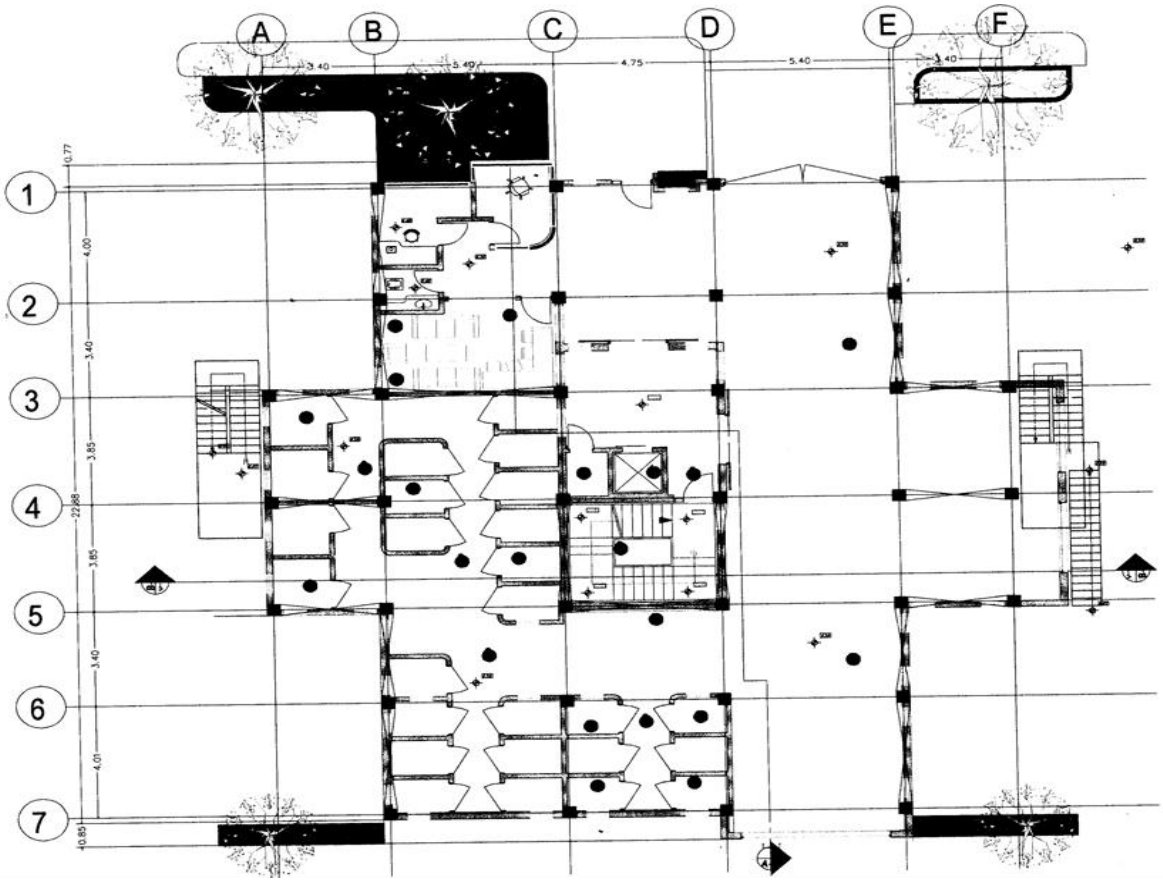
۵-افزایش وزن فونداسیون و خاک روی آن نیز به تحمل اثر برکنش کمک می‌نماید، اما استفاده از این روش پرهزینه به نظر می‌رسد.

۶-استفاده از میراگرها نیز می‌تواند بر کاهش نیروی برکنش تاثیر بگذارد.

۷-با افزایش مدول الاستیسیته خاک زیر سازه، تمایل سازه برای نیروی برکنش بیشتر شده و لذا Uplift پی افزایش خواهدیافت. در نتیجه هرچه خاک زیر سازه مدول الاستیسیته بیشتری داشته باشد کاهش برش پایه و تغییر مکانهای خمشی بر اثر Uplift بیشتر می شود.

یافتن راهکارهای مختلف برای کاهش نیروی برکنش در هنگام زلزله از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. هدف کلی این تحقیق

کاهش نیروی برکنش و در صورت امکان حذف آن می‌باشد. از آنجا که جهت کاهش نیروهای جانبی در ساختمان از سیستم های مهار جانبی استفاده می‌شود. در این تحقیق کاهش نیروی برکنش در سازه‌های فولادی مهاربندی شده مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای رسیدن به این مقصود، راه‌های متفاوتی تجربه می‌شود از جمله این راهها استفاده از مهاربندهای مختلف در سازه می‌باشد، به عبارت دیگر سعی می‌شود از انواع بادبندها مانند ضربدری، هفتی، هشتی و برون محورها استفاده شود. تغییر مکان مهاربندها در طول قابهای مهاربندی شده، مورد بررسی و تحلیل عددی قرار می‌گیرد تا بتوان بهترین محل مهاربندی برای کاهش نیروی برکنش در ستون‌ها را یافت. راه حل دیگری که در این تحقیق مورد استفاده قرار می‌گیرد این است که از تعداد مهاربندهای بیشتری در قاب‌های مهاربندی شده و در نهایت در ساختمان‌ها استفاده گردد. در اینجا نیز این نکته که استفاده از تعداد مهاربند زیاد تا چه حد می‌تواند در کاهش نیروی برکنش ستون‌ها موثر واقع شود، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این مقاله سعی گردیده که بهترین شیوه مهاربندی و عوامل موثر بر کاهش برکنش به صورت کمی و کیفی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.



شکل ۱–پلان ساختمان شماره ۱

۱- معرفی مدل‌های عددی

در این بررسی از دو ساختمان جهت مدل نرم افزاری استفاده گردیده که در این بخش به معرفی آنها پرداخته می شود.

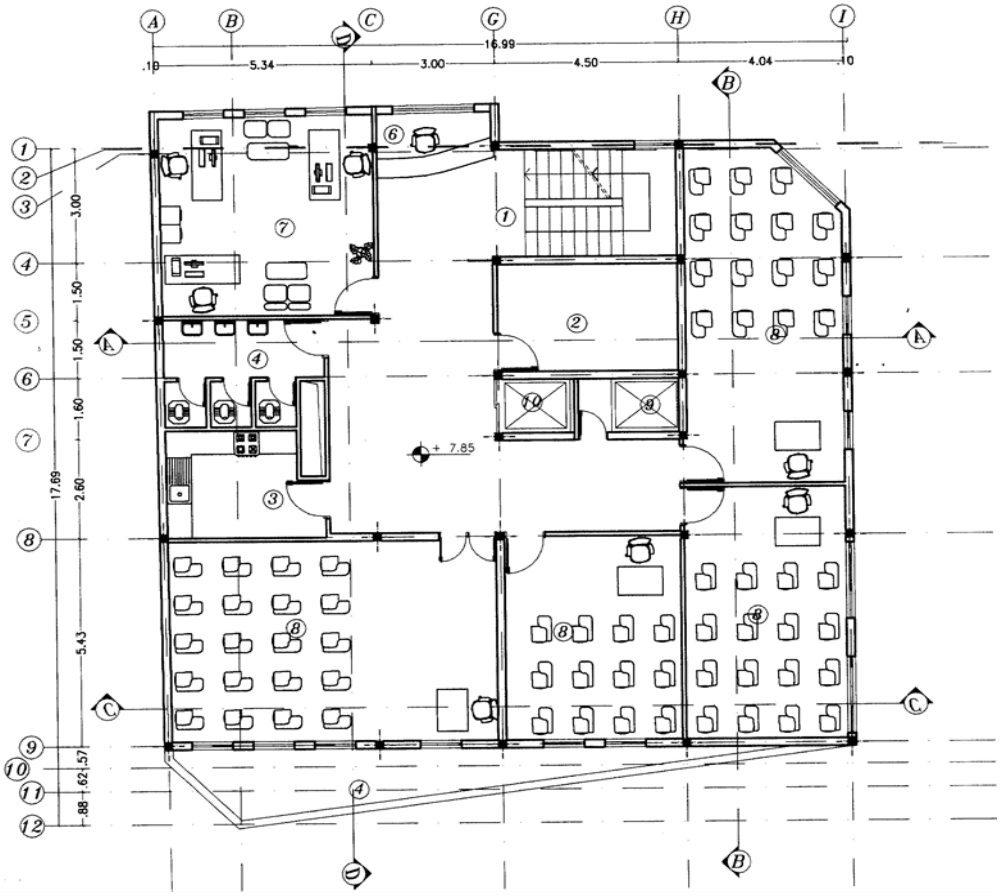
معرفی مدل شماره ۱:

این ساختمان دارای اسکلت فلزی با سیستم مهاربندی جانبی در دو طرف ساختمان می‌باشد. ساختمان در ۵ طبقه مدلسازی شده است. حائز اهمیت است که مدل ساختمان از لحاظ آئین‌نامه ای مدلی منظم به شمار می رود، اما دارای نامنظمی های خاص یک ساختمان واقعی و اجرائی می باشد. کاربری ساختمان مورد مطالعه اداری بوده و با زیر بنای حدود ۱۵۰۰ مترمربع می‌باشد. کف طبقات به صورت سقف تیرچه بلوک مدلسازی می‌شود و بار آن به صورت گسترده بر روی سقف اعمال می‌گردد. بار زنده سقف بر طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان محاسبه و اعمال گردیده و بار جانبی ناشی از زلزله برطبق آئین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در مقابل زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) با محاسبه ضرایب خاص زلزله در نظر گرفته شده است. برای بررسی و مقایسه عملکرد مهاربندی در قاب‌های گوشه و میانی در سازه در

این مدل، از سه حالت برای محل قرارگیری و در هر حالت از چهار نوع مهاربند استفاده گردیده است که این تغییر محل و نوع مهاربندی مورد استفاده نیز بر تعداد مدل‌سازی خواهد افزود. عکس‌العمل تکیه‌گاهی و نیروی برکنش برای حالات مختلف بادبندی برای هر ستون محاسبه و در نهایت مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد .

معرفی مدل شماره ۲

مدل شماره ۲ یک ساختمان با اسکلت فلزی و سیتم مهاربندی جانبی در دو طرف می‌باشد. که در ۸ طبقه مدلسازی شده است. کاربری ساختمان مورد مطالعه مسکونی بوده و با زیر بنای حدود ۴۵۰۰ مترمربع می‌باشد. در اینجا نیز کف طبقات به صورت سقف تیرچه بلوک مدلسازی می‌شود و بار آن به صورت گسترده بر روی سقف اعمال می‌شود. بار زنده سقف بر طبق مبحث ششم مقررات ملی ساختمان محاسبه و اعمال گردیده و بار جانبی ناشی از زلزله برطبق آئین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در مقابل زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) با محاسبه ضرایب خاص زلزله در نظر گرفته شده است.



شکل۲- پلان ساختمان شماره ۲

۳- مدلسازی با استفاده از نرم افزار ETABS

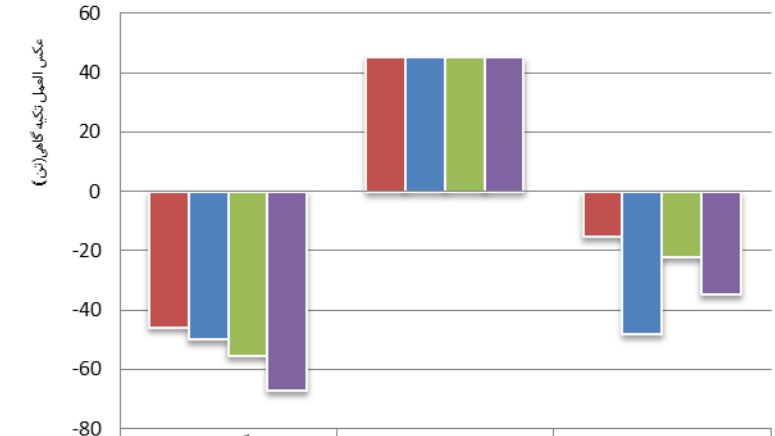
مدلسازی کامپیوتری با استفاده از نرم افزار تخصصی طراحی سازه ها ETABS انجام گردیده است. با استفاده از این نرم افزار ابتدا مطابق پلان و جزئیات مربوط به ساختمان‌ها که در قسمت‌های قبل توضیح داده شده است، مدل مربوط به هر ساختمان ساخته و سپس سایر مراحل مربوط به اجرای تحلیل سازه انجام می شود. در اینجا برای هر ساختمان مدل شده مورد بررسی با توجه به تعداد فاکتورهای تاثیرگذار یک مدل عددی ایجاد گردیده است. بدین‌صورت که برای مشاهده اثر تعداد مهاربند، محل مهاربند و نوع مهاربندها، فایل نرم افزاری جداگانه‌ای برای هر حالت در نظر گرفته شده است. تعداد زیاد این فاکتورهای موثر سبب ایجاد مدلهای متعددی گردیده است، که در نهایت بررسی و مقایسه نتایج آنها با هم راهکار نسبتا مناسبی برای کاهش نیروی برکنش ارائه خواهد داد. در زیر به شیوه‌های مهاربندی در ساختمان شماره ۱ و۲ اشاره می شود:

ساختمان شماره یک در سه حالت زیر مهاربندی گردیده است و در هر حالت نیز با چهار نوع مهاربند هشتی، هفتی، ضربدری و برون محوری هشتی جمعا بصورت دوازده مدل مورد تحلیل قرار گرفته است.

- استفاده از بادبند در دهانه‌های انتهایی قاب‌ها
- استفاده از بادبند در دهانه‌های میانی قاب‌ها
- استفاده از بادبند در دهانه های میانی و انتهایی با هم

ساختمان شماره دو نیز در شش حالت متفاوت بصورت شرح داده شده در زیر مدل گردیده که هر کدام پنج مدل مهاربندی ضربدری، هفتی، هشتی، برون محوری هشتی و برون محوری هفتی را شامل می‌گردند که در اینجا نیز سی مدل متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است.

- استفاده از بادبند در دهانه‌های انتهایی قاب ها
- استفاده از بادبند در دهانه‌های میانی کنار هم در قاب ها
- استفاده از بادبند در دهانه های میانی با فاصله از هم در قاب ها
- استفاده از مهاربندی ترکیبی در دهانه‌های انتهایی و یک دهانه میانی در قاب ها
- استفاده از مهاربندی ترکیبی در دهانه‌های انتهایی و مجاور دهانه‌های انتهایی در قاب ها
- استفاده از مهاربندی ترکیبی در دهانه های انتهایی و همچنین دهانه‌های میانی با رعایت فاصله از دهانه‌های انتهایی بطوری‌که مجاور دهانه انتهایی و همچنین دهانه وسطی نباشد.



	گوشه ها	میانی	ترکیبی
ضربدری	-45735	45256	-15238
برون محور هشتی	-49954	45256	-47905
هفتی	-55442	45256	-22161
هشتی	-67055	45256	-34661

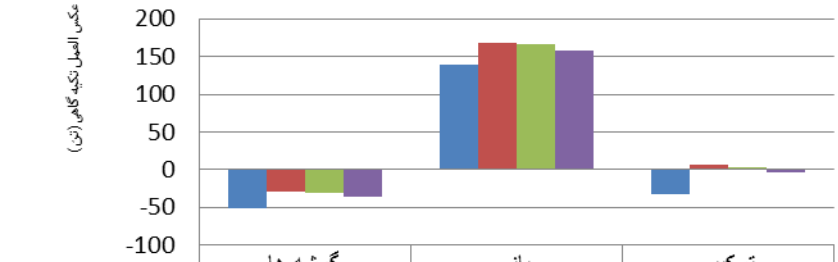
شکل ۳- مقایسه عکس العمل تکیه گاهی ستون B1 ساختمان شماره ۱ برای ترکیب بارگذاری بحرانی

٤-ارائه نتایج مطالعه عددی

در این بخش نمودارها و جداول عددی برکنش دو ساختمان در حالت‌های مختلف مهاربندی ارائه و تشریح گردیده‌اند.

٤-١- نمودارهای مربوط به ساختمان شماره ١

در ستون واقع در آکس B1 مدل شماره۱ که ستون گوشه قاب می‌باشد، همانطور که در شکل شماره (۳) مشاهده می‌گردد در صورت وجود مهاربند دردهانه میانی (آکس C,D) هیچگونه برکنش در این ستون گوشه مشاهده نمی‌شود. اما در صورت استفاده از مهاربند در دهانه انتهایی(آکسB,E) برکنش خواهیم داشت بطوری‌که اگر از مهاربند ضربدری در دهانه گوشه استفاده شود نیروی برکنش نسبت به مهاربند برون محوری هشتی حدود ۸/۵ درصد، نسبت به مهاربند هفتی ۱۷/۵ درصد و نسبت به مهاربند هشتی حدود ۳۲ درصد درصد کاهش می‌یابد. در صورت استفاده از مهاربند در دهانه گوشه و میانی با هم مقادیر نیروی برکنش به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد. این کاهش در مورد مهاربند ضربدری به میزان ۶۶/۷ درصد، در صورت استفاده از مهاربند هشتی حدود ۴۸ درصد و هنگام استفاده از مهاربند هفتی کاهش ۶۰ درصد می باشد. همچنین در هنگام استفاده از مهاربندی در دهانه‌های گوشه و میانی باهم نیروی برکنش در ستون گوشه در حالت استفاده از مهاربند ضربدری نسبت به حالت‌های دیگر کمتر می‌باشد این کاهش نسبت به مهاربند هفتی حدود ۲۲/۴ درصد و نسبت به هشتی ۵۶ درصد و نسبت به برون محوری هشتی ۶۸ درصد می‌باشد.



	گوشه ها	میانی	ترکیبی
برون محور هشتی	-50975	138513	-33093
ضربدری	-28548	168333	6040
هفتی	-30688	165865	3551
هشتی	-35500	158205	-3580

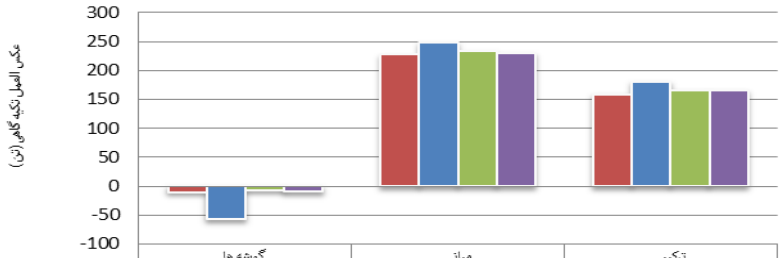
شکل ۴- مقایسه عکس العمل تکیه گاهی ستون B2 ساختمان شماره ۱ برای ترکیب بارگذاری بحرانی

در ستون واقع در آکس B2 هنگام استفاده از مهاربند در گوشه و با استفاده از مهاربند ضربدری نیروی برکنش نسبت به استفاده از سایر مهاربندی‌ها به ترتیب برای هفتی، هشتی و برون محور هشتی دارای کاهشی به میزان ۷، ۲۰ و ۴۴ درصد می‌باشد. در هنگام استفاده از مهاربند در دهانه میانی برای هیچ کدام از انواع مهاربند، نیروی برکنش در ستون‌های گوشه که در تماس با مهاربند نیستند مشاهده نمی‌شود. اما در صورت استفاده از مهاربند در دهانه میانی و گوشه با هم، نیروی برکنش با بکار بردن مهاربند ضربدری و هفتی برکنشی بوجود نمی‌آید، اما در صورت استفاده از مهاربند برون محور هشتی و هم محور هشتی نیروی برکنش ایجاد می‌شود که این میزان در حالت مهاربند هشتی حدود ۱۰ درصد میزانی است که مهاربند فقط در گوشه قرار می‌گیرد(شکل ۴).

	گوشه ها	میانی	ترکیبی
ضربدری	-10814	232988	61563
برون محور هشتی	-21057	257094	77665
هفتی	-12687	238634	70845
هشتی	-19018	236167	69297

شکل۵- مقایسه عکس العمل تکیه گاهی ستون B3 ساختمان شماره ۱ برای ترکیب بارگذاری بحرانی

نیروی برکنش در دیگر ستون گوشه مدل،B3 در حالت استفاده از مهاربند ضربدری در دهانه گوشه نسبت به مهاربند هفتی ۱۵ درصد، هشتی ۴۳ درصد و برون محور هشتی حدود ۴۹ درصد کاهش می یابد. اما باید توجه شود که مقدار نیروی مذکور زیاد نیست. در سایر حالت‌های مهاربندی ذکر شده برکنشی مشاهده نمی‌شود (شکل ۵).



	گوشه ها	میانی	ترکیبی
ضربدری	-10012	227624	159331
برون محور هشتی	-57528	248899	181136
هفتی	-6583	233666	166031
هشتی	-9688	230857	166159

شکل ۶- مقایسه عکس العمل تکیه گاهی ستون B4 ساختمان شماره ۱ برای ترکیب بارگذاری بحرانی

در ستون B4 در حالت مهاربندی دهانه‌های گوشه و دهانه‌های میانی و گوشه ها با هم نیروی برکنش مشاهده نمی شود. با استفاده از مهاربند هفتی به تنهایی در گوشه نیروی برکنش نسبت به استفاده از مهاربند ضربدری ۳۴ درصد، هشتی ۳۲ درصد و برون محور هشتی حدود ۸۹ درصد کاهش می یابد. در این ستون نیروی برکنش در مهاربندهای هم محور بسیار نزدیک هم و دارای مقدار کمی می باشد (شکل ۶).

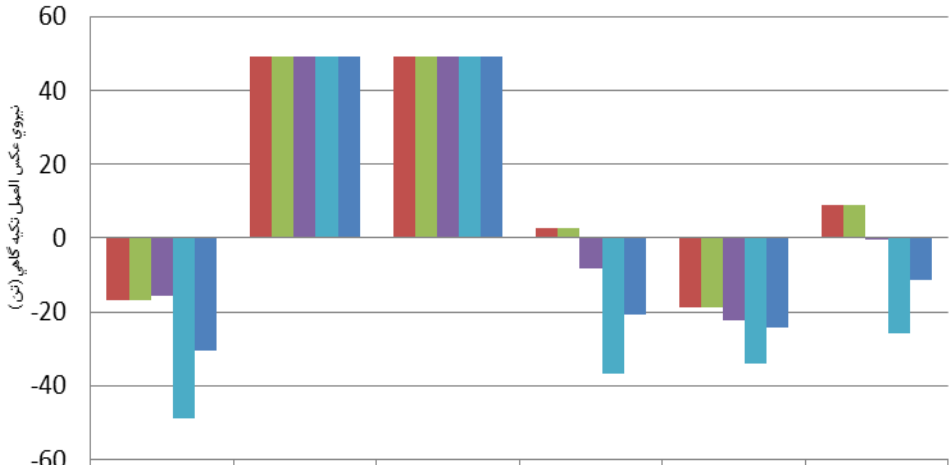
٤-۲- نمودارهای مربوط به ساختمان شماره ۲:

	گوشه ها	میانی کنار هم	میانی با فاصله	گوشه ها و میانی یک دهانه	گوشه ها و میانی کنار گوشه ها	گوشه ها و دو دهانه میانی
بادبند ضربدري	-12800	49004	49004	2761	-19070	9079
بادبند هفتي	-5180	49004	49004	1380	-18876	8426
بادبند هشتي	-15429	49004	49004	-8154	-22874	-182
بادبند برون محور هشتي	-47824	49004	49004	-36071	-34003	-25295
بادبند برون محور هفتي	-26765	49004	49004	-20373	-24294	-11257

شکل۷- مقایسه عکس العمل تکیه گاهی ستون A1 ساختمان شماره ۲ برای ترکیب بارگذاری بحرانی

ستون گوشه A1 مربوط به ساختمان شماره ۲ برای ترکیب بارهایی که باعث ایجاد بیشترین مقدار نیروی برکنش می شود، مورد بررسی قرار می‌گیرد. با استفاده از مهاربند هفتی در دهانه‌های گوشه(آکس A,I) قاب می‌توان نیروی برکنش را نسبت به استفاده از مهاربند ضربدری ۵۹ درصد، هشتی ۶۶ درصد، برون محور هشتی ۸۹ درصد و برون محور هفتی حدود ۸۰ درصد کاهش داد. با استفاده مهاربندی در دهانه‌های گوشه و یک دهانه میانی(آکس G) نیروی برکنش به صورت چشمگیری کاهش می‌یابد که این کاهش برای مهاربند هشتی ۴۷ درصد، مهاربند برون محور هشتی ۲۵ درصد و برای برون محور هفتی ۱۹ در صد می‌باشد، قابل ذکر است در این حالت برای مهاربندهای ضربدری و هفتی برکنشی مشاهده نمی‌شود.

هر چه تعداد دهانه‌های مهاربندی قاب افزایش یابد نیروی برکنش نیز کاهش می‌یابد که این کاهش برای مهاربندی در دهانه‌های گوشه و دو دهانه میانی نسبت به مهاربندی دهانه‌های گوشه برای مهاربند هشتی ۹۸ درصد، برون محور هشتی ۴۷ درصد و مهاربند برون محور هفتی ۵۸ درصد می باشد (شکل ۷).



	گوشه ها	میانی کنار هم	میانی با فاصله	گوشه ها و میانی یک دهانه	گوشه ها و میانی کنار گوشه ها	گوشه ها و دو دهانه میانی
ضربدری	-16670	49004	49004	2816	-18832	8996
هفتی	-16670	49004	49004	2816	-18832	8996
هشتی	-15578	49004	49004	-8154	-22475	-255
برون محور هشتی	-48770	49004	49004	-36774	-33990	-25716
بادبند برون محور هفتی	-30488	49004	49003	-20776	-24067	-11549

شکل۸- مقایسه عکس العمل تکیه گاهی ستون A9 ساختمان شماره ۲ برای ترکیب بارگذاری بحرانی

ستون A9 که در گوشه قاب قرار دارد، در هنگام استفاده از بادبند در دهانه‌های میانی برکنشی در ستون کناری ایجاد نگردیده و در حالت مهاربندی در دهانه‌های گوشه استفاده از مهاربند ضربدری نسبت به مهاربند برون محور هشتی ۶۶ درصد و مهاربند برون محور هفتی ۴۴ درصد کاهش برکنش را به دنبال دارد. اگر به جای استفاده از مهاربندها فقط در گوشه از مهاربندی در یک دهانه میانی نیز استفاده شود برای مهاربند هشتی ۴۸ درصد، برون محور هشتی ۳۵ درصد و مهاربند برون محور هفتی ۳۲ درصد نیروی برکنش کم خواهد شد. در حالت‌های ترکیبی نیز هرچه قاب میانی مهاربندی شده به ستون گوشه نزدیکتر باشد برکنش ستون بیشتر می‌گردد (شکل ۸).

۵-نتیجه گیری

با مشاهده نمودارها و بررسی نتایج عددی به نظر می‌رسد در ساختمان ۵ طبقه مورد بررسی هنگامی که مهاربند در قاب‌های میانی استفاده شود نیروی برکنشی در ستون‌های گوشه ایجاد نمی‌گردد. همچنین استفاده از مهاربندی ترکیبی یعنی دهانه‌های گوشه و میانی با هم مطابق آنچه انتظار می‌رفت در کاهش نیروی برکنش موثر است. در هنگام استفاده از یک قاب مهاربندی در گوشه نیز مهاربند ضربدری در جهت کاهش برکنش در اغلب موارد بهتر از سایر مهاربندی‌ها عمل می‌نماید بطوریکه ترتیب مهاربند ضربدری، هفتی، هشتی و برون محوری هشتی را می‌توان جهت مناسب بودن نوع بادبند در جهت برکنش اعلام نمود. بررسی داده‌های بدست آمده از ساختمان شماره دو نیز بیانگر این مطلب است که هرچه تعداد قاب‌های مهاربندی بیشتر گردد برکنش کمتر می‌گردد. در این حالت‌ها هرچه قاب میانی مهاربندی شده به ستون گوشه نزدیک‌تر باشد برکنش ستون گوشه بیشتر می‌گردد. همچنین نتایج، بهتر بودن بادبند هم محور نسبت به بادبند برون محور برای ستون‌های کناری در جهت کاهش برکنش ستون ها را نشان می‌دهد.

٦-منابع:

۱- سوداگر، پ. بررسی تعداد مهاربندی مناسب در ساختمانهای فولادی با اتصالات مفصلی. نشریه بنا: شماره هجدهم و نوزدهم: خرداد ۱۳۸۳

۲- هاشمی، م ع . خشنودیان، ف. تحلیل لرزه ای ساختمان با در نظر گرفتن اثر Uplift. اولین کنگره ملی مهندسی عمران: اردیبهشت ماه ۱۳۸۳ دانشگاه صنعتی شریف

۳- قائدامینی، س . نصر آبادی، ا . بهنام فر، ف . پدیده ی برکنش لرزه ای و نحوه ی مدلسازی آن. همایش ملی زلزله و مقاوم سازی ساختمان: بهبهان ۱۳۸۶

۴- سرو قد مقدم، ع. تکین، کامبیز. ۱۳۸۶. سیستم های مهاربندی" هشت ضربدر هشت پایه کج"و مقایسه سیستم های مهاربندی. پنجمین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

۵- زهرائی، م . یزدان طلب، ح . ۱۳۸۷. مقایسه‌ی عددی رفتار قابهای بادبندی قطری خارج از مرکز در مقایسه با قابهای خمشی و بادبندی هم مرکز. همایش ملی مقاوم سازی ایران

۶- مقدم، ح . رسولیها، ح . ۱۳۸۸. طراحی بهینه قابهای فولادی بر پایه عملکرد لرزه ای. چهارمین کنفرانس بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله: آبان

۷- خوشنودیان، ف . خوبی، م . ۱۳۸۹.تاثیر دوره تناوب سیستم جدا سازی بر پاسخ لرزه ای سازه های جداسازی شده در معرض برکنش. اولین همایش ملی سازه، زلزله، ژئو تکنیک

8- Midorikawa,M.Azohata,T. Ishihara, T. Wada, A. 2006 Shaking table tests on seismic response of steel braced frames with column uplift. Earthquake Engineering Struct: Dyn. vol 35 , page 1767-1785.

9- Roudriguez,M. Montes,R. 2007. Effect of base Uplift on the capacity of earthquake ground motion to damage structures.6th U.S National Conference Earthquake Engineering.

10- Khoshnoudian,F. Shahreza,M. Paytam,F. 2007. p-delta effects on earthquake response of structures with foundation uplift. Soil Dynamics and Earthquake Engineering.

11- Meltzner,A. Sieh,K. Abrams,M. Agnew, 2004,vol111-2006. D.Uplit and subsidence associated with the great Aceh. Journal of Giophysical Research:

12- Choudhury,D.Rao,K.2005. Seismic uplift capacity of inclined strip anchors. Cun.Geotech Journal : vol 42 , P 263-271.

13- Horuoath,J. 2001, Structure Interaction research project analysis of vertically anchored foundation elememts. Manhatan College Center or Geotechnology.

Numerical Evaluation of Columns' Uplift in Bracing Structures

A.Saleh
Department of Civil Engineering, Islamic Azad University, Tafresh Branch, Tafresh, Iran

S.M. Zahraei
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Tehran University, Tehran, Iran

ABSTRACT

One of the forces occurring during an earthquake is the tensile force that arise in the columns. This phenomenon is called 'uplift'. It causes damage in column, base plate and anchor bolts. In the absence of appropriate control it may cause the building to collaps. Knowing the reasons which lead to such phonomenon will clarify the point that such phonmenon needs to be controlled. The present study has tried to offer solutions by which the uplift in columns can bereduced. This study has tried to by offering solutions the uplift in columns is reduced. To do so, the numerical models for two buildings were applied in which the location of the braced were changed and the number of brace columns were increased hoping to reduce the uplift strength. For each building, a separate model was built. In the models the proposed ways to reduce uplift were applied. Both EBF and CBF types of the braces were assessed. The numerical results obtained from the study indicate that using the single brace at the corners of the building, aiming to neutralize the uplift does not seem to be appropriate and that even the existence of an additional intermediate frame braced for further support might be needed. The present study showed that the increase in the number of span bracing in different places (situations) are effective in reducing the uplift more than 50%. Also, CBF in lateral columns and EBF for intermediate columns are better ways to reduce uplift, and that different numerical results according to the location of the column in plane.

Keywords: Uplift force, Bracing, Reaction support, EBF, CBF