

تعیین ضریب رفتار قاب خمشی بتن مسلح ویژه دارای دیوارهای برشی بازشودار به روش عددی

سیدفتح اله ساجدی*

دانشیار گروه عمران، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

مصطفی عچرش عمیری

دانشجوی کارشناسی ارشد عمران- سازه، واحد آبادان، دانشگاه آزاد اسلامی، آبادان، ایران

F_sajedi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۲۲ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۹/۰۹/۰۴

چکیده

کشور ایران در منطقه‌ای قرار دارد که از نظر لرزه‌خیزی دارای شرایط بحرانی است؛ بنابراین سازه‌های طراحی شده باید در برابر بارهای جانبی مقاوم باشند. دیوار برشی‌های بتن‌آرمه از رایجترین سیستمهای مقاوم در برابر بارهای جانبی باد و زلزله در سازه‌ها هستند. بازشوها در دیوار برشی بازشودار باعث ایجاد تاثیراتی در مقاومت نهایی، تغییر در رفتار توزیع نیروها و تغییر در سازوکار شکست می‌شوند. با توجه به اینکه بعضی از دیوار برشی‌ها با استفاده از آیین‌نامه‌های قدیمی طراحی شده‌اند که این آیین‌نامه‌ها رفتار شکل‌پذیری دیوار برشی را تامین نمی‌کنند، لذا با توجه به عدم تطابق طرح لرزه‌ای این آیین‌نامه‌ها با آیین‌نامه‌های جدید، نیاز به ترمیم و تقویت این دیوارها ضروری است. با توجه به اینکه تاثیر دیوار دارای بازشو و تقویت شده با قاب خمشی ویژه در ارتفاع نسبتاً بالا در تحقیقات گذشته چندان بررسی نگردید، لذا در این تحقیق، با مطالعه رفتار این نوع قاب‌ها، ضریب رفتار این نوع سیستم مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این تحقیق دیوار برشی بتنی به عنوان تقویت کننده به قاب خمشی بتن مسلح ویژه در دو ارتفاع ۸ و ۱۲ طبقه که از قبل طراحی شده است، اضافه شد، سپس در دیوارها بازشوهای دایره‌ای، لوزی و مستطیلی ایجاد شدند و با هم مقایسه گردیدند. نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که مقاومت سازه و ضریب رفتار با ایجاد بازشو در دیوار کاسته می‌شود، ولی این کاستی برای بازشوهای با اشکال مختلف متفاوت است. بهترین عملکرد را بین بازشوهای هم‌سطح، بازشو دایره‌ای شکل و در بین تمام بازشوها بازشو با نصف ابعاد اولیه داشت.

کلید واژگان: لرزه‌خیزی، ضریب رفتار، قاب خمشی بتن مسلح ویژه، دیوار برشی بتنی، بازشو.

۱- مقدمه

رفتار بسیاری از اعضاء سازه در هنگام وقوع زمین‌لرزه‌های متوسط تا شدید از محدوده ارتجاعی فراتر رفته و وارد محدوده غیرارتجاعی یا غیرخطی می‌گردد. در نتیجه طراحان و مهندسين سازه برای تحلیل باید از تحلیل‌های غیرارتجاعی استفاده نمایند، اما غالباً به دلیل پرهزینه بودن تحلیل‌های غیرارتجاعی و غیرخطی، وقت‌گیر بودن آن‌ها، ضعف دانش در استفاده و تاثیر این روش‌ها و سهولت روش‌های ارتجاعی، تحلیل‌ها و طراحی‌های متداول براساس روش‌های تحلیل ارتجاعی سازه انجام می‌شوند. در تحلیل نوع ارتجاعی، سازه در مرحله ارتجاعی قرار دارد و از نیروهای زلزله به صورت کاهش یافته استفاده می‌گردد. برای کاهش این نیروها در محدوده ارتجاعی اعضاء از ضریبی به نام ضریب کاهش و یا ضریب رفتار^۱ سازه استفاده می‌گردد [۱].

قاب‌های خمشی، قاب‌هایی هستند که برای تحمل بار ثقلی و جانبی از آن‌ها استفاده می‌شود. این قاب‌ها باید طوری طراحی شوند که اعضاء و اتصالات آن‌ها بتوانند شکل‌پذیری لازم را در سیستم باربر جانبی تامین نمایند [۲]. دیوار برشی‌های بتنی دیوارهای بتن‌آرمه‌ای هستند که برای مقاومت در مقابل بارهای جانبی باد یا زلزله مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دیوارها ممکن است به تنهایی و یا به کمک قاب، بارهای جانبی را به زمین منتقل کنند. دیوار برشی‌ها از نظر معماری انواع مختلفی دارند که یکی از آن‌ها، دیوار برشی دارای بازشو است که این بازشوها به دلایل اجرایی و معماری در دیوار برشی ایجاد می‌شوند. وجود این بازشوها در دیوار برشی باعث ایجاد تاثیراتی در مقاومت نهایی، تغییر در رفتار توزیع نیروها و تغییر در سازوکار شکست می‌شوند. هم‌چنین با توجه به اینکه بعضی از دیوار برشی‌ها با استفاده از آیین‌نامه‌های قدیمی طراحی شده‌اند و این آیین‌نامه‌ها رفتار شکل‌پذیری دیوار برشی را تامین نمی‌نمایند و با توجه به عدم تطابق طرح لرزه‌ای این آیین‌نامه‌ها با آیین‌نامه‌های جدید، نیاز به ترمیم و تقویت این دیوارها امری اجتناب‌ناپذیر است [۳-۴].

بنابراین، هدف از انجام این تحقیق، محاسبه ضریب رفتار قاب خمشی ویژه با دیوار برشی بتنی دارای بازشوهای مختلف می‌باشد.

ابتدا برای دسترسی به مدل تحلیلی و تشخیص روش‌های مرتبط، مدل آزمایشگاهی انجام شده موجود مدنظر قرار گرفته و به صورت عددی شبیه‌سازی شد و پس از آزمون و خطا صحت‌سنجی مدل نرم‌افزاری

بررسی شده و سپس به کمک تحلیل غیرخطی به روش صریح در نرم‌افزار اجزاء محدود Abaqus مدل‌سازی، تحلیل و بررسی گردیدند.

یودات در سال ۱۳۹۲ در تحقیقی تاثیر ایجاد بازشو بر ظرفیت دیوار برشی را در سطح یک قاب یک دهانه مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت ایجاد بازشو ظرفیت دیوار را کاهش می‌دهد [۵]. بهارلو و حجازی در سال ۱۳۹۸ به ارزیابی پاسخ دیوارهای برشی بتن‌آرمه دارای بازشو تحت بارگذاری چرخه‌ای پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که حضور بازشو در دیوارهای بتنی به میزان ۱۸/۱۶٪ سطح دیوار باعث کاهش، ۲۴٪ مقاومت و ۴۳٪ سختی اولیه دیوار بازشودار نسبت به نمونه بدون بازشو شده است [۶]. هم‌چنین هاسلتون و همکاران^۲ در سال ۲۰۱۱ به بررسی خطر فروپاشی سازه‌های قاب خمشی ویژه بتن مسلح با هدف صحت‌سنجی ایمنی لرزه‌ای به کار گرفته در آیین‌نامه‌های ساختمانی پرداختند. مطالعه آن‌ها نشان داد که کاهش برش پایه حداقل به‌طور چشم‌گیری خطر فروپاشی لرزه‌ای سازه‌های بلندمرتبه (پریود بلند) در منطقه با خطر لرزه‌ای بالا را افزایش می‌دهد [۷].

هاشمی و تابناک در سال ۱۳۸۷ با استفاده از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیرخطی به بررسی عملکرد قاب‌های متقارن خمشی ویژه با دیوار برشی که طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایرن (ویرایش سوم) بارگذاری و مطابق آیین‌نامه‌ی بتن آمریکا (ACI 318-02) طراحی شده بودند، پرداختند. براساس نتایج به دست آمده روش نیرویی بررسی شده قادر به تامین حد شاخص تغییرمکان نسبی استاندارد نبوده اما برش‌های طبقات را به نحو مناسبی برآورد نمود [۸]. فتوحی‌سرا در سال ۱۳۹۶ در پژوهش خود به بررسی ایمنی لرزه‌ای قاب خمشی ویژه و سیستم دوگانه قاب خمشی همراه با دیوار برشی بتنی ویژه پرداخت. در این تحقیق تحلیل و طراحی غیرخطی دو ساختمان ۵ و ۱۰ طبقه براساس آیین‌نامه‌های ASCE 7-10 و ACI 318-14 و ۲۸۰۰ ایرن (ویرایش چهارم) انجام شدند. طبق نتایج به دست آمده نسبت متوسط احتمال فروریزش و سپس با اعمال عدم قطعیت، نسبت متوسط احتمال فروریزش تعدیل شده، محاسبه شدند. سپس نسبت‌های متوسط احتمال فروریزش تعدیل شده با مقادیر مجاز مقایسه گردیدند. او با توجه به تامین مقادیر مجاز به این نتیجه رسید که مقادیر ضریب رفتار فرضی در آیین‌نامه ASCE 7-10، و نیز ۲۸۰۰ ایرن مقادیر قابل‌قبولی دارد. در صورت عدم تامین مقادیر مجاز باید ضریب رفتار جدیدی فرض گردد و یا محدودیت‌های دیگری بر سیستم اعمال شوند [۹]. صاحب و دسای^۳ در سال ۱۹۹۰ روی ۱۲ مدل دیوار برشی بتنی دارای بازشو، تحقیقاتی آزمایشگاهی راجع به پیش‌بینی

³ Saheb and Desayi

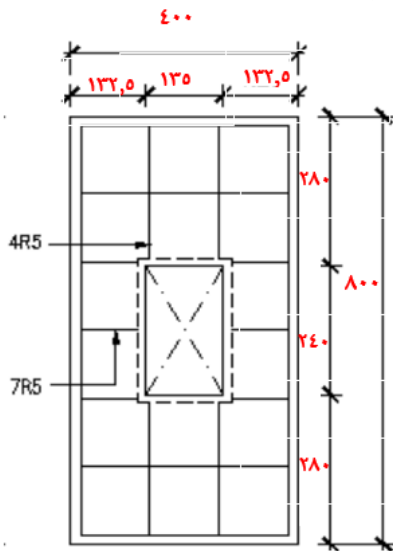
¹ Behavior Coefficient

² Haselton et al.

سازه‌های بلند مرتبه و ویژه احساس می‌شود، لذا در این تحقیق ما به ارزیابی ضریب رفتار قاب‌های خمشی ویژه ۸ و ۱۲ طبقه دارای دیوار برشی بتنی با بازشو به اشکال هندسی متفاوت (دایره، لوزی، مستطیل، مستطیلی کوچک و دو بازشو مستطیلی کوچک) پرداخته شده است.

۲- صحت‌سنجی مدل‌سازی

قبل از ارائه نتایج عددی می‌بایست از درستی روش حل عددی خود اطمینان حاصل نمود. از این رو قبل از شبیه‌سازی مدل‌های مدنظر برای اطمینان از صحت کار، مدل‌های آزمایشگاهی "محمد و همکاران" مدل‌سازی کرده و نتایج به دست آمده را از تحلیل نرم‌افزاری با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شدند. پس از اطمینان از درستی مدل شبیه‌سازی شده به توسعه مدل مدنظر اقدام گردید. بشار و همکاران آزمایش‌هایی بر روی دیوار برشی بتنی دارای بازشو تقویت شده با الیاف پلیمری کربن تحت بارگذاری ثقلی انجام دادند [۱۵]. برای صحت‌سنجی نرم‌افزار، دیوار از مدل‌های بشار با ضخامت ۴۰، ارتفاع ۸۰۰ و عرض ۴۰۰ میلی‌متر و بازشو با ابعاد 240×135 میلی‌متر و نسبت مساحت بازشو به دیوار حدود ۱۰٪ که در شکل یک قابل مشاهده است. تمامی ابعاد دیوار با نسبت ثلث حالت واقعیت لحاظ شده‌اند.



شکل ۱- نمای دیوار برشی [۱۵]

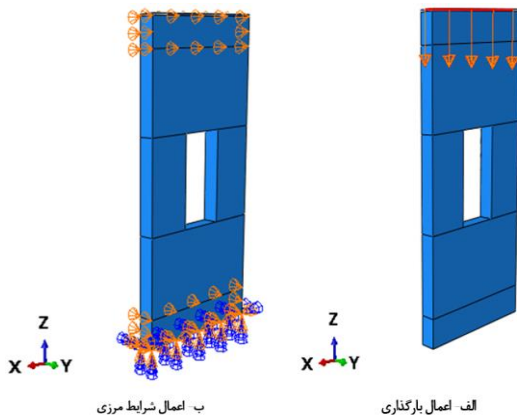
میزان میلگرد استفاده شده در دیوار به صورت درصدی از مقطع دیوار بیان شده است، به این صورت که برای میلگردهای قائم 0.005 مقطع و برای میلگردهای افقی 0.009 سطح مقطع به کار رفته است. تمامی

بارنهایی شکست و آن‌ها انجام دادند. مقایسه شکست ناشی از بار جانبی از پانل‌های یکسان با ورق‌های آزمایش شده تحت بارگذاری‌های یک-طرفه و دوطرفه نشان داد که دیوار برشی‌ها به دلیل تقویت از چهار لبه، دارای مقاومت بیشتری بودند. ترک‌خوردگی در ورق‌های بارگذاری شده دوطرفه بیشتر بود، در حالی که بارهای نهایی تقریباً برای هر دو مورد برابر بودند و حضور بازشوها مزیت تقویت چهار لبه پانل‌های دوطرفه را خنثی کرد [۱۰]. ریوا و همکاران^۴ در سال ۲۰۰۴ به بررسی مودهای شکست در دیوار برشی بتن مسلح پرداختند. دیوارهای اصلی که براساس آیین‌نامه Eurocode8 طراحی کردند، تحت بارگذاری چرخه‌ای تا لحظه شکست قرار داده شدند. پس از آزمایش، دیوار تعمیر شده و میلگردها تعویض شدند و تقویت برشی در بخش بحرانی انجام شد. دیوار اصلاح شده با سابقه بارگذاری در آزمون قبلی مورد آزمایش قرار گرفت. پاسخ دیوار تعمیر شده تنها تا لحظه تسلیم رضایت‌بخش بود، در حالی که تنها تعداد کمی چرخه جابجایی توانست قبل از خرابی انجام دهد [۱۱]. درخصوص تاثیر مساحت و موقعیت بازشدگی بر رفتار و ظرفیت نهایی دیوار برشی‌های بتن مسلح عرب‌زاده و مظفرجری در سال ۱۳۹۴ تحقیقی انجام دادند. نتایج نشان داد که مساحت ناحیه موثر تحت فشار دیوار از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر مقاومت نهایی دیوار برشی‌های بتن مسلح دارای بازشدگی می‌باشد. حاصل کار آن‌ها به شرح زیر است:

مساحت و موقعیت بازشدگی به طور مستقیم باعث تغییر در مساحت این ناحیه می‌گردند. هم‌چنین موقعیت گشودگی در مقایسه با مساحت آن پارامتری تاثیرگذارتر در کاهش ظرفیت نهایی دیوار برشی‌های بتن مسلح می‌باشد [۱۲]. عرب‌زاده و سینافر در سال ۱۳۸۷ در مقاله‌ای ضریب رفتار دیوار برشی‌های دارای بازشو و به تبع آن ضرابی نظیر ضریب اضافه مقاومت و ضریب کاهش بر اثر شکل‌پذیری آن‌ها برای تعدادی دیوار برشی ۵ تا ۲۰ طبقه با مشخصات متفاوت، برای دو زلزله ناغان و طیس را محاسبه کردند. از تحلیل‌های انجام شده نتیجه گرفتند که ضریب رفتار متوسط دیوارهای دارای بازشو تحت زلزله‌های ناغان و طیس به ترتیب حدود $9/6$ و $10/1$ می‌باشد. هم‌چنین ضریب رفتار دیوارهایی که دارای بیش از یک ردیف بازشو بودند، بیشتر از ضریب رفتار دیوارهای با یک ردیف بازشو می‌باشند [۱۳]. حسینی و همکاران در سال ۲۰۱۹ به ارزیابی بازشو در خارج از مرکزیت دیوار پرداختند که نتیجه گرفتند بازشو تا ۴۵٪ باعث کاهش ظرفیت دیوارها نسبت به حالت بدون بازشو می‌شود [۱۴]. با توجه به مطالعات فوق و سایر مطالعات انجام شده مرتبط با پژوهش در مورد دیوار برشی دارای بازشو با اشکال هندسی متفاوت در

⁴ Riva et al.

سعی و خطا توسط نویسندگان با توجه به اینکه نتیجه حاصله با نتیجه تحقیق مقاله مرجع تطابق داشته باشد، اقدام گردید.



شکل ۲- اعمال بارگذاری و شرایط مرزی

برای اعمال شرایط مرزی و بارگذاری طبق شکل ۲ مطابق مقاله مرجع پای دیوار را گیردار کرده و به اندازه ۷۵ میلی‌متر از بالا و پایین در جهت Y بسته می‌شود.

نوع شبکه‌بندی استفاده شده در قسمت‌های بتن دیوار و قاب، اجزاء هشت گرهی مکعبی آجری شکل (solid از نوع Extrusion)، میلگرد بیم دو گرهی (shell از نوع planer) می‌باشد. همچنین نحوه اتصال میلگردها به بتن از نوع ناحیه جاسازی شده^۷ تعریف شده است. پس از طراحی مدل حساسیت شبکه بندی برای مدل انجام شد که نزدیک ترین اندازه مش به مدل مرجع [۱۵] ۵۰ میلی‌متر بود که در نظر گرفته شد.

شکل ۳ نمودار مدل عددی بار-تغییرمکان را نشان می‌دهد. در تحقیق فشار و همکاران نظر نتایج به صورت نمودار ارائه نشدند و فقط مقدار نهایی در متن پژوهش ارائه شده است و لذا مقایسه انجام شده براساس مقدار نهایی نمودار و مقایسه شکل تنش در مدل عددی و آزمایشگاهی می‌باشد. درصدهای اختلاف بین مدل عددی و مدل آزمایشگاهی در جدول ۳ داده شده‌اند.

میلگردها از نمره ۵ استفاده شدند و همچنین پوشش بتن دور میلگردها را ۱۵ میلی‌متر در نظر گرفته شد [۱۵].

برای مدل رفتاری فولاد در نرم‌افزار Abaqus از سخت‌شوندگی دوخطی استفاده شده است. همچنین برای تعریف مدل‌های رفتاری در کشش و فشار از مدل خمیری آسیب دیده بتن^۸ استفاده گردید که براساس تاریخچه مطالعه شده عموم نویسندگان به این روش استفاده نمودند [۱۶] که در جدول ۲ ویژگی‌های آن ارائه شده است. در جدول ۱ مشخصات تمام مصالح ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات مصالح [۱۵]

تنش مصالح	چگالی ($10^{-9} \frac{ton}{mm^3}$)	ضریب یانگ (GPa)	نسبت پواسون	مصالح
۴۷۸	۷/۸۵	۲۰۵	۰/۳	فولاد
۲۱/۳۵	۲/۴	۲۱	۰/۲۱	بتن

جدول ۲- پارامترهای خمیری مدل CDP در Abaqus

مقدار	پارامتر	شرح پارامتر
۳۰°	ϕ	زاویه اتساع
۰/۱	e	پتانسیل خروج از مرکزیت خمیری
۱/۱۶	f_{co}/f_{bo}	نسبت فاصله بین نصف‌النهار فشاری ^۶ و نصف‌النهار کششی ^۷
۰/۱۶۶۷	k_c	پارامتر k_c
۰/۰۰۱	μ	پارامتر ویسکوارجاعی

برای اعمال بارگذاری از روش تغییرمکان-کنترل استفاده شد و با دادن تغییرمکان مقدار نیرو محاسبه می‌گردد که در اینجا ۱/۳ میلی‌متر تغییرمکان داده شده است. قابل ذکر است که این مقدار جابجایی با اعمال

⁷ Tensile Meridians

⁸ Embded Region

⁵ Concrete Damaged Plastic (CDP) Model

⁶ Compression Meridians

برشی بتنی با بازشوهای دایره‌ای، لوزی، مستطیلی و دو بازشو مستطیلی کوچک با مساحت برابر و یک مستطیلی با مجذور مساحت سایر بازشوها در دو ارتفاع ۸ و ۱۲ طبقه و در ۴ دهانه بررسی شدند. قاب‌ها به صورت سه‌بعدی و به عنوان بخشی از ساختمان مسکونی در منطقه‌ای با خطر لرزه‌خیزی خیلی زیاد و خاک نوع II بر طبق استاندارد ۲۸۰۰ ایران فرض شده‌اند. طول دهانه‌ها در هر طبقه ۴ متر و ارتفاع هر طبقه ۳ متر فرض شده است. همچنین مشخصات مصالح استفاده شده در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- مشخصات مصالح قاب‌ها

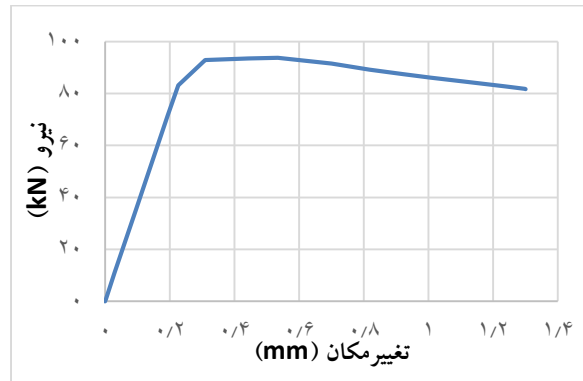
مصالح	نسبت پواسون	ضریب یانگ (GPa)	چگالی ^۹ ۱۰ (ton/mm ³)	تنش مصالح
فولاد	۰/۳	۲۰۵	۷/۸۴۹	۴۷۸
بتن دیوار	۰/۲۱	۲۱	۲/۴	۲۱/۳۵
بتن قاب	۰/۲۰	۲/۳۸۶ ۷	۲/۴	۳۰

در این تحقیق برای تعریف مدل رفتاری بتن مصرفی در دیوار قاب‌ها در حالات کشش و فشار از مدل خمیری آسیب‌دیده (CDP) استفاده شده که مشخصات آن در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- پارامترهای مدل CDP بتن در Abaqus

شرح پارامتر	پارامتر	مقدار
زاویه اتساع	θ	۳۰°
پتانسیل خروج از مرکزیت خمیری	e	۰/۱
نسبت فاصله نصف‌النهار فشاری ^۹ و نصف‌النهار کششی ^{۱۰}	f_{c0}/f_{t0}	۱/۱۶
پارامتر k_c	k_c	۰/۶۶۷
پارامتر ویسکوارتجاعی	μ	۰/۰۰۱

برای اعمال شرایط مرزی طبق شکل ۵ پای دیوار را گیردار کرده و بالا و پایین قاب در جهت Y بسته شدند.

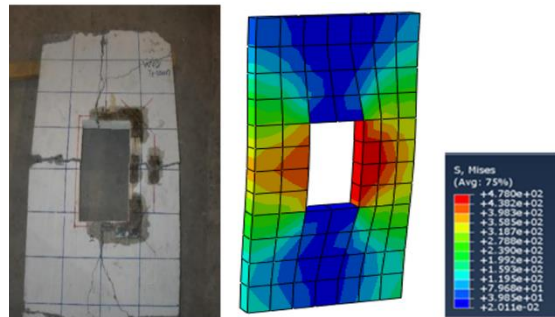


شکل ۳- نمودار بار-تغییر مکان مدل عددی با اندازه بهینه شبکه

جدول ۳- درصد اختلاف بین مدل‌های عددی و آزمایشگاهی [۱۵]

نوع مدل	نیروی قابل تحمل (kN)	خطا (%)
عددی	۹۳/۷	۱/۶
آزمایشگاهی	۹۵/۳	-

اختلاف مدل‌های عددی و آزمایشگاهی ۱/۶٪ به دست آمد، همچنین شکل ۴ نشان می‌دهد که محل ایجاد تنش در مدل عددی با موقعیت آن در مدل آزمایشگاهی مطابقت دارد که نتیجه حکایت از امکان کاربرد نرم‌افزار دارد.



الف- مدل عددی ب- مدل آزمایشگاهی

شکل ۴- مقایسه نتایج مدل عددی و مدل آزمایشگاهی [۱۵]

۳- مدل‌سازی و تحلیل مدل‌ها

پس از صحت‌سنجی نرم‌افزار و اطمینان از درستی کار آن، مدل‌های بعدی شبیه‌سازی شد. هدف اولیه این مطالعه، محاسبه ضریب رفتار قاب خمشی ویژه با دیوار برشی بتنی دارای بازشو با اشکال مختلف می‌باشد. به همین منظور ضریب رفتار قاب‌های خمشی ویژه دارای دیوار

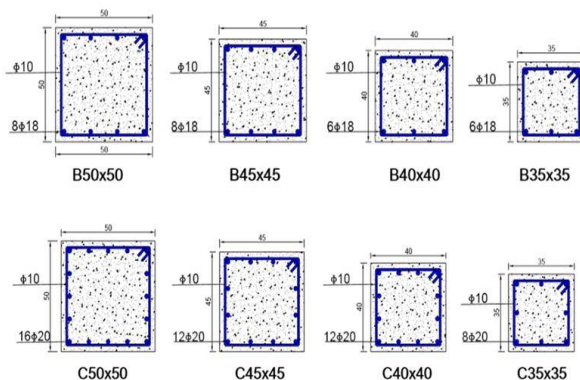
¹ Tensile Meridians

0

⁹ Compression Meridians

جدول ۷- مقاطع تیر و ستون در قاب ۸ طبقه (ابعاد به سانتی‌متر)

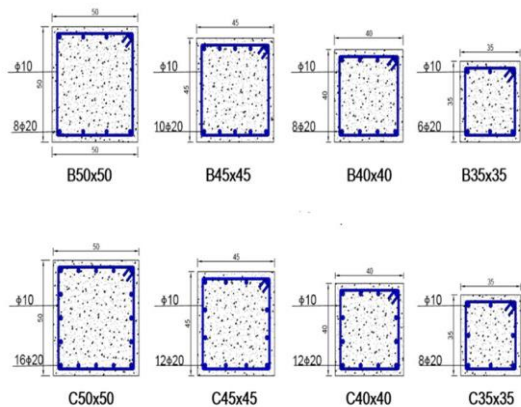
طبقه	مقطع تیر	مقطع ستون
اول و دوم و سوم	b50x50	c50x50
چهارم و پنجم و ششم	b45x45	c45x45
هفتم و هشتم و نهم	b40x40	c40x40
دهم و یازدهم و دوازدهم	b35x35	c35x35



شکل ۵- نحوه اعمال شرایط مرزی در قاب‌های تحقیق



شکل ۶- جزئیات مقاطع عرض تیر و ستون قاب‌های ۸ طبقه



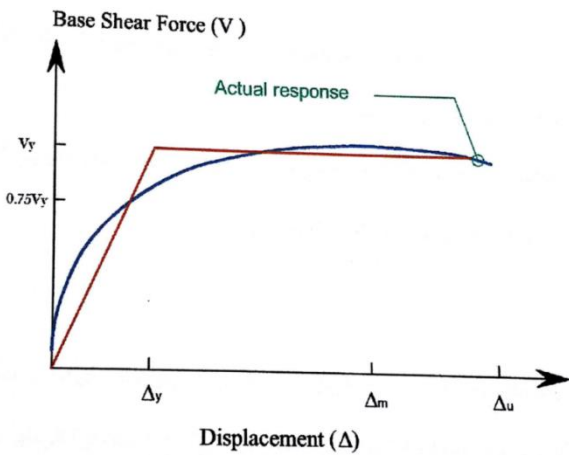
شکل ۷- جزئیات مقاطع عرض تیر و ستون قاب‌های ۱۲ طبقه

در انتخاب مقاطع تیر و ستون و دیوار برشی تمام ضوابط مربوطه مندرج در آیین‌نامه آبا از جمله ابعاد، درصد میلگردهای مصرفی، پوشش روی میلگردها، فاصله میلگردها و تمام الزامات رعایت شده است. تمام دیوار برشی‌های بتنی به ترتیب دارای طول و ارتفاع ۴ و ۳ متر هستند.

نوع شبکه‌بندی استفاده شده در بتن‌های دیوار و قاب، اجزاء هشت گرهی مکعبی آجری شکل (Solid از نوع Extrusion)، میلگرد خریایی دو گرهی (Wire از نوع Planer) می‌باشد. اندازه شبکه برای بتن دیوار، قاب، میلگرد به ترتیب برابر با ۰/۱، ۰/۱۵، ۰/۲ متر در نظر گرفته شده است. آیین‌نامه آبا در نرم‌افزار ETABS وجود ندارد، بنابراین برای تحلیل و طراحی از آیین‌نامه ACI318-05 استفاده شده است و علاوه بر ترکیبات بارگذاری این آیین‌نامه، ترکیبات آیین‌نامه آبا نیز به نرم‌افزار اضافه شده است. پس از انجام تحلیل و طراحی در نرم‌افزار ETABS مقاطع تیر و ستون به شرح جدول‌های ۶ و ۷ به ترتیب برای قاب‌های ۸ و ۱۲ طبقه داده شده است. برای مدل‌سازی قاب‌ها از مقاطع بهینه تیر و ستون که در شکل‌های ۶ و ۷ داده شده‌اند، استفاده گردیده است.

جدول ۶- مقاطع تیر و ستون در قاب ۸ طبقه (ابعاد به سانتی‌متر)

طبقه	مقطع تیر	مقطع ستون
اول و دوم	b50x50	c50x50
سوم و چهارم	b45x45	c45x45
پنجم و ششم	b40x40	c40x40
هفتم و هشتم	b35x35	c35x35



شکل ۸- روش دوخطی کردن نمودار پوش آور پریستلی و پائولی [۱۷]

تحقیقات محققین دانشگاه برکلی نشان داد که اجزا تشکیل دهنده ضریب رفتار از چهار تا هستند که در رابطه زیر ذکر شدند.

$$R = R_S R_\mu R_R R_\xi$$

در رابطه فوق R_S ضریب اضافه مقاومت، R_μ ضریب ناشی از شکل پذیری، R_R ضریب نامعینی و R_ξ ضریب میرایی می باشد. ضریب نامعینی را طبق تحقیقات برترو و ویتکر [۱۸] قاب‌های با ۴ دهانه خمشی مقاوم در برابر زلزله در هر جهت را به عنوان تعداد دهانه‌های بهینه برای تأمین مقاومت جانبی در برابر زلزله پیشنهاد می نمایند که در این حالت‌ها $R_R = 1$ خواهد بود. هم چنین ضریب میرایی در اینجا یک فرض شده است و در نتیجه ضریب رفتار از رابطه زیر به تعیین می شود.

$$R = R_\mu R_S$$

که مقدار ضریب‌های شکل پذیری و اضافه مقاومت را پس از دوخطی کردن نمودار باتوجه به کدی که نوشته شده به دست می آیند و با جایگذاری در رابطه فوق ضریب رفتار بدست می آید. که مقادیر بدست آمده در جدول‌های ۱۰ و ۱۱ ارائه شدند.

برای تعیین ویژگی‌های دیوار برشی از حداقل مقدار مجاز آیین نامه مبحث نهم از جمله بخش ۹-۱۹، برای طراحی مقاومت در برابر برش از بند ۹-۱۵ و همچنین طراحی مقاومت در برابر لنگر خمشی و نیروی محوری از ضوابط فصل چهاردهم این آیین نامه استفاده شده است. همچنین تعیین ضخامت دیوار برشی‌ها بر اساس بخش ۲-۵ کتاب دیوارهای برشی علی خیرالدین انجام گرفته است که نتایج آن در جداول ۸ و ۹ آورده شده است.

جدول ۸- ضخامت دیوار برشی‌های بتنی قاب ۸ طبقه

ضخامت دیوار (m)	طبقه
۰/۲۵	اول و دوم
۰/۲۲	سوم و چهارم
۰/۱۸	پنجم و ششم
۰/۱۴	هفتم و هشتم

جدول ۹- ضخامت دیوار برشی‌های بتنی قاب ۱۲ طبقه

ضخامت دیوار (m)	طبقه
۰/۲۵	اول تا سوم
۰/۲۲	چهارم تا ششم
۰/۱۸	هفتم تا نهم
۰/۱۴	دهم تا دوازدهم

پس از گرفتن خروجی از نرم افزار نمودارها استخراج شده و با روش پریستلی و پائولی منحنی پوش آور دو خطی شده که در شکل ۹ این نمودارها ارائه شده اند. سپس با استفاده از روش چوپرا ضریب رفتار و نسبت شکل پذیری و سایر مشخصات لازم به دست آمدند. روش دوخطی کردن پریستلی و پائولی به این صورت است که یک مقدار برای V_y (مقاومت تسلیم سازه) فرض شده، سپس از مبدأ به نقطه $0.75V_y$ روی منحنی تغییر مکان- نیروی برش پایه مطابق شکل ۸ وصل نموده و تا خط V_y ادامه داده می شود. از محل تقاطع این دو خط منحنی مذکور نمودار دوخطی فرض می شود [۱۷].

¹ Bertero & Whittaker

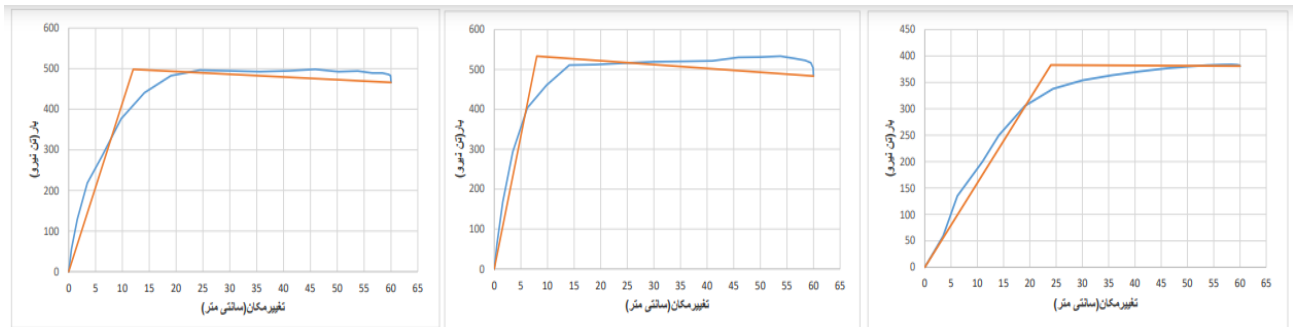
³

¹ Priestly & Paulay

¹

¹ Berkley

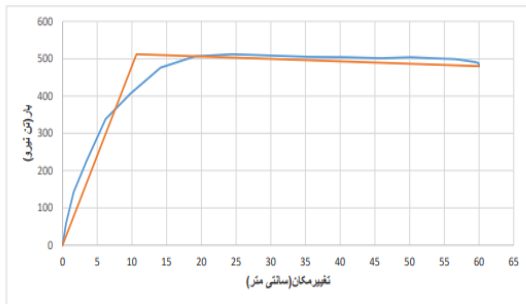
²



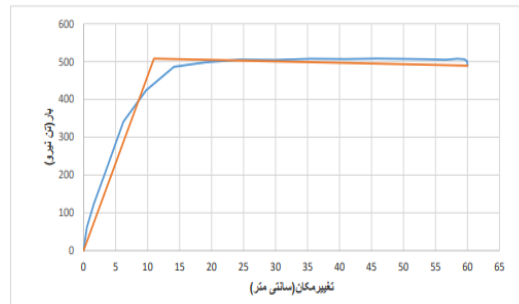
نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۸ طبقه دارای دیوار برشی با بازشوهای مستطیلی

نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۸ طبقه دارای دیوار برشی

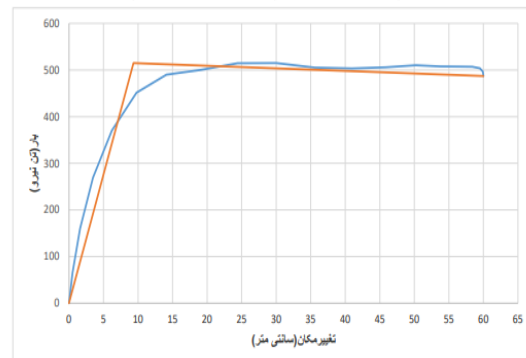
نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۸ طبقه بدون دیوار برشی



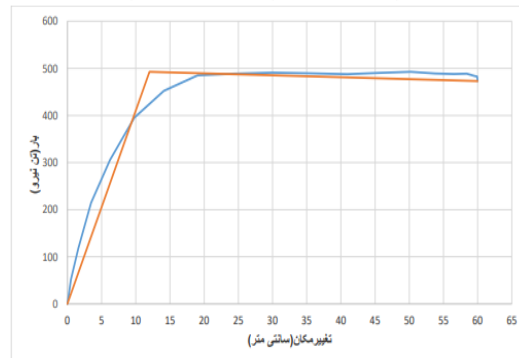
نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۸ طبقه دارای دیوار برشی با بازشوهای دایره‌ای



نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۸ طبقه دارای دیوار برشی با بازشوهای لوزی

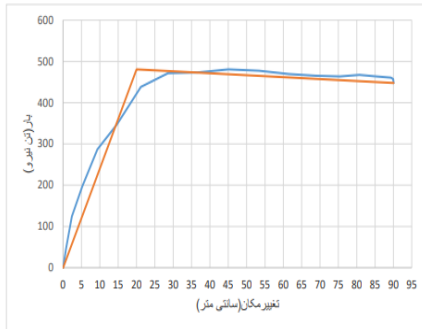


نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۸ طبقه دارای دیوار برشی با بازشوهای مستطیلی کوچک

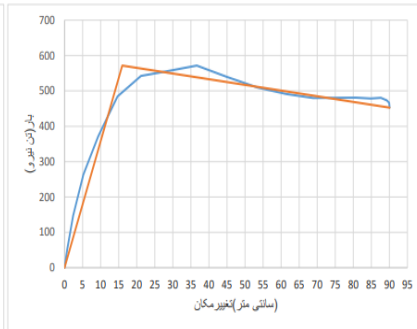


نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۸ طبقه دارای دیوار برشی با دوارشوی مستطیلی کوچک در تمامی طبقات

شکل ۹- منحنی بار- تغییر مکان قاب‌های ۸ طبقه تحقیق



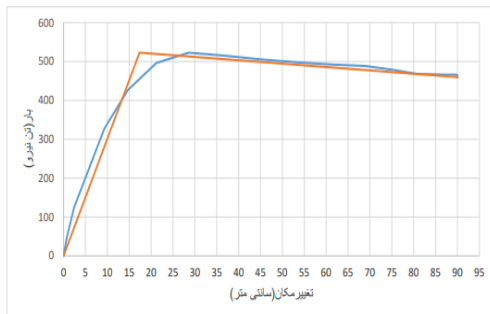
نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۱۲ طبقه دارای دیوار برشی با بازشوهای مستطیلی



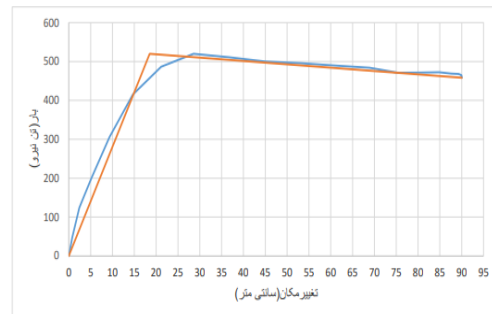
نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۱۲ طبقه دارای دیوار برشی



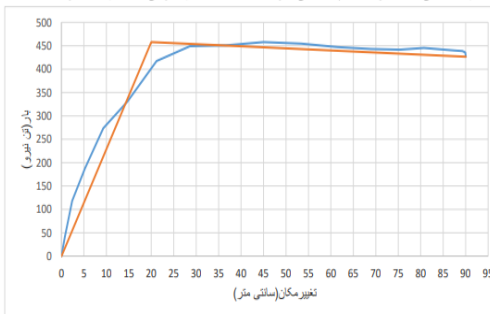
نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۱۲ طبقه بدون دیوار برشی



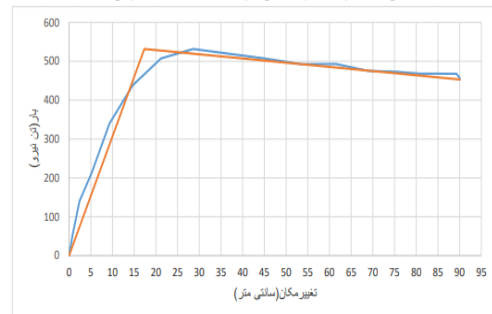
نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۱۲ طبقه دارای دیوار برشی با بازشوهای دایره‌ای



نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۱۲ طبقه دارای دیوار برشی با بازشوهای لوزی



نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۱۲ طبقه دارای دیوار برشی با بازشوهای مستطیلی کوچک

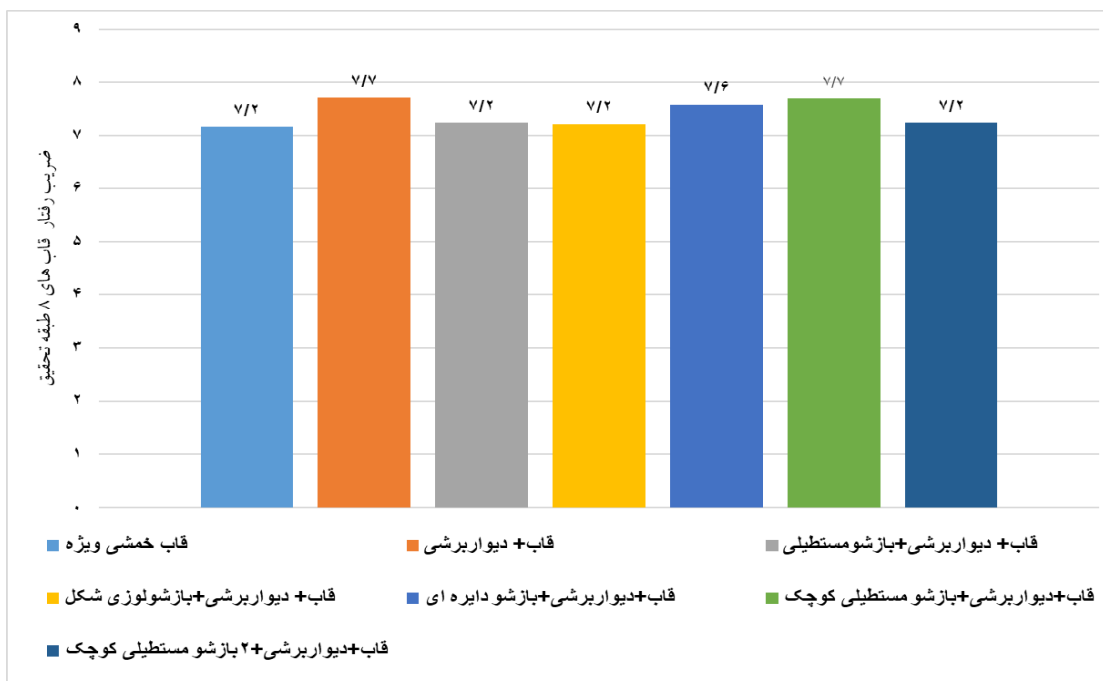


نمودار منحنی بار-تغییر مکان قاب خمشی ویژه ۱۲ طبقه دارای دیوار برشی با دیوارشوی مستطیلی کوچک در تمامی طبقات

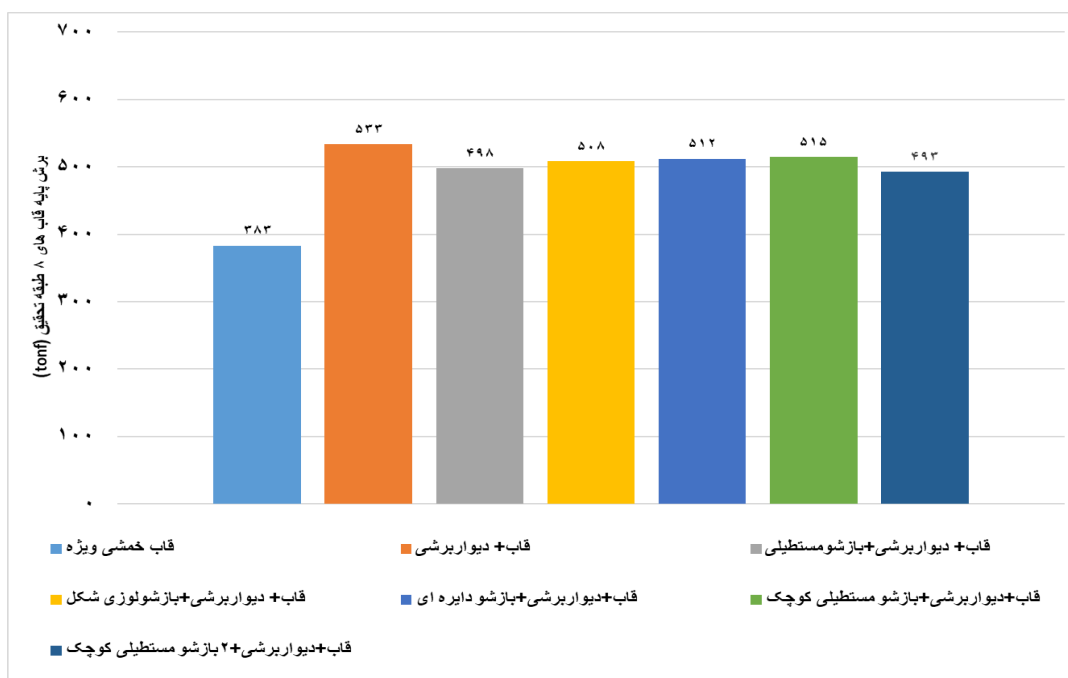
شکل ۱۰- منحنی بار- تغییر مکان قاب‌های ۱۲ طبقه تحقیق

جدول ۱۰- نتایج محاسبات تعیین برش پایه و ضریب رفتار قاب‌های ۸ طبقه

نام قاب	μ	R	ضریب رفتار	R_s : ضریب ناشی از شکل پذیری	R_{RS} : ضریب اضافه مقاومت	V_u (tonf)	برش پایه
قاب خمشی ویژه	۲/۴	۷/۲	۲	۱/۶	۳۸۳		
قاب + دیوار برشی	۶/۶	۷/۷	۴/۲	۲/۸	۵۳۳/۴		
قاب + دیوار برشی + بازشو مستطیلی	۳/۸	۷/۲	۳/۲	۲/۳	۴۹۸/۱		
قاب + دیوار برشی + بازشو لوزی شکل	۵/۸	۷/۲	۳/۸	۱/۹	۵۰۸/۲		
قاب + دیوار برشی + بازشو دایره ای	۵/۶	۷/۶	۳/۸	۲	۵۱۲/۲		
قاب + دیوار برشی + بازشو مستطیلی کوچک	۶/۴	۷/۷	۴/۱	۱/۹	۵۱۴/۹		
قاب + دیوار برشی + بازشو مستطیلی کوچک	۴/۲	۷/۲	۳/۴	۲/۱	۴۹۲/۶		



شکل ۱۱- مقایسه ضریب رفتار قاب‌های خمشی ۸ طبقه تحقیق



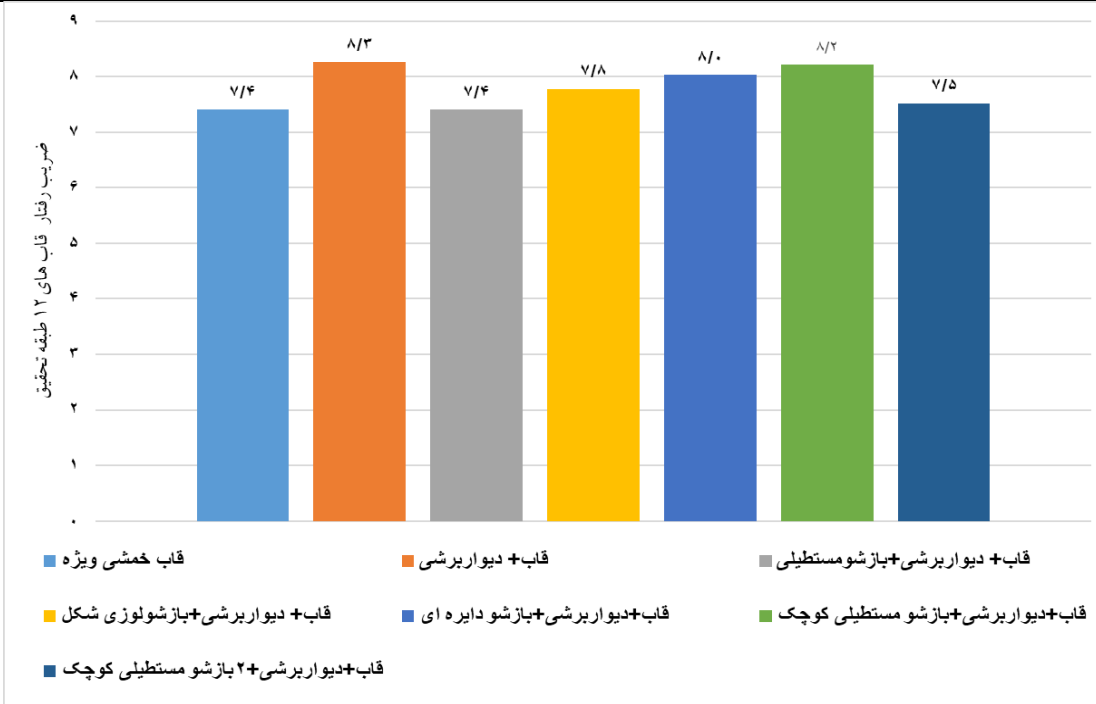
شکل ۱۲- برش پایه در قاب‌های خمشی ۸ طبقه تحقیق

ضریب رفتار قاب ۸ طبقه ۷/۲ به دست آمد و با اضافه نمودن دیوار برشی به قاب به ۷/۷ رسید. با ایجاد بازشو در دیوار ضریب رفتار کاهش پیدا کرد. که البته ضریب اضافه مقاومت نیز تقریباً همچون ضریب رفتار با افزودن دیوار برشی و با ایجاد بازشو کاهش نشان داده است. شکل پذیری در قاب ۲/۴ به دست آمد که با افزودن دیوار برشی به ۶/۶ افزایش یافت. هم‌چنین با ایجاد بازشو در دیوار شکل‌پذیری تا مقدار ۳/۸ نیز کاهش پیدا کرد.

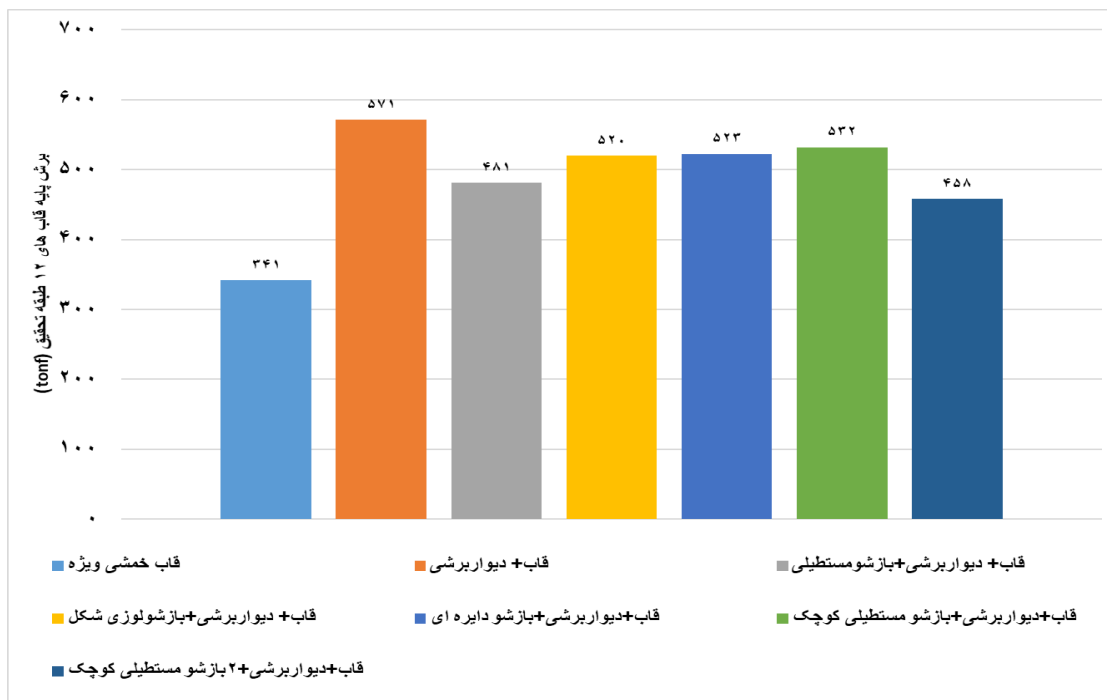
طبق جدول ۱۰ و شکل‌های ۱۱ و ۱۲، برش‌پایه قاب خمشی ۸ طبقه با افزودن دیوار برشی به مقدار ۳۹٪ ($\frac{533-383}{383} \times 100 = 39\%$) افزایش یافته است که البته با ایجاد بازشو در دیوار برش‌پایه در قاب‌ها نسبت به قاب فاقد بازشو از ۷/۳٪ تا ۸/۳٪ کاهش ایجاد شد. بیشترین برش‌پایه و ضریب‌رفتار را بین بازشوهایی با مساحت برابر، بازشو دایره‌ای شکل داشت. مجموعاً بیشترین برش‌پایه را بازشو مستطیل شکل کوچک داشت که نشان می‌دهد هرچه بازشو کوچک‌تر شود، ظرفیت سازه بیشتر می‌شود.

جدول ۱۱- نتایج محاسبات تعیین برش‌پایه و ضریب رفتار قاب‌های ۱۲ طبقه

نام قاب	μ	R	R_s	R_t	R_s	V_u (tonf)
قاب خمشی ویژه	۲/۲	۷/۴	۲	۱/۹	۳۴۱/۴	
قاب+ دیوار برشی	۵/۶	۸/۳	۳/۸	۲/۷	۵۷۱/۵	
قاب+ دیوار برشی+بازشومستطیلی	۴/۵	۷/۴	۳/۵	۲/۱	۴۸۰/۹	
قاب+ دیوار برشی+بازشولوزی شکل	۳/۸	۷/۸	۳/۲	۲/۶	۵۱۹/۸	
قاب+دیوار برشی+بازشو دایره ای	۴/۳	۸	۳/۲	۲/۵	۵۲۲/۶	
قاب+دیوار برشی+بازشو مستطیلی کوچک	۴/۶	۸/۲	۳/۶	۲/۵	۵۳۱/۹	
قاب+دیوار برشی+۲بازشو مستطیلی کوچک	۳/۵	۷/۴	۳/۱	۲/۴	۴۵۸	



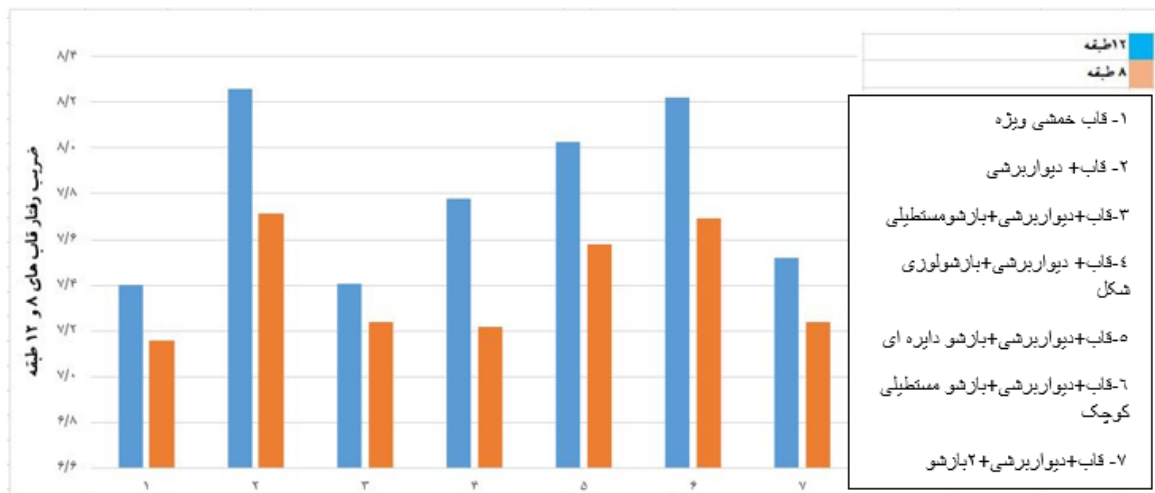
شکل ۱۳- مقایسه ضریب رفتار قاب‌های خمشی ۱۲ طبقه تحقیق



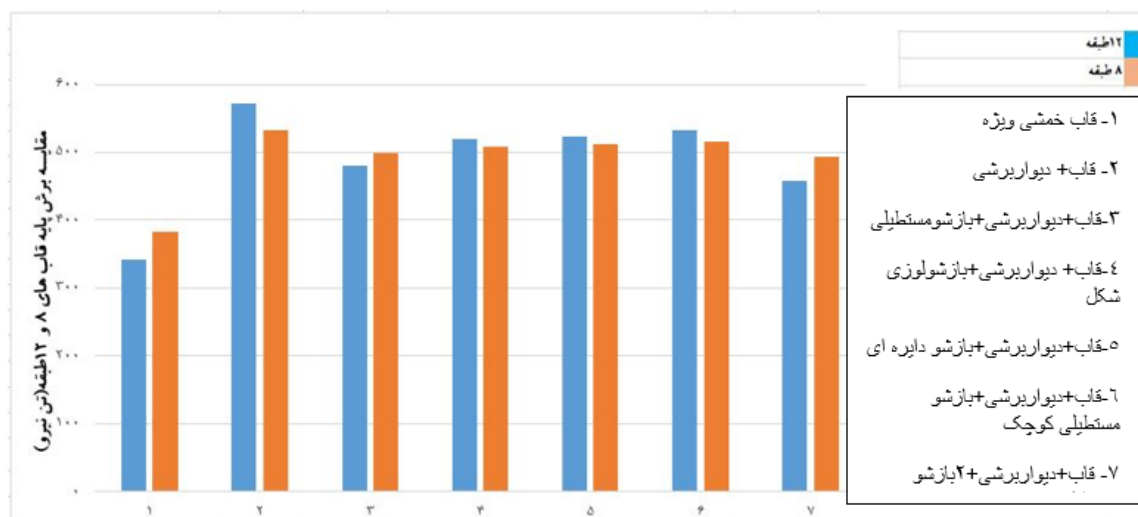
شکل ۱۴- مقایسه برش پایه در قاب‌های خمشی ۱۲ طبقه تحقیق

طبق شکل‌های ۱۳ و ۱۴ و جدول ۱۱، برش پایه قاب خمشی ۱۲ طبقه با افزودن دیوار برشی به قاب ۶۷٪ ($\frac{571-341}{341} \times 100 = 67\%$) افزایش یافت که البته با ایجاد بازشو در دیوار قاب‌ها، برش پایه در این حالت نسبت به قاب با دیوار فاقد بازشو از ۷/۵٪ تا ۲۴٪ برش پایه کاهش نشان داد. بهترین ظرفیت را بین بازشوهایی هم مساحت بازشو دایره‌ای شکل داشت. در مجموع بیشترین برش پایه و ضریب رفتار را بازشو مستطیلی کوچک داشت که نشان می‌دهد هرچه بازشو کوچک‌تر شود، ظرفیت سازه بهتر می‌شود.

ضریب رفتار قاب ۸ طبقه ۷/۴ به دست آمد که با اضافه نمودن دیوار برشی به قاب به ۸/۲ رسید. با ایجاد بازشو در دیوار ضریب رفتار کاهش پیدا کرد. ضریب اضافه مقاومت نیز تقریباً همچون ضریب رفتار با افزودن دیوار برشی و با ایجاد بازشو کاهش نشان داده است. شکل پذیری در قاب ۲/۲ به دست آمد که با افزودن دیوار برشی به قاب به ۵/۴ افزایش یافت. همچنین با ایجاد بازشو در دیوار برشی شکل پذیری تا مقدار ۳/۵ کاهش پیدا کرد.



شکل ۱۵- مقایسه ضریب رفتار قاب‌های ۸ و ۱۲ طبقه



شکل ۱۶- مقایسه برش پایه قاب‌های ۸ و ۱۲ طبقه

قاب‌های ۱۲ طبقه:

- ✓ اضافه کردن دیوار به قاب خمشی ویژه برش پایه را به میزان ۶۷٪ افزایش داد.
- ✓ ایجاد بازشو در دیوار باعث کاهش برش پایه گردید که برای بازشوه‌های با اشکال مختلف و با مساحت برابر مقادیر متفاوتی به شرح زیر داشت:
- بازشو مستطیلی ۱۸٪؛ بازشو لوزی شکل ۱۰٪؛ بازشو دایره‌ای شکل ۹٪؛ دو بازشو کوچک مستطیلی ۲۴٪؛ و بازشو مستطیلی کوچک با ابعاد نصف ابعاد بازشو مستطیلی اصلی ۷٪/۵.
- ✓ ضریب رفتار در قاب خمشی ویژه با اضافه کردن دیوار برشی از ۷/۴ به ۸/۳ افزایش پیدا کرد.
- ✓ با ایجاد بازشو در دیوار ضریب رفتار تمامی قاب‌ها کاهش یافت، به گونه‌ای که بیشترین کاهش را دیوار با دو بازشو کوچک با ضریب رفتار ۷/۴ و کمترین کاهش را دیوار با بازشو مستطیلی با ضریب رفتار ۸/۲ داشتند.
- ✓ ضریب شکل‌پذیری در قاب ۱۲ طبقه ۲/۲ و با افزودن دیوار به ۵/۶ افزایش یافت که با ایجاد بازشو در دیوار ضریب شکل‌پذیری به مقدار ۳/۵ کاهش یافت.
- ✓ ضریب اضافه مقاومت قاب بدون دیوار ۱/۹ به دست آمد که با افزودن دیوار به ۲/۷ افزایش یافت و البته با ایجاد بازشو در دیوار به ۲/۱ کاهش نشان داد.
- ✓ هرچه مساحت بازشو کوچک‌تر شد، سازه ضریب رفتار و برش پایه بیشتری را از خود نشان داد.
- ✓ استفاده از یک بازشو با سطح ثابت ضریب رفتار و برش پایه بهتری نسبت به وقتی که به دو بازشو با مجموع سطح ثابت تقسیم شود، دارد.
- ✓ بازشو دایره‌ای شکل بین تمامی بازشوه‌های تحقیق ضریب رفتار و برش پایه بیشتری داشت.

طبق شکل ۱۵ مشهود است که ضریب رفتار قاب‌های ۱۲ طبقه در تمامی حالت‌ها از قاب‌های ۸ طبقه بیشتر است. قاب‌های خمشی دارای بازشوه‌های دایره‌ای و لوزی شکل در هر دو حالت ۸ و ۱۲ طبقه مقدار ضریب رفتار بیشتری داشتند. ضریب رفتار قاب‌های خمشی دارای دیوار برشی با بازشوه‌های دایره‌ای و مستطیلی کوچک در هر دو حالت ۸ و ۱۲ طبقه نسبت به سایر مدل‌های بازشودار مقدار بیشتری بوده است.

طبق شکل ۱۶ در تمامی حالت‌های یکسان، قاب مدل‌های ۸ و ۱۲ طبقه، اختلاف بین برش پایه آن‌ها ناچیز بوده در حالی که در مدل‌های قاب و قاب با دیوار این اختلاف بیشتر می‌باشد. بیشترین و کمترین برش پایه به ترتیب متعلق به قاب خمشی با دیوار فاقد بازشو و قاب خمشی ویژه فاقد دیوار برشی می‌باشند. از بین قاب‌های دارای دیوار با بازشو، قاب‌های دارای دیوارهای بازشودار دایره‌ای، لوزی و مستطیلی شکل کوچک دارای برش پایه تقریباً برابری هستند و نسبت به سایر مدل‌های بازشو دار مقدار برش پایه بیشتری دارند.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مدل‌ها شرح ادامه می‌باشند:

قاب‌های ۸ طبقه:

- ✓ اضافه کردن دیوار به قاب خمشی ۳۹٪ برش پایه را افزایش داده است.
- ✓ ایجاد بازشو در دیوار باعث کاهش برش پایه گردید که برای بازشوه‌های با اشکال مختلف و با مساحت برابر مقادیر متفاوتی به شرح زیر داشت:
- بازشو مستطیلی ۷٪؛ بازشو لوزی شکل ۴/۹٪؛ بازشو دایره‌ای شکل ۴/۱٪؛ دو بازشو کوچک مستطیلی ۸/۳٪؛ بازشو مستطیلی کوچک با ابعاد نصف ابعاد بازشو مستطیلی اصلی ۳/۷٪
- ✓ ضریب رفتار در قاب خمشی ویژه با اضافه کردن دیوار برشی از ۷/۲ به ۷/۷ افزایش پیدا کرد.
- ✓ با ایجاد بازشو در دیوار ضریب رفتار تمامی قاب‌ها کاهش یافت، به گونه‌ای که بیشترین کاهش را دیوار با دو بازشو کوچک با ضریب رفتار ۷/۲ و کمترین کاهش را دیوار با بازشو مستطیلی کوچک با ضریب رفتار ۷/۷ داشتند.
- ✓ ضریب شکل‌پذیری در قاب ۸ طبقه ۲/۴ بود که با افزودن دیوار به ۶/۶ افزایش یافت و با ایجاد بازشو در دیوار ضریب شکل‌پذیری به مقدار ۳/۸ کاهش یافت.
- ✓ ضریب اضافه مقاومت قاب بدون دیوار ۱/۶ به دست آمد که با افزودن دیوار به ۲/۸ افزایش یافت و البته با ایجاد بازشو در دیوار ۱/۹ کاهش پیدا کرد.

- cyclic loading. Iranian Concrete Research Journal. 2019; 12 (2): 93-77. (In Persian).
- [7] Haselton CB, Liel AB, Deierlein GG, Dean BS, Chou JH. Seismic collapse safety of reinforced concrete buildings: I. Assessment of ductile moment frames. Journal of Structural Engineering. 2011; 137 (4): 481-491.
- [8] Hosseini Hashemi B, Tabnak A. Investigation of the performance of special bending symmetrical frames with shear walls designed based on the loading of Iranian 2800 standard (Third Edition). International Institute of Seismology and Earthquake Engineering. 2008; 2-26 (1): 143-137. (In Persian).
- [9] Fotouhisara S. Investigation of seismic safety of special and dual bending frame systems, Master Thesis. Faculty of Engineering. Urmia University. Urmia. Iran. 2017. (In Persian).
- [10] Saheb M, Desayi P. Ultimate strength of RC wall panels with openings. Journal of Structural Engineering. 1990; 116 (6).
- [11] Riva P, Meda A, Giuriani E. Experimental test on a full scale repaired RC structural wall. The 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, BC, Canada. 2004.
- [12] Arabzadeh A, Mozaffarjazi M. Comparison of the effect of area and opening position on the behavior and final capacity of reinforced concrete shear walls. Concrete Journal of Tarbiat Modares University. 2015; 8 (2): 128-117. (In Persian).
- [13] Arabzadeh A, Sinafar M. Behavior coefficient of shear walls with opening. Modares Technical and Engineering Journal. 2008; 33. (In Persian).
- [14] Hosseini SA, Kheyroddina A, Mastalib M. An experimental investigation into the impacts of eccentric openings on the in-plane behavior of squat RC shear walls, Engineering Structures. 2019; 197 (10).
- [15] Mohammad BS, Ean LW, Anwar Hossain, KMA. CFRP Composites for Strengthening of Reinforced Concrete Walls with Openings. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). 2015; 1 (4): 1841-1852.
- [16] Shafieinia M. Laboratory and software study of the behavior of circular columns with GRP shell filled with high-strength reinforced concrete and reinforced with FRP under axial loading. PhD thesis. Faculty of Engineering. Islamic Azad University. Ahvaz Branch. Ahvaz. Iran. 2019. (In Persian).
- [17] Hosseini Bay SM, Gholamzadeh M. Bilingualization of the folder curve and determination

۴- نتایج

- نتایج کلیدی حاصل از تحقیق را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:
- * اضافه کردن دیوار برشی به قاب‌های خمشی برش پایه را در آنها افزایش داده است.
 - * ضریب رفتار در قاب‌های خمشی ویژه با اضافه شدن دیوار برشی به قاب‌ها، افزایش یافته است.
 - * ایجاد بازشو در دیوار باعث کاهش برش پایه و ضریب رفتار در قاب‌ها گردید.
 - * بیشترین کاهش ضریب رفتار در قاب‌های دارای دیوارهای بازشودار، مربوط به دیوارهای با دو بازشو کوچک بود.
 - * با افزودن دیوار برشی به قاب‌ها ضریب شکل‌پذیری آنها اضافه شد و سپس با ایجاد بازشو در دیوارها، این ضریب کاهش پیدا نمود. همین روند در ضریب اضافه مقاومت قاب‌ها نیز حاصل شد.
 - * بازشو دایره‌ای در بین تمام بازشوها ضریب رفتار و برش پایه بیشتری را از خود نشان داد، لذا به عنوان بازشو بهینه معرفی می‌شود.

مراجع

- [1] Akbari R, Maheri MR. A Study of the Behavior Coefficient of Structural Reinforced Concrete Frame Structures with Steel Braces. Proceedings of the First Conference on Structural Safety and Improvement. Amirkabir University of Technology. Tehran. Iran. 2002. (In Persian).
- [2] Ministry of Housing and Urban Development. Deputy Minister of Housing and Construction. Tenth Topic of Design and Execution of Steel Buildings. Tehran. Iran. 2008. (In Persian).
- [3] Kheyroddin A, Naderpour H. Nonlinear Finite Element Analysis of R/C Shear. Iranian Journal of Science & Technology. Transaction B, Engineering. 2006; 32 (B2): 79-89.
- [4] Salonikios TN, Kappos AJ, Tegos IA, Penelis G. Cyclic Load Behavior of Low-Slenderness Reinforced Concrete Walls: Failure Modes, Strength and Deformation Analysis and Design Implications. ACI Structural Journal. 1999; 96 (4): 649-660.
- [5] Podat M. Investigation of the effect of FRP reinforcement on the final capacity of concrete shear wall with opening using finite elements. Master Thesis. Shahid Chamran University. Ahvaz. Iran. 2013. (In Persian).
- [6] Baharloo M, Hejazi, M. Evaluation of response of shear walls reinforced concrete with opening under

of behavior coefficient by Chopra method Third Annual Conference on Architectural Urban Planning and Urban Management Research Shiraz Iran 2017.

(In Persian).

[18] Whittaker AS, Uang CM, Bertero VV. Earthquake Simulation Tests and Associated Studies of a 0.3-Scale Model of a Six-Story Eccentrically Braced Steel Structure, Report No. UCB/EERC-87/02, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, CA, June. 1987.

Determining the Behavior Coefficient of Flexural Frame of Special Reinforced Concrete with Shear Walls Having Openings Applying Numerical Analysis Method

Seyed Fathollah Sajedi*

Associate professor, Department of Civil Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
Mostafa Echresh Omeiri

M.Sc. student, Department of Civil Engineering, Abadan Branch, Islamic Azad University, Abadan, Iran

Abstract

Iran is located in a region that has critical conditions in terms of seismicity, so structures designed in the country must be resistant to lateral loads. Reinforced concrete shear walls are the most common systems resistant to the lateral loads of wind and earthquake in the structures. One of the types of shear walls is the shear wall with openings, which are created for mechanical and architectural reasons. The presence of these openings in the shear wall causes changes in the ultimate resistance, changes in the behavior of the force distribution, and changes in the failure mechanism. Due to the fact that some shear walls are designed using old regulations that these regulations do not provide the ductility of the shear wall, so due to the incompatibility of the seismic design of these regulations with the new regulations, it is necessary to repair and strengthen these walls. Due to the fact that the effect of the wall with opening and reinforced with special flexural frame at a relatively high height was not studied in previous studies, so in this study, by studying the behavior of this type of frame, the coefficient of behavior of this type of system was evaluated. In this study, the concrete shear wall was added as a reinforcement to the flexural frame of the special reinforced concrete in two heights of 8 and 12 storeys, which were pre-designed, then circular, rhombic and rectangular openings were created in the walls and compared with each other. The results of the analyses present that the strength and behavior coefficient of the structure decrease with the opening of the wall, which is different for openings with different shapes. At the same level analysis, circular-shaped openings and among all openings, openings with half the original dimensions exhibited the best performance, indicating that the smaller the dimensions of the openings, the higher the structural strength.

Keywords: Seismicity, Behavior coefficient, Special reinforced concrete frame, Concrete shear wall, Opening.