

بررسی حداکثر تنش و کرنش ایجاد شده و مقایسه نمودار بار جانبی در قاب‌های بتنی با دیوار

میانقاب آجری

مسعود یزدی سودرجانی

دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفت، گروه عمران، تفت، ایران

masoud.yazdi1363@gmail.com

نادر عبدلی یزدی (نویسنده مسئول)

دکترای عمران سازه و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تفت، گروه عمران، تفت، ایران

nader-abdoli@yazd.ac.ir

چکیده

با توجه به لرزه‌خیز بودن کشور ایران و از آنجایی که سیستم ساختمانی رایج در کشور از نوع قابی در دو حالت قاب‌های فولادی و بتنی می‌باشد، توجه ویژه به نحوه رفتار و عملکرد این سیستم سازه‌ای در طول زلزله ضروری است. یکی از عواملی که تاثیر قابل توجهی بر روی رفتار لرزه‌ای قاب‌های ساختمانی تحت بار جانبی و به ویژه در طول زلزله داشته است، عملکرد و اثرات مثبت و منفی است که دیوارهای پرکننده قاب و یا اصطلاحاً میانقاب‌ها بر روی رفتار سازه می‌گذارند. با توجه به رایج بودن آجر به عنوان ماده اصلی استفاده شده در ساخت دیوارهای پرکننده، لازم است به منظور کاهش خسارات ناشی از زلزله و طراحی سازه‌هایی ایمن، درک درستی از رفتار قاب‌های ساختمانی همراه با دیوارهای میانقاب آجری داشته باشیم. نکته قابل توجه دیگر این است که از آنجایی که مصالح مورد استفاده و در نتیجه مقاومت و سختی دیوارهای میانقاب تا حد بسیاری وابسته به محل ساخت مصالح و نوع مصالح در دسترس در آن محل است، اکثر کشورهای پیشرفته ضوابط و روابطی را برای در نظر گرفتن اثرات لرزه‌ای این دیوارها در آیین‌نامه‌های خود لحاظ کرده‌اند که به دلیل تغییر مشخصات مکانیکی و مقاومتی مصالح مصرفی در آن کشورها در مقایسه با مصالح رایج در ساخت این دست از دیوارها در کشور ما، استفاده از آن ضوابط در طراحی‌ها به صورت مستقیم چندان منطقی به نظر نمی‌رسد. بدین منظور در سال‌های اخیر و به ویژه با پیشرفت روش‌های تحلیلی و ارائه نرم‌افزارهای محاسباتی شاهد این امر هستیم که مطالعات گسترده‌ای بر روی عملکرد دیوارهای پرکننده آجری در کشور صورت گرفته است. با توجه به خسارات و شکست‌هایی که در طول زلزله‌های گذشته در قاب‌های بتنی دارای میانقاب آجری در کشور مشاهده شد، در این پژوهش به بررسی عملکرد دیوارهای میانقاب آجری در قاب‌های بتنی پرداخته شده جهت انجام این پژوهش به بررسی تعداد هشت مدل در محیط نرم‌افزاری ABAQUS پرداخته شده و سپس مدل‌هایی با استفاده از روش اجزا محدود و به روش دینامیکی غیرخطی صریح تحلیل شدند. نتایج تحلیل‌ها نشان دهنده این امر بوده که بین دو حالت بازشو با مساحت یکسان، در مدل با بازشوی مستطیلی در مقایسه با بازشوی مربع شکل تنش‌های نرمال در راستای قائم کمتری در دیوار ایجاد می‌شود.

کلمات کلیدی: میانقاب آجری، کرنش، تنش، بازشو

1. مقدمه

بیش از 200 سال است که از میانقاب‌ها در سازه‌ها استفاده می‌شود. این المان‌ها در ساختمانهای قابی برای تقسیم‌بندی فضاها و به عنوان پوشش محیط ساختمان کاربردهای فراوانی دارند. واژه قاب توپر به سازه‌ای اطلاق می‌شود که در آن یک یا چند پانل توسط قاب محصور شده است. معمولاً واژه قاب توپر¹ وقتی به کار می‌رود که ابتدا قاب ساخته شود و سپس درون

¹ Infilled Frame

آن میانقاب اجرا گردد. واژه دیوار محصور^۲ زمانی بکار می‌رود که ابتدا دیوار ساخته شده و سپس قاب و به خصوص قاب بتنی دور آن اجرا گردد (کریسافولی و همکاران^۳، 2000). اشکال بزرگ میانقاب‌ها این است که در زلزله بطور ناگهانی ترک خورده و یا بطور کامل می‌شکنند. در صورت ترک خوردگی نیز مولفه زلزله که در جهت عمود بر دیوار عمل می‌نماید، می‌تواند باعث خروج دیوار از صفحه خود گردد، که همین امر باعث تلفات زیادی در زلزله می‌شود. تا سال 1950 میلادی اثر میانقاب‌ها در رفتار سازه منظور نمی‌شد، ولی پس از آن، محققان روسی برخی از آثار میانقاب‌ها را در رفتار سازه دریافته که در واقع این نتایج نقطه آغاز تحقیق بر روی این المان‌ها بود (پولیاکوو^۴، 1956). یکی از نکات مهم در رفتار لرزه‌ای سازه‌ها توجه به پدیده ستون کوتاه است. این پدیده می‌تواند باعث نامنظمی شدید در توزیع نیرو در ستون‌های طبقه شود و همچنین ممکن است منجر به پیچش شود. در مورد ستون‌های بتنی به علت جذب نیروی زیاد، ستون در برش شکست شدیدی می‌بیند. با کوتاه شدن یک ستون، سختی آن افزایش یافته و در نتیجه نیروی جانبی بیشتری جذب می‌کند. از آنجا که این ستون، نمی‌تواند نیروی مورد نظر را تحمل کند، در نیرویی معادل مقاومت خود شکسته می‌شود. یکی از راه‌های جلوگیری از شکست ستون کوتاه این است که در قسمت‌های کناری بازشوها و در بر ستون، دیوار آجری امتداد یابد یا به عبارتی طول بازشو کاهش پیدا کند. اگر هر دو طرف ستون کوتاه توسط دیوار مهار شود تا حد زیادی جلوی شکست ستون کوتاه گرفته می‌شود. اما اگر طول این دیوارها کافی نباشد و یا فقط دیوار در یک طرف ستون تا بالا امتداد یابد، باز هم شکست ستون کوتاه رخ خواهد داد. البته در صورت کافی نبودن خاموت محصور کننده قسمت ستون کوتاه؛ در ستون شکست برشی رخ می‌دهد.

با توجه به ابعاد سطح مقطع ستون و برحسب ارتفاع بخش ستون کوتاه، مکانیزم‌های گوناگونی برای شکست آن ممکن است. اگر ارتفاع ستون کوتاه، بسیار کم باشد (در مقایسه با ابعاد مقطع ستون)، شکست برشی منجر به ترک‌های قطری و یا خردشدگی شدید بتن می‌شود. اگر ستون باریک باشد و یا ارتفاع دیوار زیاد نباشد، شکست ایجاد شده در ستون به صورت خمشی خواهد بود.

2. پیشینه تحقیق

بونوپان و همکاران^۵ در سال 1999 یک قاب مرکب بتنی دو دهانه دو طبقه با مقیاس یک دوم را به صورت شبه دینامیکی مورد آزمایش قرار دادند که در طبقه فوقانی این قاب دو بازشو به عنوان پنجره تعبیه شده بود آنها با مقایسه نتایج مدل‌های تحلیلی موجود جهت تعیین سختی قاب‌های مرکب و نتایج این آزمایش به بررسی صحت و درستی این مدل‌ها پرداختند. طبق پیشنهاد ارائه شده توسط آنها جهت استفاده از مدل قید قطری معادل می‌توان عرض قید قطری را از یک چهارم تا یک ششم برابر طول قطر میانقاب در نظر گرفت. آنها همچنین نتیجه گرفتند که وجود بازشو در پانل‌های مصالح بنایی غیر مسلح باعث ایجاد الگوی ترک خوردگی مطلوب‌تری نسبت به ترک‌های متعدد ایجاد شده در راستای درزها در پانل‌های بدون بازشو می‌گردد. مقدم در سال 2004 یک روش تحلیلی جدید برای ارزیابی مقاومت برشی و الگوی ترک خوردگی پانل‌های مصالح بنایی ارائه نمود (مقدم، 2004). این روش بر مبنای حداقل نمودن ضریب اطمینان با توجه به سطوح مختلف شکست استوار است. از این روش همچنین می‌توان برای تعیین پارامترهای مقاومت برشی و مدول ارتجاعی مصالح بنایی آجری استفاده نمود. مقدم در این مطالعه نشان داد که مقدار بدست آمده از آزمایش کوپله برای تعیین مدول ارتجاعی مصالح بنایی، سختی قاب-های مرکب را کمتر از مقدار واقعی آن برآورد می‌کند. در نهایت در این تحقیق یک روش تحلیلی دقیق‌تر برای تعیین مدول ارتجاعی مصالح بنایی آجری ارائه شده است. بلوک‌های استفاده شده در ساخت دیوار میانقاب سه نمونه توپر و در دو نمونه دیگر سوراخ‌دار بودند.

² Confined Masonry
³ Crisafulli and et al
⁴ Polyakov
⁵ Buonopane and et al

رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح تحت بار چرخه‌ای خارج از صفحه توسط گریفیت و همکاران^۶ ارزیابی شده است. مشخص است که در تمام موارد رفتار خارج از صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح از شکل پذیری کمی برخوردار بوده و دارای زوال مقاومت و باریک‌شدگی شدیدی هستند. بخش قابل توجهی از انرژی مستهلک شده در دیوار به واسطه اصطکاک موجود مابین واحدهای بنایی و ملات می‌باشد. همچنین با توجه به الگوی ترک‌ها مشخص است که اغلب ترک‌ها با افق زاویه-ای حدود 45 درجه تشکیل می‌دهند (گریفیت و همکاران، 2007).

3. شرح مسئله

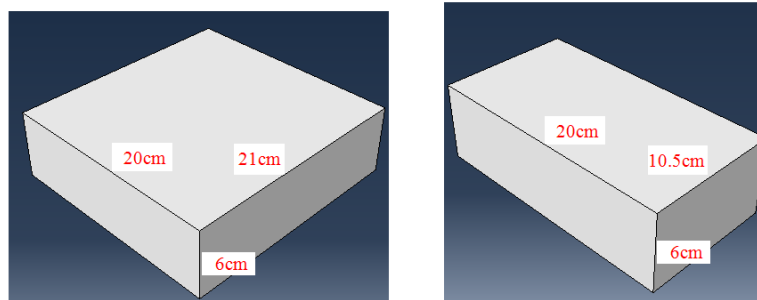
در مدل‌های مورد بررسی در این پژوهش دو جزء اصلی وجود دارد.

1- قاب بتنی

2- دیوار میانقاب

قاب بتنی متشکل از تیر و ستون بوده که ابعاد مقاطع آنها 35×35 cm است. شکل هندسی قاب بتنی مورد استفاده در مدل-ها در شکل 1 نشان داده شده است. آرماتورگذاری تیر و ستون بدین صورت بوده که در آنها جمعاً از 6 آرماتور طولی با نمره 16 (سه آرماتور در بالا و سه آرماتور در پایین مقطع) استفاده شده است. در جهت قرارگیری آرماتورها در داخل مقاطع تیر و ستون، پوششی با ضخامت معادل 35 میلیمتر لحاظ شده است. آرماتورهای عرضی استفاده شده در تیرها و ستون‌ها تنگ‌های مربع شکل ساخته شده از میلگرد شماره 10 بوده که ابعاد آنها 27×27 cm است. در نواحی نزدیک اتصال تیر به ستون فواصل خاموت‌های تیر 75 میلیمتر بوده (در حدود 50 سانتیمتر اول و آخر قسمت افقی قاب) و سپس در قسمت میانی تیر فواصل خاموت‌ها افزایش یافته و معادل 125 میلیمتر می‌گردد. در مورد فواصل تنگ‌های قرار گرفته در ستون‌ها نیز در قسمت ابتدایی ستون تنگ‌ها نزدیکتر به هم بوده و فواصل بین آنها معادل 75 میلیمتر است (در ناحیه‌ای به طول 40 سانتیمتر از قسمت اتصال) و سپس فواصل تنگ‌های ستون افزایش یافته و به 120 میلیمتر می‌رسد.

در مورد دیوار میانقاب آجری در مدل‌های دارای پرکننده باید اشاره کرد که این دیوار از دو نوع بلوک توپر کامل و نصفه ساخته شده است. ابعاد بلوک‌های کامل 21×6×20 cm و ابعاد بلوک‌های نصفه 10/5×6×20 cm است. ضخامت دیوار در مجموع 20 سانتیمتر است. در شکل 4 نحوه آرایش و قرارگیری بلوک‌های کامل و نصفه جهت ساخت دیوار نشان داده شده است. دیوار میانقاب 2/94 m عرض، 3 متر طول و 20 سانتیمتر ضخامت دارد.



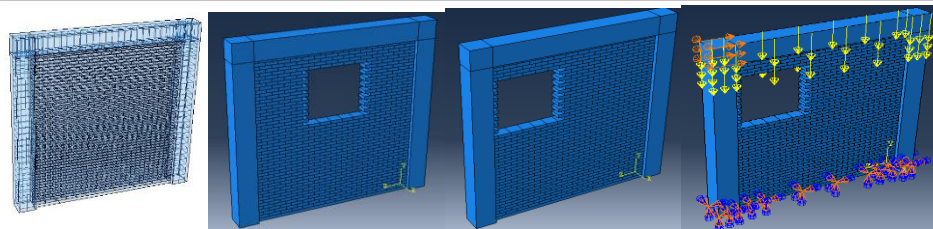
شکل 1 مشخصات دیوار میانقاب، ابعاد بلوک‌های استفاده شده و نحوه قرارگیری آنها

3. مشخصات مدل‌های مختلف مورد بررسی

همانطور که در ابتدا عنوان شد به منظور بررسی عواملی نظیر شکل و ابعاد و در کل حضور میانقاب در قاب‌های بتنی، در این پژوهش رفتار هشت مدل تحت بارگذاری‌های قائم و جانبی مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه به معرفی این هشت مدل می‌پردازیم. مدل‌های مورد بررسی عبارتند از:

مدل شماره 1: مدل قاب بتنی همراه با دیوار میانقاب به ضخامت 20 سانتیمتر بدون بازشو (شکل 2).

⁶ Griffith and et al



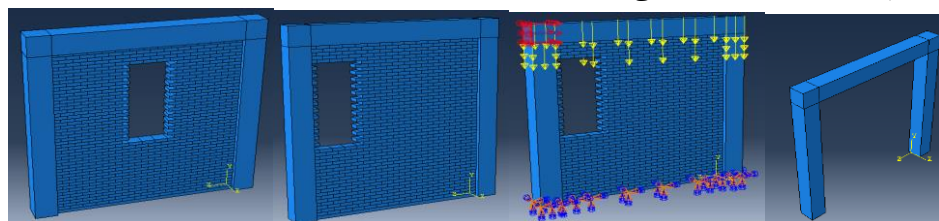
شکل 2 مدل قاب بدون بازشو و 2 و 3 و 4 به ترتیب از راست به چپ

مدل شماره 2: در این مدل بازشویی مربع شکل به ابعاد یک متر در فاصله حدود $1/68$ متر از پای قاب و همانطور که در شکل 2 نشان داده شده است، در قسمت میانی عرض دیوار تعبیه شده است.

مدل شماره 3: در این مدل همانطور که در شکل 2 نشان داده شده است بازشویی مربع شکل به ابعاد یک متر در فاصله $1/68$ متر از پای قاب ولی در گوشه سمت چپ دیوار ایجاد شده است.

مدل شماره 4: مشابه مدل شماره 3 بوده با این تفاوت که بار جانبی بر گوشه سمت چپ تیر و از چپ به راست وارد می‌آید.

مدل شماره 5: در این مدل همانطور که در شکل 3 نشان داده شده است بازشویی مستطیل شکل به ابعاد $1/56 \times 0/63$ m در فاصله $1/26$ متر از پای قاب و در قسمت میانی عرض دیوار تعبیه شده است.



شکل 3 هندسه و مشخصات مدل ها از راست به چپ به ترتیب 5، 6، 7، 8

مدل شماره 6: این مدل مشابه مدل شماره 5 بوده با این تفاوت که بازشو مستطیل شکل در قسمت گوشه سمت چپ دیوار تعبیه شده است.

مدل شماره 7: این مدل مشابه مدل شماره 6 بوده با این تفاوت که بار جانبی وارده بر گوشه سمت چپ تیر و از چپ به راست وارد می‌شود.

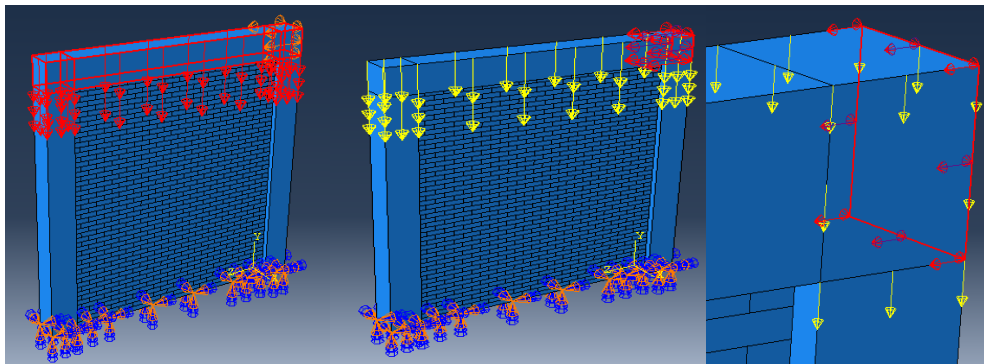
مدل شماره 8: این مدل فقط قاب بتنی بوده و فاقد دیوار میانقاب آجری است.

4. نحوه اعمال شرایط مرزی به مدل

شرایط مرزی اعمال شده به مدل را می‌توان در دو بخش 1- نگاه میکروسکوپی و 2- نگاه ماکروسکوپی تقسیم کرد. در بخش اول نوع اندرکنش‌های تعریف شده بین اجزای مختلف مدل قرار می‌گیرد و در بخش دوم شرایط تکیه‌گاهی و نحوه بارگذاری وارده بر مدل مشخص می‌شود.

براین اساس اندرکنش آرماتورهای فولادی قرار گرفته در ناحیه تیر و ستون با محیطی که در آن قرار گرفته‌اند از نوع Embedded region بوده و اندرکنش میان بلوک‌های مختلف تشکیل دهنده دیوار با یکدیگر از یکطرف و همچنین میان دیوار آجری و قاب بتنی از سوی دیگر، حالت اصطکاکی با ضریب اصطکاک $0/7$ است.

شرایط تکیه گاهی اعمال شده بر مدل بدین صورت بوده که کلیه درجات آزادی تمام گره های تشکیل دهنده پای قاب (قسمت تحتانی قاب) و دیوار میانقاب همانطور که در شکل 3 مدل 7 نشان داده شده است مقید شده اند. بارگذاری وارده بر این مدل ها به دو دسته الف) بار قائم و ب) بار جانبی تغییر مکانی تقسیم می شود. جهت اعمال بار قائم، به کل ناحیه فوقانی قاب همانطور که در شکل 7 نشان داده شده است نیروی حجمی⁷ به شدت 3600 نیوتن اثر کرده است. جهت اعمال بار جانبی نیز، تغییر مکانی افقی معادل 13 سانتیمتر همانطور که در شکل 4 نشان داده شده است، از راست به چپ به گوشه سمت راست تیر قاب وارد شده است. همانطور مشاهده می شود، درجات آزادی این ناحیه از تیر در امتداد X هم مقید شده است. لازم به ذکر است در مدل های شماره 4 و 7 که در آنها بازشوهایی در گوشه دیوار تعبیه شده است برای بررسی نقش نوع بارگذاری بر رفتار دیوار، بارگذاری جانبی بر گوشه سمت چپ تیر (قرینه ناحیه نشان داده شده در شکل 4) وارد می آید.



شکل 4 ناحیه اعمال نیروی حجمی قائم رویه پایین بر مدل های مورد بررسی در شکل اول و نحوه و مکان اعمال بارگذاری های وارده بر مدل های مورد بررسی در شکل دوم و سوم

بر اساس نتایج فوق و جدول 1 و همچنین نحوه توزیع تنش در مدل ها می توان دریافت که در مدل های قاب بتنی همراه با میانقاب در حالت بازشودار، کمترین تنش فشاری در مدل شماره 6 که بازشوی مستطیلی در گوشه قاب قرار گرفته و بارگذاری جانبی هم دور از محل بازشو به قاب وارد می آید رخ می دهد. در رتبه دوم کمترین تنش فشاری مربوط به مدل شماره 7 بوده که بازشوی مستطیلی در گوشه قاب قرار گرفته و بارگذاری جانبی هم نزدیک محل بازشو به قاب وارد می آید قرار گرفته است.

در مدل های بازشودار مربع شکل هم کمترین تنش فشاری مربوط به مدلی است که بازشوی مربع شکل در گوشه قرار گرفته و بارجانبی هم بر وجهی از قاب اثر می کند که نزدیک به محل بازشو است.

نام مدل	ماکزیمم تنش فشاری (مگاپاسکال)	ماکزیمم تنش کششی (مگاپاسکال)
---------	-------------------------------	------------------------------

⁷ Body Force

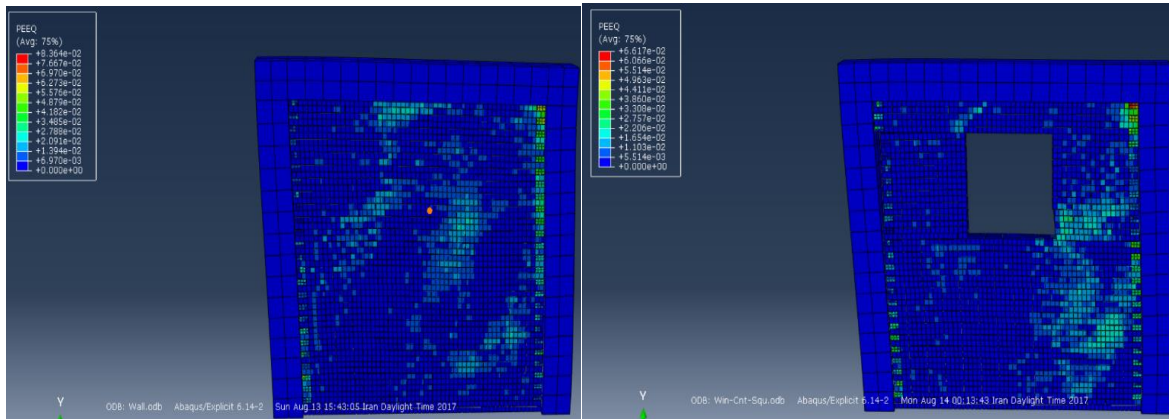
2/926	28/41	M-1
3/015	30/32	M-2
3/21	30/62	M-3
3/083	28/74	M-4
2/357	26/99	M-5
3/224	25/94	M-6
2/727	26/73	M-7
2/942	5/515	M-8

جدول 2 مقایسه مقادیر ماکزیمم تنش فشاری و کششی ایجاد شده در مدل های مورد مطالعه

این در حالی است که کمترین تنش کششی نیز در مدلهایی با بازشوی مستطیلی ایجاد می شود. ولی برخلاف تنش های فشاری، کمترین تنش کششی در مدل با بازشوی مستطیلی در وسط عرض دیوار ایجاد شده و در مرتبه دوم در مدلی که بازشوی مستطیلی آن در گوشه بوده و بار جانبی نزدیک باز شو اثر می کند ایجاد می شود. هر چند قرار دادن دیوار میانقاب سبب افزایش قابل توجه تنش های فشاری در مدل در مقایسه با حالت بدون دیوار می گردد ولی این امر در مورد تنش های کششی صادق نیستند.

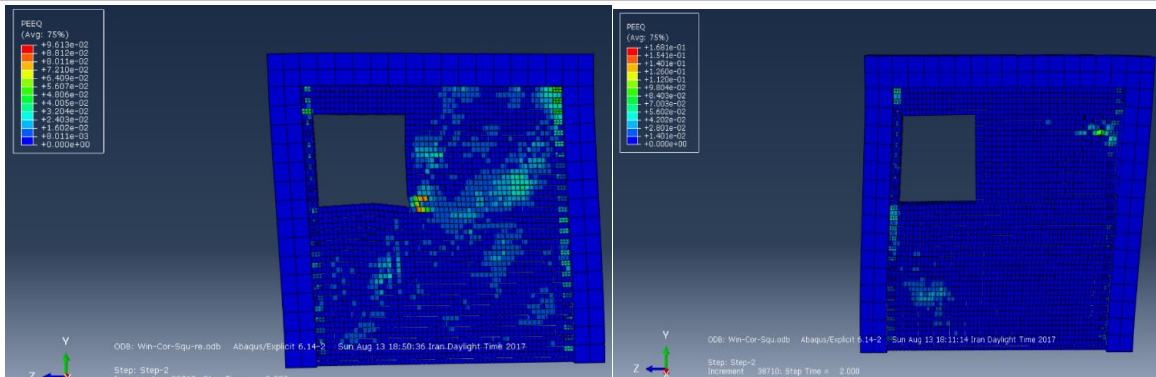
5. نحوه توزیع PEEQ8 در مدل های مختلف مورد بررسی

در شکل 5 تا 8 نحوه توزیع کرنش پلاستیک معادل در سطح مدل های مختلف مورد بررسی در این پژوهش نشان داده شده است.

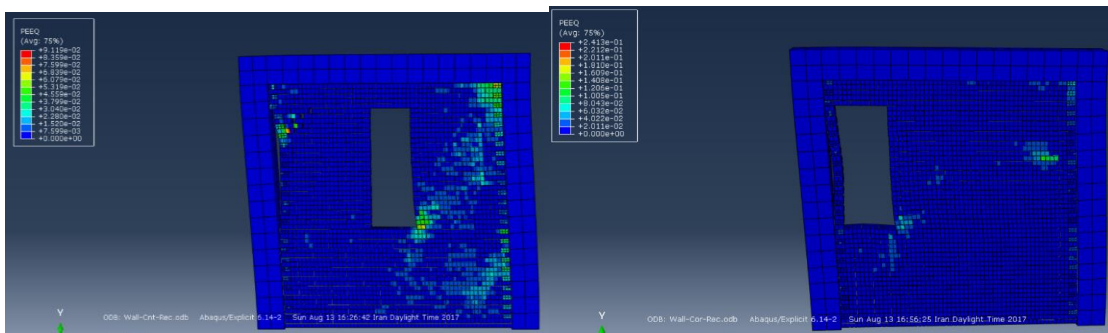


شکل 5 نحوه توزیع کرنش پلاستیک معادل مدل شماره 1 و 2

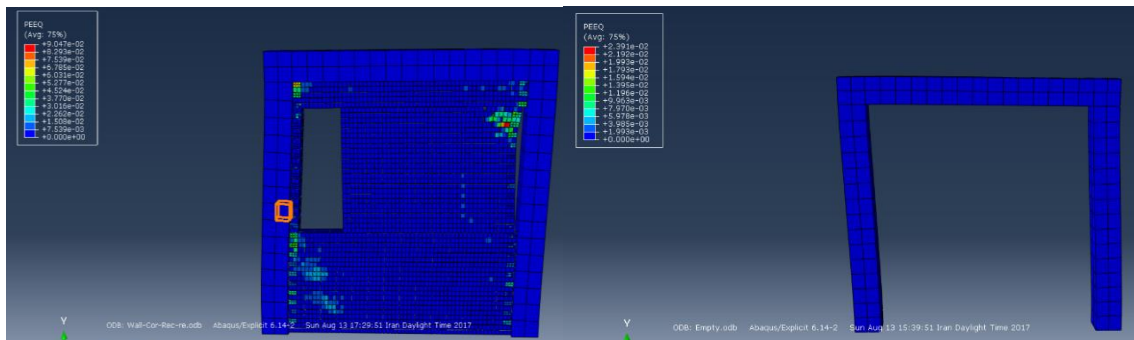
⁸ Equivalent Plastic Strain



شکل 6 نحوه توزیع کرنش پلاستیک معادل مدل شماره 3 و 4



شکل 7 نحوه توزیع کرنش پلاستیک معادل مدل شماره 5 و 6



شکل 8 نحوه توزیع کرنش پلاستیک معادل مدل شماره 7 و 8

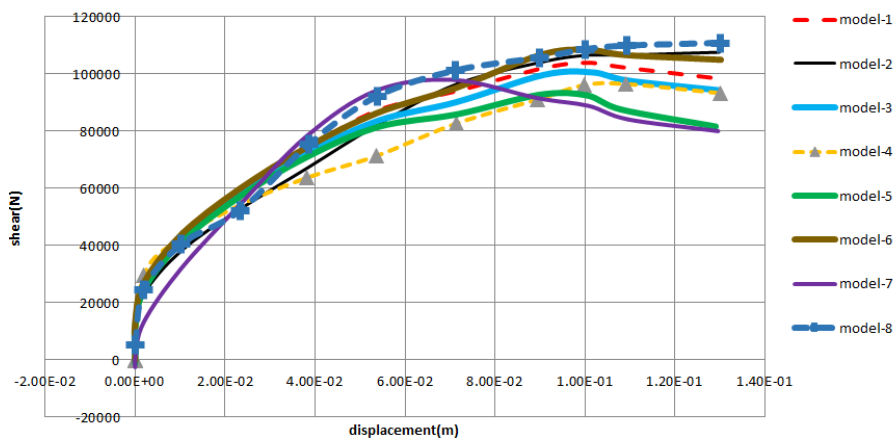
در جدول 2 مقادیر ماکزیمم PEEQ محاسبه شده برای مدل های مختلف ارائه شده است. همان طور که مشاهده می شود بیشترین کرنش پلاستیک ایجاد شده، در مدل شماره 7 بوده که در آن بازشوی مستطیل شکل در گوشه دیوار تعبیه شده و بار جانبی از وجه نزدیک تیر نسبت به محل بازشو بر آن اثر می کند.

نام مدل	M-8	M-7	M-6	M-5	M-4	M-3	M-2	M-1
PEEQ	0/023	0/904	0/241	0/0911	0/168	0/096	0/066	0/083

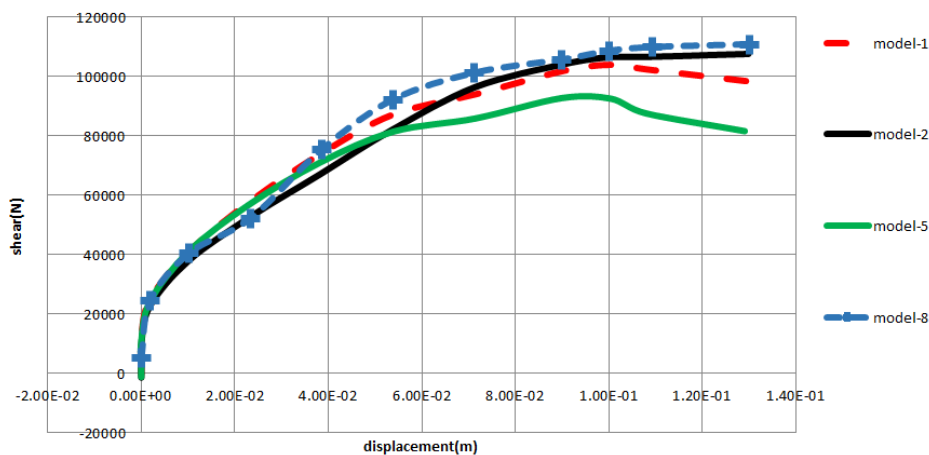
جدول 2 مقادیر ماکزیمم PEEQ مدل های مختلف

6. مقایسه نمودار بار جانبی - جابجایی افقی مدل‌ها

به منظور ارزیابی نقش دیوار میانقاب و بازشوهای مختلف تعبیه شده در آن بر روی ظرفیت باربری جانبی قاب بتنی، در این قسمت نمودار تغییرات بار جانبی تحمل شده وارده به قاب برحسب جابجایی افقی اعمالی به قسمت فوقانی قاب برای مدل‌های مختلف به صورت مقایسه‌ای ترسیم شده است.

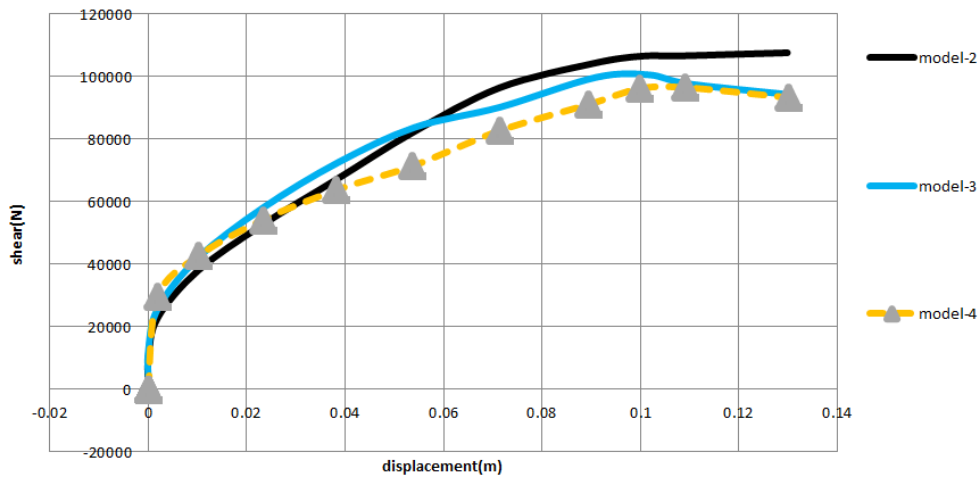


الف

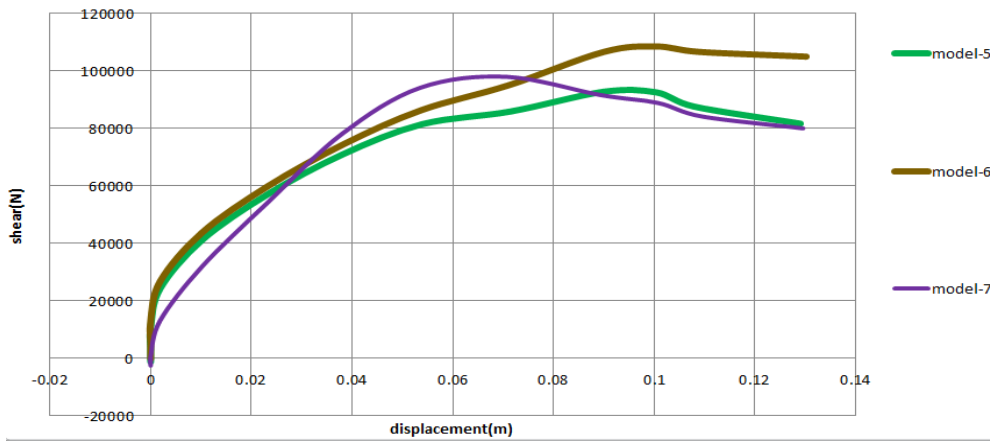


ب

شکل 9 نحوه تغییرات نیروی برشی وارده به قاب برحسب جابجایی جانبی وارده به سر قاب در مدل‌های الف) هشت مدل به صورت یکجا و ب) اثر بازشوی میانی و دیوار میانقاب



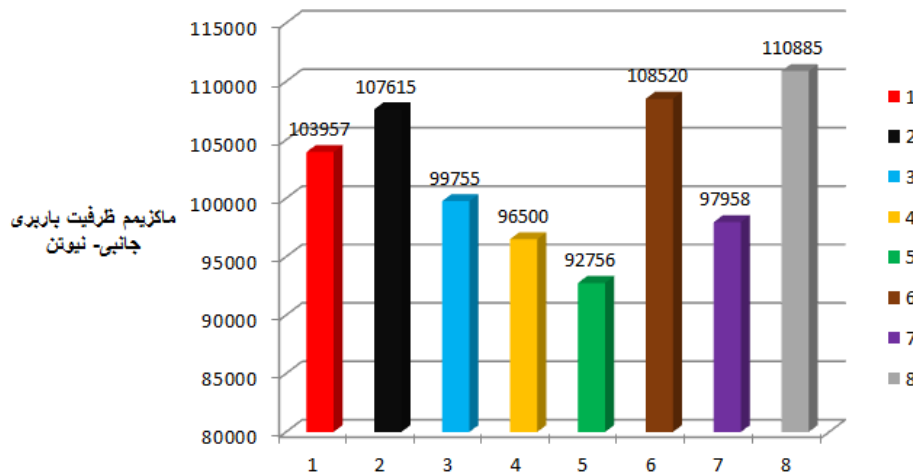
الف



ب

شکل 10 نحوه تغییرات نیروی برشی وارده به قاب برحسب جابجایی جانبی وارده به سر قاب در مدل های (الف) اثر بازشوی مربع شکل و (ب) اثر بازشوی مستطیل شکل

در شکل 11 مقادیر ماکزیمم ظرفیت باربری جانبی هشت مدل مورد بررسی به صورت نمودارهای میله ای با یکدیگر مقایسه شده اند.



شکل 11 مقایسه مقادیر حداکثر ظرفیت باربری جانبی مدل های مختلف مورد مطالعه

7. نتیجه گیری

در این مطالعه اثر دیوار میانقاب و بازشوهای تعبیه شده در آن را بر روی رفتار قاب‌های بتنی دارای میانقاب بررسی نمودیم. بر این اساس تعداد هشت مدل تعریف شد که مدل‌های شماره 1 و 8 به عنوان مدل‌های شاخص حالت‌های قاب بتنی دارای میانقاب بدون بازشو و قاب بتنی بدون میانقاب را نمایندگی می‌کردند و 6 مدل دیگر اثر شکل ابعاد بازشو، موقعیت قرارگیری بازشو در سطح دیوار و اثر میزان نزدیکی محل اعمال بار جانبی به محل بازشوی تعبیه شده در دیوار را نمایندگی می‌کردند. مدل‌ها تحت بار جانبی تغییرمکانی معادل جابجایی 13 سانتیمتر در سر قاب قرار گرفته و نحوه تغییرات نیروی برشی ایجاد شده در قاب برحسب جابجایی افقی اعمالی قرائت گردید. بازشوهای تعبیه شده در دیوار مدل‌ها به دو شکل مستطیلی و مربع شکل بودند که مساحت مقطع یکسان و معادل 1 مترمربع داشتند.

بر مبنای نتایج تحلیل‌های انجام شده بر روی هشت مدل تعریف شده در این تحقیق نتایج زیر بدست آمده است:

- 1- تعبیه بازشو در دیوار سبب افزایش ماکزیمم تنش‌های فشاری ایجاد شده در دیوار می‌گردد. میزان این افزایش در حالت قرارگیری بازشوهای مربع شکل بیشتر است.
- 2- کمترین مقدار تنش ماکزیمم فشاری در مدلی با بازشوی مستطیلی که در گوشه دیوار تعبیه شده و محل اعمال بار جانبی دور از محل بازشو است رخ می‌دهد.
- 3- بیشترین تنش فشاری نیز در مدلی با بازشوی مربع شکل تعبیه شده در گوشه دیوار و درحالتی که محل اعمال بار جانبی از محل بازشو دور است رخ می‌دهد.
- 4- بیشترین کرنش پلاستیک معادل در مدلی با بازشوی مستطیلی قرار گرفته در گوشه دیوار و درحالتی که محل اعمال بار جانبی نزدیک به محل بازشو است مشاهده می‌شود. این درحالی است که کمترین کرنش پلاستیک معادل در مدلی که در آن بازشوی مربع شکل در وسط دیوار قرار گرفته است رخ می‌دهد.
- 5- در مدل‌های شماره 5 و 7 بیشترین افت نسبت به حداکثر توان باربری جانبی و توان باربری مدل در انتهای جابجایی جانبی مشاهده می‌شود.
- 6- بیشترین ظرفیت باربری جانبی مربوط به مدل قاب بتنی بدون دیوار میانقاب است.

8. پیشنهادات برای تحقیقات بعدی

بر اساس نتایج بدست آمده و روند طی شده در این تحقیق می‌توان موارد زیر را برای انجام تحقیقات درآینده پیشنهاد نمود:

- 1- بررسی اثر میانقاب و قاب‌های بتنی دارای میانقاب تحت بارهای سیکلیک و یا تحت رکوردهای زلزله.
 - 2- مطالعه اثر چندین بازشو در نقاط مختلف سطح دیوار بر روی رفتار قاب بتنی.
- مطالعه نقش نحوه اتصال دیوار به قاب بر روی رفتار قاب بتنی

مراجع

استاندارد شماره 2800، آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله - ویرایش سوم (1384)، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.

حجازی، م.، قمری، م. (1391) "، بررسی دو روش مدلسازی ماکرو و میکرو در سازه‌های بنایی"، اولین کنفرانس ملی بنای ماندگار، مشهد مقدس.

مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث هشتم - طرح و اجرای ساختمان‌های با مصالح بنایی- ویرایش دوم (1392)، وزارت راه و شهرسازی، معاونت مسکن و ساختمان.

Aliaari, Mohammad, and Ali M. Memari. "Analysis of masonry infilled steel frames with seismic isolator subframes." *Engineering Structures* 27.4 (2005): 487-500.

American concrete institute, (2011), Building code requirements and specification for masonry structures, ACI 530-11,

- Farmington Hills, Michigan.
- American Society of Civil Engineers, (2006), Seismic rehabilitation of existing buildings, ASCE 41-06, Reston, Virginia
- Armin, B., P. Mehrabi, and Benson Shing. "Experimental evaluation of masonry in-filled reinforced concrete frames." *Journal of Structural Engineering* 122.3 (1996): 228-237.
- Buonopane, S. G., and R. N. White. "Pseudodynamic testing of masonry infilled reinforced concrete frame." *Journal of structural engineering* 125.6 (1999): 578-589.
- CAUSES OF THE COLLAPSE OF RCC FRAME BUILDINGS, Available from: <https://explorecivil.net/causes-of-the-collapse-of-rcc-frame-buildings-introduction/>
- Council, Building Seismic Safety. "NEHRP guidelines for the seismic rehabilitation of buildings." *FEMA-273, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC* (1997).
- Crisafulli, Francisco J., Athol J. Carr, and Robert Park. "Capacity design of infilled frame structures." *12th world conference on earthquake engineering*. 2000.
- David, J., and D. Dowrick. "Earthquake resistant design for Engineers and Architects." (1996): 1-98.
- Dawe, J. L., and C. K. Seah. "Behaviour of masonry infilled steel frames." *Canadian Journal of Civil Engineering* 16.6 (1989): 865-876.
- Dawe, J. L., and C. K. Seah. "Out-of-plane resistance of concrete masonry infilled panels." *Canadian Journal of Civil Engineering* 16.6 (1989): 854-864.
- Dolatshahi, K. M., & Aref, A. J. (2011), "Two-dimensional computational framework of meso-scale rigid and line interface elements for masonry structures", *Engineering Structures*, 33(12), 3657-3667.
- Drysdale RG, Hamid AA, (1984), "Effect of grouting on the flexural tensile strength of concrete block masonry," *TMS Journal* Vol. 3, No. 2, pp. T-1, T-9, The Masonry Society, Boulder, Colorado.
- El Haddad, M. H. "Finite element analysis of infilled frames considering cracking and separation phenomena." *Computers & structures* 41.3 (1991): 439-447.
- ElGawady MA, Lestuzzi P, Badoux M, (2005), "Performance of masonry walls under in plane seismic loading," *TMS Journal*: 85-104.
- Eurocode 6, (1996), Design of masonry structures- Part 1-1: General rules for reinforced and unreinforced masonry structures, CEN- European Committee for Standardization, Bruxelles.
- Federal Emergency Management Agency, (2000), Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 356, Washington, D.C.
- FEMA-306. Evaluation of Earthquake damaged concrete and masonry wall buildings – Basic Procedures manual. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C, 1999.
- Godat, Ahmed, Kenneth W. Neale, and Pierre Labossière. "Numerical modeling of FRP shear-strengthened reinforced concrete beams." *Journal of Composites for Construction* 11.6 (2007): 640-649.
- Gouveia JP, Lourenco PB, (2007), "Masonry shear walls subjected to cyclic loading: influence of confinement and horizontal reinforcement," 10th North American Masonry Conference, St. Louis, Missouri.
- Griffith MC, Vaculik J, Lam, NTK, Wilson J, Lumantarna E, (2007), "Cyclic testing of unreinforced masonry walls in Two-way bending," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 36: 801-821.
- Hamid AA, (1981), "Effect of aspect ratio of the unit on the flexural tensile strength of brick masonry," *TMS Journal*, Vol. 1, No. 1, The Masonry Society, Boulder, Colorado.
- Hibbitt, Karlsson, and Sorensen. ABAQUS/standard User's Manual. Vol. 1. Hibbitt, Karlsson & Sorensen, 2015.
- Karamanski, T. "Calculating infilled frames by the method of finite elements." *Symposium on tall buildings*. 2014.
- Korany, Y., and EL-Haggag, S. (1997), "Mechanics and modeling of URM structures", *The Masonry Society Journal*, Vol. 19, No. 1, PP. 97-106.
- Liauw, T. C. "An approximate method of analysis for infilled frames with or without opening." *Building Science* 7.4 (1972): 233-238.
- Liauw, T. C., and K. H. Kwan. "Unified plastic analysis for infilled frames." *Journal of Structural Engineering* 111.7 (1985): 1427-1448.
- Liauw, T. C., and S. W. Lee. "On the behaviour and the analysis of multi-storey infilled frames subject to lateral loading." *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* 63.3 (1977): 641-656.
- M.Mohammadi Gh., Behavior of multilayer infilled Frames, Effect of Reinforcement and Bond beam and fuse, College of civil Engineering, Sharif university, Tehran, Iran.
- Maheri MR, Najafgholipour MA, Rajabi AR, (2011), "The influence of mortar head joints on the in-plane and out-of-plane seismic strength of brick masonry walls," *IJST, Transactions of Civil and Environmental Engineering*, Vol. 35, No. C1: 63-79.