

علمی - تخصصی

بررسی تحلیلی عملکرد لرزه‌های درون صفحه دیوار بنایی کلاف دار تقویت شده با لایه رویه بتنی و شبکه فولادی تحت اثر بار افزایشی

کیانوش پیکری^{*}، علی کلانتری مزرعه نو^۱، محمود جهانبانی^۱، محمد ستوده پور^۱

^۱موسسه مهندسی رهاب پروژه خط ۲ قطار شهری شیراز

(دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۰، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹)

چکیده

دیوارهای بنایی کلاف دار به عنوان یکی از اصلی ترین عناصر باربر در برابر نیروهای جانبی مطرح هستند. چراکه دیوارهای آجری و کلاف‌های قائم و افقی در این نوع ساختمان‌ها به عنوان تکیه‌گاه برای سقف‌ها و موجب تحمل بار ثقلی و همچنین به عنوان دیوار برشی برای تحمل بار لرزه‌ای مطرح هستند. همچنین از این روش‌ها می‌توان به مقاوم‌سازی با استفاده از الیاف FRP، بتن رویه الیافی و شاکریت اشاره کرد. یکی از مهم ترین روش‌های مقاوم‌سازی این نوع دیوارها که با توجه به شرایط اقلیمی و تولید مصالح در کشور ایران مطرح هست، استفاده از روش تقویت دیوار آجری با استفاده از بتن رویه، که تحقیقات آزمایشگاهی متعددی در این خصوص صورت گرفته است. در این پژوهش به بررسی عددی دیوار بنایی کلاف دار تقویت شده با استفاده از بتن رویه و شبکه تسمه فولادی به عنوان یکی از روش‌های تقویت دیوار بنایی با استفاده از روش المان محدود مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین در این تحقیق با مدل‌سازی عددی شش نمونه دیوار بنایی کلاف دار با استفاده از روش اجزا محدود توسط نرم افزار المان محدود ABAQUS که سه نمونه به صورت دیوار بنایی تقویت نشده و سه نمونه به صورت دیوار بنایی تقویت شده تحت بارگذاری افزایشی قرار گرفته است. با بررسی روش مقاوم‌سازی دیوار بنایی کلاف دار تقویت شده با بتن رویه میزان ظرفیت و همچنین شکل پذیری این نوع دیوارها را مورد ارزیابی قرار گرفته و با نمونه‌های تقویت نشده، مورد مقایسه قرار خواهد گرفت.

کلیدواژه‌ها: دیوار آجری کلاف دار، بارگذاری افزایشی، بتن رویه، شبکه تسمه فولادی، اجزاء محدود، شکل پذیری

۱. مقدمه

وظیفه تحمل هر دو نوع بار ثقلی و جانبی زلزله را بر عهده دارند. لذا در استاندارد ۲۸۰۰ ایران برای تأمین نیاز مقاومت برشی ساختمان‌های بنایی غیر مسلح در هر جهت، از مفهوم حداقل دیوار نسبی سازه‌ای استفاده شده است.

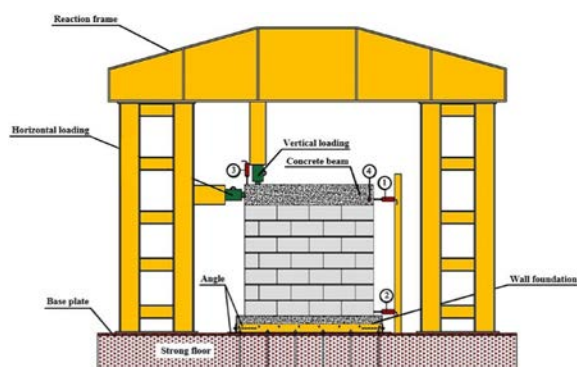
با توجه به اینکه در این نوع ساختمان‌ها دیوارهای آجری به عنوان اصلی ترین اعضاء باربر جانبی و ثقلی مطرح هستند، لذا بخش قابل توجهی از مطالعات بر روی مقاوم‌سازی این نوع دیوارها صورت گرفته است. لزوم بررسی بر روی این نوع سازه‌ها و همچنین بررسی عملکرد این نوع ساختمان بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته، به طوری که جهت بررسی لرزه‌ای نوع ساختمان‌ها مطالعات آزمایشگاهی و عددی متعددی توسط افراد مختلف در سراسر دنیا انجام گرفته است. به طور کلی این نوع

در کشور ایران به طور متوسط حدود ۲۰۰ زلزله با بزرگی مختلف ثبت می‌شود. از آنجایی که کشور ایران به عنوان یکی از مناطق زلزله خیز جهان شناخته شده است و همچنین نقشه پهنه بندی خطر زلزله نشانگر این واقعیت است که اکثر مناطق کشور در معرض وقوع زلزله‌های شدید یا نسبتاً شدید قرار دارند. از طرفی با توجه به وضعیت آسیب پذیری شهرها و روستاهای کشور، اقدامات و فعالیتهای مؤثر علمی در زمینه کاهش خطرات ناشی از زلزله انجام شده است. ساختمان‌های مصالح بنایی غیرمسلح ساختمان‌هایی هستند که به جز دیوارهای سازه‌ای (برشی) مصالح بنایی فاقد سیستم سازه‌ای مشخصی می‌باشند. به سخن دیگر، در ساختمان‌های بنایی، دیوارهای برشی بنایی

و تقویت شده تحت بارگذاری افزایشنده (پوش آور) قرار خواهد گرفت. همچنین نتایج مربوط به ظرفیت باربری دیوار و شکل پذیری دیوارها در حالت های تقویت شده و نشده و تأثیر مقدار طول دیوار و مقدار تغییر شکل و ترک خوردگی در نمونه های تقویت شده و تقویت نشده در ابتدای بارگذاری و انتهای بارگذاری مورد ارزیابی قرار می گیرد.

۲. صحت سنجی

در این تحقیق به منظور صحت سنجی از نمونه های آزمایشگاهی انجام شده توسط ماهر و همکاران [۵] استفاده شده است (شکل ۱). در این نمونه ها از دیوار بنایی ساخته شده در مقیاس واقعی از بلوک سیمانی و ملات ماسه و سیمان که تحت اثر بارگذاری قطری افزایشنده مطابق استاندارد ASTM E519-10M قرار گرفته استفاده شده است. همچنین نمونه های دیوارهای بنایی صحت سنجی شده، در ابعاد ۱۵۶۰ میلی متر طول و ۱۳۴۰ میلی متر عرض ساخته شده است (شکل ۱).



شکل (۱). نمای قرارگیری دیوار بنایی در قاب عکس العمل

دو نمونه URCBMT1 و URCBM-T2 مقاوم سازی نشده و دو نمونه دیگر RCBM-T1 و RCBM-T2، در یک طرف با یک لایه بتنی به ضخامت ۶۰ میلی متر مقاوم سازی شده اند. ضخامت لایه بتنی بسته به نیاز لرزه ای می تواند متفاوت باشد. برای مدل سازی نمونه صحت سنجی شده از روش اجزا محدود FE سه بعدی، ساده شده با استفاده از نرم افزار ABAQUS استفاده شده است.

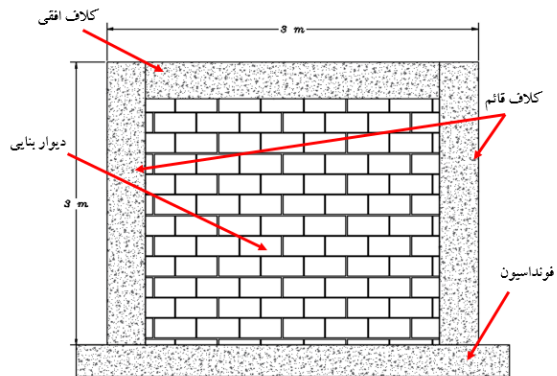
برای ساخت عددی از سه نوع مختلف از عناصر استفاده شد مدل: (۱) C3D8R، هشت گره، عناصر آجری خطی با کاهش ادغام برای شبیه سازی دیوار. (۲) R3D4، چهار گره، عناصر سخت دوطرفه مدل سه بعدی. و (۳) عناصر خرپا سه بعدی خطی T3D2، دو گره، خطی برای مدل سازی تقویت کننده تعبیه شده در لایه بتنی (شکل ۲).

ساختمان ها را از دو دیدگاه رفتار درون صفحه و رفتار خارج صفحه مورد ارزیابی لرزه ای قرار می دهند. در سال های گذشته تحقیقات آزمایشگاهی و عددی بر روی مقاوم سازی و بررسی عملکرد لرزه ای دیوارهای آجری و ساختمان های بنایی موجود با استفاده از بتن رویه و یا الیاف پلیمری (FRP) انجام شده است.

در یک تحقیق، در سال ۲۰۱۲ به بررسی عملکرد دیوارهای بنایی تقویت شده با استفاده از پلیمر FRP تحت اثر بارگذاری رفت و برگشتی پرداخت. در این روش مقاوم سازی نمونه های آزمایشگاهی که با استفاده از GFRPs تقویت و مقاوم سازی شده بودند به طور قابل توجهی قدرت، ظرفیت، تغییر شکل و جذب انرژی دیوارهای آجری را بهبود بخشید. در یک مطالعه در سال ۲۰۱۸ به بررسی آزمایشگاهی دیوارهای غیر مسلح، تقویت شده با استفاده از مواد سیمانی مهندسی شده تحت اثر بارگذاری رفت و برگشتی پرداخت. در این تکنیک های مقاوم سازی می توان به طور مؤثری مقاومت جانبی و شکل پذیری جابجایی دیوارهای بنایی را بهبود بخشید، و حالت شکست ترد را به حالت شکل پذیری تبدیل کرد. در سال ۲۰۱۸ به بررسی آزمایشگاهی مقاوم سازی دیوارهای سازه های بنایی با استفاده از مواد کامپوزیتی با الیاف پارچه textile reinforced mortar (TRM) پرداخت. در این پژوهش دیوارهای یک ساختمان بنایی در مقیاس واقعی ساخته شده را با استفاده از ملات تسلیح شده با پارچه که در هر دو سمت دیوار اجرا شده مقاوم سازی می کنند که استفاده از این روش مدرن موجب ارتقاء عملکرد ساختاری ساختمان های با مصالح بنایی شده است. این روش تقویت دیوار آجری ارائه شده در این پژوهش نشان می دهد که سازه بنایی مقاوم سازی شده با استفاده از مواد کامپوزیتی تقویت شده با الیاف پارچه رفتار بهبود یافته ای در برابر نیروی زلزله از خود داشته است.

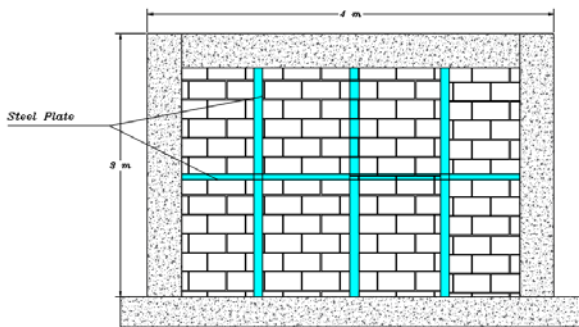
در این پژوهش با در نظر گرفتن دیوار بنایی کلاف دار ساخته شده از آجر گری و ملات ماسه و سیمان و همچنین با در نظر گرفتن کلاف های افقی و قائم در اطراف دیوار با رعایت میزان میلگردهای کلاف ها مطابق مبحث هشتم مقررات ملی ساختمان و ضوابط لرزه ای آیین نامه طرح لرزه ای ساختمان استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم می باشد. به منظور ارزیابی و بررسی عددی این نوع از دیوارها با در نظر گرفتن سه مدل دیوار بنایی کلاف دار به طول های مختلف و همچنین ارتفاع این دیوارها به مقدار ۳ متر در نظر گرفته خواهد شد که این مدل ها در مرحله اول با استفاده از کلاف های افقی و قائم مورد بررسی قرار خواهند گرفت و در مرحله بعد با مقاوم سازی دیوارها، رفتار لرزه ای دیوارها مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت.

در این تحقیق از روش تحلیل اجزا محدود مصالح و همچنین برای مدل سازی نمونه های عددی از نرم افزار ABAQUS استفاده می شود. نمونه های عددی دیوارهای بنایی کلاف دار تقویت نشده

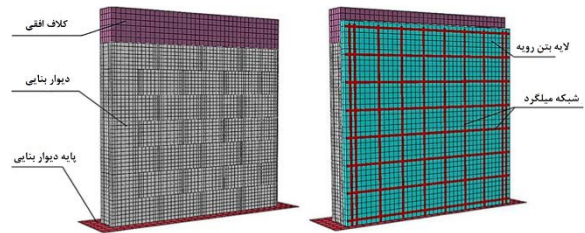


شکل (۴). نمای شماتیک دیوار بنایی مدل‌سازی شده بدون مقاومت‌سازی

در مدل عددی دیوار بنایی تقویت‌شده دیوار به ابعاد ۳، ۴ و ۵ متر طول و ۳ متر ارتفاع که دارای کلاف‌های افقی و قائم می‌باشد. همچنین ضخامت این دیوار به مقدار ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد که با استفاده از بلوک سیمانی مدل‌سازی شده است. برای مقاومت‌سازی این دیوار در یک سمت دیوار بنایی از شبکه مش بندی میلگرد با قطر ۸ میلی‌متر به طوری که میلگردهای عرضی و میلگردهای طولی به فاصله ۲۰۰*۲۰۰ میلی‌متر قرار گرفته است. علاوه بر این بر روی شبکه مش میلگرد از یک لایه بتن رویه به ضخامت ۴ سانتی‌متر استفاده شده است. همچنین در سمت دیگر این دیوار بنایی از ورق فولادی که هم به طور عرضی و هم طولی بر روی دیوار قرار گرفته است که از ورق فولادی از نوع ST37 استفاده شده است. ورق‌های فولادی در طول دیوار به فاصله ۱ متر از یکدیگر قرار گرفته‌اند.

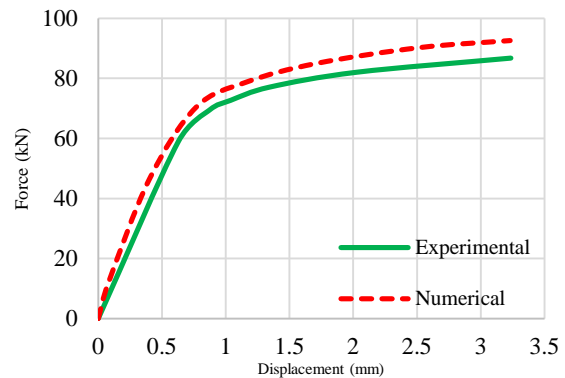


شکل (۵). نمای شماتیک دیوار بنایی مقاومت‌سازی با تسمه



شکل (۶). مدل‌سازی اجزا محدود دیوار بنایی در نرم‌افزار آباکوس

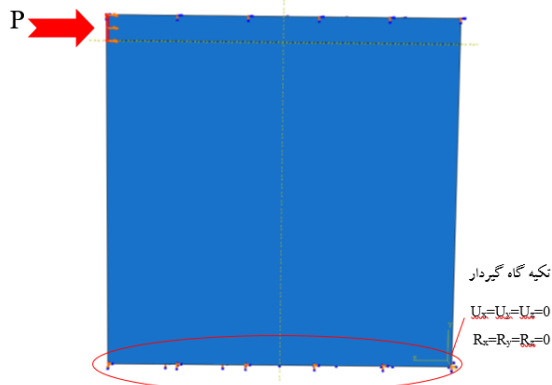
با توجه به مطالعات آزمایشگاهی صحت سنجی شده مدل‌های عددی دیوار بنایی مدل‌سازی شده و مقایسه می‌گردند. نتایج به دست آمده از تحلیل و همچنین نمودار نیرو-جابجایی شکل ۳ نمونه صحت سنجی شده نشان می‌دهد که مدل عددی با نمونه‌ی آزمایشگاهی از تطابق خوبی برخوردار است و همچنین ظرفیت مناسبی از خود نشان داده است.



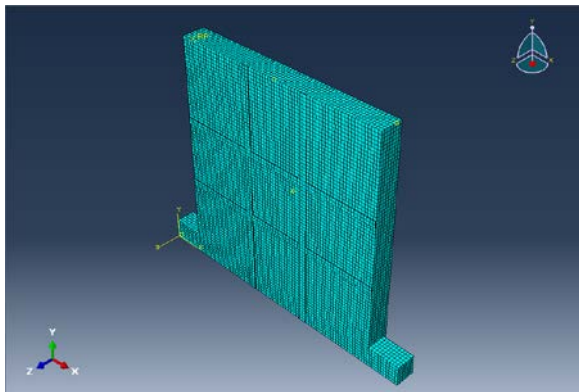
شکل (۷). مقایسه نمودار نیرو-جابجایی برای حالت آزمایشگاهی و مدل صحت سنجی شده

۳. مطالعات پارامتری و بررسی نتایج

با توجه به اهمیت مقاومت‌سازی دیوارهای آجری کلاف دار در این پژوهش به بررسی دیوار بنایی تقویت نشده پرداخته شده است. به منظور بررسی عملکرد دیوار بنایی در حالت تقویت نشده از سه نمونه دیوار در مقیاس واقعی به طول‌های مختلف به طوری که در مدل عددی اول M1 طول دیوار بنایی ۳ متر و در مدل دوم M2 دیوار بنایی به طول ۴ متر و در مدل آخر M3 دیوار به طول ۵ متر می‌باشد و همچنین ارتفاع برای تمامی دیوارها به مقدار ۳ متر و ضخامت ۲۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است (شکل ۴).



شکل (۷). شرایط مرزی و بارگذاری اعمال شده بر روی دیواربنایی



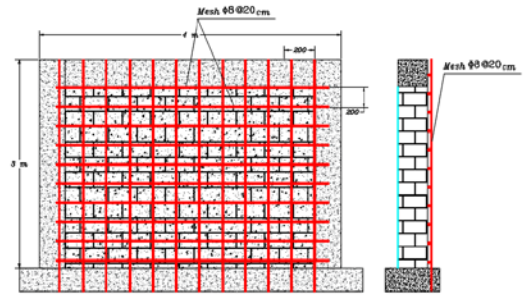
شکل (۸). مش بندی اعمال شده بر روی اجزای دیوار بنایی

پس از تحلیل عددی دیوارهای بنایی تقویت نشده و انجام دادن طرح تقویت و مقاوم سازی دیوارهای بنایی که تحت اثر بارگذاری بار افزون قرار گرفته است. با توجه به کانتورهای تنش و کرنش همچنین نمودار نیرو-جابجایی به دست آمده از تحلیل دیوارهای بنایی تقویت نشده و تقویت شده نشان می دهد که مقدار تنش ایجاد شده در درون دیوار بسیار ناچیز است که این مقدار تنش قابل چشم پوشی است.

با توجه به کانتورهای تنش دیوار بنایی تقویت نشده نشان می دهد که در ابتدای بارگذاری ترک و تغییر شکلی در نمونه دیوار مشاهده نشده و با افزایش بارگذاری تا میزان ۱۰ میلی متر موجب ایجاد ترک. همچنین با افزایش بارگذاری موجب افزایش تغییر شکل در دیوار و همچنین باعث ایجاد ترک خوردگی در

دیوار شود به طوری که مقدار ترک خوردگی ابتدا از تراز فوقانی

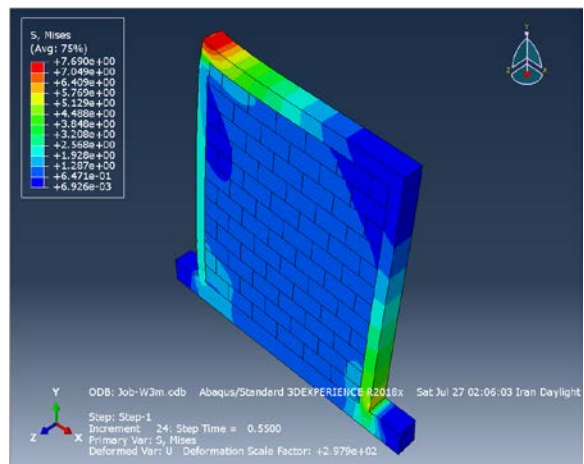
کلاف افقی و پاشنه دیوار شروع شده و به تدریج با افزایش بارگذاری میزان خرابی و ترک خوردگی در میانه قاب و درون دیوار بنایی گسترش می یابد. علاوه بر این با توجه به شکل ۹ میزان تنش در پاشنه دیوار بنایی تقویت نشده بیشتر از دو حالت



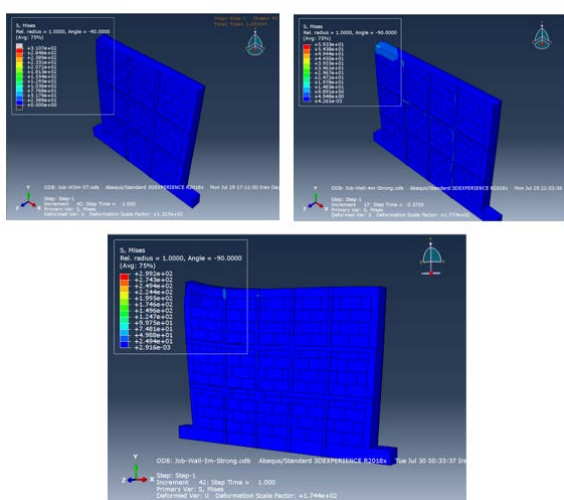
شکل (۶). نمای شماتیک دیوار بنایی مقاوم سازی با مش

به منظور مدل سازی دیوار مقاوم سازی نشده و همچنین دیوارهای مقاوم سازی شده پس از ساخت اجزای تشکیل دهنده دیوار و ساخت هندسه دیوار به کمک قطعات تغییر شکل پذیر، نیاز به معرفی خواص مکانیکی مصالح و مشخصات مصرفی از جمله آجر، بتن رویه و ورق فولادی می باشد. در جدول ۳-۱ مشخصات این مصالح ارائه شده است. پس از معرفی خواص مکانیکی مصالح مصرفی لازم است رفتار و زوال مصالح در فشار و کشش زمانی که مصالح وارد ناحیه پلاستیک می شوند، به نرم افزار معرفی شود.

به منظور اعمال شرایط بارگذاری و همچنین شرایط تکیه گاهی برای نمونه های عددی با توجه به مدل آزمایشگاهی استفاده شده است. به طوری که در بالای نمونه ها تحت اثر بار افزایش یافته قرار گرفته و همچنین جهت حفظ پایداری کلی نمونه های عددی انتهای مدل ها در هر دو حالت تقویت شده و تقویت نشده از تکیه گاه گیردار استفاده می کنیم. لازم به ذکر است که این نوع تکیه گاه مطابق شرایط واقعی مدل آزمایشگاهی می باشد که در شکل ۷ نشان داده شده است. به منظور بارگذاری دیوار از روش جابجایی- کنترل و به صورت بار افزون استفاده شد. سپس دیوار توسط مش با ابعاد ۵۰ میلی متر و با استفاده از تکنیک Structured و با استفاده از المان هشت گرهی مرتبه اول C3D8R برای تمام نمونه های دیوار بنایی استفاده شده است (شکل ۸).



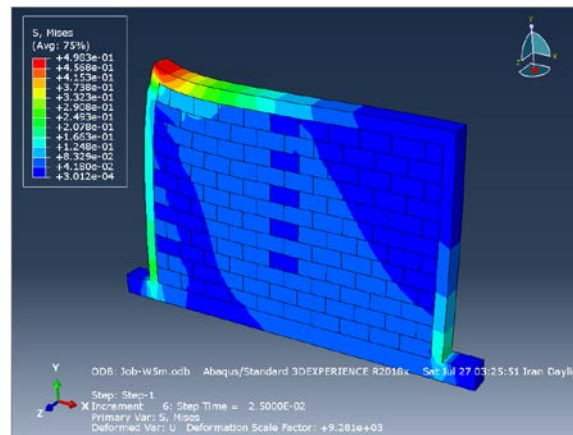
کانتورهای به دست آمده از تحلیل دیوار بنایی تقویت شده نشان می‌دهد که مقدار تنش ایجاد شده در درون دیوار بسیار ناچیز است که این مقدار تنش، قابل چشم‌پوشی است. همچنین دیوار مقاوم سازی شده در طول مدت زمان اعمال بار بر روی دیوار هیچ گونه ترک و زوال در دیوار رخ نداده است. همچنین کانتورهای تنش نشان می‌دهد که این نوع طرح مقاوم سازی بر روی دیوار، موجب رفتار مناسب و قابل قبول دیوار بنایی در برابر بار جانبی داشته است. با افزایش بارگذاری موجب افزایش تغییر شکل در درون ورق‌های فولادی شده است که مقدار آن ناچیز می‌باشد (شکل ۱۱).



شکل (۱۱). کانتورهای توزیع تنش در دیوار بنایی

همانطور که در مطالب قبل عنوان شد دیوارهای مقاوم سازی شده نسبت به دیوارهای مقاوم سازی نشده رفتار و عملکرد مناسب تری از خود نشان داده‌اند. علاوه بر این با توجه به نمودار نیرو-جابجایی مربوط به همه نمونه‌های عددی می‌توان نتیجه گرفت که دیوارهای مقاوم سازی شده از ظرفیت باربری بیشتری برخوردار هستند. علاوه بر این دیوارهای تقویت شده از لحاظ تغییر شکل در دیوار رفتار تغییر شکل پذیرتری از خود نشان داده‌اند که این امر موجب پایداری ساختمان‌های بنایی کلاف دار در برابر بارهای جانبی می‌باشد. وجود کلاف‌های افقی و قائم و مش و بتن رویه دیوار و ورق فولادی پشت دیوار موجب افزایش مقاومت و سختی دیوارهای تقویت شده می‌شود. بنابراین نیرو به شدت افزایش پیدا کرده و شکل پذیری قابل قبولی از خود نشان می‌دهد (شکل ۱۲).

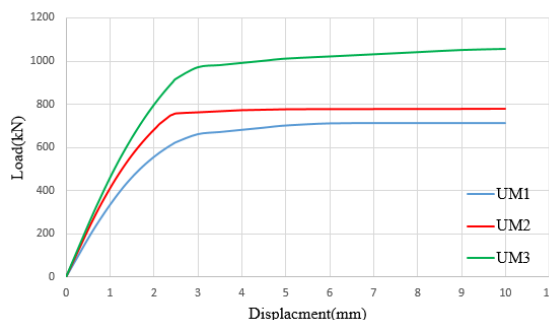
قبل بوده و همین امر تأثیر افزایش طول بر ظرفیت باربری



دیوارهای بنایی دارند.

شکل (۹). کانتورهای توزیع تنش در دیوار بنایی UM1

با توجه به نمودارهای نیرو - جابجایی مربوط به سه نمونه دیوار بنایی تقویت نشده نشان می‌دهد که افزایش طول دیوار در ظرفیت باربری دیوارهای بنایی کلاف دار تأثیر بسیار زیادی دارد. همانطور که دیوار با طول کمتر مقدار نیروی کمتری نسبت به دیوارهای با طول بیشتر دارد و علاوه بر این دیوار با طول کمتر احتمال رخداد ترک در درون دیوار می‌تواند کمتر باشد به دلیل اینکه میزان سختی و جرم در آن کمتر است و بنابراین با توجه به اینکه توزیع نیروی زلزله در دیوار بنایی به نسبت جرم است بنابراین سهم دیوار با طول کمتر از نیروی زلزله کمتر است و کمتر آسیب می‌بیند (شکل ۱۰). درحالی که دیوار با طول‌های چهار و پنج متر مقدار سختی و جرم آن‌ها بیشتر است و باعث ایجاد ترک در درون دیوار شده و لازم به ذکر است که ایجاد کلاف افقی و قائم در اطراف دیوار بسیار در باربری و تحمل نیروی زلزله مؤثر می‌باشد و همین دلیل موجب این می‌شود که دیوارهای دارای کلاف دیرتر به زوال برسند. با مقایسه نمودار نیرو - جابجایی دیوارهای تقویت نشده نشان می‌دهد که دیوار ۳ متر مقدار نیروی آن از دیوار ۴ و ۵ متر کمتر بوده است.



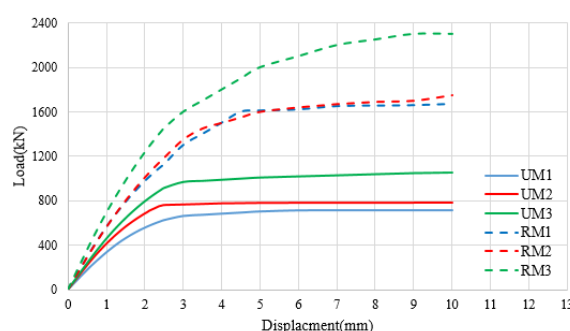
شکل (۱۰). مقایسه نمودار نیرو-جابجایی دیوار بنایی UM1 و UM2

UM3

فشاری بتن حداکثر تا ۵۰٪ افزایش یافته، درحالی که افزایش نسبت فولاد تقویت کننده تأثیر کمی بر روی آن داشته است. افزایش لایه بتنی ضخامت و مقاومت فشاری باعث افزایش انعطاف پذیری دیوارهای تقویت شده می شود. نسبت فولاد تقویت کننده شکل پذیری را افزایش می دهد.

۵. مراجع

- [1]- M. Deng, Yang S. Cyclic testing of unreinforced masonry walls retrofitted with engineered cementitious composites. *Construction and Building Materials*. 2018 Jul 20; 177:395-408.
- [2]- A. Baziari, Investigating the effect of openings in building materials using the finite element continuous model method, the second international modern research conference in civil engineering, architecture and urban management, Tehran International Federation of Inventors of the World Applied Science University, 1395, in persian
- [3]- A. Kalali, MZ, Kabir. Cyclic behavior of perforated masonry walls strengthened with glass fiber reinforced polymers. *Scientia Iranica*. 2012 Apr 1; 19(2):151-65.
- [4] M. Ranjbar, Investigating the retrofitting methods of non-reinforced masonry buildings, the third national conference on retrofitting and retrofitting of Iran, Tabriz, National Center for retrofitting of Iran, Tabriz University, 1387, in persian
- [5]- MR, Maheri, MK, Khajeheian, F, Vatanpour. In-plane seismic retrofitting of hollow concrete block masonry walls with RC layers. 2019 Aug 1 (Vol. 20, pp. 425-436). Elsevier
- [6] A. Balouchi, Investigating the seismic behavior of buildings with building materials and strengthening their walls with the company with CFRP composites, the second international research conference in science and technology, Istanbul, Sarmad Karim Institute, 1394, in persian
- [7]- Kouris LA, Triantafillou TC. State-of-the-art on strengthening of masonry structures with textile reinforced mortar (TRM). *Construction and Building Materials*. 2018 Nov 10; 188:1221-33.
- [8]- Guideline of seismic rehabilitation of existing buildings (code 360).
- [9]- Pekelnicky R, Engineers SD, Chris Poland SE, Engineers ND. ASCE 41-13: Seismic Evaluation and Retrofit Rehabilitation of Existing Buildings. In Proceedings, SEAOC 2012 Convention 2012.
- [10]- Building and Housing Research Center. Iranian code of practice for seismic resistant of buildings, Standard No. 2800. 4th edition, 2014.



شکل (۱۲). مقایسه بین نمودار نیرو-جابجایی در دیوار بنایی RM1 و

RM3 و RM2

۴. نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از مدل سازی و تحلیل های انجام شده و بررسی حالت های مختلف ابعاد دیوارهای آجری و همچنین طرح مقاوم سازی دیوارها در مقیاس واقعی، می توان به این نتیجه رسید که تقویت دیوارهای مصالح بنایی با بتن رویه و ورق فولادی، باعث بهبود رفتار درون صفحه و همچنین عملکرد لرزه ای آن ها در هر دو مورد افزایش مقاومت و کنترل جابجایی نسبی می شود. تجزیه و تحلیل مطالعات پارامتری عددی باهدف ارزیابی اثر طرح مقاوم سازی لایه یک طرف از رویه بتنی و سمت دیگر دیوار با ورق های فولادی بر عملکرد داخلی دیوارهای بنایی با ابعاد مختلف و شرایط مرزی تأثیر قابل توجهی دارد. همچنین، اثرات مقاوم سازی پارامترهای لایه RC از جمله ضخامت، ابعاد مش و استحکام فشاری آن بر پارامترهای پاسخ در دیوارها مؤثر است. با توجه به یافته های عددی ارائه شده در این پژوهش می توان نتیجه گرفت:

- ۱- مدل سازی ماکرو که اتخاذ شده برای تجزیه و تحلیل عددی، که مدل سازی با استفاده از این تکنیک روش مناسبی برای مدل سازی دیوارهای بنایی می باشد.
- ۲- با توجه به نحوه خرابی دیوارهای بنایی تحت اثر بارگذاری درون صفحه، نسبت ابعاد و شرایط مرزی هر دو حالت دیوارهای بنایی (تقویت نشده و تقویت شده) تعیین کننده هستند و تأثیرات حالت های خمشی شکست بر پاسخ دیوارها حاکم است (شکل ۹ و ۱۰).
- ۳- در مورد تأثیر پارامترهای لایه بتنی بر پاسخ درون صفحه از دیوارهای بنایی، ضخامت لایه بیشترین تأثیر را داشته است، افزایش ظرفیت برشی نهایی در نمونه های مورد بررسی تا ۶۰٪ و پس از آن مقاومت