



دانشگاه آزاد اسلامی قزوین



دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد قزوین

## اولین کنفرانس منطقه ای مهندسی عمران و محیط زیست

First Regional Conference on Civil Engineering & Environment

بسم الله الرحمن الرحيم

پر فوج الله الخبير امنوا منكم و الخبير اوتوا العلم حرجاته

سوره مجادله - آیه ۱۱

جناب آقای: منصور قلعه نوی

درود و تهنیت بر شما که مسیر علم و دانش افروزی را با پرتو دانش و معرفت خویش روشن ساخته اید و توان علمی خود را خالصانه صرف اعتلای اهداف متعالی میهن اسلامی خود ساخته اید. امید است با اتکال به الطاف واسع الهی شاهد رشد و شکوفایی و استمرار توفیق خدمت به جامعه علمی و تحقیقاتی کشور باشید.

دبیرخانه اولین کنفرانس منطقه ای عمران و محیط زیست به پاس از قدردانی و تکریم از مقام والای پژوهشگرانی که در عرصه علم و ادب تلاش و کوشش می نمایند بدینوسیله از ارائه مقاله شما با عنوان:

"بررسی رفتار لرزه ای ساختمانهای مصالح بنایی و مقاوم سازی آنها

با کامپوزیت های CFRP "

در کنفرانس تجلیل نموده موفقیت و سرافرازی شما را در جهت پیشرفت جامعه ایران از خداوند متعال خواستار است.

دکتر حسن آقابرانی

دبیر اولین کنفرانس منطقه ای  
مهندسی عمران و محیط زیست

دکتر هادی سرگلزائی

معاون پژوهش و فناوری  
دانشگاه آزاد اسلامی قزوین

## بررسی رفتار لرزه ای ساختمانهای مصالح بنایی و مقاوم سازی آنها با

### کامپوزیت های CFRP

محمود چاوشان<sup>۱</sup>، منصور قلعه نوی<sup>۲</sup>، حمیدرضا ناصری  
دانشجوی کارشناسی ارشد عمران (سازه)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان،  
www.mahmood\_chavoshan@yahoo.com  
استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد،  
ghalehnovi@yahoo.com  
استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه بیرجند

#### چکیده (Abstract):

از آنجا که تجارب بدست آمده از زلزله های گذشته نشان از آسیب پذیری بالای ساختمان های مصالح بنایی دارد، لذا مقاوم سازی دیوارهای بنایی موجود جهت کاهش آسیب پذیری و بهبود عملکرد لرزه ای ساختمان های بنایی توسط یک راهکار مناسب ضرورت می یابد، که با توجه به گسترش استفاده از کامپوزیت های FRP جهت مقاوم سازی در سرتاسر جهان، در این مقاله عملکرد ساختمان های بنایی در برابر زلزله مورد بررسی قرار گرفته و به نقاط آسیب پذیر و نحوه گسیختگی های احتمالی اشاره شده است و در ادامه چندین دیوار بنایی غیر مسلح و تقویت شده با کامپوزیت های CFRP که از نظر تعداد، ضخامت، عرض و نحوه چیدمان لایه ها با یکدیگر متفاوت می باشند، تحت بارگذاری دوره ای توسط نرم افزار اجزاء محدود ABAQUS مدل و تحلیل گردیده اند. با مقایسه نتایج حاصل از تحلیل اجزاء محدود و آزمایش، صحت مدل سازی مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان داد که می توان دیوارهای بنایی را با یک مدل سازی مناسب به روش اجزاء محدود به طور منطقی تحلیل نموده و رفتار دیوار را تحت بارهای وارده بررسی کرد و کارایی موثر کامپوزیت های FRP در افزایش ظرفیت باربری جانبی، افزایش بار ترک خوردگی، افزایش شکل پذیری و بهبود رفتار داخل صفحه دیوارهای بنایی غیر مسلح را به وضوح مشاهده نمود.

**واژه های کلیدی (Keyword):** آسیب پذیری لرزه ای، دیواربنایی، روش اجزاء محدود، نرم افزار ABAQUS

#### مراجع (References)

۱. مقدم، حسن، طرح لرزه ای ساختمانهای آجری، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ۱۳۸۷
۲. رجب پور، حامد؛ ساعدی، سهر؛ اللهیاری، رضا؛ سرکن دیزجی، رضا. بهبود رفتار لرزه ای و مقاوم سازی ساختمانهای با مصالح بنایی. چهاردهمین کنفرانس بین المللی عمران، دانشگاه سمنان، ۱۳۸۷

## بررسی رفتار لرزه ای ساختمانهای مصالح بنایی و مقاوم سازی آنها با کامپوزیت های CFRP

محمود چاوشان<sup>۱</sup>، منصور قلعه نوی<sup>۲</sup>، حمیدرضا ناصری<sup>۳</sup>  
<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد عمران (سازه)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان،  
[www.mahmood\\_chavoshan@yahoo.com](mailto:www.mahmood_chavoshan@yahoo.com)  
<sup>۲</sup>استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد،  
[ghalehnovi@yahoo.com](mailto:ghalehnovi@yahoo.com)  
<sup>۳</sup>استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه بیرجند

### چکیده:

از آنجا که تجارب بدست آمده از زلزله های گذشته نشان از آسیب پذیری بالای ساختمان های مصالح بنایی دارد، لذا مقاوم سازی دیوارهای بنایی موجود جهت کاهش آسیب پذیری و بهبود عملکرد لرزه ای ساختمان های بنایی توسط یک راهکار مناسب ضرورت می یابد، که با توجه به گسترش استفاده از کامپوزیت های FRP جهت مقاوم سازی در سرتاسر جهان، در این مقاله عملکرد ساختمان های بنایی در برابر زلزله مورد بررسی قرار گرفته و به نقاط آسیب پذیر و نحوه گسیختگی های احتمالی اشاره شده است و در ادامه چندین دیوار بنایی غیر مسلح و تقویت شده با کامپوزیت های CFRP که از نظر تعداد، ضخامت، عرض و نحوه چیدمان لایه ها با یکدیگر متفاوت می باشند، تحت بارگذاری دوره ای توسط نرم افزار اجزاء محدود ABAQUS مدل و تحلیل گردیده اند. با مقایسه نتایج حاصل از تحلیل اجزاء محدود و آزمایش، صحت مدل سازی مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج این مطالعه نشان داد که می توان دیوارهای بنایی را با یک مدل سازی مناسب به روش اجزاء محدود به طور منطقی تحلیل نموده و رفتار دیوار را تحت بارهای وارده بررسی کرد و کارایی موثر کامپوزیت های FRP در افزایش ظرفیت باربری جانبی، افزایش بار ترک خوردگی، افزایش شکل پذیری و بهبود رفتار داخل صفحه دیوارهای بنایی غیر مسلح را به وضوح مشاهده نمود.

**واژه های کلیدی:** آسیب پذیری لرزه ای، دیواربنایی، روش اجزاء محدود، نرم افزار ABAQUS

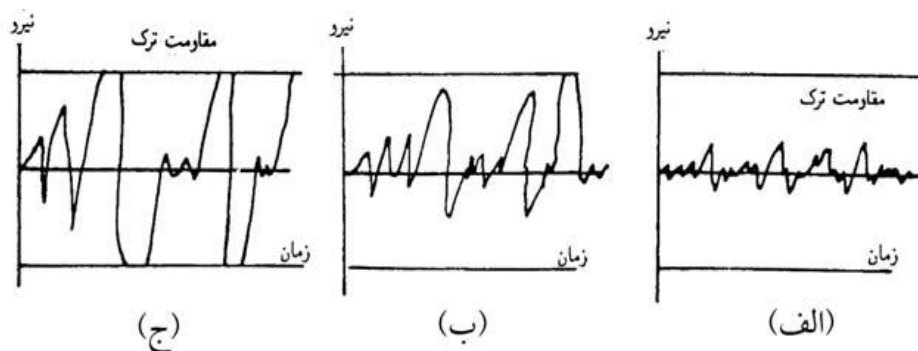
### ۱- مقدمه:

ساختمان های بنایی از جمله ساختمان های سنتی به شمار می آیند که در سراسر دنیا موجود می باشد و مصالح آن از قدیمی ترین مصالحی است که در ساختمان سازی توسط انسان به کار گرفته شده است. از ابتدای تاریخ، مهم ترین مزیت استفاده از این گونه ساختمان ها، آسان بودن تولید آجر، روش های متداول حمل و نقل، پایین بودن سطح اقتصادی کشور، عدم نیاز به تخصص ویژه در زمینه مراحل تولید واحدهای ساختمانی و مراحل ساخت و ساز می باشد. هر چند در حال حاضر احداث ساختمان های دارای اسکلت فولادی و بتنی رو به افزایش است لیکن هنوز هم بسیاری از ساختمان های موجود از نوع بنایی بوده و به دلیل عدم رعایت اصول و ضوابط فنی و علمی از ایمنی لازم

برخوردار نیست و متاسفانه در زمان وقوع زلزله بسیار آسیب پذیر می باشند. از آنجائیکه در حال حاضر امکان تخریب تمامی این گونه از ساختمان ها و جایگزینی آنها با سازه های مقاوم به دلیل تحمیل هزینه های گزاف مالی و توقف بهره برداری از سازه در یک بازه مشخص زمانی وجود ندارد، لذا راهکار مناسب جهت کاهش خطرات در زمان وقوع زلزله، ارزیابی آسیب پذیری و مقاوم سازی این ساختمان ها می باشد. یکی از روشهای جدید بهسازی سازه های بنایی که برای پیشگیری از نقاط ضعف مذکور اخیراً متداول شده است، استفاده از الیاف تقویت شده پلیمری FRP می باشد که به دلیل مشخصه های رضایت بخش همچون بالا بودن نسبت مقاومت و سختی به وزن، دوام بالا در بسیاری از شرایط، سرعت و آسانی نصب و اجرا توانسته است جایگزینی مناسب برای روش های سنتی گردد. [۱]

## ۲- بررسی رفتار لرزه ای ساختمانهای مصالح بنایی

ضعف اساسی ساختمان های آجری در مقابل زلزله، کمبود مقاومت نیست، بلکه کمبود نرمی (شکل پذیری) است. میزان خسارت سازه های نرم تا حدودی، تابع بزرگی زلزله است و در زلزله ای بسیار مخرب با بزرگی بیش از ۷، در ناحیه مرکزی زلزله بیشترین آسیب مشاهده می شود و از مرکز که دور می شویم به تدریج از شدت آسیب کاسته می شود. در حالی که در مورد ساختمان های آجری چنین نیست و از منطقه ای که ساختمان ها کاملاً فرو ریخته است ناگهان به منطقه ای با ساختمان های نسبتاً سرپا میرسیم.



شکل (۱-۲) رفتار لرزه ای ساختمان های مصالح بنایی در نواحی مختلف [۲]

رفتار یک ساختمان آجری غیر مسلح را در مقابل زلزله میتوان به صورت زیر خلاصه کرد:

- الف شدت زلزله از مقاومت ساختمان کمتر است و در این صورت سازه سختی اولیه خود را حفظ کرده، ضریب بازتاب برابر ۱ و نیروی زلزله برابر جرم ساختمان ضرب در شتاب زلزله است. این نیرو برای ایجاد ترک و در هم شکستن سازه کافی نیست و بنابراین ساختمان از زلزله آسیبی نمی بیند.
- ب شدت زلزله در لحظات واپسین آن از حد مقاومت سازه فراتر می رود و ترکها و خرد شدگیها آغاز می شود؛ سختی کم شده، تناوب زیاد می شود و در نتیجه ضریب بازتاب افزایش می یابد و سبب بالا رفتن نیروی زلزله می شود. اما چون این تحولات در لحظه های واپسین اتفاق می افتد و زلزله ادامه نمی یابد، سازه پایدار می ماند و در پایان زلزله فقط مقداری ترک و خرد شدگی ملاحظه خواهد شد.
- ت شدت زلزله در همان لحظه های آغازین از حد مقاومت سازه فراتر می رود و در نتیجه بروز ترک خوردگی ها، کاهش سختی و افزایش پیرو ارتعاش سازه، ضریب بازتاب از همان ابتدا زیاد شده و باعث افزایش نیروی زمین لرزه می گردد. این افزایش نیرو باعث ترک خوردگی های بیشتر و تکرار چرخه فوق شده که در انتها به خرابی سازه می انجامد. این حالت در زمین لرزه های با بزرگی بیش از ۶ درجه در مقیاس ریشتر و در نزدیکی مرکز زمین لرزه اتفاق می افتد. در این نواحی ساختمان های بنایی غیر مسلح با خاک یکسان می گردند. با دور شده از مناطق مرکزی زمین لرزه و کاهش شدت زلزله، ناحیه ای جلب توجه می نماید که در اصطلاح (ناحیه آستانه ترک) نامیده می شود [۲].

### ۳- انواع شکست ساختمانهای مصالح بنایی

شکست ساختمانهای بنایی به دودسته کنترل شونده از طریق تغییر شکل و کنترل شونده از طریق نیرو تقسیم می گردد. شکست های کنترل شونده از طریق تغییر شکل انعطاف پذیری بیشتری از شکست های کنترل شونده از طریق نیرو دارند، لذا در فروریزش ها دارای خطر کمتری هستند و قادر به جذب مقدار قابل توجهی از انرژی پس از ترک خوردگی هستند و سازه را به سمت ایمنی بیشتر سوق می دهند در صورتی که شکست های کنترل شونده از طریق نیرو در طبیعت به صورت ترد و شکننده بوده و به فروریزش های ناگهانی منتج می گردد. [۳]، [۴].

### ۴- انواع مودهای شکست دیوارهای بنایی

پیش بینی مودهای شکست اجزای بنایی بسیار مشکل بوده و به عوامل متفاوتی بستگی دارد. جهت بارگذاری، مقدار تنش قائم، تعداد و اندازه بازشوها و مقاومت ملات بکاررفته در درزها نقش مهمی در تعیین نوع شکست ایفا می کنند. با توجه به حرکت زمین در زمان وقوع زلزله ممکن است نیروها موازی دیوار برشی اعمال شوند که موجب شکست داخل صفحه می گردند و یا عمود بر دیوار برشی باشند که در آن صورت شکست خارج از صفحه رخ می دهد [۴]، [۵].

### ۵- آزمایش برش درون صفحه دیوار آجری

جهت بررسی صحت مدل سازی نیاز است که یک یا چند نمونه دیوار تحت آزمایش عملی قرار گرفته و همان دیوارها توسط نرم افزار مدل سازی شده و صحت روش تحلیل و مدل سازی با مقایسه نتایج حاصل از آزمایش، مورد بررسی قرار گیرد. از این رو نمونه های آزمایشگاهی تست شده با مقیاس واقعی که در دانشگاه سانتی آگو شیلی توسط Santa Mari, Herna ساخته شده بود و تحت بارگذاری چرخه ای داخل صفحه قرار گرفته اند، مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از انتخاب این آزمایش، بررسی بهبود مقاومت برشی به دلیل استفاده از نوارهای FRP و دستیابی به طرح مطلوب چیدمان می باشد.

در این آزمایش دیوارها از آجر رسی توخالی ساخته شده اند و نوارهای FRP به کاررفته از الیاف بافته شده کربن می باشد. ابعاد و مشخصات مکانیکی دیوار و الیاف در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱): ابعاد و مشخصات مکانیکی واحدهای بنایی و نوارهای تقویتی FRP [۶]، [۷]

۱۱/۳	مقاومت فشاری آجرها (Mpa)
۱۱۲*۱۴۰ ۲۹۰*	ابعاد آجرهای بنایی رسی (mm)
۰/۸۱	متوسط مقاومت برشی بدست آمده از آزمایش فشار قطری (Mpa)
۲۵۷۱	متوسط مدول برشی بدست آمده از آزمایش فشار قطری (Mpa)
۱۱	مقاومت فشاری ۲۸ روزه تیرهای بتنی نمونه (Mpa)
۳۵	مقاومت فشاری ۲۸ روزه تیرهای بتنی نمونه (Mpa)
۰/۱۳	ضخامت ورق تقویتی CFRP (mm)
۴۳۰۰	مقاومت کششی ورق تقویتی CFRP (Mpa)
۲۳۰۰۰۰	مدول الاستیسیته کششی ورق CFRP (Mpa)
۱/۵	کرنش نهایی کشش (/)

از میان دیوارهای موجود، تنها پنج دیوار که یکی از آنها بدون تقویت و دو عدد به صورت افقی و دو تای دیگر به

صورت قطری تقویت شده اند ، انتخاب گردید . ابعاد دیوارهای بنایی (mm ۱۴۰\*۱۹۷۵\*۲۰۰۰) می باشد .

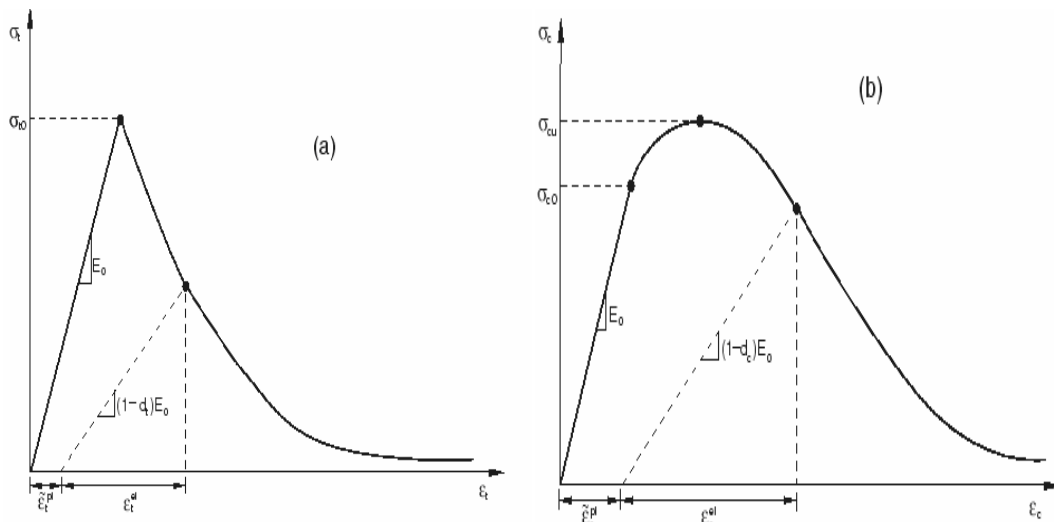
نحوه بارگذاری جانبی دیوار ، بارگذاری استاتیکی سیکلی (کنترل جابجایی) بوده ، ضمن آنکه به صورت همزمان تحت نیروی ثابت قائم قرار گرفته اند که توسط جک های هیدرولیکی اعمال گردیده است . به دلیل اینکه سازه آجری ، یک سازه ترد می باشد و همچنین جک های فشاری در اولین تماس با سازه ، در اثر حرکت ناگهانی پیستون جک ، یک ضربه ناگهانی را به سازه اعمال می کنند ، بهتر دیده شده که به کمک یک المان واسطه بتنی پدیده فوق خنثی گردد بدین جهت دو تیر بتنی در بالا و پایین به ابعاد (mm ۳۰۰\*۴۰۰\*۲۲۶۰ و mm ۱۴۰\*۲۰۰\*۱۹۷۵) که تیرهای بتنی بالا نقش کنترل ضربه جک و خنثی نمودن تمرکز تنش ناشی از نیروی قائم ۹۸ کیلو نیوتن و تیرهای پایین نقش تکیه گاه را بازی می کنند . دیوارهای در کف گیردار و در نقطه بالایی دارای آزادی چرخشی می باشند .

## ۶- مدل سازی

برای مدل سازی دیوارهای بنایی ساده و تقویت شده موجود در آزمایش ، لازم است شرایط حاکم بر آزمایش شبیه سازی گردد . لذا در این بخش به ارائه مشخصات مکانیکی ، روابط تنش و کرنش در بارگذاری های فشاری و کششی ، خواص برهم کنش اجزای مدل و اعمال شرایط مرزی و بارگذاری در نرم افزار ABAQUS اختصاص داده شده است .

### ۶-۱- مشخصات مکانیکی مدل دیوارهای بنایی

دیوارهای موجود در آزمایش به صورت همگن (مدل ماکرو) و ایزوتروپ در نرم افزار ABAQUS مدل گردیده اند. مقاطع دیوار و لایه FRP به ترتیب به صورت جسم توپر و صفحه معرفی شده و تغییر شکل پذیر می باشند . مشخصات مکانیکی ارائه شده به نرم افزار از مشخصات مکانیکی آجر و ملات بکار رفته در ساخت دیوارهای تحت آزمایش بدست آمده است . متاسفانه کتابخانه مصالح نرم افزار گزینه ای برای معرفی مصالح بنایی ندارد اما گزینه ای برای تعریف خصوصیات بتن وجود دارد که قابلیت مدل سازی سازه های بنایی را دارد . جهت تعریف مصالح دیوار از گزینه بتن آسیب دیده پلاستیک استفاده شده که این روش یک مدل آسیب دیده پیوسته که قابل استفاده برای بتن و سایر مصالح ترد و شکننده تحت تاثیر بارگذاری یکنواخت و رفت و برگشتی می باشد، که با توجه به نوع دیوار انتخابی و شرایط بارگذاری در این تحقیق گزینه مناسبی می باشد [۸].



شکل (۳): پاسخ بتن به بارگذاری تک محوری در کشش (a) و در فشار (b) [۸]

در مدل مذکور فرض می گردد که پاسخ به کشش و فشار تک محوره به وسیله معیار خرابی پلاستیک کنترل می شود

که در شکل (۲) نشان داده شده است. در اثر کشش تک محوره منحنی تنش - کشش تا نقطه تنش خرابی  $\sigma_{to}$  به صورت خطی تغییر می کند که این تنش با شروع و گسترش ترک‌های ریز در بتن مقارن می باشد. پس از عبور از نقطه مذکور، خرابی ها به صورت ترک های قابل مشاهده در می آیند که به صورت منحنی نرم شدگی در فضای تنش- کرنش نمایش داده می شوند. تحت فشار تک محوره، پاسخ تا رسیدن به نقطه جاری شدگی  $\sigma_{to}$  به صورت الاستیک خواهد بود و در ناحیه پلاستیک رفتار عموماً به وسیله منحنی سخت شدگی بیان می شود که در نهایت با رسیدن به نقطه تنش نهایی  $\sigma_{to}$  منحنی ها به صورت منحنی نرم شدگی در می آیند. این مدل معرفی شده با وجود سادگی نسبی، خصوصیات اصلی بتنی را ارضاء می کند.

#### ۶-۴ - خواص برهم کنش مدل دیوارهای بنایی

جهت تعیین خواص برهم کنش بین اجزاء مدل (پایه بتنی، بدنه دیوار، لایه FRP و میلگرد ها) دو نوع تعامل<sup>۱</sup> تعریف می شود. یک قید برای معرفی نوع سطوح تماس بین لبه های دیوار با پایه بتنی و بدنه دیوار با لایه FRP و دومین قید برای تعیین سطح تماس میلگرد با تیر بتنی می باشد. با توجه به این که مدل الاستیسیته دیوار از مدل الاستیسیته پایه بتنی و لایه FRP کمتر است، لذا دیوار به عنوان سطح پیرو و پایه بتنی و لایه FRP به عنوان سطح پایه انتخاب می شوند. برای محدود کردن حرکت نسبی میان اجزاء، از قید گره ای<sup>۲</sup> جهت اتصال استفاده شده است و برای جاسازی میلگرد درون تیر بتنی از قید جاسازی استفاده شده است.

#### ۷ - روش تحلیل دیوار بنایی

از میان روش های گوناگون تحلیل دیوارهای بنایی، روش تحلیلی بکار گرفته شده در این تحقیق تحلیل استاتیکی غیر خطی (Pushover) با استفاده از آنالیز دینامیکی صریح (ABAQUS/Explicit) می باشد. این تحلیل اخیراً مورد استفاده قرار گرفته و نتایج قابل قبولی به دنبال داشته است و در برخی دستورات عمل های مانند FEMA273 مجاز شمرده شده است.

#### ۸ - بارگذاری و اعمال شرایط مرزی مدل دیوارهای بنایی

از آنجا که در یک ساختمان آجری، در هنگام وقوع زلزله، نیروی اینرسی ناشی از زلزله که در سقف ها تولید می شود به نقاط بالای دیوارهای ساختمان انتقال می یابد، جهت شبیه سازی بهتر اثر زلزله، نیروی جانبی به تیر بالای دیوار اعمال می شود (مطابق شکل ۳). بارگذاری در نرم افزار به صورت بارگذاری سیکلی رفت و برگشتی (کنترل شده توسط تغییر شکل) می باشد ضمن اینکه بار فشاری به مقدار ۱۰۸۴۷ نیوتن بر متر مربع نیز بر روی سطح تیر بتنی بالای دیوار وارد گشته است. برای تعریف دامنه نوسان بارگذاری دوره ای جانبی از گزینه (Amplitude) استفاده شده است.

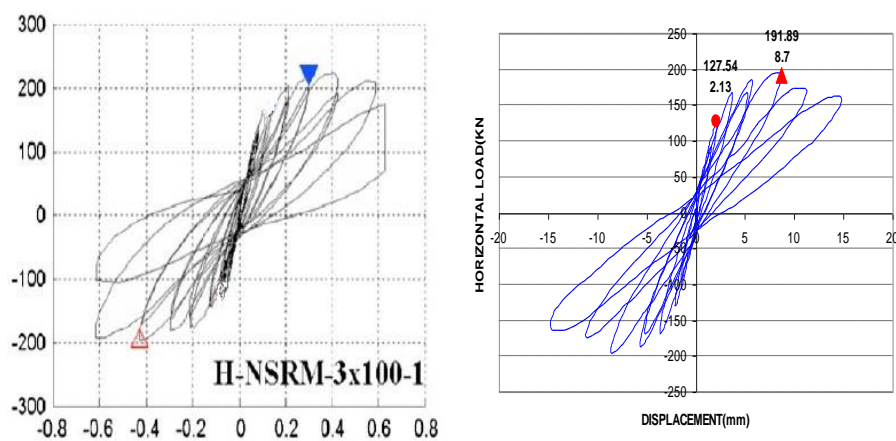
۱. Constraint

۲. Tie



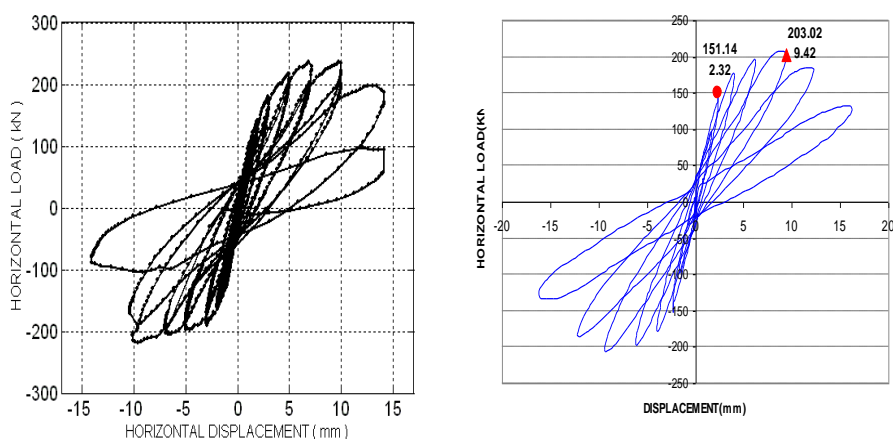


دیوار بنایی تقویت شده افقی با سه ردیف FRP در دو طرف دیوار به عرض ۱۰ سانتیمتر



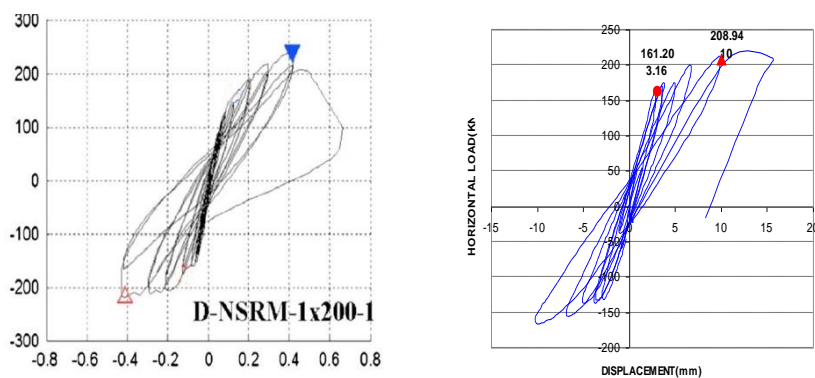
شکل (۶): منحنی هسترزیس دیوار بنایی مسلح شده افقی با ورق ۱۰ سانتی متری

دیوار بنایی تقویت شده افقی با سه ردیف FRP در دو طرف دیوار به عرض ۱۵ سانتیمتر



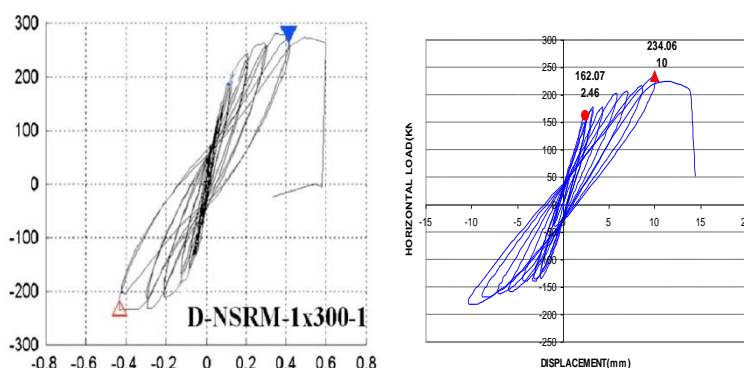
شکل (۷): منحنی هسترزیس دیوار بنایی مسلح شده افقی با ورق ۱۵ سانتی متری

دیوار بنایی تقویت شده قطری در دو طرف دیوار به عرض ۲۰ سانتیمتر



شکل (۸): منحنی هسترزیس دیوار بنایی مسلح شده قطری با ورق ۲۰ سانتی متری

## دیوار بنایی تقویت شده قطری در دو طرف دیوار به عرض ۳۰ سانتیمتر



شکل (۹): منحنی هسترزیس دیوار بنایی مسلح شده قطری با ورق ۳۰ سانتی متری

### ۱۰- نتیجه گیری (Conclusion)

- با توجه به آنالیزهای انجام گرفته و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی می توان گفت که نتایج از دقت خوبی برخوردار هستند و فرضیه همگن بود دیوار بنایی به عنوان یک راهکار مناسب جهت مدل سازی سریع نمونه های آزمایشگاهی می تواند مطرح گردد.
- اضافه عرض نوارهای FRP باعث بهبود انعطاف پذیری دیوار می گردد.
- استفاده از الیاف به صورت افقی ، شکل پذیری و انرژی پذیری دیوار را افزایش می دهد و می تواند تمام مدهای گسیختگی را به تاخیر بیندازد
- دیوارهای تقویت شده به صورت قطری اگرچه به نسبت دیوارهای تقویت شده افقی مقاومت بیشتری نشان دادند اما مساحت محاط شده زیر منحنی هسترزیس که نشاندهنده انرژی اتلاف شده می باشد کمتر از نوع تقویت شده افقی است و این نشان می دهد که دیوار رفتار شکننده و تردی خواهد داشت .

### ۱۱- مراجع (References)

۱. مقدم، حسن. طرح لرزه ای ساختمانهای آجری . انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف ، تهران ، ۱۳۸۷
  ۲. رجب پور، حامد ؛ ساعدی، سپهر ؛ اللهیاری، رضا ؛ سرکن دیزجی ، رضا. بهبود رفتار لرزه ای و مقاوم سازی ساختمانهای با مصالح بنایی. چهاردهمین کنگره بین المللی عمران ، دانشگاه سمنان ، ۱۳۸۷
  ۳. نشریه شماره ۵۲۴ . راهنمای روش ها شیوه های بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود و جزئیات اجرایی . ۱۳۸۹
  ۴. نشریه شماره ۳۷۶ . دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای بنایی غیر مسلح موجود . ۱۳۸۶
- [5]- Bouchard, M.; A Performance - Based Approach To Retrofitting Unreinforced Masonry Structures For Seismic Loads : Ms.Thesis, Massachusetts Institute Technology, 2007.
- [6]- Santa Mari, H; Alcaino, P; Luders, C.; Experimental Response Of Masonry Walls Externally Reinforced With Carbon Fiber Fabrics : 8th U.S. National Conference On Earthquake Engineering, Calofornia, USA, Paper No.1402, April 2006.
- [7]- Santa Mari, H; Alcaino,.; Experimental Response of Externally Retrofitted Masonry Walls Subjected to Shear Loading : Journal Of Composites For Construction © ASCE / October 2008.
- [8]- Abaqus Analysis Users Manual Ver 6.10.