دوازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
12th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

بهسازی لرزه ای ساختمان مساجد مصالح بنایی با استفاده از تحلیل المان محدود

ابوالفضل باقری[۱]، حسین بدیعی مقدم[۲]،

[۱] دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، Alieh8511@gmail.com

[۲] دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، Hossein_o89@yahoo.com

چکیده

با توجه به این‌که کشور ایران بر روی کمربند زلزله قرارگرفته است، بررسی سازه‌های بنایی با قدمت بیش از 30 سال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این مطالعه مسجد امام رضا واقع در استان خراسان شمالی، شهرستان بجنورد، روستای تاتار موردبررسی قرار گرفت. این سازه متشکل از دیوارهای آجری با خشت که از نوع مصالح بنایی می‌باشند و همچنین قاب اسکلت فلز که متشکل از تیر و ستون با IPE ۱۴ و ۱۸ می‌باشد، ساخته‌شده و از هیچ نوع جزئیات سازه‌ای بهره نبرده است. بر آن شدیم تا با الگوسازی این سازه در نرم‌افزار سالیدورک[۱] که نوعی نرم‌افزار مکانیکی است، این سازه را الگو کرده و با نرم‌افزار تحلیلی آباکوس نسخه ۱۶ تحلیل گردید. در روند تحلیل از زلزله منجیل استفاده شد. با تحلیل این سازه با بهره‌جویی از فاکتورهای تنش، ترک‌خوردگی و تغییر مکان نقطه‌های ضعف سازه مشخص گردید و در پایان با استفاده از پوشش الیاف FRP در نقطه‌هایی که بیشترین ترک‌خوردگی و بیشترین تمرکز تنش و جابه‌جایی را داشتند، سازه تقویت شد.. مشخص گردید بیشترین آسیب مربوط به نواحی بازشو و طاق‌های مسجد و همچنین پای ستون‌ها می‌باشد و کمترین آسیب مربوط به محل اتصال تیر و ستون و نواحی میانی تیرها و ستون‌ها است. با استفاده از این الیاف به تقویت این نقطه‌ها پرداخته شد و نتایج قابل قبولی به دست آوردیم.

واژه‌های کلیدی

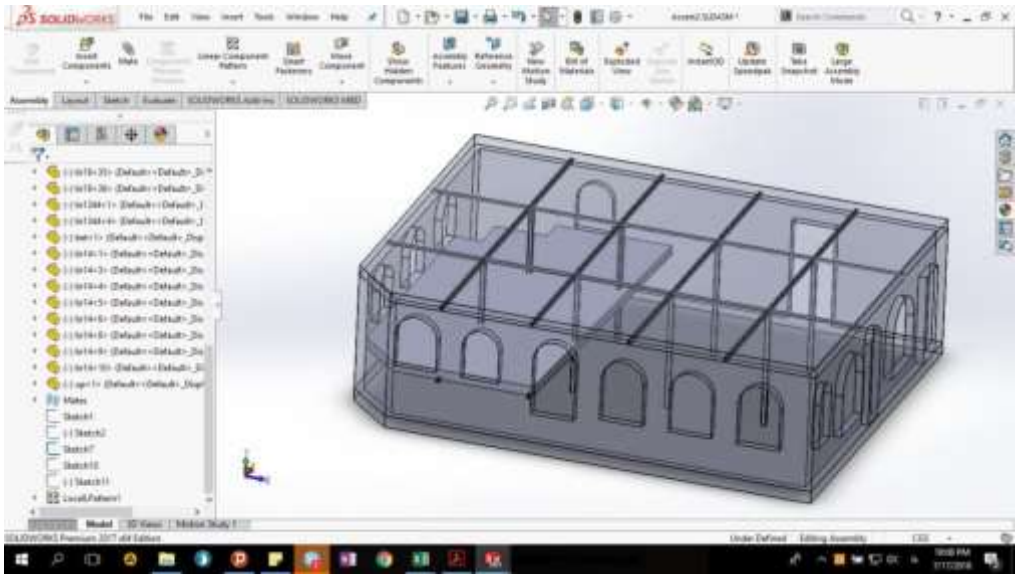
بهسازی،مسجد،زلزله منجیل،الیافFRP،مصالح بنایی

---

[1] solidworks

۱. الگو موردمطالعه

در این مطالعه سعی شده است تا با بررسی یک سازه بنایی که درواقع یک مسجد واقع در بجنورد بخش مرکزی – دهستان بدرانلو روستای تاتار به راهکارهای تقویت این سازه با استفاده از الیاف کربن بپردازیم. در این فصل با کمک نرم‌افزار تحلیلی المان محدود آباکوس سعی شده نقطه‌های ضعف دیوارهای بنایی کارشده با آجر و خشت و همچنین نقطه‌های ضعف قاب سازه موردبررسی قرار گیرد. در شکل ۱ الگو موردمطالعه نمایش داده‌شده است. شکل (۱)



شکل۱. نمای سه‌بعدی از سازه موردمطالعه

در این الگو قاب سازه از نوع فلزی بوده و متشکل از آی پی دوبل ۱۴و۱۸ می‌باشد. سازه در یک طبقه همکف و یک نیم‌طبقه بناشده است. پی سازه از نوع شفته و آهک بوده و ما با استفاده از سختی فنر سختی خاک موردمطالعه که از گونه II بوده را الگو می‌کنیم.

۲. اعتبار سنجی

در این مطالعه به جهت افزایش اعتبار علمی کار بر آن شدیم که ابتدا کار پیش رو را با استفاده از یک مقاله درستی سنجی نماییم. در مطالعه چاوشان و همکاران با عنوان بررسی رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های بنایی و مقاوم‌سازی آن‌ها با استفاده از کامپوزیت‌های کربن ازآنجایی‌که این کار با یک الگو آزمایشگاهی مقایسه گردیده است نشان می‌دهد کامپوزیت‌های کربن تأثیر بسزایی در افزایش ظرفیت باربری جانبی ،افزایش بار ترک، افزایش شکل‌پذیری و بهبود رفتار داخل صفحه دیوارهای بنایی غیرمسلح دارد. در این بخش با استفاده از یک بخش از دیوار بنایی به درستی سنجی می‌پردازیم[1] .

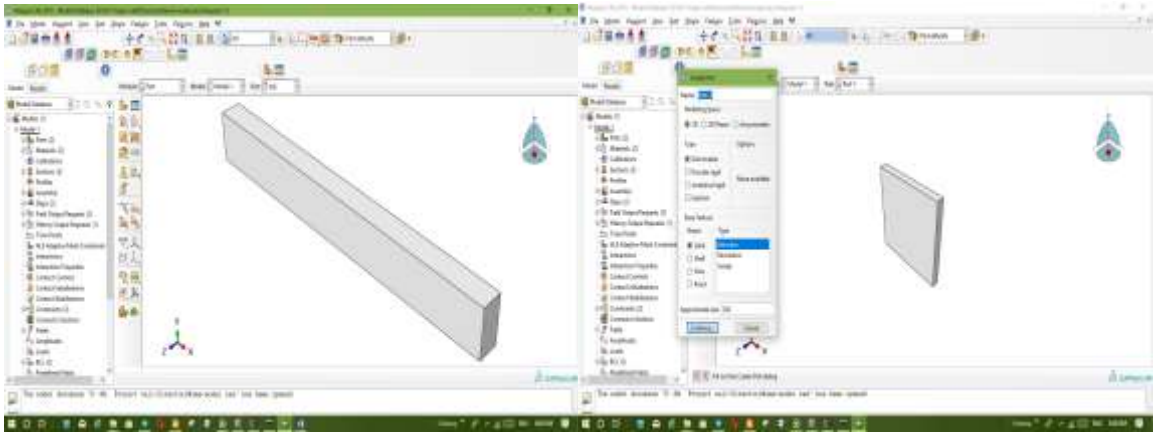
۱.2. تعریف مصالح و ویژگی‌ها

ویژگی‌های هندسی الگو درستی سنجی در جدول زیر ارائه‌شده است. جدول (۱)

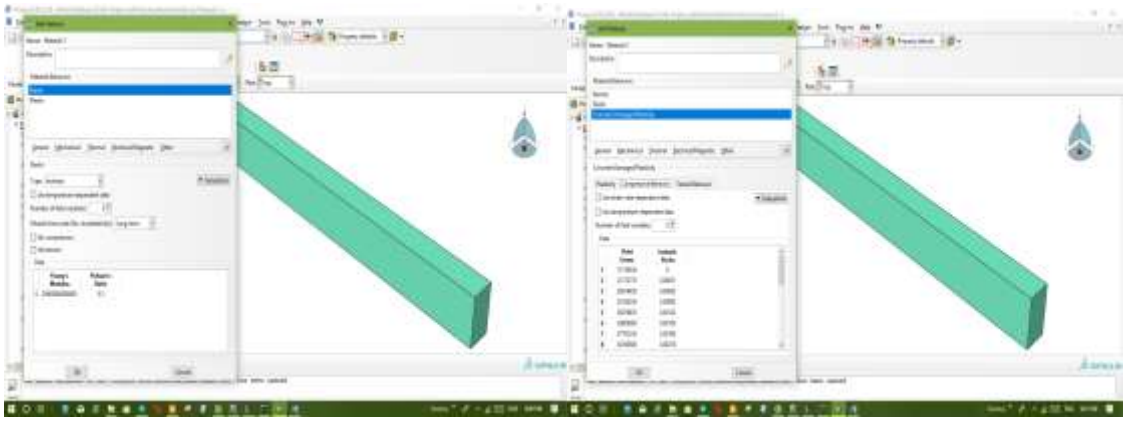
جدول۱. ویژگی‌های هندسی درستی سنجی

ارتفاع دیوار	۳.۲ متر
عرض دیوار	۳ متر
ضخامت دیوار	۰.۳ متر
ابعاد ستون بالاسری	۰.۱۵ متر

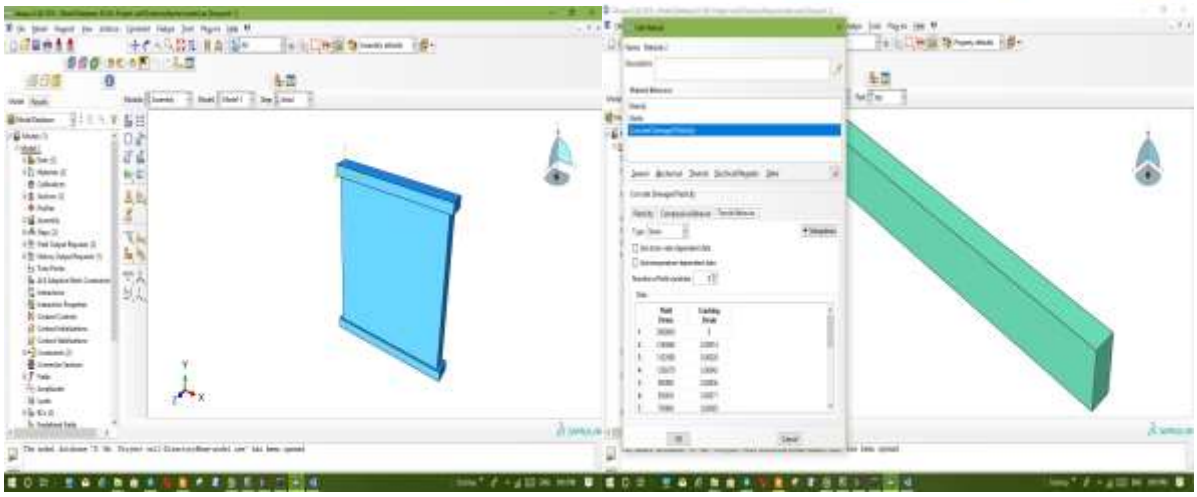
شکل‌های (2 تا 4) مراحل تعریف کردن مصالح و مشخص کردن قید دیوار را نشان می‌دهد:



شکل2. مراحل تعریف کردن مصالح و مشخص کردن قید دیوار



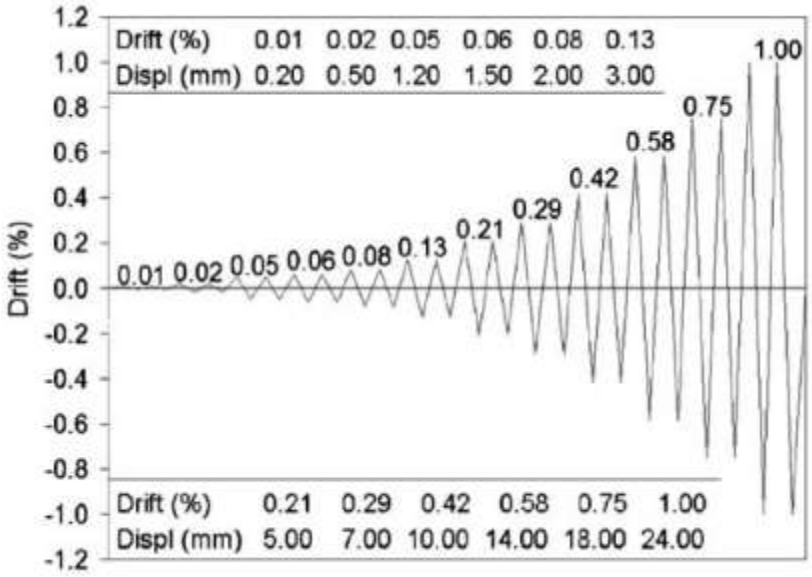
شکل3. مراحل تعریف کردن مصالح و مشخص کردن قید دیوار



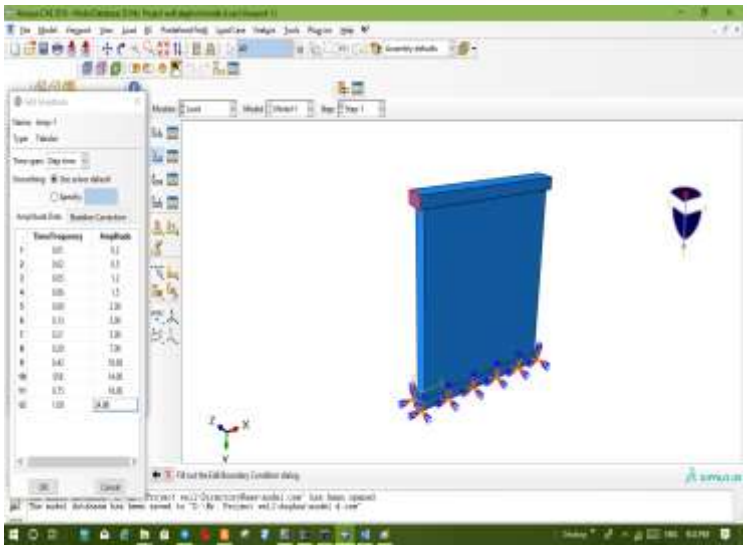
شکل4. مراحل تعریف کردن مصالح و مشخص کردن قید دیوار

2.2. نحوه اعمال شتاب‌نگاشت

در این وارسی با اعمال شتاب‌نگاشت به‌صورت افزاینده به انجام تحلیل می‌پردازیم. شکل(۵)نشان‌دهنده این اعمال شتاب می‌باشد. همچنین محل اعمال بار نیز در شکل(۶) نمایش داده‌شده است.



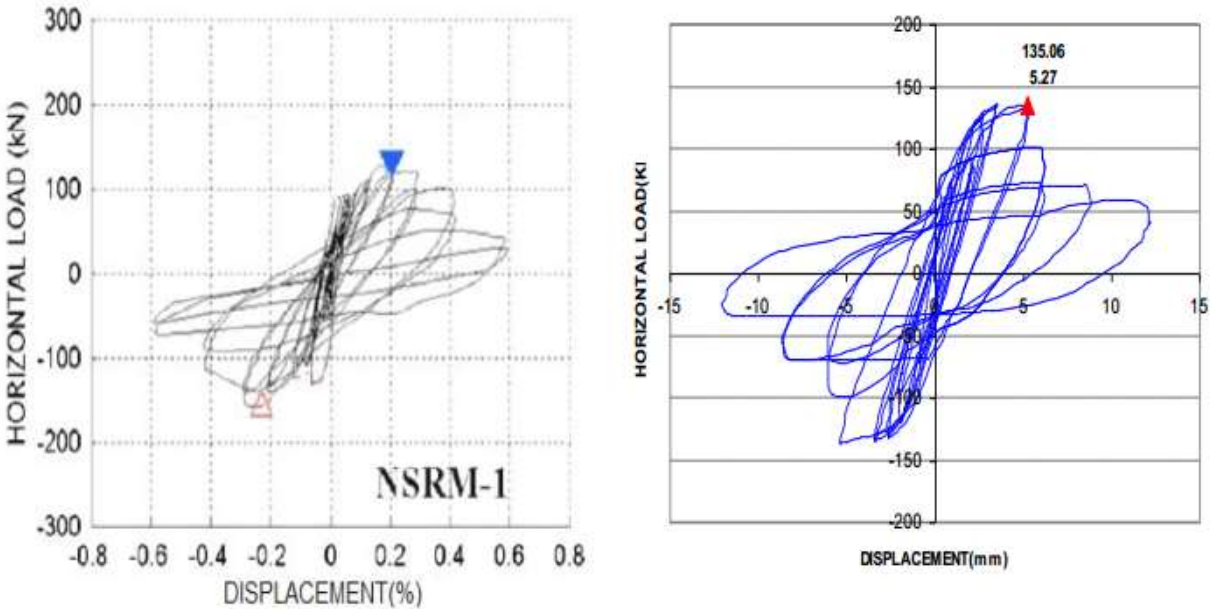
شکل۵. شتاب‌نگاشت افزاینده



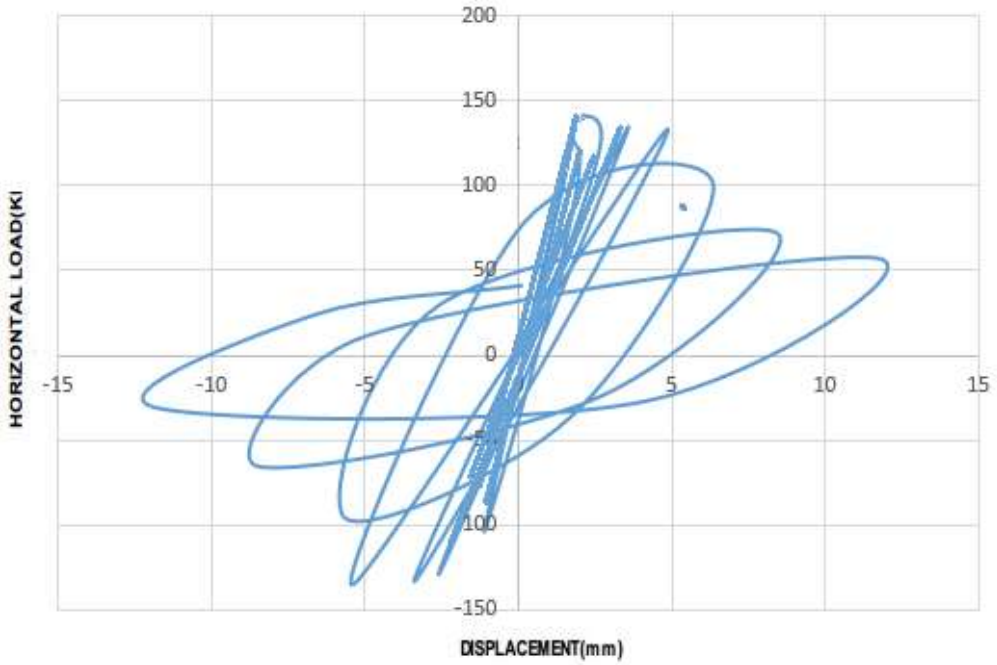
شکل۶. محل اعمال بار زلزله

3.۲. مقایسه منحنی هسترزیس

در بخش اعتبار سنجی با استفاده از مقایسه منحنی‌های هیسترزیس حاصل از تحلیل نرم‌افزار و منحنی قابل‌مقایسه مقاله مورد ارجاع به این موضوع می‌پردازیم و منحنی بار - تغییر شکل (نیرو – جابجایی) یک قاب تحت اثر بار رفت‌وبرگشت را منحنی هستزیس می‌گویند. این منحنی بیانگر رفتار غیرخطی یک سیستم می‌باشد و اطلاعات مهمی درباره شکل‌پذیری، مقاومت، انرژی پذیری و رفتار یک سازه در اختیار قرار می‌دهد. در این وارسی با مقایسه دو نمودار مشخص شد که اختلاف کمتر از ۷ در صد می‌باشد که نتیجه قابل قبولی می‌باشد. شکل‌های (7و۸) مقایسه این دو نمودار را نشان می‌دهند.



شکل۷. نمودار تغییر مکان - نیرو مقاله مرجع



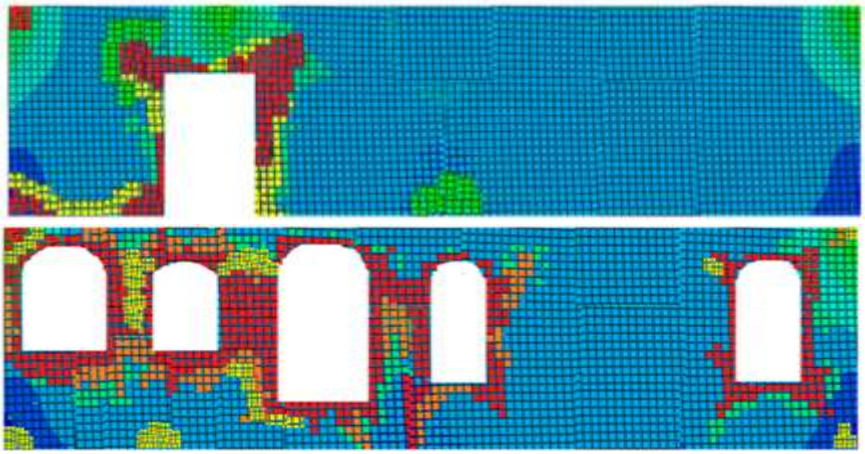
شکل۸. نمودار تغییر مکان – نیرو الگو موردمطالعه

3. وارسی سازه با شتاب‌نگاشت زلزله منجیل

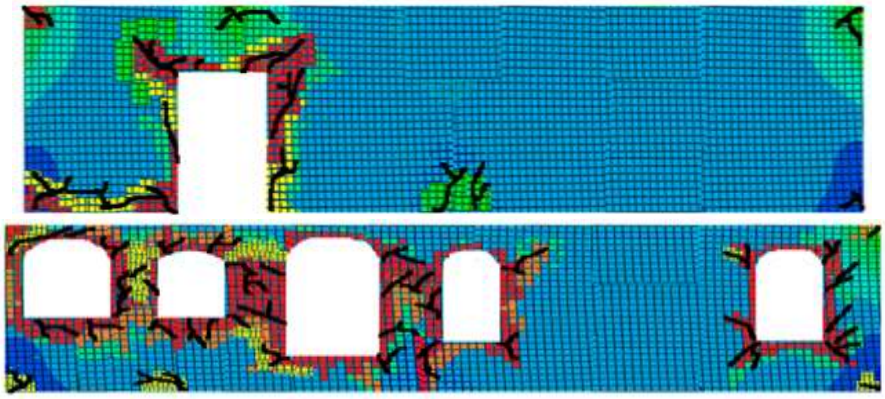
در این بخش با توجه به پارامترهای مربوط به شکست و آسیب سازه کنتور تنش،ترک‌خوردگی،و تغییر مکان برای دیوارها و قاب سازه(اسکلت)به‌صورت مجزا از نرم‌افزار خروجی گرفته‌شده تا نقطه‌های آسیب‌پذیر سازه مشخص گردد.در این راستا سه شتاب‌نگاشت گوناگون زلزله منجیل،حوزه دور و حوزه نزدیک در نظر گرفته‌شده است تا نتایج دقیق‌تری از محل‌های با بیشترین آسیب تا محل‌های با کمترین آسیب مشخص گردد.

1.3 وارسی دیوارها

در این وارسی سه کنتور تنش، ترک و تغییر مکان مشخص می‌شود که بیشترین تنش در اطراف بازشوها با مقدار ۲۰ مگاپاسکال و همچنین بیشترین مقدار جابجایی هم در همین موقعیت با مقدار ۰.۱۴ متر صورت می‌گیرد. با وارسی کنتور ترک‌خوردگی به‌صورت دقیق‌تر می‌توان گفت ناحیه‌ای که بیشترین آسیب را می‌بینند در اطراف بازشوها و طاق‌ها می‌باشد در شکل‌های (۹ و۱۰) کنتورهای تنش و ترک خورگی نمایش داده‌شده است.

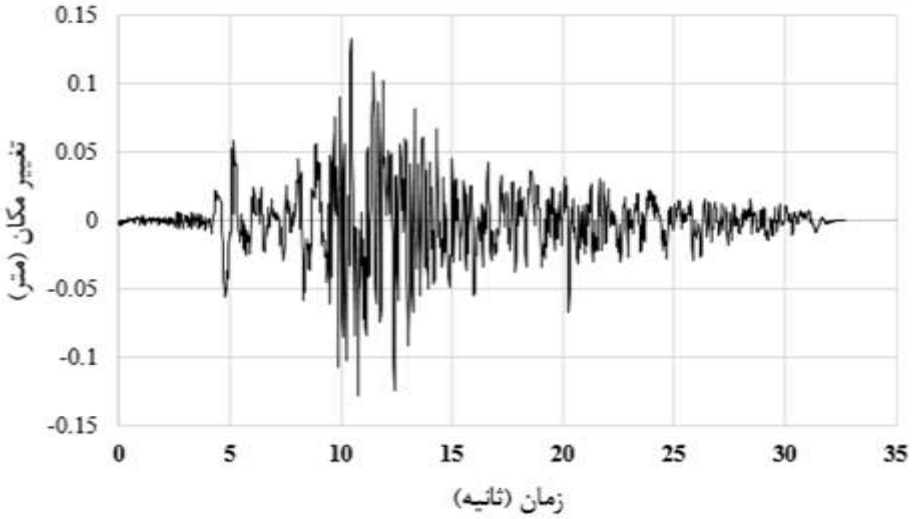


شکل۹. کنتور تنش تحت رکورد زلزله منجیل

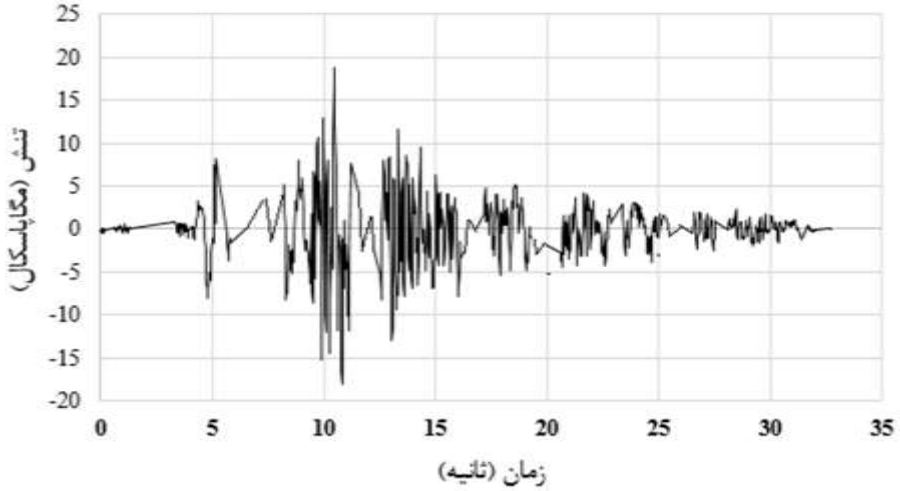


شکل۱۰. ترک‌خوردگی تحت رکورد زلزله منجیل

همچنین با وارسی نمودار تغییرات تنش و تغییر مکان در زمان مشخص می‌شود این دو مؤلفه متناسب با یکدیگر تغییر می‌کنند. بیشترین تغییر مکان در زمان ۱۰ ثانیه و بیشترین مقدار تنش نیز در همان زمان رخ می‌دهد. شکل‌های زیر این وارسی را نشان می‌دهد. شکل (۱۲,۱۱)



شکل۱۱. تغییر مکان در رویداد زلزله منجیل

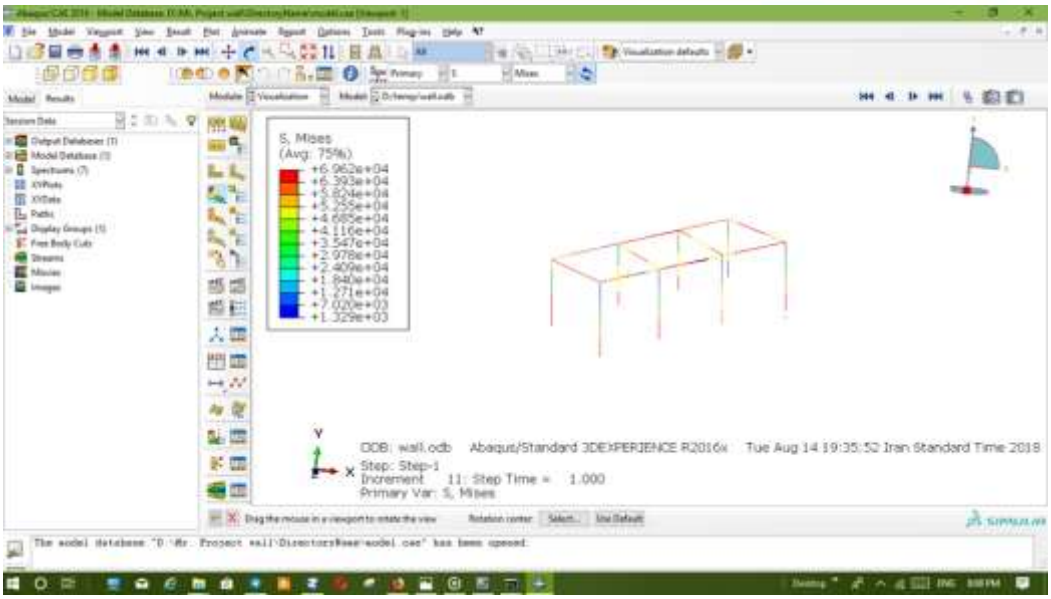


شکل ۱۲. تغییرات تنش ماکزیمم زلزله منجیل

2.3 وارسی قاب سازه

در این بخش به وارسی قاب سازه که اسکلت فلزی است می‌پردازیم. در این وارسی اثر نیروی زلزله و نیروهای وارد برسازه همچون وزن، بار برف، و بار باد مورد تحلیل واقع می‌شود. شتاب‌نگاشت زلزله منجیل را به سازه اعمال می‌کنیم و بخش‌هایی که شامل دستخوش بیشترین تمرکز تنش و همچنین بیشترین دستخوش جابجایی یا تغییر مکان می‌شوند را مشخص می‌کنیم.

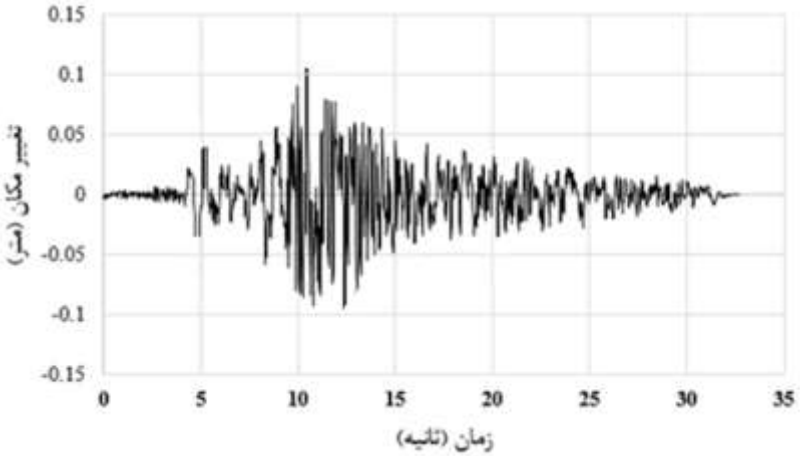
در شکل (13) تغییرات تنش بر روی کل قاب نشان داده‌شده است.



شکل13. تغییرات تنش در قاب در رویداد زلزله منجیل

در این شکل همان‌طور که مشاهده می‌شود بخش‌هایی که رنگ قرمز دارند نقطه‌های حساسی هستند که بیشترین تمرکز تنش در این نقطه‌ها است. بیشترین مقدار تنش در همه ستون‌ها در پای ستون اتفاق افتاد ه که مقدار آن ۰.۰۶ مگاپاسکال می‌باشد. دلیل این امر می‌تواند نبود پی‌ریزی مناسب و وجود شفته‌آهک به‌عنوان پی باشد. همچنین تیرها نیز دستخوش تغییرات تنش در قاب می‌شوند.نکته جالب و قابل‌توجه این است که در نقطه‌های اتصال تیر و ستون تغییرات تنش کمتر به چشم می‌خورد.

در ادامه به وارسی نمودار تغییرات مکان برحسب زمان رویداد زلزله منجیل می‌پردازیم. این نمودار نشان می‌دهد بیشترین تغییر مکان ۱۱ سانتی‌متر و مربوط به زمان ۱۱ ثانیه می‌باشد. شکل زیر این نمودار را نشان می‌دهد. شکل (۴-۱۴)



شکل ۱۴. تغییر مکان در رویداد زلزله منجیل

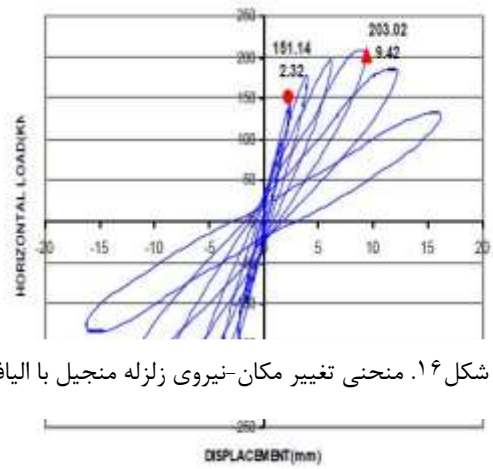
4. وارسی تغییر مکان‌های سازه فوق با الیاف FRP در زلزله منجیل:

با اعمال شتاب‌نگاشت زلزله منجیل به سازه فوق وارسی‌های تحلیل‌ها نشان داد میزان جابجایی‌ها و تمرکز تنش و همچنین فاکتور ترک‌خوردگی به میزان ۳۰٪ کاهش پیداکرده است. همچنین با افزایش و کاهش میزان ضخامت لایه الیاف FRP به این نتیجه رسیدیم که

در صورت افزایش بی‌رویه ضخامت این لایه دیوار بنایی رفتاری ترد مانند از خود نشان داده و باعث آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به حالت بدون الیاف دارد. همچنین استفاده از الیاف به‌صورت افقی شکل‌پذیری و انرژی پذیری دیوار را زیاد می کند و می‌تواند تمام مدهای گسیختگی را به تأخیر بی اندازد.

شکل‌های (۱۵و۱۶) کاهش ترک‌خوردگی و همچنین کاهش جابجایی را نسبت به حالت بدون الیاف نشان می‌دهند:

شکل۱۵. منحنی تغییر مکان-نیروی زلزله منجیل بدون الیافFRP



شکل۱۶. منحنی تغییر مکان-نیروی زلزله منجیل با الیافFRP

5. نتیجه گیری

با وارسی‌های انجام‌شده در این فصل با تحلیل دینامیکی غیرخطی در سازه فوق که مسجدی است با سازه بنایی ساخته‌شده در حدود ۳۰ سال پیش، به این نتیجه رسیدیم که بیشترین تغییرات تنش و بیشترین تغییرات جابجایی و ترک‌خوردگی در حوزه زلزله منجیل در نقطه‌های اطراف بازشوها و در نقطه‌های اطراف طاق‌های موجود در سازه و همچنین در پای ستون‌های، نقطه‌های اتصال به پی و همچنین کمترین میزان تغییرات تنش و جابجایی و ترک‌خوردگی مربوط به نقطه‌های اتصال تیر و ستون در قاب سازه می‌باشد. بنابراین با در نظر گرفتن این‌که قاب سازه دست‌خوش تغییرات زیادی در این تحلیل‌ها نمی‌شود، یا نسبت به دیوار این تغییرات بسیار کمتر است، بر آن شدیم تا با تقویت دیوارهای بنایی سازه فوق با استفاده از پوشش الیاف FRP به تقویت این سازه بپردازیم و جابجایی را در این بخش از سازه به حداقل برسانیم. با وارسی‌ها و تحلیل‌های متعدد به این نتیجه رسیدیم که استفاده از این نوع الیاف به‌صورت افقی و باضخامت میانگین ۱/۳ میلی متر بهترین عملکرد در شکل‌پذیری و افزایش انرژی پذیری سازه را دارد. همچنین بهترین عملکرد دیوار با استفاده از پوشش این الیاف با کاهش ۳۰٪ جابجایی در زلزله منجیل اتفاق می‌افتد.

منابع

[1] چاوشان، محمود، قلعه‌نوی، منصور و ناصری، حمیدرضا. (1391)، بررسی رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های مصالح بنایی و مقاوم‌سازی آن‌ها با کامپوزیت‌های CFRP، اولین اجلاس منطقه‌ای مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه آزاد واحد قزوین.

[2] جمالی، محمد. (۱۳۹۴)، بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های مصالح بنائی با استفاده از دیوار برشی بتنی مطالعه موردی: ساختمان ۲ طبقه مدارس کشور (پایان‌نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد

[3] تکیه خواه، سوما. (۱۳۹۴)، مروری برالگوهای بهسازی رفتار لرزه‌ای مدارس یا مصالح بنایی و خشتی، کد مقاله: CIV-66-1020 .

[4] S. Marzban & et al. (2012), Seismic performance of reinforced concrete shear wall frames considering soil-foundation- structure interaction, *wiley online library*.

[5] Lotfi H.R., ‘’Interface model applied to fracture of masonry structures’’, Journal of structural Engineering, ASCE, (1994) 63-80.

[6] Gambarotta L., Lagomansino S., ‘’Damage Modeling Models for the Seismic Respondse of Brick Masonry Shear Walls. Part II: The Continuum Model and its Applications’’, Earthguake Eng, and structural Dynamics, 441-462.