

بررسی چیدمان میلگرد بر شکل پذیری دیوار برشی بتنی با شبیه سازی اجزا محدود

ابراهیم کوچکی^{۱*}، آرش سیاری^۲

- ۱- کارشناس ارشد عمران سازه، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی عمران، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران

پست الکترونیکی نویسندگان:

۱- e.kouchaki@iausdj.ac.ir

۲- Sayari@iausdj.ac.ir

چکیده:

در این مطالعه به بررسی چیدمان میلگرد بر شکل پذیری دیوار برشی بتنی با نرم افزار آباکوس پرداخته شده است. مدل‌های ساخته شده با در نظر گرفتن زاویه های مختلف آرماتور در دو حالت کوتاه و بلند به ترتیب با ارتفاع ۲.۵ و ۴.۵ متر مدلسازی گردیده و تحت بار پوش آور و هفت رکورد زلزله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان دادند که در حالت مقایسه شکل پذیری، سختی و ظرفیت باربری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه و بلند با زاویه های مختلف آرماتور تا زاویه ۷۵ درجه روند کاهشی داشته و با افزودن آرماتورهای قطری به مدل موجب افزایش شکل پذیری، سختی و ظرفیت باربری می گردد. تحت بار پوش آور بیشترین مقدار تنش در پای دیوار برشی بوده و در حالت رکوردهای زلزله نواحی کناری و گوشه های دیوار برشی بتنی دارای بیشترین مقدار تنش می باشد.

واژگان کلیدی:

دیوار برشی بتنی، زاویه آرماتور، شکل پذیری، سختی، ظرفیت باربری.

* ابراهیم کوچکی، کارشناس ارشد عمران سازه، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.
ایمیل: e.kouchaki@iausdj.ac.ir (نویسنده مسئول مقاله)

Investigating the arrangement of rebars on the ductility of concrete shear wall with FEM simulation

A. koochaki^۱, A. Sayari^۲

۱- Department of civil engineering, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

۲- Department of civil engineering, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

Abstract:

The structural system of a concrete bending frame is a common system in most seismic areas and is sometimes combined with braces or shear walls. Iran is considered an earthquake-prone country in the world, where shear walls are widely used in concrete structures. Shear walls are considered to be one of the main earthquake-resistant members in concrete buildings; therefore, the actual performance and behavior of these walls is of interest to engineers and designers. In this study, the effect of rebar arrangement on the ductility of concrete shear walls was investigated by simulating finite elements using Abaqus software. For this purpose, the models made by considering different angles of reinforcement in two cases of short and long concrete shear walls with height of ۲,۵ and ۴,۵ meters respectively, were modeled and analyzed under bearing load and seven earthquake records. The results showed that when comparing the ductility, stiffness, and bearing capacity for short and long concrete shear wall models with different reinforcement angles up to ۷۵°, there is a decreasing trend, and adding diagonal reinforcements to the model increases the ductility, stiffness, and bearing capacity. In addition, under the bearing load, the highest von Mises stress occurred at the foot of the shear wall, and in the case of earthquake records, the side areas and corners of the concrete shear wall had the highest von Mises stress. In the case of the stress contour for short walls with ۱۵°, ۴۵°, and ۹۰° reinforcement angles under a drift load of ۱%, it was observed that with an increase in the reinforcement angle, the stress value in the wall first increased and then decreased. In the case of the stress contour for the short walls with reinforcement angles of ۱۵°, ۴۵°, and ۹۰° under a drift load of ۲%, the amount of stress in the wall increased with an increase in the angle of the reinforcement.

Keywords: Concrete shear wall, reinforcement angle, ductility, hardness, bearing capacity.

۱ - مقدمه و تاریخچه تحقیقات

یکی از سیستم‌های مناسب برای مقابله با نیروهای جانبی مؤثر بر یک سازه (اثر باد یا زلزله) استفاده از دیوار سازه‌ای برشی است. اثر زلزله بر ساختمان‌ها از سایر اثرات وارد بر آنها کاملاً متفاوت است. نیروهای ناشی از زلزله به مراتب شدیدتر و پیچیده‌تر از سایر نیروهای مؤثر هستند. عناصر مقاوم در مقابل نیروهای فوق شامل قاب خمشی، دیوار برشی یا ترکیبی از آن دو هستند. از لحاظ برتری می‌توان گفت که دیوار برشی اقتصادی‌تر از قاب است. این دیوارها قسمت عمده‌ی نیروهای جانبی وارد بر سازه و برش‌های حاصل از آن را جذب می‌کنند دیوارهای برشی در حقیقت دیوارهای بتن آرمه‌ای هستند که از سختی داخل صفحه‌های بسیار زیادی برخوردار می‌باشند. رفتار دیوارهای برشی مشابه رفتار تیرهای طره‌ای می‌باشد. علت نامگذاری اینگونه دیوارها به نام دیوارهای برشی این است که عمده برش ناشی از نیروهای جانبی وارد بر سازه را تحمل کرده و به زمین منتقل می‌نمایند. با وجود آنکه نام این دیوارها برشی است اما رفتار آنها مشابه تیرهای طره رفتار خمشی می‌باشد. در دیوارهای برشی با نسبت ارتفاع به عرض کوچک، برش بیش از خمش حائز اهمیت می‌گردد و رفتار به سمت رفتار برشی متمایل میشود. در مقابل با افزایش نسبت ابعادی در اینگونه دیوارها رفتار به سمت رفتار خمشی متمایل میگردد اجزای سازه‌ای در جریان اعمال بارهای ثقلی و جانبی در اغلب موارد با ورود به ناحیه ی رفتار پلاستیک و بوجود آمدن مفصل پلاستیک، کمبود ظرفیت مقاومت خود را جبران میکنند. فلسفه آرماتور گذاری در دیوار برشی بتن آرمه با توجه به نوع کارکرد دیوار برشی به عنوان المان باربر جانبی می‌باشد به صورتی که در دیوارهای برشی که در آن عملکرد به صورت خمشی می‌باشد میلگرد گذاری متفاوتی متصور است و همچنین در دیوارهای برشی که عملکرد آن به صورت برشی می‌باشد میلگرد گذاری متفاوتی تجویز شده است در این پژوهش بناست که نوع متفاوت آرماتور گذاری در دیوار برشی به شکلی که تاکنون مورد بررسی پژوهشگران نبوده، مورد بررسی و ارزیابی عددی قرار گیرد. با توجه به اینکه سیستم دیوار برشی بتنی یک سیستم رایج باربر جانبی

محسوب می‌شود تحقیقات در این زمینه بسیار وسیع و پر شمار است. آنچه عامل تمایز این تحقیق نسبت به سایر تحقیقات قبلی عبارت است از تمرکز پارامتر شکل پذیری که در قالب چیدمان متفاوت میلگرد نسبت به تحقیقات پیشین نمایان می‌باشد.

راونجیان^۲ و همکاران به بررسی دیوارهای برشی بتنی با بتن سبک در حالات قرار گیری متفاوت میلگردهای جان بوده است. در مقاله چهار مدل دیوار برشی با بتن سبک مورد مطالعه قرار گرفته به صورتی که در مدل اولیه چینش مرسوم آرماتور در دیوار برشی را داشته و در مدل های دیگر با اضافه شدن میلگرد قطری در دیوار با دو تراکم متفاوت و همچنین در مدل دیگر به صورت اضافه شدن میلگرد قطری به انتهای دیوار بوده است [۱].

نگوین^۳ و همکاران در سال ۲۰۱۷ به بررسی و مدل سازی عددی دیوار برشی کامپوزیت بتنی به همراه ورق های فولادی پرداختند. در این پژوهش که شکست دیوار به صورت آزمایشگاهی هم مورد اعتبار سنجی قرار گرفته است محل ها و الگوی آسیب دیوارها بررسی شده است در نهایت شاخص های آسیب در این دیوار ها بررسی شده است [۲]. رضاپور^۴ و همکاران به مدل سازی دیوارهای کوبله برشی بتنی به روش المان محدود ماکروسکوپیکی پرداختند. در این بررسی که از المان های متفاوت المان محدودی استفاده شده است دیوار برشی کوبله با سه تیر با با متغیر بودن نوع اتصال تیر با سختی متفاوت مدل سازی شده اند و رفتار خمشی برشی آنها به صورت غیر خطی بررسی گردید در این پژوهش مود های جابه جایی نیز به دست آمد و تحت بارهای چرخه ای بررسی گردید [۳].

سوارز^۵ و همکاران پاسخ دیوارهای برشی ترکیبی آلیاژ حافظه دار (SMA^۶) فولاد حاوی SMA فوق الاستیک نیکل-تیتانیوم به عنوان تقویت کننده جایگزین در ناحیه مفصل پلاستیکی با استفاده از مدل سازی المان محدود غیرخطی مورد بررسی قرار دادند. سیستم دیوار هیبریدی باعث ارتقای خود محوری و کاهش قابل توجه تغییر شکل های دائمی می شود. دو نوع دیوار برشی بتنی مسلح شده با فولاد معمولی برای یک ساختمان اداری ۱۰ طبقه با توجه به استاندارد طراحی فعلی بتن کانادا، با فرض دو سناریو طراحی لرزه‌ای

^۵ Soares

^۶ Shape Memory Alloy

^۲ Raongiant

^۳ Nguyen

^۴ Rezapour

و ارتجاعی نمونه‌ها قبل از نسبت دریافت ۲٪ داشت. افزایش نسبت جایگزینی RCA کمی نیروی جانبی نمونه‌ها را تحت همان نسبت دریافت کاهش داد، اما دیوارها عملکرد ارتجاعی رضایت‌بخشی را نشان دادند. علاوه بر این، مدل‌های المان محدود در ABAQUS ایجاد شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که نتایج آنالیز عددی با نتایج آزمایش تطابق خوبی دارد [۵].

میاو^{۱۰} و همکاران به تأثیر نسبت دهانه برشی و نسبت آرماتور قائم بر شکست دیوارهای برشی بتنی با هندسی مشابه پرداختند. در ابتدا مدل آزمایشگاهی با مدل‌سازی عددی تأیید شد. سپس اثرات نسبت دهانه برشی و نسبت آرماتور قائم بر خواص مکانیکی دیوارهای برشی بتنی با اندازه‌های سازه‌های مختلف با استفاده از این روش بررسی شد. نتایج نشان داد که حالت شکست دیوارهای برشی با افزایش نسبت دهانه برشی از شکست برشی به شکست خمشی تغییر می‌کند. با افزایش نسبت دهانه برشی، ظرفیت برشی دیوار برشی کاهش یافته و شکل پذیری افزایش می‌یابد که منجر به تضعیف اثر اندازه می‌شود. افزایش نسبت آرماتور قائم افزایش جزئی در ظرفیت برشی دیوار برشی دارد اما تقریباً تأثیری بر شکل پذیری و اثر اندازه ندارد [۶].

چنگ^{۱۱} و همکاران در مطالعه‌ای رفتار لرزه‌ای دیوارهای باریک بتن مسلح پیش‌تنیده با پایه کوتاه^{۱۲} را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، سه دیوار پایه کوتاه با نسبت ابعادی بالا ۲.۰ برای الگوهای بارگذاری مختلف، از جمله نیروهای محوری ثابت و نیروهای محوری متغیر، همراه با بارگذاری برشی چرخه‌ای مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد که حالت‌های شکست با الگوهای بارگذاری از جمله شکست خمشی-برشی (کشش محوری ثابت همراه و بار برشی چرخه‌ای)، شکست فشاری برشی (فشار محوری ثابت همراه و بار برشی چرخه‌ای)، و شکست خمشی (نیروهای محوری متغیر همراه و بارگذاری برشی چرخه‌ای) متفاوت است. نیروهای محوری متغیر منجر به کاهش مقاومت کششی-برشی نرمال شده و مقاومت فشاری-برشی دیوارهای پایه کوتاه به ترتیب ۸.۵٪ و ۹.۱٪ و کاهش نسبت نهایی کشش برشی ۳۵٪ شد. نسبت دریافت نهایی دیوارهای

مجزا، طراحی شد. یک دیوار برشی با شکل پذیری متوسط برای یک منطقه لرزه خیز متوسط در شرق کانادا طراحی شده است، در حالی که یک دیوار برشی شکل پذیر برای یک منطقه لرزه‌ای بالا در غرب کانادا طراحی شده است. معادل، دیوارهای برشی بتن مسلح SMA فولاد هیبریدی، به دنبال طراحی دو دیوار برشی معمولی، از نظر هندسه و طرح آرماتور تعریف شد. مدل‌های المان محدود دو بعدی در مقیاس کامل برای ارزیابی واکنش‌های فشاری و هیسترتیک دیوارها توسعه داده شد. شباهت در سطح مقطع دیوار و ظرفیت نیروی تسلیم فولاد و آرماتور SMA امکان مقایسه بین دیوارها از جمله مقاومت، سختی، نیروی محوری و ظرفیت‌های اتلاف انرژی را فراهم می‌کند. نتایج نشان‌دهنده مقاومت جانبی و ظرفیت‌های جابجایی مشابه و ظرفیت ترمیم برتر دیوارهای تقویت‌شده با SMA در مقایسه با دیوارهای تقویت‌شده با فولاد است. علاوه بر این، یک مطالعه اولیه برای بررسی اثر طول میله SMA در دیوار شکل‌پذیر به دلیل تمرکز آسیب در نزدیکی پایه دیوار انجام شد. طول‌های مربوط به تقریباً ۵۰٪ و ۲۰٪ از طول SMA اصلی در نظر گرفته شد [۴].

ژانگ^۷ و همکاران در مطالعه‌ای آزمایشگاهی و تحلیل عددی عملکرد لرزه‌ای دیوارهای برشی ارتجاعی با استفاده از بتن سنگدانه بازیافتی با مقاومت بالا را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از آرماتورهای با مقاومت فوق‌العاده بالا (UHSB^۸) به‌طور ابتکاری در دیوارهای برشی بتن بازیافتی با مقاومت بالا (RAC^۹) برای دستیابی به عملکرد ارتجاعی اعمال شد. به منظور بررسی عملکرد ارتجاعی و لرزه‌ای دیوار برشی، پنج نمونه با نسبت دهانه برشی ۲.۲ تحت بارگذاری چرخه‌ای مورد آزمایش قرار گرفتند. متغیرها همچنین شامل نوع تقویت طولی در عناصر مرزی، وجود پوشش ضد خوردگی در UHSB و نسبت جایگزینی سنگدانه درشت بازیافتی (RCA) بودند. نتایج نشان داد که استفاده از UHSB در المان‌های مرزی به‌طور قابل توجهی باعث بهبود سختی ثانویه و کاهش جابجایی و عرض ترک در دیوارهای برشی شد. پوشش ضد خوردگی مقاومت بین UHSB و RAC را کاهش داد، اما تأثیر ناچیزی بر عملکرد لرزه‌ای

^{۱۰} Miao

^{۱۱} Cheng

^{۱۲} Slender prestressed reinforced concrete short-leg walls

^۷ Zhang

^۸ Ultra-high strength bars

^۹ Recycled aggregate concrete

پایه کوتاه از ۱.۸٪ تا ۳.۷٪ متغیر بود. نیروهای محوری متغیر حداکثر عرض ترک را در دیوارهای پایه کوتاه افزایش ندادند، اما به وضوح انرژی انباشته شده دیوارهای پایه کوتاه را کاهش دادند زیرا شکل منحنی‌های هیستریک را تغییر دادند. در نهایت، یک مدل المان محدود از دیوارهای پایه کوتاه توسعه داده شد [۷].

چنگ^{۱۳} و همکاران در مطالعه تجربی به بررسی تحلیل مکانیزم عملکرد لرزه ای خارج از صفحه دیوارهای برشی بتن مسلح پرداختند. اثرات پارامترهایی مانند نسبت فشار محوری، ضخامت دیوار، نسبت ارتفاع به عرض و عیار بتن بر عملکرد لرزه ای درون صفحه و خارج از صفحه در سطح عضو در ترکیب با تحلیل پارامتر متغیر المان محدود مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در سطح سیستم سازه، تجزیه و تحلیل تاریخچه زمانی سازه های دیوار برشی ۲ قاب برای اثرات تک لرزه ای و توالی پس لرزه اصلی ایجاد شده و آسیب سازه از طریق حداکثر دریافت طبقه و چرخش ارزیابی می شود. نتایج نشان داد که عملکرد لرزه ای خارج از صفحه دیوارهای برشی به طور قابل توجهی ضعیف تر از عملکرد لرزه ای داخل صفحه با اختلاف ۲۰/۱ تا ۱۵/۱ برابر ظرفیت باربری که در آن ضخامت دیوار و نسبت ابعاد برابر است. هنگامی که دیوارهای برشی سازه در جهت خارج از صفحه تحت تأثیر لرزه ای قرار می گیرند، جهت خارج از صفحه آنها دچار تغییر شکل زیادی شده و آسیب به راحتی به خصوص در دیوار تک جهته با سازه کمتر رخ می دهد. در طراحی لرزه ای دیوارهای برشی باید از عملکرد لرزه ای داخل صفحه و خارج از صفحه اطمینان حاصل شود و ضخامت دیوار و نسبت ارتفاع به عرض دیوارهای برشی باید به طور منطقی کنترل شود [۸].

قاسمی نیا^{۱۴} و همکاران به بررسی پاسخ دیوارهای برشی بتنی با آرماتورهای تک و دولایه تحت بارگذاری سیکلی درون صفحه پرداختند. مطالعه تجربی شامل آزمایش دو دیوار برشی بتنی با درصد آرماتور یکسانی بود که به صورت تک لایه یا دو لایه تحت بارگذاری برشی سیکلی درون صفحه قرار گرفتند. هدف از آزمایش تجربی بررسی اثر جزئیات آرماتور بین پیکربندی تک لایه و دو لایه بود، در حالی که سایر پارامترهای ساختاری کلیدی مانند نسبت آرماتور،

مقاومت فشاری بتن، سطح بار محوری، نسبت ابعاد و ضخامت را حفظ کرد. نتایج تجربی نشان داد که دیوار برشی بتنی دولایه دارای مقاومت درون صفحه (حدود ۳۰٪) و شکل پذیری جابجایی (با حدود ۹.۷٪) نسبت به دیوار برشی بتنی تک لایه است [۹].

نظرگاه^{۱۵} و همکاران در مطالعه ای عددی به بررسی رفتار تیرهای بتنی تقویت شده با الیاف FRP^{۱۶} پرداختند. از طریق مقایسه نتایج عددی و تجربی، استفاده از مدل لغزش الیاف FRP و برای پیش بینی رفتار تیرهای بتنی مقاوم سازی شده بررسی شد. نتایج نشان داد که حداکثر تنش مجاز در سطح تماس FRP و بتن نقش مهمی در پیش بینی دقیق شکست جداسازی FRP دارد [۱۰].

سلمان^{۱۷} و نظر گاه با استفاده از آنالیز استاتیکی غیر خطی و استفاده از مدل سه بعدی انواع مختلفی از سازه های بتنی با هندسه های مختلف، مکانیکی متفاوت خواص، و جزئیات تقویت کننده مختلف مدل شد. اثرات پارامترهای مختلف در مورد پاسخ سازه های بتنی و CPU مورد نیاز زمان محاسبات مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۱]. نجم^{۱۸} و همکاران در مطالعه ای به بررسی رفتار عددی دیوار برشی کامپوزیتی هوشمند با استفاده از صفحه فولادی و بتن پرداختند. نمودار ها، رفتار شکست، استحکام نهایی، سختی اولیه و شکل پذیری مورد بررسی قرار گرفت. شکست های این مدل با افزایش ضخامت ورق فولادی پرکننده تا ۱۲ میلی متر باعث افزایش سختی و جذب انرژی به ترتیب با نسبت ۹۵٪ و ۵۸٪ گردید. همچنین با افزایش ضخامت دیوار بتنی به ۱۵۰ میلی متر شکل پذیری و جذب انرژی به ترتیب با نسبت ۵۲٪ و ۳۲٪ افزایش یافته است.

۲ - صحت سنجی

به منظور صحت سنجی در تحقیق پیشرو از مقاله رانجیان و همکاران [۱] که در سال ۲۰۰۹ مورد بررسی قرار گرفته است. در اعتبارسنجی نرم افزاری این تحقیق از مدل LW-۲ تحقیق رانجیان و همکاران استفاده شده است که مشخصات آن به صورت شکل (۱) می باشد. مدل شماتیک شبیه سازی شده در نرم افزار آباکوس در شکل (۲) نشان داده شده است.

^{۱۶} Fiber reinforced polymer

^{۱۷} Yeganeh-Salman

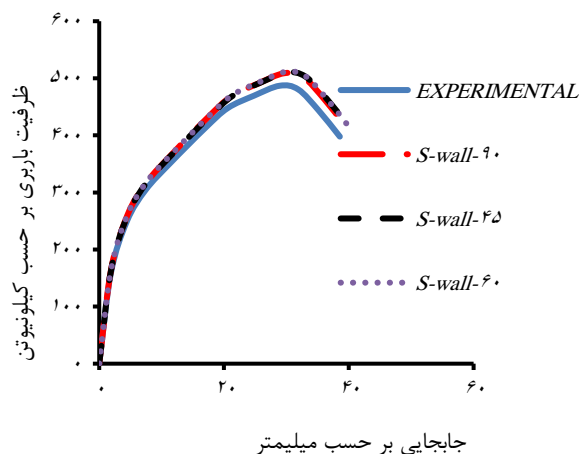
^{۱۸} Najm

^{۱۳} Cheng

^{۱۴} Ghasemini

^{۱۵} Lezgy-Nazargah

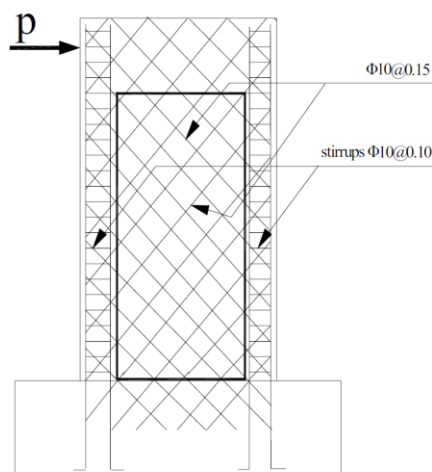
جابجایی و به صورت جابجایی بوده است نیروی متناظر با هر جا به جایی وارد شده که در نقطه فوقانی دیوار خوانش می شود به دست آمده است به طوری که با داده های به دست آمده منحنی ظرفیت ترسیم شده و با منحنی های منتشر شده در مقاله مقایسه شده است. مقایسه نمودار ظرفیت باربری - جابجایی در شکل (۳) نشان داده شده است. با بررسی نتایج ملاحظه می گردد که در حالت دیوار با آرماتور با زاویه ۹۰ با مدل آزمایشگاهی ۴.۵ درصد اختلاف داشته که این مقدار برای دیوار با زاویه ۴۵ درجه به ۴.۷ درصد می رسد.



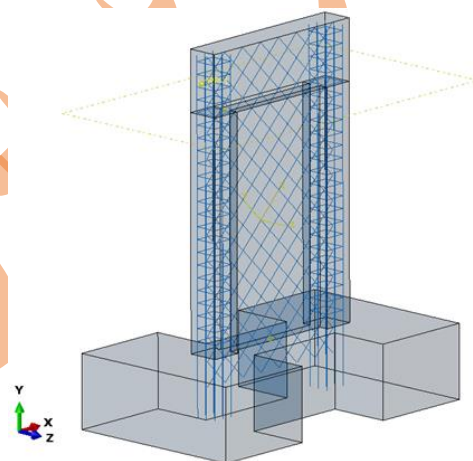
شکل ۳: مقایسه نمودار ظرفیت باربری- جابجایی در مدل LW-۲ و مدل‌های با زوایای مختلف آرماتور

۲- مدل‌سازی

مقاطع و دیوار بر اساس مدل صحت سنجی رانجیانت و همکاران [۱] صورت گرفته است. که در شکل (۴) جزئیات هندسی نشان داده شده است، لازم به توضیح است ضخامت دیوار مورد مطالعه ۲۰ سانتی متر بوده است. در این تحقیق بتن با استفاده از مدل *Concrete damage plasticity* مدل شده است. این مدل، یک مدل پیوسته بر پایه پلاستیسیته و معیار آسیب برای بتن است. در جدول (۱) مشخصات مکانیکی بتن در نظر گرفته شده آورده شده است. در شکل (۵) و شکل (۶) مشخصات فشاری بتن مشخصات تنش ترک خوردگی بتن اختصاص داده شده به آباکوس آورده شده است. در جدول (۲)



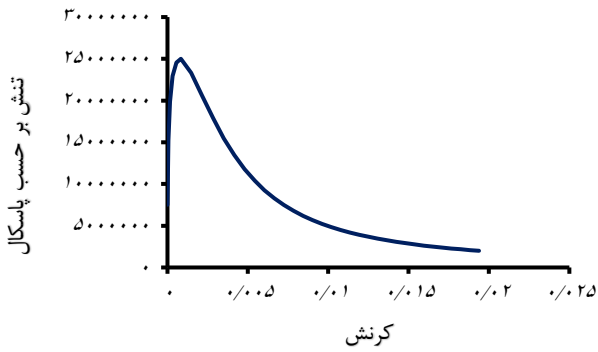
شکل ۱: شماتیک مدل LW-۲ در مقاله راونجیانت و همکاران [۱]



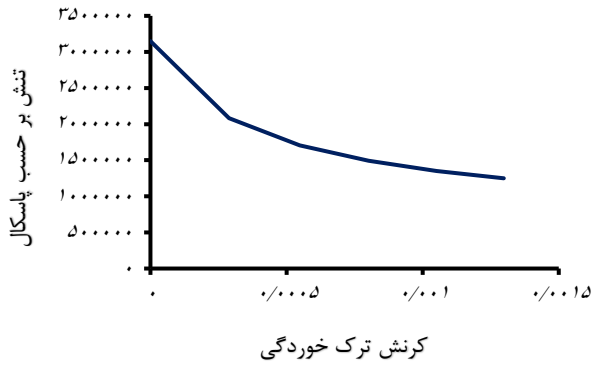
شکل ۲: شماتیک مدل شبیه سازی شده در نرم افزار آباکوس

شرایط مرزی در نظر گرفته شده در این مدل سازی به این گونه بوده است که در عضو مرزی تحتانی درجات آزادی انتقالی و دورانی مقید شده و در المان های سالیید میانی درجات آزادی خارج از صفحه به منظور دستیابی به تحلیل ایده آل دو بعدی مقید شده است و فقط اجازه حرکت در راستای انتقال بار داده شده است. لازم به توضیح است بارگذاری به گره فوقانی المان تیر اختصاص داده شده است. همچنین در رابطه با در نظر گیری خواص غیر خطی مصالح از اثر باشینگر در تعریف خصوصیات غیرارتجاعی مصالح استفاده شده است. با توجه به بار یکنواخت وارده دیوار که از جنس

مشخصات مصالح میلگردهای معرفی شده به نرم افزار آباکوس آورده شده است.



شکل ۵: مشخصات فشاری بتن اختصاص داده شده به آباکوس

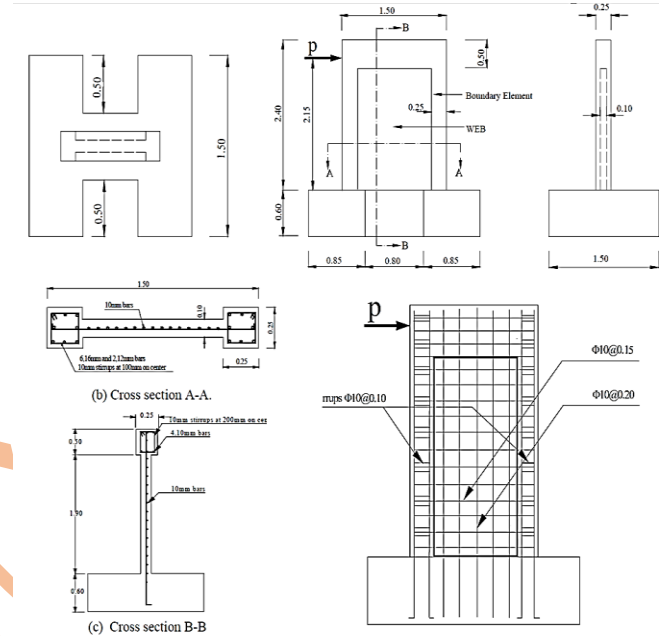


شکل ۶: مشخصات تنش ترک خوردگی بتن اختصاص داده شده به آباکوس

جدول ۲: مشخصات مصالح میلگردهای معرفی شده به نرم افزار

مدول	وزن	ضریب	تنش	تنش
الاستیسیته	مخصوص	پواسون	تسلیم	نهایی
Kg/cm^2	Kg/m^3	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2
۲۰۶۰۰۰۰	۷۵۰۰	۰.۳	۳۶۰۰	۵۶۴۰

در شکل (۷) شماتیک دیوارهای مورد مطالعه آورده شده است. در جدول (۳) مدل‌های مورد مطالعه آورده شده است.

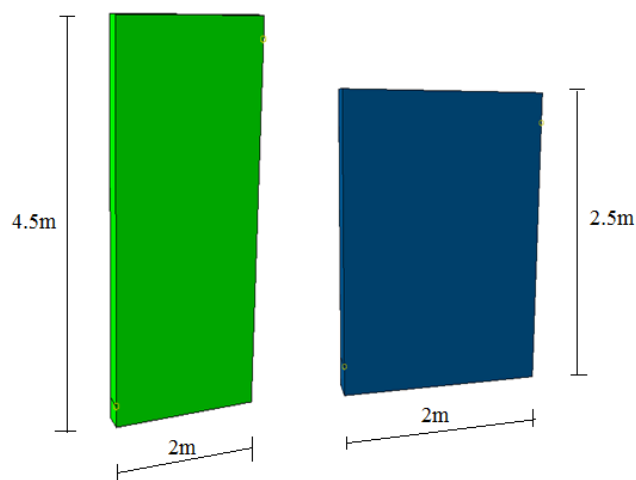


شکل ۴: جزئیات هندسی و آرماتورگذاری برای دیوار در نظر گرفته شده [۱]

جدول ۱: مشخصات مکانیکی بتن در نظر گرفته شده

مدول الاستیسیته	ضریب	وزن
(Pa)	پواسون	مخصوص
		(Kg/m^3)
۲۳۵۰۰۰۰۰۰۰	۰/۲	۲۴۵۰

	۱۲۵	۵۵	۴/۵	T-wall-55
	۱۲۰	۶۰	۴/۵	T-wall-60
	۱۱۵	۷۵	۴/۵	T-wall-75
	۹۰	۰	۴/۵	T-wall-90
دو	۹۰	۰	۴/۵	T-wall-90-D
آرماتور				
قطری				
دو	۱۳۵	۴۵	۴/۵	T-wall-D
آرماتور				
قطری				



شکل ۷: شماتیک دیوارهای مورد مطالعه

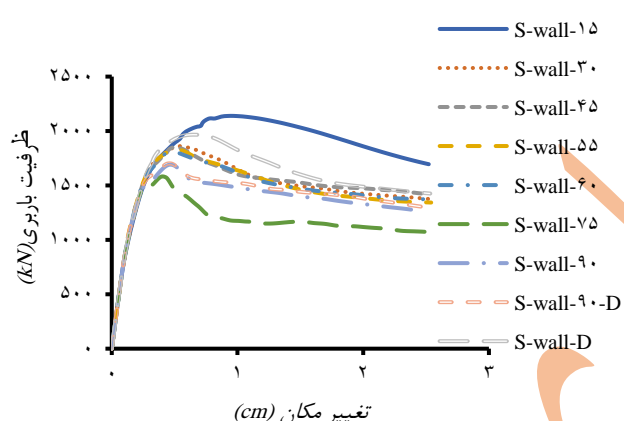
در این تحقیق برای تحلیل مدل‌های دیوار برشی تحت بار زلزله از تحلیل دینامیکی غیر خطی dynamic explicit استفاده شده است. تحلیل دینامیکی به صورت صریح مخصوص محاسبات مدل‌های بزرگ با زمان‌های پاسخ دینامیکی کوتاه و برای فرایندها یا مدل‌هایی با ناپیوستگی‌های به شدت زیاد می‌باشد. این نوع تحلیل امکان تعریف شرایط تماسی عمومی و استفاده از تئوری تغییر شکل‌های بزرگ را فراهم می‌سازد. در مدل‌سازی در نرم افزار آباکوس برای اندرکنش آرماتورها و پوشش بتنی از قید Embedded region استفاده شده است. این قید به کار بر این امکان را می‌دهد که ناحیه‌ای را به عنوان میزبان و ناحیه‌ای را به عنوان مدفون تعریف نماید، که در آن ناحیه مدفون در کل یا ناحیه‌ای از مدل قرار دارد. از این قید برای مدل کردن سازه‌های بتن آرمه با جزئیات زیاد استفاده می‌شود. در این تحقیق از ۷ رکورد زلزله از مناطق مختلف دنیا استفاده شده است که مشخصات آن‌ها در جدول (۴) نشان داده شده است. رکوردهای زلزله مورد استفاده از سایت PEER دانلود شده است. برای مقیاس سازی رکوردهای زلزله در این تحقیق از نرم افزار سایسمو مچ استفاده شده است. نرم افزار سایسمو مچ یکی از مجموعه نرم افزارهای کمپانی سایسمو سافت می‌باشد. نرم افزار سایسمو مچ برای این استفاده می‌گردد که رکورد دریافتی را با طیف آیین نامه مچ کند. البته باید به این نکته توجه داشت که برنامه سایسمو مچ با رکوردهای دریافتی از سایت PEER مطابقت دارد. در این تحقیق رکوردهای زلزله بر اساس طیف خاک تیپ ۲ آیین نامه ۲۸۰۰ مقیاس سازی شده است. پس از وارد کردن رکوردهای زلزله

جدول ۳: مشخصات مصالح میلگردهای معرفی شده به نرم افزار

نام مدل	ارتفاع دیوار	زاویه آرماتور عرضی	زاویه آرماتور طولی	آرماتور تقویت
S-wall-15	۲/۵	۱۵	۱۶۵	آرماتور
S-wall-30	۲/۵	۳۰	۱۵۰	آرماتور
S-wall-45	۲/۵	۴۵	۱۳۵	آرماتور
S-wall-55	۲/۵	۵۵	۱۲۵	آرماتور
S-wall-60	۲/۵	۶۰	۱۲۰	آرماتور
S-wall-75	۲/۵	۷۵	۱۱۵	آرماتور
S-wall-90	۲/۵	۰	۹۰	آرماتور
S-wall-90-D	۲/۵	۰	۹۰	دو
S-wall-D	۲/۵	۴۵	۱۳۵	دو
T-wall-15	۴/۵	۱۵	۱۶۵	آرماتور
T-wall-30	۴/۵	۳۰	۱۵۰	آرماتور
T-wall-45	۴/۵	۴۵	۱۳۵	آرماتور

۴ - نتایج تحلیل

در شکل (۸) نمودار نیرو- تغییر مکان برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده بیشترین مقدار نیرو مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۱۵ درجه و کمترین مقدار نیرو مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۷۵ درجه می باشد.



شکل ۸: نمودار نیرو- تغییر مکان برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪

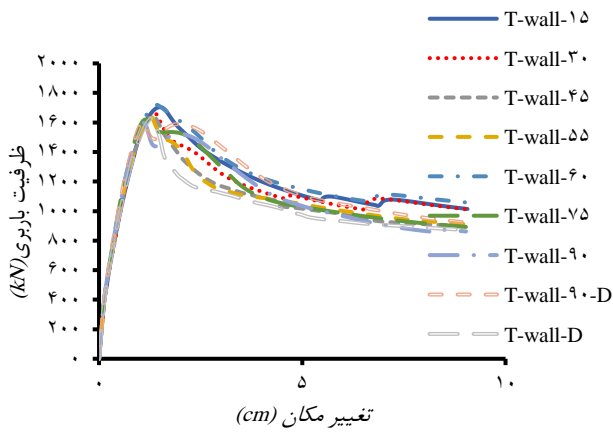
در شکل (۹) نمودار نیرو- تغییر مکان برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده بیشترین مقدار نیرو مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۱۵ درجه و کمترین مقدار نیرو مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۷۵ درجه می باشد.

بر اساس طیف خاک ۲ تعریف شده در نرم افزار کار مقیاس سازی رکوردها را نرم افزار انجام داده و می توانیم از رکوردهای اصلاح شده در نرم افزار آباکوس استفاده کنیم. در ادامه رکوردهای زلزله اصلاح شده را در نرم افزار از طریق بار تابع زمانی amplitude از نوع Tabular به دیوار اعمال شده است. همچنین برای آنالیز مدل‌های پوش آور از تحلیل static riks که یکی از استپ های قابل انتخاب در آباکوس برای تحلیل مسایل استاتیکی، استپ static riks استفاده شده است. در مدلسازی در نرم افزار آباکوس برای اندرکنش آرماتورها و پوشش بتنی از قید Embedded region استفاده شده است. این قید به کاربر این امکان را می دهد که ناحیه ای را به عنوان میزبان و ناحیه ای را به عنوان مدفون تعریف نماید، که در آن ناحیه مدفون در کل یا ناحیه ای از مدل قرار دارد. از این قید برای مدل کردن سازه های بتن آرمه با جزئیات زیاد استفاده می شود. همچنین در قسمت اعمال بار پوش آور که شامل بارهای معادل ۲ و ۱ درصد دررفت ارتفاع دیوار می باشد با استفاده از Reference point و از قید Coupling استفاده شده است. همچنین پای دیوار به صورت تکیه گاه گیردار در نظر گرفته شده است.

جدول ۴: مدل‌های مورد مطالعه

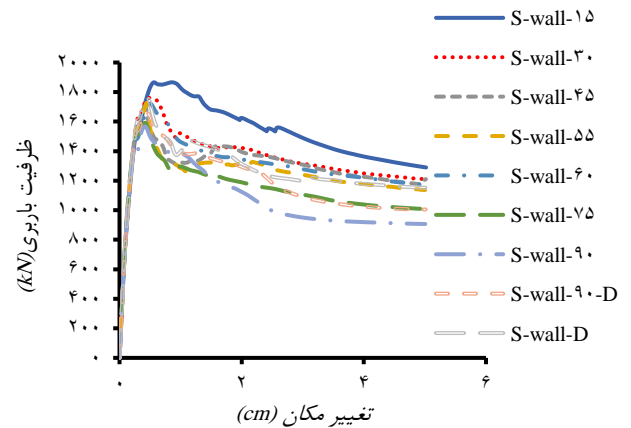
اسم زلزله	سال رخداد	ایستگاه زلزله	بزرگای زلزله بر حسب متر بر ثانیه	سرعت بر حسب متر بر ثانیه
"Loma Prieta"	۱۹۹۱	"Corralitos"	۶.۹۳	۴۶۲.۲
"Northridge-01"	۱۹۹۴	"Pacoima Kagel Canyon"	۶.۶۹	۵۰.۸
"Kobe_Japan"	۱۹۹۵	"Nishi-Akashi"	۶.۹	۶۰.۹
"Duzce_Turkey"	۱۹۹۹	"Lamont 1058"	۷.۱۴	۵۲۹.۱
"San Simeon_CA"	۲۰۰۳	"Templeton - 1-story Hospital"	۶.۵۲	۴۱۰.۶
"Bam_Iran"	۲۰۰۳	"Bam"	۶.۶	۴۸۷.۴
"Montenegro_Yugoslavia"	۱۹۷۹	"Ulcinj - Hotel Albatros"	۷.۱	۴۱۰.۳

مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۶۰ درجه و کمترین مقدار نیرو مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۹۰ درجه می باشد.



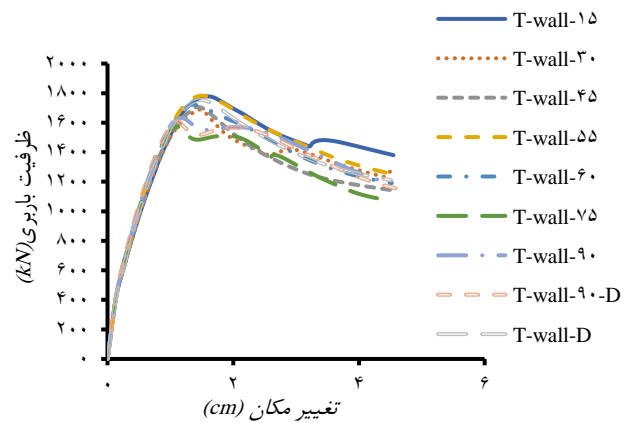
شکل ۱۱: نمودار نیرو- تغییر مکان برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪

در شکل (۱۲) نمودار مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده کمترین مقدار شکل پذیری مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۵۵ درجه و بیشترین مقدار شکل پذیری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۳۰ درجه می باشد. در شکل (۱۳) نمودار مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده کمترین مقدار سختی مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۵۵ درجه و بیشترین مقدار سختی مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۶۰ درجه می باشد.



شکل ۹: نمودار نیرو- تغییر مکان برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪

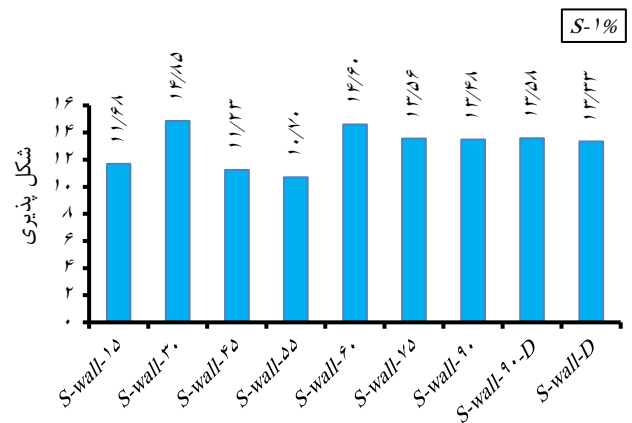
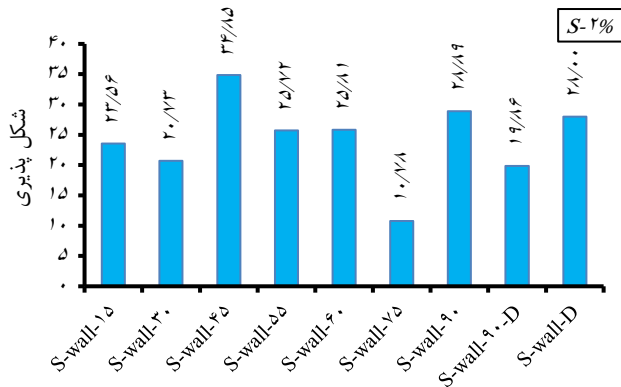
در شکل (۱۰) نمودار نیرو- تغییر مکان برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده بیشترین مقدار نیرو مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۱۵ درجه و کمترین مقدار نیرو مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۷۵ درجه می باشد.



شکل ۱۰: نمودار نیرو- تغییر مکان برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪

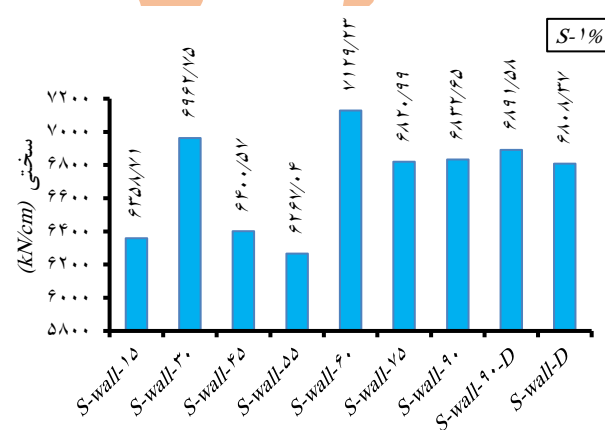
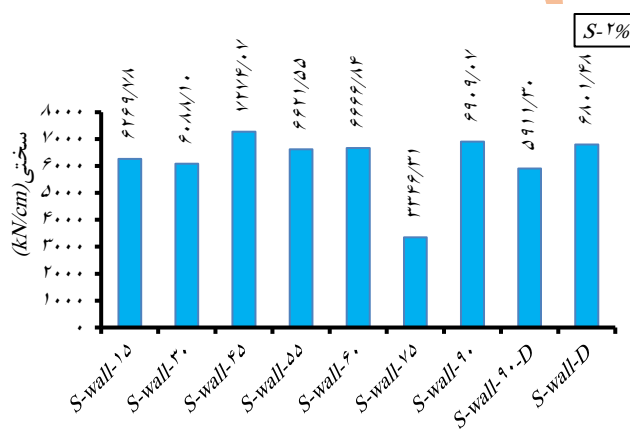
در شکل (۱۱) نمودار نیرو- تغییر مکان برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده بیشترین مقدار نیرو

بیشترین مقدار سختی مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۴۵ درجه می باشد.



شکل ۱۲: نمودار مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪

شکل ۱۴: نمودار مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪



شکل ۱۳: نمودار مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪

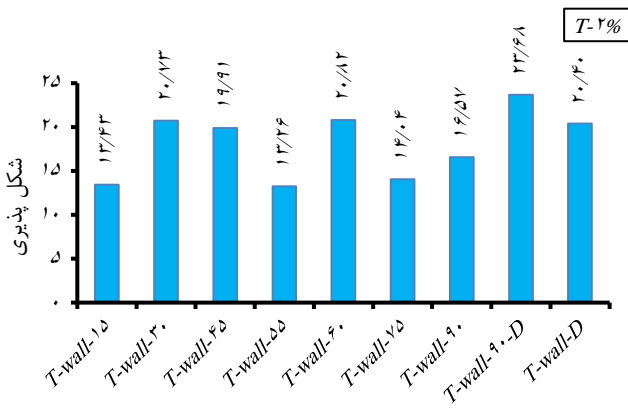
شکل ۱۵: نمودار مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪

در شکل (۱۶) نمودار مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده کمترین مقدار شکل پذیری مربوط به مدل دیوار با آرماتور قطری و بیشترین مقدار شکل پذیری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۴۵ درجه می باشد.

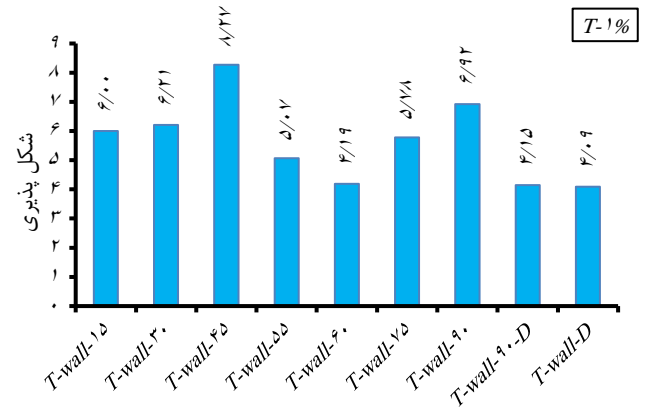
در شکل (۱۴) نمودار مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده کمترین مقدار شکل پذیری مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۷۵ درجه و بیشترین مقدار شکل پذیری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۴۵ درجه می باشد. در شکل (۱۵) نمودار مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده کمترین مقدار سختی مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۷۵ درجه و

مقدار شکل پذیری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۹۰ درجه و آرماتور قطری می باشد. در شکل (۱۹) نمودار مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده کمترین مقدار سختی مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۱۵ درجه و بیشترین مقدار سختی مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۹۰ درجه و آرماتور قطری می باشد. در شکل (۲۰) نمودار مقایسه ظرفیت باربری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده کمترین مقدار ظرفیت باربری مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۹۰ درجه و بیشترین مقدار ظرفیت باربری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۶۰ درجه می باشد.

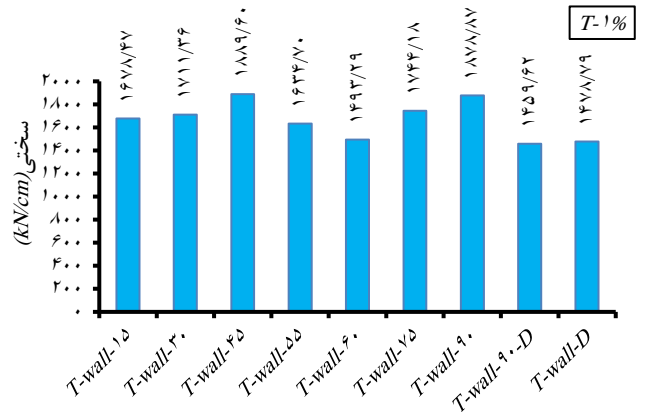
در شکل (۱۷) نمودار مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده کمترین مقدار سختی مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۹۰ درجه و آرماتور قطری و بیشترین مقدار سختی مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۴۵ درجه می باشد.



شکل ۱۸: نمودار مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪

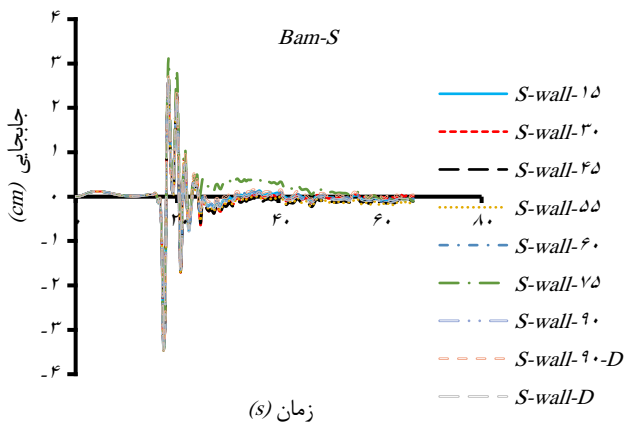


شکل ۱۶: نمودار مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪



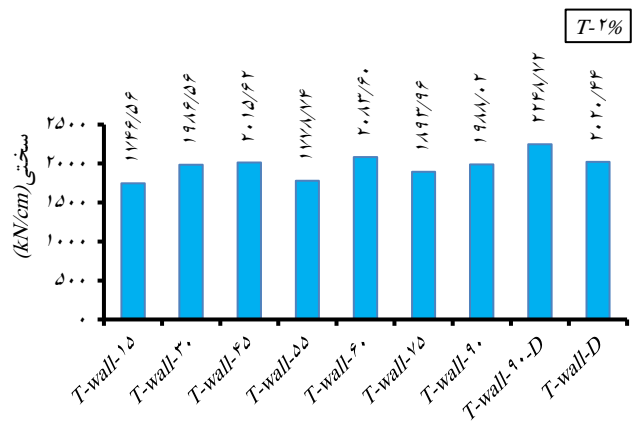
شکل ۱۷: نمودار مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪

در شکل (۱۸) نمودار مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده کمترین مقدار شکل پذیری مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۵۵ و بیشترین

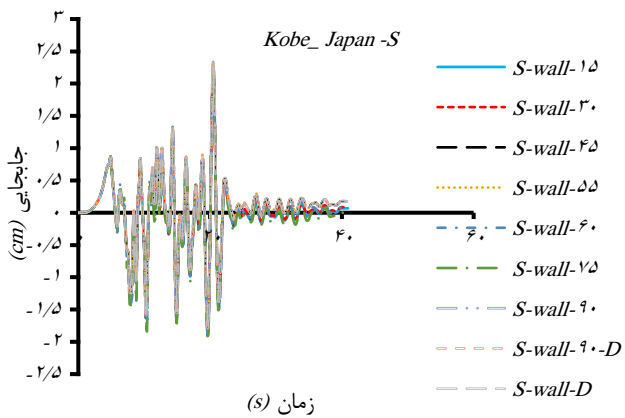


زمان (s)

شکل ۲۱: پاسخ جابجایی- زمان تحت شتاب‌نگاشت زلزله بم برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور

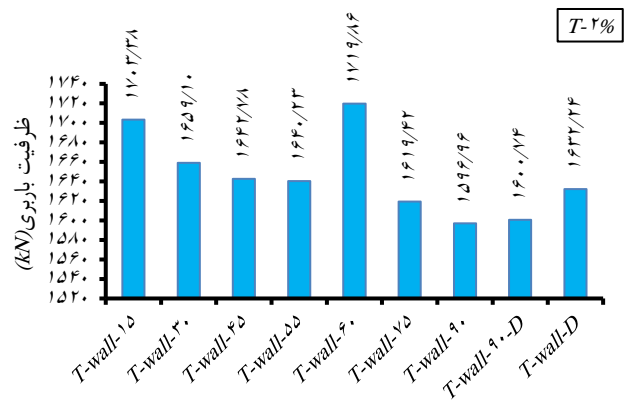


شکل ۱۹: نمودار مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪



زمان (s)

شکل ۲۲: پاسخ جابجایی- زمان تحت شتاب‌نگاشت زلزله کوبه برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور

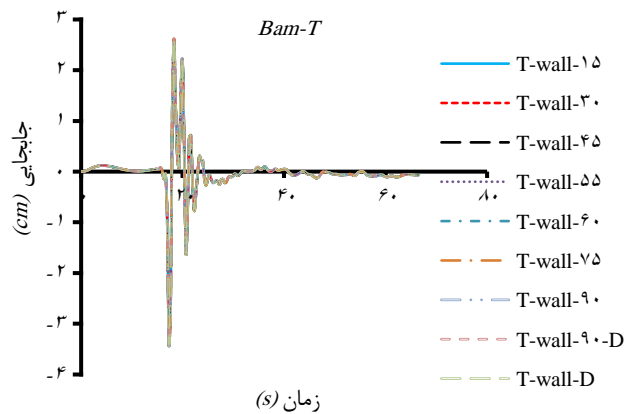
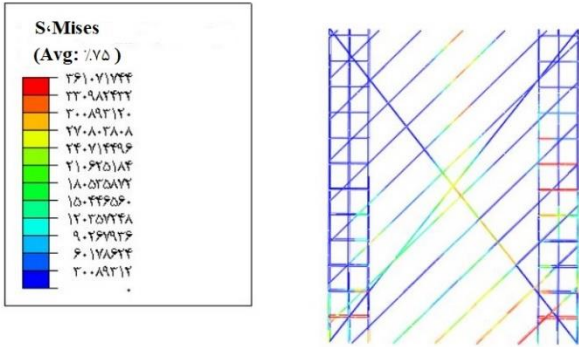


شکل ۲۰: نمودار مقایسه ظرفیت ظرفیت باربری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪

در شکل (۲۳) پاسخ جابجایی- زمان تحت شتاب‌نگاشت زلزله بم برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور نشان داده شده است. با توجه به شکل ملاحظه می‌گردد که با افزایش زاویه آرماتورها مقدار تغییر مکان دیوار کاهش پیدا می‌کند. در شکل (۲۴) پاسخ جابجایی- زمان تحت شتاب‌نگاشت زلزله کوبه ژاپن برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور نشان داده شده است. با توجه به شکل ملاحظه می‌گردد که با افزایش زاویه آرماتورها مقدار تغییر مکان دیوار کاهش پیدا می‌کند.

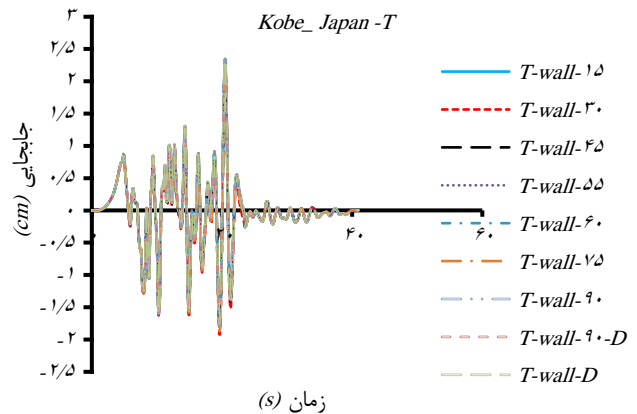
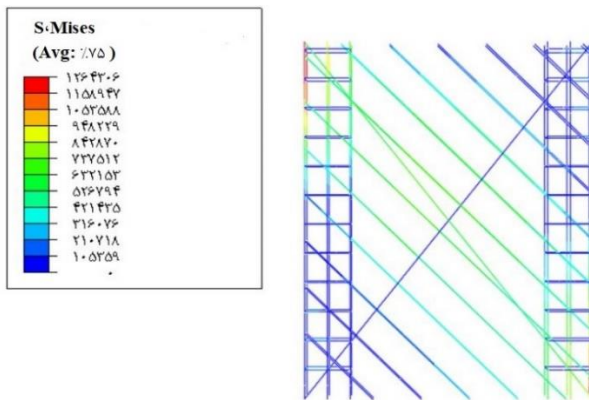
در شکل (۲۱) پاسخ جابجایی- زمان تحت شتاب‌نگاشت زلزله بم برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور نشان داده شده است. با توجه به شکل ملاحظه می‌گردد که با افزایش زاویه آرماتورها مقدار تغییر مکان دیوار کاهش پیدا می‌کند. در شکل (۲۲) پاسخ جابجایی- زمان تحت شتاب‌نگاشت زلزله کوبه ژاپن برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور نشان داده شده است. با توجه به شکل ملاحظه می‌گردد که با افزایش زاویه آرماتورها مقدار تغییر مکان دیوار کاهش پیدا می‌کند.

اتفاق افتاده است. در شکل (۲۸) کانتور تنش در آرماتورها برای دیوار بلند با آرماتور قطری تحت رکورد زلزله کوبه نشان داده شده است. همانطور که در شکل ملاحظه می گردد بیشترین مقادیر تنش در گوشه های دیوار در سمت راست در بالا و پایین دیوار و در سمت چپ در میانه دیوار اتفاق افتاده است.



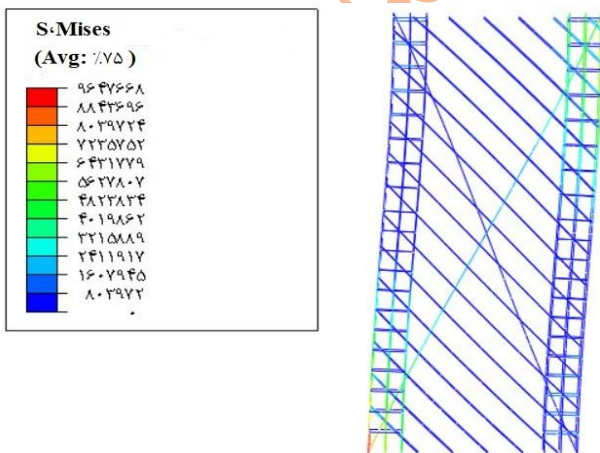
شکل ۲۳: پاسخ جابجایی- زمان تحت شتابنگاشت زلزله بم برای مدل های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور

شکل ۲۵: کانتور تنش در آرماتورها برای مدل S-wall-D تحت رکورد زلزله بم



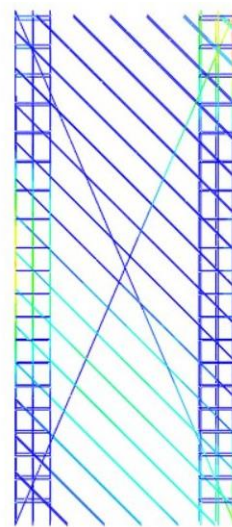
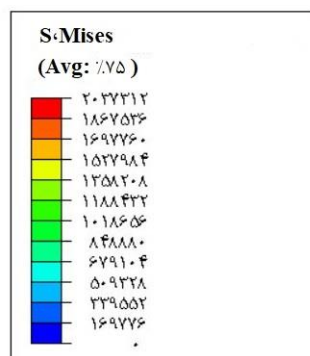
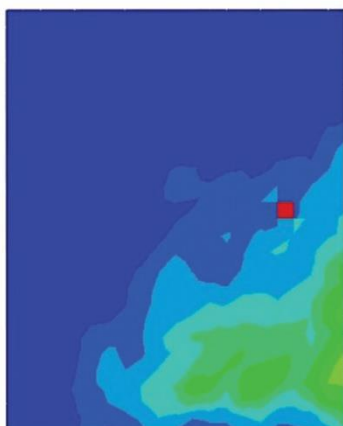
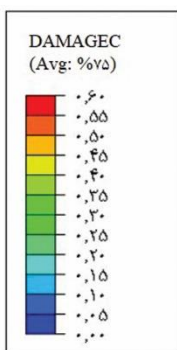
شکل ۲۴: پاسخ جابجایی- زمان تحت شتابنگاشت زلزله کوبه ژاپن برای مدل های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور

شکل ۲۶: کانتور تنش در آرماتورها برای مدل S-wall-D تحت رکورد زلزله کوبه

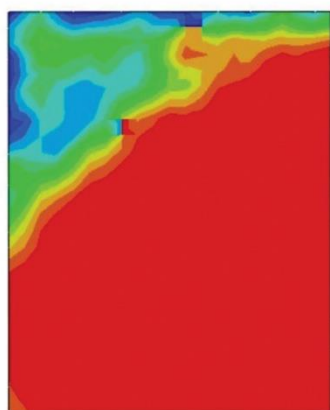
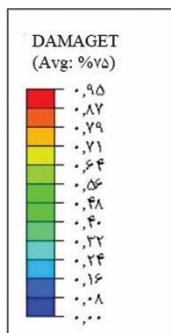


در شکل (۲۵) کانتور تنش در آرماتورها برای دیوار کوتاه با آرماتور قطری تحت رکورد زلزله بم نشان داده شده است. همانطور که در شکل ملاحظه می گردد بیشترین مقادیر تنش در گوشه های دیوار در سمت راست و چپ در پای دیوار اتفاق افتاده است. در شکل (۲۶) کانتور تنش در آرماتورها برای دیوار کوتاه با آرماتور قطری تحت رکورد زلزله کوبه نشان داده شده است. همانطور که در شکل ملاحظه می گردد بیشترین مقادیر تنش در گوشه های دیوار در سمت راست در پای دیوار و در سمت چپ در بالای اتفاق افتاده است. در شکل (۲۷) کانتور تنش در آرماتورها برای دیوار بلند با آرماتور قطری تحت رکورد زلزله بم نشان داده شده است. همانطور که در شکل ملاحظه می گردد بیشترین مقادیر تنش در گوشه های دیوار در سمت راست در بالای دیوار و در سمت چپ در پای دیوار

شکل ۲۷: کانتور تنش در آرماتورها برای مدل T-wall-D تحت رکورد زلزله بم



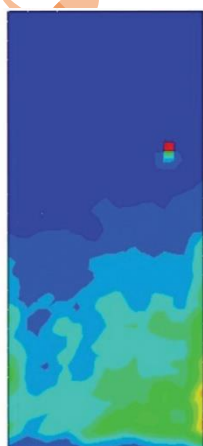
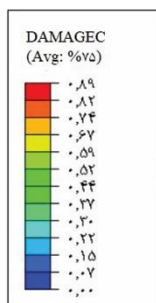
شکل ۲۹: کانتور ترکهای فشاری برای مدل *S-wall-D* تحت بار دریفت ۲٪



شکل ۲۸: کانتور تنش در آرماتورها برای مدل *T-wall-D* تحت رکورد زلزله کوبه

در شکل (۲۹) و کانتور ترکهای فشاری برای دیوار کوتاه با آرماتور قطری تحت بار دریفت ۲٪ نشان داده شده است. در این حالت نواحی پای دیوار در سمت راست دچار ترک خوردگی شده است. در شکل (۳۰) و کانتور ترکهای کششی برای دیوار کوتاه با آرماتور قطری تحت بار دریفت ۲٪ نشان داده شده است. در این حالت به جز نواحی محدود در سمت راست بالای دیوار بقیه نواحی دیوار دچار ترک خوردگی شده است.

شکل ۳۰: کانتور ترکهای کششی برای مدل *S-wall-D* تحت بار دریفت ۲٪



در شکل (۳۱) و کانتور ترکهای فشاری برای دیوار بلند با آرماتور قطری تحت بار دریفت ۲٪ نشان داده شده است. در این حالت نواحی پای دیوار در سمت راست و چپ در امتداد افقی دچار ترک خوردگی شده است. در شکل (۳۲) و کانتور ترکهای کششی برای دیوار بلند با آرماتور قطری تحت بار دریفت ۲٪ نشان داده شده است. در این حالت به جز نواحی محدود در تاحیه میانی یک سوم دیوار در بخش بالای دیوار بقیه نواحی دیوار دچار ترک خوردگی شده است.

شکل ۳۱: کانتور ترکهای فشاری برای مدل *T-wall-D* تحت بار دریفت ۲٪

می باشد که نسبت به کمترین مقدار ۳۵.۱۰ درصد افزایش یافته است.

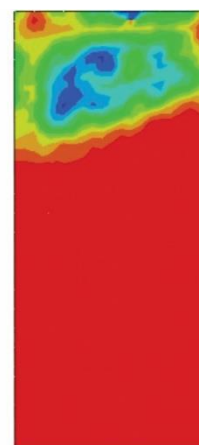
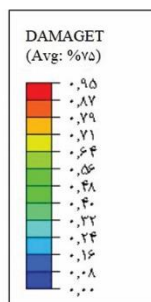
- در حالت مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ کمترین مقدار شکل پذیری مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۷۵ درجه به مقدار ۱۰.۷۸ و بیشترین مقدار شکل پذیری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۴۵ درجه به مقدار ۳۴.۸۵ می باشد که نسبت به کمترین به مقدار ۲۲۳.۲۸ درصد افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ کمترین مقدار سختی مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۷۵ درجه به مقدار ۳۳۴۶.۳۱ کیلونیوتن بر سانتیمتر و بیشترین مقدار سختی مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۴۵ درجه به مقدار ۷۲۷۴.۰۷ کیلونیوتن بر سانتیمتر می باشد که نسبت به کمترین مقدار ۱۱۷.۳۷ درصد افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه ظرفیت باربری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ کمترین مقدار ظرفیت باربری مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۹۰ درجه به مقدار ۱۵۶۷.۱۸ کیلونیوتن و بیشترین مقدار ظرفیت باربری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۱۵ درجه به مقدار ۱۸۶۶.۰۹ کیلونیوتن می باشد که نسبت به کمترین مقدار ۱۹.۰۷ درصد افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ کمترین مقدار شکل پذیری مربوط به مدل دیوار با آرماتور قطری به مقدار ۴.۰۹۷ و بیشترین مقدار شکل پذیری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۴۵ درجه به مقدار ۸.۲۷ می باشد که نسبت به کمترین به مقدار ۱۰۲.۲ درصد افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ کمترین مقدار سختی مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۹۰ درجه و آرماتور قطری به مقدار ۱۴۵۹.۶۲ کیلونیوتن بر سانتیمتر و بیشترین مقدار سختی مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۴۵ درجه به مقدار ۱۸۸۹.۶۰



شکل ۳۲: کانتور ترکهای کششی برای مدل *T-wall-D* تحت بار دررفت ۲٪

۵ - نتیجه گیری

در این مقاله که با هدف بررسی چپنش آرماتورهای قطری در دیوارهای برشی بتنی که با شبیه سازی اجزا محدودی بر پایه تئوری های المان محدود به کمک نرم افزار آباکوس پرداخته شده است .

- در حالت مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ کمترین مقدار شکل پذیری مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۵۵ درجه به مقدار ۱۰.۷ و بیشترین مقدار شکل پذیری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۳۰ درجه به مقدار ۱۴.۸۵ می باشد که نسبت به کمترین به مقدار ۳۸.۷۸ درصد افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ کمترین مقدار سختی مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۵۵ درجه به مقدار ۶۲۶۷.۰۴ کیلونیوتن بر سانتیمتر و بیشترین مقدار سختی مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۶۰ درجه به مقدار ۷۱۲۹.۲۳ کیلونیوتن بر سانتیمتر می باشد که نسبت به کمترین مقدار ۱۳.۷۵ درصد افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه ظرفیت باربری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ کمترین مقدار ظرفیت باربری مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۷۵ درجه به مقدار ۱۵۸۳.۱۴ کیلونیوتن و بیشترین مقدار ظرفیت باربری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۱۵ درجه به مقدار ۲۱۳۸.۹۵ کیلونیوتن

کیلونیوتن بر سانتیمتر می باشد که نسبت به کمترین مقدار ۲۹.۴۵ درصد افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه ظرفیت باربری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۱٪ کمترین مقدار ظرفیت باربری مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۷۵ درجه به مقدار ۱۵۷۲.۶۷ کیلونیوتن و بیشترین مقدار ظرفیت باربری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۵۵ درجه به مقدار ۱۷۸۲.۶۵ کیلونیوتن می باشد که نسبت به کمترین مقدار ۱۳.۳۵ درصد افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه شکل پذیری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ کمترین مقدار شکل پذیری مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۵۵ به مقدار ۱۳.۲۶ و بیشترین مقدار شکل پذیری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۹۰ درجه و آرماتور قطری به مقدار ۲۳.۶۸ می باشد که نسبت به کمترین به مقدار ۷۸.۵۸ درصد افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه سختی برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ کمترین مقدار سختی مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۱۵ درجه و آرماتور قطری به مقدار ۱۷۴۶.۵۶ کیلونیوتن بر سانتیمتر و بیشترین مقدار سختی مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۹۰ درجه و آرماتور قطری به مقدار ۲۲۴۸.۷۲ کیلونیوتن بر سانتیمتر می باشد که نسبت به کمترین مقدار ۲۸.۷۵ درصد افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه ظرفیت باربری برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت بار دررفت ۲٪ کمترین مقدار ظرفیت باربری مربوط به مدل دیوار با آرماتور با زاویه ۹۰ درجه به مقدار ۱۵۹۶.۹۶ کیلونیوتن و بیشترین مقدار ظرفیت باربری مربوط به دیوار با آرماتور با زاویه ۵۵ درجه به مقدار ۱۷۱۹.۸۶ کیلونیوتن می باشد که نسبت به کمترین مقدار ۷.۶۹ درصد افزایش یافته است.

- در پاسخ جابجایی- زمان تحت شتاب‌نگاشت های مختلف برای مدل‌های دیوار برشی بتنی کوتاه با آرایش مختلف آرماتور تحت نیروی زلزله پاسخ جابجایی با در نظر گرفتن آرایش های مختلف آرماتور نزدیک به هم بوده و حالت‌های مختلف اختلاف اندکی باهمدیگر داشته است.

- در پاسخ جابجایی- زمان تحت شتاب‌نگاشت های مختلف برای مدل‌های دیوار برشی بتنی بلند با آرایش مختلف آرماتور تحت نیروی زلزله پاسخ جابجایی با در نظر گرفتن آرایش های مختلف آرماتور نزدیک به هم بوده و حالت‌های مختلف اختلاف اندکی باهمدیگر داشته و نسبت به دیوار برشی کوتاه مقدار پاسخ جابجایی در دیوار بلند افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه تنش برای دیوارهای کوتاه با زاویه آرماتور ۱۵ ، ۴۵ و ۹۰ درجه تحت بار دررفت ۱ درصد ملاحظه می گردد با افزایش زاویه آرماتور مقدار تنش در دیوار ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است. در حالت کانتور تنش برای دیوارهای کوتاه با زاویه آرماتور ۱۵ ، ۴۵ و ۹۰ درجه تحت بار دررفت ۲ درصد ملاحظه می گردد با افزایش زاویه آرماتور مقدار تنش در دیوار ۱ افزایش یافته است.

- در حالت مقایسه تنش برای دیوارهای بلند با زاویه آرماتور ۱۵ ، ۴۵ و ۹۰ درجه تحت بار دررفت ۲ درصد ملاحظه می گردد با افزایش زاویه آرماتور مقدار تنش در دیوار ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است. در حالت کانتور تنش برای دیوارهای بلند با زاویه آرماتور ۱۵ ، ۴۵ و ۹۰ درجه تحت بار دررفت ۲ درصد ملاحظه می گردد با افزایش زاویه آرماتور مقدار تنش در دیوار افزایش یافته است.

منابع

- [۱] Raongjant, W. and Jing, M., ۲۰۰۹. The effects of diagonal web reinforcement on cyclic behaviour of lightweight structural walls. *Structural Concrete*, 10(۱), pp.۳۵-۴۳. doi.org/10.1016/j.stco.2009.10.035.
- [۲] Nguyen, N.H. and Whittaker, A.S., ۲۰۱۷. Numerical modelling of steel-plate concrete composite shear walls. *Engineering structures*, 150, pp.۱-۱۱. doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.06.030.
- [۳] Rezapour, M. and Ghassemieh, M., ۲۰۱۸. Macroscopic modelling of coupled concrete shear wall. *Engineering Structures*, 169, pp.۳۷-۵۴. doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.04.088.

[۱۲] Najm, H.M., Ibrahim, A.M., Sabri, M.M.S., Hassan, A., Morkhade, S., Mashaan, N.S., Eldirderi, M.M.A. and Khedher, K.M., ۲۰۲۲. Evaluation and numerical investigations of the cyclic behavior of smart composite steel–concrete shear wall: comprehensive study of finite element model. *Materials*, 15(۱۳), p.۴۴۹۶. doi.org/10.3390/ma15134496

[۴] Soares, M.M., Palermo, D. and Cortés-Puentes, W.L., ۲۰۲۱. Modelling of mid-rise concrete shear walls reinforced with superelastic shape memory alloys: Nonlinear analysis. *Engineering Structures*, ۲۴۷, p.۱۱۳۰۴۹. doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113049.

[۵] Zhang, J., Zhang, M., Liu, X., Tao, X. and Cao, W., ۲۰۲۲. Experiment and numerical analysis on seismic performance of resilient shear walls using high strength recycled aggregate concrete. *Journal of Building Engineering*, ۵۲, p.۱۰۴۴۷۷. doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104477.

[۶] Miao, L., Jin, L., Li, D., Du, X. and Zhang, B., ۲۰۲۲. Effect of shear-span ratio and vertical reinforcement ratio on the failure of geometrical-similar RC shear walls. *Engineering Failure Analysis*, ۱۳۹, p.۱۰۶۴۰۷. doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106407.

[۷] Cheng, X., Ji, X., Xu, Z., Gao, S. and Xu, L., ۲۰۲۲. Seismic behavior of slender prestressed reinforced concrete short-leg walls. *Journal of Building Engineering*, ۵۶, p.۱۰۴۷۱۰. doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104710.

[۸] Cheng, Y., He, H., Sun, H. and Cheng, S., ۲۰۲۳. Experimental study and mechanism analysis of out-of-plane seismic performance of reinforced concrete shear walls. *Journal of Building Engineering*, ۸۰, p.۱۰۸۰۵۸. doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108058.

[۹] Ghaseminia, S.M., Zahra, T., Thambiratnam, D.P. and Thamboo, J., ۲۰۲۳, October. Response of RC shear walls with single and double layers of reinforcements subjected to in-plane cyclic loading. In *Structures* (Vol. ۵۶, p. ۱۰۵۰۰۵). Elsevier. doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105005.

[۱۰] Lezgy-Nazargah, M., Dezhangah, M. and Sepehrinia, M., ۲۰۱۸. The effects of different FRP/concrete bond-slip laws on the 3D nonlinear FE modeling of retrofitted RC beams-A sensitivity analysis. *Steel and Composite Structures*, ۲۶(۳), pp.۳۴۷-۳۶۰. doi.org/10.12989/scs.2018.26.3.347

[۱۱] Yeganeh-Salman, A. and Lezgy-Nazargah, M., ۲۰۲۳. Evaluating the accuracy of mass scaling method in non-linear quasi-static finite element analysis of RC structures. *Struct. Eng. Mech*, ۸, pp.۴۸۵-۵۰۰. doi.org/10.12989/sem.2023.8.4.485