

Dynamic Behavior of RC Wall with Replaceable Connections Under Explosion Load Effect

Saeed Parsafar¹, Seyed Vahid Razavi Tosee*¹, Farhad Abbass Gandomkar¹, Negar Samimifar²

1- Assistant Professor , Civil Engineering Department, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran

2- Lecturer , Civil Engineering Department, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran

ABSTRACT

Many studies have been done on the design methods of concrete shear walls so that in these methods, shear walls are considered rigid and are connected to the building frame by special connections. These connections, which act as fuses, are defined in various ways. One of these definitions is Self-Centring Rocking RC Shear Wall (SC-RRSCW). The purpose of this study is to investigate the dynamic behavior of the system under the effect of explosion load. For this study, the effect of various parameters such as the thickness of the wall enclosed in the wall, the thickness of the outer sheet, the thickness of the hardening sheets, the diameter of the longitudinal bolts, the distance from the center of the explosion to the wall and the mass of explosives are considered. This study was performed using the finite element numerical method and using Abacus software. The results show that except for the distance from the blast center and the mass of the explosives, the remaining variables have little effect on the maximum strain energy and displacement. It has also been seen that in all models, due to changes in the dimensional characteristics of structural components as well as changes in the distance and weight of explosives, none of the structural components have entered their yield zone.

ARTICLE INFO

Receive Date: 30 June 2020
Revise Date: 14 January 2021
Accept Date: 25 May 2021

Keywords:

Explosion,
RC Shear Wall,
Rocking System,
Finite Element,
Nonlinear Dynamic
Analysis

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: <https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2021.236934.2176>

*Corresponding author: Seyed Vahid Razavi Tosee
Email address: vrazavi@jsu.ac.ir

رفتار دینامیکی دیوار برشی بتن مسلح با اتصالات تعویض پذیر تحت اثر بار انفجار

سعید پاسافر^۱، وحید رضوی طوسی^{۱*}، فرهاد عباس گندمکار^۱، نگار صمیمی فرد^۲

۱- استادیار، گروه سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، دزفول، ایران

۲- مدرس، گروه سازه، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول، دزفول، ایران

چکیده

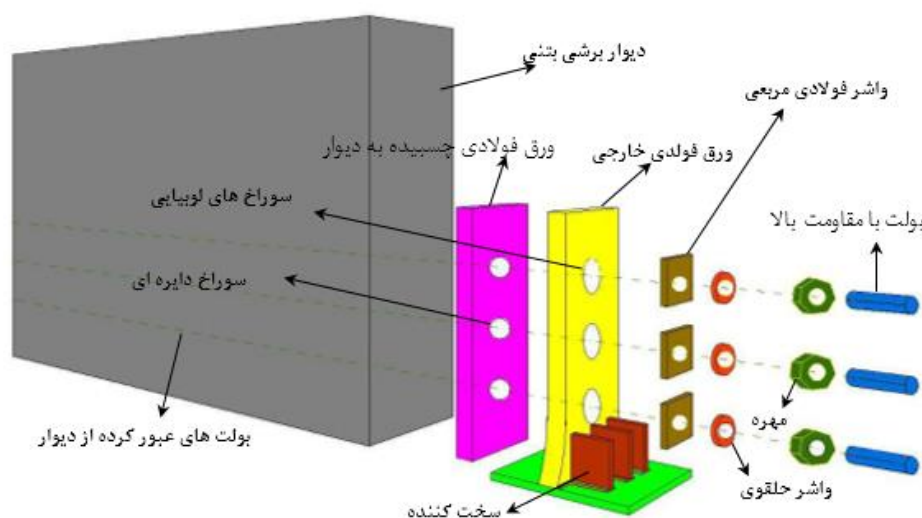
مطالعات زیادی در رابطه با روش‌های طراحی دیوارهای برشی بتنی انجام گرفته است، به گونه ای که در این روش‌ها دیواربرشی صلب در نظر گرفته شده و توسط اتصالات خاصی به قاب ساختمانی متصل شده‌اند. اتصالات مذکور که نقش فیوز را داشته با اشکال متنوعی تعریف شده‌اند. یکی از این تعاریف، دیوار برشی بتنی فیوز دار به روش سیستم *Self-Centring Rocking RC Shear (SC-RRSCW)* می باشد. هدف از تحقیق حاضر بررسی رفتار دینامیکی سیستم مورد نظر تحت اثر بار انفجار می‌باشد. برای این مطالعه تاثیر پارامترهای مختلفی چون: ضخامت ورق محاط شده در دیوار، ضخامت ورق خارجی، ضخامت ورق های سخت کننده، قطر بولت های طولی، فاصله مرکز انفجار از دیوار و همچنین جرم مواد منفجره در نظر گرفته شده است. این مطالعه با استفاده از روش عددی اجزا محدود و با بهره گرفتن از نرم افزار آباکوس انجام شده است. نتایج تحقیق نشان داده‌اند که به غیر از فاصله از مرکز انفجار و جرم مواد منفجره متغیرهای باقیمانده تاثیر چندانی در مقادیر انرژی کرنشی و تغییر مکان حداکثر ندارند. همچنین دیده شده است که در تمامی مدل ها در اثر تغییر مشخصات ابعادی اجزای سازه و همچنین تغییر در فاصله و وزن مواد منفجره، هیچ کدام از اجزای سازه ای وارد ناحیه تسلیم خود نشده‌اند.

کلمات کلیدی: انفجار، دیواربرشی بتنی، سیستم گهواره ای دیوار برشی بتنی، اجزای محدود، آنالیز دینامیکی غیرخطی.

شناسه دیجیتال:		سابقه مقاله:				
doi:	شناسه دیجیتال:	چاپ	انتشار آنلاین	پذیرش	بازنگری	دریافت
10.22065/jsce.2021.236934.2176	https://dx.doi.org/10.22065/jsce.2021.236934.2176	۱۴۰۰/۱۱/۳۰	۱۴۰۰/۰۳/۰۴	۱۴۰۰/۰۳/۰۴	۱۳۹۹/۱۰/۲۵	۱۳۹۹/۰۴/۱۰
سید وحید رضوی طوسی vrazavi@jsu.ac.ir			*نویسنده مسئول: پست الکترونیکی:			

۱- مقدمه

سیستم های معمول دیوار برشی مقاوم در برابر زلزله که دستورات آیین نامه های حاضر را برآورده می کنند، معمولاً جهت جلوگیری از خرابی طراحی می گردند. این به دلیل خرابی سازه ای زیاد به علت تغییر شکل های زیاد و تسلیم بسیاری از المان ها می باشد. لذا به علت خرابی شدید ایجاد شده، سازه بعد از تجربه زلزله طرح می بایست تخریب شود یا با تعمیرات زیادی در المان های سازه ای خود منجمله دیوار برشی روبرو گردد که مسلماً این امر غیر اقتصادی است. در دهه های گذشته علاقه زیادی در مهندسی حرفه ای و محققین جهت طراحی سیستم های سازه ای دیوار برشی با خرابی کم ایجاد شد. یکی از تحقیقات مذکور ارائه یک ایده بود که در آن هدایت خرابی در بعضی از قسمت های از پیش تعیین شده سیستم اتفاق بیفتد به طوری که کل سیستم در محدوده امن قرار گیرد. این ایده با در نظر گرفتن استفاده از ابزار خراب کردن اتصالات (اتصال دیوار به اطراف خود) به عنوان فیوزهای سازه ای می باشد. این اتصالات یا فیوزها که قابل تعمیر و جایگزینی بعد از حرکت شدید زمین می باشند، باعث به حداقل رساندن خرابی در المان های اصلی سازه ای دیوار می شوند، مفهوم اصلی این سیستم ها مهیا کردن امنیت و بقای سازه در خلال یک زلزله شدید می باشد، به گونه ای که سیستم سازه ای تغییر شکل های پلاستیک زیادی را تجربه نکند و علاوه بر آن پایدار بوده و کاربردپذیر کردن آن فقط با جایگزینی المان های خراب شده محقق گردد [۱]. با توضیحات ارائه شده مشخص می شود که هدف از سیستم های فوق الذکر در طراحی دیوارهای برشی بتنی این است که دیوار مذکور، صلب طراحی گردد و سپس توسط اتصالات خاصی به قاب ساختمانی وصل شود. این اتصالات در واقع حکم فیوز را داشته و در صورت اعمال بار شدید جانبی بر آن، اتصالات مذکور خراب می شوند. مزیت ساخت دیوار برشی به این شکل این است که اتصالات مذکور قابل تعویض و تعمیر می باشند. یکی از این نوع دیوارها به SC-RRCSW (Self-Centering rocking RC shear wall) معروف است که مورد نظر تحقیق حاضر می باشد. دیوار مذکور در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱- دیوار SC-RRCSW [۱]

انفجار واکنشی است که در آن نرخ سوختن مواد با سرعتی به مراتب بیشتر از سرعت صوت انجام می شود که در نتیجه دما و فشار بسیار بالایی ایجاد می گردد. پس از آن بلافاصله موج انفجار تولید و با سرعت بسیار زیادی منتشر می شود [۲]. در واقع انفجار آزاد شدن بسیار سریع انرژی به صورت نور، گرما، صدا و موج ضربه ای می باشد. موج ضربه ای شامل هوای بسیار متراکمی است که به صورت شعاعی از منبع انفجار به سمت خارج با سرعت مافوق صوت در حرکت است. با گسترش موج ضربه ای مقدار فشار به سرعت کاهش می یابد (متناسب با توان سوم فاصله) و پس از برخورد به یک سطح منعکس شده و مقدار آن ممکن است تا سیزده برابر افزایش یابد. مقدار

ضریب انعکاس، تابع نزدیکی ماده منفجره و زاویه موج برخوردی می باشد [۳]. انفجارها می توانند سبب آسیب شدید به ساختمان ها شوند و گاهی سبب خرابی پیشرونده و کامل می شوند. فشارهای ناشی از انفجار یکی از مخرب ترین بارهایی است که سازه ممکن است تجربه کند. در حالی که طراحی سازه ها برای انفجارهای بزرگ، ممکن است گران و غیر عملی باشد، مهندسان به دنبال روش هایی هستند که از خرابی های ناگهانی ناشی از انفجار جلوگیری نمایند [۴]. نحوه اعمال بار انفجار و طبیعت فیزیکی آن به تفصیل در مبحث ۲۱ مقررات ملی ساختمان و همچنین سایر آیین نامه های معتبر بین المللی آمده است. در صورت شناخت دو عامل مهم یعنی: سازه مورد مطالعه و طبیعت بار مذکور، می توان رفتار سنجی مناسبی از واکنش سازه تحت بار مذکور بدست آورد. با توجه به خطرات و تهدیدات حال حاضر دنیای پیرامون ما بر سازه هایی که محل زندگی، تجمع، درمان، آموزش و غیره می باشند، لذا بررسی رفتار آنها تحت بار انفجار (ناشی از هر عاملی) به یک ضرورت تبدیل شده است. مطالعات متعددی در مورد تعیین رفتار دینامیکی انواع دیوارهای برشی تحت بار انفجار صورت پذیرفته است. در این خصوص Smith و Coull در سال ۱۹۶۷، مروری بر تحقیقات پیشین در ارتباط با آنالیز ساختمان های با دیوار برشی انجام دادند. آنها بیان کردند که با افزایش ارتفاع ساختمانها، اطمینان از سختی جانبی کافی برای مقاومت در برابر بارهایی که ممکن است به دلیل اثرات باد، زلزله یا انفجار ایجاد شود، مهم می شود. این سختی ممکن است از طرق مختلف حاصل شود. در سازه های قاب دار، می توان آن را با مهار اعضا، توسط استحکام اتصالات، یا قاب پرکننده با پانل های مقاوم در برابر برش بدست آورد. همچنین ساخت دیوارهای برشی باعث افزایش سختی درون صفحه ای در دیوارها می شود که این برای مقاومت در برابر نیروهای جانبی مناسب است [۵]. Ali در سال ۲۰۰۲، به طراحی محافظه کارانه ساختمان های بتنی تحت بار انفجار پرداخت. او یک مطالعه موردی بر رفتار ساختمان های در معرض انفجار را انجام داد [۶]. Hayes و همکاران در سال ۲۰۰۴، به یک مقایسه ساختاری بین مقاومت در برابر زلزله و انفجار پرداختند. آنالیزهای انفجار و متعاقب آن خرابی پیشرونده نشان دادند که روش های قاب خمشی خاص و Pier-Spandrel میزان خسارت ناشی از انفجار و خرابی پیشرونده متعاقب آن را به میزان قابل توجهی کاهش می دهد. دیوارهای برشی داخلی در کاهش انفجار و آسیب خرابی پیشرونده موثرتر بودند. همچنین تقویت المان های محیطی با استفاده از تکنیک های لرزه ای، خدمت پذیری ساختمان ها را در برابر بار انفجار بهبود می بخشد [۷]. Wheaton در سال ۲۰۰۵، به ارزیابی انفجار بر روی دیوار های برشی بتنی مسلح باربر پرداخت. او در مطالعه خود از روش اجزا محدود به صورت استاتیکی و همچنین مدل سازی سازه به صورت یک درجه آزادی جهت آنالیز دینامیکی استفاده کرد. او در مطالعه خود از دیوار برشی با بازشو استفاده نمود. روش های فوق الذکر در تحقیق او با هم مقایسه گردیدند [۸]. Naito و همکاران در سال ۲۰۰۶، به ارزیابی انفجار بر روی دیوارهای برشی بتنی مسلح باربر پرداختند. منحنی های فشار-ضربه برای تعیین کمیت مقاومت انفجار نسبت به سطوح مختلف آسیب ایجاد شدند. در روش اجزا محدود برای پیش بینی مقاومت در برابر انفجار تا ۷ درصد در مقایسه با مدل سیستم برای تقاضای تکانش تفاوت دیده شد. همچنین نشان داده شد که روش های انرژی ساده شده به محدود کردن نتایج منحنی های مقاومت SDOF می پردازند [۹]. مرتضایی در سال ۱۳۹۲، یک مطالعه موردی بر روی یک ساختمان قاب خمشی بتن آرمه مقاوم در برابر زلزله تحت اثر بارگذاری انفجار انجام داد. نتایج تحقیق نشان داد که بهسازی ساختمان مذکور با اضافه نمودن دیوارهای برشی در کاهش خسارات ناشی از انفجار موثر می باشد. این در حالیست که بهسازی قابهای بتن آرمه (به تنهایی) تاثیری مشابه اضافه نمودن دیوارهای برشی ندارد [۱۰]. اکبریور و یگانه در سال ۱۳۹۳، به بررسی عملکرد دیواربرشی مرکب با دو لایه فولادی و هسته بتنی در برابر بارهای انفجاری پرداختند. آنها دریافتند که افزودن حتی یک لایه فلزی به دیوار برشی مرکب علاوه بر کاهش اثر تخریبی بر بتن و جلوگیری از پاشیدگی آن، سبب پایداری بیشتر سازه دیوار برشی در برابر بار انفجار میگردد [۱۱]. Yalciner در سال ۲۰۱۴، به بررسی پاسخ سازه ای در برابر انفجار و تاثیر خوردگی بر ساختمان های بتن مسلح پرداخت. نتایج نشان داد که فاصله انفجار و مقاومت بتن از پارامترهای اصلی برای تعریف عملکرد سازه ها در برابر بار انفجار است [۱۲]. اسماعیل نیا عمران و ملایی در سال ۱۳۹۵، به مقایسه رفتار قاب های خمشی بتن مسلح و سیستم دیوار برشی تحت بارگذاری انفجار پرداختند. آنها به این نتایج رسیدند که آسیب پذیرترین نقاط قاب های خمشی تحت بار انفجار ستون ها و اتصالات طبقه همکف می باشند. در سیستم دیوار برشی فرض شده در تحقیق، آسیب ها در تیرها، ستون ها، اتصالات و همچنین دیوار برشی توزیع شده است. همچنین میزان جذب انرژی در سیستم قاب و دیوار برشی نسبت به قاب مشابه با سیستم قاب خمشی تنها، بالاتر است [۱۳]. Moghimi و Driver در سال ۲۰۱۵، به ارزیابی دیوارهای برشی ورق فولادی تحت بارگذاری تصادفی انفجار پرداختند. آنها یک روش برای تولید منحنی پاسخ بدون بعد برای گسترش کاربرد آن پیشنهاد دادند. نتایج نشان داد که علیرغم ظرافت

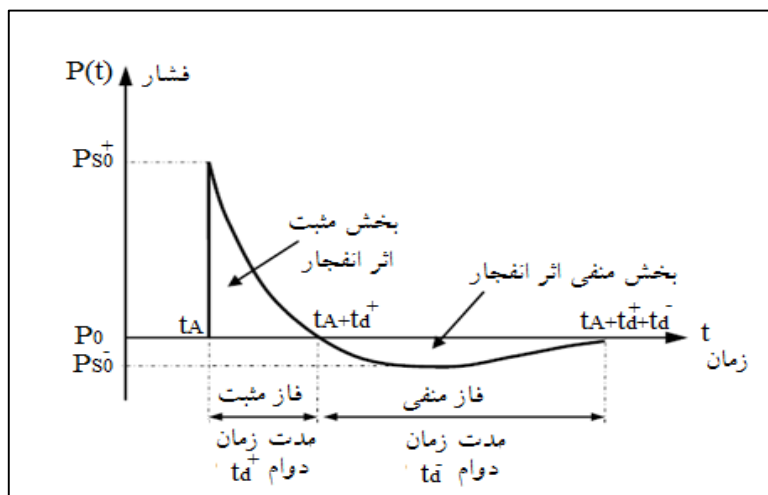
ذاتی اعضای فولادی، سیستم دیوار این پتانسیل را دارد که یک سیستم موثر برای استفاده در برابر شرایط بارگذاری انفجار درون صفحه باشد [۱۴]. Parikh و Patel در سال ۲۰۱۵، به بررسی تاثیر محل قرارگیری دیوار برشی با بازشو در سازه های نامنظم بتن مسلح در معرض بار لرزه ای و بار انفجار پرداختند. از نتایج تحقیق این موضوع استنباط می شود که دیوارهای برشی بهینه نسبت به بارهای جانبی در یک سازه نامنظم مقاوم تر هستند [۱۵]. لطیفی و همکاران در سال ۱۳۹۶، به مطالعه رفتار دیوار برشی با بازشو تحت بارهای مختلف انفجار پرداختند. نتایج نشان داد که دیوار برشی دارای ضخامت بیشتر عملکرد بهتری در مقابل بار انفجار از خود نشان می دهد. همچنین دیوار برشی که در آن از بازشو میانی استفاده شده است عملکرد مطلوبتری نسبت به دیوار برشی که در آن از بازشو کناری استفاده شده است، دارد [۱۶]. Shirinzadeh و Haghollahi در سال ۲۰۱۶، به بررسی عملکرد دیوار برشی با تقویت خارجی توسط CFRP و ورق های فولادی در برابر بار انفجار پرداختند. نتایج نشان دادند که چسباندن هر لایه CFRP به صورت عمودی باعث افزایش عملکرد دیوار و همچنین پیچش کل دیوار توسط ورق های CFRP می شود. تقویت خارجی توسط CFRP به طور قابل توجهی جذب انرژی دیوار را در مقایسه با استفاده از ورق های فولادی بهبود می بخشد. همچنین، افزایش تعداد لایه ها باعث افزایش قابل توجهی در میرایی انرژی و تأثیر ناچیز در جابجایی دیوار می شود [۱۷]. حسنونند و همکاران در سال ۱۳۹۷، به ارزیابی رفتار سیستم توام قاب خمشی و دیوار برشی بتنی نیمه مدفون تحت اثر بارگذاری انفجاری پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که این نوع سیستم سازه ای در برابر بارهای انفجاری عملکرد خوبی دارد و میزان دوران مفاصل پلاستیک المان های طبقات زیر سطح زمین نسبت به طبقات روی سطح زمین کمتر است و همچنین هرچه ارتفاع سازه در برابر انفجار کوتاهتر باشد انرژی ناشی از انفجار سریع تر میرا می گردد، پس امنیت سازه بیشتر است [۱۸]. Lotfi و Ostadhossein در سال ۲۰۱۷، عملکرد پانل بتنی پر شده با ورق های فولادی پر شده در برابر بار انفجار بررسی شد. نتایج تحلیل ها نشان داد که برای عملکرد خارج از صفحه، ضخامت ورق و نحوه قرارگیری آنها را می توان به گونه ای تعیین کرد که از یک سو انتقال ضربه به حداقل برسد و از سوی دیگر حداکثر تغییر شکل باقیمانده می تواند به سطح آسیب از پیش تعریف شده محدود شود. علاوه بر این تاثیر چیدمان سخت کننده بر روی عملکرد درون صفحه ای مورد مطالعه قرار گرفت و برخی از قوانین عملی برای طراحی پانل بتنی پر شده با ورق های فولادی در برابر انفجار بدست آمد [۱۹]. Ajimitohuo و همکاران در سال ۲۰۱۸، به آنالیز قابلیت اطمینان دیوارهای برشی با تقویت توسط CFRP در معرض بار انفجار پرداختند. تجزیه و تحلیل آنها نشان داد که ظرفیت برشی دیوار برشی مذکور با افزایش فاصله مواد منفجره از دیوار افزایش می یابد. با این حال نشان داده شد که افزایش ضخامت ورق ها برای طراحی مقاومت در برابر برش تحت بارگذاری انفجار به گرید لمینت مورد استفاده بستگی دارد. نشان داده شد که لمینت هایی با مدول یانگ بالاتر به طور موثری ایمنی دیوارهای برشی را بهبود می بخشد [۲۰]. Abejide و Ajimitohuo در سال ۲۰۱۹، به آنالیز المان محدود غیرخطی دیوارهای برشی تقویت شده با CFRP تحت بار انفجار پرداختند. نتایج نشان دادند که استفاده از چند لایه CFRP می تواند بطور متوسط بیش از ۹۰ درصد بهبود رفتار دیوار را نسبت به دیوار کنترل (بدون CFRP) نشان دهد [۲۱].

هدف اصلی از تحقیق حاضر بررسی رفتار دینامیکی دیوار SC-RRC SW تحت بار انفجار است. جهت این امر تاثیر تغییر پارامترهایی چون: ضخامت ورق محاط شده در دیوار، ضخامت ورق خارجی، ضخامت ورق های سخت کننده، قطر بولت های طولی با مقاومت بالا، فاصله و وزن مواد منفجره بر سطح موازی محور طولی و سطح عمود بر محور طولی دیوار بر تغییر رفتار دینامیکی دیوار مورد مطالعه بررسی گردید.

۲- روش تحقیق

بار اعمال شده بر سازه دیوار مورد مطالعه، بار انفجار می باشد. هر بارگذاری ناشی از موج انفجار توسط ۳ پارامتر: شکل موج حداکثر، اضافه فشار (P_{SO}) و زمان دوام (t_d) تعیین می شود. بر حسب منشاء فشار، موج های ناشی از آن به دو شکل موج ضربه و موج فشار تقسیم می گردند. ماده منفجره مورد نظر تحقیق حاضر TNT می باشد که یک ماده جامد است. از طرفی موج ضربه ناشی از انفجار جامد بوده و در آن فشار گازهای شکل گرفته از انفجار، با انتشار از چشمه انفجار گسترش و تا فشار مبنای P_{SO} افزایش و سپس تا فشار محیطی

کاهش می یابد که به این مرحله فاز مثبت می گویند (شکل ۲). در نتیجه انتشار موج، گازهای حاصل از انفجار سرد شده و فشار آنها به مقدار ناچیزی از فشار اتمسفر می رسند. به علت این اختلاف فشار جهت جریان معکوس شده هوا به سمت مرکز انفجار باز می گردد. نتیجه این عمل کاهش فشار با مکش خواهد بود که به آن فاز منفی می گویند (شکل ۲). فشار فاز منفی نسبتاً کوچک و تدریجی بوده به طوری که در طراحی سازه های مقاوم در برابر انفجار در اکثر مواقع از آن صرف نظر می گردد ولی در مورد ملحقات ساختمان می تواند باعث پیامدهای جدی شود. اثر منفی در هنگام ورود جبهه موج به محیط داخل ساختمان نیز قابل توجه است [۲].



شکل ۲- مشخصات موج انفجار-موج ضربه [۲]

در شکل ۳، t_A ، زمان صرف شده بعد از انفجار برای رسیدن فشار انفجار به یک نقطه با فاصله مشخص از مرکز انفجار است. همچنین، P_{S0} ، مقدار مثبت حداکثر فشار موج انفجاری نسبت به فشار محیطی (P_0)، در یک فاصله مشخص از مرکز انفجار می باشد. از آنجایی که یک انفجار میتواند توسط انواع مختلفی از مواد منفجره و در فواصل مختلفی از هدف رخ دهد، قوانین مقیاس بندی جهت شناسایی یا ارزیابی مشخصات امواج انفجار، براساس وزن خرج انفجاری و فاصله مرکز انفجار تا نقطه مورد نظر (فاصله رویارویی) بیان می شود. یکی از این قوانین پرکاربرد، قانون مقیاس بندی هاپکینسون-کرنز است که معمولا با نام مقیاس بندی ریشه سوم شناخته میشود و در مقیاس بندی موج انفجار بیشترین کاربرد را دارد. رابطه و پارامترهای قانون هاپکینسون-کرنز به شرح زیر میباشد [۲۲]:

$$Z = \frac{R}{W^{1/3}} \quad (1)$$

در رابطه (۱)، Z ، فاصله مقیاس شده برحسب $(m/kg^{1/3})$ ، R ، فاصله رویارویی برحسب (m) و W وزن خرج انفجار معادل TNT

برحسب (kg) میباشد [۲۲].

در این تحقیق به علت شرایط خاص مسئله اعم از پیچیدگی هندسه سازه و همچنین بارگذاری پیچیده اعمال شده بر آن، از روش عددی اجزا محدود استفاده شده است. نرم افزارهای متنوعی با استفاده از این روش شکل گرفتند که در میان آنها نرم افزار آباکوس با قدرت تحلیل بالا در مسئله انفجار، مورد توجه و استفاده در این تحقیق قرار گرفته است. جهت اعمال بار انفجار بر سیستم دیوار مورد مطالعه در این تحقیق، از گزینه CONWEP استفاده شده است. در این گزینه نوع انفجار به صورت هوایی در نظر گرفته شده که فشار ناشی از آن به سطح عمود بر محور طولی دیوار و همچنین سطح موازی محور طولی دیوار مورد مطالعه اعمال گردیده است. جهت این امر ماده منفجره در مقدار (وزن TNT) و فاصله مشخص نسبت به مرکز سطح عمود بر محور طولی دیوار و همچنین مرکز سطح موازی محور طولی دیوار اعمال گردیده است. از طرفی جهت بررسی رفتار دینامیکی سیستم مورد مطالعه تحت بار انفجار، با توجه به طبیعت فیزیکی بار مذکور، از روش آنالیز دینامیکی غیر خطی تاریخچه زمانی استفاده گردیده است. در نرم افزار آباکوس دو نوع حل گر دینامیکی وجود دارد که عبارتند از

حل گر ضمنی (Implicit) و حل گر صریح (Explicit). در این تحقیق از حل گر صریح بدلیل وجود مدل های با تعداد المان های بالا و دارای تماس های پیچیده استفاده شده است.

۳- مدل سازه ای

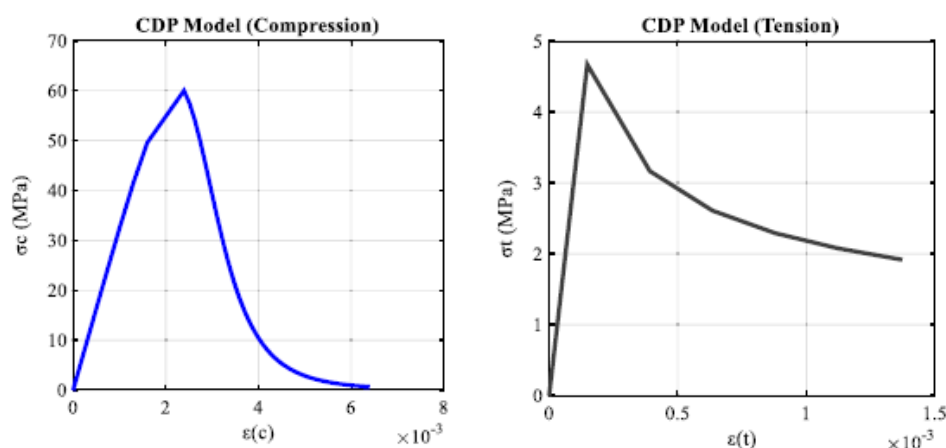
همانگونه که بیان شد مدل سیستم دیوار مورد مطالعه به «شکل ۱» می باشد. مطابق استاندارد AISC [۲۳] مدول الاستیسیته استاتیکی و دینامیکی فولاد یکسان می باشند. از طرفی مطابق نظر Bos & Bos Casagrande [۲۴] مدول الاستیسیته دینامیکی بتن حدوداً ۳۵ درصد بیشتر از مدول الاستیسیته استاتیکی آن است. در جدول ۱ مشخصات مکانیکی استفاده شده در سیستم دیوار مورد مطالعه ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات مکانیکی مصالح دیوار برشی مورد مطالعه [۱]

اجزا دیوار (با توجه به شکل ۱)	ν	$E_{static} (N/mm^2)$	$E_{dynamic} (N/mm^2)$	Density (kg/m ³)
(دیوار بتنی) RC Shear Wall	۰,۲	۳۶۶۳۳,۰۷	۴۹۴۵۴,۶۴	۲۴۰۰
(آرماتورهای افقی و عمودی) Horizontal and Vertical Bars	۰,۳	۲۱۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۷۸۵۰
(ورق محاط شده در دیوار) Wall Embed Plate	۰,۳	۲۱۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۷۸۵۰
(ورق خارجی) External Plate	۰,۳	۲۱۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۷۸۵۰
(واشر مربع شکل) Squar Shape Washer	۰,۳	۲۱۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۷۸۵۰
(ورق تکیه گاه) Support Plate	۰,۳	۲۱۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۷۸۵۰
(سخت کننده) Siffener	۰,۳	۲۱۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۷۸۵۰
(بولت با مقاومت بالا) High Strength Bolt	۰,۳	۲۱۰۰۰۰	۲۱۰۰۰۰	۷۸۵۰

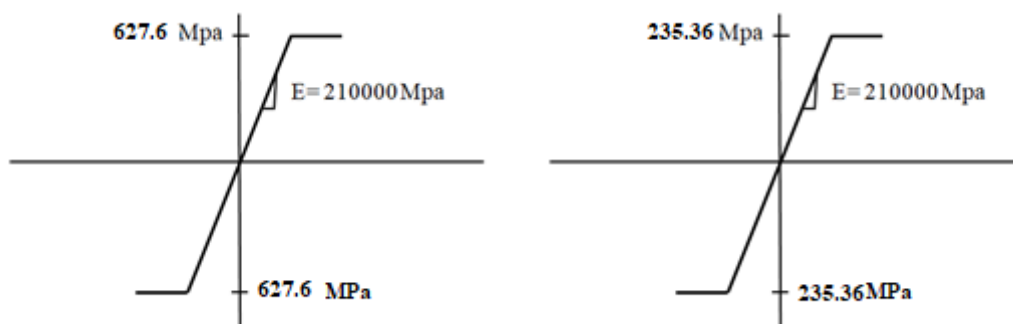
*توضیح: منظور از ورق تکیه گاه (Support Plate) ورق افقی زیر سخت کننده (Siffener) و ورق خارجی (External Plate) می باشد.

همچنین رابطه تنش فشاری- کرنش و تنش کششی- کرنش بتن به قرار شکل ۳ می باشند.



شکل ۳- نمودار تنش-کرنش بتن [۱]

مدل تنش-کرنش Embed Plate, External Plate, Squar Washer, Plate و Stiffener و همچنین آرماتورهای دیوار برشی با استفاده از یک مدل الاستیک-پلاستیک کامل با توجه به تنش جاری شدن آن، به قرار شکل ۴ و مدل تنش-کرنش Bolt به قرار شکل ۵ می باشند [۱].

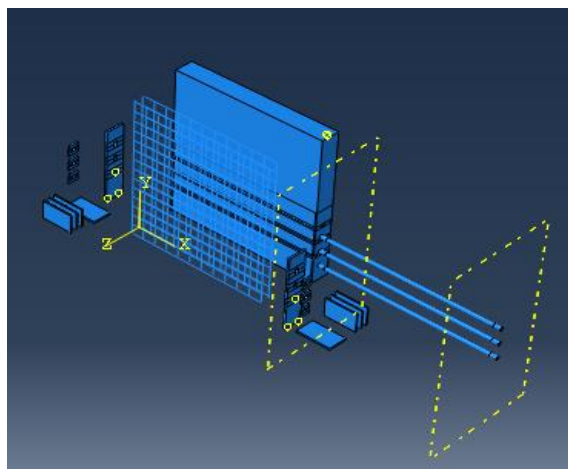


شکل ۵- نمودار تنش-کرنش Bolt [۱]

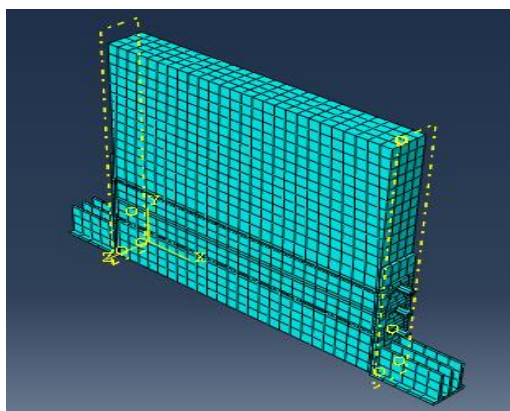
شکل ۴- نمودار تنش-کرنش مصالح فولادی [۱]

۴- مدل سازی کامپیوتری

با توجه به ریزاهداف تحقیق، مدل سازی کامپیوتری دیوار مورد مطالعه در نرم افزار آباکوس انجام گردید. مدل سازی با استفاده از المان C3D8R جهت تمام اجزای سیستم دیوار بجز آرماتورهای افقی و قائم داخل دیوار صورت پذیرفت. همچنین مدل سازی آرماتورهای افقی و قائم داخل دیوار با استفاده از المان T3D2 صورت پذیرفت. در شکل ۶ نمایی از هندسه سرهم بندی شده مدل ارائه می گردد. همچنین مش بندی سیستم دیوار مورد مطالعه در شکل ۷ نمایش داده شده است. یکی از موارد مهم در مدل سازی سیستم دیوار مورد مطالعه اتصال بین اجزای مختلف دیوار با هم می باشد، جایی که از نظر موقعیت مکانی، اجزا با هم تماس دارند. جهت این امر با توجه به شکل ۱ در تمام قسمت هائی که اجزا بهم متصل شده اند از المان Tie استفاده گردیده است. ابعاد مش با انجام آنالیز حساسیت مش با توجه به صحت سنجی انجام شده انتخاب گردید. شایان ذکر است که کل سیستم مورد مطالعه توسط دو ورق تکیه گاهی (Support Plate) (توضیح زیر جدول ۱) به زمین به صورت گیردار متصل شده است.



شکل ۶ - نمایی از هندسه ی سرهم بندی شده مدل نهایی



شکل ۷- مش بندی دیواربرشی مورد مطالعه

۵- صحت سنجی

با توجه به هدف اصلی طرح حاضر که بررسی اثر انفجار بر سیستم دیوار SC-RRCSW می باشد و توجه به این واقعیت که بار مذکور یک بار دینامیکی است، لذا جهت بررسی صحت نتایج حاصل از روش عددی اجزا محدود، می بایست نتایج عددی را با نتایج دینامیکی یک مطالعه از دیوار موردنظر تحت بار دینامیکی مقایسه نمود. در این خصوص Parsafar و Moghadam [۱] در سال ۲۰۱۷ مطالعه ای آزمایشگاهی بر رفتار دینامیکی دیوار موردنظر تحت بارگذاری تاریخچه تغییرمکانی (بر ضخامت دیوار در بالاترین تراز آن) انجام دادند. در این مطالعه سیستم دیوار SC-RRCSW مطابق شکل ۱ مورد مطالعه قرار گرفت. مشخصات اجزای موجود در دیوار به قرار جدول ۲ می باشند. همچنین خواص مکانیکی مصالح اجزا دیوار مورد مطالعه به قرار جدول ۳ می باشند.

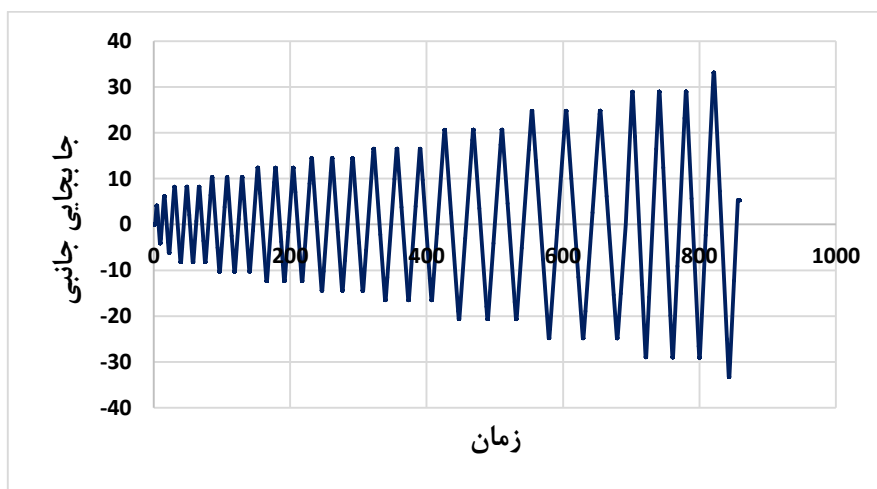
جدول ۲- مشخصات اجزا دیوار SC-RRCSW [۱]

ابعاد دیوار برشی (cm)	۱۲۰*۱۲۰*۱۵
آرما تورگذاری افقی دیوار برشی	φ12@8 cm
آرما تورگذاری عمودی دیوار برشی	φ16@10 cm
ابعاد ورق محاط شده در دیوار (cm)	عرض: ۱۵ ارتفاع: ۶۰ ضخامت: ۱
ابعاد ورق بیرونی قابل تعویض (cm)	۱۵*۶۰*۱.۵
ابعاد ورق سخت کننده (cm)	۱۰*۲۵*۱

جدول ۳- خواص مکانیکی مصالح دیوار مورد مطالعه [۱]

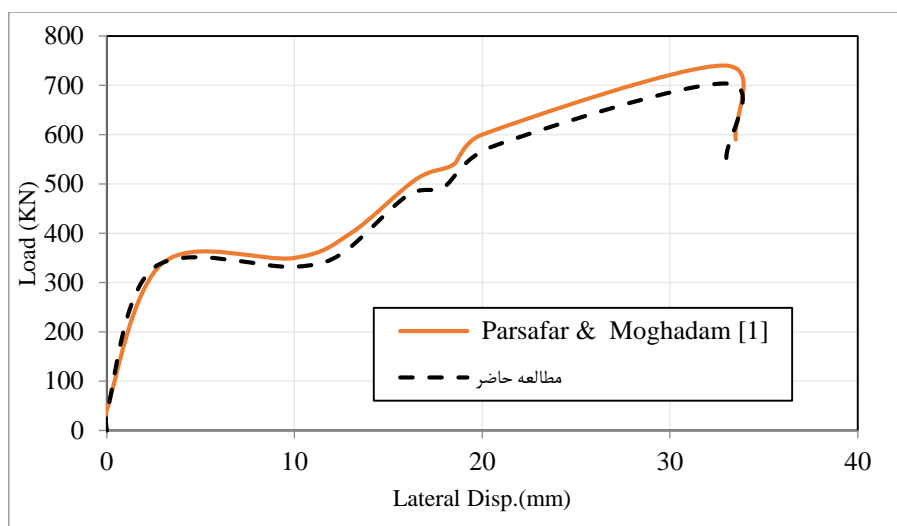
ورق محاط شده در دیوار و ورق خارجی (ST37)	$E=2*10^5$ MPa $\nu=0.3$ $F_y=240$ MPa $F_u=360$ MPa
بولت های با مقاومت بالا	Size=M27 Proof Load=830 MPa Min Tensile Strength=1040 MPa Min Yield Strength=940 MPa
بتن دیوار برشی	$f'_c=60$ MPa $\nu=0.2$

از طرفی بارگذاری اعمال شده بر ضخامت دیوار در بالاترین تراز خود به قرار شکل ۸ می باشد. این بارگذاری، تاریخچه زمانی تغییرمکان را نشان می دهد.



شکل ۸- نمودار بارگذاری تاریخچه زمانی تغییرمکان [۱]

در تحقیق حاضر باتوجه به المان های بیان شده جهت اجزا دیوار مورد مطالعه از یک طرف و همچنین باتوجه به مشخصات اجزا و خواص مکانیکی آنها که در بخش های قبل بیان شدند، مدل سازی سیستم مورد مطالعه صورت پذیرفت که المان بندی مدل مذکور در شکل ۷ ارائه شده است. منحنی های نیرو-تغییرمکان دیوار مورد مطالعه جهت مطالعه آزمایشگاهی Parsafar و Moghadam [۱] و همچنین تحقیق حاضر به قرار شکل ۹ می باشند:



شکل ۹- منحنی نیرو- تغییر مکان دیوار مورد مطالعه جهت مطالعه آزمایشگاهی Parsafar و Moghadam [۱] و همچنین تحقیق حاضر

با مقایسه منحنی بار-تغییر مکان در مطالعه آزمایشگاهی انجام شده توسط Parsafar و Moghadam [۱] و همچنین مطالعه عددی حاضر، مشخص می گردد که صحت نتایج بدست آمده از مطالعه اجزای محدود حاضر نزدیک به نتایج آزمایشگاهی فوق الذکر می باشند. این مقایسه نشان می دهد که مدلسازی و شبیه سازی عددی مذکور به درستی صورت پذیرفته است و لذا نتایج بدست آمده از این مدلسازی از صحت کافی برخوردار می باشند.

۶- نتایج تحقیق

با توجه به هدف اصلی و ریز اهداف تحقیق جهت بررسی تمام پارامترهای تاثیرگذار بر رفتار دینامیکی غیر خطی دیوار مورد مطالعه، تعداد ۲۳ مدل در نرم افزار آباکوس مدل سازی گردید که این مدل ها در جدول ۴ خلاصه شده اند.

جدول ۴- مشخصات مدل های مورد مطالعه

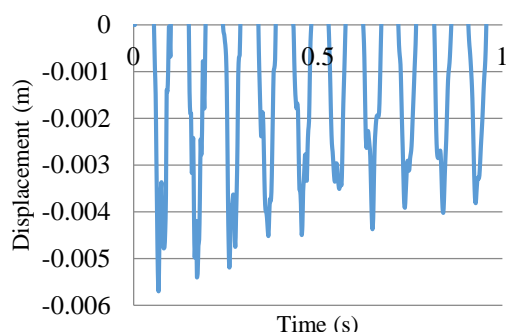
شماره مدل	ضخامت ورق محاط شده در دیوار (mm)	ضخامت ورق خارجی (mm)	ضخامت ورق سخت کننده (mm)	قطر بولت (mm)	فاصله TNT از سطح عمود بر محور طولی دیوار (m)	فاصله TNT از سطح موازی با محور طولی دیوار (m)	مقدار TNT (kg)
۱	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	۵	-	۲۰
۲	۱۰	۲۵	۱۰	۲۷	۵	-	۲۰
۳	۱۰	۱۵	۲۰	۲۷	۵	-	۲۰
۴	۲۰	۱۵	۱۰	۲۷	۵	-	۲۰
۵	۱۰	۱۵	۱۰	۲۵	۵	-	۲۰
۶	۱۰	۱۵	۱۰	۲۲	۵	-	۲۰
۷	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	۱۰	-	۲۰
۸	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	۱۵	-	۲۰
۹	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	۲۰	-	۲۰
۱۰	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	۲۵	-	۲۰
۱۱	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	۵	-	۴۰
۱۲	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	۵	-	۶۰
۱۳	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	۵	-	۸۰
۱۴	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	۵	-	۱۰۰
۱۵	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	-	۵	۲۰
۱۶	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	-	۱۰	۲۰
۱۷	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	-	۱۵	۲۰
۱۸	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	-	۲۰	۲۰
۱۹	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	-	۲۵	۲۰
۲۰	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	-	۵	۴۰
۲۱	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	-	۵	۶۰
۲۲	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	-	۵	۸۰
۲۳	۱۰	۱۵	۱۰	۲۷	-	۵	۱۰۰

باتوجه به ریز اهداف تحقیق، نتایج مربوط به اثر انفجار بر رفتار دینامیکی غیر خطی دیوار برشی SC-RRCSW حاصل شدند. این نتایج خود به سه بخش مختلف تقسیم می گردند. ابتدا جهت تمام مدل های مطالعه شده تاریخچه زمانی تغییر شکل دیوار و انرژی کرنشی آن رسم شده و با استفاده از آنها حداکثر تغییر مکان سازه و حداکثر انرژی کرنشی آن بدست آمدند. همچنین پارامتر سوم محاسبه شده در تحقیق حاضر، تنش فون مایسز می باشد. با مقایسه این تنش با تنش تسلیم مصالح مورد استفاده در تحقیق می توان عبور و یا عدم عبور مصالح را از تنش تسلیم مشخص کرد [۲۵]. در این تحقیق پس از بدست آوردن کانتور تنش فون مایسز در کل دیوار برشی SC-RRCSW، به تفکیک جهت عناصر اصلی یعنی ورق محاط شده در دیوار، ورق انتهایی، ورق سخت کننده و بولت ها، کانتور تنش فون مایسز بدست آمده و سپس به تفکیک با تنش تسلیم خود مقایسه گردیدند.

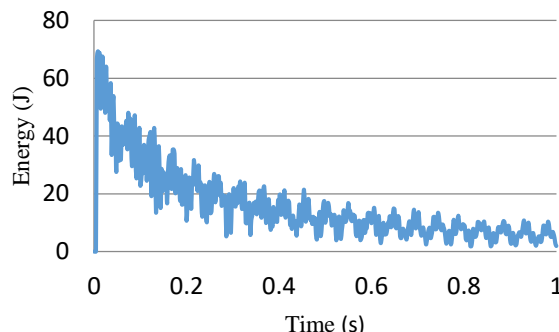
۶-۱- اثر ضخامت ورق محاط شده در دیوار بر رفتار دینامیکی سیستم دیوار مورد مطالعه

جهت تعیین اثرات مربوط به تغییر ضخامت ورق محاط شده در دیوار بر رفتار دینامیکی سیستم مورد مطالعه، مدل شماره ۴ با مدل مبنا یعنی مدل شماره ۱ در خصوص تغییر ضخامت ورق مذکور از ۱۰ میلیمتر (مدل مبنا) به ۲۰ میلیمتر مقایسه شدند. جهت بیان

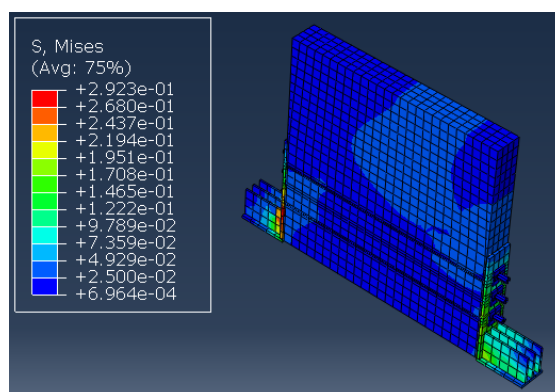
رفتار دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی سیستم مورد مطالعه، تاریخچه زمانی تغییر مکان بالاترین تراز دیوار (شکل ۱۰) در مدل مینا و سپس تاریخچه زمانی انرژی کرنشی (شکل ۱۱) در مدل مینا به عنوان نمونه ارائه می شوند. همچنین کانتور تنش فون مایسز جهت بیان تنش های حداکثر ایجاد شده در دیوار جهت مدل مینا (شکل ۱۲) به عنوان نمونه ارائه می گردد.



شکل ۱۰- تاریخچه زمانی تغییر مکان بالاترین تراز دیوار در مدل شماره ۱



شکل ۱۱- تاریخچه زمانی انرژی کرنشی در مدل شماره ۱



شکل ۱۲- کانتور تنش فون مایسز مدل شماره ۱

همانگونه که در شکل ۱۰ مشخص گردید در زمان اعمال بار انفجار بر سازه مورد مطالعه، تغییر شکل به حداکثر مقدار خود می رسد و پس از آن در حالت ارتعاش آزاد روند کاهشی آن در شکل دیده می شود. همچنین شکل ۱۱ نشان می دهد در زمان اعمال بار انفجار بر سازه، انرژی کرنشی به حداکثر مقدار خود می رسد و پس از آن پیرو حرکت ارتعاش آزاد سیستم، روند کاهشی در انرژی مذکور نمایان می شود. علاوه بر این با توجه به شکل ۱۲، کانتور تنش فون مایسز، مشخص می گردد که اتصالات دیوار برشی مورد مطالعه که نقش فیوز را در سیستم مورد نظر ایفا می کند، در حالت حداکثری تنش فون مایسز قرار می گیرند و بدنه دیوار برشی با تاثیر بسیار کم در تنش تحت بار انفجار قرار می گیرد. بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل های مورد نظر در این بخش به شرح جدول ۵ قابل بیان می باشند:

جدول ۵- بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل های ریز هدف اول

مدل شماره	۱	۴	
تغییر مکان (m)	مقدار	۰,۰۰۵۸۰۱	۰,۰۰۵۷۴۴
	تغییر نسبت به مبنا (%)	-	۰,۹۸
انرژی کرنشی (J)	مقدار	۶۹,۲۰۸۸	۶۸,۹۴۱۶
	تغییر نسبت به مبنا (%)	-	۰,۳۹

نتایج نشان می دهند که تغییر در ضخامت ورق محاط شده در دیوار از ۱۰ به ۲۰ میلیمتر، حداکثر تغییر مکان سازه را به میزان ۰,۹۸ درصد تغییر می دهد که نشان از تغییر بسیار ناچیزی در تغییر مکان حداکثر سازه است. همچنین نتایج نشان می دهند که تغییر فوق در ضخامت ورق مذکور، حداکثر انرژی کرنشی سیستم مورد مطالعه را به میزان ۰,۳۹ درصد تغییر می دهد که نشان از اثر بسیار ناچیز تغییر ضخامت بر انرژی کرنشی سازه مورد مطالعه است. نتایج ناشی از برآورد تنش فون مایسز در مدل های مورد تحقیق از این بخش به قرار جدول ۶ ارائه می گردند.

جدول ۶- بیشینه تنش فون مایسز در عناصر اصلی دیوار در مدل های ریز هدف اول (N/m^2)

مدل شماره	۱	۴
دیوار بتنی	۴,۸۵۵e-۲	۴,۰۲۵e-۲
ورق محاط شده در دیوار	۶,۴۵e-۲	۵,۵۳۵e-۲
ورق خارجی	۲,۹۲۳e-۱	۸,۲۲۷e-۴
واشر مربع شکل	۱,۱۴۸e-۲	۸,۶۲۵e-۱
سخت کننده	۲,۵۵۹e-۱	۲,۲۴۴e-۴
بولت	۵,۵۹۹e-۲	۸,۶۲۴e-۱
ورق تکیه گاهی	۱,۵۵۵e-۱	۵,۵۱e-۵

شایان ذکر است که تنش تسلیم تمامی ورق ها (ورق محاط شده در دیوار، ورق خارجی، سخت کننده، ورق تکیه گاهی و واشر مربع شکل) ۲۴۰ مگاپاسکال، بولت ۹۴۰ مگاپاسکال و بتن ۵۳ مگاپاسکال می باشد. لذا با مقایسه نتایج حاصل از جدول ۶ و همچنین مقادیر تنش تسلیم آنها، این نتیجه حاصل می شود که هیچ کدام از اجزای دیوار برشی مورد مطالعه به تسلیم نمی رسند.

۶-۲- اثر ضخامت ورق خارجی بر رفتار دینامیکی سیستم دیوار مورد مطالعه

جهت تعیین اثرات مربوط به تغییر ضخامت ورق خارجی بر رفتار دینامیکی سیستم مورد مطالعه، مدل شماره ۲ با مدل مبنا یعنی مدل شماره ۱ در خصوص تغییر ضخامت ورق مذکور از ۱۵ میلیمتر به ۲۵ میلیمتر مقایسه شدند. حداکثر تغییر مکان ایجاد شده در تراز بالایی دیوار برشی مورد مطالعه در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷- بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل ریز هدف دوم

	مدل شماره	۱	۲
تغییر مکان (m)	مقدار	۰,۰۰۵۸۰۱	۰,۰۰۵۶۵۴
	تغییر نسبت به مبنا(%)	-	۲,۵۳
انرژی کرنشی (J)	مقدار	۶۹,۲۰۸۸	۶۶,۸۴۰۹
	تغییر نسبت به مبنا(%)	-	۳,۴۲

با مقایسه نتایج جدول فوق با تغییر مکان حداکثر بدست آمده از تراز بالایی دیوار مورد مطالعه در ریزهدف اول (مدل مبنا)، این نتیجه حاصل می شود که با تغییر ضخامت ورق خارجی از ۱۵ به ۲۵ میلیمتر، تغییر مکان حداکثر به میزان ۲,۵۳ درصد افزایش می یابد. همچنین با افزایش ضخامت ورق خارجی از ۱۵ به ۲۵ میلیمتر، انرژی کرنشی به میزان ۳,۴۲ درصد کاهش می یابد. این نتایج حاکی از تاثیر کم پارامتر مورد مطالعه بر تغییر دادن تغییر مکان و انرژی کرنشی حداکثر سیستم دارد. نتایج ناشی از برآورد تنش فون مایسز در مدل های مورد تحقیق از این بخش به قرار جدول ذیل ارائه می گردند.

جدول ۸- بیشینه تنش فون مایسز در عناصر اصلی دیوار در مدل ریز هدف دوم (N/m^2)

مدل شماره	۲
دیوار بتنی	۷,۶۹۶e-۲
ورق محاط شده در دیوار	۸,۳۶۹e-۲
ورق خارجی	۱,۸۴۹e-۱
واشر مربع شکل	۸,۸۳۹e-۳
سخت کننده	۳,۰۴۸e-۱
بولت	۶,۸۱۵e-۲
ورق تکیه گاهی	۲,۱۵e-۱

با مقایسه نتایج حاصل از جدول فوق در خصوص تنش حداکثر ایجاد شده در اعضای دیواربرشی مورد مطالعه، مشخص گردید که هیچ کدام از اجزای دیوار، به تنش تسلیم خود نمی رسند.

۳-۶- اثر ضخامت ورق سخت کننده بر رفتار دینامیکی سیستم دیوار مورد مطالعه

جهت تعیین اثرات مربوط به تغییر ضخامت سخت کننده ها بر رفتار دینامیکی سیستم مورد مطالعه، در مدل شماره ۳ ضخامت ورق های سخت کننده نسبت به مدل مبنا از ۱۰ میلیمتر به ۲۰ میلیمتر افزایش یافت. بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل شماره ۳ به قرار جدول ۹ قابل بیان می باشند.

جدول ۹- بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل ریز هدف سوم

	مدل شماره	۱	۳
تغییر مکان (m)	مقدار	۰,۰۰۵۸۰۱	۰,۰۰۵۷۵۳
	تغییر نسبت به مبنا(%)	-	۰,۸۳
انرژی کرنشی (J)	مقدار	۶۹,۲۰۸۸	۶۸,۷۸۲۲
	تغییر نسبت به مبنا(%)	-	۰,۶۲

این نتیجه حاصل می شود که با افزایش ضخامت ورق های سخت کننده از ۱۰ به ۲۰ میلیمتر، حداکثر تغییر مکان به میزان ۰,۸۳ درصد کاهش می یابد. همچنین با تغییر مذکور حداکثر انرژی کرنشی ۰,۶۲ درصد کاهش می یابد. این نتایج نشان از تاثیر کم پارامتر مذکور بر تغییر دادن تغییر مکان و انرژی کرنشی سیستم دارد. با بررسی کانتور تنش فون مایسز جهت مدل شماره ۳، این موضوع روشن می گردد که اتصالات دیواربرشی مورد مطالعه در حالت حداکثری تنش قرار گرفته اند. این در حالیست که دیوار بتنی در سیستم مورد نظر در تنش حداقلی به سر می برد. نتایج حاصل از آنالیز تنش های ایجاد شده در اعضای مختلف دیوار برشی مورد مطالعه به قرار جدول ۱۰ ارائه شده اند.

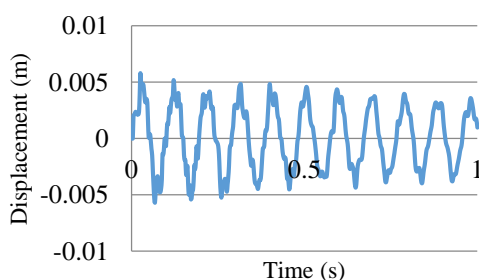
جدول ۱۰- بیشینه تنش فون مایسز در عناصر اصلی دیوار در مدل ریز هدف سوم (N/m^2)

مدل شماره	۳
دیوار بتنی	۱,۴۶۹e-۱
ورق محاط شده در دیوار	۱,۶e-۱
ورق خارجی	۵,۱۳۹e-۱
واشر مربع شکل	۱,۱۴۸e-۲
سخت کننده	۳,۷۴۲e-۱
بولت	۵,۵۹۹e-۲
ورق تکیه گاهی	۲,۵۹۶e-۱

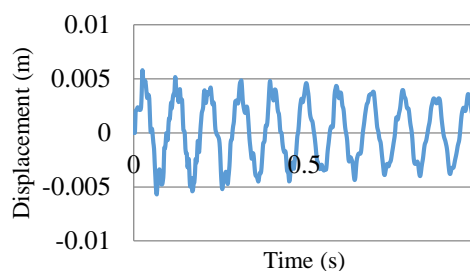
با مقایسه نتایج حاصل از تنش های ایجاد شده در عناصر دیوار برشی مورد مطالعه با تنش تسلیم آنها، این نتیجه حاصل می گردد که هیچ کدام از عناصر وارد ناحیه تسلیم خود نمی شوند.

۴-۶- اثر کاهش قطر بولت های طولی با مقاومت بالا بر رفتار دینامیکی سیستم دیوار مورد مطالعه

جهت تعیین تاثیر قطر بولت های با مقاومت بالا بر رفتار دینامیکی سازه مورد مطالعه، دو مدل مورد بررسی قرار گرفت. در این مدل ها قطر بولت از ۲۷ میلیمتر در مدل مبنا به ترتیب به ۲۵ (مدل شماره ۵) و ۲۲ (مدل شماره ۶) میلیمتر کاهش می یابند. در مدل شماره ۵ و ۶ بار انفجار با وزن ۲۰ کیلوگرم به فاصله ۵ متر از مرکز دیوار در راستای طول آن قرار گرفت. نتایج مربوط به تاریخچه زمانی تغییر مکان بالاترین تراز دیوار مورد مطالعه جهت مدل های مذکور به قرار اشکال ۱۳ و ۱۴ می باشند.



شکل ۱۴- تاریخچه زمانی تغییر مکان مدل شماره ۶



شکل ۱۳- تاریخچه زمانی تغییر مکان مدل شماره ۵

همانگونه که در اشکال فوق نمایش داده شده است، پس از اعمال بار انفجار بر سازه، تغییر مکان ناگهانی در آن رخ می دهد و پس از آن سیستم در حالت ارتعاش آزاد قرار می گیرد. نتایج بدست آمده در مدل شماره ۱، به عنوان مدل مبنا در رفتار تغییر مکان سازه متفاوت از رفتار آن در مدل های شماره ۵ و ۶ است. به گونه ای که به علت کاهش قطر بولت ها و بالتبع کاهش سختی محوری آنها، نمودار

تغییر مکان به حالت سینوسی نمایان می شود و مقدار تغییر مکان در حوزه مثبت و منفی نسبت به مبنای آن قرار می گیرد. این در حالیست که در مدل شماره ۱، تغییر مکان فقط در حوزه منفی نسبت به مبنا تغییر می یابد. در هر صورت دو نوع رفتار مختلف در نمودار تغییر مکان سازه با قطر بولت ۲۷ میلیمتر نسبت به تغییر مکان آن با قطرهای ۲۵ و ۲۲ میلیمتر اتفاق می افتد. این مسئله که ناشی از کاهش سختی محوری بولت ها می باشد حاکی از تاثیر مستقیم قطر بولت ها بر رفتار دینامیکی سازه است. از طرفی با بررسی تاریخچه زمانی انرژی کرنشی برای مدل های مورد مطالعه در این بخش از تحقیق، این مسئله نمایان می شود که تاریخچه بدست آمده همانند تاریخچه مدل مبناست. بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل های مورد نظر در این بخش به همراه مدل مبنا به شرح جدول ۱۱ قابل بیان می باشند.

جدول ۱۱- بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل های ریز هدف چهارم

	مدل شماره	۱	۵	۶
تغییر مکان (m)	مقدار	۰,۰۰۵۸۰۱	۰,۰۰۵۷۹۹	۰,۰۰۵۸۰۱
	تغییر نسبت به مبنا (%)	-	۰,۰۳۴	۰
انرژی کرنشی (J)	مقدار	۶۹,۲۰۸۸	۶۹,۴۹۵۳	۷۴,۵۸۴۲
	تغییر نسبت به مبنا (%)	-	۰,۴۱	۷,۷۷

با مقایسه تغییر مکان ها و انرژی های حداکثر بدست آمده از مدل های شماره ۵ و ۶ با مدل مبنا، مشخص می گردد که حداکثر تغییر مکان با کاهش قطر بولت از ۲۷ به ترتیب به ۲۵ و ۲۲ میلیمتر، به میزان به ترتیب ۰,۰۳۴ و صفر درصد تغییر را نشان می دهد. این نتایج نیز حاکی از تاثیر کم پارامتر مذکور بر تغییر دادن تغییر مکان سیستم دارند. از طرفی تغییر در قطر بولت از ۲۷ به ۲۵ میلیمتر تغییر چشمگیری در انرژی کرنشی نشان نمی دهد اما با کاهش بیشتر قطر بولت از ۲۷ میلیمتر به ۲۲ میلیمتر، کاهش نسبتاً محسوسی در تغییر انرژی کرنشی دیده می شود. با رسم کانتور تنش فون مایسز بیشینه تنش های مذکور در اعضای سیستم دیوار مورد مطالعه به قرار جدول ۱۲ می باشند. نتایج جدول ذیل نشان می دهند که هیچ یک از اجزای دیوار برشی مورد مطالعه وارد ناحیه تسلیم خود نمی شوند.

جدول ۱۲- بیشینه تنش فون مایسز در عناصر اصلی دیوار در مدل های ریز هدف چهارم (N/m^2)

مدل شماره	۵	۶
دیوار بتنی	۵,۷۹۱e-۲	۵,۶۶e-۲
ورق محاط شده در دیوار	۶,۳۱e-۲	۶,۱۶۷e-۲
ورق خارجی	۲,۸۷۵e-۱	۲,۷۹۵e-۱
واشر مربع شکل	۱,۰۳۶e-۲	۲,۴۷۵e-۲
سخت کننده	۲,۵۵۴e-۱	۲,۵۷۷e-۱
بولت	۷,۴۰۳e-۲	۱,۶۹۳e-۱
ورق تکیه گاهی	۱,۵۶۹e-۱	۱,۶۱۵e-۱

۶-۵- اثر فاصله مواد منفجره از مرکز سطح عمود بر محور طولی دیوار بر رفتار دینامیکی سیستم دیوار مورد مطالعه

جهت تعیین اثرات مربوط به تغییر فاصله مواد منفجره از مرکز سطح عمود بر محور طولی دیوار بر رفتار دینامیکی سیستم مورد مطالعه، مدل شماره ۷، ۸، ۹ و ۱۰ با مدل مبنا یعنی مدل شماره ۱ در خصوص تغییر فاصله مواد منفجره از مرکز سطح عمود بر محور طولی دیوار از ۵ متر به ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ متر مقایسه شدند. بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل های مورد نظر به همراه مدل مبنا در این بخش به شرح جدول ۱۳ قابل بیان می باشند.

جدول ۱۳- بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل های ریز هدف پنجم

مدل شماره	۱	۷	۸	۹	۱۰	
تغییر مکان (m)	مقدار	۰,۰۰۵۸۰۱	۰,۰۰۲۴۲۲	۰,۰۰۲۱۳۱	۰,۰۰۱۵۴۳	۰,۰۰۱۱۷
	تغییر نسبت به مبنا (%)	-	۵۸,۲۵	۶۳,۲۶	۷۳,۴۰	۷۹,۸۳
انرژی کرنشی (J)	مقدار	۶۹,۲۰۸۸	۷,۶۸۸۹۹	۲,۹۹۴۵۴	۱,۳۹۵۵۱	۰,۸۴۵۴۲۵
	تغییر نسبت به مبنا (%)	-	۸۸,۸۹	۹۵,۶۷	۹۷,۹۸	۹۸,۷۸

همان گونه که انتظار می رفت با افزایش فاصله مواد منفجره TNT از ۵ متر به ترتیب به ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ متر، تغییر مکان حداکثر دیوار مورد مطالعه به میزان چشمگیری کاهش می یابد. این کاهش در حالت حداکثر خود به ۷۹,۸۳ درصد می رسد که این موضوع نشان از موثر بودن زیاد پارامتر فاصله مواد منفجره از سیستم مورد مطالعه بر نتایج تغییر مکان حداکثر سازه دارد. همچنین نتایج جدول فوق نشان می دهند که با افزایش فاصله TNT از دیوار مورد مطالعه، انرژی کرنشی به مقدار زیادی کاهش می یابد که این مقدار در حالت حداکثر خود ۹۸,۷۸ درصد است که نشان از تاثیر پارامتر فاصله TNT از سیستم بر تغییر زیاد انرژی کرنشی دارد. بیشینه تنش فون مایسز در عناصر اصلی دیوار جهت مدل های مورد مطالعه در این بخش به قرار جدول ۱۴ می باشند. نتایج حاصل از جدول ذیل بیانگر این موضوع می باشند که هیچ کدام از اجزای دیوار مورد مطالعه به تسلیم خود نمی رسند.

جدول ۱۴- بیشینه تنش فون مایسز در عناصر اصلی دیوار در مدل های ریز هدف پنجم (N/m^2)

مدل شماره	۷	۸	۹	۱۰
دیوار بتنی	۲,۱۶۴e-۲	۲,۴۶۲e-۲	۲,۶۵۱e-۲	۶,۸۵۱e-۳
ورق محاط شده در دیوار	۶,۷۶۱e-۲	۷,۴۱۴e-۲	۴,۷۵۷e-۲	۲,۰۵۵e-۲
ورق خارجی	۱,۶۸۴e-۱	۲,۰۲۴e-۱	۱,۵۷۵e-۱	۶,۲۱۸e-۲
واشر مربع شکل	۳,۰۲۳e-۳	۲,۰۸۹e-۳	۱,۹۶۴e-۳	۲,۳۵۵e-۴
سخت کننده	۲,۵۷۳e-۱	۲,۹۰۵e-۱	۱,۵۱۸e-۱	۷,۷۸۴e-۲
بولت	۱,۸۹۴e-۲	۵,۷۰۹e-۳	۹,۷۸۲e-۳	۱,۳۳۸e-۳
ورق تکیه گاهی	۱,۱۸۴e-۱	۱,۳۵۵e-۱	۹,۹۴۱e-۲	۴,۱۰۲e-۲

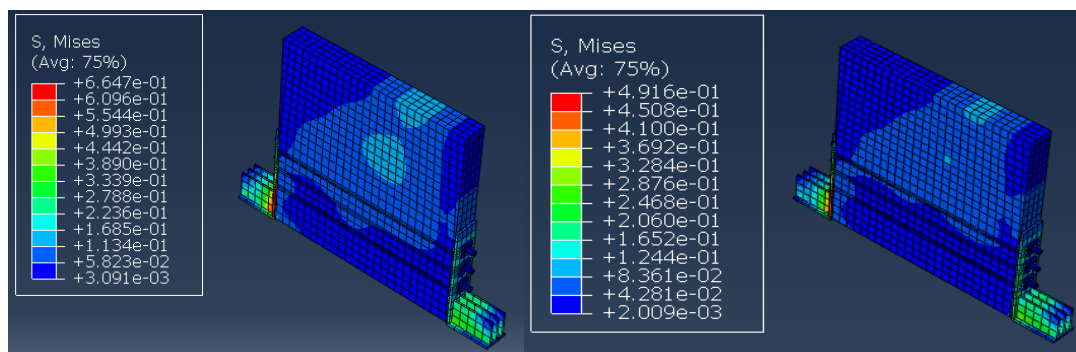
۶-۶- اثر وزن مواد منفجره ی اعمال شده بر مرکز سطح عمود بر محور طولی دیوار بر رفتار دینامیکی سیستم دیوار مورد مطالعه

جهت بررسی تاثیر پارامتر وزن TNT اعمال شده بر مرکز سطح عمود بر محور طولی دیوار بر رفتار دینامیکی سازه مورد مطالعه، چهار مدل با میزان وزن TNT به مقدار ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد. سپس تغییر مکان حداکثر، انرژی کرنشی حداکثر و تنش فون مایسز در این چهار حالت با مقادیر مذکور در مدل مبنا مقایسه شدند. بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل های مورد نظر در این بخش به شرح جدول ۱۵ قابل بیان می باشند.

جدول ۱۵- بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل های ریز هدف ششم

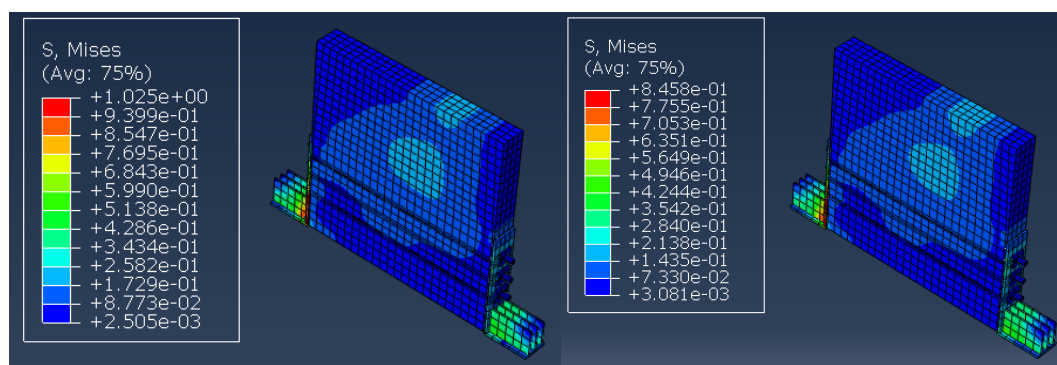
مدل شماره	۱	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	
تغییر مکان (m)	مقدار	۰,۰۰۵۸۰۱	۰,۰۰۹۶۴	۰,۰۱۳۱۸۳	۰,۰۱۶۴۵	۰,۰۱۹۵۱۳
	تغییر نسبت به مبنا (%)	-	۰,۶۶	۱۲۷,۲۵	۱۸۳,۵۷	۲۳۶,۳۷
انرژی کرنشی (J)	مقدار	۶۹,۲۰۸۸	۲۱۷,۱۷۷	۴۳۹,۳۶۱	۷۰۱,۰۱۴	۹۷۸,۹۱۱
	تغییر نسبت به مبنا (%)	-	۲۱۳,۸	۵۳۴,۸۳	۹۱۲,۹۰	۱۳۱۴,۴۳

در جدول فوق نشان داده شده است که با افزایش وزن TNT از ۲۰ کیلوگرم به ترتیب به ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم، تغییر مکان حداکثر دیوار به میزان بسیار چشمگیری تغییر می کند به طوری که با افزایش وزن TNT از ۲۰ به ۱۰۰ کیلوگرم حداکثر تغییر مکان سازه به میزان ۲۳۶،۳۷ درصد افزایش نشان می دهد. همچنین مقادیر جدول فوق نشان می دهند که تغییر وزن TNT تاثیر بسیار زیادی بر تغییر انرژی کرنشی سیستم دارد، به گونه ای که با افزایش وزن TNT از ۲۰ کیلوگرم به ۱۰۰ کیلوگرم، بیشترین تغییر در انرژی مذکور حاصل می گردد که این تغییر معادل ۱۳۱۴،۴۳ درصد می باشد. تغییرات فوق نشان می دهند که پارامتر وزن TNT تاثیر بسیار زیادی بر تغییر دادن مقدار تغییر مکان و انرژی کرنشی حداکثر سازه مورد مطالعه دارد. کانتور تنش فون مایسز در اشکال ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ به ترتیب جهت مدل شماره ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ ارائه شده اند.



شکل ۱۶- کانتور تنش فون مایسز مدل شماره ۱۲

شکل ۱۵- کانتور تنش فون مایسز مدل شماره ۱۱



شکل ۱۸- کانتور تنش فون مایسز مدل شماره ۱۴

شکل ۱۷- کانتور تنش فون مایسز مدل شماره ۱۳

کانتورهای فون مایسز در اشکال فوق نشان از تاثیر وزن TNT بر تغییر تنش مذکور در سیستم مورد مطالعه دارد، به گونه ای که با رصد کردن تنش در دیوار بتنی سیستم در مدل شماره ۱۱ و مقایسه آن با مدل شماره ۱۴، میزان ورود سطح بیشتری از دیوار بتنی در محدوده تنش بیش از حداقل مشاهده می گردد. این درحالیست که همانند مدل های قبل، میزان تنش در اتصالات دیوار مورد مطالعه در حالت حداکثری می باشند. هدف از تعبیه اتصالات دیوار نیز ایجاد نقش فیوز در آن با پذیرش حداکثر تنش می باشد. بیشینه تنش فون مایسز در عناصر اصلی دیوار جهت مدل های ریز هدف ششم به قرار جدول ۱۶ می باشند. نتایج نشان می دهد که هیچ کدام از اجزای دیوار مورد مطالعه به تنش تسلیم نمی رسند.

جدول ۱۶- بیشینه تنش فون مایسز در عناصر اصلی دیوار در مدل های ریز هدف ششم (N/m^2)

مدل شماره	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
دیوار بتنی	۱,۰۰۲e-۱	۱,۴۲۹e-۱	۱,۸۴e-۱	۲,۰۳۵e-۱
ورق محاط شده در دیوار	۱,۰۹۱e-۱	۱,۵۵۶e-۱	۲,۰۰۴e-۱	۲,۴۳۷e-۱
ورق خارجی	۴,۹۱۶e-۱	۶,۶۴۷e-۱	۸,۳۱۴e-۱	۹,۹۵۴e-۱
واشر مربع شکل	۲,۰۱۲e-۲	۲,۷۸۸e-۲	۳,۴۶۵e-۲	۴,۰۴۴e-۲
سخت کننده	۴,۶۴۲e-۱	۶,۶۰۸e-۱	۸,۴۵۸e-۱	۱,۰۲۵
بولت	۹,۰۴۸e-۲	۱,۲e-۱	۱,۴۶۸e-۱	۱,۶۹۱e-۱
ورق تکیه گاهی	۳,۰۷e-۱	۴,۴۸۹e-۱	۵,۸۱e-۱	۷,۰۵۸e-۱

۶-۷- اثر فاصله مواد منفجره از مرکز سطح موازی محور طولی دیوار بر رفتار دینامیکی سیستم دیوار مورد

مطالعه

جهت تعیین اثرات مربوط به تغییر فاصله مواد منفجره از مرکز سطح موازی محور طولی دیوار بر رفتار دینامیکی سیستم مورد مطالعه، مدل های شماره ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ ساخته شدند. ابتدا مدل های شماره ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ با مدل شماره ۱۵ به عنوان مبنای دوم (کمترین فاصله TNT از دیوار) مقایسه شدند تا اثر تغییر فاصله مواد منفجره از سطح موازی محور طولی دیوار بر نتایج حاصل شوند. تغییر فاصله مواد منفجره از مرکز سطح موازی محور طولی دیوار از ۵ متر (مدل شماره ۱۵) به ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ متر انجام گرفت. سپس نتایج مدل شماره ۱۵ با نتایج مدل شماره ۱ مقایسه شدند تا میزان تاثیر سختی دیوار نسبت به محور عمود بر محور طولی با میزان سختی آن نسبت به محور موازی محور طولی مقایسه شود. بیشینه تغییر مکان و انرژی های کرنشی مدل های مورد نظر در این بخش به شرح جدول ۱۷ قابل بیان می باشند.

جدول ۱۷- بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل های ریز هدف هفتم

مدل شماره	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	
تغییر مکان (m)	مقدار	۰,۳۷۶۶۲	۰,۱۴۱۹۲۸	۰,۰۲۷۸۹۲	۰,۰۲۴۷۶	۰,۰۲۲۹۱۱
	تغییر نسبت به مدل شماره ۱۵ (%)	-	۶۲,۳۱	۹۲,۵۹	۹۳,۴۳	۹۳,۹۲
انرژی کرنشی (J)	مقدار	۸۱۶,۳۸۱	۱۲۰,۲۸۷	۲۴,۱۱۹۳	۱۵,۱۴۱۹	۱۰,۰۷۸۳
	تغییر نسبت به مدل شماره ۱۵ (%)	-	۸۲,۲۷	۹۷,۰۵	۹۸,۱۴	۹۸,۷۶

جدول ۱۷ نشان از تاثیر زیاد فاصله مواد منفجره در تغییر دادن حداکثر های تغییر مکان و انرژی کرنشی دارد، به گونه ای که در حداکثر تغییر فاصله مواد منفجره از سطح موازی محور طولی دیوار از ۵ متر (مدل شماره ۱۵) به ۲۵ متر، مقدار تغییر مکان به میزان ۹۳,۹۲ درصد و انرژی کرنشی به میزان ۹۸,۷۶ درصد تغییر می کنند. لذا پارامتر فاصله مواد منفجره از دیوار مذکور بسیار تاثیرگذار بر نتایج است. از طرفی جهت برآورد اثر سختی دیوار در دو حالت اعمال مواد منفجره بر سطح عمود بر محور طولی و سطح موازی محور طولی دیوار، حداکثر تغییر مکان و انرژی کرنشی دیوار برشی در مدل شماره ۱ و مدل شماره ۱۵ که هر دو در وزن و فاصله مواد منفجره برابر بودند، مقایسه شدند. درصد تغییر در تغییر مکان و انرژی کرنشی سیستم از مدل شماره ۱ به مدل شماره ۱۵ به ترتیب ۶۳۹۲,۳۳ درصد و ۱۰۷۹,۵۹ درصد نشان داده شد. این اختلاف زیاد بین نتایج نشان از اثر فوق العاده زیاد سختی دیوار بر نتایج تحقیق دارد. به عبارت دیگر تغییر موقعیت مواد منفجره تاثیر چشمگیری بر حداکثر تغییر مکان و انرژی کرنشی سیستم مورد مطالعه دارد. نتایج ناشی از برآورد تنش

فون مایسز در مدل های مورد تحقیق در این بخش به قرار جدول ۱۸ ارائه می گردند. نتایج نشان از عدم ورود مصالح اجزای تشکیل دهنده دیوار مورد مطالعه به حالت تسلیم دارند.

جدول ۱۸- بیشینه تنش فون مایسز در عناصر اصلی دیوار در مدل های ریز هدف هفتم (N/m^2)

مدل شماره	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
دیوار بتنی	۲,۰۳۵e-۱	۹,۶۱۱e-۱	۱,۴۶۱e-۱	۳,۱۵۳e-۱	۲,۸۹۴e-۱
ورق محاط شده در دیوار	۳,۰۹۶	۱,۲۸۱	۲,۱۸۶e-۱	۴,۲۰۱e-۱	۳,۸۵۷e-۱
ورق خارجی	۱,۳۲۷e۱	۵,۲۵۴	۶,۷۳۷e-۱	۱,۱۶	۱,۱۳۳
واشر مربع شکل	۷,۵۶۷e-۱۴	۷,۶۳۱e-۱۴	۷,۴۳۳e-۱۴	۷,۸۱۸e-۱۴	۶,۸۵۱e-۱۴
سخت کننده	۱,۳۷۶e۱	۵,۵۶۷	۸,۵۲۴e-۱	۱,۴۸۶	۱,۳۸۲
بولت	۶,۰۴۷e-۱۲	۶,۰۳۹e-۱۲	۵,۳۱۶e-۱۲	۵,۰۱۱e-۱۲	۵,۲۲۹e-۱۲
ورق تکیه گاهی	۸,۲۷۱	۳,۳۶۱	۵,۰۳۷e-۱	۹,۴۱۳e-۱	۸,۸۳۳e-۱

۶-۸- اثر وزن مواد منفجره اعمال شده بر مرکز سطح موازی محور طولی دیوار بر رفتار دینامیکی سیستم دیوار مورد مطالعه

جهت تعیین اثرات مربوط به تغییر وزن مواد منفجره اعمال شده بر مرکز سطح موازی محور طولی دیوار بر رفتار دینامیکی سیستم مورد مطالعه، مدل های شماره ۲۰، ۲۱، ۲۲ و ۲۳ ساخته شدند. در این مدل ها وزن مواد منفجره به ترتیب ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم انتخاب شدند و در این حالت فاصله مواد منفجره ۵ متر فرض گردید. نتایج مدل های مذکور با نتایج مدل شماره ۱۵ (وزن و فاصله مواد منفجره به ترتیب ۲۰ کیلوگرم و ۵ متر) مقایسه شدند. بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی در مدل های مورد نظر در این بخش به شرح جدول ۱۹ قابل بیان می باشند.

جدول ۱۹ - بیشینه تغییر مکان و انرژی کرنشی مدل های ریز هدف هشتم

مدل شماره	۱۵	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	
تغییر مکان (m)	مقدار	۰,۳۷۶۶۲	۰,۶۲۳۱۸	۰,۸۵۷۲۸۵	۱,۰۶۸۴۴	۱,۲۷۱۷۵
	تغییر نسبت به مدل شماره ۱۵ (%)	-	۶۵,۴۷	۱۲۷,۶۳	۱۸۳,۶۹	۲۳۷,۶۷
انرژی کرنشی (J)	مقدار	۸۱۶,۳۸۱	۲۳۷۴,۹۳	۴۰۹۹,۰۹	۶۲۱۶,۷۳	۸۵۱۰,۵۲
	تغییر نسبت به مدل شماره ۱۵ (%)	-	۱۹۰,۹۱	۴۰۲,۱۱	۶۶۱,۵۰	۹۴۲,۴۷

نتایج جدول فوق نشان از تفاوت بسیار زیاد تغییر مکان حداکثر دیوار در اثر تغییر وزن TNT دارند به گونه ای که اگر وزن TNT از ۲۰ به ۱۰۰ کیلوگرم تغییر یابد، تغییر مکان حداکثر دیوار از ۰,۳۷۶ متر به ۱,۲۷۱ متر افزایش نشان می دهد که این حاکی از تاثیر زیاد پارامتر وزن TNT بر نتایج مطالعه دارد. همچنین نتایج ارائه شده در جدول ۱۹ حاکی از تاثیر پارامتر وزن TNT بر تغییر مقدار حداکثر انرژی کرنشی سیستم مورد مطالعه به میزان چشمگیر دارد. با افزایش وزن TNT از ۲۰ به ۱۰۰ کیلوگرم مقدار انرژی کرنشی از ۸۱۶,۳۸ ژول به ۸۵۱۰,۵۲ ژول افزایش می یابد که نشان از افزایش چند برابری (۹۴۲,۴۷ درصد) است. نتایج ناشی از برآورد تنش فون مایسز در مدل های مورد تحقیق از این بخش به قرار جدول ۲۰ ارائه می گردند.

جدول ۲۰- بیشینه تنش فون مایسز در عناصر اصلی دیوار در مدل های ریز هدف هشتم (N/m^2)

مدل شماره	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳
دیوار بتنی	۲,۳۲۳	۱,۰۰۲e۱	۱,۱۶۷e۱	۱,۳۱۳e۱
ورق محاط شده در دیوار	۳,۰۹۶	۱,۰۹۸e۱	۱,۴۰۷e۱	۱,۶۳۹e۱
ورق خارجی	۱,۳۲۷e۱	۲,۹۰۲e۱	۳,۵۶۱e۱	۴,۰۸۳e۱
واشر مربع شکل	۷,۵۶۷e-۱۴	۷,۷۴۱e-۱۴	۷,۶۲۹e-۱۴	۷,۶۱۹e-۱۴
سخت کننده	۱,۳۷۶e۱	۳,۱۱۶e۱	۳,۸۸۷e۱	۴,۴۵۸e۱
بولت	۶,۰۴۷e-۱۲	۶,۰۵e-۱۲	۶,۰۳۹e-۱۲	۶,۰۴۶e-۱۲
ورق تکیه گاهی	۸,۲۷۱	۱,۸۷۵e۱	۲,۳۰۶e۱	۲,۶۶۳e۱

بررسی کانتورهای تنش فون مایسز نشان از رفتار واحد دیوار مورد مطالعه در تمام مدل های بررسی شده دارد. یعنی اینکه در تمام مدل ها اتصالات دیوار در حالت حداکثری تنش قرار داشتند و خود دیوار در حالت حدقلی تنش قرار داشت. نتایج جدول ۲۰ نشان از عدم ورود اجزای دیوار به حالت تسلیم می دهد.

۷- نتیجه گیری کلی

در این مطالعه رفتار دینامیکی غیرخطی سیستم دیوار برشی بتنی SC-RRCSW تحت بار انفجار با روش عددی اجزا محدود با استفاده از نرم افزار آباکوس بررسی شده است. تاثیر پارامترهای مختلف از جمله: ضخامت ورق محاط شده در دیوار، ضخامت ورق خارجی، ضخامت ورق های سخت کننده، قطر بولت های طولی، وزن و فاصله مواد منفجره از سطح عمود بر محور طولی دیوار و بالاخره وزن و فاصله مواد منفجره از سطح موازی محور طولی دیوار مورد مطالعه، ارزیابی گردید. نتایج تحقیق نشان دادند که تاثیر تغییر پارامترهایی چون: ضخامت ورق محاط شده در دیوار، ضخامت ورق خارجی، ضخامت ورق های سخت کننده و قطر بولت های طولی، در تغییر دادن حداکثر تغییر مکان و انرژی کرنشی دیوار مورد مطالعه، بسیار ناچیز است. در تمام مدل های بررسی شده، تغییر وزن و فاصله مواد منفجره جهت هر دو حالت (سطح موازی محور طولی دیوار و سطح عمود بر محور طولی دیوار) تاثیر بسیار زیادی بر تغییر دادن حداکثر تغییر مکان و انرژی کرنشی سیستم مورد مطالعه دارد. لذا هر دو پارامتر وزن و فاصله مواد منفجره به عنوان پارامتر های تاثیرگذار بر تغییر نتایج این تحقیق می باشند. در تمام مدل های بررسی شده هیچ کدام از اجزای سازه وارد ناحیه تسلیم نشد که این موضوع نشان از کارایی بالای سیستم دیوار برشی SC-RRCSW دارد.

مراجع

- [1] Parsafar, S., Moghadam, A.S., (2017), Development of a rocking R/C shear wall system implementing repairable structural fuses, Structural Engineering Research Center, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology, Tehran, Iran, 9:247-258.
- [2] Ministry of Housing and Urban Development. Deputy Minister of Housing and Construction. (2012). National Building Regulations of Iran, Article 21, Passive Defense. Ministry of Roads and City Planning
- [3] Farahani, A., and Hadian Fard, M.A. (2010). Investigating the effect of loads caused by explosions on construction structures, 5th National Congress of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
- [4] Seifollahi, H., and Morshed, R. (2017). Investigation of the behavior of reinforced concrete slabs under the effect of explosion. Amirkabir Civil Engineering Journal. Volume 49. Number 4, 687-696.
- [5] Coull, A., Smith, B.S., (1967), Analysis of shear wall structures: (A Review of Previous Research), The Proceedings of a Symposium on Tall Buildings with Particular Reference to Shear Wall Structures, Held in the Department of Civil Engineering, University of Southampton, 139-155.
- [6] Ali, M.M., (2002), Protective design of concrete buildings under blast loading, Structures Under Shock and Impact VII, N Jones, CA Brebbia and AM Rajendran.

- [7] Hayes, J.R., Woodson, S.C., Pekelnicky, R.G., Poland, C.D., Corley, W.G., Sozen, M., Mahoney, M., Hanson, R.D., (2004), Earthquake resistance and blast resistance: a structural comparison, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada.
- [8] Wheaton, K., (2005), Blast assessment of load bearing reinforced concrete shear walls, Theses and Dissertations, Lehigh University.
- [9] Naito, C.J., Asce, M., Wheaton, K.P., (2006), Blast Assessment of Load-Bearing Reinforced Concrete Shear Walls, Practice periodical on structural design and construction.
- [10] Mortezaei, A., (2013), Case study of an earthquake-resistant reinforced concrete building under the impact of an explosion, Journal of Seismology and Earthquake Engineering, Volume 16, Number 1, Semnan.
- [11] Akbarpour, A., Mahmoudi Yeganeh, A., (2014), Composite shear wall analysis with explosion load reinforcement, Second National Conference on Applied Research in Civil Engineering, Architecture and Urban Management.
- [12] Yalciner, H., (2014), Structural Response to Blast Loading: The Effects of Corrosion on Reinforced Concrete Structures, Hindawi Publishing Corporation, Shock and Vibration.
- [13] Ismail Nia Omran, M., Mollai, S., (2016), Comparison of Behavioral Frames of Reinforced Concrete Frames and Shear Wall System under Explosive Load, Scientific and Extensive Journal of Concrete Materials and Structures, Iranian Concrete Scientific Association, First Year, Second Issue.
- [14] Moghimi, H., Driver, R.G., (2015), Performance assessment of steel plate shear walls under accidental blast loads, Journal of Constructional Steel Research, 106:44-56.
- [15] Patel, M.A.R., Parikh, D.K.B., (2015), Effect on Location of Shear Wall with Opening in RC Irregular Structure Subjected to Seismic Load & blast load, International journal of innovative research in technology.
- [16] Latifi, M., K., Noorzadeh, B., Motamed Vaziri, A., (2017), Behavior of concrete shear wall behavior with opening under blast loads, International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urbanism of Contemporary Iran.
- [17] Shirinzadeh, M., Haghollahi, A., (2016), Performance of shear wall with external reinforcement by CFRP and steel sheets against blast load, Journal of Vibroengineering, 18:2735-2743.
- [18] Hassanvand, P., Hosseini, M., Sarvadqad Moghadam, A., Hadiri Rasoul Abadi, M., (2018), Evaluation of Behavioral System Function of Bending Frame and Semi-Burnt Concrete Cutting Wall under Explosive Load, Journal of Structural and Construction Engineering, Volume 5, Number 1, 55-70.
- [19] Ostadhossein, H., Lotfi, S., (2017), Performance of infill stiffened steel panel against blast loading, Latin American Journal of Solids and Structures, 15(2).
- [20] Ajimituhuo, J.L., Abejide, O.S., Mangut, S., (2018), Reliability analysis of CFRP shear walls subject to blast loading, Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH), 37:626-632.
- [21] Ajimituhuo, J.L., Abejide, O.S., (2019), Nonlinear Finite Element Analysis of CFRP Shear Walls Subject to Blast Loading, H. Rodrigues and A. Elnashai (Eds.): GeoMEast, SUCI, 333-345.
- [22] Havaee, G., Bayat, A., (2017), Progressive collapse consequent of explosion load effect in reinforced concrete buildings and columns strengthening methods. Journal of Structural Engineering.
- [23] American Institute of Steel Construction (AISC), (1997), Floor vibration due to human activity, 11th Steel Design Guide Series.
- [24] Bos, F., Casagrande, B., (2003), On-line non-destructive evaluation and control of wood-based panels by vibration analysis. Journal of Sound and Vibration 268: 403-412.
- [25] Kamgar, R., Shams, Gh., (1396), The effect of blast load on nonlinear dynamic response of stainless steel core of non-buckling braces. Journal of Modern Defense Science and Technology. Ninth Year. number one. 107-118.