



## بررسی اثر انفجار بر ساختمان‌های بتنی

جمال حسنی نالوسی<sup>۱</sup>

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد، [j.hnaloosi@gmail.com](mailto:j.hnaloosi@gmail.com)

### چکیده

امروزه با افزایش ناآرامی‌ها و احتمال گسترش اقدامات تروریستی بایستی مطالعات بیشتری در مورد رفتار سازه‌ها در برابر انفجار صورت گیرد. اگرچه به دلیل ماهیت پویای تهدیدات هیچ‌گاه نمی‌توان سازه‌های مقاوم در برابر انفجار ساخت ولی می‌توان از شدت و دامنه خسارات وارده کاست. پدافند غیرعامل برای مقابله با این تهدیدات به عنوان یک راهکار ارائه شده است. در این مقاله، رفتار ساختمانهای بتنی مقاوم در برابر زلزله که بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ طراحی شده‌اند در برابر بارهای انفجاری بررسی می‌شود. بدین منظور، یک ساختمان ۴ طبقه مسکونی بتنی تحت ترکیبات مختلف بارگذاری قرار می‌گیرد و به صورت سه بعدی به کمک نرم‌افزار المان محدود ABAQUS تحلیل می‌شود. سپس عملکرد سازه تحت این بارگذاری‌ها بررسی می‌شود. در ادامه پاسخهای ناشی از اثر بارگذاری انفجار نظیر برش پایه و جابجایی طبقات با پاسخهای لرزه‌ای نظیرشان مقایسه می‌شوند و مقایسه پاسخهای بوجود آمده ناشی از انفجار و زلزله نشان می‌دهد که مدت زمان بارهای انفجاری با اینکه بسیار کمتر از زلزله میباشد ولی برش پایه و جابجایی بیشتری در ساختمان ایجاد می‌کند. بنا بر نتایج بدست-آمده، ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله برای مقاومت در برابر بارهای انفجاری باید مورد ارزیابی مجدد قرار بگیرند.

کلمات کلیدی: بارهای انفجار، پدافند غیرعامل، قاب بتنی، ABAQUS

### ۱- مقدمه

انفجارها می‌توانند سبب آسیب شدید به ساختمانها شوند و گاهی سبب خرابی پیشرونده و کامل می‌شوند. فشارهای ناشی از انفجار یکی از مخربترین بارهایی است که سازه ممکن است تجربه کند. بسیاری از سازه‌های موجود در مقابل بارهای ناشی از موج انفجار آسیب پذیر بوده و لذا می‌بایست مقاومت آنها در برابر چنین بارهایی مورد بررسی قرار گرفته تا با تشخیص نقاط حساس و بحرانی بتوان با استفاده از مصالح مناسب و شیوه‌های اجرایی و در صورت لزوم با استفاده از روشهای مختلف سازه را تقویت نمود. موج انفجار ضربه‌ای متشکل از هوای فشرده‌ای است که موج را به صورت شعاعی و با سرعت فراصوت از سطح ماده منفجره به سمت محیط اطرافش منتشر می‌کند. با انبساط این موج و در زمانی که موج در مسیر انفجار به یک مانع می‌رسد، منعکس می‌شود و در نتیجه فشار ناشی از این موج چند برابر می‌شود و می‌تواند باعث خسارات مالی و جانی گسترده‌ای شود. بنابراین رفتار اعضای سازه‌ای در مقابل اثرات انفجار از اهمیت قابل توجهی برخوردار است.

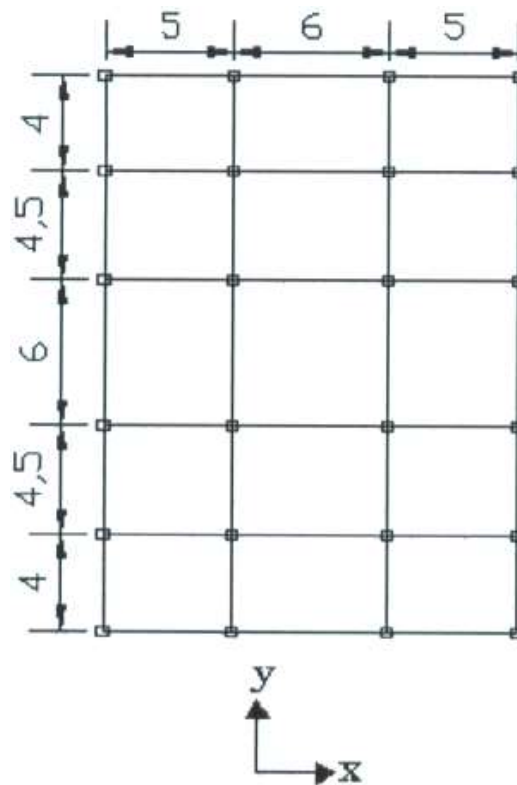
در این مقاله رفتار ساختمانهای بتنی که در طراحی آنها ضوابط لرزه‌ای مد نظر قرار گرفته‌اند تحت اثر بارهای انفجاری قرار می‌گیرند و برای حصول نتیجه دقیق‌تر بصورت سه‌بعدی مورد تحلیل قرار می‌گیرند.

مطالعات اخیر در مورد سازه‌های ضدانفجاری عموماً در مورد سازه‌های بتن مسلح میباشد. Krauthammer یک سری مطالعات عددی در

مورد پاسخ اتصالات سازه‌های بتنی و فولادی انجام داد. **Chen** و **Liew** از روش المان ترکیبی برای تحلیل انفجار و آتش استفاده کردند. بدین ترتیب که برای مدل‌سازی اعضای قاب که در معرض اثرات مستقیم انفجار و آتش نیستند، از المان **beam** استفاده شده است و برای المان‌های بحرانی که در معرض انفجار و آتش قرار گرفته‌اند، از المان **shell** استفاده شده است. مطالعه آنها نشان داد که این روش به قدر کافی برای در نظر گرفتن رفتار موضعی مقاطع و ناپایداری اعضا دقیق می‌باشد. خرابی ساختمان بتن مسلح در برابر انفجار خارجی توسط **Luccioni** و همکاران با استفاده از المان‌های سه‌بعدی **Solid** مدلسازی شده است. **Plaut** و **Motley** از نرم‌افزار **ABAQUS** برای بررسی کاربرد طنابهای الیاف مصنوعی در قاب پرتال فولادی برای افزایش مقاومت در برابر بارهای انفجاری استفاده کردند.

## ۲- صورت مسئله

در این پژوهش، یک ساختمان بتنی ۴ طبقه با کاربرد مسکونی که پلان آن دارای ابعاد  $16 \times 23$  متر میباشد، در نظر گرفته شده است. سیستم باربری جانبی سازه در هر دو جهت **X** و **Y** به صورت قاب خمشی انتخاب شده است. اتصال تیرها به ستونها به صورت صلب و اتصال پای ستونها گیردار میباشد. در طراحی ساختمان از بتن با مقاومت فشاری  $350$  کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و از فولاد با تنش جاری شدن  $3000$  کیلوگرم بر سانتیمترمربع استفاده شده است. طراحی متعارف سازه به کمک نرم‌افزار رایج طراحی ساختمانهای طبقاتی، **ETABS**، مطابق مبحث نهم مقررات ملی ساختمان [۱۱] و تحت اثر بارهای مرده، زنده و زلزله که بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان [۱۲] محاسبه گشته‌اند، انجام شده است. محل احداث ساختمان شهر مهاباد در روی زمینی با خاک نوع **II** بنا شده است. در شکل ۱، پلان ساختمان نشان داده شده است. لازم به ذکر است که ارتفاع تمام طبقات یکسان و برابر ۳ متر میباشد. ضمناً مشخصات مقاطع تیر و ستونها برای قابهای داخلی و خارجی در امتدادهای **X**، عرضی (۱۶ متر)، و **Y**، طولی (۲۳ متر) در جداول ۱ تا ۴ به تفکیک ارائه شده‌اند.



شکل ۱- پلان ساختمان ۴ طبقه (ابعاد به سانتیمتر میباشد).

جدول ۱- مشخصات قاب‌های خارجی عرضی (در جهت محور X) - تمامی ابعاد به سانتیمتر میباشند.

طبقه	مقطع تیر و آرماتورگذاری آن	مقطع ستون و آرماتورگذاری آن
۱	$40 \times 40; 5\Phi 20_{top}; 3\Phi 20_{bottom}$	$50 \times 50; 12\Phi 25$
۲	$40 \times 40; 5\Phi 20_{top}; 3\Phi 20_{bottom}$	$40 \times 40; 10\Phi 25$
۳	$30 \times 40; 4\Phi 20_{top}; 2\Phi 20_{bottom}$	$40 \times 40; 10\Phi 25$
۴	$40 \times 40; 3\Phi 20_{top}; 2\Phi 20_{bottom}$	$40 \times 40; 10\Phi 25$

جدول ۲- مشخصات قابهای داخلی عرضی (در جهت محور X) - تمامی ابعاد به سانتیمتر میباشند.

طبقه	مقطع تیر و آرماتورگذاری آن	مقطع ستون و آرماتورگذاری آن	
		داخلی	خارجی
۱	$40 \times 40; 7\Phi 20_{top}; 3\Phi 20_{bottom}$	$50 \times 50; 12\Phi 25$	$50 \times 50; 12\Phi 25$
۲	$40 \times 40; 7\Phi 20_{top}; 3\Phi 20_{bottom}$	$50 \times 50; 12\Phi 25$	$40 \times 40; 10\Phi 25$
۳	$40 \times 40; 6\Phi 20_{top}; 3\Phi 20_{bottom}$	$40 \times 40; 10\Phi 25$	$40 \times 40; 10\Phi 25$
۴	$40 \times 40; 4\Phi 20_{top}; 3\Phi 20_{bottom}$	$40 \times 40; 10\Phi 25$	$40 \times 40; 10\Phi 25$

جدول ۳- مشخصات قاب‌های داخلی طولی (در جهت محور Y) - تمامی ابعاد به سانتیمتر میباشند.

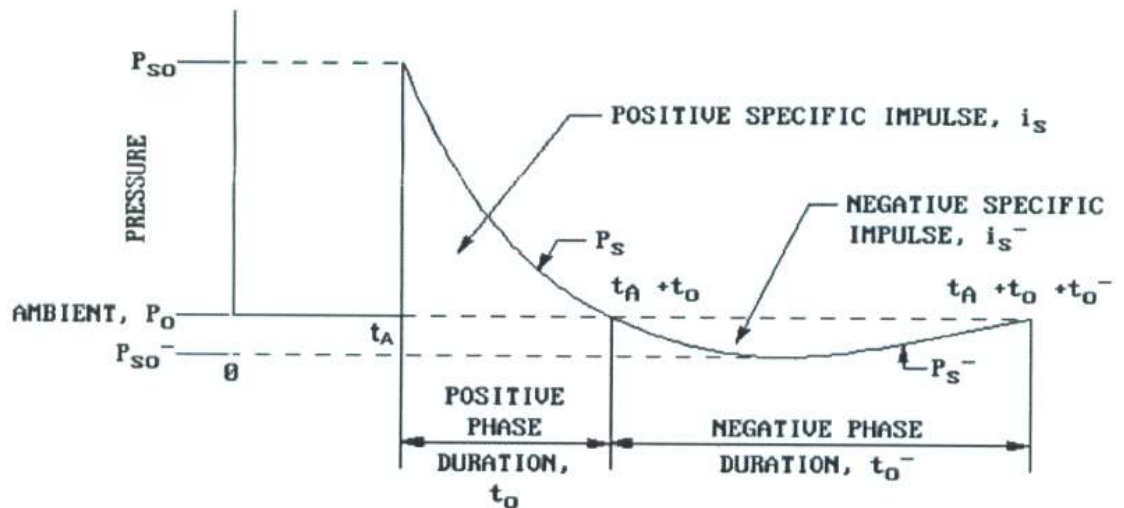
طبقه	مقطع تیر و آرماتورگذاری آن	مقطع ستون و آرماتورگذاری آن
۱	$40 \times 40; 4\Phi 20_{top}; 3\Phi 20_{bottom}$	$50 \times 50; 12\Phi 25$
۲	$40 \times 40; 4\Phi 20_{top}; 3\Phi 20_{bottom}$	$40 \times 40; 10\Phi 25$
۳	$30 \times 40; 4\Phi 20_{top}; 2\Phi 20_{bottom}$	$40 \times 40; 10\Phi 25$
۴	$30 \times 40; 3\Phi 20_{top}; 2\Phi 20_{bottom}$	$40 \times 40; 10\Phi 25$

جدول ۴- مشخصات قاب‌های خارجی طولی (در جهت محور Y) - تمامی ابعاد به سانتیمتر میباشند.

طبقه	مقطع تیر و آرماتورگذاری آن	مقطع ستون و آرماتورگذاری آن	
		داخلی	خارجی
۱	40×40; 6Φ20 <sub>top</sub> ; 4Φ20 <sub>bottom</sub>	50×50; 12Φ25	50×50; 12Φ25
۲	40×40; 6Φ20 <sub>top</sub> ; 4Φ20 <sub>bottom</sub>	50×50; 12Φ25	40×40; 10Φ25
۳	40×40; 5Φ20 <sub>top</sub> ; 3Φ20 <sub>bottom</sub>	40×40; 10Φ25	40×40; 10Φ25
۴	40×40; 4Φ20 <sub>top</sub> ; 3Φ20 <sub>bottom</sub>	40×40; 10Φ25	40×40; 10Φ25

### ۳- بارگذاری انفجاری

در اثر تمام انفجارها موجی از هوا آزاد می‌شود که به نام موج ضربه‌ای شناخته می‌شود. این موج هوای بسیار متراکمی می‌باشد که به صورت کروی با سرعتی بسیار زیاد از منبع انفجار به سمت خارج حرکت می‌کند. در شکل ۲، منحنی تاریخچه زمانی بار انفجار نشان داده شده است. در طول چند هزارم ثانیه، فشار ناشی از فشار اتمسفر ( $P_0$ ) به فشار بیشینه  $P_{SO}^+$  می‌رسد و در طول چندصد هزارم ثانیه دوباره به فشار اتمسفر باز می‌گردد و در ادامه در طول چند دهم ثانیه فشار منفی  $P_{SO}^-$  ایجاد می‌شود [۳]. در این پژوهش از فشار منفی صرف‌نظر شده است.

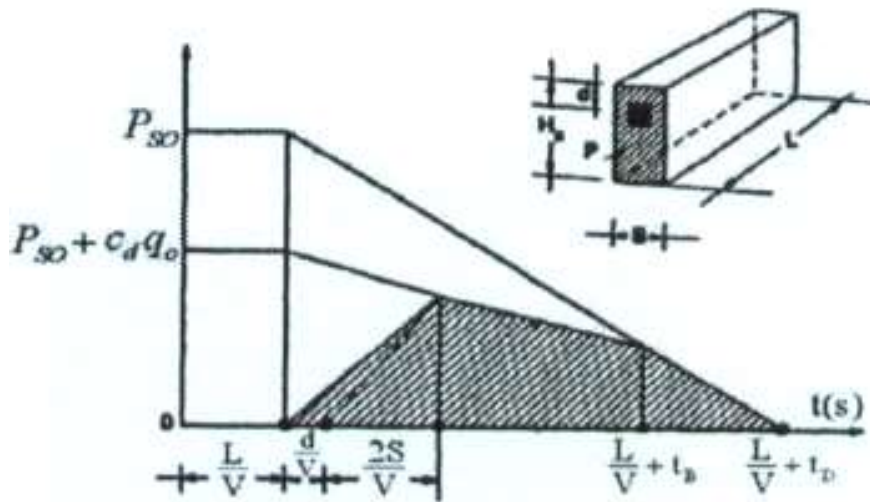


شکل ۲- منحنی تاریخچه زمانی فشار ناشی از انفجار [۳]

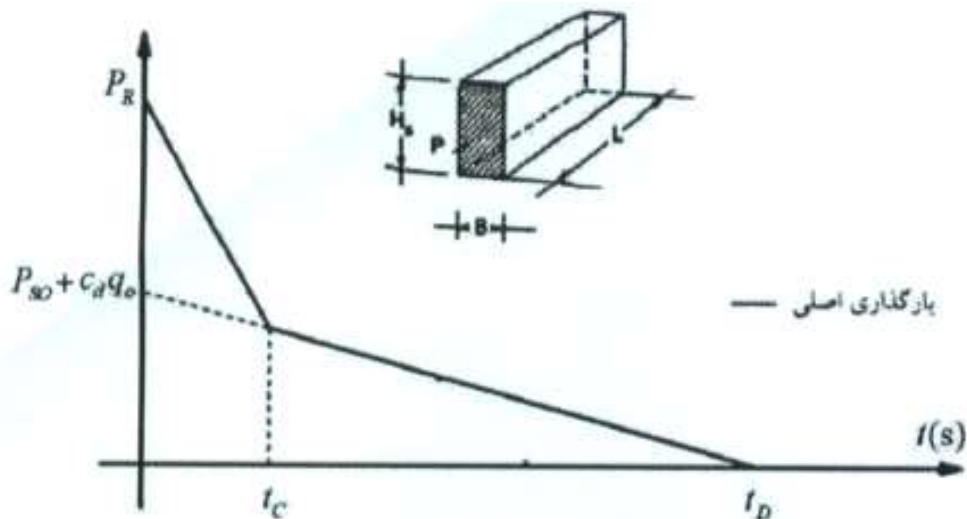
در این پژوهش سه حالت بارگذاری مختلف با مقادیر ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ کیلوگرم TNT در راستای محور تقارن طولی سازه و در فاصله ۱۵ متری از قاب جلویی سازه اعمال می‌شود. در انفجار دو پارامتر مهم مستقل وجود دارد که عبارتند از میزان مواد منفجره که بر حسب TNT معادل می‌شود ( $W$ ) و فاصله مواد منفجره از سازه ( $R$ ). حاصل این دو کمیت به صورت پارامتر  $Z$  فاصله مقیاس شده معرفی می‌گردد.

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

در رابطه  $W(1)$  بر حسب کیلوگرم و  $R$  بر حسب متر میباشد. برای هر یک از سه حالت بارگذاری بارهای وارده به تیرها و ستونها به صورت مجزا محاسبه و در فایل ورودی درج میگردد. لازم به ذکر است که فشارهای ناشی از انفجار به صورت یکنواخت فرض شده است. بدین ترتیب برای محاسبه فشار وارده بر انفجار مشخصات مرکز سطح ستون رو به انفجار در نظر گرفته شده است و در مورد تیرهای عرضی میانگین فشارهای وارده به ستونهای میانی و کناری لحاظ شده است. در شکل ۳ نمودار بارگذاری انفجاری بر وجوه جلو و پشت ستون نمایش داده شده است و بار واقعی وارده بر ستون معادل اختلاف این دو فشار می باشد [۵].



الف) تغییرات فشار بر روی وجه پشتی سازه

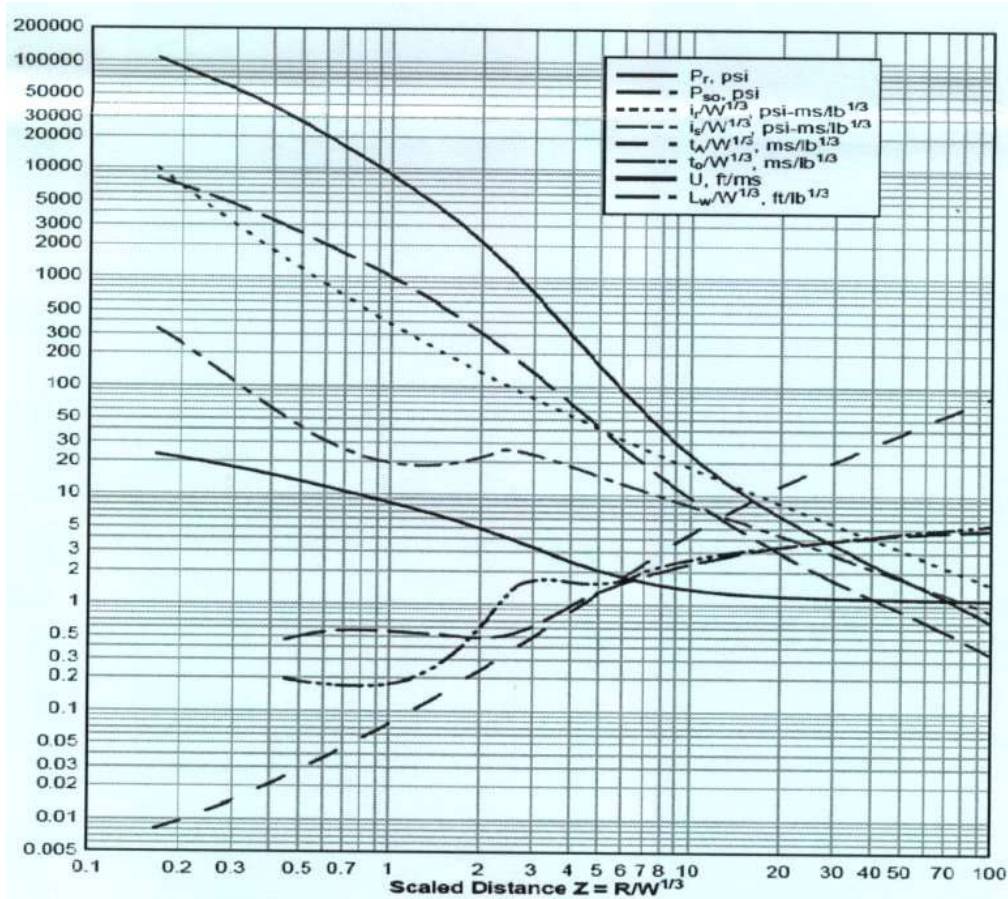


ب) تغییر فشار بر روی وجه جلویی سازه

شکل ۳- نمودار تغییرات فشار بر حسب زمان ناشی از انفجار روی وجوه مختلف ساختمان [۵]

در این نمودارها،  $P_{SO}$  فشار افزوده،  $q$  حداکثر فشار دینامیکی ناشی از جابجایی ذرات هوا میباشد و در واقع بادی است که در اثر انفجار بوجود می آید.  $P_{ra}$  حداکثر فشار موج بازتابی میباشد که در اثر جمع شدن فشار حاصل از برخورد بازتاب موج از سطح سازه میباشد.  $t_D$  مدت زمان اثر فشار دینامیکی، فاصله زمانی است که فشار حاصل از انفجار بر وجه جلویی سازه اثر می کند.  $t_c$  مدت زمان اثر موج بازتابی

می‌باشد و بازه‌ای است که موج انفجار به وجه جلویی سازه رسیده و همزمان با موج بازتاب‌شده، حداکثر فشار ممکن را به سازه وارد می‌کند. مدت زمان اثر موج ضربه‌ای برای وجوه کناری و پشتی سازه می‌باشد.  $S$  نیز برابر با مقدار کوچکترین بین ارتفاع سازه و نصف طول وجه جلویی (رو به انفجار) سازه بر حسب متر می‌باشد. در شکل ۴ کلیه پارامترهای لازم در محاسبه بار انفجاری و مدت زمان آن بر حسب  $Z$ های مختلف بدست می‌آید.



شکل ۴- پارامترهای موج شوک فاز مثبت برای انفجارات سطحی کروی [۱]

#### ۴- تحلیل سازه تحت اثر انفجار

همانطور که قبلاً ذکر شد رفتار کل سازه با تمام قاب‌های طولی و عرضی و به صورت سه بعدی تحت اثر بارگذاری انفجاری بررسی می‌شود. بدین منظور از نرم‌افزار ABAQUS برای تحلیل اجزای محدود دینامیکی غیرخطی سازه استفاده می‌شود. در اکثر تحقیقاتی که در زمینه اثر بار انفجاری بر ساختمانها انجام شده است قابها به صورت جداگانه و دوبعدی منظور شده‌اند اما در این پژوهش برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر، ساختمان به صورت کامل و به صورت سه بعدی تحلیل شده است. در این پژوهش مقاومت فشاری بتن ۳۵ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است. برای مدل‌سازی بتن در ناحیه پلاستیک و بررسی تخریب در آن از مدل خسارت مومسانی بتن (Concrete Damage Plasticity) استفاده شد. مشخصات مورد استفاده برای مدل‌سازی بتن در جداول ۵ و ۶ ارائه شده است.

جدول ۵- مقادیر تنش، کرنش و تخریب پلاستیک بتن در کشش

مقاومت کششی (مگاپاسکال)	کرنش ترک خوردگی	پارامتر تخریب در کشش
۵/۳	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰
۵/۳۱	۰/۰۰۰۱۷۶	۰/۲۵
۰/۵۸	۰/۰۰۱۵۳۹	۰/۹۹

جدول ۶- مقادیر تنش، کرنش و تخریب پلاستیک بتن در فشار

مقاومت فشاری (مگاپاسکال)	کرنش غیرالاستیک	پارامتر تخریب در فشار
۱۷/۵	۰/۰۰۰۰۰۰	۰/۰۰۰
۲۵/۷	۰/۰۰۰۰۳۸	۰/۱۱۲
۳۴/۹	۰/۰۰۱۸۹	۰/۴۲۹
۳۵	۰/۰۰۲۱۸	۰/۴۶۶
۲۸	۰/۰۰۴۵۶	۰/۷۰۱

برای مدلسازی فولاد در تحلیل انفجاری باید به این نکته توجه داشت که آرماتورهای مدفون در بتن در ناحیه مومسانی وارد می‌شوند و لذا باید هر دو ناحیه کشسان و مومسان در نظر گرفته شود. در ناحیه کشسان، ضریب کشسانی ۲۱۰ گیگاپاسکال، ضریب پواسون ۰/۳ و چگالی نسبی ۷۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب فرض می‌شود. ویژگی‌های فولاد در ناحیه مومسانی نیز در جدول ۷ ارائه شده‌اند.

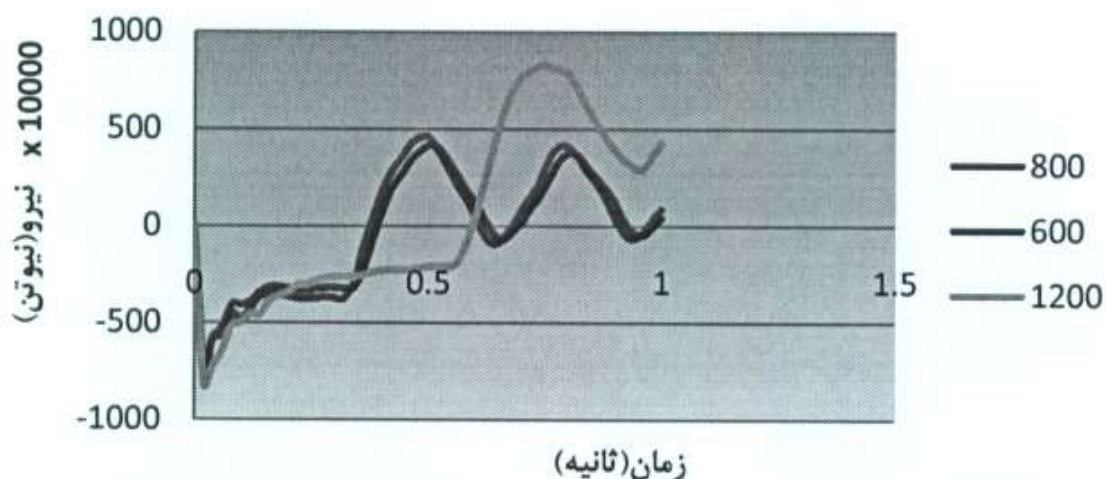
جدول ۷- مقادیر تنش و کرنش واقعی فولاد

کرنش پلاستیک	تنش واقعی (مگاپاسکال)
۰/۰۰۰	۳۰۰
۰/۰۲۵	۳۵۰
۰/۱۰۰	۳۷۵
۰/۲۰۰	۳۹۴
۰/۳۵۰	۴۰۰

۵- پاسخ سازه به بارگذاری‌های انفجاری

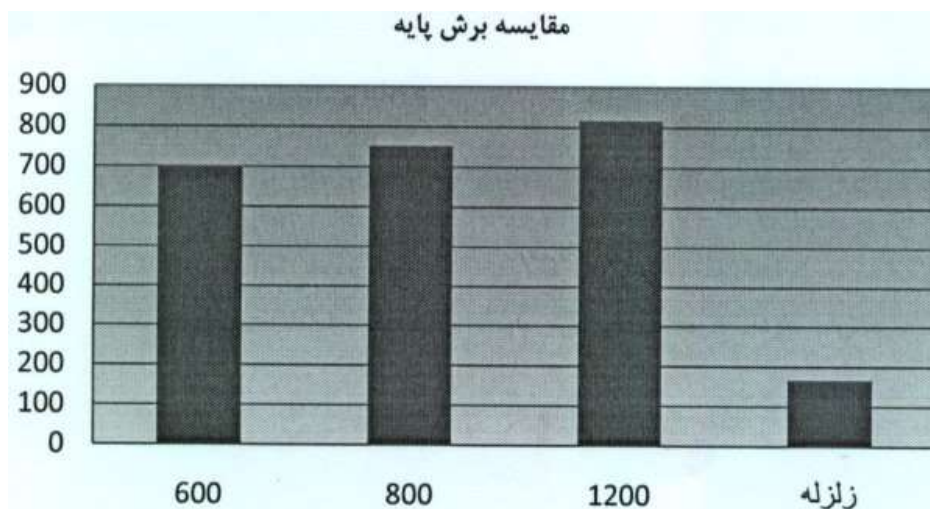
در این قسمت به بررسی نتایج تحلیل انفجار پرداخته می‌شود. در شکل ۵ برش پایه ساختمان برای سه حالت مختلف شامل ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ کیلوگرم TNT به نمایش درآمده است. همانطور که مشاهده می‌شود برش پایه برای دو حالت اول با یکدیگر تفاوت عمده‌ای از خود

نشان نمی دهد.



شکل ۵- نمودار تاریخچه زمانی برش پایه سه حالت بارگذاری انفجاری

در شکل ۶- حداکثر برش پایه در سه حالت بارگذاری انفجاری با برش پایه طراحی لرزه‌ای ساختمان مقایسه شده‌اند. همانطور که مشاهده میشود برش پایه برای تحلیل لرزه‌ای حدود ۲۳٪ حداکثر تحلیل انفجاری با ۶۰۰ کیلوگرم TNT میباشد. این نسبت برای دو حالت دیگر بارگذاری انفجاری به ترتیب حدود ۲۱٪ و ۱۹٪ میباشد. در هر سه حالت تفاوت عمده بین برش پایه ناشی از انفجار با آنچه که ساختمان بر آن اساس طراحی شده مشاهده می‌گردد.

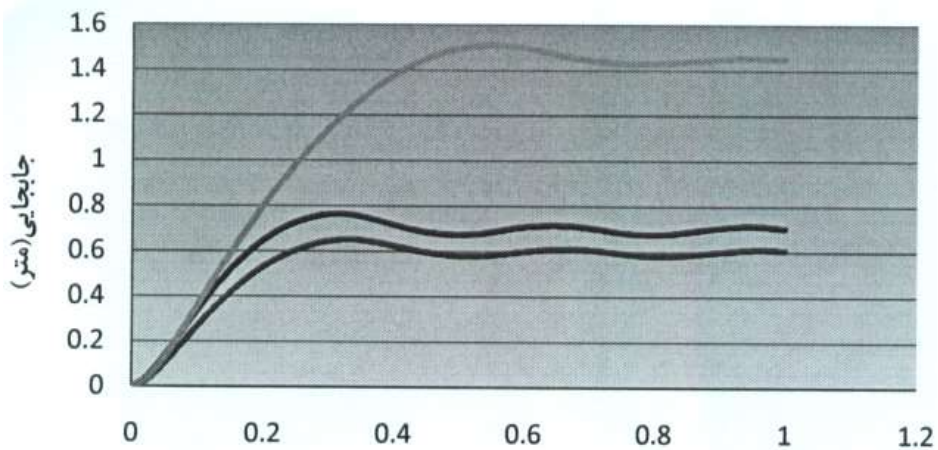


شکل ۶- مقایسه برش پایه‌های ماکزیمم ناشی از بارگذاری انفجاری و زلزله (بر حسب تن)

از دیگر پارامترهایی که در این پژوهش مقایسه شده‌اند، تغییر مکان پشت بام ساختمان میباشد. در شکل ۷ تغییر مکان‌ها در سه حالت بارگذاری انفجاری در بام (طبقه چهارم) با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همانطور که مشاهده میشود با افزایش مقدار منفجره، تغییر مکان بام افزایش می‌یابد که البته متناسب با افزایش مقدار منفجره نیست. به عبارت دیگر با دو برابر شدن مقدار ماده منفجره از ۶۰۰ به ۱۲۰۰ کیلوگرم، حداکثر تغییر مکان حدود ۱۳۵٪ افزایش داشته است.



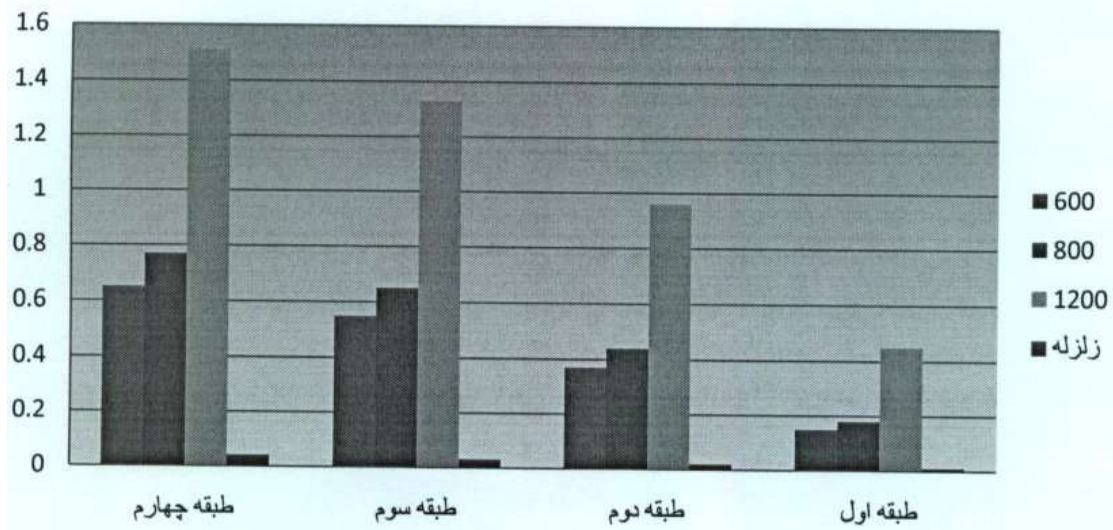
جابجایی طبقه چهارم



شکل ۷- مقایسه تغییر مکان جانبی سازه در سه حالت بارگذاری مختلف در تراز بام

برای مقایسه بیشتر حداکثر تغییر مکان جانبی در تراز هر ۴ طبقه ناشی از انفجار با مقادیر مختلف ماده منفجره با تغییر مکان جانبی ناشی از بار لرزه‌ای طراحی مقایسه شده و در شکل ۸ به نمایش درآمده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود تغییر مکان جانبی ناشی از زلزله بسیار کمتر از تغییر مکان جانبی ناشی از بارگذاری جانبی می‌باشد.

جابجایی طبقات (متر)



شکل ۸- مقایسه حداکثر تغییر مکان جانبی طبقات برای سه حالت بارگذاری انفجاری و زلزله

#### ۶- نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی اثرات بارگذاری انفجاری بر قاب بتنی مسلح اشاره شده است. زمانی که یک انفجار رخ می‌دهد، یک موج فشاری با سرعت بسیار بالا بر سازه وارد می‌شود و می‌تواند بارهای بسیار قوی در مدت زمان بسیار کوتاه بر سازه وارد کند. بسیاری از سازه‌ها به طور مناسب برای مقاومت در برابر این بارهای شدید طراحی نشده‌اند. بررسی نمودارها و نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی قاب بتنی مسلح مذکور در نرم‌افزار Abaqus به خوبی نقش فاصله منبع انفجار تا سازه را در رفتار سازه نشان می‌دهد به نحوی که فشارهای ناشی از انفجار با افزایش فاصله از منبع انفجار به شدت کاهش می‌یابد. بنابراین آسیب‌ها در وجهی از قاب که در مقابل انفجار قرار گرفته، ممکن

است بسیار شدیدتر از وجوه دیگر باشد. همچنین اثر مستقیم فشار انفجار منجر به آسیبهای موضعی میشود. این تحقیق نشان می دهد که قاب بتنی در نقاطی همچون اتصالات و وسط دهانه در مقابل انفجار ضعیف بوده و که برای مقاوم نمودن این نقاط بایستی از راه حل هایی همچون تقویت موضعی نظیر روکش های فولادی و بتنی و یا برای تقویت کل سازه در مقابل این نوع بارگذاری می توان از سامانه های سازه-ای نظیر دیوار برشی فولادی مرکب استفاده نمود. یکی از راه حل های دیگر که نسبت به دیوار برشی فولادی مرکب و سایر روش ها دارای مزایای بیشتری میباشد استفاده از صفحات FRP در زمینه ساخت، مقاوم سازی، تقویت و ترمیم و بهسازی سازه های موجود میباشد که سعی خواهد شد در تحقیقات آینده مورد بررسی قرار گیرند. با تحلیل عکس سه بعدی ساختمان ۴ طبقه بتنی تحت اثر بار ناشی از انفجار و مقایسه آن با تحلیل استاتیکی بار زلزله مشخص گردید که تغییر مکان تراز بام ناشی از ۶۰۰ کیلوگرم TNT حدود ۸ برابر تغییر مکان بام در طراحی لرزه ای میباشد. همچنین این افزایش در برش پایه ساختمان حدود ۳ برابر میباشد. میتوان این موضوع را بیان نمود که در صورتی که ساختمانی بر اساس ضوابط لرزه ای ساخته شود باید برای مقاومت در برابر بارهای انفجاری مورد بازنگری قرار گیرد.

## مراجع

1. T. Krauthammer, Blast-resistant structural concrete and steel connections, International Journal of Impact Engineering 22, 1999, pp. 887-910.
2. Chen, H. and Liew, J.Y.R., Explosion and fire analysis of steel frames using mixed element approach, J.Eng. Mech., 6,2005,pp.606-616
3. B.M. Luccioni, R.D. Ambrosini and R.F. Danesi, Analysis of building collapse under blast loads, Eng. Struct. 26, 2004, pp. 63-71.
4. Motely, M. R. and Plaut, R.H. Application of Synthetic Fiber Ropes to Reduce Blast Response of a Portal Frame, Int. J. Structural Stability and Dynamics, No.6(4), 2006, pp. 513-526.
5. Federal Emergency Management Agency, Primer for Design of Commercial Building of Mitigate Terrorist.
6. T. Krauthammer, building Blast simulation and progressive collapse analysis NAFEMS World Congress proceedings, 2007.
7. Mays G.C. and Smith P.D., "Blast effects on buildings-Design of buildings to optimize resistance to blast loading", Thomas Telford, London, 1995.
8. US Department of Army, "Design of structures to resist the effects of accidental explosions", US Department of the Army Technical Manual, TM 5-100, 1990.
9. U.S. Department of the Army Technical Manual, 2008, TMS-1300 structures of resist the effects of accidental explosions, United States Department of the Army Navy and Air force.
10. Bing, L., TSO Chein, P. and Asand., N., (2008) "A case study of the effect of cladding panels of the response of reinforced concrete frames subjected to distant blast loadings", Elsevier, Singapore.

۱۱. مقررات ملی ساختمان، مبحث نهم، طرح و اجرای ساختمانهای بتنی.

۱۲. مقررات ملی ساختمان، مبحث ششم، بارهای وارد بر ساختمان.