فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال پنجم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، (پیاپی ۱۷): صص ۳۳-۴۰

الزامات طراحی و اجرای راه‌پله‌ها در ساختمان‌های بتنی با رویکرد پدافند غیرعامل

محمد معمار افتخاری[۱]، عباس اکبرپور[۲]، سیدشهاب امام‌زاده[۲]، پرویز مقیمی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۴/۰۵
تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۱۶

چکیده

در اقدامات تروریستی که ممکن است در اماکن پرجمعیت رخ دهد، تلفات انسانی بالا بوده و یکی از مهم‌ترین اهداف در پدافند غیرعامل که در واقع مجموعه اقدامات قبل از بحران می‌باشد، کاهش خسارات و تلفات جانی است. یکی از بخش‌های پراهمیت در اماکن پرجمعیت، راه‌پله است که عدم توجه به آن، خسارات جبران‌ناپذیری را وارد می‌سازد. زیرا راه‌پله فضایی است که ورود و خروج از طریق آن صورت می‌گیرد و در زمان بحران، راهی برای فرار و امدادرسانی و خروج مصدومین و یا اسناد مهم می‌باشد. توجه دقیق در طراحی راه‌پله و بررسی سناریوهای مختلف که سبب ناکارآمد شدن این بخش از سازه می‌گردد باعث تسریع در امدادرسانی و کاهش آسیب می‌گردد. هدف از مطرح نمودن این بخش از ساختمان که کمتر به آن توجه شده و عملاً رمپ و پاگرد آن برای بار جانبی طراحی نمی‌گردد؛ ایجاد یک فضای امن داخلی و یا به عبارتی یک پناه موقت است. در این مقاله ضمن بررسی پدیده انفجار و پارامترهای مرتبط با آن و همچنین معرفی بخش‌های مهم یک راه‌پله، با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و همچنین مدل‌سازی در نرم‌افزار المان محدود آباکوس، جانمایی مناسب جهت قرارگیری راه‌پله در ساختمان به منظور کاهش خسارات وارد برآن و همچنین معیار افزایش ضخامت، مورد ارزیابی قرار گرفته که مشخص گردید با قرارگیری راه‌پله در مرکز ساختمان کمترین آسیب به آن وارد و همچنین افزایش منطقی ضخامت سبب کاهش انرژی و تغییرمکان در سازه می‌گردد. در این تحقیق فرض بر این است که انفجار از نوع خارجی بوده و همچنین راه‌پله به‌صورت مستقل از سازه در برابر بار انفجار تحلیل شده است و همین‌طور از اثر دیوارهای اطراف به‌علت مقاومت بسیار کم آن در برابر انفجار صرف نظر شده است.

کلیدواژه‌ها: راه‌پله، بتن، پدافند غیرعامل، انفجار، تلفات، فضای امن

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه جامع امام حسین (ع) m.memar80@gmail.com - نویسنده مسئول
۲- استادیار گروه دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب
۳- کارشناس ارشد دانشگاه صنعتی مالک اشتر

۱- مقدمه

۱-۱- بیان مسئله

یکی از مهم‌ترین فضاهای تردد در ساختمان، راه‌پله است که در حالت عادی وظیفه ایجاد ارتباط بین طبقات و مسیری برای جابجایی افراد، کالا و تهویه هوا می‌باشد و در هنگام وقوع بحران، نقش کاربردی آن بیشتر نمایان شده و علاوه‌بر فراهم آوردن امکان فرار افراد از محل، سبب می‌شود تا نیروهای امدادی نیز راه دسترسی به افرادی که در ساختمان‌ها و در طبقات باقی مانده‌اند را فراهم سازند. لذا در صورت مسدود شدن و یا فروپاشی راه‌پله عملاً امکان نجات برای افراد محبوس در ساختمان و همچنین امدادرسانی به مجروحین غیرممکن می‌شود.

جانمایی راه‌پله نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. محل راه‌پله باید طوری انتخاب شود که مانع خروج سریع افراد و امدادرسانی نشود. همچنین در هنگام انفجارهای تروریستی و یا هنگام برخورد موشک در نزدیکی ساختمان از قرارگیری مستقیم فضای راه‌پله در برابر موج انفجار جلوگیری شود.

اتصالات در راه‌پله‌ها نیز از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است زیرا ضعف در آن سبب ناکارآمدی و فروپاشی راه‌پله می‌گردد.

۱-۲- پیشینه تحقیق

در زمینه طراحی اتصالات سازه‌های بتنی، منابع متعددی در دسترس می‌باشد که در این تحقیق از آن‌ها استفاده شده است[۱].

در منابع متعددی به روند طراحی راه‌پله تحت اثر بارهای استاتیکی[۲] اشاره شده و در آیین‌نامه‌های مختلفی از جمله آیین‌نامه ایران، راهکارهای طراحی ارائه شده است[۴,۳]. در مبحث سوم مقررات ملی نیز ضوابط معماری طراحی راه‌پله‌ها به صورت کلی برای مقابله با حریق بیان شده است[۵]. در مبحث بیست‌ویکم مقررات ملی ساختمان نیز ضوابط پله‌های خارج از ساختمان بیان شده است[۶]. در زمینه بررسی راه‌پله در برابر انفجار به‌جز تحقیق نگارنده این مقاله [۸,۷] تاکنون بنا به اطلاع، تحقیقی جاری صورت نگرفته است.

۱-۳- روش تحقیق

نوع این تحقیق کاربردی بوده و روش آن نیز از نوع تحلیلی و عددی می‌باشد و برای این منظور ضمن بهره‌مندی از منابع موجود، از شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار المان محدود نیز استفاده شده است.

۱-۴- اهداف تحقیق

در این مقاله سعی شده ضمن بیان رویه‌های مختلف انفجار و احتمالات خرابی برای راه‌پله‌های بتنی راهکارهای مناسب جهت اجرای بهینه این بخش مهم از سازه به‌خصوص در هنگام وقوع بحران و با رویکرد پدافند غیرعامل ارائه شود.

۱-۵- فرضیات پژوهش

با توجه به گستردگی بحث انفجار و حالات محتمل برای اعمال بار انفجاری در این تحقیق، انفجار از نوع خارجی و در فاصله مشخص از سازه به وقوع پیوسته و سازه راه‌پله، مستقل از ساختمان در نظر گرفته شده و از مقاومت دیوارهای پیرامونی صرف‌نظر شده است.

۲- ملاحظات پدافند غیرعامل و لزوم توجه به آن

پدافند غیرعامل عبارت است از مجموعه اقدامات غیرمسلحانه‌ای که به‌کارگیری آنها موجب افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، ارتقاء پایداری ملی، تداوم فعالیت‌های ضروری و تسهیل مدیریت بحران در برابر تهدیدات و اقدامات نظامی دشمن می‌گردد.

در این تعریف، اهمیت پدافند غیرعامل نیز بیان شده است که در مرحله اول بایستی سبب بازدارندگی و در مرحله دوم، سبب کاهش آسیب‌پذیری شود. که این دو اصل با طراحی صحیح امکان‌پذیر است .

رعایت ملاحظات پدافند غیرعامل در طراحی معماری به عنوان یک روش و ابزار، قدرت دفاعی را بالا می‌برد و بنابراین رعایت آن الزامی است[۶].

راه‌پله نیز یکی از بخش‌های مهم در سازه است که توجه به طراحی آن و همچنین رعایت اصول و ضوابط سازه‌ای سبب می‌شود تا از سویی از مسدود شدن راه فرار و خروج افراد از سازه جلوگیری شود و همچنین در امر امدادرسانی تسریع گردد.

۳- بارگذاری انفجاری

انفجار، واکنشی است که در آن، نرخ سوختن مواد با سرعتی به مراتب بیشتر از سرعت صوت انجام می‌شود که در نتیجه، دما و فشار بسیار بالایی ایجاد و موج انفجار بلافاصله تولید و با سرعت

بسیار زیادی منتشر می‌شود[۶].

۴- معیارهای موج انفجار

به منظور محاسبه موج انفجار در یک فاصله مشخص و مقدار خرج انفجاری مشخص، روش‌های حل تجربی و عددی زیادی در مراجع ارایه شده است. در بیشتر روش‌های تجربی، عاملی تحت عنوان «فاصله مقیاس‌شده» مطابق زیر تعریف می‌شود.

$$Z = \frac{R}{W^{1/3}} \qquad (۱)$$

که در آن،

Z: فاصله مقیاس‌شده

R: فاصله خرج انفجار تا محل مورد نظر (متر)

و W: وزن معادل خرج انفجار برحسب وزن TNT معادل (کیلوگرم) می‌باشد.

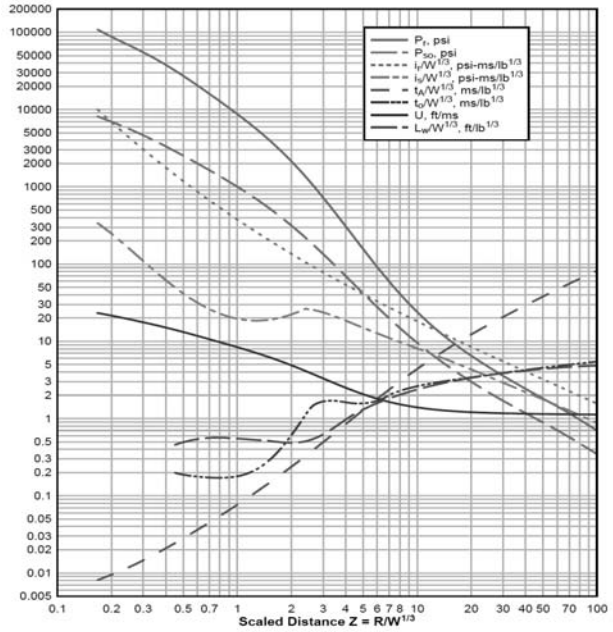
با توجه به پدیده انفجار و اثرات آن بر روی یک ساختمان، در اینجا به دنبال یافتن روش‌هایی برای محاسبه پارامترهای مذکور می‌باشیم. عمده معیارهای مورد نیاز جهت بارگذاری ساختمان موارد زیر می‌باشد:

فشار (p_{so})، فشار بازتابی (P_r)، فشار دینامیکی(q_s)، مدت زمان تداوم انفجار(t_d)، ضربه(i_s)، سرعت موج (U_s)، و طول موج (λ_{rw}).

نمودار ارائه‌شده در شکل(۱) موجود در مرجع UFC3-340-02 (که ویرایش جدیدتر از راهنمای فنی محاسبه سازه‌ها تحت بار انفجارهای اتفاقی TM5-1300 می‌باشد) بهترین نمودار جهت محاسبه پارامترهای یادشده می‌باشد. در این نمودار بایستی ابتدا برای یک مقدار وزن ماده منفجره معادل TNT و فاصله مشخص از منبع انفجاری، فاصله مقیاس‌شده محاسبه گردد. سپس با استفاده از یک خط عمودی، مقادیر نمودار که شامل فشار، فشار بازتابی، فشار دینامیکی و سایر مقادیر مرتبط با بارگذاری ساختمان است، محاسبه می‌شود.

۵- عملکرد سازه در هنگام وقوع انفجار

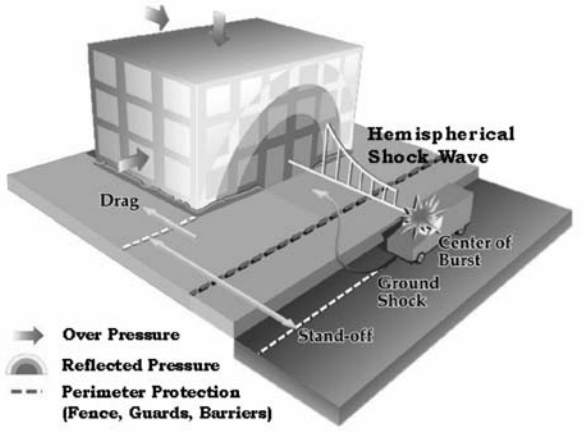
شکل(۲) نشان‌دهنده وقوع یک انفجار در مجاورت ساختمان می‌باشد که تحت عنوان انفجار غیرتماسی شناخته می‌شود. در این شکل، امواج مستقیم ناشی از انفجار، موج شوک زمینی و فشار دینامیکی نشان داده شده است. پدیده‌های یادشده، عمده



شکل ۱- پیش بینی پارامترهای موج انفجار بر روی سطح [۹]

پدیده‌های مرتبط با بحث انفجار می‌باشد.

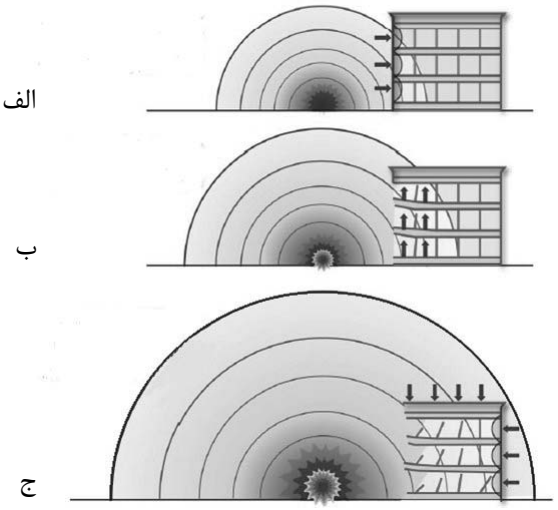
انفجار بر حسب موقعیت نسبت به ساختمان، حالات مختلفی دارد؛ از جمله انفجار داخلی و خارجی که هر کدام نیز به بخش‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. با توجه به تعدد حالات و گستردگی آن و با فرض اینکه انفجار خارجی باشد، از میان حالات مختلف تنها به بررسی انفجار خارج از ساختمان پرداخته می‌شود.



شکل ۲- اثر انفجار بر ساختمان و نیروهای وارد بر آن ناشی از انفجار [۱۲]

در انفجار خارج از ساختمان، موج فشاری به سطوح خارجی اعمال شده و باعث شکست عناصر باربر مجاور آن، دیوارها، عناصر

نما و شیشه‌ها می‌شود. چنانکه موج تابشی در جهت بازشوها ادامه می‌یابد، داخل ساختمان شده و باعث تخریب سقف‌ها و طبقات می‌شود.. با ورود موج تابشی به داخل ساختمان، فشار رو به بالا در سقف‌ها و طبقات ایجاد شده و باعث تخریب آنها می‌شود. در مرحله آخر، فشار همه‌جانبه رو به داخل در تمام محیط ساختمان ایجاد می‌شود (شکل ۳).



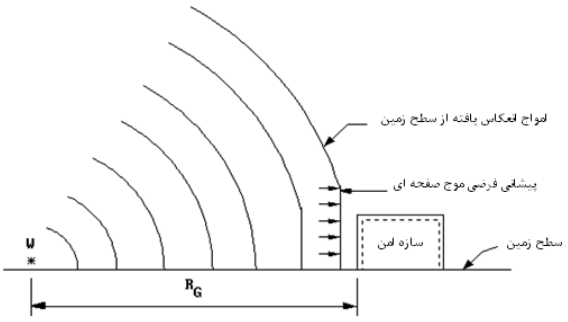
شکل ۳- نمایی از دوره‌های متوالی آسیب ساختمان در اثر انفجار خارجی [۱۲]

الف- موج انفجاری پنجره‌ها را می‌شکند؛ دیوارهای خارجی فرو می‌ریزند و حتی ممکن است ستون‌ها دچار آسیب شوند.

ب- موج انفجاری کف‌ها را به سمت بالا می‌راند و باعث تخریب آنها و افزایش طول مؤثر ستون‌ها می‌شود.

ج- موج انفجاری سازه را احاطه می‌کند و باعث فشار رو به پایین به کف‌ها می‌شود. فشار رو به داخل در هر جهتی از ساختمان ایجاد می‌شود.

در صورتی که انفجار در سطح زمین به وقوع بپیوندد، امواج منعکس‌شده از سطح زمین با امواج مستقیم ترکیب شده و مطابق شکل(۴) باعث ایجاد یک موج صفحه‌ای که قدرتی بیش از امواج مستقیم دارد خواهد شد.



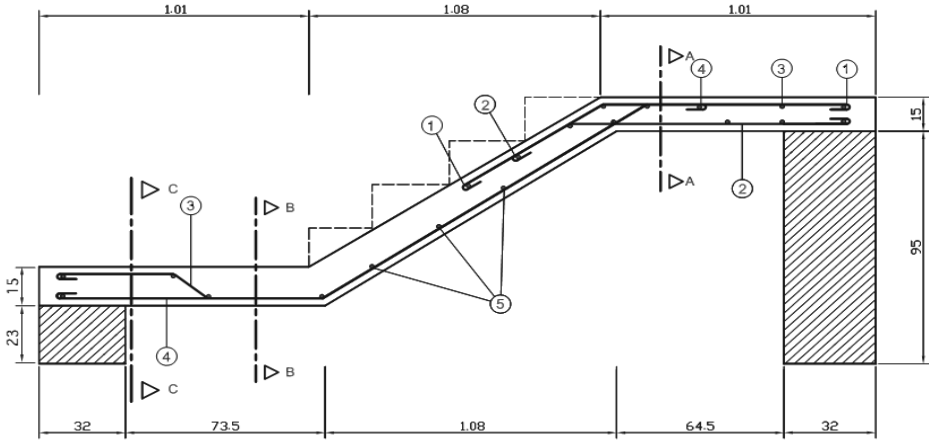
شکل ۴- نحوه برخورد امواج ناشی از انفجار به سازه در یک انفجار سطحی و اثرات انعکاس از سطح زمین[۹]

۶- راه‌پله‌های بتنی و بخش‌های آن

هر راه‌پله بتنی در واقع از دو بخش اصلی پاگرد و رمپ که به‌صورت دال اجرا می‌گردد تشکیل شده است. معمولا پاگرد بر تیر واصل دو ستون اصلی راه‌پله تکیه دارد. رمپ نیز از دو انتها به پاگرد متصل بوده و همانند شکل(۵) آرماتورگذاری می‌شود.

۷- جانمایی راه‌پله و اثر آن بر مقاومت این بخش از سازه

برای مقابله با حملات تروریستی و همچنین حفاظت از اثرات



شکل ۵ – مقطع راه‌پله بتنی

موج انفجار بایستی فاصله مناسب را برای سازه از عوامل انفجار فراهم نمود[۱۳]. این اصل را می‌توان برای راه‌پله نیز به‌کاربرد و این امر مهم‌ترین راهکار برای جلوگیری از قرارگیری راه‌پله در معرض مستقیم موج انفجار است. زیرا از سویی به دلیل بحث وزن سازه و اثر منفی آن در هنگام زلزله، افزایش حجم آن محدود بوده و از طرفی در محل اتصالات نیز با توجه به زاویه‌دار بودن اتصال رمپ به پاگرد بایستی تا حد ممکن اثر موج انفجار را کاهش داد. یکی از شیوه‌های منطقی که بر اساس آئین‌نامه می‌توان به آن استناد نمود قراردهی راه‌پله در مکانی مناسب است که این امر در هنگام طراحی بایستی مورد توجه طراح سازه قرار گیرد. لذا می‌توان راه‌پله را به‌جای قرار دادن در ورودی ساختمان که به‌صورت معمول انجام می‌پذیرد در صورتی که سازه از هر دو سمت ساختمان امکان تردد دارد در وسط سازه و در صورتی که تنها دارای یک راه ورود و خروج است و سمت پشتی سازه محصور می‌باشد به بخش انتهایی سازه انتقال داد تا عملا از موج مستقیم در امان باشد.

۸- بررسی اتصالات در راه‌پله‌های بتنی و عملکرد آنها در هنگام وقوع انفجار

اتصالات در راه‌پله شامل اتصال رمپ به پاگرد، پاگرد به تیر میانی دو ستون، و رمپ به پی می‌باشد. اما از بین این اتصالات، اتصال رمپ به پاگرد از اهمیت خاصی برخوردار است؛ زیرا تنها بخشی از سازه بتنی است که به‌صورت زاویه‌دار اجرا می گردد و امکان تمرکز تنش در این نقطه وجود دارد لذا می‌توان با افزایش ضخامت رمپ و همچنین تغییرات معماری همانند ایجاد سطح قوسی در زیر محل اتصال از ایجاد تمرکز تنش دوری کرد.

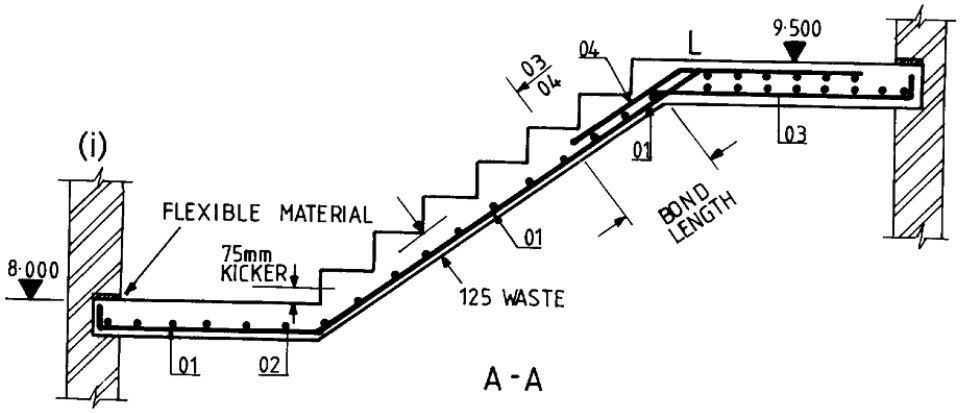
۹- کاربرد تقویت کننده‌های بتن و بتن‌های ویژه در راه‌پله

یکی از راه‌های مقاوم‌سازی راه‌پله بتنی، استفاده از آرماتور در بخش فشاری دال رمپ می‌باشد. با توجه به نکاتی که در قسمت چهارم بیان شد و سیستم بارهای انفجاری که ابتدا سازه تحت فشار و سپس تحت مکش قرار می‌گیرد، در هنگام اعمال موج انفجار به رمپ عملا سیستم کارایی سازه تغییر کرده و بخش فشاری و کششی بتن تعویض می‌گردد و همچنین در آئین‌نامه UFC نیز به طراحی سازه به‌صورت متقارن برای مقاومت در برابر بارهای انفجاری تاکید شده است. در صورتی که به‌صورت کامل در بخش فشاری نیز آرماتور قرار داده شود در هنگام اجرا با مشکل ویبره صحیح بتن مواجه می‌شویم (هر چند که می‌توان ضخامت رمپ را حداکثر تا ۳۰ سانتی‌متر افزایش داد). به همین منظور می‌توان از بتن خودتراکم یا SCC استفاده نمود. همچنین برای مقاومت در بخش اتصال نیز می‌توان از ورق‌های FRP در بخش اتصال رمپ به پاگرد برای تقویت بیشتر استفاده کرد[۱۶] .

۱۰- مدل‌سازی راه‌پله و بررسی اثر ضخامت رمپ

این مدل مربوط به یک ساختمان بتنی دو طبقه و پیلوت است که با نرم‌افزار ایتبس تحلیل و برای مدل‌سازی در نرم‌افزار المان محدود آباکوس، فرضیات زیر در نظر گرفته شده است(شکل ۸):

مدل‌سازی ستون‌ها و تیرها با المان حجی توپر هشت گره‌ای[1]، مدل‌سازی رمپ و پاگردها از المان پوسته چهارگرهی[2] و آرماتور ستون‌ها و تیرها با المان‌های صرفاً کششی و یا فشاری خرپایی[3]



شکل ۶ – نمایی از اتصالات راه‌پله [۱۱]

1- Solid
2- Shell
3- Truss

تعریف شده‌اند. در این طرح دیوارها مدل نشده و از مقاومت آن در برابر بار انفجار صرف نظر شده است.

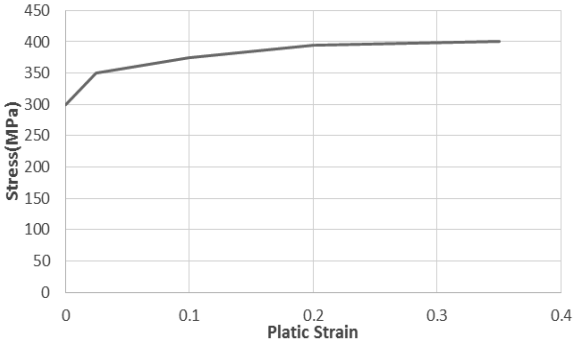
برای سهولت در میلگردگذاری رمپ و پاگرد، با توجه به حجم بالای میلگردها و همچنین برای سرعت عمل در تغییر میزان و محل آنها به منظور یافت خروجی‌های مختلف و به‌دست آوردن نتایج مناسب در المان پوسته و در بخش مشخصات لایه‌های آرماتور[1] تعریف شده است.

مکانیسم شکست برای بتن مدل آسیب پلاستیک بتن[2] در نظر گرفته شده که عملکرد مناسبی برای خرابی بتن در هنگام اعمال بارهای دینامیکی مثل زلزله و انفجار را دارد.

پارامترهای ورودی مصالح برای فولاد مصرفی (میلگرد) در بخش الاستیک و پلاستیک به‌صورت جدول(۱) و شکل(۷) می‌باشد:

جدول ۱- مشخصات مکانیکی آرماتورهای مصرفی

پارامترها	مقادیر
ρ (چگالی) (kg/m^3)	۷۸۵۰
E (مدول الاستیسیته یا مدول یانگ) (MPa)	۲۱۰
ν (ضریب پواسون)	۰/۳



شکل ۷- تنش- کرنش پلاستیک فولاد مصرفی

مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع در نظر گرفته شده است.

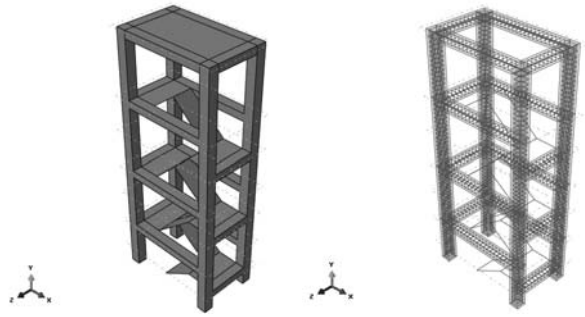
$$f'_c = 25\ Mpa$$

نوع تحلیل[3]، دینامیکی صریح[4] و برای اعمال اندرکنش[5] بین بتن و فولاد از قید مدفون استفاده شده است. برای شرایط مرزی پایه ستون را گیردار در نظر می‌گیریم.

بار انفجاری از شکل(۱) به‌دست آمده و برای مش‌بندی نیز برای هر المان به‌صورت زیرخانواده مناسب در نظر گرفته شده است.

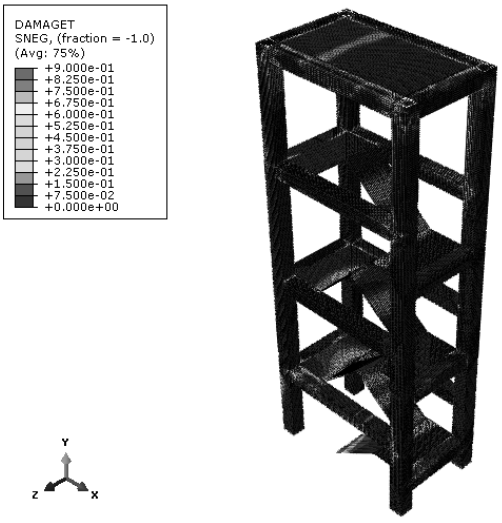
- برای ستون‌ها از المان C۳D۸R
- برای رمپ و پاگرد از المان S۴R
- برای میلگردها از المان T۳D۲

ابعاد مش ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است[۸].



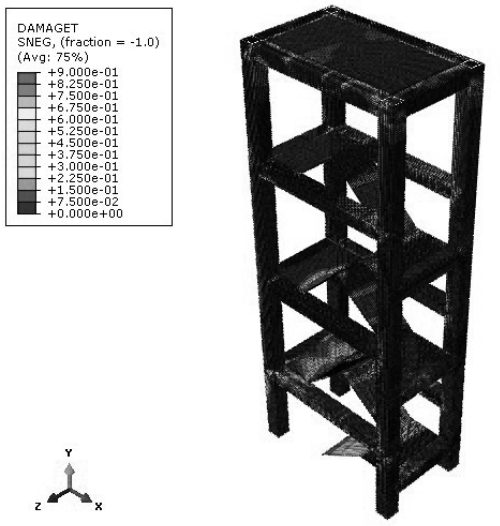
شکل ۸- مدل راه‌پله به همراه نمایی از آرماتوربندی تیرها و ستون‌ها در نرم‌افزار آباکوس

یکی از پارامترهای مهم در نرم‌افزار آباکوس در خصوص سازه‌های بتنی، پارامتر خرابی کششی است که برای ضخامت‌های مختلف در شکل(۹) نشان داده شده است. بیشترین خرابی کششی در محل اتصالات و همچنین وسط رمپ می‌باشد. که با افزایش ضخامت رمپ در بخش(ب) و به‌خصوص بخش (ج) شاهد کاهش محدوده خرابی هستیم.

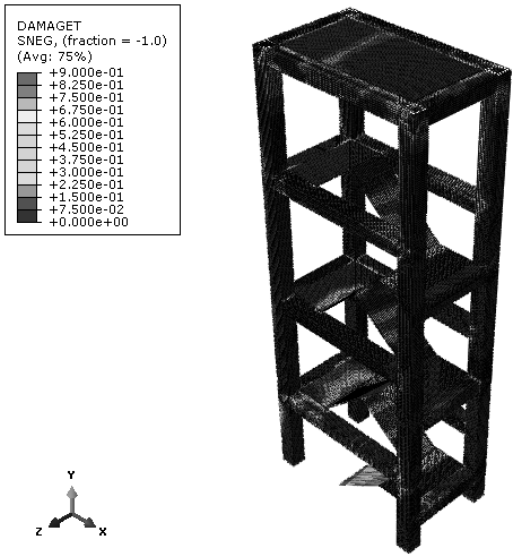


الف – ضخامت ۲۰ سانتیمتر

1- Rebar Layer
2- Concrete Damage Plasticity
3- Dynamic Explicit
4- Interaction
5- Embedded



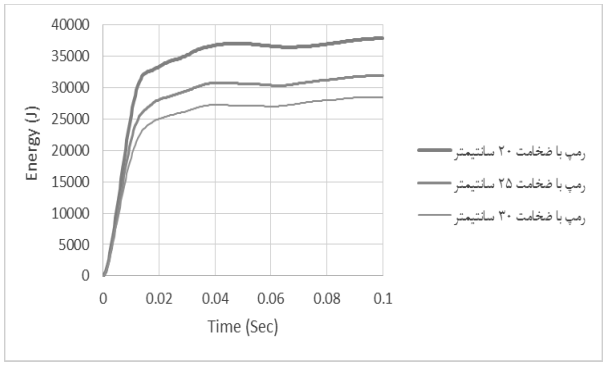
ب – ضخامت ۲۵ سانتیمتر



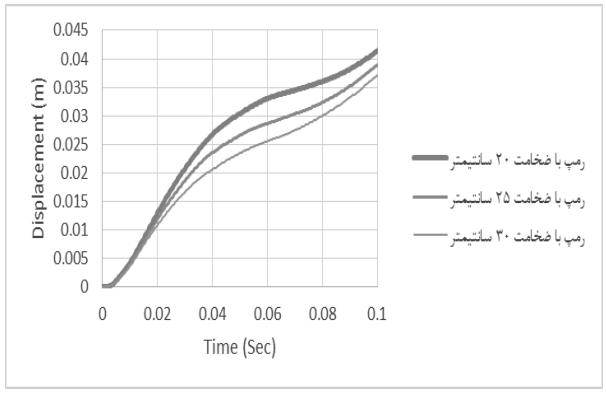
ج – ضخامت ۲۵ سانتیمتر

شکل ۹ - خرابی کششی ایجادشده در محل اتصالات

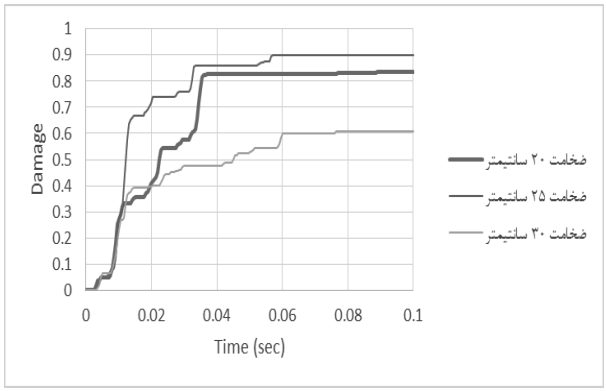
خروجی‌های به‌دست‌آمده از این مدل به‌ترتیب انرژی ایجادشده در سازه (که مجموعی از انرژی مصنوعی کرنش، انرژی داخلی، انرژی جنبشی، انرژی اتلاف پلاستیک و انرژی کرنشی) و تغییرمکان بر حسب زمان و همچنین خرابی برحسب زمان می‌باشند که در شکل‌های ۱۰ تا ۱۲ ارائه شده است. همان‌طور که در این نمودارها نیز مشخص می‌باشد. با افزایش ضخامت رمپ به ترتیب انرژی، تغییر مکان و خرابی کاهش می‌یابد.



شکل ۱۰ – نمودار انرژی بر حسب زمان



شکل ۱۱- نمودار تغییرمکان در راستای انفجار بر حسب زمان



شکل ۱۲- خرابی بر حسب زمان

۱۱- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان موارد زیر را بیان داشت:

- جانمایی راه‌پله (با توجه به شرایط سازه در انتهای سازه و یا در وسط) اثر بسیار مناسبی در کاهش خسارت‌های وارد بر راه‌پله تحت اثر بار انفجاری دارد.

- استفاده از معماری خاص همانند ایجاد طرح قوسی در داخل

سازه راه‌پله و یا در محل اتصال رمپ به پاگرد می توانند سبب کاهش تمرکز تنش ناشی از بار انفجاری گردد.

- استفاده از دیواره بتنی در اطراف باکس راه‌پله می‌تواند سبب کاهش اثرات مستقیم بر اتصالات راه‌پله و فروپاشی آن گردد.

- با توجه به شکل خرابی کششی می‌توان گفت که بر اثر بار انفجاری عملاً اتصالات راه‌پله‌ها در ساختمان‌هایی که به روش معمول طراحی و محاسبه شده‌اند، تخریب می‌گردد.

- ضخامت رمپ از مهم‌ترین گزینه‌ها برای کاهش خسارات به اتصالات در سازه‌های بتن آرمه است و با افزایش ضخامت به ۲۵ و ۳۰ سانتی‌متر به ترتیب ۱۶ و ۳۰ درصد کاهش در بیشینه انرژی در حالت کلی دارد.

- با قرار دادن میلگرد فشاری در رمپ راه‌پله، خرابی و تغییر مکان در هنگام اعمال بار انفجاری کاهش می‌یابد.

- ایجاد طول مهاری مناسب و سعی در اجرای آن در محل رمپ بین میلگرد وارده از پاگرد با رمپ راه‌پله باعث جلوگیری از کندگی این اتصال تحت بارهای انفجاری می‌گردد.

- با توجه به محل‌های خرابی کششی برای تقویت و یکپارچگی در وسط رمپ و همچنین در محل اتصالات، استفاده از الیاف FRP پیشنهاد می‌گردد.

و در نهایت می‌توان با اعمال تغییرات منطقی در ضخامت رمپ و پاگرد راه‌پله و افزایش منطقی مقاومت مصالح راه‌پله و جانمایی مناسب برای راه‌پله، از تخریب کامل و یا مسدود شدن آن در هنگام وقوع انفجار جلوگیری نمود.

۱۲- مراجع

۱. مستوفی‌نژاد، داوود؛ سازه‌های بتنی، انتشارات ارکان دانش، چاپ هفتم ،بهار (**۱۳۸۷**).

۲. طاحونی، شاپور؛ طراحی ساختمان‌های بتن مسلح، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهاردهم، (**۱۳۷۹**).

۳. آئین‌نامه بتن ایران «آبا» (تجدید نظر اول)، نشریه شماره ۱۲۰، معاونت امورفنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، (**۱۳۷۹**).

۴. مبحث نهم مقررات ملی ساختمان، طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه ویراست چهارم، چاپ اول، (**۱۳۹۲**).

۵. مبحث سوم مقررات ملی ساختمان، "حفاظت ساختمان‌ها در برابر حریق،" چاپ دهم، (**۱۳۹۱**).

۶. مبحث بیست‌ویکم مقررات ملی ساختمان، "پدافند غیرعامل،" ویرایش اول، (**۱۳۹۱**).

۷. معمار افتخاری، محمد؛ الزامات طراحی راه‌پله‌های مقاوم در برابر انفجار، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، (**۱۳۹۲**)

۸. معمار افتخاری، محمد؛ بررسی عملکرد اتصالات راه‌پله-های بتنی در برابر بارهای انفجاری، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تهران، (**۱۳۹۲**)

9. Department of Defense. Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions, UFC 3–340–02 (**2800**).

10. Smith P.D., Lecture S. ,Hetherington J.G., "Blast and ballistic loading of structures", Butteworth-Heinemann, (**1994**).

11. M.Y.H. Bangash," Structural Details In Concrete , Blackwell scientific publication" , (**1992**).

12. FEMA-426. "Risk Management Series, Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks against Buildings", (**2003**).

13. FEMA-427. "Risk Management Series, Primer for Design of Commercial Building to Mitigate Terrorist Attacks", (**2003**).

14. FEMA-428. "Risk Management Series, Primer to Design Safe School Projects in Case of Terrorist Attacks" (**2003**).

Passive Defense Necessities in Design of Concrete Staircases

M. M. Eftekhari [1]
A. Akbar Pour [2]
S. Sh. Emam Zadeh [3]
P. Moghimi [4]

Abstract

One of the most important parts in densely populated places is staircases that cause irreparable damage if they are ignored. A staircase is a place for entrance and exit. In crisis time, it is a way for running and assistance. Therefore; paying careful attention to the design of staircases can reduce any possible damage. In this article, the necessities of passive in the design of staircases have been presented which is intended to take the design regulations to deal with crisis and consequently to reduce fatalities and collateral damage. This article initially introduces the load members of a concrete staircase. Then, in an explosion analysis using the ABAQUS finite element model, the layout and adequacy of bearing members has been evaluated. The assumptions in this research are made based on external type explosion and moreover, the staircase has been analyzed independent of the structure against blast load. The effects of surrounding walls of the staircase box has been neglected because of low resistance against explosion loading. The results show that the minimum damage will be obtained if the staircase is located at center of building. In addition, increasing the thickness of concrete slab in connection with zone between ramp slab and landing slab can reduce deflection of staircase.

Key Words: *Staircase, concrete, passive defense, blast, casualty, safe place*

1- MS Candidate, Imam Hussein Comprehensive University, (m.memar80@gmail.com) - Writer in Charge
2- Assistant Professor of the Faculty of Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch
3- Assistant Professor of the Faculty of Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch
4- MS Candidate, Malek Ashtar University