

تمهیدات لازم طراحی معماری جهت کاهش صدمات و خسارات ناشی از انفجار داخلی در سایت‌های تولید و نگهداری مواد منفجره

سید محمود رهبرنیا^۱، حسین خدارحمی^۲، محمدعلی صفی^۳، سید محمدرضا رهبرنیا^۴

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۰۳

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۲/۲۵

چکیده

پروژه‌های نیروهای مسلح که با مواد منفجره سروکار دارند همواره با دو تهدید خارجی و داخلی روبرو هستند. تهدید خارجی ممکن است از سوی دشمن و یا خرابکاری‌های داخلی صورت پذیرد و تهدید داخلی به لحاظ ماهیت مواد و انفجاری بودن آن ممکن است روی دهد. در این مقاله، بحث تهدیدات داخلی مطرح و مورد بررسی قرار گرفته است. تمهیدات لازم در خصوص کاهش صدمات در این‌گونه پروژه‌ها از دو دیدگاه محاسباتی و طراحی معماری قابل بحث و بررسی است و در این مقاله روش‌های کاهش صدمات با بکارگیری صحیح طراحی معماری مورد بررسی قرار گرفته و پس از بیان تعاریف و مفاهیم اولیه، ملاحظاتی در مورد طراحی معماری زاغه‌ها، دیوارهای حائل و خاکریزها در برابر زاغه‌ها، موقعیت و هندسه این دیوارها و خاکریزها، اندیشیدن تمهیدات لازم برای خروج موج انفجار از ساختمان با استفاده از سقف و دیوار پران، و در آخر، الزامات طراحی معماری فضاهایی که احتمال انفجار در آن‌ها وجود دارد، بیان شده است، که رعایت آن‌ها در جلوگیری از حوادث انفجاری و کاهش آسیب‌های ناشی از این حوادث می‌تواند مفید و مؤثر باشد.

کلیدواژه‌ها: انفجار از داخل، سقف و دیوار پران، موج انفجار، مواد منفجره

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی پدافند غیرعامل - دانشگاه جامع امام حسین (ع) rahbarnia.sm@gmail.com - نویسنده مسئول

۲- دانشیار و عضو هیئت علمی دانشکده و پژوهشکده فنی و مهندسی - دانشگاه جامع امام حسین (ع)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی پدافند غیرعامل - دانشگاه جامع امام حسین (ع)

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - دانشگاه جامع امام حسین (ع)

مقدمه

بحث طراحی پروژه‌ها در برابر انفجار داخلی، یکی از مواردی است که با توجه به مسائل فنی خاص، دارای حساسیت ویژه‌ای است که کوتاهی در آن‌ها باعث وارد شدن صدمات و لطمات مالی و جانی فراوانی خواهد شد.

از طرفی طراحی و ساخت پروژه‌های نظامی، علاوه بر رعایت استانداردهای رایج پروژه‌های عادی، نیازمند شناخت عمل‌کرد فضاها و استانداردهای خاص نظامی مربوطه می‌باشند. از آنجا که این نوع استانداردها و اطلاعات، کمتر در دسترس افراد و مشاورین می‌باشد، داشتن تجربه و مهارت طراحی این مجموعه‌ها قطعاً می‌تواند مفید و مؤثر باشد. بسیاری از این تجربیات بر اثر تماس بهره‌برداران و متخصصین فن که مستقیماً در این پروژه‌ها مشغول به کار بوده‌اند و از نزدیک مسایل و مشکلات را لمس و در جهت رفع معایب کوشش نموده‌اند حاصل شده است.

به‌کارگیری استانداردهای موجود و ادغام آن‌ها با تجربیات ملموس قطعاً باعث کاهش خطرات و صدمات خواهد شد که در این مقاله با نگاه معمارانه به موضوع، احداثات جمع‌آوری و به‌کار گرفته شده است.

از آنجا که موضوع انتخاب شده رابطه مستقیم با مواد منفجره و محیط‌های مورد استفاده آن دارد، لذا ابتدا نگاهی به تعاریف آن‌ها خواهیم داشت.

مواد منفجره موادی هستند که از نظر شیمیایی ناپایدارند و در صورت آغاز فرایند انفجار با سرعت زیاد منبسط می‌شوند و حجم زیادی گاز و گاهی نور و صدای زیاد تولید می‌کنند. این آزاد شدن گاز به نوبه خود می‌تواند باعث پرتاب شدن قطعات و اشیاء اطراف و تبدیل شدن آن‌ها به ترکش شود [۱].

از طرفی در صورت انفجار مواد منفجره، دو پدیده موج انفجار و ترکش‌های حاصل از انفجار ایجاد می‌شود. موج انفجار در هوا (موج بلست) با فشار شدیدی از محل انفجار در محیط اطراف منتشر شده و آسیب زیادی بر سازه‌ها، تجهیزات و انسان‌ها و سایر موجودات اطراف خود خواهد داشت.

انهدام اجسام موجود در مجاورت انفجار و تخریب کل یا قسمتی از ساختمان‌های حادثه‌ای از مواردی است که بایستی در طراحی، راهکارهای مقابله مناسب با آن شناخته و ایجاد گردد. بدیهی است قسمت‌هایی از پروژه که از سازه ضعیف‌تری برخوردارند در لحظه اولیه انفجار، منهدم و خود آن‌ها به ترکش‌های ثانویه تبدیل خواهند شد [۲ و ۳].

آزمایش‌های انجام شده حاکی از آن است که پس از انفجار، موج تمایل به رها شدن سریع از محل و عبور از موانع را داشته و همواره جهت حرکتش از محل‌هایی انجام می‌پذیرد که مقاومت کمتری در مقابل فشار را دارند. تجربه عینی در این مورد، انفجاری است که در

یکی از آزمایشگاه‌ها صورت گرفت و مشاهده شد که به سبب مقاوم بودن درب و دیوارهای آزمایشگاه، کلیه تجهیزات و لوله‌های تأسیساتی موجود در محل، پس از انفجار، به‌داخل دریچه کانال کولری که در زیر سقف قرار داشت فرو رفته و به‌طور فشرده در کنار هم پرس شده بودند. این مطلب بیانگر حرکت موج به‌سمت نقاط ضعیف‌تر به‌لحاظ مقاومت می‌باشد.

به‌لحاظ مسائل طراحی، رفتار ساختمان‌هایی که در آن‌ها با مواد منفجره سروکار دارند تا حدودی مشابه ملاحظاتی طراحی در زاغه‌های مهمات می‌باشد. ضعیف‌ترین قسمت در زاغه‌ها به‌لحاظ مقاومت، درب ورودی آن است؛ زیرا معمولاً روی زاغه‌ها را با خاک می‌پوشانند که هم به‌لحاظ استتار پوشش خوبی را ایجاد نموده و هم در مقابل حملات هوایی و ترکش‌های احتمالی، مقاومت بیشتری را داشته باشد. لذا آنچه در هر دو پروژه مطرح می‌باشد، هدایت موج به سمت تعیین شده از قبل و جهت‌دهی آن در طراحی می‌باشد.

همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود، درب این‌گونه انبارها به‌سمت بیرون باز می‌شود و معمولاً با ایجاد فضای سبزی، روی آن‌ها به‌خوبی استتار خواهد شد.



شکل ۱- نمونه‌ای از انبارهای نیمه‌مدفون

مکان‌هایی که با مواد منفجره سروکار دارند شامل: انبار مواد اولیه انفجاری، کارگاه‌های تولید مواد انفجاری، آزمایشگاه‌های خاص و انبار محصولات انفجاری (زاغه‌ها) می‌باشند که هر یک دارای شرایط خاص می‌باشند. تولیدات آن‌ها می‌تواند شامل انواع فشنگ‌ها، گلوله‌ها، بمب‌ها و... باشد که تمهیدات و الزامات ایمنی و دستورالعمل‌های مربوطه در مورد هر کدام معمولاً به دو صورت الزامات ایمنی و دستورالعمل‌های عمومی و خاص مطرح و اعمال می‌گردد.

محل نگهداری محصول نهایی کارخانجات مهماتی، انبارهای نیمه‌مدفون و یا زاغه‌های مهمات می‌باشد که نمونه‌ای از آن در شکل (۲) مشاهده می‌شود.

۲-۱-۱- نحوه قرارگیری و چیدمان ساختمان‌ها در سایت

نحوه چیدمان و آرایش سایت از دو جهت مهم و قابل بررسی است.

۱- حفاظت در مقابل انفجار خارجی

۲- حفاظت در مقابل انفجار داخلی

در این مقاله، راهکارهای مقابله با انفجار داخلی و همچنین عوامل متعددی که در کاهش آسیب‌پذیری دخالت دارند، مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

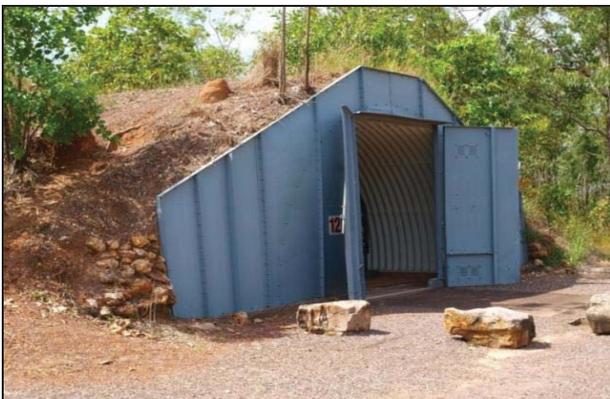
یکی از مؤثرترین مسائل در جانمایی و آرایش سایت، انتخاب زمین مناسب می‌باشد. داشتن عوارض طبیعی و تپه ماهوری بودن آن، این حسن را دارد که می‌توان پروژه‌ها را در لابلای ارتفاعات احداث نمود. این امر به لحاظ مسائل پدافندی و انفجارات داخلی می‌تواند از حجم خاکبرداری و خاکریزی‌های اضافی بکاهد. ضمناً شکل طبیعی زمین، کمتر دست‌خورده خواهد شد. در شکل (۴) نمونه‌ای از یک سایت زاغه‌های مهمات در منطقه تپه ماهوری دیده می‌شود.



شکل ۴- زاغه‌های مهمات و سکوی مربوطه

۲-۱-۲- سمت بازشوی درب‌ها

درب‌ها در زاغه‌ها به سمت بیرون باز می‌شوند تا در صورت انفجار، تخلیه از این سمت صورت پذیرد (شکل ۵).



شکل ۵- سمت بازشوی درب زاغه



شکل ۲- نمونه‌ای از انبار نیمه‌مدفون

بحث پیرامون هر یک از محصولات، دامنه وسیعی داشته و ابعاد مختلفی را شامل می‌شود؛ لیکن در این مقاله سعی بر ارائه راهکارهای معماری عمومی برای موارد فوق بوده که به شرح زیر می‌باشد.

۲- سایت‌های انفجاری

سایت‌های انفجاری را به‌طور کلی می‌توان به دو دسته سایت زاغه‌های مهمات و سایت کارخانجات تولید مواد انفجاری تقسیم کرد.

۲-۱- سایت زاغه‌های مهمات

زاغه‌های مهمات احداثاتی هستند که به‌منظور نگهداری تولیدات و محصولات نوعاً انفجاری ساخته می‌شوند. به‌طور کلی احداث چنین تأسیساتی این امکان را به‌وجود خواهد آورد که بتوان در هر یک از آن‌ها بخشی از تسلیحات تولید شده را نگهداری و حفاظت نموده و در زمان لازم از آن استفاده نمود. در شکل (۳) نمونه نسبتاً کاملی از زاغه‌ها به تصویر درآمده است.



شکل ۳- نمونه‌ای از زاغه‌های متوالی

در شکل (۷) نمونه بسیار خوبی از خاکریزهای اطراف ساختمان‌ها جهت جلوگیری از صدمات احتمالی انفجاری هر یک از آن‌ها به اجرا در آمده است. در ضمن منطقه انتخابی سایت به لحاظ دید زمینی از استتار خوبی برخوردار می‌باشد، ولی از لحاظ دید هوایی کاملاً قابل شناسایی و دارای ضعف طراحی می‌باشد.

۲-۱-۴- ایجاد دیوار حایل و خاکریز در مقابل زاغه

مطابق با استاندارد وزارت دفاع آمریکا، ایجاد خاکریز و یا دیوار در مقابل فضاهای انفجاری ضروری است و بایستی دارای مشخصات فنی مطابق با شکل‌های (۸) و (۹) را داشته باشد [۴].

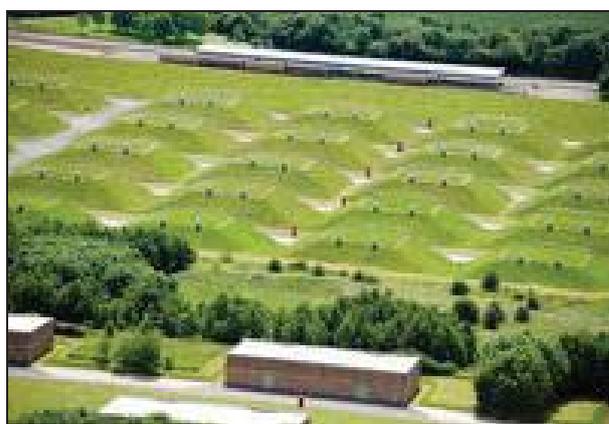


شکل ۷- نمونه سایت انفجاری

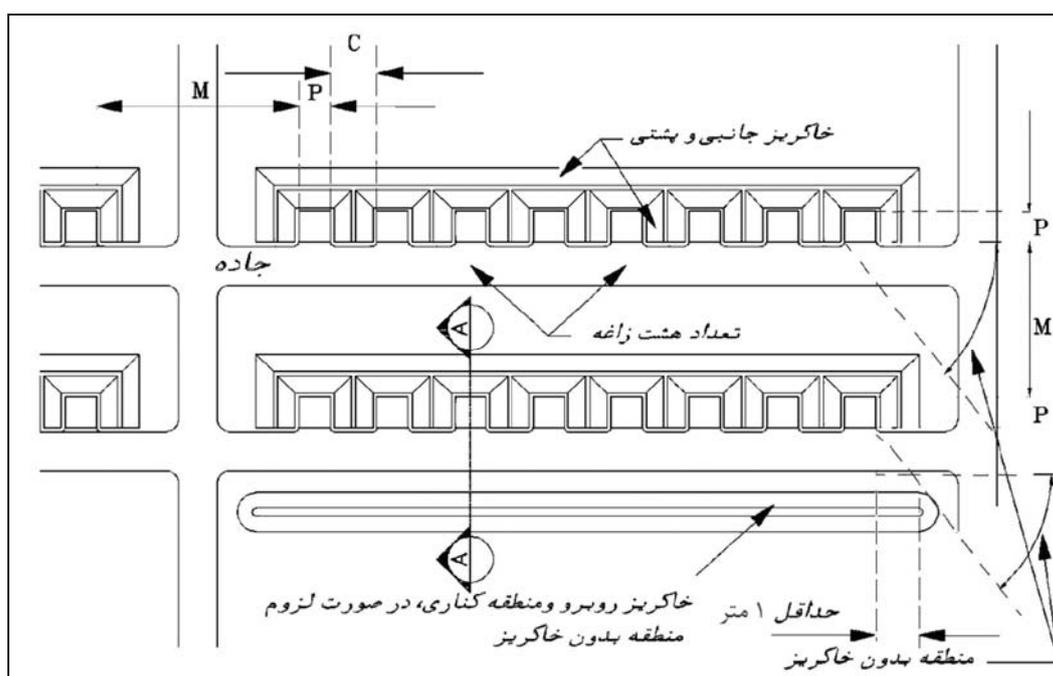
۲-۱-۳- نحوه قرارگیری زاغه‌های مهمات

در محل‌هایی که قرار است تعداد زیادی زاغه ساخته شود، معمولاً ورودی و سمت بازشوی همه درب‌ها در یک جهت قرار دارند (شکل ۶) و بهتر است از احداث زاغه‌ها در مقابل هم اجتناب شود و در صورت محدودیت فضا، بایستی براساس فواصل استاندارد و جداول مربوطه اقدام گردد.

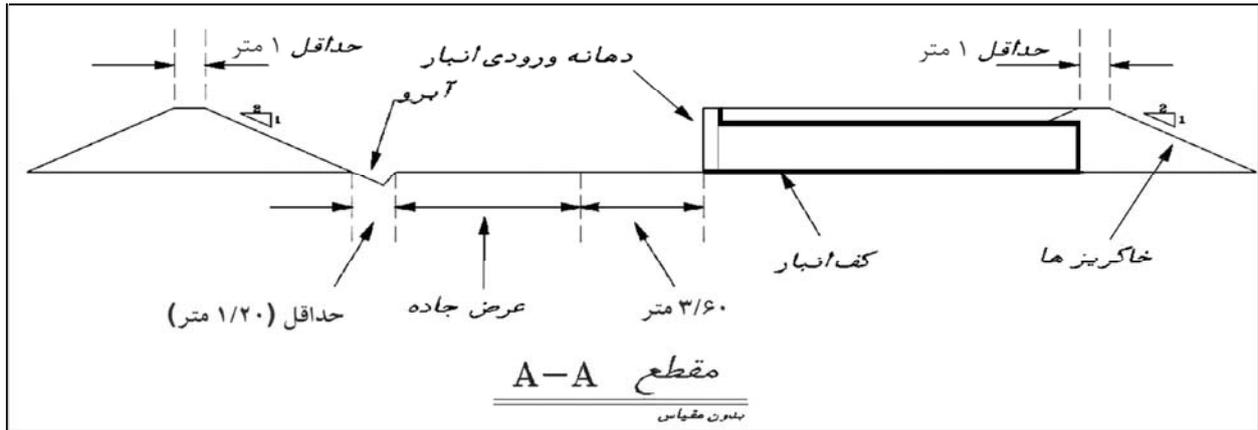
روی زاغه‌ها و انبارها نوعاً با پوشش خاک پوشیده می‌شوند و یکی از مناسب‌ترین راه‌ها جهت استتار، ایجاد پوشش گیاهی و یا فضای سبز روی زاغه‌های مهمات و اطراف آن می‌باشد که نمونه‌ای از آن‌ها در شکل (۶) دیده می‌شود.



شکل ۶- چینش زاغه‌های مهمات با پوشش فضای سبز



شکل ۸- نمونه استقرار انبارها در محوطه باز



شکل ۹- مشخصات دیوار و خاکریز مقابل

در ضمن، حداقل عرض تاج خاکریز (C) برابر با ۳ فوت (حدود ۱ متر) در نظر گرفته می‌شود. لازم به ذکر است که جهت دیوار مقابل زاغه دقیقاً عمود بر جهت محور آن می‌باشد. جنس دیوار مقابل درب زاغه (دیواره خاکریز) از بتن مسلح و ضخامت آن برابر با ۱۰ درصد ارتفاع خاکریز می‌باشد و حداقل ضخامت دیوار نباید کمتر از ۱۲ اینچ (۳۰/۵ سانتی‌متر) شود. این دیواره بتنی بایستی دارای پاشنه با عرض مناسب باشد و در مجموع، دیوار و پاشنه باید مقاومت لازم در مقابل فشار خاک پشت آن را داشته باشند. مصالح پرکننده پشت دیواره ممکن است از سنگ یا خاک حاصل از کندن زاغه و یا مصالح دیگری که اندازه دانه‌بندی آن کمتر از ۶ اینچ (۱۵/۲ سانتی‌متر) نباشد تأمین شود و به‌لحاظ ارتفاع خاکریز، بایستی تا فاصله ۳ فوتی (حدود ۱ متر) از لبه دیواره پر شود.

۳- سایت کارخانجات تولید مواد انفجاری

رعایت موارد زیر در این سایت‌ها الزامی است.

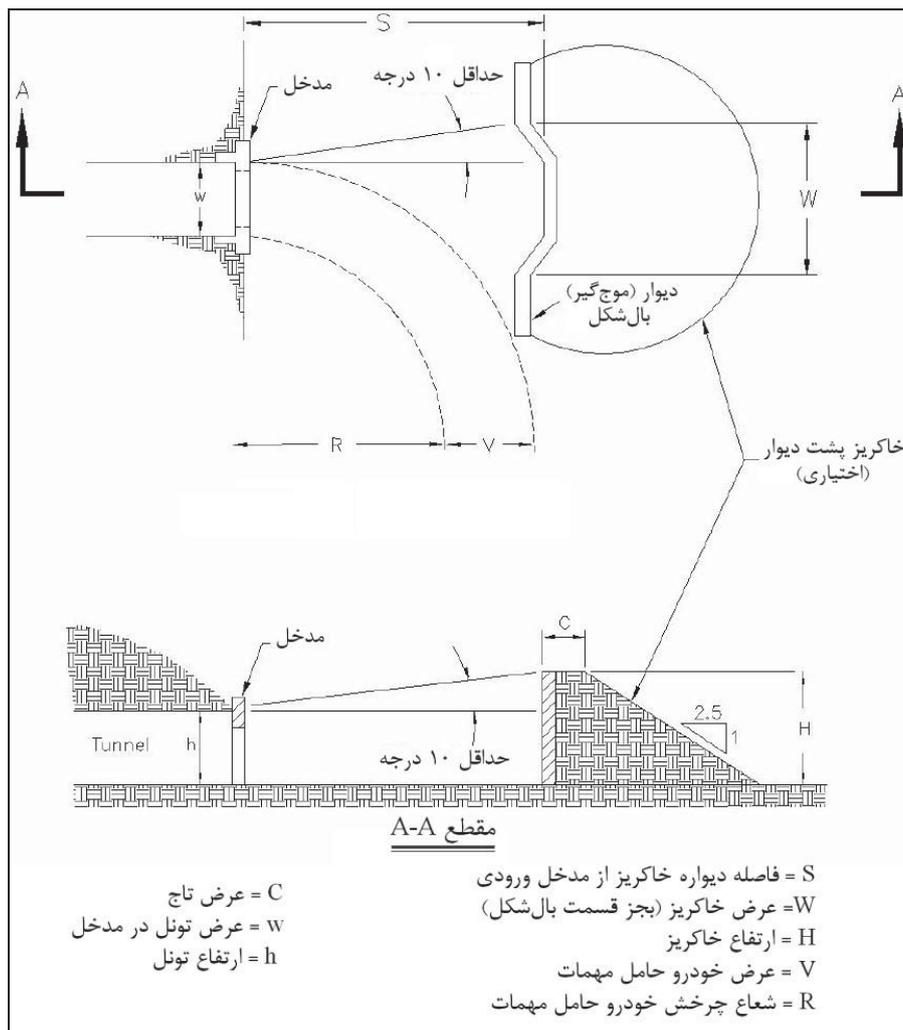
- قرار نگرفتن ساختمان‌ها در مقابل یکدیگر.
- ایجاد خاکریز یا دیوار حائل بین ساختمان‌های انفجاری.
- ایجاد مانع در محوطه عبور ممنوع ساختمان‌های انفجاری (سمت انفجار).
- خاکریزی روی ساختمان‌ها و ایجاد فضای سبز در اطراف و روی آن‌ها.

همان‌طور که در شکل (۸) مشاهده می‌شود، چندین مکعب یا سلول بتنی (معمولاً حداکثر ۸ سلول) در کنار هم ساخته شده که توسط خاکریز از پهلو و پشت محصور شده‌اند. به این نوع چیدمان انبار، اصطلاحاً انبارهای سلولی (ماژول) نیز گفته می‌شود. منظور از ماژول، مجموعه انبارهای سلولی است که به یکدیگر متصل شده‌اند. سقف این نوع انبارها معمولاً از فلزات سبک ساخته می‌شود و جنس مصالح دیوارها از بتن مسلح است که با کف و سقف مهار شده‌اند. این انبارها برای نگهداری بمب‌های شدیدانفجار، خوشه‌ای و سایر اقلام انفجاری مشابه (در جعبه‌های غیر قابل اشتعال) استفاده می‌شود [۷].

۲-۱-۵- محاسبه موقعیت، ارتفاع و عرض دیواره و خاکریز (در مقابل درب زاغه)

برای به‌دست آوردن محل دیواره مقابل درب زاغه، نوع وسیله نقلیه‌ای که به داخل زاغه تردد می‌کند تعیین‌کننده فاصله دیواره از محل ورودی زاغه می‌باشد؛ زیرا همان‌طور که در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود، زاویه چرخش وسیله نقلیه (R) و عرض پیچش وسیله نقلیه (V) جمعاً برابر است با فاصله درب ورودی زاغه از دیواره که با حرف (S) در نقشه مشخص شده است [۵ و ۶].

برای به‌دست آوردن ارتفاع دیواره مقابل درب زاغه (H)، از محل تاج زاغه خطی به موازات خط زمین ترسیم و خط دیگری با زاویه حداقل ۱۰ درجه از همان نقطه اول رسم می‌شود که محل تلاقی آن (خط دوم) با دیواره مقابل، رأس تاج خاکریز را مشخص می‌نماید. برای به‌دست آوردن طول دیواره خاکریز، (شکل ۱۰)، علاوه بر عرض زاغه که در شکل با حرف w کوچک نمایش داده شده، خطی با زاویه حداقل ۱۰ درجه ترسیم می‌نماییم تا امتداد دیوار، بال شکل ۱ را قطع نماید (از هر دو طرف دیوار).



شکل ۱۰- موقعیت، ارتفاع و عرض دیواره و خاکریز

۳-۱- تمهیدات لازم جهت خروج موج از ساختمان

علاوه بر موارد فوق به منظور کاهش صدمات در پروژه‌های انفجاری، به کار بردن تمهیدات زیر نیز الزامی است.

- ایجاد سقف پران
- ایجاد دیواره پران

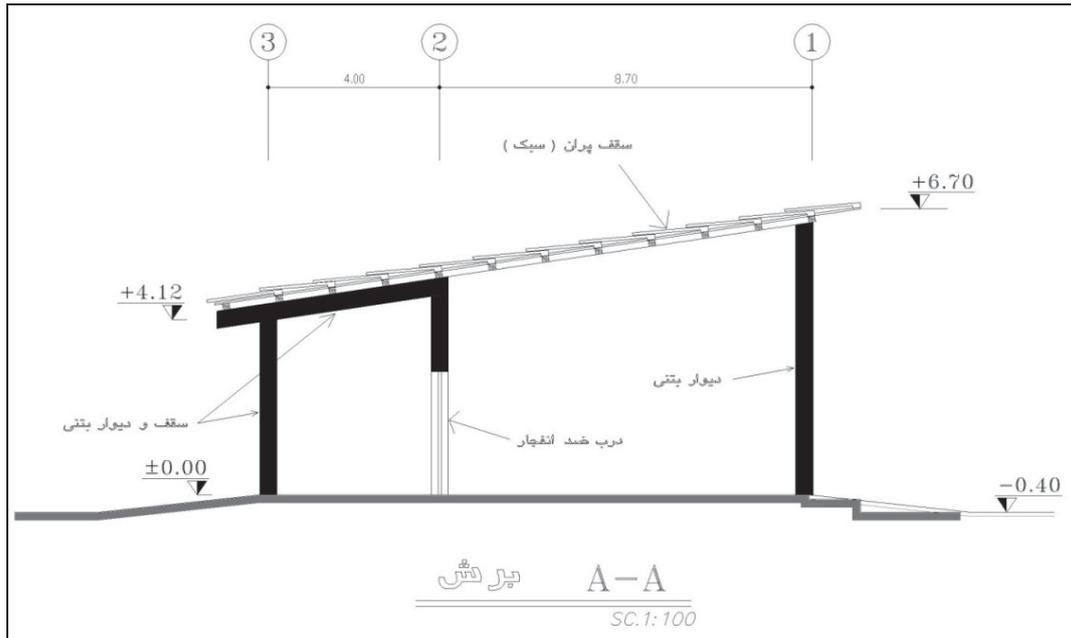
۳-۱-۱- ایجاد سقف پران

در طراحی این نوع پروژه‌ها معمولاً بجز درب ورودی که در یکی از وجوه ساختمان یا سالن قرار دارد، بازشوی دیگری در دیواره‌ها تعبیه نمی‌گردد و ضخامت دیواره‌ها به گونه‌ای محاسبه می‌شود که در مقابل انفجار احتمالی، مقاومت لازم را داشته باشد. از طرف دیگر، جنس سقف با مصالح سبک طراحی و اجرا می‌شود که بلافاصله پس از انفجار از جاکنده شده و موج بلست از طریق سقف در هوا منتشر

گردد. بدیهی است مصالح به کاررفته در سقف نیز به اطراف پراکنده می‌شود و لذا بهتر است از مصالحی استفاده گردد که در هنگام سقوط روی ساختمان‌ها و محوطه‌ها کمترین آسیب را وارد نماید.

لازم به ذکر است که بازشوی درب این گونه فضاها به سمت بیرون می‌باشد. در شکل (۱۱) یک نمونه ساختمان با سقف پران به تصویر کشیده شده است.

از طرفی در یک طراحی مناسب می‌توان سقف را به گونه‌ای احداث نمود که در صورت انفجار، پرتاب آن به سمتی که مایل هستیم انجام شود. این کار با شیبدار نمودن سقف و گیردار بودن آن در یک وجه (انتهای شیب) و آزاد بودن در سه وجه دیگر، عملاً باعث می‌شود تا سقف به سمت وجه گیردار پرتاب گردد، زیرا سه وجه آزاد، سریع‌تر از وجه گیردار از جای خود رها و پرتاب می‌شوند.



شکل ۱۱- تصویر ساختمان با سقف پیران

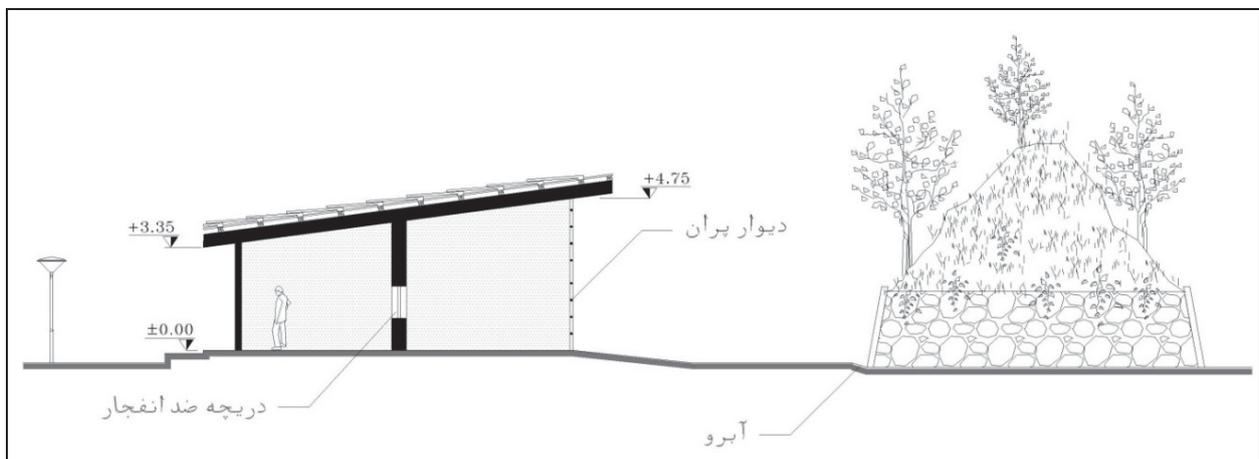
آب‌بندی آن نیز مشکلات خاص خود را دارد. نکته مثبت دیگر این روش آن است که مواد پلکسی‌گلاس می‌تواند مات و یا شفاف باشد. در صورت شفاف بودن، فضای بیرونی قابل رؤیت بوده و فرد یا افرادی که در فضای انفجاری مشغول به کار می‌باشند با دیدن فضای بیرون آرامش کاری بیشتری دارند که این موارد از مزیت این‌گونه فضاها می‌باشد.

در شکل (۱۲)، نمونه‌ای از طراحی این‌گونه ساختمان‌ها آورده شده است که البته تمهیداتی در محوطه‌سازی مقابل دیوار پیران بایستی به‌کار بست که در ذیل بدان اشاره می‌شود.

۳-۱-۲- ایجاد دیواره پیران

در این روش، سه وجه ساختمان و سقف آن از مصالح با مقاومت بالا در برابر انفجار محاسبه و اجرا می‌گردد، ولی وجه چهارم ساختمان از مصالح بسیار سبک ساخته می‌شود. جنس این دیواره معمولاً از کلاف چوبی و رویه آن از جنس پلکسی‌گلاس می‌باشد که قابلیت انتقال و عبور نور از خود را نیز دارد.

از آنجا که این دیواره به‌جز فشار باد عملاً بار خاصی را تحمل نمی‌کند، سقف پیران بایستی تحمل بار برف منطقه را نیز داشته باشد، لذا این دیواره به‌مراتب سبک‌تر و آسان‌تر اجرا می‌گردد؛ زیرا نیاز به آب‌بندی ندارد. در صورتی که در ساختمان‌های با سقف پیران،



شکل ۱۲- ساختمان با دیواره پیران و محوطه روبروی آن

توسط یک درب کنترل شود، به نحوی که با باز شدن درب محوطه، با تحریک سنسوری، دستگاه‌ها و آزمایش متوقف شود. در شکل‌های (۱۳) و (۱۴) نمونه‌ای از این‌گونه فضاها آورده شده است.

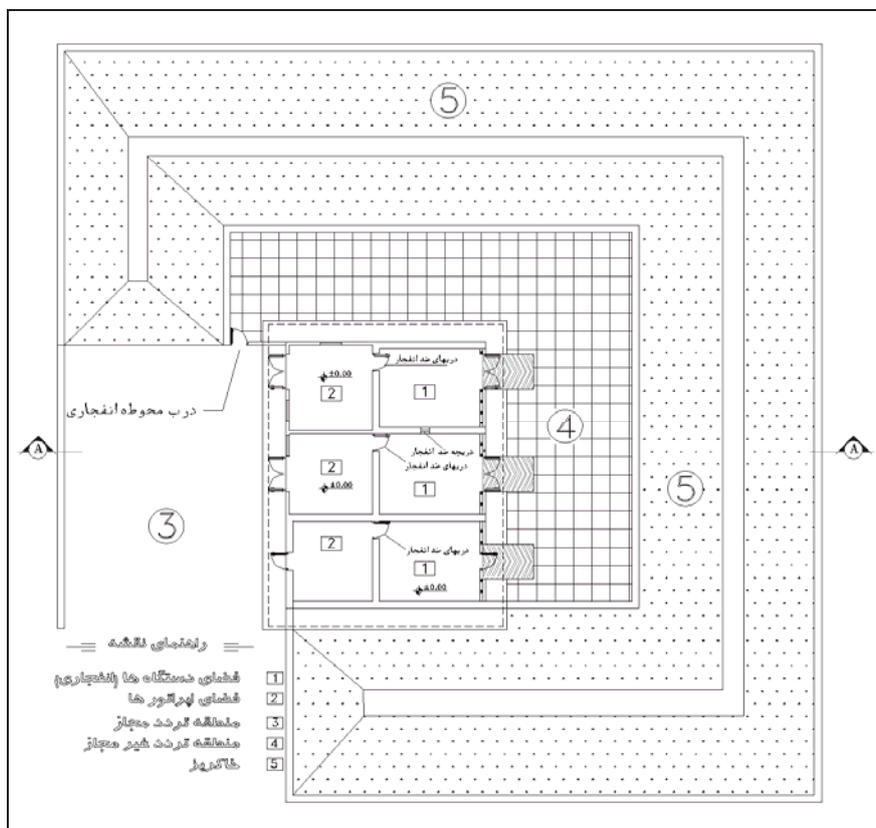
علاوه بر سنسور، چراغی به‌رنگ قرمز هم در بالای درب نصب می‌کنند که در زمان آزمایش روشن بوده و معنای «ورود ممنوع» به محوطه را دارد.

به شیب دیواره نگهدارنده خاک و بالا بودن کف ساختمان از محوطه اطراف که به‌منظور جلوگیری از ورود آب‌های سطحی می‌باشد توجه شود.

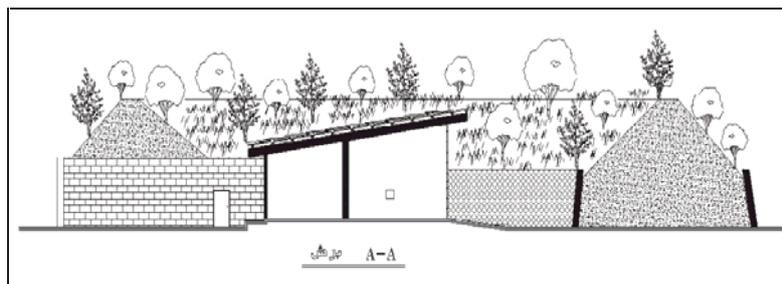
از آنجا که موج بلست ناشی از انفجار در برخورد با هر جسم صلبی انعکاس یافته و می‌تواند باعث تخریب و یا صدمه جدی به اطراف شود، لذا موارد زیر بایستی در طراحی محوطه ساختمان‌های دارای احتمال انفجار از داخل لحاظ گردد.

محوطه مقابل دیوار پران و همچنین دیوار مقاوم در مقابل انفجار و ترکش‌های حاصل از انفجار، می‌تواند به‌صورت عمودی نبوده و با داشتن شیب لازم باعث هدایت موج انفجار به سمت آسمان گردد.

نکته مهم در طراحی این‌گونه فضاها این است که فضای ایجاد شده در مقابل دیواره پران در زمان آزمایش نبایستی محل تردد افراد باشد، لذا تمهیداتی به‌کار می‌برند که این فضاها نوعاً عبوری نبوده و



شکل ۱۳- پروژه انفجاری با فضاهای مربوطه



شکل ۱۴- مقطع پروژه انفجاری

۳-۱-۳- مشخصات طول و ارتفاع خاکریز

در سایت‌هایی که دو انبار انفجاری (مواد منفجره) در مقابل هم واقع شده‌اند، برای جلوگیری از خسارت احتمالی ناشی از انفجار هر یک بر دیگری، لازم است خاکریزی با مشخصات زیر ما بین آن‌ها ایجاد گردد.

به‌منظور به‌دست آوردن ارتفاع خاکریز همان‌طور که در شکل (۱۵) مشاهده می‌شود، از انتهای سقف انبار پایین‌تر به ابتدای سقف انبار بالاتر خطی ترسیم می‌شود؛ سپس خط دیگری از همان نقطه اول با زاویه حداقل ۲ درجه ترسیم می‌گردد.

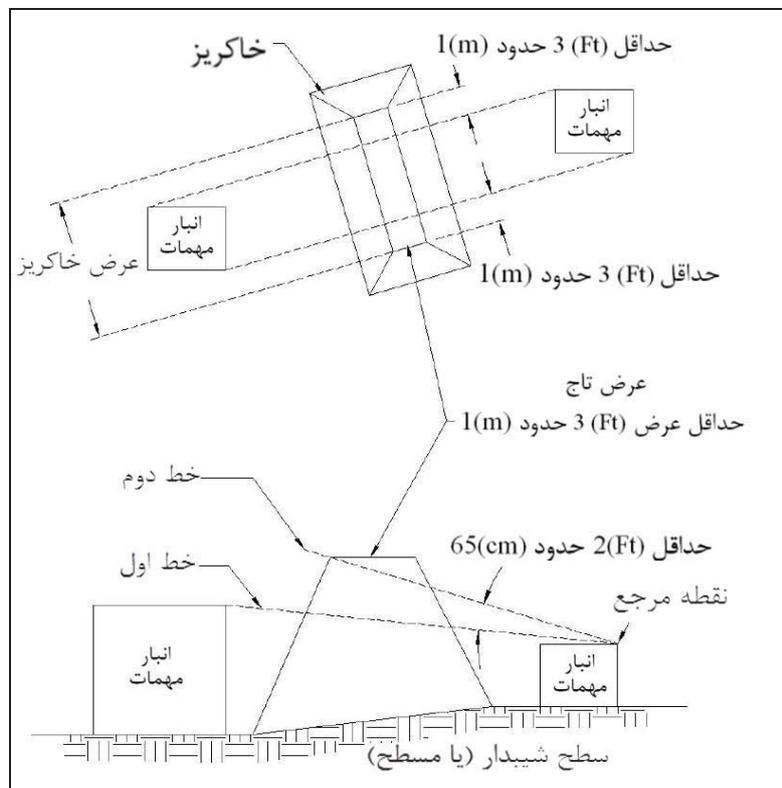
در محل تقاطع خط دوم با شیب خاکریز، محل تاج و ارتفاع خاکریز را تعیین می‌نمایند. در ضمن حداقل عرض تاج خاکریز معادل ۳ فوت (حدود ۱ متر) می‌باشد.

طول تاج خاکریز مطابق شکل (۱۵) از به‌هم وصل کردن رئوس خارجی دو انبار به یکدیگر به اضافه ۳ فوت (حدود ۱ متر) از طرفین به‌دست می‌آید [۶].

۴- الزامات طراحی معماری فضاها

علاوه‌بر نکات یادشده فوق، رعایت موارد ذیل در کلیه فضاهایی که احتمال انفجار دارند، الزامی می‌باشد.

- ۱- تمامی این کارخانجات و کارگاه‌ها بایستی دارای سیستم سقف یا درب پران بوده و در اطراف ساختمان، خاکریز محیطی برای حفاظت سایر ساختمان‌ها احداث شده باشد.
- ۲- جنس دیوارها و کف‌ها بایستی هادی و آنتی‌استاتیک باشد تا الکتریسیته ساکن به‌وجود آمده در اثر سایش در لباس‌ها و کفش‌های کارکنان از طریق کف تخلیه گردد.
- ۳- شیشه‌های این ساختمان‌ها از نوع شیشه مسلح و یا طلق (پلکسی‌گلاس) باشد.
- ۴- مابین دو فضای انفجاری و عادی از درب و یا دریچه‌های ضد انفجار استفاده شود.
- ۵- استفاده از لباس‌های پشمی در این فضاها، برای کلیه افراد ممنوع بوده و بجای آن بایستی از لباس‌های نخی استفاده گردد.
- ۶- استفاده از میزهای چوبی با روکش پلاستیکی و نیز استفاده از سیم‌های هادی متصل به میزها الزامی است.
- ۷- عدم تردد کارکنان از مقابل سمت پران درب‌ها و پنجره‌ها به‌خصوص در تست‌های خطرناک.
- ۸- استفاده از دستگاه‌های کنترل درجه دما و رطوبت فضا، در فضاهای خاص.



شکل ۱۵- مشخصات طول و ارتفاع خاکریز بین دو انبار

مراجع

- ۹- به کارگیری حداقل نیروی انسانی در محل‌های خطرناک.
 - ۱۰- به کارگیری افراد، با توانایی و دقت بالا در کارهای حساس و خطرناک.
 - ۱۱- عدم به کارگیری افراد در مقابل هم، در کارهای خطرناک (میز کارها، مقابل هم نباشند).
 - ۱۲- عدم به کارگیری افراد پریشان حال و مشکل دار در محیط‌های حساس و خطرناک.
 - ۱۳- رعایت فاصله لازم هریک از کارگاه‌های حساس با یکدیگر و مقابل هم نبودن آن‌ها.
 - ۱۴- نصب دستبند متصل به سیستم ارت برای کارکنان شاغل در فضا‌های حساس و خطرناک.
 - ۱۵- فاصله داشتن کارگاه‌های خطرناک از خطوط انتقال نیرو و برق.
 - ۱۶- ایجاد درب‌های متعدد در سالن، جهت سهولت فرار در مواقع اضطرار و خروج سریع از محل خطر.
 - ۱۷- ایجاد جان‌پناه در اطراف محل‌های کار به لحاظ مسائل ایمنی و با فاصله حداقل زمان تردد تا رسیدن به آن.
۱. خداحمی، حسین؛ آشنایی با حملات و ویژگی‌ها و اثرات انواع سلاح‌ها و مهمات، جزوه درسی کارشناسی ارشد پدافند غیرعامل، (۱۳۸۹).
 2. Ray InghMeena, "Analysis of Building Collapsunder Blast Load, a Bachelor Thesis", Department of Civil Engineering, National Institute of Technology Rourkela-769008.(2008-2009)
 3. P.D.Smith, Senior Lecturer, J.G.Hetherington, "Blast and Ballistic Loading of Structure", Butterworth-Heinemann(1994).
 4. "Ammunition and Explosives Safety Standards", DOD , February-29-2008, page 52.
 5. "Ammunition and Explosives Safety Standards", DOD , February-29-2008, page 65.
 6. "Ammunition and Explosives Safety Standards", DOD , February-29(2008), page 63.
 ۷. استاندارد دفاعی ایران - ۵۳۱

۵- نتیجه‌گیری

- در زاغه‌های مهمات و کارخانجات و کارگاه‌هایی که احتمال انفجار وجود دارد رعایت موارد زیر الزامی است:
- جهت کاهش خسارات ساختمان‌های اطراف، پروژه‌ها به صورت نیمه‌مدفون و یا مدفون ساخته شود.
 - به منظور کاهش هزینه‌ها و استتار بهتر سایت، استفاده از زمین‌های تپه‌ماهوری مناسب‌تر است.
 - استفاده از فضای سبز بر روی پروژه‌ها جهت استتار و کاهش موج انفجار احتمالی.
 - ایجاد دیوار حائل در مقابل درب زاغه‌ها جهت استهلاک و انحراف موج.
 - ایجاد خاکریز مابین دو کارگاه مطابق با استانداردهای مربوطه.
 - عدم قرارگیری درب دو زاغه مهمات در مقابل یکدیگر.
 - قرارگیری سمت باز شوی درب پروژه‌ها به سمت بیرون.
- به علاوه استفاده از سقف، دیوار و درب پران، دیوارها و کف هادی و آنتی‌استاتیک، شیشه‌های مسلح یا پلکسی‌گلاس، درب‌های ضد انفجار، میزهای چوبی با روکش پلاستیک و سیم ارت و ایجاد جان‌پناه در اطراف محل کار و... توصیه می‌شود.

Necessary Provisions for Architectural Design to Reduce Damage Caused by Implosion in Explosives Production and Storage Sites

S. M. Rahbarnia¹

H. KHodarahmi²

M. A. Sohofi³

S. M. R. Rahbarnia⁴

Abstract

The armed forces projects dealing with explosives continue to face two foreign and internal threats. The foreign threat may originate from an enemy or local subversion and the internal threat may take place due to the nature of its material and explosives. In this article the local threat is introduced and scrutinized. The necessary provisions to reduce damage in these kinds of projects are discussed and reviewed. This article reviews ways of reducing damage by properly utilizing architectural design and following the basic definitions and concepts, provisions about architectural design of ammunition dumps, barrier walls and embankments and the location and buildings using rejecting ceiling and walls and finally, the necessities of architectural design of spaces where explosion may take place, have been explained which when implemented, will be effective in preventing explosion incidents and reducing damage resulting from these accidents.

Key Words: *Implosion, Rejecting Ceiling and Wall, Blast Wave, Explosives*

1- MS in Passive Defense- Imam Hossein Comprehensive University (Pbh)- Writer in Charge (Email: rahbarnia.sm@gmail.com)

2- Associate Professor and Academic Member of the Faculty and Research Center of Technology and Engineering -Imam Hossein Comprehensive University (Pbh)

3- MS Candidate of Passive Defense Engineering- Imam Hossein Comprehensive University (Pbh)

4- MS Candidate of Mechanical Engineering- Imam Hossein Comprehensive University (Pbh)