

---

## Determine Vent Size for Exit the Gas Pressure Duo to Internal Explosion

Hossein Babajanian Bisheh<sup>1</sup>

### Abstract

In this paper, the effect of explosion occurs within a cubicle or containment-type structures are evaluated.

Detonation in an enclosed structure with relatively small-opening is associated with tow effects (shock and gas pressures). This type of structures as are used in military equipment maintenance workshops. In this paper, the effects of vent size on pressure-time diagram are investigated. Next, a method for determine appropriate amount of vent size is presented.

**Key Words:** *Internal Explosion, Shelter, Shock Pressure, Gas Pressure*

# تعیین مساحت دریچه جهت خروج فشار گاز ناشی از انفجار داخلی

حسین باباجانیان بیشه<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۳/۳۰

## چکیده

در این مقاله به بررسی اثرات انفجار رخ داده در سازه‌های مکعبی شکل پرداخته شده است. این نوع سازه‌ها به‌عنوان کارگاه‌های تعمیرات تجهیزات قابل انفجار نظامی یا آزمایشگاهی استفاده می‌شوند. اثرات انفجار داخلی شامل دو اثر، فشار تکانشی (Shock Pressure) و فشار گاز (Gas Pressure) می‌باشند. در این مقاله پس از بررسی تأثیر ابعاد دریچه بر نمودار بارگذاری داخلی، با ارایه روشی به محاسبه مساحت مناسب برای دریچه جهت خروج فشار گاز پرداخته شده است.

**کلیدواژه‌ها:** انفجار داخلی، پناهگاه، فشار گاز، فشار تکانشی

## ۱- مقدمه

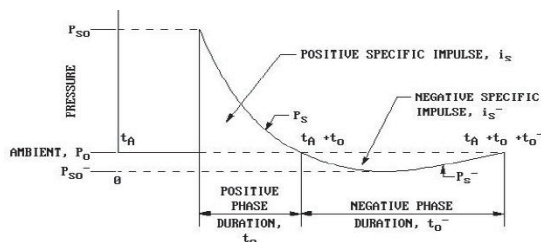
ساخت کارگاه‌های تعمیرات موشک و سلاح‌های مشابه مقاوم در برابر انفجار رخ داده در خود سازه به لحاظ نظامی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. این کارگاه‌ها از یک سو در سایت‌های صنعتی - نظامی قرار دارند و به عنوان فضای کار باید در دسترس باشند و از سوی دیگر نباید به سادگی قابلیت حمله از طرف دشمن برای این سازه وجود داشته باشد؛ در مقابل باید قابلیت پدافند غیرعامل داشته باشد. همچنین امکانات و تجهیزات سایت اطراف سازه در صورت رخداد حادثه و پس از وقوع انفجار داخلی نباید آسیب ببینند. اثرات انفجار رخ داده در سازه (انفجار داخلی) شامل دو اثر: فشار تکانشی (Shock Pressure) و فشار گاز (Gas Pressure) می‌باشد که دیاگرام فشار-زمان آن نسبت به حالتی که انفجار در خارج از سازه رخ می‌دهد (انفجار خارجی) متفاوت می‌باشد. برای خارج شدن فشار گاز ناشی از انفجار داخلی می‌بایست دریچه‌ای در سازه و پوششی برای آن در نظر گرفت به طوری که هر چه مقدار مساحت دریچه بزرگ‌تر باشد قابلیت مهار سقف کمتر شده و از نظر پدافند غیرعامل نامناسب می‌باشد. از سویی با کاهش مقدار مساحت دریچه، مدت زمان اعمال فشار گاز به داخل سازه افزایش یافته و این موضوع از نظر سازه‌ای برای سازه مناسب نمی‌باشد. بنابراین تعیین مقدار بهینه مساحت دریچه، موضوع مهمی است که در این مقاله به آن پرداخته شده و در نهایت با ارایه روشی این مقدار اپتیمم پیشنهاد شده است.

## ۲- روش مطالعه

در این مقاله برای تعیین مقدار مناسب مساحت دریچه برای سازه مکعبی شکل متأثر از فشار داخلی ناشی از انفجار، ابتدا دیاگرام فشار-زمان آن (بارگذاری انفجاری داخلی) تعیین شده است که نسبت به حالتی که انفجار در خارج از سازه رخ می‌دهد کاملاً متفاوت می‌باشد. پس از تعیین پارامترهای اثرات انفجار داخلی، وابستگی این پارامترها به مشخصات سازه (مقدار مساحت دریچه، حجم داخلی سازه، وزن واحد سطح پوشش دریچه، وزن و موقعیت ماده منفجره) تعیین شده است و پس از بررسی این وابستگی‌ها نهایتاً با رسم منحنی تغییرات مدت زمان اعمال فشار گاز به مقدار مساحت دریچه و تحلیل منحنی، مقدار مناسبی از مساحت دریچه پیشنهاد شده است.

## ۲-۱- انفجار خارجی و مشخصات موج انفجار

پس از وقوع انفجار به سبب بروز موج انفجاری، گازهای سوزان و فشرده توسعه می‌یابند و فشار اتمسفر اطراف را بالا می‌برند. امواجی که در لحظات بعدی به اطراف گسترده می‌شوند سرعت‌شان از امواج اولیه زیادتر است؛ زیرا از داخل هوایی عبور می‌کنند که توسط امواج اولیه گرم شده است. به همین دلیل امواج ثانویه در یک زمان معین به امواج اولیه می‌رسند و فشارشان با هم توأم می‌گردد و تشکیل سطحی را می‌دهند که به نام جبهه ضربه یا جبهه موج خوانده می‌شود. هنگامی که جسمی در برابر این جبهه قرار گیرد، فشار رویه‌ای آن بالا رفته و در یک لحظه بسیار کوتاه این فشار به ماکزیمم اندازه خود می‌رسد. این فشار به سادگی جسم را دور زده و از همه اطراف آن را احاطه کرده و می‌فشارد [۲]. دیاگرام فشار-زمان موج انفجاری - می‌تواند توسط یک فرم کلی همانند شکل (۱) که برای محیط آزاد است نشان داده شود که شامل دو فاز: مثبت (فشار) و منفی (مکش) می‌باشد. مساحت زیر فاز مثبت را ضربه مثبت موج انفجار و مساحت زیر فاز منفی را ضربه منفی موج انفجار گویند [۱، ۴، ۵، ۸، ۹].



شکل ۱- نمودار تغییرات فشار- زمان موج انفجار (TM5-1300)

## ۲-۲- انفجار داخلی

زمانی که انفجاری در داخل سازه رخ می‌دهد فشار اوج وابسته به جبهه کوبش اولیه، به علت انعکاس امواج به شدت افزایش خواهد یافت و چندین برابر خواهد شد. اثرات حرارت‌های بالا و توده محصولات گازی تولید شده از طریق فرایند شیمیایی در انفجار به صورت افزایش فشار و افزایش مدت زمان بارگذاری داخلی سازه اعمال خواهد شد به طوری که اثرات ترکیبی این فشارها می‌تواند منجر به تخریب سازه شود. برای بررسی رفتار سازه‌های متأثر از فشار داخلی ناشی از انفجار دو پدیده، فشار تکانشی و فشار گاز قابل بررسی می‌باشد. فشار تکانشی عبارت

منعکس کننده بستگی دارد. و مقدار فشار گاز ( $P_g$ )، وابسته به وزن ماده منفجره و حجم داخلی سازه می باشد.

(۲) مقدار مدت زمان اعمال فشار گاز ( $t_g$ ) به مساحت دریچه و وزن واحد سطح پوشش دریچه بستگی دارد به طوری که با کاهش وزن واحد سطح پوشش دریچه و افزایش مقدار مساحت دریچه، مقدار  $t_g$  کاهش می یابد.

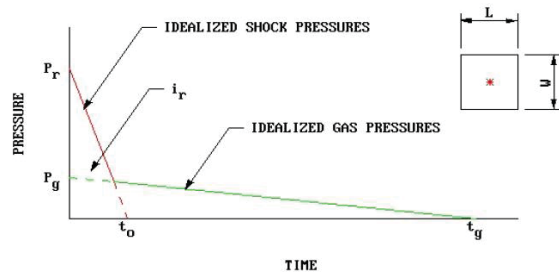
### ۲-۲-۱- فشار تکانشی

وقتی که انفجاری در داخل سازه مکعبی رخ می دهد، فشار اوج و ضربه مربوط به آن (مساحت زیر منحنی فشار-زمان،  $\dot{P}_r$ ) به شدت افزایش می یابد و از طریق سازه مسدود شده و تقویت می شود. به سبب نزدیک بودن انفجار و تقویت فشار انفجار ناشی از انعکاس انفجار در داخل سازه، توزیع بارگذاری روی هر سطح غیر یکنواخت خواهد شد. روش های تقریبی برای محاسبه فشار تکانشی داخلی با بکار بردن روش های نظری که مبتنی بر داده های انفجاری نیمه تجربی و نتایج پاسخ تست ها بر روی دال است، ایجاد شده است. فشار ضربه متوسط ایجاد شده با مقادیر تعیین شده از نتایج آزمایشی مکعب فلزی مدل مقیاسی، مقایسه شده است و تطابق خوبی را برای محدوده وسیعی از سازه های مکعبی نشان داده است. این روش شامل تعیین فشار اوج و ضربه عمل کننده در نقاط مختلف از هر سطح داخلی می باشد که برای سادگی محاسبه پاسخ سازه محافظ در برابر این بارهای اعمالی، فشار اوج و ضربه نهایی وارده به سطح با توزیع یکنواخت فرض شده اند. توزیع واقعی بارهای انفجاری به سبب انعکاس متعدد و مرحله ای بودن زمان اعمالی بسیار نامنظم و بی قاعده می باشد. پارامترهایی که برای تعیین بارهای ضربه ای متوسط لازم می باشند تابعی از شکل و اندازه سازه، وزن ماده منفجره و موقعیت ماده منفجره می باشند [۳].

مراحل تعیین پارامترهای لازم مربوط به فشار تکانشی بر اساس TM5-1300 که شامل تعیین  $P_r, \dot{P}_r, t_o$  است به صورت زیر می باشد:

- تعیین مقدار N (تعداد سطوح منعکس کننده مجاور به سطحی که برای آن بارگذاری انفجاری محاسبه می شود و انتخاب سطح مورد نظر برای بارگذاری انفجاری (شکل ۱۰).
- تعیین مقادیر پارامترهایی که برای سطح انتخاب شده در گام (۱) نشان داده شده است که شامل محاسبه کمیت های زیر می باشد.

است از فشار منعکس شده و تقویت شده از طریق دیوارهای سازه و زمین در داخل سازه و فشار گاز عبارت از فشار مربوط به محصولات گازی تولید شده و حرارت برخاسته می باشد. ایجاد بازشو جهت خروج فشار گاز می تواند در کاهش فشار کوبش و کاهش مدت زمان اثر آن مؤثر باشد به طوری که برای طراحی سازه های با تماماً بازشو (Fully Vented) می توان از اثرات فشار گاز صرف نظر کرد. اما زمانی که انفجار داخل سازه مسدود شده با بازشوهایی نسبتاً کوچک رخ می دهد فشار وارده به سازه به هر دو فشار - فشار گاز و فشار ضربه - وابسته می باشد [۳]. در این حالت به دلیل برخورد امواج انفجاری به دیوارهای سازه و سطوح منعکس کننده های دیگر و انعکاس متعدد آن، نمودار بارگذاری فشار- زمان پیچیده خواهد بود به طوری که تاریخچه کامل فشار- زمان آن شامل دنباله هایی از امواج ضربه و بار شبه استاتیکی یا فشار گاز (Quasi-Static Load) برای هر نقطه معین می باشد [۱۱]. می توان نشان داد که فرایند، متأثر از فشار گاز و فشار تکانشی و مدت زمان اثرشان می باشد و مساحت زیر نمودار فشار، بیانگر مقدار ضربه اعمالی ناشی از فشار تکانشی می باشد (شکل ۲) [۶ و ۷، ۱۰].



شکل ۲- نمودار تغییرات فشار- زمان موج انفجار برای سازه های نیمه مسدود (TM5-1300)

بارهای ناشی از انفجار داخلی شامل فشار تکانشی و فشار گاز در مدت زمان اثرشان می باشند که عواملی از قبیل ابعاد سازه، ابعاد دریچه، وزن واحد سطح سقف، مقدار و جنس ماده منفجره و موقعیت آن نسبت به سازه در مقدار این بارها مؤثرند مقدار بارها از آیین نامه TM5-1300 تعیین می شود که براساس آن می توان بیان کرد:

- مقدار فشار تکانشی و مدت زمان اثر آن ( $P_r, t_o$ ) وارد به هر نقطه از سازه به میزان ماده منفجره، ابعاد سازه، موقعیت ماده منفجره (فاصله مقیاس دار) و تعداد سطوح

۲-۲-۲- فشار گاز

وقتی انفجاری در داخل سازه‌ای رخ می‌دهد، محصولات گازی انباشته خواهد شد و درجه حرارت داخل سازه افزایش خواهد یافت. بزرگی فشار گاز به طور کلی کمتر از فشار تکانشی و مدت زمان اثر آن بیشتر از فشار تکانشی است. بزرگی فشار گاز و نیز مدت زمان آن تابعی از اندازه دریچه سازه می‌باشد [۱۲، ۳].

مراحل تعیین پارامترهای لازم مربوط به فشار گاز بر اساس TM5-1300 که شامل تعیین  $P_g, i_g, t_g$  است به صورت زیر می‌باشد:

$P_g$ : ماکزیمم فشار گاز ایجاد شده در اثر فشار داخلی، Psi

$t_g$ : مدت زمان اعمال فشار گاز، ms

$i_g$ : مقدار ضربه اعمال شده از طریق فشار گاز در مدت زمان

Psi-ms,  $t_g$

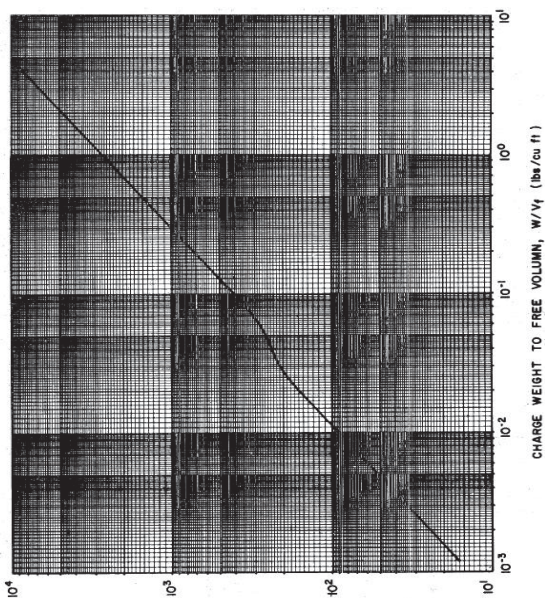
(۱) محاسبه حجم فضای داخلی سازه  $(V_f)$ ،  $ft^3$

(۲) تعیین نسبت وزن ماده منفجره به حجم فضای داخلی سازه

$lb/ft^3, W/V_f$

(۳) تعیین فشار گاز ماکزیمم  $P_g$  با توجه به مقدار  $W/V_f$  از

(شکل ۵)



شکل ۵- فشار گاز ماکزیمم تولید شده از طریق انفجار داخلی TNT

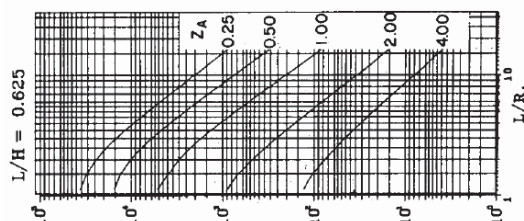
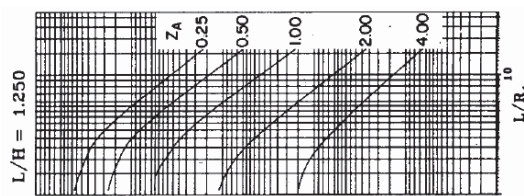
$$\frac{h}{H}, \frac{l}{L}, \frac{L}{R_A}, Z_A = \frac{R}{W^{1/3}}$$

W وزن ماده منفجره بر حسب پوند (lb) می‌باشد.

(۳) مراجعه به نمودارهای مربوطه و تعیین  $P_r, i_r$  از (شکل ۳) و (شکل ۴)

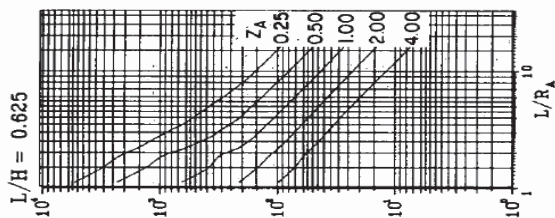
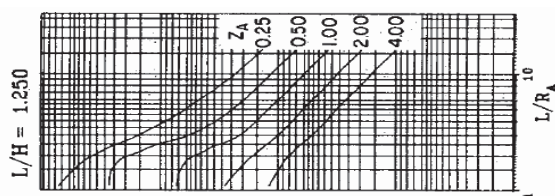
$$t_o = \frac{2 \times i_r}{P_r}$$

(۴) تعیین  $t_o$  از رابطه مقدار پارامترهای  $l, h, R, L, H$  بر حسب فوت (ft) می‌باشند که در شکل (۱۰) نشان داده شده‌اند.



شکل ۳- فشار اوج متوسط منعکس شده

TM5-1300, (N = 4, l/L = 0.5, h/H = 0.5)

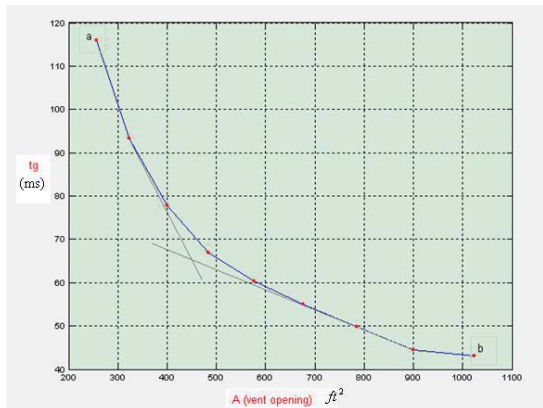


شکل ۴- ضربه منعکس شده واحد مقیاس‌دار

TM5-1300, (N = 4, l/L = 0.5, h/H = 0.5)

### ۳- بحث

بر اساس موارد ذکر شده، نتیجه می‌شود که مقدار مساحت دریچه و وزن واحد سطح دریچه فقط به مدت زمان تداوم فشار گاز ( $t_g$ ) بستگی دارد و هر چه مقدار مساحت دریچه بیشتر شود از مقدار ( $t_g$ ) کاسته می‌شود؛ اما از طرف دیگر، با افزایش مقدار مساحت دریچه، ابعاد سقف برای پوشش دریچه بزرگ خواهد شد و در نتیجه، طراحی یک چنین سیستمی به دلیل مشکل بودن مهار سقف، غیراقتصادی و گاهی فاقد ارزش عملی است و از سویی از نظر پدافندی هر چه ابعاد دریچه کوچک‌تر شود خطر اصابت از خارج به آن کاهش می‌یابد. لذا از نظر پدافندی و نیز وزن سقف در ارتباط با مساحت دریچه، یک نقطه ایتیمم وجود دارد که باید به دست آید. بنابراین ابعاد دریچه باید به گونه‌ای انتخاب شود که اولاً مقدار  $t_g$  کم باشد و ثانیاً منتج به انتخاب سقفی با ابعاد مناسب شود که بتوان آن را مهار نمود و اقتصادی نیز باشد. به همین منظور ابتدا مقدار  $t_g$  برای مقادیر مختلف از میزان مساحت دریچه و بازای مقدار ثابتی از وزن واحد سطح پوشش دریچه به دست می‌آید و نمودار  $A-t_g$  رسم می‌شود. پس از رسم منحنی  $A-t_g$ ، شیب از شروع منحنی تا یک نقطه مشخص زیاد بوده و از نقطه مشخص تا انتهای منحنی شیب کم می‌شود و این تغییرات بیانگر این است که تغییرات کاهش  $t_g$  بازای افزایش مساحت دریچه تا یک نقطه مشخص زیاد بوده و از آن نقطه به بعد تغییرات کاهش  $t_g$  کم می‌شود (شکل ۷) که می‌توان این نقطه مشخص (محل تغییر شیب) از مساحت دریچه را به عنوان مساحت مناسب پیشنهاد نمود.

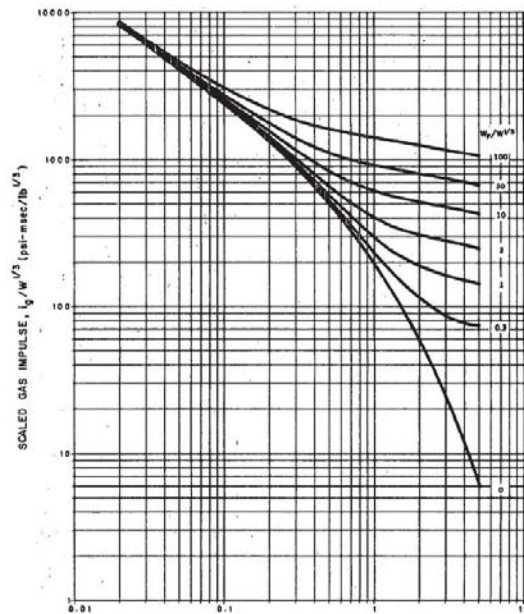


شکل ۷- نمودار تغییرات  $A-t_g$  به ازای یک مقدار مشخص از وزن واحد سطح درب ( $W_F = cte$ )

(۴) انتخاب مقدار فرضی برای مساحت دریچه ( $ft^2$ )  
 (۵) تعیین مقدار مقیاس‌بندی شده مساحت دریچه  $A/V_f^{2/3}$ ،  
 $ft^2 / ft^{2/3}$   
 (۶) محاسبه وزن واحد پوشش دریچه  $W_F$ ، ( $lb$ ) و مقدار  $W_F / W^{1/3}$   
 (۷) محاسبه ضربه منعکس شده متوسط مقیاس‌دار وارده به پوشش دریچه سازه  $psi-ms / lb^{1/3}$ ،  $i_r / W^{1/3}$   
 (۸) محاسبه ضربه گاز مقیاس‌بندی شده از (شکل ۶) با استفاده از مقادیر  $W/V_f$  از گام (۲) و  $W_F / W^{1/3}$  از گام (۶) و  $i_r / W^{1/3}$  از گام (۷) و درون‌یابی بین مقادیر  $W/V_f$  و  $i_r / W^{1/3}$  در صورت لزوم و در نهایت با ضرب مقدار به دست آمده در مقدار  $W^{1/3}$ ، ضربه ناشی از فشار گاز محاسبه می‌شود.

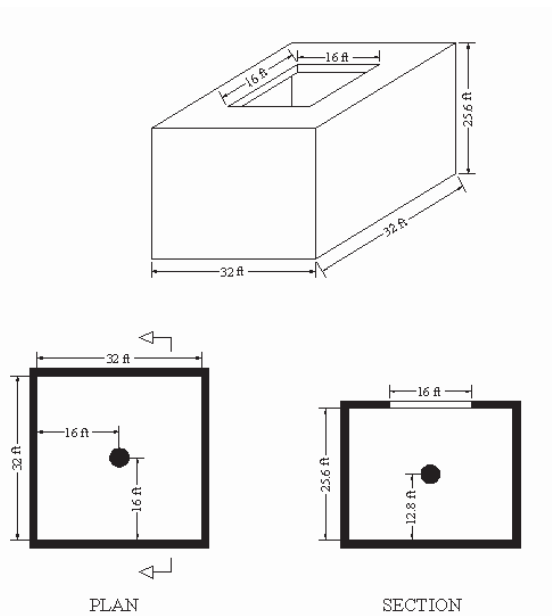
$$(۹) \text{ محاسبه مقدار } t_g \text{ از رابطه } t_g = \frac{2 \times i_g}{P_g}$$

با به دست آمدن پارامترهای مربوط به فشار تکانشی و فشار گاز می‌توان نمودار تغییرات فشار- زمان برای بارگذاری انفجاری داخلی سازه مکعبی شکل را رسم نمود.



شکل ۶- ضربه گاز مقیاس‌بندی شده  
 TM5-1300، ( $W/V_f = 0.015$ ،  $i_r / W^{1/3} = 100$ )

که منحنی  $A-t_g$  آن مطابق (شکل ۷) می‌باشد که با توجه به شیب منحنی می‌توان مقدار مناسب از مساحت دریچه را تعیین نمود و آن را برابر  $450\text{ft}^2$  پیشنهاد کرد.

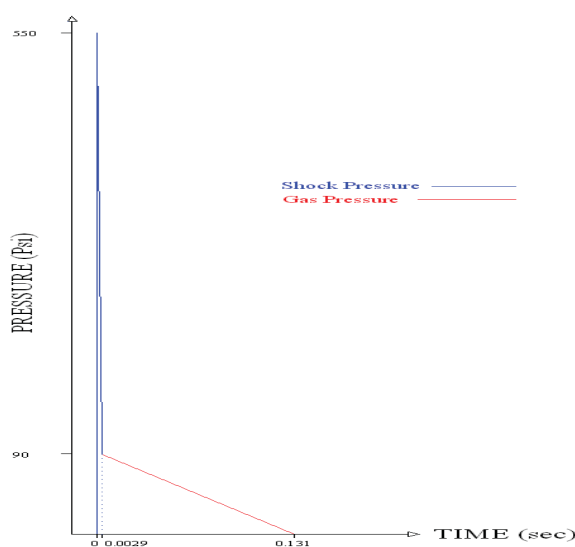


شکل ۸- ابعاد سازه مورد مطالعه

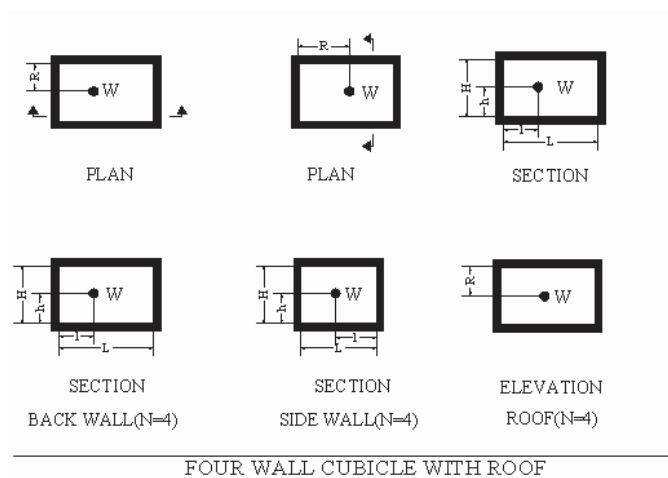
### ۱-۳- آزمون عددی

با توجه به اینکه در این مقاله روش تعیین مقدار مناسب از مساحت دریچه پیشنهاد شده است به‌عنوان آزمون نظریه، مثالی با ابعاد و داده‌های واقعی در نظر گرفته می‌شود و مبنای صحت داده‌های انفجار، آئین‌نامه TM5-1300 می‌باشد. برای آزمون این نظریه فرضیاتی به‌عنوان یک مثال معمولی براساس داده‌های نظامی به‌صورت ذیل فرض می‌گردد: ماده منفجره از نوع TNT کروی بوده، وزن ماده منفجره برابر 210 lb که با اعمال ضریب اطمینان 1.2 برابر، 252 lb و موقعیت آن، در مرکز و طول و عرض سازه برابر 32 ft و ارتفاع 25.6 ft. ابعاد دریچه برابر  $16\text{ft} \times 16\text{ft}$ ، وزن واحد سطح پوشش دریچه به‌عنوان فرض اولیه برابر  $25\text{lb/ft}^2$  در نظر گرفته می‌شود (شکل ۸).

با تعیین مقادیر  $P_g = 90\text{ Psi}$ ،  $t_g = 130.54\text{ ms}$  و  $P_r = 550\text{ Psi}$ ،  $t_o = 2.87\text{ ms}$  براساس آئین‌نامه TM5-1300 می‌توان نمودار فشار- زمان را برای سازه مورد نظر مطابق (شکل ۹) رسم نمود. بنابراین می‌توان پارامترهای انفجار داخلی  $(P_r, P_g, t_o, t_g)$  را برای مقادیر مختلف از مساحت دریچه با فرض ثابت بودن سایر مشخصات سازه به‌دست آورد که برای یک چنین حالتی پارامترهای  $(P_r, P_g, t_o)$  ثابت می‌مانند و مقدار  $t_g$  با توجه به مقدار مساحت دریچه متفاوت خواهد بود (جدول ۱).



شکل ۹- نمودار تغییرات فشار- زمان



شکل ۱۰- تعداد سطوح منعکس کننده

جدول ۱- مقدار  $t_g$  به ازای مقادیر مختلف از مساحت دریچه و مقدار ثابت از  $W_F = 20 \text{ lb/ft}^2$

مساحت دریچه ( $ft^2$ ) $A$	$W_F$ ( $lb/ft^2$ )	$t_g$ (ms)
$16' \times 16' = 256 \text{ft}^2$	$20 \text{lb/ft}^2$	115.9(ms)
$18' \times 18' = 324 \text{ft}^2$	$20 \text{lb/ft}^2$	93.3(ms)
$20' \times 20' = 400 \text{ft}^2$	$20 \text{lb/ft}^2$	77.9(ms)
$22' \times 22' = 484 \text{ft}^2$	$20 \text{lb/ft}^2$	66.8(ms)
$24' \times 24' = 576 \text{ft}^2$	$20 \text{lb/ft}^2$	60.3(ms)
$26' \times 26' = 676 \text{ft}^2$	$20 \text{lb/ft}^2$	55(ms)
$28' \times 28' = 784 \text{ft}^2$	$20 \text{lb/ft}^2$	49.8(ms)
$30' \times 30' = 900 \text{ft}^2$	$20 \text{lb/ft}^2$	44.5(ms)
$32' \times 32' = 1024 \text{ft}^2$	$20 \text{lb/ft}^2$	43.1(ms)

کرده است

۲- مقدار فشار تکانشی و مدت زمان اثر آن ( $P_r, t_o$ ) وارد به هر نقطه از سازه وابسته به میزان ماده منفجره، ابعاد سازه، موقعیت ماده منفجره (فاصله مقیاس دار) و تعداد سطوح منعکس کننده بستگی دارند. و مقدار فشار گاز ( $P_g$ )، وابسته به وزن ماده منفجره و حجم داخلی سازه می باشد.

#### ۴- نتایج

۱- ابعاد پوشش دریچه (سقف) هر چه کوچک تر باشد، اقتصادی تر و خطر حمله به آن کمتر می گردد و از سویی هر چه بزرگ تر باشد سازه نیروی کمتری را تحت اثر انفجار تحمل می کند و از این رو ابعاد سقف یک نقطه اپتیمم دارد که این مقاله روش دست یافتن به این نقطه بهینه را ارائه



۳- مقدار  $P_r, t_o, P_g$  مستقل از میزان مساحت دریچه و وزن واحد سطح پوشش دریچه می‌باشد.

۴- مقدار  $t_g$  به مساحت دریچه و وزن واحد سطح سقف بستگی دارد به طوری که با کاهش وزن سقف و افزایش مقدار مساحت دریچه، مقدار  $t_g$  کاهش می‌یابد.

## مراجع

۱. مومنیان، حسین، شیمی مواد منفجره، دانشگاه امام حسین(ع)، (۱۳۸۳).
۲. خیراتی، عباس، رفتار سازه‌های بتن مسلح در برابر انفجار کارگذاشته شده در اطراف آنها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، (۱۳۸۵).
3. TM5-1300, Structures to resist the effects of accidental explosions. United States Departments of the Army, Navy and Air Force, (1969).
4. FEMA 426, Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings, (2003).
5. AISC, Blast and Progressive Collapse, American Institute of Steel Construction, Inc, (2004).
6. Short Course, Blast Loads and Explosion Effects, THE GORGE WASHINGTON UNIVERSITY, (2008).
7. T.Krauthammer, AISC RESEARCH ON STRUCTURAL STEEL TO RESIST BLAST AND PROGRESSIVE COLLAPSE.
8. G.Le Blance, M.Adoum, V.Lapujade, External blast load on structures-Empirical approach, European LS-DAYNA Users Conference.
9. Naury K.Birnbaum, ANALYSIS OF BLAST LOADING ON BUILDINGS, Century Dynamics House, Hurst Road, Horsham, West Sussex RH12 2DT, England.
10. T. Ngo, P. Mendis, A. Gupta & J. Ramsay, Blast Loading and Blast on Structures-An Overview, The University of Melbourne, Australia, EJSE Special Issue: Loading on Structures, (2007).
11. Dr Peter D Smith, Dr Andrew Tyas, BLAST LOAD ASSESSMENT BY SIMPLIFIED AND ADVANCED METHODS, Defence College of Management and technology.
12. Yong Lu, Kai Xu, Prediction of lanch velocity of vented concrete structures under internal blast, International Journal of Impact Engineering 34, 1753-1767, (2007).