

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۴/۰۸  
تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۱۶

در این تحقیق تلاش شده تا اطلاعات جامعی در ارتباط با انواع سرجنگی که عبارت است از بلست، شکل یافته (shape charge)، ترکش‌زایی و نفوذپذیر EFP، ارائه شود؛ تا بتوان با تکیه بر این اطلاعات، گامی مؤثر در روند طراحی و تجهیز میدان‌های تست مربوط به آنان برداشت. این اطلاعات شامل معرفی سرجنگی‌های مختلف، روابط حاکم بر این سرجنگی‌ها و جوانب مختلف به‌کار رفته در یک میدان تست مربوطه است که توصیه می‌شود به‌منظور کارکرد درست، شناختی جامع نسبت به تجهیزات مورد استفاده در این میداين و روش انجام تست کسب شود. در ضمن علاوه بر معرفی این قسمت‌ها، باید دانشی کلی نسبت به اجزا و فناوری به‌کار رفته در این محصولات داشت تا در نهایت منجر به استفاده‌ی بهینه از آن‌ها شود.

## واژگان کلیدی:

سرجنگی، میدان تست، چیدمان میدانی

### ۱. مقدمه

سرجنگی را می‌توان به‌عنوان عنصر اصلی هر مهمات به‌شمار آورد. پیچیده‌ترین انواع مهمات هم در صورتی که از توان لازم برای تخریب هدف برخوردار نبوده یا نوع سرجنگی ساخته‌شده با ساختار هدف متناسب نباشد (مثل به‌کاربردن سرجنگی‌های انفجاری علیه زره تانک مدرن) اتلاف سرمایه به‌حساب می‌آید. در بخش اول این نوشته سرجنگی‌ها به‌طور اجمالی معرفی شده‌اند.

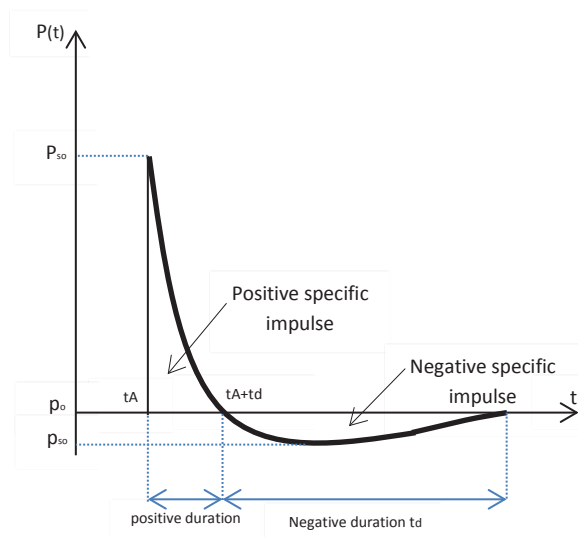
در بخش دوم راجع به انواع فشار مربوط به موج شوک در هوا پرداخته شده که در کلیه انفجارها در سرجنگی‌های مختلف مشترک هستند. پروفیل‌های فشار بلست و محاسبات مربوط به این پروفیل‌ها با استفاده از روش‌ها و روابط مختلف جمع‌آوری شده‌اند. همچنین معادلات حاکم بر موج بلست اعم از معادلات موج استاتیکی، موج بازگشتی، ایمپالس و نیز محاسبات مربوط به فاز منفی نیز ذکر شده است. در ادامه مقیاس‌گذاری بلست که به‌شدت هزینه‌های آزمایش را کاهش می‌دهد، از طریق روش‌های هاپکینسون و ساکر به‌طور مفصل مورد بحث قرار گرفته است.

ترنس‌دیوسرهای مورد استفاده در تست بلست در این فصل آورده شده است. در واقع در این بخش سعی شده جوانب مختلف مربوط به بلست و مباحث مشترک با سایر سرجنگی‌ها به تفصیل از نقطه نظر تئوری مورد تحقیق قرار گیرد.

در بخش سوم تا پنجم تلاش بر این بوده است که به معرفی جزئیات مربوط به سرجنگی‌های مختلف به‌همراه روابط حاکم بر آنان، میداين مختلف تست، تجهیزات مورد استفاده در اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز، چیدمان میدانی و تجهیزات و نیز روش‌های اندازه‌گیری مورد بررسی قرار گیرد.

### ۲. فشار بلست به‌همراه تجهیزات اندازه‌گیری آن

هنگامی که یک ماده منفجره تحت انفجار قرار می‌گیرد یک موج شوک حاصل می‌شود که اگر در یک مکان خاص ترسیم شود به‌صورت شکل (۱) درمی‌آید.



شکل ۱: نمودار فشار بر حسب زمان برای Shock wave

با رسیدن موج شوک، یک پیک شدید در فشار رخ می دهد؛ به گونه ای که مقدار فشار را از فشار محیط تا بیشینه فشار افزایش می دهد، سپس مقدار فشار کاهش یافته تا به فشار محیط رسیده و سپس افت می کند و یک خلاء نسبی پشت موج شوک اتفاق می افتد و مجدداً به فشار محیط بازمی گردد. برای پیک فشار روابط مختلفی بیان شده که رابطه برود (Broad) یکی از آنهاست:

$$z = R / W^{1/3}$$

$$P_{so} = 6.7 / z^3 + 1 \text{ bar} \quad (P_{so} > 10 \text{ bar})$$

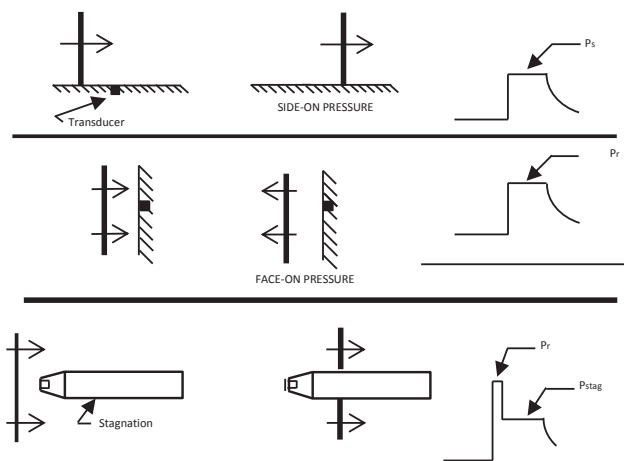
$$P_{so} = 0.975 / z + 1.455 / z^2 + 5.85 / z^3 - 0.019 \text{ bar} \quad (0.1 \text{ bar} < P_{so} < 10 \text{ bar})$$

بیشینه فشار در سطح زمین طبق رابطه Newmark به صورت زیر تعریف می شود:

$$P_{so} = 6748(W / R^3) + 93(W / R^3)^{1/2}$$

که در آن  $W$  میزان ماده منفجره به تن بوده و  $R$  فاصله از سطح مرکز انفجار است که بر حسب متر بیان می شود. در یک میدان، چهار نوع فشار، مربوط به موج شوک در هوا مطرح است: استاتیکی، بازگشتی، دینامیکی و سکون ( $P_{stag}$ ). فشار استاتیکی (فشار هایدرواستاتیکی نیز نامیده می شود)،  $P_s$ ، فشار روی سطحی موازی با راستای موج بلست است که این جهت در امتداد مرکز بلست در حرکت باشد. این فشار بهتر است توسط یک ترنسدیوسر اندازه گیری شود که عمود بر جهت انتشار موج نصب می شود و نباید با انتشار موج در تداخل باشد. فشار دینامیکی توسط جریان هوای پشت موج ایجاد می شود. فشار سکون، مجموع فشار استاتیکی و فشار دینامیکی

است (شکل (۲)).



شکل ۲: فشارهای مورد انتظار در یک لوله ی ضربه

طبق شکل (۳) فشارسنج‌هایی که از آن‌ها برای اندازه‌گیری فشار استفاده می‌شود وسایل را در ارتفاع دو متری نسبت به سطح زمین و در راستای خط مرکزی خرج قرار می‌دهند. اگر فشارسنج در فاصله‌ای کمتر (یعنی یک متری) نسبت به زمین نصب شود، باید برای آن زاویه‌ای در حدود ۴۵ درجه نسبت به خط قائم در نظر گرفته شود در اثر این کار فشارسنج‌ها فشار کمتر و وضوح بیشتری از اثرات انفجار را نمایش خواهند داد.



شکل ۳: حسگرهای فشاری در میدان تست

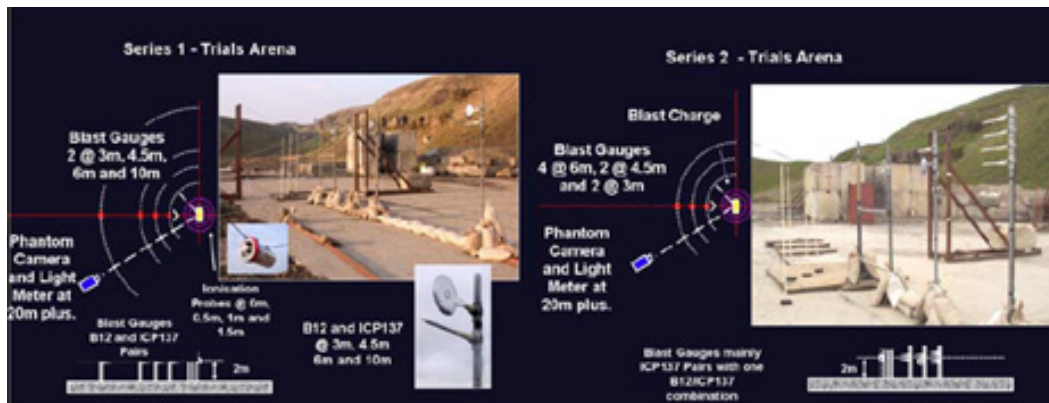
نسل پیشرفته‌تر این حسگرها، حسگرهای مدادی ICP137A است که از قابلیت پاسخ‌دهی سریع سیگنال و اندازه‌گیری و تحمل مقادیر بسیار بالای فشار برخوردار بوده است. همچنین این حسگرها توسط المان‌های سرامیکی پوشانده شده‌اند تا قابلیت عبور از کابل‌های بلند را دارا بوده و حساسیت حرارتی بسیار کمی داشته باشند.



شکل ۴: حسگرهای فشار مدادی میدان تست

### ۳. میدان تست بلست

شمای کلی یک میدان تست می‌تواند به صورت شکل (۵) در نظر گرفته شود:



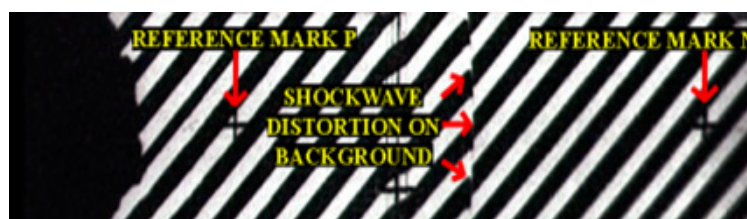
شکل ۵: میدان تست بلست

تجهیزاتی که در یک میدان تست استفاده می‌شوند عبارتند از چارچوبی برای قراردادی خرج بر روی آن، حسگرهای فشاری و دوربین‌های سرعت بالا. نکته‌ی قابل توجه در به‌کارگیری دوربین‌ها مشخص کردن محل دقیق موج شوک با استفاده از این تجهیزات است. برای این منظور در نقطه مقابل محل قرارگیری دوربین‌ها در میدان تست از یک صفحه راه‌راه استفاده می‌شود که به‌طور معمول از جنس آلومینیوم بوده و خطوط راه‌راه آن به‌کمک نوارهای باریکی از لامپ‌های فلورسنت و با زاویه ۴۵ درجه ایجاد شده‌اند.



شکل ۶: قرارگیری صفحه راه‌راه در میدان

بعد از انفجار و مشاهده فیلم‌های گرفته‌شده با اعوجاج‌های بصری محل تشکیل موج شوک نسبت به صفحه راه‌راه مشخص می‌شود. با تعیین نقاط کمکی روی این صفحه که عبارتند از محل تشکیل موج شوک (Z)، نقطه مرجع یک (p) که عقب‌تر از موج شوک در نظر گرفته می‌شود و نقطه مرجع ۲ که در محلی جلوتر از موج شوک لحاظ می‌شود. با توجه به نقاط مشابه بر روی میدان تست می‌توان نسبت موجود میان اعداد به‌دست آمده از روی این صفحه و واقعیت را پیدا کرد.





شکل ۷: نقطه‌گذاری روی صفحه راه‌راه

می‌شود. اندازه‌ی سرچنگی در میدان تست کوچک تا ۱۰ کیلوگرم و در میدان تست بزرگ بالای ۱۰ کیلوگرم در نظر گرفته شده است.

#### ۱-۴ تست افقی

تست سرچنگی به طریقی که محور تقارن سرچنگی موازی با سطح زمین یا میدان تست باشد، در شکل (۹)، نشان داده شده است:

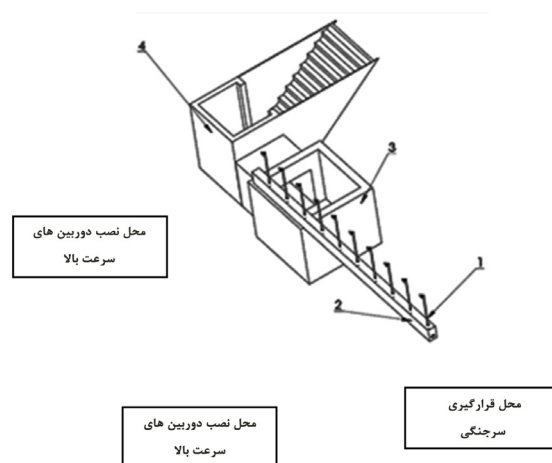


شکل ۹: تست سرچنگی افقی استاتیکی

با توجه به شکل (۱۰) میدان تست، متشکل از دو نیم‌دایره با مرکز یکسان است. البته هر یک از این دو نیم‌دایره می‌توانند در فواصل مختلف قرار داده شده و یا اینکه ضخامت ورق، جنس آن‌ها، مساحت ورق و ... متفاوت بوده و هم‌سو با آن فواصل یکسان باشد. با توجه به شکل زیر، نیم‌دایره با شعاع کمتر جهت ثبت سرعت ترکش‌ها و نیم‌دایره‌ی بزرگ‌تر جهت ثبت و مشاهده‌ی توزیع فضایی و دانسیته‌ی ترکش‌ها به کار می‌رود. جنس ورق به کار رفته در نیمه استوانه‌ها معمولاً به ترتیب از آلومینیم و فولاد نرم است.

#### ۱-۳ طرح پیشنهادی

با توجه به مطالب گفته‌شده می‌توان میدان تستی را طبق شکل (۸) معرفی کرد.



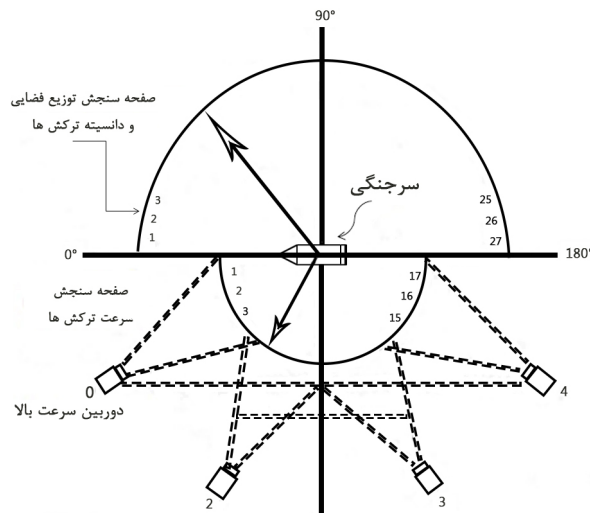
شکل ۸: شماتیک کلی میدان بلست

این مجموعه از چهار جزء اصلی تشکیل شده که عبارتند از: ۱- مجموعه نگهدارنده‌ی حسگرهای فشار، ۲- پایه‌های ثابت شده در زمین، ۳- مسیرهایی برای عبور کابل‌ها از حسگر تا پناهگاه، ۴- مجموعه پناهگاه و راه‌پله‌ها. مرکز سرچنگی به فاصله ۴ متری نسبت به اولین حسگر و در ارتفاع دو متری نسبت به سطح زمین قرار گرفته است همچنین دوربین‌های سرعت بالا به فاصله ۱۰۰ متری نسبت به محل نصب حسگر قرار می‌گیرد.

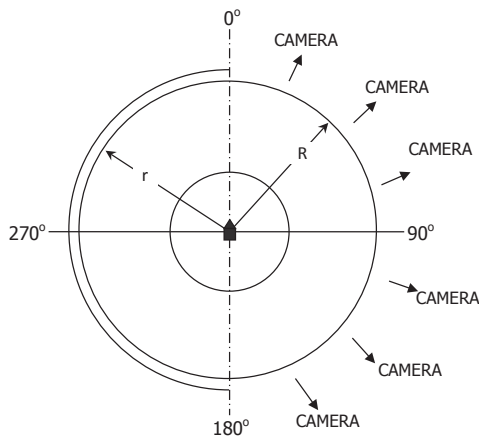
#### ۴. طراحی میدان تست ترکش‌زایی

میدان تست ترکشی دارای تنوع بسیار بوده است و با توجه به نوع سرچنگی و جهت قرارگیری سرچنگی در میدان و شرایط اجرای تست، دارای شکل‌های مختلفی است. سرچنگی با توجه به نوع قرارگیری در میدان به دو نوع افقی و عمودی، براساس مقدار ماده منفجره به دو گونه‌ی کوچک و بزرگ و با توجه به نحوه اجرای تست به دو حالت استاتیکی و دینامیکی تقسیم

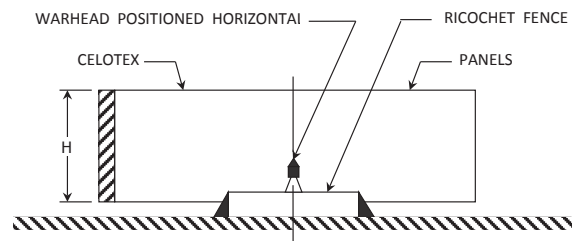




شکل ۱۰ الف) چیدمان میدان تست سر جنگی به صورت افقی



شکل ۱۰ ب) چیدمان میدان تست سر جنگی به صورت افقی

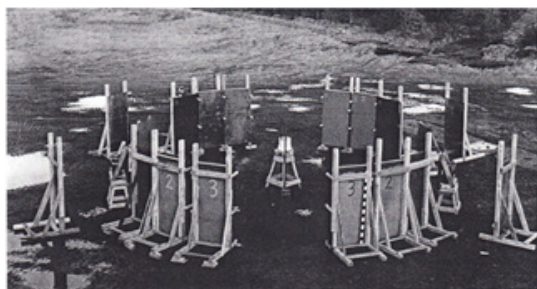


بوده و از پراکنده شدن گردوغبار جلوگیری می شود و می توان فیلم برداری را بهتر انجام داد. همچنین به جهت جلوگیری از اشتباه در صورت کنده شدن صفحات، تمامی صفحات شماره گذاری می شوند.

اگر سر جنگی طراحی شده، زاویه ی پرتو ترکش گسترده ای داشته باشد، این طرح میدان تست ضروری و لازم است. از معایب این طرح تست می توان به محدود بودن فواصل و نوع هدف اشاره کرد.

#### ۴-۲ تست عمودی

تست سر جنگی به طریقی که محور تقارن سر جنگی عمود با سطح زمین یا میدان تست باشد. از مزایای آن می توان به امکان چیدمان اهداف مختلف در فواصل بیشتری با زاویه ی ۳۶۰ درجه اشاره کرد. در شکل (۱۱) یک تست سر جنگی ترکشی در اندازه ی متوسط دیده می شود که به صورت عمودی انجام می شود. در این تست صفحات به صورت جداگانه و در فواصل مختلف بر روی فریم های چوبی نصب شده است. صفحات برای اندازه گیری دانسیته، نفوذ و زاویه برخورد ترکش ها در نظر گرفته شده است. سطح میدان تست، خیس

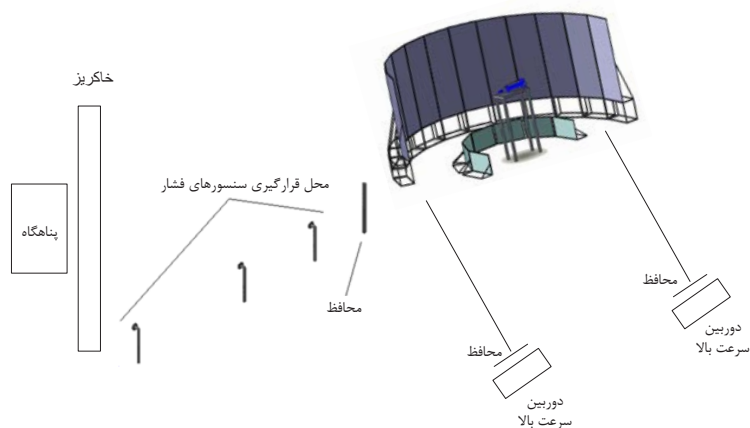


شکل ۱۱: چیدمان تست سر جنگی ترکشی

#### ۴-۳ طرح پیشنهادی

بنابر مطالب بیان شده برای میدان تست این نوع از سر جنگی ها، می توان میدان تستی به صورت زیر ارائه کرد که در آن فاصله صفحات کوچک تر تا سر جنگی

برابر با ۵/۴ متر بوده و صفحات بزرگتر در فاصله‌ی نه متری سرچنگی جانمایی شده‌اند.

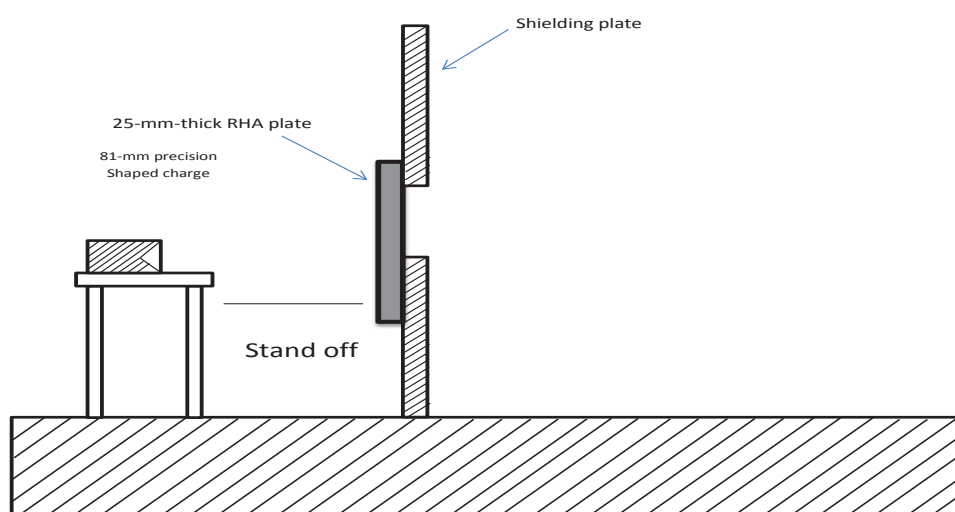


شکل ۱۲: چیدمان پیشنهادی میدان تست سرچنگی ترکشی

گیج‌های فشار در چهار متری مرکز سرچنگی و هم ارتفاع با آن قرار داده شده‌اند. در ضمن باید برای این تجهیزات و همچنین دوربین‌های سرعت بالا حفاظ‌هایی در نظر گرفت، تا این تجهیزات را از قرارگرفتن در معرض ترکش‌های ناشی از انفجار محافظت کنند. به‌منظور ثبت نتایج حاصل از تست، پناهگاه‌هایی در فاصله‌ی تقریبی ۱۵ تا ۲۰ متری مرکز سرچنگی باید تعبیه شود.

### ۵. میدان تست خرج گود

سرچنگی‌های خرج گود به‌هنگام انفجار یک جت را تشکیل می‌دهند که به‌دلیل داشتن انرژی زیاد قادر به نفوذ در اجسام و انهدام آنان است. لذا توصیه می‌شود به‌هنگام طراحی میدان تست برای یک سرچنگی خرج گود در مرحله اول یک فاصله استاندارد را برای نفوذ گلوله در لحظه‌ی عمل انتخاب کرد و با توجه به این فاصله، صفحه یا جسم مد نظر را هم‌محور با سرچنگی در مکان مشخص شده قرار داد. برای این منظور با توجه به روابط زیر می‌توان ابتدا عمق نفوذ را به‌دست آورد و با توجه به این مقدار، تنظیم کرد که جسم در چه فاصله‌ای نسبت به سرچنگی قرار گیرد تا جت تشکیل شده بتواند در جسم نفوذ کند.



شکل ۱۳: نحوه‌ی قرارگیری سرچنگی در میدان

$$k_{\text{distance}} = \frac{1}{1 + \left(\frac{S - 7C}{14C}\right)^2}$$

$k_{\text{distance}}$ : ضریبی برای فاصله S، stand off: فاصله C، stand off: کالیبر که S و C باید یک واحد مشخص داشته باشند.

$$H = \phi \times k_1 \times k_2 \times k_{\text{distance}} \times \sqrt{\frac{\rho_{\text{jet}}}{\rho_{\text{target}}}}$$

H: عمق نفوذ،  $\phi$ : کالیبر سرچنگی،  $k_1$ : ضریبی برای طول جت (مطابق جدول ۱)،  $k_2$ : ضریبی برای ماده هدف (مطابق با جدول ۲)،  $\rho_{\text{jet}}$ : چگالی جت ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) و  $\rho_{\text{target}}$ : چگالی هدف ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

جدول ۱: مقادیر ضریب  $k_1$

Warhead	Calibre [mm]	K1
Sub-munition	<70	8
Hand-held anti-tank weapons	<110	8/12/16*
Light anti-tank missiles	<130	12/16**
Heavy anti-tank missiles	<180	12/16**
Ballistic missiles	<350	12/16**

\*K1= 8 is used only for order ammunition with a depth of penetration into steel up to 4 diameters , else K1= 12.  
\*\*K1= 12 is used for all munitions, except late versions, with a depth of penetration into steel corresponding to calibres.

جدول ۲: مقادیر ضریب  $k_2$

Target material	Density, appr. [ $\text{Kg}/\text{m}^3$ ]	K2
Sand, gravel	1600	1,0
Ordinary concrete (C40)	2400	0,8
High-strength concrete (C140)	2500	0,5

علاوه بر رعایت فاصله مابین سرچنگی و صفحه‌ی مد نظر، خود سرچنگی را نیز باید در یک ارتفاع مناسب نسبت به سطح زمین قرار داد که این عمل را یا به‌وسیله‌ی ساختن یک چارچوب و آویزان کردن سرچنگی توسط یک سیم بکسل و یا از طریق قراردادن آن بر روی یک محفظه می‌توان انجام داد (شکل ۱۴).



شکل ۱۴: چیدمان میدانی



نمونه‌ی مهارشده توسط محفظه تعبیه‌شده از کیفیت بهتری برخوردار است؛ زیرا در اثر انفجار و موج ایجادشده به اطراف حرکت نکرده و در نتیجه جت ایجادشده از آن نیز به‌صورت مستقیم قرار خواهد گرفت.

## ۶. میدان تست EFP

هدف اصلی از طراحی سرچنگی‌های EFP، ایجاد نفوذ در اهداف زرهی و تأسیساتی است. لذا مهم‌ترین تست عملکردی که باید روی این سرچنگی‌ها انجام شود، تست اندازه‌گیری میزان نفوذ است که در ادامه به انواع تست‌های مورد نظر اشاره خواهد شد.

این تست‌ها براساس جهت قرارگیری هدف به دو نوع عمودی و مایل تقسیم می‌شوند.

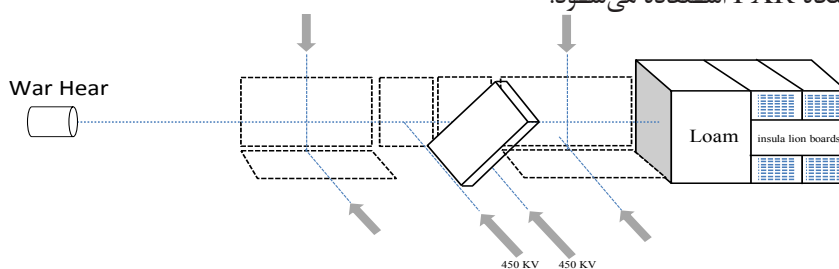
## ۶-۱ نفوذ عمودی

در ساده‌ترین و ایده‌آل‌ترین تست نفوذ سرچنگی خرج گود و EFP، سرچنگی کاملاً عمود بر سرچنگی و روبروی آن با زاویه‌ی ۹۰ درجه، (به‌صورت هم‌محور) قرار می‌گیرد (شکل ۱۵). در این تست با در نظر گرفتن استندآف بهینه، می‌توان بیشترین نفوذ سرچنگی را به‌دست آورد، چرا که در این حالت بیشترین مقدار از انرژی جنبشی پرتابه خرج گود (شامل جت و اسلاگ) صرف نفوذ در هدف (فولادی، بتونی و ...) خواهد شد.



شکل ۱۵: نمونه‌هایی از تست نفوذ با زاویه ۹۰ درجه

همچنین در ساده‌ترین و ایده‌آل‌ترین تست نفوذ سرچنگی EFP، سرچنگی کاملاً عمود بر هدف و روبروی آن با زاویه ۹۰ درجه (به‌صورت هم‌محور)، قرار می‌گیرد. در سایر تست‌ها، هدف با زاویه مورد نظر، روبروی سرچنگی قرار داده می‌شود و نفوذ آن در این حالت بررسی می‌شود (شکل ۱۶). جهت ثبت داده‌های کمی دقیق‌تر در این تست‌ها، به‌طور معمول از دستگاه FXR استفاده می‌شود.



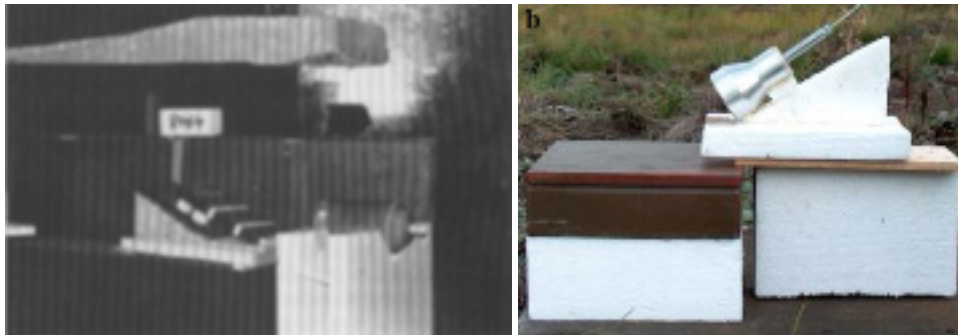
شکل ۱۶: یک نمونه چیدمان ارائه شده در تست نفوذ (EFP) با زاویه مورد نظر همراه با FXR چندگانه

## ۶-۲ نفوذ مایل

به‌دلیل زاویه‌دار بودن برخی ادوات زرهی و نیز بدنه‌ی خودروهایی نظیر تانک و نفربر و کاهش میزان نفوذ سرچنگی در زوایای کمتر از ۹۰ درجه، تست‌های متنوعی با زوایای مختلف تعریف می‌شود تا در بدترین شرایط ممکن (شرایط عملیاتی قابل پیش‌بینی در نبرد)، قدرت نفوذ سرچنگی اندازه‌گیری شود. شکل (۱۷) نحوه‌ی انجام تست با زوایای ۴۵ و ۶۵ درجه را نشان می‌دهد.

همان‌گونه که در این تصاویر مشاهده می‌شود، چیدمان تست و نحوه‌ی قرارگیری سرچنگی و هدف می‌تواند در دو

حالت باشد. در یک موقعیت سرجنگی در زاویه حمله مورد نظر قرار گرفته و هدف به صورت افقی قرار داده می شود (شکل ۱۷ سمت راست) و در حالت دوم، سرجنگی به صورت افقی ثابت شده و هدف به صورت زاویه دار قرار می گیرد (شکل ۱۷ سمت چپ).



شکل ۱۷: نحوه انجام تست نفوذ با زاویه ۴۵ و ۶۵ درجه

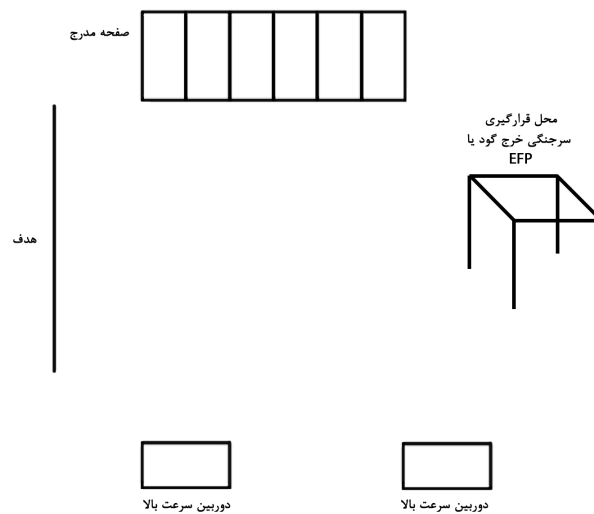
شکل (۱۸) نشان می دهد که در نفوذ مایل، مقدار نفوذ کمتر بوده و تنها بخشی از انرژی جنبشی پرتابه صرف نفوذ می شود و مابقی آن هدر می رود.



شکل ۱۸: نتیجه ی تست نفوذ یک سرجنگی در زره RHA (سمت راست: با زاویه ۹۰ درجه و سمت چپ: زاویه ۴۵ درجه)

### ۳-۶ طرح پیشنهادی

برای میدان تست سرجنگی های نافذ که عبارتند از خرج گود و EFP می توان میدانی را مطابق با شکل (۱۹) شبیه سازی کرد.



شکل ۱۹: چیدمان پیشنهادی تست سرجنگی های نافذ

در این میدان یک استند برای قرارگیری سرچنگی در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند به صورت چارچوب‌های فلزی و چوبی در اندازه‌های مختلف جهت نصب و استقرار سرچنگی در ارتفاع ۲۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر ایجاد شوند. صفحات مدرج از جنس برزنت یا بنر هستند که به ابعاد  $۳ \times ۱$  متر ساخته شده‌اند. این صفحات دارای خطوط عمودی با فاصله خطوط ۱۰ سانتی‌متر و ضخامت خطوط ۱۰ سانتی‌متر هستند و به منظور محاسبه‌ی سرعت سرچنگی استفاده می‌شوند. این عمل از طریق فیلم‌برداری توسط دوربین‌های سرعت بالا محقق خواهد شد. فاصله بین سرچنگی تا هدف نیز از طریق شبیه‌سازی‌های صورت گرفته در نرم‌افزارهای مورد استفاده برای این کار، محاسبه می‌شود. همچنین لازم به ذکر است که این اهداف می‌توانند از جنس‌های مختلف انتخاب شوند که ابعاد آن‌ها با توجه به جنس آن به صورت زیر است:

### ۶-۳-۱ سیبل آجری

- سیبل آجری  $۳ \times ۳$  متر (ضخامت ۲۰ سانتی‌متر) با چارچوب فلزی؛

- سیبل  $۵ \times ۳$  به صورت U شکل (ضخامت ۳۰ سانتی‌متر).



شکل ۲۰: نمونه سیبل‌های آجری

### ۶-۳-۲ سیبل بتونی

- سیبل بتونی  $۳ \times ۳$  متر با چارچوب فلزی؛

- سیبل  $۵ \times ۳$  به صورت U شکل (ضخامت ۳۰ سانتی‌متر)؛

- سیبل استوانه با قطر ۵۰ و ضخامت ۱۰۰ سانتی‌متر؛

- سیبل بتون مسلح با ابعاد  $۳ \times ۳$  و ضخامت ۲ متر.



شکل ۲۱: نمونه سیبل‌های بتنی

### ۶-۳-۳ سیبل فولادی

- سیبل فولادی  $۳ \times ۳$  متر (ضخامت ۱۰ سانتی‌متر)؛

- سیبل  $۵ \times ۳$  متر به (ضخامت ۱۰ سانتی‌متر)؛

- سیبل  $۱ \times ۱$  متر با مت ۲۰



شکل ۲۲: نمونه سیبل‌های فولادی

## ۷. مراجع

1. C.M.Kaurin, M.O.Varslot, "Blast loading on square plates; A comparative study of numerical methods", Department of structural Engineering, Master Thesis, Norway: 2010.
2. P.L. Walter, "Air-Blast and the Science of Dynamic Pressure Measurements", PCB Piezotronics, New York and Texas Christian University Fort Worth, Texas, USA: 2004.
3. M.W.Courtney, A.M.Courtney, "High speed measurement of rifle primer blast waves", Air force Academy, USA.
4. Lecture 16, "Blast Waves".
5. B.S. Chaurasia, S. Tandon, S. Shukla, P. Mishra, A.Mohan, S.K. Balasubramanian, "Modeling and Simulation of Blast wave for pressure sensor design", Department of Electronics Engineering, Varanasi, India: 2011.
6. J.Carleone, A.R.Seebass, "Tactical missile warheads", Volume 155, USA: 1993.
7. D.K.Wallace, "Minutes of the twenty-fifth explosives safety seminar", Volume IV, USA: 1992.
8. A.C.Victor, "Warhead performance calculations for threat hazard assessment", USA: 1996.
9. J. Angel, "Methodology for Dynamic Characterization of Fragmenting Warheads", Weapons and Materials Research Directorate, ARL: 2007.
10. M. Held, "Testing of Fragmentation Warheads", Germany: 1999.
11. AMCP 706-210-FUZES, "Ammunition Series Fuzes", Chapter 7, US Arming Material Command: 1968.
12. M. BROGI, M. CALEO, "INNOVATIVE DIGITAL PROXIMITY FUZE FOR 76/62 mm GUN (Microwave, Programmable)". 45th Fuze Conference, Long Beach, CA: April 16-18 2001.
13. Louis Brown, "The Proximity Fuze", IEEE AES Systems Magazine: July 1993.
14. A. Pergolizzi, et al, "XM784 and XM785 Electronic Time Fuze For Mortars (ETFM)": 9 April 2003.

