

فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال ششم، شماره ۳، پیاپی ۱۳۹۴، (تابی ۲۳): صص ۴۷-۵۶

مطالعه عددی زاویه موجگیر بر کاهش اثرات انفجار

مهدی طهماسب زاده بائی^{۱*}، صفا پیمان^۲

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۱۴

چکیده

استفاده از موجگیر، یکی از راه کارهای مقابله با موج انفجار و کاهش اثرات آن در درون سازه های امن زیرزمینی می باشد. در این مقاله درباره اثر زاویه موجگیر بر کاهش بیشینه فشار وارد شده به داخل مسیر اصلی تونل بحث شده است. در این راستا، انتشار موج ناشی از انفجار بمب های با وزن ماده منفجره مختلف در فاصله ۱ متری از دهانه تونل های دارای موجگیر با زاویه ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه، شبیه سازی شده است. برای شبیه سازی عددی از نرم افزار AUTODYN استفاده شده است. با توجه به نسبت بیشینه فشار وارد شده به محل تقاطع موجگیر و بیشینه فشار به دست آمده برای مسیر اصلی بعد از تقاطع، درصد کاهش فشار به دست آمد. نتایج بررسی ها نشان داد، با افزایش زاویه موجگیر، درصد کاهش فشار بزرگتر شده و میزان آن، به بیشینه فشار وارد شده قبل از تقاطع موجگیر بستگی دارد.

کلیدواژه ها: تونل، موجگیر، اتوداین، انفجار، بیش فشار

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه امن دانشگاه جامع امام حسین (ع) - mahdi.tahmaseb@gmail.com - نویسنده مسئول

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه جامع امام حسین (ع)

۱- مقدمه

انفجارها می‌توانند تهدیدکننده زندگی مردم، زیرساخت‌های اصلی کشور، استحکامات و تاسیسات دفاعی، نظامی و ملی باشند. به همین جهت این زیرساخت‌ها به منظور محافظت، اغلب درون سازه‌های زیرزمینی قرار می‌گیرند و از طرف دیگر، چون احداث این سازه‌ها بسیار زمان‌بر و هزینه‌بر است، حفاظت از آنها اهمیت ویژه‌ای دارد.

تنها راه ارتباطی این فضاها با محیط خارج، ورودی و خروجی آنها می‌باشد، که در صورت آسیب، ارتباط با محیط خارج قطع گردیده و افراد و تجهیزات در داخل فضای امن محبوس می‌گردند. لذا مسئله اساسی، ارائه راهکارهای مقابله با موج انفجار در ورودی فضای امن و کاهش اثرات ناشی از آن جهت تنزل آسیب‌پذیری می‌باشد. بدین منظور از روش‌هایی همچون استفاده از موجگیرها، خم‌ها، موانع هندسی، درب ضدانفجار، الگوهای مختلف ورودی، تعدد ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌توان استفاده نمود [۱]. استفاده از موانع هندسی به خصوص موجگیر، یکی از روش‌های موثر در کاهش اثرات انفجار در تونل‌ها می‌باشد.

بررسی اثر زاویه موجگیر در کاهش اثرات انفجار، نیازمند شناخت فرایند انتشار موج در هوای آزاد، درون تونل‌های زیرزمینی، تقاطع‌های مسیریها و موجگیرها می‌باشد. درباره انفجار در هوای آزاد، رابطه‌هایی برای محاسبه بیش فشار انفجار بر مبنای فاصله و خرج انفجار، ارائه شده است؛ که از آن جمله می‌توان به روابط ارائه شده توسط براد [۲] در سال ۱۹۵۵ و هنریچ [۳] در سال ۱۹۷۹ و کینی و گراهام [۴] در سال ۱۹۸۵ اشاره کرد. همچنین گراف‌های آیین‌نامه TM 5-1300 ایالات متحده آمریکا [۵]، مرجع مناسبی برای محاسبه پارامترهای ناشی از انفجار می‌باشد. علاوه بر این، در سال‌های اخیر نیز پژوهش‌هایی توسط سادوسکی، میلز، هلد، بوساد و همکاران و دیگر محققان در این زمینه انجام شده است، که در مقاله چانگ و یانگ مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۶].

انتشار موج انفجار درون سازه‌های زیرزمینی از پیچیدگی بیشتری نسبت به انفجار در هوای آزاد برخوردار می‌باشد. بر این اساس، نحوه انتشار موج انفجار درون سازه‌های زیرزمینی و به‌دست آوردن بیشینه فشار، در بیرون و درون تونل و در محل تقاطع‌ها دغدغه اصلی بسیاری از محققین می‌باشد.

در مورد انتشار موج در ابتدای دهانه تونل، نمودارهایی توسط

آیین‌نامه طراحی سازه‌های مقاوم در برابر انفجارات هسته‌ای آمریکا [۷] و آیین‌نامه TM 5-855 ایالات متحده آمریکا [۸]، ارائه شده است. خاطر نشان می‌سازد، زاویه راستای انتشار موج انفجاری با راستای تونل، در فشار ورودی دهانه تونل تاثیرگذار است.

در مورد انتشار موج در طول تونل، در سال ۱۹۴۴ ای.بی. فیلیپ گزارشی در مورد انتشار انفجارهای هوایی در تونل‌ها ارائه کرد و بر مبنای کارهای تجربی و عددی، رابطه‌هایی توسط هنریچ [۳] در سال ۱۹۷۹ و گیورک و گلوک [۹] در سال ۱۹۸۰ برای محاسبه کاهش فشار موج انفجار درون تونل‌ها ارائه شد. در این رابطه‌ها فشار در هر نقطه از داخل تونل با توجه به بیشینه فشار وارد شده به دهانه تونل به‌دست می‌آید [۱۰].

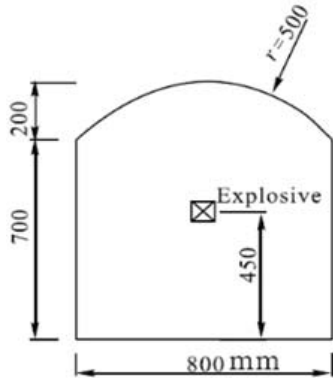
علاوه بر این، چندشاخه شدن مسیر تونل و استفاده از موجگیرها نیز بر اندازه و کاهش مقدار فشار در هر نقطه از تونل اصلی اثر گذارند. در طی جنگ جهانی دوم، فیلیپ آزمایش‌های تجربی زیادی را درباره انتشار موج ناشی از انفجار درون سازه‌های زیرزمینی کارگاهی و مسیرهای زیر زمینی راه آهن که به عنوان پناهگاه مورد استفاده بودند انجام داد [۱۰]. در این پژوهش‌ها با قرار دادن ابزارهای اندازه‌گیری فشار روی سطوح سازه، کاهش موج انفجار درون سازه‌های زیر زمینی مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از پژوهش‌های تجربی انجام شده توسط فیلیپ و انجام آزمایش‌های جدید، کریستوفرسون [۱۱] در سال ۱۹۴۶ گزارشی را درباره انتشار موج در تقاطع‌ها انتشار داد [۱۰]. این گزارش هنوز هم یکی از مراجع اساسی در زمینه انتشار موج ناشی از انفجار در تقاطع‌ها و موجگیرها می‌باشد.

همچنین در این خصوص نمودارهایی در آیین‌نامه طراحی سازه‌های مقاوم در برابر انفجارات هسته‌ای آمریکا [۷] و آیین‌نامه TM 5-855 ایالات متحده آمریکا [۸] ارائه شده است. در مورد انتشار موج انفجار در کانال‌های پیچ و خم‌دار و انشعاب‌دار، اطلاعات و نمودارهایی نیز توسط هنریچ ارائه شد [۱۰].

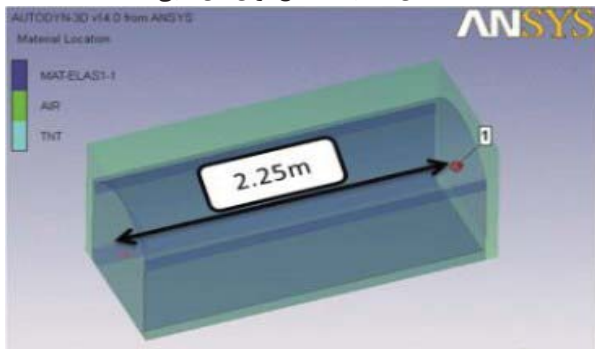
بررسی تحقیقات انجام‌شده در این زمینه نشان می‌دهد چگونگی انتشار موج انفجار در تونل‌ها و در محل تقاطع‌ها نیازمند پژوهش‌های بیشتری است.

در این مقاله، با توجه به چگونگی انتشار موج انفجار در داخل سازه‌های زیرزمینی و در محل تقاطع تونل‌ها، بعد از صحت‌سنجی نتایج نرم‌افزار اتوداین، با شبیه‌سازی انفجار با فاصله ۱ متر از دهانه

جدول (۲) مقدار بیشینه فشار این پژوهش در فاصله ۲۵/۲ متری از محل ماده منفجره با نتایج تجربی چینگبو و همکاران [۱۲] مقایسه شده است. مشاهده می شود، تطابق بسیار خوبی بین نتایج حل عددی و تجربی وجود دارد.



شکل ۳- ابعاد مقطع تونل نعل اسبی



شکل ۴- شبیه سازی تونل نعل اسبی در نرم افزار AUTODYN

جدول ۲- مقایسه بیشینه فشار حل عددی با نتایج تجربی [۱۲]

فاصله از محل انفجار (m)	Pso (bar) حل عددی	Pso (bar) تجربی	در صد خطا
۲/۲۵	۵/۲۷	۵/۳۰	۰/۵۷

۵- شبیه سازی و نتایج عددی

در شکل (۶) مسیر ورودی یک سازه امن زیرزمینی دارای موجگیر با خم ۹۰،۴۵ و ۱۳۵ درجه نشان داده شده است. این تونل ها ابتدا در نرم افزار ANSYS به صورت سه بعدی مدل شده (شکل ۷) و بعد از مش بندی وارد نرم افزار اتوداین می شود. شبیه سازی تونل برای خرج های با وزن ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ کیلوگرم TNT در فاصله ۱ متری از دهانه تونل انجام می گردد. در شکل های (۸-۱۰) شبیه سازی انفجار یک خرج کروی در بیرون تونل دارای موجگیر ۹۰،۴۵ و ۱۳۵ درجه در نرم افزار AUTODYN نشان داده شده است.

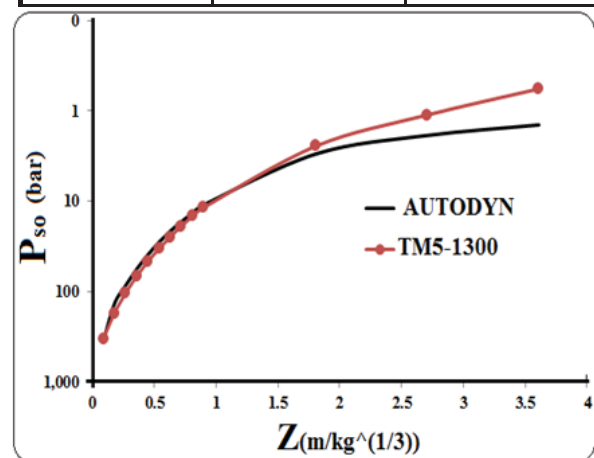
جهت به دست آوردن نمودار تاریخچه زمانی فشار در تونل

TM 5-855 [۸] نشان داده شده است. Pso بیشینه فشار و Z فاصله مقیاس شده است، که از رابطه زیر به دست می آید.

$$Z = R \cdot \left(\frac{1Kg}{W} \right)^{1/3} \quad (1)$$

جدول ۱- مقایسه بیشینه فشار روش عددی با آیین نامه TM 5-855

Z	Pso (bar)	
	AUTODYN	TM5-1300
۰/۰۹	۳۴۸/۵۶	۳۳۳/۴۸
۰/۱۸	۱۳۶/۴۳	۱۷۴/۳۱
۰/۲۷	۸۶/۰۷	۱۰۴/۵۴
۰/۳۶	۵۶/۴۵	۶۷/۹۲
۰/۴۵	۳۹/۲۴	۴۶/۵۵
۰/۵۴	۲۸/۴۵	۳۳/۷۲
۰/۶۴	۲۱/۵۱	۲۴/۸۸
۰/۷۲	۱۶/۹۳	۱۸/۸۹
۰/۸۱	۱۳/۵۳	۱۴/۶۹
۰/۹۰	۱۰/۹۹	۱۱/۷۸
۱/۸۱	۲/۹۹	۲/۴۵
۲/۷۱	۱/۸۷	۱/۱۱
۳/۶۱	۱/۴۳	۰/۵۷

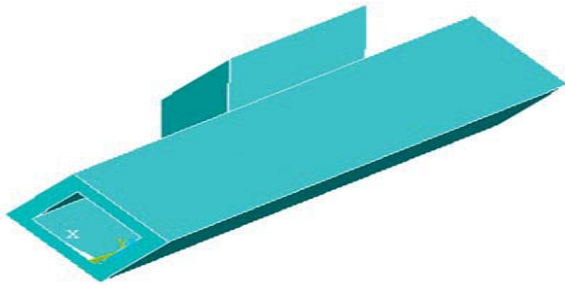


شکل ۲- مقایسه بیشینه فشار روش عددی با آیین نامه TM5-1300

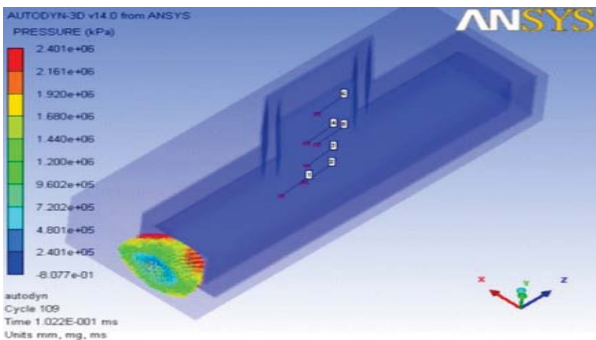
با توجه به نتایج مشاهده می شود، بیشینه فشار عددی به دست آمده در هوای آزاد تطابق خوبی با نتایج آیین نامه TM 5-1300 دارد.

۴-۲- انتشار موج انفجار در داخل تونل

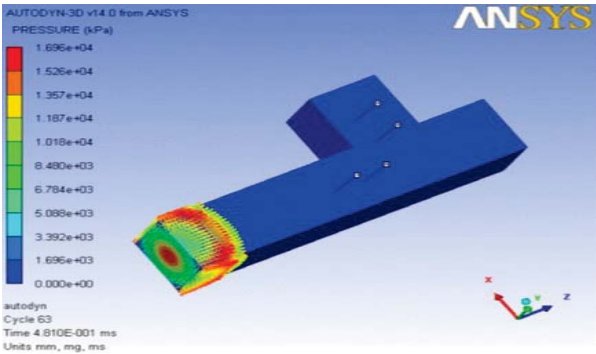
در شکل های (۳ و ۴) تونلی با مقطع نعل اسبی نشان داده شده است. ۰/۶ کیلوگرم TNT به صورت مکعبی در موقعیت نشان داده شده منفجر می گردد. در شکل (۵) نمودار فشار- زمان انفجار و در



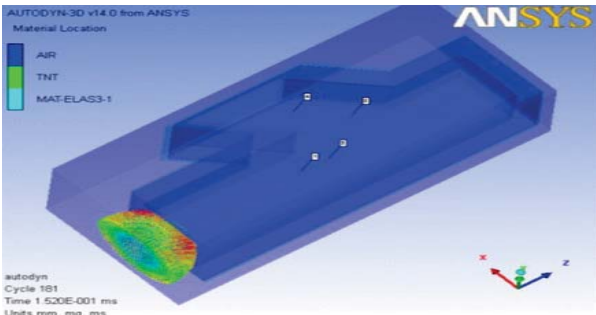
شکل ۷- تونل مدل شده در نرم افزار انسیس دارای موجگیر و با خم ۴۵ درجه



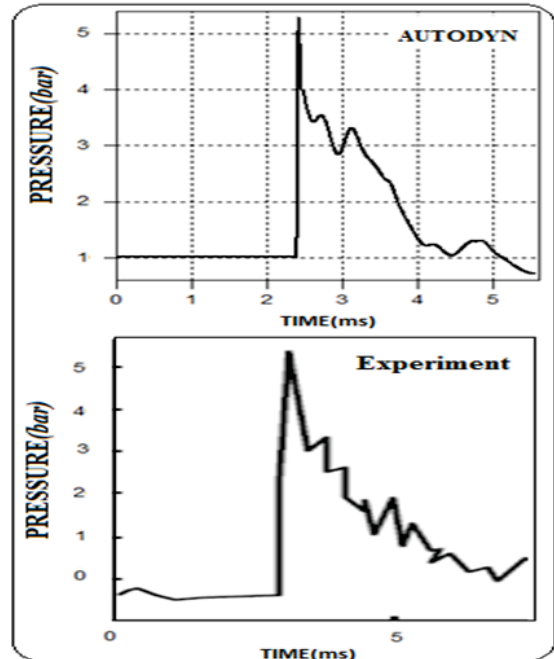
شکل ۸- شبیه سازی سه بعدی تونل های دارای موجگیر با خم ۴۵ درجه در نرم افزار AUTODYN



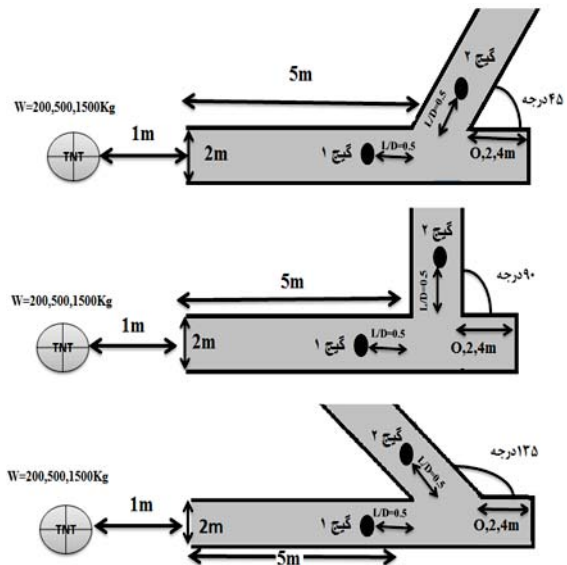
شکل ۹- شبیه سازی سه بعدی تونل های دارای موجگیر با خم ۹۰ درجه در نرم افزار AUTODYN



شکل ۱۰- شبیه سازی سه بعدی تونل های دارای موجگیر با خم ۱۳۵ درجه در نرم افزار AUTODYN



شکل ۵- مقایسه تاریخچه زمانی فشار حل عددی با نتایج تجربی [۱۲]



شکل ۶- مشخصات مدل سازی برای تونل های دارای موجگیر با خم های ۹۰، ۴۵ و ۱۳۵ درجه

دارای موجگیر با طول های متفاوت، دو سنجه در محل های نشان داده شده در شکل (۶) و با فاصله $L/D=0.5$ (L = فاصله سنجه تا تقاطع و D = ابعاد تونل)، قبل و بعد از تقاطع قرار داده می شوند. در شکل های (۱۱-۱۹) تاریخچه زمانی فشار سنجه ۲ برای

در رابطه (۲)، P_{so} بیشینه فشار ورودی قبل از تقاطع (سنجه ۱)، P بیشینه فشار وارد شده به داخل مسیر اصلی تونل دارای موجگیر (سنجه ۲) می‌باشد.

در این مطالعه بیشینه فشار تا حداکثر ۳۰۰ بار مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج ضریب کاهش فشار در جدول (۵) و شکل (۲۱) آمده است. نتایج نشان می‌دهد هر چقدر بیشینه فشار وارد شده به محل تقاطع موجگیر بیشتر باشد، با ضریب بزرگ‌تری کاهش می‌یابد.

مشاهده می‌شود که موجگیر با طول مناسب، سبب کاهش قابل توجه بیشینه فشار وارد شده به مسیر اصلی سازه امن شده و برای بیش فشار بین ۸۰ تا ۳۰۰ بار قبل از تقاطع و با طول موجگیر مناسب برای خم با زاویه ۴۵ درجه، کاهش فشار بین ۷۶ تا ۸۶ درصد، برای خم با زاویه ۹۰ درجه، کاهش فشار بین ۸۸ تا ۹۴ درصد، (کاهش فشار بین ۸ تا ۱۲ درصد افزایش نسبت به خم ۴۵ درجه)، و برای خم با زاویه ۱۳۵ درجه، کاهش فشار بین ۹۱ تا ۹۵ درصد، (کاهش فشار بین ۱ تا ۳ درصد افزایش نسبت به ۹۰ خم درجه) می‌شود. این بدان معنی است که درصد عمده کاهش مربوط به خم تا زاویه ۴۵ می‌باشد.

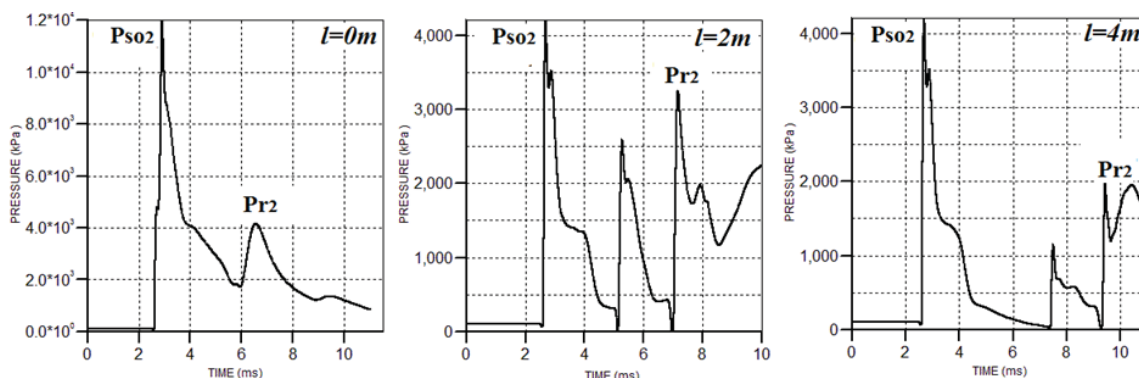
حالت‌های مختلف انفجار نشان داده شده است. هر کدام از سنجه‌ها دو مرتبه فشار حداکثری را ثبت می‌کند. اولی مربوط به موج انفجار ورودی به تونل (P_{so}) و دومی مربوط به موج انعکاسی (P_r) از انتهای موجگیر می‌باشد. دو بیش فشار ثبت شده در سنجه ۲ در جدول (۳) نشان داده شده است.

جهت نشان دادن میزان تاثیرگذاری زاویه موجگیر در کاهش انفجار، با استفاده از نتایج جدول ۳، میزان فشار در تونل با طول مناسب موجگیر در جدول ۴ نشان داده شده می‌شود. طول مناسب برای موجگیر، طولی است که در آن، بیشینه فشار وارد شده به مسیر اصلی ناشی از موج انعکاسی، با بیشینه فشار موج اولیه در مسیر اصلی برابر باشند.

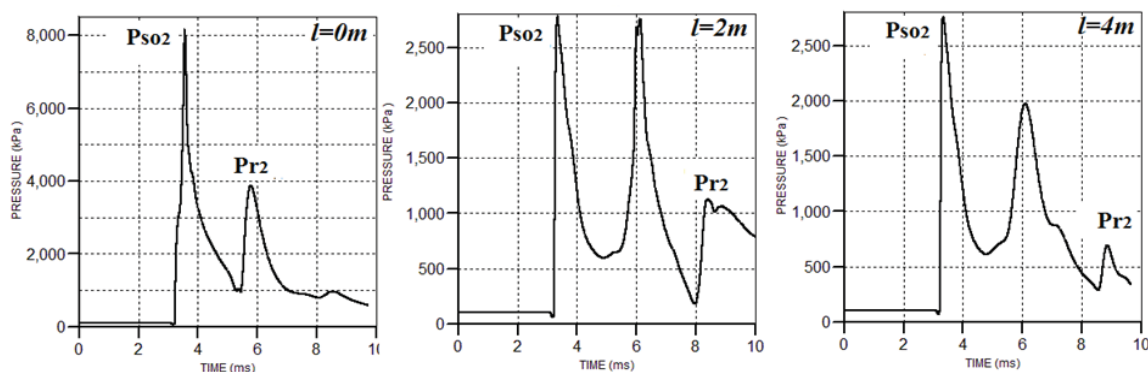
با بررسی مقادیر ارائه شده در جدول (۴) و شکل (۲۰) مشاهده می‌شود، با افزایش زاویه موجگیر از صفر (تونل مستقیم) تا قبل از ۱۸۰ درجه، میزان فشار کاهش می‌یابد.

برای به دست آوردن ضریب فشار (K_p) در تونل‌های بدون موجگیر و دارای موجگیر با طول مناسب، از رابطه زیر استفاده می‌شود.

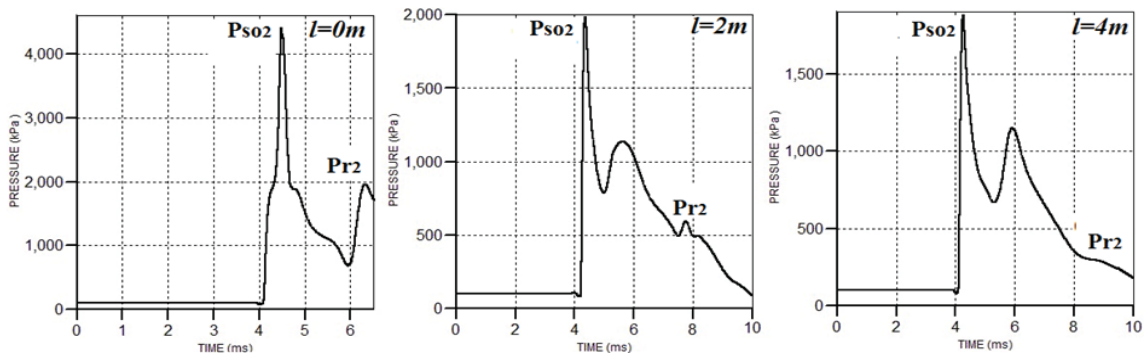
$$(k_p) = (P) / (P_{so}) \quad (۲)$$



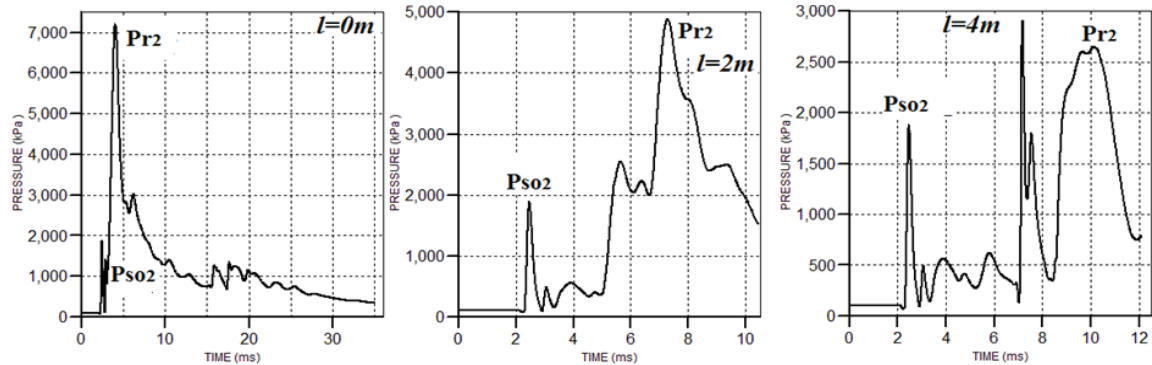
شکل ۱۱- تاریخچه زمانی فشار برای تونل‌های بدون موجگیر و موجگیر با طول ۴و۲ متر با خم ۴۵ درجه برای خرج ۱۵۰۰Kg



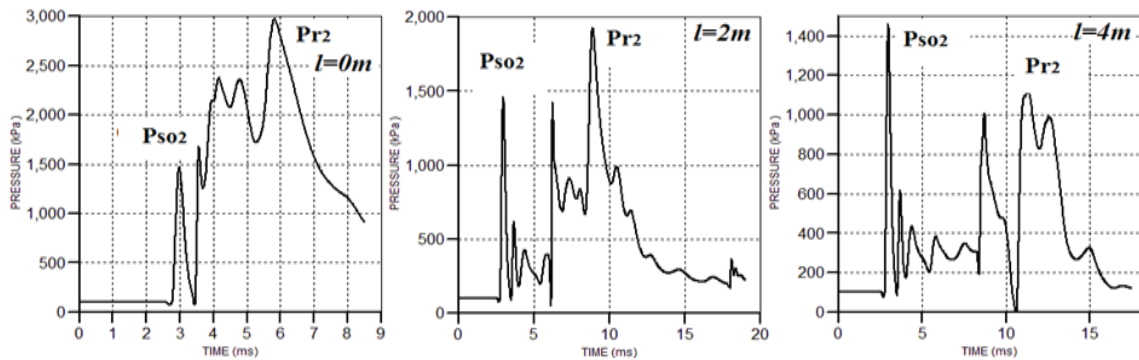
شکل ۱۲- تاریخچه زمانی فشار برای تونل‌های بدون موجگیر و موجگیر با طول ۴و۲ متر با خم ۴۵ درجه برای خرج ۵۰۰Kg



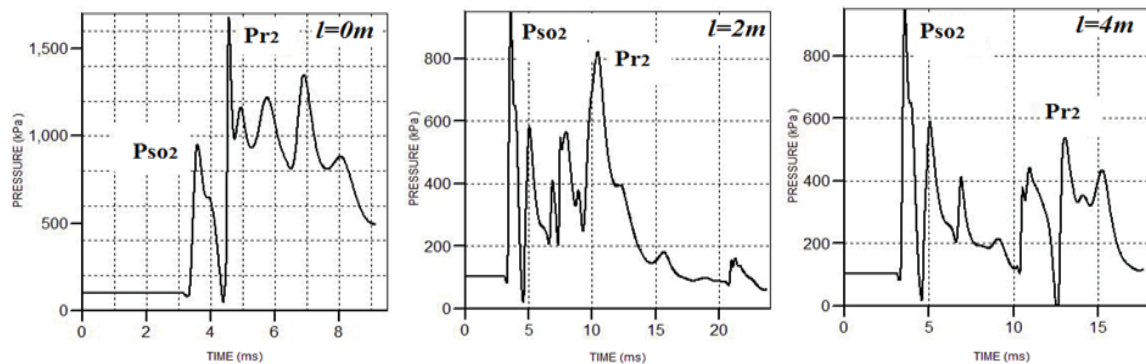
شکل ۱۳- تاریخچه زمانی فشار برای تونل‌های بدون موجگیر و موجگیر با طول ۲ و ۴ متر با خم ۴۵ درجه برای خرج 200Kg



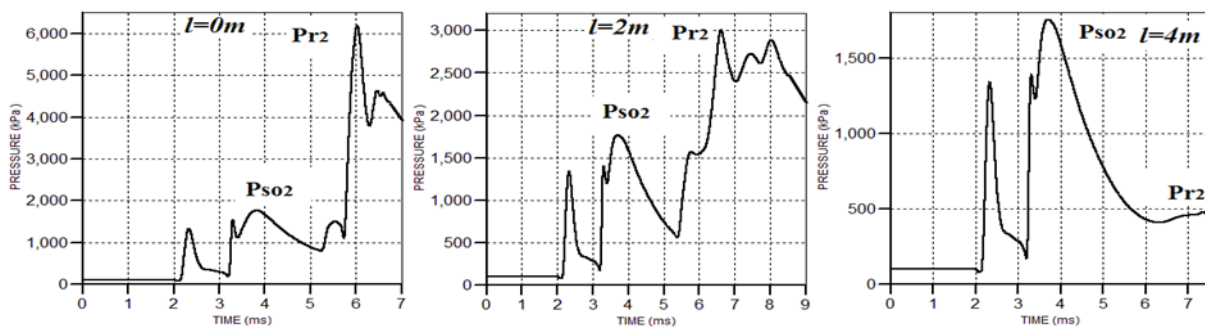
شکل ۱۴- تاریخچه زمانی فشار برای تونل‌های بدون موجگیر و موجگیر با طول ۲ و ۴ متر با خم ۹۰ درجه برای خرج 1500Kg



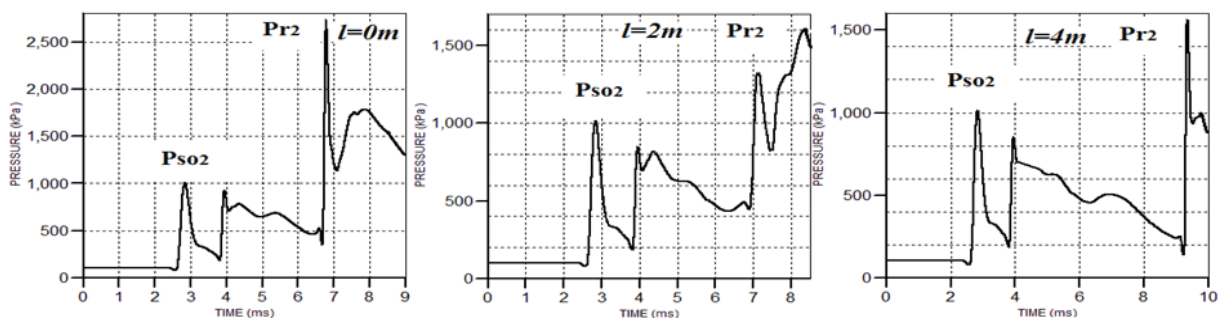
شکل ۱۵- تاریخچه زمانی فشار برای تونل‌های بدون موجگیر و موجگیر با طول ۲ و ۴ متر با خم ۹۰ درجه برای خرج 500Kg



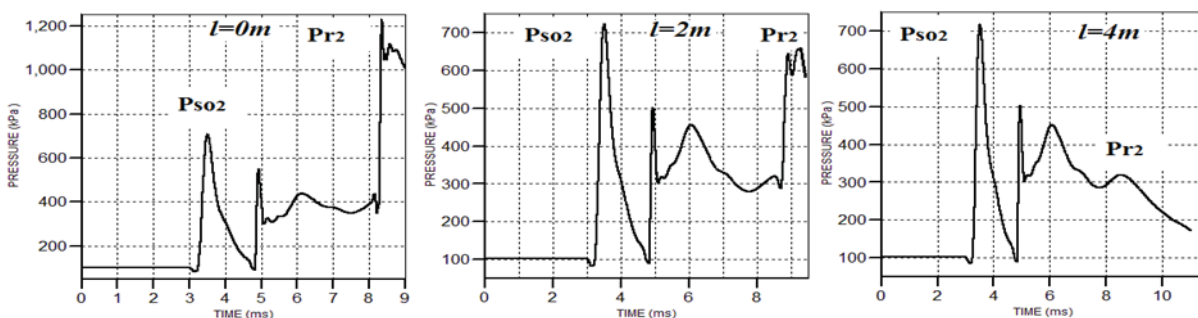
شکل ۱۶- تاریخچه زمانی فشار برای تونل‌های بدون موجگیر و موجگیر با طول ۲ و ۴ متر با خم ۹۰ درجه برای خرج 200Kg



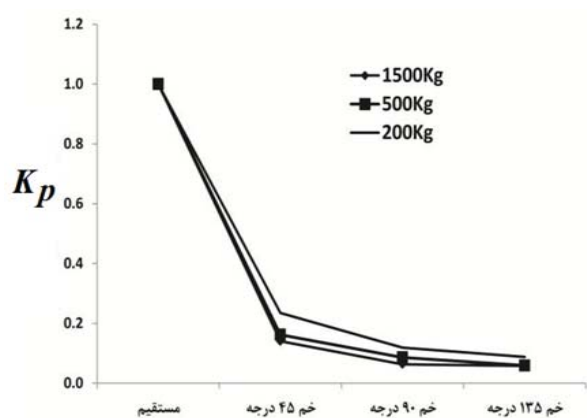
شکل ۱۷- تاریخچه زمانی فشار برای تونل‌های بدون موجگیر و موجگیر با طول ۲ و ۴ متر با خم ۱۳۵ درجه برای خرج 1500Kg



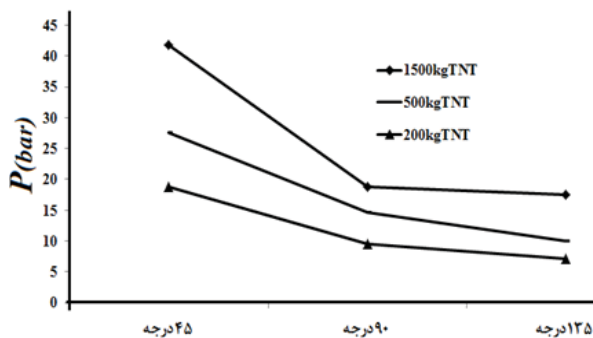
شکل ۱۸- تاریخچه زمانی فشار برای تونل‌های بدون موجگیر و موجگیر با طول ۲ و ۴ متر با خم ۱۳۵ درجه برای خرج 500Kg



شکل ۱۹- تاریخچه زمانی فشار برای تونل‌های بدون موجگیر و موجگیر با طول ۲ و ۴ متر با خم ۱۳۵ درجه برای خرج 200Kg



شکل ۲۱- نمودار ضریب بیش فشار به سمت سازه امن در تونل مستقیم و دارای طول موجگیر مناسب با ۹۰.۴۵ و ۱۳۵ درجه



شکل ۲۰- نمودار بیش فشار به سمت سازه امن در تونل دارای طول موجگیر مناسب با خم‌های ۹۰.۴۵ و ۱۳۵ درجه

۶- نتیجه گیری

در این مقاله اثر زاویه موجگیر بر کاهش بیشینه فشار وارد شده به داخل مسیر اصلی تونل مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، انتشار موج ناشی از انفجار بمب‌های با وزن ماده منفجره مختلف در فاصله یک متری از دهانه سازه زیرزمینی درون تونل‌های دارای موجگیر، در نرم‌افزار AUTODYN شبیه‌سازی گردید. بررسی نتایج به دست آمده نشان دادند که استفاده از موجگیر می‌تواند بیشینه فشار وارد شده به محل تقاطع را تا مقدار زیادی کاهش دهد. به عبارت دیگر، استفاده از موجگیر، یکی از راه‌های موثر جهت کاهش اثرات انفجار بوده و این روش در کنار دیگر روش‌های کاهش اثرات انفجار، می‌تواند موجب کاهش آسیب‌پذیری افراد و تجهیزات درون سازه امن شود. نتایج مهم این پژوهش در ادامه آورده می‌شوند.

- هر چقدر بیشینه فشار وارد شده به محل تقاطع موجگیر بیشتر باشد، با ضریب بزرگتری کاهش می‌یابد.

- نتایج نشان می‌دهند با افزایش زاویه موجگیر از صفر (تونل مستقیم) تا قبل از ۱۸۰ درجه، میزان فشار در تقاطع کاهش می‌یابد.

- برای بیش فشار بین ۸۰ تا ۳۰۰ بار قبل از تقاطع و با طول موجگیر مناسب برای خم با زاویه ۴۵ درجه، کاهش فشار حدود ۸۰ درصد، برای خم با زاویه ۹۰ درجه، کاهش فشار حدود ۹۰ درصد، برای خم با زاویه ۱۳۵ درجه، کاهش فشار حدود ۹۵ درصد، می‌شود. این بدان معنی است که درصد عمده کاهش مربوط به خم تا زاویه ۴۵ می‌باشد.

۷- مراجع

1. S. Peyman and S. Ghazanfarinia, "Defence and Security Structures," MAUT Press, 2007 (In Persian).
2. H. L. Brode, "Numerical Solution of Spherical Blast Waves," J. Applied Physics, vol. 6, pp. 766-775, 1995.
3. J. Henrych, "The Dynamics of Explosion and Its Use," Elsevier, Amsterdam, 1979.
4. G. F. Kinney and K. J. Graham, "Explosive Shocks in air," Springer-Verlag, Berlin, 1985.

جدول ۳- حداکثر فشار برای تونل‌های دارای موجگیر به طول‌های ۲۰۰ و ۴ با خم‌های ۹۰، ۴۵ و ۱۳۵ درجه

W (kg)	L (m)	P (bar)	$\alpha=45$		$\alpha=90$	$\alpha=135$
			P _{so}	P _r	P _{so}	P _r
۱۵۰۰	۰	P _{so}	۱۱۹/۸	۱۸/۸۱	۱۵/۵۳	
		P _r	۴۱/۶۴	۷۲/۰۷	۶۱/۷۱	
	۲	P _{so}	۴۱/۹۸	۱۸/۸۱	۱۷/۵۳	
		P _r	۳۲/۴۴	۴۸/۹	۳۰	
	۴	P _{so}	۴۱/۸۵	۱۸/۶۱	۱۷/۵۳	
		P _r	۱۹/۸۷	۲۹/۰۴	۱۰	
۵۰۰	۰	P _{so}	۸۱/۶۳	۱۴/۶۵	۱۰/۰۴	
		P _r	۳۸/۶۷	۲۹/۷۱	۲۷/۳۲	
	۲	P _{so}	۲۷/۸۱	۱۴/۶۵	۱۰/۱	
		P _r	۲۷/۵۵	۱۹/۲۴	۱۶/۰۴	
	۴	P _{so}	۲۷/۶۱	۱۴/۶۵	۱۰/۱۳	
		P _r	۱۹/۷	۱۱/۱۷	۱۵/۶۱	
۲۰۰	۰	P _{so}	۴۴/۱	۹/۴۹	۷/۰۷	
		P _r	۱۹/۴۵	۱۶/۷۷	۱۲/۳	
	۲	P _{so}	۱۹/۸۱	۹/۴۹	۷/۲۳	
		P _r	۵/۹۲	۸/۱۹	۵/۵۹	
	۴	P _{so}	۱۸/۷۷	۹/۴۹	۷/۱۸	
		P _r	۲/۳۵	۵/۹	۴/۵۱	

جدول ۴- بیش فشار انتقالی به سمت سازه امن در تونل‌های دارای موجگیر حداکثر با خم‌های ۹۰، ۴۵ و ۱۳۵ درجه

W (kg)	P _{so}	P		
		$\alpha=45$	$\alpha=90$	$\alpha=135$
۱۵۰۰	۳۰۰	۴۱/۸۵	۱۸/۸۱	۱۷/۵۳
۵۰۰	۱۷۰	۲۷/۶۱	۱۴/۶۵	۱۰/۰۴
۲۰۰	۸۰	۱۸/۷۷	۹/۴۹	۷/۰۷

جدول ۵- ضریب بیش فشار به سمت سازه امن در تونل‌های دارای طول موجگیر مناسب با خم‌های ۹۰، ۴۵ و ۱۳۵ درجه

W (kg)	تونل مستقیم	Kp		
		$\alpha=45$	$\alpha=90$	$\alpha=135$
۱۵۰۰	۱	۰/۱۴	۰/۰۶۳	۰/۰۵۸
۵۰۰	۱	۰/۱۶۲	۰/۰۸۶	۰/۰۵۹
۲۰۰	۱	۰/۲۳۵	۰/۱۱۹	۰/۰۸۸

5. TM5-1300, "The Design of Structures to Resist the Effect of Accidental Explosions," Technical Manual, US Department of the Army, Navy and Air Force, Washington DC, 1990.
6. D. B. Chang and C. S. Young, " Probabilistic Estimates of vulnerability to explosive overpressures and impulses," Journal of physical security, vol. 4 pp. 10-29, 2010.
7. "Design of Structures to Resist Nuclear Weapons Effects," ASCE Manuals and Reports of Engineering Practice, no. 42.
8. TM5-855-1, "Fundamental of Protective Design for Conventional Weapons," US Army Eng. Waterways Experiment Station, 1984.
9. G. Gurke and G. Schekliniski-Gluck, "An Investigation of Blast Wave Penetration into a Tunnel Entrance," Report E7/80, Ernst-Mach-Institut der Fraunhofer-Gesellschaft, Freiburg, Germany, 1980.
10. P. S. Bulson, "Explosive Loading of Engineering Structures," E & FN SPON, 1997.
11. D. G. Christopherson, "Structural Defence," UK Ministry of Home Security, Civil Defence Research Committee paper RC 450, 1946.
12. L. Jingbo, Y. Qiushi, and W. Jun, " Analysis of Blast Wave Propagation Inside Tunnel," Tianjin Univ., pp. 358-362, 2008 .

Numberical Study's Angle's Blast Wave Trap on the Reduction of Effects Explosion

M. Tahmasebzadeh¹

S. Peyman²

Abstract

One of the ways for reduction the effects of blast wave in tunnel lead to an underground structure is using from blast wave trap. In this paper discussed about the effect of angle's blast wave trap on reducing overpressure entered in main row of tunnel. In this regard, propagation's blast wave of bombs with different weights simulated in distance 1 meter from entrance tunnels with blast wave trap with angle 45,90,135 degrees. simulation of this regard have been done by numerical autodyn software. According to rate of overpressure intered in the place of the bend and overpressure have been obtained for main way after bend, percent of increase of preesure obtained. the result of study present that, with increasing angle's blast wave trap, percent of decrease preesure will be biger and its rate depend on overpressure intered in tunnel before bend.

Key Words: *Tunnel, blast wave trap, AUTODYN, explosion, overpressure.*

1- M. S Candidate, safe structural orientation of Imam Hussein Comprehensive University (tahmaseb@gmail.com)-Writer-in-Charge

2- M.S Candidate of Imam Hussein Comprehensive University