فصلنامه علمی-ترویجی پدافند غیرعامل

سال چهارم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، (پیاپی ۱۴): صص ۱۹-۲۷

مطالعه عددی اثر خصوصیات ماده انفجاری در حفاری تونل

سید شهاب امامزاده[۱]، هادی آرمان‌نیا[۲]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۲/۲۰

چکیده

تونل‌ها یکی از اجزای دسترسی به سازه‌های زیرزمینی هستند که در دفاع غیرعامل نقش حیاتی دارند. با توجه به هزینه بالای اجرای تونل‌ها، تاکنون روش‌های مختلفی جهت بهینه و اقتصادی نمودن چنین پروژه‌هایی مطرح شده است. یکی از روش‌های متداول در کشور جهت اجرای تونل‌ها، روش چالزنی و آتشباری می‌باشد. در احداث تونل‌ها به روش چالزنی و آتشباری، با توجه به جنس سنگ ساختگاه تونل، مشخصات انفجار تعیین می‌شود. تعداد و قطر سوراخ‌های انفجار، نوع و مقدار ماده انفجاری مورد استفاده و نیز الگوی انفجار، مواردی هستند که باید مشخص شوند.یکی از روش‌های کاهش هزینه‌ها، به‌کار بردن نوع و مقدار مناسب مواد انفجاری است که این خود تابع اطلاع از مشخصات مواد انفجاری و سنگ ساختگاه تونل می‌باشد. مواد انفجاری به دلیل دارا بودن مشخصاتی از قبیل دانسیته، سرعت انفجار، امپدانس، انرژی بر واحد حجم و فشار، دارای اهمیت ویژه‌ای هستند. لذا نوع و مقدار مواد انفجاری برای هرنوع سنگ باید با دقت معلوم شود. پیش‌بینی مقدار تخریب تابع تجربیات زیاد، تکرار چندین انفجار و مشاهده نتایج حاصله است. معمولاً پس از چند بار انفجار و ملاحظه نتایج انفجار، مقادیر بهینه مواد انفجاری با سعی و خطا تعیین می‌شوند. شبیه‌سازی انفجار قبل از انجام عملیات اصلی می‌تواند یکی‌از راه‌های مناسب برای کاهش زمان و هزینه و پیش‌بینی بهتر نتایج حاصل از انفجار باشد. در این مقاله معادلات حاکم بر انتشار موج انفجار به روش عددی اجزای محدود حل‌شده و از مدل رفتاری RHT به‌عنوان معیار تسلیم و گسیختگی مواد سنگی استفاده شده است. نتیجه این تحقیق نشان می‌دهد که برای انتخاب یک ماده منفجره قابل اطمینان در تخریب سنگ، موثرترین متغیر، میزان انرژی بر واحد حجم آن ماده انفجاری می‌باشد. از نتایج تحلیل حساسیت پژوهش انجام‌شده، می‌توان در کاهش هزینه‌های پروژه‌های دفاع غیرعامل زیرسطحی استفاده نمود.

کلیدواژه‌ها: تونل، انفجار، چالزنی، اجزای محدود، دفاع غیرعامل

۱- استادیار مدعو دانشگاه جامع امام حسین(ع)، shahab_emamzadeh@yahoo.com – نویسنده مسئول

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد پدافند غیرعامل دانشگاه جامع امام حسین(ع) arian303075@yahoo.com

۱- مقدمه

در دفاع غیرعامل، تونل‌ها نقش مهمی در دسترسی به مجموعه‌های زیرزمینی شامل قرارگاه‌های فرماندهی و کنترل، پناهگاه‌ها، انبار مهمات و تجهیزات دفاعی دارند. به‌دلیل اینکه بخش بزرگی از مساحت ایران را سلسله‌کوه‌های البرز و زاگرس پوشانده‌اند، وجود سنگ‌های سخت در احداث تونل‌ها محسوس است و شکستن سنگ، امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. لذا در پروژه‌های دفاع غیرعامل، هزینه اجرای تونل نسبت به سایر سازه‌ها و تأسیسات قابل توجه بوده و نیاز به بهینه‌سازی و مطالعات اقتصادی دارد. یکی از روش‌های مرسوم در اجرای تونل‌سازی، روش چالزنی و آتشباری می‌باشد. تونل‌سازی با روش چالزنی و آتشباری، روشی است چند مرحله‌ای که اگر بتوان هزینه‌های اجرای هر مرحله را - هرچند اندک- کاهش داد، می‌توان شاهد کاهشی چشمگیر در کل هزینه‌ها بود.

رفتار سنگ تحت تنش‌های بزرگ، ناشی از بارگذاری‌های انفجاری بسیار پیچیده بوده و عمدتا توسط روابط تجربی سطح تخریب محاسبه می‌شود. به‌دلیل عدم دقت مناسب و محدودیت‌های روابط به‌کار گرفته‌شده، در این مقاله از روش شبیه‌سازی عددی جهت تحلیل بارگذاری انفجاری استفاده شده است.

۲- معادلات حاکم و فرضیات

معادلات بقای جرم، اندازه حرکت و انرژی سه معادله‌ای هستند که به همراه شرایط مرزی و بارگذاری انفجاری در محیط چال و محیط اطراف آن حاکم می‌باشند. این معادلات به دلیل اندرکنش محصولات گازی انفجار با محیط اطراف، فعل وانفعالات شیمیایی، تغییر شکل-های بزرگ و تغییر در ماهیت مواد در نرخ کرنش‌های بالا از نظر ریاضی غیرخطی بوده و حل صریحی برای آنها وجود ندارد. لذا اغلب اوقات، مدل‌سازی چنین مسائلی فقط با روش‌های عددی مقدور می-باشد. روش‌های عددی در عین حال که بسیار مفید و قدرتمند هستند، دارای مشکل حجم محاسبات بالا به‌ویژه برای مسائل غیرخطی می‌باشند.

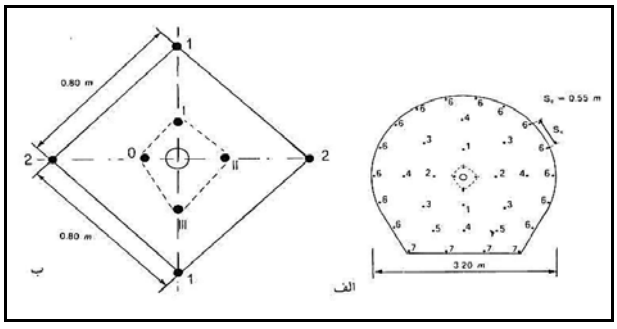
مباحث دینامیکی با نرخ کرنش بسیار بالا، از آن دسته مسائل درگیر با محاسبات به‌شدت غیرخطی هستند که حتی با پیشرفت‌های امروزی بشر، رسیدن نتایج به حد انطباق با واقعیت به راحتی امکان پذیر نیست. برای شبیه‌سازی این دسته از مسائل، نرم‌افزارهای ویژه‌ای تدارک دیده شده‌اند که با نام هایدروکد[1] از سایر نرم‌افزارهای عددی متمایز می‌شوند. تفاوت اصلی این نرم‌افزارها، قابلیت ویژه آن‌ها در شبیه‌سازی مسائلی است که در آنها مواد (حتی جامدات) به‌دلیل شدت بارهای وارده به صورت سیال رفتار می‌کنند. یکی از دلایل نامگذاری این نرم‌افزارها، همین پدیده است. یکی هایروکدهای مطرح در شبیه‌سازی آزمایشات تجربی، نرم‌افزار اتوداین می‌باشد[۱].

اتوداین از یک روش چند محیطی درگیر برای رسیدن به تحلیل بهینه بهره می‌برد. از این‌رو می‌توان با استفاده از این قابلیت، محیط‌های مختلف درگیر در یک مسئله، مانند سازه‌ها، مایعات و گازها را با استفاده از روش‌های مختلف عددی متناسب با هر دامنه مسئله مدل کرد. در برخی مسائل، این دامنه‌های حل، با هم درگیر بوده و باید در یک دامنه زمانی تحلیل شوند. این قابلیت باعث کارآمدی ویژه این نرم‌افزار در تحلیل مسائل اندرکنشی و تماسی می‌شود[۲].

در مسائلی که ماده دچار تغییر شکل زیاد می‌شود، احتمال وقوع جدایش ماده بسیار بالا است. معمولا برای تعیین یک معیار برای جدایش ماده، از یک سطح کرنش هندسی [2] استفاده می‌شود. در هر گام زمانی، کرنش هر المان با این سطح کرنش مقایسه شده و اگر المانی به این سطح کرنش رسید، این المان حذف می‌گردد. به عنوان مثال اگر کرنش جدایش برابر ۱ در نظر گرفته شود، در هر یک از المان‌ها اگر سطح کرنش به ۱۰۰٪ برسد، آن المان حذف می‌شود. یکی از مهم‌ترین پارامترها برای رسیدن به نتیجه قابل قبول، استفاده از مقداری صحیح برای سطح کرنش جدایش است. مقدار مناسب این پارامتر با شبیه‌سازی‌های متعدد و تجربه به دست می‌آید.

۳- مدل عددی تونل انحراف آب

در مدل‌سازی عددی، از اطلاعات و نتایج مربوط به حفر تونل انحراف آبی به مساحت ۹ مترمربع در بالادست یک نیروگاه برقابی استفاده شده است. در حفاری تونل به روش انفجار از چال‌های موازی استفاده گردیده و اندازه، تعداد و فواصل سوراخ‌ها مطابق آنچه که در پروژه اجرا شده، شبیه‌سازی شده است (شکل ۱).



شکل ۱- (الف) آرایش و نوبت انفجار چال‌ها در حفر تونل (ب) انفجار چال‌های برش موازی

1- Hydrocode

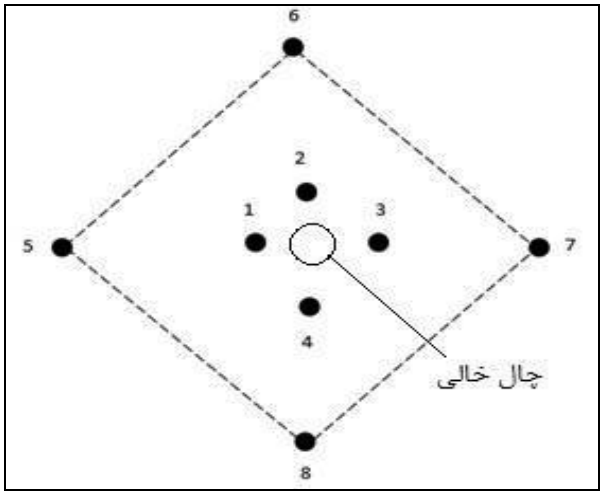
2- Geometric strain

همچنین مشخصات سنگ و ماده منفجره در جدول (۱) مشخص شده‌اند[۳].

جدول ۱- مشخصات سنگ، ماده منفجره و چال‌ها

مشخصات سنگ	وزن مخصوص	۲۷۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب
	امپدانس	۱۳/۵*۱۰۶ کیلوگرم بر مترمربع ثانیه
	مقاومت کششی	۶ مگاپاسکال
مشخصات ماده منفجره	وزن مخصوص	۱۴۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب
	فشار انفجار	۱۰۰۷ مگاپاسکال
	انرژی مخصوص	۴/۵۲ مگاژول بر کیلوگرم
	امپدانس	۹/۵×۱۰۶ کیلوگرم بر متر مربع ثانیه
مشخصات چال‌ها	قطر چال انفجاری	۴۵ میلیمتر
	قطر چال خالی	۱۰۲ میلیمتر

موقعیت چال‌های برش و چال‌خالی (وسط) که در نرم‌افزار مورد استفاده قرار گرفته در شکل (۲) نمایش داده شده است. همچنین مختصات کامل چال‌های انفجاری و چال‌خالی در جدول (۲) مشخص شده‌اند.

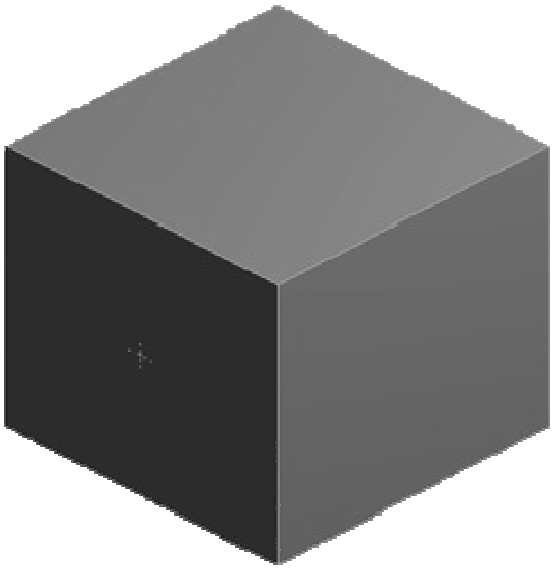


شکل ۲- موقعیت چال‌های برش و چال‌خالی

جدول ۲- مختصات کامل چال‌های انفجاری و چال خالی به متر (مبدأ مختصات گوشه پایین سمت چپ)

	X	Y	Z	طول چال خالی	قطر
چال خالی	7.00	7	11.40	2.60	0.102
1	6.85	7.00	11.40	2.60	0.045
2	7.00	7.18	11.40	2.60	0.045
3	7.22	7.00	11.40	2.60	0.045
4	7.00	6.75	11.40	2.60	0.045
5	6.434	7.00	11.40	2.60	0.045
6	7.00	7.566	11.40	2.60	0.045
7	7.566	7.00	11.40	2.60	0.045
8	7.00	6.434	11.40	2.60	0.045

جهت مدل‌سازی انفجار، فقط بخشی از ساختگاه تونل به ابعاد ۱۴×۱۴×۱۴ متر انتخاب و چال‌های برش به تعداد ۸ چال و یک چال خالی در وسط، در نظر گرفته شد. چون سوراخ‌ها نسبت به ابعاد مدل کوچک بوده و فاصله زیادی از همدیگر ندارند، ابعاد شبکه اجزای محدود، ۲ متر انتخاب شده است. قسمت‌های دورتر از چال‌های انفجاری نیز با همان ابعاد ۲ متر، سوراخ‌ها و فضای بین آن‌ها نیز با ابعاد حداکثر ۱۰ سانتیمتر شبکه‌بندی شده است. (شکل‌های ۳ و ۴)



شکل ۳- مدل‌سازی سنگ اطراف تونل با یک مکعب به ابعاد ۱۴×۱۴×۱۴ متر و ایجاد تعداد ۹ سوراخ به‌عنوان چال انفجار

در مدل‌سازی انجام‌شده، همزمانی انفجار چال‌های قسمت برش باعث پیچیدگی هرچه بیشتر شرایط انفجار در سنگ و اثرات متقابل آنها بر هم شده و این موضوع به نوبه خود، باعث کاهش شدید سرعت محاسبات گردیده و در نهایت، محاسبات در هرگام زمانی طولانی شد و لذا برای اخذ نتایج هر مدل، چندین شبانه‌روز زمان لازم بود. رایانه به‌کار گرفته‌شده جهت شبیه‌سازی دارای پردازشگر از نوع Core i7 و ۸ هسته بوده و RAM آن 6GB ظرفیت داشته است.

۴- مدل رفتاری سنگ

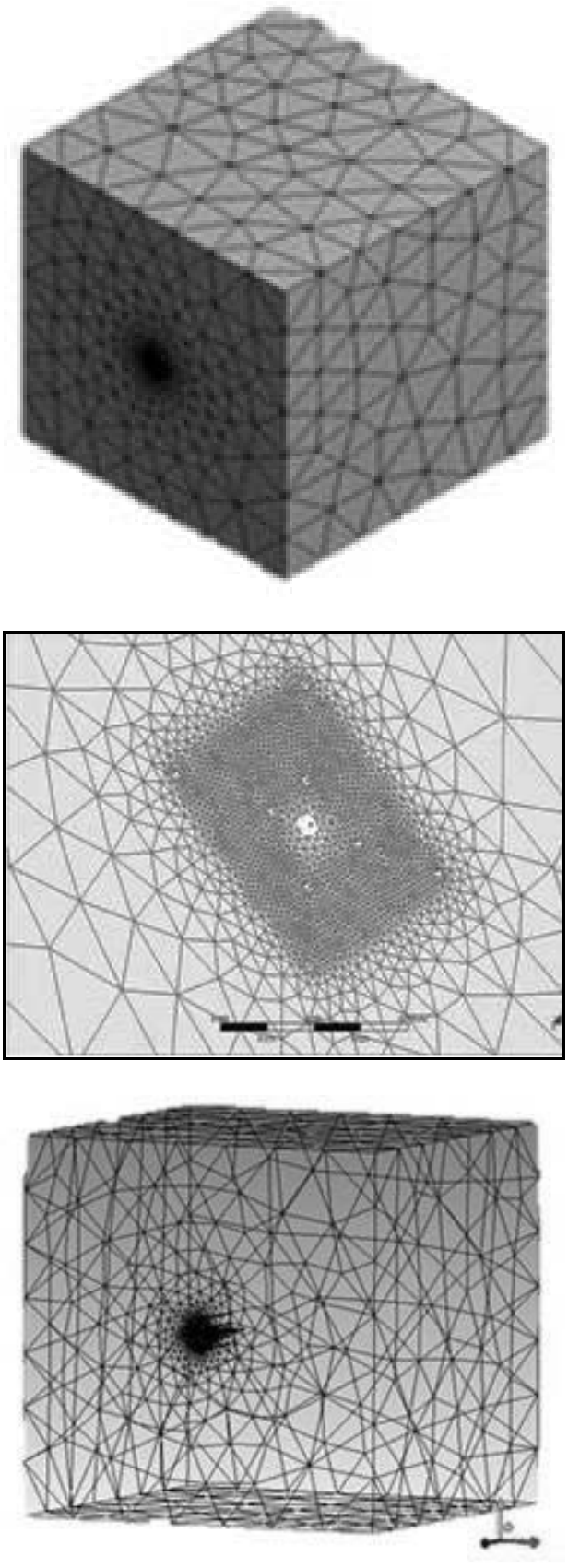
پیش از شروع هر نوع شبیه‌سازی ابتدا باید مدل رفتاری مورد نیاز در مسئله را تعریف کرد. این قسمت شامل مدل‌های ریاضی مورد نیاز در مسئله و همچنین تخصیص مقادیر متناسب با متغیرهای این مدل‌های بنیادین می‌باشد. تعریف معیارهای خرابی نیز در این قسمت قرار می‌گیرند. در حقیقت برای رسیدن به نتایج قابل قبول و مقایسه با مقادیر تجربی، باید تعریف مناسبی از ماده داشت.

یکی از مدل‌های مقاومت و شکست که در شبیه‌سازی سنگ استفاده می‌شود مدل(RHT) می‌باشد [۴و۵]. این مدل برای شبیه‌سازی مواد ترد همانند سنگ یا بتن به‌کار می‌رود. اعدادی که در جدول (۳) آمده‌اند، از مقاله استخراج شده‌اند[۳].

از ماسه برای مسدود کردن چال‌ها، از ژلاتین برای مواد انفجاری و همچنین برای مقایسه بین دیگر مواد انفجاری با ماده انفجاری به‌کار گرفته‌شده، از مواد انفجاری Tnt و Anfo و C4 استفاده شده است. به‌دلیل تماس ماده انفجاری با سنگ، در این مدل‌سازی از هوا استفاده نشده است. همچنین در قسمت مشخصات موج انفجار، چاشنی ماده انفجاری نیز تعریف شده است. چاشنی‌ها دقیقا در محل خود، در ده سانتیمتر انتهای چال‌ها (Z=2.5m) و در مرکز مقطع دایره‌ای ماده انفجاری مدل شده‌اند.

۵- شرایط مرزی

چون ابعاد مدل‌سازی مورد نظر محدود بوده و این موضوع با واقعیت منافات دارد لذا لازم است شرایطی را برای مرزهای مدل تعریف کرد تا اثرات انفجار در جهات مختلف مدل، منطبق بر واقعیت باشد. با اعمال شرایط مرزی گذرا[1]، سرعت، فشار و امپدانس در مرزهای مدل منتشر شده و از برگشت موج انفجار به سمت محل انفجار جلوگیری می‌شود.



شکل ۴- شبکه‌بندی مدل هندسی تونل و ساختار سنگی اطراف آن

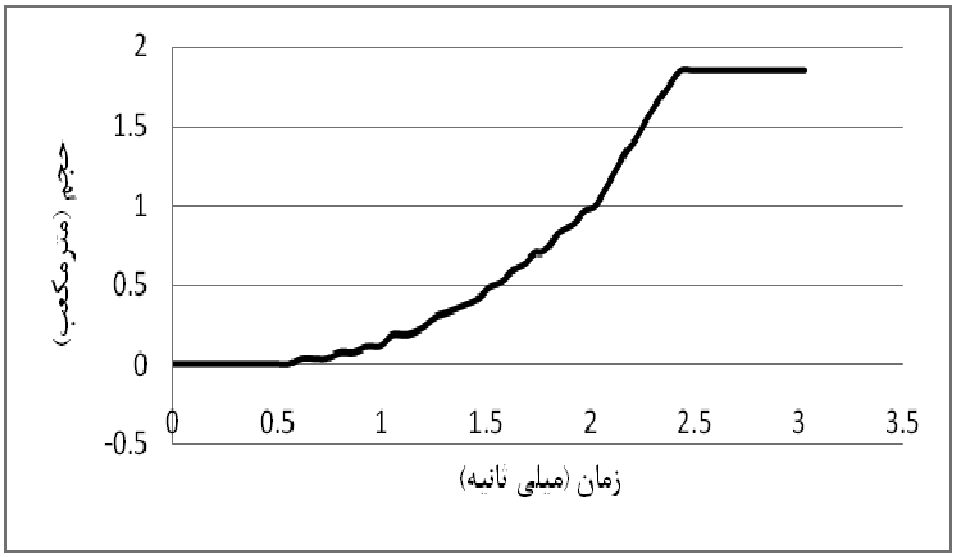
1- Transmit

جدول ۳- مشخصات ساختار سنگی اطراف تونل

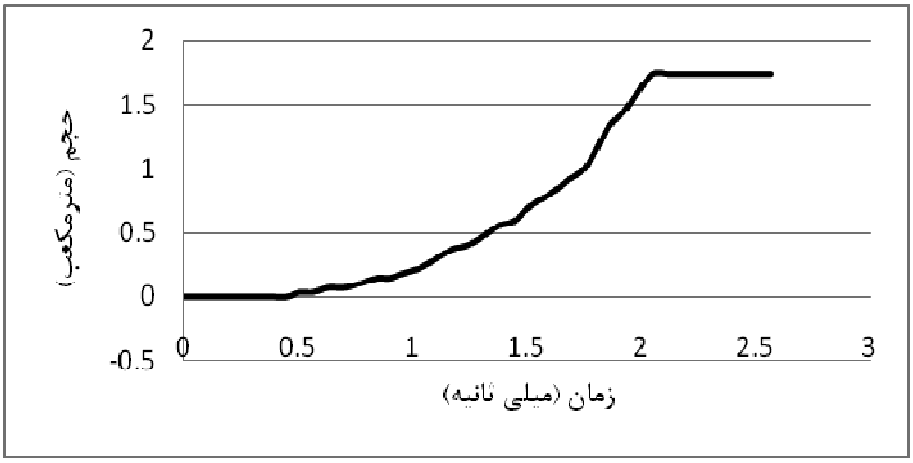
Reference density	2.7	(g/cm3)	Shear modulus,G	2.21E+07	(KPa)
Porous density	2.52	(g/cm3)	Compressive strength, fc	6E+04	(KPa)
Porous soundspeed	5E+03	(m/s)	Tensile strength, ft/fc	0.1	
Initial compaction pressure	9.33E+04	(KPa)	Shearstrength, fs/fc	0.18	
Solid compaction pressure	6.000E+06	(KPa)	Intact failuresurfaceconstant, A	1.6	
Compaction exponent	3		Intact failuresurfaceexponent, N	0.61	
Bulk modulus, A1	3.527E+07	(KPa)	Tens./Comp. meridianratio, Q2,0	6.81E-01	
Parameter, A2	3.958E+07	(KPa)	Brittle toductiletransition,BQ	1.05E-02	
Parameter, A3	9.040E+05	(KPa)	G (elastic)/G (elastic–plastic)	2	
Parameter, B0	1.220		Elastic strength/ft	0.7	
Parameter, B1	1.220		Elastic strength/fc	0.53	
Parameter, T1	3.527E+07	(KPa)	Residual strengthconstant, B	1.6	
Parameter, T2	0.00	(KPa)	Residual strengthexponent, M	0.61	
Reference temperature	3.000E+02	(K)	Compressive strainrateexponent, alpha	9.09E-03	
Specific heat	6.540E+02	(J/kgK)	Compressive strainrateexponent, delta	1.25E-02	
Thermal conductivity	0.000E+00	(J/mKs)	Max. fracture strength ratio	1.00E+20	

۶- نتایج تحلیل عددی

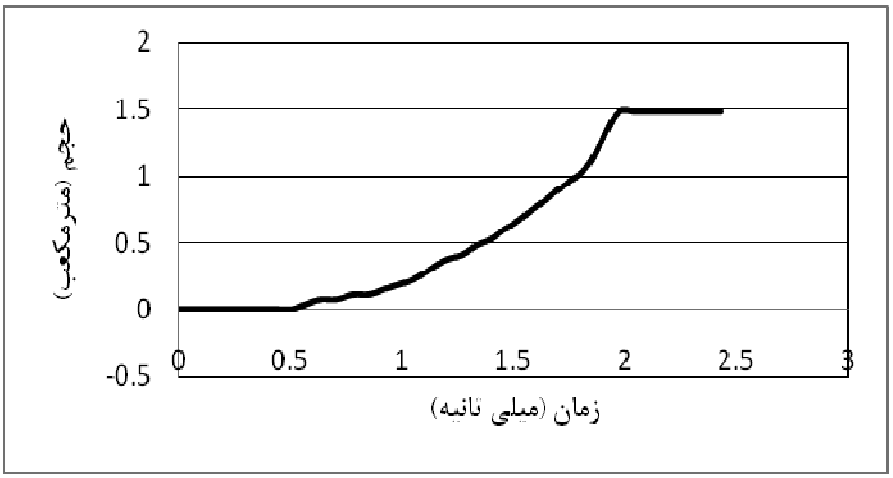
بعد از انجام تحلیل عددی لازم است حجم مقادیر تخریبی تونل بر اساس زمان، استخراج شود.نتایج شبیه‌سازی به تفکیک انواع مواد انفجاری و براساس مقادیر تخریب، در نمودارها نشان داده شده‌اند (شکل‌های ۵ تا ۹).



شکل ۵- نمودار حجم سنگ جداشده برحسب زمان با استفاده از ماده منفجره ژلاتین

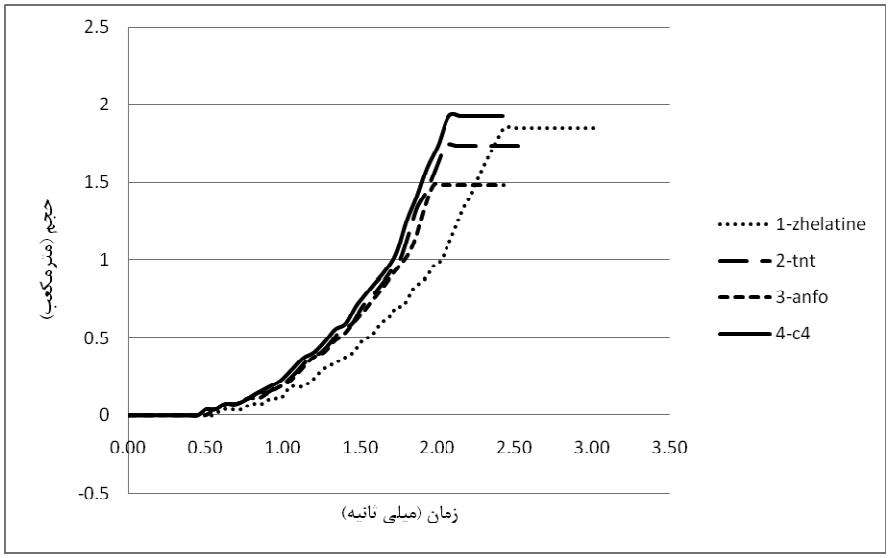


شکل ۶- نمودار حجم سنگ جداشده برحسب زمان با استفاده از ماده منفجره تی‌ان‌تی



شکل ۷- نمودار حجم سنگ جداشده برحسب زمان با استفاده از ماده منفجره آنفو

شکل ۸- نمودار حجم سنگ جداشده برحسب زمان با استفاده از ماده منفجره C4



شکل ۹- مقایسه نمودارهای حجم سنگ جداشده بر حسب زمان با استفاده از مواد انفجاری مختلف

ضریب همبستگی[1] که معمولا با R^2 نشان داده می‌شود، یکی از پارامترهای ارزیابی تأثیر متغیرها در نتایج است. با استفاده از نمودارهای فوق و ملاحظه میزان R^2، تاثیر متغیرهای تاثیرگذار در میزان تخریب سنگ قابل مشاهده است. R^2 می‌تواند مقادیری بین ۰ تا ۱ را بگیرد. مقادیر نزدیک‌تر به عدد ۱ نشان‌دهنده یک همبستگی قوی‌تری بین متغیرها می‌باشد. ضریب همبستگی برای دو متغیر x و y از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

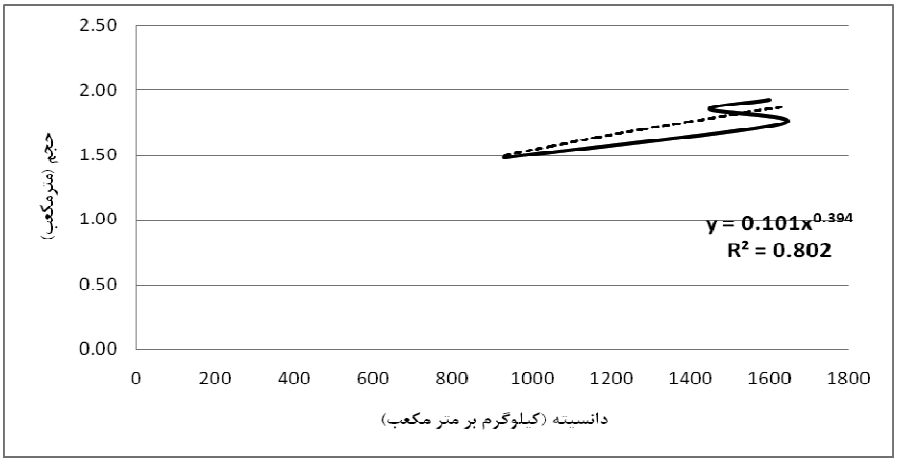
$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \quad (۱)$$

ضریب همبستگی، تاثیر متغیرهای مستقل مدل رفتاری مواد انفجاری را در ارتباط با متغیر وابسته که حجم سنگ جداشده می‌باشد، نشان می‌دهد.

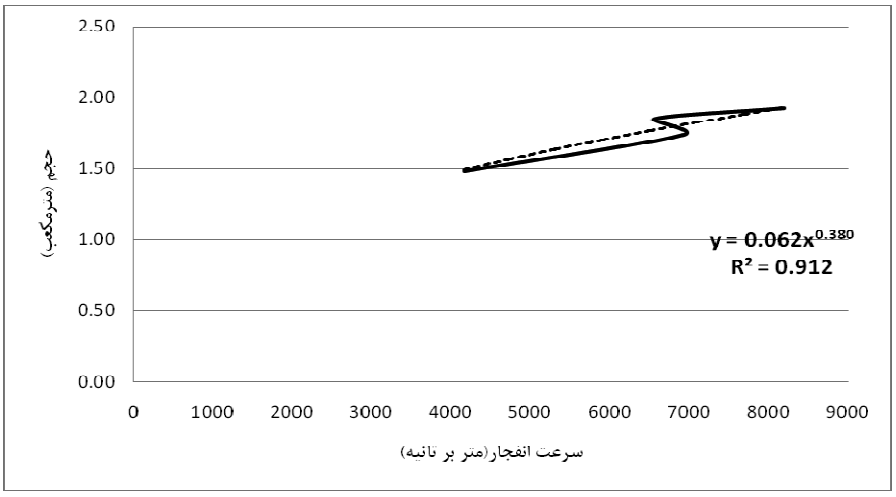
مطابق شکل‌های (۱۰) الی (۱۳) ضریب همبستگی در نمودار حجم سنگ جداشده بر حسب انرژی بر واحد حجم، نزدیک‌ترین مقدار را به عدد ۱ را دارد و این بدان معنی است که برای انتخاب یک ماده منفجره قابل اطمینان در تخریب سنگ، اولین و مهم‌ترین متغیر، میزان انرژی بر واحد حجم آن ماده انفجاری می‌باشد.

شکل ۱۰- نمودار حجم سنگ جداشده بر حسب فشار برای چهار نوع ماده انفجاری

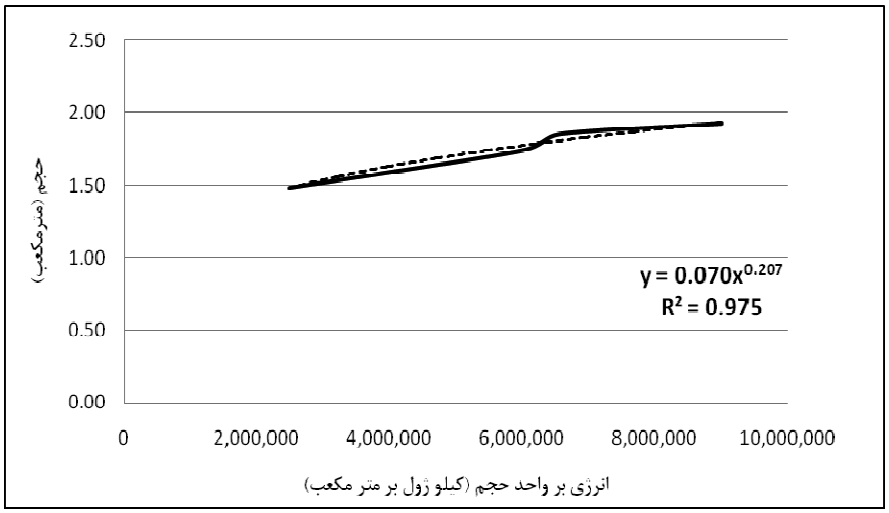
1- Correlation Coefficient



شکل ۱۱- نمودار حجم سنگ جداشده بر حسب دانسیته برای چهار نوع ماده انفجاری



شکل ۱۲- نمودار حجم سنگ جداشده بر حسب سرعت انفجار برای چهار نوع ماده انفجاری



شکل ۱۳- نمودار حجم سنگ جداشده بر حسب انرژی بر واحد حجم برای چهار نوع ماده انفجاری

دلایل اختلاف نتایج عددی این است کـه سـنگ در سـاختگاه تونـل دارای ترک‌ها و یا درزه‌هایی در جهات مختلف بوده و همچنین جنس سنگ در طول حفاری ممکـن اسـت متغیـر باشـد؛ در حـالی‌کـه در مدل‌سازی هیچگونه ترک یا درزه و تغییر جـنس سـنگ در مـدل در نظر گرفته نشده است.

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله جهت کاهش هزینه‌های تونل‌زنی به روش چال‌زنی و آتشباری در پروژه‌های عمرانی و به‌ویژه دفاع غیرعامل، عوامل موثر در انتخاب یک ماده منفجره قابل اطمینان در تخریب سنگ مورد مطالعه قرار گرفت. طبق نتایج شبیه‌سازی عددی، اولین و مهم‌ترین متغیر در مقدار تخریب سنگ اطراف تونل، میزان انرژی بر واحد حجم آن ماده انفجاری می‌باشد.متغیرهای موثر بعدی، به ترتیب سرعت انفجار و دانسیته مواد انفجاری است که در درجات دوم و سوم اهمیت قرار داشته و در انتخاب مـواد انفجـاری، باید در جـای خـود مـورد توجـه قـرار گیـرند.

همچنین در این تحقیق حجم تخریب تونل با استفاده از مواد انفجاری مختلف و متداول به تفکیک مشخص شده است.

اگرچه مطالعات زمین ساختگاه تونل، زمان‌بر و هزینه‌بر هستند ولی اهمیت نتایج مطالعات، نشان می‌دهد که با اندیشیدن تمهیدات لازم برای تعیین نوع مواد انفجاری، در زمان و هزینه صرفه‌جویی می‌شود.

استفاده از نوع مواد انفجاری متناسب با وضعیت زمـین و بطـور کلـی پیش‌بینی کلیه موارد مربوط به روش چالزنی و آتـشباری در حفـاری تونل‌ها، تابع تجربه نیروهای فنی و همچنین اطلاع از زمین سـاختگاه تونل و اطلاعات مربوط به مواد انفجاری می‌باشد که یافتن نقاط بهینه موارد مربوط به حفاری تونل، می‌تواند به کاهش هزینه‌ها منجر شـود. در برخی پروژه‌های دفاع غیرعامل که حجـم حفـاری زیرسـطحی بـه روش چال زنی و آتشباری جهت احـداث تاسیـسات زیرزمینـی زیـاد می‌باشد، نتایج مطرح‌شده در این مقالـه در انتخـاب مـواد منفجـره و چیدمان آنها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۴- مشخصات مواد انفجاری به‌کاررفته در شبیه‌سازی و حجم تخریب

مشخصات	دانسیته	سرعت انفجار	امپدانس	انرژی بر واحد حجم	فشار	حجم تخریب
مواد انفجاری	kg/m^3	m/s	kg/m^2s	kj/m^3	Kpa	m^3
C4	1601	8193	13,116,993	9,000,000	28,000,000	1.92593
Zhelatin	1450	6551.724	9,500,000	6,554,000	1,007,000	1.85185
TNT	1630	6930	11,295,900	6,000,000	21,000,000	1.74074
Anfo	931	4160	3,872,960	2,484,000	5,150,000	1.48148

مراجع

1. JA. Zukas, Introduction to hydrocodes, Amsterdam: Elsevier, (**2004**).
2. AUTODYN User Manual, Version13.0, Century Dynamics Inc, (**2010**).
3. .D. Park, S. Jeon, "Reduction of blast-induced vibration in the direction of tunneling using an air-deck at the bottom of a blasthole", .International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, .Vol. 47, Issue 5, July (**2010**), Pages 752–761.
4. Riedel W, Thoma K, Hiermaier S, Schmolinske E. Penetration of reinforced concrete by BETA-B-500, numerical analysis using a new macroscopic concrete model for hydrocodes. In: Proceedings of the 9th International Symposium on Interaction of the Effects of Munitions with Structures; (**1999**). P. 315-22.
5. Riedel W. Beton unter dynamischen lasten meso- und makromechanische modelle und ihre parameter. EMI-Bericht 6/00. Freiburg: Ernst-Mach-Institut (EMI); (**2000**).

Numerical Study of the Impact of Explosive Material Specifications on Tunnel Boring

S. Sh. Emamzadeh[1]

H. Arman Nia[2]

Abstract

Tunnels are one of the access elements to underground structures playing a vital role in passive defense. In regard to the high cost of constructing tunnels, many methods have been presented to improve and make such projects more cost effective. One of the common methods in our country to construct tunnels is the ditching and firing. In tunnel construction using ditching and firing, the explosive features are determined, taking the stone material of the tunnel site into consideration. The number and diameter of blast holes, type and the amount of explosive material to be used and the explosion pattern, as well, are among the items to be determined. One way to reduce the costs is to use the appropriate type and amount of the explosive material which is in turn, dependent on knowing the specifications of the explosive material and tunnel site stone. The explosive material is especially important due to properties such as density, blast velocity, impedance, energy in mass unit and pressure. Therefore, the type and explosive material for every stone should be exactly identified. Predicting the destruction intensity is dependent on long experience, repeating several explosions and observing the results. In general, after several explosions and observing the results, the optimum amount of explosive material will be determined with trial and error. The explosion simulation before performing the main operation can be one of the appropriate methods to reduce time, costs and predicting better explosion-induced results. In this essay, the equations governing blast wave propagation are solved using limited numerical elements and the behavioral model of RHT has been used as the criteria of separation and submission of stone material. The results of this research indicate that in order to choose reliable explosive material to destroy stones, the most effective variable is the amount of energy on the mass unit of that explosive material. The analytical results of the project sensitivity can be used to reduce the costs of underground passive defense projects.

Key Words: *Tunnel, Explosion, Rotary Drilling, Finite Element, Passive Defence*

1- Guest Assistant Professor of Imam Hossein Comprehensive University (shahab_emamzadeh@yahoo.com) - Writer in Charge
2- M.S Candidate of Passive Defense Engineering, Imam Hossein Comprehensive University (arian303075@yahoo.com)