نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل
"فضاهای زیرزمینی برای توسعه پایدار"
۱۰ تا ۱۲ آبان ماه ۱۳۹۰

مدلسازی عددی پایداری تونل در توده سنگ ضعیف در برابر انفجارهای سطحی با استفاده از روش عددی اجزاء مجزا

سید حسین میرزینلی[۱]، فرشاد کولیوند[۲i]،

[۱] استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر؛ mirzeinaly@gmail.com
[۲] کارشناسی ارشد مکانیک سنگ، دانشگاه صنعتی سهند- تبریز ؛ far.koli@yahoo.com

چکیده

بررسی پایداری سازه‌های زیرزمینی در مقابل بارهای دینامیکی از قبیل زلزله، برخورد پرتابه، انفجار سطحی، زمین لغزش و غیره به خاطر اهمیت حیاتی آن‌ها در زمان‌های خاص و پایداری بیشتر آنها نسبت به سازه‌های سطحی، ضروری می‌باشد. این امر مستلزم تحلیل تاثیر بارهای انفجاری بر پایداری این نوع سازه‌ها، با استفاده از دینامیک سازه و تعیین نیروهای دینامیکی داخلی آن می‌باشد. در چند دهه اخیر تحقیقات فراوانی برای آشنایی با رفتار سازه‌های زیرزمینی در مقابل امواج ناشی از انفجار، توسط محققین مختلف انجام شده، و تئوری‌های مختلفی برای تحلیل بارهای انفجاری ارائه نموده‌اند. در اکثر مطالعاتی که توسط محققین مختلف انجام شده، بیشتر به بررسی تاثیر انفجار پرتابه‌ها، موشک‌ها و بمب‌های پرتابی تمرکز نموده، و اثرات انفجارهای سطحی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بهمین دلیل در این مقاله تاثیر انفجار سطحی ۱۰ تن ماده منفجره TNT، بر پایداری تونل قرار گرفته در توده سنگ ضعیف و درزه‌دار مدلسازی شده است. ابتدا فاصله مقیاس (Z_0)، فشار اوج انفجار (P_{so})، زمان رسیدن به فشار اوج (t_A) و زمان انفجار (t_0) ، با استفاده از نمودارهای ارائه شده توسط ارتش ایالات متحده محاسبه شده و بعنوان ورودی به مدل اعمال شده‌اند. و سپس گسترش موج ضربه در محیط توده سنگ ضعیف و درزه‌دار بررسی شده است. در نهایت بر اساس میزان نیروها و جابجایی‌های ایجاد شده در پوشش تونل، عمق بهینه پایداری تونل در برابر انفجار سطحی تعیین گردیده است. بمنظور مدلسازی این مسئله، با توجه به درزه دار بودن محیط اطراف تونل، از روش عددی المان مجزا، به صورت دو بعدی استفاده شده است. نتایج عددی ارائه شده به ازاء اعماق مختلف نشان می دهد که با افزایش عمق، تاثیر پارامترهای مختلف بر افزایش یا کاهش فشار وارد بر جداره تونل کاهش می‌یابد. این موضوع را می‌توان ناشی از میرا شدن موج انفجار در اعماق بیشتر دانست. نتایج حاصله در ارتباط با تعیین عمق مدفون بهینه در سازه‌های زیر زمینی نشان می دهد که در عمق بیشتر از حدود ۶۰ متر، در زمانی که چنین انفجاری در سطح زمین رخ دهد، افزایش فشار ناشی از انفجار محسوس نخواهد بود. پارامترهایی که در پایداری سازه‌های زیرزمینی در برابر انفجار تاثیر بسزایی دارند، عبارتند از : شکل، ابعاد و عمق سازه، خصوصیات و نوع خاک یا سنگهای اطراف سازه، خصوصیات سازه، شدت انفجارات. با افزایش عمق میزان نیروهای ناشی از انفجار وارده بر پوشش تونل کاهش می‌یابد. شیب نمودارهای تغییرات نیروهای محوری، برشی و گشتاور خمشی وارد بر پوشش تونل در اعماق مختلف نشان می‌دهند که، تا عمق ۴۰ متری با نرخ بالایی شیب کاهش یافته و از عمق ۴۰ متر به بعد شیب آنها بصورت تقریباً افقی در آمده و کاهش نیروها مقدار ناچیزی می‌باشد. نتایج نیروها و جابجایی‌های وارده بر پوشش تونل، نشان می‌دهد که عمق بهینه پایداری تونل در برابر چنین بار انفجاری، عمق۴۰-۵۰ متری می‌باشد. در واقع می‌توان گفت با افزایش مقاومت سنگ میزان جابجایی‌ها در سقف تونل کمتر می شود.

کلمات کلیدی

انفجار سطحی، عمق بهینه، روش اجزاء مجزا، توده سنگ ضعیف، موج انفجار

[i] ۰۹۱۶۶۶۳۵۶۲۵