

تونل

نشریه انجمن تونل ایران

Tunnel

شماره ۳، تابستان ۸۷

Iranian Tunnelling Association Magazine

TUNNEL
TUNN
TUNNEL

www.irta.ir

www.irta.ir www.irta.ir www.irta.ir

بسمه عالی



۲	یادداشت سر دبیر.
۳	خبر.
۸	تجربیات حاصل از حفاری تونل بلند در سازندهای مشکل ساز زاگرس.
۱۳	بررسی اندرکنش خاک و تونل در مراحل حفاری به روش EPB و اثر آنها در نشست سطح زمین مورد مطالعه تونلهای قطار شهری تبریز.
۲۲	آزمایش نمونه سانتریفوژ نگهداری سینه کار تونل بوسیله بولت.
۲۸	تحلیل عددی رفتار دینامیکی پوشش بتونی تونل.
۳۳	رویدادهای تونلی.
۳۴	فرهنگ واژه های فنی بتن پاشی.
۴۲	چکیده مقالات منتخب نشریات.
۴۴	معرفی کتاب.

شرح روی جلد: تونل امامزاده هاشم (ع)



صاحب امتیاز انجمن تونل ایران

مدیر مسئول دکتر مرتضی قاروی نیک

سر دبیر دکتر سیامک هاشمی

زیر نظر هیئت مدیره انجمن تونل ایران

مدیر داخلی مهندس مرتضی همزه ابیازنی

هیئت تحریریه دکتر محمد جواد جعفری، دکتر حسین سالاری راد، دکتر مصطفی شریفزاده،

دکتر محمد حسین صدقیانی، دکتر اورنگ فرزانه، دکتر احمد فهیمی فر،

دکتر مرتضی قاروی نیک، دکتر حسین کعناعی مقدم،

مهندس ابوالقاسم مظفری شمس، دکتر سیامک هاشمی، دکتر علی یساقی

امور اجرایی نشرفن

تبليغات معصومه قره داغی

صفحه آرایی و طراحی جلد الهه لطفی

مجتمع مطبوعات تخصصی کشور

لیتوگرافی شادرنگ

چاپ و صحافی

ضمن استقبال و تشکر از علاقمندان محترمی که مایل به ارسال مقاله برای این نشریه می باشند، خواهشمند است به نکات زیر توجه شود:

- مسؤولیت صحت علمی و محتوای مطالب بر عهده نویسنده گان یا مترجمان است.
- موضع مقاله در ارتباط با اهداف نشریه باشد.
- مطالب و مقاله های دریافتی بازگردانده نمی شود.
- نظرات نویسنده گان به منزله دیدگاه و نظریه های نشریه نیست.
- مقاله تأثیفی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر باشد.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، اصلاح یا ویرایش مطالب آزاد است.
- نقل مطالب نشریه با ذکر مأخذ بلا منع است.
- ارسال اصل مطالب ترجمه شده الزامی است.

• نشانی: خیابان کارگر شمالی - بالاتر از بیمارستان قلب - بعد از خیابان دوم - ساختمان ۴۶۷ - طبقه ۵ - واحد ۴۱ - انجمن تونل ایران

تلفن: ۰۶-۸۸۶۳۰۴۹۵ نمبر: ۸۸۰۸۷۵۴

Website: www.irta.ir

Email: info@irta.ir



محیط زیست و فضاهای زیرزمینی

ناشی از تونل سازی می باشدند. با توجه به موارد فوق مسلم است که دستیابی به توسعه پایدار نیازمند به رعایت اصول ایمنی و حفاظت محیط زیست در بهره برداری از زمین و صرفه جویی در مصرف انرژی می باشد. در این ارتباط انجمن تونل ایران در اردیبهشت ماه سال آینده اقدام به برگزاری هشتمین کنفرانس تونل با عنوان "فضاهای زیرزمینی برای ایمنی، محیط زیست و انرژی" خواهد نمود.

محورهای مباحث این کنفرانس تحقیق و توسعه، برنامه ریزی، بررسی و طراحی فضاهای زیرزمینی، تکنولوژی ساخت فضاهای زیرزمینی، مدیریت قراردادی، ملاحظات اجتماعی و زیست محیطی و مسائل ایمنی، معیارها و استانداردها می باشد. بدینوسیله از تمامی متخصصان و دست اندر کاران صنعت تونل، استادی، دانشجویان، و علاقمندان این رشته دعوت می گردد تا با حضور فعال خود در این کنفرانس انجمن را یاری دهند و موجب ارتقا و توسعه فن آوری فضاهای زیرزمینی در ایران شوند.

ارتقای سطح رفاه مردم تأثیرگذار است. سهولت و کاهش ترافیک روی زمین، صرفه جویی در مصرف سوخت با کاهش طول مسیرها، امکان استفاده از فضاهای زیرزمینی برای قرار دادن خطوط انتقال آب و فاضلاب، گاز و دیگر تأسیسات، استفاده از فضاهای زیرزمینی به عنوان جایگاهی برای امکانات زیربنایی و فعالیتهایی که وجودشان در سطح زمین موجب بروز مشکلات شهری و محیط زیستی می شود، حفاظت گرمایی و سرمایی، آلودگی صوتی و افزایش ایمنی از جمله مزایای توسعه فضاهای زیرزمینی می باشند. در مقابل تخریب چشم اندازهای محلی و تعییر وضعیت و شرایط ظاهری طبیعت در محلهای قرارگیری دهانه های ورودی و خروجی تونل، تعییر مسیر و آلودگی آب های زیرزمینی، تغییر سطح آب های زیرزمینی، خسارت به طبیعت و صدمه به محلهای باستانی، نشست و ریزش زمین، ایجاد لرزش و ارتعاش در زمان ساخت و افزایش آلودگی های متعدد در حین عملیات اجرایی از جمله اثرات زیست محیطی منفی

محیط زیست یک مجموعه بزرگ و پیچیده از اجزا و عوامل گوناگونی است که با روندی مشخص و در اثر تکامل تدریجی موجودات زنده و اجزای سازنده سطح زمین شکل گرفته است. این مجموعه که طبیعت و موجودات زنده را در برگرفته، بر فعالیتهای انسان تاثیر گذاشته و در عین حال از آن متأثر نیز می شود. امروزه توسعه و تحول صنعتی در کنار امکانات رفاهی زیادی که برای بشر ایجاد نموده، مشکلات اجتماعی و زیست محیطی متعددی نیز برای انسان به وجود آورده است.

با توجه به اینکه توسعه صنعت از جمله ملزومات پیشرفت جوامع می باشد، نمی توان انتظار داشت که محیط زیست در اثر فعالیتهای انسان دست نخورد باقی بماند.

آنچه باید در این فعالیتها مورد نظر باشد، کاهش آلودگی ها و تقلیل اثرات تخریبی این فعالیت ها در حدی معقول است.

هر نوع توسعه ای از جمله تونل سازی به همراه اثرات منفی زیست محیطی، دارای پیامدهای مفیدی نیز می باشد که در زندگی اجتماعی و

انجمن تونل ایران

نصب دوربین‌های پخش زنده در تونل‌های در حال ساخت مترو و تونل توحید

معاون ترافیک شهردار تهران از نصب دوربین‌هایی در تونل‌های در حال ساخت مترو و تونل توحید خبر داد و گفت: با نصب این دوربین‌ها شهر وندان تهرانی می‌توانند به طور زنده روند پیشرفت پروژه‌ها و تلاش شبانه‌روزی کارگران را مشاهده کنند. به گزارش سرویس «شهری» خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا)، مهندس سید جعفر تشكري هاشمی افزود: مونیتورهایی در برخی از نقاط شهر نصب می‌شود تا شهر وندان از نزدیک با نحوه اقداماتی که در زیرزمین صورت می‌گیرد و در حالت عادی برایشان قابل رویت نیست آشنا شوند. وی با اشاره به اینکه عملیات‌های عمرانی زیادی در سطح شهر در حال اجراست و با بودجه اختصاص یافته از سوی مجلس و شهرداری تهران مقرر شده در سال جاری ۱۵ کیلومتر مترو احداث شود، افزود: کارگاه‌های زیادی در شهر ایجاد شده که گاهی در ۳ شیفت فعالیت دارند و این مساله تردد در برخی از نقاط را ساخت کرده و بسیاری از شهر وندان نیز که در حوالی کارگاه‌ها زندگی می‌کنند با مشکلات زیادی مواجه‌اند به همین دلیل تلاش شده به شهر وندان نشان داده شود در مقابل محدودیت‌های پیش رویشان چه دستاوردهای ارزشمندی در پیش است. معاون شهردار تهران با تأکید بر آنکه شهر وندان حق دارند از روند پیشرفت و عملیات اجرایی پروژه‌ها با خبر باشند، گفت: در مرحله نخست نصب این دوربین‌ها در برخی از جبهه‌های کاری خط ۴ متروی تهران و تونل توحید در نظر گرفته شده است تا شهر وندان بتوانند از طریق مونیتورهایی که در بعضی از نقاط شهر نصب می‌شود مرحله به مرحله ناظر عملیات اجرایی احداث این پروژه‌ها باشند. وی تصریح کرد: براساس برنامه ریزی‌های صورت گرفته ظرف یک ماه آینده نخستین دوربین‌ها و مونیتورهای در مکان‌های پیش‌بینی شده نصب خواهد شد.

خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا)

۱۶ تیر ۱۳۸۷

حفاری تونل‌های پنستاک سد رودبار لرستان آغاز شد



شستشو و نظافت تونل‌های مترو مکانیزه شد



کار حفاری تونل‌های پنستاک سد رودبار لرستان آغاز شد. به گزارش باشگاه خبرنگاران دانشجویی ایران "ایسکانیوز"، به نقل از روابط عمومی شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران، مجری طرح رودبار لرستان با اعلام این مطلب افزود: تونل‌های پنستاک کوتاه و بلند سد رودبار لرستان بخشی از مسیر آبراهه و سیستم آبرسان هستند که در مجموع ۳۳۰۰ متر طول حفاری آنها است و وظیفه انتقال آب به نیروگاه را بر عهده خواهند داشت. این تونل‌ها در ابتداء با قطر ۹ متر حفاری خواهند شد که پس از نصب پوشش بتی و فلزی قطر نهایی آن به ۴ متر خواهد رسید.

سد بتی غلتکی رودبار لرستان با ارتفاع ۱۵۸ متر و طول تاج ۲۱۱ متر به عنوان اولین سد بزرگ بتی غلتکی بر روی سرشاخه‌های رودخانه‌ی دز در دست احداث است. این سد که توان ذخیره ساری ۲۲۸ میلیون متر مکعب آب را دارد بر روی رودخانه رودبار و در فاصله حدود ۱۰۰ کیلومتری جنوب شهرستان الیگودرز در استان لرستان در دست احداث است و پس از بهره‌برداری از نیروگاه ۴۶۰ مگاواتی آن می‌توان سالانه ۹۸۶ میلیون کیلووات ساعت انرژی برق به دست آورد.

خبرگزاری ایسکانیوز

۱۱ تیر ۱۳۸۷

با تهیه تجهیزات لازم، امکان شستشو و نظافت مکانیزه تونل‌های مترو فراهم شد. به گزارش خبرگزاری اقتصادی ایران، این شرکت اعلام کرد، به منظور بالا بردن کیفیت نظافت و شستشوی تونل متروی تهران که تأثیر مستقیمی بر افزایش طول عمر تونل مترو و نیز پاکیزه بودن هوای داخل تونل‌های مترو دارد از ابتدای سال جاری یک دستگاه خودروی دو منظوره ریلی جاده‌ای با توان مکش سیار بالا از طریق ۹ نازل و دارای قابلیت برنامه‌ریزی رایانه‌ای را به خدمت گرفته است.



این ماشین هر شب از ساعت ۳۰ دقیقه بامداد تا ساعت ۴ بامداد مشغول به فعالیت بوده و توانایی دارد هرمهای یک خط مترو را به طور کامل پاکسازی و جارو نماید. شایان ذکر است قبل از تهیه این دستگاه پاکسازی بستر خطوط مترو به وسیله آب فشار قوی انجام می‌شد که راهاندازی دستگاه جدید، صرفه‌جویی قابل توجهی در میزان آب مصرفی نیز به همراه داشته است.

خبرگزاری اقتصادی ایران

۱۳۸۷ تیر ۱۰

صنعت حفاری تونل در ایران بومی سازی شد

پاافشاری سازمان محیط‌زیست بر تونل‌سازی در حال نخجیر»

معاون محیط طبیعی و تنوع زیستی سازمان حفاظت محیط زیست بالشاره به تصویب گزارش ارزیابی زیستمحیطی بروزه حفر تونل در غار «چال نجیر» استان مرکزی در کمیته ارزیابی زیستمحیطی سازمان حفاظت محیط زیست اعلام کرد که ساخت این تونل با رعایت ضوابطی خاص ادامه می‌یابد. دلاور نجفی در گفت‌و‌گو با «ایسنا»، با اشاره به این که غار «چال نجیر» ۱۴۲۰ متر درازا دارد، افزود: از این میزان حدود یک هزار متر آماده‌سازی شده و ۴۲۰ متر نیز باید آماده‌سازی شود. از سوی دیگر برای دسترسی آسان‌تر برای خروج بازدید کنندگان از غار قرار بود ۴۷۰ متر تونل ساخته شود که بازدید کنندگان نیازی به بازگشت از مسیر تختستین نداشته باشند و از انتهای غار خارج شوند. وی با اشاره به این که مجری مطالعه‌ای را برای احداث ۴۷۰ متر تونل آخر غار انجام داده بود، افزود: بر اساس واپسین جلسه کمیته ارزیابی سازمان حفاظت محیط زیست مقرر شد با رعایت تمهیدات خاصی اجازه احداث تونل داده شود. بر این اساس از دهانه غار به فاصله دوهزار متر هیچ‌گونه ساخت و سازی نباید انجام شود، از سوی دیگر کفسازی ۴۲۰ متر نیز با نظر سازمان محیط‌زیست انجام شود، به شکلی که به کف غار خسارت وارد نشود.

دنیا اقتصاد

۱۳۸۷ مرداد ۱۳

است، گفت: این دستگاه روزانه ۱۵۰ متر مکعب سنگ و خاک را در چهار شیفت کاری از دل البرز کنده و جایه‌جا می‌کند. رحیمیان با بیان آنکه تا سه ماه اول سال حدود ۳۵۰ متر و در مجموع پنج هزار متر از تونل حفاری شده بود، اظهار داشت: وجود شرایط سخت و مشکلاتی نظیر خروج گازهای H_2 به میزان ۵۰۰ PPM، منواکسید کربن تا حجم ۳۶۰ PPM و گاز متان

مدیر عامل شرکت تالوں وابسته به سازمان عمران و مسکن بنیاد مستضعفان که مجری طرح حفاری تونل البرز در مسیر آزادراه تهران - شمال می باشد، گفت: جدا از مشکلات کاری، یکی از افتخارات این شرکت، بومی سازی صنعت حفاری تونل در منطقه، تخصص گرایی و کسب تجارب ذی قیمت پرنسپل است. به گزارش خبرگزاری اقتصادی ایران، رحیمیان



و نیز خروج آب حداکثر تا ۳۵ هزار لیتر در دقیقه پیشرفت روند کار را با وجود چهار شیفت کار، با کنند، مواجه کده است.

با بیان این مطلب به اکوئیوز گفت: یکی از مهم‌ترین بخش‌های آزادراه تهران- شمال تونل البرز است که در دل رشته کوه البرز و در زیر کوه کندوان به عنوان بزرگترین تونل مسیر آزادراه در حال احداث است. این بخش آزادراه یکی از مهم‌ترین و تخصصی‌ترین بخش‌های احداثی راه است که به جهت شرایط خاص کاری در نوع خود در شمال کشور منحصر به فرد محسوب می‌شود.

وی گفت: با وجود امتناع کارشناسان خارجی از آموزش نیروهای ایرانی، با تلاش مدیران شرکت دوره‌های مختلف آموزشی مرتبط از جمله TBM تعمیر و نگهداری و اپراتوری دستگاه برگزار شد به طوری که در حال حاضر میزان خطای عملکرد اپراتورهای ایرانی به مراتب از خارجی‌ها کمتر است و با آزادسازی اپراتورهای آلمانی و انگلیسی به بومی سازی ۱۰۰ درصد این تخصص دست یافته‌ایم.

خبرگزاری اقتصادی ایران

۱۳۸۷ تیر ۲۰

انجمن تولن ایران

با تخصیص اعتبار ۱۰۰ میلیاردی؛ طرح تولن زیرزمینی قطار تهران-تبریز اجرایی می‌شود

تولن‌های شماره سه و چهار خط دو قطار شهری کرج به بهره‌برداری رسید

هم‌زمان با اعیاد شعبانیه تولن‌های شماره سه و چهار خط دو قطار شهری کرج گشایش یافت. به گزارش «ایرانا»، مدیرعامل سازمان قطار شهری کرج و حومه در مراسم گشایش این طرح‌ها گفت: این دو تولن در مجموع با مسافت پنج کیلومتر از میدان دانشگاه تربیت معلم واقع در شمال غرب شهر کرج تامیدان سپاه (در مرکز شهر) حفاری شده است. نادر رضا نوری افزود: کار حفاری و اتصال این دو تولن توسط کارشناسان داخلی با امکانات موجود انجام گرفته است.

وی بدون اشاره به هزینه حفاری این تولن‌ها بیان کرد: خط دو قطار شهری کرج به طول ۲۷ کیلومتر دارای ۲۷ ایستگاه است که تاکنون بخش قابل توجهی از این مسیر اجرا شده است. مدیرعامل سازمان قطار شهری با بیان اینکه در مجموع یکصد کیلومتر خط قطار شهری برای کرج در شورای عالی ترافیک کشور به تصویب رسیده است، اظهار کرد: این میزان در شش خط تقسیم شده که تاکنون کار حفاری و ساخت دو خط آن به اجرا درآمده است.

دینیای اقتصاد

۱۳۸۷ مرداد ۱۹

بروژه قطار سریع السیر و یا ارتقاء خط تهران - قم را از دیگر بروژه‌های راه آهن ذکر کرد و گفت: هم اکنون قرارداد این پروژه منعقد شده و پیمانکار مخصوص آن مشخص و وارد مرحله اجرایی شده است. زیارتی پروژه ساخت موتور ملی لکوموتیو را از دیگر بروژه‌های راه آهن بیان کرد و گفت: قرارداد خرید ۳۵ دستگاه موتور لکوموتیو با شرکت دسا وابسته به وزارت صنایع و معادن هفته گذشته منعقد شد و طبق برنامه ریزی‌های اولیه نخستین دستگاه از این

مودودی قطار سریع السیر و یا ارتقاء خط تهران - کار فرمای آن شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران و پیمانکار این طرح قرارگاه خاتم الانبیاء است و مدت زمان اجرای آن ۱۸ ماه پیش بینی شده است. زیارتی یادآور شد: طول تولن ۴۶۵ متر می‌باشد و عرض آن برای عبور ۴ ریل طراحی شده است. وی در خصوص اهداف اجرای این پروژه اظهار داشت: مهمترین علل و اهداف ساخت این تولن زیرزمینی کمک به بازسازی بافت فرسوده شهری و ارتقا خدمات شهری به شهر وندان تهران و کاهش موانع توسعه شهری و تسهیل ارتباطات ترافیکی می‌باشد.

مدیرعامل شرکت راه آهن جمهوری اسلامی تصریح کرد: در راه آهن جمهوری اسلامی پروژه‌های متعددی در شهر تهران و حومه اجرا شده است که از جمله آنها می‌توان به پروژه قطار حومه تهران ورامین پیشوا اشاره کرد که هم اکنون این پروژه از پیشرفت خوبی برخوردار است. وی با اشاره به پروژه برقی کردن خط راه آهن تهران - مشهد گفت: این پروژه که از تاکیدات شخص رئیس جمهور بوده، هم اکنون اسناد مناقصه آن به فروش رفته است و منتظر شروع عملیات اجرایی آن هستیم. زیارتی ابراز داشت: براساس این پروژه، سرعت حرکت راه آهن به ۲۰۰ کیلومتر در ساعت می‌رسد و برای این خط ۷۰ دستگاه لکوموتیو برقی پیش بینی شده است.

خبرگزاری اقتصادی ایران

۱۳۸۷ مرداد ۱۴



تونل استقلال تاجیکستان؛ پروژه‌ای که شمال و جنوب این کشور را بهم متصل کرد

اسلامی ایران و حدود ۲۱/۲ میلیون دلار نیز وام جمهوری اسلامی ایران است. جمهوری اسلامی ایران با استفاده از توان بالای متخصصان خود و با تکمیل این تونل پنج کیلومتری که در گردندهای به همین نام در حiyor شمال تاجیکستان واقع شده است، بخشی از بزرگراه دوشنبه - تاشکند، جنوب و شمال جمهوری تاجیکستان را پس از قرن‌ها انتظار به هم پیوند داده و امکان ارتباط زمینی مناسب بین پایتخت‌های کشورهای آسیای میانه را نیز فراهم آورد.

هدف کلی از احداث تونل ازاب، با توجه به این که محل پروژه دارای زمستانی بسیار سرد و پربرف با چندین نقطه بهمن خیز است و باعث مسدود شدن راهها و قطع ارتباط کارگاه با شهرهای اطراف می‌شود، این تونل با امتداد شمالی - جنوبی از دل کوههای موسوم به "حصار" عبور می‌کند و اهمیت رئوپلیتیکی خاصی دارد. با تکمیل و احداث تونل، گردنۀ ازاب را مسیر ارتباط شمال و جنوب این کشور حذف می‌کند و علاوه بر ایجاد مسیر دسترسی دائمی (در تابستان و زمستان) مسیر جاده دوشنبه به خجند را در حدود ۶۰ کیلومتر کوتاه می‌کند و امکان توسعه اقتصادی جمهوری را فراهم می‌آورد و با توجه به این که گردنۀ ازاب مسیر طولانی و پر و پیچ و خمی است که در طول تابستان تردد از آن بسیار پرخطر است، این گردنۀ در طول فصل سرما (۵ تا ۷ ماه از سال) بسته می‌شود و عملاً مسیر تردد از جنوب به شمال تاجیکستان مسدود می‌شود. پرتوالهای شمالی و جنوبی از مسیر گردنۀ ازاب به ترتیب ۱۴۱ و ۷۳ کیلومتر از شهر دوشنبه فلاصله دارند؛ این پروژه هم اکنون مراحل نهایی خود را طی می‌کند.

خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا)

۱۳۸۷ مرداد ۳۰



آخرین تحولات احداث تونل استقلال (ازاب) در تاجیکستان که قرارداد حفاری آن در سال ۲۰۰۳ میلادی بین وزارت نقلیات جمهوری تاجیکستان و شرکت سایبر بین‌المللی از جمهوری اسلامی ایران به امضای رسید، برای خبرنگاران ایرانی تشریح شد. به گزارش خبرنگار اعزامی خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا) به تاجیکستان، تونل استقلال از مهم‌ترین پروژه‌های راه و ترابری تاجیکستان، طی مراسمی در اوایل فروردین ماه ۱۳۸۶ با شرکت مقامات تاجیکستان و ایرانی بازگشایی شد. در آن زمان هر چند رفت و آمد شماری از تومبیل‌ها از این تونل آغاز شد، ولی تکمیل کارهای پایانی در این تونل ادامه پیدا کرد تا همزمان با سفر رییس جمهوری کشورمان به تاجیکستان این تونل در روز چهارشنبه ۲۴ مرداد ماه ۱۳۸۶ رسمًا افتتاح شد، اما مراحل عمرانی پروژه همچنان توسط نیروهای ایرانی ادامه دارد. اجرای این پروژه طبق اظهارات مقامات تاجیکستان از اهمیت بسیاری برای این کشور برخوردار بوده و به عنوان سمبولی از همکاری دو کشور از آن یاد می‌شود. احداث تونل استقلال در تاجیکستان توسط شرکت سایبر آغاز و اجرای آن در ماه ژانویه ۲۰۰۴ شروع و نیمه اول سال ۲۰۰۶ به اتمام رسید. ارزش این پروژه ۳۹ میلیون دلار است که ۷/۸ میلیون دلار آن را دولت تاجیکستان تامین کرده و ۱۰ میلیون دلار در قالب کمک توسعه‌ای جمهوری

۹۲ پیشرفت در صدی ساخت تونل کوهنگ

فرماندار شهرستان کوهنگ از پیشرفت ۹۲ درصدی بزرگترین تونل آبرسانی خاورمیانه در این شهرستان خبر داد. به گزارش خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا) - منطقه چهارمحال و بختیاری - حمیدرضا فروزنده گفت: ساخت تونل بزرگ کوهنگ از سال ۷۳ آغاز شده و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۸۸ به بهره‌برداری برسد. وی افزود: طول این تونل به بیش از ۲۴ کیلومتر می‌رسد که با تکمیل آن، انتقال آب از منطقه بیرگان آغاز می‌شود. به گفته فرماندار کوهنگ، تونل سوم کوهنگ به منظور تأمین و انتقال آب به میزان حدود ۲۵۵ میلیون مترمکعب در سال، جهت تأمین قسمتی از کمبود آب منطقه مرکزی ایران برای مصارف شرب، صنعت و کشاورزی در حال ساخت است. فروزنده خاطرنشان کرد: افزایش حجم آب تنظیم شده سد زاینده‌رود با استفاده از سدمخزنی کوهنگ ۳ از دیگر اهداف ساخت این تونل است. گفتنی است: تاکنون برای ساخت تونل سوم کوهنگ ۲۲ کیلومتر حفاری انجام شده است.

خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا)

۱۳۸۷ مرداد ۲۰

انجمن تونل ایران

ساخت مترو به صورت روبرو باز برای جلوگیری از نشت زمین

شود. هاشمی در توضیح اقدامات شهرداری برای کاهش مشکل شهروندان گفت: برای آن که مشکل تردد شهروندان در این منطقه کاهش یابد، عملیات ساخت تونل‌ها را از زیر زمین صورت دادیم و اکنون که حدود ۷۰ درصد مسیر تکمیل حفر تونل مترو به صورت باز و از روی زمین صورت می‌گیرد. بنابر پیش‌بینی هاشمی، تکمیل عملیات ساخت تونل مترو در خیابان شریعتی حدفاصل خیابان‌های "زرین" و "مینا"، حداکثر دو هفته به طول انجامد.

مدیرعامل شرکت راه‌آهن شهری تهران و حومه در عین حال تاکید کرد که در حال حاضر هیچ خطری ساکنان و کسبه منطقه را تهدید نمی‌کند. وی افزوه: با لرزه نگاری‌های که به صورت مداوم صورت می‌گیرد هر کجا که احتمال نشت زمین باشد اقدام به ایمن‌سازی محیط و سپس ریزش خاک خواهیم کرد، که این اقدام با هدف پیشگیری از وقوع خطرات احتمالی صورت می‌گیرد. به گفته هاشمی، ساختمان‌های مجاور محدوده نشت زمین در اثر حفاری‌های مترو هیچ خسارتخانه‌اند و ترکهایی که یک برج ساخته‌مانی در این محدوده نیز دیده، ربطی به حادثه نشت تونل مترو ندارد.

خبرگزاری شهر
۱۳۸۷ شهربیور

مدیرعامل مترو تهران و حومه گفت: با توجه به نشت تونل مترو در خیابان شریعتی و وارد شدن خسارت به دو خودرو، برای پیشگیری از این گونه حوادث عملیات تکمیل تونل‌ها به صورت باز انجام می‌شود.

محسن هاشمی در گفت‌وگو با خبرنگار شهر افزود: بررسی‌های دقیق و لرزه‌نگاری‌هایی صورت گرفته است و نقاط ناپایدار شناسایی شده‌اند و پیش از نشت دوباره زمین و با در نظر گرفتن شرایط ایمنی اقدام به تخریب آن نقاط شده و هم اکنون به صورت باز و از روی زمین عملیات احداث تونل دنبال می‌شود. به گفته هاشمی برای رسیدن به این هدف لازم است خیابان‌های محل ساخت تونل در جریان انجام کار مسدود شوند. هاشمی در توضیح عوامل نشت زمین در این نقطه گفت: خاک این منطقه فشرده نیست و از چند روز پیش احتمال ریزش زمین در خیابان شریعتی را پیش‌بینی کرده بودیم به همین دلیل خیابان شریعتی مسدود شد و از زیر زمین مسیر را باز کردیم تا پیش از ریزش زمین، خاک‌های ناپایدار تخلیه شده و از بروز حادثه برای شهروندان و کارگران مترو جلوگیری شود. به گفته مدیرعامل شرکت راه‌آهن شهری تهران و حومه، از ابتدا قرار بود با توجه به مشکلات خاک در این منطقه، در هفت نقطه از خیابان شریعتی عملیات ساخت مترو روى زمین صورت گیرد که در آن صورت لازم بود چهار ماه خیابان مسدود

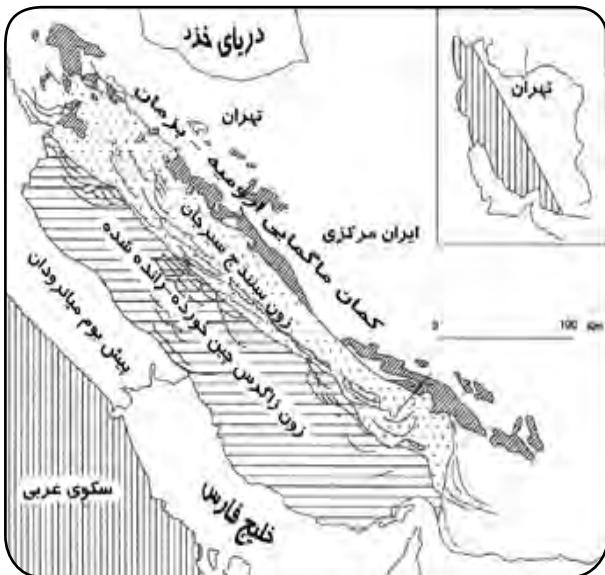


تجربیات حاصل از حفاری تونل بلند در سازندهای مشکل‌ساز زاگرس

محمد خسرو‌تاش (کارشناس ارشد مهندسی معدن و تونل، مدیریت عامل مهندسین مشاور تونل راد)

محمد شعوری (کارشناس زمین‌شناسی و مدیر طراحی پروژه)

سیامک افшиین (کارشناس مهندسی معدن و مدیر اجرائی پروژه)



شکل ۱: کمربند چین خورده - رانده زاگرس

بخش دوم- زمین‌شناسی مسیر تونل

گستره مورد بررسی در شمال غرب ناحیه لرستان قرار دارد. سازندهای زمین‌شناسی مسیر تونل شامل واحدهای سنگی دوران دوم و سوم و رسوبات کواترنری است که در شکل ۲ نشان داده شده است. این واحدهای سنگی به صورت چین‌های ساده و نسبتاً ملایم در امتداد شمال غرب- جنوب‌شرق رخمنون دارند. از دیدگاه ژئوتکنیکی در طول تونل تنوع گونه‌های لیتو‌لوژی نسبتاً زیاد است، به طوری که واحدهای مسیر تونل را می‌توان به ۴ واحد اصلی و ۲۱ زیر واحد لیتو‌لوژیکی تقسیم نمود. مشخصات این واحدها در جدول ۱ ارائه شده است.

متن زیر خلاصه سخنرانی علمی- کاربردی می‌باشد که در تاریخ ۱۳۸۷/۰۵/۰۲ در نشست تخصصی انجمن تونل ایران توسط آقایان مهندس محمد شعوری و مهندس سیامک افшиین ایراد گردید.

مقدمه

نظر به مشکلات خاص حادث شده در حین حفاری تونل بلند انتقال آب زاگرس به روش حفاری مکانیزه، علیرغم مطالعات و طراحی‌های صورت گرفته توسط مشاوران مرحله اول و همچنین توسط پیمانکار طرح و اجرا و دعوت از مشاوران خارجی و داخلی برای ارائه راهکارهای مناسب اجرائی برای گذر از این مناطق مشکل‌ساز، در نهایت پیمانکار توانسته است تا این مرحله از کار بر مشکلات پیش آمده فائق آید و بتواند با عبور از این زون‌ها رکورد حفاری مناسبی را ثبت نماید.

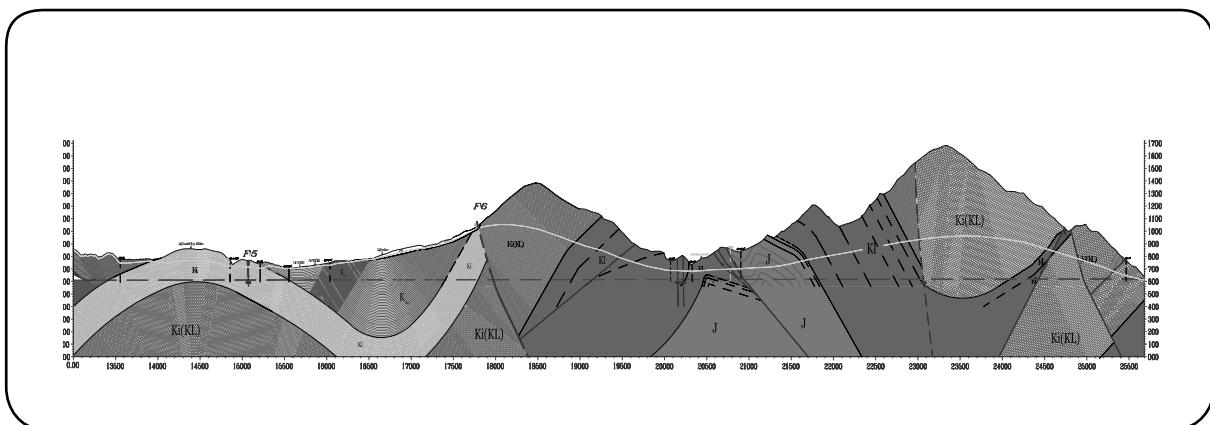
بخش اول : مروری بر زمین‌شناسی زاگرس

کمربند چین خورده - رانده زاگرس در قسمت میانی کمربند کوه‌های آلپی قرار گرفته و از جمله جوانترین کوه‌های سنوزوئیک محسوب می‌شود.

این کمربند با روند شمال غرب- جنوب شرق از کوه‌های تاروس در ۳۰۰ کیلومتری جنوب شرق گسل آناتولی شرقی در شمال شرق ترکیه شروع شده و با حدود ۱۸۰۰ کیلومتر طول، سرتاسر شمال عراق و جنوب غرب ایران را در بر گرفته است (شکل ۱).

تفییر شکل در کمربند زاگرس در اثر همگرایی نسیی بین ورق‌های عربی و ایران مرکزی از کرتاسه میانی تا پایانی به وجود آمده است.

انجمان تونل ایران



شکل ۲: سازندگان زمین‌شناسی مسیر تونل

جدول ۱- واحدهای سنگی شناسایی شده در گستره مورد بررسی و ضخامت هریک از آنها

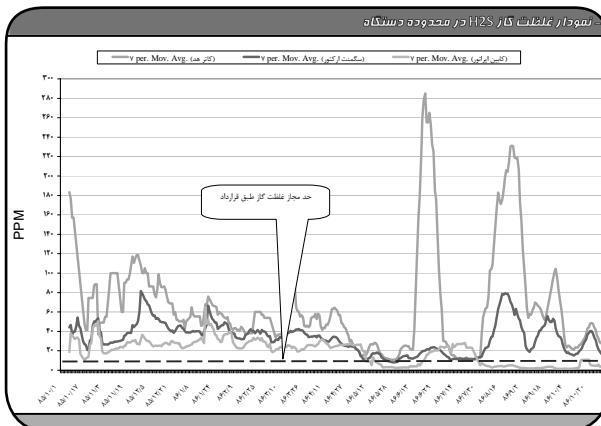
نام سازند	نام واحد	توصیف سنگ شناسی
	واحد PE _{Pd} ⁸	تناوب آهک‌های رسی خاکستری روش نازک لایه و طبقات شیلی خاکستری تیره با ضخامت کم (تا ۳۰ سانتیمتر)
	واحد PE _{Pd} ⁷	تناوب آهک‌های رسی خاکستری روش نازک ضخیم تا نازک لایه (۱ تا ۳۰ سانتیمتر) و طبقات شیلی خاکستری تیره با ضخامت زیاد (۱ تا ۲ متر)
	واحد PE _{Pd} ⁶	تناوب آهک‌های رسی خاکستری روش نازک تا متوسط لایه (۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر) و طبقات شیلی خاکستری تیره با ضخامت زیاد (تا ۱۰ متر)
	واحد PE _{Pd} ⁵	تناوب آهک‌های رسی خاکستری روش نازک لایه و طبقات شیلی خاکستری تیره با ضخامت کم (تا ۳۰ سانتیمتر)
واحد PE _{Pd} ⁴	واحد	شیل خاکستری مایل به سبز با ضخامت زیاد و میان لایه‌های سیلت و ماسه سبز زیتونی و آهک مارنی خاکستری نازک لایه
واحد PE _{Pd} ^{4a}	واحد	تناوب آهک‌های رسی خاکستری روش نازک تا متوسط لایه (۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر) طبقات شیلی خاکستری تیره با ضخامت زیاد (۱ تا ۲ متر)
واحد PE _{Pd} ³		تناوب آهک‌های رسی خاکستری روش متوسط تا ضخیم لایه و طبقات شیلی خاکستری تیره با ضخامت زیاد (۱ متر)
واحد PE _{Pd} ²		تناوب آهک‌های رسی خاکستری روش متوسط تا ضخیم لایه و طبقات شیلی خاکستری تیره با ضخامت کم تا متوسط (تا ۵۰ سانتیمتر)

جذب
بُرْد

انجمن تولن ایران

نام سازند	نام واحد	توصیف سنگ شناسی
مرز مشکوک سازندهای پابده و سازندهای گورنی	واحد PE _{Pd} ^۱	تناوب آهک شیلی خاکستری روشن ضخیم لایه و طبقات شیلی با ضخامت زیاد (تا ۱ متر)
زنگ چوب	واحد K _{Gu} ^{۵a}	تناوب شیل آهکی خاکستری و طبقات شیلی خاکستری تیره با ضخامت زیاد (تا ۲ متر)
	واحد K _{Gu} ^۵	تناوب آهک رسی خاکستری روشن متوسط لایه و طبقات شیلی خاکستری تیره با ضخامت زیاد (تا ۲ متر)
ون	واحد K _{Gu} ^۴	تناوب شیل آهکی خاکستری روشن ضخیم لایه و طبقات شیلی خاکستری تیره با ضخامت زیاد (تا ۱ متر)
	واحد K _{Gu} ^۳	تناوب شیل آهکی خاکستری روشن متوسط لایه و طبقات شیلی خاکستری تیره با ضخامت زیاد (تا ۲ متر)
واحد های کردن از کرتاله	واحد K _{Gu} ^{۲a}	شیل خاکستری تیره با ضخامت بسیار زیاد (تا ۱۰ متر) و بین لایه‌های سیلتی و رسی قهقهه‌ای متوسط تا ضخیم لایه (۰ تا ۲ متر)
	واحد K _{Gu} ^۲	شیل خاکستری تیره با ضخامت بسیار زیاد (تا ۱۰ متر) و بین لایه‌های ماسه سنگی سبز تیره با سطح هوازده قهقهه‌ای متوسط تا ضخیم لایه (۰/۵ تا ۲ متر)
و اهدیهای کردن از کرتاله	واحد K _{Gu} ^۱	تناوب سنگ آهک رسی خاکستری روشن نازک لایه و طبقات شیلی با ضخامت زیاد
	واحد Ki(Kl) _۵	سنگ آهک رسی خاکستری متوسط لایه با رگه‌های چرت رادیولاریتی خاکستری تیره
و اهدیهای کردن از کرتاله	واحد Kl _{۴c}	سنگ آهک خاکستری تیره ستبر و صخره ساز
	واحد Kl _{۴b}	سنگ آهک خاکستری تیره نازک تا متوسط لایه با رگه‌هایی از چرت رادیولاریتی خاکستری
	واحد Kl _{۴a}	سنگ آهک خاکستری تیره ستبر و صخره ساز
و اهدیهای کردن از کرتاله		سنگ آهک خاکستری تیره که در بالا و کف آن سنگ آهک خاکستری ستبر و صخره ساز قرار گرفته است.
	واحد Kl _۳	سنگ آهک رسی خاکستری نازک تا متوسط لایه
	واحد Kl _۲	سنگ آهک رسی خاکستری تیره ستبر و صخره ساز
	واحد Kl _۱	سنگ آهک رسی خاکستری متوسط تا نازک لایه
و اهدیهای کردن از کرتاله	واحد J _۳	تناوب آهک رسی خاکستری روشن ضخیم لایه و طبقات شیلی با ضخامت زیاد (تا ۱ متر)
	واحد J _۲	سنگ آهک خاکستری تیره ستبر و صخره ساز
	واحد J _۱	تناوب سنگ آهک نازک تا متوسط لایه و طبقات ضخیم شیل و سنگ گچ نازک تا متوسط لایه

انجمن توول ایران



شکل ۳: نمودار غلظت گاز H_2S در محدوده دستگاه

بخش سوم: دسته‌بندی مشکلات توول بلند در سازندهای زاگرس

• هجوم آب

نفوذ و هجوم آب به داخل توول مشکلات متعددی را در داخل توول و سطح زمین ایجاد می‌نمود، به ویژه آنکه آبهای نفوذی حاوی گاز H_2S بود. هجوم آب از یک طرف باعث شستگی و هدایت مصالح پشت سگمنت (پی‌گراول) به محدوده شیلد دستگاه می‌شد و از طرفی در حین حفاری موجب ریزش مصالح باطله به طرفین نوار و انباشتگی مصالح در اطراف جک‌های دستگاه و توقف حفاری می‌گردید که نتیجه آن بالا رفتن زمان تمیز کاری و صعوبت بالای عملیات در شرایط آب و گاز محیط بوده است. از طرف دیگر در اثر هجوم آب به داخل توول، سطح ایستایی آب منطقه پایین آمده و موجب خشک شدن چاهها و چشم‌های تامین کننده آب روستاهای اطراف و کارگاه و مشکلات زیست محیط و اجتماعی می‌گردد.

• تشکیل گل و گل گرفتگی دستگاه

در زمین‌هایی که سنگ‌های متسلکه آن حاوی درصد زیادی کانی‌های رسی هستند در حضور آب این مصالح با چسبیدن به دیسک کاترهای انسداد محل خروجی باطله مشکلاتی را در حین حفاری ایجاد می‌نماید. حداقل اثر منفی این مصالح صرف وقت زیاد برای زدودن گل از کاترهای در شیفت نگهداری می‌باشد.

مسئله محتمل دیگر در زمین‌های گلی تمایل دستگاه به حرکت بسوی پایین می‌باشد که بدلیل وزن زیاد ماشین و باربری انداز کف توول ممکن است بوقوع پیووندد.



شکل ۴: تشکیل گل و گل گرفتگی دستگاه

• برخورد با زون‌های خرد شده و گسله
با توجه به شناسائی گسله‌های متعدد در محدوده توول نوسود وجود مکانیسم فشاری اکثر گسله‌های موربد بحث و لیتولوژی سنگ‌های دربرگیرنده، باعث می‌شود که ضخامت زون خرد شده آنها متفاوت باشد.

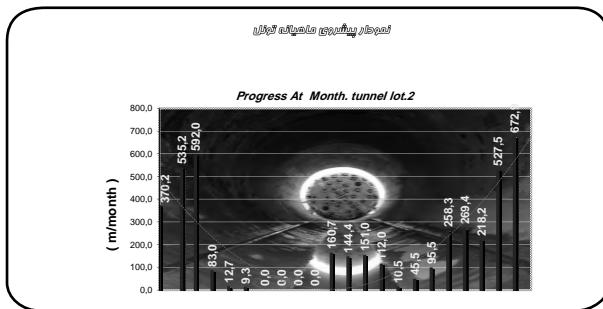
• نشت مواد هیدروکربوری
با توجه به شرایط زمین‌شناسی منطقه تا این مرحله از کار، کارگاه شاهد نشت گازهای مختلف از قبیل گاز سولفید هیدروژن (H_2S)، متان (CH_4)، گاز سیانید هیدروژن (HCN) و مایع مشکوک به معیانات گازی (Condensate) بوده است. طبق نظر کارشناسان شرکت نفت منشأ این گازها به احتمال قریب به یقین مربوط به مخازن نفتی ترازهای بسیار پایین می‌باشد. آهک‌های مسیر توول به دلیل نفوذپذیری و تخلخل بالا (در اثر وجود درزهای و شکستگی‌های ساختاری) و همچنین به دلیل وجود میان لایه‌های شبیلی که می‌توانند نقش لایه‌های نفوذناپذیر را بازی کنند، محیط مناسبی را برای به دام افتادن گازهای در حال مهاجرت از منابع نفتی زیرین فراهم نموده‌اند. گاز متان عمده‌تر در سازندهای شیایی که نفوذ پذیری پایینی دارند به صورت موضعی به داخل توول نشت نموده و احتمال ادامه این امر نیز وجود دارد. ضمن اینکه در مقطعی از توول به دلیل مشاهده گاز HCN و مایع مشکوک نارنجی رنگ که در نتیجه آزمایشات انجام گرفته مشخص شد که مایع مذکور Condensate نام داشته و همچنین قابلیت اشتعال دارد و در این شرایط کارگاه مجبور به تعطیلی موقت عملیات داخل توول گردید.
حداکثر غلظت گازهای اندازه‌گیری شده در شرایط تهويه توول به شرح ذیل است:

گاز H_2S : 300 ppm که استاندارد مجاز برای 8 ساعت کاری ۱۰ ppm است.

گاز CH_4 : 167 LEL% که عیار مجاز ۱ درصد معادل ۱۰۰۰۰ ppm است.

گاز HCN : 60 ppm که استاندارد مجاز ۱۰ ppm است و فوق العاده سمی و کشنده است.

شكل ۷ نشان می‌دهد که بعد از مونتاژ و راهاندازی آزمایشی دستگاه حفاری‌ها به تدریج بهتر شده ولی بعد از برخورد به آب‌های گازدار مدتی دستگاه متوقف و مجدداً اورهال و راهکارهای فوق اجرائی شده و دوباره نرم حفاری ماهانه بهبود یافته است.



شكل ۷: نمودار پیشروی ماهیانه تونل

زون‌های خرد شده ایجاد شده در سنگ‌های شیلی و شیل‌های آهکی دارای پهنای تقریبی ۲۰ الی ۲۵ متر می‌باشند. این گسلهای سازندهای شیلی علیرغم داشتن پهنی خرد شدگی به دلیل حفاری با دستگاه دبل شیلد مشکل خاصی به وجود نیاورده‌اند، لیکن در سازند ایلام از شکستگی‌ها و مجازی ایجاد شده، آب فراوانی به تونل نفوذ کرده و مشکل ساز شده است.

بخش چهارم: راهکارهای تجربه شده برای گذر از مناطق مشکل ساز

- طراحی و اجرای سیستم تهویه برای شرایط گازدار (شکل ۵)
- طراحی و اجرای سیستم آبکشی برای انتقال آبهای گازدار (شکل ۶)
- طراحی و اجرای سیستم انتقال هوای فشرده برای ایجاد فشار مثبت روی دستگاه
- تأمین منابع آب کارگاه و روتاههای اطراف
- بررسی روش‌های ممکن پیش تزریق و تزریق آبندی
- مطالعات تکمیلی زمین‌شناسی و شناسائی نقاط مستعد گازخیزی
- بکارگیری مشاور ارزیابی ریسک و طراحی و استقرار سیستم HSE در کارگاه



شکل ۵: طراحی و اجرای سیستم تهویه برای شرایط گازدار



شکل ۶: تاثیر سیستم آبکشی

- #### بخش پنجم: نتیجه گیری‌ها و پیشنهادات
- ##### الف- مرحله مطالعات
- انجام مطالعات تکمیلی با نگرش زمین‌شناسی نفت در کنار مطالعات رئوتکنیکی متدوال
 - انتخاب مسیر مناسب با اولویت اجتناب از برخورد به سازندهای با منشا هیدرولیک
 - مطالعات منابع تامین آب کارگاه با توجه به احتمال خشک شدن چشممه‌ها و چاههای اطراف

ب- روش اجرا

- پیش‌بینی امکان دسترسی از قبیل شفت یا ادیت‌ها در مسیر تونل لزوم طراحی تهویه با لحاظ رقیق‌سازی گازهای مضر به عنوان آلوده کننده اصلی
- طراحی سیستم آبکشی مناسب با شرایط آب گازدار
- انتخاب قطعات و تجهیزات دستگاه TBM با قابلیت ضدانفجار و مقاوم در برابر خوردگی
- پیش‌بینی سیستم Probe drilling با قابلیت مغزه‌گیری
- پیش‌بینی سیستم اعلام و اطفاء حریق و مانیتورینگ بر روی دستگاه
- انتقال هوای فشرده به دستگاه حفار

ج- مدیریت

- استقرار مدیریت HSE مستقل در کارگاه
- استقرار سیستم پشتیبانی مناسب و تامین به موقع قطعات با توجه به استهلاک و مشکلات تدارکات خارجی
- پیش‌بینی ردیفهای محل پرداخت برای کارهای غیرقابل پیش‌بینی و حادث شده در قرارداد
- مدیریت صحیح منابع انسانی

بررسی اندرکنش خاک و تونل در مراحل حفاری به روش EPB و اثر آنها در نشست سطح زمین، مورد مطالعه: تونلهای قطار شهری تبریز

محمد حسین صدقیانی، استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف

یاشار علیاری، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی ژئوتکنیک دانشگاه صنعتی شریف

چکیده: یکی از آثار مهم حفاری تونل، نشست در سطح زمین است. برای کمینه کردن نشست باید شرایطی را فراهم آورد تا در تنش ها و کرنش های موجود در زمین کمترین تغییر ایجاد شود. بدین منظور امروزه از سپرهای دارای محفظه بسته فشار مانند سپر EPB استفاده به عمل می آید. این دستگاه با تنظیم فشار وارد از طرف دیسک حفار و محفظه فشاریه سینه کار، باعث پایداری جبهه تونل و در نتیجه کنترل نشست در سطح زمین می شود. با توجه به این مطلب، در این مقاله مدلسازی تونلهای متروی تبریز برای بررسی اندرکنش خاک و سیستم نگهداری و همچنین اثر حفاری با دستگاه EPB بر نشست زمین مورد بررسی گرفته است. برای تحلیل این مسایل، با توجه به قابلیت مدلسازی مراحل ساخت و تغییر پارامترها در حین اجرای برنامه، از نرم افزار Plaxis 3D Tunnel استفاده به عمل آمده و نتایج با فرمول های تجربی مقایسه شده است.

کلید واژه ها: ۱- تونل سازی با سپر متعادل کننده با فشار خاک EPB Tunneling ۲- نشست در اثر حفر Plaxis 3D Tunnel ۳- نرم افزار Tunnel Induced Settlement

۱- مقدمه

راهاندازی خطوط زیرزمینی مترو، یکی از بهترین راه حل ها برای حل مشکلات ترافیکی شهرها به شمار می رود. در این راستا، پروژه های زیادی در شهرهای بزرگ کشور در حال انجام است که تونل های دوقلوی قطار شهری تبریز یکی از آنهاست. این تونل ها در خاکی عمدتاً ماسه ای احداث می شوند و با توجه به عمق کم و عبور از زیر سازه ها و تاسیسات شهری، مساله نشست در این پروژه مطرح است.

۲- رفتار تونل در زمین های نرم

با بررسی تحقیقات انجام شده، ملاحظه می گردد که مهمترین نیازهای طراحی تونل در زمین های نرم، شامل تحلیل پایداری، جابجایی های زمین و عملکرد پوشش است.

۲-۱- پایداری

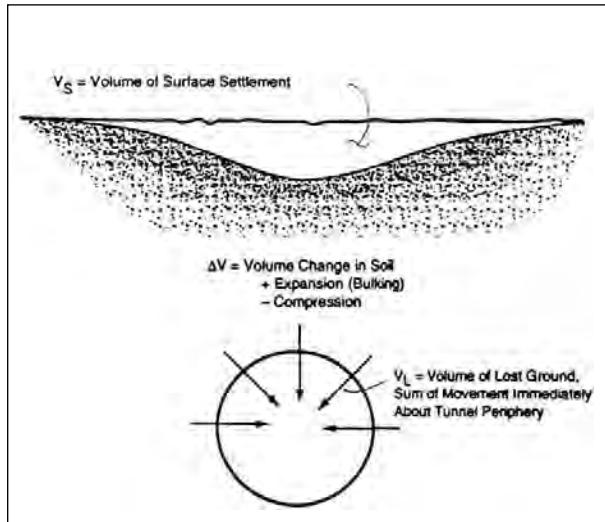
با انتخاب روش مناسب حفاری تونل می توان اینمی و پایداری آن را قبول و بعد از ساخت پوشش نهایی حفظ نمود. در این میان، پایداری جبهه تونل از اهمیت بیشتری برخوردار است. نتایج به دست آمده از تحلیل

۲-۲- بارهای وارد بر پوشش تونل

در تونل سازی به هر روش، قبل از نصب پوشش تونل، خاک قطعاً مقداری جابجایی (شعاعی در محیط تونل و محوری در سینه تونل) داشته است که در صورت استفاده از سپرهای دارای محفظه فشار، مقادیر آنها معمولاً کمتر است. بار وارد شده بر پوشش تونل در کوتاه مدت با مقدار جابجایی قبل از نصب پوشش نسبت عکس دارد و با افزایش جابجایی، بار کمتری بر پوشش تونل اعمال می گردد. پس از دور شدن سینه تونل به اندازه ۲ قطر و از بین رفتن اثر سه بعدی آن، بار کوتاه مدت به طور کامل به پوشش وارد می شود. در خاک های ماسه ای به دلیل شرایط زهکشی

انجمن تونل ایران

خاک در اطراف تونل (Volume Loss, V_L) در اثر حفاری می‌باشد. یعنی به دلیل حفر تونل، خاک به درون فضای خالی پدید آمده تغییر شکل داده و انتقال این حرکت به سطح زمین، ایجاد نشست می‌کند (شکل ۲).



شکل ۲- حجم از دست رفته خاک و نشست سطحی [۵]

در خاک‌های رسی اشباع، با توجه به شرایط زهکشی نشده و حجم ثابت، مقدار کاهش حجم معمولاً برابر با حجم گود نشست است. اما در خاک‌های ماسه‌ای و شرایط زهکشی شده به ویژه در ماسه متراکم، به دلیل پدیده اتساع (Dilation) و افزایش حجم خاک، حجم گود نشست کمتر از کاهش حجم خاک می‌گردد ($V_s = V_L + \Delta V$). همچنین امکان دارد حجم گود نشست بیش از کاهش حجم خاک باشد. این پدیده هنگامی رخ می‌دهد که خاک به علتی مانند تحکیم، فشرده شود.

معمولًا برای بیشتر مقاصد عملی، به غیر از شرایطی که خاک رفتار شدید انبساطی یا انقباضی از خود نشان می‌دهد، می‌توان این دو مقدار را برابر فرض کرد و حجم از دست رفته در هر متر طول تونل را به صورت درصدی از سطح مقطع آن بیان نمود [۴]:

$$V_s = V_L (D^2/4) \quad (3)$$

پک رابطه زیر را برای پارامتر i پیشنهاد کرده است [۲]:

$$i = R (Z/D)^{0.8} \quad (4)$$

در روابط بالا، R و D شعاع و قطر تونل و Z فاصله محور آن تا سطح زمین است. پس از آن، محققان زیادی روابط مشابهی را پیشنهاد نمودند. در سال ۱۹۸۲ در انگلیس نشان داده شد که پارامتر i تقریباً تابعی خطی از عمق تونل بوده و مستقل از روش ساخت و قطر تونل (در صورت بیشتر بودن ضخامت سربار تونل از قطر آن) است [۶]:

$$i = K \cdot Z \quad (5)$$

شده، معمولاً افزایشی در این بار دیده نمی‌شود. اما در خاک‌های رسی، با از بین رفتن فشار آب حفره‌ای اضافی، مقدار بار افزایش می‌باشد [۲]. مشاهدات ثبت شده نشان می‌دهد که بارگذاری تونل در خاک‌های شنی و ماسه‌ای متراکم، در صورت مدیریت صحیح مشکلات مربوط به آب زیرزمینی، سیار کوچکتر از فشار سربار می‌باشد. در تونل‌های عمیق زیر سطح ایستابی، بارگذاری اصلی، فشار آب است [۲].

۳-۲ جابجایی‌های زمین در اثر ساخت تونل

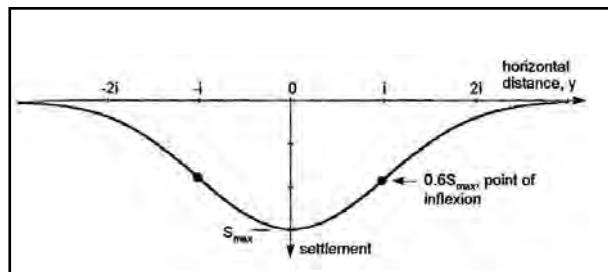
همان طور که گفته شد، در اثر حفاری همواره مقداری جابجایی در زمین رخ می‌دهد. دلایل مهم حرکت زمین ناشی از حفاری با سپر عبارتند از [۴]: (۱) تغییر شکل جبهه تونل به داخل (۲) حفاری بزرگتر از مقطع مورد نیاز (Over-Cutting) (۳) فاصله بین پوشش و دیواره تونل (Tail) (۴) تغییر شکل در اثر بار زمین (۵) تحکیم (Consolidation) که در حفاری مکانیزه با سپر EPB عوامل دوم، سوم و پنجم (در صورت وجود خاک اشباع ریزدانه) تاثیرگذارتر هستند. در حفاری بدون حفاظت سینه کار، عامل اول نیز اهمیت می‌باشد.

۳-۱-۲ نشست سطحی

اشمیت (Schmidt) و پک (Peck) و سپس محققان زیادی نشان دادند که مقطع گود نشستی (Settlement Trough) که به دلیل حفر تونل پدید می‌آید، به خوبی به صورت یک منحنی توزیع نرمال گوسی (Gaussian) با معادله ای به شکل زیر قابل توصیف است [۴]:

$$S_v = S_{\max} \exp(-y^2/2i^2) \quad (1)$$

که در آن S_v نشست، S_{\max} بیشینه نشست روی محور مرکزی تونل، y فاصله افقی از محور مرکزی تونل و i فاصله افقی نقطه عطف منحنی نشست تا محور مرکزی تونل است. در محل نقطه θ ، نشستی حدود ۶۰٪ نشست بیشینه رخ می‌دهد (شکل ۱).



شکل ۱- منحنی توزیع گوسی جهت توصیف مقطع عرضی گود نشست [۴]

بنابراین، حجم گود ایجاد شده (بر متر طول تونل) با انتگرال گیری از معادله (۱) به صورت زیر در می‌آید:

$$V_s = (2 \int_0^{2i} S_{\max} \exp(-y^2/2i^2) dy)^{1/2} i S_{\max} \quad (2)$$

اما باید توجه داشت که نشست سطحی زمین، خود معلول کاهش حجم

انجمن توول ایران

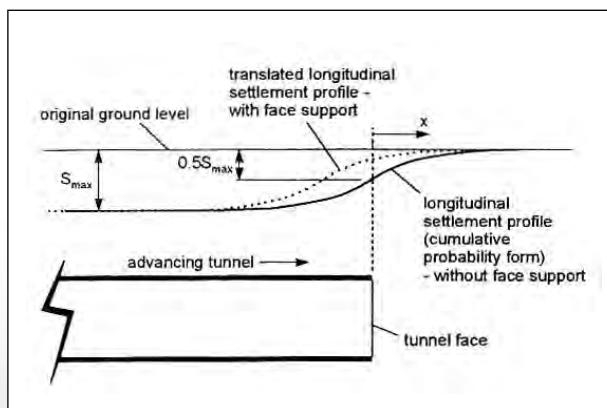
با حل روابط ۸ و ۱۰ برای طول بی‌نهایت توول، همان رابطه ۱ برای نشست و مقدار صفر برای جابجایی‌ها در راستای محور توول به دست می‌آید(شرایط کرنش مسطح). تغییر شکل‌های افقی (رابطه ۹) نیز همان طور که با توجه به فرضیات اولیه انتظار می‌رود، به صورت ترکیبی خطی از نشست است [۲]:

در مورد توول‌های مجاور، پیش‌بینی به دلیل رفتار بر هم کنشی تا حدی مشکل‌تر است. اما روش‌های ساده‌ای برای این منظور وجود دارد. در مورد توول‌های موازی با فاصله‌ای بیش از دو قطر، با اضافه کردن منحنی‌های نشست مربوط به هر توول، به ویژه در شرایط زمین مناسب و اجرای خوب، معمولاً تقریب موثری از نشست کل به دست می‌آید. هنگامی که فاصله توول‌ها نزدیک‌تر از دو قطر است، باز هم می‌توان این روش را به کار برد. با این تفاوت که باید کاهش حجم بیشتری برای توول دوم در نظر گرفت. روابط تجربی نیز برای این شرایط وجود دارد [۲]:

$$S_{\max 2} = 1.5 (Z/d)^{0.3} S_{\max 1} \quad (12)$$

که در آن، d فاصله جدار توول‌ها، $S_{\max 1}$ نشست بیشینه توول تنها و $S_{\max 2}$ نشست بیشینه کل است.

مطالعات انجام شده توسط نیو و اوریلی (O'Reilly and New 1991) نشان می‌دهد که فرض منحنی گوسی برای نشست عرضی، در شرایط حجم ثابت، منتهی به شکل تابع احتمال تجمعی برای نیمرخ طولی نشست می‌شود. فرضیات مذکور عمدتاً در خاک‌های رسی صادق است و درست آن توسط اтол و وودمن (Attwell & Woodman, 1982) بررسی شده است. همچنین آنها مشاهده کردند که مقدار نشست، درست بالای سینه توول بدون حفاظت، حدود نصف بیشینه نشست است. در توول سازی به روش‌هایی که سینه توول تحت فشار قرار می‌گیرد، این مقدار کمتر بوده و در سپرها عمدت نشست ناشی از فضای خالی پشت سگمنت‌ها (Tail Void) و عدم توانایی در پر کردن سریع آن است. بنابراین، منحنی نشست طولی، کمی به سمت عقب سپر انتقال می‌یابد. در شکل ۴ این مساله نشان داده شده است [۴].



شکل ۴- پروفیل طولی نشست سطحی زمین در اثر حفاری توول [۴]

که در آن Z عمق محور توول و K پارامتر عرض گود است. مقدار K در توول‌های ساخته شده در خاک‌های رسی برابر $1/5$ و در خاک‌های شن و ماسه‌ای برابر $1/25$ پیشنهاد شده است.

پارامتر مهم دیگر، مقدار بیشینه نشست است که دانستن آن برای پیش‌بینی و محاسبه جابجایی‌ها ضروریست. رانکین در سال ۱۹۸۸ رابطه زیر را برای این متغیر پیشنهاد نمود [۷]:

$$S_{\max} = 0.0126 V_1 R^{2/3} \quad (6)$$

که V_1 کاهش حجم توول (به دلایل بند ۳-۲) و R شعاع آن است. پک نیز رابطه تجربی زیر را بین نشست سطحی و حرکت قائم تاج توول ارائه کرد [۲]:

$$S_s / S_c = -\beta (Z/D) \quad (7)$$

در این روابط S_c نشست سطح زمین، S_s نشست تاج توول و β ثابتی است که وابسته به خاک اطراف توول و کرنش حجمی آن است. مقدار β برای ماسه‌های مترکم در تنش‌های کم 0.57 ، ماسه‌های سست یا مترکم در تنش‌های زیاد 0.4 و در خاک رس پیش تحکیم یافته 0.13 به دست آمده است.

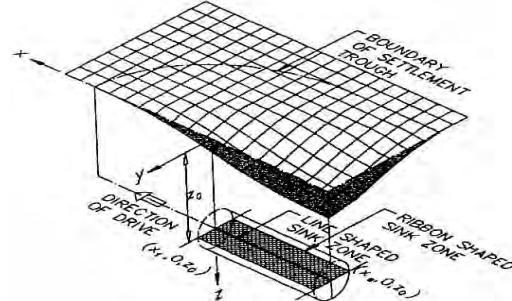
در سال ۱۹۹۱ یک مدل تحلیلی برای پیش‌بینی جابجایی زمین در اثر حفاری توول پیشنهاد شد [۹]. در این مدل، فرض می‌شود که تمام نقاط اطراف در شرایط حجم ثابت، به سوی نقطه‌ای که در راستای محور توول انتقال می‌یابد، حرکت می‌کنند. این نقطه (Sink Point)، در مکانی بین مرکز و کف مقطع واقع است. اما برای راحتی، همان مرکز توول در نظر گرفته می‌شود (شکل ۳).

$$S = -\frac{V_t}{2kZo} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2k^2 Z_o^2}\right) \cdot \left[\text{erf}\left(\frac{x-X_f}{kZ_o \sqrt{2}}\right) - \text{erf}\left(\frac{x-X_s}{kZ_o \sqrt{2}}\right) \right] \quad (8)$$

$$H_y = -\frac{yS}{Z_o} \quad (9)$$

$$H_x = -\frac{V_t}{2kZo} \cdot \left[\exp\left(-\frac{(x-X_s)^2 + y^2}{2k^2 Z_o^2}\right) - \exp\left(-\frac{(x-X_f)^2 + y^2}{2k^2 Z_o^2}\right) \right] \quad (10)$$

$$\text{erf}(z) = (2/\sqrt{\pi}) \int_0^z e^{-t^2} dt \quad (11)$$



شکل ۳- مدل تحلیلی برای پیش‌بینی جابجایی‌های زمین در اثر حفاری توول [۹]

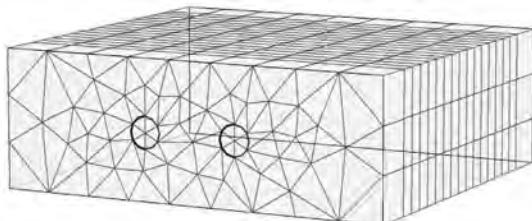
با $0/35$ در نظر گرفته می شود.

۲-۳- مشخصات نرم افزار

برنامه Plaxis 3D Tunnel یک برنامه کامپیوترا مان محدود است که عمدتاً برای تحلیل تنش-تغییر شکل، پایداری و تراویش در محیط های خاکی و سنگی به کار می رود. برای تحلیل رفتار خاک، از مدل رفتاری موهر-کولمب استفاده شد که مدلی غیر خطی، قوی و ساده است و می تواند برآورده مناسی از رفتار خاک یا سنگ ارائه دهد. رفتار الاستیک-کاملاً پلاستیک براساس پنج پارامتر شامل مدول یانگ، ضریب پواسون، چسبندگی، زاویه اصطکاک و زاویه اتساع مشخص می گردد.

۳-۳- مدل سازی تونل ها و نتایج

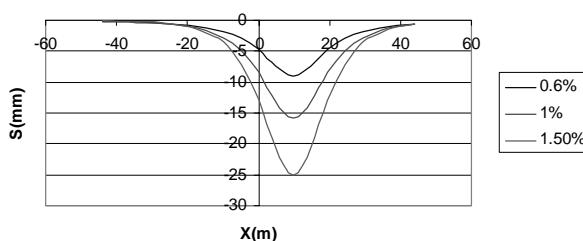
ابعاد مدل $80 \times 30 \times 88$ متر (عرض \times عمق \times طول) است و در هر مرحله، ۴ متر طول (حدود نصف قطر) حفاری می شود (شکل ۵). در این مدل، سربار تا تاج تونل ۱۲ متر، فاصله مرکز تونل ها ۲۱ متر و سطح ایستایی پایین تر از کف تونل است. همچنین فرض شد ابتدا حفاری تونل سمت راست به اتمام رسیده سپس تونل سمت چپ حفر می گردد.



شکل ۵- مدل تونل ها

برای مدل کردن کاهش حجم شعاعی در این نرم افزار، از ضریبی به نام ضریب انقباض (Contraction) که به صورت درصدی از سطح تونل بیان می گردد، استفاده می شود. بدین منظور، مدل با ضرایب $0/6\%$ و $1/5\%$ تحلیل شده (شکل ۶) و حداکثر نشست پس از ساخت تونل اول به ترتیب 9 ، 16 و 25 میلی متر به دست آمده است. رابطه 6 این مقادیر را 11 ، 18 و 26 میلی متر پیش بینی می نماید.

Surface Settlement with Different Tunnel Contractions



شکل ۶- نشست عرضی برای مقادیر $0/6\%$ و 1% و $1/5\%$ انتقباض تونل پس از ساخت تونل اول

۲-۲-۲- کاهش حجم زمین (Volume Loss)

برای پیش بینی کاهش حجم، روابط تجربی نیز وجود دارد. اما بهتر است بدین منظور، در صورت وجود سابقه پژوهه های مشابه، از اطلاعات مربوط به آنها و در غیر این صورت، از قضایت مهندسان با تجربه استفاده کرد. در جدول ۱ نمونه ای از این برآورد بر اساس شرایط مختلف زمین و اجرای کار ملاحظه می شود.

جدول ۱- برآورد حجم از دست رفته بر اساس شرایط مختلف زمین و اجرای کار [۵]

Case	V _L %
Good practice in firm ground - Applies to better soils and excellent ground control	0.5
Good practice in slowly raveling ground - Considered good ground	1.5
Fair practice in fast raveling ground - More shield and tail loss	2.5
Poor practice in cohesive running ground - Yet more shield loss - Tail void mostly unfilled by grouting and/or support expansion of the initial supports	4.0 or more

البته این اعداد، در شرایط حفاری با کنترل کامل دستگاه در مسیر مستقیم و سپرهایی با ابعاد مرسوم قابل دستیابی است. معمولاً در شروع پژوهش، مدتی طول می کشد تا پرسنل، مهارت هدایت دستگاه کسب کنند (Learning Curve) و در این مدت، کاهش حجم بیشتر است. به علاوه، اجرای قوس ها، شبیه ها و عوامل پیش بینی نشده نیز به این مقادیر می افزاید که تماماً به وسیله تزریق یا انساط پوشش قابل جبران نبوده و باعث نشست بیشتر می شوند.

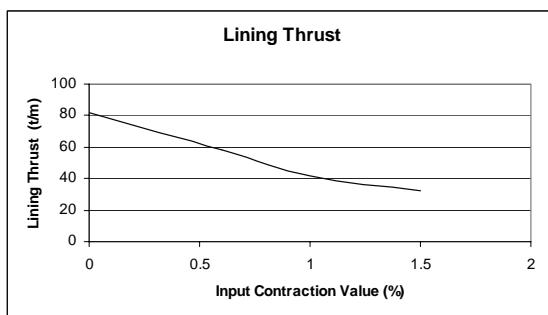
۳- مدلسازی و تحلیل نتایج

۳-۱- شرح کلی پژوهه و مشخصات خاک

تونل های دوکلوی قطار شهری تبریز در خاکی عمدتاً ماسه ای و به وسیله یک سپر متعادل کننده با فشار خاک (EPB Shield) احداث می شوند. قطر حفاری تونل ها $6/88$ متر و قطر داخلی پس از اجرای پوشش با قطعات بتنی (به ضخامت 30 سانتیمتر و مقاومت 35 مگاپاسکال) و تزریق، 6 متر خواهد بود.

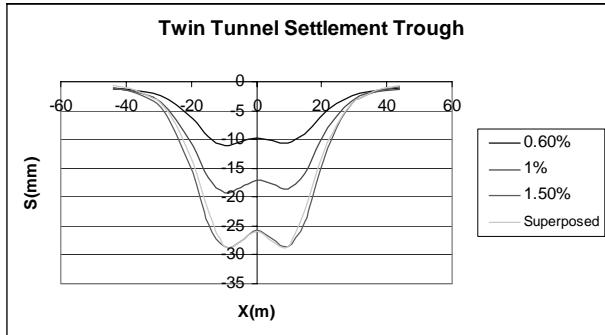
با توجه به مطالعات ژئوتکنیکی، ملاحظه شده که جنس خاک غالباً از نوع ماسه لای دار بوده گاهی مخلوط با شن است. عدد نفوذ استاندارد نیز بین 30 تا 45 تغییر می کند و آزمایشگاه، مدول الاستیسیته ای حدود 30 مگا پاسکال را برای خاک پیشنهاد نموده است. سطح آب زیرزمینی نیز در گمانه ها متغیر بوده به احتمال زیاد تابع آب های نفوذی می باشد و چگالی طبیعی و اشباع خاک به ترتیب برابر با $16/5$ و $18/5$ کیلو نیوتن بر متر مکعب است. با انجام آزمایش برش مستقیم برای تعیین مشخصات مقاومتی خاک، زاویه اصطکاک داخلی برابر با 33 درجه و چسبندگی برابر با 9 کیلو پاسکال به دست آمده است. ضریب پواسون ماسه نیز برابر

انجمن تونل ایران



شکل ۶- تغییرات بیشینه فشار ایجاد شده در پوشش بتُنی با انقباض تونل

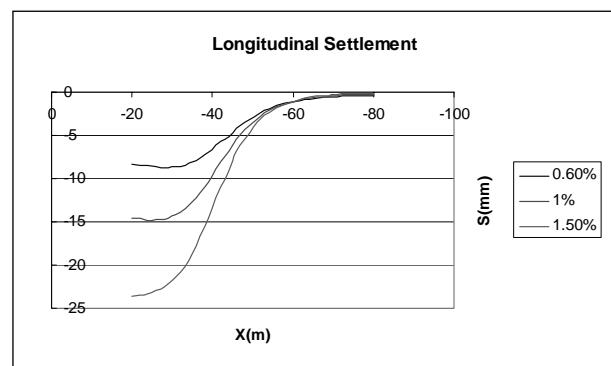
با بررسی نتایج، مشاهده می‌شود که ساخت تونل دوم، تاثیری بر نیروهای وارد شده بر پوشش ندارد. این مساله، به دلیل وجود فاصله بیش از دو قطر (مرکز به مرکز)، بین تونلهای است که در بخش ۱-۳-۲ به آن اشاره شد. به همین دلیل، نشست ناشی از حفر دو تونل با استفاده از اصل برهم نهی قابل محاسبه بوده و در شکل ۱۰ برای انقباض ۱/۵٪ انجام شده است. مقدار بیشینه نشست در این حالت ۱۹ و ۲۹ میلی‌متر محاسبه شده که حدود ۲۰٪ از نشست یک تونل بیشتر است. رابطه تجربی ۱۲ این مقدار را حدود ۵۰٪ بیشتر نشان می‌دهد. بنابراین به نظر می‌رسد این رابطه برای استفاده در شرایطی که فاصله تونل‌ها زیر دو قطر است و بین آنها اندرکنش وجود دارد، مناسب باشد.



شکل ۷- مقایسه گود نشست عرضی با فرمول پک

در شکل ۷ گود نشست عرضی پس از ساخت تونل اول، در وسط مدل ($Z = -$) بر اساس فرمول پک و تحلیل مقایسه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، فرمول پک، عرض گوдал کمتری به دست میدهد که این مساله، با اندازه گیری‌های انجام شده در پروژه‌های مختلف تایید شده است [۱۰]. اما نشست‌های بیش از ۴ میلی‌متر با دقت بسیار خوبی مطابقت دارند.

در شکل ۸ نشست طولی در حالی که سینه تونل در $Z = -$ قرار دارد، ترسیم شده است. در این محل نشستی حدود نصف نشست بیشینه رخداده که در بخش ۱-۳-۲ نیز به آن اشاره شد.



شکل ۸- نشست طولی برای مقادیر ۰/۶٪ و ۱٪ و ۱/۵٪ انقباض تونل

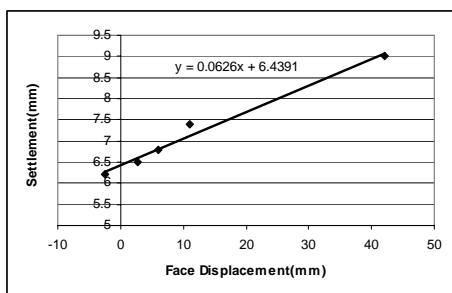
نکته قابل توجه، کاهش مقدار نشست به زیر ۱ میلی‌متر، مستقل از مقدار انقباض تونل، در فاصله‌ای حدود ۲۰ متر (مجموع سریار و قطر) از سینه تونل است که در متون علمی به آن اشاره شده است [۱۱]. در شکل ۹ بیشینه نیروی محوری ایجاد شده در پوشش بتُنی به ازای مقادیر مختلف انقباض تونل مشاهده می‌شود. همانطور که انتظار می‌رود، با افزایش این مقدار، زمین در حمل بار مشارکت بیشتری کرده نیروی فشاری وارد بر پوشش تونل کاهش می‌یابد. البته این روند تا قبل از ایجاد خرابی ادامه دارد.

۳-۱-۳- تاثیر فشار وارد بر سینه تونل

همانطور که قبلاً نیز گفته شد، با کنترل تعییرشکل‌ها در جبهه کار به وسیله اعمال فشار، میزان کاهش حجم از این قسمت (Face Loss) کاهش یافته و از مقدار نشست‌ها کاسته می‌شود. در اینجا به بررسی این اثر پرداخته می‌شود. برای این منظور، در هر فاز محاسبه، پس از غیرفعال کردن حجم خاک حفر شده، نیرویی بر سینه تونل اعمال می‌شود. با توجه به اینکه خاک حفر شده به کمک مواد افزودنی (Conditioner) حالت سیال پیدا می‌کند، لذا فشار با شیب ۱۴ کیلوپاسکال بر متر از بالا

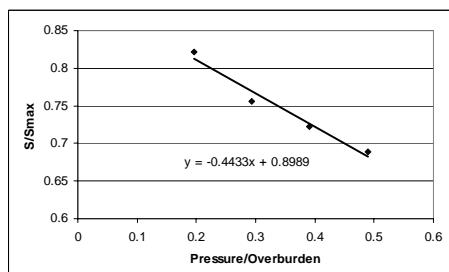
انجمن تونل ایران

در فشاری حدود ۱۱۵ کیلوپاسکال، که تقریباً با فشار در حال سکون خاک در عمق محور تونل برابر است، جابجایی سینه تونل صفر می‌شود و می‌توان گفت که کاهش حجم از جبهه کار در پایین‌ترین سطح قرار دارد. در این شرایط، نشست سطح زمین حدود ۶ میلی‌متر و حدود ۳۰٪ کمتر از حالت بدون اعمال فشار است. بنابراین، کاهش حجم از جبهه کار حدود یک سوم از کاهش حجم کل را تشکیل می‌دهد. در شکل ۱۴ رابطه تقریباً خطی تغییرات جابجایی سینه تونل و نشست سطح زمین مشاهده می‌شود.



شکل ۱۴- تغییرات جابجایی سینه تونل و نشست سطحی

در شکل ۱۵ نیز رابطه بین حداکثر نشست و فشار تعادلی که نسبت به نشست بیشینه (در حالت بدون حفاظت جبهه تونل) و فشار سردار استاندارد شده‌اند، به صورت خطی تقریب زده شده است.

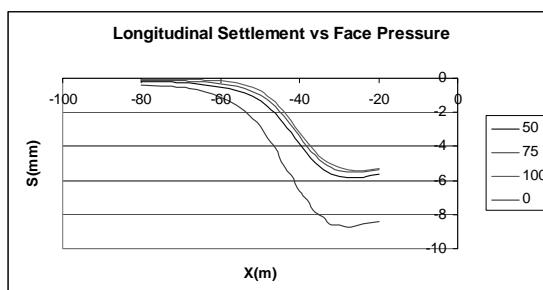


شکل ۱۵- تغییرات نشست حداکثر و فشار تعادلی به صورت بدون بعد

فشار تعادلی بالا، در جلو سپر و در سطح زمین ایجاد تورم می‌نماید که خود مساله ساز است. پس از گذر انتهای سپر از مقطعی که دچار تورم شده، به دلیل دست خوردگی خاک، معمولاً نشست بیشتری نسبت به شرایط عادی رخ می‌دهد [۱۱]. بنابراین، باید از وارد آوردن فشارهای زیاد بر سینه تونل حذر نمود.

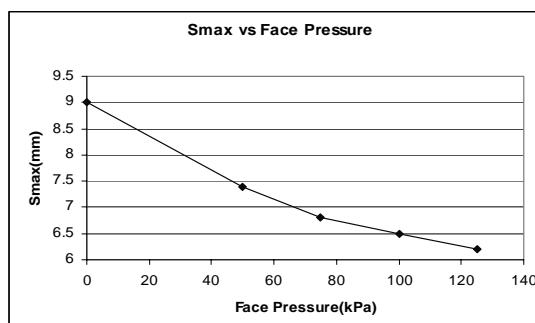
نیروی وارد بر پوشش تونل با افزایش فشار تعادلی در مدل، افزایش می‌یابد. این مساله به دلیل کاهش جابجایی خاک و در نتیجه کاهش مشارکت آن در باربری است (مطابق شکل ۹). البته در واقعیت معمولاً چنین نیست. زیرا همان طور که در بخش ۲-۲ بیان شد، نیروی وارد بر پوشش تونل، به دلیل قوس زدگی (Arching) معمولاً بسیار کمتر

تا پایین مقطع افزایش می‌یابد. در شکل ۱۱ نشست طولی در اثر حفر یک تونل با فشارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوپاسکال (در عمقی برابر عمق محور تونل) و بدون فشار (انقباض ۰/۶٪) ترسیم شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد، نشست در محل سینه تونل ($Z = -40\%$) حدود ۱۳-۲ مطابقت دارد.



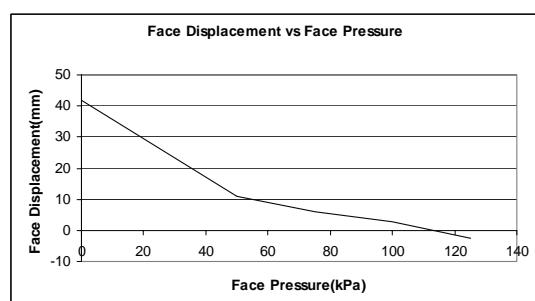
شکل ۱۱- تغییرات نشست طولی در اثر حفر تونل با فشار تعادلی جبهه تونل

همچنین، با اعمال فشار کمی به جبهه تونل، نشست به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. این مساله در شکل ۱۲ به وضوح دیده می‌شود.



شکل ۱۲- تغییرات فشار تعادلی و نشست بیشینه

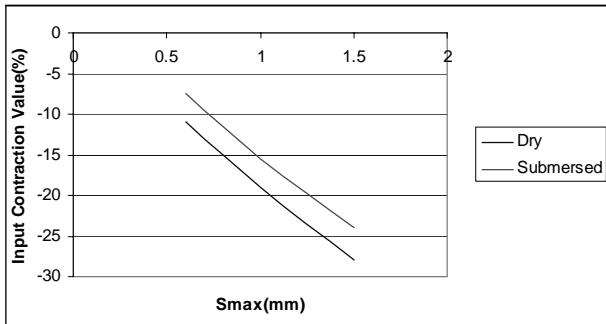
علت این رفتار را می‌توان در شکل ۱۳ یافت. در حالت بدون فشار، جبهه تونل حدود ۴ سانتی‌متر به درون حرکت می‌کند که باعث بروز نشست‌های بیشتر می‌گردد. با اعمال حداقل فشار ۵۰ کیلوپاسکال که ناشی از وزن مواد حفر شده است، این جابجایی به ۱ سانتی‌متر محدود می‌شود.



شکل ۱۳- تغییرات جبهه تونل با فشار تعادلی

انجمن توپل ایران

بار در اطراف توپل و در نتیجه کاهش مقدار ثابتی از تغییر شکل‌های خمی شده است.



شکل ۱۷- مقایسه نشست‌ها در حالت خشک و زیر سطح آب

در حالت عادی، فشارهای عمودی وارد بر توپل بیش از فشارهای افقی هستند و باعث اعوجاج توپل و تغییر شکل تاج آن به درون می‌شوند. در حالیکه وجود آب به دلیل افزایش بیشتر فشار جانی نسبت به فشار عمودی، باعث کاهش این اختلاف و در نتیجه عملکرد محوری و کاهش تغییرشکل خمی پوشش توپل می‌گردد.

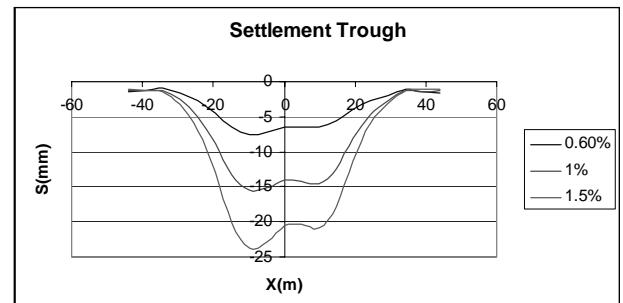
به عنوان نکته آخر، باید توجه داشت که اشباع بودن خاک کلا سبب سستی و ناپایداری توپل است. لذا اگر در شرایط خشک انقباض ۰/۶٪ معادل با تغییرشکل شعاعی ۱ سانتیمتر متصور بود، در زیر سطح ایستابی به احتمال زیاد خاک حرکت شعاعی بیشتری خواهد کرد. بنابراین امکان دستیابی به انقباض ۰/۶٪ در زیر سطح آب مورد سوال قرار دارد و بهتر است برنامه ریزی‌ها بر اساس مقدار انقباض بیشتر (مثلاً ۱٪) انجام گیرد. این مساله در بخش ۲-۳ نیز مورد بررسی قرار گرفته و در پژوهش‌ها مشاهده شده که وجود آب باعث افزایش نشست نسبت به حالت خشک است. اما به هر جهت، وجود آب به طور مستقل و با ثابت نگه داشتن بقیه پارامترها، به دلایلی که ذکر شد، کاهش نشست را نتیجه می‌دهد.

در شکل ۱۸ تاثیر آب بر نیروی فشاری پوشش توپل قبل مشاهده است. وجود آب باعث کاهش تنفس موثر خاک و در عوض وارد شدن فشار هیدرولاستاتیکی بیشتری می‌شود و در کل، نیروی فشاری بزرگتری در پوشش توپل پدید می‌آید. مورد دیگر، کاهش شبیب نزولی نمودار فشار پوشش با افزایش انقباض توپل در زیر سطح ایستابی می‌باشد که علت آن، مستقل بودن فشار ناشی از بار آب از تغییرشکل‌های شعاعی است. یعنی توپل دست کم باید کل بار آب را تحمل کند.

از فشار کل سربار است. از طرفی هرچه آشفتگی ایجاد شده در زمین، حین ساخت توپل بیشتر باشد، به دلیل عدم ایجاد قوس زدگی، فشار سربار بیشتری بر پوشش توپل وارد خواهد شد. بنابراین، بدیهی است که کنترل حرکت‌های جبهه توپل و در نتیجه کاهش آشفتگی زمین اطراف، می‌تواند باعث کاهش نیروها در پوشش توپل شود. اما پدیده قوس زدگی به دلیل پیچیدگی، در این نرم افزار قابل مدل سازی نیست.

۳-۲-۳- تاثیر وجود آب

با اعمال فشار ایستابی برابر با ۶ متر روی تاج توپل در مدل، ناپایداری جبهه توپل رخ می‌دهد. بنابراین، بدون اعمال فشار تعادلی، امکان احداث توپل وجود ندارد و فشاری حدود ۱۰۰ کیلوپاسکال، تقریباً معادل فشار آب در ارتفاع محور توپل، برای حفظ پایداری جبهه کار نیاز است. در شکل ۱۶ نشست‌های سطحی به ازای سه حالت مختلف انقباض توپل رسم شده اند. اولین نکته‌ای که جلب نظر می‌کند، عدم تقارن منحنی نسبت به مرکز مدل است که با افزایش انقباض توپل، اختلاف بین دو سمت گود نشست بیشتر می‌شود. این مساله به دلیل ضعف خاک ناشی از وجود آب و همین‌طور افزایش فشارهای جانی زمین اتفاق افتاده است. با افزایش انقباض توپل، محدوده بزرگتری از اطراف آن تحت تاثیر خاکبرداری توپل اول قرار گرفته و تضعیف می‌شود و حفر توپل دوم در این زمین سست، نشست بیشتری ایجاد می‌نماید.



شکل ۱۶- نشست‌های سطحی در سه حالت مختلف انقباض توپل

مساله قابل توجه دیگر، کاهش نشست‌ها نسبت به مدل پایه بدون فشار تعادلی است. در این راستا، باید به چند نکته توجه داشت. اول اینکه فشار اعمالی باعث کاهش حجم کمتری از جبهه توپل، حتی در صورت وجود آب، می‌شود. در این حالت، جابجایی سینه توپل برای انقباض ۰/۶٪ حدود ۲ سانتیمتر است که نصف این مقدار در مدل پایه می‌باشد. جالب اینکه با قرار دادن این عدد در معادله به دست آمده در شکل ۱۴ نشست برابر ۷/۶ میلی‌متر به دست می‌آید که از دقت خوبی برخوردار است.

در شکل ۱۷ نشست بیشینه در حالت خشک و وجود آب مقایسه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، فاصله دو نمودار مقدار ثابتی است. پس به عنوان نکته دوم، به نظر می‌رسد که وجود آب باعث توزیع یکنواخت

انجمن تونل ایران

بنابراین، می‌توان به تشابه بین حالت افزایش ضریب K و حالت وجود فشار آب پی برد. در واقع با افزایش این ضریب، اختلاف بین فشارهای افقی و عمودی وارد بر پوشش کاهش یافته بر عملکرد محوری آن افزوده می‌گردد و بنابراین از مقدار لنگرها و تغییر شکل‌های خمی کاسته می‌شود. این اثر درست مانند اثر بالا آمدن سطح استabilی است که در بخش ۲-۳ بررسی شد.

در اینجا، باید مجدداً به این نکته اشاره کرد که این تحلیل، با فرض ثابت بودن بقیه پارامترها و تنها تغییر ضریب K استوار است. اما همانطور که می‌دانیم، این فرض معمولاً درست نیست، زیرا خاکی با فشار جانبی بالا عموماً دارای زاویه اصطکاک داخلی کوچکی است و در زمرة خاک‌های ضعیف قرار می‌گیرد و در نتیجه احداث تونل در چنین خاکی با نشست زیادی همراه خواهد بود. در حالیکه بنا بر تحلیل فوق، به دلیل فشار جانبی بالا باید نشست کمتری رخ دهد. در نتیجه، باید توجه داشت که این تحلیل صرفاً به منظور شناخت بهتر نحوه تاثیر پارامتر به صورت مستقل انجام می‌شود و در واقعیت، بسیاری از خواص خاک به یکدیگر وابسته‌اند.

۴ - نتیجه گیری

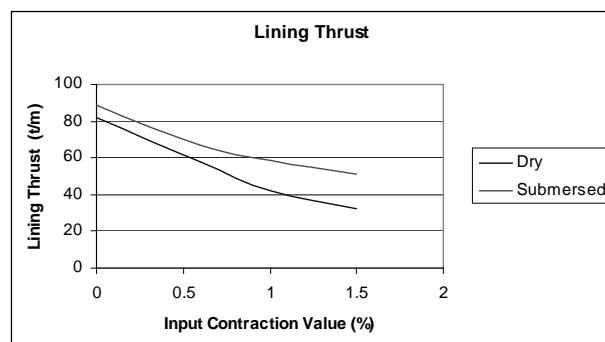
الف - نشست تغییر شکل‌های زمین قبل از نصب پوشش است. هرچه این جابجایی‌ها بیشتر شوند، نیروی کمتری به پوشش تونل وارد می‌گردد و از طرف دیگر، نشست بیشتری در اطراف تونل و سطح زمین رخ می‌دهد.

ب - گود نشستی که از طریق تحلیل عددی به دست آمده، دارای پهنه‌ای بیشتری نسبت به گود نشست محاسبه شده با رابطه تحریبی پک است که البته این مساله در متون علمی مورد تایید می‌باشد.

ج - برای محدود نمودن کاهش حجم خاک از جبهه کار، باید فشار مناسی به این منطقه وارد شود. تحلیل صورت گرفته نشان می‌دهد که در خاک ماسه‌ای بالای سطح ایستabilی، اعمال فشار مختصراً به سینه تونل می‌تواند جابجایی‌ها را به مقدار زیادی محدود کرده و نشست‌ها را کاهش دهد. برای کمینه کردن این عامل، باید فشاری در حدود فشار جانبی خاک به سینه کار اعمال گردد.

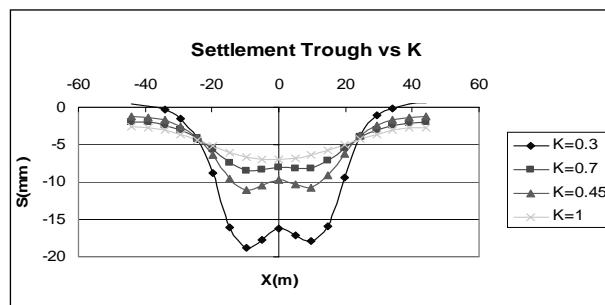
د - در صورتی که مرکز تونل دوم در فاصله ای بیش از دو قطر از مرکز تونل اول قرار داشته باشد، نشست پس از ساخت دو تونل تقریباً برابر با حاصل جمع نشست تک تک تونل‌هاست. هرگاه این فاصله کمتر باشد، باید قبل از برهم نهی، کاهش حجم بیشتری برای ساخت تونل دوم در نظر گرفت.

ه - نرم‌افزار استفاده شده، قابلیت مدلسازی پدیده پیچیده قوس زدگی را ندارد. بنابراین، نیروهای وارد شده بر پوشش تونل همواره متناسب با کل سربار است و اثر کاهش دست خوردگی ناشی از کنترل جبهه تونل که باید باعث کاهش نیروهای وارد بر پوشش بتنی گردد،



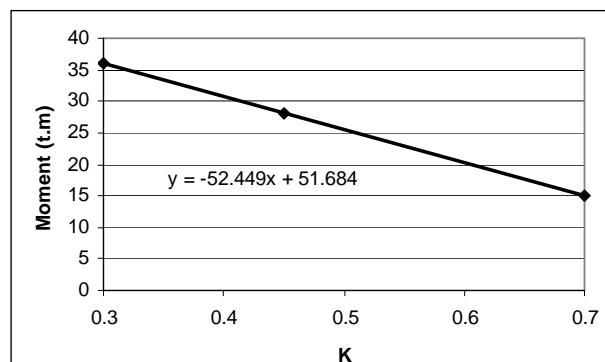
شکل ۱۸- نیروی فشاری وارد بر پوشش تونل در بالا و پایین سطح آب

۳-۳-۳- تاثیر ضریب فشار جانبی خاک در حال سکون فشار جانبی خاک نیز از پارامترهایی است که تعیین دقیق آن مشکل بوده و تاثیر به سزایی در رفتار خاک دارد. در شکل ۱۹ گود نشست برای مقادیر مختلف K ترسیم شده است. در این نمودار، با افزایش K مقدار نشست بیشینه کاهش یافته و پهنه‌ای گود بیشتر می‌شود.



شکل ۱۹- تغییرات گود نشست با مقادیر مختلف K

همچنین، همانطور که در شکل ۲۰ ملاحظه می‌گردد، لنگرهای وارد بر تونل با افزایش این پارامتر، به صورت خطی کاهش می‌یابند. این کاهش در لنگرهای همراه با افزایش مختصراً در نیروهای محوری است. برای مثال، با افزایش K به 70% نیروی محوری از 57 به 62 تن می‌رسد.



شکل ۲۰- تغییرات لنگر وارد بر تونل و پارامتر K

انجمن تونل ایران

Surface Settlement Due to Soft Ground Tunneling”, Proc. North American Tunneling, Boston, Balkema, 2000, pp. 645-652

[9] O'Reilly, M.P. & New, B.M. “Tunneling Induced Ground Movements: Predicting Their Magnitude and Effects”, Proc. 4th Int'l Conf. on Ground Movements and Structures, Cardiff, 1991, pp. 671-697

[10] Phienwej, N. “Ground Movements Associated with Soft Ground Tunneling in Bangkok”, Proc. Tunnels and Metropolises, Sao Paulo, Balkema, 1998, pp. 1187-1192

[11] Fu, D. “The Construction Technique and the Control of Ground Settlement of EPB Shield in Shanghai”, Proc. Tunnels and Metropolises, Sao Paulo, Balkema, 1998, pp. 799-804

دیده نمی شود.
و - بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و همین طور افزایش ضربی فشار جانبی خاک، دارای اثرات مشابهی هستند. به این صورت که هر دو باعث نزدیک شدن شرایط بارگذاری به حالت هیدرواستاتیک و در نتیجه، افزایش نیروی محوری و کاهش لنگر و تغییرشکل های خمی می شوند. این مساله در واقعیت نیز تایید شده است. در صورت ثابت بودن پارامترهای دیگر، نتیجه این مساله کاهش نشست است. در صورتی که ضربی فشار جانبی بالای خاک و همینطور اشباع بودن آن، هر دو نشان از شرایط ضعیف زمین دارند. لذا برابر فرض کردن جابجایی های شعاعی در این حالتها با حالت خاک خشک و قوی که فشار جانبی کمتری دارد، نادرست بوده و در دو حالت فوق، نشستهای بیشتری گزارش شده است. بنابراین برای مقایسه این حالتها باهم، باید ضربی انقباض تونل در خاک خشک و قوی کمتر فرض شود.

۵ - مراجع

- [1] Leca, E. & Dormieux, L. “Upper and Lower Bound Solutions for the Face Stability of Shallow Circular Tunnel in Frictional Material”, Geotechnique, Vol. 4, No. 4, 1990, pp. 581-605
- [2] Peck, R.B. “Deep Excavation and Tunneling in Soft Ground”, Proc. 7th Int'l Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mexico City, State of the Art Volume, 1969, pp. 225-290
- [3] Ward, W.H. & Pender, M.J. “Tunneling in Soft Ground”, General Report, Proc. 10th Int'l Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Stockholm, Vol. 4, 1981
- [4] Mair, R.J. “Geotechnical Aspects of Design Criteria for Bored Tunneling in Soft Ground”, Proc. Tunnels and Metropolises, Sao Paulo, Balkema, 1998, pp. 183-199
- [5] Bickel, J.O. & Kuesel, T.R. & King, E. “Tunnel Engineering Handbook”, Chapman & Hall, 1996
- [6] O'Reilly, M.P. & New, B.M. “Settlement above Tunnels in the United Kingdom, Their Magnitude and Prediction”, Tunneling 82, London, IMM, 1982, pp 173-181
- [7] Rankin, W.J. “Ground Movements Resulting from Urban Tunneling: Predictions and Effects”, Engineering Geology of Underground Movements, No. 5, 1988, pp. 79-92
- [8] Wang, Z.W. & Sampaco, K.L. “Models for Predicting

آزمایش نمونه سانتریفیوژ نگهداری سینه کار تونل به وسیله بولت

سعید مشکین (کارشناس ارشد مهندسی معدن، مهندسین مشاور ترددراه)
پست الکترونیک: SAEEDMESHKIN@YAHOO.COM

زمین های ماسه ای، این آزمایش را پیشنهاد کردند. R.Alhallak و همکارانش (۲۰۰۰) با به کارگیری این آزمایش در ماسه خشک دریافتند که نصب بولت در سینه کار، موثر و بستگی به چگالی بولت دارد. در این تحقیق جهت روشن شدن تاثیر روش های کمکی (بولتزی) در سینه کار، پیش تحکیمی با نصب بولت های قائم و فریلینگ) بر پایداری سینه کار، آزمایش مدل سانتریفیوژ با درنظر گرفتن آرایش و طول های مختلف برای بولت ها انجام شد و نتایج اوصله با نتایج حاصل از انجام روش های تئوری نظری استفاده از DEM با هم مقایسه شدند.

۲- آزمایش نمونه سانتریفیوژ

۱-۱-۱- تجهیزات و روش آزمایش

شکل ۱ مقطع عرضی نمونه سانتریفیوژ را نشان می دهد. در این آزمایش یک مکعب مستطیل به ابعاد $140 \times 500 \times 400$ میلی متر به همراه یک صفحه آکریلیک شفاف در قسمت جلو مورد استفاده قرار گرفت. برای شبیه سازی تونل از یک نیمه استوانه به قطر ۸۰ میلی متر و با پوسته آکریلیک استفاده شد. همچنین یک صفحه آلومینیومی نیم دایره ای شکل، به ضخامت ۵ میلی متر در پشت سینه کار تونل فرضی قرار داده شد و علاوه بر موارد مذکور دیواره های داخلی مکعب هم جهت کاهش اصطکاک با صفحات تلفونی پوشانده شدند.

۲-۱-۲- روش آزمایش

مدل مذکور به تجهیزات گریز از مرکز متصل می گردد. وقتی که شتاب گریز از مرکز به مقدار ثابتی رسید، صفحه آلومینیومی پشت سینه کار تونل بیرون کشیده شده تا مقدار تنش پشت سینه کار کاهش یافته و پس از آن وضعیت پایداری سینه کار مشاهده گردد. جهت عدم وجود هیچ گونه

نوشتار پیش رو، برگردانی است از مقاله

Kamata H. & Mashimo, H., 2003, "Centrifuge model test of tunnel face reinforcement by bolting" Tunnelling and Underground Space Technology Volume 18, Issues 2-3, April-June 2003, Pages 205-212.

چکیده

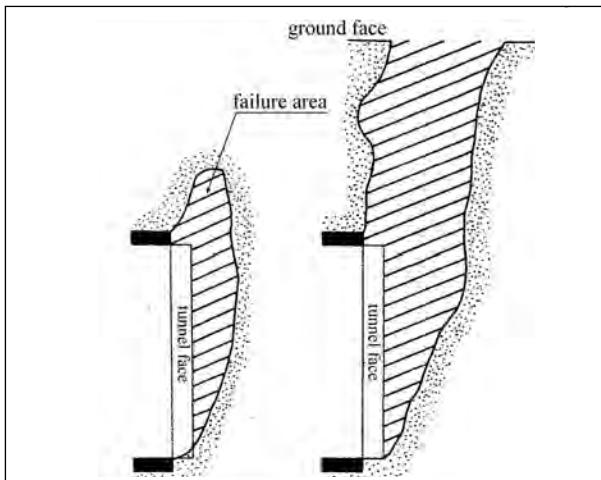
جهت بررسی تاثیر به کارگیری روش های نصب مهار (مهاربندی در سینه کار تونل، استفاده از بولت های پیش تحکیمی و فریلینگ) در پایدارسازی سینه کار تونل، آزمایش نمونه سانتریفیوژ با در نظر گرفتن آرایش های مختلف برای نصب بولت ها و در طول های مختلف بولت، در زمین های ماسه ای انجام شده است. نتایج حاصل شده از این آزمایش با نتایج حاصل شده از تحلیل انجام گرفته با روش عددی المان مجزا (DEM) مقایسه شده اند. نتایج تجربی انجام این آزمایش نشان می دهند که بولت دارای طول و آرایش بهینه جهت اثربخشی موثر می باشد و این مسئله نشان می دهد که تاثیر نصب بولت می تواند به وسیله روش DEM شبیه سازی گردد.

۱- مقدمه

در برخی نواحی، جهت حفر تونل به صورت ایمن، نگهداری سینه کار تونل الزامی می باشد. چنانچه در شرایط زمین شناسی نامناسب، نتوان از پایدار ماندن سینه کار تونل در حین اجرا مطمئن بود، می توان از روش های استفاده از بولت نظیر بولتزی در سینه کار و فریلینگ و نظایر آن جهت پایدارسازی جبهه کار کمک گرفت. پارامترهای مورد نیاز جهت طراحی دقیق این روش ها، شامل طول بهینه بولت، آرایش نصب بولت ها و همچنین سختی بولت و غیره تاکنون به دقت مشخص نشده اند. Mashimo و Suzuki (۱۹۹۸)، جهت تعیین چگونگی پایدارسازی سینه کار در

انجمن تونل ایران

همچنین در بالای تاج تونل ارتفاع زون شکسته در شتاب $25g$ تا $0.4D$ و در شتاب $30g$ تا سطح زمین گسترش می‌یافتد.



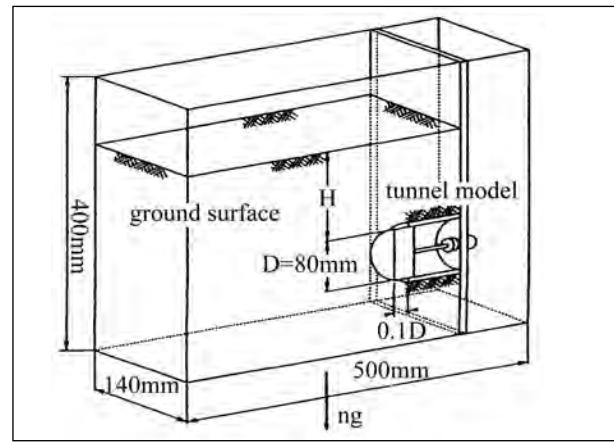
شکل ۲: محدوده شکست (سینه کار بدون نگهداری)

۲-۲-۲ - نصب بولت در سینه کار
در این آزمایش از بولتهای با قطر 1.2 میلی‌متر استفاده و این بولتها در طولهای مختلف ($25D$ ، $20D$ ، $15D$ ، $10D$ و $0.5D$) و همچنین آرایشهای مختلف (تمام مقطع، نیم‌مقطع بالائی و یا نیم‌مقطع پائینی) مورد آزمایش قرار گرفتند. این آزمایشها در شتاب $25g$ انجام شده‌اند. شکل ۳ آرایش بولتها و شکل $4a$ حالت شکست سینه کار را وقتو که بولتها در کل سینه کار نصب شدن نشان می‌دهند. به نظر می‌رسد که در صورت استفاده از بولتهای با طول بیشتر از $0.5D$ محدوده شکسته به حداقل می‌رسد. به عبارت دیگر بولتهای با طول D ، $0.5D$ همان تاثیر بولتهای با طول بیشتر را دارا هستند.

همچنین وقتیکه طول بولتها $0.4D$ در نظر گرفته شود، زون شکسته اندکی کوچکتر از حالت بدون نگهداری می‌باشد و تاثیر آن در پایداری سینه کار چشمگیر نمی‌باشد. بنابراین طول $0.25D$ کافی نبوده چراکه بعد محدوده شکسته در راستای پیشروی تونل بین $0.2D$ الی $0.3D$ در حالت بدون سیستم نگهدارنده می‌باشد.

شکلهای $4b$ و $4c$ وضعیت محدوده شکسته، زمانی که بولتها فقط در نیمه پائینی یا نیمه بالائی مقطع نصب شده‌اند را نشان می‌دهند. در شکل $4b$ قسمت اعظم تاثیر نصب بولت، در بخش پائینی سینه کار مشاهده می‌گردد. به هر حال شکست طاقی شکل در حالتی فوق الذکر همانند حالت بدون نگهداری اتفاق خواهد افتاد. اما در شکل $4c$ محدوده شکست بسیار کوچکتر و شکست طاقی شکل روی نداده است. این مسئله حاکی از آن است که نصب بولت در نیمه بالائی سینه کار بسیار موثرتر از نصب آن در نیمه پائینی می‌باشد.

خلا در نزدیکی سینه کار، مدل تونلی به همراه صفحه آلومینیومی به اندازه $0.1D$ به سمت جلو کشیده شدند. در این آزمایش از ماسه غیر اشباع به عنوان مصالح درونگیر تونل استفاده شد.



شکل ۱: شماتی از مدل مورد استفاده در آزمایش

جدول ۱ خصوصیات مصالح مورد استفاده را نشان می‌دهد. مصالح مذکور به صورت لایه‌های 2 سانتی‌متری ریخته شده و سپس متراکم شدند.

جدول ۱: خصوصیات مصالح

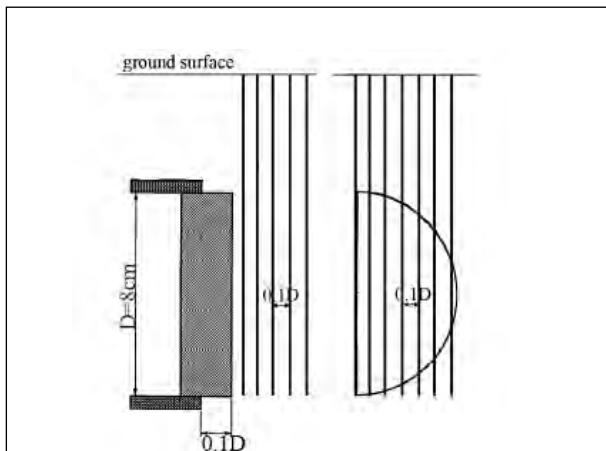
مقادیر	واحد	خصوصیات
۲,۶۴		چگالی ویژه
۱۵,۱	kN/m ³	وزن واحد حجم
۶,۵	%	مقدار آب
۴,۶	kPa	چسبندگی
۳۴,۵	deg	زاویه اصطکاک داخلی

بولتها از جنس برنز فسفردار ساخته شده و پس از ساخته شدن مدل نسب می‌شوند. نسبت روباره H/D (نسبت ارتفاع روباره به قطر تونل) در تمامی آزمایشات ثابت و معادل یک بوده است.

۲-۲ - نتیجه آزمایش و ملاحظات

۲-۲-۲ - در حالت بدون نگهداری

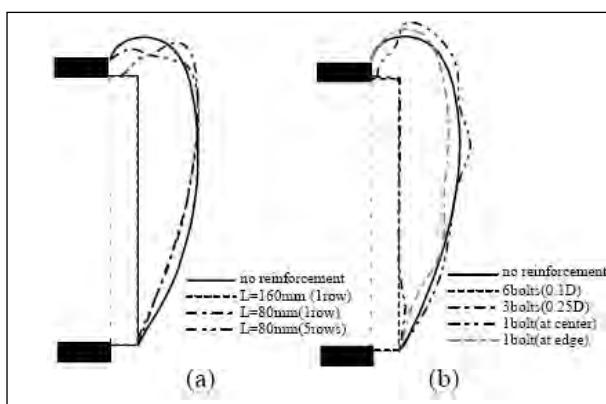
شکل ۲ نشان دهنده حالات شکست سینه کار به ترتیب در شتاب سانتریفیوژ $25g$ و $30g$ است. در هریک از حالتی‌های مذکور، لغزش سطحی در نزدیکی انتهای سینه کار ایجاد و به سمت بالائی سینه کار گسترش می‌یافتد. طول منطقه شکست در راستای پیشروی جبهه کار به $0.2D$ الی $0.3D$ می‌رسید.



شکل ۵: نحوه آرایش بولتها (بولتهای پیش تحکیمی قائم)

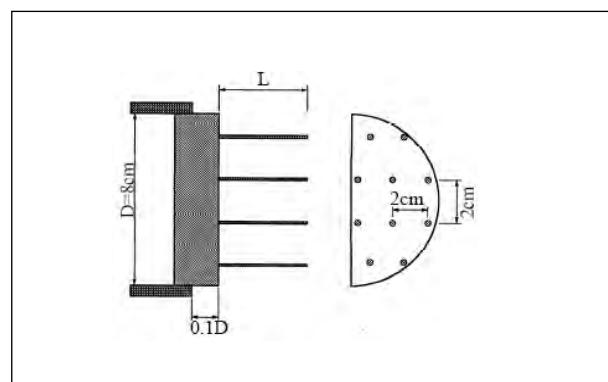
شکل ۶a وضعیت‌های مختلف شکست را در این حالت نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد در صورتی که بولتها ($L=160\text{ mm}$) فقط در یک ردیف و بفاصله $1D$ از سینه کار نصب گردد، پایداری سینه کار رضایت‌بخش باشد. در حالت دیگر ($L=80\text{ mm}$) محدوده شکست، به شکل طاقی و انگکتی کوچکتر از حالت بدون نگهدارنده بوده است. در ادامه و در حالت دیگر پنج ردیف بولت ($L=80\text{ mm}$) در مقطع طولی نصب شد و وضعیت شکست نسبت به حالت یک ردیف تغییر چشمگیری نداشته است. بنابراین با توجه به نتایج مذکور می‌توان دریافت که طول بولت مهمترین گزینه در پایداری سینه کار می‌باشد.

آزمایش‌های دیگر نیز انجام شدند تا تأثیر آرایش بولتها مشخص گردد. بدین منظور، تعداد ردیف و طول بولت ثابت و بترتیب معادل یک و $L=160\text{ mm}$ در نظر گرفته و فواصل نصب، تغییر داده شدند. شکل ۶b نتیجه را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ملاحظه می‌گردد، نصب یک بولت کافی نکرده و پایداری سینه کار با نصب بیش از سه بولت تأمین گشته است.

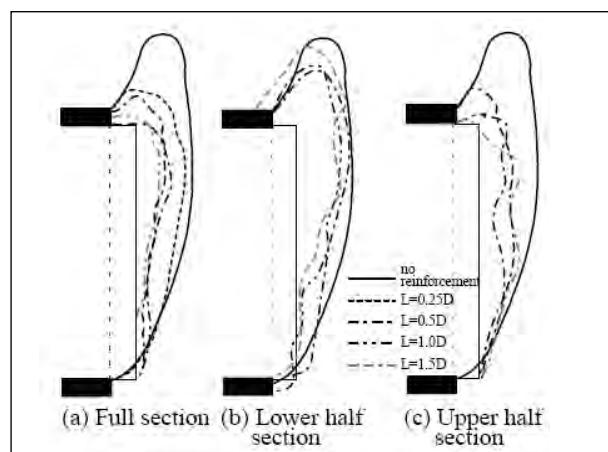


شکل ۶: محدوده شکست (در حالت بولتزنی پیش تحکیمی قائم)

نیروهای محوری و ممان خمی بولتها در حالت بولتزنی تمام مقطع اندازه‌گیری شدند. نیروی کششی تولید شده در طول بولت دارای بیشینه مقدار $N1$ و در وسط بولت بوده و بالعکس بیشینه مقدار ممان خمی در نزدیکی سینه کار و مقدار آن بیش از $0.3 N.\text{mm}$ بوده است. این مسئله نشان می‌دهد که تأثیر نصب بولت در سینه کار بیشتر مربوط به نیروی محوری است.



شکل ۳: نحوه آرایش بولتها



شکل ۴: محدوده شکست پس از نصب بولت

۳-۲-۲ - نصب بولتهای پیش تحکیمی قائم

در این روش از بولتهای با قطر یک میلی‌متر و جهت نشان دادن تأثیر طول بولت در پایداری سینه کار از دو طول متفاوت 160 میلی‌متر (از سطح زمین تا کف تونل) و 80 میلی‌متر (از سطح زمین تا تاج تونل) استفاده شده است. همانطور که در شکل ۵ مشهود می‌باشد، بولتها در فاصله $1D$ از هم و در راستای مقطع طولی تونل نصب شده‌اند.

انجمن تونل ایران

گرچه فریلینگ می‌تواند به عنوان یک سیستم تحکیم جهت کاهش فشار خاک بر محدوده خرد شده جلو سینه‌کار مطرح باشد، اما از نظر پایدارسازی سینه‌کار در زمینهای نرم دارای محدودیت می‌باشد. بنابراین در صورتیکه پایداری سینه‌کار مورد نیاز باشد، لازم است از روش‌های دیگر جهت پایدارسازی جبهه‌کار و همچنین کوچکتر کردن محدوده حفر سینه‌کار در هر مرحله، بهره جست.

۳ - تحلیلهای عددی

۱-۳ - روش تحلیل

مدلسازی عددی جهت تطبیق با نتایج تجربی مذکور انجام و بدین منظور از روش DEM با استفاده از نرم‌افزار UDEC که توسط شرکت Itasca در سال ۱۹۹۶ تهیه شده، استفاده شده است. برای لحاظ کردن ناپیوستگیها (نظیر درزهای توده‌سنگ)، محدوده، به صورت بلوک‌های جدا از هم و با طول زیاد به همراه آزادی عمل در چرخش مدل شد، به طوریکه هر بلوکی می‌توانست به صورت صلب یا انعطاف‌پذیر رفتار نماید. علاوه بر موارد گفته شده، این برنامه قادر به مدل کردن سیستم نگهداری نظیر بولتهای تمام تزریقی نیز می‌باشد. بنابراین این برنامه توانایی ارزیابی تاثیر بولتنی بر پایداری سینه‌کار را دارد. نتایج به دست آمده بستگی به اندازه بلوکها و شرایط سطوح درزهای دارد. بنابراین اندازه بلوکها کوچک در نظر گرفته شدن و مدل شبیه به خاک واقعی ساخته شد. لازم به ذکر است که محدودیتهایی هم در مدلسازی وجود دارد، به طوریکه زمان محاسبه با درنظر گرفتن بلوک‌های کوچک افزایش یافته و از طرف دیگر روش تعیین پارامترهای نظیر سختی و مقاومت بین بلوکها هنوز معین نشده است.

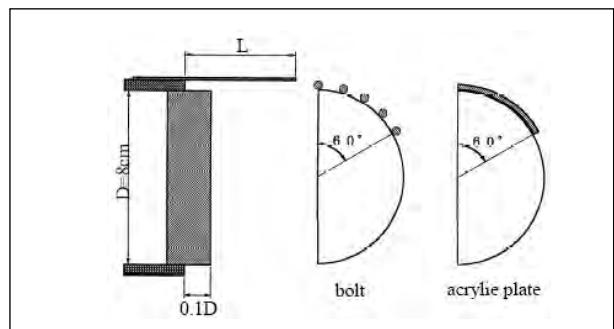
با توجه به عدم قطعیت برخی پارامترها، DEM مناسبتر از FEM (روش المان محدود) جهت تعیین تاثیر نصب بولت در سینه‌کار می‌باشد چرا که DEM قادر به قضاؤت در مورد وقوع شکست یا عدم وقوع آن همانند آزمایش نمونه سانتریفیوژ می‌باشد. جهت مدل کردن سطح شکست در حالت بدون نگهداری، ابتدا اندازه بلوکها و سطوح درزه مشخص و پس از آن در شرایط یکسان تاثیرات نصب بولت در سینه‌کار مدل شدند.

پارامترهای رودی شامل مدول الاستیسیته بلوک (E)، سختی نرمال و برشی (K_v، K_h) بین بلوکها و مقاومت درزه (C و Φ) بوده‌اند. جهت تسهیل در محاسبات مقادیر K_v و K_h و E ثابت و C و Φ متغیر فرض شدند. مدلها در مقیاس نشان داده شده

در شکل ۹ و با شتاب ۱ g ساخته و دو نوع مدل درزهای پیوسته و ناپیوسته انتخاب شدند. ابعاد بلوکها ۰.۵ × ۰.۵ × ۰.۲۵ m و ۰.۵ × ۰.۵ × ۰.۲۵ m می‌باشند. در مرحله اول قبل از حفر تونل، تنشها محاسبه و در مرحله دوم تنشها و تغییر شکل‌ها پس از حفر تونل محاسبه شده‌اند.

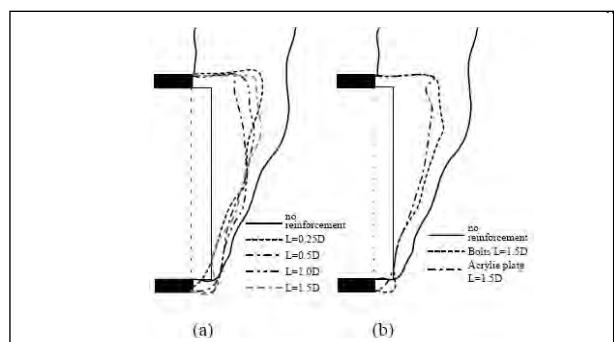
از مطالب مذکور می‌توان نتیجه گرفت که نصب بولتهای پیش‌تحکیمی قائم، در صورتیکه بولتها به تراز کف تونل برسند، تاثیر بسیار بیشتری بر پایداری‌ماندن سینه‌کار نسبت به حالتیکه تعداد زیادی بولت کوتاه نصب گردد، دارا می‌باشد و همچنین برای نصب بولتها فاصله بهینه‌ای وجود دارد.

در این آزمایش روش فریلینگ نیز با بولتهای به قطر یک میلی‌متر و طول‌های متغیر بین ۰.۰۵D، ۰.۰۲۵D و ۰.۰۱D مورد آزمایش قرار گرفت. چنانچه در شکل ۷ نشان داده شده، بولتها در محدوده ۰.۰۶D در جه دو سمت محور تونل، در سقف و به فواصل یک سانتیمتر از هم نصب شدند. در ادامه جهت روش شدن تاثیر سختی فریلینگ، آزمایشی با استفاده از نمونه فریلینگ ساخته شده از صفحه آکریلیک، انجام گرفت. این آزمایش‌ها در شتاب ۳۰ g انجام شدند تا علاوه بر بررسی وضعیت پایداری سینه‌کار، میزان نشست سطح زمین زمانیکه زون شکست به سطح زمین می‌رسد در حالت بدون نگهدارنده نیز بررسی شود (رجوع به شکل ۲a).

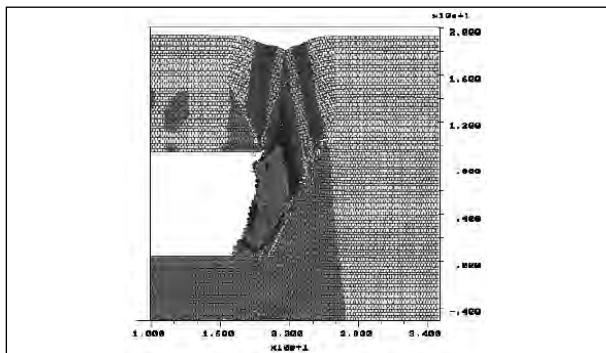


شکل ۷: آرایش نصب بولت (در حالت فریلینگ)

شکل ۸a حالت‌های شکست را در آزمایش فریلینگ نشان می‌دهد. هیچ تفاوت آشکاری در شکل شکست و سطح آن در خلال آزمایش یافت نشده است. در باب تاثیر فریلینگ بر نشست سطحی، بنظر می‌رسد که فریلینگ، از گسترش زون شکست تا سطح زمین جلوگیری می‌کند اما تاثیر چندانی بر پایداری سینه‌کار ندارد. شکل ۸b، نتایج استفاده از صفحه آکریلیک را نشان می‌دهد، نتایج مشابه شکل ۸a می‌باشد.



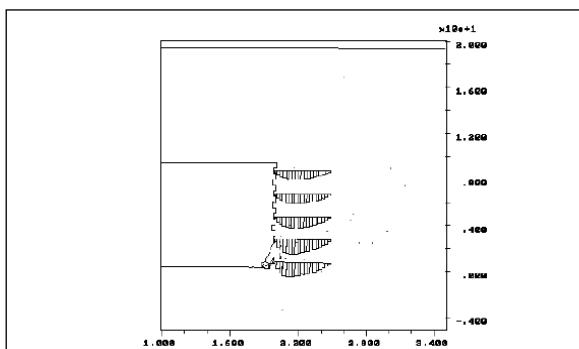
شکل ۸: زون شکسته (در حالت فریلینگ)



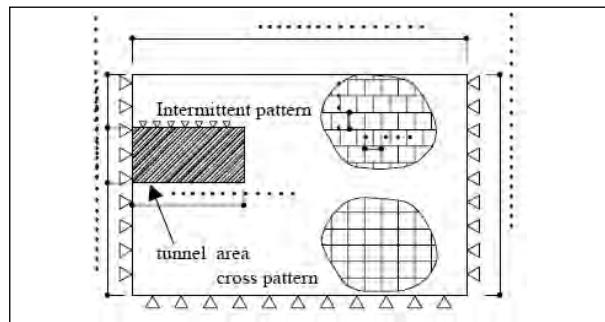
شکل ۱۱: جابجایی بلوکها در حالت بدون نگهداری
(بعاد هر بلوک $0,25 \times 0,25 \text{ m}$)

۲-۲-۳ - نصب بولت در سینه کار

جهت بررسی تاثیر نصب بولت، اندازه بلوکها $0,5 \times 0,5 \times 0,5 \text{ m}$ و درزهای طور ناپیوسته در نظر گرفته شدند. جدول ۲ پارامترهای مورد استفاده در محاسبه را نشان می‌دهد. المان cable تولید شده در UDEC فقط نیروی محوری را برای مدل کردن بولت مورد استفاده قرار می‌دهد. شکل ۱۲ نتیجه نصب بولت‌هایی به طول $D = 0,5\text{m}$ و در پنج ردیف بر روی سینه کار را نشان می‌دهد. در نهایت، مدل به تعادل رسیده و سینه کار به حالت پایدار در آمده و تنها یک شکست کوچک در پایین ترین قسمت سینه کار رخ داد. در حالت تعادل، سرعت بلوکها تقریباً صفر و نیروهای کششی در طول بولت ایجاد و بیشینه مقدارش در وسط بولت بوده است. همچنین با در نظر گرفتن طول $1D$ برای بولت نیز سینه کار پایدار بوده است. از طرف دیگر، نصب بولتهای با طول $0,25D$ موجب شد تا مدل به تعادل نرسد و بطوریکه در شکل ۱۳ نشان داده شکست اتفاق بیفتند و این نتایج متناقض نتایج تجربی نبوده‌اند. بنابراین برای اینکه نصب بولت موثر واقع شود، نصب بولت با طول کافی، لازم است. علاوه بر موارد بالا، تاثیر وضعیت نصب بولت هم در محاسبات لحاظ شده و مشخص شد که نصب بولت در نیمه بالایی سینه کار موجب پایداری سینه کار می‌گردد و بالعکس نصب بولت در نیمه پایینی سینه کار، پایداری آنرا تضمین نمی‌کند. هیچ تفاوت آشکاری بین این نتایج و نتایج تجربی مشاهده نمی‌شود.



شکل ۱۲: بردار سرعت و نیروی محوری بولتهای سینه کار با طول $D = 0,5\text{m}$

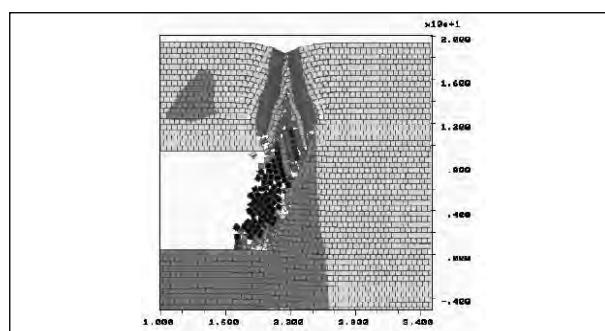


شکل ۹: مدل عددی

۳-۲-۳ - نتایج تحلیل و تفسیر آنها

۱- در حالت بدون نگهدارنده

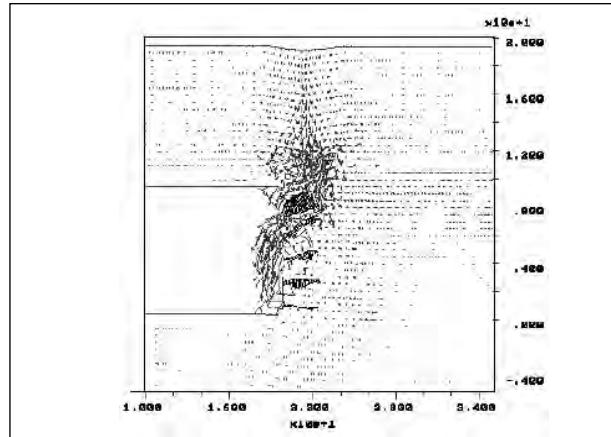
شکل ۱۰ جابجایی بلوکها را در حالت درزهای ناپیوسته و با اندازه بلوک $0,5 \times 0,5 \times 0,5 \text{ m}$ نشان می‌دهد و ملاحظه می‌گردد که شکست اتفاق می‌افتد. سطح شکست از انتهای سینه کار آغاز و به سمت بالا در جهت پیشروی گسترش می‌پاید (در ابتدا شکل طاقی تشکیل گشته و در پایان، محدوده شکست تا سطح زمین گسترش می‌پاید). سطح شکست مذکور در جهت پیشروی تونل تا فاصله $D = 0,3\text{m}$ از سینه کار رسید. این نتایج نشان دهنده تطابق خوبی با نتایج تجربی می‌باشند (شکل ۲). البته این روش قادر به تعادل رساندن مدل با شکل شکست طاقی در شتاب 25g نمی‌باشد. در حالت درزهای پیوسته، سطح لغزش به سطح زمین رسیده که تطابق خوبی با نتایج تجربی ندارد. در رابطه با تاثیر اندازه بلوک، شکل ۱۱ نتایج حاصل از تحلیل با درزهای ناپیوسته و اندازه بلوک $0,25 \times 0,25 \text{ m}$ را نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد که سطح شکست و محدوده آن مشابه شکل ۱۰ می‌باشد. این بدان معناست که اگر اندازه بلوکها در برخی مناطق کوچک باشد، نیازی به کوچک کردن ابعاد بلوکها در مدل عددی جهت مدل کردن شکست نمی‌باشد. تحلیلهای پارامتریک دیگری نیز انجام شدند تا ارتباط بین پارامترهای مقاومتی (C و Φ) و پایداری سینه کار را نشان دهند. در مواردیکه C کوچکتر از 4kPa بوده، شکست در جائیکه $\Phi = 0^\circ$ بوده رخ داده است. علاوه با درنظر گرفتن پارامترهای مشابه در مواردیکه قطر تونل $5,0\text{ m}$ مترا بوده، جبهه کار پایدار بوده است.



شکل ۱۰: جابجایی بلوکها در حالت بدون نگهداری (بعاد هر بلوک $0,5 \times 0,5 \text{ m}$)

انجمن تونل ایران

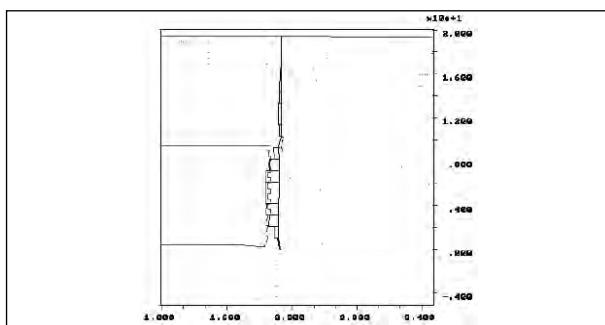
- نصب بولتهای با طول بیش از $D_{\text{قائم}} = 0.5D$ در سینه کار (عمود بر سینه کار)، تاثیر شگرفی در پایدارسازی سینه کار تونل دارد. نصب بولت در نیمه بالایی سینه کار تاثیر بسیار بیشتری نسبت به نصب بولت در نیمه پائینی سینه کار دارد.
- نصب بولتهای پیش تحکیمی قائم در صورتی که تا تراز کف تونل برسند نیز تاثیر زیادی بر پایداری سینه کار تونل دارد.
- فریلینگ جهت جلوگیری از ایجاد شکست در روباره تونل موثر می باشد و لی برای پایدارسازی سینه کار، تاثیر اندکی نسبت به سایر روش‌های بولتنزی در زمینه‌های نامناسب، دارد.
- حالت ایجاد شکست بدون نصب سیستم نگهدارنده و تاثیر نصب بولت در روش آزمایشگاهی، می تواند با استفاده از روش DEM در حالت درزه ناپیوسته و در نظر گرفتن ابعاد $5 \times 0.5 \text{ m}$ برای بلوکها مدل شود.



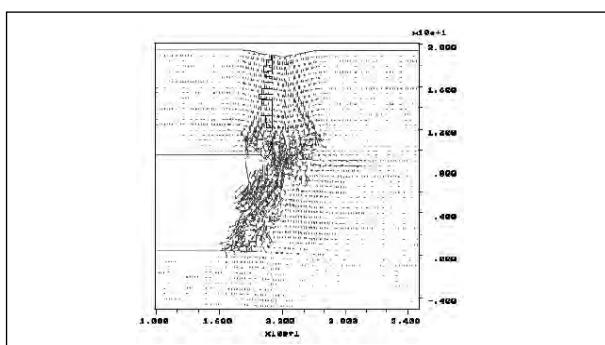
شکل ۱۳: بردار سرعت و نیروی محوری بولتهای سینه کار با طول $D_{\text{قائم}} = 0.25D$

جدول ۲: پارامترهای مورد استفاده در مدل عددی

پارامتر	واحد	مقدار	ماسه
E	MPa	20	نایپوستگی (بین بلوکها)
v		0.35	
γ	KN/m ³	16	
Kn	KN/m	2.2x10e5	
Ks	KN/m/m	7x10e4	
C	KPa	1	
E	MPa	2.06x10e5	
Aria	m ²	5.1x10e-4	
σ_c	KN	123	بولت (المان کابل)
Kbond	MN/m/m	12	
Sbond	KN/m	96	



شکل ۱۴: بردار سرعت و نیروی محوری در حالت پیش تحکیمی با نصب بولتهای قائم تا تراز کف تونل



شکل ۱۵: بردار سرعت و نیروی محوری در حالت پیش تحکیمی با نصب بولتهای قائم تا تراز سقف تونل

۵- مراجع

- H.Mashimo & M.Suzuki 1998. Stability conditions of tunnel face in sandy ground. Centrifuge 98: 721-725.Rotterdam: Balkema.
- R.AlHallak et al. 2000. Experimental study of the stability of a tunnel face reinforced by bolts, Geotechnical Aspect of Underground Construction in Soft Ground: 65-68 Rotterdam: Balkema.

۳-۲-۳- نصب بولتهای پیش تحکیمی قائم

نصب بولتهای پیش تحکیمی قائم که تا تراز کف تونل می رساند قادر به جلوگیری از ایجاد شکست، همانطور که در شکل ۱۴ نشان داده شده می باشند. بالعکس در صورتیکه طول بولت فقط تا بالای تاج تونل ادامه یابد، پایداری سینه کار را تضمین نمی کند (شکل ۱۵) و تخریب رخ می دهد. این نتایج تطابق خوبی با نتایج عملی دارند. با بررسی جزئیات شکل ۱۴ مشخص می شود که نیروی محوری بولت اغلب از نوع فشاری بوده که بر عکس حالت بولتنزی در سینه کار می باشد. از این نتیجه چنین استنباط می گردد که مکانیزم سیستم پیش تحکیمی با نصب بولتهای قائم با مکانیزم سیستم نصب بولت در سینه کار متفاوت می باشد.

۴- نتایج

این مقاله شامل انجام آزمایش نمونه سانتریفیوژ پایداری سینه کار و مقایسه نتایج این آزمایش با نتایج حاصل از DEM می باشد. نتایج مهم اخذ شده در ادامه آمده است.

تحلیل عددی رفتار دینامیکی پوشش بتنی تونل

حسین زارع رشکوئیه، کارشناس ارشد مهندسی مکانیک سنگ، پست الکترونیکی: hhzare@yahoo.com

چکیده

با توجه به احداث اغلب تونل‌های شهری در زمین‌های سست و همچنین وضعیت لرزه‌خیزی کشور ایران ضرورت مطالعه رفتار لرزه‌ای و اطمینان از این‌مانی این فضاهای در مقابل تکان‌های زلزله از اهمیت ویژه‌ای برخودار می‌باشد. در این مقاله با استفاده از روش تحلیل عددی تفاضل محدود رفتار لرزه‌ای پوشش بتنی تونلهای دایره‌ای تحت تحريك زلزله‌ای مشخص به کمک یک سری تحلیلهای دینامیکی غیرخطی نرم افزار FLAC مورد مطالعه قرار گرفت. پس از اجرای تحلیلهای استاتیکی با تغییر شرایط مرزی مساله بارگذاری زمین لرزه بر اساس تاریخچه زمانی شتابنگاشت یک زلزله واقعی به صورت موج برنشی به کف مدل اعمال شد. تاثیر بیشینه شتاب زمین بر رفتار لرزه‌ای پوشش به کمک تعدادی مطالعه پارامتری بررسی شد. نتایج به طور واضح نقش قابل توجه شتاب زلزله در افزایش مقادیر تنشهای دینامیکی پوشش را تایید نمود. با ترسیم منحنی اندرکنش نیروی محوری- لنگر خمی پایداری پوشش تونل مورد بحث قرار گرفت. در نهایت بر اساس روش پیشنهادی آستانه پایداری لرزه‌ای پوشش بتنی مسلح تونل تخمین زده شد که می‌تواند به عنوان نشانه‌ای از پتانسیل گسیختگی در مسائل کاربردی لحاظ شود.

واژگان کلیدی: تونل، پوشش بتنی، تحلیل دینامیکی و پایداری.

حال، با توجه احداث اغلب تونلهای کم عمق شهری در زمینهای سست و همچنین موقعیت لرزه‌خیزی کشور ایران ضرورت مطالعه رفتار لرزه‌ای و اطمینان از این‌مانی این سازه‌ها در مقابل تکان‌های زلزله از اهمیت زیادی برخودار می‌باشد. به دلیل احاطه شدن این فضاهای توسط محیط اطراف و اندرکنش دینامیکی پوشش تونل با محیط پیرامون، مطالعه رفتار لرزه‌ای با مشکلات و پیچیدگی‌های خاص خود همراه می‌باشد.

به همین منظور در این مقاله با بهره گیری از مزیتهای قابل توجه روش‌های حل عددی تاثیر بارگذاری زلزله بر رفتار دینامیکی تونل مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت بر اساس آن پایداری لرزه‌ای پوشش بتنی مسلح تونل ارزیابی می‌شود.

۲ - تحلیل رفتار لرزه‌ای

بحث طراحی سازه‌های زیرزمینی در مقابل بارهای دینامیکی و به طور عمده اثر زلزله از پیچیدگی خاصی برخوردار است. این سازه‌ها برخلاف سازه‌های سطحی به محیط اطراف خود متکی بوده و رفتار لرزه‌ای آنها

۱ - مقدمه

امروزه سازه‌های زیرزمینی از قبیل تونلهای حمل و نقل شهری نقش قابل توجهی در کاهش ترافیک داشته و به عنوان شریانهای حیاتی محاسب می‌شوند. از آنجائیکه تعدادی از این سازه‌ها در مناطق لرزه‌خیز ساخته و یا در دست مطالعه می‌باشد، لذا گسیختگی آنها در مقابل تکان‌های زلزله می‌تواند منجر به فاجعه انسانی و خسارت‌های قابل توجه اقتصادی شود. زمانی عقیده کلی بر این بود که تاثیر زلزله بر سازه‌های زیرزمینی مهم نبوده و فرض می‌شد که آنها قادر به تحمل خسارت‌های زمین لرزه می‌باشند. با وجود این، در سالهای اخیر به دنبال وقوع چندین زلزله شدید آسیب‌های قابل توجهی به تعدادی از این سازه‌ها وارد شد.

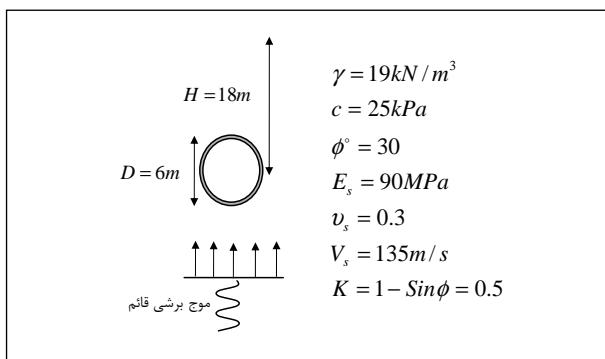
برای مثال، می‌توان به خسارت‌های شدید وارد به تونلهای مترو شهر کوبه در زلزله ۱۹۹۵ ژاپن^[۱]، آسیب‌های جدی به تونلهای کوهستانی تایوان در زلزله ۱۹۹۹ چی چی^[۲]، رخداد چندین ریزش در امتداد یک تونل بزرگراهی در زلزله ۱۹۹۹ ترکیه^[۳] و گسیختگی‌های متعدد پوشش بتنی تونلهای راه در زلزله ۲۰۰۴ ژاپن^[۴] اشاره نمود. به هر

انجمن توول ایران

برخوردار می‌باشد. امروزه با توجه به توسعه برنامه‌های کامپیوتری می‌توان به طور دقیق‌تری اندرکنش دینامیکی توول و زمین اطراف را مورد بررسی قرار داد. در این مقاله به منظور مطالعه تاثیر زلزله بر توونلهای کم عمق شهری تحلیل‌های عددی در حوزه زمان انجام شده و در نهایت تعدادی رهنمودهای کاربردی در این خصوص ارائه می‌شود.

۳- روش تحقیق

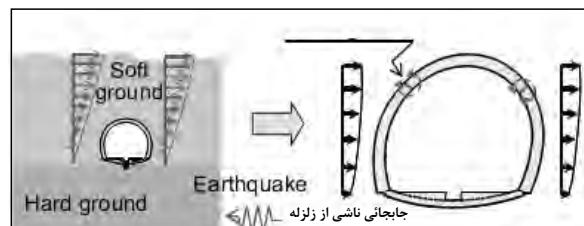
در این مقاله، رفتار لرزه‌ای توول به کمک یک سری تحلیلهای دینامیکی غیر خطی نرم‌افزار FLAC با فرض شرایط کرنش صفحه‌ای مدلسازی می‌شود. نرم‌افزار مذکور با استفاده از روش عددی تفاضل محدود صریح، معادلات حرکت حاکم بر مدل را طی گامهای زمانی متوالی حل می‌کند^[۷]. به منظور شبیه سازی رفتار خاک از معیار موهربولمب بهره گرفته شد. پوشش بتنی توول با فرض رفتار الاستیک با استفاده از المان تیر مدل شده است. سازه مورد استفاده در تحلیلها شامل یک توول دایره‌ای به قطر ۶ متر می‌باشد که در عمق ۱۸ متری از سطح زمین حفر شده است. ضخامت نهشته‌های آبرفتی ساختگاه توول ۵۰ متر فرض شده که به طور مستقیم بر روی سنگ بستر قرار دارد. در شکل ۲ به همراه هندسه توول، خواص زئومکانیکی خاکهای اطراف شامل وزن مخصوص، زاویه اصطکاک داخلی ϕ ، چسبندگی C ، مدول الاستیسیته، ضریب پواسن ν_s ، سرعت موج برشی V_s و ضریب فشار سکون زمین K آورده شده است.



شکل (۲) هندسه توول و خواص خاک اطراف

به منظور حذف تاثیر موقعیت مرزهای مدل بر نتایج، مرزهای جانی و پائینی شبکه با استفاده از روش سعی و خطأ به اندازه کافی در موقعیت دور (۶ برابر قطر توول از مرکز) انتخاب شده است. شرایط مرزی در تحلیلهای استاتیکی شامل جابجائی افقی صفر در مرزهای عمودی و جابجائی افقی و قائم صفر در مرز کف مدل می‌باشد. مشخصات پوشش یکپارچه بتنی توول مورد نظر در جدول ۱ آورده شده است.

تابع تغییر شکل زمین اطراف می‌باشد^[۵]. معمولاً در توونلهای کم عمق تحت اثر زلزله به علت کرنشهای نسبی زمین اطراف ترکهای ناشی از لگر خمشی در گوشه‌های سقف توول ایجاد می‌گردد که می‌تواند منجر به گسیختگی و یا کاهش ظرفیت باربری پوشش گردد(شکل ۱).



شکل (۱) خسارت لرزه‌ای در توونلهای کم عمق [۴]

تغییر شکلهای مذکور به پارامترهایی از قبیل هندسه سطح مقطع توول، خواص زمین اطراف، خواص مقاومتی پوشش و پارامترهای جنبش نیز موند زمین بستگی دارد. بررسی ادبیات فنی در این زمینه نشان می‌دهد که تاکنون روش‌های متواتری برای بررسی تاثیر زلزله بر توونلهای ارائه شده که هر کدام از ساده سازیهای خاص خود استفاده نموده است و در برگیرنده تمام نکات فوق نمی‌باشد. به طور کلی در حال حاضر دو روش عمده در طراحی لرزه‌ای فضاهای زیرزمینی وجود دارد:

- روش تحلیل شبه استاتیکی بدون در نظر گرفتن اندرکنش زمین توول: این روش در مواردی که تغییر شکل کم باشد (به علت شدت لرزش کم و یا صلب بودن زمین مثل توونلهای سنگی) و یا پوشش نسبت به زمین اطراف انعطاف پذیر باشد، یک ابزار طراحی ساده و موثر محسوب می‌شود. به هر حال، این روش در بسیاری از موارد به ویژه در خاکهای نرم منجر به طرحهای محافظه کارانه‌ای می‌شود^[۶].

- روش شبه استاتیکی با در نظر گرفتن اندرکنش زمین-توول: این راه حل زمانی مناسب است که سازه پوشش سخت‌تر از زمین اطراف باشد. در این روش امکان مدلسازی رفتار توول با نگهداری صلب در یک محیط نرم فراهم می‌باشد و نتایج واقع گرایانه تری را در اختیار قرار می‌دهد^[۶].

- روش‌های دینامیکی تحلیلی: این روشها به لوله‌های مدفون و توونلهای با پوشش دایره‌ای محدود می‌شود که در فضای بی نهایت یا نیمه بی نهایت قرار گرفته‌اند.

- روش‌های عددی مبنی بر تقسیم بندی محیط مانند روش اجزای محدود و تفاضل محدود در محدوده فرکانسی یا زمانی در میان روش‌های فوق، روش‌های عددی به علت توانایی در شبیه سازی انواع مدل‌های رفتاری مصالح و شرایط بارگذاری مختلف از قابلیت بالاتر

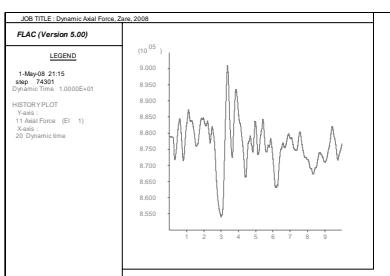
انجمن تونل ایران

جدول ۱) مشخصات پوشش بتنی تونل

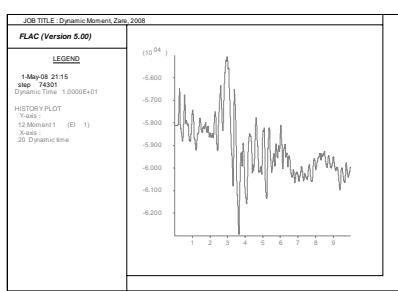
مقادیر f'_c	ضریب v_l	مدول الاستیسیته، E_l	همان اینرسی، I	ضخامت، t	ρ	دانسیته، پارامتر
35MPa	0.2	28GPa	0.001302m ⁴	0.25m	2400kg/m ³	مقدار

۴- تحلیل نتایج

به منظور مطالعه توزیع نیروهای لرزه‌ای تاریخچه زمانی نیروی محوری مربوط به دیواره سمت راست تونل در طول مدت بارگذاری در شکل ۵ ترسیم شده است. لازم به ذکر است که این نتایج فقط ناشی از تاثیر زلزله بوده و تنشهای مربوط به حفاری تونل (تشهای استاتیکی) به آنها اضافه نشده است. همان‌طور که مشخص است نیروی دینامیکی مورد نظر در زمانهای مختلف بارگذاری تغییر نموده و شامل بیشینه‌ای برابر ۹۰۱ kN در زمان ۳,۴ ثانیه از بارگذاری می‌باشد. شکل ۶ تاریخچه تغییرات لنگر خمی در قسمت تاج تونل را نشان می‌دهد. مقادیر منفی لنگر خمی نشان دهنده تغییر شکل پوشش به داخل تونل می‌باشد. به هر حال، همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد امکان اظهار نظر در مورد اینکه کدام قسمت از پوشش حدکثر تنشهای دینامیکی را تجربه می‌کند، فراهم نمی‌باشد. زیرا مقدار نیروها در مکانهای مختلف پوشش تونل به ازای زمانهای مختلف بارگذاری متغیر بوده و در نتیجه محل رخداد بیشینه نیروها نیز با زمان تغییر می‌کند.

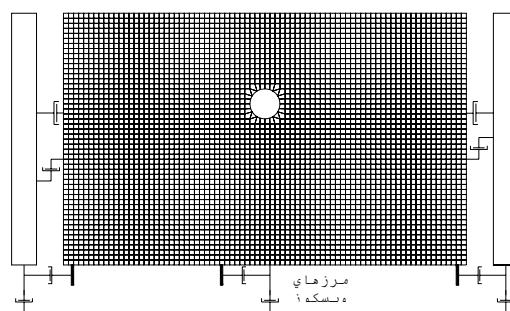


شکل ۵) تاریخچه زمانی نیروی محوری دیواره



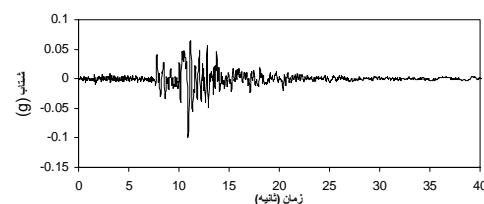
شکل ۶) تاریخچه زمانی لنگر خمی سقف

در تحلیلهای دینامیکی شرایط مرزی در دیوارهای عمودی مدل از نوع شرایط میدان آزاد در نظر گرفته شد. به این ترتیب از تاثیر انعکاس امواج به داخل مدل جلوگیری شده و دیوارهای دیوارهای جاذب عمل می‌کند. جهت جلوگیری از بروز مشکلات عددی مربوط به انتقال موج ابعاد المان‌های شبکه به اندازه کافی کوچک در نظر گرفته شد. شبکه تفاضل محدود مورد نظر به همراه شرایط مرزی حالت دینامیکی در شکل ۳ نشان داده شده است. از آنجاییکه میرایی هیستوتیک به طور کامل تمام مولفه‌های فرکانس بالا را میرا نمی‌کند، لذا یک مقدار کم میرایی رایلی از نوع سختی نیز به مدل اعمال شد.



شکل ۳) شبکه تفاضل محدود و شرایط مرزی دینامیکی

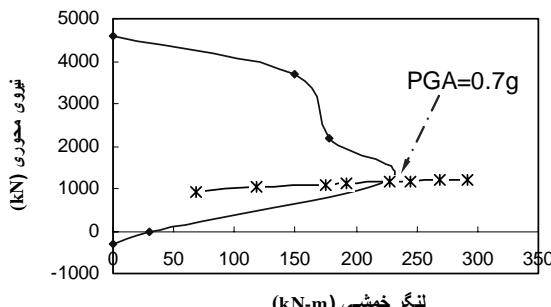
ركورد حرکت ورودی بستر سنگی به صورت تاریخچه زمانی شتاب مطابق شکل ۴ در نظر گرفته شد. این رکورد مربوط به زلزله ۱۹۸۹ لوماپریتا (آمریکا) با بیشینه شتاب ۱۱g می‌باشد که بعد از پردازش به یک موج تنش برشی تبدیل و به مرزهای جاذب کف مدل اعمال شد. به علت طولانی شدن مدت زمان تحلیل و محدودیت در سرعت اجرای برنامه طول مدت بارگذاری زلزله برابر ۱۰ ثانیه (ثانیه ۸ الی ۱۸) در نظر گرفته شد که تقریباً تکان شدید نیز در این بازه زمانی رخ داده است.



شکل ۴) تاریخچه زمانی شتاب زلزله لوماپریتا

انجمن تولن ایران

ازای شتاب $g = 0.7g$ با آن تماس پیدا می کند که آستانه شکست پوشش را بیان می کند. در واقع، با در نظر گرفتن مطالعه فوق انتظار می رود که پوشش بتی مسلح تونل مذکور بتواند تا زمین لرزاهاي با بیشینه شتاب $g = 0.7g$ دچار گسیختگی نشود. مصالح پوشش بعد از رسیدن به حالت حدی به طور پلاستیک تسلیم می شود. به هر حال، نتایج به دست آمده از این تحلیل می تواند به عنوان نشانهای از پتانسیل گسیختگی پوشش به کار گرفته شود.



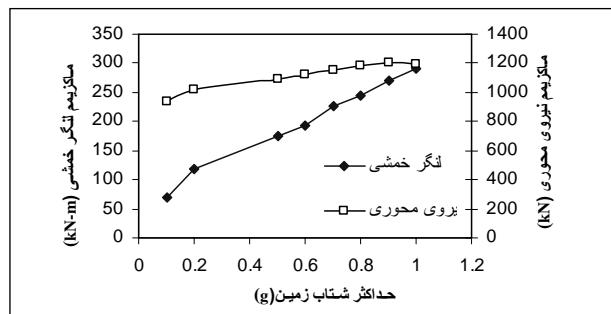
شکل ۹) دیاگرام اندرکنش نیروی محوری- لنگر خمشی پوشش

۶- نتیجه گیری

بر اساس تحلیلهای دینامیکی غیر خطی روش عددی تفاضل محدود رفتار لرزاهاي پوشش بتی تونل در اثر بارگذاری زلزله شبیه سازی و بر اساس نتایج به دست آمده پایداری لرزاهاي پوشش مورد ارزیابی قرار گرفت. با مطالعه توزیع نیروی محوری و لنگر خمشی القائی در پوشش تونل مشخص شد که نیروهای دینامیکی القا شده در پوشش در زمانهای مختلف بارگذاری تغییر می کند. به عبارت دیگر، هر نقطه از پوشش تونل در هر لحظه از زلزله مقادیر متفاوتی از نیروهای داخلی را تجربه می کند. در این تحقیق، جهت بررسی پایداری لرزاهاي پوشش تونل تعدادی مطالعه پارامتری به ازای مقادیر مختلف شتاب زلزله انجام شد. نتایج به دست آمده به طور آشکار نقش قبل توجه شتاب زلزله در افزایش مقادیر نیروهای محوری و لنگر خمشی را تأیید نمود. به منظور برآوردهای پوشش بتی مسلح تونل در مقابل شتاب زلزله از رابطه میان ظرفیت نیروی محوری و لنگر خمشی طراحی تحت عنوان دیاگرام اندرکنش نیروی محوری- لنگر خمشی استفاده شد. در این دیاگرام با توجه به موقعیت مختلف نقاط بار می توان ایمنی پوشش تونل را ارزیابی نمود. در شکل ۸ مقطع طولی یک متر پوشش بتی مسلح تونل به همراه آرایش آرماتورهای موجود در آن نشان داده شده است. مقاومت تسلیم و مدول الاستیسیته فولاد مصرفی به ترتیب 400 MPa و 210 GPa در نظر گرفته شد.

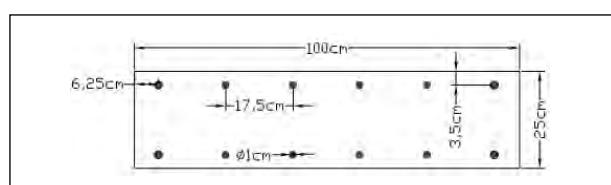
۵- پایداری لرزاها

در مهندسی زلزله برای مطالعه خسارت لرزاهاي به طور گسترهای از پارامتر بیشینه شتاب زمین استفاده می شود. بنابراین جهت بررسی پایداری لرزاهاي پوشش تونل تعدادی مطالعه پارامتری به ازای مقادیر مختلف حداکثر شتاب زلزله انجام شد. در این بخش رکورد زلزله مذکور با توجه به شتابهای مختلف به مقیاس در آمده و به مدل تونل اعمال شد. شکل ۷ تغییرات نیروهای داخلی پوشش در مقابل شتاب زلزله را نشان می دهد. همان طور که مشخص است داده ها به طور واضح نقش قبل توجه شتاب در افزایش نیروهای محوری و لنگر خمشی را تأیید می کند. این موضوع اهمیت تعیین نسبت شتاب مبنای طرح در طراحی مقاوم تونل در مقابل بارگذاری زلزله را به تصویر می کشد.



شکل ۷) تاثیر شتاب زلزله بر نیروهای داخلی پوشش

به منظور برآوردهای پایداری لرزاهاي تونل در مقابل شتاب زلزله از رابطه میان ظرفیت نیروی محوری و لنگر خمشی طراحی تحت عنوان دیاگرام اندرکنش نیروی محوری- لنگر خمشی استفاده شد. در این دیاگرام با توجه به موقعیت مختلف نقاط بار می توان ایمنی پوشش تونل را ارزیابی نمود. در شکل ۸ مقطع طولی یک متر پوشش بتی مسلح تونل به همراه آرایش آرماتورهای موجود در آن نشان داده شده است. مقاومت تسلیم و مدول الاستیسیته فولاد مصرفی به ترتیب 400 MPa و 210 GPa در نظر گرفته شد.



شکل ۸) مقطع طولی پوشش به همراه آرایش میلگردها

بر اساس هندسه و خواص مقاومتی پوشش، منحنی اندرکنش نیروی محوری- لنگر خمشی محاسبه شد که در شکل ۹ نشان داده شده است. مشاهده می شود که با افزایش شتاب زلزله ترکیب نیروهای محوری و لنگر خمشی پوشش تونل به سمت راست منحنی حرکت نموده و به

۷- مراجع

- [1] Gustavo J. Bobet, A. Ramirez, J.,(2006), Evaluation of Soil-Structure Interaction and Structural Collapse in Daikai Subway Station During Kobe Earthquake, ACI Structural Journal, Vol. 103, No. 1, pp. 113-122.

کنفرانس هشتم تونل

با عنوان: فضاهای زیرزمینی برای ایمنی، محیط‌رسیت و انرژی

با همکاری: انجمن تونل ایران و دانشگاه تربیت مدرس

زمان: ۳۱ - ۲۹ اردیبهشت ۸۸ مکان: دانشگاه تربیت مدرس

انجمن تونل ایران با تجربه برگزاری چندین کنفرانس علمی و ارتباطات علمی با مجتمع صنعتی تونل از تمامی دانشمندان، متخصصان و نخبگان علمی، استادی، دانشجویان و شرکتهای مهندسین مشاور، پیمانکاری و تولید ماشین آلات و تجهیزات و تأسیسات در زمینه تونل و فضاهای زیرزمینی برای شرکت در هشتمین کنفرانس تونل ایران دعوت بعمل می‌آورد.

محورهای مباحث و مقالات کنفرانس

تحقیق و توسعه؛ برنامه‌ریزی، بررسی و طراحی فضاهای زیرزمینی؛ تکنولوژی ساخت فضاهای زیرزمینی؛ مدیریت قراردادی؛ ملاحظات اجتماعی و زیست محیطی و مسائل ایمنی - معیارها و استانداردها

زمان‌های کلیدی کنفرانس

۱۳۸۷/۹/۱۵	• مهلت ارسال خلاصه مقاله (تا ۴۰۰ کلمه)
۱۳۸۷/۹/۳۰	• اعلام نتایج بررسی خلاصه مقالات
۱۳۸۷/۱۱/۱۵	• مهلت ارسال مقاله کامل
۱۳۸۸/۰/۲۰	• اعلام نتایج نهایی مقالات

از علاقمندان دعوت می‌شود تا مقالات خود را به دبیرخانه کنفرانس (از طریق نامه، فکس یا پست الکترونیک) ارسال نمایند.

دبیرخانه کنفرانس: خانه تونل ایران

تهران، خیابان کارگر شمالی، ساختمان ۴۶۷، واحد ۴۱.

تلفن: ۸۸۶۳۰۴۹۵ فکس: ۸۸۰۰۸۷۵۴

Web: <http://www.irtc.ir>

Email: info@8irtc.ir

- [2] Wang, W. Wang, t.,(2001), Assessment of Damage in Mountain Tunnels Due to the Taiwan Chi-Chi Earthquake. Tunnelling and Underground Space Technology.Vol. 16, pp. 133-150.
- [3] Rourke, T.D., Goh, S.H., Menkiti, C.O., Mair, R.J.,(2000), Highway Tunnel Performance During the 1999 Duzce Earthquake. Proceedings of the Fifteenth International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, August 27-31, Istanbul, Turkey. Oughourlian,
- [4] Yashiro, K. Kojima, Y. Shimizu, M. (2007), Historical Earthquake Damage to Tunnels in Japan and case Studies of Railway Tunnels in the 2004 Niigataken-Chuetsu Earthquake, QR of RTRI,Vol.48, No.3, pp. 136-141.
- [5] Hashash, Y.M.A., Park, D. and Yao, J.I.C., (2005), Ovaling Deformations of Circular Tunnels Under Seismic Loading: an Update on Seismic Design and Analysis of Underground Structures. Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 20, pp. 435-441.
- [6] Hashash, Y.M.A., Hook, J.J., Schmidt, B., Yao, J., (2001), Seismic Design and Analysis of Underground Structure. Tunnelling and Underground Space Technology. Vol. 16, pp. 247-293.
- [7] Itasca Consulting Group. FLAC Code Version 5.0, Minneapolis, 2005.

رویدادهای توپل

International Symposium on Rock Mechanics and Geoenvironment in Mining and Allied Industries, RGMA-09

12-14 February 2009, Varanasi, India

Organized by:

CENTRE OF ADVANCED STUDY DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING, INSTITUTE OF
TECHNOLOGY, BANARAS HINDU UNIVERSITY, VARANASI 221005, INDIA

Web: www.itbhu.ac.in/min/conferences/rgma

SYMPOSIUM THEMES:

ROCK MECHANICS

Laboratory and in-situ investigations
Mechanics of Rock Breakage
Rock Fragmentation: tools and techniques, options of analysis
Mechanics of structures in and on rocks
Rock-reinforcements and Stabilizations of structures
Modelling and Analysis of Rock Mass Behavior
Underground Space Applications
Mechanics of Extreme workings
IT-enabled Rock Mechanics: Scope of Augmented Reality, Virtual Reality, Artificial Intelligence, Fuzzy and Artificial Neural Networks

GEO-ENVIRONMENT

Prediction and Management of Ground Vibrations, Flyrocks and Airblasts
Subsidence- prediction and mitigation of its impacts
Impact of mining/ rock excavations on ground water and air
Coal Bed and Coal Mine Methane drainage
Slope stability and land slides
Geo-hazards
Reclamation and closure of mines
IT-enabled Geo-environment

Third International Conference on New Development in Rock Mechanics and Engineering & Sanya Forum for the Plan of City and City Construction

24-26 May 2009, Sanya, P.R. China

Web: www.ndrm2008.cn
Email: linym1234@yahoo.com.cn

Rapid Excavation and Tunneling Conference (RETC Conference)

14 - 17 June 2009 - SME, Society for Mining, Metallurgy and Exploration - Las Vegas (USA)

SME

Att: Tara Davis
8307 Shaffer Parkway
Littleton, Colorado
80127 USA

Fax: +1-303 973 3845

Web: www.retc.org

فرهنگ واژه های فنی بتن پاشی

گروه کاری شاتکریت (WG12) یکی از گروههای کاری انجمن بین المللی تونل می باشد. از جمله اقدامات این گروه ترجمه اصطلاحات کاربردی شاتکریت به زبان های مختلف از جمله فارسی بوده که این بخش توسط کمیته شاتکریت انجمن تونل ایران انجام گرفته است. این واژه ها برای استفاده متخصصان در جدول زیر استفاده آورده شده است.

French /	Deutsch /	فارسی	English /	ردیف
Béton projeté	Spritzbeton	بتن پاشیده/ شاتکریت	Sprayed concrete / Shotcrete	۱
Voie humide	Nassspritzverfahren	فرایند (اختلاط) تر	Wet (mix) process	۲
Haut débit (alimentation)	Dichtstrom (-förderung)	دوغاب غلیظ	Dense flow (conveying)	۳
Faible débit (alimentation)	Dünnstrom (-förderung)	دوغاب رقیق	Thin flow (conveying)	۴
Voie sèche	Trockenspritzverfahren	فرایند (اختلاط) خشک	Dry (mix) process	۵
Mélange prêt à l'emploi en centrale	Werksgemischte Spritzmischung	بتن مخلوط شده کارخانه ای	Factory blended mix	۶
Mélange à sec sur site	Ortsgemischte Spritzmischung	مخلوط خشک کارگاهی	Site batched dry mix	۷
Machine à projeter	Spritzmaschine	دستگاه پاشنده	Spraying machine	۸
Pompe à béton	(Beton-) Pumpe	پمپ (بتن)	(Concrete) pump	۹
Trémie	Schurre (Einfülltrichter)	قیف	Hopper	۱۰
Pompe / Flexible d'alimentation / tuyau	(Pump- / Förder-) Schlauch / Rohr	پمپ/ شیلنگ انتقال بتن/ لوله	Pumping / conveying hose / pipe	۱۱
Manchon d'assemblage / Accouplement	Kupplung	بسه و اتصال	Coupling	۱۲
Lance	(Spritz-) Düse	افشانه (نازل)	Nozzle	۱۳
Projeteur	Düsenträger	متصلی افشاره (نازل)	Nozzelman	۱۴
Projection manuelle	Manuelles Spritzen	بتن پاشی با دست	Hand spraying	۱۵
Projection mécanique	Maschinelles Spritzen	بتن پاشی مکانیزه	Mechanized spraying	۱۶
Servant	Manipulator	بازوی مکانیکی	Manipulator	۱۷
Fixation de la lance	Lanzenbefestigung	بازوی هادی افشاره	Lance-mounting	۱۸
Bras	Ausleger (-arm)	بوم (بارو)	Boom (arm)	۱۹
Télécommande	Fernbedienung	کنترل از راه دور	Remote control	۲۰
Robot de projection	Spritzroboter (Einsatz eines ~)	دستگاه پاشنده خودکار	Robot (robotic) spraying	۲۱
Paroi	Auftragsfläche	سطح سنگ	Rock face	۲۲
Intrados	Überkopf-Auftragsfläche	سطح بالا سر	Overhead face	۲۳
Paroi verticale	Vertikale Auftragsfläche	سطح عمودی	Vertical face	۲۴
Couche / Couche primaire	(Spritz-) Lage / Lagenaufbau	لایه / لایه شاتکریت	Layer / layer build-up	۲۵
Rebond	Rückprall	مصالح برگشتی	Rebound	۲۶
Substratum	Untergrund	لایه زیرین	Substrate	۲۷
Pré mouillé	Vornässen	خیس کردن سطح سنگ	Pre-wetting	۲۸

انجمن تولن ایران

Nederlands / هولندی	Italiano / ایتالیایی	Portugues / پرتغالی	Español / اسپانیایی	
spuitbeton	Calcestruzzo proiettato	concreto projetado	hormigón lanzado	1
natte methode	Processo per via umida	Via úmida	Vía Húmeda	2
	Flusso compatto	Fluido denso	Fluido denso	3
	Flusso rado	Fluido leve	Fuido leve	4
droge methode	Processo per via secca	Via seca	Vía seca	5
	Miscela preconfezionata	Concreto usinado	hormigón premezclado	6
op het werk gemengd spuitbetonmengsel	Miscela secca confezionata in situ	Mistura via seca in situ	Mezcla vía seca en sitio	7
spuitmachine	Macchina di proiezione	Máquina de projetado	Maquina de lanzado	8
betonpomp	Pompa per il calcestruzzo	Bomba de concreto	Bomba de hormigón	9
kubel	Tramoggia	Armadura	Armado	10
(pomp) buis	Pompaggio / Tubo di trasporto / Tubo	Tubo de transporte / bombeamento / Tubo	Tubo de transporte / bombeo/ Tubo	11
koppeling	Innesto	Acoplador	Acoplador	12
spuitmond	Lancia	Mangueira	Manguera	13
spuiter	Lancista	Mangoteiro	Lanzador	14
handmatig spuiten	Proiezione manuale	Projeto manual	Lanzado manual	15
machinaal spuiten	Proiezione meccanizzata	Projeto mecanizado	Lanzado mecanizado	16
manipulator	Manipolatore	Operário	Manipulador	17
	Supporto della lancia	suporte para lanzado	soporte para lanzado	18
arm van de betonpomp	Braccio	Braço	Brazo	19
afstandsbediening	Controllo a distanza	controle remoto	control remoto	20
toepassing van een spuitrobot	Proiezione automatica	Concreto projetado com robô	Hormigón lanzado con robot	21
spuitoppervlakte	Parete rocciosa	superficie rochosa	Superfice rocosa	22
	Fronte di scavo	face superior	cara superior	23
vertikale spuitoppervlakte	Parete verticale	face lateral	cara lateral	24
laagopbouw	Stratificata	face lateral acabada	capa lateral acabada	25
?terugval	Sfrido	rebote	rebote	26
ondergrond	Substrato	substrato	substrato	27
voorbevochtigen	Pre-umidificazione			28

انجمن تونل ایران

Français /	Deutsch /	فارسی	English /	ردیف
Amélioration de l'état de surface	Oberflächenverbesserung	بهسازی سطحی	Surface improvement	۲۹
Angle de projection / de la lance	Spritz- / Düsenwinkel	بتن پاشی / زاویه نازل	Spraying / nozzle angle	۳۰
Effet de masque	(Spritz-) Schatteneffekt	اثر سایه	Shadow effect	۳۱
Cavités	Hohlräume	حفرات	Cavities	۳۲
Défauts	Fehlstellen	خلل و فرج	Voids	۳۳
Coffrage	Schalung	قالب بندي	Formwork	۳۴
Plan de travail	Lehrgerüst	چوب بست	Falsework	۳۵
Echafaudage	Gerüst	داربست	Scaffolding	۳۶
Poutrelle treillis	Fachwerk- / Gitterträger	تیزهای مشبک	Lattice girders	۳۷
Profilé métallique	Stahlträger	قالبهای فلزی	Steel ribs	۳۸
Plaque d'ancre	Anker (-platten)	صفحات مهاری	Anchor (plates)	۳۹
Boulons d'ancre	Gebirgsanker	پیچ سنگ	Rock bolts	۴۰
Composition	Mischungsrezeptur / -zusammensetzung	طرح اختلاط / ترکیب	Mix design / composition	۴۱
Ciment	Zement	سیمان	Cement	۴۲
Liant	Bindemittel	چسباننده	Binder	۴۳
Eau de gachage	Zugabewasser	آب اختلاط	Mixing water	۴۴
Rapport Eau/Ciment	Wasser-Zementwert	نسبت آب به سیمان	Water-cement ratio	۴۵
Rapport Eau/Liant	Wasser-Bindemittelwert	نسبت آب به چسباننده	Water-binder ratio	۴۶
Pâte ciment	Zementleim	خمیر سیمان	Cement paste	۴۷
Courbe granulométrique	Zuschlag (Kornzusammensetzung)	مصالح سنگی (دانه بندي کردن)	Aggregate (grading)	۴۸
Béton frais	Frischbeton	بتن تازه	Fresh concrete	۴۹
Gâcher	Dosieren / Beschicken	پیمانه و مخلوط کردن	Batching	۵۰
Consistance	Konsistenz	روانی/شلی (بتن)	Consistency	۵۱
Manœuvrabilité	Verarbeitbarkeit	قابلیت کار داشتن	Workability	۵۲
Affaissement	Setzmaß	اسلامب و روانی	Slump	۵۳
Ouvrabilité / capacité fluviale	Fließen / Fließfähigkeit	جریان	Flow	۵۴
Teneur en air	Luftgehalt	مقدار هوا	Air content	۵۵
Période latente	offene Zeit	زمان آزاد	Open time	۵۶
Temps de prise	Erstarrungszeit	زمان گیرش	Setting time	۵۷
Ressuage / ségrégation de l'eau	Bluten	آب انداختن / شیره انداختن بتن	Bleeding	۵۸
Retrait plastique	(Plastisches) Schwinden	انقباض (خمیری)	(Plastic) shrinkage	۵۹
Adjuvants / Rajouts	Zusatzmittel	مواد افزودنی	Admixtures	۶۰
Accélérateur de prise	Beschleuniger	زودگیر کننده	Accelerator	۶۱
Exempt d'alcalin	alkalifrei -	فاقد مواد قلیایی	alkali-free -	۶۲
alcalin -	alkalihaltig -	حاوی مواد قلیایی	alkali-containing -	۶۳

انجمن تولن ایران

Nederlands / هندی	Italiano / ایتالیایی	Portugues / پرتغالی	Español / اسپانیایی	
oppervlakteverbetering	Risanamento della superficie	Melhoria da superfície	Mejoría de la superficie	29
spuithoek	Angolo di proiezione / de la lancia	Ângulo de projeção	Angulo de proyección	30
spuitschaduw	Effetto ombra	Efeito sombra	Efecto sombra	31
holtes	Cavità	Cavidades	Cavidades	32
imperfecties holtes	Vuoti	espaço vazio	Huecos	33
bekisting	Cassaforma	Fôrma	Encofrado	34
steiger	Ponteggio	Fôrma falsa	Encofrado falso	35
steiger	Impalcatura	Andaime	Andamio	36
vakwerk	Travatura a traliccio			37
staalribben	Centina di acciaio	Arcos metálicos	Arcos metálicos	38
ankerplaten	Piastra di ancoraggio	Placas de ancoragem	Placas de anclajes	39
rotsanker	Bulloni da roccia	Ancoragem para rocha	Anclajes para roca	40
mengselsamenstelling	Composizione della miscela	Traço / Composição	Diseño de la mezcla / Composición	41
cement	Cemento	Cimento	Cemento	42
bindmiddel	Legante	aglomerante	aglomerante	43
water	Acqua d'impasto	Água da mistura	Agua de la mezcla	44
water-cement factor	Rapporto Acqua-Cemento	Relação água cimento	Relación agua cemento	45
water-bindmiddel factor	Rapporto Acqua-Legante	Relação água argamassa	Ralación agua pegante	46
cement pasta	Legante di cemento	Pasta cimentícia	Pasta cementicia	47
toeslagmateriaal korrelsamenstelling	Aggregato	Agregados	Agregados	48
specie	Calcestruzzo fresco	Concreto Fresco	hormigón fresco	49
doseren	Dosatura	Dosagem	Dosificación	50
consistentie	Consistenza	Consistência	Consistencia	51
verwerkbaarheid	Lavorabilità	Trabalhabilidade	Trabajabilidad	52
zetmaat	Assestantamento	Assentamento / Slump	Asentamiento / Revenimiento	53
vloeien vloeimaat	Flusso	Fluxo	Flujo	54
luchtgehalte	Contenuto di aria	Teor de ar	Contenido de aire	55
dormante periode	Tempo di apertura	Tempo de abertura	Tiempo de apertura	56
zettingstijd	Tempo di presa	Tempo de ajuste	Tiempo de puesta en marcha	57
bleeding	Essudazione	Exudação	Exudación	58
plastische krimp	Ritiro plastico	Retração (plástica)	Contracción (plástica)	59
toevoegingen, hulpstoffen	Miscele	Misturas	Mezclas	60
versneller	Acceleratore	Acelerante	Accelerante	61
alkali vrij	Alkali-Free	Libre de Álcalis	Libre de Alkalies	62
alkali bevattend	Contenuto di alkali	Teor de álcalis	contenido de alkalis	63

انجمن تولی ایران

Français /	Deutsch /	فارسی	English /	ردیف
Fluidifiant - réducteur d'eau	Verflüssiger	افزودنی کاهنده آب	Water reducer	۶۴
(Super) plastifiant	(Super-) Fließmittel	فوق روان کننده	(Super-) Plasticizer	۶۵
Stabilisateur	Stabilisierer	ثبت کننده	Stabilizer	۶۶
Système de contrôle de l'hydratation	System zur Hydratationskontrolle	سیستم کنترل کننده هیدراته شدن	Hydration controller (system)	۶۷
Retardateur	Verzögerer	کند گیر کننده	Retarder	۶۸
Agent de cohésion	Zusatzmittel zur Verbesserung des Zusammenhaltes	افزودنی جلوگیری کننده از شکم دادگی	Thixotropic admixture / sagging prevention admixture	۶۹
Agent de rétention	Verbundverbesserer	افزایش دهنده چسبندگی	Bond improver	۷۰
Agent de structure	Betonverbesserer / -veredler	تقویت کننده بتن	Concrete improver	۷۱
Doseur	Dosiereinheit (-gerät)	واحد پیمانه	Dosing unit	۷۲
Additifs	Zusatzstoffe	افزودنی	Additives / Additions	۷۳
Centre volante	Flugasche	ترمه خاکستر	Fly ash	۷۴
Laitier de haut fourneau	Hochofenschlacke	سرپاره آهنگذاری	Blast furnace slag	۷۵
Fumée de silice	Mikrosilica / Silicastaub	ترمه سیلیس	Microsilica / Silica fume	۷۶
Pigments	Pigmente	رنگدانه	Pigments	۷۷
Cure	Nachbehandlung	عمل آوری	Curing / After treatment	۷۸
Produits de cure	Nachbehandlungsmittel	عمل آورنده	Curing agents	۷۹
Béton durci	Erhärteter Beton	بتن سخت شده	Hardened concrete	۸۱
Densité	Dichte	چگالی	Density	۸۲
Durabilité	Dauerhaftigkeit	دومام	Durability	۸۳
Perméabilité	Durchlässigkeit	نفوذ پذیری	Permeability	۸۴
Porosité	Porosität	تخلخل	Porosity	۸۵
Absorption d'eau	Wasseraufnahme	جذب آب	Water absorption	۸۶
(Résistance au) Raccordement	Verbund (-festigkeit)	چسبندگی (مقاومت)	Bond (strength)	۸۷
Résistance au gel	Frostwiderstand	مقاومت بخ زدگی	Frost resistance	۸۸
Résistance au gel/dégel	Frost-/Tauwiderstand	مقاومت بخ زدگی / ذوب بخ	Freeze/thaw resistance	۸۹
Teneur en chlorure	Chloridgehalt	محتوای کلراید	Chloride content	۹۰
Teneur en alcali	Alkal Gehalt	محتوای قلیایی	Alkali content	۹۱
Carbonatation	Karbonatisierung	کربناته شدن	Carbonation	۹۲
Retrait	Schwinden	انقباض	Shrinkage	۹۳
Gonflement (=Quellen)	Kriechen	خرش	Creep	۹۴
Classe de résistance	Festigkeitsklasse	کلاس مقاومتی	Strength class	۹۵
Résistance à la compression	Druckfestigkeit	مقاومت فشاری	Compressive strength	۹۶
Résistance à la flexion-traction	Biegezugfestigkeit	مقاومت خمشی	Flexural strength	۹۷
Résistance résiduelle post fissuration	Nachriss (-biegezug-) festigkeit	مقاومت باقیمانده	Residual strength	۹۸
Ténacité / Ductilité	Zähigkeit / Duktilität	استحکام / شکل پذیری	Toughness / Ductility	۹۹
Capacité de reprise d'efforts	Energieabsorption (-sfähigkeit)	ظرفیت جذب انرژی	Energy absorption (capacity)	۱۰۰

انجمن توول ایران

Nederlands / هندی	Italiano / ایتالیایی	Portugues / پرتغالی	Español / اسپانیایی	
waterreducerder	Riduttore di acqua	Redutor de água	reductor de agua	64
super plastificeerde	(Super) fluidificante	superplasticante	Super (plastificante)	65
stabilisator	Stabilizzatore	Estabilizador	Estabilizator	66
systeem voor hydratatiecontrole	Sistema di controllo dell'idratazione	Sistema de controle de hidratação	(Sistema de) control de hidratación	67
vertrager	Ritardante	Retardador	Retardante	68
tixotropische hulpstof	Miscela tixotropica	Aditivo trixotropico	Adictivo trixotropico	69
hechtingsverbeteraar	Miglioratore di presa	melhora do traço	Mejora de la mezcla	70
betonverbeteraar	Miglioratore del calcestruzzo	melhora do concreto	Mejora del hormigón	71
doseerenheid	Unità di dosaggio	Unidade de Dosagem	Unidad de dosificación	72
additieven vulstoffen	Additivi / Aggiunte	Aditivos / Adições	Adictivos/ Adiciones	73
vliegas	Ceneri volanti			74
hoogovenslak	Loppa di alto forno			75
micro silica	Fumi di silice	Microsilica	Microsilice	76
pigmenten	Pigmenti	Pigmentos	Pigmentos	77
nabehandeling	Stagionatura	Cura	Curado	78
nabehandelingsmiddel	Agenti di stagionatura	Agentes de cura	Agentes de curado	79
verhard beton	Calcestruzzo indurito	Concreto endurecido	Hormigón endurecido	81
dichtheid	Densità	Densidade	Densidad	82
duurzaamheid	Durabilità	Durabilidade	Durabilidad	83
permeabiliteit	Permeabilità	Permeabilidade	Permeabilidad	84
porositeit	Porosità	Porosidade	Porosidad	85
water absorptie	Assorbimento di acqua	Absorção de água	Absorción de agua	86
aanhechtsterkte	Coesione	Coesão	cohesión	87
vorstbestandheid	Resistenza al gelo	Resistência ao congelamento	Resistencia al congelamiento	88
vorst/dooi bestandheid	Resistenza al gelo / disgelo	Resistência gelo / degelo	Resistencia al congelamiento/ descongelamiento	89
chloride gehalte	Contenuto di cloruri	Teor de cloreto	Contenido de cloruro	90
alkali gehalte	Contenuto di alkali	Teor de álcali	Contenido de alcalí	91
carbonatatie	Carbonatazione	Carbonatação	Conbonatación	92
krimp	Ritiro	Retração	Contracción	93
kruip	Scorrimento viscoso			94
sterkteklaasse	Classe di resistenza	Classe de esforço	Clase de esfuerzo	95
druksterkte	Resistenza a compressione	Esforço a compressão	Esfuerzo a compresión	96
buigtreksterkte	Resistenza a flessione	Esforço a flexão	Esfuerzo a flexión	97
reststerkte	Resistenza residua	Esforço residual	Esfuerzo residual	98
ductiliteit	Tenacità / Duttilità	Tenacidade / Ductilidade	Tenacidad / Ductilidad	99
energieabsorptie	Assorbimento di energia	Energia Absorvida	Energía Absorbida	100

Français /	Deutsch /	فارسی	English /	ردیف
Résistance au jeune âge	Frühfestigkeit	مقاومت اولیه	Early (age) strength	۱۰۱
Module d'Young	Elastizitätsmodul	مدول الاستیسیته	Modulus of elasticity	۱۰۲
Résistance aux chocs	Schlagfestigkeit	مقاومت در برابر ضربه	Impact resistance	۱۰۳
Résistance à l'arrachement	Ausziehfestigkeit	مقاومت ببرون کشی میل مهاری	Pullout strength	۱۰۴
Résistance à la fatigue	Ermüdungsfestigkeit	مقاومت خستگی	Fatigue strength	۱۰۵
Résistance au fendage	Spaltzugfestigkeit	مقاومت کششی شکافتگی	Splitting (tensile) strength	۱۰۶
Résistance au feu	Brandwiderstand	مقاومت در برابر آتش سوزی	Fire resistance	۱۰۷
Ferrailage / Armature	Bewehrung	تسليح	Reinforcement	۱۰۸
Barres d'armature	(Bewehrungs-) Stäbe	آرماتور	Rebars	۱۰۹
Treillis soudés	(Geschweißte Draht-) Matten	شبکه فولادی / مش جوش شده	(Welded wire) Mesh	۱۱۰
Béton projeté renforcé avec des fibres	Faserverstärkter Spritzbeton	بن پاشیده مسلح شده به الیاف (شاتکریت)	Fibre reinforced sprayed concrete (shotcrete)	۱۱۱
Fibres d'acier	Stahlfasern	الیاف فولادی	Steel fibres	۱۱۲
Fibres synthétiques / polymères	Synthetische Fasern / Polymerfasern	الیاف پولیمری / مصنوعی	Synthetic / polymer fibres	۱۱۳
Teneur en fibres	Fasergehalt	محتوای الیاف	Fibre content	۱۱۴
Méthode d'essai	Prüfmethode	روش آزمایش	Test method	۱۱۵
Eprouvette	Prüfkörper	نمونه آزمایشی	Specimen	۱۱۶
Echantillon	Probe	نمونه	Sample	۱۱۷
Coffrage	Schalung	قالب	Mould	۱۱۸
Prisme	Balken	تیر	Beam	۱۱۹
Flexion	Biegung	خمش / خم کاری	Bending	۱۲۰
Changement 3 points	Drittelpunktbelastung	بارگذاری سه نقطه ای	Third point loading	۱۲۱
Portée	Spannweite	دهانه	Span	۱۲۲
Courbe efforts-déformations	Last-Durchbiegungskurve	منحنی بار-خیز	Load-deflection curve	۱۲۳
Carotte	(Bohr-) Kern	مغزه حفاری	(Drill) core	۱۲۴
Poinçonnement	Durchstanzen	سوراخ کردن	Punching	۱۲۵
Plaque / Dallette	Platte	پانل / صفحه	Panel / plate	۱۲۶

انجمن توول ایران

Nederlands / هندی	Italiano / ایتالیایی	Portugues / پرتغالی	Español / اسپانیایی	
aanvangssterkte	Resistenza a breve termine	Primeiras Idades	Edad temprana	101
E-modulus, elasticiteitsmodulus	Modulo di elasticità	Módulo de Elasticidade	Modulo de elástico	102
weerstand tegen impact	Resistenza all'impatto	Resistência ao Impacto	Resistencia al impacto	103
uittreksterkte	Resistenza allo sfilamento	Esforço de Arrancamento	Esfuerzo de arrancamiento	104
vermoeiingssterkte	Resistenza a fatica	Esforço a fadiga	Esfuerzo de fatiga	105
splijt treksterkte	Resistenza a trazione per splitting	Ensaio de tração	Ensaya de tracción	106
brandwerendheid	Resistenza al fuoco	Resistência ao fogo	Resistencia al fuego	107
wapening	Rinforzo	Reforço	Refuerzo	108
wapeningsstaven	Barre	Barras	Barras	109
wapeningsnet	Rete elettrosaldata	Tela soldada	Malla electrosoldada	110
vezelversterkt spuitbeton	Calcestruzzo proiettato fibrorinforzato	concreto projetado com fibras	hormigón lanzado fibroreforzado	111
staalvezels	Fibre di acciaio	Fibras metálicas	Fibras metálicas	112
synthetische vezels / poly-meevezels	Fibre sintetiche / polimeriche	Fibras sintéticas	Fibras sintéticas / poliméricas	113
vezelgehalte	Contenuto di fibre	Teor de fibras	Contenido de fibras	114
testmethode	Metodo di prova	Método de ensaio	Metodo de ensayo	115
proefstuk	Provino	Amostra	Especimen	116
monster	Campione	Amostra	Muestra	117
mal, bekisting	Stampo	Molde	Molde	118
balk	Travetto	Viga	Viga	119
buiging	Flessione	Flexão	Flexión	120
driepuntsbelasting	Carico al terzo punto	Carga ao tercio medio	Carga al tercio	121
overspanning	Luce (distanza tra gli appoggi)	vão	luz	122
last-vervormingscurve	Curva Carico - Spostamento	Curva carga deflexão	Curva carga deflexión	123
boorkern	Carota	Núcleo (entalhado)	Núcleo (entallado)	124
pons	Punzonamento	Punção	Punción	125
plaat	Piastra	Placa	Panel	126

چکیده مقالات منتخب نشریات

استفاده از شبکه عصبی برای تحلیل داده های نشست تونل متروی سائوپاولو (برزیل)

"Artificial neural network analysis of Sao Paulo subway tunnel settlement data"

Authors: Qusidio J. Santos Jr., Tarcisio B. Celestino

In: Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 23, Issue 5, September 2008, pp 481-491.

شبکه های عصبی در زمینه های گوناگون مهندسی از جمله بررسی نشست در روش های مختلف تونل سازی در زمینه های با شرایط متفاوت به کار گرفته شده اند. این مقاله نشست روی تونل های نگهداری شده به روش بتن پاشی در خط ۲ متروی سائوپاولو (برزیل) را بررسی می نماید که در رسوبات دوران سوم حفر شده است. شبکه اصلاح شده پیشنهادی وسیله مناسبی برای پیش‌بینی در تونل هایی که در شرایط مشابه حفاری می شوند، می باشد. در این مقاله تأثیر پارامترهای آموزشی شبکه عصبی بر کیفیت نتایج را نیز مورد بررسی قرار می دهد.

مطالعه عددی مکانیسم شکست تونل در توده سنگ درزه دار

"Numerical study on failure mechanism of tunnel in jointed rock mass"

Authors: P. Jia, C.A. Tang

In: Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 23, Issue 5, September 2008, pp 500-507.

در حفاری های زیرزمینی بسیاری از گسیختگی های سنگهای اطراف ناحیه استخراج شده به دلیل وجود درزه ها رخ می دهد. مطالعه پایداری تونل ها در توده سنگهای درزه دار در مهندسی سنگ دارای اهمیت خاصی به ویژه در توسعه فضاهای زیرزمینی و تونل ها می باشد. در این مقاله از یک برنامه عددی به نام RFPA برای بررسی تأثیر زاویه درزه در درزه های لایه دار و متورق و همچنین برای بررسی ضربی فشار جانبی بر تونل در توده سنگهای درزه دار، استفاده شده است. نتیجه این تحلیل های عددی نشان می دهد که دو عامل زاویه درزه و ضربی فشار جانبی تأثیر زیادی روی نوع گیسختگی و ویژگی های جابجایی تونل دارند. فرآیند جلو رونده گسیختگی در تونل حفر شده در توده سنگهای درزه دار ارائه شده و مکانیزم آن مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین در مورد قابلیت استفاده از روش شرایط جغرافیایی معرفی شده توسط گودمن نیز مورد بحث قرار گرفته است. نتایج به دست آمده می تواند راهنمای مناسب برای طراحی پایداری باشد.

مطالعه نظری و آزمایشگاهی فشار آب بیرونی بر پوشش توپل با زهکش کنترل شده و سطح آب زیرزمینی بالا

"Theoretical and experimental study of external water pressure on tunnel lining in controlled drainage under high water level"

Authors: Xiuying Wang, Zhongsheng Tan, Mengshu Wang, Mi Zhang, Huangfu Ming

In: Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 23, Issue 5, September 2008, pp 552-560.

برای کاهش تأثیرات محیط زیستی در یک توپل زهکش، یک برنامه کنترل زهکشی در توپلهایی که در مناطقی با سطح آب زیرزمینی بالا قرار دارند، پیشنهاد شده است. تاکنون هیچ استاندارد ویژه‌ای برای طراحی چنین توپلهایی تهیه نگردیده است. در این مقاله توپل به عنوان یک سازه مناسب پیشنهاد شده و توزیع فشار آب بر پوشش توپل نیز از طریق تحلیلهای عددی و نیز آزمونهای آزمایشگاهی و اندازه‌گیری صحرایی بررسی شده است. مطالعات فوق نشان می‌دهد که حوزه ترزیق قادر به کاهش فشار آب بر پوشش توپل همراه با آببندی کامل آن نمی‌باشد و ناحیه ترزیق شده تنها در صورتی می‌تواند به طور مؤثر فشار آب وارد پوشش را کاهش دهد که از روش مناسب زهکشی استفاده شود. نتایج به دست آمده همچنین نشان می‌دهد که ناحیه ترزیق شده بهینه باید تعیین و اجرا شود و افزایش اندازه حوزه ترزیق باعث کاهش بیشتر فشار آب بر پوشش توپل نمی‌شود.

طراحی پوشش برای توپل حرارتی کوپنهایگ با استفاده از سگمنت‌های بتنی مسلح به الیاف فولادی

"Lining design for the district heating tunnel in Copenhagen with steel fiber reinforced concrete segments"

Authors: Thomas Kasper, Carola Edvardsen, Gert Wittneben, Dieter Neumann

In: Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 23, Issue 5, September 2008, pp 574-587.

توپل حرارتی کوپنهایگ به طول ۳/۹ کیلومتر امکان عبور لوله‌های حرارتی را از یک نیروگاه در جزیره آمارگ (Amager) به شهر کوپنهایگ (در دانمارک) فراهم می‌آورد. دسترسی به این توپل‌ها که در عمق ۲۵ تا ۳۸ متری سطح زمین و در تشکیلات اهکی قرار دارد، از طریق یک شفت در جزیره آمارگ و دوشفت در مرکز شهر کوپنهایگ امکان پذیر است. این توپل به وسیله یک دستگاه EPB حفاری شده که این موضوع علاوه بر مزایای اقتصادی دارای امتیازات فنی نیز می‌باشد. این مقاله روش‌های به کار گرفته شده در طراحی سازه‌ای و نیز دوام پوشش سگمنتی مسلح به الیاف فولادی SFRC که برای طول عمری معادل ۱۰۰ سال طراحی شده‌اند را تشریح می‌نماید. در این پژوهه توجه ویژه به افزایش حرارت درون توپل تا ۵۰ درجه سانتیگراد در زمان بهره‌داری از لوله‌ها لازم بوده است که در این مقاله به همراه تجربه‌های نصب سگمنت‌های SFRC در توپل مورد بحث قرار گرفته است.

معرفی کتاب

عنوان: "Ground anchorages and anchored structures in service"

نویسنده: G.S. Littlejohn

ناشر: Thomas Telford Ltd تاریخ انتشار: ۲۰۰۸

در طول ۸۰ سال اخیر میلیونها مهار در نقاط مختلف جهان نصب شده‌اندو تنها تعداد معددی از آنها ناموفق بوده‌اند. ولی با گذشت زمان و کهن‌شدن مهارهای دائمی، این موضوع اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. به ویژه مهارهایی که بیش از ۳۰ سال از نصبشان گذشته و در زمان طراحی تمهیدانی برای محافظت آنها در مقابل خوردگی و فرسایش در نظر گرفته شده، با استانداردهای امروزی مطابقت نداشته و لازم است مورد بررسی قرار گیرند. این کتاب اهمیت و بازرگانی و نظارت منظم و روشهای و نحوه اجرای آن را که می‌تواند منجر به افزایش طول عمر سازه‌های مهاربندی شده شود، تشریح می‌نماید. تحقیقات و بررسیهای انجام شده که در متن کتاب ارائه گردیده‌اند، نشان می‌دهند که به بازبینی و نگهداری منظم مهارها توجه کافی نمی‌شود. در این راستا مطالب کتاب مواردی همچون نحوه آزمایش و رفتارنگاری مهارهای دائمی، روشهای محافظت و پیشگیری و نمونه‌های متعددی از کاربرد مهارها در پروژه‌های سد، تونل و معادن را تشریح می‌نماید.

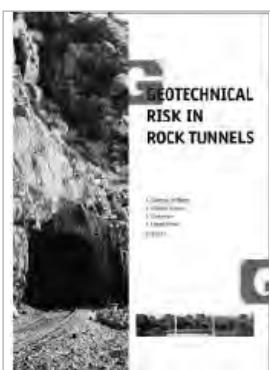
ice
Ground anchorages
and anchored structures
in service



عنوان: "Geotechnical Risk in Rock Tunnels"

نویسنده‌گان: A. Campos-e-Matos, L. Ribeiro-e-Sousa, J. Kleberger, P. Lopes Pinto

ناشر: Taylor & Francis تاریخ انتشار: ۲۰۰۶



کتاب حاضر مخاطرات گوناگونی که امکان مواجه شدن با آنها در حین کار در زیرزمین وجود دارد را مورث می‌نماید. ارائه دهنده‌گان مطالب کتاب نحوه ارزیابی ریسک و مدیریت آنرا براساس اصول نظری و تجربیات عملی تشریح می‌نمایند و نمونه‌های متعددی که از بروز مشکلات و حوادث را به تصویر می‌کشند. از دیگر مطالب کتاب مرور روشهای تصمیم‌گیری در تونل‌سازی، استفاده از دستگاه‌های TBM در نواحی گسل‌دار، طراحی لزهای برای تونل‌های راه‌آهن سریع السیر، هیدرورژئولوژی در تونل‌های راه‌آهن، ایمنی در ساخت، سرمایه‌گذاری و روشهای کنترل، و نیز روشهای بررسی مطالعاتی و حفظ و نگهداری در تونل‌سازی می‌باشد.

انجمن تونل ایران

عنوان: "Civil Excavation & Tunnelling"

نویسندها: R. Tatiya

ناشر: Thomas Telford, Ltd تاریخ انتشار: ۲۰۰۵

این کتاب روش‌های حفاری و استخراج در طرحهای عمرانی سطحی و زیرزمینی را تشریح می‌نماید. نمونه‌های ارائه شده شامل حفاری تونل‌هایی است که می‌توانستند با آخرين فنون آتشباري و با تجهيزات مدرن حفاری شوند، بدون آنکه مشکلات ايمني يا صدمات زيستمحيطي ايجاد نمایند. حفاری‌ها و استخراج‌های سطحی شامل مواردی همچون ايجاد تراشه، کanal‌سازی، استخراج رو باز معادن، جاده‌سازی و غيره می‌شود. روش‌های ساخت و ايجاد چنین فضاهايی در اين کتاب مرور می‌شوند. از جمله مطالب کتاب حفاری تونل به صورت مکانيزه، استفاده از روش NATM و LTM در تونل‌سازی، ريز تونلها، فن آوري بدون تراشه برای لوله‌گذاري پروژه‌های آبي، گازی، مخابرات، برق و فاضلاب می‌باشد. همچنین مباحثی همچون ايمني و محيط زيست در يك فصل جداگانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند.



عنوان: Closed – Face Tunnelling Machines and Ground Stability –

نویسنده: British Tunnelling Society

ناشر: Thomas Telford Ltd تاریخ انتشار: ۲۰۰۵



در اين کتاب نمونه‌های متعددی از ناپايداري و ريزش زمين در تونل‌سازی درون شهری که به وسیله دستگاه‌های مکانيزه در حال اجرا بودند را تشریح می‌نماید. قابلیت بالقوه زمین در ناپايداري، ريزش و گسیختگی در زمان استفاده از دستگاه‌های مکانيزه، روش‌های بررسی و مطالعه شرایط زمین در مناطق شهری، روش‌های قابل استفاده در مدیریت ساخت به منظور کاهش ريسک در زمان اجرای تونل در مناطق پر جمعیت شهری، نحوه انتخاب دستگاه مناسب برای حفر تونل، مخاطرات تونل‌سازی در مناطق شهری و غيره مواردی هستند که در اين کتاب مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

Tunnel

Iranian Tunnelling Association
Magazine

Summer 2008 No. 3

IN THE NAME OF GOD

● Editorial	2
● News.....	3
● Experiences of excavating a long tunnel in difficult Zagros formations.....	8
● Analyzing soil and tunnel interaction whilst tunnelling with an EPB and its effect on ground settlement – case study: Tabriz Metro Tunnels.....	13
● Centrifuge model test of tunnel face reinforcement by bolting.....	22
● Numerical analysis of dynamic behavior of concrete tunnelling.....	28
● Tunnelling events.....	33
● Shotcrete terminology.....	34
● Selected international paper abstracts.....	42
● Book review	44



Dr. M. Gharouni Nik

Dr. S. Hashemi

Board of Directors of Iranian Tunnelling Association

Mr. M. Hamzeh Abyazani

Dr. A. Fahimifar, Dr. O. Farzaneh, Dr. M. Gharouni Nik,

Dr. S. Hashemi, Dr. M. Jafari, Dr. H. Kanani Moghaddam,

Mr. A. Mozaffari Shams, Dr. M. Sadaghiani,

Dr. H. Salari Rad, Dr. M. Sharifzadeh, Dr. A. Yasaghi

President

Chief Editor

Supervised By

Internal management

Editorial Board

Nashr-e-Fan

Executive Producer