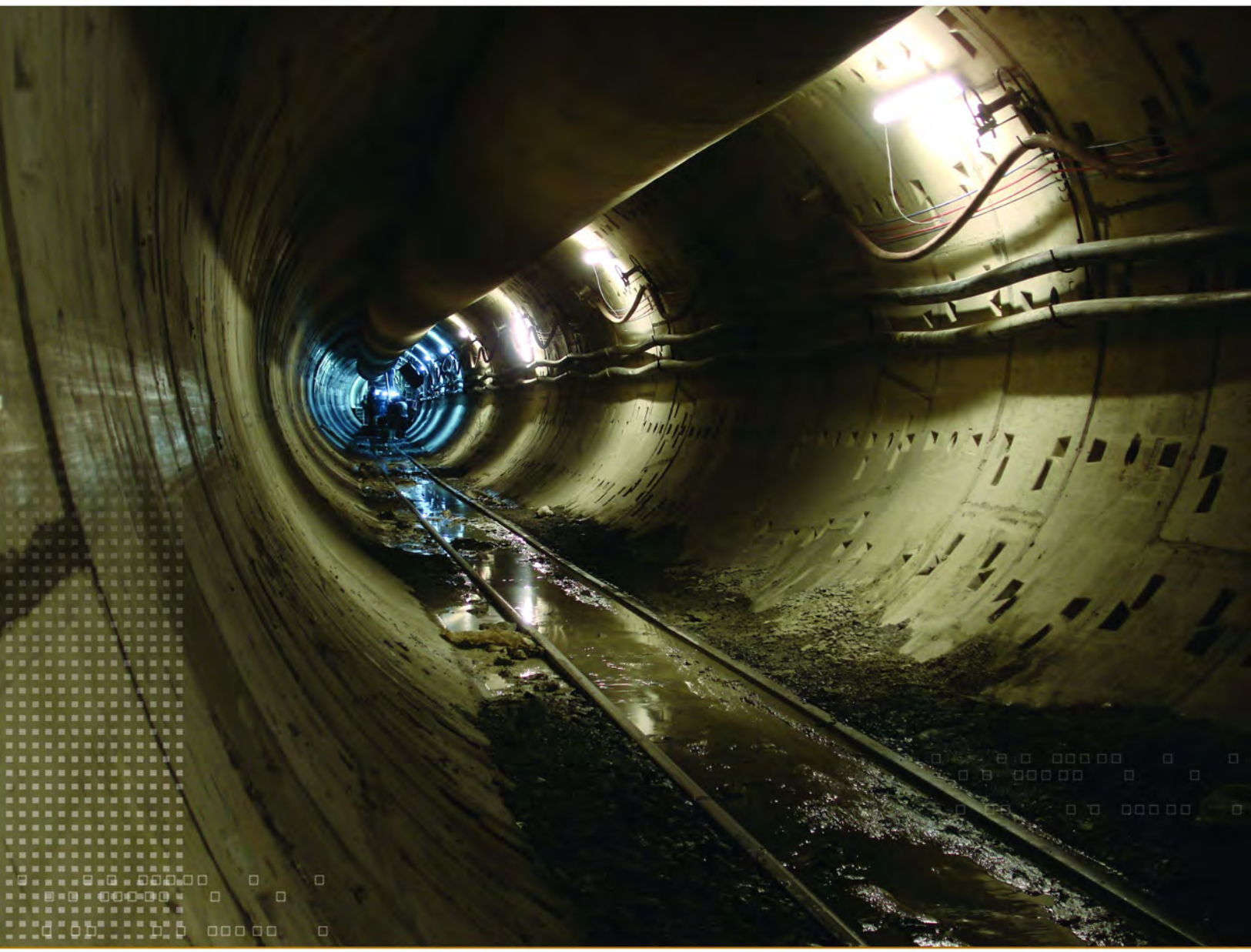
تونل

نشریه انجمن تونل ایران

Tunnel

شماره۹ ، زمستان۸۸

Iranian Tunnelling Association Magazine



www.irta.ir

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

تونل

نشریه انجمن تونل ایران

شماره ۹- زمستان ۸۸

بسمه تعالی

- سرمقاله ۲
- اخبار ۳
- لزوم مطالعات ژئوفیزیک در احداث فضاهای زیر زمینی ۹
- اهمیت رفتارنگاری در ساخت تونل‌های شهری و بهینه‌سازی روش‌های اجرا ۱۹
- تحلیل عملکرد واقعی TBM در حفاری ۲۴/۵ کیلومتر تونل قمرود ۲۹
- ارزیابی ریسک‌های ژئوتکنیک در حفاری‌های تمام مقطع مکانیزه (TBM) تونل‌های مترو (مطالعه موردی: پروژه خط هفت مترو تهران) ۳۵
- شهر زیرزمینی نوش آباد ۴۱
- چکیده مقالات منتخب نشریات ۴۴
- معرفی کتاب ۴۶
- رویدادهای تونلی ۴۷

شـرح روی جلد: قطعه دوم تونل انتقال آب کرج به تهران

انجمن تونل ایران	**صاحب امتیاز**
دکتر مرتضی قارونی‌نیک	**مدیر مسئول**
دکتر سیامک‌هاشمی	**سر دبیر**
هیئت مدیره انجمن تونل ایران	**زیر نظر**
مهندس مرتضی همزه ابیازنی	**مدیر داخلی**
دکتر محمد جواد جعفری، دکتر حسین سالاری‌راد، دکتر مصطفی شریف‌زاده، دکتر محمد حسین صدقیانی، دکتر اورنگ فرزانه، دکتر احمد فهیمی‌فر، دکتر مرتضی قارونی‌نیک، دکتر حسین کنعانی‌مقدم، مهندس ابوالقاسم مظفری شمس، دکتر سیامک‌هاشمی، دکتر علی یساقی مهندس امیر عبداله ایران‌زاده، مهندس محمد خسروتاش	**هیئت تحریریه**
	همکاران این شماره
نشرفن	**امور اجرایی**
معصومه قره داغی	**تبلیغات**
الهه لطفی	**صفحه آرایی و طراحی جلد**

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

- موضوع مقاله در ارتباط با اهداف نشریه باشد.
- مطالب و مقاله‌های دریافتی بازگردانده نمی‌شود.
- مقاله تألیفی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر باشد.
- ارسال اصل مطالب ترجمه شده الزامی است.
- مسئولیت صحت علمی و محتوای مطالب بر عهده نویسندگان یا مترجمان است.
- نظرات نویسندگان به منزله دیدگاه و نظریه‌های نشریه نیست.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، اصلاح یا ویرایش مطالب آزاد است.
- نقل مطالب نشریه با ذکر مأخذ بلامانع است.

نشـانی: خیابان کارگر شمالی- بالاتر از بیمارستان قلب- بعد از خیابان دوم- ساختمان ۴۶۷- طبقه ۵- واحد۴۱- انجمن تونل ایران

تلفن : ۶ - ۸۸۶۳۰۴۹۵ نمابر: ۸۸۰۰۸۷۵۴

Website:www.irta.ir Email:info@irta.ir

www.irta.ir

تونل، ضرورت توسعه پایدار

توسعه پایدار از مهمترین و موثرترین ابزاراقتصادی برای رسیدن به حد مطلوبی از رشد اقتصادی و حرکت به سوی یک اقتصاد مولد و مورد اعتماد است. این واژه به تغییر پایدار اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و محیطی برای تامین رفاه بلند مدت در جامعه اطلاق می‌شود. یکی از ستون‌های اصلی توسعه پایدار، ایجاد سامانه ترابری پایدار است. پیش نیاز گسترش و بهبود وضع اقتصادی جوامع، استقرار و راه‌اندازی امکانات حمل و نقل عمومی با کارآیی زیاد می‌باشد. حمل و نقل بار و مسافر شهری و بین شهری نیاز به امکانات زیربنایی دارد و تهیه یا استفاده از این امکانات باید به گونه‌ای باشد که با کمترین هزینه، بیشترین کارآیی را فراهم سازد.

با توسعه یافتن شهرها، مشکلات مربوط به ترافیک نیز به تناسب در حال افزایش می‌باشند. روند رو به رشد افزایش جمعیت و مهاجرت به شهرهای بزرگ، باعث ایجاد کلان شهرها شده و در نتیجه مشکلات مربوط به حمل و نقل، آلودگی و بهداشت در چنین شهرهایی به یک معضل جدی تبدیل شده است. با توجه به رشد شهرنشینی، توسعه اقتصادی و نیاز بیشتر به جابجایی، ضرورت دستیابی به سیستم‌های حمل و نقل متناسب نیز بیش از پیش احساس می‌شود. هر چند مشکلات مربوط به حمل و نقل عمومی در شهرهای مختلف با هم تفاوت دارند ولی بسیاری مسایل در همه جا یکسان بوده و تنها در برخی موارد به طور خاص مربوط به شرایط ویژه منطقه‌ای می‌باشد. توسعه زیرساخت‌های مورد نیاز، موجب می‌شود تا خدمات مورد نیاز مردم، راحت‌تر در اختیارشان قرار گیرد و مشکلات شهری تا حدودی کاهش پیدا کنند.

استفاده از سیستم‌های حمل و نقل زیرزمینی به عنوان یک راه حل منطقی و کارآمد پذیرفته شده و در اقصی نقاط جهان مورد استفاده قرار گرفته است. در این راستا تونل‌سازی به عنوان یک روش کارآمد و موثر شناخته شده است. صنعت تونل‌سازی، یکی از پیچیده‌ترین و دشوارترین بخش‌های کار مهندسی و ساخت و ساز به‌ویژه در مناطق شهری می‌باشد. تاثیر فراوان تونل‌های شهری بر توسعه اقتصادی شهرها باعث شده که دولت‌ها به طور مستقیم وارد این عرصه شده و هزینه‌های تونل‌سازی شهری را تقبل نمایند.

تونل‌ها علاوه بر تاثیر مستقیمی که بر کاهش بار ترافیکی دارند باعث تسریع در حمل و نقل شهری می‌شوند، به کاسته شدن آلودگی صوتی، بصری و محیطی نیز کمک کرده و علاوه بر موارد مذکور باعث رونق یافتن بخش‌های مختلف شهرها می‌شوند. با کاسته شدن حجم اتومبیل‌ها در محدوده‌های پر تردد شهری و مناطقی که از لحاظ اداری و تجاری مرکزیت دارند، فضای امن‌تر و سالم‌تری برای رسیدگی به امور روزانه مردم ایجاد می‌شود. ساخت‌وسازهای زیرزمینی منجر به کاهش خطرات زیست محیطی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، افزایش کارآیی‌های گوناگون در ساختار شهری، کاهش نیاز به حمل و نقل محلی، تسهیل و افزایش خدمات عمومی و حفظ و نگهداری محیط‌های شهری و فرهنگی می‌شود و به همین دلیل نیز استفاده از فضاهای زیرزمینی روند رو به رشدی دارد.

فعالیت‌های انجام شده در سال‌های اخیر در کشور نشان‌دهنده اقداماتی است که در راه رسیدن به این هدف برداشته می‌شوند. ساخت و توسعه خطوط مترو در شهرهای مختلف و پروژه‌های متعدد تونلی که در حال طراحی، اجرا یا راه‌اندازی می باشند، گواهی بر این مدعا هستند. امید است که با انجام مطالعات مناسب و طراحی و اجرای صحیح چنین پروژه‌هایی، گام‌های موثرتری جهت تسریع و بهبود این روند برداشته شود.

اخبار

عملیات حفاری یکی از بزرگترین تونل‌های کشور در اقلید به پایان رسید

مدیرکل راه و ترابری استان فارس از اتمام بخش حفاری تونل شهرستان اقلید به عنوان یکی از بزرگترین تونل‌های کشور خبر داد. حیدر نوروزی در نشستی خبری طول این تونل را ۲۶۲۰ متر اعلام کرد و افزود: عملیات اجرایی این تونل با سرعت مناسبی در حال اجرا بوده ضمن اینکه در شهرستان اقلید تمام روکش‌های آسفالت محورهای مختلف نیز به سرانجام رسیده است. وی با اشاره به سایر عملیات اجرایی محورهای دیگر استان فارس نیز تاکید کرد: بزرگراه‌های شیراز - دشت ارژن - قائمیه در حال انجام بوده و بزرگراه شیراز - جهرم نیز در سه قطعه برنامه ریزی شده که این پروژه نیز در دست اجرا قرار دارد.

مدیرکل راه و ترابری استان فارس اظهار داشت: هم اکنون استان فارس دارای یک هزار و ۳۰۰ کیلومتر راه اصلی و غیره بوده که با احتساب ۶۴۰ کیلومتر بزرگراه حدود ۱۵ هزار و ۸۰۰ کیلومتر راه در استان فارس وجود دارد. نوروزی ارزش هر یک کیلومتر راه را ۳۰۰ میلیون تومان برآورد کرد و افزود: در حال حاضر ۱۱ هزار و ۴۰۰میلیارد تومان ارزش راه‌های استان برآورد می‌شود و برای نگهداری آنها سالانه به طور میانگین حدود ۴۵۶ میلیارد تومان نیاز است. وی با اشاره به مشکلات موجود در حوزه احداث نیز بیان کرد: هم اکنون در بحث بزرگراه‌ها دو مساله اساسی وجود دارد که شامل وجود معارضان و مباحث ارزیابی بوده و به هر میزان که بتوان این مشکلات را کاهش داد در گسترش راه‌های استان نیز تاثیرات بسیار زیادی بر جای می‌گذارد.

خبرگزاری مهر
۱۳۸۸/۱۰/۰۸

مرمت تونل بلیتی شوشتر ۸ ماه دیگر به پایان می‌رسد

فرماندار شوشتر گفت: مرمت تونل بلیتی شهرستان شوشتر هشت ماه آینده به اتمام می‌رسد. علی‌اصغر قوچانی در گفتگو با خبرنگار فارس در شوشتر اظهار داشت: مرمت تونل بلیتی شهرستان شوشتر از ماه گذشته آغاز شده و این روند با سرعتی مناسب در حال انجام است.

وی افزود: مرمت تونل بلیتی از پروژه‌هایی است که با پیگیری‌های فراوان و پس از تایید طرح‌ها توسط سازمان میراث فرهنگی آغاز شده است، همین مساله موجب شد تا آغاز به کار پروژه به طول بینجامد و زمان‌بر باشد. بخش‌هایی از تونل بلیتی شوشتر در تیرماه سال ۸۷ فرو ریخت و باعث بروز خساراتی در این شهرستان شد. از آن زمان تاکنون بخش‌هایی از مسیر تردد شهروندان و خودروها که بر روی تونل مذکور قرار دارد، مسدود شده است.

قوچانی با اشاره به مرمت قسمت‌های فروریخته شده گفت: قسمت‌های بحرانی این تونل به‌طور کامل مرمت و بخش‌هایی از خیابان که به دلیل فروریزی تونل، مسدود شده بود، بازگشایی شد، از این رو ترافیک در مرکز شهر تا حدی روان شده است. وی خاطر نشان کرد: مرمت این تونل از وظایف سازمان آب و برق است و برای این پروژه بیش از ۱۲ میلیارد ریال اعتبار پیش‌بینی شده و در اختیار این سازمان قرار گرفته است. قوچانی با اشاره به طول زیاد این تونل درباره مرمت این اثر تاریخی گفت: طول بسیار زیاد این تونل باعث می‌شود تا زمان مرمت نیز افزایش یابد ولی این پروژه بدون توقف اجرایی می‌شود. فرماندار شوشتر تاکید کرد: تونل بلیتی شهرستان شوشتر با بیش از ۱۷۰۰ سال قدمت، دارای ۳۳۷ متر طول و جزیی از آثار ثبت شده سازه‌های آبی شوشتر در ردیف جهانی است.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۸/۱۰/۸

توافق ایران و تاجیکستان برای اختصاص ۵ میلیون دلار برای اتمام تونل استقلال

قائم مقام وزارت نیرو که برای آماده‌سازی سفر رییس جمهور کشورمان به تاجیکستان سفر کرده بود در دیدار با وزیر دارایی این کشور، از اختصاص ۵ میلیون دلار وام اضافی برای اتمام پروژه تونل استقلال تاجیکستان خبر داد. به گزارش خبرنگار خبرگزاری فارس، یکی از موضوعات اصلی گفت‌وگوهای "حمید چیت‌چیان" و "صفرعلی نجم‌الدین‌اف" اختصاص منابع مالی لازم برای تکمیل تونل استراتژیک "استقلال" بوده است. این تونل که در ناحیه انزاب تاجیکستان واقع شده، توسط یک شرکت ایرانی در حال احداث است. قائم مقام وزارت نیرو در پایان این دیدار در گفت‌وگو با خبرنگار خبرگزاری فارس، نتایج مذاکرات خود با مقامات عالی رتبه تاجیکستان را مفید و مهم ارزیابی کرد. وی گفت: در ملاقات با طرف تاجیکی درباره نحوه اختصاص ۵ میلیون دلار وام اضافی برای اتمام عملیات پروژه تونل استقلال به توافق رسیدیم که سند نهایی ۲ جانبه آن در چارچوب بازدید "محمود احمدی‌نژاد" رییس‌جمهور کشورمان از تاجیکستان در ۲ روز آینده به امضا رسد. چیت‌چیان افزود: قرار شده ۵ میلیون دلار برای تامین سامانه‌های تهویه، آتش‌نشانی، روشنایی و جمع آوری و هدایت آب‌های اضافی به خارج تونل اختصاص یابد که این مبلغ به تسهیلاتی که بانک توسعه صادرات بابت سد و نیروگاه "سنگتوده ۲" پرداخت کرده

است، اضافه خواهد شد. به گفته وی بنابراین مبلغ فوق به وام ۱۸۰ میلیون دلاری ایران برای احداث نیروگاه سنگتوده ۲ اضافه می‌شود و دولت تاجیکستان آن را پس از بهره‌برداری از این نیروگاه، در غالب صدور برق به ایران مسترد خواهد کرد.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۸/۱۰/۱۳

تونل ۶ کیلومتری میدان سپاه تا میدان شوش احداث می‌شود

مدیر عامل سازمان مهندسی و عمرانی شهرداری تهران گفت: تونل اتوبان شهید صیاد شیرازی به طول ۶ کیلومتر که میدان سپاه را به میدان شوش می‌رساند، احداث می‌شود. مسعود نصر آزادانی در حاشیه جلسه ارتباط مستقیم مدیران شهرداری با شهروندان در مرکز ۱۸۸۸ با بیان این مطلب در جمع خبرنگاران با عنوان این مطلب افزود: در حال حاضر اجرای این تونل در دست مطالعه است و به صورت طرح و اجرای همزمان عملیاتی خواهد شد. نصرآزادانی افزود: هم اکنون نیز در حال مذاکره با قرارگاه سازندگی خاتم الانبیاء برای اجرای آن هستیم تا از تجربیات و تخصص نیروهای اجرایی این قرارگاه بهره‌مند شویم. وی درباره پل جوادیه گفت: روند اجرایی پل جوادیه مطلوب است و تقریباً بخش‌هایی از قوس اصلی آن نصب شده و تمام آن در کارخانه ساخته شده است. تلاش می‌کنیم بتوانیم تا پایان سال، عرشه و قوس اصلی را به ترتیب نصب کنیم تا قبل از تابستان کل عملیات اجرایی پل به اتمام رسد. نصرآزادانی ادامه داد: این سازه یک سازه معمولی نیست. به عنوان مثال آرک اصلی پل حدود هزار و ۵۰ تن وزن دارد و شب گذشته قطعه‌ای از آن تا ساعت ۳ بامداد نصب شد. این قطعه به وسیله دو تریلی کمرشکن که در کنار یکدیگر حرکت می‌کردند، حمل شد. وی اضافه کرد: این پروژه از نظر معماری، روش اجرا و شرایط سازه منحصر به فرد است و با دیگر پل‌های شهر تهران از نظر زمان‌بندی و پیش بینی زمانی متفاوت است.

مدیر عامل سازمان مهندسی و عمرانی شهرداری تهران در خصوص دو طبقه‌کردن اتوبان امام علی(ع) تصریح کرد: بخش عمده‌ای از این پروژه انجام شده است و از میدان شهید محلاتی به طول ۸۰۰ متر به اجرا درآمده و هم اکنون نیز امکان بازدید از آن وجود دارد.

نصرآزادنی ادامه داد: از ادامه مسیر تا خیابان پیروزی هم که به دلایل ترافیکی و مهندسی دو باند به سمت پایین می‌آیند، کنسول‌هایی در دو طرف مسیر به طول ۴۰۰ متر در حال اجرا است. وی همچنین درباره ادامه بزرگراه صیاد شیرازی و رفع معارضان آن خاطرنشان ساخت: بحث تملک در این محدوده با منطقه ۷ است اما اصل پروژه به عهده سازمان فنی - عمرانی گذاشته شده و هم اکنون از تقاطع شیخ صفی تا خیابان کاج به اتمام رسیده و حدود ۴ هزار متر دیوارسازی‌های بلند در این منطقه انجام شده است. وی پیش‌بینی کرد: هر زمان که کار رفع معارض این پروژه پایان یابد ظرف مدت ۶ ماه تمام پروژه را تحویل خواهیم داد.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۸/۱۰/۱۴

بهره‌برداری از دستگاه حفر اتوماتیک تونل در خط ۷ متـــروی تهران در دهه فجر

مجری خط ۷ متروی تهران گفت: بزرگ‌ترین دستگاه مکانیزه حفار تونل ریلی (TBM) که اخیرا وارد کشور شده در دهه فجر آغاز به کار خواهد کرد و به وسیله این دستگاه به‌طور متوسط قادر به حفر روزانه ۱۵ متر از تونل مترو در خط ۷ خواهیم بود. سیادت موسوی در حاشیه بازدید مدیران حوزه حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران از خط ۷ مترو و مراحل راه‌اندازی بزرگ‌ترین دستگاه تونل‌کن اتوماتیک با بیان این مطلب اظهار کرد: در حال حاضر، مراحل مونتاژ و راه‌اندازی این دستگاه در حال اجراست و در دهه فجر بهره برداری آزمایشی از بزرگ‌ترین دستگاه حفار اتوماتیک تونل صورت خواهد گرفت.

وی ادامه داد: با به‌کارگیری دستگاه حفار اتوماتیک (TBM) قادر به حفر روزانه ۱۵ متر از تونل مترو در خط ۷ خواهیم بود در حالی که هم‌اینک با روش‌های معمول در هر جبهه کاری حدود یک متر در روز حفاری صورت می‌گیرد. مجری خط ۷ متروی تهران با تاکید براینکه به‌کارگیری دستگاه حفار اتوماتیک علاوه بر افزایش سرعت ساخت و توسعه مترو دارای مزایای بسیار زیادی است، گفت: ایمنی بالا در حفر تونل‌ها یکی از ویژگی‌های بارز به‌کارگیری این دستگاه‌هاست؛ زیرا دستگاه حفار اتوماتیک براساس تعادل فشار زمین حرکت می‌کند و به همین دلیل حتی در خاک‌های سست هم حفر تونل با ایمنی بالا صورت می‌گیرد.

وی در ادامه با بیان اینکه خط ۷ یکی از خطوط مهم مترو در تهران است که از شمال غرب تهران آغاز می‌شود و تا جنوب شرق ادامه می‌یابد، عنوان کرد: در صورت تامین به‌موقع منابع، فاز نخست این خط در سال ۹۱ به بهره‌برداری خواهد رسید.

سیادت موسوی خاطرنشان کرد: خط ۷ متروی تهران از منطقه سعادت آباد در شمال غربی شهر آغاز می‌شود و با عبور از میدان صنعت، برج میلاد، بزرگراه چمران، میدان توحید، بزرگراه نواب، خیابان هلال احمر، خیابان مولوی تا بزرگراه شهید محلاتی و ورزشگاه تختی ادامه می‌یابد. وی افزود: خط ۷ متروی تهران ۲۷ کیلومتر است و ۲۵ ایستگاه خواهد داشت و روزانه از طریق این خط حداقل ۶۷۰ هزار نفر مسافر جابه‌جا خواهند شد.

مجری خط ۷ متروی تهران با بیان اینکه این خط با اکثر خطوط مترو مانند خطوط یک، ۳، ۴ و ۶ ایستگاه‌های تقاطعی خواهد داشت، گفت: در فاز نخست اجرای این پروژه، چند ایستگاه حد فاصل بزرگراه نواب تا پارک گفتگو در دست ساخت قرار می‌گیرند که براساس برنامه‌ریزی‌ها در صورت تأمین به موقع اعتبارات تا سال ۹۱ فاز نخست به بهره‌برداری می‌رسد.

همشهری آنلاین
۱۳۸۸/۱۰/۳۰

تونل توحید افتتاح شد

تونل توحید به عنوان بزرگترین طرح عمرانی تاریخ مدیریت شهری کشور، همزمان با لحظه ورود تاریخی امام خمینی (ره) به میهن اسلامی، به دست ۳جانباز جنگ تحمیلی، تعدادی از خانواده‌های معظم شهدا و همچنین جمع کثیری از شهروندان تهرانی افتتاح شد.

کلنگ ساخت تونل توحید در ۳ اردیبهشت۱۳۸۶ توسط محمدباقر قالیباف شهردارتهران بر زمین زده شد و بعد از گذشت ۳۲ماه از آن زمان به بهره‌برداری رسید. پروژه تونل توحید دارای ۲ رشته تونل مجاور هم (دو قلو) و هر رشته دارای ۳ باند رفت و برگشت هر کدام به طول ۲۱۳۶ متر است که دو بزرگراه چمران و نواب را به هم متصل می‌کند. اتصال این دو بزرگراه (از میدان توحید تا میدان جمهوری) تا سال ۱۳۷۷ بلاتکلیف بود اما با توجه به حساسیت، ترافیک سنگین و نیاز شدید شهر به اتصال این دو بزرگراه، شهرداری تهران در سال ۱۳۷۷ اقدام به انتخاب مشاور برای مطالعه و بررسی اتصال این دو بزرگراه کرد، در همین راستا در اواخر سال ۱۳۸۵ پیمانکار انتخاب و در اوایل سال ۸۶ رسماً عملیات اجرایی پروژه تونل توحید شروع شد. از ویژگی‌های خاص این پروژه، باید به تلاقی تونل با خط ۲ و ۴ مترو اشاره کرد.

در روند حفاری، تونل توحید گاهی با ناپایداری خاک به ویژه در شمال شفت میدان توحید مواجه شد که این امر کندی عملیات اجرا را در برداشت. همچنین در طول مسیر حفاری معارضانی از جمله لوله‌های آب شرب، تأسیسات شهری، رشته‌های متعدد قنات، کانال‌های فاضلاب و غیره بود ولی موانع برطرف و پروژه اجرا شد. برای اجرای این پروژه ۶ کارگاه اصلی در نقاط مختلف رمپ شمالی، ابتدای خیابان باقرخان، میدان توحید، نیایش، بین توحید و آزادی، تقاطع خیابان آزادی و توحید، میدان جمهوری و تقاطع خیابان آذربایجان با نواب، به اضافه حدود ۳۰ جبهه کاری در محل مستقر و فعال بودند. بر اساس این گزارش، ۷۰ عدد جت‌فن، ۱۱ اگزوز فن برای تهویه و خروج هوای آلوده و ورود هوای تازه به تونل، ژنراتورهای اختصاصی و اضطراری برق که در صورت قطع برق تهران و شبکه سراسری به صورت خودکار برق تونل را همواره روشن نگه دارد و جبران قطع برق کند در این تونل تعبیه شده است. همچنین تأمین روشنایی استاندارد، پیش‌بینی تنظیم نور طبیعی بیرون و نور مصنوعی داخل تونل (عدم‌خیرگی)، تعبیه شبکه‌های فاضلاب و همچنین نصب بیش از ۳ هزار شمع و بیش از ۲۵ هزار قطعه بتنی و نصب سیستم هوشمند و محاسبه دقیق خودروها در کنار مقاوم‌سازی تونل برای مواجهه با زلزله و تکان‌های تخریبی ناشی از گسل‌ها از جمله ویژگی‌های این تونل است. با بهره‌برداری از تونل توحید، مشکل ترافیک در حد فاصل تقاطع خیابان باقرخان و بزرگراه شهید چمران و خیابان آذربایجان و بزرگراه شهیدنواب صفوی رفع می‌شود که صرفه‌جویی در مصرف بنزین و کاهش آلودگی‌های هوا، صوتی و بصری را نیز به دنبال دارد. با این وجود، تونل توحید به مدت ۲ ماه شب‌ها از ساعت ۲۲ تا ۶ بامداد برای نصب برخی تجهیزات و تکمیل کردن پروژه مسدود می‌شود.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۸/۱۱/۱۲

تونل صدر – نیایش ظرف۳۰ ماه ساخته می‌شود

مدیر عامل سازمان مهندسی و عمران شهرداری تهران با بیان این که ۷۰ درصد مطالعات و طراحی تونل صدر - نیایش به پایان رسیده از آغاز عملیات اجرایی این تونل بلافاصله پس از گشایش فاینانس مورد نیاز خبر داد و گفت: ساخت این تونل نیز از زمان آغاز عملیات احداث طی ۳۰ ماه به اتمام می‌رسد. به گزارش خبرگزاری مهر، دکتر نصر آزادانی با بیان این مطلب گفت: در حال حاضر سه جبهه اصلی از ۵ جبهه تونل صدر - نیایش در مسیرهای کردستان، تقاطع صدر و مدرس فعال شده و همچنین تونل‌های دسترسی نیز ایجاد شده است. وی در مورد آغاز عملیات اجرایی این تونل خاطرنشان کرد: برای آغاز عملیات اجرایی، منتظر گشایش فاینانس هستیم که قرارداد فاینانس نیز بسته شده است و از زمانی که منابع مالی تزریق شود عملیات اجرایی این تونل نیز به صورت سه شیفت آغاز می‌شود و زمان‌بندی در نظر گرفته شده برای این پروژه هم ۳۰ ماهه خواهد بود.

به گفته مدیر عامل سازمان مهندسی و عمران شهرداری تهران، تونل صدر- نیایش، در فاز اول از تقاطع بزرگراه نیایش پیش از بزرگراه کردستان آغاز و تا تقاطع صدر ادامه دارد و همچنین در فاز دوم، ادامه این مسیر تا میدان نوبنیاد احداث خواهد شد و در مسیر شرق به غرب نیز از بزرگراه مدرس آغاز و از زیر خیابان‌های آفریقا، ولیعصر و پارک ملت گذشته و به بزرگراه نیایش وصل می‌شود. وی خاطرنشان کرد: این تونل از جمله شریان‌های اصلی شبکه ترافیک شهر تهران است که از مسیرهای اصلی اتصال شرق – غرب تهران محسوب می‌شود و به صورت دو مسیر رفت و برگشت مجزا از یکدیگر است که طول هر یک از تونل‌ها تقریبا دو کیلومتر است.

خبرگزاری مهر
۱۳۸۸/۱۱/۱۳

عملیات حفاری تونل سوم کوهرنگ سال آینده به بهره‌برداری می‌رسد

مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان، محمدعلی طرفه، در گفتگو با خبرنگار فارس در اصفهان با اشاره به اقدامات انجام شده برای تونل سوم کوهرنگ افزود: یکی از برنامه‌های سال جاری آماده کردن شرایط اجرایی سد کوهرنگ بوده است. وی با اشاره به اینکه تونل کوهرنگ ۲۴ کیلومتر است، اظهار داشت: سد مخزنی کوهرنگ نیز به حجم ۴۰۰ میلیون متر مکعب است. مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان افزود: پیش‌بینی‌هایی انجام شد

تا اقدامات اجرایی سد در سال جاری انجام شود و از ابتدای سال ۸۹ عملیات اجرایی سد را آغاز کنیم که این برنامه‌ها به نتیجه رسیده است. وی با اشاره به اینکه در حال حاضر مناقصه‌ای برای اجرای سد در حال انجام است، گفت: درصدد انتخاب پیمانکار هستیم تا در ابتدای سال ۸۹ عملیات اجرایی سد کوهرنگ را آغاز کنیم. طرفه به میزان اعتبارات اختصاص داده شده به تونل سوم کوهرنگ در سال جاری اشاره کرد و بیان داشت: سال ۱۳۸۸ اعتبارت اختصاص یافته به تونل سوم کوهرنگ حدود دو برابر بیشتر از سال ۱۳۸۷ بوده است. وی با بیان اینکه در سال جاری حفاری تونل کوهرنگ سرعت قابل قبولی داشته است، گفت: البته این اقدامات با وجود مشکلات و شرایط سخت در اجرا بود که سرعت پیشروی در تونل با توجه به شرایط قابل قبول بود.

مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان با اشاره به اینکه با توجه به برنامه‌ریزی‌های انجام شده عملیات حفاری در سال آینده تمام می‌شود، بیان داشت: تا زمانی که سد اصلی به بهره‌برداری برسد، طرح انتقال موقت نیز اجرا شود که آن نیز پیش‌بینی شده که در سال آینده تکمیل شود که شامل یک بند کوتاه و یک ایستگاه پمپاژ است که در ایستگاه نخست بتواند حدود ۱۰۰ میلیون متر مکعب آب را از طریق تونل به حوضه زاینده‌رود اضافه کند. وی ادامه داد: اقداماتی که در حال حاضر در لایحه سال ۱۳۸۹ انجام شده افزایش اعتباری در حد عملیات تکمیل تونل کوهرنگ، آغاز سد کوهرنگ و پرداخت خسارت و هزینه‌های اراضی دریاچه سد است. طرفه با بیان اینکه آنچه در پیشنهاد لایحه آمده حدود ۳۸ میلیارد تومان است، افزود: میزان اعتبار برای تونل سوم کوهرنگ در سال جاری ۲۸ میلیارد تومان است. وی اضافه کرد: عملیات حفاری تونل کوهرنگ سال آینده به بهره‌برداری خواهد رسید.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۸/ ۱۱/ ۱۴

هشتمین تونل طولانی کشور در ایلام افتتاح شد

تونل ایلام – ایوان، هشتمین تونل طولانی کشور، در شهرستان ایوان از توابع استان ایلام افتتاح شد. به گزارش خبرنگار مهر در ایلام، مدیر کل راه و ترابری استان ایلام گفت: تونل ایوان - ایلام به طول شش کیلومتر شامل ۴/۵کیلومتر راه‌های طرفین و ۱/۵ کیلومتر تونل به منظـــور حـــذف گردنه برفگیر و پر حادثه "رنو" با اعتباری بالغ بر ۱۵ میلیارد تومان به بهره‌برداری رسیده است.

رضاسلیمانـــی عنـــوان کرد: از جمله تاثیـــرات اقتصادی و اجتماعی این پروژه می‌توان به کاهش ۱۱ کیلومتر مسیر ایلام به شهرستان ایوان، رفع نقاط حادثه خیز، افزایش امنیت سفر، کاهش سوخت و غیره اشاره کرد.

خبرگزاری مهر
۱۳۸۸/۱۱/۲۱

نمایندگان یونسکو از تونل متروی اصفهان بازدید می‌کنند

به گزارش خبرگزاری فارس از اصفهان به نقل از روابط عمومی استانداری اصفهان، معاون سیاسی امنیتی استاندار اصفهان محمد مهدی اسماعیلی گفت: نمایندگان یونسکو قرار است از میدان تاریخی عتیق، تونل مترو در محدوده سی و سه پل و میدان تاریخی امام (نقش جهان) بازدید کنند. وی اظهارداشت: رییس این گروه پس از بازدید اصفهان را ترک خواهد کرد، ولی تعداد دیگری از نمایندگان یونسکو برای بررسی‌های فنی بیشتر آثار تاریخـی در این شهر حضور خواهند داشت.

معـاون سیاسی امنیتـی استـاندار اصفـهان خاطرنشان کرد: براساس اعلام قبلی قرار است نمایندگان سازمان علمی، فرهنگی و آموزشی سازمان ملل متحد (یونسکو) در جریان این سفر، کوتاه شدن یک طبقه برج جهان‌نما را تایید کنند. وی ادامه داد: برج جهان‌نما ساختمانی به ارتفاع ۵۰ متر است که در ۷۰۰ متری میدان امام (نقش جهان) و در پی تخریب کاروان‌سرای صفوی "جدید" ساخته شده است.

اسماعیلی بیان داشت: طرح احداث برج و ایجاد یک مرکز تجاری و فرهنگی در آن در سال ۱۳۷۵ از سوی شهرداری وقت اصفهان به کمیسیون ماده پنج پیشنهاد شد و مورد موافقت قرار گرفت، اما برخلاف خواست نماینده سازمان میراث فرهنگی در کمیسیون مزبور نقشه‌های مربوط به ساخت برج در اختیار این سازمان قرار نگرفت و این برج با وجود مخالفت سازمان میراث فرهنگی و نهادهای فرهنگی کشور احداث شد.

وی گفت: موضوع قرار گرفتن میدان نقش جهان اصفهان در شمار آثار تاریخی در معرض خطر "با حضور بازرسان یونسکو در سال ۱۳۸۰ در ایران مطرح شد و آنها که از پله سوم مسجد شیخ لطفا... انتهای برج جهان‌نما را از میدان نقش جهان مشاهده کردند، هشدار دادند که خط آسمانی و منظر تاریخی و فرهنگی میدان نقش جهان با وجود این برج مخدوش شده است و در صورتی که دولت ایران نسبت به تعدیل ارتفاع برج اقدام نکند، میدان نقش جهان در فهرست میراث در معرض خطر قرار می‌گیرد. وی تصریح کرد: پیش از این سازمان یونسکو از مسوولان ایرانی خواسته بود نسبت به کاهش ارتفاع این ساختمان بلند مرتبه در جوار میدان تاریخی امام به نحو مقتضی و در مهلت مقرر اقدام کنند و در غیر این‌صورت میدان امام از فهرست آثار تاریخی جهان حذف و در شمار آثار در معرض خطر قرار خواهد گرفت. وی تصریح کرد: انتشار برخی اخبار در ماه‌های گذشته مبنی بر برخورد دستگاه "تی‌بی‌ام" حفر کننده تونل مترو با پل تاریخی سی و سه پل نیز نگرانی‌هایی برای این سازمان ایجاد کرده بود که قرار است نمایندگان یونسکو از این تونل بازدید کنند. معاون سیاسی امنیتی

استاندار اصفهان خاطرنشان کرد: احیای میدان تاریخی عتیق اصفهان هم از دیگر مکان‌های مورد نظر نمایندگان یونسکو برای بازدید انتخاب شده است.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۸/۱۲/۹

ادامه تونل مترو اصفهان در مسیر منحرف شده / وضعیت مبهم سی و سه پل

آن‌گونه که اعضای شورای شهر اصفهان اعلام می‌کنند آخرین تصمیمی که برای خلاصی از دست معضل تونل مترو این شهر و اصلاح انحراف آن گرفته شده ادامه کار در مسیر انحرافی به دلیل عدم امکان شفت‌گذاری است. به گزارش خبرنگار مهر، قرار بر این است که این تونل دردسرساز در همان مسیر منحرف شده و با کمترین قوس به کار خود ادامه دهد که در نهایت ایستگاه طراحی شده برای آن با حدود ۱۵۰ متر فاصله احداث خواهد شد. عباس حاج رسولی‌ها رئیس شورای شهر در همین رابطه در گفتگو با خبرنگار مهر با تایید ادامه تونل در مسیر منحرف شده خود گفت: تونل در همان مسیری که پیش از این منحرف شده بود با کمترین قوس ممکن ادامه پیدا می‌کند و به همین دلیل ایستگاه بعدی با ۱۵۰ متر فاصله از محلی که در پلان اصلی مترو وجود دارد احداث خواهد شد و کارشناسان شرکت آلمانی سازنده دستگاه TBM نیز بر اجرای آن نظارت می‌کنند. دستگاه حفر تونل مترو در اصفهان با انحراف از مسیر تونل شرقی خط شمال - جنوب متروی اصفهان پس از عبور از زیر رودخانه زاینده رود در حدود ۳۰ رینگ (طولی معادل ۴۰ متر) در کنار سی و سه پل به اشتباه حفاری شده است، از زمان وقوع این رخداد در آخرین ماه تابستان امسال و انتشار خبر آن در رسانه‌ها ادامه پروژه مترو در این مسیر تاکنون متوقف مانده است.

مسوولان شهری اصفهان برای خارج شدن دستگاه "TBM" از تونل مترو و اصلاح انحراف آن دو روش را نهایی کردند که یکی برگشت دستگاه از مسیر منحرف شده به عقب و دیگری ایجاد یک حفره بر روی سطح زمین و خارج کردن دستگاه از تونل بود. پس از اعلام این دو روش کارشناسان در گفتگو با رسانه‌ها مخالفت خود با هر دو روش را اعلام و احتمال آسیب رسانی به سی و سه پل را گوشزد کردند. بعد از اینکه هیچ کدام از این دو روش مورد تایید کارشناسان قرار نگرفت، در نهایت مسوولان شهری و مترو اصفهان بعد از ۶ ماه پر فراز و نشیب در نهایت مجبور شدند که همان اولین گزینه پیشنهادی که ادامه دادن تونل در مسیر منحرف شده بود را اجرایی کنند.

وحید فولادگر یکی دیگر از اعضای شورای شهر اصفهان نیز در گفتگو با خبرنگار مهر در این رابطه با تایید انحراف تونل به سمت سی و سه پل گفته است: تونل مترو در ادامه همان مسیر منحرف شده که شش متر به سمت سی و سه پل بود با کمترین قوس ادامه خواهد یافت. این عضو شورای شهر افزود: هر چقدر تونل در این مسیر جلوتر برود از سی و سه پل دورتر می‌شود به گونه‌ای که حتی در حریم قانونی این اثر تاریخی نیز نخواهد بود. این گفته‌های وحید فولادگر در حالی صورت می‌گیرد که پیش از انحراف تونل مترو به سمت سی و سه پل از سوی مسوولان تایید نمی‌شد. فولادگر همچنین در ادامه در رابطه با چگونگی اتخاذ این تصمیم و نقش کارشناسان و مشاوران در این رابطه اظهار داشت: گروهی از مشاوران هیات مدیره مترو با بررسی همه جانبه روش‌های مختلف و با توجه به عدم امکان شفت گذاری در نهایت این روش را تایید کردند. این عضو شورای شهر همچنین درباره زمان آغاز به کار پروژه، تصریح کرد: با توجه به توقف چندین ماهه کار هم‌اکنون تیغه‌های دستگاه TBM در حال سرویس هستند و احتمالاً با پایان کار سرویس تیغه‌ها، پروژه آغاز شود.

خبرگزاری مهر
۱۳۸۸/۱۲/۱۸

آغاز شمارش معکوس ساخت تونل امیرکبیر، از فروردین

معاون فنی و عمرانی شهرداری تهران در یک بازدید چند ساعته از مسیر پروژه امیرکبیر به اتفاق مهندسان مشاور و پیمانکاران عملیاتی این طرح نکات لازم را درباره عملیات اجرایی مورد بررسی قرارداد. بار سنگین ترافیک محدوده بازار و مرکز شهر، به‌ویژه در اوج تخلیه خودروها به‌گونه‌ای است که مسوولان مدیریت شهری را بر آن داشت تا مطالعات خود را در این خصوص آغاز کنند که پس از مدتی نیز به نتایجی دست یافتند که حاصل آن تصمیم احداث تونل بزرگ امیرکبیر شد.

مازیار حسینی، معاون فنی و عمرانی شهرداری تهران در این راستا معتقد است که در مطالعات پروژه‌ها بیش از هر چیزی باید به ماموریت آن بیندیشیم و افق‌های حال و آینده آن‌را برای شهروندان بررسی کنیم چون این بخش به‌عنوان مهم‌ترین گام و اصلی‌ترین قسمت اجرای هر طرح کوچک و بزرگ است. به گفته وی سه‌راه امین‌حضور منطقه‌ای از پیکره بازار است که اگر تاکنون سری به آنجا نزده‌اید به‌طور حتم شنیده‌اید که از جمله مکان‌های بسیار شلوغ تجاری است و بافت‌های به هم پیچیده آن شرایط دشوار رفت و آمدی خودروها و شهروندان را تشدید می‌کند که به تبع آن معضلات زیادی را نیز به‌دنبال دارد. حسینی ادامه داد: این تونل ارتباط زیر زمینی از سه‌راه امین حضور به بزرگراه امام علی را برقرار می‌کند که با توجه به شرایط جغرافیایی از ویژگی‌های خاص برخوردار است. معاون شهردار تهران با تاکید بر اینکه در شبکه‌های زیرگذر به‌طور معمول تقاضای رفت‌وآمد تغییر نمی‌کند بلکه بخشی از ترافیک اصلی به زیرزمین منتقل می‌شود، تاکید کرد: در چنین شرایطی رفت‌وآمد در دسترسی‌های محلی به سهولت انجام می‌پذیرد که مهم‌ترین ماموریت تعریف شده در تونل امیرکبیر به همین منظور خارج کردن بار سنگین ترافیک

در ساعات اوج رفت‌وآمد شبانه روز خواهد بود که در همین خصوص باید به زمان تاخیر، جریان ترافیک و سرعت لازمه توجه داشت. علاوه بر آن تامین دسترسی‌های خروجی از مناطق تجاری بازار در هنگام حجم زیاد ترافیک و خروجی‌های اضطراری هم مدنظر قرارگرفته است که باید توجه کنیم با ساخت این تونل هیچ بار اضافی ترافیکی نباید به این منطقه تحمیل شود. وی ابتدای این طرح را سه راه امین حضور در بخش غربی و اتصال آن به بزرگراه امام علی را در بخش شرقی عنوان کرد که در مسیر ۲ جناق گذرهای شهید درودیان و خیابان کرمان امکان‌پذیر خواهد شد. این مسیر از قسمت تحتانی خیابان‌های ۱۷ شهریور، شکوفه و کرمان به سمت بزرگراه خواهد بود. معاون فنی و عمرانی شهرداری تهران طول تونل امیرکبیر را در مسیر تک لاین۸۰۰ متر و در مسیر ۲ جناق یادشده هر کدام ۷۰۰ متر اعلام کرد که در مجموع با دسترسی‌های درنظر گرفته شده بیش از ۲ هزار و ۲۰۰ متر می‌شود. حسینی درباره روزشمار تونل امیرکبیر اظهار داشت: با کامل شدن و تجهیز کارگاه روز شمار ساخت تونل از فروردین ۸۹ نصب می‌شود که حدود ۲۲ ماه نیز شمارش معکوس خواهیم داشت.

همشهری آنلاین
۱۳۸۸/۱۲/۱۹

تأمین اعتبار مورد نیاز برای اتمام تونل تنگ زاغ

وزیر راه و ترابری از تخصیص اعتبار مورد نیاز برای اتمام و بهره‌برداری از تونل دوم تنگ زاغ در مسیر بزرگراه سیرجان ـ بندرعباس خبر داد.

به گزارش خبرگزاری فارس از بندرعباس، حمید بهبهانی که در آستانه سومین سفر استانی رییس‌جمهور و هیات دولت به هرمزگان، به بندرعباس به عنوان نخستین عضو کابینه سفر کرده است، بدون اشاره به اعتبار پیش‌بینی شده برای این طرح افزود: تونل یاد شده مشکل اعتباری ندارد و تا نوروز زیربار ترافیکی قرار می‌گیرد. در این سفر نیز رایزنی برای تأمین اعتبار تونل تنگه زاغ در دستور کار قرار دارد.

وزیر راه و ترابری گفت: این تونل از لحاظ فنی و مهندسی ترافیک برای بخش حمل و نقل کشور دارای اهمیت ویژه‌ای است به نحوی که با بهره‌برداری کامل از آن بخش عمده‌ای از معضلات ترافیکی محور پر تردد یادشده به طور کامل مرتفع می‌شود.

بر پایه این گزارش، استاندار هرمزگان نیز که در مراسم استقبال از بهبهانی حاضر بود در مصاحبه‌ای با فارس در روزهای اخیر یادآور شده بود: با تلاش پیمانکاران توانای داخلی و حمایت مطلوب مدیران خوشبختانه این تونل در حال حاضر ۸۵ درصد پیشرفت فیزیکی دارد که امید است در صورت تامین اعتبار بتوانیم از آن در پایان اردیبهشت ماه سال آینده به طور کامل بهره‌برداری کنیم. استاندار هرمزگان با اشاره به فرارسیدن تعطیلات نوروزی و حجم بالای ترافیکی در محور بندرعباس ـ سیرجان به دلیل استقبال پر تعدد هم‌میهنان از منطقه هرمزگان اظهار داشت: طبق رایزنی‌های انجام شده و قول مساعد پیمانکار پروژه تونل دوم تنگ زاغ قرار شد که این تونل به طور موقت در ایام نوروز به زیر بار ترافیک برده شود و پس از تعطیلات مجددا امور برای تکمیل آن از سر گرفته شود.

خبرگزاری فارس
۱۳۸۸/۱۲/۱۹

آزاد راه خرم آباد – پل زال ۹۰ درصد پیشرفت فیزیکی دارد

خرم آباد - خبرگزاری مهر: مدیر کل راه و ترابری استان لرستان از پیشرفت ۹۰ درصدی آزاد راه خرم آباد - پل زال خبر داد. عباس رضایی در گفتگو با خبرنگار مهر در خرم آباد اظهار داشت: پروژه احداث آزادراه خرم آباد - پل زال به طول ۱۰۴ کیلومتر یکی از بزرگترین و مهمترین طرح‌های راهسازی کشور محسوب می‌شود که از دی ماه سال ۸۴ آغاز شده و در حال حاضر ۹۰ درصد پیشرفت فیزیکی دارد و در صورت تامین اعتبار پیش بینی می‌شود تا اواسط سال آینده به بهره‌برداری برسد. وی برآورد کل پروژه را بالغ بر هفت هزار و ۵۰۰ میلیارد ریال عنوان کرد و افزود: این آزادراه علاوه بر اینکه مسافت ۱۶۵ کیلومتری خرم آباد تا پل زال را حدود ۶۰ کیلومتر کاهش می‌دهد، موجب کاهش چشمگیر سوانح رانندگی، صرفه جویی در مصرف سوخت و همچنین کاهش زمان سفر در طول مسیر خواهد شد. مدیر کل راه و ترابری استان لرستان یادآور شد: آزاد راه خرم آباد - پل زال به صورت چهار خطه و با عرضی در حدود ۲۶ متر در دست ساخت است که با احداث یکدستگاه تقاطع غیر همسطح در فاصله ۱۸ کیلومتری جنوب غربی شهرستان خرم آباد آغاز شده و با ساخت یک دستگاه تقاطع غیر همسطح در ۳/۵ کیلومتری روستای پل زال واقع در حدود ۶۰ کیلومتری شهرستان اندیمشک خاتمه می‌یابد. رضایی تصریح کرد: با توجه به عبور جاده خرم آباد - پل دختر- پل زال (جاده موجود) از مناطق کوهستانی و پر پیچ و خم و وجود نقاط پر حادثه فراوان در طول این محور، احداث آزادراه خرم آباد - پل زال نقش مهمی در کاهش تصادفات رانندگی و تلفات ناشی از آن خواهد داشت چرا که این آزاد راه با مشخصات استاندارد و به صورت باندهای رفت و برگشت جدا از هم طراحی شده و احتمال وقوع سوانح رانندگی در آن به حداقل خواهد رسید. به گزارش مهر، آزاد راه خرم آباد - پل زال قسمتی از بزرگراه آسیایی "AH۸" محسوب می‌شود که موجب تسریع و تسهیل در ارتباط بین نواحی شمالی و مرکزی کشور با مناطق جنوبی به ویژه بندر امام خمینی(ره) می‌شود. آزاد راه خرم آباد - پل زال، به عنوان شاهرگ حیاتی اتصال شمال به جنوب کشور محسوب می‌شود با سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در حد فاصل خرم آباد - پل زال - اندیمشک در حال اجراست و در حال حاضر دارای پیشرفت مطلوب و چشمگیری است. در طول مسیر آزاد راه خرم آباد - پل زال تعداد ۱۴ دستگاه تونل دوقلو به طول ۲۵ کیلومتر و تعداد ۲۸ دستگاه پل بزرگ به صورت رفت و برگشت و به طول ۲/۶ کیلومتر وجود دارد.

خبرگزاری مهر
۱۳۸۸/۱۲/۲۵

لزوم مطالعات ژئوفیزیک در احداث فضاهای زیر زمینی

علیرضا فرازمند، کارشناس ارشد و مسوول گروه ژئوفیزیک شرکت مشانیر

متن زیر خلاصه سمینار علمی-کاربردی ماهانه انجمن تونل ایران می‌باشد که در تاریخ دوم دی ماه ۱۳۸۸، توسط مهندس علیرضا فرازمند ارایه گردید

ژئوفیزیک یا فیزیک زمین از شاخه‌های اصلی علوم زمین است، که به مطالعه کمی خواص مختلف فیزیکی زمین با روش‌های مختلفی همچون لرزه‌ای، مغناطیسی، گرانشی، الکتریکی ... می‌پردازد. با استفاده از این نتایج کمّی می‌توان به مطالعه‌ی خصوصیت‌های فیزیکی زمین و رفتار پوسته و در برخی موارد جبّه و هسته زمین پرداخت. لذا می‌توان این علم را پلی بین فیزیک و زمین شناسی دانست. به عبارتی ژئوفیزیک به بررسی پدیده‌های طبیعی و همچنین رفتار زمین می‌پردازد. این امر برای شناسایی تمامی مسایل زیر زمینی می‌تواند کاربرد داشته باشد.

اغلب در احداث فضا یا تاسیسات زیر زمینی مسایلی پدیدار می‌گردد که باعث بروز مشکلاتی در احداث آنها می‌گردد، بدین جهت پیش‌یابی این مسایل می‌تواند در احداث این گونه پروژه‌ها مفید واقع گردد. برای مثال، حضور آب در لایه‌های بالای فضاهای زیر زمینی، عبور گسل یا ناپیوستگی لایه بندی با شکستگی سنگ ناحیه، حفرات و قنوات، میزان استحکام مصالح ناحیه و ... که با روش‌های مختلف ژئوفیزیک با هزینه به نسبت پایین‌تر از دیگر مطالعات و در پهنه وسیع‌تری، قابل بررسی و شناسایی است. بدین لحاظ این مجموعه به طور خلاصه در ابتدا به معرفی روش‌های مختلف ژئوفیزیک و در ادامه برخی از این مسایل را به نمایش گذاشته است، تا در صورت نیاز برای متخصصینی که در این امر فعالیت می‌نمایند قابل استفاده باشد.

ژئوفیزیک به مفهوم عام شامل فیزیک زمین، جو و اقیانوس‌هاست. علم ژئوفیزیک، بررسی پارامترهای مختلف فیزیکی کره زمین است. پیدایش این علم به کشف ژیلبرت، در نیمه دوم سده شانزدهم میلادی، مبنی بر این که زمین همانند یک مغناطیس بزرگ عمل می‌کند و نیز به نظریه گرانش نیوتن در نیمه دوم سده هفدهم میلادی باز می‌گردد. امروزه این علم با بهره‌گیری از دیگر علوم پایه، دانشی است با کاربردهای فراوان که به شاخه‌های متعددی تقسیم می‌شود. وظیفه اصلی علم ژئوفیزیک، مطالعه فرایندهای فیزیکی است که در سیاره زمین و منظومه شمسی رخ می‌دهد. شناخت پدیده‌های مرتبط با تحول زمین جامد، جو و اقیانوس‌ها است.

به طور مثال می‌توان به نیاز روزافزون به کشف منابع جدید انرژی، اکتشاف کانی‌ها و ذخایر آب‌های زیرزمینی، پیش‌بینی رویدادهای طبیعی و همچنین یافتن راه‌های چگونگی کاهش اثر ویرانگر پدیده‌ها اشاره کرد. بر اساس این نیاز و ضرورت توسعه علم ژئوفیزیک، اتحادیه بین‌المللی شورای تحقیقات (IUS) و اتحادیه بین‌المللی علوم (IUS) از ژوئن ۱۹۵۷ تا دسامبر ۱۹۵۸ را سال ژئوفیزیک نامید و از تمامی ملل مختلف درخواست کرد برای توسعه و پیشبرد این علم، همکاری نمایند. ژئوفیزیک مانند سایر گرایشات میان‌رشته‌ای، در واقع پلی است از فیزیک به زمین‌شناسی. این رشته همچنین به بررسی جامع موضوعات مربوط به زلزله، چگونگی پیدایش، عوامل موثر پدیده‌های زمین، شناسایی گسله‌های لرزه‌خیز و فعال، مطالعه نابهنجاری‌ها و ... برای شهرهای بزرگ و سازه‌های مهم در سطح کشور و تاسیسات آنها و در نهایت بررسی زمین‌شناسی می‌پردازد.

گرایش‌ها و ابعاد مختلف این رشته

در اکتشافات ژئوفیزیکی برخی از مهمترین خواص فیزیکی زمین توسط ابزارهای ویژه اندازه‌گیری شده و با تفسیر نتایج بدست آمده، شرایط زیر سطح نتیجه می‌گردد. خواص مختلفی از مصالح زیر سطحی که در اکتشافات ژئوفیزیکی سنجیده می‌شوند، معمولا شامل تغییرات کشسانی، هدایت‌الکتریکی،هدایت‌حرارتی،چگالی،خاصیت‌مغناطیسی،رادیواکتیویته و ... می‌باشند. اکتشافات ژئوفیزیکی معمولاً به دنبال یک ناهنجاری یا به زبانی انحراف از مشخصات یکنواخت زمین شناسی است، تغییر ناگهانی در جنس مواد، برخورد به یک گسل یا یک منطقه خرد شده یا لایه‌های آبدار می‌توانند ناهنجاری‌هایی نسبت به شرایط طبیعی به حساب آیند. در ادامه به شرح مختصری از این روش‌ها پرداخته شده است.

ژئوالکتریک

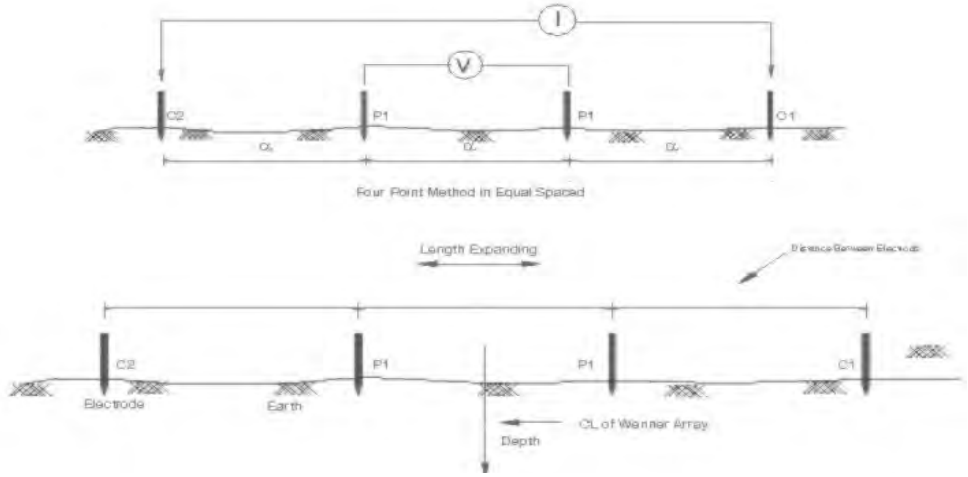
در این گرایش، به تعیین مقاومت ظاهری لایه‌های مختلف زمین و تعیین جنس آن‌ها پرداخته می‌شود. این کار از طریق اختلاف پتانسیل بین لایه‌های زمین انجام می‌گیرد. با استفاده از این روش می‌توان خواص الکتریکی سنگ‌ها را تشخیص داد، که بوسیله چند روش الکتریکی محاسبه می‌شود. شلمبرگر، ونر، دو قطبی، پتانسیل القایی، اتصال به جرم، جریان‌های تلوریک و ..... در زیر شرح مختصری از تعدادی از آن‌ها آورده شده است.

روش پتانسیل خود زا، که براساس فعل و انفعالات شیمیایی یا مکانیکی مثل تغییرات سولفور، تغییر در ترکیبات سنگ‌ها، فعالیت بیوالکتریکی مواد ارگانیک، فرسایش و گرادیان مایع زیر زمین به‌وجود می‌آید. این روش برای به‌دست آوردن پتانسیل الکتریکی زمین، بدون هیچ گونه القای مصنوعی در زمین صورت می‌گیرد. روش مقاومت ویژه، به عبور جریان الکتریکی درون زمین اطلاق می‌گردد که اندازه گیری شدت و اختلاف پتانسیل بین الکترودها را برعهده دارد. از نتیجه حاصل از این عملیات صحرایی، مقاومت ویژه در زمین قابل اندازه گیری است. این روش بیشتر برای اکتشافات آب‌های زیر زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد و حتی با استفاده از این شیوه می‌توان شیرینی و شوری آب‌ها را نیز تشخیص داد؛ روش برای دست‌یابی به نابهنجاری‌ها نیز کاربرد دارد.

در این روش با بررسی خواص الکتریکی مصالح زمین می‌توان به تغییرات ناهنجاری‌ها، مانند لایه‌بندی زمین، منابع آب، گسل‌ها، حفرات و ... دست یافت. جدول۱ و شکل۱ تغییرات نسبی مقاومت الکتریکی در مصالح و شمای برداشت آورده شده است.

جدول ۱. تغییرات نسبی مقاومت الکتریکی در مصالح مختلف

حدود تقریبی مقاومت الکتریکی برخی ترکیبات، اهم- متر			
تیپ خاک	وابسته به میزان بارندگی ۵۰۰ میلی متر در سال		بارندگی ضعیف - ۲۵۰ میلی متر در سال	آب زیر زمینی با ترکیبات نمکین
	میزان مقاومت احتمالی (اهم متر)			
رسوبات سطحی رسی	۵	۲ تا ۱۰ بسته به سطح آب ناحیه		
رس	۱۰	۵ تا ۲۰	۱۰ تا ۱۰۰	۳ تا ۱۰
مارن	۲۰	۱۰ تا ۳۰	۵۰ تا ۳۰۰	
سنگ آهک متخلخل	۵۰	۳۰ تا ۱۰۰		
سنگ آهک متخلخل - ماسه سنگ متخلخل	۱۰۰	۳۰ تا ۳۰۰	۱۰۰۰<	۱۰ تا ۳۰
کوارتزیت و سنگ آهک متراکم و بلورین و مارن سخت	۳۰۰	۱۰۰ تا ۱۰۰۰		
سلیت و شیل	۱۰۰۰	۳۰۰ تا ۳۰۰۰		۳۰ تا ۱۰۰
گرانیت	۱۰۰۰			
شیست متراکم و سنگ آذرین و سنگهای سخت	۲۰۰۰	۱۰۰۰<		



شکل۱. آرایه برداشت مقاومت الکتریکی

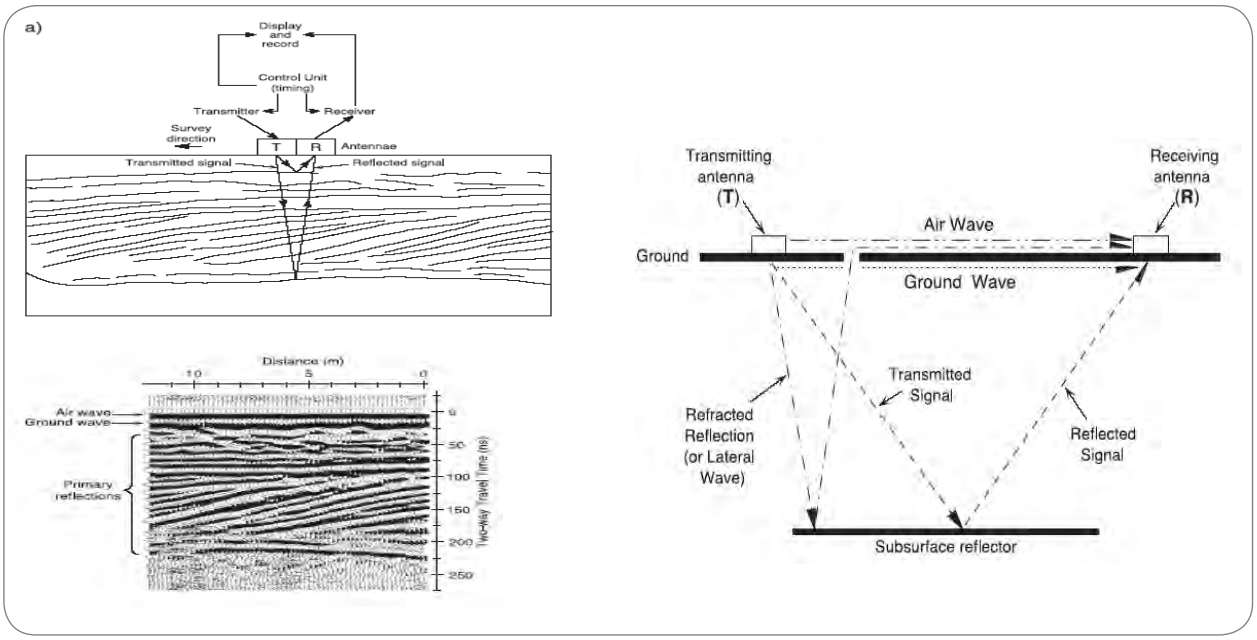
مغناطیس سنجی

این شاخه به بررسی تغییرات میدان مغناطیسی زمین می‌پردازد. این کار با دو روش نقطه‌ای و منطقه‌ای انجام می‌گیرد. در روش نقطه‌ای، دستگاه را روی نقاط مختلف زمین قرار می‌دهند و تغییرات را بررسی می‌کنند؛ اما در روش منطقه‌ای، این کار از طریق هوایی صورت می‌گیرد. استفاده از این روش بیشتر برای اکتشافات مواد فلزی با خاصیت مغناطیسی و درون زمین است. برای مثال برای کشف آهن، نیکل و ...که دارای خاصیت مغناطیسی هستند و همچنین برخی عوارض زمین شناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الکترومغناطیس، رادار

در رادار سیستم پالس‌های الکترومغناطیسی با دوره زمانی کوتاه جهت آشکارسازی هدف مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در جنگ جهانی دوم از این وسیله جهت آشکارسازی هواپیماهای دشمن استفاده می‌کردند. رادار وسیله مناسبی در بررسی‌های زمین‌شناسی است.

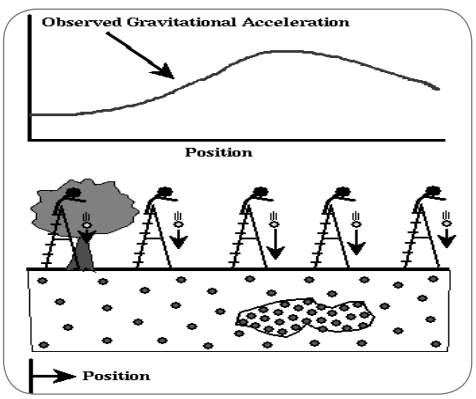
انواع مختلف سیستم‌های راداری پالسی برای بررسی‌های زمین‌شناسی وجود دارند که معمولا آنها را تحت عنوان GPR دسته‌بندی می‌نمایند. عمده کاربردهای GPR، اندازه‌گیری ضخامت افق خاک؛ عمق سطح ایستابی؛ آشکارسازی آلودگی‌ها؛ بررسی ضعف در بتن سدها و پایه پل‌ها؛ آشکارسازی اجسام مدفون در بررسی‌های باستان شناسی؛ یافت ضخامت یخ و بررسی شرایط لایه آسفالت جاده‌ها، بررسی حفرات زیر زمین و ... است. (شکل۲)

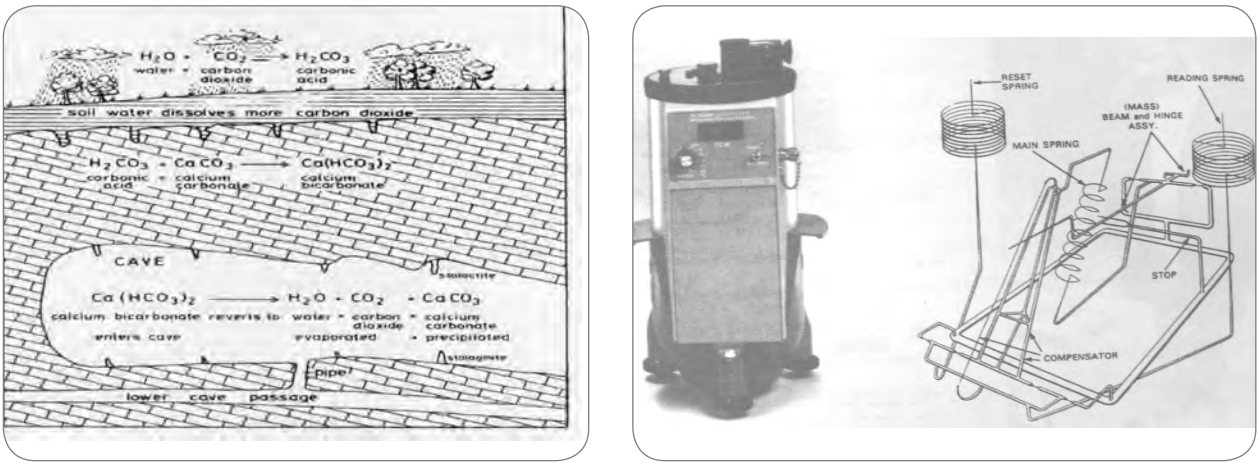


شکل۲. نحوه عبور امواج در برداشت‌های نفوذ امواج رادار

گرانی سنجی

هدف این شاخه بررسی و به‌دست آوردن شتاب جاذبه زمین و همچنین بحث در مورد شکل میدان جاذبه زمین در نقاط مختلف است. با توجه به اینکه میدان جاذبه بستگی به جنس لایه‌ها دارد، با این روش می‌توان به تحلیل و بررسی مسایل زمین ساختی مثل تاقدیس‌های زیر زمینی، گنبدها، گسل‌ها و توده‌های نفوذی پرداخت. این روش در بررسی‌های مهندسی جهت تعیین محل حفره‌ها و غارهای انحلالی داخل سنگ‌های آهکی استفاده می‌شود. در شکل۳ شمای از دستگاه و تغییرات شتاب ثقل آورده شده است.





شکل۳. شمای از دستگاه و تغییرات شتاب ثقل برای دست یابی به حفرات زیر سطحی

لرزه نگاری

هدف این شاخه، بررسی و تعیین مرز لایه‌ها، محل گسل‌ها و غارها یا ضخامت لایه‌ها و تا حدی جنس لایه‌ها است. این کار توسط بررسی رفتار مصالح درون زمین در مقابل عبور امواج الاستیک از آن‌ها صورت می‌پذیرد؛ تولید این امواج به دو صورت ضربه‌ای و انفجاری است. در روش ضربه‌ای این امواج توسط ضربه‌های مصنوعی و در روش انفجاری امواج به وسیله انفجارهایی در عمق زمین ایجاد می‌شوند. به‌طور کلی امواج لرزه‌ای از محل تشکیل به صورت کروی منتشر می‌شوند. این امواج با سرعتی که بستگی به خواص کشسانی مصالح زمین دارد از داخل آن عبور می‌کنند. امواج لرزه‌ای در محل تغییر جنس مواد منعکس یا منکسر شده و پس از بازگشت به سطح زمین توسط ابزارهایی ثبت می‌شوند. در شکل ۴ نمایه‌ای از دستگاه‌ها و نگاشت لرزه‌ای آورده شده است.

شکل۴. نمایه‌ای از دستگاه‌ها و نگاشت لرزه‌ای

زلزله شناسی

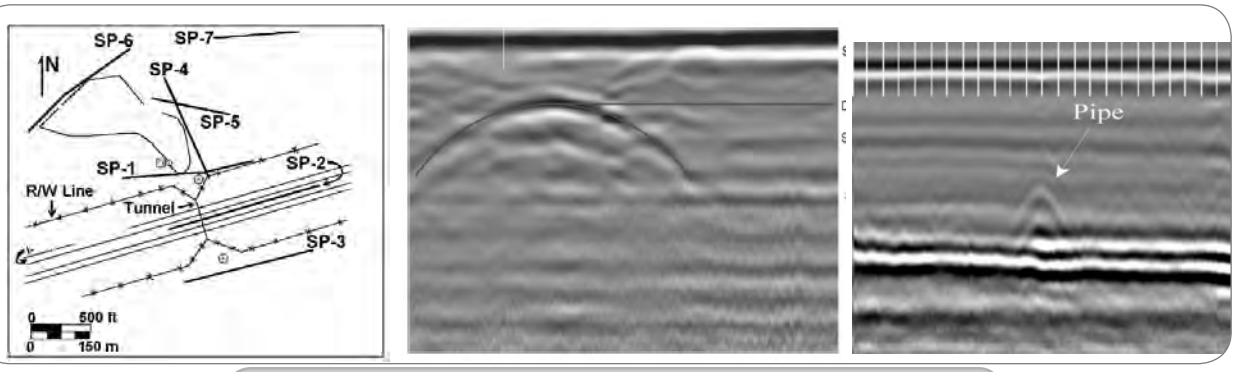
کار این شاخه فقط اندازه‌گیری است. آنها با بررسی زلزله‌ها و اطلاعات آن‌ها به اندازه‌گیری ضخامت لایه‌ها و تعیین مرز لایه‌ها می‌پردازند. تفاوت کار این رشته و رشته لرزه‌نگاری در روش ایجاد امواج است. به طوری که در لرزه‌نگاری امواج به صورت مصنوعی و با انفجارها و یا ضربه مصنوعی ایجاد می‌شوند؛ ولی در زلزله‌شناسی این امواج از چشمه‌ای طبیعی، در اثر زلزله ایجاد می‌شوند.

نمونه‌های از پروژه‌های مختلف و مسایل مربوط به آنها

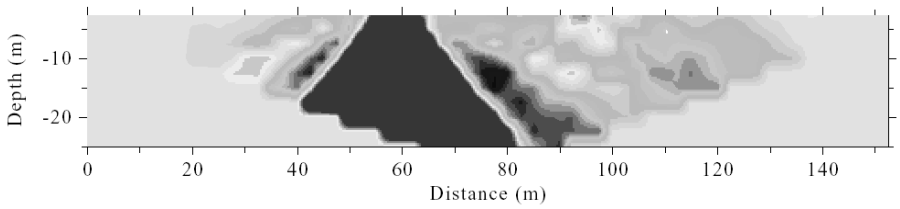
نفوذ امواج رادار و امواج با فرکانس بسیار پایین

شکل زیر نمونه‌ای از برداشت نفوذ امواج رادار را به نمایش گذاشته است. در این نمونه پروژه مسیر تونل شهری مشکوک به حضور عارضه‌ای مانند قنات و همچنین تاسیسات شهری مانند لوله آب نشان می‌دهد. رادار نگاشت شکل۵ حضور این عارضه و لوله مزبور را تایید می‌کند؛ این شناسایی باعث گردید در زمان حفر تونل از محل این گونه عوارض آگاهی حاصل شود.

شکل۶، مقطع یک برداشت فرکانس پایین و محل ریزش و ضعف توده سنگی را در ناحیه بالای تونل حفر شده نشان می‌دهد.



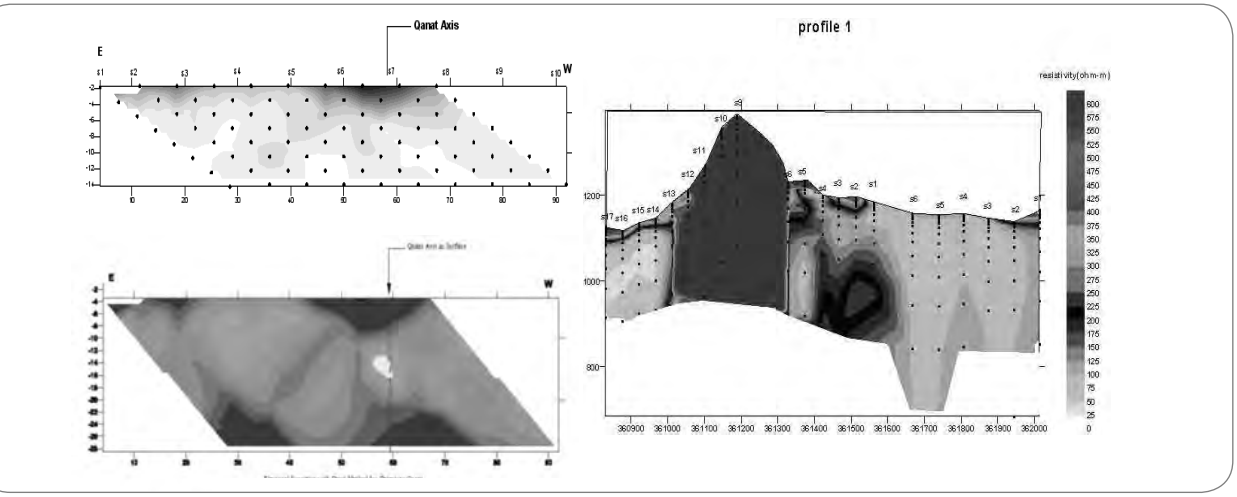
شکل۵. رادار نگاشت‌های نفوذ امواج رادار و محل برداشت‌ها



شکل۶. مقطع برداشت‌های با روش فرکانس پایین

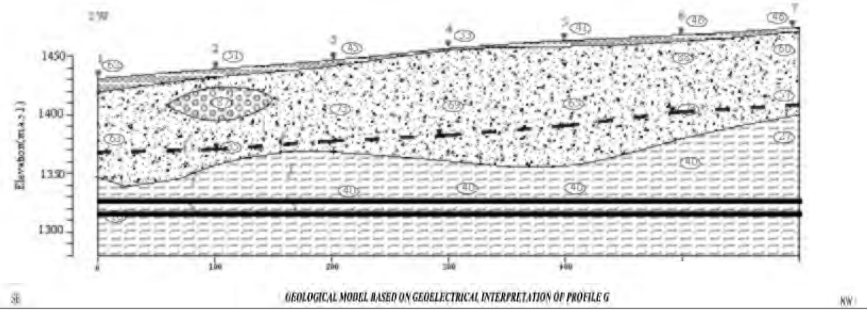
ژئوالکتریک

شکل ۷ شبه مقطعی از مطالعات ژئوالکتریک را نشان می‌دهد. در این شکل، محل یک ناپیوستگی یا شکستگی نشان داده شده که در مسیر حفر تونل‌های انحراف آب پروژه سدسازی واقع شده است. در این حالت می‌توان با شناسایی این نابهنجاری، از ریزش احتمالی تونل در زمان حفر و محل آن آگاهی حاصل کرد. در شکل ۸ نیز با برداشت‌های ژئوالکتریک دوقطبی، محل عبور یک قنات مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۹ با بررسی‌های ژئوالکتریک، سطح آب زیر زمینی پروژه تونل در دست احداث تعیین شده است. این مورد می‌تواند در حل مسایلی که آب در زمان حفاری ایجاد می‌کند مفید واقع شود. در شکل ۱۰ و ۱۰-۱ نیز محل خط واره‌های گسلی نیز، نسبت به مسیر تونل، با برداشت‌های ژئوالکتریک نشان داده شده است که قطعا در زمان حفاری برای شناسایی مسیر پیش رو مفید خواهد بود.

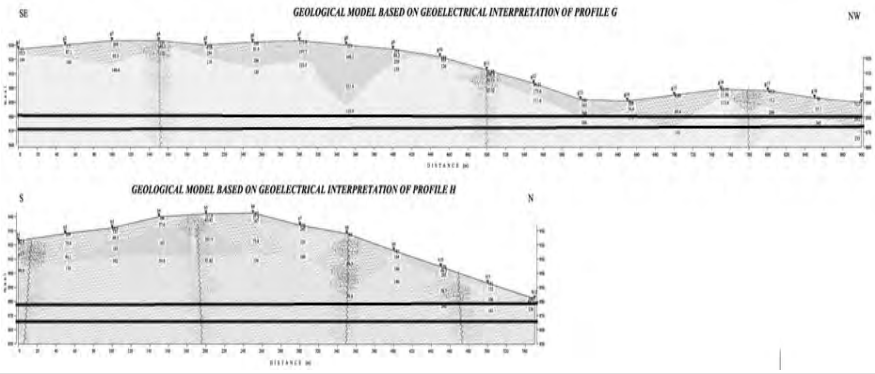


شکل۷. شبه مقطعی از مطالعات ژئوالکتریک

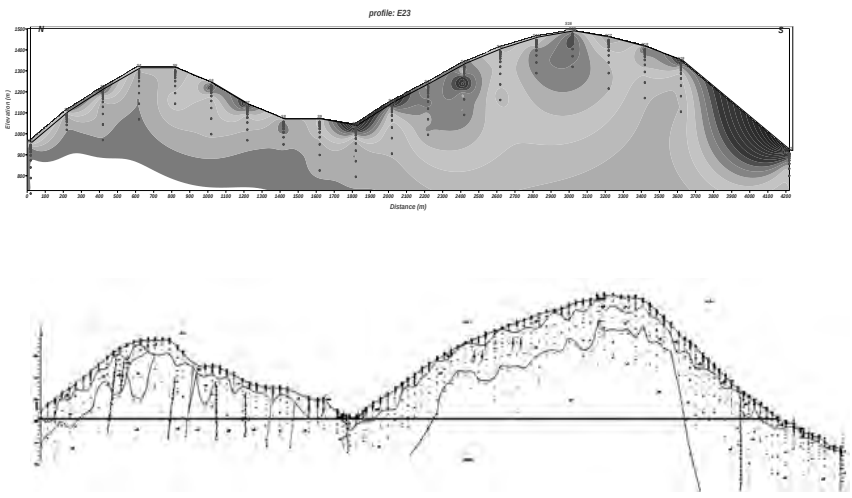
شکل۸. برداشت‌های ژئوالکتریک دوقطبی



شکل۹. مقطع سطح آب زیر زمینی در برداشت‌های ژئوالکتریکی



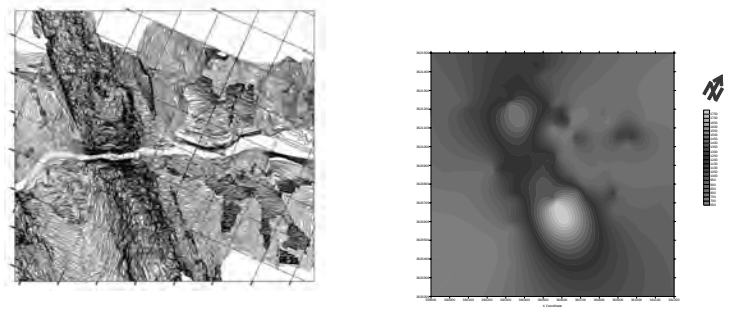
شکل۱۰. تعیین محل خط واره‌های گسلی



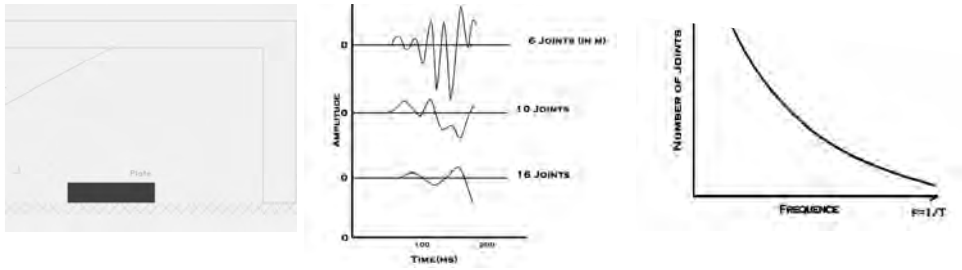
شکل۱۰-۱. تعیین محل خط واره‌های گسلی

لرزه نگاری

در این مطالعات علاوه بر شناسایی شرایط زمین شناسی، می‌توان در امر شناسای دینامیکی مصالح ناحیه و تعمیم آن به دیگر نقاط، برای مصالح پیش روی حفاری سود جست. شکل ۱۱ تغییرات سرعت امواج و به دنبال آن مدول‌های دینامیکی در محدوده یک سد را نشان می‌دهد که این امر می‌تواند شرایط توده سنگ را قبل از هر عملیات اجرایی نشان دهد. در شکل ۱۲ نیز با استفاده از روش ریز لرزه‌شناسی، با بهره‌جویی از دیگر مطالعات می‌توان به مدول تغییر شکل توده سنگ در طول تونل با توجه به میزان جذب فرکانس حاصل از شکستگی یا درزه‌ها دست یافت.

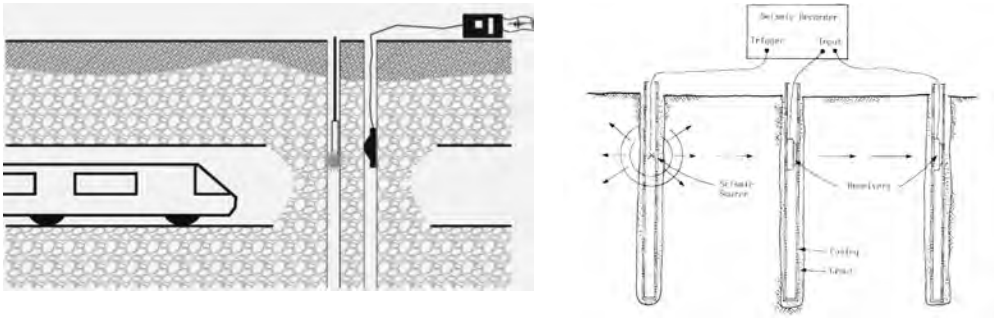


شکل۱۱. توزیع سرعت موج در محل تغییرات



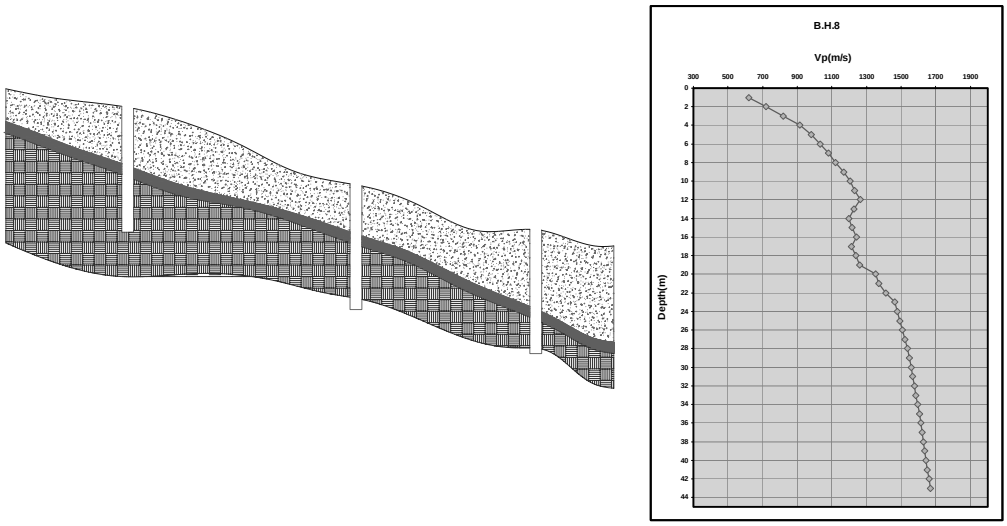
شکل۱۲. روش برداشت و نمودارهای جذب فرکانس

همان‌طور که عنوان شد اطلاع از تغییرات مدول‌های دینامیکی در طول مسیر تونل، به خصوص تونل‌های غیر سنگی می‌تواند بسیار مفید واقع گردد. این امر با برداشت‌های لرزه شناسی درون چاهی و چاه به چاه در طول مسیر قابل انجام است. در این آزمایش علاوه بر اطلاعات حفاری، داده‌های تغییرات سرعت امواج لرزه‌ای و ضرایب دینامیک را می‌توان مورد استفاده قرار داد (شکل ۱۳). از این‌گونه مطالعات به همراه مطالعات ژئوالکتریک نیز می‌توان به شرایط لغزش رو باره نیز دست یافت (شکل ۱۴).



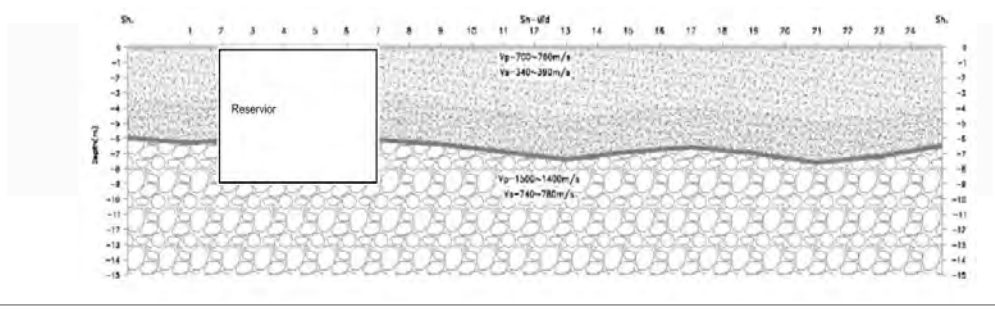
شکل۱۳. برداشت‌های لرزه‌ای درون چاهی و روابط ضرایب دینامیکی

σ	G	E	K
(vp^2/vs^2)-2)/(2*(Vp^2/Vs^2)-2)	μ *109(N/m^2)	E*10^9(N/m^2)	K*10^9(N/m^2)
l/2(λ + μ)	ρ v_s^2	μ (3λ+2 μ)/(λ +μ)	ρ(vp^2-4/3v_s^2)



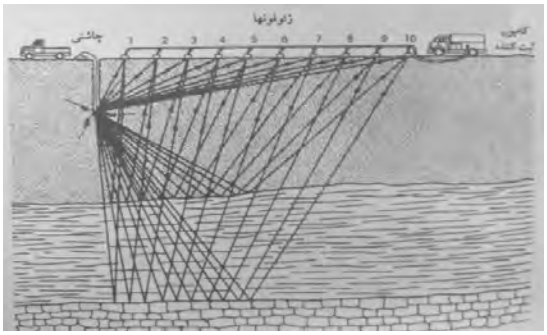
شکل۱۴. نمودار توزیع سرعت موج نسبت به عمق و مقطع برداشت

ضمن اینکه می‌توان در بررسی شرایط خاک منطقه برای دفن سازه‌های بزرگی همچون مخازن نیز بهره جست. برای این بررسی‌ها از روش‌های متعدد ژئوفیزیک استفاده می‌شود. برای مثال ژئوالکاریم برای شناسای سهل‌تر لایه‌بندی و شکستگی احتمالی، لرزه‌شناسی برای همان منظور و شرایط لرزه‌ای مصالح ناحیه، گرانی سنجی برای دست‌یابی به حفره احتمالی در محل احداث مخازن مدفون و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱۵).



شکل۱۵. مقطع لرزه‌ای معدل با زمین شناسی محل

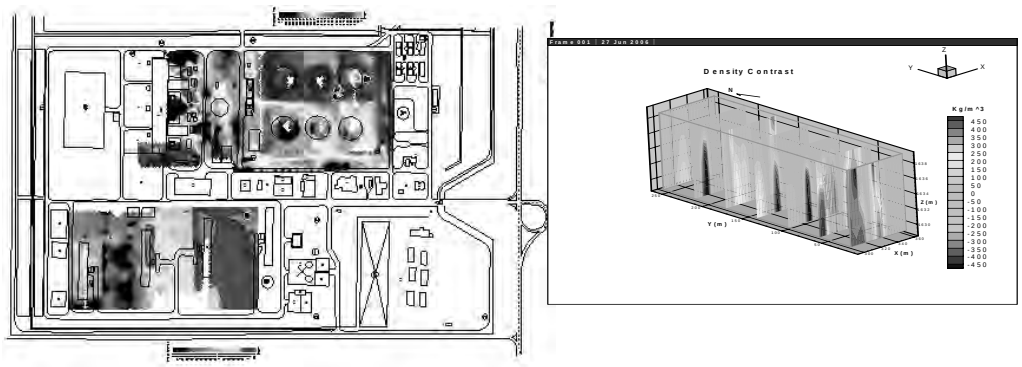
در برخی پروژه‌های تونل‌سازی که روباره نسبتاً عمیقی دارند و انتظار مسایل غیرمترقبه زمین‌شناسی وجود دارد، برای شناسایی مسیر اجرا می‌توان از روش لرزه‌نگاری انعکاسی نیز استفاده نمود. در این امر از سطح تا اعماق زیادی، شرایط زمین‌شناسی منطقه قابل شناسایی خواهد بود (شکل ۱۶).



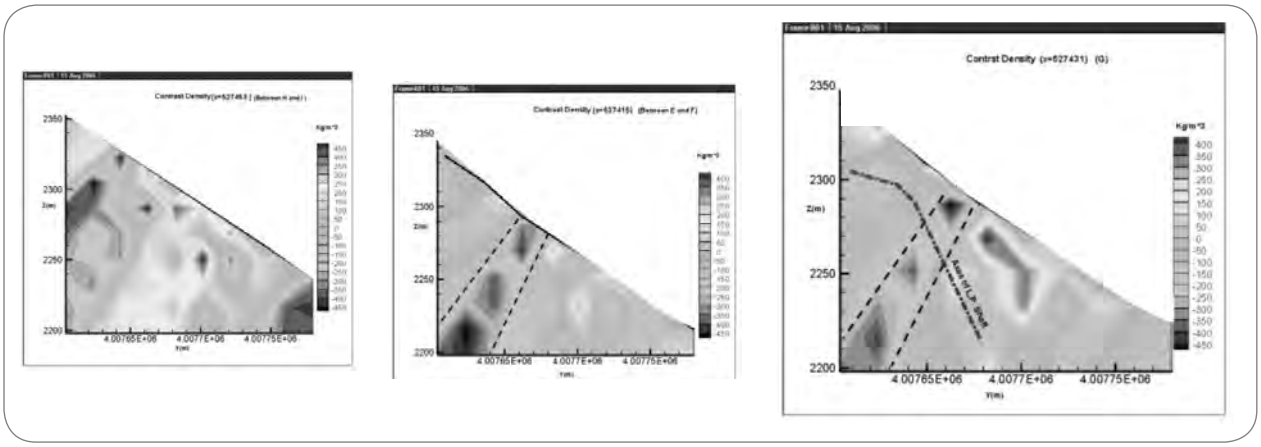
شکل ۱۶. مقطع برداشت‌های لرزه شناسی انعکاسی

گرانی سنجی

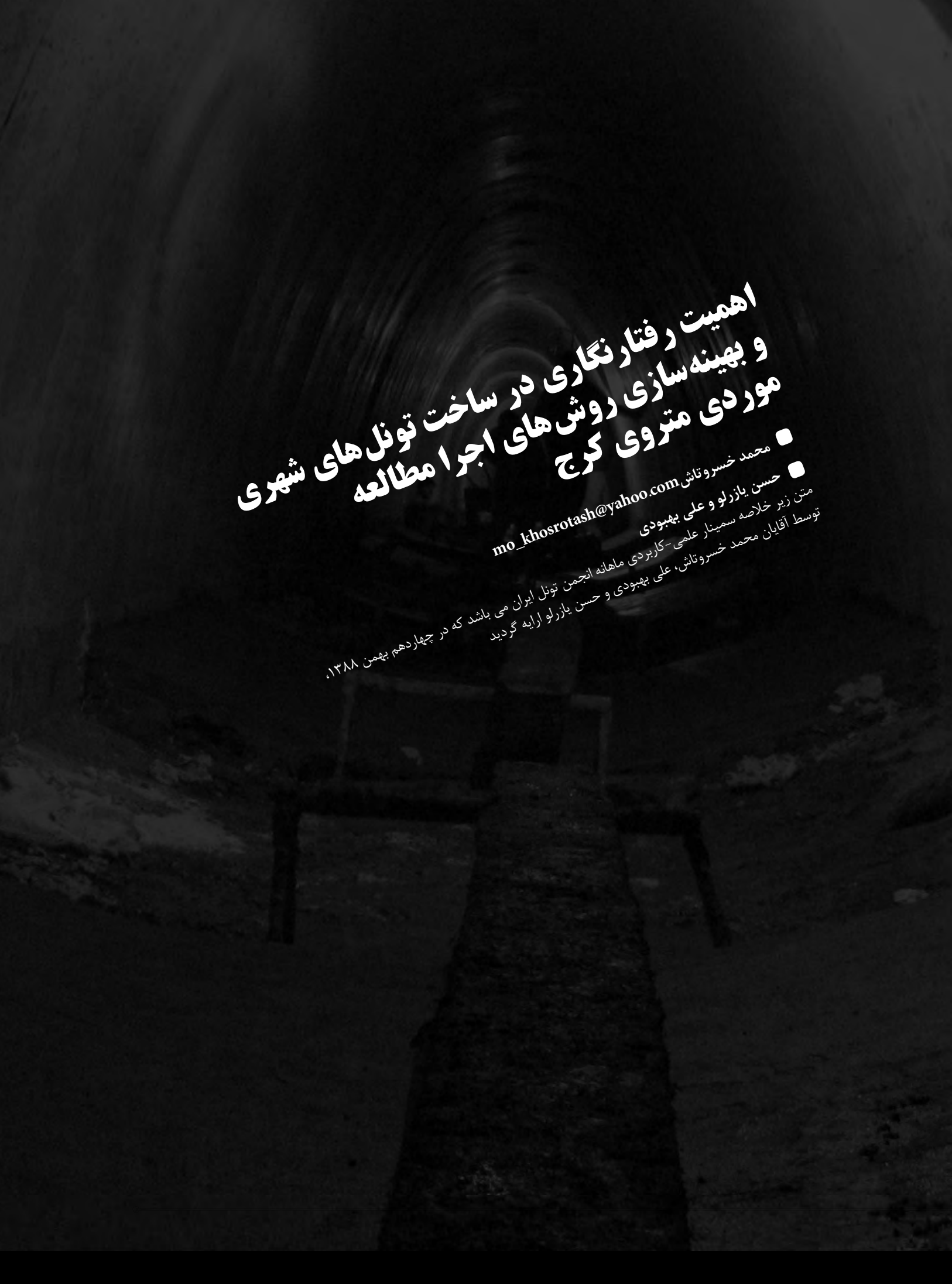
این مطالعات یکی از روش‌های مناسب شناسایی حفرات زیر زمین (فروچاله، قنوات و ..)، نقاط ریزشی یا ضعیف توده سنگ است. شکل ۱۷ محل بررسی فروچاله‌هایی را در ناحیه یک پروژه نشان می‌دهد. شکل ۱۸ نیز محل ضعف توده سنگی و ریزشی در ناحیه تونل‌های فشار شکن یک پروژه را به نمایش گذاشته است.



شکل ۱۷. نقشه و مقطع برداشت‌ها



شکل ۱۸. مقاطعی از عارضه بدست آمده



اهمیت رفتارنگاری در ساخت تونل‌های شهری و بهینه‌سازی روش‌های اجرا مطالعه موردی متروی کرج

- محمد خسروتاش mo_khosrotash@yahoo.com
- حسن یازرلو و علی بهبودی

متن زیر خلاصه سمینار علمی-کاربردی ماهانه انجمن تونل ایران می باشد که در چهاردهم بهمن ۱۳۸۸، توسط آقایان محمد خسروتاش، علی بهبودی و حسن یازرلو ارایه گردید

چکیده

به علت حساسیت عملیات تونلسازی در مناطق شهری از ابتدای شروع پروژه قطار شهری کرج جهت جلوگیری از مخاطرات و کاهش خطر ریسک در داخل تونل و سطح زمین، کنترل و بهینه سازی روش اجرا، مستندسازی و جمع‌آوری مدارک فنی به منظور مباحث حقوقی، عملیات ابزاربندی و رفتارنگاری این پروژه در شرکت مهندسین مشاور تونل راد به عنوان مشاور، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس به عنوان دستگاه کنترل کیفی و نظارت و شرکت سابیر به‌عنوان کارفرما انجام گردیده و در حال حاضر در حال پیگیری جدی است.

حاصل این عملیات و چگونگی استفاده از داده‌ها و تحلیل‌های صورت پذیرفته از نتایج ابزاردقیق در ساخت تونل‌ها و ایستگاه‌های مترو و میزان تاثیر آن بر بهینه سازی روش اجرا جهت به حداقل رساندن خطر ریسک ناشی از عملیات حفاری به‌ویژه بر سازه‌های سطحی با توجه به بافت فرسوده سازه‌های قرار گرفته در مجاورت مسیر حفاری تونل در ادامه به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

مقدمه

مطالعات خط ۲ پروژه قطار شهری کرج (به طول ۲۶ کیلومتر) از اوایل سال ۱۳۸۳ آغاز و فاز یک پروژه به طول۱۴/۵۲کیلومتر (شاهرگ ارتباطی شرقی غربی کرج) از اواخر سال ۱۳۸۴ توسط سازمان قطار شهری کرج به قطعات کوچک (هر قطعه ۲/۵ کیلومتر) تقسیم و به پیمانکاران جهت اجرا محول و از اوایل سال ۱۳۸۶ عملیات اجرایی کل خط ۲ به پیمانکار اصلی(شرکت سابیر) واگذار گردید.

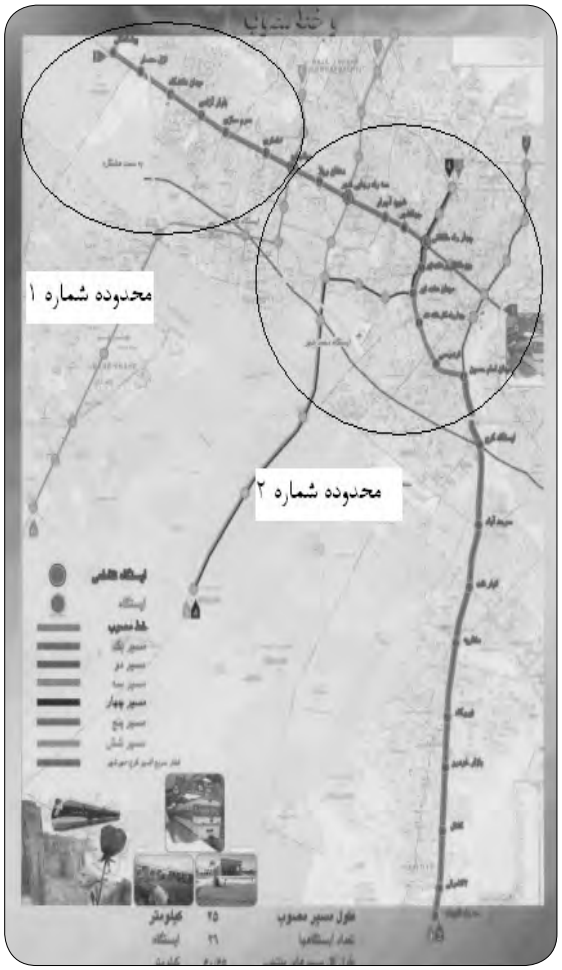
عملیات رفتارسنجی تونل‌های خط ۲ پروژه قطار شهری کرج توسط شرکت مهندسین مشاور تونل راد به صورت موردی از دی ماه ۱۳۸۵ با عقد قراردادهایی با پیمانکاران جز آغاز و از آذر ۱۳۸۷ قرارداد رفتارنگاری فاز اول پروژه به صورت کلی (جهت انجام عملیات رفتارسنجی فاز یک پروژه به طول۱۴/۵۲کیلومتر) با شرکت سابیر منعقد گردید.

۱ - ژئوتکنیک منطقه و مشخصات مصالح دربرگیرنده تونل:

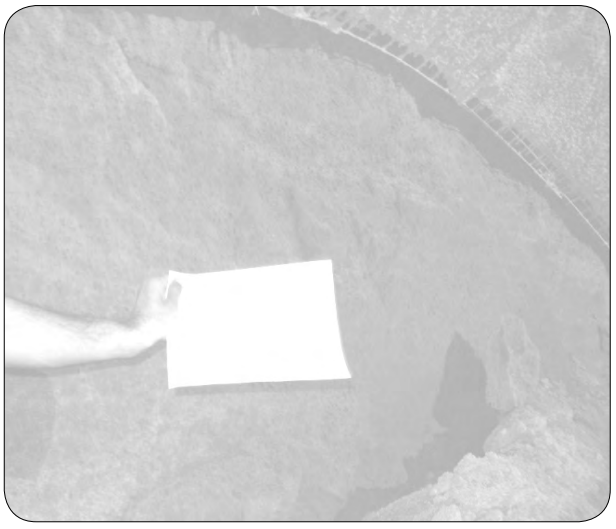
به منظور بررسی تاثیر نوع مصالح دربرگیرنده تونل بر نتایج ابزار دقیق، طول خط ۲ فاز یک پروژه قطار شهری کرج به دو قسمت مطابق شکل ۱ بخش‌بندی گردید.

الف - محدوده شماره ۱، از غربی ترین نقطه پروژه تا مرکز

از جنس ماسه رس و به ندرت لای دار و گاهی همراه شن، با تراکم متوسط تا متراکم و به رنگ خاکستری و در برخی موارد قهوه‌ای که بیشتر در نواحی غربی ساختگاه گسترش یافته و در حوالی مرکز محدوده مورد بررسی تقریباً محو می‌گردد. (شکل ۲)



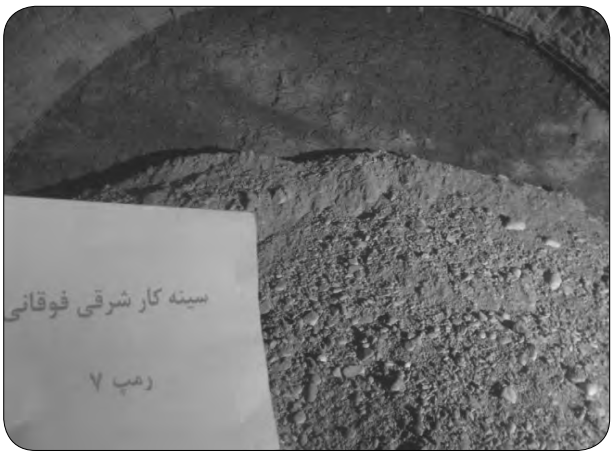
شکل۱. تقسیم بندی ژئوتکنیکی فاز یک خط ۲ قطار شهری



شکل۲. نمایی از جنس مصالح حفاری در محدوده ژئوتکنیکی شماره۱

ب - محدوده شماره ۲، از مرکز تا شرقی ترین نقطه پروژه

شن خوب یا بد دانه بندی شده و همراه قلوه سنگ که در برخی مناطق موضعی درشت دانه شنی با ریزدانه‌های رسی و یا لایی که عمدتاً به همراه ماسه می‌باشد. داشتن قلوه سنگ‌های درشت دانه با ابعاد بین ۵ تا بزرگتر از ۳۰ سانتی‌متر نیز از خصوصیات این محدوده ژئوتکنیکی است که اندازه و مقدار آنها با حرکت به سمت نواحی شرقی ساختگاه افزایش می‌یابد. بافت بسیار متراکم و غالباً با رنگ خاکستری نیز از خصوصیات دیگر این محدوده ژئوتکنیکی است. (شکل ۳)



شکل ۳. نمایی از جنس مصالح حفاری در محدوده ژئوتکنیکی شماره۲

با اندازه‌گیری‌های متعدد از ایستگاه‌های رفتارنگاری نصب شده در محدوده‌های ژئوتکنیکی شماره ۱ و ۲ مشخص گردید که با توجه به جنس مصالح این دو محدوده، نظر به انجام عملیات حفاری و ساخت تونل، نوع رفتار مصالح در برگیرنده محیط تونل و اثر آن بر میزان همگرایی‌ها در داخل تونل و نشست‌های سطحی ناشی از این عملیات در اکثر مقاطع همان محدوده مشابه و با مقاطع محدوده ژئوتکنیکی دیگر کاملا متفاوت می‌باشد.

۲ - شیوه حفاری تونل‌ها

مقطع طراحی شده تونل‌ها به‌صورت نعل اسبی بوده و به روش Top Heading و Benching (تاج و پایه) حفاری و نگهداری می گردند.

۳ - ابزارهای رفتارنگاری به‌کار رفته در پروژه

۱ - همگرایی‌سنجی، با استفاده از متر همگرایی سنج جهت بررسی میزان همگرایی مقاطع مختلف تونل

۲ - نشست‌سنجی، با استفاده از دوربین ترازیابی دقیق (با دقت ۰/۳ میلی‌متر) جهت برداشت میزان نشست مقاطع مختلف زمین بالای سر تونل

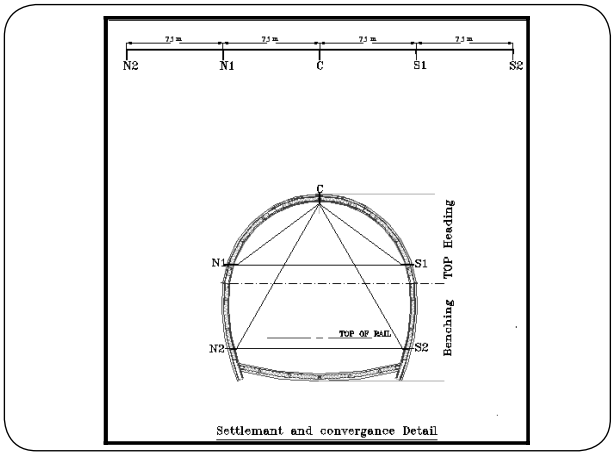
۳ - درزه‌سنجی، با استفاده از کولیس دیجیتال دقیق جهت برداشت میزان بازشدگی درزه‌های موجود بر سازه‌های سطحی

۴ - طریقه نصب و فاصله ایستگاه‌های نشست سنجی و همگرایی

فاصله طراحی شده ایستگاه‌های همگرایی در سرتاسر پروژه ۵۰ متر می‌باشد که بنابه صلاحدید دستگاه نظارت فاصله آنها در مناطق حساس و بحرانی کاهش می‌یابد. پین‌های همگرایی به طول ۳۰ سانتی‌متر و به‌صورت حلقه‌ای در نظر گرفته شده‌اند که باعث سهولت در امر قرائت ایستگاه‌ها در هنگام عملیات اجرایی تونل شده و در بیشتر موارد بدون نیاز به لودر و بیل مکانیکی به‌عنوان بالابر و با کمترین میزان تداخل با عملیات حفاری و ساخت تونل می‌توان ایستگاه‌ها را قرائت نمود. (شکل۴ و ۵)

شکل ۴. نمایی از طریقه نصب و قرائت ایستگاه همگرایی سنجی در تونل

فاصله طراحی شده ایستگاه‌های نشست سنجی در سرتا سر پروژه ۱۰۰ متر می‌باشد که بنابه صلاحدید دستگاه نظارت فاصله آنها در مناطق حساس و بحرانی کاهش می‌یابد. طول پین‌های نشست‌سنجی ۵۰ سانتی‌متر است



شکل ۵. نمایی از وضعیت قرارگیری پین‌های نشست سطحی و همگرایی سنجی در مقطع عرضی تونل

که جهت استقرار میر انوار سر آنها به‌صورت کروی در نظر گرفته شده است. پین‌ها در سطح آسفالت پس از برداشت لایه روکش آن (به قطر ۱۰ سانتی‌متر) و پس از آن چالزنی (به طول ۷۰ سانتی‌متر و قطر ۳۵ میلی‌متر)، درون چال قرار گرفته و به‌وسیله تزریق دوغاب سیمان نصب و فیکس می‌گردند. (شکل ۵ و ۶)

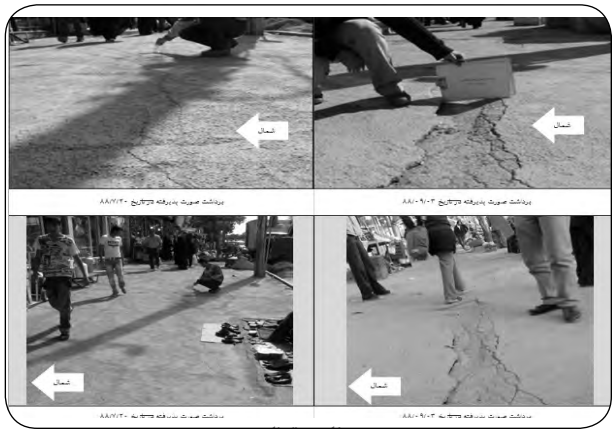
شکل ۶. نمایی از پین نشست سنجی نصب شده در آسفالت و طریقه قرائت ایستگاه‌های نشست سنجی

۵- مزایای برداشت کمی و کیفی درزه‌های سطح زمین و سازه‌های سطحی در پروژه‌های تونل شهری

علی‌رغم به‌کارگیری این عملیات در بیشتر پروژه‌های تونلی شهری خارج از کشور، این عملیات با توجه به هزینه پایین و با صرفه آن برای اولین بار در پروژه قطار شهری کرج انجام پذیرفت. مزایای این عملیات را به دو لحاظ فنی و حقوقی می‌توان مورد توجه ویژه قرار داد.

۵-۱- از نظر فنی، به لحاظ ثبت اثر حفاری تونل بر سازه‌های سطحی (به‌ویژه در مناطقی که عمر سازه‌ها زیاد می‌باشد) و تلفیق نتایج آن با نشست‌سنجی و همگرایی سنجی و بررسی اقدامات تکمیلی تحکیمی صورت گرفته در درون تونل و یا بهسازی زمین بر میزان بازشدگی درزه و میزان اثرپذیری اقدامات صورت گرفته.

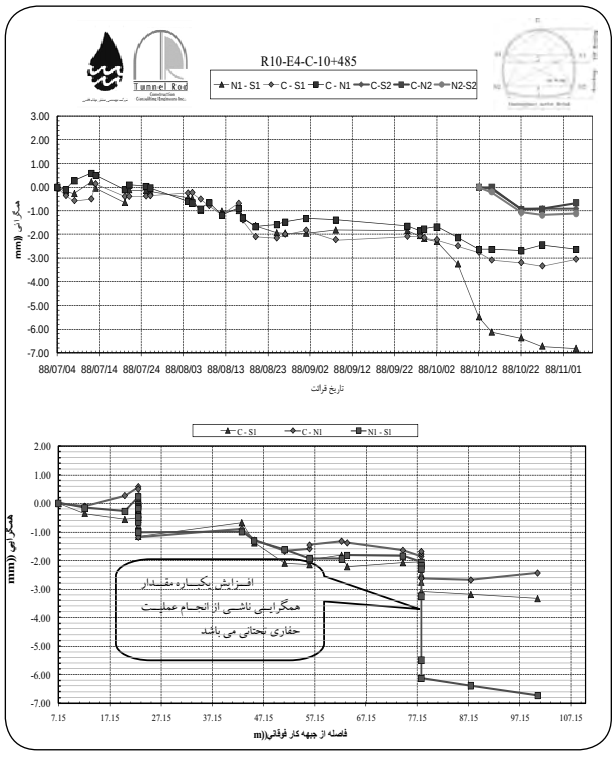
۵-۲- از نظر حقوقی، (درجه بالای اهمیت برای کارفرما) از نظر بررسی امکان اثرگذاری حفاری تونل بر سازه‌ها و تاسیسات شهری (در صورت ادعای خسارت مالک ساختمان‌ها امکان اثبات اثرگذاری و یا عدم تاثیر حفاری تونل در ایجاد درزه و یا مشکلات گوناگون ایجاد شده متاثر از حفاری تونل در سازه) با مراجعه به داده‌های رفتارنگاری ثبت شده به‌عنوان یک مدرک حقوقی. (شکل۷)



شکل ۷. نمایی از برداشت درزه‌های سطحی قبل و بعد از عملیات حفاری تونل

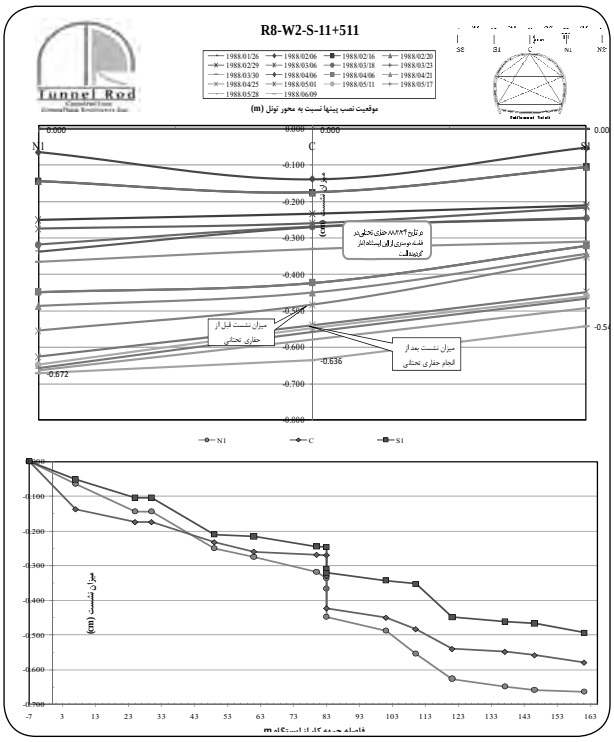
۶ - بررسی نتایج حاصل از رفتارسنجی در متروی کرج

۶-۱- بررسی مقدار همگرایی مقاطع تونل و نشست سطح زمین بر اساس تقسیم‌بندی ژئوتکنیکی پروژه از نظر جنس مصالح در برگیرنده تونل در این بخش بر اساس جنس مصالح حفاری و رفتار این مصالح، تاثیر حفاری تونل بر همگرایی‌ها و نشست‌های ایجاد شده در مقاطع مختلف در هر محدوده ژئوتکنیکی مطابق تقسیم‌بندی انجام شده در شکل یک مورد بررسی قرار



شکل۸. نمودار ایستگاه همگرایی سنجی کیلومتراژ ۱۰+۴۸۵(محدوده ۲)

خواهد گرفت. لذا بر این اساس محدوده شماره یک از غربی‌ترین نقطه پروژه تا مرکز و محدوده شماره دو از مرکز تا شرقی‌ترین نقطه پروژه را شامل خواهد شد. شکل‌های ۸ و ۹ همگرایی و نشست تونل در محدوده ژئوتکنیکی (شماره ۲) بخش مرکزی تا شرقی پروژه را نشان می‌دهند

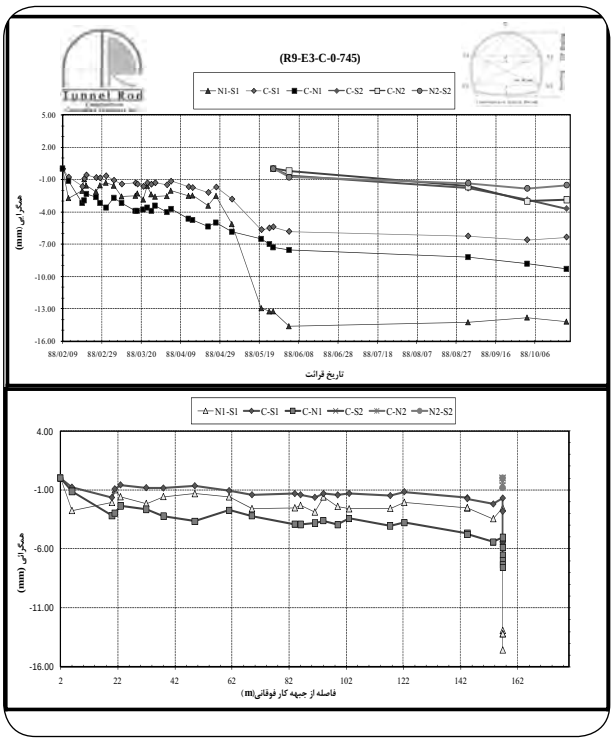


شکل ۹. نمودارهای ایستگاه نشست سنجی کیلومتراژ ۵۱۱+۱۱(محدوده ۲)

و شکل‌های ۱۰ و ۱۱ همگرایی و نشست تونل در محدوده ژئوتکنیکی (شماره ۱) از غربی‌ترین نقطه پروژه تا مرکز را نشان می‌دهند.

با مقایسه همگرایی تونل در محدوده شماره ۱ و ۲ می‌توان نتیجه گرفت که در محدوده ژئوتکنیکی شماره ۱ (محدوده ریز دانه) ماکزیمم همگرایی تونل در هنگام حفاری قسمت فوقانی تونل برابر۷ تا ۹ میلی‌متر می‌باشد در حالی که در محدوده شماره ۲ (محدوده درشت دانه) ماکزیمم همگرایی در هنگام حفاری فوقانی تونل برابر ۲ میلی‌متر ثبت گردیده، در محدوده ژئوتکنیکی شماره ۱ روند همگرایی پس از عبور سینه کار پیش روی فوقانی به‌میزان ۳۵ تا ۴۰ متر به ثبات رسیده و این ثبات روند همگرایی در محدوده شماره ۲ نیز تقریبا برابر با همین مقدار است، در محدوده شماره ۱ همگرایی ایجاد شده در ضلع N1-S1 (قاعده مثلث همگرایی) به اندازه ۸ تا ۹ میلی‌متر در هنگام حفاری تحتانی در مقطع ایستگاه همگرایی سنجی ایجاد می‌گردد ولی در محدوده شماره ۲ همگرایی ثبت شده در ضلع N1-S1 در هنگام عملیات حفاری تحتانی برابر ۴ تا ۵ میلی‌متر بوده است (تقریباً برابر نصف مقدار همگرایی ثبت شده در محدوده شماره ۱). با توجه به نمودارهای همگرایی نسبت به جبهه کار فوقانی همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در محدوده شماره ۱ روند همگرایی پس از عبور جبهه کار تحتانی به اندازه ۳۰ تا ۴۰ متر به ثبات رسیده و همین روند در محدوده ژئوتکنیکی شماره ۲ نیز کاملاً مشهود است.

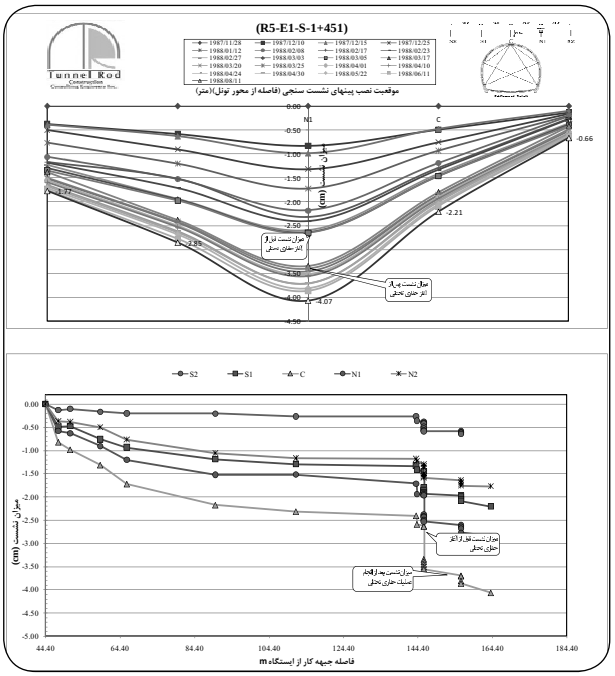
با مقایسه نشست سطح زمین در محدوده شماره ۱ و ۲ می‌توان نتیجه



شکل۱۰. نمودارهای ایستگاه همگرایی سنجی کیلومتراژ ۷۴۵+۰ (محدوده ۱)

گرفت که در محدوده ژئوتکنیکی شماره ۱ (محدوده ریز دانه) پس از عبور سینه کار فوقانی از مقطع نصب ایستگاه، نشست در پین‌ها به میزان ۱۵ تا ۲۰ میلی‌متر القا می‌شود و این در حالی است که نشست القا شده در پین‌های نشست سنجی محدوده ۲ پس از عبور جبهه کار حفاری فوقانی، ناچیز و تقریبا برابر ۱ میلی‌متر می‌باشد. در محدوده شماره ۱ آهنگ تغییرات نشست پس از عبور سینه کار حفاری به‌میزان ۳۰ متر از مقطع نصب ایستگاه نشست سنج به ثبات نرسیده و تا فاصله‌ای بیش از ۷۰ الی ۸۰ متر پس از عبور جبهه کار فوقانی از مقطع نصب ایستگاه ادامه دارد، در مقابل در محدوده ژئوتکنیکی شماره ۲ آهنگ تغییرات نشست پس از عبور سینه کار حفاری به‌میزان ۳۰ متر از مقطع نصب ایستگاه نشست سنج به ثبات می‌رسد. نشست ناشی از حفاری جبهه کار تحتانی در مقطع نصب ایستگاه برابر ۱۰میلی‌متر در محدوده شماره ۱ملاحظه می‌شود در حالی‌که مقدار ثبت شده ناشی از این عملیات در محدوده شماره ۲ برابر ۲ میلی‌متر می‌باشد (برابر یک پنجم مقدار ثبت شده در محدوده ژئوتکنیکی شماره ۱). با دور شدن جبهه کار حفاری

تحتانی به اندازه ۴۰ تا ۵۰ متر در محدوده شماره ۱ همچنان نشست در پین‌های ایستگاه نشست سنجی ثبت می‌گردد؛ ولی در مقابل در ایستگاه‌های نصب شده در محدوده شماره ۲، آهنگ تغییرات نشست پس از عبور سینه کار تحتانی به اندازه ۳۰ تا ۴۰ متر به ثبات رسیده و حتی در بعضی موارد نشست القا شده به سطح زمین قبل و پس از عبور سینه کار حفاری فوقانی و تحتانی از مقطع نصب ایستگاه ناچیز بوده که این نشان از عدم انتقال زون پلاستیک یا انتقال بسیار ناچیز آن به سطح زمین دارد.



شکل ۱۱. نمودارهای ایستگاه نشست سنجی کیلومتراژ ۱+۴۵۱ (محدوده ۱)

۷ - دسته بندی مناطق حساس خط۲ فاز یک پروژه قطار شهری کرج:

با توجه به شرایط خاص حفاری تونل‌های شهری از زیر و در مجاورت سازه‌های شهری و همچنین خواص مختلف مصالح حفاری در طول پروژه، مناطق حساس از نظر پایداری به دو بخش تقسیم گردیدند.

۷-۱- مناطقی که از مشخصات ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی مناسبی برخوردار نیستند و دارای خصوصیات زیر هستند:

۷-۱-۱- مناطقی که جنس مصالح دربرگیرنده تونل از نوع محدوده شماره ۱ (محدوده ریزدانه و بیشتر از جنس رس) می‌باشد.

۷-۱-۲- مناطقی که عمر سازه‌های سطحی در مجاورت مسیر حفاری تونل بسیار زیاد بوده، دارای پی مناسب نیستند و فاصله آنها تا محور تونل بسیار نزدیک است.

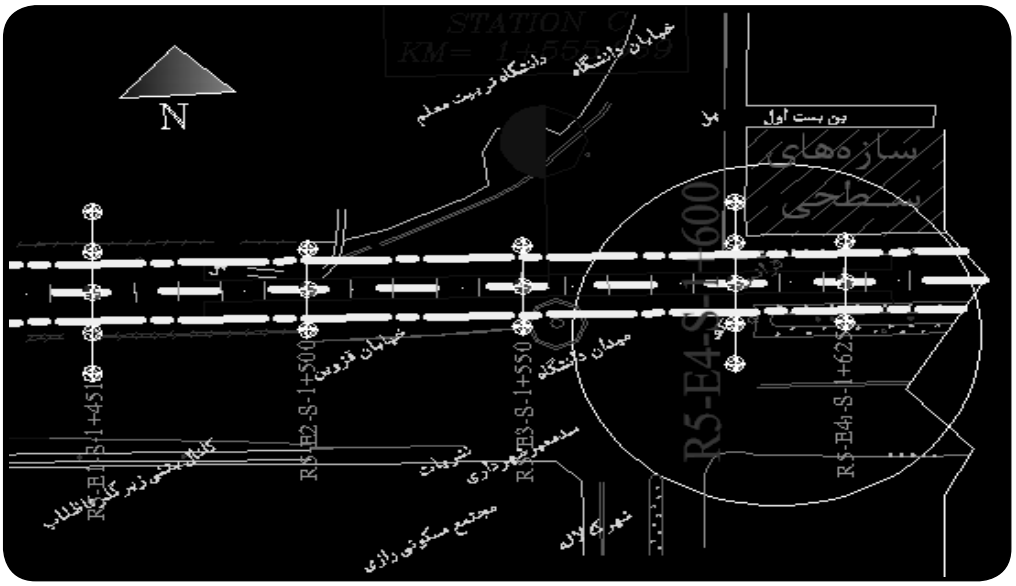
۷-۲ - مناطقی که بدلیل موقعیت محلی و جغرافیایی از اهمیت خاصی برخوردارند:

۷-۲-۱- مناطقی که به دلیل قرارگرفتن سازه‌های سطحی بر روی مسیر حفاری تونل علیرغم خواص مناسب مصالح دربرگیرنده تونل از اهمیت خاصی برخوردارند.

بر این اساس امکان تحلیل و مقایسه ایستگاه‌های رفتارنگاری و موقعیت‌سنجی مناطق حساس پروژه جهت کارفرما بسیار ساده‌تر و به تبع آن امکان برنامه‌ریزی جهت قرائت، پایش بیشتر آنها و همچنین امکان مقایسه رفتار تونل و سطح زمین در مصالح حفاری مشابه و در نتیجه امکان اعمال روش‌های مشابه جهت تحکیم مناسب‌تر و در صورت نیاز تغییر در روش حفاری و یا اجرا در تونل و ایستگاه‌های مترو فراهم می گردد.

۸ - نتایج بدست آمده از مناطق حساس (محدوده رمپ ۵):

بر اساس تقسیم‌بندی مناطق حساس در بند ۷، قسمتی از محدوده حفاری کارگاه رمپ شماره ۵ که از نظر وضعیت مصالح فراگیر محیط تونل (وضعیت ژئوتکنیکی نامناسب به همراه قرارگیری سازه‌های سطحی در فاصله ای نزدیک محور تونل) جزء مناطق حساس دسته‌بندی شده است مورد بررسی قرار خواهد گرفت. قسمت مورد بررسی از محدوده کیلومتراژ ۱+۴۰۰ الی ۱+۶۵۰ مطابق شکل شماره ۱۲ را شامل می شود. با توجه به اینکه حفاری تونل در مجاورت سازه‌های سطحی از کیلومتراژ ۱+۶۰۰ انجام می پذیرفت با پیشروی تونل از سمت غرب و در جهت زیاد شدن کیلومتراژ، با قرائت ایستگاه‌های نشست سنجی در کیلومتراژهای ۱+۴۵۱، ۱+۵۰۰، ۱+۵۵۰ در طول مسیر حفاری تونل و ثبت نشست با مقدار تجمعی (۵ سانتیمتر) و نرخ روزانه بالا (۰/۲سانتیمتر بر روز) (مطابق نمودارهای شکل ۱۳) قبل از رسیدن مقطع حفاری تونل در مجاورت سازه‌های سطحی قرار گرفته در مقطع دیواره شمالی آن و قرار گیری سازه‌ها در سهمی نشست تشکیل شده ناشی از عملیات حفاری و ساخت تونل، با توجه به سن زیاد بناها و عدم رعایت اصول ساخت در آنها، این قسمت از خط ۲ قطار شهری کرج جزء مناطق حساس دسته‌بندی گردید. با نزدیک شدن تونل به سازه‌های سطحی در مقطع کیلومتراژ ۱+۶۲۵ با افزایش نشست زمین در این مقطع و احتمال بروز هر گونه حادثه ناشی از حفاری تونل با ادامه روند نشست در سطح زمین، به منظور به حداقل رساندن مخاطرات ناشی از عملیات حفاری تونل با استفاده از نتایج ابزاردقیق اقدامات موثری در این محدوده انجام پذیرفت که در ادامه به بررسی تمهیدات اخذ شده و نتایج حاصل از این اقدامات و به دنبال آن تغییرات ایجاد شده در نتایج ابزاردقیق پرداخته خواهد شد.



شکل ۱۲. محدوده حساس (از نظر وضعیت ژئوتکنیکی) مورد بررسی قرار گرفته در تونل رمپ شماره ۵

۹ - تمهیدات کلی به کار گرفته شده در پروژه بر اساس داده‌های رفتار سنجی:

در مجموع عکس‌العمل گروه کنترل کیفی و مجری طرح در مناطق حساس و غیر حساس با استفاده از نتایج رفتار سنجی را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی نمود.

۹-۱- هشدارو ارایه توصیه و راهکارهای لازم جهت دقت در امر حفاری و نگهداری

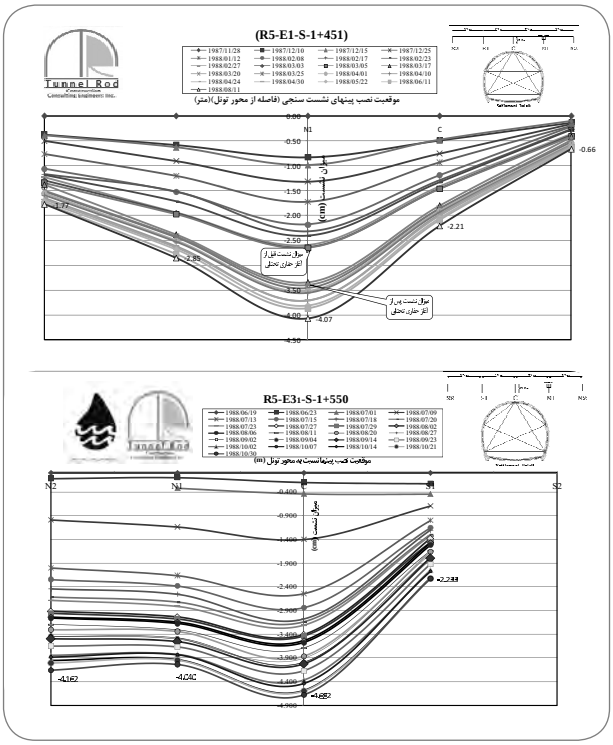
۹-۲- تشخیص و تایید شرایط حساس و بحرانی و صدور دستور توقف حفاری جهت پایدار سازی مقطع

۹-۳ - کاهش سرعت و گام حفاری در مناطق پایش شده

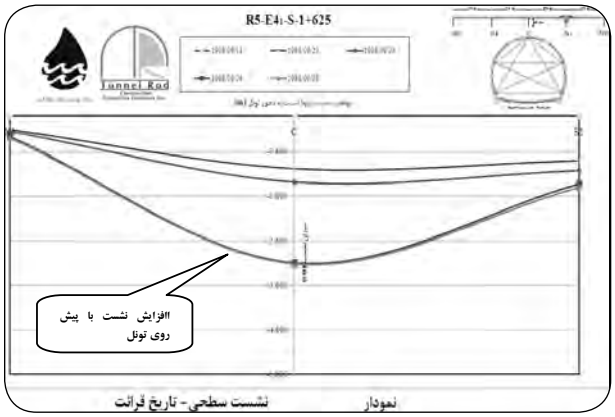
۹-۴ - کاهش دهانه و زمان بدون نگهداری

۱۰ - تحلیل مکانیسم نشست و همگرایی در محدوده‌های حساس (از نظر ژئوتکنیکی) پروژه تونل قطار شهری کرج:

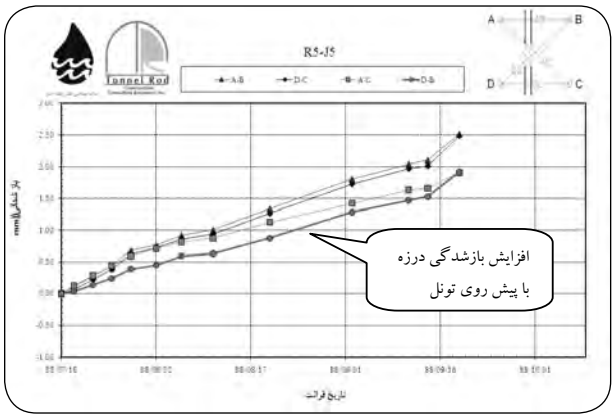
با توجه به شکل شماره ۱۲ با شروع حفاری تونل در تاریخ ۸۸/۷/۱۴ در مجاورت سازه‌های سطحی رمپ شماره ۵ در محدوده کیلومتراژ ۱+۶۰۰ و ۱+۶۲۵ مطابق نمودار شماره ۱۴ به یکباره نشست به اندازه ۳/۲ سانتیمتر در این مقطع ثبت گردید، همچنین با توجه به برداشت‌های انجام شده پیش از شروع عملیات حفاری تونل از سازه‌های سطحی قرار گرفته در مجاورت مسیر آن، ایستگاه درزه سنجی نصب شده در سازه سطحی قرار گرفته در مقطع کیلومتراژ ۱+۶۰۰(نمودار ۱۵) نیز بازشدگی با نرخ بسیار بالا را ثبت نمود، عملیات تونلزنی در مقطع مورد بررسی در تاریخ فوق‌الذکر باعث ثبت همگرایی با نرخ روزانه بسیار بالا در ضلع C-N1 (وتر مثلث



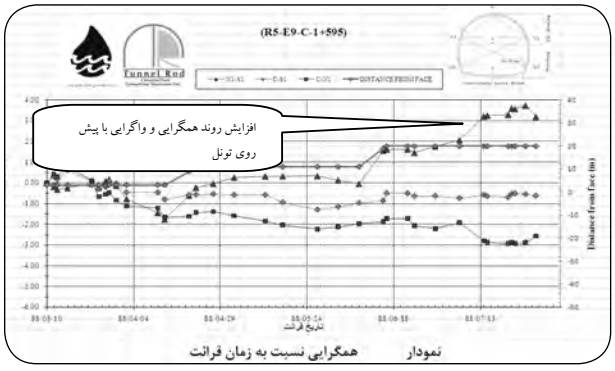
شکل ۱۳. وضعیت نشست سطح زمین قبل از رسیدن به سازه‌های سطحی در محدوده مورد بررسی رمپ ۵



شکل۱۴- افزایش نشست در مقطع کیلومتراژ ۱+۶۰۰ (در مجاورت سازه‌های سطحی)



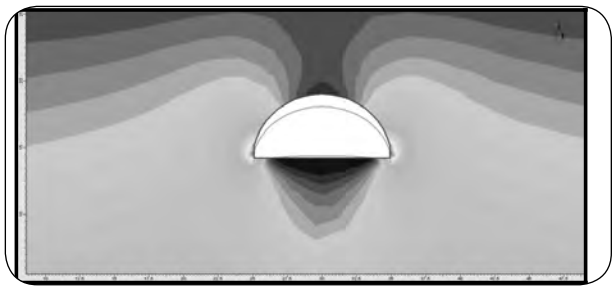
شکل۱۵. افزایش بازشدگی درزه در مقطع کیلومتراژ ۱+۶۰۰ (نصب شده در دیوار سازه سطحی این مقطع مجاورت سازه‌های سطحی)



شکل۱۶. افزایش همگرایی در ضلع C-N1 و واگرایی در ضلع N1-S1 تونل در مقطع کیلومتراژ ۱+۶۰۰

همگرایی) و واگرایی در ضلع N1-S1 (قاعده مثلث همگرایی) در تونل (شکل ۱۶) گردید که با توجه به ادامه عملیات حفاری تونل به روش قبل پیش‌بینی بروز خطرات بسیار زیاد در سازه‌های سطحی قرار گرفته در مجاورت مسیر حفاری تونل به هیچ وجه دور از ذهن نبود.

با بررسی‌ها و تحلیل پایداری بوسیله شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس مشخص گردید که جابجایی‌های بیش از حد مجاز و بحرانی ثبت شده در تونل و سطح زمین با توجه به مشخصات ژئوتکنیکی مصالح فراگیر تونل در محدوده ژئوتکنیکی شماره ۱ که در بخش (۷-۱) ذکر گردید ناشی از عدم مقاومت خاک در پایه لتیسهای نصب شده فوقانی بوده بطوریکه با حفاری و پیشروی تونل و به دنبال آن وارد آمدن بار زون پلاستیک بر سیستم نگهداری با توجه به نمودار همگرایی سنجی شکل شماره ۱۶ و نتایج تحلیل‌های نرم‌افزاری شکل شماره ۱۷ با ادامه عملیات حفاری و به تبع آن افزایش برهم ریختگی تعادل تنش مصالح فراگیر محیط تونل در مقطع کیلومتراژ ۱+۶۰۰ در ضلع N1-S1 (قاعده مثلث) واگرایی با نرخ بالا ثبت گردیده و در همین حین در ضلع C-N1 (وتر مثلث) همگرایی با نرخ بالا ثبت شده است. این افزایش روند تغییرات نشان از باز شدن پایه‌های لتیسها و در همان زمان نشست تاج تونل در مقطع مورد بررسی دارد، نشست سقف تونل به سمت پایین و دور شدن پایه‌های سیستم نگهداری موقت باعث ایجاد نشست در سطح زمین با مقدار تجمعی و نرخ روزانه بالا می‌گردد.



شکل۱۷. استفاده از نتایج رفتارنگاری در تحلیل و شناسایی عوامل نشست و همگرایی‌های بیش از حد مجاز و مخاطره آمیز

۱۱ - تمهیدات و تغییرات اعمال شده در نحوه طراحی حفاری و ساخت تونل در مناطق حساس پروژه:

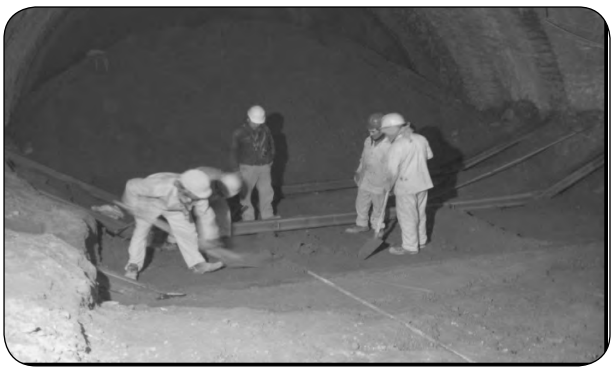
دستگاه کنترل کیفی (شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس) و مجری طرح (شرکت سابیر) روش‌ها و تمهیدات زیر را جهت به حداقل رساندن جابجایی‌ها و جلوگیری از خطرات احتمالی در محیط شهری اتخاذ نمودند:

۱۱-۱- اجرای عملیات Soil Nailing در مجاورت سازه‌های قرار گرفته در محل دیواره شمالی تونل در محدوده کیلومتراژ ۱+۶۲۵ جهت بهسازی زمین و کنترل نشست‌های سطحی. (شکل ۱۸)

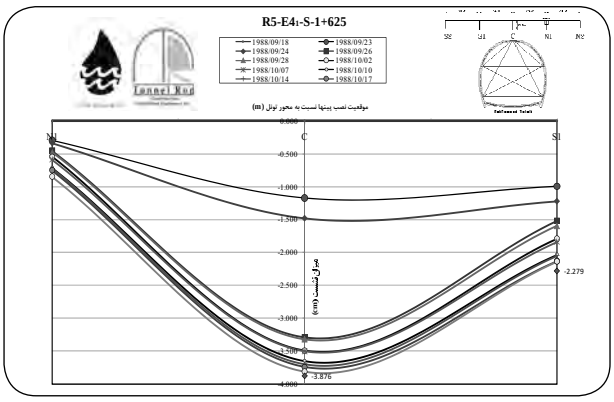
۱۱-۲- عملیات نصب کف بند در تونل در محدوده مقطع کیلومتراژ ۱+۶۲۵ برای تقویت سازه نگهداری و تکمیل رینگ نگهداری موقت و جلوگیری از

شکل ۱۸. نمایی از عملیات Soil Nailing در مقطع کیلومتراژ ۱+۶۲۵جهت بهسازی زمین پس از ثبت نشست با نرخ بالا

بازشدگی پایه‌های لتیس و نشست تاج تونل. (شکل ۱۹)
با اعمال روش‌های تحکیمی تکمیلی داخل تونل و بهسازی سطح زمین و

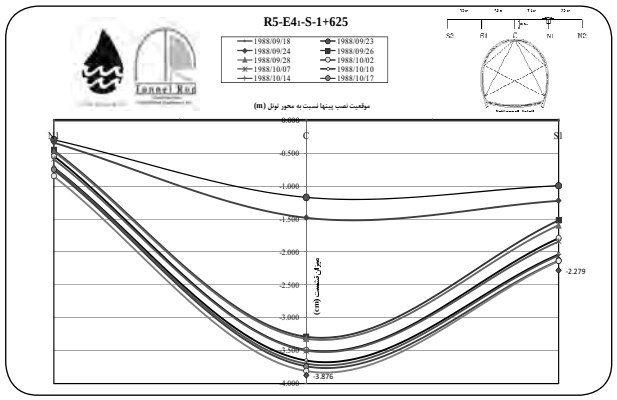


شکل ۱۹. نمایی از عملیات نصب کف بند در تونل در مقطع کیلومتراژ ۱+۶۲۵جهت تقویت سازه نگهداری وتکمیل رینگ نگهداری پس از ثبت نشست و همگرایی با آهنگ زیاد



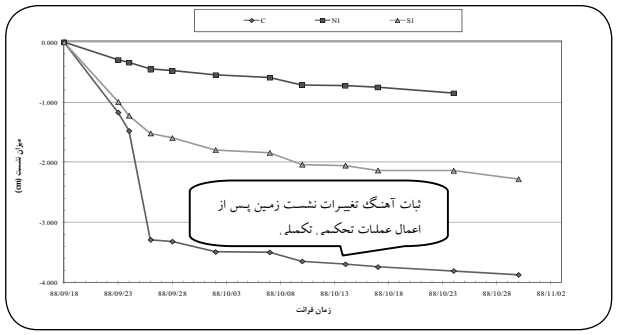
شکل ۲۰. تاثیرعملیات SOIL NAILING توقف روند نشست سطح زمین در محدوده کیلومتراژ ۱+۶۲۵

با ادامه پایش ایستگاه‌های رفتارنگاری همانگونه که از نمودار نشست‌سنجی شکل ۲۰ ملاحظه می شود، آهنگ تغییرات نشست با گذشت زمان کاهش یافته و این نشان از توقف تدریجی روند نشست در این مقطع از زمین پس از اعمال سیستم Soil Nailing در این مقطع از تونل دارد.
با اعمال روشهای تحکیمی تکمیلی داخل تونل و بهسازی سطح زمین و با



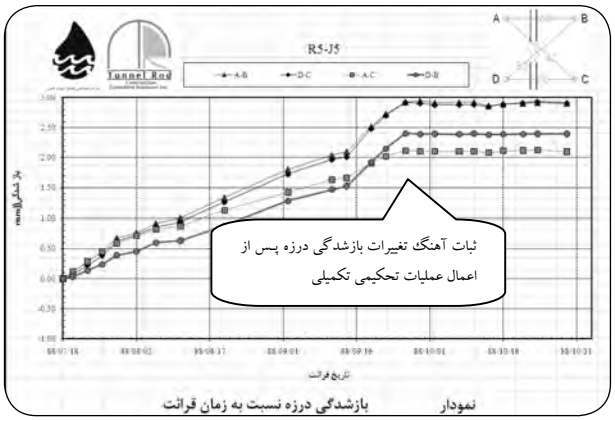
شکل ۲۰. تاثیر عملیات Soil Nailing توقف روند نشست سطح زمین در محدوده کیلومتراژ ۱+۶۲۵

ادامه پایش ایستگاه‌های رفتارنگاری همانگونه که از نمودار نشست‌سنجی شکل ۲۰ و ۲۱ ملاحظه می‌شود، آهنگ تغییرات نشست با گذشت زمان کاهش یافته و این نشان از توقف تدریجی روند آن در این مقطع از زمین



شکل ۲۱. به ثبات رسیدن آهنگ تغییرات نشست تحت تاثیر عملیات Soil Nailing در محدوده کیلومتراژ ۱+۶۲۵

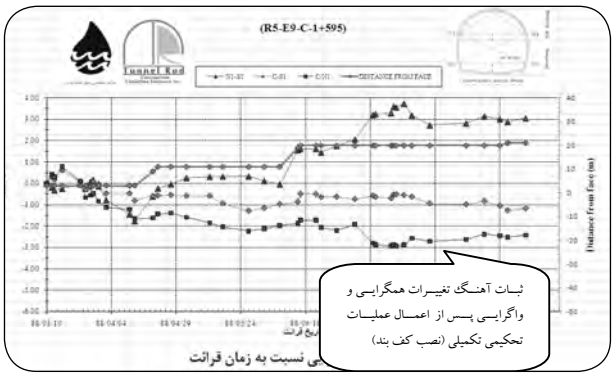
پس از اعمال سیستم Soil Nailing از سطح زمین دارد. با توجه به نمودار شکل شماره ۲۲ توقف آهنگ بازشدگی درزه پس از اعمال کف بند داخل تونل و عملیات Soil Nailing کاملاً مشهود است.
تغییرات آهنگ همگرایی در داخل تونل نیز پس از انجام عملیات تحکیمی تکمیلی و بهسازی زمین نزدیک به صفر شده که این نشان از تاثیر نصب



شکل ۲۲. تاثیر عملیات Soil Nailing و توقف روند بازشدگی درزه در محدوده کیلومتراژ ۱+۶۲۵

کف بند و توقف بازشدگی لتیسها، توقف در نشست تاج تونل و به دنبال آن توقف آهنگ تغییرات نشست در سطح زمین دارد.

با اتخاذ تمهیدات فوق و با استفاده از داده‌های رفتارنگاری پس از اعمال سیستم‌های نگهداری تکمیلی، از ادامه نشست در سطح زمین و همگرایی و واگرایی در داخل تونل جلوگیری بعمل آمده و با ادامه حفاری و ساخت تونل در این نوع مصالح (محدوده ژئوتکنیکی شماره ۱) جهت به حداقل رساندن نشست در سطح زمین انجام عملیات بهسازی زمین در پیش روی جبهه کار حفاری فوقانی و نصب کف بند در فاصله ای مشخص از پشت



شکل ۲۳. تاثیرعملیات نصب کف بند و توقف آهنگ تغییرات همگرایی در مقطع ۱+۶۰۰ درون تونل

جبهه کار حفاری تونل به ویژه در مقاطعی که سازه‌های سطحی فرسوده قرار دارند در حال حاضر در دستور کار قرار گرفته است.

۱۲ - نتیجه گیری

در حال حاضر تعداد ۱۷۲ ایستگاه همگرایی سنجی، ۷۲ ایستگاه نشست سنجی و ۳۴ ایستگاه درزه سنجی در طول خط ۲ قطار شهری کرج نصب گردیده و بالغ بر ۲۵ دوره از عوارض سطحی در سه محدوده حساس پروژه برداشت و مستند سازی شده است. به طور متوسط ۴۳۳ مرتبه ایستگاهای همگرایی سنجی، ۱۴۴ مرتبه ایستگاه‌های نشست‌سنجی و ۸۹ مرتبه ایستگاه‌های درزسنجی در ماه قرائت می‌گردند که با اندازه‌گیرهای صورت پذیرفته و تجارب حاصله از این عملیات می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

- در مناطق ریز دانه پروژه (محدوده ژئوتکنیکی شماره ۱) تغییر شکل‌ها تا فاصله ۵ برابر قطر(عرض)حفاری بعد از جبهه کار ادامه داشته است.
- در محدوده درشت دانه (محدوده ژئوتکنیکی شماره ۲) جابجایی‌ها تا فاصله ۳/۵ برابر قطر تونل ادامه داشته است.
- به طور کلی مقادیر تغییر شکل‌ها در محدوده ریزدانه (محدوده ژئوتکنیکی شماره ۱) بیشتر از مناطق درشت دانه (محدوده ژئوتکنیکی شماره۲) بوده است.
- با توجه به نتایج رفتارنگاری مستمر، امکان پیش‌بینی رفتار زمین و تونل میسر گردیده و انتخاب روش اجرای مناسب تونل در مناطق مختلف بوجود آمده است.
- تعامل و همکاری تنگاتنگ بخش‌های مختلف اجرایی و گروه ابزار دقیق و رفتارنگاری باعث به حداقل رساندن در صد ریسک ناشی از عملیات تونلکاری در محیط‌های شهری شده است.
- رفتارسنجی صرفاً به کارگیری ابزارهای پیچیده و گران نبوده و عملاً با بکارگیری وسایل در دسترس و کم هزینه می‌توان به نتایج تاثیرگذاری در امر ساخت فضاهای زیر زمینی دست یافت.
- رفتارنگاری عاملی برای بهینه‌سازی طرح و کاهش هزینه اجرا و خطر ریسک است که در این مقاله فقط جنبه کاهش خطر ریسک که افزایش
- هزینه‌های اجرایی را به دنبال دارد پرداخته شده است. در مقابل در محدوده‌هایی که نتایج ابزار دقیق جابجایی‌های بسیار کمی را ثبت می‌نماید می‌توان با اعمال تغییر در سیستم نگهداری موقت و دائم از بسیاری از هزینه‌های ساخت سازه زیرزمینی کاست.
- در پایان با توجه به نتایج اخذ شده در طول پروژه خط ۲ قطار شهری کرج، می‌توان با صرف هزینه‌ای بسیار مناسب (در مقایسه با هزینه ساخت تونل و خطرات و اتفاقات احتمالی ناشی از عملیات تونلکاری در محیط‌های شهری) با انجام عملیات رفتارنگاری در پروژه‌های تونل‌های شهری، از بسیاری مخاطرات ساخت این سازه جلوگیری بعمل آورده و حتی در بسیاری موارد نیز هزینه ساخت تونل را با توجه به تحلیل‌های رفتارنگاری بهینه نموده و به حداقل رسانید.

تحلیل عملکرد واقعی TBM در حفاری ۲۴/۵ کیلومتر تونل قمرود

جعفر حسن پور (دکتری زمین شناسی مهندسی) مؤسسه مهندسین مشاور ساحل

چکیده

در این مقاله، بعد از شرح مختصر ویژگی‌های زمین شناسی مهندسی توده سنگ‌های مسیر تونل قمرود (قطعات ۳ و ۴ و بخشی از قطعه ۲) و مشخصات ماشین حفار مورد استفاده، عملکرد واقعی ماشین در حفاری حدود ۲۴/۵ کیلومتر از تونل مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در مراحل مختلف پروژه، رابطه میان ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی توده سنگ‌ها با پارامترهای عملکردی ماشین ارزیابی و به عنوان تجربه‌ای برای پروژه‌های آتی در شرایط زمین‌شناسی مشابه پیشنهاد می‌گردد.

کلمات کلیدی: *عملکرد ماشین‌های حفر تونل، شاخص نفوذ، نرخ نفوذ، ضریب بهره‌وری*

متن زیر خلاصه سمینار علمی-کاربردی ماهانه انجمن تونل ایران می‌باشد که در روز نوزدهم اسفند ماه ۱۳۸۸ توسط آقایان دکتر حسن پور و مهندس ذوالفقاری ارایه گردید.

۱ - مقدمه

عملکرد ماشین‌های حفر تونل (TBM)، تأثیر زیادی در زمان‌بندی و هزینه اجرای پروژه‌های تونلسازی دارد. مهمترین عوامل مؤثر بر عملکرد ماشین، ویژگی‌های زمین‌شناسی مهندسی توده سنگ‌های مسیر تونل، مشخصات فنی ماشین، امکانات و شرایط کاری کارگاه، تجربه پرسنل و نحوه تدارک و پشتیبانی از نظر تهیه مصالح، قطعات و دیگر لوازم مورد نیاز اجرا می‌باشد. امروزه، با توجه به متداول بودن تکنولوژی حفاری مکانیزه تونل (و با توجه به جوان بودن این تکنولوژی در ایران)، تبیین نقش عوامل مختلف در عملکرد ماشین نیز دانشی ضروری محسوب می‌شود. در این راستا، جمع‌آوری اطلاعات واقعی از پروژه‌های در حال اجرا (یا اجرا شده) و تحلیل و تفسیر اطلاعات فوق، در راستای برقراری ارتباط میان شرایط زمین‌شناسی مسیر تونل با عملکرد ماشین می‌تواند به عنوان یک تجربه مناسب برای پروژه‌های آتی که در شرایط مشابه اجرا می‌شوند، مد نظر کارفرمایان و پیمانکاران اینگونه پروژه‌ها قرار گیرد.

در این مقاله، با تجزیه و تحلیل اطلاعات زمین‌شناسی و راهبری ماشین در پروژه قمرود، سعی شده است ضمن شرح مختصر عملکرد واقعی ماشین و مخاطرات زمین شناسی رخ داده، روابط تجربی توسعه داده شده میان ویژگی‌های توده سنگ و پارامترهای مربوط به عملکرد ماشین نیز به اختصار معرفی گردند.

۲ - شرح پروژه

تونل انتقال آب قمرود بخشی از طرح انتقال آب از سرشاخه‌های رودخانه دز به حوضه قمرود می‌باشد که برای انتقال ۲۳ مترمکعب در ثانیه آب شرب شهرهای قم، خمین، گلپایگان و محلات طراحی شده است. این تونل با قطر حفاری ۴/۵۲۵ متر (و قطر تمام شده ۳/۸ متر) از ۵ قطعه اجرایی (قطعات ۱ تا ۴ مجموعاً به طول حدود ۳۶ کیلومتر و قطعه ۵ به طول حدود ۹ کیلومتر) تشکیل شده است. قطعات سوم و چهارم و بخشی از قطعه دوم این تونل در مجموع به طول ۲۴/۵ کیلومتر با استفاده از روش مکانیزه و به وسیله یک ماشین با سپر دوگانه (ساخت کارخانه ویرث آلمان) توسط قرارگاه خاتم الانبیاء (مؤسسه فاطر) حفاری و سگمنت گذاری شده است.

۳ - زمین شناسی مسیر تونل

از نظر زمین شناسی، قطعات دوم، سوم و چهارم تونل انتقال آب قمرود در پهنه سنندج- سیرجان قرار گرفته است. مسیر تونل از نظر سنگ شناسی عمدتاً شامل تناوب‌های ماسه سنگ و شیل مربوط به ژوراسیک (که در قالب ماسه سنگ‌های دگرگونه، اسلیت، فیلیت و شیست دگرگون شده‌اند)، شیست‌های گرافیتی و کوارتز دار همراه با رگه‌های کوارتزیتی و رخساره‌های کربناته مربوط به کرتاسه می‌باشد. همچنین بخش‌هایی از قطعه دوم نیز از نظر سنگ‌شناسی در واحدهایی از جنس سنگ آهک‌های کریستالیزه و سنگ‌های متاولکانیک حفر شده است.

وضعیت ساختاری توده سنگ‌های مسیر تونل از سنگ‌های متورق و شیستوز (از جنس شیل و اسلیت و شیست‌های گرافیتی) تا توده سنگ‌های بلوکی و ضخیم لایه آهکی و متاولکانیکی و بعضا رگه‌های کوارتزیتی نسبتاً ضخیم تغییر می‌نماید. زون‌های خرد شده اطراف گسل‌های منطقه نیز از جمله ساختارهای قابل توجه در مسیر تونل هستند که به ویژه در عملکرد ماشین نقش مؤثری داشته‌اند.

۴ - ویژگی‌های ماشین

ماشین استفاده شده در پروژه قمرود از نوع ماشین‌های سپردار با سپر دوگانه (تلسکوپی)، ساخت شرکت ویرث می‌باشد. در این ماشین، از کاترهد مسطح و دیسک کاترهای به قطر ۴۳۲ میلی‌متر (۱۷ اینچ) و عرض لبه ۱۹ میلی‌متر با ظرفیت تحمل بار تا ۲۵۰ کیلونیوتن استفاده شده است. سایر ویژگی‌های این ماشین در جدول ۱ درج شده است. نمایی از این ماشین نیز در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. ویژگی‌های فنی ماشین استفاده شده برای حفر تونل قمرود

نوع ماشین	کارخانه سازنده	تعداد کاترها	قطر کاترها (mm)	حداکثر نیروی پیشران (KN)	توان کله حفاری (KW)	سرعت کله حفاری (RPM)	گشتاور دستگاه (KN.m)
ماشین با سپر تلسکوبی	ویرث	۳۵	۴۳۲	۱۸۰۰۰	۴x۲۸۰ =۱۱۲۰	۰تا ۱۲۰	۸۰۲ KN.m (در راندمان۹۰%)

شکل ۱. نمایی از ماشین و کله حفاری آن در پروژه قمرود

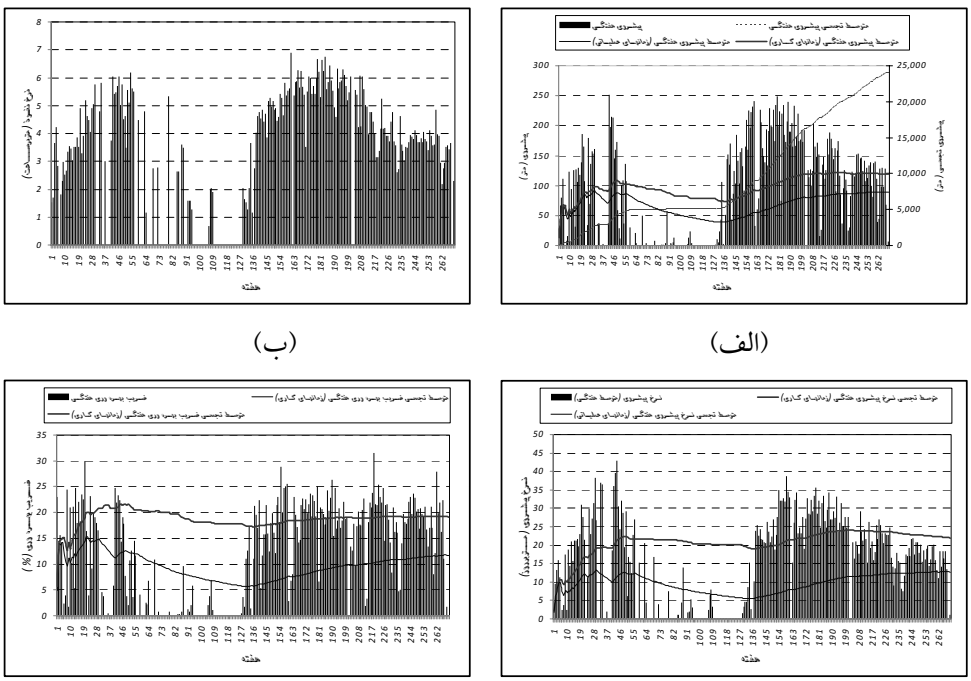
۵ - جمع آوری داده‌ها و توسعه بانک اطلاعاتی

جمع‌آوری داده‌های مناسب برای تحقیق و توسعه بانک اطلاعاتی مناسب بخش اصلی این تحقیق محسوب می‌شود. در این راستا کلیه اطلاعات زمین‌شناسی قبل و حین اجرا (شامل نتایج مطالعات سطح‌الارضی، لوگ گمانه‌های اکتشافی، آزمون‌های آزمایشگاهی، بازدیدهای سینه کار تونل، مطالعه مصالح کنده شده و ...) و همچنین اطلاعات مربوط به راهبری و عملکرد واقعی ماشین جمع‌آوری، ثبت و در بانک‌های اطلاعاتی مناسب ثبت شده‌اند. در این تحقیق، علاوه بر بانک‌های اطلاعاتی کارگاهی (که شامل زمان‌های شروع و پایان حفاری و سایر فعالیت‌های تونلسازی و همچنین متوسط پارامترهای راهبری ماشین در هر کورس می‌باشند)، به منظور بررسی ارتباط پارامترهای زمین‌شناسی با پارامترهای مربوط به عملکرد واقعی ماشین و توسعه روابط تجربی، یک بانک اطلاعاتی خاص نیز تهیه شده است. این بانک اطلاعاتی، شامل اطلاعات زمین‌شناسی مهندسی توده سنگ و پارامترهای راهبری و عملکرد دستگاه در ۳۱ مقطع مختلف تونل که در آنها اطلاعات زمین شناسی با کیفیت مناسب وجود داشته است، می‌شود.

۶ - عملکرد واقعی ماشین

شکل ۲ (نمودارهای الف تا د) تغییرات متوسط هفتگی پارامترهای مربوط به عملکرد ماشین را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار الف از این شکل مشاهده می‌شود، طول ۲۴/۵ کیلومتری این تونل در مدت ۲۷۰ هفته با متوسط پیشروی ۸۹ متر در هفته، بر اساس زمان‌های عملیاتی (کل زمان اجرای پروژه با در نظر گرفتن توقفات طولانی مدت) و ۱۱۹ متر در هفته، بر اساس زمان‌های کاری (منظور زمان‌هایی است که فعالیت تونلسازی در کارگاه صورت می گرفته است)، حفاری و سگمنت گذاری شده است. در این تونل متوسط هفتگی نرخ نفوذ بین ۰/۷ تا ۶/۹ متر بر ساعت در نوسان بوده

است. متوسط نرخ نفوذ نیز در کل پروژه ۴/۵۲ متر بر ساعت تعیین گردیده است(شکل ۲-ب). همچنین با توجه به شکل ۲- ج، متوسط هفتگی نرخ پیشروی روزانه از کمتر از ۲ متر در روز در شرایط نامساعد زمین شناسی، تا حدود ۴۳ متر در روز در شرایط معمول، متغیر بوده است. متوسط تجمعی این پارامتر بر اساس زمان‌های کاری و عملیاتی به ترتیب برابر با ۲۲ و ۱۲/۷ متر در روز به دست آمده است.



شکل ۲. نمودار تغییرات پیشروی هفتگی و متوسط آن و پیشروی تجمعی TBM در تونل قمرود (قطعات سوم و چهارم و بخشی از قطعه دوم)

حداکثر ضریب بهره‌وری هفتگی ماشین حدود ۳۳ درصد و متوسط تجمعی آن بر اساس زمان‌های کاری و عملیاتی به ترتیب ۱۹/۲درصد و ۱۱/۷درصد تعیین گردیده است (شکل ۲-د). چنان‌که در نمودار د از شکل ۲ ملاحظه می‌شود، روند تغییرات و مقادیر ضریب بهره‌وری کاری در شرایط عادی بعد از گذشت چند هفته از آغاز حفاری، به حدود ۲۰ درصد رسیده است. این عدد از این نظر حائز اهمیت است که نشان‌دهنده حدود ضریب بهره‌وری در پروژه‌های تونلسازی مشابه در داخل کشور در شرایط عادی (از نظر شرایط زمین‌شناسی) می‌باشد. تأثیر شرایط بد زمین شناسی در عملکرد این ماشین در نمودار مربوط به ضریب بهره‌وری عملیاتی نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ضریب بهره‌وری عملیاتی ماشین بعد از مواجه شدن با شرایط نامناسب زمین‌شناسی، به شدت کاهش پیدا کرده و به حدود ۵ درصد رسیده است. این نکته نیز از این نظر حایز اهمیت است که چنانچه شرایط زمین‌شناسی پروژه‌های تونلسازی به درستی پیش‌بینی نگردد، زمان‌بندی و هزینه اجرای تونل‌ها به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

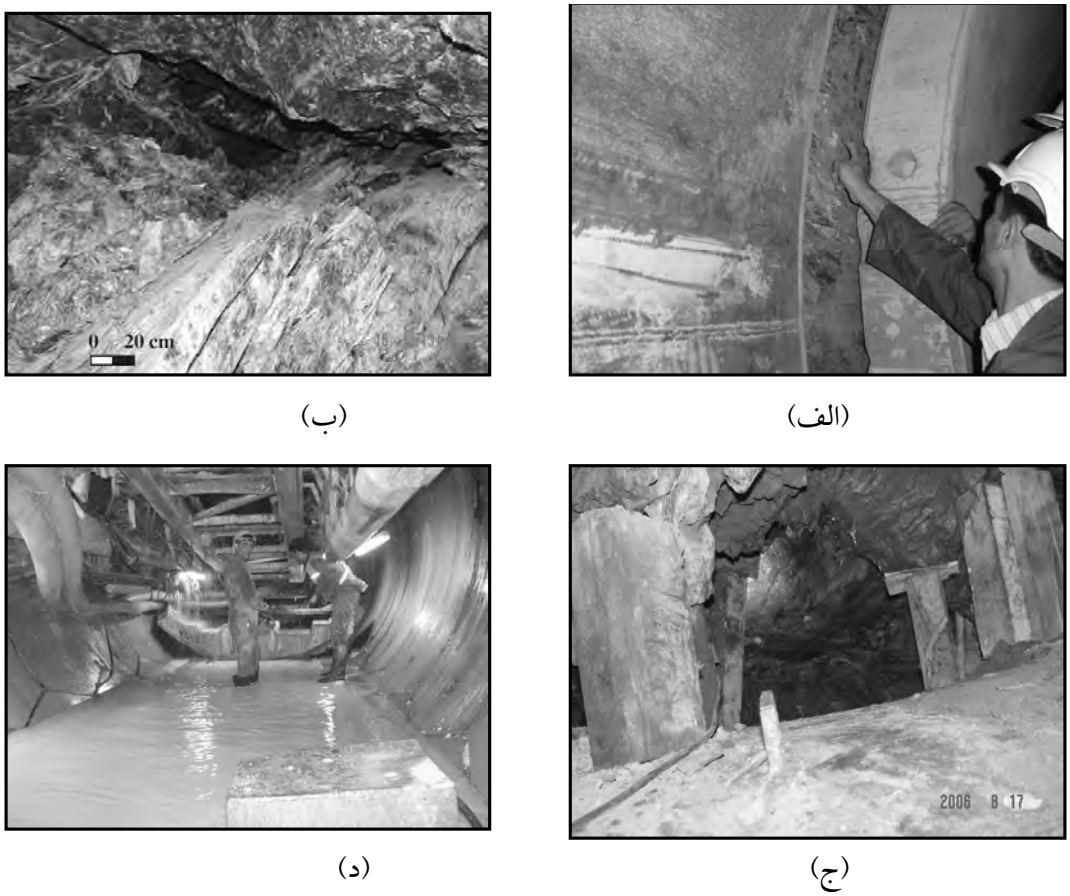
اگرچه متوسط پارامترهای عملکردی ماشین در این پروژه به دلیل توقفات طولانی مدت، چندان قابل توجه نیستند، امّا رکوردهای ثبت شده در این پروژه (حداکثر پیشروی روزانه، هفتگی و ماهانه)، همانطور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، رکوردهای خوبی محسوب می‌شوند.

جدول ۲. رکوردهای ثبت شده در پروژه قمرود

طول تونل (متر)	طول دوره ساخت (هفته)		حداکثر پیشروی (متر)			متوسط نرخ پیشروی هفتگی (متر)		متوسط نرخ پیشروی روزانه (متر)		متوسط نرخ نفوذ در کل پروژه (m/h)	(%) ضریب بهره وری کل	
	زمانهای عملیاتی	زمانهای کاری	روزانه	هفتگی	ماهانه	زمانهای عملیاتی	زمانهای کاری	زمانهای عملیاتی	زمانهای کاری		زمانهای عملیاتی	زمانهای کاری
۲۴/۵	۲۷۰	۱۸۶	۵۳	۲۵۲	۱۰۰۰	۸۹	۱۱۹	۱۲/۷	۲۲	۴/۵	۱۱/۷	۱۹/۲

۷ - مخاطرات زمین‌شناسی

اصلی ترین مخاطرات زمین‌شناسی که در این پروژه اتفاق افتاده و باعث توقف طولانی مدت دستگاه و افت شدید متوسط ضریب بهره‌وری ماشین بوده است، می‌توان به مواردی نظیر برخورد با زمین‌های خرد شده و ریزشی، وجود زمین‌های با پتانسیل مچاله شوندگی و هجوم آب زیرزمینی به داخل تونل اشاره نمود (شکل ۳) که دو مورد اول تأثیرات منفی بیشتری در عملکرد ماشین داشته‌اند. عمده این مشکلات در واحدهای متورق اسلیتی- فیلیتی در حدفاصل متراژ ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ تونل یعنی در بخشی از تونل که به دلیل عملکرد یک گسل موازی با محور تونل و همچنین روباره نسبتا زیاد، شرایط زمین شناسی چندان مساعد نبوده، اتفاق افتاده است. همانطور که در شکل ۲-الف ملاحظه می‌شود، با صرف‌نظر از توقفات کمتر از ۳-۲ هفته، در دو مقطع زمانی یعنی ابتدا از هفته ۳۱ تا هفته ۴۰ (به مدت ۱۰ هفته) و سپس از هفته ۵۷ تا ۱۳۶ (به مدت ۸۰ هفته یا حدود ۱/۵ سال) میزان پیشروی تونل بسیار کم و عملا پیشروی زیادی صورت نگرفته است. در این مدت به دلیل شرایط زمین‌شناسی خاص تونل و وقوع ریزش‌های متعدد و همگرایی بیش از حد زمین و ایجاد مشکلات اجرایی فراوان، عملا فعالیت در تونل بسیار دشوار و در نهایت تعطیل گردید. این تعطیلی طولانی که طی آن تلاش‌هایی برای فائق آمدن بر این مشکل صورت گرفت، همان‌طور که در نمودارهای ج و د از شکل ۲ نیز مشاهده می‌شود، باعث افت شدید در متوسط نرخ پیشروی و ضریب بهره‌وری تونل گردیده است. در این پروژه، از هفته ۱۳۶ به بعد با انجام اصلاحاتی در دستگاه و رفع مشکلات موجود، حفاری به تدریج به حالت اول بازگشته و همانطور که اشاره شد، رکوردهای خوبی در پیشروی روزانه، هفتگی و ماهانه ثبت گردید.



(الف) (ب)

(ج) (د)

شکل ۳. مخاطرات زمین شناسی رخ داده در مسیر تونل

۸ - توسعه روابط تجربی برای پیش بینی عملکرد ماشین

در مطالعات صورت گرفته توسط نگارنده، پارامترهای مختلف زمین شناسی مهندسی که در بانک اطلاعاتی، ساماندهی شده‌اند (پارامترهایی مانند مقاومت تک محوری سنگ، فاصله داری، پارامترهای طبقه‌بندی مهندسی و مقاومتی توده سنگ)، با استفاده از تکنیک‌های آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و بهترین تطابق و همبستگی میان این پارامترها با پارامترهای عملکردی

ماشین نظیر نرخ نفوذ (m/h)، نفوذ (mm/rev)، انرژی ویژه (kj/m^3) و شاخص نفوذ (kN/cutter/mm/rev) به دست آمده است.

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که استفاده از پارامترهای ترکیبی در انجام تحلیل‌ها برای حذف اثر پارامترهای مختلف می‌تواند بسیار مفید باشد. در این تحقیق از میان پارامترهای ماشین، پارامتر ترکیبی شاخص نفوذ یا FPI که با رابطه (۱) معرفی می‌شود، تطابق بیشتری با پارامترهای زمین‌شناسی مهندسی نشان می‌دهد. بنابراین در این مطالعه، FPI به عنوان یک پارامتر مناسب برای بررسی اثر پارامترهای مختلف بر عملکرد ماشین و همچنین توسعه روابط تجربی انتخاب گردید. با استفاده از این پارامتر نرخ نفوذ، نیروی پیشران و سرعت چرخش کله حفاری همزمان در تحلیل‌ها وارد می‌شوند.

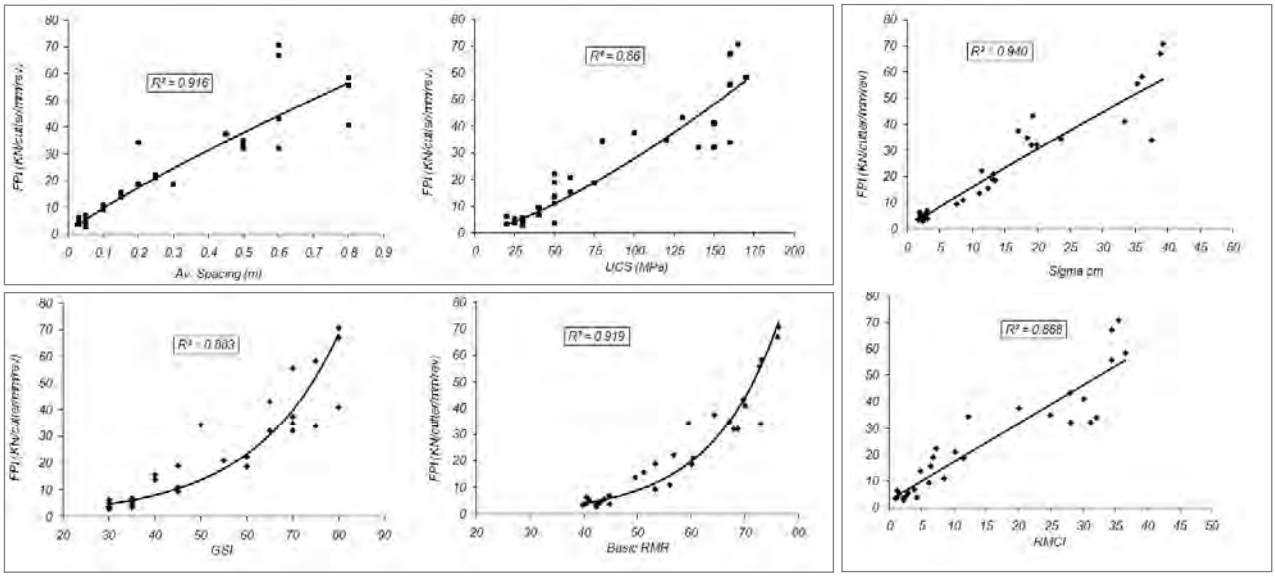
$$FPI = \frac{F_n}{ROP\ (mm/rev)} \qquad (۱)$$

در این رابطه F_n نیروی پیشران متوسط (kN/cutter)، ROP مقدار نفوذ (mm/rev) و FPI شاخص نفوذ صحرایی (kN/cutter/mm/rev) می‌باشد.

جدول ۳ و نمودارهای ارایه شده در شکل ۴ نتایج تحلیل‌های انجام شده را نشان می‌دهند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در این پروژه انطباق بسیار خوبی میان پارامترهای زمین‌شناسی و پارامتر FPI مشاهده می‌شود.

جدول ۳. نتایج تطابق میان پارامتر FPI و پارامترهای زمین‌شناسی مهندسی در پروژه قمرود

رابطه		نوع رابطه	ضریب همبستگی (R2)	پارامتر	
۱	$FPI = 0.054\ UCS^{1.354}$	توانی	۰/۸۶۱	(MPa) مقاومت تک محوری	
۲	$FPI = 68.268\ Sp^{0.849}$	توانی	۰/۹۱۶	(m) فاصله داری	وضعیت درزه داری
۳	$FPI = 2.749\ e^{0.029\ RQD}$	نمایی	۰/۸۷۰	RQD (%)	
۴	$FPI = 0.162\ e^{0.080\ BRMR}$	نمایی	۰/۹۱۹	Basic RMR	پارامترهای طبقه‌بندی مهندسی
۵	$FPI = 0.307\ e^{0.062\ RMR\ 89}$	نمایی	۰/۸۷۱	RMR'89	
۶	$FPI = 0.918\ e^{0.054\ GSI}$	نمایی	۰/۸۸۳	GSI	
۷	$FPI = 18.502\ Q^{0.388}$	توانی	۰/۹۲۸	Q	
۸	$FPI = 20.462\ QC^{0.310}$	توانی	۰/۹۴۰	Qc	پارامترهای مقاومتی توده‌سنگ
۹	$FPI = 1.877\ Sigma_{cm}^{0.931}$	توانی	۰/۹۴۰	Sigmacm (MPa)	
۱۰	$FPI = 6.796\ UCS_{rm}^{0.563}$	توانی	۰/۹۰۵	UCSrm (MPa)	
۱۱	$FPI = 1.445\ RMCI + 2.911$	خطی	۰/۸۶۸	RMCI	

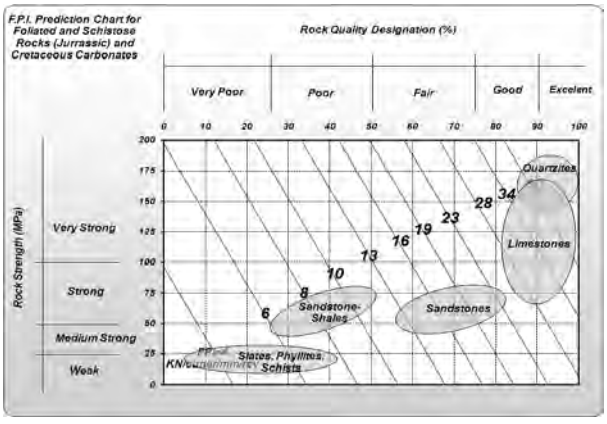


شکل ۴. ارتباط میان پارامترهای مختلف زمین شناسی با FPI در پروژه قمرود

در این مطالعه علاوه بر تحلیل رگرسیون تک متغیره میان پارامترهای مختلف توده سنگ و پارامترهای عملکرد ماشین، برای یافتن روابط تجربی با بهترین تطابق با داده‌های موجود، از تحلیل رگرسیون چند متغیره نیز استفاده گردیده است. برای بهره‌گیری از این روش آماری، چهار پارامتر توده سنگ شامل مقاومت تک محوری، فاصله داری، RQD و زاویه α (زاویه میان سطوح ناپیوستگی و محور تونل) به عنوان پارامترهای مستقل و پارامتر FPI به عنوان پارامتر وابسته انتخاب گردیدند. اثر هر متغیر بر FPI با استفاده از روش رگرسیون مرحله‌ای رو به جلو با بهره‌گیری از نرم افزار SPSS مورد ارزیابی قرار گرفت. نرم‌افزار بعد از کنترل ترکیبات مختلف پارامترها، با کنار گذاشتن دو پارامتر فاصله داری و زاویه α، بهترین تطابق خطی با سطح اعتماد ۹۵ درصد را میان پارامترهای Ln (FPI) به عنوان پارامتر وابسته و پارامترهای مقاومت فشاری تک محوری یا UCS و شاخص کیفی سنگ یا RQD به عنوان پارامترهای مستقل برقرار نمود. در نتیجه رابطه (۱۳) به عنوان مدل پیش‌بینی جدید، برای شرایط ویژه زمین شناسی و خصوصیات ماشین در این پروژه به‌دست آمد.

$$FPI = \exp(0.004UCS + 0.023RQD + 1.003) \qquad (۱۳)$$

به منظور استفاده آسان‌تر از رابطه (۱۳) و مقایسه بهتر توده سنگ‌های مختلف از نظر شرایط حفرپذیری، رابطه فوق‌الذکر به صورت نمودار ارایه شده در شکل ۵ ترسیم شده است. با استفاده از این نمودار، دامنه تغییرات FPI بر اساس دامنه تغییرات پارامترهای توده سنگ (UCS و RQD) قابل تخمین می‌باشد.



شکل ۵. نمودار تغییرات FPI بر اساس دامنه تغییرات پارامترهای توده سنگ (برای سنگ‌های کربناته و سنگ‌های متورق و شیستوز در تونل قمرود)

۹ - نتیجه‌گیری

نتایج تحلیل‌های انجام شده، نشان می‌دهد که ارتباط منطقی و معنی داری میان پارامترهای زمین شناسی مهندسی با پارامترهای مربوط به عملکرد ماشین وجود دارد. از میان پارامترهای زمین شناسی مهندسی، پارامترهای مقاومتی توده سنگ که همزمان اثر شرایط درزه داری و استحکام توده سنگ را منعکس می‌کنند، تطابق بهتری را با پارامترهای مربوط به عملکرد ماشین مانند FPI که خود یک پارامتر ترکیبی است، نشان می‌دهد و در نتیجه برای توسعه روابط و مدل‌های تجربی بسیار مفید می‌باشند. در تحلیل داده‌ها با روش رگرسیون چند متغیره نیز روابطی که نهایتا با ضریب همبستگی خوبی به دست آمدند دو پارامتر مهم توده سنگ یعنی مقاومت فشاری ماده سنگ و شرایط درزه داری (فاصله داری ناپیوستگی‌ها یا RQD) را شامل می‌شوند.

منابع و مراجع

۱. حسن پور، ج. ۱۳۸۸، بررسی تأثیر پارامترهای زمین شناسی مهندسی بر عملکرد ماشین حفار تمام مقطع و اصلاح مدلهای پیش بینی، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲. گزارشات زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی تونل انتقال آب قمرود، مؤسسه مهندسین مشاور ساحل (منتشر نشده).

۳. گزارشات کارگاهی تونل انتقال آب قمرود، مؤسسه مهندسین مشاور ساحل (منتشر نشده).

.4 Hassanpour J., Rostami, J., Khamehchiyan M., Bruland, A., and Tavakoli, H.R., 2009. TBM performance analysis in pyroclastic rocks, a case history of Karaj Water Conveyance Tunnel (KWCT). Journal of Rock mechanics and Rock Engineering, on line, DOI .2-009-0060-10.1007/s00603

.5 Hassanpour J., Rostami, J. 2009. Predicting TBM performance in second lot of Karaj Water Conveyance 713.-Tunnel. Eurock 09, Dubrovnik, Croatia, pp. 707 Rotterdam : Balkema

.6 Hassanpour J., Rostami, J., Khamehchiyan M., Bruland, A., 2009. Development new equations for performance prediction. Geo mechanics and Geoengineering: An .297-Int. Journal, Vol. 4, No. 4, pp. 287

ارزیابی ریسک‌های ژئوتکنیک در حفاری‌های تمام مقطع مکانیزه (TBM) تونل‌های مترو

(مطالعه موردی: پروژه خط هفت مترو تهران)

مهندس مصطفی عماد[1] و مهندس محمد رضا یاقوتی[2]، مهندس علی‌رضا طالبی‌نژاد[3]
[2و1] شرکت مهندسی سپاسد – پروژه خط۷ مترو تهران - [3]شرکت مهندسی مشاور ایمن‌سازان

چکیده
پروژه خط هفت متروی تهران یکی از طولانی‌ترین و عمیق‌ترین خطوط شبکه متروی شهر تهران است. این پروژه با طول حدود ۲۶ کیلومتر جنوب شرقی شهر تهران را به شمال غربی آن متصل ساخته و در مسیر خود هشت ایستگاه تقاطعی با دیگر خطوط شبکه مترویی تهران دارد. این پروژه به لحاظ تفاوت‌های عمده و قابل توجهی مانند گذر از تمامی آبرفت‌های شهر و مواجهه با شرایط ژئوتکنیکی مختلف، عمیق‌تر بودن و قرارگیری بخش عمده‌ای از آن در زیر سطح آب زیرزمینی و همچنین ارایه راه‌حل اجرایی حفاری مکانیزه جهت نیل به زمان‌بندی محدود پروژه، یکی از پروژه‌های خاص مترویی می‌باشد. به لحاظ پیچیدگی‌های موجود، موضوع ارزیابی و آنالیز ریسک‌های موجود در پروژه از مراحل شناسایی تا مراحل اجرایی امری لازم و ضروری است. در این مقاله با بررسی وضعیت دستگاه حفاری TBM و تاثیر حفاری مکانیزه بر تونل‌سازی در محیط‌های شهری، همچنین با بررسی جزئیات مطالعات ژئوتکنیک از دیدگاه شناسایی و ارزیابی ریسک‌های پروژه، سعی گردید ابهامات و ریسک‌های پیش‌روی پروژه مشخص شود و اقدامات لازم برای کاهش آن و ایجاد شرایط ایمن برای طراحی و اجرا اتخاذ گردد. از این‌رو طرح مدیریت ریسک RMP برای حوزه حفاری مکانیزه و تاثیر شرایط ژئوتکنیک در پروژه خط هفت متروی تهران طرح‌ریزی و ارایه گردید. عوامل و عناصر ایجاد کننده ریسک با ارزیابی در خصوص احتمال رخداد و شدت تاثیر هر کدام، گردآوری و مورد بررسی قرار گرفت و اقدامات لازم برای کاهش آن با دیدگاه تخصصی در هر حوزه به‌خصوص مطالعات ژئوتکنیک و حفاری مکانیزه ارایه گردید. با آنالیزهای انجام شده بر روی این پروژه، ۴۸ درصد از پتانسیل‌های ایجاد خرابی و صدمه با ریسک بالا، ۴۵ درصد با ریسک متوسط و ۷ درصد دارای ریسک پایینی بوده است که پس از ارزیابی هرکدام و شناسایی اقدامات کاهنده مربوطه، سطح ریسک به ترتیب برای پتانسیل‌های ایجاد خرابی و صدمه به ترتیب به ۴ درصد با ریسک بالا، ۳۳ درصد به ریسک متوسط و ۶۳ درصد با سطح ریسک پایین تقلیل پیدا نمود.
واژه‌های کلیدی: حفاری مکانیزه، ارزیابی ریسک، اقدامات کاهنده ریسک، RMP

مقدمه
مدیریت کنترل ریسک، در بسیاری از رشته‌ها و زمینه‌های تکنیکی به صورت ابزاری کارآمد و مهم در آمده و صنعت تونل و ساخت و سازهای زیرزمینی از آن استقبال زیادی کرده است.
یکی از مواردی که امروزه بخصوص در دهه اخیر در ارتباط با پروژه‌های زیرزمینی دارای اهمیت می‌باشد، ارزشیابی سیستماتیک و مستمر مدیریت ریسک در همه مراحل طرح‌ریزی، طراحی، ساخت و اجرای پروژه‌های زیرزمینی، بسیار معمول و کاربردی گردیده است. در مواردی که سطح اولین ریسک قابل قبول نباشد، بایستی اقدامات مربوط به کاهش ریسک مربوطه تعیین و مشخص گردند. پس از انجام اقدامات کاهشی و تجزیه و تحلیل، بایستی برای ارزیابی مجدد، سطح باقی‌مانده ریسک ارایه شود تا سطح ریسک به روز شده بدست آید؛ به این میزان از ریسک "سطح ریسک‌باقیمانده"می‌گویند.

نمودار۱. نمودار تعریف سطح

متدولوژی ارزیابی ریسک‌های ژئوتکنیکی

متدولوژی و روش ارزیابی ریسک‌های ژئوتکنیکی در حفاری مکانیزه TBM در محیط‌های شهری، که پس از مطالعات و تحقیقات فراوان انتخاب شده است، طرح مدیریت ریسک RMP بوده و نحوه شناسایی، کمّی‌سازی، توسعه پاسخ ریسک و در نهایت مانیتورینگ عکس‌العمل ریسک مطرح و سپس با فعال‌سازی روش RMP اقدام به کاهش کلیه ریسک‌ها شده است و در پایان با ارایه روشی فنی اقدام به شناسایی ریسک‌های اولیه با استفاده از ثبت ریسک نموده و سپس به چگونگی تحلیل کیفی و کمی آن اشاره گردیده است. خروجی و نتیجه اجرای یک برنامه مدیریت ریسک (RMP) برای یک پروژه، به معنای اطمینان از کاهش کلیه ریسک‌ها تا سطح قابل قبول و مناسب‌ترین مدیریت برای خطرات است.

لازم بذکر است کلیه مراحل انجام این مقاله با مطالعه موردی پروژه خط۷ متروی تهران، برای اولین بار در سطح این پروژه انجام و اقدام به ارزیابی ریسک‌های ناشی از مسایل ژئوتکنیکی (با توجه به مطالعات ژئوتکنیکی مسیر) در حفاری مکانیزه تونل پرداخته و نهایتاً باعث کاهش آن‌ها شده است.

به هنگام عملیات حفاری متاسفانه در طبیعت، شرایط ایده‌ال زمین‌شناسی برای دستگاه وجود نداشته و این امر چالش‌هایی را برای زمین‌شناسان، سازندگان ماشین و پیمانکاران، جهت فراهم نمودن تجهیزات مورد نیاز و انجام عملیات موفقیت‌آمیز، تحت شرایط زمین‌شناسی دشوار، بوجود می‌آورند.

منابع ریسک اولیه در تونلسازی مکانیزه در مناطق شهری:

۱ - ریسک‌های مربوط به زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی
۲ - ریسک‌های مربوط به طراحی
۳ - ریسک‌های مربوط به دوره ساخت

یک برنامه مدیریت ریسک RMP باید بر مبنای چهار اصل بنیادی و اساسی بنا شود:

۱ - شناسایی ریسک‌ها
۲ - کمّی‌سازی ریسک
۳ - توسعه پاسخ ریسک
۴ - مانیتورینگ عکس‌العمل ریسک

فعال‌سازی برنامه مدیریت ریسک RMP جهت کاهش کلیه ریسک‌ها

فعال‌سازی RMP باعث حصول اطمینان از شناسایی و حل و فصل مسایل احتمالی در بهترین زمان ممکن می‌شود؛ بنابراین RMP را باید در کوتاه‌ترین زمان و بدون وقفه در همه فازهای پروژه بصورت یکپارچه از آغاز طراحی پروژه تا زمان بهره‌برداری از آن اجرا کرد. حتی یک مورد از موارد تحقیق، طراحی و مراحل مربوط به انجام پروژه نباید حذف شود؛ هدف از این کارها، کاهش کلیه ریسک‌های شناسایی شده در هر فازِ در حال اجرای پروژه، به کمترین سطح ممکن و اجرای اقدامات پیشگیرانه برای کاهش حین ساخت و ساز می‌باشد.

از آنجایی که انجام RMP بایستی تضمین شده، به روز شده تمام و کمال انجام شود و در راستای پروژه، با کل پروژه مرتبط باشد، پس مسلماً RMP بایستی پروسه‌ای پویا باشد، بنابراین اطمینان از اینکه ثبت ریسک در هر دوره و مرحله و به‌طور سیستماتیک به روز می‌شود، یکی از مشخصه‌های اصلی برای بکارگیری موفق این رویکرد می‌باشد.

اجرای مدیریت ریسک بایستی مشارکتی از بخش‌های مختلف تکنیکی باشد و تمامی گروه‌های متاثر و مرتبط از قبیل کارفرمای پروژه، مدیر پروژه، ناظر پروژه، پیمانکاران، کارشناس و طراحان، همکاری داشته باشند.

ریسک‌های مربوط به پروژه، به چگونگی برقراری ارتباط مدیر پروژه با دیگر دست‌اندرکاران پروژه نیز بستگی دارد.

تونلسازی مکانیزه در مناطق شهری عموماً مرتبط و درگیر با پروژه‌های زیرساختی عظیمی چون متروها، خطوط راه‌آهن شهری، تونل‌های انتقال سیلاب و تونل‌های مربوط به تاسیسات، فاضلاب یا جاده‌ها می‌باشد، بنابراین اجرای پروژه مستلزم رعایت نظم و هماهنگی است که می‌بایستی برای نیل به موفقیت نهایی با در نظر گرفتن بودجه تصویب شده برای اجرای پروژه (به عبارت دیگر کاهش کلیه ریسک‌هایی که بطور بالقوه مانع نیل به این اهداف است)، فعالیت‌های آن مرحله به مرحله انجام پذیرد.

زمانی که طراح، نیاز اصلی کارفرما و میزان بازه ریسک او را شناسایی کرده باشد، پروسه شناسایی ریسک در مسیر تونل و در پروسه تونل‌سازی، بایستی همراه با تعریف سناریوی طرح مرجع، که شامل کارهای زیر است، انجام شود:

- تشکیل گروهی از متخصصین متناسب با اندازه و پیچیدگی پروژه.
- انجام یک بررسی فهرست‌وار برای جمع‌آوری اطلاعات مرتبط با پروژه که ممکن است بر انتخاب روش‌های اجرا، تاثیر داشته باشد (مثل داده‌های منتشر شده درباره شرایط زمین‌شناسی و هیدروژئولوژی منطقه‌ای و بومی، شبکه تاسیسات و ساختارهای حساس شناسایی شده در مسیر پروژه) این اطلاعات بعداً باید تکمیل کننده نقشه‌برداری و مطالعات مناسب دیگر باشند.
- گردآوری و مرور جدی تجارب به دست آمده از شرایط مشابه، به‌خصوص در شرایطی که ریسک‌هایی مشابه آن اتفاق افتاده، رایزنی با پیمانکاران و تجهیز پروژه با آنچه ضروری خواهد بود.
- گردآوری داده‌های مطالعاتی محل سایت توسط زمین‌شناسان و آب‌شناسان مجرب به منظور دستیابی به بهترین تخمین مدل زمین‌شناسی، شرایط مشابه زمین و تغییرپذیری آن‌ها.
- شناسایی تکنیک‌های احتمالی ساختمانی و غیره.
- تعیین خصوصیات بخش‌های معمول تونل.

وقتی سناریوی طراحی مرجع تعریف شد، یک چک لیست (همچنین یک چک لیست از یک پروژه مشابه، از قضاوت‌های کارگاهی و مهندسی مبتنی بر تجارب قبلی) برای شناسایی ریسک‌های مربوط به پروژه، مورد استفاده قرار می‌گیرد، به عبارت دیگر از همان نخستین مراحل پروژه ثبت ریسک انجام می‌گردد.

ثبت ریسک باید به گونه‌ای پی‌ریزی شود که شامل همه قسمت‌های زیر باشد:

- دارای تاریخچه‌ها و سوابق خطرات باشد، و درون هر تاریخچه‌ای فهرست خطرات و آنچه باعث این خطرات می‌شود، بیان شده باشد.
- تعیین کمیت احتمال خطر و شدت تاثیر، که به بروز ریسک منجر می‌گردد.
- تعیین ریسک‌های اولیه غیر قابل قبول.
- شناسایی راهکاری معین برای کاهش هرگونه ریسک اولیه (اقدامات کاهش دهنده) و غیره.
- تعیین کمیت ریسک‌های باقی‌مانده از طریق ارزیابی مجدد، با فرض اینکه اقدامات کاهش دهنده ریسک انجام گردیده است.

ثبت ریسک، چنانچه به طور مناسب مورد استفاده قرار گیرد، راهنمایی مفید برای پیشرفت پروژه خواهد بود، زیرا استفاده مفید از آن منجر به اتخاذ تدابیر استراتژیک و یافتن مسیری کوتاه و واضح برای اِعمال نقشه پیشنهاد شده از نظر سازماندهی، پژوهشی و طراحی و یا برآورده کردن نیازها برای کاهش ریسک‌های شناسایی شده، خواهد شد.

ریسک را می‌توان از لحاظ کمّی و کیفی تجزیه و تحلیل کرد؛ اما تقریباً در مرحله آغازین پروژه، اغلب ریسک را از لحاظ کیفی تجزیه و تحلیل می‌کنند.

تحلیل کیفی ریسک در هر مرحله، زمانی که ماهیت و گسترهٔ داده‌ها، برای ایجاد آمار صحیح کافی نباشند و نیز هنگامی‌که تحلیل آماری داده‌ها قادر به شناسایی مشکلات ویژه (نظیر مکان گسل یا شرایط زمین غیرعادی) نباشند، ضرورت پیدا می‌کند. پروسه تحلیل کیفی ریسک با شناسایی ریسک و با اهداف یک ارزیابی اولیه از ریسک آغاز می‌شود.

احتمال (P) و شدت تاثیر (I) با استفاده از مقیاس‌های کیفی مشخص می‌شوند که مناسب با خواسته‌ها و اضطرارهای پروژه می‌باشند. بنابراین مقیاس‌های ویژه کیفی P و I ، مقدار ریسک اولیه برآورده شده و در صورت قابل قبول نبودن، اقدامات کاهش ریسک هم برای اجرا در مرحله طراحی و هم در مراحل ساخت به منظور کاهش احتمال و یا کاهش شدت تاثیر فهرست‌بندی شده است. مجدداً هم با ارزیابی P و هم با اررزیابی I و فرض اینکه اقدامات کاهشی در جای خود انجام شوند، تخمین کیفی از ریسک‌های باقی‌مانده را می‌توان بدست آورد.

جدول۱. مقیاس کیفی ریسک

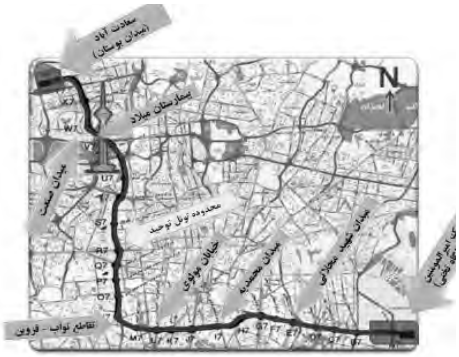
سطح ریسک	عملیات مورد نیاز
غیر قابل قبول	عملیات ساخت نبایستی قبل از کاهش ریسک شروع گردد. اگر ریسک قابل کاهش نباشد، ریسک توقف پروژه وجود دارد.
قابل توجه	عملیات ساخت نبایستی قبل از کاهش ریسک شروع گردد. راه‌حلی برای ریسک وجود دارد، اما نیاز به افزایش منابع دارد.
مهم	عملیات ساخت می‌تواند آغاز گردد و ادامه یابد تا اینکه اقدامات کاهشی نیز انجام پذیرد.
جزیی	کار ممکن است با تاخیر انجام پذیرد. نیاز به راه‌حل‌هایی برای بهینه کردن میزان هزینه‌ها دارد.
غیر مربوط	نیازی نیست.

مزیت اصلی تحلیل کیفی این است که باعث ارایه مناسب سناریوی طراحی مرجع به صورت واضح، پایدار و مشترک می‌شود. تحلیل کمّی ریسک، یعنی تخمین کمّی از احتمال و شدت تاثیر یک خطر یا رویداد ریسک را جایگزین داوری کیفی ریسک کنیم. بررسی کمّی شدت تاثیر یک خطر عمدتاً برای بررسیِ کیفی پیامدهای آن از طول مدت و هزینه پروژه از منظرهای متنوعی (مثلاً ساخت، نگهداری، بهره‌برداری) انجام می‌شود.

ارزیابی ریسک ژئوتکنیکی در پروژه خط ۷ متروی تهران

خط ۷ متروی تهران از شهرک امیرالمومنین(ع) واقع در منطقه جنوب شرق تهران در امتداد شرقی- غربی شروع و پس از عبور از تقاطع بزرگراه محلاتی- خیابان ۱۷شهریور و میدان محمدیه، در تقاطع بزرگراه نواب- پل قزوین تغییر جهت داده و در امتداد جنوبی- شمالی (در راستای بزرگراه نواب صفوی) مسیر آن ادامه یافته و ضمن گذر از کنار تونل توحید و عبور از کنار برج میلاد و میدان صنعت، در منطقه سعادت‌آباد (میدان بوستان) واقع در شمال‌غرب تهران پایان می‌یابد.

مطالعات ژئوتکنیک مسیر خط ۷ متروی تهران از دو بخش شمالی- جنوبی و شرقی- غربی، در ۳ فاز مرحله مفهومی، مقدماتی و تکمیلی انجام پذیرفت.



شکل ۱. مسیر عبور خط ۷ مترو بر روی نقشه تهران

کاوش‌ها و برداشت‌های صحرایی بر پایه دستورالعمل‌ها و مشخصات فنی با حفاری ۲۹ حلقه گمانه مته‌ای[1] و ۱۱ حلقه چاه دستی[2] در نقاط مناسب در طول مسیر طرح، در مرحله مقدماتی ژئوتکنیک انجام گرفت.

هم اکنون مرحله تکمیلی مطالعات ژئوتکنیک در ایستگاه‌ها و مسیر پروژه به پایان رسیده و یا در حال اتمام می‌باشد.

در رسوبات آبرفتی گستره طرح، مقدار درخور توجهی اجزای درشت دانه (قلوه‌سنگ و تخته‌سنگ) وجود دارد، که می‌تواند بر روی حفر تونل و گود ایستگاه‌ها اثرگذار باشد. از این‌رو، ویژگی‌های ژئوتکنیکی تخته‌سنگ‌ها، با انجام بررسی‌ها و آزمون‌های آزمایشگاهی، مورد مطالعه قرار داده شده است. در برخورد با تخته‌سنگ‌ها شرایط دستگاه حفاری TBM بایستی با خصوصیات و مشخصات زمین همخوانی داشته باشد.

آنالیزهای ریسک، تعیین پدیده‌های خطری است که می‌تواند منجر به نتایج منفی گردد. مسایلی همچون همگنی یا غیریکنواختی زمین‌شناسی گستره طرح، ترکیبات خاک مسیر تونل، دانه‌بندی، فعال بودن خاک، ویژگی‌های شیمیایی خاک، مطالعات هیدروژئولوژیکی و بررسی آبخوان‌ها و نوسان‌های آن، ویژگی‌های شیمیایی آب‌های زیرزمینی، تراوایی و سختی، مقاومت در برابر سایش، ساینده‌گی و ویژگی‌های مکانیکی تخته‌سنگ‌های موجود در مسیر مورد بررسی قرار گرفته و موارد زیر از جمله موضوعاتی هستند که موجبات ریسک را با رویکرد عوامل ژئوتکنیکی در حفاری مکانیزه ایجاد می‌نمایند.

طبقه‌بندی ذیل از رخداد خطر در ارتباط با مسایل زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی در پروژه خط ۷ مترو تهران قابل ارایه است.

- پدیده خطر از منظر مسایل ژئومکانیکی و ژئوتکنیکی در فاز طراحی
- پدیده خطر از منظر طراحی و ملزومات دستگاه حفاری TBM
- پدیده خطر از منظر مسایل ساخت (حفاری مکانیزه، راهبری TBM و نصب پوشش بتنی)
- پدیده خطر از منظر فاکتورهای انسانی (قراردادی، تضامین یا مسوولیت‌ها و کیفیت کار پرسنل)
- پدیده خطر از منظر تحقیقات و فاز طراحی

در خصوص پدیده خطر از منظر مسایل ژئومکانیکی و ژئوتکنیکی در بخش طراحی، موارد زیر در پروژه خط هفت متروی تهران موجود است.

- شرایط جبهه‌کار ناهمگن
- برخورد با شبکه قنوات
- حضور تخته‌سنگ‌ها در طول مسیر حفاری
- برخورد با خاک‌های ریزشی
- برخورد با شرایط چاه‌های آرتزین
- لایه‌های خاک دارای پتانسیل روان‌گرایی
- برخورد با تخته‌سنگ‌های ساینده
- وجود خاک‌های منبسط شونده و کانی‌های آماسی
- برخورد با آب‌ها وخاک‌های دارای‌خاصیت خورندگی
- حضور گاز

از لحاظ پدیده خطر از منظر طراحی و ملزومات دستگاه حفاری TBM موارد زیر را می‌توان نام برد.

- سیستم آب‌بندی ناقص
- نیروی پیشران ناکافی ماشین
- کونیک نبودن شیلد
- سیستم آب‌کشی ناکافی
- طراحی نادرست فشار جبهه‌کار
- تجهیزات ناکافی الکترومکانیکال

شکل ۲. نمای کاترهد دستگاه TBM خط ۷ مترو تهران

پدیده خطر از منظر مسایل ساخت (حفاری مکانیزه، راهبری TBM و نصب سگمنت) نیز شامل موارد زیر می‌گردد.

- کمبود فشار در جبهه‌کار
- انجام نادرست عملیات تزریق
- نصب نادرست سگمنت‌ها
- هدایت نادرست دستگاه
- ساخت نادرست سگمنت‌ها
- خطا در توپوگرافی
- اقدامات ناکافی ایمنی
- عدم تهویه مکفی
- از دست رفتن مواد آلاینده (دوغاب یا فوم) در طی حفاری

پدیده خطر از منظر عوامل و فاکتورهای انسانی شامل موارد زیر است.

- فقدان تجربه پرسنل
- فقدان تجربه پیمانکار
- تحریم‌ها
- مشکلات قراردادی
- سازمان‌دهی نادرست پیمانکار

در نهایت پدیده خطر از منظر تحقیقات پروژه و فاز طراحی می‌تواند شامل موارد زیر باشد.

- ارزیابی ناکافی سازه‌های زیرزمینی موجود
- وجود سازه‌های زیرزمینی که نقشه‌برداری نشده
- وجود گمانه‌هایی با جداره فلزی
- عمق ناکافی مسیر تونل

- شرایط ژئوتکنیکی غیرمنتظره
- زلزله

پس از این مرحله، اقدام به بررسی و ثبت ریسک‌های پروژه با توجه به پدیده‌های خطر نامبرده در پروژه گردید. موارد زیر به ریسک‌های پتانسیل خرابی یا آسیب در پروژه اشاره دارد.

- بلوکه شدن دستگاه در اثر ناپایداری جبهه‌کار
- گیر کردن دستگاه حفاری
- اضافه حفاری
- ناپایداری دیواره تونل
- هجوم زیاد آب
- شکست مکانیکی دستگاه حفاری
- سایش اضافی ابزارهای برشی
- گازهای سمی و خطرناک
- خورندگی شیمیایی
- اعوجاج رینگ سگمنت
- درزه‌بندی درست جهت جلوگیری از آب
- ایجاد ترک و شکست در سگمنت
- قرارگیری در مسیر نادرست دستگاه حفاری
- نرخ پیشروی پایین دستگاه حفاری
- کمبود تجربه پرسنل
- کمبود تجهیزات (بایستی از خارج وارد شوند)
- آتش سوزی و یا رخداد انفجار
- تصادفات و تصادمات نیروی انسانی
- تاخیر در تجهیز و پشتیبانی دستگاه حفاری
- ایجاد صدمه یا خرابی تاسیسات شهری
- خرابی یا وارد شدن صدمه بر ساختمان‌های مجاور
- ایجاد صدمه و خرابی بر اثر روانگرایی
- ایجاد ترافیک
- آلودگی هوا
- آلودگی آب
- ایجاد سیستمی که بتواند موارد زیر را در حین اجرای تونل جهت کاهش ریسک طرح‌ریزی و انجام دهد، لازم و ضروری است:
- بررسی مطالعات ژئوتکنیک و هیدروژئولوژی هر بخش از مسیر تونل
- ارایه پیش‌بینی‌های لازم جهت راهبری دستگاه در تعامل با شرایط ژئوتکنیکی همچون مقادیر نرخ پیشروی، نیروی پیشران مورد نیاز دستگاه، گشتاور مورد نیاز، فشار جبهه‌کار
- بررسی و ارزیابی نوع مصالح و خاک‌های حاصل از عملیات حفاری بر روی تسمه نقاله دستگاه
- ارزیابی و مونیتورینگ دستگاه و زمین و بررسی تاثیرات پس از عملیات حفاری
- ادغام و انطباق سریع مطالعات اولیه و مطالعات ثانویه (پس از عملیات حفاری) و ارایه طرح پیشروی دستگاه حفار برای مقاطع جلوتر تونل

با مدنظر قرار دادن اهم ریسک‌های نامبرده شده اقداماتی که می‌بایست برای کاهش ریسک انجام داد در هر حوزه فعالیت پروژه خط هفت مترو مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. در این راستا با رویکرد حفاری مکانیزه در تونل‌های شهری اقدامات کاهنده ریسک بصورت زیر ارایه شده است.

- استفاده از ابزارهای برشی کافی
- استفاده از ماشین حفاری EPB
- استفاده از درجه بتن با عیار مناسب بر اساس خورندگی آب و برای طول عمر تونل
- تزریق بنتونیت پشت شیلد
- افزایش گام نقاله مارپیچی دستگاه حفاری EPB
- کاهش نسبت بازشدگی کاترهد دستگاه حفار
- کنترل زهکشی جبهه‌کار تونل
- مونیتورینگ و کنترل جبهه‌کار تونل و تحقیقات و بررسی‌های اضافی
- استفاده از پرسنل با تجربه
- استفاده از پرسنل خارجی
- اجرای برنامه کنترل کیفیت در کارخانه سگمنت
- استفاده از درجه بتن با عیار مناسب بر اساس خورندگی آب و برای طول عمر تونل
- استفاده از سیمان مناسب در برابر آب‌های دارای خاصیت خورندگی
- انتخاب پیمانکار با تجربه
- مقابله با آب‌های ورودی به تونل
- استفاده از سیستم مونیتورینگ برای پارامترهای ماشین حفاری
- استفاده از سیستم زهکشی مناسب
- انتخاب تامین کننده معتبر قطعات
- استفاده از کلاه ایمنی و تضمین ایمنی کارگران
- کف سازی محوطه کارگاه
- استفاده از ماشین آلات دارای کارایی پایین
- سیستم جمع آوری آب
- فیلتر برای سیستم تهویه
- سیستم اطفاء حریق
- سیستم تصفیه آب
- روش حفاری متفاوت که در ایران تجربه گردیده است
- برنامه نگهداری
- استفاده از حالت لرزه‌ای در طراحی پوشش تونل
- اجرای آنالیز ریسک ساختمان‌ها و انجام اقدامات تحکیمی
- مطالعه انحراف ترافیک در کارگاه‌ها
- مطالعات مناسب و کافی ژئوتکنیک
- نقشه‌برداری کافی از سازه‌های زیرزمینی موجود
- ارزیابی کافی شرایط ساختمان

- نقشه‌برداری PU موجود
- نقشه‌برداری از گمانه‌های اجرا شده
- اجرای تست سرشار در تخته‌سنگ‌ها
- از بکارگیری جداره فلزی در گمانه‌ها، هنگام انجام مطالعات جلوگیری گردد.

نتیجه‌گیری

هدف از آنالیز و ارزیابی ریسک تعیین و پیش‌بینی اثرات منفی است که در اثر رخدادهای خطر بر بخش‌های مختلف پروژه همچون مخارج، کیفیت کار و ایمنی، بودجه و طرح و برنامه ساخت بوجود می‌آید. یک برنامه آنالیز ریسک در واقع ارزیابی یک پروژه در جهت هدف و جلوگیری از انحراف آن از هدف تعیین شده است. ارزیابی ریسک، یک برنامه و فرآیند دینامیک بوده که در طول پروژه از مراحل آغازین (مطالعات مرحله مفهومی) تا دوره ساخت و بهره‌برداری پروژه ادامه دارد. در حقیقت اطلاعات مورد نیاز برای رسیدن به سطح منطقی برای کنترل پروژه‌های تونلی، تقریباً تا زمان شروع پروژه قابل دستیابی نیست، و پس از مشخص شدن اقدامات کاهنده، فرآیندی رو به جلو با پیشرفت پروژه می‌باشد. در این حالت بایستی مدنظر قرار گیرد که حتی پس از مرحله مطالعات، همچنان حاشیه‌ای از عدم قطعیت‌ها، پارامترهای کلیدی حاکم بر تصمیم‌گیری‌ها پروژه را تحت تاثیر قرار خواهد داد. توجه به موارد زیر در این حالت لازم و ضروری است.

- فرآیند آنالیز ریسک بایستی از ابتدای پروژه شروع شده و به صورت مستمر با دستیابی به اطلاعات جدید به‌روز گردد.
- ریسک‌ها می‌توانند با به‌کارگیری سیاست‌های کاهنده کاهش یابند ولی حذف نمی‌گردند.
- مدیریت ریسک‌های باقیمانده نیازمند تخصیص تجهیزات مناسب و مجهز برای بخش‌های مختلف همچون کارفرما، پیمانکار، طراح و تیم مهندسی است.

با رویکرد آنالیز ریسک تونل‌های طولانی پروژه خط هفت متروی تهران می‌توان نتایج زیر را عنوان نمود.

- تعیین منابع پتانسیل ریسک‌ها با توجه به شرایط ژئوتکنیکی پروژه
- ارزیابی ریسک اولیه دوره ساخت
- تعیین اقدامات لازمه در راستای رسیدن به هدف پروژه برای کاهش ریسک‌های اولیه
- ارزیابی ریسک باقیمانده بعد از به‌کارگیری اقدامات کاهنده

براساس نتایج حاصل از بررسی‌ها، ۵۴ درصد از پتانسیل‌های ایجاد خرابی یا صدمه در سطح ریسک غیرقابل قبول صرفاً مربوط به عوامل و شرایط ژئوتکنیکی مسیر تونل می‌باشد که با انجام و موثرسازی اقدامات کاهنده ریسک به ۷ درصد تقلیل می‌یابد. همچنین از سطوح ریسک متوسط، ۴۲ درصد از پتانسیل‌های ایجاد خرابی و صدمه، مربوط به مسایل ژئوتکنیکی بوده که پس از اعمال اقدامات کاهنده ریسک، تمامی آنها به سطح پایین ریسک تقلیل یافت.

همچنین با آنالیزهای انجام شده بر روی این پروژه، ۴۸درصد از پتانسیل‌های ایجاد خرابی و صدمه با ریسک بالا و غیرقابل قبول، ۴۵ درصد با ریسک متوسط و ۷ درصد دارای ریسک جزیی بوده است که پس از ارزیابی هرکدام و شناسایی اقدامات کاهنده مربوطه سطح ریسک به ترتیب برای پتانسیل‌های ایجاد خرابی و صدمه به ترتیب به ۴ درصد با ریسک بالا یا غیرقابل قبول، ۳۳ درصد به ریسک متوسط و ۶۳ درصد با سطح ریسک پایین یا جزیی تقلیل پیدا نمود.

منابع و ماخذ

1- Herrenknecht, M . Bappler, K. Mastering risks during mechanized excavation in urban centers with highly complex ground conditions, 2006.
2- Degn Eskesen, S. Tengborg, P. Kampmann, J. Holst Veicherts, T. Guidelines for tunnelling risk management: International Tunnelling Association, Working Group No.2, 2004.
3- Reilly, J. Brown, J. Management and control of cost and risk for tunneling and infrastructure projects, 2004.
4- Guglielmetti,V. Piergiorgio,G. Mahtab,A. Xu, and S. MECHANIZED TUNNELLING IN URBAN AREAS. Design methodology and construction control. A BALKEMA BOOK. Turin, Italy, 2007.
5- Wan nick, H.P, the Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works. Seoul: ITA W.T.C. Proceedings. 2006.
6- Reilly, J.J. & Brown, J. Management and Control of Cost and Risk for Tunnelling and Infrastructure Projects. Singapore: ITA W.T.C. Proceedings, 2004.
۷ - گزارش مطالعات تکمیلی ژئوتکنیکی، پروژه خط ۷ متروی تهران، مهندسین مشاور زمین فن آوران.
۸ - گزارش مطالعات تکمیلی ژئوتکنیکی، پروژه خط ۷ متروی تهران، مهندسین مشاور زمیران.
۹ - گزارش مطالعات تکمیلی ژئوتکنیکی، پروژه خط ۷ متروی تهران، مهندسین مشاور ساحل.
۱۰ -گزارش مطالعات تکمیلی ژئوتکنیکی، پروژه خط ۷ متروی تهران، مهندسین مشاور پژوهش عمران راهوار.

شهر زیرزمینی نوش آباد

گردآوری: دکتر سیامک‌هاشمی

چکیده

شهر تاریخی نوش‌آباد با وسعت ۲۰۰ هکتار در شمال غربی استان اصفهان از توابع شهرستان آران و بیدگل است و در هشت کیلومتری شمال کاشان در دشت کویر قرار گرفته است. یکی از جاذبه‌های شهر نوش آباد، شهر تاریخی و زیرزمینی «اویی» است. این شهر زیرزمینی که کاربری نظامی و دفاعی داشته است در سال۱۳۸۱ به صورت اتفاقی کشف شد و از سال ۱۳۸۳ نیز باستان‌شناسان مشغول کاوش‌های باستان‌شناسی در منطقه بودند. این شهر زیرزمینی، تونلی است دست‌کن و سه طبقه که طبقه اول آن در عمق ۳ متری و طبقه سوم آن در عمق ۱۶متری زمین قرار دارد. این مجموعه ارزشمند در سال ۱۳۸۵ با شماره ۱۵۸۱۶ در فهرست آثار ارزشمند ملی ثبت شده است. متن حاضر به تشریح طراحی شهر «اویی» به عنوان نمونه‌ای از شیوه‌های ابتکاری و هنرمندانه مردم ایران می‌پردازد.

مقدمه

در ایران مردم به خاطر وضعیت جغرافیایی ویژه خود، هر از چند گاه مورد تاخت و تاز اقوام مختلف قرار می‌گرفتند و در نتیجه با استفاده از موانع طبیعی و نیز با ساختن ارگ، قلعه و برج و بارو، سعی در محافظت از خود داشتند. برای مثال هنگام حملات اقوام مهاجم، در برخی از مناطق و شهرهای کویری، از قنات‌ها که به منظور استحصال آب ایجاد می‌شده به عنوان جایگاهی برای اختفا استفاده می‌کردند.

منطقه کاشان و شهرهای اطراف آن از دیرباز مورد حمله و یورش اقوام مختلفی قرار گرفته، به طوری که در کتب تاریخی از آن به عنوان منطقه‌ای ناامن یاد شده است و از همین رو ساخت چنین شهری شاید جنبه پناهگاهی داشته است. به نظر می‌رسد ساکنان نوش‌آباد برای حفاظت از جان خود و در امان بودن از حملات و یورش سلجوقی‌ها و مغول‌ها این شهر عظیم را به عنوان جان‌پناه ساخته‌اند. کشف بقایای سنگ‌های آسیاب دستی در حین کاوش این حدس را تقویت می‌کند.

شهر زیرزمینی

«اویی» تونلی است دست کن که در دوره‌های مختلف تاریخی کاربرد نظامی و دفاعی داشته است. این اثر در سال۱۳۸۱ هنگامی که یکی از اهالی شهر نوش آباد در حال حفر چاهی در منزل خود بود، به صورت اتفاقی کشف شد. شهر نوش آباد در فاصله ۷/۵ کیلومتری از شمال شهر تاریخی کاشان و ۲/۵ کیلومتری از غرب شهر جدید آران و بیدگل واقع شده است. طول جغرافیایی آن ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه و عرض آن ۳۴ درجه و ۵ دقیقه است.

«اویی» واژه‌ای است در گویش کاشانی، معادل «آهای» در فارسی و از اصواتی است که برای آگاهی دادن و صدا زدن به کار می‌رود. طبق توضیحات اهالی این منطقه، به لحاظ تو در تو بودن و تاریک بودن شهر زیرزمینی در قدیم افراد برای پیدا کردن یکدیگر به صدای بلند با کلمه «اویی» همدیگر را صدا می‌کرده‌اند. همچنین گفته می‌شود که هنگام حفر شهر زیرزمینی، وقتی دلو پر از خاک می‌شده مقنی با فریاد «اویی» مسوول بالا کشیدن دلو را آگاه می‌کرده است. به همین دلیل نیز تونل‌های پیچ در پیچ این شهر زیرزمینی به «اویی» معروف شده است.

وقتی اهالی نوش آباد به هنگام حفر چاه به این شهر زیرزمینی برخورد

کردند، باستان شناسان مطمئن شدند که این معماری باید در زیر همه سطح شهر نوش‌آباد پراکنده باشد به طوری‌که همه دالان‌ها و راهروها به یکدیگر راه پیدا می‌کنند و از طریق راه اصلی به بیرون شهر می‌رسند. در نخستین فصل از کاوش‌های باستان‌شناسی، تیمی متشکل از کارشناسان باستان‌شناسی، معماری، تاریخ و جغرافیا در شهر زیرزمینی «اویی» مشغول کاوش شدند و به مطالب جالبی دست یافتند. علاوه بر کشف بقایای معماری، قطعات سفالین و پیه سوزهایی که برای روشن کردن فضاها از آنها استفاده می‌شده است نیز کشف شده‌اند. سفال‌های یافت شده مربوط به دوران ساسانی تا دوران اسلامی و صفویه است. کاوش‌ها نشان می‌دهند که این اثر تاریخی در دوران ساسانی کنده شده و استفاده از آن در دوران اسلامی گسترش یافته و کندن آن تا دوره صفویه هم ادامه داشته است. شواهد باستان شناسی همچنین مشخص می‌کند که این شهر زیرزمینی از ۱۰۰ سال گذشته تاکنون بلااستفاده باقی مانده است، به همین علت در این سال‌ها فاضلاب منازل بخش‌هایی از این اثر تاریخی را تخریب کرده و سیل بزرگ نوش آباد نیز وارد این مجموعه شده و تا ارتفاعی از آن با رسوبات سیل پر شده است. در حال حاضر به علت اینکه بخش‌هایی از این معماری دست‌کن در فاضلاب شهر نوش آباد غرق شده، عملیات باستان‌شناسی با مشکل مواجه شده است.

شهر «اویی»، فضای زیرزمینی چند منظوره‌ای است که به دلیل ارتباط میان طبقات، دسترسی نداشتن آسان به فضا و راه‌های فرار، نداشتن بن‌بست و معماری دست‌کن در سطح زیرین بافت شهری موجود، بی‌نظیر است و کارشناسان معتقدند این نوع معماری با این شکل ساختاری در جهان منحصر به فرد است. پژوهش‌های باستان‌شناسی و مطالعات مردم‌شناسی نشان می‌دهد که از این شهر زیرزمینی تا اواخر دوره قاجار استفاده می‌شده است و مردم این منطقه به خاطر گرمای سوزان کویر و در امان بودن از حملات، مدت‌ها در این شهر زندگی می‌کرده‌اند.

دسترسی به این فضاها، بدلیل قرار گرفتن در زیر زمین از طریق یک چاه و کانال باریک و کوتاه میسر می‌شود. موضوع تدافعی و پناهگاه بودن این نوع معماری که در دل زمین ایجاد شده تأثیر فراوانی بر چگونگی ارایه پلان معماری آن گذاشته است. با توجه به اینکه دسترسی به این فضاها نمی‌بایست به سهولت انجام پذیرد. راه‌های ورود به داخل این مجموعه از طرق مختلف و به شکل مخفی در منازل یا داخل قلعه خشتی در حاشیه شهر یا محل‌های پر جمعیت و داخل کانال پایاب‌هایی که از زیر خانه‌ها و برای گذر آب قنوات ایجاد شده، یا چاه‌های داخل مساجد، باغ‌ها و بازارها و هر جایی که در زمان حمله دشمن امکان دسترسی سریع و فرار ساکنین را فراهم می‌نموده، ایجاد شده است. در بعضی منازل قدیمی در قسمت مطبخ، چاهی برای ورود به این فضاها حفر می‌شده و دهانه چاه به شکل تنور به طرز ماهرانه‌ای پنهان می‌شد.

در یک نگاه کلی به این مجموعه، برخی اصول معماری کویری ایران یعنی پرهیز از هرگونه بیهودگی و آذین بی‌فایده، بهره‌گیری از امکانات محلی برای ایجاد آن، تناسب پیکره و کالبد بنا، استواری و همچنین پرهیز از کاربرد اندازه‌های بیش از حد نیاز که باعث هدر رفتن انرژی، مصالح و بالابردن هزینه می‌شده است، در این مجموعه به چشم می‌خورد. این مجموعه به صورت دست‌کن زیر بافت شهر نوش آباد به صورت مجموعه‌ای از اتاق‌ها، راهروها، چاه‌ها و کانال‌های متعددی در سه طبقه ایجاد شده است. طبقه اول این اثر در عمق ۳ تا ۴ متری و طبقه سوم در عمق حدود ۱۶ متری از سطح زمین ساخته شده است و ارتفاع هر طبقه حدود ۱۸۰ سانتی‌متر است. وسعت این مجموعه هنوز به‌درستی مشخص نیست و باستان‌شناسان احتمال می‌دهند که این شهر تا ۱۵ هزار متر مربع وسعت داشته باشد.

در طول مسیر شهر زیرزمینی اتاق‌هایی به ابعاد مختلف برای اسکان موقت حفاری شده‌اند که بر دیواره‌های آن آثار برخورد لبه تیشه تیز دیده می‌شود. اتاق‌ها به شکل تو در تو و با راهروهای زاویه دار که دید مستقیم را با فضای بعدی از بین می‌برد، ساخته شده‌اند. در ۲۰ سانتی‌متری زیرسقف و به فاصله یک متر در تمام بدنه اتاق‌ها حفره‌هایی برای قرار دادن چراغ‌های پیه‌سوز جهت تامین روشنایی فضاها تعبیه شده است؛ چندین پیه سوز به دست آمده با قدمت ۷۰۰ سال حکایت از این ماجرا دارد. این پیه‌سوزهای سفالی بوده و روغن آن‌ها احتمالاً از دو عصارخانه تاریخی موجود در نوش‌آباد تهیه می‌شده است.

در کاوش‌های صورت گرفته مشاهده شده که طبقات مختلف این شهر

به وسیله کانال‌های عمودی و افقی به یکدیگر مرتبط می‌شدند. چاه‌های عمیقی که راه ارتباطی طبقات را تشکیل می‌داده است، علاوه بر عملکرد عبور و مرور، باعث جریان یافتن هوا در طبقات می‌شده و کار تهویه را هم انجام می‌دهد. ولی بعضی کانال‌های ارتباطی، انحرافی بوده و راه به جایی نداشت که درصورت ورود دشمن به آن مسیر اصلی به لحاظ هم‌شکل بودن راهروها قابل تشخیص نبوده و دشمن را سرگردان و آسیب‌پذیر می‌کرده است. همچنین در کنار تمام کانال‌ها، سنگ‌های بزرگ شبیه سنگ آسیاب وجود دارد که به هنگام پناه بردن به طبقات پایین‌تر دهانه آنها با این سنگ مسدود می‌شد.

در مواقع ناامنی و پناه گرفتن در زیر زمین، آب مصرفی اهالی از پایاب‌ها و قنات‌ها تأمین می‌شده است. علاوه بر پایاب‌ها مسیر اویی‌ها به‌گونه‌ای بوده که در بعضی ازقسمت‌ها به قنات مرتبط می‌شده است. این فضاها نه تنها در سطح زیرین شهر گسترده شده تا حصار بیرون شهر و حتی شهر تاریخی و تالار نیاسر راه دارد. راه‌های مختلف دیگری به برون شهرنوش آباد از زیر زمین مشاهده شده که به چاه‌های داخل قلاع اطراف شهر مرتبط می‌باشد.

وضعیت کنونی

در حال حاضر یکی از خطرات اصلی که شهر زیرزمینی را تهدید می‌کند ریزش فاضلاب شهری به داخل این اثر ملی است به طوری که برای کاوش باستان شناسان نیز مشکلات فراوانی را ایجاد کرده و موجب توقف حفاری‌ها شده است. کارشناسان معتقدند نشت فاضلاب به درون فضاها موجب افزایش رطوبت، آسیب دیدن دیوارهای دالان‌ها و محلی برای رشد حیوانات و حشرات مختلف شده است. برای حفاظت این شهر زیرزمینی حفر چاه‌هایی با عمقی مناسب برای منازل مسکونی که در مسیر کاوش هستند از ضروری‌ترین کارها برای ادامه کاوش‌ها است. همچنین لازم است جهت جلوگیری از شکاف سقف این شهر زیرزمینی از تردد ماشین‌های سنگین در مناطق کاوش جلوگیری شود. علاوه بر موارد فوق تهیه یک طرح مرمت اضطراری به وسیله کارشناسان خبره برای حفاظت از این شهر زیرزمینی مورد نیاز است.

مراجع

روزنامه ایران، ۶ شهریور ۱۳۸۷، شماره ۴۰۱۱ "اسرار شهر زیرزمینی در کویر کاشان".

ماهنامه تخصصی ایران شناسی، گردشگری و هتلداری، ۲۹ اردیبهشت ۱۳۸۸، "سفر به شهر زیرزمینی".

جام جم آنلاین، ۲۳ خرداد ۱۳۸۸، "شهر مخفی «اویی» کاشان، شگفتی جهان باستان".

همشهری آنلاین، ۱۱ شهریور ۱۳۸۸، "رازهای دژ کویر".

نشریه پیام ساختمان و تاسیسات، ۱ بهمن ۱۳۸۸، شماره ۷۹، "شهرهای زیرزمینی، هنر معماری اجداد ایرانی".

انجمن تونل ایران، مرکز بین المللی قنات و سازه‌های تاریخی آبی، موسسه گنجینه ملی آب کشور برگزار می کنند:

کارگاه آموزشی مهندسی قنات

محورهای مورد بحث:

۱) ابتکارات در قنات و چالش‌های پیشرو

۲) تعامل روش‌های مهندسی تونل و قنات

۳) نوآوری در رفع مشکلات حفر و مرمت قنات

۴) فن‌آوری‌های مرتبط با سازه‌های تاریخی آبی

تاریخ و محل برگزاری:

چهارشنبه ۲۲ اردیبهشت ماه ۱۳۸۹

ساعت ۸:۳۰ تا ۱۷:۳۰

شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران

دبیرخانه:

یزد، مرکز بین المللی قنات و سازه‌های تاریخی آبی

تلفن: ۸۲۵۸۳۹۳ – ۰۳۵۱

پست الکترونیک: icqhs@yahoo.com

تهران، موسسه گنجینه ملی آب کشور

تلفن: ۸۸۲۴۶۲۶۷ - ۰۲۱

چکیده مقالات منتخب نشـــریات

نمونه‌ای از برآورد مقادیر تغییر شکل توده‌سنگ در اطراف یک فضای زیرزمینی با استفاده از روش مدل‌سازی عددی

C.O. Aksoy, O. Kantarci, V. Ozacar, 2010, "An example of estimating rock mass deformation around an underground opening using numerical modeling", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 47, Issue 2, (February 2010), Pages 272-278.

یکی از پارامترهای مهمی که در مهندسی سنگ همواره و به صورت گسترده استفاده می‌شود، استفاده از مقاومت فشاری تک محوری است. اما برای انجام آزمایش مقاومت تک محوری، نیاز به نمونه‌گیری و آماده‌سازی نمونه در آزمایشگاه است که انجام آن زمان‌بر بوده و نیاز به مطالعات هزینه‌بری دارد. ضمن اینکه آماده‌سازی یک نمونه مغزه از توده سنگ‌های نرم ورقه‌ای لایه‌ای که از توده سنگ‌های لایه‌ای بسیار ریز تشکیل شده و داری RQD پایین (بین ۰ الی ۲۰ درصد) است، برای تعیین مقاومت فشاری تک محوری سنگ در آزمایشگاه با توجه به استانداردهای ISRM و ASTM غیر ممکن می‌باشد. برای حل این موضوع گاها از روش‌های غیر مستقیم همانند اندیس بارگزاری نقطه‌ای، چکش اشمیت استفاده می‌شود. هر چند، این آزمایشات از انحرافات بالا با توجه به شرایط زمین شناسی موقعیت توده سنگ برخوردار است.

یکی از روش‌هایی که اخیرا برای تعیین مقدار مقاومت فشاری تک محوری به صورت غیر مستقیم به‌کار گرفته شده و می‌تواند برای به حداقل رساندن خطاهای ناشی ازخطاهای ساختاری (و انحراف‌های بالاتر از حد استاندارد) به‌کار گرفت، استفاده از روش اندیس پانچ است. در این راستا برای تعیین رفتار توده سنگ در تشکیلات لایه‌ای شده Bornova Melange flysch زرد متمایل به قهوه‌ای و flisch طوسی- سیاه) و تشکیلات آتشفشانی yamanlar- Altindag که مربوط به فاز دوم تونل‌های مترو Izmir است از این روش به‌کار گرفته شد و از این اندیس برای محاسبه مقدار RMR به صورت مستقیم و برای تعیین مقدار مقاومت فشاری تک محوری توده سنگ استفاده گردید. با به‌کارگیری نتایج حاصل به همراه مقاومت توده سنگ و مدول تغییر شکل پذیری توده سنگ در مدل‌های عددی، ملاحظه گردید نتایج حاصل از مدل‌های عددی با قرائت‌های صورت گرفته از همگرایی و نشست‌های ثبت شده در داخل تونل هم‌خوانی دارد.

ماشین‌های حفر تونل در زمین‌های مچاله شونده

M. Ramoni, G. Anagnostou, 2010, "Tunnel boring machines under squeezing conditions", Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 25, Issue 2, March 2010, Pages 139-157.

زمین‌های مچاله شونده، محیط پرچالشی برای کار ماشین‌های TBM ایجاد می‌نماید. با توجه به محدودیت‌های هندسی و شکل تجهیزات، همگرایی‌های نسبتا کم نیز می‌توانند مشکلات جدی همچون گیر کردن کله حفار، گیر کردن بدنه و سپر، صدمه به سیستم نگهداری و غیره را برای دستگاه ایجاد نماید. مقاله حاضر مروری بر مشکلات حفر تونل به وسیله TBM در زمین‌های مچاله شونده را ارایه داده و عوامل تاثیرگذار بر عملکرد دستگاه TBM را از طریق بررسی ساختاری میان اندرکنش زمین، تجهیزات حفر تونل و سیستم نگهداری مورد مطالعه قرار می‌دهد. همچنین راهکارهای متعددی جهت مقابله با مشکلات شرایط مذکور پیشنهاد شده‌اند.

تعیین اطلاعات مورد نیاز برای مدل سازی مکانیک سنگ و طراحی مهندسی سنگ

Xia-Ting Feng, John A. Hudson, 2010, "Specifying the information required for rock mechanics modelling and rock engineering design", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 47, Issue 2, (February 2010), Pages 179-194.

به دنبال دو مقاله قبلی که در آن راهکارها و فلوچارت برای روش‌های طراحی مهندسی سنگ توسط نویسندگان ارایه گردید، در این مقاله در خصوص نحوه تعیین ملزومات کیفی و کمّی اطلاعات مورد نیاز برای مدل‌سازی و طراحی مهندسی سنگ بحث شده است. در این مقاله اطلاعات مختلفی که در روش‌های مختلف مدل‌سازی و طراحی با توجه داده‌های ورودی و محدودیت‌ها (با این استنباط که بررسی‌های استاندارد کارگاه‌ها دقیق نباشد) و مقدار هماهنگی‌هایی که بین نفرات کارگاهی و طراحانی که کارهای مدل‌سازی و طراحی را انجام می‌دهند و از مولفه‌های اصلی می‌باشد ارایه شده است. برای این فرایند یک رویه پنج مرحله‌ای به منظور تعیین اطلاعات مورد نیاز توصیه شده که به عنوان مثال دو تحلیل متفاوت شیروانی‌های سنگی (یکی "ساده" و دیگری "پیچیده") که نشان دهنده روش‌های مختلف مدل‌سازی و نوع اطلاعاتی است و از مدل‌سازی و طراحی به همراه نتیجه‌گیری و جمع بندی‌های آن به دست آمده، عنوان شده است؛ ضمن اینکه اهمیت تفهیم و لزوم تعیین اطلاعات مورد نیاز و اطمینان از قابل دسترس بودن این اطلاعات بیان شده است.

استفاده از روش غیر مخرب GPR برای ارزیابی تزریق در تونل‌های حفر شده با سپر

Fengshou Zhang , Xiongyao Xie , Hongwei Huang , 2010, "Application of ground penetrating radar in grouting evaluation for shield tunnel construction", Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 25, Issue 2, March 2010, Pages 99–107.

یکنواخت بودن و کیفیت دوغاب در پشت سگمنت‌های نگهداری تاثیر زیادی بر نشست بلند مدت تونل‌های سپری در خاک‌های نرم دارد. به‌منظور ارزیابی میزان موثر بودن تزریق دوغاب بیش از بهره‌برداری از تونل، یک روش غیر مخرب با استفاده از رادار (Ground Penetrating Radar, GPR) پیشنهاد شده تا بدین‌وسیله ضخامت دوغاب پشت سگمنت‌ها در یکی از خطوط متروی چین بررسی شود. در این پروژه، روش مذکور به چند دلیل به کار گرفته شد.

(۱) مصالح مورد بررسی از جمله سگمنت‌های بتنی، دوغاب و ناحیه تزریق شده، و خاک در اعماق ۱ متر یا کمتر قرار داشتند،

(۲) امکان تعیین پارامترهای دی الکتریک (Dielectric) مصالح از طریق آزمون‌های آزمایشگاهی وجود داشت.

(۳) اختلاف کافی میان پارامترهای دی الکتریک مصالح مورد بررسی وجود داشت.

(۴) تنها تشخیص مرز میان خاک و ناحیه تزریق شده مورد نظر بوده است چراکه ضخامت سگمنت ها یکنواخت و برابر با ۰/۳۵ متر بود.

سه فرکانس GPR معادل ۲۵۰ ، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ مگاهرتز برای مطالعات میدانی خط ۹ متروی شانگهای بکار گرفته شدند. نتایج نشان دادند که فرکانس۲۵۰ مگاهرتز دارای وضوح پایینی بود و فرکانس ۱۰۰۰ مگاهرتز تنها قابلیت تشخیص مصالح در اعماق کم و سطح را داشته است. فرکانس ۵۰۰ مگاهرتز بهترین نتایج را ارایه نمود. این آزمایشات نشان دادند که روش‌های غیر مخرب ژئوفیزیکی همچون GPR را می‌توان برای تشخیص مخاطراتی همچون نشست بلند مدت زمین که عامل مهمی در حفر تونل به وسیله سپر در خاک های نرم می‌باشد، بکار گرفت.

معـــرفی کتاب

عنوان:
Fundamentals of Discrete Element Methods for Rock Engineering: Theory and Applications, (Developments in Geotechnical Engineering, Vol. 85)

نویسندگان: Lanru Jing, Ove Stephansson
ناشر: Elsevier, Amsterdam
سال چاپ: ۲۰۰۷

این کتاب در ۱۲ فصل و در قالب ۴ بخش اصلی شامل اصول اولیه، توصیف سیستم‌های شکست و ساخت مدل‌های بلوکی، به‌کارگیری روش المان مجزا و مطالعات موردی تدوین شده است. مطالب ارایه شده در این کتاب به روز می‌باشد. ضمن اینکه در انتهای هر فصل، مراجعی که مطالب کتاب از آنجا گردآوری شده، ارایه شده است.

در فصل اول این کتاب، ابتدا مروری بر مقالات به‌کار گرفته شده برای سیستم‌های تغییر شکل و جابه‌جایی بلوک‌ها و در فصل دوم سیستم‌های انتقال گرما ارایه شده است. در فصل سوم مدل‌های ترکیبی برای شکست سنگ و توده‌های سنگی مورد بحث و بررسی قرار گرفته که در آن رفتارهای مکانیکی ناپیوستگی‌های سنگ که نقش قابل توجهی در ساخت مدل‌های ترکیبی دارد، به طور کامل مرور شده است. در فصل ۴ معادلات هیدرومکانیکی و جریان سیالات ارایه شده اند.

بخش دوم این کتاب از فصل ۵ شروع شده و ابتدا به سیستم‌های درزبندی و سپس به برداشت‌های میدانی می‌پردازد. در این فصل، داده‌های ورودی که برای روش‌های المان مجزا استفاده می‌شود، روش‌های جدید تجزیه و تحلیل، کاهش، ترکیب و نحوه تفسیر داده‌ها و در انتهای فصل مثال‌هایی از کاربردهای آن ارایه شده است. به دنبال این فصل جانمایی بلوک‌ها در دو فصل ۶ و ۷ ارایه شده است. در این دو فصل ابتدا ترکیب جانمایی بلوک‌ها و به دنبال آن روش‌های عددی برای ساخت بلوک‌ها نشان داده شده است.

اصلی‌ترین مطالب این کتاب مربوط به بخش ۳ است. در این بخش توصیف کاملی از روش المان مجزا (در فصل ۸)، روش تجزیه و تحلیل تغییر شکل‌های ناپیوسته (در فصل ۹)، شبکه درزه و شکاف‌ها به صورت مجزا (فصل ۱۰) و روش المان مجزا (فصل ۱۱) ارایه شده است. مطالبی که در این بخش از کتاب ارایه شده بیشترین کاربرد را برای کسانی دارد که از روش المان مجزا استفاده می‌کنند و تمایل دارند اصول هر یک از روش‌ها را فرا گیرند.
در بخش چهارم کتاب، به بررسی مطالعات موردی (فصل ۱۲) پرداخته شده و موضوعات مختلفی همچون مسایل و مشکلات زمین شناسی ساختمانی، تجزیه و تحلیل تنش در کارهای معدنی، تونل‌سازی و پایداری ترانشه‌ها و در نهایت شبیه‌سازی انجام شده برای فرایندهای هیدرومکانیکی در سنگ‌های درزه دار ارایه شده است.

رویدادهای تونل

South Australia Transport Infrastructure Summit

20-21 May 2010

The annual South Australia Transport Infrastructure Summit will be held in May, as part of the acclaimed LLDCN State Transport Series held across Australia. This event will bring together stakeholders from local, state and federal government, private enterprise and the business community to discuss the latest developments in policy, projects and planning issues. Representatives from the airports, ports, rail and road sectors explore what is in the pipeline for 2010, and how co-operation between these sectors, private enterprise and the community can ensure the most commercially and culturally viable development for South Australia.

Summit agenda:

- Comprehensive coverage of salient transport infrastructure issues relevant to South Australia in 2010 –
- public and private infrastructure project funding
- urban and regional planning
- Update on major projects with significant transport components
- Dedicated policy keynote sessions, industry panels and case studies for a rounded perspective

Website: http://www.informa.com.au/conferences/transport/infrastructure/south-australia-transport-infrastructure-2010-P10M11

TBM Applications
Seminar organized by The Norwegian Tunnelling Society (NFF)

1-2 June 2010 - Bergen Norway

During the period from early nineteen seventies to early nineties more than 250 km of tunnels were excavated in Norway by the use of Tunnel Boring Machines (TBM). The purpose of these tunnels was mainly for hydropower and a few road tunnels. After this period the development of hydropower came more or less to a stop and the same was the case with the application of TBMs. Some of the contractors continued to do some TBM tunnels abroad. Internationally the development has gone the opposite way. More and more TBMs are applied to a variety of different ground conditions and purposes. This seminar will highlight the development of this tunnelling technique over the last 20 years and show tunnelling professionals the possibilities of this method.

The seminar Program includes:

- Site Visit
- TBM applications
- International development and case stories
- Planning of TBM projects

Website: http://www.tunnel.no

ITA-COSUF Workshop and General Assembly

Risk Assessment – a state of the art approach to deal with Safety in Underground Facilities

8. June 2010,

Workshop main topics include:

- Principles and Tools of Risk Assessment for Underground Facility in Operation
- Risk Management and Risk analysis

Location: Frankfurt, InterCity Airport Hotel, Am Luftbrückendenkmal 1,
DE-60549 Frankfurt / Germany

Email: secretariat@ita-aites.org
Website: http://www. ita-aites.org

Rock Mechanics in Civil and Environmental Engineering

European Rock Mechanics Symposium (EUROCK 2010) – ISRM Regional Symposium

15 - 18 June 2010,

Main topics:

- Fundamental Rock Mechanics
- Tunnels and Underground structures
- Slopes and Landslides

Contact : Mr. Jean-Paul Dudt

EPFL-ENAC-LMR, Station 18, CH-1015 Lausanne, Switzerland
Email : lmr@epfl.ch
Website : http://lmr.epfl.ch/

Tunnel Winter 2010, No. 9

Iranian Tunnelling Association Magazine

IN THE NAME OF GOD

- Editorial 2
- News 3
- The need for Geophysical explorations in Underground Projects 9
- The importance of Monitoring for Urban Tunnelling and ConstructionOptimisation 19
- Analysing the performance of a Double Shield TBM in 18 km length of Ghomroud Tunnel 29
- Evaluating Geotechnical Risks in TBM Metro Tunnels (Case Study: Tehran Metro Line 7) 35
- NoushabadUndergroundCity 41
- Selected international paper abstracts 44
- Book Review 46
- Tunnelling Events 47

Dr. M. Gharouni Nik	President
Dr. S. Hashemi	Chief Editor
Board of Directors of Iranian Tunnelling Association	Supervised By
Mr. M. Hamzeh Abyazani	Internal Managment
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	Editorial Board
Mr.A. Iranzadeh, Mr.M. Khosrotash	Other Contributors
Nashr-e-Fan	Executive Producer

www.irta.ir