

تونل

نشریه انجمن تونل ایران

Tunnel

شماره ۸، پاییز ۸۸ Iranian Tunnelling Association Magazine



www.irta.ir

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



- سرمقاله..... ۲
- اخبار..... ۳
- روش اجرای تونل‌های غرقابی با مطالعه موردی تونل مرمری..... ۸
- تاثیر پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ بر عملکرد ماشین‌های حفاری تمام مقطع تونل در سنگ سخت..... ۱۱
- قنات یا کاریز..... ۱۴
- برآورد پارامترهای اصلی طراحی تونل با استفاده از الگوریتم تحلیل برگشتی (تونل متروی کرج- خط ۲ قطعه اول)..... ۱۹
- طراحی شفت تهویه تونل بلند زاگرس..... ۲۴
- تعیین سرعت بحرانی درون تونل البرز در حین آتش‌سوزی بر اساس روابط تجربی..... ۲۸
- گزارشی از پروژه تونل SMART..... ۳۷
- چکیده پایان‌نامه تونل..... ۳۹
- چکیده مقالات منتخب نشریات..... ۴۰
- معرفی کتاب..... ۴۲
- رویدادهای تونل..... ۴۳

شرح روی جلد: تونل میانی پروژه سد و نیروگاه آبی گتوند علیا



صاحب امتیاز
مدیر مسئول
سر دبیر
زیر نظر
مدیر داخلی
هیئت تحریریه

انجمن تونل ایران
دکتر مرتضی قارونی‌نیک
دکتر سیامک‌هاشمی
هیئت مدیره انجمن تونل ایران
مهندس مرتضی همزه ایبازنی
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 عبدالله ایران‌زاده، مهندس محمد خسرو تاش

امور اجرایی
تبلیغات
صفحه آرایی و طراحی جلد

نشرین
معصومه قره داغی
الهه لطفی

همکاران این شماره

ضمن استقبال و تشکر از علاقمندان محترمی که مایل به ارسال مقاله برای این نشریه می‌باشند، 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.

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

تلفن: ۰۶ - ۸۸۶۳۰۴۹۵ نامبر: ۰۸۸۰۰۸۷۵۴

Website: www.irta.ir

Email: info@irta.ir



تونلسازی در ایران از گذشته تا کنون

احتمالاً اولین تونل‌ها در عصر حجر برای توسعه خانه‌ها با انجام حفاریات توسط ساکنان شروع شد. این امر نشانگر این است که آنها در تلاش‌هایشان جهت ایجاد حفاریات به دنبال راهی برای بهبود شرایط زندگی خود بوده‌اند. اهمیت احداث تونل‌ها در دوران‌های قدیم، تا بدین جاست که کارشناسان، کارهای احداث تونل در آن تمدن‌ها را نشانگر رشد فرهنگ و به‌ویژه رشد فنی و توان اقتصادی آن جامعه دانسته‌اند. تمدن‌های نخستین به سرعت، به اهمیت تونل‌ها به عنوان راه‌های دسترسی به کانی‌ها و مواد طبیعی نظیر سنگ چخماق به واسطه اهمیتش برای زندگی، پی بردند. همچنین کاربرد آنها دامنه گسترده‌ای از طاق زدن بر روی قبرها تا انتقال آب و یا گذرگاه‌هایی جهت رفت و آمد را شامل می‌شد. کاربردهای نظامی تونل‌ها، به ویژه از جهت بالابردن توان گریز یا راه‌هایی جهت یورش به قرارگاه‌ها و قلعه‌های دشمن، از دیگر جنبه‌های مهم کاربرد تونل در تمدن‌های اولیه بود.

در ایران نیز ساخت و استفاده از فضاهای حفاری شده در سنگ و خاک از گذشته‌های دور تا کنون رواج داشته است. بقایای صدها سازه زیرزمینی با اهداف و کاربری‌های مختلف که در اقصی نقاط ایران ساخته شده‌اند و هنوز پس از گذشت قرن‌ها کارایی دارند، مؤید این ادعا است. نکته قابل توجه در اینجا، تنوع کاربری سازه‌های ساخته شده می‌باشد که به دلایل مختلف همچون تنوع شرایط اقلیمی و جغرافیایی ابداع و ساخته شده‌اند. به طور کلی فضاهای زیرزمینی باستانی در ایران را می‌توان در سه دسته عمومی تقسیم بندی کرد:

- ۱ - فضاهای اتاقی شکل در ابعاد کوچک یا بزرگ در مناطق کوهستانی و شهری به عنوان مقبره، انبار و یا پناهگاه.
- ۲ - فضاهای طویل زیرزمینی به منظور انتقال آب از مناطق آبیگر به نقاط خشک یا کم آب تحت عنوان قنات یا کاریز.
- ۳ - فضاهای طویل زیرزمینی به منظور برقراری ارتباط و حمل و نقل بین نقاط مختلف.

مثال‌های فراوانی را در هر یک از دسته‌های فوق می‌توان برشمرد؛ از جمله دخمه‌های مقبره‌ای در بیستون، شهر تاریخی و زیرزمینی «اوبی» در نوش‌آباد کاشان که کاربری نظامی و دفاعی داشته و قدمت آن به دوره ساسانی باز می‌گردد، و نیز سازه‌های آبی شوشتر در استان خوزستان که قدمت آن به دوره هخامنشیان باز می‌گردد. یکی از مهم‌ترین سازه‌های زیرزمینی که از دیرباز تا کنون در ایران مورد استفاده بوده است و هنوز نیز پس از گذشت قرن‌ها پابرجاست، شبکه عظیم تونل‌های انتقال آب یا قنات می‌باشد که وظیفه آبرسانی به نقاط خشک تمدن ایران زمین و تقسیم و توزیع آن را بر عهده داشته‌اند. تجربه سالیان متوالی ثابت کرده است که آب به دست آمده از قنات به دلیل هماهنگی که با نظام طبیعی سفره‌های زیرزمینی دارد، معمولاً ثابت بوده و کمتر از پدیده‌هایی همچون خشکسالی متأثر شده است؛ به گونه‌ای که در بسیاری از نقاط ایران و جهان اگر نظام مهندسی قنات نبود، تمدن شهر و روستا پدید نمی‌آمد. آنچه از مطالعات گسترده محققان ایرانی و خارجی بر می‌آید، این است که نظام قنات و فن قنات‌سازی، نخستین بار در ایران ابداع شده و به تدریج به سایر نقاط جهان گسترش یافته است. آنچه در قنات قابل توجه است، نظام مهندسی و فنی بسیار جالب توجه آن می‌باشد که در عین سادگی بسیار دقیق است و نشان دهنده درجه پیشرفت علوم مهندسی در ایران باستان می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت ابداع قنات در ایران، سرآغاز و انگیزه‌ای برای ابداع و پیشرفت صنعت تونلسازی در بخش انتقال و توزیع آب در قرون پس از آن بوده است.

هر چند همانطور که در بالا عنوان شد، تونلسازی یکی از فنون قدیمی و شناخته شده در ایران است، ولی در دوران معاصر نیز با توجه به پیشرفت فن آوری و رشد جمعیت، استفاده از تونل در بخش‌های مختلف صنعت همچون سدسازی و شبکه‌های انتقال آب، راه‌سازی و حمل و نقل شهری و مترو، توسعه قابل توجهی پیدا کرده است. در گذشته عدم گسترش تجهیزات ساخت و بهره‌برداری تونل‌ها و عدم توسعه علم و فن آوری در مطالعات زمین‌شناسی و مهندسی ژئوتکنیک، عامل اصلی بازدارنده در گسترش فضاهای زیرزمینی بوده است. امروزه مهندسی صنعت تونل ایران به تاسی از اسلاف و پیشینیان خود توانایی اجرای انواع سازه‌های پیچیده زیرزمینی را دارند که به عنوان نمونه می‌توان به فضاهای اتاق مانند بسیار عظیم زیرزمینی به نام «مغار» اشاره کرد که در صنعت سدسازی به عنوان بخشی از سازه نیروگاه در اعماق زمین حفاری می‌شوند. با توسعه علم و فناوری و گسترش تجهیزات ساخت و بهره‌برداری تونل‌ها در اغلب شهرهایی که توانایی و گنجایش حمل و نقل روی سطح زمین را نداشته‌اند، به سیستم‌های زیرزمینی از قبیل مترو روی آورده‌اند تا بدون ایجاد دست‌خوردگی در سطح زمین، شبکه وسیعی از حمل و نقل را در شهرها و در زیرزمین ایجاد نمایند. توسعه چنین سازه‌هایی در سالیان اخیر در دستور کار قرار گرفته است؛ که می‌توان به شبکه تونل‌های مترو به عنوان یک راه حل بسیار کارا و انعطاف پذیر در شهرهای مختلف اشاره کرد. همچنین پروژه‌های بسیار زیادی در صنعت حمل و نقل در کشور اجرا شده و یا در دست اجرا هستند که کیلومترها تونل راه و راه آهن در آنها حفاری و ساخته شده‌اند. برای انتقال آب و فاضلاب و دیگر تأسیسات زیربنایی نیز گزینه‌ای به جز استفاده از مجاری زیرزمینی وجود ندارد. در این ارتباط می‌توان به تونل‌های بسیار طویل انتقال آب اشاره کرد که در حال حاضر در ایران در دست ساخت می‌باشند یا به مرحله بهره‌برداری رسیده‌اند.

با توجه به نیاز به فضاهای زیرزمینی و کاربردهای مختلف آن، سرمایه‌گذاری‌های زیادی، به ویژه در سال‌های اخیر، در بخش تونل‌سازی کشورمان انجام گرفته است. از آنجا که توسعه فضاهای زیرزمینی تا رسیدن به حد مطلوب نیاز به راهی هموارتر دارد، امید آن است که با تقویت نهادهای مرتبط با این صنعت، انسجام لازم در زمینه‌های علمی و صنعتی این رشته در کشورمان روزافزون گردد.

جاده یاسوج - بابامیدان تازمستان امسال به بهره برداری می رسد

مجری طرح‌های راهسازی استان‌های جنوب کشور در وزارت راه و ترابری از بهره برداری از جاده یاسوج به بابامیدان تا دی ماه امسال خبر داد. به گزارش خبرنگار مهر در یاسوج، قدرت نجفی در جمع خبرنگاران گفت: جاده یاسوج به بابامیدان که یکی از سخت‌ترین پروژه‌های راهسازی کشور است، ابتدای زمستان امسال به بهره برداری می‌رسد و یک سری کارهای جانبی آن باقی خواهد ماند که تا پایان امسال انجام می‌شود. وی پیشرفت فیزیکی این پروژه را نزدیک به ۹۰ درصد عنوان کرد و اظهار داشت: طول این مسیر ۴۷ کیلومتر است و در آن ۹ تونل به طول نزدیک به ۴/۵ کیلومتر احداث شده که طول بزرگترین تونل این جاده بیش از دو کیلومتر است. نجفی با بیان اینکه، این مسیر به طور کامل تامین اعتبار شده و قیر کافی هم برای آسفالت آن فراهم شده، افزود: از مجموع ۴۷ کیلومتر این مسیر ۳۸/۵ کیلومتر آن آسفالت شده و در مجموع ۱۷ کیلومتر آن به بهره برداری رسیده است. وی تصریح کرد: پروژه‌های ملی راهسازی استان اولویت بندی شده و پروژه یاسوج به بابامیدان به دلیل اهمیت فیزیکی و حمل نقل جاده‌ای که دارد، نسبت به دو پروژه یاسوج به سپیدان و پاتاوه به دهدشت در اولویت اول قرار گرفته و از پشتیبانی اعتباری بیشتری برخوردار است. نجفی بیان داشت: مسیر یاسوج به سپیدان که از دیگر محورهای ملی و مهم در استان و دارای پیشرفت فیزیکی ۸۵ درصدی بوده و در زمستان امسال به بهره‌برداری خواهد رسید. وی عنوان کرد: جاده در دست اجرای پاتاوه به دهدشت سومین طرح مهم و ملی راهسازی استان شامل سه قطعه است که قطعه اول آن در دست اجراست و تا پایان امسال به بهره‌برداری می‌رسد. نجفی افزود: قطعه دوم

عملیات احداث ایستگاه‌های خیابان نادری با اشاره به اینکه برای جابه‌جایی ایستگاه‌های اتوبوس از این خیابان هماهنگی لازم انجام شده است، افزود: با جابه‌جا شدن تاسیسات آب و گاز از این خیابان، کار آغاز می‌شود.

۵ مهر ۱۳۸۸

خبرگزاری فارس

عملیات اجرایی تونل فرمانیه تا ماه آینده به اتمام می‌رسد

مدیر عامل شرکت خاکریز آب مجری جمع‌آوری آب‌های سطحی شهر تهران، گفت: احداث تونل فرمانیه به طول ۱۸۰۰ متر، یک ماه دیگر به اتمام خواهد رسید. به گزارش خبرگزاری فارس، جواد رحمتی با بیان این مطلب اظهار داشت: این تونل یکی از بخش‌های سر شاخه سرخه حصار است که تا کنون ۹۷ درصد پیشرفت داشته است. وی افزود: تونل جمع‌آوری آب‌های سطحی صدر تا رسالت نیز که در ادامه تونل فرمانیه قرار دارد تا کنون پیشرفت مطلوبی داشته و ۵۰۰ متر از حفاری آن رو به اتمام است. مدیر عامل شرکت خاکریز آب با اشاره به اینکه تونل صدر - رسالت در امتداد مسیل غیاثوند در حال احداث است، بیان داشت: عرض مسیل غیاثوند در طول زمان کاسته شده و در مواقع بروز سیل جوابگو نخواهد بود به همین دلیل این تونل در کنار آن احداث خواهد شد. رحمتی ادامه داد: با احداث تونل کمکی صدر تا رسالت، ۷۰ درصد بار مسیل غیاثوند به این تونل وارد خواهد شد. وی افزود: این تونل از مناطق ۴ و ۸ تهران عبور خواهد کرد.

۱۵ مهر ۱۳۸۸

خبرگزاری فارس



حفاری تونل مترو اهواز از خرداد سال آینده آغاز می‌شود



مدیر عامل سازمان قطار شهری اهواز گفت: با آمدن دستگاه حفار (TBM)، حفاری تونل قطار شهری اهواز از خرداد ۸۹ آغاز می‌شود. عباس هلاکویی در گفتگو با خبرنگار فارس در اهواز با اشاره به اینکه قرار است دستگاه TBM زودتر از موعد مقرر و در اسفند ماه تحویل گرفته شود، اظهار داشت: این دستگاه به دلیل بزرگی و طول حدود ۱۵۰ متری پس از ساخت و تست در کشور سازنده یعنی فرانسه به صورت قطعه قطعه وارد کشور می‌شود. وی افزود: ساخت مجدد آن و اصطلاحاً تولد دوباره این دستگاه در ایران، حدود اردیبهشت ماه خواهد بود و پیش‌بینی می‌شود در صورت عدم بروز مشکل خاص، حفاری تونل مترو از خرداد ماه آینده آغاز شود. به گفته وی، با توجه به اینکه این دستگاه از طریق کشور چین خریداری می‌شود، تحریم‌ها در آن اثری ندارد. هلاکویی با بیان اینکه عملیات بانکی فاینانس قطار شهری تقریباً انجام شده است، آخرین فرصت فاینانسور چینی برای سرمایه‌گذاری این پروژه را تا پایان سال میلادی جاری (۲۰۰۹) عنوان کرد. وی همچنین در مورد شرکت مالزیایی که آمادگی خود را برای فاینانس قطار شهری اعلام کرده بود، گفت: این شرکت هنوز نسبت به آوردن اسناد و مدارک رسمی بانکی اقدام نکرده است. مدیر عامل قطار شهری اهواز در ادامه در مورد

این جاده نیز در دو سال آینده و قطعه سوم آن تا سال ۹۱ به بهره برداری خواهد رسید. جاده یاسوج به بابامیدان علاوه بر اینکه یاسوج مرکز استان کهگیلویه و بویراحمد را به شهرستان گچساران، دهدشت و بهمئی در استان و شهرستان ممسنی در استان فارس متصل می‌سازد به عنوان پل ارتباطی جنوب به شمال کشور بدل شده به گونه‌ای که خلیج فارس و استان‌های جنوب کشور را ۲۰۰ کیلومتر به اصفهان و مرکز کشور نزدیکتر می‌کند و به این علت اهمیتی ملی دارد. در جاده قدیم یاسوج به بابا میدان که دارای گردنه‌های خطرناک و پیچ‌های تنیدی است، همه ساله شاهد حوادث ناگوار و قربانی شدن هموطنان هستیم.

۱۶ مهر ۱۳۸۸
خبرگزاری مهر

آغاز عملیات تونل انحراف سد هراز

مدیر عامل آب منطقه‌ای مازندران گفت: عملیات اجرایی سیستم تونل انحراف سد هراز به زودی با حضور معاون اول رییس جمهور آغاز می‌شود. به گزارش خبرگزاری فارس از شهرستان آمل، عزیزالله واحد در جمع مسوولان شهرستان آمل تصریح کرد: با انتخاب پیمانکار هم‌اکنون بخشی از عملیات اجرایی سد هراز از جمله محورهای دسترسی به سایت سد و سیستم انحراف آغاز شده است و در هفته آینده با حضور معاون اول رییس جمهور عملیات اجرایی سیستم تونل انحراف آن آغاز می‌شود. وی افزود: با احداث سد البرز، آب مورد نیاز ۱۰۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی پنج شهرستان آمل، بابل، بابلسر، فریدونکنار و محمودآباد تامین می‌شود و سالانه حدود ۲۵ مگاوات برق نیز تولید خواهد کرد. مدیرعامل آب منطقه‌ای مازندران سد هراز را از نوع CFRD با ارتفاع ۱۵۵ متر از پی و طول تاج ۵۹۵ متر اعلام کرد و یادآور شد: حجم ذخیره سد البرز ۳۹۰ متر مکعب است که

سالانه قادر است تا ۶۷۰ میلیون متر مکعب آب را تنظیم کند. وی میزان اعتبار مورد نیاز جهت احداث سد البرز را ۳۷۰ میلیارد تومان دانست و گفت: در صورت تخصیص اعتبار به موقع این سد در مدت برنامه پنج ساله عملیات اجرایی آن به اتمام خواهد رسید. واحد خاطر نشان کرد: سیستم تونل سد البرز در جناح راست قرار دارد که طول آن ۷۸۰ متر، قطر آن شش متر و ظرفیت آن ۱۹۲ متر بر ثانیه است.

۲۱ مهر ۱۳۸۸
خبرگزاری فارس

عملیات استحکام بخشی تونل بلیتی شوشتر آغاز شد



فرماندار شوشتر از آغاز عملیات استحکام بخشی تونل باستانی بلیتی در این شهر به طور رسمی خبر داد. به گزارش خبرگزاری فارس از شوشتر، علی اصغر قوچانی پیش از ظهر امروز در جمع خبرنگاران اظهار داشت: عملیات استحکام بخشی تونل بلیتی پس از اعلام نتیجه مناقصه انتخاب پیمانکار از سوی سازمان آب و برق خوزستان از امروز رسماً آغاز شد. وی افزود: در این عملیات همه نقاط حادثه‌خیز و بحرانی تونل که در جریان مطالعات کارشناسی مشخص شده‌اند، توسط پیمانکار پروژه استحکام بخشی و مرمت می‌شوند. قوچانی مدت زمان اجرای عملیات استحکام بخشی این تونل باستانی را هشت ماه عنوان کرد و گفت: امیدواریم این پروژه در

مدت زمان تعریف شده به اتمام برسد. فرماندار شهرستان شوشتر میزان اعتبار اختصاص یافته برای استحکام بخشی تونل بلیتی را ۱۲ میلیارد ریال ذکر کرد که از محل اعتبارات ملی به طور کامل تامین شده است.

تونل بلیتی به طول ۳۳۷ متر، مرداد ماه سال گذشته به دلیل نشت تاسیسات آب و فاضلاب شهری فرو ریخت و به دلیل سقوط سه پایه برق به درون آن، برق شهرستان شوشتر را به مدت طولانی قطع و شرایط بحرانی برای این اثر باستانی ایجاد کرد. از آن زمان تاکنون این تونل و خیابان‌های منتهی به آن به منظور ایجاد امنیت مسدود بوده که ترافیک شدید در خیابان‌های اطراف را منجر شده است.

تونل بلیتی در سمت شرقی مجموعه آسیاب‌ها و آبشارهای شوشتر قرار دارد و کار این تونل آبرسانی از پشت پل بند گرگر به آسیاب‌های ضلع شرقی مجموعه و هدایت حجمی از اضافه آب رودخانه برای جلوگیری از آسیب رسیدن به مجموعه است. از تونل بلیتی تعدادی کانال منشعب می‌شود که برخی از آنها برای آبیاری اراضی پایین دست و آبرسانی به منازل استفاده می‌شدند که در حال حاضر تمامی آنها مسدود و فقط مسیر یکی از آنها باز است. تعداد دیگری از این تونل‌های فرعی برای گرداندن چرخ آسیاب‌های ضلع شرقی مجموعه استفاده شده‌اند. پساب آسیاب‌ها و تونل‌های اصلی محوطه به صورت آبشارهایی به محوطه می‌ریزد.

از دو ماه گذشته بخشی از پل بلیتی به دلیل حفاری و خاکبرداری ریزش کرده که از زیر میدان، خیابان، اماکن مسکونی مدرسه و مسجد عبور می‌کند. با توجه به اینکه تونل بلیتی شوشتر میراث ثبت شده و ارزشمند استان و کشور است، سازمان میراث فرهنگی در حفظ و نگهداری آن مسوولیت بزرگ و نقش کلیدی دارد و مستلزم اختصاص زمان ویژه و برنامه‌ریزی مناسب برای مرمت، حفظ و نگهداری توسط میراث فرهنگی خوزستان و کشور است.

۲۳ مهر ۱۳۸۸
خبرگزاری فارس

تونل انتقال آب کاشان تا سال ۱۳۹۰ به بهره‌برداری می‌رسد



سرپرست نظارت تونل انتقال آب گلاب گفت: با انعقاد پیمان جدید با شرکت فاطر، تونل انتقال آب زاینده‌رود به کاشان با عنوان گلاب تا آذر ماه سال ۱۳۹۰ به بهره‌برداری می‌رسد. به گزارش خبرگزاری فارس از کاشان، محمدباقر ابراهیم ظهر امروز در جمع خبرنگاران این شهرستان در محل اجرای تونل در منطقه گلاب افزود: این تونل به طول ۱۱/۵ کیلومتر از سال ۱۳۸۴ با انعقاد پیمان با شرکت سپرستگ آغاز شد که ۱۰ کیلومتر تونل اصلی و ۱/۵ کیلومتر تونل دسترسی است. وی وجود تحریم اقتصادی را سبب تغییر پیمانکار و سپردن این طرح به شرکت فاطر دانست و تصریح کرد: این شرکت با در اختیار داشتن سیستم حفاری TBM از سال ۱۳۸۶ کار خود را شروع کرده و ظرف ۴۸ ماه این طرح به اتمام می‌رسد. سرپرست نظارت تونل انتقال آب گلاب اعتبار اولیه پیمان را ۴۴۰ میلیارد ریال ذکر کرد و ادامه داد: با توجه به نوع قرارداد و به روز شدن آن پیش‌بینی می‌شود تا زمان پایان پروژه ۸۰۰ میلیارد ریال اعتبار نیاز باشد. ابراهیم پیشرفت ریالی پروژه را ۱۵ درصد عنوان کرد و گفت: تونل اصلی با ۹۰۰ متر پیشرفت و از تونل دسترسی تاکنون ۶۵۰ متر حفاری شده است. وی تصریح کرد: با وجود پیشرفت تکنولوژی به دلیل ناشناخته بودن زمین و سرازیر بودن مسیر حفاری و وجود زون‌های آبدار کار در مرحله حفاری بسیار خطرناک است. این سرپرست، قطر حفاری با

تونل سعدی شیراز تردد مسیر آرامستان جدید را آسان می‌کند



شهردار شیراز گفت: با توجه به انتقال آرامستان شیراز به حوالی جاده خرامه و افزایش رفت و آمد این مسیر، احداث تونل سعدی کاهش بار ترافیکی را در منطقه شمال شرق شیراز به دنبال دارد. به گزارش خبرگزاری فارس از شیراز، مهران اعتمادی در مراسم بازدید از پروژه تونل سعدی در گفتگو با خبرنگاران افزود: تونل سعدی بعد از عبور از کوه در طرف شهرک سعدی به خیابان متصل شده و این خیابان در انتها به جاده خرامه می‌رسد. اعتمادی گفت: در قسمت جنوبی تونل، حجم ترافیک به وسیله تقاطع غیر هم‌سطح آتی‌الاحداث بلوار سرداران و خیابان فضیلت تقسیم می‌شود. شهردار شیراز اذعان کرد: از آن‌جا که آرامستان جدید در حوالی جاده خرامه ایجاد شده، تونل سعدی می‌تواند به روان‌سازی تردد و رفت و آمد به آرامستان کمک کند و از بار ترافیکی بکاهد. اعتمادی گفت: با توجه به محدود بودن ورودی و خروجی شهرک سعدی بین دو کوه و هزینه بالای تملک اراضی اطراف، به‌منظور بهینه کردن مسیر موجود و تردد آسان، تونل سعدی احداث شده است. وی بیان کرد: طول تونل ۵۴۰ متر، عرض دهانه آن ۱۹ متر و ارتفاع تونل بیش از ۱۱ متر است. اعتمادی گفت: این پروژه با اعتباری حدود ۸۰ میلیارد ریال طی دو سال ساخته می‌شود.

۱۱ آبان ۱۳۸۸
خبرگزاری فارس

تونل امیرکبیر به طول ۱۷۰۰ متر از بازار تهران تا بزرگراه امام علی (ع) احداث می‌شود

معاون فنی و عمرانی شهرداری تهران از احداث تونل امیرکبیر خبر داد و گفت: تونل امیرکبیر با دو رشته تونل هر کدام به طول ۱۷۰۰ متر با گذر از زیر خیابان ۱۷ شهریور، بازار تهران را به بزرگراه امام علی (ع) متصل خواهد کرد.

به گزارش ایسنا، مهندس احمد دنیامالی اظهار کرد: طراحی تونل امیرکبیر انجام و پیمانکار آن انتخاب شده و هم‌اکنون در مرحله تجهیز کارگاه به سر می‌برد. وی این تونل را از لحاظ کارکرد، موثر و بی‌نظیر خواند و افزود: در طراحی این تونل، پارکینگ‌های متعدد نیز در محدوده بازار برای پارک خودروی شهروندان در نظر گرفته شده است تا با توجه به تردد قابل توجه در این محدوده، مشکل پارک خودروها نیز تا حد قابل توجهی کاهش یابد. معاون فنی و عمرانی شهردار تهران ادامه داد: مسیر دسترسی این پارکینگ‌ها نیز از داخل تونل پیش‌بینی شده است. دنیامالی با اشاره به این که احداث این تونل به صورت سرمایه‌گذاری خواهد بود، اظهار کرد: انجام عملیات در زیر زمین به دلیل وجود معارضات تاسیساتی و ایمنی بسیار مهم است و با توجه به توان مهندسی کشور اعتقاد داریم که احداث این تونل در حداقل زمان ممکن به پایان خواهد رسید.

۲ آبان ماه ۱۳۸۸

خبرگزاری دانشجویان ایران

کلنگ تونل بناف کازرون زده شد



کلنگ تونل بناف کازرون با حضور وزیر راه و ترابری زده شد. به گزارش خبرگزاری فارس از کازرون، مراسم کلنگ‌زنی تونل بناف کازرون با حضور وزیر راه و ترابری، مسئولان استان و کازرون و جمعی از مردم این شهرستان برگزار شد. در حاشیه این مراسم رئیس اداره راه و ترابری کازرون در گفتگو با خبرنگار فارس در کازرون اظهار داشت: این تونل و جاده منتهی به آن با اعتباری بالغ بر ۶۰ میلیارد تومان به طول ۲ هزار ۲۶۰ متر ساخته می‌شود. حشمت‌الهیگ دهقان افزود: این تونل مسیر شیراز- کازرون- بوشهر را به طول ۱۵ و نیم کیلومتر کاهش داده و از کازرون می‌گذرد و شامل چهار تقاطع غیرهمسطح است. وی اضافه کرد: شرکت استراتوس برنده مناقصه برای ساخت تونل بناف شده است. این مقام مسئول خاطرنشان کرد: با وعده‌هایی که از سوی وزیر راه داده شده، قرار است تا پایان دولت دهم عملیات احداث این تونل به اتمام برسد. دهقان در پایان از تمام مسئولان و افرادی که در صدور مجوز احداث این تونل و ساخت آن همکاری داشته‌اند تقدیر و تشکر کرد.

۲۶ آذر ۱۳۸۸

خبرگزاری فارس

حفاری تونل دسترسی خط ۲ قطار شهری کرج و حومه آغاز شد



مدیرعامل سازمان قطار شهری کرج و حومه گفت: حفاری تونل دسترسی به خط ۲ قطار شهری کرج و حومه آغاز شد. نادر رضا نوری در گفتگو با خبرنگار مهر اظهار داشت: با توجه به محدودیت فضا برای ساخت کارگاه جهت احداث رمپ حفاری، سازمان قطارشهری کرج و حومه پس از احداث این تونل دسترسی در غرب بوستان جهان، عملیات اجرایی حفاری تونل اصلی خط ۲ قطارشهری کرج را آغاز خواهد کرد. وی افزود: با احداث این تونل دسترسی، به صورت عمودی کار حفر تونل فرعی و در نهایت دسترسی به حفاری تونل اصلی در خط ۲ ممکن خواهد شد. نوری خاطرنشان کرد: خط ۲ قطار شهری کرج و حومه به طول ۲۷ کیلومتر از شهرستان ملارد آغاز و تا کمالشهر کرج ادامه دارد و هم اکنون مراحل ساخت ایستگاه‌ها، خرید تجهیزات و ناوگان مربوط به این خط در حال انجام است.

۲۵ آبان ۱۳۸۸

خبرگزاری مهر

دستگاه TBM را ۴/۵ متر دانست و خاطرنشان کرد: قطر تمام شده بعد از لاینینگ ۳/۸ متر است. ابراهیم یادآور شد: ظرفیت این تونل ۲۰ متر مکعب در ثانیه است که سه مترمکعب آن مربوط به آب کاشان است. وی روند اجرایی این طرح را بسیار امیدوارکننده و پایانش را در زمان مقرر دست یافتنی می‌داند.

۱۲ آبان ۱۳۸۸

خبرگزاری فارس

تونل آبیاری قدیمی منصوریه بهبهان مرمت شد

به گزارش خبرگزاری فارس از جنوب خوزستان، با تلاش متخصصان و کارشناسان سازمان آب و برق خوزستان، تونل آبیاری قدیمی منصوریه در بهبهان تعمیر و مرمت شد. این تونل در عمق ۱۰ تا ۲۳ متری زمین در لایه‌های آبرفتی و سنگلاخی در سال‌های ۱۳۱۸ تا ۱۳۲۱ با ذوق و سلیقه وصف ناپذیر و هنرنمایی معماران و مهندسان ایرانی بنا شده و نشانگر تبحر و تخصص آنان در آبیاری دشت‌های خشک است. این تونل در آن زمان، آب شرب شهر بهبهان، پادگان بزرگ شهر، فرمانداری، بخش کشاورزی، کوه پل، منازل مسکونی واقع در پشت اداره کار فعلی، باغات و اراضی برنج منصوریه را تامین می‌کرده و هم اینک نیز در دست تعمیر قرار دارد. این تونل به دلیل برخورداری از سقف هلالی شکل و دقت در تراش سنگ‌های کف، دیواره‌ها و سقف، دیدنی بوده و مظهر آن که با سنگ‌های شش گوش تزئین و با سنگ‌های مستطیلی شکل قاب بندی شده بر زیبایی آن افزوده است.

۱۸ آبان ۱۳۸۸

خبرگزاری فارس

یکی از تونل‌های شبلی خرداد ماه ۸۹ افتتاح می‌شود

استاندار آذربایجان شرقی گفت: یکی از تونل‌های دوقلوی گردنه شبلی آزاد راه تبریز-زنجان خرداد ماه و تونل همجوار هم شهریور ماه ۸۹ افتتاح می‌شود. به گزارش خبرگزاری فارس از تبریز به نقل از روابط عمومی استانداری آذربایجان شرقی، احمد علیرضا بیگی در بازدید از روند اجرای این طرح با اشاره به اینکه اهمیت این طرح بازدید مستمر را ایجاب می‌کند، اظهار داشت: پس از حضور وزیر راه و اطلاع از مشکلات موجود (در روز ۵ آبان)، عملیات اجرایی این طرح سرعت بیشتری گرفت و امروز حفاری تونل «ب» هم به اتمام رسید.

وی با بیان اینکه به لحاظ موقعیت این تونل تاثیرات آن فراتر از استان است، اعلام کرد: در حال حاضر لاینینگ و آماده‌سازی تونل «الف» به اتمام رسیده و تونل «ب» هم مسیرگشایی شده و نیمی از مسیر آن آماده است. تونل‌های دوقلوی شبلی در انتهای آزادراه پیامبر اعظم و در ۲۵ کیلومتری تبریز احداث می‌شود که در حال حاضر، ۶۵ درصد پیشرفت دارد. طول هر یک از این تونل‌ها که از سال ۷۵ آغاز شده ۲/۵ کیلومتر و عرض آنها ۱۱ متر است. آزادراه زنجان - تبریز که بعدها به پیامبر اعظم تغییر نام یافت، قسمتی از آزادراه سراسری تهران، قزوین، زنجان، تبریز و بازرگان همچنین بخشی از راه ابریشم محسوب می‌شود. این آزادراه به طول ۲۸۵ کیلومتر نخستین آزادراه کوهستانی و یکی از عظیم‌ترین طرح‌های راهسازی کشور است. مرحله نخست این آزادراه به طول ۸۱ کیلومتر در سال ۸۳ و مرحله دوم به طول ۱۷۳ کیلومتر در سال ۸۵ به بهره‌برداری رسید و مرحله سوم آن به طول ۳۱ کیلومتر از بستان‌آباد به تبریز در حال ساخت است. با اتمام ساخت تونل‌های دوقلوی شبلی، آزادراه پیامبر اعظم به بهره‌برداری کامل می‌رسد.

۲۷ آذر ۱۳۸۸

خبرگزاری فارس

سرمایه‌گذاری ۲۵ میلیارد دلاری قطر در بخش خطوط ریلی

قطر برای توسعه شبکه حمل و نقل خود چندین پروژه به ارزش ۲۵ میلیارد دلار در بخش مترو و خطوط ریلی خود به اجرا می‌گذارد. به گزارش خبرنگار اقتصاد بین الملل فارس شرکت آلمانی دویچه باهن (Deutsche Bahn) در یک مناقصه برای توسعه خطوط آهن و مترو در قطر برنده شده است. بر اساس گزارش نشریه اقتصادی مید ارزش این پروژه که بزرگترین پروژه ریلی در منطقه محسوب می‌شود ۲۵ میلیارد دلار اعلام شده است.

بر اساس این پروژه شرکت آلمانی دویچه باهن باید یک خط آهن از راس لافن تا مساعید، یک خط آهن سریع السیر از دوحه به بحرین، یک خط آهن باری برای اتصال به شبکه خط آهن منطقه خلیج فارس، و یک خط آهن درون شهری احداث کند. همچنین این شرکت باید یک شبکه مترو در دوحه به طول ۳۰۰ کیلومتر احداث کند. قرار است این شبکه در چهار خط و با ۹۸ ایستگاه احداث شود. برای انجام عملیات طراحی و برنامه ریزی این پروژه‌ها یک میلیارد دلار در نظر گرفته شده که از سوی دولت قطر تامین می‌شود.

این قرارداد شرکت جدیدی را خلق خواهد کرد که موسوم به شرکت توسعه‌ی راه آهن قطر است. شیخ حمد بن جاسم آل ثانی نخست وزیر قطر و پیتر رامسور وزیر حمل و نقل آلمان در زمان عقد این قرارداد در دوحه حضور داشتند. ۴۹٪ از سهام شرکت توسعه راه‌آهن قطر برای دویچه بان و ۵۱٪ آن در اختیار دیار قطری خواهد بود که موسسه‌ی زیربنایی و توسعه‌ی دارایی دولت قطر است.

۲ آذر ۱۳۸۸

خبرگزاری فارس

بانک اطلاعات تونل ایران

یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های عمرانی کشور، مقوله حفاریات زیرزمینی مختلف است که با کاربردهای بسیار متنوعی احداث می‌گردند. از آنجا که مهندسی حفاریات زیرزمینی یا "هنر تونلسازی" بسیار متأثر از تجربیات قبلی است مبحث ثبت تجارب فنی حاصله در طی مراحل مختلف طراحی و اجرا (شامل مطالعات پایه، اکتشافات محلی، طراحی‌های مقدماتی و تفصیلی و در نهایت مراحل اجرایی) هر پروژه زیرزمینی، از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است. در حال حاضر این مقوله تنها به فراخور نیاز بخش‌های مختلف ذیربط مورد توجه قرار می‌گیرد که دسترسی و تجزیه و تحلیل این اطلاعات را با دشواری‌هایی مواجه می‌سازد. به همین دلیل گردآوری سیستماتیک اطلاعات به صورت متمرکز و با یک دیدگاه کلان علمی ضروری می‌نماید. این امر موجب گردید که ایده ایجاد "بانک اطلاعات فنی تونل ایران" موضوعیت طرح یابد. با عنایت به تنوع حفاریات زیرزمینی و تفاوت‌های قابل توجه در روشهای طراحی و اجرا، مناسب‌تر دیده شد که در مرحله مقدماتی، تنها اطلاعات کلی پروژه‌ها در "بانک اطلاعات تونل ایران" گردآوری گردد که در مراحل بعد گسترش خواهد یافت.

جهت نیل به این هدف، انجمن تونل ایران با پذیرش طرح پیشنهادی و انعقاد یک قرارداد پژوهشی با دانشگاه صنعتی شاهرود در این زمینه گام آغازین را برداشته است. نرم‌افزار بانک اطلاعات پروژه‌های تونلی به گونه‌ای طراحی می‌شود که امکان ذخیره‌سازی مهم‌ترین اطلاعات کلی پروژه‌ها شامل اطلاعات قراردادی، طراحی و اطلاعات زمان اجرا را فراهم نماید. در این راستا از کلیه متخصصان و پژوهشگران که به نحوی با پروژه‌های حفاریات زیرزمینی مرتبط می‌باشند دعوت می‌نماید تا در به ثمر رساندن این حرکت و غنای بیشتر این بانک اطلاعات، انجمن تونل ایران را یاری دهند.

روش اجرای تونل‌های غرقابی با مطالعه موردی تونل مرمری

مهندس ابوالقاسم مظفری و مهندس مرتضی همزه ایبازنی

متن زیر خلاصه سمینار علمی - کاربردی برگزار شده توسط انجمن تونل ایران می‌باشد که در تاریخ هشتم مهرماه ۱۳۸۸ توسط آقایان مهندس ابوالقاسم مظفری و مهندس مرتضی همزه ایبازنی ارائه گردید.



این سمینار با بررسی گزینه‌های مختلف برای عبور از رودخانه‌ها و گذرگاه‌های آبی که شامل پل‌ها، تونل‌های شناور، تونل‌های زیر آبی می‌باشد آغاز شد و به اختصار توضیحاتی در خصوص چند پروژه که در دست مطالعه، اجرا و بهره‌برداری می‌باشند ارائه گردید. بدنبال این مقدمه جزئیات مربوط به تونل‌های غرقابی شامل تعاریف اولیه، تاریخچه، مزایا و معایب، انواع تونل‌های غرقابی و مراحل اجرای آنها ارائه شد. سپس جزئیات مربوط به دو پروژه مرمری در کشور ترکیه و بوسان-گجه در کره جنوبی مورد بررسی قرار گرفت. کلیات مباحث ارائه شده به شرح زیر می‌باشد.

- ایمنی در ساخت (به عنوان مثال برخلاف حفاری تونل در زیر سطح آب، کار در یک بارانداز خشک انجام می شود).
- انعطاف پذیری قطعات (این در واقع عاملی است که امکان اتصال قطعات تونل به یکدیگر را فراهم می نماید).

معایب تونل های غرقابی

- این تونل ها نسبت به تونل های زیر آبی از آسیب پذیری بیشتری برخوردار می باشند و امکان تخریب دیوارها و سقف آن وجود دارد.
- این تونل ها با پوشش کم (معمولاً به همراه پوشش سنگی و وضعیت طبیعی) در بستر رودخانه قرار دارند و غرق شدن کشتی ها و یا لنگر انداختن آنها ممکن است این تونل ها را تحت تأثیر قرار دهد.
- آب بند کردن قطعات باید به دقت انجام شود و به عنوان نقاط ضعف این تونل ها محسوب می شود.
- تماس قطعات نیاز به طراحی دقیق اتصالات دارد تا اثرات و نیروهای طولی بین اتصالات برداشته شود.
- اثرات زیست محیطی منفی بر روی بستر کانال یا رودخانه دارد.

انواع تونل های غرقابی

تونل های غرقابی به دو شکل بتنی و فلزی ساخته می شوند. تا دو دهه اخیر انتخاب سازه بتنی یا فلزی معمولاً با توجه به تجارب قبلی کشورها متفاوت بود. به عنوان نمونه در قاره آمریکا اکثراً از پوسته های فلزی، در غرب اروپا از تونل های بتنی و در شرق آسیا از هر دو گزینه استفاده می شد. تنها در دو دهه اخیر از روش های مقایسه ای برای انتخاب گزینه بهینه استفاده می شود. مواردی که در انتخاب نوع تونل غرقابی می تواند موثر باشند عبارتند از:

- امکانات و نوع تجهیزات دریایی موجود
- نوع مصالح موجود
- روش های کاری پیمانکاران

تعریف تونل های غرقابی

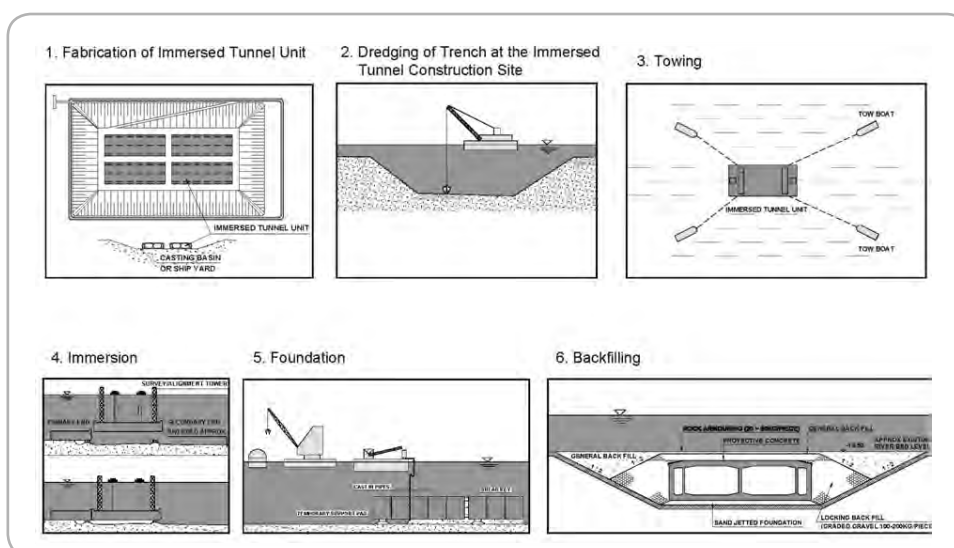
تونل های غرقابی تونل هایی هستند که در محلی دور از موقعیت اجرا ساخته شده و پس از انتقال به موقعیت تونل به یکدیگر متصل می شوند. از این تونل ها معمولاً برای عبور از رودخانه ها، خلیج های کوچک، بنادر و گذرگاه های آبی استفاده می شود. این تونل ها معمولاً با انواع دیگر تونل ها، همانند تونل های Cut & Cover و تونل های حفاری شده همراه هستند تا بوسیله آنها به سطح زمین راه یابند. تونل های غرقابی معمولاً در ترانشه هایی که در بستر آبی، حدفاصل سازه هایی که در خشکی قرار گرفته اند نصب می شوند.

تاریخچه

اولین تونل غرقابی در سال ۱۸۹۴ و به منظور انتقال فاضلاب در آمریکای شمالی و اولین تونل غرقابی ترافیکی راه آهن در خط آهن میشیگان آمریکا طی سال های ۱۹۰۶ الی ۱۹۱۰ احداث شد. در اروپا، هلند اولین کشوری بود که از این روش برای احداث تونل Mass در سال ۱۹۴۴ استفاده نمود و در آسیا ژاپن برای اولین بار از این شیوه برای احداث تونل های راه دوقلوی Osaka (تونل Aji River) استفاده نمود. در حال حاضر تونل غرقابی San Francisco که از ۵۷ قطعه ۱۱۰ متری ساخته شده طولانی ترین تونل غرقابی اجرا شده می باشد.

مزایای تونل های غرقابی

- مزیت اصلی تونل های غرقابی این است که هزینه احداث آنها در مقایسه با گزینه های دیگر همچون تونل های زیر آبی و احداث پل کمتر می باشد.
- از دیگر مزایای آن عبارتند از:
 - سرعت بالای ساخت.
 - ایجاد حداقل اختلال برای رودخانه ها یا گذرگاه های آبی در صورتی که مسیر تردد کشتی ها باشد.
 - مقاوم در برابر زلزله با به کارگیری تمهیدات خاص.



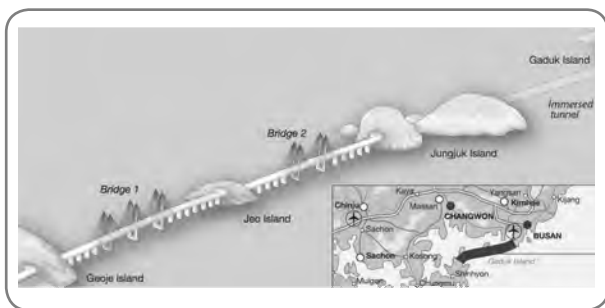
شکل ۱. مراحل اجرای تونل های غرقابی

- تعداد قطعات : ۱۱ عدد

قطعات تونل در بندر TUZLA، در فاصله تقریباً ۴۰ کیلومتری شرق پروژه ساخته و به صورت شناور به سمت محل استغراق هدایت می شوند.

پروژه پل و تونل بوسان-گجه (Busan - Geoje)

پروژه پل و تونل بوسان-گجه (Busan - Geoje) به طول ۲/۸ کیلومتر، شهر بوسان را به جزیره Geoje متصل می نماید. این راه جدید از دو باند رفت و برگشت دو خطه به همراه یک خط اضطراری تشکیل شده است. ابتدای این پروژه از جزیره Geoje شروع می شود و پس از عبور از سه جزیره کوچک (Jeo, Junijuk, Daejuk)، توسط یک تونل غرقابی به جزیره Gaduk می رسد. با بهره برداری از این راه، طول مسیر اولیه بین Busan و جزیره Geoje حدود ۹۰ کیلومتر کاهش می یابد. این پروژه از سه بخش راه، پل و تونل تشکیل شده است.



شکل ۳. پروژه پل و تونل Busan - Geoje

این پروژه راه از دو پل کابلی بتنی یکی به طول ۸۷/۱ کیلومتر (با دو دهانه اصلی به طول ۴۷۵ و ۲۲۰ متری بین دو جزیره Jeo و Jungjuk) و دومی به طول ۶۵/۱ کیلومتر (که از سه دهانه اصلی، شامل دو دهانه ۲۳۰ متری و یک دهانه ۱۰۳ متری (بین دو جزیره Geoje و Jeo) و یک تونل غرقابی به طول ۷/۳ کیلومتر (بین دو جزیره Gaduk و Jungjuk) تشکیل شده است.

مشخصات تونل غرقابی این پروژه به شرح زیر می باشد:

طول تونل: ۳۶۶۴ متر، با احتساب دو تونل Cut & Cover

ارتفاع: ۷۵/۹ متر

عرض: ۵/۲۶ متر

طول هر یک از قطعات : ۱۸۰ متر

وزن هر قطعه: ۴۸۰۰۰ تن

تعداد قطعات : ۱۸ عدد

تعداد سگمنت های هر قطعه: ۸ عدد

حجم بتن هر قطعه: ۱۸۰۰۰ متر مکعب

حداکثر عمق استقرار: ۵۰ متر زیر تراز آب

جزئیات مربوط به این سمینار در دفتر انجمن تونل موجود و قابل استفاده

برای علاقه مندان می باشد.

● موانع زیست محیطی

● زمان بندی

● ساختگاه پروژه و غیره

مراحل اجرای تونل های غرقابی

مواردی که در خصوص مراحل اجرای تونل های غرقابی ارایه گردید، به شرح زیر می باشد.

● ساخت قطعات پیش ساخته

● حفاری و آماده سازی ترانشه

● شناور نمودن قطعات به سمت محل اجرا

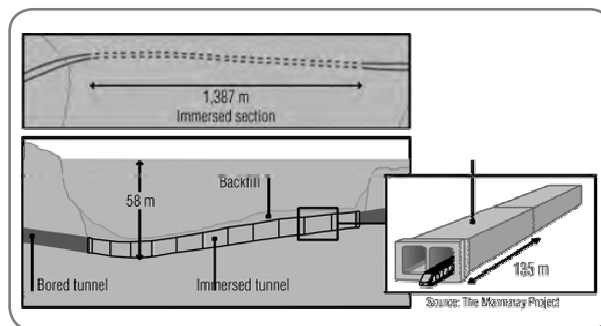
● غرقاب نمودن قطعات

● پی سازی

● پوشش قطعات تونل

معرفی پروژه تونل غرقابی مرمری

پروژه مرمری یکی از طولانی ترین پروژه های زیربنایی حمل و نقل کشور ترکیه است که هم اکنون در دست اجرا می باشد. این پروژه شامل احداث ۶/۱۳ کیلومتر تونل راه آهن برای عبور از زیر تنگه بوسفور (Bosphorous strait) و بهسازی ۶۳ کیلومتر راه آهن از هالکالی (halkali) در بخش اروپایی استانبول تا گبیز (Gebze) در بخش آسیایی استانبول است. نام marmaray از ترکیب دو نام marmara (نام سواحل جنوبی استانبول) و ray (به معنای راه آهن در زبان ترکی) گرفته شده و زمان بهره برداری از این پروژه سال ۲۰۱۱ پیش بینی شده است.



شکل ۲. تونل غرقابی مرمری

تونل غرقابی مرمری بین دو ناحیه Eminonu در بخش اروپایی و uskudar در بخش آسیایی استانبول قرار گرفته است. این تونل ارتباط حیاتی بین خطوط راه آهن استانبول بین دو بخش اروپایی و آسیایی استانبول را برقرار می کند. مشخصات این تونل به شرح زیر می باشد:

- طول تونل: ۱۳۸۷ متر

- ارتفاع: ۶/۸ متر

- عرض: ۳/۱۵ متر

- حداکثر عمق استقرار قطعات: ۵۸ متر

- حداکثر طول قطعات : ۱۳۵ متر

- وزن هر قطعه: ۱۸۰۰۰ تن

نایب‌پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ بر عملکرد ماشین‌های حفاری تمام مقطع تونل در سنگ سخت

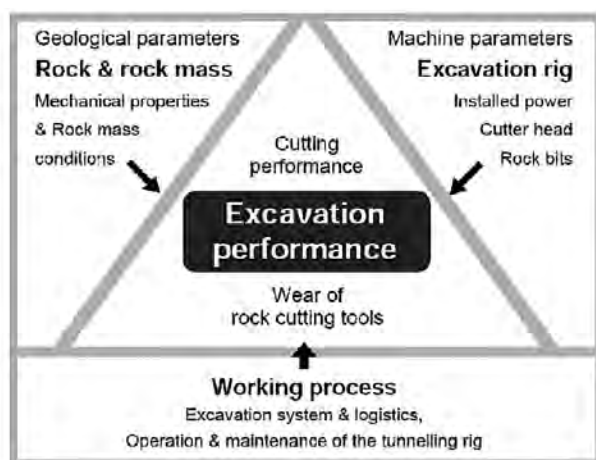
دکتر احمد رمضان زاده؛ استادیار دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

کارایی یا عملکرد ماشین‌های حفاری در سنگ می‌تواند به وسیله نرخ نفوذ آنی (Instantaneous Penetration Rate)، نرخ پیشروی (Advance Rate) و یا ضریب بهره‌وری ماشین ارزیابی گردد. عوامل موثر بر کارایی ماشین حفاری را می‌توان به سه دسته زیر تقسیم نمود:

- ۱ - خصوصیات توده سنگ (شامل فاصله‌داری و جهت‌داری ناپیوستگی‌ها، میزان آب زیرزمینی ورودی، مقاومت، شکنندگی، ساینده‌گی، سفتی سنگ بکر و...)

- ۲ - پارامترهای عملیاتی و طراحی ماشین حفاری (توان و نیروی پیشران نصب شده بر روی ماشین، مشخصات و آرایش ابزارهای برش بر روی کله حفار و...)

- ۳ - تجربه و توان مدیریتی و برنامه‌ریزی پیمانکار در سازماندهی پروژه و تامین امکانات مورد نیاز عملیات اجرایی



در ادامه این بحث، با استناد به چندین مطالعه موردی، تاثیر مهم‌ترین خصوصیات توده سنگ شامل فاصله‌داری و جهت‌داری درزه‌ها، خصوصیات سنگ بکر و در نهایت توصیف کلی شرایط سنگ با استفاده از طبقه‌بندی مهندسی (RMR) بر نرخ نفوذ آنی و نیز ضریب بهره‌وری TBM تحلیل می‌گردد. ذکر این نکته ضروری است که با عنایت به پیچیده بودن عوامل موثر بر عملکرد ماشین، بررسی جداگانه این عوامل به سادگی امکان پذیر نمی‌باشد.

فاصله درزه‌ها می‌تواند به عنوان شاخصی از مقاومت کلی توده سنگ، شرایط پایداری آن و در نهایت میزان نیاز به نصب سیستم نگهداری در نظر گرفته شود. در نتیجه افزایش این فاصله منجر به افزایش ضریب بهره‌وری تونل خواهد شد. اما از سویی دیگر، افزایش فاصله درزه‌ها باعث افزایش مقاومت توده سنگ و در نتیجه کاهش نرخ نفوذ می‌گردد.

تاثیر جهت‌داری درزه‌ها به سادگی قابل تحلیل نیست. برای روشن شدن موضوع می‌توان دو حالت حدی یعنی هنگامی که سطوح ناپیوستگی موازی و یا عمود بر راستای پیشروی ماشین (محور تونل) می‌باشند

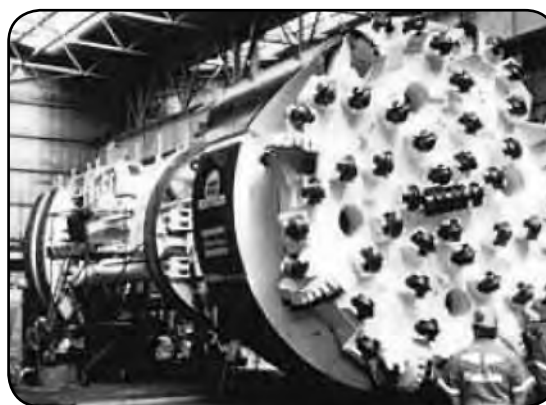
متن زیر خلاصه سمینار علمی - کاربردی برگزار شده توسط انجمن تونل ایران می‌باشد که در تاریخ ششم آبان ماه ۱۳۸۸ توسط آقای دکتر احمد رمضان زاده ارائه گردید.

نخست ضروری است مقدمه کوتاهی جهت معرفی ماشین‌های حفار تمام مقطع تونل در سنگ سخت ارائه شود. این ماشین‌ها اصولاً به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

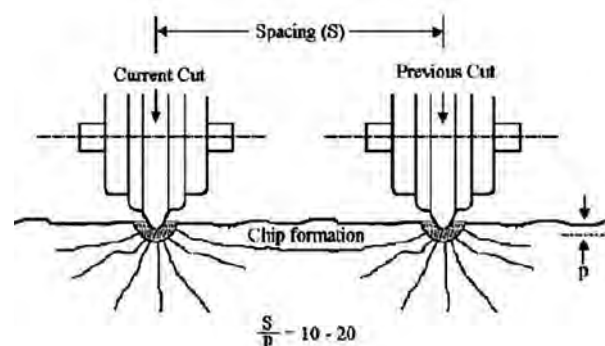
۱ - نوع باز یا کفشکی (Open or gripper TBM)

۲ - نوع سپری (Shield TBM) که ماشین‌های سپری خود از دو نوع تک سپری و سپر تلسکوپی تشکیل می‌شود.

علی‌رغم آنکه تفاوت عمده‌ای در تکنولوژی ساخت و دامنه کاربرد این ماشین‌ها وجود دارد، اما نقطه اشتراک همه آنها، استفاده از ابزار برش دیسکی (Disc cutter) می‌باشد.



جهت تحلیل دقیق‌تر چگونگی تاثیر پارامترهای مختلف ژئومکانیکی توده سنگ بر عملکرد ماشین‌های سنگ سخت ضروری است نخست درکی از فرایند نفوذ ابزار برش در سنگ فراهم شود. ابزار برش دیسکی در اثر اعمال بار فوق‌العاده زیاد در سنگ نفوذ می‌نماید. این نیرو باعث ایجاد تمرکز تنش بالایی، درست در محدوده تماس ابزار با سنگ می‌گردد، که این امر منجر به ایجاد ترک‌های کششی در سنگ خواهد شد. در صورتی که فاصله بین دو ابزار برش به اندازه کافی نزدیک باشد، این ترک‌ها به یکدیگر متصل شده و تراشه سنگ (Chip) ایجاد می‌شود.



ارزیابی می‌باشد. در نهایت میزان ساینده‌گی سنگ نیز به عنوان یکی از عوامل تاثیر گذار بر عمر ابزار برش، که به طور غیر مستقیم بر میزان نفوذ و نرخ پیشروی TBM موثر است، در نظر گرفته می‌شود که به وسیله آزمایشات Cerchar و تست سایش نیروژی قابل ارزیابی است.

در جمع بندی مباحث مطرح شده می‌توان چنین گفت که با توجه به مطالعات موردی موجود و از میان کلیه پارامترهای مربوط به خصوصیات سنگ بکر، شاخص تست نفوذ پانچ (که معرف شکنندگی و سفتی سنگ بکر است)، مناسب‌ترین و روشن‌ترین رابطه را با نرخ نفوذ ماشین و انرژی ویژه مورد نیاز جهت خردایش سنگ (در مقایسه با سایر تست‌های استاندارد) نشان می‌دهد. اما علی‌رغم این رابطه روشن، با توجه به حجم اطلاعات موجود و در نظر گرفتن پیچیدگی‌های تحلیل عوامل موثر بر عملکرد TBM، این فاکتور نمی‌تواند به تنهایی در پیش‌بینی دقیق نرخ نفوذ TBM مورد استفاده قرار گیرد. هم چنین از میان خصوصیات توده سنگ بررسی شده، فاصله داری درزه‌ها و مقادیر RMR رابطه روشن و قابل درکی را با نرخ نفوذ نشان می‌دهند که این امر در خصوص تاثیر جهت داری درزه‌ها صادق نیست.



با عنایت به کلیه موارد مطرح شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که یک برنامه مطالعات اکتشافی هوشمندانه، که مبتنی بر شرایط هر پروژه تنظیم شده است، نقش بسیار روشنی در کاهش ریسک‌های مرتبط با عملیات تونل‌سازی مکانیزه و انجام موفقیت‌آمیز پروژه خواهد داشت. همچنین با توجه به تاثیر غیر قابل انکار مشخصات توده سنگ در عملکرد ماشین‌های حفاری، ضروری است مشخصات فنی ماشین، بر اساس یک مدل ژئومکانیکی قابل قبول از شرایط توده سنگ درون گیر تونل - که به خوبی معرف خصوصیت رفتاری آن است - صورت گیرد.

را مورد بررسی قرار داد. بدیهی است هنگامی که امتداد سطوح ضعف ساختاری به موازات محور تونل باشد، وجود درزه (با توجه به مقدار فاصله داری آنها) هیچ تاثیری بر فرایند ایجاد تراشه سنگ و در نتیجه نرخ نفوذ TBM نخواهد داشت. در نقطه مقابل، سطوح ناپیوستگی عمود بر محور تونل، مناسب‌ترین شرایط را جهت تسهیل فرایند خردایش سنگ فراهم خواهد کرد.

تاثیر شیب و امتداد درزه به همراه امتداد محور تونل به وسیله زاویه آلفا تعریف می‌گردد، که بین ۰ تا ۹۰ برای حالت موازی تا عمود بر محور تونل تعیین می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تاثیر زاویه آلفا یا جهت داری درزه‌ها به سادگی قابل مدل سازی و تحلیل نیست.

امتیاز طبقه بندی مهندسی RMR می‌تواند به عنوان شاخصی از مقاومت کلی توده سنگ در نظر گرفته شود. مقاومت بالاتر توده سنگ از یک سو معرف نیاز کمتر به نگهداری موقت بوده و از سوی دیگر معرف سخت‌تر شدن شرایط پیشروی (از نقطه نظر خردایش سنگ) می‌گردد. در نتیجه افزایش RMR باعث بیشتر شدن ضریب بهره‌وری و کاهش نرخ نفوذ در شرایطی خواهد گردید که نیروی پیشران اعمال شده به کله حفار، ثابت در نظر گرفته شود. برای مقادیر RMR کم (مثلاً محدوده ۲۰ تا ۴۰)، با کاهش مقاومت کلی توده سنگ، نیاز به نصب نگهداری موقت افزایش می‌یابد. در نتیجه روشن است که میزان ضریب بهره‌وری به همان نسبت کاهش خواهد یافت. اما به دلیل ثابت نگه داشتن نیروی پیشران، معمولاً شرایط برای حفاری چندان مطلوب نبوده و نرخ نفوذ نیز روند کاهشی خواهد داشت. مطالعات موردی متعدد نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر نرخ نفوذ در RMR بین ۵۰ تا ۷۰ مشاهده خواهد شد.

پس از بررسی تاثیر پارامترهای اصلی توده سنگ، خصوصیات سنگ بکر مد نظر قرار می‌گیرد. در اغلب سنگ‌ها، مقاومت تراکم تک محوری سنگ بکر رابطه خوبی با نرخ نفوذ نشان می‌دهد؛ اما در برخی موارد، این رابطه به خوبی قابل مشاهده نیست. از سویی دیگر، مقاومت کششی سنگ بکر می‌تواند به عنوان یک شاخص مناسب جهت ارزیابی سهولت نسبی تشکیل ترک و ایجاد تراشه مد نظر قرار گیرد. اما به هر صورت شاخص‌های مقاومتی جهت ارزیابی سهولت برش سنگ چندان مناسب نیستند.

شاخص‌هایی از قبیل سختی سطحی سنگ یا قابلیت نفوذ (Drillability) - که به وسیله آزمایشات متعددی از قبیل آزمایش Siever-J (تست پیشنهادی NTNU)، چکش اشمیت، Shore Sceleroscope و سختی موس قابل ارزیابی می‌باشد - می‌تواند معرف مناسبی جهت ارزیابی قابلیت نفوذ ابزار برش در سنگ و یا در نهایت برش سنگ در نظر گرفته شود. علاوه بر سختی سنگ، می‌توان به شاخص شکنندگی (Brittleness) سنگ اشاره نمود که به وسیله آزمایش شاخص شکنندگی S20 (تست پیشنهادی NTNU)، آزمایش شاخص نفوذ پانچ (Punch Penetration Index) و آزمایش سفتی شکست سنگ (Rock Fracture Toughness) قابل

قنات یا کاریز

گردآوری و تألیف

امیرعبداله ایران زاده، کارشناس ارشد مکانیک سنگ، شرکت خدمات مهندسی برق (مشانیر)

a.iranzadeh@moshanir.com

۱- مقدمه

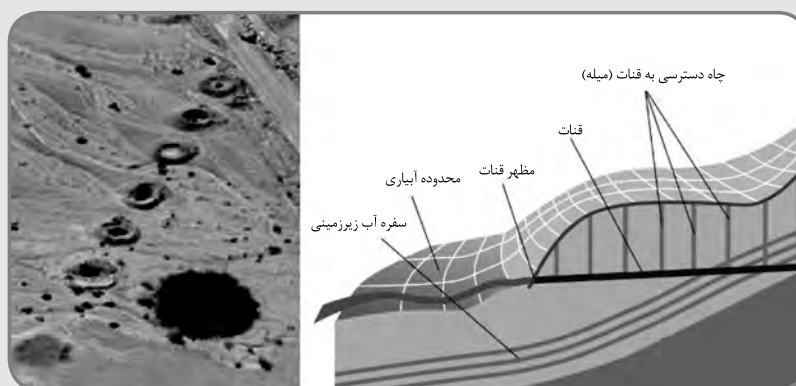
همراه با افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی، دغدغه تأمین آب و هدایت آن به مراکز تولیدی و مصرفی بخصوص در مناطق خشک و کم آب، افزایش یافته است، به گونه‌ای که هر ساله قسمت عمده‌ای از بودجه‌های عمرانی کشورهای خشک از جمله کشورمان ایران صرف توسعه طرح‌های عمرانی در بخش تأمین آب می‌شود و گواه آن ده‌ها طرح کوچک و بزرگ سد سازی، آبرسانی، تصفیه آب و فاضلاب و توزیع آب است.

با توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی، سرزمین ایران از دیرباز با مشکل کمبود آب مواجه بوده است. این مشکل و نیاز به تأمین آب، ایرانیان را به سوی ابداع روش‌هایی جهت کنترل و توزیع آب رهنمون شده است. نمونه‌های زیادی از سدهای باستانی که در اقصای نقاط ایران پس از گذشت قرن‌ها هنوز پابرجا هستند و همچنین شبکه عظیم قنات که وظیفه آبرسانی به نقاط خشک تمدن ایران زمین و تقسیم و توزیع آن را برعهده داشته‌اند، نشان دهنده درجه پیشرفت علوم مهندسی در ایران بوده است. از آنجاکه آگاهی از سابقه مهندسی در هر زمینه‌ای می‌تواند

روشنگر راه مهندسان در پروژه‌های پیش رو باشد، آشنایی با قنات به عنوان یکی از اولین سازه‌های زیرزمینی ساخت بشر، می‌تواند در آرایه نگرشی جدید به مهندسان تونل مدد رسان باشد.

۲- قنات

یکی از روش‌های بهره‌برداری استفاده از آب‌های زیرزمینی و در برخی موارد سطحی، قنات یا کاریز می‌باشد. مبنای عملکرد قنات، هدایت آرام و تدریجی آب از درون سفره‌های زیرزمینی بر روی زمین به وسیله یک تونل افقی با شیب کم و بدون استفاده از انرژی فسیلی و الکتریکی است. این تونل افقی «کوره» نامیده شده و چاه‌های عمودی یا «میله»، وسیله دسترسی به کوره می‌باشند. به این ترتیب کوره از فاصله‌ای چندین کیلومتری آب را هدایت کرده تا آب در نهایت در «مظهر» قنات بر سطح زمین و در محل استفاده ظاهر و جاری می‌گردد. این ساختار منظم و حساب شده در شرق ایران کاریز و در غرب ایران قنات نامیده می‌شود. در شکل ۱ بخش‌های اصلی قنات و نیز تصویری از یک رشته قنات از نمای بالا دیده می‌شود.



شکل ۱. عناصر اصلی قنات و تصویر یک رشته قنات

و عمق مادرچاه آنها (چاه اصلی قنات که در ابتدای رشته قنات حفر می‌شود) نیز کمتر می‌باشد و برعکس هر چه میزان بارندگی سالیانه کمتر باشد، طول قنات و عمق مادر چاه آن بیشتر خواهد بود؛ زیرا در مناطق پر باران، عمق سفره آب زیرزمینی کمتر خواهد بود. در ادامه نظریات موجود در رابطه با پیدایش قنات مرور شده‌اند.

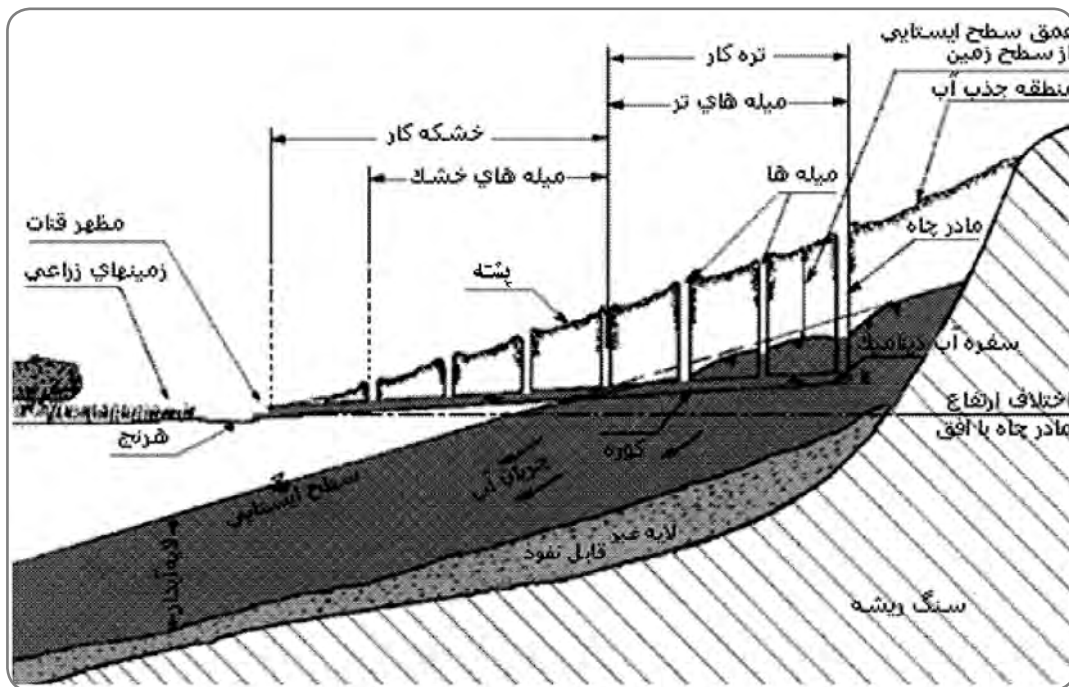
۳- پیدایش قنات

منشاء پیدایش قنات به طور دقیق مشخص نیست. ولی چهار نظریه مختلف در این مورد وجود دارند که در هر مورد، شواهدی برای آنها موجود است [۱]. این چهار نظریه به شرح ذیل می‌باشند.

- پیدایش اتفاقی قنات
- آموزش و انتقال فن حفاری زیرزمینی توسط معدنچیان به کشاورزان.
- انتقال آب از طریق کانال و پیدایش تدریجی قنات به دلیل ضرورت ایجاد پوشش برای کانال.
- لایروبی چشمه‌ها به منظور افزایش آبدهی آنها.

۴- اجزاء و ساختمان قنات

ساختمان قنات همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، به عنوان یک سیستم انتقال آب، از اجزای مختلفی تشکیل شده است. برخی از مهم‌ترین اجزای قنات‌ها در این مجال معرفی شده‌اند.



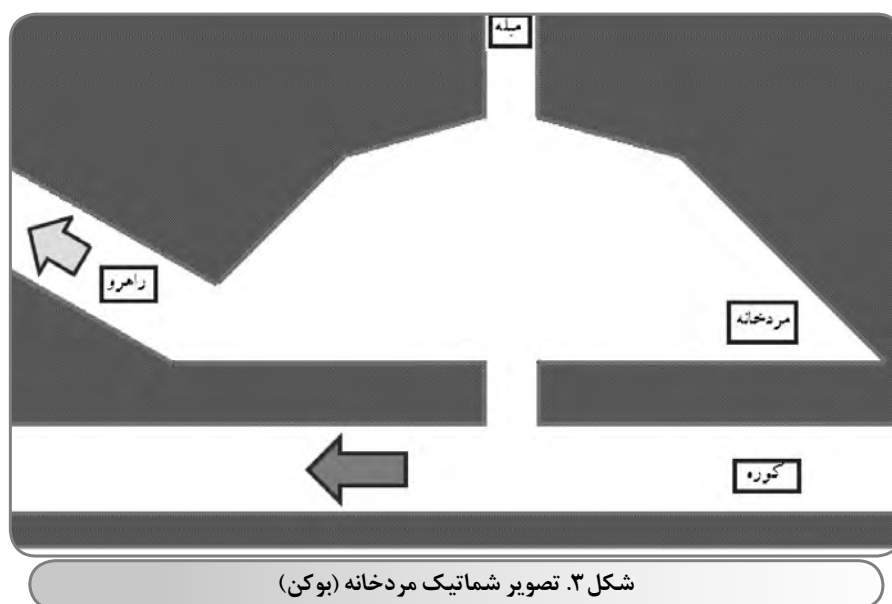
شکل ۲. برخی از اجزاء تشکیل دهنده قنات

تجربه سالیان متوالی (گاه هزاران سال) ثابت کرده است که آب به دست آمده از قنات به دلیل هماهنگی که با نظام طبیعی سفره‌های زیرزمینی دارد، معمولاً ثابت بوده و کمتر از پدیده‌هایی همچون خشکسالی متأثر شده است؛ به گونه‌ای که در بسیاری از نقاط ایران و جهان اگر نظام مهندسی قنات نبود، تمدن شهر و روستا پدید نمی‌آمد. آنچه از مطالعات گسترده محققان ایرانی و خارجی بر می‌آید، این است که نظام قنات و فن قنات سازی، اول بار در ایران و در حدود ۳۰۰۰ سال قبل ابداع شد و به تدریج به سایر نقاط جهان گسترش یافت [۴]. بدین ترتیب که در دوره هخامنشیان این شیوه در سواحل جنوبی خلیج فارس به وسیله ایرانیان استفاده شد و سپس طی لشکرکشی ایران به مصر، در آنجا نیز رواج یافت. با گسترش اسلام، قنات (فوگارا) در شمال آفریقا و سپس در جنوب اسپانیا و شهر مادرید دایر شد؛ بعدها اسپانیایی‌ها در مکزیک از این روش استفاده کردند و حتی دامنه کاربرد آن به لس آنجلس هم کشیده شد. در شرق ایران نیز قنات در چین و ترکستان توسعه یافت و قنات (منبو)، در ژاپن دارای قدمتی سیصد ساله است. به‌طور کلی علاوه بر ایران در ۳۴ کشور دیگر نیز قنات دیده شده است [۱].

در ایران بیش از ۳۰۰۰۰ پروژه آبرسانی توسط قنات با موفقیت کامل انجام شده است [۱] و اکثر آنها حتی پس از چندین قرن، همچنان از کارایی مناسب برخوردارند. قنات‌ها را به روش‌های مختلفی همچون منشأ پیدایش، برحسب طول، عمق و آبدهی طبقه بندی کرده‌اند. به‌طور مثال، هر چه مقدار بارندگی سالیانه بیشتر باشد، طول قنات‌ها کمتر

- ❖ مظهر: محلی در پایین ترین نقطه شیب زمین که کوره به اتمام رسیده و آب بر روی سطح زمین جاری می شود.
- ❖ هرنج: کانال روبازی که آب را از مظهر تا محل تقسیم و استفاده هدایت می کند.
- ❖ پشته: فاصله افقی بین دو میله است.
- ❖ تره کار: بخشی از کوره، حد فاصل مادرچاه تا جایی که سفره آب زیرزمینی را قطع می کند.
- ❖ خشکه کار: بخشی از کوره، حد فاصل جایی که سفره آب زیرزمینی

- می شوند.
- ❖ مادر چاه: اولین چاه از زنجیره چاه های قنات که به سفره آب زیرزمینی برخورد می کند.
- ❖ میله: سایر چاه ها در حد فاصل مادرچاه و مظهر قنات؛ که دارای فاصله ای حداقل ۱۰ و حداکثر ۵۰ متر بوده و برای انتقال مواد حفر شده، تأمین هوا و کنترل مسیر قنات حفاری می شوند.
- ❖ کوره: تونل افقی انتقال آب که انتهای میله ها را به هم متصل می کند و حفاری آن از سمت مظهر به سمت مادرچاه انجام می شود.



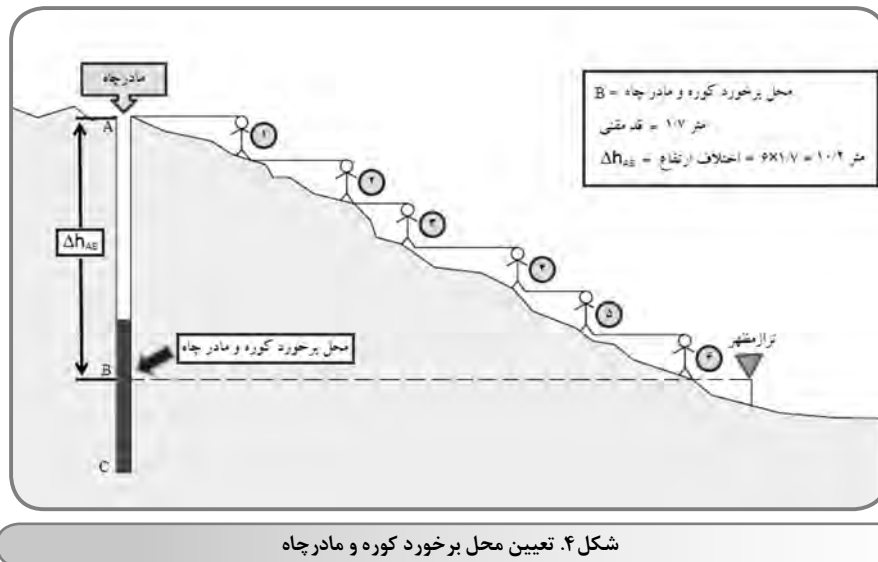
شکل ۳. تصویر شماتیک مردخانه (بوکن)

گمانه حفر شده مورد تأیید قرار گیرد، به عنوان مادرچاه انتخاب خواهد شد. حال بر اساس اختلاف تراز موجود بین عمق سطح ایستابی در مادر چاه و مظهر قنات و با در نظر گرفتن یک شیب هیدرولیکی مناسب برای جریان پیدا کردن آب در کوره، عملیات حفر قنات از مظهر آن به سمت مادرچاه آغاز می شود. نکته بسیار جالب در فرآیند به ظاهر ساده حفر کاریها، استفاده از روش های بسیار ساده و ابتکاری مهندسی در حل مشکلات اجرایی است. به طور مثال در تعیین محل برخورد کوره با مادرچاه از روش ترازکشی مقدماتی استفاده می شود، به این صورت که از محل مظهر مورد نظر با کمک قد یک انسان و طناب کشی، ترازبندی انجام شده و اختلاف ارتفاع بین مظهر و دهانه مادر چاه بدست می آید. در این حالت محل برخورد کوره و مادرچاه در صورت اطمینان از میزان آبدی طولانی مدت سفره، باید در عمقی برابر با اختلاف ارتفاع محاسبه شده باشد (شکل ۴).

را قطع می کند تا مظهر.
❖ بوکن (مردخانه): سرپناهی اطاق مانند به منظور استراحت مقنبان در عمق ۲ تا ۳ متری زمین است که در قنات های طویل و در هر سه کیلومتر یکی حفر می شده است. ابعاد آن حدود $4 \times 1/5$ متر مربع بوده است. در شکل ۳ مقطعی از آن ارایه شده است.
شایان ذکر است برخی اجزا همچون «مردخانه» در تمام قنات ها دیده نمی شوند ولی به منظور آشنایی معرفی شده اند.

۵- مهندسی قنات

در ساخت هر سازه، اولین مسأله ای که مطرح می شود مکان یابی آن است. در ساخت قنات نیز این قاعده صادق بوده و اولین پرسش، بی تردید محل قنات و به خصوص محل مادرچاه آن می باشد. در اینجا استادکار مقنی بر اساس دانش و تجربه خود از میان مناطق مختلف، بهترین محل را برگزیده و چاه هایی تحت عنوان گمانه حفر می شوند و در صورتی که



شکل ۴. تعیین محل برخورد کوره و مادر چاه

بیلچه، انواع کلنگ و در زمین‌های سخت و سنگی، قلم و چکش هستند. ابزار حمل شامل دلو، طناب، چرخ چاه و قرقره می‌باشند و ابزاری همچون تراز، شمشه، شاقول و قطب نما در زمره تجهیزات اندازه گیری هستند. در قنات‌های حفر شده در خاک‌های مستحکم (دژ) نیازی به مصالح خاصی برای نگهداری کوره و میله‌ها نیست. اما در جایی که قنات در زمین‌های ریزی حفر می‌شود، استفاده از تمهیدات نگهداری ضرورت می‌یابد. مهم‌ترین مصالح مورد استفاده در این شرایط «کول» و «تنبوشه» هستند. کول قطعه‌ای تخم مرغی شکل یا بیضی شکل و ساخته شده از سیمان (دوران جدید) یا سفال (قدیم الایام) می‌باشد [۱]؛ نکته جالب توجه، قدمت تنبوشه است که بر اساس تحقیقات انجام شده، از پیشینه‌ای ۲۵۰۰ ساله برخوردار است [۴]. همچنین به منظور آب‌بندی از ملات آهک و ساروج استفاده می‌شود.

از نکات بسیار جالب توجه در رابطه با تجهیزات مورد استفاده، لباس مقنی بوده است. بنابر مستندات ارایه شده توسط کرجی [۳] هرگاه فراوانی آب و چکه آن از سقف کاریز مانع کار می‌شد، مقنی باید پیراهنی چرمین از پوست دباغی شده که روی آن با پوششی از پیه مذاب گاو چرب و ضدآب شده بود، می‌پوشید و کلاهی نیز از همین جنس بر سر می‌گذاشت که از ناحیه گردن به پیراهن متصل بوده است تا از ورود آب به داخل بدن جلوگیری شود [۴].

۸ - چند نمونه از قنات‌های ایران

در این بخش تعدادی از قنات‌های منحصر به فرد ایران به منظور آشنایی بیشتر، معرفی می‌شوند.

۸-۱- قنات سد دار وزوان میمه [۱]

در قنات با احداث سدهای زیرزمینی می‌توان در فصول سرد که نیاز

روش‌های ابتکاری ساده و بسیار جالبی نیز در سایر موارد همچون هوادهی و تهویه چاه و کوره، کنترل امتداد حفاری، شیب و یا هنگام مواجهه با مشکلاتی همچون برخورد با آب در حفرات موضعی، سنگ‌های بزرگ استفاده می‌شده است که در منابع مختلف ذکر شده‌اند [۱]، [۲] و [۴].

۶ - نیروی انسانی

به مجموعه نفرات متخصص شاغل در امر حفر و نگهداری (لاپروبی) قنات، «مقنی» گفته می‌شود. به‌طور کلی و برحسب نوع قنات حداقل افراد مورد نیاز، سه تا پنج نفر می‌باشند که هر یک به میزان تجربه و کسوت خود دارای شرح وظایف به‌خصوصی هستند. این افراد به شرح ذیل تقسیم بندی می‌شوند. [۱]

۱. کلنگ دار: باتجربه‌ترین افراد بوده و کار حفاری کوره و میله‌ها و نیز تشخیص و کنترل جهت با ایشان است.
۲. گل بند: وظیفه جمع‌آوری خاک و گل حفاری شده در دلوهای بخصوص با اوست.
۳. لاشه کش: وظیفه حمل دلو پر تا کف میله و تعویض آن با دلو خالی را دارد.
۴. چرخ کش: با استفاده از چرخ چاه دلو پر را بالا کشیده و دلو خالی را پایین می‌فرستد.
۵. دلوگیر: دلو پر را در مکان مناسب تخلیه می‌کند.

۷ - ابزار، تجهیزات و مصالح

مجموعه ابزار و وسایل به‌کار رفته در قنات از گذشته تا کنون باقی مانده و بسیار ساده هستند. این ابزار به‌طور کلی شامل ابزار آلات حفر، حمل، اندازه گیری، ایمنی و روشنایی می‌باشند. انواع ابزار آلات حفر شامل بیل،



شکل ۵. نمای مظهر قنات غیاث آباد پشت کوه

کمتری به آب وجود دارد، آب را به سمت تغذیه سفره‌های زیرزمینی هدایت کرد؛ تعداد بسیار اندکی قنات با این ویژگی در جهان وجود دارند که قنات وزوان در میمه (در جاده تهران - اصفهان) از آن جمله است. طول کوره آن ۱۸۰۰ متر و عمق مادرچاه آن ۱۸ متر می‌باشد. مهم‌ترین بند آن بند سوم آن است که دارای پنج دریچه است. بستن دریچه‌ها و ذخیره آب از اول آذرماه شروع و تا فروردین ماه ادامه می‌یابد و سپس دریچه‌ها از بالا به پایین باز می‌شوند.

۸-۲- قنات ارونه [۱]

این قنات دارای آب نیم گرم بوده و در نزدیکی شهر اردستان قرار گرفته است. قدمت آن بسیار زیاد و به روایتی ۲۰۰۰ سال است. بانی آن را برخی کیومرث پیشدادی و برخی اردوان اشکانی گفته‌اند. طول آن ۴ تا ۵ کیلومتر بوده و دارای نظام تقسیم آب منحصر به فردی است که گفته می‌شود توسط خواجه نصیرالدین طوسی ابداع شده است.

۸-۳- قنات مون [۱]

قنات دوطبقه مون با قدمتی بیش از هزار سال یکی از بی نظیرترین سازه‌های باستانی آبرسانی در جهان می‌باشد. این قنات نیز همچون قنات ارونه در نزدیکی شهرستان سروستان قرار گرفته است. طول این قنات ۲ کیلومتر و عمق مادرچاه آن ۳۰ متر است. این قنات دارای دو طبقه «رو» و «زیر» به فاصله ۳ متر است که آب طبقه بالا به دلیل شرایط لایه‌بندی و زمین شناسی هرگز به طبقه پایین نفوذ نمی‌کند. براساس نظر مقتیان محلی، ابتدا قنات رویی حفر شده و به فاصله ۱۰۰ تا ۲۰۰ سال، قنات زیرین حفاری شده است.

۸-۴- قنات رکن آباد شیراز [۱]

با توجه به آنکه شیراز دارای رودخانه دائمی نمی‌باشد، آنچه باعث رونق و سرسبزی این شهر زیبا شده است، قنات‌های فراوانی است که با چیره دستی در آن احداث شده‌اند. از مهم‌ترین قنات‌های شیراز، قنات رکن آباد است که به «آب رکنی» نیز مشهور است. بانی این قنات، رکن‌الدین دیلمی بوده است.

۸-۵- قنات غیاث آباد پشت کوه [۴]

این قنات، قناتی است که مظهر آن در یک طرف کوه بوده و مزارع و باغات و آبادی در طرف دیگر کوه قرار دارند. بر این اساس، مقتیان ناگزیر شدند که آب را با یک تونل ۳۵۰ تا ۴۰۰ متری به آن سوی کوه برسانند. نکته قابل توجه در این قنات، نداشتن هیچ میله‌ای در طول تونل است. ناگفته پیداست که با توجه به فن آوری آنروز کار حفر و انتقال مواد سنگی خرد شده و نیز جهت یابی آن بسیار شگفت‌انگیز است. در شکل ۵،

تصویری از مظهر قنات مشاهده می‌شود.

۹- سخن پایانی

هدف از مجموعه مختصری که در این مجال بدان اشاره شد، آرایه تصویری هر چند کلی در رابطه با یکی از شگفت‌ترین سازه‌های ساخت بشر می‌باشد که در طی قرون متمادی بنیان یکی از درخشان‌ترین تمدن‌های بشری در ایران بر آن استوار بوده است. این سازه که تا امروز نیز به حیات و تأثیر خود تداوم بخشیده است، آنچنان در شئون زندگی ایرانیان مؤثر بوده که رد پای آن در بسیاری از آداب و رسوم و حتی اعتقادات مذهبی، هنوز پس از گذشت قرن‌ها دیده می‌شود. از این رو بی‌شک مطالعه در مورد آن علاوه بر آشنایی با جنبه‌های مختلف تمدن ایرانی، می‌تواند در افزایش آگاهی مهندسين تونل از پیشینه این فن در ایران، روشنگر باشد.

۱۰- منابع و مراجع

- [۱] حائری، محمدرضا؛ ۱۳۸۶؛ «قنات در ایران» مجموعه از ایران چه می‌دانم دفتر پژوهش‌های فرهنگی؛ چاپ اول.
- [۲] ۱۳۷۹؛ «مجموعه مقالات قنات»؛ جلد اول؛ شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد؛ چاپ اول.
- [۳] محمدبن الحسن الکرچی، ابوبکر - ترجمه خدیوچم، حسین؛ ۱۳۷۳؛ «استخراج آب‌های پنهانی (قرن ۵)» پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی - کمیسیون یونسکو در ایران؛ چاپ دوم.
- [۴] فرهنگی، بیژن؛ ۱۳۸۲؛ «ترنم آب در گذر زمان، مروری بر سازه‌های آبی ایران زمین از گذشته‌های دور تا به امروز» وزارت نیرو، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران.



بر آورد پارامترهای اصلی طراحی تونل با استفاده از الگوریتم تحلیل برگشتی (تونل متروی کرج - خط ۲ قطعه اول)

علی نقی دهقان، دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه علوم و تحقیقات تهران.....
eng_dehghan@yahoo.com
فریدون رضایی، عضو هیئت علمی پژوهشکده علوم زمین ایران.....
rezaic8@yahoo.fr
علی قنبری، عضو هیئت علمی دانشگاه تربیت معلم تهران.....
ghanbari@tmu.ac.ir
محمد خسرو تاش، مدیر عامل شرکت مهندسین مشاور تونل راد.....
mo_khosrotash@yahoo.com.....

چکیده

طراحی و شروع ساخت سازه‌های زیرزمینی در اکثر موارد تنها با آگاهی تقریبی از پارامترهای ژئومکانیکی توده خاک که برای تعیین روش ساخت و نیز طرح نگهداری ضروری هستند صورت می‌پذیرد. هدف از تحلیل برگشتی جابجایی‌های اطراف تونل در طی دوران احداث آن، اصلاح برآوردهای اولیه پارامترهای ژئومکانیکی زمین می‌باشد. امروزه کامپیوترها توانایی اجرای بسیاری از تحلیل‌های عددی را دارند، بنابراین زمان کافی برای انجام پروسه تحلیل برگشتی در اختیار می‌باشد. در این تحقیق نرم‌افزار کامپیوتری مورد استفاده Plaxis 3D بوده که توانایی فراهم آوردن شرایط خاک را دارد. مقادیر ژئوتکنیکی بدست آمده از آزمایشات مکانیک خاک به عنوان پارامترهای ژئوتکنیک در مدل‌سازی مورد استفاده قرار گرفتند. تحقیقات انجام گرفته برای پیدا کردن مناسب‌ترین الگوریتم آنالیز برگشتی از میان سه الگوریتم از تکنیک‌های جستجوی مستقیم بهینه‌سازی نشان داد که روش تک متغیره و روش تک متغیره متناوب، می‌توانند با موفقیت مقادیر بهینه پارامترها را صرف نظر از مقادیر اولیه آنها جستجو کنند. در حالی که روش الگویی، در برخی از موارد با موفقیت همراه نیست، در این مقاله تحلیل برگشتی از روش تک متغیره متناوب و به کمک داده‌های رفتارسنجی (ابزاربندی) تونل متروی کرج صورت گرفت. نتایج نشان داد که پارامترهای مدول الاستیسیته، مدول پواسون، چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی با مقادیر ارائه شده آنها توسط آزمایش‌های برجا و آزمایشگاهی متفاوت بوده و می‌توان آنها را به عنوان پارامترهای اصلی طراحی تونل معرفی کرد.



۲ - روش‌های انجام تحلیل برگشتی

تحلیل برگشتی مستقیم بر اساس کاهش مقدار اختلاف بین مقدار اندازه‌گیری شده جابجایی یا محاسبه شده از تحلیل عددی معمول با فرض پارامترهای مجهول استوار است [۵]. این عمل توسط تابعی موسوم به تابع خطا انجام می‌شود که به عنوان رابطه ۱، [۴] نشان داده شده‌اند.

$$\text{ERROR} = \frac{\sum_{k=1}^N [u_k - u_k^*]^2}{\sum_{k=1}^N u_k^*} \quad \text{رابطه (۱)}$$

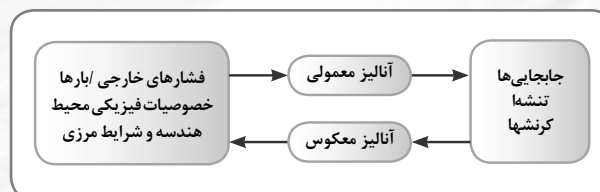
که در رابطه بالا u_k مقدار جابجایی محاسبه شده و u_k^* جابجایی اندازه‌گیری شده در نقطه اندازه‌گیری I می‌باشند. N تعداد نقاط اندازه‌گیری است. در روش تحلیل برگشتی مستقیم، سه الگوریتم که هماهنگی مناسبی با تحلیل برگشتی برای یافتن پارامترهای ϕ, c, v, E را دارند عبارتند از روش تک متغیره، روش تک متغیره متناوب و روش جستجوی الگویی. در روش تک متغیره، همه پارامترهای مجهول به جز یکی ثابت در نظر گرفته می‌شوند و با تکرار تحلیل به اندازه $N-1$ مرتبه مقدار پارامتر مذکور را با توجه به رابطه ۱ بهینه می‌کنند. سپس متغیر بهینه شده ثابت در نظر گرفته می‌شود و پارامترهای دیگری در این چرخه قرار می‌گیرند و در زمان واحد فقط یک پارامتر تکرار می‌شود. روش تک متغیره متناوب مانند روش تک متغیره می‌باشد، با این تفاوت که در زمان واحد چند پارامتر مجهول می‌توانند تغییر کنند. این مقدار تا زمانی که تابع خطا به مقادیر حدی خود برسد ادامه پیدا می‌کند. در روش تک متغیره مقدار اولیه X_1 برای متغیر در نظر گرفته می‌شود و در مراحل بعدی برای تغییر پارامتر مجهول از رابطه ۲، [۲] استفاده می‌کنند.

$$X_{i+1} = X_i + \lambda_i S_i \quad \text{رابطه (۲)}$$

۱ - مقدمه

تحلیل برگشتی عموماً به عنوان روشی تعریف می‌شود که می‌تواند پارامترهای کنترل کننده سیستم را به کمک تحلیل رفتار خروجی آن تأمین کند. این روش بیش از ۲۰ سال است که در زمینه مکانیک خاک و سنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در تحلیل برگشتی مسایل خاک و سنگ، هدف اصلی تعیین تنش‌های اولیه و ثابت‌های توده در برگیرنده از داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده می‌باشد [۱]. در تحلیل برگشتی می‌توان به دو روش عمل کرد، روش معکوس و روش مستقیم [۲]. در روش معکوس که یک روش با سابقه طولانی در مهندسی می‌باشد، با معکوس کردن روابط ریاضی تحلیل تنش و کرنش سیستم توده خاک و نگهداری، ثابت‌های مکانیکی توده خاک و تنش بر جای آن تعیین می‌گردد، و با توجه به جابجایی‌های اندازه‌گیری شده تنش‌ها و مشخصه‌های ژئومکانیکی را به دست می‌آورند. رابطه بین تحلیل برگشتی معکوس و روش تحلیل معمولی را می‌توان در شکل (۱) [۲] مشاهده نمود. اما باید توجه داشت که در موارد ساده استفاده از تحلیل برگشتی معکوس بسیار مناسب می‌باشد ولی معادلات پیچیده و غیر خطی این روش کمی با مشکل مواجه می‌شود. در تحلیل برگشتی معکوس و مستقیم، مقادیر به دست آمده یکتا نیستند. این موضوع بدین علت است که مدل مورد نظر را با توجه به جابجایی‌ها فرض می‌کنند و این خود باعث می‌شود که پارامترهای به دست آمده یکتا نباشند [۲]. در روش مستقیم بر اساس فرض پارامترهای مجهول اولیه و تکرار حل معادلات به روش معمول به تصحیح مقدار نهایی مجهولات به وسیله کاهش دادن مقدار تابع خطا می‌پردازند [۳].

از مزایای روش مستقیم این است که می‌توان آن را برای معادلات غیر خطی و بدون داشتن نگرانی از حل معادلات پیچیده ریاضی برای به دست آوردن مقادیر مجهول استفاده کرد. در این مقاله یکی از الگوریتم‌های تحلیل برگشتی به روش مستقیم که روش تک متغیره متناوب نامیده می‌شود، استفاده شده است. Joen و Yang (۲۰۰۴)، نشان دادند که روش تک متغیره و روش تک متغیره متناوب نتایج بهتری نسبت به روش جستجوی الگویی به دست می‌دهند [۱]. این روش برای تحلیل برگشتی تونل متروی کرج مورد استفاده قرار گرفته شده است.



شکل ۱. رابطه بین روش معمول تحلیل و تحلیل برگشتی [۲]

آتربرگ یک تقسیم بندی کلی بدست آمده، که محصول آن سه لایه اصلی، رس و سیلت (خاک‌های ریز دانه)، ماسه (خاک‌های درشت دانه) و شن (خاک‌های درشت دانه) می‌باشد [۳]. از آنجاکه تقسیم بندی بر این اساس نمی‌تواند یک قضاوت صحیح مهندسی را ارائه دهد، نتایج حاصل از آزمون SPT را که یک معیار شناخته شده برای مهندسی می‌باشد، به‌طور مستقیم در تقسیم‌بندی مذکور وارد کرده و یک طبقه‌بندی کاربردی برای آبرفت مسیر تونل متروی کرج - خط ۲ بیان شد که نتایج حاصل از آن شامل ۶ لایه، رس و سیلت ۱ (C1)، رس و سیلت ۲ (C2)، ماسه ۱ (S1)، ماسه ۲ (S2)، شن ۱ (G1) و شن ۲ (G2) می‌باشد. این لایه‌ها معرف کل خاک منطقه مورد مطالعه می‌باشد. آنچه باعث تمیز لایه‌های رسی و سیلتی ۱ و ۲، ماسه ۱ و ۲ و شن ۱ و ۲ از یکدیگر می‌شود مقدار N_{SPT} می‌باشد [۹].



شکل ۲. موقعیت قرارگیری قطعه اول خط ۲ متروی کرج [۶]

۲-۲- تحلیل برگشتی تونل با استفاده از داده‌های ابزار دقیق

در طول مسیر تونل، با توجه به رده‌بندی مهندسی خاک صورت گرفته، توده خاک دربر گیرنده دارای شرایط ناهمگن و از لایه‌های مختلف تشکیل شده است. تحلیل برگشتی صورت گرفته در این تحقیق بر اساس نتایج حاصل از جابجایی‌های قرائت شده توسط همگرایی سنج‌های نصب شده در دیواره و سقف تونل می‌باشد. بنابراین با توجه به ایستگاه‌های موجود نزدیک به جبهه کارهای حفاری به‌نظر می‌آید که در ایستگاه‌های ۴+۵۷۱ و ۶+۹۶۸ وترهای همگرایی سنجی فوقانی با توجه به حرکت جبهه حفاری فوقانی روند طبیعی داشته و مقادیر همگرایی‌ها در محدوده قابل قبول قرار دارند و نیز با دور شدن جبهه‌های حفاری تغییر شکل دیواره و سقف تونل ناچیز می‌باشد و همچنین از آنجایی که از شواهد بر می‌آید حفاری فوقانی تونل بیشتر در ۴ لایه C1 (قرمز رنگ)، S1 (سبز رنگ)، S2 (آبی رنگ) و G2 (زرد رنگ) می‌باشد و این دو ایستگاه نیز دقیقاً در همین لایه‌ها حفاری شده‌اند. در نتیجه این ایستگاه‌ها برای انجام تحلیل برگشتی در نظر گرفته شدند [۷]. بنابراین با توجه به محیط خاکی پیرامون ایستگاه‌های ذکر شده برای مدل‌سازی می‌توان از نرم‌افزار PLAXIS 3D که یکی از نرم‌افزارهای المان محدود پیشرفته برای تحلیل تغییر شکل‌ها و پایداری در پروژه‌های مهندسی ژئوتکنیک

که در آن λ_1 نسبت بین جابجایی به‌دست آمده از مرحله قبلی به جابجایی اندازه‌گیری شده است که به آن طول پله می‌گویند [۱]. S_p جهت جستجو می‌باشد که با توجه به روش مورد استفاده تعیین می‌گردد. روش الگوی جستجو به عبارت گسترده‌تر همان روش تک متغیره می‌باشد، در این روش یک پارامتر به صورت تک متغیره Π مرتبه تکرار می‌شود، سپس نقطه بهینه مورد نظر در فاصله S_p که در رابطه ۳، [۱] معرفی شده است به دست می‌آید.

$$S_p = X_i - X_{i-n} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه، مقدار X_i نقطه به‌دست آمده پس از پایان یک مرحله از انجام روش تک متغیره است، و X_{i-n} مقدار متغیر قبل از انجام تحلیل برگشتی می‌باشد. Jeon و Yang (۲۰۰۴)، به منظور دستیابی به مناسب‌ترین الگوریتم تحلیل برگشتی از میان روش‌های بهینه سازی، سه الگوریتم از روش‌های جستجوی مستقیم را به کار بردند و نتایج آنها را با هم مقایسه کردند [۱]، نتایج نشان داد که روش تک متغیره و روش تک متغیره متناوب می‌توانند با موفقیت مقادیر بهینه پارامترها را صرف‌نظر از مقادیر اولیه آنها جستجو کنند، در صورتی که روش جستجوی الگویی، در برخی از موارد با موفقیت همراه نیست. الگوریتم به کار رفته در این پژوهش روش تک متغیره متناوب می‌باشد.

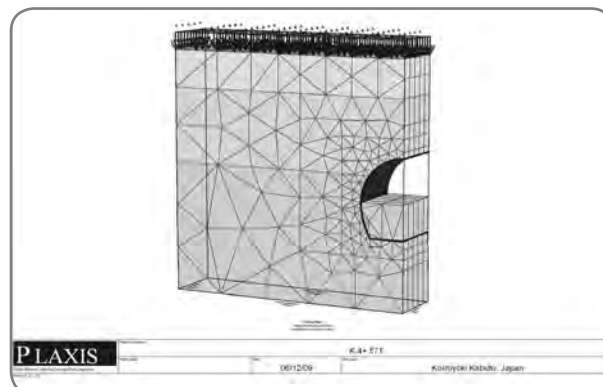
۳- اعمال الگوریتم روش تک متغیره متناوب در تحلیل برگشتی

تونل متروی کرج

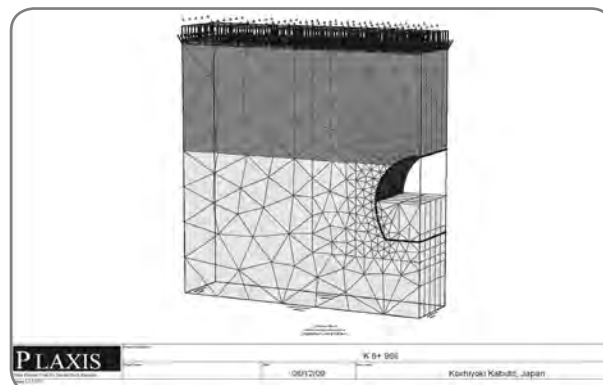
۳-۱- موقعیت تونل متروی کرج و وضعیت ژئوتکنیکی منطقه
تونل متروی کرج از کیلومتر ۴+۵۵۰ الی کیلومتر ۷+۰۴۵ واقع در بلوار شهید بهشتی کرج به روش جدید اتریشی با دو محل دسترسی به تونل در کیلومترهای ۵+۴۲۵ و ۶+۲۲۵ در حال احداث می‌باشد شکل (۲) [۶].
سازه تونل یک حلقه بیضی شکل (مقطع نعل اسبی) از بتن مسلح به عرض ۸/۴۰ متر و ارتفاع ۷/۸۰ متر است که در عمق ۱۴ تا ۲۰ متری (متوسط ۱۰ متر) از سطح زمین طبیعی قرار دارد. شهر کرج بر روی رسوبات آبرفتی جوان شکل گرفته است. این رسوبات حاصل فعالیت رودخانه کرج و رودخانه‌ها و سیلاب فصلی منشا گرفته از دره‌های موجود در ارتفاعات شمالی می‌باشند. این رسوبات را می‌توان به گروه‌های تراس‌های رودخانه‌ای قدیمی، پادگانه‌های جوان و مخروط افکنه‌های جوان تقسیم بندی نمود. تراز ارتفاعی محدوده احداث خط مترو، حدوداً ۱۳۰۵ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد. بررسی روی گمانه‌های حفاری شده در این محدوده نشان می‌دهد این رسوبات اغلب از خاک درشت دانه شن و ماسه تشکیل شده که با حرکت به سمت شرق ساختگاه و با دور شدن از قسمت‌های مرکزی مخروط افکنه کرج مصالح ریز دانه‌تر شده و از دیدگاه مکانیکی دارای مقاومت بالایی است [۸]. به‌طور کلی و بر اساس نتایج حاصل از آزمون‌های دانه بندی خاک و حدود

برای هر دو مدل ارایه شده، ۲۵ متر عرض و ۲۶ متر ارتفاع در نظر گرفته شده و مش بندی مناطق نزدیک تونل فشرده تر از مناطق دورتر از تونل می باشد. در اینجا تحلیل مدل به صورت الاستیک انجام شده و همچنین برای مدل سازی رفتار الاستیک مصالح خاک از مدل رفتاری موهر-کولمب استفاده شده است. با توجه به محل استقرار تونل در زیر خیابان و سربار حاصل از عبور وسایل نقلیه، با ایجاد یک بار ۴۰ کیلونیوتنی در هر متر مربع به مدل سازی این نکته پرداخته شده است. در مدل شرایط مرزی به صورت بستن جابجایی افقی در مرزهای چپ و راست مدل و بستن جابجایی قائم در مرز پایینی مدل، اعمال گردیده است. بعد از تعادل اولیه مدل، حفر قسمت فوقانی تونل و نصب نگهداری اولیه انجام می گیرد. برای تحلیل برگشتی از داده های همگرایی سنجی ایستگاه های ۴+۵۷۱ و ۴+۹۶۸ استفاده شد که از این داده ها، در ایستگاه ۴+۵۷۱ جابجایی در دیواره و سقف تونل به ترتیب ۱۱/۹ و ۶/۲۳ میلی متر و در ایستگاه ۴+۹۶۸ جابجایی در دیواره و سقف تونل به ترتیب ۷/۹۲ و ۵/۱۲ میلی متر به دست آمد [۷]. پارامترهای اولیه استفاده شده در مدل، پارامترهای بدست آمده از گزارش نهایی مطالعات ژئوتکنیکی خط ۲ متروی کرج توسط شرکت مشاور می باشد [۸]. به این ترتیب مقادیر مدول الاستیک، مدول پواسون، چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی با استفاده از الگوریتم تک متغیره متناوب و با به حداقل رساندن تابع خطا (رابطه ۱)، (مقایسه نهایی بین میزان همگرایی محاسبه شده در بخش بالایی تونل با همگرایی بدست آمده از ابزاربندی) برای لایه های S1, S2, C1 و G2 به دست آمدند که نتایج حاصل از آن در جدول (۱) و (۲) ارایه شده است.

به ویژه تونل استفاده کرد. از این رو با استفاده از نرم افزار PLAXIS 3D مدل سازی صورت گرفت که هندسه مدل های ساخته شده در شکل های ۳ و ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳. هندسه مدل عددی ساخته شده در نرم افزار Plaxis برای ایستگاه ۴+۵۷۱



شکل ۴. هندسه مدل عددی ساخته شده در نرم افزار Plaxis برای ایستگاه ۴+۹۶۸

میزان خطا mm	زاویه اصطکاک داخلی ϕ	چسبندگی C KN/M ²	مدول پواسون ν	مدول الاستیک E (MPa)	لایه ها
۰/۰۱	۳۱	۳۵	۰/۳۰	۴۳	S1
	۴۰	۵۷	۰/۳۰	۴۹	S2

جدول (۱): مقادیر پارامترهای ژئومکانیکی برای لایه های S1 و S2 در ایستگاه ۴+۵۷۱

میزان خطا mm	زاویه اصطکاک داخلی ϕ	چسبندگی C KN/M ²	مدول پواسون ν	مدول الاستیک E (MPa)	لایه ها
۰/۰۲	۲۵	۴۵	۰/۳۲	۳۱/۵	C1
	۴۰	۵۸	۰/۳۰	۸۵	G2

جدول (۲): مقادیر پارامترهای ژئومکانیکی برای لایه های C1 و G2 در ایستگاه ۴+۹۶۸

اصلی طراحی تونل معرفی کردند.

۵- پیشنهادات

از آنجایی که شناخت و برآورد دقیق پارامترهای اصلی طراحی تونل، جهت انجام صرفه‌جویی در وقت، بهینه‌سازی و دقت در امر طراحی و ساخت تونل حائز اهمیت می‌باشد، توصیه می‌شود آنالیز حساسیت جهت اطمینان از صحت کار انجام پذیرد.

۶- مراجع

- [1] Y.S. Joen; H.S. Yang; "Development of a back analysis algorithm using flac", Int J of Rock Mech. & Mining Sci. Vol. 41, No. 3, 2004
- [2] S. Back analysis in rock engineering. In Comprehensive Rock Engineering.(edited by John A. Hudson), Vo14, chap19.pp.453-569. Pergamon press, London. 1993
- [3] Feng Xt. Zhang z., Sheng Q. Estimating mechanical rock mass parameters relating to the three Gorges Project Permanent Ship lock using an intelligent back analysis method. Int J of Rock Mech and Min Sci 37. pp 1039-1054. 2000.
- [4] Shang. Y.J, Cai. J. GHao. W.D, Wu. X. Y, Li. S.H. Intelligent back analysis of displacement using precedent type analysis for Tunneling. Chinese Academy of Science Tunnelling and Underground technology, pergamon. Press, 2002.
- [5] Zang. L. Q, Yue. Z. Q Yang. Z. F, Qi. J. X, Liu. F. CA. Displacement- based back analysis method for rock mass modulus and horizontal in situ stress in tunneling- illustrated with a case study Chinese academy of Science. Elsevier. 2006.
- [۶] اجرای عملیات ساختمانی قطعه اول متروی کرج، سازمان متروی کرج و حومه، ۱۳۸۴
- [۷] خسرو تاش، مهران؛ تسکین دوست، مسعود؛ کشفی، مجتبی؛ گزارش تفصیلی رفتار سنجی در حین احداث تونل قطعه اول خط ۲ متروی کرج و حومه، مهندسی مشاور تونل راد، ش ۴، ۱۳۸۶.
- [۸] گزارش نهایی مطالعات ژئوتکنیک قطعه دوم مسیر مصوب متروی کرج و حومه، مهندسان مشاور دریا خاک پی، خرداد ۱۳۸۴.
- [۹] زرنگ زاده، سید صدرالدین (۱۳۸۷)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. مطالعه خصوصیات مهندسی آبرفت کرج و تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی خاک به منظور احداث پروژه خط ۲ متروی کرج



همان‌گونه که در جداول ۱ و ۲ درج شده است خطای نسبی به دست آمده از مقایسه نهایی بین همگرایی محاسبه شده در بخش بالایی تونل با همگرایی به دست آمده از ابزار بندی به ترتیب برای ایستگاه ۴+۵۷۱ برابر ۰/۰۱ میلی‌متر و برای ایستگاه ۶+۹۶۸ برابر ۰/۰۲ میلی‌متر است، که مقدار مناسبی برای تحلیل برگشتی می‌باشد.

۴- نتیجه گیری

در این مقاله، تحلیل برگشتی با روش تک متغیره متناوب که روشی ساده و کاربردی برای داده‌های حاصل از ابزار بندی می‌باشد، با استفاده از نرم‌افزار Plaxis 3D برای تونل متروی کرج-خط ۲ قطعه اول انجام گرفت و پارامترهای ژئومکانیکی توده خاک در برگزیده تونل تعیین گردید. که این کار به کمک داده‌های ابزار دقیق و پس از چندین بار تکرار مدل، تابع خطای تعریف شده به حداقل رسید. نتایج نشان داد که پارامترهای مذکور با آنچه که توسط مشاور ارایه شده بود، متفاوت است. در نتیجه مدل کالیبره شده است و آماده طراحی و اجرای مراحل دیگر تحلیل پایداری می‌باشد. همچنین مشاهده شد، در حین عمل تحلیل با کوچکترین تغییرات (افزایش یا کاهش) از طرف هرکدام از پارامترهای ژئومکانیکی توده در برگزیده تونل، تغییراتی در میزان جابجایی‌ها در دیواره و سقف تونل ایجاد می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تمام این پارامترها، می‌توانند به عنوان پارامترهای

طراحی شفت تهویه تونل بلند زاگرس

سعید مشکین، کارشناس ارشد مهندسی معدن، مهندسین مشاور ایمن سازان..... saeedmeshkin@yahoo.com
مسعود بیاتی، کارشناس ارشد مکانیک سنگ، مهندسین مشاور ایمن سازان..... bayati_massoud@yahoo.com
محمد شعوری، مدیر طرح پروژه تونل بلند زاگرس، مهندسین مشاور ایمن سازان..... m.shouri@yahoo.com

چکیده

تونل بلند زاگرس با طول تقریبی ۲۶ کیلومتر به روش حفاری مکانیزه با به کارگیری ماشین حفار تونل با سیر تلسکوپ (D.S.TBM) در منطقه کوهستانی زاگرس واقع در غرب ایران در حال اجرا است. با توجه به تجارب حاصل از حفاری مقاطع قبلی این تونل در سازند گرو (متر ۳۷۰۰ تا ۵۰۰۰)، در حین حفاری، مقدار زیادی آب گازدار وارد تونل شده و این مساله مشکلات اجرایی فراوانی به جهت ورود مقدار زیاد آب به محوطه و متعاضد شدن حجم وسیعی از گاز سمی و خطرناک H_2S و سمی شدن هوای داخل تونل در حین ساخت، به همراه داشته است. با توجه به مقاطع طولی زمین شناسی مسیر تونل، سازند مذکور مجدداً در متر ۱۳۵۰۰ نیز سر راه تونل قرار خواهد گرفت و در این متر ۳۷۰۰ هوارسانی به سینه کار تونل از راه پرتال با توجه به حجم بسیار زیاد هوای مورد نیاز برای ترقیق گاز و طول زیاد مسیر، در عمل، به نحو مطلوب امکان پذیر نمی باشد. با توجه به مشکلات ذکر شده، احداث شفت جهت تقویت سیستم تهویه و هوارسانی بهتر به سینه کار تونل در متر ۱۳۳۰۰ مد نظر قرار گرفته است. نوشتار پیش رو به صورت کاربردی مسایل اساسی مورد نیاز در طراحی شفت مذکور شامل بررسی شرایط زمین شناسی، روش حفر، نحوه اتصال شفت با تونل اصلی و طرح های ارایه شده برای هر یک از موارد مذکور را بیان می کند. این شفت با قطر ۳ متر و عمق تقریبی ۱۸۷ متر در شیل های سازند گورپی، با استفاده از روش سنتی چالزنی و آتشیاری، حفر شده است.

کلمات کلیدی: تونل بلند زاگرس، شفت تهویه، حفر شفت، چالزنی و آتشیاری

۱- مقدمه

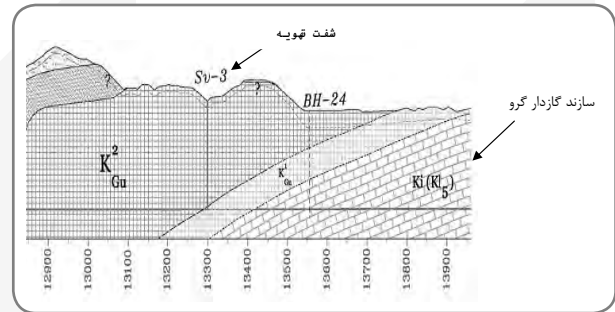
مجدداً به سازند گرو برخورد و مشکلات ناشی از ورود حجم زیاد آب و گاز به داخل تونل را پیش رو خواهیم داشت، با توجه به طول زیاد تونل، امکان اجرای عملیات هوارسانی مطلوب، تنها از یک راه دسترسی میسر نمی باشد. بنابراین گزینه احداث شفت با هدف اصلی تقویت هوارسانی مطلوب به سینه کار و اهداف فرعی گذراندن لوله های آبکشی، هوای فشرده و کابل های برق و ایجاد راه دسترسی اضطراری مورد توجه قرار گرفت. در شناسایی و انتخاب محل احداث شفت در محدوده مورد نظر، پارامترهایی نظیر کاهش دادن عمق شفت تا حد امکان، انتخاب شرایط مناسب زمین شناسی اعم از لیتولوژی، تکتونیک، وضعیت آب زیرزمینی، شرایط محلی (راه دسترسی به دهانه شفت، تملیک زمین مورد نیاز در دهانه شفت، امکان تأمین انرژی برق و غیره) لحاظ شدند و در نهایت نقطه ای برای احداث در نظر گرفته شد که شفت در آن نقطه دارای طول نسبتاً کمتر (۱۸۷ متر) و شرایط زمین شناسی مناسب تر و خارج از سازند گرو گازدار، ولی در نزدیکی آن باشد تا از هجوم آب گازدار به داخل شفت که عملاً روند

تونل بلند زاگرس در مسیر خود در چند محدوده با سازندهای گازدار برخورد می نماید. بر اساس تجربیات حاصل از حفاری در مقاطع قبلی تونل مذکور در سازند گرو (متر ۳۷۰۰)، در حین حفاری در سازند مذکور حجم قابل توجهی از آب گازدار وارد محوطه تونل می شود. این مساله مشکلات اجرایی خاصی از جهت ورود آب بسیار زیاد به محوطه تونل (مساله آبکشی) و هم به دلیل متعاضد شدن زیاد گاز سمی و خطرناک H_2S و سمی شدن هوای محیط تونل (مسئله تهویه) بر پروژه تحمیل می نماید. نظر به اینکه فاصله سینه کار تونل از پرتال در مقاطع قبلی که با سازند مذکور مواجه گردید کم بوده، با نصب چند دستگاه جت فن بصورت سری در پرتال و انتقال هوا با استفاده از کیسه فن با قطر ۲ متر تا جبهه کار، مساله تهویه تا حد زیادی حل شده و با توجه به حفاری تونل مذکور در شیب مثبت، با به کارگیری چند دستگاه پمپ و لوله های انتقال، مشکل آبکشی نیز مرتفع گردید. اما با افزایش بیشروی سینه کار تونل تا متر ۱۳۵۰۰ که

سازند گرو و در داخل سازند گورپی (متر از ۱۳۳۰۰) انتخاب گردید.

۲- زمین شناسی

هدف از مطالعات زمین شناسی مهندسی و مهندسی سنگ ارزیابی کیفیت توده سنگ و به دست آوردن پارامترهای دگرشکلی و مقاومتی توده سنگ می باشد. از این اطلاعات می توان در طراحی روش اجرا و سیستم نگهداری سازه استفاده کرد. بسته به نوع سازه، اهمیت مطالعات زمین شناسی مهندسی متفاوت می باشد. با توجه به اینکه هدف از احداث شفت تهویه، سرویس دهی به کل مسیر تونل و تأمین هوای مورد نیاز در طول زمان حفر تونل می باشد، طراحی شفت مذکور، نیاز به دقت فراوان داشته و مطالعات زمین شناسی مهندسی محدوده آن از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد.



شکل ۱. مقطع زمین شناسی تونل و موقعیت شفت و سازند گازدار

اجرای شفت را مختل می نمود دوری گردد. بنابراین ساختگاه آن در کنار

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی و مکانیکی ماده سنگ درونگیر شفت

ویژگی	مقاومت فشاری تک محوره	مقاومت کششی	دانسیته خشک	دانسیته اشباع	تخلخل	هوازدهی
مقدار	۳۵ MPa	۲ MPa	۲/۴۵ gr/cm ³	۲/۵۵ gr/cm ³	۱۰-۵ درصد	نسبتا هوازده

جدول ۲- پارامترهای مقاومتی توده سنگ میزبان شفت

ویژگی	چسبندگی	زاویه اصطکاک داخلی	مدول دگرشکلی
مقدار	۰/۵ MPa	۳۹ درجه	۴ GPa

سایر نیازمندی ها از قبیل آبکشی و ملاحظات ایمنی و غیره، قطر مورد نیاز انتخاب شود و با در نظر گرفتن روش اجرای شفت (سنتی یا مکانیزه)، قطر مورد نیاز تدقیق گردد.

شکل مقطع شفت مذکور بنا به ملاحظات مکانیک سنگی (پایداری بیشتر مقطع دایره ای نسبت به مقاطع گوشه دار) و راحت تر بودن اجرای مقطع دایره ای و داشتن سطح مقطع بیشتر در محیط یکسان نسبت به سایر اشکال، دایره ای در نظر گرفته شده است.

هدف اصلی احداث این شفت، عبور دادن داکت تهویه و تقویت سیستم هوارسانی به سینه کار تونل زاگرس می باشد. علاوه بر عبور داکت تهویه، در صورت لزوم، عبور لوله های آب جهت آبکشی، کابل های انتقال برق، لوله های هوای فشرده و غیره نیز می توانند از اهداف فرعی احداث این شفت باشند.

علاوه بر موارد بیان شده، با توجه به عمق زیاد شفت (۱۸۷ متر)، نیاز به یک وینچ بالابر برای حمل و نقل مصالح و پرسنل در حین اجرا و همچنین دسترسی به هر عمقی از شفت جهت نصب و سرویس داکت و سایر تاسیسات داخل شفت در حین بهره برداری و تردد در مواقع اضطراری می باشد. با توجه به موارد ذکر شده، در نهایت مقطع شفت بصورت دایره ای و با قطر ۳ متر در نظر گرفته شد.

بر اساس بررسی پروفیل طولی زمین شناسی مسیر تونل و همچنین آشنایی نسبی با منطقه پروژه و مطالعه نزدیک ترین گمانه، پیش بینی شده بود که این شفت در واحد شیلی گورپی اجرا خواهد شد. این واحد شامل شیل خاکستری تیره با ضخامت زیاد (تا ۱۰ متر) و بین لایه های ماسه سنگی با رنگ سبز تیره با سطح هوازده و لایه بندی متوسط تا ضخیم (۰/۵ تا ۲ متر) می باشد که خصوصیات ژئومکانیکی سنگ بکر و توده سنگ مذکور در جداول (۱) و (۲) آورده شده است.

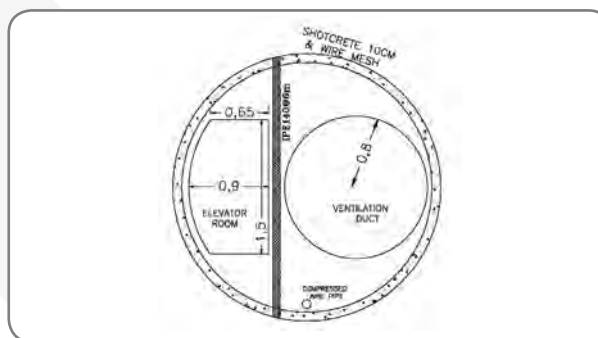
برای اطمینان از وضعیت زمین شناسی ساختگاه، قبل از شروع حفاری شفت، در فاصله دو متری از دیواره شفت مذکور یک حلقه چاهک با قطر ۱۷ اینچ با هدف شناسایی دقیق تر لیتولوژی و وضعیت آب و گاز سنگ میزبان با دستگاه حفار حفر شد که اطلاعات حاصل از این چاهک لیتولوژی پیش بینی شده و عدم وجود گاز در مسیر حفر این شفت را تایید می نماید. شایان ذکر است که در طول دوره اجرا شفت، در برخی مقاطع از چاهک اکتشافی مذکور جهت اهداف آبکشی و خشک کردن محوطه شفت با به کارگیری پمپ شفت و غلاف استفاده شده است.

۳- شکل و ابعاد مقطع

برای تعیین شکل دقیق مقطع و ابعاد بهینه شفت لازم است متناسب با حجم هوای مورد نیاز برای تریق منابع آلوده کننده هوای داخل تونل و

۴- انتخاب روش حفر

روش حفر شفت‌ها با در نظر گرفتن پارامترهایی چون جنس و مقاومت زمین، قطر و عمق شفت، زمان در اختیار برای ساخت و مسایل اقتصادی و سایر ملاحظات انتخاب می‌گردد.



شکل ۲. مقطع شفت و جانمایی داکت تهویه و بالابر در زمان بهره‌برداری

(از فضای خالی می‌توان برای گذراندن لوله‌های سیستم آبکشی، لوله‌های هوای

فشرده، کابل‌های برق و ... در زمان بهره‌برداری استفاده کرد)

حفر شفت به روش مکانیزه در زمین‌هایی با مقاومت کم تا زیاد و در سطح مقطع دایره‌ای (تا قطر ۱۰ متر) کاربرد دارد و در بیشتر مواقع در صورت زیاد بودن مترژ حفاری (مثلاً حفر چند حلقه شفت در کنار یکدیگر) توجیه اقتصادی دارد.

حفر شفت با روش چالزنی و آتشیاری در زمین‌هایی با مقاومت متوسط تا زیاد و با قطر بیشتر از ۲/۵ متر و در عمق‌های زیاد نیز امکان‌پذیر است و برای هر نوع شکل مقطعی نظیر دایره‌ای و چهارگوش کارایی دارد. برای اجرای شفت مذکور، با لحاظ کردن ملاحظات فنی و اقتصادی و لزوم کاهش زمان اجرا (اتمام ساخت تا قبل از رسیدن TBM به مترژ ۱۳۳۰۰)، روش سنتی چالزنی و آتشیاری انتخاب شده است.

چالزنی و آتشیاری به عنوان معمول‌ترین روش حفاری در پروژه‌های معدنی و عمرانی مطرح است. نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه نسبتاً کم، قابلیت استفاده از تجهیزات در پروژه‌های مختلف، انعطاف‌پذیری کافی در مواجهه با شرایط زمین‌شناسی متفاوت، سهولت تأمین قطعات یدکی و لوازم مصرفی و وجود تجارب اجرایی در اکثر پیمانکاران داخلی، از مهم‌ترین مزایای این روش در مقایسه با سایر روش‌ها می‌باشد.

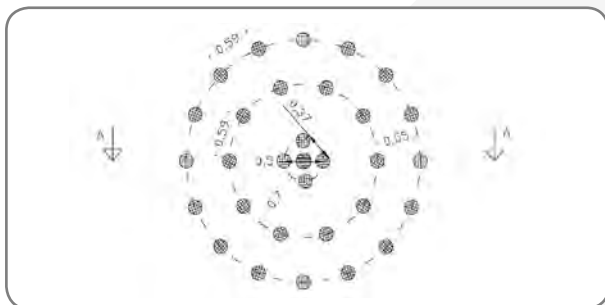
ارایه طرح چالزنی و آتشیاری مناسب، به عوامل مختلفی مانند مشخصات دستگاه حفر چال، نوع و مشخصات مواد ناریه مصرفی، شرایط زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی توده‌سنگ و ... بستگی دارد.

روش حفر این شفت به صورت تمام مقطع پیشنهاد شده است. یعنی بدین صورت که پیشروی در تمام مقطع شفت هم‌زمان و به یک اندازه است. در الگوی انفجار پیشنهاد شده برای شفت، چال‌ها به صورت موازی و عمود بر سینه کار (موازی راستای پیشروی) حفر می‌شوند و به سه دسته چال‌های برش، چال‌های پیشروی و چال‌های محیطی تقسیم می‌شوند. به دلیل ایجاد دیواره صاف، کاهش اضافه حفاری و بالا رفتن سطح پایداری دیواره شفت،

چال‌های محیطی بصورت کنترل‌شده طراحی شدند.

ایده اساسی در تقسیم‌بندی مذکور و نحوه طراحی مشخصات چال‌ها، بدین صورت است که با انفجار هر بخش از چال‌ها، سطح آزاد بیشتری برای انفجار چال‌های بعدی ایجاد شود. در این میان چال‌هایی که در ابتدای عملیات منفجر می‌شوند از نقش اساسی در ایجاد سطح آزاد برخوردارند. بدیهی است که انفجار مرحله‌ای چال‌ها، مستلزم بکارگیری چاشنی‌های تاخیری می‌باشد. علاوه بر تاخیرها که نقش زیادی در بازدهی مطلوب طرح آتشیاری دارند، نحوه توزیع خرج در چال‌ها، بویژه چال‌های محیطی از اهمیت زیادی برخوردار است. خرج چال‌ها، فشنگ‌های دینامیت می‌باشد که با چاشنی‌های تاخیری منفجر می‌شوند. قطر چال‌ها ۳۳ میلی‌متر در نظر گرفته شده که با استفاده از پر فوراتور پنوماتیکی دستی، توسط کارگر ماهر حفر می‌گردند.

به جهت رعایت اصول انفجار کنترل شده، مقادیر بارسنگ، فاصله‌داری و مقدار خرج چال‌های محیطی نسبت به چال‌های پیشروی کاهش داده شده و در عوض تعداد چال‌ها افزایش یافته است. همچنین به دلیل اینکه چال‌های برش باید سطح آزاد برای سایر چال‌ها ایجاد نمایند، مقادیر فاصله‌داری و بارسنگ آنها نسبت به چال‌های پیشروی کاهش داده شده است. در مرکز شفت تعداد چهار حلقه چال با قطر ۳۳ میلی‌متر به صورت



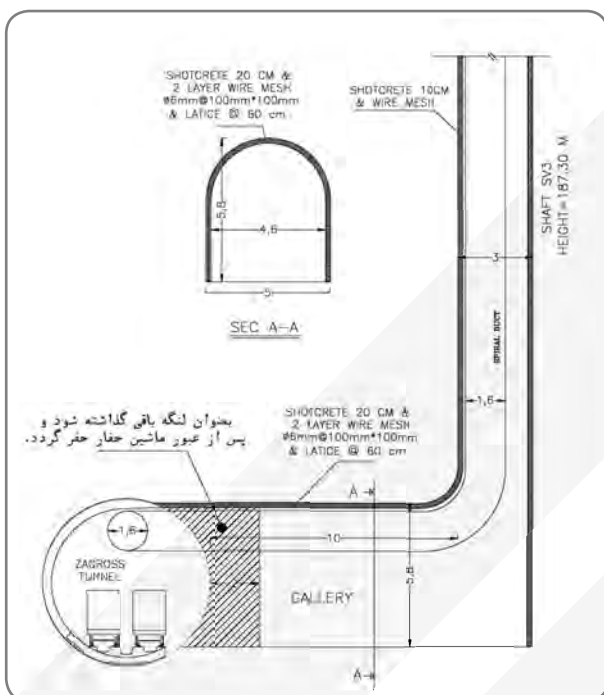
شکل ۳. الگوی چالزنی در سینه کار شفت (ابعاد به متر)

چسبیده به هم حفر می‌شوند و آنها را خالی باقی می‌گذارند تا به عنوان سطح آزاد اولیه عمل نمایند.

عمق چال‌های انفجار ۱/۶ متر در نظر گرفته شده که با احتساب بازده ۸۵ درصد، مقدار پیشروی در هر سیکل انفجار، حدود ۱/۴ متر پیش‌بینی می‌گردد. چال‌های برش و پیشروی عمود بر سینه کار و چال‌های محیطی با کمی زاویه به سمت خارج دیواره شفت حفر می‌گردند. مقدار خرج ویژه در حفر شفت مذکور ۳ کیلوگرم بر متر مکعب و مقدار حفاری ویژه ۶/۷ متر بر متر مکعب برآورد گردیده است.

مقدار نرخ پیشروی این شفت با در نظر گرفتن سه شیفت کاری ۸ ساعته در هر ۲۴ ساعت، ۶۰ سانتی‌متر در شبانه‌روز پیش‌بینی می‌گردد.

برای خارج نمودن مصالح حاصل از حفاری، یک دستگاه وینچ و یک باکت فولادی با ظرفیت ۰/۷ متر مکعب که با تسمه‌های فولادی به قرقره وینچ بالابر جرثقیل متصل شده، استفاده می‌شود. سیستم بالابر شامل اجزا اصلی



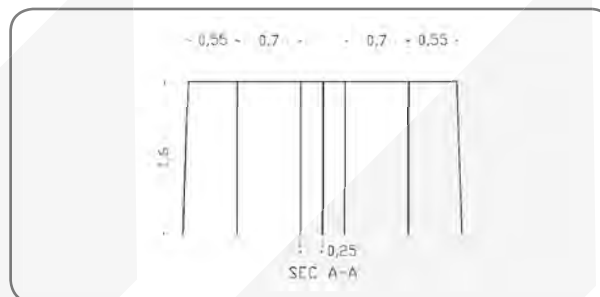
شکل ۷. مقطع طولی شفت و نمایش مقاطع طولی و عرضی داکت تهویه و گالری اتصال و مقطع عرضی تونل اصلی

از هوازدگی و پرتاب قطعات جدا شده توده سنگ بصورت بلوک، به داخل شفت مذکور، سیستم نگهداری دیواره‌های این شفت به صورت اجرای دو لایه شاتکریت بضخامت ۵ cm (در مجموع ۱۰ سانتی متر) و یک لایه مش فولادی با مشخصات ۱۰ cm*10 cm*φ6@ در بین دو لایه شاتکریت پیشنهاد شده است.

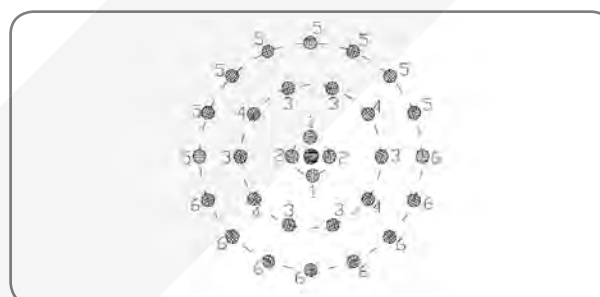
سیستم نگهداری گالری اتصال شفت با تونل اصلی، شامل دو لایه ۱۰ سانتیمتری شاتکریت (در مجموع ۲۰ سانتی متر) و دو لایه مش فولادی با مشخصات ۱۰ cm*10 cm*φ6@ و نصب لتیس بفواصل ۶۰ سانتیمتر می‌باشد.

۸ - منابع

1. William G.Pariseau (2007) "Design Analysis in Rock Mechanics", Taylor & Francis, London.
2. L. J. Pakianathan & A. K. L. Kwong (2002) "Design and Construction of Deep Shafts in Hong Kong Special Administrative Region (SAR)", China.
3. Isadore Irvin Matunhire (2005) "Design of Mine Shafts", Department of Mining Engineering, University of Pretoria, Pretoria, South Africa.



شکل ۴. پترن طولی چال‌های انفجار در راستای پیشروی شفت (ابعاد به متر)



شکل ۵. نمایش اولویت زمانی انفجار چال‌های انفجار در شفت

تجهیزات مکانیکی و برقی شامل موتور وینچ، چرخ طناب خور و سایر قرقره‌ها، دکل، باکت یا سطل و هادی‌های داخل شفت (ریل‌هایی برای کنترل حرکت باکت روی دیواره شفت) و غیره می‌باشد. چرخه عملیات در روش اجرای مذکور شامل حفر چال‌های انفجار، خرج گذاری، انفجار، تهویه، بازرسی و لق گیری، بارگیری، حمل، تخلیه و نصب سیستم نگهداری می‌باشد.

۶ - نحوه اتصال شفت با تونل اصلی

با توجه به اینکه فاصله بین شفت و تونل اصلی حدود ۱۲ متر می‌باشد، برای اتصال شفت به تونل اصلی، یک گالری با مقطع D شکل در نظر گرفته شده که عرض و ارتفاع آن به ترتیب ۵ و ۶ متر و سطح مقطع آن حدود ۲۶ متر مربع می‌باشد.

داکت تهویه با قطر ۱/۶ متر، هوای تمیز را توسط فن‌های نصب شده بر سر شفت به داخل تونل اصلی زاگرس وارد و در امتداد داکت اصلی تونل امتداد خواهد یافت. جزئیات طراحی شفت و گالری اتصال آن به تونل در شکل ۷ نمایش داده شده است.

۷ - سیستم نگهداری

نظر به اینکه جنس سنگ میزبان شفت، شیل و دارای قابلیت هوازدگی شدید می‌باشد و روش اجرای این شفت که روش سنتی چالزنی و آتشباری است و ایجاد درزه و شکستگی در جداره شفت خواهد نمود، جهت جلوگیری

تعیین سرعت بحرانی درون تونل البرز در حین آتش سوزی بر اساس روابط تجربی

بهزاد نیکنام، دانشجوی کارشناسی ارشد استخراج معدن دانشگاه صنعتی امیر کبیر behzadniknam@aut.ac.ir

حسن مدنی، استادیار دانشکده معدن و متالورژی دانشگاه صنعتی امیر کبیر

حسین سالاری راد، استادیار دانشکده معدن و متالورژی دانشگاه صنعتی امیر کبیر

چکیده

سرعت بحرانی، حداقل سرعت هوا در امتداد محور طولی تونل حین آتش سوزی برای جلوگیری از گسترش طولی دود در جهت بالا دست محل آتش سوزی است. اندازه این سرعت برای حالت تهویه طولی، به ویژه در تونل‌های با ترافیک یک طرفه، اهمیت بالایی دارد. روابط تجربی حاصل از آزمایش آتش سوزی بزرگ مقیاس درون تونل، نظیر سری آزمایش تونل مموریال در آمریکا، امکان محاسبه تقریبی سرعت بحرانی را در اختیار مهندس تهویه قرار می‌دهد. در این مقاله به سرعت بحرانی درون تونل با استفاده از فرمول‌های نیمه تجربی، در مورد تونل‌های اصلی البرز واقع در آزاد راه تهران شمال پرداخته شده است. نتایج حاصل از رابطه هو و بیکر همخوانی مناسبی با نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده در مقیاس واقعی آتش سوزی دارند. از این رو برای کنترل دود حین آتش سوزی درون تونل البرز، سرعت بحرانی حاصل از این رابطه پیشنهاد می‌گردد.

کلید واژه: سرعت بحرانی، تونل البرز، آتش سوزی در تونل، تهویه تونل



۱- مقدمه

تونل می‌شوند. با توجه به آمارهای انتشار یافته بین یک تا سه آتش‌سوزی شدید از میان یک هزار میلیون کامیون (به ازای هر کیلومتر از طول تونل) رخ می‌دهد [۱].

اگر چه احتمال رویداد آتش‌سوزی‌های بزرگ و خطرناک با توجه به این آمار بسیار کم است؛ اما به دلیل این که بسیاری از تونل‌های جاده‌ای ترافیک بالا و طول زیادی دارند (تنها در اروپا ۱۵ هزار تونل جاده‌ای، ریلی با طول بسیار زیاد وجود دارد)، احتمال رویداد آتش‌سوزی‌های مهیب در این تونل‌ها بیشتر از آمار موجود است. در حقیقت تصادفات مرگبار و مهم آتش‌سوزی، هر ساله در تونل‌های راه‌آهن اتفاق افتاده است [۱].

مطابق با آمار کشورهای سوئد، ایتالیا و فرانسه، تصادفات جاده‌ای درون تونل نسبت به فضای باز کمتر اتفاق می‌افتد. اما بدون شک، آتش‌سوزی درون تونل بسیار خطرناک‌تر از آتش‌سوزی در فضای باز است. براساس آمار کشور فرانسه، به ازای هر یک میلیون ماشین عبوری از تونل (به ازای هر کیلومتر از آن)، یک یا دو ماشین دچار حریق می‌شوند. همچنین به ازای هر یک صد میلیون کامیون و تریلر باری عبوری از تونل (به ازای هر کیلومتر از آن)، در حدود هشت مورد آتش‌سوزی اتفاق می‌افتد که از میان آن تنها یک یا دو مورد غیرقابل کنترل‌اند و باعث آسیب‌رساندن به کاربران و سازه

جدول ۱. خلاصه ای از آتش‌سوزی درون تونل‌ها [۱]

سال	نام تونل	طول تونل (متر)	محل	ماشین در ابتدای آتش	علت آتش‌سوزی	زمان آتش‌سوزی	صدمات وارده	
							مردم	ماشین
۱۹۴۹	هلند	۲۲۵۰	نیویورک	کامیون باری ۱	افتادن بار	ساعت ۴	کامیون ۱۰ سواری ۱۰	
۱۹۵۰	کاجی	۷۴۰	توکیو	کامیون حامل ۱ لیتر رنگ ۳۶۰۰	تصادف با دیواره تونل	دقیقه ۸۰	کشته ۱ کامیون ۲	
۱۹۷۰	نیهونزاکا	۲۰۴۵	توکیو	کامیون ۲ سواری ۴	تصادف شاخ به شاخ	روز ۴	کشته ۷ زخمی ۲ کامیون ۱۲۷ سواری ۴۶	
۱۹۷۸	ولسن	۷۷۰	آمستردام	دو کامیون ۴ سواری	تصادف شاخ به شاخ	دقیقه ۸۰	کشته ۵ زخمی ۵ کامیون ۲ سواری ۴	
۱۹۸۲	اوکلند	۱۰۸۳	اوکلند	سواری، یک اتوبوس، ۱ تانکر با ۳۳۰۰۰ لیتر بنزین	تصادف شاخ به شاخ	دقیقه ۱۶۰	کشته ۷ زخمی ۲ کامیون ۳ اتوبوس ۱۱ سواری ۴	
۲۰۰۱	گوتارد	۱۶۹۰۰	سوئیس	دو کامیون با بار لاستیک	تصادف سر به سر	دو روز	کشته ۱۱ کامیون ۱۳ سواری ۱۰	
۲۰۰۳	فلو	۳۱۰۰	نروژ	آتش‌سوزی سواری	تصادف با دیواره تونل	اطلاعی در دست نیست	کشته ۱ سواری ۱	
۲۰۰۵	فری جوس	۱۲۹۰۰	فرانسه / ایتالیا	کامیون با بار لاستیک	آتش‌سوزی موتور	اطلاعی در دست نیست	کشته ۲ زخمی ۲۱ کامیون ۴	

با تکیه بر تجربیات و مشاهدات عملی تهیه کنترل شده تونل، سبب جلوگیری از گسترش طولی دود در یک طرف آتش می‌شود. امروزه بسیاری از تونل‌ها ترافیک یک طرفه دارند، بنابراین در حین آتش‌سوزی ماشین‌های پایین دست آتش می‌توانند؛ از تونل خارج شوند حال آنکه ماشین‌های

در خلاف جهت جریان تهویه حرکت کنند. این پدیده عقب‌زدگی نامیده می‌شود و برای سلامتی کاربران ناحیه بالا دست آتش بسیار مهم و حیاتی است.

توماس اولین کسی بود که به ارایه رابطه محاسبه سرعت بحرانی برای جلوگیری از عقب‌زدگی لایه دود حاصل از آتش‌سوزی درون تونل پرداخت [۴]. او با استفاده از هد شناوری و سرعت، معادله زیر را ارایه کرد:

$$u_{cr} = k \left(\frac{gQH_t}{C_p T \rho_0 A} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

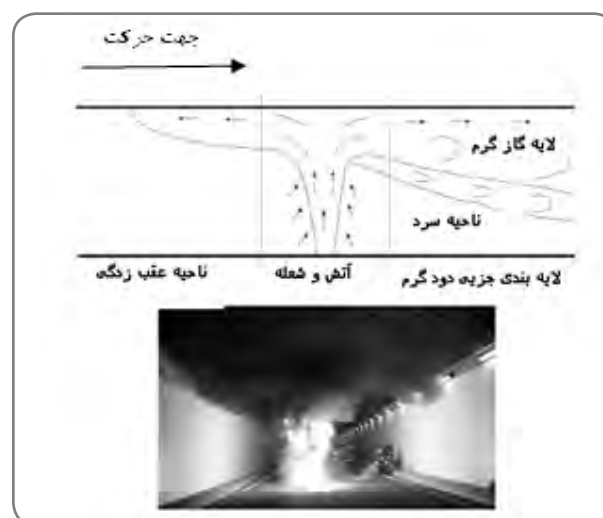
که در آن A سطح مقطع تونل (متر مربع)، H_t ارتفاع مقطع تونل (متر)، T دمای لایه گاز گرم (کلوین)، Q آهنگ گرمای آزاد شده (وات)، C_p چگالی گرمای ویژه هوا، g شتاب جاذبه زمین (متر در مجذور ثانیه) و ρ_0 چگالی هوای درون تونل (کیلوگرم در متر مکعب) است. مقدار ثابت k توسط توماس محاسبه نشد. اما مقدار آن نزدیک یک یا یک فرض می‌شود. مشکل موجود در مورد رابطه (۱) تعیین دمای لایه گاز گرم است. توماس، دی‌رس برای تعیین سرعت بحرانی به‌منظور جلوگیری از عقب‌زدگی لایه گاز،

عدد بدون بعد $\Delta\rho gH/\rho_0 u^2$ را تعریف کرد (که در آن H ارتفاع لایه گاز گرم (متر)، u سرعت جریان طولی هوا (متر در ثانیه)، $\Delta\rho$ تغییرات چگالی هوا در اثر افزایش دما و بقیه پارامترها در رابطه ۱ آمده است) [۵]. اگر این عبارت کمتر از یک باشد در آن صورت از عقب‌زدگی دود جلوگیری به عمل می‌آید. آزمایش آتش‌سوزی درون تونل رانه‌هامر انجام شد (تونل رانه‌هامر در کشور نروژ قرار دارد که در سال ۲۰۰۳ درون آن چندین سری آزمایش آتش‌سوزی بزرگ مقیاس انجام گرفت) [۴]. اگر H برابر ۱ متر و شیب چگالی $\Delta\rho/\rho_0$ برابر ۰/۷۵ فرض شود، در این صورت سرعت بحرانی ۲/۷ متر بر ثانیه به دست می‌آید. هسلدن ۶ رابطه‌ای مشابه با فرمول توماس برای سرعت بحرانی ارایه داد [۶]:

$$u_{cr} = ck \left(\frac{gQT}{C_p T_0^2 \rho_0 W} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

در این رابطه k و c مقادیر ثابت (که با توجه به آزمایش ۰/۸ و ۱ فرض می‌شوند)، Q آهنگ جریان گرمای درون لایه دود (وات)، T دمای لایه دود (کلوین)، T_0 دمای محیط (کلوین)، W عرض تونل (متر) است (بقیه پارامترها مفاهیم روابط قبلی را دارند). برای جلوگیری از عقب‌زدگی دود در تونل‌های شیب دار، سرعت تهویه باید بالاتر از مقدار حاصل از فرمول (۲) باشد. تونل‌های شیب دار نیازمند سرعت بالاتری نسبت به تونل‌های افقی هستند.

بالا دست جریان ترافیک، درون تونل به دام می‌افتند. البته حالت دیگر زمانی است که تمامی کاربران از تونل خارج شده و آتش نشانان مشغول خاموش کردن آتش باشند. در این هنگام نیز مدیریت دود در جلوگیری از گسترش آن به طرف بالا دست محل آتش‌سوزی ضروری است [۲]. در سرعت‌های طولی پایین، دود در هر دو طرف تونل گسترش می‌یابد. با افزایش سرعت طولی هوا، گسترش دود به یک طرف تونل محدود می‌شود. در این هنگام سرعت بحرانی به صورت تعریف حداقل سرعت جریان طولی هوا برای جلوگیری از گسترش دود در بالا دست محل آتش‌سوزی می‌شود. تصویر شماتیک از این مرحله در شکل ۱ آمده است [۲].



شکل ۱. گسترش دود در حین آتش‌سوزی درون تونل [۲]

براساس مشاهدات، سرعت بحرانی درون تونل‌های جاده‌ای در محدوده ۲ تا ۳ متر در ثانیه قرار می‌گیرد. مقدار این سرعت به پارامترهایی نظیر شدت آتش‌سوزی، شیب تونل، سطح مقطع تونل و آرایش آتش وابسته است [۳].

روابط نیمه تجربی با فرضیات ساده شده، امکان برآورد تقریب مناسبی از سرعت بحرانی را در اختیار مهندس طراح قرار می‌دهد، اما در مواردی که هندسه و آرایش تونل پیچیده باشد، استفاده از این روابط بسیار دشوار خواهد بود. در این مقاله روابط تجربی ارایه شده در سال‌های اخیر برای محاسبه سرعت بحرانی درون تونل بررسی شده و نتایج حاصل از این روابط در مورد تونل البرز مقایسه و اعتبار سنجی شده است.

۲- ارزیابی سرعت بحرانی

۲-۱- نتایج حاصل از کارهای تجربی

زمانی که جریان طولی تهویه در تونل وجود دارد، تحت شرایط خاصی از جریان هوا و گرمای آزاد شده، گازهای حاصل از آتش ممکن است

سرعت بحرانی با استفاده از دو عبارت مختلف زیر بیان می‌شود:

$$u_{cr}^* = 0.35(0.124)^{-1/3} (Q'')^{1/3} \quad Q'' < 0.124 \quad (7)$$

$$u_{cr}^* = 0.35 \quad Q'' > 0.124 \quad (8)$$

در این فرمول‌ها Q گرمای آزاد شده بی بعد است که از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q'' = \frac{Q}{\rho_0 c_p T_0 \sqrt{g} \left(H = \left(\frac{Q}{\rho_0 c_p T_0 \sqrt{g}} \right)^{2/5} \right)^5} \quad (9)$$

که در آن H قطر هیدرولیکی آتش است و سایر اجزای رابطه ۹ همان مفاهیم روابط قبلی را دارند.

اوکا و اتکینسون نشان دادند که سرعت بحرانی برای آتشی که قسمت اعظم سطح مقطع تونل را اشغال کرده کم است و با افزایش ارتفاع آتش از کف تونل (نزدیک سقف) سرعت بحرانی افزایش می‌یابد. اگر فضای زیر آتش بسته شود، سرعت بحرانی کاهش می‌یابد. اگر آتش در کف تونل گسترده شود و مانع مهمی وجود نداشته باشد، سرعت بحرانی بی بعد از مقدار تقریبی 0.35 برای آتش با پهنای کمتر از عرض تونل به 0.31 برای آتش با عرض مشابه با پهنای تونل تغییر می‌کند [۱۱، ۱۰].

$$u_{cr}^* = C_3 \sqrt{C_1 \Delta T_0^*} \frac{\sqrt{1 + (1 - C_2 / C_1) \Delta T_0^* Q'^{2/3}}}{1 + \Delta T_0^* Q'^{2/3}} Q'^{1/3}, \quad (10)$$

که در آن:

$$u_{cr}^* = \frac{u_{cr}}{\sqrt{gH_t}}$$

$$C_1 = \frac{1 - 0.1(H_t / W)}{1 + 0.1(H_t / W)} \left[1 + 0.1 \left(\frac{H_t}{W} \right) - 0.015 \left(\frac{H_t}{W} \right)^2 \right] \cong 1 - 0.1(H_t / W),$$

$$C_2 = \frac{1 - 0.1(H_t / W)}{1 + 0.1(H_t / W)} 0.574 \left(1 - 0.2 \frac{H_t}{W} \right),$$

$$C_3 = 0.163,$$

در روابط یاد شده C_3, C_2, C_1 و ΔT_0^* ثابت‌های بی بعد، W عرض تونل (متر)، Q' آهنگ گرمای آزاد شده بی بعد و H_t قطر هیدرولیکی تونل (متر) افقی هستند.

برای تونل‌های شیب دار (شیب‌های کمتر از ۱۰ درصد)، سرعت بحرانی نسبت به تونل‌های افقی بیشتر است. اتکینسون تاثیر شیب تونل بر

سرعت بحرانی توسط کندی و دان ۷ به شرح زیر به دست آمد [۷]:

$$u_{cr} = \left(\frac{gQH_t}{4.5C_pTA\rho_0} \right)^{1/3} \quad (3)$$

در این فرمول پارامتر T از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۷]:

$$T = \frac{Q}{\rho_0 C_p Au} + T_0 \quad (4)$$

که در آن:

T : دمای لایه گاز گرم بر حسب درجه کلونین

Q : آهنگ گرمای آزاد شده آتش (وات)

u : سرعت جریان درون تونل (متر در ثانیه)

پارامترهای دیگر فرمول ۴، مفاهیم روابط قبلی را دارند.

رابطه دیگری نیز توسط سایتو ۸ به شرح زیر گسترش داده شد. [۸]:

$$u_{cr} = 1.26 \left(\frac{gQH_t}{C_p\rho_0TA} \right)^{1/3} \quad (5)$$

در این رابطه، نمادهای به کار رفته همان مفاهیم روابط قبلی را دارند. گولزین ۹ برای بررسی عقب‌زدگی به ارایه مدلی برای حالت‌های دو بعدی با استفاده از معادلات انتقال پرداخت [۹]. این مدل در مقایسه با نتایج آزمایشگاهی، طول ناحیه عقب‌زدگی را زیاد تخمین می‌زند، اما همگرایی روش با نتایج آزمایشگاهی قابل قبول است. هر دو مدل تجربی و آزمایشگاهی نشان می‌دهند که طول ناحیه عقب‌زدگی تابعی از سرعت تهویه طولی است [۹].

عبارت یاد شده با استفاده از اعداد بی بعد (عدد فرود) تعریف شده‌اند که برای آتش‌های کوچک تا زمانی که شعله به سقف نرسیده، معتبر است. در حالتی که ارتفاع شعله از ارتفاع تونل فراتر رود، سرعت بحرانی وابستگی ضعیفی با آهنگ گرمای آزاد شده دارد [۱۰]. اوکا و اتکینسون ۱۰ با استفاده از روش‌های عددی و فیزیکی نشان دادند که در مورد آتش‌های بزرگ مقیاس، سرعت بحرانی را می‌توان به صورت مستقل از گرمای آزاد شده در نظر گرفت و رابطه‌ای با استفاده از گرمای آزاد شده و سرعت بحرانی بی بعد به دست آوردند:

$$u_{cr}^* = \frac{u_{cr}}{\sqrt{gH_t}} \quad (6)$$

که در آن:

u_{cr}^* : سرعت بحرانی بی بعد

u_{cr} : سرعت بحرانی (متر در ثانیه)

H_t : قطر هیدرولیکی تونل (متر)

هیدرولیکی تونل H_t به جای ارتفاع آن ارایه داد [۱۴]:

$$u_{cr}^* = 0.4 \left(\frac{Q^*}{0.2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad Q^* \leq 0.2 \quad (15)$$

$$u_{cr}^* = 0.4 \quad Q^* \geq 0.2 \quad (16)$$

که در آن u_{cr}^* سرعت بحرانی بی بعد است که از رابطه ۶ به دست می‌آید. با استفاده از این روابط سرعت بحرانی برای آزمایش تونل رانه‌ها مر ثابت و برای گرمای آزاد شده ۳۰ مگاوات برابر ۳/۳ متر بر ثانیه است. این مقدار را می‌توان برای تونل‌های سنگی حساب کرد. اگر بعد قسمت درونی تونل را ثابت فرض کنیم، در آن صورت برای گرمای ۱۸ مگاوات سرعت بحرانی ۳ متر در ثانیه به دست می‌آید. این مقدار را باید برای شیب تونل تصحیح کرد.

برنامه تهویه تونل آزمایشی تاریخی (MTFVTP) نشان داد که بادبزنی سقفی در کنترل جهت دود حتی برای آتش‌های بزرگ موثر است [۱۵]. آزمایش نشان داد که برای گرمای آزاد شده در محدوده ۱۰ تا ۱۰۰ مگاوات، برای جلوگیری از عقب‌زدگی دود، سرعت بین ۲/۵۴ تا ۲/۹۵ متر در ثانیه کافی است. در شکل ۲ سرعت بحرانی حاصل از روابط (۱۷ تا ۱۷) ارایه شده است.

شکل ۲ نتایج حاصل از آزمایش بزرگ مقیاس آتش‌سوزی درون تونل رانه‌ها مر را نشان می‌دهد [۴]. سرعت بحرانی بین دو خط افقی قرار می‌گیرد. حد پایین ۲/۵ متر در ثانیه با استفاده از رابطه اوکا و اتکینسون و حد بالای ۳ متر در ثانیه که از رابطه کونش به دست می‌آید. داده‌های تجربی همخوانی مناسبی با رابطه ارایه شده توسط کونش، هو و بیکر دارند.

سرعت بحرانی را مورد مطالعه قرار داد [۱۱]. تاثیر شیب بر روی سرعت بحرانی توسط اتکینسون به صورت زیر بیان شده است:

$$u_{cr}(\psi) = u_{cr}(0)[1 + 0.014\psi] \quad (11)$$

که در آن $u_{cr}(0)$ سرعت بحرانی برای تونل‌های افقی (متر در ثانیه)، ψ شیب تونل (برحسب درصد) و $u_{cr}(\psi)$ سرعت بحرانی (متر در ثانیه) برای تونل با شیب ψ است. سرعت بحرانی بی بعد براساس رابطه ۱۱ به صورت زیر است.

$$u_{cr} = \sqrt{gH_t} u_{cr,max}^* \left(\frac{Q^*}{0.12} \right) [1 + 0.014\psi] \quad Q^* < 0.12 \quad (12)$$

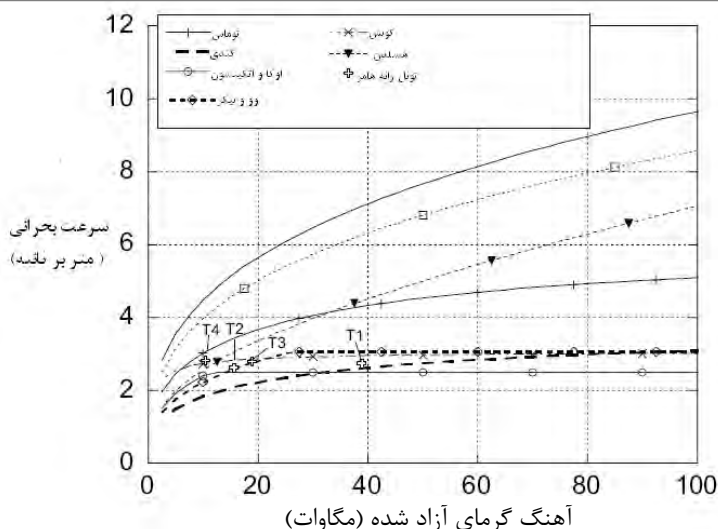
$$u_{cr} = \sqrt{gH_t} u_{cr,max}^* [1 + 0.014\psi] \quad Q^* \geq 0.12 \quad (13)$$

فاکتور شیب پیشنهادی توسط اتکینسون نسبت به فاکتور کندی [۷] که به صورت تقریبی زیر بیان می‌شود، خیلی کم است؛

$$u_{cr}(\psi) = u_{cr}(0)[1 + 0.034\psi - 0.0011\psi^2] \quad \psi < 10\% \quad (14)$$

فاکتور شیب استفاده شده در استاندارد NFPA502 به صورت تقریبی برابر با $K_g = 1 + 0.25\psi$ است که در آن ψ شیب به درصد است. عبارت استفاده شده برای سرعت بحرانی در استاندارد NFPA502 بدون شیب، مشابه رابطه کندی است.

هو و بیکر با انجام آزمایش نشان داد که سرعت بحرانی برای تونل با ارتفاع مشابه، به عرض تونل وابسته است و رابطه زیر را با توجه به قطر



شکل ۲. مقایسه نتایج سرعت بحرانی آزمایش آتش‌سوزی تونل رانه‌ها مر با روابط توماس (رابطه ۱)، هسلدن (رابطه ۲)، کندی و دان (رابطه ۳)، اوکا و اتکینسون (روابط ۷، ۸، ۹، ۱۰)، هو و بیکر (روابط ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴) تمامی روابط در فاکتور اصلاحی شیب مطابق با رابطه (۱۱) ضرب شده‌اند [۱۶].

سطح مقطع آن ها ۹۵ متر مربع است. سطح تراز دهانه شمالی در ارتفاع ۲۳۷۰ متر و سطح دهانه جنوبی در ارتفاع ۲۴۴۰ متری قرار می گیرد و شیب طولی متوسط ۱/۳ درصد است (شکل ۳).

۳-۲ سناریوی آتش سوزی درون تونل البرز

مشخصات آتش سوزی درون تونل با توجه به داده های حاصل از آزمایشات بزرگ مقیاس برجا نظیر تونل رانه هامر در جدول ۲ آورده شده است. شدیدترین نوع آتش سوزی مربوط به تانکر حمل سوخت با آهنگ گرمای آزاد شده ۱۰۰ تا ۲۰۰ مگا وات است. سرعت بحرانی برای عقب زدگی دود درون تونل البرز برای آتش سوزی در محدوده ۱۰۰ تا ۱۰ مگا وات با استفاده از روابط ارائه شده محاسبه شد. نتایج حاصل در شکل ۴ ارائه شده است.

سرعت بحرانی برای سناریوهای مختلف آتش سوزی با توجه به هندسه تونل البرز در شکل ۴ ارائه شده است. با توجه به شکل، به دلیل بزرگ بودن ابعاد تونل البرز نسبت به تونل رانه هامر، سرعت بحرانی کمتر از این سری آزمایش به دست می آید. ابعاد بزرگ تونل البرز فاکتور بسیار مهمی است که تاثیر بسیار زیادی بر لایه بندی دود حاصل از آتش سوزی دارد به طوری که با حفظ لایه بندی دود، امکان خروج کاربران به بهترین شکل ممکن فراهم می شود.

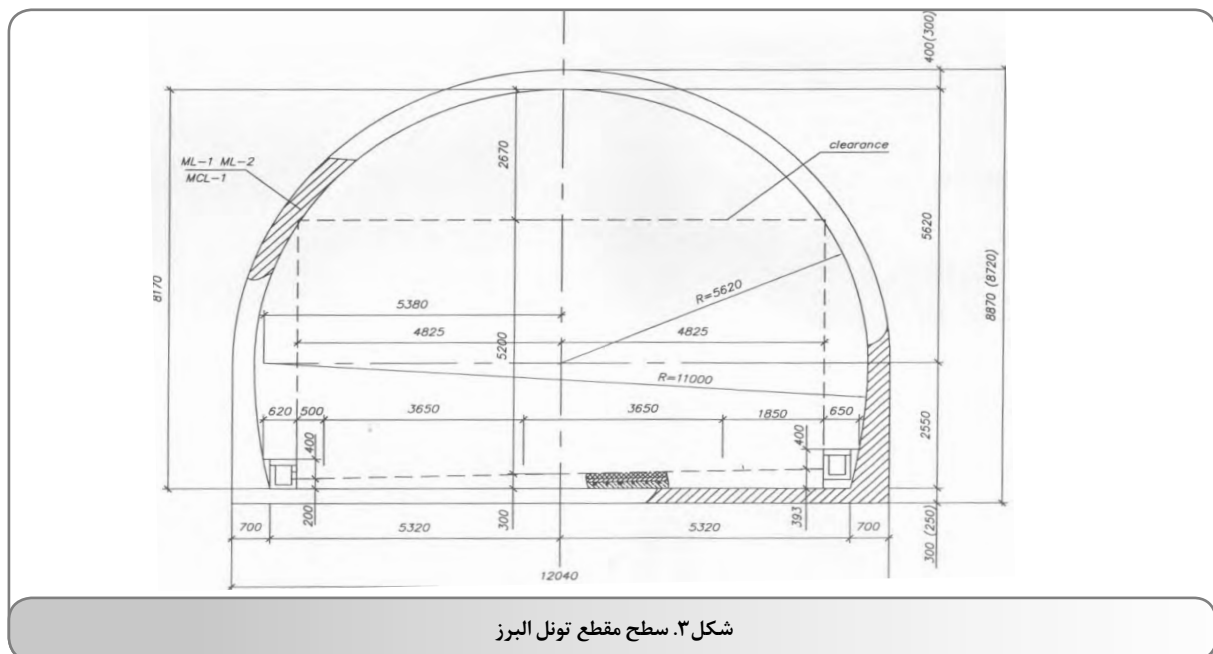
با توجه به شکل ۲ رابطه کندی و دان (رابطه ۳) سرعت بحرانی را کمتر تخمین می زند [۴، ۱۶]. رابطه کونش هم خوانی مناسبی با نتایج حاصل از آزمایش دارد و میزان خطای آن زیر ۱۰ درصد است اما این رابطه تنها برای جریان پایدار یا نیمه پایدار دود معتبر است و برای تمامی شرایط نمی توان از آن استفاده کرد [۴، ۱۶]. اگرچه همخوانی رابطه هو و بیکر با نتایج واقعی به دقت رابطه کونش نیست (بین ۱۰ تا ۲۰ درصد خطا دارد)، اما برای تمامی شرایط اعم از جریان پایدار یا ناپایدار دود معتبر است [۴، ۱۶]. از این رو نتایج حاصل از این روش برای تعیین سرعت بحرانی درون تونل پیشنهاد می گردد.

۳ - مطالعه موردی

۱-۳ تونل البرز

تونل های دوقلوی البرز، هر یک به طول تقریبی ۶۵۰۰ متر در آزاد راه تهران شمال، از شمال گچسر شروع و تا پل زنگوله در جاده کرج-چالوس ادامه می یابند و ارتفاعات البرز مرکزی با پیچیدگی های خاص زمین شناسی را قطع می کنند.

بین دو تونل البرز، یک تونل سرویس و تهویه جانمایی شده است. فاصله بین دو رشته تونل اصلی ۸۶ متر و تونل سرویس و تهویه میان آنها قرار گرفته است. عرض هر یک از تونل ها ۱۲ متر، ارتفاعشان ۹/۵ متر و



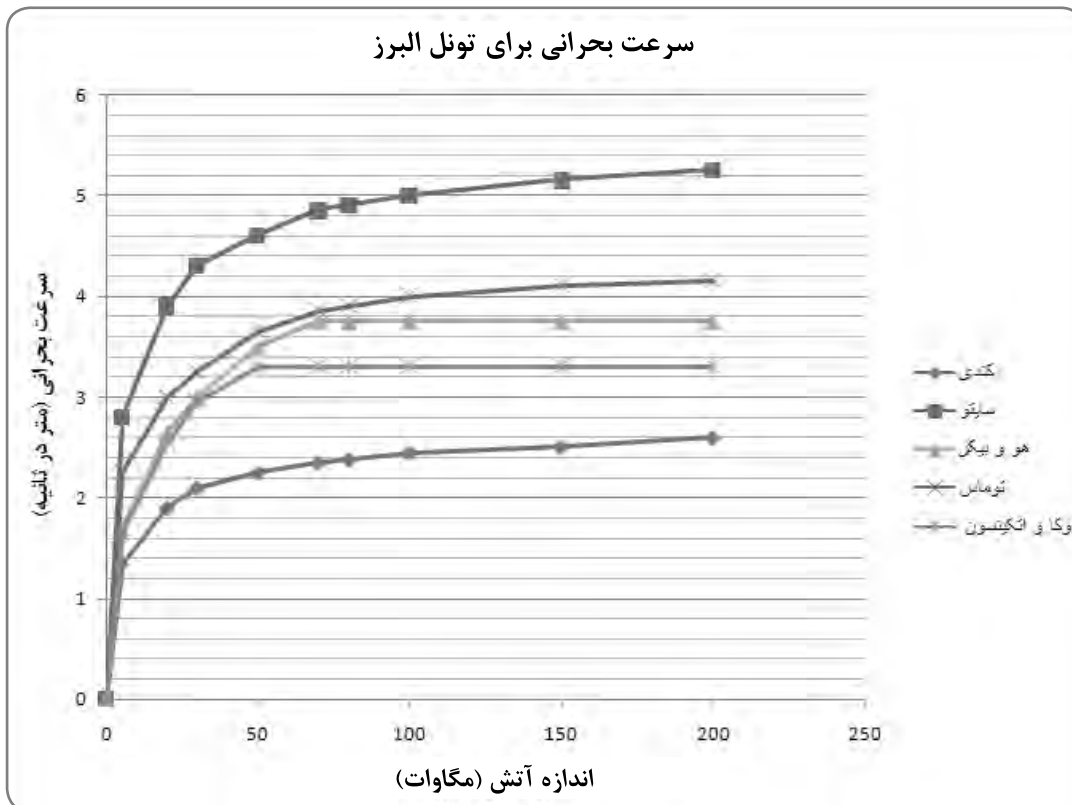
شکل ۳. سطح مقطع تونل البرز

حد بالای آن سرعت بحرانی حاصل از رابطه سایتو و حد پایین آنرا رابطه کندی باشد (شکل ۴ و جدول ۳). بدیهی است سرعت های انتخاب شده با توجه به توان آتش بین این دو مرز از نظر فنی و اقتصادی قابل قبول است.

انتخاب دقیق سرعت بحرانی برای تونل البرز به دلیل نبود استاندارد مصوب و داده های آزمایشی در ایران بسیار سخت است اما به عنوان یک راه حل مناسب می توان یک محدوده برای سرعت بحرانی تعریف کرد که

جدول ۲. سناریوهای آتش سوزی و مشخصات مربوط به آنها درون تونل [۱۷]

نوع وسیله	توان آتش (مگا وات)	زمان رشد (دقیقه)	زمان حداکثر (دقیقه)	زمان زوال (دقیقه)	تولید دود (مترمکعب در ثانیه)	دمای حداکثر (سانتیگراد)
سواری	۸	۵	۲۵	۲۰	۲۰	۴۰۰
مینی بوس	۱۵	۵	۶۰	۱۵	۲۰-۳۰	۵۰۰-۷۰۰
اتوبوس	۳۰	۵	۴۵	۴۵	۳۰-۶۰	۸۰۰
کامیون کوچک	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۳۰-۶۰	۷۰۰-۱۰۰۰
کامیون باری	۱۰۰	۱۰	۶۰	۲۰	۸۰	۱۰۰۰-۱۳۰۰
تانکر سوخت	۲۰۰	۱۰	۶۰	۳۰	۱۰۰-۲۰۰	۱۳۶۵-۲۰۰۰



شکل ۴. سرعت بحرانی برای کنترل آتش درون تونل البرز

جدول ۳. سرعت بحرانی برای آتش سوزی درون تونل البرز

سرعت بحرانی (متر در ثانیه)					توان آتش (مگا وات)	نوع وسیله
هو و بیکر	اوکا	توماس	سایتو	کندی و دان		
۱/۹۵	۲/۱	۲/۵	۳/۱۵	۱/۵۳	۸	سواری
۴/۲	۲/۵	۲/۹۵	۳/۷	۱/۷۵	۱۵	مینی بوس
۳	۳/۱۲۵	۳/۴	۴/۳	۲/۱	۳۰	اتوبوس
۳	۳/۱۲۵	۳/۴	۴/۳	۲/۱	۳۰	کامیون کوچک
۳/۷۵	۳/۳	۳/۹۶	۵	۲/۴۵	۱۰۰	کامیون باری
۳/۷۵	۳/۳	۴/۲	۵/۲۵	۲/۵۵	۲۰۰	تانکر سوخت

بحرانی تونل البرز استفاده کرد.

۵. مراجع

[1] Carvel, R.O. and Marlair, G, (2005.) "A history of fire incident in tunnels". handbook of Tunnel fire safety, Tomas, pp 3-41.

[2] Lee, S.R., Ryou, H.S., (2004.) "An experimental study of the effect of the aspect ratio on the critical velocity in longitudinal ventilation tunnel fires". Journal of Fire Sciences 23, 119-138.

[3] Danziger, N.H., Kennedy, W.D., (1982.) "Longitudinal ventilation analysis for the Glenwood canyon tunnels": Proceedings of the Fourth International Symposium Aerodynamics and Ventilation of Vehicle Tunnels, pp. 169 -186.

[4] Thomas, p.H. (1968). "The movement of smoke in horizontal passage against an air flow", fire research note No 723 pp10-15.

[5] de Ris, J., (1970). "Duct fire", combustion and science technology, pp 239 -258.

با توجه به نتایج حاصل از شکل ۲ [۱۶،۴]، سرعت بحرانی حاصل از رابطه هو و بیکر همخوانی مناسبی با داده‌های حاصل آزمایش‌های تجربی صورت گرفته دارد [۱۹،۱۸،۱۶،۴] لذا برای تعیین سرعت بحرانی تونل البرز رابطه هو -بیکر (روابط ۱۵ تا ۱۸) پیشنهاد می‌گردد.

۴ - نتیجه گیری

سرعت بحرانی یک عامل بازدارنده است که امکان خروج کاربران قبل از رسیدن نیروی امداد را فراهم می‌آورد. باید توجه داشت که انتخاب سرعت بالا دلیل بر افزایش ایمنی درون تونل نیست. زیرا سرعت بالا باعث افزایش اغتشاش لایه دود در پایین دست آتش و از بین رفتن لایه بندی گاز گرم می‌شود. بنابراین امکان خروج کاربران درون تونل قبل از رسیدن نیروی امداد به کمترین حد خود می‌رسد.

به دلیل نبود استاندارد مصوب برای تونل‌های جاده‌ای در کشورمان، انتخاب دقیق سرعت بحرانی برای تونل البرز کار دشواری است؛ اما به عنوان یک تقریب مناسب، با فرض کنترل دود در بالا دست و حفظ لایه بندی دود در پایین دست آتش سوزی، سرعت حاصل از رابطه سایتو به عنوان حد بالا و سرعت حاصل از رابطه کندی به عنوان مرز پایین سرعت بحرانی تونل البرز توصیه می‌شود. برای کارهای دقیق مهندسی با توجه به همگرایی مطلوب رابطه هو و بیکر با داده‌های حاصل از آزمایش‌های تجربی آتش سوزی، از این رابطه می‌توان برای تعیین سرعت

of the Fifth International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, pp 599-608.

[13] Kunsch, J. P.(2002), "Simple Model for Control of Fire Gases in a Ventilated Tunnel", Fire Safety Journal, 37, pp 67-81.

[14] Wu, Y. and Bakar, M. Z. A (2000) "Control of smoke flow in tunnel fires using longitudinal ventilation systems - a study of the critical velocity", Fire Safety Journal, 35, pp363-390.

[15] Wu, Y. and Bakar, M. Z. A (1995) "Memorial Tunnel Fire Ventilation Test Program - Test Report 1995", Massachusetts Highway Department and Federal Highway Administration pp 100-150.

[۱۶] خان بابایی. علی (۱۳۸۸) "طراحی سیستم زهکشی تونل سرویس البرز (آزاد راه تهران - شمال)" پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

[17] Kurioka, H., Oka, Y., Satoh, H. and Sugawa, O.(2003). "Fire properties in near field of square fire source with longitudinal ventilation in tunnels". Fire Safety Journal, 38 pp 319-340.

[18] Vauquelin, O. (2005). "Parametrical study of the back flow occurrence in case of a buoyant release into a rectangular channel", Experimental Thermal and Fluid Science 29 pp 725-731.

[19] Y. Wu, M.Z.A. Bakar(2000)., "Control of smoke flow in tunnel fires using longitudinal ventilation systems- a study of the critical velocity", Fire Safety Journal 35 pp363-390.

[6] Heselden, A.J.M., (1995) "Studies of fire and smoke behaviour relevant to tunnels", Building Research Establishment, CP 66/78, Bore ham wood, UK, pp 200-206.

[7] Danziger, N. H. and Kennedy, W. D March, (1982)., "Longitudinal Ventilation Analysis for the Glenwood Canyon Tunnels", Fourth International Symposium on the Aerodynamics & Ventilation of Vehicle Tunnels, 169-186, York, UK, 23-25.

[8] Saito, N., Yamada, T., Sekizawa, A., Yanai, E., Watanabe, Y., and Miyazaki, S. 3-6 April, (1995), "Experimental Study on Fire Behavior in a Wind Tunnel with a Reduced Scale Model", Second International Conference on Safety in Road and Rail Tunnels, pp 303-310.

[9] Guelzim, A., Souil, J. M., Vantelon, J. P., Son, D. K., Gabay, D., and Dallest, D., (1994)., "Modelling of a Reverse Layer of Fire-Induced Smoke in a Tunnel", Proceedings of the Fourth International Symposium on Fire Safety Science, pp 277-288.

[10] Oka, Y. and Atkinson, G. T.(1995)., "Control of Smoke Flow in Tunnel Fires", Fire Safety Journal, 25, pp305-322.

[11] Atkinson, G. T., and Wu, Y., (1996)., "Smoke Control in Sloping Tunnels", Fire Safety Journal, 27, pp 335-341.

[12] Kunikane, Y., Kawabata, N., Okukawa, S., Okubo, K., and Shimoda, A, France, (2003)., "Influence of Stationary Vehicles on Back layering Characteristics of Fire Plume in a Large Cross Section Tunnel", Proceedings

گزارشی از پروژه تونل SMART

(Stormwater Management And Road Tunnel)

SMART درخشش مهندسی در اعماق زمین

ترجمه: مرتضی قارونی نیک، دانشگاه علم و صنعت ایران



تونل SMART اولین تونل دو منظوره جهان است که در شهر کوالالامپور پایتخت کشور مالزی ساخته شده است. ساخت این تونل از سال ۲۰۰۳ شروع و در ژوئن ۲۰۰۷ بهره‌برداری از آن آغاز شده است. این تونل ابتدا به‌عنوان مسیری برای انحراف آب‌های خروشان و سیلاب‌های رودخانه‌ای که از به‌هم پیوستن دو رودخانه بزرگ در مرکز شهر حاصل شده است، در نظر گرفته شده بود. ولی سپس با یک ایده جالب و خلاق و با در نظر گرفتن قطر داخلی ۱۱/۸ متر، تونل به گونه‌ای طراحی

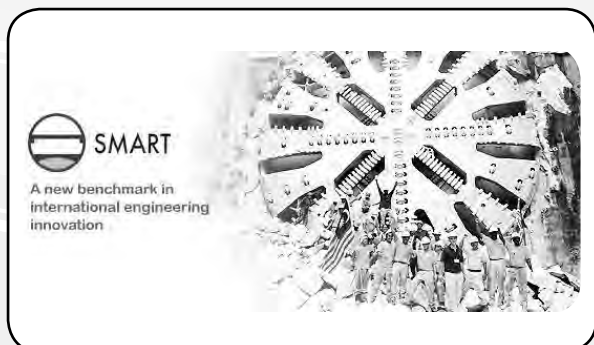
شد که بتواند در زمان‌های غیراضطراری که جریان آب چندان قوی نیست به‌عنوان تونلی رفت و آمدی (در دو طبقه) برای وسایل نقلیه جهت کم کردن بار ترافیکی یکی از شاهراه‌های مهم و شلوغ شهر مورد استفاده قرار بگیرد.

بهره‌برداری از این تونل در سه حالت می‌تواند انجام بگیرد:

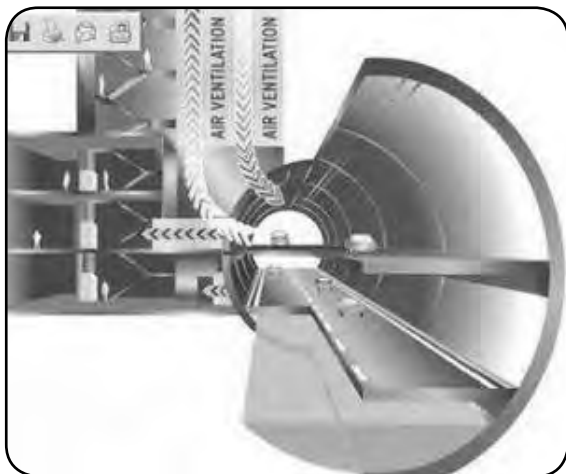
حالت اول (حالت عادی یا نرمال): زمانی است که جریان آب رودخانه به قدری کم است که اساساً نیازی به انحراف توسط تونل ندارد.

حالت دوم: زمانی است که طوفان‌های کوچک یا متوسط رخ می‌دهد ولی فشار جریان آب زیاد نیست. در چنین حالتی جریان آب به داخل تونل منحرف شده و از طریق مسیر فرعی به پایین‌ترین قسمت تونل هدایت می‌شود. در این حالت دو مسیر عبور و مرور بالایی تونل همچنان بر روی وسایل نقلیه باز است.

حالت سوم: حالتی است که در زمان طوفان‌های سهمگین رخ می‌دهد. در چنین حالتی کل تونل بر روی وسایل نقلیه بسته می‌شود و پس از اطمینان از خارج شدن کلیه ماشین‌ها (به‌وسیله تعداد زیادی ایستگاه‌های رفتارسنجی تا زمانی که یک وسیله نقلیه در داخل تونل باشد درهای ورودی آب باز نمی‌گردد) جریان سیلاب به‌طور خودکار به داخل تونل هدایت می‌شود. ظرفیت آب در تونل در چنین حالتی به سه میلیون مترمکعب می‌رسد.



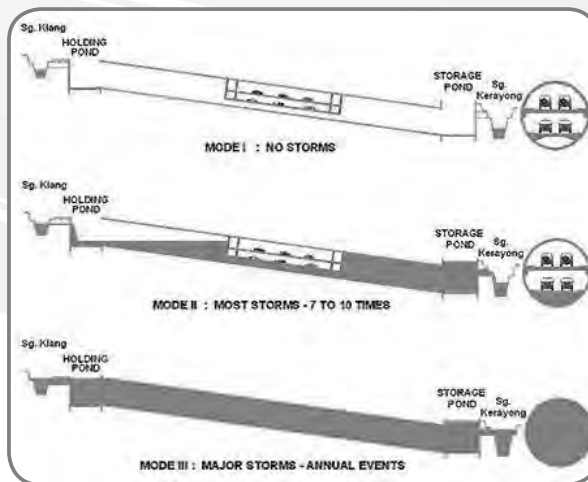
شده است که به هنگام کار در برخورد با بسترهای آهکی و مواجهه با آبهای زیرزمینی و صخره‌های سخت مقاومت خوبی از خود نشان می‌دهد. وجود یک سپر مقاوم که با فشار هوا کار می‌کند امکان آن را فراهم می‌سازد که ماشین در مواجهه با آبهای زیرزمینی و خاک‌های سست تعادل خود را کاملاً حفظ نماید.



ایمنی تونل

از نظر استانداردهای امنیتی و ایمنی نیز SMART از وضعیت خیلی خوبی برخوردار است. خروجی‌های اضطراری فراوان، سازه ضد زلزله، صدها دوربین و وجود مرکز کنترل که شبانه‌روز تردد خودروها و عبور جریان آب را زیر نظر دارند SMART را در این زمینه نیز بی‌همتا کرده است. تونل SMART دارای دستگاه‌های تهویه ویژه‌ای است که در هر کیلومتر از تونل تعبیه شده است. این دستگاه‌های قوی تهویه به‌طور دائم هوای آلوده تونل را خارج می‌نماید.

ساعت زمان لازم است تا پس از پاک‌سازی تونل درهای آن بر روی وسایل نقلیه باز گردد. این حالت یک یا دو بار در سال رخ می‌دهد.



روش ساخت تونل

شهر کوالالمپور از نظر زمین‌شناسی بر بستری از آهک قرار گرفته است. ضمناً این شهر از سطح دریا نیز بالاتر است. از مشخصه‌های اصلی این لایه‌های آهکی وجود تخته‌سنگ‌ها، گودال‌ها و باتلاق‌های متفاوت است. با توجه به طبیعت زمین‌شناسی شهر بیشتر ایده‌های طراحی و اجرا به سمت و سویی میل کرده است که کمترین اثر منفی را بر روی شرایط محیطی و زمین‌شناسی شهر وارد نماید.



لذا برای این پروژه از ماشین TBM مدل Slurry Shield استفاده

چکیده پایان نامه تونل

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده تحصیلات تکمیلی

بر آورد عددی و تحلیلی نشست سطح زمین ناشی از تونلسازی با سپر تعادلی زمین (مطالعه موردی؛ خط هفت متروی تهران)

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی معدن گرایش استخراج

نگارش: قاسم ستاری

استاد راهنما: دکتر کوروش شهریار

استاد مشاور: دکتر احمد اسدی

مشاور صنعتی: مهندس حسین زمانی

بهمن ۱۳۸۷

چکیده

موضوع بررسی اثرات جانبی حفر تونل‌های کم عمق، از ده‌ها سال پیش مورد توجه پژوهشگران ژئوتکنیک و مهندسی تونل سازی قرار گرفته است. از آن تاریخ تا امروز تحقیقات نسبتاً فراوانی در این زمینه انجام گرفته که سرمنشاء این تحقیقات را می‌توان پیامدهای ناشی از حفر تونل‌ها در مناطق شهری از جمله تونل‌های مترو دانست. تونلسازی در نواحی کم عمق شهری و در زمین‌های نرم، همواره با مخاطراتی توأم است که نادیده گرفتن آنها می‌تواند عواقب ناخوشایندی در برداشته باشد. مساله نشست سطح زمین و تاثیر آن بر سازه‌های سطحی از مهم‌ترین این مخاطرات است، که به منظور جلوگیری از خسارت بر سازه‌های روزمینی می‌بایستی با آیین‌نامه‌های مربوطه کنترل گردد. مطالعات نشان می‌دهد که عوامل مختلفی مانند نوع و جنس زمین، عمق نسبی تونل، شرایط و حالت‌های تنش‌های موجود، روش حفاری تونل، نوع سیستم نگهداری و ... بر میزان نشست سطح زمین در اثر حفر تونل‌ها اثر می‌گذارند. در این تحقیق، پیش‌بینی مقدار جابجایی‌های عمودی (نشست) در اثر حفر تونل در چهار مقطع (در محل گمانه‌های M_7 ، V_7 ، W_7 و G_6G_7) از مسیر خط هفت متروی تهران مورد بررسی قرار گرفته است. برای پیش‌بینی نشست در سطح زمین از روش‌های تحلیلی و عددی (روش تفاضل محدود به کمک نرم‌افزار $FLAC^{2D}$) استفاده شده و در نهایت نتایج دو روش با هم مقایسه شده‌اند. نتایج روش عددی نشان می‌دهد که میزان ماکزیمم نشست زمین در این ۴ مقطع به ترتیب برابر با ۸/۵۹، ۶/۰۷، ۶/۲۸ و ۳/۳۴ سانتی‌متر و با استفاده از روش تحلیلی به ترتیب ۹/۲، ۶/۱، ۶/۶ و ۶ سانتی‌متر می‌باشند. نتایج هر دو روش نشان می‌دهد که میزان نشست در مقاطع انتخابی بیش از حد مجاز (۲ سانتی‌متر در زیر خیابان و ۱ سانتی‌متر در زیر ساختمان‌ها) می‌باشد. بنابراین باید در حین ساخت تونل اقدامات مناسبی از قبیل بهسازی زمین و ... جهت کنترل میزان نشست در این مقاطع صورت گیرد. به همین منظور در یکی از مقاطع (در محل گمانه $W7$) طرح پیشنهادی تزریق آرایه و مورد آنالیز قرار گرفت که سبب کاهش نشست (تا حد مجاز) در این مقطع شد. توافق خوب بین نتایج حاصل از هر دو روش نشان می‌دهد که مقادیر آرایه شده در این مطالعه دارای قابلیت اعتماد بالایی می‌باشند.

کلمات کلیدی: تونلسازی، نشست سطح زمین، روش تحلیلی، روش عددی، نرم‌افزار $FLAC$ ، سپر تعادلی زمین، بهسازی زمین، متروی تهران.

چکیده مقالات منتخب نشریات

دوغاب silica sol برای تزریق در سنگ: آزمون‌های آزمایشگاهی مقاومت، رفتار شکست و رسانایی هیدرولیکی

Christian Butrón, Magnus Axelsson, Gunnar Gustafson, 2009, "Silica sol for rock grouting: Laboratory testing of strength, fracture behaviour and hydraulic conductivity", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 24, Issue 6, (November 2009), Pages 603-607.

نوعی دوغاب غیر سیمانی از نوع silica sol که اخیراً معرفی شده است، بر پایه سیلیکای کولوئیدی بوده و ابعاد ذرات آن بین ۵ تا ۱۰ نانومتر می‌باشد. آزمون‌های آزمایشگاهی متعددی به منظور بررسی رفتار این دوغاب برای تزریق نفوذی در سنگ سخت انجام گرفته است. این آزمایشات شامل نفوذ مخروط، فشار غیر محصور، سه محوری و تحکیم بوده است. نتایج نشان داده‌اند که مقاومت اولیه چند کیلو پاسکالی silica sol با گذشت زمان افزایش می‌یابد. این دوغاب رفتاری شکل‌پذیر داشته و پس از چند روز رفتار الاستوپلاستیک خواهد داشت. رسانایی هیدرولیکی آن بین ۱۰-۱۰ تا ۱۱-۱۰ متر بر ثانیه می‌باشد. زمانی که غرق در آب باشد، silica sol سخت شده و لایه نازکی با مقاومت کمتر بر روی سطح آن ایجاد می‌شود. این لایه تنها به میزان چند میلی‌متر در نمونه‌ها نفوذ می‌نماید و پس از آن تاثیری بر silica sol نمی‌گذارد و ریسک گسیختگی ناشی از فرسایش را به حداقل می‌رساند. نتایج این تحقیق را می‌توان به شرح زیر اعلام نمود. (۱) مقاومت silica sol پس از سخت شدن به اندازه‌ای است که قادر به تحمل بیشتر شرایط تزریق می‌باشد. (۲) زمانی که به اندازه کافی محصور باشد، قادر به تحمل چرخه‌های بارگذاری و باربرداری متعدد می‌باشد. (۳) محیطی با pH حدود ۱۱ هیچ تاثیری بر مقاومت silica sol نمی‌گذارد. (۴) این دوغاب ماده‌ای است که ریسک گسیختگی تحت لرزش‌های ناشی از آتشفشانی آن بسیار کم است. (۵) به دلیل رسانایی هیدرولیکی بسیار کم می‌توان silica sol را با رس‌های با نفوذپذیری کم مقایسه نمود.

راه حلی نظری برای تحلیل تونل‌های زیر سطح ایستابی با در نظر گرفتن اتصال هیدرولیکی - مکانیکی

Ahamad Fahimifar, Mohammad Reza Zareifard, 2009, "A theoretical solution for analysis of tunnels below groundwater considering the hydraulic-mechanical coupling", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 24, Issue 6, (November 2009), Pages 634-646.

در این مقاله یک راه حل تحلیلی برای تحلیل تونل‌های زیر سطح ایستابی در شرایط کرنش‌های محوری متقارن ارائه می‌گردد. در این تحقیق نیروی ناشی از وزن آب زیرزمینی و نفوذپذیری ثانویه از توده‌های سنگ ناشی از اتصال مکانیکی - هیدرولیکی در نظر گرفته شده‌اند. در تحلیل‌ها از مدل رفتار نرم شونده‌گی ناشی از کرنش نرمی و معیار مقاومت هوک و براون برای توده‌های سنگ استفاده شده است. یک برنامه کامپیوتری برای حل عددی روابط تحلیلی به دست آمده و بررسی نتایج تحلیل تهیه گردید. نتایج نشان می‌دهند که پایداری تونل به سطح ایستابی و فشار منفذی آب، به‌ویژه در نقاطی که گرادیان فشار منفذی بالا است، بستگی دارد.

وضعیت همگنی بتن های خود-فشرده شونده به کار گرفته شده در مقاوم سازی تونل ها - یک مطالعه موردی

Xavier Pintado, Bryan E. Barragán, 2009, "Homogeneity of self-compacting concretes used in tunnel strengthening - A case study", *Tunnelling and Underground Space Technology*, Volume 24, Issue 6, (November 2009), Pages 647-653.

این مقاله نتایج تحقیقات آزمایشی انجام شده جهت ارزیابی وضعیت همگنی بتن های خود فشرده شونده (Self-Compacting Concrete) را که برای مقاوم سازی تونل های Montblanc در اسپانیا به کار گرفته شده است ارائه می نماید. این تونل ها بخشی از خط راه آهن سریع السیر مادرید - زاراگزا - بارسلون تا مرز فرانسه می باشد که بخشی از آن در حال اجرا می باشد. برنامه آزمایشی شامل روش های غیر مخرب و نیمه مخرب از جمله استفاده از رادارهای برداشت زمین و نیز عملیات نمونه گیری و آزمون های آزمایشگاهی بوده است. نتایج به دست آمده نشان می دهند که قابلیت پر کنندگی زیاد بتن های SCC امکان رسیدن به وضعیت همگنی مطلوب را در این نوع کاربری، که نیاز به نسبت مقاومتی بسیار بالا در شرایط سخت بتن ریزی دارد، می باشد.

منحنی عکس العمل زمین و رفتار پس از گسیختگی در تونل های حفر شده در سنگ های با کیفیت متفاوت

L.R. Alejano, A. Rodriguez-Dono, E. Alonso, G. Fdez-Manín, 2009, "Ground reaction curves for tunnels excavated in different quality rock masses showing several types of post-failure behavior", *Tunnelling and Underground Space Technology*, Volume 24, Issue 6, (November 2009), Pages 689-705.

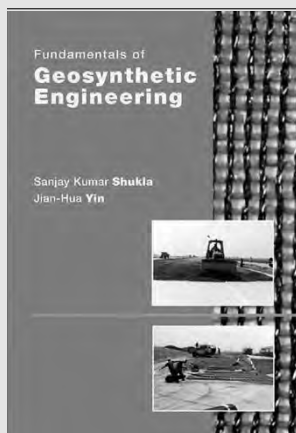
در تحلیل پایداری تونل ها تعیین مدل رفتاری توده سنگ و به ویژه رفتار توده سنگ پس از وقوع گسیختگی اهمیت زیادی دارد. به کارگیری روش صحیح طراحی و تحلیل همچون در نظر گرفتن همگرایی و شرایط محصور و مدل سازی های عددی از جمله نکات مهم می باشد. در این مقاله سه نوع کیفیت توده سنگ (کیفیت خوب، متوسط و ضعیف) تعریف شدند که حفر تونل در آنها انجام گرفته است. رفتارهای متفاوت الاستیک و کاملاً پلاستیک، الاستیک شکننده، و رفتار کرنش نرمی برای هر یک از انواع توده های سنگ به همراه منحنی عکس العمل زمین مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج به دست آمده اهمیت تعیین مدل مناسب برای تحلیل رفتار پس از گسیختگی در تونل را نشان می دهد. همچنین تاثیر استفاده از روش های تقویت و نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفته اند.

استفاده از تحلیل سه بعدی در اطراف دهانه یک تونل در حال اجرا

Jin-Sun Lee, 2009, "An application of three-dimensional analysis around a tunnel portal under construction", *Tunnelling and Underground Space Technology*, Volume 24, Issue 6, (November 2009), Pages 731-738.

تغییر شکل دهانه یک تونل در حین حفر تونل موضوعی پیچیده می باشد که می تواند دهانه سازه های جانبی را تحت تاثیر قرار دهد. در زمان ساخت خط ۷ متری شهر سئول در کره جنوبی یک شفت قائم به روش کند و پوش به منظور خارج نمودن یک دستگاه ماشین سپری و ادامه حفر تونل به روش جدید تونلسازی اتریشی (NATM)، حفر گردید. به دلیل ساختار پیچیده دهانه های تونل، پیش بینی می شد که در حین حفر تونل فشار مضاعفی بر سیستم نگهداری موقت شفت قائم وارد شود. به همین دلیل برای حصول اطمینان از وضعیت ایمنی، این شفت قائم با استفاده از روش تحلیل سه بعدی مورد بررسی قرار گرفت که شامل فرآیند حفر تونل نیز بود. مقاله حاضر رفتار شفت قائم مذکور را بر اساس تحلیل عددی سه بعدی و در مراحل مختلف ساخت ارائه می نماید.

معرفی کتاب



عنوان: Fundamentals of Geosynthetic Engineering

تالیف: S. K. Shukla; J.H. Yin

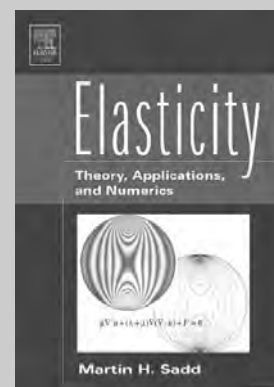
ناشر: ۲۰۰۶ تاریخ انتشار: A.A. Balkema

پیشرفت تولید مصالح پلی مری در قالب ژئوسینتتیک‌ها تغییرات زیادی در مهندسی عمران و رشته‌های مرتبط با آن ایجاد نموده است. ژئوسینتتیک‌ها به شکل‌ها و با ترکیبات متعددی در دسترس بوده و دارای کاربردهای متنوع در محیط‌های مختلف می‌باشد. در سه یا چهار دهه اخیر با توجه به افزایش آشنایی با این مصالح و درک بهتر از موارد صحیح کاربرد آنها، علاقه به استفاده از این مصالح گسترش زیادی یافته است. این کتاب پس از تشریح اصول اولیه طراحی و ساخت ژئوسینتتیک‌ها و ویژگی‌های آنها اقدام به تشریح موارد کاربرد، نحوه انتخاب، عملکرد، و چگونگی نصب و اجرای آنها از جمله در رشته تونل‌سازی می‌نماید.

عنوان: Elasticity – Theory, Applications, and Numerics

تالیف: M. H. Sadd

ناشر: Elsevir ۲۰۰۴ تاریخ انتشار:



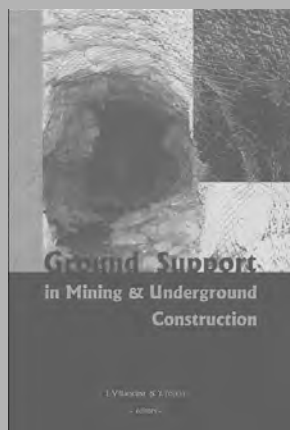
این کتاب با هدف آشنا نمودن دانشجویان و مهندسان با تئوری و روابط مربوط به الاستیسیته می‌باشد. هر چند با گذشت زمان روش‌های حل مسائل مربوط به الاستیسیته، و کاربرد این تئوری در تحقیقات، و روش‌های عددی تا حدودی تغییر نموده ولی اصول اولیه این تئوری کم و بیش بدون تغییر باقی مانده است. تئوری الاستیسیته در مهندسی عمران، مهندسی مکانیک، مهندسی صنایع و رشته‌های فنی مرتبط دیگر همچون ژئومکانیک، مهندسی خاک و مهندسی سنگ برای بررسی رفتار مصالح و سازه‌های گوناگون و بررسی وضعیت تنش و کرنش در طراحی‌ها به کار گرفته می‌شود. این کتاب اصول اولیه و مهم تئوری الاستیسیته و روند تکامل آنرا بازگو می‌نماید و کاربرد آنرا در زمینه‌های متعددی همچون مصالح ناهمسان، محیط‌های ناپیوسته، مدل‌سازی، و روش‌های عددی شرح داده و نحوه انجام محاسبات مربوطه در نرم افزار Matlab را تشریح می‌نماید.

عنوان: Ground Support in Mining and Underground Construction

ویرایش: E. Villaesca; Y. Potvin

ناشر: A.A. Balkema

تاریخ انتشار: ۲۰۰۴



این کتاب شامل مجموعه مقالات پنجمین سمپوزیوم بین‌المللی سیستم‌های نگهداری می‌باشد که در سال ۲۰۰۴ در استرالیا برگزار گردید. اهداف این سمپوزیوم تبادل اطلاعات و تجربیات متخصصان و محققان در رابطه با نگهداری به ویژه در فعالیت‌های معدنی بوده است. موضوعات اصلی این سمپوزیوم شامل مطالعات موردی، ویژگی‌های توده‌های سنگ، مدل‌سازی، آزمون‌های آزمایشگاهی و صحرایی، معادن روباز، آزمون‌های دینامیکی، ریزش و فرآیند گسیختگی، مهندسی عمران و تونل‌سازی، طراحی، نگهداری سطحی، و دیگر روش‌های نگهداری بوده است. در این مجموعه بیش از ۶۰ مقاله راجع به نگهداری و تقویت زمین در قالب موضوعات فوق ارائه شده است.

رویدادهای تونل

BAUMA 2010



19 to 25 April 2010, München-DE

Bauma 2010, 29th International Trade Fair for Construction Machinery, Building Material Machines, Mining Machines, Construction Vehicles and Construction Equipment

The latest products from the international construction, building-materials and mining machinery sectors will be on show at bauma in Munich between 19 and 25 April 2010.

This event will take up over 555,000 square metres (gross) of indoor and outdoor exhibition space at the New Munich Trade Fair Centre.

Phone: (+49 89) 9 49-1 13 48
Fax: (+49 89) 9 49-1 13 49
www.bauma.de

2010 China International Tunneling and Underground Engineering Exhibition



19 to 21 May 2010 - Shanghai New International Expo Center (SNIEC)

TunnelChina has been growing steadily fast in the last years and has established itself as one of the leading trade show in Chinese tunneling and underground engineering industry. The last edition of which (together with Metro China) covered 18,000sqm. Besides, Tunnel China Expo is awarded as one of excellent trade shows by Shanghai Convention & Exhibition Industries Association. Tunnel China has obtained support not only from authoritative associations such as ITA and China Civil Engineering Society but also from most urban rail operators across China.

contact: Jacky Li, Jolie Zhu
Tel: +86-21-62951395, +86-21-62957551
Fax: +86-21-62780038
Email: intexlsw(at)sh163.net - intexzyy(at)sh163.net
www.tunnel-china.org

Swiss Tunnel Congress



9-11 June 2010, Lucerne - Switzerland, FGU-Swiss Tunnelling Society

9 June 2010 - Colloquium "Concrete Technology"
10 June 2010 - Congress "Specialists' topic lectures about challenging tunnel constructions in Switzerland and abroad"
11 June 2010 - Excursions

Contact: Thomi Bräm
PR-Beratung + Verlag
Felsenstrasse 11
CH-5400 Baden
fgu(at)thomibraem.ch
Phone +41 (0)56 200 23 33
Fax +41 (0)56 200 23 34
www.swisstunnel.ch

International Conference Underground Construction Prague 2010 Transport and City Tunnels



14-16 June 2010, Czech Tunnelling Association ITA-AITES, Prague, Czech republic

The ITA-AITES Czech Tunnelling Association cordially invites you to the 11th International Conference entitled „Underground Constructions Prague 2010“, which will be held in Prague, the capital of the Czech Republic, from 14th to 16th June 2010. This is the largest Czech tunnelling conference, which is held regularly every three years.

Our aim is for the conference programme to reflect experience in preparing and implementing road, railway and urban underground construction projects, in particular experience obtained during mechanised excavation by means of TBMs and shields or from driving long rail tunnels.

www.ita-aites.cz

IN THE NAME OF GOD

● Editorial.....	2
● News.....	3
● Construction Method of Submerged Tunnels.....	8
● The Effect of Geomechanical Parameters of Rock Masses on the Performance of TBM Machines in Hard Rock.....	11
● Qanat.....	14
● Estimating Tunnel Design Parameters Using Back Analyses (Case Study: Karaj Metro Line 2).....	19
● The Design of the Ventilation Shaft of Zagros Long Tunnel.....	24
● Determining the Critical Velocity inside Alborz Tunnel during Fire Accidents based on Empirical Equations	28
● The SMART Project.....	37
● Tunnel Dissertation Abstracts.....	39
● Selected International Paper Abstracts.....	40
● Book Review.....	42
● Tunnelling Events.....	43



Dr. M. Gharouni Nik

President

Dr. S. Hashemi

Chief Editor

Board of Directors of Iranian Tunnelling Association

Supervised By

Mr. M. Hamzeh Abyazani

Internal Management

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

Editorial Board

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

Mr.A. Iranzadeh, Mr.M. Khosrotash

Other Contributors

Nashr-e-Fan

Executive Producer