

تونل

نشریه انجمن تونل ایران

Tunnel

شماره ۱۳، زمستان ۸۹

Iranian Tunnelling Association Magazine



www.irta.ir

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



- سرمقاله..... ۲
- اخبار..... ۳
- رفتار زمین و ابزار مهندسی سنگ در حفاریات زیرزمینی..... ۹
- تأثیر مدول یانگ بر نتایج مدلسازی عددی..... ۲۳
- اثرات آبهای زیرزمینی و نیروی تراوش در طراحی پایداری و حائل تونل..... ۲۷
- چکیده پایان نامه..... ۳۰
- معرفی کتاب..... ۳۱
- چکیده مقالات منتخب نشریات..... ۳۲
- رویدادهای تونلی..... ۳۴

شرح روی جلد: دهانه جنوبی تونل توحید



صاحب امتیاز
مدیر مسئول
سر دبیر
زیر نظر
هیئت تحریریه

انجمن تونل ایران
دکتر مرتضی قارونی نیک
دکتر سیامک هاشمی
هیئت مدیره انجمن تونل ایران
دکتر محمد جواد جعفری، دکتر حسین سالاری راد، دکتر مصطفی شریفزاده،
دکتر محمد حسین صدقیانی، دکتر اورنگ فرزانه، دکتر احمد فهیمی فر،
دکتر مرتضی قارونی نیک، دکتر حسین کنعانی مقدم،
مهندس ابوالقاسم مظفری شمس، دکتر سیامک هاشمی، دکتر علی یساقی

همکاران این شماره

مهندس امیرعبداله ایران زاده و مهندس محمد خسرو تاش

امور اجرایی
تبلیغات
صفحه آرایی و طراحی جلد

نشرین
معصومه قره داغی
الهه لطفی

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

- موضوع مقاله در ارتباط با اهداف نشریه باشد.
- مطالب و مقاله‌های دریافتی بازگردانده نمی شود.
- 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: ۶ - ۸۸۶۳۰۴۹۵ نمابر: ۸۸۰۰۸۷۵۴

Website: www.irta.ir

Email: info@irta.ir



مهندسی در ایران

مهندسی در ایران از دوران باستان، قوی و غنی بوده است. فن آوری در ایران از زمان‌های دور پایه‌ریزی شده و در طی هزاران سال سیر تکاملی خویش را پیموده است. مهندسی در ایران در قالب اختراعات و نظریه‌های علمی و فنی، سازه‌ها، و اکتشافات نه تنها زیربنای تمدن ایرانی را تشکیل داده بلکه همواره در طول تاریخ، فرهنگ‌های دیگر را نیز بهره‌مند ساخته است. نقش تمدن فنی ایران در تشکیل و تکامل تمدن جهانی بنیادی است. آنچه مهندسی ایرانی را از علوم مهندسی بسیاری از تمدن‌های دیگر متمایز می‌سازد، پیوندی است که علم با عرفان، فلسفه، حکمت، هنر و ادبیات این سرزمین داشته است. دانشمندان و مهندسان ایرانی همواره در پژوهش‌ها و فعالیت‌های مهندسی، عناصری همچون توازن طبیعت، سلامت جسم و روان، مبانی اخلاق و دیگر جنبه‌های فرهنگ ایرانی را در افق نگاه خویش داشته‌اند.

کاربرد مصالح مختلف در ایران از دوران باستان معمول بوده و به تدریج پیشرفت نموده است. از جمله نخستین مصالح سنگ بوده که از هزاران سال پیش در ساخت خانه‌ها به صورت پی سنگی و دیوارهای سنگ چین، و بعدها در ساخت ستون‌ها و سردرها به کار گرفته می‌شد. برای دستیابی به مصالح مناسب کار معدن کاری در ایران به تدریج رونق گرفت. انتخاب سنگ‌های بی رگه برای کاربردهای ساختمانی و انتخاب جهت مناسب برای حفر پی و نحوه قرار دادن سنگ‌های رگه دار بر روی هم، که در آثاری همچون تخت جمشید متجلی شده، دلیلی برای آگاهی و شناخت ویژگی‌های سنگ‌ها و لایه‌های زمین می‌باشد. ساخت دخمه‌ها و مقبره‌ها در کوه‌ها و در اعماق زمین نیز در دوران گذشته مرسوم بوده نشانی از این شناخت می‌باشد. این آرامگاه‌ها در امتداد لایه‌های انتخاب شده‌ای از زمین و در جهتی که توده سنگ دارای مقاومت و پایداری بیشتر بوده، ساخته شده‌اند. مصالح خاکی نیز در ایران دارای پیشینه کهنی می‌باشند. صنایع مربوط به این مصالح چه در ساختمان سازی و چه در سفال و سرامیک سازی از جمله قدیمی‌ترین صنایع می‌باشد. ملات‌های گچ، آهک و ساروج مصالحی هستند که از گذشته در ایران به کار می‌رفتند. استفاده از این مصالح در کارهای مهندسی و در ترکیب با هنر ایرانی از موارد شاخص هنر مهندسی ایرانی است. نگاهی به آثاری همچون تخت جمشید، مسجد جامع اصفهان و بسیاری آثار دیگر نشان‌دهنده این ترکیب هستند.

از دیگر فعالیت‌های ایرانیان در دوران گذشته ایجاد راه‌های ارتباطی بوده است. از جمله بزرگ‌ترین شبکه‌های راه سازی ساخت راه شاهی در دوره هخامنشیان بود که از پارسه شروع و با طولی معادل ۲۶۰۰ کیلومتر تا فیه سوس ادامه می‌یافت. راه ابریشم یکی دیگر از راه‌های طولانی و معروف قدیمی است که بخشی از آن از خاک ایران عبور می‌کرد. پل سازی نیز از جمله فعالیت‌های مهندسی است که در کشورمان سابقه‌ای طولانی دارد. بسیاری از پل‌ها علاوه بر فراهم نمودن امکان عبور از روی دره‌ها یا رودخانه‌ها، نقش کنترل سیلاب را نیز بر عهده داشته‌اند. از جمله قدیمی‌ترین پل‌های ایران پل شوشتر و پل بند شوشتر در خوزستان می‌باشند. همچنین می‌توان به بندهای متعددی اشاره نمود در گذشته‌های دور ساخته شده‌اند و بقایای برخی هنوز باقی است، از جمله بند بهمن، بند میزان، بند امیر، بند کبار، بند کریت و بسیاری بندها و سدهای دیگر که نشان از قدمت فعالیت مهندسی سدسازی در ایران می‌باشد. این بندها در کنار ذخیره آب برای مصارف آشامیدن و کشاورزی برای مصارف صنعتی نیز به کار گرفته می‌شدند. استفاده از نیروی آب از طریق هدایت آن به وسیله کانال‌ها یا تونل‌ها برای به حرکت در آوردن پره‌های آسیاب‌هایی از جمله این موارد است و مجموعه آبی شوشتر نمونه‌ای دیدنی در این زمینه می‌باشد. یکی دیگر از راه‌های انتقال آب که در گذشته‌های دور توسط ایرانیان پایه‌گذاری شد استفاده از کاریز یا قنات است. این کانال‌های زیرزمینی آب را از یک چاه اصلی (مادر چاه) که به سفره زیرزمینی می‌رسید، تا مسافت‌های بسیار دور منتقل می‌کرد.

در گذشته عدم گسترش تجهیزات ساخت و بهره برداری و همچنین عدم توسعه علم و فن آوری‌های نوین عامل بازدارنده‌ای در گسترش برخی از فنون مهندسی بوده است. امروزه مهندسان ایرانی به تأسی از پیشینیان خود توانایی اجرای سازه‌هایی با پیچیدگی بیشتر را دارند. با توسعه علم و فناوری و گسترش تجهیزات ساخت و بهره برداری در زمینه ساخت تونل‌ها و فضاهای زیرزمینی پیشرفت‌های چشمگیری به وجود آمده‌اند. امید آن است که با تقویت نهادهای مرتبط با رشته‌های مهندسی و به ویژه صنعت تونلسازی، انسجام لازم در زمینه‌های علمی و صنعتی در کشورمان روزافزون گردد.



آغاز عملیات اجرایی ساخت تونل خط ۳ متروی تهران



با حضور محمداقبر قالیباف شهردار تهران عملیات اجرایی ساخت تونل خط ۳ متروی تهران توسط دستگاه حفار تمام اتوماتیک (TBM) آغاز شد.

به گزارش خبرنگار اجتماعی فارس، دستگاه حفار قابلیت حفر به طور متوسط روزانه ۱۵ متر را داراست. با بکارگیری همزمان چهار دستگاه حفار (چهار جبهه کاری) در مدت سه سال ساخت تونل‌ها تکمیل می‌شود. استفاده از این نوع دستگاه‌ها علاوه بر افزایش سرعت ساخت، ایمنی و کیفیت کار را نیز به همراه عدم نشست سطح زمین بالا می‌برد.

ساخت بخش مهمی از تونل خط ۳ (سه) متروی تهران حد فاصل منطقه قلعه مرغی تا چهار راه ولیعصر (عج) (با عبور از مناطق و میادین مهمی چون جوادیه، میدان راه آهن، خ ولیعصر (عج) و میدان منیریه) بصورت مکانیزه انجام می‌شود و در حال حاضر دستگاه حفار مورد نیاز تأمین، به کشور حمل و پس از عملیات مونتاژ آماده بهره‌برداری شده است، ضمناً سرعت ساخت تونل با ورود چهار دستگاه حفار اتوماتیک به تهران، حفاری تونل به بیست کیلومتر در سال خواهد رسید. این دومین دستگاه است که کار خود را آغاز می‌کند و بزودی نیز دو دستگاه دیگر نیز شروع به کار خواهد کرد.

۱۳۸۹/۱۱/۲

خبرگزاری فارس

افتتاح تونل انحراف آب رودخانه عارفی به سد طرق



تونل انحرافی آب رودخانه عارفی به سد طرق امروز با حضور وزیر نیرو و دیگر مسئولان استانی افتتاح شد. به گزارش خبرگزاری فارس از مشهد، محمد حسین جعفری مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی در این مراسم اظهار داشت: این پروژه بند انحرافی، سیلاب‌های رودخانه عارفی را به پشت سد طرق روانه می‌کند که ۷ میلیون مترمکعب آورد در سال دارد و ۵،۵ میلیون متر مکعب آن قابل انتقال به سد است. وی با اشاره به جزئیات تونل تصریح کرد: این تونل ۷۴۰ متر طول دارد که با ابعاد ۳ متر در ۳ متر، آب را به پشت سد طرق منتقل کرده و برای شرب شهر مشهد استفاده می‌شود.

مدیرعامل آب منطقه‌ای خراسان رضوی گفت: در این سد حق آب کشاورزی به آب شرب داده شده و به جای آن پس از آب شهری به بخش کشاورزی داده می‌شود. مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی، تأمین آب در دراز مدت را از برنامه‌های این شرکت عنوان کرد. وی افزود: با انتقال آب سد دوستی به پشت این سد که عملیات اجرایی آن در سال آینده آغاز می‌شود تأمین آب دراز مدت مشهد پیش‌بینی شده است.

۱۳۸۹/۱۰/۳۰

خبرگزاری فارس

کلید انفجار تونل محور لامرد - خنج زده شد

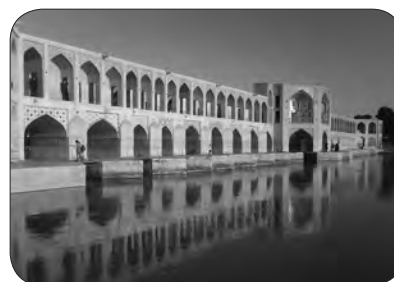
مدیرکل راه و ترابری لارستان انفجار تونل بزرگ محور لامرد - خنج را کلید زد. به گزارش خبرگزاری فارس از لارستان، علی امیری به اتفاق فرماندار شهرستان لامرد، معاونان و رؤسای ادارات ستادی و ادارات شهرستان‌های تابعه اداره کل راه و ترابری لارستان و گروهی از مسئولان و مردم عملیات انفجار تونل بزرگ محور لار - خنج را کلید زد. در آیین انفجار این تونل فرماندار شهرستان لامرد گفت: اجرای تونل گردنه شهید باقری از آرزوهای دیرینه مردم منطقه بوده است. محمد جعفری افزود: امیدواریم که اجرای این طرح در موعد مقرر به اتمام رسیده و مردم به آرزوی خود برسند. در ادامه مدیرکل راه و ترابری لارستان اظهار داشت: محور لامرد - خنج در استان فارس و حوزه استحفاظی این اداره کل است. علی امیری طرح حاضر را شامل ۱۸ کیلومتر و ۶۰۰ متر عملیات راهسازی به عرض ۱۱ متر شامل ابنیه فنی و تونل که ۲ کیلومتر و ۴۰۰ متر آن تونل دانست.

امیری افزود: عملیات خاکی (کوهبری، سنگ‌برداری، بغل بری و ...) ابنیه‌های فنی آن مانند (آبرو، پل و تونل) روکش آسفالت و روسازی شامل (زیراساس، اساس، آسفالت گرم، خط‌کشی و عملیات تعریض) است. مدیرکل راه و ترابری لارستان در مورد پیشرفت فیزیکی ورودی این تونل اضافه کرد: این طرح به لطف خدا بر اساس برنامه زمان‌بندی پیش‌بینی شده از پیشرفت خوبی برخوردار است و امیدواریم که در صورت تأمین اعتبار مناسب و عدم وجود مشکلات اجرایی تا دو سال آینده به بهره‌برداری برسد.

۱۳۸۹/۱۰/۲۳

خبرگزاری فارس

افزایش ۴ برابری میزان آب انتقالی زاینده رود به کاشان



مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان گفت: با بهره‌برداری از تونل گلاب، آب انتقالی زاینده‌رود به شهرستان‌های کاشان و آران و بیدگل به چهار برابر افزایش می‌یابد. محمد علی طرفه در گفت‌وگو با خبرنگار فارس در کاشان تصریح کرد: در صورت افتتاح این تونل میزان آب انتقالی زاینده‌رود به این شهرستان و آران و بیدگل به یک‌هزار و ۷۰۰ لیتر در ثانیه می‌رسد. به گفته وی اجرای طرح تونل گلاب به طول ۱۱/۵ کیلومتر از سال ۸۴ آغاز شده که ۱۰ کیلومتر تونل اصلی و ۱/۵ کیلومتر تونل دسترسی است و در حال حاضر عملیات اجرایی ۱۰ کیلومتر آن توسط قرارگاه خاتم‌الانبیا در دست اجراست. طرفه با اشاره به ایجاد هفت کیلومتر از تونل اصلی تاکنون خاطرنشان کرد: برای ایجاد سه کیلومتر باقیمانده تونل اصلی گلاب نیازمند حمایت‌های مسئولان است که در صورت تأمین اعتبارات مورد نیاز، این طرح حداکثر تا دو سال آینده به بهره‌برداری می‌رسد. مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان اضافه کرد: در سال جاری ۸۰ میلیارد ریال اعتبار برای این طرح در نظر گرفته شده و برای تکمیل و بهره‌برداری از آن ۳۰۰ میلیارد ریال اعتبار نیاز است.

مدیرعامل شرکت آب منطقه‌ای استان اصفهان در ادامه خشکسالی‌های اخیر را موجب بحران بی‌آبی دانست و اجرای طرح‌های تأمین در استان اصفهان و حفظ منابع آب زیرزمینی را دو راهکار مهم و اساسی برای تقویت منابع آبی این استان ذکر کرد.

طرفه مشکل کمبود اعتبار را یکی از مهمترین موانع همیشگی پیش‌روی این طرح‌ها خواند و افزود: امیدواریم با پشتیبانی مدیریت استان بتوان از طریق فروش اوراق مشارکت، اعتبارات این

طرح‌ها افزایش داد.

۱۳۸۹/۱۱/۲۹

خبرگزاری فارس

۸۵ درصد از اراضی روستای شهریار کوه‌رنگ تملک شد



فرماندار کوه‌رنگ گفت: به‌منظور اجرای تونل سوم کوه‌رنگ تاکنون افزون بر ۸۵ درصد از اراضی و املاک روستای شهریار از توابع دهستان بیرکان این شهرستان تملک شده است. ستار خیری در گفت‌وگو با خبرنگار فارس در شهرکرد اظهار داشت: با توجه به برنامه‌ریزی‌های صورت گرفته ۹۰۰ هکتار از اراضی مستثنیات منطقه بیرکان شامل تملک است که تاکنون افزون بر ۳۰۰ هکتار از این اراضی تملک شده است. وی افزود: برای تملک این مقدار از اراضی افزون بر ۱۳۰ میلیارد ریال از سوی شرکت آب منطقه‌ای اصفهان به ساکنان روستاهای این منطقه پرداخت شده است. خیری با اشاره به روستاهای تحت پوشش این طرح گفت: با اجرای تونل سوم کوه‌رنگ روستاهای شهریار، بیدامین، ملک‌آباد، هوریکول علیا، هوریکول سفلی، عاج جلیل، دهگه، چهاباد، پاچه‌گاد از روستاهایی هستند که در بستر سد قرار می‌گیرند و باید تملک شوند. فرماندار کوه‌رنگ در ادامه با اشاره به روند اجرایی احداث تونل سوم کوه‌رنگ افزود: این پروژه به طول ۲۳ کیلومتر و ۴۰۰ متر بوده که تنها ۱۹۵ متر از عملیات حفر این تونل ناتمام مانده است. وی خاطرنشان کرد: عملیات اجرایی احداث این پروژه از سال ۷۳ آغاز شده است که با اجرای این پروژه ۳۰۰ میلیون مترمکعب آب مازاد کوه‌رنگ از سرشاخه‌های کارون به زاینده‌رود منتقل می‌شود. خیری با اشاره به اشتغال ایجاد شده در راستای احداث این پروژه اظهار داشت: تاکنون افزون بر ۳۰۰ نفر در پروژه تونل سوم مشغول به فعالیت شده‌اند که انتظار می‌رود با تربیت نیروی انسانی متخصص و مورد نیاز به منظور اجرای طرح‌های بزرگ عمرانی در این استان و بالطبع این شهرستان بتوانیم آمار بیکاری را به میزان قابل چشمگیری کاهش دهیم.

۱۳۸۹/۱۱/۳۰

خبرگزاری فارس

قطار شهری مشهد به صورت آزمایشی به بهره‌برداری رسید

در سالروز میلاد پیامبر اکرم (ص) قطار شهری مشهد به صورت آزمایشی به بهره‌برداری رسید. به گزارش فارس، بهره‌برداری آزمایشی قطار شهری مشهد همزمان با ولادت پیامبر اکرم (ص) و حضرت امام جعفر صادق (ع) با حضور خانواده‌های معظم شهدا آغاز شد. شهردار مشهد در افتتاحیه این مراسم گفت: در آغازین روزهای بهره‌برداری خط یک قطار شهری مشهد تعداد واگن‌های خط یک محدود است.

وی اظهار داشت: بهره‌برداری خط یک قطار شهری مشهد با ۹ واگن صورت می‌گیرد که در نهایت واگن‌ها پس از تولید به تدریج به مشهد انتقال داده می‌شود.

شهردار مشهد ادامه داد: آغاز به کار قطار شهری مشهد در مسیر یک - نخریسی تا وکیل آباد - به صورت هر نیم ساعت یک قطار در ایستگاه، خواهد بود اما به تدریج با رسیدن واگن‌ها، این زمان به پنج دقیقه کاهش می‌یابد.

رضا رجب‌زاده مدیرعامل بهره‌برداری قطار شهری مشهد نیز در جمع خبرنگاران گفت: قطار متروی این شهر، ۱۸ هزار کیلومتر تست تحمل را پشت سر گذاشته و قیمت خرید هر واگن قطار شهری یک میلیون و ۵۶۰ هزار یورو و بر اساس قرارداد منعقد بین شهرداری و پیمانکار چینی و با توجه به هزینه‌های حمل و قطعات یدکی، در مجموع قرارداد خرید ۲۰ رام قطار ۱۰۶ میلیون یورو است.

هر رام قطار متروی مشهد از سه واگن ۳۰ متری

نزدیکی سی‌وسه‌پل مربوط به عملیات حفاری تونل مترو نمی‌دانند و معتقدند این فوران ناشی از مشکلات شبکه فاضلاب است، اما مسئولان سازمان میراث فرهنگی و گردشگری نسبت به آسیب جدی سی‌وسه‌پل در صورت ادامه عملیات حفاری هشدار داده‌اند و مسئولان سازمان میراث فرهنگی و گردشگری استان اصفهان حکم توقف فعالیت قطار شهری اصفهان را گرفته‌اند.

اسفندیار حیدری‌پور، مدیرکل میراث فرهنگی و گردشگری استان اصفهان در این باره گفت: در پی شکایت سازمان میراث فرهنگی از قطار شهری پیرو نشست زمین در بلوار آیینه‌خانه حکم توقف فعالیت قطار شهری گرفته شده و در چند روز آینده، با حضور مسئولان سازمان مرکزی میراث فرهنگی و گردشگری، بازدیدی از مترو برای تعیین تکلیف انجام خواهد شد. وی همچنین از انتظار برای نتایج مطالعات دانشگاه علم و صنعت درباره میزان خسارت وارد شده به سی‌وسه‌پل خبر داد.

او ادامه داد: کارشناسان و مهندسان دانشگاه علم و صنعت از سی‌وسه‌پل و نشست‌های ایجادشده دیدن کردند و اکنون در حال بررسی وضعیت هستند.

وی با اشاره به اینکه فعالیت دستگاه حفار اتوماتیک در محدوده سی‌وسه‌پل به پایان رسیده است، اظهار کرد: خوشبختانه براساس مطالعات انجام‌شده درباره ۲ بار نشست زمین که در محدوده این پل تاریخی اتفاق افتاد، آسیبی به پل وارد نشده چون این نشست‌ها در عرصه خیابان اتفاق افتاده است.

از طرفی عبدالجواد زعفرانی، مدیرعامل سازمان قطار شهری اصفهان چندی پیش عمق نشست زمین را نزدیک به یک تا ۲ متر اعلام کرده و گفته بود: این نشست در عملیات حفاری تونل مترو مشکلی ایجاد نکرده است.

عباس حاج‌رسولی‌ها، رئیس شورای شهر اصفهان هم پیش‌تر درباره نشست اول در اطراف پل به مهر گفته بود: این فرورفتگی نباید باعث ایجاد نگرانی درباره استحکام بنای تاریخی سی‌وسه‌پل شود؛ چراکه با این پل فاصله زیادی دارد.

۱۷ اسفند ۱۳۸۹

همشهری آنلاین

براساس تکنیک‌های تزریق و زهکشی کار انجام شده و در اردیبهشت مشکل آبریزش تونل توحید برطرف می‌شود.

معاون فنی عمرانی شهرداری تهران در پاسخ به این پرسش که اعضای شورای شهر اعلام کردند در زمینه ریزش آب در تونل توحید مشکل در شهرداری است نه شرکت آب و فاضلاب گفت: اطلاعاتی که اعضا دارند، همان اطلاعات ماست دو منبع نیست. مطالعات تکمیلی انجام داده ایم و اداره آب و فاضلاب نیز مشاور گرفته، نتیجه مطالعات نشان داد که چندین نقطه مشکوک وجود دارد. وی بیان کرد: به دلیل قدمت شبکه آب تراوشاتی در این زمینه وجود دارد. معاون فنی عمرانی شهرداری تهران گفت: تمام گزینه‌ها بررسی شده و مشکل آبریزش تونل توحید از آب و فاضلاب است. حسینی ادامه داد: سیمان استفاده شده در تونل ضدسولفات است و املاح روی آن تاثیر نمی‌گذارد. از نظر ایمنی اگر آب تراوش شده فاضلاب باشد مشکلی در تونل ایجاد نمی‌کند. وی تأکید کرد: مشکلی از نظر ایمنی در تونل توحید نداریم اما از نظر بصری آبریزش چیز مناسبی نیست به همین دلیل با تزریق صورت گرفته این مشکل را برطرف می‌کنیم.

۱۳۸۹/۱۲/۴

خبرگزاری فارس

حکم توقف فعالیت قطار شهری اصفهان صادر شد



بعد از چند بار نشست زمین در حوالی سی‌وسه پل اصفهان به دلیل حفر تونل مترو، این بار، حادثه در فاصله ۱۵ متری سی‌وسه‌پل رخ داد. اگرچه مسئولان شهری فوران آب و خاک را در

تشکیل شده که طول آن ۹۰ و عرض واگن‌ها ۶۵،۲ متر است. ظرفیت پذیرش هر واگن قطار ۲۵۰ مسافر نشسته، ایستاده و هر رام قطار ۷۵۰ نفر ظرفیت دارد.

این قطار که در مرحله نخست از ساعت ۹ تا ۱۳ هر روز فعالیت دارد، ۲۲ ایستگاه را در مسیر ۱۹ کیلومتری خیابان نخریسی تا انتهای بولوار وکیل آباد تحت پوشش دارد و این مسیر را به مدت ۳۵ دقیقه طی می‌کند.

۱۳۸۹/۱۲/۲

همشهری آنلاین

مشکل ریزش آب در تونل توحید اردیبهشت برطرف می‌شود



معاون فنی عمرانی شهرداری تهران به ریزش آب در تونل توحید اشاره کرد و گفت: مشکل ریزش آب در این تونل اردیبهشت سال آینده برطرف می‌شود. به گزارش خبرنگار اجتماعی فارس، مازیار حسینی در نشست خبری درباره هوشمند سازی تونل توحید گفت: پیمانکار تا پایان سال فرصت دارد روی کیفیت و کمیت هوای تونل فعالیت کرده به نتیجه برساند. وی به آبریزش تونل توحید اشاره کرد و گفت: این ریزش آب نگران کننده نیست و شهروندان نترسند سازه زیرزمینی کاملاً مقاوم است. وی ادامه داد: براساس بررسی‌های صورت گرفته عمده مشکلات به بحث فاضلاب برمی‌گردد. سیستم فاضلاب شهری نداریم و مجموعه شرایط باعث شده محیط مرطوب شود. حسینی اضافه کرد:

تونل دوم تنگزاغ به بهره‌برداری رسید



و ۲۳۸ متر طول و به عنوان طولانی‌ترین تونل جاده‌ای استان شناخته می‌شود. وی بیان داشت: همچنین این تونل ۷۰ متر پایین‌تر از تونل نخست تنگزاغ که ۷۵۰ متر طول دارد حفاری و بازگشایی شده است. مدیرکل راه و ترابری هرمزگان ادامه داد: اعتبار اولیه پیش‌بینی شده برای این تونل ۲۱ میلیارد و ۷۰۰ میلیون تومان بوده است.

تونل تنگزاغ دوم که عدم بهره‌برداری از آن به واسطه تعریض محور سیرجان بندرعباس به بزرگراه، در ماه‌های اخیر مشکلات عدیده‌ای را در محور سیرجان بندرعباس به وجود آورده بود سرانجام پس از بارها تاخیر از زمان مقرر برای بهره‌برداری به زیر بار ترافیک رفت هرچند تاسیسات هوادهی و روشنایی این تونل نیز به طور موقت راه‌اندازی شده اما به گفته مسئولان بازگشایی آن با توجه به موعد فرا رسیدن تعطیلات نوروزی دارای اهمیت است. مرحوم پورشهسواری مدیر سابق اداره راه و ترابری شهرستان حاجی‌آباد نیز یکی از کسانی بود که در حین مأموریت در راه‌های منتهی به این تونل دچار سانحه شد و درگذشت. وی پس از بروز سانحه‌ای در ورودی تونل تنگزاغ نخست در آن مأموریت سعی در بازگشایی مسیر داشته است.

۱۳۸۹/۱۲/۲۰

خبرگزاری فارس

پس از ماه‌ها تاخیر تونل دوم تنگزاغ که به نام (راهدار فداکار پورشهسواری) نامگذاری شده است، با حضور استاندار هرمزگان و مقامات اداره راه و ترابری به بهره‌برداری رسید. به گزارش خبرگزاری فارس از بندرعباس، استاندار هرمزگان در آیین بهره‌برداری از این پروژه با اشاره به اهمیت مسیر سیرجان بندرعباس و نقش آن در جابه‌جایی کالا در بخش ملی و منطقه‌ای اظهار داشت: با توجه به اینکه حدود ۶۰ درصد صادرات و واردات کشور از محور سیرجان بندرعباس صورت می‌گیرد، همگان به اهمیت این مسیر واقفاند و از همین رو در راستای تعریض و ارتقای ایمنی آن در بعد استانی و ملی دغدغه‌هایی موجود است. حسین‌هاشمی تختی با اشاره به پروژه تونل تنگزاغ، از این پروژه به عنوان پروژه‌ای اساسی در محور سیرجان بندرعباس یاد کرد. وی افزود: گشایش و به‌زیر باروری این تونل نقش عمده‌ای در تسهیل تردد در مسیر سیرجان بندرعباس دارد. همچنین مدیرکل راه و ترابری هرمزگان نیز در ادامه با بیان اینکه عملیات اجرایی تونل تنگزاغ از سال ۸۶ آغاز شده، گفت: با گشایش این قطعه بسیاری از مشکلات مسیر برطرف می‌شود. خداداد مقبلی اضافه کرد: تونل تنگزاغ که به نام مرحوم پورشهسواری مدیر اداره راه و ترابری حاجی‌آباد نامگذاری شده دارای یک‌هزار

بهره‌برداری کامل از آزادراه پیامبر اعظم (ص)

استاندار آذربایجان شرقی از آغاز رفت و آمد در آزادراه پیامبر اعظم (ص) با بهره‌برداری از تونل شبلی خبر داد. به گزارش خبرگزاری فارس از تبریز، احمد علی‌رضایی در گفت‌وگو با خبرنگاران اظهار داشت: طبق توافقی که در دیدار با معاون وزیر راه حاصل شد، مقرر شد قطعه آخر آزادراه پیامبر اعظم (ره) با اقدامات اولیه برای نصب تجهیزات ایمنی و روشنایی برای تعطیلات نوروزی آماده عبور و مرور شود.

وی اظهار داشت: ۱۹۸ کیلومتر از این پروژه در دولت نهم و ۸۰ کیلومتر دیگر در دولت دهم احداث شده است. بیگی یادآور شد: تا چند سال پیش عبور از گردنه «شبلی» برای رانندگان یک خطر بالقوه به شمار می‌آمد که افتتاح این پروژه تسریع در امور ترافیکی و کاهش سوانح رانندگی را به همراه خواهد داشت. بیگی با بیان اینکه ۲ هزار میلیارد ریال برای احداث این قطعه هزینه شده، گفت: طول این قطعه ۱۶ کیلومتر بوده که پنج کیلومتر آن را دو تونل دوقلو تشکیل می‌دهد. وی افزود: هزینه احداث هرکدام از تونل‌ها ۵۰۰ میلیارد ریال بوده و با وجود اینکه وسعت آن بیشتر از تونل توحید تهران است در بازه زمانی کمتر از آن احداث شده است.

گزارش فارس حاکی است، آزاد راه زنجان - تبریز که به عنوان آزاد راه پیامبر اعظم نامگذاری شده، قسمتی از آزاد راه تهران - قزوین - زنجان - تبریز - بازرگان همچنین بخشی از راه ابریشم محسوب می‌شود که عملیات احداث آن از سال ۱۳۷۵ آغاز شده است. این آزاد راه به طول ۲۸۵ کیلومتر نخستین آزاد راه کوهستانی و یکی از عظیم‌ترین طرح‌های راهسازی کشور است. تونل‌های دوقلوی شبلی در انتهای این آزادراه و در ۲۵ کیلومتری تبریز احداث و هریک از آنها ۵،۲ کیلومتر طول و ۱۱ متر عرض دارد. با اتمام ساخت این تونل‌ها آزادراه پیامبر اعظم به بهره‌برداری کامل می‌رسد.

۱۳۸۹/۱۲/۱۹

خبرگزاری فارس

حفر تونل خدنگستان برای انتقال آب به حوضه آبریز زاینده رود پایان یافت



ساخته شد. وی، مطالعه و اجرای ادامه تونل گلاب به منظور آبرسانی به شهرهای تیران- نجف آباد و شمال شهر اصفهان و شهرها و روستاهای مسیر با احداث حدود هفت کیلومتر تونل در سال ۸۹ را از دیگر اقدامات مهم انجام گرفته این شرکت بیان کرد. طرفه، ادامه عملیات حفاری و لاینینگ تونل سوم کوه‌رنگ در سخت‌ترین شرایط آب و هوایی و ژئوتکنیکی منطقه، مطالعه و اجرای طرح‌های متعدد آبرسانی به شهرها و روستاهای استان، مطالعه و ساماندهی سواحل رودخانه زاینده رود و تعیین حریم، بستر و ساحل‌سازی رودخانه، انعقاد قرارداد مدیریت یکپارچه رودخانه زاینده رود با وزارت علوم و تحقیقات آلمان با اعتبار فاینانس سه میلیون یورو را از دیگر اقدامات مهم انجام گرفته این شرکت عنوان کرد. وی، انعقاد قرارداد ساخت سد سوم کوه‌رنگ با اعتباری بالغ بر ۸۳۰ میلیارد ریال، انجام مطالعات فاز دو طرح انتقال آب به فلات مرکزی را از دیگر فعالیت‌های این شرکت در سال ۸۹ عنوان کرد. وی، تکمیل مطالعات احداث سدهای تنگ آب، جنگ آباد، گوکان، بلطاق، گردنه خاکی و میدانک (۲)، مطالعه طرح انتقال آب به شهرستانهای کاشان، آران و بیدگل، گلپایگان و شهرها و روستاهای مسیر را از جمله طرح‌های در دست مطالعه و برنامه‌های سال آینده این شرکت

مدیرعامل شرکت آب منطقه ای اصفهان گفت: عملیات حفاری تونل خدنگستان که نقش مهمی در انتقال آب به حوضه آبریز زاینده رود دارد، به اتمام رسید. محمدعلی طرفه در گفت و گوی اختصاصی با ایرنا افزود: این تونل دارای شش قطعه در مناطق صعب العبور شهرستان فریدونشهر به طول ۱۱ هزار و ۳۰۰ متر و قطر ۴/۲ متر است. وی با بیان اینکه با بهره‌برداری از این تونل سالیانه ۷۵ میلیون مترمکعب آب از این منطقه به حوضه آبریز زاینده رود منتقل می‌شود، ادامه داد: تاکنون ۳۵۰ میلیارد ریال اعتبار برای اجرای این طرح هزینه شده است. طرفه با بیان اینکه اکنون در حال بتون ریزی داخل این تونل هستیم، گفت: به احتمال قوی اواسط سال آینده بهره‌برداری از این تونل آغاز خواهد شد. طرفه، مشخصات فنی این طرح را به طول تاج ۷۷۰ متر، حجم مخزن حدود پنج میلیون متر مکعب عنوان کرد که با اعتباری بالغ بر ۲۵۰ میلیارد ریال ساخته شده است. وی با بیان اینکه امسال تصفیه خانه آب شرب شهر کاشان به ظرفیت دو هزار لیتر در ثانیه احداث شده است، اظهارداشت: هزینه احداث این تصفیه خانه بالغ بر ۱۲۰ میلیارد ریال بود. مدیرعامل شرکت آب منطقه ای اصفهان همچنین به ساخت ایستگاه پمپاژ طرح آبرسانی به مبارکه اشاره کرد و یادآور شد: این ایستگاه به ظرفیت یک هزار لیتر در ثانیه و با هزینه بالغ بر ۴۵ میلیارد ریال در سال جاری

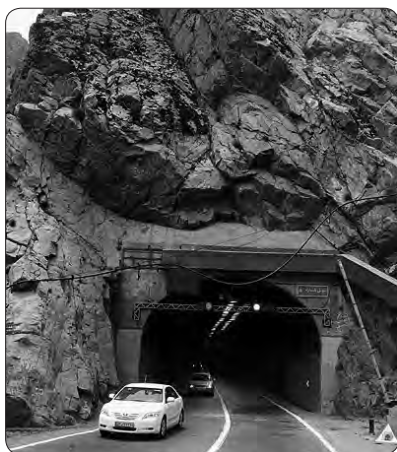
قطار شهری تبریز به خیابان فردوسی رسید



سخنگوی شورای اسلامی شهر تبریز گفت: تونل خط نخست متروی تبریز به خیابان تربیت و فردوسی این شهر رسیده است. جعفر مدبر در گفت‌وگو با خبرنگار فارس در تبریز به تشریح وضعیت بودجه سال ۱۳۹۰ شهرداری تبریز و شرایط متروی این شهر پرداخت. وی گفت: در بودجه سال ۱۳۹۰ شهرداری تبریز از محل فروش اوراق مشارکت برای احیای بافت فرسوده تبریز اقدام خواهد شد و در زمینه حمل و نقل شهری و مترو نیز اوراق مشارکت به فروش خواهد رسید. سخنگوی شورای اسلامی شهر تبریز همچنین با اشاره به پیشرفت متروی تبریز گفت: تونل خط اول متروی تبریز به خیابان تربیت و فردوسی این شهر رسیده است. مدبر گفت: در سال ۹۰ بیش از یک هزار میلیارد ریال از طریق فروش اوراق مشارکت برای تامین بودجه متروی تبریز در نظر گرفته شده است و تلاش می‌کنیم تا خط دوم تبریز نیز در آینده نزدیک آغاز شود. وی اظهار داشت: یکی از مهم‌ترین بحث‌ها در مورد مترو خرید واگن است که این مسئله به صورت کشوری انجام می‌شود و تنها به شهر مشهد مجوز خرید واگن صادر شده بود.

۱۳۸۹/۱۲/۲۱
خبرگزاری فارس

تونل دشتک سال ۹۱ به بهره‌برداری می‌رسد



مدیرکل راه و ترابری چهارمحال و بختیاری گفت: احداث تونل دشتک از توابع شهرستان اردل با صرف ۱۳۴ میلیارد ریال اعتبار تا پایان سال ۹۱ به بهره‌برداری می‌رسد.

به گزارش خبرگزاری فارس از شهرکرد، علی‌خان‌ی در جمع خبرنگاران با اشاره به پروژه‌های بهره‌برداری شده طی سال جاری در این استان اظهار داشت: پروژه چهار خطه چالستر-سامان، آسفالت محور ارتباطی چالستر-سامان، آسفالت محور ارتباطی سامان-تیران، احداث پل‌های چم ناره، احداث پروژه چهارخطه بروجن-گندمان، احداث گردنه رخ-پلیس راه، احداث پل کره‌بس، بهسازی و آسفالت محور گهرو-بلداجی از مهم‌ترین پروژه‌های بهره‌برداری شده در این استان است. وی افزود: اجرای روکش محورهای مواصلاتی شهرکرد-لردگان، گوشکی-قرح، اردل-ناغان، لردگان-چنارمحمودی، فرخشهر-دستگرد-دزک، پردنجان-سه‌راهی بهشت‌آباد و احداث جاده گورمیزه از دیگر پروژه‌های راهسازی در این استان به‌شمار می‌رود.

علی‌خان‌ی در ادامه با اشاره به پروژه‌های در دست احداث در این استان گفت: احداث پروژه کمربندی سامان با پیشرفت ۴۵ درصدی،

پروژه آسفالت شهرکرد-اصفهان با برخورداری از پیشرفت ۷۰ درصدی و صرف ۲ میلیارد و ۵۰۰ میلیون ریال اعتبار، احداث کمربندی بروجن با اعتبار ۶ میلیارد و ۶۰۰ میلیون ریالی، پروژه فارسان-دشتک، اجرای روکش سورشجان-هارونی، اجرای روکش شیخ شبان-آزادگان و روکش سه راهی بلداجی-چغاخور از مهم‌ترین پروژه‌های راهسازی در دست احداث در این استان است.

مدیرکل راه و ترابری چهارمحال و بختیاری ادامه داد: احداث باند دوم شهرکرد-رخ-باغبانداران، احداث چهارخطه سورشجان-هارونی، احداث چهارخطه سورشجان-فارسان، احداث محور ارتباطی فارسان-چلگرد، احداث محور ارتباطی بروجن-قامیشلو، لردگان-احداث محور ارتباطی گوشکی، شهرکرد-سفیددشت، سفیددشت-فراندیه و سفیددشت-زرین‌دشت از دیگر محورهای ارتباطی در دست احداث در این استان است.

وی از پیشرفت ۳۵ درصدی پروژه تکمیل محور اردل-دشتک خبر داد و گفت: این محور با صرف اعتبار ۶ میلیارد و ۲۰۰ میلیون ریال از سال ۸۶ در دستور کار قرار گرفته است که پیش‌بینی می‌شود در سال ۹۰ به بهره‌برداری برسد. علی‌خان‌ی احداث پل افسرآباد-دشتک را از دیگر پروژه‌های در دست احداث در این استان اعلام کرد و گفت: این پروژه با برخورداری از پیشرفت فیزیکی ۸۰ درصدی با صرف ۸ میلیارد و ۸ میلیون ریال در سال ۹۲ به بهره‌برداری می‌رسد. وی با اشاره به دیگر پروژه‌های راهسازی این استان افزود: احداث کمربندی بروجن، احداث محور ارتباطی فارسان-دشتک قطعه اول، احداث تونل زره، اجرای روکش محور شهرکرد-ایذه، اجرای روکش سورشجان-هارونی، اجرای روکش شیخ شبان-آزادگان، اجرای روکش سه راهی بلداجی-چغاخور، احداث تونل دشتک، احداث محور ارتباطی تنگ کلوره-ارمند از دیگر این پروژه‌ها به‌شمار می‌رود.

۱۳۸۹/۱۲/۲۸

خبرگزاری فارس

بیان کرد. طرفه همچنین پیش بینی احداث مخزن آب مورد نیاز در حد استاندارد بر اساس مطالعات طرح‌های آبرسانی شهرهای استان از جمله مخزن ۱۰ هزار متر مکعبی طرح آبرسانی مبارکه، مخزن ۷۰ هزار مترمکعبی آبرسانی به اصفهان بزرگ و دو مخزن ۱۰ هزار متر مکعبی طرح آبرسانی به نایین، تکمیل مطالعات فاز دو انتقال آب به فلات مرکزی و شروع عملیات اجرایی تونل ۶۵ کیلومتری انتقال آب را از دیگر طرح‌های در دست مطالعه سال ۹۰ عنوان کرد. طرفه با بیان اینکه حجم آب ورودی به سد زاینده رود در یک سال نرمال از لحاظ بارندگی حدود یک‌هزار و ۵۷۰ میلیون مترمکعب است، تصریح کرد: از این مقدار حدود ۵۰۰ میلیون مترمکعب در بخش شرب و صنعت و مابقی صرف مصارف کشاورزی و محیط زیست می‌شود. وی اضافه کرد: در سه سال اخیر با وقوع پدیده خشکسالی و کاهش بارندگی میزان ورودی آب به این سد حدود یک‌هزار و ۷۶۰ میلیون مترمکعب کاهش یافته که این مقدار کاهش به نسبت حجم مصرف به کلیه بخش‌های مصرف کننده تقسیم شده است. مدیرعامل شرکت آب منطقه ای اصفهان با بیان اینکه هم اکنون حجم سد زاینده رود با احتساب رسوبات آن حدود ۲۱۰ میلیون متر مکعب است، اظهارداشت: بنا به اعلام اداره کل هواشناسی استان میزان بارندگی طی سه ماهه زمستان سالجاری زیر نرمال بود. وی اضافه کرد: بنابراین در شرایطی که حجم سد زاینده رود در مقایسه با متوسط درازمدت حدود ۷۲ درصد کاهش یافته امکان اتخاذ تصمیم در خصوص توزیع آب برای کشت بهاره در سال ۱۳۹۰ وجود ندارد و تامین آب مورد نیاز شرب و صنعت در اولویت قرار دارد.

۱۳۸۹/۱۲/۲۴

خبرگزاری جمهوری اسلامی (ایرنا)

رفتار زمین و ابزار مهندسی سنگ در حفريات زیرزمینی

امیر عبدالله ایران زاده کارشناس ارشد مهندسی استخراج معدن، کارشناس مکانیک سنگ شرکت مشانیر

متن حاضر ترجمه مقاله ذیل می باشد:

Ground behaviour and rock engineering tools for underground excavations

Arild Palmstrom, Haakan Stille

Tunnelling and Underground Space Technology 22 (2007) 363-376

چکیده

ابزار و روش های مختلفی را می توان در طراحی، مهندسی و ساخت پروژه های زیرزمینی در سنگ به کار گرفت. با توجه به وجود دامنه وسیع از انواع توده سنگ ها و نیز وجود شرایط مختلف زمین، استفاده از ابزار مناسب که بتواند شرایط واقعی زمین را در حفرياتی همچون تونل ها، مغارها و چاه ها تحت پوشش قرار دهد، بسیار حائز اهمیت است. هدف این مقاله تبیین حدود کاربری این ابزار و بررسی شرایطی از زمین است که هر یک در آن عملکرد بهتری خواهند داشت.

تعاریف با توجه به انواع رفتارهای اصلی زمین انتخاب شده اند. اثرات محرک بصورت اثر جاذبه، تنش های القایی و اثرات آب طبقه بندی شده اند؛ که گروه آخر شامل کانی های خاص و حساس در مقابل آب نیز می باشد.

انواع اصلی ابزار مهندسی سنگ به صورت خلاصه شرح داده شده و حدود آن معرفی شده و یک ماتریس خاص برای نمایش قابلیت آنها در برابر شرایط مختلف زمین ارائه شده است. پیشنهاد می شود که در رابطه با اطلاعات خروجی ابزارهای مهندسی، همیشه بر تجربه و قضاوت مهندسی تکیه شود به ویژه در مناطق ضعف همچون گسل ها که بیشتر ابزار موجود در آن شرایط قابلیت های محدودی دارند.

اهمیت وجود عوامل تجربه و دانش در هر دو زمینه ساختار ابزار و شرایط کاری و کاربری آنها، روشن است. نشان داده شده است که روشهای تجربی برپایه سیستم های طبقه بندی در شرایط زمینهای بلوکی، عملکرد بهتری دارند. به همین جهت، کیفیت پارامترهای ورودی و درک محدودیت های آنها یک پیش شرط لازم برای کار و برآورد قابل قبول و مناسب است.

کلمات کلیدی: طبقه بندی، مهندسی سنگ، رفتار زمین.

۱ - مقدمه

طراحی سازه های زیرزمینی در سنگ در مقالات و کتب علمی مختلفی در تمام نقاط جهان و در آثاری همچون کتابهای هوک و براون (۱۹۸۰) و بنیائوسکی (۱۹۸۴ و ۱۹۸۹)، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. همچون تمام ساختمان های مهندسی دیگر و همانطور که در استانداردهای مدرن ساختمان سازی همچون استاندارد اروپایی (EN-۱۹۹۰) وجود دارد، اهداف طراحی در سنگ نیز باید شامل مقاومت و پایداری ساختاری، دوام و قابلیت سرویس دهی مناسب باشند. این موارد، ملاحظات ضروری در تمام مراحل طراحی می باشند.

برای هدفی همچون طراحی مهندسی در سنگ، انواع مختلف ابزارها یا سیستم های طراحی موجود را می توان با توجه به اطلاعات موجود از شرایط

زمین به کار گرفت، ابزارهایی همچون مدل های عددی، محاسبات تحلیلی و سیستم های تجربی طبقه بندی یا روش های مشاهده ای. روش های طراحی مدرن از روش ها و راه حل های احتمالاتی سرچشمه می گیرند، که در آنها هم امکان استفاده از احتمال ایجاد شکست وجود دارد و هم استفاده از برخی مقادیر مربوطه همچون اندیس ایمنی یا فاکتور جزئی وجود دارد. عدم قطعیت موجود در طراحی باید بصورت مستقل مورد بحث قرار گیرد. هنگامی که پیش بینی عملکرد زمین مشکل باشد، براساس استاندارد "EN" می توان از روش "مشاهده ای و بصری" سود برد.

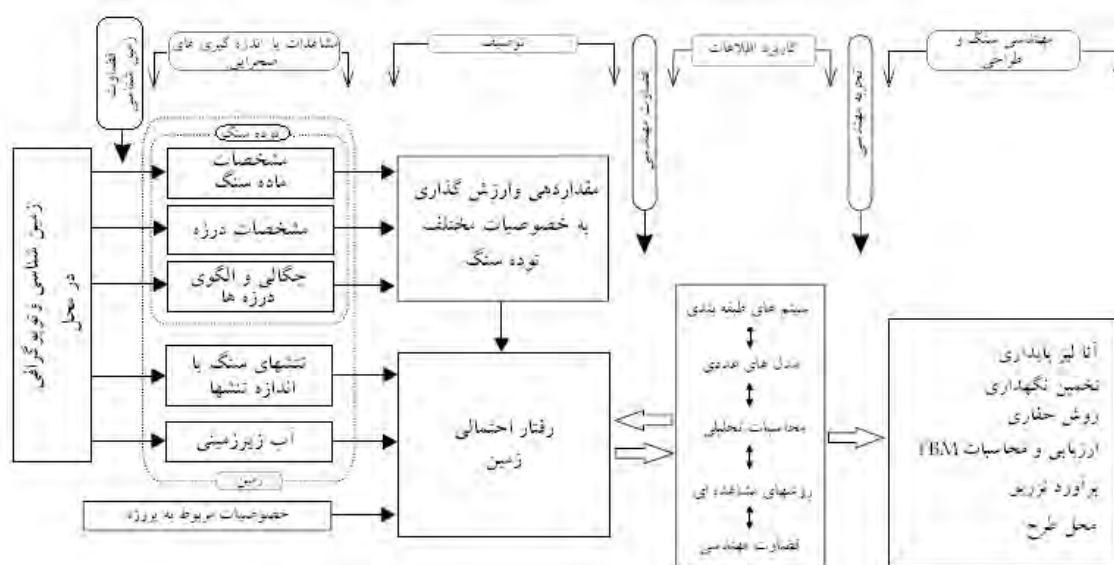
در این زمینه، منظور از رفتار زمین، رفتاری است که زمین در برابر شرایط توده سنگ، نیروهای وارده و خصوصیات مربوط به پروژه، از خود نشان می دهد. شکل ۱ نشان دهنده اصلی ترین خصوصیات زمین شناسی و

در سال ۲۰۰۳ (استیل و پالمستروم)، مؤلفین در رابطه با ضروریات یک سیستم طبقه‌بندی صحیح و روند لازم در مهندسی سنگ در هنگام استفاده از چنین سیستم‌هایی، بحث کرده‌اند.

یک مؤلفه مهم و لازم در سیستم‌های طبقه‌بندی، و همچنین برای سایر ابزارهای طراحی، این است که روش مهندسی به کار رفته، رفتار زمینی که سازه را دربر گرفته است به طور مناسب تشریح کند. لذا در این مقاله، هدف بحث در مورد قابلیت و توانایی سیستم‌ها و روش‌های مختلف به کار رفته در طراحی است. بحث براساس متون جامع موجود در این زمینه است و تمرکز آن به جای کلی‌نگری، بر جزئیات فرآیند طراحی قرار گرفته است. همچنین، تجارب زیاد مؤلفین در طراحی سازه‌های زیرزمینی به آن افزوده شده است. هدف این مقاله، ارائه سرفصل‌هایی جهت انتخاب ابزار طراحی مناسب برپایه رفتار واقعی زمین و مسائل مربوط به آن است.

توپوگرافی مؤثر بر رفتار زمین و کاربرد ابزارهای مهندسی سنگ در طراحی می‌باشد. انتخاب ابزار مناسب برای طراحی، لزوماً با توجه به رفتار واقعی زمین و مواردی همچون استانداردهای مورد قبول و یا سایر ملزومات انجام می‌شود.

مصلحتی که یک سازه زیرزمینی را دربرمی‌گیرد، دارای یک ساختار پیچیده است؛ بطور مثال، به ندرت اندازه‌گیری دقیق خواص مکانیکی توده سنگ‌ها و یا حتی نیروهای وارده امکانپذیر می‌باشد. به نوشته بنیائوسکی (۱۹۸۴) "تهیه داده‌های ورودی قابل قبول برای طراحی مهندسی یک سازه در سنگ یکی از مهمترین مشکلاتی است که در برابر مهندسین طراح و مهندسین زمین‌شناس قرار دارد." در چنین شرایطی، عموماً، طراحی تونل‌ها و مغارها براساس مشاهدات، تجربه و قضاوت شخصی و در شرایطی که سیستم‌های طبقه‌بندی مهندسی سنگ و یا به عبارت بهتر روش‌های طراحی تجربی نقش مهمی را برعهده دارند، انجام می‌شود. در مقاله‌ای دیگر



شکل ۱- رابطه اصلی بین رفتار زمین و مهندسی سنگ و طراحی

زیاد تکمیل شده است و در تمام شرایط توده سنگ قابل اعمال است و دراتریش نیز در "دستورالعمل طراحی ژئومکانیکی کارهای زیرزمینی" استفاده شده است (استاندارد اتریش ۲۰۰۱).

این دستورالعمل بصورت ذیل خلاصه می‌شود:

۱- اولین قدم در توصیف توده سنگ، تشخیص نوع یا انواع توده سنگ بر اساس اطلاعات حاصل از مشاهدات برجا، آزمایشگاهی و مطالعات لیتولوژی است. با استفاده از آن برای هر نوع توده سنگ یک محدوده پارامتری بدست می‌آید.

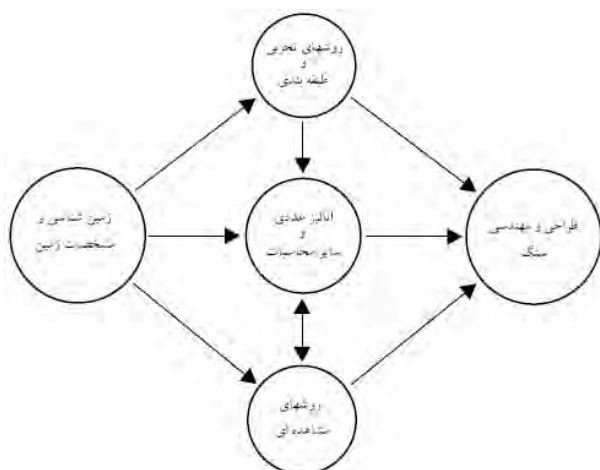
۲- قدم دوم، تخمین و محاسبه نوع رفتار مورد انتظار زمین دربرگیرنده

۲- مبانی و فرآیند طراحی

پایداری یک سازه زیرزمینی وابسته به رفتار زمین دربرگیرنده آن است. گونه‌های مختلف رفتاری، نیازمند روش‌های محاسباتی و ارزیابی‌های مختلف (ابزارهای مهندسی سنگ) برای ایجاد یک طرح مقبول که بتواند شرایط واقعی را پوشش دهد، می‌باشند. لذا به عنوان یک پیش شرط لازم برای طراحی نگهداری سنگ یا سایر ارزیابی‌ها، درک رفتار واقعی زمین و چگونگی آن ضروری است.

شوبرت (۲۰۰۱) تجارب خود در زمینه طراحی تونل را خلاصه و دسته‌بندی کرده و از آن برای ارائه یک روش مهندسی از مرحله قبل از اجرا تا مرحله ساخت تونل، استفاده کرد (شکل ۲)؛ این روش بر مبنای آزمایشات و تجارب

ذهنی تحت عنوان قضاوت مهندسی، قواعد تجربی طراحی (سیستم طبقه‌بندی)، برخی روش‌های محاسباتی و یا ترکیبی از هر سه روش به عنوان مبانی طراحی است. در بسیاری از کاربردهای مکانیک سنگ، روش مشاهده‌ای ارجح است و در استانداردهای طراحی جدید نیز در نظر گرفته شده است. درک این نکته به عنوان پیش زمینه، و قبل از آنکه بتوان رفتار واقعی زمین را مشاهده کرد، ضروری است که خطا و عدم اطمینان موجود در محاسبات اولیه آنقدر بزرگ است که ممکن است طراحی براساس این محاسبات منجر به یک طرح محافظه کارانه یا یک طرح نامطمئن شود. پیچیدگی بخش‌های مختلف در یک فرآیند طراحی، در استانداردهای طراحی لحاظ شده است و اجماع کلی بر ارجحیت روش مشاهده‌ای است. ابزارهای اصلی در طراحی مهندسی سنگ در شکل ۳ نشان داده شده‌اند. آشکار است که بسیاری از موضوعات مربوط به سودمندی و دوام سازه بوسیله محاسبه قابل تعیین نیستند. در عوض طراحی باید بر اساس تجارب و مشاهدات از شرایط توده سنگ و رفتار آن در تونل باشد. با توجه به این مقدمه، ابزارهای مختلف موجود در مهندسی سنگ در بخش بعدی معرفی می‌شوند.



شکل ۳- ابزارهای اصلی در فرآیند طراحی سنگ

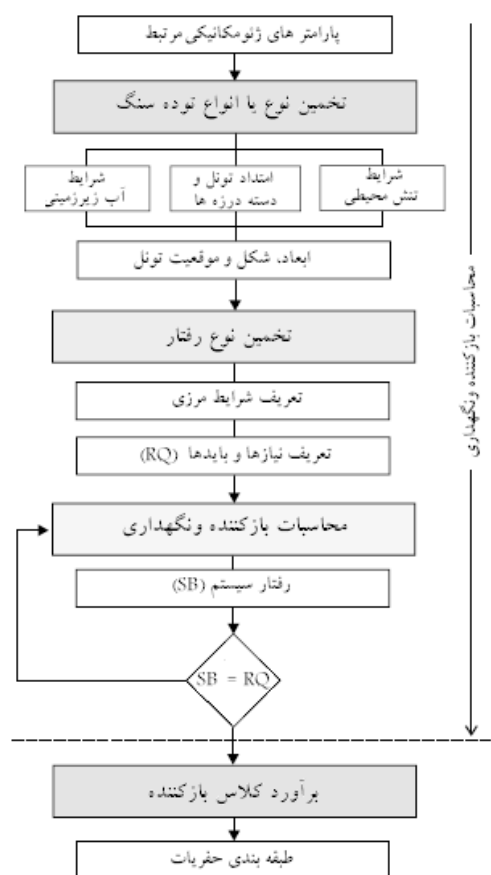
۳- رفتار زمین

"شکست" (در معنی عدم قابلیت برای ادامه عملکرد) عموماً نتیجه "ناپایداری" است. هر دو واژه زمانی در متون مختلف به معنای متناقض و گاهی در معنای هم استفاده شده‌اند. همچنین واژه‌های "رفتار زمین" و "مدل‌های شکست" نیز در متن به طرق مختلف به کار رفته‌اند. به عقیده مؤلفین، رفتار یک مفهوم عام است، درحالی‌که شکست یک بخش از آن مفهوم عام را تشکیل می‌دهد. مؤلفین در این مقاله از واژه‌شناسی و ترمینولوژی یکسان با شوبرت و گورکی استفاده خواهند کرد.

در یک ماده با ساختمانی پیچیده، همچون توده سنگ، مدل‌های شکست مختلف و متفاوتی ممکن است اتفاق بیافتد؛ که به عوامل مختلفی از جمله ترکیب توده سنگ، اثرات تنش و فشار آب زیرزمینی و نیز ابعاد حفاریات وابسته است.

تونل یا مغار است. این کار با ترکیب خواص تعریف شده و اندازه گرفته شده انواع توده سنگ‌های موجود و فاکتورهای مربوط به پروژه همچون شرایط تنش، امتداد و جهت ناپیوستگی‌ها نسبت به محور تونل، تأثیر آبهای زیرزمینی و نیز شکل و ابعاد بازکننده، انجام می‌شود. سپس مدل‌ها و الگوهای شکست احتمالی، مانند لغزش بلوکی در اثر نیروی وزن یا شکست برشی توده سنگ تعریف می‌شوند و با توجه به آن، مقدار جابجایی منتجه برآورد می‌شود. در این مرحله، بررسی دقیق انواع رفتارهای ممکن به منظور تصمیم در مورد روش مناسب طراحی نگهداری، ضروری است.

۳- در خلال ساخت، مشاهدات و رفتارنگاری برای جمع آوری اطلاعات بیشتر از شرایط موجود زمین و نیز به منظور سنجش دقت و صحت فرضیات به کار رفته در مرحله طراحی، انجام می‌شود. در این مرحله رفتار مجموعه براساس اندرکنش توده سنگ و سیستم نگهداری برآورد شده و نسبت به اهداف پروژه سنجیده می‌شود.



شکل ۲- فلوچارت فرآیند مقدماتی طراحی سازه‌های زیرزمینی

در دو مرحله اول این روش، فرآیند پیشنهادی شوبرت و گورکی (۲۰۰۴) با مبانی مطرح شده در شکل ۱ که قبلاً توضیح داده شده است، یکسان است. مرحله نهایی را که نیازمند سنجش درستی طرح در هنگام ساخت است، می‌توان از راه‌های مختلف انجام داد. روش کلاسیک، استفاده از تجربیات

سال ۱۹۹۵، مطالعاتی در رابطه با رفتار حفريات زیرزمینی از دیدگاه مدل های شکست انجام داده اند؛ نتایج این مطالعات در شکل شماره ۴ ارائه شده است. ترزاقی نیز در سال ۱۹۴۶ در سیستم طبقه بندی خود مفاهیم مشابهی را برای توضیح انواع رفتارها به کار گرفته است. ترکیبی از این موارد به علاوه تجارب مؤلفین به صورت توصیفی در جدول ۲ ارائه شده است. (ضمیمه ۱)

شوبرت و گورکی (۲۰۰۴) توصیف خاصی از رفتار زمین تحت عنوان "نوع رفتاری" در رابطه با روش نوین تونل سازی اتریش (NATM) ارائه کرده اند، که این مفهوم انواع ناپایداری های موجود در سازه های زیرزمینی را همانطور که در جدول ۱ آورده شده است، خلاصه می کند. همچنین مارتین و همکاران (۱۹۹۹) براساس مطالعات هوک و همکاران در

پایدار عکس العمل الاستیک سنگهای اطراف پارکند	سقوط بلوکی سقوط و لغزش بلوکها و گوه ها	تخریب شکست ترد موضعی ماده سنگ و عدم ریزش در طول ناپیوستگی	کمانش سست خندگی سنگ خرد شده در امتداد لایه ها و سطوح تورق	گسیختگی شکست ترد موضعی ماده سنگ و حرکت بلوک ها
ورقه ورقه شدن شکست ترد در مجاورت مرز پارکند	انفجار سنگ شکست ترد پیرامون فضای زیرزمینی	رفتار پلاستیک فشردگی و آماس اولیه سنگها	مچاله شوندگی و آماس زمین مچاله شوندگی و آماس سنگ ها محیط الاستیک پلاستیک	رس های متورم شونده تورم لایه های رس در سنگهای بلوکی

شکل ۴- برخی از مدل های رفتاری در یک سازه زیرزمینی

جدول ۱- انواع رفتار بر مبنای دستورالعمل اتریش در طرح های ژئومکانیکی

نوع رفتار پایه توصیف روش / مکانیک شکست محتمل در خلال ساخت تونل	
۱- پایدار	توده سنگ پایدار با احتمال سقوط یا لغزش محلی بلوکهای کوچک در اثر وزن.
۲- پایدار با احتمال سقوط بلوکها در اثر ناپیوستگی ها	سقوط و لغزش بلوکها در اثر وزن، ناپیوستگی و کشش عمقی، و در اثر شکست برشی محلی.
۳- شکست برشی کم عمق	تنشهای کم عمق منجر به شکست برشی در ترکیب با شکستهای ناشی از وزن و ناپیوستگی در توده سنگ می شود.
۴- شکستهای برشی عمیق	تنشهای عمیق منجر به شکستهای برشی و تغییر شکلهای بزرگ میشود.
۵- انفجار سنگ	شکست ناگهانی و شدید توده سنگ، در اثر شدت تنش بالا، وجود سنگهای ترد و شکننده و آزاد شدن ناگهانی و سریع انرژی کرنشی ذخیره شده.
۶- شکست خمشی	خمش در سنگهای دارای دسته درزه هایی با فاصله داری کم، عموماً به دلیل شکست برشی.
۷- شکست برشی به دلیل فشار محصور کننده کم	احتمال بیش شکستگی مفرط و شکست برشی پیشرونده همراه با گسترش شکست دودکشی، عموماً در اثر کمبود فشار جانبی.
۸- زمین های روان شونده و ریزشی	جریان سنگ به شدت خرد شده یا خاک مرطوب یا خشک بدون چسبندگی.
۹- زمین های جاری شونده	جریان سنگ به شدت خرد شده یا خاک همراه با مقادیر زیادی آب.
۱۰- زمین های آماسی	افزایش حجم تابع زمان توده سنگ در اثر واکنش فیزیکوشیمیایی سنگ و آب در ترکیب با آزاد سازی تنش، منجر به حرکت سنگ به سمت داخل تونل می شود.
۱۱- رفتار عموماً متغیر	تغییر سریع تنش و تغییر شکل، در اثر شرایط ناهمگن توده سنگ یا شرایط بلوکها در برخورد با شرایط تکتونیکی (زون گسله ترد و شکننده).

۴- ابزارهای طراحی و مهندسی سنگ مرسوم در طراحی سازه‌های زیرزمینی.

۴-۱- روش‌های تجربی (سیستم‌های طبقه‌بندی مهندسی سنگ).
دلیل استفاده و کاربرد وسیع و گسترده سیستم‌های طبقه‌بندی می‌تواند سهولت روش اندازه‌گیری و مشاهده در آنها به منظور بدست آوردن یک شاخص کمی از خواص توده سنگ باشد. سیستم‌های طبقه‌بندی مهندسی سنگ بیش از ۳۰ سال است که به کار برده می‌شوند. برخی سیستم‌های توسعه یافته مربوط به توصیف عمومی توده سنگ و ایجاد شناخت اولیه از خواص توده سنگ، می‌باشند. و برخی دیگر برای استفاده در طراحی، ایجاد شده‌اند. فهرستی از سیستم‌های طبقه‌بندی مربوط به ۵۰ سال اخیر در جدول ۳ (ضمیمه ۲)، ارائه شده است. هوک (۲۰۰۴) یک دید کلی از برخی روش‌های طراحی مهندسی سنگ ارائه کرده است.

همانطور که استیل و پالمستروم در سال (۲۰۰۳) بحث کرده‌اند، به هیچ یک از سیستم‌های شناخته شده، نمی‌توان به عنوان یک سیستم طبقه‌بندی کامل و صحیح اشاره و استناد کرد، لذا می‌توان آنها را با دقت بیشتری به عنوان ابزارهای تجربی طراحی سنگ توصیف کرد. تمام سیستم‌های طراحی موجود براساس تجارب حاصل از پروژه‌های قدیمی بوده و در آنها تمایزی بین مقاومت ساختاری، دوام و قابلیت سرویس دهی سازه، در نظر گرفته نشده است. این موضوع یک مشکل و نقص مهم به ویژه در مواجهه با استانداردها و الزامات مدرن و نوین طراحی است.

در تمام سیستم‌های شناخته شده، برای ایجاد یک فرآیند و روش ساده و قابل استفاده، ساده‌سازی‌هایی به کار رفته است. آشکار است که در هیچ یک از سیستم‌های مورد استفاده امروزی تمام ملزومات مربوط به یک پروژه خاص، به خصوص مواردی چون قابلیت استفاده و دوام سازه سنگی در نظر گرفته نشده است. سیستم‌های موجود بیشتر برای طراحی پایداری ساختاری بکار گرفته می‌شوند. عموماً اهداف سیستم‌های طبقه‌بندی توده سنگ توسط میلن و همکارانش (۱۹۹۸) به صورت زیر خلاصه شده‌اند.

(الف) - معرفی محدوده‌هایی با خواص ژئومکانیکی مشابه.
(ب) - پیش‌بینی و تشخیص نشانه‌هایی مربوط به وضعیت پایداری حفاریاتی با ابعاد مشخص.

(ج) - کمک به انتخاب یک روش نگهداری مناسب.

(د) - پیش‌بینی و تخمین مقاومت بر جای توده سنگ، مدول تغییر شکل و غیره.

تمام موارد فوق قابل استفاده در فرآیند طراحی می‌باشند و موارد "الف" و "ب" بسیار مرسومند و مورد "د" مربوط به یافتن پارامترهای محاسباتی است. هر چند، همانطور که میلن و هاجی جورجیو (۲۰۰۰) بیان کرده‌اند، گرایش به استفاده از سیستم‌های طبقه‌بندی توده سنگ فراتر از مقاصد اولیه‌ای که برای آن در نظر گرفته شده بود و برای محاسبه و تخمین خواص مقاومتی، وجود دارد؛ میزان تناسب و قابلیت سیستم‌ها برای این کاربرد اضافی با توجه به مقاله پالمستروم و بروچ (۲۰۰۶) موضوع مورد بحث در ادامه متن خواهد بود.

در جدول ۲ مؤلفین از پیشنهادات هوک و براون (۱۹۸۰) و هادسون (۱۹۸۹) که الگوهای شکست و ناپایداری را به دو گروه اصلی تقسیم کرده‌اند، به صورت مقدماتی سود برده‌اند. گروه سوم نیز به منظور پوشش دادن به تأثیرات حاصل از وجود آب‌های زیرزمینی، افزوده شده است. این سه گروه به طور خلاصه عبارتند از:

گروه اول، کنترل شده به وسیله وزن و شکست‌های عموماً کنترل شده توسط ناپیوستگی‌ها (سقوط بلوک‌ها) و درجاییکه شکستگی‌ها و بلوک‌های از قبل موجود در سقف و دیواره‌های جانبی پس از بازشدن فضا، امکان حرکت و سقوط می‌یابند.

گروه دوم، شکست‌های ناشی از تنش و نیروی وزن و به دلیل افزایش تنش‌های القایی، بدین معنی که مقدار تنش القایی بیش از مقاومت کلی مصالح می‌شود. این نوع شکست ممکن است به دو صورت اصلی اتفاق افتد: -الف. به صورت کمانشی (Buckling)، پوسته پوسته شدن (Spalling) یا انفجار سنگ با خواص ترد، یعنی توده سنگ ترد.

-ب. به صورت تغییر شکل پلاستیک، خزش یا مچاله‌شوندگی (Squeezing) در مصالح شکل‌پذیر یا دارای ویژگی تغییر شکل‌پذیری؛ یعنی سنگ‌های توده‌ای نرم، یا مصالح نرم و یا مواد دانه‌بندی شده (خاک‌ها و یاسنگ‌های به شدت درزه‌دار).

گروه سوم، فشار آب؛ یک بار مهم که باید در طراحی و به خصوص در سنگ‌های ناهمگن در نظر گرفته شود. در این حالت امکان وقوع شرایط زمین‌های جریان‌ی درجاییکه مواد دانه‌ای در معرض مقدار زیادی آب قرار گیرند، وجود دارد؛ همچنین می‌تواند محرکی برای بروز شرایط ناپایدار همچون آماس، وارفنگی، و غیره در برخی سنگ‌های حاوی کانی‌های خاص باشد. آب همچنین می‌تواند کانی‌هایی همچون کلسیت در سنگ آهک را در خود حل کند. (آب همینطور می‌تواند در سقوط بلوکی در گروه ۱ و به دلیل کاهش مقاومت برشی در سطوح نامساعد سطح درزه‌ها، به خصوص اگر حاوی مواد پرکننده نرم باشد، مؤثر باشد).

دوواژه بکاررفته در جدول ۲ احتمالاً نیازمند توضیحات بیشتری هستند، Slaking (وارفتگی)، شکست و جدایش سنگ یا خاک وقتی که در معرض رطوبت قرار گیرد یا به حالت اشباع برسد یا در آب غوطه‌ور شود.

Raveling (پیچ‌خوردگی)، مجموعه‌ای جامع از شکست و آزادشدگی قطعات سنگ است. و در اینجا، به عنوان جدایش قطعات سنگ به دلیل هیدراسیون یا وارفنگی به کار رفته است. (در این مقاله واژه گسیختگی "Rupturing" به مفهوم شکست یا پیچ‌خوردگی "Raveling" در اثر تنش تعریف می‌شود).

در هر توده سنگ یا منطقه ضعف ویژه، برخی از انواع شکست‌های معرفی شده در جدول ۲ ممکن است رخ دهند. به عبارت دیگر، در یک توده سنگ یا یک تونل به خصوص، امکان وقوع دو یا چند نوع شکست مختلف وجود دارد. در بسیاری مواقع امکان ترکیب چند روش شکست وجود دارد، به خصوص سقوط بلوکی در ترکیب با به طور مثال آماس، گسیختگی و رفتار پلاستیک. این موارد به ویژه در مناطق ضعیف و گسل‌ها بسیار معمول است.

در بیشتر موارد، روش توصیف و به کارگیری این پارامترها در سیستم برای حصول یک نتیجه مناسب، اهمیت بیشتری دارد.

همچنین ذکر این نکته مهم است که در بیشتر روش‌های تجربی در مهندسی سنگ مقادیر به دست آمده، مقادیری متوسط می‌باشند و بنابراین ممکن است تغییرات زیادی بین کمترین و بیشترین مقدار وجود داشته باشد (شکل ۵). این موضوع فقط خاص سیستم طبقه‌بندی Q نیست بلکه تمام سیستم‌های تجربی یا بر مبنای تجربه دارای چنین خطاهایی هستند. جداول انتخاب سیستم نگهداری در این سیستم‌ها، عموماً براساس مواردی ایجاد شده است که انتخاب بر مبنای تخمین و تجربه تونل کاران بوده یا شرایط قراردادی باعث تغییرات گسترده در نوع سیستم نگهداری شده است. اغلب کاربران هنگام استفاده از سیستم‌های طبقه‌بندی برای طراحی سیستم نگهداری تغییرات گسترده و عدم دقت این سیستم‌ها را فراموش می‌کنند. توجه کاربر به عدم دقت و نواقص موجود از اهمیت بالایی برخوردار است و باید در محاسبات لحاظ شود. با توجه به این نکته، در ذیل برخی از مزایای مهم چند سیستم معرفی شده در جدول ۳ ارائه شده است (پالمستروم و بروچ، ۲۰۰۶).

استفاده از هریک سیستم‌ها، نیازمند تجربه، تمرین و فهم و درک صحیح از شرایط، رفتار و ترکیب زمین است.

پرکاربردترین سیستم‌های طراحی تجربی، سیستم‌های طبقه‌بندی RMR و Q می‌باشند. به عقیده ردمولر و شوبرت (۱۹۹۹)، این دو سیستم کمی، دارای مزایایی همچون وجود منابع کافی، سادگی در کاربرد و عمل می‌باشند، که این موارد باعث پذیرش گسترده آنها در سطح بین‌المللی شده است. ارزیابی پارامترهای ورودی آنها با استفاده از یک سیستم امتیازدهی ساده و غیر پیچیده بوده و طراحی نگهداری نیز به راحتی انجام می‌شود؛ یک روش نگهداری با کمک نمودار طراحی تخمین زده می‌شود. ملزومات خاص یک پروژه یا شرایط مرزی در این سیستم‌ها دخیل نیستند (شوبرت و همکاران، ۲۰۰۱). در مقابل، ردمولر و شوبرت (۱۹۹۹) همچنین بیان کرده‌اند که این دو سیستم نقص‌های مهمی نیز دارند. یکی از نقص‌های اصلی این است که پارامترهای طبقه‌بندی به طور عمومی در تمام انواع توده سنگ‌ها، به کارگرفته می‌شوند. در شرایط زمین‌های سست و همگن، استفاده از سیستم‌های طبقه‌بندی ممکن است منجر به نتایجی گمراه کننده شود. همچنین یک دیگر از نواقص این سیستم‌ها، در نظر نگرفتن روش‌های مختلف شکست در توده سنگ‌ها و نیز در نظر نگرفتن اندرکنش زمین و سیستم نگهداری است.

در جدول ۴، پارامترهای ورودی در سیستم‌های Q و RMR و RMI ارائه شده‌اند. در بحث مربوط به قابلیت روش طبقه‌بندی در توصیف شرایط زمین، اهمیت وجود حداقل پارامترهای ممکن اثبات شده است. هر چند

جدول ۴- گردآوری پارامترهای ورودی در سیستم‌های Q، RMR و سیستم نگهداری سنگ RMI (گروه مکانیک سنگ نروژ، ۲۰۰۰)

پارامتر	کاربرد	در سیستم Q	در سیستم نگهداری RMI	در سیستم RMR
سنگ				
مقاومت سنگ	-----	مقاومت فشاری تک محوری σ_c	مقاومت تک محوری یا مقاومت بار نقطه ای	
درزه داری				
درزه داری	شاخص کیفیت سنگ RQD	Vb حجم بلوک	RQD فاصله داری درزه	
دسته درزه (الگو)	عدد دسته درزه Jn	فاکتور دسته درزه Nj	-----	
توصیف درزه	عدد زبری درزه Jr	فاکتور صافی یا موجی درزه jR	زبری درزه	
پوشش یا پرکننده درزه	عدد دگرسانی درزه Ja	فاکتور هوازدگی و پرکننده و پوشش درزه jA	پرکننده درزه، گوژ و هوازدگی درزه	
ابعاد درزه	-----	فاکتور استمرار و طول درزه jL	دوام و طول درزه	
بازشدگی درزه	(بخشی از Ja)	(بخشی از jA)	جداشدگی درزه	
امتداد درزه	-----	فاکتور امتداد درزه Co	امتداد درزه‌ها	
آب				
آب زیرزمینی	فاکتور کاهش آب Jw	(یک فاکتور عمومی نیست)	شرایط جریان آب	
تنش				
تنشهای سنگ	فاکتور کاهش تنش SRF	فاکتور مقدار تنش SL	غیرمستقیم شامل تا ۲۵ Mpa	
تونل				
ابعاد تونل	عرض دهانه Dt ارتفاع دیواره Wt نسبت نگهداری فضای حفر شده ESR	دهانه یا قطر Dt ارتفاع دیواره Wt -----	کاربرد تا دهانه ۱۰ متری	

۳-۱-۴- روش طراحی نگهداری سنگ، RMI

روش طراحی نگهداری RMI (شاخص توده سنگ)، مقدار RMI اولیه (که تقریباً معرف مقاومت فشاری توده سنگ است) را به وسیله پارامترهای مربوط به تنش‌های برجا و آب زیرزمینی و برای توصیف شرایط زمین تعدیل می‌کند (پالمستروم، ۱۹۹۵ و ۲۰۰۰). علاوه بر این، این سیستم نسبت بین ابعاد بلوک و ابعاد تونل را به عنوان عامل تعدیل تعداد دسته درزه و امتداد و جهت آنها، در نظر می‌گیرد.

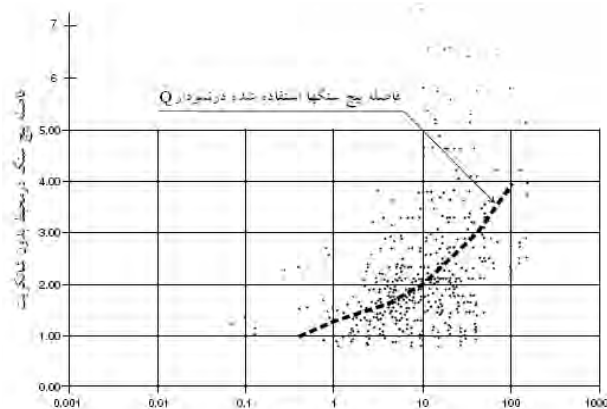
این سیستم از روش‌های مختلف برای تخمین نگهداری سنگ در زمین‌های پیوسته و ناپیوسته، استفاده می‌کند. بنابراین، هم شرایط سقوط سنگ و هم شرایط زمین‌های تحت تنش زیاد را در برمی‌گیرد. در شرایط زمین‌های مچاله‌شونده (Squeezing)، تخمین ناقصی ارائه می‌کند زیرا موارد مطالعاتی در این رابطه کم تعداد می‌باشد، و همچنین به دلیل آنکه اندازه‌گیری و محاسبه تنش‌های مماسی در زمین‌های دانه‌دانه ای مشکل می‌باشد. البته این مورد، در تمام ابزارهای مهندسی سنگ عمومیت دارد. بعلاوه محاسبات مربوط به زون‌ها و مناطق ضعیف در آن بسیار خام است. این روش نسبت به تمام سیستم‌های قبلی مطرح شده (جدول ۴) پارامترهای بیشتری را به کار می‌برد. هرچند، استفاده از آن نسبت به سیستم‌های RMR و Q مشکل‌تر و پیچیده‌تر است، ولی استفاده از صفحات گسترده کامپیوتری می‌تواند موجب سهولت محاسبات شود.

۴-۱-۴- روش جدید تونل‌سازی اتریشی (NATM)

NATM شرایط زمین‌های مچاله‌شونده را پوشش می‌دهد (رابسونج، ۱۹۶۴/۶۵). در این سیستم، رفتار زمین عامل اصلی در طراحی و انتخاب سیستم نگهدارنده/تقویت کننده زمین است. توصیفات کیفی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، مربوط به روش‌های حفاری و نیز الزامات استاندارد نگهداری سنگ هستند. رفتارنگاری و بررسی رفتار (جابجایی) تونل در هنگام و پس از حفاری نقش پایه‌ای و اساسی در این روش دارد. در این سیستم که به طور ذاتی توصیفی است، مستندسازی شرایط زمین شفاف نیست زیرا بیشتر براساس مشاهدات است. به همین دلیل ایجاد همبستگی بین نتایج روش NATM با سایر روش‌های تجربی، مشکل است. یک جنبه مهم سیستم NATM، کاربرد روش مشاهده ای در خلال و پس از حفاری است.

۵-۱-۴- شاخص مقاومت زمین‌شناسی (GSI)

این شاخص توسط هوک (۱۹۹۴) و هوک و همکاران (۱۹۹۸) معرفی شده و سیستمی برای تخمین یک مقدار برای مقاومت توده سنگ براساس توصیفات مبتنی بر مشاهدات صحرایی و برجا، ایجاد کرده است. روش‌هایی برای یافتن مقدار GSI براساس مقادیر RMR و Q وجود دارند که فقط روابطی برای برقراری ارتباط GSI با این سیستم‌ها هستند. توصیف توده سنگ ساختار سنگ را به صورت بلوکی و شرایط سطح ناپیوستگی را، که با زبری و دگرسانی مشخص می‌شود، در نظر می‌گیرد. لازم به توجه است



شکل ۵- داده‌های اصلی استفاده شده برای تخمین فاصله یخ سنگ بدون استفاده از شاتکریت.

۴-۱-۱- سیستم Q

سیستم Q، تمام جنبه‌های رفتاری را به صورت یک عدد بیان می‌کند. مقدار Q برای تخمین نگهداری سنگ و با کمک یک جدول مخصوص استفاده می‌شود (بارتون و همکاران، ۱۹۷۴، گریمستاد و بارتون، ۱۹۹۴). باتوجه به تجارب مؤلفین، سیستم Q در شرایطی از زمین که سقوط بلوکی محتمل است، بهترین نتیجه را دارد. این سیستم همچنین شامل پارامترهای ورودی برای تخمین نگهدارنده کافی در شرایط ورقه‌ورقه شدن است. در شرایط زمین‌های ضعیف که احتمال لهیدگی و آماس وجود دارد، این سیستم قابل اتکا نیست. سایر پیشنهادات قابل ذکر، که توسط بسیاری از مؤلفین نیز مطرح شده‌اند، عبارتند از:

- کاربرد عامل کاهش تنش SRF، در شرایط کم‌اندامش (Buckling)، انفجار سنگ یا شرایط لهیدگی و یا در مناطق سست، روشن و صحیح نیست.
- شاخص RQD محدودیت‌های مختلفی در توصیف درجه درزه داری، دارد.
- تأثیر آب بر پایداری و در نتیجه تخمین الزامات نگهدارنده سنگ، شفاف و روشن نیست.

۴-۱-۲- سیستم امتیاز دهی سنگ (RMR)

این سیستم برای طراحی نگهدارنده در ناپایداری‌هایی به جز سقوط بلوکی، به خصوص وقتی که تنش‌های القایی دقیقاً وجود ندارند، استفاده می‌شود. همچنین بنابر عقیده بنیواسکی (۱۹۷۳) محدود به تنش‌های کمتر از ۲۵ مگاپاسکال می‌باشد. در ضمن با وجود اینکه این سیستم داده‌هایی را در رابطه با فاصله‌داری درزه‌ها به کار می‌برد، ولی اطلاعات بیشتری در مورد چگونگی اندازه‌گیری این پارامتر لازم است. پارامتر ورودی دوم در مورد ابعاد بلوک، RQD است که دارای محدودیت‌هایی در چگونگی توصیف درزه‌داری است (پالمستروم، ۲۰۰۵، میلن و همکاران، ۱۹۹۸). همانند سیستم Q، اثر آب بر پایداری و بنابراین بر ملزومات نگهداری شفاف نیست. توصیه‌ها و پیشنهادات فقط برای نگهداری تونل‌هایی با عرض ۱۰ متر ارائه شده‌اند. این موارد برخی از اشکالات این سیستم هستند.

میزان اطمینان و قابلیت اتکا به نتایج تحلیل‌های عددی، هرگز بیش از اطمینان به پارامترهای ورودی و مدل‌های به کار رفته نخواهد بود.

هر مدل عددی یک تصویر ساده شده از واقعیت است. حتی برنامه‌های سه بعدی بسیار قوی هم براساس این نوع ساده‌سازی‌ها، کار می‌کنند. ساده‌سازی به طور ذاتی در مدل‌های خواص مواد، هم در شرایط عمومی و هم حالت‌های ویژه زمین، در مدل‌های اندرکنش سنگ-سازه، و در شرایط مرزی اعمال می‌شود. برای هر دسته داده ورودی در دسترس، تحلیل عددی به وسیله یک نرم‌افزار مخصوص انجام می‌شود، مانند رفتار اندازه گیری شده، که فقط یک راه حل برای مساله مورد مطالعه ارائه خواهد کرد. محاسبات به طور مستقیم جوابی برای الزامات طراحی قید شده در آخرین استانداردهای ساختمانی مانند حالت حدنهایی (Ultimate limit state) و حالت حدی قابلیت سرویس دهی (Serviceability limit state)، ارائه نمی‌کند. این مشکل در انواع مسائل مربوط به اندرکنش سازه-سنگ، که در مکانیک سنگ حائز اهمیت است، نمود می‌یابد. محاسبه عددی تخمین مجزایی از سطح ایمنی ارائه نکرده و یک محاسبه عددی مبتنی بر مقادیر طراحی به طور عادی نتایجی بسیار محافظه کارانه به دست داده و لذا پیشنهاد نمی‌شود. همچنین توجه به این نکته مهم است که بسیاری از شرایط موجود در حالت واقعی و شرایط بارگذاری که باید در طراحی در نظر گرفته شوند، قابل محاسبه نیستند، بطور مثال، هوازدگی، یخزدگی و فرسایش. همچون روش‌های تجربی، تحلیل‌های عددی نیز به صورت اولیه برای بررسی مقاومت ساختاری تنظیم شده‌اند.

هم مدل‌های پیوسته و هم مدل‌های بلوکی مجزا در دسترس هستند. در بسیاری موارد و به خصوص در سنگ‌های توده‌ای و به شدت شکسته شده، مدل‌های پیوسته با در نظر گرفتن خواص متناسب مواد، روشی مناسب برای تحلیل است. برای سنگ‌ها و زمین‌های بلوکی و درزه‌دار، وقتی خواص رفتاری توده سنگ توسط برخی از درزه‌ها کنترل می‌شود، مدل مجزا مناسب‌تر خواهد بود.

به عنوان نتیجه می‌توان گفت که تحلیل‌های عددی ابزاری هستند که می‌توانند در فرآیند طراحی به کار گرفته شوند و عموماً در مطالعات پارامتری قابل کاربردتر هستند تا محاسبات دقیق برای اخذ یک جواب مشخص.

۴-۲-۲- محاسبات تحلیلی

مزیت راه حل‌های تحلیلی در این است که امکان توصیف بسیار بهتری از اندرکنش سازه-سنگ را به خصوص در ارتباط با ارزیابی سطح ایمنی، در هر دو حالت طراحی قابلیت سرویس دهی و طراحی حالت حدنهایی، فراهم می‌کند. اگرچه، ضعیف آن‌ها در این است که فقط برای مسائل ساده‌سازی شده، کاربرد دارند. به طور مثال، رفتاریک تونل دایره‌ای شکل در یک میدان تنش همسانگرد را می‌توان به صورت مستقیم مطالعه کرد. در هر مدلی راه حل‌های تحلیلی پیشرفته اجازه بررسی مدل‌های الاستیک-پلاستیک و خزش مواد را به کاربران داده، و همچنین امکان تأثیر دادن پوشش بتنی

که پارامترهای ورودی برای نشان دادن مقاومت ماده سنگ در سیستم GSI وجود ندارد به جز وقتی که مقدار آن به صورت غیرمستقیم از مقدار RMR محاسبه شود. به دلیل اینکه GSI برای محاسبه و تخمین پارامترهای ورودی (مقاومت) در ابزارهای دیگر به کار می‌رود، تناسب و سنخیت آن به عنوان یک ابزار مهندسی در اینجا ارزیابی نمی‌شود.

۴-۱-۶- توصیه‌های عمومی در روشهای تجربی

همانطور که بحث شد، روشهای تحلیل متفاوتی برای شرایط مختلف همچون، یک توده سنگ دست نخورده، یک توده سنگ بلوکی، یا یک توده سنگ خرد شده یا به شدت شکسته شده نیاز می‌باشند؛ زیرا رفتار سازه حفاری شده در هر یک بسته به شرایط به طور اساسی متفاوت است. نه سیستم Q و نه سیستم RMR اطلاعاتی راجع به چگونگی در نظر گرفتن رفتار توده سنگ در روند پیشنهاد نگهدارنده مبتنی بر دو سیستم، ارائه نمی‌دهند.

سیستم‌های طبقه‌بندی در دسترس امروزی برای پوشش دادن به موضوع مقاومت ساختاری ایجاد شده‌اند، که فقط یکی از عناوین طراحی است که باید در یک طرح لحاظ شود. بدیهی است که این سیستم‌ها نتوانند تمام موضوعات مربوط به پروژه را که در بیشتر استانداردهای نوین ساختمانی لازم می‌باشند در نظر گیرند، و همچنین ممکن است قادر به در نظر گرفتن موضوعاتی همچون قابلیت سرویس دهی و دوام نباشند. همچنین، این سیستم‌ها امکان سنجش کمیت درجه ایمنی یک طرح را به کاربر نمی‌دهند.

۴-۲-۲- روشهای محاسباتی

۴-۲-۱- مدل‌سازی عددی

واژه "مدل‌سازی عددی" به تمام انواع محاسباتی که بر مبنای حل عددی معادلات دیفرانسیل مرکب مربوط به مکانیک سنگ باشد، اطلاق می‌شود. بیشتر این روش‌ها از مجزاسازی توده سنگ به تعداد زیادی عناصر منفرد و رسیدن به یک روش تکرارپذیر با کمک محاسبات تکراری کامپیوتری، استفاده می‌کنند.

این روش بیشتر برای تحلیل تنش‌های سنگ و تغییر شکل‌ها، به کار می‌رود. پیش نیاز اصلی در تحلیل عددی، تصویرسازی واقعی حفاریات در توده سنگ و تقسیم‌بندی توده سنگ به بخش‌های مختلف براساس نتایج برداشت‌های زمین‌شناسی است. مدل‌های ویژگی مصالح برای هر بخش و نیز برای هر یک از مواد مورد استفاده در سیستم نگهداری ایجاد می‌شوند.

آگاهی از محدودیت و عدم اطمینان در چنین مدل‌هایی، که بیشتر ناشی از محدودیت در دقت پارامترهای ورودی آنها است، بسیار مهم است؛ بخصوص در موارد ذیل:

- اندازه و جهت تنش‌های برجا

- مدل مواد و خواص سنگ‌های برجا

- محل و وسعت بخش‌های زمین‌شناسی مختلف موجود در توده سنگ.

با استفاده صحیح، یک ابزار مهم در کارهای کنترل کیفیت است (استیل و همکاران، ۱۹۹۸، نیلسن و همکاران، ۱۹۹۹). آینشتن (۱۹۹۱) توصیه‌هایی در این خصوص دارد: "قضاوت برای تعیین مسیر صحیح و دستورالعمل‌های درست تحقیقات علمی، به منظور انتخاب پارامترهای مقتضی در محاسبات و نیز سنجش قابل قبول بودن نتایج ضروری است. آنچه که قابل محاسبه باشد، علاوه بر قضاوت، اجازه برداشت و تصمیم‌گیری بهتری را ایجاد خواهد کرد و امکان رسیدن به راه حل مهندسی بهتری را فراهم می‌کند." پک (۱۹۸۰) نوشته است: "قضاوت، ذکاوت به کارگیری تجربه یا به بیان هوشمندانه‌تر، شناخت محدودیت‌های روش‌های مورد استفاده و محدودیت‌ها و عدم اطمینان موجود از موادی است که مورد استفاده قرار گرفته است و منجر به رجوع به زمین‌شناسی می‌شود."

۵- تناسب مهندسی سنگ و ابزارهای طراحی

۱-۵- مهندسی سنگ و طراحی

موضوع فرآیند مهندسی سنگ ساخت و تکمیل پروژه است. طراحی یک بخش از فرآیند مهندسی سنگ بوده و وسیله‌ای برای رسیدن به هدف و نه خود هدف است. درک این موضوع حائز اهمیت است که چون طراحی فعالیتی پویا است، تصمیمات باید به صورت گام به گام و به موازات پیشرفت پروژه باشند. یک فلسفه کامل باتصمیم‌گیری شروع می‌شود. چنین فلسفه‌ای شامل چهار مرحله است (اشتورک، ۱۹۹۸):

۱- لازمه اول آن اینست که تمام اطلاعات زمین‌شناسی مهندسی و اطلاعات مربوط به پروژه باید برای مرحله جاری پروژه و تصمیم مربوطه، به روز شوند.

۲- دوم، هر نوع عدم اطمینان مربوط به اطلاعات باید کمیت‌یابی شود.

۳- لازمه سوم اینست که اطلاعات صریح باید به اندازه کافی جامع و کامل باشند که بتوانند به صورت درست در جریان پروژه به کار برده شوند و قابل فهم باشند. و در نهایت، اطلاعات باید کیفیتی تضمین شده داشته باشند.

۴- در رابطه با هر نوع عدم اطمینان در پارامترهایی که طراحی براساس آنها صورت می‌گیرد، اهداف و تصور طراح باید بر روی مدارک و نقشه‌ها، بادرکی صحیح، منتقل شده و در مرحله پروژه اجرا شود.

هر پروژه‌ای منحصر بفرد است. یک توصیه عمومی و کلی در مورد تناسب ابزار طراحی مختلف فقط می‌تواند یک پیشنهاد و یک شاخص باشد، به خصوص با توجه به اینکه در پروژه‌های مختلف ترکیبات متفاوتی از ابزار طراحی نیاز است. در یک پروژه با تأثیرپذیری بسیار از تأخیر و شکست، تمام ابزارها برای تحقق یک طرح ایمن و قابل قبول به کار گرفته می‌شوند؛ در صورتیکه در پروژه‌ای کوچکتر در سنگ خوب، یک روش براساس روش‌های طراحی تجربی یا قضاوت مهندسی ممکن است کفایت کند.

۲-۵- تناسب ابزارها

جدول ۵ (ضمیمه ۳) برای کمک به تعریف تناسب برخی از ابزار مهندسی که قابلیت کاربرد در مطالعات طراحی را دارند، ارائه شده است. ارزیابی انجام شده در جدول ۵ براساس رفتار حفاریات زیرزمینی در شرایط مختلف

و داولهای تزریق شده را نیز فراهم می‌کند. تحلیل پایداری بلوک‌ها را نیز می‌توان با این روش انجام داد. همانند قبل، راه‌حل‌های تحلیلی فقط مربوط به مقاومت ساختاری بوده و بنابراین در حالت بارهای غیرقابل محاسبه همچون فرسایش، هوازگی و یخ زدگی که در استانداردهای جدید مدنظرند، امکان کاربرد ندارد.

۴-۳- راه حل‌هایی مبتنی بر قضاوت [مهندسی]

۴-۳-۱- روش‌های مشاهده ای

مباحث بسیاری در این موضوع که روش مشاهده‌ای باید شامل چه مواردی باشد، انجام شده است. در ساده‌ترین حالت این موضوع به جای "مهندسی خوب" و براساس روش‌های مستقل، توسط ترزاقی به عنوان روش "یادگیری حین کار" تشریح شده است. روش "یادگیری حین کار" در همه موارد قابل توصیه نیست زیرا در بسیاری از قراردادهای منجر به تأخیرهای زمانی و مشکلات مربوط به شرایط تعریف نشده و پیش‌بینی نشده می‌شود. به منظور جلوگیری از چنین شرایطی، روشی دقیق باید مورد استفاده قرار گیرد. چنین راه‌کاری به اتکای بازنگری و مرور طراحی در زمان ساخت بدست می‌آید. قبل از شروع حفاری، یک طرح اولیه بر مبنای پیش‌بینی‌های انجام شده از رفتار توده سنگ ارائه شده که شامل نقشه و طرح‌هایی برای سیستم رفتارنگاری و نقشه‌های ضمنی و احتمالی برای افزایش نگهداری می‌باشد. اگر در هنگام ساخت، رفتارنگاری تجاوز از رفتار پیش‌بینی شده را نشان دهد، در این صورت نقشه احتمالی تهیه شده از قبل به عنوان جایگزین تعریف استفاده می‌شود.

در جاییکه پیش‌بینی رفتار زمین مشکل است، استاندارد (EN) بیان می‌کند که ممکن است نیاز به کاربرد "روش مشاهده‌ای" باشد، ولی برای استفاده از چنین سیستمی، الزامات زیادی قبل از مرحله ساخت باید لحاظ شوند؛ که شامل ارزیابی دامنه رفتارهای محتمل بوده و نشان دادن این مطلب است که رفتار واقعی با احتمال زیاد در این محدوده خواهد بود. هر چند به طور دقیق مفهوم "احتمال قابل قبول" تشریح نشده ولی بدیهی است که به یک رویکرد احتمالاتی نیاز است.

۴-۳-۲- قضاوت مهندسی

قضاوت مهندسی همواره باید در تمام رشته‌ها و مسائل مهندسی به عنوان عامل کنترل یا تأیید استفاده شود. به عنوان مثال، می‌تواند شامل قضاوت یک طراح مجرب، یا مطالب بیان شده توسط یک گروه تخصصی در مورد یک پروژه یا یک مسأله خاص باشد.

حالات بسیاری رخ می‌دهد که در آن باید در سینه کار تونل و در شرایطی که امکان محاسبات سریع نیست، از قضاوت مهندسی استفاده شود. به طور مثال نصب پیچ‌سنگ در بلوک‌های ناپایدار محلی و موضعی نمونه‌ای از این شرایط می‌باشد.

در عمل، قضاوت ممکن است به صورت مختلف و حتی متناقض در فازهای مختلف برنامه‌ریزی یا در هنگام ساخت و اجرا به کار گرفته شود. هر چند

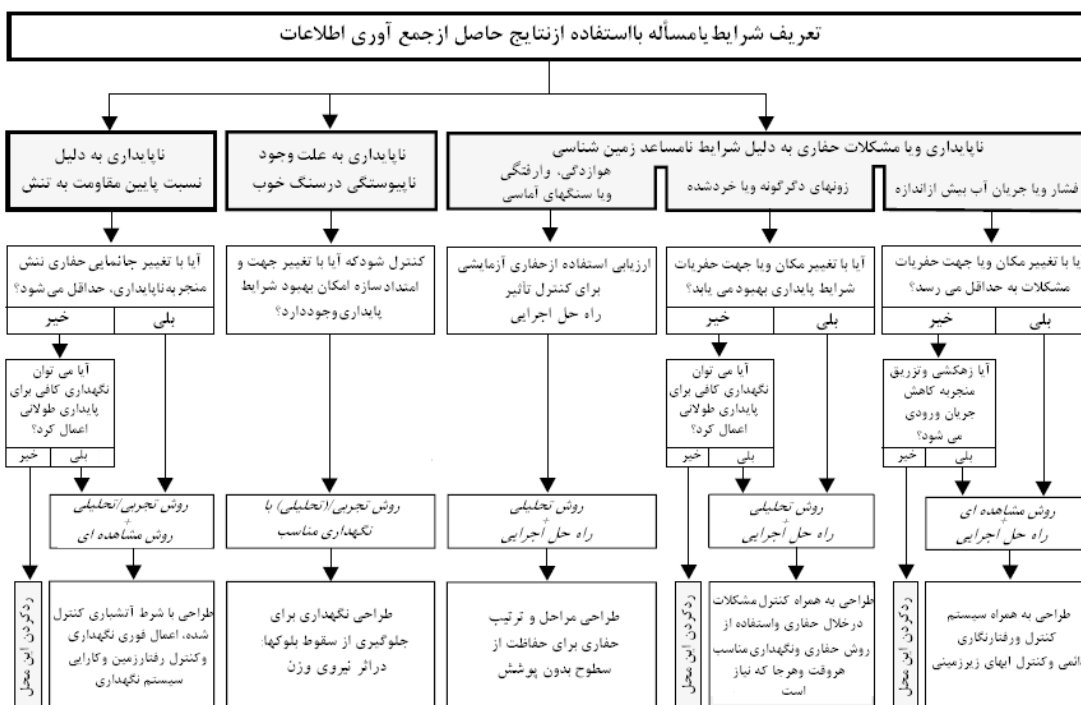
خیلی پایین باشد. هرچند هدف اصلی از این امتیازبندی، مشخص کردن این نکته بوده است که هر یک از ابزارها در کجا ممکن است عملکرد بهتری داشته باشند. همواره توصیه بر این است که در طراحی مهندسی از بیش از یک ابزار با درجه تناسب بیش از ۲ استفاده شود.

شکل ۶ پیش‌نویسی اولیه از روش‌های مهندسی برای طراحی، براساس رفتار (ناپایداری) حفاریات زیرزمینی سنگی را نشان می‌دهد. این شکل ساده شده و خلاصه این مقاله بوده و هدف آن استفاده در فازهای اولیه برنامه‌ریزی و طراحی است.

زمین است. بعلاوه، استفاده از این جدول بایستی منجر به موارد ذیل شود:

- استفاده بهتر از سیستم‌های طبقه‌بندی و اجتناب از کاربرد اشتباه آنها.
- افزایش کیفی ارزیابی‌های مهندسی و پارامترهای طراحی.
- ارتباطات مؤثرتر و بهتر.

امتیازبندی مورد اشاره در جدول ۵ در رابطه با تناسب ابزارهای مهندسی، قابل بحث است. این امتیازات نظر مؤلفین را که بیش از ۳۵ سال تجربه در امر ساخت فضاهای زیرزمینی دارند، منعکس می‌کنند. در موارد خاص، امتیاز پیشنهادی ممکن است در شرایطی خیلی بالا و در شرایطی دیگر



روش طراحی

تجربی = سیستم طبقه‌بندی، تجربه.

راه حل‌های اجرایی = کاوش، پیش تزریق، روش حفاری خاص.

تحلیلی = مدلسازی عددی، مدلسازی فیزیکی، معیار شکست.

مشاهده ای = کنترل رفتارنگاری برجا، مشاهدات خاص زمین شناسی.

"نگهدارنده مناسب" = نگهداری متناسب با شرایط موجود محلی.

شکل ۶ - نمودار ساده شده برای انتخاب روش طراحی (اقتباس شده از هوک، ۱۹۹۹).

عملیات حفر فضای زیرزمینی، و به طور مستقل از رفتار زمین، خاتمه یافته تلقی کرد. شرایط غیرمنتظره همیشه ممکن است در خلال عملیات ساخت رخ دهد که باید مورد توجه قرار گیرند. بسته به شرایط، روش مشاهده‌ای همیشه می‌تواند ابزاری برای طراحی و متمم و تکمیل‌کننده سایر روش‌ها باشد.

در تمام انواع مدل‌های رفتاری توده سنگ، مدلسازی عددی یا محاسبات عددی که در طراحی استفاده می‌شوند باید با قضاوت مهندسی همراه بوده و پشتیبانی شوند. این مطلب نیازمند تجربه، مهارت و درک افرادی است که در پروژه دخیل هستند.

مدلسازی عددی، ابزاری قدرتمند است. شناخت محدودیت روش مدلسازی به کار رفته در تفسیر نتایج بسیار ضروری و مهم است. مدلسازی عددی با مقادیر طراحی (مقادیر توصیفی تقسیم شده با عوامل مقطعی) بخصوص برای مسائل مربوط به اندرکنش سنگ-سازه توصیه نمی‌شود زیرا ممکن است جواب‌هایی نادرست بدهد.

این نکته به اثبات رسیده که روش‌های تجربی یعنی استفاده از سیستم‌های طبقه‌بندی توده سنگ، در سنگ‌های درزه‌دار و درجاییکه رفتار توده سنگ با سقوط بلوک‌ها کنترل می‌شود، عملکرد بهتری دارد. در سایر حالات، این سیستم‌ها را باید با دقت بسیار و ترجیحاً با کمک سایر ابزارها به کار گرفت. در مقاله آتی، یک روش برای ارزیابی رفتار زمین باتوجه به توصیف توده سنگ و انواع پتانسیل شکست، بررسی خواهد شد.

و نکته نهایی اینک:

"یک طرح مهندسی خوب یک طرح متعادل است که در آن تمام عوامل مؤثر، حتی آنهایی که نمی‌توان آنها را کمیت‌سنجی کرد، به حساب آمده است. بنابراین، مسئولیت مهندس طراح فقط محاسبه صحیح نیست بلکه قضاوتی عمیق است." اورت هوک و پیرلوند (۱۹۷۴).

منابع

به منظور مشاهده فهرست منابع به اصل مقاله رجوع شود.

در بسیاری از حالات همچون وجود زونهای ضعیف یا گسله، ابزارهای مهندسی سنگ تناسب کمی داشته یا اصلاً قابل کاربرد نیستند. همانطور که توسط بنیادوسکی بیان شده است (۱۹۸۴)، چنین حالاتی را باید به صورت منحصر بفرد و منفرد و به عنوان "منطقه خاص" با شرایط محلی در نظر گرفته شوند. بنابراین استفاده از سیستم‌های ساده شده و عمومی و یا روش‌های محاسباتی ساده برای آنها، مشکل خواهد بود.

برای تمام رفتارهای توده سنگ، ارزیابی یا محاسبات استفاده شده در طراحی باید با قضاوت مهندسی همراه باشد. که این مورد نیازمند تجربه، مهارت و درک صحیح از شرایط حاکم بر پروژه است.

۶- نتیجه‌گیری

طرح همیشه باید مربوط به مرحله جاری پروژه و تصمیمات جاری باشد. قضاوت مهندسی و مهارت، بخش لازم فرآیند طراحی است. به این موارد، درک نکات زمین‌شناسی نامطمئن را باید به عنوان کلید رسیدن به نتایج موفقیت‌آمیز افزود.

طراحی فضاهای زیرزمینی را می‌توان با ابزار مختلفی به انجام رساند، ابزارهایی شامل سیستم‌های طبقه‌بندی، مدلسازی عددی، محاسبات تحلیلی، روش‌های مشاهده‌ای و قضاوت مهندسی. توجه به این نکته حائز اهمیت است که طراحی فضاهای زیرزمینی نیازمند الزاماتی بیش از فقط موضوع مقاومت ساختاری است. هم قابلیت سرویس و هم دوام اهمیت زیادی در کار طراحی دارند.

ابزارهای طراحی امروزه بیشتر برای طراحی مقاومت ساختاری توسعه یافته‌اند تا برای ارضای دو موضوع مطرح شده دیگر در بالا. به همین دلیل قضاوت مهندسی مهمترین وسیله برای در نظر گرفتن دو موضوع سرویس‌دهی و دوام است.

مزیت روش‌ها (ابزارها) و سیستم‌های مختلف طراحی به شرایط واقعی و منحصر به هر پروژه وابسته است. در طراحی و مهندسی سنگ، آگاهی و درک صحیح از ترکیب توده سنگ و رفتار آن، اهمیت زیادی دارد. لازم به تأکید است که بدون آگاهی و دانش کافی از زمین‌شناسی و شرایط زمین و نیز نکات مهم مربوط به پروژه، رفتار زمین را نمی‌توان تعریف کرد و از اینرو، طراحی مناسبی نمی‌توان ارائه کرد.

در این مقاله انواع اصلی و مهم رفتارها بیان شده و ارتباط هریک با ابزارهای اصلی طراحی، به منظور کمک به استفاده صحیح از روش‌ها در کارهای طراحی، عنوان شد. براساس تجربه و نظریات مؤلفین، در بیشتر حالات، ترکیبی از ابزارهای در دسترس طراحی باید استفاده شوند.

این موضوع در شرایط زمین‌های مشکل‌دار اهمیت ویژه‌ای داشته و بر شکست مؤثر است. زمینهای روان شونده (Running)، جریان‌ی (Flowing)، مچاله‌شونده (Squeezing) و آماسی (Swelling) مثال‌هایی از زمینهای با شرایط سخت و مشکل‌دار هستند. فضاهای بزرگ عمومی نیز مثال‌هایی از سازه با اهمیت زیاد هستند.

درک این نکته ضروری است که نمی‌توان فرآیند طراحی را تا زمان تکمیل

ضمیمه ۱- جدول ۲- مدلهای رفتاری حفاریات زیر زمینی براساس تجارب ترزاقی (۱۹۴۶) و شوبرت و همکاران (۲۰۰۱)

مدل رفتاری	تعریف	توضیح و تفسیر
نوع ۱: وزنی		
الف- پایدار	محیط دربرگیرنده تاچند روز یا بیشتر بدون نگهداری پایدار است.	سنگ‌های توده‌ای و بادوام در اعماق متوسط و کم.
ب- سقوط گوه‌ای	پایدار ولی با احتمال سقوط بلوک‌های منفرد.	شکست ناشی از ناپیوستگی‌ها.
- تک بلوکی	پایدار ولی با احتمال سقوط چند بلوک (حجم لغزش $> 10 m^3$).	شکست ناشی از ناپیوستگی‌ها.
- چندبلوکی	حرکت سریع و روبه داخل حجم زیادی از قطعات سنگ خرد شده ($< 10 m^3$).	در هنگام مواجهه با سنگ‌های به شدت درزه دار یا خردشده.
پ- تخریب (Cave in)	مواد دان‌های تا هنگام ایجاد یک شیب پایدار در سینه کار به سرعت داخل تونل هجوم می‌آورند. زمان خود ایستایی صفر یا نزدیک صفر است.	مثالها: ماسه متوسط تا درشت دانه و شن در بالای سطح ایستایی.
ت- زمین‌های روان شونده		
نوع ۲: ناشی از تنش		
ث- کمانش (پیچ خورنده)	ایجاد شکستگی و خرده سنگ در سطح تونل.	در سنگ‌های ناهمسان‌گرد، سخت و ترد و تحت اثر بار زیاد و کافی و به دلیل شکست ساختارهای سنگی رخ می‌دهد.
ج- گسیختگی ناشی از تنش	تفکیک و شکست تدریجی سنگ به قطعات و ورقه‌ای و پوسته‌ای شدن یا ایجاد شکستگی در سطح تونل.	رفتار وابسته به زمان ورقه‌ای شدن یا انفجار سنگ ناشی از توزیع مجدد تنش.
چ- ورق‌های و پوست‌های شدن	جدایش ناگهانی و شدید قطعات نازک سنگ از دیواره و سقف تونل.	بیش‌تنشی متوسط تا زیاد در سنگ‌های توده‌ای سخت و ترد. شامل ترک خوردن و خرد شدن (این واژه بیشتر توسط ترزاقی (۱۹۴۶) به عنوان معادلی برای سقوط بلوک‌های منفرد، عمدتاً به علت خرابی ناشی از حفاری، بکاررفته است).
ح- انفجار سنگ	بسیار شدیدتر از ورق‌های شدن و در یک حجم زیاد. (انواع بزرگ و سنگین آن به عنوان یک رخداد لرزه‌ای ثبت می‌شود).	بیش تنشی بسیار زیاد در سنگ سخت توده‌ای و ترد.
خ- رفتار پلاستیک (اولیه)	تغییر شکل اولیه به دلیل شکست برشی در ترکیب با شکست ناشی از درزه‌ها و ناپیوستگی‌ها در توده سنگ.	چنین رفتاری در سنگهای پلاستیک (شکل‌پذیر) به دلیل بیش تنش شدن اتفاق می‌افتد. و عموماً از مچاله‌شدگی شروع می‌شود.
د- مچاله‌شدگی	تغییر شکل وابسته به زمان، ذاتاً مربوط به خزش ناشی از بیش تنشی است. تغییر شکل‌ها ممکن است در خلال ساخت متوقف شوند و یا در یک دوره زمانی طولانی ادامه یابند.	توده سنگها و مواد پلاستیک بیش تنش حاوی کانی‌های صفحه‌ای همچون میکا و یا کانی‌های رسی با ظرفیت آماسی کم و محدود.
نوع ۳: ناشی از وجود آب		
ذ- وارفتگی به دلیل آب	زمین به طور تدریجی به قطعات و خرده‌ریز تبدیل میشود.	آبدار شدن
۱- آماس		از هم مجزاشدگی (Slaking) برخی مواد باجسبندگی متوسط. مثالها: گل سنگ و رس سفت و شکاف دار.
- در سنگ‌های بخصوص	پیشروی زمین دربرگیرنده به داخل تونل به دلیل جذب آب. این فرآیند گاهاً ممکن است با مچاله‌شدگی اشتباه گرفته شود.	کانی‌های آماسی
		در سنگ‌های آماسی رخ می‌دهد، سنگ‌هایی که در آنها کانی‌هایی چون انیدریت، هالیت (سنگ نمک) و کانی‌های رسی مثل اسمکتیت (مونت موریلونیت) بخش مهمی از سنگ را تشکیل می‌دهند.

آماس در لایه‌های که پرکننده‌هایی از جنس کانی‌های رسی آماسی دارند، اتفاق می‌افتد. (مونت موریلونیت)	آماس لایه‌های رسی به دلیل جذب آب. که باعث سست‌شدگی بلوک‌ها و کاهش مقاومت برشی رس می‌شود.	- لایه‌ها یا پرشدگی رسی
آب جریانی		
ممکن است در تونل‌هایی در زیرسفره آب زیرزمینی و در مواد دانه‌ای با چسبندگی کم یا بدون چسبندگی اتفاق افتد.	مخلوطی از آب و ذرات جامد با سرعت از تمام جوانب به داخل تونل هجوم می‌آورند.	ر - زمین‌های جریانی
ممکن است در سنگ‌های خلل و فرج‌دار یا قابل حل، یا از طریق بازشدگی و کانالهایی در درزه و شکافها اتفاق افتد.	آب با فشار از طریق بازشدگی‌ها و کانالهایی به داخل فضا هجوم می‌آورد.	ز - ورود آب

ضمیمه ۲- جدول ۳- برخی از سیستم‌های مهندسی سنگ، عموماً براساس توصیف و طبقه‌بندی (پالمستروم، ۱۹۹۵)

منبع و مأخذ	کاربرد اصلی	نوع ۱	اسم
			روش‌ها و سیستم‌های عمومی
لوفر (۱۹۸۵)	به عنوان ورودی در طراحی تونل.	توصیفی	زمان ایستایی لوفر
پاچینگ و کوچ (۱۹۶۵)	به عنوان ورودی در مکانیک سنگ.	عددی	طبقه‌بندی سنگ
دیبرومیلر (۱۹۶۶)	برای توصیف درزه‌داری از روی مغزه‌های حفاری و ورودی برخی از سیستم‌های طبقه‌بندی.	عددی	شاخص کیفیت سنگ (RQD)
هوک و براون (۱۹۸۰)	قابل استفاده در مکانیک سنگ و مهندسی سنگ.	عددی	معیار شکست هوک براون برای توده سنگها
هوک (۱۹۹۴)	مقاومت توده سنگ را ذکر می‌کند؛ ورودی برای کاربردهای مهندسی.	توصیفی	اندیس مقاومت زمین‌شناسی (GSI)
پالمستروم (۱۹۹۵)	یک توصیف عمومی؛ ورودی برای کاربردهای مهندسی سنگ.	عددی	اندیس توده سنگ (RMi)
			سیستم‌ها و روش‌های طراحی
ترزاقی (۱۹۴۶)	برای طراحی نگهداری فولادی در تونل.	توصیفی و رفتارگرا	سیستم طبقه‌بندی بار سنگ ترازقی
رابسوویچ (۱۹۶۴/۶۵)	برای حفاری و طراحی در زمین‌های نامناسب (بیش تنش شده).	توصیفی و رفتارگرا	روش نوین تونلسازی اتریشی (NATM)
فرانکلین (۱۹۷۵)	براساس مقاومت سنگ و قطر بلوک؛ غالباً در معدنکاری استفاده می‌شود.	عددی	طبقه‌بندی اندازه - مقاومت
ویکهام و همکاران (۱۹۷۲)	برای طراحی نگهدارنده (فولادی) در تونل‌ها.	عددی	طبقه‌بندی امتیاز ساختاری سنگ (RSR)
بنیواسکی (۱۹۷۳)	برای استفاده در طراحی تونل، معدن و پی.	عددی	طبقه‌بندی امتیاز توده سنگ (RMR)
بارتون و همکاران (۱۹۷۴)	برای طراحی نگهداری در حفاریات زیرزمینی.	عددی	سیستم طبقه‌بندی Q
پالمستروم (۱۹۹۵ و ۲۰۰۰)	برای طراحی نگهدارنده سنگ در حفاریات زیرزمینی.	عددی	روش نگهداری سنگ RMi

۱ توصیفی: ورودی سیستم عموماً براساس توصیفات حاصل از مشاهدات است؛ عددی: پارامترهای ورودی شامل اعداد یا امتیازدهی بر اساس خصوصیات سنگ می‌باشند؛ و رفتارگرا: ورودی براساس رفتار توده سنگ در یک تونل است.

ضمیمه ۳- جدول ۵- تناسب ابزارهای مختلف طراحی مهندسی

عوامل کلیدی	مهندسی قضاوت	روشهای مشاهده ای	محاسبات تحلیلی	مدلسازی عددی (زمینهای پیوسته)	NATM	ابزارهای طراحی و مهندسی سنگ			رفتار زمین
						سیستم‌های طبقه‌بندی			
						RMi نگهداری	Q	RMR	
ناشی از وزن	۱	۱	۲	۱	۱	۱-۲	۲	۲	الف- پایدار
	۱	۲	۲	۲	۱-۲	۱-۲	۱-۲	۱-۲	ب سقوط بلوکها
	۲	۳	۲	۳	۳	۲	۲-۳	۳	پ- فروریختن (Cave in)
	۲	۳	۴	۴	۴	۴	۴	۴	ت- زمینهای روان شونده
ناشی ازتنش	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۴	ث- خم شوندگی
	۲	۲	۳	۲	۲	۳	۳	۴	ج- گسیختگی به دلیل تنش(Rupturing)
	۲	۲	۲	۲	۲-۳	۲	۲	۴	چ- ورقه ورقه وخرد شدن
	۲	۱-۲	۲	۲	۳	۲	۳-۴	۴	ح- انفجار سنگ
	۲	۳	۲	۲	۲-۳	۳	۳-۴	۴	خ- رفتارپلاستیک (اولیه)
	۳	۲	۲	۲	۱-۲	۳	۳	۴	د- زمین مچاله شونده
ناشی از آب	۲	۲	۴	۴	۳	۴	۴	۴	ذ- پیچ خوردگی به دلیل فروشویی یا تردی
	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳	۴	ر- زمینهای آماسی
	۳	۳	۴	۴	۳-۴	۴	۴	۴	ز- زمینهای جریانی
	۳	۲	۲	۳	۴	۴	۴	۴	ژ- هجوم و ورود آب

امتیاز تناسب برای ابزارهای مختلف: ۱، مناسب؛ ۲، متوسط؛ ۳، ضعیف؛ ۴، غیرقابل کاربرد.

تأثیر مدول یانگ بر نتایج مدلسازی عددی

مهدی حجار، کارشناس ارشد مهندسی معدن، شرکت تابلیه، hajjarm@gmail.com
متن حاضر ترجمه مقاله زیر می باشد:

Hammah, R.E. and Yacoub, T.E., and Curran, J.H. 2006, "The Influence of Young's Modulus on Numerical Modelling Results", 41st U.S. Symposium on Rock Mechanics.

چکیده

در تحلیل عددی مسائلی که شامل شرایط زمین‌شناسی چندگانه هستند، چگونگی توزیع تنش، الگوهای تغییر شکل و مکانیزم شکست به مدول یانگ مواد مختلف ارتباط دارد، هرچند اغلب از جزئیات چشم‌پوشی می‌شود. در این مقاله با استفاده از دو مثال ساده، بازه گسترده رفتار مدلهایی با شرایط زمین‌شناسی چندگانه با توجه به تغییرات مدول نشان داده شده است.

۱- مقدمه

رفتار پیچیده و بسیار متفاوت مواد تشکیل‌دهنده زمین و خصوصیات بسیار متغیر مواد در کنار پیچیدگی روش‌های عددی مانند المان محدود و تفاضل محدود، ساخت مدلهای ژئومکانیکی را به یک چالش بدل می‌سازند. وجه مهم و بغرنج مدلسازی تعریف مدلهای ساختمانی (constitutive models) می‌باشد که رفتار تنش-کرنش خاک و سنگ را به بهترین شیوه بیان نماید.

توصیف تمام و کمال رفتار ساختمانی مواد به ویژگی تغییر شکل و پارامترهای مقاومتی نیازمند است. در طی بارگذاری اولیه، به مجرد باربرداری مواد رفتار الاستیک از خود نشان می‌دهند. بعد از اعمال سطح مشخصی از تنش، تغییر شکل‌های پلاستیک (تغییر شکل‌هایی که در صورت رفع بارگذاری بازگشت‌پذیر نیستند) شروع می‌شود. به صورت کلی، بعد از تسلیم، تغییر شکل‌ها در محدوده‌ای که سختی مواد به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است، اتفاق می‌افتد.

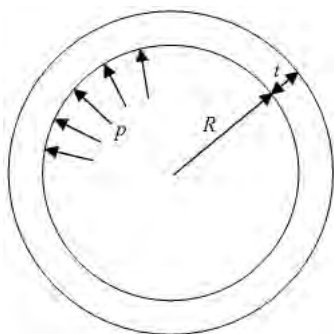
با توجه به تعاملات مؤلفین با کاربرهای متعدد برنامه المان محدود Phase ۲، به نظر آنها، مهندسين ژئوتکنیک بیشتر به خواص اجزای مقاومتی رفتار مدول توجه می‌کنند تا به مفاهیم تغییر شکل. این توجه می‌تواند به این علت باشد که در کل تخمین یا اندازه‌گیری پوش‌های مقاومتی توده خاک و سنگ نسبت به اندازه-گیری بر جای خصوصیات تغییر شکل‌ها آسانتر است.

با وجود اینکه، در مدل عددی مسائل ژئوتکنیکی، مهندسان باید جهت تعیین خصوصیات تغییر شکل مواد (مقادیر اولیه مدول یانگ) بکوشند. گسیختگی‌ها به ویژه در مسائلی با مواد گوناگون منجر به شکستی می‌شوند. نسبت مدولهای یانگ مختلف در مدلهایی با چندین نوع از مواد می‌تواند باعث تغییر پاسخ‌های کلی مدل شامل مکانیزم‌های گسیختگی القایی شوند. این مقاله اثر نسبت سختی مواد (مدول‌های یانگ) بر رفتار را با استفاده از دو مسئله مشتمل بر مواد الاستیک خطی تشریح می‌کند. این مثال‌ها، علیرغم سادگی، ضرورت توجه به سختی مواد را در صورتی که تعیین صحیح فیزیک مسائل ژئوتکنیکی مدنظر باشد روشن می‌کنند.

۲- مسائل کلاسیک

مسئله ابتدائی که در شکل ۱ نشان داده شده است، شامل تونل دایروی پوشش‌دار و تحت فشارهای داخلی در محیط الاستیک خطی نامحدود می‌باشد. فرض می‌شود که پوشش تونل نیز دارای خواص الاستیک خطی است. مسئله دوم که در شکل ۲ نمایش داده شده است، یک تونل پوشش‌دار است که با یک لایه نازک الاستیک دربر گرفته شده است و هر دو در یک محیط الاستیک خطی نامحدود قرار گرفته‌اند.

بسته به مقدار مدولی که به هر یک از مواد نسبت داده شده است، این



شکل ۳- مسئله کلاسیک سیلندر جدار نازک با مواد الاستیک خطی

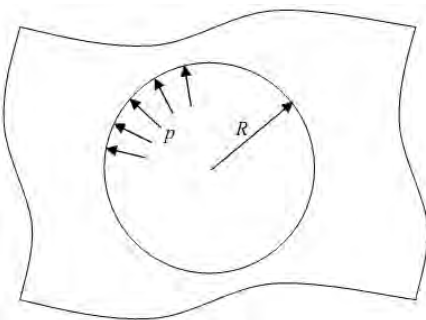
تنش حلقه‌ای (تنش گرداگرد محیط) القاء شده توسط فشار داخلی توسط عبارت زیر بیان می‌گردد:

$$\sigma_{\theta} = \frac{pR}{t} \quad (1)$$

۲-۲- مسئله کلاسیک شماره ۲: سوراخ مدور تحت فشار در محیط الاستیک نامحدود

در شکل ۴ مسئله با فشار داخلی P ، که بر روی مرز سوراخ دایروی محیط الاستیک نامحدود اعمال می‌شود نشان داده شده است. راه حل این مسئله از تئوری لیم (Lamé's theory) برای مخازن جدار نازک با فرض شعاع خارج بی‌نهایت ارائه شده است [۱]. تنش محیطی σ_{θ} و تنش شعاعی σ_r در محیط پیوسته از معادله زیر به دست می‌آید:

$$\sigma_r = -\sigma_{\theta} = \frac{pR^2}{r^2} \quad (2)$$

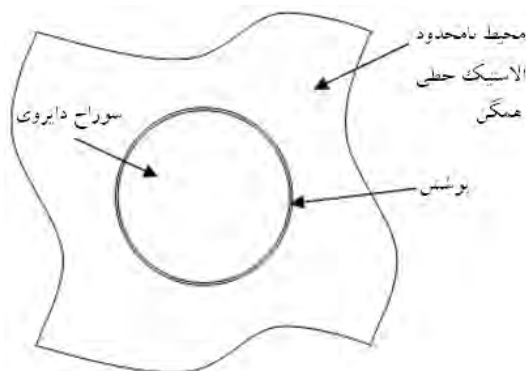


شکل ۴- مسئله کلاسیک سوراخ مدور تحت فشار داخلی در محیط الاستیک خطی نامحدود

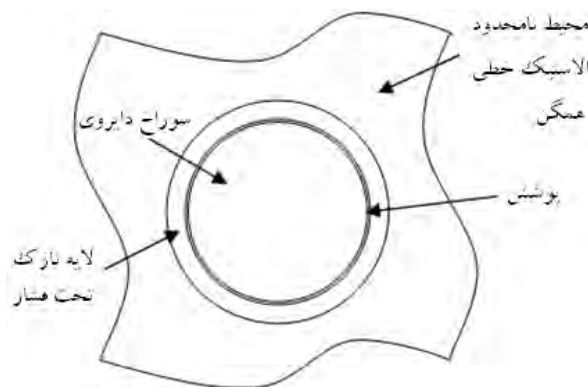
۳- مدلسازی المان محدود از سیلندر پوشش‌دار در محیط پیوسته الاستیک

مثال ویژه از مسئله اول (نشان داده شده در شکل (۱) توسط نرم‌افزار

مثال‌ها می‌توانند بازه وسیعی از رفتارهای مساوی با ۲ مسئله کلاسیک ارائه دهند: مسئله سیلندر نامحدود تحت فشار با جداره نازک، و سوراخ سیلندری در محیط الاستیک. این مسائل کلاسیک که به اختصار توصیف می‌شود، هر دو دارای راه حل شکل بسته (closed-form solutions) می‌باشند.



شکل ۱- سوراخ دایروی پوشش‌دار در محیط الاستیک خطی نامحدود. در مدل‌های بعدی که در زیر تشریح می‌شود، فشار بر روی پوشش از درون تونل اعمال می‌گردد.

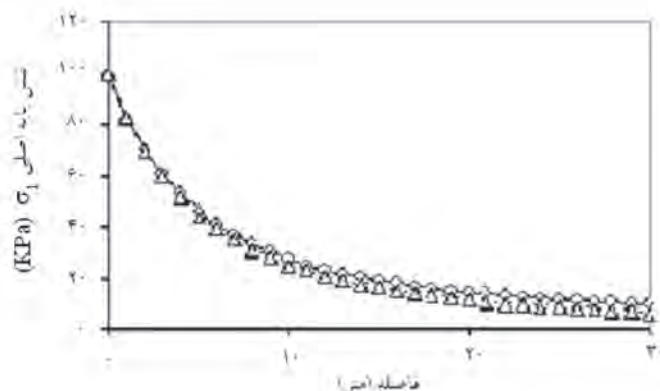


الاستیک خطی نامحدود. در مدل‌های بعدی که در زیر تشریح می‌شود، لایه نازک تحت فشار قرار می‌گیرد.

۲-۱- مدل کلاسیک شماره ۱: سیلندر تحت فشار جداره نازک

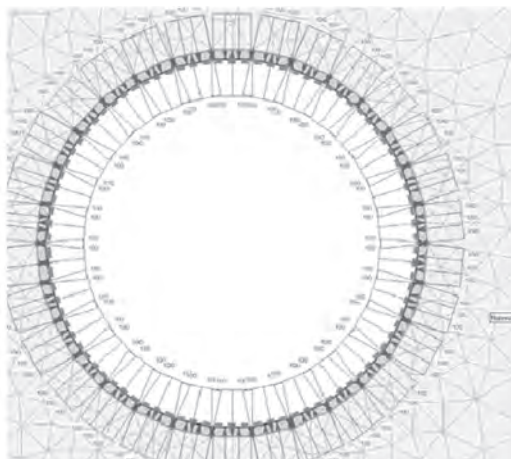
شکل ۳ مسئله کلاسیک سیلندر تحت فشار جدار نازک با شعاع R ، و ضخامت t ، را نشان می‌دهد. (یک سیلندر زمانی جدار نازک به حساب می‌آید که نسبت $\frac{R}{t} > 10$ باشد). ماده سیلندر الاستیک خطی فرض شده است، در حالی که فشار P از درون سیلندر وارد می‌شود.

بنابراین تنش‌ها مستقیماً به محیط منتقل می‌شوند. این رفتار بسیار شبیه سوراخ تحت فشار در مسئله محیط پیوسته است. نمودار حداکثر تنش‌های اصلی در محیط در شکل ۵ که به روش تحلیل المان محدود محاسبه شده‌اند، با تخمین نزدیکی مقادیر نظری را که از روش تحلیل و حل معادله (۲) به دست آمده‌اند، تأیید می‌کنند.



شکل ۵- مقایسه راه حل‌های تحلیلی برای تنش‌ها با نتایج المان محدود

۴- مدلسازی المان محدود از سیلندر پوشش‌دار که توسط لایه نازک تحت فشار در محیط الاستیک پیوسته محدود شده است
مدل المان محدود مسئله دوم که در شکل ۲ نشان داده شده، توسط لایه‌ای نازک بین پوشش و محیط ساخته شده است. همچنین فشار داخلی وارد بر فضای حفاری شده با فشاری وارد بر لایه نازک جایگزین شده است. این فشار به صورت کششی با مقدار مساوی (100 kN/m) ولی با علامت مخالف بر مرزهای لایه نازک شبیه‌سازی شده است. این مدل در شکل ۶ مشاهده می‌شود.



شکل ۶- مدل المان محدود لایه نازک تحت فشار در گرداگرد سیلندر. این فشار با نیروهای کششی با مقدار مساوی و علامت مخالف جایگزین شده که به مرزهای داخلی و بیرونی لایه نازک اعمال می‌گردد.

Phase 2، نرم افزار دوبعدی المان محدود، مدل شده است [۲]. که در آن شعاع فضای حفر و پوشش شده برابر با ۱۰ متر انتخاب شده است. به منظور در نظر گرفتن شرایط محیط نامحدود، مرز خارجی مدل المان محدود، ۶ برابر شعاع حفاری انتخاب شد.

فشار داخلی $P = 100 \text{ kPa}$ به جداره داخلی اعمال می‌شود، که ضخامت آن $t = 0.1 \text{ m}$ می‌باشد. محیط هیچ تنش اولیه‌ای ندارد. جداره و محیط هر دو الاستیک خطی فرض شده‌اند. مش بندی محیط با استفاده از المان‌های مثلثی ۶ گره‌ای و پوشش با استفاده از المان‌های تیر تیموشنکو (Timoshenko beam elements) مدل شده‌اند.

سه حالت مختلف در مسأله در نظر گرفته شد: ۳ مدول مختلف یانگ به این محیط اختصاص یافت. در تمام موارد یک مدول ثابت یانگ (E) برابر با $30,000,000 \text{ kPa}$ برای جداره در نظر گرفته شده است.

در ادامه نتایج مدل برحسب تغییرات سختی محیط مورد بحث قرار گرفته است.

۱-۳- مدل ۱

در ابتدا، ضریب یانگ بسیار کوچکی برابر با $E = 1e-5 \text{ kPa}$ به محیط اختصاص یافت. ترکیب سختی پائین و نبود تنش اولیه باعث شد تا محیط مانند سیال بدون تنش رفتار کند. انتظار می‌رفت این مدل مانند مسئله کلاسیک نوع ۱ رفتار کند (جداره نازک تحت فشار) و بنابراین مقدار تنش حلقوی بسیار شبیه با مقدار تئوریک بدست آمده از فرمول (۱) برابر با (-10000 kPa) تولید کند.

مدل المان محدود، تنش محیط را برابر با صفر و نیروی محوری پوشش را برابر با 99691 KN که به تنش کششی حلقوی 99691 kPa تعبیر می‌شود، پیش‌بینی می‌کند که این مقدار با مقداری که از راه حل‌های تئوریک بدست آمده است، مشابه است.

۲-۳- مدل ۲

در گام بعد، مقدار $E = 200,000 \text{ kPa}$ به محیط تخصیص یافت. در این حالت، مقدار تنش در محیط میزبان و مجاور جداره (پوشش) قابل ملاحظه بود ($90/23 \text{ KPa}$)، و تنش محوری در پوشش به مقدار $615/58 \text{ kN}$ نزول کرد. این رفتار تا زمانی که سختی‌های غیر قابل چشم پوشی محیط قادر به تحمل برخی از بارهای اعمالی شدند و در نتیجه جداره را از برخی تنش‌ها آزاد می‌کند، قابل پیش‌بینی بود.

۳-۳- مدل ۳

در مدل ۳ مقدار $E = 1e30 \text{ kPa}$ به محیط اختصاص یافت. مقدار تنش محاسبه شده در مرز محیط و پوشش 100 kPa بود، در حالیکه مقدار نیروی محوری در پوشش برابر با $3/5 - 22 \text{ kPa}$ و عملاً برابر با صفر بود. چون سختی محیط بسیار بیشتر از سختی پوشش است، پوشش متحمل هیچگونه باری نمی‌شود زیرا به سختی تغییر شکل می‌دهد و

۴-۱- مدل ۱

در حالت اول این مسأله سختی لایه نازک بسیار کم و برابر با $E = 1e-5 \text{ KPa}$ انتخاب شد در صورتیکه مقدار سختی ماده میزبان بسیار زیاد $E = 2e30 \text{ KPa}$ تعیین شد. در این حالت شرایط فیزیکی سیال تحت فشار که بین بلوک صلب (محیط نامحدود) و پوشش عمل می کند مدل سازی می شود.

انتظار می رفت که تنشهای القایی در پوشش همانند تنش های محاسبه شده در حالت سیلندر جدار نازک تحت فشار باشند به جز آنکه تنش های حلقوی در پوشش باید به جای کششی، فشارشی باشند. همچنین انتظار می رفت که تنش های محیط مطابق به راه حل های کلاسیک سوراخ تحت فشار داخلی در محیط پیوسته الاستیک توزیع گردند.

محاسبات مدل اجزاء محدود در این حالت یک نیروی محوری در پوشش با مقدار $994/52 \text{ kPa}$ تولید کرد، که بسیار به مقدار نظری 1000 kN نزدیک است. (مطابق با تنش $10,000 \text{ kPa}$).

توزیع تنش های اصلی در محیط بسیار به آنچه که در شکل ۵ نشان داده شده است، شبیه اند. نتایج با تقریب بسیار نزدیکی مقادیر محاسبه شده به روش کلاسیک را در سوراخ دایروی تحت فشار، به دست می دهند.

۴-۲- مدل ۲

در این گام، سختی لایه نازک برابر با $20,000 \text{ kPa}$ و محیط برابر با مقدار بسیار کوچک $E = 1e-5 \text{ KPa}$ در نظر گرفته شد. در این حالت، انتظار می رفت درغیاب فشار محصورکننده از طرف محیط میزبان، لایه نازک همانند بادکنک متورم گردد. همچنین به واسطه الحاق این جداره به بالن متورم شونده، ایجاد تنش های کششی القایی انتظار می رفت.

مطابق پیش بینی تنش های صفر در محیط میزبان، تنش های غیرقابل صرف نظر (در دامنه بین $26/5 \text{ kPa}$ تا $29/85 \text{ kPa}$) در لایه نازک، و تنش های کششی غیرقابل چشم پوشی ($36/44 \text{ kN}$) در پوشش وجود داشت. بررسی جابجایی کلی لایه نازک انبساط آن را نشان داد. مرز خارجی حدود $2/4 \text{ e-3 m}$ جابجایی داشت.

۴-۳- مدل ۳

در نهایت مقدار $E = 20,000 \text{ KPa}$ هم به ماده محیط و هم به لایه نازک تخصیص داده شد. به سبب فشار محصورکننده ماده میزبان، ایجاد تنش های تراکمی در ماده میزبان و پوشش و همچنین تنش های کششی در لایه نازک تحت فشار، مورد انتظار بود.

نتایج اجزاء محدود نشان داد که در این مرحله ماده میزبان، لایه نازک و پوشش تحت تأثیر بار قرار گرفته اند. تنش اصلی بر روی محیط پیوسته در مجاورت لایه نازک $28/1 \text{ kPa}$ ، و تنش محوری $18/0 \text{ kN}$ بر روی پوشش می باشند. تنش بر روی لایه نازک در محدوده 25 تا 28 kPa بود. این همان رفتاری بود که انتظار آن می رفت.

۵- خلاصه

مثال های تحلیل شده نشان می دهند که حتی در صورت انجام تحلیل الاستیک مسائل ساده، وقوع دامنه رفتاری وسیعی با تغییر سختی نسبی مواد، امکان پذیر است. در دو مثال تحلیل شده، مدل های مختلفی برای مدل سازی دو مسأله کلاسیک کاملاً متفاوت ایجاد شده اند.

بینش و شناخت بدست آمده از چنین مسائل ساده ای قابل چشم پوشی نیست. آنها نشان دادند که در تحلیل های عملی، استفاده از مدول غیر معرف ممکن است باعث بی نتیجه بودن مدل سازی و عدم دریافت رفتار حقیقی شود. این مسئله، به خصوص، در تحلیل و طراحی عناصر نگهداری مانند پوشش تونل ها حائز اهمیت است. بسته به گستره موادی که پیرامون منطقه حفاری و تحت تأثیر مراحل ساختمانی همچون انفجار نرم می شوند، سیستم نگهداری که مناسب تشخیص داده می شوند ممکن است در عمل تحت بارگذاری بیش از اندازه قرار گرفته و دچار شکست شود. در سایر شرایط (مثلاً در حفاری های سطحی عمیق) مدول یانگ نامناسب ممکن است باعث پیش بینی نادرست مکانیزم گسیختگی، فراتر از آنچه واقعاً اتفاق می افتد شود. که این امر نیز به نوبه خود باعث طراحی نامناسب و ناکافی سیستم نگهداری باشد.

مدل سازی کامپیوتری می تواند ابزاری کارا باشد مشروط به آنکه در جهت تقویت میل به جستجو و درک عمیق تر مسائل استفاده شود. با عنایت بیشتر به پارامترهای ورودی یک تحلیل، شامل مشخصات تغییر شکل، می توان بازه پیش بینی رفتار حفاریات ژئوتکنیکی را بهینه کرد. این شناخت تصمیمات مهندسی را ارتقاء می دهد.

منابع

- 1- Brown, E.T. 1987. Analytical and computational methods in engineering rock mechanics. 1st ed. London:
- 2- Rocscience Inc. 2005. Phase2 v6.0 – Two-Dimensional Finite Element Slope Stability Analysis.

اثرات آب‌های زیرزمینی و نیروی تراوش در طراحی پایداری و حائل تونل

وهاب بشارت

دانشجوی دکتری ژئوتکنیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و

تحقيقات تهران

یست الکترونیکی: v.besharat@gmail.com

چکیدہ

در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالا است مسأله تراوش در مورد سازه‌های زیرزمینی، امری است که بایستی حتماً مورد توجه قرار گیرد. وجود اضافه فشارهای ناشی از این پدیده گاه نیازمند اتخاذ ملاحظات خاصی در زمان ساخت و هم در زمان طراحی می‌باشد. در این مقاله نیروهای ناشی از تراوش که در اثر وجود و حرکت آبهای زیرزمینی در تراز قرارگیری تونل ایجاد می‌شوند، مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ابتدا تأثیر نیروهای ناشی از تراوش که به تونل اعمال می‌شود در دو حالت تونل‌های سطحی زهکشی شده و نیز تونل‌های از نوع عایق مورد بررسی قرار گرفته و نیروها و تنش‌های ایجاد شده در این دو حالت با هم مقایسه می‌شوند. آنگاه به بررسی تأثیر این نیروها بر پایداری وجه پیشروی تونل پرداخته می‌شود. در این مطالعه دو عامل به طور همزمان در نظر گرفته شده است. عامل اول تأثیر تنش‌های اعمالی بر وجه پیشروی تونل و عامل دوم نیروی تراوش می‌باشد. نتایج حاصل به روش عددی برپایه تئوری اجزاء محدود و با کمک نرم‌افزار Plaxis انجام گرفته که با روش‌های تحلیلی نیز مقایسه گردیده است. به عنوان نتیجه، اصول منطقی طراحی، جهت طراحی حائل تونل و نیز جهت ارزیابی محافظه‌های فشار مورد نیاز برای نگهداری پایداری وجه پیشروی تونل برای سازه‌های زیرزمینی پیشنهاد شده است. تحلیل‌ها بر روی تونل‌هایی با مقطع دایروی و در هفت حالت مختلف از تغییرات تراز آب زیرزمینی و نیز عمق تونل انجام گردیده که نشان دهنده افزایش ۳۰ درصدی نیروهای حائل در حالت تونل‌های عایق می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تراوش، سازه‌های زیرزمینی، تونل‌های زهکشی، شده، تونل‌های عایق، وجه پیشروی تونل

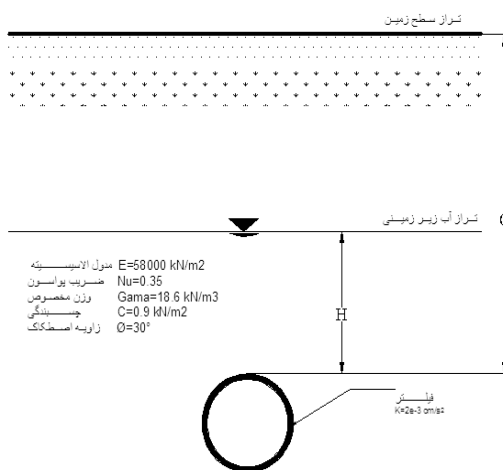
١. مقدمه

تونل از نوع زهکشی شده، تحلیل عددی با مفاهیم زهکشی زیر برای تونل انجام گرفته است.

(۱) شرایط خشک

(۲) مفهوم زهکشی با در نظر گرفتن برای نیروی تراوش

(۳) مفهوم عایق باد، نظر گرفتن برای فشارهای هیدرواستاتیکی، آب



شکل (۱): شرایط تحلیل

تونل‌هایی که در زیر تراز آب زیرزمینی قرار دارند بر اساس روش کنترل آب‌های زیرزمینی می‌تواند به دو صورت عایق و یا زهکشی شده طراحی شود. در تونل‌های عایق، پوشش تونل جهت تحمل فشار آب هیدرواستاتیکی طراحی می‌شود. در تونل‌های زهکشی شده پوشش تونل بدون در نظر گرفتن فشار آب منفذی طراحی شده و فرض می‌شود که در این حالت یا تراز آب زیرزمینی تا زیر تونل پایین کشیده می‌شود و یا اینکه آب زیرزمینی در درون لایه‌های فیلتری که در بین سطح زمین و تونل وجود دارند جریان خواهد یافت بنابراین فشار آب اعمالی به پوشش تونل صفر خواهد بود. در هر حال اگر تونل از نوع زهکشی شده در زیر رودخانه قرار گیرد جریان آب زیرزمینی حالتی پایدار داشته و نیروهای تراوش به پوشش تونل اعمال خواهند شد. علاوه بر این، نیروهای تراوش ناشی از جریان آب‌های زیرزمینی می‌تواند تأثیر جدی بر پایداری وجه پیشروی تونل داشته باشد.

۲- نیروهای تراوش اعمالی به پوشش تونل

۲-۱- شرایط تحلیل

یک تونل دایروی فرضی از نوع زهکشی شده که در زیر تراز آب‌های زیرزمینی واقع شده جهت تخمین تأثیر نیروهای تراوش بر پوشش تونل در نظر گرفته می‌شود. جهت مطالعه کاربردی و طراحی صحیح برای پوشش

جدول (۱): حداکثر نیروهای اعمالی به پوشش تونل

	عمق تونل (C/D)	تراز آب زیرزمینی (H/C)	نیروهای پوشش تونل		
			نیروی محوری (kN)	لنگر خمشی (kN-m)	تنش (kN/m ²)
Wa1	۲	۰/۵	۹۶/۷۰	۰/۴۵	۳۴۹/۳۰
Dr1			۱/۹۳	۰/۴۴	۳۴/۵۹
Wa2	۲	۱	۱۵۵/۹۵	۰/۷۲	۵۶۶/۱۰
Dr2			۱/۸۶	۰/۲۲	۲۴/۷۸
Wa3	۲	۱/۵	۲۱۵/۷۹	۰/۷۲	۷۶۴/۲۶
Dr3			۴/۲۱	۱/۳۷	۱۰۳/۰۷
Wa4	۲	۰/۵	۱۲۶/۵۲	۰/۶۱	۴۵۹/۱۷
Dr4			۲/۱۲	۰/۷۴	۵۴/۶۰
Wa5	۳	۱	۲۱۵/۷۹	۱/۰۵	۷۸۵/۸۴
Dr5			۴/۴۶	۲/۶۶	۱۸۷/۳۳
Wa6	۳	۱/۵	۳۰۵/۰۶	۱/۰۵	۱۰۷۹/۱۶
Dr6			۶/۴۶	۲/۷۳	۱۹۸/۲۲
Wa7	۴	۰/۵	۱۵۵/۹۵	۰/۸	۵۷۱/۰۰
Dr7			۳/۰۴	۱/۵۷	۱۱۱/۸۹
Wa8	۴	۱	۲۷۵/۶۳	۱/۳۸	۱۰۱۰/۴۹
Dr8			۶/۶۰	۴/۴۳	۳۱۰/۰۶
Wa9	۴	۱/۵	۳۹۴/۳۳	۱/۳۷	۱۴۰۲/۸۹
Dr9			۸/۸۶	۴/۱۳	۲۹۸/۲۸

تنش ۳- نیروهای تراوش اعمالی به وجه پیشروی تونل

۱-۳- روش های تحلیل

جهت محاسبه نیروهای تراوش اعمالی به وجه پیشروی تونل در شرایط پایدار از Plaxis مجدداً استفاده خواهد شد. جهت محاسبه نیروهای تراوش، سطح گسیختگی در وجه جلوی تونل بایستی تعیین و یا فرض گردد. روش حد بالایی که توسط Leca و Dormieux ارائه شده بود [۳] توسط Lee و Nam جهت محاسبه نیروهای تراوش اصلاح شد [۴]. راه حل اصلاحی در تحقیق حاضر استفاده شده است. معادله (۱) راه حل اصلاحی حد بالا با در نظر گرفتن نیروهای تراوش می باشد.

(۱)

$$N_s \left[(K_p - 1) \frac{\sigma_s}{\sigma_c} + 1 \right] + N_r (K_p - 1) \frac{\gamma D}{\sigma_c} \leq (K_p - 1) \left(\frac{\sigma_T - \sigma_{SF}}{\sigma_c} \right) + 1$$

که در آن σ_s مربوط به سربار، σ_c مقاومت فشاری محدود نشده خاک، σ_t فشار اعمالی به وجه پیشروی تونل σ_{SF} فشار تراوش اعمالی به وجه پیشروی

نرم افزار کامپیوتری که در این تحلیل استفاده شده است برنامه اجزاء محدود Plaxis می باشد در این تحقیق امکان استفاده از تحلیل های تراوش و همچنین تحلیل مکانیکی نیز وجود دارد [۱]. تحلیل تنش های غیر خطی جهت محاسبه تغییرات تنش در هنگام حفاری به وسیله مدل موهر کولمب انجام گرفته است. معادلات جریان حالت پایدار حل خواهد شد و فشار آب منفذی در تمام نقاط ذخیره خواهند شد. از آنجا که مش های اجزاء محدود که در تحلیل تراوش استفاده شده با تحلیل های مکانیکی یکسان می باشد، نیروهای گرهی می تواند بر روی تمامی گره ها محاسبه و جایگذاری شود. شرایط تحلیل در شکل (۱) نشان داده شده است.

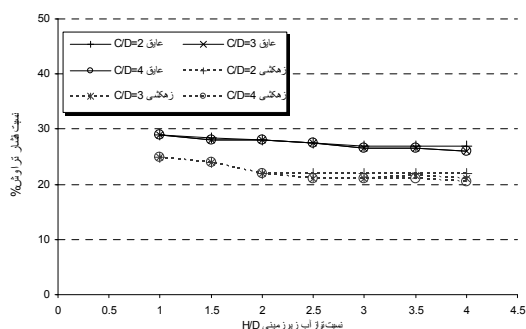
۲-۲- نتایج تحلیل

تنش های ایجاد شده در پوشش تونل بر اساس سه ایده زهکشی ذکر شده با تغییرات در تراز آب زیرزمینی و همچنین عمق دفن تونل محاسبه شده است. جریان آب های زیرزمینی در سیستم زهکشی تونل و همچنین نیروهای تراوش از اختلاف هد کل در زمین اطراف و پوشش تونل ایجاد شده است [۲].

جدول (۱) نشان دهنده حداکثر نیروهای ایجاد شده در پوشش تونل ناشی از سه ایده عنوان شده برای زهکشی تونل می باشد. در جدول (۱)، Wa مربوط به تونل نوع عایق و Dr مربوط به تونل نوع زهکشی با نیروی تراوش می باشد. در حالت تونل خشک، بارهای اعمالی به پوشش تونل نزدیک به صفر می باشد که با شرایط و مفاهیم حفاری به روش NATM سازگار است. همانطور که در جدول (۱) نشان داده شده است، اختلافات زیادی در تنش های ایجاد شده در تونل بسته به شرایط زهکشی وجود دارد.

در حالت تونل از نوع زهکشی با در نظر گرفتن نیروهای تراوش تنش های اعمالی به پوشش تونل تا حدود ۳۰٪ نسبت به تونل از نوع عایق افزایش یافته است. تنش ایجاد شده در پوشش شامل دو مولفه است یکی تنش محوری و دیگری تنش خمشی که توسط لنگر خمشی ایجاد می شود. در حالت تونل عایق نتایج نشان می دهد که پوشش تونل بایستی در برابر فشار هیدرواستاتیکی آب و تنش های محوری ایجاد شده که نسبت به تنش های خمشی غالب می باشند محافظت شود.

در حالت تونل از نوع زهکشی شده با در نظر گرفتن نیروهای تراوش نتایج بیان گر آن است که پوشش تونل بایستی در برابر نیروهای تراوش که ناشی از تنش های محوری می باشد محافظت گردد. با توجه به نتایج تحلیل های اجزاء محدود می توان نتیجه گرفت که در نظر نگرفتن فشارهای تراوش اعمالی به پوشش تونل حالت تونل زهکشی شده و در شرایط جریان حالت پایدار می تواند خطرناک باشد. در نتیجه برای یک طراحی مطمئن و منطقی تونل در نظر گرفتن شرایط صحیح آب زیرزمینی الزامی است.



شکل (۳): تغییرات نسبت فشار تراوش با نسبت تراز آب زیرزمینی

۴- نتیجه گیری

وجود آب زیرزمینی به طور جدی بر روی پایداری تونل تاثیرگذار می باشد. هنگامیکه اثر فشار سربار موثر ناشی از حفاری تونل به کمک پدیده قوسی شدن به طور اندک کاهش می یابد، فشار تراوش با آن در ارتباط خواهد بود. نتایجی که از این تحقیق بدست آمده در زیر به طور خلاصه عنوان می شود.

۱- در تحلیل تونل دایروی از نوع زهکشی شده با در نظر گرفتن نیروهای تراوش، تنش های اعمالی بر پوشش تونل تا حدود ۳۰٪ فشار آب منفذی هیدرواستاتیکی در نوع عایق افزایش می یابد.

۲- بر اساس نتایج تحلیل های عددی در شرایط جریان حالت پایدار آبهای زیرزمینی، نسبت فشار تراوش میانگین به فشار آب منفذی هیدرواستاتیکی برای تونل از نوع زهکشی شده و عایق به ترتیب ۲۲٪ و ۲۸٪ خواهند بود.

۵- مراجع

- [1] Lee, I.-M. and Nam, S.-W., 2001. "The study of seepage forces acting on the tunnel lining and tunnel face in shallow tunnels", Tunnelling and Underground Space Technology, 16(1), pp. 31-40.
- [2] Anagnostou, G., 1993. "Modelling seepage flow during tunnel excavation", Proceedings, ISRM International Symposium - EUROCK '93, Safety and Environmental Issues in Rock Engineering, 1, pp. 3-10.
- [3] Leca, E. and Dormieux, L., 1990. "Upper and lower bound solutions for the face stability of shallow circular tunnels in frictional material", Geotechnique, 40 (4), pp. 581-606.
- [4] Lee, I.-M., Nam, S.-W., and Ahn, J.-H., 2003. "Effect of seepage forces on tunnel face stability", Canadian Geotechnical Journal, 40(2), pp. 342-350.

تونل، K_p ضریب فشار خاک رانکین در حالت گسیختگی مقاوم، γ وزن مخصوص خاک، D قطر تونل و N_s و N_γ ضرایب وزن می باشند.

۳-۲- نتایج تحلیل

مشخصات مصالح به کار رفته برای زمین که در تحلیل ها استفاده شده است عبارتند از: نوع خاک ماسه ای، وزن مخصوص خاک $\gamma = 15.2 \text{ kN/m}^3$ چسبندگی $C = 0.0$ و زاویه اصطکاک داخلی $\phi = 35^\circ$.

در این تحقیق دو نوع تونل شامل تونل زهکشی شده و تونل عایق استفاده شده است. در حالت تونل زهکشی شده فرض شده است که آب زیرزمینی در تمام سطح حفاری شده شامل وجه پیشروی تونل جریان دارد. روش حفاری به طریقه NATM می تواند شامل این تقسیم بندی شود.

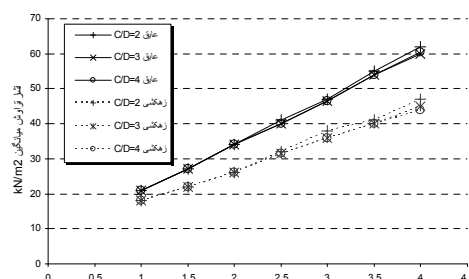
در حالت تونل عایق، آب زیرزمینی فقط در وجه پیشروی تونل جریان خواهد داشت. تونل های پوشش دار نیز شامل این تقسیم بندی می شود.

مقادیر محاسبه شده از فشارهای تراوش میانگین در زمان حفاری تونل که از تحلیل های عددی بدست آمده در شکل (۲) نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می شود که میانگین فشارهای تراوش یک رابطه نسبتاً خطی با نسبت H/D برای هر دو نوع تونل های زهکشی شده و عایق دارد. در این شکل H تراز آب زیرزمینی است.

محدوده میانگین فشار تراوش در حالت زهکشی شده $47.6/18.3 \text{ kN/m}^2$ و در حالت عایق $62.4/21.9 \text{ kN/m}^2$ می باشد. با آن که فشار تراوش میانگین با نسبت H/D رابطه خطی دارد، نسبت فشار تراوش تغییرات کمتری را نشان می دهد.

نسبت فشار تراوش در حقیقت نسبت فشار تراوش میانگین به فشار هیدرواستاتیکی تراز آب زیرزمینی یکسان می باشد. مقادیر نسبت فشار تراوش در زمان حفاری تونل توسط تحلیل عددی محاسبه و در شکل (۳) نشان داده شده است.

همانطور که در شکل (۳) مشاهده می شود مقدار نسبت فشار تراوش برای نوع زهکشی شده ۲۲٪ و برای نوع عایق حدود ۲۸٪ می باشد که این نسبت تغییرات زیادی با نسبت H/D در نوع عایق نداشته است.



شکل (۲): تغییرات فشار تراوش میانگین با نسبت تراز آب زیرزمینی

چکیده پایان نامه تونل

تخمین میزان نشست سطح زمین ناشی از حفاری تونل خط هفت متروی تهران با استفاده از روش‌های تحلیلی و عددی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن
دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، دانشکده فنی و مهندسی

نگارش: میثم رازی‌فر

استاد راهنما: دکتر مهدی حسینی

اساتید مشاور: دکتر سیامک هاشمی و مهندس محسن کریمی

اسفند ۱۳۸۹

چکیده

لزوم بررسی و تخمین نشست‌های سطح زمین از مهمترین اصول طراحی تونل‌های کم‌عمق شهری می‌باشد که در صورت صحت مطالعات می‌توان با اقدامات مقتضی مانع از بروز خسارات بر سازه‌های سطحی و زیر سطحی شد. در این تحقیق پس از بررسی روش حفاری و عوامل تاثیرگذار روش انتخاب شده بر نشست‌های سطحی، چهار مقطع از قطعه شرقی- غربی خط ۷ متروی تهران به عنوان مقاطع با پتانسیل نشست‌های سطحی بیشتر، انتخاب و مورد مطالعه قرار گرفت. این بخش از پروژه مترو، در نهشته‌های آبرفتی جوان تهران قرار داشته و بیشتر شامل خاک‌های ریزدانه (آبرفت D) می‌باشد. مسئله نشست زمین لزوماً نیاز به یک طراحی در فضای سه بعدی دارد. لذا نرم افزار FLAC 3D برای مطالعه پتانسیل نشست سطح زمین در طول مسیر تونل مورد مطالعه، انتخاب و استفاده شد. برای کاهش حجم محاسبات و با توجه به تقارن هندسه، شرایط ژئومکانیکی مصالح در بر گیرنده تونل و بارهای سطحی وارده، مدل سازی در فضای نصف جبهه کار انجام شد. یکی از مهمترین مزایای طراحی‌های سه بعدی، حفاری مرحله‌ای و بررسی اثرات حفر هر مرحله، بر زمین میزبان تونل می‌باشد. لذا حفاری مرحله‌ای با سیکل پیشروی ۱/۵ متر تا جایی انجام شد که حفاری‌های جدید تاثیری بر نشست‌های سطحی نقطه منطبق بر ورودی تونل در مدل ساخته شده، نداشته باشد.

همچنین روش‌های تحلیلی ساگاستا، لوگاناتان و پولوس، ورویت و بوکر، بابت و روش تجربی و تصادفی پک نیز برای بررسی بیشتر بروز پدیده نشست زمین در مقاطع مورد مطالعه، استفاده شد. علی‌رغم ناتوانی روش‌های تحلیلی و تجربی در برآورد اثر آب‌های زیرزمینی (به غیر از روش بابت) و اثرات سربار ناشی از سازه‌های سطحی و ترافیک خیابان بر نشست‌های سطحی، به کارگیری این روش‌ها برای یک برآورد مقدماتی مناسب می‌باشد. البته کاربرد و دقت نتایج حاصل از هر یک از روش‌های تحلیلی و تجربی برآورد نشست زمین، همواره بستگی به میزان دقت در پارامترهای مؤثر در آنها دارد.

پس از به کارگیری روش‌های مختلف برای مطالعه چهار مقطع انتخاب شده و بررسی منحنی‌های نشست بوجود آمده در این مقاطع، می‌توان گفت که روش حفاری و انتخاب مناسب پارامترهای مختلف برای اجرا (فشار سینه کار، فشارهای تزریق در سقف و کف تونل، سیستم نگهداری و غیره) برای این مقاطع و با توجه به عمق زیاد تونل، از دلایل اصلی دستیابی به نشست‌های سطحی قابل قبول می‌باشند.

در نهایت صحت نتایج محاسبه شده در این تحقیق، در صورت شرایط بهینه عملیات اجرایی، می‌تواند با انجام ایزاربندی و رفتارنگاری مناسب مقاطع انتخاب شده، مورد مطالعه قرار گیرد.

معرفی کتاب

عنوان کتاب:

Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground - Proceedings of the 6th International Symposium (IS-Shanghai 2008)

ویرایش:

Charles W.W. Ng, H.W. Huang, G.B. Liu

تاریخ انتشار: ۲۰۰۸

ناشر: CRC Press



این کتاب شامل مجموعه‌ای از چهار سخنرانی خاص، شش گزارش جامع و ۱۱۲ مقاله که در ششمین سمپوزیوم مفاهیم ژئوتکنیکی سازه‌های زیرزمینی در زمین‌های نرم می‌باشد که در تاریخ ۱۰ تا ۱۲ آوریل ۲۰۰۸ در شانگهای چین ارائه شده‌اند. این سمپوزیوم به همت دانشگاه Tnogg بر گزار شده است و مشتمل بر ۶ محور اصلی به شرح ذیل بوده است:

- ۱- تحلیل و مدلسازی عددی حفاریات عمیق.
 - ۲- روش‌های ساخت، بهسازی و تقویت زمین برای تونل‌سازی.
 - ۳- موارد مطالعاتی
 - ۴- مسئله ایمنی، تحلیل ریسک، مدیریت و کنترل مخاطرات.
 - ۵- مدلسازی فیزیکی و عددی.
 - ۶- محاسبات، روش‌های طراحی و ابزارهای پیش‌بینی.
- این کتاب منبع ارزشمندی از اطلاعات مربوط به هنر مهندسی ژئوتکنیک در زمینه‌های مختلف همچون طراحی، ساخت و رفتارنگاری تونل‌ها و حفاریات در زمین‌های نرم بوده و می‌تواند مورد استفاده و توجه شاغلین و دانشجویان این رشته‌ها قرار گیرد.

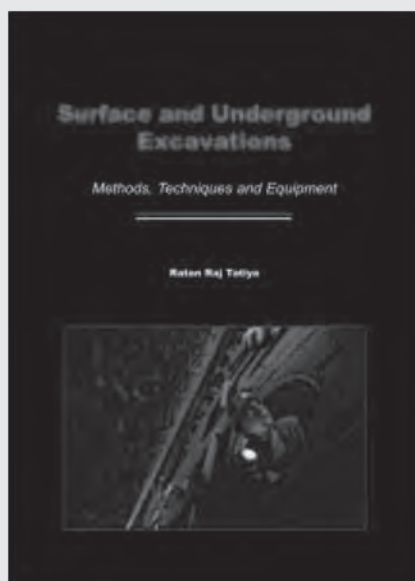
عنوان کتاب:

Surface and Underground Excavations- Methods, Techniques and Equipment

مؤلف: Ratan Raj Tatiya

تاریخ انتشار: ۲۰۰۵

ناشر: Taylor & Francis



در این متن جامع، فنون و روش‌های حفاری انواع حفاریات سطحی و زیرزمینی مورد بحث قرار گرفته است. فصل‌های اولیه کتاب مفهوم عملیات واحد را در بر می‌گیرد که شامل چالزنی، انفجار، انتقال مواد حفاری شده و نخاله‌برداری، باربری و نگهداری و تقویت می‌باشد. سپس فنون حفاری برای عملیات مختلف همچون تونل‌سازی، حفر چاه بالارو، حفر چاه پایین‌رو، استخراج زیرزمینی، کواری و معدنکاری روباز، انفجار پایه‌های معدنی و سایر موارد را مورد بحث قرار می‌گیرند. همچنین طراحی، برنامه‌ریزی و تحلیل حفاریات سطحی و زیرزمینی مثل مغارها مورد بررسی قرار می‌گیرند. موارد مطالعاتی متمرکز بر انفجارهای سنگین پایه‌ها در زمان بازیافت پایه‌های معدنی نیز ارائه شده‌اند. این کتاب شامل فصل‌هایی به شرح ذیل است:

- ۱- مقدمه
- ۲- سنگ‌ها و کانی‌ها
- ۳- دورنمای اکتشاف و مطالعات صحرایی
- ۴- چالزنی
- ۵- مواد منفجره و انفجار
- ۶- نخاله‌برداری، حفاری ۷- حمل و نقل - باربری و بالابری
- ۸- نگهداری
- ۹- تونل‌ها و دسترسی‌ها (روش سنتی)
- ۱۰- تونل‌سازی با رودهدر و چکش‌ها
- ۱۱- حفرکننده‌های تمام مقطع (TBM) و روش‌های خاص
- ۱۲- برنامه‌ریزی
- ۱۳- حفاری روبه بالا
- ۱۴- چاه پایین‌رو
- ۱۵- حفاریات زیرزمینی بزرگ
- ۱۶- روش‌های استخراج زیرزمینی
- ۱۷- حفاریات سطحی.

چکیده مقالات منتخب نشریات

بررسی خصوصیات تغییر شکل در سیستم پیشران ماشین‌های سپری EBP

Deng Kongshu, Tang Xiaoqiang, Wang Liping, Chen Xu, "Research on characteristics of deformation in thrust system for EPB shield machines", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 26, Issue 1, (January 2011), Pages 15-21.

هدف از این تحقیق، بررسی خصوصیات تغییر شکل در سیستم پیشران ماشین‌های هیدرولیکی با افزایش جابجایی می‌شود. در ابتدا بر پایه سازگاری هاپیر استاتیک (بیش ایستا)، بیضی تغییر شکل سه بعدی سیستم محرک ترسیم شده است. سپس خصوصیات بیضی تغییر شکل حتی در سیستم‌هایی با ترتیب غیر یکنواخت به صورت تفصیلی تحلیل شده‌اند. در نهایت با اعمال بیضی تغییر شکل بر سیستم پیشران ماشین سپری در کاربردهای مهندسی، خصوصیات بیضی تغییر شکل که از رفتار سیستم پیشران متأثر شده است، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج می‌توانند در ایجاد مبنایی نظری برای طراحی سیستم پیشران در ماشین‌های سپری، مورد استفاده باشند.

ارزایی احتمالاتی خطر در تونل‌های بزرگراهی

Ondřej Nývlt, Samuel Prívvara, Lukáš Ferkl, "Probabilistic risk assessment of highway tunnels", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 26, Issue 1, (January 2011), Pages 71-82.

در طول سال‌های اخیر، راه‌کارهای بسیاری برای تحلیل ریسک در تونل‌ها توسط مراجع بین‌المللی و ملی پیشنهاد شده‌اند. مشکلات ایمنی عدیده‌ای مورد بحث قرار گرفته و عوامل ریسک و خطر پرشماری در تونل‌ها شناسایی شده‌اند. اما مفهوم تحلیل ریسک در چهارچوب مخاطرات تونل هنوز در حال پیشرفت است؛ خاصه اینکه هنوز ایده کلی مدیریت ریسک وجود ندارد. این مقاله مفهوم تحلیل ریسک در قالب مدیریت ریسک را معرفی کرده و روش‌های شناخته شده در صنایع هوانوردی که البته تاکنون در تونل‌سازی بکار گرفته نشده‌اند، را مورد استفاده قرار می‌دهد. روش شناختی مطرح شده، امکان کمینه کردن هزینه‌های ساخت و نگهداری را به نحوی که سطح مورد قبول ایمنی رعایت شود، فراهم می‌سازد. خروجی روش پیشنهادی دارای تفسیر اقتصادی و فنی روشنی بوده و می‌تواند به عنوان مبنایی قابل اتکا در فرآیند تصمیم‌گیری استفاده شود. همچنین نتایج یک مورد مطالعاتی مربوط به تونل Strahov در شهر پراگ جمهوری چک در مقاله ارائه شده است.

حرکت زمین ناشی از تونل‌های موازی EBP در خاک‌های سیلتی

R.P. Chen, J. Zhu, W. Liu, X.W. Tang, "Ground movement induced by parallel EPB tunnels in silty soils", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 26, Issue 1, (January 2011), Pages 163-171.

در زمان حفر تونل در شرایط ژئوتکنیکی ضعیف در محیط‌های پرجمعیت و متراکم شهری، چالش‌های بسیاری شامل حرکت غیرمجاز زمین، شکست سینه کار و احتمال تخریب ساختمان‌های مجاور (مثل تونل‌ها، پل‌ها و خطوط لوله) وجود دارند. برای حل این مشکلات سپرهای متعادل‌کننده فشار زمین (EBP) به طور گسترده‌ای بکار گرفته شده‌اند. حفاری تونل عامل آزادسازی تنش بر جای خاک است، که منجر به ایجاد حرکت در خاک می‌شود. این مقاله بر اندازه‌گیری‌های صحرایی دو تونل موازی که با استفاده از EBP در خاک سیلتی حفاری می‌شوند متمرکز شده است. مشخصات مقطع زمین‌شناسی، فرآیند احداث، رفتارنگاری فشار منفذی خاک، نشست زمین، نشست سطحی و جابجایی افقی گزارش شده‌اند. در خلال پیشروی سپر، فشار منفذی خاک روندی زیگزاگی و شکسته نسبت به فاصله نشان می‌دهد. نشست رفتاری به صورت بالازدگی - فرونشست در جهت طولی داشته و نشست خاک از بخش تاج سینه کار تا سطح زمین و کف تونل در جهت عرضی کاهش می‌یابد. همچنین جابجایی افقی روبه بیرون خاک در مجاورت تونل و جابجایی افقی روبه داخل خاک در نزدیکی سطح زمین پیش از تزریق نهایی مورد بررسی قرار گرفته است. حفاری تونل دوم در تونل اول منجر به ایجاد مچاله‌شوندگی کمی شده است. اندازه‌گیری‌های جامع انجام شده کارایی روش EBP در کاهش احتمال تخریب سازه‌های مجاور را نشان می‌دهد.

تقویت تونل با استفاده از پیچ سنگ

A. Bobet, H.H. Einstein, "Tunnel reinforcement with rockbolts", *Tunnelling and Underground Space Technology*, Volume 26, Issue 1, (January 2011), Pages 100-123.

راه حل های فرم بسته برای تونلی نگهداری شده با پیچ سنگ هایی با جفت شدگی اصطکاکی یا مکانیکی مجزا (DMFC) و جفت شدگی مکانیکی پیوسته (CMC) یا جفت شدگی اصطکاکی پیوسته (CFC) ارائه شده اند. فرمول نویسی براساس این فرضیات بنا شده است: (۱) مقطع دایروی شکل تونل؛ (۲) تونل عمیق؛ (۳) $K=1$ یعنی شرایط متقارن؛ (۴) زمین همگن و همسانگرد؛ (۵) مدل رفتاری الاستو-پلاستیک با شکست ترد و معیار شکست کولمب؛ (۶) تقویت الاستیک و (۷) تأثیرات ساخت با استفاده از روش (کاهش تنش اعمالی از داخل) تخمین و تقریب زده می شود. راه حل تحلیلی با نتایج بدست آمده از یک روش اجزای محدود مقایسه شده است. مقایسه نشان می دهد که راه حل تحلیلی نتایج معقولی برای پیچ سنگ های DMFC و برای پیچ سنگ های CMC/CFC با فاصله داری کم تا متوسط بدست می دهد. برای خواص سنگ، هندسه تونل و مشخصات تقویت کننده مشابه، پیچ سنگ های CMC/CFC همگرایی اندکی کمتر ولی تنش بیشتری نسبت به پیچ سنگ های DMFC نشان می دهند. رفتار پیچ سنگ های DMFC و واکنش زمین به واکنش «متوسط» سنگ قرار گرفته در بین دو نقطه انتهایی وابسته است، در حالیکه در پیچ سنگ های CMC/CFC حداکثر تنش پیچ سنگ در منطقه ایجاد حداکثر تنش شعاعی در سنگ رخ می دهد. در هر دو حالت راه حل سخت به سختی نسبی بین پیچ سنگ و سنگ تغییر شکل داده وابسته است. در عمل، جاگذاری و نصب سیستم تقویت کننده وقتی سنگ در حال تغییر شکل الاستیک می باشد نمی تواند منجر به کاهش اساسی همگرایی تونل شود. در عوض، به نظر می رسد که بهترین نتایج وقتی حاصل می شود که پیچ سنگ ها در زمانی نصب شوند که سنگ در حال تغییر شکل پلاستیک می باشد. همچنین مشاهده شده است که وقتی توزیع پیچ سنگ ها در محیط تونل وابسته به میدان تنش برجا باشد، ایجاد همگرایی کمتر در سنگ و تنش کمتر در تقویت کننده ممکن خواهد بود.

رفتار سازه ای قطعات پیش ساخته بتن مسلح الیافی تونل

Angelo Caratelli, Alberto Meda, Zila Rinaldi, Paolo Romualdi, "Structural behaviour of precast tunnel segments in fiber reinforced concrete", *Tunnelling and Underground Space Technology*, Volume 26, Issue 2, (March 2011), Pages 284-291.

یک مطالعه تجربی برای بررسی امکان استفاده از قطعات پیش ساخته از جنس بتن مسلح الیافی به عنوان جایگزین اجزاء بتن مسلح سنتی (RC) در این مقاله ارائه شده است. چنین راه کاری امکان حذف روش سنتی تسلیح را فراهم ساخته و دارای مزایای زیادی در قالب کاهش هزینه و افزایش کیفیت خواهد بود. در این مقاله پروژه تونل Brennero که با استفاده از ماشین حفر تونل (TBM) حفاری شده و از قطعات پیش ساخته استفاده می کند، مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایش هایی در مقیاس واقعی هم بر قطعات مسلح به الیاف و هم بر بتن مسلح سنتی انجام شده اند. به ویژه آزمایش خمش برای مقایسه رفتار قطعات در اثر پیچش و آزمایش بارگذاری نقطه ای که به منظور شبیه سازی بارگذاری نیروی پیش رانه TBM و تأثیر تمرکز تنش و پدیده ایجاد شکافت تعدیل شده است، انجام شده اند. نتایج آزمایش ها نشان دادند که در این کاربرد خاص، بتن مسلح الیافی می تواند جایگزین بتن مسلح سنتی شود؛ به عبارتی کارایی قطعات در بتن الیافی دراصل به دلیل کنترل بازشدگی ترک ها بهبود یافته است.

مطالعه راهبرد بهینه کنترل دود آتش سوزی برای یک تونل ارتباطی حمل و نقل شهری.

G.Y. Hua, W. Wang, Y.H. Zhao, L. Li, "A study of an optimal smoke control strategy for an Urban Traffic Link Tunnel fire", *Tunnelling and Underground Space Technology*, Volume 26, Issue 2, (March 2011), Pages 336-344.

تونل ارتباطی حمل و نقل شهری (UTLT) یک روش جدید در سیستم حمل و نقل زیرزمینی شامل یک تونل حلقوی شکل با تعدادی تونل ارتباطی است. این سیستم دچار ریسک آتش سوزی بالاتری نسبت به تونل های مرسوم راه است. در این مقاله، از روش مطالعات عددی برای بررسی راهبردهای کنترل دود با فرض یک سناریوی طراحی شده آتش سوزی در تونل UTLT منطقه مرکز تجاری پکن (CBD) استفاده شده است. یک راهبرد کنترل دود بهینه با استفاده از سه معیار ایجاد و ارزیابی شد: سرعت بحرانی، حداقل وسعت ناحیه پراکندگی دود و زمان تخلیه ایمن در دسترس. در ایجاد راهبرد بهینه کنترل دود، در آغاز شش راهبرد مختلف با معیار سرعت بحرانی ارزیابی شده و یکی از آنها به عنوان راهبرد اولیه با شبیه سازی ثابت انتخاب شد. سپس این راهبرد با بهره از نتایج شبیه سازی دینامیکی حرکت دود، به نحوی که دو معیار دیگر را ارضا نماید، تعدیل شد. در نتیجه راهبرد بهینه کنترل دود بر مبنای راهبرد اولیه تهیه شد. توزیع موقتی و ناپایدار دود، دمای دود و تمرکز CO2 تحلیل شدند.

رویدادهای تونل

6th International Symposium on Sprayed Concrete 12-16 September 2011, Tromsø, Norway Secretary : Mrs. Siri Engen The Norwegian Society of Graduate Technical and Scientific Professionals - Tekna P.O.Box 2312, Solli N-0201 OSLO, NORWAY Fax: +47 22 94 75 01 Web: http://www.sprayedconcrete.no/	First B&H Congress on Railways 29-30 September 2011, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina Organization & contact: Association of Consulting Engineers Bosnia and Herzegovina Dr.Sc. Amir Fejzić Tel: +387 33 276 326 Fax: +387 33 276 355 E-mail: uki@bih.net.ba Web: http://www.uki.ba
XXIV Congrès mondial de la Route 26 - 30 September 2011, Mexico City - Mexico The World Road Association (AIPCR/PIARC) since 1909 celebrates every four years, the World Road Congress, an event which invites professionals of roads and transportation to present and discuss presentations between the country members and looking forward to identify, develop and share responsible solutions for today's problems. Organizing Committee: Camino Santa Teresa 187 México 14010 D.F Tel. + 52 (55) 5148 7500 E-mail: expo@aipcrmexico2011.org Web: www.aipcrmexico2011.org	TAC's EPB Tunnelling Workshop 30 September - 01 October 2011 North York, Ontario, Canada The Tunnelling Association of Canada's Ontario Chapter is pleased to offer EPB Tunnelling in the Toronto Area this fall. This comprehensive, two-day workshop will be of significant interest to engineers, technicians, site managers and project managers involved in the design, planning and site work aspects of tunnels. CONTACT: Francesca Amorim Tel: 905-851-8833 E-mail: famorim@l2advisors.ca Web: http://tunnelcanada.ca/registration.html
Safe and rapid development mining Second International Seminar 05 - 07 October 2011 Illovo, South Africa ORGANIZATION: The Southern African Institute of Mining and Metallurgy CONTACT: Jacqui van der Westhuizen Tel: +27 11 834-1273/7 Fax: +27 11 833-8156 or +27 11 838-5923 E-mail: jacqui(at)saimm.co.za www.saimm.co.za	

نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل

"فضاهای زیرزمینی برای توسعه پایدار"

۱۶ و ۱۷ آبان ماه ۱۳۹۰

انجمن تونل ایران و کمیته برگزارکننده همایش مفتخر است از متخصصان، اساتید و نخبگان علمی، دانشجویان، پژوهشگران و دست‌اندرکاران صنعت تونل برای شرکت در نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل ایران که در آبان ماه ۱۳۹۰ در تهران برگزار خواهد شد دعوت نماید. این همایش با عنوان "فضاهای زیرزمینی برای توسعه پایدار" و با محورهای طراحی، ساخت و بهره‌برداری و تأکید بر نقش کلیدی این سازه‌ها در توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست، فرصت مناسبی جهت تبادل اطلاعات و دانش روز و نیز آشنایی با فن‌آوری‌های جدید صنعت تونل را فراهم می‌سازد. بدون شک حضور فعال دست‌اندرکاران صنعت تونل در کنار اساتید محترم دانشگاه و صاحب‌نظران بین‌المللی، موجب شکوفایی و ارتقای دانش تونلسازی، و دستیابی به فن‌آوری‌های نوین ساخت و طراحی در منطقه و ایران خواهد بود.

رشد اقتصادی و حرکت به سوی یک اقتصاد مولد و مورد اعتماد یکی از مهمترین اهداف توسعه پایدار است. این واژه وقتی محقق خواهد شد که تمام مولفه‌های آن از جمله اقتصاد و تجارت و صنعت در کنار حفظ محیط زیست و بهبود شرایط اجتماعی قرار گیرد. به عبارت دیگر دستیابی به توسعه پایدار نیازمند رعایت اصول ایمنی و حفاظت محیط زیست در بهره‌برداری از زمین و صرفه‌جویی در مصرف انرژی و آب و تامین رفاه بلندمدت جامعه می‌باشد. سازه‌های زیرزمینی از جمله سازه‌های اساسی در توسعه زیرساخت‌های بخش‌های مختلف مانند تولید انرژی و شبکه‌های انتقال انرژی و سوخت، توسعه فضاهای شهری، شبکه‌های حمل و نقل، انتقال آب حوضه به حوضه، تونل‌های اکتشافی و معدنی و غیره می‌باشد. چنانچه احداث این سازه‌ها با بهره‌گیری از آخرین فن‌آوری‌ها و تکنولوژی ساخت و طراحی و بهره‌برداری توأم شود می‌تواند تامین‌کننده اهداف توسعه پایدار باشد.

محورهای مباحث و مقالات کنفرانس

- فضاهای زیرزمینی خاص (پدافند غیرعامل، صنعت نفت و گاز و معادن)
- فضاهای زیرزمینی شهری
- حفاری بدون ترانشه (ریز تونل‌ها، لوله‌رانی و HDD)

مباحث مالی، قراردادی و مدیریتی در پروژه‌های زیرزمینی

- مسایل قراردادی و مدیریت ریسک
- مدیریت طراحی، اجرا و بهره‌برداری
- آیین‌نامه‌ها و استانداردهای مرتبط با فضاهای زیرزمینی
- تأمین منابع مالی و سرمایه‌گذاری

سایر موارد

- ملاحظات اجتماعی و زیست محیطی
- ایمنی - در تونلسازی
- معماری در فضاهای زیرزمینی
- تاسیسات در فضاهای زیرزمینی
- تعمیر و نگهداری فضاهای زیرزمینی

تحقیق و توسعه

- آموزش تونلسازی
- فناوری‌های جدید در تونلسازی
- مهندسی ارزش در فضاهای زیرزمینی

مبانی شناسائی و طراحی

- مبانی مطالعات و بررسی‌های زمین‌شناسی، ژئوفیزیک و ژئوتکنیک
- مبانی و روش‌های تحلیل و طراحی
- سیستم‌های نگهدارنده
- رفتار سنجی و ابزار دقیق
- اثرات زیست محیطی
- تحلیل ریسک

فضاهای زیرزمینی و فن‌آوری ساخت آنها

- روش‌های اجراء (مکانیزه، انفجار و کند و پوش)

دبیرخانه همایش

آدرس: تهران، خیابان کارگر شمالی، ساختمان ۴۶۷، واحد ۴۱ تلفن: ۸۸۶۳۰۴۹۵، تلفکس: ۸۸۰۰۸۷۵۴
سایت اینترنتی: <http://www.ats2011.ir>

IN THE NAME OF GOD

● Editorial.....	2
● News	3
● Ground behaviour and rock engineering tools for underground excavations.....	9
● The Influence of Young's Modulus on Numerical Modelling Results.....	23
● The effect of underground water and seepage force on tunnel support design.....	27
● Dissertation Abstract	30
● Book Review	31
● Selected International Paper Abstracts	32
● Tunnelling Events	34



Iranian Tunnelling Association

Dr. M. Gharouni Nik

Dr. S. Hashemi

Board of Directors of Iranian Tunnelling Association

Dr. A. Fahimifar, Dr. O. Farzaneh, Dr. M. Gharouni Nik,
Dr. S. Hashemi, Dr. M. Jafari, Dr. H. Kanani Moghaddam,
Mr. A. Mozaffari Shams, Dr. M. Sadaghiani,
Dr. H. Salari Rad, Dr. M. Sharifzadeh, Dr. A. Yasaghi

Mr.A. Iranzadeh, Mr.M. Khosrotash

Nashr-e-Fan

Proprietor

Director

Chief Editor

Supervised By

Editorial Board

Other Contributors

Executive Producer

محل الصاق

عکس

بسمه تعالی
انجمن تونل ایران
فرم تقاضای عضویت
(اعضای حقیقی)



۱ - نام خانوادگی:		Surname:		کد عضویت:
۲ - نام:		First Name:		شماره عضویت:
۳ - تاریخ و محل تولد:		۴ - شماره شناسنامه و محل صدور:		
۵ - نشانی	محل کار:	کدپستی:		
	منزل:	کدپستی:		
	پست الکترونیکی (Email):			
۶ - تلفن	محل کار:	دورنگار:		
	منزل:	همراه:		
۷ - سوابق تحصیلی دانشگاهی:				
مدرک	تاریخ اخذ	نام موسسه عالی و محل آموزش	رشته تحصیلی	درجه علمی
۸ - سوابق تجربی و کاری در زمینه تونل و سازه های زیرزمینی:				
تاریخ	سازمان یا شرکت		نام طرح	مسئولیت
۹ - سوابق علمی (تدریس و تحقیق در دانشگاهها و سایر موسسات آموزش عالی):				
عنوان درس یا تحقیق		محل انجام	سال	
۱۰ - آثار علمی، تحقیق، تألیف، ترجمه کتابها و مقالات: (در صورت نیاز برگ اضافه ضمیمه نمایید)				
عنوان		تاریخ و محل نشر		

۱۱- آشنایی و میزان تسلط به زبانهای خارجی			۱۲- عضویت در سازمان ها و کمیته های ملی و جهانی		
زبان	میزان تسلط		نام سازمان، کمیته و		تاریخ
	عالی	خوب	متوسط	از	تا

۱۳- داوطلب عضویت: ☐ پیوسته ☐ وابسته ☐ دانشجویی					
۱۴- مدرک لازم	۱- تصویر شناسنامه	حق عضویت	حقوقی	۱,۵۰۰,۰۰۰ ریال	
	۲- دو قطعه عکس ۳*۴		پیوسته	۲۰۰,۰۰۰ ریال	
	۳- تصویر آخرین مدرک تحصیلی یا گواهی اشتغال به تحصیل		وابسته	۱۰۰,۰۰۰ ریال	
	۴- گواهی سوابق کار بخصوص در صنعت تونل		دانشجویی	۴۰,۰۰۰ ریال	
نام و نام خانوادگی / امضاء:					
تاریخ تکمیل فرم:					

آیین نامه عضویت در انجمن

انواع و شرایط عضویت در انجمن عبارتند از:

عضویت پیوسته

اعضای پیوسته انجمن بایستی حداقل یکی از شرایط زیر باشند.

۱ - موسسان انجمن

۲ - اشخاص با درجه کارشناسی ارشد و بالاتر در رشته های مرتبط با حداقل دو سال سابقه کار مفید در صنعت تونل سازی

۳ - اشخاص با درجه کارشناسی ارشد و بالاتر در رشته های مرتبط و پایان نامه در زمینه تونل با حداقل یک سال سابقه کار مفید در صنعت تونل سازی

۴ - اشخاص با درجه کارشناسی در رشته مرتبط با حداقل ۴ سال سابقه کار مفید در صنعت تونل سازی

۵ - اشخاص با درجه کارشناسی در سایر رشته ها با حداقل ۵ سال سابقه کار مفید در صنعت تونل سازی

تبصره ۱: رشته های مرتبط به صنعت تونل سازی شامل: مهندسی عمران - مهندسی معدن - زمین شناسی مهندسی زمین شناسی - مهندسی برق - مهندسی مکانیک - مهندسی نقشه برداری و شاخه های وابسته می باشد.

عضویت وابسته

اشخاصی که دارای سابقه کاری حداقل دو سال در زمینه علم و صنعت تونل سازی بوده ولی شرایط عضویت پیوسته را نداشته باشند می توانند به عضویت وابسته در آیند.

عضویت دانشجویی

کلیه اشخاصی که در رشته های مرتبط در دوره کارشناسی یا بالاتر در رشته های مرتبط به صنعت تونل سازی به تحصیل مشغول هستند می توانند به عضویت دانشجویی انجمن در آیند.

عضویت افتخاری

شخصیت های ایرانی و خارجی که مقام علمی آنان در زمینه های مرتبط با صنعت تونل سازی حایز اهمیت خاص باشد و یا در پیشبرد اهداف انجمن کمک های موثر و ارزنده ای نموده باشند می توانند به عضویت افتخاری انجمن، انتخاب شوند.

تبصره ۲: اعضاء افتخاری کلیه مزایای اعضاء پیوسته انجمن به جز حق انتخاب شدن به عنوان عضو هیات مدیره را دارا هستند.

لطفاً فرم تکمیل شده را به نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، نبش خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه پنجم، واحد ۴۱، تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۴۹۵، دورنگار: ۸۸۰۰۸۷۵۴ دبیرخانه انجمن تونل ایران، ارسال نمایید.

بسمه تعالی



انجمن تونل ایران فرم تقاضای عضویت (اعضای حقوقی)

کد عضویت:
شماره عضویت:

الف - مشخصات :				
نام :		شماره ثبت :		تاریخ ثبت :
نوع مؤسسه : ۱- سهامی عام ☐ ۲- سهامی خاص ☐ ۳- مسئولیت محدود ☐ ۴- سایر ☐				
رتبه‌بندی سازمان برنامه و بودجه : ۱- دارد ☐ رتبه رشته ۲- ندارد ☐				
زمینه فعالیت :				
نوع فعالیت : ۱- مهندسی مشاور ☐ ۲- پیمانکاری ☐ ۳- تولیدکننده ☐ ۴- سایر ☐				
سوابق پروژه‌ها و فعالیت‌های مؤسسه :				
ردیف	عنوان پروژه	زمان اجراء		محل
		از	تا	
تشریح دفتر مرکزی :				
تلفن :				
دورنگار :				
آدرس الکترونیکی (Email) :				
ب - هیئت مدیره (نام مدیرعامل، رئیس و اعضای هیئت مدیره) :				
ردیف	نام و نام خانوادگی	آخرین مدرک تحصیلی	سمت در مؤسسه	
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
مدارک مورد نیاز :		۱- مدرک ثبت شرکت یا سازمان ۲- سوابق و فعالیت		
نام و امضاء مدیرعامل : مهر شرکت : تاریخ :				
لطفاً در این قسمت چیزی ننویسید. لطفاً در این قسمت چیزی ننویسید : درخواست عضویت مؤسسه در جلسه هیئت مدیره مورخ مطرح و با عضویت آن موافقت / مخالفت بعمل آمد.				
لطفاً فرم تکمیل شده را به نشانی : تهران، خیابان کارگر شمالی، نیش خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه پنجم، واحد ۴۱، تلفن: ۸۸۶۳۰۴۹۵، دورنگار: ۸۸۰۰۸۷۵۴ دبیرخانه انجمن تونل ایران، ارسال نمایید. E-mail: info@irta.ir				

لیست سمینارهای برگزار شده و موجود در قراچین تونل ایران

ردیف	عنوان سمینار	ارائه کننده سمینار	تعداد CD/DVD	هزینه تکثیر (ریال)
۱	مجموعه مقالات کنفرانس اول تا هشتم تونل		۱	۵۰.۰۰۰
۲	ظرفیت - ایمنی - سرعت اجرا، طراحی و ساخت متروی مشاعر مقدسه در مکه	دکتر کاشانی	۲	۴۰.۰۰۰
۳	تونل راه آهن تهران - تبریز در منطقه ۱۷ تهران، تجربه ای از تونل های کند و یوش در محیط های شهری	مهندسین مهدی ملکی و رشید گرانمایه	۳	۴۰.۰۰۰
۴	کارگاه آموزشی یک روزه مهندسی قنات		۸	۳۰۰.۰۰۰
۵	زلزله و سازه های زیرزمینی	مهندس مهین راد	۳	۴۰.۰۰۰
۶	تحلیلی عملکرد واقعی TBM با سپر تلسکوپی در حفاری ۱۸ کیلومتر تونل قمروود	دکتر جعفر حسن پور - مهندس مهدی ذوالفقاری	۳	۴۰.۰۰۰
۷	اهمیت رفتارنگاری در ساخت تونل های شهری و پیچیده سازی روش های اجرا - مطالعه موردی متروی کرج	مهندس محمد خسرو تاش و همکاران	۳	۴۰.۰۰۰
۸	لزوم مطالعات ژئوفیزیک در احداث قضا های زیرزمینی	مهندس علیرضا فرازمنند	۲	۴۰.۰۰۰
۹	تأثیر پارامترهای مکانیک سنگ بر روی عملکرد TBM های سنگ سخت	دکتر احمد رمضان زاده	۳	۴۰.۰۰۰
۱۰	روش اجرای تونل های غرقابی - مطالعه موردی - تونل مرمره	مهندسین مظفری و همکاران	۱	۴۰.۰۰۰
۱۱	تواوری در صنعت حفاری تونل در ابعاد بزرگ با توجه به وضعیت دشوار زمین شناسی	دکتر رودیگر ارنت	۳	۴۰.۰۰۰
۱۲	مدیریت پروژه های بزرگ - مطالعه موردی مدیریت پروژه خط ۲ متروی مشهد	مهندس علی همتی شعبانی	۳	۴۰.۰۰۰
۱۳	طراحی تونل در زمین های محاله شونده	پروفسور اسلایس	۴	۸۰.۰۰۰
۱۴	ایمنی در تونل های گازدار (تجربه تونل البرز)	دکتر محمدجواد جعفری	۱	۴۰.۰۰۰
۱۵	استفاده از شاکریت بعنوان پوشش نهایی تونل ها	مهندس فلاح پشته	۱	۴۰.۰۰۰
۱۶	بررسی عملکرد TBM در ده کیلومتر ابتدای تونل کرج	مهندس حمیدرضا توکلی	۱	۴۰.۰۰۰
۱۹	کارگاه آموزش تونلسازی در سنگ های درزه دار و محیط های شهری	پروفسور نیکولاس بارتون پروفسور والتر ویتکه	۱	۵۰.۰۰۰
۲۰	تجربیات حاصل از حفاری تونل های بلند در سازه های مشکل ساز زاگرس	مهندس خسرو تاش و همکاران	۱	۴۰.۰۰۰
۲۱	روش های نوین ساخت دستگاه های زیرزمینی مترو	دکتر محمدحسین صدقیانی	۱	۴۰.۰۰۰
۲۲	مروری بر عملیات مونتاژ و راه اندازی دستگاه های TBM پروژه قطار شهری شیراز و تجربیات حاصل از آن	مهندس خسرو تاش و همکاران	۵	۱۰۰.۰۰۰
۲۳	روش های جدید بهسازی، مرمت و آب بندی در قضا های زیرزمینی	دکتر سید حسن صحرانورد	۳	۴۰.۰۰۰
۲۴	معیارهای جدید ایمنی در تونل های شبکه حمل و نقل اروپا	دکتر محمدجواد جعفری	۲	۴۰.۰۰۰
۲۵	علل ریزش دهانه ورودی تونل سعادت شهر (بین مسیر شیراز و اصفهان) و مقایسه روش های حفاری و نگهداری این بخش	مهندسین حاج حیدری و مهرابی	۳	۴۰.۰۰۰
۲۶	مدیریت طرح و ساخت تونل های بلند و عمیق انتقال آب	مهندسین غلامرضا شمسی و گوشاسب خزانلی	۳	۴۰.۰۰۰
۲۷	ماشین آلات حفر تونل	مهندس مظفری و مهندس مرتضی همزه	۳	۴۰.۰۰۰
۲۸	روش های اندازه گیری و رفتارسنجی در تونل	دکتر مرتضی قارونی نیک	۴	۳۰.۰۰۰
۲۹	نقش پایگاه های اطلاعات ژئوتکنیک در مطالعات اولیه فضا های زیرزمینی	دکتر کلانتری، دکتر مجتبی کشقی	۲	۳۰.۰۰۰
۳۰	دستاوردهای پروژه تونل کندوان	دکتر صدقیانی	۲	۳۰.۰۰۰
۳۱	سبانی طراحی تونل های آزاد راه تهران - شمال	دکتر یساقی و دکتر سالاری راد	۲	۴۰.۰۰۰
۳۲	تعیین پارامترهای اصلی سپرها (تیلدها) برای حفاری تونل	دکتر شکاری یزدی	۲	۴۰.۰۰۰
۳۳	تأثیر اطلاعات ژئوتکنیکی در ریسک پذیری قراردادهای تونل و فضا های زیرزمینی	دکتر صدقیانی	۲	۳۰.۰۰۰
۳۴	بررسی ویژگیها و مشکلات اجرایی تونل ابرسانی کوهرنگ ۳	دکتر لیتکوهی	۳	۳۰.۰۰۰