

تونل

نشریه انجمن تونل ایران

Tunnel

شماره ۲، بهار ۸۷

Iranian Tunnelling Association Magazine



www.irta.ir

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

بسیم‌نالی

۲	یادداشت سردبیر
۳	فراخون کنفرانس هشتم تونل ایران
۴	خبر
۷	بررسی راهکارهای عملی در بهینه سازی عملکرد ماشین حفار تمام مقطع
۸	گزارش کارگاه آموزشی تونل سازی در سنگهای درزه دار و محیط های شهری
۱۰	توصیه هایی برای طراحی تونل (قسمت دوم)
۱۹	فیبرافلکس: نسل جدید الیاف فلزی
۲۵	تاریخچه تکامل روش های طراحی و محاسبه نگهداری فضاهای زیرزمینی براساس منابع روسی
۲۹	روشن نوین محاسبه نشت هوا در طراحی تهویه فضاهای زیرزمینی
۳۴	ارزیابی مدل های محاسبه نرخ پیشروی دستگاه تونل زنی تمام مقطع
۳۹	چکیده مقالات منتخب نشریات
۴۱	چکیده پایان نامه های تونل
۴۲	معرفی کتاب
۴۳	رویدادهای تونلی



صاحب امتیاز

مدیر مسئول

سر دبیر

زیر نظر

مدیر داخلی

هیئت تحریریه

انجمن تونل ایران

دکتر مرتضی قارونی نیک

دکتر سیامک هاشمی

هیئت مدیره انجمن تونل ایران

مهندس مرتضی همزه ابیازنی

دکتر محمد جواد جعفری، دکتر حسین سالاری راد، دکتر مصطفی شریف زاده،

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

نشرف

معصومه قره داغی

الهه لطفی

مجتمع مطبوعات تخصصی کشور

شادرنگ

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

- مسئولیت صحت علمی و محتوای مطالب بر عهده نویسندها یا مترجمان است.
- نظرات نویسندها به منزله دیدگاه و نظریه های نشریه نیست.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، اصلاح یا ویرایش مطالب آزاد است.
- نقل مطالب نشریه با ذکر مأخذ بلامنع است.

- موضوع مقاله در ارتباط با اهداف نشریه باشد.
- مطلوب و مقاله های دریافتی بازگردانده نمی شود.
- مقاله تألیفی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر باشد.
- ارسال اصل مطالب ترجمه شده الزامی است.



ارتباط با اعضای انجمن

و دانش فنی خود را در اختیار سایر اعضاء و علاقمندان می‌گذارند.

• چاپ نشریه تونل

نشریه تونل بستری مناسب برای تبادل و انتقال تجربیات متخصصان و کارشناسان صنعت تونل ایران می‌باشد. از مزایای نشریه علاوه بر انتشار اخبار و اطلاعات صنعت تونل، ارائه مقالات علمی و کاربردی و معرفی پژوهه‌های تونل، امکان طرح مشکلات موجود در صنعت تونل و نظرخواهی از اعضای انجمن تونل می‌باشد.

به عنوان مثال موضوع حفاری پرتال‌های تونل توسط یکی از شرکت‌های عضو مطرح و در خصوص آن از اعضاء نظرخواهی شده است و از تمامی صاحب نظران و کارشناسان دعوت می‌گردد که تجربیات و نقطه نظرات خود را در مورد موضوع فوق به دبیرخانه انجمن تونل ایران ارسال فرمایند.

امید است تا این اطلاعات ارزنده از طریق نشریه تونل در اختیار دست اندکاران قرار گیرد و بدین طریق گامی در جهت پیشبرد صنعت تونل ایران برداشته شود.

- (۱) کمیته شاتکریت
- (۲) کمیته تونل‌های عمیق و طویل
- (۳) کمیته مدیریت اجرایی و پیمان
- (۴) کمیته سلامت و ایمنی
- (۵) کمیته برنامه ریزی، ارتباطات و آموزش
- (۶) کمیته فضاهای زیرزمینی شهری و محیط زیست
- (۷) کمیته سازه‌های زیرزمینی خاص از کلیه متخصصان و علاقمندان دعوت می‌شود به منظور همکاری با هر یک از گروه‌های فوق با انجمن تونل ایران تماس بگیرند.

- ### • برگزاری سمینارهای ماهانه
- از دیگر فعالیت‌های انجمن تونل ایران برگزاری سمینارهای ماهانه می‌باشد که در آنها مباحث مختلف علمی، تجربی و اجرایی مفیدی در ارتباط با صنعت تونل مطرح می‌شوند. این سمینارها امکان تبادل اطلاعات و برگزاری جلسات پرسش و پاسخ و مطرح شدن نظر متخصصان را فراهم می‌آورد. اعضای گروه‌های کاری انجمن و دست اندکاران صنعت تونل از این طریق تجربیات

همانطور که در نخستین شماره نشریه تونل ذکر شد، ایجاد و تقویت ظرفیت مطالعاتی و اجرایی در کشور، یک راهبرد اساسی برای دستیابی به اهداف برنامه‌های توسعه، تبادل اطلاعات، ارتقای عملکردها و توسعه توانمندی‌های فنی می‌باشد. در این راستا و با تأکید بر این که خط مشی انجمن تونل ایران بر مشارکت بیشتر اعضای انجمن می‌باشد و به منظور گسترش صنعت تونل و توسعه کیفی نیروهای متخصص فعالیت‌های گوناگونی صورت گرفته‌اند که در زیر به طور خلاصه به آنها اشاره می‌شود:

- ### • فعال نمودن گروه‌های کاری
- این گروه‌ها که مطابق با کمیته‌های انجمن بین‌المللی تونل انتخاب شده‌اند، مسئول بررسی نیازهای کاری و تخصصی، جمع آوری دستورالعمل‌های موجود و تدوین و تکمیل آیین نامه‌های مرتبط، برقراری ارتباط با مجامع علمی و مراکز تحقیقاتی، ارائه خدمات آموزشی، پژوهشی و فنی می‌باشند. گروه‌های کاری فعال انجمن تونل ایران به شرح زیر می‌باشند:

انجمن تولن ایران



دانشگاه تربیت مدرس



کنفرانس هشتم تولن

با عنوان: فضاهای زیرزمینی برای ایمنی، محیط‌زیست و انرژی

با همکاری: انجمن تولن ایران و دانشگاه تربیت مدرس

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

مقدمه

دستیابی به توسعه پایدار نیازمند به رعایت اصول ایمنی و حفاظت محیط زیست در بهره‌برداری از زمین و صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌باشد. فضاهای زیرزمینی از جمله سازه‌های اساسی در توسعه زیرساخت‌های ملی در بخش‌های مختلف مانند تولید انرژی (نیروگاه‌های آبی، گازی، زمین گرمائی و اتمی)، توسعه فضاهای شهری (شهرهای زیرزمینی، ایستگاه‌ها و پارکینگ‌ها)، انبارها و شبکه‌های انتقال انرژی و سوخت، شبکه‌های حمل و نقل (تونلهای راه، راه‌آهن)، تونلهای اکتشافی و معدنی و سازه‌های زیرزمینی دفاع غیر عامل و نظامی می‌باشد. استفاده از فضاهای زیرزمینی در تمامی این سازه‌ها همراه با حفظ ایمنی و محیط زیست، افزایش توجیه فنی و اقتصادی و استفاده از تکنولوژی برتر می‌باشد.

اهداف

بهره‌گیری از آخرین فناوری‌های ساخت تولن و فضاهای زیرزمینی نیاز امروز کشورهای در حال توسعه به جهت دست‌یابی به توسعه پایدار می‌باشد. در این راستا برگزاری کنفرانسها نقش بسزایی در زمینه‌های علمی، فنی و تکنولوژی شامل ساخت افزاری و نرم‌افزاری، استانداردهای جهانی و نحوه بکارگیری ماشین‌آلات حفاری (دستی و ماشینی)، تحلیل و پایداری، تهییه و تأسیسات و تجهیزات خاص سازه‌های زیرزمینی دارد.

انجمن تولن ایران با تجربه برگزاری چندین کنفرانس علمی و ارتباطات علمی با مجتمع صنعتی تولن از تمامی دانشمندان، متخصصان و نخبگان علمی، اساتید، دانشجویان و شرکتهای مهندسین مشاور، پیمانکاری و تولید ماشین‌آلات و تجهیزات و تأسیسات در زمینه تولن و فضاهای زیرزمینی برای شرکت در هشتمین کنفرانس تولن ایران دعوت بعمل می‌آورد. حضور فعال دست‌اندرکاران صنعت تولن در این کنفرانس موجب شکوفایی، ارتقاء و توسعه فناوری فضاهای زیرزمینی می‌گردد.

محورهای مباحث و مقالات کنفرانس

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

برنامه‌های کنفرانس

سخنرانی کلیدی؛ ارائه مقالات؛ نمایشگاه تخصصی؛ کارگاه‌های آموزشی - تخصصی و بازدیدهای علمی

زمان‌های کلیدی کنفرانس

* مهلت ارسال خلاصه مقاله (تا ۴۰۰ کلمه) ۱۳۸۷/۹/۱۵

* اعلام نتایج بررسی خلاصه مقالات ۱۳۸۷/۹/۳۰

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

دبیرخانه کنفرانس: خانه تولن ایران

تهران، خیابان کارگر شمالی، ساختمان ۴۶۷، واحد ۴۱. تلفن: ۸۸۶۳۰۴۹۵ تلفکس: ۸۸۰۰۸۷۵۴

Email: info@irta.ir

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



پایان حفاری تونل گردن "رخ" با اختصاص اعتبار ۱۰۰ میلیارد ریالی

معاون راهسازی اداره کل راه و ترابری چهارمحال و بختیاری از اتمام حفاری تونل گردن رخ در این استان خبر داد. به گزارش خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا) - منطقه چهار محال و بختیاری - کامران رهی گفت: حفاری این تونل، به طور ۱۰۰ درصد و مراحل خاکبرداری و خاکریزی آن نیز به میزان ۹۳ درصد اجرا شده است. وی افزود: تاکنون ۸۰ درصد کل این طرح عمرانی اجرا شده و هم اکنون ۶۰۰ متر از دیواره‌سازی آن به پایان رسیده است. کامران رهی ادامه داد: تونل گردن رخ با یکهزار و ۳۴۲ متر طول، ۸ متر ارتفاع و ۱۴ متر عرض، عریض‌تر از تونل‌های موجود کشور ساخته شده و از دو پیاده‌رو و دو باند ۴/۵ متری و یک باند سبقت تشکیل شده است.

معاون راهسازی اداره کل راه و ترابری چهارمحال و بختیاری کمبود سیمان را از مشکلات این طرح عنوان کرد و گفت: تاکنون دو هزار تن سیمان در بتون‌ریزی این تونل استفاده شده و برای تکمیل آن به ۴ هزار تن سیمان دیگر نیاز است.

کامران رهی کل اعتبارات ساخت تونل گردن رخ را یکصد میلیارد ریال عنوان کرد و افزود: تا کنون ۷۰ میلیارد ریال آن هزینه شده و برای تکمیل آن به ۳۰ میلیارد ریال دیگر نیاز است. وی افزود: با بهره‌برداری از تونل گردن رخ، ۱۰۰ شب و پیچ خط‌ترنک از محور «شهر کرد - اصفهان» برطرف و این محور ۷ کیلومتر کوتاه‌تر می‌شود.

به گزارش ایسنا هم اکنون طول مسیر ارتباطی شهر کرد به اصفهان ۱۲۰ کیلومتر است.

۲۵ فروردین ۱۳۸۷

خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا)

فاز اول خط ۴ مترو آماده بهره‌برداری شد

همچنین تجهیزات فاز یک خط چهار مترو در مدت پنج ماه گشایش اعتبار، طراحی، ساخته، حمل و ترجیح شده و در مدت یک ماه نسبت به نصب، تست و راهاندازی آن اقدام شده که رکورد جدیدی در عملیات تجهیز مترو محسوب می‌شود و تأکیدی بر امکان ساخت ۱۵ کیلومتر خط مترو در سال است.

تجهیزات این بخش شامل سیستم برق رسانی و سیکلائیک، سیستم علائم، کنترل و مخابرات، سیستم تهویه ایستگاه‌ها و تونل‌ها و سیستم پله برقی شامل ۱۵ دستگاه پله برقی است. براساس این گزارش، تونل فاز یک خط چهار مترو به طول ۲/۵ کیلومتر با طول ریل ۵ کیلومتر از شرق ایستگاه دروازه شمیران تا غرب میدان فردوسی کشیده شده که یک سه راهی به طول ۷۷ متر و نیز یک تونل ارتباطی به منظور برقراری ارتباط خط چهار به خط دو به طول ۱۶۷ متر را نیز باید به آن اضافه کرد.

همچنین در این مراسم علاوه بر راهاندازی نخستین فاز خط چهار مترو، ایستگاه روز میانی ورزشگاه آزادی به عنوان نهمین ایستگاه خط تهران - کرج - مهرشهر نیز مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. با افتتاح این ایستگاه که با زیربنای ۶ هزار متر مربع در قطعه زمینی به مساحت ۳۵ هزار متر مربع در حدفاصل ایستگاه ایاتolan و ایستگاه چیتگر و در شمال بزرگراه تهران - کرج واقع شده، دسترسی به ورزشگاه آزادی از طریق شبکه مترو برای شهروندان تهران و کرج به راحتی امکان‌پذیر می‌شود.

۳۰ فروردین ۱۳۸۷

منبع: خبرگزاری اقتصادی ایران

به گزارش خبرگزاری اقتصادی ایران، با آغاز بهره‌برداری آزمایشی از فاز یک خط چهار مترو در محدوده مرکزی تهران از صبح روز جمعه (۳۰ فروردین ۱۳۸۷) این قطعه از خط چهار مترو و نیز ایستگاه متروی ورزشگاه آزادی در بزرگراه تهران - کرج در مراسمی با حضور محمد باقر قالیباف شهردار تهران، صبح روز شنبه رسماً مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند.

در نخستین فاز از خط چهار مترو، سه ایستگاه جدید به بهره‌برداری می‌رسند که دو ایستگاه آن در محل ۲ دروازه قدیمی تهران یعنی «دوازه شمیران» و «دوازه دولت» واقع شده است و ایستگاه سوم نیز در میدان قدیمی فردوسی قرار دارد. ایستگاه «دوازه شمیران» که در تقاطع زیرزمینی با خط دو مترو واقع شده با ۱۰ هزار متر مربع مساحت در عمق ۳۰ متری زمین دارای چهار طبقه و سه ورودی است و بیمارستان طرفه، آموزش و پرورش منطقه ۱۲، اداره کل تربیت‌بدنی استان تهران و سازمان نظام وظیفه را تحت پوشش دارد. «ایستگاه دروازه دولت» نیز که در تقاطع زیرزمینی با خط یک مترو قرار دارد، با ۱۰ هزار و ۵۰۰ متر مربع مساحت در عمق ۲۶ متری زمین دارای چهار طبقه و سه ورودی است و سازمان بهزیستی کشور و دانشکده تربیت بدنی دانشگاه آزاد اسلامی را پوشش می‌دهد. سومین ایستگاه نیز «ایستگاه فردوسی» است که با ۱۲ هزار متر مربع مساحت در عمق ۱۹ متری زمین دارای دو طبقه و چهار ورودی است و کمیته امداد حضرت امام خمینی (ره)، بیمارستان دادگستری، سینما فردوسی، سازمان امور جانبازان و هیئت ورزش‌های جانبازان و معلولان را زیر پوشش دارد.

"نو"، هشتمین توپل طولانی کشور تا پایان امسال به بهره‌برداری می‌رسد

مورد در انتهای مسیر، اجرای پروژه مبتنی بر انجام انفجار برای احداث یک پل بزرگ است که اجرای آن منجر به تخریب منازل مسکونی یک روستا در مجاورت پل خواهد شد که با وجود ارزیابی خسارت و واریز آن به حساب دادگستری همچنان مقاومت‌هایی از سوی مردم وجود دارد.

۱۳۸۷ اردیبهشت ۹

خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا)

آسفالت خواهد شد. مدیر کل راه و ترابری استان ایلام گفت: عملیات اجرایی جاده ایلام-حمیل در مسیر جاده کربلا از طریق ایلام-۸۰ درصد پیشرفت فیزیکی دارد. نصراللهی از بهره‌برداری ازبخشی از این راه از سه راهی کارزان تا شهر سرابله در هفته دولت خبر داد و افزود: بر اساس مصوبه سفر اول هیات دولت به استان این پروژه باید سال گذشته به بهره‌برداری می‌رسید اما به دلیل عدم تامین به موقع منابع مالی این امر پایان امسال محقق می‌شود. وی با بیان این که در اجرای این طرح تاکنون ۴۰۰ میلیارد ریال هزینه شده و برای تکمیل آن به ۳۰۰ میلیارد ریال دیگر نیاز است اظهار کرد: در سال ۸۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی معهد به پرداخت ۲۵۰ میلیارد ریال برای اجرای این طرح شد که تنها ۵۵ از آن پرداخت شد و در سفر دوم هیات دولت به استان نیز وزارت‌خانه‌های نفت و راه و ترابری هر کدام به پرداخت ۱۰۰ میلیارد ریال به پروژه ملزم شدند که از این مبالغ تنهای ۵۰ میلیارد ریال توسط وزارت راه پرداخت شده است.

نصراللهی با اشاره به این که با اجرای این طرح ملی راه ایلام - کرمانشاه ۶۰ کیلومتر کوتاه و دو گردنه حادثه ساز قلاغه و رنو از مسیر راه کربلا حذف می‌شود، افزود: در اجرای این طرح تاکنون ۸/۵ میلیون متر مکعب عملیات خاکبرداری و یک میلیون و ۴۰۰ هزار متر مکعب نیز عملیات خاکریزی انجام شده است. مدیر کل راه و ترابری استان ایلام درباره حذف دیگر نقاط پرحداده در جاده‌های استان کرد: جاده ایلام - حمیل دارای مشخصات فنی و استانداره راههای اصلی بوده و عرض آن به انضمام شانه خاکی که در مورد این جاده به صورت آسفالت انجام شده است ۱۱ متر است و به منظور اجتناب از ایجاد هرگونه نقطه پرحداده در آن تمامی مشخصات فنی از قبیل شعاع قوس و شیب طولی به طور کامل رعایت شده است. نصراللهی زاده افزود: از مشکلات پیش رو در اجرای پروژه، تملک زمین از معارضین محلی است که در یک

مدیر کل راه و ترابری استان ایلام گفت: توپل رنو با طول ۱۴۸۰ متر هشتمین توپل طولانی کشور است و تا پایان امسال به بهره‌برداری می‌رسد. محمد امین نصراللهی زاده در گفت و گو با خبرنگار خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا)، با اعلام این خبر افزو: این توپل که در مسیر واریان (گزینه جدید راه مرکز استان به شهرستان ایوان) در حال احداث است عملاً با تقلیلی ۱۱ کیلومتری، مسیر ۱۷ کیلومتری موجود را به شش کیلومتر کاهش می‌دهد. وی گفت: از مزیت‌های مهم اجرای این طرح حذف گردنه صعب العبور و پرحداده رنو از مسیر ایلام - ایوان و نیز مسیر فعلی راه کربلا از طریق استان ایلام است. نصراللهی در پاسخ به سوال خبرنگار ایسنا، درباره وضعیت پیشرفت این پروژه اظهار کرد: عملیات حفاری توپل به پایان رسیده و ۹۰ درصد از عملیات خاکی و ابینه فنی راههای طرفین آن انجام شده و عملیات ۳۰۰ متر از دیوار اطراف توپل نیز شروع شده است. وی با اشاره به این که میانگین هزینه تمام شده راه در کشور ۴۵۰-۵۰ میلیون تومان است در حالی که این میانگین در استان ایلام به دلیل کوhestانی بودن به ۷۰۰ میلیون تا یک میلیارد تومان می‌رسد بیان کرد: تاکنون پنج میلیارد تومان برای اجرای این پروژه هزینه شده است و برای اتمام پروژه نیز به ۴/۵ میلیارد تومان دیگر نیاز است. مدیر کل راه و ترابری استان ایلام درباره حذف دیگر نقاط پرحداده در جاده‌های استان گفت: ۱۳ نقطه پرحداده در راههای اصلی و فرعی و چهار نقطه نیز در راههای رستایی شناسایی شده که تا به حال هفت نقطه از این نقاط به طور کامل حذف شده و رفع نقاط پرحداده گردنه قلاغه که بین استان‌های ایلام و کرمانشاه قرار دارد به طور مشترک با راه و ترابری کرمانشاه در حال انجام است و تاکنون عملیات اجرایی پنج کیلومتر آن در حوزه استان ایلام انجام گرفته و انفجارهای سه کیلومتر دیگر آن نیز انجام شده و تا پایان سال

روشنایی توپل بزرگ پیامبر اعظم (ص) به زودی به اتمام می‌رسد

روشنایی بزرگترین توپل جاده‌ای کشور به طول ۲۵۶۸ متر با اعتباری بالغ بر ۷ میلیارد ریال در شهرستان تنگستان در حال انجام است که به زودی به اتمام می‌رسد. به گزارش خبرنگار باشگاه خبرنگاران دانشجویی ایران (ایسکانیوز) هم اکنون احداث روشنایی توپل شماره ۱ پیامبر اعظم به طول ۲۰۶۸ متر دارای ۹۸٪ پیشرفت فیزیکی و توپل شماره ۲ نیز به طول ۵۰۰ متر با ۷۵٪ پیشرفت فیزیکی در دست اقدام می‌باشد و به منظور افزایش ضریب اینمی ترافیک به زودی به اتمام خواهد رسید.

همچنین احداث شبکه برق رسانی این توپل علی‌رغم مشکلات طبیعی در سال گذشته با اعتباری بالغ بر ۳۲۵ میلیارد ریال انجام شده که در حال حاضر از پیشرفت فیزیکی مناسبی برخوردار می‌باشد. شایان ذکر است محور اهرم - فراشبند دومین راه ارتباطی استان بوشهر به فارس محسوب گردیده که ضمن این که مسیر ارتباطی استان را به فارس کمتر نموده، دارای جاذبه‌های گردشگری و دینی نیز هست.

۱۳۸۷ اردیبهشت ۲۹
خبرگزاری ایسکانیوز

ساخت بزرگترین تونل خاورمیانه در عراق توسط مهندسان ایرانی صورت می‌گیرد

مهندسان و پیمانکاران ایرانی در حال ساخت بزرگترین تونل خاورمیانه به طول دو و نیم کیلومتر در استان سلیمانیه در شمال عراق هستند. به گزارش خبرگزاری اقتصادی ایران، تونل "ازمر" به ارزش قرارداد ۱۴ میلیون دلار و در عمق ۴۰۰ متری زمین، در حال ساخت است که با بهره‌برداری از آن، فاصله ۴۴ کیلومتری پریچ و خم شهر سلیمانیه در شمال عراق به منطقه قلعه چولان به هشت کیلوتر کاهش می‌باید. عملیات اجرایی این تونل، اردیبهشت ۸۴ آغاز شده و تاکنون ۸۵ درصد پیشرفت کاری داشته است و تا پایان سال جاری می‌لاید. بهره‌برداری خواهد رسید.

تونل "ازمر" یازده و نیم متر ارتفاع و شش متر عرض دارد و تاکنون ۱۶۲ هزار نفر روز مهندس و کارگر فنی (هرروز صد و شصت نفر) در آن کار کرده‌اند.

اسماعیل اسدی مدیر طرح تونل "ازمر" در استان سلیمانیه عراق گفت: شرکت ایرانی در حالی توانست چنین طرحی را در شمال عراق اجرا کند که شرکت‌های چینی، ترکی و اسپانیایی نتوانستند در شرایط برابر آن را اجرا کنند. اسدی اجرای این طرح را بیانگر توانمندی و سطح بالای امکانات مهندسی پیمانکاران ایرانی دانست و گفت: مهندسان ایرانی برای تحويل دادن به موقع طرح شبانه روز در تلاشند. وی آب‌های زیرزمینی را از مشکلات اصلی اجرای این طرح عنوان کرد و افزود: آب تونل با احداث کانال‌هایی، به خارج آن هدایت شد و قرار است از آن برای تامین آب زمین‌های کشاورزی استفاده شود. اسدی افزود مسئولان عراقی با توجه به اهمیت اقتصادی و سیاسی این طرح برای عراق و اجرای موفق آن به دست مهندسان ایرانی، از آن استقبال کردند و می‌توان گفت شرکت‌های ایرانی با اجرای تونل "ازمر" اعتبار خوبی در شمال عراق کسب کرده‌اند.

۲۵ خرداد ۱۳۸۷

منبع: خبرگزاری اقتصادی ایران

احداث شبکه تونلی در میدان تجریش

صدر به کردستان و نیایش می‌رسد



قائم مقام معاون فنی و عمرانی شهرداری تهران گفت: احداث تونل شرقی-غربی در ادامه بزرگراه صدر به دلیل نبود معتبر عرضی به صورت دو تونل رفت و برگشت طراحی شده است.

ناصر گودرزوند در گفت‌وگو با پایگاه اطلاع‌رسانی شهرداری تهران گفت: این تونل در مسیر غرب به شرق از ادامه نیایش به زیر خیابان ولی‌عصر(عج)، بلوار اسفندیار و در ادامه به بزرگراه مدرس و خیابان آرش خواهد رسید و این خیابان را نیز از حالت بن بست خارج خواهد نمود. وی ادامه داد: در مسیر شرق به غرب نیز این تونل در نقطه تلاقی بزرگراه صدر به مدرس، در مسیر مستقیم به خیابان ولی‌عصر متصل و در ادامه از پارک ملت به جنوب کردستان وصل خواهد شد. قائم مقام معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران با تأکید بر اینکه این تونل شرقی-غربی به صورت رفت و برگشت اجرا خواهد شد، خاطر نشان کرد: به دلیل اینکه در این مسیرها معتبر عرضی نداشتم، امکان ایجاد مسیر رفت و برگشت در یک تونل نبود و به صورت مجزا این تونل‌ها را احداث خواهیم کرد. وی در مورد هزینه این پروژه گفت: تا این پروژه به مناقصه نزد، قیمت نهایی مشخص نخواهد شد؛ ولی برآورد اولیه ما حدود ۱۰۰ میلیارد تومان است. گودرزوند در مورد طول این تونل‌ها گفت: مسیر رفت (غرب به شرق) کوتاه‌تر از مسیر برگشت و حدود هزار متر و مسیر برگشت بالای دو هزار متر خواهد بود.

۲۰ خرداد ۱۳۸۷

منبع: دنیای اقتصاد

یک شبکه تونلی در میدان تجریش احداث خواهد شد که به جهت مسائل شهرسازی و بحث‌های فرهنگی مانند قرار داشتن امامزاده در آن و عوارضی که از نظر طبیعی با آن درگیر است مثل رودخانه و موضوعات ترافیکی و... مطالعات مهم و حساسی رامی‌طلبد.

احمد دنیا مالی معاون فنی عمرانی شهرداری تهران با بیان این مطلب به خبرنگار ما گفت: این مجموعه در قالب یک طرح جامع شهرسازی، حمل و نقل و ترافیک و فرهنگی اجتماعی دیده شده و به لحاظ اهمیت پروره مطالعات دقیقی بر روی آن در حال انجام است.

وی ادامه داد: "مشابه پروژه میدان تجریش به لحاظ ویژگی‌های خاص آن در میان پروره‌هاییمان نداریم، ولی در حال بررسی میدان هفت تیر و میدان ونک که متولی آن سازمان زیباسازی است، هستیم."

شایان ذکر است، در پروژه میدان تجریش تمامی پایانه‌اتوبوسرانی و ایستگاه‌های تاکسی و تمامی نقل و انتقالات این میدان به زیرزمین منتقل خواهد شد.

براساس این طرح مجموعه میدان تجریش فعلی از امتداد خیابان ولی‌عصر (عج) به سمت شرق به عمق منفی یک، زیر سطح زمین منتقل می‌شود و سطح فعلی نیز به پلاده راهی تبدیل می‌شود.

همچنین راه‌های دسترسی به پارکینگ طبقاتی موجود در ضلع جنوبی این میدان، ایستگاه قدمگاه و دیگر بخش‌هایی که روی سطح قرار دارند به صورتی تعییه می‌شوند که خودروها به صورت زیرزمینی وارد پارکینگ شوند.

۷ خرداد ۱۳۸۷

منبع: همشهری آنلاین

بررسی راهکارهای عملی در بهینه سازی عملکرد ماشین حفار تمام مقطع

حمیدرضا توکلی - کارشناس ارشد مکانیک سنگ

چنانچه فعالیت‌های بخش A دستگاه تا حد امکان سریع و در مدت زمان بهینه‌ای انجام پذیرد، در حقیقت زمان برای انجام فعالیت‌های بیشتری از گروه A فراهم می‌شود. در راستای نیل به این هدف، بهینه سازی فعالیت حفاری توسط انجام تست نفوذ کاترهد و ارائه نیروی تراست بهینه و سرعت چرخش کاترهد متناسب با توده سنگ انجام می‌پذیرد علاوه بر این از آنجا که ماشین‌های حفار پوسته تلسکوپی به لحاظ انجام دو فعالیت حفاری و نصب پوشش دائمی بطور همزمان از دیگر ماشین‌ها متمایز می‌شوند، لذا ادغام تا حد ممکن فعالیت‌های حفاری و نصب سگمنت و همچنین بهینه سازی زمان فعالیت‌های حفاری، نصب پوشش دائمی و جابجایی ماشین نقش بسزایی در افزایش راندمان کاری ماشین خواهد داشت.

در بخش B که زمان‌های توقف یا تاخیر ماشین را شامل می‌شود عمدۀ فعالیت‌ها به ۵ گروه Geology, TBM, Back up, Logistic, Other تقسیم‌بندی می‌شوند.

این فعالیت‌ها که عمدها در تعامل نزدیک با نیروی انسانی قرار دارند را می‌توان با استفاده از الگوهای مدیریتی مناسب بهینه نمود. استفاده از این الگوهای تواند تا حد قابل ملاحظه‌ای باعث همپوشانی مجموعه فعالیت‌های این بخش در یکدیگر شود. از جمله راهکارهای اساسی به منظور کاهش زمان توقفات یا تاخیرات در این گروه عبارتند از:

۱. کاهش زمان تاخیرات ترابری
۲. تعمیر و نگهداری مستمر و مداوم دستگاه
۳. تمهیدات لازم برای پشتیبانی مداوم دستگاه
۴. افزایش همپوشانی فعالیتهای موجود در گروه B

در ذیل به بخشی از فعالیت‌های انجام شده در راستای بهینه سازی پیشروی

متن حاضر خلاصه سخنرانی علمی-کاربردی می‌باشد که در تاریخ ۱۳۸۷/۰۳/۰۱ در نشست تخصصی انجمن تونل ایران توسط آقای مهندس حمیدرضا توکلی ایراد گردید.

مقدمه: امروزه استفاده از ماشین‌های حفاری مکانیزه در حفر فضاهای زیرزمینی به لحاظ مزایای بی‌شماری که این روش‌ها نسبت به روش‌های سنتی دارند به سرعت در حال گسترش‌اند. از آنجا که علاوه بر خود ماشین نیروی انسانی نیز در تعامل تنگاتنگ با آن قرار دارد، لذا به منظور بهینه سازی و بهبود کیفیت حفر فضای زیرزمینی لازم است که عملکرد هر دو بعد مذکور- ماشین حفار و نیروی انسانی - مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. در این مطلب سعی شده است که عملکرد ماشین حفار پوسته تلسکوپی تونل انتقال آب کرج - تهران در ده کیلومتر ابتدای مسیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد و با ارائه راهکارهایی عملی عملکرد هر دو بخش ماشین حفار و نیروی انسانی بهینه شود.

همانند دیگر ماشین‌ها فعالیت کاری یک ماشین حفار تمام مقطع شامل دو بخش ذیل می‌باشد:

۱. بخش A که در آن از دستگاه مستقیماً جهت حفاری و پیشروی استفاده می‌شود.

۲. بخش B که در آن دستگاه به دلیل توقف یا تاخیر در فعالیت پیشروی مشارکتی ندارد.

ماشین حفار پوسته تلسکوپی همانند دیگر ماشین‌های حفار تمام مقطع دارای سیکل کاری ذیل می‌باشد که در واقع بخش کاری دستگاه (بخش A) را تشکیل می‌دهد:

- حفاری
- نصب سگمنت
- جابجایی

گزارش کارگاه آموزشی تونل‌سازی در سنگهای درزه‌دار و محیط‌های شهری

در ادامه اجرای کارگاه‌های آموزشی و سمینارهای ماهانه انجمان تونل ایران، با هماهنگی این انجمان و همکاری دانشکده فنی دانشگاه تهران در تاریخ ۲۳ خرداد ماه سال جاری یک کارگاه آموزشی با حضور استاد تونل‌سازی آقایان پروفسور بارتون و پروفسور ویتکه در محل آمفی تأثیر دانشکده فنی دانشگاه تهران برگزار شد. در این کارگاه آموزشی یک روزه آخرین دستاوردها و پژوهش‌ها در خصوص تونل‌سازی در سنگهای درزه‌دار و تونل‌سازی در محیط‌های شهری ارائه گردید.

اولین سخنران این کارگاه آموزشی آقای پروفسور بارتون بود که سه موضوع مختلف را در سخنرانی‌های خود ارائه کرد. مواردی که ایشان ارائه نمودند، عبارت بودند از:

۱- ریزش در بین هتروس، نمونه‌ای از پتانسیل خط فرو ریزش تونل مترو در حین ساخت در سنگ کاملاً هوازده و خرد شده در این سخنرانی آقای پروفسور بارتون ابتدا توضیحاتی راجع به این پژوهش که در کشور برزیل در دست ساخت بود ارائه نمودند و پس از ارائه دلایل ریزش، راهکارهای فنی که جهت ترمیم و عبور از این محدوده به کار گرفته شده بود را مطرح کردند.

۲- مغار برق آبی مینگتان: مثالی از طراحی تجربی و اجرای ابزاربندی یک مغار بزرگ در لایه‌هایی از رسوبات رسی گسله شده (و بازماندگان حادثه در نزدیکی زمین لرزه چی‌چی)

این پژوهش که در کشور تایوان اجرا شده است شامل یک نیروگاه به بعد دهانه ۲۳ متر، ارتفاع ۴۶ متر و طول ۱۶۰ متر می‌باشد، که آقای پروفسور بارتون راهکارهای به کار گرفته شده جهت حفاری و تسليح این حفاری‌ها را با به کارگیری روش‌های تجربی ارائه نمودند.

۳- طبقه‌بندی توده سنگ یا تعیین مشخصات آن با کمک روش‌های لرزه‌ای

آخرین مطلبی که توسط پروفسور بارتون ارائه شد در خصوص طبقه‌بندی توده سنگ یا تعیین مشخصات آن با در نظر گرفتن عملیات لرزه‌نگاری بود. در این سخنرانی بحث طبقه‌بندی و رفتارستنجی و بدنبال آن لرزه نگاری ارائه گردید.

سخنرانی‌های پروفسور بارتون تا ساعت یک بعد از ظهر به طول انجامید

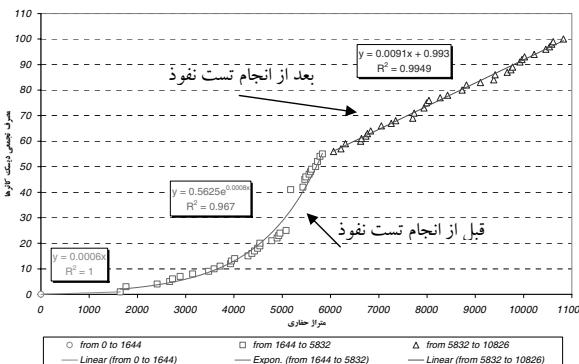
پروژه تونل انتقال آب کرج - تهران در ارتباط با موضوع مورد بحث

اشارة می‌شود:

- تاثیر آزمون نفوذ کاترهد در کاهش مصرف دیسک کاترها و متعاقباً کاهش زمان تعویض و نصب آنها (شکل ۱)

- تاثیر افزایش تعداد قطارها و لوکوموتیوها مناسب با طول حفاری در کاهش تاخیرات ترابری (شکل ۲)

- تاثیر افزایش همپوشانی دو فعالیت حفاری و نصب پوشش دائمی در کاهش زمان فعالیتهای گروه A



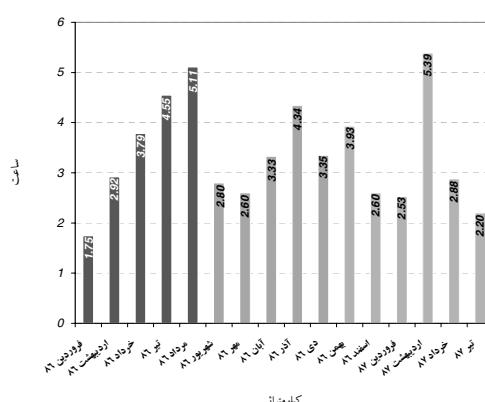
شکل ۱- تاثیر انجام تست نفوذ و بهینه سازی نیروی تراست و سرعت چرخش کاترهد بر مصرف دیسک کاترها

سیستم ترابری شامل دو دستگاه قطار و یک دستگاه کالیفرنیا سوئیچ

سیستم ترابری شامل سه دستگاه قطار و یک دستگاه کالیفرنیا سوئیچ

سیستم ترابری شامل چهار دستگاه قطار و دو دستگاه کالیفرنیا سوئیچ

مقایسه متوسط روزانه زمان تاخیرات لوکوموتیو و واگن



شکل ۲- تاثیر تعداد لوکوموتیو و سوزنی بر مقدار تاخیرات سیستم ترابری

کنفرانس آسیایی مکانیک سنگ

در انجمن بین المللی مکانیک سنگ انجام گرفت. با مشخص شدن تواناییهای ایران برای میزبانی و در پی برگزاری چهارمین کنفرانس منطقه‌ای آسیا در سنگاپور، انجمن مکانیک سنگ ایران آمادگی خود را برای میزبانی و برگزار نمودن پنجمین دوره کنفرانس آسیایی مکانیک سنگ در سال ۲۰۰۸ اعلام نمود. پس از آن کمیسیون بین المللی ISRM در نشست یازدهمین کنگره بین المللی مکانیک سنگ که در جولای ۲۰۰۷ در شهر لیسبون پرتغال و با حضور نمایندگان بیش از ۵۰ کشور تشکیل شده بود، انجمن مکانیک سنگ ایران با اکثریت آرا به عنوان میزبان و برگزار کننده پنجمین سمپوزیوم آسیایی - بین المللی مکانیک سنگ ۲۰۰۸ برگزیده شد. این کنفرانس از ۴ تا ۶ آذرماه ۱۳۸۷ (۲۴ تا ۲۶ نوامبر ۲۰۰۸) در تهران و تحت عنوان زیر برگزار خواهد شد:

“New horizons in Rock Mechanics – Development and Applications”

علاقمندان می توانند برای اطلاعات بیشتر به سایت های کنفرانس مراجعه نمایند:

<http://irsrm.net>

<http://www.arms5.org>

<http://www.arms2008.org>

مهندسی سنگ به مباحثی از جمله طراحی، ساخت و اجرای سازه‌های معدنی و عمرانی درون و برون سنگ می‌پردازد که در راستای کاربرد علم مکانیک سنگ می‌باشد. گسترش این علم در گرایش‌های معدن و عمران توجه محققان و متخصصان را در کنگره‌های علمی دنیا به کاربرد آن در رشته‌های متعددی از جمله سد سازی، نیروگاه‌های برق آبی، تونل سازی، صنعت نفت و غیره جلب نموده است. از آنجا که ایران یک کشور کوهستانی بوده و سطح وسیعی از آن را سنگ تشکیل داده است و با توجه به اینکه توسعه و احداث سازه‌های سطحی و زیرزمینی در چند دهه اخیر رو به افزایش گذاشته، این علم جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. در این راستا انجمن مکانیک سنگ ایران فعالیت غیر رسمی خود را از سال ۱۳۷۳ و فعالیت رسمی خود را از سال ۱۳۷۴ آغاز نموده است. این انجمن با برگزاری کنفرانس‌های اول، دوم، و سوم مکانیک سنگ ایران در بهمن ماه ۱۳۸۰، آذر ماه ۱۳۸۳ و مهر ماه ۱۳۸۶ گام‌های مهمی در ارتقای سطح کیفی این دانش در کشور برداشته است.

دعوت از رئیس انجمن بین المللی مکانیک سنگ و متخصصان خارجی این رشته در جمع محققان و متخصصان ایرانی به منظور شرکت در این کنفرانس‌ها و برای ارزیابی سطح کنفرانس‌ها و نیز انعکاس خبری آن

و پس از صرف نهار آقای پروفسور ویتكه سخنرانی‌های خود را با عنوان روش‌های تونل زنی در مناطق شهری ارائه نمودند. سر فصل موارد ارائه شده عبارت بودند از:

۱- مبانی

- مدل‌های ساختاری

- رفتار تنش - کرنش

- نفوذپذیری

۲- احداث تونلهای راه با روش NATM

- خیابان هانبرگر در وو پرتال آلمان

- تونل اشموده در تورینگیای آلمان

۳- تونلهای محدوده اشتوتگارت آلمان

- خط جدید ۲۱ خط آهن سریع السیر

اشتوتگارد و وندلینگن (حدود ۱۰۰ کیلومتر

(تونل)

- تونل فرودگاه اشتوتگارت

۴- حفر تونل با TBM

- انواع دستگاه‌های حفر تونل

- مزايا

نقاط بحرانی برای حفاری تونل با TBM

در سنگ

- خط آهن سریع السیر جنوا - در

ونتیمیگلیای ایتالیا

پس از پایان سخنرانی آقای دکتر ویتكه و وقت

پرسش و پاسخ که تا ساعت ۶ بعدازظهر به

طول انجامید، کارگاه آموزشی به پایان رسید.

در انتهای اطلاع علاقمندانی که نتوانستند در

این کارگاه آموزشی شرکت نمایند، می‌رساند،

مجموعه گزارشات در قالب فایل الکترونیکی در

سایت انجمن تونل ایران، به آدرس WWW.

IRTA. قابل دسترسی می‌باشد.

توصیه‌های برای طراحی تونل

انجمن بین المللی تونل- کارگروه طراحی تونل

ترجمه از:

مصطفی شریف زاده؛ استادیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران، sharifzadeh@aut.ac.ir
مرتضی جوادی اصطباناتی؛ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران،
ttscopo@aut.ac.ir

* قسمت دوم

- طبقه بندی سنگ
- بازیابی مغزه
- مقاومت فشاری تک محوری سنگ، که از آزمون آزمایشگاهی بدست می‌آید.
- زاویه‌ی اصطکاک شکستگی‌ها (از آزمون برش مستقیم در آزمایشگاه بدست می‌آید)
- مقاومت خاک در شرایط برجا
- خواص تغییر شکل پذیری (مدول تغییر شکل)
- اثر آب بر کیفیت سنگ
- سرعت امواج لرزه‌ای

تنش‌های اولیه زمین: برای پروژه‌های بزرگ تونل‌سازی، آزمایشات مربوط به اندازه‌گیری تنش‌های طبیعی در توده سنگ پیشنهاد می‌شود. در پروژه‌های تونل‌سازی معمولی، نسبت تنش σ_v / σ_h که در آن σ_h تنش جانبی زمین و σ_v تنش اصلی (عموماً تنش قائم) بایستی برآورد شود. همچنین تنش‌های تکتونیکی بایستی تعیین شوند.

وضعیت آب: دو نوع اطلاعات در مورد وضعیت آب مورد نیاز است: (۱) نفوذپذیری، که به صورت ضریب نفوذپذیری k (m/s) (از آزمایش‌های میدانی) یا به صورت واحد لوژان (Lugeon) (از آزمون گمانه‌ای) محاسبه می‌شود. (۲) فشار آب، در تراز تونل (هد هیدرولیکی) و در سطح پیزومتریک در گمانه‌ها

تغییر شکل پذیری توده سنگ: آزمایش‌های برجا برای بدست آوردن مدلول‌های تغییر شکل توده سنگ الزامی است، که مدلول‌های تغییر شکل توده سنگ را می‌توان از روش‌های استانداری (آزمایش دیلاتومتری در گمانه، آزمایش جک صفحه‌ای در راهروها، آزمایش جک شعاعی) یا روش دینامیکی (سرعت امواج لرزه‌ای و یا عملیات ژئوفیزیک در گمانه‌ها) بدست آورد. قضاوت مهندسی باید در زمینه انتخاب مقادیر مناسب تر مدلول‌ها برای طراحی به کار رود (برای مثال، شیب نمودار تنش - تغییر

۳- بررسی‌های میدانی و کاوش زمین (گمانه‌زنی‌ها)

۳-۱- داده‌های زمین شناسی و مشخصات زمین

میزان مناسب تحقیقات بر روی زمین و در آزمایشگاه، از پروژه‌ای به پروژه‌ی دیگر متفاوت است. از آن جا که انواع بررسی و کاوش‌های زمین به جنبه‌های خاص پروژه‌ی تونل سازی، هدف پروژه، روش حفاری و نظایر آن بستگی دارد، این انواع کاوش باید توسط گروه متخصصین به ویژه با هم فکری مهندس طراح انتخاب شود. میزان تحقیقات بر روی زمین به ناهمگنی زمین، هدف از تونل سازی، هزینه حفاری اکتشافی (مثلث برای تونل‌های کم عمق سطحی یا عمیق) و سایر فاکتورها بستگی خواهد داشت.

بررسی‌های زمین شناسی باید شامل اطلاعات اساسی ژئوتکنیکی زیر باشد (همچنین دستورالعمل ISRM ۱۹۸۱ برای طبقه‌بندی سنگ‌ها و توده سنگ‌ها را ببینید):

۳-۱-۱- تونل در زمین‌های سنگی

منطقه بندی: زمین باید به واحدهای مختلف ژئوتکنیکی به گونه‌ای تقسیم‌بندی شود که بتوان در آن واحدهای پارامترهای طراحی را یکنواخت فرض نمود. با این حال، ویژگی‌های سنگ ممکن است تغییرات قابل توجهی درون هر واحد ژئوتکنیکی نشان دهند. جنبه‌های زیر باید برای تفسیر زمین شناختی هر منطقه در نظر گرفته شوند:

• عنوان زمین شناسی سازندهای منطقه بر اساس طبقه‌بندی ژنتیکی آنها

• ساختارهای زمین شناسی و شکستگی‌های توده سنگ بهمراه امتداد و جهت شبیه

• رنگ، بافت و ترکیب کانی شناسی

• درجه‌ی فرسایش و هوازدگی

مشخصات توده سنگ شامل موارد زیر است:

• ضخامت لایه‌ها

• محل تقاطع شکستگی‌ها

انجمن توپل ایران

(۴) شرایط آب زیر زمینی (علاوه بر موارد ذکر شده در ۳-۱-۳):
نفوذ پذیری، که بوسیله آزمایش پمپاژ تعیین می‌شود.

۲-۲- ارزیابی پارامترها بوسیله کاوش زمین و آزمون‌های آزمایشگاهی:

آن دسته از ویژگی‌های زمین که برای طراحی توپل مناسب هستند باید با دقت هر چه بیشتر محاسبه شوند. آزمایش‌های بر جا که توده‌های بزرگ‌تر زمین را پوشش می‌دهند عموماً دارای کارایی بیشتری نسبت به آزمون‌های آزمایشگاهی (بر روی نمونه‌های کوچک) هستند. به خاطر پراکندگی طبیعی مشخصات زمین یک سری آزمایش‌های موازی مورد نیاز است. حداقل سه آزمایش برای هر ویژگی لازم است. همچنین توصیه‌های (ISRM) را هم ببینند. نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی باید با شرایط محل تطبیق داده شوند. اندازه نمونه، اثرات آب زیر زمینی، هتروژنی زمین در محل، و اثرات پراکندگی باید در نظر گرفته شوند. نتایجی که از آزمایش‌ها بدست می‌آیند باید از این نظر هم بررسی شوند که آیا نمونه‌ها از زمین دست نخورده یا از زمین دست خورده گرفته شده‌اند.

در موارد بسیاری، قسمت ابتدایی توپل سازی ممکن است بعنوان یک آزمون بزرگ مقیاس در نظر گرفته شود. که تجربیات حاصل از آن نه تنها برای خاک برداری‌های بعدی بلکه برای پیش‌بینی رفتار زمین هم بکار می‌آید. در موارد بحرانی، گمانه‌های بلند افقی ممکن است کاوش زمین در جلوی سینه کار را آسان کند. یک توپل راهنمای ممکن است به عنوان توپل آزمایشی و به طور همزمان به عنوان زهکش به کار گرفته شود. بررسی‌های محلی نتایج مهمی بدست می‌دهند که برای مقایسه ارتباط آزمایش‌های بزرگ مقیاس بر جا با آزمون‌های آزمایشگاهی مفید است. آزمون‌های ویژه‌ای که دقیقاً مطابق با روش پیشنهادی حفر توپل هستند هم مورد نیازند (متلاً برای حفاظت مناسب از سینه کار در توپل سازی با استفاده از سیر بتونیتی). ارزیابی مشخصات باید میزان پراکندگی را بیان کند. برای ارزیابی احتمالی خواص دارای پراکندگی، می‌توان نتیجه گرفت که مقدار متوسط، با یک مقدار میانگین متناسب با توزیع گوئی معقول تراز مقادیر نامناسب است.

ترکیبی از تمام پارامترهای بیان کننده رفتار زمین در یک مقطع توپل، با در نظر گرفتن تاثیر آنها روی توپل سازی، بایستی به عنوان یک مجموعه واحد در نظر گرفته شود و ارتباط تعادلی مناسبی بین هر کدام از پارامترها موجود باشد. برای مثال، یک مقدار کوچک مدول تغییر شکل زمین، بیانگر گرایش آن به رفتار پلاستیک است، که مطابق با نسبت تنش جانبی به تنش عمودی اولیه نزدیک به عدد یک است. لذا برای گزینه‌های مختلف کاوش‌ها، به جای در نظر گرفتن هر پارامتر به طور مجزا از سایر پارامترها، باید ترکیبی از آنها را در ارتباط با هم، به طور متناسب و کامل انتخاب نمود.

شکل در مرحله تنش اولیه در روش استاتیکی). مشخصاتی که در هنگام استفاده از ماشین‌های حفر مکانیزه توپل مورد نیاز هستند:

- سختی و سایندگی

- ترکیبات شیمیایی کانی‌ها، مانند مقدار کواتز

- همگنی

پتانسیل تورم سنگ: وجود سولفات‌ها، هیدروکسیدها و یا کانی‌های رسی بایستی با استفاده از آزمایش‌های کانی‌شناسی بررسی شوند. یک آزمایش ادیومتری مخصوص را می‌توان برای آزمون تورم بکار برد (منحنی آزمایش نمونه که ابتدا در چرخه بارگذاری - باربرداری - بارگذاری مجدد، در شرایط خشک قرار گرفته و سپس باربرداری در شرایط خیس انجام می‌شود).

شرایط آب زمین باید بصورت زیر داده شوند:

- تراز آب، تراز پیزومتری، تغییرات در طول زمان اندازه‌گیری، فشار منفذی در سفره‌های تحت فشار

- شیمی آب

- دمای آب

- میزان دبی جریان آب ورودی مورد انتظار

۱-۲-۳- توپل در زمین‌های خاکی

توصیف ژئوتکنیکی بایستی توصیه‌های ذکر شده قبلی برای سنگ را در برداشته باشد. دیگر مشخصات مربوط به خاک شامل موارد زیر است:

- (۱) شناسایی خاک (آزمونهای آزمایشگاهی)

- توزیع اندازه ذرات خاک

- حدود wi,wp :Atterberg

- وزن حجمی: γ_{sat} و γ_{dry}

- محتوای آب

- نفوذ پذیری: k

- بازیابی مغزه

- (۲) خواص مکانیکی، تعیین شده به وسیله آزمون‌های آزمایشگاهی:

- زاویه اصطکاک Φ و Φ_u

- چسبندگی C و C_u

- تراکم پذیری m_v و m_v

- (۳) خواص مکانیکی تعیین شده به وسیله آزمایش‌های صحرایی

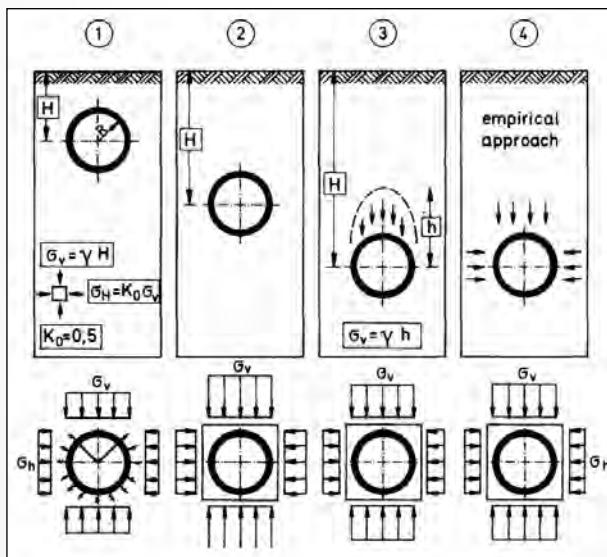
- مقاومت برشی τ_v (آزمون برش پره)

- نفوذ N (آزمون نفوذ استاندارد spt)

- تغییر شکل پذیری E (بارگذاری صفحه‌ای، دیلاتومتری)

در زمین‌های نرم، نگهداری اولیه با استفاده از یک پوشش (نگهداری) نسبتاً سخت انجام می‌شود. در تونل‌های کم عمق (مانند راه آهن‌های زیرزمینی شهری) می‌توان از تحلیل دو بعدی مقطع استفاده کرد و از راهی سه بعدی تنش‌ها در نزدیکی سینه کار صرف نظر کرد. در حالت‌های ۱ و ۲ در شکل ۴ فرض می‌شود که فشار واردہ بر روی سطح مقطع تونل با میزان تنش‌های اولیه زمین یکسان است. به خاطر این موضوع، فرض می‌شود که در وضعیت نهایی (چند سال پس از ساخت تونل) زمین سرانجام به وضعیت اولیه خود قبل از تونل سازی باز می‌گردد. تغییرات در تراز آب زیر زمینی، ارتعاشات حاصل از عبور و مرور وسائط نقلیه و ترافیک و نظایر آن، باعث تحت تاثیر قرار گرفتن سازگاری مجدد زمین خواهند شد.

در حالت (۱)، برای تونل‌های کم عمق و زمین‌های نرم، تمام روباره تونل به عنوان بار روی نگهداری در نظر گرفته می‌شود. لذا وقوع کشش در طاق تونل مجاز نیست. عکس العمل عمل بوسیله حلقه‌های شعاعی و مماسی ساده سازی می‌شوند، که مشابه مدل تیر خوابیده است.



شکل ۴) انواع مختلف مدل‌های تنش-کرنش با توجه به عمق و سختی زمین. در حالت (۲)، برای زمین‌های با سختی متوسط، سختی خاک با استفاده از یک مدل دو بعدی پیوسته و یک مرز کامل بین نگهداری و زمین فرض می‌شود. مشابه حالت (۱)، از توزیع تنش‌های سه بعدی ناشی از تغییر شکل‌های اولیه زمین چشم پوشی می‌شود. جابه‌جاهای داخلی باعث کاهش فشار روی نگهداری می‌شود.

در حالت (۳) فرض می‌شود که قبلاً از نصب نگهداری، قسمتی از تنش‌ها به خاطر تغییر شکل‌های زمین آزاد می‌شوند. در سنگ‌های متوسط تا سخت و یا در خاک‌های بسیار چسبنده، زمین آنقدر مقاوم هست که اجازه یک مقطع بدون نگهداری در سینه کار را بدهد (شکل ۲ را ببینید). به علاوه، برای تونل‌های با روباره زیاد (که در شکل ۴ با $H < h$ نشان داده

۳-۳- تفسیر نتایج آزمایش‌ها و مستندسازی
آزمون‌های میدانی و آزمایشگاهی باید با گزارشات کامل و مستند به صورت نتایج واقعی همراه باشند. بر اساس این گزارشات یک تفسیر از آزمون‌های مرتبط با روند واقعی تونل‌سازی و ملزمات مدل طراحی سازه‌ای لازم است. زمانی که آزمون‌ها طراحی شدن، گروه متخصصین (که قبلاً در بخش ۱-۲ بدان اشاره شد) باید مشخص کنند که کدام خصوصیات و ویژگیهای زمین برای تشریح عمومی ژئوتکنیکی و برای مدل طراحی لازم هستند. در این حالت، ارتباط نزدیکتری بین کاوش‌های زمین و طراحی تونل و همچنین میزان میزان تصحیح آزمون‌ها و ریسک تونل‌سازی ایجاد می‌شود.

مستندات باید به عنوان روش منطقی برای تفسیرها (که بوسیله آن مقادیر طراحی از نتایج آزمایشات بدست می‌آید) ارائه شود. این شیوه بویژه در پروسه مناقصه بسیار مفید است، زیرا خلاصه‌ی داده‌های وابسته به زمین و طراحی در طول مسیر تونل را به صورت نمایش گرافیکی از پروفیل‌های تونل نمایش می‌دهد (مثال‌های را در شکل‌های ۹ تا ۱۲ ارائه شده است).

این جداول خلاصه شده ابتدا برای مناقصه و طراحی مقدماتی آماده می‌شوند و سپس در حین انجام پروژه و بررسی‌ها بهبود می‌یابند. به هر حال این مطلب بویژه در برگه‌های قرارداد صریحاً ذکر شود که بسیاری از اطلاعات مربوطه ناقص هستند و یا خیلی خلاصه شده‌اند و در نهایت گزارش‌های ژئوتکنیکی دیگر هم باید به اطلاعات اولیه اضافه شوند.

۴- مدل‌های طراحی سازه ای برای تونل سازی

۱-۴- آلتراتناتیوهای مدل طراحی

حفاری تونل مقادیرالگوی توزیع تنش‌های اولیه در سینه کار تونل را در سه بعد تغییر می‌دهد. در نهایت با دور شدن از سینه کار، میزان تنش به یک دستگاه دو بعدی باز می‌گردد. لذا طراحی تونل در تخمین‌های اولیه، تنها میدان‌های تنش-کرنش دو بعدی را در بردارد.

در طراحی تونل باید بر هم کنش متقابل زمین و نگهداری را مدنظر قرار داد. برای انجام این کار، نگهداری باید در نزدیکترین فاصله ممکن از دیواره تونل نصب شود (فاصله بین نگهداری و سنگ دیواره تا حد امکان کوچک باشد و نگهداری به سنگ بچسبد). برای حفظ استحکام طبیعی زمین، بایستی تا حد امکان از ایجاد تغییرات در زمین جلوگیری کرد. تغییر مکان‌های ناشی از حفر تونل، فشار اولیه‌ی زمین را کاهش می‌دهد (شکل ۲) و قسمتی از تنش‌های اولیه زمین بر روی پوشش نگهداری تونل اعمال می‌شود. تنش‌ها علاوه بر شکل سطح مقطع تونل، به رابطه سختی زمین و پوشش نگهداری هم بستگی دارند. شکل مقطع باید به نحوی انتخاب شود که یک عملیات طاق‌زنی مناسب قابل اجرا باشد.

چهار مدل سازه‌ای مختلف برای تحلیل کرنش صفحه‌ای در شکل ۴ نشان داده شده است. همچنین الزامی در دایره‌ای بودن سطح مقطع وجود ندارد. این چهار مدل در زیر تشریح شده‌اند:

انجمن تولن ایران

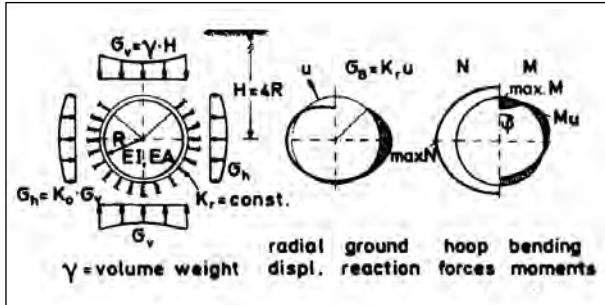
تونل های دو قلوی نزدیک بهم) مناسب است.

۴-۳- مدل تیر خوابیده (مدل کنش- اندرکنش)

اگر سختی زمین در مقایسه با سختی نگهداری کوچک باشد، یک مدل طراحی مانند آنچه در شکل ۶ نشان داده شده است را به کار گرفت. در چنین حالتی، فشارهای فعل زمین به وسیله بارهای داده شده نمایش داده می شوند و اندرکنش غیر فعل زمین در برابر تغییر شکل ها با مدول خمشی ثابت شبیه سازی می شود. این مدل ممکن است مخصوصاً برای طراحی نگهداری در تونل های با حفاری سپری مناسب باشد. برای کاربردی بودن این مدل، ضریب سختی β بایستی کمتر از ۲۰۰ باشد.

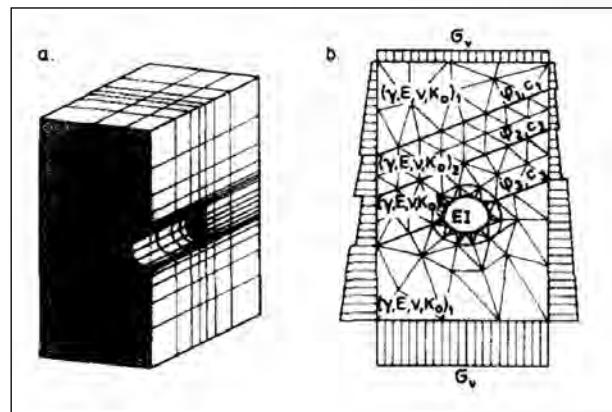
$E_s/E_r < 200$ بیانگر مدول سختی تغییر شکل زمین، R شعاع سطح مقطع تونل یا معادل آن در تونل های غیر دایره ای و EJ سختی خمشی نگهداری است.

یک حل صحیح تر برای این حالت به وسیله یک ماتریس غیر صفر سختی برای همه المان ها با توجه به جابجایی های شعاعی و مماسی به دست می آید.



شده است) کاهش در فشار وارد بر طاق اهمیت می یابد.

در حالت (۴)، تنش های وارد بر نگهداری از طرف زمین با استفاده از یک رابطه تجربی (براساس تجارب قبلی در زمین های مشابه و روش توفیل سازی مشابه، رفتارسنگی بر جا و بررسی مقاطع اولیه، تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده و اصلاح مداوم مدل طراحی) محاسبه می شوند. اگر مدل صفحه ای (دو بعدی) مناسب نباشد (برای مغارها، حفریه زیرزمینی با هندسه پیچیده و یا بررسی دقیق سینه کار) ممکن است یک مدل سه بعدی مورد نیاز باشد (شکل ۵ را ببینید). مدل سه بعدی را هم چنین بعدی مود نیاز باشد (شکل ۵ را ببینید). مدل سه بعدی را هم چنین می توان به صورت مدل ناپیوسته (تئوری بلوکی) و یا به صورت مدل پیوسته دارای شکستگی های مجزا و یا گسل ها در نظر گرفت.



۴-۴- مدل پیوسته یا ناپیوسته

برای مدل های طراحی سازه ای (شکل ۵)، زمین را می توان همگن یا ناهمگن و همسان گرد (ایزوتروپ) یا ناهمسان گرد در نظر گرفت (به طور مثال، امکان رهایی تنش قبل از اعمال نگهداری و یا یک محیط با سختی متوسط و به صورت سه بعدی). همچنین نگهداری را می توان به صورت المان تیر با سختی خمشی و یا به صورت پیوسته در نظر گرفت. پلاستیستیه، ویسکوزیته، شکستگی های سنگ، رفتارهای تنش - کرنش یا تغییر شکل غیرخطی و نظایر آن را می توان با استفاده از فرضیات خاص و قوانین رفتاری مواد، اعمال کرد.

معیارهای طراحی با استفاده از روش های حل عددی به دست می آیند. روش المان محدود و روش المان مرزی، اصولاً روش های پیوسته هستند. لذا در محیط های همگن، میدان های تنش - کرنش به خوبی سنجیده می شوند. در حالت کلی در محیط های ناپیوسته مانند سنگ های دارای شکاف و شکستگی، مدهای شکست، شکست برشی و فروریزش ناگهانی با استفاده از روش های پیوسته قابل بررسی نیستند.

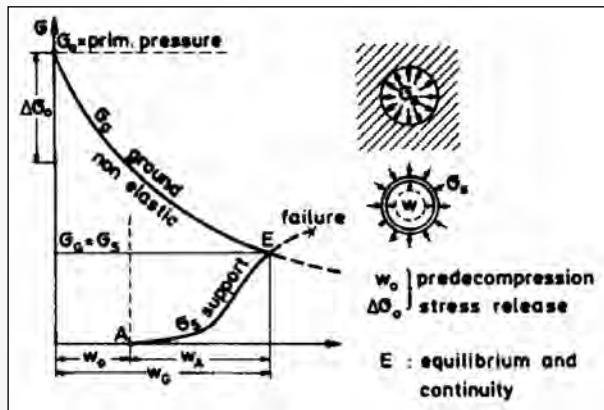
یک مدل پیوسته یا ناپیوسته برای حالتی که زمین پایداری اصلی حفریه زیرزمینی را تأمین می کند (مثل سنگ سخت) و یا خصوصیات هندسی حفریه زیرزمینی را می توان تنها با تحلیل عددی مدل کرد (مانند

مستقیم است و محاسبات عددی نقش کمتری دارند) انتخاب می‌شود. این رویه به خصوص استفاده از تجربیات یک پروژه تونل سازی موفق در زمین مشابه، ممکن است منطقی باشد. چنین تبادل اطلاعات هنگامی توجیه پذیر است که:

- وضعیت زمین شناسی شامل آبهای زیرزمینی قابل مقایسه باشند.
- ابعاد تونل و شکل سطح مقطع تونل‌ها مشابه باشند.
- ضخامت روباره تقریباً یکسان باشند.
- روش‌های تونل‌سازی که بکار گرفته می‌شود یکسان باشند.
- نتایج رفتارستنجی با پروژه‌های قبلی قابل مقایسه باشند.

یکی از معایب روش‌های تجربی این است که به دلیل عدم وجود انگیزه لازم برای ارائه یک طرح منطقی، طراحی با ضریب اینمی بیش از حد لازم است طراحی می‌شود و در نتیجه هزینه تونل سازی افزایش خواهد داشت.

روش‌های تجربی گاه ممکن است در پروژه‌های بزرگتر هم بکار گرفته شوند. این کار در شرایطی که زمین تغییرات کمی از خود نشان می‌دهد و همچنین در مراحل اولیه کار (به خصوص در مناقصه) انجام می‌گیرد.



شکل ۷) منحنی مشخصه نگهداری و زمین برای مدل‌های همگرایی- همجواری

۵-۴ - روش مشاهده‌ای

از ترکیب روش‌های تحلیلی با روش‌های تجربی و تفسیرهای اولیه اندازه‌گیری‌های بر جا یک پروسه طراحی تونل همزمان با بیشترت حفاری تونل که قابلیت سازگاری داشته باشد را می‌توان بکار گرفت. در این روش اندازه‌گیری بر جا جابجایی‌های زمین، جابجایی‌ها و تنش‌ها در پوشش نگهداری به منظور تصحیح و یا تصدیق مدل طراحی تونل بکار گرفته می‌شوند. مقاطع ابزاربندی شده با دقیقت بالا در مراحل اولیه تونل‌سازی، اطلاعات لازم برای این پروسه را ایجاد می‌کنند. تفسیر داده‌های اندازه‌گیری شده، یک دید کلی از رفتار زمین (به عنوان عکس العمل پروسه تونل سازی) را راهه می‌کند. در بکارگیری روش مشاهده‌ای شرایط زیر باید فراهم باشد:

برای حفظ تعادل دارای اهمیت کمتری خواهد بود (یک فاکتور اینمی کوچکتر از توان برای گشتاورهای خمش به کار برد). همچنین در نظر گرفتن ظرفیت چرخش (دوران) پلاستیک حلقه نگهداری امکان‌پذیر است. برای تونل‌هایی که رهایی تنش به دلیل تغییر شکل‌های داخلی، دارای شدت زیادی است (مانند تونل‌های عمیق در سنگ)، یک رویکرد ساده برای ملاحظات طراحی، با استفاده از مدل همگرایی- همجواری ارائه می‌شود که تنها بر اساس برهم کنش جابجایی داخلی شعاعی و اندرکنش نگهداری در مقابل این تغییر شکل‌ها، با محدود کردن نیروهای حلقه‌ای و فشار متناظر رو به بیرون، استوار است (شکل ۷).

تنش‌های اولیه در زمین (۵) به خاطر جابجایی سنگ‌های اطراف تونل به داخل تونل آزاد می‌شوند. فشار وارد ممکن است حتی با بازشدنی درزهای جابجایی‌های بزرگتر تشددید شود. در سنتگهای خود - نگهدار، منحنی مشخصه زمین در شکل (۷) محور W را قطع می‌کند. چون رهایی تنش‌های اولیه به طور کامل انجام می‌شود، به نصب نگهداری نیاز نیست. قبل از نصب سیستم نگهداری، اجتناب ناپذیر و حتی مطلوب است که رهایی تنش مربوط به تغییر شکل اولیه W رخ دهد. سختی سیستم نگهداری تعیین کننده محل تلاقی دو منحنی مشخصه (نگهداری و زمین) است. در این نقطه، علاوه بر شرایط سازگاری، تعادل هم به وقوع می‌پیوندد. اگر مشخصات زمین معلوم باشد (مثلاً به وسیله رفتارستنجی بر جا)، تغییر شکل اولیه W و سختی سیستم نگهداری و رفتار آن (شامل توسعه آن در طول زمان و با پیشروی تونل) و حتی خواص رفتار پلاستیک، برای برآورد تنش‌های واقعی موجود در سیستم نگهداری لازم هستند. هرچند دو منحنی در شکل (۷) ممکن است به طور قابل توجهی تغییر کنند.

معمولًا در فرم تحلیلی مدل همگرایی- همجواری، فرض بر این است که فشار زمین در طول پوشش نگهداری دایره‌ای دارای یک مقدار ثابت است و تنها نیروهای حلقه‌ای لحظه‌ای لحاظ شده و از ممان خمی به طور کامل صرف نظر می‌شود. با این حال این روش را می‌توان برای هنگامی که فشار در طول جداره تغییر می‌کند نیز تعمیم داد (Gesta ۱۹۸۶).

این مدل را همچنین می‌توان برای تونل‌های با سطح مقطع غیر دایره‌ای (مثلاً برای سطح مقطع‌های نعل اسپی) به عنوان اولین تخمین به کار برد هرچند منحنی اندرکنش نگهداری متفاوت خواهد بود. بنابراین به کار برد مدل همگرایی- همجواری در کنار یک مدل پیوسته و اندازه‌گیری‌های بر جا مفید است.

هرچند مدل همگرایی- همجواری اصولاً ابزاری برای تفسیر اندازه‌گیری‌های میدانی است، آن را می‌توان به عنوان پشتونه روش‌های تجربی به کار گرفت.

۴-۴ - روش تجربی

المان‌های سازه‌ای و پروسه حفاری به ویژه برای نگهداری اولیه تونل عموماً بر اساس تجربیات و ملاحظات تجربی (که بیشتر بر پایه مشاهدات

انجمن توول ایران

۴-۲-۶- رفتار غیر عادی زمین
زمین متورم : رهایی تنش‌های ایجاد شده و یا نفوذ آب زیرزمینی باعث ایجاد تورم و افزایش فشار بر پوشش نگهداری می‌شود. در چنین حالتی یک مقطع دایره‌ای و یا حداقل یک قوس وارونه (در کف توول) پیشنهاد می‌شود. تورم حاصل از واکنش‌های شیمیایی (به طور مثال اندیدرید) شدیدتر از تورم ایجاد شده به خاطر جذب فیزیکی آب (به طور مثال رس) است.

فرسایش زیر زمینی، نشست معدنکاری و حفره‌ها (سینک هول‌ها): توول سازی در زمینی که تحت نشست قرار دارد (مانند مواردی که ریپس فرسایش پیدا می‌کند و یا نشست حاصل از معدنکاری) نیازمند ملاحظات ویژه است. یک پوشش نگهداری انعطاف‌پذیر که به زمین اجازه جابجایی (با در نظر گرفتن ظرفیت تغییر شکل پلاستیک) می‌دهد، بسیار مناسب‌تر از یک نگهداری صلب یا شکننده و یا نگهداری مستعد شکست خواهد بود. اگر زمین دارای پتانسیل حفره زایی است استفاده از یک توول با قابلیت تعمیر بسیار اقتصادی‌تر از پل زدن بر روی حفره‌ها خواهد بود.

۵- رفتارسنگی بر جا

۵-۱- هدف از اندازه‌گیری‌های بر جا

رفتارسنگی بر جا در طول حفاری و یا در فاصله زمانی طولانی تر بعد از اتمام ساخت توول علاوه بر بررسی اینمی توول بایستی به عنوان قسمتی از مجموعه عملیات طراحی در نظر گرفته شود. همچنین رفتارسنگی برای بررسی رفتار زمین در اثر فعالیت توول سازی و تصحیح مطلوبیت سیستم نگهداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقاصد اصلی رفتارسنگی بر جا عبارت اند از :

(۱) کنترل تغییر شکل‌های توول (شامل مقاطع بدون نگهداری توول). تاریخچه زمانی گسترش جابجایی‌ها و همگرایی توول را می‌توان به عنوان یک معیار اینمی در نظر گرفت گرچه با اندازه‌گیری‌های میدانی به طور کامل نمی‌توان ریزش سیستم را قبل از وقوع آن پیش بینی کرد.

(۲) مشخص کردن اینکه آیا روش توول سازی مناسب انتخاب شده است یا نه.

(۳) کنترل نشست در سطح زمین، برای مثال برای بدست آوردن اطلاعات الگوی تغییر شکل و درصدی از نشست که به خاطر کاهش تراز آب زیرزمینی رخ می‌دهد.

(۴) اندازه‌گیری گسترش تنش‌ها در اجزای سیستم نگهداری، برآورده مقاومت مناسب سیستم نگهداری و احتمال شکست سیستم نگهداری.

(۵) مشخص کردن تغییر شکل‌های پیش رونده که نیازمند عکس العمل سریع برای تقویت و نگهداری است.

- روش انتخاب شده برای حفاری توول بایستی در طول مسیر توول سازگاری لازم را داشته باشد.

- کارفرما و پیمانکار باید در قرارداد اولیه در مورد اصلاح طراحی در زمان اجرای توول به تفاهم برسند.

- اندازه‌گیری‌های صحرایی باید بر اساس یک مفهوم تحلیلی مناسب مرتبط با داده‌های اندازه‌گیری شده و معیارهای طراحی تفسیر شوند.

- تفسیر مقاطع ابزاربندی شده اولیه بایستی برای نتیجه گیری در مورد سایر مقاطع مورد استفاده قرار گیرند. در این حالت، تجارب حاصل شده تنها به مقاطع اولیه محدود شده و برای مقایسه سایر مقاطع دیگر دارای محدودیت‌هایی از قبیل شرایط زمین‌شناسی، ارتفاع روباره و نظایر آن می‌باشد (به بخش ۴-۴ "روش تجربی" مراجعه شود).

- اندازه‌گیری‌های صحرایی باید در کل طول مسیر توول بدست آمد باشد، تا بتوان رفتار فرض شده برای توول را مورد بررسی قرار داد.

۶- جنبه‌های خاص طراحی

در حالتی که رفتار غیر طبیعی زمین مورد انتظار است و یا بهسازی زمین انجام شده است، بایستی ملاحظات ویژه‌ای در نظر گرفته شود. برخی از این ملاحظات ویژه در زیر آمده است :

۶-۱- تکنیک‌های تقویت زمین

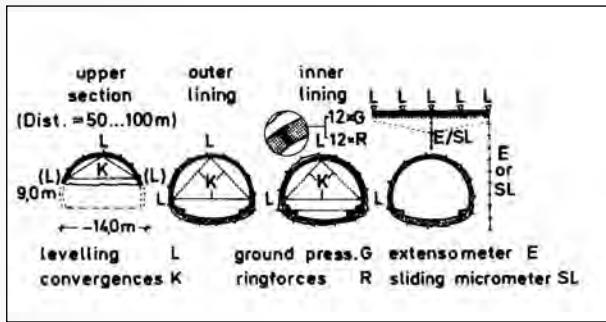
ترزیق دوغاب: ترزیق مناسب دوغاب در زمین باعث بهبود مشخصات زمین می‌شود. اگر چه در بسیاری از موارد ترزیق دوغاب برای تقویت زمین‌های نرم و یا پر کردن درزه و شکاف‌های سنگ بکار می‌رود اما در هر دو حالت هدف بدست آوردن یک سنگ هموزن است (افزایش همگنی سنگ).

زهکشی و هوای فشرده: اغلب زمین‌ها را با زهکشی و جلوگیری از جریان آب در زمین پایدار می‌کنند. جلوگیری از شکست زمین با حداقل رساندن فشار آب منفذی امکان پذیر است. مشخصات فرض شده زمین ممکن است تنها با زهکشی و یا جلوگیری از جریان آب زیرزمینی و یا توول سازی تحت هوای فشرده حاصل شود.

انجماد زمین: بهبود خواص زمین با استفاده از روش انجماد امکان پذیر است و می‌توان خصوصیات زمین را بهبود بخشد. رفتار تنش-کرنشی تابع زمان برای زمین منجمد شده را می‌توان مشخص نمود. انجماد باعث می‌شود آب از پشت پوشش نگهداری برداشته شود. همچنین باعث کاهش حجم آب ورودی و حرکت آب روی دیواره شود. بتن ریزی در زمین‌های منجمد باعث تاخیر در رسیدن بتن به مقاومت نهایی می‌شود.

نگهداری و مدل طراحی سازه‌ای و با در نظر گرفتن ملاحظات اینمی تفسیر شوند.

اندازه‌گیری‌های اولیه معمولاً یک پراکندگی را نشان می‌دهند و پیش‌بینی قابلیت اطمینان ممکن است صحیح نباشد (به خصوص برای سلول‌های فشارسنج چون تنش و کرنش ویژگی محلی هستند). داده‌ها مربوط به تغییر شکل و همگرایی ممکن است قابلیت اطمینان بالاتری داشته باشند چون جابجایی‌ها محدود و وسیع تری از زمین را تحت پوشش قرار می‌دهند.



شکل ۸) رفتارسنجی برجا، تونل، لاینینگ اولیه، نشست سطحی

اندازه‌گیری‌های برجا بایستی با در نظر گرفتن موارد زیر تفسیر شوند:

- نتایج باید مشخص کند که روش تونل سازی مناسب است یا نه.
- نمودارهای زمانی ممکن است کاهش نرخ تغییر شکل و یا خطر ریزش ناگهانی را گزارش دهند.
- تفاوت زیاد بین نتایج پیش‌بینی تئوریک و مشاهدات واقعی تغییر شکل‌ها ممکن است باعث تجدید نظر در مدل طراحی شود. در هر حال اندازه‌گیری‌ها فقط برای حالت واقعی در زمان و مکان اندازه‌گیری قابل قبول هستند و اثرات دراز مدت مانند بالا آمدن سطح آب، لرزش‌های ناشی از ترافیک و خوش مشخص نمی‌شوند.
- داده‌های قرائت شده، درک حفریه از رفتار اندر کنش زمین و سیستم نگهداری را افزایش می‌دهد.
- اگر سلول‌های تنش و پین‌های همگرایی سنجی دیر نصب شده باشند، قرائت‌های انجام گرفته فقط قسمتی از پدیده‌های واقعی را تحت پوشش قرار می‌دهند.
- تونل را می‌توان با در نظر گرفتن تصدیق تمامی قرائت‌ها، پایدار در نظر گرفت. در هر حال نمی‌توان با استفاده از اندازه‌گیری‌های انجام شده، یک حاشیه اطمینان برای شکست (بخصوص ریزش ناگهانی) را بدست آورد مگر این که از برونو یا بی نتایج استفاده شود.

۶ - توصیه‌هایی برای طراحی سازه‌ای پوشش

برای پوشش‌های بتنی ویژگی‌های طراحی زیر پیشنهاد می‌شوند:

(۶) تهیه و تکمیل ادعایه و استناد بیمه (به طور مثال برآورد نشست در مناطق مسکونی).

۵-۲- روش‌های رفتارسنجی

یک برنامه رفتارسنجی تنش‌ها و تغییر شکل‌ها در طول پروسه حفر از مراحل زیر تشکیل شده است (شکل ۸):

(۱) تعیین موقعیت طاق تونل (حداقل یک نقطه در تاج تونل) بایستی هر چه سریع‌تر انجام گیرد. با توجه به تفسیر داده‌ها و شکل (۲) اغلب تنها یک کسر کوچک از جابجایی طاق تونل قابل اندازه‌گیری است. چون بخش بیشتر جابجایی‌ها قبل از امکان نصب بولت‌های مربوط به اندازه‌گیری رخ می‌دهد. می‌توان برای حفر تونل در شرایط سخت فاصله بین دو قرائت متواالی تقریباً ۱۰ تا ۱۵ متری را در نظر گرفت. همچنین تراستهنجی کف تونل در شرایطی که پتانسیل تورم وجود دارد، پیشنهاد می‌شود.

(۲) قرائت همگرایی‌ها (آرایش مثلثی K در شکل ۸) بایستی با یک روش استاندارد انجام شود. این کار به سادگی قابل انجام بوده و دارای دقیق در حدود ۱mm است.

(۳) در تعدادی از مقاطع، می‌توان پوشش نگهداری را با استفاده از سلول‌های اندازه‌گیری تنش تجهیز نمود. این کار با هدف قرائت فشار زمین و نیروهای حلقه‌ای در نگهداری (G و R در شکل ۸) انجام می‌شود.

(۴) اگر بعد از اتمام حفاری تونل، قرائت طولانی مدت لازم تشخیص داده شود، سلول‌های سنجش تنش بایستی در چندین مقطع تونل در پوشش نگهداری (لاینینگ) نهایی نصب شوند.

(۵) تراستهنجی سطح زمین در طول محور تونل برای اندازه‌گیری میزان نشست و بدست آوردن رابطه آن با تغییر شکل داخلی تونل (شکل ۲) انجام می‌شود.

(۶) کشیدگی سنج‌ها، انحراف سنج‌ها و میکرومترهای لغزنده ممکن است در طول تونل نصب شوند تا تغییر شکل‌های زمین به خوبی اندازه‌گیری شوند (شکل ۸). رفتارسنجی تغییر شکل‌های زمین برای بررسی و تفسیر مدل طراحی مناسب هستند. در نهایت نصب سیستم بایستی با قرائت همگرایی و سلول‌های اندازه‌گیری تنش در مقاطع مشابه ترکیب شوند.

فاصله زمانی بین قرائت‌های متواالی به فاصله از سینه کار تونل (جایی که اندازه‌گیری‌ها انجام می‌شود) و به نتایج بستگی دارد. به طور مثال ممکن است در ابتدا ۲ قرائت در روز انجام شود و سپس به ۱ قرائت در هفتة کاهش بافته و در نهایت اگر منحنی زمان-داده، کاهش تعداد قرائت‌ها را تصدیق کند به یک قرائت در ماه کاهش یابد.

۵-۳- تفسیر نتایج رفتارسنجی برجا

نتایج رفتارسنجی برجا باید طبق مراحل حفاری، عملکرد سیستم

انجمن تونل ایران

(۶) برای رسیدن به یک بتن آب‌بند، بایستی تمهیدات خاصی برای اختلاط بتن، جلوگیری از کاهش تنش‌ها و گرادیان حرارتی در زمان نصب و کیفیت نهایی بتن در نظر گرفته شود که دارای اهمیت بیشتری نسبت به محاسبات نظری (تئوریک) است.

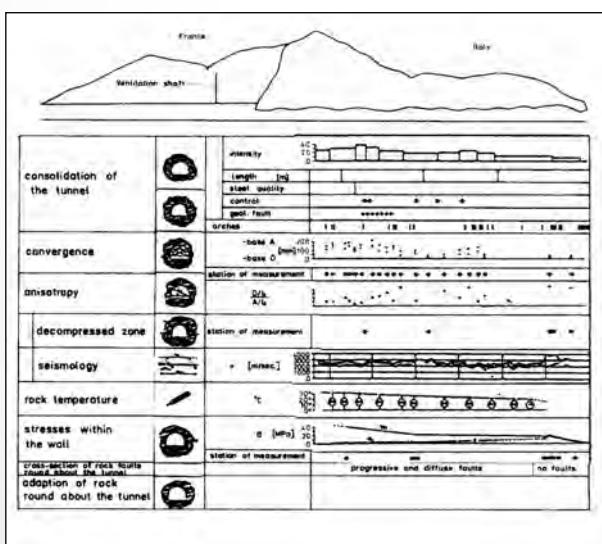
(۷) تاثیر حرارت (تنش‌های کششی) ممکن است به وسیله درزهای حرارتی شود (در فاصله ۵ متری از پرتال) و با اضافه کردن یک صفحه مسلح در بتن می‌توان دما را کاهش داد.

(۸) نگهداری اولیه به صورت بتن پاشی را می‌توان به عنوان تامین پایداری تونل در نظر گرفت (در حالتی که پایداری طولانی مدت بتن پاشی مناسب باشد). تمهیدات لازم برای رسیدن به مقاومت دراز مدت بتن پاشی شامل موارد زیر است:

عدم حضور آب با فشار زیاد، محدود کردن ملحقات اضافی به بتن پاشی (به طور مثال برای تندگیری بتن پاشی) و ممانعت از ورود بتن پاشی به پشت قاب‌های فولادی

۷- مثال‌هایی از ارائه اطلاعات طراحی تونل

شكل‌های ۹ تا ۱۲ مثال‌هایی از اطلاعات جدول‌بندی شده شرایط ژئوتکنیکی و مشخصات طراحی در طول مقاطع مختلف تونل را نشان می‌دهد. این اطلاعات را می‌توان به صورت قسمتی از مدارک مناقصه ارایه کرد و بایستی با پیشرفت حفاری تونل اصلاح شوند. با جمع آوری داده‌های مربوط به شرایط واقعی تونل در جداول مشابه، مقایسه بین شرایط پیش‌بینی شده و واقعی تونل امکان پذیر خواهد بود.



شكل ۹ جدول داده‌های برداشت شده و شرایط برخورد شده در طول یک تونل در فرانسه

(۱) برای بتن ریزی درجا به عنوان پوشش (نگهداری) تونل، ضخامت بتن ریزی بایستی حاصل ۲۵ تا ۳۰ سانتی متر در نظر گرفته شود تا از ایجاد مشکلات حین اجرای بتن ریزی مثل عدم تحکیم و یا خوشاهی شدن بتن جلوگیری شود. حد پایین ضخامت بتن به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

- برای پوشش (نگهداری) غیر مسلح، ۲۰ سانتی متر
- برای پوشش (نگهداری) مسلح، ۲۵ سانتی متر
- برای پوشش (نگهداری) آب بند، ۳۰ سانتی متر

(۲) مسلح کردن بتن برای اجتناب از ایجاد درزه و ترک حتی زمانی که برای کنترل تنش‌ها لازم نیست ممکن است مفید باشد. از طرف دیگر مسلح کردن بتن باعث افزایش مشکلات اجرایی و یا عدم پایداری طولانی مدت بتن به دلیل خوردگی فولاد می‌شود. اگر مسلح کردن بتن در پوشش نگهداری ثانویه با هدف جلوگیری از ایجاد شکستگی و ترک انجام می‌شود، بایستی از یک مش بندی با فاصله نزدیک استفاده شود و سطح مقطع شبکه فولادی به صورت زیر باشد:

- در سطح خارجی، حداقل $1,5 \text{ cm}^3/\text{m}$
- در سطح داخلی، حداقل $2,0 \text{ cm}^3/\text{m}$

(۳) حداقل ضخامت رویه (پوشش) پیشنهادی برای روی مواد مسلح کننده:

- در سطح خارجی اگر از غشا آب بند استفاده شود، ۳ سانتی متر
- در سطح خارجی اگر سیستم با زمین یا آب مستقیماً در تماس باشد، ۵ سانتی متر
- در سطح داخلی تونل، ۴ تا ۵ سانتی متر

- در گف تونل و یا شرایط تمرکز آب، ۵ سانتی متر

برای پوشش (نگهداری) تونل با استفاده از قطعات پیش ساخته (سگمنت) موارد مطرح شده در (۱) و (۲) و (۳) مناسب نیستند. در استفاده از قطعات سگمنت، توجه ویژه‌ای بایستی در جابجایی و نصب برای جلوگیری از وارد آمدن صدمه به سگمنت لحاظ شود.

(۴) آب بندی پوشش در شرایط زیر ضروری است:

- آب با املاح (خورنده) که احتمال خوردگی در فولاد و بتن را افزایش می‌دهد.

- وقتی فشار آب در بالای تاج تونل بیشتر از ۱۵ متر باشد.
- وقتی احتمال انجماد و افزایش حجم آب در طول مسیر تونل و در نزدیکی پرتال تونل وجود داشته باشد.
- وقتی پوشش داخلی باید محافظت شود.

ساخت دو تونل راه بزرگ در شانگهای چین

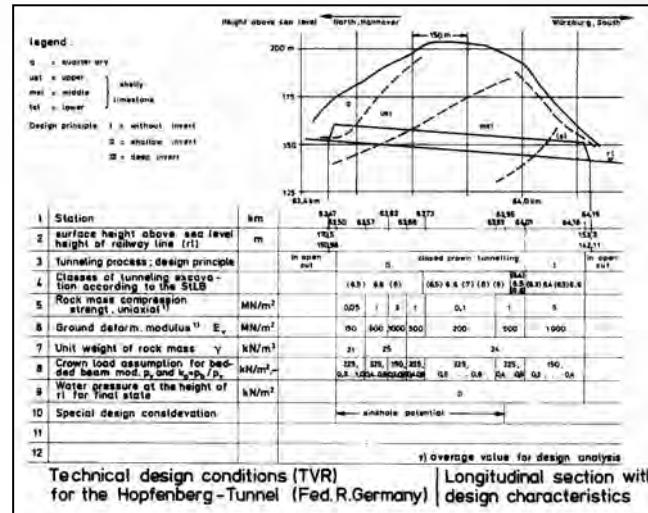


بیش از یک دهه است که شانگهای به یک شهر بزرگ تبدیل گردیده و همواره نیازمند فضاهای بیشتر شهری می باشد.

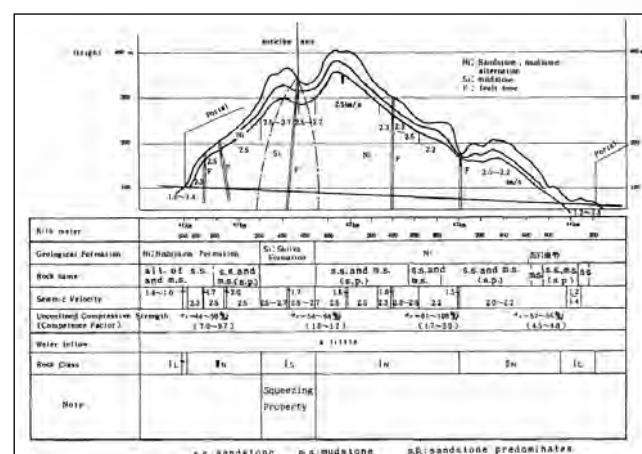
امروزه ۲۰ میلیون نفر در

این شهر بزرگ زندگی می کنند. به زودی دو تونل بزرگ جهت عبور و مرور وسائل نقلیه در نمایشگاه بین المللی ۲۰۱۰ بازگشایی می گردد این تونلها جزیره چانگ زینگ را به شهر پودونگ نزدیکتر نموده و رفت و آمد بیش از ۶۰۰۰۰ نفر از افراد این جزیره را به ناحیه شانگهای تسهیل می نماید. یک بیل از جزیره چانگ زینگ به جزیره بزرگ چانگ مینگ تکمیل کننده این مسیر خواهد بود. هر تونل به طول ۷۴۷۰ متر در دو طبقه آماده خواهد گردید. طبقه بالا جهت عبور و مرور در سه باند و طبقه پایین با فضای مناسب جهت سرویس و اینمی آماده خواهد گردید. از آنجاییکه یانگ تسه یکی از پرترافیک ترین خطوط حمل و نقل آبی در کشور چین می باشد، لذا بسیار مهم است که عملیات ساخت و ساز هیچگونه اختلال ترافیکی برای این مسیر تولید ننماید. به همین دلیل برای حفاری تونل، ماشین های حفاری مکانیزه (TBM) انتخاب گردیده اند.

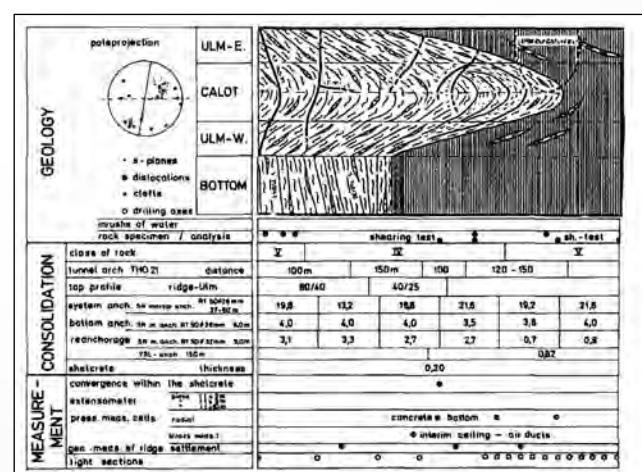
Shanghai Changjiang Tunnel Bridge Construction شرکت Mixshields Development Co.Ltd دو دستگاه ۲۰۰۵ را در بهار ۲۰۰۵ به شرکت هنرنکشت سفارش داد که هر کدام با قطر ۱۵۳۴۰ میلی متر در حال حاضر بزرگترین ماشین در بازار جهانی TBM می باشد. بعد از حمل TBM ها به چین، آنها در محل کارگاه نصب و آماده حفاری گردیدند. حفاری در سپتامبر ۲۰۰۶ در عمق ۲۶ متری شروع گردید. فاصله دو دستگاه TBM از یکدیگر ۲۳ متر (مرکز به مرکز) می باشد. قرار است این دو تونل حداقل تا عمق ۶۵ متری زیر رودخانه یانگ تسه حفاری شوند. در عمق ۴۷ متری از زیر سطح آب فشار ۶,۵ بار به ماشین ها وارد می گردد. به همین دلیل جهت مقابله با ریزش سینه کار تکنولوژی Mixshield انتخاب شد. جهت فراهم آوردن امکاناتی برای تعویض ابزار برشی حتی تحت چنین شرایط سخت، ابزار مذکور با ایجاد فشار یک اتمسفر از پشت کله حفاری قابل دسترسی و تعویض می باشد. انتقال قطعات پیش ساخته بتوی (سگمنت) به داخل هر دو TBM و همچنین انتقال مصالح حفاری شده به بیرون از طریق بندرگاه پودونگ انجام می گردد و در نهایت هر دو ماشین مجموعاً ۷۵۰۰ حلقه بتونی در طی عملیات حفاری تونل نصب خواهند کرد. هر حلقه بتونی که تا ۱۶ تن وزن دارد از کارخانه تولید سگمنت که فقط ۱۵۰۰ متر از کارگاه فاصله دارد توسط وسائل نقلیه مخصوص به کارگاه منتقل می گردد. تقریباً ۲/۷ میلیون متر مکعب مصالح حفاری شده از این دو تونل به خارج منتقل می گردد. بیش از ۱۵۰۰ نفر در این کارگاه بزرگ همواره مشغول کار می باشند. انتظار می رود اولین TBM در پایان سال ۲۰۰۸ به چانگ زینگ برسد.



شکل (۱۰) شرایط پیش بینی شده زمین، کلاس های تونل و مشخصات طراحی در طول یک تونل ریلی در آلمان



شکل (۱۱) شرایط پیش بینی شده زمین در طول مسیر یک تونل در ژاپن



شکل (۱۲) مستند سازی زمین شناسی، کلاس های زمین، نگهداری و اندازه گیری های میدانی در هنگام حفاری یک تونل در استرالیا

فیبرافلکس: نسل جدید الیاف فلزی

ترجمه: دکتر مرتضی قارونی‌نیک، دانشگاه علم و صنعت ایران

۱. سیستم تولیدی با فناوری پیشرفته

فیبرافلکس طی پروسه‌ای از آلیاژ مذاب (آلیاژی از آهن و کروم) بدست می‌آید که طی آن آب سرد توسط چرخی که با سرعت زیاد می‌چرخد روی آن پاشیده شده و محصولی بی‌شکل از فلز پدید می‌آورد که حاصل آن، الیاف درخشان، انعطاف‌پذیر و بصورت نوارهای خیلی نازک می‌باشد.

خصوصیات اصلی و محدوده‌های محصول در جدول زیر داده شده است:

	FF30L6	FF20L6	FF20E0	FF15E0	FF10E0	FF5E0
ضخامت	29 μm	29 μm	24 μm	24 μm	24 μm	24 μm
عرض	1.6mm	1.6mm	1.6mm	1mm	1mm	1mm
طول	30mm	20mm	20mm	15mm	10mm	5mm
میانگین تعداد الیاف در هر کیلوگرم	100000	150000	275000	385000	580000	1100000

2000 Mpa را نشان دهد.

• ضخامت

ضخامت الیاف از طریق اندازه‌گیری، کنترل می‌شود.

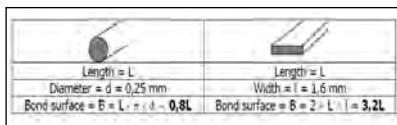
۴. تئوری کلی برای بتن تقویت شده توسط الیاف فلزی:

بتن‌های قدیمی (غیرمسلح با الیاف فلزی) دارای مقاومت فشاری قابل قبول بودند ولی در مقابل بارهای کششی، جوابگو نبودند. این نقص، باعث شد تا بتن‌های مسلح با فولاد، بکار گرفته شوند. اولین مفهوم واقعی بتن مسلح به الیاف فلزی ایجاد یک تسليح همگن می‌باشد. همانند میلگرد های فولادی قدیمی، الیاف هم دارای سطح تماس و طول گیرداری می‌باشند.

۵. فواید تقویت بتن یا ملات بوسیله فیبرافلکس

• سطح تماس

در ادامه یک نمونه از الیاف استوانه‌ای و یک نمونه از فیبرافلکس با هم مقایسه می‌شوند. برای حجم تسليح یکسان، یک رشته فیبرافلکس ۱,۶ mm عرض، ۲۹ μm ضخامت (معادل یک رشته استوانه‌ای با قطر ۰,۲۵ mm) می‌باشد.



$$\begin{aligned} \text{طول} &= L \\ \text{عرض} &= 1,6 \text{ mm} \\ \text{قطر} &= d = 0,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B} &= 2 \times L \times 1 = 3.2L \\ \text{B} &= L \times \Pi \times d \approx 0.8L \end{aligned}$$

فیبرافلکس، توسط سنت گوبن سوا، از زیر مجموعه‌های گروه سنت گوبن، ساخته شده است.

سنت گوبن سوا، دارای گواهینامه کیفیت ISO ۹۰۰۱ به شماره ثبت شده ۱۴۴۵/۱۹۹۳/QUAL به AFAQ n° ۱۹۸۰ می‌باشد.

فیبرافلکس، از الیاف منحصر به فرد و محصولی از آزمایشگاه‌های تحقیق و توسعه شرکت سنت گوبن در سال‌های اولیه دهه ۱۹۸۰ می‌باشد.

۲. خصوصیات فیبرافلکس

- بسیار انعطاف‌پذیر
- بسیار پایدار در برابر خوردگی
- دارای مقاومت کششی بالا
- بسیار نازک

با خاطر همین خصوصیات منحصر به فرد فیبرافلکس، این الیاف کارایی بالایی در تقویت بتن و ملات دارند.

۳. کنترل کیفیت

- انعطاف‌پذیری
- برای هر ۵۰ kg از محصول، یک تست دستی انجام می‌شود. یک رشته را تا ۱۸۰ درجه خم می‌کنند تا بینندگی شکند یا نه.

• مقاومت در برابر خوردگی

همچنین دو تست بخصوص برای هر ۵۰ kg از محصول انجام می‌شود:

- ۱ - قرار دادن الیاف فلزی در یک محلول ۱/۰ نرمال اسید کلرید ریک برای ۲۴ ساعت
- ۲ - قرار دادن الیاف فلزی در یک محلول ۰/۴ نرمال $_3\text{FeCl}_3$ برای ۲۴ ساعت (مطابق با دستورالعمل A-76-G48 آئین نامه ASTM) در این آزمایشات هیچ آسیبی به فیبرافلکس نمی‌رسد در حالی که یک سیم فولاد ضد زنگ شماره ۴۱۶ در همین آزمایشات ۲۶٪ وزنش را از دست می‌دهد.

• مقاومت‌های مکانیکی

یک تست کشش مستقیم بر روی محصول باید مقاومتی حدود

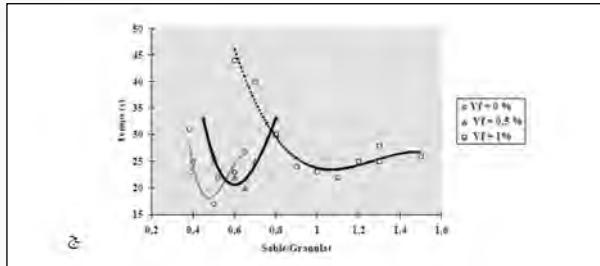
انجمن تولن ایران

(granulometric gradation) و برخی شیوه‌های آزمایشگاهی، وجود دارد. اساس این روش‌ها، مطالعه و دستیابی به بهترین توزیع دانه‌بندی سنگدانه‌ها جهت دستیابی به بهترین تراکم می‌باشد.

در فرانسه، مرسوم‌ترین شیوه، روشی است به نام "بارون - لریچ" که معتقد است: برای مقادیر آب و سیمان ثابت، قابل استفاده‌ترین بتن، متراکم‌ترین بتن است.

برای بتن مسلح به الیاف فلزی به ویژه فیبرافلکس، یک روش توسعه یافته بکار می‌رود. برای میزان ثابت آب، سیمان، فوق روان کننده‌ها و الیاف هدف رسیدن به کاربردی‌ترین بتن می‌باشد.

زمان جاری شدن بوسیله روش LCL اندازه‌گیری می‌شود. مثالی از نتایج بدست آمده در شکل ۱ نشان داده شده است. (مقدار الیاف بصورت % حجم آورده شده است).



شکل ۱. مثالی از نتیجه روش بارون - لریچ

وقتی نسبت شن به سنگدانه به دست آمد، کارپذیری دلخواه با تغییر در خمیر سیمان (نسبت W/C) یا تغییر در میزان فوق روان کننده‌ها، بدست می‌آید.

۷. روش کار

در روش کار فیبرافلکس‌های قدیمی ($Vf < 50 \text{ kg/m}^3$), الیاف در میکسر، با سنگدانه‌ها (شن و سیمان و...) مخلوط شده، و پس از یک پیش اختلاط این مواد بدون آب، فوق روان کننده‌ها و آب افزوده می‌شوند. ولی برای میزان بالاتر الیاف ($Vf > 50 \text{ kg/m}^3$) در راستای کاهش اصطکاک تجهیزات، بهتر است مواد بدون آب را با آب مخلوط کرده و بعد رشته‌ها را به این مخلوط آب دار اضافه کنیم.

۸. خصوصیات ملات‌های پایه سیمانی مسلح به فیبرافلکس

• **دوام فیبرافلکس در ملات**
فیبرافلکس‌ها در یک ملات سیمانی (در دمای 80°C) برای یک آزمایش بلند مدت، دفن می‌شوند. مقاومت کششی تغییری نمی‌کند و بعد از یک ماه، مقاومت اندکی بیشتر از مقاومت الیاف اولیه می‌شود.

• مقاومت کشش مستقیم

در نمونه گرفته شده یکی از مزایای بتن مسلح به الیاف فلزی، مقاوم کردن بتن پس از ایجاد ترک می‌باشد. رفتار کشش مستقیم چنین

گونه قدیمی الیاف فولادی قطر 5 mm داشتند. برای دستیابی به چنین حجم تسليح، باید از چهار رشتہ فیبرافلکس استفاده کنیم. عبارت دیگر، در این صورت، سطح تماس ۸ برابر می‌شود. این خصوصیت برای رسیدن به بهترین کنترل ترک، بسیار اهمیت دارد.

• انعطاف پذیری

خصوصیات یک محصول، از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است. یکی از مهم‌ترین پارامترها، راحتی استفاده و قابلیت بکارگیری خوب آن می‌باشد.

انعطاف خوب فیبرافلکس، مخلوط کردن ملات تقویت شده را ساده می‌کند به گونه‌ای که هیچ صدمه و یا خطری در لحظه گیر کردن تجهیزات و وسایل را تهدید نمی‌کند.

اگر تقاضا برای استفاده ملات بصورت اسپری کردن باشد، انعطاف‌پذیری آن اجازه پمپ نمودن و اسپری کردن ملات حتی با یک ماشین استاندارد را می‌دهد (نوع حلزونی یا پیستونی). پمپ کردن می‌تواند با لوله‌های ۳۵ و ۵۰ میلی‌متری تا حدود ۵۰ متر صورت گیرد.

در مقایسه با سختی الیاف فولادی قدیمی، انعطاف‌پذیری به دلیل دیگری نیز دارای اهمیت است، حمل فیبرافلکس نیز برای افراد خطناک نیست و سلامت و ایمنی آنها تضمین است.

• مقاومت مکانیکی

مقاومت کششی فیبرافلکس، این امکان را فراهم می‌کند که جایگزین یک شبکه سیمی قدیمی شود. این نتیجه، به میزان الیاف مورد استفاده، بستگی دارد.

این مقاومت مکانیکی، صرفه جویی در زمان و هزینه را در پی دارد. که در کارگاه پروژه یک نقطه قوت به حساب می‌آید.

• مقاومت در برابر خوردگی

این امر پذیرفته شده که دشم بتن مسلح به شبکه فولادی، خوردگی است. این باعث صدمات بزرگ و خطروناکی می‌شود.

مقاومت در برابر خوردگی یک نقطه قوت مهم است، علی‌الخصوص در شرایطی نظیر کنار دریا و شبکه فاضلاب و... دوام سازه را تضمین می‌کند و منفعتی بزرگ در کارگاه پروژه محسوب می‌شود.

در شرایطی که زیبایی سازه مهم باشد، تضمین عدم وجود علائم خوردگی اصلًا قبل چشم پوشی نیست.

• نازکی

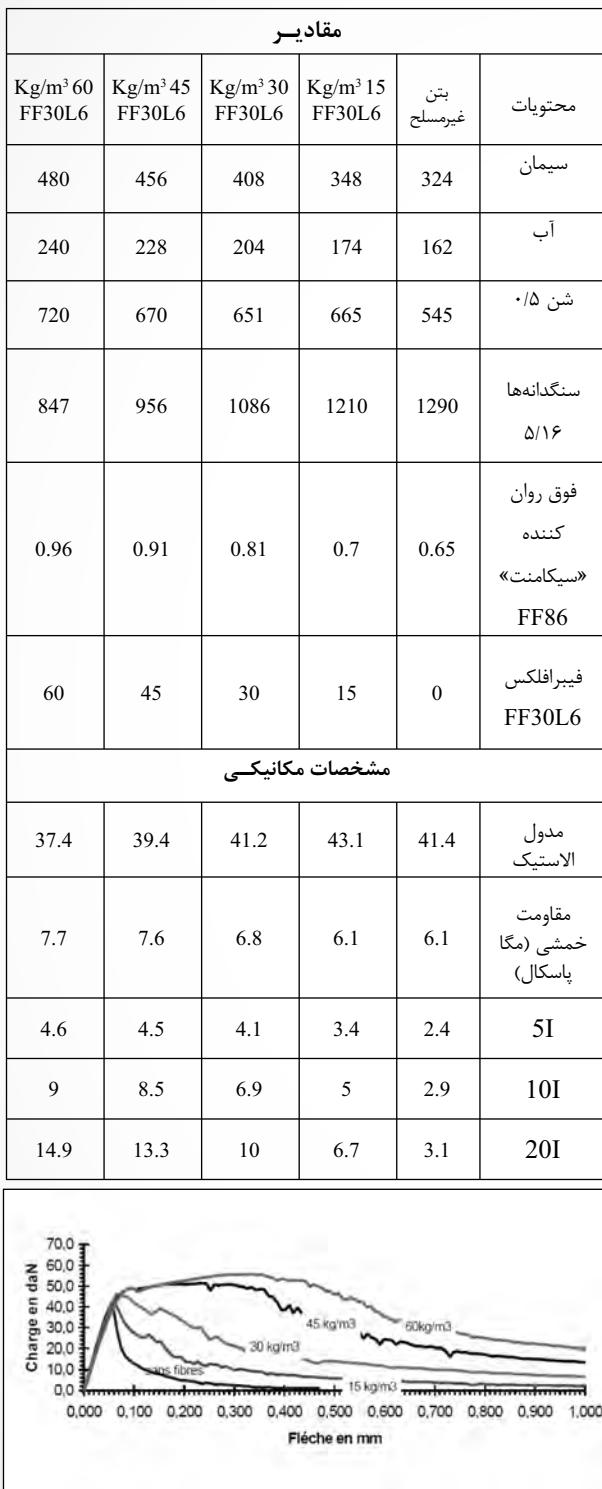
در مورد فیبرافلکس، تعداد رشتہ‌های هر کیلو، بسیار بالاست (جدول ۱). نازکی رشتہ‌های فیبرافلکس در کنار راحتی مخلوط کردن و مقاومت مکانیکی، یک تسليح همگن، بهم پیوسته و محکم را فراهم می‌کند.

۶. چگونه یک بتن مسلح به فیبرافلکس را فرموله کنیم؟

در مورد بتن‌های غیرمسلح، چند روش گرافیکی بر اساس دانه‌بندی

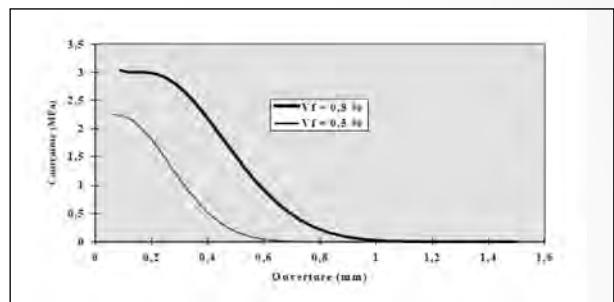
انجمن تولن ایران

بتن ۲۸ روزه با مقاومت فشاری حدود ۳۵ MPa

شکل ۳: نتایج آزمایش خمشی سه نقطه‌ای بر روی C35
بتن با کارایی بالا

موادی به مقدار و شکل الیاف بستگی دارد.

به عبارت دیگر این رفتار مکانیکی بستگی به مکانیسم مهاربندی هر رشتة و تعداد الیاف در مقطع ترک خورده دارد. برای فیبرافلکس، سطح ویژه بالا، از سرخوردگی الیاف در موقع ظهور ترک، الیاف فوراً تحت کشش قرار گرفته و مانع از بازشدگی می‌شوند. وقتی کرنش خیلی شدید باشد، الیاف بریده می‌شوند. این مکانیسم توسط منحنی شکل ۲ نشان داده می‌شود.



شکل ۲: منحنی (مقاومت- بازشدگی ترک) در آزمایش کشش مستقیم در یک بتن مسلح به فیبرافلکس

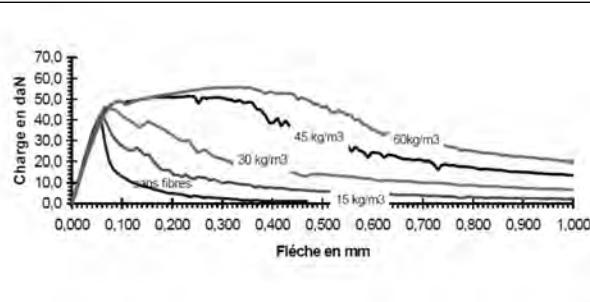
مشخصه مهم این رفتار، مقاومت بالای بعد از پیک برای بازشدگی ترک بین صفر تا ۰/۲ میلی‌متر است. پس از آن مقاومت به سرعت کاهش می‌یابد. فیبرافلکس از ایجاد ترک‌های بزرگ جلوگیری می‌کند، که این خود امری مهم در به تأخیر انداختن یا جلوگیری از بازشدگی ترک‌های بزرگ‌تر از حد مجاز می‌باشد. برخلاف آزمایش خمشی، آزمایش کشش مستقیم، وابستگی سازه‌ای ندارد بلکه رفتار اصلی و حقیقی را مشخص می‌کند.

گروه قدیمی AFREM در بحث بتن مسلح به الیاف فلزی، حد مجاز بازشدگی ترک‌ها را بین ۰ تا ۰/۳ میلی‌متر پیشنهاد داده است. یک ترک جدی و عمیق در ابتدا تولید تنش‌های زیادی در مرز بین سطح تعمیر با سطح ترک می‌کند که امکان تولید جدایش غیرقابل برگشتی را می‌نماید که این خود باعث خسارات آتی می‌شود. جلوگیری از ترک خوردن در ابتدای کار (باز شدگی و طول آن) برای دوام سازه تعمیر شده امری ضروری می‌باشد.

● مقاومت خمشی

آزمایش خمشی بارگذاری سه نقطه‌ای

طبق ASTM C 1018، این آزمایش، روشی برای تعیین مشخصه‌های سختی می‌باشد و توانایی نمونه برای تحمل یک تغییر شکل ثابت، را بیان می‌کند. این رفتار، همچنین به نوع و مقدار الیاف هم بستگی دارد. در زیر برخی از نتایج برای مواد مختلف آورده شده است:



مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

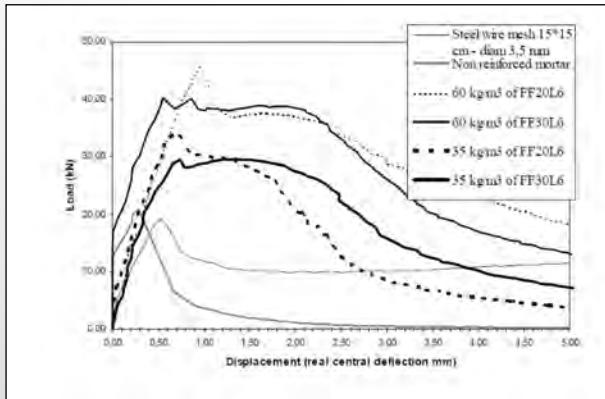
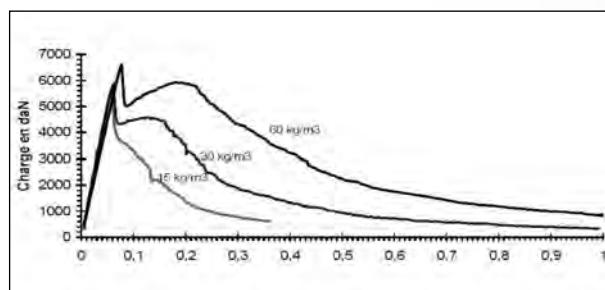
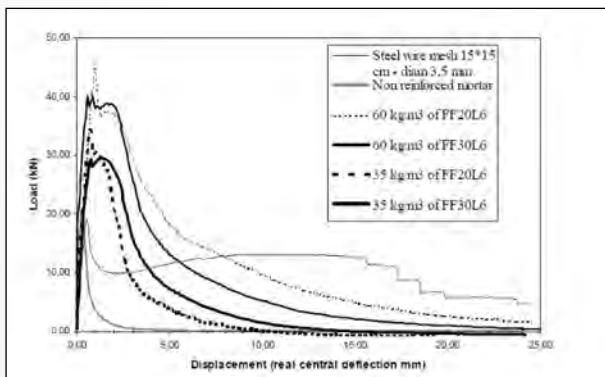
مواد آزمایش شده	
فیبرافلکس	مقدار (کیلوگرم بر مترمکعب)
FF30L6	۳۵
FF20L6	
FF30L6	۶۰
FF20L6	
—	غیر مسلح
—	شبکه سیمی ۱۵*۱۵ سانتی‌متر

E(25mm) Joules	(Lmax) E Joules	Lmax (.KN)	ضخامت (mm)	ضخامت مبنا	الیاف	مقدار(کیلوگرم) بر مترمکعب)
106	25.1	31	45.1	198C5	FF30L6	۳۵
75	37	29.3	45.5	198F5	FF20L6	
100	23.6	34.5	45	198B5	FF30L6	
67	25.2	33.9	46	198H5	FF20L6	
201	28.9	39.8	45.2	198A5	FF30L6	
215	29.3	37.6	45.2	198G5	FF30L6	
259	34	45.6	45.5	198D5	FF20L6	
244	30.1	39.8	45.5	198E5	FF30L6	
6	10.4	19.2	42.4	202A3	—	
9	11.6	20.6	41.4	202A4	—	غیر مسلح
286	9.5	18.4	ND	202B3	—	
269	9.9	19.1	41.2	202B4	—	شبکه سیمی فولادی

Kg/m ³ 60 FF30L6	Kg/m ³ 30 FF30L6	Kg/m ³ 15 FF30L6	بتن غیر مسلح	محتویات
436	382	334	300	سیمان
43.6	38.2	33.4	30	فوم سیلیکا
153.5	134.3	117.5	105.5	آب
1034	822	757	697	۰/۳ شن
766	1096	1260	1395	۶/۱۰ سنگدانه‌ها
13.1	11.5	10	9	فوق روان کننده FF86 «سیکامنت»
60	30	15	0	فیبرافلکس FF30L6

مشخصات مکانیکی

46.7	50.6	52.3	53.9	مدول الاستیک
9.2	8.4	7.5	6.6	مقاومت خمی (مگاپاسکال)
4.5	4.1	3.2	0	۵I
8	6.8	4.1	0	۱۰I
11.2	6.9	4.4	0	۲۰I

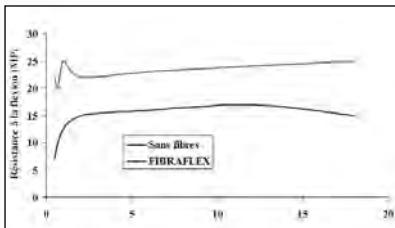


شکل ۵: نتایج آزمایش خمی مرکزی روی صفحات اسپری شده

شکل ۴: نتایج آزمایش خمی سه نقطه‌ای بر روی ۶۰x60x4cm آزمایش مرکزی بر روی صفحات اسپری شده ملات اصلی آزمایش، مصالح خشک بسته‌بندی شده برای اسپری کردن مرتبط بنام Motex repair vm212 می‌باشد، این آزمایش‌ها، امکان مقایسه چندین نوع تسليح را ممکن می‌سازد.
- یک شبکه سیمی فولادی ۱۵x15cm با سیم‌های به قطر ۳/۵ میلی‌متر که در وسط صفحه بسته جای گرفته است.
- الیاف به شکل فولادی انعطاف‌پذیر فیبرافلکس دو نوع الیاف، مورد بررسی قرار گرفته (هر دو با عرض ۱/۶ میلی‌متر و طولهای ۲۰ و ۳۰ میلی‌متر) که هر یک با دو مقدار ۳۵ و ۶۰ کیلوگرم در مترمکعب) بررسی شدند.
این ملات‌های مسلح، همچنین با یک ملات غیر مسلح اسپری شده،

انجمن تولی ایران

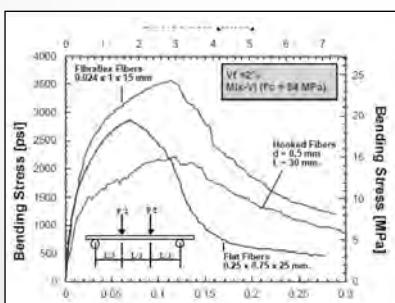
در مورد قطعات نمونه بدون الیاف، مقاومت خمشی، بخاطر قرار گرفتن در آب گرم افزایش می‌یابد. ولی بعد از یک سال، مقاومت خمشی کاهش می‌یابد. در حالیکه این کاهش با استفاده از فیبرافلکس دیده نمی‌شود و افزایش بعد از یکسال ادامه می‌یابد (شکل ۱۰). بعد از یکسال قرار داشتن در محلول نمک مشاهده می‌شود، نمونه‌های حاوی فیبرافلکس در برابر حمله یونهای کلر پایداری زیادی از خود نشان می‌دهد در حالیکه یک لایه زنگزدگی بر روی نمونه‌های حاوی الیاف فلزی به وجود می‌آید.



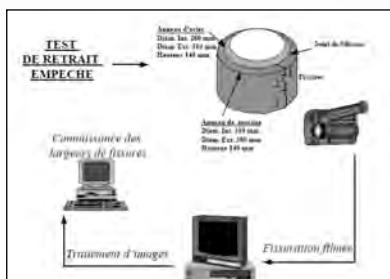
شکل ۱۰: مقایسه تغییرات مقاومت خمشی نمونه بدون الیاف و نمونه فیبرافلکس

۹. مقایسه فیبرافلکس با سایر الیاف فلزی
هیچکس نمی‌تواند بگوید که یک نوع الیاف از انواع دیگر بهتر است. در حقیقت بستگی به این دارد که چه انتظاری از الیاف داشته باشیم، زیرا تمام الیاف مورد استفاده جهت تسلیح بتن بر طبق مکانیزم واحدی رفتار نمی‌نمایند.

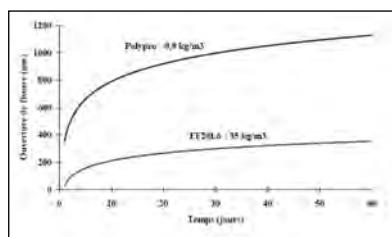
فیبرافلکس در زمینه بازشدگی ترک‌های ریز کارایی فوق العاده دارد و مقاومت ماکریزم بالاتری را تأمین می‌نماید (شکل ۱۱). این رفتار، مخصوصاً برای تعمیر پوشش‌های نازک بسیار جالب است.



شکل ۱۱: آزمایش خمش چهار نقطه‌ای - مقایسه‌های میان الیاف مختلف با درصد الیاف یکسان - مقاومت فشاری ماتریس نمونه‌ها معادل ۸۴ مگا پاسکال است.



شکل ۷: نحوه نمایش ترک‌های حلقه ملات توسط دستگاه



شکل ۸: تفاوت توزیع ترک‌ها

۱۰. مقاومت در برابر ترک خورده‌گی
در بتنهای قدیمی (بدون الیاف)، همواره یک ترک عمده بعد از آزمایش خمشی روی می‌دهد. ولی در مورد بتن مسلح به الیاف فلزی، یک سری ترک‌خورده‌گی‌های توزیع یافته در سطح مشاهده می‌شود. در مورد بتن مسلح به فیبرافلکس این ترک‌ها به تعداد زیادی ترک ریز تبدیل می‌شود که بخاطر رفتار کشش مستقیم این مصالح می‌باشد. (شکل ۶).

این آزمایش، کارایی فیبرافلکس را در مقایسه با یک شبکه سیمی برای سازه‌هایی به ضخامت ۴ تا ۵ سانتی‌متر نشان می‌دهد. موارد زیر به وضوح دیده می‌شود:

- اثر تسليح همگن (در تمام ضخامت و در تمام جهات): مقاومت در شروع ترک خورده‌گی به مقدار زیادی افزایش می‌یابد.

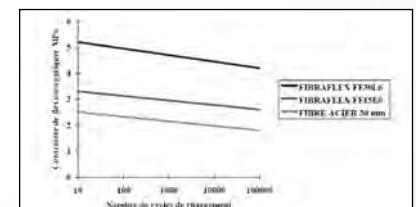
- اثر پیوستگی بالای الیاف:

خمش بین صفر و ۳ میلی‌متر (که کرنش بالایی برای ضخامت ۴ سانتی‌متر می‌باشد) مقاومت پسماند (بعد از شروع ترک خورده‌گی) نیز بالاست. لذا بار دیگر کارایی بالای این الیاف برای لایه‌های نازک مشاهده می‌شود.

• آزمایش خستگی (بارگذاری دینامیکی)

بدلیل توزیع عالی الیاف فیبرافلکس در متن بتن، (تعداد بالا در هر کیلوگرم) این الیاف به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد ملات مسلح به الیاف را نسبت به الیاف فولادی قدیمی، افزایش می‌دهد. (شکل ۶).

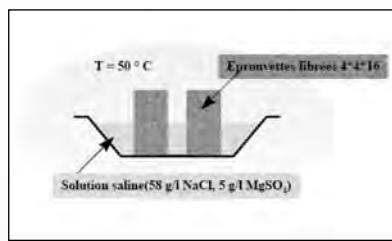
مقادیر الیاف، حدود ۱۰% حجم بتن است. نمونه ۱۰*۱۰*۱۲۰ سانتی‌متر مکعب تحت آزمایش خمشی سه نقطه‌ای قرار گرفته است.



شکل ۶: برگرفته از (1992). Debicki, G «رفتار بتن مسلح به الیاف فلزی تحت بارگذاری متناوب»

• توزیع ترک‌های مویی

ترک‌های مویی به خاطر سطح تماس بالای فیبرافلکس، کاهش می‌یابند. (سطح تماس حدود ۱۰ مترمربع بر کیلوگرم می‌باشد). دستگاه زیر، تمام ترک‌های حلقه ملات نمونه را نشان می‌دهد. این ترک‌ها به جمع شدن ملات نسبت داده می‌شود.

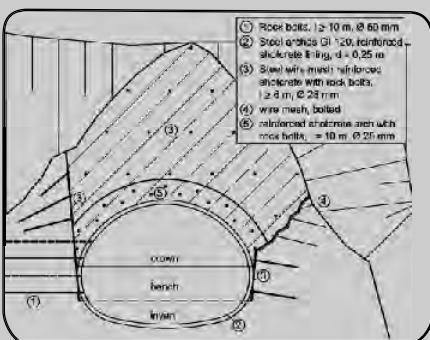


شکل ۹: نمونه‌های تحت آزمایش زوال در محیط دریابی

حفاری پرتاب تونل ها



نیاز به اضافه حفاری و تاخیر در اجرای پروژه شود. در موارد حاد این مشکلات موجب نیاز به جایه جایی پرتاب تونل می شود. راهکارهای مختلفی را می توان برای مقابله با مشکلات مذکور به کار گرفت. یکی از روش های متداول استفاده از پیش تزريق می باشد که می تواند به دهانه گیری و حفاری سریع تر کمک نماید.



در این رابطه و در راستای اهداف نشریه از صاحب نظران و کارشناسان دعوت می گردد که تجربیات و نقطه نظرات خود را در مورد موضوع فوق به دبیرخانه انجمن تونل ایران ارسال فرمایند، تا این اطلاعات ارزنده از طریق نشریه تونل در اختیار دست اندکاران صنعت تونل ایران و علاقمندان این رشته قرار گیرد.

همانگونه که در سر مقاله این شماره مطرح شد، نقطه آغازین تونل و حفاری پرتاب یکی موضوعات حساسی که در تونل سازی مطرح است. پرتاب تونل موقعیتی است که حفاری از طریق آن شروع می شود و به دلیل اینکه پیش نیاز شروع حفاری در زیرزمین می باشد، از اهمیت زیادی برخوردار است. برای ایجاد پرتاب باید موارد متعددی از جمله جنس زمین و وضعیت زمین شناسی، طرح هندسی، طرح پایداری، دوام (از لحاظ موقت یا دائم بودن پرتاب) و نحوه اجرا در نظر گرفته شوند.

دیدگاهها و روش های مختلفی برای حفاری پرتاب تونل ها وجود دارد. یکی از روش هایی که در کشور ما، به خصوص در مورد تونل های راه و راه آهن متداول است، احداث ترانشه در دهانه ورودی و ایجاد یک پرتاب با روباره ای معادل دو برابر دهانه تونل می باشد. هدف از احداث این ترانشه علاوه بر کاهش هزینه پیشروی (با توجه به تفاوت هزینه عملیات خاکبرداری رویا و زیرزمینی)، ایجاد یک جبهه کار آماده برای حفاری است. ولی در مواردی که توجه کافی در این خصوص نشود، مشکلاتی از جمله نایایداری های ناشی از تغییر ساختار طبیعی سنگ یا خاک منطقه بروز می نماید که می تواند منجر به کاهش پایداری، رسوب،

۱۰. دوام و باقیماندن بر جا بعد از ۱۰ سال

سرویس

در سال ۱۹۹۷، فاضلابهای شهرهای نانسی و بوردو که با ملات مسلح به فیبرافلکس در سال ۱۹۸۷ تعمیر گردیده بود، بازرسی گردید. مشاهده شد این تعمیرات ۱۰ ساله، در شرایط

عالی قرار دارد:

- بدون خوردگی الیاف
- بدون ترک
- بدون صدمه

۱۱. کاربردهای اصلی

• مصالحی برای تثبیت و مهاربندی

این مصالح توسط سازندگانی نظیر و برو V.P.I., (PROCOMASS (بنام (VICALPES&FIBRAFLEX (بنام SUPERFIX F35) تولید ارگلیت (بنام (ترک خوردگی و مسلح می شوند. این مواد ملات هایی زودگیر و مسلح به فیبرافلکس هستند. بیشترین تقاضای این محصولات برای تعمیرات مسیرهای شهری است، چرا که اجازه عبور ترافیک بعد از خطر ساعت را می دهد، آن هم بدون ترس از خطر ترک خوردگی و شکست روسازی بتنه.

• ملات های تعمیری

در محل کارگاه پروژه تونل ها و گالری های متعددی، حفر و یا بازسازی شده اند که این امر توسط شاتکریت مسلح به فیبرافلکس صورت گرفته است. (کارفرما کمیسیون انرژی فرانسه)

منبع:

Fibraflex: the new generation of metallic fibres - Technical Guide 2005, saint-Gobain Seva, France.
www.fibraflex.com

تاریخچه تکامل روش‌های طراحی و محاسبه نگهداری فضاهای زیرزمینی براساس منابع روسی

رضا رحمان نژاد - استادیار بخش مهندسی معدن - دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده: تعیین مقاومت و تحلیل پایداری نگهداری تولن‌ها بیش از یک قرن مورد توجه مهندسین توپولوژی است. در ابتداء تلاش‌های زیادی برای بکارگیری روش‌های متداول در طراحی و محاسبه سازه‌های عمرانی که در سطح اجراء می‌شدند، برای محاسبه اینیه زیرزمینی انجام شد. با افزایش تجربیات مهندسین، امتحان تئوریهای جدید و آنالیز مشاهدات صحرایی معایب این روش‌های ابتدایی هویدا و متعاقب آن تحولات شگرفی در نگرش به مسئله طراحی و محاسبه سازه‌های زیرزمینی ایجاد گردید. این پیشرفتها شامل محاسبه بار ناشی از عکس العمل توده سنگ در برابر تغییر شکل نگهداری، روش‌های تعیین مقدار بار و توزیع آن، روش‌های ارائه شده برای تحلیل نگهداری‌های از نوع درجا و یا پیش ساخته، تصحیح روش‌های تحلیل سازه سنتی که طی آن اجزاء نگهداری بهطور جداگانه محاسبه می‌شدند و امکان محاسبه همزمان اجزاء نگهداری (تاج، دیوارهای و کف) می‌شود. در این مقاله مراحل تکامل روش‌های تحلیل سازه (بعنوان اولین روش‌های بکار برده شده) برای طراحی و محاسبه سازه‌های زیرزمینی شرح داده می‌شود.

شده در این کشور و اجراء تعداد قابل توجه سازه‌های زیرزمینی در شرایط دشوار روسیه چنین دیدگاهی منطقی بنظر می‌رسد.

تاریخچه تکامل تئوری طراحی و محاسبه سازه‌های زیرزمینی

گرچه پیش از دیرباز بر اساس اصول و قوانین ابتدایی تجربی اقدام به ساخت تولن می‌کرده ولی روش‌های بنیادی محاسبه نگهداری تولن‌ها تنها از حدود یک قرن پیش بطور جدی ارائه و روند تکاملی خود را آغاز نمود. در نخستین مراحل مهندسین با بکارگیری روش‌های رایج در تحلیل سازه‌های عمرانی (ساخته شده در سطح زمین) اقدام به محاسبه اجزاء سازه زیرزمینی نمودند. اما با افزایش تجربه خود بی‌برندگی تئوری‌ها و روش‌های محاسباتی ابداع

برای محاسبه و تخمین فشار روی نگهداری بوده است [۱، ۵].

هدف از انجام این تحقیق، پژوهشی بر روند شکل‌گیری و مراحل تکامل علم طراحی و محاسبه حفریات زیرزمینی می‌باشد. بعلت وجود انبوه تئوری‌ها و روش‌های محاسباتی نگهداری فضاهای زیرزمینی در این مقاله فقط آنهایی که بنظر نگارنده تأثیر بیشتری بر روند تکوین و تکامل این علم داشته‌اند، مورد بحث قرار گرفته‌اند.

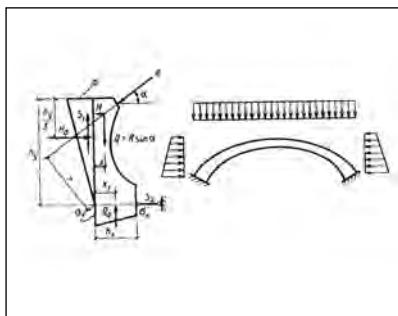
علاوه‌با بر منابع در دسترس، تأکید بیشتر بر کارهای تئوریها و روش‌های ابداعی دانشمندان روسیه بوده است. البته با توجه به سهم قابل توجه محققین روس در پیشبرد علم تحلیل سازه‌ها و حجم فراوان کارهای تحقیقاتی و تعداد چشمگیر تئوری‌ها و روش‌های محاسباتی ابداع

مقدمه

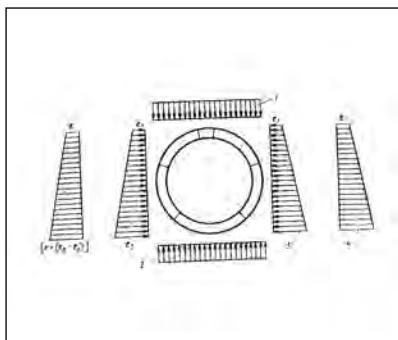
بشر از دیرباز به حفاری زمین و ایجاد فضاهای زیرزمینی در آن برای نیل به اهداف مختلف می‌پرداخته است. نمونه‌های آنرا می‌توان در حفریات مسکونی، معدنی، قنوات باستان و غیره و در ایران و بسیاری از نقاط جهان یافت.

گرچه در ابتداء ایجاد حفریات زیرزمینی یک کار شاق فیزیکی به‌شمار می‌رفت که تنها تجربه محض راهگشای حفار بود ولی با پیشرفت دانش بشر، گوهر علم آمیخته با کار فیزیکی گشت و ساخت تولن و دیگر فضاهای زیرزمینی به یک فن و هنر تبدیل گشت.

با بررسی مدارک تاریخی می‌توان تولن‌هایی با قدمت بیش از یک قرن را یافت که پیش زمینه ساخت آنها با بکارگیری روش‌های تحلیل سازه‌ها و کاربرد تئوری‌های موجود آن زمان



شکل ۳- مدل محاسباتی رازانف با اعمال بار پاسیو در تمام ارتفاع دیواره نگهداری



شکل ۴- بارهای فعال و غیرفعال اعمال شده به تونل دایروی مطابق مدل Khiuita

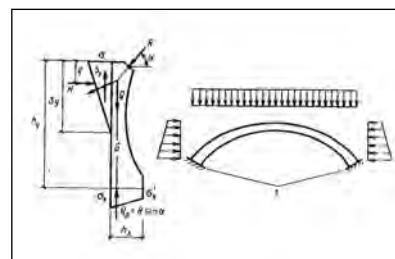
۱- فشار قائم، ۲- فشار از سمت کف، ۳- جهت تعادل سیستم ۴- منحنی بار عکس العمل توده سنگ

• برای اولین بار پروفسور C.C.Davidov (۱۹۳۴-۱۹۳۵) روش محاسبه نگهداری سازه‌های زیرزمینی بعنوان سیستم نامعین استاتیکی را بصورت یکپارچه (غیر منفصل) مطابق شکل ۵ پیشنهاد داد. فرض اساسی در روش محاسباتی داویدوف روس در نظر گرفتن رابطه خطی بین بار و نشست (قانون فوس - وینکلر یا $\sigma = ku$) در سیستم محیط خاکی - نگهداری بود. وی مسئله را برای حالات مختلف جنس لایه‌های خاک حل نمود [۱، ۶].

• در مرحله سوم، در نیمه اول قرن بیستم کارهای جدیدی توسط O.Kommerelia [۲] و K.Hiuita و C.N.Razanova [۲] ارائه شد که موضوع جدید در آنها احتساب نیروی غیرفعال (پاسیو) محیط خاکی اطراف تونل عنوان یک عامل مثبت در رفتار نگهداری بود.

اجزاء نگهداری تونل یعنی تاج و دیواره بطور مجزا و بدون احتساب جابجایی مشترک آنها محاسبه می‌گردید. اتو کامارل پیشنهاد کرد که دیواره تونل را بصورت یک دیسک صلب و عکس العمل پاسیو توده سنگ دربرگیرنده تونل را بشکل باری با توزیع بار مثلثی که در انتهای فوقانی دیوار اعمال می‌گردد، در نظر گرفت (شکل ۲). بعداً پروفسور رازانف راه حل پیشنهادی را با اعمال نیروی $2S$ به پاشنه نگهداری (بر اساس فقدان جابجایی افقی پاشنه تاج) تصحیح نمود. در راه حل وی دیواره صلب و منحنی نیروی پاسیو با توزیع مثلثی در ارتفاع دیوار اعمال می‌شد (شکل ۳).

در شکل ۴ نیز مدل پیشنهادی هیوایتای (Hiuita) (ژاپنی برای محاسبه نگهداری تونل‌های دایروی نشان داده شده است. لازم ذکر است که مدل‌های پیشنهادی این سه نفر نمی‌توانست مقادیر نیروی غیرفعال را بخوبی تخمین بزند و در نتیجه کاربرد آنها نتایج خوبی بدنال نداشت.

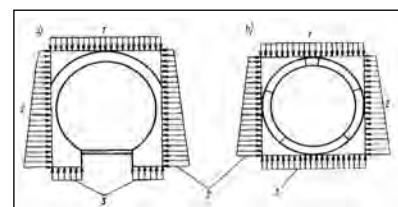


شکل ۲- مدل محاسباتی تاج و دیوار نگهداری تونل: ۱- تکیه گاه صلب

تماس انها با محیط مجھول و نامعینی مثل توده سنگ با تکنیک‌های معمولی امکان پذیر نیست و متعاقب آن روند پیشرفت علم محاسبه سازه‌های زیرزمینی شروع شد.

بطور خلاصه در تاریخچه تئوری محاسبه سازه‌های مهندسی درون محیط‌های سنگی و خاکی می‌توان مراحل زیر را برشموده [۱]:

• اگر کارهای غیر مرکز و پراکنده ارائه شده تا سال ۱۸۸۱ را نخستین گام در پیشرفت علم محاسبه سازه‌های زیرزمینی دانست، دومین مرحله شکل‌گیری علم محاسبه سازه‌های زیرزمینی سال‌های ۱۸۸۱ تا ۱۹۱۲ را شامل می‌شود. در سال ۱۸۸۱ KH.C.Galovin مقاله‌ای را چاپ کرد که در آن برای اولین بار راه حل دقیق مسئله تحلیل تیر حلقوی ارجاعی [۲] را ارائه کرد. در این مرحله اثر محیط خارجی (توده سنگ) تنها بصورت بار مرده روی نگهداری از نوع درجا (شکل ۱- a) یا پیش ساخته (شکل ۱- b) در نظر گرفته می‌شد.



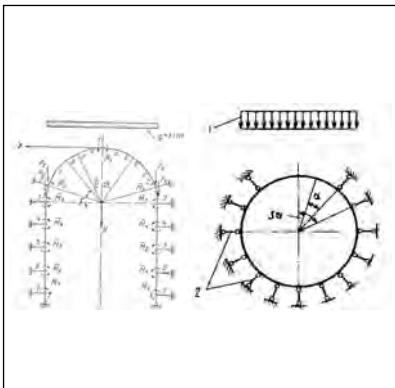
شکل ۱- بار روی سازه‌های زیرزمینی: a- نگهداری درجا، b- نگهداری پیش ساخته، ۱- فشار عمودی، ۲- فشار افقی، ۳- فشار از جانب کف برای تعادل فشار عمودی

در محاسبات از احتساب بار غیرفعال ناشی از عکس‌العمل توده سنگ صرف‌نظر و فقط وزن روباره (بار فعال) را در نظر می‌گرفتند. این روش توسط L.F.Nickolay در سال ۱۸۸۶ برای ساخت تونل Suramsk در روسیه بکار برده شد.

انجمن تونل ایران

در معادله فوس - وینکلر) بود که بطور اشتباه بعنوان ثابت توده سنگ در نظر گرفته می شد. علاوه خصوصیات مختلف توده سنگ (سطوح ناپیوستگی، خواص آنیزوتروپی، تغییر خواص مقاومتی) نادیده و برای توده سنگ محیط معادلی در نظر می گرفتند [۱۱].

در سال ۱۹۶۹ پروفسور N.N.Shaposhnov با بکارگیری روش اجزاء محدود در تحلیل تنش- جابجایی در روش متروگیپروترانس، موفق به ساخت برنامه جامع محاسبه نگهداری سازه های زیرزمینی گردید. وی توده سنگ را با تغییری در مدل فوس - وینکلر یعنی با در نظر گرفتن دو ضریب عکس العمل برای توده سنگ مدل نمود [۱۳]. مدل وی جواب های سیار دقیقی را ارائه می کرد.



- هیدروتکنیک نیروگاه برق آبی، انتشارات گاس انرژی، ۱۹۶۲، ۷۱۴ صفحه.
- ۴ - و.گ. خراپف، ی.ا. دمشقو، س.ن. ناومف، مترو و تونل، انتشارات ترانسپورت، ۱۹۹۹، ۳۸۰ صفحه.
- ۵ - و.پ. والکف، انتشارات ترانسپورت، ۱۹۷۰، ۴۰۸ صفحه
- ۶ - م.م. ارخانگلسک، محاسبه نگهداری تونل، انتشارات راه آهن، ۱۹۶۰، ۳۴۲ صفحه.
- ۷ - و.م. ماستکوف، ن.و. دیمیتریف، یو.پ. رحمانینف، طراحی و ساخت حفریات بزرگ مقطع، انتشارات ندرا، ۱۹۹۳، ۳۱۵ صفحه.
- ۸ - میثم رجبی، طراحی نرم افزار METSUP برای تونل های دایروی، پروژه کارشناسی ۱۳۸۴.
- ۹ - علی رضا کارگر، تهیه نرم افزار مترو گیپرتوانس برای محاسبه تونل ها، پروژه کارشناسی ۱۳۸۳.
- ۱۰ - ا.پ. داوشویلی، محاسبه نگهداری تونل ها به شکل ماتریسی، انتشارات ترانسپورت، ۱۹۷۲، ۱۳۰ صفحه.
- ۱۱ - ی.س. فرولوف، د.م. گلیتسکین، ا.پ. لدیایف، مترو، انتشارات ژلدر، ۲۰۰۱، ۵۲۳ صفحه.
- ۱۲ - ول. کوپرمان، و.م. ماستکوف، و.ف. ایلیوشین، گ.ی. گویرتس، سازه های زیرزمینی نیروگاه برق آبی، انتشارات انرژی اتمی، ۱۹۹۶، ۳۱۹ صفحه.
- ۱۳ - ن. ن. شاپشنیکوف، محاسبه نگهداری تونل ها به روش تغییر مکان با استفاده از رایانه، انتشارات مسکو، ۱۹۶۹، ۶۹ صفحه.

بحث و نتیجه گیری

در این کار تحقیقی مروری بر مراحل پیشرفت روش های تحلیل سازه طراحی و محاسبه نگهداری تونل ها انجام شد.

اعمال روش های معمولی تحلیل سازه بدون احتساب اندرکنش توده سنگ با نگهداری و در نظر گرفتن عکس العمل زمین منجر به ارائه نتایج غیر واقعی می گردند.

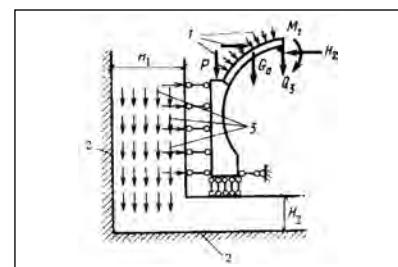
مهندسين تونل ساز بتدریج به زوایای مختلف تحلیل سازه های زیرزمینی و مسائلی از قبیل تقسیم فشار زمین به بار اکتیو و پاسیو، احتساب پیوستگی و تغییر شکل مشترک اجزاء نگهداری و حل مدل پیچیده استاتیکی نامعین نگهداری بی بردن.

در حین استفاده از تمامی این روش ها مهندس طراح ناچار به فرض مقدار بار قائم واقعی فعل اعمال شده از طرف خاک روی نگهداری می باشد. اما از آنجاییکه این بار به خصوصیات مختلف زمین شناسی زمین وابسته است، تعیین آن کاری مشکل و مدت ها مورد توجه محققین مختلف بوده است. بهمین دلیل نیز ادامه کار تحقیقی (در بخش دوم) به شرح تاریخچه آن معطوف گشته است.

منابع

- ۱ - ب.ش. باریاکادزه، س. موراکامی، محاسبه و طراحی سازه های مهندسی در محیط های تغیر شکل پذیر، انتشارات مسکو، ۱۹۸۹، ۴۶۶ صفحه.
- ۲ - س.س. داویدوف، ک.ا. و اخورکین، ی.ا. کاماروف، طراحی و اثربار سازه های زیرزمینی، انتشارات مسکو، ۱۹۵۹، ۳۹۴ صفحه.
- ۳ - گ. گ. زوباروف، او.ی. بوگایف، تونلهای H_۱-H_۲ ضخامت لایه ارتعاعی

- در سال ۱۹۳۶ C.C.Davidov با ادامه کاربر روی مدل قبلی خود و تصحیح آن پیشنهاد نمود که سازه های زیرزمینی را می توان بصورت یک سیستم ارتعاعی در محیط ارتعاعی در نظر گرفت. وی در اطراف نگهداری تونل لایه ای ارتعاعی با ارتفاع H_۱ و ضخامت H_۲ را در نظر گرفته و فرض کرد که تنها این بخش از خاک وارد اندرکنش با تونل می شود. وی برای مدل کردن بار پاسیو خاک بجای استفاده از قانون فوس- وینکلر پیشنهاد بکار گیری تئوری ارتعاعی را ارائه و بعلاوه در مدل خود بار اکتیو خاک را بر اساس تئوری گنبد پرتو دیاکنف روی نگهداری اعمال نمود و روابط طراحی پارامترهای هندسی نگهداری را برای بتن با تیپ مشخص ارائه داد (شکل ۸). همچنین وی کمی بعد روش محاسبه سازه های در جای (یکپارچه) زیرزمینی را در مرحله رفتار الاستوپلاستیک خاک ارائه نمود [۱۱]. علیرغم جامع و ارزنده بودن راه حل داویدوف که انبوه روابط و حالت مختلف محاسباتی را در نظر می گرفت روش وی بعلت پیدایش تئوری های کارآمدتری (که موضوع بخش دوم این کار تحقیقی است) با توفیق مواجه نشد.



شکل ۸- مدل محاسباتی نگهداری بتنی درجا بر اساس روش ارتعاعی داویدوف.

۱- فشار فعل زمین، ۲- لایه بدون حرکت، ۳- H_۱ و H_۲ ضخامت لایه ارتعاعی

روش نوین محاسبه نشت هوا در طراحی تهویه فضاهای زیرزمینی

مهران خسروتاش^۱، محمد خسروتاش^۲

۱- کارشناس مهندسی استخراج معدن، مدیریت واحد خدمات فنی تونل و معدن، مهندسین مشاور تونل راد

۲- کارشناس ارشد مهندسی معدن و تونل، مدیریت عامل مهندسین مشاور تونل راد www.Tunnel-rod.com

در حالت کلی بر میزان نشت هوا با افزایش طول تونل افزوده خواهد شد که به دو دلیل زیر بستگی دارد. اول آنکه هر چه طول تونل بیشتر باشد طول کanal و در نتیجه سطح تماس آن با محیط اطراف بیشتر شده و برای گریختن مولکولهای پرفشار هوا سطح بیشتر فراهم شده است. نکته دوم این است که هر چه طول کanal بیشتر شود برای جبران افت فشار مسیر که ناشی از اصطکاک هوا با دیواره کanal می‌باشد، نیاز به تامین اختلاف فشار بیشتری خواهد بود و با افزایش اختلاف فشار محیط داخل و اطراف کanal، نشت هوا نیز بیشتر می‌گردد.^[۲] بطور کلی نشت هوا به عوامل ذیل بستگی دارد:

اختلاف فشار هوا بین درون و بیرون کanal، طول کanal تهویه، محیط کanal، وضعیت کیفی اتصالات یا نوع آن، تعداد اتصالات بکار رفته یا متناظر با آن طول هر یک از قطعات کanal، کیفیت جنس کanal بکار رفته، وضعیت سلامت کanal از نظر داشتن سوراخ، پارگی و دررفتگی اتصالات.^[۲]

اگر Q شدت جریان هوای مورد نیاز در جبهه کار باشد و میزان نشت هوا را به $\sum Q_L$ نشان دهیم، شدت جریانی که در محل بادیزن می‌باشد

تولید گردد Q_{fan} برابر خواهد بود با :

$$Q_{fan} = Q + \sum Q_L$$

محیط اطراف، هوا از درون کanal به بیرون نشت می‌کند و در سیستم تهویه مکشی بخارط بیشتر بودن فشار محیط اطراف کanal نسبت به درون آن، هوا از محیط پیرامون کanal به درون آن نفوذ خواهد کرد. در این مقاله به بررسی تاثیر نشت هوا در طراحی و اجرای سیستم تهویه خواهیم پرداخت. جهت انجام محاسبات سریع روش میانگین گیری هارمونیک و برای انجام دقیق و مفصل، روشهای خاص با کمک نرم افزار اکسل جهت انجام محاسبات ارائه خواهد گشت.

بحث

در تهویه دهشی بدلیل بالاتر بودن فشار داخل کanal هوا نسبت به فشار محیط اطراف، هوا از درون کanal به بیرون نشت می‌کند که به تهویه طول مسیر تونلها کمک خواهد کرد. اما در تهویه مکشی زمانی که بخواهیم هوا را از انتهای جبهه کاری توسط کanal خارج نماییم و درون مسیر دریچه ای جهت تهویه قسمتهای میانی تونل در نظر گرفته نشده باشد، هوای تازه ای که درون مقطع تونل به سمت سینه کار در حرکت است به درون کanal نشت می‌کند که مطلوب نیست. بنابراین در این حالت می‌باشد از کanalهای بسیار مرغوب که نشت ناچیز و اتصالات مناسبی داشته باشند استفاده گردد.

مقدمه: با طولانی تر شدن تونل‌ها و بزرگ شدن فضاهای زیرزمینی یا بزرگ شدن ماشین آلات و حضور نفرات بیشتر، طراحی تهویه می‌باشد جدی‌تر و دقیق تر صورت گیرد، از سوی دیگر کاهش مصرف انرژی الکتریکی در طول زمان بهره‌برداری، به طراحی و اجرای دقیق، وابسته می‌باشد.

مهم‌ترین تجربیاتی که در طی اجرای تهویه تونلها اندوخته شده است و اکنون در طراحی سیستم‌های نوین تهویه به عنوان نکات اصلی در نظر گرفته می‌شود عبارتند از: رعایت فاصله مناسب دمنده از ورودی تونل، نصب صحیح دمندهای تقویتی در تونل جهت جلوگیری از اختلاط هوای پاکیزه و آلوده، تعیین سطح مقطع مفید تونل، اعمال و تعريف ضرایب مناسب اطمینان و تخصیص دهی هوا خصوصاً تعیین ضرایب بر اساس منحنی کارکرد- تولید آبودگی در دورهای متفاوت موتورهای دیزلی به جای استفاده از ضرایب سنتی، روش‌های صحیح محاسبه نشت و افت فشار هوا به کمک رایانه و تاثیرات آن در طراحی و تهویه تونل.^[۱] در شرایط مختلف تهویه تونل چه به صورت تهویه دهشی چه به صورت مکشی، نشت هوا وجود دارد که در حالت دهشی بدلیل بالاتر بودن فشار داخل کanal هوا نسبت به فشار

انجمن تونل ایران

که در آن $\Delta\rho$: افت فشار کanal بر حسب میلی متر آب یا کیلو گرم بر متر مربع

α : ضریب اصطکاک کanal بر حسب کیلو مورگ (در حدود ۰,۰۰۰۲) برای داکت های روكش شده با پی وی سی).

Q^2 : مجدور دبی عبوری از درون کanal بر حسب متر مکعب بر ثانیه.

L : طول کanal بر حسب متر.

ρ : محیط کanal بر حسب متر.

S^3 : مکعب سطح مقطع کanal بر حسب متر مربع.

d : قطر داکت تهویه بر حسب متر.

در اینجا جهت کاهش خطا در فرمول فوق می توان به جای دبی دمنده از دبی های میانگین در محاسبات استفاده نمود که نشان خواهیم داد میانگین درجه دوم، کمترین دقت و میانگین هارمونیک دقت مناسب را خواهد داشت.

$$R.M.S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n}}$$

فرمول ۳ - میانگین درجه دوم [۳]

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

فرمول ۴ - میانگین عددی [۳]

$$G = \sqrt[n]{x_1 x_2 x_3 \dots x_n}$$

فرمول ۵ - میانگین هندسی [۳]

$$H = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}}$$

فرمول ۶ - میانگین هارمونیک [۳]

در میان روش های میانگین گیری روش هارمونیک بهترین دقت را در تعیین دبی، جهت محاسبه افت فشار خواهد داشت. دقت این محاسبه به ترتیب از میانگین هارمونیک به هندسی، عددی و درجه دوم کاهش می یابد.

جهت اثبات کارایی بیشتر میانگین هارمونیک و مقایسه روش های مختلف یاد شده، آزمایشی به شکل ذیل ترتیب داده شده است و در نهایت روشی ابتکاری جهت انجام این محاسبات که توسط نگارندهان در سال ۱۳۸۳ بنیانگذاری شده است [۲] در یک مثال واقعی تشرییح و ارائه می گردد.

نمونه واقعی انتخاب شده، تونلی است که دارای مقطع دایره به شعاع ۳ متر بوده و به وسیله T.B.M در حال حفاری است، حمل و نقل و تخلیه مصالح بوسیله سیستم ریلی و لوکوموتیو انجام می گیرد. داکت تهویه از نوع قابل ارجاع از الیاف پلی پروپیلن با روکش پی وی سی با شعاع ۱ متر

برای محاسبه میزان نشت هوا می توان از فرمول ذیل استفاده کرد: [۴],[۵]

فرمول ۱ - نشت هوا

$$\Sigma Q_L = \theta \times L \times (\Delta\rho)^V$$

که در آن: $\Delta\rho$ اختلاف فشار بین داخل و خارج کanal بر حسب میلی متر

آب یا کیلو گرم بر متر مربع.

L : طول کanal تهویه بر حسب متر.

θ : ضریب نشت که وابسته به قطر و جنس داکت می باشد.

V : ضریب کیفیت نصب داکت که بین اعداد ۰/۵ تا ۱ در تغییر است.

جهت وضوح مطلب در بنده های بعدی سیستم تهویه دهشی، بعنوان مبنای انتخاب شده است.

تحلیل

در طراحی سیستم تهویه دهشی تونل یا هر فضای زیرزمینی دیگر، پس از محاسبه شدت جریان هوای مورد نیاز جبهه کار یا جبهه کارهای احتمالی و همینطور بررسی وضعیت تهویه طول تونل، می باشد مقدار هوای تولیدی دمنده را محاسبه نمود و با توجه به این که همیشه مقدار نشت هوا به بیرون کanal وجود دارد، پس از برآورد مقدار نشت هوا می توان دبی دمنده را تعیین کرد و سپس مقدار افت فشار در مسیر هوا رسانی مشخص می گردد.

در گذشته مقدار نشت را بصورت درصدی از دبی تولیدی یا جبهه کار، در نظر می گرفتند (بین ۰,۱۵ تا ۰,۵ درصد) بدینه است که در این حالت مقدار نشت را بطور مساوی در طول مسیر هوارسانی تقسیم می نموده اند. در حالی که مقدار آن در متراژ های اولیه بعد از دمنده، بمراتب بیش از متراژ های پایانی است (به دلیل اختلاف فشار بیشتر).

در این حالت جهت محاسبه میزان افت فشار، پس از ساده سازی رابطه دارسی، فرمول زیر بدست می آید که در صورت ثابت فرض نمودن دبی، خطای بسیاری خواهد داشت. [۲]

فرمول ۲ - افت فشار درون داکت تهویه [۴],[۵]

$$\Delta P = \alpha \left(\frac{Q^2 \times L \times p}{S^3} \right)$$

یا در حالت داکت تهویه با مقطع دایره ای شکل [۴],[۵]

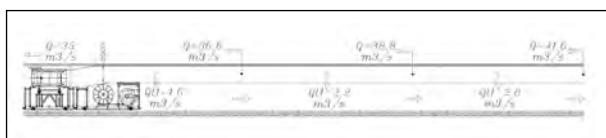
$$\Delta P = 6.48 \alpha \left(\frac{Q^2 \times L}{d^5} \right)$$

انجمن توول ایران

حال برای رسیدن به دقت بالاتر به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:
 ۱ - ابتدا طول مسیر هوارسانی (طول داکت تهویه) را به بخش‌های کوچک و مساوی تقسیم می‌کنیم.

- ۲ - دبی ورودی هوا و دبی خارج شده هوا از هر قطعه را با توجه به مقدار نشت هوا از قطعه مورد نظر تعیین می‌نمائیم.
- ۳ - دبی میانگین هر قطعه را تعیین می‌کنیم.
- ۴ - افت فشار هوا در هر قطعه را محاسبه کرده و مجموع آن را بدست می‌آوریم.

بنابر این در این مرحله طول داکت (۵۴۰۰ متر) را به سه بخش ۱۸۰۰ متری تقسیم می‌نمائیم. با توجه به میزان نشت هوا از هر قطعه، دبی ورودی و خروجی تعیین شده که در شکل ۳ مشخص شده است، سپس افت فشارها را بر اساس روش‌های مختلف میانگین گیری محاسبه می‌نمائیم. نتایج در جدول شماره ۲ جمع آوری شده است.



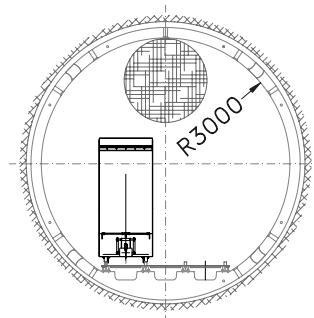
شکل ۳- نقشه پروفیل طولی توول، داکت تهویه و تغییرات دبی بر اساس نشت هوا و مقدار هوای تحویل شده به خشاب داکت T.B.M

جدول ۲					
	میانگین درجه دوم	میانگین عددی	میانگین هندسی	میانگین هارمونیک	
قطعه اول	میانگین دبی عبوری بر حسب متر مکعب بر ثانیه $\Delta P1$	40.2244	40.2000	40.1756	40.1512
	افت فشار بر حسب میلی متر آب	118.0353	117.8921	117.7490	117.6061
قطعه ۲	میانگین دبی عبوری بر حسب متر مکعب بر ثانیه $\Delta P2$	37.7160	37.7000	37.6839	37.6679
	افت فشار بر حسب میلی متر آب	103.7729	103.6849	103.5963	103.5084
قطعه ۳	میانگین دبی عبوری بر حسب متر مکعب بر ثانیه $\Delta P3$	35.8089	35.8000	35.7911	35.7821
	افت فشار بر حسب میلی متر آب	93.5437	93.4972	93.4508	93.4038
مجموع	میانگین دبی های عبوری بر حسب متر مکعب بر ثانیه افت فشارها بر حسب میلی متر آب $\Sigma \Delta P$	37.9595	37.9000	37.8411	37.7831
		315.3519	315.0742	314.7961	314.5183

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌نمایید، محاسبه افت فشار با دبی

و اتصالات زیپی می‌باشد. متراز داکت در زمان اندازه‌گیری ۵۴۰۰ متر، دبی تولیدی ۴۱.۶ متر مکعب بر ثانیه و دبی جبهه کار حفاری ۳۵ متر مکعب بر ثانیه سنجش شده است.

در شکل و نقشه زیر مقطع توول به همراه سیستم حمل و نقل ریلی و داکت تهویه قابل مشاهده است.



شکل ۱- نقشه مقطع توول، داکت تهویه...



شکل ۲- عکسی از مقطع توول، داکت تهویه و سیستم حمل و نقل

حال دبی تولیدی دمنده و سیس اعداد محاسبه شده به طریق میانگین را به ترتیب ذکر آنها، در فرمول ۲ قرار می‌دهیم و نتایج را پس از مرتب نمودن اعداد فوق در جدول، بررسی خواهیم نمود.

جدول ۱						
	مقدار دبی دمنده	میانگین درجه دوم	میانگین عددی	میانگین هندسی	میانگین هارمونیک	میانگین هارمونیک
دبی هوا بر حسب متر مکعب بر ثانیه	41.6000	38.4419	38.3000	38.1576	38.0157	
افت فشار بر حسب میلی متر آب	378.7395	323.4176	321.0344	318.6516	316.2860	

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌نمایید، محاسبه افت فشار با دبی تولیدی دمنده، بزرگترین مقدار و بوسیله میانگین هارمونیک، کوچکترین مقدار افت را به دست خواهد داد که نشان خواهیم داد دقیق ترین مقدار نیز می‌باشد.

در بخش (INPUT DATA) هوای مورد نیاز جبهه کار ۳۵ مترمکعب در ثانیه، فشار دینامیک در هنگام خروج هوا از درون داکت، قطر داکت، سطح مقطع تونل، مساحت و محیط آن و در نهایت مساحت و محیط داکت ذکر گردیده است.

در بدنه اصلی جدول ستون‌ها بترتیب از چپ به راست به شکل ذیل مرتب شده‌اند:

ستون اول-دبی هوای مورد نیاز در جبهه کار در ردیف اول و در ردیفهای بعدی این ستون، دبی بر حسب فاصله از جبهه کار یا انتهای داکت داده شده است.

ستون دوم-فشار مورد نیاز هوا در جبهه کار در ردیف اول و در ردیفهای بعدی این ستون، فشار مورد نیاز برای به حرکت درآوردن هوا بر حسب فاصله از جبهه کار داده شده است.

ستون سوم - فاصله از جبهه کار یا انتهای داکت بر حسب متر داده شده است.

ستون چهارم - میزان نشت هوا در اولین قطعه از داکت از سمت جبهه کار در ردیف اول و در ردیفهای بعدی، میزان نشت هوا در قطعات بعدی داده شده است.

ستون پنجم - فشار مورد نیاز یا فشار افت کرده در هنگام عبور هوا از هر قطعه داده شده است.

ستون ششم - سرعت عبور هوا درون داکت تهویه می‌باشد که بر حسب فاصله از جبهه کار حفاری تنظیم گشته و ملاحظه می‌نماید مقدار آن به مرور بدليل نشت هوا زیاد می‌گردد. زیرا بدليل نشت هوا از درون داکت به محیط تونل (در سیستم تهویه دهشی) مقدار هوای تولیدی بیشتر از حجم هوای تحویلی به جبهه کار می‌باشد.

ستون هفتم - سرعت عبور هوا درون مقطع تونل می‌باشد. بدليل وجود نشت هوا، سرعت حداقل در محل جبهه کار حفاری و سرعت حداقل در ابتدای داکت دیده خواهد شد.

ذکر این نکته لازم است که در محاسبات افت فشار و سرعت عبور هوا درون مقطع تونل می‌باشد از سطح مقطع مفید استفاده نمود (۲۳ متر مربع) که حاصل تفاضل سطح مقطع تونل از سطح داکت، کف سازی... می‌باشد.

در صورت نیاز به اطلاعات بیشتر در زمینه کاربرد این برنامه، نمونه دیگری از محاسبات تهویه در مقاله طراحی سیستم تهویه تونلهای قطار شهری شیراز [۲]، مجموعه مقالات کنفرانس هفتم تونل قابل مشاهده است.

میانگین هارمونیک، کوچکترین و دقیقترین مقدار افت را به دست خواهد داد، حال با تقسیم طول به بخش‌های کوچکتر مسلمًا به دقت بالاتر دست خواهیم یافت.

به همین دلیل روش ابتکاری زیر در هنگام طراحی سیستم تهویه تونلهای قطار شهری شیراز در سال ۱۳۸۳ [۲]، ابداع گردید که از آن به بعد در پروژه‌های متعددی (نظیر سیستم تهویه تونل انتقال آب فرموده و...)، تونل دسترسی عسگران، تونل دسترسی مغانک، تونلهای قطار شهری کرج، تونل انتقال آب نوسود، تونل دسترسی کردی قاسمان...) توسعه نگارندگان مورد استفاده قرار گرفته است.

در این روش با تقسیم نمودن مسیر هوارسانی به قطعات کوچک (بسته به میزان نشت هوا و دقت مورد نظر بین ۵۰ الی ۲۵۰ متر) و محاسبه سرعت، نشت، فشار و افت فشار هوا درون داکت تهویه و همین طور در مقطع تونل در هنگام بازگشت هوا، تک تک اطلاعات مورد نیاز محاسبه گشته و مجموع افت فشار و نشت جهت محاسبات نهایی بدست می‌آید. این روش علاوه بر انجام محاسبات با دقت بسیار بالا مزایای دیگری نیز دارد که از آن جمله می‌توان به مشخص شدن مقادیر سرعت، فشار و دبی عبوری در کلیه مقاطع تونل اشاره کرد.

در اینجا طول مسافت هوا رسانی را به قطعات ۱۸۰ متری (سی قطعه) تقسیم کرده و با در دست داشتن دبی جبهه کار به میزان ۳۵ متر مکعب در ثانیه، قطر داکت (۲ متر) و قطر تونل (۶ متر) بعنوان اطلاعات ورودی، محاسبات را شروع می‌نماییم. اولین قدم، محاسبه فشار لازم جهت بازگشت هوا از مقطع تونل می‌باشد که مجموع افت فشارهای اصطکاکی و موضعی در تونل خواهد بود (۱۲ میلی متر آب).

پس از آن فشار دینامیک خروج هوا از داکت تهویه محاسبه می‌گردد (۷,۹۱۳ میلی متر آب، که بستگی به سرعت خروج هوا از داکت دارد). مجموع دو عدد یاد شده (۲۰,۹۱۳ میلی متر آب) فشار هوا در انتهای مسیر خواهد بود، این عدد به عنوان مبنای محاسبات فشار در ردیف اول بدنه اصلی جدول در ستون دوم قرار گرفته است. حال به تشریح برنامه که حاصل انجام محاسبات در نرم افزار اکسل می‌باشد می‌پردازیم.

در جدول شماره ۳ بطور مختصر نتایج محاسبات نشت هوا و فشار مورد نیاز جهت حرکت در آوردن هوا در ردیفهای مختلف بر حسب فاصله از جبهه کار (انتهای داکت تهویه) داده شده است. در ابتدای داده‌های ورودی (INPUT DATA) ذکر گردیده (در بخش بالایی جدول) و سپس در بدنه اصلی جدول نتایج محاسبات در مترابهای مختلف و در انتهای نتیجه کلی محاسبات مانند مقدار نشت هوا، دبی مورد نیاز در طراحی دمنده و فشار کل و توان مصرفی ذکر شده است.

انجمن تونل ایران

39.40019	236.89035	4140	0.293664908	11.32478705	12.54147	1.71305
39.69385	248.21513	4320	0.300602439	11.49423225	12.63495	1.72582
39.99445	259.70937	4500	0.307483756	11.66898362	12.73063	1.73889
40.30194	271.37835	4680	0.314315624	11.84909937	12.82851	1.75226
40.61625	283.22745	4860	0.321104241	12.03464282	12.92856	1.76592
40.93736	295.26209	5040	0.327855306	12.22568212	13.03077	1.77989
41.26521	307.48778 5220 0.334574084		12.42229008	13.13513 1.79414		
41.59979	319.91007 5400 0.34126545		12.62454399	13.24162 1.80869		
RESULT :						
6.5998	TOTAL AIR FLOW LEAKAGE FROM DUCT		m3 / s	کل نشت هوا در مسیر داکت		
41.60	AIR FLOW SUGGESTED FOR FAN		m3 / s	شدت جریان پیشنهادی برای دمنده		
312.4433	TOTAL PRESSURE NEEDED FOR DUCT		mmH2O	کل فشار داکت نیاز برای داکت		
340.53	FAN TOTAL PRESSURE		mmH2O	فشار کل پیشنهادی برای دمنده		
185.00	FAN POWER $\eta=75\%$		Kw	حداقل نیاز برای دمнده		

نتیجه گیری

در شرایطی که نیاز به انجام محاسبات اولیه و سریع می‌باشد، توصیه می‌گردد پس از تعیین دبی در جبهه کار و برآورد میزان نشت هوا، با بدست آوردن میانگین هارمونیک بین دبی جبهه کار و دمnde، محاسبات افت فشار انجام شود. در صورتی که مسافت مسیر هوا رسانی زیاد می‌باشد، بهتر است مانند مثال ارائه شده به سه بخش تقسیم و محاسبات با میانگین هارمونیک صورت گیرد.

در مراحل بعدی طراحی تهویه به کمک نرم افزار اکسل و فرمول نویسی در آن، کلیه محاسبات لازم قابل انجام بوده و کلیه اطلاعات مورد نیاز، با دقت بسیار بالا، در اختیار طراحان و مجریان قرار خواهد گرفت.

منابع

- خسروتاش مهران و خسروتاش محمد، آشنایی با سیستم تهویه متمرک - نگرش، شریه کارداهای استان فارس شماره [۴۵]
- خسروتاش مهران و خسروتاش محمد، طراحی و اجرای سیستم تهویه تونلهای قطار شهری شیراز- هفتمین کنفرانس تونل ایران
- حسنی پاک علی اصغر، تحلیل داده‌های اکتشافی - انتشارات دانشگاه تهران Howard L. Hartman, Mine Ventilation and Air Conditioning] - 4 [- The University of Alabama
- Bickel, John, O, Tunnel Engineering Handbook – Van] - 5 [.Nostrand Reinhold Co

جدول ۳

Input Data	Flow Necessary		Dynamic Pressure		Duct Diameter	
	35	m3 / s	7.591342503	mmH2O	2	m
	Tunnel diameter & area section & pyramid		Air density	Area section	Pyramid	
6	28.27433389	18.84955592	1 kg/m2	3.141592654	6.283185308	
Flow at End	Pressure at End	Distance from End	Flow Leakage	Pressure Increase	Velocity in Duct	Velocity in Tunnel
دبی هوا در انتهای قطمه	فاصله از انتهای کالال		نشت هوا در این قطعه	افزايش فشار در این قطمه	سرعت هوا درون دانک	سرعت هوا درون تونل
m3/s	mm H2O	m	m3 / s	mm H2O	m / s	m / s
35.00000	20.09134	180	0.085522985	8.936543494	11.14085	1.52174
35.08552	29.02789	360	0.102798334	8.980269988	11.16807	1.52546
35.18832	38.00816	540	0.117629641	9.03297031	11.20079	1.52993
35.30595	47.04113	720	0.130863107	9.093463166	11.23823	1.53504
35.43681	56.13459	900	0.142953122	9.160998762	11.27989	1.54073
35.57977	65.29559	1080	0.154177248	9.235059305	11.32539	1.54695
35.73394	74.53065	1260	0.164719804	9.315268991	11.37447	1.55365
35.89866	83.84592	1440	0.17471063	9.401346575	11.42690	1.56081
36.07337	93.24726	1620	0.1842453	9.493077679	11.48251	1.56841
36.25762	102.74034	1800	0.193396616	9.590297394	11.54116	1.57642
36.45102	112.33064	1980	0.202221573	9.692878732	11.60272	1.58483
36.65324	122.02352	2160	0.210765799	9.800724628	11.66709	1.59362
36.86400	131.82424	2340	0.219066521	9.913762203	11.73418	1.60278
37.08307	141.73800	2520	0.227154595	10.03193853	11.80391	1.61231
37.31023	151.76994	2700	0.235055953	10.15521745	11.87621	1.62218
37.54528	161.92516	2880	0.242792651	10.28357709	11.95103	1.63240
37.78807	172.20874	3060	0.250383647	10.41700796	12.02832	1.64296
38.03846	182.62574	3240	0.25784539	10.55551143	12.10802	1.65385
38.29630	193.18126	3420	0.265192272	10.69909846	12.19009	1.66506
38.56150	203.88035	3600	0.272436982	10.84778863	12.27451	1.67659
38.83393	214.72814	3780	0.279590786	11.00160936	12.36122	1.68843
39.11352	225.72975	3960	0.286663747	11.16059514	12.45022	1.70059

ارزیابی مدل‌های محاسبه نرخ پیشروی دستگاه تونل زنی تمام مقطع در پروژه انتقال آب کرج - تهران

salehzadeh@iust.ac.ir

حسین صالحزاده، عضو هیئت علمی دانشکده عمران دانشگاه علم و صنعت

بهرام صالحی، کارشناس ارشد معدن- استخراج، دانشگاه آزاد- تهران جنوب، عضو باشگاه پژوهشگران جوان

salehi_emg@yahoo.com

چکیده

پیش‌بینی افزایش مصرف آب آشامیدنی و صنعتی شهر تهران در طی ۲۵ سال آینده موجب شده است تا برای رفع بحران و پیشگیری از کمبود در ۲۵ سال آتی پروژه‌های وسیعی طراحی و اجرا شوند. از جمله این طرح‌ها می‌توان به پروژه انتقال آب کرج - تهران اشاره کرد. پروژه انتقال آب کرج - تهران با طولی نزدیک به ۱۶۰۰۰ متر و بوسیله دستگاه تمام مقطع حفاری خواهد شد. نوع دستگاه سپری دوبل بوده و قطر حفاری ۴/۵۶۶ متر می‌باشد. روش‌های مختلفی برای تحلیل و ارزیابی عملکرد دستگاه حفاری ارائه شده است. سه مدل ارائه شده توسط دانشگاه کلرادو، مدل استیتو مکانیک سنگ نرزو و مدل شاخص کیفی تونل زنی با TBM از معتبرترین و رایج‌ترین روش‌های پیش‌بینی عملکرد دستگاه‌های تمام مقطع می‌باشند. در این مقاله به منظور ارزیابی و تحلیل نرخ پیشروی پروژه مورد بحث، از دو روش مدل مدرسه عالی معدنکاری کلرادو (متبنی بر روابط ریاضی) و مدل شاخص کیفی تونل زنی با TBM (بر مبنای مطالعات میدانی) استفاده شده است. نتایج به دست آمده از دو روش نشان‌دهنده پراکندگی در پاسخ آنها می‌باشد. در سنگ‌های درزه دار غیریکنواخت و همچنین در پروژه‌هایی که برخی از داده‌های آزمایشگاهی در اختیار طراح نیستند، استفاده از مدل بارتن به دلیل سنجش بودن پارامترهای این روش از اعتبار بیشتری برخوردار می‌باشد. در انتها با توجه به قابلیت‌های روش‌ها و اطلاعات اولیه در اختیار از پروژه مورد بحث، مشخص گردید در این پروژه مدل شاخص کیفی تونل زنی برای محاسبه نرخ پیشروی از اعتبار بیشتری برخوردار می‌باشد. زمان کل اجرای پروژه با توجه به روش Q_{TBM} ، مدت ۵۲ ماه محاسبه شده است.

کلمات کلیدی: نرخ پیشروی، بهره‌وری، Q_{TBM} ، CSM ، تونل انتقال آب کرج - تهران.

حال حفاری می‌باشد.

ماشین‌های حفاری تمام مقطع به دلیل سرعت بالای حفاری جایگاه ویژه‌ای را در اجرای تونل‌های بیش از ۶ کیلومتر به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به افزایش به کارگیری شیوه‌های مکانیزه حفاری تونل از اوایل دهه نود میلادی، توانایی پیش‌بینی عملکرد دستگاه‌های حفاری به خصوص در پروژه‌های بلند مدت از اهمیت بالایی برخوردار شده است. برای پیش‌بینی عملکرد این دستگاه‌ها روش‌های مختلفی ارائه

۱ - مقدمه

افزایش نیاز شهر تهران به آب آشامیدنی و صنعتی موجب گردیده تا برای جلوگیری از کمبود آب آن در طی دو دهه آینده پروژه‌های وسیعی طراحی و اجرا شوند. پروژه انتقال آب کرج - تهران از جمله همین طرح‌ها می‌باشد. این تونل به طول تقریبی ۱۶ کیلومتر و آبدهی ۱۶ مترمکعب در ثانیه [۱] به وسیله دستگاه حفاری تمام مقطع تلسکوپی (دوبل) به منظور انتقال آب از سد امیرکبیر به تصفیه خانه شماره شش تهران، در

انجمن تولن ایران

در رابطه با محاسبه بهره‌وری TBM نیز این امر صادق است. چرا که در نظر گرفتن تمامی عواملی چون قطعات مصرفی دستگاه، انرژی مصرفی، استهلاک و حتی پایداری ناحیه تحت حفاری و تبدیل تمامی آنها به یک واحد مشترک، مشکل است. بهره‌وری زمانی به عنوان یک شاخص جامع، معرف عملکرد دستگاه می‌باشد. به طوری که طوری که نرخ مصرف دیسکها و زمان لازم جهت تعویض آنها، استهلاک دستگاه حفاری، پایداری فضا برای ادامه حفاری، حرکت دیوارگیرها همگی با بر زمان پیشروی موثر بوده و یا از آن تأثیر می‌پذیرند.

در محاسبه آنالیز بهره‌وری زمانی، بایستی تمامی داده‌ها در یک بازه زمانی یکسان مورد تحلیل قرار گیرند. با افزایش زمان مورد تحلیل، شاخص بهره‌وری کاهش می‌یابد. دلیل این امر افزایش زمان استراحت دستگاه و عدم استفاده مفید از آن می‌باشد. برای پروژه حفاری با TBM در این پروژه زمان کل عملیات اجرای تولن به زمان مفید در دسترس ($T_{available}$) زمان تعمیرات و نگهداری (T_M & R) و زمان هدر رفته (T_L) تقسیم می‌شود. با توجه به سه جزء معروف شده بهره‌وری زمانی به وسیله رابطه ۱ [۳] محاسبه می‌شود.

$$U = \frac{T_t - T_{M\&R} - T_L}{T_{available}}$$

روش‌های مختلف محاسبه نرخ پیشروی این زمان‌ها را به بخش‌های کوچکتری تقسیم نموده‌اند. اما در کل، زمان کل اجرای تولن از چهار جزء مذکور تشکیل شده است.

۳- روش تحلیل

در مقاله حاضر عوامل موثر بر نرخ پیشروی دستگاه‌های تمام مقطع بر طبق جدول ۲ تقسیم بندی می‌شوند:

جدول ۱- عوامل موثر در سرعت پیشروی ماشین [۳]

عوامل اصلی	مولفه‌ها
زمین	مقاومت فشاری و کششی، وضعیت زمین شناختی، خواص سنگ، آب زیرزمینی، ناپیوستگی‌ها
طرح تولن	شکل مقطع نهایی، قطر، طول
عوامل محلی	نیروی کار، قوانین محلی، ساعات کاری
سیستم مدیریت	نیروی کار، نحوه استفاده از ماشین، نگهداری، پشتیبانی
قابلیت ماشین	وزن دستگاه، نیروی رانش، توان، گشتاور موثر، قطر دیسک، نصب سیستم نگهداری

هر روش بر طبق نظر ارائه دهنده‌گان آن تنها برخی از پارامترهای موثر و ارتباط بین آنها را در محاسبات مدنظر قرار داده و از اعمال سایر فاکتورها

شده است. از آن جمله می‌توان به مدل ارائه شده از سوی دانشگاه کلرادو، مدل انسیتیو مکانیک سنگ نرژی و مدل شاخص کیفی تولن زنی با TBM اشاره نمود. در این مقاله برای تحلیل پروژه مورد بحث از دو روش مدل مدرسۀ عالی معدنکاری کلرادو و مدل شاخص کیفی تولن زنی با TBM استفاده شده و نتایج حاصل از دو روش با نتایج ثبت شده در عمل مقایسه خواهند شد.

۲- نرخ پیشروی

در مقاله حاضر نرخ پیشروی به صورت زیر تعریف می‌شود: میزان طولی از تولن است که در واحد زمان برای بهره برداری آمده شده است. به عبارت دیگر طولی از سازه زیر زمینی است که کلیه عملیات‌های حفاری، نگهداری و رو سازی و ... در آن در واحد زمان صورت گرفته است. بنابراین بعد این پارامتر از جنس سرعت بوده و بر حسب متر در هفته و یا متر در ماه بیان می‌شود. در اینجا این پارامتر با Advance (Rate) بیان می‌شود.

از نظر ریاضی نرخ پیشروی برابر است با حاصل ضرب نرخ نفوذ در شاخص بهره‌وری. از این رو برای محاسبه پیشروی ابتدا باید دو پارامتر نرخ نفوذ و بهره‌وری محاسبه شود. اغلب مدل‌های مرسوم محاسبه نرخ پیشروی، روش خاص خود را در محاسبه بهره‌وری دارا هستند.

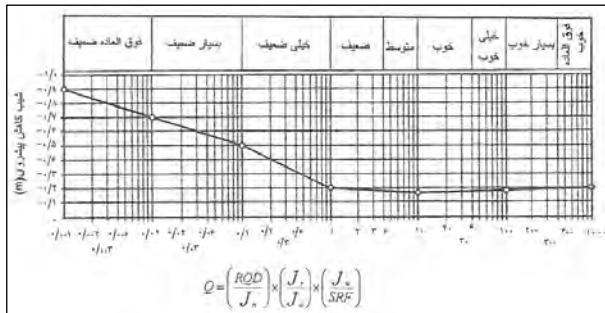
نرخ نفوذ، بیانگر سرعت نفوذ ماشین در سنگ به هنگام حفاری بوده و بر حسب میلی متر در هر چرخش صفحه و یا به صورت متر در ساعت بیان می‌شود. آهنگ نفوذ ماشین با سرعت چرخش صفحه حفار رابطه مستقیم دارد.

از سویی دیگر سرعت چرخش صفحه حفار محدود و تابع مشخصات دستگاه و زمین است. بدینهی است که سرعت نفوذ در سنگ‌های نرم بیشتر از سنگ‌های سخت و محکم خواهد بود. در اینجا نرخ نفوذ با Penetration Rate (PR) نمایش داده می‌شود.

بهره‌وری یا فرآورش، در واژگان فارسی به معنای سود آوری، مفید بودن و کامیابی است [۲].

به بیان دیگر بهره‌وری عبارت است از درصد استفاده از منابع در دسترس و یا خارج قسمت خروجی بر عوامل تولید کننده. بهره‌وری یک شاخص برای سنجش عملکرد یک واحد کاری و یا یک فعالیت می‌باشد و با U (Utilization, Productivity) نشان داده می‌شود.

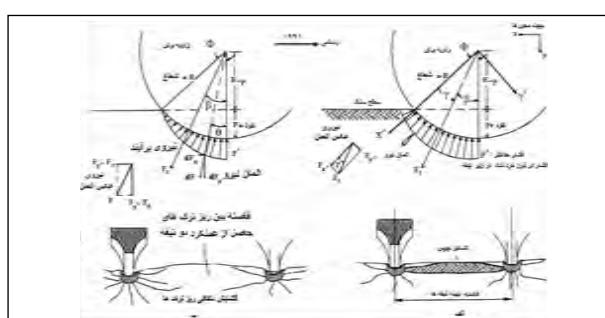
در محاسبه بهره‌وری کلی، تمامی مقدارهای موجود (در مخرج یا صورت کسر) باید از یک جنس باشند تا بتوان آنها را با یکدیگر جمع کرد. زمانی که بهره‌وری کلی مدد نظر باشد، یک واحد نمودن تمامی عوامل ورودی و یا خروجی به سیستم، امری چندان آسان و به دور از خطای خواهد بود. از این رو تعدادی از شاخص‌های بهره‌وری جزئی که متأثر از دو یا چند پارامتر دیگر (مستقیم و یا غیر مستقیم) هستند، در فعالیت‌ها محاسبه شده و به عنوان شاخص‌های اصلی برای تحلیل فرآیند به کار می‌روند. به عنوان مثال می‌توان به تن بر هزینه و یا سود به هزینه اشاره کرد.



شکل ۱- رابطه میان شاخص کیفی تونل زنی در سنگ و ضریب کاهش بهره‌وری [۴].

مدل CSM توسط انسستیتو مهندسی- حفاری معدنی کلرادو برای پیش‌بینی نرخ نفوذ و پیشروی بر مبنای ۲۰ سال مطالعات تئوریک، آزمایشگاهی و عملیاتی ارائه گردیده است [۵]. اساس این مدل مبتنی بر تعیین نیروهای واردہ بر دیسک برای یک مقدار معین نفوذ و متعاقباً تعیین نیروی پیشروی، گشتاور و توان لازم برای کله حفار بر مبنای این نیروهاست. برای تخمین نیروهای روی دیسک باید آزمایش‌های برش در مقیاس واقعی صورت گیرد که روش قابل اعتماد و دقیقی می‌باشد. این گونه آزمون‌ها تمامی پارامترهای کنترل کننده را در بر می‌گیرند. برخی از این پارامترها عبارتند از: مقاومت سنگ، تردی سنگ، مشخصات دیسک مورد استفاده، فاصله داری درزه‌ها، امتداد و شبیب درزه‌ها. در حال حاضر برای محاسبه نرخ پیشروی با روش CMS تمامی پارامترهای مذکور به یک برنامه کامپیوترا داده می‌شود و در صورت وجود لایه بندي نیز اصلاحات لازم در نظر گرفته می‌شود [۵]. برآورده عمر دیسک و هزینه‌های مربوطه با اندازه گیری اندیس سایش سرشار نیز قابل محاسبه می‌باشد.

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در صورتی که فاصله زیادی بین تیغه‌ها وجود داشته باشد، تیغه تنها قادر به نفوذ اولیه در سنگ خواهد بود و به دلیل عدم گسترش ریز ترک‌ها، تراشه تشکیل نشده و حفاری دشوارتر خواهد گردید (شکل ۲- ب).



شکل ۲- چگونگی توزیع فشار در سنگ و ایجاد چپس

در به کارگیری این مدل نیز برای محاسبه نرخ پیشروی باید ابتدا نرخ نفوذ را محاسبه نمود. مدرسه عالی معدنکاری کلرادو برای محاسبه نرخ نفوذ روابط متعددی را پیشنهاد نموده است. ازان جمله می‌توان به روابط

اجتناب کرده است.

رده بندی Q در سال ۱۹۷۴ [۳] به وسیله بارتون (Barton) بر مبنای تونل‌هایی که به وسیله آتشباری حفر شده‌اند، پیشنهاد شد. بارتون با انجام تحقیقات میدانی مدل شاخص کیفی تونل زنی خود را به وسیله چند پارامتر دیگر برای تخمین نرخ نفوذ و پیشروی دستگاه‌های تمام مقطع توسعه داده و مدل Q_{TBM} را ارائه نمود (رابطه ۲).

$$Q_{TBM} \cong \frac{RQD_a}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \times \frac{SIGMA}{F^{10}} \times \frac{20}{CLI} \times \frac{q}{20} \times \frac{\sigma_\theta}{5} \times \frac{20^9}{tnf}$$

در این رابطه

RQD : شاخص کیفیت سنگ در امتداد حفر تونل

J_r/J_a : مقدار مرتبط با ناپیوستگی‌ها، درزه‌ها یا صفحات تورقی از سنگ می‌باشد که بیشترین مشارکت را در روند حفاری دارد.

SRF : همان مقادیر Q (بدون تغییر)

$SIGMA$: فاکتور معادل مقاومت توده سنگ قابل برآورد از طریق روابط ۴ و ۳

F : بار متوسط تیغه از کاتالوگ دستگاه بر حسب

CLI : شاخص عمر دیسک

q : محتوای کوارتز به درصد

σ_θ : نسبت تنش در جبهه کار به تنش معادل تقریباً ۱۰۰ متر (تقریباً برابر با تنش‌های مماسی) [۳].

مقاومت توده سنگ با استفاده از مشخصات سنگ و مقدار Q نرمال شده است. این مقدار به وسیله رابطه ۳ یا ۴ قابل محاسبه است [۴]:

$$\text{برای } \beta\text{-نامناسب: } SIGMA = SIGMA_{cm} = 5.7 Q_c^{1/3}$$

$$\text{برای } \beta\text{-مناسب: } SIGMA = SIGMA_{lm} = 5.7 Q_l^{1/3}$$

$Q_l = Q(\frac{I_{50}}{4}) \dots \dots Q_c = Q(\frac{\delta_c}{100})$ که در آن:

I_{50} : شاخص مقاومت بار نقطه‌ای β : زاویه بین جهت ناپیوستگی و جبهه کار (زاویه نامناسب: ۹۰ درجه، زاویه مناسب: ۳۰ درجه)

با داشتن مقدار عددی Q_{TBM} می‌توان نرخ نفوذ و نرخ پیشروی را به وسیله رابطه ۵ و ۶ محاسبه نمود.

$$PR = 5.Q_{TBM}^{-0.2}$$

$$AR = 5.Q_{TBM}^{-0.2}.T^m$$

در رابطه فوق T^m نشان دهنده بهره‌وری می‌باشد. T : زمان مورد بحث و

ضریب کاهش بهره‌وری می‌باشد که از شکل ۱ قابل برآورد می‌باشد.

با استفاده از روش بارتون، فرد تحلیل گر قادر خواهد بود بهره‌وری را در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه کند.

انجمن تولن ایران

در مدل Q_{TBM} شاخص بهره‌وری به عنوان ضریب کاهش نرخ نفوذ اعمال می‌شود. اما در مدل CSM ضریب بهره‌وری با در نظر گرفتن زمان‌های مورد نیاز برای تعمیرات و نگهداری تولن و دستگاه، حرکت دیوار گیرها، احتمال وجود تراوش آب به داخل تولن محاسبه می‌شود. در این مدل برای هریک از موارد مذکور حد استانداری در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که اعداد پیشنهاد شده حاصل بانک اطلاعاتی جمع آوری شده از تولن‌های اجرا شده در آمریکا در دهه ۷۰ الی ۹۰ میلادی بوسیله دانشگاه کلرادو می‌باشد.

۴ - محاسبه نرخ پیشروی

در روش معرفی شده برای پیش‌بینی نرخ پیشروی به وسیله مدل بارتون باید پارامتر CLI (شاخص عمر دیسک) از طریق انجام آزمایش‌هایی تعیین شود.

در پژوهه مورده بحث این آزمایش‌ها انجام نشده و مقادیر این فاکتورها از طریق جداول و نمودارهای موجود به صورت تقریبی برآورد شده‌اند.

شاخص RQD مربوط به آن دسته از نمونه‌ها می‌باشد که در مسیر محور تولن قرار گرفته‌اند.

در اینجا با توجه به اطلاعات نمونه‌ها در مسیر تولن و سایر نمونه‌ها برای کاهش خطا و به دست آوردن RQD نزدیک‌تر به واقعیت، اقدام به وزن دهی داده‌های آزمایشگاهی شده است، به طوریکه به RQD هر ناحیه که دارای یک حد بالا و یک حد پایین می‌باشد، به هریک وزن ۲۵ درصد و به RQD نمونه حاصل از نمونه گیری در مسیر تولن وزن ۵۰ درصد داده شده است.

نتایج محاسبه نرخ پیشروی بوسیله هر دو مدل و پارامترهای مربوط به آنها در جدول شماره ۲ آورده شده است.

در مدل CSM با در نظر گرفتن زمان لازم برای حفاری هر زون و زمان‌های مورد نیاز برای سایر فعالیت‌ها، بهره‌وری دستگاه محاسبه شده است.

باید در نظر داشت که مدل‌های تجربی نسبت به داده‌های قدیمی موجود در بانک‌های اطلاعاتی حساس بوده و در صورت اصلاح نشدن، محدودیت پیش‌بینی این مدل‌ها با گذشت زمان افزایش خواهد یافت. به عبارت دیگر به دلیل پیشرفت سریع تکنولوژی ماشین‌آلات حفاری، توانایی مدل‌هایی که بر اساس داده‌های گذشته ایجاد شده‌اند، برای پیش‌بینی عملکرد ماشین کاهش می‌باید.

اعداد پیشنهاد شده برای زمان اجرای عملیات‌های جنبی در مدل CSM نیز دارای این محدودیت می‌باشد.

در حال حاضر نرخ پیشروی متوسط کارگاه در هر ماه ۴۰۰ متر می‌باشد که به نتایج حاصل از مدل بارتون (۳۰۸ متر در ماه) نزدیک تر است.

ارائه شده توسط کاسینی (Cassinelli، ۱۹۸۲) (رابطه ۷) و اینوراتو (Innaurato، ۱۹۹۱) (رابطه ۸) و گراهام (Graham) (رابطه ۹)، [۵] اشاره نمود.

$$P = 0.0059 RSR + 1.59$$

اینوراتو در رابطه خود علاوه بر امتیازبندی ساختار سنگ، مقاومت تک محوری توده سنگ را نیز در نظر گرفته است.

$$P = \delta_c^{-0.437} - 0.047 RSR + 3.15$$

$$P = \frac{3940}{UCS} Fn$$

که در آنها

RSR: امتیاز رده بندی ساختارسنگ.

δ_c : مقاومت فشاری تک محوره سنگ بر حسب مگا پاسکال.

P: نرخ نفوذ در روابط اینوراتور و کاسینی بر حسب m/h و رابطه گراهام .mm / Rev

F_n : نیروی نفوذ هر دیسک بر حسب kN.

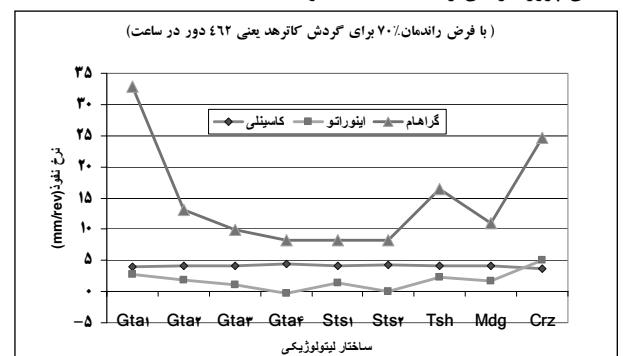
UCS: مقاومت فشاری سنگ بر حسب kPa.

در اینجا نرخ نفوذ توسط هر سه رابطه محاسبه شده است. نتایج محاسبات در شکل ۳ ملاحظه می‌شود.

رابطه اینوراتو در دو ناحیه فقد اعتبار می‌باشد (ارزش منفی). در رابطه کاسینی مقاومت فشاری توده سنگ در نظر گرفته نشده و تنها به ردیابی ساختار سنگ اکتفا شده است.

علاوه بر این در هر دو رابطه اینوراتو و کاسینی که بر اساس بانک‌های اطلاعاتی در سال‌های ۱۹۸۶ [۳] و ۱۹۹۱ [۵] ارائه شده‌اند، سرعت دوران صفحه حفار با توجه به تکنولوژی اوایل دهه نود میلادی در نظر گرفته شده است. با توجه به موارد ذکر شده کاربرد این دو رابطه در پژوهه‌های امروزی از درجه اعتبار بالایی بر خوردار نخواهد بود.

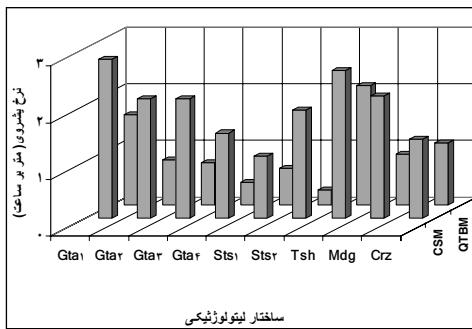
رابطه گراهام به دلیل استفاده فراوان در آمریکا و نروژ در روش CSM از مقبولیت بیشتری نسبت به سایر رابطه‌های تجربی محاسبه نرخ نفوذ برخوردار می‌باشد. این رابطه هم‌زمان خصوصیات توده سنگ و دستگاه را (بدون وابستگی به تکنولوژی آن) در نظر می‌گیرد. در محاسبات مربوط به این پژوهه از این رابطه استفاده خواهد شد.



شکل ۳- مقایسه نتایج محاسبه نرخ نفوذ در روش CSM

دستگاه در این روش شاخص عمر دیسک است. این فاکتور دو بعدی بوده و علاوه بر جنس ابزار برش، از خصوصیات زمین شناسی ناحیه حفاری نیز تاثیر می‌گیرد. از این رونمی تواند نمونه مناسبی برای معرفی قابلیت‌ها و عملکرد دستگاه باشد. البته مستقل بودن از خصوصیات دستگاه حفاری، تا حد زیادی این روش را مستقل از شرایط تکنولوژیکی قرار داده است.

پارامتر CLI تنها پارامتری می‌باشد که مقدار آن به صورت مستقیم بر نتایج مدل Q_{TBM} موثر بوده و برای برآورد دقیق آن باید آزمایشات پیچیده‌ای انجام شود. بنابراین در پروژه‌هایی با ساختار درزه داری متنوع که امکان انجام آزمایش‌های پر هزینه وجود ندارد و تنها به در اختیار داشتن اطلاعات اولیه و فاکتورهای زمین ساختاری اکتفا می‌شود، استفاده از مدل Q_{TBM} مناسب‌تر است.



شکل ۴- نتایج محاسبه نرخ پیشروی

با توجه به اطلاعات اولیه در اختیار، درزه دار بودن ساختارهای لیتلولوژیکی، اهمیت شرایط زمین شناسی و قابلیت روش‌ها، مشاهده می‌شود که در این پروژه نتایج حاصل از مدل Q_{TBM} در محاسبه نرخ پیشروی از اعتبار بیشتری بر خوردار می‌باشد.

۶- سیاسگذاری

در انتها لازم است تا از همکاری بی دریغ موسسه حرا در ارائه داده‌های پروژه تونل انتقال آب کرج - تهران تشکر و قدردانی به عمل آوریم.

۷- منابع

- ۱- اسناد موجود در موسسه حرا
- ۲- اورعی، پیماندار، تحلیل و محاسبه بهره‌وری، نشر دانشگاه پلی تکنیک، ۱۳۸۲، ص ۴-۳.
- ۳- صالحی، بهرام، محاسبه بهره‌وری و نرخ بهینه پیشروی در تونل انتقال آب کرج - تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد واحد تهران جنوب، دانشکده تحصیلات تکمیلی، ۱۳۸۶.
- ۴- بارتون، نیک، تونل سازی در سنگ‌های درزه دار و گسله با بکارگیری TBM، ترجمه حسین صالح زاده، نشر دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۲. ص ۷۹-۷۱.
- ۵- صالحی، بهرام، فن تونل زنی با TBM، انتشارات صانعی، ۱۳۸۶.

جدول ۲- محاسبه نرخ پیشروی

Crz*	Mdg	Tsh	واحدهای لیتلولوژیکی						پارامتر بلول هر ناحیه (m)	
			Sts		Gta					
			2	1	4	3	2	1		
520	750	1410	3670	620	3280	1200	2300	2230		
Q_{TBM}										
5/25										
30>	90	60	120	120	120	100	75	30	UCS(MPa)	
7/1	5/4	3	6	6	5	7/3	5/1		I_{s0}	
150	16	50	11	11	11	16	38	115	CLI	
4/1	5/7	8/5	34	14	39	5/16	7/11	8/4	SIGMA	
5/25	12	19	28	14	43	26	26	19	σ_0	
25	5/47	5/62	75/68	5/67	60	5/72	60	25/56	RQD _o	
1	3	2	2	3	2	2	3	4	J _a	
5/0	3/2	1	5/2	6/1	3	3	8/1	2	J _r	
10	3/2	3/3	4/0	7/1	1	3/3	3/5	6	J _a	
55/0	6/0	6/0	4/0	15/0	4/0	66/0	66/0	1	J _w	
15	5/2	10	2	5/2	2	5/7	5/7	10	SRF	
5-0	30-20	30-20	30-20	30-20	20-10	20-10	20-10	20-10	Q	
046/0	8/3	5	43	27/1	18	9/2	6/0	468/0	Q _o	
0003/0	47/0	027/0	82	5/0	26/36	027/1	063/0	005/0	Q _{TBM}	
3/25	8/5	3/10	07/2	74/5	44/2	97/4	69/8	43/14	PR(m/h)	
2/4	4/15	4/20	4/12	3/11	3/16	15	4/9	3/11	بهره‌وری سالانه (%)	
1/1	9/0	1/2	26/0	65/0	4/0	75/0	8/0	6/1	AR سالانه (m/h)	
8/0	4/1	13/1	53/23	6/1	67/13	67/2	8/4	33/2	زمان اجرا (ماه)	
CSM										
14/28	9/10	4/16	2/8	2/8	2/8	85/9	13	33	P(mm/Rev)	
11	6/42	34	50	14/28	41	5/46	4/34	4/18	بهره‌وری سالانه (1)	
4/1	15/2	6/2	9/1	1/1	5/1	1/2	1/2	8/2	*AR سالانه (m/h)	
62/0	6/0	1	22/3	1	64/3	1	83/1	33/1	زمان اجرا (ماه)	

*: با فرض چرخش کله حفار با ۷۰ درصد سرعت حداقل، یعنی ۴۶۲ دور در ساعت

۵- نتیجه گیری

با استفاده از مدل CSM زمان اجرای پروژه ۱۵ ماه محاسبه شده است. در مدل CSM باستی آزمایش‌های لازم برای تعیین نیروهای واردہ بر تیغه و نرخ نفوذ اولیه انجام شود. اما در پروژه حاضر این آزمایش‌ها انجام نشده است. در این مدل خصوصیات زمین شناسی به صورت غیر مستقیم و از طریق نتایج آزمایشگاهی در نظر گرفته می‌شوند [۵]. بدینهی است که دقیق نبودن کمیت پارامترهایی مانند نیروهای واردہ بر ابزار برش موجب کاهش اعتبار نتایج حاصل از این روش خواهد بود. علاوه بر آن مدل CSM بهره‌وری را برای هر ناحیه و مستقل از بازه زمانی (برخلاف مدل بارتن) برآورد می‌نماید که یکی از نقاط ضعف این روش است. نرخ پیشروی محاسبه شده بوسیله روش بارتن کمتر از نتایج حاصل از مدل CSM می‌باشد(شکل ۴). در محاسبه نرخ پیشروی کارگاه کرج با استفاده از روش بارتن زمان اجرای پروژه ۵۲ ماه محاسبه شد. در روش Q_{TBM} تأثیر شرایط زمین شناسی دارای اهمیت بسیار بیشتری نسبت به خصوصیات دستگاه می‌باشد. تنها پارامتر منعکس کننده خصوصیات

چکیده مقالات منتخب نشریات

استفاده از خصوصیات توده‌های سنگ برای پیش‌بینی عملکرد TBM در سنگ‌های سخت

“Utilizing rock mass properties for predicting TBM performance in hard rock condition”

Author: Saffet Yagiz

Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 23, Issue 3, May 2008, Pages 326-339

از جمله پارامترهای کلیدی برای پیش‌بینی عملکردهای TBM، مقاومت سنگ، سفتی، ناپیوستگی‌های توده سنگ، نوع دستگاه TBM و مشخصات آن می‌باشدند. هدف از این مقاله ارزیابی تاثیر خصوصیات سنگ بر عملکرد دستگاه TBM و ارائه یک رابطه تجربی برای پیش‌بینی عملکرد آن می‌باشد. به این منظور پایگاه داده‌ای شامل نخر نفوذ اندازه‌گیری شده دستگاه‌های TBM و خصوصیات سنگ از جمله مقاومت فشاری تک محوری، مقاومت کششی بزرگ‌بین، تردی و سفتی سنگ، فاصله میان سطوح ضعف، و جهتداری ناپیوستگی‌ها در توده سنگ تهیه شده است. این داده‌های واقعی مربوط به یک پروژه حفر تونل آب ۷.۵ کیلومتری در شهر نیویورک آمریکا می‌باشد (قطعه دوم تونل آب شماره 3 Queens).

خصوصیات سنگ بر جا از طریق آزمون‌های آزمایشگاهی به دست آمده است. تحلیل‌های آماری متعددی بر داده‌های موجود در پایگاه داده مذکور شامل خصوصیات سنگ و داده‌های مربوط به TBM که در محل ساختگاه اندازه‌گیری و ثبت شده‌اند انجام گرفت. نتایج نشان می‌دهند که خصوصیات توده سنگ تاثیر بسزایی بر عملکرد دستگاه TBM دارد. رابطه ارائه شده جدید با دقت زیاد (با ضریب همبستگی معادل ۰.۸۲) قادر به پیش‌بینی عملکرد TBM به عنوان تابعی از خصوصیات سنگ، می‌باشد.

بررسی رفتار جبهه کار تونل تقویت شده به وسیله لوله در آبرفت درشت دانه

“Model testing for pipe-reinforced tunnel heading in a granular soil”

Authors: Jong-Ho Shin, Yong-Ki Choi, Oh-Yeob Kwon, Sang-Duk Lee

Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 23, Issue 3, May 2008, Pages 241-250.

یکی از شناخته شده‌ترین روش‌های پیش بهسازی سقف تونل‌ها در آبرفت‌های درشت دانه، تزریق به وسیله لوله می‌باشد که تحت عنوان روش چتری شناخته می‌شود. این روش امکان حفر تونل را حتی در زمین‌های با شرایط نامناسب و ضعیف، از طریق ایجاد فویی با محور موازی با محور تونل فراهم می‌سازد.

پیچیدگی شرایط مرزی در این روش‌ها مشکلاتی را در مدلسازی تونلکاری در مدل‌های آزمایشگاهی و تحلیلی به همراه دارد. به همین دلیل مطالعات تمام مقیاس برای شناخت مکانیزم تقویت سقف تونل در موارد محدودی انجام گرفته است. در این تحقیق، یک مدل بزرگ مقیاس برای سقف تقویت شده یک تونل توسط لوله‌های مذکور در آبرفت دانه مورد آزمایش قرار گرفته است تا به این طریق مکانیزم تقویت بهتر شناخته شده و روش‌های طراحی بهبود یابد. الگوهای در نظر گرفته شده شامل موارد تقویت نشده، تقویت تاج تونل (به تنهایی)، و تقویت سینه کار و تقویت تاج و سینه کار می‌باشد. رفتار زمین و لوله‌ها در حین حفر تونل مورد رفتارنگاری قرار گرفته است. تاثیر الگوی بهسازی و تقویتی و نیز طول لوله‌ها به ویژه در نقاطی که زمین تغییرات تنفس و کرنش داشت مورد مطالعه قرار گرفت. در مواردی که مدل‌های آزمایشی پوشش دهنده تاثیر طول لوله‌ها نبوده، از تحلیل‌های عددی به عنوان مکمل استفاده شد. نتایج نشان می‌دهند که انجام بهسازی و تقویت به وسیله لوله‌ها باعث بهبود شرایط کمانش طولی سقف تونل در راستای محور و کاهش قابل توجه نشست و در نتیجه افزایش پایداری جبهه کار می‌شود.

تونل مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از روش پیشنهاد شده نتایج مناسبتری از رفتار پوشش تونل به دست می آید، از جمله اینکه با افزایش سختی برشی محیطی میزان ممان خمشی در مقطع تونل کاهش می یابد. صحت نتایج به دست آمده از تحلیل‌ها به وسیله روش المان محدود سه بعدی و داده‌های واقعی موجود تایید شده است. با توجه به روش تحلیلی پیشنهاد شده، پوشش تونل در زمین نرم باید با در نظر گرفتن چند مورد زیر طراحی شود: (الف) بررسی تاثیر سه بعدی پوشش تونل، (ب) سختی برشی کمتر در جهت شعاعی، (ج) افزایش مقاومت برشی محیطی بین حلقه‌ها.

تأثیر تنش اصلی متوسط بر شکست و مقاومت سنگ در نزدیکی مرز حفاری - نگاهی بر روش‌های عددی

“Influence of intermediate principal stress on rock fracturing and strength near excavation boundaries-Insight from numerical modeling”

Author: M. Cai

International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 45, Issue 5, July 2008, Pages 763-772.

در این مقاله تأثیر تنش اصلی متوسط بر شکست و مقاومت سنگ در نزدیکی مرز حفاری با استفاده از روش‌های عددی و ترکیبی از FEM/DEM انجام گرفته است. شرایط بارگذاری به صورت $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = 0$ و $\sigma_3 > \sigma_1$ فرض شده‌اند. در اینجا σ_1 و σ_2 به ترتیب تنش‌های اصلی حداقل، متوسط و حداقل می‌باشند. مطالعه عددی انجام شده بر اساس آزمایش بارگذاری نمونه‌ای با شرایط تنش حدی مذکور انجام گرفته است. نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که بروز ریز ترکها و شکستگی به موازات سطح تونل به دلیل ناهمگن بودن مصالح مورد حفاری وجود تنش اصلی متوسط (σ_3) نسبتاً زیاد و تنش اصلی حداقل (σ_1) معادل صفر یا نزدیک به صفر ایجاد می‌شوند. تنش اصلی متوسط سنگ را طوری محبوس می‌کند که ریزترکها و شکستگی‌ها تنها به طور موازی با σ_3 و σ_1 می‌توانند ایجاد شوند یا توسعه یابند. ایجاد شکستگی یا ریز ترک در اثر تنش منجر به پوسته و لایه لایه شدن سنگ در بخش سطحی و در نزدیکی ورودی، و ایجاد ریز ترکهای موازی با سطح با فاصله بیشتر از ورودی می‌شود که باعث رفتار غیرهمسان سنگ می‌گردد. به همین دلیل در صورت در نظر گرفتن تأثیر تنش اصلی متوسط بر رفتار سنگ لازم است مقاومت غیرهمسان موثر از تنش و جابجایی سنگ مورد توجه قرار گیرد. نتایج به دست آمده همچنین نشان می‌دهند که تنش اصلی متوسط تأثیر محدودی بر مقاومت حداقل سنگ در نزدیکی مرز حفاری می‌گذارد.

وابستگی اندیس سایش سرشار (CAI) به تنش و تأثیر آن بر فرسایش تیغه‌های برش سنگ

“Stress dependency of the Cerchar abrasivity index (CAI) and its effects on wear of selected rock cutting tools”

Author: Michael Alber

Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 23, Issue 4, July 2008, Pages 351-359

سایندگی سنگ‌ها در اغلب به وسیله اندیس سایش سرشار (CAI) بیان می‌شود. وضعیت تنش نمونه‌های سنگی که در آزمایشگاه به وسیله آزمایش استاندارد سرشار بررسی می‌شوند با شرایط تنش سنگی که در جبهه کار زیرزمینی استخراج می‌شود، متفاوت است. تا کنون تأثیر تنش‌های برجا بر CAI بررسی نشده است. در این مقاله نشان داده می‌شود که اندیس CAI به طور قطع تحت وابسته به تنش می‌باشد. روش جدیدی که در آن آزمایش CAI در سلول سه محوری انجام می‌گیرد، وابستگی سنگ‌های مختلف به تنش را از طریق مقداری بیشتر CAI نسبت به تنش محصور کننده نشان می‌دهد. همچنین شرایط تنشی در جبهه کارهای گوناگون مورد بحث قرار گرفته و کاربرد مقادیر CAI برای تخمین فرسایش ابزار برش رودهدر و تیغه‌های برش TBM بررسی می‌شود.

بررسی تأثیر برش ایجاد شده در تونل‌ها به دلیل انتقال بار در طول تونل

“Analysis of shearing effect on tunnel induced by load transfer along longitudinal direction”

Authors: Shao-Ming Liao, Fang-Le Peng, Shui-Long Shen

Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 23, Issue 4, July 2008, Pages 421-430

در این تحقیق برای آنکه بتوان مکانیزم انتقال بار در طول تونل‌های حفر شده به وسیله دستگاه‌های سپردار را تحلیل نمود، مدل تونل به صورت یک پوسته استوانه‌ای در محیط الاستیک در نظر گرفته شده است. با اعمال تئوری پوسته الاستیک استوانه‌ای و در نظر گرفتن تغییر شکل برشی و جابجایی بر اساس توابع مثلثاتی، توزیع تنش و جابجایی پوشش تونل به دست می‌آید. در راه حل ارائه شده، سختی پوشش تونل به دو مولفه سختی محیطی و سختی شعاعی تقسیم شده است. تأثیر هر دو مولفه بر تغییرشکل و نیروهای درونی پوشش

چکیده پایان نامه‌های تونل

چکیده

عملکرد ماشین حفر تمام مقطع تونل (TBM) و استه به عملکرد تیغه‌های TBM می‌باشد. بسیاری از عوامل زمین شناسی و شرایط توده سنگ بر عملکرد تیغه‌ها موثرند؛ در این پژوهه از یک روش مدلسازی عددی سه بعدی بر پایه روش اجزای مجزا برای بررسی اثرات شیب و فاصله داری دسته درزه‌ها بر فرآیند پوسته ای شدن سنگ بوسیله تیغه‌های TBM استفاده شده است.

متغیرهای مورد مطالعه در حالت سه بعدی شامل، زاویه شیب درزه متغیر در حالت فاصله داری ثابت و فاصله داری متغیر در حالت شیب درزه ثابت می‌باشند.

در این دو حالت، مقدار سه متغیر تنشهای کششی القایی، تنشهای برشی القایی و حداکثر جابجایی، محاسبه شدند و میزان تنشی که در آن احتمال ایجاد چیزی وجود داشت، به عنوان میزان تنش بحرانی در هر مقطع ضبط شده و در فاصله داریهای مختلف درزه‌ها و یا زوایای متفاوت شیب دسته درزه‌ها و همچنین در مقاطع متعدد با هم مقایسه شدند تا فاصله داری و زاویه شیب بحرانی تخمین زده شود. نتایج حاصل نشان می‌دهد که نخست زاویه بحرانی شیب دسته درزه، زاویه‌ای مابین ۴۵ تا ۶۰ درجه خواهد بود، که در آن احتمال حداکثر پیشروی وجود دارد. دوم فاصله داری بحرانی که در آن، تأثیر فاصله داری بر میزان تنش بحرانی کاهش چشمگیری می‌یابد، فاصله ۲۰۰ میلیمتر است و در نهایت و به طور کلی به نظر می‌رسد اثر زاویه شیب دسته درزه بیش از اثر فاصله داری است.

صفحه‌ای باعث عدم دقیق کافی می‌شود.

لذا، در این پایان نامه، روند اجرای ایستگاه متروی S1 مربوط به توسعه خط یک متروی تهران به صورت سه بعدی با کمک نرم افزار Plaxis 3D Tunnel تحلیل و بررسی شده است. با تغییر تعداد، عمق و ترتیب گام‌های حفاری روش‌های اجرای مختلفی به دست می‌آیند که هر ترتیب بیانگر یک روش مجازی حفاری است و با مقایسه نتایج تحلیل این روش‌ها، مناسب‌ترین روش و همچنین روش بحرانی تعیین گشتند. علاوه بر بررسی روش‌های اجرایی، بخش عمده ای به حساسیت سنجی پارامترها اختصاص دارد.

به طوری که در ابتدا اثر ایجاد تغییرات در نوع، تعداد، فاصله و ضخامت اجزای پیش تثبیت مورد بررسی قرار گرفت و در ادامه، نقش تراز آب زیرزمینی، پارامترهای خاک و نحوه لایه‌بندی خاک اطراف بر نتایج تحلیل کنترل گردید.

مدلسازی سه بعدی عددی برای حفر تونل با TBM در توده سنگهای درزه دار

دانشگاه صنعتی امیر کبیر - دانشکده مهندسی معدن - پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده: امیر عبدالله ایران زاده استاد راهنمای: دکتر مصطفی شریف زاده تاریخ: اردیبهشت ۱۳۸۶

**بررسی مراحل اجرایی و
حساسیت سنجی پارامترها در
روش اجرای پیش تثبیت بتنه
در فضاهای زیرزمینی بزرگ
مقطع (ایستگاه‌های مترو)**

دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده مهندسی عمران - پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده: سید رضا طاهری استاد راهنمای: دکتر محمد حسین صدقیانی تاریخ: خرداد ۱۳۸۶

چکیده

احداث ایستگاه‌های مترو به عنوان فضاهای زیرزمینی کم عمق بزرگ مقطع در مناطق شهری از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. روش حفر و پوش به عنوان روش متداول اجرای این فضاهای در مناطق پر تردد شهری با مشکلات فراوانی همراه می‌باشد، لذا روش حفاری چند مرحله‌ای مقطع از زیر زمین می‌تواند به عنوان گزینه جایگزین مناسب تلقی گردد.

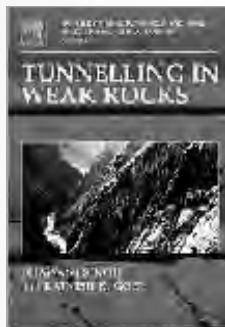
از طرفی با نصب سیستم پیش تثبیت تاق‌ها و شمع‌های بتنه قبل از حفر مقطع اصلی، حفاری قسمت‌های بعدی ایمن تر انجام می‌شود که در این روش پیش تثبیت به دلیل سهولت اجرا و اقتصادی بودن آن، به عنوان روش انتخابی در تحلیل پایداری ایستگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای تحلیل احداث ایستگاه‌های مترو که دارای ساختاری سه بعدی می‌باشند فرض کرنش

معرفی کتاب

عنوان:
"Tunnelling in Weak Rocks",
(Geo-Engineering Book Series)

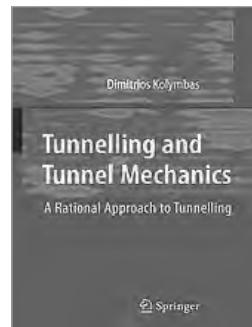
نویسنده‌گان: Rajnish K. Goel و Bhawani Singh
ناشر: Elsevier Science
تاریخ انتشار: ۲۰۰۶



تونل‌سازی در سنگ‌های سست به مرور زمان پیشرفت‌های زیادی نموده است و این کتاب تمامی اطلاعات موجود در این زمینه را جمع‌آوری نموده است. تونل‌سازی در زمین‌های ضعیف و شرایط نامناسب، چالش بزرگی برای مهندسان و طراحان می‌باشد و مطالب ارائه شده مشکلات مطرح را یک به یک بررسی می‌نماید. از جمله سرفصل‌های کتاب می‌توان به روش‌های طبقه‌بندی، روش‌های طراحی متناسب با شرایط ویژه محلی، نوآوری در دستگاه‌های حفاری مکانیزه سپردار، و مدیریت ریسک اشاره نمود.

عنوان:
"Tunnelling and Tunnel Mechanics:
A Rational Approach to Tunnelling"

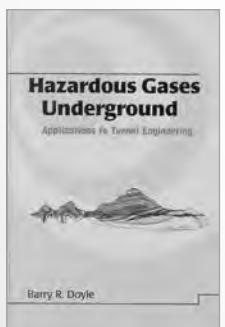
نویسنده: Dimitrios Kolymbas
ناشر: Springer
تاریخ انتشار: ۲۰۰۸



این کتاب علاوه بر جنبه‌های اجرایی به مباحث اولیه و نظری از جمله اصول مکانیک سنگ نیز می‌پردازد. مطالب نه تنها برای دانشجویان، بلکه برای متخصصانی که علاقمند به درک بهتر اصول و روش‌های تونل‌سازی هستند، جالب می‌باشد. تاکید نگارنده بیشتر بر اصول مکانیکی بوده و تکیه کمتری به روابط پیچیده تجربی نموده است. از جمله مطالب کتاب عبارتند از مطالعات و پیجوبی زمین، روش‌های مختلف تقویت و بهسازی زمین، روش NATM، مدیریت آبهای زیرزمینی، اینمنی در حین اجرا، نشستهای سطحی، مشکلات پایداری در حین تونل‌سازی، تحلیل‌های عددی، و غیره.

عنوان:
"Hazardous Gases Underground:
Applications to Tunnel Engineering
(Civil and Environmental Engineering)"

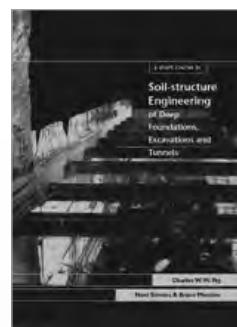
نویسنده: Barry Doyle
ناشر: CRC
تاریخ انتشار: ۲۰۰۱



این کتاب به خواننده کمک می‌کند تا مهارت مدیریت ریسک و طراحی روش‌ها و اقدامات پیشگیری کننده و مطمئن برای کنترل گاز با در نظر گرفتن زمان و بودجه محدود پروژه را یابیمود. نویسنده در این کتاب ویژگی‌های خطروناک متن، سولفید هیدروژن، دی‌اسید کربن، و بخار گازوییل را بررسی نموده و به تشریح گازهای ژئوترمال و ترمومژن، فرآیند بیولوژیک و زمین‌شناسی تولید، و مسیر حرکت گازها و نیز نگهداری گازهای خطرناک می‌پردازد. کتاب جزئیات و تجربه‌های بسیاری در رابطه با طبیعت گازها و مشکلات و خطرات مرتبط با گازها در فضاهای زیرزمینی و تونل، روش انجام بازدید و شناسایی مشکلات مربوط به گازها پیش از حفاری را راهه می‌نماید.

عنوان:
"A Short Course in Soil-Structure Engineering of Deep Foundations, Excavations and Tunnels"

نویسنده: Bruce Menzies، Noel Simons و Charles Ng
ناشر: Thomas Telford, Ltd
تاریخ انتشار: ۲۰۰۴



این کتاب بر سه زمینه ژئوتکنیکی و مشکلات اندرکنش خاک و سازه تمرکز می‌نماید. این سه زمینه شامل پی‌های عمیق، حفاری‌های عمیق با سیستم نگهداری و حائل‌های مرکب، و تونل‌های زیر شهری می‌باشد. مطالب کتاب جدیدترین شیوه‌های طراحی پی‌های عمیق، گودبرداری، و حفر تونل را به طور کامل مرور نموده و منبع مناسبی برای دانشجویان و مهندسان می‌باشد.

مثال‌ها و مدل‌های عددی ارائه شده دیدگاه با ارزشی در رابطه با چالش‌های مربوط به اندرکنش خاک و سازه ایجاد می‌نماید.

رویدادهای تونلی

موضوعات	عنوان
<ul style="list-style-type: none"> • Risk analysis, finances and contractual relationships • Geological and geotechnical investigations • Tunnelling in soft ground with shotcrete method • Cut- and cover constructions • Mechanized tunnelling • Monitoring, settlement control • Quality Management • Miscellaneous (storing facilities, etc) • Architectural design, structural design and management policy • City, tunnel, environment and safety • Maintenance, repair and rehabilitation • Special tunnels (long tunnels) 	<p>“Safe Tunnelling for the City and Environment” ITA-AITES WORLD TUNNEL CONGRESS 2009 and the 35th ITA-AITES GENERAL ASSEMBLY</p> <p>تاریخ و محل برگزاری: ۲۲ تا ۲۸ می ۲۰۰۹ - بوداپست، مجارستان</p> <p>آخرین فرصت ارسال چکیده مقاله: ۳۰ سپتامبر ۲۰۰۸</p> <p>http://www.wtc2009.org</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Numerical analyses of tunnel excavation • Constitutive models for support materials, soils and rocks • Prediction of tunnel face stability • Parameter identification • Knowledge based methods in tunneling • Sensitivity analysis and back-analysis • Stochastic methods and fuzzy logic • Life cycle analysis and maintenance • Risk analysis 	<p>EURO:TUN 2009 II International Conference on Computational Methods in Tunnelling</p> <p>تاریخ و محل برگزاری: ۹ تا ۱۱ سپتامبر ۲۰۰۹ - بخوم، آلمان</p> <p>آخرین فرصت ارسال چکیده مقاله: ۱ دسامبر ۲۰۰۸</p> <p>http://www.eurotun.rub.de</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Tunnelling technology and environmental issues 	<p>20th National Conference Tunnelling Technology & The Environment</p> <p>تاریخ و محل برگزاری: ۲۷ و ۲۸ اکتبر ۲۰۰۸ - آنتاریو، کانادا</p> <p>http://www.tunnelcanada.ca</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Analysis of Tunnels and Deep Excavations • Soil Investigations and Ground Improvements • Instrumentation and Monitoring of Underground Constructions • Damage Assessment and Mitigation Measures • Tunnel Construction and Risk Management • Project Management & Insurance Practices • Case Histories and Lessons Learnt • Observational Methods in Deep Excavations 	<p>ICDE 2008 “Challenges and Risk Management of Underground Construction”</p> <p>تاریخ و محل برگزاری: ۱۰ تا ۱۲ نوامبر ۲۰۰۸ - سنگاپور</p> <p>http://www.icde2008singapore.org/</p>

Tunnel

Iranian Tunnelling Association
Magazine

Spring 2008 No. 2

IN THE NAME OF GOD

● Editorial.....	2
● 8 the Iranian Tunnelling Conference - Call for paper.....	3
● News.....	4
● A review of methods to improve TBM productivity.....	7
● Workshop report: Tunnelling in fractured rocks and urban areas.....	8
● Suggestions for tunnel design (part2).....	10
● Fibraflex: A new generation of metal fibers.....	19
● The history of support design for underground spaces.....	25
● A new method for calculating gas leakage in ventilation design for underground spaces	29
● Evaluating different methods for predicting TBM advance rates.....	34
● Selected internathional Paper Abstracts.....	39
● Tunnelling Dissertation Abstracts.....	41
● Book Review.....	42
● Tunnelling Events.....	43



Dr. M. Gharouni Nik

Dr. S. Hashemi

Board of Directors of Iranian Tunnelling Association

Mr. M. Hamzeh Abyazani

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

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

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

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

President

Chief Editor

Supervised By

Internal managment

Editorial Board

Nashr-e-Fan

Executive Producer