تونل

نشریه انجمن تونل ایران

Tunnel

شماره۱۴، بهار ۹۰

Iranian Tunnelling Association Magazine

www.irta.ir

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

تونل

نشـریه انجمن تونـل ایـران

شماره -۱۴ بهار ۹۰

بسمه تعالی

- سرمقاله ۲
- گزارش سی و هفتمین مجمع عمومی انجمن بین المللی تونل و کنگره جهانی تونل ۲۰۱۱ در هلسینکی، فنلاند ۳
- اخبار ۴
- بررسی اثر تکمیل حلقه نگهداری در روش حفر چند مرحله ای بر کنترل جابجایی‌ها و تغییر شکل‌ها با تکیه بر رفتار سنجی- مطالعه موردی، تونلهای مترو شهری کرج ۹
- بررسی امکان سنجی کاربرد الیاف فولادی در تولید قطعات بتنی - پروژه تونل قمرود ۱۶
- شرح نرم افزار "خدمات فنی تونل" ۲۱
- جنبه‌های ارزیابی بارگذاری ناشی از آب زیرزمینی در طراحی سیستم نگهداری و تحلیل پایداری جبهه کار تونل‌ها ۲۶
- چکیده مقالات منتخب نشریات ۳۳
- معرفی کتاب ۳۵
- رویدادهای تونلی ۳۶

www.irta.ir

شـرح روی جلد: تونل راهدار (قائم شهر)

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

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

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

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

تلفن : ۶ - ۸۸۶۳۰۴۹۵ نمابر: ۸۸۰۰۸۷۵۴

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

هماهنگی‌های نخستین همایش آسیایی تونل

برگزاری همایش‌ها و سمینارها به عنوان یکی از مهم‌ترین ابزار تبادل اطلاعات و فناوری در محافل علمی و اجرایی از جایگاه بسیار مهمی در جهان امروز برخوردار می‌باشند. با برگزاری بهینه این گونه همایش‌ها می‌توان به اهدافی همچون ارتباط نزدیک با متخصصین و دست اندرکاران، تبادل دستاوردهای جدید علمی و تخصصی، معرفی و ارائه توانمندی‌ها، بهره‌مندی از تجارب کاربردی متخصصین، و آشنایی با آخرین دستاوردهای فنی رسید.

همانگونه که پیش از این اعلام شده است انجمن تونل ایران در همین راستا در آبان ماه ۱۳۹۰ نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل ایران را با عنوان "فضاهای زیرزمینی برای توسعه پایدار" برگزار می‌نماید تا بدینوسیله فرصت مناسبی به منظور تبادل اطلاعات و دانش روز و نیز آشنایی با فن‌آوری‌های جدید صنعت تونل را فراهم می‌سازد. برنامه این همایش که با همکاری انجمن بین المللی تونل (ITA) برگزار خواهد شد.

فضاهای زیرزمینی از جمله سازه‌های پر اهمیت در توسعه زیرساخت‌های بخش‌های مختلفی همچون فضاهای شهری، شبکه‌های حمل و نقل، انتقال آب، انتقال سوخت، تولید انرژی و معادن می‌باشند.

بهره‌گیری از آخرین فن آوری‌های ساخت فضاهای زیرزمینی و تونل‌ها یکی از نیازهای امروز کشورها به منظور دست یابی به توسعه پایدار می‌باشد، چرا که می‌توانند باعث تامین رفاه بلند مدت در جامعه شده و منجر به رونق اقتصاد، تجارت و صنعت شوند و در عین حال در حفظ محیط زیست و طبیعت نیز موثر باشند. این همایش با محورهای تحقیق و توسعه، طراحی، ساخت و بهره برداری بر نقش کلیدی فضاهای زیرزمینی در توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست تاکید می‌نماید. محورهای اصلی مباحث و مقالات همایش شامل تحقیق و توسعه، مبانی شناسائی و طراحی، فضاهای زیرزمینی و فن‌آوری ساخت آنها، مباحث مالی، قراردادی و مدیریتی در پروژه‌های زیرزمینی، و دیگر مواردی همچون ملاحظات اجتماعی و زیست محیطی، ایمنی در تونلسازی، معماری در فضاهای زیرزمینی، تاسیسات در فضاهای زیرزمینی، و تعمیر و نگهداری فضاهای زیرزمینی می‌باشد.

هماهنگی لازم جهت برگزاری تعدادی کارگاه آموزشی از جمله تونلسازی به روش تونل‌سازی نوین اتریشی (NATM)، بهسازی زمین، مدیریت پروژه‌های تونل‌سازی، و میکروتونلینگ انجام شده که توسط متخصصان داخلی و خارجی ارائه خواهد شد. همزمان با برگزاری این همایش، یک نمایشگاه جانبی با حضور شرکت‌های داخلی و خارجی به منظور ارائه و نمایش جدیدترین دستاوردهای علمی، فنی و تحقیقاتی در صنعت تونل برگزار خواهد شد که می‌تواند زمینه انتقال تجربیات و یافته‌های صنعتگران، تولیدکنندگان و متخصصان رشته تونل در جهت توسعه این صنعت در اجرای طرح‌ها در سطح کشور باشد. علاوه بر موارد فوق بازدیدهایی از چند پروژه به عمل خواهد آمد که علاقمندان را با نحوه عملکرد و پیشرفت این پروژه‌ها و مراحل گوناگون اجرا و بهره‌برداری آشناتر می‌نماید.

با توجه به استقبال گسترده متخصصان در ارسال مقالات در راستای محورهای همایش، امید آن می‌رود که با ادامه حضور فعال دست‌اندرکاران صنعت تونل در این همایش، زمینه‌های شکوفایی، ارتقاء و توسعه فناوری فضاهای زیرزمینی بیش از پیش فراهم شود.

گزارش سی و هفتمین مجمع عمومی انجمن بین المللی تونل و کنگره جهانی تونل ۲۰۱۱ در هلسینکی، فنلاند

سیامک هاشمی، نایب رئیس انجمن تونل ایران

سی و هفتمین مجمع عمومی انجمن بین‌المللی تونل و کنگره جهانی تونل ۲۰۱۱ از ۳۰ اردیبهشت تا ۴ خرداد ۱۳۹۰ در مرکز همایش‌های شهر هلسینکی (فنلاند) برگزار شد. کنگره جهانی امسال با عنوان "فضاهای زیرزمینی در خدمت جوامع پایدار" توسط انجمن بین‌المللی تونل، انجمن تونل فنلاند، و انجمن مهندسین عمران فنلاند برگزار گردید. نمایندگان ۴۹ کشور از مجموع ۶۴ کشور عضو انجمن بین‌المللی در مجمع عمومی و در حدود ۱۴۰۰ نفر از کارشناسان و متخصصان صنعت تونل از کشورهای مختلف در کنگره شرکت کرده بودند. رئوس برنامه‌های کنگره شامل پنج بخش زیر بود:

۱- جلسات مجمع عمومی

جلسات مجمع عمومی در دو جلسه در روزهای یکشنبه ۱ خرداد ۱۳۹۰ و چهارشنبه ۴ خرداد ۱۳۹۰ برگزار شد. در جلسه روز اول، رئیس انجمن بین المللی تونل گزارشی از عملکرد این انجمن در سال گذشته را برای اعضا تشریح کرد. پس از آن سایر اعضا گزارش کوتاهی از عملکرد انجمن‌های تونل کشور خود را ارائه نمودند. نماینده انجمن تونل ایران در کنار شرح فعالیت‌های انجمن تونل ایران در سال گذشته به معرفی برنامه‌های پیشبینی شده برای برگزاری نخستین همایش آسیایی تونل در ایران پرداخت و از تمامی اعضا جهت شرکت در این همایش دعوت نمود. در ادامه این جلسه شش کشور پیرو درخواست پیشین و تکمیل مدارک مورد نیاز، به عنوان اعضای جدید انجمن بین المللی تونل پذیرفته شدند. این کشورها عبارت از آذربایجان، بلاروس، امارات متحده عربی، نپال، پاناما، و سربستان بودند که جمع تعداد اعضای این انجمن را به ۶۴ کشور می‌رساند.

در این جلسه روسای انجمن بین‌المللی مکانیک سنگ (ISRM)، انجمن بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی پی (ISSMGE)، و مجمع جهانی راه (PIARC) موافقت خود را جهت همکاری با انجمن بین‌المللی تونل اعلام نمودند و پیشنهادات خود را در زمینه‌های مرتبط و مشترک ارائه کردند.

در ادامه جلسه سه کشور استرالیا، برزیل، و سنگاپور نامزدی خود برای برگزاری چهلمین مجمع عمومی و کنگره جهانی تونل در سال ۲۰۱۴ اعلام کرده و برنامه‌های خود را برای برگزاری مجمع و کنگره در کشور خود معرفی کردند.

در دومین جلسه مجمع برنامه‌های سال آینده انجمن بین‌المللی مطرح و پس از اعلام نظر اعضا مورد تصویب قرار گرفت. پس از آن مسئولین کارگروه‌های فعال انجمن بین المللی گزارشی از فعالیت‌های خود را ارائه دادند. در ادامه این جلسه در خصوص برگزاری مجمع عمومی و کنگره جهانی سال ۲۰۱۴ در یکی از کشورهای استرالیا، برزیل، و سنگاپور رای‌گیری شد، و برزیل بیشترین رای را به دست آورد.

۲- جلسات کار گروه‌های تخصصی

یکی دیگر از فعالیت‌های کنگره برگزاری جلسات کارگروه‌های تخصصی فعال انجمن بین المللی تونل به صورت مجزا و همزمان، در روز ۱ خرداد ۱۳۹۰ بود. در این جلسات، مسئولین کارگروه‌ها گزارشی از فعالیت‌های یک سال گذشته را ارائه داده و سپس اعضای کشورهای مختلف برحسب درخواست قبلی، گزارشات خود را ارائه دادند.

در کارگروه شماره ۱۴(حفاری مکانیزه) تعدادی از پروژه‌های کشورهای عضو معرفی و بررسی شدند.

در این جلسه تونل بلند انوج به عنوان بخشی از طرح انتقال آب دز به قمرود و یکی از پروژه‌های ویژه ایران مطرح و توسط متخصصان این کارگروه مورد بحث و بررسی قرار گرفت. پس از ارائه توضیحات لازم راجع به این طرح، ثبت پروژه مذکور در فهرست پروژه‌های منحصر به فرد جهانی به تصویب این کارگروه رسید.

۳- ارائه مقالات

هفت محور اصلی تعیین شده برای مقالات کنگره شامل برنامه‌ریزی و استفاده از فضاهای زیرزمینی، خدمات شهری، فن‌آوری و بهره‌برداری، ترافیک و تدارکات، دفع ضایعات اتمی از دیدگاه زمین‌شناسی، انرژی‌های تجدیدپذیر، و مدیریت پروژه بود. تعداد ۲۴۳ مقاله برای ارائه به صورت شفاهی و پوستر پذیرفته شده بودند. از این میان ۱۴۸ مقاله در طول سه روز به صورت شفاهی، در چهار سالن به صورت همزمان در جلسات صبح و عصر ارائه گردیدند.

۴- نمایشگاه تخصصی

نمایشگاه تخصصی صنعت تونل با شرکت حدود ۷۵ شرکت مشاور، پیمانکار و سازنده تجهیزات تونل برگزار شد. غرفه‌های این نمایشگاه در دو طبقه و در راهروهای بین سالن‌های ارائه مقالات و پوستر مستقر بودند. تعدادی شرکت سازنده، تجهیزات و ماشین‌آلات مورد نظر خود را در فضای بیرون سالن‌ها به نمایش گذاشته بودند.

۵- بازدیدهای علمی

تعدادی بازدید علمی از چند پروژه به عنوان بخشی از فعالیت‌های کنگره در نظر گرفته شده بود. این پروژه‌ها شامل یازدید از شبکه تونل برق رسانی و خدماتی چند منظوره هلسینکی، بازدید از تصفیه خانه زیرزمینی آب و فاضلاب هلسینکی، مرکز ورزشی و استخر زیرزمینی هلسینکی (که به صورت مغار در سنگ حفاری شده)، و بازدید از پروژه متروی غرب هلسینکی از جمله بازدیدهای هماهنگ شده بودند.

جزئیات بیشتر برنامه‌های مجمع عمومی و کنگره فوق در سایت‌های انجمن بین‌المللی تونل (http://www.ita-aites.org) و کنگره (http://www.wtc11.org) قابل مشاهده می‌باشند.

اخبار

بهره‌برداری کامل از آزادراه تبریز ـ زنجان آغاز شد

با افتتاح آزمایشی تونل‌های دوقلوی شبلی، بهره‌برداری کامل از آزادراه تبریز ـ زنجان آغاز شد. به گزارش خبرگزاری فارس از تبریز، معاون عمرانی استاندار آذربایجان شرقی در حاشیه افتتاح آزمایشی این پروژه در گفت‌وگو با خبرنگاران گفت: ۲۶ کیلومتر از آزادراه نبی اکرم (ص) از تقاطع بستان‌آباد تا قزلجه میدان امروز به بهره‌برداری آزمایشی رسید تا میهمانان نوروزی بتوانند از این آزادراه استفاده کنند.

محمد اشرف‌نیا افزود: عملیات عمرانی این آزادراه مدت‌ها قبل به پایان رسیده بود ولی به دلیل رعایت مسائل ایمنی بهره‌برداری از آن امکانپذیر نبود که خوشبختانه با همکاری وزارت راه و ترابری بیش از ۹۰ درصد علائم و خط کشی‌های مورد نیاز به انجام رسید و امروز شاهد بهره‌برداری از این پروژه افتخارآمیز کشور هستیم.

وی با بیان اینکه برای این پروژه بیش از ۴ هزار میلیارد ریال هزینه شده است، ادامه داد: تکمیل بیش از ۷۰ درصد پروژه آزادراه پیامبر اعظم (ص) در دولت نهم و دهم انجام شده است.

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

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

۱۳۹۰/۰۱/۰۱
خبرگزاری فارس

تونل زیرزمینی بین دروازه ارک تا دروازه رشت احداث می‌شود

رئیس شورای اسلامی شهر زنجان گفت: در راستای کاهش ترافیک مرکز شهر زنجان، تونل زیرزمینی بین دروازه ارک تا دروازه رشت این شهر احداث می‌شود. مسعود رضا خوشنام در گفت‌وگو با خبرنگار فارس در زنجان با اشاره به آغاز حفاری‌ها در این زمینه اظهار داشت: کارهای ابتدایی ساخت این تونل آغاز شده و امیدواریم هر چه زودتر این تونل احداث شود. وی با اشاره به ترافیک سنگین مرکز شهر زنجان تصریح کرد: ساخت این تونل موجب کاهش ترافیک در این محور شده و رفاه شهروندان را به دنبال دارد. رئیس شورای اسلامی شهر زنجان در ادامه با بیان اینکه اقدامات خوبی در راستای کاهش ترافیک خیابان‌های مرکزی شهر زنجان صورت گرفته است، تصریح کرد: در این راستا در سال گذشته محور داود قلی و دلجویی پس از چند دهه بازگشایی شد که تاثیر خوبی در راستای کاهش ترافیک در این منطقه داشته است. وی در ادامه با اشاره به اینکه ایجاد قطار شهری نیز از جمله مصوبات دور سوم سفر ریاست جمهوری به استان زنجان است، تصریح کرد: این طرح نیز در راستای کاهش ترافیک شهر زنجان و افزایش ناوگان حمل و نقل عمومی با اقدامات و پیگیری‌های انجام شده از سوی شورای شهر و شهرداری زنجان، در دستور کار هیئت دولت در سفر سوم به استان زنجان قرار گرفت. خوشنام با بیان اینکه این طرح در کمیسیون‌های مربوطه مطرح و پس از بررسی مسائل مشکلات آن توسط کارشناسان دولت به تصویب هیئت دولت

رسیده است، افزود: این اساسنامه شامل سه فصل، ۳۲ ماده، ۱۲ تبصره و ۷۲ بند است.
وی در مورد زمان اجرای آغاز مطالعات این طرح گفت: مطالعات این طرح از سال جاری به صورت رسمی و با اختصاص بودجه از سوی استانداری زنجان آغاز می‌شود. رئیس شورای اسلامی شهر زنجان با بیان اینکه قرارداد مطالعه این طرح بسته شده، بیان داشت: مطالعه این طرح با جدیت از سال جاری آغاز می‌شود تا مراحل مختلف این طرح بزرگ روند خود را ادامه دهد. وی با اشاره به اقدامات انجام شده در زمینه اجرای این طرح افزود: در حال حاضر پیگیر مجوز از وزارت کشور برای تشکیل سازمان قطار شهری زنجان و حومه و تشکیل هیئت مدیره این سازمان هستیم. خوشنام با اشاره به اهمیت اجرای این طرح در شهر زنجان و تأثیر بسیار بالای آن در کاهش ترافیک و کمک به حمل و نقل عمومی اذعان داشت: اجرای این مصوبه بزرگ، تحولات چشمگیری را در مرکز استان زنجان ایجاد می‌کند. رئیس شورای اسلامی شهر زنجان با اشاره به تشکیل مجمع مشورتی و پیگیری این پروژه گفت: این مجمع زیر نظر هیئت مدیره سازمان قطار شهری بوده و برای اینکه در اجرا، مطالعه و پیگیری قطار شهری خللی به وجود نیاید، در این مجمع از تجربیات و توانایی همه مدیران فنی و مهندسی شهر استفاده می‌شود.
وی با بیان اینکه در حال حاضر قطار شهری در هفت کلان شهر کشور به تصویب رسیده و مراحل اجرایی و ساخت ساز آنها در حال انجام است، بیان داشت: شهر زنجان هشتمین شهر کشور است که قطار شهری برای آن به تصویب رسیده است. خوشنام ادامه داد: شهرداری و شورای اسلامی شهر زنجان رایزنی‌هایی را با همه پیمانکاران و شرکت‌هایی که در زمینه قطار شهری فعالیت دارند انجام داده تا از تجربیات و فناوری آنها در راستای اجرای سریع مطالعات قطار شهری زنجان بهره‌مند شود. وی خاطرنشان کرد: حمل و نقل عمومی تاثیر مهمی در اقتصاد کشور دارد، بنابراین باید وضعیت مسافرت‌های درون شهری را ساماندهی سرعت داده و کیفیت آنرا افزایش دهیم تا حمل و نقل درون شهری به معضل تبدیل نشود.

۱۳۹۰/۰۱/۱۷
خبرگزاری فارس

پیشرفت ۴۰ درصدی تونل زیرگذر خط تهران–تبریز و تست اولیه لکوموتیو ملی

مدیرعامل راه‌آهن ضمن بیان اینکه تاکنون ۱۰۰ میلیارد تومان برای عملیات اجرایی زیرزمین رفتن راه‌آهن در منطقه ۱۷ و ۱۸ تهران هزینه شده گفت: پیشرفت پروژه در فاز یک ۷۰ درصد است و عملیات اجرایی فاز دو نیز به زودی آغاز می‌شود.
عبدالعلی صاحب‌محمدی در گفت‌وگو با خبرنگار اقتصادی باشگاه خبری فارس، با اشاره به اینکه تأمین ناوگان یکی از مقوله‌های اصلی در سیستم حمل و نقل ریلی محسوب می‌شود، اظهار داشت: با توجه به فروش شرکت‌های مشترک حمل و نقل ریلی و واگذاری مالکیت واگن‌های باری و نیز برون سپاری امور تعمیرات و نگهداری مربوطه به بخش‌های غیردولتی، طبعاً تمامی امور تعمیرات اساسی و بازسازی واگن‌ها نیز به بخش خصوصی و غیردولتی واگذار شده است.
صاحب‌محمدی در مورد پیشرفت عملیات اجرایی زیرزمین رفتن راه‌آهن در منطقه ۱۷ و ۱۸، به لزوم همکاری صادقانه تمامی مسئولان در جهت اصلاح وضعیت موجود، ایمن‌سازی و بهسازی زیرگذرها و تأمین هرچه بیشتر امنیت و آسایش ساکنان مجاور خطوط راه‌آهن اشاره کرد و افزود: این پروژه دو فاز دارد؛ در سال ۸۷ از محل ستاد مدیریت سوخت اعتبار مناسبی برای طرح‌های حومه‌ای اختصاص یافت؛ در سال ۸۸ این پروژه تنها پنج میلیارد تومان اعتبار گرفت و طی سال گذشته با پیگیری‌های متناوب اختصاص بودجه برای این پروژه در سال ۸۹ ابتدا ۵۰ میلیارد تومان، سپس ۷۵ میلیارد تومان مشخص شد اما فعلاً در این پروژه هیچ مشکل مالی نداریم.
مدیرعامل راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران ادامه داد: پروژه مذکور شامل ۴ کیلومتر تونل و ۲ کیلومتر رمپ و در فاز دوم نیز شامل ۴ کیلومتر تونل و ۲ کیلومتر رمپ است؛ این پروژه شامل یک تونل دوقلو کنار یکدیگر است که در هر تونل دو مسیر ریلی در نظر گرفته شده است اما از آنجا که رئیس جمهور توجه خاصی به مردم مناطق مذکور دارد طبق دستور وی لازم است شرایطی فراهم شود که این پروژه به سرعت به اتمام برسد. وی با اشاره به اینکه فاز یک عملیات اجرایی این پروژه حدود ۷۰ درصد پیشرفت فیزیکی دارد، تصریح کرد: عملیات اجرایی فاز ۲ نیز به زودی آغاز می‌شود.
مدیرعامل راه‌آهن جمهوری اسلامی ایران با بیان اینکه طبق ابلاغ راه‌آهن به پیمانکار این کار باید در فاز ۲ هم به سرعت شروع شود، تصریح کرد: جمعاً در فاز یک و دو در کل پروژه حدود ۴۰ درصد پیشرفت فیزیکی داریم.
وی ضمن بیان اینکه کل هزینه اجرایی پروژه از ۳۰۰ میلیارد تومان بالاتر خواهد رفت، گفت: تاکنون حدود ۱۰۰ میلیارد تومان در این‌باره هزینه شده است. به گزارش فارس عملیات اجرایی پروژه تونل زیرگذر خط آهن تهران – تبریز در مناطق ۱۷ و ۱۸ تهران به طول چهار هزار و ۱۵۰ متر از مهرماه سال ۱۳۸۷ آغاز شد که با بهره‌برداری از آن موجبات کاهش ترافیک و آلودگی صوتی و زیست محیطی برای ساکنان این مناطق فراهم خواهد شد.
کاهش آلودگی محیطی، عدم برخورد عابران با قطار، کاهش ترافیک شهری و کاهش بافت فرسوده، از دیگر اهداف اجرایی این طرح است. همچنین فضای باز ایجاد شده بعد از انتقال ریل به زیرزمین در این مناطق، به افزایش فضای سبز و مبلمان شهری و بازارهای اقتصادی منطقه، اختصاص می‌یابد و قطعاً به ارزش اقتصادی و توسعه منطقه می‌افزاید.

۱۳۹۰/۰۲/۰۵
خبرگزاری فارس

۹ ایستگاه متروی اهواز آماده حفاری تونل است

مدیر فنی پروژه قطار شهری اهواز گفت: ۹ ایستگاه ابتدایی خط یک قطار شهری اهواز آماده حفاری تونل است. به گزارش خبرگزاری فارس از اهواز، خشایار باقری در گفت‌وگو با خبرنگاران با اشاره به اینکه عملیات مونتاژ دو دستگاه تونل‌زنی مترو (TBM) در حال انجام است، خاطرنشان کرد: از ابتدای مسیر، ۹ ایستگاه آماده آغاز عملیات حفاری شده‌اند. وی اظهار داشت: نرخ حفاری با دستگاه‌های TBM ۴۵۰ متر در ماه است، به این ترتیب فاصله بین هر دو ایستگاه که شامل ۸۰۰ تا ۹۰۰ متر است در دو ماه حفاری می‌شود. باقری تاکید کرد: ایستگاه‌های واقع در مسیر دستگاه‌های TBM باید پیش از رسیدن این دستگاه‌ها احداث و آماده‌سازی شده باشند. وی با بیان اینکه بر اساس مطالعات جامع حمل و نقل اهواز، چهار خط مترو برای این شهر پیش‌بینی شده، افزود: خط یک قطارشهری به طول ۲۳ کیلومتر شامل ۲۴ ایستگاه، از شمال شرقی پس از گذر از مرکز شهر و سپس از زیر رودخانه کارون به جنوب شرقی می‌رسد. باقری در مورد مهم‌ترین محدودیت‌های موجود در جانمایی و انجام عملیات حفاری و استفاده از دستگاه‌های حفار در اهواز، توضیح داد: در این شهر علاوه بر محدودیت‌های موجود در دیگر کلان‌شهرها، تاسیسات برق و مخابرات و لوله‌های نفت و آب مشکلاتی ایجاد می‌کرد و جابه‌جایی این تاسیسات زمان‌بر بود. به گفته وی، فقط در ایستگاه دروازه، ۲۸ خط انتقال فرآورده نفتی جابه‌جا شد. پیش از این قرار بود قسمت‌های ابتدا و انتهای خط یک قطار شهری در سطح کار شود اما بر اساس مصوبه شورای عالی ترافیک به دلیل گرمای هوا و پدافند غیرعامل تمام طول خط یک به صورت زیرزمینی انجام می‌شود. به دلیل کمبود اعتبارات قرار است از ۲۴ ایستگاه تعیین شده در مطالعات قطارشهری اهواز، ۱۰ ایستگاه در فاز نخست آماده‌سازی شود. به گفته مجری پروژه قطارشهری اهواز، مونتاژ دستگاه‌های TBM تا خرداد ماه به اتمام می‌رسد و حفاری تونل از نیمه خرداد آغاز می‌شود.

۱۳۹۰/۰۲/۰۵
خبرگزاری فارس

پیشرفت ۳۵ درصدی روشنایی تونل‌های هفتگانه بزرگراه جم سیراف

سرپرست اداره راه و ترابری شهرستان جم از پیشرفت ۳۵ درصدی روشنایی تونل‌های بزرگراه جم سیراف خبر داد. به گزارش خبرگزاری فارس از عسلویه، صادق غلامی در بازدید از طرح‌های راهسازی شهرستان جم اظهار داشت: دولت نهم و دهم در امر راهسازی تلاش بی‌نظیری داشته و در شهرستان جم شاهد بیشترین حجم کارهای راهسازی هستیم. وی افزود: حجم و کیفیت کارهای انجام شده در چهار سال گذشته در شهرستان جم با دوران گذشته قابل مقایسه نیست و امروز شاهد راه ایمن و مناسب در شهرستان هستیم که البته تا رسیدن به وضعیت مطلوب باید کارهای بیشتری انجام دهیم. سرپرست اداره راه و ترابری شهرستان جم از پیشرفت ۳۵ درصدی روشنایی تونل‌های بزرگراه جم سیراف خبر داد و خاطرنشان کرد: پروژه روشنایی تونل‌های محور جم و بندر سیراف و بالعکس آغاز شده و در حال حاضر این پروژه ۳۵ درصد پیشرفت فیزیکی دارد. غلامی تصریح کرد: اعتبار این پروژه بسیار مهم ۳۰ میلیارد ریال است که اعتبار این پروژه از محل اعتبارات سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس تامین شده است. وی اضافه کرد: تعداد هفت تونل در این محور وجود دارد که طول این هفت تونل مجموعا ۲ هزار و ۷۰۰ متر است که سه تونل در حوزه اداره راه و ترابری شهرستان جم است که طول این سه تونل هزار و ۵۰۰ متر است. غلامی عنوان داشت: تعداد چهار تونل نیز در حوزه راه و ترابری شهرستان کنگان است که طول این چهار تونل نیز هزار و ۲۰۰ متر است و تلاش خوبی برای روشنایی و ایمن‌سازی این تونل‌ها در حال انجام است. سرپرست اداره راه و ترابری شهرستان جم افزود: انتقال شبکه برق برای روشنایی تونل‌ها از سه‌راه بندر سیراف به طول ۸ کیلومتر انجام خواهد گرفت که این امر نیز در حال انجام مناقصه است و به زودی عملیات اجرایی آن آغاز می‌شود. غلامی گفت: این پروژه نقش اساسی در ایمنی و عبور و مرور محور جم و بندر سیراف دارد و هدیه بزرگی از طرف سازمان منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس به مردم شریف شهرستان‌های جم و کنگان است. وی ابراز داشت: مدیرکل راه استان بوشهر و فرماندار پرتلاش جم با همه توان و ظرفیت برای بهبود وضعیت راه‌های این شهرستان تلاش و فعالیت دارند و انتظار داریم در سال جاری نیز چند طرح عام‌المنفعه و اساسی در جم انجام شود.

۱۳۹۰/۰۲/۱۲
خبرگزاری فارس

پروژه احداث تونل بهشت‌آباد تا پایان سال ۹۰ اجرا می‌شود

نماینده مردم دهاقان در مجلس گفت: با اختصاص ۴۰۰ میلیارد تومان اعتبار اولیه، پروژه احداث تونل بهشت آباد تا پایان سال ۹۰ اجرا می‌شود. عوض حیدرپور در گفت‌وگو با خبرنگار فارس در اصفهان با اشاره به وضعیت آب زاینده‌رود و آخرین تصمیم‌های اجرایی درباره تامین آب در استان اصفهان اظهارداشت: هرساله مقداری آب پشت سد زاینده‌رود دفع می‌شود که باید این آب را به دو بخش آشامیدنی و کشت و کار تقسیم کرد و نیز حق‌آبه‌های پشت سد را طبق سنوات گذشته در نظر و اختصاص داد. وی با اشاره به برگزاری جلسه‌های متعدد کارشناسی افزود: باید میزان آب پشت سدها که از دو طریق تونل در دست احداث و نیز تونل بهشت آباد تامین می‌شود را افزایش داد، زیرا این مقدار آب با میزان ذخیره آب دو تا سه سال گذشته تونل اول و دوم خدنگستان و تونل جنبی آن برابر است. نماینده مردم دهاقان در مجلس شورای اسلامی با تاکید بر اینکه هر ساله باید ۸۰۰ میلیون لیتر آب به این میزان حجم اضافه شود، تصریح کرد: در حال حاضر برای تامین این آب چاره‌ای جز استفاده از تونل خدنگستان نداریم. وی به نشست تخصصی استاندار اصفهان با رئیس جمهور و وزیر نیرو اشاره کرد و گفت: مجوز و مطالعات اولیه این طرح انجام شده و قراردادی در این راستا با قرارگاه خاتم در حال انعقاد است که براساس این احداث تونل بهشت آباد طبق قراردادهای اولیه تا پایان سال ۹۰ آغاز می‌شود. حیدرپور ادامه داد: یکهزار میلیارد تومان بودجه برای احداث این تونل لازم است که تاکنون ۴۰ درصد و معادل ۴۰۰ میلیارد تومان آن پرداخت شده است و در صورت اختصاص ۴۰۰ میلیارد تومان دیگر به این بودجه، هزینه احداث آن تامین می‌شود. وی از تهیه ماشین آلات حفاری و وسایل مورد نیاز احداث تونل بهشت آباد خبرداد و گفت: توجهات ویژه‌ای به این پروژه ملی ماندگار انجام شده است. نماینده مردم دهاقان در مجلس شورای اسلامی با اشاره به احیاء حق‌آبه‌ها در عهدنامه شیخ بهایی است، بیان داشت: جلساتی با کشاورزان منطقه شرق اصفهان برگزار شده است تا در سال جاری استفاده مطلوبی از منابع آب کشاورزی ایجاد شود. وی تحقق این امر را هدایت آب به سمت باغات کشاورزی و استفاده از روش غرغابی دانست و اضافه کرد: باید دنبال مزیت‌ها و بهترین روش‌های صرفه‌جویانه بود. حیدرپور اضافه کرد: با توجه به سال جهاد اقتصادی و انتقال آب تا پایان سال ۱۳۹۰، باید بهترین استفاده از منابع آبی انجام گیرد.

۱۳۹۰/۰۲/۱۳
خبرگزاری فارس

پروژه قطار شهری شیراز به باغ‌های باارزش شهر آسیب نمی‌رساند

ناظر پروژه تونل قطعه هشتم قطار شهری شیراز گفت: خاکبرداری‌های صورت گرفته در پروژه قطار شهری شیراز، از زیر خیابان‌ها و ساختمان‌ها، همچنین باغات مهم و باارزش قصردشت بدون وارد آمدن کوچک‌ترین آسیب و تخریب به انجام رسیده است. به گزارش خبرگزاری فارس از شیراز به نقل از روابط عمومی سازمان قطار شهری شیراز، مهدی تقویت در بازدید کارشناسان و کارکنان شهرداری منطقه دو شیراز که قسمتی از خط یک قطار شهری این شهر در محدوده این منطقه است، اظهار داشت: در این قطعه که در محل تقاطع غیرهم‌سطح شهید مطهری واقع شده، فعالیت‌ها به سه بخش تقسیم شده است. وی افزود: تونل نوع a به طول ۲۴۰متر، تونل نوع b به طول ۷۰ متر و تونل نوع c به طول ۲۴۰متر تقسیم شده است. به گفته وی اجرای تونل‌های قطار شهری در این مسیر به دو روش حفاری مکانیزه با دستگاه TBM و یا به صورت خاکبرداری (اتریشی، و کند و پوش) انجام شده است. ناظر پروژه تونل قطعه هشتم قطار شهری شیراز خاطرنشان کرد: برای اجرای تونل به روش اتریشی، انجام خاکبرداری از زیر خیابان‌ها و ساختمان‌ها، همچنین باغات مهم و باارزش قصردشت بدون وارد آمدن کوچک‌ترین آسیب و تخریب به انجام رسیده است.

بر اساس این گزارش کارشناسان و کارکنان شهرداری منطقه دو این شهر از نزدیک با مراحل

اجرایی ساخت تونل‌های این مسیر با روش‌های مکانیزه TBM و خاکبرداری در طول ۵،۲۴ کیلومتر در محور شرق به غرب شامل میدان الله تا میدان احسان، همچنین مراحل ساخت ایستگاه‌های ۲۰گانه و اجرای ریل‌گذاری از میدان احسان تا ایستگاه شهید مطهری قصردشت آشنا شدند.

۱۳۹۰/۰۲/۱۸
خبرگزاری فارس

بهره‌برداری از پروژه صدر_نیایش در بهمن سال ۹۱

معاون فنی عمران شهرداری تهران با بیان اینکه ۱۰ کیلومتر از پروژه صدر_ نیایش در زیر زمین و ۱۰ کیلومتر در روی زمین است، گفت: بهره‌برداری از پروژه صدر_نیایش در بهمن سال ۹۱ آغاز می‌شود. به گزارش خبرنگار اجتماعی فارس، مازیار حسینی امروز در مراسم کلنگ‌زنی پروژه صدر - نیایش گفت: طراحی‌های لازم برای اجرای این پروژه انجام شده است. وی با بیان اینکه خطوط دسترسی برای این پروژه دیده شده است، گفت: بعد از تجهیز کارگاه کلنگ این پروژه به زمین زده شد. معاون فنی - عمرانی شهرداری تهران با بیان اینکه بیش از ۹۰ درصد جزئیات اجرایی تونل نیایش آماده شده است، گفت: نقشه‌ها مورد بهره‌برداری و رسیدگی است. به گفته حسینی، در طراحی استانداردها دیده شده است. به کف استانداردها قناعت نکرده‌ایم بلکه آخرین استانداردهای تونل‌سازی در دنیا را در اجرای پروژه به کار می‌گیریم. معاون فنی عمران شهرداری تهران با تاکید بر این موضوع که پروژه صدر اولین تجربه کشور در پروژه طبقاتی تک پایه است، گفت: حدود ۲۵ متر این پل پهنا دارد. حسینی اضافه کرد: در این پروژه ۱۰ کیلومتر در زیر زمین و ۱۰ کیلومتر در روز زمین کار انجام می‌شود. وی با اشاره به اینکه شروع به کار رسمی پروژه از ششم فروردین ماه بوده است گفت این پروژه از ۲۲ بهمن سال ۹۱ افتتاح و آماده بهره برداری می‌شود.

معاون فنی عمران شهرداری تهران اضافه کرد: برای اجرای این پروژه منابع مالی پیش‌بینی شده و این اطمینان وجود دارد که به خاطر مشکلات مالی پروژه متوقف نخواهد شد. وی در خصوص قیمت تمام شده این پروژه گفت: نسبت به کارهای قبلی قطعا در این زمینه نیز رکورد خواهیم زد.
حسینی تاکید کرد: در این پروژه پرت زمانی نخواهیم داشت و فقط قرار است در عاشورا و همچنین اول فروردین کار متوقف شود و در بقیه موارد کار به صورت سه شیفت انجام می‌شود. وی از جمع آوری دکل‌های ۲۲۰ ولتی برق در این پروژه خبر داد و گفت: ظرف شش ماه این کار انجام خواهد شد. معاون فنی عمران شهرداری تهران به بحث آلودگی صوتی در بزرگراه‌ها اشاره کرد و گفت: در بزرگراه صدر از سیستمی استفاده کردیم که آلودگی صوتی را کاهش می‌دهد.

۱۳۹۰/۰۳/۰۷
خبرگزاری فارس

راه بازار به بزرگراه امام علی سال آینده باز می‌شود

معاون فنی و عمرانی شهردار تهران در جریان بازدید رئیس کمیسیون توسعه و عمران شورای شهر تهران از پروژه تونل امیرکبیر با اشاره به پیشرفت ۳۰ درصدی این پروژه، گفت: تا مهرماه سال ۹۱ این پروژه به بهره‌برداری خواهد رسید.
مازیار حسینی در جریان بازدید رئیس کمیسیون عمران شورای شهر تهران از پیشرفت تونل امیرکبیر و بزرگراه امام علی با بیان اینکه کارکرد اصلی تونل امیرکبیر تخلیه بار ترافیکی از بازار تهران است، اظهار کرد: با توجه به سیاست شهرداری تهران مبنی بر گسترش حمل‌ونقل عمومی یک خط اتوبوس تندرو از داخل این تونل گذر می‌کند.
وی با اشاره به اینکه طول تونل امیرکبیر ۲/۲ کیلومتر است، اظهار کرد: این تونل حد فاصل سه‌راه امین‌حضور تا بزرگراه امام علی را پوشش می‌دهد. حسینی با اشاره به معضل پارکینگ در محدوده تونل امیرکبیر و محدوده بازار عنوان کرد: در بخشی از این پروژه احداث یک پارکینگ به‌عنوان پروژه مستقل از تونل پیش‌بینی شده است که بالغ بر ۵۰۰دستگاه خودرو ظرفیت دارد.
حسینی در ادامه با تاکید بر اینکه برای تحویل این پروژه از شریک خارجی کمک گرفته‌ایم، افزود: با توجه به تجربیاتی که از گذشته کسب کرده‌ایم تدابیری اندیشیده شده است تا تهویه این تونل مشکلات سابق را نداشته باشد و برای احداث تهویه تونل امیرکبیر ۲ مهندس مشهور خارجی که در اروپا کم‌نظیر هستند با این پروژه همکاری می‌کنند.
در بخش دیگری از این نشست حمزه‌شکیب، رئیس کمیسیون عمران شورای شهر تهران، ۲ دغدغه اصلی خود را در موضوع تونل امیرکبیر تشریح کرد و گفت: با توجه به اتصال بزرگراه امام علی به تونل امیرکبیر، این نگرانی وجود دارد که یکی از این دو پروژه از دیگری عقب بماند و بهره‌برداری از آنها به خاطر این موضوع با مشکل مواجه شود و نگرانی دیگری که وجود دارد تکرار اتفاقاتی است که در تونل توحید به‌وجود آمد، به‌ویژه در زمینه پیش‌بینی تهویه مناسب. حسینی ضمن اطمینان دادن نسبت به اتمام بخشی از بزرگراه امام علی که اتمام آن برای بهره‌برداری از تونل امیرکبیر ضروری است، گفت: تمام پیش‌بینی‌های لازم بابت تهویه مراعات شده و از استاندارد سال ۲۰۱۰ اروپا برای احداث این تونل استفاده شده است.
شکیب نیز میزان پیشرفت پروژه تونل امیرکبیر را خوب ارزیابی کرد و گفت: پیش‌بینی‌های لازم در حوزه ساماندهی آب‌های سرگردان، قنات‌ها و فاضلاب در تونل امیرکبیر انجام شده است. وی به معارضات ملکی که در مسیر ۲ پروژه تونل امیرکبیر و بزرگراه امام علی قرار دارد اشاره کرد و افزود: یکی از دلایل طولانی شدن این پروژه که موجب اعتراض اهالی منطقه شده وجود معارضات ملکی منطقه است. شکیب با بیان اینکه این پروژه تا پایان خردادماه سال آینده توسط پیمانکار آماده بهره‌برداری می‌شود، افزود: مهلت چندماهه‌ای نیز برای بهره‌برداری نهایی توسط شهرداری در نظر گرفته شده است.

۱۳۹۰/۰۳/۲۰
همشهری آنلاین

بررسی اثر تکمیل حلقه نگهداری در روش حفر چند مرحله ای بر کنترل جابجایی‌ها و تغییر شکل‌ها با تکیه بر رفتار سنجی– مطالعه موردی، تونل‌های مترو شهری کرج

محمد خسروتاش - مدیر عامل شرکت مهندسین مشاور تونل راد mo_khosrotash@yahoo.com
علی بهبودی - سرپرست بخش رفتار سنجی شرکت مهندسین مشاور تونل راد
بهاره جوهری ناد - کارشناس رفتارسنجی شرکت مهندسین مشاور تونل راد

چکیده

امروزه تونلسازی در دسته فنون در حال توسعه قرار می‌گیرد. از آنجایی که تونل‌ها در خاک و سنگ حفر می‌شوند و این مصالح از نقطه نظر پارامترهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی بسیار متنوع هستند، لذا در جریان طراحی و اجرا با شرایط بسیار متنوعی و گسترده‌ای روبرو خواهیم بود. همه روزه در سراسر دنیا روش‌هایی برای بهبود و بهینه سازی روش‌های اجرا و همگام ساختن اجرا با شرایطی که زمین دیکته می‌کند، ارائه می‌نماید. در مقاله پیش رو یکی از این روش‌ها معرفی شده و نتایج حاصل از اجرای آن بحث می‌گردد. این روش در شرایطی کاربرد دارد که به دلیل بزرگ بودن مقطع یا مقاومت کم مصالح، حفاری در چند مرحله صورت می‌پذیرد. این روش که بر پایه یکی از اصول روش اطریش جدید بنا شده است، کم هزینه، قابل اجرا و بسیار انعطاف پذیر است و به میزان قابل توجهی از جابجایی‌ها می‌کاهد. در این روش توصیه می‌گردد تا در حد امکان حلقه نگهداری در مدت زمان کمی کامل گردد. با کامل شدن حلقه نگهداری موقت جابجایی‌ها متوقف شده و کنترل می‌گردند. در این مقاله این موضوع به تفصیل شرح داده خواهد شد و نتایج عملی اجرای این راه‌کار در تونل‌های مترو شهری کرج بررسی خواهد شد.

۱ - مقدمه

از آنجایی که شهرها غالباً در بستر رودخانه‌ها و در زمین‌های سست و آبرفتی بنا شده‌اند لذا در جریان تونلکاری در شهرها ناگزیر از عبور زمین‌های سست و کم مقاومت هستیم. مقصود از زمین‌های سست، زمین‌هایی است که در مورد آنها امکان حفر تونل با وسایل دستی وجود دارد، اگرچه این بدان معنی نیست که حفر این نوع تونل‌ها الزاماً با وسایل دستی صورت گیرد. در این موارد میزان دشواری عملیات، هزینه‌های حفر و روش اجرا، به «زمان خودبرجایی» سازه احداث شده بستگی دارد.[۱]

یکی از مهمترین اشکالاتی که به هنگام حفر تونل در این زمین‌ها وجود دارد، رها شدن یا تنش‌زدایی زمین‌های بالای بخش حفاری شده است که ممکن است باعث ریزش شده و مصالح دربرگیرنده تونل به سمت محیط داخل هجوم آورد. به این پدیده افت فشار می‌گویند. در صورت وجود آب زیرزمینی ریسک تونل‌سازی بیشتر شده و اگر این پدیده کنترل نشود ممکن است منجر به ریزش‌های موضعی و یا حتی ریزش کامل بنا گردد. [۲]

روش‌های مختلفی برای حفر تونل در زمین‌های سست در سرتاسر جهان ارائه شده است که از جمله آنها می‌توان به روش‌های سنتی، آمریکایی، انگلیسی، آلمانی، اطریشی، اطریشی جدید و بلژیکی اشاره کرد. یکی از روش‌هایی که امروزه کاربرد گسترده‌ای یافته و در حال بسط و گسترش است، روش اطریشی جدید (NATM) می‌باشد.[۲]

در روش NATM علم و تجربه در تعامل با یکدیگر قرار می‌گیرند و در این گام تجربه نقش مهمی را ایفا می‌کند. در تئوری این روش ارتباط بین تنش‌ها و تغییر شکل‌های اطراف تونل (معروف به نظریه منحنی واکنش زمین) به عنوان یک اصل آورده شده است. در این روش از ابزاربندی و رفتارسنجی استفاده می‌شود و تعبیر و تفسیر اندازه‌گیری‌ها به طور علمی انجام می‌گیرد.

مولر برای مفهوم NATM، ۷ اصل اساسی و مهم را عنوان کرده که روش اطریشی با این اصول از سایر روش‌ها تمیز پیدا می‌کند و این اصول بدین شرح هستند:

- بهره‌گیری از مقاومت ذاتی توده سنگ یا خاک
- نگهداری با استفاده از شاتکریت و شبکه فولادی به صورتی که در تماس کامل با محیط قرار گیرد و همراه با آن تغییر شکل دهد.

- استفاده از ابزاردقیق و رفتارسنجی و کنترل جابجایی‌های سیستم نگهداری
- سیستم نگهداری فعال و انعطاف‌پذیر به صورتی که تا حدی تغییر شکل داده و به سمت پایداری حرکت کند.
- کامل کردن سیستم نگهداری به صورت یک حلقه کامل به ویژه در زمین‌های نرم برای محدود کردن تغییر شکل‌ها
- قرارداد پیمانکاری که باید به صورت انعطاف‌پذیر بوده و تغییر در روش اجرا در آن گنجانده شود.
- تغییر در روش اجرا و میزان نگهداری با تغییر در کیفیت مصالح دربرگیرنده تونل. [۳]

با بررسی و مرور این اصول می‌توان به ارتباط تنگاتنگ میان روش NATM با ابزاربندی و رفتارنگاری پی می‌بریم. در حقیقت اصل پایش و اندازه‌گیری نقش مهمی را در حفر فضای زیرزمینی ایفا می‌کند.

۲. جایگاه ابزاربندی در NATM

همانگونه که در بخش قبل عنوان گردید در روش NATM به سازه نگهداری اجازه داده می‌شود تا با تحمل جابجایی در حد مجاز در تعادل با محیط طراف قرار بگیرد و تا حدودی تنش‌های وارده از سوی محیط را با کرنش کنترل شده، خنثی کند. از اینجاست که اهمیت رفتارسنجی در اندازه‌گیری این جابجایی‌ها نمایان می‌گردد. وظیفه رفتارسنجی در چرخه حفر و نگهداری تونل کنترل جابجایی‌ها و جلوگیری از تغییر شکل‌های نامطلوب و مضر در بخش‌های حفاری شده و نیز ارائه روش و اصلاح شرایط کار در جهت کاهش این تغییر شکل‌ها در مورد مسیر پیش رو است. از این رو تعامل سازنده بین طراح، مجری و تیم ابزاردقیق می‌تواند تاثیر بسزایی در اجرای بهینه یک طرح عمرانی و موفقیت بیش از پیش پروژه داشته باشد.

۳. اصلاح روش اجرا

در خلال اجرای تونل به این روش، در صورت مشاهده جابجایی‌های بیش از حد مجاز و مخاطره‌انگیز با توجه به ملاحظات فنی و اجرایی و نیز اقتصادی تغییراتی در روش اجرا، سیستم نگهداری موقت، تغییر گام و یا سطح مقطع حفاری برای کنترل رفتار سازه صورت می‌گیرد.

از روش‌های موجود، اولویت با بهسازی و تقویت سیستم نگهداری است ولی این روش در اجرا ممکن است با مشکلاتی روبرو شود. به عنوان مثال در تونل‌های مترو محدودیت در سطح مقطع باعث می‌گردد تا افزایش ضخامت لایه بتنی مقدور نباشد. از این رو تلاش می‌گردد تا با اعمال تغییراتی در جزئیات روش حفر، نگهداری و فاکتورهای اجرایی گامی در جهت کنترل جابجایی‌های مقطع برداشته شود.

۴. کامل کردن حلقه سیستم نگهداری

یکی از اصول NATM که در کاهش و کنترل جابجایی‌ها و تغییر شکل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، کامل کردن سیستم نگهداری به صورت یک حلقه کامل به ویژه در زمین‌های نرم است. تمرکز تنش‌های القاء شده در نتیجه حفر فضای زیرزمینی به میزان زیادی به هندسه حفریه مرتبط بوده به طوری که در گوشه‌ها و کناره‌ها تنش‌های القایی تمرکز بیشتری خواهند یافت لذا در انتخاب شکل مقطع حفاری سعی می‌گردد تا از انتخاب مقاطع گوشه‌دار تا حد امکان اجتناب گردد. از سوی دیگر وجود نقاط دارای عدم گیرداری باعث حرکت آزاد نقاط شده و سازه می‌تواند به راحتی تغییر شکل یابد. کامل کردن حلقه نگهداری می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای از جابجایی‌ها کاسته و پایداری سازه را سبب شود. لذا با کامل شدن حلقه سیستم نگهداری جابجایی‌ها به حداقل رسیده و به سمت صفر میل می‌کند.

با بررسی‌های صورت پذیرفته در تونل‌های قطار شهری کرج به ویژه تونل‌های محدوده کیلومتراژ ۰۰۰+۱ تا ۰۰۰+۲ و با تکیه بر این اصل اساسی و بررسی‌های رفتارسنجی در این محدوده به میزان قابل توجهی از جابجایی‌های درون مقطع تونل و نیز سطح زمین کاسته شده است. پس از دریافت نتیجه مطلوب، این اصل به کلیه طول خط تعمیم داده شده و در کاهش جابجایی‌ها مثمر ثمر بوده است. بر پایه این اصل اساسی با کاهش فاصله حفاری فوقانی و تحتانی و تکمیل به هنگام مقطع حفاری و کامل کردن حلقه نگهداری موقت رفتار سازه کنترل شده و در پی آن میزان نشست سطح زمین به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. در ادامه اثرات کاهش فاصله جبهه حفاری فوقانی و تحتانی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

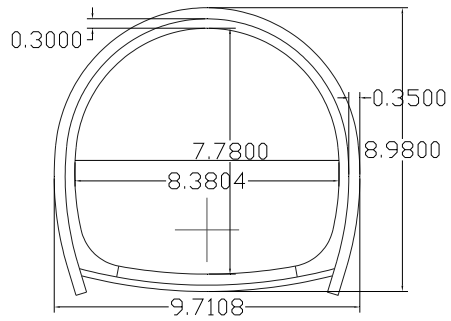
۵. مترو شهری کرج

خط ۲ مترو شهری به طول مصوب ۳۴ کیلومتر از کمالشهر تا ملارد بوده و دارای ۳۴ ایستگاه می‌باشد. این خط به صورت زیرزمینی بوده و در حال حاضر محدوده کمالشهر در غرب استان البرز تا ایستگاه تقاطعی کرج در شرق این استان به طول تقریبی ۱۴ کیلومتر و شامل ۱۴ ایستگاه مترو در حال اجرا می‌باشد.

تونل‌های مترو شهری کرج به روش NATM در دو مقطع فوقانی و تحتانی حفر می‌گردد که در عبور از مناطق کم‌مقاومت و سست بسته به شرایط حفاری هر مقطع به ۲ یا ۳ بخش تقسیم می‌گردد. حفاری با استفاده از بیل مکانیکی و پیکور صورت می‌گیرد.

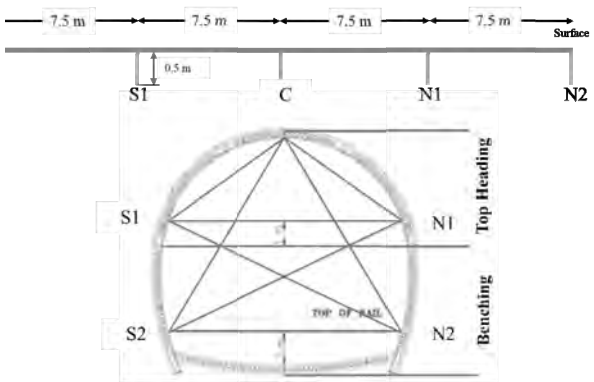
سیستم نگهداری اولیه از ۲ لایه شبکه فولادی و بسته به نیازهای مقاومتی از قاب یا لتیس در فواصل ۵،۰ تا ۱ متری و نیز بتن پاشیده به ضخامت cm۳۰ – ۳۵ با عیار ۳۵۰ و اجرا به روش خشک و حلقه نگهداری در حفاری تحتانی کامل می‌گردد.

سیستم نگهدرای ثانویه به صورت بتن ریزی درجا با ضخامت cm ۳۵- ۴۰ به صورتی که مجموع نگهداری دیواره معادل ضخامتی معادل cm۷۰ داشته باشد، اجرا می‌گردد. (شکل ۱)



شکل ۱- مقطع تونل و آرایش سیستم نگهداری اولیه و ثانویه

جهت رفتارسنجی تونل‌ها در این محدوده از سه ابزار همگرایی سنج، نشست سنج و درزه سنج استفاده شده است. آرایش پین‌های همگرایی در بخش حفاری فوقانی به صورت سه نقطه‌ای (۲پین در دیواره‌ها و یک پین در سقف) بوده که در بخش حفاری تحتانی به صورت پنج‌نقطه‌ای کامل می‌گردد. متناسب با ایستگاه‌های همگرایی‌سنجی، ایستگاه‌های نشست سنجی در سطح زمین به صورت ۳ تا ۷ نقطه‌ای نصب می‌گردد (شکل۲). درمحل درزه‌های بوجود آمده در ساختمان‌های محدوده تاثیر تونلکاری ایستگاه‌های درزه سنجی نصب و پایش می‌گردد.

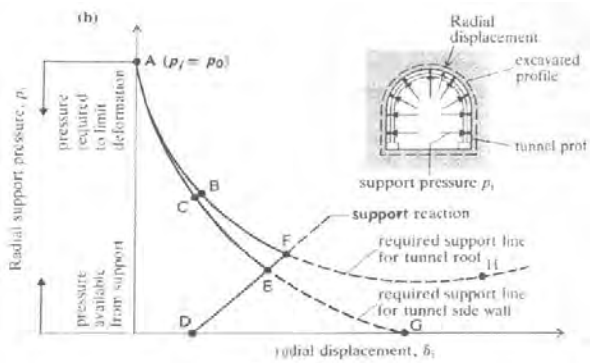


شکل ۲- چینش ایستگاه‌های همگرایی سنجی و نشست سنجی

در عملیات همگرایی سنجی، فواصل C-N۱، C-S۱ و S۱-N۱ در بخش حفاری فوقانی در دوره‌های مشخص به وسیله متر همگرایی سنجی با دقت ۰/۰۱ میلیمتر اندازه‌گیری می‌شود. اولین طول اندازه‌گیری شده به عنوان قرائت صفر و اختلاف طول‌های اندازه گیری شده در قرائت‌های بعدی با طول اولیه اندازه‌گیری شده به عنوان جابجایی مقطع ثبت می‌گردد. تغییرات طول نسبت به قرائت اول بر روی نمودار بر حسب تاریخ قرائت پیاده می‌شود. تغییرات مثبت به عنوان واگرایی در ضلع و تغییرات مثبت به صورت همگرایی تعبیر می‌شود. با کامل شدن مقطع حفاری اندازه‌گیری طول‌های C-S۲،C-N۲ و S۲-N۲ نیز همانند حفاری فوقانی صورت می‌پذیرد.

۵-۱. تحلیل جابجایی‌های سیستم نگهداری

با توجه به منحنی‌های فشار شعاعی- جابجایی زمین برای سیستم نگهداری و زمین و بررسی(شکل ۳) اثر فاصله جبهه‌کار بر نیروی وارد بر سیستم نگهداری در یک مقطع و به تبع آن کاهش اثر نگهدارندگی سینه کار در مقطع مورد نظر، با بار وارد بر سیستم نگهداری افزایش یافته و در این وهله میزان جابجایی سقف و دیواره مطابق با منحنی‌های BFH و CEG افزایش می‌یابد.



شکل ۳- منحنی فشار شعاعی-جابجایی زمین

۵-۲. اثر نگهدارندگی سینه‌کار

همانگونه که از منحنی‌های «فشار شعاعی- جابجایی زمین» برای سیستم نگهداری و زمین مشاهده می‌شود و با تحلیل تنش‌های وارده از سوی زمین بر روی مقطع مشخصی از تونل اینگونه برداشت می‌شود که با فاصله گرفتن جبهه حفاری از مقطع مورد بررسی نیروی وارد بر سیستم نگهداری از سوی زمین افزایش می‌یابد. به صورت نظری این افزایش فشار تا جایی ادامه پیدا می‌کند که جبهه کار حفاری از مقطع مورد نظر به میزان ۲/۵ برابر قطر تونل فاصله بگیرد. پس از گذار از این حالت بار وارده بر سیستم نگهداری در صورت ثابت بودن سایر شرایط تغییری نمی‌یابد و سیستم تحت بار ثابت تغییر شکل می‌دهد.

۶. تحلیل جابجایی‌ها در محدوده رمپ ۵

همزمان با پیشروی بخش فوقانی تونل ایستگاه‌های سه‌نقطه‌ای همگرایی سنجی در فواصل مشخص در داخل تونل و ایستگاه‌های نشست‌سنجی در سطح زمین در طول خط نصب شده و اندازه‌گیری‌ها در این مقاطع صورت پذیرفته است. با عبور تونل از محدوده کیلومتراژ ۱+۰۰۰ تا ۲+۰۰۰ و اندازه‌گیری‌ها در مقاطع مختلف این بخش تغییرشکل‌ها بیش از اندازه مجاز مشاهده شده است که برای تحلیل این تغییرشکل‌ها مطالعاتی صورت گرفت. لازم به توضیح است که در این محدوده از مسیر تونل مصالح دربرگیرنده فضای زیرزمینی اغلب ریزدانه رسی گاهی ماسه یا لایه‌دار و به ندرت ماسه رسی و لای دار و مرطوب که نشان دهنده مقاومت کم این مصالح به ویژه با افزایش رطوبت است، می‌باشد با بررسی‌های

صورت پذیرفته مقاطع مختلف مشاهده شده است که با پیشروی جبهه حفاری و فاصله گرفتن آن از مقاطع ایستگاه همگرایی سنجی، جابجایی‌ها ادامه پیدا می‌کند. این روند تا جایی ادامه پیدا می‌کند که جبهه‌کار تا مقطع اندازه‌گیری حدوداً ۲۵ تا ۳۰ متر فاصله بگیرد. این نتایج مطابق با منحنی‌های فشارشعاعی-جابجایی زمین و نیز اثر طولی قوس فشار می‌باشد.

در این محدوده بیشترین جابجایی به میزان ۱۳ میلیمتر واگرایی در ضلع S۱-N۱ در مقطع تونل و میزان ۱۳ سانتی‌متر نشست در پین C بر روی سطح زمین ثبت شده است.

۶-۱. تاثیر عمق بر بار وارده به سیستم نگهداری

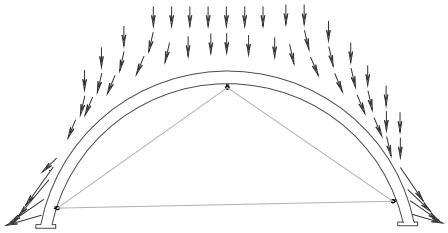
در تونل‌های حفر شده در سنگ‌های خرد شده و خاک اگر ضخامت روباره تونل بیش از ۱/۵ برابر مجموع عرض و ارتفاع تونل باشد، در این صورت بار وارد بر سیستم نگهداری معادل تمام وزن روباره می‌باشد. [۴] در شرایطی که تونل در عمقی بیش از ۱/۵ برابر مجموع عرض و ارتفاع تونل حفر شده باشد نشست جزیی در سطح زمین مشاهده می‌شود و در مواردی که تونل در عمق کم قرار داشته باشد در اثر حفر تونل در سطح زمین به طور قابل مشاهده‌ای قابل رویت است. با توجه به عمق ۱۲/۵ متری تونل در محدوده کیلومتراژ ۱+۰۰۰ تا ۲+۰۰۰ و عرض و ارتفاع تونل در حفاری بخش فوقانی می‌توان نتیجه گرفت که تمام وزن زون بالای سر تونل توسط نگهداری تحمل می‌گردد و سهمی نشست تشکیل شده در اثر حفاری به سطح زمین انتقال می‌یابد. همچنین در تونل‌های با مقاطع نعل اسبی و نیم دایره‌ای که تحت اثر بار روباره قرار دارند عمده تمرکز تنش در بخش تاج و پاشنه‌ها بوده و بیشتر جابجایی‌ها در این بخش‌ها مشاهده می‌گردد.

اندازه‌گیری‌های مداوم و دقیق گروه ابزاردقیق و پایش‌های صورت پذیرفته در داخل مقطع تونل و نیز برداشت اثر نشست سطحی در این محدوده کیلومتراژ نشان‌دهنده جابجایی‌های بیش از حد مجاز در اضلاع مثلث همگرایی و نشست سطح زمین بودند که از جنس مصالح دربرگیرنده تونل که عمدتا از رس همراه با ماسه و لای مرطوب می‌باشد و دارای مقاومت کمی در برابر تنش هستند و نیز وارد شدن بار تمامی روباره بر سیستم نگهداری نشأت می‌گیرد.

۶-۲. مکانیزم جابجایی‌های داخل مقطع تونل

لازم به توضیح است اندازه گیری‌های همگرایی‌سنجی در داخل تونل که در مقطع فوقانی به صورت سه‌نقطه‌ای انجام می‌گیرد نشان از واگرایی قابل ملاحظه در ضلع S۱-N۱ و نیز همگرایی در اضلاع C-N۱ و C-S۱ دارند. با نزدیک شدن جبهه کار حفاری تحتانی و عبور آن از مقطع ایستگاه به میزان حدوداً ۱ cm همگرایی در ضلع S۱-N۱ اندازه‌گیری می‌شود. همچنین با اندازه‌گیری نشست سطح زمین مشاهده می‌شود که نشست تاج تونل به طور مشخصی از سایر نقاط بیشتر است. (شکل۴)

به طور خاص در مورد تونل‌های مترو و راه که سیستم نگهداری آنها شامل نگهداری موقت و نگهداری دائمی می‌شود، عدم کنترل جابجایی و تغییر شکل‌ها درون تونل باعث داخل مقطع قرار گرفتن سازه نگهداری موقت و ایجاد مشکلات بعدی به هنگام نصب سیستم نگهداری دائم و کم شدن ضخامت آن و کاهش عمر مفید سازه نگهداری دائم تونل خواهد گردید.



شکل۴- بازشدگی پایه‌ها و نشست سقف

۶-۳. مکانیزم نشست سطح زمین

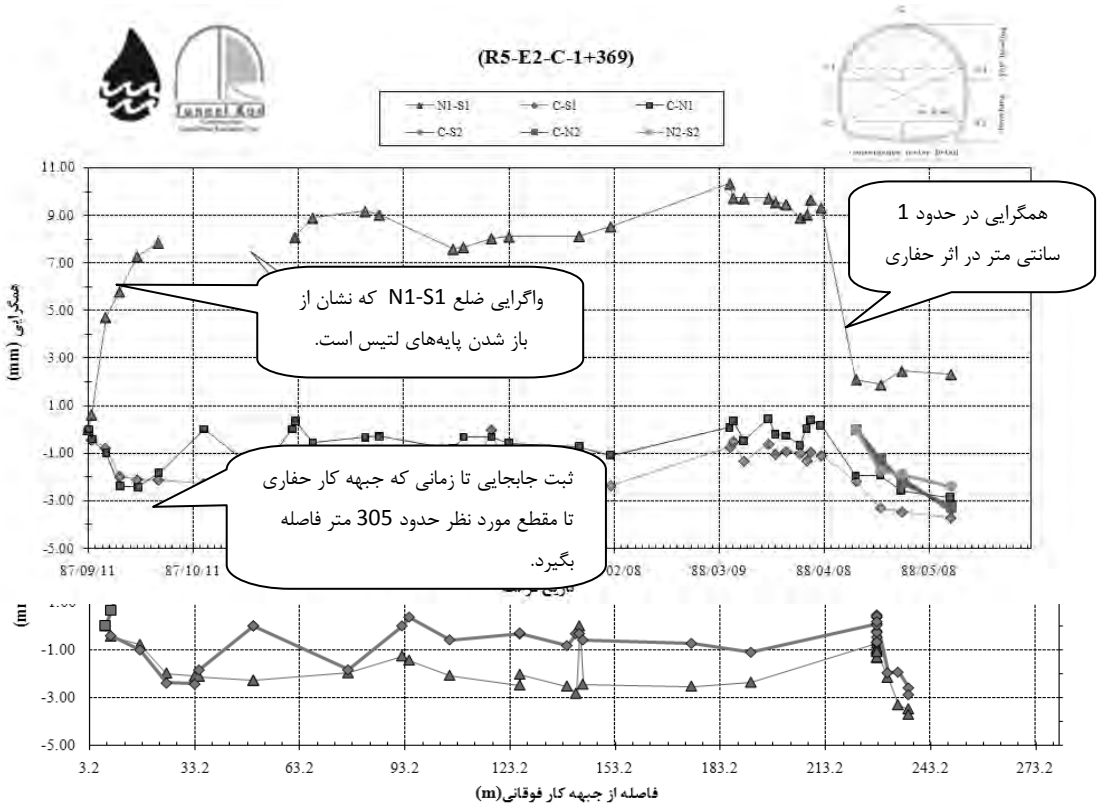
با توجه به تجربیات حاصله از قرائت‌ها و رفتار زمین بر اساس داده‌های بدست آمده از نتایج ایستگاه‌های رفتارنگاری، با شروع حفاری جبهه‌کار و تاثیر آن بر سازه‌های نگهداری موقت تونل، مدت زمانی در حدود ۴ تا ۵ روز به طول می‌انجامد تا سهمی نشست تشکیل شده (بر اساس برهمریختگی مجدد تعادل تنش‌ها در اثر عملیات حفاری در محیط فراگیر تونل) به سطح زمین انتقال باید، لذا نرخ نشست نیز از ۰/۱ میلیمتر بر روز تا قبل از عملیات حفاری به ۰/۵ میلیمتر در روز با شروع این عملیات افزایش یافته که با گذشت زمان، ادامه عملیات حفاری و به تبع آن انتقال سهمی نشست از محیط اطراف تونل تا سطح زمین، آهنگ تغییرات نشست به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. این تغییرات در مقاطعی ثبت گردیده‌اند که پیشروی جبهه‌کار به میزان یک فریم ۰/۵ متری در روز بوده‌است.

۶-۴. تحلیل جابجایی‌ها و تغییر شکل‌ها

با توجه به مکانیسم نشست در این نوع مصالح حفاری، واگرایی در ضلع S۱-N۱ نشان از دور شدن پایه‌های لتیس‌های S۲ در بخش Top Heading تونل داشته و به دنبال آن نشست تاج تونل در مقاطع حفاری را موجب شده است. به دنبال باز شدن پایه لتیس‌ها و نشست تاج تونل سهمی نشست (Trough) تشکیل شده در محیط فراگیر تونل با ادامه حفاری جبهه‌کار فوقانی به لایه‌های بالایی انتقال یافته و نشست زمین را موجب می‌گرد.

علت ثبت نرخ بالای نشست، واگرایی در ضلع S۱-N۱ در تونل

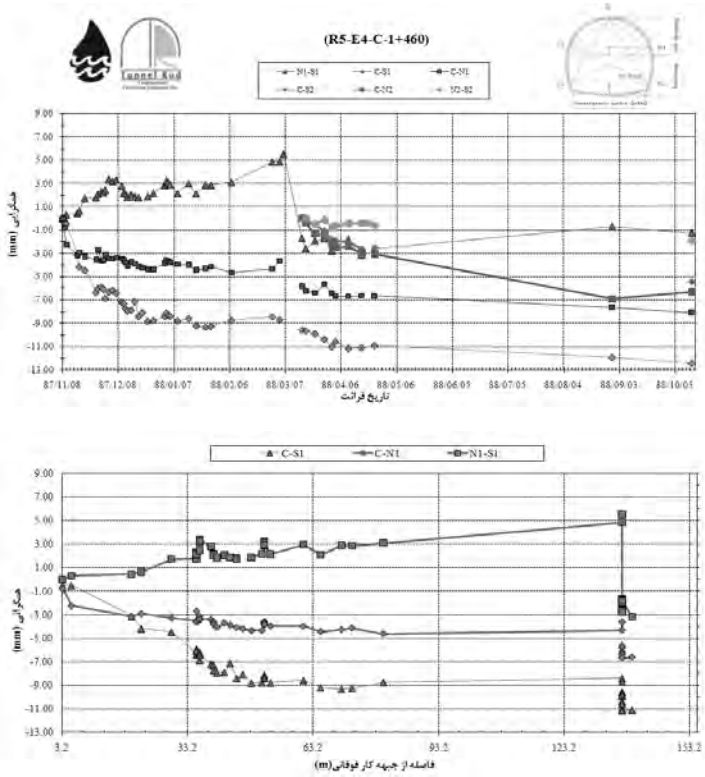
القای بار تمامی زون پلاستیک (تا سطح زمین) بر سیستم نگهداری بوده و نظر به اینکه در این محدوده مصالح دربرگیرنده تونل بسیار سست و غالباً از جنس رس و سیلت می‌باشند، این نوع مصالح نه تنها باعث ایجاد فشار متقابل در مقابل فشار وارد آمده از طرف سیستم نگهداری موقت (با



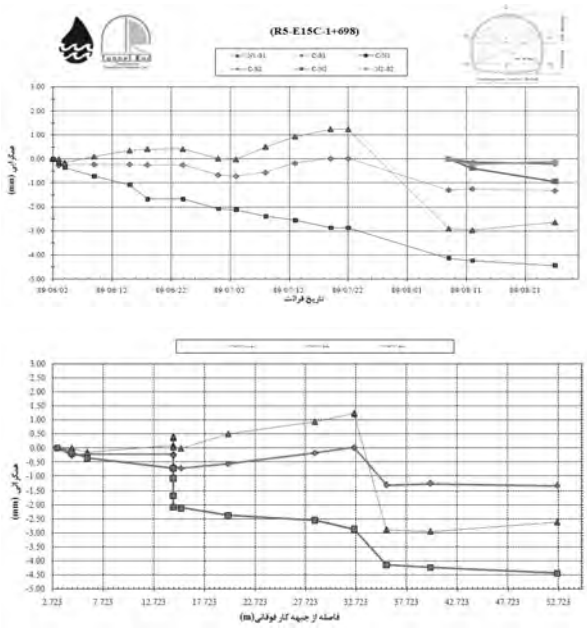
6

شکل ۵-الف) نمودار همگرایی تجمعی- تاریخ قرائت در مقطع ۳۶۹+۱ بیشینه جابجایی ثبت شده به میزان ۱۰/۳۴ میلیمتر واگرایی در ضلع N1-S1
ب) نمودار همگرایی تجمعی- فاصله از جبهه کار فوقانی. پس از فاصله گرفتن جبهه حفاری فوقانی در حدود ۳۵ متر جابجایی‌ها به تثبیت رسیده‌اند.

توجه به اینکه پایه‌های لتیس S۲ دارای عدم گیرداری می‌باشند) نکرده، بلکه باعث حرکت پایه‌های لتیس به سمت بیرون فضای حفاری شده و همانگونه که ذکر شد و از نمودارهای همگرایی و نشست نسبت به فاصله از سینه‌کار فوقانی در کیلومتراژهای مختلف مشاهده می‌شود با ادامه عملیات حفاری مقدار بار وارد شده بر سازه نگهداری موقت در قسمت فوقانی (اثر طولی قوس فشار) افزایش یافته و به دنبال آن واگرایی بیشتر پایه‌های لتیس فوقانی، افزایش نشست در تاج تونل، لایه بالایی و در انتها نشست بیشتر سطح زمین را موجب می‌شود. در مقاطعی از این بخش فاصله جبهه حفاری فوقانی و تحتانی به طور میانگین حدوداً ۲۵۰ متر بوده و واگرایی بالایی در پایه لتیس اندازه گیری شده است.(شکل ۵) در پی اندازه‌گیری‌ها در این محدوده ارائه راه‌کار جهت کنترل جابجایی‌ها لازم دیده شده است لذا پیرو حساسیت منطقه عبوری از نقطه نظر مقاومت مصالح دربرگیرنده، کاهش فاصله جبهه حفاری فوقانی و تحتانی و تکمیل به هنگام حلقه نگهداری به عنوان راه حلی برای کاهش جابجایی‌ها و تغییر شکل‌ها از سوی واحد ابزار دقیق ارائه گردید که اجرای این طرح نتایج مثبتی به همراه داشته است.



شکل ۶- الف) نمودار همگرایی تجمعی- تاریخ قرائت در مقطع ۱.۴۶۰+ بیشینه جابجایی ثبت شده به میزان ۵/۵۴ میلیمتر واگرایی در ضلعS1-N1 ب) نمودار همگرایی تجمعی- فاصله از جبهه کار فوقانی. فاصله جبهه‌کار فوقانی و تحتانی ۱۳۷ متر بوده است.



شکل ۷- الف) نمودار همگرایی تجمعی- تاریخ قرائت در مقطع۱.۶۹۸+ بیشینه جابجایی ثبت شده به میزان ۱/۲۳ میلیمتر واگرایی در ضلعS1-N1 ب) نمودار همگرایی تجمعی- فاصله از جبهه کار فوقانی. با کاهش فاصله جبهه حفاری فوقانی و تحتانی جابجایی‌ها به .میزان قابل توجهی کنترل شده‌اند.

در بررسی‌های صورت پذیرفته از سوی واحد ابزار دقیق قطار شهری کرج این نتیجه حاصل گردید که نرخ بالای تشست در این نوع مصالح فقط به دلیل عدم بارپذیری سیستم نگهداری نبوده و لذا کاهش دهانه حفاری و نگهداری (که بالا بردن مقاومت سیستم نگهداری در هر متر تونل را به دنبال دارد) به تنهایی نتوانسته از واگرایی پایه لتیس‌های فوقانی و نشست بیش از حد زمین در این محدوده جلوگیری نموده و علت اصلی با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته با توجه به بازشدن پایه لتیس‌ها، نشست تاج تونل و در پی آن نشست سطح زمین، می‌باید به علت عدم یکپارچگی رینگ نگهداری در مقاطع حفاری بوده باشد.

همانگونه که شرح داده شد کامل شدن حلقه نگهداری در مقطع تونل باعث تثبیت جابجایی‌ها در داخل تونل می‌گردد.

از مقایسه نمودارهای همگرایی‌سنجی مقاطع ۱+۳۶۹ (شکل ۵) و ۱+۴۶۰(شکل۶) با نمودار همگرایی ۱+۶۹۸ (شکل۷) مشاهده می‌شود که پس از عبور جبهه‌کار فوقانی در مقاطع ۱+۳۶۹ و ۱+۴۶۰ واگرایی ضلع S۱-N۱ ادامه داشته و میزان به ترتیب ۱۰/۳۴ . ۵/۵۴ میلیمتر واگرایی تجمعی ثبت گردیده است. روند واگرایی تا عبور جبهه حفاری تحتانی ادامه یافته است و پس از کامل شدن حلقه نگهداری جابجایی‌ها به ثبات رسیده است. در جایی که با کاهش فاصله حفاری فوقانی و تحتانی در محدوده ۱+۶۹۸ در این ایستگاه همگرایی‌سنجی، واگرایـــی ثبت شده در ضلع S۱-N۱ به ۱/۲۳ میلیمتر کاهش یافته است.

این کاهش قابل توجه در میزان واگرایی ضلعS۱-N۱ و به صورت کلی تغییر شکل دادن مقطع تونل به سبب تکمیل به هنگام حلقه نگهداری و جلوگیری از بازشدگی بیش از حد پایه‌های لتیس S۲ می‌باشد.

به صورتی که در نتایج حاصل از پایش ایستگاه همگرایی‌سنجی ۱+۶۸۹ مشاهده می‌شود که جابجایی‌ها به حد قابل توجهی کاهش یافته و به ۱/۲۳ میلیمتر رسیده‌اند.

بررسی نتایج نشست سنجی در این محدوده نیز نشان دهنده کاهش میزان نشست تجمعی در اثر حفاری فوقانی پس از کاهش فاصله جبهه‌کار فوقانی و تحتانی بوده به صورتی که در قسمت‌هایی که این دو جبهه حفاری در حدود ۲۰۰ متر فاصله داشته‌اند میزان نشست تجمعی در اثر حفاری فوقانی قبل از عبور مقطع حفاری تحتانی در حدود ۱۰ سانتی‌متر بوده که با اعمال تغییرات پیشنهادی این میزان به حدود ۶ سانتی‌متر کاهش یافته است. این نتایج در مقاطع مختلف اندازه‌گیری و تایید شده‌اند.

۷. نتیجه گیری

اهمیت کنترل جابجایی‌ها در تونلسازی جدید از آنجایی آشکار می‌شود که در اکثر شهرهای در حال رشد و توسعه تونل‌های شهری به روش اطریشی جدید حفر می‌شوند. یکی از اصول پایه این روش، رفتارنگاری و پایش تغییر شکل‌ها است.

عملیات رفتارنگاری بایستی دقیق، با برنامه، هدفمند، موشکافانه و همراه با کنترل جزئیات باشد. در رفتارنگاری تنها اندازه‌گیری جابجایی‌ها و تغییر شکل‌ها ملاک و هدف نبوده و در رفتارسنجی حرفه‌ای و اصولی،اندازه‌گیری اولین گام بوده و بخش اصلی و مهم تعبیر و تفسیر تغییر شکل‌ها است. گام بعدی و تکمیل کننده عملیات رفتارسنجی ارائه راه‌کار برای کنترل جابجایی‌ها و تصحیح روش اجرا است.

روشی که برای کنترل جابجایی‌ها ارائه می‌شود باید متناسب با مشخصات، محدودیت‌ها و امکانات موجود باشد. از طرفی روش ارائه شده تا حد امکان باید کم‌هزینه و از نظر اجرایی ممکن باشد.

پایش‌ها در تونل‌های شهری مترو کرج نشان از جابجایی بیش از حد مجاز در محدوده‌هایی بودند که تونل از میان لایه‌های کم مقاومت عبور می‌نمود. در این محدوده میزان همگرایی در قطر تونل به میزان ۱۰ میلیمتر واگرایی و در حدود ۱۰سانتی‌متر نشست در سطح زمین ثبت گردیده است. این میزان جابجایی در اثر حفاری فوقانی بوده که مکانیزم جابجایی‌ها نشان دهنده دور شدن پایه‌های لتیس فوقانی و نشست سقف بوده است

در پی رفع این مشکل و جلوگیری از ادامه جابجایی‌ها در مقاطع پیش رو و تحلیل و تفاسیر صورت پذیرفته از دلایل بوجود آمدن تغییرشکل‌ها و نیز بررسی شرایط حاضر بر پروژه و امکان‌سنجی راه حل‌های ممکن، عدم گیرداری پاشنه نگهداری فوقانی و نیز عدم مقاومت خاک در مقابل تنش‌های وارده و جابجایی‌ها است.

به عنوان راه‌کار کنترل جابجایی‌ها و تغییرشکل‌ها، کاهش فاصله جبهه حفاری فوقانی و تحتانی و کامل کردن حلقه نگهداری در زمان مناسب به صورتی که فرصت جابجایی بیش از اندازه به زمین و سیستم نگهداری داده نشود، ارائه گردیده است. پس از اجرای این راه‌کار در محدوده مورد بحث مشاهده شده است که از میزان تغییر شکل داخل تونل در حدود ۹ میلیمتر و از نشست سطح زمین ۴-۵ سانتی متر در محدوده‌هایی که از نظر جنس مصالح دربرگیرنده، عمق قرارگیری تونل، روش حفر و اجرا، سیستم نگهداری و سایر پارامترها شرایط یکسانی داشته‌اند، کاسته شده است. پس از اطمینان از کارآمدی این روش، راه‌کار ارائه شده به کل طول خط تعمیم داده شده است که در همه موارد نشان‌دهنده تاثیر مثبت بوده است.

منابع

[1]. Bickel John O.- Kuesel T.R., Tunnel Engineering Handbook, CBS Publishers & Distributers. (2004), ISBN: 81-239-0534-2

[۲]. ماتیوا، ژاک-بوگارد،ژان فرانسوا (۱۹۸۵) روش‌های کلی اجرا، جلد سوم، بناهای زیرزمینی، ترجمه ابولحسن بهنیا، کامبیز بهنیا، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۶۸

[3]. Bieniawsi Z.T., Rock Mechanic Design in Mining and Tunneling, A.A. Balkema Publishing Co. (1984)

[4]. Proctor M.E.- White P.E., Rock Tunneling With Steel Supports, Commercial Shearing Inc., (1977)

[۵]. گزارش‌های ابزار دقیق کارگاه خط ۲ قطار شهری کرج، شرکت مهندسین مشاور تونل راد، ۱۳۹۰

بررسی امکان سنجی کاربرد الیاف فولادی در تولید قطعات بتنی پروژه تونل قمرود

فرشید صابری‌فرد- مجید کیانی

معاونت عمران قرارگاه سازندگی قرب قائم، مدیریت دانش

چکیده

پروژه تونل انتقال آب انوج – قمرود که آب را از سرشاخه‌های دز به رودخانه قمرود متصل می‌نماید، ۳۶ کیلومتر طول دارد که ۱۸ کیلومتر انتهایی تونل به روش حفاری مکانیزه توسط دستگاه حفر تونل با سپر دوگانه حفاری می‌شود و برای نگهداری دائم جداره تونل از قطعات پیش ساخته بتنی استفاده می‌شود. برای مسلح کردن سگمنت‌های بتنی از شبکه‌های میلگرد فولادی از نوع AIII با قطر ۱۰ میلیمتراستفاده می‌شود، لذا طی چند آزمایش بحث جایگزینی آرماتور با الیاف فولادی در تولید سگمنت‌ها بررسی گردید که در این مقاله به نحوه انجام این آزمایش‌ها و نتایج آنها پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: تونل – بتن الیافی-سگمنت

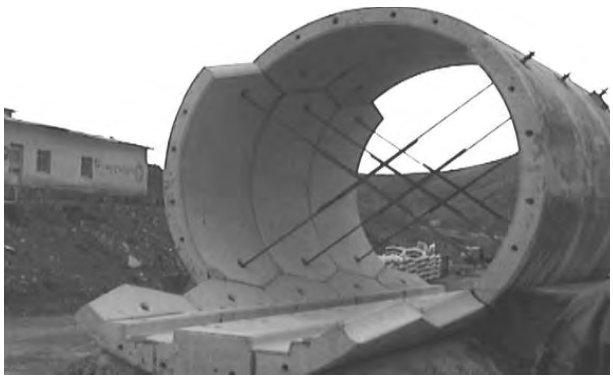
۱ -مقدمه

در تونلسازی سنتی بعد ازحفاری بعضا بسته به نوع و کاربری تونل الزاماتی ویژه برای تحکیم دیواره‌ها نیاز می‌شود. آنچه که تا به حال مرسوم بوده به شرح زیر است.

تحکیم اولیه: شامل یک یا چند لایه مش و واحتمالا راک بولت

تحکیم ثانویه: بتن مسلح شامل قاب گذاری، آرماتوربندی و قالب بندی دیواره تونل و بتن ریزی

روش تحکیم بیان شده روشی زمانبر و طاقت فرسایی است. با پیشرفت صنعت تونل سازی دردنیا تکنولوژی ساخت تونل به روش مکانیزه وارد کشور شده است. نحوه آرایش سگمنت‌ها در تونل به صورت هگزاگونال (شش ضلعی یا لانه زنبوری) می‌باشد(شکل ۱). سگمنت مورد نیاز در محل کارخانه سگمنت موجود درکارگاه تولید می‌شود. قطر تمام شده تونل ۳،۸۰ متر و ضخامت سگمنت ۲۵ سانتیمتر می‌باشد. دراین مقاله نتایج آزمایش جایگزینی آرماتور با الیاف فولادی درتولید سگمنت‌ها بررسی می‌شود.



شکل ۱- نحوه آرایش سگمنت‌های بتنی در تونل قمرود

۲- تولیدسگمنت مسلح شده باآرماتوردرکارخانه تولیدسگمنت کارگاه قمرود

۲-۱- مشخصات کلی سگمنت:

در تونل قمرود دو نوع سگمنت کف و بدنه داریم، که مشخصات آنها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱- مشخصات سگمنت‌های بتنی

شرح	سگمنت کف	سگمنت بدنه
حجم بتن (مترمکعب)	۱،۴۷	۱،۰۳
وزن شبکه آرماتور (کیلوگرم)	۸۶	۷۰،۲
وزن سگمنت (تن)	۳،۵۳	۲،۴۷
وزن آرماتور به ازای یک مترمکعب بتن (کیلوگرم)	۵۸،۵	۶۸،۱۶
وزن متوسط آرماتور به ازای یک مترمکعب بتن (کیلوگرم)	۶۵/۷۵	

۲-۲- مشخصات بتن:

طرح اختلاط بتن استفاده شده درتولید سگمنت‌های مسلح شده با آرماتور، با توجه به نحوه عمل آوری ونیروهای قابل توجهی که درسنین تازه بتن به آن وارد می‌شود به شرح جدول شماره ۲ می‌باشد.

جدول۲- مشخصات طرح مخلوط بتن

شرح	بتن معمولی کارگاه
سیمان (kg)	۴۵۰
آب (lit)	۱۶۲
ماسه شسته ۶-۰ (kg)	۳۵۰
ماسه شکسته ۶-۰ (kg)	۵۳۰
شن نخودی ۱۲-۶ (kg)	۳۵۰
شن بادامی ۲۵-۱۲ (kg)	۵۳۰
فوق روان کننده Super Flow40 (lit)	۲/۲

۲-۳- فرآیند تولید:

تولید سگمنت‌های بتنی شامل مراحل زیراست.

۱- ساخت شبکه‌ای از آرماتورها (سبد) مطابق نقشه سازه‌ای (شکل ۲)

۲- آماده سازی قالب‌های بتنی و قراردادن سبدهای آرماتور در آنها

۳- تهیه بتن در سیستم بچینگ پلانت

۴- بتن‌ریزی قالبها

۵- عمل آوری در سیستم بخار

۶- خارج کردن سگمنت‌ها از قالب و دپوی موقت در محل کارگاه سگمنت

شکل ۲- سبدهای آرماتور برای تولید سگمنت

۲-۴- نحوه عمل آوری سگمنت:

پس از بتن‌ریزی قالبهای سگمنت بر روی آنها پوشش برزنتی کشیده می‌شود و عمل آوری بتن تحت بخارانجام می‌شود. شروع عمل آوری تحت بخار از دمای معمولی بتن یعنی حدود ۲۸ درجه سانتیگراد می‌باشد.

دستگاه کنترل هوشمندسیستم بخار (Programing Logical Control - PLC) طی مدت ۱,۵ ساعت دمای بتن را تا ۶۵ درجه سانتیگراد افزایش داده و به مدت ۳ ساعت دراین دما نگه می‌دارد (شکل ۳). البته مدت زمان عمل آوری تحت دمای ۶۵ درجه برای سگمنت کف، به علت حجم زیاد بتن آن ۴ ساعت می‌باشد.

پس از اتمام عمل‌آوری تحت بخار، سگمنت‌ها از قالب خارج شده و در محیط داخل کارخانه نگهداری می‌شوند تابه پتدریج دمای آنها با دمای محیط کارخانه برابرشود(شکل ۴). پس از طی ۱۲ ساعت سگمنت‌های نگهداری شده درکارخانه به خارج از آن انتقال می‌یابند.

شکل ۳- عمل آوری سگمنت در سیستم بخار

شکل۴- اتمام فرآیند عمل آوری و خارج کردن سگمنت‌ها ازقالب و حمل و چیدمان آنها داخل کارخانه

۳- تولیدآزمایشی سگمنت با الیاف فولادی

۳- ۱- مشخصات الیاف مورد استفاده:

الیاف فولادی از سال۱۹۷۰ به بعد در بتن و شاتکریت به کار رفته‌اند و به مرور زمان شکل، خواص، میزان و نحوه مصرف آنها بهبود یافته است.مشخصات الیاف بکار رفته دراین آزمایش به شرح جدول ۳ است.

جدول۳- مشخصات الیاف فولادی در ساخت سگمنت آزمایشی

نوع الیاف	کارخانه سازنده	ابعاد الیاف	مقاومت کششی
Duoloc 47/1.0	IFT	L=47،D=1mm	11000Kg/cm²

۳-۲- طرح مخلوط آزمایشی:

با توجه به این که درساخت سگمنت با آرماتور به دلیل ضخامت کم سگمنت و کمبود فضای خالی مورد نیاز، به بتن با کارآیی بالا نیاز داریم لذا در ساخت سگمنت با الیاف این امکان فراهم شد تا نسبت آب به سیمان را بدون تغییر دیگر آیتم‌ها کاهش دهیم. طرح مخلوط‌های بکار رفته به شرح جدول زیر می‌باشد.

جدول ۴- طرح مخلوط‌های بکار رفته

شرح	بتن معمولی کارگاه	بتن نمونه‌های اول	بتن نمونه‌های دوم	بتن نمونه سوم
سیمان (kg)	۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰	۴۵۰
آب (lit)	۱۶۲	۱۶۲	۱۶۲	۱۵۲
ماسه شسته ۶-۰ (kg)	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۴۵۰
ماسه نشسته ۶-۰ (kg)	۵۳۰	۵۳۰	۵۳۰	۵۳۰
شن نخودی ۱۲-۶ (kg)	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰	۳۵۰
شن بادامی ۲۵-۱۲ (kg)	۵۳۰	۵۳۰	۴۸۰	۴۳۰
فوق روان کننده (lit)	۲/۲	۲/۲	۲/۲	۲/۲
الیاف فولادی (kg)	----	۳۰	۴۰	۵۰

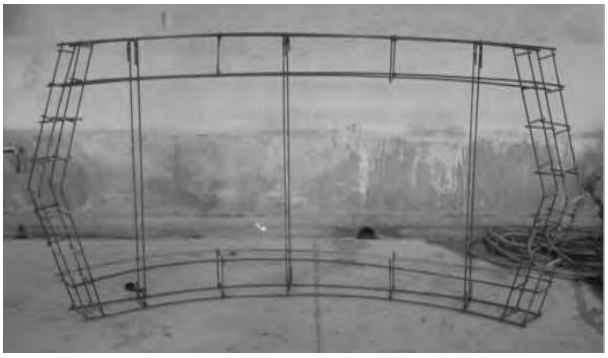
۳-۳- شرح انجام آزمایش:

برای تست جایگزینی الیاف فولادی بجای میلگرد فولادی، ابتدا مقداری از آرماتورهای سگمنت را با الیاف فولادی جایگزین نمودیم. بدین معنی که درساخت سبد آرماتور فقط دو ردیف آرماتور اطراف سگمنت را باقی گذاشته و در سایر نقاط آرماتورها را حذف نمودیم(شکل۵).

برای این منظور ۳ عدد سگمنت بدنه و یک عدد سگمنت کف با عیار ۳۰ کیلوگرم الیاف فولادی در هر متر مکعب بتن تحت آزمایش قرار گرفت که وزن قبلی سبدهای آرماتور و وزن جدید آنها مطابق جدول ۴ می‌باشد. سایر شرایط بتن شامل نحوه عمل‌آوری و طرح اختلاط (جدول۳) دقیقا طبق شرایط کارگاه و بدون تغییر باقی ماند.

جدول ۴- مشخصات سبد ساخته شده برای تولید سگمنت

نوع سبد	سگمنت کف	سگمنت بدنه
وزن سبد ساخته شده با آرماتور(Kg)	۸۰،۶	۷۰،۲
وزن سبد ساخته شده با آرماتور و الیاف(Kg)	۳۸،۵	۳۶،۵



شکل۵- شبکه آرماتور و سگمنت تولید شده با میلگرد و الیاف وفولادی

پس از سری اول تولید سگمنت با میلگرد و الیاف فولادی، در سری دوم برای ساخت سگمنت فقط از الیاف فولادی استفاده شد. پس از ریختن بتن قالب‌های بدون میلگرد و عمل‌آوری بتن تحت بخار، عملیات بازکردن قالب و بلند کردن سگمنت‌ها انجام شد.

در حین بلند کردن سگمنت‌های بدون میلگرد، هیچ گونه ترک‌خوردگی ظاهری مشاهده نگردید و سطح بتن نیز صاف‌تر از نمونه‌های قبلی و حتی صاف‌تر از سگمنت‌های موجود درکارگاه ایجاد شد(شکل ۶).

شکل ۶- بتن ریزی قالب با بتن الیافی و سگمنت‌های تولید شده با الیاف

۴- بررسی نتایج آزمایش

۴-۱- معرفی نیروهای وارد بر سگمنت

با توجه به اینکه طراحی سگمنت پروژه قمرود با حداقل آرماتور و فقط برای بارهای جابجایی سگمنت می‌باشد، در بررسی سگمنت‌های الیافی و میلگردی این پروژه، موارد تست مربوط به بارهای وارد به بتن در سنین اولیه و حین حمل و نقل

سگمنت می‌باشد. می‌توان این بارها را به شرح زیر برشمرد:

الف - اولین نیرویی که به سگمنت اعمال می‌شود، وزن خود سگمنت هنگام جدا شدن از قالب می‌باشد. دراین لحظه بار وزن سگمنت باید توسط بتن و مسلح کننده تحمل شود. با توجه به اینکه فقط ۴،۵ ساعت از سن بتن می‌گذرد، عدم ایجاد ترک خوردگی در سگمنت از موارد مهم می‌باشد.

ب - نیروی بعدی هنگام چرخاندن سگمنت توسط جرثقیل به آن وارد می‌شود. دراین لحظه یک بار ضربه‌ای به سگمنت وارد می‌شود، که مقدار آن بستگی به وزن سگمنت و مهارت اپراتور جرثقیل دارد.

ج – پس از خارج کردن سگمنت‌ها از قالب، هنگام دپوی موقت درکارخانه در هر ردیف سگمنت‌های بدنه، ۳ سگمنت و در ردیف سگمنت‌های کف ۲ سگمنت روی هم قرار می‌گیرند. دراین حالت سگمنت زیرین بیشترین بار را تحمل می‌کند. این بار در سن۴،۵ ساعته به مدت ۱۲ ساعت بر آن وارد می‌شود. پس از آن هنگام جابجایی و انتقال سگمنت به دپوی خارج کارخانه و همچنین انتقال به داخل تونل نیروهای مشابهی به سگمنت‌ها اعمال می‌شود که به علت هم مقدار بودن با نیروهای قبلی و گیرش بتن سگمنت، براحتی تحمل می‌شوند.

د - پس از نصب سگمنت و هنگام پیشروی دستگاه حفاری، جکهای دستگاه نیروی فشاری به ضلع جانبی سگمنت اعمال می‌کنند. این نیروها در بخش طراحی سگمنت منظور شده است، که به علت فشاری بودن آن بیشتر به بتن اعمال می‌شوند و مسلح کننده در تحمل آن نقش زیادی ندارد.

ه - درنهایت بارهای سازند از اطراف به سگمنت‌ها اعمال می‌شوند، این بارها در بخش طراحی سگمنت مورد بررسی قرار گرفته است. همان طور که پیشتر گفته شد بار سازند در طراحی سگمنت پروژه قمرود تعیین کننده نبوده و آرماتور سگمنت بر اساس حداقل آرماتور لازم طبق استاندارد منظور شده است.

لذا بیشترین نیرویی که به سگمنت‌ها اعمال می‌شود، نیروهای حین بلند کردن و جابجایی می‌باشد که عمدتا دربخش کششی مهم هستند. یعنی مقاومت کششی بتن سگمنت در سنین اولیه مهم می‌باشد. با جایگزینی الیاف فولادی بجای میلگرد در سگمنت‌ها، تمام نیروی کششی به الیاف وارد می‌شود. لذا آزمایش تعیین مقاومت کششی بتن از اهمیت خاصی برخوردار است.

شکل۷- نیروهای وارد بر سگمنت حین بلندکردن،چرخیدن و دپوی موقت

۴-۲- بررسی نتایج تاثیر نیروهای اولیه وارد برسگمنت الیافی:

از بتن ساخته شده ۴ نمونه استوانه‌ای جهت آزمایش مقاومت کششی و ۶ نمونه مکعبی برای تست مقاومت فشاری بتن،نمونه‌برداری گردید. دمای بتن ۲۴ درجه و دمای محیط ۱۸ درجه سانتیگراد و اسلامپ نمونه‌ها بین ۱۶ تا ۱۹ سانتیمتر ثبت شد و قرار شد از بقیه نمونه‌های مکعبی دو نمونه ۷ روزه و دو نمونه بعدی ۲۸ روزه تحت آزمایش قرار گیرند. یکی از نمونه‌های استوانه‌ای نیز تحت نیروی کششی غیرمستقیم (آزمایش برزیلی) قرار گرفت و ۳ نمونه دیگر برای آزمایشات ۲ و۷ روزه درنظر گرفته شد. نتایج آزمایشات ۴,۵ ساعته در جدول۵ آمده است.

جدول۵- نتایج آزمایش مقاومت فشاری ۴,۵ ساعته برای نمونه‌های مکعبی

شرح	نمونه مکعبی شماره ۱	نمونه مکعبی شماره ۲
ابعاد نمونه (cm)	۱۵*۱۵*۱۵	۱۵*۱۵*۱۵
مقدار نیروی فشاری (ton)	۴۳	۴۴
وزن نمونه (kg)	۸/۱۲	۸,۱۴۸
حجم نمونه (cm^3)	۳۳۷۵	۳۳۷۵
وزن مخصوص بتن (Kg/m^3)	۲۴۰۶	۲۴۱۴
مقاومت فشاری (Kg/cm^2)	۱۹۱	۱۹۶

جدول۶- نتایج آزمایش برزیلی ۴/۵ ساعته برای نمونه‌های مکعبی

شرح	
قطرنمونه (cm)	۱۵
ارتفاع نمونه (cm)	۳۰
وزن مخصوص بتن (kg/m^3)	۲۴۱۸
وزن نمونه (Kg)	۱۲/۸۱۷
مقدار بار نظیر نقطه گسیختگی (ton)	۱۱
مقدار مقاومت کششی (kg/cm^2)	۲۰

متوسط مقاومت فشاری بدست آمده ازنمونه‌های مکعبی Kg/cm^2 ۱۹۳/۵ می‌باشد که از مقاومت مورد نیاز یعنی Kg/cm^2 ۱۸۰ بیشتر است.

شکل۴- نمونه مکعبی در آزمایش فشاری و نمونه استوانه‌ای در آزمایش برزیلی

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

در بررسی ظاهری سگمنت‌های الیافی، این نتیجه به دست آمد که سگمنت تولید شده با استفاده از الیاف فولادی و با حجم Kg/cm^3 ۴۰ بهترین گزینه می‌باشد. برای تعیین مقاومت خمشی سگمنت نیاز به انجام آزمایش بارگذاری سگمنت به منظور تعیین مقاومت کششی ناشی از خمش می‌باشد.

با توجه به اینکه وسایل لازم برای آزمایش سگمنت در کشور موجود نمی‌باشد در این زمینه تنها به قضاوت مهندسی بسنده می‌کنیم که سگمنت تولیدی در برابر بارهای حمل و نقل د سنین اولیه مقاومت کافی را داشته باشد.

استفاده از الیاف فولادی در سگمنت‌های پروژه قمرود دارای مزایای زیر نیز می‌باشد:

- از بین رفتن لب پریدگی سگمنت‌ها به سبب پخش یکنواخت الیاف فولادی در بتن و ایجاد مخلوط همگن بتنی.
- کاهش نیروی انسانی و فضای مورد نیاز برای احداث کارخانه به سبب حذف شبکه آرماتور.
- کاهش چشم گیر مصرف نیروی برق مورد نیاز برای کارخانه.
- افزایش مقاومت سگمنت دربرابر آتش‌سوزی وعدم پوسته شدن آن در برابر شوکهای حرارتی.
- صرفه جویی کلی در زمان و هزینه‌های تولید سگمنت.

تولید و اجرای سگمنت الیافی هم اکنون درکشورهای انگلستان، آلمان، اسپانیا و چند کشور دیگر صورت می‌گیرد. نتیجه آزمایشات انجام شده دراین مورد نشان می‌دهد که سگمنت با الیاف فولادی از لحاظ فنی می‌تواند بارهای وارد در سنین اولیه بتن، که بیشترین بارهای وارده هستند را به خوبی تحمل کند.

لذا به راحتی می‌توان دراین پروژه از الیاف فولادی بجای میلگرد فولادی استفاده کرد.

درخصوص استفاده یا عدم استفاده از سگمنت‌های الیافی در پروژه تونل قمرود باید به بررسی‌های اقتصادی پرداخت و هزینه‌های دو روش را با هم مقایسه کرد، که در این خصوص با توجه به تحولات اخیر در بازار نفت و تاثیر آن در افزایش قیمت فولاد در حال حاضر بدون ارزش دهی به مزایایی که سگمنت الیافی نسبت به سگمنت معمولی دارد مقرون به صرفه به نظر نمی‌رسد ولی واضح است در صورتی که الیاف فولادی در کشور تولید شود از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه خواهد بود.

شرح نرم افزار "خدمات فنی تونل"

یوسف یوسفی سهی
کارشناس مهندسی استخراج معدن، موسسه حرا
Sohi4836@yahoo.com

چکیده

مجموعه خدمات فنی تونل شامل تهویه و روشنایی هرچند به طور مستقیم در عملیات حفر تونل دخیل نمی‌باشند اما دارای نقش حیاتی در عملیات احداث تونل بوده و پس از حفر تونل و در خلال بهره‌برداری نیز حائز اهمیت فراوان می‌باشند. براین اساس، طراحی جامع و دقیق این خدمات از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود و استفاده از نرم‌افزارهای کامپیوتری می‌تواند مهندسان را در انتخاب سیستم‌های بهیه یاری نماید. مقاله پیشرو به منظور معرفی نرم‌افزار TTS (Tunnel Technical Services) تهیه شده است؛ این نرم‌افزار برای طراحی خدمات فنی تونل مشتمل بر" محاسبه سطح مقطع کابل برق فشار متوسط وفشار ضعیف، محاسبه قطر لوله هوای فشرده ودر نهایت طراحی روشنایی تونل " تهیه شده است و شامل بخش‌های مختلفی است که در متن مقاله به آن اشاره خواهد شد.

مقدمه

نرم‌افزار TTS با استفاده از زبان برنامه‌نویسی C# برنامه نویسی شده است و شامل ۵۸ فرم و حدود ۳۱۰۰۰ خط برنامه نویسی می‌باشد. این نرم‌افزار شامل چهار بخش مختلف می‌باشد. با اجرای برنامه و همانطورکه در شکل۱ مشاهده می‌شود یک پنجره برای انتخاب نوع محاسبات نمایش داده می‌شود که قابلیت انتخاب موارد مختلف را برای کاربر فراهم می‌سازد. در ادامه عملکرد هریک از بخش‌ها به صورت خلاصه معرفی شده است.

شکل۱- پنجره انتخاب نوع خدمات فنی

محاسبه سطح مقطع کابل برق فشار متوسط

با انتخاب گزینه مربوط به مقطع کابل فشار متوسط و در ابتدا پیام محدوده کاربری ظاهر شده و سپس نوع شبکه که شامل تک رشته‌ای و چندرشته‌ای(حداکثر پنج انشعاب) می‌باشد انتخاب می‌شود(شکل۲).

شکل۲- پنجره انتخاب نوع شبکه

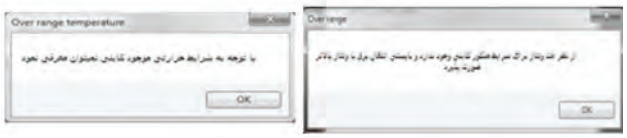
به عنوان مثال با انتخاب شبکه تک رشته‌ای، پنجره جدیدی باز شده و اطلاعات مورد نیاز همچون ولتاژ ابتدای خط، دمای محیط، افت ولتاژ مجاز، وضعیت شبکه مشتمل بر هوایی یا زمینی، جنس سیم شامل آلومینیم یا مس، توان مصرف‌کننده و طول خط انتقال وارد نرم افزار می‌شود؛ در صورت معلوم نبودن توان مصرف‌کننده می‌توان با در دست داشتن آمپر مصرفی وکلیک برروی دکمه «تبدیل شدت جریان به توان مصرفی» توان مصرف کننده را بدست آورد(شکل۳) و در نهایت جواب در فرم ارائه شده در شکل۴ با نام «سطح مقطع کابل ویا سیم پیشنهادی» نشان داده می‌شود. لازم به ذکر است که در صورت قرارگرفتن مقدار محاسبه شده خارج از محدوده کابل‌های موجود، نرم افزار جوابی را به نمایش در نمی‌آورد و پیام خطا نشان داده می‌شود.

شکل۳- نمایی از پنجره ورودی اطلاعات اولیه

شکل۴- خروجی نرم افزار برای محاسبه سطح مقطع کابل فشارمتوسط

عملکرد این نرم‌افزار به این صورت است که نرم‌افزار در ابتدا با محاسبه جریان عبوری از سیم یا کابل از رابطه $I = \frac{N}{\sqrt{3}Ucos\omega}$ و نیز با استفاده از جداول موجود، ضریب تصحیح دمای محیط را تخمین زده و با اعمال ضریب مذکور در جداول جریان مجاز عبوری براساس حداکثر دما، که با توجه به هوایی و یا زمینی بودن شبکه و نوع سیم یا کابل که آلومینیم ویا مسی، سطح مقطع پیشنهادی براساس حداکثر دما را بدست می‌آورد.

البته در صورت قرارگرفتن مقدار محاسبه شده خارج از محدوده کابل‌های موجود، نرم افزار جوابی را به نمایش در نمی‌آورد و پیام خطا نشان داده می‌شود. نرم افزار پس از کنترل حرارتی و جریان مجاز عبوری، سطح مقطع سیم ویا کابل را با استفاده از از فرمول $A = \frac{100LN}{KU^2\%\Delta U}$ بدست آورده ودر قالب مقاطع موجود در بازار به نمایش در می‌آورد. البته دراین بخش نیز در صورت قرارگرفتن مقدار محاسبه شده خارج از محدوده پیام خطا نشان داده می‌شود(شکل۵).



شکل۵- پنجره نمایش پیغام خطا درصورت قرارگرفتن جواب در خارج از محدوده موجود

محاسبه سطح مقطع کابل برق فشار ضعیف

عملکرد این بخش نیز مشابه بخش قبلی است با این تفاوت که نوع مصرف کننده اعم از سه فاز ویا تک فاز باید مشخص شود و نرم‌افزار برای محاسبه جریان عبوری تک فاز ازرابطه $I = \frac{N}{Ucos\omega}$ و محاسبه سطح مقطع تک فاز از رابطه $A = \frac{200LN}{KU^2\%\Delta U}$ استفاده می‌کند. ($cos\omega$ در تمامی محاسبات ۰/۸ در نظر گرفته شده است).

محاسبه قطر لوله هوای فشرده

برای ورود به این قسمت در فرم خدمات فنی تونل(شکل۱)، دکمه «محاسبه قطر لوله هوای فشرده» را انتخاب می‌شود. در این قسمت نیز پس از انتخاب نوع شبکه که مشتمل بر تک رشته‌ای وچند رشته‌ای می‌باشد فرم‌های ورود اطلاعات از جمله: فشار نسبی ابتدا وانتهای خط، ارتفاع از سطح دریا، درصد نشتی که بصورت پیش فرض ۱۰٪ انتخاب شده است، دبی هوای مصرفی در انتهای خط ویا خطوط، طول مسیرها، مواضع موجود در مسیر ازجمله شیرآلات و زانو وسه‌راهی و غیره و نیز تعیین قطر وطول شیلنگ موجود در انتهای مسیر ظاهر می‌شوند و پس از ورود اطلاعات پنجره «قطر لوله پیشنهادی» دیده خواهد شد. درشکل۶، نمایی از پنجره ورودی اطلاعات و پنجره خروجی ارائه شده است.

شکل۶- پنجره ورودی اطلاعات برای محاسبه قطر لوله هوای فشرده و نتایج خروجی

در نرم‌افزار TTS محاسبات مربوط به قطر لوله هوای فشرده با استفاده از فرمول اطلس کوپکو $\Delta P = \frac{f*L*Q^{1.85}}{P_1*d^5}$ انجام می‌شود. نرم‌افزار در ابتدا فشار مطلق هوای فشرده را در ابتدا وانتهای خط با توجه به ارتفاع و فشار جو بدست می‌آورد، سپس با اعمال ضریب تصحیح ارتفاع(بدست آمده از جداول موجود) و درصد نشتی در دبی هوای فشرده مصرفی، دبی تصحیح شده محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است در نرم‌افزار محدودیت‌هایی وجود دارد که در صورت عدول از آنها، پیام‌های خطایی به شرح نشان داده شده در شکل۷ به نمایش درمی‌آیند. محدودیت‌های موجود عبارتند از:

۴۵۰۰>ارتفاع(متر)>۰؛ فشار ابتدای خط > فشار انتهای خط؛ ۱۸۰~ m^3/min دبی حداکثر؛ ۰≤L≤۱۰۰۰۰

شکل۷- پیام‌های خطا درصورت خارج از محدوده بودن مقادیر

نرم‌افزار پس از کنترل‌های مذکور، با در دست داشتن دبی و طول لوله، به وسیله جداول موجود قطر اولیه لوله را بدست می‌آورد و سپس با بدست آوردن ضریب پدیده موضعی(r) برای مواضع موجود از جداول در دسترس و داشتن قطر اولیه، طول معادل مواضع را بوسیله فرمول $L = 43.7 * r * d^{1/2}$ محاسبه می‌کند. البته در خصوص شیلنگ‌ها ابتدا افت مربوط به شیلنگ را از فرمول تجربی $\Delta P = \frac{1.15*10^8*L*Q^{1.85}}{P_1*d^5}$ که توسط مؤلف پیشنهاد و با مقایسه جواب‌ها وجداول پیشنهاد شده است، محاسبه نموده و سپس طول معادل را از فرمول $L = \frac{1.15*L_{shilang}*(D_{pipe})^5}{1.6*(D_{shilang})^5}$ که از ترکیب فرمول اطلس کوپکو و فرمول تجربی مذکور حاصل شده است بدست می‌آورد و در نهایت با جمع نمودن طول‌ها و با استفاده از رابطه اطلس کوپکو، قطر لوله را محاسبه می‌نماید. در استفاده از این نرم‌افزار، نکات زیر نیز قابل توجه می‌باشد:

۱- اگر افت فشار مربوط به شیلنگ بیشتر از ۴۰% اختلاف فشار ابتدا و انتهای لوله تا همین میزان اختلاف شود، نرم‌افزار پیام امکان کاهش قطر لوله را نمایش می‌دهد.

۲- اگر افت شیلنگ بیش از اختلاف فشار ابتدا وانتهای لوله شود، نرم‌افزار پیام تصحیح طول یا قطر لوله را نمایش می‌دهد.

۳- اگر قطر لوله بدست آمده از محاسبات بیش از ۱۰ اینچ شود، با توجه به کاربری رابطه اطلس کوپکو تا قطر ۱۰ اینچ، پیام خارج از محدوده بودن قطر مشاهده می‌شود.

۴- در شبکه چند رشته‌ای طول معادل از رابطه $L_{equal} = \frac{\sum(Q^{1.85}*L)}{\sum Q^{1.85}}$ حاصل محاسبه می‌شود.

۵- در فرمولی که افت شیلنگ را محاسبه می‌نماید بجای P_1 عددی که از جمع فشار انتهای خط و۴۰% اختلاف فشار ابتدا وانتهای خط حاصل می‌شود را وارد می‌کند (فرض بر آنست که این ۴۰% مجاز باشد).

طراحی روشنایی مسیر تونل

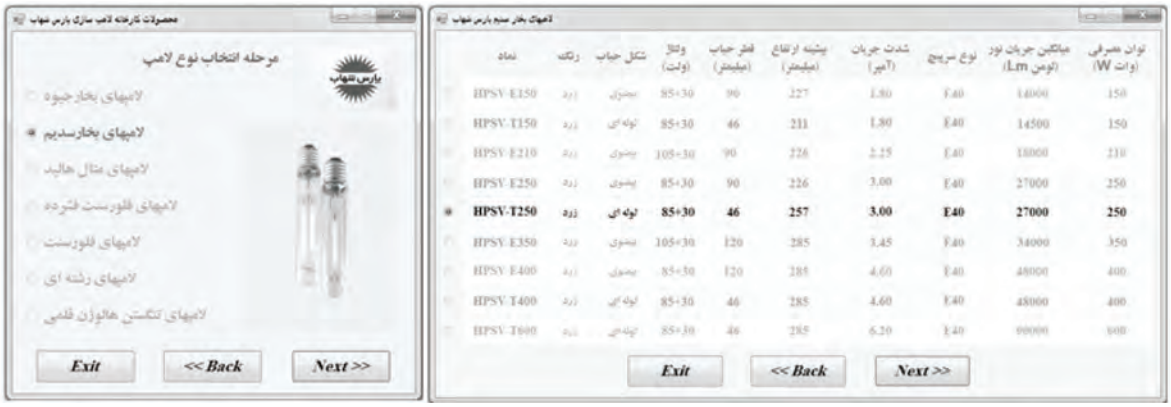
برای ورود به این مرحله در فرم خدمات فنی تونل(شکل۱)، دکمه«طراحی روشنایی مسیرتونل» انتخاب می‌شود. پس از انتخاب نوع کار،همانطورکه در شکل۸ مشاهده می‌شود، پنجره «انتخاب مسیر» باز می‌شود. در این مرحله کاربر باید نوع تونل را که مشتمل بر "تونل راه" و" غیره" می‌باشد انتخاب نماید، منظور از تونل غیره، تونل با کاربری غیر از راه ویا تونل درحالت ساخت است. همچنین روش نوردهی نیز باید بوسیله کاربر در این پنجره انتخاب شود که شامل" لامپ" و" ترکیبی حباب ولامپ" است. پس از انتخاب نوع تونل و روش نوردهی، درمرحله بعد، نوع چراغ مصرفی بر حسب نوع کارخانه انتخاب شده و یا بسته به نظر کاربر، اطلاعات چراغ انتخابی وارد می‌شود.

شکل۸- پنجره انتخاب کاربری تونل و روش نوردهی

در مرحله بعد، که مرحله انتخاب نوع حباب بر حسب کارخانه انتخابی است، ممکن است که بسته به نوع تونل انتخابی، تعدادی از انواع چراغ‌ها فعال نبوده و قابل انتخاب نباشند چراکه در آن نوع تونل کاربری نداشته باشند. در این مرحله با انتخاب هر گزینه، تصویر چراغ ومنحنی شدت نور آن برای انتخاب مناسب به نمایش درمی‌آید(شکل۹).

شکل۹- انتخاب نوع حباب بسته به کارخانه انتخابی

پس از انتخاب نوع حباب، نوع لامپ مصرفی که در آن حباب جای داده خواهد شد به تفکیک کارخانه‌های مختلف لامپ-سازی و یا به انتخاب کاربر(با واردکردن میانگین جریان نور و توان مصرفی لامپ)، انتخاب می‌شود. لازم به ذکر است تنها لامپ‌هایی قابل انتخاب خواهند بود که در حبابی که پیشتر برگزیده شده است، قابل نصب باشند. درشکل۱۰، پنجره‌های مربوط به نحوه انتخاب نوع لامپ مشاهده می‌شوند.



شکل۱۰- پنجره‌های مربوط به نحوه انتخاب نوع لامپ

پس از عبور از مراحل فوق، پنجره" ورود اطلاعات تونل " نمایش داده می‌شود، درشکل۱۱، تصویری از پنجره اطلاعات تونل و درشکل۱۲، خروجی نرم‌افزار مشاهده می‌شوند.

شکل۱۱- پنجره اطلاعات تونل

شکل۱۲- پنجره خروجی نرم‌افزار

لازم به‌ذکراست اطلاعات ۸۷ نوع چراغ وارد نرم افزار شده است بدین صورت که میزان شدت نور چراغ‌ها برحسب Cd/Klm در بخش یک چهارم از نیمکره وبا زوایای ۵درجه، ۵درجه سه بعدی وارد نرم‌افزار شده است. درصورتیکه کاربر نیاز به معرفی چراغ مورد نظر خود با استفاده ازگزینه"چراغ پیشنهادی" داشته باشد، باید مطابق با شکل ۱۳، در مرحله انتخاب نوع حباب برحسب کارخانه سازنده، ابتداگزینه چراغ پیشنهادی و سپس نوع حباب را وارد کرده و مشخصات چراغ را مطابق درخواست نرم‌افزار وارد نماید.

شکل۱۳- پنجره انتخاب نوع چراغ

محاسبات در این بخش از نرم‌افزار به تفکیک نوع تونل انجام می‌شود که به صورت مجزا توضیح داده خواهد شد:

۱- تونل راه :

دراین بخش، نرم‌افزار پس از دریافت اطلاعات ورودی توسط کاربر اقدام به محاسبه طول مناطق آستانه، بینابین اول ودوم وسوم و منطقه میانی می‌نماید. شدت نور از رابطه $I = \frac{Cd/Klm}{lm/1000}$ همان میانگین جریان نورلامپ است، محاسبه می‌شود.

هرچند، در صورت استفاده از حباب مخروطی، شدت نور در تمامی جهات یکسان بوده و با استفاده از رابطه $I = \frac{lm}{4\pi(\sin(\frac{\alpha}{2}))^2}$ $(I = \omega/\varpi)$ محاسبه می‌شود که α زاویه مخروط نسبت به قائم می‌باشد.

نرم افزار پس از محاسبه شدت نور، فاصله تقریبی چراغها را توسط فرمول لومن ($l = \frac{\varphi F_u F_m F_{ab}}{bE_m}$) محاسبه می‌نماید، نرم‌افزار دراین فرمول برای مناطقی که بیش از یک ردیف چراغ باشد بجای b عدد حاصل از تقسیم $\frac{\text{عرض تونل}}{\text{تعداد ردیف چراغ}}$ را جایگزین نموده و بجای E_m حداقل روشنایی لازم در مناطق را قرار می‌دهد. به‌طورکلی نرم فزار TTS فاصله چراغها را به دو روش محاسبه‌می‌کند:

روش اول :

نرم‌افزار فاصله عرضی چراغ‌ها را برابر نسبت $\frac{\text{عرض تونل}}{\text{تعداد ردیف چراغ}}$ در نظر می‌گیرد. اندازه‌گیری میزان روشنایی نیز در پنج خط به موازی محور تونل از سمت دیوار یک طرف تونل به فواصل عرضی صفر، $\frac{\text{عرض تونل}}{40}$ ، $\frac{\text{عرض تونل}}{20}$ ، $\frac{\text{عرض تونل}}{10}$ ، $\frac{\text{عرض تونل}}{5}$ از همان دیوار آن‌هم با فواصل طولی ۱۰ سانتیمتر انجام می‌دهد و درصورت کم و زیاد بودن حداقل روشنایی بدست آمده فواصل چراغ‌ها را به میزان ۱۰ سانتیمتر زیاد وکم می‌نماید تا به حداقل روشنایی لازم برسد و نتیجه را اعلام می‌کند.

روش دوم :

نرم افزار براساس عدد ورودی در جعبه متن" فاصله عرضی اولین ردیف چراغ از دیوار کناری" که توسط کاربر براساس امکان نصب اولین ردیف در آن فاصله از دیوار کناری وارد می‌شود، چیدمان چراغ‌ها را انجام می‌دهد و اولین ردیف را درهمان فاصله در نظرگرفته و سایر ردیف‌ها را درعرض تونل جابجا نموده تا به بهینه‌ترین حالت برسد(فاصله طولی چراغ‌ها فعلاً همان فاصله بدست آمده از طریقه اول می‌باشد و اندازه‌گیری‌های میزان روشنایی بسته به تعداد ردیف‌ها در نقاط مختلف می‌باشد).

نرم‌افزار پس از بهینه‌نمودن فاصله عرضی مجدداً اندازه‌گیری میزان روشنایی را در پاشنه دیوار انجام می‌دهد و فاصله طولی چراغ‌ها را دراین حالت بدست می‌آورد که عموماً این فاصله برای تعداد ردیف بیشتر از ۳ ردیف بیش از حالت قبل می‌باشد. لازم به ذکر است که نرم‌افزار با نور منعکسه کاری ندارد و توان مصرفی را در هردو حالت محاسبه و ارائه می‌نماید.

۲- تونل غیره :

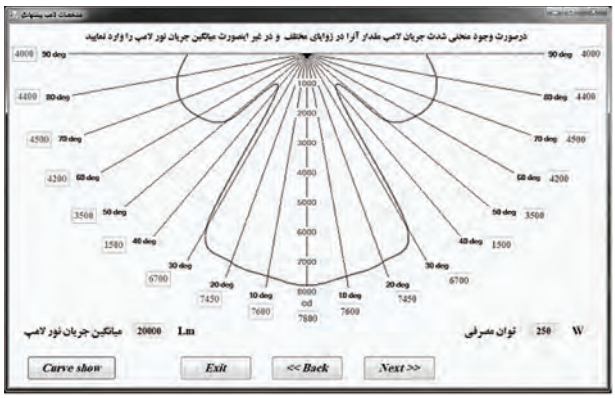
روش کار در این حالت نیز تقریباً شبیه تونل راه می‌باشد با تفاوت‌هایی که در زیر به آن اشاره شده است:

الف- دراین حالت، تونل به مناطق خاصی تقسیم نمی‌شود.

ب- تعداد ردیف چراغ‌ها در تعریف نرم‌افزار، یک ردیف می‌باشد و ممکن است در" سقف"،" بینابین دیوار و سقف" و یا "دیوار" قرارگیرد که کاربر باید موقعیت نصب را مشخص نماید.

البته در صورت انتخاب موقعیت" بینابین دیوار و سقف"، کاربر می‌باید گزینه "فاصله عرضی از دورترین دیوار" را مشخص نماید.

ج- در حالت استفاده از لامپ تنها، در صورتی که کاربر شدت نور لامپ را در قسمت"لامپ پیشنهادی" در زوایای ۱۰درجه-۱۰درجه مطابق با شکل۱۴ وارد کرده باشد، نرم افزار مقدار پارامتر I را در جهات افقی نیز همین مقدار درنظرگرفته و محاسبات را انجام می‌دهد و در غیر این صورت از رابطه $I = \frac{lm}{4\pi}$ $(I = \omega/\varpi)$ برای محاسبه شدت نور لامپ در تمامی جهات استفاده‌می‌کند.



شکل۱۴- پنجره تعریف لامپ پیشنهادی

د- نرم‌افزار در اندازه‌گیری میزان روشنایی درحالات مختلف متفاوت و به شرح ذیل عمل می‌کند :

- در حالت استفاده از" لامپ" اندازه‌گیری در پاشنه دورترین دیوار از لامپ انجام می‌شود.
- درحالت استفاده از مهتابی ونصب برروی" دیوار" اندازه‌گیری در پاشنه دیوار طرفین تونل انجام می‌شود.
- درحالت استفاده از چراغ آنهم در مناطق" سقف" و یا" بینابین دیوار و سقف" با فرض برآنکه bl فاصله عرضی چراغ از دورترین دیوار باشد، اندازه گیری در پاشنه دورترین دیوار و فواصل عرضی $\frac{bl}{20}$ ، $\frac{bl}{10}$ ، $\frac{bl}{5}$ و $\frac{2bl}{5}$ از همان دیوار انجام می‌شود.

ه- نرم‌افزارTTS دراین حالت نیز نور منعکسه را درنظرنمی‌گیرد وهمانطور که قبلاً اشاره شد، تنها سه جواب ارائه می‌دهد، که دوتای آن فواصل لامپ به روش تقریبی لومن وروش دقیق نقطه به نقطه می‌باشد وجواب دیگر توان مصرفی است.

جنبه‌های ارزیابی بارگذاری ناشی از آب زیرزمینی در طراحی سیستم نگهداری و تحلیل پایداری جبهه کار تونل‌ها

علی بنـکدار، کارشناس ارشد مکانیک سنگ

چکیده

بدون شک، مسأله آب زیرزمینی اگر به عنوان مهمترین مشکل در پروژه‌های زیرزمینی نباشد، لااقل جزء مشکلات اساسی چنین پروژه‌هایی است. عدم توجه به این موضوع در هنگام تصمیم‌گیری‌های آغازین پروژه، لطمه‌های زیادی را هم از لحاظ اجرایی و هم از لحاظ اقتصادی در هنگام برخورد با اولین مشکل در زمان ساخت به بدنه پروژه وارد می‌آورد. لذا در این مورد می‌بایست از همان ابتدای کار، تدابیر و راهکارهایی در ارتباط با برخورد با این معضل اندیشیده شود. در این پژوهش سعی شده تا نحوه برخورد با مسأله آب زیرزمینی در ارتباط با نحوه طراحی پوشش بتنی تونل تشریح گردد. در این باره دو رویکرد متفاوت وجود دارد که به کار گیری هر کدام از این دو، نتایج متفاوتی را به دنبال خواهد داشت. سیستم نگهداری تونل‌هایی که در زیر سطح آب زیرزمینی حفر می‌شوند، به دو صورت طراحی می‌شوند: یا به صورت زهکشی شده، که در اینصورت یک جریان به سمت تونل برقرار خواهد شد، و یا به صورت آب بند، که در این شرایط تونل تحت فشارهای هیدرواستاتیک قرار خواهد گرفت.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، نیروی نشت، سیستم نگهداری اولیه و ثانویه، پوشش بتنی، بارگذاری.

مقدمه

مسأله آب زیرزمینی، یکی از مشکلاتی است که می‌توان گفت اکثر پروژه‌های زیرزمینی، حتی آنهایی که در اعماق نسبتاً کمی قرار گرفته‌اند، با آن روبرو هستند.

ورود آب به داخل تونل‌ها ممکن است همانطور که در بهره‌برداری از تونل‌های زهکشی شده اتفاق می‌افتد، در مرحله ساخت نیز روی دهد. این امر موجب ایجاد مشکلات بسیار زیادی می‌شود، از جمله افزایش زمان اجرای پروژه، تأثیرات زیست محیطی، و نشست سازه‌های سطحی. جهت ارزیابی این مشکلات، در ابتدا می‌بایست به هر نحوی ورود آب را پیش‌بینی نمود. این بررسی‌ها با عدم قطعیت‌هایی در رابطه با پیش‌بینی هد آب در زمین و همچنین تعیین نفوذپذیری زمین همراه است. دلیل اصلی این امر، توزیع بسیار غیریکنواخت هدایت هیدرولیکی در زمین می‌باشد، به ویژه برای سنگ‌هایی با درزه‌های باز که رفتار هیدرولیکی آب زیرزمینی به طور عمده توسط نحوه توزیع درزه‌ها کنترل می‌شود که تعیین نحوه توزیع آنها در بررسی‌های ساختگاه پروژه بسیار مشکل است. بر همین اساس، راه حلی هرچند غیرواقعی با فرض هموژن و ایزوتروپ بودن هدایت هیدرولیکی زمین می‌تواند مفید واقع شده و به عنوان یک تخمین اولیه کفایت کند.

ورود آب زیرزمینی به داخل تونل

روش‌های تحلیلی ارائه شده در مقالات و بررسی‌های انجام شده توسط تعدادی از مؤلفین در رابطه با نفوذ آب به داخل تونل‌ها، خیلی همه‌جانبه و عمومی نمی‌باشد. همه‌جانبه‌ترین رابطه ارائه شده که به گودمن نسبت داده می‌شود، بر اساس رویکردی تخمینی توسط پولوبارینووا-کوچینا حاصل شده است. قابل ذکر است که این رابطه صرفاً برای تونل‌های عمیق تدوین شده، مضافاً اینکه هیچ معیاری برای عمیق بودن تونل در این رابطه ارائه نشده است.

جهت پیش‌بینی جریان آب ورودی به داخل تونلی زهکشی‌شده به صورت تحلیلی، نیاز به چند فرض ساده‌کننده می‌باشد، از جمله: هموژن و ایزوتروپ بودن نفوذپذیری، پایا بودن حالت جریان، تونل با مقطع دایره‌ای به همراه پتانسیل هیدرولیکی ثابت.

مسلماً این فرضیات ساده کننده در بسیاری از موارد، غیر واقعی هستند. با این حال روش به دست آمده از این مفروضات جهت تخمین‌های دشوار ارزشمند است. باید اذعان داشت از نقطه نظر پراکندگی زیاد نفوذپذیری (متغیر بودن این پارامتر در نقاط مختلف زمین) چیزی جز راه حل‌های دشوار انتظار نمی‌رود.

بررسی نیروی جریان نفوذ (seepage)

همانگونه که ذکر شد، تونل‌هایی که در زیر سطح آب زیرزمینی حفر می‌گردند، یا به صورت زهکشی شده طراحی می‌شوند و یا به صورت آب‌بند. پوشش تونل‌های آب‌بند می‌بایست که بخشی از فشار هیدرواستاتیکی را تحمل نمایند. شاید بتوان مزیت عمده آب‌بند کردن تونل را حفاظت از محیط زیست دانست. در صورتی که پوشش یک تونل به صورت زهکشی شده طراحی شود، یعنی در صورتی که جریان آب به داخل تونل امکان پذیر باشد، آنگاه فشار هیدرولیکی اعمالی بر پوشش تونل کاهش می‌یابد. با این حال، در این شرایط می‌بایست نیروی نفوذ و هجوم آب درنظر گرفته شود. این نیرو همانند یک حجم، بر روی زمین عمل نموده و بنابراین باعث افزایش فشار زمین بر پوشش تونل می‌شود. در نتیجه می‌توان گفت که پوشش تونل، بر خلاف تصور اشتباه فراگیری که مبنی بر آزادسازی پوشش از فشار آب اعمالی در صورت زهکش بودن تونل است، حتی در حالت زهشکی شده نیز تحت فشار غیرمستقیم آب قرار خواهد گرفت.

عوامل مؤثر بر بارگذاری جریان آب بر روی پوشش

بار ناشی از آب زیرزمینی موضوعی است که باعث بالا رفتن عدم اطمینان از وضعیت پروژه می‌شود، به ویژه در مرحله طراحی که تصمیمات اصلی در مورد هندسه و سایر خصوصیات سازه گرفته شده است. برای تونل‌ها، هندسه پوشش، ضخامت آن، مقدار پیش‌تحکیم یافتگی، و شرایط زهکشی آن انتخاب شده، و برای سازه‌های روباز، نوع، ابعاد سازه، و سازه‌های حائل آن مشخص می‌شود.

فاکتورهای مهم تأثیر گذار بر روی بار ناشی از جریان آب بر روی پوشش عبارتند از:

- صلبیت نسبی بین سنگ و پوشش تونل
- نفوذپذیری نسبی بین سنگ و پوشش تونل
- فاکتورهای هندسی همچون عمق زیر سطح آب زیرزمینی، فاصله تا یک لایه نفوذناپذیر، محل منبع آب و . . .

هر چند علاوه بر پارامترهای عنوان شده بالا پارامترهای دیگری نیز بر میزان بار روی پوشش تأثیر گذارند، اما باید به این نکته نیز اشاره نمود که کمّی نمودن این پارامترها جهت به کارگیری در یک روش عمومی تقریباً غیرممکن است. یکی از مهم‌ترین این پارامترها، تأثیر دراز مدت خود تونل بر سطح ایستابی می‌باشد که منجر به تغییر وضعیت تعادل آن از حالت اولیه و طبیعی خود می‌شود. اگر نرخ نفوذ آب به داخل تونل بالا بوده و منبع آبی جهت تغذیه دوباره آب زیرزمینی وجود نداشته باشد، سطح ایستابی افت کرده و منجر به کاهش بارهای روی پوشش شده و همچنین تأثیرات زیست محیطی بر منطقه خواهد گذاشت. قابل ذکر است که در برخی از کشورها اجازه استخراج دائمی از منابع زیرزمینی آب داده نمی‌شود، و لذا از نقطه نظر قانونی در چنین کشورهایی احداث تونل‌هایی با پوشش زهکشی شده با مشکل مواجه می‌شود.

پوشش تونل‌ها تقریباً هیچ‌گاه به طور کامل نفوذناپذیر نمی‌باشد. لذا در بسیاری از موارد، کارفرما، مشاور و پیمانکار، بسته به شرایط کاری پروژه، مزایای انتخاب نوع شرایط زهکشی پوشش تونل را (که به طور کامل زهکشی شود و یا به صورت جزئی) بررسی می‌کنند. مطالعات انجام شده توسط محققین با استفاده از مدل‌های عددی و اندازه‌گیری‌های برجا بر روی حفریات عمیق، نشان داده است که بهره‌گیری از اقدامات کاهش‌دهنده محلی مقدار آب زیرزمینی، به طور قابل ملاحظه‌ای بار تحمیلی بر سازه را کاهش داده به طوری که تأثیری نیز بر ظاهر سطح آب زیرزمینی نمی‌گذارد. همچنین در این مطالعات خاطر نشان شده است که درنظر گرفتن جریان آب زیرزمینی (یعنی پوشش زهکشی شده‌ای از تونل) به جای استفاده از رویکرد فشار هیدرواستاتیکی آب (یعنی آب بند بودن پوشش تونل) امکان اجرای یک پروژه ایمن و اقتصادی را فراهم می‌سازد.

پوشش‌های نفوذناپذیر

پوشش تونل‌ها عموماً از جنس بتن ساخته می‌شود. برای تونل‌هایی که به روش NATM اجرا می‌شوند، پوشش اولیه شامل شاتکریت و پوشش ثانویه، شاتکریت و یا پوشش‌بتنی‌مرسوم خواهد بود. در تونلسازی سپری نیز پوشش ترکیبی از قطعات بتنی (concrete segments) بوده که در بعضی موارد با یک پوشش ثانویه تکمیل می‌شود.

از نقطه نظر عملی، دستیابی به پوششی نفوذناپذیر غیرممکن است. حتی در هنگام استفاده از غشای نفوذناپذیر (geomembrane) در اطراف تونل نیز امکان ایجاد کاستی‌هایی در غشاء وجود داشته و منجر به ایجاد جریان در داخل آن می‌شود. لذا با دانستن این نکته که همیشه یک جریان به طرف پوشش وجود خواهد داشت، می‌بایست به دنبال این مسأله بود که چگونه می‌توان بار ناشی از این جریان را بر روی پوشش بتنی به حداقل رساند. نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده نشان داده است که جهت دستیابی به این کاهش بار، نسبت Klining/Ksoil می‌بایست کمتر از ۵۰ باشد، و این امر میسر نمی‌شود مگر اینکه تونل در محیطی با نفوذپذیری بسیار پایین (همچون رس) حفر شده باشد، و یا هنگامی که از پوشش‌های زهکشی شده مصنوعی به عنوان پوشش استفاده گردد (منظور از مصنوعی بودن زهکشی این است که در پوشش تونل اقدام به ایجاد یکسری زهکش شود). نتایج حاصل از بررسی ۱۶ مورد از چنین پروژه‌هایی نشان داده است که نسبت Klining/Ksoil به طور معمول بیشتر از ۱۰۰ می‌باشد، که در اینصورت جهت محاسبه بارهای روی پوشش، می بایست پوشش را نفوذناپذیر درنظر گرفت.

اینسام و همکاران طی بررسی‌های خود در یک تونل راه‌آهن در استرالیا، به مقایسه هزینه‌های مربوط به حالت آب‌بند شده و حالت زهکشی شده پوشش پرداختند. در مقایسه این هزینه‌ها، نگهداری و پشتیبانی و هزینه‌های پمپ کردن در طول مدت ۱۵۰ سال نیز درنظر گرفته شده بود. نتایج این بررسی نشان داد که حالت زهکشی شده بسیار اقتصادی‌تر و مقرون به صرفه‌تر می‌باشد.

در همین رابطه، ماکون، طی مقاله‌ای تحت عنوان "آب-بند کردن سازه‌های

زیرزمینی" به مقایسه شرایط زهکشی شده و زهکشی نشده‌ای از سازه‌های زیرزمینی پرداخته است. وی طی بررسی خود، جدول ۱ را ارائه نموده است.

جدول ۱- مقایسه حالات زهکشی شده و آب‌بند در بخش‌های مختلف عملیات تونلسازی

نوع سنجش / هدف	تونل با پوشش زهکشی شده	تونل با پوشش زهکشی نشده
آب‌کشی محیط	انجام آب‌کشی تا حد مورد نیاز	-
تنش‌های اعمالی بر پوشش	بدون فشار آب	فشار آب
هزیه اجرا و ساخت	پایین	با افزایش فشار آب، افزایش می‌یابد
هزینه پشتیبانی	خیلی پایین تا زیاد	-

البته همانطور که از جدول بالا مشاهده می‌شود، نیروهای نفوذ آب، در میزان تنش‌های اعمالی بر پوشش تونل در حالت زهکشی شده نادیده انگاشته شده است.

فشار ناشی از آب وارده بر پوشش اغلب اوقات بخش قابل توجهی از کل نیروی اعمالی را شامل می‌شود، مخصوصاً اگر از روش‌های ساده شده‌ای جهت تحلیل این نیروها استفاده کنیم، این نیرو به صورت کاملاً هیدرواستاتیک خواهد بود، که البته چنین رویکردی کاملاً محافظه‌کارانه خواهدبود. همچنین با بکارگیری یک شیوه‌طراحی مناسب که شرایط واقعی جریان را درنظر بگیرد، و با استفاده از یک سیستم زهکشی مناسب در پوشش می‌توان به کاهش قابل ملاحظه‌ای در بارهای اعمالی ناشی از آب زیرزمینی بر روی پوشش تونل دست یافت. به این نکته نیز باید توجه داشت که تأثیر زهکشی پیوسته روی محیط اطراف تونل باید از جنبه زیست محیطی بررسی شود.

تأثیر فشار آب منفذی بر روی نگهداری تونل

برای تونل‌هایی که تنش‌های زمین و فشارهای منفذی در فاصله‌ای دور از مرکز تونل اعمال می‌شود، شرایط زهکشی در فصل مشترک زمین-liner تأثیری بر تنش‌های اعمالی بر پوشش تونل نخواهد داشت. باید به این نکته مهم توجه داشت که هرچند این موضوع برای liner صحیح می‌باشد، ولی برای زمین صحیح نیست. تنش‌ها و جابه‌جایی‌های موجود در زمین ممکن است به طور قابل ملاحظه‌ای از شرایط زهکشی شده تا شرایط بدون زهکشی تغییر کند. با این حال، جابه‌جایی‌ها و تنش‌های کلی زمین در فصل مشترک زمین-liner به شرایط زهکشی بستگی ندارد.

تنش‌های موجود در liner را چه برای حالت زهکشی شده و چه برای حالت بدون زهکشی می‌توان از طریق روش سختی نسبی با استفاده از تنش‌های منطقه به جای تنش‌های مؤثر به دست آورد. بررسی‌های صورت گرفته در این رابطه نشان داده است که تکنیک اعمال کل فشار هیدرواستاتیکی آب به یک liner نفوذناپذیر محافظه‌کارانه خواهد بود. نکته قابل توجه دیگر، نقش پارامتر R (یعنی فاصله بین مرزهای مسأله تا مرکز تونل) بر میزان تنش‌های اعمالی بر liner می‌باشد. طی بررسی‌های انجام یافته، معلوم گردید که حجم مدل درنظر گرفته شده برای تونلی در زمین خشک می‌بایست حداقل ۱۰ برابر شعاع تونل، و برای مدلسازی تونلی در یک محیط اشباع، مدلی با حداقل ۲۰ برابر شعاع تونل درنظر گرفته شود.

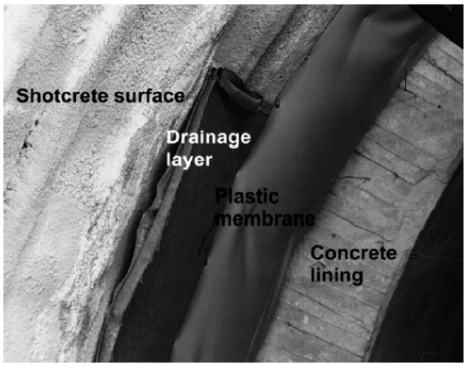
بررسی تونلهایی با دو نوع سیستم نگهداری

بسیاری از تونل‌ها از جمله تونل‌هایی که با روش NATM ساخته می‌شوند، نیاز به نصب دو نوع سیستم نگهداری دارند: سیستم نگهداری اولیه و سیستم نگهداری ثانویه. در تونلهای عمیق دایرهای شکل، با فرض اینکه هم زمین و هم سیستم نگهداری به طور الاستیک باقی بمانند، بارهای اعمالی بر روی سیستم نگهداری اولیه، با شرایط زهکشی تغییر نخواهد کرد. یعنی این بارها چه جریانی به سمت تونل وجود داشته باشد (تونل زهکشی شده) و چه فشارهای منفذی در پشت سیستم نگهداری به صورت هیدرواستاتیک باشد (تونل زهکشی نشده) یکسان خواهد بود. با این حال تنش‌ها و تغییرشکل‌های ایجاد شده در زمین به طور کامل تفاوت دارد، به طوری که در حالت زهکشی شده، تنش‌ها و تغییرشکل‌های ایجاد شده در زمین بیشتر از مقادیر ایجاد شده در پوشش بتنی است.

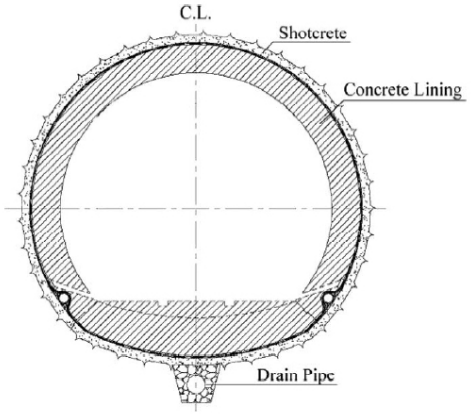
در تونل‌هایی که یک لایه نفوذناپذیر بین سیستم نگهداری اولیه و ثانویه وجود دارد، به محض نصب سیستم نگهداری ثانویه، یک انتقال بار از سیستم نگهداری اولیه به سیستم نگهداری ثانویه به‌وجود خواهد آمد. در این حالت سیستم نگهداری اولیه باربرداری شده و به سمت بیرون (خارج تونل) حرکت می‌کند، در حالی‌که سیستم نگهداری ثانویه بار را به خود گرفته و به سمت داخل جابه‌جا می‌شود.

در تونل‌هایی که یک لایه زهکشی شده بین سیستم نگهداری اولیه و ثانویه وجود دارد، فشار پشت سیستم نگهداری بستگی به ظرفیت تخلیه سیستم زهکشی نسبت به مقدار جریان آب ورودی از زمین دارد. جهت ارزیابی این فشار در پشت سیستم نگهداری ثانویه می‌توان از فاکتور نفوذپذیری نسبی استفاده نمود.

نصب سیستم نگهداری ثانویه ممکن است منجر به تغییر بارهای اعمالی بر روی سیستم اولیه شود. عموماً شرایط زهکشی شده‌ای در بین سیستم نگهداری اولیه و ثانویه قرار داده می‌شود. در این صورت یا از یک لایه نفوذ ناپذیر جهت جلوگیری از ایجاد جریان آب از خلال سیستم ثانویه استفاده می‌شود، و یا از یک لایه فیلتر جهت جمع‌آوری آبهای نفوذی از طرف زمین و در خلال سیستم اولیه استفاده می‌گردد. شکل ۱ جزئیات سیستم زهکشی تونل را که بین شاتکریت (سیستم اولیه) و پوشش بتنی (سیستم ثانویه) نصب شده است، نشان می‌دهد. شکل ۲ نیز مقطعی از یک تونل زهکشی شده را نشان می‌دهد. در این مورد، خود سیستم زهکشی نیز شامل یک لایه فیلتر و یک غشای ناتراوا می‌باشد.



شکل ۱: مقطعی عرضی از پوشش بتنی نهایی تونل به همراه جزئیات سیستم زهکشی آن



شکل ۲: مقطعی از یک تونل زهکشی شده

آب زیرزمینی با عبور از شاتکریت، توسط لایه فیلتر جمع‌آوری شده و سپس به لوله‌های زهکشی که در زیر تونل قرار گرفته‌اند، هدایت می‌شود. با این سیستم، می‌توان فشار منفذی واقع در پشت سیستم ثانویه را ناچیز درنظر گرفت. با تغییر شرایط زهکشی از مرز زمین و سیستم نگهداری اولیه تا مرز سیستم نگهداری اولیه-ثانویه، بارهای اعمالی بر روی سیستم‌های نگهداری توزیع دوباره می‌یابند.

طی بررسی‌های انجام گرفته این نتیجه حاصل شد که برای تونلی با زون تأثیر زهکشی بالا، تنش‌های اعمال شده بر پوشش تونل با تغییر شرایط زهکشی در اطراف تونل تغییر نخواهد کرد. هرچند که میزان تنش‌ها و جابه‌جایی‌های رخ داده در زمین، کاملاً متفاوت خواهد بود، به طوری که برای حالت زهکشی شده به مراتب بیشتر از حالت زهکشی نشده می‌باشد. همچنین نتیجه گردید که سیستم نگهداری ثانویه، در شرایط خشکی از زمین، هیچ باری را در هنگام حفاری تونل و یا در هنگام وجود یک سیستم زهکشی مؤثر و کارا بین سیستم اولیه و ثانویه، متحمل نخواهد شد. همچنین افت کارآیی فیلتر سیستم زهکشی، افزایش فشارهای هیدرواستاتیک آب را به دنبال خواهد داشت.

تأثیر نرخ پیشروی تونل بر روی نیروهای نفوذ

پایداری جبهه کار تونل یکی از مهمترین فاکتورها در حفاری تونل می‌باشد. به ویژه در صورتی که تونل در زیر سطح آب زیرزمینی حفر شود، نیروهای نفوذی ناشی از جریان آب به داخل تونل می‌تواند موجب ایجاد مشکلاتی در پایداری جبهه کار تونل شود.

با حفاری تونل در زیر سطح آب زیرزمینی، نفوذ آب به سمت تونل رخ داده و توزیع هد هیدرولیکی در اطراف تونل تغییر می‌کند. مؤلفین زیادی تأثیر حفاری تونل بر روی تغییر هد هیدرولیکی در اطراف تونل را مطالعه نموده‌اند.

لی و همکارانش در سال ۱۹۹۸ تأثیر هر دو پارامتر تنش و نفوذ را بر طبق شرایط زهکشی‌شده تونل مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که تنش‌های اعمال شده بر پوشش در شرایط زهکشی شده تقریباً در حدود ۳۵% تا ۴۵% فشارهای منفذی وارده بر پوشش در شرایط آب‌بند بودن تونل می‌باشد.

قابل ذکر است که بسیاری از مطالعات انجام شده در این خصوص بر اساس شرایط حالت پایای آب زیرزمینی به انجام رسیده است. افت هد هیدرولیکی در مجاورت جبهه کار تونل بلافاصله پس از حفاری اتفاق نمی‌افتد. به عبارت دیگر پس از حفاری تونل جهت رسیدن به توزیع هد هیدرولیکی پایا نیاز به زمان است.

زمان لازم جهت رسیدن به شرایط حالت پایا، کاملاً بستگی به شرایط زمین یعنی قابلیت ذخیره و نفوذپذیری زمین، و همچنین نرخ پیشروی حفاری دارد. این زمان، با کاهش نفوذپذیری و افزایش قابلیت ذخیره زمین، افزایش می‌یابد.

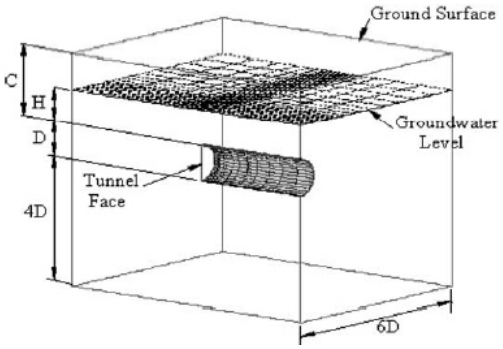
صرفنظر از حالات حدی نفوذپذیری زیاد زمین و یا نرخ پشیروی بسیار پایین، نرخ پیشروی حفاری می‌بایست به عنوان یک پارامتر اضافه در مدل ریاضی تحلیل پایداری مدنظر قرار گیرد، زیرا هد هیدرولیکی به طور همزمان با پیشرفت حفاری تغییر می‌یابد (گودمن و همکاران، ۱۹۶۵).

در ادامه، به نتایج حاصل از تحلیل عددی اجزای محدود (با استفاده از نرم‌افزار PENTAGON-3D) که توسط لی و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی پروژه تونل مترو در زیر رودخانه Han در تشکیلات ماسه‌ای در شهر سئول حاصل شده است پرداخته می‌شود.

در شکل ۳ وضعیت شرایط مطالعه به طور شماتیک نشان داده شده است. مقادیر متوسط نیروهای نفوذ که در طول حفاری تونل از طریق تحلیل عددی محاسبه شده‌اند، در شکل ۴ آورده شده است.

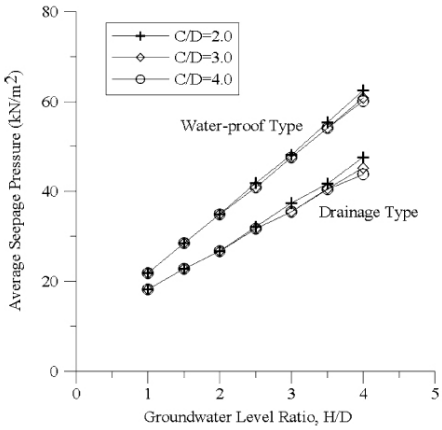
در این شکل می‌توان ملاحظه نمود که فشارهای نفوذ متوسط دارای یک ارتباط تقریباً خطی با نسبت H/D برای هر دو حالت زهکشی‌شده و آب‌بند می‌باشد، هرچند که حالت زهکشی‌شده دارای مقادیر کمتری نسبت به مورد آب‌بند می‌باشد.

محدوده این فشارهای متوسط برای حالت زهکشی‌شده ۱۸/۲ تا ۴۷/۶ و برای حالت آب‌بند ۲۱/۹ تا ۶۲/۴ (KN/m2) می‌باشد.

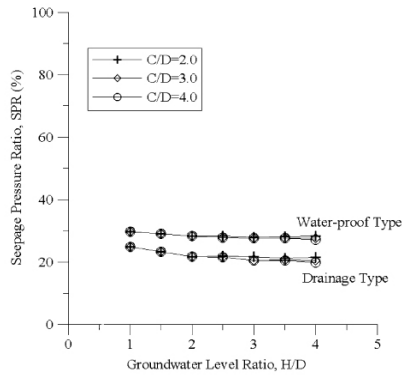


شکل ۳- شرایط ابعادی مسأله جهت تحلیل نفوذ

با توجه به شکل‌های ۴ و ۵ ملاحظه می‌شود که هرچند فشار نفوذ متوسط به طور مثبت با تغییرات نسبت H/D به طور خطی تغییر می‌کند، ولی نسبت فشار نفوذ (SPR) تغییرات کمی را از خود نشان می‌دهد. در اینجا SPR بیانگر مقدار فشار نفوذ تقسیم بر فشار هیدرولیکی در شرایط اولیه و قبل از حفاری می‌باشد. با توجه به شکل ۴ مقادیر SPR برای حالات زهکشی‌شده و آب‌بند به ترتیب برابر ۲۲% و ۲۸% به دست خواهد آمد. همچنین بر اساس شکل ۵ مقدار SPR تغییرات زیادی را با تغییر H/D از خود نشان نمی‌دهد.



شکل ۴- تغییرات فشار نفوذ متوسط با تغییر نسبت H/D



شکل ۵- مقادیر نسبت فشار نفوذ (SPR) با تغییر نسبت H/D

تأثیر نرخ پیشروی بر پایداری جبهه کار تونل

جهت بررسی تأثیر نرخ پیشروی تونل بر روی نیروهای نفوذ اعمالی بر جبهه کار تونل، لی و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از نرم‌افزار GACET (و بر اساس شرایط هندسی نشان داده شده در شکل ۳) اقدام به اجرای مطالعه پارامتری در تحلیل پایداری جبهه کار بر اساس نرخ پیشروی تونل نمودند. مقطع تونل دایره‌ای بوده و قطر آن ۵ متر می‌باشد.

عمق تونل وسطح آب زیرزمینی نیز ۴ برابر قطر تونل درنظر گرفته شده است (یعنی C/D = H/D = ۴). دو نوع تونل در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند: نوع زهکشی‌شده و نوع آب‌بند.

همانطور که پیش از این نیز اشاره گردید، عوامل مؤثر بر تغییر هد هیدرولیکی در اطراف جبهه کار تونل عبارتند از: نرخ پیشروی حفاری تونل، قابلیت ذخیره زمین، و نفوذپذیری زمین. بنابراین در این مطالعه پارامتری، این سه پارامتر مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

نرخ پیشروی متأثر از چندین فاکتور همچون: شرایط زمین، قطر تونل، میزان انحنای تونل، روش تونلزنی و... می‌باشد. بنابراین نرخ پیشروی ممکن است بر اثر عوامل فوق الذکر در یک محدوده وسیعی متغیر باشد.

ضریب ذخیره ویژه به عنوان مقدار آب در حجم واحد از یک تشکیلات اشباع که قابلیت ذخیره داشته و یا به بیرون رانده می‌شود، تعریف شده و دارای دیمانسیون L/۱ می‌باشد.

مقدار این ضریب بسیار کوچک بوده و عموماً در حد ft/ ۰,۰۰۰۱ و یا کمتر می‌باشد. تحلیل جریان آب زیرزمینی با به‌کارگیری ۸۰ مورد از شرایط گوناگون زمین (با تغییر ۳ پارامتر فوق در محدوده‌های انتخابی) برای حالت زهکشی شده انجام شده است.

برای حالت آب‌بند بودن تونل، بررسی ۳۵ مورد از ۸۰ مورد فوق انجام گرفته است. با بررسی‌های صورت گرفته معلوم شده که هد هیدرولیکی شبه پایا توسط پارامتر بدون بعد Dsv/k کنترل می‌شود، که در آن D: قطر تونل، s: ضریب ذخیره ویژه، v: نرخ پیشروی تونل و k نیز ضریب نفوذپذیری می‌باشد.

لذا این پارامتر بدون بعد برای مطالعه پارامتری مورد استفاده واقع شده است. شکلهای ۶ و ۷ نتایج تحلیل عددی انجام شده را برای هر کدام از دو نوع تونل نشان می‌دهد.

همانطور که مشاهده می‌شود توزیع هد هیدرولیکی در اطراف تونل با مقادیر یکسانی از پارامتر Dsv/k یکسان باقی مانده، و لو اینکه شرایط زمین و نرخ پیشروی تونل متفاوت باشد.

بنابراین مقدار Dsv/k می‌تواند به عنوان یک پارامتر مناسب جهت مطالعه اثر شرایط زمین و نرخ پیشروی تونل بر روی پایداری جبهه کار تونل مفید واقع شود.

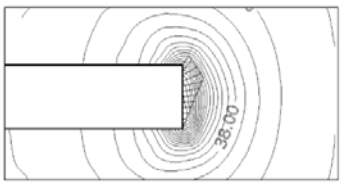
(a) Case 42, v=5m/day, k=1×10^{-4} (cm/sec) and s=5×10^{-5} (/m)

(b) Case 70, v=20m/day, k=1×10^{-3} (cm/sec) and s=1×10^{-4} (/m)

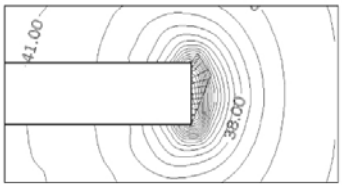
شکل ۶- توزیع هد هیدرولیکی در اطراف تونل زهکشی شده

(۰،۰۱۴ = Dsv/k)

(Dsv/k = 0.014)



(a)Case 55, v=20m/day, k=1×10^{-4} (cm/sec) and s=5×10^{-4} (/m)

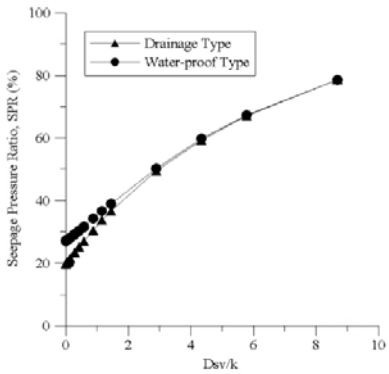


(b)Case 58, v=10m/day, k=1×10^{-4} (cm/sec) and s=1×10^{-3} (/m)

شکل ۷- توزیع هد هیدرولیکی در اطراف تونل آب بند

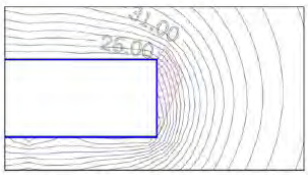
(۰،۵۷۹ = Dsv/k)

در شکل ۸ ارتباط بین پارامتر Dsv/k و SPR نشان داده شده است. فشارهای نفوذی اعمالی بر جبهه کار تونل با افزایش Dsv/k افزایش یافته و هنگامی که نرخ پیشروی تونل صفر است (Dsv/k = 0) مقادیر SPR در حدود ۲۰٪ برای حالت زهکشی شده و ۲۷٪ برای حالت آب‌بند به دست آمده است.

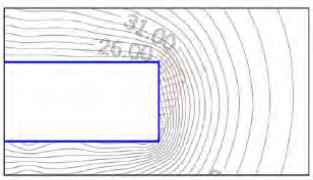


شکل ۸- ارتباط بین پارامتر بدون بعد Dsv/k و SPR

شکل‌های ۹ و ۱۰ نیز توزیع هد کلی در اطراف جبهه کار را نمایش می‌دهند. با استفاده از این اشکال مشاهده می‌شود که با افزایش پارامتر Dsv/k افت هد قابل ملاحظه‌ای در مجاورت جبهه کار تونل و به دنبال آن افزایش فشارهای نفوذی در جبهه کار تونل ایجاد می‌شود. به علاوه، افت هد در جبهه کار تونل آب‌بندی شده بزرگتر از مورد زهکشی شده است.



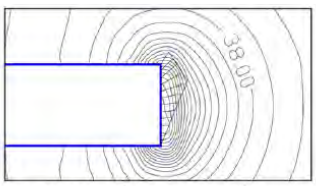
(a) Case 21, v=0m/day, k=1×10^{-5} (cm/sec), s=5×10^{-5} (/m) and Dsv/k=0



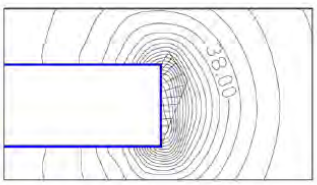
(b) Case 23, v=10m/day, k=1×10^{-5} (cm/sec), s=5×10^{-5} (/m) and Dsv/k=0.289

شکل ۹- توزیع هد بر اساس نرخ پیشروی تونل

(در حالت زهکشی‌شده)



(a)Case 21, v=0m/day, k=1×10^{-5} (cm/sec), s=5×10^{-5} (/m) and Dsv/k=0

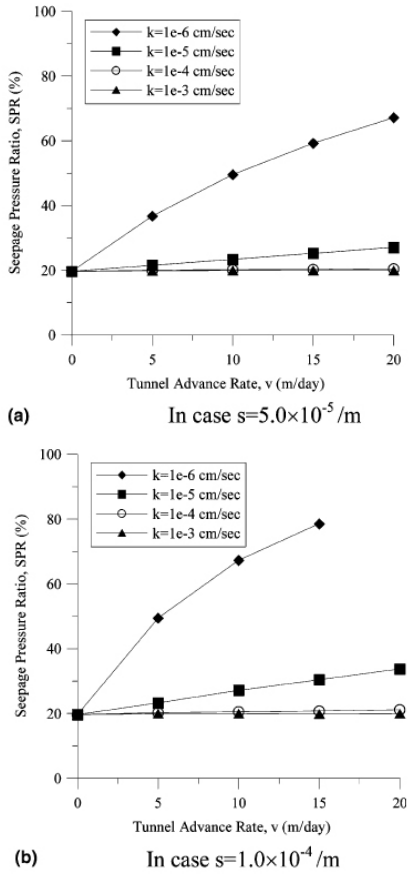


(b)Case 23, v=10m/day, k=1×10^{-5} (cm/sec), s=5×10^{-5} (/m) and Dsv/k=0.289

شکل ۱۰- توزیع هد بر اساس نرخ پیشروی تونل

(در حالت آب‌بند)

در شکل ۱۱ نیز مقادیر SPR به عنوان تابعی از نرخ پیشروی تونل، نفوذپذیری زمین و ضریب ذخیره ویژه برای حالت زهکشی‌شده نمایش داده شده است. بر طبق شکل ۱۱ می‌توان نتیجه گرفت که در صورتی که نفوذپذیری زمین از مقدار cm/s ۱×۱۰$^{-۴}$ کمتر باشد، نرخ پیشروی تونل می‌بایست جهت پایداری جبهه کار تونل کنترل شود.



شکل ۱۱- ارتباط بین نرخ پیشروی تونل و نسبت فشار نفوذ در شرایط زهکشی شده

نتیجه‌گیری

۱. فشار ناشی از آب وارده بر پوشش، اغلب اوقات بخش قابل توجهی از کل نیروی اعمالی را شامل می‌شود، مخصوصاً اگر از روش‌های ساده شده‌ای جهت تحلیل این نیروها استفاده کنیم، این نیرو به صورت کاملاً هیدرواستاتیک خواهد بود، که البته درنظر گرفتن این نیرو به صورت کاملاً هیدرواستاتیک محافظه‌کارانه می‌باشد.

۲. هر چند در شرایط زهکشی شده‌ای از پوشش تونل، فشار هیدرواستاتیک آب درنظر گرفته نمی‌شود، اما با این حال می‌بایست به جای آن، نیروهای نفوذ آب را که به زمین وارد شده و باعث اعمال فشار از طرف زمین به جدار تونل می‌شود در محاسبات وارد نمود (فشار غیرمستقیم آب).

۳. برای تونلی با زون تأثیر زهکشی بالا، تنش‌های اعمال شده بر پوشش تونل با تغییر شرایط زهکشی در اطراف تونل تغییر نخواهد کرد. هرچند که میزان تنش‌ها و جابه‌جایی‌های ایجاد شده در زمین کاملاً متفاوت خواهد بود، به طوری که برای حالت زهکشی شده به مراتب بیشتر از حالت زهکشی نشده می‌باشد.

۴. نرخ پیشروی تونل می‌بایست به عنوان یک پارامتر اضافه در مدل ریاضی تحلیل پایداری جبهه کار به‌کار گرفته شود، مگر در شرایط حدی که عبارتند از: زمین با نفوذپذیری بالا و یا نرخ حفاری بسیار پایین.

۵. پارامتر بدون بعد Dsv/k می‌تواند به عنوان پارامتر مناسبی در مطالعات مربوط به تأثیر نفوذ بر روی پایداری جبهه کار تونل با درنظر گرفتن نرخ پیشروی تونل مورد بررسی قرار گیرد.

فهرست منابع و مراجع

1. A. Bobet, Effect of pore water pressure on tunnel support during static and seismic loading, Tunneling and Underground Space Technology, 2003
2. Seok-Woo Nam; Antonio Bobet. Liner stresses in deep tunnels below the water table, Tunneling and Underground Space Technology, 2005
3. Bilfinger, Werner. Design procedures for groundwater loads on tunnel linings, 2005
4. Michitsugu Ikuma. Maintenance of the undersea section of the Seikan Tunnel, Tunnelling and Underground Space Technology, 2003
5. Gao Xin-qiang; Qiu Wen-ge; Li Shu-feng. FEM Analysis the Boundary Value of High Water pressure upon Lining in Deep-lying One Track Railway Tunnel, Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 21, Issues 3-4, May-July 2006, Page 350
6. D. Kolymbas; P. Wagner. Groundwater ingress into tunnels – The exact analytical solution, Tunneling and Underground Space Technology, 2006
7. Seok-Won Lee; Jong-Won Jung; Seok-Woo Nam; In-Mo Lee. The influence of seepage forces on ground reaction curve of circular opening, Tunneling and Underground Space Technology, 2006
8. In-Mo Lee; Seok-Woo Nam. Effect of tunnel advance rate on seepage forces acting on the underwater tunnel face, Tunneling and Underground Space Technology, 2003
9. In-Mo Lee; Seok-Woo Nam. The study of seepage forces acting on the tunnel lining and tunnel face in shallow tunnels, Tunneling and Underground Space Technology, 2001
10. R.J. Machon. Waterproofing of underground constructions, North American Tunneling 2000, A.A.BALKEMA, 2000
11. Henry A. Russell. P.E.; Brian J. Iske. The control of groundwater in underground structures, North American Tunneling 2000, A.A.BALKEMA, 2000

چکیده مقالات منتخب نشـــریات

اندرکنش بین سیستم نگهداری تونل و همگرایی زمین- با درنظرگرفتن نیروی تراوش

Young-Jin Shina, E, Ki-Il Songb, In-Mo Leec, Gye-Chun Chod, "Interaction between tunnel supports and ground convergence—Consideration of seepage forces", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 48, Issue 3, April 2011, Pages 394-405.

نیروی تراوش می‌تواند تهدید بزرگی برای ایمنی تونل‌های زیرسطح ایستابی باشد زیرا وقتی که فشار مؤثر روباره تحت تأثیر پدیده قوس‌زدگی در زمان حفر تونل می‌تواند توزیع مجدد شود، نیروی تراوش باقی می‌ماند. اگرچه نیروی تراوش در تونل‌های زیرسطح ایستابی و سیستم نگهداری آن‌ها بسیار تأثیرگذار است، اما اثر نیروهای تراوش بر منحنی عکس‌العمل تونل تسلیح شده با پیچ‌سنگ-های تزریقی و تزریق تاکنون به روشنی شناخته نشده است. بنابراین در این مقاله، اول، تحلیل‌های نظری بر منحنی عکس‌العمل‌زمین در تونل نگهداری شده با پیچ‌سنگ تزریقی و تزریق و با درنظرگرفتن نیروی تراوش در حالت پایدار، زهکشی کامل و حالت جریان شعاعی انجام شده است. دوم، تحلیل‌های دوگانه مکانیک-هیدرولیکی و عددی اجزاء محدود برای مقایسه با نتایج تحلیل نظری انجام شده‌اند. نتایج مبین این نکته بوده‌اند که راه‌حل تحلیلی در تونل‌هایی با عمق زیاد معتبر است. سوم، یک مطالعه پارامتری بر تأثیرات تزریق بر منحنی عکس‌العمل زمین با درنظرگرفتن نیروی تراوش انجام شده است. نتایج نشان می‌دهند که منحنی با درنظرگرفتن نیروی تراوش مقادیر جابجایی شعاعی بزرگتری نسبت به شرایط خشک در سطح فشار داخلی ثابت به دست می‌دهند زیرا نیروی تراوش به صورت یک نیروی حجمی اضافی بر مقطع تونل اثر می‌کند. نتایج کلی براین نکته اشاره دارد که روش تحلیل نظری مورد استفاده در این مقاله برای بررسی همگرایی زمین در تونل با لحاظ کردن نیروی تراوش را می‌توان برای طراحی واقع‌بینانه تونل‌های زیر سطح ایستابی استفاده کرد.

جریان دوغاب و بنتونیت در اطراف TBM: مدلسازی و شبیه‌سازی محاسباتی تأثیرآن بر نشست سطحی

Felix Nagela, Günther Meschke, "Grout and bentonite flow around a TBM: Computational modeling and simulation-based assessment of influence on surface settlements",Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 26, Issue 3, May 2011, Pages 445-452

توجه کافی به برهم‌کنش بین ماشین حفر تونل(TBM) و زمین دربرگیرنده پیش‌شرط انجام پیش‌بینی قابل اعتماد در تونل‌سازی سپری با استفاده از تحلیل‌های عددی است. در تونل‌سازی مکانیزه، علاوه بر نگهداری سینه‌کار و تزریق فضای خالی حلقوی شرایط تماس در طول پوسته سپر بین TBM درحال حرکت و محیط اطراف، تغییرشکل خاک مهمترین جزء در برهمکنش خاک- ماشین است. این مقاله در رابطه با تحلیل شرایط سطح تماس پوسته سپر و خاک و چگونگی بیان عددی آن در شبیه‌سازی عددی فرآیند محور در مدل تونل‌سازی سپری است. شرایط اطراف پوسته سپر از طراحی ماشین حفر تونل، خواص و رفتار تغییرشکل محیط دربرگیرنده و جریان محتمل سیال حفاری در فضای پیرامونی متأثر است. یک روش نوین شبیه‌سازی پیشنهاد شده است که مدل‌سازی جریان ویسکوز سیال حفاری به فضای پیرامونی و اندرکنش آن با سطح نگهداری، تزریق نهایی فضای خالی، خاک در حال تغییرشکل و TBM درحال پیشروی را امکان‌پذیر می‌سازد. مدل عددی درنظرگرفته شده برای اندرکنش خاک- ماشین بخشی از مدل اجزاء محدود فرآیندمحور سه بعدی است که اخیراً برای تونل‌سازی سپری ساخته شده است(Nagel وهمکاران، ۲۰۱۰). این روش مطالعه تأثیر جریان سیال حفاری به محیط پیرامونی درخلال پیشروی ماشین در شرایط واقع‌بینانه زمین‌شناسی و ماشین را ممکن می‌کند. این روش بخصوص برای محاسبه توزیع فشار در لایه سیال در ارتباط با سطح نگهداری و شرایط تزریق و پیش‌بینی تأثیر آن بر نشست سطحی و تأثیرات متقابل زمین- ماشین همچون نیروی جک‌های هیدرولیکی و تغییرشکل سپر کارا است.

پیش‌بینی حرکت زمین در تونل‌ها با استفاده از روش ساده‌سازی شده

X.L. Yang, J.M. Wang, "Ground movement prediction for tunnels using simplified procedure", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 26, Issue 3, May 2011, Pages 462-471.

نظریه محیط اتفاقی یا تصادفی(stochastic) یک روش مؤثر برای پیش‌بینی حرکت سطح زمین ناشی از تونل‌سازی است. هرچند، فرمول محاسباتی این نظریه یک انتگرال دوگانه پیچیده است و وقتی که شکل مقطع تونل غیردایروی باشد، بدست آوردن حدود انتگرال گیری مشکل است. در این مقاله نظریه محیط اتفاقی ساده‌سازی شده است و این روش ساده شده برای پیش‌بینی حرکات سطحی زمین استفاده شده است. به منظور سنجش اعتبار روش ساده شده، نتایج عددی روش نظریه محیط اتفاقی با مقادیر روش ساده شده مقایسه شده است. مقایسه نشان می‌دهد که نتایج روش ساده شده به خوبی با نتایج نظریه محیط اتفاقی همخوانی دارد مگر برای تونل‌های بسیار کم عمق. این نکته به این معنی است که روش ساده شده یک تکنیک مؤثر برای پیش‌بینی حرکات سطحی زمین است.

دلایل کاهش کارایی TBM سپری- یک مورد مطالعاتی در سئول

Hyuk-Sang Junga, Jung-Myung Choib, Byung-Sik Chuna, Jong-Sik Parkc, Yong-Joo Lee, "Causes of reduction in shield TBM performance – A case study in Seoul", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 26, Issue 3, May 2011, Pages 453-461.

در این مطالعه دلایل اصلی کاهش راندمان حفاری در TBM سپری در تونل عبوری از بستر رودخانه Han با استفاده از تحلیل اطلاعات بدست آمده از اندازه‌گیری‌های صحرائی، بررسی شده است. در این مطالعه، (۱) اطلاعات بدست آمده از اندازه‌گیری‌ها با استفاده از داده‌های نیروی پیشرانه و نرخ نفوذ در یک مقطع با نوع سنگ و امتداد خاص مورد تحلیل قرار گرفتند، (۲) مصرف تیغه-های دوار برشی و انواع عوامل سایش تحلیل شد، (۳) نسبت خروجی تخلیه‌کننده مارپیچی و مشکلات طراحی آن با استفاده از براده-های حفاری تحلیل شد. به عنوان نتیجه این مطالعه، نرخ نفوذ کم در اثر نیروی پیشرانه کم بوده است، تغییرات تیغه وابسته به تغییرات نوع سنگ است و زاویه نصب خارج کننده مارپیچی نقش مهمی در راندمان حفاری ایفا می‌کند.

تحلیل تأثیر بارگذاری بر شاتکریت ناشی از محدوده ضعیف حاوی رس آماس‌کننده

Dawei Maoa, Bjørn Nilsena, Ming Lub, "Analysis of loading effects on reinforced shotcrete ribs caused by weakness zone containing swelling clay", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 26, Issue 3, May 2011, Pages 472-480.

تونل‌سازی در محدوده ضعیف حاوی رس آماس‌کننده یکی از مشکل‌ترین شرایط در تونل‌سازی در سنگ‌های سخت است. ارزیابی الزامات سیستم نگهداری در چنین مناطقی معمولاً تجربی است یعنی براساس تجربه است. در این مقاله سیستم نگهداری در تعداد زیادی محدوده‌های ضعیف حاوی رس آماس‌کننده برمبنای نتایج رفتارنگاری و تحلیل‌های عددی تحلیل شده است تا برغنای روش-های تجربی ارزیابی نگهداری درچنین حالاتی بیافزاید. تونل راه زیردریایی Finnfast به عنوان یک مورد مطالعاتی استفاده شده است. آزمایش‌های آزمایشگاهی مواد گوژ از محدوده واقعی نشان داد که فشار آماس متوسط است. تمام اطلاعات ابزارنگاری و نتایج شبیه-سازی نشان دادند که بارگذاری بر بتن پاشیده شده، حتی در جاییکه از شاتکریت مسلح استفاده نشده است، بسیار کمتر از مقاومت فشاری آن است. این نکته نشان داد که در چنین مناطقی اگر رس آماس‌کننده خیلی فعال نباشد، ممکن است سیستم نگهداری بسیار زیادی استفاده شده است. همچنین این نتیجه حاصل شد که به منظور کنترل قابل اتکای پایداری در چنین مناطقی، سیستم ابزاربندی باید تا حد ممکن نزدیک به سینه‌کار حفاری نصب شود.

پیش‌بینی نظری حرکت زمین در اثر تونل‌سازی در خاک‌های چندلایه‌ای

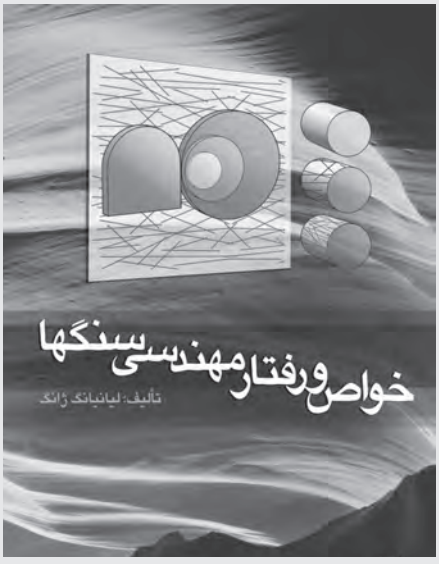
Zhiguo Zhang, Maosong Huang, Mengxi Zhang, "Theoretical prediction of ground movements induced by tunnelling in multi-layered soils",Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 26, Issue 2, (March 2011), Pages 345-355.

پیش‌بینی نظری حرکت زمین ناشی از تونل‌سازی معمولاً برمبنای این فرض است که زمین محیطی همگن است. درعمل و در زمین با تشکیلات لایه‌ای با خواص مختلف خاک برخورد می‌شود و باید تأثیر چینه‌شناسی نیز درنظرگرفته شود. دراین مقاله از یک روش پیوسته مرزی با جابجایی کنترل شده با هدف بررسی تأثیر لایه‌بندی خاک بر حرکات متأثر از حفر تونل، استفاده شده است. به منظور درنظرگرفتن خواص غیرهمگن خاک یک مدل نیم- فضای الاستیک اصلاح شده لایه‌ای با این روش ترکیب شده است، درصورتیکه قبلاً روش حل کلوین و میندلین با فرض مواد همگن، استفاده می‌شد. کارایی و قابلیت روش مذکور با استفاده از نتایج منتشرشده دیگر همچون تحلیل‌های کنترل جابجایی اجزای محدود، اعتبارسنجی شده است. نشست سطحی و جابجایی ناشی از حفر تونل در شرایط وجود لایه‌بندی خاک با شرایط خاک‌های هموژن مقایسه شده است. نتایجی که در این مقاله مورد بحث قرارگرفته‌اند نشان می‌دهد که لایه‌بندی خاک، که در محاسبات پیشین از تأثیرآن صرفنظر می‌شد، در خاک‌های چند لایه، تأثیر جدی بر حرکت زمین ناشی از حفر تونل دارد.

معـــرفی کتاب

خواص و رفتار مهندسی سنگ‌ها

ترجمه: مصطفی شریف زاده و رضا نورانی
تاریخ انتشار: ۱۳۹۰
ناشر: مرکز نشر صدا



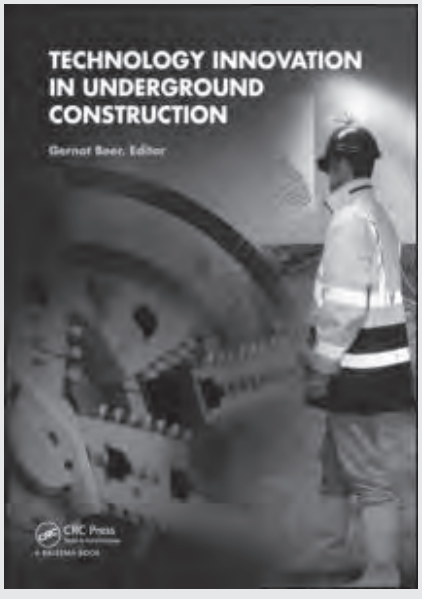
در اغلب موارد، مهندسین سنگ مقادیر شاخص یا مقادیر تجربی خواص توده‌سنگ‌ها را به عنوان خصوصیات ورودی طراحی نیاز دارند. از آنجائی که مقادیر شاخص خصوصیات توده‌سنگ و روابط تجربی برای محاسبهٔ آنها در کتاب‌ها، دستورالعمل‌ها، گزارش‌ها و مقالات مختلف مجلات و کنفرانس‌ها پراکنده شده است، پیدا کردن و استفاده مناسب از خصوصیات سنگ و روابط تجربی در یک پروژه خاص برای مهندسین مشکل و زمانبر است. بنابراین هدف اصلی این کتاب، جمع‌آوری روابط موجود برای بیان کمّی خصوصیات سنگ‌ها و ارائه آنها در یک مجموعه است.

این کتاب برای تمام متخصصان مکانیک سنگ و مهندسی سنگ همچنین برای مهندسین اجرایی که علاقه‌مند به تعیین خصوصیات مهندسی سنگ برای یک پروژه خاص هستند مجموعه مفیدی است. همچنین این کتاب می‌تواند به عنوان یک مرجع مناسب برای دانشجویان علوم زمین از جمله زمین‌شناسی مهندسی و مهندسی ژئوتکنیک و مکانیک سنگ مورد استفاده قرار گیرد. فصل ۱ مروری بر مسائل مکانیک سنگ و روش‌های تعیین خصوصیات سنگ دارد که با ذکر مثال‌های مفید تجربی و روابط تخمین خصوصیات سنگ همراه است.

فصل ۲ تنش‌های برجای سنگ و روابط تجربی موجود برای تخمین آنها را بیان می‌کند. فصل ۳ تا ۵ روش‌های مختلف رده‌بندی سنگ بکر و توده‌سنگ و ویژگی‌سنجی ناپیوستگی‌ها را تشریح می‌کند. فصل ۶ تا ۸ مقادیر و روابط شاخص برای تعیین تغییر شکل‌پذیری، مقاومت و نفوذپذیری سنگ بکر، ناپیوستگی‌ها و توده‌سنگ را بیان می‌کند.

نوآوری‌های فن‌آوری در سازه‌های زیرزمینی

ویراستار: گرنو بیر(Gerno Beer)
تاریخ انتشار: ۲۰۰۹
ناشر: CRC Press



این کتاب یک مرجع مصّور برای معرفی روش‌های نوین و خلاقانه با توجه ویژه بر کاهش زمان، هزینه و ریسک در ساخت و نگهداری تأسیسات زیرزمینی است. هدف اصلی پیشرفت‌های تکنیکی در مهندسی زیرزمینی بر تسهیل عملیات اجرایی و کاهش زمان، هزینه و ریسک در طی فرآیند ساخت و نگهداری تأسیسات زیرزمینی همچون مغارها و تونل‌ها قرار گرفته است. ابزارهای طراحی جدید برای طراحان، دسترسی آنی مهندسین به اطلاعات، مدلسازی شرایط واقعی و آموزش برای سازندگان، تجهیزات روباتیک برای نگهداری و تعمیر و بسیاری پیشرفت‌های دیگر، از مصادیق پیشرفت‌های جدید هستند.

دراین کتاب آخرین نوآوری‌های فنی در طراحی، ساخت و کاربری سازه‌های زیرزمینی ارائه شده و ابداعات نوین در زمینه بهسازی زمین، شبیه‌سازی، پیوستگی فرآیند، ایمنی، ابزارنگاری، تأثیرات زیست‌محیطی، تجهیزات، برش و حفاری، آموزش نفرات، مواد، روباتیک و سایر موارد به صورت جامع بیان شده‌اند. نوآوری‌های ارائه شده برمبنای نتایج پروژه‌های تحقیقاتی بزرگی با تمرکز بر مهندسی سازه‌های زیرزمینی، گردآوری شده‌اند.

شیوه نگارش ساده این کتاب و تمرکز آن بر مباحث کاربردی مهندسی، این کتاب را به مرجع مناسبی برای مهندسان، مشاوران، پیمانکاران، اپراتورها، محققان، صنعتگران، تأمین‌کنندگان مصالح و کارفرمایان در پروژه‌های مهندسی زیرزمینی تبدیل می‌کند.

رویدادهای تونل

5th CityBuild. Urban construction
International scientific and technical conference
18 October 2011 - Moscow, Russia

The basic directions of development of innovative technologies at building of tunnels and underground constructions of large megacities
Aim of the conference:
Exchange of experience of planning, designing and building of undergrounds, transport, hydraulic engineering and municipal tunnels, underground space development.

ORGANISATION:
Conference Organizer: Russian Tunnelling Association
Supported by: Ministry of Transport of the Russian Federation, Moscow
Government, OJSC "Railways", the International Tunnelling Association

Contact :
RTA - Russian Tunnelling Association
Mr. Alexander Levchenko, President
Sadovaya-Spasskaya, 21
RU-Moscow 107217 - RUSSIA

Tel: +7 495 608 80 32
Fax: +7 495 607 32 76
Email: rus_tunnel@mtu-net.ru
Web: www.tar-rus.ru

XI INTERNATIONAL CONFERENCE UNDERGROUND INFRASTRUCTURE OF URBAN AREAS
26-27 October 2011 Wroclaw - Poland

The aim of conference is to create a forum in order to develop an exchange ofexperiences and provoke a discussion on the topics related to building of tunnels and underground infrastructure in the cities. The issues such as geotechnical tests and town planning could also be brought up in this forum.

More information on the conference website:
www.uiua2011.pwr.wroc.pl

ORGANIZED BY:
Institute of Civil Engineering - Wrocław University of Technology
PSTB - Polish Society for Trenchless Technology
POLISH GROUP ITA-AITES

Contact:
Andrzej KOLONKO
phone: 0048 71 320 29 14,
fax: 0048 71 328 18 89
mobile: +48 507043537
e-mail: andrzej.kolonko(at)pwr.wroc.pl

Deutsches tunnel-Forum 2011 - STUVA
18 October 2011 | Collogne, Germany
20 October 2011 | Hamburg, Germany

Contact :
Bauverlag BV GmbH
Rainer Homeyer-Wenner
Werbeleitung
05241 / 802173

Email: rainer.homeyer-wenner@bauverlag.de
Web:
http://www.stuva.de/en/other-events/deutsches-tunnel-forum.html

China's 5th International Symposium on Tunnelling

10 - 11 November 2011 - Shanghai, China
China's International Symposium on Tunnelling is a large-scalecomprehensive international summit with top-profile ranking in the fields of underground and tunnel constructions.
Contact:
Director, Advertising Business Office
David Chen
Tel: +86 21 60761070
Fax: +86 21 60761537
Emails:tunnellingchina@126.com
secretariat@ita-aites.org

Tunnel Spring 2011, No.14

Iranian Tunnelling Association Magazine

IN THE NAME OF GOD

- Editorial 2
- Report of the 37th ITA-AITES General Assembly and World Tunnel Congress in Helsinki 3
- News 4
- The effect of support ring completion in excavation stages on displacement control based on monitoring – case study: Karaj Metro Tunnels 9
- Practicability of using steel fibers in segment production – case study: Ghomrood tunnel project 16
- Introduction to the "Tunnel Technical Services" Software 21
- Evaluating the effect of groundwater loads on support design and analyzing tunnel face stability 26
- Selected International Paper Abstracts 33
- Book Review 35
- Tunnelling Events 36

Iranian Tunnelling Association	Proprietor
Dr. M. Gharouni Nik	Director
Dr. S. Hashemi	Chief Editor
Board of Directors of Iranian Tunnelling Association	Supervised By
Dr. A. Fahimifar, Dr. O. Farzaneh, Dr. M. Gharouni Nik, Dr. S. Hashemi, Dr. M. Jafari, Dr. H. Kanani Moghaddam, Mr. A. Mozaffari Shams, Dr. M. Sadaghiani, Dr. H. Salari Rad, Dr. M. Sharifzadeh, Dr. A. Yasaghi	Editorial Board
Mr.A. Iranzadeh, Mr.M. Khosrotash	Other Contributors
Nashr-e-Fan	Executive Producer

www.irta.ir

بسمه تعالی

انجمن تونل ایران

فرم تقاضای عضویت

(اعضای حقیقی)

محل الصاق عکس

۱- نام خانوادگی: ۲ - نام:	*Surname:* *First Name:*
	کد عضویت: شماره عضویت:

۳ ـ تاریخ و محل تولد:	۴ ـ شماره شناسنامه و محل صدور:

۵- نشانی	محل کار:	کدپستی:
	منزل:	کدپستی:
	پست الکترونیکی (**Email**):	
۶- تلفن	محل کار:	دورنگار:
	منزل:	همراه:

۷- سوابق تحصیلی دانشگاهی:

مدرک	تاریخ اخذ	نام موسسه عالی و محل آموزش	رشته تحصیلی	درجه علمی

۸- سوابق تجربی و کاری در زمینه تونل و سازه های زیرزمینی:

تاریخ		سازمان یا شرکت	نام طرح	مسئولیت
از	تا			

۹ ـ سوابق علمی (تدریس و تحقیق در دانشگاهها و سایر موسسات آموزش عالی):

عنوان درس یا تحقیق	محل انجام	سال

۱۰ -آثار علمی، تحقیق، تألیف، ترجمهٔ کتابها و مقالات: (در صورت نیاز برگ اضافه ضمیمه نمایید)

عنوان	تاریخ و محل نشر

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

۱۳- داوطلب عضویت:	پیوسته ☐	وابسته ☐	دانشجویی ☐

۱۴- مدرک لازم	۱- تصویر شناسنامه ۲- دو قطعه عکس 4*3 ۳- تصویر آخرین مدرک تحصیلی یا گواهی اشتغال به تحصیل ۴- گواهی سوابق کار بخصوص در صنعت تونل	حق عضویت	حقوقی ۱،۵۰۰،۰۰۰ ریال پیوسته ۲۰۰،۰۰۰ ریال وابسته ۱۰۰،۰۰۰ ریال دانشجویی ۴۰،۰۰۰ ریال
تاریخ تکمیل فرم:	نام و نام خانوادگی / امضاء:		

آیین نامه عضویت در انجمن

انواع و شرایط عضویت در انجمن عبارتند از:

عضویت پیوسته

اعضای پیوسته انجمن بایستی حداقل یکی از شرایط زیر باشند.

۱ - موسسان انجمن

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

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

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

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

تبصره ۱: رشته‌های مرتبط به صنعت تونل سازی شامل: مهندسی عمران – مهندسی معدن – زمین شناسی مهندسی زمین شناسی – مهندسی برق – مهندسی مکانیک – مهندسی نقشه برداری و شاخه‌های وابسته می باشد.

عضویت وابسته

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

عضویت دانشجویی

کلیه اشخاصی که در رشته‌های مرتبط در دوره کارشناسی یا بالاتر در رشته‌های مرتبط به صنعت تونل سازی به تحصیل مشغول هستند می‌توانند به عضویت دانشجویی انجمن در آیند.

عضویت افتخاری

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

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

لطفا" فرم تکمیل شده را به نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، نبش خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه پنجم، واحد ۴۱، تلفــن: ۶-۸۸۶۳۰۴۹۵، دورنگار: ۸۸۰۰۸۷۵۴ دبیرخانه انجمن تونل ایران، ارسال نمایید.

بسمه تعالی

انجمن تـونل ایـــران
فـــرم تقـاضـای عضویت
(اعضای حقوقی)

کد عضویت:
شماره عضویت:

الف ـ مشخصات :

نام : | شماره ثبت : | تاریخ ثبت :

نوع مؤسسه : ۱- سهامی عام ☐ ۲- سهامی خاص ☐ ۳- مسؤلیت محدود ☐ ۴- سایر ☐ .....

رتبه‌بندی سازمان برنامه و بودجه : ۱- دارد ☐ رتبه ..... رشته ..... ۲- ندارد ☐

زمینه فعالیت :

نوع فعالیت : ۱- مهندسین مشاور ☐ ۲- پیمانکاری ☐ ۳- تولیدکننده ☐ ۴ - سایر ☐

سوابق پروژه‌ها و فعالیت‌های مؤسسه :

ردیف	عنوان پروژه	زمان اجراء		کارفرما	محل
		از	تا		

نشانی دفتر مرکزی :
تلفن :
دورنگار :
آدرس الکترونیکی (***Email***) :

ب ـ هیئت مدیره (نام مدیرعامل، رئیس و اعضای هیئت مدیره) :

ردیف	نام و نام‌خانوادگی	آخرین مدرک تحصیلی	سمت در مؤسسه
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			

مدارک مورد نیاز : ۱- مدرک ثبت شرکت یا سازمان
۲- سوابق و فعالیت

نام و امضاء مدیرعامل : مهر شرکت : تاریخ:

لطفا" در این قسمت چیزی ننویسید. لطفا" در این قسمت چیزی ننویسید : درخواست عضـویت موسسـه ..... در جلسـه هیئت‌مدیره مورخ ..... مطرح و با عضویت آن موافقت / مخالفت بعمل آمد.

لطفا" فرم تکمیل شده را به نشانی : تهران ، خیابان کارگر شمالی، نبش خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه پنجم، واحد ۴۱، تلفن: ۶ـ ۸۸۶۳۰۴۹۵، دورنگار : ۸۸۰۰۸۷۵۴ دبیرخانه انجمن تونل ایران، ارسال نمایید. E-mail: info@irta.ir