

تونل TUNNEL

شماره ۲۰ / پاییز ۱۳۹۱

www.irta.ir

نشریه انجمن تونل ایران IRANIAN TUNNELING ASSOCIATION MAGAZINE





تونل TUNNEL

شماره ۲۰ / پاییز ۱۳۹۱

نشریه انجمن تونل ایران IRANIAN TUNNELLING ASSOCIATION MAGAZINE

فهرست



۲	.....	سرمقاله
۴	.....	اخبار
۸	.....	روش های بهبود سیستم ضد حریق برای شاکریت با کارایی
۲۰	.....	کاربرد روش مشاهدهای در تونلسازی
۲۵	.....	تونلهای عبور و مرور خودرو در فنلاند
۳۴	.....	چکیده مقالات منتخب نشریات
۳۵	.....	معرفی کتاب
۳۶	.....	رویدادهای تونلی



شرح روی جلد: ساخت تونل نیایش

صاحب امتیاز	انجمن تونل ایران
مدیر مسئول	دکتر مرتضی قارونی نیک
سر دبیر	دکتر سیامک هاشمی
زیر نظر	هیئت مدیره انجمن تونل ایران
هیئت تحریریه	دکتر محمد جواد جعفری، دکتر حسین سالاری راد، دکتر مصطفی شریف زاده، دکتر محمد حسین صدقیانی، دکتر اورنگ فرزانه، دکتر احمد فهیمی فر، دکتر مرتضی قارونی نیک، دکتر حسین کنعانی مقدم، مهندس ابوالقاسم مظفری شمس، دکتر سیامک هاشمی، دکتر علی یساقی

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 مقاله های دریافتی بازگردانده نمی شود.
- مقاله تألیفی یا تحقیقی مستند به منابع علمی معتبر باشد.
- ارسال اصل مطالب ترجمه شده الزامی است.
- مسئولیت صحت علمی و محتوای مطالب بر عهده نویسندگان یا مترجمان است.
- نظرات نویسندگان به منزله دیدگاه و نظریه های نشریه نیست.
- نشریه در تلخیص، تکمیل، اصلاح یا ویرایش مطالب آزاد است.
- نقل مطالب نشریه یا ذکر مأخذ بلامانع است.
- نشانی: خیابان کارگر شمالی - بالاتر از بیمارستان قلب - بعد از خیابان دوم - ساختمان - ۴۶۷ طبقه - ۵ واحد - ۴۱ انجمن تونل ایران
- تلفن: ۶ - ۸۸۶۳۰۴۹۵ - ۸۸۰۰۸۷۵۴
- Website: www.irta.ir
- Email: info@irta.ir



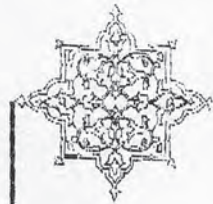
سرمقاله

ارتقای رتبه انجمن تونل ایران

انجمن های علمی نقش برجسته ای در ارتقای علمی و به روز نمودن دانش بر عهده دارند و می توانند به عنوان یکی از ارکان اصلی مدیریت دانش نقش عمده ای در توسعه علمی کشور و رسیدن به جایگاه یک مرجعیت علمی در کشور ایفا نمایند. از جمله این نقش ها می توان به ساماندهی و تقویت جمعیت های علمی به منظور ایفای نقش مرجعیت علمی و ارتقای مشارکت در تصمیم سازی ها و توسعه و ترویج و انتشار علم و فناوری، حمایت از برگزاری همایش های تخصصی، ایجاد نهادهای رصد علم و فناوری در حوزه های اولویت دار با مشارکت مراکز دانشگاهی و مؤسسات دولتی و غیر دولتی، و بهره مند ساختن سیاستگذاری ها و برنامه ریزی ها و تصمیم گیری های کلان کشور از پژوهش های تأیید شده در مراجع معتبر علمی اشاره نمود. تا پایان سال ۱۳۹۰ در ایران تعداد ۲۸۷ انجمن علمی در ۶ گروه تخصصی به صورت رسمی ثبت شده بودند که تحت نظر وزارت علوم، تحقیقات و فن آوری فعالیت می نمایند. از این تعداد ۸۹ انجمن در حوزه های فنی و مهندسی فعالیت می نمایند. سایر گروه های تخصصی عبارت از علوم پایه، علوم انسانی، کشاورزی، هنر، و بین رشته ای می باشند. وزارت علوم به صورت سالیانه فعالیت تمامی انجمن ها را بر اساس مستندات ارائه شده از جمله در زمینه های ارتباط با اعضای حقیقی و حقوقی انجمن؛ خبررسانی فعالیت های مرتبط به اعضا، انتشارات شامل نشریات، کتاب؛ برگزاری دوره های آموزشی، کارگاه و کنفرانس؛ سخنرانی های علمی و کاربردی؛ ارتباط و همکاری با انجمن های علمی داخلی و خارجی، ارتباط با دانشگاه ها و مؤسسات دولتی و غیردولتی؛ پروژه های پژوهشی و کاربردی؛ و بسیاری موارد دیگر را بررسی نموده و انجمن ها را بر اساس نتیجه عملکردشان رتبه بندی می نماید. رتبه ها شامل رتبه A (امتیازات بین ۸۰۰ تا ۱۵۰۰) رتبه B (امتیازات ۵۰۰ تا ۸۰۰) رتبه C (امتیازات ۲۰۰ تا ۵۰۰) رتبه D (امتیازات ۱ تا ۲۰۰) و رتبه F (انجمن هایی که گزارش سالیانه ارسال نکرده اند) می باشد. در آخرین بررسی انجام شده (مربوط به عملکرد سال ۱۳۹۰) و پیرو ارسال گزارش عملکرد انجمن تونل و مستندات مربوط به آن، انجمن تونل ایران موفق شد رتبه ۱۷ را در مقایسه با کل انجمن های علمی و رتبه ۸ را در حوزه فنی و مهندسی به دست آورده و برای نخستین بار رتبه A را اخذ نماید. از مجموع کل انجمن های علمی کشور تنها ۲۴ انجمن قادر به اخذ رتبه A شده اند. این موفقیت را به تمامی اعضای انجمن تبریک عرض نموده و امیدواریم با همکاری هر چه بیشتر اعضای انجمن شاهد گسترش فعالیت های انجمن تونل ایران، بهبود جایگاه علمی این انجمن، و پیشرفت هر چه بیشتر صنعت تونل در کشور باشیم.



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



ارسال: ۹/۱۸/۳۰
شماره: ۳۱۷۵۴۵۹
پیوست:

بسمه تعالی
تقدیرات در تیرماه سنبله ۱۳۹۰
[Handwritten signature]

جناب آقای مهندس ابوالقاسم مظفری شمسی
رئیس محترم هیئت مدیره انجمن تونل ایران

با سلام

احتراماً ضمن سپاس و تقدیر از آن انجمن محترم نسبت به تکمیل فرم اظهارنامه ی عملکرد سال ۱۳۹۰ باستحضار میرساند نتایج ارزیابی و رتبه آن انجمن در حوزه فنی و مهندسی و رتبه آن انجمن در کل انجمن ها مطابق جدول ذیل می باشد. در این راستا یکی از اهداف مهم کمیسیون، توجه جدی به کمیته و کیفیت شاخص های ارزیابی می باشد، که این مهم موجب تغییر در بعضی از عناوین شاخص های ارزیابی سال ۹۰ گردید. حال از آنجا که یکی از وظایف و سیاستهای کمیسیون بررسی و ارزیابی عملکرد انجمن های علمی و حمایت از فعالیت های علمی و ایجاد خلاقیت و نوآوری در زمینه های مختلف مرتبط با موضوع فعالیت انجمن می باشد، با افزودن بخشی با عنوان سایر فعالیت ها در شاخص های ارزیابی، فعالیت های نو و خلاقانه انجمن ها را که برای نخستین بار انجام می گیرد را در این بخش مورد بررسی و امتیازدهی قرار می دهد. همچنین کمیسیون آمادگی خود را جهت همفکری، همکاری و رفع موانع موجود در این خصوص اعلام می دارد. گزارش تفصیلی عملکرد آن انجمن و نظرات پیشنهادی این کمیسیون طی هفته های آینده تقدیم می گردد. امید است آن انجمن در دستیابی به مرجعیت علمی و مدیریت علمی کشور در حوزه تخصصی انجمن و ارتقاء فعالیت های آن انجمن موفق و موید باشید. از خداوند منان توفیق روز افزون حضرتعالی و اعضای محترم هیات مدیره را خواهیم.

عملکرد انجمن در سال ۱۳۹۰

نام انجمن	توانمند سازی انجمن های علمی	مدیریت علمی و ایفای نقش مرجعیت علمی	توسعه تعاملات ملی	توسعه تعاملات بین المللی	سایر فعالیت ها	جمع امتیاز
تونل	۱۰۸	۱۹۵	۳۴۴	۱۳۰	۹۵	۸۷۲

امتیاز بالاترین انجمن در حوزه فنی و مهندسی: ۱۳۰۳
امتیاز بالاترین انجمن در کل انجمن ها: ۱۳۰۳

رتبه انجمن در حوزه فنی و مهندسی: ۸	تعداد انجمن ها در حوزه فنی و مهندسی: ۸۹
رتبه انجمن در مقایسه با کل انجمن ها: ۱۷	تعداد کل انجمن ها: ۲۸۷

مرتضی یواری
دبیر کمیسیون انجمن های علمی ایران
[Handwritten signature]

دبیر خانه انجمن تونل ایران
شماره ورود: ۹۱/۱۷۰
تاریخ ورود: ۹۱/۹/۲

تماسی:
تهران - شهرک قدس
بدان صنعت، خیابان
وردین، خیابان فرزان،
ش خیابان پیروزان جدویی
پستی: ۱۳۶۶۶-۴۴۸۹۱
شماره تلفن: ۸۲۲۳۱۰۰۰
بندوق پستی:
پان ۱۵۱۳-۱۳۶۶۵
Website: www.msrt.ir
Email: info@msrt.ir

اخبار

پایان عملیات حفاری بزرگترین تونل جنوب کشور در لامرد

تسهیل در امر تردد و ایمن سازی محورهای راه‌های روستایی یکی از اهداف مهم معاونت راه روستایی وزارت راه و شهرسازی و پایان عملیات حفاری بزرگترین تونل جنوب کشور در لامرد از مهمترین اخبار استان فارس به شمار می‌روند. به گزارش خبرگزاری مهر، معاون ساخت و نگهداری راه‌های روستایی وزارت راه و شهرسازی به همراه تعدادی از مسئولان اداره کل راه و شهرسازی استان فارس از پروژه‌های راه‌های روستایی برخی از شهرستان‌های استان فارس بازدید کرد. حسین میر شفیع معاون ساخت و نگهداری راه‌های روستایی وزارت راه و شهرسازی با قدردانی از زحمات مدیران دستگاه‌های اجرایی در راستای توسعه عمران و آبادانی شهرها و روستاها اظهار داشت: تسهیل در امر تردد و ایمن سازی محورهای راه‌های روستایی یکی از اهداف مهم و اصلی معاونت راه روستایی وزارت راه و شهرسازی است.

مدیر کل راه و شهرسازی لارستان اضافه کرد: در محور لامرد به خنج گردنه صعب العبوری به نام گردنه شهید باقری وجود دارد که متأسفانه هر ساله شاهد بروز حوادث ناگوار زیادی

بوده ایم که با پیگیری‌های انجام شده در اواخر سال ۸۹ عملیات حفاری تونل آغاز شد و طی ۱۸ ماه و زودتر از موعد مقرر به اتمام رسید. حسن فدایی اظهار داشت: طول پروژه به طول ۱۸،۵ کیلومتر از لامرد به سمت خنج است که هدف اصلی حذف گردنه شهید باقری است که با احداث تونل فاصله لامرد- شیراز ۱۲ کیلومتر کاهش می‌یابد که این امر نقش بسزایی در تسهیل در رفت و آمد مردم به مرکز استان دارد. فدایی بیان کرد: تونل شهید باقری به طول دو هزار و ۶۵۰ متر بزرگترین تونل جنوب کشور به حساب می‌آید که به لحاظ مدت اجرای حفاری و در نوع خود کم نظیر است. وی افزود: تعداد انفجارات صورت گرفته ۶۹۱ انفجار است و حجم کلی حفاری هفت پنگ آن حدود ۱۹۰ هزار مترمکعب است و به طور میانگین هر روز ۵،۵ متر عملیات حفاری انجام شده است. فدایی عنوان کرد: باتوجه به اینکه در ورودی و خروجی تونل مجبور بودیم یک خاکریزی‌های زیادی انجام دهیم در جلسه شورای فنی اداره کل مصوب شد به جای خاکریزی در تونل هر کدام به طول تقریبی ۱۲۰ و ۳۳۰ متر در ورودی و خروجی تونل احداث شود.

خبرگزاری مهر
۱۳۹۱/۷/۸

حفاری ۵۵ متر از تونل سوم کوهرنگ باقی مانده است

استاندار چهار محال و بختیاری از پیشرفت فیزیکی ۹۹ درصدی تونل سوم کوهرنگ خبر داد و گفت: حفاری ۵۵ متر از تونل سوم کوهرنگ باقی مانده است. به گزارش خبرگزاری مهر، علی اصغر عنابستانی افزود: تونل سوم کوهرنگ به طول ۲۳ کیلومتر در دست اجرا است و حفاری ۵۵ متر از این تونل باقی مانده که پیش بینی می‌شود تا پایان سال جاری بهره برداری شود. وی با بیان اینکه اجرای این تونل به همراه سد آن که به منظور انتقال سالانه ۳۰۰ میلیون متر مکعب آب به حوضه زاینده رود است، افزود: این طرح مشکلات اجتماعی از جمله جابجایی روستا، از بین رفتن زمین‌های کشاورزی و کاهش آب روستاهای بالا دست را برای مردم منطقه به همراه داشته است. عنابستانی گفت: احداث سد آبیگری این طرح از دیگر برنامه‌های اجرایی است که پیش بینی می‌شود در پنج سال آینده بهره برداری شود. وی اختصاص ۳۰۰ هکتار زمین تملک شده شرکت آب منطقه‌ای به کشاورزان منطقه و زراعت تا قبل از آبیگری سد و جابجایی روستاها را از اقدامات مورد انتظار برای رفع شدن مشکلات ساکنان روستاهای همجوار این طرح است.

خبرگزاری مهر
۱۳۹۱/۸/۳

آغاز ریل گذاری تونل راه آهن در منطقه ۱۷ و ۱۸ تهران

وزیر راه و شهرسازی با اشاره به آغاز ریل گذاری پروژه انتقال مسیر راه آهن به زیر زمین در مناطق ۱۷ و ۱۸ شهر تهران، گفت: طول تونل ۱۰ کیلومتر است و در دو طبقه ساخته شده است. به گزارش خبرنگار مهر، علی نیکزاد در مراسم آغاز ریل گذاری پروژه انتقال مسیر راه آهن به زیر زمین در مناطق ۱۷ و ۱۸ شهر تهران با بیان اینکه حمل و نقل در هر منطقه‌ای موجب توسعه می‌شود، گفت: در بخش هوایی با وجود تحریم دشمنان در حال فعالیت هستیم و چند هواپیمای هم از سوی بخش خصوصی وارد کشور شده است. وزیر راه و شهرسازی با اشاره به جابه جایی ۷۵ هزار زیرحج با ایرلاین‌های داخلی، اظهار داشت: ۱۱ بندر استراتژیک در حال توسعه هستند و به زودی پروژه‌های متعددی در بنادر امام خمینی، امیرآباد، انزلی، آتاران و شهید رجایی به افتتاح می‌رسد. وی با اشاره به افتتاح ۷۲ کیلومتر آزادراه کنارگذر در شهر مشهد، بیان کرد: ۱۱ هزار کیلومتر ریل در کشور بهره برداری می‌شود و ۱۱ هزار کیلومتر در حال ساخت است. نیکزاد در خصوص ساخت تونل در منطقه ۱۷ و ۱۸ تهران، گفت: ۱۰ کیلومتر از این تونل به صورت یک طبقه و دو طبقه ساخته شده است و با ۲۲ متر عرض و ۲ خط رفت و ۲ خط برگشت دارد. وزیر راه و شهرسازی با اشاره به مشکلات موجود در اجرای این پروژه، بیان کرد: با تلاش دولت این پروژه تا یکسال دیگر به پایان می‌رسد.

در ادامه عبدالعلی صاحب محمدی مدیرعامل شرکت راه آهن با بیان اینکه ریل گذاری تونل از امروز در چهار خط به طول چهار کیلومتر که مجموعاً ۴۰ کیلومتر را شامل می‌شود، توسط پیمانکار ایرانی آغاز می‌شود، گفت: عملیات ریل گذاری انتقال مسیر راه آهن تهران - تبریز به زیر زمین در مناطق ۱۷ و ۱۸ تهران در چهار ماه به اتمام می‌رسد. معاون وزیر راه و شهرسازی افزود: از ماه آینده با تامین تجهیزات کار توسط پیمانکار عملیات تاسیسات تونل آغاز می‌شود، همزمان با اجرای پروژه ریل گذاری به بهره برداری برسد. وی تصریح کرد: ۳۰ هکتار زمین در محدوده بالای تونل استحصال می‌شود که پیش از این منشاء ناهنجاری‌های شهری بوده اما از این پس برای اوقات فراغت از آن استفاده خواهد شد. مدیرعامل شرکت راه آهن با بیان اینکه طول تونل ۱۰ کیلومتر است و در دو طبقه ساخته خواهد شد، بیان کرد: یک پارکینگ در مسیر تونل ایجاد می‌شود تا مشکل ترافیک منطقه را کاهش دهد ضمن آنکه در یک سال اخیر پروژه به طور ویژه در ۱۲ کارگاه شبانه روزی در حال پیشبرد است.

خبرگزاری مهر
۱۳۹۱/۷/۱۷



جاده دسترسی به تونل کبیر کوه ۷۸ درصد پیشرفت فیزیکی دارد

نماینده شهرستانهای دهلران، آبدانان و دره شهر در مجلس شورای اسلامی گفت: جاده دسترسی به تونل کبیر با ۷۸ درصد پیشرفت فیزیکی در دست احداث است. به گزارش خبرگزاری مهر، علی محمد احمدی در جریان بازدید از این طرح عمرانی افزود: عملیات اجرایی این طرح بزرگ عمرانی با ۱۲ کیلومتر طول سال ۸۹ آغاز شده است. وی اظهار داشت: جاده دسترسی به تونل از سمت شهرستان آبدانان با یک میلیون و ۲۰۰ هزار متر مکعب خاکبرداری و ۷۸ درصد پیشرفت فیزیکی دارای ۱۳۰ میلیارد ریال اعتبار اولیه از محل منابع ملی است. عضو کمیسیون برنامه و بودجه مجلس شورای اسلامی روند پیشرفت این طرح عمرانی را بسیار مطلوب ارزیابی و افزود: با توجه به اهمیت این طرح و پیشرفت قابل قبول آن تاکنون تنها شش درصد اعتبارهای تخصیصی به پیمانکار پرداخت شده است. احمدی اجرای تونل کبیر کوه را یکی از طرح‌های مهم و اثر گذار در حوزه جنوبی ایلام عنوان کرد.

خبرگزاری مهر
۱۳۹۱/۸/۸

رکورد حفاری و رینگ‌گذاری با دستگاه TBM در کشور شکسته شد

به مدد بهره‌مندی از توانمندی مهندسان کشور و اعمال مدیریت‌جهادی در پروژه‌های عمرانی شهر تهران، رکورد حفاری و رینگ‌گذاری با دستگاه TBM در اجرای تونل‌های شهری به روش EPB شکسته شد. به گزارش پایگاه خبری معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران دکتر مازیار حسینی پس از بازدید اخیر خود از پروژه احداث تونل کمکی ابودر، با اعلام این مطلب گفت با عنایات پروردگار و تلاش غیرتمندانه دست‌اندرکاران، کار احداث این تونل به‌خوبی پیش‌رفته و حتی رکورد حفاری و سگمنت‌گذاری با روش EPB در تونل کمکی کانال ابودر که وظیفه مهمی در کاهش خطرپذیری سیلاب در مناطق شرقی و جنوبی پایتخت خواهد داشت، شکسته شده است. این رکورد شامل ۵۵۸ متر حفاری ماهانه و کارگذاری ۳۱ رینگ‌سگمنت در طول روز، معادل ۳۷/۲۰ متر پیش‌روی در یک روز است. این درحالی است که دستگاه TBM به‌کار گرفته شده در پروژه دستگاهی قدیمی است و پس از حفر تونل‌های بهمنیار و خیام، حدود ۱۰ سال پیش به‌حال خود رها شده بود. اما در سال ۱۳۹۰ به‌جهت ضرورت استفاده از آن در پروژه تونل کمکی کانال ابودر، مجدداً دمونتاژ، تعمیر و بازراه‌اندازی شد و در حال حاضر به‌خوبی از عهده کار در پروژه جدید برآمده است. بدون شک اگر ملاحظات اجرایی و ضرورت حفظ کارکرد منطقی دستگاه نبود، مجریان طرح می‌توانستند از رکورد جهانی حفاری به روش EPB که به‌میزان ۴۵ متر رینگ‌گذاری در روز در اختیار ژاپنی‌هاست، عبور نمایند. وی خاطر نشان ساخت ارزش کار تیم‌اجرائی پروژه آنجا بیشتر نمایان می‌گردد که بدانیم برخلاف دستگاه‌های جدید حفاری مکانیزه که اکثر کارهای آن به‌روش خودکار و اتوماتیک صورت می‌پذیرد، کل عملیات کاری دستگاه مورد استفاده در پروژه احداث تونل کمکی کانال ابودر از جمله کنترل کابین، سیستم نقشه‌برداری، تزریق گروت و سیستم تزریق فوم به‌روش دستی انجام شده که بی‌شک این مسأله در کاهش سرعت پیشرفت عملیات اجرایی و کسب رکوردهای بهتر اجرایی تأثیرگذار است. ضمن آنکه باید توجه داشت در ۳۰۰ متر ابتدایی این پروژه، احداث تونل با روباره کمتر از ۲/۷۰ متر (کمتر از یک برابر قطر تونل) صورت‌گرفته که این امر در محیط‌شهری بدون وقوع نشست غیرمجاز در سطح زمین، بسیار قابل ملاحظه بوده است. کنترل‌های دقیقی نیز با استفاده از ابزارهای نشست‌سنجی و همچنین تزریق بتن جهت جلوگیری از وقوع نشست‌های غیرمجاز در محدوده اطراف تونل در حال انجام است. با تمام این تفاسیر، درحالی که زمان‌بندی پروژه حاکی از برآورد زمان خاتمه آن در تاریخ ۲۲ مهر سال ۱۳۹۲ را دارد اما به‌فضل خداوند و تلاش دست‌اندرکاران امر، امیدواریم تا پایان سال جاری عملیات حفاری و احداث تونل ۳۹۵۴ متری کمکی کانال ابودر، تکمیل گردد. گفتنی است در حال حاضر حدود ۳۲۰ نفر در پروژه احداث تونل کمکی کانال ابودر مشغول هستند. همچنین از ۳۳۳ رینگ سگمنت‌های مورد نیاز برای ساخت تونل، تاکنون ۹۵ درصد آنها تولید شده است. هر رینگ از سگمنت‌ها حدود ۹۵۰۰ کیلوگرم وزن دارند.

پایگاه خبری معاونت فنی و عمرانی شهرداری تهران
۱۳۹۱/۸/۸

ساخت تونل‌های انحراف آب سد "مشمیا" ۹۵ درصد پیشرفت دارد

مدیر عامل شرکت آب منطقه‌ای زنجان گفت: تونل‌های انحراف آب سد "مشمیا" ۹۵ درصد پیشرفت فیزیکی دارد. به گزارش خبرنگار مهر، امیرحمیدنی در جمع خبرنگاران افزود: اجرای سیستم انحراف آب این سد شامل دو رشته تونل انحراف آب به قطر داخلی ۸/۵ متر در مجموع به طول ۸۷۴ متر و راه دسترسی به محل سد به طول چهار هزار و ۷۵۷ متر و حدود دو هزار متر مربع کمپ کارگاهی، از نیمه دوم خرداد سال ۸۸ آغاز شده و هم‌اکنون از پیشرفت ۹۵ درصدی برخوردار است. وی ادامه داد: سد مشمیا با آب تنظیمی ۴۲۹ میلیون مترمکعب و ارتفاع سد از پی ۱۰۰ متر طراحی شده و هدف از اجرای این طرح تامین آب حدود ۴۲ هزار هکتار از اراضی دشت رجین و منطقه پناه رود، تامین حدود ۳۷ میلیون مترمکعب آب مورد نیاز شرب و صنعت، تولید سالانه ۱۷۰ گیگا وات برق و ایجاد اشتغال برای حدود ۳۲ هزار نفر است. حمیدنی افزود: اعتبار هزینه شده در طرح تا کنون به ۲۵۷ میلیارد ریال و اعتبار سال ۹۱ به ۱۱۴ میلیارد ریال بالغ می‌شود. وی اظهار امیدواری کرد: با همکاری مسئولین استان عملیات اجرایی بدنه سد مشمیا در سال جاری آغاز شود.

خبرگزاری مهر
۱۳۹۱/۸/۲۰

آغاز عملیات آسفالت و نصب تهویه‌های تونل نیایش

همزمان با آغاز به کار جرثقیل‌های غول‌پیکر (گنتری کرین) در بزرگراه طبقاتی صدر، عملیات روکش آسفالت و نصب تجهیزات در تونل نیایش در حال اجراست. معاون فنی و عمرانی شهردار تهران با اعلام اینکه دو پروژه تونل نیایش و بزرگراه طبقاتی صدر در سال جاری به بهره‌برداری خواهد رسید. معاون شهردار تهران با بیان اینکه برنامه زمانبندی پیش‌بینی شده برای افتتاح پروژه صدر - نیایش، دهه فجر سال جاری است. حسینی، با بیان اینکه هم‌اکنون هر چهار دستگاه گنتری کرین (جرثقیل دروازه‌ای) پروژه بزرگراه طبقاتی صدر در حال مونتاژ است، اظهار کرد: دو دستگاه از این جرثقیل‌ها در مسیر غرب به شرق و دو دستگاه دیگر در مسیر شرق به غرب حرکت خواهند کرد و قطعه‌گذاری عرشه پل صدر توسط این جرثقیل‌ها انجام خواهد شد. معاون شهردار تهران ابراز امیدواری کرد که تا پایان آبان‌ماه قطعه‌گذاری عرشه پل صدر آغاز شود و مردم هنگام عبور از این بزرگراه، جرثقیل‌های عظیم‌الجثه را در حال کار مشاهده کنند. حسینی همچنین با اشاره به وجود ۱۱۳ پای ستون تیر دروازه‌ای در این پروژه، اظهار کرد: حداکثر تا اوایل آذرماه تمامی سرستون‌ها نصب خواهند شد. وی همچنین درباره آخرین وضعیت پروژه تونل نیایش با اشاره به اتمام مرحله لاینینگ (پوشش نهایی بتنی) اظهار کرد: هم‌اکنون در حال انجام مرحله کف‌سازی با بتن پرکننده و نیز عملیات مربوط به تأسیسات الکترونیکی و مکانیکی و نیز تهویه تونل هستیم.

به گزارش همشهری، سیدمهدی پوره‌اشمی همچنین با اشاره به حجم عظیم عملیات تأسیساتی این پروژه، از اجرای ۲۳۰۰ متر طول تجهیزات نگهدارنده کابل (سینی) در قسمت‌های فوقانی تونل خبر داد و گفت: کل پروژه تونل نیایش نیاز به ۴۸۰ کیلومتر کابل کشی دارد که تا پایان آبان‌ماه با اتمام عملیات نصب تجهیزات نگهدارنده، شرایط فنی برای آغاز عملیات کابل‌کشی فراهم می‌شود. جانشین مجری طرح‌های تونلی سازمان مهندسی و عمران شهر تهران با اشاره به ورود تعدادی از جت‌فن‌های موردنیاز این پروژه به کشور، از اجرای تمهیدات لازم برای نصب این تجهیزات خبر داد و اعلام کرد: جت‌فن‌ها بلافاصله پس از ورود به کارگاه پروژه، در محل‌های جانمایی شده نصب می‌شوند. گفتنی است برای پروژه احداث تونل نیایش ۶۳ جت‌فن طولی به‌منظور تهویه هوا در شرایط عادی و هشت فن محوری (اکسیال فن) ویژه شرایط اضطراری در نظر گرفته شده که هم‌اکنون ۲۱ دستگاه از این تجهیزات تولیدشده و در حال ورود به کشور است.

همشهری آنلاین

۲۶ آبان ۱۳۹۱

دکل‌های برق تهران جمع‌آوری می‌شود / راه‌اندازی ۳ تونل جدید برق در پایتخت

همزمان با توقف ساخت و راه‌اندازی کابل‌های هوایی برق در تهران و برخی از کلانشهرها، احداث تونل‌های زیر زمینی برق در استان تهران در دستور کار وزارت نیرو قرار گرفته است. به گزارش خبرنگار مهر، محمد رنجبر در تشریح مزیت‌های اقتصادی طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی تونل‌های انتقال برق در کشور، گفت: هم راستا بودن با اهداف پدافند غیرعامل، دسترسی در مواقع بحران، سرشکن شدن هزینه‌های احداث و بهره‌برداری میان سازمان‌های استفاده‌کننده و قابل مشاهده نبودن تأسیسات از مهمترین مزایای آن به شمار می‌رود. وی خواستار مشارکت و هماهنگی دستگاه‌های مختلف برای راه‌اندازی تونل‌های زیر زمینی شد و افزود: در این تونل‌ها علاوه بر برق امکان انتقال سایر سازه‌ها وجود دارد. رنجبر از تونل تأسیسات بزرگراه صدر به عنوان نمونه‌ای موفق در کشور یاد کرد با هماهنگی میان وزارت نیرو، شرکت برق منطقه‌ای تهران و شهرداری تهران در مرحله راه‌اندازی قرار دارد، بیان کرد: تونل تأسیساتی بزرگراه شهید صدر نخستین تونل تأسیساتی تهران بوده که از پست برق قیصریه آغاز و به ازگل ختم می‌شود. وی یادآور شد: در این مسیر ۷۷ دکل انتقال فشار قوی برق ۲۳۰ کیلوولتی وجود دارد که با احداث تونل مورد اشاره، همه دکل‌ها جمع‌آوری شد و کابل‌های برق در طول بزرگراه به تونلی که طول آن به بیش از ۶۰۰۰ متر می‌رسد، منتقل شد. مدیرعامل شرکت مهندسی مشاور لار با اعلام اینکه تونل صدر به طول ۶۴۰۰ متر در مدت ۶ ماه احداث شد، تأکید کرد: در پروژه رکورد حفاری تونل تأسیسات شکسته شد، زیرا به اذعان کارشناسان در صورتی که قرار بود، این طرح به صورت معمول اجرا شود، مدت زمانی بین ۲ تا ۳ سال به طور می‌کشید. به گفته وی مزایایی که در این طرح وجود داشت، توانیر را متقاعد کرد که دیگر تونل‌های تأسیسات را احداث کند که در این زمینه تونل‌های دیگری نیز احداث شده و یا در حال احداث است که از آن جمله می‌توان به تونل‌های انتقال کابل برق طرشت - کن به طول ۳ هزار و ۴۵ متر، تونل انتقال کابل شیخ بهایی - مصلی به طول نزدیک به ۴ هزار متر اشاره کرد. وی در عین حال با اشاره به ویژگی‌های منحصر به فرد تونل انتقال کابل برق بزرگراه صدر بیان کرد: برای ساخت این تونل بیش از ۸۷ هزار متر مکعب خاک برداری شده و برای جلوگیری از نفوذ آب به آن ۳۰ هزار متر مربع عایق‌بندی شده است.

محمد بهزاد معاون وزیر نیرو پیش‌تر در گفتگو با مهر با بیان اینکه ساخت و راه‌اندازی کابل‌های هوایی برق در تهران و برخی از کلانشهرها متوقف شده است، از توسعه شبکه‌های فشار قوی برق به صورت زیرزمینی خبر داده بود. وی با اعلام اینکه قرار است خطوط جدید برق تهران به صورت زیر زمینی طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی شود، تصریح کرد: یکی از دلایلی که خطوط برق هوایی در تهران نصب نخواهد به دلیل حفظ زیبایی پایتخت و برخی از کلانشهرها است. این مقام مسئول با یادآوری اینکه از ابتدای سالجاری تاکنون تمامی خطوط برق به طورت کابل‌های زیر زمینی احداث شده‌اند، تأکید کرده بود: این طرح جدید منجر به کاهش تلفات برق هم خواهد شد ضمن آنکه دارای شرایط بهینه پدافند غیرعامل هم هستند. وی با بیان اینکه توسعه شبکه‌های برق زیر زمینی علاوه بر دستاوردهای زیست محیطی دارای مزیت‌های اقتصادی هم هستند، تأکید کرد: در مجموع با توسعه شبکه‌های انتقال برق در زیرزمین هزینه تعمیر و نگهداری هم به حداقل کاهش می‌یابد. به گزارش مهر، از آبان‌ماه سال گذشته به طور رسمی نصب و راه‌اندازی تأسیسات زیر زمینی برق تهران آغاز شد به طوری که برای نخستین بار یک پست پیش ساخته ۶۳۰ کیلوولت آمپری در عمق ۲/۵ متری در میدان امام خمینی (ره) نصب و راه‌اندازی شد. در حال حاضر با مشارکت شهرداری و شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ، نصب و راه‌اندازی تأسیسات و پست‌های برق در مناطق پر تردد شهر و به ویژه در محدوده بازار تهران به زیر زمین "Pad Mounted" افزایش یافته است. در حال حاضر با ایجاد خطوط تولیدی در صنایع و کارخانجات داخلی پست برق دفنی (زیرزمینی) مونتاژ شده و قرار است با حفاری کف منطقه در زیر زمین دفن شود، ضمن آنکه این تأسیسات جدید برقی از قابلیت سریع نصب و ویژگی ایزوله بودن برخوردار است. از سوی دیگر، پست‌های جدید زیر زمینی برق تهران دارای کیفیت بالایی در مقایسه با پست‌های معمولی بوده ضمن آنکه نصب پست‌های کمپکت (فشرده) برق از دیگر برنامه‌های شرکت توزیع برق تهران بزرگ است. به طور متوسط در ۶ ماهه دوم سال متوسط مصرف برق استان تهران در ساعات پیک به دو هزار و ۵۰۰ مگاوات می‌رسد این در حالی است که مصرف برق تهران در تابستان در ساعات پیک به مرز چهار هزار مگاوات افزایش می‌یابد. از اینرو، ایجاد پست‌های برق دفنی در افزایش پایداری شبکه برق به ویژه در مواقع بحران همچون سیل، زلزله و سایر حوادث غیر مترقبه تأثیر گذار است.

خبرگزاری مهر

۱۳۹۱/۹/۷

تونل انقلاب سنندج شهریور ۹۲ به بهره برداری می‌رسد

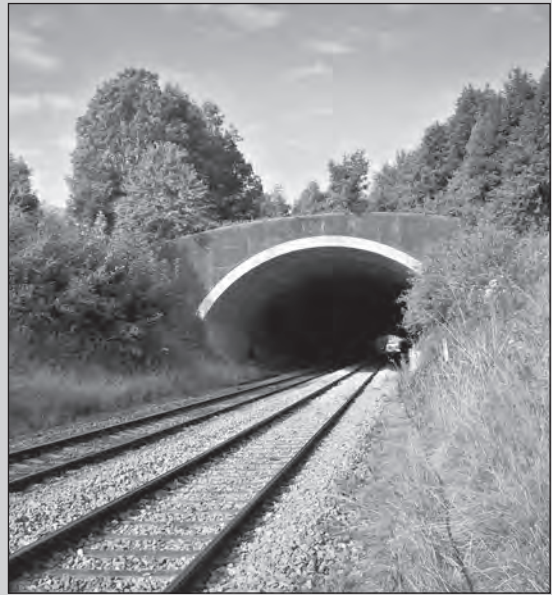
استاندار کردستان از بهره برداری تونل خیابان انقلاب به میدان نبوت سنندج در پایان شهریور ماه سال ۹۲ خبر داد. به گزارش خبرنگار مهر، علیرضا شهبازی در آئین گشایش گالری تونل خیابان انقلاب به میدان نبوت سنندج با حضور استاندار کردستان و جمعی از مدیران این استان اظهار داشت: فاز اول این پروژه امروز اجرا شد و فاز دوم و عملیات پایانی آن در شهریور ماه سال ۹۲ به پایان می‌رسد. وی افزود: این پروژه از پیش از انقلاب اسلامی ایران تعریف شده بود و علیرغم گذشت سه دهه از انقلاب مدیران اجرایی استان به دلایل مختلفی نتوانستند آن را به بهره برداری برسانند. استاندار کردستان ادامه داد: افتتاح و راه اندازی این پروژه از دیرباز جزء آرزوها و خواسته‌های مردم شهر سنندج از مسئولان بود که خوشبختانه تا حدود زیادی این خواسته هم اکنون برآورد شده است. شهبازی افتتاح و اتمام این پروژه را یکی از افتخارات مدیران و مسئولان اجرایی استان کردستان عنوان کرد و یادآور شد: بهره برداری از بسیاری از پروژه‌های عمرانی استان کردستان به دلایلی به درازا کشیده می‌شود اما این پروژه در کمترین زمان ممکن و بنا بر زمانبندی تعریف شده در حال اجرا است. وی بیان کرد: در حال حاضر پروژه‌های عمرانی بزرگی در سطح شهر سنندج در حال اجرا است که با اتمام پروژه‌های بلوار کردستان به بلوار توحید و جاده ساحلی، روگذر و زیرگذرهای ضیاءالدینی و دانشگاه کردستان و بلوار دکتر حسینی تحول بزرگی در وضعیت ساماندهی ترافیک شهری ایجاد می‌شود. نماینده مردم شهرستان‌های سنندج، دیواندره و کامیاران در مجلس شورای اسلامی نیز در این مراسم طی سخنانی گفت: این پروژه یکی از افتخارات دولت دهم و مجموعه مدیریت استان است که تحول عظیمی در حل معضل ترافیکی شهر سنندج ایجاد می‌کند. احسن علوی افزود: شهرسازی در استان کردستان به لحاظ وضعیت جغرافیایی و توپوگرافی که دارد بسیار زیبا صورت گرفته و زیبایی خاصی به شهرهای سطح استان می‌دهد. آئین گشایش گالری تونل خیابان انقلاب به میدان نبوت سنندج با حضور نمایندگان مردم شهرستان‌های سنندج، دیواندره و کامیاران در مجلس شورای اسلامی، استاندار کردستان، فرماندار و شهردار و اعضای شورای اسلامی شهر سنندج برگزار شد. تونل انقلاب با دهانه ۱۵ متری، ۱۱۱ متر حفاری، ۶۰ متر کندوپوش و با ارتفاع ۹،۵۷ متری تاج تونل، با اعتباری برابر با ۵۶ میلیارد ریال یکی از معدود تونل‌هایی است که در سطح کشور ساخته شده است.

خبرگزاری مهر
۱۳۹۱/۹/۸

طولانی ترین تونل راه آهن غرب کشور بازگشایی شد

کرمانشاه - خبرگزاری مهر: با حضور استاندار کرمانشاه و جمعی از مسئولین استانی مراسم بازگشایی از طولانی ترین تونل راه آهن غرب کشور انجام گرفت. به گزارش خبرنگار مهر، طی مراسمی با حضور استاندار کرمانشاه طولانی ترین تونل راه آهن غرب کشور بازگشایی شد. در این مراسم، استاندار کرمانشاه در مراسم بازگشایی از طولانی ترین تونل راه آهن غرب کشور که با نام تونل آران نامگذاری شده است گفت: شک و تردیدی نداریم که بازگشایی از چنین کاری فقط ایده و خلاقیت جامعه مهندسی کشور را اثبات می‌کند که انشا الله در پرتو ذات اقدس حق تعالی روز به روز زمینه‌های شکوه و عظمت کشورمان را در تمامی زمینه‌ها مشاهده خواهیم کرد. دادوش هاشمی افزود: جا دارد که از توانایی‌ها و زحمات پرسنل شرکت جهاد نصر کرمانشاه که با فعالیت‌های چند شیفته خود توانسته‌اند چنین کار عظیمی را با پشتوانه‌های فراوانی در طول مدت هفت ماه به سرانجام برسانند تقدیر و تشکر کنیم. هاشمی همچنین ارائه چنین خدماتی از سوی جامعه مهندسی کشورمان را منبعث از خدمات ارزنده نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران عنوان کرد. لازم به ذکر است، این تونل به طول یک هزار و ۲۴۱ متر در مدت هفت ماه تحت نظر دستگاه‌های نظارتی حفاری شده است و ارتفاع آن از زمین ۱۰ متر و عرض آن هفت متر و ۸۰ سانتی متر است.

خبرگزاری مهر
۱۳۹۱/۹/۲۵



پایان عملیات سازه‌ای تونل امیرکبیر تا پایان هفته جاری

جانشین مجری طرح‌های تونلی سازمان مهندسی و عمران شهر تهران، از اتمام عملیات بتن‌ریزی نهایی پروژه احداث تونل امیرکبیر تا پایان هفته جاری خبر داد. به گزارش خبرنگار مهر، سیدمهدی پورهایمی با اعلام این خبر افزود: بخش باقی‌مانده عملیات سازه‌ای درجه‌های مختلف این پروژه شامل تنها ۱۰ پارت بتن‌ریزی نهایی است که اجرای آن تا پایان هفته جاری به اتمام می‌رسد. وی در تشریح آخرین پیشرفت عملیات اجرایی پروژه احداث تونل امیرکبیر، از اتمام عملیات احداث سقف بخش حدفصل خیابان ۱۷ شهریور تا خیابان شکوفه خبر داد و گفت: در این بخش از پروژه که اجرای آن به صورت کندوپوش و احداث باکس بتنی انجام می‌شود، عملیات بتن‌ریزی سقف به طور کامل به اتمام رسیده و پارکینگ طبقاتی نیز با سرعت مناسبی در حال اجرا است. پورهایمی با اعلام پایان عملیات کند و پوش در بخش حدفصل دوراهی زیر خیابان درودیان تا بزرگراه امام‌علی (ع) یادآور شد: سطح فوقانی بخش مورد اشاره از خیابان درودیان، به زودی روکش آسفالت خواهد شد و به این ترتیب مشکلات شهروندان ساکن مناطق پیرامونی این کارگاه عمرانی به حداقل می‌رسد. وی همچنین بابیان آنکه عملیات اجرایی روکش آسفالت تونل امیرکبیر از نیمه دوم دی‌ماه سال جاری آغاز می‌شود، افزود: روسازی مسیر تونل امیرکبیر با بهره‌گیری از تجربه اجرای این عملیات در تونل‌نمایش انجام می‌شود و به منظور تحقق کیفیت و دوام بیشتر روسازی، از بتن غلطکی RCC به جای لایه بلک‌بیس استفاده خواهد شد. به گفته جانشین مجری طرح‌های تونلی سازمان مهندسی و عمران شهر تهران، با به اتمام رسیدن بخش عمده‌ای از مراحل طراحی تکمیلی تأسیسات تونل امیرکبیر، تلاش برای تأمین و نصب این تجهیزات از اوایل ماه آینده آغاز می‌شود. گفتنی است پیشرفت عملیات اجرایی در این طرح عظیم شهری به مرز ۷۰ درصد رسیده است.

خبرگزاری مهر
۱۳۹۱/۹/۲۸

روش‌های بهبود سیستم ضد حریق برای شاتکریت با کارایی بالا

دکتر مرتضی قارونی نیک، معاون فنی شرکت سابیر، استادیار دانشگاه علم و صنعت ایران، رییس انجمن مکانیک سنگ ایران و رییس کمیته شاتکریت انجمن تونل ایران
پرینوس ودادی، دانشجوی کارشناسی ارشد خط و سازه‌های ریلی، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران
اراز هاشمی نژاد، دانشجوی کارشناسی ارشد خط و سازه‌های ریلی، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران
سید علی قهاری، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

متن حاضر ترجمه مقاله زیر می‌باشد:

Winterberg, R., and Dietze, R., 2004, "Efficient passive fire protection systems for high performance shotcrete", In: Erik Stefan Bernard (ed.) Proceedings of the Second International Conference on Engineering Developments in Shotcrete: Shotcrete – More Engineering Developments, Cairns, Queensland, Australia, Publisher: Taylor and Francis.

چکیده:

بحث حفاظت از سازه‌های زیرزمینی در برابر آتش، همراه با رشد شبکه حمل و نقل و ترافیک ریلی و جاده‌ای و خطرات مربوط به آتش سوزی در تونل‌ها، اهمیت روزافزونی پیدا کرده است. آتش در تونل‌های حمل و نقلی، خرابی‌های جبران ناپذیری به سازه وارد می‌آورد و به تبع آن تهدیدی برای جان استفاده‌کنندگان از تونل است. لذا سیستم پوشش تونل باید طوری طراحی و ساخته شود که حفاظت کافی و موثر برای مردم فراهم نموده و در هنگام بروز حوادث و نیز تعمیرات ضروری، جنبه‌های اقتصادی و عملی در آن رعایت شده باشد. این مقاله بر پایه تحقیقات جامع تجربی در زمینه تاثیر ریز مصنوعی بر مقاومت بتن در مقابل آتش ارائه شده است و اطلاعات دقیقی در مورد فرآیند تبله کردن و ریزش بتن بر اثر قرار گرفتن در معرض حرارت و همچنین تاثیر مفید این بدست می‌دهد.



Die Brandbeständigkeit von Faser, Stahl und Spannbeton (مقاومت در برابر آتش ایفای مسطح شده بتن و بتن، Strassenforschungsauftrag, Nr.3.269 Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (وزارت متحد حمل و نقل، نوآوری و فن آوری اتریش) با همکاری Eisenbahn-Hochleistungsstrecken AG (شرکت قطار پرسرعت اتریش) انجام گردید.

۲- ورود به بحث

۲-۱- ساز و کار تبله شدگی و خورد شدن بتن

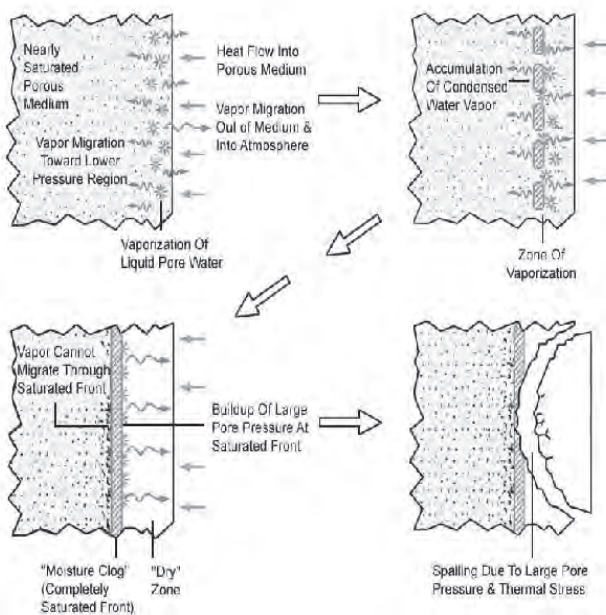
دو روند متفاوت باید هنگام تحلیل ساز و کار خورد شدن در هنگام بالا رفتن سریع دما، از هم تمیز داده شوند: فرآیندهای ترمومکانیکی و فرآیندهای ترموهیدرولیکی

۲-۱-۱- فرآیندهای ترمومکانیکی

به دلیل کرنش حرارتی ماده مرکب، فشار در سطحی که گرم شده بالا می‌رود و می‌تواند موجب ترک خوردگی شود. فشار بخار آب نقش خاصی در ایجاد این ترک‌ها ایفا نمی‌کند و فقط اثر خود را بر پایداری لایه‌های در معرض حرارت، (به دلیل انرژی گرمایی اضافی ذخیره شده) اعمال می‌کند. افزایش تنش‌ها به دلیل اثرات زیر اتفاق می‌افتد:

تنش حرارتی به علت انبساط حرارتی ماده. این تنش تا حدودی می‌تواند توسط پدیده خزش خنثی شود.

علاوه بر این، تنش‌های تحمیلی به علت رفتار ناسازگار کرنشی سنگدانه و ملات سیمان رخ می‌دهد. هنگامی که بتن گرم می‌شود، انبساط حرارتی موضعی بین سنگدانه‌ها و سیمان رخ می‌دهد که منجر به ایجاد تنش‌های سازهای در ناحیه انتقال می‌شود. مادامیکه سنگدانه‌ها همراه با افزایش دما انبساط پیدا می‌کنند ($\alpha_T = 12 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-6} (1/K)$) بسته به نوع سنگدانه) ملات سیمان جمع شدگی رطوبتی را به علت خشک شدن بیش از اندازه پس از انبساط اولیه از خود نشان می‌دهد ($\alpha_T = 12 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-6} (1/K)$) بسته به میزان رطوبت).



شکل ۲: ارائه شماتیکی از روند خورد شدن بتن

۱- مقدمه

۱-۱- کلیات:

در سالهای اخیر، تصادفات مرگبار اروپا منجر به آن شده است که نیاز به سامانه‌های ضد حریق در تونلها، به طور قابل توجهی افزایش یابد. بتن و مخصوصاً شاتکریت با کارایی بالا، دارای ساختاری شکننده است که به دلیل بالا رفتن ناگهانی دما، می‌تواند دچار ریزش شود. آتش در سازه‌های زیرزمینی، علاوه بر اینکه برای خرابی سازه‌ها خطر مهمی محسوب می‌شود، جان انسان‌ها را نیز تهدید می‌کند.

هنگامیکه بتن در معرض آتش قرار می‌گیرد، خلل و فرج بسته‌های از بتن که آب درون آن‌ها به دام افتاده است تبدیل به بخار آب می‌شود. به دلیل آنکه بخار حجم بسیار زیادتری نسبت به آب دارد، فشار بخار در این خلل و فرج بسیار زیاد می‌شود. علیرغم وجود چنین فشاری، بخار به راحتی نمی‌تواند خارج شود. زیرا بتن و مخصوصاً شاتکریت، چگالی بسیار بالایی دارند به حدی که حتی بخار آب هم نمی‌تواند از خلل و فرج آن عبور کند. بنابراین تنش به حدی می‌رسد که می‌تواند موجب ریزش بتن شده و پوشش محافظتی بتن مسلح را خراب کند و حتی ممکن است در نهایت موجب ریزش سازه گردد.

هر مقدار مقاومت و کیفیت بتن بالاتر رود، چگالی بتن نیز بیشتر و خورد شدن انفجاری نیز به مراتب بیشتر می‌گردد. در مورد بتن مسلح، بالا رفتن ناگهان دما می‌تواند ریزش سازه را در پی داشته باشد. چرا که میلگردها در صورت خورد شدن انفجاری بتن، بدون حفاظت خواهد ماند.

۲-۱- اهداف تحقیق

تحقیقات اولیه نشان داده است که اگر ریز پلی پروپیلن به مخلوط بتن اضافه شوند، تأثیرات مفیدی در مواقع آتش سوزی از خود نشان می‌دهند. این مقاله تحقیقاتی را در مورد حفاظت بتن در مقابل ریزش بهنگام آتش سوزی ارائه می‌دهد. تحقیقاتی که بر روی تأثیر پلی پروپیلن انجام شده نشان می‌دهد این خطر خورد شدن بتن را به طور محسوسی کاهش می‌دهند. اهداف تحقیق در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

جدول شماره ۱: پارامترهای متغیر برای بررسی آتش

پارامترهای	پارامترهای عملکرد	تأثیرات اضافه
هندسه (نوع)	رفتار و عمق خورد شدن توزیع دما در بتن	مقاومت متغیر بتن
مقدار (کمیت)	مقاومت باقیمانده در عمق‌های مختلف بتن	هندسه متغیر نمونه وجود نیروهای نرمال

تمام داده‌ها پس از تکمیل آزمایش‌های آزمایشگاهی و تحلیل روابط بین تغییرات پارامتر، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. این تحقیقات پیش بینی می‌کنند که استفاده از مذکور روش موثری برای حفاظت از آتش برای بتن با کارایی بالا هستند.



شکل ۱: خرابی وارده به سازه و وسایل نقلیه در تونل گوتارد بعد از آتش سوزی سال ۲۰۰۱



شکل ۵. الگوی خرابی اجزای سازنده بتن بعد از آتش سوزی در تونل یورو ۱۹۹۶.

۲-۲- روش حفاظت در برابر آتش در سازه‌های بتنی

۱-۲-۲- کلیات

در سازه‌های بتنی باید بین روشهای حفاظت در برابر آتش به طور فعال و حفاظت در برابر آتش به صورت انفعالی تمایز قائل شد.

حفاظت فعال به کلیه روشهایی اطلاق می‌شود که باعث جلوگیری از آتش سوزی شده و در مواقع بروز حادثه آتش را مهار می‌کنند. این روش شامل ایمن کردن سازه‌ها مانند ساختن دالان‌های موازی حمل و نقل و عبور و مرور تفکیک شده (مسیر رفت و برگشت جداگانه) برای جلوگیری از تصادف در تونل است تا خطر تصادفات کاهش یابد. علاوه بر این، حفاظت فعال شامل نصب و تعبیه وسایلی است که از هوارسانی به محل حادثه جلوگیری می‌کنند مثل سامانه آب پاشی و یا امکانات سازه‌ای که زمان دسترسی به وسایل مهار آتش و عملیات نجات را افزایش می‌دهند.

۲-۲-۲- حفاظت انفعالی

الف: کلیات

حفاظت انفعالی به سازوکارهایی اطلاق می‌شود که مستقیماً بر کنترل آتش یا بهبود حفاظت در برابر آتش تاثیر ندارند. این عوامل می‌توانند، بطور مثال، استفاده از ملات ضد آتش (لایه ملات محافظ) یا دیوارهای ضد آتش (عناصر بتنی محافظ) باشند. کارایی چنین سیستم‌های لایه‌ای در اینجا اساساً بستگی به میزان مقاومت آنها در برابر آتش، یعنی الزامات فناوری بتن دارد.

ب: لایه سازه‌ای محافظ

آزمایشات اخیر و تجربیات بدست آمده از آتش در تونلها نشان می‌دهد که چنین نوع مصالح برای مسلح کردن بتن بر روند خردشدن تاثیر دارد. چنین تاثیری پس از آتش سوزی که درون تونل یورو (۱۹۹۶) اتفاق افتاد (شکل ۵)، مشاهده گردید. المان‌های بتن پیش ساخته آسیب دیده به وضوح نشان می‌داد که عمق خرد شدن بتن، بین میلگردهای مسلح کننده و قاب نگهداری تونل محدود شده بود. بنابراین فرض می‌شود که اگر فضای بین میلگردهای مسلح کننده به اندازه کافی کم باشد، قوس مقاومی بین میلگردهای مسلح کننده بوجود می‌آید که می‌تواند به خوبی در مقابل ریزش مقاومت کند.

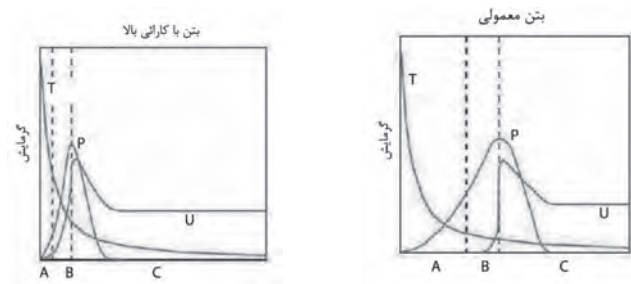
پ: الزامات فناوری بتن

رطوبت

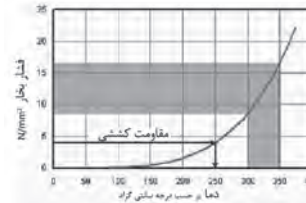
عامل مهم برای خرد شدن انفجاری بتن، رطوبت یا همان میزان آب در بتن است. خرد شدن از نوع رطوبت برای بتن کمتر از ۲٪ انتظار نمی‌رود (Richtlinie (Faserbeton OVBB 2002

مقاومت بتن

افزایش مقاومت بتن همیشه بر افزایش چگالی ملات بتن دلالت دارد. پس بتن با



شکل ۳: تاثیر افزایش دما بر فشار بخار



شکل ۴: مقایسه خطر خردشدگی در بتن معمولی و بتن با کارایی بالا (HPC)

A: بتن خشک، B: زون بخار، C: بتن مرطوب، $T(X)$: درجه

حرارت، $P(X)$: فشار بخار و $U(X)$: مقدار رطوبت

سومین مولفه در گروه فرایندهای ترمومکانیکی، تغییر ماهیت سنگدانه هاست. واکنش‌های زهکشی همانند تغییر ماهیت معدنی، با افزایش دما رخ می‌دهند. در دمای ۱۲۰۰-۱۳۰۰ درجه برخی از اجزای تشکیل دهنده بتن شروع به ذوب شدن می‌کنند.

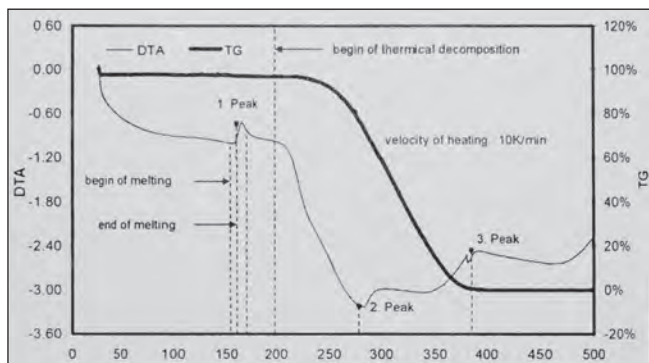
۲-۱-۲- فرآیندهای ترموهیدرولیکی

تبخیر آب خلل و فرج در بتن در حال گرم شدن، موجب بالا رفتن فشار منفذی (به علت بالا رفتن حجم آب به هنگام انتقال از فاز مایع به گاز) می‌شود. این فشار بخار سبب ایجاد تنش کششی در بتن شده و در صورتی که مقاومت کششی بیش از حد شود، خرد شدن رخ می‌دهد. تعداد خلل و فرج، توزیع اندازه خلل و فرج و نفوذپذیری مربوط به آن‌ها، مقدار بخار را کنترل می‌کند که می‌تواند در واحد زمان خارج گردد. بنابراین، ساختار خلل و فرج، تاثیر قابل توجهی بر رفتار خرد شدن بتن دارد. عامل اصلی در این زمینه، میزان نفوذپذیری (K) برای محیط فشرده است. طرح کلی از فرایند ترموهیدرولیکی خرد شدن بتن در شکل ۲ نشان داده شده است.

در طول بالا رفتن سریع دما، آبی که به طور فیزیکی به هم چسبیده و آب درون منفذها (تا یک اندازه مشخصی از منفذها) و همین طور آبی که به صورت کریستالی به هم چسبیده، از سنگدانه بتن جدا می‌شود. یک قسمت از آب در حال تبخیر از درون منافذ بتن فرار می‌کند. قسمت دیگر فشار بخار به درون بتن سیلان پیدا کرده و به نواحی سردتر دسترسی پیدا می‌کند تا اینکه دوباره از طریق چگالش به مایع تبدیل شود. بنابراین منفذ اشباع شده‌ای در این محل بوجود خواهد آمد که محل آن بستگی به ساختار منفذی بتن دارد. این ناحیه اشباع، حصار را در مقابل سیلان بیشتر بخار فراهم می‌کند. لذا بخار آب می‌تواند تنها به سمت سطح گرم شده، جریان پیدا کند و وقتی که بخار نمی‌تواند با سرعت از منافذ فرار کند، فشار بوجود می‌آید. بنابراین اگر فشار بخار از مقاومت کششی تجاوز کند، خرد شدن به صورت انفجاری رخ می‌دهد.

فشار کل در یک منفذ، تابعی از دما بوده و شامل فشار هوا و فشار بخار است. در دمایی در حدود ۲۵۰ درجه (کمی پس از شروع تنش)، فشار بخار به مقدار مقاومت کششی بتن معمولی می‌رسد. منحنی شکل ۳ نشان می‌دهد که افزایش دما از ۳۵۰-۳۰۰ درجه، فشار بخار را دو برابر می‌کند. رسیدن به این مقدار از تنش، تقریباً در محدوده مقاومت فشاری بتن اتفاق می‌افتد. به علت اینکه در بتن با کارایی بالا (HPC) ساختاری چگال داریم، محل اشباع شده محصور به سطحی که در معرض آتش بوده نزدیک تر است و این امر باعث گرم شدن محل نمناک و بالا رفتن سریعتر فشار بخار خواهد شد (شکل ۴). بنابراین خطر خرد شدن انفجاری در HPC نسبت به بتن معمولی بیشتر است.

آب است. علاوه بر این، دومین پیک منحنی، پایان انفجار زنجیره‌های کوتاه و شروع انفجار محصولات پلیمری تجزیه شده زنجیره‌های بلند را نشان می‌دهد. TG بیانگر جرم باقی مانده در درصدی از جرم اولیه می‌باشد.



شکل ۷- تحلیل دمایی - تکی پروپیلن

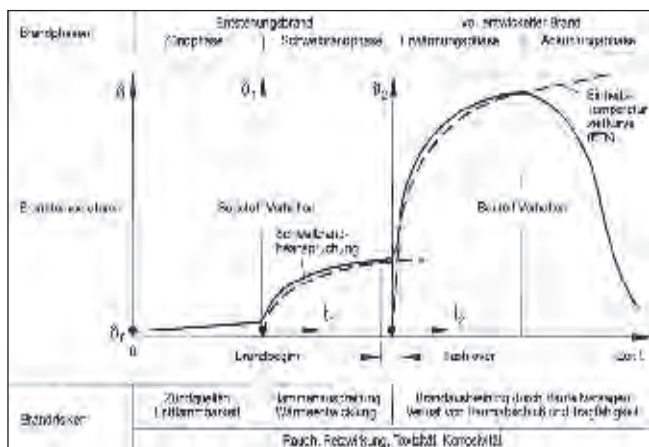
۳-۲- روش های آزمایش

۱-۳-۲- کلیات

جهت مطالعه مقاومت و رفتار بتن در برابر آتش می‌بایست زمانی که نمونه‌های بتنی توسط مصنوعی محافظت می‌شوند، اصول آزمایش عمومی ایجاد گردد. نمونه‌ها عموماً شکل پانل (صفحه ای) دارند و در اتاقک‌های آتش محصور کننده گرما قرار دارند. با آزمایش نمونه‌ها با منحنی‌های آتش تعریف شده آتش می‌گیرند، یعنی دمای تعریف شده در یک دوره مشخصی از زمان افزایش می‌یابد تا بارگذاری آتش واقعی را که می‌تواند در تونل آتش رخ دهد، شبیه سازی کند.

۲-۳-۲- منحنی های آتش

منحنی‌های استاندارد شده آتش بر اساس توسعه آتش نمونه که از مواد منفجره جامد به وجود می‌آیند، تعریف می‌شوند. شکل ۸ توسعه آتش و فازهای آتش مربوطه را نشان می‌دهد. عموماً توسعه آتش را می‌توان به دو مرحله اصلی تفکیک کرد.



شکل ۸- توسعه آتش و فازهای آتش combustibles‌های جامد

مرحله ۱- مرحله توسعه آتش با یک فاز احتراق و یک فاز خاموش کردن آتش (دوره زمانی) می‌باشد. بنابراین توسعه آتش به رفتار انفجاری مواد ساخت بستگی دارد.

مرحله ۲- به طور کامل آتش با یک فاز گرم شدن و یک فاز سرد شدن نهایی توسعه می‌یابد.

مقاومت بالا مسیره‌های انتقال کمی برای فرار بخار آب دارد. بنابراین خطر بیشتری برای خرد شدن انفجاری نسبت به بتن معمولی آن را تهدید می‌کند.

تخلخل

تخلخل بتن بیشتر توسط نسبت آب به سیمان کنترل می‌گردد. همچنین عمل تراکم، عوامل ورود حباب‌های هوا و درجه بندی سنگدانه نیز آن را کنترل می‌نمایند. هرچه تخلخل بیشتر باشد، فشار بخار آب کمتری می‌تواند ساخته شود. بنابراین خطر خرد شدن انفجاری کمتر می‌شود. یک روش مناسب برای کاهش خرد شدن انفجاری آن است که یک سامانه متخلخل با نفوذپذیری مناسب برای فشار بخار ایجاد کنیم.

ت: بتن مسلح ی (FRC)

بتن مسلح به فولادی

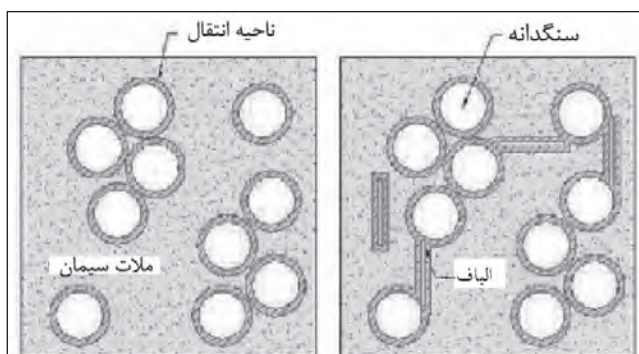
فولادی در بتن می‌تواند تا حدی از خرد شدن انفجاری قطعات سطح بتن جلوگیری کنند. با این حال هنوز هم مساله مقاومت در برابر گرمای مستقیم بر بتن و کاهش نرخ نفوذ دما وجود دارد. این محافظت تاثیر موقتی دارد؛ زیرا بتن به علت نرم شدن و یا ذوب شدن (هنگامیکه در معرض آتش مداوم قرار می‌گیرد)، مقاومتش به صفر می‌گراید.

بتن مسلح به مصنوعی

بر اساس توصیه نامه بتن ی (Faserbeton) از انجمن بتن و فناوری ساخت اتریش (OVBB)، تاثیرات سودمند پلی پروپیلن بسیار وابسته به نحوه اختلاط با بتن، یعنی افزایش نفوذپذیری آن با توجه به کاهش فشار بخار آب است. سه پارامتر بایستی از هم تمیز داده شوند:

- نفوذ توسط شکل گیری منفذهای کوچک هنگام اضافه کردن PP به مخلوط
- شکل گیری منافذ در نواحی انتقال. محصولات ضعیف هیدراسیون (به عنوان مثال پرتلندایت در نواحی انتقال بین سنگدانه‌ها و ملات خمیر سیمان یافت می‌شود، شکل ۶). ضخامت این ناحیه بستگی به نسبت آب به سیمان، نوع سیمان و محتویات میکروسولیس دارد. سرعت انتقال بیشتر ماده و نفوذ آب در ناحیه‌هایی امکان پذیر است که تا حدودی به یکدیگر متصل هستند. با اضافه کردن PP، نواحی انتقال اضافه شده در اطراف ها شکل می‌گیرند و باعث ایجاد پیوستگی بین نواحی انتقال مختلف می‌گردند که منجر به نفوذ سیستم می‌گردد (شکل ۶ را ملاحظه کنید). بنابراین نفوذ بیشتر آب در این نواحی امکان پذیر است.

- نفوذ توسط شکل گیری منافذ موئینه هنگام ذوب شدن PP



شکل ۶- ارائه شماتیک نفوذ ناحیه انتقال به وجود آمده توسط

ت- تحلیل حرارتی PP:

رفتار حرارتی پلی پروپیلن را می‌توان به وسیله بررسی‌های دمایی - تکی آزمایش کرد. شکل ۷ نشان می‌دهد که PP در دمای حدود ۱۶۰ درجه (اولین پیک منحنی) شروع به ذوب شدن نموده و در دمای حدود ۲۰۵ درجه، شروع به از هم پاشیدن می‌کنند. در حدود دمای ۳۸۰ درجه (سومین پیک) فرآیندهای تخریب کاملاً به پایان می‌رسد. محصولات انفجاری بر جای مانده از این فرایند، کربن، CO و CO₂

۳- برنامه آزمایشات مقدماتی

۱-۳ کلیات

اولین آزمایشها در سال ۲۰۰۰ انجام شد. اهداف این سری از آزمایشات این بود که مقاومت در برابر آتش بتن ساده و بتن مسلح با مقایسه شود و رده‌های مختلف مقاومت در برابر آتش برای بتن مسلح شده با تعریف گردد. بنابراین به مقدار و نوع بهینه توجه خاصی شد. این آزمایشها در لینز اتریش صورت گرفتند.

۲-۳ پارامترهای مختلف

هندسه نمونه طوری انتخاب شده که اندازه را در مقیاس کوچک دربرگیرد، $l \times b \times t = 600 \times 500 \times 300 \text{ mm}$.

۵ نوع مختلف و ۸ مقدار متفاوت همانند مرکب (پلی پروپیلن و فولادی) آزمایش شدند. شماره‌های نمونه‌ها و پارامتر متغیر از جدول ۲ بدست می‌آید.

جدول شماره ۲: پارامترهای مختلف و شرایط نگهداری

دیواره	نوع و مقدار	محل نگهداری
۱ و ۲	$\phi=16\mu\text{m}^* | l=20\text{mm} | pp 2\text{kg}$ $\phi=0.75\mu\text{m}^* | l=60\text{mm} | 2\text{kg}$ فولادی	هوا**
۳ و ۴	$\phi=18\mu\text{m}^* | l=12\text{mm} | pp 2\text{kg}$	هوا*
۵ و ۶	$\phi=18\mu\text{m}^* | l=12\text{mm} | pp 2\text{kg}$ $\phi=0.8\mu\text{m}^* | l=50\text{mm} | 2\text{kg}$ فولادی	هوا
۷ و ۸	$\phi=16\mu\text{m}^* | l=20\text{mm} | pp 2\text{kg}$	هوا
۹ و ۱۰	$\phi=18\mu\text{m}^* | l=6\text{mm} | pp 2\text{kg}$	هوا
۱۱ و ۱۲	$\phi=18\mu\text{m}^* | l=12\text{mm} | pp 2\text{kg}$	هوا**
۱۳ و ۱۴	$\phi=18\mu\text{m}^* | l=12\text{mm} | pp 1\text{kg}$	هوا
۱۵ و ۱۶	$\phi=16\mu\text{m}^* | l=20\text{mm} | pp 1\text{kg}$	هوا
۱۷ و ۱۸	بتن ساده	آب
۱۹ و ۲۰	بتن ساده	هوا

* بر اساس مشخصات کارخانه ای

** روز در آب نگه داری شد و بعد از آن در هوا

*** تا هنگام آزمایش زیر آب نگه داشته شد

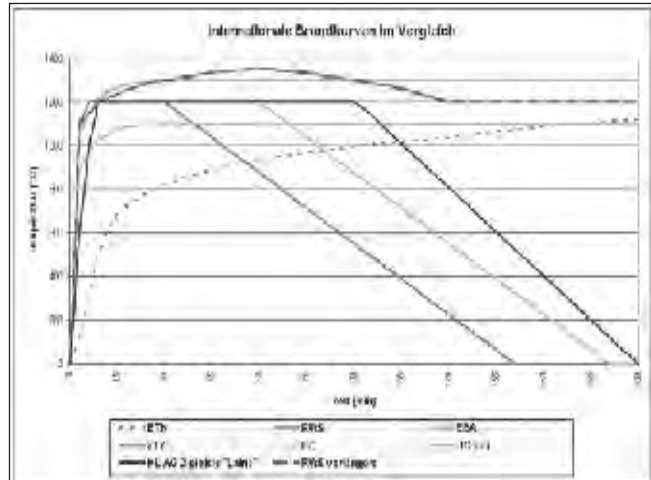
منحنی آتش RWS برای آزمایشها انتخاب شد، چراکه این منحنی می‌تواند به بالاترین سطح دمای منحنی‌های آتش دست‌ور العمل‌های بین‌المللی برسد (شکل ۹). نمونه‌ها در یک مخلوط بتن ساده و با استفاده از یک مخلوط کن سیار با حجم 2m^3 قالب‌ریزی شدند. همه نمونه‌ها ترکیبات بتن کاملاً برابری داشتند.

سیمان	270 kg/m ³ CEMII 42.5 R
خاکستر بادی	60 kg/m ³
آب	165 kg/m ³
سنگدانه	خط درجه بندی A/B و بزرگترین اندازه سنگدانه= ۱۶ mm (بر اساس ONORMB 3304 1981)
کلاس مقاومت بتن	B300 (مترادف C25/30)

۳-۳ فرایند آزمایش

دو نمونه با انواع مختلف (اما با مقدار یکسان) به طور همزمان با استفاده از منحنی آتش RWS به مدت ۱۲۰ دقیقه آزمایش شدند. شکل ۱۰ کوره را نشان می‌دهد که از سنگ‌های ytong ساخته شده است. ابعاد اتاقک کوره و عمق آن می‌باشد. Firing از یک سمت صورت گرفت. یک درپچه در سمت مخالف آتش زنه قرار داشت که باعث کاهش فشار اتاقک می‌گردید. دمای کوره و نمونه‌های قرار گرفته در داخل آن در طول آزمایش اندازه‌گیری شد. خرد شدن، ترک خوردن و فرار آب و بخار مشاهده و ثبت گردید. مستقیماً و پس از اتمام آزمایش نمونه‌ها از کوره خارج گردید و عکس‌هایی از حالت سطوح آتش گرفته، گرفته شد. پس از آن که نمونه‌ها سرد شدند (روز بعد)، تغییرات در سطح سازه، عمق خرد شدن و شکل‌گیری ترک آزمایش گردید،

انتقال بین این دو مرحله آتش، flash over نامیده می‌شود.



شکل ۹، منحنی آتش‌های مختلف را از استانداردهای بین‌المللی نشان می‌دهد که برای مشابه سازی شرایط آتش استفاده می‌شوند.

منحنی درجه حرارت واحد (ETK, ISO 834)

منحنی ETK از توسعه آتش (شکل ۸ را ملاحظه کنید) گرفته می‌شود و بر اساس تجربیات به دست آمده از آتش در ساختمان‌ها می‌باشد. امروزه مشخص شده است که این منحنی آتش برای آتش در تونل‌ها مناسب نیست.

منحنی هیدروکربن (HC)

منحنی هیدروکربن برگرفته شده از Euro code 1-2-2 یک افزایش دمای سریع ناشی از انفجار هیدروکربن‌ها را نشان می‌دهد. دمای حداکثر تا ۱۱۰۰ محدود می‌شود. یک فاز سرد کننده پیش بینی نشده است.

منحنی هیدروکربن افزایشی (HCI)

منحنی HCI بر پایه منحنی HC است اما امکان افزایش دمای آتش را تا ۱۳۰۰ فراهم می‌کند.

منحنی RABT

انفجار بنزین یا محصولات نفتی معدنی، افزایش بسیار سریع دما را در شروع آتش نشان می‌دهند. چنین منحنی آتشی در توصیه‌نامه‌های آلمانی برای ابزاربندی و بهره‌برداری تونل‌های جاده‌ای (RABT) و همچنین برای طراحی اقدامات حفاظتی سازه‌ای در برابر آتش تعریف می‌شوند. دما به سرعت تا ۱۲۰۰ افزایش می‌یابد و برای حدود ۳۰ دقیقه ثابت باقی می‌ماند که بیانگر یک حالت رها شدن انرژی برای حدود ۹۰ تا ۱۰۰ مگاوات است. یک دوره سرد کننده ۱۱۰ دقیقه‌ای پس از ۳۰ دقیقه مدت زمان آتش ادامه می‌یابد و عملیات تمیز دادن آتش را شبیه سازی می‌کند.

منحنی EBA

EBA یک منحنی آتش مشابه با منحنی RABT برای طراحی سازه‌ای تونل‌های راه آهن تعریف کرده است. افزایش و کاهش دما در جایی که دمای حداکثری ۱۲۰۰ برای ۳۰ دقیقه بیشتر ثابت نگه داشته می‌شد مورد ارزیابی قرار گرفت.

منحنی RWS

منحنی RWS در هلند و برای طراحی تونل‌هایی تعریف شده است که برای حمل و نقل کالاهای خطرناک مورد استفاده قرار می‌گیرند. این منحنی، حادثه‌ای شامل یک تانکر بنزین با ۴۵۰۰ لیتر بنزین را شبیه سازی می‌کند. یک بار آتش حدوداً ۳۰۰ MW در مدت ۲ ساعت آزاد می‌شود. این منحنی آتش نشان دهنده بالاترین دمای ۱۳۵۰ و بدون فاز سرد کننده مشخصی می‌باشد.

عکس برداری شد و ثبت گردید.

۳-۴- موارد رخ داده در طول آزمایش

موارد متفاوتی در طول آزمایش آتش در بخش‌های مشخصی ظاهر گردیدند که نسبتاً در طول آزمایش و با طول مدت آزمایش (مقیاس زمانی ارائه شده در دقیقه پس از شروع آزمایش) تکرار می‌شوند. جدول زمان بندی بر حسب دقیقه، بعد از شروع آزمایش:

- ۲-۵ دقیقه: اولین صداهای خرد شدن انفجاری در نمونه‌های بدون شنیده شد.
- ۶ دقیقه: اولین ترکهای کوچک در کنار سطح نمونه‌ها پدیدار شد
- ۸ دقیقه: تراکم (میعان) آب در پایین ترین نواحی نمونه‌ها
- ۱۰ دقیقه: بخار از درون ترک‌های توسعه یافته بر روی سطح جانبی فرار می‌کند
- ۱۵ دقیقه: ترک‌ها در حد اینکه دیده شوند بزرگ شده اند. در وجوه جانبی، عمق ترکهای رشد یافته در سطحی که آتش گرفته تا ۵۰ mm زیر سطح بالایی دیده می‌شود.
- ۲۰ دقیقه: آب با فشار از نمونه‌ها بیرون می‌زند و بخار هم فرار می‌کند (به اصطلاح بتن عرق می‌کند)
- ۳۰ دقیقه: در نمونه بدون الباف هیچ صدایی از خرد شدن انفجاری به گوش نمی‌رسد.
- ۶۰ دقیقه: ترکها تقریباً باعث شکستن بتن به تکه‌های مختلف می‌شوند
- ۷۰ دقیقه: میعان آب و فرار بخار به طور محسوسی کاهش یافته است
- ۱۲۰ دقیقه: ترکها پس از ۶۰ دقیقه اخیر بدون تغییر ماندند و هیچ تغییری تا پایان آزمایش نکردند.

۳-۵- نتیجه گیری

آزمایش نشان داد که در نمونه‌های بدون پروپیلن با بالا رفتن سریع دما خرد شدن انفجاری شدیدی در ۱۰ دقیقه اول آزمایش رخ داد جایی که منحنی آتش RWS از دمای ۱۲۰ درجه تجاوز می‌کند. صداهای خرد شدن به طور منظم در فواصل زمانی کوتاه قابل شنیدن بودند. بعد از حدود ۱۰ دقیقه، فاصله زمانی بین صداهای خرد شدن بیشتر شد و شدت صداها هم کاهش یافت. همه خرد شدن‌های به طور انفجاری بعد از ۳۰ دقیقه تمام شد.

جدول ۳، ارزیابی خرابی نمونه‌ها بعد از اولین آزمایش‌های آتش

شماره مکعب بتنی	خرابی گرم (خرد شدن)	خرابی سرد (پوسته پوسته شدن)	بیشینه عمق خرابی (mm)
۱/۲	قسمتی خراب شد	سطح سوخته کاملاً خراب شد	۲۰

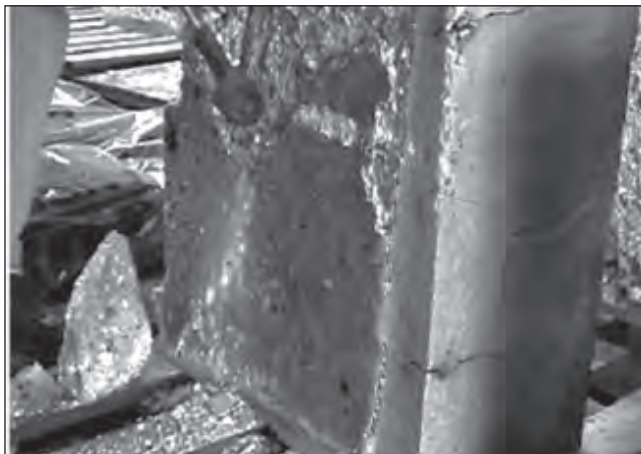
۱۰	بدون خرابی	قسمتی خراب شد	۲/۴
۱۰	خرابی ناچیز	خرابی ناچیز	۵/۶
۱۵	خرابی ناچیز	قسمتی خراب شد	۷/۸
۰	بدون خرابی	بدون خرابی (سطح هنوز پابرجاست)	۹/۱۰
۱۰	خرابی ناچیز	قسمتی خراب شد	۱۱/۱۲
۱۵	بدون خرابی	قسمتی خراب شد	۱۳/۱۴
۱۵	خرابی ناچیز	خرابی ناچیز	۱۵/۱۶
۷۰	خرود ترک خورد	سطح سوخته، کاملاً خرد شد، تمام نمونه‌ها تکه‌هایی شکسته شد	۱۷/۱۸
۶۰	خرود شد	سطح سوخته، کاملاً تکه‌هایی شکسته شد	۱۹/۲۰

در نتیجه، نمونه‌های مصنوعی، خرد شدن بتن را به طور محسوسی کاهش دادند. نمونه‌های مسلح شده با طول ۲۰ میلیمتر و مقدار ۲ کیلوگرم در متر مکعب، زمانی که در پایان آزمایش از کوره بیرون آورده شدند، در سطح سوخته شان خرابی‌ای تنها به اندازه کف دست داشتند.

نمونه‌های با الباف PP به طول ۱۲ میلیمتر همانند نمونه‌های با الباف PP به طول ۶ میلیمتر (با یک مقدار الباف به کار رفته در نمونه‌ها) هیچگونه خرد شدگی را مستقیماً بعد از آزمایش نداشتند. روز بعد (یعنی بعد از سرد شدن کامل) سطح سوخته نمونه‌ها بار دیگر آزمایش شد. ملاحظه شد که بتن با الباف PP به طول ۲۰ میلیمتر و ۱۲ میلیمتر به دلیل خرد شدنی که به خرد شدن سرد معروف است، دارای خرابی در سطح سوخته می‌باشد (شکل ۱۱). در حالیکه در نمونه‌های مسلح شده با الباف به طول ۶ میلیمتر هیچ خرد شدن سردی مشاهده نشد (شکل ۱۲). حتی ضربات آرام چکش نیز هیچ ریزشی را در سطح سوخته موجب نشد.

در باره اثرات الباف مصنوعی اینگونه می‌توان نتیجه گرفت که ظرافت البافها پارامتر تعیین کننده‌ای برای مفید بودن اثر این نوع البافها بر بتن ضد حریق است. موثرترین الباف در آزمایش، FINRIN 623 بود که ظریفترین نوع الباف به طول ۶ میلیمتر و قطر ۱۸ میکرون می‌باشد. لذا ثابت شد که الباف کوتاه و باریک یا به بیانی دیگر اساساً فقط نوع‌های با کمیت بالا (تعداد الباف در کیلوگرم)، برای افزایش مقاومت بتن در برابر آتش مفیدند.

در جایی که مقدار (دوز) البافها متفاوت بود (نمونه‌های ۳ و ۴ و ۱۳ و ۱۴) دیده شد که عمق ریزش سرد، در موقع استفاده ۲ کیلوگرم بر مترمکعب از الباف، به حدود ۵۰٪ کاهش یافت. لیکن نمونه‌های با مقدار ۱ کیلوگرم بر مترمکعب الباف هم هیچ خرد شدنی را مستقیماً بعد از آزمایش نشان ندادند. بنابراین می‌توان مقدار ۱ کیلوگرم بر مترمکعب را حداقل مقداری دانست که می‌تواند برای جلوگیری از خرد شدن انفجاری مفید باشد. شرایط مختلف نگه داری نمونه‌ها (نمونه‌های شماره ۳ و ۴ و ۱۱ و ۱۲) تاثیر محسوسی بر عمق خرد شدن داشتند. نمونه‌هایی که بطور پیوسته زیر آب نگاه داشته



شکل ۱۱- سطح نمونه شماره ۱۵ پس از سرد شدن، نشان دهنده خرد شدن سرد شدن تحت ضربه‌های سبک



شکل ۱۰. تست کوره در IBS در لینز اتریش

یک تونل دو خطه راه آهن در شهر وین بوده و آزمایش آتش در آن تا حداکثر ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد برای مدت حداقل ۹۰ دقیقه و مرحله خنک شدن خطی به مدت ۹۰ دقیقه انجام شده است. این آزمایش با در نظر گیری شرایط موضعی این تونل از قبیل سطح مقطع تونل، شیب طولی و تفاوت آب و هوایی میان پرتالهای ورودی و خروجی تونل انتخاب شده است. بار آتشی حدود ۵۰۰ مگاوات در این آزمایش آتش در تونل ایجاد می شود. شروع مرحله خنک شدن بعد از ۹۰ دقیقه اعمال بار کامل آتش، شروع عملیات مهار آتش را مشابه سازی می کند.

۴-۲-۳- الیاف مورد استفاده

تنها پلی پروپیلن در برنامه آزمایش اصلی مورد استفاده قرار گرفت، اما یک مجموعه شامل 30 kg/m^3 فولادی (۶۰ میلی متر طول و قطر ۰/۷۵ میلی متر) اضافه گردید. الیاف PP ظرفیتی از آنچه که در سلسله آزمایشات اولیه استفاده شده بود انتخاب شد. الیاف FIBRIN 6/5 برای افزایش مقاومت بتن در برابر آتش استفاده شد. (بر اساس مشخصات کارخانه ای این الیاف طول ۶ میلی متر و قطر ۱۶ میکرون دارد). مقدار استفاده شده از این الیاف ۱/۵ و ۳ کیلوگرم بر مترمکعب بود (به ترتیب ۰٪، ۱/۴٪ و ۲/۷٪ حجم)

۴-۲-۴- تسلیح

در نمونه های مسلح شده، میلگردهای ۱۴ میلی متری در فاصله های مورب ۱۰۰ میلی متری به صورت ترکیبی با و میلگردهای ۲۰ میلی متری و در فاصله های ۱۰۰ متری در جهت قطری استفاده شدند. پوشش ۴۵ میلی متری بتن برای اولین لایه تعیین شد که در عمق ۵۰ میلی متری قرار دارد. تسلیح در لایه های تکی به صورت مورب چیده شد. نمونه های شماره ۲۹ و ۳۰ مش AQ50 (96/1) cm^2/m به عنوان لایه اول داشتند و آرماتور استاندارد به عنوان لایه دوم به ترتیب در عمق ۱۱۰ میلی متر و ۱۲۰ میلی متر قرار گرفت. دو نمونه تسلیح شده سنگین نیز با ۴ لایه آرماتور ساخته شدند (نمونه های ۵۴ و ۵۵):

- لایه ۱- آرماتور به قطر ۱۴ میلی متری در فاصله ۱۰۰ میلی متری، عمق لایه ۵۰ میلی متر
- لایه ۲- آرماتور به قطر ۲۶ میلی متری در فاصله ۷۵ میلی متری، عمق لایه ۶۰ میلی متر
- لایه ۳- آرماتور به قطر ۱۴ میلی متری در فاصله ۹۰ میلی متری، عمق لایه ۸۰ میلی متر
- لایه ۴- آرماتور به قطر ۲۶ میلی متری در فاصله ۷۵ میلی متری، عمق لایه ۱۰۰ میلی متر

۴-۲-۵- پیش تنیدگی

برای شبیه سازی نیروهای نرمال در سازه تونل، پیش تنیدگی به ترتیب ۱/۱۶ و ۹ مگاپاسکال در راستای عرضی اعمال شد. بنابراین ۱/۱۶ مگاپاسکال تنش فشاری

شده بودند گرایش بیشتری به خرد شدن انفجاری داشتند چرا که طبیعتاً بتن در این حالت رطوبت بیشتری دارد.

در جریان این سری از آزمایشات الگوی شکل گیری نوعی ترک دیده می شود که واقعا مستقل از میزان دوز الیاف بود. شکل ۱۳ نمونه شماره ۱۸ (چپ - بتن ساده) و شماره ۱۱ (راست - با الیاف PP 2 کیلوگرم بر مترمکعب) را نشان می دهد. ابعاد نمونه ها در گسترش و شکل گیری ترک ها تاثیر بسزایی دارد. واضح است که نمونه ها خیلی کوچک بودند که نتوانند تعداد یافته های کافی بدست بدهند زیرا با آغاز ترک خوردگی منافذ و تخلخل شروع به باز شدن کرده و بخار فرار می کند و لذا احتمالاً فرایند خردشدگی بطور کامل توسعه نمی یابد.

افزودن الیاف فولادی تاثیر بسزایی بر رفتار خرد شدن، طی این سلسله از آزمایشات نداشت. لذا به عنوان یک نتیجه میتوان گفت که روش آزمایش ارائه شده برای نشان دادن این مطلب که الیاف ظرفیت پروپیلن بطور کلی برای جلوگیری از خرد شدن انفجاری کافی اند، مناسب می باشد.

۴- برنامه آزمایش اصلی

۴-۱- کلیات

پس از تکمیل اطلاعات اولیه تصمیم گرفته شد که فرایندهای خرد شدن به سمت واقعیات سوق یابد و در نمونه های بزرگتر بررسی شود. یک پارامتر متغیر جامع بر اساس نتایج مجموعه آزمایش های اولیه شامل یک شبیه سازی واقعی از نیروهای نرمال در سازه های تونل انتخاب گردید. مدت پروژه برای این دومین بررسی از نوامبر ۲۰۰۱ تا ژانویه ۲۰۰۴ بود.

۴-۲- پارامترهای مختلف

۴-۲-۱- نمونه سازی

تعداد ۶۲ نمونه بزرگ مقیاس با اندازه های $1400 \times 1800 \times 100$ میلی متر مربع تولید شد.

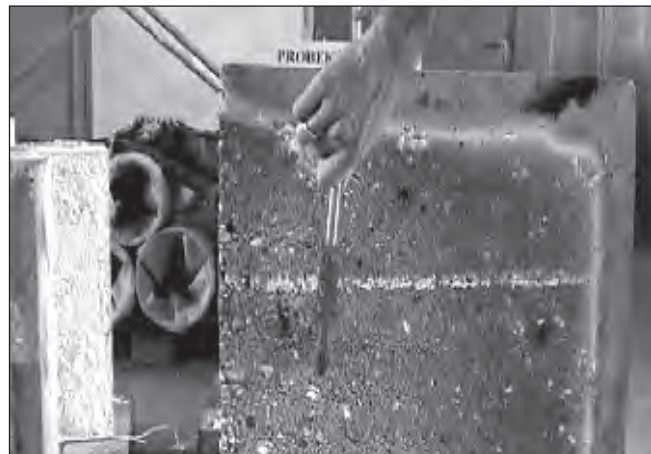
ضخامت نمونه ها ۵۰۰ یا ۳۰۰ میلی متر بود. تمام نمونه ها در سایت های رایج در تونل بزرگراه در A8، بخش پیمانکاری Steinhaus/Wels و تونل راه آهن Lainz در وین اتریش قالب گیری یا اسپری شدند. آزمایش های آتش در IBS در Linz اتریش انجام گردید.

۴-۲-۲- منحنیهای آتش

منحنیهای درجه حرارت آتش از نوع RWS120، RWS180، ETK240 و Lainz180 انتخاب شدند. اعداد بعد از نوع منحنیها نشان دهنده زمان کلی آتش به دقیقه می باشند. نوع Lainz180 مربوط به منحنی برجای تونل Lainzer است که



شکل ۱۳. شکل گیری ترک رایج در خلال آزمایشات آتش



شکل ۱۴. سطح نمونه شماره ۱۰ بعد از سرد شدن. هیچ ریزشی را نشان نمی هد

این المان‌ها جوش شده بود که به سمت قرائت سنج فشار متر در وجه پشتی نمونه‌ها سوق می‌دهد.

۴-۴-۳- پایش صوت

تبله شدگی به صورت صوتی در طول آزمایش آتش و پس از آن پایش شد. اندازه گیری‌های صوتی از فرایند خرد شدگی توسط میکروفن‌های ویژه‌ای که در نزدیکی نمونه و همچنین در محلی دور از آن در اتاق آزمایش قرار داده شده بودند، ثبت شدند. با فیلتر کردن فرکانس‌ها، تحلیل صورت گرفت.

۴-۴-۴- فرایند پایش تنیدگی

جهت یافتن اثر حرارت بر کاهش پایش تنیدگی حین آتش، نیروهای تاندون‌ها مورد پایش قرار گرفتند.

۴-۴-۵- عمق تبله شدگی و آنالیز خرابی

پس از آزمایش، حداکثر عمق تبله شدگی برای هر نمونه اندازه گیری شد و برای هر عمق لایه در سطوح آسیب دیده، تدابیر مربوطه اتخاذ شد.

۴-۴-۶- کیفیت تبله شدگی و کاهش رطوبت

جرم بتن تبله شده با وزن نمونه‌ها قبل و بعد از آزمایش، و همچنین وزن قسمت‌های تبله شده بتن، تعیین شد. کاهش رطوبت نیز پس از آن محاسبه می‌گردد.

۴-۴-۷- مقاومت باقیمانده بتن

مقاومت باقیمانده بتن بوسیله مغزه گیری که بعد از آزمایش آتش انجام شد، تعیین گردید. مغزه گیری به قطر ۱۰۰ میلیمتر در جهت قائم و در راستای اتصال در سراسر ضخامت نمونه‌ها انجام شد. در راستای افقی (در سطح نمونه‌ها)، مغزه‌هایی به اندازه میلیمتر مربع در عمق‌های مختلف سراسر نمونه‌های آتش گرفته، برداشت شد.

۴-۵- پیشامدهای حین آزمایش

برخلاف آزمایشات اولیه تا ۴ دقیقه بعد از شروع هر آزمایش هیچ صدای خرد شدن قابل شنود نبود. اما به محض شروع خردشدگی تا ۶۰ دقیقه بعد از شروع آزمایش صدای خرد شدن انفجاری به طور پیوسته به گوش می‌رسید. بین دقیقه‌های ۶۰ تا ۸۰ پس از شروع آزمایش، صداهای خرد شدن انفجاری بلندی به گوش رسید. این صداهای واضح تا پایان آزمایش وجود داشتند. بعد از حدود ۴۰ دقیقه اولین ترک‌ها در نمونه‌ها ظاهر شدند. حدود ۲۰ دقیقه بعد، بخار آب از میان ترک‌ها خارج شد و آب نیز با فشار از نمونه خارج شد. (به خصوص در نواحی بین قالب فولادی و بتن و از میان ترک‌ها). پس از اتمام آزمایش، حسگرهای حرارتی درون نمونه‌ها همچنان افزایش در حرارت را نشان می‌دهند. این اثر "اثر باز حرارتی" نامیده می‌شود.

۵- نتایج

۵-۱- کلیات

۵-۱-۱- افزایش درجه حرارت

شکل‌های ۱۵ و ۱۶ منحنی آتش RWS120 مورد نظر و حرارت اندازه گیری شده در کوره آتش را نشان می‌دهند. علاوه بر این، توزیع حرارت در مقابل زمان برای نمونه‌های شماره ۱۴ و ۱۷ برای نقاط اندازه گیری شده مختلف نشان داده شده است. هر دو پائل شرایط ترکیب و ذخیره یکسانی دارند، به طوری که نمونه شماره ۱۷، ۳ کیلوگرم بر متر مکعب الیاف نوع PP داشت و نمونه شماره ۱۴ از بتن ساده تشکیل شده بود.

در بتن ساده بعد از حدود ۱۰ دقیقه آتش گرفتن شاهد بالا رفتن سریع دما در نمونه‌ها بودیم (شکل ۱۵). دما در نقاط اندازه گیری شده ی درونی بسته به مکان و عمق درون دیواره، به سرعت به دمای کوره رسید. بالا رفتن سریع دما به دلیل خرد شدن انفجاری در محل خرابی سطح و پوشش محافظ بتن از بین رفته بود، وجود داشت و برای همین هم بالا رفتن ناگهانی دما در حسگرها ثبت شد. تفاوت بین دمای کوره و منحنی آتش RWS120 هم به دلیل خرد شدن انفجاری بود. یعنی از سرد شدن ناشی از خروج آب و یا بخار آب که در حین تبله شدگی آزاد شدند. برخلاف

ناشی از بار مرده پوشش تونل و ۹ مگاپاسکال تنش فشاری کل بار وارده از پوشش تونل را شبیه سازی کرد. بعلاوه، پیش تنیدگی ۵/۰ مگاپاسکال در راستای طولی اعمال شد.

۴-۲-۶- شرایط متفاوت انبار کردن نمونه‌ها

جهت تعیین اثر اشباع (پر) شدن حفرات بر خرد شدگی انفجاری، سه نوع شرایط مختلف انبار کردن مورد آزمایش قرار گرفتند:

آب - جهت شبیه سازی شرایط پر شدگی حفرات؛ تا قبل از آزمایش زیر آب نگه داشته شد.

خشک کردن با هوا - جهت شبیه سازی یک حالت مرطوب در موقعیتی معادل با محیط اطراف؛ تا قبل از آزمایش در معرض هوا قرار گرفت.

خشک کردن با حرارت - جهت شبیه سازی مؤثنتگی حفرات سیستم در حالت خشک؛ نمونه‌ها در معرض هوا قرار داده شده و همچنین با اعمال حرارت خشک شدند.

۴-۲-۷- مقاومت بتن

بر اساس طرح اختلاط استاندارد که در تونل فعلی استفاده شده بود، طرح اختلاط‌های متفاوت بتن (مقاومت ۳۰ و ۴۰ مگاپاسکال) بررسی شدند. در مخلوط‌ها سیمان پرتلند نوع I CEM II و CEM II استفاده شد. علاوه بر این، خاکستر بادی و میکروسیلیکا نیز استفاده شدند، به طوری که:

مقدار سیمان بین ۲۴۰ و ۴۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب

مقدار Binder بین ۳۱۵ و ۴۶۰ کیلوگرم بر مترمکعب

مقدار آب بین ۱۵۶ و ۱۶۵ لیتر بر متر مکعب

مقدار هوا بین ۲.۶ و ۶.۹ درصد (در بتن تازه)

مقاومت فشاری نمونه برای بتن معمولی بین ۳۲ تا ۵۲ مگاپاسکال و برای بتن با مقاومت بالا بین ۵۶ تا ۶۶ مگاپاسکال می‌باشد.

۴-۲-۸- سنگدانه‌ها

بتن با سنگدانه‌های کلسیتی در مقابل بتن با سنگدانه‌های کوارتزی در آتش رفتار بهتری از خود نشان می‌دهد، که دلیل آن کشیدگی مستقل از حرارت کمتر در سنگ آهک است. در میان سنگدانه‌های مختلف، نوع کوارتزی و کلسیتی انتخاب شدند تا اثر خاص آن‌ها بر وضعیت خرد شدن بررسی شود.

۴-۲-۹- شاتکریت

معمولاً شاتکریت به عنوان یک پوشش اضافی در عملیات ترمیم اضافه می‌شود تا مقاومت سازه را در برابر حریق افزایش دهد. در چارچوب این آزمایش یک لایه شاتکریت به ضخامت ۶۰ میلیمتر بر دو نمونه شماره ۶۱ و ۶۲ اجرا شد.

۴-۳- کوره آزمایش

کوره از بلوک‌های بتنی متخلخل ساخته شده و محفظه آتش با بلوک‌های chamotte پوشانده شده بود. یک لایه عایق از پرزهای معدنی بین بلوک‌های بتن متخلخل و لایه chamotte قرار داده شد (شکل ۱۴ را ببینید). ابعاد محفظه آتش بودند. کوره از طریق یک حفره به قطر ۲۵۰ میلیمتر در ضلع کوچکتر آتش شد. آتشدان نفتی با سوخت سبک انفجاری مورد استفاده قرار گرفت.

۴-۴- شروع آزمایش و پایش

۴-۴-۱- دما

جهت اندازه گیری دمای درون کوره و توزیع حرارت درون پائل‌ها، یک سیستم پایش کامپیوتری اه اندازه‌گیری شد. دمای درون کوره توسط المان‌های حرارتی بدست آمد. از این داده‌ها برای کنترل آتشدان استفاده شد و هر ۲ دقیقه داده برداشت می‌شد.

۴-۴-۲- فشار بخار

ایجاد فشار بخار توسط حسگرهای فشار در ۵ لایه در عمق‌های مختلف نمونه‌های منتخب زیر نظر گرفته شد. حسگرها شامل یک پائل فلزی، متخلخل بودند که در یک صفحه فولادی نصب شده بود. یک لوله با دهان ورودی ۱ میلیمتر در ضلع پشتی

آنچه انتظار میرفت، در بتن مسلح با الیاف، افت بسیار کم و افزایش دمای درونی یکنواخت تری را در طول آزمایش داشتیم. جاییکه بیشینه دمای ۳۰۰ درجه در پایان قسمت و بعد از ۲ ساعت آتش زایی بدست آمد، هیچ خرد شدن انفجاری در نمونه رخ نداد. بنابراین پوشش محافظتی بتن در طول آزمایش کاملاً کارآمد باقی ماند و منجر شد تا دمای درونی دیواره در مقایسه با بتن ساده به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر باشد (شکل ۱۶).

جهت دقیق تر نشان دادن نفوذ حرارت، نمودار شکل ۱۶ با یک محور Y ثانوی اصلاح شد، محور سمت چپ مربوط به حسگرهای حرارتی درون قطعه است، در حالی که محور سمت راست مربوط به منحنی آتش target RWS120 و دمای اندازه گیری شده درون کوره می‌باشد. جهت کسب اندازه گیری‌های دقیق تر برای نمودار حرارتی، حسگرهای حرارتی بیشتری درون این نمونه قرار داده شدند. موقعیت حسگرها را می‌توان از عنوان نمودارها دریافت. به عنوان مثال، M6 cm به معنی موقعیت مرکزی در عمق ۶۰ میلیمتری؛ E5 cm به معنی موقعیت گوشه و در عمق ۵۰ میلیمتری می‌باشد.

مقایسه دمای درون نمونه‌های با مقدار الیاف مختلف از شکل ۱۸ می‌تواند بدست آید. این مقایسه گسترش دما را در عمق ۵۰ میلیمتر (در اولین لایه آرماتور) نشان می‌دهد. نمونه‌های حاوی ۳ کیلوگرم بر مترمکعب الیاف PP (شماره ۱۷ و ۱۸) پایین ترین دماها و نمونه‌های حاوی ۵/۱ کیلوگرم بر مترمکعب الیاف PP (شماره‌های ۷ و ۸) بیشترین دماها و ۳ کیلوگرم بر مترمکعب الیاف فولادی مقداری بینابین را نشان می‌دهد. باید متذکر شد که در نمونه شماره ۸ بیشترین عمق تباه شدن (۸۰ میلیمتر) رخ داد زیرا آرماتور در لایه مذکور کاملاً در معرض آتش قرار گرفت. بنابراین میتوان گفت که مقدار ۵/۱ کیلوگرم بر مترمکعب کمترین تاثیرگذاری را دارد.

۱-۲- افزایش فشار بخار

در دمای حدود ۱۰۰ درجه مشاهده شد که خط گسترش دما رو به خطی شدن گذارد و افزایش قابل ملاحظه‌ای در فشار ثبت شد (شکل ۱۹ و ۲۰). این اثر به دلیل تبخیر آب منفذی آزاد در دمای ۱۰۰ درجه است. تبخیر آب منفذی موجب بالارفتن فشار بخار می‌گردد و به دلیل مصرف انرژی اثری سرمازا نیز دارد. بعد از رسیدن به مقدار حداکثر به دلیل اینکه آب یا رطوبتی باقی نمانده است، فشار بخار کاهش می‌یابد.

۱-۳- گسترش تباه شدگی

با توجه به بخش ۵.۱.۱ توسعه تباه شدگی برای نمونه شماره ۱۴ ارائه شده است. شکل ۲۱ نمونه را پس از آزمایش آتش نشان می‌دهد. حداکثر عمق تباه شدگی پس مستقیماً پس از آزمایش آتش، ۲۵۰ میلیمتر و پس از خنک شدن (خردشدگی پس از سرد شدن)، ۳۲۰ میلی متر اندازه گیری شد. شکل ۲۲ طرح اعماق تباه شدگی را برای نمونه شماره ۱۴ نشان می‌دهد. خطوط شکل در گام‌های ۵۰ میلیمتر رسم شده اند. آتش‌دان در بالا قرار دارد (محور ۱)، و لوله خروجی پایین مستقر است (محور ۷). یواره را بعد آزمایش آتش نشان می‌دهد. عمق بیشینه خرد شدن ۲۵۰ میلیمتر ثبت شد و عمق بیشینه ریزش ۳۲۰ میلیمتر پس از سرمازایی (خرد شدن ناشی از سرد شدن) اندازه گیری شد.

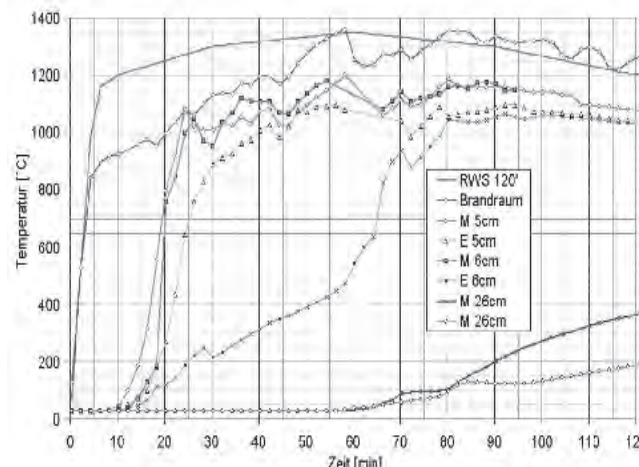
۲-۵- اثر الیاف مصنوعی

با ذوب شدن تحت آتش (اگر ظرفیت و مقدار الیاف به اندازه مناسبی بالا باشد) الیاف، شبکه حفارتی را برای انتقال بخار آب بوجود می‌آورند. این کانال‌های به وجود آمده، نمی‌توانند حفارت بیشتری ایجاد کنند، اما شبکه به گونه‌ای توسعه می‌یابد که حفارت موجود را به هم متصل سازد (در مقایسه با شکل ۱۹). شکل شماره ۲۳ چنین مسیر ارتباطی را که بین حفارت توسط الیاف ذوب شده را نشان می‌دهد (سطح صاف در قسمت راست شکل دیده می‌شود).

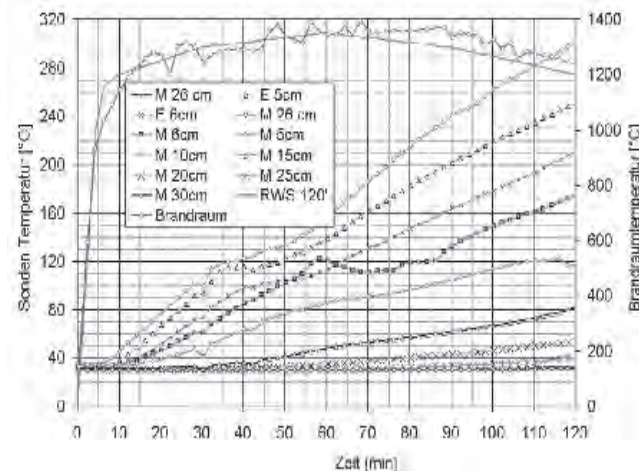
اثر سرد شدگی ناشی از خروج بخار، با افزایش نفوذپذیری بتن حاصل می‌شود. این امر منجر به کاهش حرارت درون بتن می‌گردد. هر مقدار مرغوب تر باشند، اثر آن قوی تر خواهد بود. در این آزمایش نوع pp 615-FIBRIN@ استفاده شد که قطر آن ۱۶ میکرون و طول ۶ میلیمتر است که باعث می‌شود ۹۱۶ میلیون در واحد



شکل ۱۴. کوره با نمونه مورد آزمایش که درون محل قرار داده می‌شود.



شکل ۱۵. اندازه گیری دما برای نمونه شماره ۱۴ (بتن ساده). خرد شدن انفجاری حجیمی رخ داد.



شکل ۱۶. اندازه گیری دما برای نمونه شماره ۱۷ (pp 3kg/m³). هیچ خرد شدن انفجاری رخ نداد.

کیلوگرم جای گیرند (هر ۹۱۶ میلیون یک کیلوگرم می‌شوند) که سبب افزایش کارایی آن‌ها می‌شود.

۵-۳- تاثیر الگوی تسلیح

فرض می‌شود که چینش خاصی از آرماتورها می‌تواند خرد شدن انفجاری را متوقف کند. بدین معنی که اولین لایه محافظ محافظ بتن و لایه تقویتی در محلی ساخته می‌شوند که قوس‌های پشتیبان بین میلگردها ایجاد می‌شوند. در این سری از آزمایشات فقط میلگردهای به قطر ۲۰ میلیمتر با فاصله ۱۰۰ میلیمتر قادر به کند کردن موقت تبلگی بودند، اما نتوانستند این فرایند را کامل متوقف کنند. تنها الگوهای تقویتی با فاصله کم بین میلگردها (که می‌توانند در عمق بتن مهار شوند) می‌توانند به ساخت قوس‌های پشتیبان در پشت لایه تقویتی کمک کنند که قادر است از تبله شدگی پیوسته در لایه‌های عمیق تر جلوگیری کند (شکل ۲۴ را ببینید).

۵-۴- تاثیر پیش تنیدگی

مشاهده شد که سطح فشرده نمونه شماره ۷ دماهای بالایی را در طی آزمایش تجربه کرد. شکل ۲۵ دمای اندازه گیری شده را در اولین لایه آرماتور در عمق ۵۰ میلیمتر نشان می‌دهد. نمونه ۷ پیش تنیدگی ۹ مگاپاسکال داشت در حالی که نمونه شماره ۱۶ تنش کششی را در سطح سوخته اش تجربه کرد. ناحیه کششی که قبلا جذب شده بود باعث فرار بخار آب از میان ترک‌ها شد که این امر به علت از دست دادن انرژی باعث خنک شدن می‌گردد. جلوگیری از کشش همراه با نیروهای معمول وارد بر سازه منجر به افزایش تنش‌های فشاری در سطح آتش گرفته می‌گردد. چون تحت بار حرارتی مصالح کش می‌آیند و ترک‌های موجود بسته می‌شوند، بدین معنی که مناسب ترین راه خروج آب بسته می‌شود. در پی آن، دمای درون بتن به سرعت بالا رفته که منجر به بالا رفتن احتمال انفجار می‌گردد. حداکثر عمق خرابی در نمونه‌ها یکسان بود، در حالی که هر دو قطعه کاملاً ترک خورده بودند و فرایند تبله شدن به علت کاهش پیش تنیدگی یا حرکت مقطع عرضی باقیمانده، متوقف گشت.

۵-۵- تاثیر رطوبت

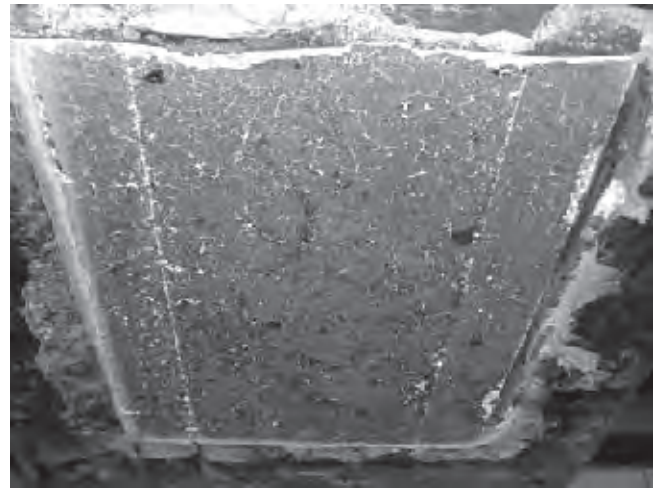
نگهداری نمونه‌ها در زیر آب، رطوبت زیادی در آنها بوجود آورد و منجر به ایجاد دمای کمتر درون نمونه‌ها می‌گردد. شکل ۲۶، تفاوت دمای اندازه گیری شده را تا ۱۰۰ درجه (حدود ۳٪) بعد از ۱۲۰ دقیقه و در عمق ۵۰ میلیمتر (اولین لایه آرماتور) نشان می‌دهد.

رطوبت بتن عامل اصلی کنترل رفتار تبله شدن است زیرا فشار بخار در دماهای بالا، بیشتر می‌شود. به علت دشواری تنظیم رطوبت نمونه‌ها، تفاوت‌هایی در حداکثر عمق تبله شدگی درون زوج نمونه‌ها وجود دارد (شکل ۲۷ را ببینید). شکل ۲۷ تاثیرات مفید الیاف PP را بر عمق تبله شدن نشان می‌دهد (نمونه‌های ۷ و ۸ و ۱۵ و ۱۶).

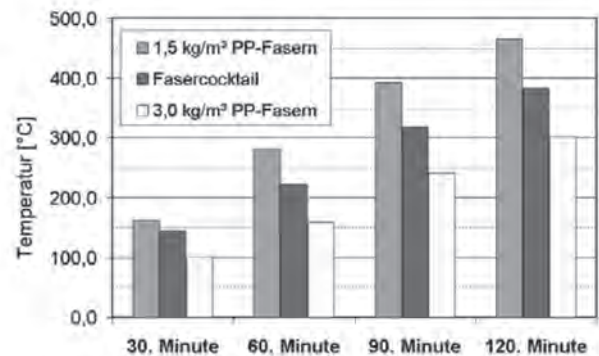
۵-۶- تاثیر درجه حرارت بتن

رده‌های مختلف مقاومتی بتن هیچ اثر قابل ملاحظه‌ای بر نحوه نفوذ حرارت ندارد، خصوصاً زمانی که به مقدار زیادی استفاده شد. همچنین لازم به ذکر است که در مقایسه با رطوبت، درجه حرارت بتن اثر کمی دارد.

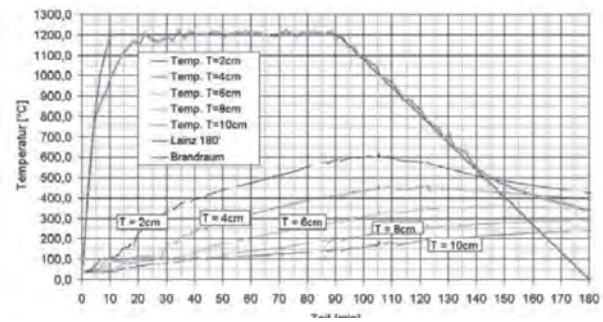
نمی‌توان رابطه مستقیمی بین مقاومت بتن و رفتار تبله شدگی را از مجموعه آزمایش‌های انجام شده استخراج کرد، به جز نمونه‌های شماره ۲۱ و ۲۲ که از بتن بسیار مقاوم بودند (مقاومت فشاری ۶۶ مگاپاسکال) که متفاوت با سایر نمونه‌ها بودند. فرایند خرد شدن حتی پس از شکست نمونه‌ها و یا حتی ترک خوردن آن‌ها نیز مشاهده شد (به این معنی که فشار بخار نمی‌تواند به طور کامل از شبکه متراکم خارج شود). عمق میانگین تبله شدگی ۲۲۵mm تعیین شد (در قیاس با مقدار تقریبی، اگر ضخامت نمونه‌ها ۵۰۰mm باشد، این مقدار میانگین ۳۸۰mm خواهد



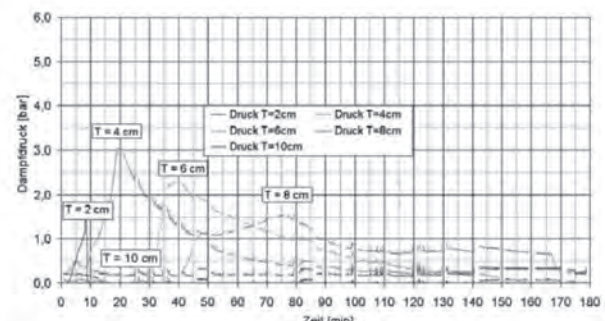
شکل ۱۷- سطح سوخته نمونه شماره ۱۷ بعد از آزمایش



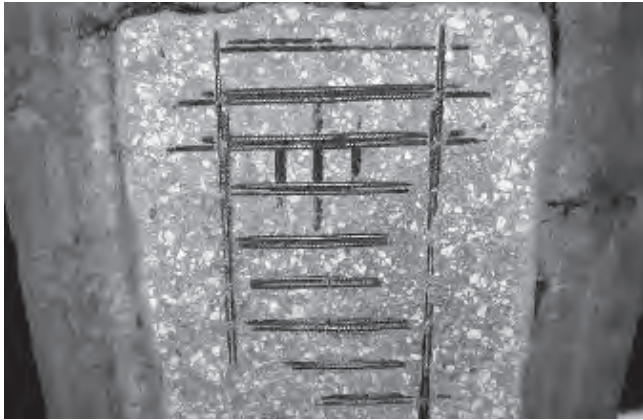
شکل ۱۸- توسعه دمای وابسته به زمان در نمونه‌هایی با محتوای مختلف - عمق لایه ۵۰ میلیمتر



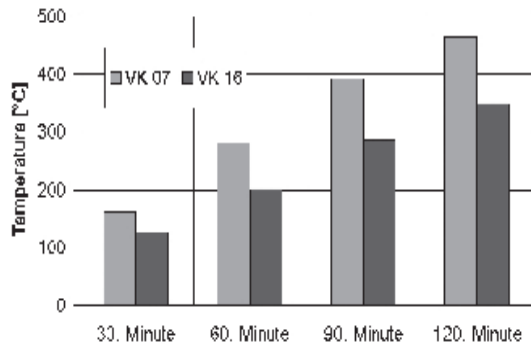
شکل ۱۹- دماهای مطلق در عمق‌های مختلف (نمونه شماره ۳)



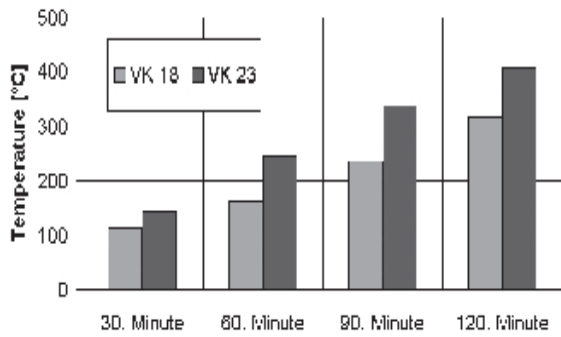
شکل ۲۰- فشاربخار در عمق‌های مختلف (نمونه شماره ۳). عمق لایه‌های مختلف سنسورها در ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی متری نشان داده می‌شود.



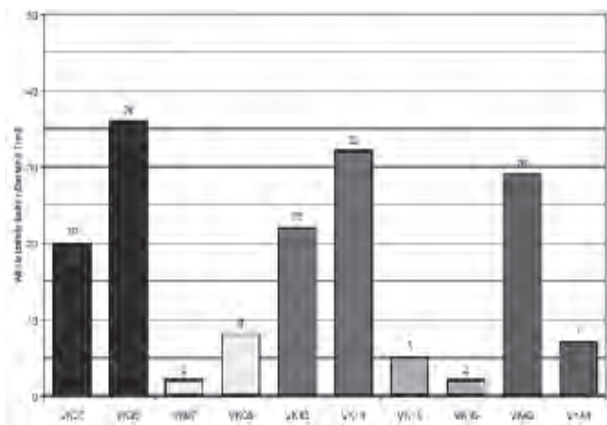
شکل ۲۴- خردشدن توسط آرمانتوربندی قوی مهار شد. (نمونه شماره ۵۱)



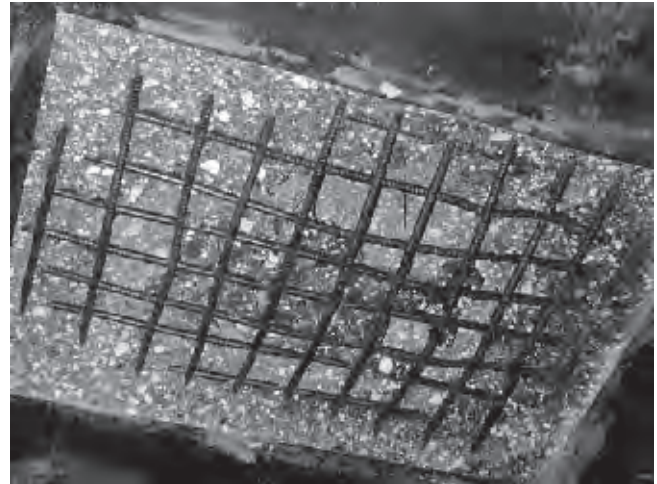
شکل ۲۵- تفاوت‌های دمای اندازه‌گیری شده در بتن به علت پیش‌تیدگی مختلف. عمق لایه ۵۰ میلی‌متر



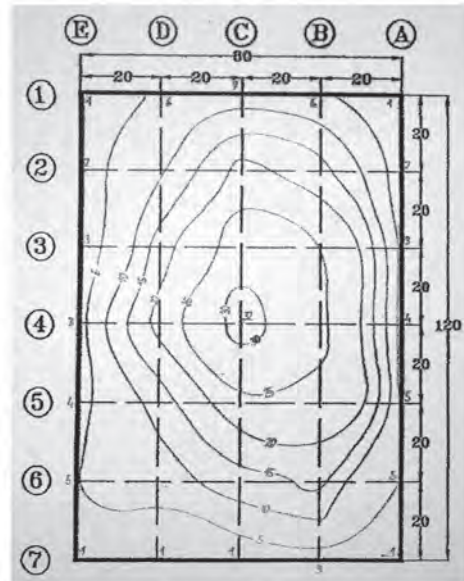
شکل ۲۶. دماهای اندازه‌گیری شده در بتن‌های متفاوت (بتن‌های با رطوبت متفاوت). عمق لایه : ۵۰



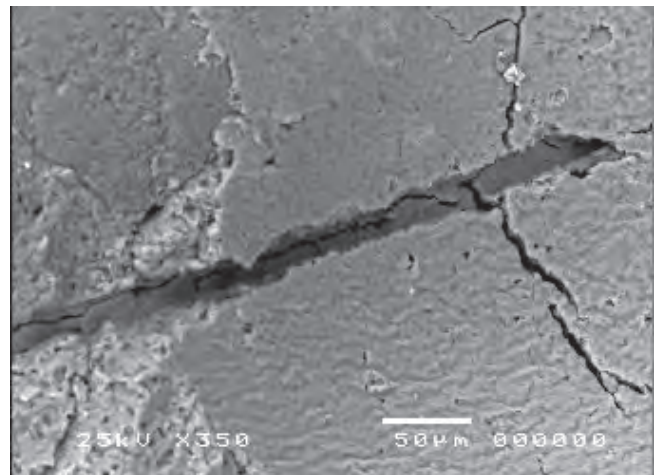
شکل ۲۷. بیشینه عمق‌های خرد شدن متفاوت (CM)، بدلیل رطوبت‌های اولیه متفاوت. (بعد از سرد شدن)



شکل ۲۸- نمونه شماره ۱۴ بعد از آزمایش و نشان دهنده خردشدن بتن در سطح وسیع



شکل ۲۹- پروفیل اعماقی خرد شدن در نمونه شماره ۱۴. خطوط با فواصل ۵۰ میلی‌متر ترسیم شدند.



شکل ۳۰. عکس میکروسکوپی، نشان دهنده یک منفذ و ناحیه انتقال بین ناحیه متخلخل است که توسط ذوب شده به وجود آمده است

بتن با هوای زیاد (بتن گازی)

ایجاد سطوح محافظ بر سطح بتن

توانایی انبساط بدون محصور بودن

علاوه بر این می توان گفت که نوع سیمان و ترکیبات معدنی سنگدانه های بتن تاثیر کمی بر تباه شدن بتن دارند. به همین ترتیب نمی توان به وضوح اذعان کرد که اضافه کردن فولادی اثر مناسبی بر خرد شدن انفجاری بتن دارد. ثابت شد که بتن مسلح شده با الیاف پلی پروپیلن در هنگام آتش گرفتن خلل و فرج مناسبی را ایجاد کند. این کانال ها (خلل و فرج) به دلیل ذوب شدن الیاف ساخته می شوند که نفوذپذیری بتن را بالا می برد. علاوه بر این، ناحیه های انتقال نیز بین نواحی متخلخل ساخته می شود. در نتیجه بتن نفوذپذیرتر شده و فشار بخار آسان تر خارج می شود. از این آزمایشات فراگیر اینگونه می توان استنباط کرد که هر مقدار الیاف پلی پروپیلن ظریف تر باشد تاثیر گذاری بیشتری بر بتن دارد. PP ضخیم تر و یا حتی ماکرو (درشت) چنین اثر مطلوبی ندارند. حداقل مقدار ۱.۵ kg/m³ الیاف PP با قطر ۱۶ میکرون و طول ۶ میلیمتر به میزان کافی و قابل اطمینانی در مقابل خرد شدن انفجاری در هنگام آتش گرفتن تونل ایمن است. نتایج نشان داد که بتن با مقاومت بسیار بالا مقدار الیاف PP بالاتری نیز نیاز دارد تا اثر کاهشی مشابهی بر خرد شدن انفجاری داشته باشد. البته باید توجه داشت که خطر خرد شدن انفجاری با مناسبتر بودن مقدار الیاف به طریق مشابه می تواند کاهش یابد. براساس یافته های آزمایشات صورت گرفته، پلی پروپیلن، با دقت برای ساخت تونل های مختلفی در اتریش تعیین شده اند، به عنوان مثال تونل Bindermichl در Linz و در اجرای پوشش نهایی تونل U2/U5 در وین. علاوه بر این، این می توانند برای اجزای سازه های زیرزمینی انتخاب شوند. به عنوان مثال، به عنوان تقویت کننده ای استاندارد برای پشتیبانی از چاه (ستون) ها، کابل ها و مجراهای زهکشی.

منابع و مراجع

- Strassenforschung Bericht vom 11.12.03, 2003, (Intermediate report to the research project) December.
- Strassenforschung Bericht vom 21.01.04, 2004, (Intermediate report to the research project) January.
- Richtlinie Faserbeton, 2002, Wien: ÖVBB (Austrian guideline on fibre reinforced concrete, Austrian Society for Concrete and Construction Technology)
- Tatnall P.C., 2002, Fibre reinforced sprayed concrete: The effect on anti-spalling behavior during fires. In Modern use of wet mix sprayed concrete for underground support, Proc. Intern. Symp. On Sprayed Concrete, Davos, 22-26 September: 320-328.
- Lemmerer, J., 2002, Planung des Baulichen Brandschutzes, Vortrag J. Lemmerer, Eisenbahn-Hochleistungsstrecken Ag (Planning of the structural fire protection, presentation)
- ÖNORM B 3304, 1981, Betonzuschlaege aus natuerlichem Gestein (Austrian Standard on natural aggregates for concrete)

(بود).

مقدار 3kg/m³ pp در بتن های قوی فرایند تباه شدگی را به مقدار زیادی کاهش می دهد. در شرایط بسیار گرم، عمق میانگین تباه شدگی تقریباً به صفر کاهش یافت (مستقیماً پس از آزمایش) و پس از فرایند سرد شدن (تباه شدن سرد) تقریباً به ۲۵mm کاهش داشت.

۵-۷- تاثیر سنگدانه ها

در این بررسی نمی توان تأثیر انواع مختلف سنگدانه ها را بر فرایند تباه شدگی تشخیص داد. با این وجود، مشخص شد زمانی که ۱.۵ kg/m³ pp اضافه شد، بتن با سنگدانه های کوارتزی در مقایسه با سنگدانه های کلسیتی تغییرات کمتری را برای اعماق تباه شدن سرد دارد (کوارتزی ۳۰-۲۰ mm و کلسیتی ۷۰-۱۰ mm).

۵-۸- شاتکریت:

لایه شاتکریت بر روی نمونه های ۶۱ ۶۲ با ۲ kg/m³ پلی پروپیلن تقویت شده بود. شاتکریت نمونه شماره ۶۱ فقط به حالت اتصال به صورت مستقیم پاشیده شد در حالیکه نمونه شماره ۶۲ در لایه شاتکریت شبکه آرماتور سبک نوع AQ42 داشت که در داخل قطعه مهار شده بود.

با استفاده از منحنی آتش ۱۸۰ Lainz نمونه ۶۲ هیچ خرابی در طول تمام مدت آزمایش نداشت. پس از سرد شدن، خرد شدن اندکی تا عمق ۱۰ میلیمتر مشاهده شد. اتصال بین لایه شاتکریت و دیواره هنوز مؤثر بود به جز ناحیه های آزاد گوشه که گسیختگی ابتدایی قابل مشاهده بود. به طور خلاصه نمونه شماره ۶۱ در مقابل آتش مقاومت کرد ولی لایه شاتکریت بعد از ۸۲ دقیقه آتش زایی در سطوح وسیعی فرو ریخت. بنابراین بیشینه عمق خرد شدن به ۹۰ میلیمتر رسید. باید به این نکته نیز توجه شود که این نوع از شکست به دلیل خرد شدن انفجاری نیست بلکه به دلیل مشکلات در اتصال در سطح مشترک مش و بتن رخ می دهد.

۶- خلاصه و نتیجه گیری

تحقیقات نشان داد که خرد شدن بتن تا نرخ ۳۰۰ mm/hr می تواند به مقدار زیادی در مدت آتش سوزی توسعه پیدا کند. مواردی که برای شرایط نامطلوب است بر حسب اهمیت به شرح زیر است:

بتن با رطوبت بالا، مخصوصاً هنگامیکه بتن اصلاً قبل از آزمایش آتش سوزی خشک نشده باشد.

محدودیت در ازدیاد طول

گرادیان های بالای حرارتی

بتن با مقاومت بالا و چگال

فقدان آرماتور

Counter measure مناسب که باید به کار روند به قرار زیر است:

الیاف پروپیلن اضافه

آرماتور بندی سبک و متراکم تر که در لایه های عمیق تر مهار شده باشند.

رطوبت پایین بتن



کاربرد روش مشاهده‌ای در تونلسازی

امیر جهانشاهی^۱، مصطفی شریف‌زاده^۲، کوروش شهریار^۳، مسعود قربانی^۴

چکیده

ساخت تونل و حفاریات زیرزمینی به دلیل ناشناخته بودن زمین همواره یکی از پرهزینه‌ترین و مخاطره‌آمیزترین فعالیتهای مهندسی بوده است. مهندسين از اوایل عمر مهندسی سازه تا کنون برای غلبه بر عدم قطعیت‌ها در زمین و پایش عملکرد سازه‌ها از مشاهدات استفاده می‌کنند. در روش‌های مشاهده‌ای، طراحی نهایی سازه نگهدارنده تونل بر اساس ثبت و تفسیر اطلاعات حاصل از ابزاربندی و رفتارسنجی و مشاهدات حین حفاری و ساخت تونل انجام می‌گیرد. در این مقاله سعی شده است تا تعریف کاملی از روش مشاهده‌ای آورده شود و همچنین کاربرد این روش در تونلسازی نیز تشریح شده است. امروزه مطالعات گسترده‌ای از سوی متخصصین علوم زمین در ارائه طرحی مطمئن برای نگهداری فضاهای زیرزمینی صورت می‌گیرد که بتواند سیستم نگهداری را به گونه‌ای طراحی کند که علاوه بر ایمن بودن، از نظر اقتصادی نیز معقول باشد. نتایج این مطالعات بر ضرورت به کارگیری روش‌های مشاهده‌ای در تونلسازی تأکید دارد. این روش بعنوان روش مناسبی برای کنترل ساخت، اعتبارسنجی مدل‌های عددی و تجربی و فرضیات طراحی بکار می‌رود. مطالعه سوابق تاریخی نشان می‌دهد که این روش به خوبی به اصلی‌ترین اهدافش یعنی بهینه‌سازی طرح، صرفه‌جویی در هزینه و زمان می‌رسد و همچنین سطح ایمنی بالایی را برای پروژه تضمین می‌کند. واژگان کلیدی: تونلسازی، روش مشاهده‌ای، ابزاربندی، رفتارسنجی، تحلیل برگشتی.

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد استخراج معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲ دانشیار دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۳ استاد دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۴ دانشجوی دکتری مکانیک سنگ، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱- مقدمه

برای پیش‌بینی، رفتارسنجی، تجدیدنظر و اصلاح طرح‌ها به وسیله توسعه تئوری‌های مکانیک خاک مدرن توسط ترزاقی معرفی شد. تکنیک‌های مشاهده‌ای در این زمینه توسط ترزاقی و پک در سال ۱۹۶۷ تحت عنوان رویه مشاهده‌ای ارائه شد و بعد از آن این روش توسط پک تدوین شد و از آن به عنوان "روش مشاهده‌ای" نام برده شد. طبق نظر پک کاربرد روش مشاهده‌ای شامل مراحل زیر می‌باشد [۲]:

الف) اکتشاف کافسی برای جمع‌آوری اطلاعات در خصوص ماهیت عمومی، خصوصیات و مشخصات ساختگاه پروژه تا حد نیاز، البته ضرورتاً نه به صورت خیلی کامل.

ب) ارزیابی شرایط بسیار محتمل و تغییرات نامطلوب محتمل در این شرایط (در این ارزیابی معمولاً زمین‌شناسی نقش اصلی را ایفا می‌کند).

ج) طراحی پروژه بر اساس یک فرضیه عملیاتی از رفتار قابل انتظار و بسیار محتمل.

د) انتخاب کمیت‌هایی که باید اندازه‌گیری شوند برای پیشرفت ساخت و محاسبات مقادیر قابل انتظار آن‌ها بر مبنای فرضیه عملیاتی.

ه) محاسبات مقادیر همان کمیت‌ها تحت شرایط بسیار نامطلوب که با اطلاعات قابل دستیابی درباره شرایط سطح زمین سازگاری دارند.

و) ارائه یک دستور کار یا اصلاح طراحی برای تمامی انحرافات مهم قابل پیش‌بینی در یافته‌های مشاهده‌ای، بر اساس پیش‌بینی‌هایی که بر مبنای فرضیه عملیاتی می‌باشند.

ز) اندازه‌گیری کمیت‌های مشاهده شده و ارزیابی شرایط واقعی.

ح) اصلاح طراحی بر اساس شرایط واقعی.

در طی سالیان بعد، اصول پک توسط تعدادی از مهندسان توسعه داده شد و روش مشاهده‌ای به عنوان یک روش طراحی در کدهای طراحی، مثل EC7³ شناخته شد. بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۰ شناخت بیشتری از این روش پیدا شد و استفاده آن در محدوده وسیع‌تری از مهندسی زمین مطرح شد. در سال ۱۹۸۷ اولین آیین‌نامه EC7 توسط موسسه استاندارد انگلیس^۴ منتشر شد، در سال ۱۹۹۵ آیین‌نامه نهایی EC7 توسط این موسسه انتشار یافت، که شروط لازم برای استفاده از روش مشاهده‌ای را بیان می‌کند [۱]:

* حدود رفتاری قابل قبول زمین باید مشخص شود.

* گسترده‌گی رفتار احتمالی زمین بایستی ارزیابی گردد و نشان داده شود که احتمال قابل پذیرشی وجود دارد که این رفتار واقعی در چارچوب حدود قابل قبول می‌باشد.

* یک برنامه رفتارسنجی بایستی تهیه شود، که نشان خواهد داد رفتار واقعی در چارچوب حدود قابل قبول قرار دارد یا خیر. رفتار سنجی باید این نکته را در همان مراحل اولیه به خوبی نشان دهد. زمان عکس‌العمل برای ابزاربندی‌ها و مراحل تحلیل نتایج برای بهبود سیستم، باید به قدر کافی سریع باشد.

* یک برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های احتمالی باید تهیه شود تا اگر رفتارسنجی رفتاری خارج از محدوده قابل قبول را نشان داد، بتوان آن را اجرا کرد.

پیشرفت‌های اخیر در زمینه‌ی روش مشاهده‌ای عمدتاً مرهون پیشرفت سریع در زمینه تجهیزات الکترونیکی، تکنیک‌های پردازش و اندازه‌گیری داده‌ها می‌باشد [۳]. در جدول ۱، خلاصه‌ای از پیشرفت‌های مهم در کاربرد روش مشاهده‌ای ارائه شده است.

جدول ۱: خلاصه‌ای از پیشرفت‌های مهم در روش مشاهده‌ای [۴]

قبل از ۱۹۴۰	به صورت سعی و خطا
۱۹۴۰ تا ۱۹۶۰	اصول بیان شده توسط ترزاقی و پک

3 Eurocode 7
4 British Standards Institution (BSI)

ساخت تونل و حفاریات زیرزمینی به دلیل ناشناخته بودن زمین همواره یکی از پرهزینه‌ترین و مخاطره آمیزترین فعالیت‌های مهندسی بوده است. تنوع ویژگی‌های زمین و شرایط زمینشناسی، محدودیت‌های مهندسی پروژه و در نتیجه عدم قطعیتها باعث میشود که هر پروژه‌ی تونلسازی از نظر طراحی و ساخت، منحصر به فرد باشد. از این رو ارتقای روش‌های تحلیل و طراحی حفاریات زیرزمینی همواره مورد توجه محققان قرار داشته و توسعه و تکامل قابل توجه این روش‌ها دلیلی بر این مدعاست. با وجود این هنوز در سراسر دنیا موارد بسیاری از ناپایداری و شکست در این سازه‌ها به چشم می‌خورد. طراحان حفاریات زیرزمینی در مقایسه با طراحان سازه‌های بتنی و یا فولادی با مشکلات پیچیده‌تری مواجه هستند. مصالح مورد استفاده در سازه‌های بتنی و فولادی، ساخته دست بشر هستند و در مورد خصوصیات مشخصه آن‌ها و بطور کلی رفتار آن‌ها دید روشن‌تری وجود دارد. اما در مورد خاک یا سنگ، در تعیین خصوصیات واقعی و نحوه عملکرد آنها در شرایط مختلف، دشواری‌ها و ابهامات زیادی وجود دارد.

روش‌های موجود طراحی و تحلیل تونل‌ها را می‌توان به چهار گروه کلی روش‌های تجربی، روش‌های مشاهده‌ای، روش‌های تحلیلی و روش‌های عددی تقسیم کرد. به دلیل تعدد متغیرها و عوامل موثر بر رفتار توده خاک و سنگ در ارتباط با ابعاد پروژه، مدلسازی‌های تجربی و عددی با واقعیت تفاوت دارند. مدل‌های محاسباتی هم‌چون ماشین‌هایی عمل می‌کنند که ورودی آن‌ها پارامترهای موثر بر سازه بوده و خروجی آن‌ها رفتار پیش‌بینی شده آن می‌باشد. بدیهی است که اگر ورودی این مدل‌ها دارای خطا باشند خروجی آن‌ها نیز از دقت کامل برخوردار نخواهد بود. بنابراین زمانی که این ابهامات وجود دارد، بهتر است از روشی برای طراحی استفاده شود که در حین اجرا قابلیت اصلاح بر اساس مشاهدات را داشته باشد، که به این روش طراحی روش مشاهده‌ای گفته می‌شود

با توجه به افزایش کاربرد و کارایی بالای این روش در تونلسازی، در این تحقیق سعی شده است تا با جمع‌آوری اطلاعات از منابع مختلف کاربرد این روش در این تونلسازی به طور جامعی شرح داده شود و همچنین چندین مورد کاربرد این روش در تونل‌ها نیز آورده شده است تا زمینه‌ی مناسبی برای آشنایی کامل مهندسان این رشته با این روش به وجود آید.

۲- کلیات روش مشاهده‌ای

۱-۲- تعریف

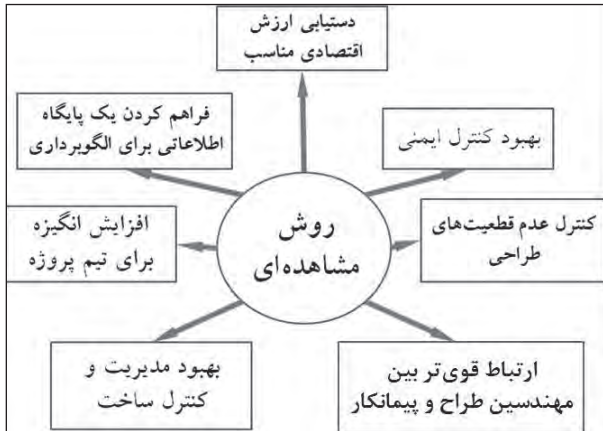
تا کنون تعاریف زیادی برای این روش آورده شده است که بیشتر مکمل یکدیگر بوده‌اند، بهترین و کامل‌ترین تعریفی که تا کنون برای روش مشاهده‌ای^۱ ارائه شده، به صورت زیر است:

روش مشاهده‌ای در مهندسی زمین یک روند پیوسته، نظارت‌شده و یکپارچه، از طراحی، کنترل ساخت، رفتارسنجی و بازبینی^۲ طراحی است که انجام اصلاحات از قبل تعیین‌شده را در حین و بعد از ساخت به طور مناسب ممکن می‌سازد. تمامی این جنبه‌ها باید به طور قوی قابل اثبات باشند. هدف در این روش دستیابی به سطح اقتصادی بالاتر بدون کاهش ایمنی می‌باشد [۱].

۲-۲- تاریخچه

مهندسان از گذشته تا کنون برای غلبه بر عدم قطعیت‌ها در زمین و رفتارسنجی سازه‌ها از مشاهدات استفاده می‌کنند. بهبود طراحی‌ها به وسیله‌ی سعی و خطا یا بصورت یک فرآیند در حین پیشرفت کار ممکن شده است. روش مشاهده‌ای در طول ۷۰ سال گذشته توسعه یافته است. در اواخر دهه ۱۹۴۰ یک روند جامع

1 Observational Method (OM)
2 Review



شکل ۱: مزایای روش مشاهده‌ای [۱]

۲-۵- محدودیت‌های روش مشاهده‌ای

استفاده از روش مشاهده‌ای در موارد زیر توصیه نمی‌شود [۱]:
 در مواقعی که زمان کافی برای تکمیل کردن برنامه‌های احتمالی و اضطراری و کاربرد کامل آن‌ها وجود ندارد.
 در مواقعی که دستیابی به مشاهدات مشکل خواهد بود یا مواقعی که مقادیر مشاهدات غیر واقعی باشد.
 همچنین در روش مشاهده‌ای، دستیابی به یک سطح اقتصادی مناسب برای پروژه مشروط به انجام فعالیت‌های زیر است:
 از طریق انجام مطالعات اکتشافی با کیفیت بهتر.
 انجام کامل مطالعات اکتشافی ساختگاه پروژه و تفسیر داده‌ها قبل از آغاز روش.
 به منظور پوشش تمامی شرایط محتمل، حالت‌های مختلف طراحی تحلیل شوند.

۳- کاربرد روش مشاهده‌ای در تونلسازی

در این روش به طور کلی اساس تحلیل و قضاوت مهندسی در مورد نحوه‌ی ساخت و همچنین سیستم نگهداری بر اساس ایزر بندی و رفتارسنجی حفریه مورد نظر است. در این مورد می‌توان از روش جدید تونل سازی اتریشی (NATM)، روش همگرایی - همجواری، روش محاسبه مستقیم کرنش و روش‌های مدلسازی فیزیکی نام برد که همه این روش‌ها بر رفتارسنجی فضاهای زیرزمینی در حین اجرا تأکید دارند. متداول‌ترین روش مشاهده‌ای در تونلسازی روش جدید تونل سازی اتریشی می‌باشد که در دهه ۵۰ میلادی شروع و از دهه ۶۰ در اروپا، آمریکا، ژاپن و سایر نقاط دنیا استفاده شده است. ایده نخستین این روش استفاده از فشارهای زمین شناسی در برگیرنده توده سنگ جهت مقاوم سازی و نگهداری تونل است. نام روشی مبتنی بر تابع نگاری رفتار توده‌های سنگ تحت بار و رفتارسنجی عملیات ساخت حفریه می‌باشد NATM به عنوان یک سیستم تونلسازی در حال توسعه راهی متنوع برای بازبینی و در صورت لزوم تغییر طراحی سیستم نگهداری دیواره‌ها و جبهه کار، با استفاده از نتایج مشاهدات می‌باشد. باید تأکید شود که بازخورد بدست آمده از اجرای یک طراحی کامل می‌تواند برای بدست آوردن یک گزینه جانسپینی قوی برای طراحی استفاده شود. استفاده از نتایج مشاهدات نباید به منظور یک هدف خاص باشد.
 در بعضی شرایط روش مشاهده‌ای مناسب نیست، مثلاً در تونل‌های منفرد بلند با زمین شناسی همگن. در این جا بهتر است برای حفاری تونل از TBM به عنوان یک سیستم حفاری پیوسته با پوشش سگمنت گذاری آن استفاده شود، که این پوشش برای بدترین شرایط موجود در امتداد تونل طراحی می‌شود. در بعضی شرایط (مثلاً زمین‌های نرم شهری) NATM کاملاً مشاهده‌ای، نامناسب، غیرممکن و یا با منافع بسیار محدود در نظر گرفته می‌شود. برای این موقعیت‌ها طراحی سیستم نگهداری

۱۹۶۹	در نهمین سخنرانی رنگین، یک اصطلاح "روش مشاهده‌ای" را تشریح کرد و شرایط لازم و محدودیت‌های کاربرد این روش را بیان کرد.
۱۹۹۴	یک مجموعه مقاله در مجله Geotechnique تحت عنوان "روش مشاهده‌ای در مهندسی ژئوتکنیک" منتشر شد.
۱۹۹۵	انتشار نسخه نهایی Eurocode7
۱۹۹۶	انتشارات مربوط به NATM توسط ICEI و HSEII
۱۹۹۹	گزارش CIRIA R185
۲۰۰۱	مدیریت ریسک ژئوتکنیکی توسط ICE
۲۰۰۳	گزارش CIRIA C58۰
۲۰۰۵	آئین نامه فرانسوی IREX

I: Institution of Civil Engineers, II: Health and Safety Executive

۲-۳- کاربرد روش مشاهده‌ای

روش‌های مشاهده‌ای برای سازه‌هایی که اجرای آن‌ها شروع شده است و در آنها شرایط غیر قابل انتظاری رخ داده یا زمانی که شکست یا حادثه‌ای مستعد رخ دادن است یا رخ داده است، بسیار مناسب هستند. در مجموع دو حالت کلی برای کاربرد روش مشاهده‌ای توسط پک [۲] مشخص شده است که عبارتند از:
 از آغاز یک پروژه، که به آن "از ابتدا" می‌گویند.
 در حین ساخت زمانی که در محل اجرای پروژه مشکلات ناخواسته بروز می‌کند، که به آن "بهترین راه خروج" می‌گویند.

زمینه‌های کاربرد روش مشاهده‌ای

با بررسی سوابق تاریخی روش مشاهده‌ای می‌توان دریافت که این روش در زمینه‌های بسیاری کاربرد دارد که عمده‌ترین آن‌ها عبارتند از (۱)، (۵) و (۶):

- تونلسازی
- حفاری‌ها
- دیواره‌های حائل
- گود برداری‌ها
- مسائل مربوط به پایداری شیب
- بهبود وضعیت زمین مثل تزریق، آبکشی و عملیات مشابه آن‌ها
- ساخت سازه‌های خاکی
- ژئوتکنیک زیست محیطی
- کنترل جریان آب‌های زیرزمینی
- مسائل مربوط به نشست (در معدنکاری، ریل‌های راه آهن و غیره)

۲-۴- مزایای روش مشاهده‌ای

روش مشاهده‌ای یک فرآیند است که حدود قابل قبول سازه یا حفریه و رفتار ژئوتکنیکی آن را فراهم می‌کند، بعلاوه اینکه پیش‌بینی عملکرد، رفتارسنجی، بازبینی و برنامه‌ریزی اصلاحات و برنامه‌ریزی مواقع اضطراری، به طور کامل آماده می‌شود. کامل و جامع بودن طراحی بایستی قبل از شروع ساخت کنترل شود. در حین (و بعد از) ساخت، نتایج رفتارسنجی بر طبق پیش‌بینی‌ها و اطلاعات قوی بازبینی می‌شود. این روش قابلیت‌هایی برای صرفه‌جویی در زمان و هزینه را پیشنهاد می‌کند و رفتارسنجی تضمین مورد نیاز در رابطه با ایمنی را فراهم می‌کند (۷) و (۸). بعضی از مزایای بالقوه استفاده از روش مشاهده‌ای در شکل ۱ آمده است:

5 Ab initio
 6 Best way out

بایستی از پیش تعیین شده باشد که در این صورت هیچ گونه تغییری در آن لحاظ نمی‌شود و رفتارسنجی به کنترل عملکرد پیش‌بینی شده محدود می‌شود. NATM نیاز به انتخابی سنجیده و مشاهده‌ی مقادیر کلیدی و روندهای موجود در طول زمان اجرا (معمولاً بر پایه‌ی همگرایی یا تنش‌ها) و همچنین مقایسه‌ی آن‌ها با پیش‌بینی‌های طراحی دارد، که این‌ها همان کاربردهای OM هستند.

۳-۱- طراحی

در روش مشاهده‌ی پنج مرحله پیش رو برای طراحی مورد نیاز است [۱]: کاربرد طبقه‌بندی مناسب زمین و تخمین درصد تفاوت نوع توده‌سنگ. طراحی مدل تونل برای تعیین محدوده‌ی شرایط زمین شناسی تخمین بار وارده به نگهداری‌های طراحی شده برای هر نوع توده‌سنگ با استفاده از ترکیبی از روش‌های عددی، تجربی و تحلیلی تعیین پارامترهای بحرانی، طراحی برنامه ابزاربندی با مشخص کردن نوع و تعداد ابزارها، رفتارسنجی و روش‌های پرازش داده‌ها در حین عملیات، از جبهه‌کارهای حفاری شده با ثبت زمین‌شناسی و ساختار زمین نمونه برمی‌داریم، ارزیابی مشاهدات ژئوتکنیکی و رفتار سیستم‌های نگهداری نصب شده، رفتارسنجی بر کیفیت ساخت و تحلیل برگشتی بررسی مجدد طراحی و اصلاح سیستم نگهداری‌ها و ترتیب مراحل ساخت با

توجه به شرایط هدف این کار فعال سازی توانایی برابری زمین اطراف تونل با تغییر شکل کنترل شده و مشاهده‌ی رفتار توده‌سنگ یا خاک و سیستم نگهداری این توده‌ها می‌باشد. روش مشاهده‌ی برای زمینی با شرایط مختلف و تونل‌های متقاطع پیچیده مناسب است، ولی مهم است که طراحی بر اساس مکانیزم‌های گسیختگی‌ای باشد، که شکل‌پذیر (نرم) هستند. مکانیزم‌های ترد زمان کمی را در اختیار سیستم‌های رفتارسنجی قرار می‌دهند تا ما را از فاجعه در حال وقوع با خبر کرده و هشدار دهند [۱].

طراحی کامل یک پوشش اصلی شامل موارد زیر خواهد بود [۱]: طراحی بایستی تمام فرضیات، آئین نامه‌های طراحی مشخص شده، استانداردها، مشخصات و متون منبع را ارائه دهد. آماده‌سازی و کنترل محاسباتی که زمین‌پوشش را به عنوان یک حلقه مورد بررسی قرار می‌دهند و ممان‌های خمشی و برشی این حلقه را به طور کامل بررسی کنند تا بتوان محاسبات نگهداری را طراحی کرد.

- ارزیابی ریسک
- ارزیابی نشست ساختارهای سطحی و مجاور
- تهیه نقشه‌هایی که در آن‌ها امتداد، ترتیب ساخت، آرایش عمومی، ارتفاع‌ها و مقاطع عرضی تونل‌ها نشان داده می‌شود.
- تولید نقشه‌های رفتارسنجی ژئوتکنیکی که بیانگر نوع، موقعیت و فراوانی

جدول ۲: نمونه‌هایی از بکارگیری روش‌های مشاهده‌ی در تونلسازی

ردیف	اسم تونل	مشخصات فنی	نوع زمین	نحوه‌ی کاربرد	ملاحظات
۱	تونل‌های تپه انگلستان [۱۱]	این تونل‌ها شامل یک تونل سرویس یا قطر داخلی ۴/۸ متر و دو تونل اصلی با قطر داخلی ۷/۴۵ متر است که هر کدام حدود ۶۰۰ متر طول دارند.	تپه‌ی Castle از مارن گچی، مارن گلوکونیسی و یک لایه ضخیم رسی در زیر تپه تشکیل شده است. این تونل‌ها در قسمت گچی حفاری شده‌اند	برای رفتارسنجی دو نوع مقطع تعریف شد. - مقاطع نوع اول که شامل پین‌های همگرایی سنجی برای تعیین جابجایی نسبی مقاطع و نقاط برداشت ژئوتدیک برای تعیین مختصات سه بعدی مطلق نقاط واقع در دیواره‌ها و تاج تونل بود. این مقاطع به طور منظم در حین پیشروی تونل نصب می‌شدند. این مقاطع برای رفتارسنجی شاکریت طراحی شدند. - مقاطع نوع دوم به عنوان مقاطع اصلی رفتارسنجی در نظر گرفته شد. این مقاطع تعدادشان کمتر از نوع اول بود و در مناطقی که امکان بروز مشکلات بالقوه وجود داشت.	تحلیل نتایج بدست آمده از رفتارسنجی تونل سرویس در ناحیه لغزش، باعث در نظر گرفتن محدودیت‌هایی برای ساخت تونل‌های اصلی شد که عبارتند از: - حفاری تونل‌های اصلی از شرق به غرب انجام شود. - اولویت حفاری با تونل اصلی جنوبی است. و همچنین در حین عملیات ساخت تونل‌های اصلاحات زیر صورت گرفت: - تغییر شکل‌های نسبتاً بزرگ به وجود آمده بر اثر تنش‌های جانبی زیاد در لایه‌ی مستحکم رسی به وسیله‌ی نصب کفبند در نزدیک جبهه‌کار پیشروی کنترل شدند. - روش حفاری در ۵۰+۰۰۰ متر تونل از روش حفاری Top Heading and Benching به روش حفاری تمام مقطع تغییر کرد.
۲	تونل پردیس تهران - رودهن [۱۲]	این تونل‌ها در توده سنگ کنگلومرای هزار دره اجرا شده‌اند. زمین مورد نظر را می‌توان یک توده پیوسته، همگن و همسانگرد در نظر گرفت که در رده سنگ‌های ضعیف و یا تغییر شکل‌پذیری بالا قرار دارد.	در این طرح از رفتارسنجی برای کنترل ساخت استفاده شده است. ابزار دقیق استفاده شده در این طرح شامل کشیدگی سنج، متر همگرایی سنجی و بارسنج می‌باشد. در این طرح به فواصل ثابت، از ایستگاه‌های متر همگرایی سنجی سه نقطه‌ای استفاده می‌شود.	در یکی از ایستگاه‌ها مقدار جابجایی به طور غیرمنتظره‌ای زیاد بود (در حدود ۱۵ میلیمتر در کمتر از دو هفته) که این روند بیانگر عدم پایداری تونل می‌باشد. در بازدید محلی مشخص شد که تونل وارد منطقه‌ای از نوع زمین رسی شده است و علت جابجایی‌ها فرو رفتن پایه قاب‌ها در زمین و در نتیجه عدم جلوگیری آن‌ها از حرکت سقف بوده است. برای جلوگیری از ریزش سقف در زیر پایه قاب‌ها به سرعت شناژ بتنی احداث شد و با این اقدام عملکرد قاب‌ها اصلاح گردید و سقف به حالت پایدار رسید.	
۳	تونل‌های دوقلوی شبلی، آزادراه زنجان - تبریز [۱۳]	تونل‌های دوقلوی شبلی در انتهای آزادراه زنجان - تبریز و در ۲۵ کیلومتری کلاشهر تبریز احداث شده که هر یک از آنها دو و نیم کیلومتر طول و ۱۱ متر عرض دارد.	سنگ‌های میزبان این تونل‌ها عمدتاً از شیل‌های سیاه تا خاکستری، شیل‌های آهکی و مارن تشکیل شده است.	با استفاده از نتایج رفتارسنجی و تحلیل برگشتی محتمل‌ترین پارامترهای ژئومکانیکی در محدوده‌های ریزش یافته تعیین شد. به منظور رفتارنگاری این تونل تعداد ۳۳ ایستگاه بین همگرایی و کشیدگی سنج، بسته به وضعیت توده سنگ در فواصل مختلف نصب گردید.	وقوع سه بار ریزش طاق در ۸۰۰ متر ابتدایی تونل جنوبی، الزامی بودن تغییر سیستم نگهداری با روش اجرای تونل را توجیه کرد که به دلیل هزینه زیاد تغییر در سیستم نگهداری، تغییر در روش اجرای تونل‌ها و توالی حفاری بررسی شد.
۴	تونل‌های بزرگراه رسالت، تهران [۱۴]	این تونل‌ها شامل دو تونل موازی به قطر حفاری بالغ بر ۱۶/۵ متر می‌باشد که با فاصله‌ای کمتر از ۳/۵ متر از یکدیگر قرار گرفته‌اند. روش اجرایی این تونل‌ها بر پایه مفاهیم NATM استوار گردیده است.	بافت تحت الارضی محدوده پروژه از آبرفت‌های دگر شیب تهران تشکیل یافته که به طور عمده از شن، ماسه، قلوه سنگ و رس تشکیل شده است.	با استفاده از نتایج رفتارسنجی و تکنیک تحلیل برگشتی پارامترهای توده خاک تخمین زده شده‌اند.	

قرائت ابزار سطح، زیرسطح و داخل تونل را شامل می‌شود.
 ■ برنامه احتمالی و برنامه اضطراری

۳-۲- کنترل و رفتارسنجی پروژه

ابزار انتخاب شده هم باید مناسب و هم در دسترس باشند. منابع کافی باید برای تخمین فراوانی رفتارسنجی داخل تونل، رفتارسنجی زیرسطحی و سطحی اختصاص یابد. خیلی آسان است که زیاده کاری کنیم و داده‌های بی‌ارزش زیادی را بخوانیم و تمرکز خود را بر روی پارامترهای بحرانی از دست دهیم [۱].
 جمع آوری روز به روز اطلاعات رفتارسنجی باید دقیقاً مطابق با طراحی صورت گیرد. قرائت‌های بدست آمده باید به سرعت به مهندسين مربوط به NATM تحویل داده شود تا توسط آن‌ها مورد تفسیر قرار گیرد. جلسات بررسی روزانه باید با حضور افراد کلیدی مشغول در بخش‌های رفتارسنجی و طراحی انجام گیرد تا نتیجه‌گیری مهندسين NATM تایید و مورد موافقت قرار گیرد. سازماندهی و مسئولیت پذیری در محل کارگاه کلید اجرای موفقیت آمیز روش مشاهده‌ای است.
 اهداف عمده رفتارسنجی در فضاهای زیر زمینی به شرح زیر است [۹]:

- ارزیابی و تأیید صحت پارامترهای طراحی
- کنترل و بهینه سازی مراحل اجرا
- بهبود شرایط ایمنی اجرای طرح
- علت یابی مسایل
- کاهش هزینه اجرا
- ارزیابی روشهای نوین اجرا

۳-۳- بازبینی و اجرای اصلاحات برنامه‌ریزی شده

بسته به آن که کدام روند طراحی روش مشاهده‌ای مورد استفاده قرار گیرد، کاربرد نتایج رفتارسنجی می‌تواند ما را به سوی راه‌حل‌های محتمل‌تر سوق دهد. این بازبینی و تفسیر نتایج وقتی که در NATM مورد استفاده قرار می‌گیرد، از اساسی‌ترین عوامل روش روش مشاهده‌ای است. ارزیابی سریع مشاهدات برای کنترل پایداری و ایمنی تونل کافی است. همه این داده‌ها برای موارد زیر به کار می‌روند [۱]:
 ■ مقایسه با پیش‌بینی‌ها و تخمین‌های طراحی
 ■ انجام تحلیل برگشتی و مدل‌های محاسباتی بهینه‌ساز و پارامترهای ورودی
 ■ در صورت امکان تعدیل طراحی با تغییر در سیستم اندازه‌گیری نگهداری، نرخ پیشروی و روش‌های بهسازی زمین.
 ■ اصلاح و تعدیل نیازهای رفتارسنجی
 ■ تحلیل برگشتی

امروزه از تکنیک‌های تحلیل برگشتی به عنوان یک ابزار کاربردی در مهندسی ژئوتکنیک برای تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی توده سنگ و خاک، شرایط مرزی و هندسی و وضعیت تنش‌های برجا با تکیه بر اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند جابه جایی، تنش و کرنش در حین حفاری و ساخت سازه‌ها مورد استفاده می‌شود [۱۰].

۴- مثال‌هایی از کاربرد روش مشاهده‌ای در مهندسی تونلسازی

خلاصه‌ای از کاربرد روش مشاهده‌ای در چند تونل در جدول شماره ۲ در صفحه بعد آمده است.

۵- جمع بندی

برای خیلی از پروژه‌های مهندسی سازه، زمین به علت تغییرات زمین‌شناسی و دشواری در انتخاب مقادیر پارامترهای طراحی به عنوان یک منبع بزرگ از عدم قطعیت‌ها است. تنوع ویژگی‌های زمین و شرایط زمینشناسی، محدودیت‌های مهندسی پروژه و در نتیجه عدم قطعیت‌ها باعث می‌شود که هر پروژه‌ی تونلسازی از نظر طراحی و ساخت، منحصر به فرد باشد. تجربیات قبلی نشان می‌دهد، که روش مشاهده‌ای یک

روش مؤثر برای مدیریت ریسکی است که بر اثر این عدم قطعیت‌ها بوجود می‌آید. در این تحقیق سعی شد تا روش مشاهده‌ای معرفی و کاربرد آن در تونلسازی بیان شود. به طور کلی درباره‌ی روش مشاهده‌ای موارد زیر را می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
 - اصلی‌ترین اهداف این روش صرفه جویی در هزینه و زمان بدون پایین آمدن سطح ایمنی است.

- مدیریت ساخت مشاهده‌ای یکی از عوامل مؤثر برای کاهش ریسک‌هایی می‌باشد که باعث به خطر انداختن ایمنی و در نتیجه ایجاد وقفه در ساخت می‌شوند
 - این روش از انعطاف پذیری قابل توجهی در شرایط مواجهه با وضعیت‌های متفاوت توده سنگ یا خاک برخوردار است و در زمین‌هایی که شرایط متغیری دارند کارایی بالایی دارد.

- اهمیت ابزاربندی و رفتار سنجی تا جایی است که امروزه به عنوان یک فاز از پروژه از سوی مهندسين پذیرفته شده است.
 - بهینه سازی طراحی بر اساس نتایج ابزاربندی و رفتارسنجی و تحلیل برگشتی وظیفه اصلی روش مشاهده‌ای است.

۶- منابع

1. Nicholson, D, Tse, C and Penny, C. (1999). *The Observational Method in ground engineering – principles and applications, Report 185, CIRIA, London. 214 p.*
2. Peck, R. B. (1969). *Advantages and limitations of the Observational Method in applied soil mechanics. Geotechnique, vol. 19, No. 2, pp 171-187.*
3. Eisenstein, Z. (2005). *Urban Tunneling Challenges & Progress, International Tunneling Association; Challenges of urban tunneling in general, any tunneling project.*
۴. جهان‌شاهی، امیر، پیشرفت‌های جدید در کاربرد روش‌های مشاهده‌ای در مهندسی ژئوتکنیک با تأکید بر تونلسازی، سمینار کارشناسی ارشد مهندسی معدن گرایش استخراج، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۰.
5. Patel, D. (2005). *The Observational Method – overview report, GeoTechNet Delft Meeting.*
6. Powderham, A. (2002), *The Observational Method – Learning from project, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Geotechnical Engineering, Vol. 115, 10 p.* Patel, D. *The Observational Method – overview report, GeoTechNet Delft Meeting, 15 Nov 2005.*
7. Powderham, A. (1994). *An overview of observational method: development in cut and cover bored tunneling projects. Geotechnique, vol. 19, No. 4, pp 619-636.*
8. Powderham, A. and Nicholson, D. (1996) *The Observational method in geotechnical engineering. The Institution of civil engineers (ICE). Thomas Telford, London. 223p.*
9. Dunicliff John (1993), *Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance, John Wiley & Sons, Newyork.*
10. Mostafa Sharifzadeh, Rahman Daraei, Mohsen Sharifi Broojerdi. (2011). *Design of sequential excavation tunneling in weak rocks through findings obtained from displacements based back analysis, Tunnelling and Underground Space Technology, Elsevier Ltd. 8 p.*
11. Penny, C., Stewart, J., Jobling, P W., John, M. (1991). *Castle hill NATM tunnels: Design and construction. Tunnelling 91, Institute of Mining and Metallurgy, London, p 285-297.*

۱۲. مهدی موسوی و بابک الهیسان، ابزاربندی و رفتارنگاری در پروژه‌های ژئومکانیکی، نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل، ص ۸۸-۹۸، آبان ۱۳۹۰.

۱۳. مصطفی شریف زاده و رحمان دارای، طراحی روش اجرای تونل در سنگ‌های سست با استفاده از نتایج تحلیل برگشتی مبتنی بر داده‌های جابجایی حاصل از رفتارنگاری، نخستین همایش آسیایی و نهمین همایش ملی تونل، ص ۸۸-۹۸، آبان ۱۳۹۰.

۱۴. داود صالحی و احمد علی فخریمی، استفاده از تحلیل برگشتی در تخمین پارامترهای خاک در پروژه تونل‌های بزرگراه رسالت، ششمین کنفرانس تونل، بهمن ۱۳۸۲.



تونل‌های عبور و مرور خودرو در فنلاند

ترجمه و گردآوری: ابوالقاسم مظفری (انجمن تونل ایران و عضو هیات علمی دانشگاه امام حسین (ع))

چکیده

کشورهای اسکاندیناوی به علت داشتن تکنولوژی پیشرفته حفاری در شرایط مساعد زمین، رهبری مهندسی سنگ را در دست دارند. از سالهای ۱۹۵۰ به بعد مهندسی سنگ و استفاده از فضاهای زیرزمینی نقش مهمی را در معماری و مهندسی شهری کشورهای پیشرفته ایفا کرده است. ترافیک رو به فزونی مراکز پرجمعیت، باعث استفاده از تونل‌های زیرزمینی برای عبور و مرور و نیز پارکینگ‌های زیرزمینی شده است. مسائل زیست محیطی و جلوگیری از رانش زمینها دیگر دلایل استفاده از فضاهای زیرزمینی قلمداد می‌گردد. در این رابطه بخشهایی از کتاب "The Rock Engineering Alternative" و بحث تونل‌ها راه در فنلاند ارائه می‌شود.

اصول طراحی



شکل ۱- نمونه ای از مدخل تونل ها مربوط به راههای کشور سوئیس

تنها تونلهای عبور و مرور خودروها که تا کنون در فنلاند ساخته شده است، تونلهای ترافیکی خیابانها یا تونلهای متصل کننده پارکینگها و یا دیگر تأسیسات زیرزمینی در مناطق شهری بوده است. با چند استثناء اندک، مشکلات ترافیکی و زیست محیطی ساخت تونلهای عبور و مرور هنوز برطرف نشده است. بهر حال در آینده ملاحظاتی جهت احداث تونلها برای عبور از موانع طبیعی و یا غیر طبیعی (ساخته شده بدست انسان) در جادهها و خیابانها باید صورت گیرد. همچنین برای جلوگیری از تخریب محیط زیست با احداث راهها باید راهکاری ارائه شود. تصمیمات برای احداث این تونلها میبایست براساس یک تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای هزینه‌های دراز مدت (مانند ساختمان تونل، هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری) حالت‌های مختلف و فاکتورهای زیست محیطی باشد.

انواع تونلها

تونلهای ترافیکی خودرو ممکن است کاملاً در سنگ احداث شوند و یا در زمین با استفاده از بتن بنا گردند. تونلهای بتنی در سطح زمین معمولاً به روش کند و پوش (Cut and cover) ساخته می‌شوند. ابعاد تونل توسط ابعاد جاده یا خیابان تعیین می‌شود. از نقطه نظر تهویه و روشنایی مسئله یک طرفه و یا دو طرفه بودن تونل حائز اهمیت است.

تونلهای ترافیکی همچنین می‌توانند به تونلهای کوتاه یا بلند تقسیم شوند. تونلهای کوتاه احتیاجی به تهویه مکانیکی و روشنایی ندارند و از نظر بهره‌برداری و نگهداری مانند قسمتهای دیگر راه یا خیابان قابل قیاس هستند. برای تونلهای بلند، اندازه و هزینه مستقیم تهویه با افزایش طول تونل زیاد می‌شود. همینطور مسئله کنترل ایمنی و تجهیزات آن که رابطه مستقیم با طول تونل دارد و تاثیر بسزایی در هزینه‌های اجرایی آن دارد.

مدخل‌های تونل

مدخل‌های تونل میبایست در رخنمون‌های سنگی با شیب زیاد ایجاد شوند تا از حفر ترانشه طولانی پرهیز شود. این محل باید امکان عبور آبهای سطحی را بدور از مدخل تونل داشته باشد و در صورت امکان باید طوری انتخاب شود که آفتاب بطور مستقیم در مقابل ترافیک ورودی یا خروجی نباشد.

تقاطع‌ها و اتصالات خیابانی را نمی‌بایست در تونلها و یا نزدیکی مدخل آنها و یا محوطه‌های نزدیک به تونل قرار داد. بطور کلی ورود و یا خروج به جاده منتهی به تونل و یا تعویض باند و یا خواندن علائم مربوط به راه باید در فاصله نسبتاً زیاد از مدخل تونل باشد تا رانندگان به ترافیک قبل از ورود به تونل عادت کنند. در مناطق شهری محل مدخل تونل توسط فاکتورهای محیطی نیز تحت تاثیر قرار می‌گیرد که از جمله می‌توان به هوای مورد استفاده برای تهویه، صدا و زیبایی عمومی شهر اشاره نمود.

امتداد و شیب تونل

اصول ساخت تونلها و استانداردهای مربوط به امتداد تونلها همانهایی است که در راهسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این اصول در دستورالعمل‌های طراحی که توسط دایره ملی راهها و گذرگاههای آبی فنلاند و یا مقامات محلی نوشته شده است قابل دسترسی است.

بنا به دلایل ایمنی، قبل از اینکه کاهشی در استاندارد تونل داده شود می‌بایست مشخصات فنی آن قطعه از راه بدقت مورد مطالعه قرار گیرد. شیب مناسب برای تونل شیبی است که به آرامی به یک یا هر دو مدخل تونل اعمال شده باشد. این مسئله به زهکشی آبها در داخل تونل کمک می‌کند و از ورود آبهای سطحی مدخل تونل جلوگیری می‌نماید. شیب پیشنهادی طولی در تونلها، ۱ درصد و حداقل آن ۰.۲۵ درصد می‌باشد. شیبهای بالای ۳ درصد باعث کندی ترافیک و راه‌بندان می‌شود و

باند‌های اضافی را می‌طلبد. تهویه لازم برای تونل را نیز افزایش می‌دهد. توقف‌های اضطراری نیز در داخل تونل باید مورد توجه قرار گیرد و هنگام طراحی شیب و امتداد آن، دقت لازم بعمل آید.

هنگامی که پرتال تونل از خود تونل بلندتر است، ایستگاه پمپاژی جهت تخلیه آب بطور دائم لازم است که هزینه‌ها را افزایش می‌دهد و باعث پیچیدگی بیشتر امر تهویه می‌گردد.

مقطع تونل

در کشور فنلاند تونلهای حفاری شده در سنگ سخت عموماً مقطع قوسی شکل دارند، در حالیکه تونلهای بتنی نزدیک سطح زمین، معمولاً دارای مقطع مستطیل شکل هستند. در هر حال فضای کافی برای پوشش تونل، زهکشی و نصب تجهیزات باید فراهم باشد.

در حالت عادی یک تونل ترافیکی دارای ۲ یا ۳ باند است. تونلهای یک بانده برای انبارها و یا پارکینگ‌ها احداث می‌شوند. اگر بیش از ۳ باند مورد نیاز باشد باید احداث تونل مجزائی مورد ملاحظه قرار گیرد. تونلهای دوقلو راهکار مناسب جاده‌ها و خیابانهای چند بانده است که معمولاً دو طرفه می‌باشند. باندهای تونل و نیز شانه‌ها باید دارای همان عرض معمول در جاده‌ها را داشته باشند. در شرایط غیر قابل اجتناب شانه‌ها می‌توانند کم عرض‌تر باشند ولی باید حداقل عرض ۰.۲۵ متر را داشته باشند. البته این حد پیشنهاد نمی‌شود چون جریان ترافیک و ایمنی به خطر می‌افتد. مسیر روسازی شده‌ای در کنار تونل برای سرویس و عبور اضطراری پیاده‌ها باید در نظر گرفته شود. همچنین یک جدول برای جلوگیری از آسیب‌رسانی به پوشش تونل باید طراحی شود.

عرض کلی پیشنهادی برای یک تونل دو بانده ۱۳.۵ - ۱۲ متر است. البته بستگی به کلاس جاده دارد. حداقل عرض در مقطعی که کاهش پیدا کرده‌اند ۹.۵ متر می‌باشد. ارتفاع آزاد در تونلها معادل ۵ متر پیشنهاد شده است و مقدار حداقل مطلق آن ۴.۶ متر است. ۱ متر فضا برای نصب تجهیزات لازم است که بطور اتوماتیک در سقف تونل (تاج) در زمان حفاری ایجاد می‌شود. تجهیزاتی که به سقف آویزان هستند شامل وسائل روشنایی، فن‌ها و وسائل کنترل ترافیک می‌باشند.

اثرات زیست محیطی تونلها

برای جلوگیری از مشکلات زیست محیطی در نظر گرفته شود. آب و هوای فنلاند شرایط خاصی را برای زهکشی تونلهای ترافیکی می طلبد. نشت آبهای غیر کنترل شده باعث یخ زدگی سطح جاده می شود، همچنین اجرای سیستم نادرست هم منجر به یخ زدگی و وارد آوردن خسارت به ساختمان تونل و راه می گردد. از تزریق می توان برای جلوگیری از نشت آب از جداره و یا کف تونل استفاده کرد. با اجرای سیستم زهکشی در خارج از تونل می توان از ورود آب پرتال به داخل جلوگیری نمود و آب را به سمت بیرون هدایت کرد.

اگر علیرغم همه تمهیدات فوق باز نشست آب وجود داشت آب را باید با یک سیستم زهکش عایق دار یا گرما دهنده که در زیر جاده قرار می گیرد، جمع آوری نمود. این سیستم اگر در سقف و دیواره های تونل نصب گردد، نسبتاً پرهزینه خواهد بود و تنها در صورت وجود نشتی باید مورد استفاده قرار گیرد. گسترش نشتی آب به نوع سنگ و فشار اولیه آب زیرزمینی وابسته است و آب بندی نهائی تونل بعد از کامل شدن حفاریها امکان پذیر است. هزینه های آب بندی تونل را می توان با حفر کانال و استفاده از یک کابل حرارتی کنترل شده در مناطقی که نشت آب داریم کاهش داد. آب بند کردن تونل در مقابل فشار آب در زونهای ضعیف و جریانهای آب زیرزمینی راه حل درست و منطقی است.

پوشش (Lining)

رنگ آمیزی تونل با رنگهای روشن، نیاز به روشنایی را کمتر می نماید و آن را ایمن تر و برای استفاده خوشایندتر می نماید. بهر حال سطوح با گازهای خروجی از ماشین ها و گردغبار بلند شده از جاده سیاه می شوند، لذا باید دیواره های تونل در فواصل زمانی مشخص شسته شوند. در کشورهای سوئیس و اتریش تونل بزرگراهها سالانه ۲ تا ۴ مرتبه شسته می شوند. شستشوی تونلها در صورت صاف بودن سطوح و نیز سطوحی که کاملاً درزگیری شده اند، راحت تر است. از طرف دیگر رنگ نیز می بایست دارای تخلخل باشد تا از ورقه شدن آن جلوگیری گردد.

مواد عایق در مقابل گرما و اشتعال با لایه ای از شاتکریت باید به سطح تونل پاشیده شود. بر طبق آمار تصادفات در تونلها از جاده ها کمتر است و در صورتیکه از جدول با گاردریل در کناره های تونل استفاده شود برخورد با دیواره های تونل هم کمتر می شود.

بهر حال سطوح داخل تونل باید ارزان و باسانی قابل تعمیر و بازسازی باشد.

کیفیت و هزینه ها

شکل ۲ ارتباط بین کیفیت و هزینه را در حالت های مختلف یک تونل داخل سنگ نشان می دهد. هزینه ها در تونلهای بتنی بیشتر تحت تاثیر ضرورت آب بندی، محل احداث سازه و شرایط پی آن تا خود تونل می باشد.

روشنائی (Lighting)

مقصود از روشنایی فراهم ساختن نور کافی جهت وسائیل نقلیه در شب و روز است بطوریکه رانندگان بتوانند از آن با سرعت طراحی شده و اطمینان از ایمنی در رانندگی و آسایش در حد جاده عبور و مرور کنند.

از منظر فن روشنائی به تونلهایی، بلند گفته می شود که پس از فاصله معینی از مدخل آن، محل خروج و فضای پشت سر دیده نشوند. چنین تونلی دارای طول ۱۰۰ متر و یا طولی معادل ۷ برابر عرض آن می باشد.

۳ حالت در روشنائی تونل وجود دارد که عبارتند از:

- روشنائی در شب براساس اصول مورد استفاده برای روشنائی خیابانها
- روشنائی روز که عبارت است از روشنائی حد بالای روز در نقطه انتقال
- روشنائی حالت اضطراری که جهت جلوگیری از تاریکی کامل در حالت خرابی سیستم اصلی بکار گرفته می شود.

تونلها براساس همان اصول خیابانها برای روشنائی طراحی می شوند ولی بدلیل ملاحظات اقتصادی ممکن نیست که میزان روشنائی نیز بهمان اندازه خیابانها باشد. کلاس روشنائی تونلها در شب همان کلاس روشنائی بزرگراههای روبرو است که

تونلها امتیازات چندی نسبت به جاده ها دارند که عبارتند از:

- چهره زمین یا شهر را بهم نمی زنند
- تأثیری بر روی استفاده از سطح زمین و محیط اجتماعی ندارند
- اختلالات صوتی کمتری دارند
- مواد و مصالح ساختمانی برای احداث آنها بدون ایجاد اختلال در زمین بدست می آید.

بالعکس تونلها مشکلات محیطی را بوجود می آورند که باید مورد به مورد ملاحظه و راهکاری برای آنها ارائه شود. از جمله آنها عبارتند از:

- تونلها ممکن است باعث پایین رفتن سطح آب زیرزمینی شوند.
- آلودگی هوا معمولاً در تونل و مدخل های آن و اطراف وسائیل تهویه زیاده تر است.
- فن ها و تجهیزات تهویه ممکن است باعث ایجاد آلودگیهای صوتی در مدخل ها شوند.

- قرار گرفتن پرتال تونلها در مناطق شهری می تواند چهره شهر و ساختمانهای اطراف را تغییر دهد.

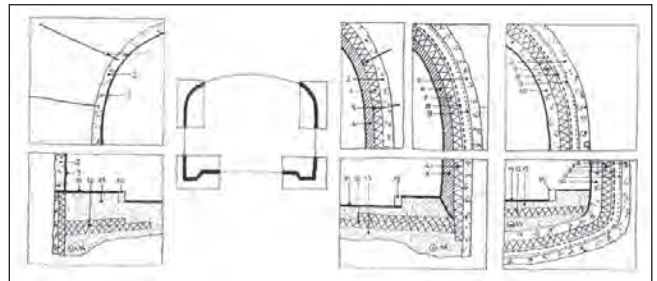
مشکلات زیست محیطی ایجاد تونل، با مشکلات ناشی از هر گونه فضای سنگی چندان تفاوتی ندارد. تنها تفاوت ممکن است مربوط به موقعیت و شدت مزاحمتها باشد. دقت در انتخاب مقطع تونل و پوشش با مواد صداگیر می تواند تا حدی آن را کاهش دهد.

استحکام، زهکشی و پوشش

استحکام (Reinforcement)

استحکام به معنی تقویت و ساپرت فضای سنگی جهت اطمینان از ایمنی تونل در خلال عملیات ساختمانی و بهره برداری از آن است. روشهای استحکام تونلهای ترافیکی در فنلاند عبارتند از: استفاده از پیچ سنگها (Rock bolts)، شاتکریت، قابهای بتنی و تزریق در سنگ (Rock grouting) می باشد. در شرایطی که سنگ مناسب است استفاده از راک بلت برای بلوک های جدا شده و شاتکریت برای تاج تونل کافی می باشد.

در تونلهای با مقطع بزرگ، نصب پیچ سنگ بصورت سیستماتیک و شاتکریت با شبکه فولادی یا فایبر می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در زونهای شکسته و ضعیف پیچ سنگهای بیشتر و شاتکریت ضخیم تر با قابهای بتنی تسلیح شده نصب می گردد.



شکل ۲- مولفه های مختلف برای سازه و استحکام تونل شامل ۱. راک بلت ۲. شاتکریت ۳. آستر ۴. لایه عایق پلی اورتان ۵. متعلقات نصب عایق به سنگ ۶. محافظ آتش سوزی ۷. عایق از نوع فوم پلی اورتان ۸. لایه آب بندی ۹. فیلتر ۱۰. قاب فلزی ۱۱. سطح جاده ۱۲. عایق ۱۳. گراول ۱۴. کانال ۱۵. جدول

زهکشی

منظور از زهکشی هدایت آبهای جاری در تونل و یا آبهای داخل سنگ است. زهکشی همچنین از اثرات تخریبی آب یا یخ روی عملکرد تونل جلوگیری می نماید. در مرحله طراحی تونل باید احتمال پایین رفتن سطح آب زیرزمینی و اجتناب از آن



مقدار روشنایی در آستانه ورود به تونل، تحت تاثیر نور هم جهت با ترافیک، خاصیت انعکاسی سطوح اطراف، میزان آسمان یا ابر قابل رویت در میدان دید و نیز محل و جهت تونل می باشد.

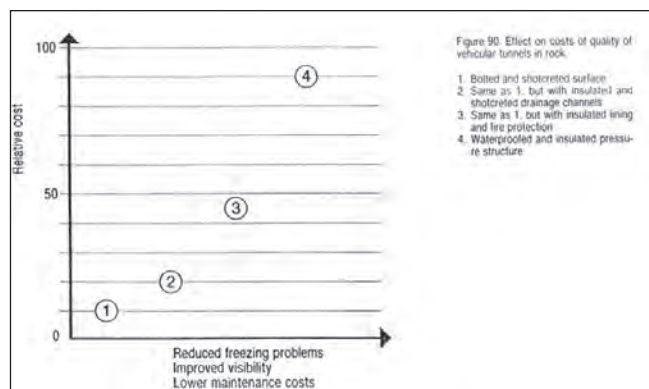
در منطقه انتقال از بیرون به داخل تونل، روشنایی کاهش می یابد تا به چشم راننده اجازه دهد به روشنایی داخل تونل عادت کند. طول منطقه انتقال، به سرعت و میزان روشنایی داخل تونل بستگی دارد. (شکل ۴)

تجهیزات روشنایی

در تونل نیز از همان لامپهای روشنایی مورد استفاده در خیابانها، نصب می شوند. این لامپها باید محکم، کاملاً ضد آب، مقاوم در مقابل فرسایش و نیز قابل نصب بصورت ساده باشند. لامپهای تونلی بصورت یک ردیف و یا دو ردیف قابل نصب در سقف و یا روی دیوار هستند.

لامپهای فلورسنت با تقارن طولی و یا لامپهای ناتریم کم فشار در طول محور تونل در یک ردیف روی سقف یا روی دیوارها نصب می شوند. لامپهای ناتریم پرفشار، تنها در سقفها امکان نصب دارند. هنگامیکه از روشنایی نقطه ای (Spot Lighting) استفاده می شود، از روشنایی زیاد بصورت آنی باید اجتناب شود و درخشش و خیره کنندگی نور باید مورد دقت قرار گیرد. ایستگاههای فرعی برق و تابلوهای اتصال براساس همان اصول روشنایی خیابانها انتخاب می شوند.

حداقل ۱ Cd/m² می باشد.



شکل ۳- تاثیر کیفیت بر هزینه در تونل های ترافیکی خودرو

اندازه روشنایی

هنگامیکه راننده ای در روز به تونل نزدیک می شود روشنایی و تطبیق روشنایی با دایره بینایی اش کم می شود و این مسئله هنگامی اتفاق می افتد که مدخل تونل قسمت زیادی از دایره بینایی او را اشغال می کند. روشنایی میدان دید به سطوح مختلف موجود در این میدان بستگی دارد و نیز به طریقی که راننده آنها را مشاهده می کند. در عین حال دید توسط نورهای متعلق در هوا مغشوش می گردد.



- پرتال بلند برای تونل، در نزدیکی مدخل تونل می‌توان از یک سقف شبکه‌ای جهت کاهش نور روز استفاده نمود.

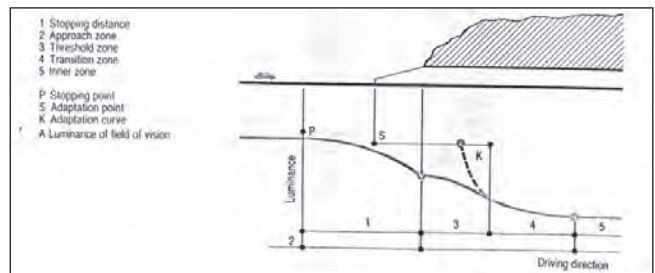
هزینه‌های روشنایی

هزینه‌های روشنایی و نگهداری تجهیزات آن بیش از آنکه به طول کلی تونل بستگی داشته باشد، به طول منطقه انتقال و مشخصات ساختمان و منبع نور بستگی دارد. به طور مثال برای تونلی به طول ۴۵۰ متر که برای ترافیک دو طرفه با سرعت ۵۰ km/h ساخته شده است، براساس اصول نور پس زمینه (back lighting) که مطابق دستورالعمل جاده از طرف دایره ملی راه‌ها و گذرگاه‌های آبی فنلاند است، ۱۸۷,۵۰۰ دلار امریکا هزینه در برداشته است و هزینه جاری و نگهداری سیستم آن بالغ بر ۲۰,۰۰۰ دلار در سال می‌گردد. از طرف دیگر هزینه روشنایی یک تونل ۹۰۰ متری دو بانده یک طرفه با حد سرعت ۸۰ Km/h، ۶۲۵,۰۰۰ دلار امریکا می‌باشد و هزینه جاری و نگهداری سالیانه آن هم ۶۲,۵۰۰ دلار است. این هزینه‌ها در صورت استفاده از روشنایی متقارن به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.

تهویه

دبی تهویه

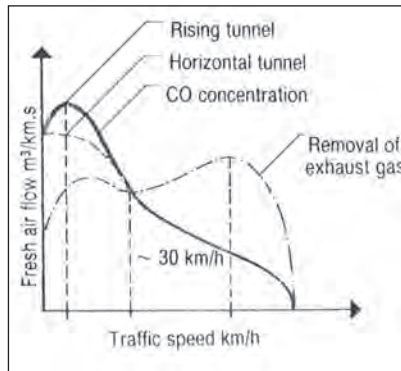
دود خروجی ماشین شامل مواد خطرناکی همچون منو اکسیدکربن، اکسیدهای نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، هیدروکربورها و رسوبات سرب و کربن مضر برای سلامتی انسان است.



شکل ۴- محدوده تونل و رابطه آن با شدت روشنایی

ترتیب فنی جاده و ساختمانها نیز در میزان و ظرفیت وسایل روشنایی تاثیر غیرمستقیم دارد. می‌بایست جهت ایجاد شرایط مناسب برای تطبیق چشم با نور، در مدخل ورودی تونلها اقدام نمود و در این راستا باید میزان نور طبیعی در نزدیکی تونل کم شده و از انعکاس نور سطوح محیط مجاور دهانه تونل جلوگیری شود، روشهای مناسب برای انجام این کار عبارتند از:

- سطح سیاه و زبر جاده
- نقاط باز (ترانشه) به صورت غیر صاف و تیره
- ساپرت دیوارها با درختان، بوته‌ها و رنگ‌آمیزی
- شکل دادن مدخل تونل به قسمی که هنگام خروج، نور خورشید و یا آسمان روشن دیده نشود



شکل ۵-۱-۵-ارتباط بین سرعت ترافیک و میزان هوای تازه

میزان هوای تازه نامی

تهویه مناسب ضامن رانندگی ایمن در تونل است. جدول ۲ خلاصه‌ای از مقادیر لازم هوای تازه را که بر اساس حجم ترافیک و شیب تونل، تنظیم شده است را عرضه می‌نماید. این مقادیر بر اساس حداکثر مجاز غلظت منو اکسیدکربن و حداقل دید مجاز، بدست آمده‌اند.

جدول شماره ۲- شاخص میزان هوای تازه بازاء هر کیلومتر طول و باند تونل

FRESH AIR FLOW m ³ /s/lane km		
LONGITUDINAL INCLINATION %	FLOWING TRAFFIC 60-80 km/h 1650 veh./h lane	CONGESTED TRAFFIC c. 10 km/h 1 000 veh./h lane
Dipping - 4	40	90
Level ± 0	45	95
Rising + 4	100	115

سیستم های تهویه

در تونل‌های ترافیکی هوا از دو طریق مکانیکی و یا براساس جاذبه قابل تعویض است. در حالت دوم، هوا براساس باد، دما و یا شیب تونل و نیز خاصیت پیستونی ماشین‌ها عوض می‌شود، این سیستم را تهویه طبیعی نیز می‌گویند. در حالت تهویه مکانیکی، هوای تازه مورد نیاز در تونل، توسط فن‌ها به داخل تونل رانده می‌شوند. عملکرد فن‌ها نسبت به محور تونل می‌تواند عرضی یا طولی باشد.

تهویه طبیعی

شکل ۶ دو سیستم تهویه طبیعی و توزیع مواد آلوده‌کننده را در تونل نشان می‌دهد. حالت A برای تونل‌های یک طرفه مناسب‌تر است. جریان هوای ضعیف باعث کاهش امر تهویه و ازدیاد غلظت آلوده‌کننده‌ها می‌گردد در حالت تونل دو طرفه، خاصیت اثر پیستونی ماشین‌ها کاهش یافته و این مساله نیز باعث افزایش آلوده‌کننده‌ها می‌گردد. غلظت آلوده‌کننده‌های خروجی از آگزوز ماشین‌ها را می‌توان توسط چاههای خروجی حفر شده در داخل تونل کاهش داد. (حالت B در شکل ۶) به خصوص برای تونل‌های دو طرفه که این کار مناسب است.

سیستم‌های تهویه طبیعی از نظر اقتصادی و اجرایی مقرون به صرفه است ولی از نظر قابلیت اطمینان ضعیف است، چون به عنوان مثال، یک باد نامناسب می‌تواند از عوض شدن هوای تونل جلوگیری کند. به همین دلیل نصب فن‌ها در تونل‌های خیابانی با طول بیش از ۱۵۰ متر به عنوان سیستم کمکی ضروری است. همچنین فن‌ها برای جلوگیری از آتش نیز لازم هستند، زیرا در حالت تهویه طبیعی دود

در تونل‌های ترافیکی تمرکز این مواد می‌تواند هوا را به مرحله خطرناکی برساند مگر اینکه تهویه درستی وجود داشته باشد. تونل‌ها عموماً توسط رقیق کردن منو اکسیدکربن و اکسید نیتروژن موجود در هوا تهویه می‌شوند.

در بعضی حالتها قابلیت دید نیز می‌تواند لزوم به تهویه را ایجاب نماید. در فنلاند موافقت‌نامه‌ای جهت تهویه تونل‌های ترافیکی وجود ندارد.

مقادیر ذکر شده در ذیل بر اساس مقادیر عیار و خروجی است که توسط PIARC (انجمن بین المللی دائمی کنگره‌های جاده‌ای) ارائه شده است.

بدلیل قابلیت سمی بودن، منو اکسیدکربن بیشترین خطر را برای سلامتی دارد و جدول شماره ۱ حداکثر مقادیر را ارائه می‌کند.

جدول شماره ۱- حد مجاز منو اکسید کربن در تونل های راه شهری و روستایی

CO-LIMIT DURING PEAK TRAFFIC (ppm)		
TUNNEL TYPE	FLOWING TRAFFIC	CONGESTED OR HALTED TRAFFIC
Urban tunnel • congested daily • seldom congested	150	150
	150	250
Rural tunnel	150	250

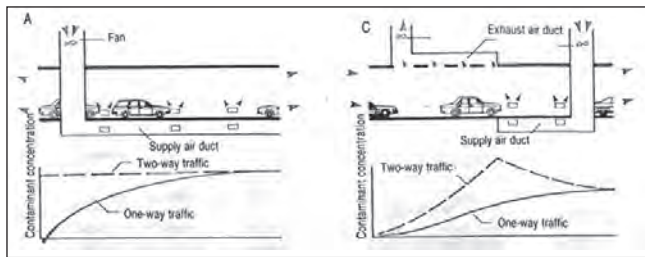
بعد از منو اکسید، اکسید نیتروژن خطرناک‌ترین ماده می‌باشد. مقدار ۲۵ ppm اکسید نیتروژن در طراحی تهویه در نظر گرفته می‌شود.

مواد جامد خروجی از آگزوزها باعث کاهش دید می‌شوند. رسوب کربن و نیز دود تولید شده از موتورهای دیزلی از این لحاظ قابل ملاحظه هستند. گردوغبار ناشی از تماس لاستیک‌های میخ‌دار با آسفالت در زمستان، عامل دیگری است که باید در طراحی تهویه در نظر گرفته شود.

مه، بخصوص در فصل بهار و تابستان ممکن است در تونل‌ها اتفاق بیفتد. این پدیده وقتیکه دمای هوای وزیده شده در داخل تونل، به پایین نقطه شبنم می‌رسد، اتفاق می‌افتد. در این شرایط سیستم کنترلی که براساس اندازه گیری دید استوار است، می‌تواند تهویه را افزایش دهد در نتیجه مه هم ممکن است، افزایش یابد.

اگر دید، در داخل تونل از حد مجاز پایین‌تر بیاید سیستم کنترل، تونل رابه روی ترافیک خواهد بست. جریان هوایی که جهت رقیق‌سازی منو اکسیدکربن و اکسید نیتروژن لازم است طبیعتاً با جریان هواییکه برای حفظ دید لازم است یکسان نمی‌باشد. تهویه اصولاً بر مبنای میزان بیشتر طراحی می‌شود و در اغلب موارد این مقدار برای رقیق‌سازی گاز منو اکسیدکربن است. در مواردی که ترافیک شدید وجود دارد جریان هوای بیشتری برای رقیق‌سازی منو اکسیدکربن به کار گرفته می‌شود.

هنگامیکه سرعت بیشتر می‌شود، میزان انتشار منو اکسیدکربن کمتر ولی خروجی آگزوز بیشتر می‌شود و این باعث کاهش دید می‌گردد. لذا در این حالت طراحی تهویه و میزان هوای تازه مورد نیاز بر اساس حفظ دید تعیین می‌شود. (شکل ۵)



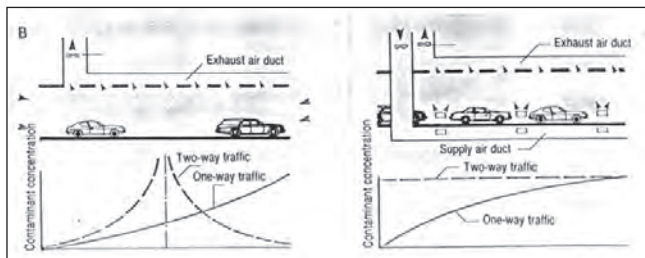
شکل ۸- سیستم تهویه عرضی بخشی

این سیستم برای تونل‌های طولی‌تر از ۵ کیلومتر بدون چاه پیشنهاد نمی‌شود. در تونل‌های طولی سرعت جریان هوا ممکن است بسیار زیاد شود، گرچه این روش توسط احداث چاه قابل اصلاح است. خروج هوا در طول تونل باعث جلوگیری از گسترش دود در حالت حریق می‌گردد. این حالت به ویژه در تهویه عرضی بخشی اگر قادر باشیم جهت چرخش فن‌ها را معکوس نماییم قابل دستیابی است. در حالت آتش‌سوزی لوله‌های تامین هوا، بعنوان سیستم تخلیه کننده دود عمل کرده و هوای تازه به داخل تونل رانده می‌شود.

تهویه عرضی (lateral ventilation)

این سیستم برای تونل‌های بالای ۵ Km مناسب‌تر است (شکل ۹). با این سیستم تهویه در کل طول تونل قابل دسترسی است و نیز امکان کنترل دود در حالت وقوع حریق وجود دارد. در حالت تونل یک طرفه، دودهای خروجی از ماشین‌ها، مانند تهویه طولی به یک طرف تونل هدایت می‌شوند. به همین منظور پیشنهاد شده است که هوا ما بین محل حریق و یک طرف تونل (خروجی) خارج شود و هوای تازه از طرف ورودی تونل وارد شود.

در تونل‌های دو طرفه، سیستم طوری طراحی شده است که بتواند دود را سریعاً از محل حادثه خارج سازد. این حالت با معکوس نمودن فن‌ها در محل ورود هوای تازه و خروج هوای آلوده امکان‌پذیر است.



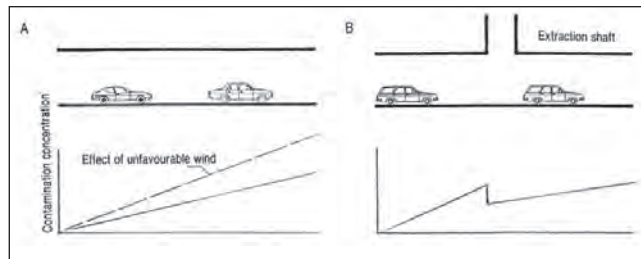
شکل ۹- سیستم تهویه عرضی

انتخاب سیستم تهویه

انتخاب سیستم تهویه تحت تاثیر فاکتور هایی از قبیل ترافیک، طول و هندسه تونل، خصوصیات و هزینه‌های سیستم و نیز اصول زیست‌محیطی مختلفی می‌باشد. کاربری سیستم تهویه بر مبنای طول تونل و جهت ترافیک بنا می‌شود. این انتخاب توسط فاکتورهایی چون توزیع غلظت آلوده‌کننده‌ها و حد بالایی جریان هوا محدود می‌شود. مثالی از معیار انتخاب سیستم در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

عوامل زیست محیطی: غلظت هوای خروجی از تونل، بطور معمول فرصت دارد تا طی یک شعاع ۲۰۰ متری از پرتالهای تونل، رقیق شده و در حد مجاز خود برسد. اگر هوای خروجی از تونل (هوای کثیف) وارد ترانشه‌ای به عمق ۵ متر شود، این شعاع به ۷۰ متر کاهش پیدا می‌کند. لذا باید مقادیر حداکثر آلودگی هوا کمتر از مقدار

می‌تواند به طرف هر دو مدخل تونل گسترش یابد و سیستم قابلیت هماهنگی با این خطر را ندارد.

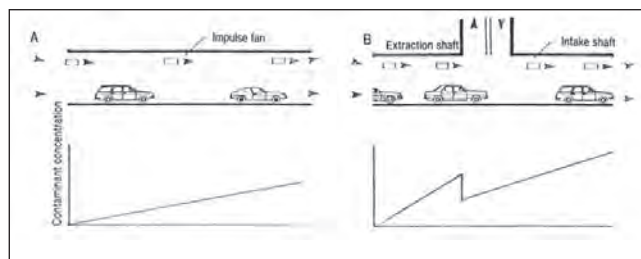


شکل ۶- سیستم تهویه طبیعی

تهویه طولی

در این حالت هوای تازه توسط فن‌ها وارد و خارج می‌گردد که باعث جریان طولی هوا در تونل می‌شود. (شکل ۷) در این سیستم توزیع غلظت‌ها مانند تهویه طبیعی است.

مقادیر زیادی از هوای تازه می‌تواند وارد تونل شود و این باعث می‌شود که غلظت آلوده‌کننده‌های تونل در سطح پایینی نگه داشته شود. همچنین قابلیت کاربرد در تونل‌های طولی را میسر می‌سازد. طولانی‌ترین تونل تهویه شده با این سیستم ۱۰ Km طول دارد. تونل‌های طولی را می‌توان با چاههای هواگیر و هواده مجهز نمود. تعداد محل این چاه‌ها را باید براساس حجم ترافیک و جهت آن و عوامل محیطی و غیره تعیین نمود. در حالت عمومی تونل‌های زیر ۱ Km را می‌توان بدون این چاهها تهویه نمود. این سیستم برای تونل‌های یک طرفه مناسب‌ترین روش است. در حالت آتفا حریق، دود ناشی از آن را می‌توان به طرف دیگر تصادف فرستاد.



شکل ۷- سیستم طولی تهویه

در تونل‌های یک طرفه ترافیک در پشت محل تصادف در مدخل تونل تجمع می‌یابد، در حالیکه در طرف خروجی، ترافیک جریان عادی خود را دارد، در این حالت فن‌ها به طور خودکار دود را به طرف خروجی هدایت می‌کنند و مسیر خودروهایی ایستاده در مدخل تونل را از دود پاک می‌نمایند. در تونل‌های با ترافیک دو طرفه، تجمع خودروها در هر دو طرف آتش (حادثه) خواهد بود که این حالت را به سختی می‌توان با استفاده از تهویه طولی کنترل کرد زیرا در نهایت دود در یکی از دو جهت بر عبور و مرور تاثیر خواهد گذاشت.

تهویه عرضی بخشی (partial lateral ventilation)

از این سیستم در حالت‌های مختلف می‌توان استفاده نمود. شکل ۸ سه راه حل را نشان می‌دهد که براساس:

a- مکش b - دهش c- تلفیق a,b می‌باشد.

حالت c تنها برای تونل‌های یک طرفه پیشنهاد می‌شود زیرا حجم هوای لازم جهت رقیق‌سازی آلوده‌کننده‌ها برای تونل‌های دو طرفه خیلی زیاد خواهد بود.

عبارتند از: استاندارد طراحی (بخصوص جهت و مقطع تونل)، حجم ترافیک، میزان وسائط نقلیه سنگین و نیز تجهیزات کنترل و مراقبت
مقایسه آمار تصادفات در تونلها کار بسیار سخت و دشواری است، چون آمارها معمولاً سال به سال متفاوت و در کشورهای مختلف انحراف زیادی دارد، لذا نتیجه‌گیری بدلیل جمع‌آوری آمار و تجزیه و تحلیل آن بطرق مختلف، قابل اعتماد نمی‌باشد.

تجزیه و تحلیل PIARC

در گزارش PIARC ایمنی ترافیکی ۳۴ تونل مختلف مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد که خلاصه‌ای از آن در جدول ۵ آمده است.
تونلهای دو بانده به طول ۶-۱۷ کیلومتر که در کشورهای مختلف مورد بهره‌برداری هستند، تقریباً مانند یکدیگر عمل نموده و قابل مقایسه با هم می‌باشند، زیرا کنترل ترافیک در آنها تقریباً بصورت ساعتی انجام می‌شود. بالعکس تونلهای راههای روستایی بسیار متفاوت می‌باشند. همینطور در تونلهای خیابانی در مناطق شهری، استانداردها، حجم ترافیک، ایمنی و کنترل آنها بطور قابل ملاحظه‌ای فرق می‌کند. این تفاوت و اثر در آمار یاد شده قابل مشاهده می‌باشد. در رابطه با تونلهای زیرآب بخاطر شیب طولی زیاد، موضوع خیلی بدتر نمایان است.
براساس گزارش یاد شده سطح خرابی اتوموبیل‌ها در همه حالتها بااستثنا تونلهای آبدار شبیه هم هستند. میزان تصادفات در تونلهای دو طرفه بلند و تونلهای بزرگراهی غیر شهری کمتر می‌باشد. در تونلهای خیابانی میزان تصادفات کمی بیشتر ولی بالاترین آمار تصادف مربوط به تونلهای آبدار قدیمی است. این آمار میزان مجروحان و آتش‌سوزی‌های داخل تونل را نشان نمی‌دهد.

راهها و تونلهای نروژ

آمار حوادث نروژ در جدول ۵ نشان داده شده است که مثالی از ایمنی ترافیک در جاده‌ها و تونلهای یک کشور است. بر طبق این آمار، ۳۳٪ از تصادفات در ۱۰۰ متری تونلها، ۴۵٪ در ناحیه انتقالی و ۲۲٪ در داخل تونل رخ می‌دهد. عمومی‌ترین تصادف (۵۲٪) تصادف خودرو با دیواره‌های تونل است.
جاده‌های اصلی در فنلاند
آمار تصادفات در جاده‌های اصلی فنلاند در خلال سالهای ۱۹۸۶-۱۹۸۴ در جدول ۵ آمده است. مطالعه آمار کشورهای شمال اروپا از جمله فنلاند بیانگر این است که تونلها از جاده‌ها ایمن‌تر هستند.
جدول شماره ۵- آمار خرابیها و حوادث وسائط نقلیه در تونل‌ها و راه‌ها

TYPE OF TUNNEL	BREAKDOWNS qty/10 ⁶ vehicular-km	ACCIDENTS qty/10 ⁶ vehicular-km
PIARC study		
Long tunnels	9.3—15.8	0.28—0.33
Motorway tunnels	4.2—17.1	0.14—1.26
Urban tunnels	6.5—24.3	0.2—1.54
Underwater tunnels	13.1—26.1	0.74—3.36
Norwegian tunnels		
— entrance area	—	0.53
— inner area	—	0.15
Norwegian roads		
Two-lane road	—	0.15—0.30
Motorway	—	0.08
Urban motorway	—	0.4—0.7
Finnish motorway	—	—
Main roads	—	0.4—0.55
Motorways	—	0.26—0.32

کنترل ترافیک

تونلها با طولهای مختلف، سطح ایمنی متفاوتی را اقتضاء می‌کند که میزان آن در جدول شماره ۶ آمده است. این موارد برای ایمنی ترافیک و کارهای ساختمانی و نگهداری تونل لازم هستند و باعث کاهش شدت تصادفات و فراهم ساختن امکان

پیشنهادی برای حالت تهویه عادی تونل باشد. تهویه در یک تونل در شرایط هوای ضعیف که نتواند به سرعت، هوای خروجی در اطراف تونل را رقیق سازد مغشوش می‌گردد. در این حالت استفاده از تهویه اضافی هم با محدودیت روبرو است و سطح آلودگیها چنان افزایش می‌یابد که در حالت تهویه طبیعی وجود دارد. در این شرایط خارج کردن هوای آلوده از طریق یک شفت بلند می‌تواند، موثر باشد.

جدول شماره ۳- ارتباط بین انتخاب سیستم تهویه و طول تونل و جهت ترافیک

MAXIMUM TUNNEL LENGTH (m)		
SYSTEM	ONE-WAY TRAFFIC	TWO-WAY TRAFFIC
Natural	c. 300	c. 100
Longitudinal	c. 3 000	c. 1 000 *
Partial lateral		
Lateral	5 000	3 000
Lateral	> 5 000	> 3 000

مثالی در مورد تهویه تونل

برنامه‌های کامپیوتری جهت تجزیه و تحلیل اثر تلفیقی فاکتورهای موثر در تهویه تونلها در دسترس هستند. این برنامه‌ها حدود مجاز را بعنوان تابعی از ترافیک، هندسه تونل، وضعیت آب و هوا و ترتیب تهویه در تونل، شبیه‌سازی می‌نمایند.
جدول شماره ۴ نتایج یک شبیه‌سازی را برای تونلی بطول ۱۸۵۰ متر، عرض ۱۲ متر و ارتفاع ۸ متر نشان می‌دهد. عبور و مرور در این تونل یک طرفه و سیستم تهویه، طولی است. همانطور که مشاهده می‌شود در حالت‌های عادی (ترافیک در جریان یا سنگین) اثر بیستونی حرکت اتوموبیل‌ها یا تهویه محوری فن‌ها جهت پایین نگه داشتن سطح منوکسید کربن در حد قابل قبولی کافی می‌باشد.
جدول شماره ۴- سیستم تهویه که برای یک نمونه از تونل مطالعه شده است.

CASE	VENTILATION SYSTEMS	TRAFFIC LOAD veh./h	SPEED km/h	HEAD-WIND m/s	MAXIMUM CO-LEVEL ppm
1	Natural	1100	80	— 5	60
2	Natural	1100	50	— 5	130
3	18 axial fans	1100	50	— 5	40
4	18 axial fans	2200	15	— 5	100
5	18 axial fans & shafts, ± 560 m ² /s	640 v/km	0	— 5	190

در شرایطی که ترافیک خیلی سنگین شود و کاملاً متوقف گردد (حالت ؟) غلظت آلوده‌سازها علیرغم وجود چاه با ظرفیت عبور ۲ میلیون متر مکعب در ساعت، بالا می‌رود. این موضوع موبد این مطلب است که در این شرایط طراحی دبی تهویه برای ایجاد تهویه رضایتبخش یک امر گران می‌باشد و اقتصادی‌تر آن است که با بکارگیری چراغهای راهنما ترافیک را کنترل و از ایجاد ترافیک سنگین در داخل تونل جلوگیری بعمل آوریم.

سرپرستی و کنترل ترافیک

ایمنی عبور و مرور

بر طبق تجربه بین‌المللی، بطور عموم تونلها از بزرگراه‌ها خطرناکتر نیستند. علت آن این است رانندگان در تونلها با هشاری بیشتر رانندگی می‌کنند و نیز به این خاطر است که مسائل ترافیکی و فنی در تونلها بهتر قابل پیش‌بینی است، چون طراحی استاندارد و دقیقی در تونل صورت می‌گیرد.
تعداد خرابی اتوموبیل‌ها و یا توقف‌ها و یا تصادف‌ها به چند عامل بستگی دارد که

باند می‌باشد. دو طرف آن بصورت کند و پوش اجرا شده است. طول کلی آن ۳۲۰۰ متر و مقطع هر یک از تونلها ۸۰ متر مربع است. طول تونل اجرا شده در خاک ۱۱۸۰ متر و تونل سنگی ۲۰۲۰ متر می‌باشد.

جدول شماره ۶- هزینه های ساخت تونل کوپاریووری

Preliminary work	50 000 Fmk
Overburden removal and filling	1 000 000 Fmk
Surface excavation	400 000 Fmk
Tunnelling and reinforcement	3 500 000 Fmk
Concreting	3 300 000 Fmk
Drainage and heat insulation	1 250 000 Fmk
Surfacing	300 000 Fmk
Fittings, equipment, finishing	650 000 Fmk
Ventilation	250 000 Fmk
Lighting	600 000 Fmk
Traffic control	100 000 Fmk
Total	11 400 000 Fmk
Average price	
— Rock tunnel 25 000 Fmk/m	
— Earth tunnel 60 000 Fmk/m	

جدول شماره ۷- هزینه های ساخت زیرگذر پاسیلا

Preliminary work	2 million Fmk
Overburden removal and filling	58
Surface excavation	7
Tunnelling and reinforcement	36
Concreting	54
Drainage and heat insulation	40
Surfacing	5
Fittings, equipment, finishing	4
Ventilation	16
Lighting	5
Traffic control	10
Total	237 million Fmk
Average price (per lane)	
— Rock tunnel 44 000 Fmk/m	
— Earth tunnel 120 000 Fmk/m	

منبع:

Kari SAARI (ed), 1988, "The Rock Engineering Alternative", Published by Finnish Tunnelling Association

کمک به محل تصادف می‌کنند.

هدف از داشتن سیستم کنترل به شرح ذیل است:

- جلوگیری از بند آوردن ترافیک در تونل توسط کنترل خودروهای ورودی
- بستن باندهای بند آمده

- اجرای سرعت مجاز بر طبق شرایط رانندگی در تونلها

- هدایت ترافیک به راههای مجاور در صورت بسته بودن و یا کاهش موقت ظرفیت تونل
- برای دوطرفه کردن یک تونل دو بانده در شرائطی که تونل مجاور (دوقلو) آن بسته است.

- جلوگیری از ورود ترافیک به تونل در حالت تصادف

راهنمائی رانندگان در شرائط خاص

تابلوهای اطلاعاتی و علائم خطر که در محل تونلها نصب می‌شوند، عبارتند از:

نام، طول و علامت (Symbol) تونل - فرکانس رادیویی تونل - محل امکان ایستادن - راههای فرار - تلفنهای اضطراری - زنگ خطر آتش‌سوزی و غیره - تابلو فاصله داخل تونل - مقررات و راهنما بطور مکتوب (کار در جاده، حادثه و ...) - مقررات حمل مواد خطرناک

علائم و تابلوهای محدودیت و بازدارنده شامل:

محدودیت ترافیکی (مانند نور)، حداکثر ارتفاع آزاد، حداکثر و حداقل سرعت، ممنوعیت ایستادن، فاصله بین خودروها، استفاده از موتور و چراغها

بیرون از تونل معمولاً با یک سیستم کنترل ترافیکی سه چراغ مجهز است. سائز تجهیزات به کار رفته برای ایمنی عبارتند از: گاردریل‌های کنار تونل، سنسورهای حساس به گاز و جریان هوا، وسائل اندازه‌گیری دید و روشنایی برای کنترل تهویه و روشنایی

جدول شماره ۶- سطح ایمنی در تونل ها

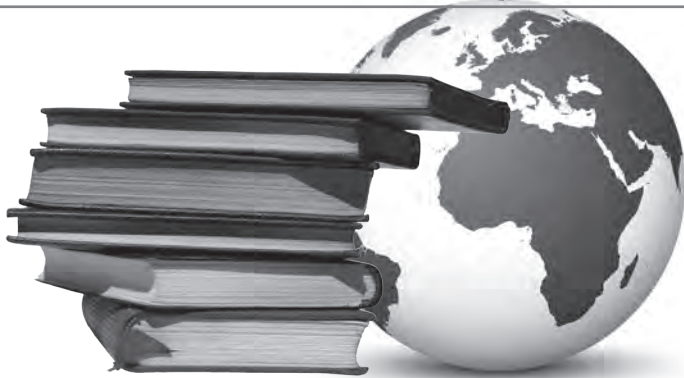
SAFETY MEASURES	TUNNEL LENGTH (m)			
	> 1000	500—1000	300—500	< 300
Structural				
hard shoulders	0	0	0	0
parking bays	•	•	0	
turning bays	0			
two tunnels (two-way)	•	•		
one tunnel (one-way)	0	0		
pedestrian pavements	•	•	•	•
height indicators	0	0	0	0
Communications				
emergency phones	•	•	•	0
loudspeakers	0			
TV cameras	0			
radio telephones	0			
Fire alarm				
manual	•	•	•	0
automatic	•	0		
Extinguishers				
powder extinguisher	•	•	•	0
fire posts	•	0		
Emergency lighting	•	•	•	0

هزینه‌های احداث

تخمین هزینه احداث ۲ تونل جاده‌ای در ذیل آورده شده است: (جدول شماره ۶ و ۷)

تونل ۱: تونل Kupaarivuori در Naantali واقع در جنوب غربی فنلاند. این تونل در سال ۱۹۹۸ در حال ساخت بوده است. یک تونل یک بانده ولی دوطرفه است. ۹۸ متر از این تونل در خاک است که بین دو قسمت سنگی بطول کلی ۲۲۴ متر قرار دارد. مقطع این تونل ۶۵ مترمربع می‌باشد.

تونل ۲: تونل Pasilanvayla بین Makelankatu و Kustaa vaasantie در هلسینکی که بعنوان یک راه مهم در منطقه شهری تلقی می‌شود. این تونل دوقلو و ۲



چکیده مقالات بین المللی

عملکرد دستگاه TBM در زمین مجاله شونده در اولوابات (ترکیه)

Nuh Bilgin, Melih Algan, 2012, "The performance of a TBM in a squeezing ground at Uluabat, Turkey", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 32, (November 2012), Pages 58-65

در مقاله حاضر مشخصات مجاله شونده زمین در تونل اولوابات (Uluabat) در ترکیه بررسی شده و عملکرد دستگاه TBM در نواحی که دستگاه گیر کرده بود مورد بحث قرار می‌گیرد. تحلیل‌های انجام شده نشان می‌دهند که شاخص مجاله شونده (squeezing) زمین که به نیروی پیشران، زمان، و طول تونل بستگی دارد در نقاطی که افزایش میزان نیروی پیشران در اثر مجاله شونده آغاز شده و به اتمام می‌رسد، قابل تعیین می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند که شاخص مذکور متناسب با میزان روبراه به صورت خطی افزایش یافته هر چند این رابطه خیلی قوی نیست به ویژه در صورت وجود مقادیر RMR پایین. تحلیل‌های انجام شده نشان می‌دهند که بروز تاخیرات در حین حفر تونل یا توقف‌های دستگاه TBM نیز می‌توانند نقش موثری در تحت تاثیر مجاله شونده قرار گرفتن سپر شود. مشکل گیر کردن سپر از طریق تزریق بنتونیت از میان سپر برطرف گردید. با توجه به موارد مذکور در نهایت روند مناسبی برای تخمین نواحی بحرانی از لحاظ گیر کردن کله حفاری ناشی از مجاله شونده زمین ارائه شده و با جزئیات بحث می‌شود.

جریان‌های ورودی یکنواخت به درون یک تونل دایروی

Christoph Butscher, 2012, "Steady-state groundwater inflow into a circular tunnel", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 32, (November 2012), Pages 158-167

پیشبینی جریان آب به درون تونل برای طراحی سیستم زهکش تونل‌ها و کاهش اثرات زیست محیطی و همچنین ناپایداری‌های تونل و نشست‌های سطحی دارای اهمیت می‌باشد. راه‌حل‌های تحلیلی متعددی برای محاسبه جریان آب به درون تونل وجود دارد و در حال حاضر نیز استفاده از مدل‌سازی‌های عددی آب‌های زیرزمینی رو به افزایش می‌باشد. مقاله حاضر به منظور نمایش انواع مختلف سیستم‌های نگهداری در تونل‌ها انواع شرایط مرزی را مرور می‌نماید تا امکان محاسبه جریان‌های ورودی مختلف به داخل تونل را با در نظر گرفتن انواع پوشش‌های تونل، امکانپذیر نماید. روش‌های تحلیلی و مدل‌های عددی برای محاسبه جریان ورودی به تونل با هم مقایسه شده و عوامل موثر بر میزان دقت روش‌های عددی مورد بررسی قرار می‌گیرند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهند که مدل‌های عددی قادرند میزان جریان آب ورودی به تونل را در صورتی که تونل دارای پوشش بدون سیستم زهکش باشد، یا در حالتی که ضریب انتقال هیدرولیکی پوشش چندین بار کوچکتر از ضریب انتقال سفره آب زیرزمین باشد، و در حالتی که پوشش تونل بسیار قطور باشد، با دقت بالایی تخمین بزنند. نتایج نشان می‌دهند که میزان جریان ورودی در مورد تونل‌های دارای لایه زهکش بیش از تونل‌های بدون پوشش می‌باشد، مشروط به اینکه هد در لایه زهکش همسطح مرکز تونل یا کف آن باشد. اگر هد در لایه زهکش همسطح تاج تونل باشد میزان جریان ورودی در تونل بدون پوشش، بیشتر خواهد بود. نتایج این تحقیق همچنین نشان می‌دهند که در تونل‌های بدون پوشش، میزان جریان آب ورودی به داخل تونل در کف بیش از تاج تونل می‌باشد. در مورد تونل‌های دارای پوشش با لایه زهکش عکس این مطلب صادق است. تفاوت مقدار جریان ورودی در کف و در تاج تونل، با افزایش عمق تونل (نسبت به عمق سطح آب زیرزمینی) کاهش می‌یابد.

تحلیل تغییرشکل ناحیه تماس سنگ‌های نرم و سخت دربرگیرنده یک تونل

Wenkai Feng, Runqiu Huang, Tianbin Li, 2012, "Deformation analysis of a soft-hard rock contact zone surrounding a tunnel", Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 32, (November 2012), Pages 190-197

تونل مونیگو (Mounigou) از سازندهای پیچیده زمین‌شناسی عبور می‌نماید. بیشتر سنگ‌های دربرگیرنده تونل از کیفیت پایینی برخوردار بوده و در طبقه‌بندی سنگ‌های ضعیف (گروه‌های IV و V) قرار می‌گیرند. در حین ساخت تونل مشکلات متعددی همچون ریزش و گسیختگی، تغییرشکل ناشی از مجاله‌شدگی رخ دادند. به‌ویژه در ناحیه تماس سنگ‌های نرم و سخت مانند فیلیت و ماسه سنگ دگرگون شده گسیختگی‌های ناشی از تغییرشکل کاملاً بارز بودند. در این مقاله از نرم افزار FLAC-3D برای ساخت مدل سه بعدی استفاده شده است. مدل بر اساس نقشه‌برداری‌های محلی و نتایج عملیات مطالعاتی و آزمون‌های آزمایشگاهی انجام شده به منظور تعیین وضعیت تغییرات تنش و کرنش، ایجاد شدند. پس از انجام عملیات حفاری تمرکز تنش در اطراف ناحیه تماس سازندهای سنگی نرم و سخت ایجاد شد. انتقال تنش و تمرکز آن به سمت سازند سنگ سخت صورت می‌گیرد در حالیکه در ناحیه سنگ نرم تا حدودی آزادسازی تنش رخ می‌دهد. تغییرشکل پلاستیک در ناحیه سنگ نرم به وضوح بیشتر از ناحیه سنگ سخت می‌باشد. تنش اصلی پس از حفر تونل افزایش می‌یابد. این تغییر با توجه به مقاومت پایینتر سنگ نرم در مقایسه با سنگ سخت منجر به ایجاد تنش نسبتاً زیادی در سنگ نرم می‌شود. این موضوع عامل اصلی تغییرشکل زیاد تونل در ناحیه سنگ نرم می‌باشد.

عنوان کتاب:

A Guide to Field Instrumentation in Geotechnics Principles, Installation and Reading

نویسنده: Richard Bassett

تاریخ انتشار: ۲۰۱۲

ناشر: CRC Press



ابزاربندی ژئوتکنیکی برای رفتارنگاری و ارزیابی وضعیت زمین از طریق ثبت داده‌ها و کنترل شرایط به منظور تضمین ایمنی در پروژه‌های مختلف به ویژه در مناطق شهری به کار گرفته می‌شود. کتاب حاضر فلسفه استفاده از ابزاربندی را به طور مشروح ارائه داده و شرایط عملی استفاده از آن را توضیح می‌دهد. ابزار مورد بحث به دو دسته جابجایی سنج‌ها و تنش سنج‌ها تقسیم‌بندی شده‌اند. محدودیت‌های هر یک از ابزارها بررسی شده و مباحث نظری مربوط به هر کدام به صورت جداگانه و با جزئیات کامل همراه با نحوه تحلیل داده‌های به دست آمده از هر یک از ابزار تشریح می‌شوند. روش‌های نوین الکترونیک همچون استفاده از اسکنرهای لیزری در نقشه‌برداری و استفاده از الیاف نوری و غیره نیز در بخش‌های مرتبط مرور می‌شوند.

عنوان کتاب:

Underground Infrastructure of Urban Areas 2

ویرایش: Cezary Madryas, Beata Nienartowicz, Arkadiusz Szot

تاریخ انتشار: ۲۰۱۲

ناشر: CRC Press



زیرساخت‌های زیرزمینی یکی از بخش‌های اصلی و مهم فعالیت‌های مهندسی در مناطق شهری را تشکیل می‌دهد. این زیرساخت‌ها شامل شبکه‌های انتقال انرژی، ارتباطی، انتقال آب، فاضلاب، و حمل و نقل می‌شود. چنین فضاهایی همچنین برای انبار و نگهداری سوخت، مواد غذایی و اجناس دیگر، فضاهای فرهنگی، تفریحی، تحقیقاتی و غیره به کار گرفته می‌شوند. کتاب حاضر مباحث تحقیقاتی و طراحی مربوط به سازه‌های زیرزمینی را در کنار مباحث ساخت و اجرا و نیز نگهداری فضاهای زیرزمینی مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد. تجربیات و اطلاعات ناشی از اجرای پروژه‌های زیرزمینی هشت کشور به صورت همگام با دانش و اطلاعات طراحی و اجرایی روز در این کتاب ارائه شده‌اند. مطالعات موردی گوناگونی به منظور تشریح مباحث نظری، طراحی، اجرایی به منظور توضیح جزئیات هر بخش در این کتاب تشریح شده‌اند.

دهمین کنفرانس تونل ایران

"فضاهای زیرزمینی و اهداف هزاره سوم"
۱۳ تا ۱۶ آبان ماه ۱۳۹۲

انجمن تونل ایران با همکاری انجمن بین المللی تونل برگزار می نماید.

دهمین کنفرانس تونل ایران
"فضاهای زیرزمینی و اهداف هزاره سوم"

۱۳ تا ۱۶ آبان ماه ۱۳۹۲

فرارخوان اول

www.itc2013.irta.ir

دبیرخانه همایش:
تهران، خیابان کارگر شمالی، ساختمان ۴۶۷
(پلاک جدید ۱۸۳۹)، طبقه پنجم، واحد ۴۱
تلفن: ۸۸۶۳۰۴۹۵ | تلفکس: ۸۸۰۰۸۷۵۴
پست الکترونیک: itc2013@irta.ir

از علاقمندان دعوت می شود تا مقالات خود را از طریق تارنمای کنفرانس به دبیرخانه ارسال نمایند.

زمان های کلیدی:
مهلت ارسال خلاصه مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۲۸
اعلام نتایج بررسی خلاصه مقالات: ۱۳۹۱/۱۲/۲۳
مهلت ارسال مقاله کامل: ۱۳۹۲/۰۲/۲۲
اعلام نتایج نهایی مقالات: ۱۳۹۲/۰۵/۲۳
مهلت ارسال مقاله تکمیل شده: ۱۳۹۲/۰۶/۲۷

زمان های کلیدی:

۱۳۹۱/۱۱/۲۸

مهلت ارسال خلاصه مقاله:

۱۳۹۱/۱۲/۲۳

اعلام نتایج بررسی خلاصه مقالات:

۱۳۹۲/۰۲/۲۲

مهلت ارسال مقاله کامل:

۱۳۹۲/۰۵/۲۳

اعلام نتایج نهایی مقالات:

۱۳۹۲/۰۶/۲۷

مهلت ارسال مقاله تکمیل شده:

از علاقمندان دعوت می شود تا مقالات خود را از طریق تارنمای کنفرانس به دبیرخانه ارسال نمایند.

محورهای مباحث و مقالات کنفرانس:

تحقیق و توسعه

- آموزش تونلسازی
- فناوریهای جدید در تونلسازی
- مهندسی ارزش در فضاهای زیرزمینی
- مبانی شناسایی و طراحی
- مبانی مطالعات و بررسی های زمین شناسی، ژئوفیزیک و ژئوتکنیک
- مبانی و روش های تحلیل و طراحی
- سیستمهای نگهدارنده
- رفتارسنجی و ابزار دقیق
- اثرات زیست محیطی
- تحلیل ریسک

فضاهای زیرزمینی و فن آوری ساخت آنها

- روش های اجراء (مکانیزه، انفجار و کند و پوش)
- فضاهای زیرزمینی خاص (پدافند غیرعامل، صنعت نفت و گاز و معادن)
- فضاهای زیرزمینی شهری
- حفاری بدون ترانسه (ریز تونل ها، لوله رانی و ...)
- مباحث مالی، قراردادی و مدیریتی در پروژه های زیرزمینی
- مسایل قراردادی و مدیریت ریسک
- مدیریت طراحی، اجرا و بهره برداری
- تأمین منابع مالی و سرمایه گذاری

سایر موارد

- آیین نامه ها و استانداردهای مرتبط با فضاهای زیرزمینی
- ملاحظات اجتماعی و زیست محیطی
- ایمنی در تونلسازی
- معماری در فضاهای زیرزمینی
- تأسیسات در فضاهای زیرزمینی

تعمیر و نگهداری فضاهای زیرزمینی روش تنظیم و ارسال خلاصه مقالات:

تمامی خلاصه مقالات بایستی حاوی مشخصات زیر باشند:
عنوان مقاله پیشنهادی (حداکثر ۶۰ حرف).

مروری بر اهداف و محتوای مقاله پیشنهادی همراه با برخی نتایج اولیه (حداکثر در ۴۵۰ کلمه) در قالب فایل Word و در اندازه A4 به زبان فارسی یا انگلیسی مقالات باید در برگزیده نتایج کارهای جدید محققین در زمینه های مختلف آزمایشگاهی، صحرایی یا تحلیلی و عددی، و در چارچوب محورهای کنفرانس باشند.

نام، سمت سازمانی و اطلاعات تماس (شامل پست الکترونیک، تلفن همراه و ثابت) نویسنده (یا نویسندگان).

کلمات کلیدی در انتهای چکیده مقاله ذکر شوند.

گروهی از محورهای کنفرانس را که خلاصه مقاله می تواند در آن قرار گیرد ذکر شود.

دبیرخانه همایش:

تهران، خیابان کارگر شمالی، ساختمان ۴۶۷ (پلاک جدید ۱۸۳۹)، طبقه ۵، واحد ۴۱.

تلفن: ۸۸۶۳۰۴۹۵

تلفکس: ۸۸۰۰۸۷۵۴

پست الکترونیک: info@irta.ir

سایت اینترنتی: http://www.itc2013.ir

تونل TUNNEL

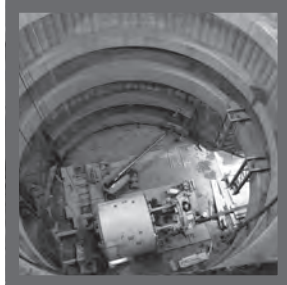
IN THE NAME OF GOD
FALL 2012, No. 20

IRANIAN TUNNELLING ASSOCIATION MAGAZINE نشریه انجمن تونل ایران

CONTENTS



Editorial	2
News	4
Efficient Passive Fire Protection Systems for High Performance Shotcrete	8
Observational Method in Tunnelling	20
Road Tunnels in Finland	25
Selected International Paper Abstracts	34
Book Review	35
Tunnelling Events.....	36



Cover Photo: Construction of Niayesh Tunnel

Proprietor

Iranian Tunnelling Association

President

Dr. M. Gharouni Nik

Chief Editor

Dr. S. Hashemi

Supervised By

Board of Directors of Iranian Tunnelling Association

Editorial Board

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

Other Contributors

Mr.M. Khosrotash

Executive Producer

Nashr-e-Fan

Graphics and Layout Design

Azarshan Graphic Aria (www.azarshangraphic.com)



محل الصاق
عکس

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



۱- نام خانوادگی:		کد عضویت:
۲- نام:		شماره عضویت:
۳- تاریخ و محل تولد:		۴- شماره شناسنامه و محل صدور:
۵- نشانی:	محل کار:	کد پستی:
	منزل:	کد پستی:
	پست الکترونیکی (Email):	
۶- تلفن	محل کار:	دور نگار:
	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 سازه‌های زیر زمینی:

مسئولیت	نام طرح	سازمان یا شرکت	تاریخ	
			از	تا

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

سال:	محل انجام	عنوان درس یا تحقیق

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

عنوان	تاریخ و محل نشر

۱۲- عضویت در سازمانها و کمیته های ملی و جهانی		۱۱- آشنایی و میزان تسلط به زبانهای خارجی			
تاریخ		میزان تسلط			زبان
تا	از	متوسط	خوب	عالی	
		<input type="checkbox"/> دانشجویی	<input type="checkbox"/> وابسته	<input type="checkbox"/> پیوسته	۱۳- داوطلب عضویت:
حقوقی ۱/۵۰۰/۰۰۰ ریال	حق عضویت	۱- تصویر شناسنامه			۱۴- مدرک لازم
پیوسته ۲۰۰/۰۰۰ ریال		۲- دو قطعه عکس ۳×۴			
وابسته ۱۰۰/۰۰۰ ریال		۳- تصویر آخرین مدرک تحصیلی با گواهی اشتغال به تحصیل			
دانشجویی ۴/۰۰۰ ریال		۴- گواهی سوابق کار بخصوص در صنعت تونل			
نام و نام خانوادگی / امضاء					تاریخ تکمیل فرم:

آیین نامه عضویت در انجمن

انواع و شرایط عضویت در انجمن عبارتند از:

عضویت پیوسته

اعضای پیوسته انجمن بایستی حداقل یکی از شرایط زیر باشند.

۱- موسسان انجمن

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

۳- اشخاص با درجه کارشناسی ارشد و بالاتر در رشته‌های مرتبط و پایان‌نامه 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 تونل‌سازی

۵- اشخاص با درجه کارشناسی در رشته مرتبط با حداقل ۵ سال سابقه کار مفید در صنعت تونل‌سازی

تبصره ۱: رشته‌های مرتبط به صنعت تونل‌سازی شامل: مهندسی عمران- مهندسی معدن- زمین‌شناسی مهندسی زمین‌شناسی- مهندسی برق- مهندسی مکانیک- مهندسی نقشه‌برداری و شاخه‌های وابسته می باشد.

عضویت وابسته

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

عضویت دانشجویی

کلیه اشخاصی که در رشته‌های مرتبط در دوره کارشناسی یا بالاتر در رشته‌های مرتبط به صنعت تونل‌سازی 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 تونل‌سازی حایز اهمیت خاص باشد و یا در پیش برد اهداف انجمن کمک‌های موثر و ارزنده‌ای نموده باشند می‌توانند به عضویت افتخاری انجمن انتخاب شوند.

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

لطفاً فرم تکمیل شده را به نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، نبش خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه ۵، واحد ۴۱.

تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۴۹۵ دور نگار: ۰۲۱-۸۸۰۰۸۷۵۴ دبیرخانه انجمن تونل ایران، ارسال نمایید.



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

کد عضویت:
شماره عضویت:

الف: مشخصات:				
نام:		شماره ثبت:	تاریخ ثبت:	
نوع موسسه: ۱- سهامی عام <input type="checkbox"/> ۲- سهامی خاص <input type="checkbox"/> ۳- مسئولیت محدود <input type="checkbox"/> ۴- سایر <input type="checkbox"/>				
رتبه بندی سازمان برنامه و بودجه: ۱- دارد <input type="checkbox"/> رتبه رشته ۲- ندارد <input type="checkbox"/>				
زمینه فعالیت:				
نوع فعالیت: ۱- مهندسی مشاور <input type="checkbox"/> ۲- پیمانکاری <input type="checkbox"/> ۳- تولید کننده <input type="checkbox"/> ۴- سایر <input type="checkbox"/>				
سوابق پروژه ها و فعالیتهای موسسه:				
ردیف	عنوان پروژه	زمان اجراء		محل
		از	تا	

نشانی دفتر مرکزی:

تلفن: دور نگار: آدرس الکترونیکی (Email):

ب- هیئت مدیره (نام مدیر عامل، رئیس و اعضای هیئت مدیره):			
ردیف	نام و نام خانوادگی	آخرین مدرک تحصیلی	سمت در موسسه
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			
مدارک مورد نیاز		۱- مدرک ثبت شرکت یا سازمان ۲- سوابق فعالیت	
نام و امضاء مدیر عامل: مهر شرکت: تاریخ:			
لطفاً در این قسمت چیزی ننویسید. درخواست عضویت موسسه در جلسه هیئت مدیره مورخ مطرح و با عضویت آن موافقت/ مخالفت به عمل آمد.			

لطفاً فرم تکمیل شده را به نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، نبش خیابان دوم، ساختمان ۴۶۷، طبقه ۵، واحد ۴۱
تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۴۹۵، دورنگار: ۰۲۱-۸۸۰۰۸۷۵۴، دبیرخانه انجمن تونل ایران، ارسال نمایید.
Email: info@irta.ir