

۱۴۲۷۵۵۶

تکنیک‌های نوین، در طراحی و ساخت و ساز تونل

مؤلف:

محسن هدایتی‌فر

رئیس توسعه و نوآوری شرکت جنرال مکانیک

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه	هدایتی فر، محسن، ۱۳۴۵ -
عنوان و نام پدیدآور	تکنیک‌های نوین، در طراحی و ساخت و ساز تونل / مولف محسن هدایتی فر.
مشخصات نشر	تهران: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	۲۰۰ ص.: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی).
شابک	۲۹۰۰۰۰ ریال: ISBN: 978-964-210-237-2
وضعیت فهرست نویسی	فیبا :
یادداشت	کتابنامه: ص. ۱۹۹ - ۲۰۰.
موضوع	تونل سازی :
موضوع	Tunneling :
موضوع	تونل سازی - طرح و ساختمان :
موضوع	Tunneling - Design and construction :
شناسه افزوده	جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر :
ده بندی دیویی	۶۲۴/۱۹۳ :
ده بندی سگره	۱۳۹۵ ۴ ت ۸۵۱ TA۸۰۵ :
شماره کتابشناسی ملی	۴۲۹۷۶۳۶ :

کتاب در جلسه مورخ ۹۵/۰۳/۲۲ شورای نشر کتاب
جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل
رزیابی علمی، مجوز چاپ و انتشار، دریافت نموده است.



تکنیک‌های نوین، در طراحی و ساخت و ساز تونل
مؤلف: محسن هدایتی فر، شرکت جنرال مکانیک
ویراستار: بی: آقای حسن قمی

ناشر	جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
مدیر مسؤول	دکتر مهدی ورسه‌ای
نوبت چاپ	اول
سال چاپ	۱۳۹۵
قطع	وزیری
شمارگان	۵۰۰ نسخه
قیمت	۲۹۰۰۰۰ ریال
طراح	آرزو انصاری
چاپخانه	خجستگان



ISBN: 978-964-210-237-2

شابک: ۲-۲۳۷-۲۱۰-۹۶۴-۹۷۸

نمایشگاه و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر،
انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶ + تلفکس: ۹۸۲ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶ +
فروشگاه اینترنتی: www.jdamirkabir.ac.ir

اُطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی، زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فن‌آورانه و دانش‌بنیان می‌گردد که خود از رکن اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. همچنین واضح است که در کنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به آخرین دستاوردهای علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

بر این اساس جهادگران نهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های بن‌آورد و نیز آموزش‌های تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور و همچنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط "انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر «پلی‌تکنیک تهران»" که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علوم پایه و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی پژوهشگران، دانشجویان و پویندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفتوح معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران هشت سال دفاع مقدس به‌ویژه شهدای گرانقدر جهاددانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشگاهیان و فعالین عرصه‌های علم و فناوری کشور، پیونده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقا سطح علمی کتب منتشره و همچنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

"هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید"

انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر



فهرست

فصل ۱: مراحل ساخت و ساز تونل	۱۳
مقدمه	۱۳
خلاصه	۱۳
۱-۱- نظارت، در عملیات ساخت و ساز تونل طراحی شده	۱۴
۲-۱- راهکارهای اساسی در عملیات اجرایی تونل سازی	۱۴
۳-۱- حفاری	۱۶
فصل ۲: روش نوین احداث پرتال تونل در زمین های سست و مشکل دار	۲۱
چکیده	۲۱
مقدمه	۲۱
۱-۲- تکنیک بهبود پوسته زمین با استفاده از سیستم جت گریز	۲۳
۲-۲- کاربرد روش نوین احداث پرتال تونل	۲۶
۳-۲- نمای زمین شناسی و ژئوتکنیک منطقه	۲۹
۴-۲- ثبات کلی در شیب	۳۴
۵-۲- ملاحظات تکنیکال و اجرایی	۳۶
۶-۲- ملاحظات نهایی	۳۹
فصل ۳: روش تعریض تونل بدون انسداد ترافیک موجود	۴۳
مقدمه	۴۳
۱-۳- اصول اساسی در روش ابداعی تعریض تونل	۴۴

۴۶	۲-۳- اولین بهره‌برداری از این روش ابداعی
۵۱	۳-۳- مشخصات روش ابداعی
۵۲	۴-۳- تشریح تکنیک تعریض تونل بدون توقف ترافیک
۵۹	۵-۳- حل مشکلات خاص برای حفظ جریان ترافیک در زمان، ساخت و ساز تونل
۵۹	۳-۱-۵- تونل‌های راه آهن
۶۰	۳-۲-۵- جاده (تک تونلی) و یا بزرگراه (دو تونلی) با ۲ لاین
۶۳	۳-۶- مراحل حفاری، لاینینگ و کف سازی در تعریض تونل
۶۳	۳-۱-۶- پیش تحکیم و بهسازی و تقویت محیط پیرامونی و سینه کار تونل
۶۵	۳-۲-۶- حفاری گام اول
۶۵	۳-۳-۶- سگمنت گذاری مرحله اول
۶۶	۱-۴-۶- حفاری گام دوم
۶۶	۳-۵- سگمنت گذاری و فعال شدن لاینینگ در گام دوم
۶۶	۳-۶-۶- ساخت و ساز کف تونل
۶۸	۳-۷- ماشین آلات و ابزار مورد نیاز، در روش نوین تعریض تونل
۷۰	۳-۸- نرخ پیشرفت پروژه - بیان اجرایی
۷۲	۳-۹- نتیجه‌گیری
فصل ۴: تکنولوژی نوین طاق سلولی، در ساخت و ساز ایستگاه‌های مترو، در محیط‌های شهری	
۷۷	خلاصه
۷۷	مقدمه
۷۸	۴-۱- مراحل اجرایی ساخت و ساز تونل‌های بزرگ شهری - استفاده از تکنیک قوس سلولی
۸۶	۴-۲- استفاده از تکنیک قوس سلولی، برای ساخت و ساز ایستگاه ونیز
۹۴	۴-۳- سیستم مونیتورینگ در عملیات قوس سلولی
۹۷	۴-۴- تحولات احتمالی سیستم
فصل ۵: کاربرد روش چتری forepoling برای تونل‌سازی در ساختارهای ضعیف زمین	
۱۰۱	مقدمه

۱۰۲.....	روش فورپولینگ
۱۰۴.....	۱-۵- محیط‌های مناسب برای استفاد از روش فورپولینگ
۱۰۴.....	۲-۵- مزایا
۱۰۵.....	۳-۵- روش اجرا
۱۰۷.....	۴-۵- استفاده از لوله‌های خودحفار (سیمتریکس) در فورپولینگ
۱۰۹.....	۵-۵- مراحل اجرایی: در این روش، عملیات حفاری و تزریق در سه مرحله انجام می‌شود.
۱۱۰.....	۶-۵- مشخصات عمومی مورد استفاده در روش فورپولینگ
۱۱۱.....	۷-۵- کاربرد نوع تحکیمات بر اساس طبقه‌بندی مهندسی سنگ

فصل ۶: پیش نگهداری تونل با استفاده از سیستم پیش برش مکانیکی precutting

۱۱۳.....	۱-۶- روش اجرا
۱۱۸.....	۲-۶- مزایای روش precutting
۱۱۸.....	۳-۶- نتایج
۱۲۱.....	۴-۶- آزمایشات و تست‌های لازم

فصل ۷: پیش نگهداری تونل، با استفاده از تکنولوژی pretunnel

۱۲۳.....	مقدمه
۱۲۴.....	۱-۷- تفاوت اساسی تکنولوژی pretunnel با روش precutting مکانیکی
۱۲۴.....	۲-۷- مزایای سیستم pretunnel
۱۲۵.....	۳-۷- مراحل اجرایی، در سیستم pretunnel
۱۲۷.....	۴-۷- تجهیزات مکانیزه در سیستم pretunnel
۱۳۰.....	۵-۷- پایدار سازی و ایمنی در سیستم pretunnel
۱۳۳.....	۶-۷- نتایج

فصل ۸: پیش نگهداری زمین اطراف تونل، به وسیله ستون‌های افقی بهسازی شده، به شکل مخروط ناقص، با سیستم جت گروتینگ

۱۳۵.....	مقدمه
۱۳۵.....	۱-۸- عملیات اجرایی

۱۳۹	۲-۸- مراحل اجرایی تونل سازی، با تکنیک جت گروتینگ افقی
۱۴۳	۳-۸- پارامترهای اجرایی
۱۴۵	۴-۸- کنترل عملیات اجرایی

فصل ۹: پیش نگهداری و بهسازی محیط تونل به وسیله تزریق معمولی

۱۴۷	مقدمه
۱۴۹	۱-۹- نکات طراحی
۱۵۲	۲-۹- کنترل عملیات اجرایی
۱۵۴	۳-۹- مزایای تزریق در ساخت و ساز تونل‌ها
۱۵۴	۴-۹- انتخاب مواد ویژه برای تزریق
۱۵۶	انتخاب مواد مناسب

فصل ۱۰: پیش نگهداری حفره‌های زیرزمینی به وسیله زهکشی محیط تونل قبل از حفاری

۱۵۹	مقدمه
۱۶۱	۱-۱۰- مراحل اجرایی
۱۶۳	۲-۱۰- نحوه نصب لوله زهکشی
۱۶۴	۳-۱۰- نظارت و بازرسی بر عملکرد سیستم زهکشی

فصل ۱۱: تکنیک نوین ساخت و ساز سرباره مصنوعی زمین، در تونل سازی

۱۶۷	خلاصه
۱۶۸	مقدمه
۱۶۸	۱-۱۱- مراحل مختلف عملیاتی، روش اجرای سرباره مصنوعی
۱۷۲	۲-۱۱- استفاده از روش سرباره مصنوعی در تونل خط راه آهن رم - ناپل
۱۷۲	۳-۱۱- زمین‌شناسی، نقشه برداری مسیر تونل‌ها و آزمایشات
۱۷۳	۴-۱۱- آمار آزمون‌ها
۱۷۵	۵-۱۱- نتایج آمار آزمایشات
۱۷۵	۶-۱۱- ساخت و ساز، سرباره مصنوعی تونل
۱۸۰	۷-۱۱- اندازه‌گیری و مانیتورینگ، در زمان ساخت و ساز سرباره مصنوعی تونل
۱۸۱	۸-۱۱- ملاحظات نهایی

فصل ۱۲: پایدار سازی مقطع تونل، با استفاده از تکنیک تقویت سینه کار با	
المنت‌های فایبر گلاس.....	۱۸۵
مقدمه.....	۱۸۵
۱-۱۲- مشخصات فایبر گلاس‌های مورد استفاده.....	۱۸۹
۲-۱۲- مراحل اجرایی.....	۱۹۰
۳-۱۲- موارد کنترل کیفیت در عملیات اجرایی.....	۱۹۵
مراجع.....	۱۹۹

فصل ۱

مراحل ساخت و ساز تونل

مقدمه

استفاده از فضاهای زیرین برای حل مشکلات اجتماعی کشور، اهمیت ویژه ای دارد. بنابراین، استفاده از، تونل ساری، در محیط های شهری، محیط های سست و ناپایدار و ... امری ضروری و مفید است (تونل های شهری، تونل های انتقال فاضلاب، تونل های انتقال آب، تونل های راه آهن و اتوبان ها و ...). برای، تونل سازی در محیط های شهری، محیط های سست و ناپایدار، محیط هایی با سر بار کم ...، مسواری مشکلات فراوانی وجود دارد. برای جلوگیری از ایجاد مشکلاتی، مانند نشست سطحی و زمین شهری، تخریب محیط زیست و نیز حفظ ایمنی در محیط های کاری و به خصوص افزایش سرعت اجرایی و کاهش هزینه ها و ... می بایستی، روش های نوینی که در کشورهای اروپایی طراحی و اجرا شده را برای ارتقای مهندسی کشور در طراحی و ساخت و ساز تونل، در مناطق سست و شهری، ایران به کار گرفت.

در همین راستا، مؤلف در این کتاب، تجربیات موفق کشورهای اروپایی را جمع آوری کرده است و در ۱۲ فصل جداگانه کوشیده است تا روش های کاربردی و نوین تونل سازی در مناطق شهری و سست و ناپایدار و ... را تبیین و ارائه کند.