

سازه‌های زیرزمینی در صنعت مترو

مؤلفین:

دکتر حامد حق‌کیش

عضو هیات علمی مدعنه دانشگاه آزاد اسلامی
(عضو باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان واحد تبریز)
(دکترای مهندسی عمران - مهندس مدیریت ساخت)

دکتر حمید چاکری

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی سهند تبریز
(دکترای مهندسی معدن - مکانیک سنگ)

دکتر سید آرش موسوی

عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
(دکترای مهندسی عمران - سازه و زلزله)

سرشناسه	: حق کیش، حامد، ۱۳۶۳ -
عنوان و نام پدیدآور	: سازه‌های زیرزمینی در صنعت مترو / مولفین حامد حق کیش، حمید چاکری، سیدآرش موسوی.
مشخصات نشر	: تهران: ندای کارآفرین، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۳۰۴ ص.: مصور (رنگی)، جدول.
شابک	: 978-600-482-465-1
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: مترو — ایستگاه‌ها — طرح و ساختمان
موضوع	: Subway stations -- Design and construction
موضوع	: مترو — طرح و ساختمان
موضوع	: Subways -- Design and construction
موضوع	: تونل‌سازی — طرح و ساختمان
موضوع	: Tunneling -- Design and construction
موضوع	: تونا — ها — طراحی و ساخت
موضوع	: Tunnels -- Design and construction
موضوع	: ساختمان‌سازی زیرزمینی
موضوع	: Underground construction
شناسه افزوده	: ی، سید، ۱۳۶۰
شناسه افزوده	: وسو: قاسمی سید آرش، ۱۳۵۳
رده بندی کنگره	: ۸۴۷۱ F
رده بندی دیویی	: ۴۲/۶۲۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۹۶۴۳۳



تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، نبش کوچه انوری، پلاک ۲۹

تلفن: ۰۲۷۲۲۰۶۶۴۰- www.NedayeKarafarin.ir

سازه‌های زیرزمینی در صنعت مترو

حامد حق کیش - حمید چاکری - سید آرش موسوی

صفحه‌آرا: اکرم ملک نژاد

طراح جلد: رضا کاوه

نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۸

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۴۸۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۴۸۲-۴۶۵-۱

سخن مؤلفین

در عصر حاضر گسترش روزافزون ارتباطات و افزایش خطرناک آلاینده‌های زیست‌محیطی ناشی از آن، اهمیت همسویی حداکثری صنایع حمل‌ونقل با محیط زیست را در افق پیش رو، بیش از پیش آشکار می‌نماید. در این وادی، حمل‌ونقل ریلی در کلانشهرها یکی از سامانه‌های زیست‌محیطی پاک می‌باشد که در صورت کمینه شدن آلاینده‌گی‌های آن در فاز ساخت، این ناوگان به عنوان شبکه سبز درون‌شهری، قابل احتساب خواهد بود.

دیگر ثمره ورود تخصصی به موضوع سازه‌های زیرزمینی شبکه خطوط قطارهای شهری، زمینه‌سازی فنی و اقتصادی و همچنین کاهش حوادث جبران‌ناپذیری است که در طی احداث سازه‌های حساس زیرزمینی در بافت‌های شهری، به وقوع پیوسته و عمدتاً تلفات جانی نیز به پی دارند.

اهتمام مؤلفین در این برده تا با تلفیق سوابق دانشگاهی و اجرایی خود در متروی تهران و تبریز، خلاء موجود در دسترسی به منابع تخصصی جامع و معتبر قابل انطباق با شرایط نظام فنی و اجرایی کشور، انتشار این مجموعه تا حدودی مرتفع گردد. برای تحقق این مهم، نویسندگان از مساعدت‌های ارزشمند اساتید ارجمند، آقایان دکتر جبار علی‌ذاکری، دکتر علی‌حق‌کیش، دکتر مسعود حق‌کیش بهره‌های شایانی برده‌اند، لذا فرصت را مغتنم شمرده و نهایت تقدیر و تشکر از این عزیزان که متخصصین مجرب صنعت متروی کشور می‌باشند، به عمل می‌آورند.

با وجود تمام تلاش و دقت برای رفع کلیه غایب و خطاهای ممکن، نظرات کارشناسی اساتید گرانقدر، مهندسين ارجمند و دانشمندان گرامی، نه‌تنها موجبات امتنان مؤلفین خواهد بود، بلکه با رفع نارسایی‌های احتمالی موجود، گامی در مسیر ارتقای کیفیت محتوای چاپ‌های بعدی این کتاب تلقی خواهد گردید.

دکتر حامد حق‌کیش

دکتر حمید چاکری

دکتر سید آرش موسوی

فهرست مطالب

۱۵	فصل اول: مقدمه
۱۷	مترو
۱۹	مترو در جهان
۳۰	مترو در ایران
۳۳	فصل دوم: شناسایی مسیر
۴۳	فصل سوم: سیستم‌های پایدار ساز (سازه‌های نگهبان)
۴۵	۱-۳- روش‌های پایدار سازی دیوارهای گودبرداری (معرفی انواع سیستم‌های پایدار ساز):
۴۷	۱-۳-۱- مهاربندی (از سمت خاک)
۴۹	۱-۳-۱-۱- مهار متقابل
۵۰	۱-۳-۲- دیوار شمع
۵۲	۱-۳-۴- پیل‌های فولادی (دیواره برشی)
۵۳	۱-۳-۵- دیواره پیش‌ساخته
۵۴	۱-۳-۶- سیستم شمع به همراه دیوارهای بتنی
۵۵	۱-۳-۷- میخ کوبی
۵۸	۱-۳-۸- دوخت به پشت (انکرار)
۶۳	۱-۳-۹- دیوار (بتنی) دیافراگمی
۷۰	۱-۳-۱۰- دیوار سپری (سپرهای فولادی)
۷۲	۲-۳- ارزیابی ساختگاه ایستگاه‌ها
۷۲	۲-۳-۱- بهسازی زمین‌های خاکی
۷۲	۲-۳-۱-۱- استفاده از هوای فشرده
۷۳	۲-۳-۱-۲- پیش‌زهکشی
۷۳	۲-۳-۱-۳- تزریق دوغاب
۷۴	۲-۳-۱-۴- یخبندان
۷۶	۲-۳-۲- بهسازی زمین‌های سنگی
۷۷	۳-۳- اثر آب‌های زیرزمینی در سازه ایستگاه‌ها و راه‌های مقابله با آن
۷۷	۳-۳-۱- اثرات نیروهای برگشت آب‌های زیرزمینی
۷۸	۳-۴- آب‌بندی
۷۸	۳-۴-۱- آب‌بندی بیرونی
۷۹	۳-۴-۲- آب‌بندی درونی

۷۹	۳-۴-۳- پلاستر چندلایه و شاکریت
۷۹	۴-۴-۳- پلاستر گانیت
۸۰	۵-۴-۳- آب‌بند قیری مسلح
۸۱	۶-۴-۳- آب‌بند پی‌وی‌سی
۸۲	۷-۴-۳- آب‌بندی تزریقی
۸۳	۵-۳- راه‌های مقابله با نفوذ آب‌های زیرزمینی در حین اجرا
۸۳	۱-۵-۱- زهکشی
۸۴	۱-۵-۱- انجماد خاک
۸۵	۳-۵-۱- فشا، هوا
۸۶	۴-۵-۳- دیوار آب‌بند (Cut-off Wall)
۸۸	۵-۵-۳- بریق، عاب و ایجاد پرده آب‌بند
۸۸	۳-۵-۵-۱- طرح اجرایی مخاری و تزریق
۸۸	۳-۵-۵-۲- عمق جال‌های تزریق
۸۸	۳-۵-۵-۳- حفاری جال‌ها و نصب وله غلاف‌دار
۸۹	۳-۵-۵-۴- نصب مسدود کننده و اجرای تزریق
۸۹	۳-۵-۵-۵- فشار و دبی تزریق
۸۹	۳-۵-۵-۶- ترکیب دوغاب
۸۹	۳-۵-۵-۷- کنترل کارایی تزریق
۹۱	۳-۶-۲- تجهیزات و ماشین‌آلات
۹۱	۳-۶-۱- تجهیزات و ماشین‌آلات عمومی
۹۲	۳-۶-۲- تجهیزات و ماشین‌آلات اختصاصی
۹۳	۳-۶-۱-۲- ماشین جت‌گروتینگ
۹۴	۳-۶-۲-۲- ماشین حفار شمع
۹۵	فصل چهارم: روش‌های ساخت سازه ایستگاه‌ها
۱۰۰	۴-۱- کلیات روش‌های اجرای ایستگاه‌ها
۱۰۰	۴-۱-۱- اجرای ایستگاه‌ها در ترانشه
۱۰۸	۴-۱-۲- اجرای ایستگاه‌ها به روش زیرزمینی
۱۲۰	۴-۲- نحوه دسترسی به کارگاه
۱۲۳	۴-۳- روش اجرای ایستگاه نواب (روش جدید پیشنهادی) به همراه برنامه زمان‌بندی
۱۲۹	فصل پنجم: عملیات اجرایی تونل‌ها
۱۳۱	۵-۱- مشخصات هندسه و مقطع تونل

۱۳۲	۵-۲- مقاطع تیپ حفاری و نوع زمین
۱۳۳	۵-۳- روش اجرا (انواع روش های حفاری)
۱۳۳	۵-۳-۱- حفاری تونل با استفاده از وسایل و ابزار معمولی (سنتی)
۱۳۳	۵-۳-۲- حفاری تونل با استفاده از وسایل و ابزار پیشرفته و ماشین آلات اختصاصی
۱۳۴	۵-۳-۳- حفاری تونل به صورت تمام مقطع به وسیله ماشین آلات اختصاصی
۱۳۴	۵-۳-۱- ماشین حفر تمام مقطع (TBM)
۱۳۵	۵-۳-۲- ماشین حفر تمام مقطع زوگور
۱۵۱	۵-۳-۳- پوشش تونل در حفاری با ماشین آلات حفاری
۱۵۲	۵-۳-۴- حفاری تونل با هیدروشیلد به شکل های مختلف
۱۵۳	۵-۳-۵- حفاری تونل در زمین های آبدار با استفاده از هوای فشرده
۱۵۴	۵-۳-۶- حفاری تونل در زمین های آبدار با روش انجماد زمین
۱۵۴	۵-۳-۷- حفاری تونل در زمین های آبدار و ریزی با روش تزریق سیمان
۱۵۵	۵-۳-۸- روش نین اتان (New Austrian Tunnelling Method)
۱۵۷	۵-۴- روش های دسترسی به تونل
۱۵۷	۵-۴-۱- رمپ
۱۵۹	۵-۴-۲- شفت دسترسی
۱۶۲	۵-۴-۳- اجرای سدهای دسترسی
۱۶۵	۵-۵- عملیات اجرایی تونل ها
۱۶۶	۵-۵-۱- حفاری بخش فوقانی
۱۶۹	۵-۵-۲- حفاظت موقت بخش فوقانی
۱۷۱	۵-۵-۳- حفاری بخش تحتانی
۱۷۲	۵-۵-۴- حفاظت موقت بخش تحتانی
۱۷۴	۵-۵-۵- عایق کاری کف تونل
۱۷۷	۵-۵-۶- آرماتوربندی کف تونل
۱۷۸	۵-۵-۷- قالب بندی کف تونل
۱۷۹	۵-۵-۸- بتن ریزی کف تونل
۱۸۱	۵-۵-۹- عایق کاری جداره تونل
۱۸۱	۵-۵-۱۰- آرماتوربندی جداره تونل
۱۸۳	۵-۵-۱۱- قالب بندی جداره تونل
۱۸۵	۵-۵-۱۲- بتن ریزی جداره تونل

۱۸۶	۵-۶- نکات اجرایی عملیات احداث تونل
۱۹۲	۵-۷- ابزاربندی و رفتارسنجی
۱۹۵	۵-۸- حفاظت کاتدیک تونل‌ها
۱۹۸	۵-۹- تمیزکاری و کارهای تکمیلی تونل (Tunnel Finishing)
۱۹۹	۵-۱۰- ریزش در تونل‌ها و عوامل مؤثر بر آن
۲۰۰	۵-۱۰-۱- اقدامات کلی در برخورد با ریزش‌ها
۲۰۱	۵-۱۰-۲- اقدامات لازم در برخورد با آب‌های نفوذی به تونل
۲۰۳	۵-۱۰-۳- اقدامات لازم در برخورد با زمین‌هایی با خاک سست
۲۰۷	۵-۱۰-۴- اقدامات لازم در برخورد با چاه و انباره‌های فاضلاب
۲۰۸	۵-۱۱- تعیین ضریب تبدیل و محاسبات تسریع و تأخیر در عملیات اجرایی تونل
۲۱۰	۵-۱۲- نحوه برخورد با تیرهای اول تونل
۲۱۳	فصل ششم: طراحی سازه‌ای ایستگاه‌ها و تونل‌ها
۲۱۶	۶-۱- موقعیت و هندسه ایستگاه
۲۱۶	۶-۲- اجزای سازه‌ای ایستگاه
۲۱۶	۶-۲-۱- اجزای اصلی
۲۱۶	۶-۲-۲- اجزای فرعی
۲۱۷	۶-۳- عمر مفید سازه
۲۱۸	۶-۴- مصالح مصرفی
۲۱۸	۶-۵- سیستم سازه
۲۱۹	۶-۵-۱- سیستم اسکلت فلزی کامل
۲۱۹	۶-۵-۲- سیستم اسکلت بتن مسلح درجا
۲۲۰	۶-۵-۳- اسکلت بتن مسلح پیش‌ساخته
۲۲۱	۶-۵-۴- ترکیب اسکلت فلزی با اسکلت بتن مسلح
۲۲۱	۶-۵-۵- گزینه بهینه
۲۲۲	۶-۶- مبانی بارگذاری
۲۲۲	۶-۶-۱- بار مرده
۲۲۲	۶-۶-۲- وزن خاک
۲۲۲	۶-۶-۳- بار زنده
۲۲۳	۶-۶-۴- تیغه‌ها و حائل‌های ساختمانی
۲۲۳	۶-۶-۵- سکوها و سالن فروش بلیط (Ticket Hall)

۲۲۳	۶-۶-۶ فضاهای تجاری
۲۲۳	۶-۶-۷ فضاهای تاسیساتی
۲۲۴	۶-۶-۸ بار ناشی از عبور ترافیک بر ایستگاه
۲۲۴	۶-۶-۹ وزن وسایل نصب شده ثابت
۲۲۴	۶-۶-۱۰ زیرسازی ریل
۲۲۴	۶-۶-۱۱ بار ناشی از تردد قطارها
۲۲۵	۶-۶-۱۲ بارهای جانبی ناشی از فشار خاک
۲۲۶	۶-۶-۱۳ بار ناشی از مستحذات
۲۲۷	۶-۶-۱۴ بارهای ناشی از تغییرات درجه حرارت
۲۲۷	۶-۶-۱۵ بررسی اثر زلزله
۲۲۹	۶-۷ بررسی کلی اثرات خاک بر سازه
۲۳۰	۶-۸ زمین شناسی
۲۳۰	۶-۹ ژئوتکنیک
۲۳۱	۶-۱۰ هیدرولوژی
۲۳۲	۶-۱۱ جلوگیری از نفوذ آبهای سطحی
۲۳۲	۶-۱۱-۱ مواد ترموپلاستیک مانند PV
۲۳۲	۶-۱۱-۲ اندودهای نفوذناپذیر
۲۳۳	۶-۱۱-۳ سیستم زهکشی دائم و موقت
۲۳۳	۶-۱۲ بررسی اثر نشست
۲۳۳	۶-۱۲-۱ نشست زمین و ساختمانهای اطراف
۲۳۴	۶-۱۲-۲ نشستهای ناشی از خاکبرداری
۲۳۴	۶-۱۳ مدل سازی و آنالیز سازه
۲۳۶	۶-۱۴ نرم افزارهای مورد استفاده
۲۳۶	۶-۱۵ معیارها، استانداردها و آیین نامه های مورد استفاده
۲۳۷	فصل هفتم: پایانه ها
۲۳۹	۷-۱- قسمت های مختلف پایانه
۲۴۰	۷-۱-۱ محوطه
۲۴۰	۷-۱-۲ برج مراقبت (علامت دهی)
۲۴۰	۷-۱-۳ مرکز مخابرات و سیگنالینگ
۲۴۰	۷-۱-۴ محوطه تصفیه فاضلاب

۲۴۰	۵-۱-۷- سالن تعمیرات موقتی و ادواری و سالن تعمیرات و تنظیم استاتیک
۲۴۱	۶-۱-۷- سالن شستشوی واگن
۲۴۱	۷-۱-۷- سالن بازرسی قطار و پارکینگ واگن
۲۴۱	۸-۱-۷- اتاق کمپرسور هوا
۲۴۱	۹-۱-۷- تعمیرگاه عمومی
۲۴۲	۱۰-۱-۷- قسمت الکترومکانیکی
۲۴۲	۱۱-۱-۷- کیوسک حراست
۲۴۲	۱۱-۱-۷- کارگاه تغذیه نیروی برق
۲۴۲	۱۳-۱-۷- کارگاه آزمایش راندن
۲۴۲	۴-۱-۷- انبار مواد قابل احتراق
۲۴۲	۱۵-۱-۷- حمام
۲۴۳	۱۶-۱-۷- سالن اداری
۲۴۳	۱۷-۱-۷- ایستگاه تغذیه فنر کار
۲۴۳	۱۸-۱-۷- پمپ گازوئیل
۲۴۳	۱۹-۱-۷- اتاق ایمنی
۲۴۴	۲۰-۱-۷- ساختمان آتش نشانی
۲۴۴	۲۱-۱-۷- درمانگاه
۲۴۵	فصل هشتم: عملیات ریل گذاری
۲۴۷	۱-۸- ریل
۲۴۸	۱-۱-۸- ریل پیوسته جوشی (Continuous welded rail)
۲۴۹	۲-۸- تراورس (Sleeper)
۲۵۳	۱-۲-۸- نگهداری از ریل در خطوط ریلی
۲۵۴	۳-۸- عملیات ریل گذاری در خط ۴ متروی تهران (TRACK LAYING)
۲۶۳	فصل نهم: حریم
۲۶۵	۱-۹- حریم مترو
۲۶۶	۱-۱-۹- احداث پل های روگذر در مسیر تونل ها و ایستگاه های مترو
۲۶۸	۲-۱-۹- احداث تونل ها و ایستگاه های مترو در گذر از زیر پل های ساخته شده
۲۶۹	۳-۱-۹- احداث زیرگذرها در محدوده حریم تونل ها و ایستگاه های مترو
۲۷۲	۴-۱-۹- احداث ایستگاه های مترو به صورت زیرزمینی
۲۷۶	۵-۱-۹- حفاری چاه، تاسیسات فاضلاب و احداث بنا در محدوده تونل های مترو

۹-۱-۶- عبور کانال‌ها، قنوات و تونل‌های آبرسانی و زهکشی از محدوده تونل‌ها و

ایستگاه‌های مترو..... ۲۷۸

فصل دهم: طراحی معماری ایستگاه‌ها..... ۲۸۱

۱-۱۰- عوامل عمده تأثیرگذار در طراحی ایستگاه‌های مترو..... ۲۸۴

۲-۱۰- اقلیم و تأثیر آن بر طراحی ایستگاه..... ۲۸۵

۳-۱۰- بررسی و تجزیه و تحلیل محدوده ایستگاه..... ۲۸۵

۱-۳-۱۰- تأثیر خطوط قطار بر حیات شهر..... ۲۸۵

۲-۳-۱۰- نقش ایستگاه مترو بر کالبد شهر..... ۲۸۶

۴-۱۰- روش اجرای ایستگاه و تأثیر آن بر طراحی..... ۲۸۷

۱-۱۰- معی فضاهای تشکیل دهنده ایستگاه..... ۲۸۸

۱-۵-۱۰- ورود..... ۲۸۸

۲-۵-۱۰- راه‌های ارتباطی ایستگاه..... ۲۸۸

۳-۵-۱۰- سالی فروش بلیت، (فضاهای کنترل شده و کنترل نشده)..... ۲۹۰

۴-۵-۱۰- کیوسک‌ها، علاقه‌مندی..... ۲۹۱

۵-۵-۱۰- خرید بلیت..... ۲۹۲

۶-۵-۱۰- سکو..... ۲۹۲

۷-۵-۱۰- فضاهای اداری..... ۲۹۳

۸-۵-۱۰- فضاهای تجاری..... ۲۹۴

۹-۵-۱۰- فضاهای تاسیساتی و فنی..... ۲۹۴

۶-۱۰- الزامات طراحی ایستگاه برای معلولین..... ۲۹۵

۷-۱۰- مصالح و پوشش نهایی..... ۲۹۶

۱-۷-۱۰- مصالح مورد استفاده در ایستگاه‌ها..... ۲۹۶

۱-۱-۷-۱۰- فضاهای عمومی..... ۲۹۷

۲-۱-۷-۱۰- فضاهای جنبی..... ۲۹۸

۳-۱-۷-۱۰- فضاهای تاسیساتی..... ۲۹۸

۲-۷-۱۰- مصالح پیشنهادی..... ۲۹۸

۸-۱۰- استانداردها و مراجع..... ۳۰۰

۱-۸-۱۰- الزامات استاندارد NFPA 130..... ۳۰۱

۹-۱۰- هنر و ایستگاه‌های مترو..... ۳۰۲

منابع و مآخذ..... ۳۰۳