۲۰۰۴۱۶۶

روش‌های نوین در زیرسازی و روسازی خطوط ریـــلی

مولف:

مهندس محسن هدایتی‌فر

www.ketab.ir

انتشارات جهاددانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

سرشناسه	: هدایتی‌فر، محسن، ۱۳۴۵-
عنوان و نام پدیدآور	: روش‌های نوین در زیرسازی و روسازی خطوط ریلی/ مولف محسن هدایتی‌فر.
مشخصات نشر	: تهران: جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات، ۱۳۹۷.
مشخصات ظاهری	: ۲۲۴ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۳۲۰۰۰۰ ریال: 978-964-210-287-7 ISBN:
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتابنامه.
موضوع	: راه آهن -- خطوط -- طرح و ساختمان--Railroad rails -- Design and construction
موضوع	: بالاست -- طرح و ساختمان--Ballast (Railroads) -- Design and construction
موضوع	: راه‌آهن -- مسیر -- پی‌سازی--Railroad tracks -- Foundations
موضوع	: راه‌آهن -- مسیر -- طرح و ساختمان--Railroad tracks--Design and construction
شناسه افزوده	: جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر. انتشارات
شناسه افزوده	: شرکت جنرال مکانیک
رده‌بندی کنگره	: TF۲۵۸/۰۴ر۹ ۱۳۹۷
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۵/۱۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۴۱۲۱۹۰

این کتاب در جلسه مورخ ۹۷/۰۵/۰۱ شورای نشر کتاب جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل ارزیابی علمی، تجویز چاپ و انتشار، دریافت نموده است.

واحد صنعتی امیرکبیر

روش‌های نوین در زیرسازی و روسازی خطوط ریلی

مولف: مهندس محسن هدایتی‌فر

ناشر	**: جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر**
مدیر مسؤول	: دکتر مهدی ورسه‌ای
نوبت چاپ	: اول
سال چاپ	: ۱۳۹۷
قطع	: وزیری
شمارگان	: ۵۰۰ نسخه
قیمت	: ۳۲۰۰۰۰ ریال
طراح	: آرزو انصاری
چاپخانه	: اصیل

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۲۸۷-۷ ISBN: 978-964-210-287-7

نمایشگاه و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی خیابان سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر، انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱ ۹۵۰ ۶۶ ۹۸۲۱+ تلفکس: ۹۸۲ ۹۵۰ ۶۶ ۹۸۲۱+

فروشگاه اینترنتی: www.jdamirkabir.ac.ir

www.ketab.ir

پیشگفتار

با توجه به اینکه دانش و تجربیات سازمان‌ها در زمره مهم‌ترین سرمایه‌ها و دارائی‌های آن‌ها محسوب می‌شود، مدیریت دانش، امر مهمی است که امروزه به‌عنوان یکی از مباحث علمی جدید فراگیر، توجه بسیاری از مراکز علمی و سازمان‌های بزرگ دنیا را به خود معطوف نموده است.

دانش تخصصی و تجربیات به دست آمده در پروژه‌ها، نقش بسیار مهم و کلیدی در انجام کارها و فعالیت‌ها در سازمان‌های اجرای پروژه‌های عمرانی دارد، از این‌رو توجه به این سرمایه‌های با ارزش در سازمان‌های مذکور بسیار ضرورت دارد. در موارد بسیاری مشاهده شده است که دانش و تجربه‌های سازمان‌ها در فعالیت‌ها، نادیده گرفته شده است و در کارهای مشابه و تکراری به شیوه آزمون و خطا منابع قابل توجهی از سرمایه‌های ملی را از دست داده‌اند.

بنابراین، ثبت مستمر دانش فنی و تجربیات کسب شده سازمان در پروژه‌ها و حفظ و استفاده مطلوب از آن‌ها در پروژه‌های بعدی از اهمیت بالایی برخوردار است و پرداختن به این امر را می‌توان به‌عنوان راه‌حلی برای برطرف نمودن بخش قابل توجهی از مشکلات موجود در پروژه‌های عمرانی کشور مطرح کرد. با مدیریت دانش می‌توان از دوباره‌کاری‌ها جلوگیری کرد و فرآیند اجرای پروژه‌ها را بهبود بخشید و زمان و هزینه اجرای پروژه‌ها را کاهش داد.

کتاب روش‌های نوین در زیرسازی و روسازی خطوط ریلی، که دربرگیرنده مطالبی درباره معرفی انواع روش‌های نوین در زیرسازی و رو سازی خطوط راه‌آهن است و با استفاده از به‌روزترین منابع روز دنیا (داخلی و خارجی)، تکمیل و غنی‌شده است.

محسن هدایتی فر

www.ketab.ir

فهرست

فصل ۱: روش‌های نوین روسازی راه‌آهن با بتن به‌جای بالاست ۲۷

مقدمه ۲۷

۱-۱- خرابی‌های بالاست ۲۸

۱-۲- روسازی بدون بالاست ۲۸

۱-۲-۱- مزایای سیستم بدون بالاست ۲۸

۱-۳- سیستم‌های منتخب خطوط بدون بالاست ۲۹

۱-۳-۱- سیستم‌های بدون بالاست، با بتن در جا ۲۹

۱-۳-۱-۱- مزایای سیستم بدون بالاست با بتن در جا ۳۰

۱-۳-۲- سیستم‌های بدون بالاست، با دال‌های بتنی پیش‌ساخته ۳۰

۱-۳-۲-۱- مزایای سیستم‌های بدون بالاست با دال‌های بتنی پیش‌ساخته ۳۰

۱-۳-۳- سیستم‌های بدون بالاست ترکیبی ۳۱

۱-۳-۳-۱- مزایای سیستم‌های بدون بالاست ترکیبی ۳۱

۱-۴- مقایسه اقتصادی انواع سیستم‌های خطوط ریلی ۳۲

۱-۵- معایب روسازی بالاستی ۳۲

فصل ۲: معرفی سیستم‌های مختلف روش‌های روسازی خطوط ریلی، بدون بالاست ۳۳

مقدمه ۳۳

۲-۱- سیستم‌های ترکیبی ۳۵

www.ketab.ir

۲-۱-۱- سیستم Rheda ۳۵
۲-۱-۱-۱- مشخصات سیستم Rheda در پروژه‌های مختلف ۳۷
۲-۱-۱-۲- سیستم Rheda 2000 38
۲-۱-۱-۳- اهداف و تحولات در سیستم Rheda ۴۰
۲-۱-۲- سیستم ZUBLIN ۴۲
۲-۱-۲-۱- مزایای سیستم ZUBLIN ۴۴
۲-۱-۳- سیستم Heitkamp ۴۴
۲-۱-۴- سیستم SBV ۴۵
۲-۱-۵- سیستم‌های TVI- sonnevile، wallo، stedef ۴۵
۲-۱-۵-۱- سیستم Stedef ۴۶
۲-۱-۵-۲- مراحل اجرای سیستم stedef ۴۹
۲-۱-۵-۳- سیستم LVT Sonnevile ۴۹
۲-۱-۵-۴- سیستم Walo ۵۷
۲-۲- سیستم‌های پاپوش خطوط ریلی بر بالای لایه‌های بتن آسفالتی ۵۷
۲-۲-۱- مزایای کاربرد آسفالت در ساخت‌وساز راه‌آهن ۵۸
۲-۲-۲- سیستم ATD ۵۸
۲-۲-۲-۱- جزئیات سیستم ATD ۵۹
۲-۲-۳- سیستم BTD ۶۱
۲-۲-۴- سیستم اسلب تراک walter ۶۲
۲-۲-۵- سیستم sato ۶۳
۲-۲-۶- سیستم FFYS ۶۳
۲-۲-۶-۱- مشخصات فولادهای نصب شده در سیستم FFYS ۶۴
۲-۲-۶-۲- مزایای استفاده از طرح اسلیپر فولادی y شکل ۶۶
۲-۲-۷- سیستم FFBS-ATS-SATO ۶۷

www.ketab.ir

۲-۲-۸- سیستم Getrac ۶۷
۲-۲-۸-۱- مراحل ساخت‌وساز با سیستم Getrac ۶۹
۲-۲-۸-۲- مزایای استفاده از سیستم Getrac ۷۰
۲-۳- سیستم‌های خطوط ریلی با اسلب تراک‌های پیش‌ساخته بتنی ۷۰
۲-۳-۱- مزایای استفاده از سیستم‌های خطوط ریلی با اسلب تراک‌های بتنی پیش‌ساخته ۷۰
۲-۳-۲- سیستم شینکانسن shinkansen ۷۰
۲-۳-۲-۱- روش ساخت‌وساز تراک در سیستم شینکانسن ۷۳
۲-۳-۳- سیستم Bögl ۷۳
۲-۳-۳-۱- روش استاندارد ساخت‌وساز در سیستم Bögl ۷۵
۲-۳-۳-۲- مزایای اصلی سیستم Bögl ۷۶
۲-۳-۴- سیستم BB-Porr ۷۷
۲-۳-۵- سیستم اسلب تراک مدل ۷۹
۲-۳-۵-۱- مراحل اجرای سیستم ۸۰
۲-۴- سیستم‌های خطوط ریلی با لایه‌های یکپارچه بتنی ۸۲
۲-۴-۱- سیستم مدل RASENGLEIS ۸۳
۲-۴-۲- سیستم اسلب تراک بتنی مدل FFC ۸۴
۲-۴-۳- سیستم اسلب تراک بتنی مدل Hochtic ۸۴
۲-۴-۴- سیستم اسلب تراک بتنی مدل BES ۸۵
۲-۴-۵- سیستم اسلب تراک بتنی مدل BTE ۸۶
۲-۴-۶- سیستم PACT ۸۶
۲-۴-۶-۱- مزایای سیستم پکت PACT ۸۸
۲-۵- بررسی و مقایسه اقتصادی خطوط بالاستی و بدون بالاست ۸۸
۲-۵-۱- هزینه روسازه بالاستی ۸۹

www.ketab.ir

۲-۵-۲- هزینه روسازی خطوط ریلی بدون بالاست، با دال و با بتن آسفالتی ۹۰
۲-۵-۳- هزینه روسازی خطوط ریلی بدون بالاست با استفاده از سیستم ترکیبی ۹۰
۲-۵-۴- مقایسه اقتصادی انواع سیستم‌های خطوط ریلی ۹۱
۲-۵-۵- نتایج بررسی‌های اقتصادی روش‌های نوین و روش سنتی ۹۲
۲-۶- خطوط ریلی بدون بالاست بر روی پل‌ها ۹۲
۲-۶-۱- مراحل ساخت یک خط صلب ریلی روی پل ۹۲
۲-۷- انواع خطوط بدون بالاست برحسب نوع تکیه‌گاه الاستیک ۹۵
۲-۷-۱- سیستم تکیه گاه صفحه‌ای ۹۵
۲-۷-۲- سیستم تکیه‌گاه‌های خطی ۹۶
۲-۷-۳- سیستم تکیه‌گاه‌های مجزا ۹۷
۲-۸- سیستم‌های نوین پیشنهادی برای خطوط ریلی ایران ۹۸
۲-۸-۱- سیستم پیشنهادی شماره ۱ ..... ۹۸
۲-۸-۱-۱- طرح سیستم پیشنهادی شماره ۱ ..... ۹۹
۲-۸-۱-۲- مراحل اجرایی روش پیشنهادی شماره ۱ ..... ۹۹
۲-۸-۱-۳- ماشین‌آلات پیشنهادی برای ساخت‌وساز این سیستم خطوط ریلی ۱۰۳
۲-۸-۱-۴- مزایای سیستم پیشنهادی شماره ۱ ..... ۱۰۶
۲-۸-۲- سیستم پیشنهادی شماره ۲ ..... ۱۰۷
۲-۸-۲-۱- مزایای کاربرد آسفالت در ساخت‌وساز راه‌آهن ۱۰۷
۲-۸-۲-۲- مراحل ساخت‌وساز پیشنهاد شماره ۲ ..... ۱۰۹
۲-۸-۲-۳- مزایای سیستم پیشنهادی شماره ۲ ..... ۱۱۹
فصل ۳: سیستم‌های مختلف نوین در نگهداری پیوسته ریل ۱۲۱
مقدمه ۱۲۱
۳-۱- ریل جاسازی شده در خطوط راه‌آهن سیستم ERS ۱۲۱

www.ketab.ir

۳-۱-۱- ویژگی‌های ثابت راه‌آهن در سیستم ERS ۱۲۱
۳-۱-۲- مزایای استفاده از سیستم ERS ۱۲۲
۳-۲- سیستم INFUNDO-EDILON ۱۲۳
۳-۲-۱- مزایای استفاده از سیستم INFUNDO-EDILON ۱۲۳
۳-۳- سیستم BBERS ۱۲۵
۳-۳-۱- مراحل نصب و راه‌اندازی سیستم BBERS ۱۲۵
۳-۳-۲- روش‌های مختلف در ساخت‌وساز خط ریلی با سیستم BBERS ۱۲۶
۳-۳-۲-۱- ساخت‌وساز سیستم BBERS در دال بتنی درجا درم سیر خط ریلی ۱۲۶
۳-۳-۲-۲- ساخت‌وساز سیستم BBERS در اسلب‌های بتنی پیش‌ساخته ۱۲۶
۳-۳-۲-۳- ساخت‌وساز سیستم BBERS با حفاری و نصب در محل ۱۲۶
۳-۴- سیستم Deck-Trak ۱۲۷
۳-۵- سیستم cocon ۱۲۸
۳-۶- سیستم Grooved rail ۱۲۹
۳-۷- سیستم‌های Vanguard و KES ۱۳۰
۳-۸- سیستم SFF ۱۳۱
۳-۹- سیستم SAARGUMMI ۱۳۲
۳-۱۰- سیستم Edilon Rail ۱۳۳

فصل ۴: روش روسازی نوین خطوط ریلی، برای رفع مشکل راه‌آهن در مناطق کویری (دال خط کوهان‌دار) ۱۳۵

مقدمه ۱۳۵

۴-۱- خطوط ریلی ایران در مناطق کویری ۱۳۶

www.ketab.ir

۴-۲- اثرهای مخرب ماسه بر روسازی خطوط ریلی..... ۱۳۷

۴-۳- راهکارهای اساسی کاهش مشکلات خطوط راه‌آهن در مناطق کویری ۱۳۸

۴-۳-۱- روش تثبیت بوم زیستی (بیولوژیکی) ۱۳۸

۴-۳-۲- روش تثبیت فیزیکی و مکانیکی..... ۱۳۸

۴-۳-۳- روش تثبیت شیمیایی..... ۱۳۸

۴-۳-۴- روش‌های نوین (روش دال خط کوهان‌دار)..... ۱۳۸

۴-۳-۴-۱- معرفی روسازی دال کوهان‌دار..... ۱۴۰

۴-۳-۴-۲- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری..... ۱۴۱

فصل ۵: روش‌های نوین در تثبیت بسترهای سست راه‌آهن ۱۴۳

مقدمه..... ۱۴۳

۵-۱- انواع روش‌های اصلاح و تقویت بستر خطوط راه‌آهن..... ۱۴۴

۵-۱-۱- روش‌های تثبیت الکتریکی..... ۱۴۵

۵-۱-۱-۱- سیستم الکتروشیمیایی..... ۱۴۵

۵-۱-۱-۲- سیستم الکترود- اسمز..... ۱۴۶

۵-۱-۲- روش‌های تثبیت تزریقی ۱۴۷

۵-۱-۲-۱- روش ریز شمع‌ها ۱۴۷

۵-۱-۲-۲- روش تزریق تحت‌فشار ۱۴۸

۵-۱-۳- روش تثبیت بستر با ایجاد ستون‌های سنگی ۱۴۸

۵-۱-۳-۱ سیستم ستون‌های سنگی ارتعاش جایگزینی..... ۱۴۹

۵-۱-۳-۲- سیستم ستون‌های سنگی ارتعاش جابجایی..... ۱۵۱

۵-۱-۳-۳- سیستم ستون‌های سنگی کوبشی ۱۵۳

۵-۱-۳-۴- سیستم اختلاط عمیق..... ۱۵۶

۵-۱-۳-۴-۱- مراحل اجرا در روش اختلاط عمیق..... ۱۵۸

۵-۱-۳-۴-۲- مزایای استفاده از روش اختلاط عمیق خاک (DSM)..... ۱۵۹

www.ketab.ir

۵-۱-۴- ژئوسنتتیک و کاربردهای آن در راه‌آهن ۱۶۱
۵-۱-۴-۱- تثبیت زیرسازی خطوط راه‌آهن با استفاده از ژئوسنتتیک ۱۶۲
۵-۱-۴-۲- تثبیت روسازی خطوط راه‌آهن با استفاده از ژئوسنتتیک ۱۶۲
۵-۱-۴-۳- مزایای استفاده از مصالح ژئوسنتتیک در بهسازی زیرسازی راه‌آهن ۱۶۳
۵-۱-۴-۴- ساخت دیوارهای نگهدارنده، حائل و تثبیت شیب‌ها، با کاربرد ژئوسنتتیک ۱۶۳
۵-۱-۴-۵- مزایای شیب‌ها و دیوارهای خاکی مسلح با مصالح ژئوسنتتیک ۱۶۳
۵-۱-۴-۶- کنترل فرسایش شیب‌های مجاور خطوط راه‌آهن ۱۶۳
۵-۱-۵- کاربرد ژئوگریدها در بهسازی زیرسازی خطوط راه‌آهن ۱۶۴
۵-۱-۵-۱- مزایای استفاده از شبکه ژئوگرید در پروژه‌های احداث و نگهداری خطوط راه‌آهن ۱۶۶
۵-۱-۵-۲- اهداف استفاده از ژئوگریدها در زیرسازی راه‌آهن ۱۶۶
۵-۱-۵-۳- توصیف کلی ژئوگریدها ۱۶۸
۵-۱-۵-۴- افتادگی خطوط راه‌آهن ۱۶۹
۵-۱-۵-۵- راهکارهای جلوگیری از افتادگی خطوط راه‌آهن ۱۷۰
۵-۱-۵-۶- مکانیسم شبکه‌های ژئوگرید در تقویت خاک ۱۷۱
۵-۱-۵-۷- نحوه نصب شبکه‌های ژئوگرید ۱۷۱
۵-۱-۵-۸- کاربردهای متفاوت شبکه‌های ژئوگرید ۱۷۱
۵-۱-۵-۸-۱- نصب شبکه‌های ژئوگرید در فصل مشترک ۱۷۱
۵-۱-۵-۸-۲- تقویت زیرسازی و تسلیح خاک‌ریزها ۱۷۱
۵-۱-۵-۸-۳- ایجاد خطوط برای سرعت‌های بالا ۱۷۲
۵-۱-۵-۸-۴- جلوگیری از ریزش کوه و صخره‌های سنگی ۱۷۲
۵-۱-۵-۹- عملکرد شبکه‌های ژئوگرید ۱۷۲
۵-۱-۵-۱۰- مناطق نشست خطوط در راه‌آهن ایران ۱۷۳
۵-۱-۵-۱۱- نتایج کاربرد ژئوگرید در بهسازی خطوط راه‌آهن ۱۷۳
۵-۱-۶- کاربرد ژئوتکستایل در بهسازی خطوط راه‌آهن در زمین‌های باتلاقی ۱۷۴
۵-۱-۶-۱- نقش و عملکرد ژئوتکستایل در بستر زیرسازی راه‌آهن ۱۷۵

www.ketab.ir

۵-۱-۶-۲- طراحی پایداری و بهینه‌سازی ضخامت خاک‌ریز زیرسازی با استفاده از ژئوتکستایل ..۱۷۷
۵-۱-۶-۳- محاسبه ضخامت خاک‌ریز زیرسازی راه‌آهن ۱۷۸
۵-۱-۶-۴- کاربرد ژئوتکستایل جهت تقویت و بهسازی زیرسازی ۱۷۹
۵-۱-۶-۵- مراحل طراحی و اجرای زیرسازی راه‌آهن به‌وسیله ژئوتکستایل ۱۸۰
۵-۱-۷- روش تثبیت بستر خطوط ریلی سست با آهک و یا سیمان ۱۸۲
۵-۱-۷-۱- اهداف تثبیت خاک بستر با آهک یا سیمان ۱۸۳
۵-۱-۷-۲- تثبیت بستر خاکی و مصالح دانه‌ای با آهک ۱۸۴
۵-۱-۷-۳- خاک مناسب برای تثبیت با آهک ۱۸۵
۵-۱-۷-۴- طرح تثبیت خاک با آهک ۱۸۵
۵-۱-۷-۵- عملیات اجرایی تثبیت خاک با آهک ۱۸۶
۵-۱-۷-۶- آزمایش‌های کنترل کیفیت ۱۸۹
۵-۱-۷-۷- اجرای تثبیت زیرسازی خط راه‌آهن اهواز-خرمشهر با استفاده از آهک ۱۸۹
۵-۱-۷-۸- دلایل انتخاب طرح تثبیت زیرسازی با آهک ۱۸۹
۵-۱-۷-۹- نتایج حاصل از مصرف آهک در زیرسازی راه‌آهن اهواز-خرمشهر ۱۸۹
۵-۱-۷-۱۰- پیشنهادهای مربوط به تثبیت خاک بستر با آهک ۱۹۰
۵-۱-۷-۱۱- تثبیت خاک و مصالح شنی با سیمان ۱۹۰
۵-۱-۷-۱۲- عملیات اجرایی تثبیت خاک با سیمان ۱۹۱

فصل ۶: بهسازی خطوط راه‌آهن با استفاده از پد لاستیکی زیر ریل و تراورس... ۱۹۵

مقدمه ۱۹۵

۶-۱- نتایج حاصل از بررسی‌های میدانی ۱۹۵

۶-۲- مزایای کاربرد پد در خطوط ریلی ۱۹۶

۶-۳- نتایج کاربرد صفحات لاستیکی زیر تراورس ۱۹۸

www.ketab.ir

فصل ۷: ماشین‌آلات و روش‌های نوین در نصب خطوط ریلی..... ۱۹۹

مقدمه..... ۱۹۹

۷-۱- روش نصب کوبلاژ خطوط ریلی با استفاده از ماشین XL PEM.....۲۰۰

۷-۲- روش نصب کوبلاژ خطوط ریلی با استفاده از ماشین PEM807- LEM 460...۲۰۵

۷-۳- روش نصب کوبلاژ خطوط ریلی با استفاده از ماشین DESEC TRACKLAYER ۲۰۹

۷-۴- معرفی ماشین چندکاره KGT Tronic ۲۱۲

۷-۴-۱- مشخصات فنی ماشین KGT Tronic ۲۱۳

۷-۴-۲- کاربرد از ماشین KGT Tronic در عملیات اجرایی عمرانی..... ۲۱۳

منابع ۲۲۱

www.ketab.ir