

۲۰۹۸۰۷۱

اصول ومبانی آزمایشات اجزاء روسازی و کنترل کیفیت خطوط راه آهن

تألیف

سید جواد میر محمد صادقی

استاد دانشگاه علم و صنعت ایران

www.ketab.ir

سرشناسه	میر محمد صادقی، جواد، ۱۳۴۳ -
عنوان و پدیدآور	اصول و مبانی آزمایشات اجزاء و روسازی و کنترل کیفیت خطوط راه آهن / تألیف سید جواد میر محمد صادقی
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	ز، ۵۲۵ ص.: مصور، جدول.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۴۵۴-۲۷۲-۵
وضعیت فهرست نویسی: فیبا	
یادداشت	کتابنامه: ص. ۵۰۹.
یادداشت	نمایه.
موضوع	راه آهن- خطوط - آزمایش ها
موضوع	راه آهن- خطوط - کنترل کیفی
موضوع	راه آهن- طرح و ساختمان - کنترل کیفی
شناسه افزوده	دانشگاه علم و صنعت ایران
رده بندی کنگره	۶۸۱/۱۵
رده بندی دیویی	۶۸۱/۱۵
شماره کتابخانه ملی	۳۱۳۳۴۰۰

- مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران - تهران - نارمک صندوق پستی ۱۶۸۴۶۱۳۱۱۴
- تلفن: ۷۷۲۴۰۴۲۵ - ۷۷۲۴۰۲۲۱
- فروشگاه: میدان رسالت - خیابان نارمک - خیابان دانشگاه - دانشگاه علم و صنعت
- پست الکترونیک: Publication@sci.iust.ac.ir



نام کتاب: اصول و مبانی آزمایشات اجزاء و روسازی و کنترل کیفیت خطوط راه آهن
تألیف: دکتر سید جواد میر محمد صادقی
چاپ اول: ۱۳۹۵
شمارگان: ۱۰۰۰ جلد
قیمت: ۲۰۰۰۰۰ ریال
شماره انتشارات: ۵۷۴
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: مرکز انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

ISBN: 978-964-454-272-5

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۴۵۴-۲۷۲-۵

میزان توسعه و کیفیت سیستم حمل و نقل هر کشور از مهم‌ترین نشانه‌های توسعه یافتگی آن کشور است. سیستم حمل و نقل ریلی در میان سیستم‌های حمل و نقل موجود، دارای امتیازات ویژه‌ای از جمله ظرفیت بالای حمل بار و مسافر، ایمنی سیر، برخورداری از زمان‌بندی حرکت منسجم و منظم، توانایی دستیابی به سرعت‌های بالا (قابل رقابت با حمل و نقل هوایی)، برخورداری از صرفه اقتصادی به ویژه در مصرف سوخت و در نهایت، آلودگی زیست محیطی بسیار کم است. موارد فوق دلایلی بوده است که امروزه جهان شاهد رشد و توسعه قابل ملاحظه‌ای در حمل و نقل ریلی به خصوص در احداث خطوط جدید با سرعت‌های بالا می‌باشد.

توسعه کمی خطوط ریلی ایران با توجه به وسعت کشور و تقاضای موجود در زمینه حمل و نقل بار و مسافر از یک طرف و لزوم به تدوین روشهای کنترل کیفیت و پایش سلامت خطوط و اجزاء آن ازسوی دیگر، نیازمند تلاشی همه جانبه است. این نیازها در توسعه، تحویل‌گیری، و بهره‌برداری از متروهای شهری نیز به طور قابل ملاحظه‌ای به چشم می‌خورد. یکی از موارد بسیار ضروری در تداوم روند توسعه، حفظ و ارتقاء بهره‌بری از راه آهن و متروها، پایش وضعیت خطوط راه آهن است، تا بر اساس آن بتوان در مرحله ساخت، نسبت به کیفیت عملکرد اجزا اطمینان حاصل کرد. در زمان تحویل، وضعیت خط را ارزیابی و از کیفیت آن اطمینان حاصل نمود، و در زمان بهره‌برداری از عملکرد خط برای تعیین الزامات شایسته جهت اصلاح خطوط بهره‌برداری. همه این موارد نیازمند یک مقوله اساسی به نام «ارزایش کیفیت خط» و همچنین خطوط ریلی است. راه آهن ایران در سال‌های اخیر توجه خود را به افزایش سرعت و احداث خطوط سریع‌السیر معطوف نموده است، ولیکن به موازات این توسعه، هرگز نبایستی «کیفیت خطوط» موجود و افزایش بهره‌وری از آنها را از یاد برد. مضافاً آنکه توسعه خطوط چه به لحاظ کمی و چه به لحاظ سرعت سیر خود نیازمند وجود پیش زمینه‌های مقدماتی از جمله روش‌های سنجش و ارزیابی کیفیت اجزای روستاها و خطوط ریلی است.

از چالش‌های موجود در امر مطالعات، طراحی، ساخت، و بهره‌برداری نگهداری خطوط راه آهن در ایران، عدم وجود منابع و مراجع کافی است تا راه‌مجریان و مشاوران را در مسأله طراحی، ساخت، تحویل‌گیری و بهره‌برداری تسهیل نماید. نگاهی به کلیه کتب و مراجع موجود مرتبط با راه آهن در «کتابخانه ملی» و در ایران نمایانگر این مطلب است که در ذیل موضوع پایش وضعیت خطوط راه آهن هنوز یک منبع جامع که شامل تمامی روشهای لازم جهت انجام آزمایشات کنترل کیفیت اجرای خطوط ریلی باشد ارائه نگردیده است. تقریباً تمامی مراجع موجود در حاشیه موضوع اصلی خود بطور مختصر به این مبحث بسنده کرده‌اند و از کاربرد جامع و موثکافانه اجتناب کرده و یا صرفاً به بیان بعضی از تجربه‌ها اکتفا نموده‌اند؛ که از جمله این تلاش‌ها می‌توان به تدوین چندین نشریه چون نشریه ۳۵۵ و ۳۰۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور اشاره نمود. لازمه رفع چنین نیازی تشریک مساعی افراد آزموده، فناوری مناسب، سازمان و دانش علمی است. در راستای جبران کمبود فوق، کتاب حاضر که تدوین و تألیف آن از سال ۱۳۸۰ آغاز گردیده است به مباحث مربوط به انجام آزمایشات کنترل کیفیت هریک از اجزا خط راه آهن به صورت مجزا و همچنین کل مجموعه خط در کنار هم می‌پردازد. در این کتاب سعی گردیده تا در حد ممکن به کلیه استانداردها و آیین‌نامه‌های سایر کشورها در زمینه کنترل کیفیت راه آهن توجه شود و ضوابط آن‌ها در کنار سایر تجربیات و نتایج تحقیقاتی که در دو دهه اخیر در عرصه بین‌المللی و در

حیطه مباحث کتاب انجام گرفته است، مورد استفاده قرار گیرد. این کتاب اگرچه با یک دید جامع و جهانی نوشته شده است، لیکن نگاه اساسی خود را به امکانات و مشخصات راه آهن ایران معطوف داشته است. در این راستا، نتایج تحقیقاتی که در دو دهه اخیر در ایران به دست آمده است، به طور اکید مدنظر قرار گرفته است. این کتاب در دو بخش تنظیم شده است. در بخش اول آزمایشات کنترل کیفیت اجزای خط راه آهن بیان شده است؛ این بخش شامل هشت فصل می باشد که به ترتیب شامل آزمایشات ریل، اتصالات، تراورس، دالخط (در خطوط بدون بالاست)، بالاست، زیربلاست و بستر خط می باشد. در بخش دوم کتاب جهت ارزیابی کل خط راه آهن، آزمایشاتی که عملکرد اجزا در کنار هم را مورد بررسی قرار می دهند بیان شده است؛ این بخش شامل سه فصل است که شامل ارزیابی کیفی خط از منظرهای هندسی، سازه ای و ارتعاشی می باشد. در تألیف کتاب سعی گردیده تا حتی المقدور مفاهیم روشن و دقیق ارائه گردد، با این حال مؤلف سیاستگذار از نظرات تکمیل و اصلاحی صاحب نظران خواهد بود.

سیدجواد میرمحمد صادقی - استاد دانشکده مهندسی راه آهن
دانشگاه علم و صنعت ایران - تابستان ۱۳۹۵

بخش اول: آزمایشات اجزای خط راه آهن

پیش درآمد.....	۳
فصل اول: آزمایشات ریل	
۱-۱- مقدمه.....	۹
۲-۱- ارزیابی مشخصات فیزیکی ریل ها.....	۱۰
۱-۲-۱- ارزیابی هندسه ریل ها.....	۱۰
۲-۲-۱- ارزیابی وزن ریل ها.....	۱۳
۳-۲-۱- اندازه گیری کار به گیشن ریل.....	۱۳
۴-۲-۱- اندازه گیری سایش ریل.....	۱۶
۵-۲-۱- اندازه گیری سوراخ و ترک ریل.....	۱۸
۳-۱- ارزیابی ترکیبات شیمیایی ریل.....	۲۱
۴-۱- ارزیابی مشخصات مکانیکی ریل.....	۲۲
۱-۴-۱- آزمایش تعیین مقاومت کشش ریل.....	۲۲
۲-۴-۱- آزمایش سختی سنجی سطح ریل.....	۲۵
۱-۲-۴-۱- آزمایش سختی سنجی به روش برینل.....	۲۶
۲-۲-۴-۱- آزمایش سختی سنجی به روش راسول.....	۲۸
۳-۲-۴-۱- آزمایش سختی سنجی به روش ویکرز.....	۲۸
۳-۴-۱- آزمایش تعیین مقاومت در برابر ایجاد ترک در سطح ریل.....	۲۹
۴-۴-۱- آزمایش تعیین مقاومت در برابر لایه لایه شدن سطح ریل.....	۳۰
۵-۴-۱- آزمایش خستگی فولاد ریل.....	۳۲
۶-۴-۱- آزمایش تعیین معایب داخلی ریل.....	۳۲
۱-۶-۴-۱- آزمایش التراسونیک.....	۳۲
۲-۶-۴-۱- آزمایش ماکروسکوپی.....	۴۰

فصل دوم: آزمایشات اتصالات

۱-۲- مقدمه.....	۴۵
۲-۲- اتصالات ریل به ریل.....	۴۵

۴۶	۱-۲-۲- درز ریل جوشکاری شده
۵۱	۱-۱-۲-۲- ارزیابی ترکیبات شیمیایی جوش
۵۱	۲-۱-۲-۲- آزمایش خمش استاتیک
۵۳	۳-۱-۲-۲- آزمایش خستگی
۵۳	۴-۱-۲-۲- آزمایش سختی سنجی
۵۵	۵-۱-۲-۲- آزمایش تعیین معایب داخلی جوش ریل
۵۶	۲-۲-۲- درز پیچی
۵۸	۱-۲-۲-۲- ارزیابی هندسی
۵۸	۲-۲-۲-۲- ارزیابی ترکیبات شیمیایی
۵۹	۳-۲-۲-۲- آزمایش استحکام کششی و درصد ازدیاد طول
۵۹	۳-۲- اتصال ریل به تراورس
۶۱	۳-۲- آرایش بارگذاری استاتیکی
۶۱	۲-۳-۲- آزمایش بارگذاری استاتیکی
۶۱	۳-۳-۲- آزمایش اندازه گیری مقاومت گیرداری قائم سیستم پابند
۶۶	۴-۳-۲- آزمایش اندازه گیری مقاومت گیرداری پابند درجهت طولی
۶۹	۵-۳-۲- آزمایش اندازه گیری سختی پابند درجهت قائم
۷۱	۶-۳-۲- آزمایش اندازه گیری سختی پیچس پابند
۷۳	۷-۳-۲- آزمایش اندازه گیری مقاومت پابند در برابر نیروی بالاکننده
۷۴	۸-۳-۲- آزمایش اندازه گیری مقاومت جانبی پابند
۷۵	۹-۳-۲- آزمایش تعیین مقاومت پابند در برابر بارگذاری متناوب
۸۳	۱۰-۳-۲- آزمایش سنجش مقاومت الکتریکی پابند
۸۴	۱۱-۳-۲- آزمایش سختی سنجی پد زیر ریل
۸۴	۱۲-۳-۲- آزمایش استحکام کششی و درصد ازدیاد طول پد زیر ریل
۸۵	۱۳-۳-۲- آزمایش تعیین سختی قائم پد زیر ریل
۸۷	۱۴-۳-۲- آزمایش تعیین مقاومت پد زیر ریل در برابر خزش
۸۸	۱۵-۳-۲- آزمایش قابلیت میرایی پد زیر ریل
۹۱	۱۶-۳-۲- آزمایش تعیین مقاومت جانبی پد زیر ریل

فصل سوم: آزمایشات تراورس

۹۵	۱-۳- مقدمه
۹۵	۲-۳- تراورس فلزی

- ۹۷ ۱-۲-۳-۱- مشخصات فنی و عمومی تراورس های فلزی
- ۱۰۲ ۲-۲-۳-۲- آزمایشات کنترل کیفیت تراورس های فلزی
- ۱۰۲ ۱-۲-۲-۳-۱- آزمایش کشش
- ۱۰۳ ۲-۲-۲-۳-۲- آزمایش خمش
- ۱۰۳ ۳-۲-۲-۳-۳- آزمایش تعیین سختی (آزمایش سختی برینل)
- ۱۰۳ ۴-۲-۲-۳-۴- آزمایش متالوگرافی
- ۱۰۴ ۳-۳-۳- تراورس های چوبی
- ۱۰۵ ۱-۳-۳-۱- مشخصات فنی و عمومی تراورس های چوبی
- ۱۰۹ ۲-۳-۳-۲- آزمایشات ارزیابی کیفیت تراورس های چوبی
- ۱۰۹ ۱-۲-۳-۳-۱- آزمایشات تراورس های چوبی معمولی
- ۱۱۳ ۲-۳-۳-۲- - آزمایشات تراورس های چوبی مصنوعی FFU
- ۱۲۳ ۴-۳-۳-۴- تراورس های بتنی
- ۱۲۳ ۱-۴-۳-۱- طبقه بندی تراورس های بتنی براساس شکل هندسی
- ۱۲۵ ۲-۴-۳-۲- طبقه بندی تراورس های بتنی براساس فناوری ساخت
- ۱۲۶ ۳-۴-۳-۳- مشخصات فنی و عمومی تراورس های بتنی
- ۱۳۱ ۴-۴-۳-۴- آزمایشات کنترل کیفیت تراورس های بتنی
- ۱۳۲ ۱-۴-۴-۳-۱- تهیه نمونه
- ۱۳۳ ۲-۴-۴-۳-۲- آزمایش اسلامپ بتن
- ۱۳۴ ۳-۴-۴-۳-۳- آزمایش مقاومت فشاری بتن
- ۱۳۵ ۴-۴-۴-۳-۴- آزمایش استاتیکی خمش نشیمن گاه ریل (آیین نامه استرالیا)
- ۱۳۸ ۵-۴-۴-۳-۵- آزمایش دینامیکی نشیمن گاه ریل (آیین نامه استرالیا)
- ۱۳۹ ۶-۴-۴-۳-۶- آزمایش افزایش طول و بار نهایی تراورس (آیین نامه استرالیا)
- ۱۴۰ ۷-۴-۴-۳-۷- آزمایش خمش مثبت در نشیمن گاه ریل (آیین نامه استرالیا)
- ۱۴۳ ۸-۴-۴-۳-۸- آزمایش لنگر خمشی منفی مرکز تراورس
- ۱۴۹ ۹-۴-۴-۳-۹- آزمایش لنگر خمشی مثبت مرکز تراورس
- ۱۵۱ ۱۰-۴-۴-۳-۱۰- آزمایش مقاومت الکتریکی تراورس
- ۱۵۲ ۱۱-۴-۴-۳-۱۱- آزمایش دینامیکی نشیمن گاه ریل (آیین نامه اروپا)
- ۱۵۵ ۱۲-۴-۴-۳-۱۲- آزمایش خستگی نشیمن گاه ریل (آیین نامه اروپا)
- ۱۵۶ ۱۳-۴-۴-۳-۱۳- آزمایش استاتیکی نشیمن گاه ریل در تراورس بتنی دی بلوک (آیین نامه اروپا) ..
- ۱۵۹ ۱۴-۴-۴-۳-۱۴- آزمایش دینامیکی نشیمن گاه ریل در تراورس بتنی دی بلوک (آیین نامه اروپا) ..
- ۱۶۱ ۵-۳-۳-۵- آزمایشات موردی تراورس ها

۱۶۲	۳-۵-۱- تعیین مقاومت جانبی تراورس منفرد
۱۶۳	۳-۵-۲- تعیین مقاومت جانبی کوپلاژ تراورس
۱۶۴	۳-۵-۳- تعیین فشار زیر تراورس
۱۶۶	۳-۵-۴- تعیین مدول بستر استاتیکی تراورس
۱۶۷	۳-۵-۵- تعیین مدول بستر دینامیکی تراورس
۱۶۹	۳-۵-۶- تعیین مقاومت خستگی تراورس
۱۷۱	۳-۵-۷- تعیین مقاومت چسبندگی
۱۷۲	۳-۵-۸- تعیین مقاومت برشی
۱۷۳	۳-۵-۹- تعیین مقاومت در برابر چرخه های یخ و ذوب شدن
۱۷۴	۳-۵-۱۰- شناسایی مواد تراورس ها
۱۷۵	۳-۵-۱۱- تعیین مقاومت در دماهای پایین
۱۷۵	۳-۵-۲- آزمون ضربه - پاسخ تراورس
۱۷۸	۳-۵-۱۳- آزمایش مودال تراورس

فصل چهارم: آزمایشات دال

۱۸۳	۴-۱- مقدمه
۱۸۳	۴-۲- آزمایش مقاومت فشاری بتن دال
۱۸۳	۴-۳- آزمایش خستگی بتن دال
۱۸۵	۴-۴- آزمایش سنجش دوام بتن دال
۱۸۶	۴-۴-۱- تعیین نفوذ پذیری بتن دال
۱۸۷	۴-۴-۲- واکنش قلیایی سنگدانه های بتن دال
۱۸۷	۴-۵- آزمایش مقاومت در برابر هوازدگی اجزاء دال
۱۸۷	۴-۶- آزمایش مقاومت در برابر پیرشدگی
۱۸۸	۴-۷- اثرات محیطی بر اجزاء دال
۱۸۸	۴-۸- آزمایش مقاومت تکیه گاه ریل سوم در مقابل بیرون کشیدگی
۱۸۹	۴-۹- آزمایش بارگذاری استاتیکی بین دال و پانده
۱۹۰	۴-۱۰- سنجش مقاومت مهاربین دال و پانده
۱۹۱	۴-۱۱- آزمایش مودال دال
۱۹۳	۴-۱۲- آزمایش های لایه ارتجاعی در دال های شناور
۱۹۵	۴-۱۲-۱- تعیین سختی لایه ارتجاعی
۱۹۵	۴-۱۲-۱-۱- سنجش سختی استاتیکی قائم

۱۹۶	۴-۱۲-۱-۲-سنجش سختی استاتیکی قائم در حالت تجربه بی باری
۱۹۶	۴-۱۲-۱-۳-تعیین سنجش سختی استاتیکی افقی
۱۹۷	۴-۱۲-۱-۴-سنجش سختی استاتیکی افقی در حالت تجربه بی باری
۱۹۷	۴-۱۲-۱-۵-سنجش سختی دینامیکی قائم
۱۹۸	۴-۱۲-۲-تعیین مدول برشی دینامیکی
۲۰۰	۴-۱۲-۳-تعیین مدول الاستیسیته دینامیکی و استاتیکی
۲۰۱	۴-۱۲-۴-سنجش فاکتور افت و نسبت میرایی
۲۰۳	۴-۱۲-۵-سنجش مقاومت مکانیکی در برابر خستگی

فصل پنجم: آزمایشات بالاست

۲۰۷	۵-۱-مقدمه
۲۰۸	۵-۲-آزمایشات تعیین مشخصات فیزیکی بالاست
۲۰۹	۵-۲-۱-دانه بندی
۲۰۹	۵-۲-۱-۱-تعیین درجه توزیع وزنی دانه‌های دارای ابعاد مختلف
۲۱۲	۵-۲-۱-۲-تعیین درصد ریزدانه‌ها
۲۱۲	۵-۲-۲-تعیین مشخصات ظاهری و سطحی مصالح
۲۱۲	۵-۲-۲-۱-تعیین درصد دانه‌های ریزدانه‌ها
۲۱۳	۵-۲-۲-۲-تعیین درصد دانه‌های متوسط
۲۱۳	۵-۲-۲-۳-تعیین میزان کروی بودن مصالح
۲۱۴	۵-۲-۲-۴-تعیین میزان گرد گوشه بودن مصالح
۲۱۵	۵-۲-۲-۵-تعیین درصد دانه‌های دارای سطوح شکسته
۲۱۶	۵-۲-۲-۶-تعیین شاخص شکل و بافت دانه‌ها
۲۱۶	۵-۲-۲-۷-تعیین ضریب شکل دانه‌ها
۲۱۷	۵-۲-۳-تعیین میزان آلودگی مصالح بالاست
۲۱۷	۵-۲-۳-۱-مبانی آزمایش GPR
۲۱۹	۵-۲-۳-۲-ارزیابی کیفیت خط راه‌آهن به کمک آزمایش GPR
۲۲۶	۵-۲-۴-تعیین وزن واحد حجم
۲۲۶	۵-۲-۴-۱-تعیین وزن مخصوص مصالح
۲۲۷	۵-۲-۴-۲-تعیین درصد جذب آب مصالح
۲۲۷	۵-۲-۴-۳-تعیین وزن واحد حجم مصالح متراکم شده
۲۲۸	۵-۳-آزمایش‌های تعیین مشخصات مکانیکی بالاست
۲۲۹	۵-۳-۱-تعیین مقاومت در برابر سایش

۲۲۹	۵-۳-۱-۱- سایش لوس آنجلس
۲۳۰	۵-۳-۱-۲- سایش میل
۲۳۲	۵-۳-۱-۳- سایش دوال
۲۳۴	۵-۳-۲- تعیین درصد کلوخه‌های رسی و دانه‌های خردشونده
۲۳۴	۵-۳-۳- تعیین پتانسیل خرد شوندگی سنگدانه ها
۲۳۵	۵-۳-۴- تعیین مقاومت کششی ذرات بالاست
۲۳۶	۵-۳-۵- تعیین مقاومت بالاست در برابر نیروی برخورد
۲۳۶	۵-۳-۱- تعیین مقاومت بالاست در برابر سقوط وزنه
۲۳۹	۵-۳-۲- تعیین مقاومت بالاست در برابر ضربه
۲۳۹	۵-۳-۶- آزمایش ادمتری
۲۴۳	۵-۳-۷- ایمایش جعبه بالاست
۲۴۷	۵-۳-۸- آزمایش سه محوری
۲۴۷	۵-۳-۸-۱- آزمایش سه محوری استوانه‌ای
۲۴۸	۵-۳-۸-۲- آزمایش سه محوری منشوری
۲۵۰	۵-۴-۴- آزمایش‌های تعیین مشخصه‌های شیمیایی بالاست
۲۵۰	۵-۴-۱- تعیین مقاومت مکانیکی مصالح در برابر چرخه‌های ذوب و انجماد
۲۵۱	۵-۴-۲- تعیین مقاومت مکانیکی مصالح در برابر سولفات‌ها

فصل ششم: آزمایشات زیربالات

۲۵۵	۶-۱- مقدمه
۲۵۵	۶-۲- تعیین دانه‌بندی
۲۵۷	۶-۳- تعیین ذرات ریز تر از الک شماره ۲۰۰
۲۵۷	۶-۴- تعیین حدروانی و حدخمیری
۲۵۷	۶-۵- تعیین میزان تراکم
۲۵۷	۶-۵-۱- آزمایش تراکم پروکتور استاندارد
۲۵۷	۶-۵-۲- آزمایش تراکم پروکتور اصلاح شده
۲۵۸	۶-۶- تعیین نسبت باربری کالیفرنیا
۲۶۰	۶-۷- تعیین مقاومت در برابر سایش
۲۶۰	۶-۷-۱- آزمایش سایش لوس آنجلس
۲۶۰	۶-۷-۲- آزمایش سایش میکرودوال

۲۶۵	۱-۷ مقدمه
۲۶۵	۲-۷ ارزیابی آزمایشگاهی
۲۶۵	۱-۲-۷ دانه‌بندی خاک بستر
۲۶۵	۲-۲-۷ آزمایش تعیین حدروانی و حدخیزی
۲۶۷	۳-۲-۷ آزمایش تعیین مقاومت برشی خاک
۲۶۷	۱-۳-۲-۷ آزمایش برش مستقیم
۲۶۹	۲-۳-۲-۷ آزمایش برش ساده
۲۷۰	۴-۲-۷ آزمایش تعیین مقاومت فشاری خاک
۲۷۱	۱-۴-۲-۷ آزمایش فشاری محدود شده (آزمایش ادمتری)
۲۷۲	۴-۲-۷ آزمایش فشاری سه محوری
۲۷۳	۳-۲-۷ آزمایش فشاری سه محوری ترکیبی
۲۷۳	۵-۲-۷ آزمایش برش ه مقیاس کوچک
۲۷۵	۶-۲-۷ آزمایش برومتر یاس کوچک
۲۷۵	۷-۲-۷ آزمایش تعیین طرفه باری
۲۷۷	۳-۷ ارزیابی میدانی بستر
۲۷۸	۱-۳-۷ آزمایش برش پره
۲۸۰	۲-۳-۷ آزمایش بارگذاری صفحه‌ای
۲۸۲	۳-۳-۷ آزمایش نفوذسنج پاندا
۲۸۳	۴-۳-۷ آزمایش فشارسنج تغییر مکان
۲۸۴	۵-۳-۷ دستگاه مسطح اندازه‌گیری انبساط
۲۸۵	۶-۳-۷ سنجش تغییر شکل با سقوط وزنه
۲۸۶	۷-۳-۷ پرتانسی متر
۲۸۷	۸-۳-۷ آزمایش پایداری دینامیکی
۲۸۸	۹-۳-۷ آزمایش نفوذ مخروط
۲۸۹	۱۰-۳-۷ آزمایش نفوذ استاندارد
۲۹۲	۱۱-۳-۷ آزمایش‌های اندازه‌گیری مدول بستر ریل
۲۹۲	۱-۱۱-۳-۷ روش تالپوت
۲۹۳	۲-۱۱-۳-۷ روش آیین‌نامه AREMA
۲۹۳	۳-۱۱-۳-۷ روش دانشگاه نبراسکا
۲۹۷	۴-۱۱-۳-۷ روش ماشین بارگذاری خط

۲۹۸	 روش‌های اندازه‌گیری سختی بستر
۲۹۸	 روش RSMV ۱-۱۲-۳-۷
۳۰۰	 استفاده از کرنش‌سنج ۲-۱۲-۳-۷
۳۰۲	 استفاده از پرتانسی‌متر راه‌آهن ۳-۱۲-۳-۷
۳۰۴	 آزمایش GPR ۱۳-۳-۷
۳۰۵	 آزمایشات اندازه‌گیری سرعت موج در بستر ۱۴-۳-۷

بخش دوم: آزمایشات خط راه آهن

۳۱۷	 پیش‌درآمد
-----	-----------------

فصل اول: ارزیابی هندسی خطوط راه آهن

۳۲۱	 ۱-۱- مقدمه
۳۲۱	 ۲-۱- پارامترهای هندسی
۳۲۳	 ۳-۱- رواداری‌های مجرای‌های هندسی
۳۲۴	 ۴-۱- روش‌های برداشت داده‌های هندسی خط راه آهن
۳۲۵	 ۱-۴-۱- برداشت مکانیزه
۳۳۶	 ۲-۴-۱- برداشت نیمه مکانیزه
۳۳۸	 ۵-۱- شاخص‌های هندسی خط راه آهن
۳۳۹	 ۱-۵-۱- شاخص CTR
۳۳۹	 ۲-۵-۱- شاخص TGI
۳۴۲	 ۳-۵-۱- شاخص Q
۳۴۲	 ۴-۵-۱- شاخص SD
۳۴۳	 ۵-۵-۱- شاخص RSD
۳۴۴	 ۶-۵-۱- شاخص J
۳۴۵	 ۷-۵-۱- شاخص پنج پارامتری (W_5)
۳۴۵	 ۸-۵-۱- شاخص زبری خط
۳۴۶	 ۹-۵-۱- شاخص رکورد ترکیبی خط اصلاح شده CTR
۳۴۷	 ۱۰-۵-۱- شاخص هندسی TGI اصلاح شده (OTGI)

فصل دوم: ارزیابی سازه ای خطوط راه آهن

۳۵۱	۱-۲- مقدمه
۳۵۲	۲-۲- تعریف و طبقه بندی خرابی ها
۳۵۲	۳-۲- شاخص ارزیابی سازه ای خط
۳۵۳	۱-۳-۲- تقسیم خط به قطعات و واحدهای نمونه
۳۵۴	۱-۱-۳-۲- تقسیم خط به قطعات
۳۵۵	۲-۱-۳-۲- تقسیم خط به واحدهای نمونه
۳۵۷	۳-۱-۳-۲- تعیین تعداد واحدهای نمونه‌ی مورد بررسی
۳۵۸	۲-۳-۲- روند بررسی و ثبت خرابی ها
۳۵۹	۳-۳-۲- محاسبه شاخص سازه‌ای اجزا خط
۳۶۲	۴-۲- طبقه بندی وضعیت کیفی خط
۳۶۲	۵-۲- مثال

فصل سوم: ارزیابی ارتعاشی خطوط راه آهن

۳۷۵	۱-۳- مقدمه
۳۷۵	۲-۳- تجهیزات آزمایش‌های ارتعاشی
۳۷۸	۱-۲-۳- ابزار ایجاد تحریک
۳۷۹	۲-۲-۳- تجهیزات اندازه‌گیری ارتعاش
۳۷۹	۱-۲-۲-۳- شتاب سنج‌ها
۳۸۶	۲-۲-۲-۳- سرعت سنج‌ها
۳۸۷	۳-۲-۲-۳- خرده نگار
۳۸۷	۳-۲-۳- دستگاههای ثبت و ذخیره داده‌ها
۳۹۱	۳-۳- آزمایش سنجش خواص دینامیکی خط
۳۹۳	۴-۳- آزمایش ارزیابی ارتعاشات انتقالی به محیط مجاور
۳۹۳	۱-۴-۳- خطوط در حال بهره برداری
۳۹۹	۲-۴-۳- خطوط در دست ساخت
۴۰۷	۵-۳- ارزیابی ارتعاشات انتقالی به مسافر
۴۰۷	۱-۵-۳- شاخص راحتی سفر مطابق استاندارد ISO
۴۰۸	۱-۱-۵-۳- پارامترهای مورد استفاده برای تعیین شاخص راحتی سفر
۴۱۰	۲-۱-۵-۳- مدت زمان اندازه گیری
۴۱۰	۳-۱-۵-۳- روش ارزیابی ارتعاش

۴۱۰	 روش ارزیابی پایه	۳-۵-۱-۱
۴۱۱	 تعریف فاکتور تاج	۳-۵-۱-۲
۴۱۱	 روش r.m.s پویا	۳-۵-۱-۳
۴۱۱	 استفاده از توان چهارم مقادیر شتاب وزن لحظه‌ای	۳-۵-۱-۴
۴۱۲	 ترکیب ارتعاشات در جهت‌های مختلف	۳-۵-۱-۵
۴۱۲	 شاخص راحتی سفر مطابق استاندارد BS6841	۳-۵-۲
۴۱۲	 شاخص راحتی سفر اسپرلینگ	۳-۵-۳
۴۱۴	 استاندارد EN12299	۳-۵-۴
۴۱۷	 راحتی سفر بر اساس رابطی راه آهن ملی ژاپن	۳-۵-۵
۴۱۸	 روش استاندارد ISO10056	۳-۵-۶
۴۱۹	 اندیس شاخص راحتی سفر (NC)	۳-۵-۷
۴۱۹	 اندیس راحتی CEN	۳-۵-۸
۴۲۰	 اندیس راحتی UIC	۳-۵-۹
۴۲۳	 پیوست ۱: آزمایش "مودال"	
۴۴۷	 پیوست ۲: خرابی‌های خط	
۴۶۵	 پیوست ۳: منحنی‌های کاهش و تصحیح شاخص کیفیت سازه ای	
۴۸۱	 مراجع	
۴۹۷	 نمایه	