

پیشگفتار

آزمایشگاه قیر زیرمجموعه‌ای مهم از درس آزمایشگاه روسازی یکی از دروس مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری برای رشته مهندسی عمران می‌باشد. این درس برای دانشجویان مذکور به منظور درک صحیح و علمی روسازی راه‌ها از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در این کتاب بطور کلی به نکات فنی آزمایش‌های قیر پرداخته خواهد شد. استانداردهای مورد استفاده در این مجموعه عبارتند از استانداردهای بین‌المللی ASTM، AASHTO، EN و استاندارد ملی ایران ISIRI که ملاک عمل بوده و در همین راستا سعی گردیده است، ضمن تعریف صحیح و علمی آزمایش‌های مختلف روش‌های انجام هر آزمون بطور دقیق ارائه شود. در تهیه این اثر، آزمون‌های الزامی مورد نظر و به ویژه مندرج در آیین‌نامه روسازی ایران (نشریه شماره ۲۳۴ وزارت راه و شهرسازی) که مبنای طراحی و کنترل اجرایی پروژه‌ها می‌باشد، ارائه شده است. همچنین در هر فصل به ترتیب ضمن ارائه عنوان آزمون و روش استاندارد مربوطه، به عنوان یک چارچوب کلی به مقوله‌های هدف و دامنه کاربرد، تعاریف، خلاصه روش آزمون، وسایل و تجهیزات مورد نیاز و تشریح روش آزمون به انضمام تصاویر دقیق از مدرن‌ترین تجهیزات مورد استفاده در سطح منطقه‌ای و یا بین‌المللی ارائه گردیده است.

در پایان، لازم به یادآوری است که این کتاب نیز عاری از نقص نبوده و رفع کلیه نقایص و ایرادات آن تنها با همراهی کلیه خوانندگان گرامی فراهم خواهد شد؛ لذا از خوانندگان محترم تقاضا می‌گردد، هرگونه کاستی و نقایص احتمالی را به مؤلفین از طریق ایمیل «rezaei@pooyesh.ac.ir» منعکس نمایند تا انشاءالله در چاپ‌های بعدی برطرف گردد. نویسندگان امیدوارند این کتاب مورد استقبال دانشجویان قرار گرفته و ما را در بهتر نمودن این اثر یاری رسانند.

سجاد رضائی

حسین زنجیرانی فراهانی

قم، تابستان ۱۳۹۷

تقدیم

به صاحب نور (جَلَّ جَلَالُهُ)، که همیشه درخشیده تا راه را بر آنان که شایسته آن هستند، نمایان سازد.

به پیام آور نور (صَلَّى اللهُ عَلَيْهِ وَآلِهِ وَسَلَّمَ)، که در تنهایی و خلوتی که دیگران در هزار هزار حضور درك نمی کنند، می رسد.

به نیکان و ابرار (صَلَوَاتُ اللهِ وَسَلَامُهُ عَلَيْهِمْ)، که در تکاپویند تا دریابند آنچه را باید دریابند نه همه آنچه را که به آنان تحمیل می کنند و به گام های استوارشان که حتی اندکی در شیب تند شادند و سختی ها سست نشده اند.

فهرست مطالب

بخش اول: مقدمه ۱۷

فصل ۱: طبقه‌بندی قیرها	۱۸
۱-۱- منابع قیر	۱۸
۲-۱- سابقه و تاریخچه	۱۹
۳-۱- ساختمان شیمیایی قیر	۲۰
۴-۱- اجزاء قیر	۲۱
۱-۴-۱- آسفالتن‌ها	۲۲
۲-۴-۱- آروماتیک‌های قطبی (رزین‌ها)	۲۲
۳-۴-۱- آروماتیک‌های نفتی	۲۲
۴-۴-۱- اشباع (پارافین‌ها)	۲۲
۵-۱- رفتار قیر	۲۳
۱-۵-۱- رفتار نیوتنی قیر	۲۳
۲-۵-۱- رفتار شبه پلاستیک و بینگهام پلاستیک	۲۴
۶-۱- سخت شدن قیر	۲۵
۷-۱- پیرشدگی قیر	۲۵
۸-۱- طبقه‌بندی قیرها	۲۶
۹-۱- مشخصات سیستم طبقه‌بندی شارپ	۲۷

بخش دوم: آزمایشات کلاسیک ۲۹

فصل ۲: آزمایش درجه نفوذ قیر	۳۰
۱-۲- مقدمه	۳۰
۲-۲- هدف و دامنه کاربرد	۳۱
۳-۲- تعاریف	۳۱
۴-۲- خلاصه روش آزمون	۳۱
۵-۲- وسایل مورد نیاز	۳۲
۶-۲- آماده سازی آزمون	۳۳
۷-۲- شرایط آزمون	۳۵
۸-۲- روش آزمون	۳۵
۹-۲- گزارش	۳۶
فصل ۳: آزمایش تعیین درجه نرمی قیر	۳۷

۳۷	۱-۳- مقدمه
۳۸	۲-۳- هدف و دامنه کاربرد
۳۸	۳-۳- تعاریف
۳۸	۴-۳- خلاصه روش آزمون
۳۸	۵-۳- وسایل مورد نیاز
۴۱	۶-۳- روش آزمون
۴۲	فصل ۴: آزمایش تعیین وزن مخصوص قیر
۴۲	۱-۴- مقدمه
۴۳	۲-۴- هدف و دامنه کاربرد
۴۳	۳-۴- تعاریف
۴۳	۴-۴- خلاصه آزمون
۴۳	۵-۴- وسایل
۴۴	۶-۴- نمونه‌گیری
۴۴	۷-۴- آماده سازی وسایل
۴۴	۸-۴- کالیبراسیون پیکنومتر
۴۴	۹-۴- آماده سازی نمونه
۴۵	۱۰-۴- محاسبات
۴۶	۱۱-۴- گزارش
۴۷	فصل ۵: آزمایش تعیین خاصیت کشش پذیری قیر
۴۷	۱-۵- مقدمه
۴۸	۲-۵- هدف و دامنه کاربرد
۴۸	۳-۵- تعاریف
۴۸	۴-۵- وسایل مورد نیاز
۴۹	۵-۵- دستگاه آزمون
۵۰	۶-۵- روش آزمون
۵۰	۷-۵- نتایج آزمون
۵۳	فصل ۶: آزمایش تعیین نقطه اشتعال و شعله‌وری قیر با ظروف روباز کلیولند
۵۳	۱-۶- مقدمه
۵۴	۲-۶- هدف و دامنه کاربرد
۵۴	۳-۶- تعاریف
۵۴	۴-۶- خلاصه روش
۵۵	۵-۶- وسایل لازم
۵۷	۶-۶- روش آزمون
۵۸	۷-۶- روش آزمون

- ۵۹..... ۸-۶- تعیین نقطه شعله‌وری.....
- ۶۰..... ۹-۶- محاسبات.....
- ۶۱..... فصل ۷: آزمایش تعیین کندروانی کینماتیکی قیر.....
- ۶۱..... ۱-۷- مقدمه.....
- ۶۲..... ۲-۷- هدف و دامنه کاربرد.....
- ۶۲..... ۳-۷- تعاریف.....
- ۶۲..... ۴-۷- خلاصه آزمون.....
- ۶۲..... ۵-۷- وسایل مورد نیاز.....
- ۶۳..... ۶-۷- روش آزمون.....
- ۶۳..... ۷-۷- محاسبه.....
- ۶۵..... فصل ۸: آزمایش تعیین افت وزنی قیر.....
- ۶۶..... ۲-۸- هدف و دامنه کاربرد.....
- ۶۶..... ۳-۸- تعاریف.....
- ۶۶..... ۴-۸- خلاصه آزمون.....
- ۶۶..... ۵-۸- وسایل مورد نیاز.....
- ۶۷..... ۶-۸- مراحل انجام آزمون.....
- ۶۷..... ۷-۸- محاسبه.....
- ۶۹..... فصل ۹: آزمایش تعیین درجه حلالیت مواد قیری در تری کلرواتیلن.....
- ۶۹..... ۱-۹- هدف و دامنه کاربرد.....
- ۷۰..... ۲-۹- تعاریف.....
- ۷۰..... ۳-۹- خلاصه آزمون.....
- ۷۰..... ۴-۹- وسایل مورد نیاز.....
- ۷۱..... ۵-۹- مواد مصرفی.....
- ۷۱..... ۶-۹- آماده سازی بوتله گوج.....
- ۷۱..... ۷-۹- آماده سازی آزمون.....
- ۷۲..... ۸-۹- محاسبات و نتایج آزمون.....
- ۷۴..... فصل ۱۰: آزمایش تعیین شناوری مواد قیری.....
- ۷۴..... ۱-۱۰- هدف و دامنه کاربرد.....
- ۷۵..... ۲-۱۰- تعاریف.....
- ۷۵..... ۳-۱۰- خلاصه آزمایش.....
- ۷۵..... ۴-۱۰- وسایل مورد نیاز.....
- ۷۷..... ۵-۱۰- روش آزمون.....
- ۷۹..... فصل ۱۱: آزمایش تعیین نقطه شکست فراس مواد قیری.....
- ۷۹..... ۱-۱۱- هدف و دامنه کاربرد.....

- ۸۰-۱۱-۲- تعاریف.....
- ۸۰-۱۱-۳- خلاصه روش آزمون.....
- ۸۰-۱۱-۴- وسایل مورد نیاز.....
- ۸۰-۱۱-۵- روش آزمون.....

بخش سوم: روش طبقه‌بندی درجه عملکردی PG..... ۸۳

- فصل ۱۲: مشخصات قیر و سیستم طبقه‌بندی PG..... ۸۴
- ۱-۱۲- تعیین مشخصات قیر..... ۸۴
- ۲-۱۲- مشخصات قیر بر اساس شارپ SHRP..... ۸۶
- ۳-۱۲- پیش فرض‌های سیستم PG..... ۸۸
- ۴-۱۲- ارزیابی و کنترل کیفیت قیر به روش SHRP..... ۹۵

بخش چهارم: آزمایشات شارپ SHRP..... ۹۷

- فصل ۱۳: آزمایش ویسکوزیته دورانی (RV)..... ۹۸
- ۱-۱۳- هدف و دامنه کاربرد..... ۹۸
- ۲-۱۳- تئوری آزمون..... ۹۹
- ۳-۱۳- دستگاه آزمون..... ۹۹
- ۴-۱۳- آماده‌سازی نمونه..... ۱۰۰
- ۵-۱۳- روش آزمون..... ۱۰۰
- ۶-۱۳- نتایج آزمون..... ۱۰۱
- فصل ۱۴: آزمایش تعیین اثر حرارت و هوا بر قشر نازک متحرک قیر (RTFO)..... ۱۰۲
- ۱-۱۴- هدف و دامنه کاربرد..... ۱۰۲
- ۲-۱۴- تئوری آزمون..... ۱۰۳
- ۳-۱۴- وسایل مورد نیاز..... ۱۰۳
- ۴-۱۴- آماده کردن گرمخانه..... ۱۰۴
- ۵-۱۴- روش آزمون..... ۱۰۵
- فصل ۱۵: آزمایش تعیین تسریع پیرشدگی قیر توسط محفظه تحت فشار (PAV)..... ۱۰۹
- ۱-۱۵- هدف و دامنه کاربرد..... ۱۰۹
- ۲-۱۵- تئوری آزمون..... ۱۱۱
- ۳-۱۵- وسایل مورد نیاز..... ۱۱۱
- ۱-۳-۱۵- محفظه تحت فشار..... ۱۱۱
- ۲-۳-۱۵- ابزار کنترل فشار..... ۱۱۲
- ۳-۳-۱۵- ابزار کنترل دما..... ۱۱۲
- ۴-۳-۱۵- ابزار اندازه‌گیری دما و فشار..... ۱۱۳

۱۱۳	۵-۳-۱۵- ابزار ثبت دما
۱۱۳	۶-۳-۱۵- گیج فشار
۱۱۳	۷-۳-۱۵- ظروف فولادی ضدزنگ
۱۱۳	۸-۳-۱۵- ترازو
۱۱۳	۹-۳-۱۵- اون (گرم‌خانه) خلاءزایی
۱۱۳	۱۰-۳-۱۵- سیستم خلاءزایی
۱۱۴	۴-۱۵- روش انجام آزمون
۱۱۷	۵-۱۵- نتایج آزمون
۱۱۹	فصل ۱۶: آزمایش رئومتر برش دینامیکی DSR
۱۱۹	۱-۱۶- هدف و دامنه کاربرد
۱۲۰	۲-۱۶- تئوری آزمون
۱۲۲	۳-۱۶- دستگاه آزمون
۱۲۳	۴-۱۶- آماده سازی نمونه
۱۲۴	۵-۱۶- روش آزمون
۱۲۷	فصل ۱۷: آزمایش رئومتر تیرچه خمشی BBR
۱۲۷	۱-۱۷- هدف و دامنه کاربرد
۱۲۸	۲-۱۷- تئوری آزمون
۱۲۹	۳-۱۷- دستگاه آزمون
۱۳۰	۴-۱۷- آماده سازی نمونه
۱۳۱	۵-۱۷- روش آزمون
۱۳۱	۶-۱۷- نتایج آزمون
۱۳۴	فصل ۱۸: آزمایش کشش مستقیم (DTT)
۱۳۴	۱-۱۸- هدف و دامنه کاربرد
۱۳۵	۲-۱۸- تعاریف
۱۳۶	۳-۱۸- خلاصه روش آزمون
۱۳۶	۴-۱۸- وسایل مورد نیاز
۱۳۷	۱-۴-۱۸- سیستم بارگذاری کششی با قابلیت کنترل دما
۱۳۷	۲-۴-۱۸- سیستم نگهدارنده نمونه
۱۳۸	۳-۴-۱۸- گیره‌های انتهایی نمونه
۱۳۸	۴-۴-۱۸- محفظه آزمایش برای کنترل دما و انجام آزمایش
۱۳۹	۵-۴-۱۸- وسیله ثبت و اندازه‌گیری بار
۱۳۹	۶-۴-۱۸- وسیله ثبت و اندازه‌گیری تغییر شکل
۱۴۰	۷-۴-۱۸- قالب‌های نمونه
۱۴۰	۸-۴-۱۸- صفحات نگهداری نمونه

- ۱۴۰ ۱۸-۴-۹- دماسنج
- ۱۴۰ ۱۸-۴-۱۰- فریزر
- ۱۴۰ ۱۸-۴-۱۱- گرمخانه
- ۱۴۰ ۱۸-۵- سایر جزئیات
- ۱۴۱ ۱۸-۶- هشدارها
- ۱۴۱ ۱۸-۷- تنظیم و آماده‌سازی دستگاه
- ۱۴۱ ۱۸-۸- کنترل نرخ افزایش طول
- ۱۴۲ ۱۸-۹- نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها
- ۱۴۴ ۱۸-۱۰- عمل‌آوری نمونه
- ۱۴۴ ۱۸-۱۱- روش انجام آزمایش در شرایط استفاده از حمام سرد کننده مایع
- ۱۴۵ ۱۸-۱۲- روش انجام آزمایش در حالت سیستم هوای سرد
- ۱۴۵ ۱۸-۱۳- تعداد نمونه‌های آزمایش
- ۱۴۶ ۱۸-۱۴- شبیه‌سازی گسیختگی
- ۱۴۶ ۱۸-۱۵- تمیز کردن گیره‌های انتهایی
- ۱۴۶ ۱۸-۱۶- محاسبات
- ۱۴۷ ۱۸-۱۷- نتایج آزمون

بخش پنجم: آزمایشات رده بندی جدید PG شارپ پلاس SHRP+.....۱۵۱

- فصل ۱۹: آزمایش بازیابی تنش‌های متعدد خزشی (MSCR) با استفاده از رئومتر برش دینامیکی (DSR) ۱۵۲
- ۱۹-۱- هدف و دامنه کاربرد ۱۵۲
- ۱۹-۲- تعاریف ۱۵۳
- ۱۹-۳- تئوری آزمون ۱۵۳
- ۱۹-۴- نتایج آزمون ۱۵۸
- ۱۹-۵- ضمیمه آزمون ۱۶۰
- ۱۹-۶- شاخص پاسخ الاستیک ۱۶۲
- فصل ۲۰: آزمایش جاروب خطی دامنه کرنش (LAS) ۱۶۴
- ۲۰-۱- مقدمه ۱۶۴
- ۲۰-۲- هدف و دامنه کاربرد ۱۶۷
- ۲۰-۳- تئوری آزمون ۱۶۷
- فصل ۲۱: آزمایش بازیابی الاستیک مواد قیری ۱۷۲
- ۲۱-۱- هدف و دامنه کاربرد ۱۷۲
- ۲۱-۲- خلاصه آزمون ۱۷۳
- ۲۱-۳- وسایل مورد نیاز ۱۷۳
- ۲۱-۴- روش آزمون ۱۷۴

- ۲۱-۵- نتایج آزمون..... ۱۷۵
- فصل ۲۲: آزمایش نیرو - شکل پذیری مواد قیری..... ۱۷۶
- ۲۲-۱- هدف و دامنه کاربرد..... ۱۷۶
- ۲۲-۲- خلاصه آزمون..... ۱۷۶
- ۲۲-۳- وسایل مورد نیاز..... ۱۷۷
- ۲۲-۴- روش آزمون..... ۱۷۸
- ۲۲-۵- نتایج آزمون..... ۱۷۹
- فصل ۲۳: آزمایش تعیین تمایل جدایش پلیمر از قیر اصلاح شده پلیمری (جدایش فازی)..... ۱۸۰
- ۲۳-۱- هدف و دامنه کاربرد..... ۱۸۰
- ۲۳-۲- خلاصه آزمون..... ۱۸۱
- ۲۳-۳- وسایل مورد نیاز..... ۱۸۱
- فصل ۲۴: آزمایش طاق و سفتی مواد قیری..... ۱۸۳
- ۲۴-۱- هدف و دامنه کاربرد..... ۱۸۴
- ۲۴-۲- خلاصه آزمون..... ۱۸۴
- ۲۴-۳- وسایل مورد نیاز..... ۱۸۴
- ۲۴-۴- آماده سازی نمونه..... ۱۸۶
- ۲۴-۵- روش آزمون..... ۱۸۷
- ۲۴-۶- نتایج آزمون..... ۱۸۷
- فصل ۲۵: آزمایشات پیر شدگی SAFT و MGRF..... ۱۸۸
- ۲۵-۱- هدف و دامنه کاربرد..... ۱۸۸
- ۲۵-۲- شرایط شبیه سازی پیر شدگی قیر..... ۱۸۹
- ۲۵-۳- دستگاه‌های آزمون..... ۱۹۰
- بخش ششم: آزمایشات شیمی قیر و پلیمر..... ۱۹۳**
- فصل ۲۶: آنالیز حرارتی و شیمیایی نمونه‌های قیری..... ۱۹۴
- ۲۶-۱- روش‌های آنالیز حرارتی..... ۱۹۴
- ۲۶-۱-۱- توزین حرارتی (TGA)..... ۱۹۶
- ۲۶-۱-۲- گرماسنج افتراقی (DSC)..... ۱۹۸
- ۲۶-۲- آنالیز حرارتی قیرهای اصلاح شده..... ۱۹۹
- فصل ۲۷: آنالیز شیمیایی آزمایش (FTIR)..... ۲۰۳
- ۲۷-۱- تئوری آزمون..... ۲۰۳
- ۲۷-۲- نتایج آنالیز شیمیایی آزمون..... ۲۰۴
- ۲۷-۳- طیف سنجی مادون قرمز FTIR..... ۲۰۵
- فصل ۲۸: آزمایش اشعه ایکس (XRD)..... ۲۰۷

۲۰۷	.....	۱-۲۸ - مقدمه
۲۰۸	.....	۲-۲۸ - هدف و دامنه کاربرد
۲۰۹	.....	۳-۲۸ - دستگاه آزمون
۲۱۰	.....	۴-۲۸ - روش آزمون
۲۱۰	.....	۵-۲۸ - نتایج آزمون
۲۱۱	.....	فصل ۲۹: آزمایش میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
۲۱۱	.....	۱-۲۹ - هدف و دامنه کاربرد
۲۱۲	.....	۲-۲۹ - دستگاه آزمون
۲۱۳	.....	۳-۲۹ - روش آزمون
۲۱۴	.....	۴-۲۹ - آماده سازی نمونه‌ها
۲۱۶	.....	۱-۴-۲۹ - اختلاط با میکسر مکانیکی
۲۱۷	.....	۲-۴-۲۹ - اختلاط با میکسر برش بالا
۲۱۹	.....	۳-۴-۲۹ - اختلاط با میکسر برش بالا
۲۲۰	.....	فصل ۳۰: آزمایش میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)
۲۲۱	.....	۱-۳۰ - هدف و دامنه کاربرد
۲۲۱	.....	۲-۳۰ - دستگاه آزمون
۲۲۲	.....	۳-۳۰ - آماده‌سازی نمونه
۲۲۴	.....	فصل ۳۱: آزمایش میکروسکوپ نوری
۲۲۴	.....	۱-۳۱ - هدف و دامنه کاربرد
۲۲۶	.....	فصل ۳۲: آزمایش تجزیه عنصری CHN
۲۲۶	.....	۱-۳۲ - مقدمه
۲۲۸	.....	پیوست الف
۲۲۹	.....	منابع و مأخذ