

فناوری، روش اجرا و کاربرد خاک سیمان درجا در پروژه‌های خاص

نویسندگان

مهندس فرید علی‌زهی مقدم و مهندس علیرضا حیدری

گروه ویراستاران علمی

دکتر سید یحیی روحانی، دکتر محسن تدین و دکتر اصغر وطنی اسکونی



کمیته تخصصی
قرارگاه سازندگان آلا
قرب‌نوح



شرکت مهندسی سپاسد
SEPASAD ENGINEERING CO

سرشناسه	غفاری، فرید، ۱۳۵۹ -
عنوان و نام پدیدآور	فناوری، روش اجرا و کاربرد خاک سیمان درجا، در پروژه‌های خاص / نویسندگان: فرید غفاری مقدم، علیرضا حیدری؛ گروه صحنه‌گذار سید یحیی روحانی، محسن تدین، اصغر وطنی اسکوفی.
مشخصات نشر	تهران: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	۱۸ ص: مفسور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸ - ۶۰۰ - ۱۲۱ - ۲۷۵ - ۸ - ۱
وضعیت فهرست‌نویسی: فیا	
موضوع	خاک سیمان
موضوع	نشتن
شناسه افزوده	حیدری، علیرضا، alireza, heydari نویسنده
شناسه افزوده	روحانی، سید یحیی
شناسه افزوده	تدین، محسن
شناسه افزوده	وطنی اسکوفی، اصغر
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۰ - ۷۰۰ - ۲۷۵ - ۱۸ - ۲۳۵
رده‌بندی دیویی	۶۲۰ - ۱۵
شماره کتابشناسی ملی	۲۵۰۰۰۰۹

فناوری، روش اجرا و کاربرد خاک سیمان درجا در پروژه‌های خاص

نویسندگان: مهندس فرید غفاری مقدم و مهندس علیرضا حیدری
گروه ویراستاران علمی: دکتر سید یحیی روحانی، دکتر محسن تدین
و دکتر اصغر وطنی اسکوفی

چاپ نخست: ۱۳۹۰؛ شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

حروفچینی و آماده سازی: شرکت انتشارات علمی و فرهنگی

لینوگرافی: مهران؛ چاپ: سارنگ؛ صحافی: فاروس ابرار

قیمت: ۹۵۰۰۰ ریال

حق چاپ محفوظ است.



شرکت
فازگاه و سازندگان
ترب و ج



شرکت مهندسی سپاسد
SEPASAD ENGINEERING CO

شرکت مهندسی سپاسد

دفتر مرکزی شرکت مهندسی سپاسد: میدان ونک، ابتدای خیابان ملاصدرا، ابتدای خیابان شاد، پلاک ۱۱

تلفن: ۰۲۱ - ۸۸۶۴۳۷۵۰ (۰۲۱) ۸۸۶۴۳۷۰۰ (۰۲۱) کادپستی: ۱۴۳۵۷۶۳۳۱۱

آدرس اینترنتی: www.sepasad.com Email: info@sepasad.com

تقدیر و تشکر

تدوین کتاب‌های فنی و تخصصی مرهون تلاش و همت همکاران متعددی می‌باشد که در این جا بر حسب وظیفه از جناب آقای مهندس امیر مقدم معاونت محترم مهندسی و کنترل کیفیت شرکت سپاسد به جهت مدیریت جامع‌نگر و مراحل کار، جناب آقای مهندس فرید غفاری مقدم به جهت تدوین و تألیف کتاب و جناب آقای مهندس علیرضا حیدری در خصوص اطلاعات کامل اجرای خاک‌سیمان در سد کارون ۴ و ترجمه پیوست، از جناب آقای مهندس پهلوان به جهت تشریح روند کار در پروژه گنوند علی، از جناب آقای مهندس مرتضی ذاکر شوشتری به جهت اطلاعات جامع در خصوص روند اجرای سدهای غلتکی در ایران، آقای مهندس شیخ انصاری به جهت اطلاعات اجرای خاک‌سیمان در سد رودبار لرستان، جناب آقای مهندس رامین مجیدی بابت در اختیار گذاشتن اطلاعات و عکس‌های پروژه کارون ۴، و جناب آقای مصطفی نوشاد بابت تنظیم و ویراستاری تشکر و قدردانی می‌نماید.

در نهایت قدردانی و سپاس بیکران خود را تبار دیگر همکاران ارجمندمان در شرکت مهندسی سپاسد می‌نماییم که با تلاش‌های خستگی‌ناپذیر در اجرای پروژه‌های مختلف و

شش / فناوری، روش اجرا و کاربرد خاک‌سیمان درجا در پروژه‌های خاص

در طی سالیان متمادی، موارد مذکور در متن کتاب را به صورت عملی اجرا کرده‌اند و به انجام رسانده‌اند تا کتاب حاضر گوشه‌ای از دانش عظیم حاصله از این تلاش‌ها باشد. مطمئناً هیچ نوشته‌ای به دور از اشکالات و نقایص فنی و ادبی نمی‌باشد لذا نظرات و پیشنهادهای دریافتی از اساتید ارجمند، صاحب نظران و متخصصان گرامی، در ویرایش‌های بعدی مدنظر قرار خواهد گرفت.

شرکت مهندسی سپاسد

پیشگفتار نویسندگان

اجرای خاک‌سیمان در پروژه‌های عمرانی سطح کشور و در پروژه‌های سدهای رشد چشم‌گیری داشته است. لذا با توجه به نبود ساختار و مشخصات فنی خاص برای اجرای آن و کمبود منابع علمی مستند و همچنین نبودن وجه تمایز شفاف و تفکیک ویژگی‌های بین خاک‌سیمان و بتن غلتکی متراکم‌شده و دیگر روش‌های اجرای مشابه در کشور عزیزمان، بر آن شدیم تا کتاب حاضر را که در برگیرنده نکات آیین‌نامه‌ای و استانداردهای مربوطه در زمینه کاربردهای متمایز خاک‌سیمان و تفاوت‌های آن با روش‌های اجرایی مشابه و دستاوردهای عملی اجرای خاک‌سیمان می‌باشد تهیه نماییم. با این نگرش و با رویکرد ارتقای سطح دانش اجرایی خاک‌سیمان در سطح کشور و با هدف به کارگیری این روش اجرا در چارچوب دستاوردهای علمی و مطابق با روند اجرایی در سایر کشورهای پیشرفته، در فصول مختلف کتاب به اجزای تشکیل‌دهنده، نحوه ارائه طرح اختلاط، ساخت، حمل، اجرا، پرداختکاری و کنترل کیفیت خاک‌سیمان پرداخته شده است.

در عصر حاضر رویکرد انسان در پیشبرد اهداف و هدایت و راهبری امور جاری بر اساس دانش تئوری و با نگرشی جامع‌گرا و خلاقانه و به دور از روش آزمون و خطا و

بر پایه خردمندی و هوشمندی نیروهای دانش‌گرا می‌باشد. بر این اساس محور و بازوی پرتوان سازمان‌ها را افراد و دانش و خرد آن‌ها تشکیل می‌دهد حال آن‌که تفکر مدیران هدایت‌کننده و راهنما برای همسو شدن اهداف تلقی می‌گردد.

در روش‌های ساخت و اجرای خاک‌سیمان نیز بهره‌گیری از روش آزمون و خطا، امری توجیه‌ناپذیر می‌باشد. لذا در راستای فرمایشات مقام معظم رهبری مد ظله العالی در خصوص اصلاح الگوی مصرف و همچنین با توجه به جهت‌های راهبردی مصوب الگوی توسعه، در سند چشم‌انداز سال ۱۴۰۴ کشور بر پایه دانش و دانایی محوری، دستاوردهای شرکت مهندسی سپاسد در اجرای این روش در حوزه‌های مختلف و به ویژه در احداث فراز بند سد کارون ۴، جهت ارتقای دانش فنی در این حوزه در این کتاب آورده شده است.

ابتدا بر آن بودیم تا از احداث فراز بند سدها و روش‌های اجرایی متفاوتی که در کشور مورد استفاده قرار گرفته است و همچنین احداث فراز بند با بهره‌گیری از خاک‌سیمان. شرح مختصری در فصل نخست این کتاب بگنجانیم. اما به علت حجم بسیار زیاد مطالب و وجود نکات فنی بسیار و با این توجیه که خوانندگان محترم اطلاعات ابتدایی از نحوه و مراحل مختلف احداث سد دارند، فصل نخست تنها به بتن‌های ویژه، مقایسه مختصر آن‌ها و تفاوت‌های خاک‌سیمان با بتن متراکم شده غلتکی و مصالح با مقاومت کم کنترل شده اختصاص داده شد.

در فصل دوم کلیاتی از بتن متراکم شده غلتکی و تجربیات اجرایی آن در کشور های مختلف و ایران عزیزمان و نکات آیین‌نامه‌ای مختصری جهت آشنایی و مطرح شدن تفاوت‌ها در طرح اختلاط و روش‌های اجرایی آن با خاک‌سیمان، مطرح گردیده است. در فصل سوم کلیاتی در خصوص خاک‌سیمان و تاریخچه و موارد کاربرد، اجزای تشکیل‌دهنده و توضیحاتی در خصوص طبقه‌بندی خاک‌ها با رویکرد آیین‌نامه‌ای و قابل استناد آورده شده است.

در فصل چهارم خصوصیات خاک‌سیمان و در فصل پنجم نیز طرح اختلاط و نسبت‌بندی آن با رعایت استانداردها و آیین‌نامه‌های بین‌المللی، مطرح شده است. تشریح مشخصات فنی اجرای خاک‌سیمان و نکات و ویژگی‌های خاص اجرایی در پروژه‌های مختلف سدسازی شرکت مهندسی سپاسد در فصل ششم آورده شده و مورد تحلیل قرار گرفته است.

همواره تحقیقات نقش قابل ملاحظه‌ای در تولید و توسعه علم و فناوری در قرون گذشته به عهده داشته است. تعامل میان اجزا در یک سامانه یک واقعیت غیر قابل انکار است. هیچ چیز در سامانه از روابط آن جزء با سامانه جدا نیست. می‌توان گفت که ارتباط بین اشیاء انسان‌ها و عناصر، مهم‌تر از خود اشیاء و انسان‌ها و عناصر است. لذا در فصل هفتم کنترل کیفیت خاک‌سیمان و تحقیق در مورد عوامل مؤثر در اجرا و دوام خاک‌سیمان مورد ارزیابی و تشریح قرار گرفته است.

در فصل هشتم ماشین‌آلات به کار رفته در پروژه‌های سدسازی به صورت کاربردی و به جهت بهره‌برداری بهینه از تجهیزات ماشین‌آلات در پروژه‌های دیگر مورد بررسی قرار گرفته شده است.

در فصل نهم نیز عملیات اجرای خاک‌سیمان در پروژه‌های سد کارون ۴، گتوند علیا، رودبار لرستان و کرخه، و تجربیات، مشکلات، مشخصات فنی و نکات قابل توجه در اجرای خاک‌سیمان تشریح گردیده است. استاندارد آیین کار ساخت و عمل‌آوری نمونه‌های خاک‌سیمان برای آزمون فشاری و خمشی در آزمایشگاه در پیوست کتاب آمده است.

فهرست مطالب

تقدیر و تشکر	پنج
پیشگفتار نویسندگان	هفت

فصل اول: مقدمه و کلیاتی در خصوص بتن‌های ویژه	۱
۱- مقدمه و بیان مسئله	۲
۱-۱- کلیاتی در خصوص بتن‌های ویژه	۳
۱-۱-۱- بتن اسفنجی انوکلاوی	۳
۱-۱-۲- بتن سنگین	۴
۱-۱-۳- بتن حجیم	۴
۱-۱-۴- بتن پیش‌آکنده	۶
۱-۱-۵- بتن بدون اسلامپ	۷
۱-۱-۶- بتن متراکم‌شده غلتکی (RCC)	۷
۲-۱- خاک‌سیمان	۸
۲-۱-۱- تفاوت بین بتن متراکم‌شده غلتکی (RCC) با خاک‌سیمان (Soil Cement)	۱۰
۳-۱- بتن متخلخل	۱۱
۴-۱- مصالح کم‌مقاومت کنترل‌شده	۱۲
۴-۱-۱- تفاوت بین خاک‌سیمان و مصالح با مقاومت کم کنترل‌شده (CLSM)	۱۳

۱۵	فصل دوم: کلیاتی از بتن متراکم شده غلظتی (RCC)
۱۷	۲- کلیاتی از بتن متراکم‌شده غلظتی
۱۷	۲-۱- تعریف بتن متراکم‌شده غلظتی (RCC)
۱۸	۲-۱-۱- تاریخچه
۱۹	۲-۱-۲- مزیت‌ها
۲۰	۲-۱-۳- انواع روش‌های توسعه بتن متراکم‌شده غلظتی در سدسازی
۲۳	۲-۲- اجرای تشکیل‌دهنده بتن غلظتی
۲۳	۲-۲-۱- مصالح سیمانی
۲۵	۲-۲-۲- سنگدانه‌ها
۲۷	۲-۲-۳- افزودنی‌های شیمیایی
۲۷	۲-۲-۴- آب
۲۷	۳-۲- طرح اختلاط بتن غلظتی
۲۸	۱-۳-۲- فلسفه اختلاط بر اساس مفاهیم خاک‌ها (نسبت چگالی - رطوبت)
۲۸	۲-۳-۲- فلسفه طرح اختلاط بر اساس مفاهیم بتن (نسبت W/C_m)
۲۹	۳-۳-۲- ملاحظات نسبت‌بندی مخلوط RCC
۳۴	۴-۲- روش اجرای سدها با بتن متراکم‌شده غلظتی (RCC)
۳۴	۴-۲-۱- کلیات
۳۵	۴-۲-۲- برنامه زمانی ساخت
۳۶	۴-۲-۳- اختلاط
۳۸	۴-۲-۴- حمل و جابجایی و پخش کردن
۳۹	۴-۲-۵- تراکم
۴۱	۴-۲-۶- اتصال لایه‌ها
۴۲	۴-۲-۷- عمل‌آوری
۴۳	۴-۲-۸- کنترل کیفیت
۴۵	۵-۲- نگرشی اجمالی به وضعیت سدهای بتن غلظتی در ایران
۴۵	۵-۲-۱- سدهای در دست اجرا
۴۶	۵-۲-۲- سدهای در دست مطالعه
۴۶	۵-۲-۳- کاربرد بتن غلظتی در سد تنظیمی- انحرافی کرخه (پای پل)
۵۳	۵-۲-۴- زمان کوبش در بتن غلظتی و اثر پرزولان‌ها و سرباره ایران بر آن
۵۶	۵-۲-۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

۵۹	فصل سوم: کلیاتی در خصوص خاک سیمان
۶۱	۳- کلیاتی در خصوص خاک سیمان
۶۱	۳-۱- مقدمه و تعریف
۶۲	۳-۲- تاریخچه
۶۵	۳-۳- موارد کاربرد
۶۶	۳-۱-۱- روسازی
۶۷	۳-۳-۲- لایه محافظ شیب‌ها
۶۷	۳-۳-۳- سطح پوشش‌دهنده
۶۸	۳-۴-۱- تثبیت
۶۸	۳-۵- کاربردهای گوناگون
۶۹	۳-۴-۱- اجزای تشکیل‌دهنده خاک سیمان
۶۹	۳-۴-۱-۱- شن
۷۹	۳-۴-۲- سیمان
۸۱	۳-۴-۲- افزودنی‌ها و مواد مکمل سیمانی
۸۲	۳-۴-۲- آب
۸۵	فصل چهارم: خصوصیات خاک سیمان
۸۷	۴- خصوصیات خاک سیمان
۸۷	۴-۱- چگالی
۸۹	۴-۲- مقاومت فشاری
۹۲	۴-۳- مقاومت خمشی (کششی) یا مدول گسیختگی
۹۲	۴-۴- نفوذپذیری
۹۴	۴-۵- جمع‌شدگی
۹۵	۴-۶- ضرایب و تعداد لایه‌ها
۹۹	فصل پنجم: طرح اختلاط و نسبت‌بندی خاک سیمان
۱۰۱	۵- طرح اختلاط و نسبت‌بندی
۱۰۱	۵-۱- نسبت‌بندی
۱۰۴	۵-۲- ملاحظات ویژه
۱۰۴	۵-۲-۱- مقاومت و دوام
۱۰۵	۵-۲-۲- اندازه نمونه مقاومت فشاری
۱۰۶	۵-۲-۳- خاک‌های ماسه‌ای با واکنش‌زایی کم
۱۰۶	۵-۲-۴- مقاومت در برابر سولفات
۱۰۶	۵-۳- نمونه‌ای از طرح اختلاط‌های خاک سیمان در پروژه‌های مختلف

فصل ششم: اجرای خاک‌سیمان

۶-۱-۱ اجرای خاک‌سیمان

۱۱۲ ۶-۱-۱ حمل، مخلوط کردن مصالح، جابجایی و پخش

۱۱۲ ۶-۱-۱-۱ مخلوط کردن در محل

۱۲۵ ۶-۱-۲ مخلوط کردن در کارگاه مرکزی (ایستگاه بتن‌ساز)

۱۳۱ ۶-۲ تراکم کردن

۱۳۱ ۶-۲-۱ تراکم کارگاهی

۱۳۴ ۶-۲-۲ آشنایی با تراکم از دیدگاه نظری

۱۳۵ ۶-۳ تراکم خاک‌سیمان

۱۳۷ ۶-۳-۱ پرتابکاری

۱۳۸ ۶-۴-۱ درزها

۱۳۹ ۶-۴-۱-۱ درزهای افقی در خاک‌سیمان

۱۴۲ ۶-۵-۱ عمل‌آوری و محافظت

فصل هفتم: کنترل کیفیت، تحقیق و توسعه

۷-۱ کنترل کیفیت، تحقیق و توسعه

۱۴۷ ۷-۱-۱ کنترل کیفیت

۱۴۷ ۷-۱-۱-۱ خردشدگی (خاک‌سیمان مخلوط شده در محل)

۱۴۹ ۷-۲-۱ کنترل مقدار سیمان

۱۵۰ ۷-۳-۱ مقدار رطوبت

۱۵۱ ۷-۴-۱ یکنواختی مخلوط کردن

۱۵۲ ۷-۵-۱ تراکم

۱۵۴ ۷-۶-۱ ضخامت لایه و روانداری سطوح

۱۵۵ ۷-۷-۱ عمل‌آوری

۱۵۵ ۷-۲-۲ تحقیق و توسعه

۱۵۶ ۷-۱-۲ دوام طولانی مدت

۱۵۶ ۷-۲-۲ عوامل بالارفتگی موج

۱۵۷ ۷-۳-۲ نشست (فرورفت) در کل رویه خاک‌سیمان

۱۵۸ ۷-۲-۲-۱ مقاومت چسبندگی

۱۵۹ ۷-۲-۵-۱ مقاومت خاک‌سیمان در برابر آب دریا و آب نمک

فصل هشتم: ماشین آلات مورد استفاده در پروژه ۱۶۱

۸- ماشین آلات مورد استفاده در پروژه ۱۶۳

۸-۱- آشنایی با ماشین آلات فعال در عملیات اجرایی جهت بهره‌برداری بهینه ۱۶۳

۸-۱-۱- بیل‌های مکانیکی چرخ زنجیری ۱۶۳

۸-۱-۲- نکاتی که هنگام کار با چکش باید مد نظر قرار گیرد ۱۶۶

۸-۱-۳- بلدوزرها ۱۶۹

۸-۱-۴- گریدر ۱۷۱

۸-۱-۵- لودر ۱۷۲

۸-۱-۶- ماشین آلات حمل و نقل ۱۷۳

۸-۲- بهره‌برداری بهینه از ماشین آلات و مصالح در معادن ۱۷۵

۸-۲-۱- برداشت از معادن فصلی حاشیه رودخانه ۱۷۷

۸-۲-۲- ماشین آلات ۱۷۹

۸-۲-۳- فاصله حمل ۱۸۰

۸-۲-۴- محاسبه قابلیت‌های بارگیری و باربری ۱۸۱

۸-۲-۵- نقش ماشین آلات در حمل و بارگیری مصالح ۱۸۲

۸-۳- ماشین آلات مورد استفاده در یکی از پروژه‌ها ۱۸۲

۸-۳-۱- تعداد ماشین آلات مورد نیاز در محل دپوی مصالح دانه‌ای ۱۸۳

۸-۳-۲- تعداد ماشین آلات مورد نیاز در محل سرنده ۱۸۴

۸-۳-۳- تعداد ماشین آلات مورد نیاز در محل کرت‌ها ۱۸۴

۸-۳-۴- تعداد ماشین آلات مورد نیاز جهت حمل مصالح از محل کرت‌ها تا محل اجرا ۱۸۵

۸-۳-۵- ماشین آلات مورد نیاز در محل اجرا ۱۸۵

فصل نهم: عملیات اجرایی خاک‌سیمان در پروژه‌های مختلف ۱۸۷

۹- عملیات اجرایی خاک‌سیمان در پروژه‌های مختلف ۱۸۹

۹-۱- مراحل کلی اجرای خاک‌سیمان در پروژه‌ها ۱۸۹

۹-۱-۱- خاکبرداری و تحویل بستر ۱۸۹

۹-۱-۲- بارگیری مصالح دانه‌ای از دپو و حمل تا پای سرنده ۱۹۰

۹-۱-۳- سرنده مصالح دانه‌ای ۱۹۰

۹-۱-۴- کرت‌بندی و مخلوط کردن مصالح ۱۹۰

۹-۱-۵- حمل مصالح مخلوط‌شده ۱۹۱

۹-۱-۶- تخلیه و پخش توسط بلدوزر و رگلاژ توسط گریدر ۱۹۲

شانزده / فناوری، روش اجرا و کاربرد خاک سیمان در پروژه‌های خاص

- ۱۹۲ ۷-۱-۹- تراکم با غلظت صاف فولادی
- ۱۹۳ ۸-۱-۹- برداشت نقشه برداری
- ۱۹۳ ۹-۱-۹- عمل آوری
- ۱۹۳ ۲-۹- اقدامات ویژه اجرایی در پروژه‌ها
- ۱۹۳ ۱-۲-۹- کاربرد پیمان در اختلاط خاک سیمان
- ۱۹۴ ۲-۲-۹- تعیین حجم پیمان‌ها
- ۱۹۶ ۳-۲-۹- ذخیره‌سازی سیمان
- ۱۹۸ ۴-۲-۹- مخلوط شدن بیشتر سیمان
- ۱۹۹ ۵-۲-۹- اجرای خاک سیمان
- ۲۰۱ ۶-۲-۹- اجرای دیگ موقت جهت هدایت رودخانه به تونل یا تونل‌های انحراف
- ۲۰۴ ۷-۲-۹- عملیات اجرایی خاک سیمان
- ۲۰۵ ۳-۹- عملیات اجرایی خاک سیمان در یکی دیگر از پروژه‌های سدسازی
- ۲۰۵ ۱-۳-۹- مشخصات فنی مصالح مورد استفاده در خاک سیمان
- ۲۰۶ ۲-۳-۹- مشخصات طرح خاک سیمان
- ۲۰۶ ۳-۳-۹- اجرای خاک سیمان
- ۲۱۸ ۴-۹- نکات قابل توجه در تولید و اجرای خاک سیمان
- ۲۱۸ ۱-۴-۹- پروژه اول
- ۲۱۹ ۲-۴-۹- پروژه دوم
- ۲۲۶ ۵-۹- مشکلات اجرای خاک سیمان در پروژه‌ها
- ۲۲۶ ۱-۵-۹- تخلیه مستقیم سیمان‌های وارده بر روی مصالح
- ۲۲۸ ۲-۵-۹- دقت در برآورد احجام بارگیری شده
- ۲۲۹ ۳-۵-۹- مسیر حمل و انتقال مصالح
- ۲۳۰ ۴-۵-۹- مشکلات اجرایی

فصل دهم: پیوست

- ۲۳۱ ۱۰- استاندارد آیین کار ساخت و عمل آوری نمونه‌های خاک سیمان برای آزمایش فشاری و خمش در آزمایشگاه ASTM D 1632
- ۲۳۱ ۱۰-۱- هدف
- ۲۳۳ ۱۰-۲- اهمیت و کاربرد
- ۲۳۴ ۱۰-۳- تجهیزات
- ۲۳۶ ۱۰-۴- آماده‌سازی مصالح

فهرست مطالب / هفده

۲۳۹	۵-۱۰- تعیین جرم مصالح
۲۴۰	۶-۱۰- اختلاط مصالح
۲۴۱	آزمایش فشاری نمونه‌ها
۲۴۱	۷-۱۰- ابعاد نمونه‌ها
۲۴۱	۸-۱۰- قالب‌گیری نمونه‌ها
۲۴۲	۹-۱۰- عمل‌آوری نمونه‌ها
۲۴۳	۱۰-۱۰- پوشش نمونه‌ها
۲۴۳	آزمایش نمونه‌های خمشی
۲۴۳	۱۱-۱۰- اندازه نمونه‌ها
۲۴۴	۱۲-۱۰- قالب‌گیری نمونه‌ها
۲۴۵	۱۳-۱۰- عمل‌آوری نمونه‌ها
۲۴۵	۱۴-۱۰- علامت‌گذاری
۲۴۶	۱۵-۱۰- گزارش
۲۴۷	منابع و مراجع