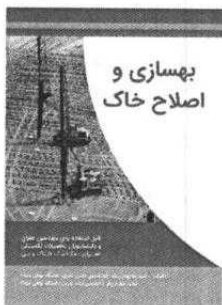


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



بهسازی و اصلاح خاک

قابل استفاده برای مهندسين عمران و
دانشجویان تحصیلات تکمیلی عمران مکاتیک خاک و پی

مؤلفان:

مهندس امیدرضا دانشمند

(دانشجوی دکتری عمران دانشگاه بوعلی سینا)

مهندس هانیه جباری فر

(کارشناسی ارشد عمران دانشگاه بوعلی سینا)



Email : simaye.danesh@yahoo.com

Telegram : [telegram.me/simayedaneshpub](https://t.me/simayedaneshpub)

شماره کتابشناسی ملی :	۵۲۶۰۷۳۸	۹۷۸-۶۰۰-۱۲۰-۴۱۹-۷	شابک
عنوان و نام پدیدآور :	بهبودی و اصلاح خاک / تألیف امیدرضا بهادری نژاد، هانیة حجازی فر.		
مشخصات نشر :	تهران : سیمای دانش : انتشارات آذر، ۱۳۹۷.		
مشخصات ظاهری :	۴۳۷ص: مصور.		
یادداشت :	کتابنامه.		
موضوع :	خاک -- بهسازی		
موضوع :	Soil remediation		
رده بندی دیویی :	۵۵/۶۲۸		
رده بندی کنگره :	۱۳۹۷ پ۹/پ۹/۸۷۸ TD		
سرشناسه :	بهدادی نژاد، امیدرضا، ۱۳۶۵ -		
نسانسه افزوده :	حجازی فر، هانیة، ۱۳۶۷ -		
وضعیت فهرست نویسی :	فیا		

بهبودی و اصلاح خاک

تألیف :	امیدرضا بهادری نژاد - مهندس هانیة حجازی فر
ناشر :	انتشارات سیمای دانش
ناشر همکار :	انتشارات آذر
نوبت چاپ :	اول / ۱۳۹۷
تیراژ :	۱۰۰۰ نسخه
حروفچینی :	موسسه مهراد
لیتوگرافی :	باختر
چاپخانه :	فرشیوه
مصافی :	روشنک
شابک :	۹۷۸-۶۰۰-۱۲۰-۴۱۹-۷
قیمت :	۴۰۰۰۰۰ ریال

کلیه حقوق این اثر برای انتشارات سیمای دانش محفوظ است.

انتشارات سیمای دانش: خیابان انقلاب- ابتدای خیابان ۱۲ فروردین
 پلاک ۳۱۸- تلفن: ۶۶۴۶۴۷۷۹
 فروشگاه سیمای دانش: ۶۶۴۶۰۵۴۵
 انتشارات آذر: ۶۶۴۶۵۸۳۰
 کتابفروشی عصر دانش: ۶۶۴۹۳۷۰۱
 کتابفروشی پرهمام: ۶۶۴۶۸۲۳۵

اصلاح و بهسازی خاک یکی از شاخه‌های کاربردی مهندسی عمران در گرایش خاک و پی بوده که مبتنی بر مفاهیم و مبانی تئوری علم مکانیک خاک و ژئوتکنیک می‌باشد. این شاخه از مهندسی عمران چه در مقوله‌های آموزشی- پژوهشی و چه در زمینه‌های حرفه‌ای و اجرایی حائز اهمیت بسزایی بوده که عملاً این مهم دلیل عمده برای تألیف این کتاب بوده است. در سال‌های اخیر رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی سبب افزایش ساخت و ساز در شهرها شده است. از طرف دیگر کمبود زمین‌های مناسب برای ساخت و ساز و افزایش قیمت زمین‌های شهری، محل اجرای عملیات ساختمانی را امری اجتناب ناپذیر ساخته است. به عنوان مثال خاک‌های مسأله‌دار دارای خصوصاتی مانند ظرفیت باربری کم، مقاومت برشی کم، ترم و یا تحکیم هستند. عدم بهسازی خاک‌های مسأله‌دار می‌تواند سبب آسیب دیدن سازه‌های موجود بر روی آن‌ها مانند روسازی راه‌ها، فرودگاه‌ها و غیره شود. بنابراین بایستی برای کنترل خرابی‌های پدیدشده به همین منظور روش‌های بهسازی مختلفی وجود دارند که در کتاب حاضر علاوه بر تفسیر نقش و سایر روش‌ها، مجموعه‌ای از مطالعات مروری در مناطق و پروژه‌های مختلف جهان علی‌الخصوص ایران آورده شده است.

هدف از تألیف این کتاب تهیه منبعی نسبتاً کامل و مناسب برای درس بهسازی خاک مختص دانشجویان مهندسی عمران است. سعی شده است مطالب به گونه‌ای شیوا و رسا بیان شوند که مطالب این کتاب به عنوان یک مرجع قابل اعتماد در زمینه‌های حرفه‌ای و اجرایی (مشاوران و پیمانکاران) آموزشی و دانشگاهی مورد استفاده علاقمندان قرار گیرد. در ادامه مؤلفین این کتاب بدین وسیله مراتب سپاس خود را از مدیریت محترم مرکز نشر سیمای دانش جناب آقای طالقانی اعلام داشته و امیدوارند انتشار این کتاب گامی مؤثر جهت ارتقای دانش فنی- حرفه‌ای دانشجویان مهندسی عمران باشد و بتواند فقدان احتمالی منابع مفید در این زمینه را جبران نماید.

مؤلفان:

مهندس امیدرضا بهادری‌نژاد

مهندس هانیه حجازی‌فر

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه‌ای بر بهسازی خاک‌ها

۳	۱-۱ مقدمه.....
۴	۲-۱ روش‌های رایج بهسازی.....
۵	۱-۲-۱ بهسازی زمین با استفاده از روش چگالش (تراکم).....
۶	۱-۲-۱-۱ تراکم لرزه‌ای.....
۷	۲-۱-۲-۱ تراکم دینامیکی.....
۹	۳-۱-۲-۱ تراکم انفجاری.....
۹	۴-۱-۲-۱ زریق تراکمی.....
۹	۲-۲-۱ بهسازی زمین با استفاده از روش تحکیم.....
۱۰	۳-۲-۱ بهسازی زمین با استفاده از روش کاهش وزن.....
۱۱	۴-۲-۱ بهسازی زمین با استفاده از روش مسلح‌سازی.....
۱۳	۵-۲-۱ بهسازی زمین با استفاده از روش اصلاح شیمیایی.....
۱۴	۶-۲-۱ بهسازی زمین با استفاده از روش اصلاح حرارتی.....
۱۵	۷-۲-۱ بهسازی زمین با استفاده از روش اصلاح الکتریکی.....
۱۶	۸-۲-۱ بهسازی زمین با استفاده از روش اصلاح بیوتکنیکی.....
	فصل ۲: ترانسمیسیونی
۱۹	۱-۲ دامنه کاربرد روش تراکم دینامیکی.....
۱۹	۱-۱-۲ عمق بهبود.....
۱۹	۲-۱-۲ حداکثر میزان بهسازی.....
۱۹	۳-۱-۲ کارایی تراکم دینامیکی در انواع مصالح.....
۱۹	۴-۱-۲ محدودیت‌های محلی.....
۲۰	۵-۱-۲ اجرای تراکم دینامیکی به همراه سایر روش‌های بهسازی.....
۲۰	۲-۲ کاربرد تراکم دینامیکی در طرح‌های مختلف.....
۲۲	۳-۲ فرآیندهای بهسازی در روش تراکم دینامیکی.....
۲۲	۴-۲ ارزیابی‌های اولیه.....
۲۳	۱-۴-۲ شرایط زمین.....
۲۳	۱-۱-۴-۲ شناسایی منطقه طرح.....
۲۳	۲-۱-۴-۲ شرایط خاک و لایه‌بندی.....
۲۶	۳-۱-۴-۲ سطح آب زیرزمینی.....

۲۶	۴-۱-۴-۲ لایه‌های سخت و جاذب انرژی
۲۶	۲-۴-۲ پارامترهای مورد نیاز طراحی
۲۶	۱-۲-۴-۲ حداقل خواص مکانیکی
۳۲	۲-۴-۲ عمق بهبود
۳۴	۳-۴-۲ محدودیت‌های محلی
۳۴	۱-۳-۴-۲ ارتعاشات ناشی از کوبش
۳۷	۲-۳-۴-۲ تغییر مکان جانبی
۳۸	۴-۴-۲ ملاحظات اقتصادی و زمان اجرا
۳۸	۱-۴-۲ هزینه‌های اصلی
۳۹	۴-۲ سایر هزینه‌ها
۴۰	۳-۴-۴-۲ زمان اجرا
۴۱	۵-۲ طراحی عملیات تراکم دینامیکی
۴۱	۱-۵-۲ مقدمه
۴۱	۲-۵-۲ گام‌های طراحی
۴۱	۱-۲-۵-۲ گام اول: تعیین وزن، و ارتفاع سقوط کوبه
۴۵	۲-۲-۵-۲ گام دوم: تعیین ابعاد
۴۶	۳-۲-۵-۲ گام سوم: تعیین فاصله ترمه‌های شبکه کوبش
۴۶	۴-۲-۵-۲ گام چهارم: تعیین تعداد کل پرتاب‌ها
۴۹	۵-۲-۵-۲ گام پنجم: تعیین تعداد فازهای کوبش و انرژی هر فاز
۵۱	۶-۲-۵-۲ گام ششم: تعیین پاس‌های کوبش
۵۲	۳-۵-۲ سایر ملاحظات طراحی
۵۲	۱-۳-۵-۲ لایه پایدارکننده سطحی (پتوی سطحی)
۵۳	۲-۳-۵-۲ تعیین محدوده مورد تراکم
۵۳	۲-۳-۵-۲ تأثیر لایه‌های سخت و جاذب انرژی
۵۵	۴-۳-۵-۲ زمان توقف بین پرتاب‌ها و پاس‌های کوبش
۵۶	۵-۳-۵-۲ فاز اتوکشی
۵۶	۴-۵-۲ بهینه‌سازی طرح تراکم دینامیکی در حین اجرا
۵۷	۵-۵-۲ تراکم آزمایشی
۵۸	۶-۵-۲ مدلسازی تراکم دینامیکی به منظور بهینه‌سازی طرح
۵۹	۶-۲ روند اجرای عملیات تراکم دینامیکی و ملاحظات اجرایی
۵۹	۱-۶-۲ اقدامات اولیه و آماده‌سازی محل طرح

۵۹	۱-۱-۶-۲ تجهیز
۵۹	۲-۱-۶-۲ مشخص نمودن ناحیه عملیات و منطقه بندی
۵۹	۳-۱-۶-۲ آماده سازی زمین
۶۰	۴-۱-۶-۲ شبکه بندی مناطق
۶۰	۵-۱-۶-۲ آزمایش های قبل از اجرا
۶۰	۶-۱-۶-۲ انجام تمهیدات لازم جهت کنترل سطح آب زیرزمینی
۶۱	۷-۱-۶-۲ تمهیدات لازم جهت کاهش اثرات نامطلوب ارتعاشات
۶۲	۲-۶-۲ تجهیزات
۶۲	۱-۲-۶-۲ جرثقیل
۶۶	۲-۲-۶-۲ کوب
۶۷	۳-۲-۶-۲ نحوه پرتاب
۶۸	۴-۲-۶-۲ سایر تجهیزات
۶۹	۳-۶-۲ روند اجرای عملیات
۶۹	۱-۳-۶-۲ تراکم آزمایش
۶۹	۲-۳-۶-۲ کوبش سنگین
۷۰	۳-۳-۶-۲ اتوکشی و مسطح سازی
۷۰	۴-۶-۲ روش های اندازه گیری و پایش عملیات
۷۳	۵-۶-۲ آزمایش های ارزیابی اثربخشی عملیات تراکم دینامیکی
۷۶	۶-۶-۲ نکات ایمنی
۷۷	۷-۲ مطالعه موردی تراکم دینامیکی اراضی استحصالی از دریا در مجتمع پتروشیمی عسلویه
۷۷	۱-۷-۲ کلیات
۷۷	۲-۷-۲ مقدمه
۷۷	۳-۷-۲ نحوه استحصال زمین
۷۸	۴-۷-۲ مصالح مورد استفاده در خاکریزی
۷۹	۵-۷-۲ اهداف تراکم دینامیکی در زمین های استحصال شده
۷۹	۶-۷-۲ طراحی و انجام عملیات تراکم دینامیکی
۸۱	۷-۷-۲ آزمایش های کنترلی
۸۲	۸-۷-۲ تأثیر تراکم دینامیکی
۸۴	۹-۷-۲ نتیجه گیری
۸۴	۸-۲ مطالعه موردی تراکم دینامیکی در مجتمع کشتی سازی شهید محلاتی بوشهر
۸۴	۱-۸-۲ کلیات

۸۶	۲-۸-۲ موقعیت جغرافیایی
۸۶	۳-۸-۲ وضعیت ژئوتکنیکی
۸۸	۴-۸-۲ انتخاب تراکم دینامیکی برای بهسازی زمین
۸۹	۵-۸-۲ گسترش جانبی بهسازی
۹۲	۶-۸-۲ تأثیرات محیطی ناشی از تراکم دینامیکی
۹۴	۷-۸-۲ عمق موثر
۹۶	۸-۸-۲ نشست
۹۸	۹-۸-۲ کنترل کیفی تراکم دینامیکی
۱۰۰	۱۰-۸-۲ تأثیر تراکم دینامیکی در کاهش پتانسیل روانگرایی
۱۰۲	۱۱-۸-۲ شیخ گیری

فصل ۳: تزریق

۱۰۵	۱-۳ کلیات
۱۰۶	۲-۳ مقدمه
۱۰۶	۳-۳ موارد استفاده از تزریق به صورت رسوم
۱۰۸	۴-۳ روش‌های تزریق بدون جابجایی
۱۰۸	۱-۴-۳ تزریق نفوذی
۱۰۸	۲-۴-۳ تزریق تماسی و شکافی
۱۰۸	۳-۴-۳ پر کردن توده‌های
۱۰۸	۵-۳ روندهای همراه با جابجایی
۱۰۸	۱-۵-۳ تزریق شکست هیدرولیکی
۱۰۹	۲-۵-۳ تزریق تراکمی
۱۰۹	۳-۵-۳ تزریق جت (تزریق با فشار بالا)
۱۱۰	۶-۳ انواع دوغاب
۱۱۰	۱-۶-۳ دوغاب‌های سیمانی
۱۱۱	۲-۶-۳ دوغاب‌های رسی
۱۱۲	۳-۶-۳ دوغاب‌های آسفالتی (امولسیون)
۱۱۳	۴-۶-۳ دوغاب‌های شیمیایی
۱۱۴	۷-۳ عملیات تزریق
۱۱۵	۱-۷-۳ روش‌های مختلف تزریق
۱۱۵	۲-۷-۳ ترتیب حفاری و تزریق
۱۱۶	۳-۷-۳ افت آب حفاری

۱۱۶ ۴-۷-۳ فواصل تزریق

فصل ۴: تزریق تراکمی

۱۲۱	 ۱-۴ مقدمه
۱۲۲	 ۲-۴ تاریخچه
۱۲۳	 ۳-۴ کاربرد تزریق تراکمی
۱۲۵	 ۴-۴ مکانیک تزریق تراکمی
۱۲۷	 ۵-۴ مصالح تزریق تراکمی
۱۲۸	 ۱-۵-۴ عوامل مؤثر بر روانی دوغاب
۱۲۹	 ۲-۵-۴ ترکیبات
۱۳۱	 ۳-۵-۴ طراحی مخلوط دوغاب
۱۳۳	 ۶-۴ شناسایی پتانسیل‌های تزریق تراکمی
۱۳۵	 ۱-۶-۴ برنامه‌ریزی شناسایی
۱۳۵	 ۲-۶-۴ شناسایی‌های آزمایشی
۱۳۷	 ۳-۶-۴ شناسایی به منظور طراحی برنامه تزریق تراکمی
۱۴۱	 ۷-۴ اجرای تزریق تراکمی در محل
۱۴۱	 ۱-۷-۴ مقدمه
۱۴۴	 ۲-۷-۴ روش‌ها و تجهیزات حفاری
۱۴۸	 ۳-۷-۴ تجهیزات تزریق
۱۵۴	 ۴-۷-۴ منبع دوغاب
۱۵۵	 ۵-۷-۴ روش‌های اجرا
۱۵۷	 ۸-۷-۴ طرح برنامه تزریق تراکمی
۱۵۷	 ۱-۸-۴ مقدمه
۱۵۸	 ۲-۸-۴ ساده‌سازی هندسه توده دوغاب
۱۶۰	 ۳-۸-۴ مناسب بودن خاک محل برای تزریق تراکمی
۱۶۲	 ۴-۸-۴ رفتار فشار- تغییر حجم خاک محل
۱۶۵	 ۵-۸-۴ رفتار فشار- حجم دوغاب
۱۶۶	 ۶-۸-۴ افت فشار در غلاف
۱۶۸	 ۷-۸-۴ توالی تزریق
۱۶۸	 ۸-۸-۴ فاصله سوراخ‌ها
۱۶۹	 ۹-۸-۴ نقاط تزریق اولیه، ثانویه، سومی
۱۷۰	 ۱۰-۸-۴ تخمین مقادیر دوغاب

۱۷۰	 ۸-۱۰-۱ تراکم
۱۷۲	 ۸-۱۱-۱ محدودیت‌های تزریق دوغاب
۱۷۲	 ۸-۱۱-۱ محصورشدگی خاک
۱۷۴	 ۸-۱۱-۲ تأثیر روی سازه‌ها
۱۷۵	 ۸-۱۲-۱ سوراخ‌های تزریق زاویه‌دار نسبت به راستای قائم
۱۷۵	 ۸-۱۳-۱ معیارهای استنفاف تزریق
۱۷۶	 ۴-۹ مطالعه موردی
۱۷۶	 ۴-۹-۱ مقدمه
۱۷۶	 ۴-۹-۲ ویژگی‌های مربوط به محل پروژه
۱۷۸	 ۴-۹-۳ آزمایش‌های قبل از اجرا
۱۷۸	 ۴-۹-۴ طرح دوغاب
۱۷۹	 ۴-۹-۵ روند تزریق
۱۸۱	 ۴-۹-۶ آزمایش‌های بعد از اجرا
۱۸۳	 ۴-۹-۷ پایش‌های طولانی مدت
۱۸۴	 ۴-۱۰ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

فصل ۵: تحکیم

۱۸۷	 ۵-۱ روش پیش‌بارگذاری در تحکیم
۱۸۷	 ۵-۱-۱ مقدمه
۱۸۷	 ۵-۱-۲ مزیت‌ها
۱۸۷	 ۵-۱-۳ محدودیت‌ها و ملزومات ویژه
۱۸۸	 ۵-۱-۴ کاربردها
۱۸۸	 ۵-۱-۵ روش‌های پیش‌بارگذاری
۱۸۹	 ۵-۱-۶ داده‌های متداول
۱۹۰	 ۵-۱-۷ آماده کردن محل
۱۹۰	 ۵-۱-۸ تصمیم‌گیری
۱۹۰	 ۵-۱-۹ شرایط موفقیت روش
۱۹۱	 ۵-۱-۱۰ شناسایی مصالح خاکریزی
۱۹۱	 ۵-۱-۱۱ مقایسه هزینه‌ها
۱۹۱	 ۵-۱-۱۲ ضریب سربار و نسبت تنش‌ها
۱۹۲	 ۵-۱-۱۳ تصمیم به استفاده از زهکش‌های قائم
۱۹۳	 ۵-۲ استفاده از تکنیک خلأ در تحکیم

۱۹۳	۱-۲-۵ مقایسه تکنیک خلأ و روش سربار
۱۹۵	۲-۲-۵ اجزای مختلف سیستم و کیوم
۱۹۶	۳-۲-۵ مشکلات زهکش ماسه‌ای
۱۹۷	۴-۲-۵ زهکش‌های پیش‌ساخته
۱۹۷	۵-۲-۵ مزایای سیستم و کیوم
۱۹۷	۶-۲-۵ معایب تکنیک و کیوم
۱۹۸	۷-۲-۵ روش‌های ارتقای عملکرد سیستم و کیوم
۱۹۸	۸-۲-۵ عوامل مؤثر بر ظرفیت زهکشی سیستم
۱۹۹	۹-۲-۵ درجه تحکیم

فصل ۶: منجمد کردن

۲۰۵	۱-۶ مقدمه
۲۰۵	۲-۶ مرحله اصلی و بنیادی
۲۰۸	۳-۶ مشخصات انجماد خاک
۲۰۸	۱-۳-۶ انجماد غیر مستقیم
۲۰۹	۲-۳-۶ انجماد مستقیم
۲۱۰	۴-۶ طراحی
۲۱۰	۱-۴-۶ پارامترهای اصلی طراحی
۲۱۱	۲-۴-۶ دمای محلول جهت انجماد خاک
۲۱۲	۳-۴-۶ شکل جریان محلول منجمدکننده
۲۱۲	۴-۴-۶ فواصل لوله‌های انجماد
۲۱۳	۵-۶ نصب و راه‌اندازی
۲۱۴	۶-۶ موارد کاربرد

فصل ۷: تسلیح خاک

۲۱۹	۱-۷ مقدمه
۲۱۹	۲-۷ تقسیم‌بندی عناصر مسلح‌کننده خاک از لحاظ ابعاد
۲۱۹	۱-۲-۷ درشت تسلیحات
۲۲۰	۱-۱-۲-۷ مسلح‌کننده‌های فلزی
۲۲۰	۲-۱-۲-۷ ژئوسنتتیک‌ها
۲۲۱	۱-۲-۱-۲-۷ انواع و کاربرد ژئوسنتتیک‌ها
۲۲۴	۲-۲-۱-۲-۷ ارزیابی مشخصات فنی و مقایسه ژئوسنتتیک‌ها
۲۲۲	۳-۲-۱-۲-۷ ژئوتکستایل‌ها

- ۲۳۳ ۱-۲-۲-۱-۳-۷ موارد کاربرد ژئوتکستایل ها
- ۲۳۳ ۱-۲-۲-۱-۳-۲-۱-۱-۱ جداسازی مصالح مختلف از یکدیگر
- ۲۳۴ ۲-۱-۳-۲-۱-۲-۷ تسلیح و تقویت خاکریزها
- ۲۳۵ ۳-۱-۳-۲-۱-۲-۷ فیلتراسیون و زهکشی خاک ها
- ۲۳۶ ۲-۳-۲-۱-۲-۷ انواع ژئوتکستایل ها
- ۲۴۰ ۱-۴-۲-۱-۲-۷ موارد کاربرد ژئوگریدها
- ۲۴۲ ۲-۴-۲-۱-۲-۷ انواع ژئوگرید
- ۲۴۵ ۵-۲-۱-۲-۷ ژئونت ها
- ۲۴۵ ۱-۵-۲-۱-۲-۷ موارد کاربرد ژئونت ها
- ۲۴۶ ۶-۲-۱-۲-۷ ژئوممبرین ها
- ۲۴۷ ۱-۶-۲-۱-۲-۷ موارد کاربرد ژئوممبرین ها
- ۲۴۸ ۷-۲-۱-۲-۷ ژئوکامپوزیت ها
- ۲۴۹ ۱-۶-۲-۱-۲-۷ انواع ژئوکامپوزیت ها
- ۲۵۱ ۸-۲-۱-۲-۷ بنتونیت (Bentonite)
- ۲۵۲ ۹-۲-۱-۲-۷ لندلاک
- ۲۵۳ ۲-۲-۷ ریز تسلیحات
- ۲۵۴ ۱-۲-۲-۷ مسلح سازی خاک با لیاف
- ۲۵۴ ۱-۱-۲-۲-۷ انواع روش های مسلح سازی خاک با لیاف
- ۲۵۵ ۲-۲-۲-۷ تسلیح خاک با پلیمر
- ۲۵۶ ۱-۲-۲-۲-۷ آشنایی با پلیمرها و خصوصیات خاک تثبیت شده با پلیمر
- ۲۵۶ ۱-۱-۲-۲-۲-۷ نفوذپذیری
- ۲۵۸ ۲-۱-۲-۲-۲-۷ مقاومت
- ۲۵۹ ۳-۱-۲-۲-۲-۷ پایداری
- ۲۵۹ ۴-۱-۲-۲-۲-۷ کنترل زمان زله شدن
- ۲۶۰ ۵-۱-۲-۲-۲-۷ حساسیت
- ۲۶۰ ۶-۱-۲-۲-۲-۷ سمیت
- ۲۶۱ ۷-۱-۲-۲-۲-۷ فاکتورهای اقتصادی
- ۲۶۱ ۸-۱-۲-۲-۲-۷ دوز غاب شیمیایی ایده آل
- ۲۶۲ ۲-۲-۲-۲-۷ تثبیت با مواد پلیمری
- ۲۶۴ ۱-۲-۲-۲-۲-۷ شاخه های پلیمر
- ۲۶۴ ۲-۲-۲-۲-۲-۷ برخی از انواع پلیمرها

- ۲۶۵ ۳-۲-۲-۲-۲-۷ خاک رس پلیمری
- ۲۶۶ ۳-۲-۲-۲-۲-۷ پلیمرهای مایع و کاربرد آن‌ها در پروژه‌های عمرانی
- ۲۶۶ ۱-۳-۲-۲-۲-۷ پلیمر مایع
- ۲۶۷ ۲-۲-۲-۲-۲-۷ انواع پلیمرهای مایع
- ۲۷۱ ۳-۲-۲-۲-۲-۷ مزایای استفاده از پلیمرهای مایع در پروژه‌های عمرانی
- ۲۷۲ ۴-۳-۲-۲-۲-۷ معایب پلیمرهای مایع
- ۲۷۲ ۵-۳-۲-۲-۲-۷ متداول‌ترین پلیمرهای مایع مورد استفاده در پروژه‌های عمرانی
- ۲۷۶ ۳-۷ تسلیح خاک با مسلح‌کننده‌های سه‌بعدی
- ۲۷۶ ۴-۷ تثبیت و تسلیح خاک به طور همزمان
- ۲۷۷ ۵-۷ روش فیل ساری قلیایی
- ۲۷۷ ۱-۵-۷ مقدمه
- ۲۷۸ ۲-۵-۷ فعال‌سازی قلیایی و نقش آن در کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از تولید مواد سیمانی
- ۲۷۹ ۳-۵-۷ مدل‌های ارائه شده در رابطه با فعال‌سازی قلیایی
- ۲۷۹ ۱-۳-۵-۷ مدل اول: فعال‌سازی مواد غنی در کلسیم و سیلیکون
- ۲۷۹ ۲-۳-۵-۷ مدل دوم: مواد با درصد کلسیم کم
- ۲۷۹ ۳-۳-۵-۷ مدل سوم: مواد غنی در سیلیس، کلسیم و آلومینیوم
- ۲۷۹ ۴-۵-۷ ترکیب مواد اولیه
- ۲۸۰ ۵-۵-۷ مکانیزم واکنش
- ۲۸۲ ۶-۵-۷ محصولات واکنش
- ۲۸۲ ۷-۵-۷ ساختار ژل
- ۲۸۲ ۱-۷-۵-۷ ژل C-S-H تولید شده طی هیدراسیون سیمان پرتلانه‌ای
- ۲۸۳ ۲-۷-۵-۷ ژل تولید شده طی فعال‌سازی قلیایی مواد غنی در CaO، مانند سرباره‌ی کوره‌ی بلند
- ۲۸۴ ۳-۷-۵-۷ ژل تولید شده طی فعال‌سازی قلیایی مواد آلومینوسیلیکاتی (با درصد کلسیم کم)
- ۲۸۴ ۸-۵-۷ فعال‌سازی قلیایی مواد غنی در SiO_2 ، Al_2O_3 و CaO (با درصد کلینکر کم)
- ۲۸۵ ۹-۵-۷ متغیرهای مؤثر در فرآیند فعال‌سازی قلیایی
- ۲۸۵ ۱-۹-۵-۷ تأثیر دما و زمان عمل‌آوری
- ۲۸۵ ۲-۹-۵-۷ تأثیر نوع و غلظت محلول فعال‌کننده
- ۲۸۶ ۱۰-۵-۷ بهره‌گیری از روش فعال‌سازی قلیایی در مهندسی عمران
- ۲۸۶ ۱-۱۰-۵-۷ کاربردهای مختلف روش فعال‌سازی قلیایی در مهندسی عمران

۲۸۷ ۲-۱۰-۵-۷ کاربردهای روش فعال‌سازی قلیایی در مهندسی ژئوتکنیک

فصل ۸: اصلاح شیمیایی

- ۲۹۱ ۱-۸ مقدمه
- ۲۹۲ ۲-۸ اصلاح (Modification) و سیمانی شدن (Cementation)
- ۲۹۳ ۳-۸ بهسازی شیمیایی خاک با استفاده از آهک
- ۲۹۳ ۱-۳-۸ انواع آهک و کاربردهای آن
- ۲۹۵ ۲-۳-۸ واکنش‌های شیمیایی در بهسازی با آهک
- ۲۹۵ ۱-۲-۳-۸ تبادل یونی
- ۲۹۶ ۲-۳-۸ واکنش پوزولانی
- ۲۹۷ ۲-۸ کربناسیون
- ۲۹۸ ۲-۳-۸ خاک‌های مناسب جهت بهسازی با آهک و معیارهای انتخاب درصد آهک
- ۳۰۰ ۴-۳-۸ طرح تثبیت خاک با آهک
- ۳۰۳ ۴-۸ بهسازی شیمیایی خاک با استفاده از سیمان
- ۳۰۳ ۱-۴-۸ مقدمه
- ۳۰۴ ۲-۴-۸ انواع سیمان
- ۳۰۴ ۱-۲-۴-۸ سیمان پرتلند معمولی
- ۳۰۴ ۲-۲-۴-۸ سیمان پرتلند ضد سولفات
- ۳۰۴ ۳-۲-۴-۸ سیمان پرتلند سرباره‌ای
- ۳۰۴ ۴-۲-۴-۸ سیمان پرتلند SSL
- ۳۰۴ ۵-۲-۴-۸ سیمان پرتلند ۳۰۴۱۵FA
- ۳۰۴ ۶-۲-۴-۸ ترکیب سیمان پرتلند معمولی و سرباره‌ی دانه‌ی پودر شده
- ۳۰۵ ۷-۲-۴-۸ ترکیب سیمان پرتلند معمولی و خاکستر بادی
- ۳۰۵ ۸-۲-۴-۸ سیمان بنایی
- ۳۰۵ ۳-۴-۸ انتخاب درصد سیمان مناسب جهت اصلاح خاک
- ۳۰۵ ۱-۳-۴-۸ بهبود پلاستیسیته
- ۳۰۵ ۲-۳-۴-۸ بهبود دانه‌بندی
- ۳۰۶ ۳-۳-۴-۸ کاهش پتانسیل تورم
- ۳۰۶ ۴-۳-۴-۸ مناطق یخبندان
- ۳۰۶ ۴-۴-۸ انتخاب درصد سیمان مناسب جهت تثبیت خاک
- ۳۰۸ ۵-۴-۸ معیارهای کلی برای استفاده از سیمان در بهسازی خاک
- ۳۰۹ ۶-۴-۸ مواد مغرب در بهسازی با سیمان

- ۳۰۹ ۸-۴-۶-۱ مواد آلی
- ۳۱۰ ۸-۴-۲ سولفات‌ها
- ۳۱۰ ۸-۵-۱ مقدار کل نمک‌ها (conductivity)
- ۳۱۰ ۸-۵-۲ سولفات‌ها (تمام لایه‌ها)
- ۳۱۱ ۸-۵-۳ اسید (تمام لایه‌ها)
- ۳۱۱ ۸-۵-۴ ترکیبات آلی
- ۳۱۱ ۸-۵-۵ شکر
- ۳۱۱ ۸-۶ مقایسه‌ای میان کاربرد آهک و سیمان در بهسازی شیمیایی
- ۳۱۲ ۸-۷ بهسازی شیمیایی خاک با استفاده از قیر
- ۳۱۴ ۸-۸ استفاده از محلولات فرعی کارخانه‌ها در بهسازی شیمیایی خاک
- ۳۱۴ ۸-۸-۱ مقدمه
- ۳۱۶ ۸-۸-۲ خاکستر بادی
- ۳۱۷ ۸-۸-۱-۲ طبقه‌بندی خاک برادی
- ۳۱۸ ۸-۸-۲-۲ مکانیزم بهسازی شیمیایی با استفاده از خاکستر بادی
- ۳۱۹ ۸-۸-۲-۳ شرایط خاکستر بادی جهت اخت ژئوپلیمر
- ۳۱۹ ۸-۸-۳ سرباره‌ی کوره‌ی بلند ذوب آهن (BLAST - FURNACE SLAG)
- ۳۱۹ ۸-۸-۳-۱ طبقه‌بندی سرباره‌ی کوره بلند ذوب آهن
- ۳۲۰ ۸-۸-۳-۲ فعالیت هیدرولیکی سرباره کوره بلند ذوب آهن
- ۳۲۲ ۸-۸-۴ سیلیکافوم (Silica fume)
- ۳۲۳ ۸-۸-۵ مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سیمان بلند، خاکستر بادی، سیمان سرباره‌ای و سیلیکافوم
- ۳۲۳ ۸-۸-۶ گرد و غبار کوره‌ی آهک (LKD-Lime Kiln Dust)
- ۳۲۳ ۸-۸-۷ گرد و غبار کوره سیمان (CKD-Cement Kiln Dust)
- ۳۲۴ ۸-۸-۸ مکانیزم بهسازی شیمیایی با استفاده از LKD و CKD
- ۳۲۴ ۸-۹ انتخاب افزودنی مناسب جهت بهسازی شیمیایی خاک
- ۳۲۴ ۸-۹-۱ روش (Currin et al. (1976)
- ۳۲۶ ۸-۹-۲ روش ارتش مهندسين آمریکا

فصل ۹: مطالعه موردی

- ۳۳۱ ۹-۱ مقدمه
- ۳۳۱ ۹-۲ مرور تحقیقات انجام گرفته در رابطه با خاک سیمانی شده، مسلح شده و سیمانی مسلح شده با استفاده از دستگاه سه محوری استاتیکی

۳۳۱	۱-۲-۹ بررسی تأثیر سیمانی‌شدن بر رفتار خاک‌ها در آزمایش سه‌محوری استاتیکی
۳۵۵	۲-۲-۹ بررسی تأثیر افزودن الیاف بر رفتار خاک‌ها در آزمایش سه‌محوری استاتیکی
۳۷۲	۳-۲-۹ بررسی تأثیر افزودن الیاف بر رفتار خاک سیمانی شده در آزمایش سه‌محوری استاتیکی
۳۸۲	۳-۹ اندرکنش خاک-پلیمر مایع
۳۸۲	۱-۳-۹ شیوه آزمایش
۳۸۲	۲-۳-۹ روش آماده‌سازی و عمل‌آوری نمونه
۳۸۳	۳-۳-۹ آزمایش تراکم
۳۸۳	۱-۳-۹ نتایج آزمایش تراکم برای پلی وینیل اکریلیک
۳۸۴	۲-۳-۹ نتایج آزمایش تراکم پلیمر متیل متا اکریلات
۳۸۵	۴-۳-۹ آزمایش نسبت باربری کالیفرنیا
۳۸۵	۱-۴-۳-۹ نتایج آزمایشات نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) خاک ماسه روان
۳۸۵	۲-۴-۳-۹ تأثیر نسبت ای، مختلف (P/S) بر مقاومت CBR خاک
۳۸۷	۳-۴-۳-۹ تأثیر زمان عمل‌آوری بر مقاومت CBR خاک ماسه روان
۳۸۸	۴-۴-۳-۹ مقاومت CBR نمونه‌های آرمه شده
۳۸۹	۵-۳-۹ نتایج آزمایش مقاومت فشاری خاک محوری
۳۸۹	۱-۵-۳-۹ اثر گذشت زمان بر مقاومت فشاری خاک محوری
۳۹۰	۲-۵-۳-۹ اثر توزیع متفاوت دانه‌بندی بر مقاومت فشاری خاک محوری
۳۹۱	۳-۵-۳-۹ مقایسه اثرات گیرش در گرمخانه و دانه‌بندی بر مقاومت فشاری خاک محوری
۳۹۲	۴-۵-۳-۹ مقایسه اثر رطوبت بر مقاومت فشاری خاک محوری
۳۹۳	۶-۳-۹ آزمایش تعیین pH
۳۹۳	۱-۶-۳-۹ نتایج آزمایش pH
۳۹۴	۴-۹ مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه تثبیت با پلیمر
۴۱۱	مراجع