

مبانی بهسازی خاک

تألیف

دکتر علی قنبری

(استاد دانشگاه خوارزمی)

مهندس محمد عماد محمودی مهریزی



دانشگاه خوارزمی

تهران ۱۳۹۸

سرشناسه	: قنبری، علی، ۱۳۴۸ -
عنوان و نام پدیدآور	: مبانی بهسازی خاک / تألیف علی قنبری، محمدعماد محمودی مهریزی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه خوارزمی، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۶۰۸: مصور، جدول، نمودار؛ ۲۲ × ۲۹ س.م.
شابک	: 978-600-8587-31-6
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: خاک — بهسازی
موضوع	: Soil remediation
موضوع	: خاک — تثبیت
موضوع	: Soil stabilization
موضوع	: خاک — تحکیم
موضوع	: Soil consolidation
شناسه افزوده	: محمودی مهریزی، محمدعماد، ۱۳۴۸ -
شناسه افزوده	: نگاه خوارزمی
رده بندی کنگره	: TD
رده بندی دیویی	: ۶۲۸/۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۷۶۱۹۳



www.ketab.ir

عنوان کتاب	: مبانی بهسازی خاک
تألیف	: دکتر علی قنبری، مهندس محمدعماد محمودی مهریزی
ناشر	: دانشگاه خوارزمی
چاپ و صحافی	: دانشگاه خوارزمی
صفحه آرا	: صدیقه عرب
طراح جلد	: فاطمه منظور
نوبت و سال چاپ	: اول، ۱۳۹۸
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۸۵۸۷-۳۱-۶
شمار	: ۵۰۰ نسخه
قیمت	: ۷۰۰۰۰ ریال

پیشگفتار

زمانی که یک پروژه با شرایط نامناسب ساختگاه مواجه می‌شود، راهکارهای محدودی برای دستیابی به اهداف مد نظر پروژه پیش‌رو است. قبل از بهسازی زمین می‌توان محل پروژه را تغییر داد و یا در طرح سازه بازنگری کرد. راهکار دیگر برداشتن خاک نامطلوب و جایگزینی آن با مصالح مناسب است. اگر هیچ یک از این راهکارها عملی یا اقتصادی نباشند، آنگاه بایستی به بهسازی زمین پرداخت. در مواردی نیز بکارگیری سیستمی همچون اجرای شمع‌های عمیق، با هدف عبور از لایه خاک مسئله‌دار و رسیدن به مصالح مطلوب، راهکار مناسبی است. اما، این گزینه می‌تواند گران و زمان‌بر باشد و در عمل رسیدن به زمین مطلوب در عمق زیاد ممکن است دشوار باشد. در هر صورت بهسازی زمین با هدف ایجاد شرایط مناسب برای ساختگاه، اغلب مقذور و اقتصادی‌تر از سایر راهکارها است.

ایده اصلی اصلاح و بهسازی خاک‌ها ایدیه جدیدی نیست. برخی از قواعد و اصول بهسازی خاک‌ها مانند تراکم، آب‌بندی و اماده از مواد افزودنی برای هزاران سال است که مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال در سال‌های جدید، بحث‌های مختلف تحول توان‌های، بهسازی، تسلیح، تثبیت، تزریق، اصلاح، بهبود و ... در کتاب‌ها و مقالات مختلف ارائه شده است. در این کتاب تلاش شده است به جمع‌بندی مهم‌ترین روش‌های بهسازی زمین پرداخته شود و تفاوت انواع روش‌ها و جزئیات آنها شرح داده شود. در ابتدا نویسندگان تصمیم داشتند تا به ترجمه کتابی جدید در رابطه با بهسازی زمین پردازند ولی به دلایل زیر کتابی برای این منظور پیدا نکردند و به تالیف کتاب حاضر پرداخته‌اند.

۱- کتاب مرجعی با تمامی مباحث مورد نظر نویسندگان پیدا نشد و در هر کتاب بخشی از مباحث بهسازی بررسی شده است.

۲- در تمامی کتاب‌های جمع‌آوری شده در فصل‌های ابتدایی به بحث اولیه در رابطه با مکانیک خاک و پی پرداخته شده است که با هدف نویسندگان نسبت به کاهش تعداد صفحات کتاب و تناقض بوده است.

۳- در تمامی کتاب‌ها، ماشین‌آلات و یا مطالعات موردی بررسی شده‌اند که به دلیل عدم وجود چنین ماشین‌آلات و یا نبود شرایط مشابه در پروژه‌های داخل کشور، بررسی موارد مذکور کمکی به روان شدن بحث نمی‌کرده است.

۴- با توجه به هدف بومی‌سازی روش‌های مورد بحث، نیاز بوده است تا نویسندگان از تحریرات اجرایی خود و سایر همکاران برای توضیحات بیشتر و کمک به پیشرفت انواع روش‌ها استفاده کنند.

۵- تدریس پیوسته درس بهسازی توسط نویسندگان، باعث جمع‌آوری اطلاعات مناسبی در رابطه با انواع روش‌های بهسازی شده است. تلاش شده است از تمامی این اطلاعات در تالیف کتاب استفاده شود.

۶- پس از تالیف کتاب و تدریس آن در ۲ دوره، بخش‌هایی از آن تغییر کرده است تا مباحث به صورت شفاف‌تر توضیح داده شوند و ابهامات برطرف شوند.

با توجه به تمامی موارد ذکر شده نویسندگان اسکلت اصلی کتاب را براساس ۵ منبع اصلی زیر بنا کرده‌اند و بخش‌های مختلف آن را با توجه به موارد ذکر شده در بالا تغییر داده‌اند. یکی از اهداف نویسندگان جلوگیری از افزایش حجم کتاب بوده است؛ پیشنهاد می‌شود در صورت نیاز به اطلاعات جامع‌تر به هر یک از منابع زیر رجوع شود.

- Kirsch, K. and Bell, A. (Eds.). (2012). Ground improvement. CRC Press.
- Nicholson, P. G. (2014). Soil improvement and ground modification methods. Butterworth-Heinemann.
- Han, J. (2015). Principles and practice of ground improvement. John Wiley & Sons.
- Schaefer, V. R., Berg, R. R., Collin, J. G., Christopher, B. R., DiMaggio, J. A., Filz, G. M., ... & Ayala, D. (2016). Geotechnical Engineering Circular No. 13 Ground Modification Methods-Reference Manual Volume I (No. FHWA-NHI-16-027).
- Schaefer, V. R., Berg, R. R., Collin, J. G., Christopher, B. R., DiMaggio, J. A., Filz, G. M., ... & Ayala, D. (2016). Geotechnical Engineering Circular No. 13 Ground Modification Methods-Reference Manual Volume II (No. FHWA-NHI-16-028).

در کتاب حاضر به بررسی مختصر و ارائه اطلاعات کلی در رابطه با ویژگی انواع روش‌های بهسازی، ماشین‌آلات و مصالح مورد نیاز، اهداف، کاربردها، روش‌های طراحی آن‌ها پرداخته شده است. در انتهای هر فصل نیز مثال‌ها و تمرین‌هایی ارائه شده تا به روش‌های مختلف به بحث کمک کند. کتاب در ۲۰ فصل جمع‌آوری شده است. در فصل اول به بررسی روش‌های بهسازی خاک پرداخته شده. در ۱۹ فصل بعد به روش‌های اولیه و فیزیکی بهسازی، روش‌های تراکم سطحی، تراکم عمیق، جایگزینی عمیق، روش‌های اصلاح خاک با افزودنی‌ها، اختلاط، تزریق و در فصل‌های انتهایی انواع روش‌های تسلیح ارائه شده است.

کتاب حاضر با توجه به کاربرد فراوان بهسازی در علم مهندسی، برای دانشجویان مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری رشته ژئوتکنیک، راه و ترابری، سازه، زلزله، سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، محیط‌زیست و سایر رشته‌های مرتبط قابل استفاده و پرکاربرد است. همچنین تلاش شده است، نحوه نگارش کتاب به گونه‌ای باشد که استفاده آن توسط مهندسين مشاور و پیمانکاران خدمات مهندسی ژئوتکنیک میسر باشد. این کتاب به عنوان یکی از اولین مراجع جامع فارسی در زمینه بهسازی خاک در کشور، بی‌شک خالی از نقص نیست. لذا از کلیه استادان محترم و مجریان تقاضا می‌گردد تا با ارائه نظرها و پیشنهادهای خود ما را به منظور بهبود کتاب در چاپ‌های بعدی یاری دهند.

علی قنبری

محمدعماد محمودی مهریزی

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

۲۱	فصل اول: آشنایی با روش‌های کاربردی بهسازی زمین
۲۱	۱-۱- مقدمه
۲۲	۲-۱- اهداف بهسازی
۲۲	۳-۱- تقسیم‌بندی دوره زمانی بهسازی
۲۲	۴-۱- عوامل موثر در انتخاب روش بهسازی
۲۶	۵-۱- طبقه‌بندی روش‌های بهسازی زمین
۳۰	۶-۱- ترکیب روش‌ها
۳۱	۷-۱- تمرین
۳۵	فصل دوم: خاکبرداری و جایگزینی خاک
۳۵	۱-۲- مقدمه
۳۵	۲-۲- دامنه کاربرد
۳۶	۳-۲- مزایا و محدودیت‌ها
۳۷	۴-۲- مصالح و روش‌های ساخت و اجرا
۳۷	۱-۴-۲- انتخاب مصالح خاکریز
۳۷	۲-۴-۲- ژئوفوم
۳۹	۵-۲- طراحی
۳۹	۱-۵-۲- توزیع تنش
۴۱	۲-۵-۲- حالت‌های گسیختگی
۴۶	۳-۵-۲- حداقل ظرفیت باربری و ضریب اطمینان
۴۶	۴-۵-۲- نشست پی در خاک‌های لایه‌ای با عرض بی‌نهایت
۴۷	۵-۵-۲- نشست پی در ناحیه جایگزینی با مساحت محدود
۴۸	۶-۵-۲- پارامترهای طراحی
۴۹	۶-۲- آزمایش‌ها و ملاحظات اجرایی
۵۰	۷-۲- مثال
۵۹	۸-۲- تمرین

۶۱	فصل سوم: زهکشی و خشکه‌اندازی
۶۱	۱-۳- مقدمه
۶۳	۲-۳- زهکشی
۶۴	۱-۲-۳- دامنه کاربرد
۶۴	۲-۲-۳- مزایا و محدودیت‌ها
۶۵	۳-۲-۳- ساخت، اجرا و کنترل کیفیت
۶۵	۴-۲-۳- اصول
۶۷	۵-۲-۳- ملاحظات طراحی
۷۳	۳-۳- خشکه‌اندازی
۷۶	۱-۳-۳- دامنه کاربرد
۷۷	۲-۳-۳- مبانی نظری
۸۰	۳-۳-۳- ملاحظات طراحی
۸۴	۴-۳-۳- پارامترها و مراحل طراحی
۸۶	۴-۳- مثال
۸۹	۵-۳- تمرین
۹۱	فصل چهارم: اصلاح حرارتی
۹۱	۱-۴- مقدمه
۹۱	۲-۴- اصلاح گرمایشی
۹۲	۳-۴- انجماد مصنوعی
۹۴	۴-۴- دامنه کاربرد
۹۵	۵-۴- مزایا و محدودیت‌ها
۹۶	۶-۴- تجهیزات و روش‌های ساخت و اجرا
۹۷	۱-۶-۴- روش غیرمستقیم (حلقه بسته- سرعت کم- آب شور)
۹۹	۲-۶-۴- روش مستقیم (حلقه باز- انجماد سریع)
۱۰۱	۷-۴- طراحی
۱۰۱	۱-۷-۴- رسانایی گرمایی انواع خاک‌ها
۱۰۲	۲-۷-۴- زمان انجماد و فاصله لوله‌های انجماد قائم
۱۰۴	۳-۷-۴- مقاومت و رفتار زمین یخ زده

۱۰۹	۸-۴- تمرین
۱۱۱	فصل پنجم: پیش بارگذاری
۱۱۱	۱-۵- مقدمه
۱۱۲	۲-۵- دامنه کاربرد
۱۱۳	۳-۵- مزایا و محدودیت‌ها
۱۱۳	۴-۵- مصالح و روش‌های ساخت و اجرا
۱۱۳	۱-۴-۵- پیش بارگذاری با خاکریز
۱۱۴	۲-۴-۵- زهکش‌های قائم
۱۱۶	۳-۴-۵- لایه زهکشی
۱۱۷	۴-۴-۵- پیش بارگذاری با خلا
۱۲۰	۵-۵- مفهوم پیش بارگذاری
۱۲۰	۱-۵-۵- تنش و تغییر مکان خاک
۱۲۰	۲-۵-۵- کلیات تحکیم
۱۲۴	۳-۵-۵- پیش بارگذاری ترکیبی خاکریز و خلا
۱۲۴	۶-۵- طراحی
۱۲۴	۱-۶-۵- زهکش‌های قائم
۱۲۷	۲-۶-۵- پیش بارگذاری
۱۳۰	۳-۶-۵- اثر سربار
۱۳۳	۴-۶-۵- پارامترها و مراحل طراحی
۱۳۴	۷-۵- آزمایش‌ها و بررسی‌های میدانی
۱۳۶	۸-۵- مثال
۱۴۳	۹-۵- تمرین
۱۴۵	فصل ششم: تراکم سطحی
۱۴۵	۱-۶- مقدمه
۱۴۶	۲-۶- دامنه کاربرد
۱۴۸	۳-۶- مزایا و محدودیت‌ها
۱۴۸	۴-۶- تجهیزات و روش‌های ساخت و اجرا
۱۴۸	۱-۴-۶- ماشین‌آلات تراکم

۱۵۳	۶-۴-۲- مراحل و روش اجرا
۱۵۵	۶-۵- تراکم هوشمند
۱۵۷	۶-۶- طراحی
۱۵۷	۶-۶-۱- اصول
۱۶۰	۶-۶-۲- ملاحظات طرح
۱۶۲	۶-۶-۳- پارامترها و مراحل طراحی
۱۶۳	۶-۷- آزمایش‌ها و ملاحظات اجرایی
۱۶۳	۶-۷-۱- الزامات عملکرد
۱۶۵	۶-۷-۲- کنترل کیفیت
۱۶۷	۶-۸- مثال
۱۶۹	۶-۹- تمرین
۱۷۱	فصل هفتم: تراکم دینامیکی
۱۷۱	۷-۱- مقدمه
۱۷۲	۷-۲- دامنه کاربرد
۱۷۳	۷-۳- مزایا و محدودیت‌ها
۱۷۵	۷-۴- روش‌های ساخت و اجرا
۱۷۷	۷-۵- دسته‌بندی پدیده‌ها در تراکم دینامیکی
۱۷۷	۷-۵-۱- چگالش دینامیکی در خاک دانه‌ای
۱۷۷	۷-۵-۲- روانگرایی
۱۷۷	۷-۵-۳- تغییر نفوذپذیری
۱۷۷	۷-۵-۴- ترمیم تیکسوتروپیک
۱۷۹	۷-۵-۵- جایگزینی دینامیکی در خاک‌های ریزدانه
۱۷۹	۷-۶- طراحی
۱۷۹	۷-۶-۱- ملاحظات طراحی
۱۹۰	۷-۶-۲- پارامترها و مراحل طراحی
۱۹۱	۷-۶-۳- مدلسازی عددی
۱۹۲	۷-۷- آزمایش‌ها
۱۹۳	۷-۷-۱- آزمایش نفوذ استاندارد

۱۹۴	۷-۷-۲- آزمایش پرسیمتری
۱۹۴	۷-۷-۳- آزمایش مخروط دینامیکی
۱۹۴	۷-۷-۴- آزمایش نفوذ مخروط استاندارد
۱۹۴	۷-۸- مثال
۱۹۷	۷-۹- تمرین
۱۹۹	فصل هشتم: تراکم ضربه‌ای سریع
۱۹۹	۸-۱- مقدمه
۲۰۰	۸-۲- دامنه کاربرد
۲۰۰	۸-۳- مزایا و محدودیت‌ها
۲۰۱	۸-۴- تجهیزات و روش‌های ساخت و اجرا
۲۰۱	۸-۴-۱- تجهیزات مورد نیاز
۲۰۲	۸-۴-۲- مراحل اجرا
۲۰۴	۸-۵- طراحی
۲۰۴	۸-۵-۱- ملاحظات طراحی
۲۰۹	۸-۵-۲- پارامترها و مراحل طراحی
۲۰۹	۸-۶- آزمایش‌ها و ملاحظات اجرایی
۲۱۱	۸-۷- مثال
۲۱۲	۸-۸- تمرین
۲۱۳	فصل نهم: تراکم ارتعاشی
۲۱۳	۹-۱- مقدمه
۲۱۵	۹-۲- دامنه کاربرد
۲۱۶	۹-۳- مزایا و محدودیت‌ها
۲۱۷	۹-۴- تجهیزات و روش‌های ساخت و اجرا
۲۱۷	۹-۴-۱- تجهیزات مورد نیاز
۲۱۷	۹-۴-۲- مراحل اجرا
۲۱۹	۹-۵- طراحی
۲۱۹	۹-۵-۱- مفاهیم
۲۲۳	۹-۵-۲- ملاحظات طراحی

۲۲۶	۳-۵-۹- پارامترها و مراحل طراحی
۲۲۷	۶-۹- آزمایش‌ها و ملاحظات اجرایی
۲۲۹	۷-۹- مثال
۲۳۲	۸-۹- تمرین
۲۳۳	فصل دهم: تراکم انفجاری
۲۳۳	۱-۱۰- مقدمه
۲۳۴	۲-۱۰- دامنه کاربرد
۲۳۵	۳-۱۰- مزایا و محدودیت‌ها
۲۳۵	۴-۱۰- تجهیزات و روش‌های ساخت و اجرا
۲۳۷	۵-۱۰- طراحی
۲۳۷	۱-۵-۱۰- شعاع تاثیر و ضخامت تپاک متراکم
۲۴۰	۲-۵-۱۰- پاسخ زمین در صورت تراکم انفجاری
۲۴۲	۳-۵-۱۰- نظریه انفجار
۲۴۴	۴-۵-۱۰- محاسبه نشست
۲۴۵	۶-۱۰- آزمایش‌ها و ملاحظات اجرایی
۲۴۵	۱-۶-۱۰- بررسی تراکم خاک بعد از انفجار
۲۴۷	۲-۶-۱۰- ملاحظات کاربردی
۲۴۸	۷-۱۰- تمرین
۲۴۹	فصل یازدهم: ستون سنگی
۲۴۹	۱-۱۱- مقدمه
۲۵۰	۲-۱۱- تقسیم‌بندی براساس روش اجرا
۲۵۱	۱-۲-۱۱- روش ارتعاشی - جایگزینی
۲۵۲	۲-۲-۱۱- روش ارتعاشی - جابجایی (روش خشک - مصالحریزی از پایین)
۲۵۳	۳-۲-۱۱- روش خشک - مصالحریزی از بالا
۲۵۳	۴-۲-۱۱- روش ستون سنگی کوبشی
۲۵۴	۵-۲-۱۱- روش ستون ماسهای متراکم
۲۵۵	۶-۲-۱۱- روش ستونهای سنگی با قفسه ژئوگرید
۲۵۵	۳-۱۱- تجهیزات مورد نیاز

۲۵۷	۴-۱۱- طراحی
۲۵۷	۱-۴-۱۱- کاربردهای اصلی
۲۵۹	۲-۴-۱۱- فرضیات محاسباتی در تحلیل ستونهای سنگی
۲۶۰	۳-۴-۱۱- انتقال تنش بین ستونهای سنگی و خاک اطراف
۲۶۱	۴-۴-۱۱- انواع خرابی
۲۶۳	۵-۴-۱۱- مبانی تحلیل و طراحی
۲۷۸	۶-۴-۱۱- مدلسازی عددی
۲۸۰	۵-۱۱- ارزیابی عملکرد زمین بهسازی شده با ستون سنگی
۲۸۱	۱-۵-۱۱- انجام آزمایش های سوز و نمونه گیری خاک
۲۸۱	۲-۵-۱۱- آزمایش های رگ گذاری صفحه
۲۸۲	۶-۱۱- مثال
۲۸۷	۷-۱۱- تمرین
۲۸۹	فصل دوازدهم: تثبیت و اختلاط سطحی
۲۸۹	۱-۱۲- مقدمه
۲۹۰	۲-۱۲- دامنه کاربرد
۲۹۱	۳-۱۲- مصالح افزودنی
۲۹۱	۱-۳-۱۲- خاک طبیعی
۲۹۳	۲-۳-۱۲- آهک
۳۰۰	۳-۳-۱۲- سیمان
۳۰۳	۴-۳-۱۲- خاکستر بادی
۳۰۴	۵-۳-۱۲- سرباره کوره
۳۰۵	۶-۳-۱۲- نمک ها، کلریدها و سیلیکات ها
۳۰۶	۷-۳-۱۲- قیر
۳۰۸	۸-۳-۱۲- مالچ
۳۰۸	۹-۳-۱۲- پلیمرها و رزین ها
۳۰۹	۱۰-۳-۱۲- الیاف
۳۱۰	۱۱-۳-۱۲- مصالح بازیافتی
۳۱۰	۴-۱۲- تجهیزات و روش های ساخت و اجرا

۳۱۱	۱۲-۴-۱- اختلاط نیمه عمیق
۳۱۴	۱۲-۵- طراحی
۳۱۴	۱۲-۵-۱- روش های انتخاب نوع ماده تثبیت کننده
۳۱۶	۱۲-۶- تمرین
۳۱۷	فصل سیزدهم: اختلاط عمیق خاک
۳۱۷	۱۳-۱- مقدمه
۳۱۷	۱۳-۲- دامنه کاربرد
۳۱۹	۱۳-۳- مزایا و محدودیت ها
۳۱۹	۱۳-۴- تقسیم بندی روش
۳۲۰	۱۳-۵- مصالح و روش های ساخت و اجرا
۳۲۱	۱۳-۵-۱- مصالح مورد نیاز
۳۲۴	۱۳-۵-۲- تجهیزات مورد نیاز
۳۲۶	۱۳-۵-۳- روش اجرا
۳۲۷	۱۳-۶- طراحی
۳۲۷	۱۳-۶-۱- مشخصات معمول خاک پایدار شده
۳۳۳	۱۳-۶-۲- ظرفیت باربری ستون های اختلاط عمیق
۳۳۴	۱۳-۶-۳- نشست
۳۳۷	۱۳-۶-۴- تحکیم
۳۳۹	۱۳-۶-۵- پایداری خاکریز تقویت شده توسط ستون DM
۳۳۹	۱۳-۶-۶- طراحی دیوار بار روش اختلاط عمیق برای گودبرداری
۳۴۴	۱۳-۶-۷- کاهش روانگرایی با استفاده از اختلاط عمیق
۳۴۵	۱۳-۶-۸- پارامترها و مراحل طراحی
۳۴۶	۱۳-۷- آزمایش ها و ملاحظات اجرایی
۳۴۶	۱۳-۷-۱- شکل های معمول و ابعاد ستون ها
۳۴۷	۱۳-۷-۲- حالت های گسیختگی محتمل
۳۴۹	۱۳-۷-۳- کنترل و تضمین کیفیت
۳۵۱	۱۳-۸- مثال
۳۵۴	۱۳-۹- تمرین

۳۵۷	فصل چهاردهم: بهسازی بیولوژیکی
۳۵۷	۱-۱۴- مقدمه
۳۵۸	۲-۱۴- تقسیم‌بندی روش‌های زیستی
۳۵۸	۱-۲-۱۴- استفاده از ریشه گیاهان برای افزایش مقاومت برشی خاک
۳۵۸	۲-۲-۱۴- گیاه‌پالایی
۳۵۹	۳-۲-۱۴- استفاده از پلیمرها و باکتری‌های زنده
۳۶۰	۳-۱۴- اساس روش بهسازی بیولوژیکی
۳۶۰	۱-۳-۱۴- رسوب‌دهی میکروبی کرنات کلسیم (MICP)
۳۶۱	۲-۳-۱۴- دنیتریفیکاسیون یا نیتروژن زدایی
۳۶۲	۴-۱۴- دامنه کاربرد
۳۶۲	۱-۴-۱۴- اشباع‌زدایی گاز زردی برای کاهش روانگرایی
۳۶۴	۲-۴-۱۴- پوسته و یا سله زیستی برای ساخت حوضچه آب
۳۶۵	۳-۴-۱۴- تثبیت خاک‌های مسئله‌دار توسط تزریق زیستی
۳۶۵	۴-۴-۱۴- حفاظت از خاکریزها با استفاده از دوغاب زیستی
۳۶۹	۵-۱۴- آزمایش‌ها
۳۷۰	۶-۱۴- تمرین
۳۷۳	فصل پانزدهم: تزریق نفوذی
۳۷۳	۱-۱۵- مقدمه
۳۷۴	۲-۱۵- دامنه کاربرد
۳۷۵	۳-۱۵- مزایا و محدودیت‌ها
۳۷۶	۴-۱۵- مصالح و روش‌های ساخت و اجرا
۳۷۶	۱-۴-۱۵- تجهیزات مورد نیاز
۳۷۸	۲-۴-۱۵- مصالح
۳۸۲	۳-۴-۱۵- نحوه اجرای عملیات تزریق
۳۸۳	۵-۱۵- طراحی
۳۸۳	۱-۵-۱۵- تزریق‌پذیری
۳۸۵	۲-۵-۱۵- هد هیدرولیک مورد نیاز
۳۸۶	۳-۵-۱۵- فشار مجاز دوغاب

۳۸۷	۱۵-۵-۴- شعاع نفوذ.....
۳۸۸	۱۵-۵-۵- الگوی گمانه‌های تزریق و فاصله‌بندی.....
۳۹۰	۱۵-۵-۶- روش و پارامترهای طراحی.....
۳۹۱	۱۵-۶-۶- آزمایش‌ها و ملاحظات اجرایی.....
۳۹۱	۱۵-۶-۱- گیرش.....
۳۹۱	۱۵-۶-۲- پایداری دوغاب و فیتراسیون فشار.....
۳۹۲	۱۵-۶-۳- پایش.....
۳۹۲	۱۵-۶-۴- کنترل کیفیت و اطمینان.....
۳۹۳	۱۵-۷- مثال.....
۳۹۴	۱۵-۸- تمرین.....
۳۹۷	فصل شانزدهم: تزریق تراکم.....
۳۹۷	۱۶-۱- مقدمه.....
۳۹۸	۱۶-۲- دامنه کاربرد.....
۴۰۰	۱۶-۳- مزایا و محدودیت‌ها.....
۴۰۱	۱۶-۴- تجهیزات، مصالح و روش‌های ساخت و اجرا.....
۴۰۱	۱۶-۴-۱- تجهیزات.....
۴۰۴	۱۶-۴-۲- مصالح دوغاب LMG.....
۴۰۵	۱۶-۴-۳- اجرای تزریق تراکمی.....
۴۰۶	۱۶-۴-۵- طراحی.....
۴۰۶	۱۶-۵-۱- شرایط زیرسطحی، محدودیت‌ها و اهداف پروژه.....
۴۰۷	۱۶-۵-۲- عملکرد.....
۴۰۹	۱۶-۵-۳- فاصله‌بندی گمانه‌های تزریق.....
۴۰۹	۱۶-۵-۴- توالی تزریق.....
۴۰۹	۱۶-۵-۵- روش و پارامترهای طراحی.....
۴۰۹	۱۶-۶-۶- آزمایش‌ها و ملاحظات اجرایی.....
۴۱۰	۱۶-۶-۱- آزمایش‌های تعیین خصوصیات LMG.....
۴۱۰	۱۶-۶-۲- آزمایش‌های صحرایی کنترل بهسازی خاک.....
۴۱۱	۱۶-۶-۳- کنترل کیفیت در حین تزریق.....

۴۱۲	۷-۱۶- تمرین
۴۱۵	فصل هفدهم: تزریق شکافتی
۴۱۵	۱-۱۷- مقدمه
۴۱۷	۲-۱۷- دامنه کاربرد
۴۲۰	۳-۱۷- مزایا و محدودیت‌ها
۴۲۰	۴-۱۷- مصالح و روش‌های ساخت و اجرا
۴۲۱	۱-۴-۱۷- تکنولوژی حفاری و نصب سیستم تزریق
۴۲۲	۲-۴-۱۷- آماده‌سازی سوسپانسیون دوغاب
۴۲۲	۳-۴-۱۷- تکنولوژی تزریق
۴۲۳	۴-۴-۱۷- برنامه‌ریزی اجرا
۴۲۴	۵-۱۷- طراحی
۴۲۶	۶-۱۷- مدلسازی عددی
۴۲۸	۷-۱۷- روش‌های کنترل و آزمایش
۴۲۸	۱-۷-۱۷- پایش
۴۲۹	۲-۷-۱۷- آزمایش‌های آزمایشگاهی و صحرایی
۴۲۹	۸-۱۷- تمرین
۴۳۱	فصل هجدهم: تزریق پرفشار
۴۳۱	۱-۱۸- مقدمه
۴۳۲	۲-۱۸- دامنه کاربرد
۴۳۲	۳-۱۸- مزایا و محدودیت‌ها
۴۳۴	۴-۱۸- مصالح و روش‌های ساخت و اجرا
۴۳۴	۱-۴-۱۸- روش اجرا
۴۳۴	۲-۴-۱۸- تجهیزات مورد نیاز
۴۳۵	۵-۱۸- تقسیم‌بندی روش‌ها
۴۳۵	۱-۵-۱۸- روش تک سیال (Single fluid)
۴۳۶	۲-۵-۱۸- روش دو سیال (Double fluid)
۴۳۶	۳-۵-۱۸- روش سه سیال (Triple fluid)
۴۳۷	۴-۵-۱۸- تزریق بسیار پرفشار

۴۳۹	 ۱۸-۵-۵-تزریق پرفشار X و یا جت مقاطع
۴۳۹	 ۱۸-۶-طراحی
۴۴۱	 ۱۸-۶-۱-مکانیزم جریان جت
۴۴۲	 ۱۸-۶-۲-تأثیر فشار دینامیکی
۴۴۳	 ۱۸-۶-۳-فرسایش پذیری (تخریب پذیری) ساختمان خاک بر حسب نوع آن
۴۴۵	 ۱۸-۷-آزمایش ها و ملاحظات اجرایی
۴۴۵	 ۱۸-۷-۱-کنترل قطر ستون های اجرا شده
۴۴۶	 ۱۸-۷-۲-مغزه گیری و مقاومت فشاری ستون های تزریق پرفشار
۴۴۸	 ۱۸-۷-۳-رواداری های حفاری
۴۴۹	 ۱۸-۷-۴-شکل های مختلف ایجاد شده توسط تزریق پرفشار
۴۵۰	 ۱۸-۷-۵-برگشت مصالح
۴۵۱	 ۱۸-۸-بررسی روش های ملاری
۴۵۲	 ۱۸-۹-تمرین
۴۵۵	 فصل نوزدهم: ریزشمع
۴۵۵	 ۱۹-۱-مقدمه
۴۵۷	 ۱۹-۲-مزایا و محدودیت ها
۴۵۹	 ۱۹-۳-مصالح و روش های ساخت و اجرا
۴۵۹	 ۱۹-۳-۱-اجزای ریزشمع
۴۵۹	 ۱۹-۳-۲-روش اجرا
۴۶۴	 ۱۹-۴-انواع ریزشمع
۴۶۴	 ۱۹-۴-۱-تقسیم بندی بر اساس مصالح مصرفی
۴۶۴	 ۱۹-۴-۲-طبقه بندی بر اساس نوع طراحی
۴۶۴	 ۱۹-۴-۳-طبقه بندی بر اساس روش اجرا
۴۶۷	 ۱۹-۵-طراحی
۴۶۷	 ۱۹-۵-۱-پارامترها و مراحل طراحی
۴۸۲	 ۱۹-۵-۲-مدلسازی با استفاده از نرم افزار
۴۸۴	 ۱۹-۶-آزمایش ها و معیارهای پذیرش
۴۸۴	 ۱۹-۶-۱-آزمایش های بارگذاری صحرائی

۴۹۱	۱۹-۶-۲- معیار پذیرش
۴۹۲	۱۹-۷- مثال
۵۰۴	۱۹-۸- تمرین
۵۰۵	فصل بیستم: تسلیح توسط ژنوستتیک
۵۰۵	۲۰-۱- مقدمه
۵۰۵	۲۰-۲- انواع مسلح کننده ها
۵۰۶	۲۰-۲-۱- نوارها و شبکه های فولادی
۵۰۷	۲۰-۲-۲- ژنوتکستایل ها
۵۰۸	۲۰-۲-۳- ژنوگریدها
۵۰۹	۲۰-۲-۴- ژنوسل ها
۵۱۱	۲۰-۲-۵- سایر ژنوستتیک ها
۵۱۲	۲۰-۳- دامنه کاربرد
۵۱۲	۲۰-۳-۱- شیب های مسلح ژنوستتیکی
۵۱۶	۲۰-۳-۲- خاکریزهای مسلح ژنوستتیکی
۵۱۸	۲۰-۳-۳- دیوارهای خاکی تثبیت شده به صورت مکانیکی (MSE)
۵۲۱	۲۰-۳-۴- پی های مسلح ژنوستتیکی
۵۲۴	۲۰-۳-۵- خاکریزهای مسلح دارای ستون نگهدارنده
۵۲۷	۲۰-۴- روش های طراحی خاکریزهای مسلح دارای ستون های نگهدارنده
۵۲۷	۲۰-۴-۱- اصول اولیه خاکریزهای مسلح دارای ستون نگهدارنده
۵۳۱	۲۰-۴-۲- تحلیل و طراحی خاکریزهای مسلح دارای ستون نگهدارنده
۵۳۵	۲۰-۴-۳- پارامترها و مراحل طراحی خاکریزهای مسلح دارای ستون نگهدارنده
۵۳۶	۲۰-۵- مثال
۵۳۸	۲۰-۶- تمرین
۵۳۹	واژه نامه فارسی به انگلیسی
۵۵۷	واژه نامه انگلیسی به فارسی
۵۷۳	منابع