

روش‌های بهسازی خاک‌ها

گردآوری، ترجمه و تألیف:

- ۱- سهیل جهان‌داری: کارشناسی ارشد عمران- خاک و پی (دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان)
- ۲- پویا محمد حسن پور: کارشناسی ارشد عمران- خاک و پی (دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان)
- ۳- مهرداد فیروزان: دکترای عمران- خاک و پی (دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان)
- ۴- محمد صابریان: دکترای عمران- خاک و پی (دانشگاه CMIT ملبورن- استرالیا)
- ۵- سعید سهرابی: کارشناسی ارشد عمران- خاک و پی (دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان)

عنوان و نام پدیدآور	:	روش‌های بهسازی خاک‌ها/ مولفین سهیل جهانداری ... او دیگران.
مشخصات نشر	:	تهران : سخنوران، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	:	۱۸۴ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	:	978-600-455-407-7
وضعیت فهرست نویسی	:	فیبا
یادداشت	:	مولفین سهیل جهانداری، پویا محمدحسن پور، مهرداد فیروزان، محمد صابریان بروجنی، سعید سهرابی شعیجره.
یادداشت	:	واژه‌نامه.
یادداشت	:	کتابنامه: ص. ۱۲۲ - ۱۲۳.
موضوع	:	خاک - بهسازی
موضوع	:	Soil remediation
موضوع	:	خاک - تثبیت
موضوع	:	Soil stabilization
شناسه افز.	:	جهانداری، سهیل، ۱۳۶۸ -
رده بندی کسر.	:	۹۱۳۹ TDAYAJ
رده بندی دیویی	:	۶۳۸/۵۵
شماره کتابشناسی ملی	:	۰۸۰۰۶۱

عنوان کتاب: روش‌های بهسازی خاک‌ها	گردآوری، ترجمه و تألیف: سهیل جهانداری، پویا محمد حسن پور، مهرداد فیروزان، محمد صابریان و سعید سهرابی
صفحه آرا و طراح جلد: پیشگامان مسیر دانش	
ناشر: سخنوران	
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه	
نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۶	
آدرس: کارگر شمالی، بعد از ادوارد براون، شماره ۱۴۰۷، طبقه اول، ساختمان سخنوران	
آدرس الکترونیکی: esis.pub2014@gmail.com	
آدرس سایت: www.thesispublication.com	
شماره تماس: ۰۲۱۶۶۹۱۶۳۷۱-۰۲۱۶۶۴۷۶۳۰۶-۰۹۱۹۳۶۱۶۶۱۳	
ISBN: 978-600-455-407-7	



قیمت: ۱۲۰۰۰ تومان

فهرست مطالب

پیشگفتار.....	۱۵
فصل اول: مقدمه‌ی بر روش‌های بهسازی و اصلاح خاک‌ها.....	۱۷
۱-۱- مقدمه.....	۱۷
۲-۱- تثبیت و اصلاح شخه‌ات خاک.....	۱۸
۳-۱- اهداف تثبیت.....	۱۸
۴-۱- روش‌های بهسازی شیمیایی خاک‌ها.....	۲۰
۱-۴-۱- روش تراکم مکانیکی.....	۲۰
۲-۴-۱- روش تراکم دینامیکی.....	۲۱
۳-۴-۱- سقوط وزنه سنگین.....	۲۱
۴-۴-۱- انفجار.....	۲۱
۵-۴-۱- پیش بارگذاری.....	۲۲
۶-۴-۱- تکنیک‌های کاهش فشار آب منفذی.....	۲۲
۷-۴-۱- آبیگری.....	۲۲
۸-۴-۱- روش الکترواسمز.....	۲۳
۹-۴-۱- روش لرزش.....	۲۳
۱۰-۴-۱- یخبندان زمین.....	۲۴
۱۱-۴-۱- تزریق دوغاب ماده چسباننده.....	۲۵
۱۲-۴-۱- پایدارکننده‌های شیمیایی.....	۲۶
۱-۱۲-۴-۱- آهک.....	۲۶
۲-۱۲-۴-۱- سیمان.....	۳۶
۳-۱۲-۴-۱- خاکستر بادی.....	۳۸
۴-۱۲-۴-۱- نمک‌ها.....	۳۹
۱۳-۴-۱- مصالح مسلح کننده.....	۳۹
۱-۱۳-۴-۱- ژئونکستایل.....	۴۲

۴۳	 ۲-۱۳-۴-۱ ژئوگرید
۴۳	 ۳-۱۳-۴-۱ ژئونت
۴۴	 ۴-۱۳-۴-۱ ژئوممبرین
۴۴	 ۵-۱۳-۴-۱ ژئوپایپ
۴۵	 ۶-۱۳-۴-۱ ژئوکامپوزیت
۴۵	 ۱۴-۴-۱ ستون سنگی
۴۶	 ۱۵-۴-۱ کاربرد فن‌آوری نانو
۴۹	 فصل دوم: ژئوسنتتیک‌ها و کاربرد آن‌ها
۴۹	 ۱-۱ مقدمه
۵۰	 ۲-۲ معرفی ژئوسنتتیک‌ها و دلایل کاربرد آن‌ها
۵۱	 ۳-۲ ژئوگرید
۵۲	 ۴-۲ اجزای خاک مسلح
۵۴	 ۵-۲ چگونگی رایج خاک توسط مسلح‌کننده‌ها
۵۶	 ۶-۲ مکانیزم انتقال تنش
۵۷	 ۷-۲ اندرکنش بین خاک و ژئوگرید
۵۹	 ۸-۲ ضرورت انجام تست PULL-OUT برای ژئوگریدها و ارزیابی عملکرد PULL-OUT
۶۰	 ۹-۲ مراحل انجام یک تست PULL-OUT
۶۱	 ۱۰-۲ مثالی از طراحی شیروانی مسلح [۱۶]
۶۷	 ۱۱-۲ نتیجه‌گیری
۶۹	 فصل سوم: ستون‌های سنگی
۶۹	 ۱-۲ مقدمه
۷۰	 ۲-۲ آشنایی با ستون‌های سنگی
۷۱	 ۱-۲-۳ دلایل استفاده از ستون سنگی
۷۵	 ۲-۲-۳ موارد استفاده ستون‌های سنگی
۷۵	 ۳-۲-۳ انواع روش‌های اجرای ستون سنگی
۷۶	 ۳-۲-۳ روش‌های لرزشی - جایگزینی
۷۶	 ۱-۳-۳ دستگاه لرزاننده مورد استفاده در احداث ستون سنگی
۷۷	 ۲-۳-۳ روش تراکمی - جایگزینی (خیس) یا روش خیس - مصالح ریزی از بالا
۷۷	 ۳-۳-۳ روش تراکمی - جابجایی یا تراکمی - جایگزینی خشک یا روش خشک - مصالح ریزی از پایین

۸۰	۴-۳-۳ روش خشک- مصالح ریزی از بالا
۸۱	۵-۳-۳ روش چرخشی - جابجایی
۸۲	۶-۳-۳ روش ستون سنگی کوبشی
۸۲	۴-۳ روش شمع با ماسه متراکم
۸۳	۵-۳ روش ستون سنگی صلب
۸۴	۱-۵-۳ نحوه عملکرد و مکانیزم گسیختگی ستون سنگی
۸۶	۲-۵-۳ نظریه سلول واحد
۸۹	۳-۵-۳ انواع روش‌های بهبود ستون‌های سنگی
۹۱	فصل ۳-۵ راه میکروپایل (ریزشمع‌ها) و شمع
۹۱	۱-۴ مقدمه
۹۲	۲-۴ تاریخچه میکروپایل‌ها
۹۳	۳-۴ معرفی میکروپایل
۹۴	۴-۴ معرفی ریزشمع
۹۵	۵-۴ سیستم طبقه بندی ریزشمع
۹۵	۶-۴ طبقه بندی بر اساس نوع طراحی
۹۷	۷-۴ طبقه بندی بر اساس روش اجرا
۱۰۰	۸-۴ کاربردهای ریزشمع
۱۰۲	۹-۴ عوامل مؤثر در انتخاب ریزشمع‌ها
۱۰۲	۱۰-۴ شرایط فیزیکی
۱۰۳	۱۱-۴ شرایط زیرسطحی
۱۰۳	۱۲-۴ شرایط محیطی
۱۰۴	۱۳-۴ سازگاری با سازه موجود
۱۰۴	۱۴-۴ محدودیت ریزشمع‌ها
۱۰۵	۱۵-۴ شرایط اقتصادی
۱۰۶	۱۶-۴ روش اجرای ریزشمع
۱۰۶	۱-۱۶-۴ اجزای ریزشمع
۱۰۷	۲-۱۶-۴ مراحل اجرا
۱۰۸	۳-۱۶-۴ حفاری
۱۰۸	۴-۱۶-۴ لوله کوبی
۱۰۹	۱۷-۴ محاسبات فنی

۱۰۹	۱۸-۴ کلیات طراحی
۱۰۹	۱۹-۴ گام‌های طراحی
۱۱۱	۲۰-۴ آیین نامه طراحی
۱۱۱	۲۱-۴ روش‌های طراحی
۱۱۲	۲۲-۴ عملیات حفاری
۱۱۲	۲۳-۴ مشخصات فنی لوله‌های ریزشمع
۱۱۳	۲۴-۴ مشخصات فنی آرماتور تقویت
۱۱۵	۲۵-۴ آزمایش بارگذاری کششی ریزشمع
۱۱۵	۲۶-۱ آزمایش بارگذاری جانبی ریزشمع
۱۱۵	۲۷-۴ مایس -۱ رای ریزشمع با سایر روش‌های تحکیم
۱۱۶	۲۷-۴ -۲ بعد فنی
۱۱۷	۲۷-۴ -۳ بعد طراحی
۱۱۷	۲۷-۴ -۳ بعد اتصال
۱۱۸	۲۷-۴ -۴ تضمین کیفیت عملیات
۱۱۸	۲۷-۴ -۵ مدت زمان اجرا
۱۱۹	فصل پنجم: تزریق
۱۱۹	۱-۵ مقدمه
۱۲۱	۲-۵ تزریق
۱۲۲	۳-۵ انواع تزریق در خاک
۱۲۳	۴-۵ تزریق دوغاب ماده چسباننده
۱۲۵	فصل ششم: تراکم، انفجار و زهکشی
۱۲۵	۱-۶ مقدمه
۱۳۰	۲-۶ روش تراکم مکانیکی
۱۳۱	۳-۶ سقوط وزنه سنگین
۱۳۱	۴-۶ انفجار
۱۳۱	۵-۶ پیش بارگذاری
۱۳۲	۶-۶ تکنیک‌های کاهش فشار آب منفذی
۱۳۲	۱-۶-۶ آبگیری
۱۳۲	۲-۶-۶ روش اکترواسمز
۱۳۳	۷-۶ روش لرزش

۱۳۴	۸-۶ زهکشی
۱۳۵	۹-۶ روش ثقلی
۱۳۶	۱۰-۶ شبکه زهکشی بسطی
۱۳۷	فصل هفتم: تعویض خاک
۱۳۷	۱-۷ مقدمه
۱۳۸	۲-۷ مشکلات ناشی از خاک‌های واگرا
۱۳۸	۱-۲-۷ روش‌های شناسایی خاک‌های واگرا
۱۴۰	۳-۷ خاک‌های رم‌بده (فروریزی)
۱۴۱	۴-۷ خاک‌های مستقر بر روی زمین‌های دفن زباله
۱۴۲	۵-۷ خاک‌های متورم‌شده
۱۴۲	۶-۷ نشانه‌های صغریایی ترم در خاک
۱۴۳	۷-۷ روان‌گرایی
۱۴۳	۱-۷-۷ استعداد روان‌گرایی
۱۴۵	۸-۷ مقاوم سازی لرزه‌ای خاک
۱۴۵	۹-۷ روش‌های متراکم سازی
۱۴۶	۱۰-۷ روش‌های ارتعاشی
۱۴۶	۱-۱۰-۷ ارتعاش شناوری
۱۴۷	فصل هشتم: انواع روش‌های تراکم استاتیکی، دینامیک، انفجری سطحی و ویرهای ...
۱۴۷	۱-۸ مقدمه
۱۴۸	۲-۸ تراکم خاک
۱۴۹	۳-۸ اهمیت تراکم خاک در صنعت ساخت و ساز
۱۴۹	۴-۸ روش‌های مختلف برای تعیین تراکم کافی
۱۵۰	۵-۸ روش‌های مختلف تراکم خاک
۱۵۱	۶-۸ شرح روش و مبانی آن
۱۵۱	۱-۶-۸ دامنه کاربرد
۱۵۱	۲-۶-۸ معایب و مزایا
۱۵۳	۳-۶-۸ کنترل و نظارت
۱۵۳	۷-۸ تراکم استاتیکی
۱۵۳	۸-۸ تراکم سطحی
۱۵۴	۱-۸-۸ تراکم سطحی خاک‌های غیر چسبنده (شن و ماسه)

۱۵۵	۸-۸-۲ تراکم سطحی خاک‌های چسبنده (سیلت و رس).....
۱۶۰	۸-۹ تراکم و بیره‌ای.....
۱۶۳	فصل نهم: سربار و زهکشی خاک.....
۱۶۳	۹-۱ مقدمه.....
۱۶۴	۹-۲ پیش بارگذاری کاربرد سربار (خاکریز) روی محل پروژه.....
۱۶۴	۹-۳ روش‌های پیش بارگذاری.....
۱۶۶	۹-۴ اصول برقراری زهکشی مناسب در پیش بارگذاری.....
۱۶۶	۹-۴-۱ کاربرد زهکش‌های عمودی در پیش بارگذاری.....
۱۶۷	۹-۴-۲ خصوصیات زهکش‌های پیش ساخته قائم.....
۱۶۷	۹-۴-۱-۱ قابلیت دهی مناسب.....
۱۶۷	۹-۴-۲-۱ تنش تحکیمی.....
۱۶۷	۹-۴-۳-۱ عبور شل زهکش.....
۱۶۷	۹-۴-۴-۱ فشار جانب خاک.....
۱۶۷	۹-۴-۵-۱ زمان.....
۱۶۸	۹-۴-۶-۱ گرفتگی زهکش.....
۱۶۸	۹-۴-۶-۲-۱ گرادیان هیدرولیک.....
۱۶۸	۹-۴-۶-۲-۲ دما.....
۱۶۸	۹-۵-۱ نصب زهکش.....
۱۶۸	۹-۵-۱-۱ نصب با فشار.....
۱۶۸	۹-۵-۲-۱ نصب به وسیله لرزش.....
۱۶۹	۹-۶ فاکتورهای مؤثر در طراحی پیش بارگذاری به وسیله خاکریز.....
۱۶۹	۹-۷ طراحی ارتفاع خاکریز.....
۱۷۱	فصل دهم: حرارت و انجماد.....
۱۷۱	۱۰-۱ مقدمه.....
۱۷۲	۱۰-۲ سیستم یخبندان یا انجماد زمین.....
۱۷۳	۱۰-۲-۱ اصلاح خاک با انجماد.....
۱۷۳	۱۰-۲-۲ اصول انجماد خاک.....
۱۷۴	۱۰-۳ سیستم حرارتی.....
۱۷۴	۱۰-۳-۱ روش اول.....
۱۷۴	۱۰-۳-۲ روش دوم.....

۱۰-۴ اصلاح خاک به روش حرارتی..... ۱۷۵

منابع..... ۱۷۷

پیوست (الف)..... ۱۸۱

www.ketab.ir

پیشگفتار

حمد و ثنای بی‌قیاس ایزد پاک را سزااست.

آفریدگاری کمال عالم امکان، نموداری از قدرت اوست و گردش افلاک نشانه‌ای از عظمت اوست.

در احداث پروژه‌ها، به طور معمول خاک محل پروژه از نظر مهندسين ژئوتکنیک و مکانیک خاک، ایده‌آل نمی‌باشد. در این موارد مهندسين سعی می‌کنند تا حد امکان از خاک مسئله دار اجتناب کرده و در صورت امکان محل دیگری را برای پروژه انتخاب نمایند و یا خاک نامرغوب را با خاک مناسب‌تر، جایگزین نمایند. در دهه‌های اخیر با توسعه شهرها و صنعت با توجه به محدودیت در مکان و نیز زمینه‌سازی در هزینه‌های سازه‌های عمرانی، نیاز به احداث شالوده‌ها و یا راه‌ها بر روی بسترهای مرغوب و یا نامرغوب زمین شدیداً احساس می‌شود. از اینرو مهندسين علم ژئوتکنیک همواره سعی به اصلاح و یا بهبود مشخصات خاک موجود برای رسیدن به مشخصات مورد مطالب‌تر و مقاوم‌تر جهت باربری در محل پروژه‌ها، دارند. از راهکارهای پیشنهاد شده می‌توان به جایگزینی خاک با مشخصات مناسب‌تر با خاک نامرغوب، طراحی شالوده‌های عمیق و یا استفاده از تکنیک‌های تثبیت و بهبود مشخصات خاک موجود، اشاره کرد. کتاب حاضر مرتبط با تکنیک‌های تثبیت و بهبود مشخصات خاک می‌باشد. مطالب در یازده فصل ارائه شده است. امید است مطالب و مندرجات این کتاب کمک هرچند کوچکی به دانشجویان، مجریان صنعت عمران و مهندسان گرامی کشور عزیزم ایران داشته باشد.

در پایان صمیمانه‌ترین سپاس خود را به خانواده عزیزم تقدیم می‌کنم که مشوق راه دانشم بودند. همچنین زحمات اساتید دانشمندم جناب آقای پروفسور محمد محسن توفیق و جناب آقای دکتر مهرداد فیروزان را ارج می‌نهم و از رهنمودهایشان که در تألیف کتاب بهره گرفته‌ام کمال تشکر و امتنان را دارم.

تشکر ویژه دارم از صمیمی‌ترین دوستم جناب آقای دکتر محمد صابریان که در این روزگار غمی همواره از وجودش بهره برده و همیشه مدیون زحمات و راهنمایی‌های بی‌دریغش هستم.

جا دارم در بیان یاد دوست و همکار عزیزم مرحوم مهندس محمد پوراحمدی مطلق را گرامی بدارم. منظره‌ای که شایانی که در جهت بهبود مطالب کتاب داشتند و اما زمان تسلیم حق شدنش کوتاه‌تر از آن بود که ثمر زحمات بی‌دریغش را ببیند، روحش شاد. آرزوی توفیق و سربلندی و رحمت برای همه این بزرگواران را دارم.

سهیل جهاننداری

تابستان ۱۳۹۶