

بهسازی خاک‌های نرم به روش اختلاط عمیق

مؤلفان:

حسین مؤیدی

محمد جمالی مقدم

مهدی خواری

عضو هیأت علمی، انستیتو صنعتی کرمانشاه

کارشناس ارشد خاک ریزی

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلام، واحد تهران شرق

مویدی، حسین، ۱۳۶۱ -

بهبازی خاک‌های نرم به روش اختلاط عمیق / مولفان حسین مویدی، محمد جمالی‌مقدم، مهدی خواری.
کرمانشاه: دانشگاه صنعتی کرمانشاه، انتشارات، ۱۳۹۵.
و، ۱۷۶ ص: مصور، جدول.

ISBN: 978-600-96084-0-9

فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیپا

واژه نامه

۱. خاک - بهسازی. ۲. Soil remediation. ۳. خاک - تثبیت. ۴. Soil stabilization. ۵. خاک - تحکیم.
۶. Soil consolidation. ۷. خاک - مکانیک. ۸. Soil mechanics. الف. جمالی‌مقدم، محمد، ۱۳۶۱ - ب.
خواری، مهدی، ۱۳۵۳ - ج. دانشگاه صنعتی کرمانشاه. د. عنوان.

۱۳۹۵ م. / ۸۸ / ۶۲۸/۵۵ TD

شماره ثبت: سی ملی: ۴۳۴۳۱۷۸



دانشگاه صنعتی کرمانشاه

انتشارات دانشگاه صنعتی کرمانشاه

عنوان کتاب: بهسازی خاک‌های نرم به روش اختلاط عمیق
مؤلفان: حسین مویدی، محمد جمالی‌مقدم، مهدی خواری
ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی کرمانشاه

طراح جلد: عباس قدردان

چاپخانه: انتشارات نوروزی

تاریخ و نوبت چاپ: ۱۳۹۵ - اول

شمارگان: ۵۰۰ جلد

قطع: وزیری

قیمت: ۱۵۰.۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۶۰۸۴-۰-۹ ISBN: 978-600-96084-0-9

کرمانشاه، بزرگراه امام خمینی، معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه صنعتی کرمانشاه

کد پستی: ۶۷۱۵۶۸۵۴۲۰ تلفن: ۰۸۳۳۸۳۰۵۰۰۰-۵ نامبر: ۰۸۳۳۸۳۰۵۰۰۰-۰۶

سایت: www.kut.ac.ir ایمیل: info@kut.ac.ir

پیش گفتار

گسترش شهرسازی و پیامدهای آن موجب افزایش ساخت و ساز در مناطق شهری و نهایتاً کمبود زمین‌های مرغوب جهت ساختمان‌سازی شده است. از این رو مهندسين در بسیاری از نقاط جهان با توجه به کمبود زمین‌های مناسب جهت ساختمان‌سازی به فکر استفاده از مناطق با خاک‌های سست، نامرغوب و یا حتی بستر دریا افتاده‌اند. ساختمان‌سازی روی خاک‌های نرم باید با در نظر گرفتن روش‌هایی جهت کاهش نشست‌های بیش از حد و یا افزایش ظرفیت باربری خاک‌ها انجام گیرد. با در نظر گرفتن موارد ذکر شده، ساخت و ساز روی اینگونه زمین‌ها از نظر اقتصادی به صرفه نیست و یا پروسه‌ای زمان‌بر است. روش اختلاط عمیق که به عنوان یک راه حل جهت بهسازی خاک‌های سست در کشورهای مختلفی از حدود نیم قرن پیش تاکنون مورد استفاده قرار می‌گیرد، هنوز نیز در کشور ما نسبتاً گمنام باقی مانده است. در این روش انواع سیمان و یا آهک به عنوان ماده تثبیت کننده خاک جهت بهبود رفتارهای باربری، بررسی کاهش نشست و موارد مشابه مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ مطابق با آنچه در این کتاب گردآوری شده است. اگرچه تحقیقات بسیار زیادی در زمینه‌های مختلف جهت بررسی خصوصیات خاک تثبیت شده با این روش تحت نیروهای استاتیکی و دینامیکی، روش‌های طراحی و تکنیک‌های اجرایی انجام گرفته است اما هنوز هم این تحقیقات در زمینه‌هایی مانند رفتار بلند مدت خاک‌های تثبیت شده و یا استفاده از روش‌های جدید عددی و یا آزمایشگاهی در بررسی رفتارهای خاک تثبیت شده ادامه دارد. تمرکز اصلی این کتاب بر جمع‌آوری دیدگاه‌های کاربردی تکنیک اختلاط عمیق در ارائه مطالعه‌های موردی صورت گرفته که در کتب، مجلات علمی و گزارش‌های پروژه‌های بزرگ عمرانی طی سال‌های اخیر ارائه شده است.

حسین مؤیدی، محمد جمالی مقدم، مهدی خواری

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: ویژگی‌های مهندسی خاک‌های بهسازی شده	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ خاک نرم چیست؟	۱
۳-۱ خصوصیات فیزیکی	۲
۱-۳-۱ تغییر صد طوبت	۲
۲-۳-۱ تغییر مقدار دانسیته خاک	۴
۴-۱ خصوصیات مکانیکی (ویژگی‌های مقاومتی)	۶
۱-۴-۱ منحنی‌های تنش کرنش	۷
۲-۴-۱ کرنش گسیختگی	۱۲
۳-۴-۱ مدول الاستیسیته	۱۳
۴-۴-۱ مقاومت پسماند	۱۵
۵-۴-۱ ضریب پواسون	۱۶
۶-۴-۱ زاویه اصطکاک داخلی	۱۹
۷-۴-۱ مقاومت برشی زهکشی نشده	۱۹
۸-۴-۱ مقاومت خمشی	۲۰
۹-۴-۱ مقاومت کششی	۲۱
۱۰-۴-۱ مقاومت بلند مدت	۲۴
۵-۱ خصوصیات مکانیکی (ویژگی‌های تحکیمی)	۲۶
۱-۵-۱ منحنی $e-\log P$	۲۶
۲-۵-۱ فشار پیش تحکیمی	۲۸
۳-۵-۱ ضریب تحکیم و ضریب تغییر حجمی m_v	۲۹
۴-۵-۱ ضریب نفوذپذیری	۳۱
۶-۱ خصوصیات مهندسی خاک بهسازی شده در محل با سیمان	۳۵

۱-۶-۱	درصد مواد تثبیت کننده و درجه اختلاط در محل	۳۵
۲-۶-۱	مقاومت های فشاری تک محوری خاک های بهسازی شده در محل و در آزمایشگاه	۳۵
۳-۶-۱	اثر ابعاد در مقاومت فشاری تک محوری	۴۰
۷-۱	روش کاربردی جهت ساخت و عمل آوری نمونه های خاکی تثبیت شده بدون تراکم	
۴۱	(JGS)	

فصل دوم: مقدمه ای بر روش اختلاط عمیق ۴۵

۱-۲	مقدمه	۴۵
۲-۲	بهسازی زمین بوم با روش اختلاط عمیق	۴۵
۳-۲	توسعه روش اختلاط عمیق	۴۸
۱-۳-۲	تاریخچه تحقیقات روش اختلاط عمیق	۴۸
۲-۳-۲	تاریخچه تحقیقات روش اختلاط عمیق در کشورهای اسکاندیناوی	۵۱
۴-۲	مزایای روش اختلاط عمیق	۵۲
۱-۴-۲	سرعت ساخت	۵۲
۲-۴-۲	تنظیم مقاومت	۵۲
۳-۴-۲	قابل اعتماد بودن	۵۳
۴-۴-۲	تنوع کاربردها	۵۳
۵-۴-۲	استفاده مؤثر از منابع	۵۴
۶-۴-۲	ثرات زیست محیطی	۵۴
۵-۲	طبقه بندی طرح های اختلاط عمیق	۵۵
۱-۵-۲	طبقه بندی بر اساس هندسه جرم بهسازی شده	۵۵
۲-۵-۲	طبقه بندی بر اساس تکنیک ساخت	۵۷
۳-۵-۲	طبقه بندی بر اساس ماده تثبیت کننده	۵۸
۶-۲	انواع تثبیت کننده ها	۵۸

۱-۶-۲ اختلاف میان افزایش مقاومت خاک تثبیت شده با سیمان یا آهک نسبت به زمان

۵۹.....

۷-۲ واکنش‌های شیمیایی در طول روش اختلاط عمیق..... ۶۰.....

فصل سوم: طراحی زمین بهسازی شده با روش اختلاط عمیق..... ۶۳.....

۱-۳ مقدمه..... ۶۳.....

۲-۳ روش طراحی بهسازی با دیوار و بلوک..... ۶۴.....

۱-۲-۳ مفاهیم اولیه..... ۶۴.....

۲-۲-۳ مراحل طراحی..... ۶۶.....

۳-۲-۳ نمونه محاسبات..... ۸۰.....

۳-۳ روش طراحی بهسازی با ستون‌های گروهی..... ۸۱.....

۱-۳-۳ مفاهیم اولیه..... ۸۱.....

۲-۳-۳ مراحل طراحی..... ۸۲.....

فصل چهارم: تکنیک‌های اجرا و کنترل در روش اختلاط عمیق..... ۹۳.....

۱-۴ تقسیم‌بندی تکنیک‌ها..... ۹۳.....

۲-۴ پروژه‌های دریایی..... ۹۴.....

۱-۲-۴ ماشین ویژه اختلاط عمیق..... ۹۴.....

۲-۲-۴ مراحل ساخت..... ۹۶.....

۳-۴ کارهای انجام شده روی خشکی..... ۱۰۴.....

۱-۳-۴ ماشین ویژه اختلاط عمیق در خشکی..... ۱۰۴.....

۲-۳-۴ روند ساخت..... ۱۰۵.....

۴-۴ کنترل کیفیت و اطمینان از کیفیت..... ۱۱۱.....

۱-۴-۴ دیدگاه کنترل کیفیت..... ۱۱۱.....

۲-۴-۴ آزمایش اختلاط در آزمایشگاه..... ۱۱۴.....

۳-۴-۴	کنترل کیفیت در حین ساخت	۱۱۵
۴-۴-۴	بازبینی کیفیت پس از ساخت	۱۱۵

فصل پنجم: مطالعات موردی پروژه‌های بهسازی خاک با روش اختلاط عمیق در

۱۱۷	سراسر جهان	۱۱۷
۵-۱	مقدمه	۱۱۷
۵-۲	پروژه‌های عملیاتی در ژاپن	۱۱۷
۵-۲-۵	خاکریز راه در اوگاکاکی	۱۱۸
۵-۲-۲	خاک ر روزه خانه در آبیچی - تقویت پایداری خاکریز	۱۲۱
۵-۲-۵	پروژه سد خاک رودخانه یودو، بهسازی شبکه‌ای برای مقابله با روانگرایی	۱۲۲
۵-۲-۴	شالوده پل در آنه‌بری، افزایش ظرفیت باربری شالوده پل	۱۲۶
۵-۲-۵	بندر کوشیرو، نمون بهسازی بلوکی به منظور مقابله با روانگرایی خاک	۱۲۸
۵-۲-۶	بندر کوبه، بهسازی شبکه‌ای به منظور مقابله با روانگرایی	۱۳۰
۵-۲-۷	فرودگاه توکیو-هندادا، بهسازی بلوکی برای پایداری سازه محافظ	۱۳۴
۵-۲-۸	پروژه بزرگراه خلیج ترانس - توکیو	۱۴۱
۵-۲-۹	پروژه ساخت فرودگاه بین‌المللی کانامی	۱۴۴
۵-۲-۱۰	پروژه ساخت موج‌شکن در بندر فوکوشیما	۱۴۷
۵-۳	پروژه‌های عملیاتی در ایران	۱۵۰
۵-۳-۱	بهسازی خاک به روش اختلاط عمیق در کارخانه نمک: ایست منطقه کریتکمپ	۱۵۰
۵-۳-۲	به‌کارگیری روش اختلاط عمیق خاک در پروژه شهرک ولایت بوشهر	۱۵۳
۵-۳-۳	بهسازی زمین‌های ماسه‌ای ساختگاه پروژه زیتون ۲ در بندرعباس	۱۵۳

فهرست منابع ۱۵۵

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۱۶۱