

بهسازی زمین به روش اختلاط عمیق

www.ketab.ir

تألیف:

محمودرضا عبدی^۱ - مهدی صفدری سه گنبد^۲

۱-عضوهیئت علمی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲-دانشجوی دکتری ژئوتکنیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوس



شماره ۵۳۲

سرشناسه: عبدی، محمودرضا، ۱۳۴۱ -
عنوان و نام پدیدآور: بهسازی زمین به روش اختلاط عمیق / مولفان محمودرضا عبدی، مهدی صفدری سه‌گنبد.
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۴۰۲.
مشخصات ظاهری: ه، ۲۷۸ ص:، مصور، جدول، نمودار.
فروست: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی؛ ۵۳۲.
شابک: 978-622-5234-17-8
وضعیت فهرست نویسی: فیپا.
یادداشت: واژه‌نامه.
یادداشت: کتابنامه: ص. [۲۵۳] - ۲۶۳.
موضوع: خاک -- تثبیت / Soil stabilization
خاک‌پالایی / Soil remediation
اصلاح‌کننده‌های خاک / Soil amendment
خاک -- تحکیم / Soil consolidation
شناسه افزوده: صفدری سه‌گنبد، مهدی.
رده‌بندی کنگره: TAV۴۹
رده‌بندی دیویی: ۶۲۴/۱۵۱
شماره کتابشناسی ملی: ۹۲۰۴۴۵۸

press.kntu.ac.ir



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: بهسازی زمین به روش اختلاط عمیق
مؤلفان: دکتر محمودرضا عبدی، مهندس مهدی صفدری سه‌گنبد
نوبت چاپ: اول
تاریخ انتشار: اردیبهشت ۱۴۰۲
شمارگان: ۲۰۰ جلد
چاپ و صحافی: آرمانسا
قیمت: ۱۵۰,۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

خیابان میرداماد غربی - شماره ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲
میدان ونک - خیابان ولی‌عصر (ع) - بالاتر از چهارراه میرداماد - شماره ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات
تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش برخط): press.kntu.ac.ir

فصل اول: مروری بر روش اختلاط عمیق.....	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- تعریف زمین نرم	۲
۳-۱- طرح کلی تثبیت با اختلاط مواد افزودنی	۵
۱-۳-۱- مکانیزم اساسی	۵
۲-۳-۱- انواع تکنیک‌های اختلاط	۶
۴-۱- روش اختلاط عمیق	۸
۱-۴-۱- طرح کلی اختلاط عمیق	۸
۲-۴-۱- طبقه‌بندی روش اختلاط عمیق	۸
۱-۲-۴-۱- پروژه‌های روی زمین	۱۱
۲-۲-۴-۱- پروژه‌های دریایی	۱۴
۳-۴-۱- آلودگی (چیدمان) اجرای ستون‌های خاک تثبیت شده و کاربرد آن	۱۵
۴-۴-۱- مودهای گسیختگی ستون‌های خاک تثبیت شده	۱۸
۵-۱- اهداف کتاب	۱۹
فصل دوم: کنترل و تضمین کیفیت روش اختلاط عمیق.....	۲۱
۱-۲- اهمیت کنترل و تضمین کیفیت	۲۱
۲-۲- روند کار پروژه اختلاط عمیق و کنترل کیفیت	۲۲
۳-۲- اجرای متداول و اصولی کنترل و تضمین کیفیت	۲۹
۱-۳-۲- مفهوم اساسی مقاومت‌های استاندارد آزمایشگاهی، میدانی و طراحی	۲۹
۲-۳-۲- روند طراحی	۳۱
۱-۲-۳-۲- روند طرح اختلاط طراحی	۳۲
۲-۲-۳-۲- شرایط اختلاط در آزمایشگاه و محل پروژه	۳۶
۳-۲-۳-۲- نکات آزمایش اختلاط آزمایشگاهی	۳۸
۳-۳-۲- انتخاب تجهیزات اختلاط عمیق	۴۲
۴-۳-۲- آزمایش میدانی	۴۴
۵-۳-۲- کنترل کیفیت در حین اجراء	۴۴
۱-۵-۳-۲- روش ساخت و اجراء	۴۴
۲-۵-۳-۲- همپوشانی ستون‌ها	۴۹
۳-۵-۳-۲- پارامترهای اجرایی	۵۳
۴-۵-۳-۲- مثالی از روش ساخت و اجراء	۵۶

۵۸.....	۲-۳-۶- کنترل کیفیت در طول دوره‌ی اجراء و ساخت
۵۸.....	۲-۳-۱-۶- مدیریت مصالح
۶۰.....	۲-۳-۲- اصلاح مقادیر کنترل ساخت
۶۰.....	۲-۳-۳- آسیب و خرابی ابزار اختلاط
۶۱.....	۲-۳-۴- جابجایی جانبی و بالا آمدن سطح زمین
۶۵.....	۲-۳-۷- گزارش
۶۶.....	۲-۳-۸- صحت‌سنجی کیفیت
۶۶.....	۲-۳-۸-۱- روش‌های صحت‌سنجی
۶۹.....	۲-۳-۸-۲- موقعیت مغزه‌ها (کُر‌ها)
۷۰.....	۲-۳-۸-۳- زمان مغزه‌گیری، ابعاد مغزه‌گیرها، نمونه‌ها و عمل‌آوری
۷۱.....	۲-۳-۸-۴- تعداد دفعات مغزه‌گیری
۷۱.....	۲-۳-۸-۵- انتخاب نمونه از مغزه‌ها جهت انجام آزمایش مقاومت فشاری محصور نشده
۷۲.....	۲-۳-۸-۶- تکنیک‌های مغزه‌گیری
۷۵.....	۲-۳-۸-۷- صحت‌سنجی کیفیت نمونه‌ی حاصل از مغزه‌گیری
۷۷.....	۲-۳-۸-۸- صحت‌سنجی کیفیت توسط آزمایش آزمایشگاهی
۷۸.....	۲-۳-۸-۹- ارزیابی مقاومت فشاری محصور نشده
۷۹.....	۲-۳-۸-۱۰- اصلاح ستون نامنطبق
۸۱.....	فصل سوم: موضوعات فنی کنترل و تضمین کیفیت خاک تثبیت شده
۸۱.....	۳-۱- مقدمه
۸۲.....	۳-۲- مقاومت‌های آزمایشگاهی و میدانی
۸۲.....	۳-۲-۱- پیش‌بینی مقاومت
۸۳.....	۳-۲-۲- نسبت مقاومت میدانی به آزمایشگاهی (λ)
۸۵.....	۳-۲-۳- انحراف در مقاومت میدانی
۸۷.....	۳-۳- آزمایش اختلاط آزمایشگاهی
۸۷.....	۳-۳-۱- نقش و رویکرد اساسی آزمایش اختلاط آزمایشگاهی
۹۳.....	۳-۳-۲- گزینش خاک برای آزمایش آزمایشگاهی و نسبت آب به ماده‌ی چسباننده‌ی دوغاب
۹۵.....	۳-۳-۳- تأثیر ابعاد نمونه
۹۵.....	۳-۳-۱- مقاومت
۹۸.....	۳-۳-۲- مدول سکانتی (E_{50})
۹۹.....	۳-۳-۴- تأثیر تکنیک قالب‌گیری
۱۰۲.....	۳-۳-۵- تأثیر فشار سربار در حین عمل‌آوری (فشار عمل‌آوری)
۱۰۶.....	۳-۳-۶- تأثیر دمای عمل‌آوری
۱۰۶.....	۳-۳-۱- دمای زمین

۱۰۷.....	۳-۳-۲- تأثیر دمای عمل آوری
۱۱۲.....	۳-۳-۷- تأثیر دوره‌ی عمل آوری
۱۱۷.....	۳-۳-۸- بلوغ
۱۱۹.....	۳-۳-۹- تأثیر نوع آب
۱۲۰.....	۳-۴-۴- انتخاب تجهیزات اختلاط عمیق
۱۲۰.....	۳-۴-۱- عوامل مؤثر بر درجه‌ی اختلاط
۱۲۰.....	۳-۴-۱-۱- تأثیر تعداد شفت‌های اختلاط
۱۲۶.....	۳-۴-۱-۲- تأثیر نوع و شکل پره‌ی اختلاط
۱۲۸.....	۳-۴-۱-۳- تأثیر قطر پره‌ی اختلاط
۱۳۱.....	۳-۴-۱-۴- تأثیر سرعت نفوذ ابزار اختلاط
۱۳۲.....	۳-۴-۲- عدد چرخش پره‌ی مورد نیاز
۱۳۲.....	۳-۴-۱-۲- تأثیر عدد چرخش پره در آزمایشات مدل آزمایشگاهی
۱۳۴.....	۳-۴-۲-۲- تأثیر عدد چرخش پره در آزمایش میدانی
۱۳۵.....	۳-۴-۲-۳- تأثیر عدد چرخش پره در پروژه‌های واقعی میدانی
۱۳۶.....	۳-۴-۳- تثبیت در عمق کم و تأثیر بالا آمدن سطح زمین
۱۳۶.....	۳-۴-۱- روش اجرای پایه و تأثیر بالشتک‌ها
۱۳۹.....	۳-۴-۲- تأثیر بالا آمدن سطح زمین
۱۴۱.....	۳-۴-۴- بهسازی کف/نوک ستون
۱۴۳.....	۳-۴-۵- همپوشانی ستون‌ها
۱۴۶.....	۳-۵- تکنیک‌های صحت‌سنجی در تضمین کیفیت
۱۴۶.....	۳-۵-۱- مغزه‌گیری
۱۴۶.....	۳-۵-۱-۱- روش
۱۴۶.....	۳-۵-۱-۲- تکنیک مغزه‌گیری
۱۴۹.....	۳-۵-۱-۳- ابعاد نمونه‌های حاصل از مغزه‌گیری
۱۵۱.....	۳-۵-۱-۴- ارزیابی ماکروسکوپی مقاومت خاک تثبیت شده در محل
۱۵۶.....	۳-۵-۲- کاربرد نمونه‌گیری مرطوب برجا
۱۵۶.....	۳-۵-۱-۲- تعداد دفعات، ابعاد و نوع نمونه‌گیری مرطوب برجا
۱۶۱.....	۳-۵-۲-۲- مقایسه نوع نمونه‌گیری مرطوب برجا
۱۶۳.....	۳-۵-۲-۳- مقایسه‌ی مقاومت نمونه‌های حاصل از نمونه‌برداری مرطوب برجا و مغزه‌گیری
۱۶۵.....	۳-۵-۲-۴- کاربرد نمونه‌گیری مرطوب برجا برای کنترل کیفیت
۱۶۷.....	فصل چهارم: مشکلات و تدابیر خاک‌های مسئله‌دار
۱۶۷.....	۴-۱- خاک مسئله‌دار جهت تثبیت

۱۶۸.....	۲-۴-۲- تدابیر مقابله با خاک‌های مسئله‌دار.....
۱۶۸.....	۴-۲-۱- تزریق آب.....
۱۷۱.....	۴-۲-۲- استفاده از سیمان‌های جدید.....
۱۷۲.....	۴-۲-۳- استفاده از پراکنده‌ساز.....
۱۷۷.....	۴-۲-۴- تزریق دوغاب سیمان آتمیزه شده.....
۱۷۹.....	۴-۲-۵- جمع‌بندی.....
۱۸۱.....	فصل پنجم: مفهوم نسبت آب کل به ماده‌ی چسباننده
۱۸۱.....	۵-۱- مقدمه.....
۱۸۱.....	۵-۲- مفهوم نسبت آب کل به ماده‌ی چسباننده ($\frac{W_{Total}}{C}$).....
۱۸۱.....	۵-۲-۱- تعریف نسبت آب کل به ماده‌ی چسباننده ($\frac{W_{Total}}{C}$).....
۱۸۲.....	۵-۲-۲- ارتباط بین نسبت ($\frac{W_{Total}}{C}$) و مقاومت خاک تثبیت شده.....
۱۸۴.....	۵-۳- پیش‌بینی مقاومت میدانی به وسیله‌ی گزارش داده‌های اجراء.....
۱۸۴.....	۵-۳-۱- گزارش داده‌های اجراء.....
۱۸۶.....	۵-۳-۲- آنالیز داده‌های گزارش اجراء.....
۱۹۰.....	۵-۳-۳- تدابیر متقابل برای تثبیت آب.....
۱۹۲.....	۵-۴- جمع‌بندی.....
۱۹۵.....	فصل ششم: آنالیز، طراحی و محاسبه‌ی اختلاط عمیق
۱۹۵.....	۶-۱- مقدمه.....
۱۹۵.....	۶-۲- مقاومت فشاری استاندارد طراحی و کنترل کیفیت.....
۱۹۵.....	۶-۲-۱- تعیین بار وارد بر ستون‌های اختلاط عمیق.....
۱۹۹.....	۶-۲-۲- تعیین عیار و نسبت آب به سیمان.....
۲۰۴.....	۶-۲-۳- تعیین عدد چرخش پره.....
۲۰۶.....	۶-۲-۴- تعیین نسبت آب کل به سیمان.....
۲۰۹.....	۶-۲-۵- تعیین دبی دوغاب و زمان بهسازی کف/نوک ستون.....
۲۱۳.....	۶-۲-۶- ارزیابی مقاومت میدانی ستون اختلاط عمیق.....
۲۱۵.....	۶-۳- ظرفیت باربری خاک بهسازی شده.....
۲۱۶.....	۶-۳-۱- ظرفیت باربری ستون اختلاط عمیق منفرد.....
۲۱۷.....	۶-۳-۱-۱- ضریب فعال شدن مقاومت نوک ستون اختلاط عمیق (β_s).....
۲۱۸.....	۶-۳-۱-۲- مقاومت جداره (Q_f) و نوک ستون اختلاط عمیق (Q_p).....
۲۲۰.....	۶-۳-۱-۳- دسته‌بندی ستون‌های اختلاط عمیق.....
۲۲۵.....	۶-۳-۲- ظرفیت باربری گروه ستون اختلاط عمیق.....
۲۳۰.....	۶-۴- تخمین نشست خاک بهسازی شده.....
۲۳۰.....	۶-۴-۱- ستون‌های اتکایی.....

۲۳۵.....	۲-۴-۶- ستون‌های اصطکاکی
۲۳۶.....	۱-۲-۴-۶- نشست الاستیک ستون‌های اصطکاکی
۲۳۹.....	۲-۲-۴-۶- نشست آنی ستون‌های اصطکاکی
۲۴۲.....	۳-۲-۴-۶- نشست تحکیمی ستون‌های اصطکاکی
۲۴۶.....	۵-۶- کاهش مخاطرات روانگرایی
۲۴۷.....	۱-۵-۶- ضریب اطمینان روانگرایی
۲۴۷.....	۲-۵-۶- ضریب کاهش نسبت تنش برشی (R_{rd})
۲۵۲.....	۶-۶- جمع‌بندی
۲۵۳.....	مراجع
۲۶۴.....	واژه‌نامه

www.ketab.ir

افزایش تقاضا برای احداث سازه‌های بزرگ در کنار کمبود و گرانی زمین، مهندسين عمران به ویژه مهندسين ژئوتکنیک را ناگزیر به استفاده از زمین‌های نامرغوب و مقابله با عواقب آن نموده است. مهندسين در ابتداء جایگزین نمودن خاک و افزایش ابعاد پی سطحی و در گام بعدی استفاده از پی‌های عمیق را به عنوان راهکار مورد استفاده قرار می‌دادند که موجب افزایش هزینه تمام شده‌ی سازه‌ها می‌شد. راه حل دیگری که توسط کارشناسان ژئوتکنیک برای مقابله با نشست زیاد، کاهش مخاطرات ناشی از روانگرایی و افزایش ظرفیت باربری بستر سازه‌ها ارائه گردید، بهسازی خاک است.

از میان شیوه‌های بهسازی خاک، روش اختلاط عمیق خاک در نواحی جنوبی و شمالی کشور مورد استقبال و استفاده قرار گرفته، در حالی که برخلاف سایر کشورها هنوز آیین‌نامه‌ای جامع در کشور برای بکارگیری و کنترل این روش تنظیم و تدوین نشده است. از این رو مهندسين ژئوتکنیک می‌بایست خلأ نبود آیین‌نامه‌ی معتبر داخلی را با جایگزینی مراجع بین‌المللی جبران نمایند. منابع بین‌المللی جهت طراحی و محاسبات بهسازی زمین به روش اختلاط عمیق؛ اجرای فاز آزمایشی و به دنبال آن باز طراحی بر اساس نتایج این فاز توصیه نموده‌اند. به همین جهت اجرای مناسب این شیوه‌ی بهسازی و کنترل کیفیت آن چه در فاز آزمایشی و چه در فاز اجراء جهت حصول نتایجی یکنواخت و قابل اعتماد حائز اهمیت است. به دلیل عدم اشتباهی که تجربه‌ی مهندسين محاسب، اجراء و ناظر و همچنین نبود مراجع معتبر داخلی، این شیوه‌ی بهسازی خاک به خوبی طراحی، اجراء و کنترل نمی‌گردد. این امر موجب مشکلات عدیده در بخش‌های طراحی و اجراء گشته و حتی ممکن است بهره‌برداری، سرویس‌دهی و پایداری سازه‌ی فوقانی را مختل کند.

از این رو در این کتاب با مرور منابع بین‌المللی مرتبط از قبیل آیین‌نامه‌ها، کتاب‌ها، مقالات و ... همچنین تجربیات مشاوران و پیمانکاران فعال در این زمینه سعی گردیده خلأ نبود مرجع معتبر جهت معرفی شیوه‌ی درست طراحی، اجراء و کنترل کیفیت روش بهسازی اختلاط عمیق خاک تا حدودی پوشش داده شود. از آنجا که هیچ تلاشی بدون عیب و نقص نیست، تقاضا می‌شود هر گونه اشتباه و خطا را به اطلاع نویسندگان برسانید.

محمود رضا عبدی - مهدی صفدری سه‌گنبد