

راهنمای جامع طراحی و اجرای دیوارهای MSE و سازه‌های RSS خاک مسلح

مؤلفین:

رایان آر برگ، باری آر کریستف، نارش سی سامستانی

ترجمه و تألیف:

محمد رضا عطرچیان

(عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران شمال)

غلامرضا نیازی

با مقدمه:

دکتر کامبیز بهنیا

انتشارات جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر

برگ، رایان آر. -- Berg, Ryan R.
راهنمای جامع طراحی و اجرای دیوارهای MSE و سازه‌های RSS خاک مسلح/
مؤلفین: رایان آر. برگ، باری آر کریستف، نارش سی سامستانی؛ ترجمه و تألیف: محمدرضا عطرچیان،
غلامرضا نیازی؛ با مقدمه کامبیز بهنیا.
تهران: جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات، ۱۳۹۹.
[۳۲۷ ص: مصور، جدول]
۹۰۰۰۰۰ ریال: ISBN: 978-964-210-366-9

فیبا
عنوان اصلی: Design and construction of mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes, 2009.

کتاب حاضر توسط انتشارات محمدرضا عطرچیان در سال ۱۳۹۷ فیبا گرفته است.
دیوارهای حائل -- طراحی و ساخت -- دستنامه‌ها
Retaining walls -- Design and construction -- Handbooks, manuals, etc.
خاکریز -- طراحی و ساخت -- دستنامه‌ها
Embankments -- Design and construction -- Handbooks, manuals, etc.
شیب‌ها (مکانیک خاک) -- دستنامه‌ها
Slopes (Soil mechanics) -- Handbook, manuals, etc.
خاک -- تثبیت -- دستنامه‌ها
Soil stabilization -- Handbooks, manuals, etc.
کریستوفر، باری رادنی، م. -- ۱۹۴۹ - م. -- Christopher, Barry R. (Barry Rodney)
سامتانی، نارش سی. -- Samtani, Naresh C.
عطرچیان، محمدرضا، ۱۳۲۹ - م. مترجم
نیازی، غلامرضا، ۱۳۶۲ - م. مترجم
بهنیا، کامبیز، ۱۳۲۳ - م. مقدمه‌نویس
جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، انتشارات

۷۲۱/۲
۷۵۳۲۰۷۱
فیبا

سرشناسه
عنوان و نام پدیدآور
مشخصات نشر
مشخصات ظاهری
شابک
وضعیت فهرست نویسی
یادداشت

یادداشت
موضوع
موضوع
موضوع
موضوع
موضوع
موضوع
موضوع

شناسه افزوده
شناسه افزوده
شناسه افزوده
شناسه افزوده
شناسه افزوده
شناسه افزوده
رده‌بندی کنگره
رده‌بندی دیویی
شماره کتابشناسی ملی
وضعیت رکورد

این کتاب در جلسه مورخ ۱۴۰۰/۰۱/۲۹ شورای نشر کتاب
جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل
ارزیابی علمی، مجوز چاپ و انتشار دریافت نموده است.



واحد صنعتی امیرکبیر

راهنمای جامع طراحی و اجرای دیوارهای MSE و سازه‌های RSS خاک مسلح

مؤلفین: رایان آر برگ، باری آر کریستف، نارش سی سامستانی

ترجمه و تألیف: محمدرضا عطرچیان، غلامرضا نیازی

ناشر: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

مدیر مسؤول: دکتر مهدی ورسه‌ای

نوبت چاپ: اول

سال چاپ: ۱۴۰۰

قطع: وزیری

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۹۰۰۰۰۰ ریال

طراح: آرزو انصاری

چاپخانه: صدف



ISBN: 978-964-210-366-9

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۳۶۶-۹

نمایندگان و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی خیابان سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر،

انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶ + تلفکس: ۹۸۲ ۹۵۰ ۹۸۲۱۶۶ +

www.jdamirkabir.ac.ir

فروشگاه اینترنتی:

پیش‌گفتار ناشر

اُطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی؛ زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فن‌آورانه و دانش‌بنیان می‌گردد که خود از ارکان اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. هم‌چنین واضح است که در کنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به اطلاعات روز علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

بر این اساس جهادگران جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه و نیز آموزش‌های تخصصی فن‌آور و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور و هم‌چنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط «انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر» «پلی تکنیک تهران» که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علوم پایه و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی پژوهشگران، دانشجویان و پویندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفروش معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران هشت سال دفاع مقدس به‌ویژه شهدای گرانقدر جهاددانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانشگاهیان و فعالین عرصه‌های علم و فن‌آوری کشور، پویانده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان‌ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقاء سطح علمی کتب منتشره و هم‌چنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

«هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید»

انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

پیش‌گفتار

روش خاک مسلح در اوایل دهه ۱۹۶۰ توسط هانری ویدال مهندس و معمار فرانسوی اختراع شد. اساس روش تامین مقاومت کششی در خاک‌های دانه‌ای در کنار مقاومت فشاری و برشی ذاتی این گونه خاک است.

به این صورت امکان اجرای بناهای نگهبان با خاک مسلح شده، فراهم می‌آمد. نگارنده این سطور در سال ۱۹۶۹ به‌عنوان اولین دانشجوی دکتری با این روش آشنا شد و به پژوهش روی مدل‌های دو بعدی بناهای خاک مسلح به‌ویژه تونل‌ها پرداخت. در همین راستا و بعد از بازگشت به ایران «شرکت خاک مسلح ایران» در سال ۱۳۵۴ با مشارکت خاک مسلح بین‌المللی متعلق به هانری ویدال تأسیس شد.

پروژه‌های مختلفی با این روش اجرا شده که از جمله آنها دیوارهای نگهبان طرفین بزرگراه مدرس و طرفین بازو تونل رسالت و ... می‌توان نام برد. ویژگی روش خاک مسلح به‌کارگیری عوامل طولی مقاوم در برابر کشش در خاک است که تسمه‌های بیشتر فولادی گالوانیزه و گهگاه غیرفلزی بود. به این ترتیب روش سابقه‌ای ۴۵ ساله در ایران دارد و از رشد قابل توجهی در این مدت برخوردار بوده است.

کتاب "Earth Reinforcement" تهیه شده توسط F.H.W.A. (مدیریت بزرگراه‌های آمریکا) که توسط جناب آقای دکتر عطرجیان ترجمه شده نمونه اقبال روش در ایالات متحده آمریکا نیز هست که البته به‌کارگیری آن از همان سال‌های ۱۹۶۰ عملی شده بود. نتایج کتاب بیشتر دست بالا است و مناسب کشور ثروتمندتری چون ایالت متحده است.

به هر صورت دکتر عطرجیان و همکار ایشان آقای مهندس نیازی زحمت زیادی متحمل شده‌اند و مطالعه کارشان توصیه می‌شود.

فهرست

فصل ۱: مقدمه	۲۳
۱-۱- اهداف	۲۳
۱-۱-۱. محدوده مطالب	۲۴
۱-۱-۲. اسناد و مدارک مرجع	۲۴
۱-۱-۳. واژگان فنی	۲۵
۱-۲. پیشینه پیشرفت‌ها	۲۷
۱-۳. طراحی به روش بار و مقاومت ضریب‌دار (LRFD)	۳۳
فصل ۲: ارزیابی پروژه و سیستم‌ها	۳۷
۱-۲- کاربردها	۳۷
۱-۲-۱. دیوارهای MSE	۳۷
۱-۲-۲. سازه‌های RSS	۳۹
۲-۲. مزایا و معایب محتمل	۴۱
۱-۲-۲. مزایای دیوارهای MSE	۴۱
۲-۲-۲. مزایای سازه‌های RSS	۴۲
۳-۲-۲. معایب محتمل	۴۲
۳-۲. هزینه‌های مرتبط	۴۳
۴-۲. تشریح سیستم‌های MSE و RSS	۴۶
۱-۴-۲. تفاوت بین سیستم‌ها	۴۶

۴۶	۲-۴-۲. انواع سیستم‌ها.....
۴۷	۲-۴-۳. سیستم‌های روکش.....
۵۱	۲-۴-۴. انواع تسلیح.....
۵۲	۲-۴-۵. مصالح خاگریز مسلح.....
۵۳	۲-۴-۶. متعلقات تکمیلی مصالح ساخت.....
۵۴	۲-۵. مراحل ساخت.....
۵۴	۲-۵-۱. ساخت سیستم‌های MSEW با روکش پانلی پیش‌ساخته.....
۵۹	۲-۵-۲. ساخت سیستم‌های MSE با روکش انعطاف‌پذیر.....
۶۲	۲-۵-۳. ساخت سازه‌های RSS.....
۶۳	۲-۶. ارزیابی سایت.....
۶۳	۲-۶-۱. اکتشاف سایت.....
۶۴	۲-۶-۲. بازدیدها و شناسایی محلی.....
۶۴	۲-۶-۳. اکتشافات زیرسطحی.....
۶۶	۲-۶-۴. آزمایش‌های آزمایشگاهی.....
۶۷	۲-۶-۵. خاک‌های فونداسیون.....
۶۸	۲-۷. ارزیابی پروژه.....
۶۸	۲-۷-۱. عوامل انتخاب سازه.....
۶۹	۲-۷-۲. شرایط توپوگرافی و زمین‌شناسی.....
۷۰	۲-۷-۳. شرایط محیط پیرامون.....
۷۱	۲-۷-۴. اندازه و طبیعت سازه.....
۷۲	۲-۷-۵. مسائل زیباشناختی.....
۷۲	۲-۷-۶. کاربردهای غیر رسمی.....
۷۳	۲-۸. تعیین معیارهای پروژه.....
۷۳	۲-۸-۱. گزینه‌های جایگزین.....

۷۴	۲-۸-۲. ملاحظات روکش
۷۴	۳-۸-۲. معیارهای عملکرد
۸۰	۴-۸-۲. عمر طراحی
۸۰	۹-۲. جنبه‌های اختصاصی کار
۸۰	۱۰-۲. مطالعات موردی-دیوارهای MSE
۸۰	۱-۱۰-۲. دیوار MSE-پروژه Crosstown در مینه‌سوتا
۸۲	۲-۱۰-۲. دیوارهای MSE برای تکیه‌گاه اصلی پروژه روگذر یادبود جانبازان
۸۴	۳-۱۰-۲. دیوار MSE-توسعه باند فرودگاه SeaTac
۸۴	۴-۱۰-۲. بازسازی جاده Guanella
۸۷	فصل ۳: اصول تسلیح خاک و طراحی سیستم
۸۷	۱-۳. بررسی اجمالی
۸۸	۲-۳. تدوین خصوصیات مهندسی خاک حائل شده و خاکریز مسلح
۸۸	۱-۲-۳. جنس مصالح خاکریز مسلح
۹۵	۲-۲-۳. مصالح پشت خاکریز و خاک طبیعی حائل شده
۹۶	۳-۲-۳. خصوصیات الکتروشیمیایی
۹۶	۳-۳. مفهوم خاک مسلح
۹۷	۱-۳-۳. مکانیزم انتقال تنش
۹۸	۲-۳-۳. نوع عملکرد عامل تسلیح
۹۸	۳-۳-۳. خصوصیات هندسی
۱۰۰	۴-۳. مفاهیم اندرکنش نرمالیزه شده تسلیح-خاک
۱۰۰	۱-۴-۳. ارزیابی عملکرد پول‌اوت
۱۰۱	۲-۴-۳. ارزیابی و تخمین ظرفیت پول‌اوت عامل تسلیح در سازه‌های MSE
۱۰۶	۳-۴-۳. برش در سطح مشترک
۱۰۶	۵-۳. تدوین ویژگی‌های طراحی سازه‌ای

۱۰۷	۱-۵-۳. خصوصیات مقاومتی تسلیح فولادی
۱۱۲	۲-۵-۳. ویژگی‌های مقاومتی تسلیح ژئوسنتتیک
۱۱۵	۳-۵-۲-الف. مقاومت کششی نهایی، T_{ult}
۱۱۵	۳-۵-۲-ب. ضریب کاهش آسیب حین اجرا، RF_{ID}
۱۱۶	۳-۵-۲-ج. ضریب کاهش خزش، RF_{CR}
۱۱۷	۳-۵-۲-د. ضریب کاهش ماندگاری، RF_D
۱۲۲	۳-۵-۲-ه. ضریب کاهش ماندگاری، RFD ، در قطعات روکش دیوار
۱۲۳	۳-۵-۲-و. ضریب مقاومت تسلیح ژئوسنتتیک در روش $LRFD-\phi$
۱۲۴	۳-۵-۲-ز. ضریب کاهش طراحی مقادماتی، RF
۱۲۵	۳-۵-۲-ط. حالت بهره‌برداری حدی
۱۲۵	۳-۶. مصالح روکش
۱۲۶	۳-۶-۱. پانل‌های پیش ساخته بتنی
۱۲۶	۳-۶-۱-الف. پانل‌های پازلی
۱۲۷	۳-۶-۱-ب. پانل‌های یکپارچه (تمام قد در ارتفاع دیوار)
۱۲۸	۳-۶-۲. دیوار با روکش بلوک‌های مدولار
۱۳۰	۳-۶-۳. روکش از جنس مش‌های سیمی جوش شده
۱۳۱	۳-۶-۴. روبه ژئوسنتتیک
۱۳۲	۳-۶-۵. سایر روکش‌ها
۱۳۴	۳-۶-۶. روکش‌های دو مرحله‌ای
۱۳۵	فصل ۴: طراحی دیوارهای MSE
۱۳۶	۴-۱. روش طراحی و روش‌های آنالیز
۱۳۶	۴-۱-۱. طراحی به روش بارها و مقاومت ضریب‌دار- $LRFD$
۱۳۶	۴-۱-۲. روش‌های تحلیل
۱۳۷	۴-۲. بارها و ترکیب بارها

۱۴۰	۳-۴. طراحی دیوارهای MSE با استفاده از روش LRFD
۱۴۱	۱-۳-۴. مراحل طراحی
۱۴۲	۴-۴. رهنمودهای طراحی دیوار MSE
۱۴۲	۱-۴-۴. مرحله ۱- تعیین الزامات پروژه
۱۴۳	۲-۴-۴. مرحله ۲- تعیین پارامترهای پروژه
۱۴۵	۴-۴-۴. مرحله ۴- تعریف بارهای اسمی
۱۴۹	۵-۴-۴. مرحله ۵- تهیه لیست ترکیبات بار، ضرایب بار و ضرایب مقاومت
۱۵۰	۶-۴-۴. مرحله ۶- ارزیابی پایداری خارجی
۱۵۱	۶-۴-۴. الف. ارزیابی پایداری در برابر لغزشی
۱۵۳	۶-۴-۴. ب. کنترل خروج از مرکزیت (واژگونی)
۱۵۶	۶-۴-۴. ج. ارزیابی با بر روی فونداسیون
۱۶۰	۶-۴-۴. د. ارزیابی نشست
۱۶۰	۷-۴-۴. مرحله ۷- ارزیابی پایداری داخلی
۱۶۱	۷-۴-۴. الف. انتخاب نوع عامل تسلیح
۱۶۳	۷-۴-۴. ب. تعریف سطح لغزش بحرانی
۱۶۳	۷-۴-۴. ج. تعریف بارهای بدون ضریب
۱۶۶	۷-۴-۴. د. تعیین نحوه آرایش قائم عوامل تسلیح خاک
۱۶۷	۷-۴-۴. ه. محاسبه نیروهای کششی ضربدار در لایه‌های تسلیح
۱۷۴	۷-۴-۴. و. محاسبه مقاومت تسلیح خاک
۱۷۵	۷-۴-۴. ز. درجه مقاومت و یا تعداد المان تسلیح را در هر تراز انتخاب کنید
۱۷۶	۷-۴-۴. ح. پایداری داخلی با توجه به گسیختگی پول‌اوت
۱۷۸	۷-۴-۴. ط. کنترل مقاومت اتصالات
۱۸۲	۷-۴-۴. ی. جابه‌جایی‌های جانبی
۱۸۳	۷-۴-۴. ک. جابه‌جایی قائم و صفحات باربر (صفحات تسطیح)
۱۸۳	۸-۴-۴. مرحله ۸- طراحی المان‌های روکش

۱۸۳	۴-۸-الف. طراحی روکش‌های بتنی، فولادی و چوبی (الوار)
۱۸۴	۴-۸-ب. طراحی روکش‌های دیوار انعطاف‌پذیر
۱۸۵	۴-۹. مرحله ۹-ارزیابی پایداری کلی (گلوبال)
۱۸۷	۴-۱۰. مرحله ۱۰-ارزیابی پایداری مرکب
۱۸۹	۴-۱۱. مرحله ۱۱-سیستم‌های زهکشی دیوار
۱۹۰	۴-۱۱-الف. زهکشی زیرسطحی
۱۹۰	۴-۱۱-ب. رواناب سطحی
۱۹۰	۴-۱۱-ج. آب شستگی
۱۹۱	۴-۵. دیوارهای موقت
۱۹۱	۴-۶. چک لیست‌های طراحی
۱۹۲	۴-۷. طراحی به کمک کامپیوتر
۱۹۲	۴-۸. طراحی‌های پیمانکار
۱۹۳	۴-۹. طراحی‌های استاندارد دیوارهای MSE
۱۹۷	فصل ۵: جزئیات دیوار MSE
۱۹۷	۵-۱. المان‌های بالای دیوار
۱۹۸	۵-۱-۱. قرنیزها
۲۰۰	۵-۱-۲. موانع ترافیکی
۲۰۱	۵-۱-۳. جان پناه
۲۰۱	۵-۱-۴. اجرای موانع بعد از ساخت دیوار
۲۰۲	۵-۱-۵. زهکشی مربوط به المان‌های بالای دیوار
۲۰۲	۵-۲. المان‌های پایین دیوار
۲۰۴	۵-۳. زهکشی
۲۰۵	۵-۳-۱. سیستم زهکشی داخلی
۲۱۲	۵-۳-۲. زهکشی خارجی

۲۱۹	۳-۳-۵. الزامات توأم فیلتراسیون و زهکشی
۲۲۸	۴-۳-۵. نگهداری و محافظت از سیستم زهکش
۲۲۹	۴-۵. جزئیات داخلی
۲۲۹	۱-۴-۵. تماس بین فلزات غیر هم جنس
۲۲۹	۲-۴-۵. موانع و انسداد عمودی در توده خاک مسلح
۲۳۴	۳-۴-۵. موانع افقی در توده خاک مسلح
۲۳۶	۴-۴-۵. منافذ در رویه دیوار
۲۳۸	۵-۴-۵. درزهای لغزش
۲۳۹	۶-۴-۵. قوس‌های دیوار
۲۴۱	۷-۴-۵. کنج‌های دیوار
۲۴۲	۷-۴-۵. روکش دو مرحله‌ای
۲۴۴	۵-۵. شروع و خاتمه دیوار
۲۴۵	۶-۵. مسائل زیبایی شناسی
۲۴۹	فصل ۶: طراحی دیوارهای MSE با هندسه پیچیده
۲۵۱	۱-۶. دیوارهای MSE به‌عنوان پایه پل
۲۵۱	۱-۱-۶. پایه‌های MSE بر روی فونداسیون‌های گسترده
۲۵۴	۲-۱-۶. پایه‌های MSEW واقع بر روی فونداسیون‌های کوچک مستقر بر روی فونداسیون‌های عمیق در داخل خاک مسلح
۲۵۸	۳-۱-۶. ساختار جایگزین برای دیوارهای MSE تکیه‌گاه پل
۲۵۹	۴-۱-۶. محافظت دیوار MSE در تکیه‌گاه
۲۶۰	۲-۶. دیوارهای الحاقی به (سوار بر) سازه موجود
۲۶۰	۱-۲-۶. دیوارهای الحاقی ۲ پله‌ای (2-Tier)
۲۶۲	۲-۲-۶. دیوارهای سوار بر هم چند پله‌ای (بیش از ۲ پله)
۲۶۳	۳-۶. دیوارهای MSE با طول تسلیح غیر یکسان (دیوارهای دوزنقه‌ای)

۲۶۴	۴-۶. دیوارهای MSE پشت به پشت (BBMSE).....
۲۶۵	۵-۶. دیوارهای SMSE مشرف به اراضی شیبدار و جاده‌های کم ترافیک.....
۲۷۲	۶-۶. دیوارهای SFMSE-دیوارهای MSE با نمای پایدار.....
۲۷۵	فصل ۷: طراحی دیوارهای MSE برای رویدادهای شدید.....
۲۷۵	۷-۱. لرزه‌ای.....
۲۷۶	۷-۱-۱. پایداری خارجی.....
۲۸۲	۷-۱-۲. پایداری داخلی.....
۲۸۴	۷-۱-۲-الف. گسیختگی کششی.....
۲۸۵	۷-۱-۲-ب. گسیختگی پول‌اوت.....
۲۸۶	۷-۱-۳. اتصال مسلح به روکش.....
۲۸۷	۷-۲. ضربات و سائل تخلیه.....
۲۸۸	۷-۲-۱. موانع ترافیکی (گاردیل‌ها).....
۲۹۰	۷-۲-۲. نرده‌ها.....
۲۹۱	۷-۳. آبشستگی و سیلاب‌های شدید.....
۲۹۳	صورت مسئله.....
۲۹۳	صورت مسئله مثال ۱-۱۰.....
۲۹۹	صورت مسئله مثال ۲-۱۰.....
۳۰۱	صورت مسئله مثال ۳-۱۰.....
۳۰۳	صورت مسئله مثال ۴-۱۰.....
۳۰۹	صورت مسئله مثال ۵-۱۰.....
۳۱۳	پیوست.....
۳۱۳	پیوست "الف" نمونه چک لیست.....
۳۲۷	منابع.....

فهرست جداول

جدول ۱-۱. خلاصه‌ای از جزئیات روکش‌های و تسلیح در سیستم‌های دیوار MSE.....	۲۹
جدول ۱-۲. لیست تولیدکنندگان ژئوتکستایل و ژئوگرید.....	۳۴
جدول ۱-۳. حداقل طول تسلیح.....	۷۷
جدول ۲-۲. حداقل عمق مدفون دیوارهای MSE.....	۷۷
جدول ۳-۲. رابطه بین عرض درز و محدودیت نشست‌های اختلافی در دیوارهای MSE با روکش پانلی پیش ساخته بتنی.....	۷۹
جدول ۱-۳. الزامات انتخاب مصالح خاکریز برای دیوارهای MSE.....	۸۹
جدول ۲-۳. الزامات مصالح خاکریز دانه‌ای برای سازه‌های RSS.....	۹۳
جدول ۳-۳. محدوده خصوصیات الکتروشیمیایی توصیه شده برای خاکریزهای مسلح با تسلیح فولادی.....	۹۶
جدول ۴-۳. محدوده خصوصیات الکتروشیمیایی توصیه شده برای خاکریزهای مسلح با تسلیح ژئوسنتتیک.....	۹۶
جدول ۵-۳. عملکرد پول‌اوت عامل تسلیح در خاک‌های دانه‌ای و خاک‌هایی با چسبندگی کم.....	۱۰۱
جدول ۶-۳. خلاصه پارامترهای طراحی ظرفیت پول‌اوت.....	۱۰۲
جدول ۷-۳. حداقل ضخامت پوشش گالوانیزه بر اساس ضخامت فولاد.....	۱۱۰
جدول ۸-۳. نرخ‌های خوردگی فولاد برای خاکریز مسلح با خوردگی متوسط.....	۱۱۰
جدول ۹-۳. ضریب کاهش آسیب‌های اجرایی، RF_{ID}	۱۱۶
جدول ۱۰-۳. مقاومت پیش‌بینی شده پلی‌مرها در برابر شرایط خاص خاک پیرامون.....	۱۱۸
جدول ۱۱-۳. ضریب کاهش ماندگاری (کهنسالی) برای پلی‌استرها.....	۱۲۰
جدول ۱۲-۳. حداقل الزامات برای استفاده از ضریب کاهش ماندگاری (RFD) در تسلیح ژئوسنتتیکی.....	۱۲۲
جدول ۱۳-۳. حداقل الزامات برای استفاده ضریب کاهش طراحی مقدماتی در تسلیح ژئوسنتتیکی.....	۱۲۵
جدول ۱۴-۳. الزامات تکمیلی دیوارهای MBW در مناطق سرد توصیه شده توسط.....	۱۲۹
جدول ۱-۴. ترکیبات بار و ضرایب بار معمول در دیوارهای.....	۱۳۸
جدول ۲-۴. ضرایب بار معمول در دیوارهای MSE برای بارهای دائم.....	۱۳۸
جدول ۳-۴. مراحل اصلی طراحی دیوار MSE ساده به روش LRFD.....	۱۴۲
جدول ۴-۴. ارتفاع معادل خاک، h_{eq} ، برای در نظر گرفتن بار ترافیک روی تکیه‌گاه‌های عمود بر ترافیک.....	۱۴۹

جدول ۴-۵. ضرایب مقاومت پایداری خارجی در دیوارهای	۱۵۰
جدول ۴-۶. ضرایب مقاومت باربری	۱۵۸
جدول ۴-۷. ضرایب مقاومت، ϕ ، برای مقاومت کششی و پول‌اوت در دیوارهای	۱۷۵
جدول ۴-۸. نمونه‌ای از طراحی استاندارد دیوار MSE با روکش MBW	۱۹۵
جدول ۵-۱. ضریب B به تبع مقادیر مختلف C_u برای خاک‌هایی با درصد عبوری کمتر از ۵۰٪ از الک نمره ۲۰۰	۲۲۲
جدول ۵-۲. مقادیر B و برای خاک‌هایی با درصد عبوری بیش از ۵۰٪ از الک نمره ۲۰۰ بر مبنای نوع ژئوتکستایل	۲۲۲
جدول ۵-۳. الزامات ماندگاری ژئوتکستایل	۲۲۴
جدول ۵-۴. حداقل خصوصیات توصیه شده برای بقاء ژئوممبرین‌ها حین نصب	۲۲۸

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱. سطح مقطع شماتیک از یک سازه MSE ۲۶
- شکل ۲-۱. مقطع عرضی سازه‌های شیروانی مسلح، با هدف: الف) افزایش پایداری شیب و ب) تامین تراکم بیشتر و پایداری کافی در لبه شیروانی (after Berg et al., 1990) ۲۷
- شکل ۱-۲. کاربردهای دیوار MSE ۳۸
- شکل ۲-۲. دیوارهای MSE برای نگهداری موقت پایه پل و خاکریز جاده ۳۸
- شکل ۳-۲. استفاده از دیوار MSE برای تکیه‌گاه موقت در ساخت مرحله‌ای یک خاکریز دائم جاده ۳۹
- شکل ۴-۲. کاربرد شیروانی‌های خاکی مسلح (RSS) ۴۱
- شکل ۵-۲. هزینه‌های ارزیابی شده از شیروانی‌های خاکی مسلح (RSS) ۴۵
- شکل ۶-۲. نمونه‌هایی از اشکال روکش دیوار MSE (رجوع کنید به شکل ۵-۲۳) ۴۸
- شکل ۷-۲. نمونه‌هایی از قطعات MBW موجود در بازار (NCMA, 1997) ۴۹
- شکل ۸-۲. چیدن پانل‌های پیش ساخته روکش بر روی هم ۵۵
- شکل ۹-۲. پخش کردن خاکریز و اتصال عوامل تسلیح ۵۶
- شکل ۱۰-۲. متراکم‌سازی خاکریز مسلح ۵۸
- شکل ۱۱-۲. مراحل اجرای دیوارهای MSE با روکش ژئوسنتتیک ۶۰
- شکل ۱۲-۲. جزئیات ساخت روکش ژئوسنتتیکی ۶۱
- شکل ۱۳-۲. انواع روکش دیوارهای مسلح شده با ژئوسنتتیک (after Wu, 1994) ۶۱
- شکل ۱۴-۲. ساخت شیروانی‌های مسلح، الف) استقرار ژئوگرید و ریختن خاکریز، ب) اجرای پوشش محافظ فرسایش خاکریز، ج) سطح نهایی با پوشش گیاهی با شیب ۱:۱ ۶۳
- شکل ۱۵-۲. منحنی تجربی برای تخمین جابه‌جایی نسبی حین ساخت برای دیوارهای MSE (after FHWA RD 89-043 {Christopher et al., 1990}) ۷۵
- شکل ۱۶-۲. الزامات عمق دفن دیوار MSE الف) پنجه مسطح، ب) پنجه شیروانی سکودار (dh): حداقل عمق شیروانی افقی و dS: حداقل عمق پنجه شیب‌دار است، طبق جدول ۲-۲) ۷۸
- شکل ۱۷-۲. ساخت دیوار MSE در پروژه Crosstown مینه‌سوتا، ۲۰۰۸ ۸۲
- شکل ۱۸-۲. روگذر یادبود جانبازان ۸۳
- شکل ۱۹-۲. تکیه‌گاه اصلی پل (دیوار MSE) ۸۳

- شکل ۲-۲۰. سطح مقطع شماتیک- پروژه روگذر یادبود جانبازان ۸۳
- شکل ۲-۲۱. دیوار MSE برای توسعه باند فرودگاه SeaTac ۸۴
- شکل ۲-۲۲. دیوار با روکش سیمی در پروژه Guanella ۸۶
- شکل ۲-۲۳. دیوار با روکش بتنی منقوش در پروژه Guanella ۸۶
- شکل ۳-۱. نمایش شماتیک امتداد ناحیه خاکریز مسلح در پشت ناحیه تسلیح ۹۴
- شکل ۳-۲. مکانیزم انتقال تنش در عامل تسلیح خاک ۹۷
- شکل ۳-۳. نسبت پوشش (S_p) ۹۹
- شکل ۳-۴. تعریف ابعاد شبکه برای محاسبه ظرفیت پول‌اوت ۱۰۳
- شکل ۳-۵. پارامترهای مقاومت اسمی تسلیح فلزی ۱۰۸
- شکل ۳-۶. نمایش مقاومت بلندمدت تسلیح ژئوستنتیکی ۱۱۳
- شکل ۳-۷. روکش با قطعات بتنی بزرگ با استقرار تسلیح بین قطعات ۱۳۳
- شکل ۳-۸. روکش با قطعات بتنی بزرگ، با اتصالات تسلیح مدفون شده ۱۳۳
- شکل ۳-۹. روکش ژئوسل همراه با پوشش گیاهی ۱۳۳
- شکل ۴-۱. ضرایب بار پایداری خارجی برای دیوارهای ساده ۱۳۹
- شکل ۴-۲. آنالیز خارجی: فشار زمین تحت زمین پشته افقی همراه با سربار ترافیکی (آشتو، ۲۰۰۷) ۱۴۶
- شکل ۴-۳. آنالیز خارجی: فشار زمین تحت زمین پشته شیبدار (آشتو، ۲۰۰۷) ۱۴۶
- شکل ۴-۴. آنالیز خارجی: فشار زمین تحت زمین پشته پله‌ای (آشتو، ۲۰۰۷) ۱۴۷
- شکل ۴-۵. علائم و نمادهای فشار زمین اکتیو کولمب برای شیب دیوار ۰ بزرگتر از ۱۰۰° استفاده شده است (آشتو، ۲۰۰۷) ۱۴۸
- شکل ۴-۶. مکانیزم‌های محتمل گسیختگی خارجی در دیوارهای MSE ۱۵۰
- شکل ۴-۷. محاسبه خروج از مرکزیت و تنش قائم برای کنترل باربری، برای زمین پشته افقی با سربار ترافیکی ۱۵۵
- شکل ۴-۸. محاسبه خروج از مرکزیت و تنش قائم برای کنترل باربری، برای زمین پشته شیبدار ۱۵۵
- شکل ۴-۹. موقعیت سطح گسیختگی محتمل در ارزیابی پایداری داخلی دیوارهای MSE (الف) با تسلیح بسط‌ناپذیر، (ب) با تسلیح بسط‌پذیر ۱۶۲
- شکل ۴-۱۰. تغییرات نسبت تنش جانبی (K_r/K_a) در عمق دیوارهای MSE (Elias and Christopher) ۱۶۲

- ۱۶۵.....1997; AASHTO; 2002; & after AASHTO, 2007)
- شکل ۴-۱۱. محاسبه تنش قائم برای پایداری داخلی زمانی که زمین پشته شیبدار است..... ۱۶۶
- شکل ۴-۱۲. توزیع تنش ناشی از بار قائم متمرکز، برای محاسبه پایداری داخلی و خارجی..... ۱۷۱
- شکل ۴-۱۳. توزیع تنش ناشی از بارهای افقی متمرکز..... ۱۷۲
- شکل ۴-۱۴. ارتفاع مشارکت بارتسلیج..... ۱۷۳
- شکل ۴-۱۵. تنش قائم اسمی در تراز تسلیج در ناحیه پسیو، زیر زمین پشته شیبدار..... ۱۷۷
- شکل ۴-۱۶. جزئیات اتصال (مقطع عرضی پانل بتنی پازلی)..... ۱۷۹
- شکل ۴-۱۷. تعیین ارتفاع لولا برای دیوارهای MSE با روکش بلوک بتنی مدولار..... ۱۸۱
- شکل ۴-۱۸. هندسه‌های معمولی که مسئله پایداری مرکب در آنها مطرح است زمین پشته شیبدار و مرتفع در بالای دیوار؛ دیوارهای پلکانی؛ شیب در پنجه دیوار؛ حضور آب زیرزمینی در پنجه شیروانی..... ۱۸۹
- شکل ۴-۱۹. نمونه‌ای از طراحی استاندارد سازه MSEW (Minnesota DOT, 2008)..... ۱۹۶
- شکل ۵-۱. جزئیات اتصال دیوارهای MSE..... ۱۹۸
- شکل ۵-۲. نمونه‌ای از مانع ترافیکی در دیوار MSE..... ۲۰۱
- شکل ۵-۳. صفحات برابر..... ۲۰۳
- شکل ۵-۴. منابع و مسیرهای محتمل جریان آب..... ۲۰۶
- شکل ۵-۵. نمونه‌ای از آرایش فیلتر در درز بین پانل‌های روکش پیش ساخته پازلی..... ۲۰۷
- شکل ۵-۶. جزئیات زهکش از مصالح دانه‌ای (شنی) و فیلتر در سطح قطعات روکش بلوک مدولار..... ۲۰۸
- شکل ۵-۷. آرایش فیلتر ژئوتکستایل در نزدیکی سطح برای روکش سیمی جوش شده..... ۲۰۹
- شکل ۵-۸. جزئیات پتوی زهکش در پشت مصالح خاکریز حائل شده..... ۲۱۰
- شکل ۵-۹. جزئیات زهکشی با استفاده از زهکش‌های ژئوکامپوزیتی در دیوار MSE..... ۲۱۰
- شکل ۵-۱۰. جزئیات زهکشی با استفاده از پتوی زهکش و زهکش دودکشی (Collin et al., 2002)..... ۲۱۱
- شکل ۵-۱۱. جزئیات دیوار با امکان آب گرفتگی یا طیفان..... ۲۱۲
- شکل ۵-۱۲. نمونه‌ای از یک سرریز مخصوص جریان‌های شدید در قسمت بالای دیوار MSE..... ۲۱۴
- شکل ۵-۱۳. جزئیات جوی زهکش در بالای دیوار..... ۲۱۵
- شکل ۵-۱۴. الف) جزئیات غشای نفوذناپذیر ژئوممبرین، ب) نصب ژئوممبرین به خاطر رواناب حاوی نمک

- ضدبند، ج) نصب ژئوممبرین در اطراف ورودی منهول ۲۱۷
- شکل ۵-۱۵. نشت نامطلوب آب به داخل پیاده‌رو ناشی از شیب‌بندی نامناسب (Collin et al., 2002) ۲۱۸
- شکل ۵-۱۶. نمونه‌ای از فرسایش سطحی توسط جریان آب در پایین دیوار MSE ۲۱۹
- شکل ۵-۱۷. مثال‌هایی از کنار زدن مانع قائم بدون بریدن المان تسلیح ۲۳۱
- شکل ۵-۱۸. موانع قائم در توده خاک مسلح با روکش پیش‌ساخته پازلی ۲۳۲
- شکل ۵-۱۹. نمونه‌ای از قاب سازه‌ای در اطراف مانع قائم ۲۳۳
- شکل ۵-۲۰. نمونه‌ای از جزئیات تسلیح در اطراف مانع قائم در توده تسلیح خاک با روکش بلوک مدولار ۲۳۴
- شکل ۵-۲۱. مانع افقی در دیوار MSE با تسلیح بسط‌ناپذیر ۲۳۵
- شکل ۵-۲۲. مانع افقی در دیوارهای MSE با تسلیح بسط‌پذیر ۲۳۶
- شکل ۵-۲۳. مثالی از کاربرد پانل‌های پشتیبان برای موانع افقی بزرگ ۲۳۶
- شکل ۵-۲۴. نمونه‌هایی از عبور لوله از میان پانل‌های روکش پیش‌ساخته پازلی ۲۳۷
- شکل ۵-۲۵. نمونه‌ای از عبور لوله از میان روکش بلوک مدولار ۲۳۸
- شکل ۵-۲۶. درزهای لغزشی در پانل‌های روکش پیش‌ساخته پازلی ۲۴۰
- شکل ۵-۲۷. درز لغزشی در روکش بلوک مدولار ۲۴۰
- شکل ۵-۲۸. نمونه‌ای از آرایش تسلیح ژئوگرید در دیوار قوس‌دار ۲۴۱
- شکل ۵-۲۹. جزئیات کنج دیوار ۲۴۲
- شکل ۵-۳۰. جزئیات اتصال برای سیستم روکش دو مرحله‌ای ۲۴۳
- شکل ۵-۳۱. جزئیات درز بین قطعات روکش پانل پیش‌ساخته پازلی و سازه C.I.P. ۲۴۵
- شکل ۵-۳۲. درز بین قطعات روکش بلوک مدولار و سازه C.I.P. ۲۴۵
- شکل ۵-۳۳. مثال‌هایی از زیباسازی نمای دیوار ۲۴۷
- شکل ۵-۳۴. مثال‌هایی از پایه‌های C.I.P. در مرز پانل‌های دیوار MSE ۲۴۷
- شکل ۶-۱. انواع سازه‌های MSE پیچیده ۲۵۰
- شکل ۶-۲. موقعیت سطح گسیختگی بحرانی و تغییرات پارامترهای K_r و F^* برای آنالیز پایه MSEW مستقر بر روی فونداسیون گسترده ۲۵۲
- شکل ۶-۳. جزئیات پایه‌های MSEW متکی بر شمع‌های عمیق ۲۵۵
- شکل ۶-۴. تعریف هندسه و توزیع فشار جانبی مکمل از فونداسیون عمیق بر سطح دیوار MSE ۲۵۶

- شکل ۵-۶. مثالی از استفاده دیوار روکش ژئوسنتتیک در پشت تکیه‌گاه کامل ۲۵۹
- شکل ۶-۶. جزئیات محل نشیمن تکیه‌گاه ۲۵۹
- شکل ۷-۶. قوانین طراحی سیستم دیوار الحاقی ۲ پله‌ای ۲۶۱
- شکل ۸-۶. تعریف ابعاد در دیوار MSE با طول تسلیح غیر یکسان ۲۶۳
- شکل ۹-۶. دیوارهای پشت به پشت ۲۶۴
- شکل ۱۰-۶. سطح مقطع دیوار SMSE مشرف به اراضی شیبدار (Morrison et al., 2006) ۲۶۶
- شکل ۱۱-۶. حداقل هندسه توصیه شده در سیستم دیوار SMSE مشرف به اراضی شیبدار ۲۶۸
- شکل ۱۲-۶. موقعیت سطوح گسیختگی محتمل در طراحی پایداری داخلی دیوارهای SMSE ۲۶۹
- شکل ۱۳-۶. توزیع تنش ناشی از بار قائم متمرکز در محاسبات پایداری داخلی و خارجی (Morrison et al., 2006) ۲۷۰
- شکل ۱۴-۶. محاسبات T_{max} و ارزیابی مقاومت پول‌اوت (Morrison et al., 2006) ۲۷۱
- شکل ۱۵-۶. نمونه‌ای از سطوح گسیختگی مرکب و پایداری گلوبال (Morrison et al., 2006) ۲۷۲
- شکل ۱۶-۶. حداقل هندسه توصیه شده برای سیستم دیوار SFMSE ۲۷۴
- شکل ۱-۷. تعریف ارتفاع‌ها برای آنالیز لرزه‌ای ۲۷۷
- شکل ۲-۷. استفاده از روش پایداری شیروانی برای محاسبه فشار لرزه‌ای زمین ۲۸۰
- شکل ۳-۷. پروسه تعیین ky (Anderson et al., 2008) ۲۸۱
- شکل ۴-۷. مرز بین مناطق WUS و CEUS (Anderson et al. 2008) ۲۸۲
- شکل ۵-۷. پایداری لرزه‌ای داخلی دیوار MSE ۲۸۳
- شکل ۶-۷. مقایسه نیروی ضربه‌ای استاتیکی و دینامیکی با حداکثر جابه‌جایی ۲۵ م.م ۲۸۸
- شکل ۱-۱۰. هندسه شیروانی مسلح ۲۹۳
- شکل ۲-۱۰. تقسیم‌بندی‌ها برای آنالیز شیروانی مسلح ۲۹۴