

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی - گروه عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد <<M.Sc.>>

گرایش: مکانیک خاک و پی

عنوان:

مطالعه عددی خاکریز مسلح شده با ژئوتکستایل بر روی بستر

ماسه‌ای خشک و اشباع

استاد راهنما: دکتر ابراهیم صفا

استاد مشاور: دکتر محمد رضا عطرچیان

پژوهشگر: مهیار کمانی

تابستان 1390

تقدیم به پدر، مادر و برادر عزیزم

که در تمامی مراحل زندگی صبورانه روشن‌گر راهم بودند.

تشکر و قدردانی

خدایا هر زمان از حوادث گیتی رنجور شدم، به تو پناه آوردم و سختی بار مصائب را با نوازش عشق تو چه آسان به منزل رساندم و هر زمان تو را یاد کردم، انیسی مهربان و دوستی نازنین در کنارم یافتیم. ولی افسوس که دامنه لغت کوتاه است و هیجان ضمیرم بی پایان و کو آن واژه ای که بتواند ترجمان بندگی و سپاسم باشد. گرچه در بیانم ننگجد ولی بپذیر سپاسم را، به پاس تمام لحظه‌های بودنم و اینکه طی این مرحله بی لطف تو ممکن نبود. از استادان گرانمایه ام آقایان دکتر ابراهیم صفا و دکتر محمدرضا عطرچیان که افتخار شاگردیشان را داشتیم و با راهنمایی‌های دلسوزانه‌شان در تمامی مراحل اجرای پایانامه مرا یاری دادند کمال تشکر را دارم. همچنین از آقایان مهندس عبدالله اسماعیلیان، مهندس رحمتی و دوست عزیزم مهندس اشکان شرفایی به سبب راهنمایی‌های بی دریغشان در امر انجام این تحقیق بسیار سپاسگذارم.

فهرست مطالب

1..... لیست شکل ها، نمودارها و جدول ها

فصل اول - توصیف ژئوسنتتیکها و اهداف پروژه

2..... 1-1- مقدمه

3..... 1-2- توصیف کلی ژئوسنتتیکها

4..... 1-3- ترکیبات و اجزا

7..... 1-4- ساختار ژئوسنتتیکها

7..... 1-4-1- الیاف بافته شده (woven Fabrics)

8..... 1-4-2- الیاف بافته نشده (Non Woven fabrics)

8..... 1-4-3- الیاف بهم گره خورده (knitted fabrics)

9..... 1-4-4- مشها (Meshes)

11..... 1-4-5- شبکهها (Grids)

12..... 1-5- خواص اصلی ژئوسنتتیکها

13..... 1-5-1- وزن واحد سطح

- 14.....1-5-2- اندازه حفرات.....
- 15.....1-5-3- اصطکاک سطحی.....
- 16.....1-5-4- قابلیت نفوذ آب.....
- 17.....1-5-5- پایداری و دوام.....
- 18.....1-6- بررسی و اندازه‌گیری خواص ژئوسنتتیک‌ها.....
- 22.....1-7- کاربرد ژئوسینتتیک‌ها در مهندسی عمران.....
- 24.....1-8- انواع ژئوسینتتیک.....
- 24.....1-8-1- ژئوگریدها.....
- 25.....1-8-2- ژئونت‌ها.....
- 26.....1-8-3- ژئوممبرن‌ها.....
- 26.....1-8-4- ژئوکامپوزیت‌ها.....
- 27.....1-8-5- ژئوتکستایل‌ها.....
- 29.....1-5-8-1- تاریخچه ژئوتکستایل.....
- 30.....1-5-8-2- کاربردهای عمده ژئوتکستایل.....

- 36.....1-8-5-3- مکانیسم‌های عملکردی ژئوتکستایل
- 36.....1-8-5-3-1- جداسازی
- 37.....1-8-5-3-2- فیلتراسیون
- 40.....1-8-5-3-3- زهکشی
- 42.....1-8-5-3-4- سازگاری دراز مدت
- 42.....1-8-5-3-5- مانع رطوبت
- 42.....1-8-5-3-6- مسلح سازی
- 46.....1-9- بستر زمین
- 47.....1-10- هدف پژوهش

فصل دوم- مروری بر تحقیقات گذشته

- 50.....2-1- مقدمه
- 50.....2-2- تحقیقات انجام شده
- 50.....2-2-1- Kamal, Pauleen Lane and Heshmati
- 51.....2-2-2- Baker & Tavassoli

- 53.....Mu & Sloan -3-2-2
- 54.....Helwany & Nelson & Barry & Jonathan -4-2-2
- 57.....لشکری، غفوری و شهبازی -5-2-2
- 58.....Sharma & Bolton -6-2-2
- 61.....Borges & Carlos -7-2-2
- 63.....غیاثیان و نوری دلاور -8-2-2
- 65.....چوباستی، فرخزال، صفائی و براری -9-2-2
- 66.....Farshid amini & jaideep chatterjee -10-2-2
- 68.....Benjamin, bueno& zorberg -11-2-2
- 70.....ابراهیمی، اسماعیلی و سنائی مقدم -12-2-2
- 71.....محمد حسین کلاهچی -13-2-2

فصل سوم - نرم افزار اجزا محدود (Plaxis v8.2)

- 74.....1-3 مقدمه
- 75.....2-3 آشنایی اجمالی با روند کار نرم افزار plaxis

75.....	1-2-3 کلیات.....
77.....	2-2-3 روند کار دقیق جهت پروژه.....
78.....	1-2-2-3 نقاط (points).....
78.....	2-2-2-3 خطوط (lines).....
78.....	3-2-2-3 عرصه‌ها (clusters).....
81.....	4-2-2-3 بخش ورودی (Input).....
108.....	5-2-2-3 محاسبات.....

فصل چهارم - Case study و مدل‌سازی

124.....	1-4 مقدمه.....
124.....	2-4 Case studies.....
124.....	1-2-4 خاکریز اجرا شده در بانکوک تایلند.....
127.....	2-2-4 راه آهن سریع‌السیر قم اصفهان.....
129.....	1-2-2-4 خاکریز با بستر ماسه‌ای.....
130.....	2-2-2-4 خاکریز با بستر کنگلومرا.....
132.....	3-2-4 راه آهن مشهد یزد.....

- 132..... 4-2-3-1- خاکریز بدون ژئوتکستایل
- 134..... 4-2-3-2- خاکریز با یک لایه ژئوتکستایل
- 136..... 4-3- روند ساخت مدل
- 141..... 4-4- معرفی مصالح و مدل‌ها و متغیرها
- 149..... 4-5- متغیرها

فصل پنجم - مدل خاک سخت شونده (hardening soil modeling)

- 151..... 5-1- کلیات
- 153..... 5-2- رابطه هذلولی برای آزمایش سه محوری زهکشی شده استاندارد
- 156..... 5-3- تقریب هذلولی بوسیله خاک سخت شده
- 160..... 5-4- کرنش حجمی پلاستیک برای حالت‌های سه محوری تنش
- 162..... 5-5- پارامترهای مدل خاک سخت شده
- 164..... 5-6- مدول سختی E_{ref} ، E_{ref}^{50} و توان m
- 166..... 5-7- پارامترهای پیشرفته
- 167..... 5-8- قطع اتساع
- 169..... 5-9- درباره کلاهدک سطح تسلیم مدل خاک سخت شده

فصل ششم: تحلیل نتایج

- 175.....1-6- تغییر ارتفاع خاکریز.....
- 185.....2-6- تغییر در EA ژئوتکستایل.....
- 197.....3-6- قرار دادن ژئوتکستایل در مرز خاکریز و بستر.....
- 205.....4-6- تغییر تعداد لایه‌های ژئوتکستایل.....
- 214.....5-6- تغییر طول لایه‌های ژئوتکستایل.....
- 218.....6-6- تغییر در جهت چینش ژئوتکستایل.....
- 218.....1-6-6- چینش ژئوتکستایل در لبه و وسط خاکریز.....
- 222.....2-6-6- چینش ژئوتکستایل با فاصله برابر در بالا و پایین خاکریز.....
- 235.....7-6- شیب خاکریز.....
- 244.....8-6- جنس متفاوت خاکریز.....
- 252.....9-6- تغییر در بستر خاکریز.....
- 260.....10-6- بررسی تغییر فاصله ژئوتکستایل‌ها.....
- 270.....11-6- بررسی اثر تغییر توام شیب خاکریز و تعداد ژئوتکستایل.....

278.....12-6- بررسی وضعیت ژئوتکستایل های 4 مدل خاکریز.....

282..... فصل هفتم - نتیجه گیری.....

287..... پیشنهادات برای تحقیقات آینده.....

288..... منابع و مراجع.....

291..... چکیده لاتین.....

لیست جدول‌ها، نمودارها و شکل‌ها

جدول‌ها:

- جدول (1-1) - خواص اساسی ژئوسنتتیک‌ها 13
- جدول (2-1) - مشخصات کلی انواع ژئوسنتتیک 23
- جدول (1-2) - مدل‌های المان تسلیح استفاده شده در آزمایش 63
- جدول (1-3) - نحوه محاسبه EA 84
- جدول (1-4) - خواص مصالح خاکریز و بستر 129
- جدول (2-4) - خواص مصالح خاکریز و بستر 130
- جدول (3-4) - خواص مصالح خاکریز و بستر 134
- جدول (4-4) - خواص مصالح خاکریز و بستر 134
- جدول (4-5-الف) - خصوصیات خاک‌های استفاده شده در مدلسازی 142
- جدول (4-5-ب) - خصوصیات خاک‌های استفاده شده در مدلسازی 142
- جدول (6-4) - مدل‌های ساخته شده در Plaxis 143

جدول (6-1) - میزان جابجائی افقی و قائم خاکریز با بستر خشک و درصد افزایش آن با افزایش

ارتفاع.....176

جدول (6-2) - میزان جابجائی افقی و قائم خاکریز با بستر اشباع و درصد افزایش آن با افزایش

ارتفاع.....177

جدول (6-3) - درصد تغییر جابجائی‌های قائم و افقی خاکریز در حالت اشباع و خشک در

ارتفاع‌های مختلف.....178

جدول (6-4) - تغییر توام بستر و ارتفاع خاکریز و تغییر میزان جابجائی افقی و قائم آن.....179

جدول (6-5) - میزان جابجائی افقی و قائم خاکریز بر روی بستر سست خشک.....181

جدول (6-6) - مقایسه میزان جابجائی افقی و قائم خاکریز با تغییر همزمان ارتفاع و تعداد ژئوتکستایل.....181

جدول (6-7) - میزان جابجائی‌های قائم و افقی خاکریز روی بستر خشک با تغییر EA.....186

جدول (6-8) - میزان جابجائی‌های قائم و افقی خاکریز روی بستر اشباع با تغییر EA.....187

جدول (6-9) - مقایسه جابجائی افقی و قائم در حالت بستر اشباع و خشک.....187

جدول (6-10) - میزان جابجائی‌های قائم و افقی خاکریز روی بستر اشباع با تغییر EA.....190

جدول (6-11) - مقدار جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری ژئوتکستایل با تغییر EA.....190

جدول (6-12) - آهنگ تغییر جابجائی قائم ژئوتکستایل در حالت بستر خشک و اشباع.....190

- جدول (6-13) - جابجائی قائم و افقی خاکریز در حالت بستر خشک.....198
- جدول (6-14) - جابجائی قائم و افقی خاکریز در حالت بستر اشباع.....198
- جدول (6-15) - مقایسه حالت اشباع و خشک خاکریز ماسه‌ای.....199
- جدول (6-16) - جابجائی افقی و قائم خاکریز.....200
- جدول (6-17) - جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری ژئوتکستایل در خاکریز ماسه‌ای (sand 7).....201
- جدول (6-18) - مقایسه آهنگ تغییر جابجائی قائم ژئوتکستایل حالت خشک و اشباع.....201
- جدول (6-19) - جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری ژئوتکستایل در خاکریز رسی (clay 1).....202
- جدول (6-20) - مقایسه جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری ژئوتکستایل در خاکریز رسی و ماسه‌ای.....202
- جدول (6-21) - مقدار جابجائی افقی و قائم خاکریز با افزایش تعداد ژئوتکستایل بر روی بستر خشک.....205
- جدول (6-22) - مقدار جابجائی افقی و قائم خاکریز با افزایش تعداد ژئوتکستایل بر روی بستر اشباع.....206
- جدول (6-23) - مقایسه جابجائی قائم و افقی خاکریز در حالت اشباع و خشک.....207
- جدول (6-24) - جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری ژئوتکستایل با افزایش تعداد آنها.....210
- جدول (6-25) - ماکزیمم و مینیمم نیروی محوری و جابجائی افقی ژئوتکستایل.....210

- جدول (6-26) - زیر آهنگ تغییر جابجائی قائم اشباع و غیر اشباع.....211
- جدول (6-27) - جابجائی قائم و افقی خاکریز با تغییر طول ژئوتکستایل در حالت بستر خشک.....217
- جدول (6-28) - جابجائی قائم و افقی خاکریز با تغییر طول ژئوتکستایل در حالت بستر اشباع.....216
- جدول (6-29) - مقایسه جابجائی افقی و قائم خاکریز در حالت اشباع و خشک.....216
- جدول (6-30) - جابجائی افقی و قائم خاکریز.....218
- جدول (6-31) - مقایسه جابجائی افقی و قائم دو نوع خاکریز.....218
- جدول (6-32) - جابجائی افقی و قائم خاکریز با چینش ژئوتکستایل در لبه خاکریز.....219
- جدول (6-33) - مقایسه جابجائی افقی و قائم خاکریز در دو نوع چینش ژئوتکستایل.....219
- جدول (6-34) - جابجائی افقی و قائم خاکریز با چینش ژئوتکستایل در بالا و پایین خاکریز.....222
- جدول (6-35) - جابجائی قائم، افقی و نیروی محوری ژئوتکستایل در حالت خشک و اشباع.....223
- جدول (6-36) - اثر جنس خاکریز بر جابجائی قائم، افقی و نیروی محوری ژئوتکستایل.....224
- جدول (6-37) - جابجائی قائم، افقی و نیروی محوری ژئوتکستایل در دو حالت چینش وسط و لبه خاکریز.....224
- جدول (6-38) - اثر چینش بالا یا پایین ژئوتکستایل روی جابجائی و نیروی ژئوتکستایل.....225

- جدول (6-39) - جابجائی قائم و افقی خاکریز با بستر خشک و اشباع.....235
- جدول (6-40) - مقایسه جابجائی افقی و قائم خاکریز در حالت خشک و اشباع.....236
- جدول (6-41) - ماکزیمم و مینیمم جابجائی قائم ژئوتکستایلها با تغییر زاویه شیب خاکریز.....238
- جدول (6-42) - جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری ژئوتکستایل در حالت خشک و اشباع.....239
- جدول (6-43) - جابجائیهای افقی و قائم خاکریز با جنسهای مختلف.....245
- جدول (6-44) - جابجائی افقی و قائم خاکریز باجنسهای مختلف.....246
- جدول (6-45) - جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری ژئوتکستایل.....248
- جدول (6-46) - ماکزیمم-مینیمم جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری ژئوتکستایلها.....248
- جدول (6-47) - جابجائیهای افقی و قائم خاکریز با تغییر جنس بستر خاکریز.....253
- جدول (6-48) - مقایسه جابجائی افقی و قائم خاکریز در حالت بستر خشک و اشباع.....253
- جدول (6-49) - درصد افزایش جابجائی قائم ژئوتکستایل در حالت بستر خشک و اشباع.....256
- جدول (6-50) - جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری ژئوتکستایل در حالت خشک و اشباع.....256
- جدول (6-51) - جابجائی افقی و قائم خاکریز مسلح شده با 9 عدد ژئوتکستایل در حالت بستر خشک.....261

- جدول (6-52) - جابجائی افقی و قائم خاکریز در حالت بستر خشک.....261
- جدول (6-53) - جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری وارد بر ژئوتکستایل با تعداد ثابت 9 عدد در
حالت بستر خشک و اشباع.....264
- جدول (6-54) - جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری وارد بر ژئوتکستایل سراسری با فاصله برابر در
حالت بستر خشک و اشباع.....265
- جدول (6-55) - تغییر جابجائی افقی و قائم خاکریز در اثر تغییر زاویه و تعداد ژئوتکستایل272
- جدول (6-56) - جابجائی افقی، قائم و نیروی محوری ژئوتکستایل در 4 مدل خاکریز.....279

نمودارها:

- نمودار (4-1) - پروفیل خاک بستر.....124
- نمودار (4-2) - جابجائی نسبت به زمان.....126
- نمودار (4-3) - نمودار جابجائی نسبت به زمان خاکریز.....126
- نمودار (4-4) - جابجائی ماکزیمم قائم تجمیعی بالای لایه ها.....130
- نمودار (4-5) - جابجائی ماکزیمم قائم تجمیعی بالای لایه ها.....131
- نمودار (4-6) - جابجائی ماکزیمم قائم تجمیعی بالای لایه ها.....133
- نمودار (4-7) - جابجائی ماکزیمم قائم تجمیعی بالای لایه ها.....135

- نمودار(5-1)- نمودار کرنش محوری-تنش تفاضلی. رابطه هذلولی تنش-کرنش در بارگذاری اولیه
 156..... برای آزمایش سه محوری زهکشی شده استاندارد.....
- نمودار(5-2)- نمودار تنش تفاضلی-تنش موثر متوسط. پوش‌های تسلیم متوالی برای مقادیر ثابت
 160..... گوناگون پارامتر سخت شدگی γ_p
- نمودار(5-3)- تعریف E_{ref} در نتایج آزمایش ادنومتر.....
 165.....
- نمودار(5-4)- منحنی کرنش ناشی از یک آزمایش سه محوری زهکشی شده استاندارد با در نظر
 167..... گرفتن قطع اتساع پذیری.....
- نمودار(5-5)- سطوح تسلیم مدل خاک سخت شده در صفحه $q - p$. ناحیه الاستیک را می‌توان
 172..... بوسیله قطع کتس کاهش داد.....
- نمودار(5-6)- نمایش کانتور تسلیم کلی مدل خاک سخت شده در فضای تنش‌های اصلی خاک فاقد
 172..... چسبندگی.....
- نمودار(6-1)- جابجائی قائم خاکریز، با تغییر ارتفاع خاکریز.....
 177.....
- نمودار(6-2)- جابجائی افقی خاکریز، با تغییر ارتفاع خاکریز.....
 177.....
- نمودار(6-3)- تغییر کرنش خاکریز با تغییر ارتفاع خاکریز.....
 178.....
- نمودار(6-4)- تغییر جابجائی افقی خاکریز با تغییر ارتفاع در دو حالت بستر سست و متراکم.....
 179.....

- نمودار(6-5)- تغییر جابجائی قائم خاکریز با تغییر ارتفاع در دو حالت بستر سست و متراکم.....180
- نمودار(6-6)- تغییر جابجائی قائم خاکریز با تغییر EA ژئوتکستایل در حالت اشباع زهکشی شده و غیر اشباع.....188
- نمودار(6-7)- تغییر جابجائی افقی خاکریز با تغییر EA ژئوتکستایل در حالت اشباع زهکشی شده و غیر اشباع.....188
- نمودار(6-8)- تغییر جابجائی افقی خاکریز با تغییر EA ژئوتکستایل در حالت اشباع زهکشی شده و غیر اشباع.....189
- نمودار(6-9)- نیروی محوری وارد بر ژئوتکستایلها در خاکریز.....192
- نمودار(6-10)- جابجائی افقی ژئوتکستایل در محل های مختلف خاکریز.....193
- نمودار(6-11)- جابجائی قائم ژئوتکستایل در محل های مختلف خاکریز.....193
- نمودار(6-12)- جابجائی قائم خاکریز با وجود و عدم وجود ژئوتکستایل در مرز بستر و خاکریز در حالت خشک و اشباع زهکشی نشده.....198
- نمودار(6-13)- جابجائی افقی خاکریز با وجود و عدم وجود ژئوتکستایل در مرز بستر و خاکریز در حالت خشک و اشباع زهکشی نشده.....199
- نمودار(6-14)- جابجائی قائم خاکریز با تغییر تعداد ژئوتکستایل در حالت اشباع زهکشی شده و خشک.....208