دانشکده فنی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی اثر افزودن الیاف موکت بر خواص نفوذپذیری و روانگرایی خاک‌های ماسه‌ای با استفاده از آزمایش‌های آزمایشگاهی

از

حامد شهبازی فشتالی

اساتید راهنما:

دکتر رضا جمشیدی چناری

دکتر ابولفضل اسلامی

شهریور ماه 1390

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده فنی

گروه مهندسی عمران

گرایش مکانیک خاک و پی

بررسی اثر افزودن الیاف موکت بر خواص نفوذپذیری و روانگرایی خاک‌های ماسه‌ای با استفاده از آزمایش‌های آزمایشگاهی

از

حامد شهبازی فشتالی

اساتید راهنما:

دکتر رضا جمشیدی چناری

دکتر ابولفضل اسلامی

شهریور ماه 1390

تـقـديـم بـه :

پدر و مادر عزیزم که همیشه همراه من بوده‌اند.

تقدیر و تشکر

اول ستایش و حمد خاص پروردگار حکیم و علیمی است که به ما نعمت‌های ادراک، آموختن، امید، صبر، استقامت و... عطا فرموده است. یاوری که بدون یاری او تحمل لحظات دشوار و حل مشکلات پیچیده میسر نمی‌باشد.

خداوندا ترا سپاسگزارم که مرا در مسیر کسب علم و معرفت قرار داده و یاریم نمودی تا در یک دوره سه ساله از وجود استاتیدی ارجمند خصوصا جناب آقای دکتر رضا جمشیدی چناری بهره مند شوم. ایشان در تمامی مراحل این کار برای حل مشکلات همواره یار و یاور من بوده‌اند.

با تشکر فراوان از مسئولین محترم آزمایشگاه مکانیک خاک دانشگاه گیلان، سرکار خانم جعفری، مهندس کاتبی، جناب آقای سرمست و آقای جهانگیری که در مدت انجام کارهای آزمایشگاهی نهایت همکاری را با اینجانب داشته‌اند.

همچنین از تمامی کسانی که در این مدت به هر طریقی با اینجانب برای انجام پایان‌نامه همکاری داشته‌اند.

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

تقدیم.....ب

تقدیر.....ت

فهرست مطالب.....ث

فهرست جداول.....ذ

فهرست اشکال.....ز

چکیده(فارسی).....ط

چکیده(انگلیسی).....ظ

فصل اول: مقدمه

1-1-مقدمه.....1

2-1-بیان موضوع و اهمیت مسئله بررسی شده در این پایان‌نامه.....2

3-1-اهداف تحقیق.....3

4-1- نحوه ارائه مطالب.....3

فصل دوم : بررسی ادبیات فنی

2-1- مقدمه.....6

2-2- تاریخچه.....6

2-3- خلاصه.....40

فصل سوم : مطالعات آزمایشگاهی

3-1- مقدمه..... 41

3-2- مواد و مصالح مصرفی.....42

3-2-1- خاک.....42

3-2-2- المان تسلیح.....43

3-3- آزمایش‌ها و بررسی‌های مقدماتی.....43

3-3-1- آزمایش حدود اتربرگ.....43

3-3-2- آزمایش دانه‌بندی.....43

3-3-3- آزمایش تعیین چگالی نسبی.....46

3-3-4- آزمایش تعیین چگالی ویژه.....46

3-3-5- آزمایش غیراستاندارد: رابطه بین تنش وارده و فضای خالی موکت.....46

3-4- آزمایش اصلی انجام‌شده.....48

3-4-1-آزمایش نفوذپذیری با هد ثابت.....48
3-4-2- اصول اساسی آزمایش.....48
3-4-2-1- وسایل مورد نیاز.....49
3-4-2-2-نمونه خاک.....52
3-4-2-3- طرز تهیه نمونه خاک.....52
3-4-2-4- آماده کردن نمونه برای آزمایش نفوذپذیری.....54
3-4-2-5- روش آزمایش.....55
3-4-2-6- محاسبه.....55
3-4-2-7- تهیه نمونه و نحوه انجام آزمایش..... 56
3-5- نتایج آزمایش‌ها..... 56
3-6- تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS.....64

فصل چهارم : روابط وزنی-حجمی جدید برای خاک مسلح

4-1- مقدمه.....69
4-2- تبدیل درصد وزنی الیاف موکت به درصد حجمی.....82

فصل پنجم: محاسبات نرم و بررسی قابلیت روانگرایی

5-1- مقدمه.....83
5-2- انواع روش‌های تحلیل..... 83
5-2-1- روش حل بسته.....85

5-2-2- روش‌های حل ساده..... 85
5-2-3- تعادل حدی..... 86
5-2-4- روش‌های عددی..... 86
5-2-4-1- روش تیر-فنر..... 86
5-2-4-2-روش‌های تمام عددی..... 87
5-2-4-3- روش اجزای محدود..... 87
5-2-4-4- روش المان‌های مجزا..... 87
5-2-4-5- روش تفاضلات محدود..... 88
5-3-هوش مصنوعی..... 88
5-3-1- مدل MLP..... 89
5-3-2- تست و آموزش..... 90
5-4- آنالیز حساسیت..... 92
5-5- تاثیر افزودن الیاف بر روانگرایی خاک ماسه‌ای..... 95
5-6- تغییر نفوذپذیری در عمق..... 99

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهاد

6-1-نتایج.....102

6-2-پیشنهادات.....103

6-3-ضعف‌ها.....104

فصل هفتم : مراجع.....106

لیست جداول

جدول 2-1- مشخصات ماسه استاندارد Toyoura(غیاثیان و همکاران 2009)..... 32

جدول 2-2- مشخصات ماسه سیلتی استفاده شده(غیاثیان و همکاران 2009)..... 36

جدول3- 1اندازه قطر استوانه نفوذپذیری با توجه به قطر دانه‌های خاک..... 50

جدول 3-2- نتایج حاصل از برنامه SPSS برای داده‌های مربوط به ماسه بادی انزلی..... 65

جدول 3-2- نتایج حاصل از برنامه SPSS برای داده‌های مربوط به ماسه 3-0 اصلاح شده..... 66

جدول 3-3- نتایج حاصل از برنامه SPSS برای داده‌های مربوط به ماسه بادی انزلی پس از اصلاح داده‌ها..... 67

جدول 3-3- نتایج حاصل از برنامه SPSS برای داده‌های مربوط به ماسه 3-0 اصلاح شده پس از اصلاح داده‌ها..... 68

جدول 4-1-درصد تراکم معادل ماسه در مدل‌های ماسه مسلح 71

جدول 4-2- مشخصات ماسه‌های مورد استفاده در این تحقیق..... 77

جدول 4-3- مقایسه ماسه خشک از دو روش مختلف..... 80

جدول 4-4- تبدیل درصد وزنی به درصد حجمی..... 82

جدول 5-1- نیازمندی‌های پایه‌ای روش‌های مختلف آنالیز..... 84

جدول 5-2- ارضای پارامترهای مختلف برای طراحی در روش‌های مختلف..... 84

جدول 5-3- پارامترهای ورودی و خروجی..... 90

جدول 5-4- نتایج آنالیز حساسیت..... 94

جدول 5-5- مشخصات ماسه اتاوا..... 99

جدول 5-6- نتایج حاصل از آزمایش سه محوریCU (چنگ و همکاران 2006).....100

جدول 5-7- نتایج حاصل از آزمایش سه محوری CD(چنگ و همکاران 2006).....100

لیست اشکال

شکل 2-1- اولین سیستم دیوار نردبانی خاک مسلح (آندره کوین 1929).....7

شکل 2-2- نمونه‌هایی از جزئیات محیط‌های مرکب(ویدال 1929).....8

شکل 2-3- آزمایش سه محوری روی کائولینیت مسلح‌شده با الیاف (اندرسلند و ختاک 1979).....9

شکل 2-4- منحنی تنش-کرنش ماسه مسلح‌شده با الیاف در آزمایش تک محوری(دین 1986).....11

شکل 2-5- پوش گسیختگی ماسه‌های مسلح‌شده با الیاف پشم و شیشه در آزمایش سه‌محوری(ماهر و گری 1990).....13

شکل 2-6- تاثیر المان‌های کوچک چندجهته بر CBR ماسه(لاتن و همکاران 1993).....14

شکل 2-7- تاثیر المان‌های چندجهته بر مقاومت ماسه در آزمایش سه‌محوری(لاتن و همکاران 1993).....14

شکل 2-8- اثر رطوبت بر مقاومت تک‌محوری کائولینیت مسلح‌شده با الیاف پلی‌پروپیلن(ماهر و چو1994).....15

شکل 2-9- مقایسه پوش گسیختگی مدل تئوری و نتایج آزمایشگاهی ماسه مسلح‌شده با الیاف(میچالوسکی و ژائو 1994).....16

شکل 2-10- مقایسه معیارهای گسیختگی(رنجان و همکاران 1996) با نتایج کار (ماهر 1998).....17

شکل 2-11- رابطه بین قطر متوسط ذرات و ضریب اصطکاک بین ماسه و الیاف(فراست و هان 1999).....18

شکل 2-12- رابطه بین زبری نسبی و ضریب اصطکاک بین ماسه و الیاف(فراست و هان 1999).....19

شکل 2-13- رابطه بین تنش نرمال و ضریب اصطکاک بین ماسه و الیاف(فراست و هان 1999).....19

شکل 2-14- ترتیب‌های مختلف قرارگیری لایه‌ها(حائری و همکاران 2000).....21

شکل 2-15- نمودارهای کرنش خطی-انحرافی به دست آمده از آزمایش‌های سه محوری(زورنبرگ 2005).....24

شکل 2-16- نمودارهای کرنش حجمی-کرنش محوری از آزمایش‌های سه‌محوری(زورنبرگ2005).....25

شکل 2-17- پوش‌های مقاومت برشی: a) ماسه غیرمسلح b) ماسه مسلح‌شده با الیاف(کونسولی و همکاران 2007).....27

شکل 2-18- طول نهایی الیاف بعد از انجام آزمایش سه‌محوری برای تنش‌های همه جانبه 20 و 400 kPa(طول اولیه الیاف 24 میلیمتر می‌باشد)(کونسولی و همکاران 2007).....28

شکل 2-19- تاثیرات درصد وزنی بر خواص شکل‌پذیری ماسهToyouraمسلح‌شده(A_R= 9، σ_3 =50 kN/m^2)(غیاثیان و همکاران 2008).....29

شکل 2-20- تاثیرات درصد وزنی بر خواص شکل‌پذیری ماسهToyouraمسلح‌شده(A_R= 3، σ_3 =50 kN/m^2)(غیاثیان وهمکاران 2008).....29

شکل 2-21- شمای کلی جعبه چندلا یا مورق(غیاثیان و همکاران2008).....30

شکل 2-22- آرایش لوازم اندازه‌گیری درون جعبه چندلا یا مورق(غیاثیان و همکاران 2008).....31

شکل 2-23- نمودار دانه‌بندی خاک مورد استفاده در آزمایش سه محوری کوچک مقیاس(شاه‌نظری و همکاران 2009).....33

شکل 2-24- اثر درصد وزنی بر تغییرات مدول برشی(فشار همه‌جانبه 25 کیلوپاسکال)(شاه‌نظری و همکاران 2009).....34

شکل 2-25- اثر نسبت ابعاد بر تغییرات مدول برشی(فشار همه‌جانبه 25 کیلوپاسکال)(شاه‌نظری و همکاران 2009).....34

شکل 2-26- اثرات درصد وزنی بر تغییرات مدول محوری(فشار همه‌جانبه 50 کیلو پاسکال)(شاه‌نظری و همکاران 2009).....35

شکل 2-27- اثرات نسبت ابعاد بر تغییرات مدول محوری(فشار همه‌جانبه 50 کیلو پاسکال)(شاه‌نظری و همکاران 2009).....35

شکل 2-28-الف- تغییرات تنش محوری سیکلی در برابر کرنش محوری در درصدهای وزنی و فشارهای همه‌جانبه متفاوت(N=100، A_R=1)(غیاثیان و همکاران 2009).....37

شکل 2-28-ب- تغییرات تنش محوری سیکلی در برابر کرنش محوری در درصدهای وزنی و فشارهای همه‌جانبه متفاوت(A_R=3 ،N=100))(غیاثیان و همکاران 2009)..... 38

شکل 2-29- یک برش از جعبه صلب مورد استفاده(جمشیدی و همکاران 2010)..... 39

شکل 3-1- منحنی دانه‌بندی خاک نوع اول استفاده شده در تحقیق، ماسه بادی انزلی..... 44

شکل 3-2- منحنی دانه‌بندی خاک نوع دوم استفاده شده در تحقیق، ماسه 3-0 اصلاح‌شده..... 45

شکل 3-3- منحنی دانه‌بندی دو نوع خاک استفاده شده در این پایان‌نامه..... 45

شکل 3-4- تغییرات در نسبت منافذ موکت با افزایش سطح تنش موثر..... 47

شکل 3-5- دستگاه اندازه‌گیری نفوذپذیری با بار ثابت..... 51

شکل 3-6- دستگاه ایجاد مکش..... 51

شکل 3-7- تغییرات در ضریب نفوذپذیری با نسبت ابعاد الیاف موکت برای ماسه بادی الف) درصد تراکم 50% ب) درصد تراکم 25%..... 57

شکل 3-8- تغییرات در ضریب نفوذپذیری با نسبت ابعاد الیاف موکت برای ماسه3-0 اصلاح‌شده الف) درصد تراکم 50% ب) درصد تراکم25%..... 58 و 59

شکل 3-9- بررسی اثر میزان تاثیر درصد تراکم بر کاهش نفوذپذیری در نسبت ابعاد ثابت برای ماسه بادی انزلی..... 60

شکل 3-10- بررسی اثر میزان تاثیر درصد تراکم بر کاهش نفوذپذیری در نسبت ابعاد ثابت برای ماسه3-0 اصلاح‌شده..... 61

شکل 3-11- بررسی اثر اندازه موثر دانه‌ها بر میزان کاهش نفوذپذیری..... 62

شکل 3-12- درصد کاهش نفوذپذیری با افزایش درصد وزنی الیاف برای ماسه بادی انزلی..... 63

شکل 4-1- نفوذپذیری خاک مسلح‌شده با الیاف موکت با نسبت ابعاد1 و درصد تراکم اولیه 50%.....69

شکل 4-2- نتایج مربوط به آزمایش‌های تکرارپذیری در اندازه‌گیری نفوذپذیری.....70

شکل 4-3- روابط وزنی-حجمی مربوط به ماسه مسلح با الیاف 73

شکل 4-4- تاثیر نسبت منافذ و ضریب جذب ماسه بر تغییرات چگالی نسبی بخش ماسه‌ای در درصد وزنی الیاف 0/2% و با فرض G_{Sf}=1 و G_{SS}=2/63.....74

شکل 4-5- تاثیر نسبت منافذ و ضریب جذب ماسه بر تغییرات چگالی نسبی بخش ماسه‌ای در درصد وزنی الیاف 0/4% و با فرض G_{Sf}=1 و G_{SS}=2/63.....75

شکل 4-6- تاثیر نسبت منافذ و ضریب جذب ماسه بر تغییرات چگالی نسبی بخش ماسه‌ای در درصد وزنی الیاف 0/5% و با فرض G_{Sf}=1 و G_{SS}=2/63.....75

شکل 4-7- تاثیر نسبت منافذ و ضریب جذب ماسه بر تغییرات چگالی نسبی بخش ماسه‌ای در درصد وزنی الیاف 0/6% و با فرض G_{Sf}=1 و G_{SS}=2/63.....76

شکل 4-8- تاثیر نسبت منافذ و ضریب جذب ماسه بر تغییرات چگالی نسبی بخش ماسه‌ای در درصد وزنی الیاف 0/8% و با فرض G_{Sf}=1 و G_{SS}=2/63.....76

شکل 4-9- تاثیر نسبت منافذ و ضریب جذب ماسه بر تغییرات چگالی نسبی بخش ماسه‌ای در درصد وزنی الیاف 1% و با فرض G_{Sf}=1 و G_{SS}=2/63.....77

شکل 4-10- تغییرات در نسبت منافذ موکت با افزایش سطح تنش موثر.....79

شکل 4-11- تغییرات ضریب نفوذپذیری ماسه غیرمسلح با درصد تراکم ماسه.....79

شکل 4-12- تاثیر نسبت منافذ و درصد وزنی الیاف موکت بر تغییرات چگالی نسبی بخش ماسه‌ای با فرض ضریب جذب ماسه 1.....81

شکل 5-1- مدل MLP.....90

شکل 5-2- نمودار برآورد میزان دقت در پیش‌بینی داده‌ها.....91

شکل 5-3- شبکه‌ای که بهترین پیش‌بینی از نتایج را به دست می‌دهد.....93

شکل 5-4- نتایج مربوط به آنالیز حساسیت با نمودار تجمعی.....94

شکل 5-5- زنجیره وقایعی که چرخه روانگرایی را تشکیل می‌دهند.(خطوط کامل در این مدل عددی در نظر گرفته شده‌اند اما خطوط خط‌چین منظور نگشته‌اند.).....95

شکل 5-6- نتایج شبیه‌سازی برای ضریب نفوذپذیری ثابت (رل اسنایدر و همکاران 2006).....97

شکل 5-7- نتایج شبیه‌سازی برای 3 مقدار متفاوت نفوذپذیری(رل اسنایدر و همکاران 2006).....98

شکل 5-8- مدول برشی به صورت تابعی از عمق برای سه مقدار متفاوت ضریب نفوذپذیری(رل اسنایدر و همکاران 2006).....99

چکیده

بررسی اثر افزودن الیاف موکت بر خواص نفوذپذیری و روانگرایی خاک‌های ماسه‌ای با استفاده از آزمایش‌های آزمایشگاهی

حامد شهبازی فشتالی

از آنجایی که تقریبا در همه جای این کره خاکی آب وجود دارد ما همیشه و همه جا برای انجام پروژه‌های خاکی با خواص هیدرولیکی خاک‌ها در ارتباط هستیم. یکی از مهمترین خواص هیدرولیکی خاک‌ها، خاصیت نفوذپذیری می‌باشد. علاوه بر این بنا به دلایل زیست محیطی امروزه استفاده از مواد بازیافتی جهت مسلح نمودن و بهبود خواص خاک افزایش چشمگیری یافته است. یکی از این مواد که نقش زیادی در افزایش حجم زمین‌های دفن زباله دارد مواد پلیمری مانند موکت می‌باشد. از این رو در تحقیق حاضر اقدام به بررسی اثر افزودن الیاف بر خاصیت آبگذری خاک‌های ماسه‌ای مسلح شده با الیاف موکت پرداختیم. در ابتدا با استفاده از روابط وزنی-حجمی جدید از افزایش درصد تراکم بخش ماسه‌ای در خاک مسلح جلوگیری شد تا بتوانیم اثر مستقل افزودن الیاف بر نفوذپذیری خاک مسلح را مورد مطالعه قرار دهیم. سپس 120 آزمایش هد ثابت بر روی 2 نوع خاک ماسه‌ای با دانه‌بندی ضعیف صورت گرفت. پارامترهای درصد تراکم، اندازه موثر ذرات خاک، درصد وزنی الیاف و نسبت ابعاد مورد بررسی قرار گرفتند. در انتها نیز با کمک شبکه عصبی حساسیت نفوذپذیری نسبت به هر یک از این پارامترها مورد بررسی قرار گرفت، سپس اثرات ناشی از افزودن الیاف بر قابلیت روانگرایی خاک ماسه‌ای مورد بحث قرار گرفت.

نفوذپذیری الیاف موکت در حالت عادی بیشتر از ماسه غیرمسلح می‌باشد اما هنگامی که الیاف موکت درون خاک قرارمی‌گیرند باعث کاهش نفوذپذیری ترکیب می‌گردند. این کاهش نفوذپذیری به دلیل تنش وارده بر الیاف و همچنین ورود ماسه ریز به فضای خالی موکت می‌باشد.

در حالت کلی با افزایش درصد وزنی الیاف نفوذپذیری ماسه مسلح کاهش می‌یابد. همچنین میزان تاثیر موکت در درصد وزنی پایین‌تر بیشتر است و با افزایش اندازه موثر دانه‌ها نیز از تاثیر الیاف موکت کاسته می‌شود.

کلمات کلیدی : الیاف موکت، ماسه، نفوذپذیری، درصد تراکم

Evaluation of the effect of carpet fiber inclusion on permeability and liquefaction of sandy soils using laboratory tests

Hamed Shahbazi Fashtali

Almost everywhere on the Earth we can find water and will need to use the hydraulic properties of soils. One of the most important hydraulic properties of soil is permeability. In addition, reuse of waste material in reinforcing soil has increased enourmously in this decade due to environmental purposes. One of the polymeric materials which plays a significant role in the growth of the size of landfills, is carpet. So we decided to study the effects of carpet fibers inclusion on the permeability of reinforced soils. At first by using the new weight-volume equation we tried to isolate the effect of fiber inclusion on permeability and prevent the increase in relative density of sand part in reinforced soil. For this purpose we conducted 120 constant-head tests on 2poor sandy soils. The following parameters were studied: relative density, effective size of sand particles, weight fraction and aspect ratio. Then the effect of fiber inclucion on liquefaction behavior of sandy soil was investigated.

The permeability of carpet in essence is far away higher than sand however in reinforced soil it will result in reduction in conductivity of composite. This is caused by effective stress on fiber and clogging of sand particle in carpet's voids. In general the increase in weight fraction of carpet fiber will lead to reduction in permeability of reinforced soil. The effect of fiber inclusion is higher in lower relative density and increasing the effective particle size will reduce the effect of fiber inclusion on the permeability of composite.

Keywords: Fiber carpet, Sand, Permeability, Relative Density

فصل اول

مقدمه