بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده فنی

گروه عمران

گرایش مکانیک خاک و پی

بررسی اثر ناهمگونی و ناهمسانی مقاومت برشی خاکهای چسبنده درظرفیت باربری پی های سطحی به روش اجزاء محدود تصادفی

از

اکرم کریمیان

استاد راهنما

دکتر رضا جمشیدی چناری

خرداد ۹۰

تقدیم

به مادرم؛ او که مویش سپیدی گرفت تا رویم سپید بماند،

او که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه گنج و

به پدرم؛ به پاس گرمای امید بخش وجودش که در سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است.

تقدیر

حال که توفیق جمع آوری و تهیه این مجموعه را یافته ام بر خود واجب می دانم از تمامی عزیزانی که در طی انجام این پژوهش از راهنمایی و یاری شان بهره مند گشته ام تشکر و قدردانی کنم و برای ایشان از درگاه پروردگار مهربان آرزوی سعادت و پیروزی نمایم . در ابتدا صمیمانه ترین تقدیرها تقدیم به خانواده عزیز و مهربانم که همواره حامی و مشوقم بوده اند و پیمودن روزهای سخت و آسان زندگی ام بدون دعای خیر و برکت وجودشان غیر ممکن بود. از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر رضا جمشیدی چناری که با سعه صدر و صبوری مرا راهنمایی نموده و با ارائه نظرات سازنده و رهنمودهای بی دریغش در پیشبرد این پایان نامه سعی تمام را مبذول داشت، کمال تشکر را دارم. از داوران محترم جناب آقای دکتر ابو لفضل اسلامی و جناب آقای دکتر مهدی ویس کرمی که زحمت بازخوانی و داوری این مجموعه را به عهده داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم. از کلیه اساتید گرانقدر گروه عمران که در دوران تحصیل از محضرشان کسب فیض نمودم، تشکر می نمایم. و در نهایت از تمامی دوستان و هم کلاسیهای عزیزم که در طول این مدت همراه و همدل بنده بوده اند به پاس محبت های بی دریغشان سپاسگزارم.

چکیده

بررسی اثر ناهمگونی و ناهمسانی مقاومت برشی خاکهای چسبنده درظرفیت باربری پی های سطحی به روش اجزاء محدود تصادفی

اکرم کریمیان

مقاومت برشی زهکشی نشده پارامتر اصلی در اکثر مسائل مربوط به پایداری کوتاه مدت و تحلیل های تنش کل (TSA) میباشد. مکانیزم شکل گیری نهشته های خاکی منجر به ایجاد ناهمگونی و ناهمسانی در آن میشود. ناهمگونی و ناهمسانی در مقاومت برشی زهکشی نشده میتواند منجر به تخمین نادرست مقاومت خاک زیر پی گردد. علاوه بر این با در نظر گرفتن شرایط واقعی امید بر آن است تا بتوان از طراحی های محافظه کارانه و غیر اقتصادی جلوگیری نمود. ناهمگونی ذاتی بعنوان مهمترین منبع عدم قطعیت در مسائل ژئوتکنیکی مشتمل بر دو روند مشخصه و تصادفی است. برای مدلسازی این دو روند از تئوری فضای تصادفی و تکنیک حوزه های میانگین محلی (LAS) کمک گرفته شده و مقاومت برشی زهکشی نشده بعنوان یک پارامتر مقاومتی مصالح ریزدانه در فضای دو بعدی مسئله طوری توزیع گردیده است که در حالت اول که خاک تنها دارای روند مشخصه است تغییرات آن در راستای قائم از روند مشخصه پیروی کند. این تغییرات میتواند خطی یا دو خطی باشد و در حالت دوم نیز نوسانات تصادفی به صورت یک متغیر تصادفی با توزیع و انحراف معیار مشخص، حول مقادیر روند مشخصه در هر عمق به خاک اضافه میشود. به این ترتیب تاثیر ناهمگونی بر ظرفیت باربری نهایی با اعمال این دو مدل به خاک زیر پی بررسی شده و با نتایج حاصل از روشهای دیگر موجود نیز مقایسه شده است. در نهایت در حالت اول روش همگن جایگزین که ناهمگنی خاک را نیز در نظر میگیرد پیشنهاد شده است. در حالت دوم نیز برای اکثر حالات روند تغییر ظرفیت باربری با افزایش ضریب تغییرات کاهشی است اما در خاکهای با روند مشخصه دوخطی احتمال افزایش ظرفیت باربری در ضریب تغییرات بالای ۵۰٪ وجود دارد.

کلید واژه : مقاومت برشی زهکشی نشده، ناهمگونی، ناهمسانی، تئوری میدان تصادفی، ظرفیت باربری، پی سطحی

Abstract

Stochastic modeling of bearing capacity of shallow foundations in cohesive soils using random finite element method
Akram Karimian

Undrained shear strength is the main parameter in most problems concerned with short-term stability or total stress analysis states (TSA). Mechanism of soil deposit formation leads to heterogeneity and anisotropy in soil strength and stiffness parameters. Heterogeneity and anisotropy of undrained shear strength cause incorrect estimation of soil strength. Furthermore, to prevent conservative design and prohibitive costs, the real situation with soil variability should be considered. Inherent variability as the primary source of uncertainty in geotechnical problems consists of deterministic and stochastic components. Random field theory and local average subdivision (LAS) technique were employed in order to produce realization of them.

Undrained shear strength was assumed to have two models; in the first model soil has only deterministic trend, linear or bilinear. In second model soil has fluctuations with specific distribution and standard deviation around deterministic trend. With applying these models to soil layer beneath the foundation, influence of variability on ultimate bearing capacity were studied. Results of this study were also compared with other simple and analytical solutions. Finally, in first model an alternative homogeneous analysis solution was introduced in order to allow for the heterogeneity. For the most cases of second model with increasing coefficient of variation bearing capacity decreases but in soils with bilinear deterministic trend for coefficient of variations higher than 50% increasing of bearing capacity is possible.

Key words: Undrained shear strength, Heterogeneity, Anisotropy, Random field theory, Bearing capacity, Shallow foundation

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

تقدیم **ب**

تقدیر **پ**

فهرست مطالب **ت**

فهرست جداول **خ**

فهرست اشکال **د**

چکیده (فارسی) **ش**

چکیده (انگلیسی) **ص**

فصل اول؛ مقدمه **۱**

۱-۱- نکات کلی ۲

۱-۲- اهداف ۳

۱-۳- روش ۳

۱-۴- ترتیب فصول پایان نامه ۴

فصل دوم؛ پیشینه موضوع **۵**

۲-۱- تاثیر ناهمگونی خاک ۶

۲-۱-۱- ناهمگونی فضایی خصوصیات خاک ۶

۲-۱-۱-۱- مشخصات ناهمگونی خاک ۶

۲-۱-۱-۲- مدلهای تصادفی ۹

۲-۱-۱-۳- ویژگیهای تصادفی ناهمگونی فضایی خصوصیات خاک ۱۰

۲-۱-۲- تحلیل تصادفی ۱۴

۲-۱-۳- تاثیر ناهمگونی خاک بر رفتار ژئوتکنیکی سیستم ۱۵
۲-۱-۳-۱- نشست پی های عمیق و سطحی ۱۵
۲-۱-۳-۲- جریان آب در خاک ناهمگن ۱۶
۲-۱-۳-۳- روانگرایی ۱۷
۲-۱-۳-۴- پایداری شیروانی ۱۷
۲-۱-۳-۵- تاثیر ناهمگنی خاک بر ظرفیت باربری پی های سطحی ۱۹
۲-۲- ظرفیت باربری پی های سطحی ۲۴
۲-۲-۱- روشهای متداول ۲۵
۲-۲-۱-۱- مکانیسم خرابی پی های سطحی ۲۵
۲-۲-۲- روشهای تحلیل ۲۷
۲-۲-۲-۱- روش تحلیل حدی ۲۷
۲-۲-۲-۲- روش تعادل حدی ۲۷
۲-۲-۲-۳- روش مشخصه های تنش(روش خطوط لغزش) ۲۷
۲-۲-۲-۴- ظرفیت باربری پی ها در کاربرد مهندسی ۲۸
۲-۲-۲-۵- نکات قابل توجه در طراحی پی ۲۸
۲-۲-۳- روشهای عددی در ظرفیت باربری پی ها ۲۹

فصل سوم؛ مقاومت برشی زهکشی نشده **۳۰**

۳-۱- مقدمه ۳۱
۳-۲- ناهمگونی مقاومت برشی زهکشی نشده ۳۱
۳-۳- ناهمسانی مقاومت برشی زهکشی نشده ۴۰
۳-۴- روند مشخصه پیشنهادی ۴۵
۳-۵- روند تصادفی ۵۲

فصل چهارم؛ فضای تصادفی **۵۷**

۴-۱- مقدمه ۵۸

۴-۲- انواع فضای تصادفی ۵۸

۴-۳- روند ایستا ۶۰

۴-۳-۱- ایستایی ۶۰

۴-۳-۲- ارگودیسیتی ۶۲

۴-۳-۳- غیرایستایی ۶۲

۴-۴- میدان تصادفی گاوسین ۶۳

۴-۵- توابع اتوکوواریانس و خود همبستگی ۶۴

۴-۶- واریوگرام ۶۸

۴-۷- مقیاس نوسان ۷۰

۴-۸- میانگین گیری محلی بر روی خط ۷۱

۴-۹- تولید میدان تصادفی ۷۴

۴-۱۰- واقعی سازی مقاومت برشی زهکشی نشده ۸۸

فصل پنجم؛ ظرفیت باربری پی های سطحی **۹۹**

۵-۱- مقدمه ۱۰۰

۵-۲- روشهای محاسبه ظرفیت باربری ۱۰۰

۵-۲-۱- روش تعادل حدی ۱۰۰

۵-۲-۱-۱- حالت همگن ۱۰۱

۵-۲-۱-۲- حالت ناهمگن ۱۰۱

۵-۲-۲- روش تحلیل حدی ۱۰۳

۵-۲-۲-۱- حالت همگن ۱۰۳

۵-۲-۲-۲- حالت ناهمگن ۱۰۵

۵-۲-۳- روش اجزا محدود ۱۰۷
۵-۲-۳-۱ حالت همگن ۱۰۷
۵-۲-۳-۲ حالت ناهمگن ۱۰۷
۵-۳- روش تفاضلات متناهی ۱۰۹
۵-۳-۱- بهینه سازی مدل عددی ۱۰۹
۵-۳-۱-۱- شرایط مرزی و محدوده مدل ۱۰۹
۵-۳-۱-۲- انتخاب اندازه المانها ۱۱۰
۵-۳-۱-۳- مباحث عددی ۱۱۱
۵-۳-۱-۴- تنظیمات تحلیل ۱۱۱
۵-۳-۲- شرایط همگن ۱۱۳
۵-۳-۲-۱- تاثیر نقص در تحلیل همگن ۱۱۴
۵-۳-۳- شرایط ناهمگن ۱۱۶
۵-۳-۳-۱- تحلیل مشخصه ۱۱۶
۵-۳-۳-۱-۱- فلسفه طراحی ۱۲۲
۵-۳-۳-۲- تحلیل تصادفی ۱۲۴
۵-۳-۳-۲-۱- ویژگیهای احتمالی برای ناهمگونی خاک ۱۲۴
۵-۳-۳-۲-۲- تعداد واقعی سازی سازی در هر تحلیل ۱۲۵
۵-۳-۳-۲-۳- نوسانات حول روند مشخصه ۱۲۶
۵-۳-۳-۲-۴- اصل برهم نهی در ظرفیت باربری ۱۲۷
۵-۳-۳-۲-۵- تحلیل خاک ناهمگون فضایی ۱۲۹
۵-۳-۳-۲-۵-۱- روند مشخصه خطی ۱۲۹
۵-۳-۳-۲-۵-۲- روند مشخصه دوخطی ۱۳۰

فصل ششم؛ نتیجه گیری **۱۳۵**

۶-۱- نتیجه گیری ۱۳۶
۶-۲- پیشنهاداتی برای کارهای آتی..... ۱۳۹
۶-۳- محدودیت ها ۱۴۰

مراجع **۱۴۱**

فهرست اشکال

عنوان شکل **صفحه**

شکل۲-۱- عدم قطعیت در تخمین ویژگی خاک[۹] ۶

شکل۲-۲- ناهمگونی ذاتی در خاک[۴] ۷

شکل۲-۳- تغییرات مقاومت نفوذ مخروط CPT در راستای قائم و افقی[۱۲] ۹

شکل ۲-۴- نتایج آزمونهای آزمایشگاهی مربوط به ضریب تغییرات مقاومت برشی زهکشی نشده در برابر میانگین آن [۴] ۱۱

شکل ۲-۵- تعیین ضریب تغییرات مقاومت برشی خاک [۲۰] ۱۲

شکل ۲-۶- روند تغییرات ضریب تغییرات مقاومت برشی زهکشی نشده در برابر میانگین آن [۲۱] ۱۳

شکل ۲-۷- اثر $C.O.V_{cu}$ بر یک شیروانی با F.S=۱/۴۷ ($\theta_{ln\ cu}/H$ فاصله همبستگی همسان که با ارتفاع شیروانی بی بعد شده است)[۴۱] ۱۹

شکل ۲-۸- مقایسه میان نتایج شبیه سازی مونت کارلو و مشخصه برای حالت میانگین و ۹۵ درصد: الف) فشار – نشست ب) فشار – چرخش [۵۱] ۲۱

شکل ۲-۹- نمونه ای از شبکه تغییر شکل یافته. نواحی تیره خاک ضعیفتر را نشان میدهند.[۵۲] ۲۲

شکل ۲-۱۰- رابطه میان $p(N_c < 5.14/F)$ و F برای خاک با ضریب تغییرات $C.O.V_{Cu}$ برابر با الف) ۱۲,۵٪ ب) ۲۵٪ ج) ۵۰٪ د) ۱۰۰٪ [۵۲] ۲۳

شکل ۲-۱۱- ابعاد و اشکال پی های گسترده[۵۵] ۲۴

شکل ۲-۱۲- شکل شماتیک نمودار بار – نشست ۲۵

شکل ۲-۱۳- مکانیسم گسیختگی یک پی: الف) گسیختگی برشی کلی ب) گسیختگی برشی محلی ج) گسیختگی پانچ[۵۵] ... ۲۶

شکل ۳-۱- یکی از نتایج DMT در ایتالیا [۷۵] ۳۲

شکل ۳-۲- مقاومت برشی رس دریایی با حساسیت کم ومتوسط [۷۶] ۳۳

شکل ۳-۳- مقایسه میان مقادیر C_u از آزمایشات مختلف (الف)- نش و همکاران[۷۷] (ب)- بورگیگنولی و همکاران [۷۸] ۳۴

شکل ۳-۴- نتیجه ی CPT قائم در سایت "پارک لندز جنوبی"[۱۹] ۳۵

شکل ۳-۵- تغییرات (C_u / σ'_v) با عمق در رس آدلاید [۷۹] ۳۶

شکل ۳-۶- حدود اتربرگ و درصد رطوبت رس کامپیناس در برزیل [۸۲] ۳۷

شکل ۳-۷- روند تغییر پارامترهای خاک با عمق[۸۶] ۳۸

شکل ۳-۸- مدل ارائه شده برای پروفیل مقاومت برشی خاک[۸۷] ۳۹

شکل ۳-۹- ناهمسانی مقاومت برشی زهکشی نشده در خاکهای رسی[۸۹] ۴۰

شکل ۳-۱۰- نحوه توزیع مقاومت برشی زهکشی نشده بر روی سطح گسیختگی زیر پی[۹۰] ۴۱

شکل ۳-۱۱- نحوه محاسبه ناهمسانی بوسیله آزمایش وین [۹۹] ۴۳

شکل ۳-۱۲- تغییرات مقاومت برشی زهکشی نشده نسبت به راستای اعمال بار[۱۰۱] ۴۴

شکل ۳-۱۳- تغییرات نسبت ناهمسانی مقاومت برشی برحسب (الف) نسبت بیش تحکیمی و(ب) عمق [۹۵] ۴۵

شکل ۳-۱۴- تغییرات شماتیک نسبت ناهمسانی (AF) با عمق..... ۴۶

شکل ۳-۱۵- تغییرات در صد رطوبت با عمق[۱۰۵] ۴۷

شکل ۳-۱۶- نمایش شماتیک تغییرات w ، γ' و C_u با عمق ۴۸

شکل ۳-۱۷- تاثیر در صد رطوبت سطحی (w_o) و نرخ تغییرات در صد رطوبت با عمق (k) بر عمق تبدیل(Zt) ۴۹

شکل ۳-۱۸-الف) روند کاهشی نسبت ناهمسانی، ب) روند کاهشی - افزایشی مقاومت برشی زهکشی نشده قائم، ج) حالت محتمل مقاومت برشی زهکشی نشده افقی ۵۱

شکل ۳-۱۹- الف) روند افزایشی نسبت ناهمسانی، ب) روند کاهشی - افزایشی مقاومت برشی زهکشی نشده قائم، ج)حالات محتمل مقاومت برشی زهکشی نشده افقی ۵۲

شکل ۳-۲۰- روند دوخطی با تغییرات تصادفی ۵۳

شکل ۳-۲۱- الف) نوسانات سینوسی ب)نوسانات تصادفی ۵۳

شکل ۳-۲۲- فضای مقاومت برشی زهکشی نشده تولیدی با روند مشخصه ثابت توسط توابع تصادفی سینوسی افقی و قائم الف) با مقادیر آرایه های یکسان ب) با مقادیر آرایه متفاوت ۵۴

شکل ۳-۲۳- توزیع مقاومت برشی با میانگین پابت در فضا با تابع توزیع احتمال نرمال ۵۵

شکل ۳-۲۴- توزیع مقاومت برشی در فضا با تابع توزیع احتمال نرمال الف) روند مشخصه خطی COV=40% ب) روند مشخصه خطی COV=80% ج) روند مشخصه دوخطیCOV=40% ۵۶

شکل ۴–۱– انواع میدان تصادفی؛الف) سری تصادفی، ب) روند شبکه ای، پ)روند زمان مکان، ج) تفکیک تصادفی فضا و د)الگوی تصادفی نقاط[۱۱] ۵۹

شکل ۴–۲– تغییرات پسماند و موقعیت نمونه گیری SPT[۱۰۵] ۶۵

شکل ۴–۳– داه های SPT در فواصل جدایی (δ) الف) ۲۰ متر ب) ۴۰ متر ج) ۱۰۰ متر د) ۲۰۰ متر [۱۰۵] ۶۵

شکل ۴–۴– تابع خودهمبستگی برای داده های شکل ۴–۲[۱۰۵] ۶۶

شکل ۴–۵– تاثیر ساختار همبستگی بر تغییرات پسماند[۱۰۵] ۶۷

شکل ۴–۶– الف) تابع خودهمبستگی برای داده های مقاومت حاصل از وین درجا بر روی رس دریایی در خلیج جیمز [۳]، ب) نیمه واریوگرام برای این داده ها[۱۰۵] ۶۹

شکل ۴–۷– واقعی سازی X(t) برای مقیاس نوسان[۱۰۶] الف) θ=0.04 ب) θ=2 ..... ۷۰

شکل ۴–۸– الف) تابع نمونه فرآیند تصادفی X(t) با میانگین m، انحراف معیار σ و مقیاس نوسان θ، ب) تابع نمونه فرآیند انتگرال محلی حاصل از انتگرالگیری X(t) بطور محلی در طول یک فاصله متحرک به اندازه T، ج) تابع نمونه روند میانگین گیری محلی XT(t)=(1/T)IT(t) [۱۱] ۷۱

شکل ۴–۹– تابع واریانس مربوط به سه مدل همبستگی مختلف[۱۰۶] ۷۴

شکل ۴–۱۰– میانگین، واریانس و کوواریانس روند گاوس–مارکو حاصل از ۲۰۰۰ واقعی سازی[۱۰۶] ۷۷

شکل ۴–۱۱– روش نوار بازگشتی: روند خطی $X_i(\xi_i)$ در نزدیکترین نقاط به روند X(t) در tk اضافه میشود.[۱۰۶] ۷۹

شکل ۴–۱۲– تابع نمونه میدان دو بعدی با استفاده از TBM الف) ۱۶ خط ب) ۶۴ خط [۱۰۶] ۸۰

شکل ۴–۱۳– روش بالا به پایین LAS برای تولید روند تصادفی[۱۰۸] ۸۱

شکل ۴–۱۴– تابع نمونه یک روند با $B(\tau) = e^{-\frac{|\tau|}{2}}$[۱۰۸] ۸۲

شکل ۴–۱۵– LAS یک بعدی با مرحله i (بالا) و i+1 (پایین)[۱۰۸] ۸۳

شکل ۴–۱۶– مقایسه کوواریانس واقعی و الگوریتمی میان خانه های مجاور یک خانه اولیه برای طول میانگین گیری موثر متغیر 2D/θ[۱۰۸] ۸۵

شکل ۴–۱۷– مقایسه توابع کوواریانس واقعی و تخمینی برای θ=۴ متوسط ۲۰۰ واقعی سازی[۱۰۸] ۸۶

شکل ۴–۱۸– LAS دوبعدی[۱۰۶] ۸۶

شکل ۴–۱۹– تابع نمونه تولیدی توسط LAS دو بعدی الف) θ=۰,۵ ب) θ=۴[۱۰۶] ۸۸

شکل ۴-۲۰- نمایش شماتیک تغییرات Su در راستای افقی و قائم ۸۹

شکل ۴-۲۱- نمایش شماتیک روند تغییرات ضریب تغییرات با عمق با فرض انحراف معیار ثابت ۹۰

شکل ۴-۲۲- واقعی سازی مقاومت برشی با فرض $\theta = 5m , \sigma = 3kPa , Z_t = 2m$ ۹۲

شکل ۴-۲۳- واقعی سازی مقاومت برشی با فرض $\theta = 5m , \sigma = 3kPa , Z_t = 7m$ ۹۲

شکل ۴-۲۴- واقعی سازی مقاومت برشی با فرض $\theta = 5m , \sigma = 3kPa , Z_t = 7 m$..... ۹۳

شکل ۴-۲۵- واقعی سازی مقاومت برشی با فرض $\theta = 5m , \sigma = 17kPa , Z_t = 7m$ ۹۴

شکل ۴-۲۶- واقعی سازی مقاومت برشی با فرض $\theta = 5m , \sigma = 17kPa , Z_t = 7m$ ۹۵

شکل ۴-۲۷- واقعی سازی مقاومت برشی با فرض $\theta = ۶۰m , \sigma = 17kPa , Z_t = m$..... ۹۵

شکل ۴-۲۸- تابع خودهمبستگی مقاومت برشی زهکشی نشده مربوط به دو مقیاس نوسان مختلف ($\theta = 5m$ و $\theta = ۶۰ m$) ۹۶

شکل ۴-۲۹- حالات مختلف همبستگی پارامترهای تصادفی a) $\rho = -۱$ b) $\rho = 0$ c) $\rho = +۱$ ۹۷

شکل ۴-۳۰- واقعی سازی مقاومت برشی زهکشی نشده با فرض همبستگی کامل منفی،$\rho = -۱$ ۹۸

شکل ۵-۱- انواع گسیختگی و ظرفیت باربری مربوطه a)بلوک نیم دایره b)بلوک ربع دایره c)بلوک مثلثی[۱۰۹] ۱۰۱

شکل ۵-۲- نمایی از یک دایره لغزش[۱۱۲] ۱۰۲

شکل ۵-۳- شکل بی بعد معیار گسیختگی پیشنهادی توسط ریموند [۱۱۲] ۱۰۳

شکل ۵-۴- روش کران بالا تحلیل حدی ظرفیت باربری a)بلوک نیم دایروی،b) بلوک ربع دایروی و c)بلوک مثلثی[۱۰۹] .. ۱۰۴

شکل ۵-۵- کران پایین تحلیل حدی ظرفیت باربری خاک رسی، حوزه تنش a)۱ ساق b)۳ ساق[۱۰۹] ۱۰۴

شکل۵-۶- تحلیل حدی کران پایین با ۹ساق[۱۰۹] ۱۰۵

شکل ۵-۷- ضرایب تصحیح برای پی های صلب و منعطف و نسبت آنها[۱۱۴] ۱۰۶

شکل ۵-۸- ضرایب تصحیح برای پی در حالت وجود ناحیه کم مقاومت[۱۱۴] ۱۰۶

شکل ۵-۹- ظرفیت باربری پی منعطف بر رس سخت و نرم[۱۱۵] ۱۰۷

شکل ۵-۱۰- متوسط ضریب ظرفیت باربری به صورت تابعی از ضریب همبستگی و ضریب تغییرات مقاومت برشی زهکشی نشده[۵۲] ۱۰۸

فهرست جداول

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۳-۱- ناهمسانی مقاومت برشی در خاکهای چسبنده [۹۸] ۴۲

جدول ۳-۲- مقادیر مختلف عمق تبدیل حاصل از نتایج مطالعات آزمایشات درجا..... ۵۰

جدول ۴-۱- مشخصات اختصاری میدانهای تصادفی[۱۰۵] ۶۱

جدول ۴-۲- مقادیر مورد استفاده در واقعی سازی مقاومت برشی زهکشی نشده ۹۱

جدول ۵-۱- مقادیر مختلف N_c حاصل از روشهای مختلف ۱۱۴

شکل ۵-۱۱- محدوده مورد مطالعه برای حالت B=10 ..... ۱۰۹

شکل ۵-۱۲- تاثیر موقعیت مرز جانبی ۱۱۰

شکل ۵-۱۳- تاثیر اندازه المان بر ظرفیت باربری پی ۱۱۱

شکل ۵-۱۴- منحنی بار – نشست یک پی نواری مستقر بر خاک همگن با C_u=30kPa ۱۱۲

شکل ۵-۱۵- نمودار بار - نشست حاصل از تحلیل عددی در مقایسه با راه حل پراندتل و ترزاقی، C_u=30kPa و B=10m ۱۱۳

شکل ۵-۱۶- شکل شماتیک نقص در نظر گرفته شده برای خاک ۱۱۴

شکل ۵-۱۷- نمودار بار نشست خاک همگن و خاک دارای نقص ۱۱۵

شکل ۵-۱۸- نشانگر پلاستیسیته و تغییر شکل خاک الف) همگن ب) دارای نقص ۱۱۵

شکل ۵-۱۹- روند های مشخصه بکار رفته برای مقاومت برشی زهکشی نشده، الف) ناهمگونی خطی (مدل گیبسون[۱۱۱])، ب) ناهمگونی دوخطی و ج) فضای همگن ۱۱۶

شکل ۵-۲۰- منحنی بار – نشست، B=10 متر، الف) ناهمگونی نسبی λ= 4.5kPa/m ب) ناهمگونی دوخطی با λ_1= 5kPa/m ، λ_2= 9kPa/m و Z_t= 2m ۱۱۸

شکل ۵-۲۱- تغییرات ظرفیت باربری پی سطحی مستقر بر خاک ناهمگن گیبسون، $q_{u_{NH}}$ در مقابل چگالی مقاومت λ..... ۱۱۹

شکل ۵-۲۲- تغییرات ظرفیت باربری نهایی خاک با ناهمگونی دوخطی، Z_t= 2m الف) با تغییرات λ_1 ب) با تغییرات λ_2 ..... ۱۱۹

شکل ۵-۲۳- تغییرات ظرفیت باربری با عمق تبدیل Z_t، (λ_1=λ_2=2kPa/m و C_0=30kPa) ۱۲۰

شکل ۵-۲۴- نتایج تفاضلات محدود در مقایسه با نتایج الف) ریموند[۱۱۲] ب) دیویس و بوکر [۱۱۴] ۱۲۲

شکل ۵-۲۵- تغییرات FOC با چگالی مقاومت λ برای خاک گیبسون ناهمگن نسبی ۱۲۳

شکل ۵-۲۶- تغییر FOC با مقادیر مختلف مقاومت الف) λ_1 متغیر، λ_2=5kPa/m و Z_t=2m ب) λ_2 متغیر، λ_1=6kPa/m و Z_t=2m ۱۲۴

شکل ۵-۲۷- پراکندگی مقادیر مقاومت برشی و تابع توزیع احتمال مربوط در یک تحلیل تصادفی ۱۲۵

شکل ۵-۲۸- تغییر متوسط ظرفیت باربری با تعداد واقعی سازی ها در شبیه سازی مونت کارلو ۱۲۶

شکل ۵-۲۹- تفاوت میان ظرفیت باربری در خاک همگن و تصادفی با میانگین مقاومت ثابت ۱۲۶

شکل ۵-۳۰- الف) تغییرات ظرفیت باربری با ضریب تغییرات در دو خاک با روند نوسان سینوسی و تصادفی با میانگین ثابت ب) تفاوت میان مقادیر ظرفیت باربری در حالت الف ۱۲۷

شکل ۵-۳۱- تفکیک ناهمگونی مقاومت برشی به ناهمگونی کامل و ناهمگونی تصادفی ۱۲۸

شکل ۵-۳۲- ظرفیت باربری پی با در نظر گرفتن حالات شکل ۵-۳۱ و λ=۳ ..... ۱۲۸

شکل ۵-۳۳- تاثیر ضریب تغییرات بر متوسط ظرفیت باربری خاک ناهمگون تصادفی با روند مشخصه خطی ۱۲۹

شکل ۵-۳۴- تفاوت میان ظرفیت باربری در خاک همگن و تصادفی با مقاومت مشخصه خطی ۱۳۰

شکل ۵-۳۵- تاثیر ضریب تغییرات بر انحراف معیار ظرفیت باربری خاک ناهمگون تصادفی با روند مشخصه خطی ۱۳۰

شکل ۵-۳۶- تاثیر λ_1 و ضریب تغییرات بر خاک دوخطی تصادفی ۱۳۱

شکل ۵-۳۷- تاثیر λ_2 و ضریب تغییرات بر خاک دوخطی تصادفی ۱۳۱

شکل ۵-۳۸- تفاوت میان ظرفیت باربری در خاک همگن و تصادفی با مقاومت مشخصه دوخطی ۱۳۲

شکل ۵-۳۹- تاثیر ضریب تغییرات بر انحراف معیار ظرفیت باربری خاک ناهمگون تصادفی با روند مشخصه دوخطی ۱۳۳

شکل ۵-۴۰- تاثیر Zt و ضریب تغییرات بر خاک دوخطی تصادفی ۱۳۳

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

۱-۱ نکات کلی

در چند دهه اخیر تلاش بسیاری جهت اتخاذ روشهای تحلیل و طراحی منطقی برای در نظر گرفتن عدم قطعیت[1] در برنامه های مهندسی صورت گرفته است. طراحی مهندسی باید در عین تامین سطح ایمنی مورد نظر کارایی رضایتبخشی نیز داشته باشد. یک طراحی منطقی با تعیین میزان خطر وابسته به طرح و ارزیابی هزینه های احتمالی آسیب ممکن است. بنابراین برنامه های مهندسی با مقایسه هزینه آسیب و هزینه سطوح ایمنی بالاتر، مفاهیم خطر و قابلیت اطمینان[2] را در تعریف سطوح ایمنی مربوط بکار برده اند. بنا نهادن روشهای طراحی برای تامین سطح ایمنی مناسب امری ضروری است. اساس روشهای طراحی فعلی در مهندسی ژئوتکنیک بر اساس تجربه مهندسی بوده و از زمینه نظری کافی برخوردار نمیباشد.

تخمین سطوح اطمینان نیازمند تعیین ویژگیهای احتمالی بار و مقاومت میباشد. این مطالعه بر قسمت آخر متمرکز و بارهای طراحی و ویژگیهای احتمالی آنها مستقل از موضوع مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. در مهندسی ژئوتکنیک عدم قطعیت در مقاومت از منابع مختلفی نشات میگیرد: ناهمگونی ذاتی[3] طبیعی پارامترهای خاک، خطاهای اندازه گیری[4]، محدودیت در دسترسی به اطلاعات وضعیت زیر سطحی، خطاهای تبدیل[5]، عدم قطعیت مدل و غیره (لامب [۱]، ونمارک [۲]، دگروت و بشیر[۳]، فون و کولهاوی[۴-۵]). منشا اصلی عدم قطعیت در سیستم های ژئوتکنیکی ناهمگونی طبیعی ویژگیهای خاک است. بعنوان مثال، فون و کولهاوی[۶] ناهمگونی ذاتی خاک را بوسیله یک سری آزمایشات درجا بررسی کردند. آنها میزان مشاهده شده ناهمگونی مقاومت خاک را بوسیله ضریب تغییرات (C.O.V) بیان کردند. آنها با انجام تعداد زیادی آزمایش CPT ضریب تغییرات ۲۰ تا ۴۰ درصد را برای مصالح رسی و ۲۰ تا ۶۰ درصد را برای مصالح ماسه ای بدست آوردند. البته قسمتی از این پراکندگی ناشی از خطای آزمایشگاهی است. پراکندگی در نتایج ناشی از خطاهای آزمایشگاهی در آزمایش CPT برای مخروط های الکتریکی ۵٪ و برای انواع مکانیکی ۱۰٪ تخمین زده شده است [۷]. مابقی ناهمگونی را میتوان به ناهمگنی خاک نسبت داد.

---

[1] Uncertainty
[2] Reliability
[3] Inherent variability
[4] Measurement errors
[5] Transformation errors