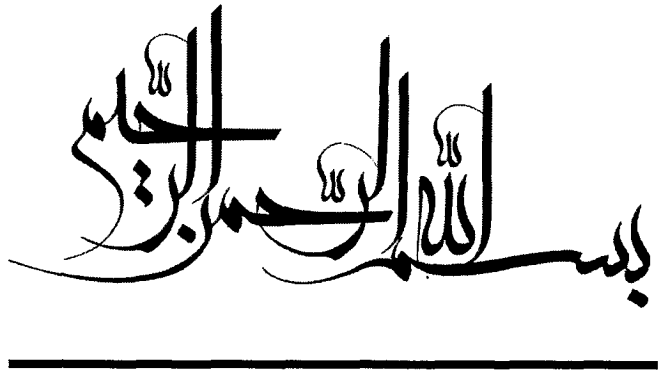
بسم الله الرحمن الرحيم

١٠٨٤٥

۸۷/۱/۱۰۷۱۸۵
۸۷/۱۲/۱۸

بسمه تعالی

دانشگاه مازندران
مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی نوشیروانی

دانشگاه صنعتی (نوشیروانی) بابل

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

عنوان:

تحلیل عددی ظرفیت باربری پی‌های سطحی واقع بر خاک لایه‌ای

استاد راهنما:

دکتر عیسی شوش پاشا

۱۳۸۷ /۱۲/ ۱۴

نگارش:

رضا رسولی

دی ۱۳۸۷

۱۰۸۵۴۵

باسمه تعالی

دانشگاه صنعتی
نوشیروانی بابل

تحصیلات تکمیلی

ارزشیابی پایان نامه در جلسه دفاعیه

نام و نام خانوادگی دانشجو : *رضا رسولی*

شماره دانشجوئی : ۸۵۵۱۳۸۳۰۰۲

رشته تحصیلی : *مهندسی عمران – خاک و پی*

مقطع : **کارشناسی ارشد**

سال تحصیلی : *نیمسال اول ۸۸-۱۳۸۷*

عنوان پایان نامه :

«تحلیل ظرفیت باربری پی های سطحی واقع بر خاکهای لایه ای»

تاریخ دفاع : ۸۷/۱۰/۲۵

نمره پایان نامه (به عدد) : ۱۷/۵

نمره پایان نامه (به حروف) : هفده و نیم

نمره تعلق گرفته به دانشجو در صورتی معتبر است که تصحیحات مورد نظر هیئت داوران تا موعد مقرر، توسط دانشجو انجام گیرد.

هیات داوران :

استاد راهنما : دکتر عیسی شوش پاشا — امضا

استاد مدعو: دکتر ابوالفضل اسلامی — امضا

استاد مدعو: دکتر عسکر جانعلی زاده — امضا

نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی : دکتر مرتضی حسینعلی بیگی — امضا

سپاسگزاری

پس از حمد وستایش خدایی که به هستی و وجود من کرامت عطاء فرمود از تلاش خستگی‌ناپذیر استادم در دوره کارشناسی ارشد، **آقای دکتر عیسی شوش پاشا** که راهنمایی این پایان‌نامه را به عهده داشته و دلسوزانه‌ترین تجربیات گران‌سنگ خود را در اختیارم نهادند تشکر میکنم.

مفتخر خواهم شد اگر ایشان مراتب سپاس مرا که بی‌ریا تقدیم می‌گردد بپذیرند، بلکه تشکر ویژه تسکینی بر خدمات ارزنده‌شان باشد.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست مطالب ..... چهار

چکیده ..... چهارده

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱ـ۱ـ مقدمه ۲

۱ـ۲ـ بیان مسئله ۳

۱ـ۳ـ اهداف پایان نامه و چگونگی دستیابی به اهداف ۴

۱ـ۴ـ فصل‌بندی پایان‌نامه ۵

فصل دوم: تاریخچه موضوع

۲ـ۱ـ مقدمه ۸

۲ـ۲ـ ظرفیت باربری پی‌های سطحی ۹

۲ـ۲ـ۱ـ تعریف ظرفیت باربری ۹

۲ـ۳ـ مکانیسم‌های خرابی ۹

۲ـ۴ـ راه‌حلهای مرز بالا و مرز پایین ۱۰

۲ـ۵ـ مروری بر روابط ظرفیت باربری پی‌های سطحی ۱۱

۲ـ۶ـ روشهای موجود در تعیین ظرفیت باربری ۱۴

۲ـ۶ـ۱ـ روش جمع آثار قوا در تعیین ظرفیت باربری ۱۵

۲ـ۶ـ۲ـ روشهای تحلیلی ۱۵

۲ـ۶ـ۳ـ معضلات روش تحلیلی در تعیین ظرفیت باربری ۱۹

۲ـ۶ـ۴ـ روشهای عددی ۲۰

۲ـ۷ـ بررسی تاریخچه مطالعات ۲۱

فصل سوم: معرفی نرم‌افزار و مدل سازی مسأله

۳ـ۱ـ مقدمه ۶۷

۳ـ۲ـ معرفی نرم افزار اجزای محدود *plaxis 8.2* ۶۷

۳ـ۲ـ۱ـ زیر برنامه ورودی (*Input*) ۶۸

۳ـ۲ـ۱ـ۱ـ انتخاب نوع مدل ۶۸
۳ـ۲ـ۱ـ۲ انتخاب نوع المان ۶۹
۳ـ۲ـ۱ـ۳ـ تعیین واحدهای مورد استفاده در برنامه و ابعاد حوزه ترسیم..... ۶۹
۳ـ۲ـ۱ـ۴ـ ساخت شکل هندسی مدل ۷۰
۳ـ۲ـ۱ـ۵ـ شرایط مرزی ۷۲
۳ـ۲ـ۱ـ۶ـ بارگذاری مدل ۷۳
۳ـ۲ـ۱ـ۷ـ تعیین خواص مصالح ۷۳
۳ـ۲ـ۱ـ۸ـ مش‌بندی مدل ۷۵
۳ـ۲ـ۱ـ۹ـ شرایط اولیه ۷۷
۳ـ۲ـ۲ـ زیر برنامه محاسبات (*Calculation*) ۷۸
۳ـ۲ـ۳ـ زیر برنامه خروجی (*Output*)..... ۸۰
۳ـ۲ـ۴ـ زیر برنامه ترسیم نمودار (*Curve*) ۸۱
۳ـ۲ـ۵ مدل‌سازی و ارزیابی صحت عملکرد نرم‌افزار اجزا محدود ۸۲
۳ـ۲ـ۵ـ۱ـ مقایسه نتایج حاصل از نرم‌افزار با نتایج تستهای آزمایشگاهی ۸۲
۳ـ۲ـ۵ـ۲ـ مقایسه با سایر مدلسازیهای عددی..... ۸۲

فصل چهارم: ارائه و تجزیه و تحلیل نتایج

۴ـ۱ـ مقدمه ۹۰
۴ـ۲ـ محاسبه ظرفیت باربری پی سطحی مستقر بر خاک دو لایه ۹۱
۴ـ۳ـ استفاده از روش میانگین وزنی خطوط لغزش ۹۷
۴ـ۳ـ۱ـ تعریف مدل ۹۸
۴ـ۳ـ۲ـ مراحل و نحوهٔ تحلیل ۹۹
۴ـ۳ـ۳ـ کنترل صحت نتایج ۱۰۳
۴ـ۳ـ۳ـ۱ـ بررسی صحت نتایج حاصل از روش ارائه شده با استفاده مستقیم از نرم‌افزار ۱۰۳
۴ـ۳ـ۳ـ۱ـ۱ـ کاهش زاویهٔ اصطکاک داخلی لایه‌ها از بالا به پایین ۱۰۴
۴ـ۳ـ۳ـ۱ـ۲ـ افزایش زاویهٔ اصطکاک داخلی لایه‌ها از بالا به پایین ۱۱۲
۴ـ۳ـ۳ـ۲ـ بررسی صحت نتایج حاصل از روش ارائه شده و مقایسه آن با روش تحلیل کلاسیک ۱۱۵

فصل پنجم: خلاصه ، نتیجه گیری و پیشنهادات

۵ ـ ۱ـ خلاصه ۱۳۲

۵ـ۲ـ نتایج ۱۳۴

۵ـ۳ـ پیشنهادات ۱۳۵

فهرست منابع و مآخذ ۱۳۶

فهرست شکلها

عنوان | صفحه

شکل ۲ـ۱ـ مکانیسم گسیختگی ترازقی ۱۱
شکل ۲ـ۲ـ مکانیسم گسیختگی هیل و پراندل ۱۸
شکل ۲ـ۳ ضریب N_q بر حسب ϕ ۲۴
شکل ۲ـ۴ـ ضریب N_γ بر حسب ϕ (پی بدون اصطکاک)..... ۲۴
شکل ۲ـ۵ـ ضریب N_q بر حسب ϕ (پی زبر)..... ۲۴
شکل ۲ـ۶ـ نمای سه بعدی باریکه های زیر پی ۲۷
شکل ۲ـ۷ـ نمای دو بعدی باریکه های زیرپی ۲۷
شکل ۲ـ۸ـ بار نهایی بر حسب ϕ (پی نواری)..... ۲۹
شکل ۲ـ۹ـ نمودار N_c بر حسب ϕ(پی نواری)..... ۲۹
شکل ۲ـ۱۰ـ ضریب N_q بر حسب ϕ (پی نواری)..... ۲۹
شکل ۲ـ۱۱ـ ضریب N_γ بر حسب ϕ (پی نواری)..... ۳۰
شکل ۲ـ۱۲ـ گسترش تنش زیر پی نواری با کف بدون اصطکاک ۳۰
شکل ۲ـ۱۳ـ اثر تغییرات عرض مرزهای مدلسازی بر فرم منحنی ظرایب باربری ۳۲
شکل ۲ـ۱۴ـ اثر تغییرات طول مرزهای مدلسازی بر فرم منحنی ظرایب ظرفیت باربری ۳۲
شکل ۲ـ ۱۵ـ اثر زاویه اتساع خاک بر فرم منحنی ظرایب ظرفیت باربری..... ۳۲
شکل ۲ـ۱۶ـ نمودار اثر نوع المان انتخاب شده برای محاسبه ظرفیت باربری بر منحنی بار نشست براساس مدل دراکر ـ پراگر ۳۳
شکل ۲ـ ۱۷ـ نمودار اثر نوع المان انتخاب شده برای محاسبه ظرفیت باربری بر منحنی بار ـ نشست در حالت سه بعدی ۳۴
شکل ۲ـ۱۸ـ روش قوسی از دایره در ظرفیت باربری بدست آمده در روش بارتن ۳۹
شکل ۲ـ ۱۹ـ روش قوسی از دایره در ظرفیت باربری بدست آمده در روش بارتن ۳۹
شکل ۲ـ۲۰ـ روش مایرهوف در تعیین ظرفیت باربری ۴۰
شکل ۲ـ ۲۱ ـ نموداریهای مربوط به محاسبه ضریب N_c ۴۱
شکل ۲ـ۲۲ـ شرایط لایه بندی خاک در حالت الف (روش باولز) ۴۳
شکل ۲ـ ۲۳ ـ دوایر مماس بر لایه زیرین ۴۳
شکل ۲ـ ۲۴ ـ خاک لایه لایه (دو لایه رسی) ۴۶

شکل ۲ـ ۲۵ ـ تغییرات $\frac{C_a}{C_{u(1)}}$ در مقابل $\frac{C_2}{C_{u(1)}}$ ۴۷
شکل ۲ـ ۲۶ـ روش هانا ـ مایرهوف ۴۹
شکل ۲ـ ۲۷ ـ لایه ماسه روی لایه رس ۵۰
شکل ۲ـ ۲۸ـ نمودار تغییرات K_s ۵۰
شکل ۲ـ ۲۹ ـ نمودارهای مربوط به تعیین عمق مکانیزم گسیختگی و عمق بحرانی ۵۲
شکل ۲ـ ۳۰ ـ نمودارهای بدون بعد مربوط به حالت $\frac{q}{\gamma B}=0$ ۵۳
شکل ۲ـ ۳۱ ـ نمودارهای بدون بعد مربوط به حالت $\frac{q}{\gamma B}=0.5$ ۵۴
شکل ۲ـ ۳۲ ـ نمودارهای بدون بعد مربوط به حالت $\frac{q}{\gamma B}=1$ ۵۵
شکل ۲ـ ۳۳ـ مقایسه نتایج بدست آمده با کار سایر محققین ۵۶
شکل ۲ـ ۳۴ ـ هندسه قرارگیری خاک دو لایه و مدل نحوهٔ توزیع بار ۵۸
شکل ۲ـ ۳۵ـ نحوهٔ تغییران زاویه β نسبت به $\frac{S_u}{\gamma D}$ ۵۹
شکل ۲ـ ۳۶ـ رش اوکامورا برای تعیین ظرفیت باربری ۶۱
شکل ۲ـ ۳۷ـ دایره روش اوکامورا ۶۱
شکل ۳ـ ۱ـ نمایش ابعاد هندسی مدل در برنامه *plaxis* ۷۰
شکل۳ـ۲ـ نحوهٔ تشکیل المانهای *Interface* در مجاورت المانهای ۶ گرهی و ۱۵ گرهی ۷۱
شکل ۳ـ۳ـ نحوهٔ استفاده از المانهای *Interface* در گوشه یک پی صلب ۷۲
شکل ۳ـ۴ـ نمایش نحوهٔ مش بندی مدل اجزای محدود در برنامه *plaxis* ۷۷
شکل ۳ـ۵ـ مدل آزمایشگاهی انجام شده توسط مایرهوف و هانا ۸۳
شکل ۳ـ۶ـ ماقیسه نتایج حاصل از مدل آزمایشگاهی مایرهوف و هانا با نرم افزار ۸۴
شکل ۳ـ۷ـ مقایسه نتایج ظرفیت باربری حاصل از نرم افزار با نتایج حاصل از مقاله *michalowski* برای $\phi=30^0$ ۸۷
شکل ۳ـ۷ـ مقایسه نتایج ظرفیت باربری حاصل از نرم افزار با نتایج حاصل از مقاله *michalowski* برای $\phi=40^0$ ۸۷
شکل ۳ـ۷ـ مقایسه نتایج ظرفیت باربری حاصل از نرم افزار با نتایج حاصل از مقاله *michalowski* برای $\phi=45^0$ ۸۸
شکل ۴ـ۱ـ پی سطحی مستقر بر خاک دو لایه (لایه فوقانی ضعیف تر) ۹۱

شکل ۴ـ ۲ـ نمایش نحوهٔ مش بندی در برنامه *plaxis* ۹۲
شکل ۴ـ۳ـ مقایسه نتایج حاصل از نرم افزار *plaxis* با روشهای تحلیلی کلاسیک براساس ϕ میانگین حسابی ۹۲
شکل ۴ـ۴ـ پی سطحی مستقر بر خاک دو لایه (لایه فوقانی قویتر)..... ۹۳
شکل ۴ـ ۵ـ مقایسه نتایج حاصل از نرم افزار *plaxis* با روشهای تحلیلی کلاسیک براساس ϕ میانگین حسابی ۹۳
شکل ۴ـ۶ـ مقایسه تغییرات q_u بر حسب $\frac{h_1}{B}$ برای پی نواری مستقر بر لایهٔ ماسه با $\phi = 40^0$ روی ماسه با $\phi = 37^0$ ۹۵
شکل ۴ـ۶ـ مقایسه تغییرات q_u بر حسب $\frac{h_1}{B}$ برای پی نواری مستقر بر لایهٔ ماسه با $\phi = 33^0$ روی ماسه با $\phi = 30^0$ ۹۵
شکل ۴ـ۶ـ مقایسه تغییرات q_u بر حسب $\frac{h_1}{B}$ برای پی نواری مستقر بر لایهٔ ماسه با $\phi = 30^0$ روی ماسه با $\phi = 33^0$ ۹۶
شکل ۴ـ۹ـ هندسه پروفیل خاک چند لایه دانه‌ای ۹۸
شکل ۴ـ ۱۰ ـ نمایش سطوح گسیختگی ایجاد شده در پروفیل خاک ۱۰۰
شکل ۴ـ ۱۱ـ نحوه تشکیل خطوط لغزش در پروفیل خاک ۱۰۰
شکل ۴ـ۱۲ـ پی مستقر بر پروفیل خاک سه لایه با اختلاف زاویهٔ اصطکاک داخلی کم و کاهش آن از بالا به پایین ۱۰۴
شکل ۴ـ ۱۳ـ نمایش نحوه مش بندی در برنامه *plaxis* ۱۰۷
شکل ۴ـ۱۴ـ مقایسه نتایج بدست آمده از روش میانگین وزنی خطوط لغزش و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که اختلاف بین زاویا کم بوده و از بالا به پایین کاهش می یابد ۱۰۷
شکل ۴ـ ۱۵ـ نمودار جابجایی کل در زیر پی ۱۰۸
شکل ۴ـ ۱۶ـ نمایی از نمونه نقاط پلاستیک در زیر پی ۱۰۸
شکل ۴ـ۱۷ـ الف ـ نمودار تنش کل قائم ـ ب ـ نمودار جابجایی کل ۱۰۹
شکل ۴ـ ۱۸ ـ پی مستقر بر خاک سه لایه با اختلاف زاویهٔ اصطکاک داخلی زیاد و کاهش آن از بالا به پایین ۱۱۰
شکل ۴ـ۱۹ـ مقایسه نتایج بدست آمده از روش میانگین وزنی خطوط لغزش و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که اختلاف پارامتر زیاد بوده و از بالا به پایین کاهش می یابد ۱۱۱

شکل ۴ـ۲۰ـ پی مستقر بر پروفیل خاک سه لایه با اختلاف زاویه اصطکاک کم و افزایش آن از لایه بالا به پایین ۱۱۲
شکل ۴ـ۲۱ـ مقایسه نتایج بدست آمده از روش میانگین وزنی خطوط لغزش و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برا حالتی که اختلاف پارامترها کم بوده و از لایه بالا به پایین افزایش می یابد ۱۱۳
شکل ۴ـ۲۲ ـ پی مستقر بر پروفیل خاک سه لایه با اختلاف زاویه اصطکاک داخلی زیاد و افزایش آن از بالا به پایین ۱۱۴
شکل۴ـ۲۳ـ مقایسه نتایج بدست آمده از روش میانگین وزنی خطوط لغزش وروش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که اختلاف بین پارامترها زیاد بوده و از لایه بالا به پایین افزایش می یابد ۱۱۴
شکل ۴ـ ۲۴ ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $h_1 = h_2 = 0.5m$,$\phi_1 = 32°$,$\phi_2 = 31°$,$\phi_3 = 30^0$ ۱۲۱
شکل ۴ـ ۲۵ ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $h_1 = h_2 = 0.5m$,$\phi_1 = 34°$,$\phi_2 = 32°$,$\phi_3 = 30^0$ ۱۲۱
شکل ۴ـ ۲۶ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $h_1 = h_2 = 0.5m$,$\phi_1 = 37°$,$\phi_2 = 35°$,$\phi_3 = 33^0$ ۱۲۲
شکل ۴ـ ۲۷ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $h_1 = h_2 = 0.5m$,$\phi_1 = 35°$,$\phi_2 = 32°$,$\phi_3 = 30^0$ ۱۲۲
شکل ۴ـ ۲۸ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $h_1 = h_2 = 1m$,$\phi_1 = 32°$,$\phi_2 = 31°$,$\phi_3 = 30^0$ ۱۲۳
شکل ۴ـ ۲۹ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $h_1 = h_2 = 1m$,$\phi_1 = 34°$,$\phi_2 = 32°$,$\phi_3 = 30^0$ ۱۲۴
شکل ۴ـ ۳۰ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $h_1 = h_2 = 1m$,$\phi_1 = 37°$,$\phi_2 = 35°$,$\phi_3 = 33^0$ ۱۲۴
شکل ۴ـ ۳۱ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $h_1 = h_2 = 1m$,$\phi_1 = 35°$,$\phi_2 = 32°$,$\phi_3 = 30^0$ ۱۲۵
شکل ۴ـ ۳۲ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $h_1 = h_2 = 0.5m$,$\phi_1 = 30°$,$\phi_2 = 28°$,$\phi_3 = 25^0$ ۱۲۶
شکل ۴ـ ۳۳ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $h_1 = h_2 = 0.5m$,$\phi_1 = 45°$,$\phi_2 = 35°$,$\phi_3 = 25^0$ ۱۲۶

شکل ۴ـ ۳۴ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $\phi_3 = 25^0$ ، $\phi_1 = 45^\circ, \phi_2 = 35^\circ$ ، $h_1 = h_2 = 1m$ ۱۲۷
شکل ۴ـ ۳۵ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $\phi_3 = 32^0$ ، $\phi_1 = 28^\circ, \phi_2 = 30^\circ$ ، $h_1 = h_2 = 0.5m$ ۱۲۸
شکل ۴ـ ۳۶ـ مقایسه نتایج حاصل از روش ارائه شده و روش میانگین حسابی با نرم‌افزار *plaxis* برای حالتی که $\phi_3 = 36^0$ ، $\phi_1 = 32^\circ, \phi_2 = 34^\circ$ ، $h_1 = h_2 = 0.5m$ ۱۲۸

فهرست جداول

عنوان | صفحه

جدول ۲ـ۱ـ مقادیر S_γ, S_C در رابطهٔ ترزاقی برای انواع مختلف پی ۱۲

جدول ۳ـ۱ـ مقایسه نتایج حاصل از مدل آزمایشگاهی مایرهوف و هانا با نرم افزار ۸۴

جدول ۳ـ۲ـ خصوصیات فیزیکی و مکانیکی خاک مورد استفاده در مدلسازی مقاله میچالوسکی و شای ۸۶

جدول۴ـ ۱ـ نتایج بدست آمده از نرم‌افزار و روشهای تحلیلی کلاسیک براساس ϕ میانگین حسابی..... ۹۲

جدول ۴ـ۲ـ نتایج بدست آمده از نرم افزار و روشهای تحلیلی کلاسیک ۹۳

جدول ۴ـ۳ـ مقایسه نتایج ظرفیت باربری بدست آمده از نرم افزار و روشهای تحلیلی کلاسیک ۹۴

جدول ۴ـ۴ـ مقایسه نتایج بدست آمده از رابطه ارائه شده با استفاده مستقیم از نرم افزار ۱۰۶

جدول ۴ـ۵ـ مقایسه نتایج بدست آمده از رابطه ارائه شده با استفاده مستقیم از نرم افزار ۱۱۰

جدول ۴ـ۶ـ مقایسه نتایج بدست آمده ازرابطهٔ ارائه شده با استفاده مستقیم از نرم افزار ۱۱۲

جدول ۴ـ ۷ـ مقایسه نتایج بدست آمده ازرابطهٔ ارائه شده با استفاده مستقیم از نرم افزار ۱۱۴

جدول ۴ـ۸ـ مقایسه نتایج محاسبه مقادیر q_{ult} برای زوایای اصطکاک داخلی مختلف با استفاده از روشهای ذکر شده برای حالتی که زاویه اصطکاک داخلی لایه‌های فوقانی بیشتر و اختلاف بین زاویا کم باشد ۱۱۷

جدول ۴ـ۹ـ مقایسه نتایج محاسبه مقادیر q_{ult} برای زوایای اصطکاک داخلی مختلف با استفاده از روشهای ذکر شده برای حالتی که زاویه اصطکاک داخلی لایه های فوقانی بیشتر و اختلاف بین زاویا کم است..... ۱۱۸

جدول ۴ـ۱۰ـ مقایسه نتایج محاسبه مقادیر q_{ult} برای زوایای اصطکاک داخلی مختلف با استفاده از روشهای ذکر شده برای حالتی که زاویه اصطکاک داخلی لایه های فوقانی بیشتر و اختلاف بین زاویا زیاد است ۱۱۸

جدول ۴ـ۱۱ـ مقایسه نتایج محاسبه مقادیر q_{ult} برای زوایای اصطکاک داخلی مختلف با استفاده از روشهای ذکر شده برای حالتی که زاویه اصطکاک داخلی لایه های فوقانی بیشتر و اختلاف بین زاویا زیاد است ۱۱۹

جدول ۴ـ۱۲ـ مقایسه نتایج محاسبه مقادیر q_{ult} برای زوایای اصطکاک داخلی مختلف با استفاده از روشهای ذکر شده برای حالتی که زاویه اصطکاک داخلی لایه های فوقانی کمتر و اختلاف بین زاویا نیز کم باشد ۱۲۰

چکیده

ظرفیت‌باربری پی‌ها از دیرباز بعنوان یکی از مباحث مهم در مهندسی ژئوتکنیک مطرح بوده و تاکنون محققین بسیاری با استفاده از روشهای مختلف در ارتباط با این موضوع به تحقیق پرداخته‌اند. با وجود انجام تحقیقات گسترده در زمینه ظرفیت باربری، همچنان این موضوع به دلایل ذیل قابل مطالعه و تحقیق بیشتر می‌باشد: ۱ـ لزوم در نظر گرفتن حالتهای متفاوت و شرایط گوناگون موثر در تعیین ظرفیت باربری از جمله پی با بارگذاری مایل، مجاورت با شیب و مستقر بر خاک لایه‌ای ۲ـ وجود روشهای گوناگون برای حل مسأله اعم از روشهای تحلیلی، آزمایشگاهی و عددی.

در بسیاری از موارد شرایط به گونه‌ای است که پی بر روی خاک چند لایه و غیر همگن قرار می‌گیرد. در این شرایط، روابط معمول ظرفیت باربری که برای خاکهای همگن ارائه شده‌اند مناسب نبوده و باید از روشهایی که اثر لایه‌بندی خاک را در تعیین ظرفیت باربری نهایی خاک لحاظ می‌کنند استفاده نمود. در این مطالعه ظرفیت باربری نهایی پی‌های نواری مستقر برخاکهای دانه‌ای چند لایه تحقیق شده است. در این راستا از تحلیل عددی استفاده شده و رابطهٔ ریاضی متناظر با نتایج تحلیلهای عددی ارائه شده است.

پس از تشریح مدلسازی، صحت عملکرد نرم افزارPlaxis با مقایسه با نتایج موجود از تحلیلهای عددی با نرم افزارهای دیگر و نیز نتایج تستهای آزمایشگاهی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. در ادامه متناظر با نتایج تحلیلهای عددی روشی تحت عنوان «روش میانگین خطوط لغزش لایه ها» جهت تعیین زاویه اصطکاک داخلی معادل لایه‌های خاک پیشنهاد گردید. نتایج حاصل از مطالعات فوق نشان می دهد در حالتی که زاویه اصطکاک لایه‌های فوقانی بیشتر از لایه زیرین باشد روش پیشنهادی جواب دقیق‌تری نسبت به روش میانگین حسابی خواهد داد.

کلید واژه‌ها: تحلیل عددی، ظرفیت باربری نهایی، پی‌نواری، میانگین حسابی ، میانگین خطوط

لغزش لایه ،خاک دانه ای

فصل اول

کلیات

۱ـ۱ـ مقدمه

مجموعه بخشهایی از سازه و خاک در تماس با آن، که انتقال بار بین سازه و زمین از طریق آن صورت می‌گیرد پی نام دارد. پی در واقع واسطه میان المان باربر و زمین می‌باشد و از این دیدگاه مشخص است که مهمترین بخش از یک سیستم ساختمانی است چرا که حدفاصل میان المانهای با قابلیت باربری قابل اختیار و زمین با ظرفیت باربری مشخص و نسبتاً محدود می‌باشد و در این میان آنچه که وضعیت را پیچیده‌تر می‌کند این است که پارامترهای مربوط به خاک جهت طراحی پی، پیش از شروع اجرای پروژه تعیین می‌شوند.

پس از آن زمانی که پی در جای خود اجرا و مستقر گردید در واقع بر روی خاکی واقع شده که خصوصیات آن ممکن است به میزان قابل توجهی نسبت به شرایط اولیه، خواه ناشی از روند ساخت و یا اجرای پی‌تغییر کرده باشد؛ یعنی محیط خاکی محدوده پروژه در اثر حفاری، جابجایی، پرکردن و تسطیح می‌تواند دچار کاهش یا افزایش حجم، تراکم، تغییر شرایط بارگذاری گردد و هر یک از این عوامل نهایتاً بر روی پارامترهای تخمین زده شده تأثیرگذار خواهد بود. لازم به ذکر است علیرغم اینکه پی مهمترین بخش یک سیستم ساختمانی است در عین حال به لحاظ دسترسی در صورتیکه بعداً دچار مشکل گردد، دشوارترین قسمت خواهد بود و این به نوبه خود اهمیت آنرا بیشتر می‌نماید[۱] .

بطور کلی پی ها به چهار گروه عمده :پی های سطحی ،پی های عمیق ،پی های نیمه عمیق و پی های ویژه تقسیم میشوند[۲].چون تمامی سازه‌های موجود در مهندسی عمران بر پی واقع بوده و نهایتاً نیروی خود را از طریق این عناصر واسطه به زمین منتقل می‌کنند از این رونباید تنش‌های ایجاد شده (منتقل شده) در خاک، بیشتر از مقاومت برشی خاک تکیه‌گاه باشد. همچنین نشستهای ایجاد شده بواسطه بار پی در خاک مذکور، از حد مجاز فراتر نرود. همانطور که از مطالب فوق‌الذکر بر می‌آید در

مواردی که خاک محلی که پروژه قرار است در آن اجرا شود دارای خصوصیات نشست‌پذیری بالا باشد (مانند بسیاری از خاکهای ریزدانه و نفوذناپذیر اشباع که علاوه بر مدول الاستیک کم، پدیده تحکیم سبب بروز نشستهای تحکیمی نیز می‌گردد) اغلب محدود کردن میزان نشست به حداکثر مقدار مجاز و برعکس در مواردی که زمین پروژه دارای نشست پذیری کم می‌باشد(مانند خاکهای دانه‌ای با تراکم متوسط و بالا) گسیختگی برشی حاکم بر شرایط تعیین ظرفیت باربری مجاز خواهد بود.

با وجود انجام تحقیقات گسترده در زمینه ظرفیت باربری این موضوع به دو دلیل عمدهٔ زیر هنوز قابل مطالعه و تحقیق بیشتر می‌باشد:

۱ـ لزوم در نظر گرفتن حالتهای متفاوت و شرایط گوناگون مؤثر در تعیین ظرفیت باربری پی از جمله: پی با بارگذاری مایل، با بار برون محوری، مجاورت با شیب، اتکا بر خاکهای لایه‌ای و یا ترکیبی از چند یا همهٔ موارد مذکور که می‌توانند بر ظرفیت باربری پی تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته باشند.

۲ـ وجود روشهای گوناگون برای حل این مسأله اعم از روشهای تحلیلی، آزمایشگاهی و عددی و فرضیات اولیه مختلف برای هر کدام از این روشها.

۱ـ ۲ـ بیان مسأله

گاهی ممکن است لازم باشد که پی بر روی رسوبات لایه‌ای موجود بنا شده و یا در مواردی به دلیل سست بودن بیش از حد خاک موجود، تعویض عمقی از خاک مذکور ضروری گردد. در این موارد به منظور تعیین ظرفیت باربری، فرض بر آن است که چنانچه ضخامت لایه بالایی از کف پی، کمتر از عمق گسیختگی زیر پی باشد، ناحیه گسیختگی به لایه و یا لایه‌های پائینی گسترش یافته و لذا

می‌بایست ظرفیت باربری نهایی اصلاح گردد. می‌توان انتظار داشت که اگر خاک پایین‌تر از کیفیت بهتری برخوردار باشد ظرفیت باربری افزایش و در غیر این صورت کاهش می‌یابد [۱].

توده‌های خاک بطور طبیعی اغلب بصورت لایه‌ای شکل می‌گیرند. در محدوده هر لایه می‌توان فرض کرد که خاک همگن می‌باشد هر چند که خصوصیات مقاومتی لایه‌های مجاور عموماً بطور کامل متفاوتند. اگر یک پی بر روی خاک لایه‌ای واقع شود که در آن ضخامت لایه فوقانی در مقایسه با عرض پی بزرگ باشد با تخمین واقع بینانه‌ای می‌توان ظرفیت باربری را مطابق روال معمول آن و براساس خصوصیات لایه فوقانی بدست آورد، اما در غیر این صورت دیگر نمی‌توان از روش مذکور استفاده نمود[۳].

۱ـ۳ـ اهداف پایان نامه و چگونگی دستیابی به اهداف

در این پایان نامه، ظرفیت باربری نهایی پی‌های نواری سطحی که بر روی زمینی متشکل از خاک چند لایه و دانه‌ای مستقر گردیده‌اند بررسی شده است. در این تحقیق که اساس آن بر مبنای محاسبات عددی و استفاده از روش اجزای محدود بوده است پس از معرفی نحوه کارکرد نرم‌افزار مورد استفاده و بیان حساسیت آن نسبت به پارامترهای مختلف و بررسی نتایج بدست آمده و نهایتاً اطمینان از صحت عملکرد نرم‌افزار از طریق مقایسه با سایر مدلسازی‌های عددی و نیز نتایج تستهای آزمایشگاهی یک روش تئوری که زاویه اصطکاک داخلی معادل حالت همگن را در هر حالت بدست می‌دهد و از آن در این پایان نامه تحت عنوان روش میانگین وزنی خطوط لغزش سطوح گسیختگی نام برده شده مطرح شده و پس از اطمینان از عملکرد صحیح آن از طریق مقایسه با نتایج حاصل از روش اجزای محدود (نرم‌افزار