٨٧/١/١٠١٦٧٦
٨٧/١/٢١

١٠٨٦٣٩

دانشگاه گیلان

دانشکده فنی

گروه عمران

گرایش مکانیک خاک و پی

پایان نامه کارشناسی ارشد

کاربرد نتایج CPT در ارزیابی نشست های استاتیکی و دینامیکی و بررسی موارد عملی

از

مینا ملک دوست پیشکناری

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

استاد راهنما

آقای دکتر اسلامی

۱۳۸۷/۱۰/۱۳

استاد مشاور

آقای دکتر کلانتری

دفتر تحصیلات تکمیلی

تیرماه ۸۷

۱۰۸۶۳۹

تقدیم به

پدر و مادرعزیز و همسرمهربانم

تقدیر و تشکر

اینک که با لطف بیکران یزدان یگانه مهربان این پایان نامه به انجام رسید بر خود واجب می دانم تا از استاد محترم خود، جناب آقای دکتر اسلامی که در طول دوره درسی و سپس در مراحل انجام پایان نامه با راهنمائی های ارزشمند خود مرا یاری کردند و هم چنین جناب آقای دکتر کلانتری که به عنوان استاد مشاور در انجام این تحقیق به من یاری رساندند، کمال سپاس و قدر دانی را داشته باشم.

هم چنین از آقای دکتر لشته نشائی و جناب آقای دکتر مهرداد که در طول دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد بهره مندی از علم و دانش ایشان برایم فراهم آمد سپاسگذاری می نمایم.

و نیز سایر عزیزانی که نامشان از قلم افتاد ولی یادشان از ذهنم نخواهد رفت، کسانی که آشنائی و همراهی با همه آنان افتخارم بود تشکر کرده و به خاطر همه خوبی هاشان، بهترین ها را برای آنها آرزو می کنم.

هم چنین در پایان لازم می دانم از زحمات سرکار خانم کیهان در آموزش دانشکده فنی و نیز سرکار خانم اصغرنیا در کتابخانه دانشکده فنی کمال سپاس و امتنان را داشته باشم.

فهرست مطالب:

فهرست شکل ها ج

فهرست جدول ها ذ

چکیده فارسی ر

چکیده انگلیسی ز

فصل اول ۱

کلیات ۱

۱-۱)مقدمه: ۲

۱-۲) بیان مساله: ۳

۱-۳) روش انجام تحقیق: ۳

فصل دوم ۵

مروری بر آزمایش در جای CPT و کاربردهای آن ۵

۲-۱)شرح کلی آزمایش CPT و CPTU: ۶

۲-۲) نقش CPT در تحقیقات محلی در سایت: ۷

۲-۳) امتیازات آزمایش CPT نسبت به گمانه های ساده، نمونه گیری و آزمایش SPT: ۸

۲-۴) تجهیزات آزمایش CPT: ۱۰

۲-۵) سیر تکاملی آزمایشات نفوذ مخروط ۱۰

۲-۵-۱) نفوذ سنج مخروط مکانیکی ۱۰

۲-۵-۲) نفوذ سنج مخروط الکتریکی: ۱۴

۲-۵-۳) پیزوپنترومتر، *CPTu* : ۱۵

۲-۵-۳-۱) امتیازات پنترومتر الکتریکی: ۱۶

۲-۵-۳-۲) هندسه استاندارد برای پنترومتر: ۱۶

۲-۶) نفوذ مخروط و پیزوپنترومتر: ۱۷
۲-۶-۱) تجهیزات پیشران مخروط: ۱۸
۲-۶-۲-۱) تجهیزات آزمایش نفوذ مخروط در خشکی: ۱۸
۲-۶-۲-۲)تجهیزات آزمایش نفوذ مخروط داخل آب: ۲۰
۲-۶-۲) عمق نفوذ پنترومتر: ۲۰
۲-۷) بررسی، اصلاح و نمایش داده ها: ۲۱
۲-۷-۱) عوامل موثر در اندازه گیری و تصحیحات: ۲۱
۲-۷-۱-۱) فشار آب حفره ای موثر روی qc و fs: ۲۱
۲-۷-۱-۲) محل قرار گیری فیلتر: ۲۵
۲-۷-۲) معرفی نتایج: ۲۷
۲-۷-۲-۱) پارامترهای اندازه گیری شده: ۲۷
۲-۷-۲-۲) پارامترهای اصلاح شده و نتیجه گیری شده: ۲۸
۲-۸) کاربردهای CPT: ۲۹
۲-۹) فاکتورهای کلی که نتایج آزمایش CPT را تحت تاثیر قرار می دهند: ۲۹
۲-۹-۱) طراحی تجهیزات: ۲۹
۲-۹-۲) تنش های موجود در سایت: ۳۰
۲-۹-۳) قابلیت فشردگی، سمنته بودن و سایز ذرات: ۳۰
۲-۹-۴) سرعت نفوذ: ۳۰
۲-۹-۵) موقعیت المان فشار حفره ای: ۳۰
۲-۱۰) چینه شناسی خاک: ۳۱
۲-۱۱) طبقه بندی خاک: ۳۲
۲-۱۲) اطلاعات در خاکهای ریز دانه: ۳۹
۲-۱۲-۱) واحد وزن خاک: ۳۹
۲-۱۲-۲) نسبت پیش تحکیم یافتگی: ۴۰
۲-۱۲-۲-۱) روش های مبتنی بر مقاومت برشی زهکشی نشده: ۴۰
۲-۱۲-۲-۲) روش های مبتنی بر شکل پروفیل CPTU: ۴۱
۲-۱۲-۲-۳) روش های مبتنی بر استفاده مستقیم از نتایج CPT: ۴۲
۲-۱۳) اطلاعات در خاک های درشت دانه: ۴۹

۲-۱۳-۱) دانستیه نسبی:..... ۴۹
۲-۱۳-۲) پارامترهای تغییر شکل در خاکهای دانه ای:..... ۴۹
۲-۱۳-۲-۱) مدول یانگ:..... ۴۹
۲-۱۳-۲-۲) مدول اجباری:..... ۵۰
۲-۱۴) مروری بر استفاده از روش CPT در طراحی شمع:..... ۵۲
۲-۱۴-۱) روش *Eslami & Fellenius , 1996*..... ۵۳
۲-۱۵) مروری بر استفاده از CPT در تعیین توان باربری پی های سطحی:..... ۵۳

فصل سوم ۵۵

مروری بر کارهای گذشته در خصوص ارزیابی ها و تعیین نشست..... ۵۵

۳-۱) مقدمه:..... ۵۶
۳-۲) نشست آنی:..... ۵۷
۳-۲-۱) روش جایگزین برای محاسبهٔ نشست الاستیک:..... ۵۸
۳-۳) نشست تحکیم:..... ۵۹

فصل چهارم ۷۴

رابطه توسعه داده شده جهت تعیین نشست بر مبنای داده های CPT..... ۷۴

۴-۱) مقدمه:..... ۷۵
۴-۲) ارائه رابطه پیشنهادی:..... ۷۶
مراحل گام به گام روش پیشنهادی:..... ۹۰

فصل پنجم ۹۳

بررسی موارد عملی ۹۳

۵-۱) مقدمه:..... ۹۴
۵-۲) آزمایش های نفوذ مخروط:..... ۹۷

فصل ششم **۱۰۷**

بحث و بررسی نتایج حاصله **۱۰۷**

۶-۱) مقدمه: ۱۰۸

فصل هفتم **۱۳۲**

جمع بندی و نتیجه گیری **۱۳۲**

۷-۱) جمع بندی: ۱۳۳
۷-۲) نتیجه گیری: ۱۳۵
۷-۳) محدودیت ها: ۱۳۶
۷-۴) ادامه تحقیق: ۱۳۷

مراجع **۱۳۸**

پیوست **۱۴۳**

فهرست شکل ها و نمودارهای مندرج در پایان نامه

شکل ۲ -۱- نفوذسنج مخروط

شکل ۲ -۲ - نوک مخروط هلندی قدیمی

شکل ۲ -۳- نفوذ سنج مخروط مکانیکی اولیه

شکل ۲ -۴ - نفوذ سنج مخروط هلندی

شکل ۲ -۵- مخروط مکانیکی بگمان به همراه غلاف اصطکاکی

شکل ۲ -۶- طبقه بندی خاکها به کمک قرائت مقاومت نوک و مقاومت اصطکاکی

شکل ۲ -۷- مخروط الکتریکی اصطکاکی Fugro

شکل ۲ -۸- پیزوکن

شکل ۲ -۹- انواع مختلف نفوذسنج مخروط

شکل ۲ -۱۰- شکل نهایی مدل ساخته شده پیزوکن [5]

شکل ۲ -۱۱- انواع مختلف تانک CPT

شکل ۲ -۱۲- انواع مختلف سیستم فروبرنده

شکل ۲ -۱۳- انواع مختلف اصطکاک گیر

شکل ۲ -۱۴- تاثیر فشار آب حفره‌ای بر روی اندازه‌گیری پارامترها

شکل ۲ -۱۴- تعیین پارامتر "a" در کالیبراسیون تجهیزات

شکل ۲ -۱۵- مثالی از تاثیر تصحیح مقاومت نوک در خاک‌های نرم

شکل ۲ -۱۶- مثالی از تاثیر تصحیح اصطکاک جدار

شکل ۲ -۱۸- مثالی از پروفیل‌های فشار آب حفره‌ای با فیلترهای مختلف

شکل ۲ -۱۹ - مثالی از پروفیل‌های فشار آب حفره‌ای با فیلترهای مختلف بر روی رس گالت

شکل ۲ -۱۷ - مثالی از اندازه‌گیری فشار آب حفره‌ای با پیزوکون با قابلیت اندازه‌گیری سه‌گانه

شکل ۲ -۱۸ - مثالی از ترسیم پارامترهای بدست آمده

شکل ۲ -۱۹ - نمایش اطلاعات بر اساس روش پیشنهادی

شکل ۲ -۲۰ - سیستم طبقه بندی پیشنهادی از روی اطلاعات CPT

شکل ۲ -۲۱ - سیستم طبقه بندی خاک بر اساس اطلاعات اصلاح شده CPT

شکل ۲ -۲۵ - طبقه بندی خاکها با استفاده از نتایج CPTu

شکل ۲ -۲۲- طبقه بندی خاک بر اساس مقاومت مخروط اصلاح شده و مدول برشی متناظر با کرنش کوچک
شکل ۲ -۲۷ - چارت طبقه بندی گسترش یافته خاک برای داده های CPT
شکل ۲ -۲۸ - واحد وزن خاک از روی اطلاعات CPTu
شکل ۲ -۲۹ - محاسبه OCR و k0 با روش Andressen و Brooker
شکل ۲ -۲۳ - بدست آوردن OCR بصورت مستقیم توسط نمودار مقاومت نوک
شکل ۲ -۲۴ - رابطه تجربی ارائه شده برای بدست آوردن OCR از نتایج CPTu
شکل ۲ -۲۵ - تاثیر نسبت پیش تحکیمی بر تفاوت فشار حفره ای نرمال شده
شکل ۲ -۲۶- محاسبه مدول یانگ زهکشی شده، از اطلاعات CPT برای ماسه
شکل ۲ -۲۷ - شماره مدول اجباری ماسه به عنوان تابع ای از مقاومت مخروط و OCR
شکل ۲ -۳۵ - تعیین توان باربری پی های سطحی با استفاده از نتایج CPT
شکل ۳ -۱ - نمونه هایی از منحنی تحکیم حاصل از آزمایش تحکیم
شکل ۳ -۲- نمودار ضرایب لازم برای تعیین نشست آنی
شکل ۳ -۳ - رابطه غیر خطی تنش – کرنش در وضعیت فشردگی
شکل ۳ -۴ - نمودار تنش – کرنش
شکل ۳ -۵ - منحنی تنش – کرنش برای $j=0$
شکل ۳ -۶ - روش تاثیر کرنش برای پی های واقع بر روی ماسه
شکل ۴ -۱ - رابطه بین qc و Eg خاک درسایت ماند فورد
شکل ۴ -۲ :- سیستم طبقه بندی پیشنهادی بر اساس اطلاعات CPT (رابرتسون)
شکل ۴ -۳ - رابطه غیر خطی تنش _کرنش برای تغییر شکل های برشی
شکل ۴-۴ - مقادیر اختصاص یافته برای j در رابطه پیشنهادی با استفاده از چارت رابرتسون
شکل ۴-۵ - مقادیر اختصاص یافته برای j در رابطه پیشنهادی با استفاده از چارت اسلامی_ فلنیوس
شکل ۴-۶ - محل و مقادیر ضرائب اصلاح
شکل ۵ -۱ - محل قرار گیری پی ها در سایت
شکل ۵ -۲ - مقطع عرضی سایت
شکل ۵ -۳- نتایج آزمایش دانه بندی بر روی خاک محل هر کدام از پی ها
شکل ۵ -۴ - موقعیت آزمایشات صحرایی
شکل ۵ -۵ - نتایج آزمایش CPTروی پی مورد شماره ۱

شکل ۵ -۶- نتایج آزمایش CPTروی پی مورد شماره ۲
شکل ۵ -۷ - نتایج آزمایش CPTروی پی مورد شماره ۳
شکل ۵ -۸ - نتایج آزمایش CPTروی پی مورد شماره۴
شکل ۵ -۹ - نتایج آزمایش CPTروی پی مورد شماره ۵
شکل ۵ -۱۰- بارگذاری پی ها
شکل ۵ -۱۱- نتایج نشست پی مورد شماره ۱
شکل ۵ -۱۲ - نتایج نشست پی مورد شماره ۲
شکل ۵ -۱۳- نتایج نشست پی مورد شماره ۳
شکل ۵ -۱۴ - نتایج نشست پی مورد شماره۴
شکل ۵ -۱۵ - نتایج نشست پی مورد شماره ۵
شکل ۶ -۱ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده با نتیجه حاصل از رابطه های مایرهوف،جانبو ، اشمرتمن و رابطه پیشنهادی
شکل ۶ -۲ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده با مقدار به دست آمده ازرابطه های مایرهوف،جانبو ، اشمرتمن و رابطه پیشنهادی در خاک های درشت دانه
شکل ۶ -۳ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده با مقدار به دست آمده ازرابطه های جانبو رابطه پیشنهادی در خاک های ریز دانه
شکل ۶ -۴ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده در پی های تک و مقدارهای حاصل ازرابطه های مایرهوف،جانبو ، اشمرتمن و رابطه پیشنهادی
شکل ۶ -۵ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده با مقدار حاصل ازرابطه های مایرهوف،جانبو، اشمرتمن و رابطه پیشنهادی در پی های نواری
شکل ۶ -۶ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده با مقدار حاصل از رابطه های مایرهوف،جانبو، اشمرتمن و رابطه پیشنهادی در پی های گسترده
شکل ۶ -۷ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده با مقدار حاصل از رابطه های مایرهوف ،جانبو ، اشمرتمن و رابطه پیشنهادی در پی های تک واقع برخاک ریزدانه
شکل ۶ -۸ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده با مقدار حاصل از رابطه های مایرهوف ، جانبو ، اشمرتمن و رابطه پیشنهادی در پی های تک واقع برخاک درشت دانه
شکل ۶ -۹ - مقایسه بین نشست پیش بینی شده از رابطه پیشنهادی ورابطه جانبو با نشست های اندازه گیری شده در پی مورد ۲۴

شکل ۶ -۱۰ - مقایسه مقدار نشست های اندازه گیری شده با مقدار حاصل از رابطه های مایرهوف ، جانبو ، اشمرتمن ورابطه پیشنهادی در پی مورد ۱
شکل ۶ -۱۱ - مقایسه نشست اندازه گیری شده با اعداد حاصل از رابطه پیشنهادی مایرهوف ، جانبو و اشمرتمن در پی مورد ۱۵
شکل ۶-۱۲ - نسبت نشست های پیش بینی شده به نشست های اندازه گیری شده توسط رابطه پیشنهادی
شکل ۶-۱۳- نسبت نشست های پیش بینی شده به نشست های اندازه گیری شده توسط رابطه مایر هوف
شکل ۶-۱۴- نسبت نشست های پیش بینی شده به نشست های اندازه گیری شده توسط رابطه جانبو
شکل ۶-۱۵- نسبت نشست های پیش بینی شده به مقادیر اندازه گیری شده در رابطه اشمرتمن
شکل ۶-۱۶ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده با مقدار حاصل ازرابطه های اشمرتمن،جانبو،مایرهوف و رابطه پیشنهادی برای عمق مدفون کمتر از ۱ متر
شکل ۶-۱۷ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده با مقدارحاصل ازرابطه های اشمرتمن،جانبو،مایرهوف و رابطه پیشنهادی برای عمق مدفون بیشتر از ۱ مترتا ۳ متر
شکل ۶-۱۸ - افزایش دقت محاسبات با افزایش تعداد لایه
شکل ۶-۱۹ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده با مقادیرحاصل از رابطه پیشنهادی در موارد شماره ۱ تا ۲۰
شکل ۶-۲۰ - مقایسه نشست های اندازه گیری شده با مقادیرحاصل از رابطه پیشنهادی در موارد شماره ۲۱تا ۴۲
شکل ۶-۲۱ - تغییرات نرمال نسبت نشست پیش بینی شده به نشست اندازه گیری شده در روش مایرهوف
شکل ۶-۲۲ - تغییرات نرمال نسبت نشست پیش بینی شده به نشست اندازه گیری شده در روش جانبو
شکل ۶-۲۳ - تغییرات نرمال نسبت نشست پیش بینی شده به نشست اندازه گیری شده در روش اشمرتمن
شکل ۶-۲۴ - تغییرات نرمال نسبت نشست پیش بینی شده به نشست اندازه گیری شده دررابطه پیشنهادی
شکل ۶-۲۵ تغییرات Log-Normal نسبت نشست پیش بینی شده به نشست اندازه گیری شده دررابطه پیشنهادی
شکل ۶-۲۶ - تغییرات Log-Normal نسبت نشست پیش بینی شده به نشست اندازه گیری شده برای رابطه های پیشنهادی،جانبو،مایرهوف و اشمرتمن
شکل ۶-۲۷ - تغییرات Log-Normal نسبت نشست پیش بینی شده به نشست اندازه گیری شده برای رابطه های پیشنهادی،جانبو،مایرهوف و اشمرتمن بر حسب تعداد موارد مورد بررسی

فهرست جداول مندرج در پایان نامه

جدول ۲ -۱ - مقایسه و کابرد انواع تست های درجا (Campanella , 1982)

جدول ۲ -۲ - مقادیر پارامتر K برای انواع خاک

جدول ۲ -۳ - مقادیر C_s برای انواع خاکها

جدول ۲ -۴- تکنیک های آزمایش نفوذ مخروط

جدول ۲ -۵ - واحد وزن محاسبه شده بر اساس شکل ۲-۲۳

جدول ۲ -۶ - خلاصه‌ای از روش‌های بدست آوردن میزان پیش تحکیمی

جدول ۲ -۷ - نمونه هایی از ارزیابی درجه پیش تحکیمی حاصله از CPTu

جدول ۲ -۸ - خلاصه روشهای مستقیم CPT در تعیین توان باربری شمع ها

جدول ۳ -۱ - مقادیر m_v برای انواع رس ها با مقاومت و سختی های مختلف

جدول ۳ -۲ - مقادیر ضریب اصلاح μ_{SB} برای تبدیل تحکیم یک بعدی به مقادیر عملی

جدول ۳ -۳ - شماره مدول و توان تنش فرض شده توسط جانبو

جدول ۳ -۴ - مقادیر ساده شده $\frac{A_b}{4L^2}$ برای پی های مختلف

جدول ۳ -۵ - روابط تعیین مدول الاستیسیته (E) خاک بر اساس نتایج آزمایش های در جای CPT، SPT

جدول ۳ -۶ - مقدارهای C_Δ قابل استفاده در رابطه ۳-۳۳

جدول ۴ -۱ - اعداد فرض شده برای j توسط جانبو

جدول ۴ -۲ - مقادیر توصیه شده m توسط جانبو برای تعیین نشست خاکهای مختلف

جدول ۴ -۳ - تعیین وزن مخصوص بر اساس چارت رابرتسون

جدول ۴ -۴ - ضرائب اصلاح برای نشست

جدول ۵ -۱ - نوبت های بارگذاری برای همه پی ها

جدول ۵ -۲ - ابعاد پی ها

جدول ۵ -۳ - مشخصات و فاصله بین تیر های نشست

جدول ۵ -۴ - خلاصه مشخصات مورد های شماره ۱ تا ۴۲

جدول ۵-۵ - خلاصه مشخصات موارد عملی جمع آوری شده برای کالیبراسیون

جدول ۶-۱ - خلاصه نتایج حاصل از منحنی های تغییرات نرمال

چکیده

کاربرد نتایج CPT در ارزیابی نشست های استاتیکی و دینامیکی و بررسی موارد عملی

مینا ملک دوست پیشکناری

در طراحی پی ها، نشست یکی از عوامل تعیین کننده می باشد اما در عین حال برآورد میزان نشست از قطعییت برخوردار نیست. برای تعیین نشست پی ها روابط متعددی ارائه گردیده است. برخی از این روابط تنها در خاک های درشت دانه و برخی دیگر فقط در خاک های ریز دانه قابل استفاده می باشند. به دلیل تنوع خاک ها در طبیعت و مخلوط بودن آنها، نمی توان با قطعییت خاک ها را جزو یکی از دو دسته بالا قرار داد. یکی از آزمایشات نفوذی که بصورت وسیعی مورد استفاده قرار می گیرد، آزمایش نفوذ مخروط(CPT) می باشد. در این آزمایش، نوک مخروط با سرعتی ثابت به داخل زمین نفوذ کرده و بصورت پیوسته مقاومت نوک (q_c) و اصطکاک جداری(f_s) برای آن اندازه گیری و ثبت می گردد و نتایج حاصل از آن می تواند به تعیین پروفیل خاک محل و نیز تعیین مشخصات و پارامتر های مطرح در رفتار مهندسی خاک از قبیل نشست کمک نماید. جانبو در سال (1967) روابط خود را جهت تخمین نشست در خاک های دانه ای و چسبنده بصورت مجزا ارائه نمود. در این روابط از دو پارامتر به نام های j و m استفاده گردیده است که پارامتر j مورد استفاده برای خاک های دانه ای دارای مقدار 0.5 و برای خاک های چسبنده دارای مقدار عددی 0 می باشد. پارامتر m نیز بسته به نوع و حالت خاک مورد بحث می تواند حدود تغییرات بسیار وسیعی را دارا باشد. در این تحقیق سعی بر آن گردیده تا با استفاده از پارامتر های حاصل از آزمایش نفوذ مخروط، پارامتر های m و j به کار برده شده در رابطه جانبو به گونه ای اصلاح گردند تا بتوان بدون توجه به جنس و حالت خاک تنها از یک رابطه واحد جهت تخمین میزان نشست در آنها استفاده کرد. بانک اطلاعاتی جمع آوری گردیده شامل 52 مورد عملی متشکل از 30 مورد پی تک، 5 مورد پی نواری و 7 مورد پی گسترده می باشد که بر روی خاک های دانه ای و چسبنده قرار گرفته اند. 10 مورد از این موارد جهت کالیبراسیون رابطه پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفت و از 42 مورد باقی مانده جهت بررسی دقت پیش بینی ها و هم چنین مقایسه آن با سایر روش های متداول موجود در تخمین نشست استفاده گردیده است.نتایج مقایسه ها نشان می دهد که رابطه پیشنهاد شده در این تحقیق توانسته تا حد بسیار زیادی نشست ها را نزدیک به مقدار واقعی پیش بینی نماید و دقت آن نسبت به سایر روابط مورد استفاده بیشتر می باشد.

کلید واژه: آزمایش نفوذ مخروط (CPT) – نشست

Abstract

Application of CPT data for estimating of Static and Dynamic Settlements and studying practical cases

Mina Malekdoost Pishkenary

In the designing of foundations, the settlement is one of the determining factors however some uncertainties exist for evaluating to actual value of settlement.To determine the amount of foundations settlement numerous relations have been presented. Some of them can be used only in Coarse- grained soils and others applied for Fine- grained soils. Due to variety of soils in the nature and their mixture, soils can not be categorized firmly as one of the above mentioned categories.

Cone Penetration Test (CPT) is one of the penetrating test that has been used extensively. In this test, the tip of cone, penetrates into the earth with a fixed speed, cone tip resistance and skin friction were measured and recorded continually. The acquired results help to determin the soil profile, the characteristics and important parameters that are used in the soil engineering.

In 1967, Janbu presented his own relations to determine the settlement for cohesive and non- cohesive soils. In this relations two parameters that are called M and J have been used. The J parameter for the non-cohesive soils is 0.5 and for cohesive soils is 0 . The M parameter can have very extensive amount of alteration by considering the type and state of the discussed soil. In this research it has been attempted that M and J parameters in Janbu relation will be corrected by using the attained results of the Cone Penetration Test parameters so that it can be able to use a single relation to estimate the amount of their settlement without considering the quality and state of soil. The collected data bank contain 57 practical cases composed of 30 cases of the spread foundation, 5 cases of the strip foundation and 7 cases of mat foundation that have been settled on the cohesive and non-cohesive soils. Among these cases, 10 cases are used to calibrate the Proposed relation and the remained 42 cases have been used to investigate accuracy of its prediction and also comparing it with other available common methods in estimating the settlement such as Janbu method, Schmertmann method and Meyerhof method. The results of comparison indicate that the suggested the relation in this research is able to a high predict extent the settlement near to their real amount and its accuracy is more in comparison with other relations.

Key word: Cone Penetration Test (CPT) –settlement

فصل اول

کلیات

۱-۱)مقدمه:

قسمت هایی از هر سازه که بارهای وارده را به خاک منتقل می کند، پی یا شالوده نام دارد. موفقیت یک پروژه به این عامل بستگی دارد که با چه راندمانی این انتقال بار صورت گیرد. دو معیار اصلی در تحلیل و طراحی پی ها، تامین ظرفیت باربری با ضریب اطمینان کافی و محدود ساختن نشست به مقادیر قابل تحمل برای سازه می باشد.

نشست سازه ها بر اثر تغییر شکل و جابه جایی زمین، تغییر حجم خاک بستر و یا زیر سازه تحت تنش های حاصل از بارگذاری و بار برداری به وقوع می پیوندد. تغییر شکل تحت تنش موثر ثابت خزش نامیده می شود. در حالی که تغییر شکل تحت افزایش تنش را جابه جایی و یا فشردگی می نامند. که ممکن است نشانه ای از:

۱- تغییر شکل الاستیک،

۲- تغییرات حجمی به دلیل کاهش حجم آب (تحکیم)

۳- حرکات کلی برشی

و عوامل دیگر از قبیل فرو ریزش خاک های زیرین و غیره باشد.

به طور عمده در طراحی پی های سطحی، نشست عامل کنترل کننده در قابلیت باربری مجاز است. علاوه بر این در تعیین توان باربری مجاز، عامل های هندسه پی، مقاومت و سختی خاک زیر پی و ملاحظات سرویس پذیری رو سازه به دلیل تحمل تغییر شکل ها، مطرح بوده و بنابراین، موارد توان باربری و نشست زیر پی در اندرکنش بوده و نمی توان به صورت مجزا به آنها پرداخت.

نشست پی در خاک های ریزدانه با دقت کمتری نسبت به توان باربری آنها بدست می آید. زیرا تخمین نشست در آنها به عوامل متعددی وابسته است که توجیه رفتار آنها نیازمند به قضاوت مناسب مهندسی است. از مهم ترین عامل ها در این مورد، شرایط مرزی و درجه اشباع و تخمین میزان فشار پیش تحکیم بوده که مربوط به حداکثر فشاری است که تا به حال به خاک وارد شده است. به طور کلی عوامل موثر در بروز نشست عبارتند از :

- بار گذاری و فشردگی خاک بر اثر تنش های فشاری که به طور نسبی سریع و به صورت مجموع تغییر شکل های الاستیکی (ارتجاعی) و پلاستیکی (خمیری) می باشد،

- جا به جایی ذرات خاک بر اثر اعمال نیروهای برشی،

- تحکیم خاک یا تحکیم اولیه،
- خزش یا تحکیم ثانویه،
- عدم رعایت ملاحظات فنی در ساخت و اجرای رو سازه و زیر سازه،
- اتفاقات در حین حفاری،
- فعالیت های ساخت و ساز در همسایگی که شامل پایین بردن سطح آب زیرزمینی و گودبرداری وغیره باشد.

۱-۲) بیان مساله:

در طراحی پی های سطحی ، نشست عامل تعیین کننده می باشد اما در عین حال برآورد میزان نشست از قطعیت برخوردار نمی باشد. در تخمین میزان نشست عواملی از قبیل بار وارده بر روی پی ، عرض پی ، نوع پی ، عمق تاثیر تنش ، سختی خاک و فشار پیش تحکیمی در خاک های چسبنده ، از عوامل تعیین کننده می باشند .

CPT به دلیل توانایی های عمده ای که در تعیین پارامترهای مقاومتی خاک به همراه داشته، از محبوبیت بسیاری در بین محققین و مهندسین علم ژئوتکنیک برخوردار می باشد. این وسیله می تواند به ازای هر 1 inch نفوذ، اطلاعات را ثبت نماید.

پارامتر q_cاندازه گیری شده از آزمایش CPT می تواند به سختی خاک ارتباط داده شود بنابراین با این وسیله می توان یکی از مشکلات عمده تعیین میزان نشست، که در واقع همان تعیین مقدار دقیق سختی خاک می باشد را برطرف نمود. این دستگاه می تواند اطلاعات خاک را بصورت پیوسته ثبت نماید. تکرار پذیری و عدم دست خوردگی نمونه یکی دیگر از مزایای آزمایش CPT می باشد.

۱-۳) روش انجام تحقیق:

برای تعیین نشست پی ها روابط متعددی ارائه گردیده است. برخی از این روابط تنها در خاک های درشت دانه و برخی دیگر فقط در خاک های ریز دانه قابل استفاده می باشند . به دلیل تنوع خاک ها در طبیعت و مخلوط بودن آنها، نمی توان با قطعیت خاک ها را جزء یکی از دو دسته بالا قرار داد. در این پایان نامه سعی بر آن می شود تا به رابطه واحدی جهت ارزیابی میزان نشست دست یافته شود . برای رسیدن به این هدف ، مراحل زیر طی خواهد گردید.

۱- ارزیابی نقش پارامترهای موثر در تخمین نشست و فرموله نمودن نشست
۲- بررسی راه هایی برای بهبود بخشیدن مقدار این پارامتر ها و نزدیک کردن آنها به مقدار های واقعی

۳- بررسی امکان استفاده از یک رابطه واحد جهت تخمین میزان نشست پی ها که برای عموم خاک ها قابل کاربرد باشد .

۴- تشریح سختی خاک ها و عوامل موثر در آن

۵- ارائه روابطی در خصوص تعیین نشست با تکیه بر مقادیر بدست آمده برای سختی ، از نتایج آزمایش CPT

۶- جمع آوری موارد عملی جهت کالیبره کردن رابطه یا روابط جدید و محک روش های جاری .

۷- مقایسه روش پیشنهادی و روش های جاری در تخمین میزان نشست.

با اتوجه به اهداف ذکر شده در بالا ، فصل های پایان نامه به شکل زیر ترتیب یافته اند :

فصل اول به بیان کلیات ، شامل معرفی و اهداف پایان نامه ، بیان مسئله و بیان فصول دیگر می پردازد.

درفصل دوم ، آزمایش CPT ، تجهیزات و امکانات روش اجرا و کاربردهای آن معرفی خواهد گردید.

درفصل سوم ، معرفی روابط تجربی و تئوری بدست آمده توسط افراد مختلف در خصوص تعیین نشست ، به خصوص آن دسته از روابط که با اطلاعات بدست آمده از آزمایش CPT در ارتباط می باشد صورت خواهد گرفت .

فصل چهارم به شرح روش های ارائه شده در این پایان نامه ، معرفی روش پیشنهادی با تکیه به اصلاحات صورت گرفته و استفاده از اطلاعات CPT در آن خواهد پرداخت .

فصل پنجم ، معرفی موارد عملی جمع آوری شده شامل پی های سطحی به همراه اندازه گیری های آزمایش CPT در مجاورت آنها می باشد .

فصل ششم به بحث و بررسی نتایج حاصل از موارد عملی و مقایسه آنها با سایر روابط می پر دازد.

فصل هفتم به جمع بندی ، ارائه نتایج و معرفی موضوعات قابل بررسی و تحقیق پرداخته خواهد شد .

فصل دوم

مروری بر آزمایش در جای CPT و کاربردهای آن