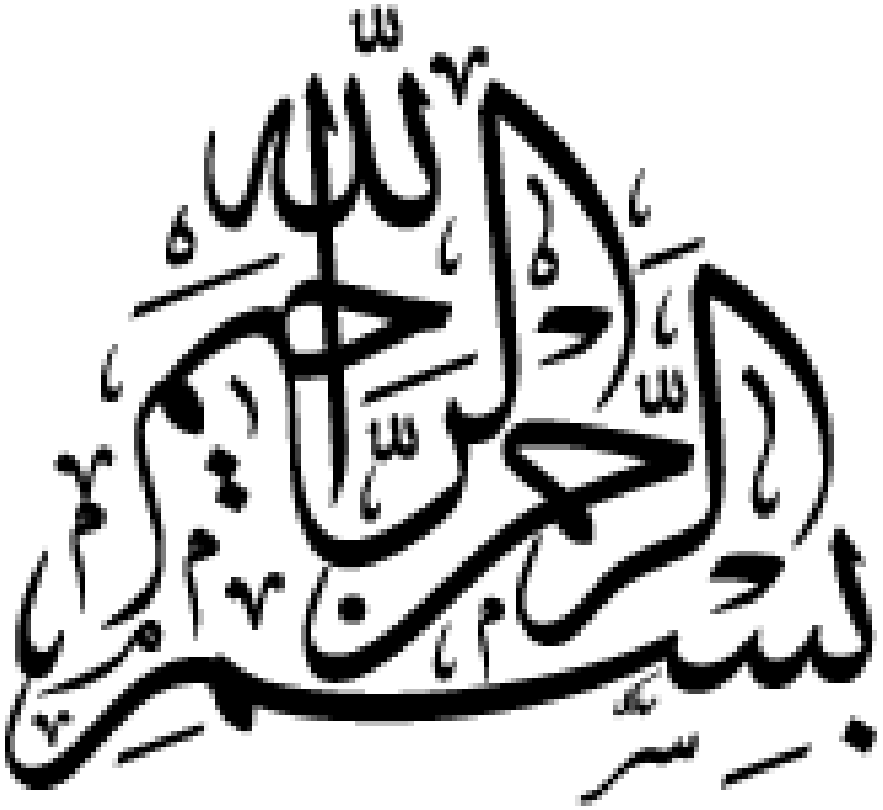
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی مهندسی تهران مرکز

پایان نامه کارشناسی ارشد

(گرایش مهندسی عمران - مکانیک خاک و پی)

بررسی ظرفیت باربری شمع در خاک های روانگرا تحت اثر بارهای ضربه ای

استاد راهنما:

دکتر علی کرمی خانیکی

استاد مشاور:

دکتر یونس دقیق

نگارش:

علی سعادت

زمستان ۱۳۹۰

ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

Central Tehran Branch

Faculty of Civil Engineering

Geotechnical Engineering

(M.Sc)Thesis

Subject:

Bearing capacity of pile in liqaefiable soils under shock loads

Advisor:

Dr.Ali Karami Khaniki

Reader:

Dr.Yuones Daghigh

Presented by:

Ali Saadat

Winter ۲۰۱۲

تشکر و قدردانی

برخود لازم می بینیم که قبل از پرداختن به متن این پایان نامه از اساتید و دوستان ارجمندی که مرا در مراحل مختلف انجام این کار تحقیقاتی یاری نمودند تشکر و قدردانی نمایم.

ابتدا لازم است که از آقای دکتر علی کرمی خانیکی استاد راهنمای خود به خاطر راهنمایی های ارزشمندشان در طول انجام این پایان نامه تشکر نمایم .

هم چنین از مشاور خود آقای دکتر یونس دقیق نیز به خاطر اطلاعاتی که در مراحل مختلف انجام این پایان نامه در اختیار من گذاشتند تشکر و قدردانی می نمایم.

از خداوند بزرگ توفیق روز افزون این عزیزان را مسئلت دارم .

تقدیم

تقدیم این دفتر به غمی که هزار بار از شادی زنده تر و مست کننده تر است. تقدیم به آن هایی که چون اقیانوس ظاهری آرام و باطنی شوریده دارند.

تقدیم به پروانگانی که بی پروا عاشقانه می سوزند و دم برنمی آوردند . تقدیم به پدر و مادر عزیزم.

تقدیم

به

همسر

عزیزم

فهرست مطالب

موضوع	صفحه
چکیده	۱
فصل اول – مقدمه	۲-٦
۱-۱- مقدمه	۳
۱-۲- بیان مسئله تحقیق	٤
۱-۳- ضرورت انجام پژوهش	٤
۱-٤- سوابق مربوطه	٥
۱-٥- اهداف پژوهش	٦
فصل دوم – بررسی ادبیات موضوع	۸-٥۳
۲ -۱ – مقدمه	۹
۲ – ۲ – پدیده روانگرایی و مثال هایی از خسارت وارده	۹
۲ – ۲ – ۱ – مکانیزم روانگایی	۹
۲ – ۲ – ۲ – مثال هایی از خرابی وارده	۱۱
۲ – ۳ – آزمایشات لرزه ای بر روی شمع ... با استفاده از انفجار	۱۸
۲ – ٤ – اندر کنش رو سازه – شمع – خاک ... با آزمایشات میز لرزه	۲٤
۲ – ٥ – ظرفیت باربری شمع ها	۳۰
۲ – ٥ – ۱ – مکانیزم انتقال بار ، منحنی بار – تغییر مکان	۳۳
۲ – ٥ – ۲ – ظرفیت باربری فشاری محوری	۳٤
۲ – ٥ – ۳ – مقاومت نوک شمع	۳٥
۲ – ٥ – ۳ – ۱ – روش مایرهوف	۳٥
۲ – ٥ – ۳ – ۲ – روش وسیک	۳۸
۲ - ٥ – ۳ – ۳ – روش جانبو	٤۰
۲ – ٥ – ۳ – ٤ – روش کولهاوی	٤۱
۲ – ٥ – ٤ – مقاومت اصطکاکی	٤٦

۲– ۵ – ٤ – ۱ – روش β بر اساس تنش موثر یا مقاومت زهکشی شده ٤۹

۲– ۵ – ٤ – ۲ – روش α بر اساس تنش کل یا مقاومت زهکشی نشده ٤۹

۲–۵ – ٤ – ۳ – روش λ ۵۰

۲ – ۵ – ۵ – راهنمای مهندسی پی کانادا ۵۱

فصل سوم – مدلسازی شمع و خاک و نرم افزار مورد استفاده ٥۳-٦٤

۳ – ۱ – نرم افزار مورد استفاده ۵۵

۳ – ۲ – منوهای اصلی موجود در نرم افزار ۵٦

۳-۳- مکانیزم استفاده از نرم افزار ۵۷

۳ – ۳ – ۱ - ایجاد شبکه گره ای تفاضل محدود(مش بندی) ۵۸

۳ – ۳ – ۲ – تخصیص رفتار و خصوصیات مصالح ۵۹

۳ – ۳ – ۲ – ۱ – معرفی مدل موهرکلمب ٦۰

۳ – ۳ – ۳ – شرایط مرزی ٦۰

۳ – ۳- ٤ – شرایط اولیه ٦۲

۳ – ٤ - تحلیل دینامیکی مدل ٦۲

۳ – ۵ – تولید فشار منفذی دینامیکی و شبیه سازی روانگرایی لایه خاک ٦۷

فصل چهارم – **نت**ایج اجرای مدل ٦۵-۱۳۳

٤ – ۱ – مقدمه ٦٦

٤ -۲ – بررسی ظرفیت باربری استاتیکی شمع مدل شده ٦۷

٤ – ۲ – ۱ – مدل سازی شمع و خاک ٦۸

٤ – ۲ – ۲ – نتیجه گیری از مدل ساخته شده ٦۸

٤ – ۲ – ۳ – جابجایی شمع مدل شده ٦۸

٤ – ۲ – ٤ – تغییرات نیروی محوری و مقاومت اصطکاکی در شمع ٦۹

٤ – ۲ – ۵ – منحنی بار – تغییر مکان شمع ۷٤

٤ – ٢- ٦ – مقایسه نتایج مدل عددی با روابط تئوریک باربری ٧٥

٤ – ٣ – بررسی روانگرایی خاک مدل شده ٧٧

٤ – ٣ – ١ – زلزله اعمال شده به مدل ٧٨

٤ – ٣ – ٢- مشخصات مربوط به خاک برای تحلیل روانگرایی ٧٩

٤ – ٣ – ٣ – کنترل روانگرایی خاک مدل شده ٨٠

٤ -٤ – بررسی ظرفیت باربری شمع در خاک لایه ای متشکل از روانگرا و غیر روانگر ٨٢

٤- ٤- ١- مدل سازی شمع و خاک ٨٢

٤ – ٤ – ٢ – جابجایی حاصله از زلزله و روانگرایی ، در زیر شمع ٨٢

٤ – ٤- ٣– تغییرات نیروی محوری در طول شمع در حالت دینامیکی و مقایسه با حالت استاتیکی ٨٣

٤– ٤– ٤– تغییرات مقاومت اصطکاکی در طول شمع در حالت دینامیکی و مقایسه با حالت استاتیکی ٨٦

٤–٤-٥–منحنی بار–تغییر مکان شمع در حالت دینامیکی و مقایسه با حالت استاتیکی ٩٠

٤– ٤– ٦– منحنی بار – تغییر مکان شمع در حالت متغییر بودن ضخامت لایه خاک روانگرا ٩٣

٤-٥-٢ جابجایی حاصله از بار ضربه ای در زیر شمع ٩٤

٤-٥-٢- تغییرات نیروی محوری در طول شمع در حالت ضربه ای و مقایسه با حالت استاتیکی و دینامیکی ٩٧

٤-٥-٣- تغییرات مقاومت اصطکاکی در حالت ضربه ای و مقایسه با حالت استاتیکی و دینامیک ٩٨

٤-٥-٤- منحنی بار-تغییر مکان شمع در حالت ضربه ای و مقایسه با حالت دینامیکی و استاتیکی ٩٨

فصل پنجم - نتایج مطالعات صحرایی ٩٩

٥-١ – مشخصات پروژه ١٠٠

٥-٢- درباره آزمایش ١٠٠

٥-٣- نحوه انجام آزمایش ١٠١

٥-٤- شرح پروژه ١٠٢

۵-۵- خلاصه انجام آزمایش ۱۰۳

۵-٦- بررسی و تفسیر نتایج ۱۰۳

۵-٦-۱- تنش های کوبش ۱۰۳

۵-٦-۲- سلامت شمع ۱۰٤

۵-٦-۳- بازدهی سیستم کوبش ۱۰٤

۵-٦-٤- ظرفیت ۱۰٤

فصل ششم – بحث و نتیجه گیری ۱۲۷-۱٤۱

٦ – ۱ – کلیات ۱۲۸

٦ – ۲ – نتیجه گیری ۱۲۹

٦ – ۳ – ارائه پیشنهاد ۱۳۳

فهرست منابع و مراجع ۱۳٤

خلاصه انگلیسی ۱۳٦

فهرست جداول

موضوع **صفحه**

جدول(۲-۱) طبقه بندی خسارات ناشی از روانگرایی بر اساس علت خرابی ۱۵

جدول(۲-۲) دیاگرام شماتیکی نحوه خرابی ها ۱۷

جدول (۲-۳) خلاصه آزمایش لرزه ۲۲

جدول (۲-٤) اندازه واقعی و مدل شده شمع و سازه ۲٦

جدول (۲-٥) انواع آزمایشات، شرایط بارگذاری و سرعت موج برشی ۲۷

جدول (۲-٦) حدود I_r با توجه به نوع خاک ٤۱

جدول (۲-۷) ضرایب اصلاح ظرفیت باربری برای پی های دایره ای در حالت زهکشی شده ٤٤

جدول(۲-۸)ضرایب اصلاح ظرفیت باربری پی های دایره ای در حالت زهکشی نشده ٤٦

جدول (۲-۹)حدود ضریب N_t برای خاک های مختلف (راهنمای مهندسی پی کانادا ۱۹۹۲) ٥۲

جدول (۲-۱۰) حدود ضریب β برای خاک های مختلف (راهنمای مهندسی پی کانادا ۱۹۹۲) ٥۳

جدول (٤-۱) پارامتر های مورد نیاز لایه های مختلف خاک در الگوی موهر – کولمب ٦٦

جدول (٤-۲) پارامتر های مورد نیاز شمع ٦۷

جدول (٤-۳) شتاب نگاشت زلزله منجیل اعمال شده به مدل ۷۸

جدول (٤-٤) مشخصات مربوط به خاک برای مدل فین ۸۰

جدول (٤-٥) مقایسه جابه جایی در حالت استاتیکی و دینامیکی برای سطوح بارKN ٥۰۰ و ۱۰۰۰و ۱٥۰۰ ۸۳

جدول (٤-٦) مقایسه جابه‌جایی در حالت استاتیکی و دینامیکی و ضربه ای برای سطوح بار kN ٥۰۰ و ۱۰۰۰ و ۱٥۰۰.. ۹٤

فهرست اشکال

موضوع **صفحه**

شکل (۲-۱)دیاگرام شماتیکی از آرایش ذرات در خاک های ماسه ای اشباع ۱۰

شکل (۲-۲) خرابی پلی در زلزله ۱۹٦٤ نیگاتا با تغییر مکان ۲ متری زمین ۱۲

شکل (۲-۳) برش شمع به وسیله تغییر مکان زمین در زلزله ۱۹۹۵ کوبه ۱۳

شکل (۲-٤) خرابی های رایج سازه هایی روی فونداسیون شمعی در زلزله ۱۹۹۵ کوبه ۱٤

شکل (۲-٥) خرابی شمع اصطکاکی و اتکایی و عدد نفوذ استاندارد در زلزله ۱۹٦٤ نیگاتا ۱۲

شکل (۲-٦) خرابی پل یاچیو در زلزله ۱۹٦٤ نیگاتا ۱۳

شکل (۲-۷) نشست آپارتمان ها به علت روانگرا شدن خاک زیر پی در زلزله ۱۹٦٤ نیگاتا ۱۳

شکل (۲-۸) نشست آپارتمان ها و تکیه دادن به ساختمان مجاور به علت روانگرا شدن خاک زیر پی در زلزله ترکیه ۱۳

شکل (۲-۹) نشست پیاده رو به علت روانگرا شدن در زلزله نیشینومیا ۱٤

شکل (۲-۱۰) جوشش ماسه در زلزله نیشینومیا ۱٤

شکل (۲-۱۱) خرابی جاده به علت روانگرایی در زلزله کاستاریکا ۱٥

شکل (۲-۱۲) روش آزمایش لرزه توسط انفجار ۱۹

شکل (۲-۱۳) برش چاله تست ۲۰

شکل (۲-۱٤) پلان چاله تست ۲۰

شکل (۲-۱٥) دتایل شمع و سازه ۲۰

شکل(۲-۱٦)نصب لایه ضد آب ۲۱

شکل(۲-۱۷)چاله آزمایش و سازه آماده تست ۲۱

شکل(۲-۱۸)پلان تجهیزات ۲۱

شکل(۲-۱۹)موقعیت محل آزمایش و انفجارها ۲۲

شکل(۲-۲۰) شتاب حداکثر در ماسه و شمع و سازه ۲۳

شکل(۲-۲۱)شتاب حداکثر در ماسه و شمع و سازه ۲۳

شکل (۲-۲۲)نسبت فشار آب منفذی در اعماق مختلف در ماسه ۲٤

شکل (۲-۲۳) نمای کلی از سیستم میز لرزه ۲٥

شکل (۳-۲٤) شماتیکی از تجهیزات میز لرزه ۲٦

شکل (۲-۲٥) موقعیت کرنش سنج ها ، پیزومترها و فشارسنج ها ۲۷

شکل (۲- ۲٦) تاریخچه زمانی تغییر مکان ، شتاب و ممان خمشی در تست F_5.. ۲۸

شکل (۲-۲۷) توزیع فشار آب منفذی اضافی ۲۹

شکل (۲-۲۸) توزیع حداکثر ممان خمشی در حالت موقتی روانگرایی ۲۹

شکل (۲-۲۹) فشار آب منفذی اضافی در شمع، ستون اندازه گیر و زمین ۳۰

شکل (۲-۳۰) تاریخچه زمانی فشار دینامیکی زمین ۳۰

شکل (۲-۳۱) شکل عمومی منحنی بار – تغییر مکان برای شمع تحت بار وارده ۳۲

شکل (۲-۳۲) نمودار تعادل نیروها برای یک شمع تحت بار محوری فشاری ۳۲

شکل (۲-۳۳) مکانیسم های مختلف گسیختگی در پایین و اطراف نوک شمع ها ۳٤

شکل (۲-۳٤) شمع های متکی بر مقاومت نوک ۳٥

شکل(۲-۳٥) تغییرات ظرفیت باربری نوک شمع در ماسه همگن (با فرض مفهوم عمق بحرانی) ۳٦

شکل (۲-۳٦) تغییرات $(L_b \quad B)_{cr}$. با زاویه اصطکاک داخلی خاک برای N_c^* و N_q^* ۳۷

شکل (۲-۳۷) تغییرات حداکثر مقادیر N_c^* و N_q^* با زاویه اصطکاک داخلی خاک(مایرهوف ۱۹٦۷) ۳۷

شکل (۲-۳۸) تغییرات ظرفیت باربری نوک در داخل خاک لایه بندی شده ۳۸

شکل (۲-٤۰) ضرایب ظرفیت باربری N_c, N_q, N_γ ٤۲

شکل (۲-٤۱) تغییرات ξ_{qd} یا نسبت D/B (کولهاوی،۱۹۹۱) ٤۳

شکل (۲-٤۲) تغییرات ξ_{qr} یا اندیس سختی و زاویه اصطکاک داخلی خاک (کولهاوی۱۹۹۱) ٤۳

شکل (۲-٤۳)ظرفیت باربری نوک برای شمع های با عمق بالا در ماسه (کولهاوی ،۱۹۸٤) ٤٥

شکل (۲-٤٤) تغییرات α یا چسبندگی زهکشی نشده رس ۵۰

شکل (۲-٤۵)نمودار تغییرات λ بر حسب عمق نفوذ شمع ۵۱

شکل (۳-۱) قسمت ها و منوهای اصلی موجود در نرم افزار فلک دو بعدی ۵۷

شکل (۳-۲) معیار گسیختگی موهر – کولمب ٦۰

شکل (٤-٤) کانتورهای جابه‌جایی نقاط مربوط به بار استاتیک ۵۰۰ kN برای شمع ٦۸

شکل (٤-۵) کانتورهای جابه‌جایی نقاط مربوط به سطح بار ۱۰۰۰ kN برای شمع ٦۸

شکل (٤-٦) کانتورهای جابه‌جایی نقاط مربوط به سطح بار ۱۵۰۰ kN برای شمع ٦۹

شکل (٤-۷) تغییرات نیروی محوری شمع برحسب طول برای بار ۵۰۰ kN.... ۷۰

شکل (٤-۸) تغییرات نیروی محوری شمع برحسب طول برای بار ۱۰۰۰ kN.. ۷۰

شکل (٤-۹) تغییرات نیروی محوری شمع برحسب طول برای بار۱۵۰۰ kN... ۷۱

شکل (٤-۱۰) تغییرات نیروی محوری شمع برحسب طول برای بار ۲۰۰۰ kN... ۷۱

شکل (٤-۱۱) تغییرات نیروی محوری شمع برحسب طول برای بارهای استاتیک ۲۰۰۰ kN و ۱۵۰۰ و ۱۰۰۰ و ۵۰۰... ۷۲

شکل (٤-۱۲) تغییرات مقاومت اصطکاکی جدار شمع برحسب طول برای بار ۵۰۰ kN... ۷۲

شکل (٤-۱۳) تغییرات مقاومت اصطکاکی جدار شمع برحسب طول برای بار ۱۰۰۰ kN... ۷۳

شکل (٤-۱٤) تغییرات مقاومت اصطکاکی جدار شمع برحسب طول برای بار ۱۵۰۰ kN.... ۷۳

شکل (٤-۱۵) تغییرات مقاومت اصطکاکی جدار شمع برحسب طول برای بار ۲۰۰۰ kN.... ۷٤

شکل (٤-۱٦) تغییرات نیروی محوری برحسب نشست شمع ۷۵

شکل (٤-۱۷) تاریخچه شتاب – زمان زلزله اعمال شده به مدل ۷۸

شکل (٤-۱۸) تاریخچه سرعت – زمان زلزله اعمال شده به مدل ۷۹

شکل (٤-۱۹) روند افزایش فشار آب منفذی در طول بارگذاری زلزله ۸۱

شکل (٤-۲۰) نسبت فشار آب منفذی به تنش کل برای مصالح مورد استفاده تحت زلزله اعمال شده۸۲

شکل (٤-۲۱) کانتورهای جابه‌جایی نقاط مربوط به سطح بار ۱۵۰۰ kN برای شمع ۸٤

شکل (٤-٢٢) تغییرات نیروی محوری شمع برحسب طول برای بار ٥٠٠kN همراه با زلزله ٨٤

شکل (٤-٢٣) تغییرات نیروی محوری شمع برحسب طول برای بار١٠٠٠ kN... ٨٥

شکل (٤-٢٤) تغییرات نیروی محوری شمع برحسب طول برای بار ١٥٠٠ kN.... ٨٥

شکل (٤-٢٥) تغییرات نیروی محوری شمع برحسب طول برای بار ١٥٠٠ kN و١٠٠٠ و٥٠.. ٨٦

شکل (٤-٢٦) مقایسه‌ای بین تغییرات نیروی محوری شمع برحسب طول برای بارهای ١٥٠٠ kN و ١٠٠٠ و ٥٠٠ در حالت استاتیکی و روانگرایی خاک ٨٧

شکل (٤-٢٧) تغییرات مقاومت اصطکاکی جدار شمع بر حسب طول برای بار ٥٠٠ kN.. ٨٧

شکل (٤-٢٨) تغییرات مقاومت اصطکاکی جدار شمع بر حسب طول برای بار١٠٠٠ kN... ٨٨

شکل (٤-٢٩) تغییرات مقاومت اصطکاکی جدار شمع بر حسب طول برای بار ١٥٠٠ kN... ٨٨

شکل (٤-٣٠) مقایسه‌ای بین تغییرات مقاومت اصطکاکی شمع بر حسب طول برای بار ٥٠٠ kN در حالت استاتیکی و روانگرایی ٨٩

شکل (٤-٣١) مقایسه‌ای بین تغییرات مقاومت اصطکاکی شمع بر حسب طول برای بار ١٠٠٠ kN در حالت استاتیکی و روانگرایی ٨٩

شکل (٤-٣٢) مقایسه‌ای بین تغییرات مقاومت اصطکاکی شمع بر حسب طول برای بار ١٥٠٠ kN در حالت استاتیکی و روانگرایی ٩١

شکل (٤-٣٣) تغییرات نیروی محوری بر حسب نشست شمع ٩٢

شکل (٤-٣٤) مقایسه‌ای بین تغییرات نیروی محوری در طول شمع برحسب نشست در دو حالت استاتیکی و روانگرایی خاک ٩٢

شکل (٤-٣٥) مقایسه‌ای بین تغییرات نیروی محوری در طول شمع در برابر نشست در حالت روانگرایی خاک روانگرا بین دو لایه خاک غیرروانگرا با فرض ثابت بودن شروع لایه روانگرا از زمین ٩٣

شکل (٤-٣٦) تغییرات ظرفیت باربری شمع در حالت روانگرایی خاک بین دو لایه خاک غیرروانگرا با فرض ثابت بودن شروع لایه روانگرا از زمین ٩٥

شکل(٤-٣٧) نشست شمع در مقابل زمان تحت بار ضربه ای ١٠٠٠ kN.... ٩٦

شکل (٤-٣٨) تغییرات نیروی ضربه ای شمع برحسب طول برای بار ٥٠٠ kN... ٩٧

شکل (٤-٣٩) تغییرات نیروی ضربه ای شمع برحسب طول برای بار ١٠٠٠ kN... ٩٨

شکل (٤-٤٠) تغییرات نیروی ضربه ای شمع برحسب طول برای بار ١٥٠٠ kN... ٩٩

شکل (٤-٤١) تغییرات نیروی ضربه ای شمع برحسب طول برای بارkN ١٥٠٠ و١٠٠٠ و ٥٠٠.. ١٠٢

شكل (٥-١) آماده سازي شمع جهت نصب سنسورها ١٠٦

شكل (٥-٢) نصب سنسورها بر روي شمع ١٠٦

شكل (٥-٣) قرار دادن چكش بر روي شمع و اعمال ضربه ١٠٧

شكل (٥-٤) ثبت امواج نيرو و سرعت حاصل از ضربات توسط PDA.. ١٠٧

چکیده:

اندرکنش بین شمع و خاک یکی از مهمترین مباحث مهندسی ژئوتکنیک و علوم مرتبط با آن می باشد.محققین زیادی تاکنون به بررسی این موضوع پرداخته اند و جنبه های مختلف رفتار شمع ها را تحت اثر بارهای مختلف بررسی کرده اند. با توجه به افزایش استفاده از پی های عمیق(شمع ها) طی دهه اخیر در سطح کشور و گسترش بنادر شمالی و جنوبی کشور در سواحل ماسه ای و خطر روانگرایی در اثر زلزله ، در این مقاله ظرفیت باربری پی های شمعی به صورت موردی بررسی می شود. با توجه به هزینه های بالای آزمایشات روی شمع ، با استفاده از مدلسازی کامپیوتری ، مدل مناسبی برای پیش بینی جابجایی شمع ها تحت اثر بارهای مختلف ارائه گردید و بدین منظور یک مدل شمع و خاک تولید و با استفاده از روش تفاضل محدود در نرم افزار Flac تحلیل گردید. قبل از آماده سازی مدل برای تحلیل شمع در خاک روانگرا در هنگام زلزله ، لازم بود که مدل برای بار استاتیکی ساخته و تحلیل گردد و نتایج با روشهای تئوریکی متداول تحلیل استاتیکی کنترل گردد. پس از کنترل صحت عملکرد برنامه، روانگرایی لایه خاک روانگرا بین دو لایه غیرروانگرا ، بعد از اعمال زلزله، کنترل شد.در محاسبه ظرفیت باربری شمع، رفتار نیرو – نشست شمع مورد توجه قرار گرفته است و برای توزیع نیروی محوری در طول شمع از مکانیزم کاهش نیروی محوری در اثر فعال شدن مقاومت برشی خاک در اثر جابجایی شمع نسبت به خاک اطراف و انتقال بار از شمع به خاک استفاده شده است.

نتیجه این تحقیق نشان می دهد که در زمین های متشکل از لایه های روانگرا :

۱- با توجه به افزایش ضخامت لایه روانگرا مقاومت جداره شمع کاهش می یابد.
۲- تشکیل فشار آب منفذي موجب روانگرايي شده که این عمل مي‌تواند در نتیجه اعمال بارگذاری استاتيكي يا بارگذاري دوره‌اي باشد.
۳- به علت تراکم و نشست خاك، در اثر زلزله و روانگرا شدن خاك، نشست خاك و شمع به مراتب بیشتر از حالت استاتيكي (تا ۱۰ برابر) در همان سطح بار شده است.
٤- مقایسه‌ای بین تغییرات نیروی ضربه ای در طول شمع برحسب نشست در دو حالت استاتیکی ، روانگرایی خاک و ضربه ای خاک. با توجه به پدیده روانگرایی جهت رسیدن به یک تغییر مکان مشخص به ترتیب از حالت استاتیک به لرزه با کاهش نیروی قابل تحمل توسط شمع روبرو می شویم.

کلید واژه: شمع ، روانگرایی ، ظرفیت باربری ، تفاضل محدود ، مدلسازی ، نرم افزار Flac

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

پي هاي عميق به عنوان عناصر انتقال دهنده وزن حاصل از سازه ها به لايه هاي مقاوم زير سطحي ، قرنهاست كه مورد استفاده قرار مي گيرند. شواهدي در دست است كه بابلي ها از اولين كساني بودند كه از شمع هاي چوبي براي ساخت عمارت هاي خود استفاده كرده اند . بعدها رومي ها از شمع هاي چوبي جهت ساخت پل ها استفاده نمودند . در قرون وسطي نيز شمع ها به فراواني در ونيز و هلند مورد استفاده قرار مي گرفته اند. تا انقلاب صنعتي كليه شمع هايي كه در پروژه هاي عمراني مورد استفاده قرار مي گرفته اند از چوب درختان ساخته مي شدند ولي بعد از انقلاب صنعتي در سال ١٨٤٥ اولين دستگاه شمع كوب كه با نيروي بخار كار مي كرد ، توسط ناسميت اختراع شد. در واقع از اين تاريخ به بعد به تدريج محدوديت هاي استفاده از پي هاي شمعي از بين رفت به طوريكه امروزه مي توان از اين نوع پي ها تقريباً در اكثر مناطق و تحت شرايط مختلف استفاده نمود[١].

به طور خيلي خلاصه مي توان گفت شمع ها عناصر ستوني نسبتاً لاغري هستند كه به صورت قائم و يا كمي شيب دار جهت انتقال بار هاي فشاري ، كششي و جانبي از سطح زمين ، به لايه هاي سخت تر زيرين به كار برده مي شوند . هر چند اين مورد يكي از مهم ترين دلايل استفاده از پي هاي شمعي مي باشد ولي تنها دليل آن نيست . در بسياري از موارد از نظر اقتصادي استفاده از شمع ها مقرون به صرفه تر از ساير انواع پي ها مي باشد . اقتصادي بودن استفاده از پي هاي شمعي را مي توان به دو دليل توجيه نمود : اول اينكه با توسعه تكنولوژي ، امروزه استفاده از پي هاي شمعي نسبت به گذشته امكان پذيرتر و كم هزينه تر شده است و دليل دوم اينكه زمان لازم براي ساخت و اجراي پي هاي شمعي معمولاً كوتاه تر از انواع ديگر پي ها مي باشد لذا موجب تسريع در ساخت پروژه و در نتيجه منجر به اقتصادي تر شدن طرح و كاهش هزينه ها مي گردد . علاوه بر اين براي سازه هاي دريايي نظير اسكله ها يا سكوها معمولاً چاره اي جز استفاده از اين نوع پي ها وجود ندارد [١] .

طول يا عمق قرارگيري شمع در خاك ، سطح مقطع ، جنس ، روش استقرار و چگونگي عملكرد شمع ها از متغيرهاي اصلي بوده كه با توجه به نيازهاي پروژه تعيين مي گردند . سيستم پي عميق (شمع) زماني توصيه مي شود كه حداقل يكي از شرايط زير برقرار باشد[٢]:

١- لايه سطحي خاك فاقد مقاومت كافي بوده و لايه هاي مقاوم تر خاك در اعماق پايين تر يافت شوند. به عبارت ديگر حتي ، اگر از پي هاي گسترده استفاده شود، ظرفيت باربري لازم توسط لايه هاي سطحي تأمين نگردد .
٢- لايه يا لايه هاي سطحي نشست پذير، تورم زا و فرو ريزشي باشند يا سازه به نشست غير متقارن بسيار حساس باشد.
٣- عليرغم مقاوم بودن لايه هاي سطحي خاك، مشكل آب شستگي وجود داشته باشد، مانند آب شستگي كناره پايه هاي مياني و يا كوله پل ها و سازه هاي مجاور ساحل .
٤- بارهاي متمركز بزرگي بايد از سازه به خاك منتقل شوند به طوري كه تحمل اين نيروها توسط پي هاي سطحي، حتي به صورت گسترده امكان پذير نباشد.
٥- سطح آب زيرزميني در منطقه بالا است و يا فشار آرتزين در لايه هاي خاك وجود داشته ، به طوري كه امكان احداث پي كم عمق وجود نداشته باشد .
٦- جلوگيري از روانگرايي خاك و حفاظت سازه در مقابل اثرات ناشي از آن.
٧- افزايش سختي خاك زير پي ماشين آلات براي كنترل دامنة ارتعاشات پي و همچنين كنترل فركانس طبيعي سيستم.

۸- مقاومت در برابر نيروهاي كششي يا واژگوني براي پي هاي زير سطح آب و يا جلوگيري از واژگوني سازه هاي بلند.
۹- ايجاد مهار در برابر نيروهاي افقي و زلزله يا ضربه گيري در اسكله ها .
۱۰- كنترل لغزش و رانش زمين و افزايش پايداري شيب ها .
۱۱- مقابله با عواقب آتي حاصل از ساخت و سازها در مجاورت پروژه يا بناهاي موجود.

۱-۲ بيان مساله تحقيق :

پي هاي عميق به عنوان عناصر انتقال دهنده وزن حاصل از سازه ها به لايه هاي مقاوم زير سطحي ، قرنهاست كه مورد استفاده قرار مي گيرند .

با توجه به ساخت ساختمان هاي بلند مرتبه در كشور و وجود خاك هاي سست در بعضي از مناطق به خصوص مناطق ساحلي اهميت تحقيق در مورد اينگونه پي ها احساس مي شود .

به طور خيلي خلاصه مي توان گفت شمع ها عناصر ستوني لاغري هستند كه به صورت قائم و يا كمي شيب دار جهت انتقال بارهاي فشاري ، كششي يا جانبي از سطح زمين به لايه هاي سخت تر زيرين به كار برده مي شود . مطمعناً به علت تماس پي هاي عميق با لايه هاي بيشتري از خاك زيرين سازه ، نوع قرار گيري لايه ها و نوع لايه هاي خاك زيرين از اهميت به سزايي بر خوردار مي باشد .

يكي ديگر از مسائلي كه در پي ها اهميت زيادي دارد روانگرايي در پي مي باشد . علاوه بر نشست هايي كه در اثر بارهاي وارد بر زمين بوجود مي آيد ، افزايش فشار منفذي در لايه هاي ماسه اي زمين نيز در هنگام زلزله موجب كاهش ظرفيت باربري زمين و افزايش نشست مي گردد . كاهش ظرفيت باربري كه به علت كم شدن مقاومت برشي لايه ها در شرايط زلزله به وجود مي آيد ، بستگي به مقدار ضريب اطمينان لايه ها در مقابل روانگرايي دارد . وجود يك ضريب اطمينان بزرگتر از ۲ نشان از وضعيت بسيار خوب لايه در مقابل روانگرايي دارد . در حالي كه با كاهش ضريب اطمينان و نزديك شدن آن به عدد يك ، خطر روانگرايي افزايش مي يابد . لايه هايي كه ضريب اطمينان آنها در مقابل روانگرايي برابر و يا كوچكتر از يك محاسبه مي شود ، فاقد مقاومت برشي تلقي مي گردند . همچنين ، افزايش فشار منفذي در لايه هاي ماسه اي باعث كاهش حجم اين لايه ها و در نتيجه باعث افزايش نشست ساختمان در هنگام زلزله مي گردد . ميزان كاهش حجم لايه ها با كاهش ضريب اطمينان افزايش مي يابد .

طول يا عمق قرار گيري شمع در خاك ، سطح مقطع ، جنس ، روش استقرار و چگونگي عملكرد شمع ها از متغيرهاي اصلي بوده كه با توجه به شرايط و نيازهاي پروژه تعيين مي گردد . در اين پروژه سعي بر آن است تا ميزان تاثير لايه يا لايه هاي روانگرا را بر ساختار يك شمع مورد بررسي قرار داده تا ميزان تاثير ضخامت لايه هاي روانگرا بر ميزان ظرفيت باربري شمع مشخص شود .

۱-۳- ضرورت انجام پژوهش

بعد از انقلاب صنعتي استفاده از پي هاي شمعي وارد مرحله جديدي شد، به طوري كه امروزه انواع مختلفي از شمع ها ، در پروژه هاي عمراني مورد استفاده قرار مي گيرند . تقسيم بندي هاي گوناگوني بر اين اساس براي شمع ها وجود دارد . مهمترين اين تقسيم بندي ها بر اساس مصالح تشكيل دهنده شمع و بر اساس روش ساخت و اجراي آن استوار است . بر اساس نوع مواد تشكيل دهنده شمع ، مي توان

شمع ها را در سه گروه بتني، فلزي و چوبي تقسيم بندي نمود. بر اساس روش ساخت و اجراي شمع ها در دو گروه كلي خلاصه مي شوند. در گروه اول شمع ها با فشار به درون خاك فرو برده مي شوند و خاك را به اطراف مي رانند. در اثر رانش اين شمع ها به درون خاك دست خوردگي و بهم ريختگي در خاك ايجاد مي شود . اين نوع شمع ها انواع مختلفي دارند كه از جمله آن ها مي توان به شمع هاي كوبيده شده ، شمع هاي كوبيده شده و ريخته شده و شمع هاي پيچي اشاره نمود. در نوع اول شمع توسط يك چكش شمع كوبي به داخل زمين فرو برده مي شود . در نوع دوم ابتدا يك لوله با انتهاي بسته به داخل خاك رانده مي شود و بعد داخل لوله با بتن پر مي شود. شمع هاي نوع سوم نيز شمع هاي فولادي هستند كه به داخل زمين پيچ مي شوند. در گروه دوم شمع هاي حفر شده قرار مي گيرند. براي ساخت اين نوع شمع ها ابتدا چاهي به طول و قطر مناسب در زمين حفر و سپس توسط بتن پر مي شوند. با استفاده از اين روش معمولاً تغييري در خاك هاي اطراف شمع ايجاد نمي شود[٢].

استفاده از پي هاي عميق يا شمع طي دهه اخير افزايش قابل توجهي در سطح كشور پيدا كرده است. علاوه بر اجراي سازه هاي معمولي و متداول همچون پل سازي كه در گذشته هاي دورتر نيز از پي هاي عميق در ساحت آنها استفاده مي گرديد ، گسترش بنادر شمالي و جنوبي كشور، اجراي سازه هاي فراساحل در منطقه خليج فارس و همچنين سرمايه گذاري كلان در بخش منابع نفتي و پتروشيمي در سواحل جنوبي نياز به استفاده از شمع ها را به طور چشمگيري افزايش داده است. از طرفي ماسه هاي شل و بدون چسبندگي با سيلت كم كه در زير سفره آب زيرزميني قرار دارند، تكانهاي شديد زلزله موجب افزايش فشار آب منفذي يا روانگرايي مي شوند[٢].

افزايش فشار آب منفذي منجر به از بين رفتن قابل توجه مقاومت و سختي مي شود. بسته به پيشامد روانگرايي فونداسيون شمعي ممكن است در معرض تكان هاي قابل توجهي قرار گيرد. در حالي كه خاك در حالت روانگرايي كامل قرار دارد و سختي خاك در حالت مينيمم مي باشد ، در طول تكان خوردن، شمع مستعد هر گونه آسيب ناشي از تكان هاي جدي و يا حتي ترك مي باشد[٢].

١-٤ - سوابق مربوطه

علی میرزا عسگری و مسعود دهقانی به بررسی پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاك‌ها از قبیل زاویه اصطكاك داخلي، وزن مخصوص، مدول ارتجاعي، چسبندگي ، خصوصيات روانگرايي لايه‌هاي خاك و همچنين ميزان دست‌خوردگي خاك بر روي ظرفيت باربري جانبي شمع مي‌باشد پرداخته اند.

ایشان جهت مدل سازی عددی رفتار خاک وشمع از نرم افزار فلک استفاده کردند که با مقایسه نتایج حاصل از گراف های بدست آمده و جواب های آزمایش های صحرایی به نتایج زیر رسیدند .

١- احتمال وقوع روانگرايي عامل بسيار تعيين كننده‌اي در تعيين ميزان ظرفيت باربري جانبي شمع‌ها مي‌باشد كه حتما بايستي در نظر گرفته شود.

٢- هر چه روانگرايي در سطوح بالاتر رخ دهد، اثر آن در كاهش ظرفيت باربري جانبي شمع‌ها بيشتر است.