بسم الله الرحمن الرحيم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشکده فنی و مهندسی

گروه عمران- خاک و پی

تحلیل عددی رفتار لرزه ای گروه شمع درشیروانی های خاکی و مقایسه آن با نتایج آزمایش های مدل سازی فیزیکی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی عمران گرایش خاک و پی

مهدی حمیدپورزارع

استاد راهنما:

دکتر سید ابوالحسن نائینی

اسفند ۱۳۹۰

بسمه تعالی

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

معاونت آموزشی دانشگاه- مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهد نامه اصالت پایان نامه

اینجانب مهدی حمیدیون داغ دانشجوی رشته عمران خاک و پی مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد بدین وسیله اصالت کلیه مطالب موجود در مباحث مطروحه در پایان نامه / تز تحصیلی خود، با عنوان تحلیل عددی رفتار لرزه ای گروه شمع در شیروانی خاکی و مقایسه آن با نتایج مدلسازی فیزیکی را تأیید کرده، اعلام می نمایم که تمامی محتوی آن حاصل مطالعه ، پژوهش و تدوین خودم بوده و به هیچ وجه رونویسی از پایان نامه و یا هیچ اثر یا منبع دیگری، اعم از داخلی، خارجی و یا بین المللی ، نبوده و تعهد می نمایم در صورت اثبات عدم اصالت آن و یا احراز عدم صحت مفاد و یا لوازم این تعهد نامه در هر مرحله از مراحل منتهی به فارغ التحصیلی و یا پس از آن و یا تحصیل در مقاطع دیگر و یا اشتغال و ... دانشگاه حق دارد ضمن رد پایان نامه نسبت به لغو و ابطال مدرک تحصیلی مربوطه اقدام نماید. مضافاً اینکه کلیه مسئولیت ها و پیامدهای قانونی و یا خسارت وارده از هر حیث متوجه اینجانب می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو مهدی حمیدیون داغ

امضاء و تاریخ

۹۰/۱۲/۱۰

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

معاونت آموزشی – مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره ۳۰

فرم تأییدیه‌ی هیأت داوران جلسه‌ی دفاع از پایان‌نامه/رساله

بدین وسیله گواهی میشود جلسه دفاعیه از پایان نامه کارشناسی ارشد/ دکتری ..... دانشجوی رشته ..... گرایش ..... تحت عنوان ..... در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۱۰ در دانشگاه برگزار گردید و این پایان نامه با نمره ..... و درجه ..... مورد تایید هیئت داوران قرار گرفت.

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه‌ی دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	استاد راهنما				
۲	استاد مشاور				
۳	داور خارج				
۴	داور داخل				
۵	نماینده تحصیلات تکمیلی				

تقدیم به

یاد پدر و زحمات بی دریغ مادرم

چکیده

رفتار لرزه ای گروه شمع سال هاست که مورد توجه محققین متعددی در سراسر جهان قرار گرفته است، پیچیدگی های گروه شمع در خاک باعث شده است که علی رغم انجام تحقیقات گسترده بر روی آنها هنوز ناشناخته ها و ابهامات بسیاری در این عرصه از مهندسی پی باقی بماند. این امر به خصوص در شرایطی که گروه شمع در یک شیروانی قرار می گیرد به پیچیدگی رفتاری گروه شمع می افزاید. در این گونه شرایط روشهای قابل اتکایی برای بررسی این امر وجود نداشته و این امر نیاز به استفاده از روش های عددی را برای تحلیل را هر چه بیشتر روشن می سازد.

در این تحقیق سعی شده است با استفاده از نرم افزار اجزاء محدود ABAQUS به مدلسازی و بررسی اثر عوامل مختلف برروی پاسخ لرزه ای گروه شمع و خاک در شیروانی های خاکی پرداخته شود. بدین منظور ابتدا با مدلسازی مدل های آزمایشگاهی انجام شده بر روی میز لرزه به صحت سنجی مدل های عددی پرداخته می شود و نمودارهای تغییر شکل و لنگر خمشی بدست آمده از هر دو روش مورد مقایسه قرار می گیرد. پس از حصول نتایج قابل قبول از مدل های عددی مطالعه پارامتری پارامترهای موثر در رفتار لرزه ای گروه شمع در شیروانی های خاکی از جمله شیب شیروانی، آرایش و تعداد شمع در گروه های شمع و نسبت فاصله به قطر شمع پرداخته شده و نتایج آن در قالب نمودارهای تغییرشکل و لنگر خمشی در طول شمع مورد بحث قرار می گیرد. از نمودارهای بدست آمده از مدل های عددی ملاحظه می شود که رفتار لرزه ای گروه شمع در شیروانی های خاکی به شدت تابع شیب شیروانی می باشد بطوریکه با افزایش شیب شیروانی مقادیر ماکزیمم تغییر شکل و لنگر خمشی افزایش قابل توجهی پیدا می کند. هم چنین در بحث آرایش شمع ها این نتیجه قابل مشاهده است که تاثیر افزایش شمع در ستون ها بیشتر از تاثیر آن در ردیف شمع ها می باشد. افزایش فاصله شمع های گروه نیز دو تاثیر متفاوت بر شمع های گروه دارد که از یک سو با کاهش عمق دفن مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی را افزایش می دهد و از سوی دیگر با این افزایش، از

تاثیرات شمع ها بر شمع های مجاور خود می کاهد که این امر سبب کاهش مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی در طول شمع ها می شود.

کلمات کلیدی: تحلیل اجزاء محدود- رفتار لرزه ای- گروه شمع- شیروانی خاکی

تقدیر و تشکر

اکنون که در سایه الطاف و عنایت پروردگار موفق به نگارش این رساله شده ام، بدین وسیله از مساعدت تمامی بزرگوارانی که بنده را در تهیه این پایان نامه یاری نمودند قدردانی می نمایم. بلاخص از جناب آقای دکتر نائینی و راهنمایی راهگشای ایشان به عنوان استاد راهنمای بنده نهایت سپاسگزاری را دارم. هم چنین اساتید محترم گروه خاک و پی عمران دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) آقایان دکتر ضیایی موید، دکتر جسمانی، دکتر حسنوراد که در دوره کارشناسی ارشد از محضرشان بهره فراوان برده ام، منت دار زحمات بی دریغشان هستم. همچنین از جناب آقایان دکتر قنبری و دکتر ضیایی موید که قبول زحمت نموده و پایان نامه حاضر را داوری نمودند صمیمانه تشکر می نمایم.

فهرست مطالب **صفحه**

فصل اول- مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۱-۱- انواع شمع تحت اثر بار جانبی ۳

۱-۱-۲- روش های متداول در بررسی رفتار شمع ها تحت اثر بار جانبی ۴

۱-۲-ضرورت تحقیق ۵

۱-۳- روش تحقیق ۶

۱-۴- ساختار پایان نامه ۶

فصل دوم- مرور تحقیقات پیشین

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲- رفتار لرزه ای شمعها ۱۰

۲-۲-۱- اثرات گروه شمع ۱۴

۲-۲-۲- تیر بر بستر الاستیک ۱۴

۲-۲-۳- تیر بر بستر وینکلر ۱۶

۲-۲-۴- محیط الاستیک ۲۱

۲-۲-۵- روش اجزاء محدود ۲۲

۲-۲-۶- آزمایشهای مدل فیزیکی ۳۲

۲-۳- بررسی رفتار شمع در شیب ۳۴

۲-۳-۱- روش تعادل حدی ۳۴

۲-۳-۲-روشهای عددی ۳۵

۲-۳-۳-روشهای آزمایشگاهی ۳۷

۲-۴- رفتار لرزه ای شیروانی ها ۴۲

۲-۵- جمع بندی فصل ۴۶

فصل سوم- معرفی نرم افزار المان محدود ABAQUS

۳-۱- مقدمه ۴۹

۳-۲- معرفی اجمالی نرم افزار ABAQUS ۵۱

۳-۲-۱- مقدمه ۵۱

۳-۲-۲- حوزه کاربرد برنامه ۵۲

۳-۲-۳- قابلیت آنالیزهای نرم افزار ABAQUS ۵۳

۳-۲-۴- توضیح اصطلاحات ۵۳

۳-۳- مراحل کلی مدلسازی در نرم افزار ABAQUS ۵۴

فصل چهارم- چگونگی مدل سازی و ارزیابی صحت مدل با مدل های آزمایشگاهی

۴-۱-مقدمه ۵۷

۴-۲- مراحل مدلسازی خاک در نرم افزار ۵۸

۴-۲-۱- مدلسازی هندسه و شرایط ۵۸

۴-۲-۲- تعریف خصوصیات خاک ۵۹

۴-۲-۳- اعمال تنش های اولیه ۶۱

۴-۲-۴- میرایی ۶۱

۴-۳- مراحل مدلسازی شمع وسر شمع در نرم افزار ۶۳

۴-۴- فصل مشترک خاک و شمع در نرم افزار ۶۶

۴-۵- حرکات ورودی ۶۷

۴-۶- مقایسه نتایج مدل های عددی و مدل های فیزیکی ۷۰

۴-۶-۱-مقایسه نتایج آزمایش ۲-۱-۱ ..... ۷۱

۴-۶-۲-مقایسه نتایج آزمایش ۲-۱-۲ ..... ۷۳

۴-۶-۳-مقایسه نتایج آزمایش ۲-۲-۲ ..... ۷۵

۴-۶-۴-مقایسه نتایج آزمایش ۲-۳-۲ ..... ۷۷

۴-۶-۵-مقایسه نتایج آزمایش ۲-۱-۳ ..... ۷۹
۴-۶-۶-مقایسه نتایج آزمایش ۲-۲-۳ ..... ۸۱
۴-۶-۷-مقایسه نتایج آزمایش ۲-۳-۳ ..... ۸۳
۴-۶-۸-مقایسه نتایج آزمایش ۲-۴-۳ ..... ۸۵
۴-۷- جمع بندی فصل ۸۷
فصل پنجم- مطالعه پارامتری
۵-۱- مقدمه ۸۹
۵-۲- مشخصات تحلیل های پارامتری ۸۹
۵-۳- نتایج تحلیل پارامتری ۹۳
۵-۳-۱- تأثیر شیب شیروانی ۹۴
۵-۳-۲- تأثیر تعداد و آرایش شمع ها در گروه ۱۰۲
۵-۳-۳- تأثیر نسبت فاصله به قطر شمع ها..... ۱۱۰
۵-۴- جمع بندی فصل ۱۱۵
فصل ششم- نتیجه گیری و پیشنهادات برای مطالعات آینده
۶-۱- نتیجه گیری ۱۱۷
۶-۲- پیشنهادات برای مطالعات آینده ۱۱۹

فهرست اشکال **صفحه**

شکل ۱-۱- شمع های فعال (Active) ومقاوم (Passive)..... ۴

شکل ۲-۱- مودهای خرابی ممکن برای گروه شمع بر اثر بارهای لرزه ای..... ۱۱

شکل ۲-۲- نمایش شماتیک اصول مدلهای تیر وینکلر..... ۱۷

شکل ۲-۳- مفهوم p-y، a) شمع در حال سکون b) شمع بارگذاری شده جانبی..... ۱۸

شکل ۲-۴- یک نمونه از خانواده منحنیهای p-y که با عمق سخت تر می شوند..... ۱۹

شکل ۲-۵- SPASM 8: a) مدل خاک- شمع- سازه b) تغییرات رفتار بار- تغییر شکل با عمق..... ۱۹

شکل ۲-۶- مشخصات منحنی p-y در ماسه..... ۲۰

شکل ۲-۷- مدل المان محدود شمع و خاک در نرم افزار..... ۲۳

شکل ۲-۸- فرضیات مختلف برای مدل سازی میرایی شعاعی..... ۲۶

شکل ۲-۹- مدل تحلیلی شمع و خاک..... ۲۷

شکل ۲-۱۰- اندرکنش شمع و خاک تحت تحریک زلزله..... ۲۸

شکل ۲-۱۱- نمای کلی اندرکنش خاک و شمع و سازه تحت تحریک زلزله..... ۲۹

شکل ۲-۱۲- مدل عددی ۳ بعدی استفاده شده برای سیستم خاک وشمع..... ۳۰

شکل ۲-۱۳- مدل عددی شمع و خاک در نرم افزار ABAQUS..... ۳۱

شکل ۲-۱۴- مدل عددی ABAQUS سیستم شمع-رادیه..... ۳۱

شکل ۲-۱۵- مدل عددی شمع در شیروانی..... ۳۶

شکل ۲-۱۶- مدل های 1g شمع مقاوم در زمین مسطح..... ۳۸

شکل ۲-۱۷- مدل 1g شمع در شیب نامحدود با لایه ناپایدار سطحی..... ۳۹

شکل ۲-۱۸- مدل 1g پی نواری واقع بر روی شیروانی و سپر یا شمع..... ۴۰

شکل ۲-۱۹- مدلسازی Ng شمع در مجاورت گودبرداری بوسیله سانتریفوژ..... ۴۱

شکل ۲-۲۰- مدل سانتریفوژ شمع در نزدیکی شیروانی..... ۴۱

شکل ۲-۲۱- اصل و روش نیومارک جهت محاسبه تغییر مکان..... ۴۳

شکل ۲-۲۲- تغییر مکان افقی شیب خاکی مسلح طی ازمون سانتریفوژ..... ۴۴

شکل ۲-۲۳- نمایی شماتیک از روند پیشرفت و توسعه مدل بلوک لغزشی Newmark.....۴۵

شکل ۴-۱- هندسه شماتیک مدل های فیزیکی.....۵۸

شکل ۴-۲- شکل کلی مدل بکار رفته برای محیط خاک درمدل فیزیکی.....۶۰

شکل ۴-۳-شکل کلی مدل شمع های ساخته شده در نرم افزار.....۶۵

شکل ۴-۴- مشخصات سرشمع های استفاده شده در مدل فیزیکی.....۶۶

شکل ۴-۵- شکل کلی مدل سر شمع ساخته شده در نرم افزار.....۶۷

شکل ۴-۶- رکورد ورودی اصلاح شده اعمالی به مدل های عددی.....۶۹

شکل ۴-۷- تصویر شماتیک هندسه و ابزار بندی مدل ۲-۱-۱.....۷۱

شکل ۴-۸- مدل عددی آزمایش ۲-۱-۱ در نرم افزار ABAQUS.....۷۱

شکل ۴-۹- کانتورهای مربوط به تغییر شکل های مدل ۲-۱-۱ بدست آمده از ABAQUS.....۷۲

شکل ۴-۱۰- مقایسه نتایج ABAQUS با مقادیر بدست آمده در آزمایش ۲-۱-۱.....۷۲

شکل ۴-۱۱- تصویر شماتیک هندسه و ابزار بندی مدل ۲-۱-۲.....۷۳

شکل ۴-۱۲- مدل عددی آزمایش ۲-۱-۲ در نرم افزار ABAQUS.....۷۳

شکل ۴-۱۳- کانتورهای مربوط به تغییر شکل های مدل ۲-۱-۲ بدست آمده از ABAQUS.....۷۴

شکل ۴-۱۴- مقایسه نتایج ABAQUS با مقادیر بدست آمده در آزمایش ۲-۱-۲.....۷۴

شکل ۴-۱۵- تصویر شماتیک هندسه و ابزار بندی مدل ۲-۲-۲.....۷۵

شکل ۴-۱۶- مدل عددی آزمایش ۲-۲-۲ در نرم افزار ABAQUS.....۷۵

شکل ۴-۱۷- کانتورهای مربوط به تغییر شکل های مدل ۲-۲-۲ بدست آمده از ABAQUS.....۷۶

شکل ۴-۱۸- مقایسه نتایج ABAQUS با مقادیر بدست آمده در آزمایش ۲-۲-۲.....۷۶

شکل ۴-۱۹- تصویر شماتیک هندسه و ابزار بندی مدل ۲-۳-۲..... ۷۷
شکل ۴-۲۰- مدل عددی آزمایش ۲-۳-۲ در نرم افزار ABAQUS..... ۷۷
شکل ۴-۲۱- کانتورهای مربوط به تغییر شکل های مدل ۲-۳-۲ بدست آمده از ABAQUS..... ۷۸
شکل ۴-۲۲- مقایسه نتایج ABAQUS با مقادیر بدست آمده در آزمایش ۲-۳-۲..... ۷۸
شکل ۴-۲۳- تصویر شماتیک هندسه و ابزار بندی مدل ۲-۱-۳..... ۷۹
شکل ۴-۲۴- مدل عددی آزمایش ۲-۱-۳ در نرم افزار ABAQUS..... ۷۹
شکل ۴-۲۵- کانتورهای مربوط به تغییر شکل های مدل ۲-۱-۳ بدست آمده از ABAQUS..... ۸۰
شکل ۴-۲۶- مقایسه نتایج ABAQUS با مقادیر بدست آمده در آزمایش ۲-۱-۳..... ۸۰
شکل ۴-۲۷- تصویر شماتیک هندسه و ابزار بندی مدل ۲-۲-۳..... ۸۱
شکل ۴-۲۸- مدل عددی آزمایش ۲-۲-۳ در نرم افزار ABAQUS..... ۸۱
شکل ۴-۲۹- کانتورهای مربوط به تغییر شکل های مدل ۲-۲-۳ بدست آمده از ABAQUS..... ۸۲
شکل ۴-۳۰- مقایسه نتایج ABAQUS با مقادیر بدست آمده در آزمایش ۲-۲-۳..... ۸۲
شکل ۴-۳۱- تصویر شماتیک هندسه و ابزار بندی مدل ۲-۳-۳..... ۸۳
شکل ۴-۳۲- مدل عددی آزمایش ۲-۳-۳ در نرم افزار ABAQUS..... ۸۳
شکل ۴-۳۳- کانتورهای مربوط به تغییر شکل های مدل ۲-۳-۳ بدست آمده از ABAQUS..... ۸۴
شکل ۴-۳۴- مقایسه نتایج ABAQUS با مقادیر بدست آمده در آزمایش ۲-۳-۳..... ۸۴
شکل ۴-۳۵- تصویر شماتیک هندسه و ابزار بندی مدل ۲-۴-۳..... ۸۵
شکل ۴-۳۶- مدل عددی آزمایش ۲-۴-۳ در نرم افزار ABAQUS..... ۸۵
شکل ۴-۳۷- کانتورهای مربوط به تغییر شکل های مدل ۲-۴-۳ بدست آمده از ABAQUS..... ۸۶
شکل ۴-۳۸- مقایسه نتایج ABAQUS با مقادیر بدست آمده در آزمایش ۲-۴-۳..... ۸۶
شکل ۵-۱- پارامتر های متغیر انتخاب شده در تحلیل پارامتری..... ۹۰
شکل ۵-۲- مدل عددی سیستم شمع و خاک برای یک گروه ۳×۳ در ABAQUS..... ۹۰

شکل ۵-۳- تاریخچه شتاب زلزله (El Centro 1940).....۹۳
شکل ۵-۴- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی تک شمع در شیب tanα=0.....۹۴
شکل ۵-۵- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی تک شمع در شیب tanα=1:2.....۹۵
شکل ۵-۶- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی تک شمع در شیب tanα=1:1.5.....۹۵
شکل ۵-۷- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی تک شمع در شیب tanα=1:1.2.....۹۶
شکل ۵-۸- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی گروه ۳×۳ به در شیب tanα=0.....۹۷
شکل ۵-۹- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی گروه ۳×۳ در شیب tanα=1: 2.....۹۷
شکل ۵-۱۰- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی گروه ۳×۳ در شیب tanα=1: 1.5.....۹۸
شکل ۵-۱۱- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی گروه ۳×۳ در شیب tanα=1:1.2.....۹۸
شکل ۵-۱۲- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی گروه ۴×۴ در شیب tanα=0.....۹۹
شکل ۵-۱۳- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی گروه ۴×۴ در شیب tanα=1:5.....۹۹
شکل ۵-۱۴- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی گروه ۴×۴ در شیب tanα=1:1.5.....۱۰۰
شکل ۵-۱۵- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی گروه ۴×۴ در شیب tanα=1:1.2.....۱۰۰
شکل ۵-۱۶- مقادیرماکزیمم تغییر شکل گروه های مختلف مربعی در شیب های مختلف.....۱۰۲
شکل ۵-۱۷- مقادیرماکزیمم لنگر خمشی گروه های مختلف مربعی در شیب های مختلف.....۱۰۲
شکل ۵-۱۸- توزیع تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۱×۱.....۱۰۴
شکل ۵-۱۹- توزیع تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۱×۲.....۱۰۴
شکل ۵-۲۰- توزیع تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۱×۳.....۱۰۵
شکل ۵-۲۱- توزیع تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۱×۴.....۱۰۵
شکل ۵-۲۲- توزیع تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۱×۲.....۱۰۶
شکل ۵-۲۳- توزیع تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۱×۳.....۱۰۶

شکل ۵-۲۴- توزیع تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۲×۲.....۱۰۷

شکل ۵-۲۵- توزیع تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۳×۳.....۱۰۷

شکل ۵-۲۶- توزیع تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۴×۴.....۱۰۸

شکل ۵-۲۷- مقادیر ماکزیمم تغییر شکل شمع ها درآرایش های مختلف گروه های شمع.....۱۰۹

شکل ۵-۲۸- مقادیر ماکزیمم لنگر خمشی شمع ها درآرایش های مختلف گروه های شمع.....۱۰۹

شکل ۵-۲۹- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۲×۲ با s/d=۳.....۱۱۰

شکل ۵-۳۰- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۲×۲ با s/d=۵.....۱۱۱

شکل ۵-۳۱- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۲×۲ با s/d=۷.....۱۱۱

شکل ۵-۳۲- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۴×۴ با s/d=۳.....۱۱۲

شکل ۵-۳۳- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۴×۴ با s/d=۵.....۱۱۲

شکل ۵-۳۴- مقادیر تغییر شکل و لنگر خمشی شمع ها درگروه ۴×۴ با s/d=۷.....۱۱۳

شکل ۵-۳۵- مقایسه مقادیر ماکزیمم تغییر شکل شمع ها با s/d های مختلف.....۱۱۴

شکل ۵-۳۶- مقایسه مقادیر ماکزیمم لنگر خمشی شمع ها با s/d های مختلف.....۱۱۴

فهرست جداول **صفحه**

جدول ۲-۱- مطالعات مدلسازی فیزیکی بر هم کنش خاک- شمع- سازه..... ۳۳

جدول ۴-۱- پارامترها ومشخصات مدل های فیزیکی در آزمایش های مختلف..... ۵۷

جدول ۴-۲- مشخصات خاک ماسه بکار گرفته شده در مدل های فیزیکی..... ۶۰

جدول ۴-۳-مشخصات شمع های آلومینیومی بکار گرفته شده در مدل های فیزیکی..... ۶۵

جدول ۴-۴- مشخصات سرشمع های فولادی بکار گرفته شده در مدل های فیزیکی..... ۶۶

جدول ۵-۱- متغیر ها و پارامترهای انتخابی برای تحلیل پارامتری..... ۹۱

جدول ۵-۲- مشخصات خاک شیروانی در مطالعه پارامتری..... ۹۲

جدول ۵-۳- مشخصات شمع ها در مطالعه پارامتری..... ۹۲

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

هرگاه خاک زیرین سازه واقع بر پی های سطحی برای تحمل وزن سازه ضعیف باشد، می بایست عمق پی را افزایش داد تا به خاک مناسب رسید. شمعها همانند ستونهایی که در خاک دفن می شوند، وظیفه انتقال نیروهای وارده به لایه های مقاوم زیرین را دارند.

بسته به نوع کاربری، شمعها به چندین نوع تقسیم می شوند که شامل شمعهای اتکایی، اصطکاکی و انواع دیگر می باشند. از دیدگاه دیگر می توان شمع ها را بر حسب نوع مصالح و شیوه نصب نیز تقسیم بندی کرد. بطور کلی سه نوع مصالح چوب، فولاد و بتن جهت ساخت شمع ها مورد استفاده قرار می گیرند. جنس و شکل شمع وابسته به بارهای وارده به سازه، نوع کاربری سازه، جنس خاک و مقدار هزینه در نظر گرفته شده می باشد.

بعد از انتخاب نوع مصالح، طراحی شمع براساس نیروهای وارده صورت می گیرد. نیروهای وارده بر شمع، نیروهای محوری و جانبی و ممان های خمشی می باشند و طراح باید اطمینان داشته باشد که شمع تک و یا شمع بحرانی در گروه شمع تحت نیروهای مذکور ایمن بوده و تغییر مکان نیز از مقادیر مجاز تجاوز نمی کند. بار مجاز جانبی اعمالی در یک شمع وابسته به نوع شمع، نوع خاک، عمق دفن شمع، طبیعت نیرو و مقدار جابجایی جانبی مجاز شمع می باشد. طراحی شمع تحت بارهای قائم و محوری با حل معادلات تعادل در راستای نیرو صورت می گیرد در حالیکه در شمع های با بارگذاری جانبی مسئله به حل معادلات دیفرانسیلی غیر خطی منجر می شود. بررسی ظرفیت باربری نهایی یک شمع قائم تحت اثر بار جانبی و کنترل تغییر مکان سر شمع به لحاظ پیچیدگی اندرکنش بین یک شمع نیمه صلب و خاک الاستوپلاستیک جزو مسائل مبهم در علم ژئوتکنیک می باشد.

کاربرد اصلی پی های عمیق در تحمل بارهای قائم می باشد. لیکن هر سازه ای بطور اجتناب ناپذیر تحت اثر بارهای افقی می باشد. این بار افقی می تواند ناشی از باد، فشار زمین، نیروی زلزله،

نیروی امواج دریا و یا پهلو گرفتن کشتی در اسکله های دریایی باشد. در بعضی سازه ها مقدار این بارها در مقایسه با بارهای قائم ناچیز بوده و قابل صرفنظر کردن است، ولیکن در بعضی موارد همانند اسکله ها و سازه های بندری که در آنها نیروهای افقی از طریق برخورد کشتی ها و پهلو گیری آنها ویا در اثر باد و امواج دریا بوجود می آیند، شمعها تحت اثر بارهای جانبی قابل توجهی قرار می گیرند. همچنین در سازه های نگهبان متکی بر شمعها و سازه های واقع در مناطق لرزه خیز نیز شمع ها تحت نیروهای افقی قابل ملاحظه ای قرار دارند.

بارهای محوری صرفاً تغییر مکانی به موازات محور شمع ایجاد می کنند (سیستم یک بعدی). در حالیکه بارهای جانبی می توانند در هر جهتی باعث ایجاد تغییر مکان شوند. در صورتیکه سطح مقطع شمع به صورت دایره ای نباشد سیستم شمع- خاک تحت اثر بار جانبی به یک مسئله سه بعدی تبدیل می شود.

۱-۱-۱- انواع شمع تحت اثر بار جانبی

شمع های تحت اثر بارگذاری جانبی را می توان به دو دسته عمده طبقه بندی کرد: شمع های فعال(Active) و غیر فعال(Passive) در شمع های فعال بار وارد بر شمع از طریق رو سازه بر سر شمع وارد می گردد، در حالیکه در شمع های غیر فعال اغلب نیروهای وارد بر شمع از طریق فشار خاک در طول شمع می باشد.

شمع های اجرا شده در فونداسیون پل ها، سازه های دریایی و تابلوی راهنمایی جزو شمعهای فعال می باشند. شمع های مقاوم اغلب به منظور کنترل لغزش در شیب ها بکار برده می شوند.