بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه یزد

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران – خاک و پی

عنوان

اندرکنش دینامیکی شمع-خاک

استاد راهنما

دکتر رضا پورحسینی

استاد مشاور

دکتر کاظم برخورداری

پژوهش و نگارش

معین محمدی زاده

اسفند ماه ۱۳۹۳

چکیده:

به علت استفاده از پی های شمعی در زیر سازه های مهمی همچون دودکش های بلند، برج های تلویزیون، ساختمان های بلند، دیوارهای حایل با ارتفاع زیاد، سازه های دریایی و غیره ، طراحی ایمن و اقتصادی این نوع پی ها تحت بار های دینامیکی جانبی از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد.

در ابتدا این تحقیق، پیچیدگی های موجود در مسائل مربوط به رفتار شمع ها و مسئله اندرکنش شمع-خاک به همراه اثرات ناشی از نیروهای زلزله بررسی شده و انواع روش های موجود در تحلیل این فونداسیون ها بیان گردیده است. اندرکنش بین اجزای فونداسیون گسترده متکی بر شمع تاثیر قابل ملاحظه ای در تحلیل داشته در نتیجه اثرات اندرکنش به طور کامل در نظرگرفته شده است.

نرم افزار مورد استفاده در تحلیل مدل ها، ABAQUS 6.10 بوده که بر اساس روش اجزای محدود می باشد. صحت نتایج حاصل از نرم افزار با استفاده از دو مثال کاربردی که در مقالات آمده اند، بررسی شده است.

در تحقیقاتی که تا کنون انجام گرفته، تاثیر حوزه نزدیک و حوزه دور بر روی پی گسترده متکی بر شمع، به ندرت مورد مطالعه قرار گرفته است. برای جلوگیری از پراکندگی نتایج در ابتدا شتاب نگاشت ها مقیاس گردیده اند، سپس عملکرد فونداسیون گسترده متکی بر شمع در خاک دولایه مورد مطالعه قرار گرفته است. اثرات ضخامت شالوده گسترده، طول و قطر شمع تحت شتاب نگاشت زلزله بم در یک حوزه نزدیک و دور حوزه دور مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد، که با افزایش ضخامت فونداسیون گسترده متکی بر شمع، نشست کلی و اختلافی کاهش یافته و میزان لنگر انتقال یافته به سرشمع افزایش یافته است.

کلمات کلیدی: *اندرکنش دینامیکی، مدلسازی عددی، پی گسترده متکی بر شمع، اندرکنش شمع-خاک.*

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه

۱-۱- مقدمه..... ۲

۱-۲- هدف و ضرورت انجام تحقیق..... ۲

۱-۳- روش تحقیق..... ۳

۱-۴- فرضیات پایان نامه..... ۴

۱-۵- ساختار پایان نامه..... ۴

فصل ۲: تحقیق

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- مطالعات آزمایشگاهی ۹

۲-۲-۱- آزمون‌های صحرایی شمع ها..... ۹

۲-۲-۲-آزمون‌های آزمایشگاهی..... ۱۱

۲-۳-اندرکنش خاک و سازه..... ۱۲

۲-۳-۱-اندرکنش سینماتیکی و اینرسی..... ۱۳

۲-۳-۱-۱- اندرکنش سینماتیکی..... ۱۴

۲-۳-۱-۲- اندرکنش اینرسی..... ۱۴

۲-۴- انواع پی..... ۱۴

۲-۴-۱- شمع..... ۱۴

۲-۴-۱-۱- انواع بارگذاری دینامیکی شمع..... ۱۵

۲-۴-۱-۲- اندرکنش خاک و شمع..... ۱۶

۲-۵- روش های تحلیل بر هم کنش در حالت زمین لرزه..... ۱۶

۲-۵-۱- روش های محاسباتی زیر سازه..... ۱۶

۲-۵-۱-۱- تعیین حرکات میدان آزاد خاک..... ۱۷

۲-۵-۱-۲- محاسبه بر هم کنش سینماتیکی.....۱۷
۲-۵-۱-۳-محاسبه امپدانس (سختی دینامیکی) شمع.....۱۷
۲-۵-۱-۴-محاسبه واکنش لرزه ای سازه فوقانی.....۱۹
۲-۵-۲-روش محاسباتی مستقیم.....۱۹
۲-۶- آنالیز دینامیکی شمع ها به روش المان محدود.....۱۹
۲-۷-آنالیز دینامیکی شمع ها به روش مدل وینکلر.....۲۳
۲-۷-۱- تحلیل در حوزه زمان.....۲۵
۲-۷-۲- تحلیل در حوزه فرکانس.....۲۶
۲-۸- اثر سختی سازه بر فونداسیون ها.....۲۸
۲-۹- فونداسیون گسترده متکی بر شمع.....۲۹
۲-۱۰- عوامل موثر در طراحی.....۳۰
۲-۱۱- مقایسه دیدگاه های مختلف در طراحی.....۳۲
۲-۱۲- روش های تحلیلی اندرکنش شمع-خاک.....۳۳
۲-۱۲-۱- روش های ابداعی.....۳۴
۲-۱۲-۲- روش المان مرزی.....۳۶
۲-۱۲-۳- روش اجزای محدود.....۳۷
۲-۱۲-۴- روش ضرایب اندرکنش ۳۹
۲-۱۳- جمع بندی.....۴۳

فصل ۳: تحلیل با نرم افزار ABAQUS

۳-۱- مقدمه ۴۵
۳-۲- مدل رفتاری خاک.....۴۵
۳-۲-۱-معیار گسیختگی موهر-کولمب.....۴۶
۳-۲-۲-تعیین پارامترهای مدل موهر-کولمب.....۴۷

۳-۳-روش محاسباتی نرم افزار..... ۴۷
۳-۴-مشخصات مصالح در ABAQUS..... ۴۸
۳-۵- میرایی..... ۴۸
۳-۵-۱- میرایی مصالح..... ۴۸
۳-۵-۲- میرایی هندسی..... ۴۹
۳-۷- مدل سازی فصل مشترک خاک و شمع..... ۵۰
۳-۷- مرزهای گذرا ۵۱
۳-۷-۱- شرایط مرزی ۵۱
۳-۸-المان های مورد استفاده در مدل سازی..... ۵۲
۳-۹-بارگذاری..... ۵۳
۳-۱۰- مقایسه اثرات زلزله..... ۵۴
۳-۱۰-۱- اثر جهت گسترش گسلش بر زلزله های حوزه نزدیک..... ۵۶
۳-۱۰-۲- تغییر مکان ماندگار زمین در زلزله های حوزه نزدیک..... ۶۰
۳-۱۱-اعتبارسنجی نتایج حاصل از نرم افزار..... ۶۱
۳-۱۱-۱-اعتبارسنجی تحت بار استاتیکی..... ۶۱
۳-۱۱-۲-اعتبارسنجی تحت بار زلزله..... ۶۴
۳-۱۲-نتیجه گیری..... ۶۷

فصل ۴: شتاب نگاشت

۴-۱- همپایه سازی شتاب نگاشت ها..... ۶۹
۴-۲- شتاب های مورد مطالعه..... ۶۹

فصل ۵: تحلیل دینامیکی پی-شمع در خاک های ماسه ای و ریز دانه

۵-۱- مقدمه..... ۷۹

۵-۲- خاک های ماسه ای و رسی..... ۸۰
۵-۳- اثر ضخامت رادیه..... ۸۰
۵-۴- اثرطول شمع..... ۸۹
۵-۵- اثرقطر شمع..... ۹۷

فصل ۶: نتیجه‌گیری و پشنهادات

۶-۱- مقدمه..... ۱۰۷
۶-۲- نتیجه گیری..... ۱۰۷
۶-۳- پیشنهاد برای تحقیقات آینده..... ۱۰۸

مراجع و منابع

فهرست اشکال

شکل ۲-۱-پاسخ دینامیکی خاک-سازه بر روی سنگ و خاک ۷

شکل ۲-۲- (الف) زلزله در سنگ بستر، (ب) میدان آزاد زمین، (ج) اندرکنش سینماتیکی، (د) اندرکنش جرمی..... ۷

شکل ۲-۳- اندرکنش سینماتیک و اینرسی..... ۱۰

شکل ۲-۴- المان حجمی مورد استفاده در المان بندی خاک ۲۰

شکل ۲-۵- نحوه ی عبور المان شمع از داخل المان خاک..... ۲۰

شکل ۲-۶- مدل فنرهای وینکلر برای تحلیل دینامیکی شمع ها تحت بارهای جانبی..... ۲۴

شکل ۲-۷- مدل وینکلر برای ارتعاشات قائم..... ۲۴

شکل ۲-۸- اجزای تشکیل دهنده فونداسیون گسترده متکی بر شمع و اندرکنش موجود ۳۱

شکل۲-۹- منحنی بار- نشست فونداسیون بر اساس روش های مختلف طراحی..... ۳۳

شکل۲-۱۰- تحلیل فونداسیون گسترده متکی برشمع با استفاده از GASP..... ۳۵

شکل۲-۱۱- گروه شمع و اندرکنش بین شمع ها..... ۴۰

شکل۲-۱۲- اندرکنش بین دو شمع مجاور هم تحت بارگذاری قائم و جانبی..... ۴۱

شکل۳-۱- سطوح تسلیم موهر-کولمب در فضای تنش های اصلی با فرض مثبت بودن نیروی کششی..... ۴۶

شکل۳-۲- المان هشت گرهی(C3D8R) بعد از تبدیل شدن به المان نامحدود(CIN3D8)..... ۵۲

شکل۳-۳- شتاب نگاشت زلزله بم ثبت شده در ایستگاه بم..... ۵۳

شکل۳-۴- شتاب نگاشت زلزله بم ثبت شده در ایستگاه شهداد..... ۵۳

شکل۳-۵- شتاب نگاشت زلزله بم ثبت شده در ایستگاه محمدآباد..... ۵۳

شکل۳-۶- تعریف حوزه نزدیک از دیدگاه محققین مختلف..... ۵۵

شکل۳-۷- مقایسه طیف جابجایی پاسخ الاستیک زمین لرزه های حوزه نزدیک و طیف طراحی آیین نامه NEHRP ۱۹۹۷..... ۵۵

شکل۳-۸- مقایسه طیف شتاب پاسخ الاستیک زمین لرزه های حوزه نزدیک با آیین نامه NEHRP ۱۹۹۷ ..... ۵۶

شکل۳-۹- نمایش شماتیک حالت های جهت پذیری ۵۸

شکل۳-۱۰- نمایش شماتیک اثر جهت پذیری شکست در گسل امتداد لغز ۵۸

شکل ۳-۱۱- اثرات جهت پذیری شکست برای ساختگاه ۵۹

شکل ۳-۱۲- تاریخچه زمانی نگاشت های مولفه زلزله های حوزه نزدیک و دور ۵۹

شکل ۳-۱۳- جهت پالس Rupture directivity و جابه جایی Fling Step برای گسل شیب لغز (چپ) و گسل امتداد لغز (راست) ۶۰

شکل ۳-۱۴- نمودارهای تاریخچه زمانی جابه جایی های ناشی از اثر جهت پذیری و گام جهشی برای گسلش امتداد لغز و معکوس ۶۱

شکل ۳-۱۵- ابعاد هندسی فونداسیون و مشخصات مصالح در مدل سازی ۶۲

شکل ۳-۱۶- کانتور تغییر شکل در پی گسترده متکی به شمع ۶۲

شکل ۳-۱۷- کانتور تغییر شکل در خاک ۶۳

شکل ۳-۱۸- مقایسه ی نشست های متوسط بین تحلیل های مختلف ۶۳

شکل ۳-۱۹- مقایسه ی لنگرخمشی بین تحلیل های مختلف ۶۴

شکل ۳-۲۰- مقایسه ی نشست اختلافی بین تحلیل های مختلف ۶۴

شکل ۳-۲۱- ابعاد هندسی فونداسیون و مشخصات مصالح در مدل سازی ۶۵

شکل ۳-۲۲-شمع مدلسازی شده در آباکوس ۶۶

شکل ۳-۲۳- تاریخچه شتاب - زمان زلزله اندونزی ۲۰۰۷ ..... ۶۶

شکل ۳-۲۴- مقایسه نتایج حداکثر لنگر خمشی برای مدل ارائه شده ۶۷

شکل ۴-۱- مولفه افقی زلزله بم (جهت L) در ایستگاه بم (فاصله از گسل=۰ ..... ۷۰

شکل ۴-۲- مولفه افقی زلزله بم (جهت T) در ایستگاه بم (فاصله از گسل=۰ کیلومتر ۷۰

شکل ۴-۳- مولفه افقی زلزله بم (جهت L) در ایستگاه شهداد (فاصله از گسل=۳۷/۱۲ کیلومتر) ۷۰

شکل ۴-۴- مولفه افقی زلزله بم (جهت T) در ایستگاه شهداد (فاصله از گسل=۳۷/۱۲ کیلومتر)

۷۰ .....

شکل ۴-۵- مولفه افقی زلزله بم (جهت L) در ایستگاه محمدآباد (فاصله از گسل=۸۴/۴۸۰ کیلومتر) ۷۰

شکل ۴-۶- مولفه افقی زلزله بم (جهت T) در ایستگاه محمدآباد (فاصله از گسل=۸۴/۴۸۰ کیلومتر ۷۰

شکل ۴-۷- زمان موثر زلزله بم ایستگاه بم($t=8.005\ sec$ ۷۱

شکل ۴-۸- زمان موثر زلزله بم ایستگاه شهداد ($t=16.755\ sec$ ۷۱

شکل ۴-۹- زمان موثر زلزله بم ایستگاه محمدآباد ($t=13.965\ sec$ ۷۲

شکل ۴-۱۰- زلزله ایستگاه بم در جهت طولی(L) به gمقیاس شده ۷۲

شکل ۴-۱۱- زلزله ایستگاه بم در جهت عرضی(T) به gمقیاس شده ۷۲

شکل ۴-۱۲- زلزله ایستگاه شهداد در جهت طولی(L) به gمقیاس شده ۷۲

شکل ۴-۱۳- زلزله ایستگاه شهداد در جهت عرضی(T) به gمقیاس شده ۷۳

شکل ۴-۱۴- زلزله ایستگاه محمدآباد در جهت طولی(L) به gمقیاس شده ۷۳

شکل ۴-۱۵- زلزله ایستگاه محمدآباد در جهت عرضی(T) به gمقیاس شده ۷۳

شکل ۴-۱۶- طیف پاسخ ایستگاه بم ۷۴

شکل ۴-۱۷- طیف پاسخ ایستگاه شهداد ۷۴

شکل ۴-۱۸- طیف پاسخ ایستگاه محمد آباد ۷۵

شکل ۴-۱۹- طیف های پاسخ متوسط ۷۶

شکل ۴-۲۰- مقایسه میانگین طیف پاسخ با ۱/۴ برابر طیف استاندارد ۷۶

شکل ۵-۱- نمای از مدل خاک ۸۱

شکل ۵-۲- نمای از مدل شمع ۸۱

شکل ۵-۳- تاثیر افزایش ضخامت در کاهش نشست اختلافی تحت زلزله ایستگاه بم ۸۲

شکل ۵-۴- تاثیر افزایش ضخامت در کاهش نشست اختلافی تحت زلزله ایستگاه شهداد ۸۲

شکل ۵-۵- تاثیر افزایش ضخامت در کاهش نشست اختلافی تحت زلزله ایستگاه محمد آباد

۸۳.....

شکل ۵-۶- تاثیر افزایش ضخامت در کاهش نشست کلی تحت زلزله ایستگاه بم.....۸۴

شکل ۵-۷- تاثیر افزایش ضخامت در کاهش نشست کلی تحت زلزله ایستگاه شهداد.....۸۴

شکل ۵-۸- تاثیر افزایش ضخامت در کاهش نشست کلی تحت زلزله ایستگاه محمدآباد.....۸۵

شکل ۵-۹- لنگر خمشی در طول رادیه تحت زلزله ایستگاه بم.....۸۶

شکل ۵-۱۰- لنگر خمشی در طول رادیه تحت زلزله ایستگاه شهداد.....۸۶

شکل ۵-۱۱- لنگر خمشی در طول رادیه تحت زلزله ایستگاه محمدآباد.....۸۷

شکل ۵-۱۲- باربری رادیه تحت زلزله ایستگاه بم.....۸۸

شکل ۵-۱۳- باربری رادیه تحت زلزله ایستگاه شهداد.....۸۸

شکل ۵-۱۴- باربری رادیه تحت زلزله ایستگاه محمدآباد.....۸۹

شکل ۵-۱۵-دیاگرام نیروی برشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه بم.....۹۰

شکل ۵-۱۶- دیاگرام نیروی برشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه شهداد.....۹۰

شکل ۵-۱۷- دیاگرام نیروی برشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه محمدآباد.....۹۱

شکل ۵-۱۸- نیروی محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه بم.....۹۲

شکل ۵-۱۹- نیروی محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه شهداد.....۹۲

شکل ۵-۲۰- نیروی محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه محمدآباد..... ۹۳

شکل ۵-۲۱- لنگر خمشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه بم.....۹۴

شکل ۵-۲۲- لنگر خمشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه شهداد.....۹۴

شکل ۵-۲۳- لنگر خمشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه محمدآباد.....۹۵

شکل ۵-۲۴-تغییرشکل محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه بم.....۹۶

شکل ۵-۲۵-تغییرشکل محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه شهداد.....۹۶

شکل ۵-۲۶-تغییرشکل محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه محمدآباد.....۹۷

شکل ۵-۲۷- نیروی برشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه بم.....۹۸

شکل ۵-۲۸- نیروی برشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه شهداد.....۹۸

شکل ۵-۲۹- نیروی برشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه محمدآباد.....۹۹
شکل ۵-۳۰- نیروی محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه بم.....۱۰۰
شکل ۵-۳۱- نیروی محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه شهداد.....۱۰۰
شکل ۵-۳۲- نیروی محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه محمدآباد.....۱۰۱
شکل ۵-۳۳- لنگر خمشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه بم.....۱۰۲
شکل ۵-۳۴- لنگر خمشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه شهداد.....۱۰۲
شکل ۵-۳۵- لنگر خمشی در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه محمد آباد.....۱۰۳
شکل ۵-۳۶- دیاگرام تغییرشکل محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه بم.....۱۰۴
شکل ۵-۳۷- دیاگرام تغییرشکل محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه شهداد.....۱۰۴
شکل ۵-۳۸- دیاگرام تغییرشکل محوری در طول شمع گوشه تحت زلزله ایستگاه محمدآباد ..۱۰۵

فهرست جداول

جدول ۳-۱- مشخصات مکانیکی مصالح..... ۶۵
جدول ۳-۲- مشخصات لایه های خاک مورد استفاده در تحلیل ها..... ۶۵
جدول ۵-۱- مشخصات مکانیکی مصالح..... ۸۰
جدول ۵-۲- مشخصات لایه های خاک مورد استفاده در تحلیل ها..... ۸۰

فصل۱

مقدمه

۱-۱- مقدمه

با افزایش روز افزون جمعیت، نیاز به سازه های بلند مرتبه تر و سنگین تر افزایش می یابد. در بسیاری از مواقع مهندسیان ملزم به احداث این سازه ها بر روی خاک های سست می باشند. به منظور انتقال وزن زیاد این سازه ها به زمین نیاز بکارگیری تمهیدات مناسبی می باشد. یکی از قدیمی ترین روش ها برای غلبه بر این مشکل احداث شمع زیر پی به منظور افزایش ظرفیت باربری پی ها و بهره گیری از ظرفیت باربری لایه های زیرین خاک که عموما دارای ظرفیت باربری بیشتری نسبت به لایه های بالایی هستند، می باشد. عدم وجود آگاهی کافی در زمینه مسائل ژئوتکنیکی باعث افزایش ضریب اطمینان طراحی و به دنبال آن افزایش هزینه پروژه می شود. از مهمترین این وضعیت ها زمانی است که بار دینامیکی به سازه وارد می شود که در اینجا مسئله اندرکنش دینامیکی خاک و سازه مطرح می شود.

معمولا در اکثر پروژه های عمرانی با مصالح خاکی برخورد می شود که به ناچار باید رفتار خاک ها به طور کامل شناخته شود. به کمک این شناخت، روش های طراحی با این ویژگی ها تطبیق داده می شود. این موضوع باعث می شود که روش طراحی از قابلیت و انعطاف پذیری بیشتری در مسائل مختلف برخوردار باشد.

رفتار خاک ها تحت تاثیر میدان های استاتیکی نیروها و تنش ها از دیرباز مورد مطالعه بوده و اغلب موضوعات و مسائل این مبحث که تحت عنوان مکانیک خاک مطرح است، در حد قابل قبولی پیشرفت نموده و به صورت روشن تبیین گردیده است. به گونه ای که امروزه در بیشتر کتب و مراجع این موضوعات به صورت روش های کلاسیک طراحی و ارزیابی ارائه شده است. در رابطه با رفتار خاک ها و رفتار سازه هایی که با خاک در اندرکنش هستند، همانند انواع پی تحت بارهای دینامیکی، به دلیل پیچیدگی مسائل و گستردگی موضوعات علیرغم مطالعات، تحقیقات و کارهای مختلفی که تا به حال صورت گرفته و به یقین دستاوردهای ارزشمند و راهگشایی نیز در این زمینه در بر داشته، هنوز زمینه های بسط مطالعات، تبیین روش ها و گسترش تحقیقات به منظور هرچه آشناتر شدن با رفتار واقعی خاک ها و سازه های خاکی کاملا احساس می شود و قطعا با مرور زمان شناخت و اطلاعات دقیقتری در این زمینه به عمل خواهد آمد.

زلزله از جمله بارهای دینامیکی است که وقتی به سازه وارد می شود ممکن است پایداری آن را به مخاطره بیندازد. زلزله ها به دلیل حرکت هایی که در جهت قائم و افقی ایجاد می کنند، نیروهایی را به سازه و شالوده آن وارد کرده که باعث به وجود آمدن ناپایداری می شوند. بنابراین باید سازه ها برای تحمل بار زلزله طراحی شوند تا بتوانند در مواقع بحرانی پایداری خود را حفظ کنند.

۱-۲- هدف و ضرورت انجام تحقیق

در مسائل مهندسی برای پیش بینی رفتار مسائل مورد بررسی، مدلسازی عددی و انجام آزمایش ها ضروری بوده و با توجه به پیشرفت های بسیاری که در علوم کامپیوتر حاصل شده، می توان از روش های عددی در حل اکثر پدیده های طبیعی استفاده برد. اگرچه نتایج حاصل از روش های عددی باید توسط آزمایشات مورد تایید قرار گیرند، اما از روش های عددی در مسائل مهندسی می توان با دقت خوبی استفاده نمود. روش المان محدود قادر به درنظرگرفتن انواع شرایط مربوط به مساله اندرکنش و پاسخ سیستم گروه شمع می باشد. نرم افزار آباکوس که در این پایان نامه مورد بررسی قرار گرفته، مبتنی بر اجزا محدود بوده که به دلیل دارا بودن کتابخانه بسیار کامل از انواع مصالح ، المان های مناسب جهت مدلسازی مرزها، مدل های رفتاری مختلف و ... مورد استفاده قرار گرفته است .

همانطور که در ابتدای فصل به این مطلب اشاره شد، با توجه به اینکه رفتار شمع ها تحت مولفه افقی زلزله تحقیقات نسبتا فراوانی صورت گرفته، ولی توجه کمتری به ساختگاه و اثر حوزه های نزدیک و دور گسل شده است. با توجه به زلزله های اخیر مانند زلزله بم که سازه های در حوزه های نزدیک گسل آسیب شدید دیده اند و با توجه به اینکه مبحث ششم مقررات ملی ساختمان توصیه کرده که از شمع در حوزه های نزدیک گسل استفاده نشود، بنابراین بررسی رفتار شالوده گسترده متکی به شمع تحت حوزه های مختلف ضروری می باشد. به همین منظور در این پایان نامه سعی شده است که تا حد توان رفتار گروه شمع که با خاک در اندرکنش است تحت حوزه های مختلف ارزیابی شود.

۱-۳- روش تحقیق

در این پایان نامه سعی شده با استفاده از مدلسازی عددی، عملکرد شالوده گسترده متکی بر شمع در خاک دو لایه ای،مورد بررسی قرارگیرد تا به سوالهای زیر جواب داده شود:

۱- عملکرد شالوده گسترده متکی بر شمع ، در حوزه های دور و نزدیک با هم چه تفاوتی دارد؟

۲- تاثیر پارامترهای مربوط به گروه شمع از قبیل طول و قطر در لنگرخمشی و نیروی برشی انتقال یافته در طول شمع به چه صورت است؟

در ابتدا به منظور صحت از نتایج خروجی حاصل از نرم افزار دو مقاله تحت بار استاتیکی و دینامیکی مدلسازی شد که در هر دو اختلاف نتایج کمتر از ۲۰ درصد بود. سپس جهت تحلیل مدل مورد بررسی ابعاد مناسب به منظور کاهش حجم محاسبات و اختلاف نتایج کمتر از ۵ درصد با مدل به ابعاد بزرگ تعیین شد، که عمق خاک حداقل دو برابر طول شمع و طول و عرض خاک به ترتیب پنج برابر طول و عرض پی در نظر گرفته شده است، مش بندی نیز با ابعاد که در قبل گفته شد به نحو مناسبی انتخاب گردید. مدل با استفاده از فرضیاتی که در ادامه گفته شده تحلیل ها انجام شد، تا بتوان به سوالات مطرح شده در بالا پاسخ صحیح دست یافت.

۱-۴- فرضیات پایان نامه

در این پایان نامه رفتار گروه شمع با نرم افزار ABAQUS در خاک دو لایه ای ماسه و رس بدون سطح آب زیرزمینی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. که برای خاک از مدل رفتاری موهر-کولمب و برای شمع از مدل رفتاری الاستیک استفاده شده است. به منظور جلوگیری از بازگشت امواج به داخل نمونه از المان های نامحدود در مرزها استفاده شده است. از آنجایی که تمرکز این پایان نامه بر روی عملکرد گروه شمع بوده، روسازه مدل نشده و به صورت جرم متمرکز بر روی سرشمع فرض شده است. بارگذاری در سه مرحله ژئواستاتیک جهت درنظرگرفتن تنش های درجای خاک، استاتیک برای بارگذاری ناشی از وزن روسازه و بارگذاری تاریخچه زمانی دینامیکی در بستر سنگی به مدل اعمال شده، که در هر سه مرحله فوق از رویکرد صریح برای تحلیل استفاده شده است. از اثرات کاهش ضریب اصطکاک بین دو سطح

تماس تحت بار دینامیکی، صرف نظر شده است. مقدار ضریب اصطکاک بین جداره شمع و خاک در خاک رسی از مقدار ثابت ۰/۲ و در خاک ماسه ای از رابطه $\mu = \tan(\frac{2\varphi}{3})$ استفاده شده است.

۱-۵- ساختار پایان نامه

این پایان نامه در شش فصل ارائه گردیده است.

در فصل اول به کلیات و ضرورت موضوع بحث شده در پایان نامه پرداخته شده است.

در فصل دوم به تحقیقاتی که در گذشته در زمینه اندرکنش خاک-سازه صورت گرفته پرداخته شده است. که سعی شده ضمن تفکیک روش های مختلف در اندرکنش شمع-خاک به محققانی که در این زمینه ها فعالیت داشته اند نیز اشاره شود. در ابتدا به مفهوم اندرکنش شمع-خاک پرداخته شده و چون این پایان نامه براساس روش اجزای محدود می باشد، نتایج تحقیقات گذشته در این زمینه با تاکید بیشتر بررسی گردید.

در فصل سوم به روش تحلیل و صحت سنجی نتایج نرم افزار ABAQUS پرداخته شده است. سعی شده که ضمن آشنایی اولیه با بسته نرم افزای ABAQUS، به بررسی المان ها و مواردی که در این پایان نامه جهت مدلسازی اندرکنش شمع-خاک باید درنظرگرفت، پرداخته شود.

در فصل چهارم ابتدا به مقیاس سازی شتاب نگاشت ها پرداخته شده است. از آنجای که یکی از اهداف پایان نامه درنظر گرفتن حوزه های مختلف زلزله می باشد که برای جلوگیری از پراکندگی اطلاعات و امکان مقایسه بین نتایج مجبور به مقیاس سازی شتاب نگاشت ها می باشیم. سپس به بررسی فونداسیون متکی بر شمع در خاک لایه ای چسبنده و ماسه ای پرداخته شده است.سعی شده تا حد امکان در این فصل عملکرد فونداسیون گسترده متکی بر شمع با تغییر پارامترهای مختلف شمع با در نظرگرفتن اندرکنش شمع-خاک بررسی گردد.

فصل پنجم به نتیجه گیری کلی از این پایان نامه اختصاص داده شده است.

در قسمت آخر مراجع و منابع آمده است.

فصل۲

سابقه تحقیق

۲-۱- مقدمه

در گذشته تصور براین بوده است که زلزله بر شمع ها اثر منفی ندارد. لیکن در سال های اخیر روشن گردیده که هم مولفه قائم و هم مولفه افقی زلزله برای شمع ها مشکل ساز می باشد. این امر سبب شده است که توجه زیادی از محققان به این موضوع جلب شود و تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است.

اندرکنش خاک-سازه در واقع اشاره به اندرکنش بین سازه، فونداسیون و خاک دارد. موضوع اندرکنش گسترده وسیعی را در بر می گیرد. در این فصل سعی بر این است که به تاثیر اندرکنش در تحلیل شمع ها و فونداسیون گسترده متکی بر شمع ، اشاره گردد.

روش مرسوم در طراحی به گونه ای است که طراحی سازه ها و فونداسیون مربوط به آن ها به واسطه ای مهندسان سازه و ژئوتکنیک به صورت جداگانه انجام می گیرد. به همین دلیل معمولا از سختی سازه در طراحی شالوده صرف نظر می گردد. این در حالی است که سختی سازه می تواند اثر قابل توجهی در توزیع بارهای انتقال یافته از سازه به فونداسیون داشته باشد. بنابراین تحلیل اندرکنش به نحوی که سختی سازه در نظر گرفته شود، با اهمیت می باشد.

در آنالیز لرزه ای یک سازه ساخته شده بر روی سنگ، حرکتی که به سازه وارد می شود لزوما همان حرکتی می باشد که اگر سازه بر روی آن ساخته نمی شد، ایجاد می شد. در نتیجه می توان محاسبات را فقط معطوف به سازه اصلی کرد. اما در صورتی که سازه بر روی محل نرم تری ساخته شده باشد، دو تغییر مهم در همان امواج لرزه ای که از بستر به سطح زمین می آیند رخ می دهد. ابتدا اینکه حرکت میدان آزاد زمین (حرکت زمین در نبود سازه) کاملا دستخوش تغییر می شود. ثانیا عدم صحت فرض گیردار بودن پایین سازه خواهد شد. سازه با خاک اطراف خود در اندرکنش بوده و خود این باعث تغییرات بیشتر در اثر امواج لرزه ای می شود. مفهوم این امر آن است که نمی بایستی در آنالیز های دینامیکی تنها به آنالیز سازه پرداخت، بلکه اثر متقابل سازه و خاک نیز بایستی در نظر گرفته شود [۱].

خاک یک محیط نیمه محدود می باشد و در آنالیز های استاتیکی می توان یک مرز فرضی را در فاصله ای دور از سازه به نحوی تعیین کرد که اثر بارگذاری در آن قسمت بسیار کوچک بوده و بتوان