دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی، گروه عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: خاک وپی

عنوان:

رفتاردینامیکی پی های سطحی روی خاکهای غیرهمگن

استاد راهنما:

دکترمحمود قضاوی

استاد مشاور:

دکتر رحمانی

پژوهشگر:

امین ملکا

زمستان ۹۰

تقدیم به پدر و مادر مهربانم

تقدیر و تشکر

ستایش به درگاه ایزد یکتا

سایه ای از لطف پدر و نیازی به وجود مادر، همه یارای داقبود تا رسیدنق به اوج باور

بدینوسیله از پدر و مادرم که هءواره پشتیبان و حامی من در طول زندگیم بودند کءال تشکر را دارم و مراتب سپاس و قدردانی خود را از :

- استاد محترم جناب آقای دکتر محءود قضاوی که راهنءایی بنده را در این پایان نامه بر عهده داشتند.

ابراز می نءایم.

امین ملکا **زمستان ۹۱**

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب امین ملکا دانش اموخته مقطع کارشناسی ارشد ناپیوسته به شماره دانشجویی۸۷۰۸۵۱۴۴۸۰۰در رشته عمران گرایش خاک و پی که در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۳۰از پایان نامه خود تحت عنوان : رفتاردینامیکی پی های سطحی روی خاکهای غیرهمگن با کسب نمره ۱۷/۵ ودرجه خوب دفاع نموده‌ام بدینوسیله متعهد می شوم :

۱- این پایان نامه حاصل تحقیق وپژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده ودر مواردی که از دستاوردهای علمی وپژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و...) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه های موجود،نام منبع مورد استفاده وسایر مشخصات آن را در فهرست ذکر ودرج کرده ام.

۲- این پایان نامه قبلا برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) درسایر دانشگاهها و موسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده وهرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و....از این پایان نامه داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

۴- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط ومقررات رفتار نموده ودر صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام ونام خانوادگی :امین ملکا

تاریخ و امضاء:

بسمه تعالی

در تاریخ:۱۳۹۱/۱۱/۳۰

دانشجو کارشناسی ارشد آقای امین ملکا از پایان نامه خود دفاع نموده و با نمره بحروف با درجه مورد تصویب قرارگرفت.

استاد راهنما:

فهرست مطالب

فصل اول-کلیات

۱-۱مقدمه ۱

۱-۲ مروری بر کارهای قبلی انجام شده در این زمینه.....۱

۱-۳ لزوم انجام این مطالعه.....۴

۱-۴روش انجام تحقیق.....۵

۱-۵ ساختاراین پایان نامه..... ۵

فصل دوم-تاریخچه تکامل روشهای تحلیل پاسخ دینامیک پی ماشین آلات

الف-روشهای قدیمی آنالیز..... ۶

۲-۱-۱روش DEGEBO ۶

۲-۱-۲-روش ((جرم هم فاز))..... .....۸

۲-۱-۳-روش ((فرکانس طبیعی کاهش یافته)).....۹

۲-۱-۴-روش مبتنی برعکس العمل دینامیکی زیر اساس.....۱۱

۲-۱-۵-روش Winkler-Voigt ۱۷

ب-روشهای نوین آنالیز.....۱۸

۲-۲-مقدمه ۱۸

۲-۲-۱-قدم نخستین مطالعات Reissner ۱۹

۲-۲-۲-بررسی اثر تنش غیر یکنواخت..... ۱۹

۲-۲-۳-مطالعات Lysmer و Awojobi ۲۰

۲-۲-۴-روش قیاسی Lysmer ۲۰

۲-۲-۵-مطالعاتRichart و Whitman ۲۱

۲-۲-۶-ارایه مقادیری برای پارامترهای حرکت..... ۲۲

۲-۲-۷-روشGazetasو Dobry..... ۲۴

۲-۲-۸-روشهای دیگر..... ۲۵

۲-۳بررسی روابط تحلیلی پی ماشین آلات..... ۲۶

۲-۳- نوسان قائم پی صلب..... ۲۶

۲-۳-۱-پی های دایره ای شکل..... ۲۶

۲-۳-۱-۱-ارتعاش پی دایره ای تحت ارتعاش جرم در حال دوران..... ۳۱

۲-۳-۱-۲-حالت تشدید برای ارتعاش پی های صلب دایره ای..... ۳۳

۲-۴ پی های مستطیل شکل..... ۳۵

۲-۴-۱دامنه مجاز نوسان قایم..... ۳۶

۲-۵ نوسان چرخشی (گهواره ای)پی..... ۳۷

۲-۶-نوسان افقی پی..... ۳۹

۲-۷- نوسان پیچشی پی..... ۴۱

۲-۸-مقایسه نتایج آزمایشهای عملی با جواب روشهای تئوریک..... ۴۳

۲-۹-ارایه منحنی ها وفرمول های طراحی..... ۴۷

۲-۹-۱ارتعاش قائم..... ۴۷

۲-۹-۲پی دایره ای ۴۸

۲-۹-۳-پی مربع مستطیل شکل..... ۵۰

۲-۱۰-پی نواری..... ۵۱

۲-۱۰-۱ارتعاش پیچشی ۵۲

۲-۱۰-۲ارتعاش چرخشی (گهواره ای)..... ۵۳

۲-۱۰-۳-ارتعاش افقی ۵۵

۲-۱۱-توصیه هایی در طراحی پی ماشین آلات..... ۵۶

فصل سوم-روشهای حل معادله تعادل دینامیکی با استفاده از اجزای محدود

۳-۱مقدمه..... ۶۰

۳-۲-روشهای انتگرال گیری مستقیم..... ۶۱

۳-۲-۱-روش تفاضل مرکزی..... ۶۲

۳-۳-روش بر هم نهادن مدها..... ۶۷

۳-۳-۱-تبدیل پایه به تغییرمکان های تعمیم یافته مدال..... ۶۸

۳-۳-۲-تحلیل با حذف میرایی..... ۷۱

۳-۳-۳تحلیل سیستم شامل میرایی..... ۷۵

۳-۴-بررسی روشهای انتگرال گیری مستقیم..... ۷۹

۳-۴-۱-تحلیل پایداری..... ۷۹

۳-۴-۲بررسی دقت عملیات..... ۸۱

۳-۴-۳-پیشنهادهایی برای کارهای عملی..... ۸۵

۳-۵ شرایط اولیه آنالیز عددی ۹۰

۳-۵-۱صحت سنجی مدل.....۹۲

فصل چهارم- بررسی مدل سازی به کمک نرم افزار اجزای محدود(Abaqus)و مقایسه با تحقیقات آزمایشگاهی وبست وگسترش مدل

۴-۱- مقدمه.....۹۷

۴-۲-مراحل اصلی در روش المان محدود ۹۷

۴-۳-گسترش نمونه صحت سنجی شده برای شکلهای متفاوتی از پی های سطحی.....۹۹

۴-۴-تاثیرات دینامیکی ارتعاشات برروی پی های واقع بر شیروانی.....۱۱۱

۴-۴-۱ شرایط مدل ایجاد شده در نرم افزار Abaqus ۱۱۲

۴-۴-۱-۱ میرایی در محیط های پیوسته.....۱۱۲

۴-۴-۱-۱ میرایی تشعشعی (میرایی هندسی) ۱۱۲

۴-۴- ۱-۲ مکانیزم میرایی مادی در محیط های پیوسته و مشابهت با میراگرویسکوز :..... ۱۱۳

۴-۵-مقایسه خاک چندلایه با خاک معادل شده تک لایه توسط میانگیری هندسی ۱۱۹

فصل پنجم-نتیجه گیری

۵-۱جمع بندی.....۱۲۳

۵-۲نتایج ۱۲۳

فهرست منابع و ماخذ.....۱۲۶

چکیده انگلیسی.....۱۲۹

فهرست جداول

جدول (۲-۱)مقادیر پیشنهادی برای ضریب عکس العمل K'_z ۱۶

جدول ۲-۲-پارامترهای معادل برای آنالیز پی های دایره ای بر روی محیط نیم بینهای.....۲۳

جدول ۲-۳ مقادیر f_1و f_2برای شالودۀ انعطاف پذیر..... ۳۰

جدول ۲-۴مقادیر f_1و f_2 برای شالودۀ صلب..... ۳۱

جدول ۳-۱ روش حل گام به گام با استفاده از روش تفاضل مرکزی..... ۶۳

جدول ۳-۲مقادیر مدول برشی برای ماسه و خاک اره..... ۹۱

خلاصه ای از نتایج آنالیز دینامیکی برای پی با شکل های مختلف را می توان در جداول(۴-۱) و(۴-۲)مشاهده نمود. ۱۲۱

فهرست اشکال

شکل ۲-۱-الف نوسانگر DEGEBO(نمای بالا)..... ۶

شکل۲-۲جرم هم فاز.....۸

شکل ۲-۳- ب روش فرکانس طبیعی کاهش یافتهTschebotarioff ۱۰

شکل ۲-۴- فنرهای جایگزین خاک زیرشالوده عکس العمل دینامیکی زیراساس.....۱۲

شکل۲-۵ تابع پاسخ شالوده گرد صلب بر روی محیط همگن-نیم بینهایت ۱۷

شکل ۲-۶بارمرتعش در سطح نیم فضای الاستیک..... ۲۷

شکل ۲-۷ ارتعاش قائم پی دایره ای انعطاف پذیر.....۲۸

شکل۲-۸ توزیع فشار تماس زیر شالوده دایره ای شکل یه شعاع r_0.....۲۹

شکل ۲-۹ منحنی z نسبت به a_0 برای پی دایره ای صلب ۳۰

شکل ۲-۱۰ تغییرات $\bar{Z}$ نسبت به a_0 برای پی دایره ای صلب..... ۳۲

شکل۲-۱۱ تغییرات $\bar{Z}$ نسبت به a_0 .....۳۳

شکل۲-۱۲ نحوه تهیه منحنی های b به ازاء a_0 و b به ازاء Z در حالت تشدید ارتعاش قائم.....۳۴

شکل۲-۱۳ منحنی نسبت جرم b به ازاءa_0 در حالت تشدید، ارتعاش قائم جرم در حال دوران-بارثاب.....۳۴

شکل۲-۱۴ منحنی نسبت جرم b به ازاء دامنه بدون بعد در حالت تشدید -ارتعاش قائم جرم در حال دوران-بار ثابت..... ۳۵

شکل (۲-۱۵) حداکثر تغییر مکان قائم مجاز.....۳۶

شکل ۲-۱۶ نوسان گهواره ای پی صلب دایره ای.....۳۷

شکل۲-۱۷.نوسان گهواره ای پی صلب دایره ای الف رابطه ϴ با a_0 ب رابطه اینرسی با a_0 .....۳۹

شکل ۲-۱۸ نوسان افقی پی صلب دایره ای.....۴۰

شکل ۲-۱۹-نوسان افقی .الف) رابطه فاکتور دامنه با a_0..... ۴۰

شکل (۲-۲۰) شالوده تحت ارتعاش پیچ‌شی..... ۴۲

شکل ۲-۲۱ مشخصات پی در حال ارتعاش پیچ‌شی.....۴۳

شکل ۲-۲۲ ارتعاش قائم :مقایسه نتایج تجربی با تئوری..... ۴۴

شکل ۲-۲۳ارتعاش قائم در حالت تشدید مقایسه نتایج تجربی با تئوری..... ۴۵

شکل ۲-۲۴ نمودار a_0 به ازاء b در حالت تشدید مقایسه نتایج تجربی با تئوری..... ۴۵

شکل ۲-۲۵جمع بندی آزمونهای ارتعاش قائم..... ۴۶

شکل۲-۲۶ ارتعاش پیچ‌شی :مقایسه نتایج تجربی با تئوری ۴۷

شکل ۲-۲۷ پاسخ دینامیکی پی دایره ای صلب به بارقائم مرتعش ثابت..... ۴۹

شکل ۲-۲۸ پاسخ پی دایره ای صلب نسبت به بار قائم جرم دوار خارج از مرکز..... ۴۹

شکل ۲-۲۹ارتعاش قائم پی دایره ای صلب در حالت تشدید..... ۵۰

شکل ۲-۳۰ توابع تغییرمکان قائم برای ارتعاش پی صلب مستطیلی..... ۵۱

شکل ۲-۳۱ ارتعاش قائم پی نواری، نوار b` به ازاءa_0..... ۵۱

شکل ۲-۳۲ ارتعاش پیچ‌شی پی دایره ای صلب..... ۵۳

شکل ۲-۳۳ ضریب بزرگنمایی نسبت به فرکانس بدون بعد..... ۵۴

شکل ۲-۳۴ارتعاش گهواره ای پی دایره ای صلب در حالت تشدید.....۵۴

شکل ۲-۳۵ ارتعاش افقی پی دایره ای صلب ضریب یزرگنمایی نسبت به فرکانس بدون بعد.....۵۵

شکل ۲-۳۶ارتعاش افقی پی دایره ای صلب در حالت تشدید.....۵۶

شکل ۳-۱پاسخ تغییر مکان پیش بینی شده با افزایش نسبت $\Delta t/T$ ۸۴

شکل (۳-۲) المان (C3D8)..... ۹۰

شکل(۳-۳) شرایط مرزی صلب..... ۹۰

شکل(۳-۴) شرایط مرزی با وجود میراگر.....۹۲

شکل (۳-۴)مقایسه نتایج Abaqus با نتایج آزمایشگاهی تحت نیروی استاتیکی $6.6KN/m^2$

(ضخامت خاک اره لایه بالایی =۲۰۰میلیمتر وضخامت لایه پایینی= ۴۰۰میلیمتر ماسه)..... ۹۳

شکل (۳-۵)مقایسه نتایج Abaqus با نتایج آزمایشگاهی تحت نیروی استاتیک $6.6KN/m^2$

(ضخامت خاک اره لایه پایینی= ۴۰۰ میلیمتر وضخامت لایه بالایی= ۲۰۰میلیمترماسه)..... ۹۳

شکل (۳-۶)منحنی های تغییر مکان..... ۹۴

شکل ۳-۷ خاک لایه ای ۹۵

شکل(۴-۱) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$، در بالا ۲۰۰mmخاک اره ودر زیر ۴۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد..... ۱۰۰

شکل(۴-۲) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۲۰۰mmخاک اره ودر زیر ۴۰۰mm ماسه.مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مستطیل شکل حاصل از نتایج عددی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد..... ۱۰۰

شکل(۴-۳) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۲۰۰mmخاک اره ودر زیر ۴۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مستطیل شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد..... ۱۰۱

شکل(۴-۴) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۲۰۰mmخاک اره ودر زیر ۴۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مربع شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد..... ۱۰۱

شکل(۴-۵)نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. دربالا ۲۰۰mmخاک اره ودر زیر ۴۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۲
شکل(۴-۶) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۲۰۰mmخاک اره ودر زیر ۴۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مستطیل شکل حاصل از نتایج عددی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۲
شکل(۴-۷) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۲۰۰mmخاک اره ودر زیر ۴۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مستطیل شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۳
شکل(۴-۸) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۲۰۰mmخاک اره ودر زیر ۴۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مربع شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۳
شکل(۴-۹) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۴۰۰mmخاک اره ودر زیر ۸۰۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۴
شکل(۴-۱۰) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۴۰۰mmخاک اره ودر زیر ۸۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مستطیل شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۴
شکل(۴-۱۱) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۴۰۰mmخاک اره ودر زیر ۸۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مستطیل شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۵

شکل(۴-۱۲) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۴۰۰mmخاک اره ودر زیر ۸۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مربع شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۵
شکل(۴-۱۳) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۴۰۰mmخاک اره ودر زیر ۸۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۶
شکل(۴-۱۴) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۴۰۰mmخاک اره ودر زیر ۸۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مستطیل شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۶
شکل(۴-۱۵) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۴۰۰mmخاک اره ودر زیر ۸۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مستطیل شکل حاصل از نتایج عددی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۷
شکل(۴-۱۶) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۴۰۰mmخاک اره ودر زیر ۸۰۰mm ماسه وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مربع شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۷
شکل(۴-۱۷) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۸۰۰mm ماسه ودر زیر ۴۰۰mm خاک اره وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۸
شکل(۴-۱۸) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $6.6KN/m^2$. در بالا ۸۰۰mm ماسه ودر زیر ۴۰۰mm خاک اره وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مستطیل شکل حاصل از نتایج عددی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۸

شکل(۴-۱۹) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $۶.۶KN/m^2$. در بالا ۸۰۰mm ماسه ودر زیر ۴۰۰mm خاک اره وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مستطیل شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۹
شکل(۴-۲۰) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $۶.۶KN/m^2$. در بالا ۸۰۰mm ماسه ودر زیر ۴۰۰mm خاک اره وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مربع شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۰۹
شکل(۴-۲۱) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $۶.۶KN/m^2$. در بالا ۸۰۰mm ماسه ودر زیر ۴۰۰mm خاک اره وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۱۰
شکل(۴-۲۲) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $۶.۶KN/m^2$. در بالا ۸۰۰mm ماسه ودر زیر ۴۰۰mm خاک اره وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مستطیل شکل حاصل از نتایج عددی با پی دایره ای شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۱۰
شکل(۴-۲۳) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $۶.۶KN/m^2$. در بالا ۸۰۰mm ماسه ودر زیر ۴۰۰mm خاک اره وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مستطیل شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۱۱
شکل(۴-۲۴) نمودار تغییر مکان-جابه جایی برای باراستاتیکی $۶.۶KN/m^2$. در بالا ۸۰۰mm ماسه ودر زیر ۴۰۰mm خاک اره وجود دارد. مقایسه ای بین نمودار تغییر مکان بر حسب جابه جایی برای پی مربع شکل حاصل از نتایج آزمایشگاهی با پی مربع شکل نتیجه شده از نتایج عددی می باشد.....۱۱۱
شکل(۴-۲۵) بیان میرایی تشعشعی در انتشار موج بک بعدی توسط یک میراگر ویسکوز.....۱۱۳

شکل(۴-۲۶ الف) مدل ایجاد شده در abaqus ۱۱۵
شکل(۴-۲۶ب) المان در نظر گرفته شده در abaqus ۱۱۵

شکل(۴-۲۷) نمای بالابرای شیروانی مدل شده درabaqus ۱۱۵
شکل(۴-۲۸) نمودار تغییر مکان در جهت قائم به فاصله d/b معین از لبه شیروانی ۱۰درجه برای سه نمونه خاک.....۱۱۶
شکل(۴-۲۹) نمودار تغییر مکان در جهت افقی به فاصله d/b معین از لبه شیروانی ۱۰درجه برای سه نمونه خاک.....۱۱۷
شکل(۴-۳۰) نمودار تغییر مکان در جهت افقی به فاصلهd/b معین از لبه شیروانی ۲۰درجه برای سه نمونه خاک.....۱۱۷
شکل(۴-۳۱) نمودار تغییر مکان در جهت قائم به فاصله d/b معین از لبه شیروانی ۲۰درجه برای سه نمونه خاک.....۱۱۸
شکل(۴-۳۲) نمودار تغییر مکان در جهت افقی به فاصله d/b معین از لبه شیروانی ۳۰درجه برای سه نمونه خاک.....۱۱۸
شکل(۴-۳۳) نمودار تغییر مکان در جهت قائم به فاصله d/b معین از لبه شیروانی ۳۰درجه برای سه نمونه خاک.....۱۱۹
شکل(۴-۳۴)مقایسه خاک چهار لایه با خاک معادل شده می باشد.....۱۲۰

فصل اول

کلیات

۱-۱مقدمه

ماشین آلات و دستگاههای مکانیکی متعددی وجود دارند که نیروهای دینامیکی بزرگی را بر شالوده خود وارد می سازند. این نیروهای دینامیکی موجب ایجاد لرزش در فونداسیون ماشین ها می گردند. این لرزش ها بصورت موج درون خاک منتشر شده و باعث ایجاد ارتعاش در فونداسین ها ومناطق مجاور منبع لرزش می شوند که می تواند بر عملکرد صحیح ماشین آلات حساس، سلامت افراد ویا حتی سازه های مجاور تاثیر سوء بگذارد.

هدف اصلی در طراحی فونداسیون ماشین آلات محدود کردن حرکت آن در حدی است که عملیات رضایت بخش ماشین را به خطر نیاندازد، کرنشهای شالوده و پی از حد الاستیک خارج نشده وهمچنین در کار افرادی که در اطراف ماشین کار می کنند مزاحمت ایجادنکند.

بنابراین نکته اصلی در طراحی موفق فونداسیون ماشین آلات، تحلیل دقیق پاسخ فونداسیون به بارهای دینامیک ناشی از عملیات ماشین می باشد. علاوه بر آن، وقتی که حرکتهای بیش از حد فونداسیون در عملکرد صحیح دستگاه ایجاد مانع می کند، تحلیل دقیق مشکل به منظور درک علت های مربوطه ضروری می باشد تا در نتیجه به واکنش های اصلاحی و مناسب ختم گردد.

۱-۲مروری بر کارهای قبلی انجام شده در این زمینه

در سالهای اخیر تعیین فرکانس تشدید و دامنه تشدید پی سازیها در رابطه با طراحی پی سازیهای ماشینی همچنین طراحی متزلزل ساختارهای عظیم مهم مانند نیروگاههای هسته ای در معرض علاقمندی قابل ملاحظه ای قرارگرفته است. یکی از گامهای کلیدی در روشهای جاری آنالیز دینامیک یک سامانه خاکی پی جهت پیش بینی دامنه و فرکانس تشدید تحت بار گزاری نوع ماشینی، تخمین سختی و میرایی سامانه خاکی پی می باشد. با فرض اینکه پی جسم صلبی است که به سطح