وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

تحلیل دینامیکی پی ماشین آلات با لحاظ نمودن اثر اندرکنش خاک – پی

اساتید راهنما:

آقای دکتر حمید رضا صبا ، آقای دکتر ساسان محاسب

دانشجو :

حمزه عبداله پور

۱۳۹۲

تاریخ : ۹۱/۱۲/۰۲
شماره: ۶۵۴۹/۰۷۱۵
پیوست: .....

دانشگاه تفرش

مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی: حمزه عبدالله پور شماره دانشجویی :۸۹۳۱۴۱۰۰۳ دانشکده: مهندسی عمران

رشته تحصیلی/گرایش : مهندسی عمران/ مکانیک خاک و پی

عنوان پروژه: تحلیل دینامیکی پی ماشین آلات با لحاظ نمودن اثر اندرکنش خاک – پی

تعداد واحد: ۶ تاریخ تصویب: ۱۳۹۰/۰۸/۲۳ تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۱۱/۳۰

نمره نهایی به عدد : ۲۰ به حروف : بیست

نام و نام خانوادگی	سمت	رتبه	محل اشتغال	محل امضا
دکتر حمید رضا صبا	استاد راهنمای اول	استادیار	دانشگاه تفرش	
-	استاد راهنمای دوم		-	
-	استاد مشاور		-	
دکتر ناصر عرفاتی	داور داخلی	استادیار	دانشگاه تفرش	
دکتر علی سنایی راد	داور خارجی	استادیار	دانشگاه اراک	
دکتر ناصر عرفاتی	نماینده تحصیلات تکمیلی	استادیار	دانشگاه تفرش	

دانشگاه تفرش – گروه مهندسی عمران

رئیس دانشکده: دکتر افشین مصلحی تبار

امضاء:

تاریخ:

مهر:

معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه : دکتر علی پارسیان

امضاء:

تاریخ:

مهر:

دانشگاه تفرش – اداره کل تحصیلات تکمیلی

تقدیم به

پدر و مادر

مهربانم

تشکر:

با اتمام این پایان نامه لازم می دانم از تمام کسانی که مرا در این راه یاری رساندند تشکر و قدردانی به عمل آورم.

از اساتیدم آقایان دکتر حمید رضا صبا ، دکتر ناصر عرفاتی و دکتر ساسان محاسب کمال تشکر را دارم.

و به ویژه از آقای دکتر ساسان محاسب به خاطر کتاب فوق العاده ، صبر و راهنمایی هایشان بسیار ممنونم.

همراه با بهترین ها

حمزه عبداله پور

نام خانوادگی دانشجو : عبداله پور نام : حمزه

عنوان پایان نامه : تحلیل دینامیکی پی ماشین آلات با لحاظ نمودن اثر اندرکنش خاک - پی

اسانید راهنما : دکتر حمید رضا صبا ، دکتر ساسان محاسب

مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد رشته : مهندسی عمران گرایش : خاک و پی
دانشگاه : تفرش دانشکده : عمران تعداد صفحه: ۱۲۱

کلید واژه : اندرکنش خاک و پی – سختی دینامیکی – میرایی تشعشعی – مدل مخروط – عملکرد غیر خطی

چکیده :

پی ماشین آلات در تقابل با مباحث دینامیک خاک است. اصول اولیه و روابط پایه ظرفیت باربری ونشست برای طراحی سیستم پی سازه کافی نیستند. در این پی ها ما شاهد وزن زیاد فنداسیون نسبت به ماشین آلات هستیم. نیرو های دینامیکی که توسط این ماشین آلات تولید می شوند در مقایسه با وزن استاتیک ماشین و پی ناچیزاند. اما نیروهای دینامیکی به صورت تکراری و در مدتی طولانی به مجموعه پی و خاک وارد می شوند. بنابراین لازم است که خاک رفتاری الاستیک از خود نشان دهد در غیر این صورت تغییر مکان و نشست پس از هر سیکل بیشتر وبیشتر شده و ارتعاش می تواند موجب وارد آمدن آسیب شود.

مطالب بیان شده آغازگر فرآیندی است که در مهندسی ژئوتکنیک لرزه ای، تحت عنوان اندرکنش خاک و سازه شناخته می شود. در این فرآیند، سختی سیستم از مجموع سختی دینامیکی خاک و سازه محاسبه شده و در برابر نیروهای دینامیکی مقاومت نشان می دهد.

روش های مختلفی برای تحلیل اندرکنش خاک و سازه وجود دارد. از جمله این روش ها، روش مخروط است که بر مبنای رفتار خطی و الاستیک خاک می باشد. در این روش، سختی دینامیکی پی با در نظر گرفتن تشعشع مخروطی امواج از پی، محاسبه شده و سپس معادلات تعادل دینامیکی با لحاظ کردن ماتریس سختی دینامیکی خاک و سازه به دست می آید. از حل این معادلات، خروجی ها شامل جابجایی و دوران پی و سازه قابل حصول است. این روش با توجه به ماهیت رفتار غیرخطی خاک با تقریب هایی روبرو است. لیکن در محدوده کرنش های کم، جواب قابل قبول و منطقی به دست می دهد. در روش دیگر، می توان با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی خاک به روش خطی معادل از روش مخروط بهره برد. به این ترتیب که نسبت میرایی و مدول برشی از نمودار مرجع انتخاب می شود، فرآیند

حل مساله در قالب مخروط انجام شده و در نهایت، مدول برشی و نسبت میرایی نظیر کرنش های به دست آمده با مقادیر اولیه شان مقایسه می شود. این فرآیند تا همگرا شدن ثوابت خاک ادامه می یابد.

در این پایان نامه سعی بر آن است که با لحاظ کردن شرایط مختلف توده خاکی، مدل سازی اندرکنش خاک و سازه را به روش مخروط انجام داده و در گام بعدی، سیستم در نرم افزار ABAQUS مدل شود. به این ترتیب می توان، مقایسه ای بین این دو روش انجام داد. البته با توجه به تقریب ها و ساده سازی هایی که در هنگام مدل سازی در نرم افزار صورت می پذیرد، خطای تا میزان ۳۰ درصد قابل قبول می باشد.

عنوان **صفحه**

فصل اول..... ۱

۱-۱- حرکت لرزه ای..... ۲

۱-۲- انواع حرکت لرزه ای ۲

۱-۳- آنالیز فوریه..... ۴

۱-۳-۱ سری فوریه ٤

۱-۳-۲ تبدیل فوریه گسسته ٥

۱-۳-۳ تبدیل فوریه سریع ٥

۱-۴- آنالیز پاسخ زمین ۵

۱-۴-۱ تحلیل یک بعدی پاسخ زمین ٦

۱-۴-۲ روش خطی ۷

۱-۴-۲-۱- تعیین توابع تبدیل..... ۷

۱-۴-۳ روش خطی معادل برای پاسخ غیر خطی ۱۲

۱-۵- مقایسه تحلیل های یک بعدی پاسخ زمین ۱۴

۱-۶- اندرکنش خاک و سازه..... ۱۵

۱-۶-۱ روش های آنالیز ۱۵

۱-۶-۱-۱ روش مستقیم ۱۵

۱-۶-۱-۲ روش غیر مستقیم ۱٦

۱-۶-۲ اندرکنش جنبشی ۱٦

۱-۶-۳ اندرکنش اینرسی ۱۷

۱-۶-۴ آنالیز اندرکنش بین اجسام ۱۸

۱-۶-۵ ایده آل سازی رفتار خاک ۲۰

۱-۶-۶ مقدمه ای بر مدل های واکنش بستر ۲۱

۱-۶-۶-۱ مدل های الاستیک:..... ۲۲

۱-۷- انواع ماشین آلات ۲۶

۱-۷-۱ ماشین آلات پیستونی ۲٦

۱-۷-۲ ماشین آلات ضربه ای ۲۷

۱-۷-۳ ماشین آلات چرخشی ۲۷

فصل دوم ۴۶

۲-۱- مقدمه ۴۶

۲-۲- تعیین ضریب سختی دینامیکی پی در مد افقی ۴۷

۲-۳- تعیین ضریب سختی دینامیکی پی در مد دورانی ۵۱

۲-۴- محدودیت های حالت تقریبا تراکم ناپذیر ۵۳

۲-۴-۱ سرعت موج طولی ۵۳

۲-۴-۲ جرم محبوس ۵٤

۲-۵- انعکاس و انکسار امواج در نا پیوستگی ۵۴

۲-۵-۱ ضریب انعکاس برای مخروط انتقالی ۵۵

۲-۵-۲ ضریب انعکاس برای مخروط دورانی ۵۷

۲-۶- سختی دینامیکی ۵۷

۲-۷- اعمال دیسک های مدفون ۵۹

۲-۸- استخراج معادلات حرکت ۶۰

۲-۹- مدل سازی غیر خطی ۶۱

۲-۹-۱ استخراج منحنی های کاهش مدول و نسبت میرایی ٦۲

فصل سوم ۶۷

۳-۱ مقدمه ۶۷

۳-۲ معرفی کلی نرم افزار ۶۷

۳-۳ سیستم المان محدود ABAQUS ۶۸

۳-۳-۱ معرفی part ۶۸

۳-۳-۲ تعیین خواص در property ۶۹

۳-۳-۳ مونتاژ کردن قطعات ۶۹

۳-۳-۴ مرحله step ۶۹

۳-۳-۵ مرحله interaction ۶۹

۳-۳-۶ مرحله بارگذاری و ایجاد شرایط مرزی (Load) ۷۰

۳-۳-۷ مش بندی ۷۱

۳-۳-۸ حل مساله (Job) ۷۱

۳-۳-۹ نتایج حل مساله (Visualization) ۷۲

فصل چهارم ۷۴

۴-۱- مقدمه ۷۴

۴-۲- بار دینامیکی دستگاه سه سیلندر ۷۴

۴-۳- بررسی مدل مخروط ۷۸

۴-۳-۱ محاسبه ضرایب سختی دینامیکی ۷۸

۴-۳-۲ پاسخ دینامیکی پی ۸۱

۴-۴- بررسی مدل اجزا محدود ۸۹

۴-۵- بحث درباره نتایج ۹۶

۴-۵-۱ تاثیر تغییر عمق بستر ۹۶

۴-۵-۲ تاثیر تغییر مدول برشی ۹۶

۴-۵-۳ مقایسه بین نمودارهای مخروط و آباکوس ۹۶

۴-۶- ویژگی های مدل مخروط ۹۸

فصل پنجم ۱۰۱

۵-۱- جمع بندی نتایج ۱۰۱

۵-۲- پیشنهادات ۱۰۲

مراجع ۱۰۴

شکل ۱-۱- حرکت هارمونیک ساده ۳

شکل ۱-۲- حرکت گذرا (بار ضربه ای) ۳

شکل ۱-۳- حرکت گذرا (بار ضربه ای) ۳

شکل ۱-٤- حرکت پریودیک کلی ۳

شکل ۱-۵- انتشار موج از منبع زلزله و تاثیر آن بر سطح زمین ٦

شکل ۱-٦- نحوه انتشار موج از منبع زلزله و تغییر زاویه میل آن در جهت قائم ٦

شکل ۱-۷- پروفیل توده خاک همگن بر روی سنگ صلب و نحوه انتشار موج[٤] ۷

شکل ۱-۸- اندازه تابع انتقال در خاک همگن نامیرا بر روی سنگ صلب[٤] ۸

شکل ۱-۹- اندازه تابع انتقال در خاک همگن میرا بر روی سنگ صلب ۹

شکل ۱-۱۰- الگوی جابجایی موج در مدهای مختلف ۱۰

شکل ۱-۱۱- توده خاک بر روی سنگ الاستیک نیمه بینهایت[٤] ۱۱

شکل ۱-۱۲- تاثیر نسبت مقاومت بر ضریب تقویت در خاک میرا ۱۲

شکل ۱-۱۳- حلقه هیسترزیس تنش – کرنش در خاک[٤] ۱۲

شکل ۱-۱٤- منحنی های کاهش مدول و نسبت میرایی بر حسب کرنش برشی چرخه ای ۱۳

شکل ۱-۱۵- فرآیند تکرار در تعیین ثوابت متناسب با کرنش برشی ۱٤

شکل ۱-۱٦- روش مستقیم آنالیز اندرکنش سازه و خاک ۱٦

شکل ۱-۱۷- اندرکنش جنبشی با حرکت زمین آزاد ۱٦

شکل ۱-۱۸- آنالیز اندرکنش اینرسی ۱۷

شکل ۱-۱۹- مراحل آنالیز اندرکنش خاک وسازه در حالت پی صلب ۱۸

شکل ۱-۲۰- اندرکنش بین اجسام الاستیک و المان های سازه ای ۱۹

شکل ۱-۲۱- تنش زیر جسم صلب دایروی روی سطح صاف ۲۰

شکل ۱-۲۲- مدل های الاستیک ۲۲

شکل ۱-۲۳- مدل فنولکن ۲٤

شکل ۱-۲٤- مدل پاسترناک ۲۵

شکل ۱-۲۵-: نمای کلی یک نوع از ماشین پیستونی[۵] ۲٦

شکل ۱-۲٦- : نمای کلی یک نوع از ماشین ضربه ای [۵] ۲۷

شکل ۱-۲۸- مدل پارامتر متمرکز برای درجات آزادی افقی و دورانی ۲۹

شگل ۱-۲۹- مدل های برشی مخروط برای تغییر شکل های افقی و دورانی ۲۹

شکل ۱-۳۰- مقادیر ضرایب سختی و میرایی افقی و دورانی برای مدل مخروط و نیمه بی نهایت ۳۰

شکل ۱-۳۱- سیستم مورد بررسی ۳۱

شکل ۱-۳۲- پریود ظبیعی مؤثر سیستم ۳۲

شکل ۱-۳۳- ضریب میرایی پی برای سازه های قرارگرفته بر روی نیم فضای الاستیک و ویسکوالاستیک ۳۲

شکل ۱-۳٤- نمودارهای ظیف پاسخ برای سیستم ها ۳۳

شکل ۱-۳۵- الگوی حرکت موج در ناپیوستگی ها به روش مخروط ۳۵

شکل ۱-۳۶- سیستم سازه – پی – خاک برای حالت الف ۳۶

شکل ۱-۳۷- مدل سازی فیزیکی فنر و میراگرهای دینامیکی در مد قائم ارتعاش ۳۶

شکل ۱-۳۹-اجزای دستگاه مورد بررسی ۳۸

شکل ۱-۴۰- دستگاه الف) بدون قاب فلزی ب) با قاب فلزی ۳۹

شکل ۱-۴۱- المان های پوسته ای ۴۰

شکل ۱-۴۲- المان های مدل های ضربه گیر شناور ۴۰

شکل ۱-۴۳- المان پوسته ای دال بتنی ۴۱

شکل ۱-۴۴- شکل مدهای قاب های مورد بررسی ۴۳

شکل ۲-۱- پروفیل خاک مورد بررسی ۴۷

شکل ۲-۲- مخروط ناقص انتقالی با حرکت افقی، اعوجاج برشی و تعادل عنصر بی نهایت کوچگ که به وسیله صلبیت خمشی نامحدود از حرکت دورانی جلوگیری شده است ۴۸

شکل ۲-۳- افزودن غلتک به تیر مخروطی در مد افقی برای جلوگیری از دوران ۵۱

شکل ۲-۴- مخروط نیمه بی نهایت دورانی، اعوجاج محوری و تعادل المان بینهایت کوچک ۵۱

شکل ۲-۵- مدل جرم فنر میراگر با درجه آزادی اضافی برای مد دورانی ۵۴

شکل ۲-۶- انتشار موج در قالب مخروط و در سطح مشترک ناپیوستگی – الف) موج برخورد اعمال شده به سطح مشترک با ایجاد امواج و انعکاس و انکسار یافته؛ ب) موج انکسار یافته به عنوان موج برخورد جدید؛ ج) موج انعکاس یافته به عنوان موج برخورد جدید ۵۵

شکل ۲-۷- تداوم پدیده انعکاس و انکسار ۵۸

شکل ۲-۸- مجموعه دیسک های با شعاع متغیر با نیروهای اضافی برای نمایش پی مدفون ۵۹

شکل ۲-۹- مدل مخروط دوبل – الف) دیسک مدفون در فضای همگن؛ ب) دیسک مدفون در سطح مشترک دو نیم فضا ٦٠

شکل ۲-۱۰- پی بلوکی برای ماشین سه سیلندر ٦٠

شکل ۲-۱۱- سیستم دینامیکی با درجات آزادی و فنرها و میراگرهای وابسته به فرکانس ٦١

شکل ۲-۱۲- تغییرات در الف) منحنی های کاهش مدول؛ ب) منحنی های میرایی ماده ای؛ بسته به نوع خاک ٦٣

شکل ۲-۱۳- تغییرات در الف) منحنی های کاهش مدول؛ ب) منحنی های میرایی ماده؛ بسته به عمق خاک ٦٤

شکل ۲-۱٤- تغییرات در الف) منحنی های کاهش مدول؛ ب) منحنی های میرایی ماده؛ بسته به شاخص خمیری ٦٥

شکل ۳-۱- پنجره PART ٦٨

شکل ۳-۲- پنجره PROPERTY ٦٩

شکل ۳-۳- پنجره STEP ٦٩

شکل۳-٤- پنجره قیود و سطوح تماس ٧٠

شکل ۳-٥- پنجره LOAD ٧٠

شکل ۳-٦- پنجره اعمال شرایط مرزی ٧٠

شکل ۳-۷- انواع المان های مورد استفاده در مدل دو بعدی ٧١

شکل ۳-۸- انواع المان های مورد استفاده در مدل سه بعدی ٧١

شکل ٤-۱- حرکت ساز و کار میل لنگ در تک سیلندر ٧٥

شکل ٤-۲- موتور پیستونی سه سیلندر با میل لنگ های ۹۰ درجه ٧٦

شکل ٤-۳- بار دینامیکی موتور پیستونی سه سیلندر ٧٧

شکل ٤-٤- پروفیل خاک مورد بررسی ٧٨

شکل ٤-٥- نمودار های پاسخ پی به ازای D=2M ٨٢

شکل ٤-٦- نمودار های پاسخ پی به ازای D=4M ٨٣

شکل ٤-٨- نمودار های جابجایی قائم پی. الف) D=10M ب) D=0.5M ٨٥

شکل ٤-٩- نمودار های پاسخ پی به ازای $G = 0.5G_0$ ٨٦

شکل ٤-١٠- نمودار های پاسخ پی به ازای $G = 2G_0$ ٨٧

شکل ٤-١١- نمودار های پاسخ پی به ازای $G = 3G_0$ ٨٨

شکل ٤-١٢- سیستم مدل شده در نرم افزار ٨٩

شکل ٤-١٣- نمودار های پاسخ پی به ازای $G = G_0$. الف) جابجایی افقی؛ ب) جابجایی قائم ٩٠

شکل ٤-١٤- نمودار های پاسخ پی به ازای $G = 0.5G_0$. الف) جابجایی افقی؛ ب) جابجایی قائم ٩١

شکل ٤-١٥- نمودار های پاسخ پی به ازای $G = 2G_0$. الف) جابجایی افقی؛ ب) جابجایی قائم ٩٢

شکل ٤-١٦- نمودار های پاسخ پی به ازای $G = 3G_0$. الف) جابجایی افقی؛ ب) جابجایی قائم ٩٣

شکل ٤-٢١ مقایسه مدل مخروط و ABAQUS در حالت $G=G_0$, D = 4M ٩٧

شکل ٤-٢٢ مقایسه مدل مخروط و ABAQUS در حالت $G=2G_0$, D = 4M ٩٧

شکل ٤-٢٣ مقایسه مدل مخروط و ABAQUS در حالت $G=3G_0$, D = 4M ٩٧

شکل ٤-٢٤ مقایسه مدل مخروط و ABAQUS در حالت $G=0.5G_0$, D = 4M ٩٨

جدول ۱-۱- ضرایب دینامیکی سختی و میرایی برای پی با شکل دلخواه بر روی نیم فضای همگن ۳۷

جدول۱-۲- مشخصات لایه فوقانی خاک ٤۲

جدول ۱-۳-فرکانس طبیعی مد شکل های اول تا دوازدهم ٤۳

جدول ٤-۱- مشخصات دستگاه سه سیلندر ۷٦

جدول٤-۲- مشخصات پی دستگاه ۷۷

پیشگفتار

تاکنون ظرفیت باربری استاتیکی انواع پی ها تحقیق شده وارد شدن پارامترهای زمان، اینرسی و میرایی و آثار آن ها بر روی رفتار انواع مصالح و به خصوص خاک، پیچیدگی های بسیاری را وارد مبحث ظرفیت باربری و رفتار پی می کند.

پی ماشین آلات در تقابل با مباحث دینامیک خاک است. اصول اولیه و روابط پایه ظرفیت باربری ونشست برای طراحی سیستم پی سازه کافی نیستند. در این پی ها ما شاهد وزن زیاد فنداسیون نسبت به ماشین آلات هستیم.

نیرو های دینامیکی که توسط این ماشین آلات تولید می شوند در مقایسه با وزن استاتیک ماشین و پی ناچیزاند. اما نیروهای دینامیکی به صورت تکراری و در مدتی طولانی به مجموعه پی و خاک وارد می شوند. بنابراین لازم است که خاک رفتاری الاستیک از خود نشان دهد در غیر این صورت تغییر مکان و نشست پس از هر سیکل بیشتر وبیشتر شده و ارتعاش می تواند موجب وارد آمدن آسیب شود. مسایل اساسی در طراحی پی ماشین آلات شامل: پیش بینی بارهای وارده، تحلیل سیستم پی-سازه و ماشین، برآورده کردن نیازهای عملکردی دستگاه و نهایتا ارایه یک طرح سازه ای مناسب به همراه جزئیات کافی است. موردی که باید در تمام این گام ها در نظر گرفته شود برهم کنش ماشین، پی و خاک است. بارهای وارد بر پی ماشین آلات استاتیک و دینامیک هستند. بارهای استاتیکی در اصل تابعی از وزن ماشین و تجهیزات آن و بارهای دینامیکی ناشی از نیرو های نامتوازن، نیروهای اینرسی و در بعضی موتورها حرکت سیالات داخل دستگاه است.

هدفی که در طراحی پی ماشین آلات دنبال می گردد محدود کردن حرکات و تغییر مکان ها به حدی است که هم دستگاه بتواند به خوبی کار کند و هم افراد مشغول به کار در کنار آن در امنیت باشند. تغییر مکان های مجاز به سرعت، موقعیت، اهمیت و نوع کار ماشین بستگی دارند. دیگر عوامل دینامیکی رزونانس و حداکثر نیروی دینامیکی وارد به پی و خاک هستند. بنابراین چیزی که مناسب بودن طرح را تضمین می کند، تحلیل درست پاسخ پی به بارهای دینامیکی ماشین است و پاسخ پی به بارهای دینامیکی به شدت وابسته به نوع خاکی است که پی بر

روی آن قرار دارد پس باید خصوصیات دینامیکی خاک به خوبی توسط آزمایش های مناسب وکافی تعیین شوند. همچنین باید از صحت عملکرد مدل با استفاده از نتایج آزمایش های میرایی و ابزار دقیق اطمینان حاصل شود.

مطالب بیان شده آغازگر فرآیندی است که در مهندسی ژئوتکنیک لرزه ای، تحت عنوان اندرکنش خاک و سازه شناخته می شود. در این فرآیند، سختی سیستم از مجموع سختی دینامیکی خاک و سازه محاسبه شده و در برابر نیروهای دینامیکی مقاومت نشان می دهد.

در این پایان نامه، فرآیند مدل سازی از طریق روش مخروط صورت گرفته و نتایج حاصل بر دستگاه ماشین آلات سه سیلندر دورانی مورد بررسی قرار می گیرد.

این پایان نامه مشتمل بر ۵ فصل می باشد. در فصل اول، بررسی منابع اطلاعاتی و پایه های نظری، ارائه می شود. سعی بر آن است که مطالب ارائه شده، حتی المقدور حاوی جزئیات لازم برای درک بهتر مساله باشد. در فصل دوم، روش مخروط با ارائه فرمول ها بیان می شود. فصل سوم، روش اجزا محدود را بیان می کند. فصل چهارم حاوی نتایج و تفسیر دو فصل قبل می باشد. در فصل پنجم، جمع بندی نتایج به همراه پیشنهادات ارائه می شود.

فصل اول

ادبیات فنی