

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان

مطالعه تئوریک (روش مخروط و روش عددی) تونل با منظور نمودن اثر
اندرکنش و تعیین اساسی ترین پارامترهای موثر با نگرشی به الگوریتم

ژنتیک

نگارش

رضا طالب زاده

استاد راهنما

دکتر حمیدرضا صبا

استاد مشاور

دکتر ساسان محاسب

۱۳۹۲

تاریخ: ۱۳۹۲/۰۶/۳۱
شماره: ۴۹۴۱۰۰۴
پیوست:



دانشگاه قزوین
مدیریت تحصیلات تکمیلی

صور تجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی: رضا طالب زاده قشلاقی شماره دانشجویی: ۹۰۳۱۴۱۰۰۴ دانشکده: مهندسی عمران
رشته تحصیلی/گرایش: مهندسی عمران / مکانیک خاک و پی

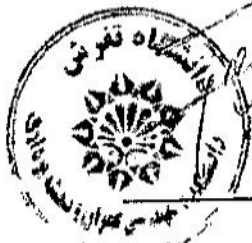
عنوان پروژه: مطالعه تنوریک (روش مخروط و روش عددی) تونل با منظور نمودن اثر اندرکنش و تعیین
اساسی ترین پارامترهای موثر با نگرشی به الگوریتم ژنتیک

تعداد واحد: ۶ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۰۷/۱۷ تاریخ دفاع: ۱۳۹۲/۰۶/۳۱
نمره نهایی به عدد: ۱۷/۲۵ به حروف: هفده و بیست و پنج درصد

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

رئیس دانشکده: دکتر اشین مصلحی تبار

امضاء:
تاریخ:
مهر:



معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه: دکتر مهدی جعفری پناه

امضاء:
تاریخ:
مهر:



جعفری پناه
۹۴۸۰۲۱

چکیده:

به دلیل اهمیت تونل ها و قرار داشتن آنها در رده سازه های زیر ساخت و داشتن حساسیت بالا در طراحی تونل ها به دلیل پیچیدگی رفتار تونل و ناشناخته بودن بعضی از خصوصیات خاک که تونل در آن قرار دارد و تاثیر رفتار و عوامل محیطی دیگر هنوز به طور کامل و دقیق نمی توان رفتار تونل ها را پیش بینی کرد. و بررسی رفتار آنها نیازمند صرف زمان و هزینه زیاد و پیچیدگی خاص خودش است. و به همین دلیل کاری بسیار سخت و نیازمند دانش فنی بالا و زمان و هزینه است.

رشد فزاینده توانمندی محاسباتی در طول چند دهه اخیر، حل حتی پیچیده ترین مسائل اندرکنش خاک و سازه را از طریق تحلیل های عددی مفصل فراهم نموده است. با این حال، همچنان بین پتانسیل تحلیل چنین مسائل و قابلیت کاربردی آن، چه برای یک کاربرد ویژه و چه برای اهداف پژوهشی، شکافی وجود دارد. در عوض راه حل های ساده سازی شده ای به منظور تمرکز بر بخش بحرانی مسئله کلی مورد استفاده قرار می گیرند.

در این پایان نامه سعی شده است که با لحاظ کردن شرایط مختلف توده خاکی، مدل سازی اندرکنش خاک و سازه را به روش مخروط انجام داده و در گام های 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 های که در هنگام مدل سازی انجام شده است، خطای حداکثر ۳۰ درصد قابل قبول می باشد. با افزایش پارمترهای نظیر ρ ، ν ، ζ ، ω ، G ، سختی دینامیکی افزایش می یابد. و با افزایش سختی دینامیکی مقدار جابجایی ها در تونل کاهش می یابد.

کلید واژه: روش عددی، روش مخروط، تونل، اندرکنش خاک و سازه، الگوریتم ژنتیک

فصل اول ادبیات فنی

۱.....	فصل اول ادبیات فنی
۲.....	۱-۱ مقدمه
۲.....	۲-۱ تونل
۲.....	۱-۲-۱ تاریخچه تونل سازی
۳.....	۲-۲-۱ عملکرد تنش های در اطراف تونل ها
۳.....	۱-۲-۲-۱ تنش در اطراف
۴.....	۲-۲-۲-۱ تنش های برجا
۵.....	۳-۲-۲-۱ وضعیت تنش ها پس از حفر تونل
۶.....	۳-۲-۱ رفتار شالوده های سطحی
۶.....	۱-۳-۲-۱ ظرفیت باربری مجاز شالوده های سطحی
۷.....	۲-۳-۲-۱ ظرفیت باربری شالوده ها
۸.....	۴-۲-۱ مطالعات ساختگاه
۸.....	۱-۴-۲-۱ مطالعات ساختگاه تونل
۹.....	۲-۴-۲-۱ ارزیابی ساختگاه تونل
۹.....	۳-۴-۲-۱ مطالعات ساختگاه پی های سطحی
۱۱.....	۳-۱ روش مخروط
۱۱.....	۱-۳-۱ تاریخچه
۱۲.....	۲-۳-۱ ویژگی های مدل مخروطی
۱۲.....	۳-۳-۱ نحوه عملکرد روش مخروط
۲۰.....	۴-۳-۱ مهمترین پارامترهای منظور شده در روش مخروط
۲۰.....	۵-۳-۱ یک مثال: کره مدفون در یک فضای کامل همگن
۲۳.....	۴-۱ روش های عددی
۲۳.....	۱-۴-۱ روش اجزا محدود
۲۳.....	۱-۱-۴-۱ تاریخچه
۲۴.....	۲-۱-۴-۱ ایده اصلی
۲۷.....	۵-۱ الگوریتم ژنتیک
۲۸.....	۱-۵-۱ تاریخچه

[ب]

- ۲۸ شبکه های عصبی ۲-۵-۱
- ۳۰ ۱-۲-۵-۱ برآزش توابع
- ۳۰ ۳-۵-۱ انواع الگوریتم ژنتیک
- ۳۰ ۴-۵-۱ مقایسه GA با سایر روش ها
- ۳۰ ۵-۵-۱ مزایای استفاده از GA
- ۳۱ ۶-۵-۱ تعریف مسئله و حل آن
- ۳۱ ۶-۱ جمع بندی

فصل دوم مروری بر کار های دیگران

- ۳۲ فصل دوم مروری بر کار دیگران
- ۳۳ مقدمه
- ۳۳ ۱-۲ بررسی اثر روشهای مدل سازی تحلیلی خاک بر اندرکنش دینامیکی خاک و سازه
- ۳۴ ۲-۲ بررسی اثر اندرکنش خاک و سازه در خاکهای لایه‌ای بکمک مدل الاستوپلاستیک خاک
- ۳۵ ۳-۲ تحلیل دینامیکی اندرکنش خاک - سازه با استفاده از تقابل دو نرم افزار sap و flac
- ۳۶ ۴-۲ مقایسه پاسخ مدل‌های خطی و غیرخطی در مسائل اندرکنش خاک و سازه
- ۳۷ ۵-۲ لحاظ نمودن اندرکنش خاک و سازه در تحلیل دینامیکی سازه‌ها
- ۳۸ ۶-۲ مطالعه اندرکنش خاک و سازه به روش مخروط
- ۳۹ ۷-۲ مطالعه آزمایشگاهی (میز لرزان) اثرات اندرکنش خاک - سازه در پاسخ لرزهای ساختمانهای مجاور هم
- ۴۰ ۸-۲ اندرکنش تونل های خمیده با محیط در تحریک زلزله
- ۴۱ ۹-۲ تعمیم مدل های جایگزین خاک - فونداسیون سطحی به حالت فونداسیون مدفون
- ۴۲ ۱۰-۲ مطالعه تجربی-تحلیلی اثرات اندرکنش خاک-سازه بر پاسخ دینامیکی غیرخطی سازه های متداول با پی های سطحی و مدفون
- ۴۳ ۱۱-۲ تحلیل دینامیکی پی ماشین آلات با لحاظ نمودن اثر اندرکنش خاک - پی
- ۴۵ ۱۲-۲ تحلیل دینامیکی سازه های نسبتا مدفون که در طول دامنه زمان، اندرکنش خاک - سازه در نظر گرفته شده است
- ۴۶ ۱۳-۲ تحلیل عددی پاسخ دینامیکی تونل ها برای حرکات زمین
- ۴۶ ۱۴-۲ ارزیابی تاثیر اندرکنش خاک - سازه، سازه های زیر زمینی توسط یک روش ساده
- ۴۷ ۱۵-۲ ارزیابی لرزه ای سیستم مایع-مخزن بلند مرتبه-فونداسون/خاک در دامنه فرکانس
- ۴۸ ۱۶-۲ شبیه سازی مونت کارلو تاثیرات اندرکنش خاک - سازه با استفاده از مدل ساده رئولوژیکی خاک
- ۴۹ ۱۷-۲ تحلیل اندرکنش خاک - سازه توسط با استفاده از روش مخروط
- ۵۰ ۱۸-۲ جمع بندی

[ت]

۵۱	فصل سوم مدل سازی
۵۲	۱-۳ مقدمه
۵۲	۲-۳ مدل سازی در روش مخروط
۵۳	۱-۲-۳ معادلات حرکت
۵۵	۳-۳ زلزله غالب
۵۷	۴-۳ مدل سازی روش اجزا محدود
۵۷	۱-۴-۳ معرفی نرم افزار ABAQUS
۵۸	۲-۴-۳ مدل سازی
۵۸	۳-۴-۳ هندسه مدل
۵۹	۴-۴-۳ خواص مصالح
۵۹	۵-۴-۳ Assembly Part
۵۹	۶-۴-۳ Steps Module
۶۰	۷-۴-۳ interaction Module
۶۰	۸-۴-۳ Load Module
۶۰	۹-۴-۳ Mesh Module
۶۰	۱۰-۴-۳ Job Module
۶۱	۱۱-۴-۳ Visualization Module
۶۱	۱۲-۴-۳ مثال صحت سنجی
۶۴	۵-۳ مدل سازی الگوریتم ژنتیک
۶۶	۶-۳ مدل ها
۶۷	۱-۶-۳ تاثیر پارامترهای خاک
۶۹	۲-۶-۳ تاثیر مدل سازی ۲ بعدی و ۳ بعدی
۶۹	۳-۶-۳ اندازه شبکه
۶۹	۴-۶-۳ تاثیر محل قرار گیری تونل
۶۹	۵-۶-۳ تاثیر شعاع تونل
۶۹	۷-۳ رفتار مدل ها
۷۰	۸-۳ جمع بندی

فصل چهارم نتایج و مباحث

۷۱	فصل چهارم نتایج و مباحث
----	-------------------------

[ث]

- ۱-۴ مقدمه ۷۲
- ۲-۴ پارامترهای تاثیر گذار بر روی سختی دینامیکی خاک در روش مخروط ۷۲
- ۱-۲-۴ خصوصیات خاک ۷۲
- ۱-۲-۴-۱ ضریب ν ۷۲
- ۱-۲-۴-۱-۱ درجه آزادی قائم ۷۲
- ۱-۲-۴-۱-۲ درجه آزادی افقی ۷۴
- ۱-۲-۴-۲ ضریب ρ ۷۶
- ۱-۲-۴-۲-۱ درجه آزادی قائم ۷۶
- ۱-۲-۴-۲-۲ درجه آزادی افقی ۷۷
- ۱-۲-۴-۲-۳ مدول سختی برشی (G) ۷۸
- ۱-۲-۴-۳-۱ درجه آزادی قائم ۷۸
- ۱-۲-۴-۳-۲ درجه آزادی افقی ۷۹
- ۱-۲-۴-۴ نسبت میرایی ۸۰
- ۱-۲-۴-۵ فرکانس ω ۸۱
- ۱-۲-۴-۶ نتیجه گیری ۸۳
- ۲-۲-۴ عوامل هندسی ۸۴
- ۱-۲-۴-۱ عمق قرار گیری تونل (مدفون بودن) ۸۴
- ۱-۲-۴-۱-۱ سختی دینامیکی درجه آزادی قائم ۸۴
- ۱-۲-۴-۱-۲ سختی دینامیکی درجه آزادی افقی ۸۶
- ۲-۲-۴-۲ شعاع تونل ۸۹
- ۲-۲-۴-۳ نمودار تونل ۹۱
- ۲-۲-۴-۴ نتایج ۹۲
- ۳-۴ پارامترهای تاثیر گذار بر روی جابجایی هایی تونل ۹۲
- ۱-۳-۴ پارامتر U ۹۲
- ۱-۳-۴-۱ پارامتر $U = 0/10$ ۹۳
- ۱-۳-۴-۲ پارامتر $U = 0/12$ ۹۴
- ۱-۳-۴-۳ پارامتر $U = 0/14$ ۹۵
- ۱-۳-۴-۴ پارامتر $U = 0/15$ ۹۶
- ۱-۳-۴-۵ پارامتر $U = 0/16$ ۹۷
- ۱-۳-۴-۶ پارامتر $U = 0/18$ ۹۸
- ۱-۳-۴-۷ پارامتر $U = 0/20$ ۹۹

[ج]

- ۱۰۰..... $U = 0/22$ پارامتر ۸-۱-۳-۴
- ۱۰۱..... $U = 0/24$ پارامتر ۹-۱-۳-۴
- ۱۰۲..... $U = 0/25$ پارامتر ۱۰-۱-۳-۴
- ۱۰۳..... $U = 0/26$ پارامتر ۱۱-۱-۳-۴
- ۱۰۴..... $U = 0/28$ پارامتر ۱۲-۱-۳-۴
- ۱۰۵..... $U = 0/30$ پارامتر ۱۳-۱-۳-۴
- ۱۰۷..... ۱۴-۱-۳-۴ نتایج تغییرات پارامتر V
- ۱۰۷..... ABAQUS بررسی رفتار نرم افزار
- ۱۰۹..... ANSYS مدل سازی با نرم افزار
- ۱۱۰..... ۱۷-۱-۳-۴ تغییرات V برای وسط و کف تونل
- ۱۱۲..... ρ پارامتر ۲-۳-۴
- ۱۱۳..... $\rho = 1800$ پارامتر ۱-۲-۳-۴
- ۱۱۴..... $\rho = 2250$ پارامتر ۲-۲-۳-۴
- ۱۱۵..... $\rho = 2700$ پارامتر ۳-۲-۳-۴
- ۱۱۶..... $\rho = 3150$ پارامتر ۴-۲-۳-۴
- ۱۱۷..... $\rho = 3600$ پارامتر ۵-۲-۳-۴
- ۱۱۸..... $\rho = 4050$ پارامتر ۶-۲-۳-۴
- ۱۱۹..... $\rho = 4500$ پارامتر ۷-۲-۳-۴
- ۱۲۰..... $\rho = 4950$ پارامتر ۸-۲-۳-۴
- ۱۲۱..... $\rho = 5400$ پارامتر ۹-۲-۳-۴
- ۱۲۲..... $\rho = 5850$ پارامتر ۱۰-۲-۳-۴
- ۱۲۳..... $\rho = 6300$ پارامتر ۱۱-۲-۳-۴
- ۱۲۴..... $\rho = 6750$ پارامتر ۱۲-۲-۳-۴
- ۱۲۵..... $\rho = 7200$ پارامتر ۱۳-۲-۳-۴
- ۱۲۶..... $\rho = 7600$ پارامتر ۱۴-۲-۳-۴
- ۱۲۸..... ۱۵-۲-۳-۴ نتایج تغییرات پارامتر ρ
- ۱۲۸..... G پارامتر ۳-۳-۴
- ۱۳۰..... $G=281250$ پارامتر ۱-۳-۳-۴
- ۱۳۱..... $G=7242187.5$ پارامتر ۲-۳-۳-۴
- ۱۳۲..... $G=14203125$ پارامتر ۳-۳-۳-۴

- ۱۳۳..... G=۲۱۱۶۴۰۶۲،۵ پارامتر ۴-۳-۳-۴
- ۱۳۴..... G=۲۸۱۲۵۰۰۰ پارامتر ۵-۳-۳-۴
- ۱۳۵..... G=۷۲۴۲۱۸۷۵۰ پارامتر ۶-۳-۳-۴
- ۱۳۶..... G=۱۴۲۰۳۱۲۵۰۰ پارامتر ۷-۳-۳-۴
- ۱۳۷..... G=۲۱۱۶۴۰۶۲۵۰ پارامتر ۸-۳-۳-۴
- ۱۳۸..... G=۲۸۱۲۵۰۰۰۰۰ پارامتر ۹-۳-۳-۴
- ۱۴۰..... G نتایج تغییرات پارامتر ۱۰-۳-۳-۴
- ۱۴۰..... مقایسه مدل های ۲ بعدی و ۳ بعدی آبکوس ۴-۳-۴
- ۱۴۱..... اندازه شبکه بندی ۵-۳-۴
- ۱۴۲..... فاصله از زمین ۶-۳-۴
- ۱۴۳..... ۱۰ متر مرکز ۱-۶-۳-۴
- ۱۴۴..... ۱۵ متر مرکز ۲-۶-۳-۴
- ۱۴۵..... ۲۰ متر مرکز ۳-۶-۳-۴
- ۱۴۶..... ۲۵ متر مرکز ۴-۶-۳-۴
- ۱۴۷..... ۳۰ متر مرکز ۵-۶-۳-۴
- ۱۴۸..... ۳۵ متر مرکز ۶-۶-۳-۴
- ۱۴۹..... ۴۰ متر مرکز ۷-۶-۳-۴
- ۱۵۰..... ۴۵ متر مرکز ۸-۶-۳-۴
- ۱۵۱..... ۵۰ متر مرکز ۹-۶-۳-۴
- ۱۵۳..... نتایج ۱۰-۶-۳-۴
- ۱۵۳..... تغییر شعاع تونل ۷-۳-۴
- ۱۵۴..... شعاع ۵ متر ۱-۱۲-۴
- ۱۵۵..... شعاع ۶ متر ۲-۱۲-۴
- ۱۵۶..... شعاع ۷ متر ۳-۱۲-۴
- ۱۵۷..... شعاع ۸ متر ۴-۱۲-۴
- ۱۵۸..... شعاع ۹ متر ۵-۱۲-۴
- ۱۵۹..... شعاع ۱۰ متر ۶-۱۲-۴
- ۱۶۱..... نتایج ۷-۱۲-۴
- ۱۶۱..... بارگذاری هار مونیک ۸-۳-۴
- ۱۶۳..... پیش بینی رفتار کلی مدل با استفاده از شبکه عصبی ۴-۴
- ۱۶۳..... تغییرات G ۱-۴-۴

[خ]

۱۶۴.....	۲-۴-۴ تغییرات پارامتر U
۱۶۵.....	۳-۴-۴ تغییرات پارامتر ρ
۱۶۶.....	۴-۴-۴ تغییرات شعاع (R)
۱۶۷.....	۵-۴-۴ تغییرات عمق

فصل پنجم جمع بندی نتایج و ارائه پیشنهادات

۱۶۸.....	فصل پنجم جمع بندی نتایج و ارائه پیشنهادات
۱۶۹.....	۱-۵ مقدمه
۱۶۹.....	۲-۵ جمع بندی نتایج
۱۷۱.....	۳-۵ پیشنهادات
۱۷۳.....	پیوست
۱۷۵.....	مراجع

- شکل ۱-۱ تنش های برجا در المان خاک ۴
- شکل ۲-۱ انحراف خطوط جریان در اطراف یک مایع ۵
- شکل ۳-۱ طبیعت گسیختگی برشی در خاک. (الف) گسیختگی برشی کلی، (ب) گسیختگی برشی موضعی، (پ) گسیختگی برشی سوراخ کننده (ویسک ۱۹۷۳) ۷
- شکل ۴-۱ پی استوانه ای مدفون در نیم فضای خاک چند لایه با درجات آزادی ۱۳
- شکل ۵-۱ حرکت میدان آزاد و حرکت ورودی موثر پی برای تحریک لرزه ای با انتشار قائم. (الف) زلزله افقی (ب) زلزله قائم ۱۴
- شکل ۶-۱ پی متقارن محوری مدفون در لایه های خاک با تکیه گاه گیر دار. ۱۴
- شکل ۷-۱ پی کاملاً مدفون در نیم فضای خاک چند لایه ۱۵
- شکل ۸-۱ اندرکنش خاک - سازه با سازه مدفون در نیم فضای خاک چند لایه ۱۶
- شکل ۹-۱ تفسیر فیزیکی ضریب سختی دینامیکی برای تحریک هارمونیک به صورت فنر و میراگر موازی با ضرایب وابسته به فرکانس ۱۷
- شکل ۱۰-۱ خاک زیر سازه (سیستم زمین) با درجات آزادی و حرکت ورودی موثر پی (حرکت پیچشی برای تحریک لرزه ای با انتشار قائم به صفر می رسد). ۱۸
- شکل ۱۱-۱ انتشار موج در مخروط ها. (الف) مخروط اولیه با انتشار موج به سمت بیرون (ب) امواج انعکاس یافته و انکسار یافته منتشر شده در مخروط های خود در محل ناپیوستگی مصالح ۱۹
- شکل ۱۲-۱ مدل سازی کره مدفون در فضای کامل همگن ۲۱
- شکل ۱۳-۱ نحوه عملکرد شبکه های عصبی ۲۹

- شکل ۱-۳ مقایسه شعاع تونل با شعاع دیسک ها (شکل سمت راست) (ب) شکل کلی دیسکها در مقایسه با شکل تونل (شکل سمت چپ) ۵۳
- شکل ۲-۳ سیستم دینامیکی کوپل خاک و پی برای زلزله افقی ۵۴
- شکل ۳-۳ مدل در نرم افزار ABAQUS ۵۹
- شکل ۴-۳ مدل مش بندی شده تونل ۶۱
- شکل ۵-۳ مسئله دو بار خطی موازی ۶۳
- شکل ۶-۳ شبکه اجزا محدود مسئله دو بار خطی موازی ۶۳
- شکل ۷-۳ رابط گرافیکی برازش توابع ۶۴
- شکل ۸-۳ پنجره داده های ارزیابی و آموزشی ۶۵
- شکل ۹-۳ نمودار رگرسیون ۶۵
- شکل ۱۰-۳ نمودار برازش ۶۶

شکل ۱-۴ مش بندی در نرم افزار ANSYS..... ۱۰۹

فهرست جداول

جدول ۱-۱	زمینه کاربرد روش اجزا محدود	۲۵
جدول ۱-۳	پارامترهای خاک بالای تونل	۵۴
جدول ۲-۳	پریود غالب زلزله	۵۶
جدول ۳-۳	مقادیر حداقل و حداکثر E و G	۶۷
جدول ۴-۳	مدل پایه	۶۷
جدول ۵-۳	مدل های تغییر پارامتر ν	۶۷
جدول ۶-۳	مدل های تغییر پارامتر ρ	۶۸
جدول ۷-۳	مدل های تغییر پارامتر G	۶۸
جدول ۱-۴	نسبت e/r همگرا شدن	۸۶
جدول ۲-۴	مقدار سختی دینامیکی همگرا شده	۸۸
جدول ۳-۴	نسبت مدفون بودن همگرا شده	۸۹
جدول ۴-۴	مقادیر حداکثر جابجایی تونل (mm) حاصل از تغییرات ν	۱۰۶
جدول ۵-۴	مقادیر حداکثر جابجایی تونل (mm) حاصل از تغییرات ρ	۱۲۷
جدول ۶-۴	مقادیر حداکثر جابجایی (mm) حاصل از تغییرات G	۱۳۹
جدول ۷-۴	مقادیر حداکثر جابجایی (mm) حاصل از تغییرات عمق	۱۵۲
جدول ۸-۴	مقادیر حداکثر جابجایی (mm) ABAQUS و روش مخروط	۱۶۰

۱۶.....	رابطه ۱-۱
۱۷.....	رابطه ۲-۱
۱۷.....	رابطه ۳-۱
۱۷.....	رابطه ۴-۱
۱۷.....	رابطه ۵-۱
۱۷.....	رابطه ۶-۱
۲۰.....	رابطه ۷-۱
۵۲.....	رابطه ۱-۳
۵۲.....	رابطه ۲-۳
۵۳.....	رابطه ۳-۳
۵۳.....	رابطه ۴-۳
۵۴.....	رابطه ۵-۳
۵۴.....	رابطه ۶-۳
۵۴.....	رابطه ۷-۳
۵۵.....	رابطه ۸-۳
۵۵.....	رابطه ۹-۳
۵۶.....	رابطه ۱۰-۳
۵۶.....	رابطه ۱۱-۳
۵۶.....	رابطه ۱۲-۳
۶۲.....	رابطه ۱۳-۳
۶۷.....	رابطه ۱۴-۳

- نمودار ۱-۱ ضرایب سختی دینامیکی برای کره مدفون در فضای کامل. الف) حرکت مستقیم با کالیبراسیون نیم فضا، ب) حرکت مستقیم با کالیبراسیون فضای کامل، پ) حرکت پیچشی. ۲۲
- نمودار ۱-۲ حداکثر برش ایجاد شده در تیرها به دلیل جابجایی تکیه گاه ها ۳۵
- نمودار ۲-۳ حداکثر خمش ایجاد شده در تیرها به دلیل جابجایی تکیه گاه ها ۳۶
- نمودار ۱-۴ تغییرات سختی دینامیکی در برابر تغییرات ν برای درجه آزادی قائم ۷۳
- نمودار ۲-۴ تغییرات سختی دینامیکی در برابر تغییرات ν برای درجه آزادی افقی ۷۵
- نمودار ۳-۴ تغییرات سختی دینامیکی در برابر تغییرات ρ برای درجه آزادی قائم ۷۶
- نمودار ۴-۴ تغییرات بخش حقیقی سختی دینامیکی در برابر تغییرات ρ برای درجه آزادی قائم ۷۶
- نمودار ۵-۴ تغییرات سختی دینامیکی در برابر تغییرات ρ برای درجه آزادی افقی ۷۷
- نمودار ۶-۴ تغییرات بخش موهومی و اندازه سختی دینامیکی در برابر تغییرات G برای درجه آزادی قائم ۷۸
- نمودار ۷-۴ تغییرات بخش حقیقی سختی دینامیکی در برابر تغییرات G برای درجه آزادی قائم ۷۹
- نمودار ۸-۴ تغییرات بخش موهومی و اندازه سختی دینامیکی در برابر تغییرات G برای درجه آزادی افقی ۷۹
- نمودار ۹-۴ تغییرات بخش حقیقی سختی دینامیکی در برابر تغییرات G برای درجه آزادی افقی ۸۰
- نمودار ۱۰-۴ تغییرات بخش موهومی و اندازه سختی دینامیکی در برابر تغییرات نسبت میرایی ۸۰
- نمودار ۱۱-۴ تغییرات بخش حقیقی سختی دینامیکی در برابر تغییرات نسبت میرایی ۸۱
- نمودار ۱۲-۴ تغییرات بخش موهومی و اندازه سختی دینامیکی در برابر تغییرات فرکانس برای درجه آزادی قائم ۸۱
- نمودار ۱۳-۴ تغییرات بخش حقیقی سختی دینامیکی در برابر تغییرات فرکانس برای درجه آزادی قائم ۸۲
- نمودار ۱۴-۴ تغییرات بخش موهومی و اندازه سختی دینامیکی در برابر تغییرات فرکانس برای درجه آزادی افقی ۸۲
- نمودار ۱۵-۴ تغییرات بخش حقیقی سختی دینامیکی در برابر تغییرات فرکانس برای درجه آزادی افقی ۸۳
- نمودار ۱۶-۴ تغییرات مقدار سختی دینامیکی به مدفون بودن (e/r) ۸۴
- نمودار ۱۷-۴ درصد انحراف از مقدار همگرا شده سختی دینامیکی ۸۵
- نمودار ۱۸-۴ تغییرات مقدار سختی دینامیکی به مدفون بودن (e/r) برای سه تونل با شعاع ۵، ۱۰ و ۱۵ متر ۸۵
- نمودار ۱۹-۴ درصد انحراف از مقدار همگرا شده سختی دینامیکی برای سه تونل با شعاع ۵، ۱۰ و ۱۵ متر ۸۶
- نمودار ۲۰-۴ تغییرات مقدار سختی دینامیکی به مدفون بودن (e/r) ۸۷
- نمودار ۲۱-۴ درصد انحراف از مقدار همگرا شده سختی دینامیکی ۸۷
- نمودار ۲۲-۴ تغییرات مقدار سختی دینامیکی به مدفون بودن (e/r) برای سه تونل با شعاع ۵، ۱۰ و ۱۵ متر ۸۸
- نمودار ۲۳-۴ درصد انحراف از مقدار همگرا شده سختی دینامیکی برای سه تونل با شعاع ۵، ۱۰ و ۱۵ متر ۸۸
- نمودار ۲۴-۴ تغییرات بخش موهومی و اندازه سختی دینامیکی در مقابل تغییرات شعاع ۸۹
- نمودار ۲۵-۴ تغییرات بخش حقیقی سختی دینامیکی در مقابل تغییرات شعاع ۹۰

- نمودار ۲۶-۴ بخش موهومی و اندازه سختی دینامیکی افقی در مقابل تغییرات شعاع ۹۰
- نمودار ۲۷-۴ بخش حقیقی سختی دینامیکی افقی در مقابل تغییرات شعاع ۹۰
- نمودار ۲۸-۴ تغییرات سختی دینامیکی تونل با تغییر نمودار تونل ۹۱
- نمودار ۲۹-۴ تغییرات سختی دینامیکی تونل با تغییر نمودار تونل ۹۱
- نمودار ۳۰-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/10)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۹۳
- نمودار ۳۱-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/12)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۹۴
- نمودار ۳۲-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/14)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۹۵
- نمودار ۳۳-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/15)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۹۶
- نمودار ۳۴-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/16)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۹۷
- نمودار ۳۵-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/18)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۹۸
- نمودار ۳۶-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/20)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۹۹
- نمودار ۳۷-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/22)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۰۰
- نمودار ۳۸-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/24)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۰۱
- نمودار ۳۹-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/25)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۰۲
- نمودار ۴۰-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/26)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۰۳
- نمودار ۴۱-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/28)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۰۴
- نمودار ۴۲-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ v=0/30)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۰۵
- نمودار ۴۳-۴ تغییرات جابجایی های حداکثر مثبت در مقابل v ۱۰۶
- نمودار ۴۴-۴ تغییرات جابجایی های حداکثر منفی در مقابل v ۱۰۶
- نمودار ۴۵-۴ تغییرات جابجایی های حداکثر مطلق در مقابل v ۱۰۷
- نمودار ۴۶-۴ تغییرات v در برابر جابجایی حداکثر ۱۰۸
- نمودار ۴۷-۴ تغییرات v در برابر جابجایی حداقل ۱۰۸
- نمودار ۴۸-۴ نمودار جابجایی افقی (b) ANSYS (c) مقایسه نمودارها ۱۱۰
- نمودار ۴۹-۴ تغییرات v در برابر جابجایی حداکثر برای نقاط دیگر ۱۱۱
- نمودار ۵۰-۴ تغییرات v در برابر جابجایی حداقل برای نقاط دیگر ۱۱۱
- نمودار ۵۱-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ \rho=1800)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۱۳
- نمودار ۵۲-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ \rho=2250)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۱۴
- نمودار ۵۳-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ \rho=2700)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۱۵
- نمودار ۵۴-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ \rho=3150)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۱۶
- نمودار ۵۵-۴ تغییر مکان افقی برای $(a \ \rho=3600)$ روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۱۷

[ش]

- نمودار ۴-۵۶ تغییر مکان افقی برای $\rho=4050$ (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۱۸
- نمودار ۴-۵۷ تغییر مکان افقی برای $\rho=4500$ (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۱۹
- نمودار ۴-۵۸ تغییر مکان افقی برای $\rho=4950$ (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۲۰
- نمودار ۴-۵۹ تغییر مکان افقی برای $\rho=5400$ (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۲۱
- نمودار ۴-۶۰ تغییر مکان افقی برای $\rho=5850$ (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۲۲
- نمودار ۴-۶۱ تغییر مکان افقی برای $\rho=6300$ (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۲۳
- نمودار ۴-۶۲ تغییر مکان افقی برای $\rho=6750$ (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۲۴
- نمودار ۴-۶۳ تغییر مکان افقی برای $\rho=7200$ (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۲۵
- نمودار ۴-۶۴ تغییر مکان افقی برای $\rho=7600$ (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۲۶
- نمودار ۴-۶۵ تغییرات جابجایی های حداکثر مثبت در مقابل ρ ۱۲۷
- نمودار ۴-۶۶ تغییرات جابجایی های حداکثر منفی در مقابل ρ ۱۲۸
- نمودار ۴-۶۷ پاسخ به $G=281250$ (الف) روش مخروط (ب) ABAQUS (ج) مقایسه ۱۳۰
- نمودار ۴-۶۸ پاسخ به $G=7242187/5$ (الف) روش مخروط (ب) ABAQUS (ج) مقایسه ۱۳۱
- نمودار ۴-۶۹ پاسخ به $G=14203125$ (الف) روش مخروط (ب) ABAQUS (ج) مقایسه ۱۳۲
- نمودار ۴-۷۰ پاسخ به $G=21164062/5$ (الف) روش مخروط (ب) ABAQUS (ج) مقایسه ۱۳۳
- نمودار ۴-۷۱ پاسخ به $G=28125000$ (الف) روش مخروط (ب) ABAQUS (ج) مقایسه ۱۳۴
- نمودار ۴-۷۲ پاسخ به $G=724218750$ (الف) روش مخروط (ب) ABAQUS (ج) مقایسه ۱۳۵
- نمودار ۴-۷۳ پاسخ به $G=1420312500$ (الف) روش مخروط (ب) ABAQUS (ج) مقایسه ۱۳۶
- نمودار ۴-۷۴ پاسخ به $G=2116406250$ (الف) روش مخروط (ب) ABAQUS (ج) مقایسه ۱۳۷
- نمودار ۴-۷۵ پاسخ به $G=2812500000$ (الف) روش مخروط (ب) ABAQUS (ج) مقایسه ۱۳۸
- نمودار ۴-۷۶ تغییرات G در برابر حداکثر جابجایی ۱۳۹
- نمودار ۴-۷۷ تغییرات G در برابر منیمم جابجایی ۱۳۹
- نمودار ۴-۷۸ مقایسه نتایج مدل های ۲ بعدی و ۳ بعدی ABAQUS ۱۴۱
- نمودار ۴-۷۹ بررسی تاثیر اندازه شبکه ها در جابجایی حداکثر ۱۴۱
- نمودار ۴-۸۰ تغییر مکان افقی برای مرکز ۱۰ متر (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۴۳
- نمودار ۴-۸۱ تغییر مکان افقی برای مرکز ۱۵ متر (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۴۴
- نمودار ۴-۸۲ تغییر مکان افقی برای مرکز ۲۰ متر (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۴۵
- نمودار ۴-۸۳ تغییر مکان افقی برای مرکز ۲۵ متر (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۴۶
- نمودار ۴-۸۴ تغییر مکان افقی برای مرکز ۳۰ متر (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۴۷
- نمودار ۴-۸۵ تغییر مکان افقی برای مرکز ۳۵ متر (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۴۸
- نمودار ۴-۸۶ تغییر مکان افقی برای مرکز ۴۰ متر (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۴۹

- نمودار ۴-۸۷ تغییر مکان افقی برای مرکز ۴۵ متر (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۵۰
- نمودار ۴-۸۸ تغییر مکان افقی برای مرکز ۵۰ متر (a) روش مخروط (b) ABAQUS (c) مقایسه نتایج ۱۵۱
- نمودار ۴-۸۹ نمودار جابجایی حداکثر مثبت تونل در مقابل افزایش فاصله از سطح زمین ۱۵۲
- نمودار ۴-۹۰ نمودار جابجایی حداکثر منفی تونل در مقابل افزایش فاصله از سطح زمین ۱۵۲
- نمودار ۴-۹۱ پاسخ به شعاع ۵ متر الف) روش مخروط ب) ABAQUS ج) مقایسه ۱۵۴
- نمودار ۴-۹۲ پاسخ به شعاع ۶ متر الف) روش مخروط ب) ABAQUS ج) مقایسه ۱۵۵
- نمودار ۴-۹۳ پاسخ به شعاع ۷ متر الف) روش مخروط ب) ABAQUS ج) مقایسه ۱۵۶
- نمودار ۴-۹۴ پاسخ به شعاع ۸ متر الف) روش مخروط ب) ABAQUS ج) مقایسه ۱۵۷
- نمودار ۴-۹۵ پاسخ به شعاع ۹ متر الف) روش مخروط ب) ABAQUS ج) مقایسه ۱۵۸
- نمودار ۴-۹۶ پاسخ به شعاع ۱۰ متر الف) روش مخروط ب) ABAQUS ج) مقایسه ۱۵۹
- نمودار ۴-۹۷ جابجایی های حداکثر تونل در مقابل افزایش شعاع تونل ۱۶۰
- نمودار ۴-۹۸ جابجایی حداقل تونل در مقابل افزایش شعاع تونل ۱۶۰
- نمودار ۴-۹۹ بار هارمونیک اعمال شده به مدل ۱۶۱
- نمودار ۴-۱۰۰ تغییرات حداکثر جابجایی افقی راس تونل در برابر تغییرات ν ۱۶۱
- نمودار ۴-۱۰۱ تغییرات حداکثر جابجایی افقی راس تونل در برابر تغییرات ρ ۱۶۲
- نمودار ۴-۱۰۲ تغییرات حداکثر جابجایی افقی راس تونل در برابر تغییرات E ۱۶۲
- نمودار ۴-۱۰۳ پیش بینی تغییرات حداکثر جابجایی مثبت تونل در برابر تغییرات G ۱۶۳
- نمودار ۴-۱۰۴ پیش بینی تغییرات حداکثر جابجایی منفی تونل در برابر تغییرات G ۱۶۳
- نمودار ۴-۱۰۵ پیش بینی جابجایی حداکثر مثبت تونل در برابر تغییرات U در شبکه عصبی ۱۶۴
- نمودار ۴-۱۰۶ پیش بینی جابجایی حداکثر منفی تونل در برابر تغییرات U در شبکه عصبی ۱۶۴
- نمودار ۴-۱۰۷ پیش بینی جابجایی حداکثر مثبت تونل در برابر تغییرات ρ در شبکه عصبی ۱۶۵
- نمودار ۴-۱۰۸ پیش بینی جابجایی حداکثر منفی تونل در برابر تغییرات ρ در شبکه عصبی ۱۶۵
- نمودار ۴-۱۰۹ پیش بینی تغییرات جابجایی حداکثر مثبت تونل در برابر تغییرات r ۱۶۶
- نمودار ۴-۱۱۰ پیش بینی تغییرات جابجایی حداکثر منفی تونل در برابر تغییرات r ۱۶۶
- نمودار ۴-۱۱۱ پیش بینی تغییرات حداکثر مثبت تونل در برابر تغییرات عمق ۱۶۷
- نمودار ۴-۱۱۲ پیش بینی تغییرات حداکثر منفی تونل در برابر تغییرات عمق ۱۶۷

فهرست عناوین

q_u	بار گسیختگی نهایی
D_f	عمق شالوده
e	عمق مدفون بودن
r_0	شعاع
d_j	ضخامت لایه
G	مدول برشی
S	سختی دینامیکی
u	جابجایی
P	نیرو
C_s	سرعت موج برشی
a_0	فرکانس بدون بعد
K	ضریب سختی
$k(a_0)$	ضریب سختی بدون بعد
$c(a_0)$	ضریب میرایی بدون بعد
$u_0^g(\omega)$	حرکت ورودی موثر پی
Δe	فاصله بین دیسک
F	نیرو
T	پریود
PGA	شتاب حداکثر زمین

[ط]

S_h

سختی دینامیکی افقی

S_{hr}

سختی دینامیکی افقی و با تاثیر درجه چرخشی

S_{rh}

سختی دینامیکی چرخشی با تاثیر درجه افقی

S_r

سختی دینامیکی چرخشی

u_0

جابجایی زمین

f

فرکانس طبیعی

$\Delta\sigma_z$

تغییر تنش در راستای Z

ν

نسبت پواسون

ρ

چگالی

ζ

نسبت میرایی هیسترسیس

ω

فرکانس