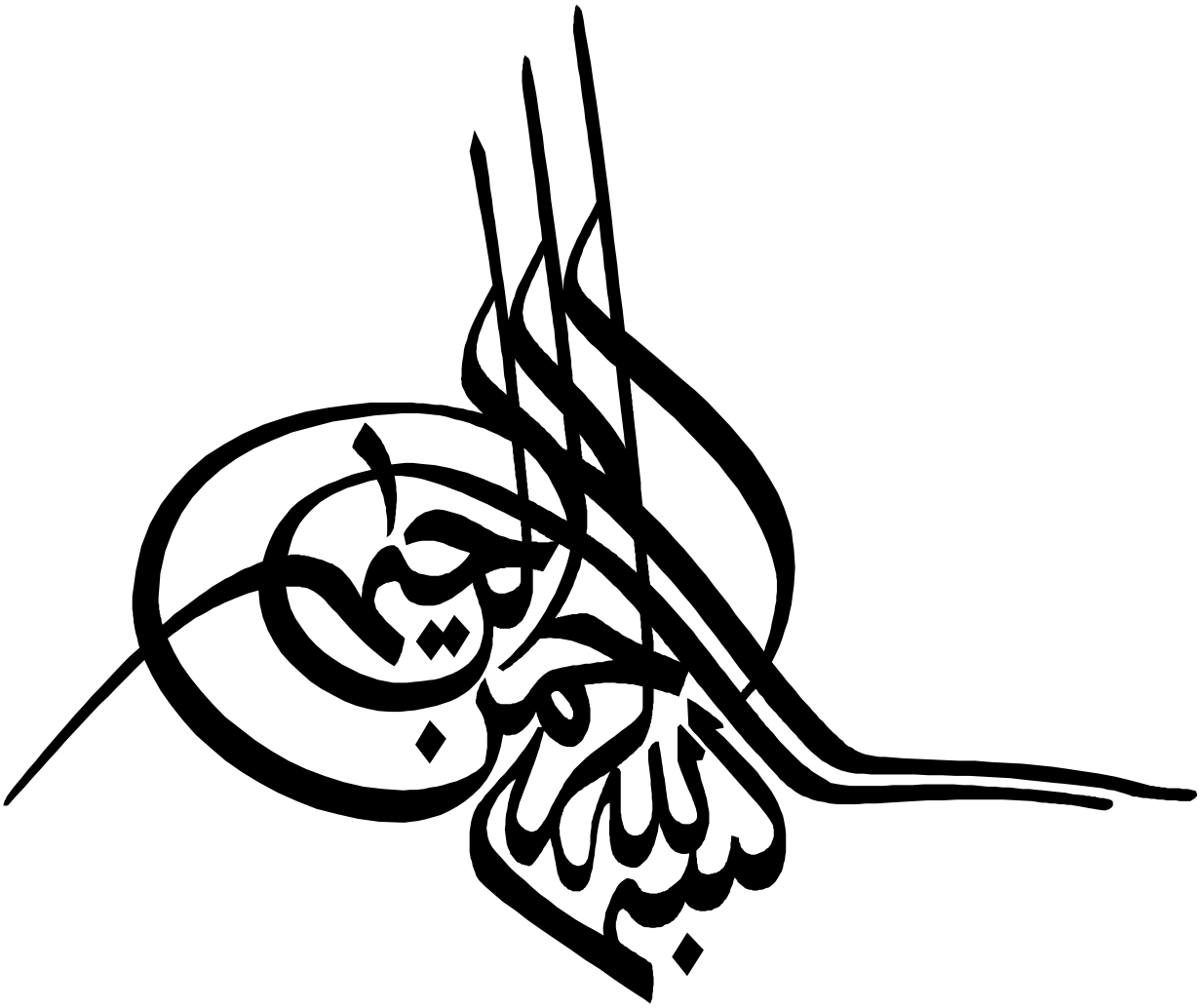
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده عمران

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران- خاک و پی

عنوان:

بررسی تاثیر تراکم دینامیکی بر پتانسیل روانگرایی خاکهای ماسه ای اشباع (مطالعه موردی- اسکله شهید رجایی)

سید هادی حسینی

استاد راهنما :

دکتر حمید رضا رازقی

استاد مشاور :

دکتر حبیب شاه نظری

بهمن ۱۳۸۵

تقدیم به :

محضر مبارک امام زمان (عج)

پدر و مادر عزیز

برادران دلسوز

و همسر مهربان و صبورم

تقدیر و تشکر

پیش از همه یزدان بزرگ را شاکرم که این توفیق را نصیب بنده نموده که در این مقطع از زندگی در سلامت کامل این رساله را به پایان رسانده و بتوانم جایگاهی در مراتب علمی و پژوهشی کشور داشته باشم. او را سپاس می گویم که دستان پنهان او در تمام مراحل زندگی و بخصوص در این رساله یار و مددکار اصلی ام بود.

با تشکر فراوان از استاد راهنمای گرانقدرم جناب آقای دکتر حمید رضا رازقی که با وجود مشغله فراوان کاری، ابتدا زحمت هدایت اصلی این رساله بر عهده گرفتند و تدارک سفر به منطقه بندرعباس را فراهم آوردند. ایشان با راهنمایی های علمی و روحی خود در مدت زمان انجام این رساله بنده را تنها نگذاشتند. جا دارد از حوصله و صبرشان تقدیر کنم، که مشوق اصلی بنده برای انجام چنین رساله ای گردیدند.

با سپاس فراوان خدمت جناب آقای دکتر حبیب شاه نظری که با روحیه عالی و بار علمی بی نظیرشان زحمت همراهی و مشاوره این رساله را متقبل شدند و وقت ارزشمندشان را در اختیار بنده و البته پویایی علم قرار دادند. از حمایت های بی دریغشان کمال تشکر را دارم. راهنمایی های ارزشمند ایشان در جای جای این رساله و در یاد و خاطره بنده محفوظ خواهد ماند.

با تقدیر و تشکر بسیار از استاد گرامی جناب آقای دکتر علی شفیعی که زحمت داوری این رساله را پذیرفتند. راهنمایی های بسیار مفید و البته صمیمانه ایشان در اتمام این رساله بسیار تاثیرگذار بوده است. ضمن همکاری همه جانبه ایشان با بنده، خصوصیات اخلاقی منحصر بفرد ایشان بسیار ارزشمند و ستودنی بوده و هست.

و با سپاس و تشکر فراوان خدمت جناب آقای دکتر حسین صالح زاده که با وجود مشغله های بسیار زیاد وقت زیادی روی اصلاحات و رفع نواقص و کمبود های این رساله گذاشتند. با تشکر از اظهارنظرهای سودمند علمی و راهنمایی های کارگشای ایشان که در این رساله گنجانده شده و موجب تکمیل نهایی آن گردید.

ضمن اینکه از همکاری دوستانه مجموعه قرارگاه قرب سازندگی (نوح (ع)) که مقدمات سفر به منطقه بندرعباس را فراهم آورده و در ارائه داده های سایت اسکله شهید رجایی کوتاهی نکردند. در راس این مجموعه مهندسین مهرداد صالحی و حسین بهمن آبادی کمک فراوانی جهت پیشبرد اهداف این رساله نموده که از ایشان تشکر ویژه ای می نمایم.

و در پایان قدرانی مخصوص خدمت دوستان گرامی و بسیار ارجمندم مهندسین سعید حامد و حسام عظیمی که در کسب اطلاعات نهایی کمک شایانی به بنده نموده و از شروع تا پایان این رساله یار و یاور بنده بوده و همواره موجب دلگرمی اینجانب گردیدند.

سید هادی حسینی فروردین ۸۶

چکیده

روانگرایی دانه های ماسه ای سست اشباع و رسوبات غیـر پلاسـتیک در طـی بارگـذاری لـرزه ای یکـی از مهمتـرین خطراتی است که در حین زلزله به ساختمانها وارد می آید بطوریکه این پدیده در اغلب زلزله های بزرگ مشاهده شـده است.

این رساله عملکرد روانگرایی خاکهایی که در زمین پروژه اسکله شهید رجایی اصلاح شده را مـورد بررسـی قـرار مـی دهد. این منطقه با خاکریزی هیدرولیکی استحصال شده است.

ویژگی ها و مشخصات خاک سایت که جزء ملزومات ساخت و طراحی اسکله است با گمانه های اکتشافی، تست های نفوذ استاندارد (SPT) و تست نفوذ مخروطی (CPT) در منطقه حاصل گردید.

تراکم دینامیکی برای کاهش خطر پتانسیل روانگرایی در سایت موردنظر انجام شد.

در این رساله پتانسیل روانگرایی خاکهای ماسه ای اشباع منطقه بکمک روشهای مختلف تجربی قبل و بعـد از تـراکم دینامیکی ارزیابی و مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از روشهای تجربی برآورد پتانـسیل روانگرایـی بـا روشـهای متناظر عددی (FLAC 2D) مقایسه شد.

نهایتاً تاثیر تراکم دینامیکی (اعم از انرژی تراکم ، عمق بهینه و ...) بر پتانسیل روانگرایی لایه ماسه ای اشـباع مـورد بررسی قرار گرفت.

فهرست مطالب پایان نامه:

عنوان *صفحه*

مقدمه

فصل اول : کلیاتی در مورد روانگرایی و روشهای کاهش خطر روانگرایی

۱-۱ مقدمه ۱

۱-۲ تعریف پدیده روانگرایی ۱

۱-۳ نظرات مختلف درمورد پدیده روانگرایی ۳

۱-٤ فاکتورهای موثر در روانگرایی خاکها ٤

۱-٥ خطرات ناشی از روانگرایی ٦

۱-٦ مثالهایی از خرابی ٦

۱-۷ دلائل و چگونگی آسیب سازه ها در زمین های احیاء شده ۹

۱-۷-۱ طبقه بندی خرابیهای ناشی از روانگرایی با توجه به علت خرابی ۹

۱-۷-۲ طبقه بندی نحوه خرابی برای سازه های ساحلی ۱۰

۱-۸ زمینهای احیاء شده و روانگرایی ۱۲

۱-۹ کاهش خطر روانگرایی ۱۳

۱-۱۰ تکنیک های کاهش خطر روانگرایی ۱۳

۱-۱۰-۱ تراکم ۱٥

۱-۱۰-۲ تراکم دینامیکی ۱٥

۱-۱۰-۲-۱ طراحی و اجرای تراکم دینامیکی ۱٦

۱-۱۰-۲-۲ تراکم دینامیکی و تاثیر آن بر روی پتانسیل روانگرایی ۱۷

۱-۱۰-۲-۳ سایت مورد نظر و عملیات تراکم دینامیکی در آن ۱۸

۱-۱۰-۲-٤ هدف از تراکم دینامیکی در سایت مورد نظر ۱۸

فصل دوم: معرفی روشهای مختلف برآورد پتانسیل روانگرایی

۲-۱ روشهای مختلف ارزیابی پتانسیل روانگرایی ۲۰

۲-۱-۱ روشهای تجربی ۲۱

۲-۱-۲ روشهای مدلسازی تحلیلی- فیزیکی ۲۱

۲-۱-۳ روش های تقریبی ۲۲

۲-۲ روابط تجربی موجود برای بدست آوردن خطر روانگرایی ۲۲

۲-۲-۱ روش ساده شده روش ساده شده Seed و Idriss ۲۲

۲-۲-۲ تعیین نسبت تنش برشی سیکلی (CSR) ۲۳

۲-۲-۳ ضریب کاهش تنش r_d ۲٤

۲-۳ روشهای تجربی برآورد خطر روانگرایی ۲٦

۲-۳-۱ معرفی روشهای برآورد خطر روانگرایی براساس آزمونهای آزمایشگاهی و ارتباط آنها با SPT ۲٦

۲-۳-۱-۱ روش های تاتسوکا و همکارانش (۱۹۸۰) ۲٦

۲-۳-۱-۲ روش ایشی هارا (۱۹۷۹) ۲۷

۲-۳-۲ معرفی روشهای برآورد خطر روانگرایی براساس مشاهدات صحرایی و ارتباط آنها با SPT ۲۷

۲-۳-۲-۱ روش ایوازاکی (۱۹۷۸) ۲۷

۲-۳-۲-۲ روش کارگاه NCEER (۱۹۹۸) ۲۸

۲-۳-۲-۳ روش نیمه تجربی سید (۲۰۰٤) ۳۲

۲-۳-۳ معرفی روشهای برآورد خطر روانگرایی براساس آزمونهای آزمایشگاهی و ارتباط آنها باCPT ۳۳

۲-۳-۳-۱ روش سید و همکاران (۱۹۸۳) ۳۳

۲-۳-۳-۲ روش روبرتسون و کامپانلا (۱۹۸۵) ۳٦
۲-۳-۳-۳ روش استارک و السن (۱۹۹۵) ۳۷
۲-۳-۳-٤ روش کارگاه NCEER (۱۹۹۸) ۳۸

فصل سوم : بررسی کلی پتانسیل روانگرایی سایت اسکله شهید رجایی

۳-۱ اسکله شهید رجایی و لزوم ارزیابی پتانسیل روانگرایی در آن ٤۳
۳-۲ بررسی موقعیت زمین شناسی و لرزه خیزی منطقه ٤٤
۳ -۲-۱ مطالعات ژئوتکنیکی منطقه ٤٤
۳-۲-۲ بررسی مطالعات لرزه ای و پارامترهای دینامیکی ٥۰
۳-۲-۲-۱ برآورد بزرگی زلزله در سطوح مختلف طراحی ٥۰
۳-۲-۲-۲ برآورد شتاب افقی در سطوح مختلف طراحی ٥۰
۳-۳ انتخاب مقدار MSF برای سطوح مختلف طراحی ٥۱
۳-۳-۱ براساس مرزهای پیشنهادی کارگاه NCEER ٥۱
۳-۳-۲ بر اساس روش سید (۲۰۰٤) ٥۲
۳-۳-۳ برای سایر روشها ٥۲
۳-٤ بررسی پتانسیل روانگرایی سایت اسکله شهید رجایی بر اساس نتایج SPT ٥۲
۳-٤-۱ روش بررسی ٥۲
۳-٤-۲ تعریف ضریب اطمینان در برابر روانگرایی ٥۳
۳-٤-۳ تعریف شاخص پتانسیل روانگرایی ٥٤
۳-٤-٤ بررسی نتایج گمانه ها ٥٥
۳-٤-٤-۱ گمانه BH 101 ..... ٥۷
۳-٤-٤-۱-۱ نتایج سطح ۱ طراحی BH 101 ..... ٥۷

۳-٤-٤-۱-۲ نتایج سطح ۲ طراحی BH 101 ..... ٦۰
۳-٤-٤-۲ گمانه BH 102 ..... ٦۲
۳-٤-٤-۲-۱ نتایج سطح ۱ طراحی BH 102 ..... ٦۲
۳-٤-٤-۲-۲ نتایج سطح ۲ طراحی BH 102 ..... ٦٥
۳-٤-٤-۳ گمانه BH103 ..... ٦٥
۳-٤-٤-۳-۱ نتایج سطح ۱ طراحی BH103 ..... ٦٥
۳-٤-٤-۳-۲ نتایج سطح ۲ طراحی BH103 ..... ٦۸
۳-٤-٤-٤ گمانه BH104 ..... ۷۰
۳-٤-٤-٤-۱ نتایج سطح ۱ طراحی BH104 ..... ۷۰
۳-٤-٤-٤-۲ نتایج سطح ۲ طراحی BH104 ..... ۷۲
۳-٤-٤-٥ گمانه BH105 ..... ۷٤
۳-٤-٤-٥-۱ نتایج سطح ۱ طراحی BH105 ..... ۷٤
۳-٤-٤-٥-۲ نتایج سطح ۲ طراحی BH105 ..... ۷٦
۳-٤-٤-٦ گمانه BH106..... ۷۸
۳-٤-٤-٦-۱ نتایج سطح ۱ طراحی BH106 ..... ۷۹
۳-٤-٤-٦-۲ نتایج سطح ۲ طراحی BH106 ..... ۸۰
۳-٥ خلاصه نتایج بررسی خطر روانگرایی در منطقه ۸۱

فصل چهارم: بررسی تاثیر تراکم دینامیکی بر روی پتانسیل روانگرایی

٤-۱ نحوه بررسی تاثیر تراکم دینامیکی ۸۳
٤-۲ تعریف ضرائب اطمینان در برابر روانگرایی ۸٤
٤-۳ مدلهای کوبشی تراکم دینامیکی و انرژی حاصل از آن ۸٦

٤-٤ بررسی نتایج سگمنت ها قبل و بعد از تراکم دینامیکی ٨٧
٤-٤-١ سگمنت R1A ٨٧
٤-٤-١-١ سطح ١ طراحی سگمنت R1A ٨٨
٤-٤-١-٢ سطح ٢ طراحی سگمنت R1A ٩٠
٤-٤-٢ سگمنت R3E ٩٢
٤-٤-٢-١ سطح ١ طراحی سگمنت R3E ٩٣
٤-٤-٢-٢ سطح ٢ طراحی سگمنت R3E ٩٤
٤-٤-٣ سگمنت R3F ٩٧
٤-٤-٣-١ سطح ١ طراحی سگمنت R3F ٩٧
٤-٤-٣-٢ سطح ٢ طراحی سگمنت R3E ٩٨
٤-٤-٤ سگمنت R3G ٩٩
٤-٤-٤-١ سطح ١ طراحی سگمنت R3G ٩٩
٤-٤-٤-٢ سطح ٢ طراحی سگمنت R3G ١٠٠
٤-٤-٥ سگمنت R3H ١٠٢
٤-٤-٥-١ سطح ١ طراحی سگمنت R3H ١٠٢
٤-٤-٥-٢ سطح ٢ طراحی سگمنت R3H ١٠٣
٤-٤-٦ سگمنت R3J ١٠٤
٤-٤-٦-١ سطح ١ طراحی سگمنت R3J ١٠٤
٤-٤-٦-٢ سطح ٢ طراحی سگمنت R3J ١٠٥
٤-٤-٧ سگمنت R3K ١٠٧
٤-٤-٧-١ سطح ١ طراحی سگمنت R3K ١٠٧

٤-٤-٧-٢ سطح ۲ طراحی سگمنت R3K ۱۰۸
٤-٤-٨ سگمنت R3L ۱۰۹
٤-٤-٨-١ سطح ۱ طراحی سگمنت R3L ۱۰۹
٤-٤-٨-٢ سطح ۲ طراحی سگمنت R3L ۱۱۰
٤-٤-٩ سگمنت R3M ۱۱۲
٤-٤-٩-١ سطح ۱ طراحی سگمنت R3M ۱۱۲
٤-٤-٩-٢ سطح ۲ طراحی سگمنت R3M ۱۱۳
٤-٤-١٠ سگمنت R3N ۱۱٤
٤-٤-١٠-١ سطح ۱ طراحی سگمنت R3N ۱۱٤
٤-٤-١٠-٢ سطح ۲ طراحی سگمنت R3N ۱۱٥
٤-٤-١١ سگمنت R3O ۱۱۷
٤-٤-١١-١ سطح ۱ طراحی سگمنت R3O ۱۱۷
٤-٤-١١-٢ سطح ۲ طراحی سگمنت R3O ۱۱۸
٤-٤-١٢ سگمنت R3P ۱۱۹
٤-٤-١٢-١ سطح ۱ طراحی سگمنت R3P ۱۱۹
٤-٤-١٢-٢ سطح ۲ طراحی سگمنت R3P ۱۲۰
٤-٥ نتیجه گیری ۱۲۲

فصل پنجم: معرفی نرم افزار $FLAC^{2D}$ و مدلسازی عددی منطقه مورد نظر

٥-١ مقدمه ۱۲٦
٥-٢ آشنایی با نرم‌افزار FLAC ۱۲۷

۵-۳ روابط آنالیز عددی ۱۲۹
۵-۳-۱ المان‌بندی ۱۲۹
۵-٤ ویژگی‌های نرم‌افزار FLAC در تحلیل دینامیکی ۱۳۰
۵-۵ روابط دینامیکی در نرم‌افزار FLAC ۱۳۱
۵-٦ میرا کننده مکانیکی ۱۳۲
۵-٦-۱ میرایی رایلی ۱۳۳
۵-٦-۲ میرایی محلی ۱۳٤
۵-۷ بارگذاری دینامیکی و شرایط مرزی ۱۳۵
۵-۷-۱ نحوه بارگذاری دینامیکی ۱۳٦
۵-۷-۲ مرزهای ویسکوز ۱۳۷
۵-۷-۳ مرزهای میدان آزاد Free – Field ۱۳۷
۵-۸ تئوری روانگرایی در FLAC ۱۳۸
۵-۸-۱ تولید فشار آب حفره ای دینامیکی ۱۳۸
۵-۸-۲ مدلهای Finn و Byrne ۱۳۹
۵-۹ پارامترهای مورد استفاده در آنالیز عددی ۱٤٤
۵-۹-۱ پارامترهای خاک ۱٤٤
۵-۹-۲ پارامترهای رفتاری مدل Finn ۱٤٤
۵-۱۰ نحوه مدلسازی مدل موردنظر در FLAC ۱٤۵
۵-۱۰-۱ ابعاد مدل ۱٤٦
۵-۱۰-۲ ابعاد شبکه مد ۱٤٦
۵-۱۰-۳ تعریف پروفیل ۱٤۷

٥-١٠-٤ تعریف و تخصیص مشخصات مصالح ١٤٨
٥-١٠-٥ تعیین مدل رفتاری مناسب ١٤٨
٥-١٠-٦ شرایط مرزی استاتیکی ١٤٩
٥-١٠-٧ تعریف سطح اشباع و مشخصات مکانیکی آب ١٤٩
٥-١٠-٨ شرایط جریان آب و ثقل ١٥٠
٥-١٠-٩ آنالیز استاتیکی ١٥٠
٥-١٠-١٠ بررسی نتایج حاصل از آنالیز استاتیکی ١٥٠
٥-١١ تعیین مشخصات مدل رفتاری ١٥٢
٥-١٢ آنالیز لرزه ای قبل و بعد از تراکم دینامیکی ١٥٤
٥-١٢-١ مدل رفتاری در آنالیز دینامیکی ١٥٤
٥-١٢-٢ تعریف مشخصات مدل در بخش دینامیکی ١٥٥
٥-١٢-٣ آنالیز دینامیکی و شرایط مرزی ١٥٥
٥-١٢-٤ تعریف میرایی رایلی ١٥٦
٥-١٢-٥ بارگذاری لرزه ای بصورت شتاب افقی ١٥٦
٥-١٢-٦ تاثیر تراکم دینامیکی بر روی مشخصه های لایه های روانگرا ١٥٨

فصل ششم : تحلیل و نتیجه گیری از نتایج مدلسازی عددی ($FLAC^{2D}$)

٦-١ نحوه تحلیل و بررسی خطر روانگرایی از نتایج مدلسازی عددی ١٦١
٦-٢ نتایج خطر روانگرایی FLAC مرتبط با گمانه های حفر شده (SPT) ١٦٢
٦-٢-١ خطر روانگرایی درگمانه BH 101 ..... ١٦٢
٦-٢-٢ خطر روانگرایی درگمانه BH 102 ..... ١٦٨

٦-٢-٣ خطر روانگرایی درگمانه BH103 ..... ١٦٩
٦-٢-٤ خطر روانگرایی درگمانه BH 104 ..... ١٧٠
٦-٢-٥ خطر روانگرایی درگمانه BH 105 ..... ١٧٠
٦-٢-٦ خطر روانگرایی درگمانه BH 106 ..... ١٧٢
٦-٣ انطباق نتایج روانگرایی FLAC با نتایج روانگرایی مبتنی بر SPT ١٧٣
٦-٤ تاثیر تراکم دینامیکی بر روی پتانسیل روانگرایی بر اساس نتایج FLAC ١٧٥
٦-٤-١ سگمنت R1A ١٧٦
٦-٤-٢ سگمنت R3F ١٧٧
٦-٤-٣ سگمنت R3H ١٨٠
٦-٤-٤ سگمنت R3K ١٨٣
٦-٤- ٥ سگمنت R3P ١٨٥
٦-٥ نتیجه گیری ١٨٨

فصل هفتم : نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

٧-١ خلاصه مطالب مطرح شده در این تحقیق ١٩٠
٧-٢ نتیجه گیری کلی از تحقیق ١٩٢
٧-٣ ارئه طرح ها و پیشنهادات برای کارهای آتی ١٩٦
منابع و مراجع ١٩٧

فهرست اشکال :

عنوان صفحه

فصل اول : کلیاتی در مورد روانگرایی و روشهای کاهش خطر روانگرایی

شکل(۱-۱): دیاگرام شماتیکی از آرایش ذرات ماسه در خاکهای ماسه ای اشباع ۲

شکل(۱-۲): خرابی وارده به دیوارساحلی لنگرگاه Ohama بندر Akita در زلزله Nihonkai-Chubu (۱۹۸۳) ۷

شکل(۱-۳): مقطع عرضی از یک دیوار ساحلی در لنگرگاه Ohama در بندر Akita ۷

شکل(۱-۴): خرابی وارده به دیوارساحلی لنگرگاه Shimohama بندر Akita در زلزله Nihonkai-Chubu (۱۹۸۳) ۸

شکل(۱-۵): عملیات تراکم دینامیکی در سایت اسکله شهید رجایی ۱۷

فصل دوم : معرفی روشهای مختلف برآورد پتانسیل روانگرایی

شکل (۲-۱): دیاگرام های مربوط به ستون صلب در خاک ۲۳

شکل (۲-۲) : تغییرات ضریب کاهش تنش با عمق و بزرگی زلزله (Idriss-۲۰۰۴) ۲۵

شکل (۲- ۳) : منحنی تغییرات نسبت تنش برشی با مقدار $(N_1)_{60}$ بر اساس موارد تاریخی از زلزله (تغییر یافته توسط سید و دیگران ۱۹۸۵) ۲۹

شکل (۲-۴) : منحنی های تغییرات فاکتور بزرگی مقیاس نسبت به بزرگی زلزله ۳۱

شکل (۲-۵) : منحنی نسبت تنش برشی سیکلی با عدد نفوذ استاندارد در روش نیمه تجربی سید ۲۰۰۴..... ۳۲

شکل (۲-۶) :تغییرات $\Delta(N_1)_{60}$ با درصد ریزدانه در روش نیمه تجربی سید ۲۰۰۴ ..... ۳۳

شکل (۲-۷): مقادیر ضریب تصحیح C_N با توجه به فشار موثر سربار ۳۴

شکل (۲-۸ الف): نسبت تنش تناوبی برای ماسه تمیز براساس مقاومت نوک مخروط (روش سید و همکاران) ۳۵

شکل (۲-۸ ب): نسبت تنش تناوبی برای ماسه لای دار با توجه به مقاومت نوک مخروط (روش سید و همکاران) ۳۵

شکل (۲-۹): نسبت تنش تناوبی با توجه به مقاومت نوک مخروط و درصد ریزدانه براساس روش سید ودالبا ۳۶

شکل(۲-۱۰): ضریب تصحیح مقاومت نوک مخروط با توجه به تنش موثر سرباره برای روش روبرتسون ۳۶

شکل(۲-۱۱): ارتباط بین مقاومت نوک مخروط تصحیح شده و نسبت تنش تناوبی (روش روبرتسون) ۳۷

شکل (۲-۱۲): نسبت تنش تناوبی به مقاومت نوک مخروط در خاکهای ماسه ای استارک و السن (۱۹۹۵) ۳۸

شکل (۲-۱۳) : منحنی پیشنهاد شده برای محاسبه CRR توسط داده های CPT همراه با داده های تجربی روانگرایی از موارد تاریخی گردآوری شده (بازبینی دوباره توسط Robertson و Wride ۱۹۹۸) ۳۹
شکل (۲-۱۴) : چارت پیشنهاد شده برای نوع رفتار خاک بوسیله روبرتسون (۱۹۹۰) ۴۲

فصل سوم : بررسی کلی پتانسیل روانگرایی سایت اسکله شهید رجایی

شکل (۳-۱) : موقعیت جغرافیایی سایت اسکله شهید رجایی ۴۳
شکل (۳-۲) : پرفیل موجود از دیواره شرقی فاز ۲ سایت اسکله شهید رجایی ۴۴
شکل (۳-۳): شکل نبدلات بزرگی های مختلف به یکدیگر ۵۱
شکل (۳-۴): رابطه بین اضافه فشار حفره ای باقی مانده و ضریب اطمینان در برابر روانگرایی (F_{SL}) برای ترازهای سطح زمین (Marcuson و Hynes ؛ ۱۹۹۰) ۵۳
شکل (۳-۵) : جداول مربوط به ارزیابی پتانسیل روانگرایی بر مبنای عدد نفوذ استاندارد (روش تاتسوکا در شتاب طرح ۰/۲۵g – گمانه ۱۰۵) ۵۶
شکل (۳-۶) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع فوقانی در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۱- سطح ۱ طراحی) ۵۸
شکل (۳-۷) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع زیرین در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۱- سطح ۱) ۵۹
شکل (۳-۸) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع فوقانی در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۱- سطح ۲) ۶۱
شکل (۳-۹) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع زیرین در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۱- سطح ۲) ۶۱
شکل (۳- ۱۰) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع زیرین در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۲- سطح ۱) ۶۴
شکل (۳-۱۱) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع زیرین در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۲- سطح ۲) ۶۶
شکل (۳-۱۲) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع زیرین در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۳- سطح ۱) ۶۷
شکل (۳-۱۳) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع زیرین در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۳- سطح ۲) ۶۹
شکل (۳-۱۴) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع فوقانی در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۴- سطح ۱) ۷۰
شکل (۳-۱۵) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع زیرین در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۴- سطح ۱) ۷۱
شکل (۳-۱۶) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع فوقانی در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۴- سطح ۲) ۷۳
شکل (۳-۱۷) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع زیرین در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۴- سطح ۲) ۷۴

شکل (۳-۱۸) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع فوقانی در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۵- سطح ۱) ۷۵
شکل (۳-۱۹) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع فوقانی در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۵- سطح ۲) ۷۷
شکل (۳-۲۰) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع زیرین در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۶- سطح ۱) ۷۹
شکل (۳-۲۱) : ضرائب اطمینان لایه ماسه سیلتی اشباع زیرین در برابر روانگرایی (گمانه ۱۰۶- سطح ۲) ۸۱

فصل چهارم : بررسی تاثیر تراکم دینامیکی بر روی پتانسیل روانگرایی

شکل (۴-۱) : سگمنت های موجود در بخش شرقی مجاو دیوار ساحلی منطقه اسکله شهید رجایی ۸۳
شکل (۴-۲) : نمونه ای از جداول مربوط به ارزیابی تاثیر تراکم دینامیکی بر پتانسیل روانگرایی براساس مقاومت
نفوذ نوک مخروطی (روش NCEER در شتاب طرح ۰/۳۷g – سگمنت R3E) ۸۵
شکل (۴-۳) ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R1A در سطح ۱ ..... ۸۹
شکل (۴-۴) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R1A در سطح ۲ ..... ۹۱
شکل (۴-۵) : متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی در
سگمنت R1A ۹۲
شکل (۴-۶) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3E در سطح ۱ ..... ۹۴
شکل (۴-۷) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3E در سطح ۲ ..... ۹۵
شکل (۴-۸) : متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی در
سگمنت R3E ۹۶
شکل (۴-۹) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3F در سطح ۱ ..... ۹۷
شکل (۴-۱۰) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3F در سطح ۲ ..... ۹۸
شکل (۴-۱۱) : متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی در
سگمنت R3F ۹۹
شکل (۴-۱۲) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3G در سطح ۱ ..... ۱۰۰
شکل (۴-۱۳): ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3G در سطح ۲ ..... ۱۰۱
شکل(۴-۱۴): متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی

در سگمنت R3G ۱۰۱
شکل (۴-۱۵) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3H در سطح ۱ ..... ۱۰۲
شکل (۴-۱۶): ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3H در سطح ۲ ..... ۱۰۳
شکل(۴-۱۷): متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی
در سگمنت R3H ۱۰۴
شکل (۴-۱۸) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3J در سطح ۱ ..... ۱۰۵
شکل (۴-۱۹): ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3J در سطح ۲ ..... ۱۰۶
شکل(۴-۲۰): متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی
در سگمنت R3J ۱۰۶
شکل (۴-۲۱) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3K در سطح ۱ ..... ۱۰۷
شکل (۴-۲۲): ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3K در سطح ۲ ..... ۱۰۸
شکل(۴-۲۳): متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی
در سگمنت R3K ۱۰۹
شکل (۴-۲۴) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3L در سطح ۱ ..... ۱۱۰
شکل (۴-۲۵): ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3L در سطح ۲ ..... ۱۱۱
شکل(۴-۲۶): متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی
در سگمنت R3L ۱۱۱
شکل (۴-۲۷): ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3M در سطح ۱ ..... ۱۱۲
شکل (۴-۲۸): ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3M در سطح ۲ ..... ۱۱۳
شکل(۴-۲۹): متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی
در سگمنت R3M ۱۱۴
شکل (۴-۳۰) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3N در سطح ۱ ..... ۱۱۵
شکل (۴-۳۱): ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3N در سطح ۲ ..... ۱۱۶
شکل(۴-۳۲): متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی

در سگمنت R3N ۱۱۶
شکل (۴-۳۳) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3O در سطح ۱ ..... ۱۱۷
شکل (۴-۳۴): ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3O در سطح ۲ ..... ۱۱۸
شکل(۴-۳۵): متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی
در سگمنت R3O ۱۱۹
شکل (۴-۳۶) : ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3P در سطح ۱ ..... ۱۲۰
شکل (۴-۳۷): ضرائب قبل و بعد از تراکم دینامیکی مربوط به روانگرایی در برابر عمق سگمنت R3P در سطح ۲ ..... ۱۲۱
شکل(۴-۳۸): متوسط ضرایب اطمینان و نسبت ضرایب اطمینان در برابر روانگرایی قبل و بعد از تراکم دینامیکی
در سگمنت R3P ۱۲۱

فصل پنجم : معرفی نرم افزار $FLAC^{2D}$ و مدلسازی عددی منطقه مورد نظر

شکل (۵-۱) : مراحل انجام محاسبات در FLAC ۱۲۸
شکل (۵-۲) : تقسیم‌بندی یک المان چهار ضلعی در FLAC ۱۲۹
شکل (۵-۳) : منحنی مدول برشی و نسبت میرایی مورد استفاده در FLAC ۱۳۱
شکل (۵-۴) : تغییرات نسبت بحرانی نرمالیزه شده بر حسب فرکانس زاویه ای ۱۳۴
شکل (۵-۵ الف) : انواع شرایط مرزی و بارگذاری دینامیکی در برنامه $FLAC^{2D}$ ۱۳۵
شکل (۵-۵ ب) : انواع شرایط مرزی و بارگذاری دینامیکی در برنامه $FLAC^{2D}$ ۱۳۶
شکل (۵-۶) آنالیز دینامیکی سازه های سطحی با در نظر گرفتن مرزهای Free Field ۱۳۸
شکل (۵-۷) : تغییرات تنش کل نسبت به عمق در بخشی از اسکله مدل شده ۱۵۱
شکل (۵-۸) : گراف مربوط به تغییرات G_0 نسبت به عمق لایه های مختلف برای گمانه های مختلف ۱۵۳
شکل (۵-۹ الف) : تاریخچه شتاب طرح ایستگاه بندر عباس (a_{max} = ۰/۲۵g) ۱۵۷
شکل (۵-۹ ب) : تاریخچه شتاب طرح ایستگاه بندر عباس (a_{max} = ۰/۳۷g) ۱۵۷
شکل (۵- ۱۰) : رابطه میان اندازه متوسط دانه (D_{50}) و نسبت q_c/N_{55} [Robertson و همکاران ۱۹۸۳] ۱۵۹
شکل (۵-۱۱) همبستگی میان زاویه اصطکاک بیشینه ϕ' و q_c برای ماسه سیمانی نشده[Robertson و Campanella
(۱۹۸۳)] ۱۶۰

فصل ششم : تحلیل و نتیجه گیری از نتایج مدلسازی عددی ($FLAC^{2D}$)

شکل (۶-۱) : پروفیل مدل شده بخشی از اسکله در FLAC ۱۶۳

شکل (۶-۲) : ترازهای مختلف گمانه BH 101 و المانهای مربوطه ۱۶۳

شکل (۶-۳) تغییرات فشار آب حفره ای، تنش موثر و تنش کل نسبت به زمان برای المان ۲۴ از BH 101 ..... ۱۶۴

شکل (۶-۴) تغییرشکلهای قائم و افقی نسبت به زمان برای المانهای ۲۴ و ۲۳ از BH101 ..... ۱۶۵

شکل (۶-۵) تغییرات فشار آب حفره ای، تنش موثر و تنش کل نسبت به زمان برای المان ۲۳ از BH 101 ..... ۱۶۶

شکل (۶-۶) تغییرات فشار آب حفره ای، تنش موثر و تنش کل نسبت به زمان برای المان ۱۲ از BH 101 ..... ۱۶۷

شکل (۶-۷) : ترازهای مختلف گمانه BH 102 و المانهای مربوطه ۱۶۸

شکل (۶-۸) : ترازهای مختلف گمانه BH103 و المانهای مربوطه ۱۶۹

شکل (۶-۹) : ترازهای مختلف گمانه BH105 و المانهای مربوطه ۱۷۱

شکل (۶-۱۰) : ترازهای مختلف گمانه BH106 و المانهای مربوطه ۱۷۲

شکل (۶-۱۱): تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان ۲۴– سگمنت R1A) ۱۷۶

شکل (۶-۱۲) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۳– سگمنت R1A) ۱۷۶

شکل (۶-۱۳) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۳– سگمنت R3F) ۱۷۷

شکل (۶-۱۴) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۲– سگمنت R3F) ۱۷۸

شکل (۶-۱۵) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۱– سگمنت R3F) ۱۷۹

شکل (۶-۱۶) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۰– سگمنت R3F) ۱۷۹

شکل (۶-۱۷) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۴– سگمنت R3H) ۱۸۰

شکل (۶-۱۸) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان ۲۳– سگمنت R3H) ۱۸۱

شکل (۶-۱۹) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۲– سگمنت R3H) ۱۸۱

شکل (۶-۲۰) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۱– سگمنت R3H) ۱۸۲

شکل (۶-۲۱) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۰- سگمنت R3H) ۱۸۲

شکل (۶-۲۲) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۳- سگمنت R3K) ۱۸۳

شکل (۶-۲۳) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۲- سگمنت R3K) ۱۸۴

شکل (۶-۲۴) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۱ سگمنت R3K) ۱۸۴

شکل (۶-۲۵) : تغییرات فشار آب حفره ای و تنش موثر و تنش کل قبل و بعد از تراکم دینامیکی (المان۲۰- سگمنت R3K) ۱۸۵