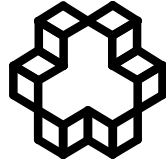


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



تاسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده عمران

رساله برای دریافت درجه دکتری

در رشته:

عمران-خاک و پی

بررسی عددی و آزمایشگاهی رفتار بار-نشست شالوده های
متداخل مستقر بر خاک مسلح

استاد راهنما

دکتر محمود قضاوی

نگارش

آرش علیمردانی لواسان

شهریورماه

۱۳۸۹

تقدیم به پدر و مادر عزیزم
که وجود گرمشان، الهام بخش
راه دشوارم بوده است.



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران..

تائیدیه هیات داوران

هیئت داوران پس از مطالعات و بررسیهای لازم و شرکت در جلسه دفاع از رساله تهیه شده تحت عنوان و از طرف توسط آقای آرش علم‌رانی لواسان اخذ درجه دکتری / کارشناسی ارشد در رشته: صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای گرایش مورد تائید قرار میدهند.

- | | | |
|-------------|------------------------|-----------------------------------|
| امضاء | آقای دکتر <u>.....</u> | ۱- استاد راهنما |
| امضاء | آقای دکتر | ۲- استاد مشاور |
| امضاء | آقای دکتر | ۳- استاد مشاور |
| امضاء | آقای دکتر <u>.....</u> | ۴- ممتحن خارجی |
| امضاء | آقای دکتر <u>.....</u> | ۵- ممتحن خارجی |
| امضاء | آقای دکتر <u>.....</u> | ۶- ممتحن داخلی |
| امضاء | آقای دکتر <u>.....</u> | ۷- ممتحن داخلی |
| امضاء | آقای دکتر | ۸- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده |

اظهار نامه دانشجوی

موضوع پایان نامه: بررسی عددی و آزمایشگاهی رفتار بار-نشست شالوده های متداخل
مستقر بر خاک مسلح

استاد راهنما: دکتر محمود قضاوی

نام دانشجو: آرش علیمردانی لواسان

شماره دانشجویی: ۸۳۰۹۸۰۶

اینجانب آرش علیمردانی لواسان دانشجوی دوره دکتری مهندسی عمران گرایش خاک و پی دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات ارائه شده در این رساله توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده ام.



امضاء دانشجو:

تاریخ:

۱۳۸۹، ۷، ۲۵

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل رساله یا بخشی از آن تنها باموافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده:

با توجه به پیشرفتهای اخیر در مهندسی عمران و با توجه به افزایش جمعیت، احداث سازه های بلند در فضاهای محدود به شدت مورد توجه قرار گرفته است. محدودیت فضای ساخت و ساز از یک سو و بزرگتر شدن ابعاد شالوده ها از سوی دیگر باعث می شود که احتمال وقوع تداخل در رفتار شالوده های سطحی بسیار بیشتر شود. بررسی عملکرد شالوده های متداخل می تواند تاثیرات ناشناخته پدیده تداخل بر رفتار شالوده های سطحی را روشن نماید. هدف اصلی این رساله را می توان شناسایی تاثیر تداخل بر عوامل تعیین کننده در طراحی شالوده های سطحی مانند ظرفیت باربری، نشست، دوران، مکانیزم گسیختگی تشکیل شده در خاک و همچنین میدانهای جابجایی خاک در زیر و اطراف شالوده های سطحی دانست. در سالهای اخیر و با پیشرفتهای حاصل شده در مهندسی پلیمر، استفاده از لایه های مسلح کننده ژئوسینتیکی جهت بهبود عملکرد خاک بسیار متداول گردید. با توجه به اثرات نامطلوب تداخل، یکی از روشهای موجود جهت افزایش ضریب اطمینان شالوده های سطحی متداخل، تسلیح خاک با استفاده از ژئوگرید می باشد.

در این رساله، رفتار شالوده های متداخل با استفاده از روشهای تحلیلی، آزمایشگاهی و عددی مورد مطالعه قرار گرفته است. در مرحله اول، رفتار شالوده های متداخل نواری مستقر بر خاک غیر مسلح با استفاده از روش تحلیلی مبتنی بر روش تعادل حدی مورد بررسی قرار گرفته است. مقایسه نتایج حاصل از روش تحلیلی پیشنهادی با سایر روشهای تحلیلی و آزمایشگاهی نشان داد که میان روشهای تحلیلی موجود، روش تحلیلی ارائه شده در این رساله منجر به نزدیکترین جوابها نسبت به نتایج آزمایشگاهی می گردد. سپس فاکتورهای مانند ظرفیت باربری، نشست و دوران شالوده های دایره ای و مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح و غیر مسلح با انجام آزمایشهای بزرگ مقیاس مورد شناسایی قرار گرفت. به منظور انجام آنالیزهای عددی در این رساله، از مدل رفتاری الاستیک غیرخطی-پلاستیک جدیدی استفاده شد که بخش ارتجاعی آن مبتنی بر مدل پورزین و بولند (۱۹۹۸) و ناحیه خمیری آن بر اساس معیار گسیختگی موهر کولمب بود. این مدل رفتاری جدید به زبان برنامه نویسی ++C نوشته شده و به برنامه تحلیل عددی $FLAC^{3D}$ اضافه گردید. به منظور ایجاد اطمینان از دقت مناسب روش عددی در تخمین رفتار شالوده های متداخل مستقر بر خاک مسلح، مدل های عددی شالوده های منفرد و متداخل بر روی خاک مسلح و غیر مسلح مورد ارزیابی قرار گرفته و صحت نتایج مورد بررسی قرار گرفت. پس از طی این مراحل، تحلیل های عددی جامعی برای شناسایی نحوه تغییرات ظرفیت باربری و نشست شالوده های متداخل نواری، مربعی، مستطیلی، دایره ای و حلقه ای متداخل که بر روی خاک مسلح یا غیر مسلح بنا شده باشد انجام گردید. نتایج مطالعات انجام پذیرفته نشان داد که ظرفیت باربری شالوده های متداخل بیشتر از ظرفیت باربری شالوده منفرد مشابه می باشد. همچنین وقوع پدیده تداخل سبب افزایش مقدار نشست تا حد بیش از ۱۰۰٪ در محدوده بارهای نهایی می شود. مطالعات آزمایشگاهی نشان داد که شالوده های متداخل تحت

اثر بارهای قائم محوری دچار دورانهای کوچکی می شود که با تسلیح خاک از میزان این دورانها کاسته می شود. همچنین نتایج مطالعات انجام شده در این رساله نشان داد که پدیده اثر بلوک در خاک شالوده های نواری، مربعی و مستطیلی رخ می دهد. اما برای پی های دایره ای و حلقه ای متداخل پدیده مشابه بوقوع نمی پیوندد.

فصل اول / کلیات	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- اهمیت مسأله تداخل شالوده‌ها.....	۳
۳-۱- اهداف رساله.....	۴
۴-۱- محدوده کار.....	۵
۵-۱- ساختار رساله.....	۶
فصل دوم / تاریخچه موضوع	۸
۱-۲- مقدمه.....	۸
۲-۲- روشهای موجود در تعیین ظرفیت باربری.....	۹
۲-۲-۱- روش جمع آثاقوا در تعیین ظرفیت باربری.....	۹
۲-۲-۲- روشهای تحلیلی.....	۹
۲-۲-۳- روشهای عددی.....	۱۰
۳-۲- تاریخچه محاسبه ظرفیت باربری با روشهای عددی.....	۱۱
۳-۲-۱- تعیین ظرفیت باربری با نرم افزارهای دو بعدی.....	۱۱
۳-۲-۲- تعیین ظرفیت باربری با نرم افزارهای سه بعدی.....	۱۹
۴-۲- تاریخچه بررسی اثر تسلیح خاک بر عملکرد شالوده‌ها.....	۲۵
۴-۲-۱- پارامترهای هندسی محیط خاک مسلح.....	۲۶
۴-۲-۲- مطالعات موجود بر ظرفیت باربری خاک مسلح.....	۲۶
۵-۲- تاریخچه بررسی اثر تداخل بر عملکرد شالوده‌ها.....	۲۹
۵-۲-۱- شالوده‌های متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح.....	۲۹
۵-۲-۲- شالوده‌های متداخل مستقر بر خاک مسلح.....	۳۸
۶-۲- خلاصه و نتیجه گیری.....	۴۱
فصل سوم / مطالعات آزمایشگاهی	۴۲
۱-۳- مقدمه.....	۴۲
۲-۳- مشخصات تحقیقات آزمایشگاهی.....	۴۳

۴۳	..... ۳-۲-۱- جزئیات سیستم بارگذاری و انتقال بار
۴۷	..... ۳-۲-۲- جزئیات مخزن آزمایش
۴۸	..... ۳-۲-۳- مصالح بکار رفته در آزمایش‌ها
۵۶	..... ۳-۲-۴- جزئیات سیستم قرائت و ثبت داده‌ها
۵۷	..... ۳-۳- مشخصات آزمایشها و کنترل صحت نتایج
۶۰	..... ۳-۴-۱- نتایج آزمایشهای انجام شده
۶۰	..... ۳-۴-۱- شالوده‌های مربعی متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۶۶	..... ۳-۴-۲- شالوده‌های مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح
۷۲	..... ۳-۴-۳- شالوده‌های دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۷۶	..... ۳-۴-۴- شالوده‌های دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک مسلح
۸۱	..... ۳-۵- خلاصه و نتیجه گیری
۸۳	..... فصل چهارم / مدل تحلیلی ظرفیت باربری برای پی‌های نواری متداخل
۸۳	..... ۴-۱- مقدمه
۸۴	..... ۴-۲- مکانیزم گسیختگی پیشنهادی
۸۴	..... ۴-۲-۱- فرضیات مورد استفاده در روش تحلیلی پیشنهادی
۸۵	..... ۴-۲-۲- محاسبات ظرفیت باربری با مکانیزم پیشنهادی
۹۰	..... ۴-۲-۲-۱- محاسبه نیروی مقاوم ناشی از سربار P_{pq}
۹۶	..... ۴-۲-۲-۲- محاسبه نیروی مقاوم ناشی از وزن توده خاک P_{pp}
۱۰۳	..... ۴-۲-۳- مقایسه نتایج مکانیزم گسیختگی پیشنهادی با داده‌های موجود
۱۰۸	..... ۴-۳- ارائه رابطه تحلیلی جهت تعیین ضرایب ظرفیت باربری شالوده‌های متداخل
۱۱۱	..... ۴-۴- خلاصه و نتیجه گیری
۱۱۲	..... فصل پنجم / بررسی مدل‌های رفتاری و صحت سنجی نتایج
۱۱۲	..... ۵-۱- مقدمه
۱۱۳	..... ۵-۲- مدل‌های رفتاری بکار رفته در پژوهش
۱۱۳	..... ۵-۲-۱- مدل رفتاری موهر کولمب

۱۱۶	..... ۲-۲-۵- معرفی مدل‌های رفتاری الاستیک غیرخطی - پلاستیک
۱۲۰	..... ۳-۲-۵- مدل رفتاری پورزین و بورلند (۹۸-۱۹۹۶)
۱۲۲	..... ۱-۳-۲-۵- کرنش آستانه (E _{th}) و کرنش مرجع (E _r)
۱۲۳	..... ۲-۳-۲-۵- کرنش آستانه نرمالیزه شده (x _L)
۱۲۵	..... ۴-۲-۵- مدل الاستیک غیرخطی-پلاستیک کامل
۱۲۶	..... ۱-۴-۲-۵- صحت سنجی عملکرد مدل الاستیک غیرخطی-پلاستیک کامل
۱۳۰	..... ۵-۲-۵- مدل الاستیک غیرخطی-پلاستیک سخت/نرم شونده کرنشی
۱۳۴	..... ۱-۵-۲-۵- صحت سنجی مدل الاستیک غیرخطی-پلاستیک سخت/نرم شونده کرنشی
۱۳۶	..... ۶-۲-۵- مدل رفتاری جهت پیش بینی عملکرد ژئوگرید و المان حدواسط خاک-ژئوگرید
۱۳۸	..... ۱-۶-۲-۵- صحت سنجی مدل رفتاری ژئوگرید و المان حدواسط خاک-ژئوگرید
۱۴۲	..... ۳-۵- شرایط و فرضیات حاکم بر مدلسازی عددی شالوده‌های متداخل
۱۴۳	..... ۱-۳-۵- فرضیات تحلیل عددی
۱۴۴	..... ۲-۳-۵- نحوه مش بندی مدل عددی
۱۴۵	..... ۳-۳-۵- ابعاد محیط مدلسازی شده
۱۴۷	..... ۴-۳-۵- شرایط تکیه‌گاهی بر روی مرزها
۱۴۷	..... ۴-۵- ارزیابی صحت جوابهای روش عددی در پیش بینی عملکرد شالوده‌های سطحی
۱۴۷	..... ۱-۴-۵- شالوده منفرد مستقر بر خاک ماسه‌ای مسلح و غیر مسلح (مطالعات موجود)
۱۵۲	..... ۲-۴-۵- شالوده متداخل مستقر بر خاک ماسه‌ای غیر مسلح (مطالعات موجود)
۱۵۴	..... ۳-۴-۵- شالوده منفرد و متداخل مستقر بر خاک ماسه‌ای مسلح و غیر مسلح (آزمایشهای این پژوهش)
۱۷۷	..... ۵-۵- خلاصه و نتیجه‌گیری

فصل ششم / بررسی ظرفیت باربری شالوده‌های متداخل ۱۵۹

۱۵۹	..... ۱-۶- مقدمه
۱۶۰	..... ۲-۶- شالوده‌های نواری متداخل
۱۶۱	..... ۱-۲-۶- ظرفیت باربری شالوده نواری متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۱۶۲	..... ۲-۲-۶- ظرفیت باربری شالوده نواری متداخل مستقر بر خاک مسلح
۱۶۲	..... ۱-۲-۲-۶- عرض لایه‌های مسلح کننده

۱۶۵	..... ۶-۲-۲-۲- عمق قرارگیری اولین لایه مسلح کننده
۱۶۷	..... ۶-۲-۲-۳- فاصله قائم میان لایه‌های مسلح کننده
۱۶۸	..... ۶-۳- شالوده های مربعی متداخل
۱۶۹	..... ۶-۳-۱- ظرفیت باربری شالوده مربعی متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۱۶۹	..... ۶-۳-۲- ظرفیت باربری شالوده مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح
۱۷۰	..... ۶-۳-۱- عرض لایه‌های مسلح کننده
۱۷۱	..... ۶-۳-۲- عمق قرارگیری اولین لایه مسلح کننده
۱۷۳	..... ۶-۳-۲-۳- فاصله قائم میان لایه‌های مسلح کننده
۱۷۴	..... ۶-۴- شالوده‌های مستطیلی متداخل
۱۷۶	..... ۶-۴-۱- ظرفیت باربری شالوده مستطیلی متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۱۷۷	..... ۶-۴-۲- ظرفیت باربری شالوده مستطیلی متداخل مستقر بر خاک مسلح
۱۷۷	..... ۶-۴-۲-۱- طول لایه‌های مسلح کننده
۱۷۹	..... ۶-۴-۲-۲- عمق قرارگیری اولین لایه مسلح کننده
۱۸۰	..... ۶-۴-۲-۳- فاصله قائم میان لایه‌های مسلح کننده
۱۸۱	..... ۶-۵- شالوده‌های دایره‌ای متداخل
۱۸۲	..... ۶-۵-۱- ظرفیت باربری شالوده‌های دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۱۸۳	..... ۶-۵-۲- ظرفیت باربری شالوده‌های دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک مسلح
۱۸۳	..... ۶-۵-۲-۱- قطر لایه مسلح کننده ژئوگرید
۱۸۵	..... ۶-۵-۲-۲- عمق قرارگیری اولین لایه ژئوگرید
۱۸۷	..... ۶-۵-۲-۳- فاصله قائم میان لایه‌های ژئوگرید
۱۸۸	..... ۶-۶- شالوده‌های حلقه‌ای متداخل
۱۸۸	..... ۶-۶-۱- ظرفیت باربری شالوده‌های حلقه‌ای متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۱۸۹	..... ۶-۶-۲- ظرفیت باربری شالوده‌های حلقه‌ای متداخل مستقر بر خاک مسلح
۱۹۰	..... ۶-۵-۲-۱- قطر لایه مسلح کننده ژئوگرید
۱۹۱	..... ۶-۲-۲-۲- عمق قرارگیری اولین لایه مسلح کننده ژئوگرید
۱۹۲	..... ۶-۲-۳- فاصله قائم میان لایه‌های مسلح کننده
۱۹۴	..... ۶-۷- خلاصه و نتیجه‌گیری

فصل هفتم / نمودارهای طراحی پی‌های متداخل مستقر بر ماسه مسلح با ژئوگرید.....	۱۹۵
۱-۷- مقدمه.....	۱۹۵
۲-۷- نمودار طراحی برای شالوده‌های متداخل نواری.....	۱۹۶
۳-۷- نمودار طراحی برای شالوده‌های متداخل مربعی.....	۲۰۱
۴-۷- نمودار طراحی برای شالوده‌های متداخل مستطیلی.....	۲۰۴
۵-۷- نمودار طراحی برای شالوده‌های متداخل دایره‌ای.....	۲۰۸
۶-۷- نمودار طراحی برای شالوده‌های متداخل حلقه‌ای.....	۲۱۲
۷-۷- مقادیر پارامترهای هندسی بحرانی برای ژئوگرید.....	۲۱۶
۸-۷- مراحل گام به گام استفاده از نمودارهای طراحی.....	۲۱۶
۹-۷- خلاصه و نتیجه گیری.....	۲۱۷
فصل هشتم / نشست شالوده‌های متداخل.....	۲۱۸
۱-۸- مقدمه.....	۲۱۸
۲-۸- بررسی نشست شالوده‌ها تحت اثر تسلیح و تداخل.....	۲۱۹
۱-۲-۸- شالوده‌های نواری متداخل.....	۲۱۹
۲-۲-۸- شالوده‌های مربعی متداخل.....	۲۲۳
۳-۲-۸- شالوده‌های مستطیلی متداخل.....	۲۲۶
۴-۲-۸- شالوده‌های دایره‌ای متداخل.....	۲۲۸
۵-۲-۸- شالوده‌های حلقه‌ای متداخل.....	۲۳۱
۳-۸- بررسی اثر تداخل بر میزان نشست قائم شالوده.....	۲۳۴
۱-۳-۸- شالوده‌های نواری متداخل.....	۲۳۵
۲-۳-۸- شالوده‌های مربعی متداخل.....	۲۳۶
۳-۳-۸- شالوده‌های مستطیلی متداخل.....	۲۳۸
۴-۳-۸- شالوده‌های دایره‌ای متداخل.....	۲۳۹
۵-۳-۸- شالوده‌های حلقه‌ای متداخل.....	۲۴۱
۴-۸- بررسی اثر تسلیح خاک بر میزان نشست قائم شالوده.....	۲۴۲
۱-۴-۸- شالوده‌های نواری متداخل.....	۲۴۳

۲۴۴	..... ۸-۴-۲- شالوده‌های مربعی متداخل
۲۴۶	..... ۸-۴-۳- شالوده‌های مستطیلی متداخل
۲۴۷	..... ۸-۴-۴- شالوده‌های دایره‌ای متداخل
۲۴۹	..... ۸-۴-۵- شالوده‌های حلقه‌ای متداخل
۲۵۰	..... ۸-۵- خلاصه و نتیجه گیری
۲۵۲	..... فصل نهم / مکانیزم گسیختگی شالوده‌های متداخل
۲۵۲	..... ۹-۱- مقدمه
۲۵۴	..... ۹-۲- مکانیزم گسیختگی شالوده‌های نواری متداخل
۲۵۴	..... ۹-۲-۱- شالوده‌های نواری متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۲۵۷	..... ۹-۲-۲- شالوده‌های نواری متداخل مستقر بر خاک مسلح
۲۶۲	..... ۹-۳- مکانیزم گسیختگی شالوده‌های مربعی متداخل
۲۶۲	..... ۹-۳-۱- شالوده‌های مربعی متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۲۶۷	..... ۹-۳-۲- شالوده‌های مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح
۲۷۶	..... ۹-۴- مکانیزم گسیختگی شالوده‌های مستطیلی متداخل
۲۷۶	..... ۹-۴-۱- شالوده‌های مستطیلی متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۲۸۱	..... ۹-۴-۲- شالوده‌های مستطیلی متداخل مستقر بر خاک مسلح
۲۹۱	..... ۹-۵- مکانیزم گسیختگی شالوده‌های دایره‌ای متداخل
۲۹۱	..... ۹-۵-۱- شالوده‌های دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۲۹۶	..... ۹-۵-۲- شالوده‌های دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک مسلح
۳۰۵	..... ۹-۶- مکانیزم گسیختگی شالوده‌های حلقه‌ای متداخل
۳۰۵	..... ۹-۶-۱- شالوده‌های حلقه‌ای متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح
۳۰۹	..... ۹-۶-۲- شالوده‌های حلقه‌ای متداخل مستقر بر خاک مسلح
۳۱۸	..... ۹-۷- مقایسه نتایج و مکانیزم گسیختگی حاصل از روش عددی و تحلیلی
۳۱۹	..... ۹-۷-۱- دیدگاه فیزیکی
۳۲۰	..... ۹-۷-۱- دیدگاه انرژی
۳۲۲	..... ۹-۸- خلاصه و نتیجه گیری

فصل دهم / خلاصه مطالب، نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی.....	۳۲۳
۱-۱۰- خلاصه مطالب.....	۳۲۳
۲-۱۰- نتیجه‌گیری.....	۳۲۴
۳-۱۰- پیشنهادات جهت مطالعات آتی.....	۳۲۶
منابع و مراجع.....	۳۲۷
پیوست اول / مکانیزم گسیختگی مطالعات آزمایشگاهی.....	۱ پ
۱-۱- مقدمه.....	۱ پ
۲-۱- شالوده مربعی متداخل.....	۲ پ
۱-۲-۱- شالوده مربعی منفرد مستقر بر خاک غیر مسلح ($N=0$).....	۲ پ
۲-۲-۱- شالوده مربعی متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح ($N=0$).....	۲ پ
۲-۲-۱- شالوده مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح ($N=1$).....	۴ پ
۳-۱- شالوده دایره‌ای متداخل.....	۵ پ
۱-۳-۱- شالوده دایره‌ای منفرد مستقر بر خاک غیر مسلح.....	۵ پ
۲-۳-۱- شالوده دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح.....	۵ پ
۳-۳-۱- شالوده دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک مسلح ($N=1$).....	۷ پ
پیوست دوم / معیارهای تعیین ظرفیت باربری نهایی.....	۸ پ
۱-۲- مقدمه.....	۸ پ
۲-۲- معیار بار نهایی دی‌بور (۱۹۷۰).....	۸ پ
۳-۲- معیار ظرفیت باربری به روش <i>LPC</i>	۱۰ پ
۳-۲- معیار بار حدی اُفست دیویژن (۱۹۷۲).....	۱۰ پ
۳-۲- معیار بار حدی حداکثر انحناء.....	۱۱ پ
پیوست سوم / معرفی برنامه عددی و نحوه عملکرد آن.....	۱۴ پ
۱-۳- معرفی برنامه عددی مورد استفاده در تحلیلهای عددی.....	۱۴ پ

پ ۱۴	پ ۳-۱-۱- انتخاب نرم افزار.....
پ ۱۵	پ ۳-۱-۲- آشنایی مقدماتی با نرم افزار $FLAC^{3D}$
پ ۱۵	پ ۳-۱-۳- مروری بر نحوه محاسبات در نرم افزار $FLAC^{3D}$
پ ۱۶	پ ۳-۱-۴- بررسی شرایط تعادل در تحلیل توسط $FLAC^{3D}$
پ ۱۸	پ ۳-۱-۵- مراحل مدلسازی و نحوه کار با نرم افزار $FLAC^{3D}$
پ ۲۰	پ ۳-۲- روابط حاکم بر تحلیل تنش-کرنش.....
پ ۲۳	پ ۳-۳- مدل رفتاری دانکن و چانگ (۱۹۷۰).....
پ ۲۶	پ ۳-۳-۱- صحت سنجی عملکرد مدل رفتاری دانکن و چانگ (۱۹۷۰).....
پ ۲۹	پ ۳-۳-۲- ایرادات وارد بر مدل رفتاری غیرخطی دانکن و چانگ (۱۹۷۰).....

«فهرست اشکال»

فصل اول / کلیات

- شکل ۱-۱- نمونه ای از شالوده های نواری متداخل ۲
- شکل ۱-۲- نمونه ای از شالوده های دایره ای متداخل ۳

فصل دوم / تاریخچه موضوع

- شکل ۱-۲- روشهای مش بندی محیط خاک و پی (فریدمن و برد، ۱۹۹۷)..... ۱۳
- شکل ۲-۲- میدان بردار تغییر مکان در شرایط مختلف قانون جریان (بین و همکاران، ۲۰۰۱)..... ۱۵
- شکل ۳-۲- تغییرات مکانیزم گسیختگی با زاویه اتساع (بین و همکاران ۲۰۰۱)..... ۱۶
- شکل ۴-۲- مشخصات المانهای به کار رفته در مقاله جرون و دی بورست (۱۹۹۷)..... ۱۷
- شکل ۵-۲- مکانیزم گسیختگی شالوده مربعی (گلدن ۱۹۴۱)..... ۱۹
- شکل ۶-۲- منحنی همتراز توزیع بردار سرعت در خاک برای پی مربعی (میچالوسکی و داوسون، ۲۰۰۲)..... ۲۱
- شکل ۷-۲- مدل ساخته شده جهت تحلیل عددی مطالعات لی و سالگادو (۲۰۰۵)..... ۲۲
- شکل ۸-۲- محیط تحلیل شده در مطالعات گورونک و همکاران (۲۰۰۶)..... ۲۳
- شکل ۹-۲- مکانیزم گسیختگی پی با کف زبر (گورونک و همکاران، ۲۰۰۶)..... ۲۴
- شکل ۱۰-۲- چگونگی گسترش مکانیزم گسیختگی پی با کف زبر در سطح خاک (گورونک و همکاران، ۲۰۰۶)..... ۲۵
- شکل ۱۱-۲- نمودار بار-نشست برای پی نواری بر خاک غیرمسلح و مسلح (دس و همکاران، ۱۹۹۴)..... ۲۸
- شکل ۱۲-۲- تغییرات نسبت ظرفیت باربری خاک مسلح نسبت به هندسه قرارگیری مسلح کننده برای پی نواری (عمر و همکاران، ۱۹۹۳)..... ۲۸
- شکل ۱۳-۲- نحوه تغییرات مکانیزم گسیختگی دو شالوده نواری زبر (استوارت، ۱۹۶۲)..... ۳۱
- شکل ۱۴-۲- تغییرات ضریب ظرفیت باربری تداخل γ در فواصل مختلف (استوارت، ۱۹۶۲)..... ۳۲
- شکل ۱۵-۲- تغییرات ضریب ظرفیت باربری تداخل q در فواصل مختلف (استوارت، ۱۹۶۲)..... ۳۲
- شکل ۱۶-۲- مکانیزم گسیختگی ارائه شده برای پی نواری متداخل توسط هانا (۱۹۶۲)..... ۳۴
- شکل ۱۷-۲- نحوه وقوع نشست در شالوده های نواری متداخل (کومار و ساران، ۲۰۰۳-الف)..... ۳۵
- شکل ۱۸-۲- نمودار بار-نشست برای پی نواری متداخل بروشهای نظری و آزمایشگاهی (کومار و ساران، ۲۰۰۳-الف)..... ۳۵
- شکل ۱۹-۲- نمودار بار-دوران برای پی نواری متداخل بروشهای نظری و آزمایشگاهی (کومار و ساران، ۲۰۰۳-الف)..... ۳۶
- شکل ۲۰-۲- مکانیزمهای گسیختگی پیشنهادی توسط کومار و قوش (۲۰۰۷) برای شالوده های متداخل نواری..... ۳۶
- شکل ۲۱-۲- تغییرات ضریب تداخل $N\gamma$ برای شالوده های متداخل نواری حاصل از مطالعات کومار و قوش (۲۰۰۷)..... ۳۷
- شکل ۲۲-۲- تغییرات مکانیزم گسیختگی برای شالوده های متداخل نواری با کف زبر و صاف حاصل از مطالعات مبروکی و همکاران (۲۰۱۰)، ($\phi=35^\circ$, $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$, $q=16 \text{ kPa}$)..... ۳۸
- شکل ۲۳-۲- پارامترهای هندسی محیط شالوده متداخل و خاک مسلح در تحقیق کومار و ساران (۲۰۰۳-ب)..... ۳۹
- شکل ۲۴-۲- تغییرات فاکتور تداخل نسبت به فاصله میان دو پی (کومار و ساران، ۲۰۰۳ ب)..... ۴۰

فصل سوم / مطالعات آزمایشگاهی

- شکل ۱-۳- پارامترهای هندسی در آزمایش شالوده های مربعی دایره ای متداخل مستقر بر خاک مسلح..... ۴۳
- شکل ۲-۳- نحوه تامین زبری مناسب در کف صفحات فلزی معرف پی..... ۴۴
- شکل ۳-۳- گوه های تعبیه شده بر روی صفحات معرف پی جهت قرائت دوران و نحوه تعامل آن با پایه های انتقال بار..... ۴۴
- شکل ۴-۳- روانکاری گوه های تراشیده شده بر روی صفحات فلزی جهت قرائت مقادیر دوران پی..... ۴۵
- شکل ۵-۳- شمای کلی تیر تکیه گاهی و جزئیات اتصال پایه های انتقال بار به آن..... ۴۶

- شکل ۳-۵- سیستم تامین فشار روغن جهت بارگذاری جک هیدرولیکی..... ۴۶
- شکل ۳-۶- شمای ظاهری قاب فلزی تامین نیروی عکس‌العملی ۴۷
- شکل ۳-۸- مخزن مورد استفاده در آزمایشها با دیواره‌های انعطاف پذیر ۴۸
- شکل ۳-۹- منحنی دانه‌بندی متوسط بر روی خاک مورد استفاده در آزمایشها ۴۹
- شکل ۳-۱۰- ابزار مورد استفاده جهت ایجاد تراکم در خاک درون مخزن با استفاده از ضربه و ارتعاش حاصل از آن ۵۰
- شکل ۳-۱۱- چگونگی اخذ نمونه دست‌نخورده جهت تعیین وزن مخصوص خاک در محل مخزن آزمایش ۵۱
- شکل ۳-۱۲- نتایج آزمایشگاهی حاصل از آزمایش سه محوری روی ماسه بکار رفته در پژوهش ۵۳
- شکل ۳-۱۳- نتایج آزمایشگاهی حاصل از آزمایش برش مستقیم بر روی ماسه بکار رفته در پژوهش ۵۴
- شکل ۳-۱۴- شمای ظاهری ژئوگرید مورد استفاده در آزمایشها ۵۶
- شکل ۳-۱۵- نحوه اتصال حسگرهای جایجایی سنج بر روی صفحات معرف شالوده‌ها ۵۷
- شکل ۳-۱۶- دستگاه ثبت داده‌های مربوط به قرائت‌های انجام شده در آزمایشها ۵۷
- شکل ۳-۱۷- نحوه تسطیح خاک، استقرار و تراز نمودن صفحات فلزی معرف پی در درون مخزن آزمایش ۵۸
- شکل ۳-۱۸- منحنی بار-نشست حاصل از کنترل تکرارپذیری آزمایشهای $Ci(single)-N0$ و $Sq(single)-N0$ ۶۰
- شکل ۳-۱۹- منحنی بار-نشست حاصل از آزمایش بر روی شالوده‌های مربعی متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح ۶۱
- شکل ۳-۲۰- تغییرات ضریب تداخل ظرفیت باربری I_f بدست آمده از آزمایشها در فواصل مختلف برای شالوده‌های مربعی متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح با استفاده از معیارهای گسیختگی متفاوت ۶۴
- شکل ۳-۲۱- منحنی تغییرات ضریب تداخل نشست I_δ بدست آمده از آزمایشها در فواصل مختلف برای شالوده مربعی متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح ۶۵
- شکل ۳-۲۲- نحوه قرارگیری لایه مسلح کننده ژئوگریدی در خاک زیر شالوده‌های مربعی متداخل ۶۶
- شکل ۳-۲۳- منحنی بار-نشست حاصل از آزمایش بر روی شالوده مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح شده با لایه ژئوگرید ۶۷
- شکل ۳-۲۴- تغییرات ضریب تداخل ظرفیت باربری I_f بدست آمده از آزمایشها در فواصل مختلف برای شالوده‌های مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح شده توسط لایه ژئوگرید با استفاده از معیارهای گسیختگی متفاوت ۶۸
- شکل ۳-۲۵- منحنی تغییرات ضریب تداخل نشست I_δ بدست آمده از آزمایشها در فواصل مختلف برای شالوده مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح شده توسط لایه ژئوگرید ۶۹
- شکل ۳-۲۶- منحنی تغییرات نسبت نشست تسلیح یافته RSR برای شالوده‌های مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح شده توسط لایه ژئوگرید ۷۰
- شکل ۳-۲۷- تغییرات زاویه و جهت دوران شالوده‌های متداخل مربعی در فواصل مختلف برای خاک مسلح و غیر مسلح ۷۱
- شکل ۳-۲۸- منحنی بار-نشست حاصل از آزمایش بر روی شالوده‌های دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح ۷۳
- شکل ۳-۲۹- تغییرات ضریب تداخل ظرفیت باربری I_f بدست آمده از آزمایشها در فواصل مختلف برای شالوده‌های دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح با استفاده از معیارهای گسیختگی متفاوت ۷۴
- شکل ۳-۳۰- منحنی تغییرات ضریب تداخل نشست I_δ بدست آمده از آزمایشها در فواصل مختلف برای شالوده دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح ۷۵
- شکل ۳-۳۱- نحوه قرارگیری لایه مسلح کننده ژئوگریدی در خاک زیر پی متداخل دایره‌ای ۷۶
- شکل ۳-۳۲- منحنی بار-نشست حاصل از آزمایش بر روی شالوده‌های دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک مسلح شده توسط لایه ژئوگرید ۷۷
- شکل ۳-۳۳- تغییرات ضریب تداخل ظرفیت باربری I_f بدست آمده از آزمایشها در فواصل مختلف برای شالوده‌های دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک مسلح شده توسط لایه ژئوگرید با استفاده از معیارهای گسیختگی متفاوت ۷۸
- شکل ۳-۳۴- منحنی تغییرات ضریب تداخل نشست I_δ بدست آمده از آزمایشها در فواصل مختلف برای شالوده دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک مسلح شده توسط لایه ژئوگرید ۷۹

- شکل ۳-۳۵- منحنی تغییرات نسبت نشست تسلیح یافته RSR بدست آمده از آزمایشها برای شالوده‌های دایره‌ای متداخل
 مستقر بر خاک مسلح شده توسط ۱ لایه ژئوگرید..... ۸۰
- شکل ۳-۳۶- تغییرات زاویه و جهت دوران شالوده‌های متداخل دایره‌ای در فواصل مختلف برای خاک مسلح و غیر مسلح..... ۸۱

فصل چهارم / مدل تحلیلی ظرفیت باربری برای پی‌های نواری متداخل

- شکل ۴-۱- سطوح گسیختگی نهایی در تئوری ترزاقی (۱۹۴۳) برای پی نواری صلب با کف زبر..... ۸۴
- شکل ۴-۲- مکانیزم گسیختگی شالوده منفرد نواری (میرهوف، ۱۹۶۳)..... ۸۶
- شکل ۴-۳- تغییرات گوه‌های گسیختگی نسبت به فاصله میان دو شالوده نواری متداخل در مکانیزم گسیختگی پیشنهادی..... ۸۷
- شکل ۴-۴- زوایای نواحی گسیختگی در مکانیزم پیشنهادی..... ۸۸
- شکل ۴-۵- مکانیزم گسیختگی در شرایط شروع تداخل..... ۸۹
- شکل ۴-۶- توزیع تنشها و نیروهای وارد بر شالوده، گوه گسیختگی محرک، مقاوم و ناحیه انتقالی در مکانیزم پیشنهادی..... ۹۱
- شکل ۴-۷- نحوه تغییرات ضریب تداخل ناشی از سربار نسبت به فاصله مرکز به مرکز دو شالوده نواری مجاور (در شرایط حضور سربار در میان و طرفین دو شالوده)..... ۹۴
- شکل ۴-۸- نحوه تغییرات ضریب تداخل ناشی از سربار نسبت به فاصله مرکز به مرکز دو شالوده نواری مجاور (در شرایط عدم حضور سربار در فضای میان دو شالوده)..... ۹۵
- شکل ۴-۹- توزیع تنش و نیروها در مکانیزم پیشنهادی جهت محاسبه ظرفیت باربری ناشی از وزن شالوده نواری مجاور..... ۹۷
- شکل ۴-۱۰- روابط هندسی حاکم بر مکانیزم گسیختگی در شرایط عدم انطباق مرکز ناحیه اسپیرال لگاریتمی بر گوشه پی..... ۹۸
- شکل ۴-۱۱- نحوه تغییرات ضریب تداخل ناشی از وزن توده خاک نسبت به فاصله مرکز به مرکز دو شالوده نواری مجاور..... ۱۰۲
- شکل ۴-۱۲- مقایسه نتایج مطالعات تحلیلی استوارت (۱۹۶۲) و مکانیزم پیشنهادی در تعیین ضریب تداخل ظرفیت باربری ناشی از سربار..... ۱۰۴
- شکل ۴-۱۳- مقایسه نتایج تحقیقات آزمایشگاهی داس و لاریچریف (۱۹۸۳) و مکانیزم پیشنهادی در تعیین ضریب تداخل ظرفیت باربری ناشی از سربار ($\phi=38^\circ$)..... ۱۰۵
- شکل ۴-۱۴- مقایسه نتایج تحقیقات مختلف در تعیین ضریب تداخل ظرفیت باربری ناشی از وزن توده خاک ($\phi=35^\circ$)..... ۱۰۶
- شکل ۴-۱۵- مقایسه نتایج تحقیقات مختلف در تعیین ضریب تداخل ظرفیت باربری ناشی از وزن توده خاک ($\phi=40^\circ$)..... ۱۰۷
- شکل ۴-۱۶- مقایسه ضریب تداخل ظرفیت باربری ناشی از وزن توده خاک حاصل از تحقیقات آزمایشگاهی کومار و ساران (۲۰۰۳) و روش تحلیلی پیشنهادی ($\phi=37^\circ$)..... ۱۰۷
- شکل ۴-۱۷- مقایسه ضریب تداخل ظرفیت باربری ناشی از وزن توده خاک حاصل از تحقیقات آزمایشگاهی داس و لاریچریف (۱۹۸۳) و روش تحلیلی پیشنهادی ($\phi=38^\circ$)..... ۱۰۸
- شکل ۴-۱۸- منحنی تغییرات ضریب تداخل ناشی از سربار نسبت به زاویه اصطکاک خاک در فواصل مختلف..... ۱۰۹
- شکل ۴-۱۹- منحنی تغییرات ضریب تداخل ناشی از وزن خاک نسبت به زاویه اصطکاک خاک در فواصل مختلف..... ۱۰۹
- شکل ۴-۲۰- مقایسه منحنی ضرایب تداخل حاصل از محاسبه مستقیم از روش تحلیلی پیشنهادی با روابط ریاضی ارائه شده..... ۱۱۰

فصل پنجم / بررسی مدل‌های رفتاری

- شکل ۵-۱- معیار گسیختگی موهر کولمب در برنامه عددی $FLAC^{3D}$ ۱۱۵
- شکل ۵-۲- تغییرات تنش برشی نسبت به کرنش برشی در مراحل مختلف بارگذاری..... ۱۱۶
- شکل ۵-۳- نحوه تغییرات نسبت G/G_{max} در مقابل کرنش برشی..... ۱۱۸
- شکل ۵-۴- محدوده مقادیر مدول برشی حاصل از آزمایشهای متداول (ماین و اشنايدر، ۲۰۰۱)..... ۱۱۸
- شکل ۵-۵- معرفی پارامترهای بکار رفته در مدل رفتاری پورزین و بورلند (۹۸-۱۹۹۶)..... ۱۲۲
- شکل ۵-۶- معرفی محدوده‌های الاستیک خطی و غیر خطی و تعریف کرنش آستانه..... ۱۲۳
- شکل ۵-۷- تعابیر فیزیکی پارامترهای کرنش مرجع ϵ_r و کرنش نهایی ϵ_f ۱۲۴

- شکل ۵-۸- تغییرات ضرایب مورد استفاده در مدل رفتاری پورزین و بورلند (۹۸-۱۹۹۶)..... ۱۲۴
- شکل ۵-۹- چگونگی تغییرات میزان غیر خطی بودن ارتباط تنش- کرنش نسبت به xL ۱۲۵
- شکل ۵-۱۰- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و تحلیل عددی آزمایش سه محوری روی ماسه مورد استفاده در این پژوهش..... ۱۲۸
- شکل ۵-۱۱- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و تحلیل عددی غیر خطی برای آزمایش سه محوری ماسه بکار رفته در این پژوهش..... ۱۳۰
- شکل ۵-۱۲- تغییرات شماتیک پارامترهای مقاومتی خاک در ترازهای مختلف کرنش حجمی پلاستیک..... ۱۳۲
- شکل ۵-۱۳- نحوه معادلسازی تغییرات پارامترهای مقاومتی خاک در ترازهای مختلف کرنش برشی پلاستیک..... ۱۳۳
- شکل ۵-۱۴- تغییرات در نظر گرفته شده برای زاویه اصطکاک خاک ماسه‌ای سست و متراکم نسبت به کرنش حجمی خمیری..... ۱۳۵
- شکل ۵-۱۵- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی آزمایش سه محوری CD روی ماسه سست و متراکم ($\sigma_3=40 \text{ KN/m}^2$)..... ۱۳۵
- شکل ۵-۱۶- عملکرد مکانیکی المان حدواسط میان خاک و ژئوگرید..... ۱۳۷
- شکل ۵-۱۷- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی تست بیرون کشیدگی ژئوگرید از خاک غیر چسبنده..... ۱۴۰
- شکل ۵-۱۸- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی پارامترهای مقاومتی حدواسط خاک-ژئوگرید حاصل از تست بیرون کشیدگی ژئوگرید از خاک غیر چسبنده..... ۱۴۱
- شکل ۵-۱۹- کانتور تنش برشی، جابجایی و موقعیت گره‌های تسلیمی حاصل از تحلیل عددی آزمایش بیرون کشش ژئوگرید..... ۱۴۲
- شکل ۵-۲۰- خطوط همتراز نرخ کرنش برشی در خاک تحت اثر آزمایش بیرون کشش ژئوگرید حاصل از تحلیل عددی..... ۱۴۲
- شکل ۵-۲۱- شمای کلی نحوه مش بندی شالوده‌های متداخل با اشکال مختلف در این پژوهش..... ۱۴۶
- شکل ۵-۲۲- مقایسه نتایج آزمایشگاهی عمر و همکاران (۱۹۹۳) و نتایج عددی حاضر برای پی‌های منفرد نواری و مربعی مستقر بر خاک مسلح و غیر مسلح..... ۱۵۰
- شکل ۵-۲۳- مقایسه نتایج آزمایشگاهی بوشهریان و هاتف (۲۰۰۳) و عددی حاضر برای پی‌های منفرد دایره‌ای و حلقه‌ای مستقر بر خاک مسلح و غیر مسلح..... ۱۵۱
- شکل ۵-۲۴- مقایسه نتایج آزمایشگاهی کومار و ساران (۲۰۰۳-ب) و عددی حاضر برای پی‌های نواری متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح ($\phi=37^\circ$)..... ۱۵۳
- شکل ۵-۲۵- مقایسه نتایج آزمایشگاهی داس و لاریجریف (۱۹۸۳) و عددی حاضر برای پی‌های نواری متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح ($\phi=38^\circ$)..... ۱۵۳
- شکل ۵-۲۶- مقایسه نتایج آزمایشگاهی کومار و ساران (۲۰۰۳-ب) و عددی حاضر برای پی‌های مربعی متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح $\phi=37^\circ$ ۱۵۴
- شکل ۵-۲۷- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی انجام شده در این رساله برای پی‌های مربعی و دایره‌ای منفرد مستقر بر خاک غیر مسلح..... ۱۵۵
- شکل ۵-۲۸- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی انجام شده در این رساله برای پی‌های مربعی متداخل بر خاک غیر مسلح..... ۱۵۶
- شکل ۵-۲۹- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی برای دایره‌ای متداخل مستقر بر خاک غیر مسلح..... ۱۵۶
- شکل ۵-۳۰- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی برای پی‌های مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح شده توسط لایه ژئوگرید (نتایج آزمایشگاهی برگرفته از تستهای انجام شده در این پژوهش)..... ۱۵۷
- شکل ۵-۳۱- مقایسه نتایج آزمایشگاهی و عددی برای دایره‌ای مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح شده با لایه ژئوگرید (نتایج آزمایشگاهی برگرفته از تستهای انجام شده در این پژوهش)..... ۱۵۷
- شکل ۵-۳۲- تغییرات مکانیزم گسیختگی برشی برای پی مربعی متداخل مستقر بر خاک مسلح ($A/B=1.5, N=1$)..... ۱۵۸

فصل ششم / بررسی ظرفیت باربری شالوده‌های متداخل

- شکل ۶-۱- پارامترهای هندسی در تحلیل شالوده‌های نواری متداخل مستقر بر خاک مسلح..... ۱۶۱
- شکل ۶-۲- تغییرات ضریب تداخل ظرفیت باربری نسبت به فاصله میان دو پی نواری متداخل بر خاک غیر مسلح ($N=0$)..... ۱۶۱
- شکل ۶-۳- تغییرات ضریب تداخل ظرفیت باربری شالوده‌های نواری برای خاک مسلح با ژئوگرید با عرض مختلف..... ۱۶۳
- شکل ۶-۴- تغییرات ضریب تداخل ظرفیت باربری شالوده‌های نواری برای اعماق مختلف قرارگیری اولین لایه ژئوگرید..... ۱۶۶