بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

فنی و مهندسی ، گروه مهندسی عمران

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد «M.Sc.»

گرایش: مهندسی عمران- مکانیک خاک و پی

عنوان :

تحلیل خاکریزهای GRPS مسلح شده توسط ژئوسینتتیک - شمع تحت بارهای انفجار

استاد راهنما :

دکتر مهدی سیاوش نیا

استاد مشاور:

دکتر نادر عباسی

پژوهشگر:

امیر نوری

شماره دانشجویی:

۸۹۰۶۶۴۷۸۰۰

زمستان ۱۳۹۱

تقدیم به:

پدر و مادر دلسوزم، بهترین دوستان زندگیم که همواره با

صبروشکیبایی راه پرپیچ و خم زندگی را

برایم هموار ساختند.

تشکر و قدردانی:

در ابتدا شایسته است که از زحمات بی دریغ و بی شائبه استاد گرانقدر جناب آقای دکتر سیاوش نیا که همواره از رهنمودهای مدبرانه و ارزشمند ایشان برخوردار بوده ام و توصیه های پر از مهرشان همیشه مشوقی برای اینجانب در امر تحصیل بوده است و همچنین از مشاوره های فنی جناب آقای دکتر عباسی که در طول مدت تدوین تحقیق حاضر با صبر و حوصله فراوان یاری گر اینجانب بوده اند کمال سپاسگزاری و قدردانی را دارم . درضمن وظیفه خود می دانم تا از حمایت های دلسوزانه پدر فرهیخته و مادر مهربانم به پاس تمامی زحماتی که در طول این سال ها متحمل شده اند مراتب سپاس و قدردانی خود را به جای آورم.

امیر نوری

۹۱/۱۱/۲۴

فهرست مطالب:

عنوان **صفحه**

پیشگفتار ۱

فصل اول– کلیات تحقیق

۱-۱ روشهای بهسازی ۲

۱-۲ خاک مسلح ۳

۱-۳ ضرورت انجام تحقیق ٤

۱-٤ اهداف پژوهش ٤

۱-۵ سوالات و فرضیه های تحقیق ۵

۱-٦ مدل تحقیق ۵

۱-۷ روش تحقیق ٦

۱-۸ ساختار پایان نامه ٦

فصل دوم– خاکریز های GRPS

۲-۱ مقدمه ۷

۲-۲ خاکریز قرار گرفته بر روی شمع ۷

۲-۲-۱ مصالح خاکریز ۹

۲-۳ تحلیل و انتقال بار خاکریز به شمع ۹

۲-۳-۱ قوس زدگی ۹

۲-۳-۲ مبانی انتقال بار خاکریز به شمع ۱۱

۲-۳-۳ مکانیزم انتقال بار خاکریز متکی به شمع ۱۳

۲-۳-٤ تحلیل خاکریز قرار گرفته بر روی شمع ۱٤

۲-۳-٤-۱ روش های مبتنی بر تعادل حجم خاک در حرکت ۱۵

۲-۳-٤-۲ روش های مبتنی بر انتقال بار در خاکریز ۱۵

۲-۳-٤-۳ روش های مبتنی بر تاثیر خاک در بالای شبکه ی شمع ها ۱۵

۲-۳-۵ روش های انتقال بار خاکریز به شمع ۱۵

۲-۳-۵-۱ روش ۱ ..... ۱۵

۲-۳-۵-۲ روش ۲ ..... ۱٦

۲-۳-۵-۳ روش ۳ ..... ۱۷

۲-۳-۵-٤ روش ٤ ..... ۱۷

۲-۳-۵-۵ روش ۵ ..... ۱۸

۲-۳-۵-٦ روش ٦ ..... ۱۹

۲-٤ روش های طراحی خاکریز قرار گرفته بر روی شمع ۲۰

۲-٤-۱ آیین نامه انگلیس ۲۰

۲-٤-۲ آیین نامه آلمان ۲۲

۲-٤-۳ بحث بر روی آیین نامه ها ۲۳

فهرست

۲-۵ بررسی پارامترهای موثر بر تحلیل خاکریز متکی به شمع ۲٤
۲-۵-۱ خاکریز روی شمع های اتکایی ۲۵
۲-۵-۱-۱ ارتفاع خاکریز ۲۵
۲-۵-۱-۲ فاصله شمع ها ۲۷
۲-۵-۱-۳ سختی شمع ها ۲۷
۲-۵-۱-٤ سختی ژئوسنتتیک ۲۸
۲-۵-۱-۵ پارامتر های خاک و مدل رفتاری خاک ۳۰
۲-۵-۲ خاکریز روی شمع های شناور ۳۱
۲-٦ بررسی پایداری خاکریزهای GRPS ۳۲
۲-٦-۱ بررسی پایداری خاکریزهای GRPS توسط آیین نامه انگلیس ۳۲
۲-٦-۱-۱ روش المان های مرزی اصلاح شده ۳٤
۲-٦-۱-۲ خاکریزهایی با خاک همگن ۳٤
۲-٦-۱-۳ خاکریز هایی با دو لایه خاک ۳۷
۲-٦-۱-٤ روش دایره اصطکاکی ۳۹
۲-٦-۲ نشست ٤۲
۲-٦-۲-۱ روش pwrc ٤٤
۲-٦-۲-۲ روش اگیزاکو ٤٦
۲-۷ نتیجه گیری ۵۰
۲-۷-۱ بحث بر نتایج تحلیل های تجربی ۵۰
۲-۷-۲ بحث بر نتایج تحلیل های عددی ۵۵

فصل سوم– انفجار

۳-۱ مقدمه ۵۷
۳-۲ انواع انفجار ۵۷
۳-۲-۱ انفجارات فیزیکی ۵۷
۳-۲-۲ انفجارات هسته ای ۵۸
۳-۲-۳ انفجارات شیمیایی ۵۹
۳-۳ روش های برآورد انفجار ٦۲
۳-٤ انفجار در هوا ٦٦
۳-٤-۱ بیش فشار موج انفجار ٦۸
۳-٤-۱-۱ معادلات محاسبه بیش فشار ۷۱
۳-٤-۱-۲ تکانه ویژه موج ۷۸
۳-٤-۱-۳ مدت زمان فاز مثبت ۷۹
۳-٤-۱-٤ دیگر پارامترهای جبهه موج انفجار ۸۱
۳-٤-۲ قوانین مقیاس کردن موج انفجار ۸۵
۳-۵ انفجارات سطحی ۸۷

فهرست

۳-٦ اندرکنش امواج انفجار ۸۹
۳-٦-۱ انعکاس منظم و ماخ ۹۲
۳-۷ انفجار در عمق ۹٦
۳-۸ پارامتر های شوک زمینی ۱۰۱
۳-۸-۱ روابط تجربی محاسبه پارامترهای شوک زمینی ۱۰۱
۳-۸-۲ روش وستاین برای محاسبه پارامتر های شوک زمینی ۱۰٤
۳-۹ بارگذاری شوک زمینی ۱۰۷

فصل چهارم- پیشینه تحقیق

٤-۱ مقدمه ۱۱۱
٤-۲ رفتار خاکریزها و دیوار های مسلح شده ۱۱۱
٤-۳ رفتار خاکریز مسلح شده ناشی از بارگذاری دینامیکی و انفجار ۱۲۰
٤-۳-۱ تاثیر فرکانس ارتعاش بر رفتار دیوار حائل خاک مسلح Lee و Richardson ۱۳۳

فصل پنجم- معرفی نرم افزار

٥-۱ آشنایی با نرم افزار ABAQUS ۱٤۲
٥-۲ تاریخچه ۱٤۳
٥-۳ بخش های ABAQUS ۱٤٤
٥-٤ مبانی نرم افزار ABAQUS ۱٤٥
٥-٤-۱ پیش پردازش (ABAQUS/CAE) ۱٤٥
٥-٤-۲ پردازش ۱٤٥
٥-٤-۳ پس پردازش ۱٤٦

فصل ششم- بررسی صحت سنجی

٦-۱ مقدمه ۱٤۷
٦-۲ معرفی مدلها ۱٤۷

فصل هفتم- مشخصات مصالح و نحوه مدلسازی

۷-۱ مقدمه ۱٥٤
۷-۲ مراحل مدلسازی در برنامه ABAQUS ۱٥٤
۷-۲-۱ رسم هندسه مدل ۱٥٤
۷-۲-۲ مشخصات مصالح ۱٥۷
۷-۳ عنصر تسلیح ۱٦۰
۷-٤ شرایط مرزی هندسی اولیه ۱٦۰
۷-٥ شرایط مرزی هندسی در حالت انفجار ۱٦۱
۷-٦ معرفی المان های شبکه ی اجزای محدود ۱٦۲
۷-٦-۱ نوع مدل ۱٦٤
۷-٦-۲ معرفی انواع مدل های رفتاری در نرم افزار ABAQUS ۱٦٥

فصل هشتم- تحلیل مدل ها در حالت انفجار

۸-۱ مقدمه ۱٦۹

فهرست

۸-۲ بار انفجار در آیین نامه UFC ۱۶۹
۸-۲-۱ گام های محاسباتی ۱۷۲
۸-۳ نتایج تحلیل ها تحت بار انفجار ۱۷۲
۸-۳-۱ اثر پارامترهای موثر در عملکرد خاکریزهای GRPS ۱۷۲
۸-۳-۲ اثر بار انفجار بر خاکریز ۱۷۲
۸-۳-۳ اثر فاصله شعاعی TNT از شیروانی خاکریز ۱۹۲
۸-۳-٤ اثر وزن TNT به ازای فاصله شعاعی R=۳m از شیروانی خاکریز ۱۹۹
۸-۳-۵ اثر فاصله قرار گیری مسلح کنندها به ازای R=۳m , TNT= ۳۰۰kg ۲۰۷
۸-۳-٦ اثر فاصله قرار گیری شمع ها به ازای R=۳m , TNT= ۳۰۰kg ۲۱۱

فصل نهم – جمع بندی و نتیجه گیری

۹-۱ جمع بندی،نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آتی ۲۱۷
۹-۲ اثر فاصله انفجار ۲۱۷
۹-۳ اثر وزن مواد منفجره ۲۱۸
۹-٤ اثر افزایش فواصل قرار گیری مسلح کنندها ۲۱۹
۹-۵ اثر افزایش فواصل قرار گیری شمع ها ۲۲۰
۹-٦ نتیجه گیری ۲۲۰
۹-۷ ارائه پیشنهادات ۲۲۱
منابع و مأخذ ۲۲۲

فهرست شکل ها:

عنوان **صفحه**

فصل دوم– خاکریز های GRPS

شکل ۲-۱ ، خاکریز قرار گرفته بر روی شمع..... ۸
شکل ۲-۲ ، مکانیزم انتقال سربار به شمع بوسیله قوس زدگی..... ۹
شکل ۲-۳ ، مکانیزم عملکرد خاکریز مسلح شده به شمع و ژئوسنتتیک..... ۱۱
شکل ۲- ۴ ، عملکرد غشایی لایه ژئوسنتتیک بر روی شمع..... ۱۲
شکل ۲-۵ ، چگونگی انتقال بار خاکریز به شمع..... ۱۳
شکل ۲-۶ ، هندسه مورد مطالعه روش ۱..... ۱۶
شکل ۲- ۷ ، هندسه مورد مطالعه در روش ۲..... ۱۶
شکل ۲- ۸ ، هندسه مورد مطالعه روش ۳..... ۱۷
شکل ۲- ۹ ، هندسه مورد مطالعه روش ۴..... ۱۸
شکل ۲- ۱۰ ، هندسه مورد مطالعه روش ۵..... ۱۸
شکل ۲-۱۱ ، مدل تحلیلی ، قوس نیمه استوانه‌ای ماسه‌ای..... ۱۹
شکل ۲-۱۲ ، چگونگی پخش بار بر طبق آیین نامه انگلستان..... ۲۱
شکل ۲-۱۳ ، انتقال بار خطی روی مسلح کننده به بارهای خطی روی نوارهای مسلح کننده..... ۲۱
شکل ۲-۱۴ ، تاثیر ارتفاع خاکریز بر نسبت تمرکز تنش..... ۲۵
شکل ۲-۱۵ ، تاثیر زاویه اصطکاک خاک بر کارآیی..... ۳۱
شکل ۲-۱۶ :متغیر های مورد نیاز برای تحلیل پایداری خاکریز های GRPS..... ۳۳
شکل ۲-۱۷:اثرموقعیت شمع ها برروی خاکریزهایی با خاک یکنواخت..... ۳۵
شکل ۲-۱۸:اثر قطر شمع ها بر روی خاکریزهایی با خاک یکنواخت..... ۳۵
شکل ۲-۱۹ : اثر فاصله شمع ها برروی خاکریزهایی با خاک یکنواخت..... ۳۶
شکل ۲-۲۰ :اثر فشار محدودکنندگی شمع ها و خاک بر روی خاکریزهایی با خاک یکنواخت..... ۳۶
شکل ۲-۲۱ :اثر موقعیت شمع ها در خاکریز های دو لایه..... ۳۷
شکل ۲-۲۲ :اثر قطر شمع ها در خاکریز های دو لایه..... ۳۸
شکل ۲-۲۳: اثرفاصله شمع ها در خاکریز های دو لایه..... ۳۸
شکل ۲-۲۴ :اثر ضرایب فشار محدود کنندگی خاک و شمع ها در خاکریز های دو لایه..... ۳۹
شکل ۲-۲۵: نیروهای اعمالی بر شیب بدون حضور شمع ها..... ۴۱
شکل ۲-۲۶: نیروهای اعمالی بر شیب با حضور شمع ها..... ۴۲
شکل ۲-۲۷: نشست ها و نشست های تفاضلی خاکریز پایدار شده توسط ستون های خاک اصلاح شده ۴۴
شکل ۲-۲۸ : تغییرات ضریب موثر سختی کششی ژئوسینتتیکها باتوجه به فاصله مرکز تا مرکز ستونها ۴۶
شکل ۲-۲۹ : ضریب C_1 در مقابل نسبت اصلاحی، a_s..... ۴۹
شکل ۲-۳۰ :ضریب C_2 در مقابل نسبت اصلاحی، a_s..... ۴۹
شکل ۲-۳۱، مقایسه نیرو در ژئوسنتتیک بدست آمده از روش‌های مختلف..... ۵۳

فهرست شکل ها:

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۳۲، نسبت کاهش تنش به فاصله شمع‌ها..... ۵۳
شکل ۲-۳۳، نیرو در ژئوسنتتیک به زاویه اصطکاک داخلی..... ۵٤
شکل ۲-۳۴، حداکثر نشست شمع نسبت به مدول الاستیسیته خاک..... ۵٤
شکل ۲-۳۵، حداکثر نشست شمع نسبت به ارتفاع خاکریز..... ۵۵

فصل سوم–انفجار

شکل ۳-۱ نمونه ای از یک موج انفجار و پارامترهای مهم آن..... ٦۹
شکل ۳-۲ نمودار بیش فشار- زمان ساده شده..... ۷۰
شکل ۳-۳ منحنی های موج انفجار: برابری ضربه ای، محافظه‌کارانه، واقعی..... ۷۱
شکل ۳-۴ مقایسه‌ی روابط مختلف محاسبه‌ی بیش فشار..... ۷۳
شکل ۳-۵ مقایسه معادلات محاسبه‌ی بیش فشار بانمودار داده های آزمایشگاهی ارائه شده..... ۷۵
شکل ۳-۶ نمودار حداکثر بیش فشار ارائه شده در TM۵-۱۳۰۰,۱۹۹۰ بر اساس CONWEP.. ۷٦
شکل ۳-۷ مقایسه معادلات محاسبه بیش فشار با نمودار CONWEP..... ۷۷
شکل ۳-۸ مقدار تکانه بر حسب فاصله مقیاس شده (مقایسه رابطه Kinney با TM۵-۱۳vo)..... ۷۹
شکل ۳-۹ مقایسه رابطه (۳-۸) با منحنی TM۵-۱۳۰۰ برای محاسبه T_s..... ۸۰
شکل ۳-۱۰ مقایسه رابطه Kinney برای محاسبه T_s با نمودار TM۵-۱۳۰۰..... ۸۱
شکل ۳-۱۱ نمودار زمان- فشار موج انفجار..... ۸۳
شکل ۳-۱۲پارامترهای موج انفجار برای خرج های کروی..... ۸٤
شکل ۳-۱۳ پارامترهای موج انفجار ناشی از خرج کرویTNT..... ۸۵
شکل ۳-۱۴ پارامترهای ویژه انفجار سطحی نیم کروی ناشی ازیک کیلوگرم TNT ۸۹
شکل ۳-۱۵ پارامترهای موج انفجار در مقابل فاصله مقیاس شده در خرج های TNT کروی..... ۹۱
شکل ۳-۱۶ بازتاب منظم..... ۹۲
شکل ۳-۱۷ ضریب انعکاس در مقابل زاویه برخورد برای مقادیر مختلف بیش فشار برخورد..... ۹٤
شکل ۳-۱۸ ضریب انعکاس در مقابل زاویه برخورد برای مقادیر مختلف بیش فشار برخورد (محدوده فشار بالا) ۹٤
شکل ۳-۱۹تغییرات ستون ماخ نسبت به فاصله از مرکز انفجار..... ۹٦
شکل ۳-۲۰ انواع امواج شوک زمینی..... ۹۸
شکل ۳-۲۱ حرکت ذرات خاک در امواج P، S و R..... ۹۹
شکل ۳-۲۲ دلایل تضعیف موج انفجار..... ۱۰۰
شکل ۳-۲۴ تغییرات ضریب جفت‌شدگی بر حسب عمق مقیاس شده انفجار..... ۱۰۳
شکل ۳-۲۵ انرژی موثر معادل (Ea) ۱۰۵
شکل ۳-۲۶مقادیر حداکثر جابجایی ذره ای..... ۱۰٦
شکل ۳-۲۷ مقادیر حداکثر سرعت ذره ای..... ۱۰۷
شکل ۳-۲۸ طول مسیرهای انتشار برای رهایی بیش‌فشار..... ۱۰۸

فهرست شکل ها:

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۲۹ فشارگذاری اعمال شده به نقطه P ۱۰۹
شکل ۳-۳۰ نمودار ساده شده بارگذاری بر جزء سازه ای ۱۰۹

فصل چهارم– پیشینه تحقیق

شکل ۴-۱ مقطع عرضی انواع دیوارها ۱۱۳
شکل ۴-۲ نتایج آزمایش ، زمانی که روی منطقه مسلح شده بارگذاری شده است ۱۱٤
شکل ۴-۳ نتایج آزمایش ، زمانی که پشت منطقه مسلح شده بارگذاری شده است ۱۱۵
شکل ۴-۴ انواع مختلف پوسته به همراه عملکرد آنها ۱۱۸
شکل ۴-۵ اجزای مختلف نمونه های دیوار ۱۱۹
شکل ۴-۶ خاکریز GRPS راه آهن هامبورگ برلین ۱۲۱
شکل ۴-۷تغییرات جابه جایی بیرون کشیدگی-نیرو بیرون کشیدگی ۱۲۲
شکل ۴-۸ دیوار آزمایشی خاک مسلح دانشگاه UCLA ۱۲٤
شکل۴-۹ فشارها و فرکانس های طبیعی اول و دوم برای دیوار های با ارتفاع متفاوت ۱۲۵
شکل۴-۱۰تغییرات حداکثر دامنه دینامیکی کرنش برشی-فرکانس طبیعی در مدل اول ۱۲٦
شکل۴-۱۱تغییرات حداکثر دامنه دینامیکی کرنش برشی- نسبت میرایی ۱۲٦
شکل۴-۱۲ نگاشت آزمایش شکست مسلح کننده ها ۱۲۹
شکل ۴-۱۳ مکانیزم گسیختگی: (a) شکست مسلح کننه ها، (b) بیرون کشی مسلح کننده ها ۱۳۲
شکل۴-۱۴پوش حداکثر فشار لرزه ای خاک ۱۳۳
شکل ۴-۱۵ بازتاب دیوار خاک مسلح در حالت تشدید ۱۳۵
شکل ۴-۱۶: ضرایب فشار لرزه ای شبه استاتیکی خاک ۱۳٦
شکل ۴-۱۷ دیوار حائل مسلح شده تحت اثر بار انفجار ۱۳۷
شکل ۴-۱۸ نقاط مشخص شده در دیوار حائل ۱۳۸
شکل۴-۱۹ شتاب و فشار بدست آمده بعد از وقوع انفجار ۱۳۹
شکل۴-۲۰ وضعیت دیوار حائل بعد از وقوع انفجار ۱٤۰
شکل ۴-۲۱ دیوار حائل با پوسته بتنی ۱٤۱

فصل ششم– بررسی صحت سنجی

شکل۶-۲ مدل ساندویچی ۱۵۲
شکل ۶-۳ تغییر شکل بوجود آمده تحت TNT ۱kg ۱۵۲

فصل هفتم– مشخصات مصالح و نحوه مدلسازی

شکل ۷-۱ نمای کلی از هندسه سه بعدی مدل ۱۵۵
شکل ۷-۲ ابعاد هندسه مدل ۱۵٦
شکل ۷-۳ مدلسازی شمع ۱۵۸
شکل ۷-۴ شرایط مرزی هندسی در مدل ۱٦۱

فهرست شکل ها:

عنوان **صفحه**

شکل۷-۵ شرایط مرزی استاندارد در حالت دینامیکی..... ۱۶۲

شکل۷-۶ نمایی از المان های موجود در نرم افزار آباکوس..... ۱۶۳

شکل ۷-۷ نمایی از تنش های نرمال وبرشی در نرم افزار آباکوس..... ۱۶۶

شکل ۷-۶ مدل مش بندی شده ۱۶۸

فصل هشتم– تحلیل مدل ها در حالت انفجار

شکل ۸-۱ نحوه انتشار موج..... ۱۷۰

شکل ۸-۲ فشار میدان آزاد- تغییرات زمان..... ۱۷۰

شکل ۸-۳ معرفی نقاط در مدل برای ارزیابی..... ۱۷۳

شکل ۸-۴ تغییر مکان قائم خاکریز در زمان ۰.۰۲ ثانیه پس از انفجار..... ۱۷۵

شکل۸-۵ تغییر مکان قائم خاکریز در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار..... ۱۷۵

شکل ۸-۶ تغییر مکان افقی خاکریز در زمان ۰.۰۲ ثانیه پس از انفجار..... ۱۷۶

شکل ۸-۷تغییر مکان افقی خاکریز در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار..... ۱۷۶

شکل ۸-۸ تنش قائم در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار..... ۱۷۸

شکل۸-۹ تغییرات کرنش پلاستیک در ۰.۰۱ ثانیه پس از انفجار..... ۱۷۹

شکل۸-۱۰تغییرات کرنش پلاستیک در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار..... ۱۷۹

شکل۸-۱۱تغییر مکان افقی خاکریز در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار GVS =۴۰cm..... ۲۰۸

شکل ۸-۱۲تغییر مکان افقی خاکریز در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار GVS =۵۰cm..... ۲۰۸

شکل۸-۱۳ تغییر مکان قائم خاکریز در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار GVS =۴۰cm..... ۲۰۹

شکل۸-۱۴ تغییر مکان قائم خاکریز در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار GVS =۵۰cm..... ۲۰۹

شکل۸-۱۵ تغییر مکان قائم خاکریز در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار-۵ شمع در بستر..... ۲۱۲

شکل۸-۱۶ تغییر مکان قائم خاکریز در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار-۳ شمع در بستر..... ۲۱۲

شکل۸-۱۷تغییر مکان افقی خاکریز در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار-۵ شمع در بستر..... ۲۱۳

شکل۸-۱۸ تغییر مکان افقی خاکریز در زمان ۰.۱ ثانیه پس از انفجار -۳ شمع در بستر..... ۲۱۳

فهرست جدول ها:

عنوان **صفحه**

فصل سوم– انفجار

جدول ۳-۱انرژی ویژه و TNT معادل مواد انفجاری ٦٤

جدول۳-۲ انرژی ویژه و TNT معادل چند ماده منفجره متعارف..... ٦٥

جدول۳-۳ ضرایب ضربه و فشار معادل برای مواد منفجره..... ٦٦

جدول ۳-۴ پارامتر شکل موج..... ۷۰

جدول۳-۵ مقادیر حاصل از روابط مختلف محاسبه بیش فشار ۷٤

جدول۳-۶ ضرایب تضعیف (n) چند نمونه خاک..... ۱۰۳

جدول۳-۷ ضرایب K ۱۱۰

فصل چهارم– پیشینه تحقیق

جدول ۴-۱ : مشخصات انواع پوسته ها..... ۱۱۳

فصل ششم– بررسی صحت مدلسازی

جدول۶-۱ مشخصات مصالح..... ۱٤۹

جدول۶-۲ انحنا در مرکز که توسط نتایج تجربی گزارش شده است..... ۱٥۰

جدول۶-۳ انحنا در مرکز که توسط **ABAQUS/Explicit** گزارش شده است..... ۱٥۰

جدول۶-۴ انحنا در مرکز سازه ساندویچی مدلسازی شده..... ۱٥۳

فصل هفتم– مشخصات مصالح و نحوه مدلسازی

جدول۷-۱پارامترهای خاک بستر و خاکریز و سنگ بستر..... ۱٥۷

جدول۷-۲ مشخصات شمع ۱٥۸

فصل هشتم– تحلیل مدل ها در حالت انفجار

جدول۸-۱حداکثر دامنه شتاب استخراج شده از نمودارهای ۸-۲، ۸-۳، ۸-۴..... ۱۸۲

جدول۸-۲ حداکثر دامنه تغییر مکان افقی استخراج شده از نمودارها..... ۱۸۷

جدول۸-۳ حداکثر دامنه تنش قائم و زمان وقوع..... ۱۸۹

جدول۸-۴ حداکثر تغییر مکان قائم نمودارها..... ۱۹٤

جدول۸-۵ زمان وقوع حداکثر دامنه تنش قائم در نقاط سر شمع ها..... ۱۹۷

جدول۸-۶دامنه حداکثر شتاب قائم در نقطه B ۱۹۹

جدول۸-۷ حداکثر دامنه تغییر مکان قائم نمودارها..... ۲۰۱

جدول۸-۸ حداکثر دامنه تنش موثر قائم در نقاط سر شمع ها..... ۲۰٤

جدول۸-۹ نیروهای بدست از مقادیر مختلف وزن TNTدر فاصله R=۳ از آیین نامه UFC..... ۲۰٤

جدول۸-۱۰دامنه حداکثر شتاب قائم در نقطه B ۲۰٦

فهرست جدول ها:

عنوان **صفحه**

جدول۸-۱۱مقادیر حداکثر جابجایی افقی و قائم در مسلح کننده ها با فواصل مختلف..... ۲۱۰
جدول۸-۱۲مقادیر حداکثر دامنه جابجایی افقی و قائم در شمع ها با فواصل مختلف..... ۲۱٤
جدول ۸-۱۳حداکثر دامنه تنش موثر قائم در نقاط سر شمع ها..... ۲۱٦

فهرست نمودار ها:

عنوان **صفحه**

نمودار ٦-١ مقایسه تغییرات انحنا در مرکز بین Abaqus/Explicit و نتایج تجربی برای بارهای متفاوت انفجاری ١٥٣

نمودار٨-١ پارامتر های موج ضربه ای ناشی از انفجار TNT و انتشار کروی شکل درهوای آزاد و در سطح ١٧١

نمودار ٨-٢ شتاب قائم در نقطه A ١٨١

نمودار ٨-٣ شتاب قائم در نقطه B ١٨١

نمودار ٨-٢ شتاب قائم در نقطه C ١٨١

نمودار ٨-٥ شتاب افقی نقطه میانی واقع در پشت پوسته رو به انفجار ١٨٤

نمودار ٨-٦ شتاب افقی نقطه میانی واقع در پشت پوسته در طرف دیگر خاکریز..... ١٨٤

نمودار ٨-٧ تغییر مکان قائم نقطه A ١٨٥

نمودار ٨-٨ تغییر مکان قائم نقطه B ١٨٥

نمودار ٨-٩ تغییر مکان قائم نقطه C ١٨٥

نمودار ٨-١٠ تغییر مکان افقی نقطه A ١٨٦

نمودار ٨-١١ تغییر مکان افقی نقطه B ١٨٦

نمودار ٨-١٢ تغییر مکان افقی نقطه C ١٨٦

نمودار ٨-١٣ تغییرات تنش موثر قائم-زمان در نقطه ١..... ١٨٨

نمودار ٨-١٤ تغییرات تنش موثر قائم-زمان در نقطه ٢..... ١٨٨

نمودار ٨-١٥ تغییرات تنش موثر قائم-زمان در نقطه ٣..... ١٨٨

نمودار ٨-١٦تغییرات لنگر زیرسر و وسط شمع اول (KN.m)..... ١٩٠

نمودار ٨-١٧ تغییرمکان افقی نقاط واقع بر روی شمع اول (m)..... ١٩٠

نمودار ٨-١٨ تغییرمکان قائم نقطه A به ازای R=٣,٤,٥ (m)..... ١٩٢

نمودار ٨-١٩ تغییرمکان قائم نقطه B به ازای R=٣,٤,٥ (m) ١٩٣

نمودار ٨-٢٠ تغییرمکان قائم نقطه C به ازای R=٣,٤,٥ (m) ١٩٣

نمودار ٨-٢١ تنش قائم نقطه ١به ازای R=٣,٤,٥ (m) ١٩٥

فهرست

نمودار ۸-۲۲ تنش قائم نقطه ۲به ازای R=۳,۴,۵ (m) ۱۹۶

نمودار ۸-۲۳ تنش قائم نقطه ۳ به ازای R=۳,۴,۵ (m) ۱۹۶

نمودار ۸-۲۴شتاب قائم نقطه B به ازای R=۳ m ۱۹۸

نمودار ۸-۲۵شتاب قائم نقطه B به ازای R=۴ m ۱۹۸

نمودار ۸-۲۶ شتاب قائم نقطه B به ازای R=۵ m ۱۹۸

نمودار ۸-۲۷ تغییرمکان قائم نقطه A به ازای مقادیر TNT= ۳۰۰،۴۰۰،۵۰۰ kg..... ۲۰۰

نمودار ۸-۲۸ تغییرمکان قائم نقطه B به ازای مقادیر TNT= ۳۰۰،۴۰۰،۵۰۰ kg..... ۲۰۰

نمودار ۸-۲۹ تغییرمکان قائم نقطه C به ازای مقادیر TNT= ۳۰۰،۴۰۰،۵۰۰ kg..... ۲۰۱

نمودار ۸-۳۰ تنش قائم نقطه ۱ به ازای مقادیر TNT= ۳۰۰،۴۰۰،۵۰۰ kg..... ۲۰۲

نمودار ۸-۳۱ تنش قائم نقطه ۲ به ازای مقادیر TNT= ۳۰۰،۴۰۰،۵۰۰ kg..... ۲۰۳

نمودار ۸-۳۲ تنش قائم نقطه ۲ به ازای مقادیر TNT= ۳۰۰،۴۰۰،۵۰۰ kg..... ۲۰۳

نمودار ۸-۳۳ شتاب قائم نقطه B به ازای TNT=۳۰۰, R=۳..... ۲۰۵

نمودار ۸-۳۴ شتاب قائم نقطه B به ازای TNT=۴۰۰, R=۳..... ۲۰۵

نمودار ۸-۳۵ شتاب قائم نقطه B به ازای TNT=۵۰۰, R=۳..... ۲۰۵

نمودار ۸-۳۶ تنش قائم بالای سرشمع اول..... ۲۱۵

نمودار ۸-۳۷ تنش قائم بالای سر شمع وسط..... ۲۱۵

نمودار ۹-۱ روند تغییرمکان قائم به ازای فواصل شعاعی مختلف TNT..... ۲۱۷

نمودار ۹-۲ روند تغییرمکان قائم به ازای مقادیر مختلف وزن TNT..... ۲۱۸

نمودار ۹-۳ تغییرات تنش سر شمع اول مقادیر مختلف وزن TNT..... ۲۱۹

پیشگفتار:

خاکریزهای GRPS (مسلح شده با ژئوسینتتیک-شمع) یکی از انواع سیستمهای پایدارکننده، امروزه گسترش زیادی در نقاط مختلف جهان داشته و در نتیجه آن می بایست رفتار آن در حالتهای مختلف بارگذاری از جمله بارهای دینامیکی مورد بررسی قرار گیرد. تحقیقات محدودی در خصوص بکار گیری آن در خاکریزها برای خطوط راه آهن در آلمان شده است. لیکن بدلیل اهمیت محافظت از سازه هایی همچون مقر فرماندهی، فرودگاههای نظامی، انبار مهمات و... تحت بار آنی ناشی از مواد انفجاری، این تحقیق بر آن است عوامل موثر در رفتار خاکریزهای GRPS مورد مطالعه قرار داده و با مدل سازی عددی سعی در ارائه برخی نتایج مفید در این زمینه شده است. مجموعه پیش رو از نه فصل تشکیل شده که به ترتیب درفصل اول کلیات تحقیق و در فصل دوم خاکریزهای GRPS معرفی و روش های طراحی آن مطرح ارئه می شود. در فصل سوم توضیحاتی راجع به پدیده انفجار، شامل عمل منفجر شدن، انتشار موج و آثار فیزیولوژیکی آن ارائه میگردد. فصل چهارم تحت عنوان پیشینه تحقیق به بیان برخی از تحقیقات آزمایشگاهی و تحلیلی انجام شده در زمینه شناخت رفتار خاکریزها و دیوارهای مسلح شده در اثر بارهای دینامیکی و انفجار می پردازد و به نتایج حاصل از آنها بطور خلاصه اشاره می گردد. در فصل پنجم به معرفی نرم افزار مورد استفاده در تحقیق حاضر اشاره می شود. در فصل ششم صحت عملکرد نرم افزار با مدل سازی و مقایسه نتایج، ارائه می شود. فصل هفتم مشخصات مصالح مورداستفاده در تحلیل را ارائه می نماید. فصل هشتم در حالت استاتیکی و انفجار به بررسی تاثیر هر کدام از پارامترهای موردنظر پرداخته و نتایج آنها ارائه شده است. فصل آخر نیز بیان جمع بندی کلی از تحقیق و ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آتی است.

« فصل اول »

کلیات تحقیق

۱-۱ روشهای بهسازی

بطور کلی خاک موجود در محل ساختگاه پروژه بدلیل عوامل محیطی با کمبود ظرفیت باربری برای تحمل نیروهای وارده از طرف سازه های ساخته شده بر آن مثل سد، خاکریز و... مواجه بوده و از این نظر احتیاج به بهبود ظرفیت باربری از طریق روشهای بهسازی دارد. درخاکهای دانه ای که دارای تراکم و مقاومت برشی کم برای حفظ پایداری ابنیه ساخته شده برآن می باشند، نداشتن مقاومت کافی و بروز نشستهای زیاد از متداول ترین مشکلات موجود است که می بایست بوسیله تکنیکهای ارتقاء ظرفیت باربری روز که نقش موثری در پیش برد پروژه های عمرانی دارند امکان افزایش ظرفیت باربری خاک محل را فراهم نمود. از جمله روشهای موجود دراصلاح و افزایش ظرفیت باربری خاک می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- خاک مسلح
- تراکم استاتیکی و دینامیکی
- جایگزینی خاک با مصالح مرغوب
- تثبیت با مواد افزودنی مثل آهک
- ستونهای شنی و آهکی و تسلیح خاک
- تزریق
- انفجار
- پیش فشردگی از طریق پیش بارگذاری

در نتیجه اعمال این روشها، نتایجی بدست می آید که به آنها اشاره می گردد.

تاثیرات اصلاح ظرفیت باربری خاک عبارتند از:

- کاهش نشست سازه ها
- بهبود مقاومت برشی خاک و افزایش ظرفیت باربری
- کاهش لغزش و افزایش ضریب اطمینان در خاکریزها
- کاهش قابلیت تورم و خزش
- کاهش پتانسیل روانگرایی در خاکهای مستعد

۱-۲ خاک مسلح

مناطقی از سطح زمین که بدلیل وجود خاکهای سست و ناپایدار امکان ساخت و بهره برداری از بناهای مختلف را بوجود نمی آورند از جمله معضلاتی است که امروزه با بهره گیری از سیستمهای جدید و پیشرفته اصلاح و بهبود شرایط خاک امکان پذیر می باشد. پایدار سازی و تثبیت زمین های خاکی ناپایدار بدلیل وجود مخاطرات ژئوتکنیکی ازقبیل لغزش، نشست و گسیختگی امری مهم و ضروری می باشد. خاک مسلح روش نسبتاً جدیدی است که در حدود سالهای اولیه دهه ۱۹۶۰ توسط مهندس و آرشیتکت فرانسوی ***Henry Vidal*** ابداع گردید و اولین دیوار از این نوع در سال ۱۹۶۵ اجرا شد از آن تاریخ روش خاک مسلح بتدریج با افزایش کاربرد در پروژه های مختلف تحولات قابل ملاحظه ای یافته و اجرای آن در ساختمان ابنیه نگهبان ، کوله پلها و سایر سازه ها جنبه عمومی تری یافت. این سازه ها، ابنیه هایی انعطاف پذیر بوده و در اغلب موارد استفاده از این قبیل سازه ها موجب صرفه جویی قابل ملاحظه ای در هزینه ها و مدت زمان انجام پروژه گردیده است.

امروزه ازمسلح کننده هایی که مورد استفاده بیشتری در پروژه های عمرانی داشته، می توان به مسلح نمودن خاک با تسمه های فلزی روش **vidal** [۱,۲] و ژئوسینتتیکها (که از پلیمر ها ساخته می شوند) منجر به گسترش انواع سیستمهای مسلح سازی خاک شده است. در میان روشهای اصلاح خاک برای افزایش ظرفیت باربری، روش تسلیح خاک بوسیله اجزاء پلیمری بیش از سه دهه است که مورد استفاده قرار گرفته

و نتایج مطلوبی در پروژه های انجام شده مشاهده گردیده است. بدین منظوراستفاده روز افزون این مصالح در سازه های احداث شده در شرایط متفاوت رو به گسترش می باشد.

۱-۳ ضرورت انجام تحقیق

استفاده از خاکریزهای که در برابر تاثیر بارهای ناشی از انفجار ، مقاومت کافی را داشته باشند حائز اهمیت است، این تحقیق به بررسی خاکریزهای GRPS تحت تاثیر بارهای ناشی از انفجار پرداخته است. از کاربردهای این خاکریزها در حفاظت از ابنیه و تجهیزاتی مانند: فرودگاه ها، پایانه های سوختی، انبارهای مهمات وغیره می توان اشاره کرد. در بررسی تحقیقات بعمل آمده در خارج از کشور در خصوص عنوان تحقیق حاضر، تعدادی از محققین مقالاتی را ارائه نموده اند.لیکن در داخل کشور اینگونه تحقیقات، بسیار محدود می باشد و نیاز مبرم به تحقیقات گسترده دارد.

۱-۴ اهداف پژوهش:

سیستم خاک مسلح به عنوان روشی نوین در بهبود عملکرد سازه های خاکی بنا شده در نقاط مختلف موجب پیشرفت روز افزون این روش در پروژه های عمرانی شده است . در مقابل بررسی رفتار سازه ها تحت عوامل مخرب از جمله بارهای دینامیکی به عنوان عامل کنترل کننده، عملکرد مطلوب یکی از مهمترین مراحل طراحی سازه های خاکی قبل از اجرا می باشد. خاک مصالحی است که در مقابل تنشهای فشاری مقاومت خوبی از خود نشان می دهد ولی در مقابل تنشهای کششی و برشی ظرفیتی محدود دارد. مسلح کننده های خاک به عنوان اجزاء دارای ظرفیت کششی به مراتب بیشتر از خاک به کمک آمده و موجب شده تا در ترکیب با خاک مجموعه ای با ظرفیت بالا در مقابل بارگذاری پدید آید که نتیجه آن استفاده از سیستم خاک مسلح در سازه های خاکی می باشد.

با توجه به هندسه در نظر گرفته شده برای خاکریزهای GRPS مسلح شده توسط ژئوسینتتیک- شمع، بایستی بررسی گردد که در شرایط مختلف انفجار و نیز در حالات گوناگون مصالح به کار گرفته شده، عملکرد سازه به چه شکل خواهد بود. در این زمینه، متغیرهایی که مقرر گردید تا در تحقیق حاضر در نظر گرفته شود؛ شامل وزن مواد منفجره، فاصله انفجار از خاکریز،فاصله عمودی ژئوسینتتیک ها ،