چکیده

هدف: در بعضی از کارهای ساختمانی احتیاج است که در هنگام خاکبرداری در زمین حفاری با جداره قائم یا نزدیک به قائم اجرا شود. در چنین حالتی برای جلوگیری از ریزش جداره ها که علاوه بر فشار جانبی خاک تحت سربار ساختمان های مجاور نیز هستند، ترانشه نیاز به محافظت خواهد داشت. تاکنون محققین و مهندسین بسیاری بر روی مسئله پایداری شیب ها کار کرده اند به طوری که اولین طرح های مهندسی در این زمینه را کاساگرانده و ویدال ارائه نمودند.

روش پژوهش: یکی از راه کارهای ارائه شده استفاده از دیوار حائل طره ای بتنی بود که در این حالت توزیع فشار جانبی خاک به دلیل وجود سربار بصورت مستطیل مثلثی می باشد. در این پژوهش به بررسی اثر مهار های تنیده و ناتنیده بر روی نحوه توزیع فشار جانبی خاک پشت دیوار حائل طره ای، مقدار برش در پای دیوار، محل اثر نیروی برآیند، تراکم وزنی و حفاری مهار ها، درصد بارگیری مهار، دیوار و اثر سربار به کمک نرم افزار المان محدود پلکسیس به صورت دوبعدی برای دیوار با ارتفاع ۱۰ و ۱۵ متر با خاک پشت دیوار به زاویه اصطکاک های ۲۸، ۳۰ و۳۲ درجه پرداخته شد و مقادیر بدست آمده با روش های کلاسیک کلمب و رانکین مقایسه گردید.

یافته ها: تغییر مقدار و نحوه توزیع فشار جانبی خاک، مقدار برش پای دیوار در صورت وجود مهار، تغییر محل اثر نیروی برآیند نسبت به روش های کلاسیک و اثر ۳۰ درصدی سربار از مقدار کل برای دیوار ۱۰ متری و تقلیل آن به ۲۳ درصد برای دیوار ۱۵ متری می باشد.

نتایج: در این پژوهش می توان به کنترل های مربوط به جابجایی های دیوار، تعیین نوع حالت جابجایی، توجیح و ارائه ساخت مناسب دیوار نیز اشاره نمود.

کلمات کلیدی: دیوار حائل طره ای- پایداری ترانشه – انکراژ - نرم افزار PLAXIS

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول-مقدمه و کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- تاریخچه مهار شیب ها ۲

۱-۳- بیان مساله ۳

۱-۴- دیوار حائل ۴

۱-۵- فشار جانبی وارد بر دیوار حائل ۵

۱-۵-۱- فشار جانبی خاک در حالت سکون ۵

۱-۵-۲- فشار جانبی خاک طبق نظریه رانکین در حالت محرک ۷

۱-۵-۳- فشار جانبی خاک طبق نظریه رانکین در حالت مقاوم ۸

۱-۵-۴- فشار جانبی خاک طبق نظریه کلمب در حالت محرک ۹

۱-۵-۵- فشار جانبی خاک طبق نظریه کلمب در حالت مقاوم ۱۰

۱-۵-۶- توزیع فشار جانبی خاک طبق نظریه پک ۱۱

۱-۵-۷- طراحی دیوار حائل ۱۱

۱-۶- روش میخکوبی ۱۲

۱-۶-۱- معیار های کاربردی ۱۳

۱-۷- اهداف پژوهش ۱۳

۱-۸- روش تحقیق ۱۴

۱-۹- ساختار فصل ها ۱۴

فصل دوم-مروری بر مطالعات پیشین ۱۵

۲-۱- مقدمه ۱۵

۲-۲- فشار جانبی وارد بر دیوار حائل ۱۵

۲-۳- دیوار حائل مهار شده ۲۶

۲-۴- اثر پارامتر های خاک ۳۳

۲-۵- تاثیر مدل رفتاری خاک ۳۷
۲-۶- جمع بندی فصل ۳۸
فصل سوم-معرفی نرم افزار ۴۰
۳-۱- مقدمه ۴۰
۳-۲- ابزار و نحوه اطلاعات در پلکسیس ۴۱
۳-۲-۱- ورودی ۴۱
۳-۲-۱-۱- مدل ها ۴۱
۳-۲-۱-۲- المان ها ۴۱
۳-۲-۱-۳- صفحات ۴۲
۳-۲-۱-۴- ژئوگریدها ۴۳
۳-۲-۱-۵- فصل مشترک ها و المان های مربوطه ۴۳
۳-۲-۱-۶- انکرها ۴۵
۳-۲-۱-۷- شرایط مرزی ۴۵
۳-۲-۱-۸- مشخصات مصالح ۴۵
۳-۲-۱-۹- مش بندی ۴۵
۳-۲-۱-۱۰- شرایط اولیه ۴۶
۳-۲-۱-۱۱- غیر فعال نمودن اجزای هندسی ۴۶
۳-۲-۲- محاسبات ۴۶
۳-۲-۳- خروجی ۴۷
۳-۲-۳-۱- مش تغییر شکل یافته ۴۷
۳-۲-۳-۲- تغییر مکان های کل ۴۷
۳-۳- مدل سازی رفتاری ۴۸
۳-۳-۱- مدل سخت شوندگی ۴۸
۳-۳-۱-۱- رابطه هایپربولیک برای آزمایش سه محوری زهکشی شده استاندارد ۴۹
۳-۴- صحت سنجی ۵۱
۳-۴-۱- پروژه اول ۵۱

۳-۴-۲- پروژه دوم ۵۳

فصل چهارم-انتخاب مدل ۵۶

۴-۱- مقدمه ۵۶

۴-۲- طراحی دیوار حائل طره ای مهار شده ۵۶

۴-۲-۱- طراحی دیوار حائل طره ای ۵۶

۴-۲-۲- طراحی بر اساس عملکرد کلی دیوار و مهار ۵۹

۴-۲-۳- توزیع فشار جانبی خاک ۶۱

۴-۲-۴- کنترل ضخامت دیوار جهت برش پانچ و خمش دیوار ۶۳

۴-۳- معرفی مدل های مورد مطالعه ۶۴

۴-۳-۱- معرفی مدل های طراحی شده ۶۴

۴-۴- مدل دیوار در محیط نرم افزار اجزا محدود ۶۹

۴-۵- کنترل نمودار توزیع فشار جانبی خاک ۷۳

فصل پنجم-ارائه و تحلیل نتایج ۷۸

۵-۱- مقدمه ۷۸

۵-۲- بررسی توزیع فشار جانبی خاک پشت دیوار های مهار شده با مهار نشده ۷۹

۵-۲-۱- بررسی توزیع فشار برای دیوار های مهار شده ۷۹

۵-۲-۲- مقایسه توزیع فشار جانبی خاک برای مدل هایی با حداقل و حداکثر تراکم وزنی ۸۲

۵-۲-۳- مقایسه و بررسی محل نیروی برآیند و توزیع فشار تحلیل اجزا محدود با روش کلاسیک کلمب ۸۵

۵-۲-۴- اختلاف توزیع فشار حاصل از تحلیل اجزا محدود با روش های کلاسیک کلمب و رانکین ۸۹

۵-۲-۵- نمودار کلی توزیع فشار خاک حاصل از تحلیل اجزا محدود و روش کلاسیک رانکین ۹۲

۵-۳- سهم بارگیری المان ها ۹۶

۵-۳-۱- درصد بارگیری مهار دیوار و اثر سربار ۹۶

۵-۳-۲- درصد بارگیری مهار و دیوار بدون سربار ۱۰۱

۵-۴- تراکم وزنی و حفاری مهار ۱۰۶

۵-۴-۱- تراکم حفاری مهار ها ۱۰۶

۵-۴-۲- تراکم وزنی مهار ها ۱۱۰

۵-۴-۳- مقایسه مهار های تنیده و ناتنیده ۱۱۲
۵-۵- جابجایی دیوار و کنترل های مربوط به آن ۱۱۳
۵-۵-۱- برش پایه دیوار و مقدار برآیند ۱۱۳
۵-۵-۲- تعین حالت و ضریب فشار جانبی خاک ۱۱۷
۵-۵-۳- فشار جانبی خاک و جابجایی ۱۱۸
فصل ششم-جمع بندی و نتیجه گیری..... ۱۱۹
۶-۱- مقدمه ۱۱۹
۶-۲- نتایج بدست آمده ۱۱۹
۶-۳- پیشنهاد برای مطالعات آینده ۱۲۲
مراجع ۱۲۳

فهرست جداول

عنوان صفحه

جدول ۳-۱- مشخصات هندسی گود ۵۱

جدول ۳-۲- مشخصات ژئوتکنیکی ۵۲

جدول ۳-۳ : پارامتر های طراحی دیوار..... ۵۳

جدول ۳-۴- مشخصات ژئوتکنیکی ۵۴

جدول ۴-۱: مقاومت پیوستگی در سطح تماس خاک و مهار FHWA,1999..... ۶۱

جدول ۴-۲: مشخصات مقاومتی و هندسی میلگردها..... ۶۴

جدول ۴-۳: مشخصات مقاومتی و هندسی استرند ها ۶۴

جدول ۴-۴: پارامتر های مدل..... ۶۵

جدول ۴-۵: پارامتر های مربوط به خاک مدل شد..... ۶۶

جدول ۴-۵- الف: مدل های طراحی شده برای حالتی از دیوار که زاویه اصطکاک خاک ۲۸ و ارتفاع دیوار ۱۰ متر... ۶۶

جدول۴-۵- ب: مدل های طراحی شده برای حالتی از دیوار که زاویه اصطکاک خاک ۳۰ و ارتفاع دیوار ۱۰ متر ۶۷

جدول ۴-۵- پ: مدل های طراحی شده برای حالتی از دیوار که زاویه اصطکاک خاک ۳۲ و ارتفاع دیوار ۱۰ متر ۶۷

جدول ۴-۵- ت: مدل های طراحی شده برای حالتی از دیوار که زاویه اصطکاک خاک ۲۸ و ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۶۸

جدول ۴-۵- ث: مدل های طراحی شده برای حالتی از دیوار که زاویه اصطکاک خاک ۳۰ و ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۶۸

جدول ۴-۵- ج: مدل های طراحی شده برای حالتی از دیوار که زاویه اصطکاک خاک ۳۲ و ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۶۹

جدول ۵-۱: برش و فشار جانبی خاک در پای دیوار با زاویه اصطکاک های مختلف ۸۲

جدول ۵-۲: برش و فشار جانبی خاک..... ۸۴

جدول ۵-۳: جدول مقادیر عددی محل نیروی برآیند اشکال (۵-۱۶ تا ۵-۱۷)..... ۸۹

جدول ۵-۴: درصد بارگیری دیوار، مهار و اثر سربار برای خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر. ۹۶

جدول ۵-۵: درصد بارگیری دیوار، مهار و اثر سربار برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر. ۹۷

جدول ۵-۶: درصد بارگیری دیوار، مهار و اثر سربار برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر. ۹۸

جدول ۵-۷: درصد بارگیری دیوار، مهار و اثر سربار برای خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر. ۹۸

جدول ۵-۸: درصد بارگیری دیوار، مهار و اثر سربار برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر. ۹۹

جدول ۵-۹: درصد بارگیری دیوار، مهار و اثر سربار برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۱۰۰
جدول ۵-۱۰: درصد بارگیری دیوار و مهار برای خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر ۱۰۱
جدول ۵-۱۱: درصد بارگیری دیوار و مهار برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر ۱۰۲
جدول ۵-۱۲: درصد بارگیری دیوار و مهار برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر ۱۰۳
جدول ۵-۱۳: درصد بارگیری دیوار و مهار برای خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۱۰۳
جدول ۵-۱۴: درصد بارگیری دیوار و مهار برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۱۰۴
جدول ۵-۱۵: درصد بارگیری دیوار و مهار برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۱۰۵
جدول ۵-۱۶: مدل های مورد مقایسه تراکم حفاری ۱۰۹
جدول ۵-۱۷: مدل های ساخته شده با حداقل تراکم حفاری ۱۰۹
جدول ۵-۱۸: مدل های از دیوار که حداقل تراکم وزنی مهار را دارند ۱۱۲
جدول ۵-۱۹: مقایسه نتایج مهار های تنیده و ناتنیده..... ۱۱۳
جدول ۵-۲۰: مقایسه مقدار برآیند و برش پایه دیوار در لبه دیوار به ارتفاع ۱۰ متر با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه ۱۱۴
جدول ۵-۲۱: مقایسه مقدار برآیند و برش پایه دیوار در لبه دیوار به ارتفاع ۱۰ متر با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه ۱۱۴
جدول ۵-۲۲: مقایسه مقدار برآیند و برش پایه دیوار در لبه دیوار به ارتفاع ۱۰ متر با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه ۱۱۵
جدول ۵-۲۳: مقایسه مقدار برآیند و برش پایه دیوار در لبه دیوار به ارتفاع ۱۵ متر با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه ۱۱۵
جدول ۵-۲۴: مقایسه مقدار برآیند و برش پایه دیوار در لبه دیوار به ارتفاع ۱۵ متر با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه ۱۱۶
جدول ۵-۲۵: مقایسه مقدار برآیند و برش پایه دیوار در لبه دیوار به ارتفاع ۱۵ متر با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه ۱۱۶
جدول ۵-۲۶: حداقل و حداکثر نیروی پیش تنیدگی مهار ها و برش در پای دیوار ۱۱۷
جدول ۵-۲۷: مقدار ضریب فشار جانبی خاک در حالت سکون، محرک و مقاوم..... ۱۱۹

فهرست شکل ها

عنوان صفحه

شکل۱-۱: فشار جانبی خاک در حالت سکون ۶

شکل ۱-۲: جابجایی دیوار بر اثر فشار محرک رانکین (رانکین ۱۸۵۷) ۷

شکل ۱-۳: تغییرات فشار محرک در ارتفاع (رانکین ۱۸۵۷)..... ۸

شکل ۱-۴: فشار جانبی خاک در حالت مقاوم (رانکین ۱۸۵۷)..... ۹

شکل ۱-۵: فشار محرک کلمب (کلمب ۱۷۷۶) ۱۰

شکل۱-۶: فشار مقاوم کلمب (کلمب ۱۷۷۶) ۱۱

شکل ۱-۷: نمودار توزیع فشار جانبی پک برای خاک های مختلف (پک ۱۹۹۶) ۱۱

شکل ۲-۱: نمودار توزیع فشار خاک تحت اثر بار های مختلف در خاک با تراکم متوسط (نیکخواه ۱۳۸۵)..... ۱۷

شکل ۲-۲: دیوار حائل مورد مطالعه بنتلر به همراه جانمایی ابزار دقیق ها (بنتلر ۲۰۰۶) ۱۸

شکل ۲-۳:توزیع فشار جانبی بدست آمده از ابزار دقیق (بنتلر ۲۰۰۶) ۱۸

شکل ۲-۴: جانمایی دیوار همراه با اجرای مرحله ای خاکریز پشت دیوار (بنتلر ۲۰۰۶) ۱۹

شکل ۲-۵: شماتیک مدل آزمایشگاهی ساخته شده (مجدی ۲۰۱۱) ۲۰

شکل ۲-۶: مدل ساخته شده در محیط نرم افزار المان مجزای FLAC (مجدی ۲۰۱۱) ۲۰

شکل ۲-۷: مقادیر نیروی بدست آمده از مدل آزمایشگاهی و عددی در ارتفاع دیوار (مجدی ۲۰۱۱) ۲۱

شکل ۲-۸: نحوه توزیع فشار جانبی در ارتفاع دیوار قبل و بعد از گسیختگی در حالت مقاوم دیوار (اوریا ۱۳۹۰) ۲۱

شکل ۲-۹: نحوه توزیع فشار جانبی در ارتفاع دیوار قبل و بعد از گسیختگی در حالت محرک دیوار (اوریا ۱۳۹۰).... ۲۲

شکل ۲-۱۰: برآیند فشار خاک در ارتفاع مختلف دیوار در حالت محرک (سپهر ۱۳۹۰) ۲۳

شکل ۲-۱۱: نحوه توزیع فشار در ارتفاع دیوار در حین گسیختگی (سپهر ۱۳۹۰) ۲۳

شکل۲-۱۲: فشار جانبی وارد بر بدنه برای خاکریز با زاویه اصطکاک داخلی ۴۲ درجه (میر قادری ۱۳۹۱) ۲۴

شکل ۲-۱۳: فشار جانبی وارد بر صفحه عبوری برای خاکریز با زاویه اصطکاک داخلی ۴۲ درجه (میر قادری ۱۳۹۱) ۲۴

شکل ۲-۱۴: نمودار فشار جانبی خاک در حالت محرک و مقاوم (صبا ۱۳۹۲)..... ۲۴

شکل ۲-۱۵: نمودار توزیع فشار جانبی در دیوار حائل طره ای (پور حسینی ۱۳۹۲) ۲۵

شکل ۲-۱۶: مقایسه فشار محاسبه شده از رابطه مونونو اوکابه و انسیس (عارضی ۱۳۹۳) ۲۵

جدول: ۲-۱۷: تاثیر عمق بر نحوه توزیع فشار جانبی خاک (محمدی ۱۳۹۲)..... ۲۷
شکل ۲-۱۸: تاثیر عمق بر حداکثر لنگر دیوار (محمدی ۱۳۹۲) ۲۷
شکل ۲-۱۹: بررسی توزیع فشار جانبی خاک نسبت به تعداد ردیف مهار (خانجانی ۱۳۹۲)..... ۲۸
شکل ۲-۲۰: تغییر شکل افقی دیوار – خط پیوسته مقدار واقعی (شهیر ۱۳۹۲) ۲۹
شکل ۲-۲۱: نمودار جابجایی افقی و ضریب اطمینان دیوار در صورت ثابت بودن چسبندگی خاک (زارعی ۱۳۹۳)... ۳۰
شکل ۲-۲۲: نمودار جابجایی افقی و ضریب اطمینان دیوار در صورت ثابت بودن زاویه اصطکاک (زارعی ۱۳۹۳) ۳۰
شکل ۲-۲۳: شکل شماتیک قرار گیری شمع ها (لی ۲۰۱۵) ۳۱
شکل ۲-۲۴: جابجایی افقی و لنگر خمشی دیوار (لی ۲۰۱۵) ۳۱
شکل ۲-۲۵: نودار نسبت نیروی جانبی بر اساس تعداد ردیف مهار در حالت دو بعدی غیر خطی(خانجانی ۱۳۹۴) ... ۳۲
شکل ۲-۲۶: تاثیر زاویه نصب میخ ها در ضریب اطمینان دیوار (خسروی ۱۳۹۴)..... ۳۲
شکل ۲-۲۷: تاثیر طول میخ ها در جابجایی افقی دیوار (خسروی ۱۳۹۴) ۳۲
شکل۲-۲۸:مقایسه مقادیر فشار برآیند وارد بر دیوار از روش تحلیلی و نرم افزار MSEW (قنبری ۱۳۸۹)..... ۳۴
شکل ۲-۲۹: مقایسه فشار اعمالی بر دیوار در دو حالت توده مسلح شده و توده بدون مسلح کننده (قنبری ۱۳۸۹). ۳۵
شکل ۲-۳۰: تغییرات $\boldsymbol{\rho}$ بر حسب $\boldsymbol{\varphi}$برای حالت با ترک و بدون ترک $\boldsymbol{C = 10KPA}$ (قضاوی ۱۳۸۹) ۳۵
شکل ۲-۳۱: تغییرات $\boldsymbol{P_{a\ total}}$ بر حسب □ برای حالت با ترک و بدون ترک برایC=10KPA (قضاوی ۱۳۸۹) ۳۶
شکل ۲-۳۲: تغییرات $\boldsymbol{\rho}$ بر حسب $\boldsymbol{c}$ برای حالت با ترک و بدون ترک $\boldsymbol{C = 10KPA}$ (قضاوی ۱۳۸۹) ۳۶
شکل ۲-۳۳: تغییرات $\boldsymbol{P_{a\ total}}$ بر حسب $\boldsymbol{c}$ برای حالت با ترک و بدون ترک برایC=10KPA (قضاوی ۱۳۸۹) .. ۳۶
شکل ۲-۳۴: مدل ساخته شده و مدل موهر کلمب با مقدار واقعی (نبی زاده ۱۳۸۵)..... ۳۷
شکل ۲-۳۵: مقایسه مدل سخت شونده و مدل موهر کلمب با مقدار واقعی (نبی زاده ۱۳۸۵)..... ۳۸
شکل ۲-۳۶: مقایسه تغییر مکان مدل سخت شونده و مدل موهر کلمب با مقدار واقعی (نبی زاده ۱۳۸۵)..... ۳۸
شکل ۳-۱: وضعیت گره ها و نقاط نمونه برداری در المان های خاک (مرجع کامل پلکسیس ۱۳۸۵) ۴۲
شکل ۳-۲: نمونه ای از صفحات (مرجع کامل پلکسیس ۱۳۸۵)..... ۴۲
شکل ۳-۳: سازه های ژئوتکنیکی که در آنها ژئوگرید ها کار شده (مرجع کامل پلکسیس ۱۳۸۵)..... ۴۳
شکل ۳-۴: نمونه ای از کاربرد های فصل مشترک ها در اطراف سازه ها (مرجع کامل پلکسیس ۱۳۸۵) ۴۳
شکل ۳-۵: توزیع گره ها و گاوس پوینت ها در المان های فصل مشترک و اتصال آنها به المان خاک (مرجع کامل
پلکسیس ۱۳۸۵) ۴۴

شکل ۳-۶: رابطه هایپرپولیک تنش و کرنش در بارگذاری اولیه آزمایش سه محوری زهکشی شده (مرجع کامل پلکسیس ۱۳۸۵) ۵۰
شکل ۳-۷: مدل و مشخصات قرار گیری مهار ها نسبت به یک دیگر (اکبر نژاد ۱۳۹۳) ۵۲
شکل ۳-۸: مقایسه نتایج بدست آمده از مدل سازی مدل ساخته شده در مقاله فوق) ۵۳
شکل ۳-۹: نتایج فشار جانبی خاک حاصل از روش ها سانترفیوژ، پلکسیس، کلمب و رانکین (ژاو ۲۰۱۳) ۵۴
شکل۳-۱۰: نتایج فشار جانبی خاک و جابجایی دیوار در مدل صورت گرفته در مقاله و پلکسیس ۵۵
شکل ۴-۱: کنترل برای واژگونی با فرض توزیع فشار رانکین (انکین ۱۸۵۷) ۵۷
شکل ۴-۲: کنترل لغزش در امتداد پایه و برش گیر زیر دیوار (رانکین ۱۸۵۷) ۵۹
شکل ۴-۳: فواصل افقی و طول اجرای مهارها بنا بر توصیه دستورالعمل FHWA ۶۰
شکل ۴-۴: توزیع فشار جانبی خاک پشت دیوار حائل طره ای شکل(رانکین ۱۸۵۷) ۶۲
شکل ۴-۵: توزیع فشار جانبی خاک در سیستم های مهار شده (پک ۱۹۶۲) ۶۲
شکل ۴-۶: شماتیکی از گسیختگی خمشی FHWA ۶۳
شکل ۴-۷: هندسه مدل ۶۶
شکل ۴-۸: مدل ساخته شده دیوار به ارتفاع ۱۵ متر با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و ۳ مهار تنیده ۶۹
شکل ۴-۹: مش بندی مدل ساخته شده با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و ۳ مهار تنیده ۷۰
شکل ۴-۱۰: تقسیم بندی و کنترل مراحل محاسبات با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و ۳ مهار تنیده ۷۰
شکل ۴-۱۱: تغییر شکل کلی دیوار با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و ۳ مهار تنیده ۷۱
شکل ۴-۱۲: توزیع فشار جانبی خاک پشت دیوار با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و ۳ مهار تنیده ۷۱
شکل ۴-۱۳: (الف) نمودار توزیع برش (ب) نمودار لنگر خمشی در پشت دیوار با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و ۳ مهار تنیده ۷۲
شکل ۴-۱۴- الف : پوش لنگر ۷۳
شکل ۴-۱۴- ب : پوش برش ۷۳
شکل ۴-۱۴- ج : نمودار توزیع فشار حاصل از پوش لنگر و برش ۷۴
شکل ۴-۱۵: بررسی نمودار فشار جانبی خاک با نمودار حاصله از لنگر و برش برای خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه و ارتفاع دیوار ۱۰ متر ۷۴

شکل ۴-۱۶: بررسی نمودار فشار جانبی خاک با نمودار حاصله از لنگر و برش برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و ارتفاع دیوار ۱۰ متر ۷۵
شکل ۴-۱۷: بررسی نمودار فشار جانبی خاک با نمودار حاصله از لنگر و برش برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و ارتفاع دیوار ۱۰ متر ۷۵
شکل ۴-۱۸: بررسی نمودار فشار جانبی خاک با نمودار حاصله از لنگر و برش برای خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه و ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۷۶
شکل ۴-۱۹: بررسی نمودار فشار جانبی خاک با نمودار حاصله از لنگر و برش برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۷۶
شکل ۴-۲۰: بررسی نمودار فشار جانبی خاک با نمودار حاصله از لنگر و برش برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۷۷
شکل ۵-۱: بررسی توزیع فشار دیوارهای ۱۰ متری با یک مهار ۷۹
شکل ۵-۲: بررسی توزیع فشار جانبی بر روی دیوار های ۱۵ متری با دو مهار ۸۰
شکل ۵-۳: بررسی توزیع فشار جانبی بر روی دیوار های ۱۰ متری با ۳ مهار ۸۰
شکل ۵-۴: بررسی توزیع فشار جانبی بر روی دیوار های ۱۵ متری با ۳ مهار ۸۱
شکل ۵-۵: بررسی توزیع فشار جانبی خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ و ۲۸ درجه پشت دیوار به ارتفاع ۱۰ متر ۸۲
شکل ۵-۶: بررسی توزیع فشار جانبی خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه پشت دیوار به ارتفاع ۱۰ متر ۸۳
شکل ۵-۷: بررسی توزیع فشار جانبی خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ و ۳۰ درجه پشت دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۸۳
شکل ۵-۸: بررسی توزیع فشار جانبی خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه پشت دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۸۴
شکل ۵-۱۶: نمودار توزیع فشار و محل برآیند حاصل از پلکسیس، رانکین وکلمب برای خاک با زاویه اصطکاک۲۸ درجه و ارتفاع دیوار ۱۰ متر ۸۵
شکل ۵-۱۷: نمودار توزیع فشار و محل برآیند حاصل از پلکسیس، رانکین وکلمب برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و ارتفاع دیوار ۱۰ متر ۸۶
شکل ۵-۱۸: نمودار توزیع فشار و محل برآیند حاصل از پلکسیس، رانکین وکلمب برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و ارتفاع دیوار ۱۰ متر ۸۶
شکل ۵-۱۹: : نمودار توزیع فشار و محل برآیند حاصل از پلکسیس، رانکین وکلمب برای خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجهو ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۸۷

شکل ۵-۲۰: نمودار توزیع فشار و محل برآیند حاصل از پلکسیس، رانکین وکلمب برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۸۷
شکل ۵-۲۱: نمودار توزیع فشار و محل برآیند حاصل از پلکسیس، رانکین وکلمب برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۸۸
شکل ۵-۲۲: اختلاف درصد تاثیر مهار در توزیع فشار برای تمامی مدل های دیوار ۱۰ متر با زاویه اصطکاک خاک ۲۸ درجه ۸۹
شکل ۵-۲۳: اختلاف درصد تاثیر مهار در توزیع فشار برای تمامی مدل های دیوار ۱۰ متر با زاویه اصطکاک خاک ۳۰ درجه ۹۰
شکل ۵-۲۴: اختلاف درصد تاثیر مهار در توزیع فشار برای تمامی مدل های دیوار ۱۰ متر با زاویه اصطکاک خاک ۳۲ درجه ۹۰
شکل ۵-۲۵: اختلاف درصد تاثیر مهار در توزیع فشار برای تمامی مدل های دیوار ۱۵ متر با زاویه اصطکاک خاک۲۸ درجه ۹۰
شکل ۵-۲۶: اختلاف درصد تاثیر مهار در توزیع فشار برای تمامی مدل های دیوار ۱۵ متر با زاویه اصطکاک خاک ۳۰ درجه ۹۱
شکل ۵-۲۷: اختلاف درصد تاثیر مهار در توزیع فشار برای تمامی مدل های دیوار ۱۵ متر با زاویه اصطکاک خاک ۳۲ درجه ۹۱
شکل ۵-۲۸: نمودار توزیع فشار جانبی خاک برای تمامی مدل های خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه و ارتفاع دیوار ۱۰ متر ۹۲
شکل ۵-۲۹: نمودار توزیع فشار جانبی خاک برای تمامی مدل های خاک با زاویه اصطکاک ۳۰درجه و ارتفاع دیوار ۱۰ متر ۹۳
شکل ۵-۳۰: نمودار توزیع فشار جانبی خاک برای تمامی مدل های خاک با زاویه اصطکاک ۳۲درجه و ارتفاع دیوار ۱۰ متر ۹۳
شکل ۵-۳۱: نمودار توزیع فشار جانبی خاک برای تمامی مدل های خاک با زاویه اصطکاک ۲۸درجه و ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۹۴
شکل ۵-۳۲: نمودار توزیع فشار جانبی خاک برای تمامی مدل های خاک با زاویه اصطکاک ۳۰درجه و ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۹۴

شکل ۵-۳۳: نمودار توزیع فشار جانبی خاک برای تمامی مدل های خاک با زاویه اصطکاک ۳۲درجه و ارتفاع دیوار ۱۵ متر ۹۵
شکل ۵-۳۴: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر ۹۷
شکل ۵-۳۵: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر..... ۹۷
شکل ۵-۳۶: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر..... ۹۸
شکل ۵-۳۷: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۹۹
شکل ۵-۳۸: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۹۹
شکل ۵-۳۹: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۱۰۰
شکل ۵-۴۰: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر ۱۰۲
شکل ۵-۴۱: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر..... ۱۰۲
شکل ۵-۴۲: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۰ متر ۱۰۳
شکل ۵-۴۳: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۲۸ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۱۰۴
شکل ۵-۴۴: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۰ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۱۰۴
شکل ۵-۴۵: نمودار ستونی درصد بارگیری ها برای خاک با زاویه اصطکاک ۳۲ درجه و دیوار به ارتفاع ۱۵ متر ۱۰۵
شکل ۵-۴۶: تراکم حفاری برای دیوار به ارتفاع ۱۰ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۲۸ درجه ۱۰۷
شکل ۵-۴۷: تراکم حفاری برای دیوار به ارتفاع ۱۰ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۳۰ درجه ۱۰۷
شکل ۵-۴۸: تراکم حفاری برای دیوار به ارتفاع ۱۰ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۳۲ درجه ۱۰۷
شکل ۵-۴۹: تراکم حفاری برای دیوار به ارتفاع ۱۵ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۲۸ درجه ۱۰۸
شکل ۵-۵۰: تراکم حفاری برای دیوار به ارتفاع ۱۵ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۳۰ درجه ۱۰۸
شکل ۵-۵۱: تراکم حفاری برای دیوار به ارتفاع ۱۵ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۳۲ درجه ۱۰۸
شکل ۵-۵۲: تراکم وزنی مهار برای دیوار به ارتفاع ۱۰ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۲۸ درجه ۱۱۰
شکل ۵-۵۳: تراکم وزنی مهار برای دیوار به ارتفاع ۱۰ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۳۰ درجه ۱۱۰
شکل ۵-۵۴: تراکم وزنی مهار برای دیوار به ارتفاع ۱۰ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۳۲ درجه ۱۱۱
شکل ۵-۵۵: تراکم وزنی مهار برای دیوار به ارتفاع ۱۵ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۲۸ درجه ۱۱۱
شکل ۵-۵۶: تراکم وزنی مهار برای دیوار به ارتفاع ۱۵ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۳۰ درجه ۱۱۱
شکل ۵-۵۷: تراکم وزنی مهار برای دیوار به ارتفاع ۱۵ متر و خاک یا زاویه اصطکاک ۳۲ درجه ۱۱۲

شکل ۵-۵۸:ضریب فشار جانبی خاک در تمامی مدل ها در صورت وجود مهار نسبت به ارتفاع دیوار ۱۱۸
شکل ۵-۵۹: نمودار نقطه ای کلی فشار جانبی خاک و جابجایی..... ۱۱۹

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

در بعضی از کارهای ساختمانی احتیاج است که در هنگام خاک برداری در زمین حفاری با جداره قائم یا نزدیک به قائم اجرا شود. به عنوان مثال می توان از خاک برداری زیر زمین ساختمان در مناطق پر تراکم و یا اجرای سازه های زیر زمینی در داخل شهر نام برد در چنین حالتی برای جلوگیری از ریزش جداره ها که علاوه بر فشار جانبی خاک تحت اثر سربار ساختمان های مجاور نیز هستند، ترانشه نیاز به محافظت در مقابله با ناپایداری و تغییر شکل خواهد داشت. به چنین ترانشه ای ترانشه مهار شده، و به سازه ای که وظیفه مهار ترانشه[۱] را دارد سازه نگهبان گفته می شود. به طور کلی روش های مختلفی نظیر اجرای دیوار خاک مسلح، ساخت دیوار حائل در جلوی گود، مهار دیوار

۱ Trench

با استفاده از پشت بند های افقی و شمعک ها، استفاده از شمع[۱]، سپر کوبی [۲]و میخ کوبی[۳]، برای مهار ترانشه وجود دارد.

۱-۲- تاریخچه مهار شیب ها

در سال های گذشته محققین و مهندسین بسیاری روی مساله پایداری شیب ها کار کرده اند، به طوری که اولین طرح های مهندسی و اصولی در این مورد را کاسا گرانده [۴]و ویدال[۵] ارائه نمودند. کاسا گرانده سعی بر مسلح سازی خاکهای ضعیف به وسیله نوار هایی با مقاومت بالا که به صورت افقی در خاک جایگذاری می شد داشت. علاوه بر کاسا گرانده، ویدال نیز در سال ۱۹۶۶ شیوه های جدیدی از مسلح سازی خاک را بیان کرد. البته تحقیقات ویدال اغلب برای استفاده از چند مصالح متفاوت در یک طرح بود. در طرح های پیشنهادی ویدال توجه زیادی به این نکته صورت گرفته است که عامل ایجاد کننده اصطکاک در نوارها منحصرا نیروی قائم وزن (جاذبه) می باشد که البته شایان ذکر است که این طرح ها طرفداران بسیاری برای خود پیدا کرد و حتی در مکان های بسیاری هم نیز مورد استفاده قرار گرفت. با وجود اینکه تا سال ۱۹۶۸ طرح های مختلف مشابه ای ساخته شده بود اما اولین طرح کاملا منطبق با طرح ویدال در این سال در جنوب فرانسه اجرا شد. در ایالات متحده برای اولین بار از طرح ویدال در سال ۱۹۷۲ برای ترمیم یک لغزش زمین در ایلات کالیفرنیا استفاده گردید و این در حالی بود که مشابه همین سازه در انگلستان در سال ۱۹۷۳ به پایان رسید. در کنار این گونه مسلح سازی روش های مدرن میخ کوبی خاک نیز به تدریج رونق پیدا کرد. به طوری که هم در اکنون در بسیاری از موارد برای حفاظت های جانبی بهترین گزینه انتخابی می باشند.

---

[۱] Stanchion

[۲] Shielding

[۳] Nailing

[۴] Kasagrund

[۵] Vidal