بسم الله الرحمن الرحیم

**آئین نامه چاپ پایان نامه (رساله ) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس**

نظر به این که چاپ وانتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی – پژوهشی دانشگاه است. بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه ، دانش آموختگـان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد میشوند:

**ماده ۱**- در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلا به طـور کتبـی بـه «دفتـر نشـر آثـار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

**ماده ۲**- در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته **خـاک و پـی** اسـت کـه در سـال ۱۳۸۸ در دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر **محمود یزدانی**، مشاوره سرکار خانم /جنـاب آقـای دکتـر **سید شهاب الدین یثربی** از آن دفاع شده است .

**ماده ۳**- به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصـد شـمارندگان کتـاب (درهـر نوبت چاپ) را به «دفترنشر آثار علمی» اهدا کند. دانشگاه می تواندمازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعـرض فروش قرار دهد .

**ماده ۴**- در صورت عدم رعایت ماده ۳،۵۰٪ بهای شمارندگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیـت مدرس ، تأدیه کند.

**ماده ۵**- دانشجو تعهد و قبول می کند درصورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق مـی دهـد بـه منظـور اسـتیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور درماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شـده نگارنـده بـرای فروش ، تامین نماید.

**ماده ۶**- اینجانب **سعید عزیزی** دانشجوی رشته: **خاک و پی** مقطع: **کارشناسی ارشد**

تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **سعید عزیزی**

تاریخ وامضا:

**دستور العمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس**

**مقدمه:** با عنایت به سیاست های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران ، لازم است اعضای علمی ، دانشجویان ، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح ، در مورد نتایج پژوهش های علمی که تحت عناوین پایان نامه ، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است ، موارد ذیل را رعایت نمایند:

**ماده ۱**- حقوق مادی و معنوی پایان نامه ها / رساله های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هر گونه بهره برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آئین نامه ها و دستورالعمل های مصوب دانشگاه باشد.

**ماده ۲**- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه درمجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنمامسئول مکاتبات مقاله باشد.

تبصره: درمقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان نامه/ رساله نیز منتشر میشود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

**ماده ۳**- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام می شود.

**ماده ۴**- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره های ملی ، منطقه ای و بین المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

**ماده ۵**- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و ا ز تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هر گونه تخلف از مفاد این دستورالعمل ، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی: **سعید عزیزی**

امضاء:

**دانشگاه تربیت مدرس**

**دانشکده فنی و مهندسی**

**گروه مهندسی عمران – خاک و پی**

**پایان نامه کارشناسی ارشد**

# مطالعه عددی پایداری لرزه ای سپری ها

**سعید عزیزی**

**۸۵۶۷۴۱۲۳۶**

**استاد راهنما**

**دکتر محمود یزدانی**

**استاد مشاور**

**دکتر سید شهاب الدین یثربی**

**پاییز ۱۳۸۸**

## تقدیر وتشکر

اکنون که به لطف خداوند متعال این پایان نامه به سرانجام رسید، شایسته است از استاد محترم و گرانقدر ، جناب آقای دکتر محمود یزدانی، که در طول دوره کارشناسی ارشد همواره از دانش ایشان بهره مند شده و همچنین درتمام مراحل انجام این پایان نامه با راهنمایی های ارزشمند خود بنده را هدایت نمودند، همینطور جناب آقای دکتر سید شهاب الدین یثربی که به عنوان استاد مشاور درتمام مراحل کار مرا یاری نمودند کمال سپاس و قدردانی را داشته باشم .

**چکیده :**

طراحی دیوارهای حائل انعطاف پذیر به صورت مرسوم با استفاده از تحلیل های ساده شده و کلاسیک یا روشهای تجربی انجام می شود. متاسفانه کاربرد این روشها می تواند به تخمین های متفاوتی از پارامترهای عمده طراحی منجر گردد. هنگامی که تغییرمکانهای خاک مهم باشد و یا فضای ساخت محدود باشد، دیوارهای طره‌ای مدفون (با ویا بدون مهار) ممکن است استفاده شوند. انعطاف پذیری دیوارهای مدفون درمحدوده وسیعی تغییرمی کند و این امر تاثیر قابل ملاحظه ای بر نحوه توزیع فشار جانبی خاک دارد. دیوارهای با انعطاف پذیری بیشتر تغییر شکل های بزرگتری را تحمل می کنند. بنابراین روش های تحلیل کلاسیک همانند روشهای کولمب و رانکین که بر مبنای رفتار دیوارهای صلب پی ریزی شده اند، برای دیوارهای انعطاف پذیر به طور مستقیم قابل کاربرد نبوده و باید تغییراتی در آنها داده شود. دراین پایان نامه، رفتار دیوار انعطاف پذیر برای خاک های غیر چسبنده بادر نظر گرفتن اثر تراز آب به کمک روشهای عددی (برنامه plaxis) مورد بررسی قرار می گیرد. از آنجا که اندرکنش خاک- دیوار، تاثیر مهمی بر رفتار دیوارانعطاف پذیر دارد، لغزش و جداشدگی خاک نسبت به دیوار به کمک المان حد واسط (interface element) و رفتار خمشی دیوار نیز به کمک المان تیر (beam element) مدل شده است. دراین تحقیق تاثیرپارامترهای مختلفی نظیر هندسه دیوار (ارتفاع دیوار، عمق نفوذ آن) سختی دیوار، ویژگی های رفتاری خاک، شرایط آب زیر زمینی و تاثیر بیشینه شتاب در دیوار بررسی میشود.

**کلید واژه ها :** دیوار حائل انعطاف پذیر، اندرکنش خاک- دیوار، فشار جانبی خاک، خاک غیر چسبنده

**Key words:** Flexible retaining wall, soil- wall interaction, Lateral earth pressure, none cohesive soil

## فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


فصل اول : کلیات ۱
۱-۱- مقدمه ۱
۱-۲- انواع روش های تحلیل و طراحی ۲
۱-۲-۱- روشهای تحلیلی ۲
۱-۲-۱-۱- روش تعادل حدی ۳
۱-۲-۱-۲- روش آنالیز حدی ۳
۱-۲-۱-۲-۱- قضیه حد پائینی ۳
۱-۲-۱-۲-۲- قضیه حدبالایی ۴
۱-۲-۱-۳- روش خطوط لغزش ۵
۱-۲-۲- روشهای عددی ۵
۱-۲-۲-۱- روش اجزا محدود ۵
۱-۲-۲-۲- روش تفاضل محدود ۷
۱-۲-۲-۳- روش اجزا مجزاء ۷
۱-۳- مراحل انجام تحقیق ۸
فصل دوم : دیوارهای حائل صلب و روشهای تحلیلی آنها ۹
۲-۱- مقدمه ۹
۲-۲- انواع دیوارهای حائل صلب ۱۲
۲-۲-۱- دیوارهای وزنی ۱۳
۲-۲-۱-۱- دیوارهای متشکل از قطعات پیش ساخته ۱۴
۲-۲-۱-۲- دیوارهای خاکی مسلح مکانیکی ۱۴
۲-۲-۲- دیوارهای نیمه وزنی ۱۵
۲-۳- انواع روشهای تئوریک ۱۷
۲-۳-۱- روشهای تحلیل کلاسیک ۱۷

۲-۳-۱-۱- تئوری کولمب ۱۷
۲-۳-۱-۲- تئوری رانکین ۲۱
۲-۳-۲- روشهای ترسیمی محاسبه فشار جانبی ۲۴
۲-۴- مساله در ترانشه های رسی ۲۴
۲-۵- سربار ۲۷
۲-۶- ملاحظات اجرائی در هنگام وجود آب در پشت دیوار ۲۸
فصل سوم: دیوارهای حائل انعطاف پذیر وروش های تحلیلی آنها ۲۹
۳-۱- مقدمه ۲۹
۳-۲- انواع دیوارهای حائل انعطاف پذیر ۲۹
۳-۲-۱- دیوارهای غیر وزنی طره ای ۲۹
۳-۲-۲- دیوارهای مهار بند شده ۳۱
۳-۳- روشهای طراحی دیوار انعطاف پذیر ۳۳
۳-۳-۱- روشهای کلاسیک برای تحلیل و طراحی دیوارهای انعطاف پذیر ۳۳
۳-۳-۱-۱- دیوارهای طره ای در خاک ماسه ای ۳۳
۳-۳-۱-۲- روش ساده شده بلوم ۳۹
۳-۳-۱-۳- دیوارهای مهار دار (Anchored walls) ۴۱
۳-۳-۱-۴- ضرایب اطمینان ۴۴
۳-۳-۱-۵ – کاربرد تئوریهای کلاسیک فشار جانبی خاک درتحلیل و طراحی دیوارهای حائل ۴۶
۳-۳-۲- روش تیر – فنر (عکس العمل بستر) ۴۷
۳-۳-۳- روشهای تحلیلی عددی کامل ۴۸
۳-۴- روش های ساخت و احداث دیوارهای حائل انعطاف پذیر ۴۹
۳-۴-۱- دیوارهای خاکریزی شده ۵۰
۳-۵- مکانیزمهای گسیختگی دیوارهای انعطاف پذیر ۵۱
۳-۵-۱- شکست سازه ای ۵۱
۳-۵-۲- گسیختگی خاک ۵۲
۳-۶- تحقیقات انجام گرفته اخیر ۵۴

۳-۸- تحلیل سازه ای در حفاری های عمیق ۵۵
۳-۹ -تحقیقات لرزه ای به روی المان حد فاصل سپری ۵۹
۳-۹-۱- بردارهای جابجایی ۶۱
۳-۹-۲- بخش خاک محصور شده ۶۳
۳-۱۰- مهار ۶۴
۳-۱۱- معادلات حاکم ۶۵
۳-۱۲- جمع بندی عوامل موثر بر رفتار دیوارهای حائل انعطاف پذیر ۶۸
۳-۱۳- عوامل مرتبط با خاک ۶۹
۳-۱۴- عوامل مرتبط با دیوار وسیستم های نگه دارنده نظیر strut،anchor و ..... ۶۹
۳-۱۵- عوامل مرتبط با اندرکنش دیوار و سیستم نگهدارنده با خاک ۶۹
۳-۱۵ تحقیق انجام شده در دانشگاه تربیت مدرس ۷۰
۳-۱۵ مقدمه ۷۰
۳-۱۶- خاک ماسه ای بادر نظر گرفتن اثر تراز آب ۷۰
نتایج تحلیل کلاسیک (رانکین) ۷۰
۳-۱۷ آنالیز سپر مطابق با آیین نامه ژاپن ۷۲
۳-۱۸ نتایج تحلیل عددی ۷۵
۳-۱۸-۱ نتایج تحلیل عددی برای محیط ماسه ای در حالت اشباع با $(\varphi = 32°)$ ۷۵
۳-۱۸-۲ تاثیرابعاد مدل ۷۶
۳-۱۸-۳ تاثیر انعطاف پذیری دیوار ۸۰
۳-۱۸-۴ تاثیر المان حدواسط (Interface) ۸۵
۳-۱۸-۵ بررسی تاثیر زاویه اصطکاک داخلی در تعیین عمق نفوذ بحرانی درمحیط ماسه ای در حالت اشباع ۸۷
۳-۱۸-۶ مقایسه نتایج تحلیل ها ۸۹
۳-۱۸-۶-۱ مقایسه نتایج در خاک با $\varphi = 32^{\circ}$ ۸۹
جمع بندی و نتیجه گیری از تحقیقات تربیت مدرس [71] ۹۰
۳-۱۹ نتایج به دست آمده ۹۰

۳-۲۰ نتایج کلی در ارتباط با جابجایی‌های سپری [74] ۹۱
فصل چهارم : آشنایی با برنامه plaxis ۹۳
۴-۱- آشنایی با برنامه plaxis و قابلیت های آن ۹۳
۴-۱-۱- تحلیل های کرنش مسطح و متقارن محوری ۹۳
۴-۱-۲- المان محیط خاکی یا سنگی ۹۳
۴-۱-۳- المان های تیر (Beam Elements) ۹۴
**۴-۱-۴- المان های حد واسط (Interface Elements)** ۹۶
۴-۱-۵-مدل های رفتار ی خاک ۹۹
الف – مدل الاستیک خطی ۹۹
ب - مدل مور - کولمب ۱۰۰
ج- مدل خاک سخت شونده ۱۰۱
د- مدل خاک نرم شونده ۱۰۲
و- مدل Jointed rock ۱۰۲
۶-۱-۶- ویژگی های دیگر برنامه plaxis ۱۰۲
۴-۲- انتخاب پارامترهای مناسب خا ک و دیوار ۱۰۳
۴-۳- هندسه و نحوه تحلیل مساله ۱۰۴
فصل پنجم ۱۰۷
مدلسازی دینامیکی ۱۰۷
۵-۱ مقدمه ۱۰۷
۵-۲ مرز بندی ایستاء و لرزه ای [73] ۱۰۷
۵-۳ مصالح در نظر گرفته شده ۱۰۹
۵-۴ مشخصات سپری ۱۱۰
۵-۵ بارگذاری لرزه ای ۱۱۱
۵-۶ میرایی سیستم [135] ۱۱۲
۵-۷ روند انجام تحلیل های عددی ۱۱۵

۷-۷-ابعاد شبکه بندی مدل ۱۱۴
۸-۵ محاسبات دستی [2],[1] ۱۱۵
فصل هشتم ۱۲۱
نتایج تحلیل ها ۱۲۱
۶-۱ مقدمه ۱۲۱
۶-۲- تاثیر تغییرات بیشینه شتاب زلزله در نتایج تحلیل لرزه ای ۱۲۱
۶-۲-۱- تاثیر تغییرات بیشینه شتاب زلزله در اندازه لنگر ۱۲۱
۶-۲-۲- تاثیر تغییرات بیشینه شتاب زلزله در جابجایی افقی تاج سپری ۱۲۲
۶-۲-۳ تغییرات نیروی برشی در سپری در اثر تغییرات بیشینه شتاب زلزله ۱۲۳
۶-۲-۴ تاثیر تغییرات بیشینه شتاب زلزله در فشار آب حفره ای ۱۲۳
۶-۳ اثر تغییر انعطاف پذیری سپری در تحلیل لرزه ای ۱۲۵
۶-۳-۱ اثر تغییر انعطاف پذیری سپری در جابجایی افقی رأس سپری ۱۲۵
۶-۳-۲ اثر تغییر انعطاف پذیری در اندازه لنگر خمشی سپری ۱۲۷
۶-۳-۳ اثر تغییر انعطاف پذیری در نیروی برشی سپری ۱۲۸
۶-۳-۴ اثر تغییر انعطاف پذیری در فشار آب حفره ای اطراف سپری ۱۲۹
۶-۴-۱ اثر تغییر ابعاد مدل در جابجایی راس سپری ۱۳۱
۶-۴-۲ اثر تغییر ابعاد مدل در لنگر خمشی سپری ۱۳۲
۶-۵ مقایسه نتایج تحلیل ایستایی سپری به روش معمول و تحلیل دینامیکی اجزا محدود ۱۳۳
۶-۶ صحت سنجی ۱۳۴
۶-۷ صحت سنجی با توجه به توصیه‌های : Federal Highway Association ۱۳۷
فصل هفتم ۱۳۸
تفسیر کلی نتایج ۱۳۸
۷-۱ مقدمه ۱۳۸
۷-۲ تفسیر کلی از نتایج تحلیل های انجام شده به روی بیشینه شتاب، شتاب نگاشت ۱۳۸
۷-۳ نتیجه گیری در مورد تاثیر تغییر انعطاف پذیری سپری در تحلیل لرزه ای ۱۳۸
۷-۴ نتیجه گیری کلی درمورد اثر تغییر ابعاد مدل در نتایج تحلیل ها ۱۳۹

۷-۵ نتیجه گیری کلی در مورد مقایسه نتایج تحلیل ایستایی سپری به روش معمول و تحلیل دینامیکی اجزا محدود ۱۳۹
۷-۶ نتیجه گیری کیفی در مورد مسائل اصلی تحقیق ۱۴۰
۷-۷ پیشنهاد تحقیقات آتی ۱۴۰
فهرست منابع ۱۴۱

## فهرست جداول

**جدول**

**صفحه**


جدول ۲-۱ تحقیقاتی که روی خمیدگی سطح گسیختیگی صورت گرفته است ۲۰

جدول ۳-۱ نتایج مربوط به تحلیل کلاسیک ۷۱

جدول۳-۲ مشخصات خاک ۷۴

جدول شماره ۳-۳ مشخصات سپری های بکار رفته ۷۵

جدول ۳-۴ :مشخصات مصالح خاکی ۷۶

جدول ۳-۵ ضریب اطمینان های بدست امده برا ی ابعاد مختلف مدل ۷۷

جدول ۳-۶ پآرامترهای مربوط به خواص دیوار صلب ۷۸

جدول ۳-۷ تغییرمکان های ماکسیمم نوک سپری با انواع مختلف انعطاف پذیری ۸۰

جدول ۳-۸ مقایسه نتایج بدست آمده از رو ش کلاسیک و نتایج بدست آمده از روش عددی ۸۹

جدول ۴-۱ پارامترهای مربوط به خواص خاک ۱۰۴

جدول ۴-۲ پارامترهای مربوط به خواص دیوار انعطاف پذیر ۱۰۴

جدول ۵-۱: مشخصات مصالح خاکی ۱۰۹

جدول ۵-۲ مشخصات سپری های بکار رفته ۱۱۰

جدول شماره ۵-۳ ضریب لرزه ای منطقه ای بر اساس ایین نامه سواحل وبنادرژاپن[2] ۱۱۶

جدول شماره ۵-۴ a) جداول ضریب شرایط خاک و بستر و طبقه بندی شرایط خاک بستر **[2]** ۱۱۶

جدول شماره ۵-۵ b ) جداول ضریب شرایط خاک و بسترو طبقه بندی شرایط خاک بستر **[2]** ۱۱۷

جدول ۶-۲ ابعاد بکار رفته در تحلیل ها ۱۳۲

جدول۶-۳ ابعاد بکار رفته در تحلیل ها ۱۳۳

## فهرست اشکال

**شکل**

**صفحه**


شکل ۲-۱- اندرکنش دیوارهای حائل گوناگون و خاک[4] ۱۰

شکل ۲-۲ محدوده روشهای حل گوناگون[6] ۱۱

شکل ۲-۴ انواع دیوارهای حائل صلب بتنی [41] ۱۲

شکل ۲-۵ انواع دیوار وزنی ۱۳

شکل ۲-۷ دیوارهای متشکل از قطعات پیش ساخته ۱۴

شکل ۲-۸- دیوار خاکی مسلح مکانیکی ۱۵

شکل ۲-۹- شیروانی مسلح شده ۱۵

شکل ۲-۱۰ دیوار نیمه وزنی پشت بند دار بتن مسلح ۱۶

شکل ۲-۱۱ الف)هندسه تحلیل کولمب ب)گوه مقاوم کلمب برای دیوار بدون اصطکاک ج) راه حل مانیل برای خاک غیر چسبنده د) راه حل مولر برسلو برای خاک غیر چسبنده[۱،۴،۷،۱۲،۱۳،۱۵،۱۶،۴۵،۴۶] ۱۸

شکل ۲-۱۲ اثر اصطکاک دیوار بر روی ضریب فشار مقاوم زمین($cw=0,c=0$ و دیوار قائم با سطح زمین افقی) ۲۱

شکل ۲-۱۳ الف)وضعیت تنشها در تحلیل رانکین ب)تحلیل رانکین در حالت محرک برای سطح زمین شیب دار[12] ۲۲

شکل ۲-۱۴ ترکهای کششی و عمق بحرانی برای ترانشه مهار نشده و توزیع فشار در این حالت ۲۶

شکل ۲-۱۵ فشار جانبی ناشی از وجود سربار[19] ۲۷

شکل ۲-۱۶ فشار جانبی ناشی از وجود سربار[19] ۲۷

شکل ۳-۱ دیوار طره ای غیر وزنی شمعدار ۳۱

شکل ۳-۲ دیوار مهارشده دارای میل مهار پشت بند ۳۲

شکل ۳-۳ توزیع فشار در سپری ها در خاک دانه ای الف)برشکل ب)توزیع فشار احتمالی ج)توزیع فشار ۳۴

شکل۳-۴ نمودار تغییرات فشار خالص در سپری‌های طره‌ای کوبیده شده در خاک دانه ای خشک ۳۴

شکل ۳-۵ روش ساده شده تعیین عمق نفوذ سپرهای طره ای کوبیده شده در خاک دانه ای خشک ۳۷
شکل ۳-۶ توزیع فشار بر روی دیوار طره ای در حالت زهکشی نشده ۳۸
شکل ۳-۷ توزیع فشار برروی دیوار طره ای در حالت زهکشی نشده(روش بلوم) ۴۰
شکل ۳-۸ انواع سیستم های مهاری در دیوار مهار دار ۴۲
شکل ۳-۹ نمودار تغییر شکل و لنگر خمشی برای سپری های مهار شده الف)پای ساده ب)پای گیردار ۴۲
شکل ۳-۱۰ ضرایب کاهش لنگر Row ۴۴
شکل ۳-۱۱ مقایسه روش های مختلف اعمال ضریب اطمینان روی دیوار طره ای ۴۶
شکل ۳-۱۲ روش تیر-فنر ۴۷
شکل ۳-۱۳ مراحل اجرای دیوار خاکریزی شده[1] ۴۸
شکل ۳-۱۴ مراحل اجرای دیوار لایروبی شده[1] ۵۰
شکل ۳-۱۵ مکانیزم های سازه ای مختلف برای دیوار با پای گیردار الف)ایجاد مفصل پلاستیک ب)گسیختگی مهاری و ج)گسیختگی مهار همراه با ایجاد مفصل پلاستیک ۵۱
شکل ۳-۱۶ گسیختگی سازه ای در دیوار انعطاف پذیر الف)پای مفصل ب)پای گیردار[3] ۵۲
شکل ۳-۱۷ گسیختگی خاک در دیوار انعطاف پذیر الف)گسیختگی برشی برای دیوار با عمق نفوذ کم ب)گسیختگی برشی در اثر چرخش دیوار[3] ۵۳
شکل ۳-۱۸ گسیختگی برشی برای دیوار انعطاف پذیر مهار دار با عمق نفوذ ناکافی[3] ۵۳
شکل ۳-۱۸-۲استراتژی طراحی مدرن ۵۶
شکل ۳-۱۸-۳ الگوریتم تحلیل اطمینان بوسیله کاربرد plaxis & pro box به صورت مشترک و همزمان ۵۹
شکل۳-۱۸-۴: اندرکنش خاک و سپری به صورت لرزه ای ۶۰
شکل۳-۱۸-۶ a) توده نیمه بینهایت b) توده محصور ۶۱
شکل۳-۱۸-۷ جابجایی در یک محدوده نیمه بینهایت ۶۲
شکل۳-۱۸ سپری مهار شده که یک لایه خاک را تحمل می کند. ۶۷
شکل۳-۱۸-۹ مقایسه بدون بعد a) جابجایی تاج b) برش پایه c) لنگر تکیه گاه برای سپری ۶۸

مهار شده و آزاد به صورت تابعی از ω متوسط به ازای سه مقدار از dw۱۰و۵۰و۱۰۰[12]
شکل۳-۱۸-۱۰ جزء صحیح جابجایی خاکریز پشت سپری مهار شده، و خاکریزی که موج –sv قائم و dw=50 و ω متوسط های مختلف[12] ۶۸
شکل ۳-۱ تحلیل سپری در خاک ماسه ای اشباع ۷۱
جدول ۳-۱ نتایج مربوط به تحلیل کلاسیک ۷۱
شکل ۳-۲۰ نتایج مربوط به تحلیل کلاسیک[71] ۷۲
شکل ۳-۲۱ نحوه اعمال فشار آب و فشار خاک بر دیوار الف)خاک ماسه ای ب)خاک چسبنده[2] ۷۳
شکل ۳-۲۲ مدل با ابعاد مختلف در مقایسه با طول سپری[71] ۷۶
شکل ۳-۲۳ تغییر شکل افقی نوک سپری انعطاف پذیر در عمق نفوذ های مختلف برای ابعاد مختلف مدل[71] ۷۷
شکل ۳-۲۴ تغییر شکل افقی نوک سپری صلب در عمق نفوذهای مختلف برای ابعاد مختلف[71] ۷۹
شکل ۳-۲۵ حرکت سپری صلب در داخل خاک[71] ۷۹
شکل ۳-۲۶ تغییر شکل افقی نوک سپری در عمق نفوذپذیری[71] ۸۰
شکل ۳-۲۷ تغییر مکان در طول دیوار صلب در عمق نفوذ بحرانی آن[71] ۸۱
شکل ۳-۲۸ تغییر مکان در طول دیوار با انعطاف پذیری مینیمم در عمق نفوذ بحرانی[71] ۸۲
شکل ۳-۲۹ تغییر مکان در طول دیوار با انعطاف پذیری نرمال در عمق نفوذ بحرانی آن[71] ۸۲
شکل ۳-۳۰ تغییر مکان در طول دیوار با انعطاف پذیری ماکسیمم در عمق نفوذ بحرانی آن[71] ۸۳
شکل ۳-۳۱ نقاط پلاستیک و کرنش برشی در سپری صلب[71] ۸۴
شکل ۳-۳۲ نقاط پلاستیک و کرنشی برشی با انعطاف پذیری مینیمم[71] ۸۴
شکل ۳-۳۳ نقاط پلاستیک و کرنشی برشی با انعطاف پذیری نرمال[71] ۸۵
شکل ۳-۳۴ نقاط پلاستیک و کرنشی برشی با انعطاف پذیری ماکسیمم[71] ۸۵
شکل ۳-۳۵ تغییر شکلهای افقی سپری انعطاف پذیر در اعماق نفوذ مختلف برای المان حد واسط با ضرایب متفاوت در مدل ۸۰×۵۰[71] ۸۶
شکل ۳-۳۶ تغییر شکل های افقی سپری انعطاف پذیر در اعماق نفوذ مختلف برای المان حد واسط با ضرایب متفاوت در مدل ۴۰۰×۱۸۰[71] ۸۶

شکل ۳-۳۷ تاثیر المان حدواسط در تعیین عمق نفوذ بحرانی در مدل (۸۰×۵۰) و (۱۸۰×۴۰۰)[71] ۸۷
شکل ۳-۳۸ تغییر شکلهای افقی نوک سپری صلب در اعماق نفوذ مختلف سپری برای خاک ماسه ای با ضرایب اصطکاک داخلی متفاوت[71] ۸۸
شکل ۳-۳۹ تغییر شکلهای افقی نوک سپری انعطاف پذیر در اعماق نفوذ مختلف سپری برای خاک ماسه با ضرایب اصطکاک داخلی متفاوت[71] ۸۸
شکل ۳-۴۰ تاثیر ضریب اصطکاک داخلی خاک در اعماق نفوذ مختللف سپری صلب و انعطاف پذیر و مقایسه با روش کلاسیک[71] ۸۹
شکل ۴-۱ موقعیت گره ها و نقاط تنش در انواع المان های خاکی [5] ۹۴
شکل۴-۲ انواع موارد استفاده از تیرها و مهارها و المان های حد واسط[5] ۹۴
شکل ۴-۳ موقعیت گره ها و نقاط تنش در المانهای تیر ۳ و ۵ گره ای[5] ۹۵
شکل ۴-۴ توزیع گره ها درالمان های حدفاصل در محل اتصال با المان های خاک[5] ۹۶
شکل۴-۵ الف) نقاط گوشه‌ای انعطاف ناپذیر که سبب کیفیت ضعیف نتایج تنش می شود[5] ۹۹
شکل ۴- ۶ نتایج آزمایشات سه محوری زهکشی شده استاندارد همراه با مدل الاستوپلاستیک[5] ۱۰۱
شکل۴-۷ هندسه اولیه مدل ۱۰۷
۵-۱ شتاب نگاشت السنترو ۱۱۱
۵-۲ تاریخچه سرعت در هنگام زلزله ۱۱۱
۵-۳ تاریخچه تغییر مکان در هنگام زلزله ۱۱۱
شکل ۵-۴-شتاب نگاشت با بیشینه شتاب ۰.۴۰۳ g ۱۱۲
شکل ۵-۵- شتاب نگاشت با بیشینه شتاب۰.۵۰۲ g ۱۱۲
شکل ۵-۶ شتاب نگاشت با بیشینه شتاب ۰.۶۰۱ g ۱۱۲
شکل ۵-۷- شتاب نگاشت السنترو با بیشینه شتاب ۰.۳۴۶ g ۱۱۲
شکل ۵-۸ شتاب نگاشت با بیشینه شتاب۰.۸۰۳ g ۱۱۲
شکل ۵-۹ شتاب نگاشت با بیشینه شتاب ۰.۷۰۰ g ۱۱۲
شکل ۵-۱۰ تغییرات نسبت میرایی نرمال شده برحسب فرکانس زاویه ای [73] ۱۱۴

شکل ۵-۱۱ تحلیل سیکلی بدون میرایی انجام شده ۱۱۴
شکل۵-۱۲ سپری و مدل در نظر گرفته شده خاکریز خشک به طول ۲ متر و بقیه اشباع ۱۲۰
نمودار۶-۱ تغییرات لنگر خمشی سپری در اثر تغییرات بیشینه شتاب زلزله ۱۲۱
نمودار ۶-۲-تغییرات جابجایی افقی راس سپری در اثر تغییرات بیشینه شتاب زلزله ۱۲۲
نمودار ۶-۳ افزایش تنش برشی در سپری در اثر تغییرات بیشینه شتاب زلزله ۱۲۳
نمودار ۶-۵ تغییر فشار آب حفره ای در نقطه H در برابر تغییرات بیشینه شتاب زلزله ۱۲۴
نمودار۶-۶ فشار آب حفره ای نقطه I در برابرتغییرات بیشینه شتاب زلزله ۱۲۴
نمودار شماره ۶-۷ تغییر جابجایی افقی راس سپری در مقابل تغییر انعطاف پذیری سپری ۱۲۵
شکل ۶-۸ چرخش سپری صلب به سمت مقابل در مدل ۲۰۰×۱۳۰ متر و بزرگنمایی شده ۱۲۶
شکل ۶-۹ چرخش و تغییر شکل سپری با انعطاف پذیری بیشینه در مدل۲۰۰×۱۳۰ متر و بزرگنمایی شده ۱۲۶
نمودار ۶-۱۰ تاثیر تغییر انعطاف پذیری سپری دراندازه لنگر خمشی سپری ۱۲۷
شکل ۶-۱۱ چگونگی تغییرات لنگر سپری در تحلیل‌های دینامیکی ۱۲۸
نمودار۶-۱۲ اثر تغییر انعطاف پذیری در نیروی برشی سپری ۱۲۹
شکل ۶-۱۳ نقاط I , H در جهت تعیین فشار آب حفره ای ۱۳۰
نمودار ۶-۱۴ تغییر فشار آب حفره ای در نقطه H در اثر تغییر انعطاف پذیری ۱۳۰
نمودار ۶-۱۵ تغییر فشارآب حفره ای در نقطه I در اثر تغییر انعطاف پذیری سپری ۱۳۱
نمودار ۶-۱۶ اثر تغییر ابعاد مدل در جابجایی راس سپری ۱۳۲
نمودار شماره ۶-۱۷ اثر تغییر ابعاد مدل در اندازه لنگر خمشی سپری ۱۳۳
نمودار ۶-۱۸ مقایسه نتایج تحلیل به روش معمول و اجزاء محدود ایستاء و لرزه ای ۱۳۴
شکل۶-۱۹ شبکه تفاضل محدود ایجاد شده در نرم افزار FLAC با ابعاد ۸۰×۵۰ متر ۱۳۵
شکل۶-۲۰ نمودار تغییرات نیروی نامتعادل ۱۳۵
شکل ۶-۲۱ شتاب نگاشت ورودی به نرم افزار ۱۳۶
شکل۶-۲۲ جابجایی تاج سپری در راستای x بر حسب متردر سپری با طول ۱۰متر در نرم افزار Flac ۱۳۶
شکل ۶- ۲۳ جابجایی تاج سپری در راستای x بر حسب متردر سپری با طول ۱۰متر در نرم افزار plaxis ۱۳۷

## توضیح علائم

| | |
|---|---|
| $D$ | عمق نفوذ دیوار |
| $E$ | مدول الاستیسیته |
| $EA$ | سختی محوری دیوار |
| $EI$ | سختی خمشی دیوار |
| $H$ | ارتفاع خاکریز |
| $K_a$ | ضریب فشار جانبی محرک |
| $K_{au}$ | ضریب فشار جانبی محرک در حالت زهکشی نشده |
| $K_p$ | ضریب فشار جانبی مقاوم |
| $L$ | طول دیوار |
| $M_{max}$ | لنگر خمشی حداکثر |
| $R_{inter}$ | ضریب کاهش مقاومت المان حد فاصل |
| $\beta$ | شیب خاکریز پشت دیوار |
| $\eta$ | شیب پشت دیوار با قائم |
| $\delta$ | زاویه اصطکاک خاک - دیوار |
| $\varphi$ | زاویه اصطکاک داخلی موثر |
| $\gamma_d$ | دانسیته خشک خاک |
| $\gamma_{sat}$ | دانسیته خاک اشباع |
| $\theta$ | شیب سطح لغزش |
| $\upsilon$ | ضریب پواسون |
| $\psi$ | زاویه اتساع خاک |