



دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران گرایش مکانیک خاک و پی

استفاده از روش بدون شبکه و برنامه ریزی غیر خطی در تعیین مرز پایین بار
حدی در مسائل مکانیک خاک

نگارش:

سارا راسخ

استاد راهنمای اول:

دکتر سید محمد بینش

استاد راهنمای دوم:

دکتر عبدالحسین بغلانی

مهر ماه ۱۳۹۲

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بسمه تعالی

استفاده از روش بدون شبکه و برنامه ریزی غیر خطی در تعیین مرز پایین
بار حدی در مسائل مکانیک خاک

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی

نگارش:

سارا راسخ

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه عمران و محیط زیست دانشکده عمران

دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران با درجه: عالی

دکتر سید محمد بینش استادیار عمران-مکانیک خاک و پی (استاد راهنمای اول)

دکتر عبدالحسین بغلانی استادیار عمران-سازه های هیدرولیکی (استاد راهنمای دوم)

دکتر مجتبی جهان اندیش دانشیار عمران-مکانیک خاک و پی (داور)

مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

اینجانب سارا راسخ دانشجوی رشته عمران-مکانیک خاک و پی مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد به شماره دانشجویی ۹۰۱۵۴۰۱۴ تأیید می‌نماید کلیه نتایج این پایان نامه/رساله، بدون هیچگونه دخل و تصرف، حاصل مستقیم پژوهش صورت گرفته توسط اینجانب است. در مورد اقتباس مستقیم و غیر مستقیم از سایر آثار علمی، اعم از کتاب، مقاله، پایان نامه با رعایت امانت و اخلاق علمی، مشخصات کامل منبع مذکور درج شده است. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص مقامات ذی صلاح دانشگاه صنعتی شیراز، مطابق قوانین و مقررات مربوط و آئین نامه های آموزشی، پژوهشی و انضباطی عمل خواهد شد و اینجانب حق هرگونه اعتراض و تجدیدنظر را، نسبت به رأی صادره، از خود ساقط می‌کند. همچنین، هرگونه مسئولیت ناشی از تخلف نسبت به صحت و اصالت نتایج مندرج در پایان نامه/رساله در برابر اشخاص ذی نفع (اعم از حقیقی و حقوقی) و مراجع ذی صلاح (اعم از اداری و قضایی) متوجه اینجانب خواهد بود و دانشگاه صنعتی شیراز هیچ گونه مسئولیتی در این زمینه نخواهند داشت.

تبصره ۱- کلیه حقوق مادی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تبصره ۲- اینجانب تعهد می‌نماید بدون اخذ مجوز از دانشگاه صنعتی شیراز دستاوردهای این پایان نامه/رساله را منتشر نکند و یا در اختیار دیگران قرار ندهد.

نام و نام خانوادگی دانشجو:

سارا راسخ

تاریخ و امضاء

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج پایان‌نامه متعلق به دانشگاه و انتشار نتایج نیز تابع مقرارت دانشگاهی است و با موافقت استاد راهنما به شرح زیر، بلامانع است:

- بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.
- بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما:

دکتر سید محمد بینش
دکتر عبدالحسین بغلانی

تاریخ:

امضا:

تشکر و قدردانی:

پس از حمد و ستایش یکتا خدایی که دلم را شوق دانستن بخشید و سرم را شور کاوش و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرم نمود و توانم داد تا با تلاشی گسترده به یکی از آرزوهای دیرینه ام دست یابم. شایسته است که از رهنمودهای بسیار ارزشمند و راهگشای اساتید گرانقدر جناب آقایان دکتر سید محمد بینش و دکتر عبدالحسین بغلانی در راستای انجام این پروژه سپاسگزاری و قدردانی نمایم. این پایان نامه را در کمال افتخار به ایشان تقدیم می کنم.

چکیده

استفاده از روش بدون شبکه و برنامه ریزی غیر خطی در تعیین مرز پایین بار حدی در مسائل مکانیک خاک

نگارش:

سارا راسخ

هدف اصلی در تحقیق حاضر ارائه یک ابزار عددی در زمینه تحلیل حدی می باشد که بطور موثر و کارآمد در حل مسائل پایداری در مکانیک خاک مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا، نیاز به استفاده از یک روش مجزاسازی عددی و یک ابزار برنامه نویسی ریاضی می باشد که دو جز اصلی روش پیشنهادی به شمار می روند. به همین منظور، یک روش بدون شبکه بر اساس توابع شکل شپارد و یک تکنیک برنامه ریزی، تحت عنوان برنامه ریزی مخروطی مرتبه دو مورد استفاده قرار گرفته اند. بر اساس روش پیشنهادی، دامنه مساله صرفاً توسط گره شبیه سازی می شود و نیازی به استفاده از المان بندی های مرسوم در تحلیل های حدی عددی نمی باشد. به منظور ارضای شرایط مربوط به میدان تنش مجاز در تمام نقاط دامنه، در اطراف هر گره یک سلول ورونویی در نظر گرفته شده است و گرادیان تنش در داخل هر سلول هموار گردیده است. از آنجا که سلول های ورونویی کل دامنه مساله را پوشش می دهند، میدان تنش هموار شده یک حل مرز پایین اکید را بدست می دهد. فرمولبندی ارائه شده یک مساله بهینه یابی غیر خطی را بدست می دهد که این مساله، با استفاده از یک تبدیل متغیر، به مساله برنامه ریزی مخروطی مرتبه دو تبدیل می شود. برای حل این مساله بهینه یابی که در مقیاس وسیع مطرح است از نرم افزار GAMS و روش نقطه داخلی استفاده شده است. علاوه بر این، با توجه به اینکه یکی از ویژگیهای مفید روشهای بدون شبکه تسهیل در روند تحلیل انطباقی می

باشد، با معرفی خطا بر اساس بسط تیلور، یک روش موثر تحلیل انطباقی نیز ارائه گردیده است. در نهایت به منظور اثبات صحت و دقت روش ارائه شده چندین مثال از مسائل مهم ژئوتکنیک مورد بررسی قرار گرفته و با نتایج مطالعات قبلی نیز مقایسه شده است که همگی صحت روش ارائه شده و برتری آن را نسبت به سایر روش های مقایسه شده به اثبات می رساند.

واژه‌های کلیدی: : تحلیل حدی، روش بدون شبکه، برنامه ریزی غیر خطی، تحلیل

انطباقی

فهرست مطالب

۱	۱. فصل اول: مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه
۳	۲-۱- هدف تحقیق و اهمیت آن
۴	۳-۱- بخش‌های پایان نامه
۵	۲. فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده
۶	۱-۱- اصول و مبانی نظری
۶	۱-۱-۱- مفاهیم پایه در روش تحلیل حدی
۱۷	۲-۱-۲- معرفی روش بدون شبکه
۲۳	۳-۱-۲- برنامه نویسی ریاضی
۲۶	۲-۲- مروری بر ادبیات موضوع
۲۶	۱-۲-۲- تاریخچه روش تحلیل حدی
۳۰	۲-۲-۲- تاریخچه روش بدون شبکه
۳۴	۳-۲-۲- تاریخچه استفاده از برنامه ریزی غیر خطی در تحلیل مرز پایین
۳۷	۳-۲- نتیجه‌گیری
۳۸	۳. فصل سوم: روش پیشنهادی برای حل مساله
۳۹	۱-۳- مقدمه
۴۰	۲-۳- معرفی روش بدون شبکه شپارد
۴۰	۱-۲-۳- مقدمه
۴۱	۲-۲-۳- روش درونیابی تابع شکل شپارد
۴۲	۳-۲-۳- ویژگی‌های تابع شکل شپارد
۴۶	۴-۲-۳- فرمولبندی مرز پایین به روش بدون شبکه شپارد
۴۷	۳-۳- ملزومات مرز پایین تحلیل حدی
۴۸	۱-۳-۳- ارضای معادلات تعادل
۵۲	۲-۳-۳- ارضای شرایط مرزی
۵۴	۳-۳-۳- شرط تسلیم
۵۵	۴-۳-۳- تشکیل مساله بهینه یابی
۵۶	۴-۳- حل مسئله بهینه یابی
۵۶	۱-۴-۳- مقدمه

۵۷	تبدیل مسئله بهینه یابی به برنامه ریزی مخروطی مرتبه دو.....
۵۸	معرفی نرم افزار بهینه سازی GAMS.....
۶۴	تحلیل انطباقی.....
۶۴	مقدمه.....
۶۵	تخمین خطای پیشین.....
۶۸	تخمین خطاهای تقریبی.....
۷۰	روند تحلیل انطباقی.....

۴. فصل چهارم: نتایج شبیه سازی عددی

۷۶	
۷۷	مقدمه.....
۷۷	بارگذاری خاک بوسیله پی نواری.....
۷۸	بارگذاری زهکشی نشده بوسیله پی نواری صاف.....
۸۲	بارگذاری زهکشی شده بوسیله پی نواری.....
	خاک کاملاً چسبنده با تغییرات خطی چسبندگی نسبت به عمق تحت پی نواری
۸۸	صاف.....
۸۹	پایداری دریاچه مدفون.....
۸۹	مقدمه.....
۹۰	مدل سازی مساله پایداری دریاچه مدفون.....
۹۵	پایداری تونل دایره ای.....
۹۵	مقدمه.....
۹۶	مدل سازی مساله پایداری تونل.....
۹۸	اعمال شرایط مرزی به ناحیه با هندسه پیچیده.....
۱۰۰	نتایج حاصل از تحلیل انطباقی.....

۵. فصل پنجم: جمع بندی و پیشنهادها

۱۰۴	
۱۰۵	جمع بندی.....
۱۰۶	پیشنهادها.....

۱۰۷ مراجع

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲: مدل رفتاری ۸
- شکل ۲-۲: منحنی‌های تنش- کرنش ۹
- شکل ۳-۲: اصل تعامل ۱۱
- شکل ۴-۲: مدل سازه‌ای ۱۲
- شکل ۵-۲: روش‌های مجزا سازی ۱۷
- شکل ۶-۲: مدل سازی بدون شبکه دو بعد و شرایط مرزی ۲۱
- شکل ۷-۲: انواع دامنه تکیه گاهی ۲۲
- شکل ۸-۲: مخروط اولیه و دوتایی ۲۵
- شکل ۱-۳: تاثیر مقدار α بر شکل تابع تک متغیره ۴۵
- شکل ۲-۳: تشکیل تابع درونبایی ۴۶
- شکل ۳-۳: تشکیل سلول ورونویی در اطراف گره‌ها ۴۸
- شکل ۴-۳: سلول ورونویی اطراف گره q ۴۹
- شکل ۵-۳: قلوچارت روش نقطه داخلی ۶۳
- شکل ۶-۳: روش‌های شبکه بندی مجدد ۶۵
- شکل ۷-۳: تعیین اندازه دامنه تاثیر ۷۰
- شکل ۸-۳: روش اول، اضافه شدن گره‌ها در رئوس سلول‌های ورونویی ۷۳
- شکل ۹-۳: روش دوم، اضافه شدن گره‌ها در نقاط میانی سلول ورونویی ۷۳
- شکل ۱۰-۳: روش تصحیح گره‌ها بر اساس سلول ورونویی ۷۴
- شکل ۱۱-۳: فلوچارت روند تحلیل انطباقی ۷۵
- شکل ۱-۴: هندسه و شرایط مرزی مسئله بارگذاری زهکشی نشده ۷۸
- شکل ۲-۴: مدل سازی بدون شبکه با افزایش تراکم گره‌ها ۷۹
- شکل ۳-۴: نمودار روند همگرایی ۸۰
- شکل ۴-۴: مدل سازی بدون شبکه با آرایش‌های مختلف ۸۱
- شکل ۵-۴: مدل بدون شبکه برای خاک چسبنده-اصطکاکی ۸۳
- شکل ۶-۴: خاک چسبنده-اصطکاکی با در نظر گرفتن وزن خاک تحت پی نواری ۸۴
- شکل ۷-۴: مقایسه روش بدون شبکه با روش المان محدود برای مساله بارگذاری زهکشی شده ۸۶

- شکل ۴-۸: مدلسازی پی روی خاک کاملاً چسبنده با تغییرات مقاومت بطور خطی نسبت به عمق
 ۸۹.....
- شکل ۴-۹: جزییات مساله دريچه مدفون.....
 ۹۱.....
- شکل ۴-۱۰: مدل سازی مسئله دريچه مدفون برای حالت $H/B = 5$
 ۹۲.....
- شکل ۴-۱۱: مقایسه مقادیر بدست آمده برای عدد پایداری با مطالعات انجام شده قبلی.....
 ۹۴.....
- شکل ۴-۱۲: هندسه مساله پایداری تونل دایره ای تحت اثر سربار.....
 ۹۷.....
- شکل ۴-۱۳: مدل سازی تونل دایره ای.....
 ۹۷.....
- شکل ۴-۱۴: اعمال شرایط مرزی تنش به گره مرزی I برای هندسه پیچیده.....
 ۱۰۰.....
- شکل ۴-۱۵: مقایسه تحلیل انطباقی و تحلیل یکنواخت.....
 ۱۰۱.....
- شکل ۴-۱۶: تحلیل انطباقی مسئله دريچه مدفون.....
 ۱۰۲.....

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۴: تاثیر آرایش مختلف گره های مدل های بدون شبکه در نتایج تحلیل..... ۷۹
- جدول ۲-۴: نتایج تحلیل همگرایی..... ۸۲
- جدول ۳-۴: نتایج تحلیل برای مقادیر مختلف زاویه اصطکاک..... ۸۴
- جدول ۴-۴: نتایج بدست آمده برای q_{ult}/c برای نسبت های مختلف $\gamma B/c$ ۸۵
- جدول ۵-۴: مقایسه تحلیل حدی روش های بدون شبکه و المان محدود..... ۸۷
- جدول ۶-۴: نتایج عدد پایداری در یچه مدفون در شرایط صاف و زبر بارگذاری..... ۹۳
- جدول ۷-۴: مقادیر ضرایب فرمول ارائه شده برای پایداری تونل..... ۹۶
- جدول ۸-۴: مقایسه نتایج بدست آمده برای پارامتر σ_s/c' در حالت $c'=1$ و $\gamma=0$ برای سطح صاف بارگذاری..... ۹۸
- جدول ۹-۴: مقایسه نتایج تحلیل انطباقی و تحلیل یکنواخت برای مسئله ظرفیت باربری پی نواری..... ۱۰۲

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه

یکی از راهکارها در تعیین بار زوال سازه های ژئوتکنیکی استفاده از تئوریهای حدی مرز بالا و پایین می باشد. براساس این تئوریا با در نظر گرفتن رفتار صلب-خمیری برای خاک و با پیروی از قانون جریان وابسته، محدوده ای برای بار واقعی زوال بین حدود بالا و پایین معرفی می گردد. در زمینه استفاده از تئوری های تحلیل حدی در حل مسائل پایداری در مکانیک خاک مطالعات متعددی صورت گرفته است. نکته قابل توجه آن است که برای مسائلی با هندسه و بارگذاری های پیچیده استفاده از این تئوری ها به تنهایی جوابگو نمی باشد و لازم است که آنها با روش های عددی و برنامه ریزی ریاضی تلفیق گردند و ابن امر منجر به پیدایش دسته جدیدی از روش های تحلیل حدی تحت عنوان روشهای تحلیل حدی عددی گردیده است. این دسته از روش ها به دو دسته کلی روش های حد بالا و روشهای حد پایین تقسیم شده اند. در روش های حد بالا یک مکانیزم زوال مجاز در نظر گرفته می شود و از طریق برابر قرار دادن توان نیروهای خارجی و توان اتلافی داخلی، یک مسئله بهینه یابی شکل می گیرد که با حل آن جواب مرز بالا برای بار زوال بدست می آید. در مسائل حد پایین یک میدان تنش مجاز استاتیکی در نظر گرفته می شود و از آن طریق تخمینی برای حد پایین بار حدی بدست می آید. هر چند که روشهای حد بالا به دلیل سادگی در لحاظ کردن مکانیزم مجاز بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته اند، اما روشهای حد پایین به دلیل آنکه در ذات خود دارای یک حاشیه ایمنی هستند بیشتر مورد توجه مهندسان می باشند. در این زمینه بسیاری از محققین به تعیین حدود پایین در مسائل پایداری با استفاده از روش اجزا محدود به همراه برنامه ریزی ریاضی پرداخته اند و راهکارهایی برای تحلیل حد پایین محیط های دو بعدی بر اساس روش برنامه ریزی خطی ارائه داده اند. با وجود قدرتی که روش های تحلیل حدی پیشنهادی داشته اند، کاربرد حلگر های خطی با الگوریتم های مقدماتی در آنها منجر به عدم توانایی در تحلیل مسائل مکانیک خاک در مقیاس های بزرگ گردیده است. این مشکل از طریق ارائه یک الگوریتم پیشرفته به نام الگوریتم دسته فعال بر طرف گردیده و این روش پیشنهادی در تحلیل مسائل مختلف مکانیک خاک مورد استفاده قرار گرفته است.

استفاده از روش بدون شبکه و برنامه ریزی غیر خطی در تعیین مرز پایین بار حدی در مسائل مکانیک خاک

با وجود موفقیتی که روش های حد پایین عددی با حلگرهای خطی در حل مسائل دو بعدی و نیز مسائل با تقارن محوری بدست آوردند، این راهکارها نتوانستند در مسائل سه بعدی کاربرد چندانی داشته باشند، زیرا خطی سازی توابع تسلیم در فضای سه بعدی حجم عظیمی از نامساوی ها را ایجاد می کند که عملاً حل مساله را ناممکن می سازد. علاوه بر این، خطی سازی تابع تسلیم باعث کاهش دقت حل نیز می گردد. از اینرو دسته جدیدی از روش های حد پایین عددی براساس حلگرهای غیرخطی بنا نهاده شده اند که در آنها روش اجزا محدود با در نظر گرفتن تنش خطی در هر المان به همراه شرایط تسلیم غیرخطی در تعیین حد پایین مسائل به کار گرفته می شوند. این روش ها در حل مسائل مختلفی در مکانیک خاک بکار گرفته شدند.

قسمت عمده تحقیقات صورت گرفته در گسترش روش های حد پایین عددی، به بهبود الگوریتم های حل مساله بهینه یابی پرداخته اند. حال آنکه تکنیک های عددی مورد استفاده برای مجزاسازی محیط کمتر مورد توجه قرار گرفته اند و عمدتاً از روش المان محدود جهت مجزاسازی محیط استفاده شده است. از طرفی با گسترش کاربرد روش های بدون شبکه در شاخه های مختلف علمی، تعدادی از مطالعات به استفاده از این روش ها در مجزاسازی محیط در تحلیل های حدی عددی معطوف شده اند.

۱-۲- هدف تحقیق و اهمیت آن

هدف اصلی در این پایان نامه، تعیین مرز پایین بار زوال در مسائل ژئوتکنیک با استفاده از ترکیب تئوری حدی، روش بدون شبکه و برنامه ریزی غیر خطی می باشد. برای این منظور با استفاده از تابع شکل شپارد و مفهوم انتگرالگیری گره ای و نیز تغییر ساختار تنش های گره ای مجهول یک مساله بهینه یابی غیر خطی بدست می آید که این مساله توسط برنامه ریزی مخروطی مرتبه دو حل می گردد. با استفاده از روش ارائه شده تعداد قیدهای مسئله بهینه یابی بطور قابل توجهی کاهش می یابد و هزینه محاسبات کاهش پیدا می کند. این موضوع به دلیل استفاده از روش بدون شبکه به عنوان جایگزینی برای روش های بر مبنای شبکه بندی و نیز کاربرد برنامه ریزی مخروطی مرتبه دو برای تشکیل مساله بهینه یابی و عدم خطی سازی قیود تسلیم می باشد. در نهایت با حل چندین مساله، افزایش دقت و نیز قابلیت روش نسبت به حالتی که از برنامه ریزی خطی جهت حل مساله بهینه یابی استفاده می شود، نشان داده می شود. بعلاوه به

استفاده از روش بدون شبکه و برنامه ریزی غیر خطی در تعیین مرز پایین بار حدی در مسائل مکانیک خاک منظور بهبود دقت حل و افزایش سرعت محاسبات، یک روش تحلیل انطباقی ارائه می شود. که به دلیل استفاده از روش بدون شبکه شپارد، بکارگیری تحلیل انطباقی به راحتی صورت می گیرد. چرا که در روش های بدون شبکه اضافه کردن گره ها بر راحتی و بدون نیاز به تغییر در تعریف سایر گره ها ممکن می باشد. اما در روش المان محدود تغییر شبکه بندی و یا اضافه و کم کردن المان نیازمند تغییر در کل ساختار شبکه بندی مسئله می باشد. بنابراین انجام تحلیل انطباقی با استفاده از این روش بسیار ساده تر خواهد بود.

۱-۳- بخش های پایان نامه

در این پایان نامه در فصل دوم، ابتدا اصول و مبانی نظری در مورد مفاهیم استفاده شده در روش پیشنهادی توضیح داده می شود. مفاهیم تئوری تحلیل حدی، معرفی کلی روش بدون شبکه و توضیح مختصری از مسئله برنامه نویسی ریاضی ارائه می شود. سپس مروری بر تحقیقات انجام شده قبلی در زمینه روش تحلیل حدی، روش بدون شبکه و استفاده از برنامه ریزی غیر خطی در تحلیل مرز پایین صورت می گیرد.

در فصل سوم، روش پیشنهادی برای حل مساله معرفی می گردد. ابتدا روش بدون شبکه شپارد شرح داده می شود. سپس فرمول بندی عددی برای تعیین مرز پایین با استفاده از روش بدون شبکه ارائه می شود. پس از آن تشکیل مسئله بهینه سازی و حل آن با استفاده از برنامه نویسی مخروطی مرتبه دو توضیح داده می شود. در آخر یک روش تحلیل انطباقی برای بهبود دقت حل و افزایش سرعت محاسبات معرفی می گردد.

در فصل چهارم، نتایج شبیه سازی عددی با حل چندین مثال در زمینه های ظرفیت باربری پی نواری، پایداری دریچه مدفون و پایداری تونل معرفی می گردد. همچنین مثالی از تحلیل انطباقی ارائه می شود. در فصل پنجم، جمع بندی کلی از تحقیق انجام گرفته و پیشنهادات برای مطالعات بعدی انجام می گیرد.

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام

شده

۲-۱- اصول و مبانی نظری

۲-۱-۱- مفاهیم پایه در روش تحلیل حدی

۲-۱-۱-۱- مقدمه

هدف از تحلیل پایداری، تعیین حداکثر باری است که ساختار خاک می تواند قبل از گسیختگی تحمل کند. بار گسیختگی خاک اصولاً تابعی از مقاومت خاک است، که می تواند از آزمایش در آزمایشگاه یا در محل بدست آید. دو روش اصلی که می توان برای تعیین بار گسیختگی استفاده کرد: تحلیل غیر مستقیم مسیر بار و تحلیل حدی مستقیم است.

در تحلیل مسیر بار، می بایست پاسخ کامل بار-جابجایی قبل از تخمین بار گسیختگی، محاسبه شود. در این زمینه مطالعاتی با استفاده از روش اجزاء محدود انجام شده است. این روش اگرچه یک روش قدرتمند است، اغلب در عمل با مشکلاتی همراه است. چرا که نیازمند تعیین کامل روابط تنش- کرنش و ویژگی های مواد برای خاک و هر مولفه ساختاری است. تعیین دقیق این اطلاعات نه تنها مشکل است، بلکه بسیار پرهزینه نیز می باشد.

با فرض اینکه مقاومت خاک مستقل از تغییر شکل است، امکان استفاده از تئوری های مرزی تحلیل حدی برای تخمین بار گسیختگی بطور مستقیم وجود دارد. روش مستقیم تحلیل حدی این امکان را فراهم می کند که بار گسیختگی در یک رفتار نسبتاً ساده بدست آید. اولین مزیت مهم استفاده از تئوری مرزی برای تحلیل پایداری این است که یک مرز بالا و یک مرز پایین برای بار گسیختگی واقعی بدست می آید. که در این صورت می توان تخمین دقیقی از جواب های بدست آمده ارائه داد. دومین مزیت آن است که تئوری مرزی فقط نیازمند ویژگی های مقاومتی مواد است

فصل دوم: مروری بر تحقیقات انجام شده

استفاده از روش بدون شبکه و برنامه ریزی غیر خطی در تعیین مرز پایین بار حدی در مسائل مکانیک خاک

که اندازه گیری آن خیلی ساده تر از برآورد ویژگی های تغییر شکلی مواد است که برای تحلیل مسیر بار لازم است.

۲-۱-۱-۲- تحلیل حدی عددی

تحلیل حدی با استفاده از تئوری های اساسی تحلیل خمیری یک ابزار دقیق را برای تخمین حداکثر بار قابل تحمل توسط جسم فراهم می آورد. حل دقیق برای اکثر مسائل با هندسه و شرایط مرزی اختیاری بندرت موجود می باشد و به ناچار باید به روشهای تقریبی عددی روی آورد. پیشرفت تحلیل حدی عددی تکیه به هر دو روش های مجزا سازی و تکنیک های برنامه نویسی ریاضی دارد. در چهار دهه گذشته روش های حل عددی زیادی برای مسائل تحلیل حدی ایجاد شده است و بطور موازی پیشرفت هایی در توسعه تحلیل عددی و تکنیک های برنامه نویسی صورت گرفته است.

مسائل تحلیل حدی با استفاده از دو روش عددی مختلف قابل حل هستند. روش اول بر اساس ارزیابی نمودی رابطه غیر خطی تنش- کرنش تئوری جریان است، که با استفاده از روش تکرار شونده نیوتن-رافسون یا با استفاده از برنامه نویسی ریاضی قابل انجام است. روش نمودی از نظر محاسباتی پرهزینه است زیرا نیاز به انجام تحلیل در یک رفتار تکرار شونده دارد. روش دوم بر اساس تئوری های اساسی حد خمیری است، که ضریب بار حدی بطور مستقیم بوسیله برنامه نویسی ریاضی و معمولاً مجزا سازی اجزاء محدود تعیین می شود. این روش یک ابزار قدرتمند برای حل مسائل با هندسه اختیاری می باشد.

۲-۱-۱-۳- روابط خمیری و تئوری تحلیل حدی

تئوری خمیری مدت زمان طولانی است که بوجود آمده است و برای مسائل مختلف در کارهای