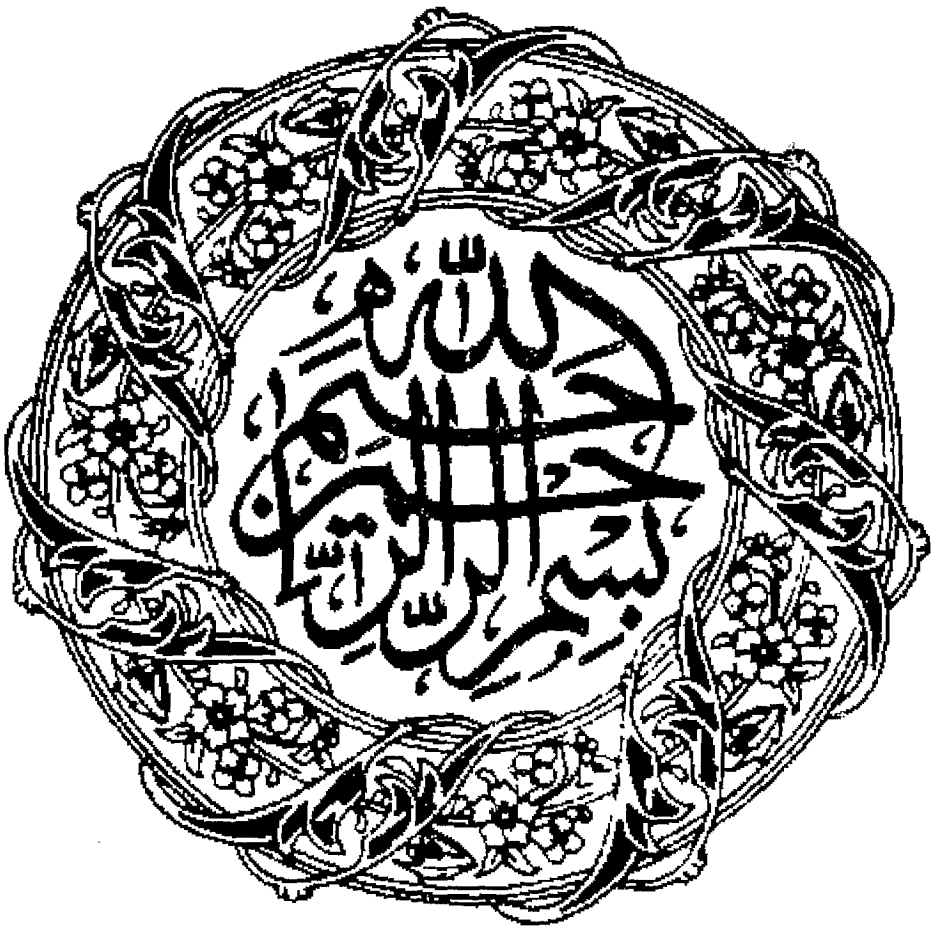

١٤١٤٩١

دانشکده فنی
گروه عمران
گرایش مکانیک خاک و پی

بررسی سیستمهای مختلف گودبرداری از جنبه های سرویس دهی و کنترل تغییرشکل

از

مهدی حمیدی

اساتید راهنما

دکتر فرزین کلانتری

دکتر میر احمد لشت نشایی

۱۳۸۹/۷/۳

استاد مشاور

دکتر ایرج برگ گل

تحصیلات تکمیلی
دانشگاه تبریز

شهریور ماه ۱۳۸۸

۱۴۱۴۹۱

تقدیم به پدر و مادرم،

اسطوره های محبت و فداکاری

چه حقیرند زیباترینِ واژه ها برای بیان آنچه که هستید.

تقدیم به شما که بزرگترین استاد زندگیم هستید و به من آموختید آنچه را که در هیچ کلاسی، هیچ کتابی و هیچ استادی نمی توان یافت.

با بوسه ای بر دستان پرمهرتان، ایثار بی انتهای شما را ارج می نهم و تا ابد قدردان آن خواهم بود، که این نیز آموخته دیگری است از شما.

تقدیر و تشکر:

حمد و سپاس پروردگاری را که قدرت قدم نهادن در این راه را بر ما عطا نمود و هزاران شکر بر لطف بیکرانش که آموختن را سرلوحه زندگی ما قرار داد.

سپاس و تشکر فراوان از اساتید گرامی ام آقایان ***دکتر فرزین کلانتری و دکتر میر احمد لشت نشایی*** که در مقام استاد راهنما، در سایه تجربیات و آموخته های علمی خود، با راهنمایی های ارزشمند و مدبرانه، مرا در پیشبرد اهداف پایان نامه یاری رسانده و خالصانه اطلاعات علمی خود را در اختیار دانشجویان و آینده سازان جامعه قرار می دهند.
همچنین از جناب آقای ***دکتر ایرج برگ گل*** که در مقام استاد مشاور، با راهنمایی های ارزشمندشان در پشت سر گذاشتن موانع موجود یاری ام کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

لذا در ادامه جا دارد تقدیر و تشکر داشته باشم از:
جناب آقای دکتر مهدی ویس کرمی که در طول انجام پایان نامه صادقانه و برادرانه مرا یاری نموده اند .
دانشجویان کارشناسی ارشد عمران- گروه مکانیک خاک و پی ورودی ۸۵ و سایر دوستان.

مهدی حمیدی– تابستان ۱۳۸۸

فهرست مطالب

چکیده فارسی ..... ص
چکیده انگلیسی ..... ض

فصل اول- مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- ضرورت تحقیق ۲
۱-۳- اهداف تحقیق ۳
۱-۴- روش تحقیق ۳
۱-۵- خلاصه فصول پایان نامه ۴

فصل دوم – مروری بر گودبرداری و روشهای محافظت از گود

۲-۱- آشنایی کلی با اصول گودبرداری ۶
۲-۲- بررسی تأثیر انواع خاکها در گودبرداری ۹
۲-۲-۱- خاکهای دانه‌ای چسبنده ۹
۲-۲-۲- خاکهای دانه‌ای بدون چسبندگی ۱۰
۲-۲-۳- خاکهای رسی نرم متوسط (اشباع) ۱۱
۲-۲-۴ خاکهای رسی سخت ۱۲
۲-۲-۵- خاکهای رمبنده (Collapsible) ۱۲
۲-۳- انتخاب نوع سیستم حفاظتی ۱۲
۲-۴- انواع روشهای گودبرداری و سازه‌های نگهبان ۱۳
۲-۴-۱- مهارهای زمینی ۱۳
۲-۴-۱-۱- مصالح تاندون ۱۶
۲-۴-۲- دیوارهای شمع نگهبان ۱۷
۲-۴-۲-۱- مراحل ساخت ۱۹
۲-۴-۲-۲- نصب پوشش محافظ ۱۹
۲-۴-۲-۳- مزایای روش ۲۱
۲-۴-۲-۴- معایب روش ۲۱

۲-۴-۳- دیوارهای میخ کوبی ۲۱

۲-۴-۳-۱- مزایای روش ۲۲

۲-۴-۳-۲- معایب و محدودیتهای روش ۲۳

۲-۴-۳-۳- بارگذاری کششی گل میخ ها ۲۴

۲-۴-۳-۴- ساخت دیوارهای میخ کوبی تزریق شده ۲۴

۲-۴-۳-۵- حرکات جانبی ۲۷

۲-۴-۳-۶- اتصال گل میخ با دیوار ۲۷

۲-۴-۴- سپرها ۲۸

۲-۴-۴-۱- مزایای روش ۲۹

۲-۴-۴-۲- معایب روش ۳۰

۲-۴-۴-۳- مراحل نصب سپرها ۳۰

۲- ۴- ۵- دیوار شمع برشی بتنی ۳۱

۲- ۴- ۵- ۱- انواع دیوار شمعی برشی ۳۱

۲- ۴- ۵- ۲- مزایای روش ۳۳

۲- ۴- ۵- ۳- معایب روش ۳۳

۲- ۴- ۵- ۴- دیوار شمع برشی متقاطع ۳۳

۲-۴- ۵- ۵- مراحل ساخت ۳۴

۲-۵- اقدامات ایمنی ۳۶

فصل سوم – بررسی اثرات ناشی از گودبرداری بر روی ساختمانهای مجاور گود

۳-۱- مقدمه ۳۸

۳-۲- قابلیت بهره برداری ، خسارتها و تغییر شکل های حدی ۳۸

۳-۲-۱- آسیبهای قابل رویت ۳۹

۳-۲-۲- فعالیت های انجام شده در مورد تغییر شکلهای حدی ساختمان ۴۰

۳-۳- تعارف مربوط به جابجایی زمین و شالوده ۴۴

۳-۴- معیارهای اساسی خرابی ناشی از گود برداری ۴۵

۳-۴-۱- کرنش کششی حدی و دوران نسبی ۴۵

۳-۴-۲- روشهای برآورد میزان آسیب دیدگی ساختمان مجاور گود ۴۸

الف- روش جی بون (۱۹۹۶ و۲۰۰۱) ۴۸

ب- روش بوسکاردین و کوردینگ (۱۹۸۹) ۵۴

ج- روش برلند (۱۹۹۷) ۵۶

د- روش فیلد (۱۹۶۳) ۵۷

۳-۵- شکل پروفیل نشست سطح زمین ناشی از گود برداری ۵۷

۳-۵-۱- مروروروشهای تجربی موجود..... ۵۹

الف ـ روش پک(۱۹۶۹)..... ۵۹

ب- روش باولز (۱۹۸۸)..... ۶۰

ج- روش کلاف و رورک (۱۹۹۰)..... ۶۰

د- روش او و همکاران(۱۹۹۳و۱۹۹۸)..... ۶۱

۱- نیم رخ نشست محدب..... ۶۲

۲- نیم رخ نشست قاشقی ۶۳

۳- تعیین نوع نیم رخ نشست (او وهمکارانش)..... ۶۳

۴- حداکثرنشست سطح زمین ۶۴

۳-۵-۲- مقایسه بین روشهای مختلف پیش بینی نیم رخ نشست زمین..... ۶۶

۳-۵-۳- بررسی اثر ساختمانهای مجاور گود در میزان تغییرشکل زمین و ساختمان..... ۶۶

الف. بوسکاردین وکوردینک (۱۹۸۹)..... ۶۶

ب. پاتز وادنبروک(۱۹۹۶)..... ۶۹

۴-۵- جمع بندی وخلاصه فصل ۷۲

فصل چهارم - کاربرد روشهای عددی و آشنایی با نرم افزار plaxis

۴-۱- مقدمه ۷۵

۴-۲- روش های حد بالا ۷۶

۴-۳- روشهای حد پایین ۷۷

۴-۴- روش تفاضلات محدود ۷۷

۴-۵- روش المانهای مجزا ۷۷

۴-۶- روش اجزای محدود ۷۸
۴-۷- آشنایی با نرم افزار Plaxis و قابلیت آن ۷۸
۴-۷-۱- تحلیل های کرنش مسطح و تقارن محوری ۷۸
۴-۷-۲- المان های محیط خاکی یا سنگی ۷۹
۴-۷-۳- المان تیر ۷۹
۴-۷-۴- المان های سطح مشترک ۸۱
۴-۸- مدل های رفتاری خاک ۸۴
۴-۸-۱- مدل الاستیک خطی ۸۴
۴-۸-۲- مدل مور – کولمب ۸۴
۴-۸-۳ - مدل سخت شدن خاک ۸۶
۴-۸-۴- مدل رفتاری برای خاکهای نرم ۸۷
۴-۸-۵ - مدل Joined Rock ۸۸

فصل پنجم - معرفی پارا مترها و بررسی صحت عملکرد نرم افزار

۵ -۱ – مقدمه ۹۰
۵ -۲ – معرفی پارامترها ۹۰
۵ – ۲ -۱ - وزن مخصوص خاک (γ_{sat} ، γ_{unsat}) ۹۱
۵ -۲-۲ - مدول الاستیسیته ۹۲
۵-۲-۲ -۱ - روش های تعیین مدول الاستیسیته خاک ۹۴
- استفاده از داده های CPT ۹۴
- استفاده از داده های SPT برای محاسبه E ۹۷
۵-۲-۳- نسبت پوآسون ۹۸
۵-۲-۴ - تعیین پارامتر های مقاومت برشی خاک ۱۰۰
۵-۲-۴-۱- چسبندگی خاک (C) ۱۰۰
۵-۲-۴-۲ - زاویه اصطکاک داخلی خاک (ϕ) ۱۰۰
۵-۲-۴-۳ - زاویه اتساع (Ψ) ۱۰۱
۵-۳- مدلسازی رفتار عناصر سازه ای دیوارنگهبان ۱۰۲

۵-۳-۱- پارامتر های لازم برای تعریف المان Beam ۱۰۲
۵-۴- بررسی صحت عملکرد نرم افزار Plaxis ۱۰۳
۵-۴-۱- معرفی گودبرداری بررسی شده در طرح پژوهشی ۱۰۳
۵-۴-۲- مقایسه نتایج طرح پژوهشی با گود برداری مدلسازی شده در حالت مهار نشده ۱۰۴
۵-۴-۳- مقایسه نتایج طرح پژوهشی با گود برداری مدلسازی شده در حالت مهار شده ۱۰۵
۵-۵- مقایسه نتایج بدست آمده از دو نرم افزار Plaxis و Geo-studio ۱۰۹
۵-۵-۱- مروری گذرا بر نرم افزار Geo-studio ۱۰۹

فصل ششم – مدلسازی، تحلیل اجزای محدود و نتایج مطالعات پارامتریک

۶ – ۱- مقدمه ۱۱۵
۶ – ۲ – مراحل مدلسازی و نحوهٔ کار با نرم افزار Plaxis ۱۱۵
۶ – ۳ – مدلسازی گود برداری ۱۱۶
۶ – ۳ – ۱– مدل خاک ۱۱۷
۶ -۳ – ۲ – شرایط مرزی و ابعاد مدل ۱۱۷
۶-۳-۲-۱ – شرایط مرزی یا تکیه گاهی ۱۱۷
۶-۳-۲-۲ – بررسی تأثیر عرض مدل ۱۱۸
۶-۳-۲-۳ – بررسی تأثیر عمق مدل ۱۱۹
۶-۳-۲-۴ – بررسی تاثیر پهنای گود (W) ۱۲۱
۶-۴- مطالعه پارامتریک ۱۲۴
۶-۴-۱- تاثیر پارامتر چسبندگی خاک (C) ۱۲۸
۶-۴-۲- تاثیر زاویه اصطکاک خاک (ϕ) ۱۳۱
۶-۴-۳- تاثیر پارامتر مدول الاستیسیته خاک (E) ۱۳۵
۶-۴-۴- تاثیر عمق گود (H) ۱۳۷
۶-۵- تعیین عمق ایمن گودبرداری با توجه به مشخصات مقاومتی خاک ۱۴۴
۶-۶- گودبرداری محافظت نشده همراه با سربار در لبه گود (بررسی صلبیت پی) ۱۴۷
۶-۶-۱- تاثیر پارامتر چسبندگی خاک (C) ۱۴۸
۶-۶-۲- تاثیر پارامتر مدول الاستیسیته خاک (E) ۱۵۰

۶-۷- تاثیر سیستمهای حفاظت از گودبرداری برروی دوران نسبی(β)وکرنش افقی پی(ε_h) ۱۵۲

۶-۷-۱- تاثیر پارامتر چسبندگی خاک (C) ۱۵۴

۶-۷-۱-۱- بررسی تاثیر سیستمهای محافظت از گود در کاهش حدود آسیب دیدگی ساختمان ۱۶۶

۶-۷-۲- تاثیر پارامتر مدول الاستیسیته خاک (E) ۱۷۵

فصل هفتم – جمع بندی و نتیجه گیری

۷-۱- کلیات ۱۷۹

۷-۲- جمع بندی ۱۷۹

۷-۳- نتایج ۱۸۱

۷-۴- محدودیت ها ۱۸۳

۷-۵- پیشنهادات برای ادامه کار ۱۸۳

فهرست مراجع ۱۸۴

فهرست جدول ها

جدول ۲-۱: گودبرداری در منطقه شهری در مقایسه با اجرای گود در خارج شهر (Kim, 2001) ۷

جدول ۳-۱: ارزیابی آسیب های قابل رؤیت، (Burland et al, 1977) ۴۱

جدول ۳-۲: ارزیابی آسیبها (تکمیل جدول(Burland et al, 1977))، (Day, 1998) ۴۲

جدول ۳-۳: مطالعات موردی جمع آوری شده توسط بوسکاردین ۵۶

جدول ۳-۴: روشهای پیش بینی تغییر شکل سطح زمین ۷۳

جدول ۳-۵: خلاصه ای از روشهایی که حدودی برای تغییر شکلها ی مجاز دو بعدی ارائه کرده است ۷۳

جدول ۴-۱: انواع روش های عددی و روش های حل آنها (Deasi, 1977) ۷۶

جدول ۵-۱: وزن مخصوص خاک ماسه ای بر حسب وضعیت متراکم (اسلامی ۱۳۸۵) ۹۲

جدول ۵-۲: مقادیر مدول الاستیسیته خاک بر حسب q_c (US Army, 1992) ۹۷

جدول ۵-۳: مدول الاستیسیته بر حسب N_{60} خاکهای ماسه ای (US Army, ۱۹۹۲) ۹۸

جدول ۵-۴: مقادیر تقریبی E بر حسب درجه تراکم خاکهای ماسه ای (Budhu، ۲۰۰۰ ; Whenman، ۲۰۰۳) ۹۸

جدول ۵-۵: مقادیر نسبت پوآسون با توجه به وضعیت تراکم خاک ماسه ای (Budhu, 2000) ۹۹

جدول ۵-۶: مقادیر نسبت پوآسون برای انواع مختلف خاک ها (Whenman, 2003) ۹۹

جدول ۵-۷: مقادیر تقریبی زاویه اصطکاک داخلی خاک ماسه ای بر حسب وضعیت تراکم خاک (US Army, 1992) ۱۰۱

جدول ۵-۸: پروفیل عمومی خاک در شهر شیراز برای انجام آنالیزها (بوشهریان و همکاران، ۱۳۸۷) ۱۰۳

جدول ۵-۹: نتایج تحلیل ترانشه های قائم مهار نشده ومهار شده درطرح پژوهشی، توسط نرم افزار Plaxis (بوشهریان و همکاران، ۱۳۸۷) ۱۰۶

جدول ۵-۱۰: نتایج تحلیل ترانشه های قائم مهار نشده و مهار شده در گودبرداری مدلسازی شده، توسط نرم افزار Plaxis ۱۰۶

جدول ۵-۱۱: نتایج دو نرم افزار برای تغییرمکانهای قائم و افقی لبه گود و بالاآمدگی کف گودبرداری ۱۱۰

جدول ۶-۱: نتایج مطالعه پارامتریک بر روی عرض مدل ۱۱۸

جدول ۶-۲: نتایج مطالعه پارامتریک بر روی عمق مدل ۱۱۹

جدول ۶-۳: حدود نسبت δ_v/δ_h به ازای عمقهای مختلف گودبرداری و مدلهای رفتاری خاک ۱۳۹

جدول ۶-۴: محدوده آسیب وارد به ساختمان، به ازای نوع سیستم حفاظتی، زاویه اصطکاک و مقادیر مختلف عدد پایداری ۱۶۸

فهرست شکل ها

شکل۲-۱: نحوه عملکرد گودبرداری در مناطق شهری(Kim, 2001) ۶

شکل۲-۲: مولفه های مهار زمینی (Sabatini et al, 1999) ۱۴

شکل۲- ۳: اجزای مهار برای تاندون میلگرد ۱۵

شکل۲-۴: اجزای مهار برای تاندون سیمی ۱۵

شکل۲- ۵: انواع مهارهای زمینی تزریق شده (Sabatini et al, 1999) ۱۵

شکل۲-۶: مقطع عرضی از تاندون میلگرد ۱۶

شکل۲-۷: مقطع عرضی از تاندون سیمی ۱۶

شکل۲- ۸: محافظت از تاندون ها در برابر خوردگی، (a)- تاندون سیمی، (b)- تاندون میلگرد(Sabatini et al, 1999) . ۱۷

شکل۲- ۹: نحوه آرایش شمعها و پرکننده ها در دیوار شمع نگهبان ۱۸

شکل۲- ۱۰: مراحل ساخت دیوار شمع نگهبان (Cornforth, 2005) ۱۹

شکل۲- ۱۱: دو نمونه از دیوار شمع نگهبان در حال ساخت ۲۰

شکل۲- ۱۲: بارگذاری کششی میخها (Cornforth, 2005) ۲۲

شکل۲- ۱۳: مراحل ساخت دیوار میخکوبی (Cornforth, 2005) ۲۵

شکل۲- ۱۴: مثالی از جزئیات دیوار میخکوبی (Cornforth, 2005) ۲۶

شکل۲- ۱۵: مثالهایی از دیوارهای میخکوبی در حال ساخت ۲۶

شکل۲-۱۶: اتصال میخهابا رویه بتنی، (a)- دیوار میخکوبی موقتی، (b)و(c)- دیوار میخکوبی دائمی(Cornforth, 2005) ۲۷

شکل ۲- ۱۷: نمونه ای از یک دیوار سپرکوبی همراه با نحوه اتصال المان های سازه ای ۲۹

شکل۲- ۱۸: مراحل ساخت یک دیوار سپرکوبی به صورت شماتیک ۳۱

شکل ۲- ۱۹: نحوهٔ قرار گیری شمع بتنی مسلح شده، (a) دیوار شمع مماسی، (b) دیوار شمع متقاطع،(c) دیوار شمع شطرنجی، (d) دیوار شمعی با فاصله ۳۲

شکل ۲-۲۰: مثالهایی از مقاوم سازی فولادی در شمعهای برشی(a) نمای پلان؛ شمع H شکل بال پهن. (b) نمای پلان؛ مقاوم سازی با میلگرد. (c) مقطع عرضی ۳۲

شکل ۲-۲۱: دیوار شمع برشی متقاطع پس از گودبرداری ۳۴

شکل ۲- ۲۲: مراحل ساخت یک دیوار شمع متقاطع به صورت شماتیک ۳۵

شکل۳-۱: نمودار ارائه شده (Bjerrum, 1963) ۴۲

شکل۳-۲: تعاریف مربوط به جابه جایی زمین و شالوده (Boscardin and Cording, 1989) ۴۵

شکل۳-۳: ترکهای ایجاد شده بر اثر خمش و برش در تیر ساده عمیق ۴۶

شکل۳- ۴: مدل تیر عمیق با بار گسترده شده (Burland et al, 1977) ۴۹

شکل۳- ۵: تعریف پارامترهای هندسی (Boone, 1996) ۵۰

شکل۳- ۶: مدهای مختلف تغییرشکل (Boone, 2001) ۵۰

شکل۳-۷: ترکیب تغییرشکلهای ناشی از خمش و برش در تیر عمیق با بارگذاری یکنواخت (Boone, 1996) ۵۱

شکل۳- ۸: مسیرتنشهای اصلی درتیرساده(خطوط خط چین فشار و خطوط پیوسته کشش را نشان می دهند) (Gere and Timoshenko, 1974) ۵۱

شکل۳- ۹: روابط کرنش مسطح (Gere and Timoshenko, 1984) ۵۱

شکل۳- ۱۰: مراحل بر آوردمیزان آسیب دردیوارهای باربر(Boone, 2001) ۵۲

شکل۳- ۱۱: برآورد میزان آسیب در سازه های قاب دار با دیوار میان پر داخلی (Boone, 2001) ۵۳

شکل۳-۱۲: رابطه میزان آسیب دیدگی با کرنش کششی و دوران نسبی(Boscardin & Cording, 1989) ۵۴

شکل۳-۱۳: رابطه میزان آسیب دیدگی با کرنش کششی و طول ساختمان (Boscardin & Cording, 1989) ۵۵

شکل۳-۱۴: رابطه بین Δ/L، کرنش افقی و درجات آسیب (Burland, 1997) ۵۷

شکل۳-۱۵: پارامترهای روش (Fjeld, 1963) ۵۷

شکل۳-۱۶: انواع نیم رخهای نشست (Ou et al, 1998) ۵۸

شکل۳-۱۷: منحنی تجربی برای تخمین نیم رخ نشست زمین (Peck, 1969) ۵۹

شکل۳-۱۸: شکلهای ارائه شده برای تخمین نیم رخ نشست زمین (Clough and O'Rourke, 1990) ۶۱

شکل۳-۱۹: روش پیشنهادی برای تخمین گود (خطوط شکسته بر اساس مشاهده به دست آمده اند.) (Ou et al, 1998) ۶۲

شکل ۳-۲۰: روش پیشنهاد شده برای پیش بینی نیم رخ قاشقی (Ou et al, 1998) ۶۳

شکل۳-۲۱: شکل کلی A_{c2}، A_{c1} و A_s (Ou et al, 1998) ۶۴

شکل۳-۲۲: رابطه بین حداکثر تغییر شکل کلی دیوار و حداکثر نشست سطح زمین (Ou et al, 1998) ۶۵

شکل۳-۲۳: رابطه بین A_c و A_s (Ou et al, 1998) ۶۵

شکل۳-۲۴: اثر تعداد طبقات روی دوران نسبی، کرنش قطری و کرنش افقی(Boscardin and Cording, 1989) ۶۷

شکل۳-۲۵: اثر تعداد دهانه ها روی دوران نسبی، کرنش قطری و کرنش افقی(Boscardin and Cording, 1989) ۶۸

شکل۳-۲۶: اثر تیرهای درتراز پی روی دوران نسبی، کرنش قطری وکرنش افقی(Boscardin and Cording, 1989) . ۶۹

شکل۳-۲۷: نمونه ای از اثر سختی سازه بر نیم رخ نشست مربوط به عملیات حفر تونل در یک نمونه خاک رسی در لندن، (Frischman et al, 1994) ۷۰

شکل۳-۲۸: بررسی اثر $\alpha^* = \frac{EI}{E_s H}$ یا سختی محوری با فرض اینکه $\rho^* = \frac{EI}{E_s H^4}$ یا سختی خمشی عدد ثابتی است. (Potts and Addenbrooke, 1996) ۷۰

شکل۳-۲۹: بررسی اثر $\rho^* = \frac{EI}{E_s H^4}$ یا سختی خمشی با فرض اینکه $\alpha^* = \frac{EI}{E_s H}$ یا سختی محوری عدد ثابتی است. (Potts and Addenbrooke, 1996) ۷۱

شکل۳-۳۰: ضریب اصلاح برای $\frac{\Delta}{L}$ (Potts and Addenbrooke, 1996) ۷۱

شکل۳-۳۱: ضریب اصلاح برای ε_h (Potts and Addenbrooke, 1996) ۷۲

شکل۴-۱: موقعیت گره ها و نقاط تنش در انواع المانهای خاکی ۷۹

شکل۴-۲: انواع المانهای تیر و مهارها ۷۹
شکل۴-۳: موقعیت گره ها و نقاط تنش در المانهای تیر ۳ و ۵گره ای ۸۰
شکل۴-۴: توزیع گره ها و نقاط تنش در المانهای سطح مشترک و نحوه اتصال آنها به المانهای خاک ۸۱
شکل۴-۵: نقاط کناری صلب که باعث نتایج نامعقول در مقدار تنشها می گردد ۸۳
شکل۴-۶: نقاط کناری انعطاف پذیر که باعث بهبود نتایج و مقدار تنشها می گردد ۸۴
شکل۴-۷: سطح تسلیم مور-کولمب ۸۵
شکل۴-۸: استفاده از نمودار تنش-کرنش آزمایش سه محوری زهکشی شده برای تعیین E_{50}, E_{ur} ۸۷
شکل۴-۹: نمایش منحنیهای هم تنش در مدل خاک سخت شونده ۸۷
شکل۵-۱: تعریف E_0, E_{50} ۹۳
شکل۵-۲: تعریف E_{ur} ۹۴
شکل۵-۳: تعریف E_{oed} ۹۴
شکل۵-۴: نمودارهای G, E بر حسب مقاومت q_c ۹۶
شکل۵-۵: نتایج آزمایش سه محوری زهکشی شده (a) و مدل الاستو پلاستیک (b) ۱۰۲
شکل۵-۶: مدل اولیه ترانشه مهار نشده در نرم افزار Plaxis 8.2 ..... ۱۰۴
شکل۵-۷: تنشهای اولیه در مدل ترانشه مهار نشده در نرم افزار Plaxis 8.2 ..... ۱۰۴
شکل۵-۸: تغییرشکلهای کلی به وجود آمده در نرم افزار plaxis پس از خاکبرداری تا عمق ۸ متر. (الف)- طرح پژوهشی، (ب)- گود مدلسازی شده ۱۰۴
شکل۵-۹: تغییرشکلهای افقی به وجود آمده در نرم افزار plaxis پس از خاکبرداری تا عمق ۸ متر. (الف)- طرح پژوهشی، (ب)- گود مدلسازی شده ۱۰۵
شکل۵-۱۰: مدلسازی ترانشه قائم مهار شده در نرم افزار Plaxis 8.2 ..... ۱۰۶
شکل۵-۱۱: تنشهای اولیه محاسبه شده در مدل ترانشه مهارشده در نرم افزار Plaxis 8.2 ..... ۱۰۷
شکل۵-۱۲: تغییرشکلهای افقی در ترانشه مهار شده در نرم افزار plaxis پس از خاکبرداری تا عمق ۸ متر. (الف)- طرح پژوهشی، (ب)- گود مدلسازی شده ۱۰۷
شکل۵-۱۳: طیف تنشهای برشی در ترانشه مهار شده در نرم افزار plaxis پس از خاکبرداری تا عمق ۸ متر. (الف)- طرح پژوهشی، (ب)- گود مدلسازی شده ۱۰۷
شکل۵-۱۴: تغییرشکلهای افقی در ترانشه مهار شده در نرم افزار plaxis پس از خاکبرداری تا عمق ۱۶ متر. (الف)- طرح پژوهشی، (ب)- گود مدلسازی شده ۱۰۸
شکل۵-۱۵: نمودار مقایسه ای جابجایی های افقی ترانشه های خاکی مهار نشده و مهار شده توسط نرم افزار Plaxis، (الف)- طرح پژوهشی، (ب)- گود مدلسازی شده ۱۰۸
شکل۵-۱۶: مدل اولیه گودبرداری در نرم افزار Plaxis ۱۱۰
شکل۵-۱۷: مدل اولیه گودبرداری در نرم افزارGeo-studio ۱۱۱
شکل۵-۱۸: مش تغییرشکل یافته، بدست آمده از نرم افزارPlaxis ۱۱۱
شکل۵-۱۹: مش تغییرشکل یافته، بدست آمده از نرم افزار Geo-studio ۱۱۱

شکل۵-۲۰: تنشهای موثر قائم ناشی از گودبرداری، بدست آمده از نرم افزار Plaxis ۱۱۲

شکل۵-۲۱: تنشهای موثر قائم ناشی از گودبرداری، بدست آمده از نرم افزارGeo-studio ۱۱۲

شکل۵-۲۲: تغییرمکانهای افقی ناشی از گودبرداری، بدست آمده از نرم افزار Plaxis ۱۱۲

شکل۵-۲۳: تغییرمکانهای افقی ناشی از گودبرداری، بدست آمده از نرم افزار Geo-studio ۱۱۳

شکل ۵-۲۴: تغییرمکانهای قائم ناشی از گودبرداری، بدست آمده از نرم افزار Plaxis ۱۱۳

شکل۵-۲۵: تغییرمکانهای قائم ناشی از گودبرداری، بدست آمده از نرم افزارGeo-studio ۱۱۳

شکل۶-۱: فلوچارت پیشنهادی برای حل مسائل ژئوتکنیکی باPlaxis و یا نرم افزار های دیگر(صادقیان ۱۳۸۵) ۱۱۶

شکل۶-۲: تغییرات تغییرمکان جانبی دیوار نسبت به عرض مدل ۱۱۹

شکل۶-۳: تغییرات تغییرمکان قائم لبه گود(الف)، حداکثر تغییرمکان جانبی دیوار(ب)، حداکثربالاآمدگی کف گود(ج)، نسبت به عرض مدل ۱۲۱

شکل۶-۴: تغییرات تغییرمکان قائم لبه گود (a)، حداکثر تغییرمکان جانبی دیوار(b)، حداکثر بالاآمدگی کف(c) نسبت به تغییرات پهنای گود، به صورت بدون بعد با تقسیم برارتفاع گود(H) ۱۲۳

شکل۶-۵: مدلسازی اولیه گودبرداری در نرم افزار Plaxis 8.2 ..... ۱۲۴

شکل۶-۶: مدل مش بندی شده در نرم افزار plaxis 8.2 ..... ۱۲۵

شکل۶-۷: تغییرات تغییرشکل دیوار گود نسبت به ارتفاع گود، به ازای مقادیر مختلف زاویه اصطکاک خاک ۱۲۶

شکل۶-۸: تغییرات پروفیل تغییرمکان سطح زمین نسبت به فاصله از لبه گود به ازای مقادیر مختلف زاویه اصطکاک خاک ۱۲۶

شکل۶-۹: رابطه مدول الاستیسیته با تغییر مکان قائم سطح زمین در لبه گود ۱۲۷

شکل۶-۱۰: تغییرات تغییرمکان قائم سطح زمین(a)، حداکثر تغییرمکان جانبی دیوار(b)، حداکثربالاآمدگی کف(c)به عمق گود، نسبت به تغییرات پارامتر $\frac{C}{\gamma H}$. (الف)- MCM، (ب)- $HSM-E_{ur}^{ref}=5E_{50}^{ref}$، (ج)- $HSM-E_{ur}^{ref}=10E_{50}^{ref}$ ۱۳۰

شکل۶-۱۱: الف) طرح نقاط پلاستیک. ب) روند شکل گیری کرنشهای برشی. (C=40 kpa) ۱۳۱

شکل۶-۱۲: الف) طرح نقاط پلاستیک. ب) روند شکل گیری کرنشهای برشی. (C=35 kpa) ۱۳۱

شکل۶-۱۳: تغییرات تغییرمکان قائم سطح زمین(a)، حداکثرتغییرمکان جانبی دیوار(b)، حداکثربالاآمدگی کف(c) به عمق گود، نسبت به تغییرات زاویه اصطکاک. (الف)- MCM ، (ب)- $HSM-E_{ur}^{ref}=5E_{50}^{ref}$ ، (ج)- $HSM-E_{ur}^{ref}=10E_{50}^{ref}$ ۱۳۴

شکل۶-۱۴: الف) طرح نقاط پلاستیک. ب) روند شکل گیری کرنشهای برشی. ($\phi=34^\circ$) ۱۳۴

شکل۶-۱۵: الف) طرح نقاط پلاستیک. ب) روند شکل گیری کرنشهای برشی. ($\phi=24^\circ$) ۱۳۴

شکل۶-۱۶: تغییرات تغییرمکان قائم سطح زمین(a)، حداکثرتغییرمکان جانبی دیوار(b)، حداکثربالاآمدگی کف(c) به عمق گود، نسبت به تغییرات پارامتر $\frac{E}{\gamma H}$. (الف)- MCM ، (ب)- $HSM-E_{ur}^{ref}=5E_{50}^{ref}$ ، (ج)- $HSM-E_{ur}^{ref}=10E_{50}^{ref}$ ۱۳۷

شکل۶-۱۷: تغییرات تغییرمکان قائم لبه گود(a)، تغییرمکان جانبی لبه گود(b)، حداکثر بالاآمدگی کف(c)، نسبت به تغییرات عمق گود، برای مدل موهر-کولمب(MCM) ۱۴۱

شکل۶-۱۸: تغییرات تغییرمکان قائم لبه گود (a)، تغییرمکان جانبی لبه گود(b)، حداکثر بالاآمدگی کف(c)، نسبت به تغییرات عمق گود، برای مدل خاک سخت شونده ($HSM-E_{ur}^{ref}=5E_{50}^{ref}$) ۱۴۲

شکل۶-۱۹: تغییرات تغییرمکان قائم لبه گود(a)، تغییرمکان جانبی لبه گود (b)، حداکثر بالاآمدگی کف(c)، نسبت به تغییرات ۱۴۴

عمق گود، برای مدل خاک سخت شونده ($HSM - E_{ur}^{ref} = 10E_{50}^{ref}$)

شکل۶-۲۰: نمودار عمق مجاز گودبرداری بر حسب چسبندگی و زاویه اصطکاک، برای مقادیر مختلف نشست لبه گود(a)، جابجایی جانبی لبه گود (b). (MCM) ۱۴۵

شکل۶-۲۱: نمودار عمق مجاز گودبرداری بر حسب چسبندگی و زاویه اصطکاک، برای مقادیر مختلف نشست لبه گود(a)، جابجایی جانبی لبه گود (b). ($HSM - E_{ur}^{ref} = 10E_{50}^{ref}$) ۱۴۶

شکل۶-۲۲: نحوه مدلسازی گود در نرم افزار ۱۴۹

شکل۶-۲۳: تغییرات دوران نسبی پی (a)، جابجایی جانبی لبه گود (b) نسبت به تغییرات عدد پایداری ۱۴۹

شکل۶-۲۴: تغییرات دوران نسبی پی (a)، جابجایی جانبی لبه گود (b) نسبت به تغییرات مدول الاستیسیته خاک ۱۵۱

شکل۶-۲۵: نحوه مدلسازی گود با سیستم محافظتی تیرک مورب در نرم افزار ۱۵۲

شکل۶-۲۶: نحوه مدلسازی گود با سیستم محافظتی میخ کوبی در نرم افزار ۱۵۳

شکل۶-۲۷: تغییرات دوران نسبی پی (a)، کرنش افقی زیر پی (b) نسبت به تغییرات عدد پایداری، برای عمق۱۰ متر و $\phi = 35^\circ$. (الف-گودبرداری قائم، ب-گودبرداری به صورت شیبدار، ج-گودبرداری دو مرحله ای به همراه نصب تیرک، د-گودبرداری به همراه نصب سیستم میخکوبی) ۱۵۶

شکل۶-۲۸: تغییرات دوران نسبی پی (a)، کرنش افقی زیر پی (b) نسبت به تغییرات عدد پایداری، برای عمق ۱۵ متر و $\phi = 35^\circ$.(الف-گودبرداری قائم، ب-گودبرداری به صورت شیبدار، ج-گودبرداری دو مرحله ای به همراه نصب تیرک، د-گودبرداری به همراه نصب سیستم میخکوبی) ۱۵۷

شکل۶-۲۹: تغییرات دوران نسبی پی (a)، کرنش افقی زیر پی (b) نسبت به تغییرات عدد پایداری ، برای عمق۲۰ متر و $\phi = 35^\circ$.(الف-گودبرداری قائم، ب-گودبرداری به صورت شیبدار، ج-گودبرداری دو مرحله ای به همراه نصب تیرک، د-گودبرداری به همراه نصب سیستم میخکوبی) ۱۵۸

شکل۶-۳۰: تغییرات دوران نسبی پی (a)، کرنش افقی زیر پی (b) نسبت به تغییرات عدد پایداری ، برای عمق۱۰ متر و $\phi = 40^\circ$. (الف-گودبرداری قائم، ب-گودبرداری به صورت شیبدار، ج-گودبرداری دو مرحله ای به همراه نصب تیرک، د-گودبرداری به همراه نصب سیستم میخکوبی) ۱۵۹

شکل۶-۳۱: تغییرات دوران نسبی پی (a)، کرنش افقی زیر پی (b) نسبت به تغییرات عدد پایداری ، برای عمق۱۵ متر و $\phi = 40^\circ$. (الف-گودبرداری قائم، ب-گودبرداری به صورت شیبدار، ج-گودبرداری دو مرحله ای به همراه نصب تیرک، د-گودبرداری به همراه نصب سیستم میخکوبی) ۱۶۰

شکل۶-۳۲: تغییرات دوران نسبی پی (a)، کرنش افقی زیر پی (b) نسبت به تغییرات عدد پایداری ، برای عمق۲۰ متر و $\phi = 40^\circ$. (الف-گودبرداری قائم، ب-گودبرداری به صورت شیبدار، ج-گودبرداری دو مرحله ای به همراه نصب تیرک، د-گودبرداری به همراه نصب سیستم میخکوبی) ۱۶۱

شکل۶-۳۳: تغییرات دوران نسبی پی (a)، کرنش افقی زیر پی (b) نسبت به تغییرات عدد پایداری ، برای عمق۱۰ متر و $\phi = 45^\circ$. (الف-گودبرداری قائم، ب-گودبرداری به صورت شیبدار، ج-گودبرداری دو مرحله ای به همراه نصب تیرک، د-گودبرداری به همراه نصب سیستم میخکوبی) ۱۶۲

شکل۶-۳۴: تغییرات دوران نسبی پی (a)، کرنش افقی زیر پی (b) نسبت به تغییرات عدد پایداری ، برای عمق۱۵ متر و $\phi = 45^\circ$. (الف-گودبرداری قائم، ب-گودبرداری به صورت شیبدار، ج-گودبرداری دو مرحله ای به همراه نصب تیرک، د-گودبرداری به همراه نصب سیستم میخکوبی) ۱۶۳

شکل۶-۳۵: تغییرات دوران نسبی پی (a)، کرنش افقی زیر پی (b) نسبت به تغییرات عدد پایداری ، برای عمق۲۰ متر و $\phi = 45^\circ$. (الف-گودبرداری قائم، ب-گودبرداری به صورت شیبدار، ج-گودبرداری دو مرحله ای به همراه نصب تیرک، ۱۶۴

د-گودبرداری به همراه نصب سیستم میخکوبی)

شکل۶-۳۶: تغییرات دوران نسبی پی (a)، کرنش افقی زیر پی (b) نسبت به تغییرات عدد پایداری ، برای عمق۲۵ متر و $\phi = 45^\circ$. (الف-گودبرداری قائم، ب-گودبرداری به صورت شیبدار، ج-گودبرداری دو مرحله ای به همراه نصب تیرک، د-گودبرداری به همراه نصب سیستم میخکوبی) ۱۶۵

شکل۶-۳۷: رابطه آسیب با دوران نسبی (β) و کرنش افقی (ε_h)، (Boscardin and Cording, 1989) ۱۶۶

شکل۶-۳۸: حدودآسیب دیدگی ساختمان ناشی ازگودبرداری محافظت نشده، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 35^\circ$) ۱۶۹

شکل۶-۳۹: حدودآسیب دیدگی ساختمان ناشی ازگودبرداری به صورت شیبدار، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 35^\circ$) ۱۶۹

شکل۶-۴۰: حدود آسیب دیدگی ساختمان ناشی از گودبرداری محافظت شده با تیرک مایل، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 35^\circ$) ۱۷۰

شکل۶-۴۱:حدودآسیب دیدگی ساختمان ناشی ازگودبرداری محافظت شده با سیستم میخکوبی، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 35^\circ$) ۱۷۰

شکل ۶-۴۲:حدود آسیب دیدگی ساختمان ناشی از گودبرداری محافظت نشده، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 40^\circ$) ۱۷۱

شکل۶-۴۳:حدودآسیب دیدگی ساختمان ناشی ازگودبرداری به صورت شیبدار ، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 40^\circ$) ۱۷۱

شکل۶-۴۴:حدودآسیب دیدگی ساختمان ناشی ازگودبرداری محافظت شده با تیرک مایل، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 40^\circ$) ۱۷۲

شکل۶-۴۵:حدودآسیب دیدگی ساختمان ناشی ازگودبرداری محافظت شده با سیستم میخکوبی، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 40^\circ$) ۱۷۲

شکل ۶-۴۶:حدود آسیب دیدگی ساختمان ناشی از گودبرداری محافظت نشده، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 45^\circ$) ۱۷۳

شکل۶-۴۷:حدودآسیب دیدگی ساختمان ناشی ازگودبرداری به صورت شیبدار ، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 45^\circ$) ۱۷۳

شکل۶-۴۸:حدودآسیب دیدگی ساختمان ناشی ازگودبرداری محافظت شده با تیرک مایل، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 45^\circ$) ۱۷۴

شکل۶-۴۹:حدودآسیب دیدگی ساختمان ناشی ازگودبرداری محافظت شده با سیستم میخکوبی، برای عمقهای مختلف گودبرداری($\phi = 45^\circ$) ۱۷۴

شکل۶-۵۰: محدوده آسیب دیدگی ساختمان، ناشی از گودبردای، به ازای زاویه اصطکاکها، چسبندگی ها، عمقها و سیستمهای حفاظتی مختلف ۱۷۵

شکل۶-۵۱: تغییرات دوران نسبی پی (a)، کرنش افقی زیر پی (b) نسبت به تغییرات مدول الاستیسیته خاک.(الف-گودبرداری قائم، ب-گودبرداری به صورت شیبدار، ج-گودبرداری دو مرحله ای به همراه نصب تیرک، د-گودبرداری به همراه نصب سیستم میخکوبی) ۱۷۷

چکیده :

بررسی سیستمهای مختلف گودبرداری از جنبه های سرویس دهی و کنترل تغییرشکل

مهدی حمیدی

در سالهای اخیر با گسترش ساخت و ساز و بلند مرتبه سازی، شاهد گودبرداریهای عمیق و نیمه عمیق در سطح شهرها و در مجاورت سازه های موجود هستیم. گودبرداری به لحاظ تغییرشکلی که در وضعیت تنش و حجم توده خاک اطراف گود ایجاد می کند، تغییرمکانهایی را در زمین و سازه های اطراف گود به وجود می آورد. این تغییرشکلها در صورتیکه از میزان تغییرشکل قابل تحمل سازه بیشتر باشند می توانند باعث ایجاد خسارت و آسیب در سازه مذکور شوند. عموما عملیات گودبرداری زمانی موفق شمرده می شود که با ریزش و یا گسیختگی جبهه گود همراه نبوده و علاوه بر آن، ساختمانها و تاسیسات مجاور گود نیز از نظر پایداری و کاربری دچار مشکل نشوند. علی رغم اینکه گودبرداریهای غیراصولی تاکنون خسارات جانی و مالی زیادی را درکشوربه بار آورده اند، این مساله از نظر محققان مهجور مانده و تحقیقات زیادی در این زمینه صورت نگرفته است.

این تحقیق به دو بخش کلی تقسیم می شود، در بخش اول، ضمن شناخت انواع خاکها جهت انجام گودبرداری، به بررسی کلی روشهای متداول گودبرداری در جهان پرداخته شده و اثرات ناشی از گودبرداری و به دنبال آن روشهای تخمین تغییرشکل زمین و سازه در گودبرداری و برآورد میزان آسیب ایجاد شده گردآوری شده است.

بخش دوم به مطالعه عددی موضوع می پردازد. دراین مرحله گودبرداری توسط نرم افزارژئوتکنیکیPlaxis v8.2 مدلسازی شد و به منظور بررسی رفتار، مکانیزم و میزان تغییرشکلهای به وجود آمده در توده خاک اطراف گود، مطالعه پارامتریک انجام گرفت. این بخش نیز شامل دو مرحله می باشد. در مرحله اول به بررسی گودبرداریهای مهار نشده پرداخته شد و عمق ایمن گودبرداری مهار نشده با توجه به خصوصیات خاک و مقادیر مجاز تغییرمکانها بدست آورده شد و نتایج به صورت نمودارهایی ارائه گردید. در مرحله دوم، گودبرداریهای مهار شده مورد مطالعه قرار گرفت و تاثیر سیستمهای محافظت از گودبرداری بر کاهش آسیب دیدگی ساختمان بررسی شد و با معرفی دوران نسبی و کرنش افقی به عنوان دو معیار در شناسایی حدود آسیب در ساختمانهای مجاور گود، نمودارهایی جهت برآورد درجه آسیب وارد شده به سازه ارائه گردید.

کلید واژه: گودبرداری، تغییرشکل، عمق ایمن، آسیب دیدگی، سیستمهای حفاظتی، دوران نسبی، کرنش افقی

Abstract:

Serviceability Criterion for Various Excavation Methods
Mehdi Hamidi

In recent years, with construction developments, we can observe deep and semi-deep excavations in the cities and near the existing structures. Excavating because the deflection that cause in stress state and the soil mass surrounding the excavation, cause the earth and the surrounding structures to deflect. If the mentioned deflection become greater than the allowable structure deflections it would cause serious damage to the structure. In general, successful excavations occur when there is no excavation failure and otherwise no instability in adjacent structures and facilities. In spite of wrong excavations and so health and cost damages in the country, this problem is seldom investigated by the researchers and there is few studies in this field.

This research is divided into two basic parts. The first part is focused on general excavation methods in the world, excavating soil characterization and also excavation effects. Then, the deflection estimating methods in structure and earth and the damage evaluation was gathered.

The second part is about the numerical analysis. In this stage, the excavation is modeled by the plaxis v8.2 geotechnical software and in order to study the behaviour, mechanism and the deflections in surrounding soil, the parametrical study was done. This part also is consisted of two stages. In first stage, the un-supported excavations is discussed and the safe un-supported excavation depth is estimated with respect to the soil properties and allowable deflections. The results is presented in graphical plots.

In second stage, supported excavations was investigated and the effects of excavating protective systems against the structure damages were studied, By introducing the Angular distortion and horizontal strain as two criteria in validating the adjacent structures damage, some plots were presented to estimate the structure damages level.

Keywords: Excavation, Deflection, Safe depth, Damaging, Protective systems, Angular distortion, Horizontal strain.

فصل اول)

مقدمه