کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی عمران

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران

گرایش مکانیک خاک و پی

عنوان پایان‌نامه:

بررسی تأثیر عمق حفاری بر رفتار سازه‌ی بتنی مجاور گود با لحاظ کردن سختی سازه

استاد راهنما:

دکتر محمد شریفی‌پور

نگارش:

نرگس حاتمیان

اسفند ماه ۱۳۹۳

تقدیم به

روح پاک مادرم

دریای بیکران فداکاری و عشق، که وجودم برایش همه رنج بود

و

وجودش برایم همه مهر

و

نبودش همه درد

به پدر عزیزتر از جانم

که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه‌ی زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم

و

به خانواده‌ی عزیز و دوست داشتنی‌ام

که در روزهای سخت زندگی همواره کنارم بودند.

تشکر و قدردانی

سپاس بی‌دریغ آن حقیقتی که مرا از گودال عمیق نیستی به ورطه بی‌نهایت هستی کشاند، حقیقتی که زیبایی‌های وصف ناپذیرش همچون جاذبه‌های حسی اغواگر در برخورد با ردپای برجای مانده بریک راه غریب، مرا به سوی دانستن و بیشتر دانستن وسوسه نمود.

به مصداق ((من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق)) بسی شایسته است از استاد فرهیخته و فرزانه‌ام **جناب آقای دکتر محمد شریفی‌پور** که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشید و سرای علم و دانش را با راهنمایی‌های کارساز و سازنده بارور ساخت، تقدیر و تشکر نمایم.

با نثار عمیق‌ترین سپاس‌ها، جا دارد تشکر کنم از:

دوستان گرامی، آقایان مهندس احمدی و مهندس زارعی به خاطر کمک‌های بی منتشان،

خانواده‌ی عزیز و دوست داشتنی‌ام،

و همه‌ی دوستان گرامی‌ام.

چکیده

یکی از مسائل مهم در گودبرداری در محیط های شهری تأثیر آن بر ساختمان مجاور است که بعضاً منجر به خسارت جانی و مالی جبران ناپذیر می گردد. در این خصوص تاثیر سختی سازه ساختمان مجاور در کنترل تغییر مکان زمین ناشی از گودبرداری از اهمیت ویژه ای برخوردار است که کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. در این پایان نامه با استفاده از نرم افزارهای اجزاء محدود PLAXIS و ETABS و با بکارگیری مدل رفتاری موهر کلمب برای مصالح خاکی، اندرکنش گودبرداری و سازه مجاور آن، مورد مطالعه قرار گرفته است.

در این پژوهش، اعماق مورد بررسی ۴، ۸ و ۱۲ متری بوده و عرض گودبرداری در مجاورت سازه‌ی بتنی ۲۰ متر می‌باشد.

بررسی تأثیر سختی سازه مجاور با درنظرگیری دو سیستم گودبرداری متفاوت، برای سازه مجاور در سه عمق مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است.

اولین سیستم سازه مجاور یک قاب خمشی بتن آرمه است که سختی آن در مراحل مختلف گودبرداری در تحلیل لحاظ می گردد. در دومین سیستم، سازه مجاور با یک تیر ارتجاعی معادل سازی شده است. نتایج حاصله نشان دهنده ی تأثیر قابل ملاحظه سختی سازه مجاور گود در کنترل تغییر مکان زمین ناشی از گودبرداری و تأثیر آن بر سازه‌های نگهبان است.

در این پایان‌نامه گودبرداری در عمق ۴ متری با دیوار دیافراگم به تنهایی مهار شده است ولی در اعماق ۸ و ۱۲ متری بدلیل اینکه دیوار دیافراگم به تنهایی پاسخگوی پایداری سازه نبود، از انکراژ برای پایداری گود استفاده شد. ضخامت دیوار دیافراگم استفاده شده ۴۰cm و طول انکرها در اعماق ۸ و ۱۲ متری به ترتیب ۸ و ۱۰ متر می‌باشد.

همچنین نوع خاک، مشخصات دیوار دیافراگم و انکراژ استفاده شده در این پایان‌نامه از راهنمای نرم افزار PLAXIS گرفته شده است.

استفاده از روش معادل سازی سازه با یک تیر ارتجاعی که متضمن سادگی و انعطاف پذیری است، می تواند جهت محاسبه ی اندرکنش گودبرداری – سازه مجاور گود قابل کاربرد باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: تعریف و بیان مسأله

۱-۱-مقدمه ۲
۱-۲-بیان مسأله ۲
۱-۳-روش تحقیق ۳
۱-۴- اهداف کلی پایان نامه ۴
۱-۵-فرضیات تحلیل ۴
۱-۶-ساختار پایان‌نامه ۵

فصل دوم: مروری بر منابع و مطالعات انجام شده

۲-۱- مقدمه ۷
۲-۲- عملکرد گودبرداری ۷
۲-۳- تغییرشکل‌های ناشی از گودبرداری ۸
۲-۳-۱- جابجایی افقی دیواره گود و سازه نگهبان ۸
۲-۳-۲- نشست در زمین مجاور گود ۱۶
۲-۳-۲-۱- پک (۱۹۶۹) ۱۶
۲-۳-۲-۲- کلاف و رورکه (۱۹۹۰) ۱۸
۲-۳-۲-۳- هسی و او (۱۹۹۸) ۱۹
۲-۳-۳- مقادیر نشست مجاز ۲۱
۲-۴- اثر گودبرداری بر ساختمان مجاور ۲۲
۲-۵- سازه نگهبان پیشنهادی در این تحقیق ۲۷
۲-۵-۱- سازه نگهبان مهارسازی انکراژ ۲۸
۲-۵-۱-۱- اجزاء تشکیل دهنده سیستم مهار خاک ۲۸
۲-۵-۲- سازه نگهبان دیوار دیافراگمی ۳۰
۲-۵-۲-۱- مراحل اجرای دیوار دیافراگمی ۳۱

فصل سوم: معرفی نرم‌افزار، مدلسازی و صحت سنجی

۳-۱- مقدمه ۳۳
۳-۲- معرفی نرم‌افزار PLAXIS ۳۴
۳-۲-۱- قابلیت‌های کلیدی نرم‌افزار ۳۴
۳-۲-۲- روند تحلیل در نرم‌افزار PLAXIS ۳۵
۳-۲-۲-۱- ورودی ۳۵
۳-۲-۲-۲- محاسبات ۳۶
۳-۲-۲-۳- خروجی ۳۶

۳-۲-۲-۴- منحنی‌ها ۳۷
۳-۲-۳- المان‌ها ۳۷
۳-۲-۴- اجزای مدل ۳۸
۳-۲-۴-۱- صفحات ۳۸
۳-۲-۴-۲- مدل رفتاری موهر کولمب در نرم‌افزار Plaxis ۴۰
۳-۳- معرفی نرم‌افزار Etabs ۴۲
۳-۴- مدلسازی پروژه ۴۳
۳-۴-۱- معرفی مدل هندسی برای گودبرداری با سازه مجاور واقعی ۴۳
۳-۴-۱-۱- مراحل مدلسازی و تحلیل با سازه‌ی مجاور واقعی ۴۶
۳-۴-۲- سیستم گودبرداری با در نظر گیری سازه‌ی مجاور به صورت تیر ارتجاعی ۴۷
۳-۵- صحت سنجی عملکرد نرم‌افزار Plaxis ۴۹
۳-۵-۱- مقایسه‌ی نتایج Plaxis با نمونه‌ی آزمایشگاهی ۴۹
۳-۵-۱-۱- ارائه نتایج تحلیل ۵۲
۳-۵-۲- مقایسه نتایج حاصل از Plaxis با Flac در یک گودبرداری ۵۴

فصل چهارم: تحلیل و ارائه‌ی نتایج

۴-۱- مقدمه ۵۸
۴-۲-۱- تغییرات لنگر در تیرها ۵۹
۴-۲-۲- تغییرات نیروی محوری ستون‌ها ۶۱
۴-۲-۳- ضریب اطمینان گودها ۶۴
۴-۲-۴- تغییر مکان افقی بیشینه در اعماق مختلف گودبرداری ۶۵
۴-۲-۵- نشست بیشینه در اعماق مختلف گودبرداری ۶۹
۴-۲-۶- ممان خمشی بیشینه‌ی سپر بتنی طره‌ای ۷۱
۴-۲-۷- مقایسه لنگر، برش و نیروی محوری برای عمق مشابه از گود ۸ متری و ۱۲ متری (با در نظر گرفتن سختی) ۷۳
۴-۲-۸- روند تغییر نیروی داخلی مهارها ۷۵
۴-۳- تحلیل و ارائه نتایج سیستم گودبرداری با در نظر گیری سازه‌ی مجاور به صورت تیر ارتجاعی ۷۸
۴-۳-۱- تغییر مکان افقی بیشینه رخ داده در اثر گود برداری ۷۹
۴-۳-۲- نشست بیشینه رخ داده در اثر گود برداری ۸۱
۴-۳-۳- ممان خمشی بیشینه رخ داده سپر بتنی طره‌ای در اثر گود برداری ۸۴
۴-۳-۴- نیروی مهارها در اثر گودبرداری ۸۷
۴-۴- بررسی پاسخ سازه به گودبرداری در سه حالت متفاوت مطابق با پیشنهاد فینو و همکاران ۹۰

فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری ۹۲
۵-۲- پیشنهادات ۹۴
منابع ۹۵

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- منحنی‌های طراحی برای جابجایی جانبی حداکثر در رس نرم تا متوسط ۱۰
(کلاف و همکاران ۱۹۸۹) ۱۰
شکل۲-۲- پروفیل تیپ ارائه شده برای دیوارهای دوخت به پشت و مهار شده (کلاف و رورکه، ۱۹۹۰) ۱۱
شکل ۲-۳- تأثیر سختی اعضای محوری افقی بر تغییرشکل دیوار (اسمیت و هو ۱۹۹۲) ۱۳
شکل ۲-۴- نمودار تغییر شکل افقی حداکثر نسبت به عمق گودبرداری برای روش‌های مختلف ۱۳
(اسمیت و هو ۱۹۹۲) ۱۳
شکل ۲-۵- هندسه‌ی مسأله‌ی مورد بررسی(گاه،۱۹۹۴) ۱۴
شکل ۲-۶- مدل اجزاء محدود استفاده شده برای مطالعات پارامتریک (باریسون و مدینا،۲۰۱۲) ۱۵
شکل ۲-۷- نمودار طراحی نسبت سختی نسبی(باریسون و مدینا،۲۰۱۲) ۱۶
شکل ۲-۸- نشست خاک پشت دیوار(پک،۱۹۹۶) ۱۷
شکل ۲-۹- پروفیل نشست پیشنهاد شده برای تخمین توزیع نشست در مجاورت گود ۱۸
(کلاف و رورکه،۱۹۹۰) ۱۸
شکل ۲-۱۰- منحنی‌های ارائه شده برای پیش‌بینی نشست نوع محدب(هسی و او،۱۹۹۸) ۲۰
شکل ۲-۱۱ منحنی‌های ارائه شده برای پیش بینی نشست نوع مقعر(هسی و او،۱۹۹۸) ۲۰
شکل۲-۱۲- گودبرداری در خاک‌های رس، جابجایی زمین و اثرات آن بر روی ساختمان مجاور ۲۳
(فینو و همکاران، ۲۰۰۲) ۲۳
شکل۲-۱۳- پاسخ زمین و ساختمان به تغییرشکل‌های افقی و قائم(بورلندو راس،۱۹۷۵) ۲۴
شکل ۲-۱۴- تغییرشکل دیوار و نشست سطح زمین در مقطع اصلی مشاهده شده (او وهمکاران،۲۰۰۰) ۲۴
شکل ۲-۱۵- پاسخ ساختمان مرتبط با پروفیل نشست (او وهمکاران،۲۰۰۰) ۲۵
شکل ۲-۱۶- تغییرات میزان نشست ساختمان مجاور گود با توجه به عمق مدفون پی ساختمان ۲۶
(سئوک و همکاران، ۲۰۰۱) ۲۶
شکل۲-۱۷- تغییرمکان نقطه‌ی مشخص در تراز پای ستون مجاور گود(نقطه‌ی A در روی نمودار) نسبت به عمق در دو حالات با و بدون در نظر گرفتن سختی سازه مجاور(ملکی و همکاران،۱۳۸۹) ۲۷
شکل ۲-۱۸- شمائی کلی از سیستم انکراژ ۲۹
شکل ۲-۱۹- مراحل کارگذاری انکراژ ۳۰
شکل۲-۲۰- مهره و صفحه سرمیخ یا مهار ۳۰
شکل ۲-۲۱- مراحل اجرای دیوار دیافراگمی ۳۱
شکل۳-۱- پنجره منوی ۳۶
شکل ۳-۲- نوار ابزارها در پنجره اصلی برنامه Curves ۳۷
شکل ۳-۳- چگونگی گره‌ها و نقاط تنش در المان‌های قابل تعریف PLAXIS دوبعدی ۳۷
(a)مثلث ۱۵ گرهی، (b) مثلث ۶ گرهی ۳۷
شکل ۳-۴- موقعیت گره‌ها و نقاط تنش در المان تیر ۳ گرهی و ۵ گرهی ۳۹
شکل ۳-۵- مقادیر الاستیسیته برای آزمایش ۳ محوری زهکشی شده ۴۰

شکل ۳-۶- دوایر تنش در هنگام جاری شدن ۴۱
شکل ۳-۷- نمایش برنامه‌ی Etabs هنگام دریافت نیروهای پای ستون ۴۳
شکل۳-۸- مدل هندسی سیستم گودبرداری با در نظرگیری سازه مجاور بصورت واقعی ۴۴
شکل ۳-۹- هندسه سه بعدی سازه ۴۵
شکل ۳-۱۰- مدل هندسی قاب شماره ی ۴ ..... ۴۵
شکل۳-۱۱- collapse سازه در فاز اول گودبرداری در عمق ۸ و ۱۲ متری ۴۷
شکل ۳-۱۲- مدل ساختمان مجاور ۴۸
شکل ۳-۱۳- هندسه مدل عددی بارگذاری صفحه مورد استفاده برای تعیین پارامترهای مدل ۵۰
شکل ۳-۱۴- مش بندی مدل ۵۰
شکل ۳-۱۵- شکل تغییرشکل یافته مدل ۵۱
شکل ۳-۱۶- تغییرمکان کلی، الف- حالت معمولی، ب- حالت بزرگنمایی شده ۵۱
شکل ۳-۱۷- مقایسه بین نتایج آزمایش بارگذاری صفحه و شبیه سازی برای خاک شماره یک مورد استفاده جهت تعیین پارامترهای مدل ۵۳
شکل ۳-۱۸- مقایسه بین نتایج آزمایش بارگذاری صفحه و شبیه سازی برای خاک شماره دومورد استفاده جهت تعیین پارامترهای مدل ۵۳
شکل۳-۱۹- مدل هندسی مسئله‌ی مورد بررسی ۵۴
شکل ۳-۲۰- مقایسه‌ی کانتور تغییر مکان افقی در Plaxis و FLAC ۵۵
شکل ۳-۲۱- مقایسه‌ی کانتور نشست در Plaxis و FLAC ۵۵
شکل ۳-۲۲- مقایسه‌ی کانتور تنش افقی در Plaxis و FLAC ۵۶
شکل ۳-۲۳- مقایسه‌ی کانتور تنش قائم در Plaxis و FLAC ۵۶
شکل۴-۱- نتایج حاصل از تحلیل قاب شماره‌ی۴ ..... ۵۹
شکل ۴-۲- نمودار تغییرات لنگر تیر تا عمق ۴ متری گودبرداری ۵۹
شکل ۴-۳- نمودار تغییرات لنگر تیر تا عمق ۸ متری گودبرداری ۶۰
شکل ۴-۴- نمودار تغییرات لنگر تیر تا عمق۱۲ متری گودبرداری ۶۰
شکل ۴-۵- لنگر تیر شماره‌ی ۱ در فاز اول گودبرداری در عمق ۴ متر ۶۱
شکل ۴-۶- لنگر تیر شماره‌ی ۱ در فاز دوم گودبرداری در عمق ۴ متر ۶۱
شکل ۴-۷- تغییرات نیروی محوری ستون تا عمق ۴ متری گودبرداری ۶۲
شکل ۴-۸- تغییرات نیروی محوری ستون تا عمق ۸ متری گودبرداری ۶۲
شکل ۴-۹- تغییرات نیروی محوری ستون تا عمق ۱۲ متری گودبرداری ۶۳
شکل ۴-۱۰- نیروی محوری ستون کناری در فاز آخر گودبرداری عمق ۱۲ متر ۶۴
شکل ۴-۱۱- ضریب اطمینان گودها ۶۵
شکل ۴-۱۲- تغییر مکان افقی بیشینه در محیط خاک ۶۶
شکل ۴-۱۳- تغییر مکان افقی بیشینه در محیط خاک ۶۶
شکل ۴-۱۴- تغییر مکان افقی بیشینه در محیط خاک ۶۷
شکل ۴-۱۵- تغییر مکان افقی بیشینه در گودبرداری ۴ متری در کد PLAXIS ۶۸
شکل ۴-۱۶- تغییر مکان افقی بیشینه در گودبرداری ۱۲ متری در کد PLAXIS ۶۸

شکل ۴-۱۷- نشست بیشینه در محیط خاک..... ۶۹
شکل ۴-۱۸- نشست بیشینه در محیط خاک..... ۶۹
شکل ۴-۱۹- نشست بیشینه در محیط خاک..... ۷۰
شکل ۴-۲۰- نشست بیشینه در گودبرداری ۴ متری در کد PLAXIS..... ۷۰
شکل ۴-۲۱- نشست بیشینه در گودبرداری ۱۲ متری در کد PLAXIS..... ۷۱
شکل ۴-۲۲- ممان خمشی بیشینه سپر بتنی طره‌ای ۷۲
شکل ۴-۲۳- ممان خمشی بیشینه سپر بتنی طره‌ای ۷۲
شکل ۴-۲۴- ممان خمشی بیشینه سپر بتنی طره‌ای ۷۲
شکل ۴-۲۵- دیاگرام لنگر در گودبرداری ۸ متر ۷۴
شکل ۴-۲۶- دیاگرام لنگر در گودبرداری ۱۲ متر..... ۷۴
شکل ۴-۲۷- تغییر مکان افقی بیشینه در گود ۴ متری..... ۷۹
شکل ۴-۲۸- تغییر مکان افقی بیشینه در گود ۸ متری..... ۷۹
شکل ۴-۲۹- تغییر مکان افقی بیشینه در گود ۱۲ متری..... ۸۰
شکل ۴-۳۰- مقایسه‌ی تغییر مکان افقی بیشینه ۸۰
شکل ۴-۳۱- نشست بیشینه در گود ۴ متری ۸۱
شکل ۴-۳۲- نشست بیشینه در گود ۸ متری ۸۲
شکل ۴-۳۳- نشست بیشینه در گود ۱۲ متری ۸۲
شکل۴-۳۴- مقایسه‌ی نشست بیشینه..... ۸۳
شکل۴-۳۵- ممان خمشی بیشینه سپر بتنی در گود ۴ متری ۸۴
شکل۴-۳۶- ممان خمشی بیشینه سپر بتنی در گود ۸ متری ۸۴
شکل۴-۳۷- ممان خمشی بیشینه سپر بتنی در گود ۱۲ متری ۸۵
شکل۴-۳۸- مقایسه‌ی ممان خمشی بیشینه دیوار ۸۵
شکل۴-۳۹- مقایسه تغییرمکان افقی دیوار در پایان گودبرداری ۹۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- مقادیر نشست مجاز ۲۲
جدول ۳-۱- مشخصات مصالح خاکی ۴۴
جدول ۳-۲- مشخصات المان‌های سازه‌ای به کار گرفته شده در تحلیل‌ها ۴۴
جدول ۳-۳- مشخصات مهارها ۴۷
جدول ۳-۴- مشخصات سختی سازه مجاور ۴۹
جدول ۳-۵- پارامترهای مدل بدست آمده برای خاک شماره ۱ ..... ۵۲
جدول ۳-۶- پارامترهای مدل بدست آمده برای خاک شماره ۲ ..... ۵۲
جدول ۳-۷- مشخصات بکار رفته برای صفحه تحت بارگذاری ۵۲
جدول۴-۱- مقایسه ضریب اطمینان‌ها ۶۵
جدول ۴-۲- تغییرات لنگر،برش و نیروی محوری در مقطع ۸ متر ۷۳
جدول ۴-۳- مقایسه‌ی نیروی مهارها در عمق مشابه گودبرداری ۸ متری و ۱۲ متری (با در نظرگیری سختی سازه) ۷۵
جدول ۴-۴- مقایسه‌ی نیروی مهارها در گودبرداری ۸ متری در حالت با و بدون در نظرگیری سختی سازه ۷۶
جدول ۴-۵- مقایسه‌ی نیروی مهارها در گودبرداری۱۲متری در حالت با و بدون در نظرگیری سختی سازه ۷۷
جدول۴-۶- مقایسه‌ی تغییر مکان افقی بیشینه (mm) با در نظرگیری ۳ حالت متفاوت برای سختی سازه ۸۱
جدول۴-۷- مقایسه‌ی نشست بیشینه (mm) با در نظرگیری ۳ حالت متفاوت برای سختی سازه ۸۳
جدول ۴-۸- مقایسه‌ی ممان خمشی بیشینه (KN.m) سپر بتنی با در نظرگیری ۳ حالت متفاوت برای سختی سازه ۸۶
جدول ۴-۹- نیروی مهارها (KN) در هر تراز از عمق گودبرداری ۸ متر در حالت تیر ارتجاعی ۸۷
جدول ۴-۱۰- نیروی مهارها (KN) در هر تراز از عمق گودبرداری ۸ متر در حالت با سختی ۸۷
جدول ۴-۱۱- نیروی مهارها (KN) در هر تراز از عمق گودبرداری ۸ متر در حالت بدون سختی ۸۷
جدول ۴-۱۲- نیروی مهارها (KN) در هر تراز از عمق گودبرداری ۱۲ متر در حالت تیر ارتجاعی ۸۸
جدول ۴-۱۴- نیروی مهارها (KN) در هر تراز از عمق گودبرداری ۱۲ متر در حالت بدون سختی ۸۹

فصل اول

تعریف و بیان مسأله

۱-۱-مقدمه

کشور در حال توسعه و عملیات ساخت و ساز و اجرای پروژه های عمرانی هر روز بیشتر از گذشته مورد نیاز می باشد. با توسعه ی شهرها نیاز به اجرای ساختمان‌های بلندمرتبه و به تبع آن عملیات گودبرداری با عملیات گودبرداری با اعماق بیشتر به منظور تأمین پارکینگ و استفاده بهینه از زمین(مثلاً اجرای طبقات زیرزمین) افزایش یافته است. عموماً عملیات گودبرداری درون شهر مخاطراتی به همراه دارد. برای کاهش خطرات ناشی از گودبرداری باید به دنبال پایدارسازی و مهار دیواره گود بود. بدین منظور از روش های مختلفی استفاده می‌گردد تا جلوی هرگونه خسارات جانبی و مالی ناشی از ناپایداری گود و به تبع آن تخریب و ریزش ساختمان مجاور گرفته شده و یا به حداقل ممکن کاهش یابد.

۱-۲-بیان مسأله

بررسی و مطالعه گودبرداری با توجه به تنوع خاک و سازه های مجاور ذاتاً مسأله‌ی پیچیده‌ای است. این موضوع وقتی که وجود ساختمان در مجاورت گود محرز باشد، با توجه به لزوم مهار و پایدارسازی همزمان دیواره گود و سازه مجاور پیچیده‌تر هم می‌شود.

در این شرایط استفاده از روشی اجرایی و نسبتاً کم هزینه در مقایسه با سایر روش‌ها و در عین حال ایمن و نیز سازگار با شرایط بومی برای کنترل جابجایی، جلوگیری از تخریب و وقوع ترک در سازه ها به همراه پایدارسازی گود در مجاورت آن ضروری به نظر می‌رسد.

در تحقیق حاظر هدف بررسی جابجایی های افقی و نشست سازه بتنی مجاور گود بعد از گودبرداری و در ترازهای مختلف گودبرداری و در زمان پایدارسازی دیواره مجاور گود می‌باشد.

در این تحقیق روشی مطمئن و اجرایی برای پایدارسازی مجموعه سازه بتنی و دیواره گود – که در مجاورت هم قرار گرفته‌اند- بصورت همزمان می‌باشد که با مدل‌سازی این مجموعه،تحلیل و طراحی انجام خواهد شد.

در این تحقیق سازه نگهبان پیش‌بینی شده بر پایه سازه نگهبان سپر بتنی طره‌ای و مهار سازی خواهد بود.

۱-۳-روش تحقیق

در این پایان‌نامه جهت انجام مدل‌سازی و تحلیل مسأله از نرم‌افزار ژئوتکنیکی PLAXIS 2D نسخه ۸.۶ و از نرم‌افزارهای سازه ای ETABS نسخه ۹.۷.۴ استفاده شده است. PLAXIS یک برنامه کامپیوتری اجزاء محدود است که برای انجام تحلیل پایداری و تغییرشکل در کاربردهای مختلف ژئوتکنیکی استفاده می‌شود. معمولاً در مسائل مهم ژئوتکنیک، یک مدل رفتاری پیشرفته برای مدل‌سازی رفتار غیرخطی و وابسته به زمان خاک‌ها بسته به هدف موردنظر لازم است. بر این اساس، با استفاده از مدل‌سازی رفتار ساختمان بتنی، توده خاک مجاور آن و سازه نگهبان پیش‌بینی شده در نرم‌افزار PLAXIS. 2D نسخه ۸.۶ به صورت دوبعدی، محوطه‌ی مورد مطالعه تحلیل خواهد شد.

با توجه به اینکه در اینجا منظور از گودبرداری، گودبرداری کوتاه مدت و درون شهری است لذا تحلیل استاتیکی آن برای بررسی کنترل جابجایی‌ها و پایدارسازی گود و سازه کفایت کرده و مناسب به نظر می‌رسد.

در تحقیق پیش‌رو روند مدل‌سازی و تحلیل آن به کمک نرم‌افزار بصورت مرحله‌ای خواهد بود تا ترتیب حذف و اجرای هرقسمت از کار به ترتیب اجرا در واقعیت، صورت گیرد. بدین صورت نتایج تحلیل دقیق‌تر خواهد بود.

خلاصه‌ای از کل مراحل مدل‌سازی و تحلیل عددی به ترتیب زیر در نظر گرفته شده است:(این مراحل در فصل مربوطه به طور خلاصه تشریح خواهند شد.)

۱- انتخاب محدوده‌ی مناسب برای مدل،انتخاب نوع المان، و نیز تعیین واحدها

۱- مدل‌سازی توده خاک،سازه نگهبان و سازه بتنی

۲- تعریف مشخصات برای مصالح مختلف و انتخاب یا تعریف مدل رفتاری مناسب و تعیین پارامترهای آن

۳- اعمال شرایط مرزی و مش‌بندی

۴- اعمال فشار آب منفذی در صورت وجود و نیز اعمال تنش های اولیه به مدل

۵- تعریف مراحل گودبرداری و فعال‌سازی سازه نگهبان به صورت مرحله‌ای و متناسب با مراحل گودبرداری

۶- تحلیل مدل توسط نرم‌افزار

۷- ارائه نتایج و بررسی آن

۱-٤- اهداف کلی پایان نامه

همانطور که بیان شد، هدف از این تحقیق، تلاش برای مهار و پایدارسازی دیواره گود و ساختمان مجاور به کمک پیش‌بینی و اجرای سازه نگهبان بر مبنای مطالعات عددی می‌باشد. در واقع هدف تحقیق پایداری گود و ساختمان مجاور بوده و با کمک مدل‌سازی عددی، مقایسه میزان جابجایی‌های افقی، نشست و معادل سازی تیرهای ارتجاعی و بررسی تاثیر آن بر اعماق مختلف گودبرداری می‌باشد. در این پایان‌نامه با استفاده ار نرم‌افزار اجزا محدودPLAXIS ، ۳ گودبرداری، با ۳ ارتفاع متفاوت، و زاویه میخ‌کوبی یکسان، و۲ طول میخ متفاوت صورت گرفته است.

۱-۵-فرضیات تحلیل

- بارگذاری در مدل صرفا ثقلی است،که ناشی از بارمرده (وزن اجزاء) و بار زنده وارد بر کف می‌باشد.
- محیط خاک در محدوده غیراشباع فرض شده است.
- مدل رفتاری خاک، موهر- کولمب منظور شده است.
- جهت مدل‌سازی ساختمان بتنی، مدل رفتاری الاستیک خطی در نظر گرفته شده است.
- جهت دستیابی به نتایج واقع بینانه‌تر، مدل‌سازی گودبرداری وسازه نگهبان به صورت ساخت مرحله‌ای می‌باشد.

۱-٦-ساختار پایان‌نامه

❖ فصل اول

در این فصل موضوع مورد بررسی بطور کامل تشریح شده و اهداف این تحقیق بیان گردیده است. همچنین بصورت مختصر تاریخچه موضوع، فرضیات مورد استفاده و نتایج مورد انتظار مسأله آورده شده است.

❖ فصل دوم

در این فصل مروری بر مطالعات و تحقیقات انجام گرفته در زمینه گودبرداری و پایداری آن، بررسی پاسخ ساختمان مجاور گود به تغییرشکل‌های ناشی از گود و معرفی انواع سازه نگهبان و مختصری در مورد مهار دیواره گودبرداری با مهارسازی توضیحاتی ارائه می‌شود. سعی بر آن است تا اطلاعاتی مفید در زمینه موضوع پایان نامه، به طور خلاصه و تحلیلی بیان شود.

❖ فصل سوم

در این فصل مروری بر روش‌های اجزاء محدود، معرفی نرم‌افزار PLAXIS.2D نسخه ۸.۶، قابلیت‌های آن و نیز نحوه مدل‌سازی اجزای مورد بحث در این پایان نامه صورت گرفته است.

❖ فصل چهارم

در این فصل یک سری مطالعات پارامتریک براساس روش اجزاء محدود و با نرم‌افزارهای فوق‌الذکر برای تعیین میزان تغییر مکان های افقی و قائم حداکثر زمین، ناشی از گودبرداری در شرایط مختلف و اثر آن بر سازه بتنی مجاور در حالت استاتیکی صورت گرفته است.

❖ فصل پنجم

در این فصل نتایج حاصل از پژوهش و نیز پیشنهادات برای مطالعات آتی مرتبط با موضوع پژوهشی ارائه گردیده است.

❖ فصل ششم

منابع مورد استفاده در این تحقیق آورده شده است.

فصل دوم

مروری بر منابع و مطالعات انجام شده

۲-۱- مقدمه

امروزه در بسیاری از پروژه‌های ساختمانی به دلیل محدودیت فضا و جلوگیری از تجاوز به حریم ملک مجاور لازم است که زمین با جداره‌های قائم یا نزدیک به قائم خاکبرداری شود. فشار جانبی وارد بر این جداره‌ها ناشی از وزن خاک بر اثر وزن و نیز سربارهای احتمالی روی زمین کنار گود می‌باشد. این سربارها می‌توانند شامل خاک بالاتر از تراز افقی در لبه گود، ساختمان مجاور، بارهای ناشی از بهره‌برداری از معابر مجاور و ... باشد. به منظور جلوگیری از ریزش ترانشه و تبعات منفی احتمالی ناشی از این خاکبرداری، سازه‌های موقت و یا دائمی را برای مهار ترانشه ایجاد می‌کنند که به آنها سازه‌های نگهبان می‌گویند.
در بسیاری از این گودبرداری‌ها در مجاورت آن سازه‌هایی وجود دارد که دارای قدمت ساخت بوده و یا کیفیت مصالح مناسبی نداشته و اجرای گود برداری در مجاورت آن تهدید محسوب می‌شود.

۲-۲- عملکرد گودبرداری[1]

عملکرد یک گودبرداری عمیق، به پایداری و تغییر شکل آن نسبت داده می‌شود. سازه نگهبان برای گودبرداری‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که پایداری آنها تأمین شده و تغییر شکل‌ها در محدوده مجاز قرار گیرند. یک گودبرداری پایدار، گودبرداری است که دیواره آن دچار گسیختگی[2] نشده، در کف دچار تورم غیرقابل کنترل نگردد و تغییرشکل در زمین مجاور دیواره گود در محدوده مجاز قرارگیرد. تغییرشکل‌های زمین اطراف گود می‌تواند به خیابان‌ها،تأسیسات و ساختمان‌های مجاور آسیب برساند. شدت و گستره‌ی آسیب به بزرگی و همچنین الگوی تغییرمکان‌ها در اطراف گودبرداری بستگی دارد.
لازم به ذکر است که پایداری و تغییر شکل به هم وابسته‌اند.اگر ضریب اطمینان در برابر گسیختگی بزرگ باشد،کرنش‌ها در خاک اطراف گودبرداری کوچک بوده و متعاقباً جابجایی زمین کم خواهد بود. از طرف دیگر اگر ضریب اطمینان در برابر گسیختگی به یک نزدیک باشد، کرنش‌ها در خاک اطراف گودبرداری بزرگ بوده و در نتیجه جابجایی‌های زمین نیز بزرگ خواهند بود.

[1] Excavation Performance
[2] Collapse

بنابراین منظور از بررسی یا پیش‌بینی عملکرد گودبرداری شامل تحلیل پایداری و تغییرشکل می‌باشد. بنتلر[1] (۱۹۹۸) اعلام کرد؛ تجربه نشان داده است که پایداری را می‌توان با استفاده از محاسبات تعادل حدی[2] ساده و با دقت کافی ارزیابی کرد، اما بررسی تغییرشکل‌ها هرچند دارای اهمیت است، پیش بینی آن نیز سخت‌تر می باشد و اغلب وقتی که تغییر شکل زمین دارای اهمیت خاصی است از اجزاء محدود برای این منظور استفاده می گردد[۱]. همچنین بنتلر فاکتورهایی را که بر عملکرد گودبرداری در خاک تأثیر می گذارد به صورت زیر معرفی کرد:

۱- نوع خاک و رفتار مکانیکی آن، ۲- روش ساخت و ساز، ۳- ترتیب ساخت و ساز (اجرای گودبرداری و سازه نگهبان)، ۴- تنش‌های اولیه خاک، ۵- شرایط سطح آب زیرزمینی،۶- سیستم مهار کننده سازه نگهبان، ۷- مهارت کارگران و کیفیت ساخت و ساز،۸- وضعیت آب و هوایی و دمای محیط،۹- هندسه گودبرداری

نقش این فاکتورها برعملکرد گودبرداری‌های عمیق، پیچیده است بطوریکه باعث می‌شود تا طراحی سیستم سازه نگهبان و تقویت کننده آن برای گودبرداری‌های عمیق چالش برانگیز باشد.

۲-۳- تغییرشکل‌های ناشی از گودبرداری

روش‌های ساده‌ی تخمین تغییر شکل دیواره و سطح زمین مجاور گود، جنبه‌های تجربی دارند و متناسب با شرایط خاصی مثل خاک یا سازه نگهبان رایج در یک منطقه، توسعه یافته‌اند. رفتار سیستم تقویت کننده‌ی گودبرداری را می‌توان در نشست سطح زمین و تغییرشکل جانبی دیوار بیان کرد. این جابجایی‌ها تابعی از صلبیت خمشی اجزای دیوار، سختی سیستم تقویت کننده‌ها(سازه نگهبان)، بارهای فشار خاک و آب، شرایط کلی سطح آب زیرزمینی و خاک، و روش‌های ساخت و ساز می‌باشد.

۲-۳-۱- جابجایی افقی دیواره گود و سازه نگهبان

برای تخمین حداکثر جابجایی افقی دیوار، مانا و کلاف[3] (۱۹۸۱) چندین مطالعه موردی روی گودبرداری انجام دادند [۲]. آنها بیان کردند که یک ارتباط قوی بین حداکثر جابجایی افقی دیوار و پتانسیل تورم کف دیواره وجود دارد. آنها از داده‌های مطالعه‌ی موردی جهت ارائه‌ی چارت‌های تجربی برای پیش‌بینی حداکثر تغییر شکل دیوار نگهبان در رس‌های نرم تا متوسط باتوجه به ضریب اطمینان در برابر تورم کف دیواره استفاده کردند.

[1] Bentler
[2] Limit equilibrium calculation
[3] Mana and Clough