دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی و مهندسی ، گروه مهندسی عمران

مهندسی مکانیک خاک وپی

عنوان:

تعیین تغییرمکانهای ناشی از حفر تونل به روش عددی سه بعدی و روش آنالیز برگشتی (مطالعه موردی تونل امیرکبیر تهران)

استاد راهنما:

دکتر سعید قربان بیگی

استاد مشاور:

دکتر سعید خرقانی

پژوهشگر:

مهدی مبهوت

زمستان ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

دانشکده فنی مهندسی واحد تهران مرکزی

****

(این چکیده به منظور چاپ در پژوهش نامه دانشگاه تهیه شده است)

نام واحد دانشگاهی : تهران مرکزی کد واحد: ۱۰۱	**کد شناسایی پایان نامه : ۱۰۱۴۰۴۳۱۸۹۲۰۲۰**
عنوان پایان نامه : تعیین تغییرمکانهای ناشی از حفر تونل به روش عددی سه بعدی و روش آنالیز برگشتی (مطالعه موردی تونل امیرکبیر تهران)	
نام و نام خانوادگی دانشجو : مهدی مبهوت **شماره دانشجوئی :۸۸۰۸۳۸۵۳۵۰۰** **رشته تحصیلی : عمران – مکانیک خاک وپی**	**تاریخ شروع پایان نامه : ۱۳۹۰/۳/۱۹** **تاریخ اتمام پایان نامه : ۱۳۹۰/۱۱/۳۰**
استاد / استادان راهنما :دکتر سعید قربان بیگی **استاد / استادان مشاور: دکتر سعید خرقانی**	
آدرس و شماره تلفن : خراسان رضوی- مشهد-شهرک غرب-بلواراندیشه-اندیشه۶۰- نبش چهارراه اول- مجتمع حافظ- بلوک۹- ۰۹۱۵۵۲۵۷۱۹۷ - ۰۹۱۹۸۲۸۵۹۹۸	

چکیده پایان نامه (شامل خلاصه، اهداف، روش های اجرا و نتایج به دست آمده) :

آگاهی از پارامترهای ژئوتکنیکی محیطی که یک سازه زیرزمینی نظیر تونل در آن احداث می‌شود، مبنای اصلی و تعیین کننده در طراحی سیستم نگهداری مناسب و تحلیل پایداری این قبیل سازه‌ها می‌باشد. داده های رفتارسنجی می تواند اطلاعات با ارزشی در این ارتباط در محدوده توده خاک ارائه دهد.

در صورت انجام رفتارسنجی و پایش مناسب برای سازه زیرزمینی مورد نظر، با انطباق داده های رفتارسنجی و رفتار واقعی توده خاک، می توان به کمک آنالیز برگشتی، پارامترهای مکانیکی توده خاک را به نحو مناسب تری دست آورد.

آنالیز برگشتی روشی است که در آن با اندازه گیری تغییر شکل ها به کمک ابزار دقیق و مدلسازی و تحلیل توده زمین می توان به ارزیابی پارامترهای ژئوتکنیکی پرداخت. در این تحقیق پارامترهای ژئوتکنیکی بخشی از تونل امیرکبیر تهران(قطعه T_U) به کمک داده های نشست سنجی سطحی، به روش آنالیز حساسیت و آنالیز برگشتی مورد ارزیابی قرار گرفته است. به منظور انجام آنالیزهای مذکور، از نرم افزار اجزای محدود Plaxis 3D Tunnel استفاده شده است. همچنین از مدل رفتاری الاستوپلاستیک کامل با معیار موهر- کولمب برای خاک و مدل الاستیک خطی جهت مدلسازی پوشش جداره تونل و نیز پیلار میانی استفاده شده است.

براساس آنالیز حساسیت انجام شده، ملاحظه گردید که مدول الاستیسیته (E) توده خاک و نسبت تنش های اصلی (K)در اولویت حساسیت می باشند. بر همین اساس، استفاده از پارامترهای تعیین شده برای خاک در مدلسازی، نتایج قابل قبول و نزدیکی را با نتایج به دست آمده از اندازه گیری ها نشان می دهد.

نظراستاد راهنما برای چاپ درپژوهش نامه دانشگاه مناسب است ☐ تاریخ وامضا :

مناسب نیست ☐

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول:کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- هدف از انجام تحقیق ۲

۱-۳- بیان مسئله ۳

۱-٤- روش تحقیق ٤

۱-۵- ساختار پایان نامه ٤

فصل دوم: مروری بر ادبیات موضوع ٦

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲- نشست و انواع آن ۸

۲-۲-۱- نشست های طبیعی ۹

۲-۲-۲- نشست در اثراستخراج نفت و آب ۹

۲-۲-۳- نشست حاصل از انجام عملیات معدن کاری و حفر فضاهای زیرزمینی ۱۰

۲-۳- عوارض نشست ۱۰

۲-۳-۱- تاثیر نشست بر محیط زیست ۱۱

۲-۳-۲- تاثیر نشست بر سازه های مصنوعی و تاسیسات ۱۱

۲-٤- راه های کنترل نشست ۱۲

۲-۵- نگاه اجمالی بر نشست سطحی ناشی از حفر تونل ۱۲

۲-٦- عوامل موثر بر وقوع نشست ناشی از حفر تونل ۱۳

۲-٦-۱- عوامل اولیه با تاثیرگذاری بیشتر ۱۳

۲-٦-۲- عوامل ثانویه با تاثیرگذاری کمتر ۱٤

۲-۷- عوامل موثر بر شکل گودی نشست ۱٤

۲-۷-۱- ضخامت قسمت حفر شده ۱۵

۲-۷- ۲- اثر عمق و عرض تونل ۱۵

۲-۷-۳- شیب تونل ۱۵

۲-۷-٤- سرعت تونل زنی ۱٦

۲-۷-۵- فاکتور زمان ۱٦

۲-۸- بررسی میزان نشست در یک نقطه در ضمن پیشروی تونل ۱٦

۲-۹- پروفیل نشست در سطح زمین ۱۹

۲-۱۰- حرکت سطح زمین و ایجاد دو پدیده نشست و جابجایی ۲۳

۲-۱۱- انواع تحلیل ها و مطالعات در زمینه پدیده نشست..... ۲۵
۲-۱۲- تشریح روش آنالیز برگشتی..... ۲۷
۲-۱۲-۱- تعیین تنش اولیه و مدول الاستیسیته با استفاده از جابجایی های اندازه گیری شده..... ۲۷
۲-۱۲-۱-۱- فرمولاسیون ریاضی..... ۲۷
۲-۱۲-۲- تعیین ثابت های الاستیک، مدول بالک و مدول برشی با استفاده از آنالیز برگشتی..... ۳۲
۲-۱۲- ۳- تعیین چگونگی توزیع فشار روی سیستم نگهدارنده فضای زیرزمینی با آنالیز برگشتی..... ۳۳
۲-۱۲-٤- محاسبه تنشهای اولیه با استفاده از جابجایی اندازه گیری شده..... ۳۳
۲-۱۲- ۵- تعیین تنشهای اولیه با آنالیز برگشتی..... ۳٤
۲-۱۲-٦- آنالیز برگشتی الاستیک برای تعیین مدول الاستیک و بارهای ناشی از حفاری..... ۳۵
۲-۱۲-۷- طراحی الگوریتم آنالیز برگشتی با استفاده از تکنیک بهینه سازی..... ۳۵

فصل سوم: معرفی طرح تونل امیرکبیر تهران..... ۳۸
۳-۱- مقدمه..... ۳۹
۳-۲- وضعیت محدوده پروژه و راهکار..... ۳۹
۳-۳- تونل امیرکبیر..... ٤۰
۳-٤- تونل‌های دوقلو با مقطع عرضی دوچشمه‌ای (Binocular)..... ٤٤
۳-۵- روش ساخت تونل قطعه T_U..... ٤۷
۳-۵-۱- مراحل عملیات..... ٤۸
۳-۵-۱-۱- حفاری تونل اصلی به روش NATM..... ٤۹
۳-۵-۱-۲- اجرای سیستم ایزولاسیون: زهکشی و عایق بندی..... ۵۱
۳-۵-۱-۳- اجرای پوشش نهایی سازه تونل اصلی..... ۵۱
۳-٦- زمین شناسی محدوده طرح..... ۵۲
۳-٦-۱- سازند A (سازند هزار دره)..... ۵٤
۳-٦-۲- سازند B..... ۵٤
۳-٦-۲-۱- سازند Bn (سازند آبرفتی ناهمگن شمال تهران)..... ۵٤
۳-٦-۲-۲- سازند Bs (لای رسی جنوب تهران یا سازند کهریزک)..... ۵۵
۳-٦-۳- سازند C (سازند آبرفتی تهران)..... ۵۵
۳-٦-٤- سازند D (آبرفت‌های اخیر)..... ۵٦
۳-7- لرزه‌خیزی محدوده طرح..... ٦۰
۳-۸- عملیات حفاری گمانه‌های اکتشافی..... ٦۲
۳-۸-۱- آزمایش‌های صحرایی..... ٦۵
۳-۸-۲- پارامترهای ژئوتکنیکی لایه‌های زیر سطحی..... ٦۵

۳-۹- رفتارسنجی و ابزاردقیق ۶۷
۳-۹-۱- تعریف ۶۷
۳-۹-۲- اهداف ۶۷
۳-۹-۳- مزایای استفاده از ابزاردقیق در زمان اجرا ۶۸
۳-۹-٤- مقاطع مهم از نظر رفتارسنجی ۷۰
۳-۹-۵- رفتارسنجی تونل T_U ۷۰
۳-۹-۵-۱- کشیدگی سنج گمانه ای یک نقطه ای و چند نقطه ای(Extensometer) ۷۱
۳-۹-۵-۲-نقاط نشست سنجی سطح زمین (Settlement Gauge) ۷۸
۳-۹-۱- تعریف ۶۷
۳-۹-۲- اهداف ۶۷
۳-۹-۳- مزایای استفاده از ابزاردقیق در زمان اجرا ۶۸
۳-۹-٤- مقاطع مهم از نظر رفتارسنجی ۷۰
۳-۹-۵- رفتارسنجی تونل T_U ۷۰
۳-۹-۵-۱- کشیدگی سنج گمانه ای یک نقطه ای و چند نقطه ای(Extensometer) ۷۱
۳-۹-۵-۲- نقاط نشست سنجی سطح زمین (Settlement Gauge) ۷۸
۳-۹-۵-۳- پین های ژئودتیک (Geodetic Pins) ۸۱
۳-۹-۵-٤- پین های ژئودتیک دهانه شرقی و غربی ۸۶

فصل چهارم: معرفی نرم‌افزار Palxis 3D Tunnel و نحوه شبیه‌سازی مدل در آن ۸۷
٤-۱- مقدمه ۸۸
٤-۲- المان‌های مدل‌سازی ۸۹
٤-۲-۱- المان‌های محیط خاکی یا سنگی (حجمی) ۸۹
٤-۲-۲- المان‌های تیر (Beam Element) ۹۰
٤-۲-۳- المان‌های فصل مشترک (Interface Elements) ۹۲
٤-۳- مهار ۹۵
٤-٤- مدل‌های رفتاری خاک ۹۶
٤-٤-۱- مدل الاستیک خطی ۹۶
٤-٤-۲- مدل موهر کولومب ۹۶
٤-٤-۳- مدل خاک با رفتار پلاستیسیته سخت شونده (Hardening-Soil) ۹۹
4-٤-٤- مدل خاک نرم (Soft Soil model) ۱۰۰
4-٤-۵- مدل خزش خاک نرم (Soft-soil Creep model) ۱۰۰
4-۵- ویژگی‌های دیگر برنامه PLAXIS ۱۰۰

٤-٦- نحوه شبیه‌سازی مدل در برنامه PLAXIS ۱۰۲
٤-٦-١- ورودی برنامه (PLAXIS Input) ۱۰۲
٤-٦-2- نوع مدل ۱۰٤
٤-٦-٣- تعداد گره های هر المان ۱۰٤
٤-٦-٣- تعداد گره های هر المان ۱۰٤
٤-٦-٤- شتاب افقی،عمودی و ثقل ۱۰٤
٤-٦-٥- ابعاد نمونه ۱۰٤
٤-٦-٦- شکل مدل و مشخصات مصالح ۱۰٤
٤-٦-٧- طول مش بندی ۱۰٥
٤-٦-٨- مرزهای مدل ۱۰۷
٤-٦-٩- تحلیل تنش اولیه ۱۰۷
٤-٧- محاسبات برنامه(PLAXIS Calculations) ۱۰۹
٤-7-1- انتخاب مدل طراحی ۱۰۹
٤-7-٢- انتخاب نقاط ۱۱۰
٤-٨- برسی اعتبار نتایج PLAXIS (Result Verification) ۱۱۱

فصل پنجم: مدلسازی و دستیابی به پارامترهای صحیح توسط آنالیز برگشتی و تحلیل تنش و جابجایی در مدل ساخته شده ۱۱۲
٥-١- مدلسازی ۱۱۳
٥-٢- آنالیز حساسیت ۱۱۷
٥-٣- آنالیز برگشتی ۱۲۲
5-4- تحلیل تنش ۱۳۰
5-٥- تحلیل جابجایی ۱۳۲

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۳٤
٧-١- نتیجه گیری ۱۳٥
٧-٢- پیشنهادات ۱۳۷
منابع و مراجع ۱۳۸
پیوست

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۳-۱: شتاب مبنای طرح پهنه‌های مختلف نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زلزله در ایران (آیین نامه۲۸۰۰)..... ٦١
جدول۳-۲: مشخصات گمانه های حفرشده..... ٦٣
جدول۳-۳: پارامترهای مقاومتی لایه های زیرسطحی..... ٦٦
جدول۵-۱: پارامترهای ژئومکانیکی توده خاک..... ١١٤
جدول۵-۲: مدول بالک (K) و مدول برشی محاسبه شده(G) توده خاک..... ١١٤
جدول۵-۳: پارامترهای مکانیکی سیستم نگهدارنده (لاینینگ) اولیه..... ١١٧
جدول۵-٤: خصوصیات بتن به کار رفته در پیلارمیانی..... ١١٧
جدول۵-۵: نتایج تحلیل حساسیت ١٢١
جدول۵-٦: نتایج نشست سنجها در مقاطع ابزار دقیق، قبل از احداث پیلارمیانی..... ١٢٣
جدول۵-۷: نتایج نشست سنجها در مقاطع ابزار دقیق، بعد از احداث پیلارمیانی..... ١٢٦

فهرست شکلها

عنوان **صفحه**

شکل۲-۱: مولفه های قائم و افقی تغییر مکان یک نقطه از سطح زمین در فرآیند نشست.....۸
شکل۲-۲: حالت تیپیک جابجایی ذرات در بالا و دیواره های تونل.....۱۷
شکل۲-۳: افزایش و تثبیت مقدار نشست سطح زمین در جهت طول تونل در ضمن حفاری آن الف- در حالت دو بعدی . ب – در حالت سه بعدی.....۱۸
شکل۲-٤: منحنی توزیع عرضی نشست براساس قانون منحنی توزیع آماری نرمال.....۱۹
شکل۲-۵: مقطع عرضی از نشست سطح زمین در اثر حفاری تونل.....۲۱
شکل ۲-٦: مناطق تحت کشش و فشردگی در نیمرخ نشست.....۲٤
شکل۲-۷: منحنی های جابجایی، نشست و تغییر شکل نسبی.....۲٤
شکل۲-۸: الگوریتم ساکورایی.....۳۲
شکل۲-۹: روند جستجوی نقطه بهینه.....۳۵
شکل۲-۱۰: فلوچارت بهینه سازی تکراری کلی.....۳۷
شکل۳-۱: موقعیت تونل امیرکبیر بر روی نقشه تهران.....٤۱
شکل ۳-۲: نقشه و موقعیت قطعه TU.....٤۳
شکل ۳-۳: فاصله حایل (Distance of separation).....٤۵
شکل۳-٤: ارتفاع موثر.....٤٦
شکل ۳-۵: مقطع عرضی قطعه T_U.....٤۷
شکل۳-٦: روند خاکبرداری چند مرحله ای.....۵۰
شکل ۳-۷: نقشه زمین شناسی منطقه به مقیاس ۱۰۰/۰۰۰: ۱ (قسمتی از نقشه تهران، سازمان زمین شناسی کشور).....۵۸
شکل ۳-۸: نقشه پهنه‌بندی خطر نسبی زمین‌لرزه در ایران و موقعیت منطقه طرح (آئین نامه ۲۸۰۰).....٦۱
شکل۳-۹: نقشه جانمایی گمانه ها وچاهک های اکتشافی.....٦۲
شکل ۳-۱۰: تصویر شماتیک کشیدگی سنج های یک و چند میله ای.....۷۲
شکل ۳-۱۱: سر کشیدگی سنج چنگکی چهارنقطه ای نصب شده.....۷۳
شکل۳-۱۲: نمونه تغییرات کشیدگی سنج و نمایش اطلاعات مربوط به آن.....۷۳
شکل ۳-۱۳(الف،ب،پ): تصاویر مراحل نصب کشیدگی سنج.....۷٤
شکل ۳-۱٤(الف،ب): تصاویر دریافت داده ها توسط کشیدگی سنج نصب شده.....۷٦
شکل۳-۱۵: موقعیت کشیدگی سنج های نصب شده بر روی پلان قطعهT_U.....۷۷
شکل ۳-۱٦: آرایش کشیدگی سنج ها در مقطع عرضی تونل.....۷۷
شکل ۳-۱۷(الف): الگوی تیپیک نقاط نشست سنجی در بالای تونل (ب): نمونه پین نشست سنجی نصب شده.....۷۸

شکل ۳-۱۷(الف): الگوی تیپیک نقاط نشست سنجی در بالای تونل (ب): نمونه پین نشست سنجی نصب شده..... ۷۸
شکل۳-۱۸: نمونه ای از نمودارهای اندازه گیری مقادیر نشست سطح زمین توسط نشست سنج نصب شده درپروژه..... ۷۹
شکل ۳-۱۹: آرایش پین های نشست سنج محدوده تونل T_U ۸۰
شکل ۳-۲۰: جزئیات نصب پین های نشست سنج محدوده تونل T_U ۸۱
شکل ۳-۲۱: بولت فلزی وشیت رفلکتور مربوط به پین ژئودتیک..... ۸۱
شکل ۳-۲۲: آرایش کشیدگی سنج ها در مقطع عرضی تونل..... ۸۲
شکل ۳-۲۳: نمونه تغییرات جابجایی با زمان حاصل ازنتایج رفتارسنجی پین های ژئودتیک.... ۸۳
شکل ۳-۲٤: مقطع شماتیک نصب پین های ژئودتیک درمقطع عرضی
،(الف): تونل های یک حلقه ای و (ب):دوحلقه ای..... ۸٤
شکل ۳-۲۵: مقاطع مختلف نصب پین های ژئودتیک در کیلومتراژهای مختلف تونلT_U..... ۸۵
شکل۳-۲٦: الگوی قرائت نقاط ژئودتیک تونل در زمان حفاری..... ۸٦
شکل ۳-۲۷: آرایش پین های طراحی شده برای دهانه های تونل T_U ۸٦
شکل ٤-۱: موقعیت انواع گره ها و نقاط تنش در انواع المانهای خاک..... ۹۰
شکل ٤-۲: انواع موارد استفاده از تیرها و مهارها..... ۹۱
شکل ٤-۳: موقعیت گره‌ها و نقاط تنش در المان‌های تیر ۳ و ۵گرهی..... ۹۱
شکل ٤-٤: نظریه اولیه یک مدل الاستیک- کاملا پلاستیک..... ۹۷
شکل ٤-۵: نتایج آزمایشات سه محوری زهکشی شده استاندارد همراه با مدل الاستوپلاستیک..... ۹۷
شکل ٤-٦: سطح تسلیم مور-کولمب در تنشهای اصلی(c=0)..... ۹۹
شکل ٤-۷: روش β در تحلیل مرحله‌ای تونل‌ها..... ۱۰۲
شکل ٤-۸: نحوه وارد نمودن اطلاعات ورودی..... ۱۰۳
شکل ٤-۹: نحوه وارد نمودن اطلاعات ورودی..... ۱۰۳
شکل ٤-۱۰: نحوه وارد نمودن اطلاعات مشخصات مصالح..... ۱۰۵
شکل ٤-۱۱: نحوه مش بندی مدل..... ۱۰٦
شکل ٤-۱۲: نحوه مرزبندی استاندارد مدل..... ۱۰۷
شکل ٤-۱۳: نحوه تحلیل تنش اولیه..... ۱۰۹
شکل ٤-۱٤: نحوه محاسبات..... ۱۱۰
شکل ۵-۱: مراحل حفاری تونل T_Uـ تکمیل حفاری بخش Cental drift top heading..... ۱۱۵
شکل ۵-۲: مراحل حفاری تونل T_Uـ تکمیل حفاری بخش Center drift و Side drift..... ۱۱۵
شکل ۵-۳: مراحل حفاری تونل T_Uـ تکمیل حفاری بخش Middle drift top heading..... ۱۱٦
شکل ۵-٤: مراحل حفاری تونل T_Uـ تکمیل حفاری بخش middle drift و کامل شدن مقطع
تونل..... ۱۱٦
شکل ۵-۵: نمودارتغییرات تابع خطا بر حسب درصد تغییرات چسبندگی..... ۱۱۹

شکل ۵-٦: نمودارتغییرات تابع خطا بر حسب درصد تغییرات مدول الاستیسیته.....۱۱۹
شکل ۵-۷: نمودارتغییرات تابع خطا بر حسب درصد تغییرات نسبت پواسون.....۱۲۰
شکل ۵-۸: نمودارتغییرات تابع خطا بر حسب درصد تغییرات نسبت تنشها.....۱۲۰
شکل ۵-۹: نمودارتغییرات تابع خطا بر حسب درصد تغییرات زاویه اصطکاک..... .....۱۲۱
شکل ۵-۱۰: نمودار نشست سطحی ابزاردقیق در کیلومتراژ ۲۱۱+۰ (قبل از احداث پیلارمیانی)..... .....۱۲۳
شکل ۵-۱۱: نمودار نشست سطحی خروجی مدل با ترکیبات پلکانی E و K (قبل از احداث پیلارمیانی).....۱۲٤
شکل ۵-۱۲: نمودار نشست سطحی ابزاردقیق در کیلومتراژ ۲۲۲+۰ (قبل از احداث پیلارمیانی).....۱۲٤
شکل ۵-۱۳: نمودار تابع خطا با ترکیبات پلکانی E و K (قبل از احداث پیلارمیانی).....۱۲۵
شکل ۵-۱٤: نمودار نشست سطحی ابزاردقیق در کیلومتراژ ۲۱۱+۰ (بعد از احداث پیلارمیانی).....۱۲٦
شکل ۵-۱۵: نمودار نشست سطحی ابزاردقیق در کیلومتراژ ۲۲۲+۰ (بعد از احداث پیلارمیانی).....۱۲۷
شکل ۵-۱٦: نمودار نشست سطحی ابزاردقیق در کیلومتراژ ۲۳۵+۰ (بعد از احداث پیلارمیانی).....۱۲۷
شکل ۵-۱۷: نمودار نشست سطحی خروجی مدل با ترکیبات پلکانی E و K (بعد از احداث پیلارمیانی).....۱۲۸
شکل ۵-۱۸: نمودار تابع خطا با ترکیبات پلکانی E و K (قبل از احداث پیلارمیانی).....۱۲۸
شکل ۵-۱۹: مقاطع ابزاردقیق قطعه T_U.....۱۳۰
شکل ۵-۲۰: توزیع تنش پس از حفاری central drift.....۱۳۱
شکل ۵-۲۱: توزیع تنش با شروع حفاری middle drift top heading.....۱۳۱
شکل ۵-۲۲: توزیع تنش در پایان حفاری تونل.....۱۳۲
شکل ۵-۲۳: نمایش جابجایی قائم مقطع تونل.....۱۳۳
شکل ۵-۲٤: نمایش جابجایی افقی مقطع تونل.....۱۳۳

فصل اول

کلیات

۱ ۱ -مقدمه

تحلیل پایداری فضاهای زیرزمینی با استفاده از روش های عددی از قبیل المان محدود، المان مرزی و المان مجزا پیشرفت قابل توجهی کرده است ولی به دلیل غیرقابل اعتماد بودن داده های ورودی، پیش بینی رفتار خاک و ارزیابی پایداری، دقت چندان زیادی ندارند.

با این وجود همچنان مدلسازی عددی، ابزاری با ارزش جهت درک رفتار توده خاک، توزیع مجدد تنش، مطالعه مکانیزم شکست و نواحی شکست و همچنین پیش بینی مقادیر تغییر شکل ناشی از حفاری می باشد.

اندازه گیری دقیق پارامترهای مکانیکی، ساختار زمین شناسی توده خاک، حالت اولیه تنش و... بسیار دشوار است زیرا نتایج آزمایشات برجا و آزمایشگاهی، پراکندگی محسوسی دارند و این پراکندگی مربوط به آنیزوتروپی و تغییرات توده ها در اطراف گمانه ها می باشد .برای غلبه براین مشکلات، ابزاردقیق مورداستفاده قرارگرفته و رفتارخاک با این ابزارتوجیه می شود .

۱ ۲ -هدف از انجام تحقیق

در طراحی تونلها رابطه بین طراحی و اجرای روشهای نگهداری و تغییرشکلهای ایجادشده در زمین همواره پیچیده و بسیارمهم می باشد. در این تحقیق نشان داده می شود که چگونه می توان به کمک آنالیز حساسیت و تحلیل برگشتی، نتایج اندازه گیری های رفتارسنجی را برای ارزیابی طرح اولیه و بهینه سازی روش اجرا به کار برد.

۱ ۴ -بیان مسئله

آگاهی از خصوصیات ژئومکانیکی محیطی که سازه زیرزمینی در آن احداث می شود مبنای اصلی و تعیین کننده در طراحی سیستم نگهداری و تحلیل پایداری این قبیل سازه ها می باشد. برای اطلاع از خصوصیات ژئومکانیکی، کنترل پایداری و بهینه سازی سیستم های نگهداری موجود، نتایج رفتارسنجی و تحلیل برگشتی به عنوان ابزاری جهت تخمین مجدد داده های ورودی در حین اجرا و پس از احداث سازه به کارمی رود. در این راستا از آنالیز حساسیت برای اطمینان از یکتایی جوابها در تحلیل برگشتی و افزایش سرعت تحلیل استفاده می شود. بدین منظور می بایست پارامترهایی شناسایی و انتخاب شوند که دارای شرایط زیر باشند:

۱- پارامترهایی که بیشترین تاثیر را برروی تحلیل پایداری فضای زیرزمینی احداث شده داشته باشند.

۲- پارامترهایی که تعیین مقادیر واقعی آنها از روشهای دیگرنظیر تحقیقات میدانی(ساختگاهی) و آزمایشات برجا دشوار باشد.

۳- درجهت ساده سازی و کاهش متغیرهای موثر برمعادلات حاکم برنشست باشند.

با دراختیار داشتن داده های ابزار دقیق دریافتی از رفتارنگاری و داده های حاصل از مدلسازی عددی و استفاده از الگوی جستجوی تک متغیره به بررسی و مقایسه منحنی های همگرایی بین داده های حاصله پرداخته وبا توجه به این روابط به کنترل وبررسی خصوصیات ژئومکانیکی خاک و تنش های القایی و نشست های های ناشی از حفاری در منطقه پرداخته می شود.

۱ ٤ -روش تحقیق

برای رسیدن به پارامترهای اولیه خاک به کمک ابزار دقیق از روش آنالیز برگشتی استفاده می شود .دراین روش با استفاده از داده های ورودی رفتارسنجی، پارامترهای مکانیکی خاک به دست می آید. در این تحقیق سعی شده است با استفاده از نرم افزار Plaxis 3D Tunnel بر روی پارامترها، آنالیز برگشتی انجام گیرد تا پارامترهای درست و نزدیک به واقعیت بدست آید و سپس وضعیت تنشها و جابجاییها در اطراف فضاها در تحلیل نهایی بررسی شود .

۱-٥- ساختار پایان نامه

این تحقیق شامل شش فصل می باشد که فصل اول، کلیات را تشکیل می دهد و در حال حاضر پیش روست.

در فصل دوم به عنوان مروری بر ادبیات موضوع به برسی پدیده نشست در تونل های کم عمق شهری و شرح روش آنالیز برگشتی و کاربرد آن پرداخته شده است.

در فصل سوم پروژه تونل امیرکبیر و اهداف کلی طرح توضیح داده شده است وهمچنین توضیحاتی در مورد روش حفاری، سیستمهای نگهداری و ابزار بندی آن ارائه شده است.

در فصل چهارم نرم افزار مورد استفاده در تحقیق معرفی و اصول انجام یک مطالعه عددی ارائه گردیده است.

فصل پنجم، به مدلسازی فضا و تحلیل های انجام شده برروی پارامترهای مکانیکی خاک اختصاص دارد .در این فصل با استفاده از نرم افزار Plaxis 3D Tunnel مدلی سه بعدی ایجاد شد. جهت انجام آنالیز برگشتی موفق ابتدا می بایست یک آنالیز حساسیت بر روی پارامترها انجام شود که نتایج

این تحلیل نیز در این فصل ارائه شده است .پس از آنالیز حساسیت و مشخص شدن پارامترهای حساستر، نتایج مدلسازیها و داده های ابزار دقیق جهت رسیدن به پارامترهای واقعی مقایسه شدند. در ادامه، به بررسی تنشها و جابجایی های رخ داده ناشی از حفاری تونل امیرکبیر پرداخته می شود. مقطع کیلومتراژ ۲۱۱+۰ به عنوان مقطع شاخص انتخاب شد وتحلیل تنش و جابجایی بر روی این مقطع انجام گردید.

در پایان، در فصل ششم، نتیجه گیری و پیشنهادات ارائه شده است.

فصل دوم

مروری بر ادبیات موضوع

۲-۱- مقدمه

در اثر حفر تونل در نقاط کم عمق در زمینهای سنگی یا غیر سنگی، مخصوصاً در رسوبات آبرفتی سست، جابجایی هایی در محیط ایجاد شده و تغییر شکلهایی پدید می آید.

خساراتی که از حرکات سطح زمین پدید می آید، قسمتی از آن ناشی از مولفه قائم و قسمتی از آن ناشی از مولفه افقی جابجایی در سطح زمین می باشد. مولفه قائم سبب پایین آمدن سطح زمین، یعنی نشست تدریجی و مولفه افقی سبب حالت کششی یا فشاری در سطح زمین می شود، این مولفه ها می توانند تنش های جدیدی را بر سازه های واقع بر سطح زمین وارد کنند.

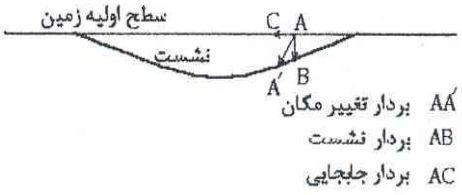
ارائه مدلهای رفتاری برای مصالح از یک طرف و پیشرفت روشهای عددی همراه با توسعه تکنولوژی کامپیوترها از طرف دیگر باعث شده که تصویر نسبتاً روشنی از رفتار سازه های ژئومکانیکی زیر اثر بارگذاریهای مختلف برای مهندسین ظاهر گردد. در این خصوص نرم افزار Plaxis، به عنوان یکی از نرم افزارهای اجزاء محدود در مهندسی ژئوتکنیک ارائه شده است که پارامترهای آن از آزمایشات معمول در آزمایشگاه قابل تعیین می باشند.

جهت رسیدن به پارامترهای اولیه خاک به کمک ابزار دقیق از روش های مختلف آنالیزبرگشتی استفاده می شود .در این روش ها با استفاده از داده های ورودی رفتار سنجی، پارامترهای مکانیکی خاک به دست می آید. در این بخش به شرح روش آنالیزبرگشتی نیز پرداخته شده است.

۲-۲- نشست و انواع آن

پدیده نشست به فرو رفتن سطح زمین در اثر وجود حفره در زیرزمین اطلاق می شود. این حفره ممکن است بصورت طبیعی (مانند فرآیند انحلال) و یا به دست بشر (مانند استخراج معادن زیرزمینی) بوجود آمده باشد.

معمولاً منظور از نشست فقط مولفه قائم تغییر مکان یک نقطه در سطح زمین می باشد و در صورت وجود مولفه افقی به آن جابجایی (Displacement) گویند.[۱۰]



شکل (۲-۱): مولفه های قائم و افقی تغییر مکان یک نقطه از سطح زمین در فرآیند نشست

بطور کلی نشست را می توان به دو گروه نشست کلی و نشست نامساوی (نسبی) تقسیم کرد. نشست کلی که عوارضش خفیفتر است، عبارت است از تشکیل پله در سطح زمین؛ در این حالت نقاط مختلف سازه ای که در بالای منطقه نشست قرار دارد، تقریباً به یک اندازه نشست می کنند. نشست نامساوی بسیار خطرناک است و وضعیت سازه های سطح زمین را تغییر می دهد.[۱۱]

به بیانی دیگر می توان انواع نشست را بطور کلی در سه گروه به شرح زیر طبقه بندی کرد:[۱۲]

- نشست طبیعی.
- نشست حاصل از استخراج نفت، آب و گاز.
- نشست حاصل از انجام عملیات معدن کاری و حفر فضاهای زیرزمینی مانند تونل یا مغار.

۲-۲-۱- نشست های طبیعی

در بروز برخی از انواع نشست، انسان نقشی نداشته و وقوع آنها بر اثر عوامل مختلف طبیعی و زمین شناسی می باشد. این نوع از نشست را نشست های طبیعی می نامیم. برخی از عوامل نشست طبیعی عبارتند از:

۱- حل شدن: انحلال سازند هایی چون آهکی، نمکی و گچی به همراه جریان آب زیرزمینی موجب پدیده هایی مانند فروچال (sinkhole) می شود.

۲- رسوب گذاری: پدیده زمین شناسی رسوب گذاری با فرآیندهایی مانند فرسایش، تجمع و جابجایی یکی از عوامل شایع نشست محسوب می شود.

۳- فرآیندهای تکتونیکی: گاهاً نشست در اثر فرآیندهای تکتونیکی مانند حرکت در صفحات گسل، تکتونیک صفحه ای و امثال آنها رخ می دهد.

٤- فعالیت های آتشفشانی: در برخی موارد حرکت مذاب های آتشفشانی حفره هایی خالی در زیر زمین به جا می گذارند.

۵- زلزله

٦-حرکت دامنه های شیبدار

۲-۲-۲- نشست در اثر استخراج نفت و آب

مخازن نفت و آب دارای ساختاری متخلخل و نفوذناپذیر می باشند که فضای خالی بین ذرات سنگ با نفت و یا آب اشباع شده است. در هنگام استخراج از این نوع ذخایر به علت خارج شدن مایع از فضای بین ذرات سنگ، حفره های کاملاً کوچکی در بین این ذرات به جا گذاشته می