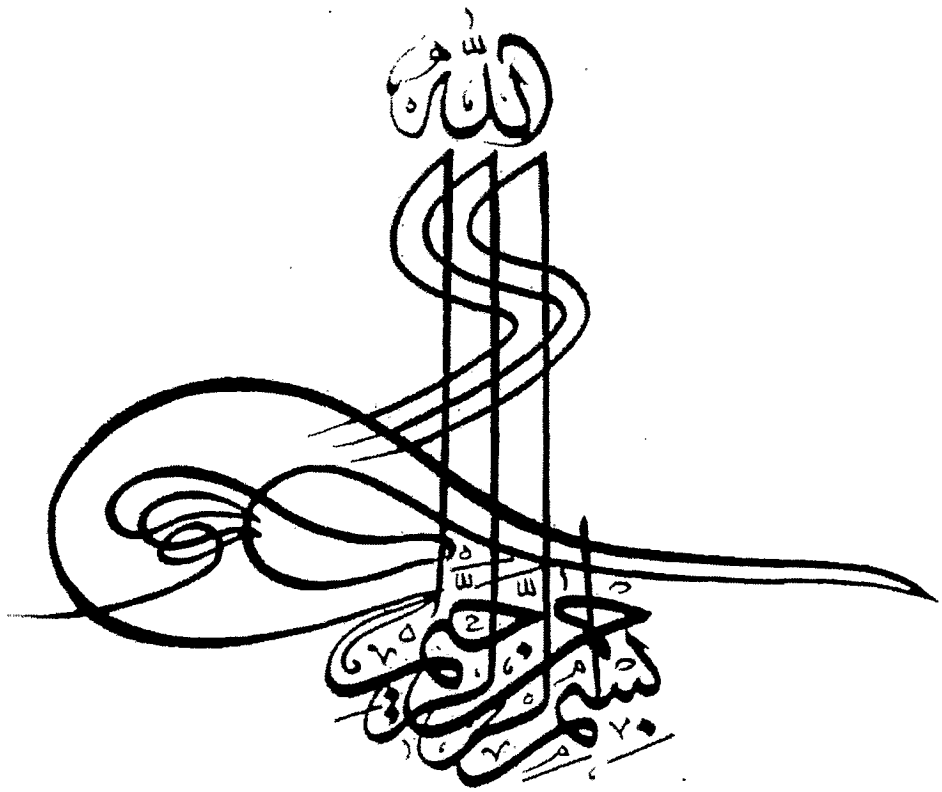
قاسم يوم
٤٢٢٥
٧ ١٤١٧



١١٥٤٩٢

۸۴/۱/۱۰۸۵۹۴
۸۸/۱۳۱

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی معدن

مقایسه پایداری تونلهای تکی و دوقلو- مطالعه موردی خط ۲ قطار شهری تبریز

نادر قاسم پور

استاد راهنما:
دکتر کامران گشتاسبی

استاد مشاور:
دکتر عبدالهادی قزوینیان

بهمن ۱۳۸۷

۱۳۸۸/۱۱/۱۸

۱۱۵۴۹۲

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار 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 آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» 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/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی صنایع است که در سال ۱۳۸۷ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر کامران تشکری و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر عباس کاری ، مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر ــــــــ و مشاوره سرکار خانم/جناب آقای دکتر حمیدرضا صیرفیان از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب نادر حاکم‌پور دانشجوی رشته مهندسی صنایع مقطع کارشناسی ارشد

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

نام و نام خانوادگی: نادر حاکم‌پور

تاریخ و امضا: ۸۷/۱۱/۲۱

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای نادر قاسم پور پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان مقایسه پایداری تونلهای تکی با دوقلو- مطالعه موردی خط ۲ قطار شهری تبریز** در تاریخ ۱۳۸۷/۱۱/۲ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی معدن - استخراج پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر کامران گشتاسبی گوهرریزی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر عبدالهادی قزوینیان	استادیار	
استاد مشاور	دکتر مجید کیانی	مربی	
استاد ناظر	دکتر سیدرحمان ترابی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر مصطفی شریف زاده	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر سیدرحمان ترابی	دانشیار	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی

دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری 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 هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم افزار و یا آثار ویژه حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ٤- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ٥- این آیین‌نامه در ٥ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/٤/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/٤/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

۸۷/۱۱/۲۱

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

بهترین‌های دنیا

تحقیق حاضر ثمره مساعدت ها و تلاش های بسیاری از عزیزانی بوده که همواره مرا مورد لطف و عنایت خود قرار داده و با دلسوزی تمام در کنار من بوده اند. شایسته است اکنون که به فضل الهی این تحقیق به پایان رسیده است، از تلاشهای استاد راهنمای عزیزم، جناب آقای دکتر گشتاسبی که همواره با صبر و حوصله به راهنمایی ام پرداخته است،

از استاد ارجمند و مشاور پایان نامه ام جناب آقای دکتر قزوینیان که این پایان نامه فرصتی فراهم آورد تا از محضر ایشان بهره ببرم،

از جناب آقای مهندس کیانی نیز به خاطر تلاشهای صمیمانه اش کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین

آقای مهندس مختاریان، مدیر واحد تبریز پروژه خط ۲ تبریز، شرکت ایمن سازان،

آقای مهندس اکبر سالمی، کارشناس ارشد مهندسی معدن

آقای مهندس کریمی، کارشناس ارشد مهندسی معدن

و همه اعضای خانواده ام کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

چکیده

حجم زیاد ترافیک و محدودیت فضای سطحی باعث گسترش استفاده از حفریات زیرزمینی در مناطق شهری شده است. همچنین توسعه حمل و نقل عمومی در هر شهر بزرگی مزایای زیادی از جمله کاهش آلودگی و هزینه‌ها را در بر دارد. یکی از سوالات جدی در زمینه احداث تونلهای مترو تکی یا دوقلو بودن آنهاست.

در این تحقیق پایداری تونلهای تکی و دوقلو در خط ۲ قطار شهری تبریز با هم مقایسه و بررسی شده است. ابتدا مطالعات ژئوتکنیکی انجام شده در محدوده طرح ذکر شده است. از آنجائیکه هیچگونه ایده‌ای برای پوشش تونل تکی مدنظر نبوده است، لذا سگمنت مورد نیاز طراحی شده است و با بررسی و ارزیابی چند گزینه ممکن بعنوان پوشش تونل تکی، در نهایت گزینه ۱۶ میلگرد از جنس فولاد AIII با قطر ۲۰ میلیمتر پیشنهاد شد. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار عددی *FLAC2D* و روش‌های تحلیلی پایداری تونلها در دو حالت تکی و دوقلو از لحاظ استاتیکی و دینامیکی بررسی شده است. درحالت تکی کمترین ضریب اطمینان مربوط به یک چهارم قوس پایین و سمت راست تونل و برابر با ۲/۲ می باشد. و در حالیکه در حالت دوقلو دیواره تونل سمت چپ کمترین ضریب اطمینان را دارد. در این نقطه مقدار ضریب ایمنی برابر با ۱ می باشد. مشاهده می شود که تونل تکی تحت بار دینامیکی و پس از اعمال بار دارای ضریب ایمنی بیشتری می باشد. درنهایت می توان گفت که تونلهای دوقلو پایدارتری کمتری نسبت به حالت تکی دارند و میزان نشست در حالت دوقلو بیشتر از حالت تکی است.

فهرست مطالب

مقدمه ۱

فصل اول: معرفي ساختگاه و شرایط زمین شناسی تونل

۱-۱ معرفی طرح قطار شهری تبریز ۴

۱-۲ زمین شناسی و جغرافیای منطقه ۶

۱-۳ بررسی ساختاری مسیر ۷

۱-۴ مطالعات ژئوتکنیکی ۱۱

۱-۵ مشخصات لرزه‌خیزی ساخت‌گاه قطار شهری تبریز ۱۶

۱- ۵- ۱ گسل‌های مهم مولد زلزله گستره طرح ۱۸

۱- ۵- ۲ برآورد پارامترهای جنبش نیرومند زمین ۲۱

۱- ۵- ۳ تعیین طیف پاسخ طرح و انتخاب شتاب‌نگاشت‌ها ۲۱

فصل دوم: طراحی پوشش تونل تکی

۲-۱ مقدمه ۲۵

۲-۲ اصول طراحی پوشش تونلهای قطار شهری ۲۶

۲-۲-۱ هندسه سگمنت ۲۶

۲-۲-۱ بررسی مقاومت پوشش بتنی ۲۸

۲-۳ بررسی بارهای وارده بر پوشش ۳۴

۲-۴ مشخصات مصالح ۳۸

۲-۵ محاسبه نیروهای داخلی ۳۸

۲-۶ تحلیل مقطع انتخاب شده ۴۱

فصل سوم : مطالعه پایداری تونل‌های کم عمق

۳-۱ مقدمه ۴۵

۳-۲ مطالعه رفتار تونل‌ها در زمین‌های خاکی ۴۷

۳-۳ روش‌های عددی ۴۹

۳-۴ روش تفاضل محدود و نرم افزار Flac ۵۰

۳-۵ نشست در اثر حفر تونل ۵۱

۳-۶ عملکرد سازه‌های زیرزمینی تحت زلزله ۵۳

۳-۷ روش طراحی دینامیکی سازه‌های زیرزمینی ۵۵

۳-۸ پارامترهای حرکت زمین ۵۶

۳-۸-۱ دامنه‌های شتاب، سرعت و جابجائی ۵۶

۳-۸-۲ تدوین تاریخچه زمانی حرکات ۵۷

۳- ۹ ارزیابی رفتار سازه‌های زیرزمینی در برابر زلزله ۵۸

۳-۹-۱ معیار بارگذاری طراحی دینامیکیMCL ۵۸

۳-۹-۲ تحلیل دینامیکی سازه‌های زیرزمینی ۵۹

۳-۱۰ بررسی ضریب اطمینان مقطع پوشش ۶۰

فصل چهارم: تحلیل استاتیکی تونلهای خط ۲ متروی تبریز

۴-۱ مقدمه ۶۲

۴-۲ روش‌های عددی برای تحلیل استاتیکی ۶۲

۴-۲-۱ تعیین ابعاد مدل و ترسیم هندسه مساله ۶۲

۴-۲-۲ انتخاب مدل رفتاری و تعیین پارامترهای آن ۶۵

۴-۲-۳ حل مدل و به تعادل رساندن آن قبل از حفاری ۶۶

۴- ۲- ۴ حفر تونل‌ها و اعمال ترخیص تنش متناسب ۶۸

۴- ۲- ۵ نصب سیستم نگهداری ۶۸

۴-۳ نتایج تحلیل استاتیکی ۷۰

۴-۴ کنترل پایداری با روش ساکورایی ۷۵

۴-۵ بررسی پایداری ۷۷

۴-۵-۱ تعیین نیروی محوری و برشی و لنگر خمشی القاء شده در پوشش ۷۷

۴-۵-۲ محاسبه ضریب اطمینان ۷۹

۴-۶ بررسی نشست حاصل از حفر تونل خط ۲ متروی تبریز ۸۲

فصل پنجم: تحلیل دینامیکی تونلهای خط ۲ متروی تبریز

۵-۱ مقدمه ۸۵
۵-۲ تحلیل دینامیکی تونل‌های قطار شهری تبریز به روش عددی ۸۵
۵-۲-۱ تدوین تاریخچه زمانی زلزله‌های سطوح طراحی ۸۵
۵- ۲- ۲ اصلاح شتاب‌نگاشت‌های سطوح طراحی لرزه‌ای ۸۶
۵- ۲- ۳ خواص دینامیکی مصالح زمین ۹۱
۵- ۲- ۴ بارگذاری دینامیکی و شرایط مرزی ۹۳
۵- ۲- ۵ میرایی ۹۵
۵- ۲- ۶ انتشار موج در مدل ۹۶
۵- ۳ پاسخ دینامیکی تونل‌ها به زلزله‌های سطوح طراحی ۹۸
۵- ۴ آنالیز دینامیکی تونل‌های قطار شهری تبریز توسط روابط تحلیلی ۱۰۳

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ نتیجه‌گیری ۱۰۷
۵-۲ پیشنهادات ۱۱۰
منابع ۱۱۱

فهرست اشکال

شکل ۱-۱ : خطوط اصلی متروی تبریز ۵
شکل ۱- ۲: وضعیت زمین‌شناسی تبریز و ساخت‌گاه پروژه قطار شهری تبریز ۸
شکل ۱-۳: ستون چینه‌شناسی محدوده شهر تبریز ۹
شکل ۱-۴: تصویر ماهواره ای شهر تبریز ۱۰
شکل ۱- ۵: نقشه گسل‌های منطقه آذربایجان ۱۱
شکل ۱-۶: محل گمانه ها روی نقشه ۱۲
شکل ۱- ۷: مقطع زمین‌شناسی ۱۲
شکل ۱- ۸: نقشه شدت خطرات زلزله شمال‌غرب ایران ۱۷
شکل ۱- ۹: شتاب‌نگاشت سازگار با شرایط آبرفتی ساخت‌گاه ۲۳
شکل ۲-۱: مقطع مورد تحلیل پوشش ۲۹
شکل ۲-۲: بلوک تنش مقطع ۳۰
شکل ۲-۳: مقطع مستطیلی با فولاد کششی و فشاری ۳۲
شکل ۲-۴: قرارگیری تونل در زیرزمین ۳۵
شکل ۲-۵: معادل سازی فشار وارده از طرف زمین بر تونل ۳۵
شکل۲-۶: فشار آب وارده بر پوشش ۳۶
شکل ۲-۷: بارهای وارده بر پوشش ۴۳
شکل ۳- ۱: روش تحلیل و طراحی دینامیکی سازه‌های زیرزمینی ۵۶
شکل ۴-۱:کنتور جابجایی ها پس از حفر تونلها در مدل با ابعاد ۲۰۰×۴۰ ..... ۶۳
شکل ۴-۲: نمودار جابجایی رخ داده در مدل با ابعاد ۱۱۰×۴۰ الف) تونلهای دوقلو ب) تونل ۶۴
شکل ۴- ۳: بیش‌حفاری پیشانی برشی TBM و همگرایی زمین در طول سپر ۶۴
شکل ۴- ۴:کنتورهای تنش عمودی قبل از حفاری تونل ۶۷
شکل ۴- ۵: کنتورهای جابجائی عمودی قبل از حفاری تونل ۶۷
شکل ۴-۶: نمودار نیروهای نامتعادل ۶۷
شکل۴-۷: نمودار تاریخچه سرعت در گره‌ها ۶۷
شکل۴-۸: نمودار تاریخچه جابجایی ۶۷
شکل۴-۹: کنتور کرنش برشی حول تونل دوقلو در اثر اعمال همگرایی ۴ cm ۶۹
شکل ۴-۱۰: کنتور جابجایی حول تونل دوقلو در اثر اعمال همگرایی ۴ cm ۶۹
شکل۴-۱۱: کنتور کرنش برشی حول تونل تکی در اثر اعمال همگرایی ۵ cm ۶۹
شکل ۴-۱۲: کنتور جابجایی حول تونل تکی در اثر اعمال همگرایی ۶۹
شکل ۴- ۱۳: پوشش بتنی تونل مدل شده ۶۹

شکل ۴-۱۴: مقطع پوشش الف)تونل تکی و ب) تونل‌های دوقلو (اندازه‌ها به میلیمتر است) ۷۰
شکل ۴-۱۵: مناطق پلاستیک در اطراف تونل سمت چپ الف) قبل و ب) بعد از نصب پوشش بتنی..... ۷۲
شکل ۴-۱۶: مناطق پلاستیک در اطراف تونل سمت راست الف) قبل و ب) بعد از نصب پوشش بتنی..... ۷۳
شکل ۴-۱۷: مناطق پلاستیک در اطراف تونل تکی الف) قبل و ب) بعد از نصب پوشش بتنی ۷۴
شکل ۴-۱۸:نحوه توزیع تنش در اطراف تونل‌های الف) دوقلو ب) تکی قطار شهری تبریز ۷۵
شکل ۴-۱۹: نیروی محوری وارده بر پوشش تونل‌های دوقلو در مقایسه با تونل تکی ۷۸
شکل۴-۲۰: نیروی برشی وارده بر پوشش تونل‌های دوقلو در مقایسه با تونل تکی ۷۸
شکل۴-۲۱: لنگر خمشی ایجاد شده در پوشش تونل‌های دوقلو در مقایسه با تونل تکی ۷۸
شکل ۴-۲۲: کنترل پایداری بخشهای مختلف پوشش بتنی تونل تکی..... ۸۰
شکل ۴-۲۳: کنترل پایداری بخشهای مختلف پوشش بتنی تونل‌های دوقلو ۸۰
شکل ۴-۲۴: نشست سطح زمین در اثر احداث تونل تکی ۸۲
شکل ۴-۲۵: نشست سطح زمین در اثر احداث تونل‌های دوقلو ۸۳
شکل ۵- ۱: روش تحلیل و طراحی دینامیکی سازه‌های زیرزمینی ۸۷
شکل ۵- ۲: طیف دامنه فوریه تاریخچه زمانی شتاب‌نگاشت بعد از فیلتر فرکانسهای بالاتر از ۳۵ Hz..... ۸۷
شکل ۵-۳: تاریخچه زمانی سرعت ناشی از شتاب‌نگاشت حاصل از تحلیل آبرفت ساخت‌گاه..... ۸۸
شکل ۵-۴: تاریخچه زمانی جابجایی متناظر با شتاب‌نگاشت تحلیل آبرفت..... ۸۸
شکل ۵- ۵: تاریخچه زمانی سرعت ناشی از شتاب‌نگاشت تحلیل آبرفت پس از تصحیح خط مبنا..... ۸۹
شکل ۵- ۶: تاریخچه زمانی جابجایی ناشی شتاب‌نگاشت تحلیل آبرفت پس از تصحیح خط مبنا..... ۸۹
شکل ۵- ۷: شتابنگاشت اصلاح شده بر اساس سطح طراحی لرزهای MCL ۹۰
شکل ۵- ۸: تاریخچه زمانی سرعت اصلاح شده بر اساس سطح طراحی لرزه‌ای MCL ۹۰
شکل ۵-۹: تاریخچه زمانی جابجایی اصلاح شده بر اساس سطح طراحی لرزه‌ای MCL ۹۰
شکل ۵-۱۰: مدل رفتار دینامیکی خاک..... ۹۱
شکل ۵-۱۱: تاریخچه زمانی بارگذاری زلزله MCL..... ۹۴
شکل ۵-۱۲: تاریخچه زمانی جابجایی قائم مدل تک لایه‌ای در شرایط ارتعاش آزاد نامیرا..... ۹۶
شکل ۵- ۱۳: تاریخچه زمانی سرعت افقی در کف مدل..... ۹۷
شکل ۵- ۱۴: تاریخچه زمانی سرعت افقی در بالای مدل ۹۸
شکل ۵-۱۵: نیروی محوری وارده بر پوشش الف) تونل تکی ب) تونل‌های دوقلو..... ۹۹
شکل ۵-۱۶: نیروی برشی وارده بر پوشش الف) تونل تکی ب) تونل‌های دوقلو..... ۹۹
شکل ۵-۱۷: لنگر خمشی وارده بر پوشش الف) تونل تکی ب) تونل‌های دوقلو ۱۰۰
شکل ۵-۱۸: نمودار ضریب ایمنی تونل تکی تحت بار زلزله ۱۰۱
شکل ۵-۱۹: نمودار ضریب ایمنی تونل‌های دوقلو تحت بار زلزله ۱۰۲

فهرست جداول

جدول ۱- ۱: تقسیم‌بندی تراکم خاک‌های درشت دانه بر اساس عدد SPT ۱۳
جدول ۱- ۲: تقسیم‌بندی مقاومت خاکهای ریز دانه بر اساس عدد SPT ۱۳
جدول ۱- ۳: خواص استاتیکی خاک بر اساس عدد SPT برای گمانه BH10 ..... ۱۵
جدول ۱- ۴: خصوصیات ژئومکانیکی لایه‌های مقطع مورد مطالعه ۱۶
جدول ۱- ۵: بزرگترین زمین‌لرزه‌های رخداده در محدوده ۲۰۰ کیلومتری ساخت‌گاه ۱۹
جدول ۱- ۶: چشمه‌های لرزه‌زای گستره طرح و بیشینه توان لرزه‌زایی آنها ۲۰
جدول ۱- ۷: بیشینه مقادیر شتاب زمین (PGA) برای سطوح طراحی لرزه‌ای مختلف ۲۱
جدول ۱- ۸: شتاب‌نگاشت‌های منتخب به عنوان حرکت ورودی ۲۳
جدول ۲-۱: مقدار γ و $\beta 1$ به ازای fc مختلف ۳۱
جدول ۲-۲: مشخصات مصالح سگمنت تونل تکی ۳۹
جدول ۲-۳: محاسبه بارهای داخلی با استفاده از روابط الاستیک ۴۰
جدول ۲-۴: مقادیر بارهای داخلی وارده بر پوشش تونل تکی ۴۲
جدول ۲-۵: مقادیر بحرانی وارده بر پوشش تونل تکی ۴۰
جدول ۳- ۱- نسبت بیشینه سرعت به بیشینه شتاب زمین در سطح ۵۷
جدول ۳-۲: روابط ارائه شده توسط ونگ و پنزین ۶۰
جدول ۳- ۳: پارامترهای به کار رفته در روابط ونگ و پنزین ۶۰
جدول ۴-۱: مشخصات هندسی تونل‌های تکی و دوقلو ۶۵
جدول ۴-۲: بیشینه کرنش برشی و جابجایی بعد از نگهداری تونل‌ها ۷۱
جدول ۴-۳: ضرایب اطمینان بخشهای مختلف پوشش بتنی ۷۹
جدول ۵- ۱: مشخصات حرکات نیرومند زمین در شتاب‌نگاشت حاصل از تحلیل آبرفت ساخت‌گاه ۸۶
جدول ۵-۲: دامنه حرکات زمین برای زلزله‌های اصلاح شده بر اساس سطوح مختلف طراحی لرزه‌ای ۹۰
جدول ۵- ۳: روابط تجربی برای محاسبه برخی از پارامترهای ژئومکانیکی خاک ۹۲
جدول ۵-۴: مقدار ضریب ایمنی تونل پس از اعمال بار دینامیکی ۱۰۲
جدول ۵- ۵: خصوصیات دینامیکی زمین ۱۰۳
جدول ۵- ۶: خصوصیات پوشش بتنی ۱۰۳
جدول ۵- ۷: نسبت شتاب در عمق به نسبت شتاب در سطح ۱۰۴
جدول ۵- ۸: مقادیر بیشینه نیروها، لنگر خمشی و جابجایی حاصل از روابط تحلیلی ۱۰۵

مقدمه

امروزه حمل و نقل درون شهری و ترافیک سنگین آن، از جمله مهمترین مشکلات شهرهای بزرگ است. تردد وسایل نقلیه موتوری نیازمند فضای بیشتری می باشد. از آنجا که نرخ جابجایی وسایل نقلیه موتوری به ازای مساحتی که اشغال می کنند، بسیار کم است و با توجه به پیشرفت روزافزون دانش حفاری، به نظر می رسد که یکی از بهترین روشها برای کاهش این مشکلات، استفاده از سیستم حمل و نقل زیرزمینی مانند قطار شهری می‌باشد. سازگاری با محیط زیست و محیط شهری، مقاومت زیاد در مقابل زلزله، استفاده‌های استراتژیک، سرعت و حجم بالای انتقال مسافر برخی از مزایای قطار شهری می باشد که باعث توسعه آن در جوامع امروزی شده است.

از زمانی که پروژه‌های احداث مترو در کلانشهرهای کشور مثل تبریز، مشهد، شیراز، اصفهان و اهواز شروع شده است، اندازه قطر تونلهای احداث شده، مورد بحث است. اینکه تونلها بصورت دو قلو حفر شوند و در هر تونل عبور و مرور فقط در یک جهت و یا برعکس، در یک تونل تکی هم رفت و هم آمد انجام گیرد، در

پروژه احداث خطوط مترو هر یک از این شهرها مورد بحث بوده است. در شهر تبریز که دارای خاک جوان و متراکم می باشد و از لحاظ تکتونیکی نیز فعالیت های زیادی انجام شده است، این موضوع جدی‌تر است.

در تحقیق حاضر، در فصل اول به بررسی زمین شناسی منطقه و وضعیت خاک محدوده طرح پرداخته شده است. خط ۲ قطار شهری تبریز، اکنون در مرحله مطالعات زمین شناسی می باشد. این تحقیق با استفاده از اطلاعات زمین شناسی مربوط به محدوده میدان فهمیده تا پل سنگی انجام شده است. از طرفی چون تونلهای خط ۱ قطار شهری تبریز بصورت دو قلو حفر گردیده‌اند، لذا هیچ گزینه‌ای در مورد پوشش تونل تکی مطرح نبوده است. لذا در فصل دوم با استفاده از روش نمودار ممان خمشی- نیروی محوری، پوشش مربوط به تونل تکی طراحی شده است. در فصل سوم مطالعات انجام شده در زمینه احداث تونلهای حمل و نقل در زیر فضاهای شهری مورد بررسی اجمالی قرار گرفته است. در ادامه و در فصل چهارم با استفاده از مدلسازی عددی، پایداری هر دو حالت تکی و دو قلو تحت بار استاتیکی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج با روشهای تحلیلی نیز مقایسه گردید. در فصل پنجم نیز هر دو حالت تکی و دو قلو تحت بار دینامیکی قرار داده شدند و پاسخ آنها در برابر بارهای بزرگترین زلزله رخ داده در محدوده اطراف مورد بررسی قرار گفت. در این راستا تمام زلزله‌های رخ داده در شمال غرب ایران و محدوده مربوط به کشورهای آذربایجان، ترکیه و ارمنستان بررسی و بزرگترین شتاب نگاشت انتخاب گردید. همچنین نتایج بدست آمده از مدلسازی عددی با نتایج روابط تحلیل مقایسه گردیده است. در فصل آخر نتایج بدست آمده از مدلسازی عددی و روابط مورد بحث و بررسی قرار گرفته است و پیشنهاداتی برای تصمیم‌گیری در مورد تکی یا دوقلو بودن تونلهای خط ۲ ارائه گردید.

مراحل انجام تحقیق

فصل اول

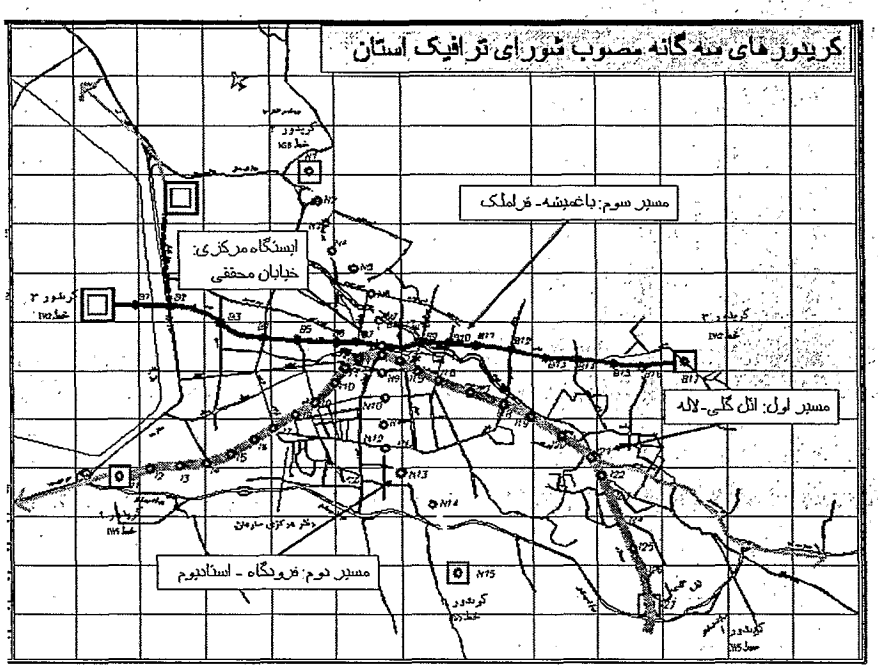
معرفی ساختگاه و شرایط زمین شناسی

۱-۱ معرفی طرح قطار شهری تبریز

نرخ روزانه سفر با وسائل نقلیه موتوری، در داخل شهر تبریز ۱/۴ می‌باشد. ۱/۲۸ میلیون نفر در این شهر زندگی می‌کنند و روزانه ۱/۸ میلیون سفر درون شهری در تبریز انجام می‌گیرد. ۲۹ درصد از این سفرها با اتوبوس و مینی‌بوس، ۳۳ درصد با تاکسی و ۳۸ درصد با وسیله نقلیه شخصی صورت می‌گیرد. طبق پیش‌بینی ها جمعیت تبریز در سال ۱۴۰۰ هجری شمسی نزدیک ۲ میلیون نفر خواهد شد و میزان ۴/۵ میلیون سفر درون شهری در تبریز صورت خواهد گرفت. ۲۸ درصد از سفرهای داخل شهری در افق طرح قطار شهری تبریز با مترو صورت خواهد گرفت. لذا با توجه به حجم وسیع مسافرت‌های درون شهری تبریز و ضرورت استفاده از سیستم حمل و نقل ریلی در جهت کاهش مشکلات ترافیکی شهر، برای اولین بار در دی ماه ۱۳۶۹ موضوع مطالعه و احداث قطار شهری تبریز در مجلس شورای اسلامی مطرح گردید. در سال ۱۳۸۰ نیز مطالعات فاز اول و دوم آغاز گردید. در همان سال مراحل اجرایی قطعات ۲ و ۳ از خط ۱ شروع گردید. در حال حاضر ریل گذاری ۶ کیلومتر از ابتدای مسیر خط ۱ به اتمام رسیده است و ۳ کیلومتر انتهایی مسیر نیز که بصورت کند و پوش بوده است، به اتمام رسیده است[۱].

برای شهر تبریز ۴ خط مترو و جمعاً به طول ۶۰ کیلومتر که با توسعه آن به ۸۰ کیلومتر خواهد رسید و ۶۰ ایستگاه بین راهی مصوب شده است. خطوط متروی تبریز، مطابق شکل ۱-۱، می باشد.

در ابتدا و انتهای هر مسیر یک دپو و توقفگاه در نظر گرفته شده است. علاوه بر آن یک خط حومه‌ای نیز بین شهر تبریز و سهند به طول ۲۰ کیلومتر به تصویب رسیده است[۲].



شکل ۱-۱ : خطوط اصلی متروی تبریز[۱]

خط ۲ قطار شهری تبریز در امتداد شرقی -غربی شهر کشیده شده است. مطالعه و اجرای آن توسط قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا آغاز شده و مطالعات ژئوتکنیک آن با عقد قرارداد در تاریخ ۸۶/۷/۲۴ با پیمانکار در دو بخش اصلی و توسعه شروع گردید. جدا از بخش های توسعه شرقی و غربی این خط به سمت خارج از شهر، بخش مصوب (حد فاصل میدان فهمیده تا سه راهی قراملک) دارای ۱۴ ایستگاه می‌باشد. مطالعات اولیه ژئوتکنیک این بخش از طرح، شامل حفاری ۲۶ گمانه در محل ایستگاه‌ها و مابین آنها می‌باشد. علاوه