۸۷/۱/۱۵۲۰۴۳
۸۷/۱۰/۱۴

بسم الله الرحمن الرحیم

۱۰۸۰۲۶

۸۷/۱/۱۰۴۰۳۴
۸۷/۱۰/۲۴

دانشگاه بوعلی سینا

دانشکده علوم پایه

گروه زمین شناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش زمین شناسی مهندسی

بررسی زمین شناسی مهندسی ساختگاه تونل انحراف سد گرمی چای میانه با نگرشی بر تاثیر آبگیری سد بر رفتار تونل

پژوهشگر:

مهدی رسولی ملکی

استاد راهنما :

دکتر محمد حسین قبادی

اساتید مشاور:

دکتر غلامرضا خانلری

دکتر علی اصغر سپاهی گرو

۱۳۸۷/۸۰/۱۳

خرداد ۱۳۸۷

۱۰۸۰۲۹

همه امتیازهای این پایان نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب پایان نامه در مجلات، کنفرانس ها و یا سخنرانی ها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا (یا استاد راهنمای پایان نامه) و نام دانشجو با ذکر ماخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر اینصورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

دانشگاه بوعلی سینا

دانشکده علوم پایه

گروه زمین شناسی

جلسه ارزیابی پایان نامه کارشناسی ارشد

مهدی رسولی ملکی در رشته زمین شناسی گرایش مهندسی

تحت عنوان:

بررسی زمین شناسی مهندسی ساختگاه تونل انحراف سد گرمی چای میانه با نگرشی بر تاثیر آبگیری سد بر رفتار تونل

به ارزش ۸ واحد در روز دوشنبه ۲۰ /۳ /۸۷ ساعت ۱۴ در محل سالن شماره ۱ آمفی تئاتر دانشکده علوم پایه دانشگاه بوعلی سینا و با حضور اعضای هیات داوران زیر برگزار گردید و با نمره **۱۷/۵۸** درجه **بسیار خوب** به تصویب رسید.

تصویب و ارزشیابی توسط کمیته ارزیابی پایان نامه

۱. استاد راهنما: دکتر **محمد حسین قبادی**(رئیس کمیته)	دانشیار دانشگاه بوعلی سینا
۲. استاد مشاور: دکتر **غلامرضا خانلری**	دانشیار دانشگاه بوعلی سینا
۳. استاد مشاور: دکتر **علی اصغر سپاهی گرو**	دانشیار دانشگاه بوعلی سینا
۴. داور: دکتر **مجتبی حیدری**	استادیار دانشگاه بوعلی سینا
۵. داور: دکتر **مسعود مکارچیان**	استادیار دانشگاه بوعلی سینا
۶. داور: دکتر **بهروز رفیعی**	استادیار دانشگاه بوعلی سینا

هر رقمی رسیدن نیست ولی برای رسیدن باید رفت، در بن بست ها راه آسمان

باز است پس پرواز کردن به سوی خدا را باید آموخت.

تقدیم به:

آنانی که بال عطوفت خویش را زیر پای سرنوشت نهادند و عاشقانه رفتند و سوختند

آن پرستو بالان گمنام این سرزمین بیکران

و

تنها ترین هایم در این دنیا

پدر و مادر

آن دو سنبل

پر معنای حیات زندگیم، محبت، استقامت، ایثار و صداقت

و

برادر و دو خواهر گرامیم

آنان که حضور سبز و آغوش گرم شان همواره مایه آرامش من بوده و در لحظات تنهاییم مرا تنها نگذاشتند

تنهاترین چیزی که می توانم بگوییم

((دوستتان دارم))

تشکر و قدردانی

ستایش برای خداست: آن نخستین بی آغاز و آن واپسین بی انجام. ستایشی برتر از هر ستایش دیگر تا هنگامه رستاخیز. اویی که نامش، نام آور هر چه خوبی ایست و یادش همواره مایه آرامش دل های دردمند و خسته ای است که جز او یار و یاوری در این دنیا ندارند.

در اینجا لازم می دانم برای خوانندگان محترم این پایان نامه گوشه ای از مشکلاتی که، عده ای به ظاهر استاد در طول تحصیل بر من ایجاد کرده اند را ذکر نمایم. شاید ذکر این مطالب در این مکان مغرورانه باشد ولی بنده اولین کسی بوده ام که در طول ۱۰ سال پذیرش دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد (تمامی گرایش های زمین شناسی) این دانشگاه، تمامی دروس کارشناسی ارشد(۳۴ واحد) خود را به همراه ارائه پایان نامه به استاد راهنما و ارائه ۸ مقاله علمی در سمینارهای مختلف، در مدت زمان ۱۸ ماه ۱۵ روز (در مورخ ۸۵/۱/۱۵) به اتمام رسانیده ام و متاسفانه اولین کسی هم بودم که بعد از گذشت ۱۴ ماه و ۵ روز از تحویل آن جلسه دفاعیه یا بهتر بنویسم جلسه جنگی به مدت ۲/۳۰ ساعت برگزار گردید و با نمره ۱۷/۵۸ خاتمه پذیرفت. درگیری های بسیار و افسردگی های عصبی که در این مدت بر من اعمال شد دستاوردی بود که باید تا آخر عمرم بارکش نتایج آنها باشم. جلسه ای که از ۷ نفر استاد مدعیه فن تونل تشکیل شده بود و تنها ۴ نفرشان(پترولوژیست و رسوب شناسی و ...) که تنها از مبحث تونل اسم آن به گوششان خورده و اصلاً صلاحیت داوری و مشاوره پایان نامه ای با موضوع تونل را نداشتند، باید داور و مشاور پایان نامه به موضوع تونل باشند و کمترین نمرات(نمره ۱۷) هم مربوط به آنها باشد. هزاران بار تاسف به حال این گروه و این دانشگاه که به جای علم و پیشرفت در دوران عقده زدودن سیر می‌کند. ولی من این نمرات مبارک را؛ نتیجه ریشه دواندن عقده هایی برای عده ای از این اساتید می دانم که در دوره خود ناتوانی و کند ذهنی (در راه سرنوشت ساز کنکور ارشد) مانع از رسیدن به رشته دلخواه شان شده و ناچارا تن به گرایش های دیگر داده اند.

توهین به دانشجو کارشناسی ارشد نسبت به استفاده غیر قانونی و انجام کارهای خلاف شرع و دین در استفاده از اتاق استاد راهنما بزرگ ترین توهینی بود که مدیریت گروه نسبت به دو نفر از ما ابراز داشتند. ولی امروزه به اعتقاد روانشناسان اینگونه اشخاص افرادی هستند که ذات خوشان را ذات دیگران می پندارند و به دلیل شکل

گیری شخصیت کاذب در دوران گذشته و دوران کنونی، رفتار و واکنش دیگران در هر موقعیت همانند اعمال گذشته خود را می دانند.

اعمال فشارهای جدی از طرف گروه به ویژه استاد راهنما نسبت به عددسازی بخش تحلیل پایداری دامنه (فصل: ۵) و پا فشاری بنده در عدم پذیرش این خواسته باعث گردید تا با تصویب گروه دفاع از پایان نامه ۳ ماه دیگر عقب بیفتد. در نهایت بعد ۳ ماه با شرط اینکه در جلسه دفاعیه به عمل اجباری خود اشاره خواهم کرد ناچاراً به اصرار گروه در این بخش(فصل پنجم) تن به عددسازی داده ام. قبل از شروع جلسه دفاع هم آقایان قبادی، حیدری و سپاهی به طور جداگانه با این مزخرفات که هر گونه رفتار نادرست در جلسه به ضرر خودت تمام می‌شود تهدیدم می کنند، و اشارات مضحکی که دکتر حیدری سرجلسه دفاع از خود ابراز می کردند دور از دید همگان نبود. ولی این حرف ها برای کسانی است که از نمره می ترسند و برایشان ارزش دارد، و ده ها توهین های دیگر...

لذا به کلیه خوانندگان این پایان نامه، اعم از دانشجویان و شرکت های مهندسی قابل ذکر است که :

- در بخش تعیین تنش بر روی تونل می بایست تنش کل حساب می شد که به اعتقاد و اجبار و مکرراً اجبار استا راهنما تنش موثر محاسبه شده است(که ۱۰۰٪ اشتباه است). ولی در بخش‌های مربوط به محاسبه ضریب تنش جانبی، تنش مماسی، تعیین پدیده لهیدگی و تحلیل نرم افزاری زون های مسیر از مقدار تنش کل استفاده شده که خوشبختانه هیچ یک از ۷ نفر متوجه این مطلب نشده اند.

(قابل توجه استاد راهنما که آب در پروژه های تونلسازی به عنوان عامل منفی در پایداری سازه محسوب می‌گردد نه عامل مثبت)

- در بخش تحلیل پایداری دامنه، پرفیل های ترسیم شده(عمود بر دامنه) صحیح بوده ولی به دلیل نبود داده های مربوط به خواص ژئومکانیکی طبقات فوقانی تونل نتایج تحلیل پایداری دامنه با نرم افزار Slid 5.0 کاملاً اشتباه بوده به طوریکه ضرایب اطمینان بدست آمده می تواند موید این مطلب باشد. قابل توجه اساتید پترولوژی و رسوب شناسی و ... طبق قوانین موجود اپتیمم ضریب ایمنی پایدار دامنه در شرایط تعادل حدی برابر یک(۱) می باشد در حالی که مقادیر ضرایب اطمینان بدست آمده برای هر

یک از زون های مسیر در شرایط قبل آبگیری سد، در حد صدم و هزارمم می باشد. این یعنی اینکه الان باید Sliding رخ داده و دامنه ای وجود نداشته باشد؟؟؟

ولی خوشحالم از این که در این مجموعه کسی نبود که بتواند ایرادهای علمی این پایان نامه بگیرد در حالی که پایان نامه دارای ایرادهای علمی زیادی بود ولی چون اهل فنش در مجموعه نبود در طول جلسه فکرشان در حد ایراد نگارشی سیر می‌کردند. ایرادهایی که به اجبار آنها تن به آن داده ام.

تقدیر و تشکر :

در آغاز از پدر، مادر، برادر و خواهرانم که دعای خیرشان در کلیه مراحل زندگی و تحصیلی ام پشتوانه معنوی من بوده، تشکر و قدردانی می نمایم. از نماینده محترم طرح، سد و شبکه گرمی چای در سازمان آب منطقه ای آذربایجان شرقی و اردبیل، جناب آقای مهندس شجاعی فر و جناب آقای مهندس اصلان پور مسئول محترم طرح های تحقیقاتی سازمان، همواره به خاطر کمک های بی دریغ شان صمیمانه تشکر و قدردانی می کنم. از مهندسین مشاور آشناب در محل سد گرمی چای، جناب آقای مهندس فتاحی، مهندس اسمعیل نژاد، مهندس پرتوی، مهندس عباس زاده، مهندس اصدقی و همچنین از دوستان عزیزم آقایان مهندس وثوق، مهندس منصوری و مهندس روحانی که در فراهم آوردن شرایط لازم جهت برداشتهای صحرایی و نمونه برداری از هیچ کمکی دریغ نکرده اند کمال تشکر را دارم. همچنین از سرکار خانم سارا مانی کاشانی هم که در مطالعه مقاطع نازک مرا یاری رساندن صمیمانه سپاسگزارم. از همکار و مترجم زبان انگلیسی جناب آقای مادیح یوسفی که زحمت ترجمه چکیده پایان نامه را بر عهده داشتند هم بسیار سپاسگزارم.

از همکلاسی های خوبم، مهندس امین منصوری، ذبیح ا... روحانی، زهره مهرفر، صدیقه زآل آقایی، طبیه نظری، مژگان هادی مصلح و معصومه کاپله ای و از دیگر دوستان عزیزم از جمله سعید قهرمانی، نواب دانشی، رضا حیدری، عارف دوستی، داوود جهانی، اردشیر رضایی، محمد صادق موسیوند، سید فخرالدین اطهری، رحمت ا... صادقی و یک تشکر ویژه از تمامی دانشجویان گرایش مهندسی ورودی ۸۵ که محبتهای بی دریغ شان همواره مایه آرامش و تشویقم در طول تحصیل بوده، بسیار تشکر می کنم و از خداوند متعال همواره خواستار سلامتی و موفقیت روز افزون این عزیزان، در تمامی عرصه های زندگی هستم.

از مسئول محترم آزمایشگاه زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک دانشگاه بوعلی، جناب آقای مهندسی محمدرضا رسولی، از آقای صمدی مسئول محترم آزمایشگاه مقطع نازک، از مسئول محترم انبار زمین شناسی آقای اکبری و آقای ذوالفقاری راننده محترم دانشگاه بوعلی که به خاطر کمک های خالصانه اشان، در انجام هر چه بهتر این پایان نامه مرا یاری رسانند، صمیمانه تشکر می کنم.

امیدوارم که تک تک این عزیزان:

((همواره در کنار آغوش پر مهر خانواده شان، سالیان سال زندگی سرسبزی داشته باشند))

E-Mail address: mahdi.rasouli@yahoo.com

نام خانوادگی: رسولی ملکی **نام:** مهدی

عنوان پایان نامه:

بررسی زمین شناسی مهندسی ساختگاه تونل انحراف سد گرمی چای میانه با نگرشی بر تاثیر آبگیری سد بر رفتار تونل انحراف

استاد راهنما: دکتر محمد حسین قبادی

اساتید مشاور: دکتر غلامرضا خانلری - دکتر علی اصغر سپاهی گرو

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** زمین شناسی **گرایش:** مهندسی

دانشگاه: بوعلی سینا **دانشکده:** علوم پایه

تاریخ فارغ التحصیلی: ۸۷/۳/۲۰ **تعداد صفحه:** ۱۶۷

واژه های کلیدی:

سد گرمی چای، تونل انحراف، میکاشیست، لهیدگی، آبگیری، تحلیل پایداری تونل

چکیده :

سد گرمی چای میانه یک سد خاکی با هسته رسی است که در ۵۳ کیلومتری شمال شرق شهرستان میانه واقع شده است. طول تونل انحراف سد مذکور در حدود ۴۲۰ متر و قطر آن ۵/۵ متر می باشد. هدف اصلی از احداث سد گرمی چای، کنترل جریانات سطحی حوضه آبریز گرمی چای در محل ساختگاه نی باغی و تامین آب شرب شهر میانه و آبیاری ۳۵۰۰ هکتار از اراضی پایاب سد می باشد. سنگ های میکاشیست و تراکی آندزیت عمده سنگ های مسیر تونل را تشکیل می دهند. سنگ های میکاشیستی به عنوان تکیه گاه چپ سد گرمی چای، قدیمی ترین واحد سنگی ناحیه هستند که به رنگ های خاکستری و قرمز دیده می شوند. گرانیت های با سن نامشخص نیز تکیه گاه راست سد گرمی چای را تشکیل می دهند. با توجه به موقعیت لرزه خیزی و زمین ساخت ایران، منطقه گرمی چای در ایالت ایران مرکزی جا می گیرد. مطالعات صورت گرفته در شعاع ۲۰۰ کیلومتری منطقه سد گرمی چای نشان می دهد که بزرگترین زمین لرزه رویداده دارای بزرگی۷/۳ و مربوط به گسل آستارا می باشد. همچنین حداکثر شتاب افقی وارده به محدوده طرح در حدود ۰/۵۲g بوده که توسط گسل امیر آباد در فاصله ۱۲/۵ کیلومتری ساختگاه تونل، وارد می گردد. در این تحقیق پس از زون بندی مسیر

تونل به ۴ واحد ژئوتکنیکی مشابه واحد های سنگی موجود در هر زون براساس شاخص کیفی سنگ(RQD)، سیستم ژئومکانیکی(RMR)، سیستم (Q)، سیستم ساختار سنگ(RSR)، سیستم شاخص مقاومت زمین شناسی(GSI)، سیستم سطح سنگ(SRC)، سیستم شاخص توده سنگ(Rmi) و سیستم WC رده بندی و نوع نگهدارنده مناسب برای هر یک از زون ها تعیین گردیده است. نتایج این رده بندی های نشان می دهد که توده سنگ های موجود در هر یک از زون های مسیر تونل از کیفیت ضعیف برای میکاشیست های هوازده تا کیفیت خوب برای سنگ های تراکی آندزیتی موجود در زون دوم متغییر است. تعیین میزان لهیدگی با استفاده از روش های سینگ، بارتون و گوئل، ISRM و جت وآ نشان داد که در هیچ یک از زون های مسیر تونل در شرایط قبل و بعد آبگیری سد گرمی چای، به دلیل حضور سربار کم لهیدگی رخ نخواهد داد. در این بررسی مقدار فشارهای وارده بر سقف و دیواره تونل انحراف سد گرمی چای، میزان جابجایی دیواره تونل و شعاع منطقه الاستیک و پلاستیک توسط روابط تجربی تعیین و سپس با استفاده از نرم افزارهای Phase 2.0 و Examaine 2D گسترش تنش های ایجاد شده در اثر حفاری در اطراف تونل مدلسازی گردیده و نتیجه گیری لازم به عمل آمده است. تحلیل نتایج حاصل از نرم افزار Phase 2.0 نشان می‌دهد که حداکثر میزان جابجایی، در شرایط قبل و بعد از آبگیری سد مربوط به زون اول به میزان ۱۰/۱۵ سانتی متر برای سقف و ۱۰/۰۵ سانتی متر برای دیواره های تونل خواهد بود. همچنین نتایج این تحلیل، برای زون های اول و سوم و چهارم ریزش در حین حفاری را نشان می دهد.

کلمات کلیدی: سد گرمی چای، تونل انحراف، میکاشیست، لهیدگی، آبگیری، تحلیل پایداری تونل

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : کلیات	۱
۱ - ۱ - مقدمه	۲
۱ - ۳ - اقلیم منطقه	۴
۱ - ۴ - راه های دسترسی	۴
۱ - ۵ - مشخصات سد گرمی چای میانه	۵
۱ - ۶ - تاریخچه مطالعات انجام شده	۶
۱ - ۷ - اهداف تحقیق	۷
۱ - ۸ - روش تحقیق	۷
فصل دوم : زمین شناسی، لرزه زمین ساخت و هیدروژئولوژی	۹
۲ - ۱ - مقدمه	۱۰
۲ - ۲ - جایگاه منطقه مورد مطالعه در واحدهای زمین شناسی ایران	۱۰
۲ - ۲ - ۱ - موقعیت کلی از نظر زمین شناسی	۱۰
۲ - ۲- ۲ - وضعیت زمین شناختی ناحیه البرز	۱۰
۲ - ۲ - ۳ - وضعیت زمین شناختی منطقه البرز غربی و آذربایجان	۱۲
۲ - ۳ - ژئومورفولوژی و زمین شناسی منطقه	۱۳
۲ - ۳ - ۱ - زمین شناسی و چینه شناسی منطقه طرح با استفاده از نقشه زمین شناسی (۱/۱۰۰۰۰۰ سراب)	۱۴
۲ - ۳ - ۱ - ۱- کامبرین	۱۴
۲ - ۳ - ۱ - ۱ - ۱ - سازند لالون	۱۴
۲ - ۳ - ۱ - ۱ - ۲- سازند میلا	۱۴
۲ - ۳ - ۱ - ۲- پالئوزوئیک	۱۴
۲ - ۳ - ۱ - ۲ - ۱ - سازند دورود	۱۵
۲ - ۳ - ۱ - ۲ - ۱ - سازند روته	۱۵
۲ - ۳ - ۱ - ۳ - مزوزوئیک	۱۵
۲ - ۳ - ۱ - ۴ - سنوزوئیک	۱۵
۲ - ۳ - ۱ - ۴ - ۱ - سنگ های ائوسن	۱۵
۲ - ۳ - ۱ - ۴ - ۲ - سنگ های الیگوسن	۱۶
۲ - ۳ - ۱ - ۴ - ۳ - سنگ های میوسن	۱۶
۲ - ۳ -۱ - ۴ - ۵ - رسوبات کواترنر	۱۷
۲ - ۳ - ۲ - ژئومورفولوژی و زمین شناسی ساختگاه سد گرمی چای	۱۷

۲ - ۳ - ۲ - ۱ - ژئومورفولوژی ناحیه ۱۷
۲ - ۳ - ۲ - ۲ - زمین شناسی محدوده طرح ۱۸
۲ - ۳ - ۲ - ۲ - ۱ - زمین شناسی منطقه z_1 ۱۸
۲ - ۳ - ۲ - ۲ - ۲ – زمین شناسی منطقه z_2 ۱۹
۲ - ۴ - لرزه خیزی و زمین ساخت ناحیه ۲۰
۲ - ۴ - ۱ - لرزه خیزی و زمین ساخت ایران مرکزی ۲۱
۲ - ۴ - ۲ - گسل های ناحیه مورد مطالعه ۲۲
۲ - ۴ - ۲ - ۱ - بزرگی و شتاب زمین لرزه ۲۴
۲ - ۴ – ۲ - ۲ - محاسبه انرژی ارتعاشی زلزله(E) ۲۵
۲ - ۴ - ۲ - ۳ - تغییر مکان حداکثر گسل(D) و سرعت حداکثر زمین(V) ۲۵
۲ - ۴ – ۲ - ۴ - رابطه میان بزرگی امواج سطحی(M_s) با بزرگی امواج پیکری(M_b) ۲۶
۲ - ۴ - ۲ - ۵ - رابطه میان بزرگی و شدت زمین لرزه(I) ۲۷
۴ - ۵ - اثر آب زیرزمینی ۲۸
۲ - ۶ - بررسی وضعیت هیدروژئولوژی ۲۸
۲ - ۶ - ۱ - عمق برخورد آبخوان با سطح ایستابی ۲۸
۲ - ۶ - ۲ - نوسانات آب زیرزمینی در جناح چپ سد گرمی چای (تونل انحراف) ۲۹
۲ - ۶ - ۳ - جهت جریان آبهای زیرزمینی ۳۰
۲ - ۶ - ۴ - ارزیابی کیفیت شیمیایی آبهای زیرزمینی و سطحی ۳۱
۲ - ۷ - جمع بندی ۳۱
فصل سوم : زمین شناسی مهندسی ۳۳
۳ - ۱ - مقدمه ۳۴
۳ - ۲ - مطالعات صحرایی ۳۴
۳ - ۲ - ۱- مطالعه ناپیوستگی ها ۳۴
۳ - ۲ - ۱ - حفاری های اکتشافی ۳۷
۳ - ۲ - ۲ - نمونه برداری ۴۰
۳ - ۲ - ۳ - آزمون چکش اشمیت ۴۰
۳ - ۳ - مطالعات آزمایشگاهی ۴۲
۳ - ۳- ۱ - مطالعات مقاطع نازک سنگ ها ۴۲
۳ - ۳ - ۲ - تعیین خصوصیات فیزیکی نمونه ها ۴۵
۳ -۳ -۳ - آزمون مقاومت کششی (آزمون برزیلی) ۴۸
۳ -۳ -۴ - آزمون برش مستقیم ۵۰
۳ - ۳ - ۵- آزمون بار نقطه ای ۵۲

۳ -۳ -۵ - ۱- شاخص ناهمسانگردی مقاومت بار نقطه ای ۵۶
۳ - ۳ - ۶ - آزمون دوام و شکفتگی ۵۶
۳ - ۳ - ۷ - آزمون تعیین حدود اتربرگ ۶۰
۳ -۳ -۸ - آزمون پراش اشعه X ۶۲
۳ -۳ -۹ - آزمون تورم ۶۳
۳ - ۴ - ارزیابی نتایج حاصل از آزمون های صحرایی و آزمایشگاهی ۶۵
۳ - ۴ - ۱ - ارزیابی نتایج حاصل از بررسی ویژگی های فیزیکی نمونه ها ۶۵
۳ - ۴ - ۱ - ۱ - ارزیابی نتایج آزمایش های دانسیته، تخلخل، درصد جذب آب ۶۵
۳ - ۴ - ۱ - ۲ - ارزیابی نتایج آزمایش دوام و شکفتگی ۶۸
۳ - ۴ - ۲ - ارزیابی نتایج حاصل از بررسی ویژگی های مکانیکی نمونه ها ۷۰
۳ - ۴ - ۲ - ۱ - ارزیابی نتایج حاصل آزمون مقاومت بار نقطه ای ۷۰
۳ - ۴ - ۲ - ۲ - ارزیابی نتایج حاصل از آزمون مقاومت کشش برزیلی ۷۲
۳ - ۵ - جمع بندی ۷۳
فصل چهارم : ویژگی های مهندسی توده سنگ ها ۷۵
۴ - ۱ - مقدمه ۷۶
۴ - ۲ - توصیف خصوصیات زمین شناسی زون های مسیر تونل انحراف ۷۶
۴ - ۲ - ۱ - منطقه Z_1 ۷۶
۴ - ۲ - ۲ - منطقهZ_2 ۷۷
۴ - ۲ - ۳ - منطقه Z_3 ۷۷
۴ - ۲ - ۴ - منطقه Z_4 ۷۷
۴ - ۳ - طبقه بندی مهندسی توده سنگ ها ۷۸
۴ - ۳ - ۱ - مقدمه ۷۸
۴ - ۳ - ۲ - طبقه بندی مهندسی توده سنگ ها ۷۹
۴ - ۳ - ۲ - ۱ - رده‌بندی مهندسی سنگ بکر ۷۹
۴ - ۳ - ۲ - ۱ - ۱ - روش دیر و میلر ۸۰
۴ - ۳ - ۲ - ۱ - ۲- روش پروتودیاکونوف ۸۱
۴ - ۳ - ۲ -۲ - رده بندی مهندسی توده سنگ ها ۸۲
۴ -۳ - ۲ - ۲ - ۱ - سیستم شاخص کیفی سنگ (RQD) ۸۲
۴ - ۳ - ۲ - ۲ - ۲ - رده بندی ژئومکانیکی (RMR) ۸۳
۴ - ۳ - ۲ - ۲ - ۳ – سیستم رده بندی (Q) ۸۵
۴ - ۳ - ۲ - ۲ - ۴ - رده بندی ساختار سنگRSR ۸۹
۴ - ۳ - ۲ - ۲ - ۵ - رده بندی شاخص مقاومت زمین شناسی(GSI) ۹۲

۴ - ۳ - ۲ - ۲ - ۶ - رده بندی سطح سنگ (SRC) ۹۴
۴ - ۳ - ۲ - ۲ - ۷ - رده بندی شاخص توده سنگ (Rmi) ۹۶
۴ - ۳ - ۲ - ۲ - ۸ - سیستم رده بندی WC ۹۹
۴ - ۳ - ۳ - ارتباط بین سیستم های رده بندی مختلف ۱۰۰
۴ - ۳ - ۳ - ۱ - ارتباط بین RMR و Q ۱۰۰
۴ -۳ - ۳ - ۲ - ارتباط بین RMR و WC ۱۰۱
۴ - ۳ - ۳ - ۳ - ارتباط بین RMR و SRC ۱۰۲
۴ - ۴ - خواص مهندسی توده سنگ ها ۱۰۲
۴ - ۴ - ۱ - مقاومت توده سنگ ۱۰۲
۴ - ۴ - ۲ - مدول تغییر شکل توده سنگ (E_{rmss}) ۱۰۴
۴ - ۴ - ۳ - ثابت های توده سنگ ۱۰۷
۴ - ۵ - تعیین پارامترهای توده سنگ با استفاده از نرم افزار Roclab 1.0 ۱۰۸
۴ - ۶ - معیار شکست هوک - براون ۱۱۳
۴ - ۷ - سیستم نگهدارنده ۱۱۵
۴ - ۷ - ۱ - تعیین نوع نگهدارنده با استفاده از وزن نگهدارنده ۱۱۶
۴ - ۷ - ۲ - تخمین وزن نگهدارنده ۱۱۶
۴ - ۷ - ۲ - ۱ - تعیین وزن نگهدارنده با استفاده از شاخص کیفیت توده سنگ(سیستم Q) ۱۱۶
۴ - ۷ - ۲ - ۲ - تعیین وزن نگهدارنده با استفاده از شاخص کیفیت توده سنگ(سیستم Q) و مقدار بازشدگی فضای زیرمینی(Span) ۱۱۶
۴ - ۷ - ۳ - طراحی نگهدارنده ۱۱۸
۴ - ۸ - جمع بندی ۱۱۹
فصل پنجم: تحلیل پایداری فضای زیرزمینی ۱۲۱
۵ - ۱ - مقدمه ۱۲۲
۵ - ۲ - تنش های ذاتی(برجا) در محیط های سنگی ۱۲۳
۵ - ۲ - ۲ - مقادیر تئوریک تنش های برجا در ناحیه ۱۲۳
۵ - ۲ - ۲ - ۱ - تنش قائم ۱۲۳
۵ - ۲ - ۲ - ۴ - تنش افقی ۱۲۵
۵ - ۲ - ۲ - ۳ - ضریب تنش جانبی ۱۲۶
۵ - ۲ - ۳ - وضعیت تنش در اطراف فضاهای حفاری شده ۱۲۷
۵ - ۳ - ارزیابی درجه لهیدگی توده سنگ ها ۱۲۹
۵ - ۴ - ارزیابی فشار نگهدارنده ۱۳۴
۵ - ۵ - تحلیل پایداری دامنه با استفاده از نرم افزارSlide 5.0 ۱۳۶

۴ - ۳ - ۲ - ۲ - ۶ - رده بندی سطح سنگ (SRC) ۹۴

۴ - ۳ - ۲ - ۲ - ۷ - رده بندی شاخص توده سنگ (Rmi) ۹۶

۴ - ۳ - ۲ - ۲ - ۸ - سیستم رده بندی WC ۹۹

۴ - ۳ - ۳ - ارتباط بین سیستم های رده بندی مختلف ۱۰۰

۴ - ۳ - ۳ - ۱ - ارتباط بین RMR و Q ۱۰۰

۴ -۳ - ۳ - ۲ - ارتباط بین RMR و WC ۱۰۱

۴ - ۳ - ۳ - ۳ - ارتباط بین RMR و SRC ۱۰۲

۴ - ۴ - خواص مهندسی توده سنگ ها ۱۰۲

۴ - ۴ - ۱ - مقاومت توده سنگ ۱۰۲

۴ - ۴ - ۲ - مدول تغییر شکل توده سنگ (E_{mass}) ۱۰۴

۴ - ۴ - ۳ - ثابت های توده سنگ ۱۰۷

۴ - ۵ - تعیین پارامترهای توده سنگ با استفاده از نرم افزار Roclab 1.0 ۱۰۸

۴ - ۶ - معیار شکست هوک - براون ۱۱۳

۴ - ۷ - سیستم نگهدارنده ۱۱۵

۴ - ۷ - ۱ - تعیین نوع نگهدارنده با استفاده از وزن نگهدارنده ۱۱۶

۴ - ۷ - ۲ - تخمین وزن نگهدارنده ۱۱۶

۴ - ۷ - ۲ - ۱ - تعیین وزن نگهدارنده با استفاده از شاخص کیفیت توده سنگ(سیستم Q) ۱۱۶

۴ - ۷ - ۲ - ۲ - تعیین وزن نگهدارنده با استفاده از شاخص کیفیت توده سنگ(سیستم Q) و مقدار بازشدگی فضای زیرمینی(Span) ۱۱۶

۴ - ۷ - ۳ - طراحی نگهدارنده ۱۱۸

۴ - ۸ - جمع بندی ۱۱۹

فصل پنجم: تحلیل پایداری فضای زیرزمینی ۱۲۱

۵ - ۱ - مقدمه ۱۲۲

۵ - ۲ - تنش های ذاتی(برجا) در محیط های سنگی ۱۲۳

۵ - ۲ - ۲ - مقادیر تئوریک تنش های برجا در ناحیه ۱۲۳

۵ - ۲ - ۲ - ۱ - تنش قائم ۱۲۳

۵ - ۲ - ۲ - ۴ - تنش افقی ۱۲۵

۵ - ۲ - ۲ - ۳ - ضریب تنش جانبی ۱۲۶

۵ - ۲ - ۳ - وضعیت تنش در اطراف فضاهای حفاری شده ۱۲۷

۵ - ۳ - ارزیابی درجه لهیدگی توده سنگ ها ۱۲۹

۵ - ۴ - ارزیابی فشار نگهدارنده ۱۳۴

۵ - ۵ - تحلیل پایداری دامنه با استفاده از نرم افزارSlide 5.0 ۱۳۶

۵ - ۵ - ۱ - مدلسازی با نرم افزار Slide 5.0 ۱۳۶

۵ - ۵ - ۲ - پارامتر های ورودی و خروجی نرم افزار Slide 5.0 ۱۳۷

۵ - ۶ - تحلیل پایداری گوه های موجود با استفاده از نرم افزار Unwedeg 3.0 ۱۴۲

۵ - ۶ - ۱ - مدلسازی با نرم افزار Unwedeg 3.0 ۱۴۲

۵ - ۶ - ۲ - پارامتر های ورودی و خروجی نرم افزار Unwedeg 3.0 ۱۴۳

۵ - ۶ - ۳ - گوه های حاصل از شکستگی ۱۴۴

۵ - ۶ - ۴ - گوه های حاصل از سطوح شیستوزیته ۱۴۶

۵ - ۷ - تحلیل پایداری تونل به کمک نرم افزا Rocsupport 3.0 ۱۴۷

۵ - ۷ - ۱ - مدلسازی با نرم افزار Rocsupport 3.0 ۱۴۷

۵ - ۷ - ۲ - پارامتر های ورودی و خروجی نرم افزار Rocsupport 3.0 ۱۴۸

۵ - ۸ - تحلیل عددی پایداری تونل به کمک نرم افزار Phase2 و Examaine 2D ۱۵۲

۵ - ۸ - ۱ - مدلسازی با نرم افزار Phase2.0 و Examaine 2D ۱۵۲

۵ - ۸ - ۲ - پارامتر های ورودی و خروجی نرم افزار Phase2.0 و Examaine 2D ۱۵۲

۵ - ۹ - جمع بندی ۱۵۶

فصل ششم : نتایج و پیشنهادها ۱۵۸

۶ - ۱ - نتیجه گیری ۱۵۹

۶ - ۲ - پیشنهادها ۱۶۱

منابع ۱۶۱

پیوست ۱۶۸

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱ - ۱ : موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه.	۴
شکل ۱ - ۲ : راه دسترسی به منطقه مورد مطالعه.	۵
شکل۱ - ۳ : موقعیت گمانه های اکتشافی حفاری شده در امتداد تونل انحراف	۶
شکل ۲ - ۱ : واحد های ساختمانی - رسوبی ایران و موقعیت منطقه مورد مطالعه	۱۱
شکل۲ - ۲ : نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه و موقعیت تونل انحراف.	۲۰
شکل ۲ - ۳ : ایالت های اصلی لرزه - زمین ساخت ایران و موقعیت منطقه مورد مطالعه	۲۱
شکل ۲ - ۴ : نقشه مقدماتی پهنه بندی لرزه ای ایران.	۲۲
شکل ۲ - ۵ : موقعیت مکانی گسله های اطراف محل پروژه تا شعاع ۲۰۰ کیلومتری.	۲۳
شکل ۲ - ۶ : وضعیت سطح آب زیرزمینی پس از حفر تونل.	۲۸
شکل ۲ - ۷ : خطوط هم عمق آب زیرزمینی محدوده ساختگاه سد گرمی چای میانه.	۲۹
شکل ۲ - ۸ : نقشه سه بعدی تراز آب زیرزمینی موجود در ناحیه سد گرمی چای میانه.	۳۱
شکل ۳ - ۱ : امتداد درزه های غالب در محل ساختگاه تونل انحراف.	۳۵
شکل ۳ - ۲ : نمودار کنتوری درزه های غالب در محل ساختگاه تونل انحراف.	۳۵
شکل ۳ - ۳ : امتداد شیستوزیته های غالب در محل ساختگاه تونل انحراف.	۳۶
شکل ۳ - ۴ : نمودار کنتوری شیستوزیته غالب در محل ساختگاه تونل انحراف.	۳۶
شکل ۳ - ۵ : نمونه هایی ازمغزه های خرد شده حاصل از حفاری گمانه های اکتشافی در ساختگاه تونل.	۳۸
شکل۳ - ۶ : نیمرخ زمین شناسی مسیر تونل انحراف سد گرمی چای.	۳۹
شکل ۳ - ۷ - ۱ : میکاشیست متشکل از کوارتز(Qtz)، ارتوز(Or)، بیوتیت(Bt) و مسکویت(Ms).	۴۴
شکل ۳ - ۷ - ۲ : میکاشیست متشکل از کوارتز(Qtz)، بیوتیت(Bt).	۴۴
شکل ۳ - ۷ - ۳ : تراکی آندزیت متشکل از سانیدین و پلاژیوکلاژ(Pl).	۴۴
شکل ۳ - ۷ - ۴ : پگماتیت متشکل از کوارتز(Qtz)، ارتوز(Or)، پلاژیوکلاز(Pl) و مسکویت(Ms).	۴۵
شکل ۳ - ۷ - ۵ : آمفیبولیت شیست متشکل ازکوارتز(Qtz)، مسکویت(Ms) و هورنبلند(Hbl).	۴۵
شکل ۴ - ۴ : محل های ریزش در منطقه Z_4.	۷۸
شکل ۴-۳ : طرح پیشنهاد شده برای تعیین GSI.	۹۳
شکل ۴- ۴: معیار تسلیم هوک – براون برای پی های سطحی.	۱۱۵
شکل ۵ - ۱ : وضعیت سطح ایستابی و عوامل موثر در تعیین تنش قائم.	۱۲۴
شکل ۵ - ۲: تنش های ایجاد شده در اطراف فضای حفر شده.	۱۲۷
شکل ۵- ۳ : تصویری از پایین افتادگی تاج و زمین لغزش ایجاد شده در جناح راست سد گرمی چای.	۱۳۳
شکل ۵ - ۴ : ترک ایجاد شده در دیواره تونل به دلیل حضور سنگ های متورم شونده (زون سوم).	۱۳۳

شکل ۵ - ۵ : ریزش های ایجاد شده در زون چهارم (به قطر تقریبی ۲۰ متر در می‌کاشی‌ست های هوازده). ۱۳۴
شکل ۵ - ۶ : تنش های وارده بر دیواره تونل های دایره ای. ۱۳۴
شکل۵ - ۷ : مدل خروجی نرم افزار Slide 5.0 با سطح گسیختگی تعریف شده در شرایط قبل از آبگیری سد گرمی چای برای زون اول. ۱۳۸
شکل۵ - ۸ : مدل خروجی نرم افزار Slide 5.0 با سطح گسیختگی تعریف شده در شرایط بعد از آبگیری سد گرمی چای برای زون اول. ۱۳۹
شکل۵ - ۹ : مدل خروجی نرم افزار Slide 5.0 با سطح گسیختگی تعریف شده در شرایط قبل از آبگیری سد گرمی چای برای زون دوم. ۱۴۰
شکل۵ - ۱۰ : مدل خروجی نرم افزار Slide 5.0 با سطح گسیختگی تعریف شده در شرایط بعد از آبگیری سد گرمی چای برای زون دوم. ۱۴۰
شکل۵ - ۱۱ : مدل خروجی نرم افزار Slide 5.0 با سطح گسیختگی تعریف شده در شرایط بعد از آبگیری سد گرمی چای برای زون سوم. ۱۴۱
شکل۵ - ۱۲ : مدل خروجی از نرم افزار Slide 5.0 با سطح گسیختگی تعریف شده در زون چهارم. ۱۴۲
شکل ۵ - ۱۳ : تصویر استریوگرافی سه دسته درزه غالب در ساختگاه تونل انحراف. ۱۴۴
شکل۵ - ۱۴ : موقعیت و ابعاد گوه های ایجاد شده ناشی از سه دسته شکستگی موجود در ساختگاه تونل. ۱۴۵
شکل۵ - ۱۵ : تصویر استریوگرافی حاصل از سه دسته شیستوزیته غالب در ساختگاه تونل انحراف. ۱۴۶
شکل۵ - ۱۶ : موقعیت و ابعاد گوه های ایجاد شده ناشی از سطوح شیستوزیته موجود در ساختگاه تونل. ۱۴۶
شکل۵ - ۱۷ : جانمایی قاب های فولادی - میل مهارها و شاتکریت با استفاده از نرم افزار Rocsupport 3.0 برای زون اول. ۱۴۹
شکل۵ - ۱۸ : جانمایی قاب های فولادی - میل مهارها و شاتکریت با استفاده از نرم افزا Rocsupport 3.0 برای زون دوم. ۱۵۰
شکل۵ - ۱۹ : جانمایی قاب های فولادی - میل مهارها و شاتکریت با استفاده از نرم افزار Rocsupport 3.0 برای زون سوم. ۱۵۱
شکل ۵ - ۲۰ : میزان جابجایی کل تونل قبل(الف) و بعد آبگیری(ب) سد گرمی چای برای زون Z_1 . ۱۵۴
شکل ۵ - ۲۱ : حداکثر گسترش زون تحت تاثیر حفاری تونل در زون Z_1. ۱۵۵
شکل ۵ - ۲۲ : میزان جابجایی کل تونل قبل(الف) و بعد آبگیری(ب) سد گرمی چای برای زون Z_2. ۱۵۵
شکل ۵ - ۲۳ : حداکثر گسترش زون تحت تاثیر حفاری تونل در زون Z_2 . ۱۵۵
شکل ۵ -۲۴ : میزان جابجایی کل تونل قبل(الف) و بعد آبگیری(ب) سد گرمی چای برای زون Z_3. ۱۵۶
شکل ۵ - ۲۵ : حداکثر گسترش زون تحت تاثیر حفاری تونل در زون Z_3. ۱۵۶