



دانشگاه علوم

گروه زمین‌شناسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی

(گرایش زمین‌شناسی مهندسی)

عنوان:

بررسی زمین‌شناسی مهندسی و ارائه مدل زمین‌شناسی مسیر شفت‌های تحت فشار پروژه سیاه‌بیشه

استاد راهنما:

دکتر غلامرضا لشکری پور - دکتر محمد غنفوری

استاد مشاور:

دکتر محمد بشیرکنبدی

نخارش:

طاهر مرادی

شهریور ۱۳۸۸

چکیده

در این پژوهش اهداف اصلی شامل بررسی مسائل زمین شناسی مهندسی موثر بر توده سنگ پیرامون شفت‌های تحت فشار و تحلیل پایداری شفت‌های مایل تحت فشار می‌باشد. نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای سیاه بیشه (ساختگاه شفت‌های مایل تحت فشار) در ۱۲۵ کیلومتری شمال تهران و دسترسی به آن از طریق جاده تهران - کرج - چالوس امکان پذیر است. این پروژه شامل: دو سد، تونل‌های آبرسان، شفت‌های مایل تحت فشار، مغار نیروگاه، مغار ترانسفرمر و ... می‌باشد. این پروژه با هدف ایجاد تعادل در شبکه برق کشور در حال احداث می‌باشد. زمین شناسی ساختگاه شفت‌ها پیچیده و شامل سازندهای الیکا، نسن، روته، درود و کمپلکس‌های ملافیری است.

بررسی‌های زمین شناسی مهندسی انجام شده شامل برداشت‌های صحرایی، تهیه نقشه‌های زمین شناسی، کاوش‌های زیر سطحی از طریق حفر گمانه و گالری‌های اکتشافی به همراه ثبت مشخصات مغزه‌های حفاری، انجام آزمایش لوژن و آزمایش‌های مکانیک سنگ بر روی تعدادی از مغزه‌های برداشت شده می‌باشد. با استفاده از نرم افزار (RockWork) مدل زمین شناسی و شاخص کیفی سنگ (RQD) با هدف شناسایی بهتر زون‌های گسله و وضعیت سنگ‌های پیرامون شفت‌های تحت فشار ترسیم شده است. برای بررسی دقیق توده سنگ ساختگاه شفت‌های تخت فشار به پنج محدود تقسیم گردید. این محدوده‌ها از نظر مسائل زمین شناسی مهندسی مانند: پتانسیل لهیدگی، تحلیل پایداری و پیشنهاد سیستم نگهدارنده مورد بررسی قرار گرفته است. در بررسی پتانسیل لهیدگی از چهار روش تجربی استفاده گردید. براساس نتایج حاصل مقطع C از پتانسیل لهیدگی بیشتری نسبت به سایر مقاطع برخوردار است. بررسی پایداری و پیشنهاد سیستم نگهدارنده برای توده سنگ در برگزیده شفت‌های تحت فشار بر اساس روش‌های تجربی و تئوری بلوک انجام گرفت. در روش تجربی از رده بندی RMR، Q، RMI، GSI و شاخص فابریک توده سنگ و در روش تئوری بلوکی از نرم افزار Unwedg استفاده گردید. براساس نتایج حاصل مقطع C شرایط بحرانی تری نسبت به سایر مقاطع دارد.

فصل اول: کلیات

۲	۱-۱: مقدمه
۴	۲-۱: موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی
۴	۳-۱: آب و هوایی منطقه
۴	۴-۱: مروری بر مطالعات انجام شده قبلی
۵	۵-۱: معرفی پروژه
۶	۶-۱: مشخصات سازه‌های پروژه
۸	۷-۱: طراحی سیستم نگهدارنده
۱۵	۸-۱: هدف از انجام پژوهش
۱۵	۹-۱: روش تحقیق
۱۶	۱-۹-۱: مطالعات دفتری
۱۶	۲-۹-۱: برداشتهای صحرایی
۱۷	۳-۹-۱: مطالعات آزمایشگاهی
۱۸	۴-۹-۱: بررسی و تجزیه و تحلیل اطلاعات
۱۸	۵-۹-۱: ارائه و تدوین نتایج مطالعات

فصل دوم: زمین شناسی

۲۰	۱-۲: مقدمه
۲۰	۲-۲: جایگاه منطقه مورد مطالعه در واحدهای زمین شناسی ایران
۲۰	۳-۲: موقعیت کلی از نظر زمین شناسی
۲۱	۱-۳-۲: وضعیت زمین شناختی و تکتونیک زون البرز
۲۲	۲-۳-۲: ژئومورفولوژی البرز
۲۲	۳-۳-۲: وضعیت زمین شناختی پهنه البرز مرکزی
۲۳	۴-۲: کلیات زمین شناسی محدوده پروژه سیاه بیشه
۲۳	۱-۴-۲: چینه شناسی

صفحه	عنوان
۲۴	۲-۴-۲: لیتواستراتیگرافی
۲۴	۱-۲-۴-۲: سازند شمشک (تریاس فوقانی- ژوراسیک زیرین تا میانی)
۲۷	۲-۲-۴-۲: سازند الیکا (تریاس زیرین - میانی)
۲۸	۳-۲-۴-۲: سازند نسن (پرمین بالایی)
۲۹	۴-۲-۴-۲: سازند روته (پرمین فوقانی)
۲۹	۵-۲-۴-۲: سازند درود (پرمین زیرین)
۳۰	۶-۲-۴-۲: سازند جبرود (دونین بالایی - کربنیفر- پرمین زیرین)
۳۰	۷-۲-۴-۲: سنگ‌های آذرین منطقه
۳۱	۵-۲: پدیده‌های زمین ساختی
۳۱	۱-۵-۲: زمین لغزش‌ها
۳۱	۱-۱-۵-۲: زمین لغزش دونا
۳۱	۲-۱-۵-۲: زمین لغزش سیاه بیشه
۳۲	۲-۵-۲: آبرفت‌ها
۳۳	۳-۵-۲: نهشته‌های واریزه‌ای
۳۳	۶-۲: لرزه خیزی و زمین ساخت ناحیه
۳۴	۱-۶-۲: گسل‌های ناحیه مورد مطالعه
۳۵	۲-۶-۲: پیش بینی آماری زلزله‌ها
۴۲	۳-۶-۲: تکنونیک
فصل سوم: بررسی زمین شناسی مهندسی ساختگاه شفت‌های تحت فشار	
۴۵	۱-۳: مقدمه
۴۵	۲-۳: مطالعات صحرایی
۴۵	۱-۲-۳: اندازه‌گیری خصوصیات ناپیوستگی‌ها
۴۶	۲-۲-۳: برداشت و بررسی ناپیوستگی‌ها
۴۷	۱-۲-۲-۳: تجزیه و تحلیل آماری ناپیوستگی‌ها

صفحه	عنوان
۴۹	۳-۲-۳: ویژگی‌های مهندسی ناپیوستگی‌ها
۵۴	۳-۳: بررسی های ژئوتکنیکی
۵۴	۳-۳-۱: حفاری‌های اکتشافی
۵۴	۳-۳-۱-۱: حفر گمانه‌های اکتشافی
۵۸	۳-۳-۲: نتایج حاصل از بازدید و بررسی لاگ و مغزه‌ی گمانه‌های اکتشافی
۵۹	۳-۳-۱: اطلاعات حاصل از نقشه‌ی برداشت‌های تونل دسترسی اصلی
۶۰	۳-۳-۲: اطلاعات حاصل از نقشه‌ی برداشت‌های گالری دسترسی میانی (IAG)
۶۱	۳-۳-۳: اطلاعات حاصل از حفاری‌ها زیر زمینی:
۶۲	۳-۳-۳: آزمون‌های صحرایی
۶۳	۳-۳-۱: آزمایش نفوذپذیری سنگ (لوژن)
۶۵	۳-۳-۴: مطالعات آزمایشگاهی (مکانیک سنگ)
۶۷	۳-۵: طبقه بندی مهندسی توده سنگ
۶۹	۳-۵-۱: طبقه بندی ژئومکانیکی توده سنگ RMR
۷۳	۳-۵-۲: طبقه بندی بر اساس شاخص کیفی تونل سازی (Q)
۷۶	۳-۵-۳: مقایسه رده بندی RMR و Q توده سنگ‌های در برگیرنده تونل
۸۰	۳-۵-۴: شاخص توده سنگ (RMi)
۸۴	۳-۵-۵: طبقه بندی توده سنگ بر اساس شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI)
۹۰	۳-۵-۶: طبقه بندی توده سنگ بر اساس شاخص فابریک توده سنگ
فصل چهارم: برآورد خصوصیات مقاومتی توده سنگ	
۹۳	۴-۱: مقدمه
۹۴	۴-۲: پارامترهای معیار جامع شکست هوک- براون
۹۶	۴-۳: تعیین مقدار ثابت سنگ بکر (m_i)
۹۶	۴-۳-۱: بر مبنای نتایج آزمایش سه محوره بر روی سنگ بکر
۹۶	۴-۳-۲: بر اساس مقادیر مندرج در جدول پیشنهادی هوک

۹۷	۴-۴: برآورد فاکتور بهم ریختگی توده سنگ (D)
۱۰۰	۵-۴: مقاومت فشاری تک محوری توده سنگ (σ_{cm})
۱۰۰	۶-۴: مقاومت کششی توده سنگ (σ_t)
۱۰۱	۷-۴: مقاومت کلی توده سنگ (σ'_{cm})
۱۰۲	۸-۴: تخمین مدول تغییر شکل بر جای توده سنگ (E_m)
۱۰۳	۹-۴: پارامترهای معادل با معیار شکست موهر - کولمب
۱۰۴	۱۰-۴: تعیین مقدار زاویه اصطکاک داخلی (ϕ) و مقاومت چسبندگی (C):
۱۰۵	۱۱-۴: تعیین منحنی شکست
۱۰۷	۱۲-۴: ارزیابی رفتار شکنندگی سنگ‌ها
۱۰۸	۱۳-۴: ارزیابی پارامترهای رفتاری توده سنگ‌های در برگیرنده تونل
فصل پنجم: تحلیل پایداری	
۱۱۴	۱-۵: مقدمه
۱۱۵	۲-۵: لهیدگی
۱۱۶	۱-۲-۵: بررسی پتانسیل لهیدگی به کمک روش‌های تجربی
۱۱۶	۱-۱-۲-۵: روش جتوا و همکاران (Jethwa et al., 1984)
۱۱۷	۲-۱-۲-۵: روش سینگ و همکاران (۱۹۹۲)
۱۱۸	۳-۱-۲-۵: روش گوئل و همکاران (۱۹۹۵ b) با استفاده از عدد توده سنگ (N)
۱۲۰	۴-۱-۲-۵: روش هوک و مارینوس (Hoek and Marinos, 2000)
۱۲۱	۲-۲-۵: بحث وضعیت لهیدگی شفت‌های تحت فشار
۱۲۲	۳-۵: تحلیل و پایداری
۱۲۳	۱-۳-۵: روش‌های تجربی
۱۲۴	۱-۱-۳-۵: روش تجربی طبقه بندی ژئومکانیکی (RMR)
۱۲۴	۱-۱-۳-۵ الف: زمان خود پایداری تونل

۱۲۶	۵-۳-۱-۱-ب: فشار بار موثر بر سیستم نگهدارنده در رده بندی ژئومکانیکی
۱۲۶	۵-۳-۱-۱-ج: طراحی سیستم نگهدارنده بر اساس روش RMR
۱۲۷	۵-۳-۱-۲: روش تجربی شاخص کیفی تونلسازی (Q)
۱۲۷	۵-۳-۱-۲-الف: تعیین حداکثر دهانه خود پایداری بر اساس شاخص Q
۱۲۸	۵-۳-۱-۲-ب: تخمین فشار موثر بر سیستم نگهدارنده بر اساس شاخص Q
۱۲۹	۵-۳-۱-۲-ج: طراحی سیستم نگهدارنده بر اساس شاخص Q
۱۳۲	۵-۴: برآورد تنش های برجا
۱۳۲	۵-۴-۱: برآورد تنش های قائم
۱۳۳	۵-۴-۲: برآورد تنش های افقی
۱۳۷	۵-۵: تحلیل ترکیب ناپایداری ساختاری و عددی (در حالت سه بعدی)
۱۳۷	۵-۵-۱: فرضیات تئوری بلوک
۱۳۸	۵-۵-۲: شناسایی گوه های بحرانی در توده سنگ های دربرگیرنده شفت های تحت فشار
۱۴۰	۵-۵-۲-۱: بررسی ناپایداری ساختاری مقاطع A, B, C, D, E
۱۴۳	۵-۵-۳: ارائه سیستم نگهداری با استفاده از نرم افزار UNWEDGE
	فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۵۰	۶-۱: نتیجه گیری
۱۵۷	۶-۲: پیشنهادات

فهرست جداول

۴	جدول ۱-۱: وضعیت آب و هوایی اقلیم سیاه بیشه به صورت میانگین
۱۳	جدول ۲-۱: پارامترهای بحرانی حفاری‌های زیرزمینی
۳۶	جدول ۱-۲: گسل‌های موثر در محدوده ۱۵۰ کیلومتر محل پروژه
۴۰	جدول ۲-۲: بزرگی محاسبه شده برای هر یک از گسل‌های منطقه
۴۶	جدول ۱-۳: اندازه‌گیری مشخصات ناپیوستگی‌ها
۴۷	جدول ۲-۳: تقسیم بندی توده سنگ‌های ساختگاه شفت های تحت فشار
۴۹	جدول ۳-۳: موقعیت ناپیوستگی‌های اصلی در مسیر شفت‌های تحت فشار
۵۵	جدول ۴-۳: مشخصات گمانه‌های اکتشافی در محدوده شفت‌ها تحت فشار
۶۳	جدول ۵-۳: نتایج آزمایش لوژن در گمانه (NGW 2)
۶۴	جدول ۶-۳: نتایج آزمایش لوژن در گمانه (NGW 1)
۶۶	جدول ۷-۳: نتایج آزمون های آزمایشگاهی بر روی نمونه های سنگی
۶۷	جدول ۸-۳: تعمیم نتایج آزمون های آزمایشگاهی برای واحد های سنگی موجود
۶۹	جدول ۹-۳: مقایسه پارامتر مورد استفاده در برخی سیستم‌های رده بندی
۷۲	جدول ۱۰-۳: نتایج طبقه بندی RMR برای مقاطع مختلف شفت‌های تحت فشار
۷۵	جدول ۱۱-۳: نتایج طبقه بندی Q برای مقاطع مختلف شفت‌های تحت فشار
۷۶	جدول ۱۲-۳: روابط بین RMR و Q از محققین مختلف
۸۳	جدول ۱۳-۳: خلاصه نتایج رده بندی RMI در توده سنگ ساختگاه شفت های تحت فشار
۸۹	جدول ۱۴-۳: خلاصه‌ای از نتایج بدست آمده از طبقه بندی GSI
۹۱	جدول ۱۵-۳: تعیین شاخص فابریک توده سنگ با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده
۹۹	جدول ۱-۴: مقادیر ثابت m_i برای سنگ بکر، بر اساس نوع سنگ
۱۰۹	جدول ۲-۴: تخمین پارامترهای ورودی برای معیارهای هوک- براون در شفت‌های تحت فشار
۱۱۲	جدول ۳-۴: نتایج آنالیز پارامترهای مقاومتی توده سنگ بر مبنای معیارهای هوک- براون و موهر-کولمب
۱۱۶	جدول ۱-۵: تقسیم بندی درجه لهیدگی جتوا وهمکاران (۱۹۸۴)

صفحه	عنوان
۱۱۶	جدول ۵-۲: مقادیر لهدیگی برای مقاطع مختلف شفت‌های تحت فشار
۱۲۱	جدول ۵-۳: رده بندی شرایط لهدیگی براساس روش هوک و مارینوس (۲۰۰۰)
۱۲۶	جدول ۵-۴: مقادیر تقریبی زمان پایداری برای مقاطع مختلف تونل بدون سیستم نگهدارنده
۱۲۶	جدول ۵-۵: مقادیر فشار بار موثر بر سیستم نگهدارنده در مقاطع مختلف تونل در رده بندی ژئومکانیکی
۱۲۷	جدول ۵-۶: تمهیدات اجرایی برای حفاری و نگهداری در مقاطع مختلف تونل خط انتقال، منطبق با سیستم
RMR	
۱۲۸	جدول ۵-۷: حداکثر دهانه خود پایدار تونل بر اساس شاخص Q
۱۲۸	جدول ۵-۸: تخمین فشار بار موثر بر سیستم نگهدارنده بر اساس شاخص Q
۱۳۲	جدول ۵-۹: تمهیدات سیستم نگهدارنده بر اساس شاخص کیفی تونلسازی Q
۱۳۷	جدول ۵-۱۰: وضعیت تنش‌های برجا در محدوده تونل
۱۴۱	جدول ۵-۱۱: مشخصات گوه‌های محتمل در مقطع A
۱۴۱	جدول ۵-۱۲: مشخصات گوه‌های محتمل در مقطع B
۱۴۲	جدول ۵-۱۳: مشخصات گوه‌های محتمل در مقطع C
۱۴۲	جدول ۵-۱۴: مشخصات گوه‌های محتمل در مقطع D
۱۴۲	جدول ۵-۱۵: مشخصات گوه‌های محتمل در مقطع E
۱۴۶	جدول ۵-۱۶: ارائه سیستم نگهدارنده با استفاده از نرم افزار unwedge در مقطع A
۱۴۶	جدول ۵-۱۷: ارائه سیستم نگهدارنده با استفاده از نرم افزار unwedge در مقطع B
۱۴۶	جدول ۵-۱۸: ارائه سیستم نگهدارنده با استفاده از نرم افزار unwedge در مقطع C
۱۴۷	جدول ۵-۱۹: ارائه سیستم نگهدارنده با استفاده از نرم افزار unwedge در مقطع D
۱۴۷	جدول ۵-۲۰: ارائه سیستم نگهدارنده با استفاده از نرم افزار unwedge در مقطع E

فهرست اشکال

۳	شکل ۱-۱: موقعیت و راه‌های دسترسی پروژه (Google Earth)
۷	شکل ۱-۲: بخش‌های مختلف پروژه تلمبه ذخیره‌ای سیاه بیشه
۹-۱۲	شکل ۱-۳: رابطه بین پارامترهای سنگ و حفاری‌های زیرزمینی

صفحه	عنوان
۱۴	شکل ۱-۴: نمودار فرآیند طراحی و تحلیل پایداری سیستم نگهدارنده تونل
۲۳	شکل ۱-۲: نقشه زمین شناسی محدوده پروژه نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای سیاه بیشه
۲۵	شکل ۲-۲: نمای سد بالا در مرحله احداث (نگاه رو به جنوب)
۲۵	شکل ۲-۳: پورتال تونل‌های آبرسان ورودی آب از سد بالا (نگاه رو به سمت شمالغرب)
۲۶	شکل ۲-۴: نمایی از مخازن تعادل (نگاه رو به سمت شمالغرب)
۲۷	شکل ۲-۴: اتصال گسله سازند شمشک و الیکا در منطقه واقع در بالای اتاقک جابجایی
۲۸	شکل ۲-۵: نمای از شفت راست از گالری دسترسی
۳۴	شکل ۲-۶: ایالت‌های اصلی لرزه - زمین ساخت ایران و موقعیت منطقه مورد مطالعه
۳۷	شکل ۲-۷: رابطه بین مقادیر M_b و M_s برای داده‌های زمین لرزه‌ای گستره طرح
۳۷	شکل ۲-۸: نمودارهای رابطه گوتنبرگ - ریشتر در شعاع، ۱۵۰ کیلومتری پیرامون ساختمانگاه
۳۹	شکل ۲-۹: نقشه خطواره‌های وپراکندگی زمین لرزه‌های مهم گستره شعاع ۱۵۰ کیلومتری نیروگاه سیاه بیشه
۴۱	شکل ۲-۱۰: منحنی خطر پذیری لرزه ای
۴۱	شکل ۲-۱۱: زون بندی ایران براساس شدت شتاب مبنا
۴۳	شکل ۲-۱۲: نمای رویه شیب شفت‌های تحت فشار همراه با گسل‌های محدوده مورد مطالعه
۴۸	شکل ۳-۱: نگاره قطبی و تصویر استریوگرافی صفحات ناپیوستگی در مقطع (A)
۵۰	شکل ۳-۲: بازشدگی و شرایط سطح درزه ها
۵۰	شکل ۳-۳: ضخامت مواد پر کننده داخل درزه ها
۵۱	شکل ۳-۴: نوع مواد پرکننده داخل درزه ها
۵۱	شکل ۳-۵: درجه هوازدگی درزه ها
۵۲	شکل ۳-۶: تداوم درزه ها
۵۲	شکل ۳-۷: فاصله داری درزه ها
۵۳	شکل ۳-۸: میزان نشست آب از دیواره درزه ها
۵۶	شکل ۳-۹: موقعیت و مقادیر RQD مربوط به گمانه‌های اکتشافی محدوده شفت‌های تحت فشار
۵۶	شکل ۳-۱۰: مدل مقادیر RQD مربوط به گمانه‌های اکتشافی محدوده شفت‌های تحت فشار
۶۲	شکل ۳-۱۱: مدل سه بعدی زمین شناسی شفت‌های تحت فشار سیاه بیشه
۷۰	شکل ۳-۱۲: نتایج رده بندی (RMR) شفت تحت فشار راست
۷۱	شکل ۳-۱۳: نتایج رده بندی (RMR) شفت تحت فشار چپ

۷۴	شکل ۳-۱۴: نتایج رده بندی (Q) شفت های تحت فشار راست
۷۴	شکل ۳-۱۵: نتایج رده بندی (Q) شفت های تحت فشار چپ
۷۷	شکل ۳-۱۶: رابطه بین نتایج حداکثر رده بندی RMR و Q در شفت تحت فشار راست
۷۷	شکل ۳-۱۷: رابطه بین نتایج حداکثر رده بندی RMR و Q در شفت تحت فشار چپ
۷۷	شکل ۳-۱۸: رابطه بین نتایج حدقل رده بندی RMR و Q در شفت تحت فشار راست
۷۸	شکل ۳-۱۹: رابطه بین نتایج حدقل رده بندی RMR و Q در شفت تحت فشار چپ
۷۹	شکل ۳-۲۰: رابطه بین نتایج رده بندی حداکثر RMR و Q محدوده کل ساختگاه شفت های تحت فشار
۷۹	شکل ۳-۲۱: رابطه بین نتایج رده بندی حداکثر RMR و Q محدوده کل ساختگاه شفت های تحت فشار
۸۱	شکل ۳-۲۲: نتایج رده بندی (RMi) شفت های تحت فشار راست
۸۲	شکل ۳-۲۳: نتایج رده بندی (RMi) شفت های تحت فشار چپ
۸۶	شکل ۳-۲۴: مقادیر GSI برای مقاطع مختلف شفت تحت فشار راست تصویر شده بر روی نمودار اصلاح شده سیستم GSI
۸۸	شکل ۳-۲۵: مقادیر GSI برای مقاطع مختلف شفت تحت فشار راست تصویر شده بر روی نمودار اصلاح شده سیستم GSI
۹۸	شکل ۴-۱: اشکال راهنما برای برآورد فاکتور آشفستگی توده سنگ (D)
۱۰۰	شکل ۴-۲: نمای شماتیک روند مراحل حفاری ماشین (raise boring) و خود دستگاه
۱۰۱	شکل ۴-۳: عکس‌هایی از میزان بهم ریختگی توده سنگ در بخش‌های مختلف شفت‌های تحت فشار
۱۰۶	شکل ۴-۳: رابطه بین σ_1 و σ_3 برای معیار هوک براون و معیار معادل موهر-کولمب
۱۰۸	شکل ۴-۴: تعیین مقدار σ_{3max} با توجه به نمودار
۱۱۰	شکل ۴-۵: نمودار برازش شده مور-کولمب بر روی منحنی هوک-براون برای مقطع (A)
۱۱۱	شکل ۴-۵: نمودار برازش شده مور-کولمب بر روی منحنی هوک-براون برای مقطع (A)
۱۱۸	شکل ۵-۱: نمودار پیشنهادی سینگ و همکاران
۱۱۹	شکل ۵-۲: نمودار پیشنهادی گوئل و همکاران
۱۲۰	شکل ۵-۳: نمودار پیشنهادی هوک و مارینوس جهت بررسی لهدیگی
۱۲۵	شکل ۴-۵: ارتباط بین زمان پایداری با عرض فضای حفاری بر اساس مقدار RMR
۱۳۱	شکل ۵-۵: ارزیابی انواع سیستم‌های نگهدارنده مورد نیاز فضاهای زیرزمینی بر اساس شاخص کیفی تونلسازی در سنگ Q
۱۳۶	شکل ۵-۶: منحنی‌های تغییرات K نسبت به عمق به ازای مقادیر مختلف E
۱۳۹	شکل ۵-۷: تصویر استریوگرافی ناپیوستگی‌های غالب و روند و پلانژ تونل و دورنمای سه بعدی گوه‌های ساختاری مقطع A

۱۳۹	شکل ۵-۸: تصویر استریوگرافی ناپیوستگی‌های غالب و روند و پلانژ تونل و دورنمای سه بعدی گوه‌های ساختاری مقطع B
۱۳۹	شکل ۵-۹: تصویر استریوگرافی ناپیوستگی‌های غالب و روند و پلانژ تونل و دورنمای سه بعدی گوه‌های ساختاری مقطع C
۱۴۰	شکل ۵-۱۰: تصویر استریوگرافی ناپیوستگی‌های غالب و روند و پلانژ تونل و دورنمای سه بعدی گوه‌های ساختاری مقطع D
۱۴۰	شکل ۵-۱۱: تصویر استریوگرافی ناپیوستگی‌های غالب و روند و پلانژ تونل و دورنمای سه بعدی گوه‌های ساختاری مقطع E
۱۴۳	شکل ۵-۱۰: ارائه سیستم نگهدارنده در مقطع A با استفاده از نرم افزار unwedge
۱۴۴	شکل ۵-۱۰: ارائه سیستم نگهدارنده در مقطع B با استفاده از نرم افزار unwedge
۱۴۴	شکل ۵-۱۰: ارائه سیستم نگهدارنده در مقطع C با استفاده از نرم افزار unwedge
۱۴۵	شکل ۵-۱۰: ارائه سیستم نگهدارنده در مقطع D با استفاده از نرم افزار unwedge
۱۴۵	شکل ۵-۱۰: ارائه سیستم نگهدارنده در مقطع E با استفاده از نرم افزار unwedge

فصل اول:

کلیات

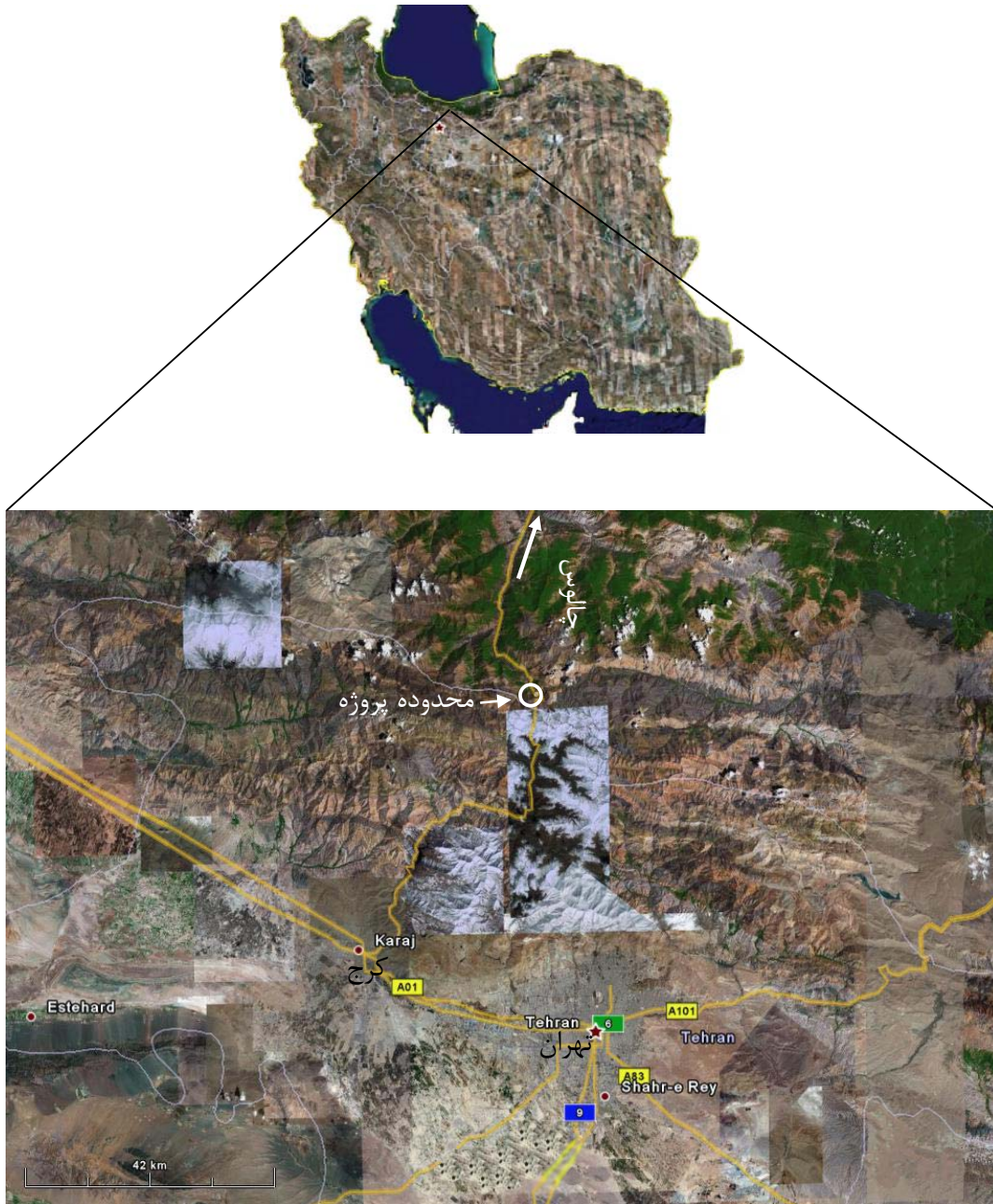
۱-۱- مقدمه

به دلیل تنوع لیتولوژی و مسائل مختلف زمین شناسی، ضروری است که برای اجرای سازه‌های مهندسی بزرگ مثل سد‌ها، تونل‌ها، نیروگاه‌ها و... مطالعات زمین شناسی مهندسی در محل احداث این گونه سازه‌ها انجام پذیرد. زمین شناسی مهندسی علمی است که به ارزیابی، مطالعه و حل مسائل و مشکلات مهندسی و محیطی می‌پردازد. این مسائل ممکن است در نتیجه واکنش بین زمین و فعالیت‌های بشر به وجود آمده باشد. علاوه بر این پیشگویی خطرات زمین شناسی و ابداع روش‌های جلوگیری از خطرات زمین شناسی و یا درمان آنها موضوع علم زمین شناسی مهندسی است (آنون ۱۹۹۳ نقل از Bell).

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی

محل اجرای طرح سد و نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای سیاه بیشه در استان مازندران نزدیکی روستای سیاه شبیه در ۱۲۵ کیلومتری شمال تهران و ۱۰ کیلومتری تونل کندوان می‌باشد. سد بالا بر روی رودخانه چالوس و سد پائین در محل تلاقی رودخانه‌های چالوس و گرم‌رودبار در مجاورت روستای ورکلو واقع شده است. نزدیکترین راه دسترسی به سد و نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای سیاه بیشه جاده آسفalte

تهران - کرج - چالوس می‌باشد. که در شکل ۱-۱ نقشه راه‌های دسترسی و موقعیت محدوده اجرای پروژه سد و نیروگاه سیاه بیشه مشاهده می‌شود (Google Earth).



شکل ۱-۱: موقعیت و راه‌های دسترسی پروژه (Google Earth)

۱-۳- آب و هوایی منطقه

بر طبق فرهنگ هواشناسی بین المللی (WMO.NO.726) هرگاه از اقلیم یک ناحیه سخن به میان می‌آید منظور شرایط جوی شاخص در آن منطقه است، تغییر شرایط جوی مشخصه هر ناحیه همراه با تغییرات زمانی اقلیم آن ناحیه را تشکیل می‌دهد. با افزایش تدریجی ارتفاع از اراضی جلگه‌ای به سوی دامنه‌های شمالی ارتفاعات البرز و فاصله از دریا تغییرات خاصی در آب و هوای استان پدیدار می‌گردد. در نوار ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر، شرایط آب و هوایی کوهستانی حاکم است که از ویژگی‌های آن می‌توان کاهش میزان بارندگی سالیانه و همچنین کاهش متوسط درجه حرارت ماهیانه را ذکر کرد. علاوه بر آن زمستان‌های سرد همراه با یخبندان‌های طولانی و تابستان‌های کوتاه نیز از دیگر مشخصات این اقلیم است. این اقلیم بر اساس طبقه بندی آمبرژه مرطوب و سرد است و میانگینی از شرایط آب و هوایی آن در جدول ۱-۱ آورده شده است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۲).

جدول ۱-۱: وضعیت آب و هوایی اقلیم سیاه بیشه به صورت میانگین (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۲).

۴۷۱/۸ (mm)	میانگین بارش در سال
۱۱ (C ⁰)	میانگین درجه حرارت در سال
۶۴ (%)	میانگین رطوبت نسبی
۲۰۴۱ (ساعت)	میانگین مجموع ساعات آفتابی در سال
۱۱۱۵ (mm)	میانگین تبخیر در سال
۸۷ (روز)	میانگین یخبندان در سال

۱-۴- مروری بر مطالعات انجام شده قبلی

مطالعات اولیه ایجاد نیروگاه‌های تلمبه ذخیره‌ای در ایران به درخواست از مهندسين مشاور بلژیکی در منطقه البرز و در قالب همکاری بین دو دولت ایران و بلژیک آغاز شد که در سال ۱۳۴۹ گزارشات اولیه آن توسط شرکت تراکسیونل بلژیک به وزارت نیرو ارائه شد. گزارش مطالعات زمین شناسی منطقه سیاه بیشه شامل سه قسمت مختلف است و در سه مرحله زمانی تهیه شده است. مطالعات مرحله اول پروژه سیاه بیشه شامل مطالعات شناسایی منطقه و مطالعات مقدماتی زمین‌شناسی است که تا پایان

گزارش مرحله اول را شامل می‌شود. گزارشهای نتایج مطالعات مرحله اول توسط مهندسين مشاور تراکسیونل - پایاب تهیه شده است. مطالعات زمین شناسی مرحله دوم شامل مطالعات زمین شناسی منطقه می باشد. که توسط مهندسين مشاور تراکسیونل - مشانیر شروع شد و گزارش مطالعات و نتایج آن برای مطالعات تکمیلی مرحله سوم مورد استفاده مهندسين مشاور مشانیر - لامایر قرار گرفت. مطالعات مرحله سوم شامل مطالعات تکمیلی، مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک می باشد که نتایج آن طی دو گزارش مختلف توسط مهندسين مشاور مشانیر - لامایر تکمیل گردید و در همین سالها جهت تسریع در انجام کارهای اجرائی بعضی از قسمت‌های پروژه مانند ساخت تونل‌های انحراف سدهای بالادست و پائین‌دست، قسمتی از تونل دسترسی به مغار نیروگاه، تونل زهکشی نیروگاه به همراه بعضی از آزمایشات صحرائی تکمیل گردید که این فعالیت‌ها تا سال ۱۳۷۱ ادامه داشت. کلیه عملیات اجرائی از سال ۱۳۷۱ تا سال ۱۳۸۰ متوقف شد که مجدداً کارهای اجرایی با عملیات تزریق تونل‌های انحراف در سال ۱۳۸۱ از سر گرفته شد، بازنگری فنی و اقتصادی طرح نیز که از سال ۱۳۷۸ توسط شرکت‌های EDF فرانسه و مشانیر آغاز گردیده بود در سال ۱۳۸۱ به اتمام رسید. طی سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ اسناد مناقصه تهیه گردیده و عملیات اجرایی این طرح با مشارکت و همکاری پیمانکاران ایرانی نظیر فراب، تابلیه، کیسون، بتا و مکانیک خاک مجدداً آغاز شد. پیش‌بینی می‌شود که این طرح ملی در اواخر سال ۱۳۸۹ به بهره‌برداری برسد (www.iwpcو.ir).

۵-۱- معرفی پروژه

کشورهای ایتالیا و سوئیس جزء اولین کشورهای استفاده کننده از انرژی الکتریکی تولیدی توسط نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای^۱ از سال ۱۸۹۰ می‌باشند. در حال حاضر بیش از ۹۰ هزار مگا وات انرژی الکتریکی از نیروگاه‌های تلمبه ذخیره‌ای در دنیا در حال بهره برداری است. در حدود ۳ درصد انرژی

^۱. Pumped Storage

تولیدی دنیا توسط نیروگاه‌های تلمبه ذخیره‌ای تامین می‌گردد. نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای سیاه بیشه به عنوان اولین نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای ایران در حال حاضر مراحل ساخت و احداث را طی می‌کند. هدف از احداث این قبیل نیروگاه‌ها ایجاد تعادل در شبکه انرژی الکتریکی مصرفی کشور در ساعات اوج مصرف و حداقل مصرف انرژی الکتریکی می‌باشد، بدین طریق که در ساعات اوج مصرف انرژی الکتریکی با انتقال آب از سد بالا به نیروگاه و سپس سد پائین، با تولید انرژی الکتریکی (مقدار انرژی الکتریکی تولیدی توسط نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای سیاه بیشه در ساعات اوج مصرف ۱۰۴۰ مگا وات پیش بینی شده است)، بخشی از بار شبکه را متحمل شده و بالعکس در ساعاتی که مصرف انرژی الکتریکی پائین است و شبکه با مازاد انرژی الکتریکی مواجه می‌شود با انتقال آب از سد پائین به سد بالا مازاد تولید انرژی الکتریکی به صورت انرژی پتانسیل در سد بالا ذخیره می‌شود (مقدار انرژی الکتریکی مصرفی توسط نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای در ساعات حداقل مصرف انرژی الکتریکی ۹۶۰ مگا وات پیش بینی شده است). به این وسیله پیک‌های تولید و مصرف شبکه انرژی الکتریکی تعدیل می‌شود (مهاب قدس، ۱۳۶۵).

۱-۶- مشخصات سازه‌های پروژه

این پروژه مشتمل بر دو سد (سدهای بالا و پائین)، تونل‌های آبرسان^۱، مخازن تعادل^۲، شفت‌های تحت فشار مایل^۳، نیروگاه زیرزمینی^۴، ترانسفورمر^۵، سازه‌های خروجی^۶، تونل‌های دسترسی^۷ و جاده‌های دسترسی متعدد می‌باشد (شکل ۱-۲).

^۱. Headrace Tunnels

^۲. Surge Tank

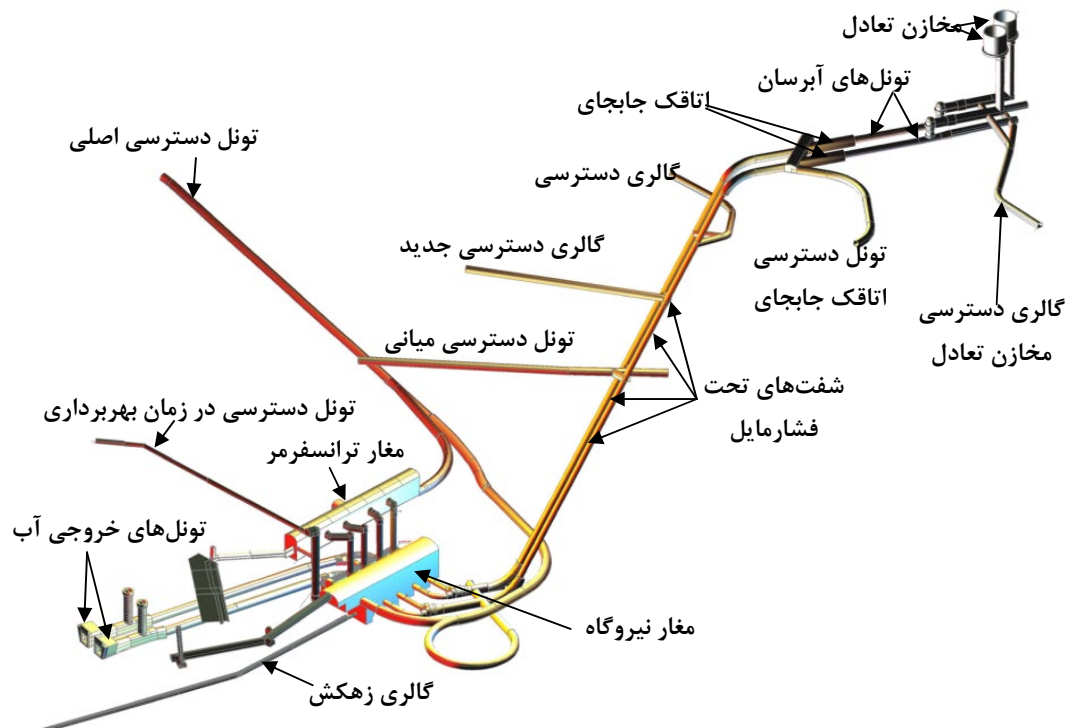
^۳. Pressure Shaft

^۴. Power House

^۵. Transformer

^۶. Tailrace Tunnel, Outlet

^۷. Main Access Tunnel, Passenger Tunnel, Ventilation Tunnel



شکل ۱-۲: بخش های مختلف پروژه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه

تونل های آبرسان پس از عبور از زیر مخازن تعادل و اتاقک جابجای به قسمت زانوی بالای شفت های مایل تحت فشار که موضوع این تحقیق می باشند می رسد شفت های تحت فشار از نظر سازه ای شامل سه بخش می باشند. بخش اول قسمت زانویی بالا^۱ که محل اتصال تونل های افقی خارج شده از اتاقک جابجای با شفت های تحت فشار مایل، بخش دوم یا بخش اصلی شفت های مایل تحت فشار با زاویه ۶۵ درجه رو به شمال، بخش سوم قسمت زانویی پایین^۲ که محل اتصال شفت ها با منی فولدهای بالا دست^۳ نیروگاه می باشد. شفت های تحت فشار مایل دارای قطر نهایی ۵ متر، طول تقریبی ۶۴۵/۵ متر و ارتفاع تقریبی ۴۶۱/۶ متر، از تراز ارتفاعی ۱۸۴۰/۳ متر تا تراز ارتفاعی ۲۳۰۳/۳ متر می باشد. برای دسترسی سریعتر و بهبود پیشرفت کار در شفت های تحت فشار چندین تونل یا گالری در ترازهای

¹ Upper Vertical Bend BEND

² Lower Vertical Bend BEND

³ Upstream Manifolds

ارتفاعی متفاوت حفر شده است که به ترتیب از تراز ارتفاعی پایین به بالا شامل تونل دسترسی اصلی^۱ (MAT) در تراز ارتفاعی ۱۸۴۰ متر، گالری دسترسی میانی^۲ (IAG) در تراز ارتفاعی ۲۰۷۷ متر، گالری دسترسی جدید^۳ (NAG) در تراز ارتفاعی ۲۱۶۰ متر، گالری دسترسی^۴ (AGC) در تراز ارتفاعی ۲۲۱۰/۷۵ متر می‌باشد (Colenco, 2003).

۷-۱- طراحی سیستم نگهدارنده

ایمنی سازه‌ها در مراحل اجرا و پایداری دراز مدت آن، از جمله عواملی است که باید توسط طراحان سازه‌های زیرزمینی مدنظر قرار گیرد. برای طراحی بهینه بدلیل اینکه رابطه بین خصوصیات مکانیکی و پارامترهای سنگ رابطه‌ای بسیار پیچیده غیرخطی (بویژه در سنگ‌های خانواده شیل) می‌باشد نیازمند مجموعه‌ای از تمام پارامترهای سنگ و درک کاملی از تمام پارامترهای سنگ و خصوصیات مکانیکی سنگ به عنوان مبنای دانش اساسی تحلیل پایداری سازه نیاز می‌باشد. هادسون براساس دانش و تجربیات فراوان مجموعه‌ای از پارامتر مهم موثر بر حفاری‌های زیرزمینی ارائه نمود که در شکل ۱-۳ جدول ۱-۲ ارائه نموده است (Hudson, 1991). امروزه به منظور انتخاب پارامترهای بحرانی سنگ برای یک ساختگاه از سیستم مهندسی سنگ RES^۵ استفاده می‌شود (Hudson and Harrison, 2000).

^۱ Min Access Tunnel

^۲ Intermediate Access Gallery

^۳ New Access Gallery

^۴ Access Gallery to collapsed area

^۵ Rock Engineering System