دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشکده معدن و متالورژی

پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته معدن، گرایش مکانیک سنگ

# تحلیل پایداری زون گسله بخش میانی تونل آبرسانی سد سیاه بیشه با استفاده از روشهای عددی

نگارش

مهسا شاهنده

اساتید راهنما

دکتر حسین حسنی و دکتر اسماعیل افلاکی

اساتید مشاور

مهندس محمد بشیر گنبدی و مهندس امیرحسین زمانی

بهمن ماه سال ۱۳۸٦

بسمه تعالي

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

شماره مدرک:

**فرم اطلاعات پایان‌نامه**
**کارشناسی - ارشد و دکترا**
**کتابخانه مرکزی**

| | | | |
|---|---|---|---|
| مشخصات دانشجو | نام خانوادگی :شاهنده | نام: مهسا | شماره دانشجویی: ۸۴۱۲۷۰۴۰ |
| | دانشکده: معدن ومتالورژی | رشته: مکانیک سنگ | گروه: استخراج معدن |
| عنوان | تحلیل پایداری زون گسله بخش میانی تونل آبرسانی سد سیاه بیشه بااستفاده از روشهای عددی | | |
| **Title** | **STABILITY ANALYSIS OF FAULT ZONE IN MIDDLE PART OF HEADRACE TUNNEL OF SIYAH BISHE DAM USING NUMERICAL METHODS** | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| استاد راهنما | نام خانوادگی: حسنی | درجه و رتبه | استاد راهنما | نام خانوادگی افلاکی | درجه و رتبه |
| | نام: حسین | استادیار دانشگاه امیرکبیر | | نام: اسماعیل | استادیار دانشگاه امیرکبیر |
| استاد مشاور | نام خانوادگی: زمانی | درجه و رتبه | استاد مشاور | نام خانوادگی: بشیرگنبدی | درجه و رتبه |
| | نام: امیرحسین | مهندس مکانیک سنگ | | نام:محمد | دانشجوی دکتری |

| | | |
|---|---|---|
| دانشنامه | کارشناسی ○ ارشد ● دکترا ○ | سال تحصیلی: ۸۷-۱۳۸۶ |
| نوع پروژه | کاربردی ● نظری ○ توسعه ای ○ بنیادی ○ | |
| مشخصات ظاهری | تعداد صفحات ۱۲۳ | تصویر ● جدول ● نمودار ● نقشه ○ واژه‌نامه ○ / تعداد مراجع ۳۶ / ضمائم ○ تعداد صفحات: |
| زبان متن | فارسی ● انگلیسی ○ | چکیده: فارسی ● انگلیسی ● |
| یاداشت | | |
| توصیفگر | | |
| کلید واژه فارسی | تحلیل پایداری، زون گسله و برشی، روش های عددی، طبقه بندی توده سنگ، شاخص مقاومت زمین شناسی | |
| **Key word of English** | Analysis stability, Fault and shear zones, numerical methods, Rock mass classification , GSI( geological structural Index) | |

تقدیم به:

پدر بزرگوار، مهربان و دلسوزم منصور و مادر بی‌همتا و فدارکارم مینا.

مینای جام مهر تو، من را در این عالم بس است  منصورم از هر گام تو، بی تو وجود من خس است.

## تقدیر و تشکر

از زحمات و راهنمایی اساتید گرامی راهنما جناب آقایان دکتر حسین حسنی و دکتر اسماعیل افلاکی کمال تشکر را دارم و همچنین از مساعدت ها و کمک های بی دریغ اساتید محترم مشاور جناب آقایان مهندس محمد بشیر گنبدی و مهندس امیر حسین زمانی بی نهایت سپاسگزارم.

از تمامی دوستانی که مراد انجام این پروژه یاری نمودند، مهندسین محترم شرکت تابلیه و دوستان شرکت آب نیرو جناب آقایان مهندس یگانه، مهندس صدرو نیز دوستان عزیزم سرکار خانم مهندس سیمین معتمدی راد و جناب آقای مهندس محمد صادق لاجوردی صمیمانه قدردانی می کنم.

## چکیده

طرح سد و نیروگاه سیاه بیشه یکی از طرح های بزرگ در حال ساخت در ایران می باشد که شامل دو تونل آبرسانی چپ و راست می باشد. این تونل های دوقلو در قسمتی از مسیر خود دارای محفظه ای به نام محفظه جابجایی هستند که قطر تونل ها در این قسمت افزایش یافته است و در این پروژه تحلیل پایداری بر روی این قسمت از تونل ها انجام گرفته است.

کارهای اولیه انجام شده در این پروژه انجام تست های آزمایشگاهی و برداشت درزه جهت داشتن اطلاعات اولیه برای تحلیل های عددی بوده است و سپس از آن جا که هدف بررسی تأثیر زون های برشی و اثر آن ها بر پایداری محفظه جابجایی بوده است و این منطقه, منطقه ای درزه دار محسوب می شد لذا جهت بررسی بهتر اثرات گسل ها و زون های برشی از روش معادل سازی محیط ناپیوسته استفاده شد و با تلفیق خصوصیات ماده سنگ با درزه ها محیطی معادل ساخته شد اما زون های برشی و گسل ها در ساخت محیط معادل وارد نشدند تا بتوان دقیقا اثراتشان را بررسی نمود؛ سپس جهت انجام تحلیل ها از دو نرم افزار عددی که یکی با روش اجزا محدود برای محیط های پیوسته و دیگری با روش اجزا مجزا برای محیط های ناپیوسته کاربری دارند استفاده شد و نتایج این دو نرم افزار با یکدیگر قیاس شدند در این اثنا برای اطمینان از دقت و صحت کار داده های ابزاربندی نیز در قیاس به کار برده شدند.

تحلیل پایداری با نرم افزارهای UDEC , PHASE2 انجام شد که در انتهای انجام پروژه قسمتی هایی از محفظه جابجایی کمی ناپایدار و قسمت هایی بسیار ناپایدار تشخیص داده شدند, سرانجام طرح نگهداری با استفاده از این دو نرم افزار PHASE2 و همچنین به روش تجربی ارائه شد؛ البته ارائه طرح نگهداری از اهداف پایان نامه نبود. در انتهای اتمام پروژه پیشنهاد این بود که تحلیل های پایداری با نرم افزار سه بعدی نیز انجام شوند و در کارهای مشابه آزمایش های برجا نیز انجام شود تا بتوان با دقت بیشتری تحلیل ها را انجام داد.

# فهرست مطالب


| عنوان | صفحه |
| --- | --- |
| مقدمه | ۱ |
| فصل اول: شرح خصوصیات زمین شناسی و موقعیت محدوده مورد مطالعه | ۳ |
| مقدمه | ٤ |
| ۱-۱) موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی | ٦ |
| ۱-۲) زمین شناسی عمومی | ۷ |
| ۱-۲-۱) سازندهای مبارک و دزده بند | ۹ |
| ۱-۲-۲) سازندهای درود و روته و نسن | ۱۰ |
| ۱-۲-۳) سازند الیکا | ۱۱ |
| ۱-۲-٤) سازند شمشک | ۱۲ |
| ۱-۳) موقعیت هندسی | ۱۷ |
| ۱-٤) وضعیت آب های زیرزمینی | ۱۸ |
| فصل دوم: روش های تحلیل و نرم افزارها | ۲۰ |
| مقدمه | ۲۱ |
| ۲-۱) روش های تحلیل پایداری | ۲۲ |
| ۲-۱-۱) روش های تحلیل تجربی | ۲۲ |
| ۲-۱-۱-۱) روش تزراقی | ۲۲ |

۲-۱-۱-۲) روش تحلیل پایداری ضریب کیفیت سنگ RQD ۲٤

۲-۱-۱-۳) سیستم کیفیت توده سنگ Q ۲۷

۲-۱-۱-٤) روش لوفر ۳٥

۲-۱-۱-٥) روش امتیاز توده سنگ RMR ۳٦

۲-۱-۱-٦) شاخص توده سنگ RMi ٤۰

۲-۱-۱-۷) امتیاز ساختار سنگ RSR ٤٤

۲-۱-۱-۸) روش طبقه بندی شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI) ٤۷

**۲-۱-۲) روش تحلیل مشاهده ای** ٥۰

۲-۱-۲-۱) روش تونل سازی اتریشی ٥۰

**۲-۱-۳) روش های تحلیلی** ٥۱

۲-۱-۳-۱) کلیات روش های عددی ٥۲

۲-۱-۳-۲) روش DEM و FEM ٥۳

## ۲-۲) معیارهای شکست سنگ ٥٥

**۲-۲-۱) معیارهای شکست برای سنگ سالم** ٥٥

۲-۲-۱-۱) معیار حداکثر تنش کششی ٥٦

۲-۲-۱-۲) معیار کولمب ٥٦

۲-۲-۱-۳) معیار مور ٥۷

۲-۲-۱-٤) معیار گریفیث ٥۸

**۲-۲-۲) معیار شکست تجربی برای سنگ سالم** ٦۰

۲-۲-۲-۱) معیار شکست بنیاویسکی ٦۰

۲-۲-۲-۲) معیار شکست هوک و براون ٦۰

۲-۲-۲-۳) معیار شکست جانستون ٦١

**۲-۲-۳) معیارهای شکست تجربی برای توده سنگ** ٦٢

۲-۲-۳-۱) معیار هوک و براون ٦٢

۲-۲-۳-۲) معیار بنیاویسکی ٦٢

۲-۲-۳-۳) معیار بارتون- بندیس ٦٥

**۲-۳) معرفی نرم افزارهای مورد استفاده** ٦٦

**۲-۳-۱) نرم افزار Dips** ٦٦

**۲-۳-۲) نرم افزار Rocdata** ٦٦

**۲-۳-۳) نرم افزار Unwedge** ٦٧

**۲-۳-٤) نرم افزار PHASE2** ٦٧

**۲-۳-٥) نرم افزار UDEC** ٦٨

**فصل سوم: پارامترها و ضرایب مورد نیاز برای تحلیل منطقه تحت مطالعه** ٦٩

**مقدمه** ٧٠

**۳-۱) خصوصیات دسته درزه ها** ٧١

**۳-۲) خصوصیات ژئومکانیکی مواد و پارامترهای به دست آمده از آزمایشات** ٧٤

۳-۲-۱) خلاصه نتایج آزمایش تک محوری و سه محوری ٧٤

**۳-۳) طبقه بندی توده سنگ سه مقطع مورد تحلیل** ٧٦

**۳-۳-۱) طبقه بندی RMR** ٧٦

**۳-۳-۲) طبقه بندی Q** ٧٧

**۳-۳-۳) طبقه بندی GSI** ٧٧

۳-۳-٤) کنترل صحت و دقت طبقه بندی ها ۷۸

۳-٤) خصوصیات توده سنگ ۷۸

۳-۵) نتیجه گیری برای انتخاب مقاطع ۸۲

**فصل چهارم: تحلیل پایداری و ارائه طرح نگهداری** ۸۵

مقدمه ۸٦

٤-۱) تحلیل پایداری و مدلسازی ۸۷

٤-۱-۱) مدلسازی با استفاده از نرم افزار PHASE2 ۸۷

٤-۱-۲) مدلسازی با استفاده از نرم افزار UDEC ۹۹

٤-۲) ارائه طرح نگهداری ۱۰٦

٤-۲-۱) سیستم نگهداری تجربی ۱۰٦

٤-۲-۲) سیستم نگهداری عددی با نرم افزار PHASE2 ۱۱۰

**فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات** ۱۱۹

نتیجه گیری ۱۲۰

پیشنهادات ۱۲۱

**فهرست منابع و مراجع** ۱۲۲

# Table of Contents


| Tittles | Page |
|---|---|
| **Introduction** | **1** |
| **First Chapter:** Geological properties & Geographical condition | **3** |
| Introduction | **4** |
| 1-1)Geographical & weathering conditions | **6** |
| 1-2)General Geology | **7** |
| 1-2-1) Mobarak & Dezdeband facies | **9** |
| 1-2-2) Doroud, Route & Nesen facies | **10** |
| 1-2-3) Elika facies | **11** |
| 1-2-4) Shemshak facies | **12** |
| 1-3) Geometrical conditions | **17** |
| 1-4)Underground water conditions | **18** |
| **Second Chapter:** Analysis methods & softwares | **20** |
| Introduction | **21** |
| 2-1) Stability Analysis methods | **22** |
| 2-1-1)Empirical Analysis methods | **22** |
| 2-1-1-1)Terzaghi's method | **22** |
| 2-1-1-2) Rock quality designation index(RQD) | **24** |
| 2-1-1-3) Rock mass quality | **27** |
| 2-1-1-4) Lofer's methods | **35** |
| 2-1-1-5) Rock Mass Rating(RMR) | **36** |
| 2-1-1-6) Rock Mass Index(RMi) | **40** |
| 2-1-1-7) Rock Structure Rating | **44** |
| 2-1-1-8) Geological Strength Index(GSI) | **47** |
| 2-1-2) Observational Analysis methods | **50** |
| 2-1-2-1) New Austrian Tunneling Method | **50** |
| 2-1-3) Analytical Methods | **51** |
| 2-1-3-1) Numerical methods | **52** |
| 2-1-3-2) DEM,FEM methods | **53** |
| 2-2) Rock Failure Criteria | **55** |

2-2-1) Intact Rock Failure Criteria **55**
2-2-1-1) Maximum tension strain Criterion **56**
2-2-1-2) Coulomb's Criterion **56**
2-2-1-3) Mohr's Criterion **57**
2-2-1-4) Griffith's Criterion **58**
2-2-2) Empirical Intact Rock Criteria **60**
2-2-2-1) Bieniawiski Criterion **60**
2-2-2-2) Hoek-Brown Criterion **60**
2-2-2-3) Johnstone Criterion **61**
2-2-3) Empirical Rock Mass Criteria **62**
2-2-3-1) Hoek-Brown Criterion **62**
2-2-3-2) Bieniawiski Criterion **62**
2-2-3-3) Barton-Bandis criterion **65**
2-3) Software Identifying **66**
2-3-1) Dips Software **66**
2-3-2) Rocdata Software **66**
2-3-3) Unwedge Software **67**
2-3-4) PHASE2 Software **67**
2-3-5) UDEC Software **68**
**Third Chapter**: Useful Parameters & Coefficient for Stability Analysis **69**
Introduction **70**
3-1) Joint series Properties **71**
3-2) Geomechanical parameters of lab tests **74**
3-2-1) Uniaxial & triaxial Results **74**
3-3) Rock mass Classification of Displacement Chamber **76**
3-3-1) RMR Classification **76**
3-3-2) Q Classification **77**
3-3-3) GSI Classification **77**
3-3-4) Classification Accuracy Control **78**
3-4) Rock Mass Properties **78**
3-5) Sections Choice **82**

**Fourth Chapter:** Stability Analysis & Submit Support System **85**

Introduction **86**

4-1) Modeling & Stability Analysis **87**

4-1-1) Modeling of PHASE2 Software **87**

4-1-2) Modeling of UDEC Software **99**

4-2) Submit Support System **106**

4-2-1) Empirical Support System **106**

4-2-2) Numerical Support System Whit PHASE2 Software **110**

**Fifth Chapter:** Results & Suggestions **119**

Results **120**

Suggestions **121**

**References** **122**

# فصل اول

# شرح مشخصات و موقعیت محدوده مورد مطالعه

**مقدمه**

نیروگاه تلمبه ذخیره ای[۱] سیاه بیشه واقع در کیلومتر ۱۵۵ جاده کرج- چالوس به عنوان اولین نیروگاه تلمبه ذخیره ای ایران در حال حاضر مراحل ساخت و احداث را طی می کند.

هدف از احداث این قبیل نیروگاه ها ایجاد تعادل در شبکه برق می باشد, بدین طریق که در ساعات اوج مصرف برق با انتقال آب از سد بالا به نیروگاه و سپس سد پائین, با تولید برق, بخشی از بار شبکه را متحمل شده و بالعکس در ساعاتی که مصرف پائین است (اضافه تولید داریم) با انتقال آب از سد پائین به سد بالا (مصرف بخشی از انرژی الکتریکی شبکه) مازاد تولید را به صورت انرژی پتانسیل در سد بالا ذخیره می کند. به این وسیله پیک های تولید و مصرف شبکه برق را تعدیل می کند [۱].

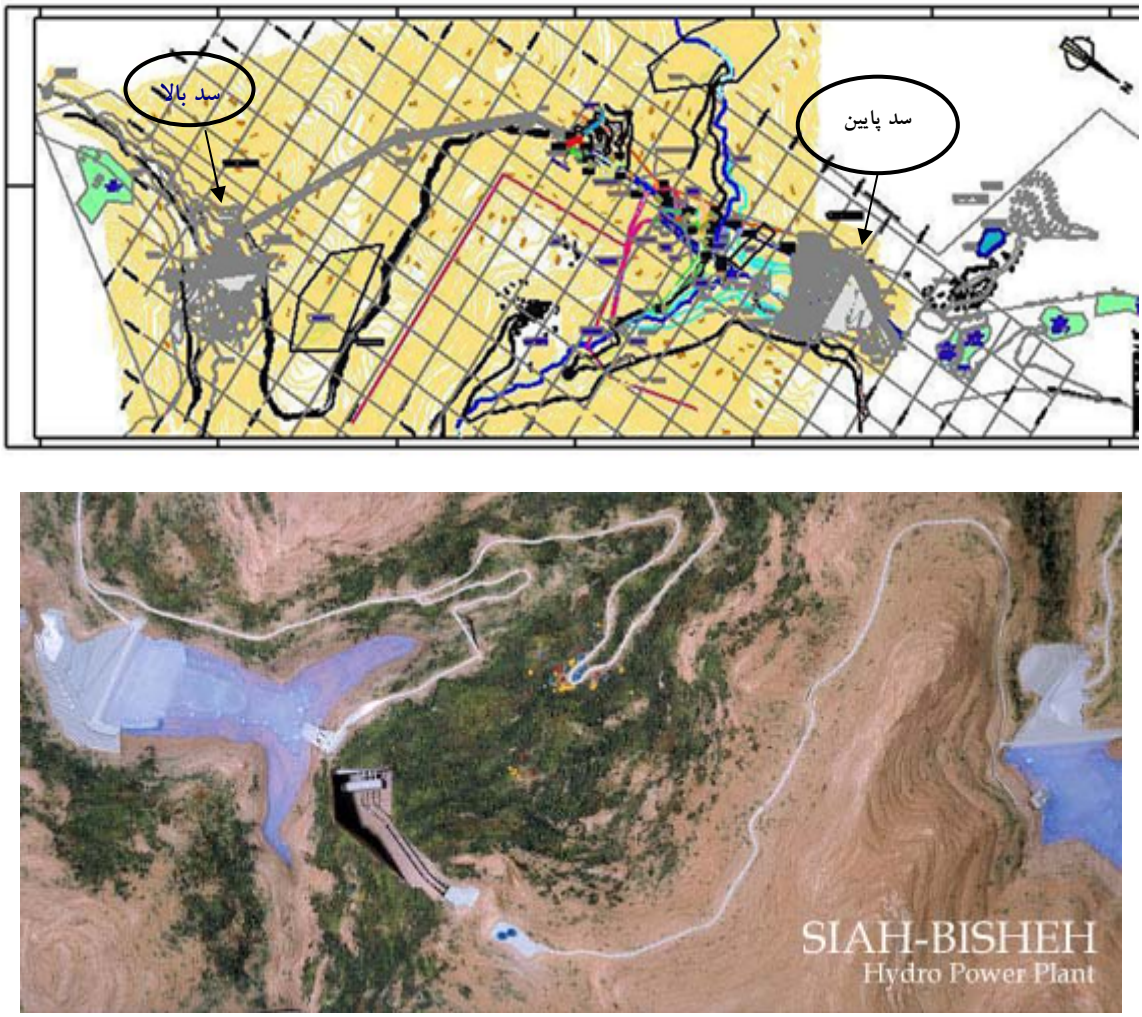
این پروژه مشتمل بر دو سد (سدهای بالا و پائین), تونل آبرسان[۲] مخازن تعادل[۳], چاه های فشار[٤], نیروگاه زیرزمینی[٥] و ترانسفورمر[٦], سازه های خروجی[۷] وتونل های دسترسی متعدد[۸] و جاده های دسترسی و ...می باشد (شکل ۱-۱).

تونل های آبرسان بعد از عبور از محدودهٔ زیر مخازن تعادل و قبل از پیوستن به چاه های فشار از یک زون گسله (مشتمل بر یک گسل معکوس همراه چندین گسله فرعی دیگر) عبور کرده و لذا جهت جلوگیری از آسیب به این تونل ها و مهار جابجایی های احتمالی ناشی از جابجایی این گسل[۹] (MTF) سازه ای در محل گسل طراحی شده است که قادر است جابجایی های ناشی از حرکت گسل را به اندازه یک متر در جهات

---

۱. Pumped Storage
۲. Headrace Tunnel
۳. Surge Tank
٤. Pressure Shaft
٥. Power House
٦. Transformer
۷. Tailrace Tunnel,Outlet
۸. Main Access Tunnel, Intermediate Gallories, Passenger Tunnel, Ventilation Tunnel
۹. Main Trust Fault

مختلف تحمل کرده و مانع از وارد آمدن این حرکات به خطوط انتقال آب گردد. این سازه تحت عنوان اتاقک جابجایی (DCh)[۱] موضوع مرتبط با تحلیل پایداری و نگهداری آن است.




**شکل ۱-۱** نقشه جانمایی کل پروژه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه [۳]

اتاقک جابجایی و تجهیزات آن طوری طراحی شده اند که مقاومت تسلیم آن ها بی نهایت باشد. باید اجازه داده شود تا جابجایی هایی در گسل باشد تا نیروی موجود در گسل تعدیل شود و به تونل آبرسان آسیبی وارد نشود [۲].

[۱].Displacement Chamber

## ۱-۱)موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی

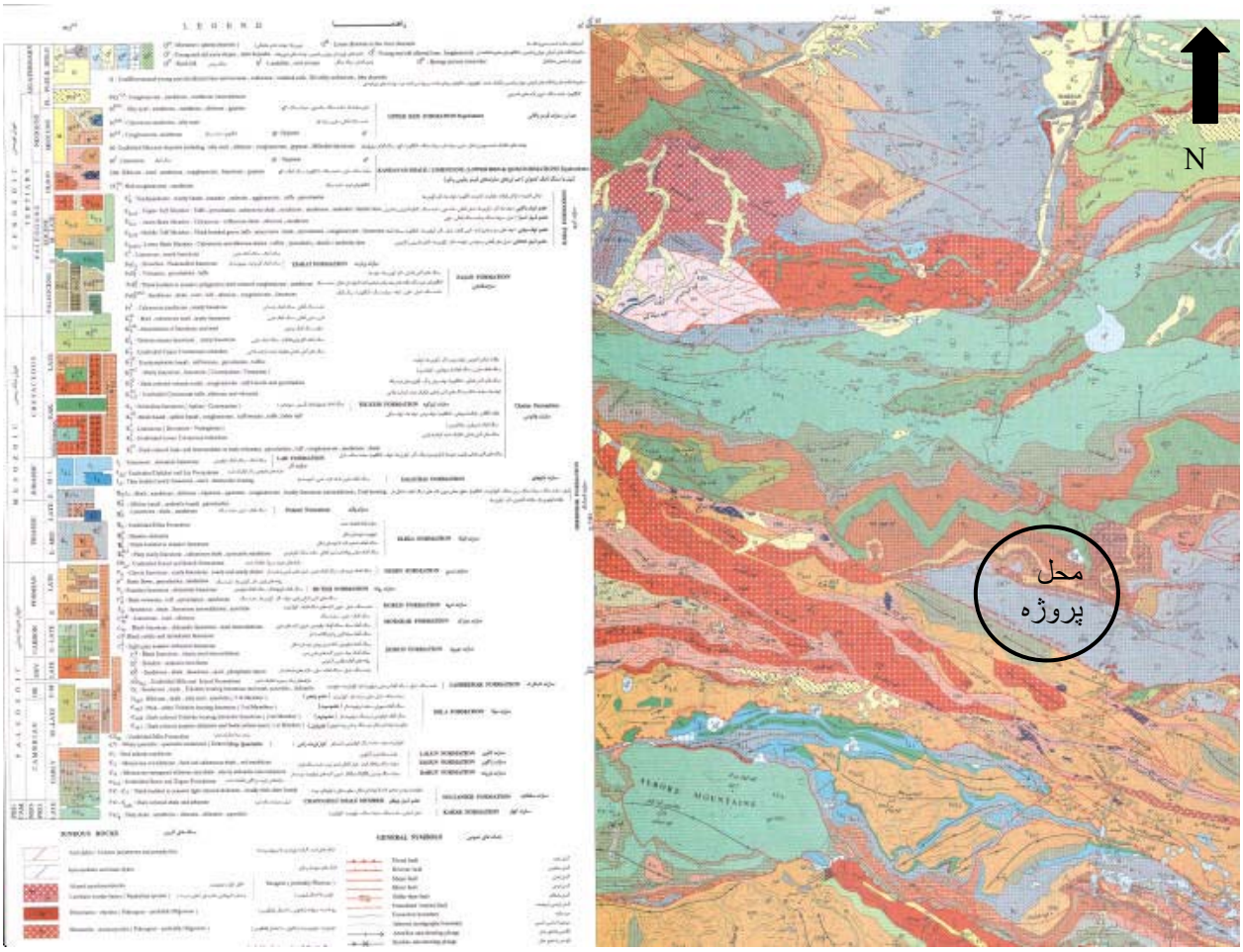
محل اجرای طرح سد و نیروگاه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه در استان مازندران در نزدیکی روستای سیاه شبیه در ۱۵۵ کیلومتری شمال تهران و در ۱۰ کیلومتری تونل کندوان بر روی رودخانه چالوس می باشد.

تونل های آبرسانی را از بالا سطح زمین, و از اطراف چاه های فشار, مخزن نیروگاه و مغار احاطه کرده اند و نزدیک ترین راه دسترسی به سد و نیروگاه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه جاده آسفالته تهران- کرج- چالوس است. در شکل ۱-۲ نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ محدوده اجرای پروژه سد و نیروگاه سیاه بیشه مشاهده می شود[4].

بر طبق فرهنگ هواشناسی بین المللی (WMO.NO.726) هرگاه از اقلیم یک ناحیه سخن به میان می آید منظور شرایط جوی شاخص در آن منطقه است و تغییر شرایط جوی مشخصه هر ناحیه همراه با تغییرات زمانی اقلیم آن ناحیه را تشکیل می دهد. با افزایش تدریجی ارتفاع از اراضی جلگه ای به سوی دامنه های شمالی ارتفاعات البرز و فاصله از دریا تغییرات خاصی در آب و هوای استان پدیدار می گردد. در نوار ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر, شرایط آب و هوایی کوهستانی حاکم است که از ویژگی های آن می توان کاهش میزان بارندگی سالیانه و همچنین کاهش متوسط درجه حرارت ماهیانه را ذکر کرد. علاوه بر آن زمستان های سرد همراه با یخبندان های طولانی و تابستان های 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 [۵].

**جدول ۱-۱** وضعیت آب و هوایی اقلیم سیاه بیشه به صورت میانگین

| میانگین بارش در سال | میانگین درجه حرارت در سال | میانگین رطوبت نسبی٪ | میانگین مجموع ساعات آفتابی در سال | میانگین تبخیر در سال | میانگین یخبندان در سال |
|---|---|---|---|---|---|
| 471.8 mm | $11^{\circ}C$ | 64 | 2031 | 1115 mm | 87 days |




**شکل ۱-۲** نقشه محدوده مرزن آباد [٤]

## ۱-۲) زمین شناسی عمومی

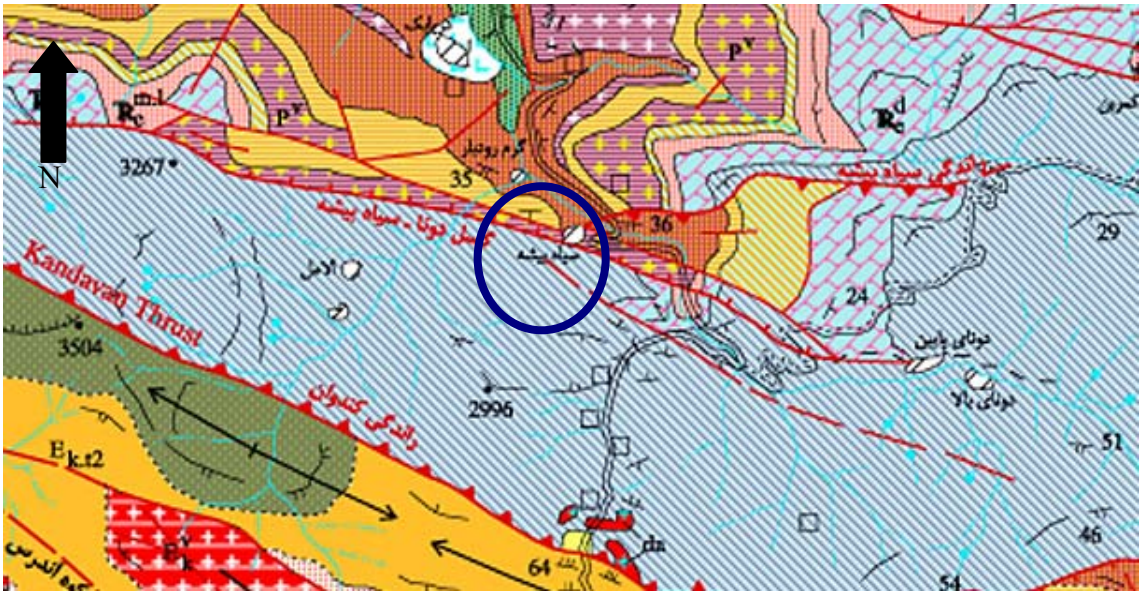
شرایط زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی ساختگاه پروژه های عمرانی و به ویـژه فضـاهای زیرزمینـی از عوامل بسیار مهم در پایداری پروژه های مهندسی بوده و لـذا در فازهـای مختلـف مطالعـاتی از توجـه خاصـی برخوردار می باشند. بنابراین در این بخش ابتدا به بررسی شرایط زمین شناسی منطقه مـورد مطالعـه پرداختـه و سپس وضعیت زمین شناسی سازه مورد مطالعه به صورت جزئی تر بررسی و ارائه می شود.

پهنه رسوبی- ساختاری البرزشامل بلندی های صفحه ایران است که به شکل طاقدیسی مرکب[۱] در یک راستای عمومی خاوری- باختری از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد. سلسله جبال البرز از جنوب به حاشیه ایران مرکزی محدود می شود و محدوده شمالی آن توسط چندین گسل بزرگ مشخص می گردد. از نظر توالی

[۱].Anticlinorium

سنگ شناسی و چینه شناسی قدیمی ترین لایه های موجود در البرز لایه های ضخیم پرکامبرین هستند که در دامنه شمالی البرز در چندین مورد بیرون زدگی دارند. وجود این لایه های بیرون زده بیانگر گسلش بسیار عظیمی است که آثار آن به خصوص در قسمت های شمالی و مرکزی به خوبی نمایان است (شکل۱-۳).

از نقطه نظر ژئومورفولوژی البرز سلسله جبال جوانی است، همراه با دره هایی عمیق و باریک، بنابراین هر چند که دارای پوشش آبرفتی ضخیمی است اما این پوشش فقط منحصر به خط القعر رودخانه هاست.




**شکل ۱-۳** محدوده سد و نیروگاه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه [٤]

همان طور که اشاره شد محدوده مورد مطالعه در نقطه سیاه بیشه واقع شده است. این منطقه در دامنه های شمالی سلسله جبال البرز قرار داشته و در محدوده سنی پالئوزوئیک و مزوزوئیک قرار داشته و از نقطه نظر تکتونیکی ناحیه ای است که توسط گسل های بسیار عمیق با روند شرقی- غربی گسله شده و به صورت بلوک هایی که نسبت به هم فرو رفته یا بالا آمده‌اند، در آمده است.

از پدیده های زمین ساختی مهم زمین لغزه های: دونا در محل سد بالای پروژه سیاه بیشه, زمین لغزهٔ سیاه بیشه در روستای سیاه بیشه و زمین لغزه دریابک در محل شهرک دریابک است که دو زمین لغزه اول در تشکیلات شمشک واقع شده است.

بر اساس ستون های چینه شناسی موجود سازندهای این منطقه به ترتیب شامل سازندهای مبارک, دزده بند, درود, روته, نسن, الیکا و شمشک می باشد که سازند شمشک در چهار گوش مرزن آباد گسترش چشم گیری داشته و گسترش آن بیشتر در شمال راندگی کندوان و غرب مرزن آباد است که با ناپیوستگی فرسایشی، اغلب بر روی سازند الیکا (مثلا محفظه جابجایی در تونل های آبرسان) و یا گاهی سنگ های قدیمی تر جای گرفته است (شکل ۱-٤). تشکیلات زمین شناسی موجود در منطقه سیاه بیشه عبارتند از:

**شکل ۱**-رخنمون گسل عبوری از محفظه جابجایی مابین سازند شمشک و الیکا[٦]

### ۱-۲-۱)سازندهای مبارک و دزده بند

در کوه های البرز سنگ های کربونیفر به طور عمده ردیف هایی کربناتی با تغییرات سنی از اشکوب تورنزین تا نامورین هستند. یک رویداد فرسایشی, به سن ویزین میانی(فاز البرزین) سبب شده است تا توالی های کربونیفر البرز ناپیوسته باشد. به ردیف های کربناتی زیر سطح ناپیوستگی ویزین میانی سازند مبارک نام داده شده است و ردیف های ویزین میانی- نامورین در دره چالوس به نام سازند دزده بند معروف است.

سازند مبارک دارای ضخامت ٤٥٠ متر است. این سازند از سنگ آهک و لایه های ضخیم فسیل دار با شیل های بیتومینه و سیلتستون های رسی خاکستری و خاکستری تیره تشکیل شده است و سازند دزده بند متشکل از تناوبی از شیل های آهکی وسنگ آهک های رسی با لایه بندی نازک تا متوسط است [۷و۸و۹].

در منطقه مورد مطالعه این تشکیلات را در محل سد پائین داریم. در شکل ۱-۵ رخنمونی از سازند دزده بند در نزدیکی سد پائین نشان داده شده است.

**شکل ۱- ۵** رخنمون سازند دزده بند در سد پائین

### ۱-۲-۲)سازندهای درود, روته و نسن

سازند درود به عنوان نخستین چرخه رسوبی پرمین البرز- آذربایجان معرفی شده است. و بر طبق ستون چینه شناسی سازند درود به ترتیب متشکل است ازماسه سنگ با لایه بندی متوسط و لایه های نازک کوارتزیت سرخ- قهوه ای همراه با بخش کنگلومرایی و تناوبی از سیلتستون و ماسه سنگ های سیلتی و گلی و سپس ماسه سنگ, کوارتزیت خاکستری روشن با لایه های متوسط, سنگ آهک و رس های فسیل دار با لایه بندی