بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی معدن ومتالورژی

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مکانیک سنگ

عنوان

تحلیل پایداری شفت‌های آبرسانی تحت فشار سد سیاه بیشه

نگارش

امیر بیات

اساتید راهنما

دکتر کورش شهریار

دکتر حسن خوشرو

استاد مشاور

مهندس غلامرضا کشت پرور

بهار ۱۳۸۷

بسمه تعالی

شماره:

تاریخ :

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

فرم اطلاعات پایان نامه
کارشناسی ارشد و دکترا

۱-مشخصات دانشجو

نام و نام خانوادگی: امیر بیات دانشجوی آزاد ■ بورسیه ☐ معادل ☐

شماره دانشجویی: ۸۴۱۲۷۰۲۱ دانشکده : مهندسی معدن و متالورژی رشته تحصیلی : مهندسی معدن- مکانیک سنگ

نام و نام خانوادگی استاد راهنما : دکتر کورش شهریار- دکتر حسن خوشرو

عنوان به فارسی : تحلیل پایداری شفتهای آبرسانی تحت فشار سد سیاه بیشه

عنوان به انگلیسی : Stability Analysis of Pressure Shafts of the Siah-Bisheh Dam

نوع پروژه: کاربردی ■ بنیادی ☐ توسعه ای ■ نظری ☐

تاریخ شروع : ۱۳۸۵/۵/۳ **تاریخ خاتمه :** ۱۳۸۷/۲/۹ **تعداد واحد :** ۶

سازمان تأمین کننده اعتبار : شرکت ساختمانی تابلیه

واژه های کلید به فارسی :
چاههای تحت فشار، سد سیاه بیشه، ریزش، تحلیل عددی، روش تجربی

واژه های کلیدی به انگلیسی :
Pressure Shafts, Siah Bishe Dam, Collapse, Numerical Analysis, Emprical Method

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت های پژوهشی دانشگاه :

استاد راهنما : دکتر کوروش شهریار- دکتر حسن خوشرو

دانشجو : امیر بیات

امضاء استاد راهنما : **تاریخ :**

نسخه ۱ : معاونت پژوهشی
نسخه ۲ : کتابخانه و به انضام دو جلد پایان نامه به منظور تسویه حساب با کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک علمی

تقدیم به زیباترین و مقدستریـن

واژه های زندگی ام

پدرم

مادرم

تشکر و قدردانی

مَن لَم یَشکُر المَخلوق، لَم یَشکُر الخالِق

برخود لازم می دانم که از زحمات بی دریغ و دلسوزانه اساتید راهنمای گرامیم آقایان دکتر کورش شهریار و دکتر حسن خوشرو کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. از استاد مشاور محترم، آقای مهندس غلامرضا کشت پرور بخاطر راهنماییهای ارزنده شان و قرار دادن منابع و اطلاعات مورد نیاز تشکر می کنم.

همچنین از تبادل نظر و مساعدت سایر اساتید عزیز، آقایان دکتر مصطفی شریف زاده و دکتر علی مرتضوی در دانشکده معدن و متالورژی دانشگاه امیرکبیر سپاسگزارم.

در نهایت از تمامی دوستان و عزیزانی- مخصوصاً مهندسین مشاور ایمن سازان و دانشجویان مکانیک سنگ دانشگاه امیرکبیر، دانشگاه تربیت مدرس و دانشگاه باهنر کرمان- که به هر نحو ممکن مشوق و یاریگر اینجانب در تکمیل و اتمام این تحقیق بوده اند، تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده

در این پایان نامه تحلیل پایداری و طراحی نگهداری بخش ریزشی چاههای تحت فشار سد و نیروگاه سیاه بیشه واقع در جاده کرج – چالوس و در ۸۰ کیلومتری شهر چالوس در استان مازندران ارائه شده است. پایداری این سازه ها که به شدت متاثر از تغییرات مدول تغییرشکل پذیری توده سنگهای پیرامون و متعاقباً میزان نشت آب از آنهاست، نقش بسزایی در هزینه های اجرایی خواهد داشت. سیستم آبرسان نیروگاه برق آبی سد تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه شامل دو تونل با قطر نهائی ۵/۷ متر می باشد، که در ادامه به دو چاه تحت فشار با مقطع دایره ای و قطر نهایی ۵ متر و با طول تقریبی ۵۰۰ متر وصل می شود و در نهایت در قسمت تحتانی به دو تونل پایاب به قطرهای ۷ متر ختم می شود. از جمله مشکلات این طرح ناپایداری و ریزشهای موجود در دیواره یکی از این دو چاه می باشد، که باعث کندی و توقف انجام عملیات حفاری شده است. شناخت عملکرد و مکانیزم ناپایداری و ارائه راهکار موثر بمنظور پیشگیری از ریزش بیشتر و پایدار سازی چاهها از جمله اهداف این پروژه است. با توجه به اینکه پایداری این قبیل سازه ها به جابجایی توده سنگ پیرامون آنها حین حفر حساس بوده، لذا لزوم طراحی نگهداری موقت با استفاده از روش تجربی Q مدنظر قرار گرفت. در ادامه کفایت نگهداری موقت، با استفاده از نرم افزار $FLAC^{3D}$ مورد بررسی قرار گرفت، که با اصلاحاتی در ضخامت بتن پاشیده و طول پیچ سنگها، میزان کرنشها به زیر حد بحرانی کاهش یافت. با توجه به مسائل فنی و جهت کاهش هزینه های اجرایی طرح، پوشش نهایی چاههای سیاه بیشه نیز تحلیل و طراحی شد. در نهایت بمنظور نگهداری موقت در چاه چپ، از بولتهای ٤ متری در بخش ریزشی به همراه ۲۰ سانتیمتر شاتکریت و در بخش پائینی همین چاه از بولتهای ۳ متری به همراه ۱۰ سانتیمتر شاتکریت و در چاه راست از بولتهای ۲/۲ متری به همراه ۱۰ سانتیمتر شاتکریت استفاده شد و برای نگهداری نهایی از ٤۰–۳۵ سانتیمتر بتن مسلح (در چاه چپ از سیستم تسلیح Φ16 با فاصله داری ۲۰ میلیمتر برای میلگردها و در چاه راست از تسلیح Φ10 با فاصله داری ۳۰ میلیمتر) استفاده شد و ضخامت پوشش فولادی نیز بین ۳۵–۲۷ میلیمتر در نظر گرفته شد.

کلمات کلیدی

چاههای تحت فشار، سد سیاه بیشه، ریزش، تحلیل عددی، روش تجربی

Pressure Shafts, Siah Bishe Dam, Collapse, Numerical Analysis, Emprical Method

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اول : کلیات طرح چاههای تحت فشار سد تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه ۲

مقدمه ۳

۱-۱- موقعیت جغرافیائی سد سیاه بیشه ٤

۱-۲- تاریخچه طرح سد سیاه بیشه ٤

۱-۳- اهداف کلی طرح ۵

۱-٤- مشخصات فنی سد سیاه بیشه ۵

۱-۵- زمین شناسی عمومی محل سد سیاه بیشه ٦

۱-۵-۱- سازند شمشک (Shemshak Formation) ۷

۱-۵-۲- سازند الیکا (Elika Formation) ۷

۱-۵-۳- سازند نسن (Nessen Formation) ۷

۱-۵-٤- سازند روته (Roteh Formation) ۸

۱-۵-۵- سازند درود (Doroud Formation) ۸

الف) سنگ داسیت و معادل نفوذی آن کوارتز دیوریت ۸

ب) لاتیت و معادل نفوذی آن مونزونیت ۸

ج) بازالت اسپیلتی و هیالوکلاسیک ۸

۱-٦- پدیده های زمین ساختی مهم منطقه ۹

۱-٦-۱- طبقات لغزنده (Landslide) ۹

۱-٦-۲- نهشته های واریزه ای ۹

۱-٦-۳- گسلها ۱۰

۱-۷- مشخصات کلی چاههای تحت فشار ۱۰

۱-۸- وضعیت زمین شناسی در اطراف چاههای تحت فشار ۱۰

۱-۸-۱- مطالعات زمین شناسی در منطقه ریزشی چاههای تحت فشار ۱۲

۱-۹- روش اجرا و تعریض چاههای تحت فشار ۱۷

فصل دوم : اصول تحلیل و طراحی تونلها و چاههای تحت فشار ۲۰

مقدمه ۲۱

۲-۱- تاریخچه طراحی نیروگاههای آبی ۲۲

۲-۲- طراحی مسیر تونلها و چاههای تحت فشار ۲٦

۲-۳- فاکتورهای توپوگرافی و هندسی موثر بر موقعیت تونلها و چاههای تحت فشار ۲۷

۲-۳-۱- نزدیکی سازه به سطح زمین ۲۷

۲-۳-۲- شیب و پایداری دامنه ها ۲۷

۲-۳-۳- ارتفاع روباره در بالا و اطراف سازه و نقش درزه ها ۲۸
۲-٤- ارزیابی نشت در چاهها و تونلهای تحت فشار ۲۹
۲-٥- بررسی پدیده هیدروجکینگ در اطراف چاهها و تونلهای تحت فشار ۳۱
۲-٦- معیارهای محصور شدگی در چاهها و تونلهای تحت فشار ۳۳
فصل سوم : اصول طراحی پوشش بتنی و فولادی تونلها و چاههای تحت فشار ۳۹
مقدمه ٤۰
۳-۱- انواع پوشش چاهها و تونلهای تحت فشار ٤۱
۳-۲- طراحی پوشش تونلها و چاههای تحت فشار ٤۲
۳-۲-۱- تونلها و چاههای تحت فشار بدون پوشش ٤۲
۳-۲-۲- پوشش بتن پاشیده و بتن درجای غیر مسلح یا پوشش های نیمه تراوا ٤۳
۳-۳- طراحی پوشش بتنی تونلها و چاههای تحت فشار ٤٤
۳-۳-۱- طراحی پوشش بتنی جهت کنترل نشت با در نظر گرفتن اندرکنش مکانیکی پوشش و سنگ ٤٤
۳-۳-۲- طراحی پوشش بتنی با وجود فشار آب داخلی جهت کنترل نشت با عنایت به اندرکنش هیدرولیکی-مکانیکی پوشش و سنگ ٥۰
الف- نظریه اشلایس در طراحی پوشش برای تونلها و چاههای تحت فشار ٥۱
۳-٤- طراحی پوشش فولادی تونلها و چاههای تحت فشار ٥۳
۳-٤-۱- طراحی پوشش فولادی برای فشار داخلی آب ٥٥
۳-٤-۲- طراحی پوشش فولادی برای تحمل فشار آب خارجی ٥۷
۳-٤-۳- ملاحظات طراحی ٥۸
۳-٥- خصوصیات بتن و تسلیح مصرفی بر اساس آئین نامه بتن ایران (آبا) ٦۰
۳-٥-۱- رده بندی بتن بر اساس مقاومت فشاری و موارد کاربرد آنها ٦۰
۳-٥-۲- ضریب یا مدول الاستیسیته بتن ٦۰
۳-٥-۳- تامین ضخامت برای پوشش بتنی روی میلگردها ٦۱
۳-٥-٤- ویژگیهای آرماتور (آرماتور) ٦۲
فصل چهارم : تعیین پارامترهای مهندسی توده سنگ در محدوده ریزشی چاههای تحت فشار سد سیاه بیشه ٦٤
مقدمه ٦٥
٤-۱- طبقه بندی ژئومکانیکی یا سیستم امتیاز دهی به توده های سنگی (RMR) ٦٦
٤-۱-۱- تعیین امتیاز RMR در محدوده ریزشی چاههای تحت فشار سیاه بیشه ٦۷
٤-۱-۲- محاسبه پارامترهای چسبندگی، زاویه اصطکاک و مقاومت فشاری از مقدار RMR ٦۷
٤-۱-۳- تعیین مدول تغییر شکل پذیری توده سنگ از مقدار RMR ٦۸
٤-۲- طبقه بندی بارتن، اندیس کیفی تونل سازی در سنگ (Q) ٦۹
٤-۲-۱- تعیین مقدار Q در محدوده ریزشی چاههای تحت فشار سیاه بیشه ۷۰
٤-۲-۲- تعیین مدول تغییر شکل پذیری توده سنگ با استفاده از مقدار Q ۷۱

٤-٣- شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI) ٧٢
٤-٤- تعیین پارامترهای توده سنگ با استفاده از نرم افزار Roclab ٧٣
٤-٤-١- محاسبه پارامترهای ژئومکانیکی محدوده ریزشی چاههای سیاه بیشه با استفاده از نرم افزار Roclab ٧٣
٤-٥- تخمین تنشهای برجای منطقه ٧٤
٤-٥-١- محاسبه مقدار نسبت تنش (k) ٧٥
٤-٥- تعیین مقادیر بحرانی پایداری توده سنگ ٧٦
٤-٥-١- کرنش بحرانی ٧٦
٤-٥-٢- کرنش برشی بحرانی ٧٨
فصل پنجم : طراحی سیستم نگهداری موقت در بخش ریزشی چاههای تحت فشار سیاه بیشه با روشهای تجربی ٨٠
مقدمه ٨١
٥-١- طراحی تجربی سیستم نگهداری بر اساس پیشنهادات رسته مهندسی آمریکا ٨٢
٥-٢- طرح نگهداری پیشنهادی رده‌بندی بارتن (Q) ٨٢
٥-٣- تعیین ضخامت پوشش بتنی برای نگهداری دائمی چاهها ٨٥
٥-٣-١- کلیات ٨٥
٥-٣-٢- توزیع تنش در اطراف چاهها در حین حفاری ٨٥
٥-٣-٣- تعیین ضریب تنش فعال در حین حفاری ٨٦
٥-٣-٤- نگهداریهای دائمی پیشنهادی برای چاهها ٨٧
٥-٣-٥- محاسبه ضخامت پوشش بتنی برای چاهها ٨٨
فصل ششم : تحلیل پایداری و طراحی سیستم نگهداری چاههای تحت فشار سیاه بیشه با استفاده از نرم افزار *FLAC3D* ٩٢
مقدمه ٩٣
٦-١- انجام یک تجربه عددی موفق ٩٤
٦-٢- لزوم استفاده از تحلیل عددی سه بعدی ٩٥
٦-٣- معرفی نرم افزار $FLAC^{3D}$ ٩٥
٦-٣-١- کاربرد $FLAC^{3D}$ در مهندسی ژئوتکنیک ٩٦
٦-٤- مدلسازی بخش ریزشی چاههای سیاه بیشه با استفاده از نرم‌افزار $FLAC^{3D}$ ٩٦
٦-٤-١- تحلیل رفتار سازه بدون نگهداری ١٠١
الف- تحلیل رفتار چاه چپ، بدون نگهداری ١٠١
ب- تحلیل رفتار چاه راست، بدون نگهداری ١٠٥
٦-٤-٢- تحلیل رفتار سازه با نگهداری ١٠٧
الف- تحلیل رفتار چاه چپ، با نگهداری ١١٠

ب- تحلیل رفتار چاه راست، با نگهداری ۱۱۱
فصل هفتم : تحلیل و طراحی پوشش بتنی و فولادی چاههای تحت فشار سد سیاه بیشه ۱۱۳
مقدمه ۱۱٤
۷-۱- تعیین محصورشدگی مناسب در بخش ریزشی چاههای تحت فشار سیاه بیشه ۱۱۵
۷-۲- طراحی پوشش بتنی چاههای آبرسان نیروگاه سد سیاه بیشه تحت فشار آب داخلی ۱۱٦
۷-۲-۱- طراحی پوشش بتنی برای فشار داخلی ۲/۳۷ مگاپاسکال ۱۱٦
۷-۲-۲- طراحی پوشش بتنی برای فشار داخلی ٤/٦۲ مگاپاسکال ۱۱۸
۷-۲-۳- کنترل انتشار ترکها در جهت عمود بر محور طولی تونلها و چاهها ۱۱۹
۷-۳- طراحی پوشش فولادی ۱۱۹
۷-۳-۱- طراحی پوشش فولادی، برای تحمل فشار داخلی آب ۱۲۰
الف- طراحی پوشش فولادی برای تحمل فشار داخلی آب به تنهایی ۱۲۰
ب- طراحی پوشش فولادی در شرایطی که توده سنگ نیز در تحمل فشار سهیم باشد. ۱۲۰
۷-۳-۲- عملکرد پوشش فولادی در برابر کمانش ۱۲۱
فصل هشتم : نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۲۳
۸-۱- نتایج ۱۲٤
الف- نتایج حاصل از تحلیل و طراحی نگهداری موقت ۱۲٤
ب- نتایج حاصل از تحلیل و طراحی پوشش بتنی مسلح ۱۲٤
ج- نتایج حاصل از طراحی پوشش فولادی ۱۲٤
۸-۲- پیشنهادات ۱۲۵
منابع و مواخذ ۱۲٤
پیوست ۱۲۸

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱- موقعیت جغرافیایی سد سیاه بیشه ٤

شکل ۱-۲- طرح کلی پروژه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه ٦

شکل ۱-۳- وضیت سازندهای مختلف در محدوده چاههای تحت فشار سد سیاه بیشه ۹

شکل ۱-٤- نمایی از ادیت حفر شده جهت کنترل بخش ریزشی چاههای سد سیاه بیشه ١٦

شکل ۲-۱- ظرفیت ایستگاههای تولید نیروی هیدروالکتریک و مجموع طول تونلهای حفاری شده در بین سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۰ در نروژ ۲۳

شکل ۲-۲- روند کلی توسعه ساخت نیروگاههای آبی در نروژ.....۲٤

شکل ۲-۳- گسترش چاهها و تونلهای تحت فشار بدون پوشش در نروژ ۲۵

شکل ۲-٤- تغییرات نشت به هنگام پرکردن اولیه تونلها و چاهها ۳۰

شکل ۲-۵- شرایط وقوع پدیده هیدروجکینگ ۳۲

شکل ۲-٦- پدیده هیدروجکینگ در درزه های قائم و افقی.....۳۳

شکل ۲-۷- معیار محدودیت عمودی ۳۵

شکل ۲-۸- معیار محدودیت اسنوی مانتین ۳٦

شکل ۲-۹- معیار محدودیت نروژی ۳٦

شکل ۲-۱۰- مقایسه بین سه معیار محدودیت نروژی، اسنوی مانتین و عمودی ۳۷

شکل ۲-۱۱- تصحیح خطوط تراز توپوگرافی جهت ارزیابی صحیح محصورشدگی ۳۷

شکل ۲-۱۲- مقایسه معیارهای مختلف محصورشدگی با روش المان محدود.....۳۸

شکل۳-۱- درصد انتقال فشار داخلی به پوشش فولادی، پوشش بتنی و سنگ ٤۵

شکل ۳-۲- تونلها و چاههای تحت فشار با پوشش بتنی و با میلگرد های مسلح کننده.....٤٦

شکل ۳-۳- اندرکنش هیدرولیکی- مکانیکی زمین ۵۱

شکل۳-٤- پوشش بتن مسلح ترک خورده و زونهای پیرامون آن در تئوری اشلایس.....۵۲

شکل ۳-۵- گسترش ترکها و توزیع تنشها در میله های فولادی درون بتن مسلح.....۵۳

شکل ۳-٦- طرح یک تونلها و چاههای تحت فشار با پوشش فولادی ۵۵

شکل ٤-۱- رابطه بین کرنش بحرانی و مدول تغییر شکل پذیری توده سنگ.....۷۸

شکل ۵-۱- وضعیت های تخمین حائل بر اساس روش Q توسط گریمستاد وبارتن، ۱۹۹۳ .....۸٤

شکل ٦-۱- شکل هندسی و مدل مش بندی بخش ریزشی چاههای سیاه بیشه ۹۷

شکل ٦-٢- موقعیت و نوع توده سنگهای پیرامون چاههای سیاه بیشه در بخش ریزشی ٩٨
شکل ٦-٣- وضعیت تنشهای قائم برجای در سنگهای اطراف چاههای سیاه بیشه در بخش ریزشی ٩٩
شکل ٦-٤- نمودار نیروهای نامتعادل کننده قبل از حفر سازه ٩٩
شکل ٦-٥- وضعیت فشار منفذی بوجود آمده حاصل از کار دستگاه حفاری و برخورد به آبهای زیرزمینی در اطراف چاه چپ.....١٠٢
شکل ٦-٦- کرنش بوجود آمده حاصل از حفر بخش بالایی چاه چپ ١٠٣
شکل ٦-٧- نمودار کرنش حاصل از حفر بخش ریزشی چاه چپ در نقاط شاهد ١٠٤
شکل ٦-٨- موقعیت نقاط شاهد در چهار سوی چاههای تحت فشار.....١٠٤
شکل ٦-٩- کرنش برشی بوجود آمده حاصل از حفر بخش پائینی چاه چپ بعد از نگهداری بخش بالایی ١٠٦
شکل ٦-١٠- کرنش برشی بوجود آمده حاصل از حفاری کامل چاه راست بدون نگهداری.....١٠٦
شکل ٦-١١- میزان کرنشهای برشی در اطراف چاه چپ به همراه نگهداری.....١١١
شکل ٦-١٢- وضعیت کرنشهای برشی پس از نصب نگهداری در چاه راست.....١١٢
شکل ٧-١- سیستم کلی تونلها و چاههای سد سیاه بیشه ١١٥

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- مشخصات سدهای بالادست و پایین دست ۵

جدول ۱-۲- تنوع شرایط زمین اطراف چاههای سیاه بیشه ۱۱

جدول ۱-۳- مشخصات گمانه های PS1، PS2 و PS3 .....۱۲

جدول ۱-٤- مدول یانگ سنگهای اطراف چاههای تحت فشار بدون در نظر داشتن تاثیرات زمین شناسی ۱۲

جدول ۱-۵- مدول یانگ سنگهای اطراف چاههای تحت فشار با در نظر داشتن تاثیرات زمین شناسی.....۱۳

جدول ۱-٦- مشخصات و اهداف کلی برای حفر گمانه های NPS10، NPS9 و NPS8 .....۱٤

جدول ۳-۱- نوع پوشش چاه و تونل تحت فشار بر حسب هد داخلی آب ٤۲

جدول ۳-۲- استاندارد های مختلف جهت ارزیابی ضخامت پوشش فولادی حین حمل ونقل ۵۹

جدول ۳-۳- موارد کاربرد رده های مختلف بتن (آبا) ٦۱

جدول ۳-٤- مقادیر حداقل پوشش بتنی بر حسب میلیمتر (آبا) ٦۲

جدول ۳-۵- مشخصات میلگردها.....٦۲

جدول ۳-٦- مشخصات مکانیکی میلگردهای موجود در ایران ٦۳

جدول ٤-۱- نام سنگها و سازندهای مورد تحلیل به همراه علامت اختصاری، چگالی و طول آنها در مقطع ریزشی چاههای سیاه بیشه ٦٦

جدول ٤-۲- طبقه بندی توده سنگ اطراف چاههای سیاه بیشه با استفاده از روش طبقه بندی RMR.....٦۷

جدول ٤-۳- مقادیر چسبندگی، زاویه اصطکاک و مقاومت فشاری برای سنگهای بخش ریزشی چاههای سیاه بیشه.٦۸

جدول ٤-٤- مقادیر مدول تغییر شکل پذیری برای توده سنگهای اطراف چاههای تحت فشار در محدوده ریزش ...٦۹

جدول ٤-۵- طبقه بندی توده سنگ در محدوده ریزش چاههای تحت فشار بر اساس مقادیر Q.....۷۱

جدول ٤-٦- مقدار مدول تغییر شکل پذیری برای توده سنگهای اطراف چاههای تحت فشار در محدوده ریزش به روش سینگ ۷۱

جدول ٤-۷- محاسبه GSI با استفاده از 'RMR.....۷۳

جدول ٤-۸- داده های ورودی نرم افزار Roclab برای توده سنگهای محدوده ریزش چاههای تحت فشار سیاه بیشه۷٤

جدول ٤-۹- داده های خروجی نرم افزار Roclab برای توده سنگهای محدوده ریزش چاههای تحت فشار سیاه بیشه ۷٤

جدول ٤-۱۰- مقادیر نسبت تنشها (k) بدست آمده ازروشهای مختلف در توده سنگهای محدوده ریزش چاههای تحت فشار سیاه بیشه ۷٦

جدول ٤-١١- مقادیر مدول برشی، مدول بالک و مقدار کرنش بحرانی حداکثر برای سنگهای محدوده ریزش چاههای تحت فشار سیاه بیشه ۷۹
جدول ٥-١- قوانین تجربی برای طراحی پیچ سنگ بر اساس پیشنهادات رسته مهندسی آمریکا ۸۲
جدول ٥-٢- مقدار ESR بر اساس نوع حفریات زیرزمینی ۸۳
جدول ٥-٣- نوع سیستم نگهداری موقت مورد نیاز بخش ریزشی چاههای تحت فشار سیاه بیشه ۸۳
جدول ٥-٤- طراحی طول پیچ سنگ و حداکثر دهانه بدون سیستم نگهدارنده در بخش ریزشی چاههای سیاه بیشه ۸٤.
جدول ٥-٥- طراحی نگهدارنده موقت بخش ریزش چاههای تحت فشار سیاه بیشه بر اساس نمودار و جداول موجود ۸٥
جدول٥-٦- تعیین ضریب تنش فعال (روسنر، ۱۹۸٤) ۸٦
جدول ٥-٧- نگهداریهای پیشنهادی برای حفاری چاه ۸۷
جدول ٥-٨- محاسبه میزان ضخامت پوشش بتنی مورد نیاز در بخش ریزشی چاههای سیاه بیشه ۹۱
جدول ٦-١- پارامترهای ورودی مورد نیاز برای نرم افزار *FLAC3D* در کل محدوده مدل ۱۰۰
جدول ٦-٢- پارامترهای ورودی مورد نیاز برای نرم افزار *FLAC3D* در اطراف چاه راست مدل ساخته شده ۱۰۰
جدول ٦-٣- پارامترهای ورودی مورد نیاز برای نرم افزار *FLAC3D* در اطراف چاه چپ ۱۰۱
جدول ٦-٤- مقایسه کرنش برشی بحرانی ساکورایی با کرنشهای برشی در چهار سوی بخش بالایی چاه چپ در نقاط شاهد و بررسی وضعیت پایداری ۱۰٥
جدول ٦-٥- مقایسه کرنش برشی بحرانی ساکورایی با کرنشهای برشی در چهار سوی بخش پائینی چاه چپ در نقاط شاهد و بررسی وضعیت پایداری ۱۰٥
جدول ٦-٦- مقایسه کرنش برشی بحرانی ساکورایی با کرنشهای برشی در چهار سوی چاه راست در نقاط شاهد و بررسی وضعیت پایداری ۱۰۷
جدول ٦-٧- پارامترهای سیستم نگهداری شاتکریت مربوط به المانهای تیر ۱۰۹
جدول٦-٨- پارامترهای ورودی سیستم نگهداری شاتکریت مربوط به المانهای تماسی ۱۰۹
جدول ٦-٩- پارامترهای ورودی سیستم نگهداری پیچ سنگ در مدلسازی عددی ۱۰۹
جدول ٦-١٠- مقایسه کرنش برشی بحرانی ساکورایی با کرنشهای برشی در چهار سوی چاه چپ در نقاط شاهد و بررسی پایداری پس از اعمال نگهداری ۱۱۱
جدول ۷-۱- طراحی پوشش بتنی برای توده سنگهای اطراف چاههای سیاه بیشه برای فشار داخلی ۲/۳۷ مگاپاسکال با سیستم تسلیح ۸ ..... ۱۱۷

جدول ۷-۲- طراحی پوشش بتنی برای توده سنگهای اطراف چاههای سیاه بیشه برای فشار داخلی ۲/۳۷ مگاپاسکال با سیستم تسلیح ۱۰ ..... ۱۱۸
جدول ۷-۳- طراحی پوشش بتنی برای توده سنگهای اطراف چاههای سیاه بیشه برای فشار داخلی ٤/٦۲ مگاپاسکال با سیستم تسلیح ۱٦ ..... ۱۱۹
جدول ۷-٤- نتایج محاسبات برای انتخاب پوشش فولادی چاههای سیاه بیشه، برای ضخامتهای مختلف ۱۲۱
جدول ۷-۵- فشار بحرانی در قطر ۵ متر و ضخامتهای مختلف پوشش فولادی ۱۲۲
جدول ۷-٦- ارزیابی کمترین ضخامت پوشش فولادی چاههای تحت فشار سد سیاه بیشه با توجه به قطر داخلی ۵ متر ۱۲۲

مقدمه

طرح سد و نیروگاه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه، یکی از طرحهای مهم و ملی در دست اجرا می باشد. این سد در شمال شهر تهران و در نزدیکی تونل کندوان، در استان مازندران واقع شده است. این طرح شامل دو سد تحت عنوان سدهای بالا و پایین می باشد. سیستم انتقال آب شامل دو تونل با قطر نهائی ۵/۷ متر که از سازه ورودی تا مخزن ضربه گیر، ۲ کیلومتر می باشد. این سیستم در ادامه به دو چاه مایل با شیب ٦٥ درجه و به قطر ۵ متر و طول تقریبی ۵۰۰ متر متصل می شود، که در نهایت در قسمت تحتانی، به دو تونل پایاب به قطرهای ۷ متر ختم می شود. سیستم انحراف نیز دو تونل به قطر ۲/۹۵ متر درناحیه سد بالادست و به قطر ٤ متر درناحیه سد پایین دست می باشد.

بعد از حفاریهای اولیه برای ایجاد پایلوت چاهها، ریزشی در حین کار دستگاه (Raise Bore) در چاه چپ، در بخش بالایی اتفاق افتاده است، که باعث کندی و توقف کار شده است. علت این ریزش، آب حاصل از بارشهای فصلی و همچنین تاثیر گسلهای منطقه ارزیابی شده است.

هدف از این تحقیق تحلیل پایداری و طراحی نگهداری مناسب در بخش ریزش، با استفاده از روشهای تجربی، تحلیلی و عددی می باشد.

فصل اول این پایان نامه در مورد کلیات طرح چاههای تحت فشار سد سیاه بیشه، شامل وضعیت زمین شناسی و معماری طرح می باشد.

در فصل دوم اصول تحلیل و طراحی تونلها و چاههای تحت فشار شرح داده شده است.

در فصل سوم از اصول طراحی پوشش بتنی و فلزی تونلها و چاههای تحت فشار صحبت می شود.

در فصل چهارم با توجه به اطلاعات محدود و عدم آزمایشات لازم در بخش ریزشی، طبقه بندی مهندسی سنگهای این منطقه انجام گرفته و پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ تا حدودی که به واقعیت نزدیک باشد، بدست آورده شده است.

در فصل پنجم با استفاده از روشهای تجربی، سیستم نگهداری موقت و ضخامت پوشش بتنی چاههای سیاه بیشه در بخش ریزشی تعیین شده است.

در فصل ششم تحلیل پایداری چاههای تحت فشار سد سیاه بیشه با استفاده از نرم افزار $FLAC^{3D}$ صورت گرفته و کفایت نگهداری موقت توسط روش عددی تعیین شده است.

در فصل هفتم نیز با استفاده از روشهای طراحی پوشش بتنی و فولادی که در فصل سوم ارائه شده است، پوشش بتنی و فلزی مناسب برای چاههای تحت فشار سد سیاه بیشه طراحی شده است.

و در نهایت در فصل هشتم نتیجه گیری و پیشنهادات از تحلیلهای انجام گرفته در این تحقیق ارائه شده است.

فصل اول :

کلیات طرح چاههای تحت فشار سد تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه

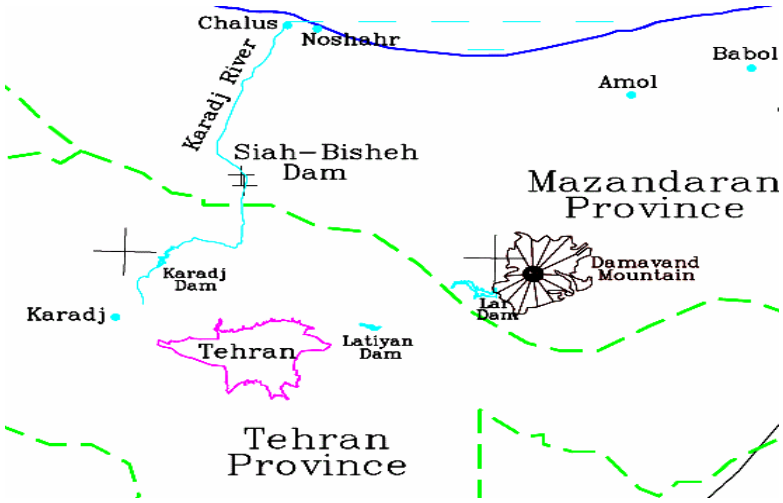
مقدمه

طرح سد و نیروگاه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه یکی از طرحهای مهم و ملی قابل توجه در دست اجرا می باشد. نیروگاههای تلمبه ذخیره ای[1] بعنوان یکی از مناسب ترین انتخابها جهت تنظیم بار شبکه برق بکار می روند. در یک شبکه که مقادیر مصرف انرژی در ساعتهای مختلف شبانه روز متفاوت است، نیاز به یک متعادل کننده مصرف وجود دارد، که یکی از مناسب ترین گزینه ها، نیروگاههای تلمبه ذخیره ای خواهد بود. میزان مصرف انرژی برق در ساعتهای مختلف شبانه روز متفاوت است، بنابراین می بایست راهکاری انتخاب کرد، که مولدهای انرژی، توانائی پاسخگوئی میزان مصرف را در اوقات پربار و کم بار مصرف داشته باشند. تنها پاسخ، انتقال مقادیری از انرژی اضافی تولید شده در زمان مصرف انرژی کم به زمانهای اوج مصرف است، که این کار از طریق پمپاژ آب ذخیره شده از سد پایین دست که در تراز پایین تر واقع شده به سد بالادست که در تراز بالاتر واقع شده، میسر است. در این روش انرژی برق اضافی و غیرقابل مصرف در شبکه جهت پمپاژ آب استفاده شده و به صورت انرژی پتانسیل در مخزن سد بالا دست ذخیره می شود. در طول ساعات روز زمانی که نیاز مصرف بسیار بیشتر از توان تولیدی نیروگاههای شبکه است، توربینهای نیروگاه تلمبه ذخیره ای مانند نیروگاههای معمولی برق- آبی بکار گرفته می شوند و با رهاسازی آب ذخیره شده در مخزن واقع در تراز بالاتر، انرژی پتانسیل ذخیره شده را تبدیل به انرژی الکتریکی می نمایند. در عمل چنین سیستمی نیروگاه تلمبه ذخیره ای نامیده می شود [۱].

[1] Pumped storage power plant

۱–۱– موقعیت جغرافیائی سد سیاه بیشه

محل اجرای طرح سد و نیروگاه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه در استان مازندران در نزدیکی روستای سیاه بیشه واقع در ۱۲۵ کیلومتری شمال تهران و در ۱۰ کیلومتری تونل کندوان بر روی رودخانه کرج، می باشد. شکل ۱–۱ این ناحیه را نشان می دهد [۱].



شکل ۱–۱– موقعیت جغرافیایی سد سیاه بیشه [۱]

۱–۲– تاریخچه طرح سد سیاه بیشه

مطالعات اولیه برای ایجاد نیروگاههای تلمبه ذخیره ای در ایران با درخواست از مهندسین مشاور بلژیکی در منطقه البرز و در قالب همکاری دو دولت ایران و بلژیک آغاز شد، که در سال ۱۳٤۹ گزارشات آن توسط شرکت تراکسیونل بلژیک به وزارت نیرو ارائه شد. عملیات مقدماتی زمین شناسی در اوایل سال ۱۳۵۷ شروع شد، که با پیروزی انقلاب اسلامی و قطع همکاری مشاورین خارجی، متوقف شد. در سال ۱۳٦۲ مطالعات طراحی فاز ۲ و تهیه اسناد مناقصه توسط شرکت مشانیر/کلنکو آغاز شد، که در سال ۱۳٦٤ این مقطع به پایان رسید. در فاصله سالهای ۱۳٦٤ تا ۱۳۷۱ کارهای مطالعاتی تکمیلی و طراحی جزئیات توسط شرکت مشانیر/ کلنکو تکمیل شد و در همین سال جهت تسریع در انجام کارهای اجرائی، بعضی از قسمتهای پروژه مانند ساخت تونلهای انحراف سدهای بالا دست و پایین دست، قسمتی از تونل دسترسی به مغار نیروگاه، تونل زهکشی نیروگاه تکمیل شد، که این فعالیتها تا سال ۱۳۷۱ ادامه داشت. کلیه عملیات اجرائی از سال ۱۳۷۱ تا سال ۱۳۸۰ تعطیل شد، که مجدداً کارهای اجرایی با عملیات تزریق تونلهای انحراف در سال ۱۳۸۱ با حمایت مالی شرکت توسعه منابع آب ایران از سر گرفته شد. بازنگری فنی و اقتصادی طرح نیز که از سال ۱۳۷۸ توسط شرکتهای EDF فرانسه و مشانیر آغاز شده بود، در سال ۱۳۸۱ به اتمام رسید [۱].

۱–۳– اهداف کلی طرح

بطور کلی مهمترین اهداف طرح به شرح ذیل می باشد [۱] :

- تولید انرژی برق آبی با نصب نیروگاهی به ظرفیت حدود ۱۰۰۰ مگاوات (٤ واحد ۲٦۰ مگاواتی) که قابل توسعه تا ۲۰۰۰ مگاوات می باشد.
- ایجاد تعادل در شبکه برق مصرفی کشور در ساعات پربار و کم بار مصرف.
- ایجاد مصرف کننده های مطمئن برای شبکه سراسری برق کشور.

۱–۴– مشخصات فنی سد سیاه بیشه

سدهای سیاه بیشه که در واقع دو سد در ترازهای مختلف می باشند، عبارتند از :

سد بالادست که در تراز بالاتر واقع است و به نام سد بالا نامیده شده است و سد پایین دست که در تراز پایین تری واقع شده و به نام سد پایین نامیده شده است.

در جدول ۱–۱ مشخصات سدهای بالادست و پایین دست آورده شده است.

جدول ۱–۱– مشخصات سدهای بالادست و پایین دست [۲]

	بالادست	پایین دست
نوع سد	سنگریزه ای با روکش بتنی	سنگریزه ای با روکش بتنی
ارتفاع سد	۸۵ متر	۱۰٤ متر
طول تاج سد	٤۲۰ متر	۳۳۰ متر
عرض تاج	۱۵ متر	۱۵ متر
پهنای سد در پی	۲۸۰ متر	۳٦۰ متر
حجم مفید مخزن	۳/۵ میلیون متر مکعب	۳/٦ میلیون متر مکعب
ظرفیت سرریز	۱۷۰ متر مکعب بر ثانیه	۸۹۰ متر مکعب بر ثانیه
نوع سرریز	اوجی آزاد	اوجی آزاد
سیستهم استهلاک انرژی	حوضچه جامی شکل	حوضچه جامی شکل با حوضچه استغراق

سیستم انتقال آب شامل دو تونل با قطر نهائی ۵/۷ متر که از سازه ورودی تا مخزن ضربه گیر، ۲ کیلومتر می باشد و ظرفیت انتقال آن ۱۳۰ متر مکعب بر ثانیه و دبی طراحی شده در زمان پمپاژ ۱۰۰ متر مکعب در ثانیه می باشد.

این سیستم شامل دو چاه مایل به قطر ۵ متر و طول تقریبی ۵۰۰ متر می باشد. نوع پوشش چاهها پوشش فلزی است و در نهایت در قسمت تحتانی، دو تونل پایاب به قطرهای ۷ متر ایجاد شده است.

سیستم انحراف تعداد دو عدد تونل به قطرهای ۲/۹۵ درناحیه سد بالادست و ٤ متر درناحیه سد پایین دست می باشد.