



۱۰۲۵۳۰



وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده علوم زمین

گروه آموزشی زمین شناسی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته زمین شناسی / گرایش آب شناسی (هیدروژئولوژی)

عنوان

هیدروژئولوژی و رفتار هیدروژئومکانیکی پی سد سیمره

استاد راهنما

دکتر رادین اسپندار

اساتید مشاور

دکتر حمیدرضا ناصری

مهندس مهرداد سیاری نژاد

نگارنده

مهدی ایل بیگی قلعه‌نی

نیمسال اول سال تحصیلی ۸۶-۸۷

۱۰۲۵۳۰

۲۵ / ۱۲ / ۱۳۸۶

مهر و امضاء
دکتر رادین اسپندار
استاد راهنما

بسمه تعالی
وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری
دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده علوم زمین
گروه زمین شناسی
تأییدیه دفاع از پایان نامه
کارشناسی ارشد

این پایان نامه توسط آقای مهدی ایل بیگی قلعه‌نی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته زمین شناسی گرایش آب شناسی در تاریخ ۱۳۸۶/۸/۲۳ مورد دفاع قرار گرفت و براساس رأی هیأت داوران با نمره ۱۸/۴۰ (هیجده و چهل صدم) و درجه عالی پذیرفته شد .

استاد راهنما: آقای دکتر رادین اسپندار

استاد مشاور: آقای دکتر حمیدرضا ناصری

استاد مشاور: آقای مهندس مهرداد همیاری نژاد

استاد داور: آقای دکتر سید احمد علوی

استاد داور: آقای دکتر منصور قربانی

تقدیم به

آنانکه

به من آموختند

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس پروردگار متعال را که بر این بنده حقیر منت نهاد که در اجرای بخشی از فرامین خود، مبنی بر فراگیری علم یاری رساند. حال که با استعانت آن یگانه معبود هستی موفق به طی دروه کارشناسی ارشد شده‌ام، عاجزانه از او می‌خواهم که لحظه لحظه زندگی‌ام را با هدف قرب به درگاهش توأم فرماید.

طی اجرای این پایان نامه افراد بسیاری اینجانب را یاری نمودند که ذکر نام تمامی آنها مقدور نیست، امیدوارم آنان که نامشان در این بخش آورده نشده گمان نکنند که قدر یاری هایشان شناخته نیست.

از استاد راهنمای محترم جناب آقای دکتر رادین اسپندار که با دقت و حوصله فراوان، در طول انجام پایان نامه، راهنمایی‌های لازم را فرموده‌اند و از اساتید مشاور جناب آقای دکتر حمیدرضا ناصری و جناب آقای مهندس مهرداد سیاری نژاد که از رهنمودهای لازم دریغ نفرمودند، کمال تشکر و سپاسگزاری را دارم.

همچنین از زحمات گرانقدر جناب آقای دکتر رضا حقیقت که در دوران کارشناسی ارشد افتخار شاگردی ایشان را داشته‌ام، کمال تشکر را دارم.

در تمامی مراحل اجرای پایان نامه، شرکت های پیمانکاری پرلیت، مهندسین مشاور مهتاب قدس و توسعه منابع آب و نیروی انسانی امکانات لازم برای انجام مطالعات را در اختیار اینجانب قرار دادند که بدینوسیله از مهندسان این شرکت آقایان: لطف آذر، بهزادی، ساعت ساز، آکنده، موسوی، فرشیدفر، باهوش، کمالی و خانی تشکر و قدردانی می‌کنم.

از دوستان بسیار عزیزم آقایان یعقوب نیک قوجق، حسین عابدیان، مسعود مرسلی، هادی حیدری، میثم حبیبی، مجید قربانی، مهدی مفید، روزبه یزدانفر و رحیم باقری که همواره کمک و راهنمای من بودند کمال تشکر را دارم.

در پایان کمال تشکر خود را از خانواده محترمم و بویژه پدر و مادرم به خاطر کمک و پشتیبانی‌های بی شائبه‌شان، دارم.

مهدی ایل‌بیگی

آذر ۸۶

اقرار و تعهدنامه

اینجانب مهدی ایل بیگی دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، رشته زمین شناسی، گرایش آب شناسی پایان نامه حاضر را بر اساس مطالعات و تحقیقات شخصی خود انجام داده و در صورت استفاده از داده‌ها، مآخذ، منابع و نقشه‌ها به‌طور کامل به آن ارجاع داده‌ام، ضمناً داده‌ها و نقشه‌های موجود را با توجه به مطالعات میدانی - صحرایی خود تدوین نموده‌ام. این پایان نامه پیش از این به هیچ وجه در مرجع رسمی یا غیر رسمی دیگری به عنوان گزارش یا طرح تحقیقاتی عرضه نشده است. در صورتی که خلاف آن ثابت شود، درجه‌ی دریافتی اینجانب از اعتبار ساقط شده، عواقب و نتایج حقوقی حاصله را می‌پذیرم.

۱۳۸۶/۹/۱۱

امضاء



چکیده

سد سیمره در حوضه آبریز کرخه، بر روی رودخانه سیمره و در حدود ۴۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان دره شهر از توابع استان ایلام و در محدوده زاگرس چین خورده در دست احداث است. این سد از نوع بتنی دو قوسی نازک به ارتفاع ۱۸۰ متر (از سنگ پی) می باشد و پس از احداث، دریاچه بزرگی به حجم تقریبی $3/2$ میلیارد متر مکعب ایجاد خواهد کرد. در این پایان نامه، ساختگاه سد از نظر زمین شناسی، هیدروژئولوژی، هیدروژئوشیمی و ژئوتکنیکی مورد بررسی قرار گرفته است. از نظر زمین شناسی، ساختگاه سد عمدتاً از سنگهای آهکی و آهک دولومیتی سازند آسماری تشکیل شده است. این سازند در محدوده ساختگاه سد متوسط تا ضخیم لایه می باشد. در محدوده مخزن سد و ترازهای بالای جناحین سد سازند گچساران رخنمون دارد. تقریباً تمامی گسل هایی که در محدوده ساختگاه رخنمون دارند از نوع امتدادی و نرمال هستند.

در بررسی های هیدروژئولوژی محدوده مورد مطالعه، اندازه گیری دوره های سطح ایستابی و همچنین دمای آب گمانه های پیزومتری محدوده ساختگاه در دستور کار قرار گرفته است. ارزیابی عمق و دمای آب این پیزومترها نشان می دهد که نوسانات تراز سطح آب و همچنین دمای آب در محدوده سد، در طی دو دوره خشک و مرطوب چندان زیاد نیست که احتمالاً نشان دهنده عدم توسعه فرآیندهای کارستی پیشرفته در محدوده ای که پیزومترها حفاری شده اند، می باشد. همچنین به منظور بررسی های هیدروژئوشیمی، دو نوبت نمونه برداری از منابع آبی محدوده ساختگاه به عمل آمده است. بر اساس نتایج آنالیز شیمیایی ۹ نمونه آب، غالب ترین تیپ های آب زیرزمینی، کلروره سدیک و سولفات کلسیک می باشد.

یکی از مهمترین پارامترها در طراحی سازه های آبی بزرگ (به ویژه سدها)، نفوذپذیری ساختگاه آنهاست. مرسوم ترین روش برای تعیین ضریب نفوذپذیری سنگ ها، استفاده از آزمایش فشار آب (لوژن) می باشد. در این پایان نامه، نفوذپذیری و رفتار هیدروژئومکانیکی توده سنگ قسمت های مختلف ساختگاه با استفاده از نتایج آزمایشات لوژن، تعیین و در نهایت این قسمت ها از نظر پتانسیل آبگذری و نوع رفتار هیدروژئومکانیکی با هم مقایسه شده اند. همچنین با توجه به نتایج تست توموگرافی لرزه ای و نقشه های حین ساخت تزریق، ترازهایی که مقادیر بالای نفوذپذیری از خود نشان می دهند تعیین شدند. بر اساس نتایج بدست آمده، در کل ساختگاه سد سیمره، اکثر مقاطع نفوذناپذیر تا نفوذپذیری خیلی کم بوده و دسته بدون جریان بیشترین فراوانی را دارد.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

۲	۱-۱- مقدمه.....
۳	۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی.....
۵	۳-۱- مشخصات عمومی سد.....
۵	۴-۱- وضعیت آب و هوایی.....
۵	۱-۴-۱- هواشناسی.....
۵	۲-۴-۱- آب شناسی (هیدرولوژی).....
۵	۱-۲-۴-۱- فیزیوگرافی رودخانه.....
۷	۲-۲-۴-۱- وضعیت هیدرودینامیکی رودخانه.....
۷	۳-۲-۴-۱- کیفیت آب رودخانه سیمره.....
۸	۴-۲-۴-۱- رسوبگذاری مخزن.....
۸	۵-۱- اهداف تحقیق.....
۸	۶-۱- روش تحقیق.....

فصل دوم: تئوری مطلب

۱۱	۱-۲- هیدروژئولوژی.....
۱۱	۱-۱-۲- کارست.....
۱۲	۱-۱-۱-۲- پدیده‌های کارستی.....
۱۳	۲-۱-۱-۲- توسعه کارست در سازندهای مختلف.....
۱۴	۲-۱-۲- شبکه پیزومتری.....
۱۴	۱-۲-۱-۲- نوسانات سطح آب زیرزمینی.....
۱۵	۲-۲-۱-۲- نوسانات دمای آب زیرزمینی.....
۱۶	۳-۱-۲- تزریق (Grouting).....
۱۷	۱-۳-۱-۲- عوامل مؤثر بر تزریق پذیری.....
۱۸	۴-۱-۲- ردیابی.....
۱۸	۵-۱-۲- روش‌های ژئوفیزیکی.....
۲۲	۲-۲- هیدروژئوشیمی.....

۲۳	۱-۲-۲- تحلیل داده‌های هیدروژئوشیمی
۲۳	۱-۱-۲-۲- تعیین جنس سنگ مخزن آب زیرزمینی
۲۵	۲-۱-۲-۲- تیپ و رخساره‌های هیدروشیمیایی آب
۲۵	۳-۱-۲-۲- تحول ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی و چینه‌شناسی
۲۶	۳-۲- نفوذپذیری
۲۶	۱-۳-۲- داده‌های ژئوتکنیک (آزمایشات لوژن)
۲۶	۱-۱-۳-۲- جریان آب زیرزمینی در سنگ
۲۷	۲-۱-۳-۲- تعیین نفوذپذیری سنگ
۲۷	۳-۱-۳-۲- آزمایش فشار آب
۴۲	۴-۱-۳-۲- ضریب نفوذپذیری ظاهری سنگ و عدد لوژن
۴۴	۵-۱-۳-۲- نفوذپذیری بر اساس مقادیر لوژن
۴۸	۲-۳-۲- رده بندی توده سنگ بر حسب شاخص کیفیت سنگ (RQD)
۴۸	۳-۳-۲- بررسی رابطه بین RQD و LU

فصل سوم: زمین‌شناسی

۵۱	۱-۳- مقدمه
۵۱	۲-۳- زمین‌شناسی ناحیه‌ای
۵۱	۳-۳- زمین‌شناسی عمومی منطقه
۵۲	۴-۳- زمین ریخت‌شناسی
۵۲	۱-۴-۳- ریخت‌شناسی نوع صخره‌ای
۵۵	۲-۴-۳- ریخت‌شناسی نوع ملایم
۵۵	۱-۲-۴-۳- ریخت‌شناسی سنگ‌های نامقاوم
۵۵	۲-۲-۴-۳- ریخت‌شناسی نوع پادگانه‌های آبرفتی
۵۵	۳-۴-۳- ریخت‌شناسی مسیر رودخانه سیمره
۵۸	۴-۴-۳- لغزش بزرگ سیمره
۵۸	۵-۳- چینه‌شناسی محدوده مورد مطالعه
۵۸	۱-۵-۳- سازند آسماری (الیگومیوسن)
۵۹	۱-۱-۵-۳- واحد آسماری بالایی
۶۰	۲-۱-۵-۳- واحد آسماری میانی
۶۰	۳-۱-۵-۳- واحد آسماری پایینی
۶۰	۲-۵-۳- سازند گچساران (میو - پلیوسن)

- ۳-۵-۳- سازند بختیاری (پلیو - پلیستوسن)..... ۶۰
- ۳-۵-۴- روبار..... ۶۱
- ۳-۵-۴-۱- رسوبات آبرفتی جوان (QAL)..... ۶۱
- ۳-۵-۴-۲- رسوبات دریاچه‌ای (QT1)..... ۶۱
- ۳-۵-۴-۳- رسوبات واریزه‌ای و سنگ‌ریزش‌ها (Talus deposits)..... ۶۱
- ۳-۵-۴-۴- رسوبات آبرفتی قدیمی (QT2)..... ۶۱
- ۳-۶- زمین‌ساخت عمومی منطقه..... ۶۱
- ۳-۷- زمین‌شناسی ساختمانی..... ۶۲
- ۳-۷-۱- گسل‌های محدوده ساختگاه..... ۶۲

فصل چهارم: هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی

- ۴-۱- هیدروژئولوژی..... ۷۴
- ۴-۱-۱- پدیده‌های کارستی در محدوده مورد مطالعه..... ۷۴
- ۴-۱-۲- توسعه کارست در سازندهای محدوده ساختگاه..... ۷۹
- ۴-۱-۳- هیدروژئولوژی عمومی منطقه..... ۸۰
- ۴-۱-۴- هیدروژئولوژی کارست ساختگاه سد..... ۸۲
- ۴-۱-۴-۱- شبکه پیزومتری..... ۸۲
- ۴-۱-۴-۲- تعیین پایین‌ترین تراز توسعه حفرات انحلالی و یا گسترش درز و شکستگی با استفاده از نقشه‌های حین ساخت تزریق در ساختگاه سد..... ۸۹
- ۴-۱-۴-۳- بررسی توسعه حفرات انحلالی و یا درز و شکستگی در پی سد با استفاده از نقشه‌های در حین ساخت تزریق..... ۹۵
- ۴-۱-۴-۴- بررسی توسعه درز و شکستگی و یا حفرات انحلالی در پی سد با توجه به مغزه‌های بدست آمده از گمانه‌های اکتشافی حفاری شده در فاز اجرا..... ۹۶
- ۴-۱-۴-۵- نتایج آزمایشات ردیابی..... ۱۰۰
- ۴-۱-۴-۶- توموگرافی لرزه‌ای..... ۱۰۶
- ۴-۲- هیدروژئوشیمی..... ۱۱۴
- ۴-۲-۱- نقاط نمونه برداری جناح چپ..... ۱۱۸
- ۴-۲-۱-۱- گمانه ردیابی..... ۱۱۸
- ۴-۲-۱-۲- گمانه SPL9..... ۱۲۰
- ۴-۲-۱-۳- چشمه خروجی تونل آبر نیروگاه..... ۱۲۲
- ۴-۲-۱-۴- چشمه SP30..... ۱۲۴

۱۲۴.....	۴-۲-۱-۵- چشمه SP22
۱۲۷.....	۴-۲-۲- نقاط نمونه برداری جناح راست.....
۱۲۷.....	۴-۲-۱- گمانه TTH2
۱۲۹.....	۴-۲-۲- چشمه SPD2
۱۳۰.....	۴-۲-۳- پی سد.....
۱۳۰.....	۴-۲-۱- گمانه آرتزین.....
۱۳۳.....	۴-۲-۴- آب رودخانه در محور سد.....
۱۳۵.....	۴-۲-۵- فرآیندهای ژئوشیمیایی منابع آب.....
۱۳۵.....	۴-۲-۱-۵- رابطه بین EC و TDS.....
۱۳۵.....	۴-۲-۵-۲- نمودارهای ترکیبی.....

فصل پنجم: نفوذپذیری

۱۴۶.....	۵- نفوذپذیری ساختگاه سد سیمره.....
۱۴۶.....	۵-۱- نفوذپذیری در قسمت‌های مختلف ساختگاه.....
۱۴۸.....	۵-۱-۱- جناح چپ.....
۱۵۲.....	۵-۱-۲- بستر.....
۱۵۴.....	۵-۱-۳- جناح راست.....
۱۵۶.....	۵-۱-۴- مجموعه ساختگاه.....
۱۶۰.....	۵-۲- بررسی تغییرات نفوذپذیری نسبت به عمق.....
۱۶۰.....	۵-۳- رده بندی توده سنگ بر حسب شاخص کیفیت سنگ (RQD).....
۱۶۷.....	۵-۴- بررسی رابطه بین RQD و LU.....
۱۶۸.....	۵-۴-۱- جناح چپ.....
۱۶۸.....	۵-۴-۲- جناح راست.....
۱۷۱.....	۵-۴-۳- بستر.....
۱۷۱.....	۵-۴-۴- مجموعه کل ساختگاه.....
۱۷۳.....	۵-۵- بررسی رابطه بین میزان خوردن آب و دوغاب در تزریقات آزمایشی در ساختگاه سد سیمره.....

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۸۱.....	۶-۱- نتیجه‌گیری.....
۱۸۳.....	۶-۲- پیشنهادات.....
۱۸۵.....	منابع.....

فهرست جداول

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

- جدول ۱-۱- دبی رودخانه سیمره در محل سد سیمره..... ۷
جدول ۱-۲- نتایج مطالعات فراوانی سیلاب در محل سد سیمره..... ۷

فصل دوم: تئوری مطلب

- جدول ۱-۲- رابطه بین نسبت معرف و جنس سنگ مخزن..... ۲۴
جدول ۲-۲- دقت و حساسیت اعداد لوژن..... ۳۶
جدول ۲-۳- توصیف کیفی نفوذپذیری بر اساس عدد لوژن در برخی کشورها..... ۳۶
جدول ۲-۴- معیار نفوذناپذیر سازی ارائه شده توسط نویسندگان مختلف..... ۴۵
جدول ۲-۵- طبقه بندی مقاومت توده سنگ بر حسب RQD..... ۴۸

فصل چهارم: هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی

- جدول ۴-۱- تراز سطح آب زیرزمینی در گمانه های ساختگاه سد در سال ۸۵..... ۸۵
جدول ۴-۲- دمای آب اندازه گیری شده در گمانه های ساختگاه سد در سال ۸۵..... ۸۸
جدول ۴-۳- مختصات گمانه های توموگرافی گالری تزریق GR3..... ۱۰۷
جدول ۴-۴- مختصات نگاشت های توموگرافی..... ۱۰۷
جدول ۴-۵- مختصات گمانه های توموگرافی تونل آب بر نیروگاه..... ۱۱۲
جدول ۴-۶- مختصات نگاشت های بدست آمده جناح چپ..... ۱۱۲
جدول ۴-۷- نتایج سنجش شیمیایی پارامترهای مختلف منابع آبی محدوده ساختگاه سد (شهریور ۸۵)..... ۱۱۶
جدول ۴-۸- نتایج سنجش شیمیایی پارامترهای مختلف منابع آبی محدوده ساختگاه سد (فروردین ۸۶)..... ۱۱۶
جدول ۴-۹- مقدار نمایه های اشباع نمونه های آب محدوده ساختگاه سد (شهریور ۸۵)..... ۱۱۷
جدول ۴-۱۰- مقدار نمایه های اشباع نمونه های آب محدوده ساختگاه سد (فروردین ۸۶)..... ۱۱۷

فصل پنجم: نفوذپذیری

- جدول ۵-۱- مختصات گمانه‌های اکتشافی..... ۱۴۸
- جدول ۵-۲- تقسیم بندی اعداد لوژن به منظور توصیف کیفی نفوذپذیری..... ۱۴۹
- جدول ۵-۳- درصد فراوانی مقادیر لوژن در هر کدام از قسمت‌های ساختگاه..... ۱۵۰
- جدول ۵-۴- درصد فراوانی رفتارهای هیدروژئومکانیکی سنگ و ناپیوستگی‌ها در هر کدام از قسمت‌های ساختگاه..... ۱۵۰
- جدول ۵-۵- درصد فراوانی مقادیر شاخص کیفیت سنگ (RQD) در قسمت‌های مختلف ساختگاه..... ۱۶۵
- جدول ۵-۶- دسته‌ها و گروه‌های بوجود آمده از تلفیق جداول ۵-۳ و ۵-۵..... ۱۶۹
- جدول ۵-۷- درصد فراوانی گروه‌های ۲۵ گانه در هر کدام از قسمت‌های ساختگاه..... ۱۷۰
- جدول ۵-۸- مقادیر لوژن، رفتار هیدروژئومکانیکی و جذب سیمان به دست آمده در هر کدام از گمانه‌های تزریق آزمایشی پانل اول..... ۱۷۶
- جدول ۵-۹- مقادیر لوژن، رفتار هیدروژئومکانیکی و جذب سیمان به دست آمده در هر کدام از گمانه‌های تزریق آزمایشی پانل دوم..... ۱۷۷
- جدول ۵-۱۰- مقادیر لوژن، رفتار هیدروژئومکانیکی و جذب سیمان به دست آمده در هر کدام از گمانه‌های تزریق آزمایشی پانل سوم..... ۱۷۹

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

- شکل ۱-۱-۱- موقعیت جغرافیایی ساختگاه سد و نیروگاه سیمره..... ۴
- شکل ۱-۱-۲- وضعیت شماتیک رودخانه سیمره ۶

فصل دوم: تئوری مطلب

- شکل ۱-۲-۱- شمایی از انجام عملیات لرزه‌ای درون چاهی سطح به عمق (Down-hole)..... ۲۰
- شکل ۲-۲-۲- شمای انجام عملیات لرزه‌ای توموگرافی بین چاهی..... ۲۱
- شکل ۳-۲-۳- شمای کلی و تجهیزات مورد نیاز برای آزمایش فشار آب (لوژن)..... ۳۰
- شکل ۴-۲-۴- تأثیر تغییر طول قطعه مورد آزمایش نفوذپذیری در تعیین محل دقیق مناطق با نفوذپذیری زیاد..... ۳۱
- شکل ۵-۲-۵- یک راهنمای کلی برای فشار آزمایش لوژن و تزریق شکل ۲-۶- فشار موثر در مقطع آزمایش..... ۳۳
- شکل ۶-۲-۶- فشار مؤثر در مقطع آزمایش..... ۳۴
- شکل ۷-۲-۷- انواع دیاگرام‌های P-Q ۳۹
- شکل ۸-۲-۸- تقسیم بندی دیاگرام‌های P-Q بر اساس شرایط هیدروژئومکانیکی ۴۰
- شکل ۹-۲-۹- روش هولزی برای انتخاب عدد لوژن و نوع رفتار هیدروژئومکانیکی سنگ ۴۳
- شکل ۱۰-۲-۱۰- معیار نفوذناپذیرسازی بر اساس نتایج آزمایش فشار آب..... ۴۶
- شکل ۱۱-۲-۱۱- معیار نفوذناپذیرسازی بر اساس پیشنهاد هولزی ۴۷

فصل سوم: زمین شناسی

- شکل ۱-۳-۱- دره محل ساختگاه سد (نگاه به سمت جنوب)..... ۵۳
- شکل ۲-۳-۲- دره محل ساختگاه سد (نگاه به سمت شمال)..... ۵۴
- شکل ۳-۳-۳- نمایی از دره سنجی و دره محل..... ۵۴
- شکل ۴-۳-۴- رخنمون سازندهای با مقاومت کمتر (تپه ماهورها و پادگانه های آبرفتی)..... ۵۵
- شکل ۵-۳-۵- عکس ماهواره ای منطقه (ریخت شناسی رودخانه سیمره ۵۶
- شکل ۶-۳-۶- ریخت شناسی رودخانه سیمره در فصل تر (فروردین ۸۶)..... ۵۶

- شکل ۳-۷- نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه ۵۹
- شکل ۳-۸- ساختار استیلولیتی مشاهده شده در آهک‌های مارنی ۵۹
- شکل ۳-۹- حفرات ناشی از انحلال پوسته‌های فسیل ۵۹
- شکل ۳-۱۰- روند کلی طاق‌دیس‌های منطقه ۶۳
- شکل ۳-۱۱- گسل‌های امتدادی محدوده مورد مطالعه ۶۴
- شکل ۳-۱۲- رخنمون گسل‌های F1 و F2 در جناح چپ ۶۵
- شکل ۳-۱۳- رخنمون گسل‌های F12 و F13 در جناح چپ ۶۵
- شکل ۳-۱۴- زون برشی گسل F5 ۶۶
- شکل ۳-۱۵- بازشدگی و زون برشی ناشی از گسل F6 در گالری تزریق GR3 ۶۷
- شکل ۳-۱۶- رخنمون گسل F6 در جناح راست ۶۷
- شکل ۳-۱۷- گسل‌های F1, F9 در جناح راست ۶۸
- شکل ۳-۱۸- گوه ایجاد شده ناشی از تقاطع گسل‌های F1, F3 ۶۸
- شکل ۳-۱۹- ریزش حجم عظیم توده سنگ در زیر تراز ۷۷۰، جناح چپ ۶۹
- شکل ۳-۲۰- درزه‌های ایجاد شده در جناح راست ۷۰
- شکل ۳-۲۱- درزه پر شده با کلسیت ثانویه ۷۱
- شکل ۳-۲۲- درزه‌های پر شده با رس ۷۱
- شکل ۳-۲۳- آغشتگی سطح درزه توسط اکسید آهن ۷۱
- شکل ۳-۲۴- نمودار گل سرخی درزه‌های برداشت شده از ساختگاه سد سیمره ۷۲

فصل چهارم: هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی

- شکل ۴-۱- رسوب مجدد کلسیت ناشی از فرایند انحلال فشاری در Vug ۷۵
- شکل ۴-۲- حفرات انحلالی مشاهده شده در ساختگاه سد ۷۶
- شکل ۴-۳- لایه بندی شیب‌دار مواد نهشته شده در داخل حفره کارستی پی سد ۷۶
- شکل ۴-۴- آبروچاله‌های مشاهده شده در مخزن سد ۷۷
- شکل ۴-۵- پناهگاه سنگی در واحد آهکی آسماری ۷۸
- شکل ۴-۶- نحوه تشکیل شماتیک پناهگاه‌های سنگی ۷۸
- شکل ۴-۷- مدل شماتیک حرکت آب از طاق‌دیس ویزنهار به طاق‌دیس راوندی ۸۱
- شکل ۴-۸- موقعیت گمانه‌های فعال ساختگاه سد ۸۳
- شکل ۴-۹- نمودار تغییرات سطح آب زیرزمینی در گمانه‌ها ۸۶
- شکل ۴-۱۰- نمودار تغییرات دمای آب زیرزمینی در گمانه‌ها ۸۷
- شکل ۴-۱۱- تغییرات سطح اساس فرسایش ۹۰

- شکل ۴-۱۲- جانمایی گالریهای تزریق ساختگاه سد سیمره..... ۹۱
- شکل ۴-۱۳- پلان گالریهای تزریق ساختگاه سد سیمره..... ۹۲
- شکل ۴-۱۴- نمودار ترازهای مقاطع خوردن بالای دوغاب جناح راست..... ۹۳
- شکل ۴-۱۵- نمودار ترازهای مقاطع خوردن بالای دوغاب جناح چپ..... ۹۴
- شکل ۴-۱۶- نمودار ترازهای مقاطع خوردن بالای دوغاب کل ساختگاه..... ۹۴
- شکل ۴-۱۷- محدوده‌های با خوردن سیمان بالا در ساختگاه سد..... ۹۷
- شکل ۴-۱۸- حفره مشاهده شده در پی سد..... ۹۸
- شکل ۴-۱۹- موقعیت گمانه‌های اکتشافی پی سد..... ۹۸
- شکل ۴-۲۰- شسته شدن مغزه حفاری در گمانه EX2..... ۹۹
- شکل ۴-۲۱- گل آلود بودن آب برگشتی حفاری گمانه‌های تزریق تحکیمی پی سد..... ۹۹
- شکل ۴-۲۲- موقعیت گمانه‌های مورد استفاده در آزمایش ردیابی رنگی..... ۱۰۱
- شکل ۴-۲۳- مدل شماتیک حرکت آب در سازند گچساران..... ۱۰۳
- شکل ۴-۲۴- موقعیت گمانه تزریق (ردیابی تیر ۸۵ جناح چپ) و نقاط نمونه‌برداری..... ۱۰۶
- شکل ۴-۲۵- جانمایی گمانه‌های توموگرافی جناح راست..... ۱۰۸
- شکل ۴-۲۶- وضعیت مقاطع با نفوذپذیری بالا در گمانه‌های توموگرافی جناح راست..... ۱۱۰
- شکل ۴-۲۷- مقطع هم سرعت بین گالریهای GR1 و GR3..... ۱۱۱
- شکل ۴-۲۸- جانمایی گمانه‌های توموگرافی جناح چپ..... ۱۱۳
- شکل ۴-۲۹- مقطع هم سرعت بین گمانه‌های TTH6 و TTH9..... ۱۱۴
- شکل ۴-۳۰- موقعیت نقاط نمونه برداری در ساختگاه سد..... ۱۱۵
- شکل ۴-۳۱- موقعیت گمانه ردیابی در جناح چپ..... ۱۱۹
- شکل ۴-۳۲- نمودار پایپر آب گمانه ردیابی..... ۱۱۹
- شکل ۴-۳۳- موقعیت گمانه SPL9 در تونل آب‌بر نیروگاه..... ۱۲۱
- شکل ۴-۳۴- نمودار پایپر آب گمانه SPL9..... ۱۲۱
- شکل ۴-۳۵- چشمه خروجی تونل آب‌بر نیروگاه..... ۱۲۳
- شکل ۴-۳۶- نمودار پایپر آب چشمه خروجی تونل آب‌بر نیروگاه..... ۱۲۳
- شکل ۴-۳۷- موقعیت مظهر چشمه SP30 در جناح چپ..... ۱۲۵
- شکل ۴-۳۸- نمودار پایپر آب چشمه SP30..... ۱۲۵
- شکل ۴-۳۹- موقعیت مظهر چشمه SP22 در جناح چپ..... ۱۲۶
- شکل ۴-۴۰- نمودار پایپر آب چشمه SP22..... ۱۲۶
- شکل ۴-۴۱- موقعیت گمانه TTH2 در گالری تزریق GR3..... ۱۲۸
- شکل ۴-۴۲- نمودار پایپر آب گمانه TTH2..... ۱۲۹
- شکل ۴-۴۳- موقعیت مظهر چشمه SPD2 در جناح راست..... ۱۳۰

- شکل ۴-۴۴- نمودار پایپر آب چشمه SPD2..... ۱۳۰
- شکل ۴-۴۵- موقعیت گمانه آرتزین گود پی سد..... ۱۳۲
- شکل ۴-۴۶- نمودار پایپر آب گمانه آرتزین پی سد..... ۱۳۲
- شکل ۴-۴۷- موقعیت محل نمونه برداری از آب رودخانه..... ۱۳۴
- شکل ۴-۴۸- نمودار پایپر آب رودخانه..... ۱۳۴
- شکل ۴-۴۹- عوامل کنترل کننده شیمی آب رودخانه..... ۱۳۴
- شکل ۴-۵۰- نمودار هدایت الکتریکی با کل جامدات محلول..... ۱۳۵
- شکل ۴-۵۱- نمودار ترکیبی کل مواد جامد محلول آب در مقابل متشکله های آب زیرزمینی
ساختگاه سد..... ۱۳۷
- شکل ۴-۵۲- نمودار دو متغیره کلسیم در مقابل سولفات نمونه های ساختگاه سد..... ۱۳۸
- شکل ۴-۵۳- نمودار نمایش دهنده فرایندهای تبادل کاتیونی نمونه های ساختگاه سد..... ۱۳۹
- شکل ۴-۵۴- نمودارهای نمایه اشباع کلسیت در مقابل نمایه اشباع دولومیت..... ۱۴۰
- شکل ۴-۵۵- نمودارهای استیف نقاط نمونه برداری ساختگاه سد (شهریور ۸۵)..... ۱۴۲
- شکل ۴-۵۶- نمودار پایپر نقاط نمونه برداری ساختگاه سد..... ۱۴۳
- شکل ۴-۵۷- نمودار دورو نقاط نمونه برداری ساختگاه سد..... ۱۴۳
- شکل ۴-۵۸- رابطه بین EC و Na+K..... ۱۴۴

فصل پنجم: نفوذپذیری

- شکل ۵-۱- موقعیت گمانه های اکتشافی فاز ۱ و ۲ مطالعاتی ساختگاه سد سیمره..... ۱۴۷
- شکل ۵-۲- تقسیم بندی ساختگاه سد جهت بررسی نفوذپذیری..... ۱۴۹
- شکل ۵-۳- نمودار درصد فراوانی مقادیر لوژن در جناح چپ..... ۱۵۱
- شکل ۵-۴- مناطق خردشده گمانه TTH7 (عمق ۱۵ تا ۲۰ متری)..... ۱۵۱
- شکل ۵-۵- نمودار درصد فراوانی رفتارهای هیدروژئومکانیکی جناح چپ..... ۱۵۲
- شکل ۵-۶- درصد فراوانی مقادیر لوژن در بستر..... ۱۵۳
- شکل ۵-۷- مقاطع با خردشدگی زیاد و Core Wash گمانه EX4..... ۱۵۳
- شکل ۵-۸- درصد فراوانی رفتارهای هیدروژئومکانیکی در بستر..... ۱۵۴
- شکل ۵-۹- سنگ بکر و یا با پرشدگی (گمانه EX5)..... ۱۵۴
- شکل ۵-۱۰- درصد فراوانی مقادیر لوژن در جناح راست..... ۱۵۵
- شکل ۵-۱۱- درصد فراوانی رفتارهای هیدروژئومکانیکی در جناح راست..... ۱۵۶
- شکل ۵-۱۲- نمودار درصد فراوانی مقادیر لوژن در قسمت های مختلف ساختگاه..... ۱۵۸

- شکل ۵-۱۳- نمودار درصد فراوانی رفتارهای هیدروژئومکانیکی در قسمت‌های مختلف
 ساختگاه..... ۱۵۸
- شکل ۵-۱۴- نمودار درصد فراوانی مقادیر لوژن در کل ساختگاه..... ۱۵۹
- شکل ۵-۱۵- نمودار درصد فراوانی رفتارهای هیدروژئومکانیکی در کل ساختگاه..... ۱۵۹
- شکل ۵-۱۶- موقعیت گمانه‌های اکتشافی در محور سد و نمودارهای میله‌ای لوژن در برابر
 RQD..... ۱۶۱
- شکل ۵-۱۷- موقعیت گمانه‌های اکتشافی در بستر رودخانه و نمودارهای میله‌ای لوژن در برابر
 RQD..... ۱۶۲
- شکل ۵-۱۸- موقعیت گمانه‌های اکتشافی در جناح چپ و نمودارهای میله‌ای لوژن در برابر
 RQD..... ۱۶۳
- شکل ۵-۱۹- موقعیت گمانه‌های اکتشافی در جناح راست و نمودارهای میله‌ای لوژن در برابر
 RQD..... ۱۶۴
- شکل ۵-۲۰- نمودار تغییرات شاخص کیفیت سنگ در کل ساختگاه..... ۱۶۵
- شکل ۵-۲۱- نمودار درصد شاخص کیفیت سنگ در قسمت‌های مختلف ساختگاه..... ۱۶۶
- شکل ۵-۲۲- نمودار تغییرات شاخص کیفیت سنگ در جناح چپ..... ۱۶۶
- شکل ۵-۲۳- نمودار تغییرات شاخص کیفیت سنگ در جناح راست..... ۱۶۷
- شکل ۵-۲۴- نمودار تغییرات شاخص کیفیت سنگ در بستر..... ۱۶۷
- شکل ۵-۲۵- نمودار درصد فراوانی هر کدام از گروه‌های ۲۵ گانه جناح چپ..... ۱۷۰
- شکل ۵-۲۶- نمودار درصد فراوانی گروه‌های ۲۵ گانه در جناح راست..... ۱۷۰
- شکل ۵-۲۷- نمودار درصد فراوانی هر کدام از گروه‌های ۲۵ گانه بستر..... ۱۷۱
- شکل ۵-۲۸- درصد فراوانی گروه‌های ۲۵ گانه کل ساختگاه..... ۱۷۲

فصل ۱

کلیات

۱-۱- مقدمه

سدها از جمله مهمترین سازه‌های هیدرولیکی هستند که نقش حیاتی در مهار و استفاده بهینه از آب در امور آبیاری و به عنوان منبع انرژی دارند. با توجه به ارتفاع زیاد سد و فشار هیدروستاتیک حاصله، لازم است به مسأله تراوش آب از سدها توجه ویژه نمود و نسبت به کنترل آن تمهیداتی اندیشید. موفقیت یک طرح سدسازی فقط منحصر به اجرای طرح نمی‌باشد بلکه به زمان بهره‌برداری آن نیز وابسته است. یکی از مسائل مهم و قابل توجهی که بیشتر سدها با آن مواجه می‌باشند مسئله فرار آب از پی و تکیه‌گاه است.

مسئله فرار آب تابعی از عوامل مختلفی می‌باشد که در این رابطه می‌توان به جنس مصالح تشکیل دهنده زمین، شرایط و ساختارهای زمین‌شناسی منطقه، خصوصیات هیدرولیکی و هیدروژئولوژیکی آب زیرزمینی و خصوصیات و ابعاد هندسی سد نام برد. معمولاً با ساخت یک سد تغییراتی در شرایط منطقه بوجود می‌آید که مهم‌ترین آنها تغییر در خصوصیات هیدروژئولوژیکی آب زیرزمینی ساختگاه سد است. این امر سبب فرار و نشت آب از بالاست به سمت پائین دست سد می‌شود.

مطالعاتی که بر روی شکست سد بیش از ۳۰۰ سد در جهان انجام شده است، نشان داد که حدود ۲۵ درصد علت شکست‌ها بر اثر مشکلات ژئوتکنیکی ایجاد شده نظیر تراوش، رگاب و فشار منفذی بالا به دلیل عدم کفایت اطلاعات دقیق در مورد خصوصیات هیدرولیکی رگه‌های موجود در تشکیلات زمین‌شناسی در ساختگاه سد می‌باشد (Coduto, 2002). تراوش از پی سدها یک مسأله مهم، در طراحی و ساخت آنها است، بخصوص اینکه در اکثر مواقع یک پی کاملاً نفوذناپذیر برای طراحی و اجرای سد در دسترس نیست و بالاچار باید سدها بر پی‌های متخلخل و یا سنگ‌های درز و شکاف‌دار و نفوذپذیر ساخته شوند. مسأله تراوش از پی سدها از چند نظر حائز اهمیت و قابل توجه است:

۱- مقدار تراوش: تراوش از پی سدها می‌تواند باعث هدر رفتن مقادیر قابل توجهی از آب ذخیره شده در پشت سد در طول زمان شود.

۲- نیروهای ناشی از تراوش: به دنبال آبیگری سد و نفوذ آب از پی، بر اثر اختلاف بار آبی تشکیل شده در زیر سد و سازه‌های جانبی، فشارهای برکنش (Uplift pressure) ایجاد می‌شود.

۳- مشکلات فنی ناشی از تراوش: گرادیان هیدرولیکی تشکیل شده و نیروهای برکنش ایجاد شده می‌تواند سبب بروز پدیده‌هایی مانند قلوه‌کنی (Blow up) و یا خرابی به وسیله فرسایش زیر سطحی (Failure by subsurface erosion) و در نتیجه تخریب پی و به دنبال آن به خطر افتادن سازه‌های مستقر بر آن شود.