

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

11298A



دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه زمین شناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین شناسی گرایش مهندسی

بررسی زمین شناسی مهندسی ساختگاه سد صفا با تاکید بر نفوذپذیری و تزریق
پذیری پی و تکیه گاه‌ها

استادان راهنما:

دکتر اکبر قاضی فرد

دکتر محمود هاشمی اصفهانیان

پژوهشگر:

مینا صناعی کرمانی

۱۳۸۸ / ۴ / ۲

امضا و مهرات دارن محمی پور
تسبیه درازک

اسفند ماه ۱۳۸۷

۱۱۴۹۵۸



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی گرایش مهندسی
خانم مینا صناعی کرمانی تحت عنوان

بررسی زمین شناسی مهندسی ساختگاه سید صفا با تاکید بر نفوذپذیری و تزریق پذیری پی

و تکیه گاهها

در تاریخ ۸۷/۱۲/۷ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه ... مجاز... به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای اول پایان نامه دکتر اکبر قاضی فرد با مرتبه ی علمی دانشیار

۲- استاد راهنمای دوم پایان نامه دکتر محمود هاشمی اصفهانیان با مرتبه ی علمی استادیار

۳- استاد داور داخل گروه دکتر رسول اجل لوئیان با مرتبه ی علمی استادیار

۴- استاد داور خارج از گروه دکتر محمد علی روشن ضمیر با مرتبه ی علمی استادیار

امضای مدیر گروه

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان می باشد.

سپاسگزاری

سپاس خدائی را که اول است بی آنکه پیش از او اولی باشد، و آخر است بی آنکه پس از او آخری باشد خدائی که دیده‌های بینندگان از دیدنش فرو مانده و اندیشه‌های توصیف کنندگان از وصفش عاجز شده‌اند. آفریدگان را به قدرت خود پدیده آورده، و ایشان را بر وفق خواست خود اختراع فرموده، آنگاه در طریق اراده خود روان ساخته و در راه محبت خود برانگیخته، در حالی که از حدی که بر ایشان تعیین نموده قدمی پیش و پس نتوانند نهاد.

پس از حمد و سپاس خداوند بر خود لازم می‌دانم از همه عزیزانی که در این راه مرا یاری نمودند قدردانی کنم.

از جناب آقای دکتر قاضی فرد و جناب آقای دکتر هاشمی اصفهانیان برای راهنمایی‌های ارزنده‌شان به عنوان استاد راهنما قدردانی می‌کنم.

از جناب آقای مهندس سخی به خاطر که در اختیار گذاشتن اطلاعات لازم نهایت مساعدت را داشته‌اند کمال تشکر را دارم.

همچنین از اساتید گروه زمین شناسی آقایان دکتر اجل لوثیان و دکتر صفایی صمیمانه تشکر می‌کنم. از دوست عزیز و مهربانم خانم مهندس جنت به خاطر زحمات زیادی که کشیدند و همیشه یار و همراه من بوده‌اند کمال تشکر را دارم.

از همکلاسی‌ها و دوستان عزیزم مهندس فراشی، حاجی پور، بردبار، نجفی، زرقانی، محمد حسینی، حیدری، عنایتی تشکر می‌کنم. از زحمات سرکار خانم شاپیری مسئول کتابخانه گروه به خاطر مهربانیها و زحماتی که کشیده‌اند سپاسگزارم. هم چنین از مساعدت سرکار خانم ساکتی، سبک خیز و ابن نصیر متشکر هستم.

توفیق روزافزون برای همه این عزیزان را از درگاه خداوند متعال خواستارم.

از خانواده عزیزم که در این راه پر فراز و نشیب همیشه یار و مایه دلگرمی من
بوده‌اند، پدر و مادرم، معین، مهناز و آرش عزیزم تشکر می‌کنم. خداوند یار و
همراه ایشان باشد.

تقدیم به پدر و مادر فداکارم
که مظهر عشق و صفا هستند.

چکیده

ساختمان مخزنی صفا در استان کرمان و در حدود ۳۰ کیلومتری شمال خاور شهرستان بافت قرار دارد و بر محل تلاقی رودخانه رودبر و رابر احداث می‌شود. مختصات جغرافیایی ساختمان مورد مطالعه به طول خاوری 58° و 56° و عرض شمالی 15° و 29° می‌باشد. این سد از نوع سد خاکی با هسته رسی می‌باشد. ارتفاع سد در حدود ۹۲ متری- باشد. حجم مخزن در حدود ۱۲۶ میلیون متر مکعب می‌باشد.

سنگ بستر ساختمان سد صفا متشکل از تناوب لایه‌های مارن و گل سنگ و ماسه سنگ به‌همراه میان لایه‌های مارن سیلتی و سیلت متعلق به سازند قرمز بالایی (*U.R.F*) می‌باشد. این سازند به سبب ماهیت لیتولوژیکی خود فاقد نفوذپذیری اولیه می‌باشد، لذا هیدروژئولوژی توده سنگ متاثر از نفوذپذیری ثانویه‌ای است که تحت تاثیر درزه و ترک در توده سنگ شکل گرفته است.

در این تحقیق پس از شناسایی و ارزیابی زمین شناسی عمومی و زمین شناسی مهندسی ساختمان سد، با ارزیابی نفوذپذیری ساختمان بر اساس لوژن و شاخص نفوذپذیری ثانویه SPI، چگونگی رفتارهای هیدرولیکی توده سنگ بر اساس دیاگرام‌های P-Q مورد بررسی قرار گرفت و زون‌های نفوذپذیر مشخص گردید. با توجه به عدم ارتباط مشخص بین تعداد درزه‌ها و لوژن، برای تحلیل هر چه بهتر نفوذپذیری و تزریق پذیری توده سنگ، بازشدگی هیدرولیکی درزه‌ها مورد بررسی قرار گرفت تا با شناسایی مقدار بحرانی بازشدگی درزه‌ها مقاطع لازم جهت تزریق تعیین شده و نوع سیمان مصرفی برای تهیه دوغاب و جزئیات دیگر عملیات تزریق نهایی مشخص گردید. با بررسی نتایج عملیات تزریق آزمایشی انجام شده در تکیه گاه چپ و در نهایت با جمع بندی اطلاعات بدست آمده، پرده تزریق برای ساختمان سد صفا طراحی و پیشنهاد گردید.

واژه‌های کلیدی: بازشدگی هیدرولیکی، تزریق پذیری، سد صفا، شاخص نفوذپذیری ثانویه، کرمان، لوژن

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول : کلیات

- ۱-۱-۱- مقدمه..... ۱
- ۲-۱- مطالعات قبلی (مرحله اول)..... ۲
- ۳-۱- مطالعات اخیر (مرحله دوم)..... ۳
- ۴-۱- اهداف تحقیق..... ۳
- ۵-۱- هدف پروژه..... ۳
- ۶-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به ساختگاه سد..... ۴
- ۷-۱- هواشناسی و اقلیم منطقه..... ۴

فصل دوم : مروری بر متون گذشته

- ۱-۲- مقدمه..... ۶
- ۲-۲- خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی سنگ‌ها..... ۶
- ۱-۲-۲- طبقه بندی ماده سنگ..... ۷
- ۲-۲-۲- طبقه بندی مهندسی توده سنگ..... ۷
- ۱-۲-۲-۲- شاخص کیفیت توده‌ی سنگ (RQD)..... ۷
- ۲-۲-۲-۲- طبقه بندی ژئومکانیکی (RMR)..... ۹
- ۳-۲-۲-۲- سیستم طبقه بندی کیفیت توده‌ی سنگ (Q)..... ۱۰
- ۴-۲-۲-۲- شاخص مقاومت زمین شناسی (GSI)..... ۱۱
- ۱-۴-۲-۲-۲- تعیین GSI بر اساس مشاهدات صحرایی..... ۱۱
- ۲-۴-۲-۲-۲- تعیین GSI بر اساس طبقه بندی‌های RMR و Q..... ۱۱
- ۳-۲- نشت و نفوذپذیری..... ۱۳
- ۱-۳-۲- مشخصات درزه‌ها و شکستگی‌ها..... ۱۳
- ۱-۱-۳-۲- تداوم..... ۱۴
- ۲-۱-۳-۲- بازشدگی و پرشدگی درزه‌ها..... ۱۴
- ۳-۱-۳-۲- شکل و فاصله درزه‌ها، وضعیت اتصال قطعات سنگ به یکدیگر..... ۱۵
- ۴-۱-۳-۲- زبری درزه‌ها..... ۱۶
- ۱-۴-۱-۳-۲- محاسبه زبری درزه (JRC)..... ۱۸

عنوان

صفحه

۱۹	۵-۱-۳-۲- وضعیت درزه‌ها نسبت به گمانه‌های تزریق
۲۰	۶-۱-۳-۲- وضعیت درزه‌ها نسبت به ساختگاه سد و مخزن
۲۱	۴-۲- جریان در طول درزه‌ها
۲۳	۱-۴-۲- بازشدگی درزه‌ها و تخمین آنها
۲۷	۵-۲- تعیین نفوذپذیری به وسیله تست فشار آب
۲۸	۱-۵-۲- نحوه آزمایش لوژن
۲۹	۲-۵-۲- تحلیل آزمایش‌های لوژن بر اساس نمودارهای P-Q
۳۰	۱-۲-۵-۲- رفتارهای هیدرولیکی
۳۰	۲-۲-۵-۲- نحوه تشخیص شکست و جک هیدرولیکی با استفاده از نمودارهای P-Q
۳۱	۶-۲- تزریق
۳۳	۱-۶-۲- خصوصیات رئولوژیکی دوغاب
۳۶	۲-۶-۲- قابلیت نفوذ دوغاب
۳۷	۳-۶-۲- جداسدگی
۳۸	۴-۶-۲- سخت‌شدگی دوغاب
۳۹	۵-۶-۲- مواد افزودنی دوغاب
۳۹	۶-۶-۲- فشار تزریق
۴۰	۱-۶-۶-۲- فشار تزریق متوسط
۴۰	۲-۶-۶-۲- فشار تزریق زیاد
۴۱	۱-۲-۶-۶-۲- گسیختگی هیدرولیکی
۴۲	۲-۲-۶-۶-۲- فشار برگشت
۴۲	۳-۲-۶-۶-۲- ناپایداری توده سنگ
۴۵	۷-۲- تزریق آزمایشی
۴۵	۱-۷-۲- آرایش مثلثی
۴۶	۲-۷-۲- آرایش خطی
۴۶	۸-۲- خوردند دوغاب
۴۷	۱-۸-۲- مقاطعی با جذب آب بالا و خوردند دوغاب کم
۴۷	۲-۸-۲- مقاطعی با جذب تقریباً متناسب آب و دوغاب
۴۷	۳-۸-۲- مقاطعی با جذب آب پایین و جذب دوغاب بالا

۴۸	۹-۲-ارتباط مقادیر لوژان با تزریق پذیری توده سنگ.....
۴۹	۱۰-۲-طبقه بندی مهندسی آمیزه‌ها.....
۴۹	۱-۱۰-۲-دوغاب معلق.....
۵۰	۲-۱۰-۲-امولسیون‌ها (شیرابه‌ها).....
۵۰	۳-۱۰-۲-محلول‌ها.....
۵۱	۱۱-۲-دوغاب سیمانی.....
۵۱	۱-۱۱-۲-سیمان (C).....
۵۳	۲-۱۱-۲-بنتونیت (B).....
۵۳	۳-۱۱-۲-افزودنی‌ها (A).....
۵۳	۱-۳-۱۱-۲-مواد پرکننده.....
۵۳	۲-۳-۱۱-۲-مواد واکنشی.....
۵۴	۳-۳-۱۱-۲-مواد با تاثیر خاص.....
۵۴	۴-۱۱-۲-آب (W).....
۵۴	۱۲-۲-نسبت اختلاط آمیزه‌های تزریق.....
۵۶	۱۳-۲-خصوصیات آمیزه‌های تزریق.....
۵۶	۱-۱۳-۲-گرانروی.....
۵۶	۲-۱۳-۲-وزن مخصوص.....
۵۶	۳-۱۳-۲-چسبندگی.....
۵۶	۴-۱۳-۲-ته نشینی ذرات.....
۵۶	۵-۱۳-۲-اندازه ذرات.....
۵۷	۱۴-۲-موقعیت و شکل کلی پرده آب‌بند.....
۵۹	۱-۱۴-۲-عمق پرده آب‌بند.....
۵۹	۱-۱-۱۴-۲-پرده تزریق کامل.....
۵۹	۲-۱-۱۴-۲-پرده تزریق معلق.....
۶۰	۲-۱۴-۲-شعاع نفوذ آمیزه تزریق.....
۶۰	۳-۱۴-۲-آرایش گمانه‌ها.....
۶۱	۴-۱۴-۲-ضخامت پرده.....
۶۱	۱۵-۲-روش‌های تزریق.....

۶۱	۱-۱۵-۲- روش تزریق در سنگ
۶۲	۱-۱-۱۵-۲- تزریق مرحله‌ای از بالا به پایین با پکر
۶۲	۲-۱-۱۵-۲- تزریق مرحله‌ای از بالا به پایین بدون پکر
۶۲	۳-۱-۱۵-۲- تزریق مرحله‌ای از پایین به بالا با پکر
۶۳	۴-۱-۱۵-۲- تزریق چرخشی
۶۳	۵-۱-۱۵-۲- تزریق منطقه‌ای
۶۳	۲-۱۵-۲- روش تزریق در خاک
۶۴	۳-۱۵-۲- معیار خاتمه عملیات تزریق
۶۴	۱۶-۲- شاخص نفوذپذیری ثانویه (SPI)
۶۵	۱-۱۶-۲- طبقه بندی توده سنگ بر اساس (SPI)
۶۵	CLASS A - ۱-۱-۱۶-۲
۶۵	CLASS B - ۲-۱-۱۶-۲
۶۵	CLASS C - ۳-۱-۱۶-۲
۶۶	CLASS D - ۴-۱-۱۶-۲
۶۶	۲-۱۶-۲- تفسیر نتایج بر اساس دیاگرام‌های SPI
۶۶	۱-۲-۱۶-۲- تیپ A
۶۶	۲-۲-۱۶-۲- تیپ B
۶۷	۳-۲-۱۶-۲- تیپ C
۶۷	۴-۲-۱۶-۲- تیپ D
۶۷	۳-۱۶-۲- بهسازی زمین با استفاده از SPI

فصل سوم: زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

۶۹	۱-۳- مقدمه
۶۹	۲-۳- ریخت شناسی
۷۰	۳-۳- زمین شناسی عمومی منطقه
۷۱	۴-۳- چینه شناسی
۷۱	۱-۴-۳- نهشته‌های کواترنر
۷۱	۱-۱-۴-۳- یادگانه‌های آبرفتی قدیمی (Qt1)

۷۲	۳-۴-۱-۲-پادگانه‌های آبرفتی جوان (Qt2)
۷۲	۳-۴-۱-۳-خاک‌های برجا (RUS)
۷۲	۳-۴-۱-۴-واریزه‌های دامنه‌ای (آبشست دامنه‌ای) QS
۷۳	۳-۴-۱-۵-آبرفت رودخانه‌ای (Qal)
۷۳	۳-۴-۲-سنگ بستر
۷۴	۳-۵-زمین ساخت عمومی منطقه

فصل چهارم: روش تحقیق

۷۷	۴-۱-مقدمه
۷۷	۴-۲-مطالعات دفتری مقدماتی
۷۸	۴-۳-مطالعات صحرایی
۷۸	۴-۳-۱-روش‌های مشاهده‌ای
۷۸	۴-۳-۱-۱-بررسی لیتولوژیکی و ساختاری
۷۸	۴-۳-۱-۲-برداشت درزه‌های ساختگاه
۷۸	۴-۳-۲-روش‌های دستگامی
۷۸	۴-۳-۱-۲-حفر گمانه‌ها
۷۸	۴-۳-۲-۲-آزمایش‌های نفوذپذیری
۷۸	۴-۳-۲-۳-برداشت سطح آب گمانه‌ها
۷۸	۴-۴-مطالعات آزمایشگاهی
۷۸	۴-۴-۱-شرایط آب زیرزمینی و نتایج آن
۷۹	۴-۵-مطالعات دفتری نهایی
۷۹	۴-۵-۱-تهیه نقشه‌های زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی
۷۹	۴-۵-۲-تهیه مقاطع زمین شناسی
۷۹	۴-۵-۳-تهیه مقاطع نفوذپذیری
۷۹	۴-۵-۴-تعیین سیستم درزه
۷۹	۴-۵-۵-تعیین نمودارهای کیفیت سنگ

فصل پنجم : بحث و نتیجه گیری

۸۰	۱-۵- مقدمه.....
۸۰	۲-۵- زمین شناسی محور سد.....
۸۱	۳-۵- زمین شناسی ساختمانی ساختگاه سد.....
۸۱	۱-۳-۵- بررسی سیستم شکستگی ها.....
۸۲	۱-۱-۳-۵- درزه های تکیه گاه راست.....
۸۳	۲-۱-۳-۵- درزه های تکیه گاه چپ.....
۸۴	۴-۵- هیدروژئولوژی.....
۸۸	۵-۵- خصوصیات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی توده سنگ های محور سد.....
۸۹	۱-۵-۵- خصوصیات فیزیکی و مکانیکی توده سنگ ها.....
۹۱	۲-۵-۵- کیفیت توده سنگ.....
۹۳	۳-۵-۵- طبقه بندی RMR.....
۹۵	۴-۵-۵- طبقه بندی کیفی توده سنگ یا Q.....
۹۵	۵-۵-۵- طبقه بندی GSI.....
۹۶	۶-۵- تحلیل گمانه های اکتشافی.....
۹۷	۱-۶-۵- گمانه های اکتشافی تکیه گاه چپ.....
۹۷	۱-۱-۶-۵- گمانه SA220.....
۹۸	۲-۱-۶-۵- گمانه SA222.....
۹۹	۲-۶-۵- گمانه های اکتشافی بستر محور سد.....
۹۹	۱-۲-۶-۵- گمانه SA215.....
۱۰۰	۳-۶-۵- گمانه های تکیه گاه راست.....
۱۰۰	۱-۳-۶-۵- گمانه SA223.....
۱۰۱	۲-۳-۶-۵- گمانه SA216.....
۱۰۲	۴-۶-۵- تحلیل کلی گمانه های اکتشافی.....
۱۰۵	۷-۵- بررسی گمانه های تزریق آزمایشی.....
۱۰۶	۱-۷-۵- گمانه SG1.....
۱۰۹	۲-۷-۵- گمانه SG2.....
۱۱۰	۳-۷-۵- گمانه SG3.....

۱۱۱.....	۴-۷-۵ گمانه CHG1
۱۱۳.....	۵-۷-۵ گمانه SG5
۱۱۴.....	۶-۷-۵ گمانه SG6
۱۱۵.....	۷-۷-۵ گمانه CHG2
۱۱۶.....	۸-۷-۵ بررسی کلی گمانه‌های تزریق
۱۱۸.....	۸-۵ طراحی پرده آب‌بند
۱۱۸.....	۱-۸-۵ تعیین اندازه ذرات سیمان با توجه به بازشدگی هیدرولیکی
۱۲۰.....	۲-۸-۵ عمق پرده تزریق
۱۲۱.....	۳-۸-۵ موقعیت و عمق پرده تزریق
۱۲۱.....	۴-۸-۵ تعداد ردیف گمانه‌های تزریق
۱۲۱.....	۵-۸-۵ فاصله گمانه‌های تزریق
۱۲۱.....	۶-۸-۵ فشار تزریق
فصل ششم : نتایج و پیشنهادات	
۱۲۶.....	۱-۶ نتایج کلی
۱۳۱.....	۲-۶ پیشنهادات
۱۳۲.....	منابع و ماخذ

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۵	شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه دسترسی به آن
۸	شکل ۱-۲- نحوه محاسبه RQD و مثالی از آن
۹	شکل ۲-۲- رابطه RQD و فرکانس درزه‌ها در یک متر
۱۰	شکل ۳-۲- پارامترهای موثر در طبقه‌بندی Q
۱۲	شکل ۴-۲- تخمین GSI بر اساس مشاهدات صحرایی
۱۵	شکل ۵-۲- ویژگی درزه‌ها بر اساس شکل هندسی آنها
۱۷	شکل ۶-۲- خصوصیات نامگذاری مقطع زبری درزه‌ها
۱۷	شکل ۷-۲- تاثیر زبری درزه بر بسته شدن درزه در اثر تزریق
۱۸	شکل ۸-۲- مقطع نمونه برای محاسبه زبری درزه
۱۹	شکل ۹-۲- وضعیت درزه‌ها نسبت به گمانه‌های تزریق
۲۰	شکل ۱۰-۲- تعیین روش حفاری گمانه
۲۱	شکل ۱۱-۲- وضعیت درزه‌ها نسبت به ساختگاه
۲۲	شکل ۱۲-۲- درزه‌های صفحه ای موازی
۲۴	شکل ۱۳-۲- نمایش بازشدگی مکانیکی (E_m یا E) و بازشدگی هیدرولیکی (e_h یا e)
۲۷	شکل ۱۴-۲- رابطه بین دبی در درزه‌های زاویه‌دار و افقی
۲۸	شکل ۱۵-۲- نمای کلی از آزمایش لوژن
۳۱	شکل ۱۶-۲- نمودار P-Q جهت تشخیص شکست هیدرولیکی
۳۲	شکل ۱۷-۲- نمودار شماتیک عمل تزریق
۳۳	شکل ۱۸-۲- نمایش درزه با بازشدگی و مواد پر شده
۳۴	شکل ۱۹-۲- نمایش مدل رئولوژیکی نیوتن و بینگهام
۳۴	شکل ۲۰-۲- اندازه‌گیری رفتار دوغاب، مقدار تسلیم و ویسکوزیته
۳۶	شکل ۲۱-۲- نمایش بازشدگی حداقل و بازشدگی بحرانی
۳۷	شکل ۲۲-۲- مدل نشان دهنده ایجاد فیلتر شدن
۳۷	شکل ۲۳-۲- ارتباط نسبت آب به سیمان، بازشدگی و مواد افزودنی، روی زمان فیلتر شدن
۳۸	شکل ۲۴-۲- نمودار فرایند سخت شدگی
۴۰	شکل ۲۵-۲- ارزیابی فشار تزریق در بازشدگی‌های مختلف
۴۱	شکل ۲۶-۲- تعیین فشار بر حسب عمق در انواع سنگ‌ها

عنوان

صفحه

- شکل ۲-۲۷- اثرات منفی ناشی از افزایش فشار تزریق در یک منطقه..... ۴۲
- شکل ۲-۲۸- محاسبه فشار تزریق در بالا و زیر تراز آب زیرزمینی..... ۴۳
- شکل ۲-۲۹- روش تعیین فاصله بین گمانه‌ها بوسیله تزریق آزمایشی..... ۴۵
- شکل ۲-۳۰- دسته بندی توده‌سنگ‌ها بر اساس نفوذپذیری و تزریق پذیری..... ۴۸
- شکل ۲-۳۱- ته نشین شدن ذرات در آمیزه ناپایدار..... ۵۰
- شکل ۲-۳۲- رابطه بین اندازه ذرات دوغاب‌های مختلف..... ۵۲
- شکل ۲-۳۳- مواد افزودنی در دوغاب سیمان و محدودیت‌های استفاده از آنها..... ۵۴
- شکل ۲-۳۴- نمایی شماتیک از پرده تزریق..... ۵۸
- شکل ۲-۳۵- طراحی بر اساس سطح آب زیرزمینی در پرآب ترین رژیم..... ۵۹
- شکل ۲-۳۶- گرادیان شکستی و پارامترهای موثر..... ۶۱
- شکل ۲-۳۷- تزریق چرخشی..... ۶۳
- شکل ۲-۳۸- انواع مختلف نمودار Pt-SPI..... ۶۷
- شکل ۲-۳۹- بهسازی زمین با استفاده از SPI..... ۶۸
- شکل ۳-۱- نمایی دور از مرز نهشته‌های آبرفتی و سازند قرمز بالایی..... ۷۲
- شکل ۳-۲- نمایی کلی محل محور سد (دید به سمت خاور)..... ۷۴
- شکل ۳-۳- نقشه زمین شناسی ساختگاه سد..... ۷۶
- شکل ۵-۱- کنترل دیاگرام کلیه درزه‌های برداشت شده از تکیه‌گاه راست..... ۸۳
- شکل ۵-۲- نمایش تصویر استریوگرافیک سطوح ناپیوستگی در جناح راست..... ۸۳
- شکل ۵-۳- کنترل دیاگرام کلیه درزه‌های برداشت شده از تکیه‌گاه چپ..... ۸۴
- شکل ۵-۴- نمایش تصویر استریوگرافیک سطوح ناپیوستگی در جناح چپ..... ۸۴
- شکل ۵-۵- تغییرات سطح آب گمانه‌ها در دوره ۱/۵ ساله برای گمانه‌های اکتشافی تکیه‌گاه چپ..... ۸۵
- شکل ۵-۶- تغییرات سطح آب گمانه‌ها در دوره ۱/۵ ساله برای گمانه‌های اکتشافی تکیه‌گاه چپ..... ۸۵
- شکل ۵-۷- دیاگرام پایپر نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده ساختگاه سد صفا..... ۸۷
- شکل ۵-۸- دیاگرام استیف نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده ساختگاه سد صفا..... ۸۸
- شکل ۵-۹- نتایج آزمایش حدود اتربرگ بر روی نمونه‌های مارن و مارن سیلتی..... ۹۰
- شکل ۵-۱۰- نمودار تغییرات RQD نسبت به عمق..... ۹۳
- شکل ۵-۱۱- نمودار تغییرات RMR در گمانه‌های اکتشافی..... ۹۴
- شکل ۵-۱۲- نمودار تغییرات RMR در برابر عمق..... ۹۴

عنوان

صفحه

- شکل ۵-۱۳- نمایش GSI انتخاب شده برای توده سنگ‌های ساختگاه سد صفا..... ۹۶
- شکل ۵-۱۴- نمودار SPI و RQD در مقابل عمق برای گمانه SA220..... ۹۸
- شکل ۵-۱۵- نمودار SPI و RQD در مقابل عمق برای گمانه SA222..... ۹۹
- شکل ۵-۱۶- نمودار SPI و RQD در مقابل عمق برای گمانه SA215..... ۱۰۰
- شکل ۵-۱۷- نمودار SPI و RQD در مقابل عمق برای گمانه SA223..... ۱۰۱
- شکل ۵-۱۸- نمودار SPI و RQD در مقابل عمق برای گمانه SA216..... ۱۰۲
- شکل ۵-۱۹- نمودار فراوانی نوع رفتار در تکیه‌گاه چپ..... ۱۰۳
- شکل ۵-۲۰- نمودار فراوانی نوع رفتار در بستر (پی مرکزی)..... ۱۰۳
- شکل ۵-۲۱- نمودار فراوانی نوع رفتار در تکیه‌گاه راست..... ۱۰۴
- شکل ۵-۲۲- آرایش شماتیک گمانه‌های تزریق آزمایشی سیمان سد صفا..... ۱۰۵
- شکل ۵-۲۳- نمودار خوردن سیمان و آب در مقابل عمق و بازشدگی هیدرولیکی در گمانه SG1..... ۱۰۷
- شکل ۵-۲۴- نمودار خوردن سیمان به همراه بازشدگی در مقابل عمق و تعداد درزه در گمانه SG1..... ۱۰۸
- شکل ۵-۲۵- نمودار خوردن سیمان و مقادیر SPI در برابر عمق و تعداد درزه در گمانه SG1..... ۱۰۸
- شکل ۵-۲۶- نمودار خوردن سیمان و آب در مقابل عمق و بازشدگی هیدرولیکی در گمانه SG2..... ۱۰۹
- شکل ۵-۲۷- نمودار فراوانی بازشدگی و خوردن سیمان در برابر عمق در گمانه SG2..... ۱۱۰
- شکل ۵-۲۸- نمودار خوردن آب و سیمان در مقابل عمق و بازشدگی در گمانه SG3..... ۱۱۱
- شکل ۵-۲۹- نمودار فراوانی خوردن سیمان و مقدار بازشدگی در مقابل عمق و تعداد درزه گمانه SG3..... ۱۱۱
- شکل ۵-۳۰- نمودار خوردن آب و میزان RQD در مقابل عمق در گمانه CHG1..... ۱۱۲
- شکل ۵-۳۱- نمودار خوردن آب و بازشدگی در مقابل عمق و تعداد درزه در گمانه CHG1..... ۱۱۲
- شکل ۵-۳۲- نمودار خوردن سیمان و آب در مقابل عمق در گمانه SG5..... ۱۱۳
- شکل ۵-۳۳- نمودار خوردن سیمان و میزان بازشدگی در برابر عمق و تعداد درزه در گمانه SG5..... ۱۱۴
- شکل ۵-۳۴- نمودار خوردن آب و سیمان در مقابل عمق و بازشدگی در گمانه SG6..... ۱۱۵
- شکل ۵-۳۵- نمودار فراوانی خوردن سیمان و بازشدگی در مقابل عمق در گمانه SG6..... ۱۱۵
- شکل ۵-۳۶- نمودار آب و میزان RQD در مقابل عمق در گمانه CHG2..... ۱۱۶
- شکل ۵-۳۷- نمودار خوردن سیمان و آب در برابر عمق و تعداد درزه در گمانه CHG2..... ۱۱۶
- شکل ۵-۳۸- مقایسه خوردن آب در گمانه‌های مختلف تزریق..... ۱۱۷
- شکل ۵-۳۹- مقایسه خوردن سیمان و آب در گمانه‌های مختلف تزریق..... ۱۱۸
- شکل ۵-۴۰- مقایسه فراوانی بازشدگی درزه‌ها در برابر جریان عبوری از آنها در کل گمانه‌ها..... ۱۱۹

صفحه

عنوان

۱۲۲.....	شکل ۵-۴۱- میزان خورند سیمان و آب در گمانه‌های تزریق.....
۱۲۴.....	شکل ۵-۴۲- عمق پرده تزریق.....
۱۲۵.....	شکل ۵-۴۳- مقطع نفوذپذیری ساختگاه سد.....

فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۱۴.....	جدول ۱-۲- رده‌بندی تداوم درزه‌ها.....
۴۴.....	جدول ۲-۲- مقادیر پیشنهادی فشار بر حسب Mpa یا در نظر گرفتن شرایط مختلف سنگ.....
۴۶.....	جدول ۳-۲- طبقه بندی میزان خورند.....
۵۵.....	جدول ۴-۲- دانسیته اولیه سوسپانسیون تزریق.....
۵۵.....	جدول ۵-۲- نسبت W/C بر اساس میزان بازشدگی و مقادیر لوژن متناسب به آنها.....
۶۵.....	جدول ۶-۲- رده بندی سنگ بر اساس SPI.....
۸۶.....	جدول ۱-۵- نتایج آزمایشهای فیزیکی شیمیایی نمونه‌های آب سد صفا.....
۹۰.....	جدول ۲-۵- نتایج آزمایش برش مستقیم.....
۹۰.....	جدول ۳-۵- نتایج مقاومت فشاری تک محوری و مقاومت کششی برزیلین.....
۹۱.....	جدول ۴-۵- نتایج آزمایش تحکیم بر روی نمونه‌های مارنی.....
۹۱.....	جدول ۵-۵- نتایج آزمایش تورمی.....
۹۱.....	جدول ۶-۵- تعیین پارامترهای دینامیکی سنگهای ساختگاه با استفاده از سرعت امواج.....
۹۳.....	جدول ۷-۵- توصیف کیفی سنگ بر اساس شاخص کیفی سنگ (RQD).....
۹۴.....	جدول ۸-۵- امتیاز RMR اصلاح شده در پی سد صفا.....
۹۵.....	جدول ۹-۵- رده بندی توده سنگ‌های ساختگاه بر اساس طبقه بندی Q.....
۹۶.....	جدول ۱۰-۵- شاخص GSI برای توده سنگ‌های ساختگاه سد صفا.....
۱۰۶.....	جدول ۱۱-۵- مقادیر نسبت و درصد بنتونیت بر اساس نفوذپذیری.....

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

در جهان امروز و در شرایطی که مشکل کمبود آب بخش‌های وسیعی از کره زمین را فرا گرفته است، نه تنها آب زراعی بلکه آب آشامیدنی هر روز کمتر و کمتر می‌شود. بیش از ۶ میلیارد جمعیت پراکنده بر روی زمین اکنون دریافته‌اند که آب قدر و منزلتی دیگر دارد و بدون این مایع حیاتی دوام و بقای انسان ناممکن است.

از آنجا که کشور ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه خشک قرار گرفته است، همواره از کم‌آبی و خشکسالی‌های متمادی رنج می‌برد، لذا مسئله مهار و ذخیره آب‌ها و سیلاب‌های سطحی بسیار مهم می‌باشد. سدها از جمله سازه‌هایی هستند که به منظور کنترل و مهار آب‌های جاری احداث می‌گردند و هدف از ساخت آن‌ها ممکن است یک منظوره یا چند منظوره باشد. یکی از مسائلی که در ارتباط با سدها بایستی مد نظر قرار گیرد، انتخاب محل مناسب می‌باشد زیرا شرایط مناسب و خوب پی از نیازهای اساسی در سدسازی می‌باشد. محل سدها باید به لحاظ پایداری در مقابل لغزندگی، نشست، تغییر شکل، نفوذ و نشست و فشار بالادهنده (فشار تحتانی) مورد بررسی قرار گیرند که در این رابطه آب زیرزمینی و میزان نشست از مهمترین مسائل در پایداری سدها می‌باشد.