

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده علوم

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی مهندسی

موضوع

بررسی خصوصیات ژئوتکنیکی ساختگاه سد صفا با تاکید بر خصوصیات زمین
شناسی مهندسی سنگهای مارنی

استاد راهنما

دکتر غلامرضا لشکری پور

استاد مشاور

دکتر محمد غفوری

نگارش

ایمان آقاملایی

سال تحصیلی

۱۳۹۰ - ۱۳۹۱

تقدیم به

اولین آموزگار انم: پدر بزرگوار و مادر عزیزم

و

برادران و خواهران مهربانم

شکر و قدردانی

پاس و ستایش پروردگاری را که آفریدگار هستی و سرآغاز دانش هست. او که سوق دهنده سیر زندگی انسان با به سوی آرزوهای قلبی و اهداف نیکی است، که غمی را رخ بر انجام آن دارند و در این راه بهترین یار و یاور آنان است. بسی شکر که او مراد زمره جویندگان علم قرار داد تا از این راه درس های زندگی را بیاموزم و دست یابی به موفقیت، در سایه تلاش و صبر و پشتکار را تجربه کنم. اینک در سایه الطاف الهی و در اتمام این پایان نامه، لازم می دانم از همه سروران و عزیزانی که بی شک بدون راهنمایی ها و مساعدت های ایشان، انجام این تحقیق میسر نبود، نهایت شکر و تقدیر خود را ابراز دارم.

پاس و قدردانی ویژه را از زحمات بی دریغ استاد راهنمای عزیز و دلسوزم جناب آقای دکتر غلامرضا لشکری پور به دلیل راهنمایی ها و راهنمایی های لازم جهت انجام این تحقیق را دارم. از راهنمایی های استاد مشاور عزیزم جناب آقای دکتر محمد غفوری نیز کمال شکر را دارم انشاء الله که در همه مراحل زندگیشان موفق و موید باشند. از آقایان مهندس جهانشاهی، مهندس سخی، مهندس اسماعیل زاده، مهندس سلطانی، مهندس صاحبان و هم پر سنل شرکت مهندسین مهاب قدس کمال شکر و قدردانی را جهت فراهم آوردن امکانات تحقیق و همچنین راهنموی های ایشان در سایت مربوطه را دارم.

از دوستان مهربانم آقایان محمدی، هاشم نژاد، قلیچ خانی، ابراهیم پور و همین طور بهکلاسی های عزیزم شکر کم که من را در این تحقیق یاری نمودند. در پایان بر خود لازم می دانم تا از پدر و مادر عزیزم که به من آموختند بهترین و والاترین راه گذر عمر، تحصیل توأم با تهذیب می باشد کمال شکر و قدردانی را داشته باشم. همچنین از برادران و خواهران عزیزم که همواره مشوق من بودند سپاسگزارم.

ایمان آقایی

چکیده

ساختگاه سد صفا در محل تلاقی دو رودخانه رودبر و رابر، در فاصله حدود ۱۰ کیلو متری جنوب شرقی شهر رابر در استان کرمان قرار دارد. این سد در حال احداث از نوع خاکی با هسته رسی است. ارتفاع سد از پی ۷۸ متر و حجم آن ۵۱ میلیون متر مکعب می باشد. محدوده‌ی مورد مطالعه بر اساس تقسیمات زمین شناسی ساختمانی ایران در زون ساختاری ایران مرکزی و بر اساس تقسیمات ناحیه‌ای، در کمربند آتشفشانی ارومیه- دختر قرار گرفته است. با توجه به موقعیت قرارگیری ناحیه مورد مطالعه سنگ چینه شناسی منطقه بسیار متنوع و از کرتاسه تا عهد حاضر را شامل می‌شود. در محدوده ساختگاه سد سنگ‌های مربوط به دوره میوسن به بعد قابل مشاهده است که غالباً از سنگ‌های آذر آواری، آذرین و رسوبی تشکیل شده‌اند. سنگ‌های رسوبی مربوط به دوره میوسن که قسمت وسیعی از محدوده طرح را شامل شده، به نام سازند قرمز بالایی شناخته می‌شوند. مجموعه لایه‌های سنگی این سازند عمدتاً متشکل از تناوب مارن و گل سنگ به رنگ قهوه‌ای متمایل به قرمز و ماسه سنگ خاکستری رنگ ریزدانه می‌باشد. به منظور آگاهی از خصوصیات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی محل سد نقشه زمین شناسی مهندسی با برداشت های صحرایی تهیه شده است. برای پی بردن به شرایط زیر سطحی در فاز اول و دوم مطالعات ۶۶ حلقه گمانه اکتشافی، حفر و آزمایشات نفوذ پذیری خاک و سنگ و مطالعه مغزه ها از نظر شاخص کیفی سنگ (RQD) انجام گردیده است. از آنجا که غالب سنگ‌های ساختگاه سد از نوع سنگ- های مارنی و مارنی- رسی می‌باشد لذا تاکید این پژوهش بیشتر بر روی این نوع از سنگ‌هاست. از این رو در این پژوهش به منظور تعیین پارامترهای فیزیکی و مکانیکی سنگ‌های مارنی ساختگاه سد صفا، بر روی نمونه‌های حاصل از حفاری گمانه‌ها، آزمایش‌های حدود اتربرگ، وزن مخصوص، تخلخل و درصد رطوبت، آزمایش مقاومت فشاری تک محوری (UCS)، آزمایش برش مستقیم، آزمایش تحکیم، آزمایش مقاومت فشاری محصور (سه محوری) و همین‌طور آزمایش‌های پراش اشعه ایکس (XRD) و فلور سانس اشعه ایکس (XRF) صورت گرفته است. نتایج حاصل از آزمایشات نشان می‌دهد که نوع و مقدار کانی‌های موجود در مارن به ویژه کانی‌های رسی و کربنات کلسیم از عوامل موثر و تأثیر گذار بر ویژگی‌های زمین شناسی مهندسی این نوع از سنگ‌هاست.

کلمات کلیدی: رابر، صفا، خصوصیات زمین شناسی مهندسی، سنگهای مارنی، کانی‌های رسی.

فصل اول

۲	۱-۱- مقدمه.....
۲	۲-۱- تعریف مسئله.....
۲	۳-۱- موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی طرح.....
۴	۴-۱- تاریخچه طرح.....
۴	۵-۱- مشخصات طرح.....
۴	۱-۵-۱- مشخصات بدنه سد.....
۵	۲-۵-۱- مشخصات سیستم تخلیه سیلاب.....
۵	۶-۱- اهداف پژوهش.....
۵	۷-۱- روش تحقیق.....
۶	۸-۱- ساختار پایان نامه.....

فصل دوم

۸	۱-۲- مقدمه.....
۸	۲-۲- سنگهای آرژلیتی و مارنی.....
۸	۱-۲-۲- سنگ های آرژلیتی.....
۹	۲-۲-۲- سنگ های مارنی.....
۱۰	۳-۲- مارن و ویژگی های آن.....
۱۰	۱-۳-۲- تعریف.....
۱۳	۲-۳-۲- نحوه پیدایش.....
۱۳	۳-۳-۲- ویژگیهای مارن.....
۱۳	۱-۳-۳-۲- رنگ.....
۱۳	۲-۳-۳-۲- ویژگیهای مهندسی.....
۱۷	۴-۲- گسترش سازند های مارنی در ایران.....
۱۸	۵-۲- ویژگی های عمومی کانی های رسی.....
۱۹	۱-۵-۲- کائولینت.....
۲۱	۲-۵-۲- اپلیت.....
۲۲	۶-۲- آزمایش فشار آب یا آزمایش لوژن (Water Pressure Test).....
۲۴	۷-۲- محاسبه عدد لوژن.....
۲۵	۸-۲- نحوه انتخاب عدد لوژن مناسب توسط روش پیشنهادی هولسبی.....
۲۵	۱-۸-۲- گروه A- جریان خطی (Laminar flow).....
۲۶	۲-۸-۲- گروه B- جریان آشفته (Turbulent flow).....
۲۶	۳-۸-۲- گروه C- جریان اتساع (Dilation flow).....
۲۷	۴-۸-۲- گروه D- پدیده شستگی (Wash out).....
۲۷	۵-۸-۲- گروه E- پرشدگی درزه ها و مسیرهای عبور آب (Void filling).....

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۲-۹- رده بندی توده سنگ بر اساس شاخص کیفیت سنگ (RQD).....	۲۸
۲-۱۰- بررسی و رابطه بین RQD و LU.....	۲۹
۲-۱۱- بدست آوردن ضریب نفوذپذیری (K) از روی عدد لوژن.....	۲۹
۲-۱۲- ارزیابی تزریق پذیری توده سنگ بر اساس مقادیر جذب ویژه.....	۳۱
۲-۱۳- عملیات تزریق (Grouting).....	۳۴
۲-۱۴- شناسایی منطقه ای.....	۳۶
۲-۱۵- شناسایی زمین شناسی و تاثیر شرایط زمین شناسی بر عملیات تزریق.....	۳۷
۲-۱۶- روشهای تزریق.....	۳۸
۲-۱۶-۱- تزریق مرحله ای به سمت پایین با پکر یا تزریق نزولی.....	۳۸
۲-۱۶-۱-۱- مزایای تزریق نزولی.....	۳۸
۲-۱۶-۱-۲- معایب تزریق نزولی.....	۳۹
۲-۱۶-۲- تزریق مرحله ای به سمت بالا با پکر یا تزریق صعودی.....	۳۹
۲-۱۶-۲-۱- مزایای تزریق صعودی.....	۳۹
۲-۱۶-۲-۲- معایب تزریق صعودی.....	۳۹
۲-۱۶-۳- تزریق گردشی.....	۴۰
۲-۱۶-۴- تزریق منطقه ای.....	۴۰
۲-۱۷- فشار تزریق (Grouting pressure).....	۴۱
۲-۱۸- عمق پرده تزریق.....	۴۲
۲-۱۹- فاصله چاههای تزریق.....	۴۴
فصل سوم	
۳-۱- مقدمه.....	۴۷
۳-۲- حوضه آبریز سد صفا.....	۴۷
۳-۳- زمین شناسی ناحیه ای.....	۴۹
۳-۴- زمین ریخت شناسی.....	۴۹
۳-۵- سنگ چینه شناسی.....	۴۹
۳-۶- زمین شناسی ساختمانی.....	۵۰
۳-۷- زمین شناسی محل سد.....	۵۱
۳-۷-۱- زمین ریخت شناسی.....	۵۱
۳-۷-۲- سنگ چینه شناسی.....	۵۴
۳-۷-۲-۱- نهشته های کواترنر.....	۵۴
۳-۷-۲-۲- سنگ بستر.....	۵۵
۳-۷-۳- زمین ساخت.....	۵۶

فصل چهارم

۶۰	۱-۴- مقدمه.....
۶۰	۲-۴- زمین شناسی مهندسی ساختگاه سد.....
۶۰	۲-۲-۴- بررسی سیستم ناپیوستگیها.....
۶۱	۱-۲-۲-۴- درزه‌های تکیه‌گاه راست.....
۶۱	۲-۲-۲-۴- درزه‌های تکیه‌گاه چپ.....
۶۲	۳-۲-۲-۴- درزه‌های بستر.....
۶۵	۳-۲-۴- نهشته های آبرفت قدیمی.....
۶۶	۳-۴- داده های ژئوتکنیکی.....
۶۶	۱-۳-۴- تکیه گاه راست.....
۶۶	۲-۳-۴- تکیه گاه چپ.....
۶۹	۴-۴- بررسی اثر عمق بر مقدار RQD.....
۷۱	۵-۴- نفوذپذیری.....
۷۱	۱-۵-۴- جناح راست.....
۷۲	۲-۵-۴- جناح چپ.....
۷۴	۳-۴-۴- بستر رودخانه.....
۷۶	۴-۵-۴- رفتارنگاری جریان آب در توده سنگ محل سد.....
۷۸	۶-۴- بررسی گزینه‌های آب‌بندی پی و آنالیز تراوش سد.....
۷۹	۱-۶-۴- پتوی رسی.....
۷۹	۲-۶-۴- روکش بتنی.....
۸۰	۳-۶-۴- روکش آسفالتی.....
۸۰	۴-۶-۴- تزریق پرده آب‌بند.....
۸۰	۵-۶-۴- دیوار آب‌بند.....
۸۰	۶-۶-۴- ژئوممبرین.....
۸۱	۷-۴- آنالیز تراوش سد.....
۸۱	۱-۷-۴- هدف از انجام محاسبات تراوش.....
۸۱	۲-۷-۴- روش آنالیز و برنامه کامپیوتری مورد استفاده.....
۸۲	۳-۷-۴- هندسه مقاطع سد و شرایط اولیه.....
۸۴	۴-۷-۴- انجام آنالیزهای تراوش.....
۸۷	۸-۴- انتخاب گزینه برتر آب‌بندی پی.....
۹۰	۹-۴- پایداری دامنه‌ها.....
۹۲	۱۰-۴- ارزیابی لرزه خیزی.....
۹۲	۱-۱۰-۴- برآورد توان لرزه زائی هر یک از چشمه ها.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۹۳	۲-۱۰-۴- تهیه یک مدل از چشمه های مهم لرزه زا نسبت به ساختگاه.....
۹۴	۳-۱۰-۴- انتخاب رابطه کاهیدگی مناسب.....
۹۶	۱۱-۴- منابع قرضه.....
۹۶	۱-۱۱-۴- منابع قرضه ی ریزدانه.....
۹۷	۲-۱۱-۴- مصالح درشت دانه.....
فصل پنجم	
۹۹	۱-۵- مقدمه.....
۱۰۰	۲-۵- تعریف.....
۱۰۰	۳-۵- ویژگی های فیزیکی و مکانیکی و مسائل مهندسی سنگهای مارن.....
۱۰۱	۱-۳-۵- خصوصیات فیزیکی.....
۱۰۱	۱-۱-۳-۵- ترکیب شیمیایی.....
۱۰۴	۲-۱-۳-۵- وزن مخصوص.....
۱۰۶	۳-۱-۳-۵- تخلخل.....
۱۰۸	۴-۱-۳-۵- درصد رطوبت.....
۱۰۸	۵-۱-۳-۵- حدود اتربرگ.....
۱۱۰	۶-۱-۳-۵- آزمایش تورم.....
۱۱۱	۷-۱-۳-۵- دوام.....
۱۱۴	۸-۱-۳-۵- آزمایش تحکیم.....
۱۱۵	۲-۳-۵- خواص مکانیکی.....
۱۱۵	۱-۲-۳-۵- مقاومت فشار تک محوری.....
۱۱۷	۲-۲-۳-۵- آزمایش مقاومت فشاری محصور.....
۱۲۰	۳-۲-۳-۵- آزمایش کشش غیرمستقیم (برزیلین).....
۱۲۰	۴-۲-۳-۵- آزمایش برش.....
۱۲۲	۴-۵- آزمایش تعیین سرعت امواج.....
۱۲۲	۵-۵- برآورد پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ های ساختگاه.....
۱۲۲	۱-۵-۵- ارزیابی توده سنگهای ساختگاه.....
۱۲۴	۲-۵-۵- طبقه بندی مهندسی توده سنگهای ساختگاه.....
۱۲۴	۱-۲-۵-۵- طبقه بندی یونیفاید.....
۱۲۴	۲-۲-۵-۵- طبقه بندی براساس شاخص کیفی سنگ.....
۱۲۵	۳-۲-۵-۵- طبقه بندی ژئومکانیکی توده سنگ (RMR).....
۱۲۷	۴-۲-۵-۵- طبقه بندی (Geological Strength Index) GSI.....

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۵-۶- بررسی توده سنگ بر اساس مطالعات ژئوفیزیک (لرزه‌نگاری).....	۱۳۰
۵-۷- برآورد پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگهای ساختگاه.....	۱۳۱
۵-۷-۱- پارامترهای مقاومت برشی توده سنگ.....	۱۳۱
۵-۷-۲- پارامترهای تغییر شکل پذیری توده سنگ.....	۱۳۵
۵-۷-۳- پارامترهای مقاومت برشی درزه ها.....	۱۳۵
فصل ششم	
نتیجه گیری و پیشنهادات.....	۱۳۶
منابع.....	۱۴۱

فصل اول

شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی..... ۳

فصل دوم

شکل ۱-۲- نام گذاری سنگهای مختلف آرژلیتی ۹

شکل ۲-۲- نمونه ای از مغزه های مارنی در محل سد..... ۱۰

شکل ۳-۲- تفاوت تغییر حجم در سدیم بنتونیت و کلسیم بنتونیت در مجاورت با آب..... ۱۴

شکل ۴-۲- گسترش سازند های مارنی..... ۱۷

شکل ۵-۲- واحد ساختاری صفحات سیلیکات (تتراهدرال)..... ۱۸

شکل ۶-۲- واحد ساختاری صفحات اکتاهدرال..... ۱۸

شکل ۷-۲- تصویر شماتیکی از ساختار کائولینت..... ۱۹

شکل ۸-۲- تصویر شماتیکی از ساختار کائولینت..... ۲۰

شکل ۹-۲- توزیع بار الکتریکی در کائولینت..... ۲۰

شکل ۱۰-۲- تصویر شماتیکی از ساختار مسکویت، ایلیت (a) و ورمیکولیت (b)..... ۲۱

شکل ۱۱-۲- انواع روشهای آزمایش لوژن..... ۲۲

شکل ۱۲-۲- جریان خطی..... ۲۵

شکل ۱۳-۲- جریان آشفته..... ۲۶

شکل ۱۴-۲- جریان اتساع..... ۲۷

شکل ۱۵-۲- پدیده شستگی..... ۲۷

شکل ۱۶-۲- پرشدگی درزه ها..... ۲۸

شکل ۱۷-۲- شرایط زمین شناسی موثر در عمل تزریق..... ۳۷

شکل ۱۸-۲- تزریق به سمت پایین با یک پکر..... ۳۸

شکل ۱۹-۲- تزریق به سمت پایین با دو پکر..... ۳۹

شکل ۲۰-۲- دو مقطع که پس از تزریق، دوباره گمانه گیری شده اند..... ۴۰

شکل ۲۱-۲- بر اساس مقدار لوژن، چه موقع و تا چند ردیف پرده تزریق باید احداث شود؟..... ۴۳

شکل ۲۲-۲- عمل آب بندی بوسیله پرده تزریق در دو شرایط متفاوت زمین شناسی..... ۴۴

شکل ۲۳-۲- آرایش مربعی گمانه های تزریق..... ۴۵

فصل سوم

شکل ۱-۳- نمایی کلی از حوزه آبریز..... ۴۷

شکل ۲-۳- نحوه ی پراکندگی پوشش گیاهی در حوزه آبریز..... ۴۸

شکل ۳-۳- سیستم زهکشی حوزه آبریز..... ۴۸

شکل ۴-۳- موقعیت محور سد در محل تلاقی رودخانه رودبر و رابر..... ۵۱

شکل ۵-۳- نمایی کلی از محل سد..... ۵۲

شکل ۶-۳- تکیه گاه چپ و اجزای تشکیل دهنده بدنه سد دید به سمت شرق..... ۵۳

شکل ۷-۳- محل اجرای هسته رسی و تکیه گاه راست دید به سمت غرب..... ۵۳

عنوان	صفحه
شکل ۳-۸- نقشه ۲۵۰۰۰:۱ زمین شناسی مهندسی و زمین شناسی مخزن.....	۵۷
شکل ۳-۹- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد.....	۵۷
شکل ۳-۱۰- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰ محور سد.....	۵۸
فصل چهارم	
شکل ۴-۱- نمایش تصویر استریوگرافیک سطوح ناپیوستگی در جناح راست.....	۶۲
شکل ۴-۲- نمایش تصویر استریوگرافیک سطوح ناپیوستگی در جناح چپ.....	۶۳
شکل ۴-۳- نمایش تصویر استریوگرافیک سطوح ناپیوستگی در محدوده محور.....	۶۳
شکل ۴-۴- نمودار ستونی پرشدگی درزه ها در تکیه گاه راست.....	۶۴
شکل ۴-۵- نمودار ستونی پرشدگی درزه ها در تکیه گاه چپ.....	۶۴
شکل ۴-۶- نمودار ستونی پرشدگی درزه ها در محدوده بستر.....	۶۴
شکل ۴-۷- روند تغییرات شاخص کیفیت مغزه حفاری (RQD) با افزایش عمق.....	۶۹
شکل ۴-۸- روند تغییرات شاخص کیفیت مغزه حفاری (RQD) با افزایش عمق.....	۷۰
شکل ۴-۹- نمایی شماتیک از میزان نفوذ پذیری در گمانه های جناح راست.....	۷۲
شکل ۴-۱۰- نمایی شماتیک از میزان نفوذ پذیری در گمانه های جناح چپ.....	۷۳
شکل ۴-۱۱- نمایی شماتیک از میزان نفوذ پذیری در گمانه های بستر رودخانه.....	۷۴
شکل ۴-۱۲- تغییرات لوژان نسبت به عمق.....	۷۵
شکل ۴-۱۳- فراوانی تیپ رفتار در تکیه گاه راست.....	۷۶
شکل ۴-۱۴- فراوانی تیپ رفتار در تکیه گاه چپ.....	۷۷
شکل ۴-۱۵- فراوانی تیپ رفتار در بستر.....	۷۷
شکل ۴-۱۶- تطابق لوژن و درزهداری در تکیه گاه راست (الف) و چپ (ب) و بستر (ج).....	۷۸
شکل ۴-۱۷- محورسد و محل مقاطع.....	۸۲
شکل ۴-۱۸- خطوط جریان وهم پتانسیل مقطع D_D بدون دیواره آیند.....	۸۸
شکل ۴-۱۹- منحنی های هم تراز گرادیان های هیدرولیکی در مقطع میانی سد.....	۸۸
شکل ۴-۲۰- ناحیه مورد نیاز فیلتر پایین دست به طول ۶۰ متر.....	۸۹
شکل ۴-۲۱- نمایی از محدود رخنمون های سنگی در محل ساختگاه.....	۹۰
شکل ۴-۲۲- دامنه هایی که در اثر آبیگری احتمال لغزش در آنها به صورت محلی وجود دارد.....	۹۱
شکل ۴-۲۳- نمایی از مخزن سد در رودخانه رودبر.....	۹۱
شکل ۴-۲۴- مدل ریاضی چشمه های لرزه زای در گستره ۱۰۰ کیلومتری.....	۹۳
شکل ۴-۲۵- شتاب حداکثر قائم در مقابل دوره بازگشت.....	۹۶
شکل ۴-۲۶- شتاب حداکثری افقی در مقابل دوره بازگشت.....	۹۶
شکل ۴-۲۷- پوش دانه بندی مصالح منتخب هسته ناتراوا.....	۹۷
شکل ۴-۲۸- پوش دانه بندی مصالح درشت دانه.....	۹۷

فصل پنجم

شکل ۵-۱- نمودار X-Ray کانی های موجود در نمونه های مارنی را نشان می دهد.....	۱۰۱
---	-----

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۵-۲- هیستوگرام نتایج آزمایش دانسیته خشک.....	۱۰۵
شکل ۵-۳- هیستوگرام نتایج آزمایش تخلخل.....	۱۰۶
شکل ۵-۴- تاثیر کربنات کلسیم روی دانسیته خشک.....	۱۰۷
شکل ۵-۵- تاثیر درصد کربنات کلسیم روی تخلخل.....	۱۰۷
شکل ۵-۶- رابطه دانسیته خشک و اشباع با تخلخل.....	۱۰۷
شکل ۵-۷- نتایج آزمایش حدود اتربرگ بر روی نمونه های مارن و مارن سیلتی.....	۱۰۹
شکل ۵-۸- رابطه بین درصد کربنات کلسیم و شاخص خمیری.....	۱۰۹
شکل ۵-۹- رابطه بین میزان رس و شاخص خمیری.....	۱۰۹
شکل ۵-۱۰- ارتباط بین درصد کربنات کلسیم و شاخص دوام.....	۱۱۳
شکل ۵-۱۱- نتایج آزمایش تحکیم بر روی نمونه های مارنی.....	۱۱۴
شکل ۵-۱۲- نمونه ای از مغزه مارنی در محل.....	۱۱۶
شکل ۵-۱۳- رابطه بین مقاومت تراکم تک محوری و تخلخل.....	۱۱۷
شکل ۵-۱۴- نتایج آزمایش های سه محوری برای مارن.....	۱۱۸
شکل ۵-۱۵- نتایج آزمایش های سه محوری برای مارن سیلتی و سیلت استون.....	۱۱۸
شکل ۵-۱۶- نتایج آزمایش سه محوری.....	۱۱۹
شکل ۵-۱۷- نتایج آزمایش برش.....	۱۲۱
شکل ۵-۱۸- رابطه بین امواج فشارشی و برشی در نمونه های مارن سیلتی.....	۱۲۲
شکل ۵-۱۱۹- نمایش GSI انتخاب شده برای توده سنگهای ساختگاه سد صفا.....	۱۲۹
شکل ۵-۲۰- منحنی معیار شکست هوک، براون توده سنگهای مارنی.....	۱۳۳
شکل ۵-۲۴- منحنی معیار شکست هوک، براون توده سنگهای مارن سیلتی.....	۱۳۳
شکل ۵-۲۵- منحنی معیار شکست هوک، براون توده سنگهای ماسه سنگی.....	۱۳۴
شکل ۵-۲۶- مقایسه نتایج آزمایش برش برجا با معیار ارائه شده برای شکست توده سنگ.....	۱۳۴

فصل دوم

- جدول (۱-۲): طبقه بندی مخلوط های رسی و کربنات کلسیم (سنگهای مارنی)..... ۱۲
- جدول (۲-۲): توصیف پتانسیل تورم براساس نشانه خمیری..... ۱۶
- جدول (۳-۲): طبقه بندی پتانسیل تورم بر مبنای حدود آتربرگ..... ۱۶
- جدول (۴-۲): تقسیم بندی سنگ مارن براساس درجه هوازدگی..... ۱۶
- جدول (۵-۲): طبقه بندی مقاومت توده سنگ بر حسب RQD..... ۲۸
- جدول (۶-۲): مقایسه مقادیر اعداد لوژن با ضریب نفوذپذیری..... ۳۱

فصل چهارم

- جدول (۱-۴): ویژگیهای مجموعه دسته درزه های تکیه گاه راست..... ۶۱
- جدول (۲-۴): ویژگیهای مجموعه دسته درزه های تکیه گاه چپ..... ۶۱
- جدول (۳-۴): ویژگیهای مجموعه دسته درزه های محدوده بستر..... ۶۲
- جدول (۴-۴): مشخصات و موقعیت گمانه های ساختگاه سد صفا..... ۶۷
- جدول (۵-۴): نفوذپذیری مصالح و هدایت هیدرولیکی آنها..... ۸۳
- جدول (۶-۴): مقادیر دبی و گرادیانهای هیدرولیکی بحرانی ($K=10^{-3} \text{ cm/s}$)..... ۸۵
- جدول (۷-۴): مقادیر دبی و گرادیانهای هیدرولیکی بحرانی ($K=10^{-2} \text{ cm/s}$)..... ۸۶
- جدول (۸-۴): مقادیر دبی و گرادیانهای هیدرولیکی بحرانی ($K=10^{-1} \text{ cm/s}$)..... ۸۶
- جدول (۹-۴): مشخصات مهمترین چشمه های زمینلرزه ای موثر به ساختگاه سد..... ۹۳
- جدول (۱۰-۴): بر آورد شتاب حداکثری افقی در سنگ نرم ساختگاه سد..... ۹۵
- جدول (۱۱-۴): بر آورد شتاب حداکثری افقی در سنگ نرم ساختگاه سد..... ۹۵

فصل پنجم

- جدول (۱-۵): طبقه بندی مخلوط های رسی و کربنات کلسیم..... ۱۰۰
- جدول (۲-۵): نتایج تجزیه کمی نمونه های مارنی به روش XRF..... ۱۰۲
- جدول (۳-۵): نتایج آزمایش تعیین درصد کربنات کلسیم..... ۱۰۲
- جدول (۴-۵): پراکندگی نمونه های مارنی در مخلوط های رس و کربنات کلسیم..... ۱۰۲
- جدول (۵-۵): نتایج برخی از آزمایشات فیزیکی..... ۱۰۴
- جدول (۶-۵): نتایج آزمایش تعیین دانسیته (gr/cm^3)..... ۱۰۵
- جدول (۷-۵): آزمایش تعیین درصد تخلخل..... ۱۰۶
- جدول (۸-۵): نتایج آزمایش درصد رطوبت..... ۱۰۸
- جدول (۸-۵): نتایج آزمایش حدود آتربرگ و درصد رس..... ۱۰۸
- جدول (۹-۵): نتایج آزمایش فشار تورمی..... ۱۱۰
- جدول (۱۰-۵): طبقه بندی دوام شکستگی گمبل..... ۱۱۳

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول (۵-۱۱): نتایج آزمایش تحکیم بر روی نمونه‌های مارنی.....	۱۱۴
جدول (۵-۱۲): نتایج آزمایش مقاومت تک محوری.....	۱۱۶
جدول (۵-۱۳): نتایج آزمایش سه محوری.....	۱۱۷
جدول (۵-۱۴): مقادیر نهایی اتخاذ شده برای ثابت m_i	۱۱۹
جدول (۵-۱۵): نتایج کشش غیر مستقیم، برزیلین.....	۱۲۰
جدول (۵-۱۶): نتایج آزمایش برش.....	۱۲۰
جدول (۵-۱۷): نتایج آزمایش تعیین سرعت امواج.....	۱۲۲
جدول (۵-۱۸): درصد سنگهای تشکیل دهنده ساختگاه سد صفا.....	۱۲۴
جدول (۵-۱۹): توصیف کیفی سنگ براساس شاخص کیفی سنگ (RQD).....	۱۲۵
جدول (۵-۲۰): نتایج طبقه‌بندی ژئومکانیکی توده سنگ (RMR) در گمانه‌ها.....	۱۲۶
جدول (۵-۲۱): نتایج بررسیهای آماری طبقه‌بندی RMR برای توده سنگهای ساختگاه.....	۱۲۶
جدول (۵-۲۲): امتیازهای تصحیح جهت شیب درزه‌ها در پی سد صفا.....	۱۲۷
جدول (۵-۲۳): امتیاز RMR اصلاح شده در پی سد صفا.....	۱۲۷
جدول (۵-۲۴): شاخص GSI برای توده سنگهای ساختگاه سد صفا.....	۱۲۹
جدول (۵-۲۵): ثوابت و پارامترهای ورودی معیار هوک و براون.....	۱۳۲
جدول (۵-۲۶): ثوابت معیار شکست هوک و براون برای توده سنگهای ساختگاه.....	۱۳۲
جدول (۵-۲۷): پارامترهای مقاومت برشی توده سنگهای پی سد.....	۱۳۵
جدول (۵-۲۸): پارامترهای تغییر شکل پذیری توده سنگهای پی سد.....	۱۳۵
جدول (۵-۲۹): پارامترهای مقاومت برشی سطوح درزه‌ها.....	۱۳۵

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

استفاده بهینه از آب در کشوری چون ایران که از نظر اقلیمی دارای وضعیت خشک تا نیمه خشک است از اهمیت فراوانی برخوردار است. سدها به عنوان یکی از بزرگترین سازه‌های هیدرولیکی، نقش مهمی در مهار و استفاده بهینه از آب را دارا می‌باشند. به طور کلی سدها به منظور ذخیره آب و تامین آب شرب، کشاورزی و صنعت ساخته می‌شوند هر چند مهار سیلاب‌ها و ایجاد ارتفاع آب به منظور تامین انرژی پتانسیل برای ایجاد نیروگاه نیز می‌تواند از اهداف اولیه احداث سدهای بلند باشد. از دیدگاه مهندسی، سدها یک سازه زنده شناخته شده‌اند و به دلیل تغییرات زمین شناسی و دیگر معیار سدها، این سازه‌ها نیز ممکن است تغییر کنند. با ساخته شدن سد حجم عظیمی از آب در مخزن آن ذخیره می‌شود و فشار هیدرواستاتیک زیادی بر تکیه‌گاه و پی سد اعمال می‌شود. فرار آب از مخزن سد، بویژه از سدهای خاکی نقش مهمی بر پایداری سد دارد. نوع مواد ساخت و ساز برای پی سد، مواد منابع قرضه، نوع طراحی، شکل هندسی و ... بر فاکتور توقف آب از سدها موثر است. از این رو شناخت تمامی جوانب ساختگاه و محل اجرای سد از نظر خصوصیات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی به ویژه در بحث آب بندی، کاهش نفوذپذیری، تحکیم پی و... از اهمیت بالای برخوردار است و باید با دقت و معیارهای علمی صورت پذیرد. جهت تحلیل و بررسی پارامترهای ژئوتکنیکی ساختگاه سد شناخت ویژگی‌های نفوذپذیری و رفتار هیدروژئومکانیکی توده سنگ‌های پی و تکیه‌گاه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

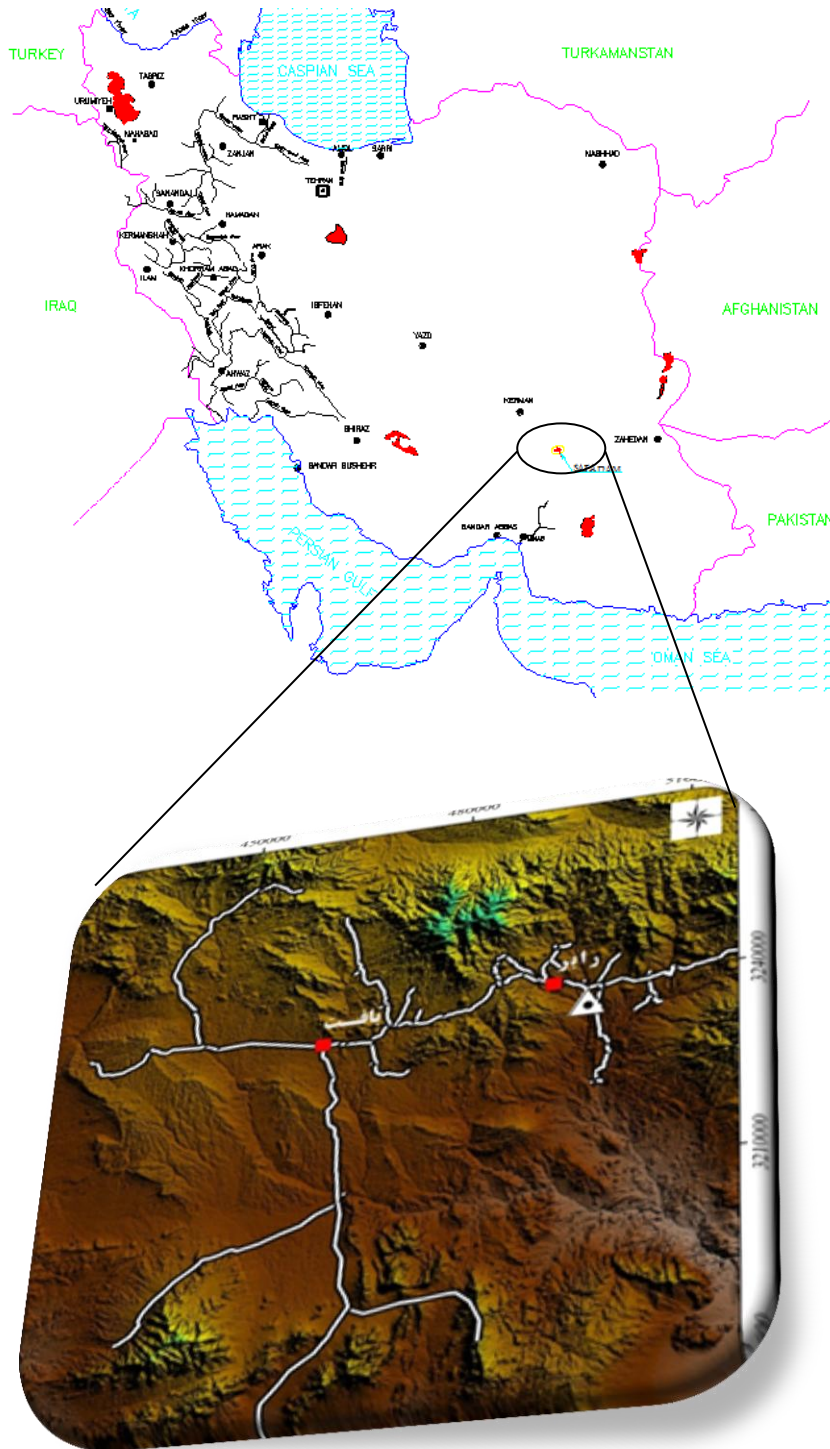
۱-۲- تعریف مسئله

از آنجا که سد مورد مطالعه بر روی سنگهای مارنی در حال ساخته شدن است و این نوع از سنگ‌ها از جمله سنگ‌های مشکل آفرین می‌باشند (در هنگام ساخت و حتی پس از اتمام پروژه) لذا این پژوهش جهت بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد صفا با تاکید ویژه بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی سنگهای مارنی انجام شده است.

۱-۳- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی طرح

سد صفا در استان کرمان و حدود ۳۰ کیلومتری شمال خاور شهر بافت قرار دارد. مختصات جغرافیایی ساختگاه سد به طول خاوری ۵۸' و ۵۶° و عرض شمالی ۱۵' و ۲۹° می‌باشد. دستیابی به ساختگاه از طریق حدود ۱۸۷ کیلومتر جاده آسفالتی کرمان - رابر، طی مسافتی حدود ۷ کیلومتر در مسیر رابر-

ساردوئیه، ۲ کیلومتر در مسیر روستای ابراهیم آباد و پس از طی مسیری در حدود ۱ کیلومتر در طول جاده فرعی به سمت ساختگاه سد امکان پذیر است. (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی

۴-۱- تاریخچه طرح

سابقه مطالعات در محدوده مورد مطالعه پروژه سد صفا به بررسیهای انجام شده توسط گروه مطالعاتی هامون در قالب طرح جامع حوزه آبریز غرب جاز موریان در سال ۱۳۶۳ باز می‌گردد هدف از این طرح تعیین پتانسیلهای آبی موجود در حوزه آبریز جازموریان بوده است. مطالعات مرحله شناخت و فاز اول این طرح در قالب طرح تامین آب دراز مدت شهر کرمان با هدف انتقال آب از سرشاخه‌های رودخانه هلیل رود و رودخانه شور به شهر کرمان در تابستان ۱۳۷۲ توسط مهندسين مشاور هلیل آب انجام گردید. از جمله کارهای انجام شده مطالعات ژئوتکنیک سد صفا با حفر بالغ بر ۳۶ گمانه به متر اژ کلی ۱۵۳۰ متر بوده است. پس از اینکه مهندسين مشاور مهتاب قدس مطالعات و طراحی‌های مرحله دوم و همچنین نظارت بر عملیات ژئوتکنیک سد را بعهده گرفت، عملیات حفاریهای اکتشافی ژئوتکنیک با هدف تکمیل نتایج بدست آمده از فازهای قبلی مطالعات و به منظور استفاده در طراحی نهایی سد شروع شد. مرحله دوم مطالعات زمین شناسی مهندسی در فروردین ماه ۱۳۸۱ پس از انتخاب شرکت مهندسين مشاور آزمایشگاه فنی مکانیک خاک بعنوان پیمانکار حفاریهای ژئوتکنیکی از سوی کارفرما و ابلاغ کار با حفاریهای اکتشافی در محل سد مخزنی صفا به مرحله اجرا در آمد. عملیات اکتشافی با حفر ۳۰ حلقه گمانه بصورت قائم و مایل، به متر اژ کلی ۱۴۲۲ متر در محور پیشنهادی و در مسیر سازه‌ها ادامه یافت که بطور همزمان طراحی های مربوط به سیستم انحراف و بدنه نیز انجام پذیرفت. همچنین در این مرحله از مطالعات عملیات تزریق آزمایشی سیمان با انتخاب دو الگوی آرایش مثلی با گمانه‌های مایل (۱۵ درجه) و دو حلقه گمانه کنترل به متر اژ کلی ۲۹۰ متر توسط شرکت مهندسين مهتاب قدس انجام شده است.

۵-۱- مشخصات طرح

۱-۵-۱- مشخصات بدنه سد

نوع سد: خاکی با هسته مرکزی ناتراوای رسی

ارتفاع سد از کف رودخانه: ۷۲ متر

ارتفاع سد از پی: ۷۸ متر

طول تاج: ۸۸۰ متر

عرض تاج: ۱۲ متر

رقوم بستر رودخانه: ۲۰۹۵ متر از سطح دریا

رقوم تاج سد: ۲۱۶۷ متر از سطح دریا

رقوم نرمال مخزن: ۲۱۶۰ متر از سطح دریا

حجم مخزن در رقوم نرمال: ۵۱,۰۰۰,۰۰۰ متر مکعب

۱-۵-۲- مشخصات سیستم تخلیه سیلاب

نوع سرریز: تندآب آزاد

تراز آستانه سرریز: ۲۱۶۰ متر

حداکثر ظرفیت تخلیه سیلاب: ۱۸۸۰ متر مکعب بر ثانیه

عرض دهانه اوجی سرریز: ۶۰ متر

طول کلی کانال تند آب: ۲۲۰ متر

دبی خروجی سرریز: ۱۳۰۰ متر مکعب بر ثانیه

۱-۶- اهداف پژوهش

الف) بررسی شرایط زمین شناسی مهندسی ساختگاه سد.

ب) بررسی شرایط هیدرولیکی ساختگاه سد.

پ) بررسی نتایج آزمایشات نفوذ پذیری و تجزیه و تحلیل آنها.

ت) بررسی نتایج آزمایشات آزمایشگاهی و محلی و تجزیه و تحلیل آنها.

ث) ارائه راه کار های لازم جهت بهسازی پی سد.

ج) بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی سنگ های مارنی ساختگاه.

۱-۷- روش تحقیق

الف- مطالعات دفتری

تهیه و بررسی نقشه ها و عکسهای هوایی موجود از محل طرح.