بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم

گروه زمین‌شناسی

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد

زمین‌شناسی مهندسی

بررسی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد ماشکیدسفلی در استان سیستان و بلوچستان

استادراهنمای اول: دکتر فریبا کارگران بافقی

استادراهنمای دوم: دکتر محمدرضا مشرفی فر

استادمشاور: دکتر حمید مهرنهاد

پژوهش و نگارش: مجتبی براهوئی

مهرماه ۱۳۹۳

دانـــشگاه یـــزد

دانشکده علوم

گروه زمین‌شناسی

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی‌ارشد

زمین‌شناسی مهندسی

بررسی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد ماشکیدسفلی در استان سیستان و بلوچستان

استادراهنمای اول: دکتر فریبا کارگران بافقی

استادراهنمای دوم: دکتر محمدرضا مشرفی فر

استادمشاور: دکتر حمید مهرنهاد

پژوهش و نگارش: مجتبی براهوئی

مهرماه ۱۳۹۳

تقدیم به مهربان فرشتگانی که:

لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حظور سبز آنهاست.

تقدیم به خانواده عزیزم

قدردانی و تشکر

نخستین سپاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده کوچکش را در دریای بیکران اندیشه، قطره‌ای ساخت تا وسعت آن را از دریچه اندیشه‌های ناب آموزگارانی بزرگ به تماشا نشیند. لذا اکنون‌که در سایه‌سار بنده‌نوازی‌هایش پایان‌نامه حاضر به انجام رسیده است، بر خود لازم می‌دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به‌جا آورم که در این راه یاری‌ام رساندند.

ابتدا از اساتید گرامی و گران‌قدرم سرکار خانم دکتر فریبا کارگران بافقی و جناب آقای دکتر مشرفی فر که زحمت راهنمایی این پایان‌نامه را بر عهده داشتند و در طول نگارش این مجموعه سکان‌دار شایسته‌ای بوده‌اند کمال سپاس و قدردانی را دارم.

از استاد عالی‌قدرم، جناب آقای دکتر مهرنهاد که زحمت مشاوره این پایان‌نامه را متحمل شدند، صمیمانه تشکر می‌کنم.

همچنین از مسئولین محترم شرکت آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان، مهندس علی‌اصغر دهواری مدیر مطالعات، مهندس عبدالحسین ناروئی مدیر پروژه، مهندس علیرضا ناروئی مسئول آرشیو فنی و مهندسین مشاور آب آرا سازه که اطلاعات لازم را در اختیارم گذاشتند، بسیار سپاسگزارم.

چکیده:

بررسی خصوصیات زمین شناسی‌مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه چه برای ارزیابی ایمنی سدهای ساخته شده و چه برای سدهای در حال ساخت ضروری می باشد. پروژه سد ماشکیدِ سفلی در ۶۵ کیلومتری جنوب شرق سراوان قرار دارد و جهت تأمین آب شرب شهرهای سراوان و سیرکان احداث می‌گردد. بر اساس مطالعات انجام‌شده نوع این سد، خاکی با هسته آسفالتی انتخاب شده است. از مهم‌ترین پارامترهای ژئوتکنیکی در ساختگاه سد تحلیل داده‌های حاصل از گمانه‌های حفر شده است. در پژوهش انجام شده تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش لوژان و RQD بصورت آماری و مدل‌سازی انجام گرفته است و همچنین داده‌های سنگ‌شناسی حاصل از لوگ‌های حفاری در بخش پهنه‌بندی پی، مدل‌سازی شده‌اند. مدل‌سازی داده‌ها در نرم‌افزار تخصصی Rockworks انجام شده است. تحلیل آماری داده‌های لوژان برای بخش‌های مختلف ساختگاه سد نشان داد که سنگ‌های بستر سد دارای میانگین نفوذپذیری پائین تری (میانگین لوژان ۱۲) نسبت به سایر بخش‌ها می باشند. مدل‌سازی داده های لوژان مشخص کرد که در محدوده بین تکیه‌گاه راست و بستر تا عمق ۱۰ متری بیشترین مقدار نفوذپذیری مشاهده می‌گردد و این بخش دارای پتانسیل فرار آب بالایی است. در تحلیل آماری داده‌های RQD مشخص شد که میانگین وزنی شاخص RQD در تکیه‌گاه راست بیشتر از تکیه‌گاه چپ و بستر ساختگاه سد است. در مدل‌سازی داده‌ها براساس مدل فنس‌دیاگرام ساخته‌شده از داده‌های RQD، سنگ‌های بستر سد به سمت تکیه‌گاه چپ دارای مقادیر کیفیت مغزه حفاری پائین‌تری نسبت به سایر بخش‌های سد می‌باشند. در بخش مربوط به طبقه‌بندی سنگ‌ها میانگین DMR سنگ‌های ساختگاه ۴۲ بدست آمد که با توجه به طبقه‌بندی صورت گرفته توده‌سنگ‌های ساختگاه در رده مقاومتی متوسط قرار می‌گیرند. در انتهای پژوهش مختصری درباره انتخاب نوع سد پروژه ماشکیدسفلی صورت گرفته که بررسی‌های انجام شده مشخص می‌کند که احداث سد خاکی گزینه مناسبی بوده است.

کلمات کلیدی: لوژان، RQD، Rockworks، ، تحلیل آماری، مدل‌سازی، مدل لیتولوژیکی، سد ماشکیدسفلی

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات ۱

مقدمه ۲

۱-۱ تعریف موضوع پروژه ۲

۱-۲ اهمیت و ضرورت تحقیق ۲

۱-۲-۱ جایگاه مطالعات ژئوتکنیک ۳

۱-۳ اهداف تحقیق ۵

۱-۴ موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه ۶

۱-۵ سابقه تحقیق ۸

۱-۵-۱ مراحل مطالعات زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد ۸

۱-۵-۲ مطالعات مرحله اول ۹

۱-۶ ساختار پایان‌نامه ۱۱

۱-۶-۱ فصل اول: کلیات ۱۱

۱-۶-۲ فصل دوم: مروری بر نگاشته‌ها ۱۱

۲-۶-۴ فصل چهارم: مطالعات ژئوتکنیکی ساختگاه سد ۱۲

۲-۶-۵ فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۲

فصل دوم: مروری بر نگاشته‌ها ۱۳

مقدمه ۱۴

۲-۱ انتخاب نوع سد ۱۴

۲-۱-۱ عوامل مؤثر در انتخاب نوع سد ۱۵

۲-۲ مطالعات ژئوتکنیکی ۱۸

۲-۳ کاوش‌های صحرایی ژئوتکنیک ۱۹

۲-۳-۱ انواع آزمایش‌های متداول برجا ۲۱

۲-۳-۱-۱ آزمایش SPT ۲۱

۲-۳-۱-۲ آزمایش نفوذپذیری در آبرفت (لوفران) ۲۲

۲-۳-۱-۳ آزمایش لوژان ۲۵

۲-۳-۱-۳-۱ روش و ابزارهای انجام آزمایش ۲۶

۲-۳-۱-۳-۲ روش میله‌ای برای تفسیر نتایج آزمایش لوژان ۲۹

۲-۳-۱-۳-۳ طبقه‌بندی سنگ‌های ساختگاه سد بر اساس میزان نفوذپذیری ۳۱
۲-۴ آزمون‌های آزمایشگاهی ۳۱
۲-۴-۱ طبقه‌بندی مصالح خاکی ۳۲
۲-۴-۲ آزمایش‌های بررسی پی‌سنگی ۳۲
۶) آزمون آزمایشگاهی تعیین سرعت امواج ۳۹
۲-۵ طبقه‌بندی سنگ‌ها ۴۰
۲-۵-۱ رده‌بندی مهندسی سنگ بکر ۴۰
۲-۵-۲ توده سنگ ۴۲
۲-۵-۲-۱ ناپیوستگی‌ها ۴۲
۲-۵-۲-۲ رده‌بندی توده سنگ ۴۳
۲-۵-۲-۲-۱ رده‌بندی ژئومکانیکی (RMR) ۴۴
۲-۵-۲-۲-۲ طبقه‌بندی توده سنگ به روش DMR ۴۵
۲-۵-۲-۲-۳ رده‌بندی براساس شاخص RQD ۴۷
۲-۶ مختصری درباره نرم‌افزار Rockworks ۴۹
فصل سوم: زمین‌شناسی عمومی منطقه موردمطالعه و ساختگاه سد ۵۰
مقدمه ۵۱
۳-۱ زمین‌شناسی عمومی منطقه موردمطالعه ۵۱
۳-۱-۱ زمین‌ریخت‌شناسی ۵۳
۳-۱-۲ سنگ چینه‌شناسی ۵۴
۳-۱-۳ تکتونیک و زمین‌شناسی ساختمانی ۵۵
۳-۱-۳-۱ گسل‌ها ۵۷
۳-۱-۳-۲ چین‌ها ۵۷
۳-۱-۴ هیدروژئولوژی ۵۸
۳-۲ زمین‌شناسی عمومی ساختگاه سد و مشخصات سد ۵۹
۳-۲-۱ مشخصات سد ۵۹
۳-۲-۲ زمین‌ریخت‌شناسی ۶۰
۳-۲-۳ سنگ چینه‌شناسی ۶۴
۳-۲-۴ زمین‌شناسی ساختمانی ۶۸
فصل چهارم: مطالعات ژئوتکنیکی ساختگاه سد ۶۹

مقدمه ۷۰
۴-۱ خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد ۷۰
۴-۱-۱ آزمایش‌های صحرائی ۷۱
۴-۱-۱-۱ آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) ۷۱
۴-۱-۱-۲ آزمایش لوفران ۷۱
۴-۱-۱-۳ آزمایش لوژان ۷۲
۴-۱-۱-۳-۱ ارزیابی لوژان به روش تحلیلی و آماری ۷۲
۴-۱-۱-۳-۲ مدل‌سازی داده‌های حاصل از آزمایش لوژان ۸۰
۴-۱-۱-۴ شاخص کیفیت سنگ (RQD) ۸۵
۴-۱-۱-۴-۲ مدل‌سازی داده‌های حاصل از RQD ۹۳
۴-۱-۲ آزمون‌های آزمایشگاهی ۹۷
۴-۱-۲-۱ بخش پی خاکی ۹۷
۴-۱-۲-۲ بخش پی‌سنگی ۹۸
۴-۱-۳ طبقه‌بندی مهندسی سنگ‌ها ۱۰۷
۴-۱-۳-۱ طبقه‌بندی مهندسی سنگ بکر ۱۰۷
۴-۱-۳-۲ توده سنگ ۱۰۸
۴-۱-۳-۲-۱ ناپیوستگی‌های ساختگاه سد ۱۰۹
۴-۱-۳-۲-۲ طبقه‌بندی توده سنگ ۱۱۰
۴-۱-۴ پهنه‌بندی پی ۱۱۲
۴-۱-۵ آب‌بندی و بهسازی پی ۱۱۵
۴-۱-۵-۱ آب‌بندی پی ۱۱۵
۴-۱-۵-۲ بهسازی پی ۱۱۸
۴-۲ انتخاب نوع سد ۱۱۸
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۱۸
۵-۱ نتیجه‌گیری ۱۲۲
۵-۲ پیشنهادها ۱۲۴

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱: محدوده منطقه موردمطالعه ۷

شکل۲-۱: تأثیر شکل دره در انتخاب نوع سد ۱۶

شکل ۲-۲: تجهیزات آزمایش لوژان ۲۷

شکل ۲-۳: نحوه افزایش فشار در آزمایش لوژان به روش هفت پله‌ای ۲۸

شکل۲-۴: روش میله‌ای هولسبی (۱۹۷۶) برای تفسیر نتایج لوژان ۳۰

شکل۲-۵: برخی آزمون‌های آزمایشگاهی معمول برای تعیین مقاومت سنگ، الف) تراکم سه محوری؛ ب) تراکم تک‌محوری؛ ج) کشش غیرمستقیم برزیلی..... ۳۶

شکل۳-۱: نقشه تقسیم‌بندی ساختمانی-رسوبی زون‌های ایران، نبوی (۱۳۵۵)..... ۵۱

شکل۳-۲: گسل‌های ساختگاه سد ۵۷

شکل۳-۳: تغییرات آب زیرزمینی در گمانه‌ها ۵۹

شکل ۳-۴: نمایی از مورفولوژی ساختگاه سد ماشکیدسفلی ۶۱

شکل ۳-۵: تناوب ماسه‌سنگ و شیل در جناح چپ ساختگاه ۶۵

شکل ۳-۶: نمایی از ماسه‌سنگ‌های سالم و سبزرنگ در جناح راست ساختگاه سد ۶۵

شکل ۳-۷: شیلهای مارنی در زیر واحد PQc در جناح چپ ساختگاه ۶۶

شکل ۳-۸: نمایی از کنگلومرا سست PQc ۶۶

شکل ۳-۹: تراس‌های جوان در حاشیه بستر رودخانه ۶۷

شکل ۳-۱۱: رسوبات بستر رودخانه ماشکید ۶۸

شکل۴-۱: نقشه توپوگرافی و جانمائی گمانه‌های ساختگاه سد..... ۷۰

شکل۴-۲: تغییرات لوژان با عمق در تکیه‌گاه راست..... ۷۴

شکل۴-۳: نمودار تغییرات لوژان با عمق در بستر سد..... ۷۴

شکل۴-۴: نمودار تغییرات لوژان با عمق در تکیه‌گاه چپ ۷۵

شکل۴-۵: نمودار تغییرات لوژان با عمق در سرریز سد ۷۶

شکل۴-۶: نمودار درصد فراوانی نوع رفتار هیدرولیکی توده‌سنگ‌های تکیه‌گاه راست ۷۷

شکل۴-۷: نمودار درصد فراوانی نوع رفتار هیدرولیکی توده‌سنگ‌های بستر سد ۷۸

شکل۴-۸: نمودار درصد فراوانی نوع رفتار هیدرولیکی توده‌سنگ‌های تکیه‌گاه چپ ۷۸

شکل۴-۹: درصد فراوانی نوع رفتار هیدرولیکی توده‌سنگ‌های سرریز سد ۷۹

شکل۴-۱۰: مدل حجمی داده‌های لوژان ساختگاه سد ۸۱

شکل۴-۱۱: الف) مسیر انتخاب‌شده برای مدل فنس‌دیاگرام؛ ب) مسیر انتخاب‌شده برای مدل مقطع عرضی.... ۸۲
شکل۴-۱۲: فنس‌دیاگرام ساخته‌شده از داده‌های لوژان ۸۳
شکل۴-۱۳: مقطع عرضی ساخته‌شده از داده‌های لوژان ۸۴
شکل ۴-۱۴: تغییرات عمق با RQD در گمانه‌های تکیه‌گاه راست ۸۶
شکل ۴-۱۵: تغییرات عمق با RQD در گمانه‌های بستر سد ۸۷
شکل ۴-۱۶: تغییرات عمق با RQD در گمانه‌های تکیه‌گاه چپ ۸۸
شکل ۴-۱۷: تغییرات عمق با RQD در گمانه‌های سرریز سد ۸۹
شکل۴-۱۸: نمودار درصد فراوانی کیفیت توده سنگ‌های تکیه‌گاه راست ۹۰
شکل۴-۱۹: نمودار کیفیت توده‌سنگ‌های بستر سد ۹۱
شکل۴-۲۰: نمودار درصد فراوانی کیفیت توده سنگ‌های تکیه‌گاه چپ ۹۲
شکل۴-۲۱: نمودار درصد فراوانی کیفیت توده سنگ‌های سرریز سد ۹۲
شکل۴-۲۲: مدل حجمی ساخته‌شده از داده‌های RQD در نرم‌افزار راک‌ورک ۹۴
شکل۴-۲۳: الف) مسیر مدل فنس‌دیاگرام؛ ب) مسیر مدل مقطع عرضی ۹۴
شکل۴-۲۴: مدل فنس‌دیاگرام داده‌های RQD ۹۵
شکل۴-۲۵: مقطع عرضی ساخته‌شده از داده‌های RQD ۹۶
شکل۴-۲۶: کانتور دیاگرام‌های جهت‌یابی درزه‌های تکیه‌گاه چپ ۱۰۹
شکل۴-۲۷: کانتور دیاگرام‌های جهت‌یابی درزه‌های تکیه‌گاه راست ۱۰۹
شکل ۴-۲۸: مدل لیتولوژیکی ساخته‌شده از ساختگاه سد ۱۱۳
شکل۴-۲۹: مسیر انتخاب‌شده جهت ایجاد پروفیل لیتولوژیکی ۱۱۴
شکل۴-۳۰: پروفیل لیتولوژیکی ساخته‌شده از ساختگاه سد ۱۱۴
شکل ۴-۳۱: توپوگرافی ساختگاه سد ۱۱۹

فهرست جداول‌ها

جدول ۱-۱: حجم عملیات زمین شناسی-ژئوتکنیک (مطالعات مرحله اول – سد مخزنی ماشکید سفلی) ۹

جدول ۲-۱: شکل دره‌ها و نوع سد پیشنهادی برای آن‌ها ۱۶

جدول ۲-۲: طبقه‌بندی نفوذپذیری سنگ‌ها بر اساس عدد لوژان ۳۱

جدول۲-۳: تغییرات K با اندازه قطر نمونه ۳۳

جدول۲-۴ : طبقه‌بندی سنگ بکر بر اساس شاخص بار نقطه‌ای ۳۴

جدول۲-۵: رده‌بندی سنگ‌ها بر اساس شاخص دوام مرحله‌ای سنگ ۳۹

جدول۲-۶: رده‌بندی مهندسی سنگ بکر بر اساس مقاومت تراکمی تک‌محوری ۴۱

جدول۲-۷: رده‌بندی مهندسی سنگ بکر بر اساس نسبت مدولی ۴۱

جدول۲-۸: تقسیم‌بندی سنگ بر اساس مقدار RMR ۴۵

جدول ۲-۹: ضرایب تعدیل برای پایداری سد با توجه به جهت‌داری درزه‌ها ۴۶

جدول۲-۱۰: رده‌بندی توده سنگ بر اساس درصد RQD ۴۸

جدول ۴-۱: نتایج آزمایش‌های لوفران ۷۲

جدول ۴-۲: نتایج آماری آزمایش لوژان و طبقه‌بندی سنگ‌های ساختگاه سد ۸۰

جدول ۴-۳: کیفیت توده سنگ‌ها در بخش‌های مختلف ساختگاه سد ۹۳

جدول۴-۴: مشخصات منابع قرضه مطالعه شده برای ماشکید ۹۷

جدول ۴-۵: طبقه‌بندی مصالح قرضه درشت‌دانه (بر حسب درصد هر طبقه‌بندی در قرضه) ۹۷

جدول۴-۶: نتایج آزمون دوام سنگ ۹۸

جدول۴-۷: نتایج آزمایش تراکمی تک‌محوری سنگ‌های ساختگاه سد ماشکیدسفلی ۹۹

جدول۴-۸: نتایج آنالیز آزمایش مقاومت تراکمی تک‌محوری سنگ‌های ساختگاه سد ۱۰۰

جدول۴-۹: نتایج آنالیز مدول تغییر شکل سنگ‌های ساختگاه سد ۱۰۰

جدول۴-۱۰: نتایج آزمون بار نقطه‌ای ۱۰۱

جدول۴-۱۱: نتایج آنالیز آزمایش بار نقطه‌ای ۱۰۲

جدول۴-۱۲: نتایج آزمون سه محوری ۱۰۳

جدول۴-۱۳: نتایج آزمایش برش مستقیم بر روی سنگ‌های درزه‌دار ساختگاه سد ۱۰۴

جدول۴-۱۴: نتایج آزمایش کشش برزیلی ۱۰۵

جدول۴-۱۵: نتایج آزمون تعیین سرعت امواج در سنگ‌های ساختگاه سد در دو حالت خشک و اشباع ۱۰۶

جدول۴-۱۶: طبقه‌بندی سنگ بکر ساختگاه سد ماشکیدسفلی ۱۰۸

جدول۴-۱۷: دسته درزه‌های تکیه‌گاه چپ ۱۰۹
جدول۴-۱۸: دسته‌درزه‌های تکیه‌گاه راست ۱۱۰
جدول۴-۱۹: طبقه‌بندی ژئومکانیکی سنگ‌های ساختگاه سد ماشکید ۱۱
جدول۴-۲۰: طبقه‌بندی ژئومکانیکی سنگ‌های ساختگاه ماشکیدسفلی بر اساس DMR ۱۱۲

فصل اول: کلیات

مقدمه

در این فصل به تعریف موضوع پروژه، ضرورت انجام آن، هدف از انجام آن، موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه، پیشینه مطالعات پروژه پرداخته شده و در پایان خلاصه‌ای در مورد فصل‌های پایان‌نامه بیان می‌شود.

۱-۱ تعریف موضوع پروژه

موضوع پروژه تحت عنوان بررسی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد ماشکید سفلی انتخاب‌شده است. مطالعات ژئوتکنیکی در واقع بخش اصلی بررسی‌ها و ارزیابی‌های ساختگاه پروژه‌هایی همچون سد می‌باشند و با توجه به گستردگی روش‌های انجام آن لازم است مطالعات و بررسی‌های دقیق و نظارت مناسبی بر انجام آن وجود داشته باشد. ارزیابی‌های ژئوتکنیکی، مشخصات فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی سنگ‌ها، خاک‌ها، ناپیوستگی‌ها، آب و سایر پارامترهای موجود در محل احداث پروژه را مشخص می‌سازد.

هدف اصلی احداث سد مخزنی ماشکید سفلی بر روی رودخانه ماشکید، مهار و جمع‌آوری سیلاب‌های مخرب و تنظیم بهره‌برداری بهینه از آن برای اراضی پایین‌دست و توسعه منابع آب و خاک رودخانه است.

۱-۲ اهمیت و ضرورت تحقیق

برآورد شایسته و کافی از زمین‌شناسی ساختگاه و شرایط ژئوتکنیکی یکی از جنبه‌های بسیار مهم ارزیابی ایمنی سد است. ارزیابی ایمنی هر یک از سدهای ساخته‌شده و در حال ساخت مورد نیاز است. در این بین، پی یک سد باید به‌طور کامل مورد آزمایش، کاوش و بررسی قرار گیرد و تا جایی که امکان دارد به‌طور کامل ارزیابی گردد. اکتشافات پی سد باید در جهت به دست آوردن اطلاعاتی که برای ارزیابی مهم است سوق داده شود. برنامه اکتشاف باید فاکتورهایی را که به‌طور بنیادین بر روی ایمنی سد تأثیرگذارند را شناسایی کند و سبب افزایش اطلاعات نامربوط نگردد و ازآنجایی‌که

تنوع شرایط زمین‌شناسی تقریباً از یک ساختگاه به ساختگاه دیگر متفاوت است، نمی‌توان یک برنامه اکتشاف خاص و انجام‌شده را الگو قرارداد و نیاز است برای هر ساختگاه مطالعات ژئوتکنیکی جامع و کاملی صورت گیرد.

با توجه به اینکه سد ماشکید سفلی در منطقه‌ای با شرایط تقریباً مرزی قرار دارد، انجام تمامی مراحل مطالعات ژئوتکنیکی در آن، از لحاظ زمانی دارای محدودیت‌هائی است و ممکن است بدون انجام مطالعات تکمیلی ژئوتکنیکی، وارد مرحله اجرائی شود. در مرحله مطالعات مقدماتی بررسی‌ها و مطالعات ژئوتکنیکی کاملی انجام‌شده است و نیاز است این اطلاعات به بهترین نحو مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند به همین دلیل در این پایان‌نامه از روش‌های مدل‌سازی جهت ارزیابی برخی مطالعات ژئوتکنیکی استفاده شده است تا مطالعات انجام‌شده بهتر مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند.

۱-۲-۱ جایگاه مطالعات ژئوتکنیک

شناخت مشخصات و وضعیت زمین در بسیاری از پروژه‌های عمرانی و صنعتی به‌عنوان مرحله اول مطالعات طرح به‌حساب می‌آید. بر همین اساس کاوش‌های ژئوتکنیک که عمده‌ترین روش شناسایی جنس پی و جمع‌آوری اطلاعات زمین هستند در پروژه‌های مذکور کارایی داشته و از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشند. در اینجا برخی از عناوین مطالعاتی مرتبط با مطالعات ژئوتکنیک عنوان‌شده و کاربرد کاوش‌های ژئوتکنیک در این مطالعات موردبحث واقع می‌شود:

الف) انتخاب ساختگاه مناسب: برای احداث برخی از سازه‌ها ساختگاه‌های متعددی وجود دارد و یکی از معیارهای انتخاب ساختگاه بهینه، وضعیت ژئوتکنیکی پی می‌باشد. در این موارد علاوه بر برآورد مشخصات زمین لازم است مزایا و معایب ساختگاه‌های مختلف مورد ارزیابی و مقایسه قرار گیرد. بر همین اساس ممکن است مطالعات ژئوتکنیک در دو فاز مقدماتی و تکمیلی انجام شود. در فاز مقدماتی صرفاً مشخصاتی از زمین که برای مقایسه ساختگاه‌ها و یا ترسیم طرح اولیه سازه موردنیاز است برآورد می‌گردد و این عملیات ممکن است برای چندین ساختگاه انجام شود. در فاز تکمیلی ضمن تعیین مشخصات زمین در ساختگاه منتخب، آزمایش‌های تکمیلی و خاص نیز انجام

می‌شود. برای انتخاب محور مناسب جهت ساخت سدها نیز معمولاً به همین نحو عمل می‌گردد. همچنین برای انتخاب محل مناسب برای جانمایی سیلوی سنگین یک کارخانه سیمان علاوه بر محدودیت‌های طرح صنعتی لازم است مشخصات زمین پی در گزینه‌های مختلف ساختگاه سیلو مورد ارزیابی و مقایسه واقع شود.

ب) طراحی پی سازه‌ها: پس از آنکه محل سازه قطعی گردید، معمولاً مهندس سازه برای آنکه بتواند ابعاد و نوع پی‌ها را طراحی کند به داده‌های ژئوتکنیکی کافی احتیاج دارد. علاوه بر این در برخی از سازه‌ها طراحی پی‌ها به‌طور معمول با وضعیت اولیه زمین مقدور نیست. در این‌گونه موارد معمولاً اصلاح زمین و بهبود مشخصات آن در دستور کار قرار می‌گیرد. در مورد اخیر ممکن است لازم باشد آزمون‌های صحرایی تکمیلی پیش از اصلاح زمین و یا در حین آن صورت پذیرد. به عنوان مثال، درصورتی‌که اصلاح مشخصات آبگذری و یا مقاومت توسط عملیات تزریق و یا شمع-کوبی در دستور کار باشد، لازم است در حین اجرا با آزمون‌های صحرایی ژئوتکنیک کفایت اصلاحات مذکور بررسی گردد.

ج) طراحی سازه‌های موقت: اجرای برخی سازه‌ها مستلزم انجام پاره‌ای کارهای موقتی نظیر گودبرداری پی، پایدارسازی موقت جدار حفاری‌شده و آب‌بندی گودال پی می‌باشد. در این موارد ممکن است لازم باشد کاوش‌های ویژه‌ای برای طرح سازه‌های موقت صورت پذیرد. به عنوان مثال اطلاع از نفوذپذیری زمین در مطالعه پی ساختمان‌ها ضرورتی ندارد. با این حال اگر پی‌ها در زیر سطح آب زیرزمینی اجرا می‌شوند، لازم است گودال پی به‌صورت موقت آب‌بندی شده و یا آب‌های نفوذی به آن توسط سیستم پمپاژ تخلیه گردند. در این موارد اطلاع از نفوذپذیری زمین و میزان نشت آب‌های ورودی به پی اهمیت پیدا می‌کند.

د) مطالعه اثرات زیست‌محیطی پروژه‌ها: بررسی اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های صنعتی و عمرانی در کنار سایر مطالعات پایه و طراحی‌های پروژه صورت می‌پذیرد. برای آنکه یک پروژه مجوز اجرا دریافت نماید، لازم است علاوه بر شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی، شاخص‌های ارزیابی زیست‌محیطی پروژه نیز درمجموع وضعیت مناسبی داشته باشد. انجام برخی از مطالعات

زیست‌محیطی مستلزم کاوش‌های صحرایی ژئوتکنیک است. ازجمله موارد مذکور می‌توان به بررسی آلودگی‌های زیرسطحی، میزان نشت شیرابه‌ها، ترکیب شیمیایی املاح موجود در آب‌های سطحی و زیرسطحی و اثرات آن در انحلال خاک اشاره نمود. ژئوتکنیک زیست‌محیطی شاخه‌ای از مهندسی ژئوتکنیک است که در سال‌های اخیر از کاربردهای فراوانی برخوردار گشته است.

ه) **طرح علاج بخشی سازه‌های آسیب‌دیده:** برای سازه‌هایی که در معرض خرابی کلی یا موضعی قرار می‌گیرند معمولاً طرح علاج بخشی و مقاوم‌سازی ارائه می‌گردد. ارائه طرح علاج بخشی مستلزم اطلاع از مشخصات زمین و پارامترهای معرف مصالح است. معمولاً برای جمع‌آوری این اطلاعات از آزمون‌های صحرایی ژئوتکنیک استفاده می‌شود.

و) **بررسی عملکرد سازه‌های موجود:** سازه‌های موجود بر مبنای اطلاعات علمی زمان ساخت سازه طراحی‌شده‌اند. با توجه به آنکه دانش مهندسی ژئوتکنیک و مطالعه رفتار زمین در دهه‌های اخیر با پیشرفت‌های چشم‌گیری مواجه بوده است لازم است پایداری پی این سازه‌ها مورد بازبینی واقع شود. کاوش‌های صحرایی ژئوتکنیک برای تخمین مشخصات زمین در این طرح‌ها کارایی دارد. در این موارد ممکن است محاسبه نشست‌های آنی و تحکیمی اهمیت نداشته باشد، زیرا عملکرد استاتیکی این سازه‌ها با گذشت زمان تأیید شده است. با این حال به دلیل عدم وقوع زلزله‌های شدید در منطقه موردنظر، ممکن است مطالعه رفتار لرزه‌ای پی و سازه اهمیت داشته باشد [۱].

۱-۳ اهداف تحقیق

هدف از مطالعات زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی سد ماشکید سفلی بررسی وضعیت زمین‌شناسی، زمین‌شناسی‌مهندسی و ژئوتکنیکی سد ماشکید سفلی است که در مطالعات مرحله شناخت، جانمایی شده است. مهم‌ترین اهداف مطالعات ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی ماشکید سفلی در ادامه ذکر شده اند.

الف) بررسی زمین‌شناسی عمومی منطقه

ب) بررسی زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه، مخزن و سازه‌های جانبی که خود شامل موارد زیر است:

- تعیین وضعیت پی و تکیه‌گاه‌های ساختگاه سد از دیدگاه مقاومتی
- تعیین وضعیت پی ساختگاه سد از دیدگاه نفوذپذیری
- تعیین وضعیت روباره و عمق پی‌سنگ در محل ساختگاه سد
- تعیین وضعیت آب زیرزمینی در محل ساختگاه سد

در این پژوهش، مطالعات ژئوتکنیکی ازجمله آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی، ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه، طبقه‌بندی توده سنگ و سنگ بکر، ویژگی‌های ژئومکانیکی سنگ‌ها و خاک‌های منطقه موردمطالعه و بررسی قرار گرفته است و از نرم‌افزارهای ژئوتکنیکی جهت انجام تحلیل‌های بهتر استفاده گردید است. در این پروژه از نرم‌افزار تخصصی Rockworks جهت مدل‌سازی داده‌های لوژان، سنگ‌شناسی و RQD استفاده شده است و داده‌های حاصل از آزمایش لوژان و RQD به دو صورت آماری و مدسازی مورد تحلیل قرار گرفته‌اند، تا مطالعات ژئوتکنیکی انجام شده در ساختگاه سد جامعیت بیشتری یافته و زمینه‌ای شود جهت کمک به انجام پروژه‌های دیگر این سد همچون، پرده آب‌بند و یا دیوار آب‌بند و پیشنهادهایی جهت اجرای بهتر پروژه داده شود.

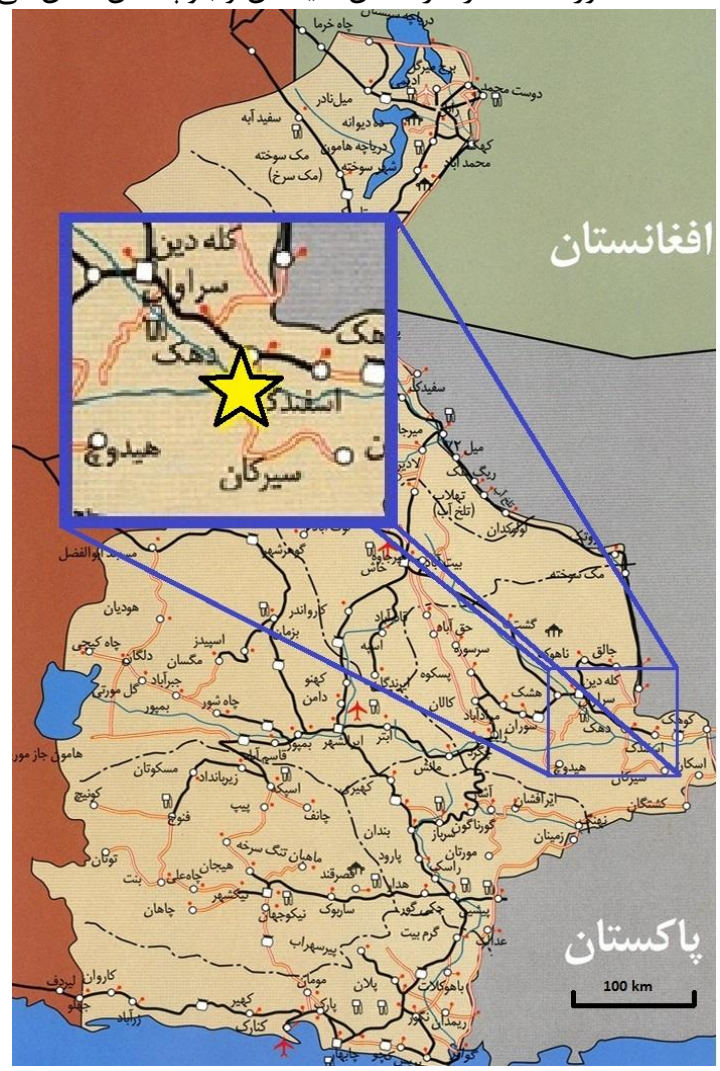
۴-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه (حوزه آبریز رودخانه ماشکیدسفلی) در جنوب شرق ایران و در شرق استان سیستان و بلوچستان و جنوب شرق شهرستان سراوان-بخش بم پشت واقع گردیده است. محدوده حوزه موردبررسی در مختصات ″۳ ′۴ °۲۷ تا ″۲۳ ′۸ °۲۷ عرض شمالی و ″۴۵ ′۳۲ °۶۲ تا ″۵۶ ′۴۰ °۶۲ قرار دارد. راه دسترسی به این ساختگاه از طریق مسیرهای آسفالته زاهدان-خاش (به طول ۱۶۰ کیلومتر)، خاش-سراوان (به طول ۱۵۵ کیلومتر) و سراوان-دهک (به طول ۳۵ کیلومتر) است. این منطقه در موقعیت ′۴۲ °۶۲ طول شرقی، ′۰۴ °۲۷ عرض شمالی و بر روی رودخانه ماشکید

واقع شده است. این رودخانه خود از تلاقی دو رودخانه روتک و ماشکید، در بالادست به وجود آمده است.

سرچشمه‌های رودخانه ماشکید از شمال غرب شهرستان زابلی و از ارتفاعات ۲۵۰۰ متر تغذیه می‌گردد. این رودخانه در بالادست شهرستان زابلی، ره‌آورد رودخانه خان زمان را دریافت می‌نماید و با مسیر شمال غرب – جنوب شرق به‌طرف شهرستان زابلی جریان می‌یابد. شاخه اصلی رودخانه ماشکید از دامنه‌های جنوبی کوه‌های بیرگ و از ارتفاع ۲۶۷۵ سرچشمه گرفته است [۲].

شکل ۱-۱ محدوده منطقه موردمطالعه را در استان سیستان و بلوچستان نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱: محدوده منطقه موردمطالعه