



دانشگاه اصفهان  
دانشکده علوم  
گروه زمین شناسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین شناسی گرایش مهندسی

**بررسی ویژگی های زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد گردنه خاکی  
در شمال غرب سمیرم**

استاد راهنما:

دکتر اکبر قاضی فرد

استاد مشاور:

مهندس مرتضی صداقت

پژوهشگر:

سیدعنایت‌اله حسینی خبیصی

مهرماه ۱۳۹۱



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین‌شناسی گرایش مهندسی آقای

سیدعنایت‌اله حسینی خبیصی تحت عنوان

بررسی ویژگی های زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد گردنه خاکی در

شمال غرب سمیرم

در تاریخ ۹۱/۷/۱۰ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

امضاء

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

امضاء

۲- استاد مشاور پایان نامه مهندس مرتضی صداقت با مرتبه ی علمی مربی

امضاء

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

امضاء

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

امضای مدیر گروه

دکتر امیراله صفری

## باسپاس

آنها که به زمین می‌اندیشند تکیه‌گاه امن انسانها را دریافته‌اند، آرامش و تسکین پاسخ زمین است به آنها. در کودکی با خاک و بازی‌هایش خو گرفتیم و کم‌کم آموختیم نزدیک شویم به سنگ، خاک و لایه‌های پر از رمز، به آب نرم و زلال که در رگ‌هایش ذخیره می‌شود و به زمین. اساتید ما را صبورانه و قدم به قدم بردند تا به ارتفاع برسیم. پس اکنون که به مدد پروردگار، برگ دیگری به دفتر زندگی افزوده می‌گردد، قبل از هر چیز مراتب امتنان از درگاه ایزد یکتای بجای آورده و از او برای ادامه‌ی راه دشواری که در پیش دارم مدد می‌جویم و با فروتنی و امتنان از تلاش‌های مؤثر و راهنمایی‌های مشفقانه‌ی استاد راهنمایم جناب آقای دکتر قاضی‌فرد و استاد مشاورم جناب آقای مهندس صداقت که در پیشبرد و تکمیل این رساله از تجربیات گرانبهایشان استفاده کردم کمال تشکر و قدردانی را دارم. بر خود لازم می‌دانم از اساتید محترم، آقایان دکتر اجل‌لوئیان، دکتر تاجمیر ریاحی و دکتر هاشمی که در دوران تحصیل از راهنمایی‌های گرانبهایشان استفاده کردم تقدیر و تشکر نمایم. از تمامی کارکنان گروه زمین‌شناسی بویژه آقای مهندس اعتصام‌پور، خانم شاه‌پیری و خانم ساکتی به خاطر همکاری و همچنین شرکت مهندسین مشاور زاینده‌آب به دلیل در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز تشکر و قدردانی می‌نمایم.

در پایان از دوستان و همکلاسی‌های عزیزم نهایت سپاسگذاری را دارم و توفیق و سعادت همگی این عزیزان را از خداوند متعالی خواستارم.

تقدیم به

بهترین آموزگاران زندگی

## چکیده

شناخت خصوصیات ژئوتکنیکی ساختگاه سدها از مهمترین مراحل عملیات اکتشافی برای به دست آوردن اطلاعات لازم در طراحی و ساخت آنها می‌باشد. از آنجا که سدها نقش مهمی در استفاده بهینه از منابع آب دارند، حفظ پایداری آنها و آب ذخیره شده در مخزن اهمیت زیادی دارد.

سد گردنه خاکی سمیرم، سدی است خاکی همگن، با طول تاج ۷۵۰ متر و ارتفاعی حدود ۲۳ متر بر روی رودخانه هرمزآباد در استان اصفهان و شهرستان سمیرم، که بر روی پی آبرفتی ضخیم احداث می‌شود.

مطالعات در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام شد. مطالعات صحرایی شامل آزمایش نفوذ استاندارد، آزمایش نفوذپذیری می‌باشد. پارامترهای مقاومتی، دانه‌بندی، تحکیم و واگرایی آبرفت‌ها بوسیله آزمایش‌های آزمایشگاهی نیز محاسبه گردید. با توجه به مطالعات مرحله اول و گمانه‌های حفر شده، ضخامت آبرفت در محل محور سد در تکیه گاه چپ ۵۳ متر، بستر ۱۵۰ متر می‌باشد اما در تکیه گاه راست بعد از حفاری ۵۵ متر به سنگ بستر برخورد نکرده است. با توجه به نتایج آزمون دانه‌بندی جنس غالب مصالح در رده CL قرار دارد که بخش‌های درشت دانه GC و SC به صورت لنتهایی توسط رسوبات ریزدانه محصور شده‌اند. نتایج آزمایشات نفوذ استاندارد (SPT)، در محدوده بستر سد در محل محور بجز قسمت‌های فوقانی برخی گمانه‌ها، از عمق ۲ تا ۳/۵ متر به بعد، بیشتر گمانه‌ها وضعیت خاک بصورت خاک متراکم تا خیلی متراکم قابل توصیف است. میزان نفوذپذیری در اکثر بخش‌ها کم است. ولی در عمق‌های محدودی از گمانه‌ها میزان نفوذپذیری نسبتاً متوسط می‌باشد که نگرانی از بابت نفوذپذیری این بخش‌ها متوجه طرح نخواهد شد. چون این مناطق به صورت لنت‌های منفصل در بین لایه‌های ریزدانه با نفوذپذیری کم محصور شده‌اند و ارتباط مستقیم با مخزن ندارند. به دلیل عدم وجود لایه‌های شنی و ماسه‌ای تمیز عاری از مواد رسی، پتانسیل وقوع روانگرایی وجود ندارد.

از روی نتایج آزمایشگاهی و با کمک نرم افزار، پایداری جناحین سد در حالت بحرانی یعنی زمان تخلیه سریع مخزن با اعمال ضریب زلزله (۲۶g) نیز مورد تحلیل پویا قرار گرفت که به علت شیب کم و تراکم نسبتاً بالای مصالح، جناحین سد در مقابل لغزش پایدار می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که ساختگاه مناسب احداث سد می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** زمین شناسی مهندسی، سد گردنه‌خاکی سمیرم، آزمایش نفوذ استاندارد، آزمایش نفوذپذیری، پایداری جناحین.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	<b>فصل اول: کلیات</b>
۱-۱	مقدمه.....
۲-۱	موقعیت جغرافیایی منطقه و راه‌های دسترسی.....
۳-۱	اقليم منطقه.....
۴-۱	مشخصات طرح .....
۵-۱	اهداف عمده تحقیق .....
۶-۱	روش و یا مرحله های تحقیق.....
۱-۶-۱	مطالعات دفتری .....
۲-۶-۱	مطالعات صحرایی.....
۳-۶-۱	مطالعات آزمایشگاهی .....
	<b>فصل دوم: مروری بر متون موجود</b>
۱-۲	مقدمه.....
۲-۲	انواع سدها.....
۳-۲	مطالعات کلی جهت احداث سدها.....
۱-۳-۲	شرایط لازم برای انتخاب سد خاکی.....
۲-۳-۲	انواع سدهای خاکی.....
۳-۳-۲	کاوش های زیر سطحی (شناسایی های ژئوتکنیکی).....
۴-۲	برنامه ریزی روش های شناسائی.....
۱-۴-۲	روش های شناسائی.....
۲-۴-۲	نمونه گیری از خاک.....
۳-۴-۲	نمونه گیری های متداول و معیارهای دست خوردگی .....
۵-۲	مقاومت برشی خاکها.....
۱-۵-۲	مفهوم تنش و مقاومت برشی.....
۱-۱-۵-۲	قانون مور - کولمب.....
۲-۵-۲	آزمایش های مقاومت برشی خاک.....

عنوان	صفحه
۳-۵-۲ آزمایش‌های صحرایی برای تعیین مقاومت برشی.....	۱۸
۱-۳-۵-۲ آزمایش نفوذ استاندارد (SPT).....	۱۸
۱-۳-۵-۲ روش انجام آزمایش نفوذ استاندارد.....	۲۰
۲-۱-۳-۵-۲ مزایای آزمایش نفوذ استاندارد.....	۲۰
۳-۱-۳-۵-۲ عوامل موثر در عدد نفوذ استاندارد.....	۲۰
۴-۱-۳-۵-۲ تصحیحات ضربات SPT برای مقادیر $N_{60}$ .....	۲۳
۵-۱-۳-۵-۲ استفاده از نتایج آزمون نفوذ استاندارد (SPT).....	۲۵
۶-۱-۳-۵-۲ روابط تجربی SPT برای تخمین خواص خاکهای غیر چسبنده.....	۲۵
۷-۱-۳-۵-۲ روابط تجربی SPT برای تخمین خواص خاکهای چسبنده.....	۲۵
۴-۵-۲ آزمایش‌های آزمایشگاهی برای تعیین مقاومت برشی.....	۲۸
۱-۴-۵-۲ آزمایش برش مستقیم.....	۲۸
۱-۱-۴-۵-۲ کاربرد نتایج آزمایش برش مستقیم (DS).....	۲۸
۲-۴-۵-۲ آزمایش فشار سه محوری.....	۲۹
۱-۲-۴-۵-۲ کاربرد نتایج آزمایش سه محوری UU.....	۲۹
۲-۲-۴-۵-۲ کاربرد نتایج آزمایش سه محوری CU.....	۳۰
۳-۲-۴-۵-۲ کاربرد نتایج آزمایش سه محوری CD.....	۳۰
۶-۲ رابطه بین مدول الاستیسیته خاک و آزمون نفوذ استاندارد.....	۳۰
۱-۶-۲ روش‌های آزمایشگاهی و صحرایی تعیین مدول الاستیسیته.....	۳۱
۲-۶-۲ برآورد مدول الاستیسیته با روابط تجربی.....	۳۱
۷-۲ واگرایی خاک.....	۳۲
۱-۷-۲ مشکلات مهندسی خاکهای واگرا در سدهای خاکی.....	۳۲
۲-۷-۲ عوامل موثر بر روی واگرایی خاک.....	۳۳
۳-۷-۲ شناسایی رس‌های واگرا.....	۳۳
۴-۷-۲ آزمایشات آزمایشگاهی برای تشخیص واگرایی.....	۳۳
۱-۴-۷-۲ آزمایش کلوخه خاکی (کرامپ).....	۳۴
۲-۴-۷-۲ آزمایش هیدرومتری مضاعف.....	۳۵
۳-۴-۷-۲ آزمایش پین هول.....	۳۶



عنوان	صفحه
.....آزمایشات شیمیائی ۴-۷-۲	۳۷
.....روش مقابله با واگرایی ۵-۷-۲	۳۷
.....آزمایش‌های تعیین نفوذ پذیری خاک ۸-۲	۳۸
.....آزمایش لفران ۱-۸-۲	۳۸
.....آزمایش‌های تعیین نفوذپذیری توده سنگ ۹-۲	۳۹
.....آزمایش تراوش آب ۱-۹-۲	۳۹
.....آزمایش نوسان سطح آب ۲-۹-۲	۳۹
.....استفاده از روش‌های ژئوفیزیکی ۳-۹-۲	۴۰
.....آزمایش فشار آب (WPT) ۴-۹-۲	۴۰
.....نحوه‌ی انجام آزمایش لوژن ۱-۴-۹-۲	۴۱
.....تفسیر نتایج آزمایش لوژن ۲-۴-۹-۲	۴۲
.....انواع رفتارهای هیدرولیکی در توده سنگ ۱۰-۲	۴۳
.....تعیین رفتار هیدرولیکی با استفاده از نمودارهای پیشنهادی هولسبی ۱-۱۰-۲	۴۳
.....رفتار خطی (گروه A) ۱-۱-۱۰-۲	۴۴
.....رفتار آشفته (گروه B) ۲-۱-۱۰-۲	۴۴
.....رفتار بازشدگی یا اتساع (گروه C) ۳-۱-۱۰-۲	۴۴
.....رفتار آبشستگی یا فرسایش پرشدگی (گروه D) ۴-۱-۱۰-۲	۴۴
.....رفتار پرشدگی یا انسداد (گروه E) ۵-۱-۱۰-۲	۴۵
.....تعیین رفتار هیدرولیکی با استفاده از نمودارهای فشار - خوردند ۲-۱۰-۲	۴۵
.....طبقه بندی توده سنگ بر اساس اعداد لوژان ۱۱-۲	۴۶
.....پی آبرفتی ۱۲-۲	۴۷
.....طراحی پی‌های آبرفتی ۱-۱۲-۲	۴۷
.....مشکلات و مسائل مربوط به نشست پی ۲-۱۲-۲	۴۸
.....روش‌های اصلاح آبرفت ۳-۱۲-۲	۴۹
.....پی‌های آبرفتی در ایران ۴-۱۲-۲	۵۱
.....آنالیز دینامیکی پایداری سد خاکی ۱۳-۲	۵۲
.....روش‌های تحلیل پایداری ۱-۱۳-۲	۵۲

عنوان	صفحه
۲-۱۳-۱-۱ روش تفاضل محدود.....	۵۴
۲-۱۳-۱-۲ روش اجزا محدود (FEM).....	۵۴
۲-۱۳-۱-۳ روش اجزا مجزا.....	۵۵
۲-۱۳-۲ آنالیز پایداری طی افت ناگهانی سطح آب.....	۵۶
۲-۱۳-۳ پیشنهاد ضریب اطمینان .....	۵۶
۲-۱۳-۴ گام‌های مدل‌سازی به روش اجزاء محدود در نرم‌افزار Plaxis 8.x برای بررسی پایداری.....	۵۶

### فصل سوم: زمین‌شناسی

۳-۱ مقدمه.....	۵۷
۳-۲ زمین‌شناسی عمومی منطقه.....	۵۷
۳-۳ زمین ریخت‌شناسی .....	۵۸
۳-۴ تاریخچهٔ چینه‌نگاری سنج - سیرجان.....	۵۸
۳-۴-۱ ژوراسیک میانی .....	۵۹
۳-۴-۲ ژوراسیک فوقانی.....	۵۹
۳-۴-۳ کرتاسه.....	۵۹
۳-۴-۴ رسوبات آواری سازند کشکان.....	۶۰
۳-۴-۵ دولومیت‌های سازند شهبازان.....	۶۰
۳-۴-۶ نهشته‌های سازند آسماری.....	۶۰
۳-۴-۷ کنگلومرای ضخیم‌لایه بختیاری.....	۶۰
۳-۴-۸ نهشته‌های کوتاه‌تر.....	۶۱
۳-۵ لرزه زمین ساخت.....	۶۳
۳-۵-۱ زمین‌لرزه‌های سده بیستم.....	۶۳

### فصل چهارم: روش تحقیق

۴-۱ مقدمه.....	۶۶
۴-۲ جمع آوری و تهیه داده‌های مورد نیاز (مطالعات دفتری مقدماتی).....	۶۶
۴-۲-۱ نقشه‌ها و داده‌های رقومی مورد نیاز.....	۶۷

عنوان	صفحه
۲-۲-۴ داده‌های ژئوتکنیکی.....	۶۷
۳-۴ کاوش‌های صحرایی.....	۶۷
۱-۳-۴ روش مشاهداتی.....	۶۷
۲-۳-۴ روش‌های دستگاهی.....	۶۸
۱-۲-۳-۴ حفر گمانه‌ها.....	۶۸
۲-۲-۳-۴ آزمون‌های برجا.....	۶۸
۱-۲-۲-۳-۴ آزمون نفوذ استاندارد (SPT).....	۶۸
۲-۲-۲-۳-۴ آزمون نفوذپذیری.....	۶۸
۳-۲-۲-۳-۴ برداشت سطح آب گمانه‌ها.....	۶۸
۴-۴ آزمون‌های آزمایشگاهی.....	۶۹
۱-۴-۴ آزمون دانه‌بندی.....	۶۹
۲-۴-۴ آزمون حدود آتبرگ.....	۶۹
۳-۴-۴ آزمون تعیین درصد رطوبت طبیعی.....	۶۹
۴-۴-۴ آزمون تراکم سه محوری.....	۶۹
۵-۴-۴ آزمون تحکیم.....	۷۰
۶-۴-۴ آزمون برش مستقیم.....	۷۰
۷-۴-۴ آزمون پین هول.....	۷۰
۵-۴ مطالعات دفتر نهایی.....	۷۰
۱-۵-۴ نرم‌افزارهای استفاده شده.....	۷۱
۱-۱-۵-۴ نرم‌افزار Rockwork 2006.....	۷۱
۲-۱-۵-۴ نرم افزار PLAXIS 8.x.....	۷۱
۳-۱-۵-۴ دیگر نرم‌افزارهای استفاده شده در این تحقیق.....	۷۱
۲-۵-۴ تهیه مقاطع زمین شناسی و ژئوتکنیکی.....	۷۲
۳-۵-۴ تهیه مقاطع بر اساس نفوذپذیری.....	۷۲
۴-۵-۴ تجزیه و تحلیل آماری نتایج به دست آمده.....	۷۲

## فصل پنجم: تجزیه و تحلیل داده‌ها

عنوان.....	صفحه.....
۱-۵ مقدمه.....	۷۳.....
۲-۵ مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی محور.....	۷۴.....
۱-۲-۵ مطالعات صحرایی.....	۷۴.....
۱-۱-۲-۵ آزمایش نفوذ استاندارد.....	۷۵.....
۲-۱-۲-۵ وضعیت سطح آب زیرزمینی.....	۷۵.....
۳-۱-۲-۵ آزمایش لوفران.....	۷۶.....
۱-۳-۱-۲-۵ بررسی وضعیت نفوذپذیری آبرفت‌های تگه‌گاه چپ.....	۷۶.....
۲-۳-۱-۲-۵ بررسی وضعیت نفوذپذیری آبرفت‌های تگه‌گاه راست.....	۸۰.....
۳-۳-۱-۲-۵ پهنه بندی نفوذپذیری آبرفت‌های محور سد.....	۸۴.....
۴-۳-۱-۲-۵ بررسی میزان نفوذ پذیری آبرفت‌های مخزن سد.....	۸۵.....
۴-۱-۲-۵ رفتار هیدرومکانیکی توده سنگ.....	۸۸.....
۲-۲-۵ مطالعات آزمایشگاهی.....	۹۰.....
۱-۲-۲-۵ تعیین درصد وزن مخصوص طبیعی (Gs).....	۹۰.....
۲-۲-۲-۵ آزمایش حدود آتربرگ.....	۹۱.....
۳-۲-۲-۵ دانه‌بندی و طبقه بندی خاک.....	۹۱.....
۴-۲-۲-۵ آزمایش برش مستقیم.....	۹۲.....
۵-۲-۲-۵ آزمایش سه محوری.....	۹۳.....
۱-۵-۲-۲-۵ مقایسه مقادیر پارامترهای برشی به دست آمده از آزمایش برش مستقیم و سه محوری.....	۹۵.....
۶-۲-۲-۵ آزمایش تحکیم.....	۹۶.....
۱-۶-۲-۲-۵ تحلیل نشست با استفاده از روابط تحکیم بلافاصله بعد از اولین آبگیری.....	۹۸.....
۲-۶-۲-۲-۵ تحلیل نشست با استفاده از نرم افزار Plaxis بلافاصله پس از آبگیری.....	۹۸.....
۷-۲-۲-۵ آزمایش واگرایی.....	۱۰۰.....
۳-۵ مقاومت برشی زهکشی نشده.....	۱۰۲.....
۱-۳-۵ تعیین مقاومت برشی زهکشی نشده با استفاده از روابط تجربی.....	۱۰۲.....
۲-۳-۵ فراوانی پارامترهای موثر در مقاومت برشی زهکشی نشده.....	۱۰۲.....
۳-۳-۵ روش مطالعه برای تعیین تجربی میزان مقاومت برشی زهکشی نشده.....	۱۰۳.....

عنوان	صفحه
۴-۳-۵ ارائه رابطه تجربی برای محاسبه میزان مقاومت برشی زهکشی نشده $S_u$ به کمک نتایج آزمون SPT	۱۰۷.....
۴-۵ تعیین مدول الاستیسیته با استفاده از آزمایش‌های آزمایشگاهی، صحرایی و ارائه رابطه تجربی.....	۱۰۷.....
۵-۵ تحلیل پایداری جناحین سد با استفاده از نرم‌افزار PLAXIS 8.x.....	۱۰۸.....
۱-۵-۵ مدل هندسی جناحین.....	۱۰۹.....
۲-۵-۵ خصوصیات مواد تشکیل دهنده جناحین.....	۱۰۹.....
۳-۵-۵ مراحل محاسبات صورت گرفته.....	۱۱۰.....
۴-۵-۵ تعیین ضریب پایداری جناحین سد قبل از تخلیه سریع مخزن.....	۱۱۱.....
۵-۵-۵ تعیین ضریب پایداری جناحین سد بعد از تخلیه سریع مخزن.....	۱۱۳.....
<b>فصل ششم: نتایج و پیشنهادات.....</b>	<b>۱۱۵.....</b>
<b>پیوست.....</b>	<b>۱۲۰.....</b>
<b>منابع و مأخذ.....</b>	<b>۱۲۵.....</b>

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی ساختگاه سد و راه دسترسی به آن	۲
شکل ۱-۲ ابزار معمول برای نمونه‌گیری و آزمایش در محل	۱۵
شکل ۲-۲ نمونه‌گیر لفاف‌دار سوئدی	۱۶
شکل ۳-۲ صفحات و تنش‌های اصلی در یک نقطه	۱۷
شکل ۴-۲ شمای کلی از چکش SPT	۱۹
شکل ۵-۲ طرح شماتیک آزمایش لوژن	۴۲
شکل ۶-۲ انواع مختلف نمودارهای p-q آزمایش لوژن	۴۶
شکل ۷-۲ روش‌های اصلاح خاک بر حسب اندازه دانه	۴۹
شکل ۳-۱ رسوبات آبرفتی قدیمی و جدید (دید به سمت جنوب می‌باشد)	۶۱
شکل ۳-۲ نقشه‌های زمین‌شناسی محدوده مخزن و ساختگاه سد	۶۲
شکل ۳-۳ تقسیم‌بندی زمین‌ساختی فلات ایران (بربریان ۱۹۷۶) ساختگاه سد با علامت ستاره نمایان شده است	۶۳
شکل ۴-۳ لرزه‌خیزی ناحیه پیرامون ساختگاه سد گردنه خاکی سمیرم با بزرگی بیشتر از ۴ ریشتر تا شعاع Km ۲۰۰ از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۲ میلادی (پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله)	۶۴
شکل ۱-۵ محل و عمق گمانه‌های حفر شده در ساختگاه سد	۷۴
شکل ۲-۵ مقطع تغییرات عدد نفوذ استاندارد در محور سد	۷۵
شکل ۳-۵ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-B۲	۷۷
شکل ۴-۵ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-B۳	۷۷
شکل ۵-۵ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-B۴	۷۸
شکل ۶-۵ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-B۸	۷۸
شکل ۷-۵ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-G۴	۷۹
شکل ۸-۵ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-G۵	۷۹
شکل ۹-۵ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-B۱	۸۰
شکل ۱۰-۵ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-B۵	۸۱
شکل ۱۱-۵ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-B۶	۸۱
شکل ۱۲-۵ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-B۷	۸۲

عنوان	صفحه
شکل ۵-۱۳ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-G <sub>۱</sub>	۸۲
شکل ۵-۱۴ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-G <sub>۲</sub>	۸۳
شکل ۵-۱۵ نتایج آزمایش نفوذپذیری گمانه BH-G <sub>۳</sub>	۸۳
شکل ۵-۱۶ پروفیل موضوعی نفوذپذیری محور سد	۸۴
شکل ۵-۱۷ نتایج آزمایش نفوذپذیری پیژومتر P <sub>۲</sub>	۸۵
شکل ۵-۱۸ نتایج آزمایش نفوذپذیری پیژومتر P <sub>۱۵</sub>	۸۶
شکل ۵-۱۹ نتایج آزمایش نفوذپذیری پیژومتر P <sub>۲۳</sub>	۸۶
شکل ۵-۲۰ نتایج آزمایش نفوذپذیری پیژومتر P <sub>۲۵</sub>	۸۷
شکل ۵-۲۱ نتایج آزمایش نفوذپذیری پیژومتر P <sub>۲۸</sub>	۸۷
شکل ۵-۲۲ نتایج آزمایش نفوذپذیری پیژومتر P <sub>۲۹</sub>	۸۸
شکل ۵-۲۳ دیاگرام جریان آب در گمانه BH-B <sub>۳</sub>	۸۹
شکل ۵-۲۴ نمودار فشار/خورد آب در گمانه BH-B <sub>۳</sub>	۸۹
شکل ۵-۲۵ دیاگرام جریان آب در گمانه BH-B <sub>۴</sub>	۸۹
شکل ۵-۲۶ نمودار فشار/خورد آب در گمانه BH-B <sub>۴</sub>	۹۰
شکل ۵-۲۷ نمونه‌ای از منحنی دانه‌بندی نمونه‌های محل	۹۲
شکل ۵-۲۸ پروفیل موضوعی جنس رسوبات محور سد با استفاده از نرم‌افزار Auto Cad 2010	۹۲
شکل ۵-۲۹ نمودار لگاریتمی تنش موثر قائم در برابر نسبت تخلخل	۹۷
شکل ۵-۳۰ نمودار تنش موثر قائم در برابر کرنش قائم	۹۷
شکل ۵-۳۱ توزیع تنش‌های موثر در بدنه و پی - پس از آبیگری	۹۹
شکل ۵-۳۲ تغییر مکان کل بدنه و پی پس از آبیگری	۱۰۰
شکل ۵-۳۳ فراوانی اعداد نفوذ استاندارد اصلاح شده	۱۰۳
شکل ۵-۳۴ فراوانی اعداد نفوذ استاندارد اصلاح نشده	۱۰۳
شکل ۵-۳۵ فراوانی تعداد شاخص پلاستیسیته (PI)	۱۰۳
شکل ۵-۳۶ فراوانی رطوبت طبیعی (W <sub>n</sub> )	۱۰۴
شکل ۵-۳۷ فراوانی حد روانی (LL)	۱۰۴
شکل ۵-۳۸ مقایسه مطالعات قبلی با نتایج مطالعات حاضر برای رس‌های منطقه طرح بر حسب SPT-	
N <sub>field</sub>	۱۰۵

عنوان	صفحه
شکل ۳۹-۵ مقایسه مطالعات قبلی با نتایج مطالعات حاضر برای رس‌های منطقه طرح بر حسب SPT-N <sub>60</sub> .....	۱۰۵
شکل ۴۰-۵ نمودار مقادیر Su محاسبه شده در برابر Su اندازه گیری شده از آزمون سه محوری (CU) ..	۱۰۶
شکل ۴۱-۵ نمودار مقادیر Su محاسبه شده در برابر Su اندازه گیری شده از آزمون برش مستقیم .....	۱۰۶
شکل ۴۲-۵ نمودار مقادیر E محاسبه شده در برابر E اندازه گیری شده از آزمون سه محوری (CU) .....	۱۰۸
شکل ۴۳-۵ مدل هندسی جناح راست برای آنالیز پایداری .....	۱۰۹
شکل ۴۴-۵ مدل هندسی جناح چپ برای آنالیز پایداری .....	۱۰۹
شکل ۴۵-۵ توزیع فشار آب منفذی تکیه گاه راست .....	۱۱۰
شکل ۴۶-۵ توزیع فشار آب منفذی تکیه گاه راست .....	۱۱۱
شکل ۴۷-۵ منحنی حاصل از تحلیل پایداری شیب دامنه جناح راست مخزن سد گردنه خاکی در زمان پر بودن مخزن .....	۱۱۲
شکل ۴۸-۵ منحنی حاصل از تحلیل پایداری شیب دامنه جناح چپ مخزن سد گردنه خاکی در زمان پر بودن مخزن .....	۱۱۲
شکل ۴۹-۵ منحنی حاصل از تحلیل پایداری برای شیب دامنه جناح راست مخزن سد گردنه خاکی در زمان تخلیه سریع مخزن .....	۱۱۳
شکل ۵۰-۵ منحنی حاصل از تحلیل پایداری برای شیب دامنه جناح چپ مخزن سد گردنه خاکی در زمان تخلیه سریع مخزن .....	۱۱۴



## فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱ میانگین دبی ماهانه رودخانه هرمز آباد در محل سد گردنه خاکی، دوره آماری ۴۹-۱۳۴۸ تا ۸۸-	۳
۱۳۸۷ (مترمکعب در ثانیه) .....	۳
جدول ۱-۲ تعداد روزهای یخبندان در محل ساختگاه سد .....	۳
جدول ۱-۳ مشخصات و ویژگیهای فنی سد .....	۴
جدول ۱-۲ پارامترهای موثر در مقدار $N_{60}$ .....	۲۴
جدول ۲-۲ رابطه بین $q_u \cdot N(SPT)$ (ترزاقی و پک ۱۹۶۷) .....	۲۶
جدول ۲-۳ روابط بین تعداد نفوذ استاندارد $N(SPT)$ و مقاومت برشی زهکشی نشده ( $S_u$ ) .....	۲۷
جدول ۲-۴ روابط محققان پیشین برای محاسبه مدول الاستیسیته از نتایج آزمایش نفوذ استاندارد .....	۳۲
جدول ۲-۵ خلاصه ای از تفسیر نتایج لوژن (پیشنهاد شده توسط هولسی، ۱۹۷۶) .....	۴۳
جدول ۲-۶ توصیف نفوذپذیری سنگ بر حسب واحد لوژن .....	۴۶
جدول ۲-۷ طبقه بندی آبرفت طبیعی، نوع سد و تمهیدات لازم .....	۴۷
جدول ۲-۸ کاربرد روش های اصلاح خاک در پی آبرفتی سدها (بغیر از آب بندی) .....	۵۰
جدول ۲-۹ مشخصات سدهای خاکی و سنگریزه ای در ایران .....	۵۱
جدول ۳-۱ مشخصات زمین لرزه های مهم رویداده در گستره مورد مطالعه .....	۶۵
جدول ۵-۱ رابطه بین ضریب نفوذپذیری ( $K$ ) و میزان آبگذری .....	۷۶
جدول ۵-۲ میانگین وزن مخصوص بخش جامد ( $G_s$ ) .....	۹۰
جدول ۵-۳ میانگین نتایج آزمایش حدود آتربرگ .....	۹۱
جدول ۵-۴ پارامترهای مقاومتی خاک های محل .....	۹۴
جدول ۵-۵ نتایج آزمایش سه محوری .....	۹۵
جدول ۵-۶ میانگین پارامترهای مقاومت برشی .....	۹۶
جدول ۵-۷ میانگین نتایج آزمایش تحکیم .....	۹۷
جدول ۵-۸ پارامترهای مورد استفاده برای محاسبه نشست .....	۹۸
جدول ۵-۹ پارامترهای ژئومکانیک مصالح بکار رفته در تحلیل نشست سد .....	۹۹
جدول ۵-۱۰ روش $A$ برای تشخیص واگرایی .....	۱۰۱
جدول ۵-۱۱ نتایج آزمایش پین هول بر روی نمونه ها .....	۱۰۱

## فصل اول

### کلیات

#### ۱-۱ مقدمه

در هر کشوری آب از اولویت‌های مهم توسعه بوده و بخصوص در کشورهایی با آب و هوای خشک نظیر ایران، این موضوع از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد. به همین دلیل در چند دهه اخیر روند استحصال و ذخیره آب در ایران نیز روند صعودی داشته و این روند علیرغم خشکسالی‌های پی‌درپی تسریع پیدا کرده است.

ذخیره‌سازی آب چه از طریق اجرای پروژه‌های بزرگ و چه از طریق پروژه‌های کوچک، می‌تواند مفید واقع شود. در همین راستا، برای مهار آبهای سطحی در این منطقه نیاز به ساخت سد در مسیر جریان‌های فصلی، غیر قابل اجتناب است. بدین منظور سد گردنه‌خاکی در این منطقه احداث می‌گردد. کاربردهای این سد مهار و ذخیره سیلابها و تنظیم آبهای سطحی به منظور توسعه کشاورزی منطقه گرم‌آباد و حسین‌آباد سمیرم مطرح گردیده است.

حوضه آبریز مورد مطالعه جزئی از حوضه آبریز کارون می‌باشد. آبراهه اصلی حوضه گرم‌آباد نامیده می‌شود که پس از پیوستن آبراهه‌های هرمزآباد و علی‌آباد به آن، وارد تنگ سیاه گلک در نقطه خروجی حوضه مورد مطالعه می‌شود، سپس با رودخانه کاکاآباد و پس از آن روخانه‌های قرخلو و مهرگرد یکی شده و با نام رودخانه کاسگان

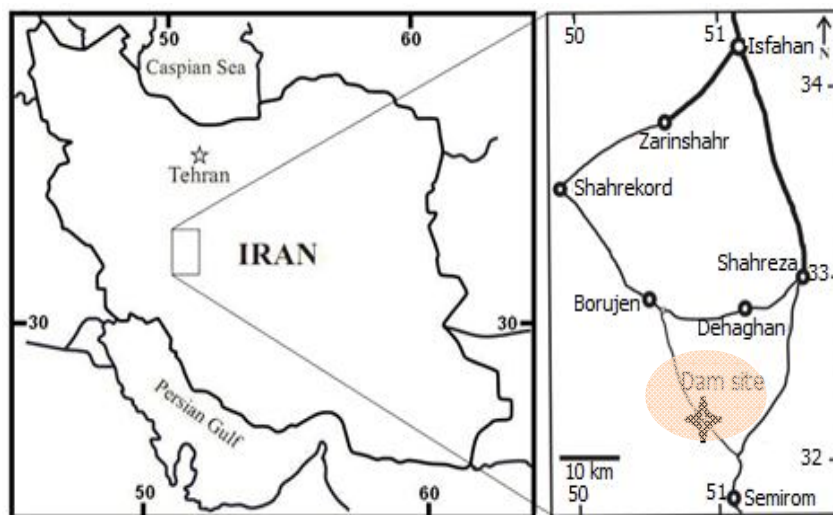
وارد تنگ زردآلو می‌گردد. در ادامه به نام رودخانه سولگان مشهور است و پس از پیوستن چند آبراهه دیگر به رودخانه ونک از سرشاخه‌های مهم کارون می‌پیوندد.

## ۲-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه و راه‌های دسترسی

محل طرح در نزدیکی روستای ورق و در ۴۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان سمیرم از توابع استان اصفهان در محدوده  $51^{\circ}17'$  تا  $51^{\circ}28'$  طول شرقی و  $31^{\circ}39'$  تا  $31^{\circ}53'$  عرض شمالی واقع گردیده است. دسترسی به محل به دو طریق میسر می‌باشد:

الف- از طریق جاده اصلی اصفهان به بروجن به طول تقریبی ۱۱۷ کیلومتر و طی ۳۰ کیلومتر در جاده بروجن به سمیرم و سپس از جاده زیرسازی شده منشعب از آن که جهت دسترسی به چاه‌های آب شهرضا احداث گردیده است.

ب- از طریق جاده اصلی اصفهان به سمیرم و انشعاب آن از روستای موروک به روستای ورق به طول تقریبی ۱۸ کیلومتر و از روستای ورق از طریق جاده خاکی به طول تقریبی ۸ کیلومتر می‌باشد (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱: موقعیت جغرافیایی ساختگاه سد و راه دسترسی به آن

### ۱-۳ اقلیم منطقه

حوضه آبریز سد در زون سنندج سیرجان واقع شده است. شرایط اقلیمی منطقه به گونه ای است که تابستان‌های نسبتاً گرم و زمستان‌های سردی دارد. حداکثر دما در ماه‌های تیر و مرداد به  $40^{\circ}\text{C}$  و حداقل دما در اواخر دی و اوایل بهمن به  $25^{\circ}\text{C}$  می‌رسد.

میزان بارندگی متوسط سالیانه در منطقه حدود ۴۰۰ میلیمتر می‌باشد که بیشترین نزولات جوی طی ماه‌های اسفند و فروردین می‌باشد. در جدول ۱-۱ مقادیر آبدهی ماهیانه در محل سد در طول سال‌های مختلف نشان داده شده است.

جدول ۱-۱ میانگین دبی ماهانه رودخانه هرمز آباد در محل سد گردنه خاکی، دوره آماری ۴۹-۱۳۴۸ تا ۸۸-۱۳۸۷ (مترمکعب در ثانیه)(۱۲)

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
حداکثر	۳	۷۶	۱۰۳	۹۳	۱۹	۹۶	۶۲	۳۹	۴۸	۲۸	۲۳	۲۲
حداقل	۰	۰۲	۱۵	۱۹	۱۹	۲۲	۰۸	۰۱	۰	۰	۰	۰
متوسط	۳	۳۶	۴۳	۵۴	۱۰۳	۲۶	۱۰۳	۶۴	۱۴	۰۷	۰۶	۰۵

روز یخبندان به روزی اطلاق می‌شود که طی آن مینیمم دمای هوا به صفر و یا پایینتر از آن برسد. نزدیکترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه ایستگاه هواشناسی کلیما تولوژی امام قیس با مشخصات طول  $51^{\circ}19'$  و عرض  $31^{\circ}44'$  جغرافیایی می‌باشد. لذا تعداد ایام یخبندان این ایستگاه به عنوان شاخص تعداد روزهای یخبندان بصورت ماهانه و سالانه در محل سد گردنه خاکی سمیرم در نظر گرفته می‌شود که در جدول ۱-۲ ارائه شده است.

جدول ۱-۲ تعداد روزهای یخبندان در محل ساختگاه سد

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
روزهای یخبندان	۵/۹	۱۹/۸	۲۷	۲۹/۵	۲۵/۹	۲۱/۱	۵/۴	۱	۰	۰	۰	۰/۲	۱۳۲/۴