دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

**پایان نامه کارشناسی ارشد در در مهندسی عمران گرایش سازه های هیدرولیکی**

عنوان:

# بررسی فشار آب منفذی در بدنه و پی سد شیرین دره با استفاده از داده های ابزار دقیق و مدلسازی عددی


استاد راهنما:

**دکتر غلامحسین اکبری**

استاد مشاور:

**مهندس علی لنگری**

تحقیق و نگارش:

**بابک حق دوست کلاته جعفرآبادی**


**بهمن ۱۳۹۲**

# بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان بررسی فشار آب منفذی در بدنه و پی سد شیرین دره با استفاده از داده های ابزار دقیق و مدلسازی عددی قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد در مهندسی عمران گرایش سازه های هیدرولیکی توسط دانشجو بابک حق دوست کلاته جعفرآبادی با راهنمایی استاد پایان نامه دکتر غلامحسین اکبری تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

بابک حق دوست کلاته جعفرآبادی

این پایان نامه ۶ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

| | **نام و نام خانوادگی** | **امضاء** | **تاریخ** |
|---|---|---|---|
| استاد راهنما: | دکتر غلامحسین اکبری | | |
| استاد راهنما: | | | |
| استاد مشاور | مهندس علی لنگری | | |
| داور ۱: | | | |
| داور ۲: | | | |
| نماینده تحصیلات تکمیلی: | | | |

دانشگاه سیستان و بلوچستان

## تعهدنامه اصالت اثر

**اینجانب بابک حق دوست کلاته جعفرآبادی تعهد می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.**

**کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.**

**نام و نام خانوادگی دانشجو: بابک حق دوست کلاته جعفرآبادی**

**امضاء**

## تقدیم به:

# پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم ودانش تلاش نمایم .

والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چرا که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند.

آموزگارانی که برایم زندگی؛ بودن و انسان بودن را معنا کردند

حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنان....

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

# خواهرم

که وجودش شادی بخش و صفایش مایه آرامش من است.

# برادرم

که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بود و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات، وجودش مایه دلگرمی من می باشد.

# سپاسگزاری

**در اینجا بر خود لازم می دارم از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتراکبری که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتند.از استاد صبور و با تقوا ، جناب آقای دکتر عزیزیان ، مدیریت محترم گروه،و از جناب آقای مهندس لنگری مدیر بخش حفاظت و نگهداری سد و شبکه شرکت آب منطقه ای استان خراسان شمالی که زحمت مشاوره این پایان نامه را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی رسید. و جناب آقای جباری مسئول سایت سد شیرین دره که با یاری و کمک ایشان این پروژه به نتیجه رسید.**

**و هچنین لازم می دانم از کلیه اساتید دانشگاه سیستان و بلوچستان که در این مدت تحصیل افتخار شاگردی ایشان را داشته ام تشکر و قدردانی مینمایم.**

**وبا سپاس بی دریغ خدمت دوستان گران مایه ام آقایان مرتضی نیکدل، مصیب حسین زاده، بصیر ملکی، مختار حیدری، حسین ترمشی، احسان اسماعیل پور، هادی تشکری، نیما وطن دوست، امید محمدی، وحید سروری، حسین جرجانی و خانم مرادی، که مرا صمیمانه و مشفقانه یاری داده اند.**

**و با تشکر خالصانه خدمت همه کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری رساندند.**

## چکیده:

در این تحقیق سعی بر این شده است که بررسی عوامل  پایداری سد شیرین دره از جمله فشار آب منفذی پرداخته شود. در ابتدا با استفاده از دادهای ابزار دقیق دوران ساخت، روش عددی تفاضل محدود و کد تجاری FLAC با استفاده از آنالیز برگشتی از یک سری داده های اولیه به داده های منطقی دست پیدا کرده و آنگاه برای ادامه روند پروژه دوران بهره برداری را به دو بازه زمانی ده ساله تقسیم کرده که شروع دوران بهره برداری اول از سال ۸۴ بوده است. در نهایت میزان فشار آب منفذی در طول دوران ۲۰ ساله بهره برداری داری روند صعودی کندی می‌باشد که این خود نمایانگر انتخاب بهینه مصالح و اجرای مناسب بوده و مصالح پوسته بالا دست بر اساس نتایج بدست آمده در نیمه دوم دوره ده ساله دوم بهره برداری به حالت اشباع کامل می رسند. سطح تنش موثر ار آبگیری اولیه نا پایان دوره ده ساله اول افزایش داشته اما از شروع دوره ده ساله دوم روند نزولی داشته که بایستی مورد بررسی قرار گیرد. روند تنش کل در بدنه سد روند صعودی کندی داشته که از آبگیری اول تا پایان دوره ده ساله اول از تراز پایینی کنار هسته به تراز پایینی میانی هسته انتقال یافته است. ضریب قوسی زدگی در سد دارای روند مناسبی می‌باشد که در حدو مقدار میانگین ۰/۵۵ می‌باشد. سطح نرخ کرنش برشی ماکزیمم از آبگیری اولیه تا طول دوران ده ساله اولیه و دوران ده ساله دوم دارای روند نزولی بوده که بیانگر پایداری بیشتر هسته می‌باشد. جابجایی در راستای قائم در سد شیرین دره دارای روند کند صعودی می‌باشد که این روند در پوسته بالا دست نسبت به پوسته پایین دست به دلیل وجود آب کندتر است. جابجایی افقی نیز به مانند قائم می‌باشد که روند کلی صعودی دارد اما سرعت پوسته پایین دست به دلیل آب دریاچه داری روند بیشتری هست. کارایی پرده آبند در تمامی مراحل سد دارای روند مناسبی بوده است.



**کلمات کلیدی :** سد خاکی، آنالیز برگشتی، ابزار دقیق، FLAC

**فهرست مطالب**

**فصل اول: مقدمه و کلیات** ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲ - ضرورت تحقیق ۳

۱-۳- فرضیات تحقیق ۴

۱-۴- روش تحقیق: ۴

۱-۵- مروری بر مطالب سایر فصل‌ها ۵

**فصل دوم: پیشینه تحقیق و بررسی شکست هیدرولیکی سد** ۶

۲- ۱- مقدمه ۷

۲-۲- رفتارنگاری و ابزاربندی ۷

۲-۲-۱ دلایل ابزاربندی و رفتارنگاری در سدهای خاکی ۸

۲-۲-۲- موارد رفتارنگاری در سدهای خاکی ۹

۲-۲-۳- تاریخچه رفتارنگاری و مروری بر ادبیات فنی ۱۰

۲-۳- مختصری درباره شکست هیدرولیکی و تاریخچه بررسی آن در سدهای خاکی ۱۴

۲-۳-۱- تاریخچه بررسی شکست هیدرولیکی ۱۵

۲-۳-۲- انواع ترک در سدهای خاکی ۱۶

۲-۳-۳- استفاده از مکانیک شکست در حل مسأله انتشار ترک هیدرولیکی ۱۹

۲-۳-۴- شکست هیدرولیکی در سدهای خاکی ۲۵

۲-۴- پایان مرحله ساخت ۲۷

۲-۴-۱- آبگیری اولیه ۲۸

۲-۵- زمان‌های محتمل برای وقوع شکست هیدرولیکی در سدهای خاکی ۲۹

**فصل سوم: بیان مسئله و روش حل عددی** ۳۲

۳-۱- مقدمه ۳۳

۳-۲- بیان مسئله ۳۳

۳-۳- مشخصات کلی سد شیرین دره ۳۴

۳-۴- ابزار دقیق سد شیرین دره ۳۶

۳-۵- معرفی نرم افزارFLAC ۳۷

۳-۵- ۱ معرفی نرم‌افزار FLAC 2D ۳۷

۳-۵ -۲- اساس محاسبات FLAC ۳۹

۳-۵ –۳- مراحل کلی مدل‌سازی در نرم‌افزار FLAC ۴۰

۳-۵-۴- انتخاب محدوده مناسب و تشکیل شبکه المان ها ۴۱

۳-۵-۵- بررسی میزان دقت تعداد المان ها در نتایج تحلیل عددی(Grid Study) ۴۲

۳-۵-۶- انتخاب مدل رفتاری و تعیین پارامترهای آن ۴۹

۳-۵-۷- اعمال شرایط مرزی و تنشهای اولیه ۵۰

۳-۵-۸ - حل مدل تا رسیدن به تعادل اولیه ۵۱

۳-۵-۹- در نظر گرفتن اثر متقابل فاز جامد و سیال ۵۱

۳-۶- روند مدلسازی مراحل ساخت و آبگیری سد خاکی شیرین دره ۵۲

۳-۶-۱- ایجاد شبکه المانها ۵۲

۳-۶-۲- ساخت هندسه مدل ۵۳

۳ – ۶- ۳- اعمال شرایط گیرداری مرزها ۵۵

۳-۶-۴- تعریف خصوصیات مصالح ۵۶

۳-۶-۵- حذف کل مدل به استثنای پی ۵۶

۳ -۶- ۶- آنالیز پی و اعمال شرایط اولیه برای آن ۵۷
۳ -۶ -۷- اضافه نمودن فراز بند و آنالیز آن ۵۸
۳-۶-۸- اضافه نمودن لایه ها، اعمال شرایط اولیه و آنالیز لایه ها ۵۸
۳ - ۶ - ۹- مدلسازی مخزن ۵۹
۳- ۷- آنالیز برگشتی مدل ۵۹
۳- ۷- ۱- پارامترهای مؤثر بر تغییرشکل ۶۰
۳-۷-۲- پارامترهای مؤثر بر فشار آب حفره‌ای ۶۰
۳-۷-۳- تعیین پارامترهای مصالح (بدست آمده از تحلیلهای برگشتی) ۶۳
**فصل چهارم: ارائه نتایج مدلسازی عددی** ۶۵
۴-۱- مقدمه ۶۶
۴-۲- آنالیز برگشتی با داده های ابزار دقیق ۶۶
۴-۱-۲- ارزیابی فشار آب حفره‌ای در بدنه سد ۶۷
۴-۱-۳- بررسی تغییرشکلهای قائم و افق بدنه سد ۷۲
۴-۱-۴- بررسی فشارهای قائم مقطع (۵-۵) ۷۴
۴-۲- رفتار سد خاکی شیرین دره در دوران آبگیری اولیه ۷۶
۴ -۳- تحلیل پایداری سد خاکی شیرین دره در دوران بهره برداری ۷۹
۴-۳-۱- وضعیت بدنه سد شیرین دره از لحاظ فشار آب منفذی ۷۹
۴ –۳– ۲- ترکهای ناشی از کاهش سطح تنش مؤثر خاک ۸۲
۴ –۳–۳- وضعیت بدنه سدشیرین دره از لحاظ تنش–کرنش در توده خاک ۸۴
۴-۳ -۴- قوس‌زدگی ۸۷
۴-۳-۵- کرنش برشی ۸۸

۴-۳-۶- وضعیت بدنه سد شیرین دره از لحاظ جابجایی ..... ۹۰

**فصل پنجم: نتایج و ارائه پیشنهادات** ..... ۹۳

۵-۱- نتایج ..... ۹۴

۵-۲- پیشنهادات ..... ۹۵

**مراجع** ..... ۹۶

پیوست (الف) ..... ۹۹

پیوست (ب) ..... ۱۲۱

## فهرست جدول‌ها

جدول ۳-۱- ابزار بکار رفته در سد شیرین دره ..... ۳۶
جدول شماره ۳-۲- تعداد ابزار بکار رفته در مقاطع مختلف ..... ۳۶
جدول ۳-۳ مقادیر اولیه پارامترهای مصالح ..... ۵۷
جدول ۳-۴- مقادیر نهایی پارامترهای مصالح (بدست آمده از تحلیلهای برگشتی) ..... ۶۳

**فهرست شکل‌ها**


شکل۲ - ۱۸- موقعیت ترک عرضی ..... ۱۷

شکل۲ – ۱۹- ترکهای افقی وترکهای ناشی از تکیه کردن هسته به بدنه خاکریز ..... ۱۸

شکل ۲-۲۰ - ترکهای طولی و داخلی ..... ۱۸

شکل ۲-۲۱- روابط نیرو وتغییر شکل در تحلیلهای متداول ..... ۲۱

شکل ۲-۲۲- نحوه رشد ترک در داخل محیط ..... ۲۲

شکل ۳-۱- مقطع ۵-۵ سد شیرین دره ..... ۳۴

شکل ۳-۲ سد شیرین دره ..... ۳۵

شکل ۳-۳ سد شیرین دره ..... ۳۵

شکل ۳- ۴- روند محاسبات مورد استفاده در روش حل صریح برای یک گام ..... ۴۰

شکل ۳ – ۵- المان های مورد استفاده در FLAC، بردارهای سرعت و نیرو ..... ۴۰

شکل ۳-۶- روند کلی شبیه سازی در FLAC ..... ۴۱

شکل۳-۷- مش بندی نمونه اول، دوم، سوم و چهارم ..... ۴۳

شکل ۳-۸- کانتورهای جابجایی قائم چهار نمونه مش‌بندی ..... ۴۴

شکل ۳-۹- نمودار نشست در هسته سد بر حسب تراز در چهار نمونه مش‌بندی ..... ۴۵

شکل ۳-۱۰- کانتورهای فشار آب حفرهای در چهار نمونه مش‌بندی ..... ۴۶

شکل ۳-۱۲- کانتورهای تنش قائم در چهار نمونه مش‌بندی ..... ۴۸

شکل ۳-۱۳- نمودار تنشهای قائم ایجاد شد در بدنه سد در چهار نمونه مش بندی ..... ۴۹

شکل ۳-۱۴- مش‌بندی مورد استفاده در مدلسازی ..... ۵۳

شکل ۳-۱۵- المان‌بندی و هندسه در نظر گرفته شده برای مدل سد شیرین دره در نرم‌افزار FLAC ..... ۵۴

شکل ۳ – ۸ - اضافه نمودن فراز بند به مدل ..... ۵۵

شکل ۳-۹- موقعیت جانمایی ابزار دقیق در مقطع با حداکثر ارتفاع سد شیرین دره ..... ۶۴

شکل ۴-۱- نمودار زمان‌بندی اجرای خاکریزی سد شیرین دره ..... ۶۶

شکل ۴-۲- تغییرات فشار آب حفره ای در تراز ۷۴۴ متر داخل هسته و پوسته پایین دست ..... ۶۸

شکل ۴-۳- تغییرات فشار آب حفره‌ای تراز ۷۴۴ متر (پیزومتر EP5-5 و آنالیز برگشتی) ..... ۶۹

شکل ۴-۴- تغییرات فشار آب حفره ای اندازه گیری شده در پیزومتر EP 5-6 و آنالیز برگشتی..... ۶۹
شکل ۴-۵- تغییرات فشار آب حفره ای در تراز ۷۴۴ متر داخل هسته و در عرض مقطع (۵-۵)..... ۷۰
شکل ۴-۶- کانتور فشار آب حفره ای تا تراز خاکریزی ۷۹۹..... ۷۱
شکل ۴-۷- تغییرات حداکثر ضریب فشار آب حفره‌ای اندازه‌گیری شده و بدست آمده از تحلیل برگشتی..... ۷۲
شکل ۴-۸- کنتور جابجایی قائم در تراز خاکریزی ۷۹۹ متری..... ۷۳
شکل ۴-۹- تغییرات نشست در ترازهای مختلف پوسته پایین دست مقطع ۵-۵ (تراز خاکریزی ۷۹۹)..... ۷۴
شکل ۴-۱۰- تغییرات فشار قائم کل در تراز ۷۴۴ متر ( تراز خاکریزی ۷۹۹ متر هسته)..... ۷۵
شکل ۴- ۱۱- کنتور تنش قائم در تراز خاکریزی ۷۹۹ متری..... ۷۶
شکل ۴- ۱۲- کنتور فشار آب منفذی در تراز آبگیری ۷۵۹ متری..... ۷۷
شکل ۴- ۱۳- کنتور جابجایی قائم در تراز آبگیری ۷۵۹ متری..... ۷۸
شکل ۴-۱۴- کنتور جابجایی افق در تراز آبگیری ۷۵۹ متری..... ۷۸
شکل ۴- ۱۵- کنتور تنش کل در تراز آبگیری ۷۵۹ متری..... ۷۹
شکل ۴-۱۶- فشار آب منفذی مدل در دوران ۱۰ ساله اول بهره برداری..... ۸۰
شکل ۴-۱۷- فشار آب منفذی مدل در دوران ۱۰ ساله دوم بهره برداری..... ۸۱
شکل ۴-۱۸- کنتور میزان اشباع مصالح بدنه سد در زمان ده ساله اول بهره برداری..... ۸۱
شکل ۴-۱۹- کنتور میزان اشباع مصالح بدنه سد در زمان ده ساله اول بهره برداری..... ۸۲
شکل ۴-۲۰- تنش موثر پایان آبگیری اولیه..... ۸۳
شکل ۴-۲۲- تنش موثر پایان دوره ده ساله دوم..... ۸۴
شکل ۴-۲۳- کنتور تنش قائم مدل در پایان دوره ده ساله اول..... ۸۵
شکل ۴-۲۵- نرخ کرنش برشی بیشینه در پایان دوره آبگیر اولیه..... ۸۸
شکل ۴-۲۶- نرخ کرنش برشی بیشینه در پایان دوره ده ساله اول بهره برداری..... ۸۹
شکل ۴- ۲۷- نرخ کرنش برشی بیشینه در پایان دوره ده ساله دوم بهره برداری..... ۸۹
شکل ۴-۲۸- کنتور جابجایی قائم مدل در پایان ده ساله اول بهره برداری..... ۹۰
شکل ۴-۲۹- کنتور جابجایی قائم مدل اصلی در پایان آبگیری و بهره برداری..... ۹۱
شکل ۴-۳۰- کنتور جابجایی افقی مدل در پایان دوره ده ساله اول بهره برداری..... ۹۱
شکل ۴-۳۱- کنتور جابجایی افقی مدل در پایان دوره ده ساله دوم بهره برداری..... ۹۲

**فهرست علائم**

| علامت | نشانه |
|---|---|
| p (kPa) | فشار |
| R (Ω) | مقاومت |
| L (m) | طول |
| GF | ضریب گیج |
| f ($sec^{-1}$) | فرکانس طبیعی |
| L(in) | طول تار مرتعش |
| σ (lb/in2) | تنش در تار فلزی |
| ρ(lb/in3) | چگالی در تار فلزی |
| g(in/sec2) | شتاب ثقل |
| $P_{fs}$ | فشار شکست هیدرولیکی |
| $\sigma_{tu}$ | مقاومت کششی |
| $C_{uu}$ | چسبندگی خاک |
| $\varphi_{uu}$ | زاویه اصطکاک |
| $Y, kN/m^3$ | وزن مخصوص |
| $E, kN/m^2$ | مدول الاستیسیته |
| $\nu$ | ضریب پواسون |
| $C, kN/m^2$ | چسبندگی |
| $\varphi, \deg$ | زاویه اصطکاک داخلی |
| $\psi, \deg$ | زاویه اتساع |
| $K_{x,m/s}$ | نفوذ پذیری |
| $K_{y,m/s}$ | نفوذ پذیری |
| E | تخلخل |

# فصل اول

# مقدمه و کلیات

## ۱-۱- مقدمه

طراحی و ساخت سدهای خاکی از جمله علومی است که قدمت آن به چند هزار سال می‌رسد و بسیاری از کشورهای واقع در مناطق خشک و نیمه خشک جهان از جمله کشورمان ایران، در این زمینه دارای تجربیات سودمند می‌باشد. تحول واقعی و چشمگیر در زمینه سد خاکی، در اوایل قرن بیستم میلادی بر اساس تحقیقات و مطالعات انجام شده توسط کارل ترزاقی شروع شد.

با توجه به اینکه کلیه تحولات علمی صورت گرفته در پنجاه سال اخیر، به دلیل تنوع و تعداد عوامل موثر بر رفتار سدهای خاکی، بویژه اثر قابل توجه پدیده‌ها و عوامل طبیعی از جمله شرایط زمین شناسی و ژئوتکنیک، شرایط هیدرولوژیک و ژئوهیدرولوژیک منطقه و شرایط اقلیمی، این رشته علمی همچنان با مسائل و مشکلات پیچیده ای رو به روست که نادیده گرفتن آنها می‌تواند باعث شکست پروژه و بروز خسارات مالی و جانی فراوانی شود. تخریب تعداد قابل توجه‌ای از سدهای خاکی مخزنی در جهان، در سالهای ۱۹۷۰ به بعد، گواه این مدعاست [۱].

از طرفی دیگر آمار سدهای دنیا و سدهای داخلی نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد (در بعضی از کشورها تا ۹۰ درصد) سدها از نوع خاکی و سنگ ریزه ای است. به تدریج پیشرفت این صنعت، امکان شناخت بهتر از شرایط موجود پروژه های عمرانی را فراهم ساخت. مشکلات بوجود آمده در پی، مثل فرسایش داخلی و کاهش مقاومت برشی تکیه گاهها و پی از عوامل مهم و اساسی در شکست سدهای بتنی بوده است. عدم کفایت مطالعات اکتشافی، تغییر شکل و نشست پی، کاهش مقاومت برشی، فرسایش داخلی در تکیه گاهها و پی، وجود نیروهای کششی در پاشنه سدها، عدم کفایت پرده آب بند، عدم زهکشی مناسب و لبریز شدن جریان سیلاب در تکیه گاهها و سرریز شدن از روی تاج سد را میتوان به عنوان پارامترهای مهم در تخریب سدها نام برد [۲].

خطر خرابی سدها و نیاز روز افزون بشر به منابع آب و ساخت سدهای مرتفع در شرایط خاص باعث شده که امروز کاربرد ابزار دقیق در سدها و کنترل و پایش اطلاعات بدست آمده در آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار باشد [۳]. نصب پیزومتر و اندازه‌گیری تغییرات تراز یا فشار آب در سدهای خاکی امری ضروری می‌باشد. انتخاب نوع پیزومتر و نیز الگوی نصب پیزومترها و سایر وسایل ابزار دقیق در سدهای خاکی علاوه بر اینکه تابعی از وضعیت سازه میباشد به خصوصیات هیدروژئولوژیکی محدوده اطراف نیز مرتبط است. بعنوان مثال اگر نفوذ آب از دامنه ها وجود داشته باشد ابزار دقیق در دامنه ها نیز نصب می‌گردد [۴].

### ۱-۲ - ضرورت تحقیق

توجه به این نکته ضروری است که طراحی و اجرای یک سد، تنها بخشی از مجموعه فعالیتهای پروژه است و در کنار آن کنترل ایمنی و پایداری اجزای مختلف آن با توجه به اهمیت سازه سد از جنبه‌های مختلف در طول دوران ساختمان و بهره‌برداری از مهمترین مسائل می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که سدها همواره باید تحت کنترل باشند. بازرسی پیوسته در مورد عملکرد سدها مخصوصاً سدهای خاکی، نه تنها از دیدگاه پیشرفت شناخت رفتار بخشهای مختلف سد اهمیت دارد بلکه از دیدگاه ایمنی و رفع نواقص احتمالی و کمک به مهار شدن عواملی که ممکن است باعث تخریب سد گردد از اهمیت خاصی برخوردار است.

تغییرات فشار آب منفذی در اثر تنش‌های وارده با پارامتری بنام ضریب فشار آب منفذی تعیین می‌شود که توسط اسکپتان[۱] و بیشاپ[۲] پیشنهاد گردید. کاربردهایی چون مشکل مقاومت برشی توسط فردلاند و همکاران[۳] و تغییرات حجم توسط فرنلاند و مورگن استرن[۴] و مشکل جریان‌های گذرا نیز در بررسی‌های حسن و فردلاند[۵] مطرح شده است. از سویی محاسبه فشار آب منفذی در انتهای ساخت توسط هیلف[۶] نیز مورد بررسی قرار گرفت. روشهای عددی و المان محدود در برآورد فشارهای منفذی اخیرا مورد استفاده قرار گرفته است. البته ضرورت‌های دیگری که برای انجام این تحقیق می‌باشد عبارتند از:

۱- پیش بینی مقادیر فشارهای آب منفذی و مقایسه آن با مقادیر واقعی و ارزیابی عملکرد بدنه سد در شرایط فعلی

۲- بررسی رفتار سازه سد و ارزیابی عملکرد آن در برابر پدیده شکست هیدرولیکی

۳- نحوه عملکرد پرده آب بند و ارزیابی تاثیر گذاری پرده آب بند احداث در پی سد خاکی

۴- استفاده از نتایج بدست آمده در تخمین مقادیر پارامترهای موثر در پایداری سدهای خاکی در مرحله طراحی و ساخت و پیش بینی مقادیر طراحی نزدیک به واقعیت به منظور کاهش هزینه های ساخت جهت حصول فاکتور ایمنی منطقی

۵- بهینه سازی طراحی‌های ابزار دقیق سدها خاکی در حال ساخت و طراحی با شرایط مشابه سد مورد مطالعه

---

[1] Skempton 1954
[2] Bishop 1954,
[3] Fredlund etal.1978
[4] Fredlund &Morgenstern 1976
[5] Hasan&Fredlund 1979
[6] Hilf,J.w.1948

### ۱-۳- فرضیات تحقیق

گسترش روشهای عددی (نظیر اجزاء محدود) و مدل‌های رفتاری مصالح در شرایط مختلف بارگذاری (استاتیکی و دینامیکی) این امکان را فراهم آورده است که بتوان رفتار یک سد خاکی را در شرایط مختلف بارگذاری با در نظر گرفتن انواع شرایط مرزی و اثر پارامترهای متعدد، بطور واقعی تر مورد بررسی قرار دارد. واضح است که دقت و میزان واقعی بودن نتایج بدست آمده از این نوع تحلیل بستگی زیاد به واقعی بودن پارامترهای مدل رفتاری حاکم بر مصالح دارد.

در مورد سدهای خاکی، مجموعه عوامل زیر، موجب عدم قطعیت در فرضیات و مبانی اتخاذ شده برای تحلیل و طراحی سازه سد می گردد [۳]:

- عدم امکان برآورد دقیق پارامترهای رفتاری مصالح به لحاظ عوامل متعدد مؤثر در آن
- تفاوت قابل ملاحظه ابعاد نمونه های آزمایش شده
- پیچیدگی رفتار سازه در شرایط مختلف بارگذاری (در حین ساخت، آبگیری، افت سریع آب و شرایط ماندگار)
- عوامل متعدد مؤثر در ویژگی های رفتاری مصالح، نبود تجربه کافی در زمینه استفاده از مدل های عددی و رفتاری رایج در تحلیل و طراحی مهندسی سازه های ژئوتکنیکی

### ۱-۴- روش تحقیق:

می توان حدس زد که در صورت وقوع هرگونه مشکل در رفتار سد، و احتمالاً شکست آن و آزاد شدن پتانسیل عظیم ذخیره شده در پشت سد، چه فاجعه عظیم انسانی و چه مشکلات دیگری به وقوع خواهد پیوست. بنابراین می توان دریافت که در ارزیابی و کنترل مداوام، مستمر و دقیق این سد خاکی، تا چه حد حائز اهمیت می باشد. در این پروژه سعی شده تا با استفاده از اطلاعات به دست آمده از ابزار دقیق سد شیرین دره و نیز با کمک مدل‌سازی عددی با استفده از نرم افزار FLAC و انجام تحلیل های عددی و آنالیز برگشتی در مورد رفتار تنش-کرنش سد، فشارهای منفذی بدنه‌ی سد و نشست‌های بدنه‌ی سد ارزیابی جامعی از عملکرد سد شیرین دره در دوران ساخت و اولین آبگیری ارائه شود.

### ۱-۵- مروری بر مطالب سایر فصل‌ها

تحقیق حاضر شامل پنج فصل می‌باشدکه در فصل اول به بیان مقدمه، ضرورت های تحقیق و شرح خلاصه ای از فصل های پایان‌نامه می‌باشد. فصل دوم شامل پیشینه تحقیق و بررسی شکست هیدرولیکی سد را بیان می‌کند. فصل سوم بیان مسئله و روش حل عددی، در فصل چهارم نیز به ارائه نتایج مدلسازی عددی پرداخته می شود و در نهایت فصل پنجم به نتایج و ارائه پیشنهادات می‌پردازد.

..

.

# فصل دوم

# پیشینه تحقیق و بررسی شکست هیدرولیکی سد