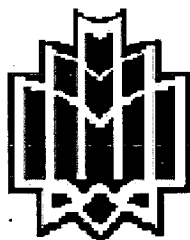




۱۵۷.۵۸



دانشگاه تربیت معلم

دانشگاه تربیت معلم

دانشکده علوم

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته زمین شناسی مهندسی

عنوان

ارزیابی طرح پرده آب بند سد مخزنی البرز

استاد راهنما

دکتر سید محمود فاطمی عقدا

اساتید مشاور

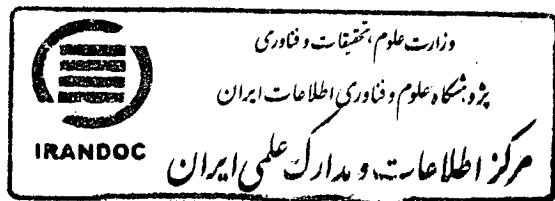
دکتر علی نورزاد

مهندس امیر سیار

دانشجو

حسین رزاززاده

بهمن ۱۳۸۹



ج

۱۵۷۰۵۵

۱۳۹۰ / ۲ / ۲۷

## صور تجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای حسین رزاز زاده دانشجوی رشته : زمین شناسی

گرایش: مهندسی دانشکده علوم

تحت عنوان: ارزیابی طرح پرده آب بند مخزنی البرز

در ساعت ۱۳ روز سه شنبه: مورخ: ۸۹/۱۱/۲۶ در محل آمفی تئاتر دانشکده علوم با حضور  
امضاء کنندگان ذیل تشکیل شد.

۱- استاد راهنما : آقای دکتر سید محمود فاطمی عقدا

۲- استاد مشاور: ۱- آقای دکتر علی نوززاد

۲- آقای مهندس امیر سیار

۳- نماینده تحصیلات تکمیلی: آقای دکتر: محسن رضایی

۴- داور داخلی: آقای دکتر: دکتر محسن رضایی

۵- عضو هیات علمی (داور خارج از دانشگاه) آقای دکتر قنبری

آقای حسین رزاز زاده خلاصه کارهای تحقیقاتی خود را ارائه نمود و پس از پرسش و پاسخ، هیات

داوران کار تحقیقاتی آقای حسین رزاز زاده را در سطح: عالی

ارزشیابی نموده و برای نامبرده نمره بعدد (۱۸/۷۵) بحروف (حمیده و همدرد) را منظور نموده است.

رئیس

دانشکده

تهران - خیابان شهید دکتر مفتاح شماره ۴۹ - کد پستی ۱۵۶۱۴ - تلفن ۸۱۰۲۱

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه یثار و از خودگذشتن

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگار ان 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 دینشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به

مادر فداکار

روح والای پدر

و

همسر مهربانم

تقدیم می کنم.

## تشکر و قدردانی

بعد از ستایش خداوند متعال که به من توفیق انجام این پژوهش را عطا فرمودند، لازم می دانم از جناب آقای دکتر سید محمود فاطمی عقدا که راهنمائی این پژوهش را بر عهده داشتند و در طول مراحل تحقیق با صبر و حوصله و جدیت چراغ راه من بودند و از فیض وجود شان بهره ها بردم، سپاسگزاری نمایم. از زحمات جناب آقای دکتر علی نورزاد و جناب آقای مهندس امیر سیار به عنوان اساتید مشاور، صمیمانه تشکر و قدردانی می کنم.

همچنین از مهندسین و کارشناسان طرح سد و نیروگاه البرز از شرکت مهندسین مشاور مهتاب قدس و شرکت سهامی ساختمان سد و تاسیسات آبیاری (سابیر) بخاطر همکاری و در اختیار قرار دادن وسایل و امکانات مورد نیاز کمال تشکر را می نمایم. در خاتمه از زحمات جناب آقای دکتر رضایی ریاست محترم گروه زمین شناسی و کارمندان صمیمی و مهربان دانشگاه تربیت معلم تشکر و سپاسگزاری می نمایم.

## چکیده

سد البرز بر روی رودخانه بابل و در جنوب شهرستان بابل در استان مازندران واقع شده است. این سد، سدی خاکی با هسته رسی می باشد. ساختگاه سد از سنگ های مارنی و ماسه سنگی تشکیل شده است. با توجه به این نکته که طرح ارائه شده برای پرده آب بند در سنگ های مارنی (نسبتاً نرم با خصوصیات پلاستیکی) نسبت به سنگ های سخت و شکننده حداقل از نظر فواصل گمانه ها (شعاع تاثیر دوغاب)، فشار تزریق (باربری و مقاومت سنگ) و حتی ترکیب و غلظت دوغاب متفاوت هستند. در این پایان نامه با تاکید بر دو پارامتر مهم نفوذ پذیری و خوردن سیمان به ارزیابی طرح تزریق پرده ی آب بند سد الیرز پرداخته شده است. بررسی نتایج خوردن سیمان حاکی از فاصله زیاد گمانه های اولیه و عدم ارتباط مناسب بین گمانه های اولیه و ثانویه است. همچنین بررسی نتایج تزریق در گمانه های سری پنجم و ششم نشان می دهد که بعضی از گمانه های سری ششم تا سطح آب بندی اجرا نشده اند. با بررسی نمودارهای نرخ خوردن - زمان - فشار و خوردن - زمان در تکیه گاه راست سد، می توان به این نتیجه رسید که فشارهای تزریق متناسب با سنگهای مارنی و نفوذ ناپذیر پی اعمال نگردیده است و باعث شده پدیده هایی نامطلوب، از قبیل باز و بسته شدن درزه ها (اتساع) و شکست هیدرولیکی با فراوانی زیاد، خوردن سیمان در این بخش از ساختگاه را به طرز چشمگیری افزایش دهند. شایان ذکر است که نتایج گمانه های کنترلی در تکیه گاه راست بیانگر آن است که آب بندی در این محدوده تا حد قابل قبولی فراهم شده است.

عنوان

صفحه

## فصل اول: کلیات

- ۱-۱ مقدمه..... ۲
- ۲-۱ ضرورت تحقیق..... ۲
- ۳-۱ سوابق علمی و فهرست کارهای انجام شده در این زمینه..... ۴
- ۴-۱ اهداف تحقیق و نوآوری های جدید..... ۴
- ۵-۱ روش انجام تحقیق..... ۵

## فصل دوم: اصول حاکم بر تزریق

- ۱-۲ مقدمه..... ۸
- ۲-۲ آزمایش لوژان یا فشار آب..... ۸
- ۱-۲-۲ آزمایش پله ایی فشار آب (آزمایش لوژان اصلاح شده)..... ۱۲
- ۲-۲-۲ تفسیر نتایج آزمایش لوژان در تعیین نفوذپذیری توده سنگ..... ۱۹
- ۳-۲-۲ طول مقطع آزمایش و قطر گمانه ها در آزمایش لوژان..... ۲۰
- ۴-۲-۲ فشار های آزمایش..... ۲۰
- ۵-۲-۲ عوامل موثر بر شکست هیدرولیکی و اتساع..... ۲۱
- ۳-۲ مصالح تزریق..... ۲۴
- ۱-۳-۲ سیمان..... ۲۴

صفحه	عنوان
۲۴	۱-۱-۳-۲ سیمان پرتلند.....
۲۴	۲-۱-۳-۲ سیمان های فوق العاده ریز.....
۲۵	۲-۳-۲ پوزولان ها.....
۲۵	۱-۲-۳-۲ خاکستر زغال سنگ.....
۲۵	۲-۲-۳-۲ سرباره کوره های ذوب آهن.....
۲۶	۳-۲-۳-۲ فوم سیلیکای متراکم شده.....
۲۶	۴-۲-۳-۲ پوزولان های طبیعی.....
۲۶	۳-۳-۲ کانی های رسی.....
۲۶	۴-۳-۲ پرکننده ها.....
۲۶	۱-۴-۳-۲ ماسه.....
۲۷	۲-۴-۳-۲ رس.....
۲۷	۵-۳-۲ افزودنی های شیمیایی.....
۲۷	۱-۵-۳-۲ مواد افزودنی واگرا کننده.....
۲۸	۲-۵-۳-۲ زود گیر ها.....
۲۸	۳-۵-۳-۲ مواد افزودنی تولید کننده گاز.....
۲۸	۶-۳-۲ آمیزه های شیمیایی.....
۲۸	۷-۳-۲ آب.....



عنوان	صفحه
۲-۴ طرح اختلاط آمیزه تزریق.....	۳۰
۲-۵ عوامل موثر بر نفوذ آمیزه تزریق.....	۳۳
۲-۵-۱ مشخصات مواد موثر بر نفوذ آمیزه تزریق.....	۳۳
۲-۵-۲ مشخصات درز و شکستگی ها.....	۳۵
۲-۵-۲-۱ میزان باز شدگی شکستگی ها.....	۳۵
۲-۵-۲-۲ فاصله داری درزه ها.....	۳۶
۲-۵-۲-۳ طول و تداوم درزه.....	۳۶
۲-۵-۲-۴ پرشدگی درزه ها.....	۳۷
۲-۵-۲-۵ زبری درزه ها.....	۳۷
۲-۵-۲-۶ پیچ و خم در سطح ناپیوستگی ها.....	۳۷
۲-۵-۲-۷ تخلخل و نفوذ پذیری.....	۳۷
۲-۵-۲-۳ جهت یابی و موقعیت چاه ها.....	۳۸
۲-۵-۲-۴ فشار تزریق.....	۳۸
۲-۵-۲-۵ مقاومت سنگ ها و پیچیدگی پی.....	۳۹
۲-۶ روش های تزریق.....	۳۹
۲-۷ نکات اصلی در تزریق شالوده ی سد ها.....	۴۰
۲-۸ آرایش، فواصل، عمق و قطر گمانه های تزریق.....	۴۳

صفحه	عنوان
۴۵	۹-۲ فشار تزریق.....
۴۹	۱۰-۲ خوردند دوغاب و ارتباط آن با لوژان.....
۵۱	۱۱-۲ بازدهی پرده آب بند.....
۵۲	۱۲-۲ نمودار های خوردند به زمان.....
۵۳	۱۳-۲ نمودارهای نرخ خوردند- زمان- فشار.....
۵۴	۱۴-۲ جمع بندی.....

### فصل سوم: زمین شناسی عمومی منطقه

۵۶	۱-۳ موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی.....
۵۶	۲-۳ زمین شناسی منطقه ای.....
۵۷	۳-۳ زمین ریخت شناسی ساختگاه سد.....
۵۹	۴-۳ چینه شناسی.....
۵۹	۵-۳ رسوبات عهد حاضر.....
۶۱	۶-۳ ساختار تکتونیکی.....
۶۳	۷-۳ هیدروژئولوژی.....

صفحه	عنوان
۶۶	۱-۴ عملیات تزریق آزمایشی.....
۶۷	۲-۴ تزریق آزمایشی در تکیه گاه راست سد البرز.....
۷۰	۳-۴ بررسی نفوذ پذیری در گمانه های تزریق آزمایشی تکیه گاه راست.....
۷۱	۴-۴ فشار تزریق در عملیات تزریق آزمایشی.....
۷۲	۵-۴ روش تزریق در عملیات تزریق آزمایشی.....
۷۲	۶-۴ طرح اختلاط دوغاب.....
۷۳	۷-۴ مشخصات پرده آب بند.....
۷۴	۸-۴ جمع بندی.....

### فصل پنجم: ارزیابی پرده آب بند با استفاده از نفوذپذیری و خوردن سیمان

۷۷	۱-۵ نفوذ پذیری ساختگاه سد.....
۷۸	۱-۱-۵ نفوذ پذیری جناح چپ.....
۷۸	۲-۱-۵ نفوذ پذیری جناح راست.....
۷۹	۳-۱-۵ نفوذ پذیری قسمت مرکزی.....
۸۰	۴-۱-۵ رفتار نگاری درزه ها.....

عنوان	صفحه
۲-۵ ارزیابی عملیات تزریق.....	۸۱
۱-۲-۵ ارزیابی آرایش گمانه های تزریق و سطح آب بندی.....	۸۱
۲-۲-۵ مقایسه عدد لوژان و خوردند دوغاب در عملیات تزریق سد البرز.....	۸۶
۳-۲-۵ کاربرد نمودارهای نرخ خوردند - زمان تجمعی - فشار و خوردند - زمان برای تشخیص پدیده های شکست هیدرولیکی، اتساع و فرار دوغاب.....	۸۸
۳-۵ جمع بندی.....	۹۵

### فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۶ مقدمه.....	۹۹
۲-۶ جمع بندی و نتیجه گیری.....	۹۹
۳-۶ پیشنهادهای ارائه شده برای انجام عملیات تزریق.....	۱۰۲
منابع و ماخذ.....	۱۰۵
پیوست ۱: نمودارهای نرخ خوردند - زمان - فشار و خوردند - زمان.....	۱۰۹
پیوست ۲: نقشه ها.....	۱۴۳

صفحه	جدول
۱۱.....	۱-۲ میزان حساسیت اعداد لوژان.....
۲۱.....	۲-۲ میزان فشار برای ۵ پله آزمایش لوژان (به نظر مولفین مختلف).....
۴۸.....	۳-۲ مقادیر فشار تزریق بر اساس عمق، فشار روباره و وضعیت پی.....
۶۲.....	۱-۳ موقعیت فضایی ناپیوستگی های ساختگاه سد البرز.....
۶۹.....	۱-۴ ویژگی های زمین شناسی مهندسی ناپیوستگی های ساختگاه سد البرز.....
۷۰.....	۲-۴ رفتار نگاری درزه ها در گمانه های تزریق آزمایشی.....
۷۱.....	۳-۴ تغییرات فشار اعمال شده در مقاطع مختلف گمانه های تزریق آزمایشی.....
۷۲.....	۴-۴ تعیین ترکیب دوغاب سیمان با توجه به مقادیر نفوذ پذیری.....
۷۴.....	۵-۴ فشار های مجاز در حین عملیات تزریق.....
۷۷.....	۱-۵ نتایج آزمایش های لوژان در گمانه های اکتشافی سد البرز.....
۹۳.....	۲-۵ نتایج ارزیابی عملیات تزریق در گمانه های PR 27، PR 28، PR 29 و PR 30.....
۹۴.....	۳-۵ فشار های تعدیل شده در حین عملیات تزریق.....
۹۵.....	۴-۵ فشار های تزریق متناسب با فشار بحرانی حاکم بر اعماق مختلف.....

شکل	صفحه
۱-۱ توصیف شماتیک روند تغییرات پارامترهای کنترلی در تزریق	۲
۱-۲ طرح آزمایش فشار آب	۹
۲-۲ نحوه محاسبه $Q'_1$ ، $Q'_{10}$ ، $Q'_1$ و $Q^x_{10}$	۱۲
۳-۲ آزمایش پله ای فشار آب	۱۶
۴-۲ نمودار فشار به دبی برای آزمایش پله ای فشار آب	۱۶
۵-۲ طبقه بندی نمودار های فشار به دبی بر اساس شرایط ژئو مکانیکی	۱۸
۶-۲ هیدروچکنینگ نوعی ناپایداری الاستیک	۲۲
۷-۲ تغییرات فشار بحرانی در سنگهای سطحی و ضعیف و سنگهایی که در اعماق زیاد قرار گرفته اند و مقاوم اند	۲۳
۸-۲ ارتباط بین مقادیر $BC$ ، $CF$ و $W/C$	۳۰
۹-۲ ارتباط بین مقادیر $BC$ ، $W/C$ و $q_u$	۳۱
۱۰-۲ سرعت دوغاب در درزه	۳۴
۱۱-۲ نفوذ دوغاب رقیق تحت فشار به درون درزه ها	۳۴
۱۲-۲ تاثیر بازشدگی درزه ها بر نفوذ آمیزه تزریق	۳۵
۱۳-۲ تاثیر فاصله داری درزه ها بر نفوذ آمیزه تزریق	۳۶
۱۴-۲ بالا آمدگی اجتناب ناپذیر سطح زمین روی یک منطقه تزریق	۴۲
۱۵-۲ انبساط توده سنگ و نقش آن در تزریق پذیری	۴۲

شکل	صفحه
۱۶-۲ پرده تزریق یک ردیفه.....	۴۵
۱۷-۲ ارتباط بین عمق و فشار تزریق.....	۴۶
۱۸-۲ حالت های مختلف بین مقادیر لوژان و خوردن دوغاب.....	۵۰
۱۹-۲ بازدهی پرده آب بند.....	۵۱
۲۰-۲ نمودار خوردن - زمان، الف. تزریق موفق، ب. تزریق ناموفق.....	۵۳
۱-۳ زمین ریخت شناسی ساختگاه سد البرز.....	۵۸
۲-۲ گسل خاوری- باختری در ساحل راست رودخانه.....	۶۲
۳-۲ تصویر استریوگرافی دسته درزه های تکیه گاه راست سد البرز.....	۶۳
۱-۴ آرایش گمانه های تزریق آزمایشی.....	۶۷
۲-۴ آرایش گمانه های تزریق آزمایشی در ساختگاه سد البرز.....	۶۹
۳-۴ گالری تزریق سد البرز.....	۷۳
۱-۵ تغییرات نفوذ پذیری نسبت به عمق در جناح چپ ساختگاه سد البرز.....	۷۸
۲-۵ تغییرات نفوذ پذیری نسبت به عمق در جناح راست ساختگاه سد البرز.....	۷۹
۳-۵ تغییرات نفوذ پذیری نسبت به عمق در قسمت مرکزی ساختگاه سد البرز.....	۷۹
۴-۵ رفتار نگاری درزه ها در ساختگاه سد البرز.....	۸۰
۵-۵ تغییرات جذب دوغاب در گمانه های سری اول تا ششم تکیه گاه راست سد البرز.....	۸۳

شکل	صفحه
۶-۵ تغییرات جذب دوغاب در گمانه های سری اول تا ششم تکیه گاه چپ سد البرز.....	۸۳
۷-۵ بررسی سطح آب بندی پروژه.....	۸۵
۸-۵ نمودار مقایسه عدد لوژان و خوردند دوغاب در گمانه های تکیه گاه راست.....	۸۶
۹-۵ نمودارهای نرخ خوردند، زمان تجمعی، فشار و خوردند، زمان گام ۵-۰ (PR 29).....	۸۹
۱۰-۵ نمودارهای نرخ خوردند، زمان تجمعی، فشار و خوردند، زمان گام ۸۰-۷۰ (PR 29).....	۹۰
۱۱-۵ نمودارهای نرخ خوردند، زمان تجمعی، فشار و خوردند، زمان گام ۵۰-۴۰ (PR 29).....	۹۱
۱۲-۵ نمودارهای نرخ خوردند، زمان تجمعی، فشار و خوردند، زمان گام ۵۰-۴۵ (PR 28).....	۹۲



# فصل اول:

## کلیات

## ۱-۱ مقدمه

تزریق روشی است که توسط آن مصالح تزریق به خلل و فرج درز و شکاف یا حفره های تشکیلات سنگی و خاکی تزریق شده و موجب بهبود مشخصات تشکیلات می گردد، به طوری که در اثر آن نفوذ پذیری لایه ها کم، مقاومت لایه ها زیاد و تغییر شکل پذیری تشکیلات کم می گردد [مهندسين مشاور زابند آب، ۱۳۷۵].

مصالح تزریق ممکن است به صورت سوسپانسیون (دوغاب تزریق)، محلول خالص (آمیزه شیمیائی) و یا ترکیبی از این دو باشد. پرده های تزریق با حفاری و تزریق آمیزه تزریق در یک یا چند ردیف گمانه احداث می گردد. گمانه های اکتشافی پرده آب بند فاصله نسبتاً زیادی از یکدیگر دارند به نحوی که آمیزه تزریق از یک گمانه به گمانه دیگر جریان نمی یابد. سپس گمانه های ثانویه در وسط گمانه های اولیه حفر می شود. توالی گمانه های ردیف سوم و چهارم در بین گمانه های ردیف قبلی حفر و تزریق می شوند تا آن که آزمایش های نفوذ پذیری انجام شده در گمانه های ردیف آخر و یا میزان خوردن آمیزه تزریق در این گمانه ها به حدی برسد که برای معیار آب بندی پرده تزریق پیش بینی شده است. عمق گمانه های تزریق به ارتفاع ستون آب مخزن روی سطح پی بستگی دارد ولی مناسب تر آن است که کف گمانه های تزریق تا سنگ کف غیر قابل نفوذ ادامه یابد.

تزریق آمیزه در هر گمانه در مراحل متعددی انجام می شود. بسته به شرایط سنگ، عملیات تزریق را می توان از بالا به پائین، و یا پس از حفر گمانه تا عمق نهائی، تزریق را از پائین به بالا و به کمک وسیله ای که پکر نامیده می شود انجام داد [امینی و شریفی، ۱۳۸۵].

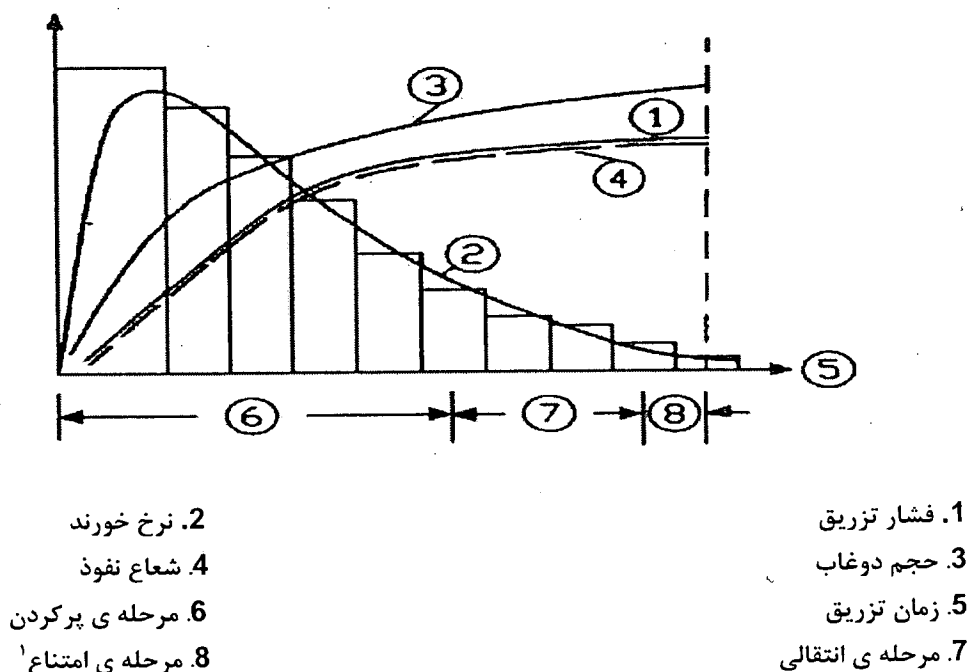
## ۲-۱ ضرورت تحقیق

موفقیت عملیات تزریق تا حدی به کنترل پارامترهایی از قبیل فشار، نرخ خوردن، حجم دوغاب و ... بستگی دارد. از آن جا که این پارامترها در حین تزریق کنترل

می شود، شناخت رفتار و نحوه ی تغییرات آن ها می تواند از صرف هزینه و زمان اضافی در تزریق جلوگیری کند [Widmann, 1996].

هر چند آزمایش های فشار آب در پایان عملیات تزریق برای کنترل عملکرد آن بسیار معمول است لیکن چنانچه این آزمایش های کنترلی حاکی از عملکرد ضعیف تزریق در بعضی از مناطق و نیاز به ترمیم مجدد در آن ها باشند، تزریق مجدد برای ترمیم نواحی ضعیف معمولاً "پر هزینه و وقت گیر خواهد بود. بنابراین کنترل دقیق پارامترهای فوق الذکر در حین تزریق می تواند به بهبود کیفیت تزریق کمک کرده و از صرف هزینه های بعدی بکاهد [Houlsby, 1990].

برای رسیدن به نتیجه مطلوب، رفتار پارامترهای موثر در کنترل تزریق باید مطابق شکل زیر باشد [Kutzner, 1996].



شکل ۱-۱: توصیف شماتیک روند تغییرات پارامترهای کنترلی در تزریق

[Kutzner, 1996]

<sup>1</sup> Refusal stage

### ۳-۱ سوابق علمی و فهرست کارهای انجام شده در این زمینه

بررسی های متعددی بر روی سنگ های تشکیل دهنده پی سدهایی که میزان سیمان خوری در اجرا با مقادیر پیش بینی شده تفاوت زیادی داشته صورت پذیرفته است. از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- امیر حافظ قرآن در سال ۱۳۸۴ به ارزیابی پرده آب بند سرریز سد زرینه رود با استفاده از نفوذ پذیری و خوردند سیمان پرداخته و میزان موفقیت طرح تزریق را مورد بررسی قرار داده است. بررسی نتایج خوردند سیمان بیانگر فاصله زیاد گمانه های اولیه و عدم ارتباط مناسب بین گمانه های اولیه و ثانویه در طرح مورد نظر بوده است. ارتباط نامناسب روند تقسیم فاصله ی گمانه ها با خوردند سیمان، بیانگر عدم ارائه ی یک سطح آب بندی مشخص برای تزریق بوده است و با رسم نمودارهای خوردند - زمان که یکی از ساده ترین راه های کنترل تزریق می باشد به شناخت رفتار سنگ در برابر جریان دوغاب و چاره جویی به موقع برای مقابله با مشکلات احتمالی پرداخته شده است.

- علیرضا مجیدی، عبدالهادی قزوینیان و علی ارومیه ای در سال ۱۳۷۸ به بررسی نقاط ضعف و قوت طراحی پرده آب بند سد شهید رجایی پرداخته و تمامی عوامل دخیل در طراحی پرده آب بند از جمله زمین شناسی و ژئوتکنیک را مورد بررسی قرار داده اند. عدم مطالعات دقیق زمین شناسی باعث عدم کارایی پرده آب بند و صرف هزینه بسیار زیاد در آب بند نمودن تراز های بالایی تکیه گاه راست سد شهید رجایی گردیده است. یکی از مهمترین نقاط قوت در طراحی پرده آب بند سد شهید رجایی را استفاده از فشار های بالا و دوغاب های نسبتاً "غلیظ همراه با فوق روان کننده ها بیان کرده اند.

### ۴-۱ اهداف تحقیق و نوآوری های جدید

ساختمان سد البرز از لحاظ زمین شناسی در واحد مارنی متعلق به کرتاسه قرارداد که به طور عمومی از تراوایی پایینی برخوردار است. اما وجود یک لایه ماسه