

رسالة محمد



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زمین شناسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین شناسی گرایش مهندسی

**ارزیابی ویژگی‌های زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد مسعود آباد در  
شمال غرب ازنا**

استاد راهنما:

دکتر رسول اجل لوئیان

استاد مشاور:

مهندس مرتضی صداقت

پژوهشگر:

محسن سلگی

مهر 1391

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات  
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه  
متعلق به دانشگاه اصفهان است.



دانشگاه اصفهان  
دانشکده علوم  
گروه زمین شناسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی زمین شناسی گرایش مهندسی آقای محسن  
سلگی تحت عنوان

ارزیابی ویژگی های زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد مسعود آباد در  
شمال غرب ازنا

در تاریخ ۹۱/۷/۱۷ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه بسیار عالی به تصویب نهایی رسید.

امضاء  
امضاء  
امضاء  
امضاء

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر رسول اجل لوثیان با مرتبه ی علمی دانشیار

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

۳- استاد داور داخل گروه دکتر اکبر قاضی فرد با مرتبه ی علمی دانشیار

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

امضای مدیر گروه

دکتر امیرالله صفری

دانشگاه اصفهان  
دانشکده علوم  
ISFAHAN UNIVERSITY  
GEOLOGY DEPARTMENT

## سپاسگذاری

اکنون که محمل قلم استوار گشته و ره توشه راه فراهم آمده و این رساله به انجام رسیده است، به گذشته می‌اندیشم. یاد بزرگ معلمان و استادانی در دلم زنده می‌شود که در طول دوران تحصیل خویش همواره خوشه چین خرمن علم و دانش و فضیلتشان بوده‌ام. بزرگواری که نعمات بی حد و حصر خویش را در همه دوران تحصیل (از کودکی تا کنون) ارزانیم فرمودند. ضمن بوسیدن دست تک تک این عزیزان، از درگاه خداوند بزرگ موفقیت روزافزون این بزرگواران را خواستارم. اکنون که به مدد پروردگار، برگ دیگری به دفتر زندگانی این حقیر افزوده می‌گردد، قبل از هر چیز مراتب امتنان از درگاه ایزد توانا بجای آورده و از او برای ادامه راه دشواری که پیش روی است، مدد می‌جویم.

بر خود فرض می‌دانم از عزیزی که بیشترین تلاشها را بدرقه راه نموده و راهنمایی‌هایشان همواره گره‌گشا بوده، سپاسگزاری نمایم. در ابتدا از تلاش‌ها و راهنمایی‌های مؤثر استاد راهنمایم جناب آقای دکتر اجل‌لوئیان و استاد مشاورم جناب آقای مهندس صداقت کمال تشکر و قدردانی را دارم. بر خود لازم می‌دانم از اساتید محترم، آقایان دکتر قاضی‌فرد، دکترهاشمی و دکتر تاجمیرریاحی که در دوران تحصیل از راهنمایی‌های ایشان بهره‌مند گشته‌ام تقدیر و تشکر نمایم. از تمامی کارکنان گروه زمین‌شناسی بویژه آقای مهندس اعتصام‌پور، خانم ساکتی و خانم شاه‌پیری به خاطر همکاری و همچنین از شرکت مهندسی مشاور زاینده‌آب به دلیل در اختیار گذاشتن اطلاعات مورد نیاز تشکر و قدردانی می‌نمایم.

در پایان از دوستان و همکلاسی‌های عزیزم بویژه آقای کراری، نهایت سپاسگذاری را دارم، توفیق و سعادت همگی این عزیزان را از خداوند بزرگ خواستارم.

محسن سلگی

مهرماه 1391

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

## چکیده

شناخت خصوصیات ژئوتکنیکی ساختگاه سدها از مهمترین مراحل اکتشافی برای به دست آوردن اطلاعات لازم در طراحی و ساخت آنها می‌باشد. از آنجا که سدها نقش بسیار مهمی در استفاده‌ی بهینه از منابع آب دارند، حفظ پایداری آنها و آب ذخیره شده در مخزن اهمیت بالایی دارد. به همین دلیل مطالعات زمین‌شناسی و زمین‌شناسی مهندسی از ارکان مطالعات یک سد می‌باشد که در آن به بررسی و تحلیل مشکلات اجرایی موجود و ارائه راهکارهای مناسب پرداخته می‌شود.

سد مسعودآباد واقع در 18 کیلومتری شمال غرب شهرستان ازنا از توابع استان لرستان و بر روی رودخانه مسعودآباد در دست مطالعه قرار دارد. محدوده جغرافیایی حوضه آبریز رودخانه مسعودآباد تا محل پیشنهادی برای احداث سد، در موقعیت 338000 تا 345000 طول شرقی و 3710000 تا 3718000 عرض شمالی در سیستم مختصات UTM، واقع شده است. سد مسعودآباد از نوع خاکی همگن، با ارتفاع 47 متر از بستر رودخانه، طول تاج 816 متر و حجم مخزن 6/5 میلیون متر مکعب مورد مطالعه قرار گرفته است. ناحیه مورد مطالعه از نظر تقسیمات زمین‌شناسی در زون سندج-سیرجان قرار گرفته است که از نظر زمین‌شناسی، سنگ بستر در جناح چپ محور و زیر بدنه سد و قسمتی از جناح راست، از جنس ارتوگنایس و در منتهی الیه جناح راست از جنس میکا شیست می‌باشد که جناح راست توسط نهشته‌های آبرفتی رودخانه‌ای پوشیده شده است. به منظور بررسی کیفیت توده‌سنگ‌های ساختگاه، پارامترهای مهندسی سنگ نظیر مقاومت تراکمی تک محوره سنگ، شاخص کیفیت توده-سنگ و خصوصیات ناپیوستگی‌ها استخراج و بر اساس این اطلاعات طبقه‌بندی‌های RMR، Q و GSI انجام گرفته است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که توده‌سنگ‌های ساختگاه سد مسعودآباد از کیفیت متوسطی برخوردار می‌باشند.

با حفر 9 گمانه‌ی اکتشافی و 5 گمانه‌ی پیرومتری، نفوذپذیری بخش‌های آبرفتی توسط آزمون لوفران و آبگذری قسمت‌های سنگی توسط آزمایش لوژان اندازه‌گیری شده است. به کمک نتایج آزمون لوژان، نفوذپذیری ساختگاه بر اساس روش شاخص نفوذپذیری ثانویه (SPI) نیز در توده‌های سنگی مورد ارزیابی قرار گرفته و براین اساس تمهیدات لازم جهت آب‌بندی ارائه گردید. با توجه به پوشش آبرفتی جناح راست و وجود لنزهای درشت دانه آبگذر در بین مصالح این جناح، راهکار اجرایی لازم جهت آب‌بند نمودن بستر آبرفتی جناح راست نیز ارائه شده است. بر این اساس نفوذپذیری در آبرفت‌ها اکثراً کم و تا حدودی متوسط می‌باشد و نزدیک به 60 درصد سنگ‌ها در رده‌ی نفوذناپذیر قرار گرفته و نفوذپذیری زیاد در اکثر مقاطع دیده نشده است. با توجه به نتایج SPI بیش از 66 درصد توده‌سنگ‌های ساختگاه در رده‌ی A و نزدیک به 30 درصد آنها در رده‌ی B قرار گرفته‌اند. بیشترین عمق تزریق 31 متر، حد بالای فشار تزریق 22/5 بار برآورد شد. سیمان تیپ I با بلین 3000 تا 3400 و روش مثلثی جهت تزریق در محل پیشنهاد گردید.

**واژه‌های کلیدی:** سد مسعودآباد، طبقه‌بندی RMR، طبقه‌بندی Q، طبقه‌بندی GSI، آزمایش لوفران، آزمایش لوژان، شاخص نفوذپذیری ثانویه.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول: کلیات
1-1-1-1	مقدمه.....
2-1-1-2	موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به ساختگاه.....
3-1-1-3	هواشناسی و اقلیم منطقه.....
4-1-1-4	هدف از اجرای سد مسعودآباد.....
5-1-1-5	موقعیت کلی زمین‌شناسی.....
6-1-1-6	اهداف تحقیق.....
7-1-1-6	روش تحقیق.....
	فصل دوم: مروری بر مطالعات گذشته
1-2-1-7	مقدمه.....
2-2-1-8	مکانیک خاک.....
1-2-2-8	آزمایش نفوذ استاندارد (SPT).....
2-2-2-9	آزمایش لوفران.....
3-2-12	مکانیک سنگ.....
1-3-2-12	طبقه بندی ماده سنگ.....
2-3-2-13	طبقه بندی مهندسی توده سنگ.....



عنوان	صفحه
1-2-3-2- شاخص کیفیت توده سنگ (RQD).....	14
2-2-3-2- طبقه‌بندی ژئومکانیکی توده سنگ (RMR).....	16
3-2-3-2- سیستم طبقه‌بندی کیفیت توده سنگ (Q).....	18
4-2-3-2- شاخص مقاومت زمین‌شناسی (GSI).....	20
4-2- ناپیوستگی‌ها.....	23
1-4-2- مشخصات درزه‌ها و شکستگی‌ها.....	23
1-1-4-2- تداوم درزه.....	23
2-1-4-2- فاصله‌ی درزه‌ها.....	24
3-1-4-2- زبری درزه‌ها.....	25
2-4-2- وضعیت درزه‌ها نسبت به ساختگاه سد و مخزن.....	27
5-2- مطالعات هیدروژئوشیمیایی.....	28
1-5-2- نمودار استیف.....	28
2-5-2- نمودار پایپر.....	29
6-2- اندازه‌گیری صحرایی نفوذپذیری سنگ‌ها.....	30
1-6-2- آزمایش فشارآب یا لوژان.....	30
1-1-6-2- نحوه انجام آزمایش لوژان و تعیین نفوذپذیری سنگ.....	31
2-1-6-2- پارامترهای آزمایش لوژان.....	32
3-1-6-2- میزان حساسیت عدد لوژان.....	36

- 2-6-2- انواع رفتارهای هیدرولیک در توده سنگ ..... 36
- 2-6-2-1- تعیین رفتار هیدرولیکی با استفاده از نمودارهای پیشنهادی هولسی ..... 36
- 2-6-2-1-1- رفتار خطی و یکنواخت ..... 37
- 2-6-2-1-2- رفتار آشفته ..... 37
- 2-6-2-3- رفتار بازشدگی اتساع ..... 37
- 2-6-2-4-1- رفتار آب شستگی فرسایش پرشدگی ها ..... 39
- 2-6-2-5-1- رفتار پرشدگی انسداد ..... 39
- 2-6-3- تعیین رفتار هیدرولیکی با استفاده از نمودارهای P-Q، و تشخیص شکست و جک هیدرولیکی ..... 39
- 2-6-4- عوامل موثر در ایجاد شکست هیدرولیکی و جک هیدرولیکی ..... 42
- 2-6-5- عوامل موثر در تعیین میزان هدایت هیدرولیکی در آزمایش های فشار آب ..... 45
- 2-7- شاخص نفوذپذیری ثانویه (SPI) ..... 46
- 2-7-1- طبقه بندی توده سنگ بر اساس SPI ..... 47
- 2-7-2- تفسیر نتایج با استفاده از دیاگرام های SPI ..... 49
- 2-7-3- بهسازی زمین با استفاده از SPI ..... 50
- 2-7-4- نتایج حاصل از ارتباط SPI و RQD ..... 52
- 2-8- تزریق ..... 52
- 2-9- موقعیت و شکل کلی پرده آب بند ..... 53
- 2-9-1- طرح هندسی پرده آب بند ..... 56

56.....	2-9-2- خصوصیات پرده آب‌بند.....
56.....	2-9-2-1- موقعیت فضایی گمانه‌ها.....
56.....	2-9-2-2- تعداد ردیف گمانه‌ها.....
57.....	2-9-2-3- فاصله گمانه‌های تزریق.....
57.....	2-9-2-4- عمق پرده تزریق.....
58.....	2-9-2-5- فشار تزریق.....
60.....	2-9-2-5-1- فشار موثر تزریق.....
62.....	2-9-2-5-2- محدودیت‌ها در اعمال فشار تزریق.....
63.....	2-9-2-6- ترکیب دوغاب.....
64.....	2-9-2-6-1- خواص دوغاب‌های تزریق.....
65.....	2-9-2-6-2- محلول‌ها و رزین‌ها.....
65.....	2-9-2-6-3- سیمان.....
66.....	2-9-2-6-4- سیمان فوق‌العاده دانه ریز.....
68.....	2-10-10- افزودنی‌های دوغاب تزریق.....
68.....	2-10-10-1- گیرش سریع.....
68.....	2-10-10-2- نشست‌گیری.....
68.....	2-10-10-3- کاهش مقدار آب.....
68.....	2-10-10-4- افزایش قدرت نفوذ.....

عنوان	صفحه
2-10-5- کاهش آب‌انداختگی.....	69
2-11- طرح اختلاط دوغاب.....	69
2-12- روش‌های تزریق.....	70
2-12-1- تزریق رو به پایین با پکر.....	70
2-12-2- تزریق رو به پایین بدون پکر.....	71
2-12-3- تزریق از پایین به بالا.....	72
2-12-4- تزریق منطقه‌ای.....	72
2-13- عملیات تزریق آزمایشی.....	73
2-13-1- آرایش مثلثی.....	74
2-13-2- آرایش خطی.....	75

#### فصل سوم: زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

3-1- مقدمه.....	76
3-2- زمین‌شناسی ناحیه‌ای طرح.....	76
3-3- زمین‌شناسی منطقه.....	81
3-4- سنگ چینه‌شناسی.....	82
3-4-1- پرکامبرین (واحد ولکانیک و متا ولکانیک (VM) ).....	83
3-4-2- دوران اول (پالئوزوئیک) (واحد مرمر و آهک کریستاله سفید و خاکستری رنگ (ML) ).....	84

عنوان	صفحه
3-4-3- دوران دوم و سوم.....	84
4-4-3- دوران چهارم (نهشته های آبرفتی و پادگانه های جوان (QT)).....	84
5-3- واحدهای زمین شناختی و ساختمانی (Tectonic).....	85
1-5-3- گسل های منطقه مورد مطالعه.....	86
6-3- پیشینه لرزه خیزی منطقه.....	87

#### فصل چهارم: روش تحقیق

1-4- مقدمه.....	90
2-4- مطالعات دفتری مقدماتی.....	90
3-4- مطالعات صحرایی.....	91
1-3-4- روش های انجام مطالعات صحرایی در منطقه (مشاهداتی).....	91
1-1-3-4- بررسی های لیتولوژیکی و ساختاری.....	91
2-1-3-4- برداشت درزه ها.....	91
2-3-4- روش های دستگاہی.....	91
1-2-3-4- حفر گمانه ها.....	91
2-2-3-4- آزمایش های صحرایی.....	92
3-2-3-4- برداشت سطح آب زیرزمینی.....	92
4-4- مطالعات آزمایشگاهی.....	92

عنوان	صفحه
1-4-4- آزمایش‌های دانه‌بندی و حدود آتبرگ.....	92
2-4-4- آزمایش برش مستقیم بر روی نمونه خاک دست نخورده.....	92
3-4-4- آزمایش بارنقطه‌ای.....	92
4-4-4- آزمایش مقاومت تک محوری.....	92
5-4-4- آزمایش برزیلین.....	93
5-4- مطالعات دفتری نهایی.....	93
1-5-4- تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی و زمین‌شناسی مهندسی.....	93
2-5-4- تهیه مقاطع زمین‌شناسی.....	93
3-5-4- تعیین مقاطع نفوذپذیری.....	93
4-5-4- تعیین سیستم‌های درزه.....	93
5-5-4- محاسبه شاخص کیفیت توده سنگ.....	94
6-5-4- طبقه‌بندی توده سنگ.....	94

#### فصل پنجم: نتایج و بحث

1-5- مقدمه.....	95
2-5- زمین‌شناسی ساختگاه سد.....	96
3-5- زمین‌شناسی ساختمانی.....	101
1-3-5- مطالعه ناپیوستگی‌ها.....	101

عنوان	صفحه
2-3-5- تحلیل ناپیوستگی‌ها.....	104
1-2-3-5- طول درزه‌ها.....	105
2-2-3-5- فاصله‌داری درزه‌ها.....	105
3-2-3-5- بازشدگی درزه‌ها.....	105
4-2-3-5- زبری سطح درزه‌ها.....	106
5-2-3-5- پرشدگی.....	107
6-2-3-5- وضعیت آب در درزه‌ها.....	107
7-2-3-5- ویژگی مواد پرکننده درزه‌ها.....	107
8-2-3-5- هوازدگی سنگ‌های محدوده طرح.....	107
4-5- مطالعه پارامترهای ژئومکانیکی.....	109
1-4-5- آزمایشات مربوط به مکانیک سنگ.....	109
1-1-4-5- آزمایش مقاومت تک محوری.....	109
2-1-4-5- آزمایش بار نقطه‌ای.....	110
3-1-4-5- آزمایش برزیلین.....	112
4-1-4-5- مشخصات فیزیکی نمونه‌های سنگی.....	114
2-4-5- آزمایشات مربوط به مکانیک خاک.....	115
1-2-4-5- آزمایش‌های دانه‌بندی و حدود آتربرگ.....	115
2-2-4-5- آزمایش برش مستقیم.....	116

117.....	5-5-5- خصوصیات زمین شناسی و ژئوتکنیکی توده سنگ های محور سد.....
120.....	5-5-5-1- طبقه بندی ماده سنگ.....
121.....	5-5-5-2- شاخص کیفیت توده سنگ (RQD).....
122.....	5-5-5-3- طبقه بندی RMR.....
124.....	5-5-5-4- سیستم طبقه بندی GSI.....
129.....	5-5-5-5- سیستم طبقه بندی Q.....
130.....	5-6-6-6- تحلیل گمانه های اکتشافی.....
131.....	5-6-6-1- بررسی گمانه های اکتشافی تکیه گاه چپ.....
132.....	5-6-6-1-1- گمانه BH-M0.....
133.....	5-6-6-2-1- گمانه BH-M1.....
136.....	5-6-6-2- بررسی گمانه های اکتشافی بستر رودخانه و جناح راست.....
137.....	5-6-6-1-2- گمانه BH-M2.....
138.....	5-6-6-2-2- گمانه BH-M3.....
141.....	5-6-6-3-2- گمانه BH-M4.....
143.....	5-6-6-4-2- گمانه BH-M5.....
145.....	5-6-6-4-2- گمانه BH-M6.....
148.....	5-6-6-3- بررسی گمانه های اکتشافی دایک و سرریز.....
149.....	5-6-6-1-3- گمانه BH-D1.....



عنوان	صفحه
BH-D2 گمانه 2-3-6-5	150
نتایج کلی مربوط به گمانه‌های اکتشافی 7-5	151
آزمایش لوفران 1-7-5	151
آزمایش لوژان 2-7-5	151
بررسی رفتارهای هیدرولیکی ساختگاه سد مسعودآباد 3-7-5	152
شاخص نفوذپذیری ثانویه 4-7-5	155
تحلیل گمانه‌های پیزومتری 8-5	156
وضعیت مخزن 1-8-5	158
آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) 9-5	159
هیدروژئوشیمیایی 10-5	160
وضعیت آب زیرزمینی 11-5	165
طراحی پرده آب‌بند 12-5	168
مشخصات پرده تزریق 1-12-5	168
فاصله گمانه‌های تزریق 1-1-12-5	168
عمق گمانه‌های تزریق 2-1-12-5	169
فشار تزریق 3-1-12-5	170
مصالح تزریق 4-1-12-5	171
تعداد ردیف‌های پرده تزریق 5-1-12-5	171

صفحه

عنوان

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

172.....1-6- نتایج کلی

175.....2-6- پیشنهادات

176.....منابع و مأخذ

## فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل 1-1- نمایش موقعیت و راه‌های دسترسی به منطقه طرح.....	4
شکل 1-2- آزمایش لفران به دو روش از کف گمانه و از یک مقطعی از گمانه.....	10
شکل 2-2- روش اندازه‌گیری و محاسبه RQD.....	16
شکل 3-2- پارامترهای موثر در طبقه بندی Q.....	19
شکل 4-2- تخمین GSI بر اساس مشاهدات صحرایی.....	21
شکل 5-2- مقاطع نمونه‌ی زبری‌ها و اطلاعات پیشنهاد شده.....	26
شکل 6-2- تأثیر زبری درزه بر بسته شدن درزه در اثر تزریق.....	26
شکل 7-2- نمایش و مقایسه وضعیت درزه‌ها نسبت به ساختگاه سد.....	27
شکل 8-2- نمایش تجزیه شیمیایی یک نمونه آب به صورت نمودار استیف.....	28
شکل 9-2- دیاگرام پایپر جهت تعیین کیفیت شیمیایی آب.....	29
شکل 10-2- نمای کلی وسایل مورد استفاده در آزمایش فشار آب.....	31
شکل 11-2- تعیین فشار بر حسب عمق در گمانه.....	35
شکل 12-2- انواع نمودارهای فشار – آبگذری در آزمایش لوژان.....	38
شکل 13-2- نمودار انواع رفتارهای هیدرولیکی در سنگ‌ها با توجه به نمودارهای (P-Q).....	40
شکل 14-2- عوامل موثر بر اتساع و شکست هیدرولیکی با توجه به خصوصیات توده‌سنگ.....	43
شکل 15-2- انواع مختلف نمودار Pt – SPI.....	50
شکل 16-2- بهسازی زمین با استفاده از SPI.....	51

- شکل 2-17- منطقه‌های مختلف پرده تزریق در امتداد محور سد.....54
- شکل 2-18- طراحی پرده آب‌بند بر اساس آب زیرزمینی.....55
- شکل 2-19- فشارهای تزریق قابل قبول برای شرایط مختلف پی در عمق‌های مختلف.....59
- شکل 2-20- فشار تزریق استفاده شده در عملیات تزریق در ایالات متحده.....60
- شکل 2-21- انواع روش‌های تزریق در گمانه.....73
- شکل 2-22- روش تعیین فاصله بین گمانه‌ها بوسیله‌ی تزریق آزمایشی.....74
- شکل 3-1- موقعیت منطقه مورد مطالعه در نقشه پهنه‌های رسوبی و زمین‌ساختی ایران.....82
- شکل 3-2- رخنمون تشکیلات پرکامبرین و مزوزوئیک در شمال روستای باوکی (دید به سمت شمال).....83
- شکل 3-3- نقشه زمین‌شناسی حوضه سد مسعودآباد.....85
- شکل 3-4- لرزه خیزی منطقه دورود و ازنا در سده اخیر.....88
- شکل 5-1- نمایی از محدوده‌ی محور سد مسعود آباد (دید به سمت جنوب شرق).....96
- شکل 5-2- نمایی از محدوده منطقه مورد مطالعه سد مسعودآباد (دید به سمت شمال).....97
- شکل 5-3- نمایش محدوده مورد مطالعه سد مسعودآباد به همراه واحدهای سنگ چینه‌ای منطقه.....98
- شکل 5-4- مقطع زمین‌شناسی از محور سد مسعودآباد.....100
- شکل 5-5- تصویر استریوگرافیک دسته درزه‌های در جناح چپ محور با استفاده از نرم افزار استریونت.....102
- شکل 5-6- نمودار گل سرخی جهت‌گیری درزه‌ها در جناح چپ محور سد مسعودآباد.....102
- شکل 5-7- استریوگرام تراکم درزه‌ها در جناح چپ محور سد مسعودآباد.....103
- شکل 5-8- میزان تراکم درزه‌ها در جهات مختلف جغرافیایی در جناح چپ محور سد مسعودآباد.....103