کنفرانس ملی
بررسی دستاوردهای نوین علوم زمین
۱۴ آبان ماه ۱۳۸۸/ دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان

بررسی خصوصیات نفوذ پذیری و تزریق پذیری ساختگاه سد گلمندره با استفاده از نتایج آزمایش لوژن

غلامرضا لشکری پور، محمد غفوری، محمد رضا احمدی، محمد موسوی مداح*، حمید قالیباف

دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، مشهد

h.ghalibaf@yahoo.com

چکیده

یکی از مهمترین مسائل در طراحی عملیات تزریق سدها، شناسایی صحیح وضعیت زمین شناسی و هیدرولیکی منطقه مورد نظر و همچنین ارزیابی تزریق پذیری آن است. در این راستا، پارامترهای بدست آمده از نتایج آزمایش فشار آب (لوژن) به همراه نتایج حاصل از تزریق آزمایشی و جهت اجرای عملیات تزریق، بررسی آرایش و فواصل گمانه های تزریق، میزان فشار شکست و فشار مجاز تزریق و خورند دوغاب به منظور کسب اطلاعات در مورد تزریق اصلی، کمک موثری خواهد بود. پدیده‌های زمین شناسی مانند چین خوردگی، کارستها و مناطق گسله و برشی شده در عملیات تزریق، تأثیر زیادی دارند و حتی می‌توانند باعث ناموفق بودن پروژه گردند؛ بنابراین توجه و بررسی به این پدیده های زمین شناسی، در آب‌بندی بسیار مهم می‌باشد. در این تحقیق، خصوصیات نفوذپذیری و تزریق پذیری ساختگاه سد گلمندره در جنوب غرب بجنورد در استان خراسان شمالی با استفاده از آزمایش لوژن، مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: سد گلمندره، نفوذ پذیری، تزریق پذیری، آزمایش لوژن، گمانه،

Evaluation of permeability and groutability by using conclusion of Lugeon test on Golmandarreh dam site

Gholam Reza Lashkaripour, Mohammad Ghafoori

Ferdowsi University of Mashhad

Hamid ghalibaf, Mohammad Musavi ,Mohammad Reza Ahmadi

Ferdowsi University of Mashhad

h.ghalibaf@yahoo.com

Abstract: One of the important points in groutability design and operation is investigation of geology and hydrology conditions of the site and evaluation its gruotability. for this propose the parameters give from water pressure test with the help of experimental grouting result are very helpful. With use of them how operate grouting, orientation and spacing between boreholes, fracturing pressure allowable pressure and cement take will be determined to help have a good grouting. Geological features like folding, karsts, breccia zones and faults have grate effect on This paper evaluate the .grouting and even can destroyed project. Therefore this problem should be attention more properties of permeability and groutability of Golmandarreh dam site has located in southwest of Bojnord city in north-khorasan province.

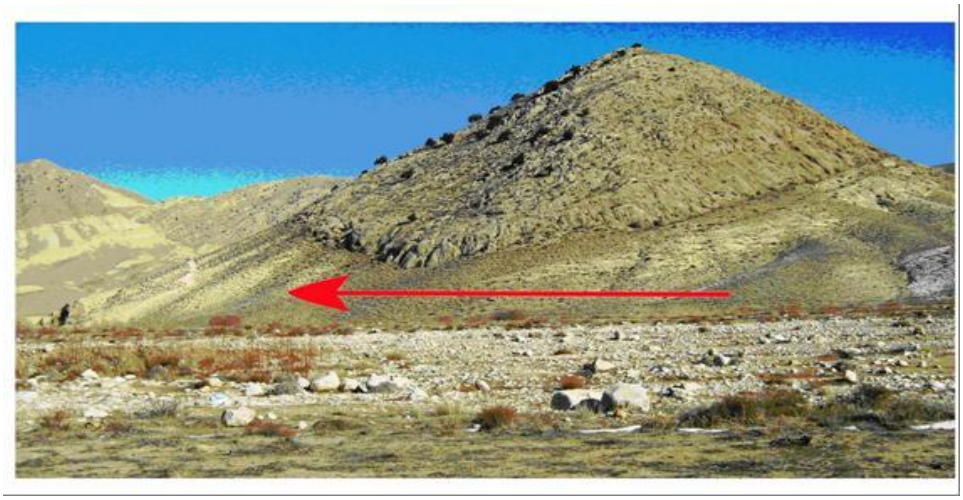
Keywords: Golmandarreh Dam, Permeability, Groutability, Lugeoun test, Borehole.

۱- مقدمه

جهت تحلیل و بررسی پارامترهای ساختگاه سدها، شناخت ویژگیهای توده سنگهای پی و تکیه‌گاه‌ها از اهداف اصلی می-باشد. نشت آب از بدنه سد خاکی و همچنین از بخش زیرین سد، از نکات قابل توجه می باشد که بستگی به میزان نفوذپذیری دارد. لذا نفوذپذیری یک عامل اساسی جهت طراحی پرده تزریق برای جلوگیری از فرار آب از طریق شالوده و جلوگیری از اثر منفی زه آب از میان مصالح شالوده بوده و در این راستا از تزریق استفاده می‌شود. تزریق فرایندی است که در آن سیمان یا ماده مناسبی با فشار به داخل یک سازند سنگی یا خاکی از طریق گمانه‌های حفاری شده، به منظور بهسازی ترکها و شکستگی‌های موجود وارد می‌گردد *(Ewert, 1997 & Kutzner, 1996)*. در این مقاله، فرایند نفوذپذیری و تزریق سد گلمندره با توجه به خصوصیات زمین‌شناسی پی آن مورد بررسی قرار گرفته است. نفوذپذیری تشکیلات سنگی که آب در درز و شکافهای آن جریان دارد بر حسب لوژن بیان می‌گردد. ساختگاه این سد خاکی با هسته رسی در ۱۱۴ کیلومتری جنوب غربی شهر بجنورد در استان خراسان شمالی قرار گرفته است. از مشکلاتی که در ساختگاه این سد باید مورد بررسی قرار گیرد پدیده احتمالی کارست و زونهای برشی می‌باشد. این پدیده ها باعث افزایش نفوذپذیری و فرار آب از پی و تکیه گاه‌های سد در آینده خواهند شد.

۲- زمین شناسی منطقه

ساختگاه سد گلمندره بطور غالب از سازندهای دوران دوم زمین‌شناسی شامل آهک، مارن و ماسه سنگ تشکیل شده و رسوبات عهد حاضر و رسوبات واریزه‌ای روی آنها قرار گرفته‌اند. ساختگاه سد در یک ناودیس مایل با میل رو به غرب قرار دارد، به طوری که شیب لایه ها بسمت پایین دست بوده و به ناپایداری و فرار آب کمک می‌کند. به طور کلی گسل مهمی از محدوده مخزن و ساختگاه عبور نمی‌کند، ولی تعدادی گسل فرعی در محدوده مخزن و ساختگاه وجود دارد. همچنین شش سیستم غالب ناپیوستگی در محل سد برداشت شده که این شش سیستم عبارتند از پنج سیستم درزه و یک سیستم لایه بندی که امکان فرار آب را از تکیه گاه چپ، راست و بستر فراهم می نمایند. در لاگ برخی از گمانه ها، از جمله *BHD1* در تکیه گاه راست و *BHD6* و *BHD15* در تکیه گاه چپ، حفرات انحلالی در سنگهای آهکی دیده می-شود (شکل های ۱ و ۲).



شکل۱- جناح راست و بستر ساختگاه سد گلمندره با شیب لایه ها به سمت پایین دست، دید به سمت شمال شرق

شکل۲- جناح چپ و بستر ، دید به سمت شمال غرب. فلش، جهت پایین دست را نشان می دهد

۳- گمانه های حفر شده در محور سد

هشت حلقه اکتشافی جمعاً به عمق ۳۴۶ متر در محل محور سد حفاری شده است. این گمانه‌ها از نظر شاخص کیفیت سنگ و نفوذپذیری، مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. با استفاده از نتایج آزمایش‌ها، پیشنهاداتی جهت بهسازی زمین و تزریق، ارائه گردیده است. در جداول ۱ و ۲ مشخصات گمانه های حفر شده آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات گمانه های اکتشافی

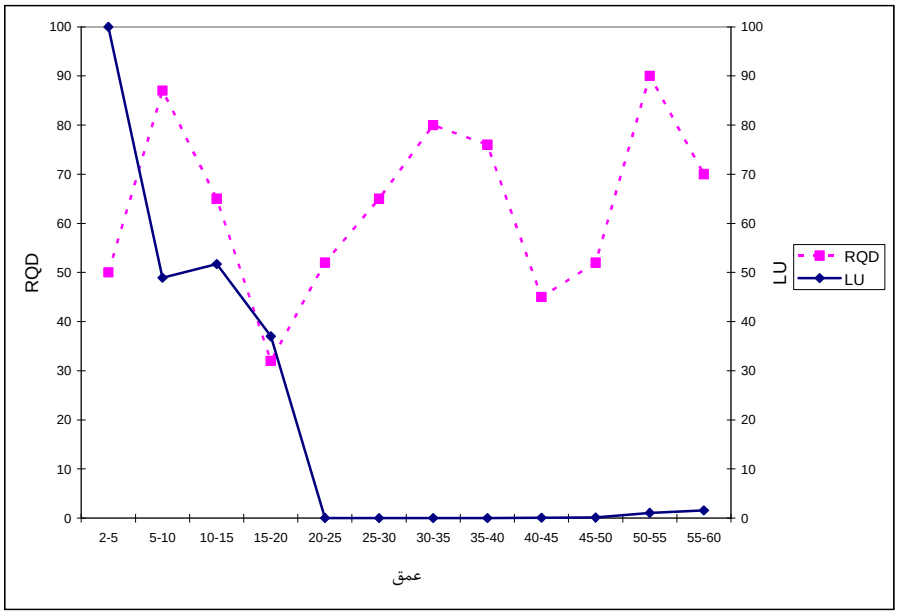
گمانه	موقعیت	تراز گمانه (متر)	سطح تراز آب زیرزمینی	عمق گمانه(متر)
BHD1	جناح راست	۱۱۱۲	۱۰۹۲/۲	۵۹
BHD14	جناح راست	۱۰۹۵	۱۰۵۹/۲	۳۰
BHD2	بستر	۱۰۷۹	۱۰۵۹/۲	۶۰
BHD3	بستر	۱۰۷۹	۱۰۵۸/۶	۴۰
BHD4	بستر	۱۰۷۹	۱۰۵۸/۶	۴۵
BHD5	بستر	۱۰۸۰	۱۰۵۸/۴	۳۰
BHD15	جناح چپ	۱۰۹۵	۱۰۵۹	۳۱
BHD6	جناح چپ	۱۱۱۲	۱۰۷۴/۶	۵۱

جدول۲- مقادیر میانگین لوژن و *RQD* در گمانه های اکتشافی

گمانه	متوسط لوژن	متوسط*RQD*
BHD1	۲۰	۵۲
BHD14	۲۴/۳۵	۶۹
BHD2	۷/۵	۴۶
BHD3	۱/۵	۴۱
BHD4	۱۰/۹	۶۴
BHD5	۱۷/۱	۳۸
BHD15	۵/۳	۷۴
BHD6	۱۶	۷۰

۳-۱- گمانه BHD1

شروع حفاری در این گمانه در آهکهای کلات بوده و سپس به آهک مارنی آبدراز و در نهایت به شیل و ماسه سنگ اتامیر ختم شده است. تا سه متر اولیه حفاری، میزان آبخوری بالا و *RQD* پایین می‌باشد که در اعماق کم به علت هوازدگی و درزه‌های سطحی بوده و به طرف عمق به شدت هوازدگی افزوده می‌شود. در برخی مقاطع حاصل از حفاری در آهک، حفراتی دیده می‌شود که میتواند به‌دلیل انحلال سنگ آهک باشد. پس از آن تا عمق ۲۳ متری، میزان آبخوری کاهش یافته ولی کیفیت مغزه حفاری بهبود نیافته مقدار *RQD* تا ۳۰ کاهش پیدا می‌کند. علت آن را می‌توان در درزه‌های ریز با قابلیت آبخوری کم و با شدت درز شدگی بالا جست. تا این عمق، جریانها اکثراً از نوع آشفته بوده و در مقاطعی نیز جریان اتساعی گزارش شده است. این مقاطع بهتر است قبل از تزریق، شستشو گردند و همچنین از نسبت رقیق آب به سیمان مثلا ۳ به ۱ و پیش تزریق استفاده شود. از این عمق به پایین، در لاگ گمانه، هیچ حفره‌ای مشاهده نگردید و کیفیت سنگ بهبود یافته و بیش از ۹۰ درصد مقاطع، لوژن صفر و *RQD* بیش از ۶۰ درصد را نشان دادند. عمق پرده تزریق حداقل باید تا عمق ۳۰ متری ادامه پیدا کند (شکل ۳).



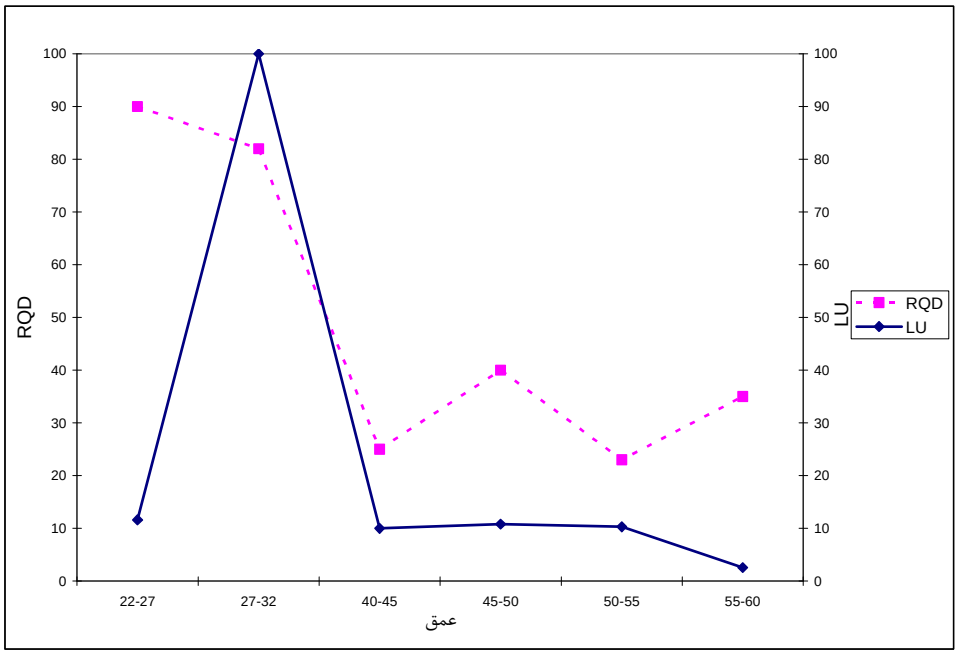
شکل۳- رابطه لوژن و RQD در برابر عمق در گمانه BHD1

۳-۲- گمانه BHD2

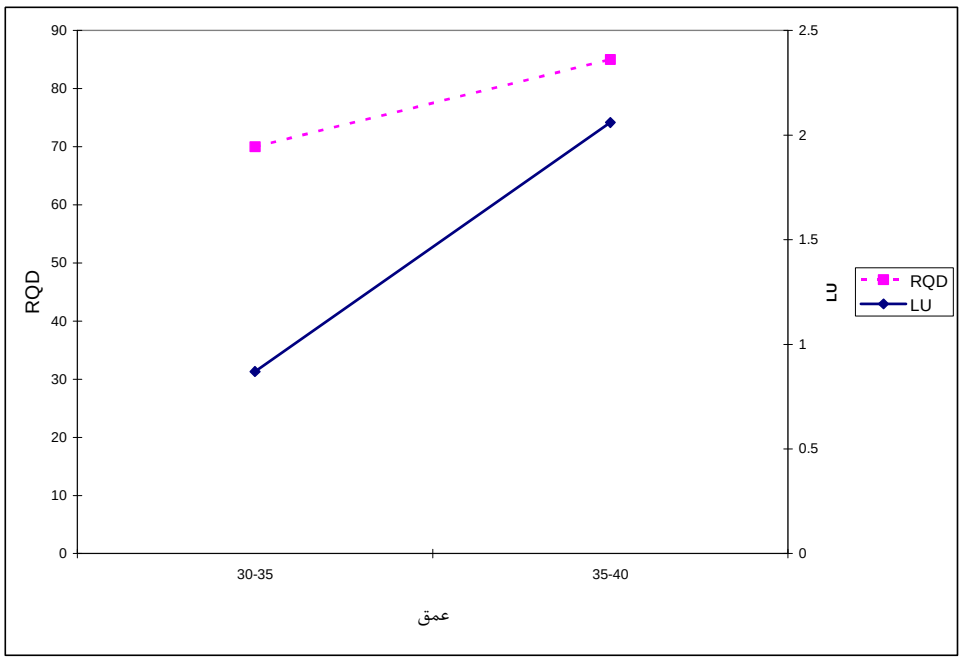
این گمانه در بستر قرار دارد و پس از طی حدود ۲۰ متر پیشروی در آبرفت، در مارن و سپس ماسه سنگ حفاری شده است. توده سنگ تا عمق ۲۵ متری از کیفیت خوبی برخوردار بوده و سپس تا عمق ۳۰ متری بتدریج از کیفیت سنگ کاسته شده، به‌طوریکه لوژن به ۱۰۰ می‌رسد. این مقاطع اکثراً جریان آبشستگی از خود نشان داده‌اند که در واقع طی افزایش فشار آزمایش، شسته شدگی مواد پرکننده ناپیوستگی‌های سنگ رخ داده است. از عمق حدود ۴۰ متری به پایین، کیفیت سنگها رو به بهبود می‌رود. ولی دوباره شسته شدگی مقاطع تا انتها در برخی مقاطع دیده شد. پیشنهاد می‌شود دوغاب رقیق در تزریق این مقاطع استفاده شود. عمق پرده تزریق نیز بهتر است فراتر از عمق آبشستگی ادامه یابد (شکل۴).

۳-۳- گمانه BHD3

این گمانه در بستر به عمق ۴۰ متر حفاری شده و پس از حدود ۲۹ متر پیشروی در آبرفت، به مارن و سپس ماسه سنگ رسیده است. در این گمانه فقط دو مقطع آزمایش لوژن داریم. با افزایش عمق، هم لوژن و هم *RQD* افزایش پیدا کرده و جریانها در ابتدای گمانه، از نوع اتساعی بوده و سپس به پر شدگی حفرات تبدیل شده است. انبساط ممکن است در اثر فشار بالای آزمایش بوده و حتی منجر به بازشدگی‌های بعدی گردد و پر شدن خلل و فرج نیز در نتیجه ته نشینی ذرات در ادامه مسیر حفرات می‌باشد. در ابتدای گمانه از نسبت متوسط آب به سیمان و در اعماق نیز به‌دلیل درزه‌شدگی کمتر، می‌توان از نسبت‌های غلیظتر (مثلا آب به سیمان ۱به۳) استفاده کرد (شکل ۵).



شکل۴- رابطه لوژن و RQD در برابر عمق در گمانه BHD2



شکل۵- رابطه لوژن و RQD در برابر عمق در گمانه BHD3

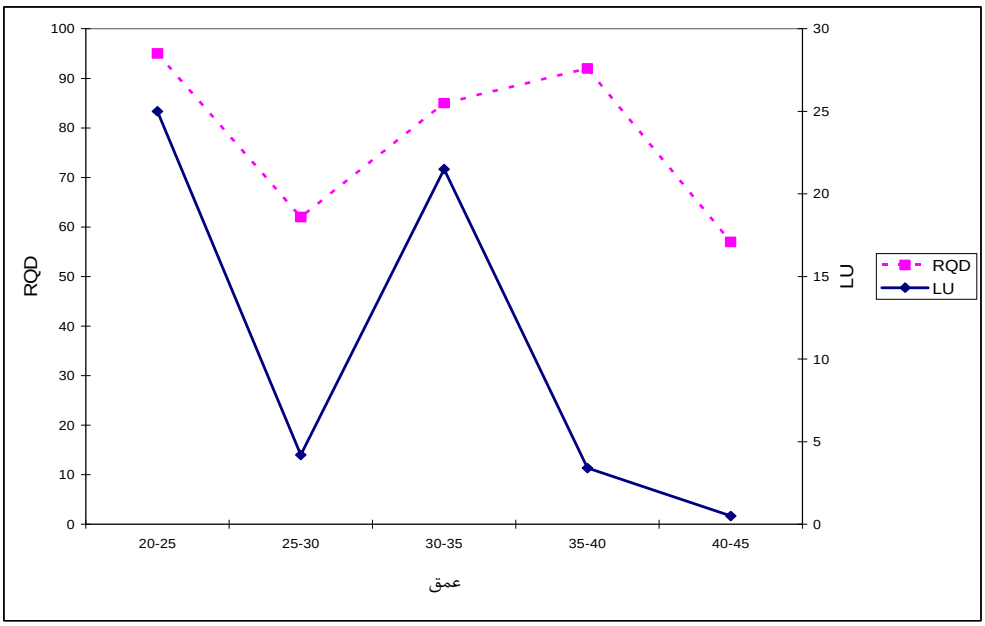
۳-۴- گمانه BHD4

این گمانه نیز پس از طی حدود ۱۹ متر حفاری در آبرفت، به سنگ آهک و سپس به ماسه سنگ می‌رسد. در این گمانه، مقادیر لوژن کمتر از ۳۰ بوده و *RQD* از صفر تا ۹۰ متغیر است. هیچگونه حفراتی در سنگ آهک مشاهده نشده و

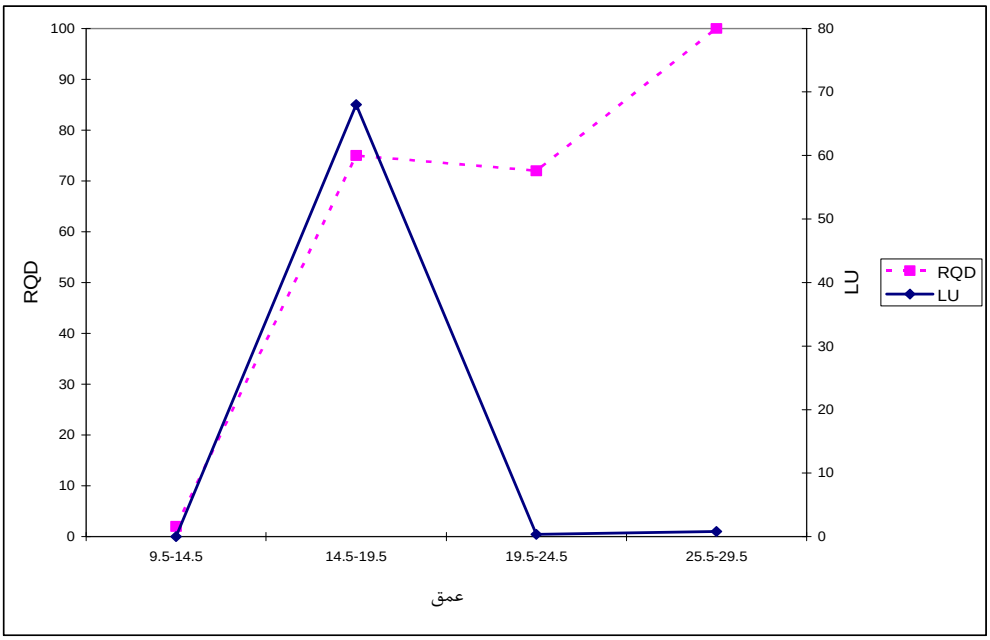
جریانها عمدتاً از نوع آشفتگی و بعضاً آبشستگی و اتساع است. مقادیر لوژن به طرف عمق کاهش یافته و مقادیر *RQD*، همچنـان در رده خوب تا عالی است. در یک رونـد کلی از جناح راست به چپ، کیـفیت سنگها بهتر می‌شود. سیستم درزه نیز کاهش می‌یابد. ولی در اعماق حدود ۲۵ و۳۲ متری، مقادیر آبخوری بالاست که می‌تواند ناشی از درزهای ریز در آهکها و ماسه سنگها باشد. از این رو بهتر است قبل از تزریق، گمانه را شستشو داد. عمق پرده تزریق هم تا حدود ۴۵ متری ادامه یابد (شکل ۶).

۳-۵- گمانه BHD5

۷ متر ابتدای لاگ این گمانه در آبرفت بوده و سپس به مارن و آهک و ماسه سنگ می رسد. در ابتدای شروع مقطع سنگی، لوژن و RQD بسیار پایین در حد صفر بوده و تا عمق حدود ۱۷ متری یک افزایش ناگهانی در این مقادیر تا حدود ۸۵ دیده می‌شود. به طرف عمق جریان به ترتیب خطی، پرشدگی، اتساع و آبشستگی است. مارن‌های ابتدای مقطع، لوژن پایین، ولی به دلیل هوازدگی و سیستم جوینت، شکستگی بالا دارند؛ پس دوغاب رقیق با فشار کم مناسب این مقطع خواهد بود. سپس به سنگ آهک با درزه پایین و آبخوری بالا می‌رسیم که احتمالاً درزه‌ها باید خیلی ریز باشند. از حدود ۲۰ متری به بعد که ماسه سنگ مقاوم تر داریم، لوژن به حدود صفر و RQD به حدود ۱۰۰ می رسد. پرده تزریق تا عمق حدود ۲۵ متری مناسب به نظر می‌رسد (شکل ۷).



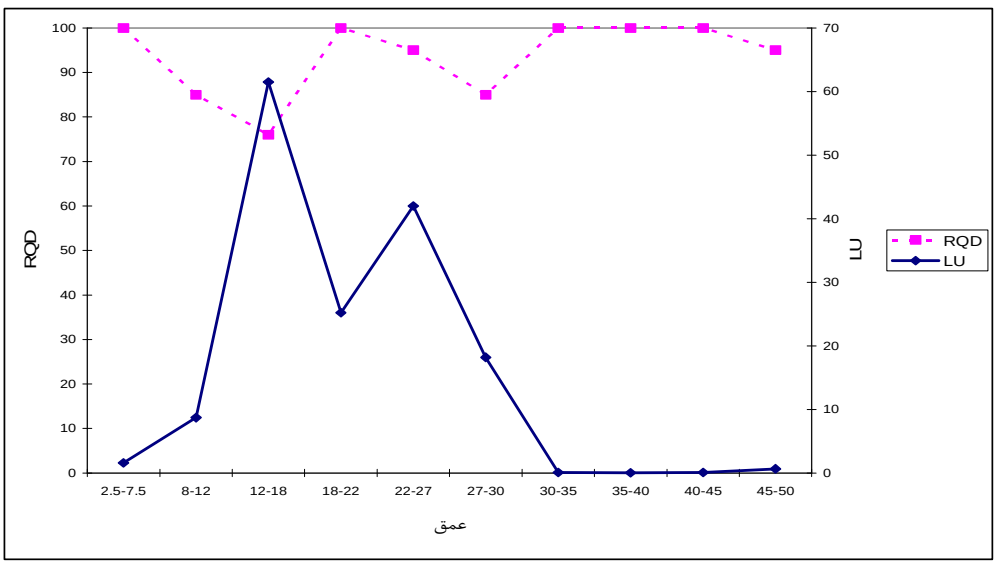
شکل۶- رابطه لوژن و RQD در برابر عمق در گمانه BHD4



شکل۷- رابطه لوژن و RQD در برابر عمق در گمانه BHD5

۳-۶- گمانه BHD6

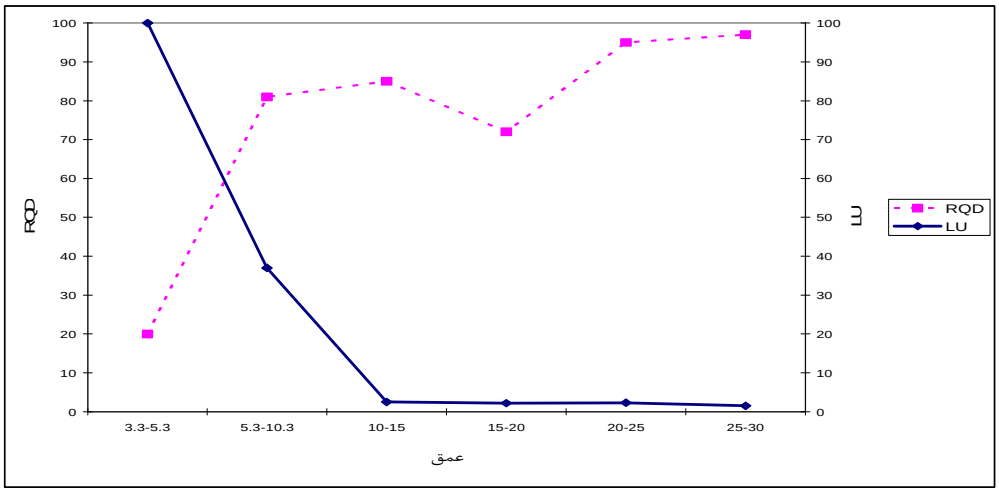
آخرین گمانه در جناح چپ که در سنگ آهک آبدراز و ماسه سنگ اتامیر حفر شده، باکیفیت ترین توده سنگی در محور را تشکیل می دهد. در تمام مقاطع، RQD بالای ۸۰ بوده و آبخوری بالا را فقط در مقاطع ۱۲ تا ۱۶ و ۲۲ تا ۲۷ متری شاهد هستیم. جریان های غالب، خطی و اتساعی هستند که بترتیب در ماسه سنگ و سنگ آهک دیده شده اند. دوغاب غلیظ را می‌توان برای تزریق در نظر گرفت و عمق پرده تزریق تا حدود ۳۵ متری می تواند مناسب باشد (شکل ۸).



شکل۸- رابطه لوژن و RQD در برابر عمق در گمانه BHD6

۳-۷- گمانه BHD14

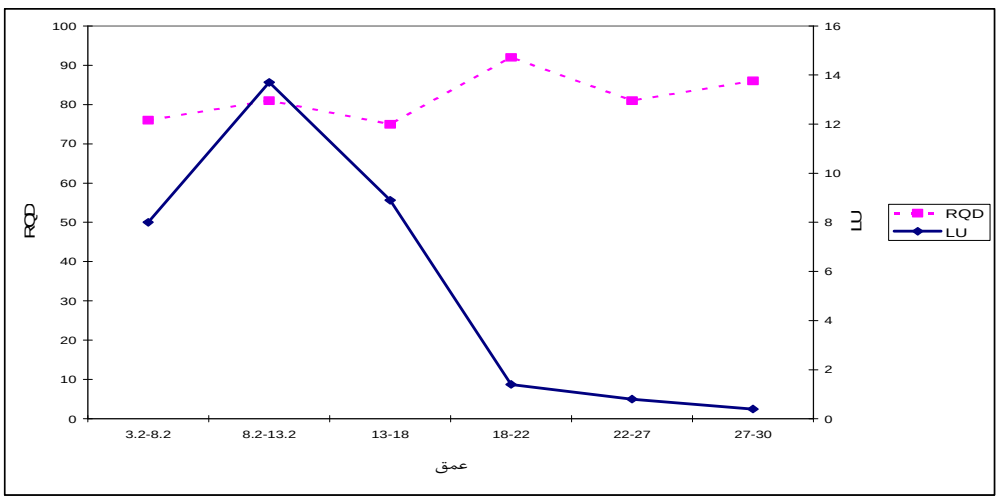
این گمانه در جناح راست تماماً در سنگ آهک حفر شده است. آبخوری و RQD به طرف عمق بسیار مطلوب می شود. به‌طوریکه در آخرین مقطع، لوژن به صفر و RQD به حدود ۱۰۰ می‌رسد. جریانها از نوع آشفته و خطی و اتساع است. خورد شدگی به طرف عمق بسیار کاهش می‌یابد و همانند گمانه BHD6 می‌توان از دوغاب غلیظتر استفاده نمود. عمق پرده تزریق هم تا حدود ۲۵ متر می‌تواند مناسب باشد (شکل ۹)



شکل۹- رابطه لوژن و RQD در برابر عمق در گمانه BHD14

۳-۸- گمانه BHD15

پس از حدود ۳ متر آبرفت، حفاری در مارن و سپس سنگ آهک انجام شده است. انحلال قابل توجهی در سنگ آهک دیده نشده و بطرف عمق، کیفیت توده سنگی نیز بهبود یافته است. فقط یک آبخوری بالا در عمق حدود ۹ متری در سنگ آهک داریم که رفتار آشفته نیز می‌تواند بیانگر پدیده انحلال در این مقطع باشد. عمده جریانها از نوع آشفته، خطی و پرشدگی است. احتـمالاً دوغاب با نسبـت آب به سیمان برابر و عمـق پرده تزریق حدود ۲۰ متر می تواند مناسب باشد (شکل ۱۰).



شکل۱۰- رابطه لوژن و RQD در برابر عمق در گمانه BHD15

۴- نتیجه گیری

در تکیه گاه راست و چپ ساختگاه سد گلمندره، در مقاطعی، حفرات کوچک کارستی و بعضا آبشستگی های ماسه سنگ دیده شده که این موضوع قبل از تزریق و آبگیری مخزن بایستی با دقت بیشتری مطالعه گردد. این عوامل بهمراه سیستم های جوینت و همچنین لایه بندی بطرف داخل مخزن و پایین دست، به ناپایداری سد و فرار آب منجر خواهند شد البته احتمال بهم پیوستگی حفرات کارستی در ساختگاه، ضعیف بوده و حفرات نیز کوچک هستند و لذا تزریق می تواند روش بهسازی مناسبی باشد. هر چند که مقادیر *RQD* و لوژن در این منطقه تغییرات زیادی را (بین ۰ تا ۱۰۰) نشان می دهد، اما به‌طور کل کیفیت غالب سنگها، بالاست. تکیه‌گاه چپ نسبت به تکیه گاه راست و بستر، کیفیت بهتری دارد.

پیشنهاد می گردد در مقاطعی که خورد شدگی بالاست، بهتر است قبل از تزریق، گمانه را شستشو داده و از دوغاب رقیقتر و با فشار کمتر استفاده شود. به دلیل سیستم درز بالا، مقاطع کم عمق تر را با فشار کمتر تزریق نمود تا از پدیده شکست هیدرولیکی جلوگیری شود. لازم است گمانه‌های اکتشافی بیشتری برای شناخت هر چه بهتر مقاطع و همچنین پیوستگی حفرات انحلالی، حفر شود.

۶- منابع

شرکت مهندسین مشاور جهد آزما، (۱۳۸۵). "گزارش عملیات حفاری و آزمایشات ژئوتکنیکی سد گلمندره"، شرکت آب منطقه ای خراسان شمالی.

شرکت مهندسین مشاور کاوش پی، (۱۳۸۶). "زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی سد گلمندره"، شرکت آب منطقه ای خراسان شمالی.

شرکت مهندسین مشاور کاوش پی، (۱۳۸۶). "گزارش مرحله دوم حفاری های ژئوتکنیک طرح سد گلمندره"، شرکت آب منطقه ای خراسان شمالی.

کارل اورت، فردریش، (۱۳۸۵). "تزریق در سنگ با تاکید بر ساختگاه سدها"، ترجمه مجید ابراهیمی ساعتی، انتشارات سیمای دانش.

."Engineering Geology Field Manual", Water Testing for Grouting, chapter 16, and v.2 p. 95-106

Ewert, F., K., (1997). "Permeability, Groutibility and grouting of rocks related to dam site", Part2: Dam Engineering 8(2), 123-176.

Kutzner, C., (1996). "Grouting of Rock and Soil": A.A.Balkema/ Rotterdam/ Brook field, 271p