

ارزیابی نفوذپذیری توده سنگ های ساختگاه سد بیستون، کرمانشاه

غلامرضا خانلری^۱ مهدی کریمی^{۲*}،

۱-استاد گروه زمین شناسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۲-دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی دانشگاه بوعلی سینا،

E-mail: Mehdi_geology1@yahoo.com

چکیده

یکی از پارامترهایی که در بررسی های ژئوتکنیکی، مورد ارزیابی قرار میگیرد، تعیین مقدار نفوذپذیری توده سنگی است که متداول ترین روش جهت تعیین آن، انجام آزمایش فشار آب (لوژان) میباشد. این آزمایش در گمانه های اکتشافی و در فواصل معین انجام میشود که این فواصل بر اساس ویژگی های سنگ از ۵متر در سنگ های دارای شکستگی کم تا ۱متر در سنگ های بسیار خرد شده تغییر می یابد. بعد از انجام آزمایش، مقادیر فشار و آبگذری در هر پله تعیین و نمودارهای فشار-آبگذری ترسیم می شوند. که با توجه به شکل نمودار، میتوان رفتار توده سنگ را در برابر جریان و فشار اعمال شده، ارزیابی نمود. نتایج حاصل از این بررسی در ارزیابی مقدار نشست و برآورد تزریق پذیری توده سنگ بسیار حائز اهمیت است. بدین منظور تعداد ۶۳ آزمایش لوژان در ساختگاه سد بیستون، مورد بررسی قرار گرفته و انواع رفتارهای هیدرولیکی از قبیل جریان خطی، جریان آشفته، اتساع، آبستگي و پرشدگی، تعیین و فراوانی هرکدام از موارد فوق مشخص شده است که بر اساس آن می توان جریان غالب را در ساختگاه سد تعیین کرده و نوع رفتار هیدرولیکی توده ی سنگ را با توجه به شرایط زمین شناسی بررسی نمود

کلید واژه: لوژان، فشار-آبگذری، رفتارهای هیدرولیک

۱-مقدمه

سد مخزنی بیستون از نوع سنگریزه ایی با هسته رسی به ارتفاع ۵۳ متر از پی و طول تاج ۸۴۲.۶ متر و حجم مخزن ۳۵.۵۹ میلیون متر مکعب می باشد. ساختگاه سد مخزنی بیستون (از نوع جانبی، مخزن خارج از بستر) بر روی مسیل کرانی در شرق شهرستان کرمانشاه مکان یابی شده است. این مکان به لحاظ مسائل ژئومورفولوژیک و زمین شناسی بعنوان بهترین گزینه جهت احداث مخزن جانبی سد بیستون انتخاب شده است (۱) این ساختگاه در جنوب غرب شهر بیستون، در یک منطقه دشتی، کوهپایه ای واقع شده است. دسترسی به

محل ساختگاه سد بدین صورت است که از ۲۲ کیلومتری جاده کرمانشاه - بیستون پس از طی ۳ کیلومتر و عبور از روستای کرانی سفلی و در ۴ کیلومتری جنوب شرقی این روستا واقع شده است. عمده سنگ های ساختگاه سد بیستون از رادیولاریت های کرمانشاه است. که دارای تنوع نسبتا زیادی است. بطور کلی، منظور از رادیولاریت، چرت های قرمز - خاکستری، زرد تا سبز زیتونی، شیل های قرمز و سبز رنگ، سنگ آهک های سیلیسی و مارن های ماسه سنگی همراه با سنگ های آذرین بازیگ و اولترا بازیگ شامل سرپانتین است. سن این لایه ها از تریاس بالایی تا کرتاسه بالایی ارزیابی شده است لذا بررسی نفوذپذیری این سنگ ها بسیار حائز اهمیت است که در بخش بررسی های ژئوتکنیکی توده های سنگی مورد ارزیابی قرار گرفته است

متداول ترین روش برای تعیین ضریب نفوذپذیری در سنگ های درزه دار انجام آزمایش فشار آب موسوم به آزمایش لوژان است که در سال ۱۹۳۳ توسط موریس لوژان معرفی شده است. این آزمایش در طول گمانه و در محدوده ای به اندازه ۵ متر و یا کمتر، طی ۵ یا ۷ پله فشار انجام می شود. که در نهایت، نتایج بدست آمده به صورت نمودار های فشار - آبگذری (P-Q) نشان دهنده رفتار توده سنگ در حین انجام آزمایش باشد (۶)

۲- زمین شناسی محدوده ساختگاه و دریاچه سد مخزنی بیستون

در فاصله حدود یک کیلومتری شمال روستای کاوهر لوان و بر روی مسیل فصلی که از وسط این روستا می گذرد، محور سد خارج از بستر بیستون واقع شده است. مورفولوژی غالب محدوده محور و دریاچه سد از تپه ماهور های کم ارتفاع و پهنه های کم شیب تشکیل شده است. به استثنا بستر مسیل، مصالح پوشاننده دوطرف مسیل غالبا از مصالح ریز دانه هستند. رخنمون سنگی در تکیه گاه های محور سد قابل تشخیص است. محدوده دریاچه و محور سد مخزنی بیستون غالبا توسط آبرفت های عهد حاضر (جوان) که از قله های سیلیسی و آهکی همراه با رس و ماسه تشکیل شده است. رخنمون های سنگی که از برونزده های رادیولاریت های کرمانشاه هستند به ندرت در نواحی پست مشاهده می شوند، بلکه بیشتر در ارتفاعات به صورت برونزده های پر شیب تر قابل مشاهده هستند محدوده مسیل کورانی، توسط آبرفت های قدیمی پوشانیده شده است. محدوده ساختگاه و دریاچه سد مخزنی بیستون در منطقه چین خورده زاگرس قرار دارد. با توجه به حرکات زمین ساختی منطقه، کلیه سازند ها بصورت چین خورده، با شکستگی های شدید عمدتا تا حد گسلش و رورانگی مشاهده میگردند. لذا تغییرات شیب و امتداد در کلیه سازند ها شدید بوده و ارتباط واحد های چینه شناسی نیز تا حدودی پیچیده گردیده است. در محدوده ساختگاه سد مخزنی بیستون آثار چین خوردگی بیش از سایر ساختار های زمین شناسی قابل مشاهده است.

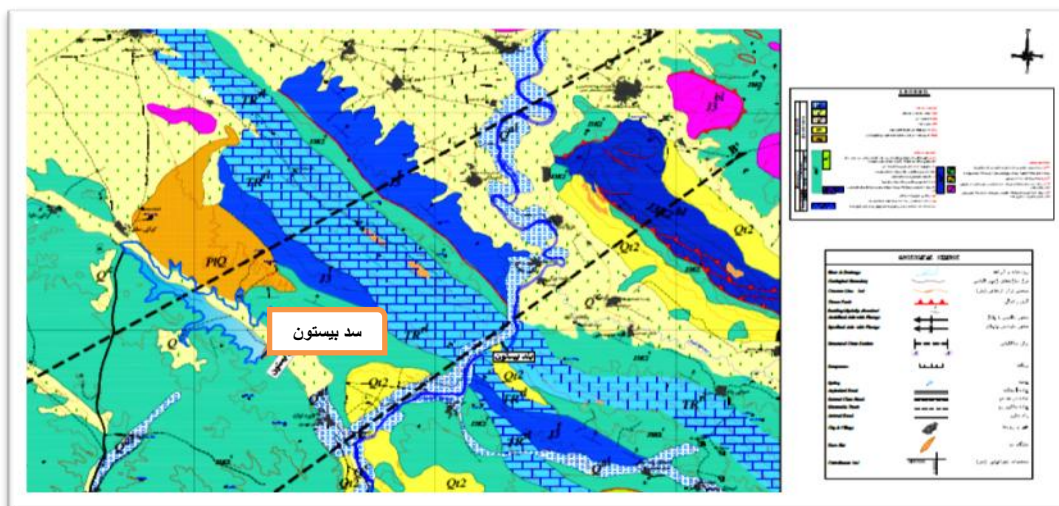
۲- ساختگاه سد بیستون بر روی رادیولاریت های کرمانشاه واقع شده است . واحد های زمین شناسی در محدوده سد به شرح زیر میباشد

-رادیولاریت های کرمانشاه

الف- واحد های تریاس (TR^{tr}) ب- واحد های ژوراسیک- کرتاسه (J₃k₂^t) ج- سنگ آهک های بیستون

د) نهشته های جوان

تقریباً نیمی از محدوده طرح توسط نهشته های آواری عهد حاضر پوشیده شده اند ضخامت این رسوبات ۳ الی ۱۵ متر متغیر بوده که بر روی رخساره سنگی رادیولاریت های کرمانشاه نهشته شده است (۱)



شکل ۱: نقشه زمین شناسی ساختگاه سد بیستون



شکل ۲: نگاه از پایین دست (موقعیت محور سد)



شکل ۳: بخشی از رخنمون رادیولاریت های ساختگاه سد بیستون

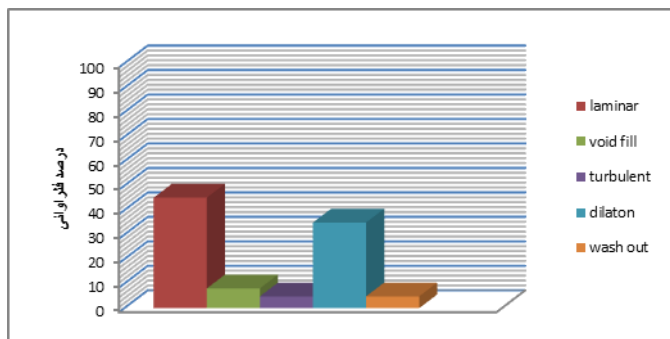
۳. بررسی نمودارهای P-Q در آزمایش های فشار آب

در سنگ ها بر حسب اینکه به صورت سنگ بکر یا توده سنگ باشند، از آزمایش های متفاوتی برای تعیین نفوذپذیری استفاده میشود. بر اساس میزان باز شدگی درزه ها ، تعداد درزه ها در واحد سطح و نوع مواد پر کننده مقدار ضریب نفوذپذیری متفاوت است (۳). از جمله مسائلی که در طراحی و احداث سد ها مطرح است، مسئله فرار آب و یا نشت آب است. بدین منظور، باید مطالعات خاصی جهت تعیین نفوذپذیری سنگ های ساختگاه صورت پذیرد. بررسی رفتار توده سنگ در حین آزمایشات نفوذپذیری (لوژان) و نیز تزریق دوغاب ، نقش مهمی در موفقیت تزریق و لحاظ کردن تمهیدات مناسب دارد .

عبور سیال از ناپیوستگی های توده سنگ ، سبب تغییر شکل هایی در توده سنگ میشود، که با اعمال پله های گوناگون فشار به صورت رفت و برگشت می توان این رفتار آنگذری را در هر پله تعیین و سپس نمودار های (P-Q) را طبقه بندی و تفسیر نمود (۴)

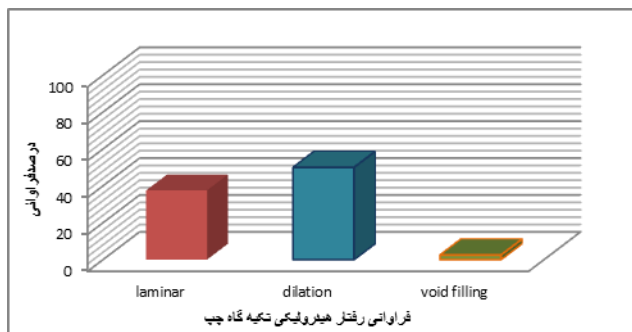
از آنجا که مقدار نفوذپذیری سنگ در فشار های مختلف یکسان نبوده و تاثیر فشار بر سنگ های ساختار های مختلف متفاوت است . از این رو منحنی تغییرات فشار – آنگذری اشکال متفاوتی خواهد داشت . که میتوان آنها را به پنج گروه جریان خطی ، جریان آشفته ، اتساع ، آبشستگی، و پرشدگی تقسیم نمود (۵)

در ساختگاه سد بیستون ، پس از حفر گمانه های اکتشافی در تکیه گاه چپ، راست و بستر رودخانه آزمایش فشار آب انجام و در هر مقطع نمایش داده شده است. که بر مبنای آن رفتار غالب توده ای سنگ در هر بخش مشخص گردید . در ساختگاه سد بیستون به دلیل متغیر بودن نفوذپذیری و مقاومت سنگ های رادیولاریتی ساختگاه ، محور سد با جابجایی های مکانی مواجه شد . مقایسه رفتار های هیدرولیکی محور پیشین با محور جدید سد بیستون که هر دو بر روی سنگ های رادیولاریتی قرار گرفته اند نشان می دهد که رفتار های هیدرولیکی سنگ های رادیولاریتی بسیار متغیر می باشد.

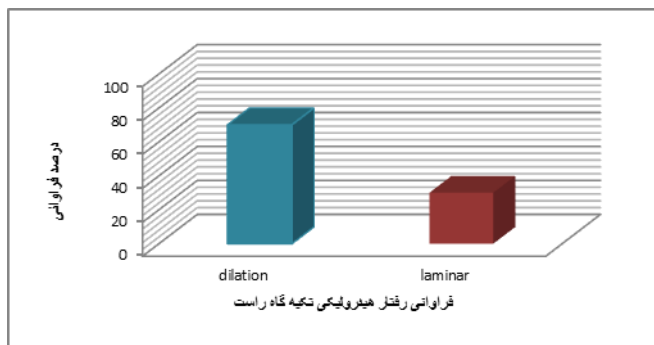


شکل ۴: فراوانی رفتار هیدرولیکی ساختمان سد بیستون در محور پیشین

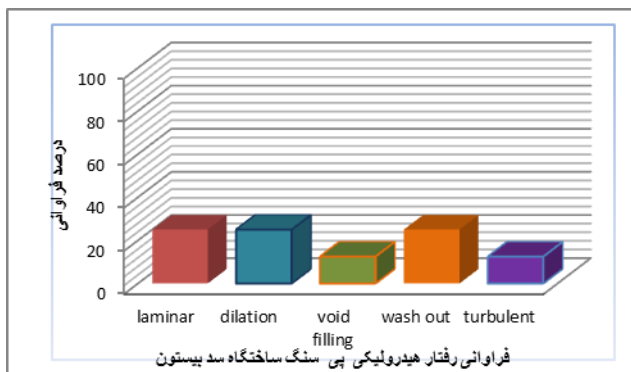
نتایج آزمایشات لوژان در محور پیشین سد بیستون در شکل (۴) نشان داده شده است. همانطور که دیده میشود بیشترین نوع رفتار هیدرولیکی از نوع خطی میباشد. اما بدلیل پایین بودن پارامترهای مقاومتی، ظرفیت باربری کم و شاخص کیفی توده سنگ، محور سد به قسمت بالا دستی سد انتقال یافت.



شکل ۵ (الف): فراوانی رفتار هیدرولیکی تکیه گاه چپ



شکل ۵ (ب): فراوانی رفتار هیدرولیکی تکیه گاه راست



شکل ۵ (ج): فراوانی رفتار هیدرولیکی پی سنگ ساختگاه سد بیستون در محور جدید

با توجه به آزمایش های انجام شده در تکیه گاه راست ، رفتار اتساع بیشترین فراوانی را نشان می دهد . در این نوع جریان ، با افزایش فشار، حالت انبساط (بازشدگی) در درزه ها به وجود می آید و میزان آبخوری بطور غیر واقعی افزایش می یابد . بازشدگی دهانه درزه ها در داخل سنگ به صورت غیر واقعی اتساع پیدا می کند . لذا رفتار سنگ به رفتار طبیعی آن نزدیک نیست . بر اساس تجربه ، پیشنهاد شده مقدار لوژان ۱۰ آتمسفر نادیده گرفته شود. متوسط لوژان ۵ و ۲.۵ آتمسفر به عنوان لوژان واقعی در نظر گرفته شود. این رفتار نشان دهنده حالت ارتجاعی و الاستیک توده سنگ است. این رفتار غالباً در آهک های شیلی و شیل های غیر هوازده مشاهده می گردد. این سنگ ها در فشارهای پایین، آبخوری بسیار پایینی داشته ولی با افزایش فشار ، ناپیوستگی های موجود که عموماً سطوح لایه بندی هستند از هم فاصله گرفته و آبخوری افزایش میابد . البته این سنگ ها در مجموع آبخوری بسیار پایینی را نشان می دهند که این نوع رفتار هیدرولیکی در مورد سنگ های رادیولاریتی نیز صدق می کند .

در تکیه گاه چپ هر دو رفتار جریان اتساع و خطی با نسبت ها درصدی ۵۰٪ و ۳۷.۵٪ طبق شکل ۵ (الف) شناخته شده است در نوع رفتار خطی با افزایش فشار ، مقدار آب جذب شده در گمانه افزایش یافته و با کاهش فشار ، کاهش میابد.

در نتیجه اعداد لوژان در پله های مختلف فشار با هم برابر بوده و نمودار ، (P-Q) . به صورت خطی است . این رفتار عموماً در شیل و آهک های شیلی که تا حدودی هوازده اند و دارای مقادیر لوژان کمتر از $LU < 10$ دیده می شوند

در توده سنگ های رادیولاریتی ساختگاه سد بیستون وجود ممبر های شیل و مارن، بین لایه های چرت رادیولاریتی می تواند عامل این نوع رفتار هیدرولیکی باشد

در پی سنگ ساختگاه سد بیستون ۵ تیپ رفتار هیدرولیکی با در صد فراوانی نزدیک به هم قابل مشاهده است

بنظر می رسد دلیل اصلی رفتار های هیدرولیکی متنوع رادیولاریت ها ناهمسانی لیتولوژی و چینه شناسی این تیپ از سنگ ها باشد

۴- بررسی نفوذپذیری توده های سنگی ساختمانی

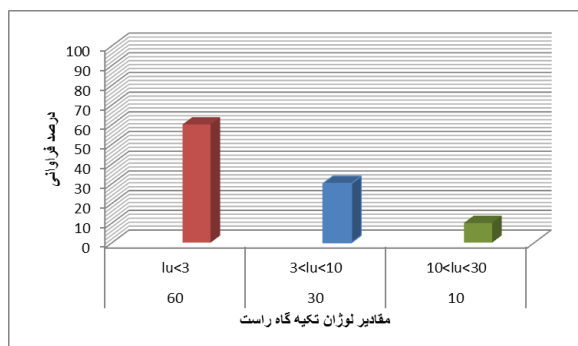
بر اساس مقادیر لوژان بدست آمده از آزمایش های فشار آب در گمانه های اکتشافی ، می توان توده های سنگی را از نظر نفوذپذیری در چهار رده نفوذ ناپذیر .Impermeable،سنگ هایی با نفوذپذیری کم low permeable،سنگ هایی با نفوذپذیری متوسط Moderately permeable. و سنگ

هایی با نفوذپذیری بالا Highly permeable طبقه بندی نمود

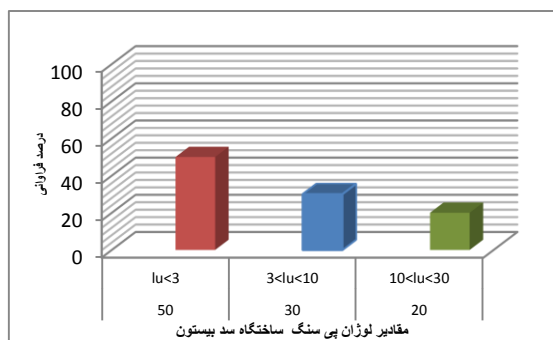
Lu	Permeability
$Lu < 3$	Im permeable
$3 < Lu < 10$	Low permeable
$10 < Lu < 30$	Moderately permeable
$30 < lu$	Highly permeable

جدول ۱ رابطه بین لوژان و نفوذپذیری

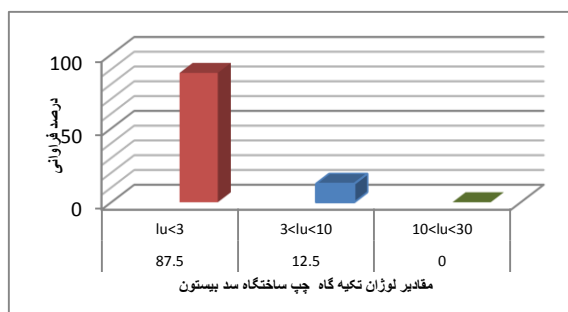
برای آنکه بتوانیم توده سنگ های ساختمانی را بر اساس نفوذپذیری طبقه بندی نمود باید درصد مقادیر لوژان را در هر رده مشخص شود که نتایج حاصله در شکل ۶ (الف- ب- ج) آمده است.



شکل ۶(الف):مقادیر لوژان تکیه گاه راست ساختمانی سد بیستون

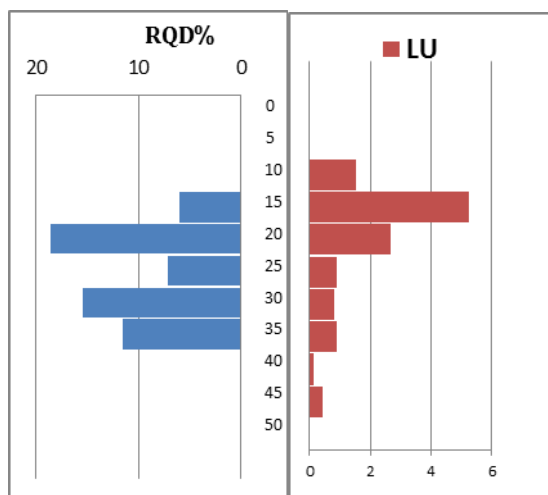


شکل ۶(ب):مقادیر لوژان پی سنگ ساختمانی سد بیستون

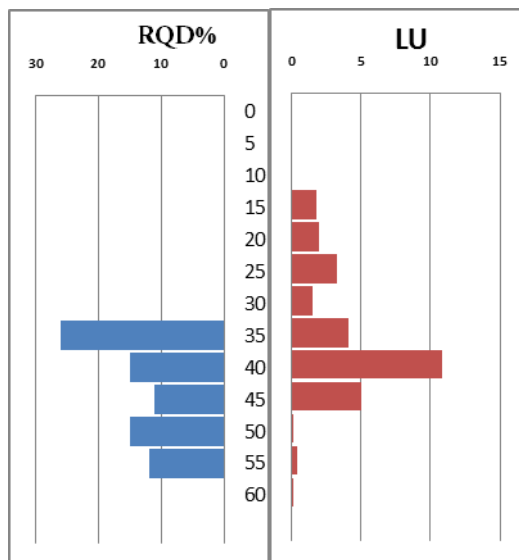


شکل ۶ (ج): مقادیر لوژان تکیه گاه چپ ساختگاه سد بیستون

۵- رابطه بین LU, RQD در گمانه های اکتشافی ساختگاه سد بیستون



شکل ۷: (۱-۱) BH رابطه بین LU, RQD% در تکیه گاه چپ



شکل ۸- رابطه بین $RQD(\%)$ ، LU در تکیه گاه راست

با توجه به شکل شماره (۶) توده های سنگی ساختمانی در مجموع دارای مقادیر $(LU < 3)$ بوده و نفوذپذیری بسیار کمی را نشان می دهند. لوژان کمتر برخی نقاط خصوصا در پی و تکیه گاه راست نفوذپذیری افزایش میابد. این نقاط میتواند منطبق بر لایه ها باشد و یا خورد شدگی در زون رادیولاریتی مقدار بیشتری میتواند داشته باشد

۶- نتیجه گیری

*مطابق با شکل ۷ و ۸ RQD پایین و لوژان پایین، این حالت نشان دهنده پرشدگی درزه ها یا عدم ارتباط هیدرولیکی درزه های موجود در توده سنگ است (۷).

*بررسی های انجام شده نشان می دهد که سنگ های ساختمانی از لحاظ هیدرولیکی در وضعیت نسبتا مطلوبی قرار دارند، ولی در برخی از نقاط به دلیل وجود سنگ های شدیداً خورد شده و ناپیوستگی ناشی از لایه بندی، آبخوری بیشتری را نشان می دهد. و این نواحی باید به دقت بررسی شده و تمهیدات لازم جهت آبندی آنها صورت گیرد.

منابع و ماخذ:

- ۱-مهندسین مشاور آبدان فراز، گزارش خدمات ژئوتکنیکی مرحله اول سد بیستون، ۱۳۹۰
- ۲-مهندسی مشاور خاک و سنگ، گزارش پیمایش زمین شناسی گمانه های سد مخزنی بیستون، ۱۳۹۰



۳-خانلری، غ-۱۳۸۹. اصول مکانیک سنگ، انتشارات بوعلی سینا.

4-Ewert.f.k.2005.hydrofracturing of late discontinuities in rock and implication for successful and economical of grouting rock grouting 51 p

5-Ewert.f.k.1985 . Rock grouting on dam site. Springer . germany 413 p

6-Houlsby , Ac ,1990, construction and desing of cement grouting , john-wiley 427p

7-Evert,f.k, 1985.Rock grouting with Emphasizes on Dam sites.Springer-verlag Berlin, Heidelberg.