

بررسی تزریق پذیری بند تاریخی اخلمد

غفوری، محمد¹، لشکری پور، غلامرضا¹، قزل سو فلو، عباسعلی²، خالقی میران، الهام سادات^{3*}.

1- دانشگاه فردوسی، دانشکده علوم، مشهد

2- شرکت مهندسی مشاور کاوش پی، مشهد

3- دانشگاه فردوسی، دانشکده علوم، مشهد

e-Kaleghi-m@yahoo.com

چکیده

بندهای تاریخی به علت فرسایش و تخریب مصالح سازنده به مرور زمان، سرریز آب از روی بدنه، بهره برداری نامناسب دچار تخریب شده اند و چنانچه مرمت خاصی در مورد آنها صورت نگیرد، امکان شکست و تخریب آنها وجود دارد. بند تاریخی اخلمد نمونه ای از بندهای پایه ای ایران می باشد که در فاصله 17 کیلومتری جنوب غرب شهر چناران در استان خراسان رضوی واقع شده است. گذشت زمان و تراوش آب صورت گرفته در بدنه و سنگ بستر از جمله عواملی است که منجر به فرسایش شدید مصالح بدنه و توسعه کارست در سنگ بستر بند شده است. تزریق آزمایشی در این بند تاریخی به منظور بررسی تزریق پذیری با هدف بهسازی بدنه و سنگ بستر صورت گرفت. نتایج تزریق آزمایشی بیانگر تزریق پذیری بدنه و سنگ بستر آهکی می باشد.

کلمات کلیدی: بند تاریخی اخلمد، بهسازی، تزریق آزمایشی.

Study Of Grotability In Akhlamad Ancient barrier

Lashkaripour, G. R., Ghafouri, M., khaleghi, E.

Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

Ghezel Suflu, A.

Kavoshpay Mashhad Consultiny Engineers

e-Kaleghi-m@yahoo.com

Abstract

Ancient Barriers due to erosion and destruction of counstruced materials, over time, overflow water from the body, improper function are damaged, they have been destroy if they not repaired. Akhlamd Ancient barrieris an example for historical batteries barrier of Iran, is located at 17 th kilometer of southwest of Chenaran city in Khorasan Razavi state. Water leak and pass of the time in the body and the substrate including the factors that led to severe erosion of body and karsts development in the bedrock. The Experimental grouting in ancient barrier in order to study of groutability aimed at improving body and the substrate has been done. The results of experimental grouting indicate groutability of body and limestone bedrock.

Keywords: Akhlamad historical barrier, improvement, Experimental grouting.

مقدمه

مسئله ترمیم و بازسازی سدهای قدیمی در درجه اول در نقش سدها از حفاظت از جان و مال ساکنین پایین دست اهمیت پیدا می کند. در درجه دوم، نقش سدها در اقتصاد منطقه چه از

نظر تامین آب کشاورزی و چه از نظر تولید انرژی برق‌آبی، الزام به ترمیم و بازسازی سدها را طلب می‌کند (کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، 1379).

روش‌های گوناگون و متنوعی برای ترمیم سدهای قدیمی وجود دارد، اما نمی‌توان یک روش جامع و کلی برای بازسازی تمام سدها تعریف کرد. انتخاب روش بازسازی، نیازمند تطبیق مناسب‌ترین و اقتصادی‌ترین روش برای ترمیم هر ساختار هیدرولیکی است (Bettzieche And Heitefuss, 2002).

از موارد بهسازی سدهای تاریخی با تکنیک تزریق می‌توان به تزریق برای بستن شکاف‌های ایجاد شده در سد قدیمی Bandardara اشاره کرد. بعد از بارندگی در سال 1969، جوشش شدید و ناگهانی آب در زمین‌های کشاورزی پایین‌دست سد این رخ داد و به علت احتمال وقوع شکست در این سد، پرده تزریق به منظور بهسازی پیشنهاد شد (Keller, 2007).

بند اخلمد که در فاصله 17 کیلومتری جنوب غرب شهر چناران و 5 کیلومتری شمال روستای اخلمد قرار گرفته است، نمونه‌ای از بندهای پایه‌ای ایران می‌باشد. در مطالعات انجام شده برای مرمت صورت گرفته در این بند تاریخی، روش تزریق به منظور افزایش استحکام در بدنه و سنگ بستر مشابه سدهای تاریخی آلمان پیشنهاد شد و به همین دلیل، به منظور بررسی تزریق پذیری بند، تزریق آزمایشی در این بند تاریخی صورت گرفت.

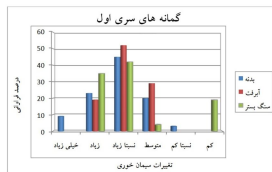
تزریق آزمایشی

گمانه‌های تزریق آزمایشی بند اخلمد آرایش مثلثی داشته و بر روی بدنه واقع شده است. ابتدا گمانه‌های اولیه تزریق شامل گمانه‌های P_1 ، P_2 و P_3 بر روی رئوس مثلثی با فواصل 4 متر از یکدیگر حفاری و تزریق گردیدند. پس از تزریق گمانه‌های اولیه، گمانه کنترلی CH_1 در مرکز مثلث حفاری شد و آزمایش نفوذپذیری در آن صورت گرفت. تزریق در مرحله دوم نیز به روش مثلثی با اضلاع 2/2 متر و با استفاده از گمانه کنترلی CH_1 و گمانه P_3 و حفر گمانه جدید S_1 انجام شد. پس از تزریق، گمانه کنترلی CH_2 به منظور ارزیابی نتایج تزریق در مرحله دوم حفاری شد.

بررسی تغییرات سیمان‌خوری در گمانه‌های سری اول تزریق

در گمانه‌های سری اول تزریق تغییرات سیمان‌خوری بر حسب طبقه‌بندی Deere (1982) در بدنه، آبرفت و سنگ بستر به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج آن در شکل 1 نشان داده شده است. تغییرات سیمان‌خوری در بدنه بین حدود خیلی زیاد تا نسبتاً کم

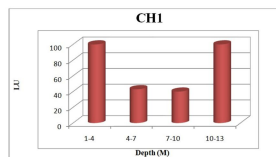
متغیر بوده و بیشترین فراوانی مربوط به حدود نسبتا زیاد و زیاد است. سیمان خوری زیاد و نسبتا زیاد مربوط به زون کارستی مشاهده شده در سنگ بستر و اعماق 34/5 تا 40 متر است و با خروج از زون کارستی در اعماق 40 تا 45 متر، میزان سیمان خوری کاهش یافته و در حد کم رسیده است.



شکل 1- تغییرات سیمان خوری بر حسب طبقه بندی (Deere (1982) در گمانه های تزریق آزمایشی سری اول

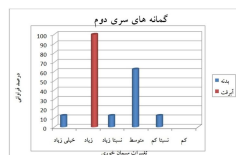
بررسی نتایج تزریق سری اول

پس از پایان تزریق در مرحله اول، گمانه کنترلی CH₁ حفاری و آزمایش نفوذپذیری در آن صورت گرفت که نتایج آن در شکل 2 نشان داده شده است. همان گونه که در شکل 2 مشاهده می شود، تزریق در اعماق 4 تا 10 متری رضایت بخش بوده و منجر به کاهش تقریبا 50 درصدی نفوذپذیری شده اما در اعماق 1 تا 4 و 10 تا 13 متری نتایج رضایت بخش نیست و میزان نفوذپذیری کاهش چشمگیری نیافته است.



شکل 2 - نتایج نفوذپذیری پس از پایان تزریق سری اول در گمانه کنترلی CH₁

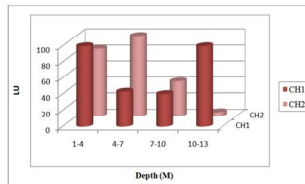
بررسی تغییرات سیمان خوری در گمانه های سری دوم تزریق



شکل 3- تغییرات سیمان خوری بر حسب طبقه بندی (Deere (1982) در گمانه های تزریق آزمایشی سری دوم
تغییرات سیمان خوری بر حسب طبقه بندی (Deere (1982) در بدنه و آبرفت به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن در شکل 3 نشان داده شده است. در کل می توان نتیجه گرفت که تزریق سری اول منجر به کاهش سیمان خوری در بدنه بند شده است. در مورد

تغییرات سیمان‌خوری آبرفت نمی‌توان نتیجه خاصی گرفت زیرا تزریق در این مرحله برخلاف مرحله اول در کل آبرفت صورت نگرفته است.

بررسی نتایج تزریق سری دوم

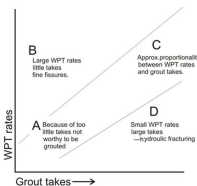


شکل 4- مقایسه نفوذپذیری در گمانه‌های کنترلی CH_1 و CH_2

شکل 4 نتایج آزمایش لوژن را در گمانه‌های کنترلی CH_1 و CH_2 نشان می‌دهد. قبل از تزریق مرحله اول آبخوری بند بسیار بالا بوده، به طوری که موفق به گرفتن فشار نشده و عدد لوژن به میزان 100 نمایش داده شده است. پس از تزریق مرحله اول در گمانه کنترلی CH_1 آزمایش لوژن انجام شده است. لوژن در اعماق 1 تا 4 و 10 تا 13 متر، به میزان بیش از 100 بدست آمد و به همین خاطر تزریق مرحله دوم صورت گرفت. در مرحله دوم تزریق، عدد لوژن نسبت به مرحله اول کاهش بیشتری نشان می‌دهد. همچنین عدد لوژن در محل اتصال بدنه به پی آبرفتی با تزریق مرحله دوم کاهش چشمگیری یافته است.

بررسی نمودارهای خوردند دوغاب - جذب آب

با توجه به شکل 5 دو پارامتر نفوذپذیری و خوردند دوغاب را می‌توان در چهار حالت زیر با هم مقایسه کرد:



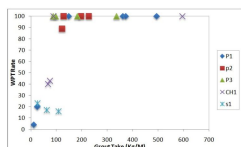
شکل 5- ارتباط بین نتایج WPT و خوردند آب در مقاطع مختلف (Ewert, 1997)

A - مقادیر WPT کم و سیمان خوری کم. توده سنگ نفوذناپذیر است زیرا توانایی جذب آب و همچنین مواد تزریق را نداشته است. در این موارد تزریق الزامی نیست.

B- مقادیر WPT بالا و سیمان خوری کم. نفوذپذیری توده سنگ ناشی از تعداد بیشماری درزه بسیار باریک بوده که تزریق پذیر هم نیستند. آب بندی توده سنگ ممکن است الزامی باشد اما این امر با روش تزریق امکان پذیر نیست.

C - مقادیر WPT بالا و سیمان خوری بالا. درزه های وسیع و باز منجر به نفوذپذیری بالا شده و همچنین آنها قادر به جذب مقادیر قابل توجه سوسپانسیون خواهند بود. تزریق در این موارد الزامی بوده و قابل اجرا نیز می باشد.

D - مقادیر WPT پایین و سیمان خوری بالا. نفوذپذیری توده سنگ ناشی از تعداد بسیار کمی درزه های باریک است، اما فشار نامناسب و بالای تزریق منجر به شکاف درزه های پنهان و سپس پرشدن این درزه ها با مواد تزریقی شده است و همین امر علت اصلی مقادیر بالای سیمان خوری است. تزریق در این گونه موارد لزومی ندارد (Ewert, 1985 & 1997).



شکل 6- ارتباط بین نتایج WPT و خوردن آب گمانه‌های تزریق

در شکل 6 مقادیر خوردن دوغاب - WPT در گمانه‌های تزریق سری اول و دوم با توجه به گروه‌بندی مختلف Ewert (1997) مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج گمانه‌های سری اول بیانگر این است که بدنه بند تزریق پذیر است و هوازدگی منجر به ایجاد مسیرهایی باز و عریض در بدنه شده است. نتایج گمانه‌های سری دوم نیز نشان می‌دهد که تزریق در بعضی اعماق موثر بوده و منجر به کاهش بازشدگی مسیره‌های موجود در بدنه و کاهش نفوذپذیری شده اما منجر به انسداد کامل مسیره‌ها نشده است. در نتیجه پرشدن بند و آگیری آن این مسیره‌ها می‌تواند هادی آب به پایین دست باشد. همچنین این بررسی‌ها، تاییدی دیگر بر احتمال وجود کارست در اعماق 34/5 تا 40 متری در سنگ بستر است.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایشات لوژن قبل از سری اول تزریق، نشانگر نفوذپذیری بسیار بالای بدنه و فرسایش مصالح سازنده آن در طول سالیان کاربری بند و در سنگ بستر نشانگر توسعه کارست در اعماق خاص می‌باشد. به طور کلی بیشترین مقادیر سیمان‌خوری در گمانه‌های سری اول در بدنه

بند و بخش‌هایی از سنگ بستر که با احتمال وجود کارست مشخص شده‌اند، رخ داده است. سیمان‌خوری زیاد و نسبتاً زیاد مربوط به زون کارستی مشاهده شده در سنگ بستر و اعماق 34/5 تا 40 متر است و با خروج از زون کارستی در اعماق 40 تا 45 متر، میزان سیمان‌خوری کاهش یافته و در حد کم رسیده است. سیمان‌خوری و عدد لوژن در گمانه‌های سری دوم کاهش چشمگیری را نشان می‌دهند و می‌توان نتیجه گرفت که تزریق سری اول منجر به کاهش سیمان‌خوری بدنه بند در گمانه‌های سری دوم تزریق شده است.

بررسی نمودارهای خوردن دوغاب - جذب آب در گمانه‌های سری دوم تزریق نشان می‌دهد که تزریق در بعضی اعماق موثر بوده و منجر به کاهش بازشدگی مسیره‌های موجود در بدنه و کاهش نفوذپذیری شده اما منجر به انسداد کامل مسیره‌ها نشده است. همچنین بررسی این نمودارها تاکیدی دیگر بر توسعه کارست در اعماق 34/5 تا 40 متری در سنگ بستر است. در کل می‌توان گفت که بدنه بند و سنگ بستر آهکی تزریق‌پذیر است و اجرای تزریق الزامی است.

تقدیر و تشکر

همکاران مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از همکاری صمیمانه مهندسین مشاور کاوش پی مشهد به خاطر در اختیار گذاشتن نتایج آزمایشات، قدردانی نمایند.

منابع

شرکت مهندسی ژئوتکنیک جهاد آزما- 1385، گزارش تزریق آزمایشی بند تاریخی اخلمد، شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان.

شرکت مهندسین مشاور کاوش پی مشهد- 1386، مطالعات مرحله دوم مرمت و بازسازی بند اخلمد چناران، گزارش زمین‌شناسی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان.

کمیته ملی سدهای بزرگ ایران - 1379، مجموعه مقالات اولین کارگاه تخصصی کمیته فنی، ترمیم و بازسازی.

Betzische, V. And Heitefuss, C. 2002. Rehabilitation of old masonry dams at full reservoir level -A comparison of successful rehabilitation projects. British Dam Society Conference. Trinity College Dublin. *Reservoirs in a changing world*. pp1-12.

Deere, D. U. 1982. Cement - bentonite grouting for dams. Proceeding Of Conference On Grouting In Geotechnical Engineering. ASCE. New Orleans. 279-300

Ewert, F. K. (1985) Rock Grouting with emphasis on dam sites. Springer, Germany, 413pp.

Ewert, F. K. (1997) permeability, groutability and grouting of rocks related to dam sites. Wilmington business publishing Ltd. Part 2: Permeability testing by means of water pressure test. Volume VIII, Issue 2. 123-175.

Keller, D.J. 2007. Crack Detection, Analysis and Rehabilitation Of an Old Masonry Dam. Dams and Reservoirs. The Journal Of the British Dam Society. Volume 17 No 1.