



## ارزیابی تزریق پذیری محور سد سومبار با استفاده از مقادیر جذب ویژه



### چکیده :

یکی از مهمترین مسائلی که در ساختگاه سدها مورد توجه قرار می گیرد، کنترل مقدار نشت است. لذا برای طراحی ایمن و اقتصادی در این سازه ها داشتن اطلاعات کافی در مورد قابلیت نفوذپذیری توده سنگ الزامی است. به منظور کاهش نفوذپذیری در توده سنگ، کاهش مقدار تراوش آب و کنترل کاهش فشار بالازدگی در پی و تکیه گاه ها، عملیات تزریق در آنها انجام می گردد. تاکنون ارزیابی تزریق پذیری بر پایه نتایج آزمایشات فشار آب بوده است اما این برآورد، تزریق پذیری ویژه توده سنگ ها را که برای هر نوع سنگ متفاوت می باشد در نظر نمی گیرد. در این تحقیق، توده سنگ ساختگاه سد سومبار بر اساس مقادیر جذب ویژه طبقه بندی شده تا ضمن اجرای طرح تزریق بهینه و موثر برای آب بندی، از صرف هزینه بیشتر جلوگیری شود، بدین مفهوم که توده سنگ های موجود پهنه بندی شده و با توجه به کیفیت هر پهنه طرح آب بندی مناسب اجرا گردید.

کلید واژه ها: سد سومبار، نفوذپذیری، تزریق پذیری

## Evaluation of groutability through foundation of Sumbar Dam on based of specific absorption rates

### Abstract:

One of the most important problems which should be considered in dam stability is seepage control. To get a safe and economical design of such structure reliable data regarded the permeability of rock mass is required. The grouting is carried out to reduce the permeability, seepage and uplift pressure in rock mass in foundation and abutments of dam site. In this paper has been tried with regard to the specific absorption rates classification refuse from more cost and have been carried out effective grouting. In this sense  $Q_s$  defines the rock mass quality. The rock mass foundation can be zoned regarding different quality classes and each zone treated separately.

Keywords : Sumbar Dam, permeability, groutability



### مقدمه :

امروزه یکی از مشکلات اساسی پروژه های عمرانی از جمله سد، تونل، نیروگاه ها، مخازن و ... مربوط به دانش و تکنولوژی تزریق (در برخورد با مسایل و ناهنجاری های زمین شناسی مهندسی) است که غالباً تراوایی رضایت بخش در سنگ حاصل نمی شود. به نظر بیشتر دست اندرکاران، تزریق امری پیچیده بوده و شاید بتوان این پیچیدگی را ناشی از وضعیت زمین شناسی منحصر بفرد هر محل دانست.



اصولا وقتی که میزان جذب آب از حد بحرانی مشخص شده افزایش یابد، انجام عملیات تزریق مورد موافقت قرار می گیرد. در این رابطه دلایلی وجود دارد که آنها می توانند مربوط به مسیرهای بسیار ریزی باشند که عملا نمی توانند توسط دوغاب سیمان بیشتر آب بند شوند. آزمایشات صورت گرفته در آزمایشگاه با استفاده از مدل های تعریف شده زمین شناسی برای یک چنین مسیرهای آبی بطور مشخصی به روشن کردن تزریق پذیری کمک می کند. تاکنون به ندرت به جزئیات زمین شناسی از روند هیدرولیک و تزریق پذیری پرداخته شده است. در صورتیکه این جزئیات واقعا حیرت انگیز می باشند. باید توجه داشت اینگونه تصمیم گیری بدون ملاحظه توضیحات فوق منجر به صرف زمان و هزینه زیادی می گردد و بسیاری از برنامه های تزریق غیر اقتصادی می گردند. در این مقاله ابتدا روشی که برای بررسی تزریق پذیری سنگ های درزه دار بسط داده شده معرفی می گردد. سپس با استفاده از آن تزریق پذیری توده سنگ های تکیه گاه راست و چپ ساختگاه سد سومبار مورد ارزیابی قرار می گیرد.

سد سومبار، سد خاکی با هسته رسی است که در شمال استان خراسان شمالی و در مجاورت مرز ایران و ترکمنستان واقع شده است. این سد در ۱۳۲ کیلومتری شمال بجنورد با مختصات  $31^{\circ} 09' 07''$  طول جغرافیایی و  $59^{\circ} 03' 28''$  عرض جغرافیایی قرار دارد.

محدوده مورد مطالعه از نظر جغرافیایی در شمال شرقی ایران و از نظر تقسیم بندی زمین شناسی ایران در زون کپه داغ قرار می گیرد. منطقه کپه داغ یک زون رسوبی درون قاره ای (*Epicontinental*) می باشد که در پی تصادم ورقه های ایران و توران در اواخر تریاس و فرونشست برخوردی (*Subsidence*) به شکل یک دریای بسته کم عمق تشکیل شده است. در این حوضه رسوبی، سنگهای مارنی، شیلی، آهکی و ماسه سنگهای ژوارسیک - کرتاسه گسترده شده اند.



## روش تحقیق:

در ارزیابی تزریق پذیری بر پایه مقادیر جذب ویژه، مقدار جذب آب در مقطع یک متری از گمانه اهمیت چندانی ندارد، بلکه میزان آب جذب شده از طریق یک مسیر منفرد، اهمیت دارد. میزان جذب مربوط به یک درزه در اینجا به عنوان میزان جذب ویژه ( $Q_s$ ) می نامند (Ewert, 1985). به این ترتیب لازم است که تعداد و میزان بازشدگی مسیرهای آب مورد توجه قرار گیرد. شاخص مقدار جذب ویژه آب بصورت زیر قابل محاسبه است:

$$Q_s = \frac{Q_{WPT}}{n_w} \quad (\text{lit}/\text{min}^{-1}/\text{n}^{-1}) \quad (1)$$

که در آن  $Q_{WPT}$  مقدار میزان جذب آب بدست آمده برای هر متر گمانه و  $n_w$  تعداد مسیرهای آب در واحد طول گمانه است. بنابراین هرچه شکاف ها بیشتر شود به همان نسبت مقدار آب جریان یافته در هر شکاف کمتر می شود. وقتی مقدار دبی جریان ثابت باشد، در حالت  $n_w$  بیشتر، بازشدگی درزه ها کمتر است.

از طرف دیگر در صورتیکه تعداد درزه های دو مقطع از گمانه با هم برابر باشند، ولی دارای مقادیر WPT نابرابر باشند، مقطعی که مقدار جذب بیشتری داشته باشد، مسیرهای عریض تری دارد و مقطع با خوردن آب کمتر دارای مسیرهای باریکتری می باشد. این موضوع به این معنی است که با رشد مقادیر جذب ویژه، تزریق پذیری نیز افزایش می یابد. بدین ترتیب باید یک تناسب معینی را بین مقادیر جذب ویژه و خوردن آمیزه تزریق انتظار داشت. بنابراین با در نظر گرفتن میزان درزشدگی (درزه در متر)، امکان ارزیابی دقیقتری از تزریق پذیری فراهم خواهد شد. با توجه به درزشدگی می توان آنها را بر اساس تزریق پذیریشان به سه گروه اصلی زیر تقسیم بندی نمود.

گروه A (سنگ با صفحات انفصالی با فاصله داری زیاد): این صفحات معمولا در فواصل چند دسیمتری ظاهر می شوند. بنابراین مقطع یک متری از گمانه تنها تعداد معدودی ناپیوستگی را قطع می کند. بر اساس تجربیاتی که اورت از چندین برنامه تزریق حاصل نموده، برای این حالت و برای ضریب ایمنی بیشتر می توان  $n_w=1$  را در نظر گرفت.

گروه B (سنگ با صفحات انفصالی با فاصله داری متوسط): فاصله بین ناپیوستگی ها ۲۰-۱۵ سانتیمتر است و تعداد درزه ها در هر متر گمانه بین ۱۰-۵ عدد (بسته به جهت ناپیوستگی ها و گمانه نسبت به هم) تغییر می کند. در این حالت در نظر گرفتن  $n_w=3$  جهت بالا بردن ضریب ایمنی معقول به نظر می رسد.



۲۷-۳۰ بهمن ۱۳۹۲

گروه C (سنگ با صفحات انفصالی بسیار نزدیک بهم): فاصله بین ناپیوستگی ها تقریباً حدود ۵ سانتیمتر است و بطور متوسط در هر متر گمانه حدود ۲۰ ناپیوستگی وجود دارد. در این حالت بدلیل ایمنی عدد  $n_w=6$  قرار داده می شود.

پایه گذاري معيار قطعي جهت اجراي عمليات تزريق بر حسب توزيع مقادير جذب ویژه در ۱، ۳، ۶، ۱ منتهی به ایجاد يك بهسازي اساسي و محکم خواهد شد، زیرا ارزیابی تزریق پذیری بطور قابل ملاحظه ای واقع بینانه تر خواهد بود. به این ترتیب مقدار  $Q_S$  بصورت زیر محاسبه می شود:

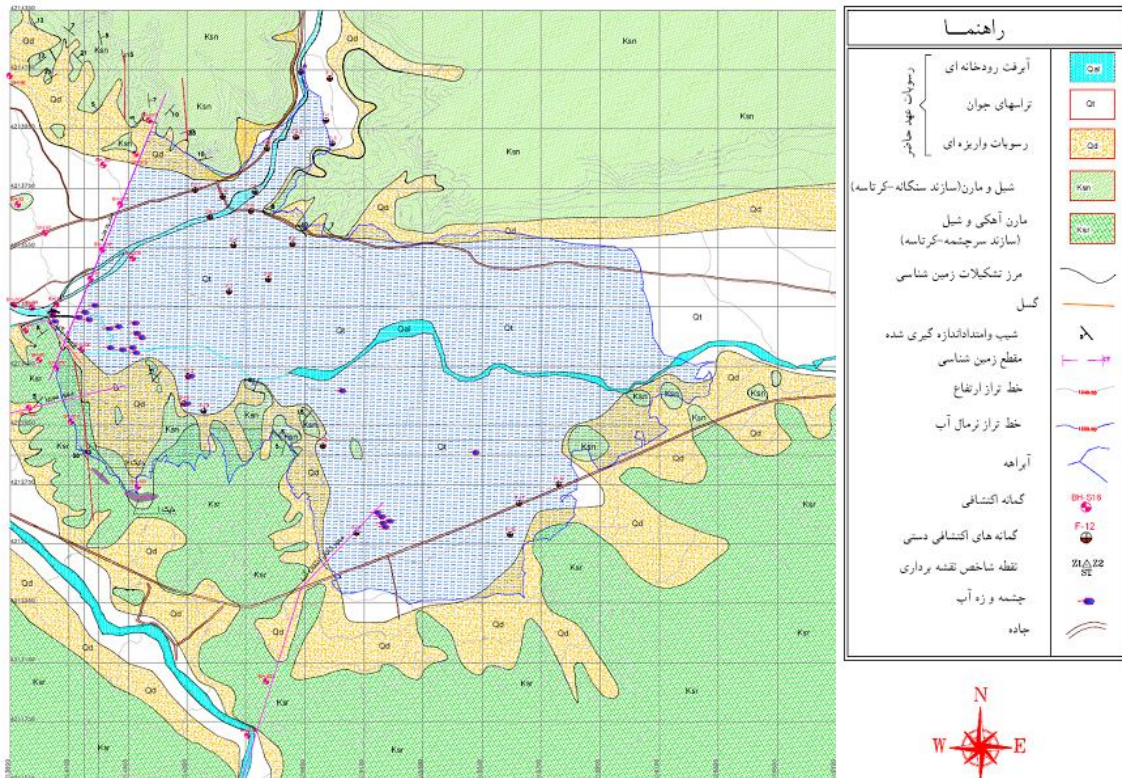
- فاصله داري زياد ناپیوستگی ها ( $n_w=1$ )  $Q_S=Q_{WPT}$
  - فاصله داري متوسط ناپیوستگی ها ( $n_w=3$ )  $Q_S=0.35Q_{WPT}$
  - فاصله داري کم ناپیوستگی ها ( $n_w=6$ )  $Q_S=0.16Q_{WPT}$
- بنابراین هرچه مقدار  $Q_S$  بیشتر باشد، شرایط ساختگاه نامساعدتر بوده و لزوم اقدام به تزریق بیشتر احساس می شود. برای اینکه تا حد امکان مقدار بدست آمده برای  $Q_S$  واقعي تر باشد، لازم است تمام صفحات انفصالی که در هدایت و انتقال آب نقش دارند، بدرستی مشخص گردند.



## نتایج :

در گستره ساختگاه سد سازندهای مختلف زمین شناسی از تنوع زیاد و چشم گیری بر خوردار نیستند (شکل ۱). بر اساس مطالعات انجام شده سازندهای زمین شناسی در محدوده ساختگاه سد عبارتند از:

- سازند سرچشمه ( $Ksr$ )
- سازند سنگانه ( $Ksn$ )
- نهشته های عهد حاضر



شکل ۱- گسترش واحدهای زمین شناسی در محدوده مخزن و محور سد (تحقیقات خاک مهارب، ۱۳۸۹)



۲۷-۳۰ بهمن ۱۳۹۲

- سازند سرچشمه (Ksr)

سنگهای این سازند از نظر سنی مربوط به کرتاسه تحتانی می باشند. تمامی تکیه گاه چپ و بخشی از سنگ بستر دریاچه سد را سنگهای این سازند تشکیل می دهند. لیتولوژی این سازند شامل شیل های خاکستری تا خاکستری تیره و مارنهای آهکی تشکیل شده است.

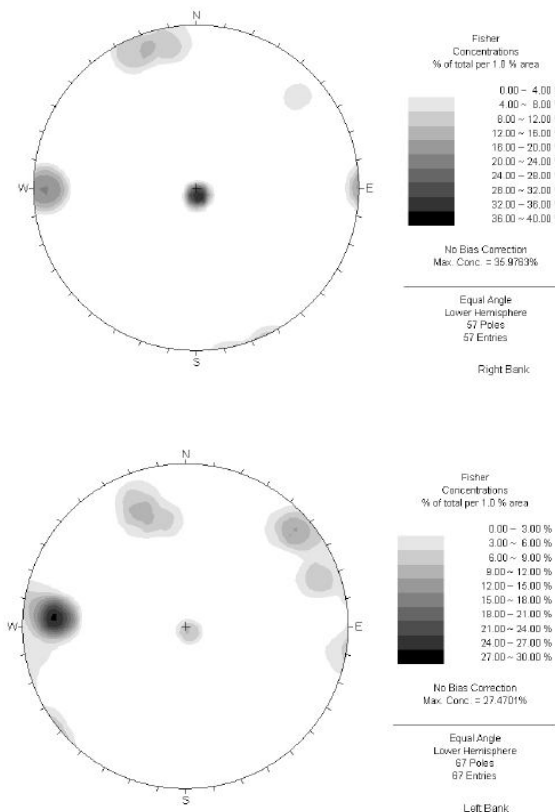
- سازند سنگانه (Ksn)

سنگهای این سازند در گستره ساختگاه سد شامل شیل های تیره رنگ، ماسه سنگهای گلوکونیتی به رنگ سبز زیتونی و نازک لایه می باشد. طبقات سنگی این سازند به صورت هم شیب روی واحدهای سنگی سازند سرچشمه قراردارند. تکیه گاه راست و بخش عمده سنگ بستر دریاچه سد را در بر می گیرد.

- نهشته های عهد حاضر

این واحد بر روی واحدهای سنگی مورد بحث در تنگه و در ترازهای بالاتر رسوبات منفصل استقرار یافته اند.

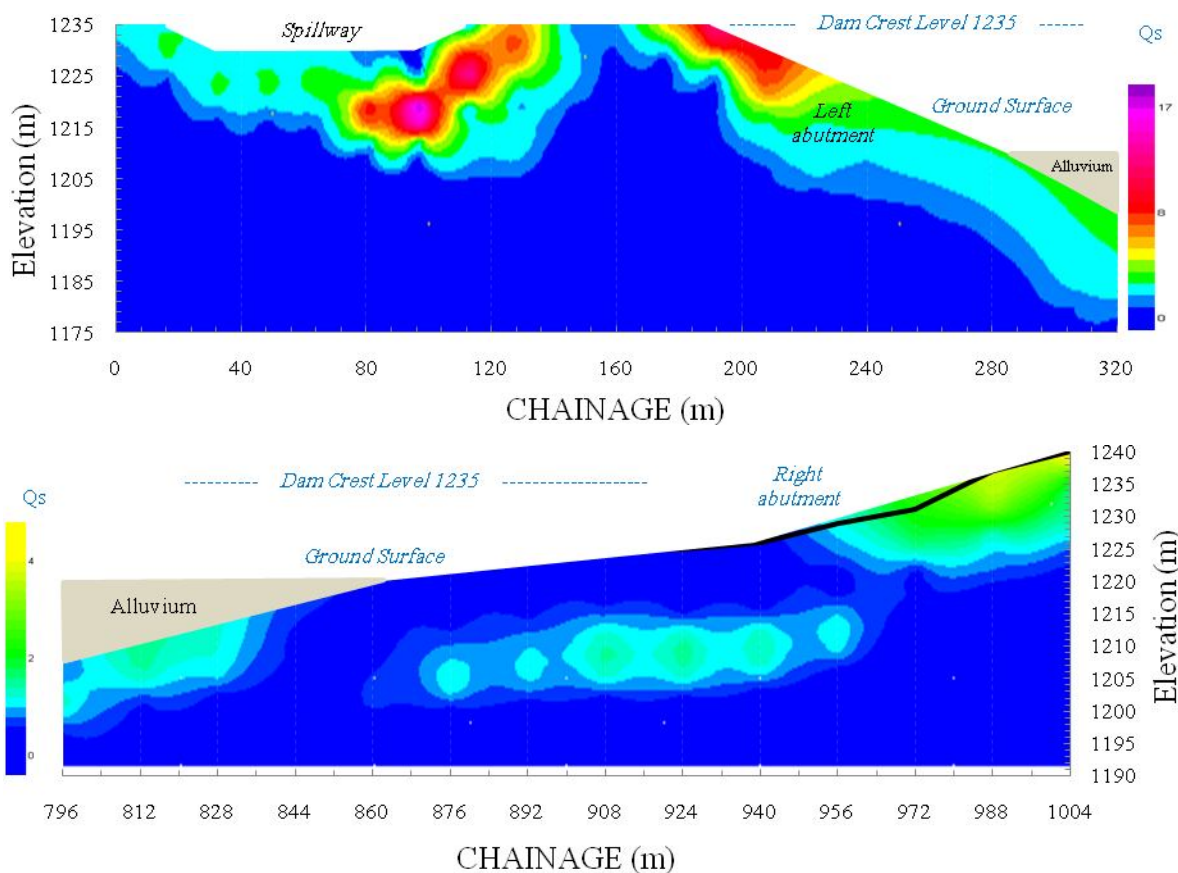
ناپیوستگیهای موجود در هر ساختگاه بشدت بر خواص مهندسی توده سنگی تاثیر گذار هستند و افزون برآن پایداری ترانشه های سنگی را نیز کنترل می کنند. ارزیابی روند کلی ناپیوستگیها و سیستمهای غالب با استفاده از روشهای آماری امکان پذیر است. به همین منظور ابتدا نسبت به برداشت و جمع آوری اطلاعات مورد نیاز در صحرا اقدام گردید و پس از آن با استفاده از نرم افزارهای مناسب اطلاعات جمع آوری شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. سیستم های اصلی ناپیوستگیها در محل سد شامل دو سیستم غالب درزه ها (با شیب و جهت شیب ۸۴/۱۹۳ و ۷۸/۰۹۶) و سیستم لایه بندی (با شیب و جهت شیب ۰۶/۳۴۰) است (شکل ۲).



شکل ۲- کنتور دیاگرام قطب صفحات ناپیوستگی در تکیه گاه چپ و راست

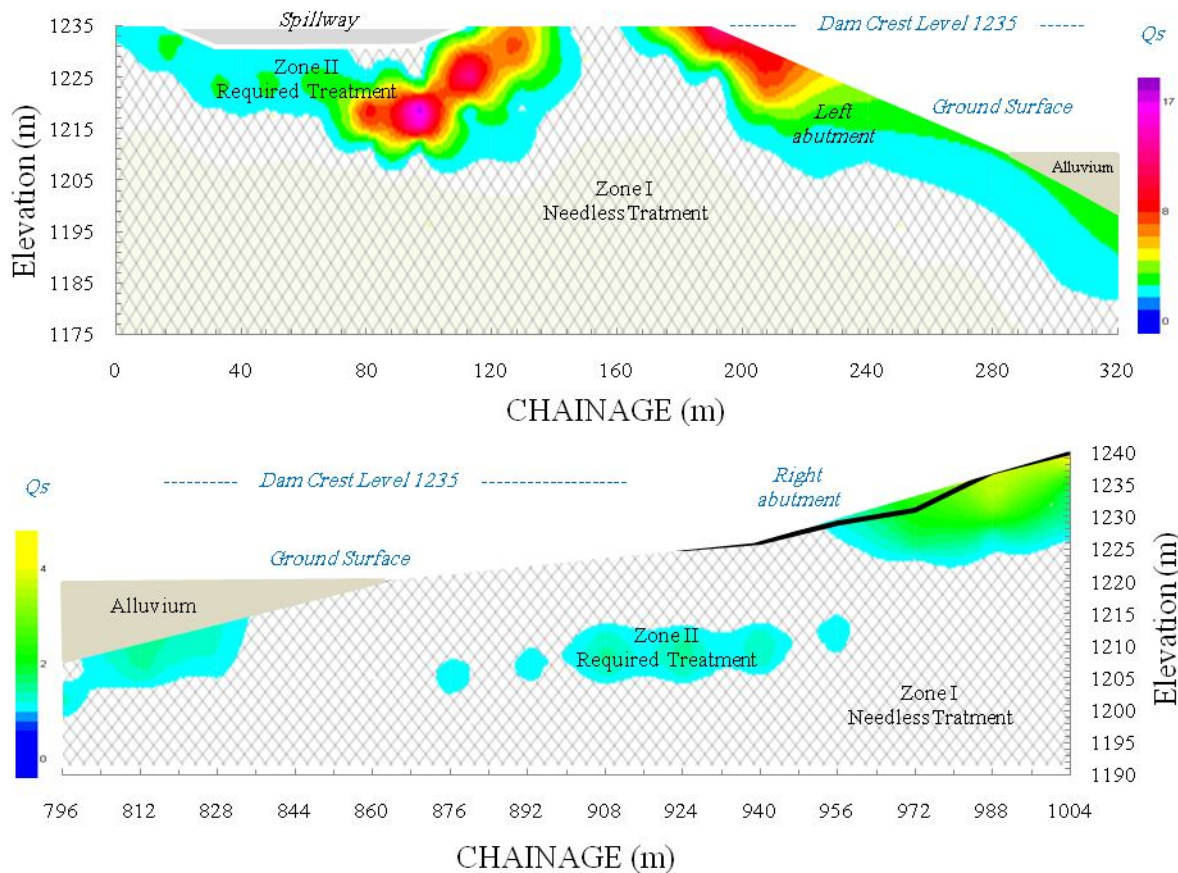


بر اساس آزمایش نفوذپذیری لوژن، توده سنگ تکیه گاه چپ از نظر نفوذپذیری تا عمق حدود ۲۰ متری در رده سنگهای با نفوذپذیری متوسط (۱۰-۳) و از این عمق به پایین در رده سنگهای با نفوذپذیری کم تا غیر قابل نفوذ قرار می گیرد. همچنین ارزیابی های انجام شده از آزمایش نفوذپذیری لوژن در تکیه گاه راست نشان می دهد که تا عمق حدود ۱۰ متری میزان نفوذپذیری ۱۰ تا ۳۰ لوژن (متوسط) و از عمق مذکور به پایین متوسط نفوذپذیری بین ۱ تا ۳ لوژن و حتی به زیر یک لوژن نیز می رسد. نفوذپذیری توده سنگی در بستر تنگه نیز مشابه تکیه گاه راست بوده و بطور متوسط از عمق ۱۰ متری به پایین به شدت از میزان نفوذپذیری کاسته می شود و به زیر ۳ لوژن و حتی تا ۱ لوژن نیز می رسد. جهت بررسی تزریق پذیری تکیه گاه های ساختگاه سد سومبار، ابتدا در هر یک از گمانه های حفاری شده برای هر یک از محدوده ها آزمون فشار آب انجام گردید. سپس در هر بخش تعداد مسیرهای هیدرولیک احتمالی از مغزه های بدست آمده حاصل از حفاری شمارش گردید و مطابق با رابطه ۱ مقادیر جذب ویژه محاسبه گردید. نتایج حاصل از آن در شکل ۲ ارائه شده است.



شکل ۲- توزیع مقادیر جذب ویژه در توده سنگ های تکیه گاه چپ و راست در امتداد محور سد

بر اساس توزیع مقادیر جذب ویژه در شکل ۲، می توان زون هایی که نیاز به عملیات تزریق برای آب بندی دارند را مشخص نمود. بر اساس تجربه مشخص گردیده است که مقادیر کم جذب ویژه نیاز به هیچگونه بهسازی ندارند و فقط مقادیر بیشتر از حد بحرانی نیازمند بهسازی می باشد. بدین منظور برای تعیین عمق پرده تزریق و گسترش آن در شکل ۳ زون های بحرانی با توجه به مقادیر جذب ویژه مشخص گردیده است.



شکل ۴- منطقه بندی نیاز بهسازی توده سنگ های محور سد بر اساس مقادیر جذب ویژه

با توجه به شکل ۴، تکیه گاه چپ دارای مقادیر جذب ویژه بیشتری نسبت به تکیه گاه راست می باشد. تقریباً تمامی موقعیت های این تکیه گاه دارای نفوذپذیری بالایی است. لذا بهسازی عملیات تزریق در سرتاسر امتداد محور سد در این تکیه گاه پیشنهاد می گردد. در صورتیکه توده سنگ های تکیه گاه راست تنها به صورت موضعی نیاز به تزریق داشته و بخش های عمده آن نیاز به بهسازی ندارد.



### نتیجه گیری :

تزریق توده سنگ معمولاً بخش مهمی از عملیات احداث سدها را تشکیل می دهد. طراحی موفق در این زمینه نیازمند تجربه، هنر و تخصص در مهندسی ژئوتکنیک و زمین شناسی مهندسی است. امروزه با توجه به لزوم آب بندی در شرایط پیچیده زمین شناسی نیاز بیشتر به دقت و استفاده از معیارهای کاملتر و دقیقتر در این زمینه دوچندان می گردد. مقادیر جذب ویژه مبنای خوبی برای طبقه بندی و زون بندی توده سنگ از نظر نفوذپذیری و ارائه پیشنهاد تزریق می باشد. زیرا ارزیابی تزریق پذیری در این روش بر اساس خصوصیات درزه ها می باشد. لذا با استفاده از آن می توان طرح های تزریق را بهینه نمود. بطور کلی نفوذپذیری توده سنگ های ساختگاه متناسب با افزایش عمق کاهش می یابد و این بدین مفهوم است که نیاز به تزریق دوغاب سیمان و بهسازی در عمق کمتر خواهد شد. برای آب بندی تشکیلات سنگی تکیه گاه های چپ و راست سد سومبار استفاده از پرده آب بند یا تزریق دوغاب سیمان پیشنهاد می گردد. بر اساس زون بندی مقادیر جذب ویژه، گسترش این پرده در سرتاسر تکیه گاه چپ لازم می باشد. در تکیه گاه راست بهسازی بصورت موضعی خواهد بود.



### تقدیر و تشکر:

از شرکت مهندسی مشاور تحقیقات خاک مهارآب برای در اختیار قرار دادن داده های مورد نیاز تشکر و قدردانی می گردد.



### منابع فارسی :

شرکت مهندسی مشاور تحقیقات خاک مهارآب، (۱۳۸۹)، گزارش زمین شناسی مهندسی ساختگاه سد سومبار، ۸۶ صفحه.



### References:

Ewert, F. K., 1985. "Rock Grouting with Emphasizes on Dam Site", Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.