

## بررسی کیفیت مغزه های حفاری (R.Q.D) و نفوذپذیری در بستر سد خاکی آسیابر



فریدون رضائی<sup>۱</sup>، معرفت جلیلی<sup>۲</sup>، دکتر محمد حسن کرمی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

Rezaie8@Yahoo.fr - ۰۲۱۶۴۵۹۲۴۰۴

۲- دانشگاه آزاد اسلامی ایران، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشجوی رشته ارشد زمین شناسی مهندسی

۳- دانشگاه شاهد، دانشکده فنی و مهندسی.

mkarami\_just@yahoo.com - ۰۹۱۲۳۰۱۰۳۵۷

### چکیده:

سد خاکی با هسته رسی در دست مطالعه آسیابر بر روی رودخانه آسیابر در بالادست روستای بندبن از توابع شهرستان دیلمان در شمال ایران واقع است. در این مقاله بررسی خصوصیات کیفیت مغزه های حفاری و نفوذپذیری توده سنگ های محور سد، بالا دست و پائین دست محور با استفاده از اطلاعات گمانه های جناح راست، چپ و بستر رودخانه پرداخته ایم. میزان R.Q.D برای سنگهای مذکور در محور سد برای جناح راست ۱۴٪، جناح چپ ۲۸٪ و بستر رودخانه ۲۶٪ بدست آمده است. بر اساس طبقه بندی R.M.R، توده سنگهای جناح راست جزء سنگهای خیلی بد و توده سنگهای جناح چپ و بستر رودخانه جزء سنگهای بد قرار می گیرند.

میزان نفوذپذیری برای سنگهای ذکر شده در محور سد برای جناح راست نشانگر آن است که بیشترین داده ها در رده نفوذپذیری کم (۶۰٪) و کمترین درصد آن در رده نفوذپذیری زیاد (۲۰٪) قرار دارند. بیشترین داده ها برای نفوذپذیری سنگهای جناح چپ در حد نفوذپذیری بسیار کم (۳-۲ لوژان) و بیشترین درصد داده های آبگذری سنگهای بستر رودخانه در رده نفوذپذیری پائین (۱۰-۳ لوژان) قرار دارند.

هدایت هیدرولیکی جامع مصالح واریزه ای معادل  $4,47 \times 10^{-4}$  سانتی متر بر ثانیه می باشد. با توجه به ضخامت آبرفت و آبگذری به نسبت بالای آن و نتایج بدست آمده از آزمایش لوژان در بعضی از مقاطع سنگی، نشان دهنده آبگذری بالا در آن نقاط می باشد. بنابراین برای آب بندی پی سنگی ایجاد پرده تزریق در این مناطق ضروری است.

**کلید واژه ها:** کیفیت مغزه حفاری، سد مخزنی، حفاری، پارامترهای ژئومکانیکی، لوژان و تزریق.

### Investigation of Rock Quality Designation (R.Q.D) and permeability of Asiabar Earth Dam

Rezaie F<sup>1</sup>; Jalili, M.<sup>2</sup>; Karami, M.H.<sup>3</sup>

Associated professor, Research Institute for Earth sciences<sup>1</sup>

Islamic Azad University, Science & Research<sup>2</sup>

Tehran Shahed University<sup>3</sup>

### Abstract:

Asiabar dam is located on Asiabar river near the Band Bon village, in the vicinity Deylaman city in north Iran. This earthfill dam designed with clay core in the Andesit tuff – Dacite and interbedded sedimentary rocks as tuffaceous shale, conglomerate, sandstone, marl and alluvium deposit. In this paper, R.Q.D and permeability properties of Asiabar dam will be discussed. The R.Q.D characteristics in rocks right and left sides are 14 and respectively 28 percent and river-bed, 26 percent. According to RMR classification the rocks right side are very poor and poor. On the basis results obtained by lugeon tests for right side, indicate low permeability (60 percent) and high permeability 20 percent. Highest permeability left side is very low (2-3 lu) and highest permeability river-bed is low permeability (3-10 lu). Hydraulic conductivity comprehensive debris materials, is  $4.47 \times 10^{-4}$  cm/s. In regards to thickness alluvium and high permeability and results lugeon, according to stop leak foundation, constructing curtain grouting in this zones are necessary.

**Key words:** Asiabar Earth Dam, R.Q.D, Reservoir dam, drilling, lugeon, grouting

## مقدمه :

سد آسیابر، سدی خاکی با هسته رسی به ارتفاع ۳۱ متر، طول تاج ۲۴۶ متر و حجم مخزن ۱/۰۵ میلیون متر مکعب بر روی رودخانه آسیابر طراحی شده است. این سد در فاصله حدود ۵۹/۵ کیلومتری جنوب غرب شهرستان سیاهکل و ۹/۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان دیلمان با طول جغرافیائی ۴۹ درجه و ۴۸ دقیقه و عرض جغرافیائی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه واقع شده است. حوضه آبریز رودخانه آسیابر، دامنه شمالی البرز مرکزی، ارتفاعات درفک، شاه شهیدان و میانمرد در جنوب غرب سد می باشد. تغذیه این سد توسط جریان دائمی آب موجود، جریانهای سیلابی صورت می گیرد. هدف از احداث این سد ساماندهی رودخانه های منطقه و استفاده بهینه از پتانسیل آبی رودخانه آسیابر در منطقه است که تامین آب کشاورزی و شرب روستاهای آسیابر و بندبن از اهداف این طرح است. نقشه شماره (۱) موقعیت طرح و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



### زمین شناسی ساختگاه سد

مشخصات زمین شناسی طرح سد نقش مهمی را در طراحی و احداث آن نسبت به سایر فاکتورهای طبیعی بر عهده دارد. همچنین عوامل زمین شناسی در تعیین مصالح مورد نیاز برای احداث سد نقش به سزائی دارند (1999, Ichikava).

منطقه مورد مطالعه به لحاظ ساختار زمین شناسی در محدوده البرز مرکزی و زیر زون رشت - گرگان قرار گرفته است که شامل مناطق جنوبی دریای خزر است، از نظر زمین شناسی این زیر زون شامل بلندیهای شمال صفحه ایران است که به شکل تاقدیسی مرکب با روند کلی شرقی - غربی، از آذربایجان تا خراسان امتداد دارد (Alavi, 1991). این زیر زون متحدب جنوبی دریای خزر را شامل می شود و از سمنان تا قزوین ادامه دارد. این زیر زون از جنوب به گسل شمال تهران (بربریان، ۱۳۷۱)، گسل سمنان (نبوی، ۱۳۵۵) از شمال به تپه ماهورهای متشکل از نهشته های ترشیری و دشت ساحلی خزر، از شرق با زون هزارمسجد - کپه داغ (نبوی، ۱۳۵۵) محدود می شود. این زیر زون شامل کمر بند چین خورده های از سنگهای رسوبی دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک، بویژه نئوژن بوده که توسط رخساره های مولاس دنبال می شود.

بلندیهای موجود در محدوده طرح نتیجه اندرکنش فعالیت های تکتونیک و چینه ای به شکل سنگهای چین خورده و گسلیده بوده که با توجه به شرایط آب و هوایی موجود (رطوبت و بارش زیاد و زمستانهای بسیار سرد)، رخنمون های سنگی گستره تحت تاثیر هوازدگی و فرسایش قرار گرفته و بطور عمده به شکل خاک روباره دیده می شود. گستره مورد بررسی از دیدگاه لیتولوژی بیشتر از سنگهای آذرآواری و گدازه های نظیر توفهای آندزیتی - داسیتی و میان لایه های از سنگهای رسوبی همچون شیل های توفی، شیل، کنگلومرا، ماسه سنگ، مارن و لایه های تخریبی تشکیل شده است. محور و بخش اعظم مخزن سد آسیاب را سنگهای آذرآواری و تخریبی تشکیل می دهد. در محل محور سد و بستر رودخانه رسوبات آبرفتی و نهشته های واریزه ایی و خاکهای بر جای سطح منطقه را پوشانده و سنگ کف در اعماق مختلف در زیر آن قرار دارد.

### زمین ساخت محل سد

تکیه گاههای راست، چپ و بستر دره در محل سد را طبقات نرم و شکل پذیر مارنی و نهشته های آذرآواری با میان لایه هایی از کنگلومرا و ماسه سنگ تشکیل می دهد. شیب و امتداد این لایه ها به دلیل وجود واریزه ها و خاکهای بر جا و پوشش گیاهی منطقه و خردشدگی سنگها قابل اندازه گیری نبوده و همچنین اندازه گیری شیب و امتداد درزه ها بر روی رخنمون های سطحی مقدور نمی باشد.

ناحیه طرح در محدوده راندگی کوه درفک قرار گرفته است. راندگی های مهمی در این ناحیه قرار دارد که به دلیل پوشش گیاهی متراکم، تمامی آنها قابل دید و به نقشه در آوردن نیستند.

## بررسی پایداری دامنه های سنگی و خاکی

از جمله مسائل مهم زمین شناسی مهندسی در هر طرح عمرانی بررسی پایداری شیروانی های سنگی و خاکی می باشد که در سدهای خاکی تکیه گاهها و جناحین مخزن را شامل می شود.

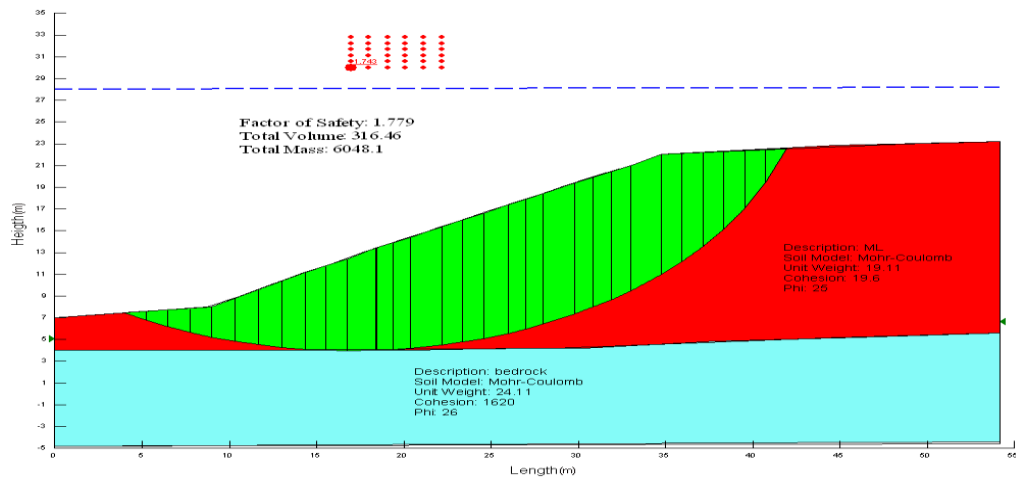
تحلیل پایداری شیبهای بالا دست و پائین دست سد خاکی آسیایر در شرایط مختلف بارگذاری و در دو حالت استاتیکی و شبه استاتیکی با استفاده از نرم افزار STABL انجام شد که در آن محاسبات پایداری با استفاده از روش قطعه ها (Slice Method) و با بکار بردن روش اصلاح شده بیشاپ (Bishop Modified Method) انجام شد.

نتایج نشان دهنده ناپایداری جناح چپ به هنگام نشست دائم (در حالت تراوش دائم CD) و ناپایداری جناح راست به هنگام تخلیه سریع می باشد. که این نتایج فرجام وضعیت ژئومورفولوژی محل طرح و ضخامت بیشتر نهشته های خاکی در جناح راست و ضخامت کم تر و شیب ملایم تر در جناح چپ می باشد (جدول شماره یک) (شکل ۲ و ۳).

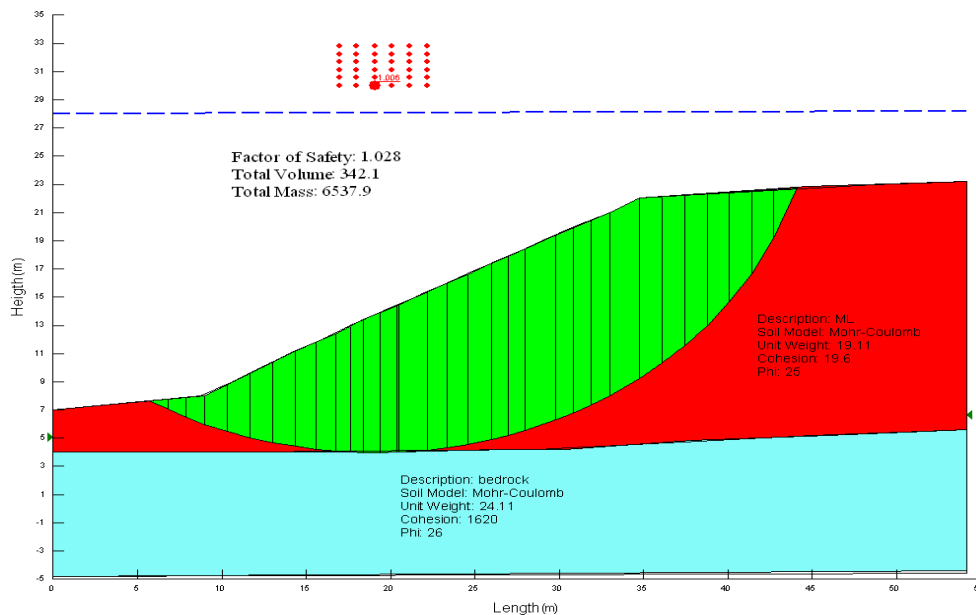
جدول ۱: پایداری دامنه خاکی در داخل مخزن در دو حالت بدون زلزله و با اعمال ضریب زلزله در دو حالت تخلیه سریع و نشست دائم

ردیف	توضیحات	ضریب اطمینان (S.F)	نوع خاک	مدل	واحد وزنی خاک (Kpa)	واحد وزنی سنگ (Kpa)	بستر سنگی		بدنه خاکی	
							$\phi^\circ$	c(Kpa)	$\phi^\circ$	c(Kpa)
۱	جناح راست در حالت پر بودن مخزن (بدون شتاب زلزله)	۱,۷۷۹	ML	موهر- کولمب	۱۹,۱۱	۲۴,۱۱	۲۶	۱۶۲۰	۱۹,۶	۲۵
۲	جناح راست در حالت پر بودن مخزن (با اعمال شتاب زلزله)	۱,۰۲۸	ML	موهر- کولمب	۱۹,۱۱	۲۴,۱۱	۲۶	۱۶۲۰	۱۹,۶	۲۵
۳	جناح راست تخلیه سریع مخزن (بدون شتاب زلزله)	۱,۰۲۱	ML	موهر- کولمب	۱۹,۱۱	۲۴,۱۱	۲۶	۱۶۲۰	۳۴	۱۶
۴	جناح راست تخلیه سریع مخزن (با اعمال شتاب زلزله)	۰,۵۵۹	ML	موهر- کولمب	۱۹,۱۱	۲۴,۱۱	۲۶	۱۶۲۰	۳۴	۱۶
۵	جناح چپ در حالت پر بودن مخزن (بدون شتاب زلزله)	۱,۰۴۳	ML	موهر- کولمب	۱۹,۱۱	۱۸	۲۳	۱۲۰	۲۵	۱۹,۶

۱۹,۶	۲۵	۲۳	۱۲۰	۱۸	۱۹,۱۱	موهر- کولمب	ML	۰,۹۱۵۹	جناح چپ در حالت پر بودن مخزن (با اعمال شتاب زلزله)	۶
۱۶	۳۴	۲۳	۱۲۰	۱۸	۱۹,۱۱	موهر- کولمب	ML	۲,۵۲۲	جناح چپ تخلیه سریع مخزن (بدون شتاب زلزله)	۷
۱۶	۳۴	۲۳	۱۲۰	۱۸	۱۹,۱۱	موهر- کولمب	ML	۱,۳۱	جناح چپ تخلیه سریع مخزن (با اعمال شتاب زلزله)	۸



شکل ۱: نمایش آنالیز تعادل حدی به روش بیشاپ اصلاح شده بر شیروانی جناح راست در حالت پر بودن مخزن (بدون اعمال شتاب زلزله)



شکل ۲: نمایش آنالیز تعادل حدی به روش بیشاپ اصلاح شده بر شیروانی جناح راست در حالت پر بودن مخزن (با اعمال شتاب زلزله طرح)

### مسائل ژئوتکنیکی درمحل سد

عملیات ژئوتکنیکی شامل ۷ گمانه به شماره های BH1 تا BH7 و ۴ حلقه چاه دستی در خاکهای بر جای تکیه گاهها به شماره های TP1 تا TP4 می باشد. در کل ۲۲۶ متر توسط دستگاه SKB4 بصورت قائم حفاری شد. از میان گمانه های ژئوتکنیکی، گمانه های BH1 و BH2 (هر یک به عمق ۳۰ متر) در جناح چپ و گمانه های BH4 و BH5 (هر یک به عمق ۳۰ متر) در جناح راست و گمانه های BH3 (محل محور)، BH5 (پائین دست محور) و BH7 (داخل مخزن) در امتداد مسیر رودخانه به منظور ارزیابی خواص ژئومکانیکی لایه های سنگی و مواد پوششی حفر شده اند. و چاهکهای TP1 تا TP4 به منظور شناخت آبرفت و مواد پوششی سنگ کف در جناحین رودخانه حفاری شده است (مهندسین مشاور - شرکت خدمات مهندسی آب و خاک کشور، ۱۳۸۹).

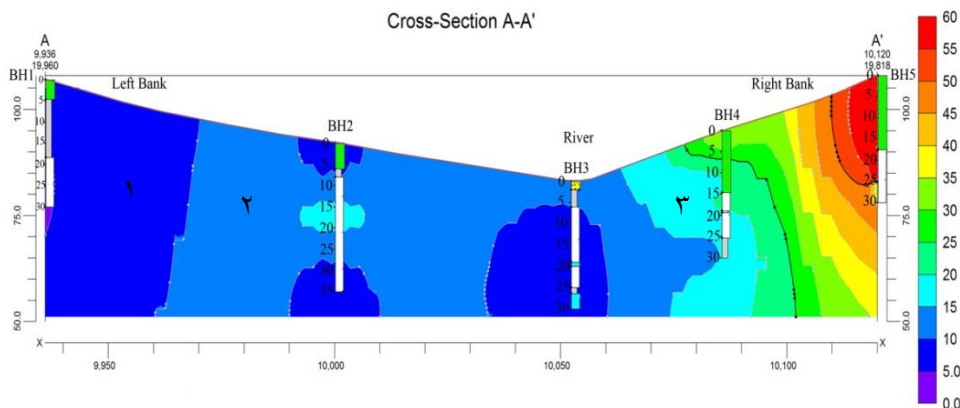
جهت نیل به میزان تراکم و قوام نهشته های عهد حاضر (بستر رودخانه و جناحین) از آزمایش ضربه و نفوذ استاندارد استفاده شد. با توجه به ضخامت نسبتاً زیاد مصالح آبرفتی در محدوده شالوده اقدام به انجام آزمایش نفوذ استاندارد به تعداد ۷ آزمایش در گمانه های این محدوده شد. که عدد (N) مربوط به نفوذ استاندارد بین ۸۵-۶۵ می باشد، که نشان دهنده تراکم مناسب است. عدد نفوذ استاندارد مربوط به آزمایش ضربه و نفوذ در تکیه گاه چپ در رده متراکم (تراکم نسبی ۸۵-۶۵) و خیلی متراکم (تراکم نسبی ۱۰۰-۸۵) قرار می گیرد. عدد نفوذ استاندارد مربوط به تکیه گاه راست در رده خیلی متراکم (تراکم نسبی ۱۰۰-۸۵) بوده که حاکی از تراکم بسیار بالای مصالح خاکی مورد نظر است.

## خصوصیات ژئومکانیکی محور سد

بررسی و تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از آزمایشات لوژان نشان می دهد که پی سنگی سد آسیابر در محل محور انتخابی از گدازه های آذرآواری ورسوبی تخریبی بوده و در بعضی نقاط دارای نفوذپذیری متوسط و در بیشتر جاها غیر قابل نفوذ در نظر گرفته می شود. همچنین برای پی بردن به وضعیت آبگذری از محل محور (تکیه گاهها و بستر)، بالا دست و پائین دست محور سد نتایج آزمایش لوژان قابل بررسی است. میزان آبگذری در گمانه های جناح چپ در حد ۲ تا ۳ لوژان می رسد که نشان دهنده نفوذپذیری بسیار کم می باشد. آبگذری در گمانه های جناح راست در حد نفوذپذیری کم در حد ۳ تا ۱۰ لوژان بوده که در بعضی اعماق به بیش از ۱۰ لوژان نیز می رسد. که نسبت به تزریق باید اقدام شود. نفوذپذیری در گمانه های بستر رودخانه در حد ۳ تا ۱۰ لوژان بوده که در بعضی نقاط به کمتر از ۳ لوژان نیز می رسد. نحوه رفتار توده سنگها در جناحین و بستر رودخانه در آزمایش لوژان بصورت Turbident flow می باشد (Houlsby, 1982).

نفوذپذیری آبرفتی بستر رودخانه از حداکثر  $6,08 \times 10^{-5}$  (cm/s) تا نفوذپذیری بسیار پائین ( $< 10^{-7}$ ) در نوسان می باشد که نشان دهنده کم بودن نفوذپذیری است. جنس آبرفتی بستر رودخانه بیشتر از شنهای دانه ریز تا متوسط با گردشگی نسبی می باشد. که قطر ذرات از ابعاد متفاوت تشکیل شده است.

شکل (۲) زون بندی پی آبرفتی و سنگهای جناحین و شالوده در محور سد را نشان می دهد. میزان نفوذپذیری مصالح آبرفتی بسیار پائین می باشد. بدلیل دانه ریز بودن مصالح آبرفتی و بالاخص خاکهای بر جای جناحین که واجد رس و سیلت می باشد. جریان قابل توجه آب زیرزمینی وجود ندارد. با توجه به شکل پی آبرفتی و سنگ بستر رودخانه و جناحین سد از نظر میزان نفوذپذیری تقریباً به ۳ دسته تقسیم می شود. منطقه (۱) با نفوذپذیری کم (۱۰-۵ لوژان)، منطقه (۲) با نفوذپذیری متوسط (۱۵-۱۰ لوژان)، منطقه (۳) با نفوذپذیری نسبتاً بالا (۲۰-۱۵ لوژان) می باشد. بیشترین نفوذپذیری در گمانه BH4 در عمق ۱۵ متری که در جناح راست حفر شده مشاهده می شود.



شکل ۳: نمایش برش مدل نفوذپذیری در راستای محور سد آسیابر - میزان R.Q.D (Deere, 1986) سنگهای منطقه مورد مطالعه برای

جناح راست ۲۵-۰ (%۶۳,۶) و ۵۰-۲۵ (%۳۶,۴)، جناح چپ ۵۰-۲۵ و بستر رودخانه ۲۵-۰ بدست آمده است (جلیلی، ۱۳۹۰).

## طرح آب بندی پی

کنترل تراوش از بدنه سد را می توان با ایجاد هسته مرکزی رسی و ایجاد فیلتر و زهکش مناسب انجام داد. ولی روشی که برای کنترل تراوش از پی و دیواره های جانبی مرسوم است، تزریق و ایجاد پرده آب بند می باشد (رحیمی، ۱۳۸۵). از نظر آبگذری با توجه به تراکم خوب مصالح آبرفتی و خاکهای بر جا و وجود سنگ پی از جنس گدازه های آذرآواری و تخریبی رسوبی در محور انتخابی، ساختگاه سد آسیابر در مقابل نیروهای حاصل از نشت آب مقاومت کافی خواهد داشت. بجزء قسمتی از جناح راست که نفوذپذیری به نسبت بالا می باشد. بدلیل ضخامت کم آبرفت نفوذناپذیر و خردشدگی سنگ در بعضی مناطق نیاز به آب بندی پی سد و جناحین آن ضروری به نظر می رسد.

نتایج آزمایش لوژان در واحد سنگی پی نشان دهنده توسعه درز و شکاف در بعضی نقاط و جذب آب بیش از ۲۰ لوژان است که براساس استاندارد (ICOLD 1982) نیاز به تزریق می باشد. که عملیات آب بندی را کامل نماید. راه حل دیگر برداشت رسوبات آبرفتی و سنگهای خرد شده بستر سد می باشد در این صورت با گذاشتن هسته رسی بطور مستقیم روی سنگ کف بدون درز و شکاف و غیر قابل نفوذ احداث دیواره آب بند و تزریق را متنفی می کند ولی باعث بالا رفتن هزینه طرح می شود. که از نظر اقتصادی مورد تائید نیست.



## ویژگی های مهندسی واحدهای سنگی

جهت نیل به خصوصیات و ویژگیهای مهندسی نمونه سنگ های تکیه گاهها و شالوده آزمونهای آزمایشگاهی مکانیک سنگ بر طبق روشهای ISRM یا ASTM، بر روی آنها انجام پذیرفت. که نتایج در جدول دو ارائه گردیده است.

جدول ۲: نتایج آزمایشات نمونه مغزه های حفاری شده طرح سدخاکی آسیاب

عمق BH7 (۱۳-۱۴) متری	عمق BH7 (۱۱-۱۳) متری	عمق BH7 (۶-۱۱) متری	عمق BH6 (۲۹-۳۰) متری	عمق BH4 (۲۷-۲۸) متری	عمق BH3 (۲۸-۲۹) متری	عمق BH2 (۲۴-۲۵) متری	عمق BH1 (۲۰-۲۱) متری
خشک = ۵۱,۰۴	خشک = ۴۶,۲۳	خشک = ۸,۴۵	خشک = ۲۷,۵۶	خشک = ۴,۵۸	خشک = ۲۷,۶۷	خشک = ۶۵,۷	خشک = ۱۰۰,۰۰
-	اشباع = ۲,۵۱	اشباع = ۲,۵۱	-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
-	خشک = ۱,۸۲	خشک = ۱,۸۴	-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
-	اشباع = ۲,۰۹	اشباع = ۲,۱۷	-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
-	۲۷,۳۶	۳۳,۴۸	-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
-	۱۵,۰۲	۱۸,۲۳	-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
-	خشک vp = ۳۳۶۲	vp = ۱۰۰۳ خشک	-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
-	خشک vs = ۱۹۰۵	موج s خوانا نمی باشد	-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
-	اشباع vp = ۴۲۸۲	اشباع vp = ۶۷۸	-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
-	اشباع vs = ۲۱۶۰	موج s خوانا نمی باشد	-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
خشک = ۰,۱۲	خشک = ۰,۲۶۴	موج s خوانا نمی باشد	خشک = ۰,۱۱	خشک = ۰	خشک = ۰,۲	خشک = ۰,۱۳	اشباع = ۱۰,۰۰
-	اشباع = ۰,۳۲۹		-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
خشک = ۳۳,۴۷	خشک = ۱۸,۶۲	موج s خوانا نمی باشد	-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
-	اشباع = ۲۷,۷۸		-	-	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
-	-	-	-	c=0kg/cm	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰
-	-	-	-	۳۸,۳=θ°	-	-	اشباع = ۱۰,۰۰

## ویژگی های مهندسی واحدهای خاکی

جهت دستیابی به ویژگیهای مهندسی نمونه های خاکی تکیه گاهها و شالوده آزمونهای آزمایشگاهی مکانیک خاک بر طبق استاندارد ASTM، بر روی آنها انجام پذیرفت، که نتایج در جداول ۳ و ۴ ارائه گردیده است.

جدول ۳: نتایج آزمایشات آزمایشگاهی نمونه های خاکی دست خورده و دست نخورده

ردیف	شماره چاهک	عمق نمونه گیری (m)	رده بندی خاک (یونیفاید)	حد روانی (%)LL	حد خمیری (%)PL	شاخص خمیری (%)PI	دانسیتة خشک ماکزیم (gr/cm3)	رطوبت بهینه (%)
۱	BH1	۴,۷۵-۰	MH	۶۲	۲۲,۲	۲۹,۸	-	-
		۱۵-۴,۷۵	MH	۵۰,۷	۴۱,۵	۹,۲	-	-
۳	BH2	۲,۵-۰	MH	۸۱,۱	۴۸	۳۳,۱	-	-
		۴,۲۵-۲,۵	MH	۶۶,۵	۵۳	۱۳,۵	-	-
		۶-۴,۲۵	MH	۸۷,۳	۵۸,۸	۲۸,۵	-	-
۶	BH3	۲-۰	GM	۳۵,۹	۲۶,۴	۹,۵	-	-
		۵-۲	MH	۵۵,۹	۴۶,۷	۹,۲	-	-
		۱۵-۵	ML	۴۶,۷	۴۰,۱	۶,۶	-	-
		۱۵-۰	CH	۷۸,۸	۴۳,۹	۳۴,۹	-	-
۹	BH4	۱۵-۰	CH	۷۸,۸	۴۳,۹	۳۴,۹	-	-
		۱۵-۰	MH	۶۹,۲	۳۶,۱	۳۳,۱	-	-
۱۱	BH6	۴,۵-۰	GM	۴۸	۲۷,۸	۲۰,۲	-	-
۱۲	BH7	۳-۰	GP	NLL	NPL	NPI	-	-
		۶-۳	SM	۶۲,۳	۴۴,۸	۱۷,۵	-	-
۱۴	TP1	۴-۰	MH	۷۳,۴	۴۸,۷	۲۴,۷	۱۸,۳۳	۱,۶۱۵
۱۵	TP2	۴-۰	MH	۸۷,۶	۴۹	۳۸,۶	-	-
۱۶	TP3	۴-۰	MH	۵۲,۳	۳۵,۳	۱۷	-	-
۱۷	TP4	۴-۰	MH	۷۸,۵	۴۶,۴	۳۲,۱	۱۹,۵	۱,۵۸

جدول ۴: نتایج آزمایشات مکانیکی

تورم پذیری		تخلخل اولیه (e0)	ضریب فشرده‌گی C <sub>c</sub>	تک محوری		سه محوری UU		سه محوری CU				رده بندی خاک- (یونیفاید)	عمق نمونه گیری (m)	شماره چاهک	ردیف	
تغییر شکل تورمی (%)	فشار تورمی (kg/cm <sup>2</sup> )			cc/(1+e0)	∅°	C (kg/cm <sup>2</sup> )	∅°	C (kg/cm <sup>2</sup> )	∅°	c̄ (kg/cm <sup>2</sup> )	∅°					C (kg/cm <sup>2</sup> )
2.1	0.25	0.1	0.576	0.11	بافرض صفر بودن	1.05	-	-	-	-	-	-	MH	۴-۰	TP <sub>1</sub>	1
-	-	0.1	0.581	0.14	بافرض صفر بودن	0.93	8	0.5	25	0.2	16	0.35	MH	۴-۰	TP <sub>4</sub>	2

## نتیجه گیری :

- محور و مخزن سد بر روی سازندهای آذرآواری، کنگلومرا، ماسه سنگ، مارن، سنگهای آهکی و خاکهای برجا و آبرفتی قرار گرفته است که از نظر تراکم و در کل از آبگذری کمی برخوردارند.
- تکیه گاهها و سنگ پی بستر از تناوب سنگهای آذرآواری و تخریبی رسوبی بوده، این سنگها در سطح زمین به علت وجود خاکهای برجا و پوشش گیاهی چندان رخنمون نداشته و در بعضی نقاط هم که برونزد دارند. به شدت هوازده می باشد. اما در اعماق متراکم و فاقد هوازدگی هستند. مقدار متوسط R.Q.D از روی نمونه های سالم استخراج شده ۵۰-۲۵ در جناحین و مرکز پی می باشد.
- نفوذپذیری اندازه گیری شده برای آبرفت بستر رودخانه به طور متوسط نفوذپذیری پائین می باشد.
- با توجه به نتایج آزمایشات لوژان و لوفران و تراکم مناسب خاکهای برجا و آبرفت در محل محور و داخل مخزن برای آب بندی پی سد دو روش زیر پیشنهاد می شود:
  - ۱- بدلیل ضخامت کم آبرفت، عرض کم دره، نوع سنگ کف، نفوذپذیری کم و تراکم مناسب آبرفت ایجاد دیواره آب بند از نوع دیواره آب بند سیمان بتونیتی (Slurry Trench) پیشنهاد می شود.
  - ۲- در جناحین و در اغلب گمانه ها بجزء BH4 و BH5 نفوذپذیری کم بوده و باتوجه به استاندارد ICOLD(1982) نیاز به تزریق نمی باشد. نتایج بدست آمده از آزمایش لوژان در مقطعی از پی سنگی ( گمانه های BH4 و BH5) نشان دهنده آبگذری بالا در آن مناطق می باشد. بنابراین برای آب بندی پی سنگی انجام عملیات تزریق در این نقاط ضروری است.

## تشریح و تقدردانی

از مهندسین مشاور- شرکت خدمات مهندسی آب و خاک کشور مطالعات مرکز بدلیل گذاشتن اطلاعات و همکاریهای لازم سپاسگزاری می شود.

## روش تحقیق و بحث:

با توجه به این که آب رودخانه آسیاب در زمان سیلاب و نیز قسمتی از دبی پایه آن در فصول غیر زراعی از دسترس خارج میشود، بنابراین نیاز به احداث یک سد در این منطقه کاملاً مشهود بوده، لذا هدف از احداث سد خاکی آسیاب، به وجود آوردن مخزنی جهت ذخیره بخشی از سیلابهای فصلی و تنظیم دبی پایه رودخانه آسیاب در فصول غیر زراعی و استفاده از آن جهت توسعه کشاورزی منطقه می باشد.

هدف از اجرای عملیات ژئوتکنیک شناسائی و جمع آوری داده های زیرسطحی، هیدروژئولوژیکی و ژئوتکنیکی از طریق نتایج حاصل از حفر گمانه های اکتشافی و چاهکهای دستی در محلهای مختلف محور، بدنه، بالادست و پایین دست محور و آزمایشهای برجا جهت بررسی محل مورد نظر از لحاظ نفوذپذیری و کیفیت مغزه های حفاری و غیره ... و آزمایشهای آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیل و جمع بندی آنها جهت استفاده در گزارشهای مهندسی و طراحی می باشد.

### منابع فارسی :

- ۱- بربریان، ا. و همکاران (۱۳۷۱)- پژوهش و بررسی ژرف نو زمین ساخت، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه- گسلش در گستره تهران و پیرامون. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور- گزارش شماره ۵۶.
- ۲- جلیلی، معرفت ( اردیبهشت، ۱۳۹۰)، پایان نامه، کارشناسی ارشد رشته زمین شناسی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران (۲۳۷ صفحه)
- ۳- رحیمی، حسن (۱۳۸۵)، سدهای خاکی - انتشارات دانشگاه تهران.
- ۴- نبوی، م.ح. (۱۳۵۵)- دیباچه ای بر زمین شناسی، ۱۰۹ ص.
- ۵- گزارش زمین شناسی و ژئوتکنیک سد خاکی آسیابرو واقع در ناحیه دیلمان استان گیلان (۱۳۸۹). مهندسین مشاور- شرکت خدمات مهندسی آب و خاک کشور، مطالعات مرکز.

### References:

- 6-Alavi, M.(1991)- Sedimentry and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran. Geol. Soc. Of Amer. Bell. V. 103, pp. 983-992.
- 7-ICOLD, 1982, International Commission on Large Dams.part. a
- 8-Houlsby,A.C.,1982,Cementgrouting for dams, Keynote paper,ASCE Symp.Grouting in Geotechnical Engineering,ed.by W.H.Baker,New orleans.
- 9-Ichikawa,k.,1999, Geological Investigation of Dam.proce. of 2<sup>nd</sup> Asian Symposium on Engineering Geology and the Environment. Malaysian National Group,Malaysian, 1- 44, 1-57