



## پهنه بندی تغییرات نفوذ پذیری در ساختگاه سد بار با توجه به نقش پارامترهای زمین مهندسی در محیط نرم افزار Rockwork

غلامرضا لشکری پور

دانشگاه فردوسی، دانشکده علوم، مشهد

محمد غفوری

دانشگاه فردوسی، دانشکده علوم، مشهد

حمید قالیباف

دانشگاه فردوسی، دانشکده علوم، مشهد

محمد موسوی مداح

دانشگاه فردوسی، دانشکده علوم، مشهد

### چکیده

بررسی نشست پی سد در پروژه های سد سازی از جمله مهمترین بخشهای مراحل شناسایی، طراحی، اجرا و بهره برداری از سدها است. همچنین بررسی نفوذ پذیری پی در سد سازی یکی از ضروریات جهت آب بند نمودن پی می باشد. در این مقاله نفوذ پذیری ساختگاه سد بار نیشابور مورد مطالعه قرار گرفته است. ساختگاه سد بر روی ترأسهای آبرفتی عهد حاضر (کواترنری) انتخاب شده است. این ترأسهای آبرفتی حاصل فرسایش ارتفاعات آذرین شمال دشت نیشابور و رسوبات نرم مارنی ماسه سنگی و کنگلومرانی مرکز این منطقه (حسین آباد) می باشد. در این تحقیق بر اساس مطالعه آزمونهای صحرایی و آزمایشگاهی، پارامترهای زمین شناسی مهندسی پی سد به سه بخش جناح چپ، جناح راست و بستر تقسیم شده و مورد بررسی قرار گرفته است. ناحیه بندی نفوذ پذیری با توجه به نقش پارامترهای زمین شناسی در محیط نرم افزار Rockwork2006 به منظور ارائه دید سه بعدی و قضاوت مهندسی ساده تر انجام ونتایج به صورت مقاطع مناسب ارائه شده است.

**کلمات کلیدی:** سد بار، زمین شناسی مهندسی، نفوذ پذیری Rockwork 2006

## Permeability changes zonation in Bar dam site area according to relative engineering geological parameters in rockwork 2006 software

Gholam Reza Lashkaripour  
Ferdowsi University of Mashhad

Mohammad Ghafoori  
Ferdowsi University of Mashhad

Hamid Ghalibaf  
Ferdowsi University of Mashhad

Mohammad Musavi  
Ferdowsi University of Mashhad

**Abstract:** The seepage through of dams is one of the important aspects in reconnaissance, design, phases of dam's project. The study of permeability of dam foundation is construction and operation one of the requirements in the foundation treatment aspect. The base of the dam Bar axis has been pickup overlain the alluvial at the present era (quaternary) at geological record. This terrace is to be as a result at erosion at Neyshabour plan northern igneous as well as soft marly sandstone and conglomerate deposits at the center at the region (Hosein Abad). In this paper, the geological parameters have been divided into three categorizes including left and right and river bed based on field & lab experiments. Permeability zonation according to effective engineering geological parameters was dawn with Rockwork 2006 software finally suitable profiles were presented 3 dimensional view and comfortable engineering verdicts.

**Keywords:** bar dam, engineering geology, permeability, Rockwork 2006.

### ۱ مقدمه

سد ذخیره ای بار سد خاکی با هسته رسی است. این سد جهت تنظیم جریان رودخانه باربرای تأمین بخشی از آب شرب و صنعت شهر نیشابور و آبیاری اراضی پایاب سد احداث خواهد شد. سد بار در خارج از بستر رودخانه پیش بینی شده است. جریان رودخانه توسط یک سیستم انحراف آب و کانال انتقال به مخزن سد منتقل و تنظیم می گردد. محل سد در ۲۳ کیلومتری شمال غرب نیشابور و شمال شرق شهر فیروزه (بزغان) و در مجاورت روستای متروکه حسین آباد در موقعیت جغرافیایی "۱۵'۲۲°۳۶ عرض شمالی و "۱۰'۳۹'۵۸ طول شرقی واقع شده است. محور روی آبرفتی عهد حاضر و رسوبات بر جای ناشی از هوازدگی تشکیلات نئوژن انتخاب شده است. لذا پادگانه های حاصل در محل ضخامت زیادی داشته و در بعضی از گمانه ها به ۶۰ متر میرسد. با توجه به مطالعات ژئوتکنیکی انجام شده در محور سد به بررسی نفوذ پذیری، تغییرات اندازه، جنس دانه ها و ارزیابی مقاومت بر اساس عدد نفوذ استاندارد پرداخته شده است.

### ۲ شرایط زمین شناسی محل سد ونحوه امتیاز دهی در نرم افزار Rockwork2006

مخزن سد در یک دره قدیمی وسیع و عریض موسوم به تخته حسین آباد واقع شده است. این محل بوسیله تراسهای آبرفتی رودخانه عهد حاضر (کواترنری) پر شده است. حاشیه کناره های شمالی و

جنوبی این باز شدگی توسط مخروط افکنه های کوتاه و متعدد گسترش دارند. بلحاظ ساختمانی دره حسین آباد بر روی یال جنوبی ناودیسی ساخته شده که فوقانی ترین لایه های آن متشکله از کنگلو مرای نئوژن وابتدای کواترنری می باشد (مهندسین مشاور آب پوی، ۱۳۸۴). مقایسه توصیف خاک، تغییرات SPT، و همچنین تغییرات نفوذ پذیری (Zaruba & Mencl, 1976) در زیر بستر وجناحین بر اساس امتیاز دهی در نرم افزار از ۱ الی ۱۰ مطابق جدول (۱) نشان داده شده است.

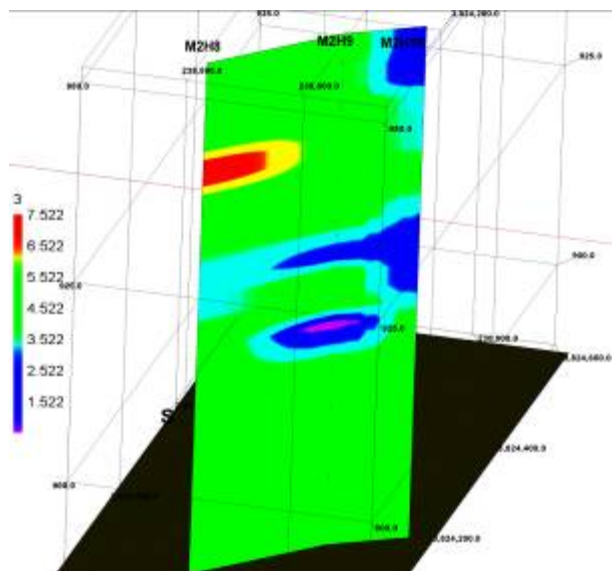
(جدول ۱- ارتباط پارامترهای زمین شناسی مهندسی و نحوه امتیاز دهی در نرم افزار Rockwork2006)

امتیازدهی	RQD (%)	K(cm/s)	SPT	نوع خاک	توصیف خاک	مقاومت فشاری یک محوری (kg/cm <sup>2</sup> )
1	90-100	<10 <sup>-5</sup>	> 32	GP-GM	سخت	> 4
2	75-90	10 <sup>-5</sup> – 10 <sup>-3</sup>	16-32	GP-GC	خیلی سفت	2- 4
3	50-75	10 <sup>-3</sup> – 10 <sup>-1</sup>	8-16	GM	سفت	1-2
4	25-50	>10 <sup>-1</sup>	4-8	GC-GM	سفت متوسط	0.5-1
5	0-25		2- 4	GC	نرم	0.25-0.5
6			< 2	SM	خیلی نرم	< 0.25
7				SC		
8				ML		
9				MH		
10				CL		

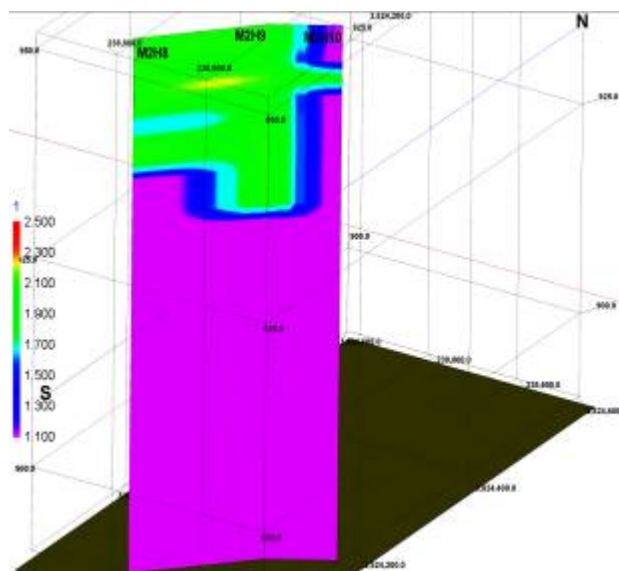
### ۳ تغییرات پارامترهای زمین شناسی مهندسی و پهنه بندی نفوذ پذیری

۳-۱ تغییرات نفوذ پذیری، SPT جنس خاک، در تکیه گاه راست

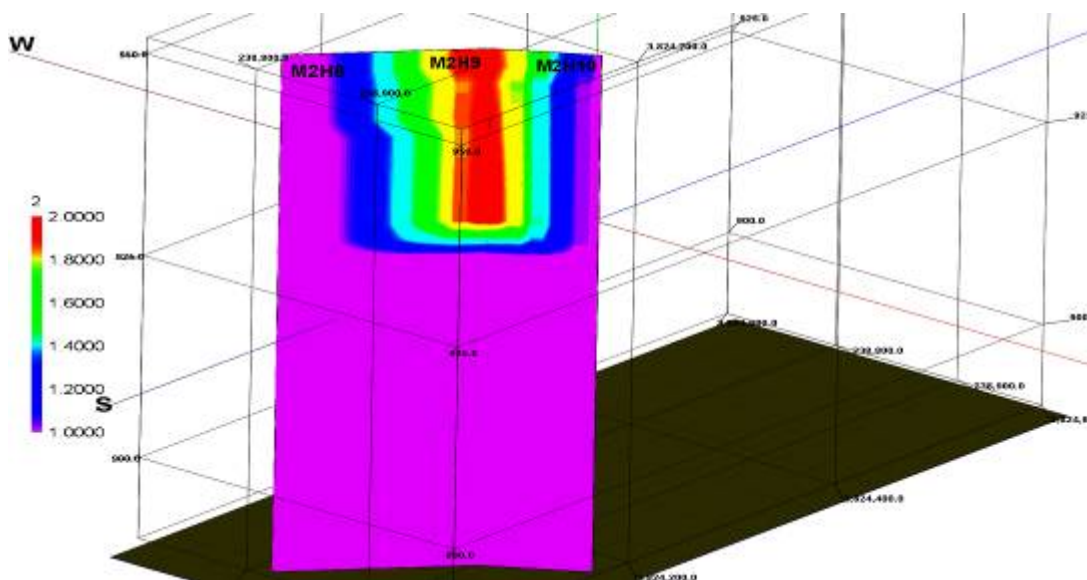
همانطور که مشاهده می شود. تغییرات SPT در شکل ۱ در محل گمانه های M2H8 و M2H9 در اکثر نقاط مثل هم می باشد. با حرکت بسمت دامنه در محل گمانه M 2H10 عدد نفوذ استاندارد در سطح و همچنین در عمق بیشتر از ۵ متر  $N > 60$  می باشد. باتوجه به جنس رسوبات در طبقه بندی یونیفاید (Casagrande (1942) در شکل ۲ بیشتر آبرفت تکیه گاه راست از خاکهای نوع GC-GM الی GC می باشد. فقط در محل گمانه M2H10 جنس رسوبات در طول گمانه از مقدار ریز دانه آن کاسته شده و از GC به GP-GM تغییر می یابد. این تغییر به دلیل دور شدن از بستر رودخانه، در نتیجه به ما نشان میدهد که با کاهش ذرات ریز دانه (کمتر  $> 0.12\%$ ) عدد نفوذ افزایش می یابد (Robertson & Campanella (1982, 1983). تغییرات نفوذ پذیری در شکل ۳ در محل گمانه M2H8 و M2H10 حدود  $k = 10^{-6}$  cm/s است. فقط در محل گمانه M2H9 عدد نفوذ پذیری مقداری افزایش یافته است و به حدود  $(10^{-6}$  الی  $10^{-5})$  رسیده است.



شکل ۲- تغییرات جنس خاک در جناح راست



شکل ۱- تغییرات SPT در جناح راست

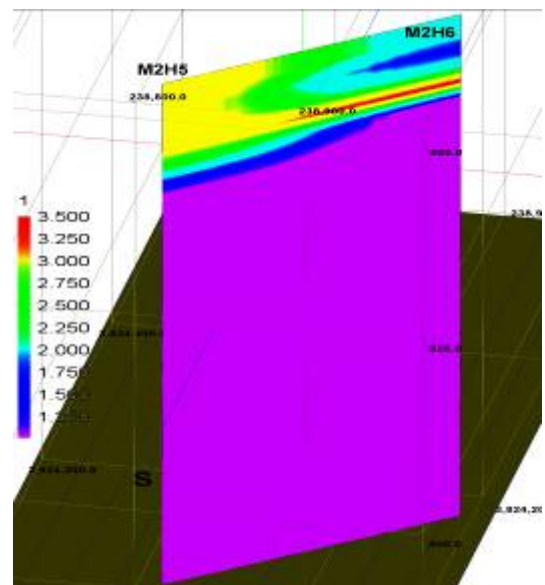
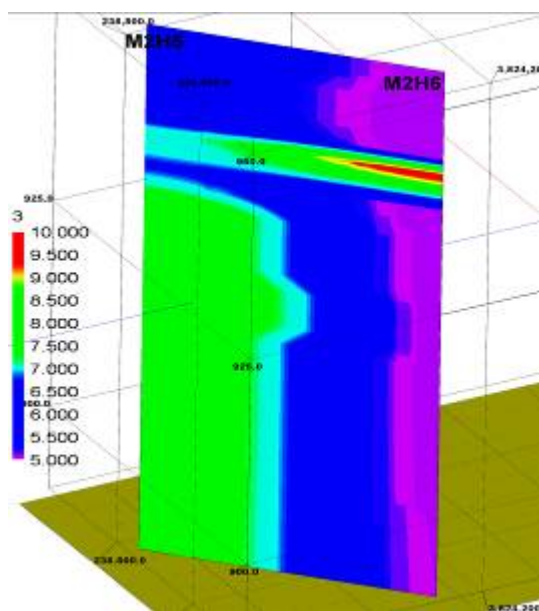


شکل ۳- تغییرات نفوذ پذیری در جناح راست

۳-۲ تغییرات نفوذ پذیری، SPT، جنس خاک، در تکیه گاه چپ

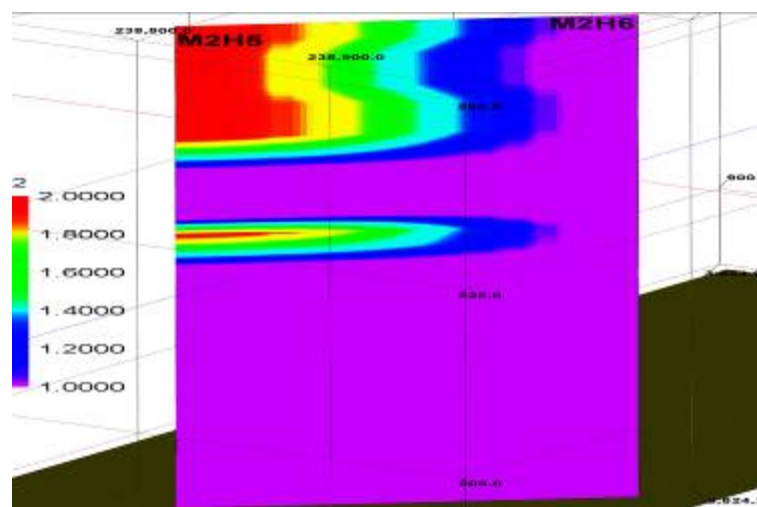
تغییرات SPT در شکل ۴ از محل گمانه M2H5 به طرف گمانه M2H6 تا عمق حدود ۱۰ متر عدد نفوذ افزایش می یابد. عدد نفوذ استاندارد با افزایش عمق بیش از ۱۰ متر به طرف سنگ بستر برای هر دو گمانه یکسان ( $N > 32$ ) می باشد. همچنین در شکل ۵ در محل گمانه M2H5 با افزایش عمق جنس دانه ها از SM-SC

به ML تغییربافتی می دهد که نشان دهنده افزایش ذرات ریزه دانه خاک است. همچنین با حرکت از محل گمانه M2H5 به طرف گمانه M2H6 تغییرات جنس دانه های خاک کمتر شده و نیز اندازه دانه ها افزایش یافته است. بر این اساس پهنه بندی نفوذ پذیری در شکل ۶ با توجه به تغییرات SPT، جنس خاک، آبرفت تکیه گاه چپ از محل گمانه M2H5 به طرف گمانه M2H6 مترکم تر شده و نفوذ پذیری کاهش یافته است (Kenny & Ofoegbu, 1984). همچنین نفوذ پذیری در محل گمانه M2H6 از یکنواختی بیشتری برخوردار می باشد. لذا با کاهش تغییرات جنس خاک و افزایش عدد SPT، خاک متراکمتر شده و نفوذ پذیری آن کاهش می یابد (Amer & Awad, 1974).



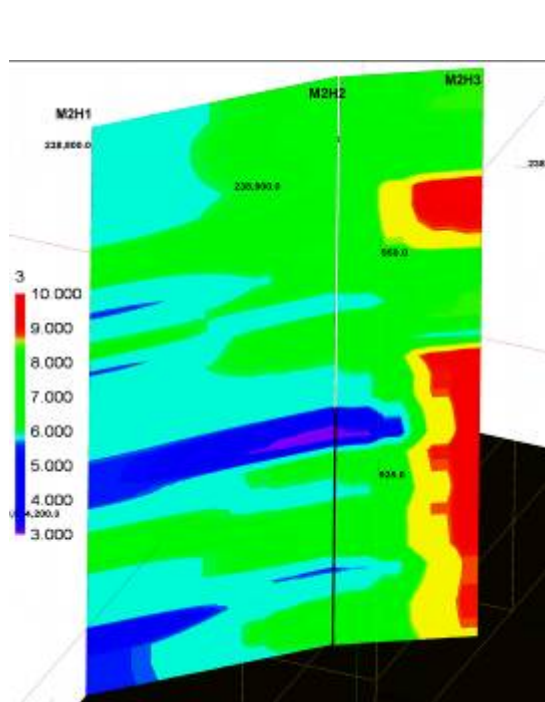
شکل ۵ - تغییرات جنس خاک در پروفیل جناح چپ

شکل ۴ - تغییرات SPT در پروفیل جناح چپ

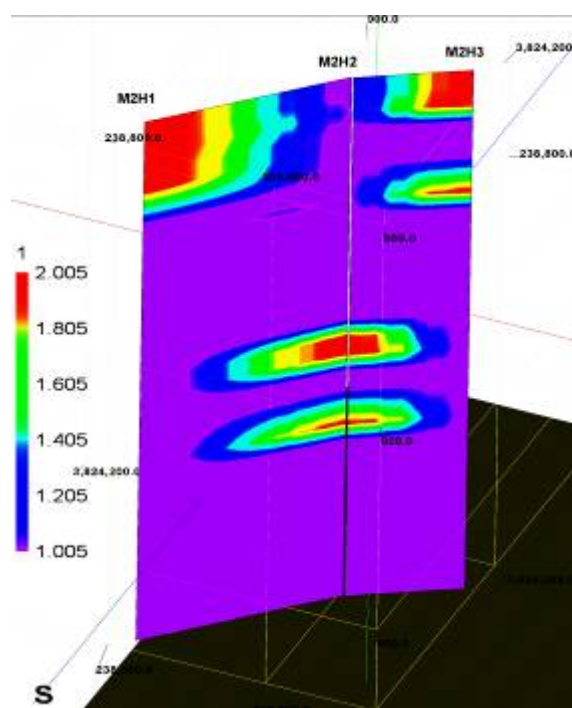


شکل ۶ - بررسی تغییرات نفوذ پذیری در پروفیل جناح چپ

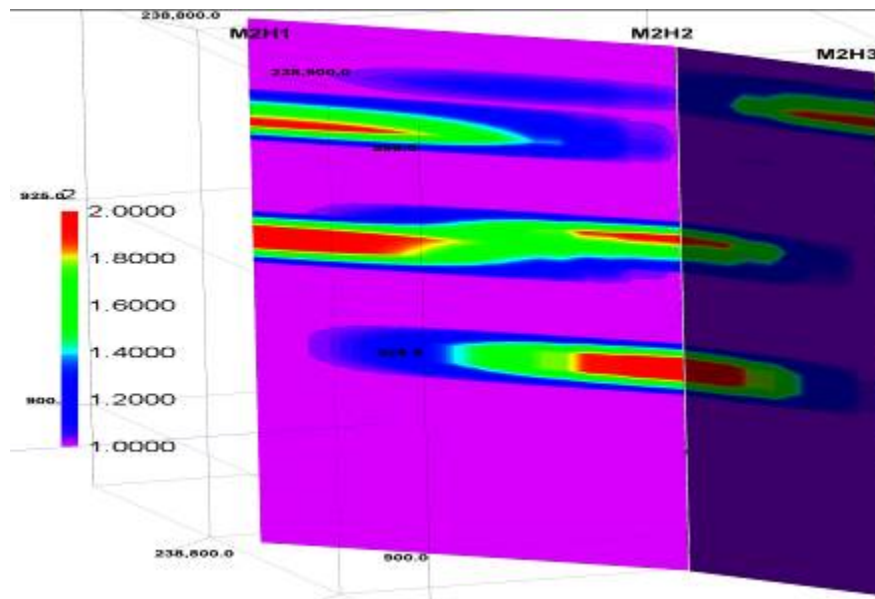
۳-۳ تغییرات نفوذ پذیری، SPT، جنس خاک، در بستر  
گمانه M2H1 به عمق ۶۰ متر مطابق شکل ۷ در بستر رودخانه حفاری گردیده است. در محل این گمانه تا عمق ۳۵ الی ۴۰ متر جنس آبرفت شنی قلوه سنگی همرا با ماسه و از عمق ۴۰ متر پایین تر متراکم تر شده است. از محل گمانه M2H1 بطرف گمانه M2H2 عدد نفوذ افزایش یافته است. در محل این گمانه (M2H2) در اعماق بیشتر از ۳۰ متر مقدار عدد نفوذ ۲ بار کاهش و افزایش یافته است که دو لنز رسوبی را نشان می دهد. این تغییرات در شکل ۸ نسبت به جنس خاک در محل گمانه M2H2 هم خوانی دارد. همچنین در محل گمانه M2H3 عدد نفوذ SPT از عمق ۱۰ متر به پایین تر افزایش یافته است. پهنه بندی تغییرات نفوذ پذیری در شکل ۹ نیز در محل گمانه M2H3 نفوذ پذیری کمتری نسبت به محل گمانه های M2H1 و M2H2 نشان می دهد. اکثر آبرفتهای بستر از خاکهای ماسه ای ریز دانه سیلتی رسی غیر یکنواخت ( $2 < CU < 5$ ) تشکیل شده است. در نتیجه نفوذ پذیری پایینی را نشان می دهد. بر این اساس احتمال وقوع روانگرایی میر محمد حسینی، درخشندی (۱۳۸۳) کم می باشد.



شکل ۸ - تغییرات جنس خاک در بستر



شکل ۷- تغییرات spt در بستر



شکل ۹ - تغییرات نفوذ پذیری در بستر

#### ۴ نتیجه گیری

۴۷۹

در این تحقیق پهنه بندی نفوذ پذیری ساختگاه سد بار بوسیله نتایج حاصل از حفاری و بر اساس پارامترهای زمین شناسی مهندسی در محیط نرم افزار Rockwork, 2006 انجام گردید. با توجه به بررسی ۹ حلقه گمانه اکتشافی در محور سد، مشاهده گردید که در ۸ حلقه از این گمانه ها، تغییرات بافتی در خاک وجود ندارد. از سطح زمین تا عمق ۵۰ متر بستر، تمامی مصالح از بافت توده ای برخوردار می باشند. این مطلب مبین مواد پوششی با ضخامت خیلی زیاد، و وجود یک دره قدیمی پر شده از آبرفتهای افقی (تراستها) می باشد. برای جناحین، حداکثر ضخامت آبرفت ۳۰ متر به ثبت رسیده است.

میزان آبگذری در تکیه گاهها کمتر از بستر بوده و در حدود  $K=10^{-6}$  cm/s اندازه گیری شده است.

نتایج حاصل از آزمایش SPT، در ساختگاه سد نشان می دهد که گراول های بد دانه بندی شده سیلتی (GP-GM) در رده سخت تا سفت بوده و همچنین لایه های آبرفتی با جنس GC-GM تا GC در رده سفت تا متوسط قرار می گیرند.

بدلیل وجود درجه تراکم نسبی بالا در آبرفتهای درشت دانه و با توجه به بالا بودن مقادیر عدد SPT احتمال وقوع روانگرایی کم می باشد.

با توجه به درجه تراکم یافتگی آبرفتهای ساختگاه، نفوذ پذیری آنها در هیچ صورتی بالاتر  $10^{-4}$  cm/s نمی باشد. این وضعیت در اعماق نیز ادامه داشته و حتی آبرفت متراکتر میگردد.

با توجه به مقاطع تهیه شده در نرم افزار Rockwork جنین برمی آید که با افزایش اندازه دانه ها، مقادیر عدد SPT افزایش یافته است. اما تغییرات ضریب نفوذ پذیری جنین وضعیتی را در همه جا نشان نمی دهد تنها زمانی که همراه آبرفت دانه درشت، ذرات ریز دانه باشند تراوایی نیز کم تر می شود.

نفوذ پذیری پایین آبرفتها هر گونه نگرانی از بابت آگذری را را در ساختگاه مرتفع می سازد.

احداث یک دیواره آب بند (Cutoff) با استفاده از بتن بنتونیتی در زیر هسته سد تا عمق مناسب مثلاً در حد ۲۰ تا ۲۵ متر پیشنهاد می شود. که می تواند با اجرای یک فرش رسی عایق در بالا دست و در بخشی از کف مخزن تکمیل گردد.

## مراجع

- شرکت مهندسی مشاور آب پوی، (۱۳۸۴). گزارش زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک ساختگاه سد بار، مطالعات مرحله دوم، ۶۷ ص.
- میر محمد حسینی، سید مجدالدین، درخشندی، مهدی، (۱۳۸۳). راهنمای مقاوم سازی زمین های سست در برابر روانگرایی انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)

- Amer, A. M., and Awed, A.A. (1974). "Permeability of cohesion less soil," *Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE*, Vol.100, No. GT12, 1309-1316.
- Casagrande, A. (1948). "Classification and identification of soils," *Transactions, ASCE*, Vol.113, 901- 930.
- Kenney, T.C., Lau, D., and Ofoegbu, G.I. (1984). "Permeability of compacted Granular Materials," *Canadian Geotechnical Journal*, Vol.21, No 4, 726-729.
- Robertson, P.K. and Campanella, R.G. (1983). "Interpretation of cone penetration tests. Part I: Sand," *Canadian Geotechnical Journal*, Vol.20, No.4, 718-733.
- Robertson, P.K. Campanella, R. G. And Wightman, A. (1982). "SPT-CPT correlation," *University of British Columbia, Soil Mechanics Series No.62, Canada.*
- Zaruba, Q. and Mencl, V. (1976). "Engineering Geology," Elsevier Scientific Publishing Company,