

بررسی شرایط زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد مخزنی ماشکید سفلی و دلایل انتخاب بدنه آرسی سی ساختمان سد به عنوان بهترین گزینه

ضیاءالدین مهرداد

دانشجوی رشته زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان

mehrdadizia28@yahoo.com

چکیده

ساختگاه سد مخزنی ماشکید سفلی در شرق استان سیستان و بلوچستان در ۳۵ کیلومتری جنوب شرق شهرستان سراوان - بخش بم پشت بر روی رودخانه ماشکید قرار دارد. ساختگاه این سد از دیدگاه زمین شناسی در محدوده گسترش سنگهای سست و نفوذ ناپذیر (واحدهای شیل و مارن) ریختار ماهوری خشک و تقریباً بدون پوشش گیاه است. سنگ های حوزه آبریز عمدتاً از نهشته های کواترنری و نیز فلیشهای ائوسن تشکیل یافته است. هدف از انجام این تحقیق بررسی پارامترهای زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد مخزنی ماشکید سفلی و دلایل انتخاب بهترین گزینه نوع بدنه سد و همچنین پایداری سازه تکتونیک ساختگاه سد را مورد بررسی قرار دهد. روش پژوهش بر اساس، تحقیق، جمع آوری اطلاعات به صورت مطالعات کتابخانه ای، میدانی، نرم افزاری (Arc Gis, Rock pack) و آزمایشات انجام شده است. پس از شناسایی و ارزیابی زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد، ویژگیهای سنگ شناسی و ژئوتکنیکی منطقه با استفاده از داده های ماهواره ای مورد بررسی قرار گرفت. در انتخاب نوع سد مسائل و عوامل متعددی از قبیل شکل دره، شرایط زمین شناسی مهندسی و نتایج حفاری های اکتشافی و مطالعات ژئوتکنیکی، شرایط ساختگاه، وضعیت زمین ساخت، لرزه خیزی، منابع قرضه مناسب و ارتفاع سد حاکم میباشد. با توجه به شرایط فوق الذکر و با جمع بندی اطلاعات و بررسی بی طرفانه به دست آمده، ساخت سد از نوع آرسی سی یا بتن غلتکی، بهترین گزینه مناسب میباشد.

کلمات کلیدی: ماشکید سفلی، ریختار ماهوری، آرسی سی، Arc Gis ، Rock pak

۱- مقدمه

منطقه مورد مطالعه (حوزه ی آبریز رودخانه ی ماشکید) در جنوب شرق ایران و شرق استان سیستان و بلوچستان و جنوب شرق شهرستان سراوان - بخش بم پشت واقع گردیده است. محدوده ی حوضه ی مورد بررسی در مختصات ۳° ۴' ۲۷" تا ۸° ۲۳' ۲۷" عرض شمالی و ۴۵° ۳۲' ۶۲" تا ۵۶° ۴۰' ۶۲" قرار دارد. راه دسترسی به این ساختگاه از طریق مسیرهای آسفالت زاهدان - خاش (به طول ۱۶۰ کیلومتر)، خاش - سراوان (به طول ۱۵۵ کیلومتر) و سراوان - دهک (به طول ۳۵ کیلومتر) میباشد. این منطقه در موقعیت ۴۲° ۶۲' طول شرقی ۴° ۲۷' عرض شمالی و بر روی رودخانه ماشکید واقع گردیده است (مهندسین مشاور آب آرا سازه، ۱۳۸۹، مطالعات مرحله اول سد مخزنی ماشکید سفلی). این رودخانه خود از تلاقی دو رودخانه روتک و ماشکید در بالا دست حاصل گردیده است (تصویر ۱). محدود منطقه مورد مطالعه را در استان و بلوچستان نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان سیستان و بلوچستان

۲- زمین شناسی ساختگاه سد ماشکید سفلی

۲-۱- واحد متناوب ماسه سنگی - شیل

این واحد شامل تناوب ماسه سنگ و شیل است (تصویر ۲). ماسه سنگها از ماسه سنگ آهکی تا ماسه سنگ رسی به رنگ خاکستری تیره تا سبز تغییر می کند.



تصویر ۲- تناوب ماسه سنگ و شیل

۲-۲- واحد کنگلومرای پلیو پلیستوسن

این واحد شامل کنگلومرای ضعیفی می باشد که بطور پراکنده وبصورت دگرشیب بروی واحد ماسه سنگ و شیل نهشته شده است (تصویر ۳).



تصویر ۳- گنگلومرای

۳-۲- پادگانه های آبرفتی

این پادگانه ها بیشتر در نیمه چپ بستر رودخانه گسترش دارد ضخامت این نهشته هل حداکثر ۵ متر است.

۴-۲- رسوبات باد رفتی

در اثر برخورد باد با سدهای طبیعی منطقه از جمله گیاهان ریشه دار سبب نهشته شدن رسوبات باد رفتی (در حد ماسه متوسط تا ریز دانه) شده و ارتفاع این تپه ها تا ۵ متر نیز می رسد.

۵-۲- رسوبات واریزه ای و آبشستهای دامنه ای

این رسوبات غالباً در حاشیه آبراهه های گسله و حاشیه رودخانه و برونزهای سنگی جناحین دیده می شوند.

۶-۲- رسوبات آبرفتی بستر رودخانه ای

ضخامت این نهشته ها در محدوده ساختگاه متغیر و حداکثر ۵ متر است.

۳- توان لرزه زایی گسلها

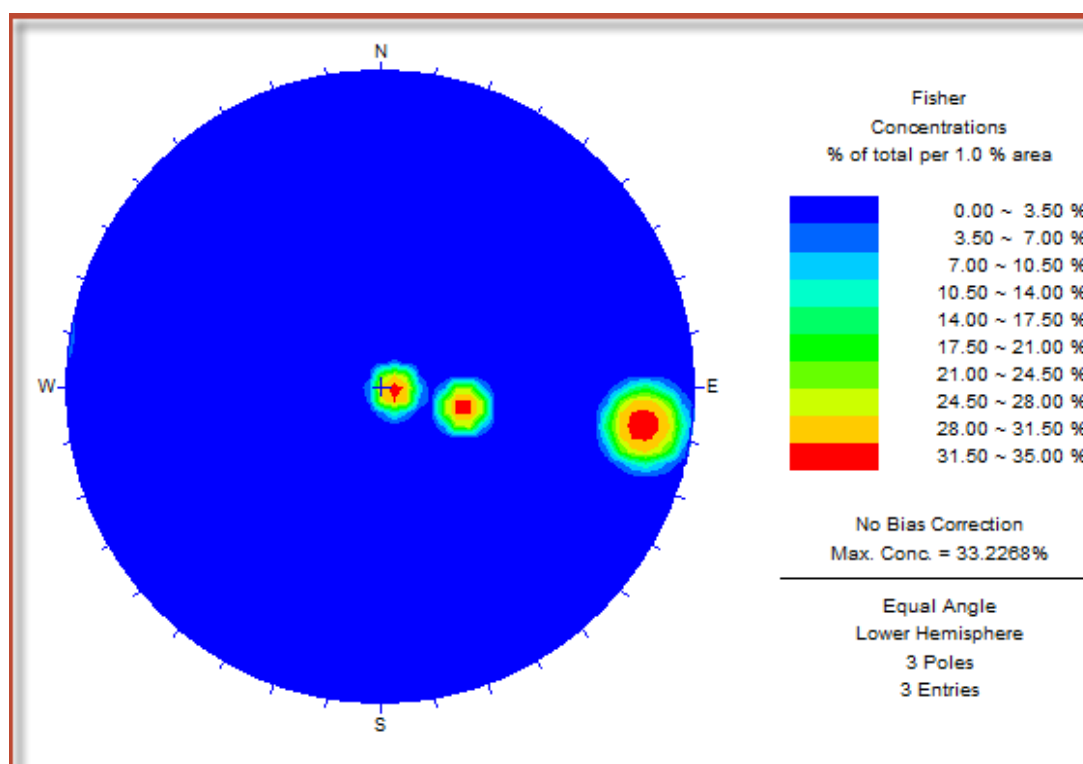
گسلهای منطقه مورد مطالعه گستره ای به شعاع ۲۰۰ کیلومتری پیرامون ساختگاه سد را در بر می گیرد. از نظر تقسیمات لرزه زمین ساختی، ساختگاه سد در منتهی الیه جنوب شرق ایران و مکران واقع شده است. بزرگترین زمین لرزه در گستره ۹۵ کیلومتری اطراف سایت، رویداد سال ۱۳۹۲ حوالی گسل سراوان با بزرگای ۸/۷ ریشتر، و در گستره ۵۰ کیلومتری اطراف سایت رویداد سال ۱۹۳۴ میلادی حوالی گسلهای ابیک و سراوان با بزرگای ۶/۶ ریشتر روی داد. ضخامت پوسته در محل ساختگاه سد به حدود ۳۵ کیلومتر می رسد. ساز و کار اغلب گسلهای گسترده طرح، فشاری با مولفه امتداد لغز راستگرد بدست آمده است و در برخی موارد در نواحی حوضه های کششی، ساز و کار گسلها از نوع نرمال می باشند (جدول ۱).

جدول ۱- بیشینه شتاب جنبش نیرومند زمین هر یک از چشمه های لرزه زا

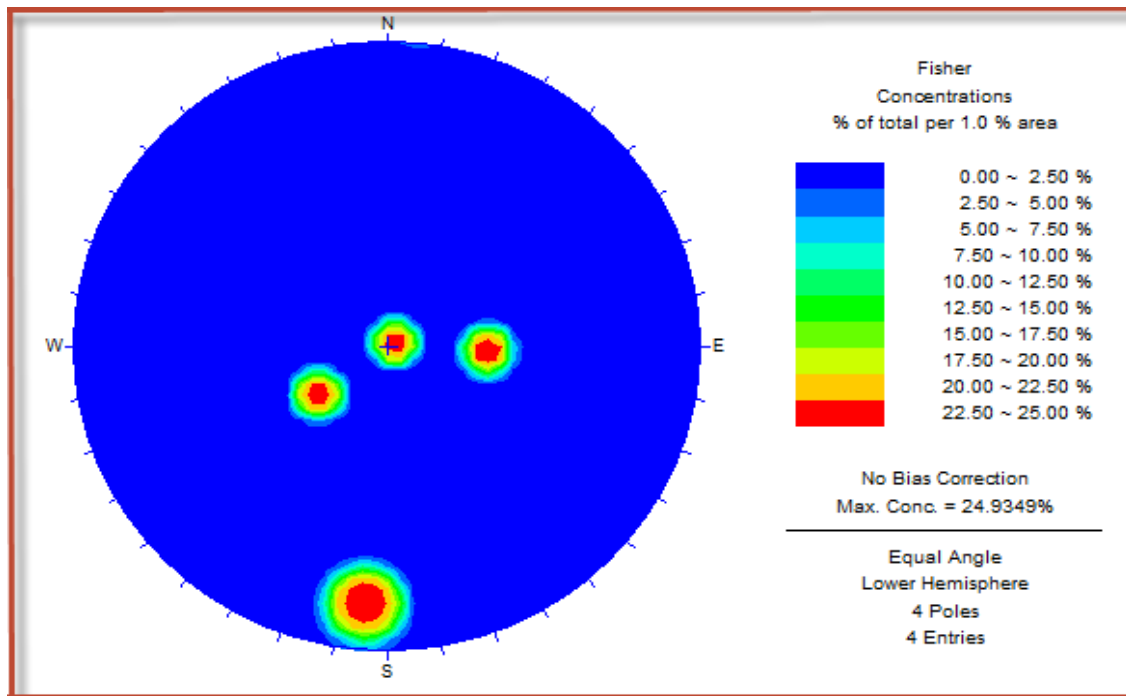
نام گسل	طول گسل (Km)	طول گسیختگی (Km)	فاصله از ساختمانه (Km)	بزرگا	بیشینه شتاب افقی (g)	بیشینه شتاب قائم (g)
قصر قند	۲۰۰	۱۰۰	۱۲۰	۷/۴	۰/۰۷	۰/۰۳
سراوان	۲۷۵	۱۳۷/۵	۱۵	۷/۶	۰/۴۱	۰/۲۶
جنوب زابلی	۱۵۰	۷۵	۲۷	۶/۷	۰/۲۷	۰/۱۷
دهک	۱۵۰	۷۵	۱۲/۵	۷/۳	۰/۴۲	۰/۲۷
سیمیش	۵۳	۲۶/۵	۱۵	۶/۷	۰/۳۱	۰/۲۰
کلچاری	۵۰	۲۵	۱۵	۶/۷	۰/۳۱	۰/۲۰
کنار	۱۰۰	۵۰	۲۵	۷/۱	۰/۲۶	۰/۱۶
بم پشت	۱۴۵	۷۲/۵	۳۵	۷/۲	۰/۲۱	۰/۱۳
ایبک	۴۰	۲۰	۲۷/۵	۶/۶	۰/۱۹	۰/۱۲

۴- تکتونیک جایگاه سد

بدنه سد ماشکید سفلی بر روی ماسه سنگ و شیل ائوسن قرار می گیرد. این واحد بدلیل نیروهای زمین ساختی چین خوردگی حاصل نموده و حاوی شکستگیهای متعددی (گسل و درزه) می باشد. این ناپوستگی در محل تکیه گاهها اندازه گیری و تحلیل شده اند که در (تصاویر ۴ و ۵). نمودار قطبی و صفحات ناپوستگی، هیستوگرام فاصله داری، پر شدگی، باز شدگی و تداوم دسته درزه ها ارائه شده اند.



تصویر ۴- نمودار قطبی و صفحات ناپوستگی جناح چپ ساختمانه سد ماشکید



تصویر ۵- نمودار قطبی و صفحات ناپیوستگی جناح راست ساختگاه سد ماشکید

شکل سطح درزه ها اغلب صاف تا کمی موج دار بوده و اغلب درزه ها فاقد پر شدگی و یا توسط لوم پر شده اند ولی درزه های زیر سطحی اغلب فاقد پر شدگی و یا توسط کلسیت پر شده اند. لذا با توجه به روند محور سد N47E زاویه حدود ۳۰ تا ۳۵ درجه تشکیل می دهند و لذا دسته درزه های مذکور، آبهای سطحی را بسمت پایین دست محور زهکشی می نمایند. و لذا گمانه های پرده آبنند باید این دسته درزه ها را پوشانند. تداوم دسته درزه ها متغیر از ۱ تا ۳ متر بوده و باز شدگی دهانه درزه ها ۰/۱ تا ۲/۵ میلیمتر متغیر است. در جناح راست اغلب درزه ها دارای شیب بسمت بالا دست بوده و آبهای سطحی را بسمت پایین دست زهکشی می نمایند. اغلب دسته درزه ها فاقد پر شدگی بوده و یا توسط کلسیت پر شده اند. شکل سطح درزه ها مواج تا صاف متغیر است. تداوم دسته درزه ها ۱ تا ۱۰ متر متغیر می باشد. این دسته درزه ها نیز باید آبنند شوند.

۵- مشخصات منابع قرضه

در جریان کاوش های صحرائی و مطالعات دفتری انجام شده برای تأمین مصالح مورد نیاز طراحی سد ماشکید سفلی، مجموعاً ۸ منبع قرضه مورد شناسایی واقع شده است. در میان قرضه های مذکور ۱ منبع قرضه از مصالح ریز دانه، ۵ منبع قرضه از مصالح درشت دانه و ۲ منبع قرضه از مصالح سنگی تشکیل شده اند.

۶- پارامترهای ژئومکانیکی ساختگاه سد ماشکید سفلی

جدول ۲- طبقه بندی ژئومکانیکی ساختگاه سد ماشکید سفلی RMR

موقعیت	$r\alpha$	r RQD	r s	r j	r G	r D	RMR (Min)	RMR (Max)	RMR (Ave)
جناح چپ	۴	۱۳	۵	۲۱-۶	۱۵-۷	۰	۳۵	۵۸	۴۶
جناح راست	۴	۱۳	۸-۵	۲۱-۴	۱۵-۷	۰	۳۳	۶۸	۵۰
بستر	۴	۱۳	۸-۵	۲۱-۴	۱۵-۷	۰	۳۳	۶۸	۵۰
کل ساختگاه	۴	۱۳	۷/۵	۱۴	۱۱	۰			۴۹

جدول ۳- طبقه بندی ژئومکانیکی ساختگاه سد ماشکید سفلی براساس DMR

موقعیت	αr	r RQD	r s	r j	r G	r D	DMR (Min)	DMR (Max)	DMR (Ave)
جناح چپ	۴	۱۳	۵	۲۱-۶	۱۵-۷	-۷	۲۸	۵۱	۳۹
جناح راست	۴	۱۳	۸-۵	۲۱-۴	۱۵-۷	-۷	۲۶	۶۱	۴۳
بستر	۴	۱۳	۸-۵	۲۱-۴	۱۵-۷	-۷	۲۶	۶۱	۴۳
کل ساختگاه	۴	۱۳	۷/۵	۱۴	۱۱	-۷			۴۲

بنابراین سنگها در رده های ضعیف (IV) تا بسیار خوب (II) و بطور میانگین در رده متوسط (III) قرار می گیرند.

۷- گزینه های مورد طرح برای ساختگاه مورد مطالعه

۷-۱ - گزینه سد خاکی با هسته قیری

طبق توصیه کمیته بین المللی ساخت سد های بزرگ این گزینه زمانی مطرح میشود که مصالح ناتراوا از جنس ریزدانه در منطقه وجود نداشته و یا مصالح مذکور از نظر خواص فیزیکی و شیمیایی مسئله دار باشند (وفاییان م، ۱۳۷۵). خوشبختانه به استناد نتایج حاصل از مطالعات حفاری های اکتشافی و بررسی مصالح ساختمانی ریزدانه (منابع قرضه ریزدانه) در ساختگاه ماشکید سفلی چنین محدودیتی ندارد. از این رو گزینه سد خاکی با هسته قیری نمی تواند به عنوان یکی از گزینه های مطرح، مورد بررسی قرار گیرد. از سوی دیگر سدهای خاکی با هسته قیری دارای نقاط ضعف اساسی میباشند که اعم آن عبارتند از: الف) نیاز به ماشین آلات خاص و پر هزینه، ب) عدم وجود تجربه لازم برای پیمانکاران داخلی جهت اجرا و محدودیت در انتخاب پیمانکاران خارجی، پ) عدم وجود تجربه عینی در حالت وقوع زلزله و مشخص نبودن رفتار و اندرکنش قیر-خاک، ت) نبودن به قیر با مشخصات ویژه و ث) عدم وجود تجربه متخصصین داخلی در ارتباط با رفتار سنجی و نگهداری.

۷-۲ - گزینه سد با بتن آسفالتی

اخیرا در بسیاری از کشور های جهان استفاده از هسته آسفالتی به عنوان المان بندی در مناطقی که منابع قرضه ریزدانه کمیاب بوده و یا تهیه، حمل و احداث هسته سد به دلایل شرایط اقلیمی، اقتصادی نبوده و یا بسیار زمان بر خواهد بود، رواج یافته است. در این نوع سد المان بندی، آسفالتی خاص به ضخامت ۷۰ سانتی متر تا ۱ متر در مرکز سد سنگریزه ای جانمایی می گردد. دو لایه فیلتر که عمدتا به عنوان قالب های هسته آسفالتی عمل می نمایند مناطق تقریبا زون بندی شده بدنه سنگریزه را به هسته آسفالتی مرتبط می نمایند (ابریشمی ج. و وهاب رجایی ن، ۱۳۸۶). در مقابل مزایای تشریح شده موارد ذیل به عنوان معایب این نوع سدها در نظر گرفته می شود. الف) لزوم به کارگیری ماشین آلات خاص و تقریبا پیچیده و یا لزوم طراحی و ساخت این ماشین آلات در داخل

کشور، ب) مسئولیت تضمین و صحت عملکرد هسته بتن آسفالتی از طرف شرکت طرف قرارداد تضمین گردد و ت) اشکالات و ناهنجاری های مرتبط بر تکنولوژی نو و لزوم دقت در اجرا با توجه به نوین بودن اینگونه شیوه های اجرایی.

۳-۷- گزینه سد خاکی با رویه بتنی

مزیت عمده این نوع سد اتخاذ شیب های تند تر و در نتیجه خاک ریزی کمتر بدنه سد می باشد. در سدهای خاکی با رویه بتنی با توجه به این واقعیت که پوسته در طی ساختمان و عملکرد سد اساسا خشک است و همچنین به علت عدم شرکت رس در بدنه سد، شیب پوسته می تواند از سایر گزینه های تندتر انتخاب گردد در نتیجه حجم بدنه سد از سایر گزینه ها کمتر خواهد شد (وفاییان م، ۱۳۸۶). معایب این نوع سد عبارتند از: الف) حساسیت بیشتر نسبت به نشست، ب) عدم وجود تجربه واقعی رفتار سد یا خسارت وارده به سد با رویه بتنی در مقابل زلزله با شتاب زیاد، پ) در زمینه رفتار نگاری و نگهداری این نوع سد تجربه کافی در بین متخصصین ایرانی موجود نیست، ت) دال پنجه در این گزینه می بایست بر روی سنگ کف قرار گیرد که این موضوع با توجه به وجود آبروفت بر هزینه های اجرایی خواهد افزود و ث) گزینه سد سنگریزه ای با رویه بتنی نسبت به عملیات خراب کاری و حملات جنگی بسیار حساس بوده که با توجه به موقعیت محل سد این موضوع از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد.

۴-۷- گزینه سد خاکی با پوشش ژئوممبران

یکی دیگر از روشهای آب بندی که اخیرا مطرح گردیده است استفاده از پوشش ژئوممبران برای آب بندی وجه بالادست سدهای سنگریزه ای می باشد. با توجه به وجود حجم مناسبی از مصالح درشت دانه در محدوده سد ماشکید سفلی، که امکان احداث سد سنگریزه ای را فراهم می آورد، می توان از این سیستم برای آب بندی و کنترل تراوش در پوشش بالادست سد استفاده کرد (نورزاد ع، غروری م. و نوربخش س، ۱۳۸۵). معایبی که استفاده از این تکنیک را با شک و تردید توأم می سازد عبارتند از: الف) عدم وجود نمونه های مشابه در سدهای بزرگ، ب) نیاز به وارد نمودن مصالح با مشخصات خاص از کشورهای خارجی و در نتیجه افزایش هزینه های ارزی سد و پ) از نظر اقتصادی با توجه به اخذ قیمت ها از شرکت های معدود وارد کننده ژئوممبران برای سدی در ابعاد ماشکید سفلی این روش آب بندی یا در حقیقت انتخاب این نوع سد، در مقایسه با انواع دیگر ممکن قابل طرح در ساختگاه ماشکید سفلی، مقرون به صرفه نخواهند بود.

۵-۷- گزینه سد بتن غلتکی (RCC, Roller Compacted Concrete for Gravity Dam)

بتن غلطکی (RCC) بعنوان مصالحی جدید در صنعت سدسازی در حال حاضر مورد توجه سدسازان بزرگ دنیا و مؤسسات تحقیقاتی می باشد (زنور الف. و متولی کهنه شهری ع، ۱۳۸۷). خوشبختانه به استناد نتایج حاصل از مطالعات حفاری های اکتشافی و بررسی مصالح ساختمانی (منابع قرضه درشت دانه) در ساختگاه ماشکید سفلی چنین محدودیتی ندارد. از این رو گزینه سد بتن غلتکی می تواند به عنوان یکی از گزینه های مطرح، مورد بررسی قرار گیرد. ساختمان سدهای بتن غلطکی طوری است که نه تنها معایب سدهای خاکی در آنها بر طرف شده (مثل نشست آب از بدنه، جدا بودن سازه های هیدرو لیکی از سد و عدم مقاومت در مقابل جریانات بیش از سیل طراحی در هنگام سرریز از تاج سد) بلکه نسبت به سدهای بتنی وزنی از مزایای زیر برخوردار هستند: الف) مصرف سیمان کمتر بوده و در نتیجه حرارت هیدراسیون تولید شده نیز کمتر می باشد، ب) سرعت زیاد در انتقال، تسطیح و تراکم کردن بتن به واسطه استفاده از ماشین آلات عملیات خاکی به جای استفاده از ویراتور، پ) عدم نیاز به سیستم خنک کننده از نوع پس سرمایه (لوله گذاری و عبور آب سرد برای خنک کردن بتن در سدهای بتنی)، ت) کاهش میزان قالب بندی، ث) ضریب ایمنی بالا، ج) کاهش درزهای قائم، ح) حساسیت کمتر نسبت به دانه بندی مصالح، خ) ساختگاه انتخابی سد ماشکید سفلی

در دره بازی واقع شده که عرض بستر رودخانه در کف و در امتداد محور در شکل طبیعی به حدود ۱۴۰۰ متر می رسد. موقعیت محور در این گزینه به شکلی است که احداث سدی با ارتفاع ۴۰ متر و به طول دهانه ۱۴۶۱ متر را امکان پذیر خواهد کرد. با این حال با توجه به میزان آورد رودخانه ارتفاع طراحی سد کمتر از مقدار مذکور بدست آمده است. که با توجه به قرصه در دسترس، وضعیت ژئوتکنیکی ساختگاه سد و ارزیابی های انجام پذیرفته سد خاکی با هسته آسفالتی ارجحیت داشته است لذا سد از نوع بتن غلطکی (RCC) با حداکثر ارتفاع ۳۳ متر از بستر رودخانه و با تراز تاج ۱۰۳۵ متر از سطح دریا و تراز نرمال ۱۰۲۵ متر از سطح دریا طراحی شده است. طول قسمت اصلی بدنه سد ۱۴۶۱ متر می باشد و همچنین مجموع طول زینچه های جناحین بدنه سد بالغ بر ۳۲۷ متر می شود. سد ماشکید سفلی بدلیل طول تاج زیاد و عدم وجود آب در کلیه فصول در رودخانه، بصورت مرحله ای احداث خواهد شد و (د) به طور کلی هزینه اجرایی سدهای بتنی غلطکی نسبت به سدهای بتنی وزنی حدود ۲۵ تا ۴۰ درصد، نسبت به سدهای خاکی و سنگریزه ای حدود ۵ تا ۲۰ درصد و نسبت به سدهای بتنی قوسی حدود ۵ تا ۱۵ درصد کمتر است.

۸- نتایج

- ۱- ساختگاه این سد از دیدگاه زمین شناسی از جنس شیل و ماسه سنگ است. که از نظر پارامترهای ژئومکانیکی در رده سنگهای متوسط قرار می گیرد.
- ۲- با توجه به گسل های فعال موجود در گستره ای به شعاع ۲۰۰ کیلومتری سد ماشکید سفلی بازگشت زمین لرزهایی با بزرگای ۵/۶ تا ۵/۷ ریشتر محتمل است.
- ۳- طبق کاوشهای صحرایی مصالح ریز دانه کم و مصالح درشت دانه زیاد می باشند.
- ۴- با توجه به نتایج مطالعات زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی ساختگاه سد ماشکید سفلی بهترین گزینه برای ساختمان سد آرسی سی می باشد.

۵- مراجع

- ابریشمی ج. و وهاب رجایی ن.، (۱۳۸۱)، "سدهای بتنی طرح و اجرا" انتشارات آستان قدس رضوی، ۵۴۴ ص.
- رحیمی ح.، (۱۳۶۳)، "سدهای خاکی"، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۷۱ ص.
- زنور الف. و متولی کهنه شهری ع.، (۱۳۸۷)، "بتن غلتکی در سد سازی" بر اساس ترجمه از آئین نامه انجمن مهندسين ارتش ایالات متحده، انتشارات تبریز فروزش، ۱۹۶ ص.
- شرکت سهامی آب منطقه ای استان سیستان و بلوچستان، مهندسین مشاور آب آرا سازه، (۱۳۸۹)، "مطالعات مرحله اول سد مخزنی ماشکید سفلی"، ۲۷۶ ص.
- نورزاد ع.، غروری م. و نوربخش س.، (۱۳۸۵)، "ارزیابی کفایت ابزار گذاری سدهای خاکی و سنگریزه ای به روش رتبه بندی"، انتشارات وزارت نیرو، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، ۶۶ ص.
- وفاییان م.، (۱۳۷۵)، "سدهای خاکی"، انتشارات جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی اصفهان، ۵۱۴ ص.
- وفاییان م.، (۱۳۸۶)، "اطلاعات اجرایی در مورد سدهای خاکی"، انتشارات ارکان دانش، ۴۸۴ ص.