

مقایسه وضعیت پایداری شیروانی های خاکی جناح چپ و راست

سد مخزنی پایین سیاه بیشه

ناصر عبادتی^۱، مرجان معدنی پور^۲، سید حسین میرزینلی یزدی^۳

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلام شهر، اسلام شهر، drebadati@iaau.ac.ir

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳- استادیار دانشکده عمران دانشگاه مالک اشتر، تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۲/۲۵ تاریخ تصویب: ۹۳/۱/۱۸

چکیده

در این مقاله سعی شده است علل وقوع ناپایداری دیواره سد پایین سیاه بیشه در جناح چپ و راست سد از نظر پتانسیل لغزش دامنه مورد ارزیابی قرار گرفته و به بررسی راهکارهای پایدار سازی و تثبیت دیواره های سد با توجه به ملاحظات فنی و اقتصادی و محدودیت های موجود پرداخته شود. بدین منظور در گام اول بازدیدهای صحرایی انجام و عوارض مهم و عناصر تکنیکی شناسایی گردیده و پس از جمع آوری مجموعه اطلاعات زیر سطحی موجود به منظور تعیین گسترش عمقی توده لغزشی با استفاده از داده های حاصل از گمانه های (سونداژ) اکتشافی که در مراحل مطالعات طرح سد حفاری شده اند جابجایی توده لغزشی شناسایی شد. با تعیین پارامترهای ژئومکانیکی توده لغزشی برای انجام تحلیل های پایداری با دقت مناسبی تخمین زده شد و با استفاده از نرم افزار Slide, V.5 تحلیل های نهایی ناپایداری محدود مورد مطالعه در امتداد مقاطع عرضی انجام و نتایج تحلیل پایداری در شرایط مختلف بارگذاری افت سریع آب مخزن-بارگزارش-شرایط رخداد زلزله و وجود فشار آب برای هر دو جناح سد بررسی شد. نتایج نشان داد که در تمام مقاطع در شرایط بارگذاری افت سریع آب مخزن ضرایب ایمنی دامنه کمتر از ۱ تعیین و نشانگر گسیختگی حتمی دامنه ها می باشد. از این رو برای تامین پایداری دامنه ها با توجه به مقایسه انواع روش های پایدارسازی گزینه برتر یعنی روش حفاری خاک بالادست روی توده لغزشی و خاکریزی در پایین دست توده لغزشی و تحکیم آن انتخاب و پیشنهاد گردید. در این روش حداقل عملیات خاکبرداری و خاکریزی انجام و بر اساس برآورد محاسبه شده جناح چپ دارای بیشترین حجم عملیات خاکی می باشد.

واژگان کلیدی: زمین لغزش، سد مخزنی، سیاه بیشه، پایدارسازی

مقدمه

نیروگاه ها در جهان بیش از ۹۰ هزار مگا وات است که معادل ۳ درصد انرژی الکتریکی تولیدی دنیا است ۱۹۰۰۰ مگاوات از این انرژی در امریکا و ۲۴۰۰۰

بهره برداری از اولین نیروگاه تلمبه ذخیره ای در سال ۱۸۹۰ میلادی در کشورهای ایتالیا و سوئیس آغاز شده است [11]. در حال حاضر ظرفیت تولید برق این

مگاوات در ژاپن تولید می شود. نیروگاه های تلمبه ذخیره ای دست کم از دو مخزن یعنی دریاچه در دو ارتفاع مختلف برخوردارند یکی در تراز بالاتر و دیگری در تراز پایین تر روش کار آنها به این گونه است که در زمان کم مصرف از انرژی اضافه موجود در شبکه برای پمپاژ آب ذخیره شده در مخزن پایین به سمت مخزن بالا بهره می گیرند تا انرژی آب به صورت پتانسیل برای زمان های پر مصرف در دریاچه بالا ذخیره شود زمانی که میزان مصرف بیشتر از توان تولیدی نیروگاه های سراسری باشد توربینهای این نیروگاه ها با رها سازی آب ذخیره شده از دریاچه بالا فعال می شوند تا پتانسیل ذخیره شده آب تبدیل به انرژی الکتریکی شود راه اندازی این نیروگاه ها همچون نیروگاه های برقابی معمولا در فاصله ۱ تا ۴ دقیقه صورت می گیرد.

طرح سد و نیروگاه سیاه بیشه شامل دوسد مخزنی- نیروگاهی می باشد که بر روی رودخانه فصلی چالوس قرار گرفته است و به علت پایین بودن میزان دبی رودخانه از نوع تلمبه- ذخیره ای انتخاب شده اند [13].

ظرفیت این سد در هنگام مصرف ۹۶۰ مگاوات و در زمان تولید انرژی برق ۱۰۴۰ مگاوات خواهد بود مهمترین هدف احداث این طرح ایجاد تعادل در شبکه برق مصرفی کشور در ساعات پربار و کم با مصرف است. طرح سیاه بیشه شامل دو سد بزرگ در بالا و پایین می شود که هر یک دریاچه ای مصنوعی را در پشت خود ایجاد کرده اند نوع این سدها سنگریزه ای با رویه ی بتنی است علت انتخاب رویه ی بتنی به عنوان المان آب بند سد دو جنبه اقتصادی و شرایط آب و هوایی منطقه است به لحاظ

اقتصادی دور بودن منابع قرضه ی رس و به لحاظ آب و هوایی بارندگی و سرمای منطقه عملیات اجرای هسته ی رسی یا روکش اسفالتی را با سختی مواجه می ساخته است لذا بهترین گزینه برای المان آب بند رویه ی بتنی بوده که به همین علت نوع سد سنگریزه ای با رویه ی بتنی انتخاب شده است ارتفاع سد بالا ۸۶/۵ متر طول تاج ۴۹۷ متر عرض تاج ۱۲ متر و پهنای آن در پی ۲۸۰ متر پیش بینی شده است در حالیکه سد پایین با ۱۰۴ متر ارتفاع و ۳۳۰ متر طول تاج طراحی شده است عرض آن در بالا ۱۲ متر است اما عرض آن در پی ۳۶۰ متر است اختلاف تراز تاج این سد ها نسبت به هم نزدیک به ۵۰۰ متر است [9].

سرریز طراحی شده برای هر دو سد از نوع آزاد پلکانی است که هر دو در هنگام سیلاب و بالا رفتن تراز آب فعال خواهند شد دریاچه های مصنوعی که پشت این دو سد ایجاد شده اند نیز از ابعاد و ظرفیت های متفاوتی برخوردار هستند حجم مفید دریاچه سد بالا ۳/۶ میلیون متر مکعب و مساحت دریاچه بالا در تراز حداکثر ۱۹۰ هزار متر مربع و حجم مفید دریاچه سد پایین ۳/۷ میلیون متر مکعب می باشد. مساحت دریاچه سد پایین در تراز حداکثر ۲۳۰ هزار متر مربع محاسبه شده است تأمین پایداری شیروانی های خاکی مشرف به مخزن سد پائین سیاه بیشه از دو منظر حائز اهمیت می باشد: یکی تضمین پایداری جاده ارتباطی کرج- چالوس در ساحل راست و جاده دسترسی به تونل دسترسی اصلی به نیروگاه در ساحل چپ و دیگری ممانعت از کاهش حجم مخزن سد در اثر لغزش مصالح به داخل مخزن با توجه به حجم اندک مخزن سد و همچنین به

ناپایداری در مخزن سد بویژه سد پائین که موضوع این تحقیق می باشد، شده است. اهمیت تأمین پایداری دامنه های خاکی مخزن سد پائین، علاوه بر عبور جاده چالوس در ساحل راست و جاده دسترسی به تونل دسترسی اصلی (MAT) در ساحل چپ و ریسک زیاد گسترش ناپایداری به این جاده ها در صورت وقوع ناپایداری در ترازهای پائینی و از دست رفتن این جاده ها، کاهش حجم مفید مخزن به دلیل وقوع ناپایداری های موضعی می باشد. چرا که حجم فعال مخزن در این سد نسبت به طرح های مشابه بسیار کم (حدود ۳/۵ میلیون متر مکعب) بوده و کاهش اندک این حجم می تواند اثرات قابل توجهی را بر عدم تحقق اهداف طرح داشته باشد.

در محدوده پروژه، حداکثر میزان بارش در ماه های بهمن و اسفند تا اردیبهشت و خرداد حادث می شود و حداکثر میزان بارش ۳۰۰ میلی متر می باشد. متوسط دبی ورودی به مخزن سد پائین در حدود ۶۷.۱ متر مکعب بر ثانیه برآورد گردیده است. دبی خروجی سد بالا به نسبتی بین دو محدوده آبخیز تقسیم می شود. با این وجود، اختلاف میزان بارش متوسط بین گرم رودبار (۴۰۰ میلی متر در سال، برای قسمت پائین حوضه آبریز) و شمال کندوان (۹۵۰ میلی متر در سال، برای قسمت بالایی حوضه آبریز) بر روی مشخصات جریان تأثیر خواهد گذاشت.

منظور دستیابی به ایجاد تعادل در شبکه مصرفی کشور در ساعت های پربار و کم بار مصرف تولید انرژی برق آبی با ظرفیت ۱۰۴۰ مگاوات در ساعت های پر بار مصرف - مصرف انرژی الکتریکی با ظرفیت ۹۶۰ مگاوات در ساعت های کم بار مصرف و کاهش هزینه های استهلاك نیروگاه های حرارتی پایداری مخازن سدها در زمان بعد از آبیگری و بهره برداری از سد به دلایل زیر دارای اهمیت می باشد.

۱- وقوع گسیختگی های بزرگ در دامنه های سنگی و خاکی مشرف به مخزن سد می تواند با ایجاد امواج بزرگ در مخزن و کاهش سریع حجم مخزن موجب عبور آب از روی تاج سد گردد [19]. این پدیده در سدهای خاکی میتواند منجر به آسیب قابل توجه به سد و حتی گسیختگی آن گردد. در سدهای بتنی و حتی سدهای خاکی رویه بتنی (CFRD) عبور آب از روی تاج می تواند منجر به آسیب های جدی به تأسیسات پایین دست سد گردد.

۲- کاهش حجم مخزن و آسیب به سازه هایی از جمله تخلیه کننده تحتانی از دیگر اثرات وقوع ناپایداری در مخزن می باشد.

۳- در طرح سیاه بیشه، اثر دوم از مجموعه اثرات فوق الذکر موجب بیشترین نگرانی در خصوص وقوع

جدول ۱ - میزان سیلاب با دوره بازگشت ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ ساله در مخازن سد پایین و بالا [3].

دوره بازگشت ۱۰۰۰۰ ساله		دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله		محل
حداکثر دبی خروجی	متوسط دبی خروجی روزانه	حداکثر دبی خروجی	متوسط دبی خروجی روزانه	
۳۳۰ m ³ /sec	۱۶۵ m ³ /sec	۲۴۰ m ³ /sec	۱۲۰ m ³ /sec	مخزن سد پایین
۱۰۶ m ³ /sec	۵۳ m ³ sec	۷۶ m ³ /sec	۳۸ m ³ /sec	مخزن سد بالا

جدول ۲ - میزان سیلاب سیستم‌های انحراف سدهای بالا و پایین [3].

محل	حداکثر سیلاب ۲۰ ساله	حداکثر سیلاب ۱۰۰ ساله	نتایج سال ۱۹۸۳ با دوره بازگشت ۲۰ ساله
مخزن سد پایین	۷۴ m ³ /sec	۱۴۱۵ m ³ /sec	۳۶۰ m ³ /sec
مخزن سد بالا	۲۴ m ³ /sec	۴۵ m ³ /sec	۸۰ m ³ /s c

شرح مراحل انجام تحقیق

۱- انجام بررسی های صحرایی به منظور جمع آوری مجموعه داده های لازم شامل: تعیین محدوده و هندسه لغزش، تعیین عمق سنگ کف، شناسایی ویژگی های مکانیکی مصالح موجود در محل و ... با انجام بازدیدهای صحرایی در محل به خوبی محدوده لغزش (گسترش سطحی و مرزهای جانبی توده لغزشی شناسایی و تعیین گردید. گسترش سطحی محدوده لغزش با انجام عملیات نقشه برداری و پیاده کردن برداشت ها روی نقشه های توپوگرافی محدوده مورد بررسی با دقت قابل قبولی انجام پذیرفت.

۲- مانیٹورینگ توده لغزشی:

اطلاع از جهت و مقدار جابجایی توده ناپایداری تواند در تعیین دقیق مکانیزم گسیختگی و ناپایداری کمک شایانی کند. از این رو مجموعه ترک های شکل گرفته روی توده ناپایدار با نصب نقاط نقشه برداری (Geodetic points) و برداشت مستمر موقعیت فضایی این نقاط مانیتور شدند.

۳- جمع آوری مجموعه اطلاعات زیر سطحی موجود در محدوده مورد مطالعه: به منظور تعیین یا برآورد گسترش عمقی توده لغزشی، با توجه به نبود زمان و فرصت کافی برای حفر گمانه یا چاهک های اکتشافی، تنها راه حل ممکن استفاده از داده های حاصل از گمانه های اکتشافی احتمالی که در مراحل مطالعات طرح حفاری شده اند بود. بنابراین با

مراجعه به اسناد طرح دو گمانه به اسامی NDG3 و NDG1 در محدوده مورد بررسی شناسایی گردید. با توجه به عدم دسترسی به مغزه های حاصل از حفر این گمانه ها، صرفاً لاگ این دو گمانه برای استخراج اطلاعات لازم مورد استفاده قرار گرفت. اطلاعات مندرج در لاگ این دو گمانه برای ترسیم خط سنگ و تعیین محدوده تقریبی سطح لغزش و تخمین ویژگی های مکانیکی مصالح موجود در محدوده مورد بحث به خوبی مورد استفاده قرار گرفت.

۴- تخمین پارامترهای ژئومکانیکی مصالح لغزشی برای انجام تحلیل های پایداری لازم علاوه بر اینکه مرز بین لایه های مختلف تشکیل دهنده توده باید با دقت قابل قبولی مشخص باشد، پارامترهای ژئومکانیکی مصالح نیز باید با دقت مناسبی تعیین یا تخمین زده شود. مطابق توضیحات پیش گفته، نبود فرصت کافی برای انجام مطالعات اکتشافی با توجه به آب گیری مخزن و محدودیت زمانی برای بهره برداری از نیروگاه، تنها راه باقیمانده استفاده از داده های موجود و انجام تحلیل برگشتی است. بعد از تعیین پارامترهای مقاومتی و تغییر شکل پذیری لازم، تحلیل های پایداری با استفاده از نرم افزار Slide5 انجام خواهد شد. تحلیل های پایداری نهایی محدوده مورد مطالعه، با توجه به هندسه توده لغزشی در امتداد مقاطع انجام شده است.

۵- مقایسه وضعیت پایداری جناح چپ و راست مخزن سد و حرکات توده های لغزشی

۶- جمع بندی روش های مختلف پایدار سازی بر اساس ملاحظات فنی اقتصادی و معرفی روش بهینه

ماسه سنگ و شیل و سنگ های آذرین از نوع نفوذی و خروجی مس می باشند [15].

زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

محدوده رشته کوه های البرز با توجه به ساختار متفاوت و متغیر زمین شناسی به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم می شود. پروژه سیاه بیشه در شمال رشته کوه های البرز (بخش شمالی)، در محل طبقات اصلی زمین شناسی و در منطقه لایه بندی شده به لحاظ زمین شناسی، واقع شده است. به واسطه گسل کندوان، بخش شمالی رشته کوه های البرز در ساختار شمشک قرار گرفته اند.

وضعیت زمین شناسی رشته کوه های البرز ظاهری شبیه یک طاقدیس مرکب بزرگ دارا می باشد. سنگ شناسی و چینه شناسی این طاقدیس مرکب، به طور متوالی از دوره پرکامبرین تا کواترنری وجود دارد [1]. اجزای اصلی طرح شامل، مخزن سد بالا و سازه های وابسته، تونل های آبرسان، مخازن فشار شکن و بخش ابتدایی از شفت های تحت فشار که در محدوده گسل اصلی فعال می باشد، همگی در ساختار شمشک قرار گرفته اند. این بخش عمدتاً شامل شیل، لای و ماسه سنگ می باشد.

بخش های دیگر پروژه از جمله، قسمت پایین دست شافت های مایل، مغار نیروگاه، مغار ترانسفورمر، تونل های پایاب و سد پایین و سازه های وابسته در توالی ساختارهای روته و درود قرار گرفته اند و عمدتاً شامل سنگ آهک با ترکیبات و توزیع متفاوت

چینه شناسی و سنگ شناسی

نقشه زمین شناسی منطقه شمال کندوان، از کندوان تا چالوس در سال ۱۳۴۴ توسط گلاوس تهیه و توصیف شده است. پنج واحد اصلی چینه شناسی و ساختاری در آن قابل تشخیص است. سه واحد از پنج واحد مزبور در زمین شناسی منطقه نیروگاه تلمبه-ذخیره ای سیاه بیشه دخالت دارند. گسل رورانده کندوان که یک گسستگی اصلی به شمار می رود، [7]. سلسله جبال این منطقه را از لحاظ ساختاری و چینه بندی به دو بخش تقسیم می کند. در جنوب این گسل، توالی سنگ های دوران سوم شامل سنگ های شیلی، سنگ های آگلومرا و انواع سنگ های آتشفشانی تشکیلات کرج از سطح زمین بیرون زده اند. در شمال این گسل، آثاری از سنگ های دوران سوم دیده نمی شود. سنگ های بیرون زده در این منطقه فقط به دوره پالئوزوئیک و مزوزوئیک تعلق دارند. این سنگ ها با یک واحد ساختاری شامل سنگ های متعلق به دوره ژوراسیک (تشکیلات شمشک) آغاز می شوند و با یک گسل رورانده به طرف شمال محدود می گردند.

تشکیلات شمشک که عمدتاً از شیل و انواع ماسه سنگ تشکیل می شود، شدیداً چین خورده و گسل دار است. در بخش بالایی این تشکیلات، لایه های نازکی از زغال به چشم می خورد. لیکن اثری از

رسوبات آهکی شناخته نشده است. کمی در سمت شمال، واحدهای زیرین، شامل سری سنگ های دوره تریاس و تمام تشکیلات متعلق به دوره پالئوزوئیک تا کامبرین دیده می شوند. سنگ های رسوبی در این واحدها، سنگ های غالب هستند. فقط در دوره پرمین میانی است که سنگ های آذرین بیشتری دیده می شود. رخنه سنگ های آتشفشانی در گسل ها و تشکیل دایک هایی در تشکیلات خاصی از دوران های پالئوزوئیک و مزوزوئیک نشان می دهد که فعالیت های آتشفشانی تا اواخر دوران سوم ادامه داشته است [1]. منطقه سیاه بیشه از نظر لیتولوژیک در سازندهایی با سن کربونیفر تا ژوراسیک قرار گرفته اند و رسوبات کواترنری آبرفتی و مواد واریزه ای می باشد. لایه های تحت الارضی شامل موارد ذیل می باشد [2].

۱- سیلت و ماسه سنگ (تیپ فیلیش) سازند شمشک

۲- سنگ آهک و دولومیت - ماسه سنگ

۳- ماسه سنگ کوارتزیتی - شیل قرمز

۴- دولریت، بازالت و پورفیری ها

از نظر لیتواستراتیگرافی موجود سازندهای این منطقه به ترتیب از جدید به قدیم شامل سازند شمشک، الیکا، نسن، روته، درود و جیروود می باشد. سازند دورود مطابقت بسیار زیادی با سازند جیروود دارد. مرز ظاهری به صورت یک تغییر آشکار ناگهانی لیتولوژیکی بین سنگ آهک دولومیتی رنگ روشن بر روی رأس جیروود و سیلتستون قرمز رنگ و شیل در

قاعده درود می باشد. تشکیلات درود به صورت هم شیب روی جیروود را می پوشاند. زانویی پایینی شفت های تحت فشار، مغار نیروگاه و ترانسفورماتور، تونل های پایاب، سازه خروجی و بسیاری از سازه های مرتبط با نیروگاه و ترانسفورماتور به طور کامل در سازند درود واقع شده اند [6].

زمین شناسی ساختمانی و ویژگی های ژئوتکنیکی

نخستین ساختارهای منفرد در این منطقه در اثر حرکات کوهزایی در دوره کرتاسه فوقانی و به خصوص در دوره ائوسن پدید آمده است. این تحول شدید، شبکه بزرگی از گسل ها را به وجود می آورد. گذشته از این، نمی توان از نظر پنهان داشت که ناپیوستگی های به مراتب کهن تری وجود داشته واز نو فعال شده اند. نخستین چین خوردگی شدید همراه با تحکیم بعدی در بخش بزرگی از منطقه سیاه بیشه (محل نیروگاه تلمبه - ذخیره ای) در اواخر دوره ائوسن و اوایل دوره میوسن به وقوع پیوست و به دنبال آن دوره ای از حرکات شدیدتر آغاز گردید که گسل رورانه متعلق به اواخر دوران سوم در دوره پلیوسن و میوسن، نشانه تشخیص آن است.

شکل ظاهری کوه در حال حاضر، نتیجه تغییرات جاری، هوازدگی و فرسایش سنگ های تشکیل دهنده سلسله جبال البرز است. این تغییرات، به روشنی در لایه بندی رسوبات جوان دامنه ای و رسوبات آبراهه ها که شبیه مختصر توأم با گسل

دارند، دیده می شود. در طی این مرحله شکل گیری، در امتداد خطوط اصلی گسل رورانده کندوان نیز حرکتی صورت گرفته است [4]. در اوایل کواترنری بالآآمدگی و حرکات تکتونیکی منجر به چین خوردگی و گسل خوردگی لایه ها شده و در نتیجه به دلیل سنگ شناسی متناوب سست و مقاوم و مورفولوژی پر شیب باعث گردیده است زمین لغزش های بزرگی در منطقه رخ دهد این وضعیت در حضور آبراهه ها و افزایش رطوبت تشدید می یابد.

گسل های ناحیه مورد مطالعه

پتانسیل لرزه خیزی در هر منطقه با گسل های موجود در آن منطقه ارتباط مشخصی دارد. در منطقه اجرای پروژه و اطراف آن، سه گسل اصلی شناخته شده است که عبارتند از:

۱- گسل رورانده کندوان

۲- گسل رورانده اصلی (main trust fault)

۳- گسل گرم رودبار

- **گسل رورانده کندوان:** گسل رورانده کندوان، گسل اصلی این منطقه است که از لحاظ طول و اهمیت ساختمانی فعال است. اگر گسل کندوان را بر حسب امتدادهای متفاوت گسل و بیرون زدگی مربوطه، به چند قطعه تقسیم کنیم یک قسمت فعال به طول ۱۵ کیلومتر در فاصله ۳ کیلومتری سد بالایی و ۵ کیلومتری سد پایینی وجود دارد. طبق تحقیقات (مارک و بونیلد ۱۹۷۷ و ویس ۱۹۷۹) این طول گسل را در

عین حال می توان یک شکاف سطحی دانست که به هنگام آزاد شدن انرژی می تواند زلزله ای به شدت ۶/۴ تا ۶/۸ ریشتر ایجاد کند. بیشتر زلزله های منطقه، یک عمق کانونی در حدود ۳۰ کیلومتر دارند، در نتیجه می توان انتظار داشت در فاصله ۱۰ کیلومتری اطراف پروژه یعنی جائیکه گسل کندوان شیب ۷۰-۸۰ درجه ای رو به شمال پیدا می کند، یک کانون زلزله با شدت ۶ تا ۷ درجه وجود داشته باشد.

- **گسل گرم رودبار:** گسل گرم رودبار به طول ۱۵۰ کیلومتر در شمال روستای گرم رودبار در محل تلاقی رودهای گرم رودبار و چالوس، به هنگام قطع رودخانه چالوس مشخص می شود. ادامه شرقی و غربی این گسل با ارزیابی عکس های هوایی مشخص می گردد. لیکن طول کامل آن هنوز بدست نیامده است. فعالیت اخیر این گسل رامی توان از روی گسل دار شدن مواد تراست رودخانه ای در ساحل چپ رودخانه چالوس نشان داد

- **گسل رورانده اصلی (M.T.F):** گسل رورانده اصلی را باید یک گسل اریبی بین گسل کندوان و گرم رودبار به شمار آورد. گسل رورانده اصلی، در شمال غربی روستای گرم رودبار به گسل گرم رودبار می رسد. هنوز امکان پیوستن آن در جنوب شرقی به گسل کندوان را نمی توان تایید کرد. هر چند براساس مشخصات زمین شناسی متعدد می توان آنرا محتمل دانست. محل و جهت گیری گسل رورانده اصلی نشان می دهد که این گسل را باید در ردیف گسل های درجه دوم قرار دهیم و این بدان معنی

سازندهای پرمو- تریاس (الیکا، روته، نسن) بر روی سازند شمشک (تریاس) رانده شده است [16]. از نقطه نظر تکتونیکی به تبعیت از سیستم کلی منطقه ناحیه‌ای است که توسط گسل‌های بسیار عمیق با روند شرقی - غربی گسله شده و به صورت بلوک‌هایی که نسبت به هم فرو رفته یا بالا آمده‌اند، شکل گرفته است. مدل ساختار تکتونیکی البرز مرکزی ساختارگلی مثبت می‌باشد. منطقه سیاه بیشه در بین دو گسل کندوان از جنوب و گسل ولی آباد از شمال قرار دارد (شکل ۱).

محدوده مابین دو گسل فوق توسط یک گسل تراست اصلی (MTF) با مشخصات: امتداد - N80 67W و شیب 70N - 50، پهنای خرد شدگی در حدود ۱۰ تا ۱۵ متر، طول چند ده کیلومتر و با جابجایی عمودی بیش از ۱۰۰۰ متر می‌باشد. که میلونیت‌های حاصل از آن عمدتاً رسی بوده و با وجود متراکم بودن، هیچ نشانه‌ای از سیمانی شدن مجدد را نشان نمی‌دهند.

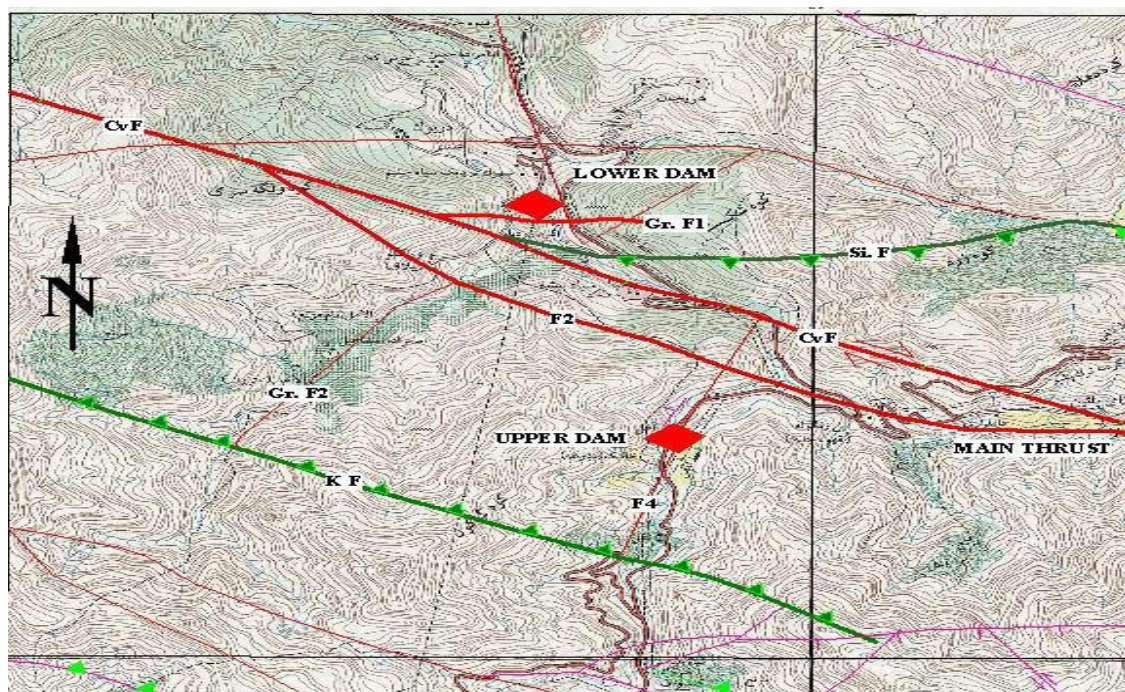
۱- گسل‌هایی که جهت شیب آنها به سمت شمال می‌باشد شامل گسل تراست اصلی (MTF)، گسل T-S-1، گسل T-S-2 و گسل T-S-3.

۲- گسل‌هایی که جهت شیب آنها به سمت جنوب می‌باشد شامل گسل (SSF) گسل F.N.3، گسل T-N-1 و گسل T-N-2.

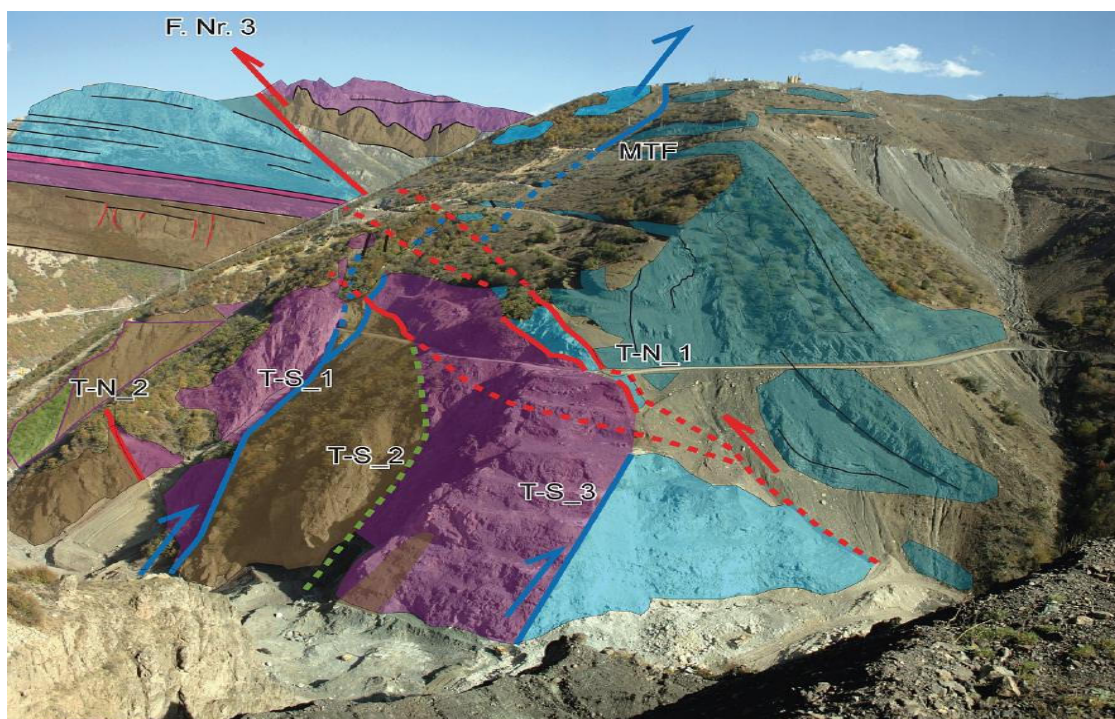
است که جابجایی گسل را فقط در ارتباط با جابجایی‌هایی در گسل‌های اصلی می‌توان مشاهده کرد. لیکن می‌توان ثابت کرد که در این گسل نیز پاره‌ای از حرکات اخیر وجود دارد و نشانه‌های آن آریبی شدن رسوبات رودخانه‌ای و گسل دار شدن مواد تراس در ساحل چپ رودخانه چالوس نزدیک گرم رودبار است.

در واقع مهم‌ترین گسلی که پروژه را قطع می‌کند، گسل اصلی می‌باشد که به اشتباه تراست نامگذاری شده است. بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد که شیب این گسل در سطح، نزدیک به ۷۸ درجه و در عمق به ۵۵ درجه می‌باشد این گسل در محل سازه اتاقک جابجایی تونل‌های آبرسان را قطع می‌کند و هدف از تعبیه اتاقک جابجایی نیز جلوگیری از گسیختگی سازه‌های آبرسان در اثر حرکت احتمالی آن گسله می‌باشد، به گونه‌ای که اتاقک جابجایی به راحتی می‌تواند جابجایی به اندازه یک تیر در تمام جهات فضایی را متحمل و مانع انتقال آن به سازه‌های آبرسان گردد. بواسطه عملکرد این گسله طی مطالعات و بررسی‌های صحرایی بازبینی لاگ گمانه‌ها علاوه بر گسل تراست اصلی (MTF) گسل - های دیگری نیز در محدوده پروژه مشخص شده که تاثیر زیاد در شرایط پایداری منطقه ایفای کنند [14] (شکل ۱ و ۲). سیستم گسل‌های محدوده پروژه را می‌توان به دو سیستم تقسیم‌بندی نمود:

(Moshanir, Sakoo, Colenco, 2006)



شکل ۱- موقعیت گسل های اصلی نسبت به ساختگاه سد پایین [15]



شکل ۲- نمایی از سیستم گسل های فشاری محدوده مورد مطالعه و مناطق تحت فشار [14]

زمین لغزش ها: سه زمین لغزش اصلی در محدوده مورد مطالعه شامل زمین لغزش دونا و زمین لغزش سیاه بیشه زمین لغزش دریا بک وجود دارند. زمین لغزش دونا در محل سد بالا واقع شده و دقیقاً در مخزن سد بالا قرار می گیرد.

این زمین لغزش فعال بوده و حرکات مداوم آن درجاده چالوس در محل سد بالایی به خوبی مشخص است.

روستای سیاه بیشه کاملاً بر روی محدوده ای که شبیه یک زمین لغزش قدیمی به نظر می رسد قرار گرفته است و در حالی که یک قسمت از آن فعال است.

وجود و نحوه فعالیت این زمین لغزش ها به وسیله ۱۰۱ سوند الکتریکی، ۹ پروفیل ارتعاشی، ۲ گمانه زنی به ترتیب از ۱۰۰ m و ۴۱/۵ m و ۴ نقشه از چاههایی به عمق ۹تا۷/۵ متر مشخص گردیده است با توجه به آزمایشات و بررسی های انجام شده و همچنین سایر گزارشات و مطالعات قبلی موارد زیر را در رابطه با این زمین لغزش ها مشخص می نماید:

۱- زمین لغزش های سطحی که عمدتاً به سازند شمشک تعلق دارند به صورت صخره های شکاف خورده قابل رویت می باشند. علاوه بر این، زمین لغزش ها حاوی بلوک های سنگ آهک از سری های فرعی هستند [20,18].

۲- ناحیه ای که توسط زمین لغزش در برگرفته شده حدود 40 هکتار می باشد. این زمین لغزش ها، یک منطقه غیرفعال و دو منطقه فعال در قسمت پایین تر خود دارند.

۳- مطالعات ژئوفیزیکی نشان می دهد که ضخامت لغزش ها می تواند بین ۱۰۰-۱۲۰ متر در قسمت مرکزی و حدود ۵۰ متر در محدوده روستای سیاه بیشه باشد.

۴- پایین دست رودخانه بدون شک توسط یک گسل قطع شده و ضخامت لغزش فقط 20 متر است حفاری ها نشان می دهد که زمین لغزش ها از یک لایه سطحی از 20 تا 25 متر بر روی مجموعه ای از سیلت های رسی، ماسه ها و گراول ها که متعلق به سازند شمشک می باشد، ساخته شده اند. تمام زمین لغزش ها می تواند ناشی از تأثیر گسل تراست اصلی باشد. این بریدگی به سمت جنوب غربی شیب دارد و صخره شکاف خورده بیشتر در آن نقطه نشان داده شده است [14].

وضعیت نفوذپذیری توده خاک سطحی

از آنجائی که در طرح سیاه بیشه شرایط افت سریع آب مخزن (در محدوده حداقل و حداکثر تراز بهره برداری) جزو شرایط عادی بهره برداری محسوب می شود به گونه ای که در طول شبانه روز تراز آب مخزن چندین مرتبه بین حداقل تراز بهره برداری (۱۸۸۵ متر از سطح دریا) و حداکثر تراز بهره برداری (۱۹۰۵ متر از سطح دریا) در نوسان می باشد، شرایط بحرانی بارگذاری (یعنی شرایط افت سریع آب مخزن) جزو شرایط عادی بارگذاری در این طرح محسوب می گردد. از این رو نفوذپذیری مصالح موجود در دامنه های مشرف به مخزن به ویژه در

بنابراین تمام نمونه ها دارای مقادیری رس و بیش از ۳۰٪ از خاک مستقر در دامنه های مشرف به مخزن ریزتر از ۰.۰۷۵ میلی متر می باشند

با مشخص شدن وضعیت دانه بندی مصالح و اندازه ذرات تشکیل دهنده آن می توان تخمینی نزدیک به واقعیت را از ضریب نفوذپذیری این مصالح بدست آورد.

مطابق جداول فوق الذکر، ضریب نفوذپذیری مصالح خاکی موجود در محدوده مورد بررسی همواره کمتر از 10^{-6}m/s می باشد.

این موضوع مؤید این مطلب است که این مصالح نمی توانند به عنوان مصالح با زهکشی آزاد عمل کرده و در شرایط افت سریع سطح آب مخزن، فشار آب منفذی باقیمانده در خاک به عنوان یک نیروی محرک در کاهش پایداری عمل کرده از این رو این فشار باید در تحلیل های پایداری لحاظ گردد.

در جدول ۴ پارامترهای مقاومت برشی مصالح موجود در محدوده مورد مطالعه ذکر شده است.

محدوده نوسانات سطح آب مخزن، در پایداری آنها در زمان افت سریع سطح آب تأثیر قابل توجهی می گذارد.

به گونه ای که اگر نفوذپذیری مصالح موجود در دامنه های خاکی به اندازه ای باشد که تراز آب در دامنه هم زمان با تراز آب مخزن پائین برود (به عبارتی مصالح زهکشی آزاد باشند)، در چنین شرایطی دامنه با افزایش فشار آب حفره ای چندانی مواجه نشده و این حالت بارگذاری جزو شرایط بحرانی نیس [21,12].

از آنجائیکه اطلاعات دقیقی از نفوذپذیری مصالح خاکی واقع در دامنه های مشرف بر مخزن سد پایین در محدوده مورد بررسی در دسترس نمی باشد، در این تحقیق با استفاده از نتایج دانه بندی انجام شده روی این مصالح و رده بندی این مصالح در طبقه بندی یونیفاید و نفوذپذیری ارائه شده برای این مصالح تخمین زده شده است [11] (جدول ۳).

نتایج آزمایشات دانه بندی نشان می دهد که بخش عمده ای از نمونه خاک موجود در محل طبق طبقه بندی یونیفاید در رده GC قرار می گیرد. بیش از ۶۷٪ نمونه ها در رده GC و سایر نمونه ها به ترتیب در رده های SC, GW-GC, GC-GM قرار می گیرند.

جدول ۳- نتایج آزمایش دانه بندی انجام شده روی نمونه خاک های دامنه های مشرف به مخزن سد پایین [8,10]

USAC Group	Location of Sampling	samples	Percent
GC	Right & Left Bank	12	66.7
GC-GM	Right & Left Bank	3	16.7
SC	Right Bank	1	5.5
CL	Left Bank	1	5.5
GW-GC	Right Bank	1	5.5

جدول ۴- پارامترهای مقاومت برشی مصالح موجود در محدوده مورد مطالعه

Location	Type	Dry Unit Weight(KN/m ³)	Sat. Unit Weight(KN/m ³)	Friction Angle (ϕ) (Degree)	Cohesion (C)(KPa)
Left Bank	Rock Mass	26.5	26.7	48	900
	Talus	19.5	20.5	37	25
	Discontinuities	-	-	35	27
Right Bank	Rock Mass	26.5	26.7	48	900
	Talus	19.5	20.5	37	30
	Discontinuities	-	-	35	27
Left and Right Bank	Rock Fill	22.5	22.7	47	0

معیارهای طراحی و ترکیب بارگذاری مختلف

قبل از انجام هر گونه تحلیل پایداری، ضروریست معیارهای اصلی و مهمی که لازم است در تحلیل ها لحاظ گردد، مشخص و معرفی گردند. در این تحقیق با توجه شرایط خاص و ویژگی های پروژه، معیارهای زیر در تحلیل های پایداری لحاظ خواهد گردید:

- ۱- تراز حداکثر بهره برداری از مخزن:
1905.20m asl
- ۲- تراز حداقل بهره برداری از مخزن:
1885.20m asl
- ۳- شرایط بارگذاری حین زلزله: سطح زلزله مبنای طراحی یا OBE : Operation Base Earth (quake) با شتاب افقی معادل 0.2g
- ۴- شرایط مختلف بارگذاری و ضرایب ایمنی حداقل مورد نیاز: (مطابق جدول ۵)

جدول ۵- شرایط مختلف بارگذاری و ضرایب ایمنی حداقل مورد نیاز در طراحی ها

Combined load case	Load Case				Factor of Safety		
	Gravitation Load	Water Pressure	Rapid Drawdown	Earthquake	1.5	1.3	1.1
C1	✓				✓		
C2	✓	✓			✓		
C3	✓	✓		✓			✓
C4	✓	✓	✓			✓	

این رو اجرای تمهیدات لازم برای تأمین پایداری دامنه و حصول به ضرایب ایمنی لازم، ضروری است بر اساس معیارهای طراحی طرح در شرایط بارگذاری C3، حداقل ضریب ایمنی مورد نیاز دامنه ۱/۱ و در شرایط بارگذاری C4 این مقدار ۱/۳ می باشد. بر این اساس ابعاد هندسی و حجم خاکریزی به گونه ای بهینه شده است که حداقل ضرایب ایمنی فوق تأمین شود. مشخصات هندسی، احجام خاکریز و ضرایب ایمنی در شرایط فعلی و پس از خاکریزی برای مقاطع مختلف محاسبه گردید (جدول ۱۰). بیش از ۸۰۰۰۰ متر مکعب از

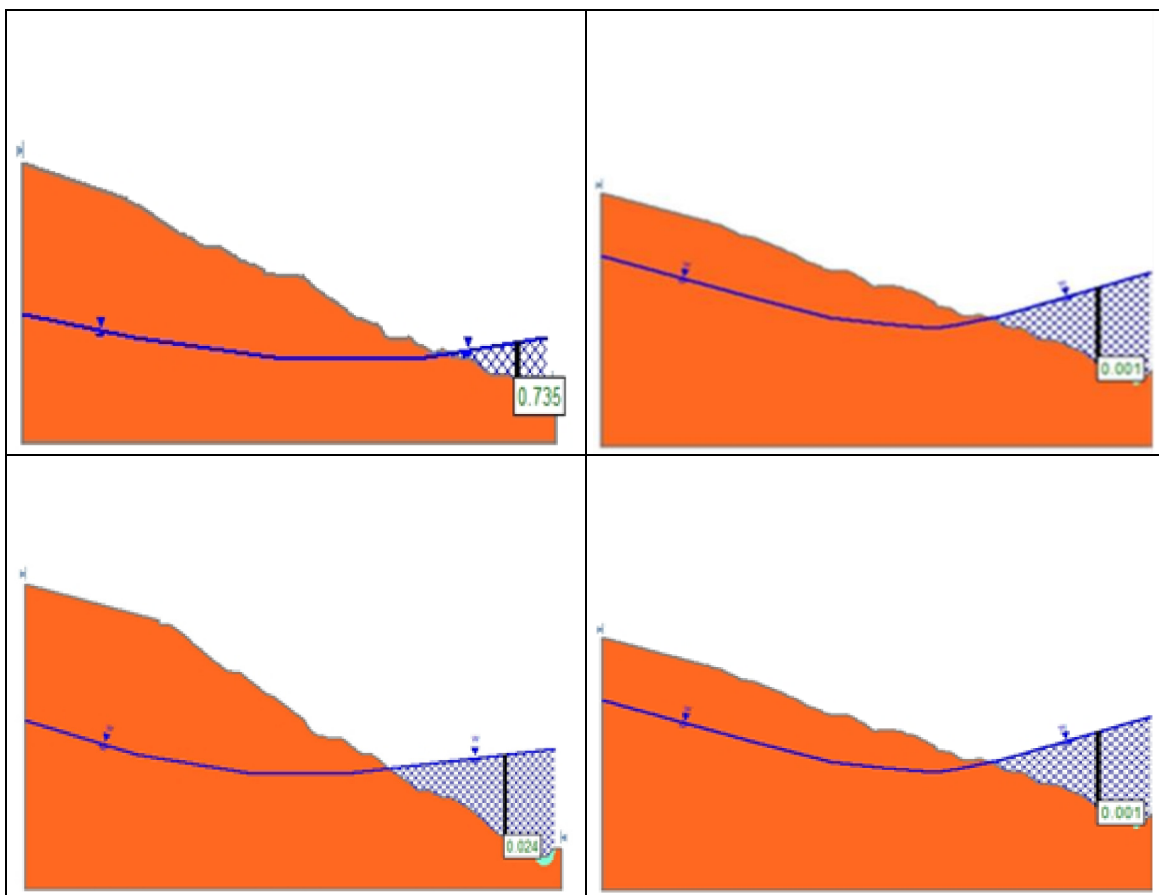
نتایج تحلیل پایداری ساحل چپ و راست سد

پایین تحت شرایط مختلف بارگذاری

با توجه به وسعت محدوده مورد مطالعه، تحلیل های پایداری در امتداد ۳۴ مقطع در هریک از جناح ها انتخاب و در شرایط مختلف بارگذاری (بار گرانش، فشار آب، زلزله، افت سریع مخزن) که نتایج تعدادی از مقاطع ساحل چپ و راست در جداول ۶ و ۷ آورده شده است. همان طور که در اشکال ۳ و ۴ نیز مشاهده می شود، در تمام مقاطع، در شرایط بارگذاری C4 (افت سریع مخزن) ضرایب ایمنی دامنه کمتر از ۱ و گسیختگی دامنه حتمی است. از

یکی از روش های افزایش نیروی مقاوم، استفاده از المان های مهاری نظیر تاندون ها می باشد که همواره به عنوان یکی از روش های مؤثر و به دلیل مزایایی که نسبت به روش خاکریزی در پنجه دارد، مد نظر قرار می گیرد. مهمترین مزیت این روش عدم اشغال فضای اضافی از مخزن می باشد. در این بخش استفاده از این روش در تأمین ضرایب ایمنی مورد نیاز تحت شرایط بارگذاری C4 در ساحل راست و چپ مورد ارزیابی قرار گرفته است. تاندون های مورد استفاده دارای ظرفیت باربری مجاز معادل ۸۰۰ کیلونیوتن یا ۸۰ تن بوده و از نوع پیش تنیده (pre-stress) می باشند. نتایج این بررسی ها در جدول ۱۰ ارائه شده است.

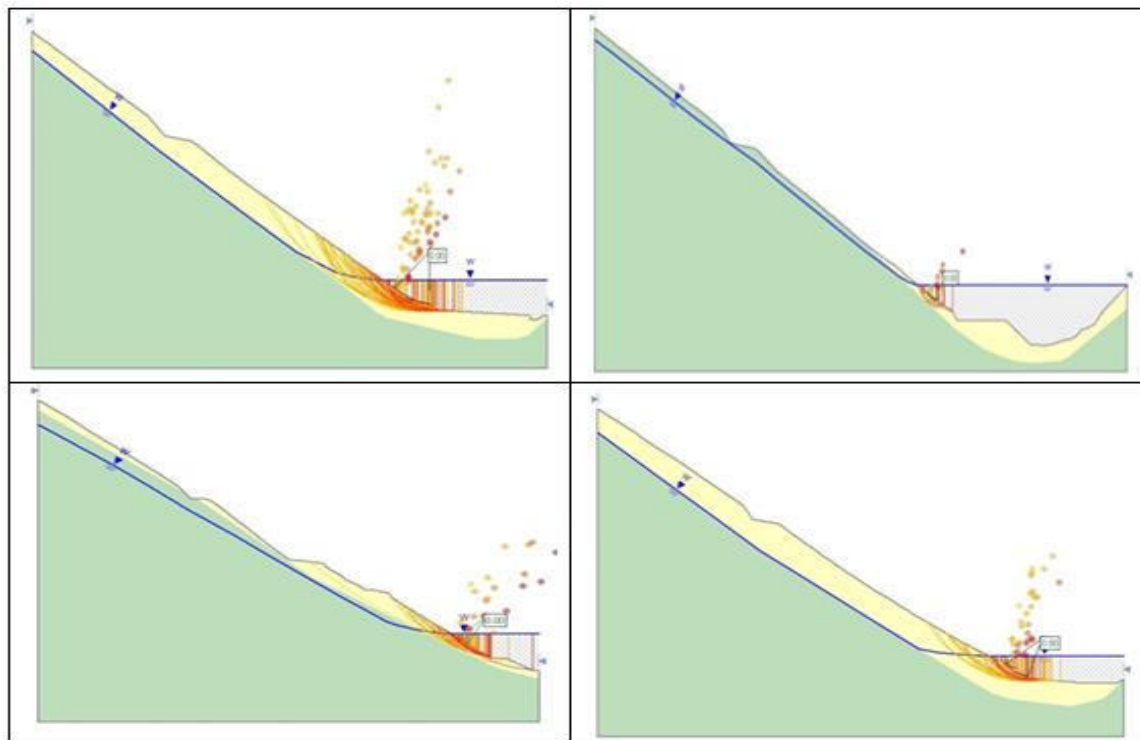
حجم فعال مخزن توسط حجم خاکریز ساحل چپ و راست اشغال و کاهش می یابد. با توجه به کم بودن حجم مخزن، ضروری است که معادل این حجم خاکریزی از بخش های دیگر مخزن خاکبرداری گردد. بنابراین به عنوان گزینه ای دیگر می توان خاکبرداری را از همان محل خاکریزی و قبل از خاکریزی انجام داد. حسن بزرگ این روش در این است که حجمی که خاکبرداری می شود، بخشی از توده ناپایدار است. بنابراین با برداشت آن از دامنه در عمل نیروهای رانشی کاهش و حجم خاکریزی مورد نیاز برای تأمین پایداری بخش های باقیمانده نیز کاهش می یابد. در این بخش این روش مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است.



شکل ۳ - خروجی نرم افزار تحلیل پایداری ساحل چپ در شرایط بارگذاری افت سریع مخزن و فشار منفذی

جدول ۶- نتایج تحلیل پایداری ساحل چپ تحت شرایط مختلف بارگذاری [10]

LC Section	C1	C2	C3	C4
Sec1	2.390	۲.۲۲۶	۱.۱۹۰	۰.۲۷۲
Sec2	۲.۳۵۴	۲.۲۶۲	۱.۲۱۵	۰.۷۳۵
Sec3	۲.۲۰۱	۲.۰۱۰	۱.۱۱۶	۰.۱۰۰
Sec4	۱.۷۰۶	۱.۶۱۹	۰.۹۷۱	۰.۰۲۴

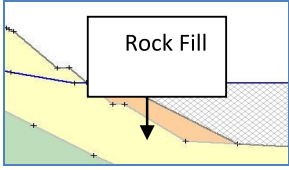
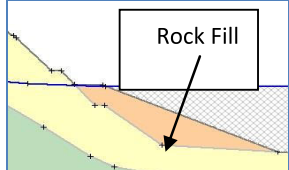
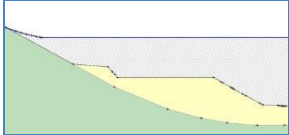
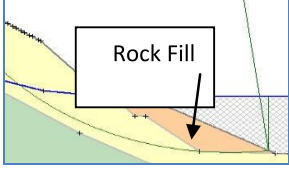
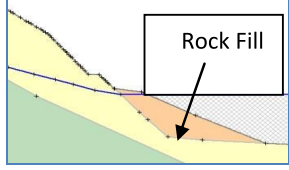
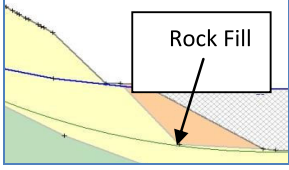


شکل ۴- خروجی نرم افزار تحلیل پایداری ساحل راست در شرایط بارگذاری افت سریع مخزن و فشار منفذی

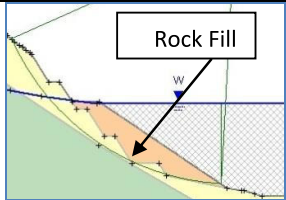
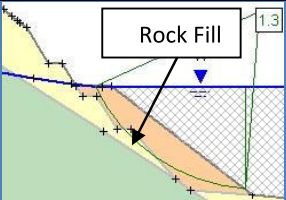
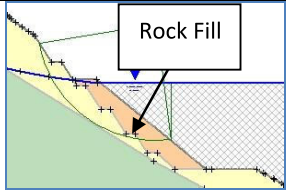
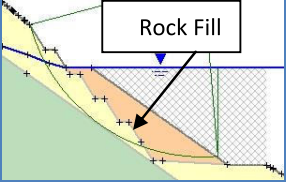
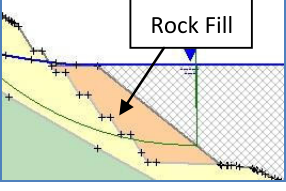
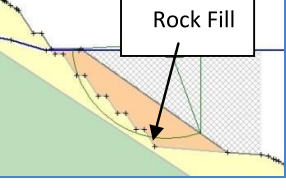
جدول ۷- نتایج تحلیل پایداری ساحل راست تحت شرایط مختلف بار گذاری در مقاطع انتخابی [8]

	C1	C2	C3	C4
Sec30	3.23	3.10	2.03	0.431
Sec31	1.54	1.51	1.05	0.235
Sec32	1.41	1.41	0.99	0.764
Sec33	1.54	1.53	1.05	0.154

جدول ۸- نتایج تحلیل پایداری ساحل راست تحت شرایط طبیعی و شرایط بارگذاری [8].C4

Section	Factor of Safety		Excavation	Rock Fill Specifications	
	Current Situation	After Stabilization	Volume	Volume	Profile
Section 30	<1	1.4	213 m ³	86 m ³	
Section 31	<1	1.3	189 m ³	92 m ³	
Section 32	<1	3.4	173 m ³	No Need	
Section 33	<1	1.3	139 m ³	67 m ³	
Section 34	<1	1.3	102 m ³	64 m ³	
Section 35	<1	1.3	70 m ³	68 m ³	

جدول ۹- نتایج تحلیل پایداری ساحل چپ تحت شرایط شرایط طبیعی و شرایط بارگذاری C4

Section	Factor of Safety		Excavation	Rock Fill Specification	
	Current Situation	After Stabilization	Volume	Volume	Profile
Section 22	<1	1.3	109m ³	107m ³	
Section 23	<1	1.3	82 m ³	98 m ³	
Section 24	<1	1.3	146 m ³	115m ³	
Section 25	<1	1.3	130 m ³	178 m ³	
Section 26	<1	1.3	165m ³	207m ³	
Section 27	<1	1.3	238m ³	245m ³	

جدول ۱۰- نتایج ارزیابی استفاده از المانهای باربر (تاندون) در تأمین ضرایب ایمنی مورد نیاز دامنه چپ و راست (تحت شرایط بارگذاری C4)

Location	Sec.	Number of Row	Latitudinal Distance (m)	Length (m)
Left Bank	22	3	3.4	15
	23	3	2.6	15
	24	3	1	20
	25	3	1.25	20
	26	3	0.8	27
	27	3	1.5	25
	28	3	1.1	25
	29	3	1.3	25
Right Bank	30	3	1.7	35
	31	3	1.7	35
	32	No Need	No Need	-
	33	3	2	30
	34	3	2.3	25
	35	3	2.3	25

نتیجه گیری

۱- توسط گسل های بسیار عمیق با روند شرقی - غربی گسله شده و به صورت بلوک هایی که نسبت به هم فرو رفته یا بالا آمده اند، محصور شده است.

۲- نتایج حاصل از مانیتورینگ های انجام شده در محل مورد مطالعه نشان می دهد که میزان جابجایی ترک ها در بخش های فوقانی توده لغزشی بیشتر از

با توجه به ویژگی های زمین شناسی محل پروژه و زمین لغزش های گذشته و تحلیل های بدست آمده از اندازه گیری های جابجایی زمین موارد زیر قابل جمع بندی می باشد:

سپاسگزاری

در اینجا لازم است از مهندسان مشاور مشاوران به خاطر در اختیار گذاردن اطلاعات حاصل از لوگ ها و گمانه های اکتشافی و همچنین شرکت کیسون که شرایط استفاده از داده های نقشه برداری و بازدیدهای صحرائی را فراهم آوردند سپاسگزار است.

منابع

- ۱- آقائباتی، ع، (۱۳۸۳)، زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ ص.
- ۲- خسرو تهرانی، خ، (۱۳۸۴)، زمین شناسی ایران، انتشارات کلیدر، ۴۵۸ ص.
- ۳- سازمان هواشناسی کشور، (۱۳۸۷)، اداره کل هواشناسی استان مازنداران، آمار سینوپتیک و هواشناسی سیاه بیشه کندوان (چالوس).
- ۴- شرکت مهندسی مشاورتابلیه، (۱۳۶۲)، گزارش مقدماتی زمین شناسی پروژه نیروگاه تلمبه ذخیره ای سیاه بیشه، جلد اول ۸۶ ص.
- ۵- شریعت جعفری، محسن، (۱۳۷۵)، زمین لغزش، «مبانی و اصول پایداری شیبهای طبیعی» انتشارات سازه، دانشگاه تهران، ۲۶۷ ص.
- ۶- کریم پور، م- (۱۳۸۸)، بررسی کارایی روش های مختلف طبقه بندی توده سنگ در ارزیابی رفتار مهندسی سازندشمشک در محدوده پروژه سیاه بیشه، پایانامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد - واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۲۶ ص.
- ۷- وحدتی، ف، (۱۳۷۹)، نقشه زمین شناسی چهارگوش مرزن آباد، در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور، سری ۱.
- ۸- ضیایی، س، (۱۳۹۱)، بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی ساختگاه سدپایین سیاه بیشه (باتاکیدبرپایداری مخزن سد)، پایانامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم تحقیقات، ۱۰۶ ص.
- ۹- خدیو، ح، (۱۳۸۸)، بتن رویه بدنه سد پروژه سیاه بیشه، فصلنامه داخلی کیسون، شماره ۴۱، ۴۳ ص.

بخش های تحتانی می باشد. و این وضعیت در هر دو جناح مخزن سد قابل مشاهده می شود.

۳- به طور کلی جنس خاک منطقه در رده GC و سایر نمونه ها به ترتیب در رده های GC-GM و GC-GW و SC قرار می گیرند که میزان نفوذپذیری آن کم و در شرایط افت سریع مخزن باعث ایجاد فشار منفذی در خاک می شود.

۴- براساس نتایج حاصل ازتحلیل پایداری در تمام مقاطع، شرایط بارگذاری C4 (افت سریع مخزن) در هر دو جناح چپ و راست باعث ناپایداری دامنه و افزایش پتانسیل لغزشی می گردد.

۵- گزینه برتر تأمین پایداری شیروانی های مشرف به مخزن در محدوده موردبخت، روش حفاری بخشی از دامنه (بخش ناپایدار آن در شرایط بارگذاری C4) و خاکریزی در پاشنه بخش باقیمانده می باشد که این روش از روش های تغییر هندسه دامنه است.

۶- با توجه به شیب دامنه و وضعیت لایه های سطحی در جناح چپ، برآورد حجم عملیات خاکی نشان می دهد که مقدار خاک ریزی و عملیات تحکیم بیشتر از جناح راست می باشد.

پیشنهاد می شود که که با استفاده از نرم افزارها و سایر روش های موجود در رابطه با تحلیل پایداری شیب و مدل سازی انجام و تحلیل های به دست آمده را باهم مقایسه کرد تا بهترین نتیجه گیری و پایدارسازی صورت گیرد.

- the micro environment in Iran: A case study of lityan basin, journal of agricultural extension and rural development, Vol. 4(1), 1-10 pp.
- 18 -Hafezimogaddas, N. and Ghafoori, M. (2007); Investigation of the distributions and causes of landslide in central Alborz, Iran, world applied sciences journal, Vol. 2(6), 652-657. pp.
- 19- Schneider, J.F. Gruber, F.E., Mergili ,M. (2011); Recent cases and geomorphic evidence of landslide- dammed lakes and related hazards in the mountains of central Asia, proceeding of the second world landslide forum, Rome.1-6 pp.
- 20 -Janalizadeh, C.A. Barari, A. Safaei, M. Farrokhzad, F. (2008); Mitigation of flourd (Polesafid) landslide, northern Iran, using non-woven geotextiles, review of the Bulgarian geological society, Vol.69 (1-3), 49-56 pp.
- 21 -Duncan, J.M. Stephen, G.W. (2005); Soil strength slope stability, Newyork, published Wiley, edition 1,31.
- ۱۰- معدنی پور، م. (۱۳۹۲). ارزیابی پایداری ساحل چپ مخزن سد پایین سیاه بیشه در محدوده سازه ورودی نیروگاه تحت شرایط مختلف بارگذاری، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۱۱۸ص.
- 11- Davis, G.N.(2007); The use of rock mass characterization in the development of founding criteria for dams, 11th congress of the international society for rock mechanics(the second half century of rock mechanics),proceeding, Portugal, Vol. 1, 719-723 pp.
- 12- Peng, M. and Zhang, L.M. (2013); Dynamic decision making for dam –break emergency management-part 2: Application to Tangjashan landslide dam failure, journal of natural hazards and earth system science, Vol. 13, 439-454 pp.
- 13-Ghannad Z. Modarres, L. (2011);Costruction methods in Siahbisheh CFEDS, 6th international conference on dam engineering, Portugal, Vol.(1), pp.1-19.
- 14- Moshanir consulate Co. (2006); Geology of the pressure shaft slope update with the results available until, report No.2, 87p.
- 15- Kayson construction Co. (2008); Garmrodbar area and geological section, report, Vol.1, 57p.
- 16- Kayson construction Co.(2011); Reservoir are right and left bank lower dam Siahbisheh – stability analysis and recommended stabilization methods, report document No.Gt-rt-003-A0,Iran water & power Resources Development Co. ,No.1,81p.
- 17 -Arzjani, Z. Asadian, F. Varavipour, M. (2012); Analysis of the effect of landslides on

