

# تحلیل پایداری مخزن بالادست نیروگاه تلمبه-ذخیره‌ای سد آزاد با استفاده از تصاویر استریوگرافیک

هوشنگ گلباغی<sup>۱\*</sup>، علی مرادزاده<sup>۲</sup>، محمد اسماعیل نیاعمران<sup>۳</sup>، محمدرضا شاهرودیلو<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- استاد دانشکده مهندسی معدن دانشگاه صنعتی شاهرود

۳- استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه کردستان

۴- مدیر پروژه مطالعات مرحله دوم نیروگاه تلمبه‌ذخیره‌ای آزاد شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس

houshang.golbaghi@gmail.com

## چکیده

برای تحلیل پایداری شیروانی‌ها روش‌های مختلفی ارائه شده که با توجه به کاربری شیروانی و امکانات موجود بهترین روش ممکن انتخاب می‌شود. از میان روش‌های ارائه شده مدل‌سازی عددی می‌تواند بهترین نتیجه را در اختیار قرار دهد ولی برای تعریف دقیق نوع مدل‌سازی می‌بایست دید اولیه‌ای نسبت به منطقه داشت تا بر اساس نوع شکست‌های موجود و نیز با توجه به پیوسته یا ناپیوسته بودن محیط اقدام به مدل‌سازی کرد. در شیروانی مشرف بر ساختگاه open pit نیروگاه تلمبه‌ذخیره‌ای سد آزاد، ابتدا بر اساس برداشت‌های صحرایی ناپیوستگی‌های عمده و موثر در وقوع شکست با استفاده از نرم افزار DIPS معرفی و با توجه به ژئومتری شیب، نوع شکست احتمالی نواحی مختلف شیروانی تشخیص داده شده است. بر روی نمونه‌های درزه دار منطقه آزمایش برش مستقیم برای تعیین ضریب چسبندگی، زاویه اصطکاک و مقاومت برشی درزه انجام گردیده و با استفاده از نتایج حاصل، اطلاعات در دسترس و نوع شکست‌های ممکن، تحلیل پایداری در شیروانی انجام شده است.

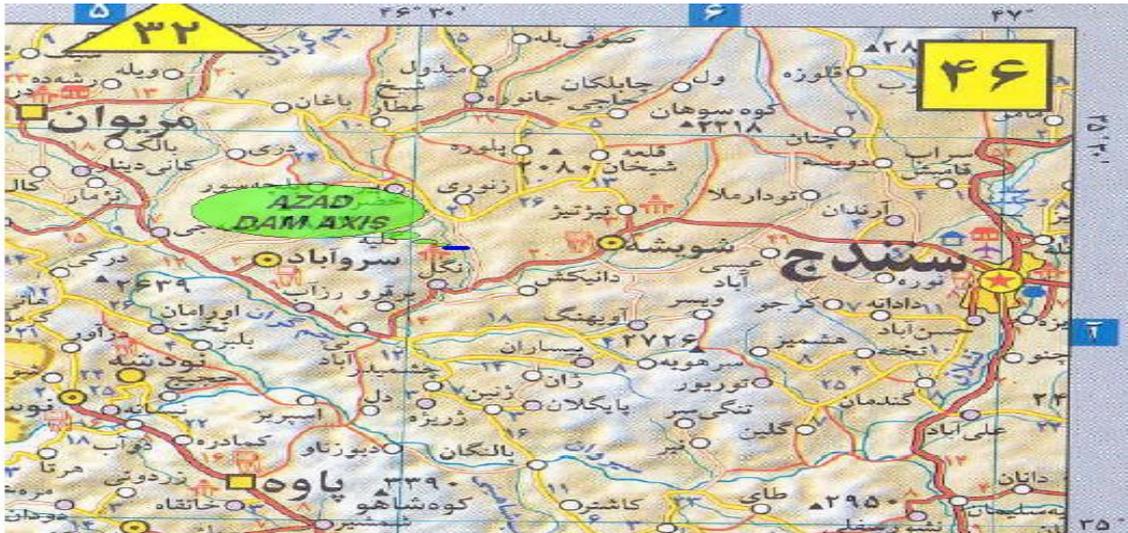
**کلمات کلیدی:** تحلیل پایداری شیب، تصاویر استریوگرافیک، مدل‌سازی عددی، ساختگاه open pit نیروگاه سد آزاد

## ۱- مقدمه

در مناطق کوهستانی با گسترش فعالیت‌های عمرانی و شرایط توپوگرافی خاص منطقه، احداث ساختگاه‌های مناسب جهت تاسیس سازه‌های عمرانی، امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد، بی‌تردید شیروانی‌های سنگی و خاکی بر این ساختگاه‌ها مشرف خواهد بود. لذا لزوم مطالعه پایداری این شیروانی‌ها امری ضروری است، همچنین در منطقه مورد مطالعه مشرف بودن مخزن بر روستای واقع در بخش جنوبی بر حساسیت تحلیل پایداری این سازه می‌افزاید.

## ۲- موقعیت و محدوده طرح

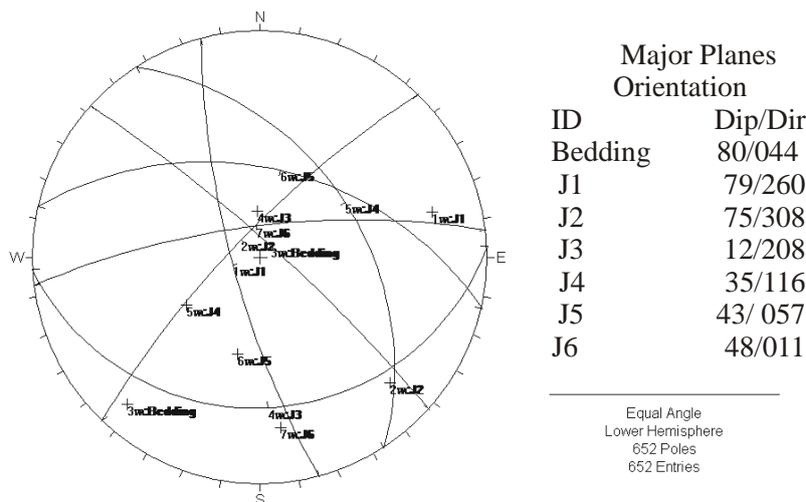
سد مخزنی آزاد، در استان کردستان و بر روی رودخانه کوماسی (چم گوره) از سرشاخه‌های مهم رودخانه سیروان و در مجاورت روستای بنیدر در دست احداث است. دسترسی به محل سد از طریق جاده اصلی سنندج به مریوان (۷۵ کیلومتر از سنندج) و پس از آن ۶ کیلومتر جاده اختصاصی روستای بنیدر صورت می‌گیرد. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به سد مخزنی آزاد نشان داده شده که نیروگاه تلمبه-ذخیره‌ای نیز در همین محدوده قرار دارد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### ۳- زمین شناسی مهندسی

نایبوستگی‌های موجود در توده سنگ معمولا عامل اصلی تعیین کننده رفتار آن می‌باشند. توده سنگ‌های تشکیل دهنده مخزن نیروگاه دارای شکستگی‌های متعددی با ویژگی‌های متفاوت می‌باشند. به منظور بررسی ویژگی‌های هندسی نایبوستگی‌ها، برداشت سیستم نایبوستگی در سطح زمین و گمانه‌های اکتشافی به روش تصادفی و برداشت خطی انجام شده است. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد علاوه بر سطوح لایه بندی، ۶ دسته درزه اصلی در ساختگاه مخزن وجود دارد که مختصات هر کدام از آنها در شکل (۲) آورده شده است.

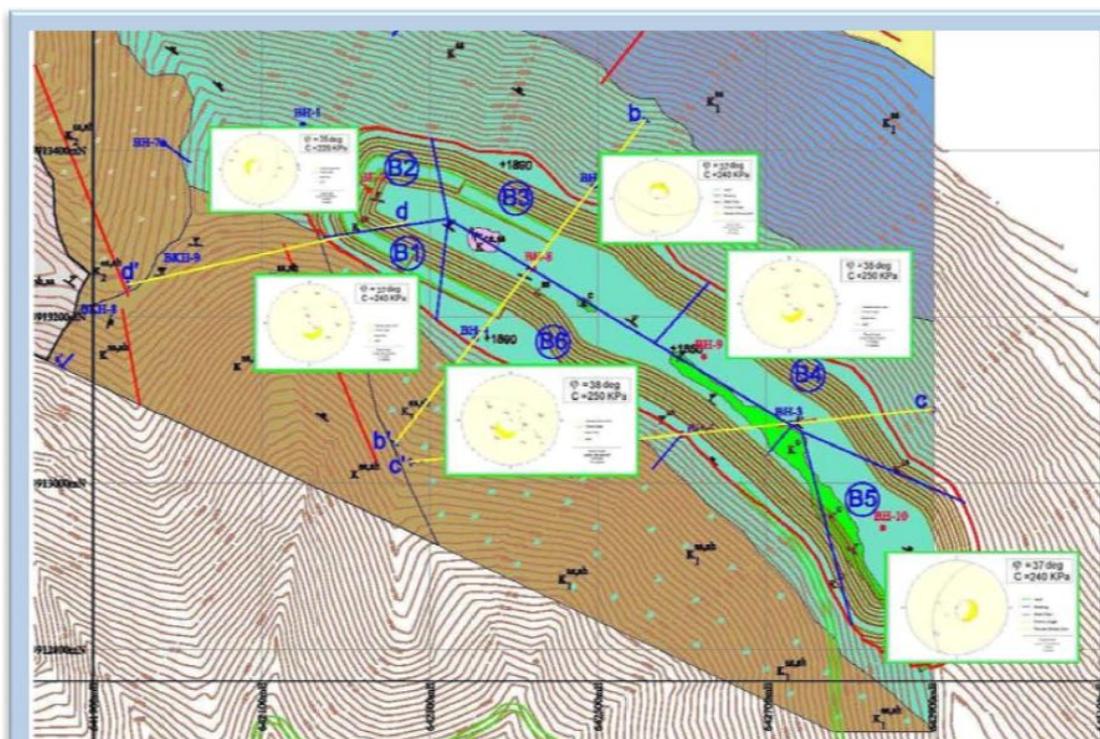


شکل ۲: لایه بندی و دسته درزه‌های اصلی مخزن بالادست

در بررسی های ژئوتکنیکی و تحلیل پایداری، دیواره مخزن به شش ناحیه تقسیم بندی و در هر ناحیه برداشت های صحرائی صورت پذیرفته و شیب و جهت شیب درزه ها نیز اندازه گیری شد. مشخصات نواحی مورد مطالعه (B1 الی B6) در جدول ۱ ارائه شده و محل آنها بر روی هندسه open pit در شکل ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱: جهت شیب دیواره در شش ناحیه

جنس سنگ	جهت شیب دیواره (درجه)	ناحیه
ماسه سنگ دگرگونی (متاسندستون) آهکی	۳۴۲	B1
ماسه سنگ دگرگونی (متاسندستون) آهکی	۱۱۲	B2
ماسه سنگ دگرگونی (متاسندستون) آهکی	۱۹۵	B3
ماسه سنگ دگرگونی (متاسندستون) آهکی	۲۱۸	B4
ماسه سنگ دگرگونی (متاسندستون) آهکی با بافت کنگلومرا	۲۸۸	B5
ماسه سنگ دگرگونی (متاسندستون) آهکی	۲۶	B6



شکل ۳: جانمایی داده های برداشت شده بر روی مخزن بالادست

#### ۴- تشخیص نوع شکست با استفاده از تصاویر استریوگرافیک

برای تشخیص نوع شکست ابتدا مطالعات درزه نگاری در منطقه انجام شده و دسته درزه های اصلی با نرم افزار DIPS معرفی می شوند. علاوه بر دسته درزه های منطقه سایر ناپیوستگی ها و گسل های موجود برداشت می شود و شرایط شکست برای هر ناپیوستگی و یا ترکیبی از ناپیوستگی ها کنترل می شود.

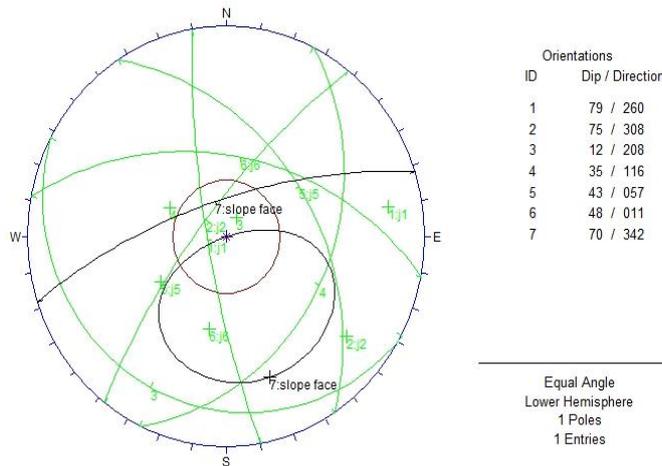
جدول ۲: انواع گسیختگی های محتمل در سازه

نوع شکست	شرایط حاکم
صفحه ای	۱- امتداد ناپیوستگی با امتداد شیروانی تقریباً موازی باشد. ۲- زاویه شیب صفحه کمتر از زاویه شیب شیروانی باشد. ۳- شیب صفحه شکست بزرگتر از زاویه اصطکاک باشد. ۴- سطوحی که شکست در آن اتفاق می افتد دارای مقاومت کمی باشد.
گوه ای	۱- زاویه شیب تقاطع دو صفحه بزرگتر از زاویه اصطکاک باشد. ۲- زاویه شیب تقاطع دو صفحه از زاویه شیب شیروانی کمتر باشد. ۳- ترند خط تقاطع دو صفحه حداکثر اختلاف $\pm 20$ با امتداد شیروانی داشته باشد.
واژگونی	این حالت از شکست زمانی رخ می دهد که ناپیوستگی های تقریباً قائم یا با شیب مخالف در توده سنگ وجود داشته باشد

در این تحلیل سه نوع شکست اصلی یعنی شکست صفحه ای، شکست گوه ای و شکست واژگونی برای شش ناحیه مذکور از ساختگاه بررسی و آن تعداد گسیختگی هایی که در رابطه با مخزن مورد نظر می توانند مشکل آفرین باشند مورد شناسایی قرار گرفته و حداکثر شیب ایمن ممکن برای هر یک از آن ها تعیین شده است.

#### ۴-۱- شکست صفحه ای

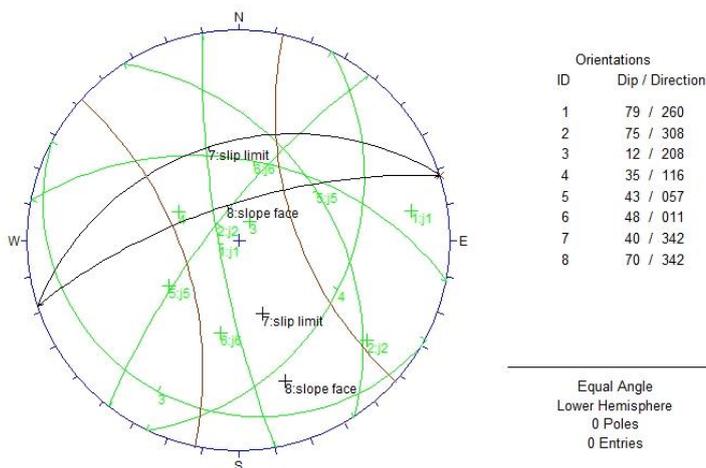
با بررسی امکان این نوع شکست برای هر شش ناحیه تحت تاثیر دسته درزه های مختلف این نتایج به دست آمد، در ناحیه اول تحت اثر دسته درزه ۶، امکان شکست صفحه ای وجود دارد و بیشترین شیب ایمن ممکن برای دیواره تحت این دسته درزه ۵۵ درجه می باشد. در ناحیه دوم تحت اثر دسته درزه ۵، امکان شکست صفحه ای وجود دارد و بیشترین شیب ایمن ممکن برای دیواره تحت این دسته درزه ۴۰ درجه می باشد. در ناحیه ششم تحت اثر دسته درزه های ۶ و ۵، امکان شکست صفحه ای وجود دارد و بیشترین شیب ایمن ممکن برای دیواره تحت این دسته درزه ها به ترتیب ۴۷ و ۴۵ درجه می باشد، و همچنین نواحی سوم، چهارم و پنجم ایمن بوده و در آن ها شکست صفحه ای رخ نمی دهد. در شکل ۴ یک نمونه از شناسایی این نوع شکست آورده شده است



شکل ۴: تشخیص نوع شکست و تعیین شیب ایمن دیواره تحت دسته درزه های مذکور

#### ۴-۲- شکست واژگونی

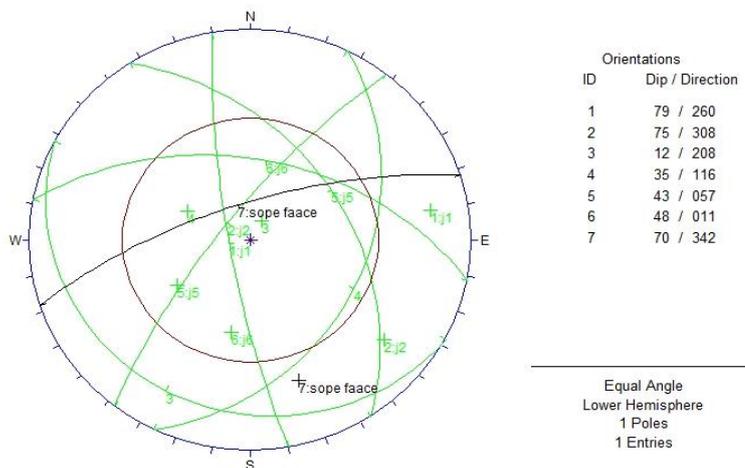
با بررسی امکان این نوع شکست برای هر شش ناحیه تحت تاثیر دسته درزه های مختلف این نتایج به دست آمد، در ناحیه دوم تحت اثر دسته درزه ۲، احتمال شکست واژگونی وجود دارد و بیشترین شیب ایمن ممکن برای دیواره تحت این دسته درزه ۵۰ درجه می باشد و همچنین ۵ ناحیه دیگر ایمن بوده و در آنها شکست واژگونی رخ نمی دهد. در شکل ۵ یک نمونه از شناسایی این نوع شکست آورده شده است



شکل ۵: تشخیص نوع شکست و تعیین شیب ایمن دیواره تحت دسته درزه های مذکور

### ۴-۳- شکست گوه‌ای

با بررسی امکان این نوع شکست برای هر شش ناحیه تحت تاثیر دسته درزه های مختلف این نتایج به دست آمد، در ناحیه اول تحت اثر دسته درزه ۴، امکان شکست گوه ای وجود دارد و بیشترین شیب ایمن ممکن برای دیواره تحت این دسته درزه ۶۶ درجه می باشد. در ناحیه سوم تحت اثر دسته درزه های ۵ و ۶، امکان شکست گوه ای وجود دارد و بیشترین شیب ایمن ممکن برای دیواره تحت این دسته درزه ها به ترتیب ۶۰ و ۴۹ درجه می باشد. در ناحیه چهارم نیز تحت اثر دسته درزه های ۵ و ۶، امکان شکست گوه ای وجود دارد و بیشترین شیب ایمن ممکن برای دیواره تحت این دسته درزه ها به ترتیب ۵۵ و ۵۰ درجه می باشد، در ناحیه پنجم تحت اثر دسته درزه ۴، امکان شکست گوه ای وجود دارد و بیشترین شیب ایمن ممکن برای دیواره تحت این دسته درزه ۵۷ درجه می باشد و همچنین نواحی دوم و ششم ایمن بوده و در آن ها شکست گوه ای رخ نمی دهد. در شکل ۶ یک نمونه از شناسایی این نوع شکست آورده شده است.



شکل ۶: تشخیص نوع شکست و تعیین شیب ایمن دیواره تحت دسته درزه های مذکور

### ۵- نتیجه گیری

تحلیل های انجام شده نشان می دهد که بعد از حفاری مخزن، احتمال وقوع گسیختگی های متعددی از قبیل صفحه ای، گوه ای و واژگونی در مناطق مختلف وجود خواهد داشت. با توجه به گوناگونی های گسیختگی ها، لازم است طرح های تثبیت متفاوتی نیز برای جلوگیری از وقوع ناپایداری محتمل بعد از حفاری ترانشه به کار گرفته شود. البته باید این مطلب را در نظر گرفت که این تحلیل یک تحلیل اولیه است و برای تکمیل آن و تعیین سیستم های نگهدارنده مورد نیاز جهت پایداری سازه، پیشنهاد میشود با تقسیم مخزن از نظر پیوسته و ناپیوسته بودن مصالح به زون های مختلف از روش عددی مناسب برای تدقیق تحلیل پایداری استفاده کرد. بعلاوه استفاده از ابزار دقیق های نظیر کشیدگی سنج و بارسنج می تواند در تدقیق پارامترهای واقعی توده سنگ نقش مهمی ایفا نمایند.

## منابع

امینی م، وشادی م، (۱۳۸۹). "تحلیل پایداری شیروانی های سنگی در برابر شکست واژگونی بلوکی-خمشی"، پژوهشنامه حمل و نقل، سال هفتم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۹

گزارشات و مطالعات ژئوتکنیکی ساختگاه مخزن بالادست نیروگاه تلمبه ذخیره ای سد آزاد- شرکت مهندسین مشاور مهتاب قدس  
ترابی ر (۱۳۸۹). مقدمه ای بر مکانیک سنگ، انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود

Hoek, E.Bray:j.w. (1981). "Rock slope Engineering", Third Edition spon,uk.