



بررسی پایداری شیب دیواره طرح ۱۵ ساله معدن شماره ۳ گل گهر

حسین اکبری جور^{۱*}، احمد رفیع زاده^۲، محسن نجف آبادی^۳، اردشیر عسکری^۴
و علی میردار منصور پناهی^۵

- ۱- کارشناس ارشد مکانیک سنگ، شرکت سنگ آهن گل گهر
hoseyn53@yahoo.com
- ۲- کارشناس ارشد استخراج معدن، شرکت سنگ آهن گل گهر
payab47@yahoo.com
- ۳- کارشناس زمین شناسی، شرکت مهندسی مشاور کوشا معدن
mohsen_50@yahoo.com
- ۴- مدیر امور معدن، شرکت سنگ آهن گل گهر
asgar_ar@yahoo.com
- ۵- کارشناس ارشد استخراج معدن، شرکت مهندسی مشاور کوشا معدن
Mirdarc@yahoo.com

چکیده

اکتشاف تفصیلی کانسار شماره ۳ گل گهر پایان یافته و بر اساس طرح ۱۵ ساله استخراج این کانسار بصورت روباز خواهد بود و تا عمق ۲۸۰ متری ادامه خواهد داشت. بعلاوه آغاز باطله برداری بررسی مجدد پایداری دیواره معدن مد نظر قرار گرفت. در این ارتباط قسمت آبرفتی با استفاده از روشهای تعادل حدی و به کمک نرم افزار Geoslope Office دیواره مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد زهکشی بعد از حفاری ضروری میباشد و نقش عمده در پایداری دیواره خواهد داشت. در قسمت سنگی ابتدا شکستگیها مورد بررسی قرار گرفت، که نتایج آن احتمال ریزشهایی از نوع گوه ای و واژگونی را نشان می دهد، سپس کل دیواره توسط نرم افزار FLAC مدل سازی شد. این تحلیل نشان داد در صورت صحت اطلاعات ورودی دیواره پایدار خواهد بود.

مقدمه

مجتمع معدنی سنگ آهن گل گهر با داشتن ۱۱۰۰ میلیون تن ذخیره در شش توده معدنی دارای بیشترین ذخیره سنگ آهن در کشور می باشد که در این میان، توده شماره ۳ با داشتن ذخیره ای معادل ۶۴۳ میلیون تن سنگ آهن از بزرگترین آنها می باشد. این توده معدنی در جستجوهای ژئوفیزیک هوایی شرکت ابروسرویس، به روش مگنتومتري و در پی آن بوسیله برداشتهای ژئوفیزیکی زمینی توسط انسیتوی زمین

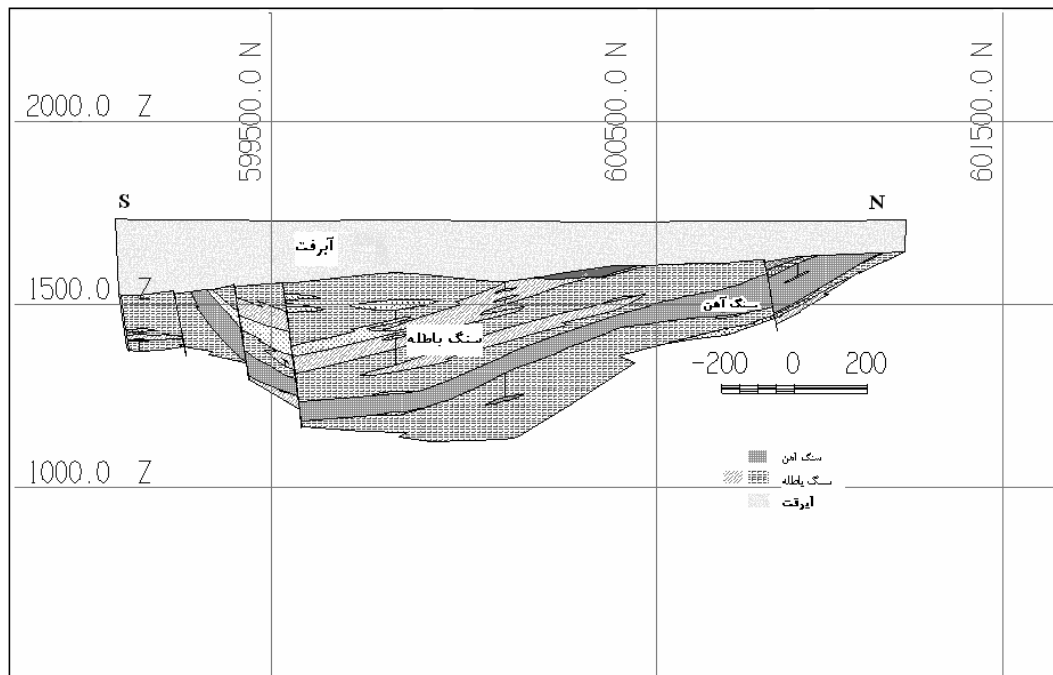
* کرمان سیرجان کیلومتر ۶۰ جاده سیرجان شیراز شرکت سنگ آهن گل گهر امور معدن



شناسی یوگسلاوی در سال ۱۳۵۴ کشف گردید. بعد از انجام شناساییهای ژئوفیزیکی در مجموع تعداد ۱۳۹ گمانه جهت اکتشاف این محدوده حفاری شد که اطلاعات کلی آنها در جدول (۱) آورده شده است. جدول ۱- اطلاعات کلی گمانه های حفاری شده در محدوده آنومالی ۳ گل گهر [۱]

میزان حفاری		تعداد گمانه	مرحله اکتشاف
در خاک و باطله	در سنگ آهن		
۲۷۵۵	۴۷۷	۱۴	مقدماتی
۲۵۰۴۱	۳۱۹۵	۷۵	نیمه تفصیلی
۱۱۰۱۸	۲۴۱۰	۵۰	تفصیلی
۳۸۸۱۴	۶۰۸۲	۱۳۹	مجموع

توده شماره ۳ در یک دشت تقریباً هموار قرار دارد که از آبرفتهای عهد حاضر پوشیده شده است. ضخامت این آبرفتهها از ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر متغیر است. سنگ در برگیرنده کانسار در قسمتهای شمالی و جنوبی از بین رفته و در بخش مرکزی ضخامتی در حدود ۳۰۰ متر دارد [۱]. شکل (۱) یک مقطع شمالی - جنوبی از توده شماره ۳ نشان می دهد.



شکل ۱ - مقطع عمودی از توده شماره ۳ گل گهر



طراحی توده شماره ۳ جهت استخراج توسط شرکت ADC از کانادا انجام شده است. بر اساس طراحی این شرکت استخراج این توده بصورت روباز و طبق یک طرح ۱۵ ساله آغاز خواهد شد. قبل از آغاز عملیات استخراج ماده معدنی لازم است به مدت ۳ سال باطله برداری انجام شود. جدول (۲) مقدار و نوع مواد استخراجی از طرح ۱۵ ساله را بیان می کند. طبق این طرح معدن به مقدار ۲۸۰ متر عمیق خواهد شد. زاویه شیب نهایی معدن در قسمت آبرفتی ۳۳ درجه و در قسمت سنگی ۴۵ درجه در نظر گرفته شده است. با آغاز عملیات خاکبرداری در سال جاری بررسی مجدد طراحی معدن مد نظر قرار گرفت به همین منظور بازنگری پایداری شیب نهایی معدن انجام شد. در این راستا نواقص بیشتر مورد توجه قرار گرفت و جهت بهبود آنها طرحی پیشنهاد گردید. نتایج تحلیل پایداری بطور خلاصه در نوشته حاضر آورده می شود.

جدول ۲- مواد استخراجی از معدن شماره ۳ گل گهر بر اساس طرح ۱۵ ساله (میلیون تن) [۲]

مجموع هر سال (ton)	نسبت W/O	سنگ آهن (ton)	سنگ باطله (ton)	روباره آبرفتی (ton)	نوع مواد	
					سال	قبل از تولید
۳۴	-	-	-	۳۴	۱	
۳۴	-	-	-	۳۴	۲	
۳۴	-	-	-	۳۴	۳	
۳۳	۲/۶	۹	۱۱	۱۳	۱	
۳۳	۳	۸	۵	۱۹	۲	
۳۳	۳/۲	۸	۲	۲۳	۳	
۳۳	۳/۲	۸	۲	۲۳	۴	
۳۳	۳/۲	۸	۰/۵	۲۵	۵	
۱۶۵	۳	۴۲	۵۷	۶۶	۵-۱۰	
۵۱	۰/۳	۳۹	۱۲/۵		۱۰-۱۵	
۴۸۴	۳	۱۲	۹۰	۲۷۱	مجموع کل	

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی

ناحیه معدنی گل گهر در ۶۰ کیلومتری جنوب غرب سیرجان در استان کرمان واقع است. توده ۳ این ناحیه در ۲ کیلومتری غرب معدن ۱ که در حال استخراج می باشد، قرار دارد. مختصات مرکز توده به شرح ذیل است:



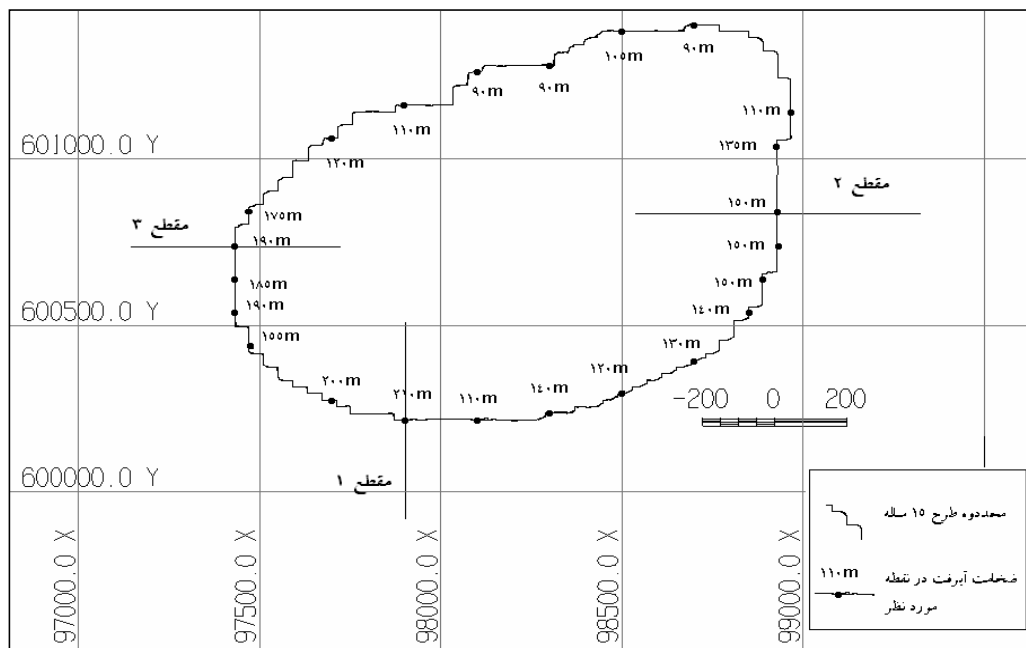
طول جغرافیایی: ۵۵° ۱۷"

عرض جغرافیایی: ۲۹° ۶"

ناحیه معدنی گل گهر در لبه شمال شرقی زون سندنچ - سیرجان قرار دارد. منطقه عموماً از آبرفت‌های عهد حاضر پوشیده شده است و ارتفاعات معدودی که رخنمون دارند شامل سنگ‌های دگرگونی پالئوزوئیک در جنوب معدن و سنگ‌های رسوبی مزوزوئیک و سنوزوئیک در شرق معدن می باشند. سنگ‌های پالئوزوئیک شامل کمپلکس گل گهر بوده که این مجموعه قدیمیترین مجموعه دگرگونی این منطقه را تشکیل می دهد. ذخایر شش گانه سنگ آهن گل گهر در این کمپلکس قرار گرفته است. بخش تحتانی این کمپلکس شامل تناوبی از گنیس، میکاشیست، آمفیبولیت و کوارتز شیست می باشد.

بررسی شیب دیواره در قسمت آبرفتی

بخش‌های بزرگی از دیواره معدن ۳ گل گهر از رسوبات عهد حاضر تشکیل شده است. لذا لازم است بطور جدا مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. به همین منظور بخش آبرفتی دیواره معدن در مقاطع مختلف مورد بررسی قرار گرفت. شکل (۲) ضخامت آبرفت را در مقطعی مختلف نشان می دهد. اکثر قسمت‌ها ضخامت بین ۹۰ تا ۱۵۰ متر می باشد و در قسمت غرب و جنوب غرب ضخامت بین ۱۷۵ تا ۲۱۰ متر متغیر می باشد. جهت تحلیل پایداری سه مقطع انتخاب گردید که در شکل (۲) دیده می شوند.



شکل ۲- محدوده طرح ۱۵ ساله مقاطع انتخاب شده برای تحلیل



از آنجا که در دیواره های آبرفتی بیشتر شکست دایره ای رخ می دهد، لذا با استفاده از روش تعادل حدی و به کمک نرم افزار GEO SLOPE OFFIC تحلیل پایداری بر روی این مقاطع انجام شد.

خواص ژئومکانیکی روباره آبرفتی

روباره آبرفتی از دانه های گرد شده تشکیل شده است که اندازه این دانه ها متفاوت میباشد، این مواد در قسمتهای بالا از نظر دانه بندی بیشتر مخلوطی از رس، ماسه و شن می باشند (اعماق ۰ تا ۰/۲۵ متر) و در قسمتهای عمیقتر مواد دانه درشتتر آن بیشتر می شود بطوریکه در اعماق پایینتر از ۲۰ متر این مواد مخلوطی از شن، گراول و قلوه سنگ می باشند. در قسمتهایی سیمانی از آهک و گچ دانه ها را بهم چسبانده و تشکیل کنگلومرا داده است [۳].

بعلت عدم انجام آزمایشهای لازم برای محاسبه خواص مقاومتی روباره آبرفتی این خواص در محدوده معدن شماره ۳ در دست نیستند اما از آنجا که این محدوده نزدیک به معدن شماره ۱ می باشد با تقریب خوب می توان خواص معدن شماره ۳ را مشابه معدن شماره ۱ در نظر گرفت. با بررسیهای انجام شده در محدوده معدن شماره ۱ و انجام یک تحلیل برگشتی بر روی ریزش اتفاق افتاده خواص توده آبرفتی طبق جدول ۳ بدست آمده است [۴].

جدول ۳- پارامترهای مقاومتی روباره آبرفتی [۴]

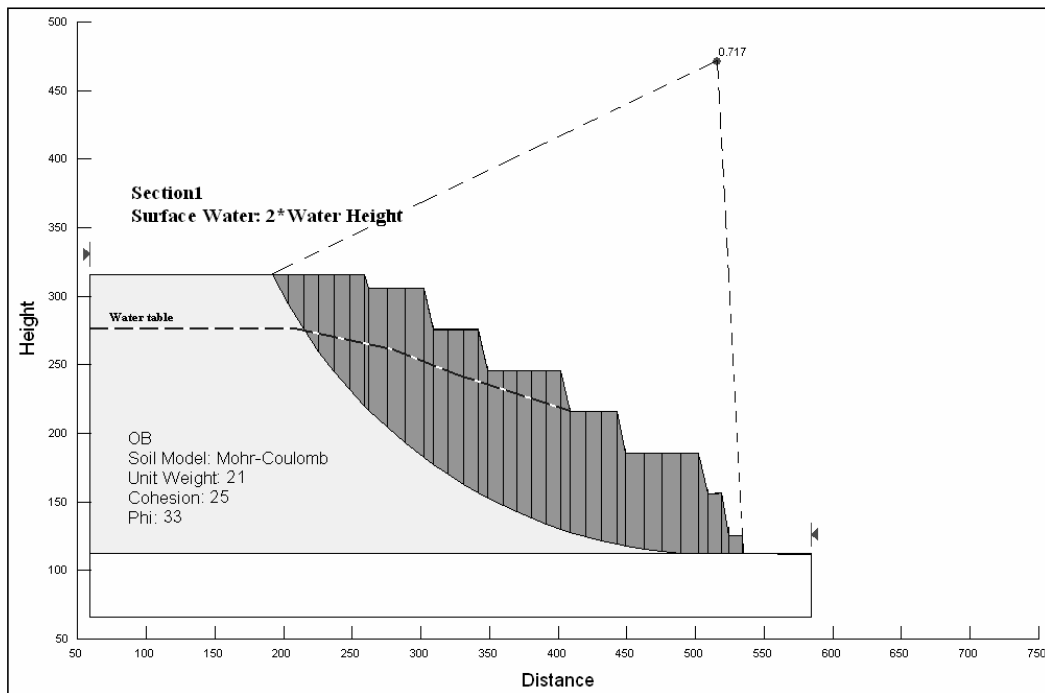
پارامتر	C(KPa)	Ø(DEGREE)	γ_{dry} (KN/M3)	γ_{WET} (KN/M3)
مقدار	۲۵	۳۳	۲۱	۲۲

تحلیل دیواره آبرفتی توسط نرم افزار Geoslope

در گزارشهای اکتشافی سطح آب زیر زمینی در عمق ۴۰ متری گزارش شده است. جهت انجام تحلیل پایداری دو فرض در مورد سطح آب بعد از ایجاد دیواره در نظر گرفته شد: الف) ارتفاع آب از پاشنه ۱/۲ ارتفاع پاشنه است، ب) ارتفاع آب از پاشنه ۱/۴ پاشنه است. هر مقطع جهت تحلیل در نرم افزار آماده سازی گردید. اساس تحلیل در نرم افزار Geoslope روشهای تعادل حدی می باشد. این نرم افزار توانایی بالایی در بکارگیری این روشها دارا می باشد. همچنین نرم افزار از یک محیط گرافیکی قوی برخوردار می باشد که تعریف مدل در آن بسیار راحت می باشد. نتایج تحلیلهای دیواره در قسمت آبرفت در ادامه آورده شده است.

۱- مقطع ۱ (شکل ۲): ارتفاع آبرفت در این مقطع ۲۰۰ متر می باشد. همانطور که در بالا ذکر شد برای همه مقاطع دو فرض در مورد سطح آب بعد از ایجاد دیواره فرض شد. در حالت فرض (الف) در قسمتهایی فاکتور

ایمنی زیر ۱ می باشد که حکایت از ریزش دیواره خواهد بود. شکل (۳) سطح لغزش بدست آمده در نرم افزار را نشان می دهد.



شکل ۳- مقطع ۱ به همراه سطح لغزش بدست آمده از نرم افزار

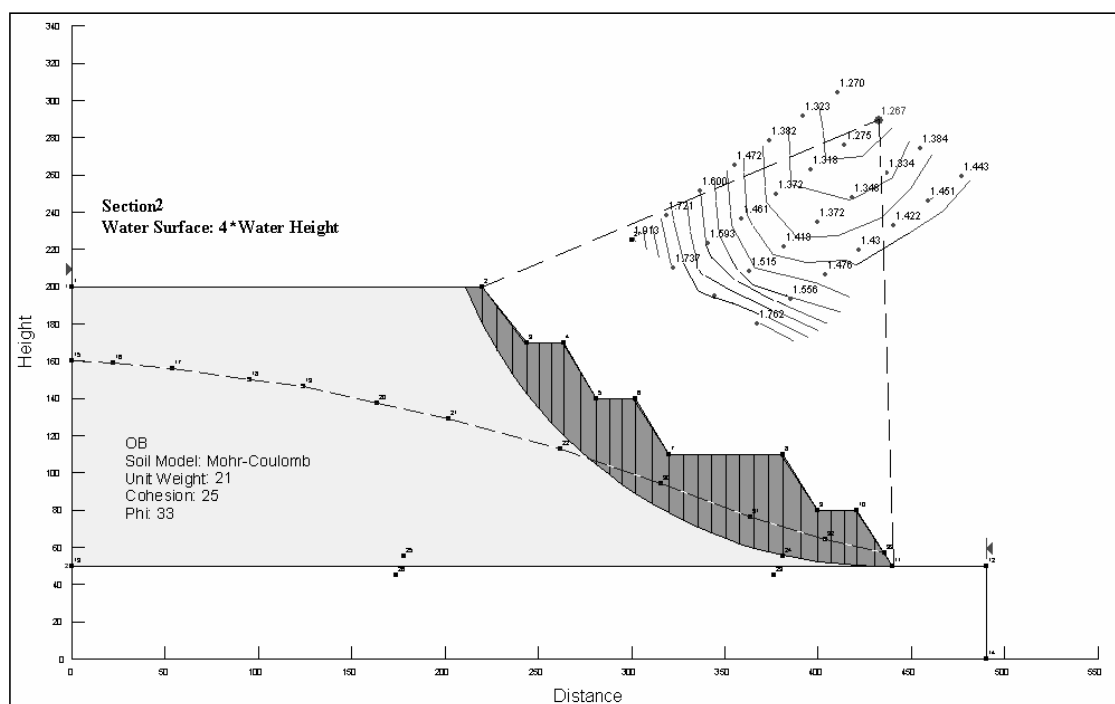
همانطور که در شکل پیداست فاکتور ایمنی در این قسمت برابر 0.717 می باشد. در حالت فرض (ب) وضعیت بهتر خواهد بود و فاکتور ایمنی بیشتر از ۱ خواهد بود اما برای دیواره نهایی معدن که یک طرح دراز مدت است این مقدار پایین است و لازم است حداقل فاکتور ایمنی بیشتر از $1/2$ باشد.

۱- مقطع ۲ (شکل ۲): ارتفاع آبرفت در این مقطع 150 متر می باشد. در این مقطع نیز در حالت (الف) فاکتور ایمنی زیر حد اطمینان می باشد اما در حالت (ب) فاکتور ایمنی بالای $1/2$ خواهد بود در نتیجه در این حالت دیواره پایدار خواهد بود. شکل (۴) سطح لغزش و ضریب اطمینان را برای سطح لغزش نشان می دهد.

۱- مقطع ۳ (شکل ۲): ارتفاع آبرفت در این مقطع 190 متر می باشد در مقطع نیز هم در حالت (الف) و هم در حالت (ب) فاکتور ایمنی زیر حد اطمینان خواهد بود. جدول ۴ نتایج مربوط به تحلیلهای فوق را نشان می دهد.

جدول ۴- ضریب ایمنی بدست آمده از تحلیل توسط نرم افزار

مقطع ۳		مقطع ۲		مقطع ۱		مقطع
ب	الف	ب	الف	ب	الف	وضعیت آب
۱/۱۵	۰/۷۹	۱/۲۷	۰/۹۲	۱/۱۲	۰/۷۱۷	ضریب ایمنی



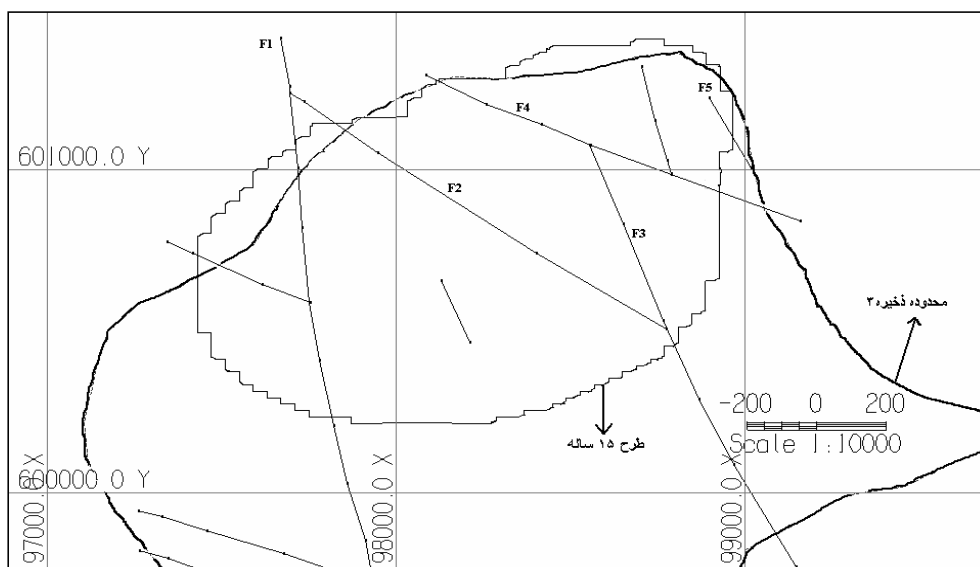
شکل ۴- مقطع ۲ به همراه سطح لغزش بدست آمده از نرم افزار

بررسی شیب دیواره در قسمت سنگی

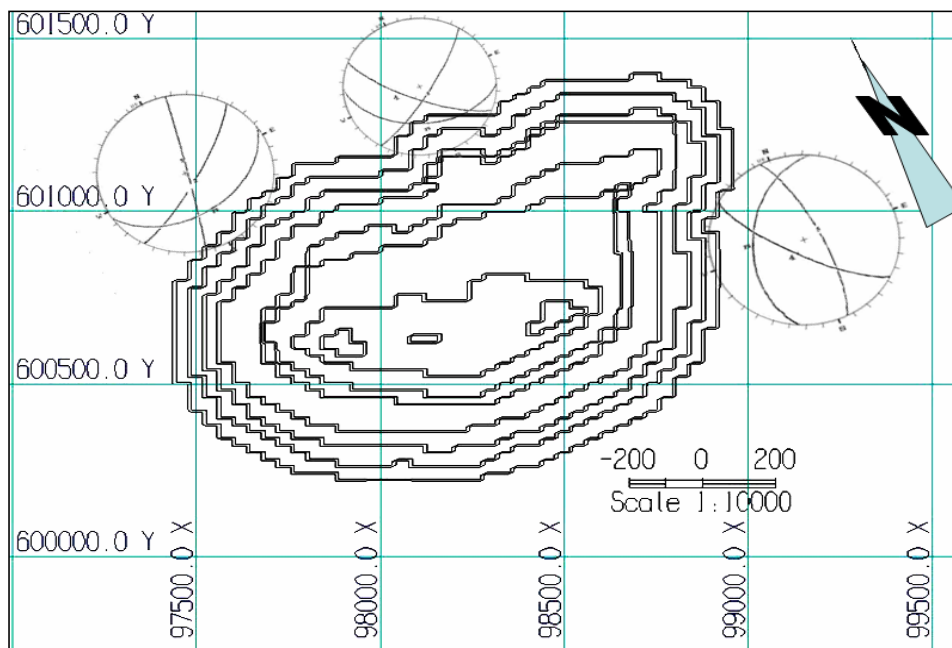
اطلاعات موجود در ضمیمه مشخصات ژئومکانیکی محدوده معدن ۳ گل گهر بسیار کم و ناقص می باشد. اما با توجه به وجود معدن ۱ در نزدیکی این معدن و یکسان بودن خواص لیتولوژیکی سنگها در محدوده دو معدن می توان در این مرحله جهت انجام تحلیل پایداری، در مدلها از خواص معدن شماره یک استفاده کرد. جهت بررسی وضعیت پایداری دیواره در قسمت سنگی، دو نکته مهم مورد بررسی قرار گرفت: الف) توجه به ریزشهایی که تحت کنترل ساختاری می باشند ب) بررسی پایداری دیواره نهایی بطور کلی



الف- بررسی ریزشهایی که تحت کنترل ساختاری می باشند. وجود پوشش آبرفتی مانع از برداشتهای زمین شناسی سطحی شده است. و اطلاع دقیقی از وضعیت دسته درزها در محدوده این معدن وجود ندارد اما با توجه به شواهد موجود و گمانه های حفاری شده یک سری از گسلها شناسایی شده است که در شکل (۵) آورده شده است. شیب این گسلها نزدیک به قائم است و از شیب دیواره نهایی معدن بیشتر است بنابراین شرایط ایجاد شکست صفحه ای بوجود نخواهد آمد و همچنین در بیشتر موارد امتداد گسلها با امتداد دیواره ها موازی و یا تقریباً موازی نمی باشد. با توجه به موقعیت کاواک و گسله ها احتمال تشکیل گوه هایی در دیواره ها وجود دارد به همین منظور هر دیواره به همراه گسلهایی که در دیواره قرار می گیرند بر روی شبکه استریونیت رسم گردید و احتمال شکستهای گوه ای بررسی گردید. بیشترین احتمال ایجاد گوه در دیواره شمال غربی با برخورد گسل ۱ و ۲ با دیواره می باشد. شکل (۶) موقعیت این دو گسل و دیواره معدن را بر روی شبکه استریونیت نشان می دهد همانطور که از این شکل پیداست در این دیواره گوه ای تشکیل می شود اما شیب خط فصل مشترک دو دیواره گوه بر خلاف شیب دیواره می باشد و احتمال لغزش آن در این شرایط وجود ندارد. مطالعات انجام شده در محدوده معدن ۱ نشان داده است دو دسته درزه غالب با شیب نزدیک به ۶۰ درجه در منطقه وجود دارد. امتداد این دسته درزه ها تقریباً شرقی غربی می باشد و مشخصات پر شدگیها شامل کلریت، کلسیت در سنگ درون گیر و تالک سرپانتین در داخل ماده معدنی می باشد [۴]. چنانچه این درزه ها در محدوده معدن ۳ وجود داشته باشند با توجه به شیب و امتداد آنها می توان ریزشهایی از نوع واژگونی را در دیواره شمالی و جنوبی انتظار داشت.



شکل ۵- مزر کانسار ، طرح ۱۵ ساله و گسلهای شناسایی شده در محدوده معدن ۳



شکل ۶- وضعیت پله های طرح ۱۵ ساله و گوه های تشکیل شده در دیواره ها

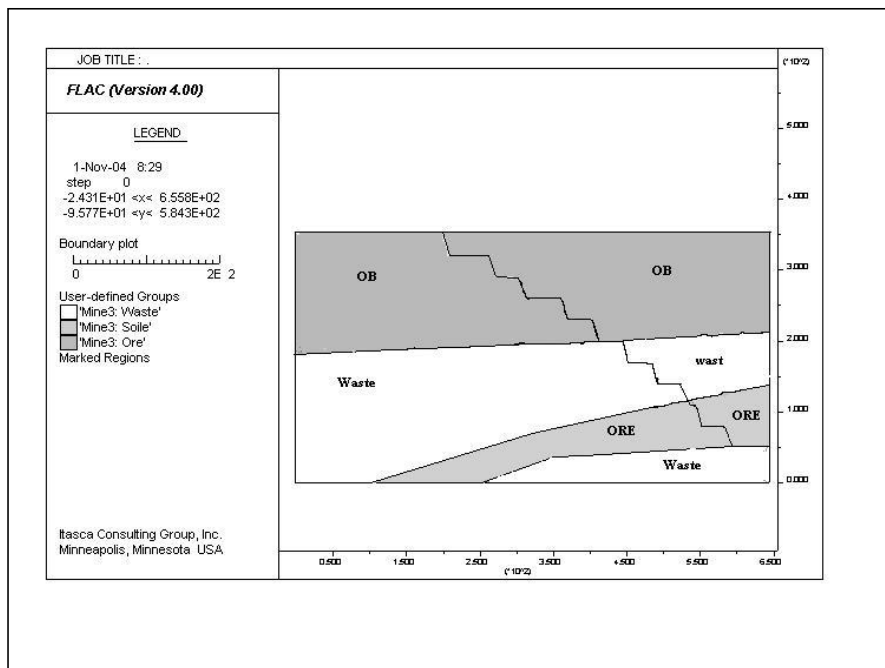
ب- مدل سازی عددی دیواره: بمنظور بررسی وضعیت پایداری کل دیواره از نرم افزار FLAC کمک گرفته شد هنوز مطالعات جامعی در ارتباط با خصوصیات ژئوتکنیکی منطقه انجام نشده است لذا خواص ژئومکانیکی محدوده معدن ۳ در دست نیست. جهت انجام تحلیل با فرض یکسان بودن خواص ژئومکانیکی محدوده معدن ۱ با معدن ۳ از این خواص کمک گرفته شد. مشخصات ورودی به نرم افزار در جدول (۵) دیده می شود.

جدول ۵- مشخصات ورودی به نرم افزار FLAC [۵]

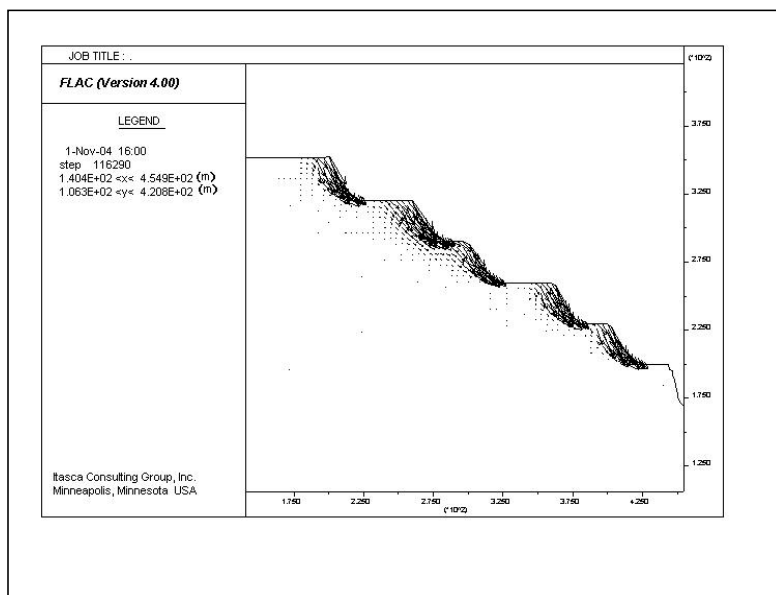
E_m (GPa)	C(MPa)	θ (degree)	نسبت پواسون	دانسیتته (Kg/m^3)	خواص ماده
۰/۰۱۵	۰/۰۲۵	۳۳	۰/۳۵	۲۲۰۰	آبرفت
۳/۳۹	۱/۱۵	۳۰/۳۰	۰/۳	۲۷۰۰	باطله
۶/۵۱	۱/۴	۳۴	۰/۳	۴۲۰۰	سنگ آهن

شکل (۷) مدل بکار رفته در نرم افزار را نشان میدهد. تحلیل با این نرم افزار در شرایط اعمال شده به آن حاکی از پایداری دیواره دارد اما همانطور که از شکل (۸) پیداست جابجاییها در قسمت خاکی زیاد میباشد.

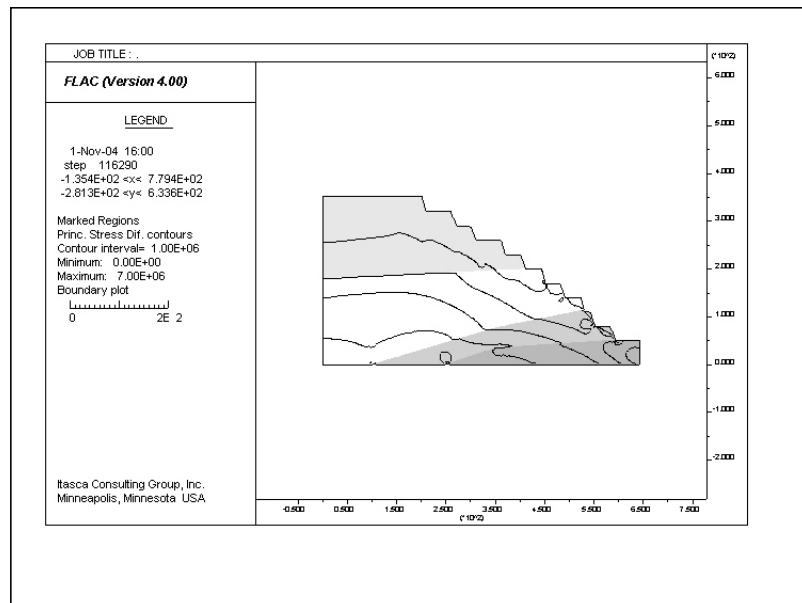
شکل (۹) اختلاف تنشهای اصلی را نشان می دهد همانطور که در شکل پیداست تمرکز تنش بطور جزئی در پاشنه شیب وجود دارد.



شکل ۷- مدل آماده شده جهت تحلیل توسط FLAC



شکل ۸- جابجاییها بدست آماده توسط نرم افزار FLAC



شکل ۹- تفاوت تنشهای اصلی در دیواره بعد از حفاری

نتیجه گیری و بحث

- ❖ نتایج تحلیلهای تعادل حدی دیواره نشان می دهد وضعیت آب بعد از شکل گرفتن دیواره عامل مهمی در پایداری یا عدم پایداری دیواره خواهد بود.
- ❖ اگرچه با وجود پوشش آبرفتی از وضعیت شکستگیها اطلاع دقیقی در دست نیست اما امکان ایجاد شکستگی گوه ای در دیواره شمال غربی وجود دارد. بخصوص اینکه مرز باطله و ماده معدنی بعنوان سطح سوم این گوه عمل خواهد کرد.
- ❖ در صورت تداوم دسته درزهای شناسایی شده در منطقه معدن ۱ در منطقه معدن ۳ می توان ریزشهایی از نوع واژگونی انتظار داشت.
- ❖ تحلیل عددی نشان می دهد دیواره بطور کل پایدار می باشد. اما در قسمت خاکی جابجاییها زیاد می باشد.
- ❖ ضروری است جهت شناسایی گسلهای بزرگ و وضعیت آب زیر زمینی در منطقه مطالعات ژئوفیزیکی انجام شود.



❖ اطلاعات و داده‌های ژئومکانیکی محدوده معدن ۳ ناقص و کم می باشد لازم است مطالعات تکمیلی بیشتری انجام شود. با توجه به پوشش آبرفتی لازم است گمانه‌هایی با اهداف ژئوتکنیکی حفاری گردد بخصوص اینکه ضروری است به منظور شناسایی موقعیت و وضعیت درزه‌ها در منطقه از گمانه‌های جهت یابی (Core Oriented) شده استفاده شود.

تقدیر و تشکر

لازم می دانم از مدیریت منابع انسانی و بهره‌وری و کلیه کسانی که اینجانب را در تهیه مقاله یاری کردند تشکر و قدر دانی کنم

مراجع

- ۱- مهندسین مشاور کوشا معدن، (۱۳۸۳)، "مقدمه ای بر معدن شماره ۳ سنگ آهن گل گهر"
- 2- ADC, (2002), "GOL-E-GOHAR Iron Ore Company Mine Area3 – Prefeasibility Study"
- 3- BINNIE & PARTNERS, (1976), "GOL-E-GOHAR Iron Ore Project Soils Investigations & Plan For Tailings Disposal"
- ۴- مهندسین مشاور کوشا معدن، (۱۳۷۶)، " فاز یک مطالعات پایداری شیب"، جلد دوم
- ۵- باقریان اصغر، (۱۳۸۲)، "تحلیل پایداری شیب‌های سنگی مطالعه موردی معدن سنگ آهن گل گهر"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان