

تحلیل ناپیوستگی‌ها در معادن سنگ ساختمانی و اهمیت آن در بهینه‌سازی استخراج (مطالعه موردی معدن سنگ ساختمانی سعیدی، کرمان)

شهرام شفیعی^۱، محمد عبادی^۱ و مصطفی ترکاشوند^۱

^۱ گروه مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۳/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۱۸

چکیده

یکی از اساسی‌ترین مسائل در اکتشاف و استخراج معادن سنگ ساختمانی، شناسایی و مدل‌سازی ناپیوستگی‌هاست. عموماً در معادن سنگ ساختمانی، تحلیل ناپیوستگی‌ها مورد توجه قرار نمی‌گیرد و در مراحل استخراج مسائل بسیاری از جمله خردشدگی شدید بلوک‌های سنگی و در نتیجه راندمان پایین استخراج بلوک‌های سالم در جبهه کار را به وجود می‌آورد. این پژوهش به بررسی و مطالعه ناپیوستگی‌ها در معادن سنگ ساختمانی سعیدی (کرمان) پرداخته است. معادن سنگ ساختمانی یادشده در واحدهای آهکی مربوط به دوره کرتاسه قرار دارند. مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهد که توسعه ناپیوستگی‌ها در محدوده معدن سنگ سعیدی ناشی از عملکرد دو سامانه گسلش (امتدادلغز و نرمال) بوده است. گسل خوردگی نرمال عملکرد بارزی دارد و باعث توسعه شدید ناپیوستگی‌ها در معادن سنگ سعیدی شده است. به منظور مدل‌سازی ناپیوستگی‌ها، ویژگی‌های مهم ناپیوستگی‌ها (جهت‌یافتگی، فاصله‌داری، تداوم و...) در دو مسیر (خط برداشت) و در ارتباط با هر جبهه کار برداشت و با استفاده از نرم افزار 3DEC نمودارهای سه‌بعدی شکستگی‌ها تهیه شده است. نمودارهای سه‌بعدی برای دو مرحله تهیه شده‌اند. ۱- مرحله بدون تأثیر جبهه کار ۲- مرحله با تأثیر جبهه کار. مقایسه نمودارهای سه‌بعدی، خردشدگی شدید سنگ را به دلیل جهت ناصحیح جبهه کارها نشان می‌دهد. می‌توان نتیجه گرفت، بیشتر جبهه کارها، وضعیت نامناسبی دارند و با جابه‌جایی پله‌ها و ابعاد آنها خردشدگی کاهش خواهد یافت و بعضی از جبهه کارها می‌توانند به چرخه استخراج بازگردند.

کلیدواژه‌ها: تحلیل ناپیوستگی‌ها، معادن سنگ ساختمانی سعیدی

*نویسنده مسئول: شهرام شفیعی

E-mail: Shafiei_Shahram@mail.uk.ac.ir

۱- مقدمه

ارائه شده برای برش کوه علی‌آباد قابل مشاهده است. در این محدوده نیز واحدهای نازک‌لایه و سبتر لایه شبیه به نیم‌رخ ارائه شده در شکل ۱ رخنمون دارند. به استناد نقشه زمین‌شناسی کرمان (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۲) توالی کرتاسه در این محدوده در ساختار تاقدیس پلاتزدار رخنمون یافته است (شکل ۲). بخش‌های شمال باختری رخنمون کرتاسه در این محدوده به طور دگرشیب توسط کنگلومرای کرمان پوشیده شده است (شکل ۳). مطالعه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که گسل خوردگی در دو راستای شمال - شمال باختری و جنوب - جنوب خاوری (NNW-SSE) و شمال خاوری - جنوب باختری (NE-SW) توسعه یافته است. بررسی نشان می‌دهد که کنگلومرای کرمان نیز تحت تأثیر فاز گسل خوردگی در این منطقه قرار گرفته است. می‌توان نتیجه گرفت که گسل‌ها و شکستگی‌های موجود در توالی کرتاسه جوان‌تر از پالئوسن هستند (شکل‌های ۳ و ۴).

در این محدوده گسل خوردگی در دو الگوی امتدادلغز و نرمال عملکرد داشته است. گسل خوردگی امتدادلغز از نظر ریخت‌شناسی عوارض کاملاً آشکاری را بر جای گذاشته است. یکی از عوارض زمین ریخت‌شناختی، دره‌های گسلی فراوان در رخنمون سنگی محدوده مورد مطالعه است. ایجاد این آبراه‌ها بر بسترهای سنگی نتیجه خردشدگی سنگ در پهنه گسلش است. شواهد صحرایی نشان می‌دهد که گسل خوردگی امتداد لغز تغییراتی در مؤلفه‌های جنبشی داشته است، به گونه‌ای که می‌توان درباره این گسل‌ها، طیف جنبشی از حرکات امتدادلغز محض تا امتدادلغز با مؤلفه مورب‌لغز را در سطوح گسل خوردگی دید. دگرشکلی سنگ در پهنه گسل خوردگی با توسعه برش یا گوزگسلی نمایان شده است. برش‌ها در پهنه‌های گسلی به صورت تجمعی از قطعات خرد شده از سنگ‌آهک‌های کرتاسه در زمینه‌ای رسی رخنمون دارند. با توجه به فرسایش پذیرتر بودن برش‌ها نسبت به سنگ‌آهک، پهنه گسل خوردگی و محدوده تجمع برش بر اثر فرسایش نسبت به دیوارهای اطراف ژرف‌تر شده و به‌صورت آبراه در بستر سنگی رخنمون یافته است (شکل ۵ و ۶).

در بحث اکتشاف و همچنین تعیین جهت و محل مناسب جبهه کار استخراجی در معادن سنگ ساختمانی، شناسایی و تحلیل ناپیوستگی‌ها اهمیت بالایی دارد. شناسایی و معرفی سامانه ناپیوستگی‌ها پیش از آغاز عملیات استخراج، می‌تواند به عنوان مؤثرترین گام در راستای افزایش بهره‌وری استخراج مطرح شود. همچنین تعیین مختصات شکستگی‌ها در تعیین الگوهای ناپایداری سنگ و افزایش ضریب ایمنی مسیر استخراج نقش اساسی دارد (Acheampong, 2003). در بیشتر معادن سنگ ساختمانی، موضوع شناسایی و مطالعه ناپیوستگی‌ها مورد توجه معدن‌کاران نیست، زمانی به اهمیت این مسئله توجه می‌شود که هزینه هنگفتی در مسیرهای نامناسب در جبهه کارها صرف شده است. این پژوهش درباره تحلیل ناپیوستگی‌ها در جبهه کارهای معادن سنگ ساختمانی سعیدی در شمال خاوری شهر کرمان انجام شده است. بسیاری از جبهه کارهای معدن منطقه سعیدی، به دلیل خردشدگی شدید سنگ و بازده پایین تولید بلوک‌های با حجم اقتصادی مناسب، با عدم فعالیت یا با کمترین کارایی استخراج مواجه شده‌اند. هدف این نوشتار تحلیل ناپیوستگی‌ها در جبهه کارهای معادن سنگ سعیدی به منظور ارائه راهکاری مناسب برای بالا بردن بازده استخراج و بازگرداندن جبهه کارهای تعطیل شده به چرخه تولید است.

۲- زمین‌شناسی منطقه سعیدی

توالی سنگ‌شناسی در منطقه سعیدی متعلق به واحدهای کرتاسه است. سنگ‌آهک‌های کرتاسه در اطراف شهر کرمان رخنمون گسترده‌ای دارند و معادن سنگ ساختمانی اطراف شهر کرمان نیز در همین واحدهای سنگی مستقر هستند. توالی کرتاسه در کوه علی‌آباد واقع در روستای زنگی‌آباد در شمال شهر کرمان شناسایی و مطالعه شده است (آنتیکی نژاد، ۱۳۷۱). توالی سنگ‌شناسی این برش شامل سنگ‌آهک‌های مارنی ماسه‌ای، سنگ‌آهک‌های مارنی، سنگ‌آهک‌های زیستی، آهک‌های تخریبی-زیستی و سنگ‌آهک‌های میکربیتی و مارن است (شکل ۱). در محدوده معدن سنگ سعیدی، توالی کرتاسه با شباهت زیاد به توالی

که ویژگی‌های برداشت‌شده در طول کل مسیر برداشت (Scan line) در مقیاس ۳۰ متری مدل‌سازی شد. مرحله اول نمودار سه‌بعدی بر مبنای وضعیت درزه‌ها و بدون تأثیر پله استخراج رسم و حجم بلوک نیز محاسبه شده است. در مرحله دوم، نمودار سه‌بعدی و حجم بلوک با تأثیر پله استخراج مورد ارزیابی قرار گرفته است. در شکل ۱۱، J1 و J2 و J3 جهت‌گیری ناپیوستگی‌های غالب را نشان می‌دهد (شفیعی، ۱۳۸۸ و شفییعی و همکاران، ۱۳۸۸). در جدول ۲ وضعیت پله، حجم سنگ استخراجی در هر پله (سنگ کاملاً سالم) و تأثیر وضعیت پله اعمال شده در حجم قابل استفاده، محاسبه شده است.

در جبهه کار S1 دو دسته اصلی درزه با امتداد، شیب، فاصله‌داری و تداوم مشخص وجود دارد. با توجه به ابعاد ۳۰ متری بلوک برای مدل‌سازی و نمودار حجم بلوک‌ها و با توجه به ابعاد ۳ متر مکعبی برای استخراج بلوک، حدود ۱ درصد از بلوک‌های ایجاد شده، قابل استفاده نیستند. با توجه به مدل‌سازی پله‌های معدن که با ابعاد $1/3 \times 6 \times 7$ m در این رخنمون اجرا می‌شود، سه درزه دیگر در رخنمون تأثیرگذار شده‌اند. به گونه‌ای که برش‌های پله، باعث خرد شدن زیاد سنگ می‌شود. تا حدی که 70.47 بلوک با ابعاد مختلف در جبهه کار ایجاد می‌شود. این طیف از بلوک‌های ایجاد شده دارای ابعاد مختلفی هستند. نمودار حجم بلوک‌ها نشان می‌دهد که $11/4$ درصد بلوک‌های ایجاد شده، حجمی کمتر از ۳ متر مکعب داشته و قابلیت استفاده برای سنگ تزئینی نخواهند داشت. در جبهه کار S2 از دو دسته درزه برای مدل‌سازی استفاده شده است. با توجه به نمودار حجم تجمعی بلوک‌های ایجاد شده توسط درزه‌ها مقدار بلوک غیر قابل استفاده $0/1$ درصد است. با توجه به مدل‌سازی پله‌های معدن که با ابعاد $1/3 \times 6 \times 6$ m در این جبهه کار اجرا می‌شود، نمودار سه بعدی نشان می‌دهد برش‌های پله با تأثیر سه صفحه جدید باعث خرد شدن زیاد سنگ می‌شود. بلوک‌های ایجاد شده دارای ابعاد مختلفی هستند. نمودار حجم بلوک‌ها در مرحله با تأثیر وضعیت استخراج نشان می‌دهد که 7 درصد بلوک‌های ایجاد شده حجمی کمتر از ۳ متر مکعب داشته و قابلیت استفاده برای سنگ تزئینی نخواهند داشت. در جبهه کار S3 دو دسته درزه وجود دارد که برای مدل‌سازی استفاده شده است. با توجه به حجم تجمعی بلوک‌های ایجاد شده در محله بودن تأثیر جبهه کار، مقدار بلوک غیر قابل استفاده در مدل $0/5$ درصد اندازه‌گیری می‌شود. پله‌های معدن با ابعاد $1/6 \times 6 \times 7$ m در این رخنمون اجرا می‌شود. برش‌های پله باعث خرد شدن زیاد سنگ شده است. این طیف از بلوک‌های ایجاد شده دارای ابعاد مختلفی هستند. نمودار حجم تجمعی در مرحله تأثیر مسیر جبهه کار نشان می‌دهد که $11/4$ درصد بلوک‌های ایجاد شده، حجمی کمتر از ۳ متر مکعب داشته و قابلیت استفاده برای سنگ تزئینی نخواهند داشت. در جبهه کار S4 دو دسته درزه وجود دارد که برای مدل‌سازی استفاده شده است، نمودار حجم تجمعی بلوک‌های ایجاد شده توسط درزه‌ها، مقدار بلوک غیر قابل استفاده در مدل را $0/3$ درصد نشان می‌دهد. با توجه به مدل‌سازی پله‌های معدن که با ابعاد $2/5 \times 6 \times 6$ m در این جبهه کار اجرا می‌شود و با تأثیر سه دسته ناپیوستگی جدید حاصل از برش می‌توان نتیجه گرفت که این مسیر پله باعث خرد شدن زیاد سنگ می‌شود و باعث ایجاد طیف وسیعی از بلوک‌های ایجاد شده با ابعاد مختلف می‌شود. با توجه به این نمودار مشخص می‌شود که 5 درصد بلوک‌های ایجاد شده، حجمی کمتر از ۳ متر مکعب داشته و قابلیت استفاده برای سنگ تزئینی نخواهند داشت. در جبهه کار S5 از دو دسته درزه برای مدل‌سازی استفاده شده است. به استناد نمودار حجم بلوک‌های ایجاد شده توسط درزه‌ها، در مرحله پیش از استخراج مقدار بلوک غیر قابل استفاده در مدل، $0/2$ درصد است. مدل‌سازی پله‌های معدن که با ابعاد $1/7 \times 6 \times 8$ m در این جبهه کار اجرا می‌شود، نشان می‌دهد که روند پله اعمال شده باعث خرد شدن زیاد سنگ می‌شود. نمودار حجم بلوک‌ها در مرحله با تأثیر مسیر استخراج نشان می‌دهد که $3/5$ درصد

گسل خوردگی نرمال نیز مشابه با گسل خوردگی امتدادلغز دارای عوارض و سیماهای ریخت‌شناختی و زمین‌شناختی بارزی در محدوده معادن سنگ سعیدی است. برداشت‌های صحرائی نشان می‌دهد که الگوی شاخص توسعه گسل خوردگی نرمال از الگوی قاشقی (لیستریک) یا الگوی قفسه کتابی (Booke shelf) پیروی می‌کند. دلایلی مانند هم‌آغوش بودن این گسل‌ها و همچنین جهت جابه‌جایی غالب به سمت جنوب و جنوب خاور تأییدکننده این الگو هستند. در بعضی از رخنمون‌ها این گسل‌ها با الگوی مزدوج نمایان شده‌اند، که البته یکی از سطوح دارای جابه‌جایی یا عملکرد وسیع‌تری بوده است (شکل ۷). این گروه از گسل‌ها دارای پهنه برشی کاملاً مشخص، همراه با توسعه برش‌های گسلی است. معیارهای سینماتیک دلالت بر جابه‌جایی راست‌گرد در بیشتر گسل‌های نرمال دارد. شواهد ساختاری نشان می‌دهد که گسل خوردگی نرمال در فاز پس از گسل خوردگی امتدادلغز توسعه یافته است. از جمله این شواهد می‌توان به قطع‌شدگی و جابه‌جایی گسل‌های امتدادلغز توسط گسل‌های نرمال اشاره کرد (شکل ۸) (شفیعی، ۱۳۸۸).

۳- نحوه برداشت و اندازه‌گیری‌ها

واژه ناپیوستگی به هر صفحه ضعف در توده سنگ، اطلاق می‌شود که باعث کاهش مقاومت آن می‌شود. ناپیوستگی‌ها همراه با رویدادهای زمین‌شناسی، در زمان‌های مختلف و در نتیجه حالات تنش متفاوت در سنگ تشکیل شده‌اند. ویژگی‌هایی ناپیوستگی‌ها که تأثیر آنها بر خواص مهندسی توده سنگ مهم است عبارتند از: جهت‌داری، فاصله‌داری، تداوم، زبری، مقاومت دیواره، بازشدگی، مواد پرکننده، تعداد دسته درزه‌ها (شکل ۸) (Duncan, 1999). از متغیرهای پارامترها یاد شده می‌توان در سنجش اندازه، تعداد و حجم بلوک‌های سنگی قابل استخراج استفاده کرد. (Palmstrom & Singh, 2001; Barton, 1990; Dearman, 1991; Palmstrom, 1995, 2005).

با توجه به روند کلی شکستگی‌ها، در ارتباط با هر یک از جبهه کارهای فعال و غیر فعال (شکل ۹) برداشت‌های صحرائی از مشخصات مهم ناپیوستگی‌ها و با استفاده از روش خط برداشت (Scan line) انجام شد.

۴- تحلیل ناپیوستگی‌ها در معدن سنگ سعیدی

روش اساسی در تحلیل ناپیوستگی‌ها مدل‌سازی بر اساس مشخصات آنهاست. در این تحقیق نیز برای هر کدام از جبهه کارها با استفاده از متغیر راستای غالب دسته درزه‌ها در نمودار گل‌سرخ و متغیر فاصله‌داری و تداوم (جدول ۱ و شکل ۱۰)، نمودار سه‌بعدی ناپیوستگی‌ها (برای دو مرحله) و همچنین نمودار حجمی بلوک‌ها (برای دو مرحله) رسم شده است. در مرحله اول نمودارهای سه‌بعدی ناپیوستگی‌ها، بدون تأثیر پله استخراج و در مرحله دوم با تأثیر روند پله استخراج مدل‌سازی شد. حجم بلوک‌های سنگی نیز در دو مرحله محاسبه شده است (شکل ۱۲).

۵- مدل‌سازی ناپیوستگی‌ها در جبهه کارهای معدن سنگ سعیدی

به منظور مدل‌سازی دسته درزه‌های معدن و محاسبه حجم بلوک ایجاد شده توسط درزه‌ها از نرم‌افزار 3DEC استفاده شده است (Baecher, 1983; Mansouri, 2000). در این راستا ابتدا باید ناپیوستگی‌ها دسته‌بندی شوند. متغیرهای درج شده در جدول ۱، از مؤلفه‌های اصلی مورد نیاز، در مدل‌سازی سه‌بعدی ناپیوستگی‌ها با نرم‌افزار 3DEC هستند. با توجه به متغیر میانگین فاصله‌داری تعداد صفحه‌های ناپیوستگی در نمودار سه‌بعدی، نماینده تعداد کل ناپیوستگی‌ها در هر دسته در هر خط برداشت است. نمودارهای سه‌بعدی بر مبنای ابعاد ۳۰ متری برای جبهه کارها رسم شده‌اند. بدین گونه

۷- نتیجه‌گیری

با توجه به مقایسه تأثیر مسیر استخراج فعلی با تأثیر مسیر پیشنهادی در حجم بلوک‌های سنگی و همچنین با توجه به تأثیر تجمعی میزان خردشدگی در پله‌های جبهه کار، می‌توان موارد زیر را ارائه کرد:

- بسیاری از جبهه کارها در مسیرها و وضعیت‌های نامناسب، طراحی شده‌اند که این موضوع باعث افزایش میزان خردشدگی شده است.
- با جابه‌جایی راستای پله‌ها و ابعاد آنها (تغییر در موقعیت و وضعیت جبهه کارها) می‌توان میزان خردشدگی را به میزان قابل توجهی کاهش داد.
- با توجه به این که ناپیوستگی‌ها کم و بیش عمود بر هم هستند، می‌توان پله‌ها را موازی راستای ناپیوستگی‌های غالب طراحی کرد که افزون‌بر کاهش میزان خردشدگی، کاهش هزینه‌های برش نیز حاصل می‌شود.
- میزان گام‌های برش (در معدن سعیدی از ۱/۳ m تا ۱/۷ m متغیر است) باید در ارتباط با میزان فاصله‌داری ناپیوستگی‌ها تعیین شود که می‌تواند باعث کاهش قابل توجه خردشدگی شود.
- در جهت کاهش سنگ با حجم کمتر از ۳ متر مکعب، باید جبهه کار در موقعیت مناسب از نظر فاصله‌داری ناپیوستگی‌ها طراحی شود. بدیهی است که باز کردن جبهه کار در موقعیتی که میانگین فاصله‌داری میزان پائینی را نشان می‌دهد، خردشدگی سنگ و در نتیجه تولید بلوک‌های غیر اقتصادی (حجم کمتر از ۳ متر مکعب) افزایش خواهد داشت.

- میزان شیب برش در این معدن ۹۰ درجه است که در صورت امکان با تغییر آن به شیب ناپیوستگی‌ها (بین ۷۰ تا ۹۰) کاهش شدیدی در میزان خردشدگی به وجود خواهد آمد.
- ارزیابی‌های انجام شده در این مطالعه می‌تواند با روش‌های دیگر مثل گمانه‌های اکتشافی و بررسی شکستگی‌ها در مغزه‌های حفاری تکمیل شود.

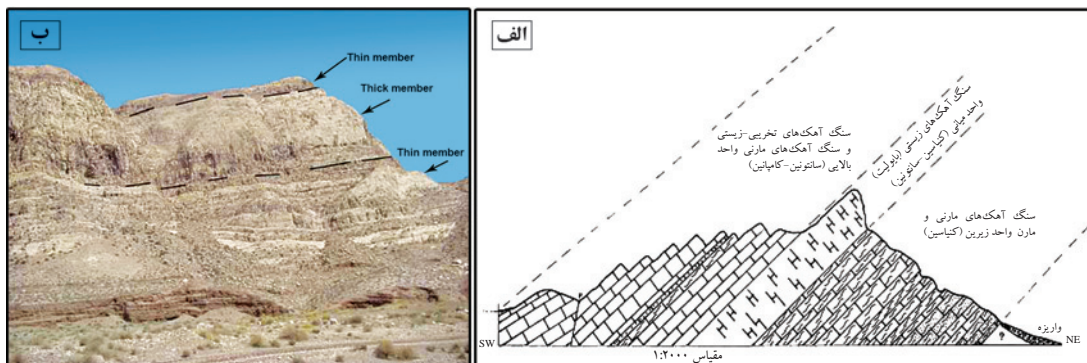
سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت حوزه معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه شهید باهنر کرمان و همکاری مسئولان معدن سعیدی به سرانجام رسیده است. به این وسیله از همه همکاران محترم در معاونت پژوهشی و فناوری و همچنین از جناب آقای مهندس بهادری و جناب آقای مهندس غفاری (از مسئولین فنی معدن سعیدی) تشکر و قدردانی می‌شود.

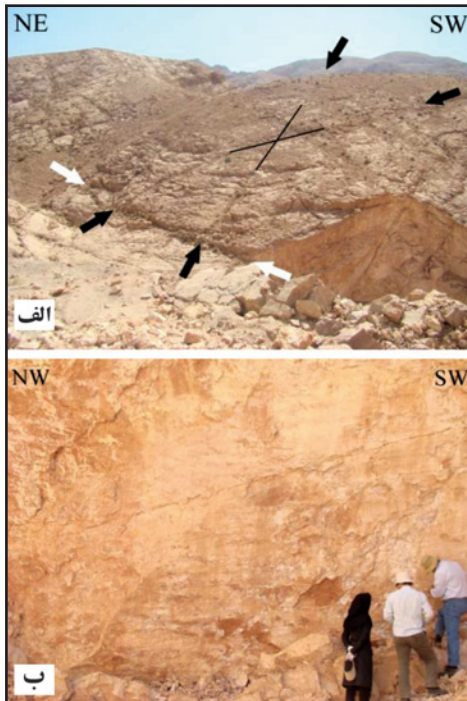
بلوک‌های ایجادشده، حجمی کمتر از ۳ متر مکعب داشته و قابلیت استفاده برای سنگ تزئینی را نخواهند داشت. در جبهه کار S6 فقط یک دسته درزه غالب شناسایی شده است. با توجه به نمودار نمایش داده شده در شکل، مقدار بلوک غیر قابل استفاده در مدل بسیار ناچیز است که البته با توجه به وجود یک دسته درزه نیز قابل پیش‌بینی است. با توجه به مدل‌سازی پله‌های معدن که با ابعاد $1/6 \times 6 \times 7$ m در این جبهه کار اجرا می‌شود و با توجه به روند درزه‌ها، برش‌های پله باعث خردشدن زیاد سنگ می‌شود و بلوک‌های ایجاد شده دارای ابعاد مختلفی هستند. با توجه به نمودار حجم بلوک‌ها مشخص می‌شود که $3/4$ درصد بلوک‌های ایجادشده، حجمی کمتر از ۳ متر مکعب داشته و قابلیت استفاده برای سنگ تزئینی نخواهند داشت. در جبهه کار S7 سه دسته درزه وجود دارد که برای مدل‌سازی استفاده شده است. نمودار حجم تجمعی بلوک‌های ایجادشده توسط درزه‌ها، نشان می‌دهد که مقدار بلوک غیر قابل استفاده در مدل $3/6$ درصد است. با توجه به مدل‌سازی پله‌های معدن که با ابعاد $1/7 \times 6 \times 7$ m در این جبهه کار اجرا می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که طراحی این چنینی پله باعث خردشدن زیاد سنگ می‌شود. با توجه به نمودار حجم بلوک‌ها مشخص می‌شود که $19/2$ درصد بلوک‌های ایجاد شده، حجمی کمتر از ۳ متر مکعب داشته و قابلیت استفاده برای سنگ تزئینی نخواهند داشت (شکل ۱۱).

۶- افزایش بازدهی استخراج با تغییر در امتداد جبهه کارها

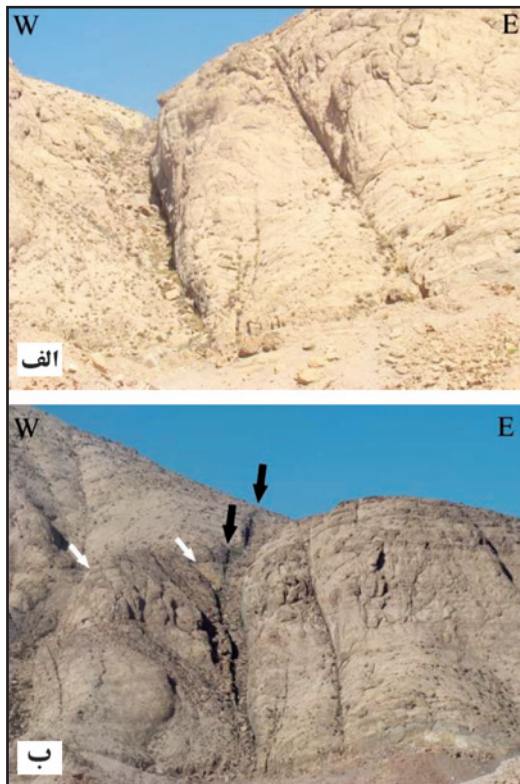
با توجه به وضعیت ناپیوستگی‌ها و وضعیت پله برش اعمال شده در هر یک از جبهه کارها و با توجه به حجم غیر قابل استفاده از سنگ استخراجی در هر پله، پیشنهاد می‌شود که وضعیت پله با توجه به الگوی ناپیوستگی‌ها در هر جبهه کار طراحی شود. در این مطالعه وضعیت جدید برای پله در جبهه کارها در معدن سنگ سعیدی پیشنهاد شده است. شکل ۱۲ نمودار سه‌بعدی ناپیوستگی‌ها با تأثیر مسیر پیشنهادی و همچنین حجم بلوک‌های ایجادشده در هر جبهه کار را نشان می‌دهد. در جبهه کار S1 با تغییر وضعیت پله و اعمال مسیر پیشنهادی جدید، میزان خردشدگی به میزان $9/8$ ، در جبهه کار S2 به میزان $7/3$ ، در جبهه کار S3 به میزان 7 ، در جبهه کار S4 به میزان 4 ، در جبهه کار S5 به میزان $6/3$ ، در جبهه کار S6 به میزان $3/2$ و در جبهه کار S7 به میزان 19 درصد کاهش یافته است.



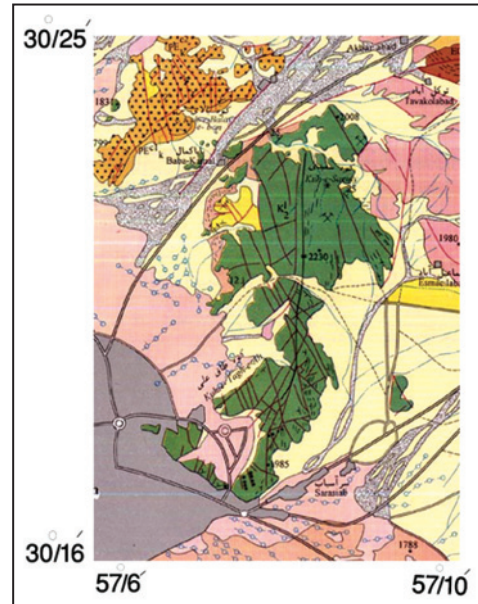
شکل ۱- الف) برش زمین‌شناسی توالی کرتاسه در کوه علی‌آباد در روستای زنگی‌آباد (آتیکتی‌نژاد، ۱۳۷۱ و ۱۳۸۶). ب) نمایی از بخش‌های نازک‌لایه و ستبر‌لایه در محدوده معادن سنگ سعیدی



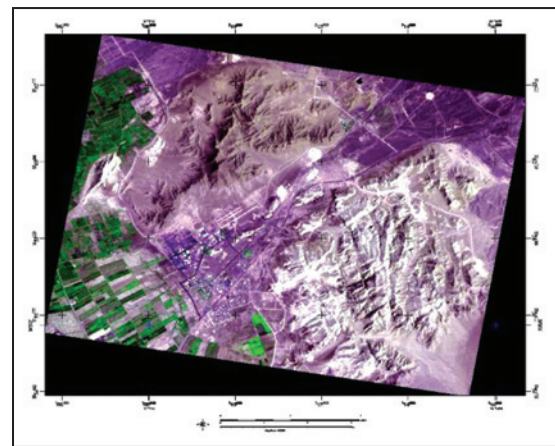
شکل ۵-الف) توسعه گسل خوردگی امتداد لغز (فلش‌های سیاه) در الگوی مزدوج. ب) نمایی از سطح گسل خوردگی امتدادلغز (شفیعی، ۱۳۸۸)



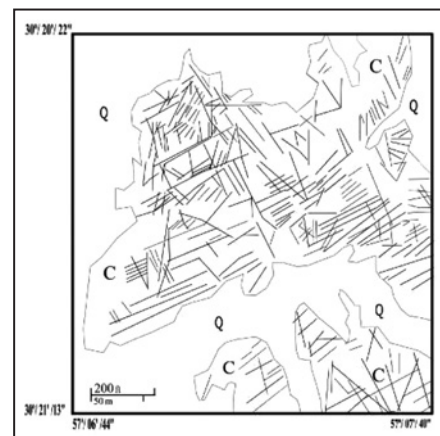
شکل ۶-الف و ب) نماهایی از آبراهه‌های ایجاد شده در راستای گسل‌های امتداد لغز. در شکل ب جابه‌جایی مسیر آبراهه ایجاد شده در امتداد گسل‌های امتداد لغز (فلش‌های سیاه) تحت تأثیر گسل‌های نرمال (فلش‌های سفید) نشان داده شده است. (شفیعی، ۱۳۸۸)



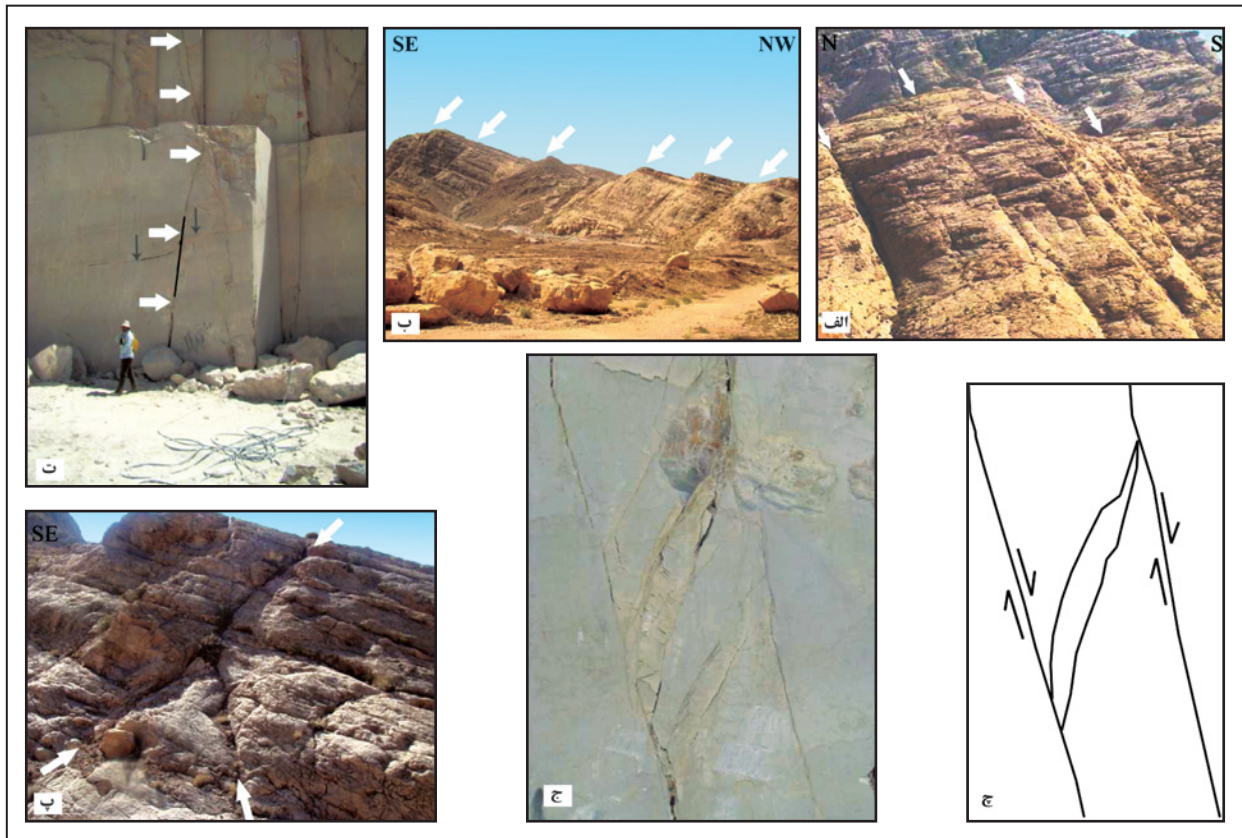
شکل ۲- رخنمون سنگ آهک‌های کرتاسه (K_2) در شمال خاور شهر کرمان (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۲)



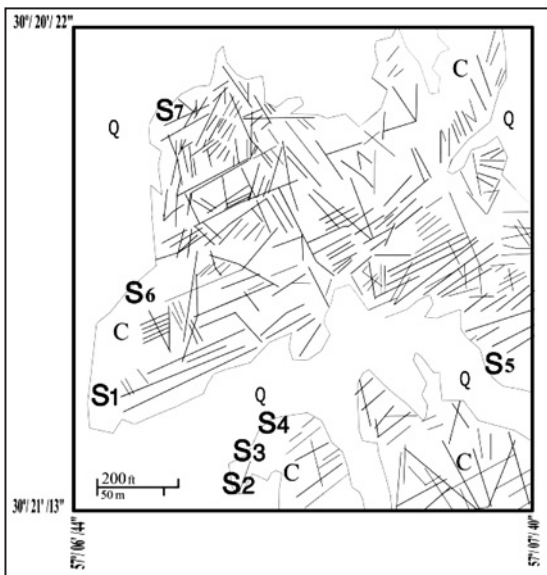
شکل ۳- تصویر ماهواره‌ای رخنمون‌های کرتاسه (بخش‌های سفید رنگ) در محدوده معادن سنگ سعیدی



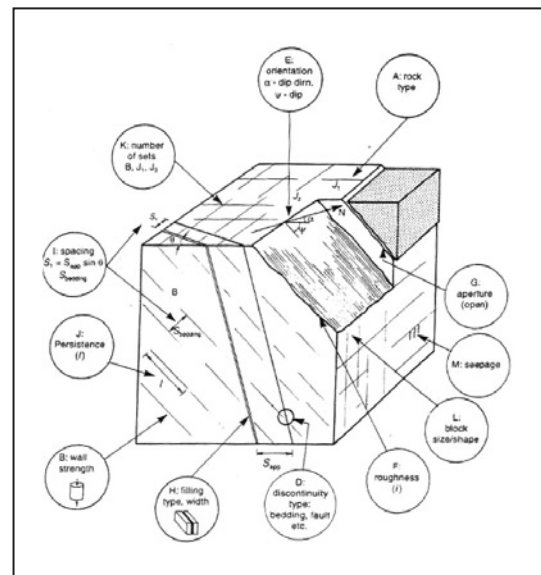
شکل ۴- نقشه پراکنندگی گسل‌ها در محدوده مورد مطالعه. علامت C واحدهای سنگی کرتاسه و علامت Q رسوبات کواترنری را نشان می‌دهد.



شکل ۷- الف و ب) توسعه گسل خوردگی نرمال در الگوی هم آغوش یا قفسه کتابی (پ) گسل خوردگی نرمال با ساختار مزدوج، فلش‌های سفید موقعیت گسل خوردگی را نشان می‌دهند. ت) رخنمون گسل خوردگی نرمال در یکی از جبهه کارهای معدن سعیدی. پیکان‌های سفید امتداد یافتگی گسلش را در پله‌های جبهه کار نشان می‌دهد. جابه‌جایی مرز لایه‌بندی توسط این گسل با موقعیت فلش‌های سیاه رنگ نشان داده شده است. ج) نمایی نزدیک‌تر از گسل خوردگی نرمال (شکل ت) با توسعه فضای برشی Z شکل و الگوی نمادین آن (شکل ج) در جبهه کار S1 در معدن سعیدی. (شفیعی، ۱۳۸۸).



شکل ۹- موقعیت جبهه کارها در محدوده معدن سنگ سعیدی. علامت C محدوده رخنمون‌های سنگی و Q بخش آبرفتی را نشان می‌دهد. (شفیعی، ۱۳۸۸)



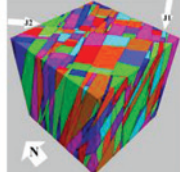
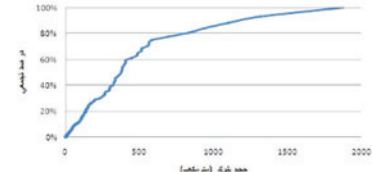
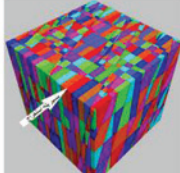
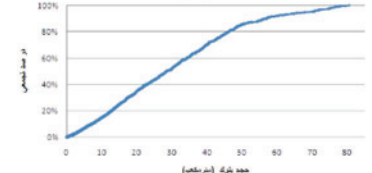
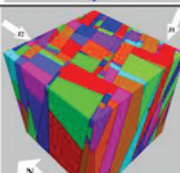
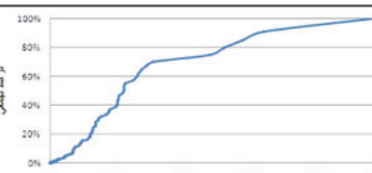
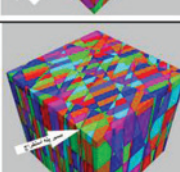
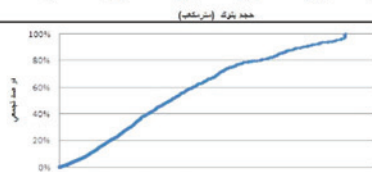
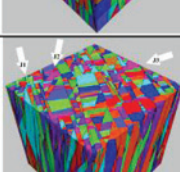

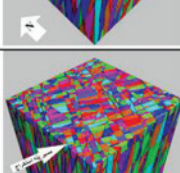
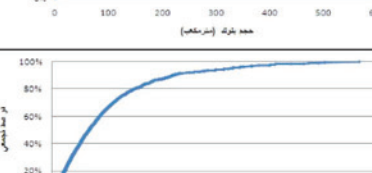
شکل ۸- مشخصات مهم ناپوستگی‌ها در توده سنگ (Duncan, 1999)

جبهه کار	نمودار گل سرخی	نمودار فاصله‌داری دسته درزه ۱	نمودار فاصله‌داری دسته درزه ۲
S1			
S2			
S3			
S4			
S5			
S6			
S7			

شکل ۱۰- نمودار گل سرخی و وضعیت فاصله‌داری درزه‌ها در جبهه کارهای معدن سنگ سعیدی

جبهه کار	وضعیت شبیه‌سازی ناپیوستگی	نمودار سه‌بعدی ناپیوستگی‌ها	نمودار تجمعی حجم بلوک‌ها
S1	بدون تأثیر مسیر استخراج		
	با تأثیر مسیر استخراج		
S2	بدون تأثیر مسیر استخراج		
	با تأثیر مسیر استخراج		
S3	بدون تأثیر مسیر استخراج		
	با تأثیر مسیر استخراج		
S4	بدون تأثیر مسیر استخراج		
	با تأثیر مسیر استخراج		

شکل ۱۱- مدل‌سازی ناپیوستگی‌ها و نمودار حجم بلوک‌های ایجاد شده برای دو مرحله ۱- بدون تأثیر مسیر استخراج ۲- با تأثیر مسیر استخراج در محدوده‌های برداشت در معدن سنگ سعیدی

جبهه کار	وضعیت شبیه‌سازی ناپیوستگی	نمودار سه‌بعدی ناپیوستگی‌ها	نمودار تجمعی حجم بلوک‌ها
S5	بدون تأثیر مسیر استخراج		
	با تأثیر مسیر استخراج		
S6	بدون تأثیر مسیر استخراج		
	با تأثیر مسیر استخراج		
S7	بدون تأثیر مسیر استخراج		
	با تأثیر مسیر استخراج		

ادامه شکل ۱۱

جبهه کار	نمودار سه بعدی ناپوستگی های با تأثیر مسیر پیشنهادی	نمودار تجمعی با تأثیر مسیر پیشنهادی
S1	<p>موقعیت مسیر پیشنهادی: N70 E</p>	
S2	<p>موقعیت مسیر پیشنهادی: N80E</p>	
S3	<p>موقعیت مسیر پیشنهادی: N60E</p>	
S4	<p>موقعیت مسیر پیشنهادی: N50E</p>	
S5	<p>موقعیت مسیر پیشنهادی: N70E</p>	
S6	<p>موقعیت مسیر پیشنهادی: N60W</p>	
S7	<p>موقعیت مسیر پیشنهادی: N27E</p>	

شکل ۱۲ - مدل سازی ناپوستگی ها و جهت برش پیشنهادی و نمودار حجم بلوک های ایجاد شده توسط درزه و با تأثیر پله در جبهه کارهای پیشنهادی در معدن سنگ سعیدی

جدول ۱- مشخصات دسته درزه‌ها در جبهه کارهای معدن سنگ سعیدی

جبهه کار	دسته درزه	تعداد درزه	میانگین امتداد	انحراف معیار امتداد	میانگین شیب (درجه) و جهت شیب	انحراف معیار شیب	میانگین فاصله داری (متر)	انحراف معیار فاصله داری	میانگین تداوم (متر)
S1	J1	102	71.5	7.9	82.6SE	13.3	0.59	0.56	4.4
	J2	67	158.9	5.7	84.7w-sw	17.9	0.71	0.50	3.5
S2	J1	81	82.1	7.2	84.7sE	14.7	0.93	0.39	4.9
	J2	50	155.8	7.7	86.4W-SW	11.2	1.19	0.49	3.5
S3	J1	31	54	8.2	75.1N-NW	15.4	0.77	0.46	4.6
	J2	31	157	9.5	81.4W-SW	9	1.04	0.45	3.9
S4	J1	130	53.9	9.4	73.8N-NW	12	0.94	0.60	4.7
	J2	30	153.7	23.9	87.3SW	12.8	0.92	0.41	3.8
S5	J1	108	69.4	9.2	80.4S-SE	13	1.01	0.45	4.7
	J2	62	164.3	8.6	78NW	16.7	1.09	0.45	3.7
S6	J1	195	62.8	8.9	86.5	12.9	1.02	0.43	4.1
S7	J1	104	27.4	5	80.9W-NW	12.9	0.97	0.42	4.8
	J2	58	116.2	8.3	88.5S-SW	10.9	0.53	0.24	4.1

جدول ۲- وضعیت پله، حجم سنگ استخراجی در هر پله (سنگ کاملاً سالم) و تأثیر وضعیت پله اعمال شده در حجم قابل استفاده

جبهه کار	وضعیت پله (کام برش عرض ارتفاع)	حجم پله (M ³)	درصد سنگ با حجم کمتر از ۳ متر مکعب (مرحله بدون تأثیر وضعیت جبهه کار)	درصد سنگ با حجم کمتر از ۳ متر مکعب (مرحله با تأثیر وضعیت جبهه کار)
S1	1.3×6×7m	54.6	1	11.4
S2	1.3×6×6m	46.8	0.1	7
S3	1.6×6×7m	67.2	0.5	11.4
S4	2.5×6×6m	90	0.3	5
S5	1.7×6×8m	81.6	0.2	3.5
S6	1.6×6×7m	67.2	ناچیز	3.6
S7	1.7×6×7m	71.4	3.6	19.2

کتابنگاری

- آنتیکی نژاد، ح.، ۱۳۷۱- میکرواستراتیگرافی نهشته‌های پرپود کرتاسه، کوه زنگی‌آباد (شمال باختر کرمان). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۳۱۴ صفحه.
- آنتیکی نژاد، ح.، ۱۳۸۶- میکروپالئونتولوژی و چینه‌شناسی سنگ آهک‌های کرتاسه بالایی کوه علی‌آباد شمال کرمان. یازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران. دانشگاه فردوسی مشهد.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۲- نقشه زمین‌شناسی کرمان با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰
- شفیعی، ش.، ۱۳۸۸- تحلیل ساختاری شکستگی‌ها در معادن سنگ ساختمانی (مطالعه موردی: معادن سنگ ساختمانی سعیدی. خاور کرمان). طرح پژوهشی به شماره ۹۰۸/۴۱، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- شفیعی، ش.، عبادی، م.، و ترکاشوند، م.، ۱۳۸۸- تحلیل ناپیوستگی‌ها و نقش آن در بلوک‌دهی معادن سنگ ساختمانی سعیدی (شمال خاور کرمان). سومین کنفرانس مهندسی معدن ایران. دانشگاه یزد.

References

- Acheampong, A., 2003- Importance of geotechnical field mapping in assessing the stability of underground excavations, Annual Meeting. Cincinnati, Ohio.
- Baecher, G. B., 1983- Statical analysis of rock mass fracturing, *Mathematical Geology*, 15(2).329-348.
- Barton, N., 1990- Scale effects or sampling bias In: *Proceedings of the International Workshop Scale Effects in Rock Masses*, Balkema Publishers, Rotterdam, pp. 31-55.
- Dearman, W. R., 1991- *Engineering Geological Mapping*. Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford.
- Duncan, C. W., 1999- *Foundations on rock*, Published by Taylor & Francis, second edition pp. 401.
- Mansouri, H., 2000- Contribution A L analyse des effets des tirs d abattage mine de Sarcheshmeh (Iran).These, doc. de l Ecole nationale Superieure des mines de Paris.
- Palmstrom, A. & Singh, R., 2001- The deformation modulus of rock masses – comparisons between in situ tests and indirect estimates. *Tunnelling and Underground Space Technology* 16 (3), 115-131.
- Palmstrom, A., 1995- RMI – a rock mass characterization system for rock engineering purposes. PhD thesis, University of Oslo., Department of Geology. 400 pp.
- Palmstrom, A., 2005- Measurement and correlations between block size and rock quality designation (RQD). *Tunnelling and Underground Space Technology* 20,362-377.