Archive of SID

بررسی امکان استخراج مکانیزه معدن سنگ‌آهک رشکان ارومیه بر اساس شاخص قابلیت استخراج توده‌سنگ

سجاد چهره‌قانی*[۱]، محمد دادرسی[۲]، عارف علی‌پور[۳]، مجتبی مختاریان[۴] و حجت حسین‌زاده[۵]

۱ و ۲- گروه مهندسی معدن، دانشگاه ارومیه، ارومیه
۳، ۴ و ۵- دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه

نویسنده مسئول: s.chehreghani@urmia.ac.ir *

دریافت: ۹۶/۷/۱۵ پذیرش: ۹۷/۸/۱۳

چکیده

معدن سنگ‌آهک رشکان با تولید حدود سه میلیون تن، تامین کننده خوراک سنگ‌آهک کارخانه سیمان ارومیه است. نزدیکی این معدن به راه‌آهن ارومیه و هم‌چنین جاده اصلی ارومیه-مهاباد، به همراه آثار مخرب لرزش و صدای ناشی از انفجارهای معدن بر مناطق مسکونی و محیط‌زیست اطراف سبب شده است تا استفاده از ماشین‌های استخراج پیوسته سطحی، یکی از گزینه‌های ادامه عملیات استخراج این معدن باشد. در این تحقیق با استفاده از شاخص قابلیت استخراج و بر اساس ویژگی‌های ژئومکانیکی توده سنگ‌آهک معدن رشکان، امکان استخراج مکانیزه این معدن بررسی شده است. برای انجام این پژوهش، در ۱۸ سینه‌کار مختلف از مجموع ۸ زون ژئومکانیکی معدن سنگ آهک رشکان، پارامترهای ژئومکانیکی شامل هوازدگی، مقاومت سنگ، فاصله‌داری درزه‌ها و فاصله سطوح لایه‌بندی، با برداشت‌های صحرایی و آزمایشگاهی اندازه‌گیری و تعیین شده‌اند. براساس روش امتیازدهی شاخص قابلیت استخراج، زون‌های (۷)، (۱ و ۶)، (۸)، (۳ و ۵) به ترتیب در طبقات قابلیت استخراج حاشیه‌ای، خیلی سخت، سخت و نسبتاً سخت قرار می‌گیرند. در ادامه با توجه به عدم قطعیت‌های محتمل در نتایج حاصل از سیستم طبقه‌بندی، یکی از آخرین روش‌های طبقه‌بندی کاربردی مبتنی بر امتیازدهی پیوسته، مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل نشان می‌دهد که برآورد هر دو روش امتیازدهی پیوسته و مرسوم برای سه زون ۱، ۶ و ۸ مشابه بوده و برای زون‌های ۳، ۵ و ۷ روش امتیازدهی پیوسته حاکی از شرایط استخراج آسان‌تری است. بر اساس نتایج این تحقیق شرایط ژئومکانیکی توده سنگ معدن آهک رشکان برای استخراج مکانیزه و استفاده از ماشین‌های استخراج پیوسته سطحی مساعد بوده و پیشنهاد می‌شود برای انتخاب صحیح نوع و توان ماشین استخراجی، تحلیل فنی-اقتصادی بر اساس هزینه سرمایه‌گذاری و عملیاتی هریک از گزینه‌های مختلف انواع ماشین‌آلات نسبت به هم و شرایط فعلی معدن صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: قابلیت استخراج توده‌سنگ، معدن آهک رشکان، ماشین‌های استخراج پیوسته سطحی

۱- مقدمه

آماده‌سازی سطح زمین، حفاری و استخراج توده‌سنگ یکی از مراحل اصلی در اغلب پروژه‌های ژئومکانیکی است که معمولاً با دو روش اصلی چالزنی و آتشباری و یا ماشین‌آلات حفر مکانیزه صورت می‌گیرد. امروزه در صنعت معدنکاری روند رو به رشدی در استفاده از روش‌های استخراج سریع و بزرگ مقیاس وجود دارد. این روش‌ها به علت آماده‌سازی سریع‌تر کانسار و استخراج زودتر ماده معدنی، باعث صرفه‌جویی در هزینه‌ها و بازگشت سریع‌تر سرمایه‌گذاری اولیه هستند. هم‌چنین پروژه‌های بزرگ عمرانی مانند تونل‌زنی نیز، امروزه بیش‌تر توسط ماشین‌های حفر مکانیزه اجرا می‌شوند. انتخاب روش اجرا وابسته به اقتصاد پروژه است. اگرچه در کوتاه مدت روش چال‌زنی و آتشباری کم هزینه‌تر است اما در درازمدت روش حفر مکانیزه برتری‌های متعددی مانند نرخ تولید یا پیشروی بیش‌تر، ارتقاء ایمنی، کمترین لرزش زمین و ایجاد آشفتگی در وضعیت برجای زمین، ارتقای تهویه و تولید پیوسته با دانه‌بندی یکنواخت که امکان بهره‌گیری از نوار نقاله و حمل ارزان‌تر مواد را فراهم می‌سازد را داراست (کاپور و همکاران، ۱۹۹۷). تعیین سهولت استخراج توده‌سنگ، که از آن به عنوان شاخص قابلیت استخراج یا قابلیت کنده‌شدن توده‌سنگ یاد می‌شود، نقش اصلی و حیاتی در مرحله تصمیم‌گیری برای انتخاب روش و ماشین‌آلات استخراج در پروژه‌های مهندسی معدن و عمران دارد. اساساً قابلیت کنده شدن

www.SID.ir

Archive of SID

توده‌سنگ را می‌توان به صورت رابطه‌ای بین پارامترهای ژئومکانیکی قابل سنجش از توده‌سنگ و نرخ تولید یا سرعت نفوذ ماشین در سینه‌کار سنگی تعریف کرد. در بسیاری از پروژه‌ها شاخص قابلیت استخراج سنگ نشان دهنده استخراج اقتصادی توده‌سنگ توسط ماشین‌آلات استخراجی است درحالی‌که گاه لزوم حفاری و آتشباری را برای کندن و خردایش توده‌سنگ نشان می‌دهد. در مناطق شهری و مناطقی که از نظر محیط‌زیستی حساس و حائز اهمیت هستند، روش چالزنی و آتشباری به شدت محدود و منع شده است و اغلب حفاری مکانیزه تنها گزینه باقی‌مانده می‌باشد. موفقیت حفاری مکانیزه کاملاً وابسته به انتخاب صحیح نوع و ابعاد ماشین انتخاب شده است. با توجه به پیچیدگی فرآیند استخراج و تعدد پارامترهای دخیل در آن، شیوه‌های مورد استفاده برای تعیین قابلیت استخراج، اساساً تجربی هستند.

از نظر تکنیکی، زمین یا توده‌سنگ پارامتر اصلی و غالب در انتخاب تجهیزات است. باسریر و کارپوز (۲۰۰۴) روش‌های ارزیابی قابلیت کنده‌شدن توده‌سنگ را به دو دسته مستقیم و غیرمستقیم تقسیم‌بندی نموده‌اند. روش مستقیم به وجود تجهیزات استخراجی مناسب و آزمون آن‌ها در شرایط مورد نظر روی زمین، وابسته است که در اغلب موارد امکان‌پذیر نیست. بنابراین در اکثر موارد روش‌های غیرمستقیم تخمین قابلیت استخراج توده سنگ شامل روش لرزه‌ای، طبقه‌بندی گرافیکی یا امتیازی توده‌سنگ به کار می‌رود. به عنوان مثال سرعت امواج لرزه‌ای در توده‌سنگ یکی از شاخص‌هایی است که به طور گسترده در مورد تخمین نرخ تولید بولدوزر و سهولت استخراج با ریپرزنی بکار می‌رود. بیلی (۱۹۷۵) و فنینگ (۱۹۹۵) کارایی این روش را برای تخمین قابلیت استخراج و ریپرزنی توده‌سنگ بکار برده‌اند؛ و اخیراً بن محمد و همکاران (۲۰۱۰) نیز قابلیت اطمینان استفاده از سرعت امواج لرزه‌ای در تخمین قابلیت استخراج را توسعه داده‌اند و با نتایج ریپرزنی مستقیم مقایسه و ارزیابی نموده‌اند. با توجه به منابع خطای احتمالی در مطالعات امواج لرزه‌ای، استدلال می‌شود که استفاده تنها از سرعت امواج لرزه‌ای برای تعیین طبقه‌بندی قابلیت استخراج توده‌سنگ می‌تواند یک فاکتور گمراه کننده باشد. به هر حال تحلیل و تفسیر تست‌های لرزه، عنصر کلیدی این روش بوده و نیازمند افرادی با تخصص و مهارت بسیار بالا است.

فرانکلین و همکاران (۱۹۷۱) و پتیفر و فوکس (۱۹۹۴) روش گرافیکی را بر پایه دو پارامتر ژئومکانیکی، فاصله‌داری ناپیوستگی‌ها و مقاومت توده‌سنگ ارائه نموده‌اند که در آن، نمودار ارائه شده به سه ناحیه به ترتیب مربوط به استخراج توسط ماشین بدون نیاز به ریپرزنی، استخراج با ریپرزنی و استخراج توسط حفاری و آتشباری تقسیم شده است. گوکتان و اسکیکایا (۱۹۹۱) شاخص ریپرزنی سنگ را برای معادن سطحی لیگنیت و سنگ‌های رسوبی ارائه کرده‌اند که مبتنی بر مقاومت فشاری تک‌محوره سنگ سالم و ضرایبی از عوامل ضعف توده‌سنگ است. مک‌گرگور و همکاران (۱۹۹۴) از یک پایگاه داده که حاوی اطلاعات دقیق قابلیت استخراج و کنده‌شدن توده‌سنگ‌های مختلف و پارامترهای ژئومکانیکی آن‌ها در پروژه‌های مختلف معدنی و بزرگراهی است برای تخمین میزان تولید بولدوزر و سهولت استخراج استفاده کرده‌اند. این روش بر پایه تحلیل رگرسیونی چند متغیره از اطلاعات پایگاه داده استوار است. در این روش غالب‌ترین پارامترهای موثر در میزان تولید توسط بولدوزر عبارتند از: مقاومت فشاری تک‌محوره، سرعت امواج لرزه‌ای، هوازدگی، سختی درزه‌ای و وزن بولدوزر.

در سال‌های اخیر سیستم‌های طبقه‌بندی تجربی متعددی برای ارزیابی عمومی قابلیت استخراج توده‌سنگ و یا کاربردهای خاصی مانند قابلیت ریپرزنی توده‌سنگ ارائه شده‌اند. روش غالب این سیستم‌های طبقه‌بندی، اندازه‌گیری کمی و امتیازدهی پارامترهای ژئومکانیکی قابل سنجشی از توده‌سنگ است که بر عملکرد ماشین‌آلات موثر هستند. ویور (۱۹۷۵) مشابه سیستم طبقه‌بندی ژئومکانیکی بنیاوسکی، جدول امتیازی قابلیت استخراج توده‌سنگ را ارائه کرده که مبتنی بر تعیین سرعت امواج لرزه‌ای، مقاومت سنگ، فاصله‌داری درزه‌ها، هوازدگی و زبری درزه‌ها است. در این سیستم مقادیر عددی وزن‌داری برای هر یک از پارامترهای ژئومکانیکی جمع می‌شود تا امتیاز نهایی توده‌سنگ تعیین شود که در نهایت برای تعیین طبقه روش استخراج و نوع ماشین‌آلات بکار می‌رود. کیرستن (۱۹۸۲) شاخص قابلیت استخراجی را بر اساس سیستم Q موسسه ژئوتکنیک نروژ

www.SID.ir

Archive of SID

که در اصل برای تونل‌زنی توسعه داده شده، ارائه کرده است. پارامترهای ورودی این سیستم، مقاومت فشاری تک‌محوره سنگ، تعداد دسته درزه‌ها، RQD، سختی درزه‌ای، هوازدگی درزه‌ها، فاصله‌داری و جهت درزه‌ها هستند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- روش امتیازدهی قابلیت استخراج[1]

در این مقاله، روش امتیازدهی شاخص قابلیت استخراج که یکی از پیشرفته‌ترین سیستم‌های مرسوم طبقه‌بندی قابلیت استخراج توده‌سنگ است، به عنوان مرجع مورد استفاده قرار گرفته است. پارامترهای ژئومکانیکی مورد استفاده در این سیستم، هوازدگی، مقاومت سنگ، فاصله‌داری درزه‌ها و فاصله سطوح لایه‌بندی هستند. طبقه‌بندی امتیاز هر یک از پارامترهای مذکور بر مبنای مقادیر کمی آن‌ها در جدول (۱) آورده شده است. در این روش جمع عددی امتیاز پارامترهای ورودی مدل به عنوان امتیاز نهایی شاخص قابلیت استخراج تعریف شده است که مبنای طبقه‌بندی قابلیت استخراج توده‌سنگ در جدول (۲) آورده شده است (اسکوبل و مفت‌اغلو، ۱۹۸۴). بررسی دقیق جدول (۱) نشان می‌دهد که در مورد امتیاز هر یک از پارامترهای ورودی سیستم طبقه‌بندی عدم قطعیت‌هایی وجود دارد. به خصوص در جاهایی که داده‌ها در محدوده مرزی طبقات مختلف قرار می‌گیرند، این امر آشکارتر است. عدم قطعیت به معنای نبود دانش لازم برای اتخاذ تصمیم و انتخاب است. به عنوان مثال برای سنگی که دارای مقاومت فشاری ۴۰ MPa است و در مرز طبقات ضعیف و متوسط قرار می‌گیرد، با اطمینان لازم نمی‌توان امتیاز پارامتر مقاومت فشاری تک‌محوره را تعیین کرد. این مساله به عدم قطعیت در نتیجه کلی، خواهد انجامید. مشابه این حالت برای سایر پارامترها نیز وجود دارد. در این طبقه‌بندی به استثنای پارامتر هوازدگی، امتیاز هریک از پارامترهای ورودی دیگر در فاصله مربوط به هر طبقه از آن پارامتر مقدار ثابت و یکسانی است، به عبارت بهتر امتیازی که به یک پارامتر با مقدار عددی در مجاورت مرز پایینی یک محدوده، داده می‌شود، با امتیاز داده‌هایی که در مرز بالایی همان محدوده قرار دارند، یکسان است. چنین حالتی باعث می‌شود که برای دو توده‌سنگ با شرایط ژئومکانیکی متفاوت، نتیجه مشابهی حاصل آید و این دو توده‌سنگ در طبقه واحدی از طبقه‌بندی استخراج قرار گیرند. جدول (۳) دو توده‌سنگ نسبتاً هوازده با مشخصات ژئومکانیکی متفاوت را نشان می‌دهد. مقاومت فشاری، فاصله‌داری درزه‌ها و فاصله سطوح لایه‌بندی در توده‌سنگ‌های ۱ و ۲ به ترتیب نزدیک به مقادیر مرزی پایین و بالای طبقه دوم از طبقه‌بندی سنگ‌ها در جدول (۱) است (ایپهار و گوکتان، ۲۰۰۶). در فرآیند امتیازدهی مرسوم برای پارامترهای ورودی هر دو توده‌سنگ امتیازات برابر تعلق گرفته و لذا شاخص قابلیت استخراج یکسان و ماشین‌آلات استخراج مشابه برای دو توده‌سنگ کاملاً متفاوت به دست خواهد آمد. در حالی‌که از دیدگاه یک مهندس با تجربه، انتظار می‌رود تا استخراج توده‌سنگ ۱ با سهولت بیش‌تری نسبت به توده سنگ ۲ انجام گیرد.

نقص دیگری که در طبقه‌بندی‌های معمول وجود دارد، تغییر ناگهانی و مرز تندی است که بین دو طبقه استخراج مجاور هم وجود دارد. به عنوان مثال در جدول (۲) شاخص تفکیک طبقه استخراج I از طبقه استخراجی II، امتیاز ۴۰ است. در مراجع این تحقیق برای استخراج توده‌سنگی در طبقه I با شاخص امتیاز ۳۹، بولدوزر N8D کاترپیلار و برای توده‌سنگ با شاخص امتیاز ۴۱ که در طبقه استخراجی II قرار می‌گیرد، بولدوزر N9D کاترپیلار پیشنهاد شده است. تفاوت زیاد در نوع ماشین پیشنهادی، از طبقه‌بندی با مرزهای تند و تغییرات ناگهانی ناشی می‌شود. در حالی که روند تغییرات در عمل تدریجی است. در چنین حالاتی نقش قضاوت مهندسی در تصمیم‌گیری نهایی برای انتخاب ماشین‌آلات بسیار حائز اهمیت است.

۲-۲- طبقه‌بندی قابلیت استخراج توده‌سنگ با روش امتیازدهی پیوسته

برای رفع اشکالات سیستم‌های طبقه‌بندی موجود تلاش‌هایی برای استفاده از روش‌هایی مانند شبکه عصبی مصنوعی، منطق فازی و سایر روش‌های محاسبات نرم[2] صورت گرفته است که البته این روش‌ها قابلیت کاربرد چندانی در بین مهندسینی که در این زمینه کار می‌کنند، نداشته است (چهره‌قانی و همکاران، ۲۰۱۱). در ادامه این

[1] Diggability Index Rating Method

[2] Soft computing

www.SID.ir

Archive of SID

تحقیق یکی از آخرین روش‌های طبقه‌بندی کاربردی که براساس امتیازدهی پیوسته استوار است برای ارزیابی قابلیت استخراج توده سنگ معدن آهک رشکان مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش برای هر یک از پارامترهای مورد سنجش، در صورتی که مقادیر آن‌ها نزدیک به حد بالایی طبقه باشند امتیاز بیش‌تر و برای مقادیر نزدیک به حد پایینی طبقه امتیاز کمتری تعلق می‌گیرد. نحوه محاسبه امتیاز هـریک از پارامترهای طبقه‌بندی این روش در جدول (۴) ارائه شده است (ایپهار، ۲۰۱۶).

جدول ۱. روش امتیازدهی شاخص قابلیت استخراج (اسکوبل و مفت‌اغلو، ۱۹۸۴)

پارامتر	طبقه سنگ				
	I	II	III	IV	V
هوازدگی	کامل	زیاد	متوسط	نسبتاً	غیر
امتیاز (W)	۰	۵	۱۵	۲۰	۲۵
مقاومت فشاری تک‌محوره UCS (MPa)	۲۰>	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۱۰۰	>۱۰۰
مقاومت بار نقطه‌ای I_s (۵۰)	۰/۵>	۰/۵-۱/۵	۱/۵-۲	۲-۳/۵	>۳/۵
امتیاز (S)	۰	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
فاصله‌داری درزه‌ای (متر)	۰/۳>	۰/۳-۰/۶	۰/۶-۱/۵	۱/۵-۲	>۲
امتیاز (J)	۵	۱۵	۳۰	۴۵	۵۰
فاصله‌داری لایه‌بندی (متر)	۰/۱>	۰/۱-۰/۳	۰/۳-۰/۶	۰/۶-۱/۵	>۱/۵
امتیاز (B)	۰	۵	۱۰	۲۰	۳۰

جدول ۲. طبقه‌بندی قابلیت استخراج (اسکوبل و مفت‌اغلو، ۱۹۸۴)

طبقه استخراج	امتیاز (W+S+J+B)	قابلیت استخراج	روش حفاری	نوع دستگاه پیشنهادی
I	۴۰>	خیلی آسان	۱- ریپرزنی ۲- دراگلاین ۳- حفر با شاول	1- Ripper-scraper, Caterpillar D8 2- Dragline > 5 m^3, Lima 2400 3- Rope shovel > 3 m^3, Ruston Bucyrus 71 RB
II	۴۰-۵۰	آسان	۱- ریپرزنی ۲- دراگلاین ۳- حفر با شاول	1- Ripper-scraper, Caterpillar D9 2- Dragline > 8 m^3, marion 195 3- Rope shovel > 3 m^3, Ruston Bucyrus 150 RB
III	۵۰-۶۰	نسبتا سخت	۱- ریپرزنی ۲- حفر با شاول	1- Ripper-scraper, Caterpillar D9 2- Hydraulic shovel > 3 m^3, caterpillar 245
IV	۶۰-۷۰	سخت	۱- ریپرزنی ۲- دراگلاین	1- Ripper-scraper, Caterpillar D10 2- Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245 or O&K RH 40
V	۷۰-۹۵	خیلی سخت	حفر با شاول	1- Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245 or O&K RH 40
VI	۹۵-۱۰۰	فوق‌العاده سخت	حفر با شاول	1- Hydraulic shovels > 7 m^3, Demag H111, Poclain 1000CK, P&H 1200, O&K RH 75
VII	۱۰۰>	حاشیه‌ای	حفر با شاول	1- Hydraulic shovels > 7 m^3, Demag H111, H241, O&K RH 300

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه امتیاز قابلیت استخراج دو توده سنگ متفاوت با سیستم طبقه‌بندی معمول

پارامترهای طبقه‌بندی	خواص توده‌سنگ		امتیاز توده‌سنگ	
	توده ۱	توده۲	توده ۱	توده ۲
هوازدگی	متوسط	متوسط	۱۵	۱۵
مقاومت UCS (MPa)	۲۰	۳۹	۱۰	۱۰
فاصله‌داری درزه‌ای (متر)	۰/۱	۰/۵۹	۱۵	۱۵
فاصله‌داری لایه‌بندی (متر)	۰/۱	۰/۲۹	۵	۵
امتیاز نهایی			۴۵	۴۵
قابلیت استخراج			آسان	آسان
نوع ماشین پیشنهادی			CAT D9	CAT D9

جدول ۴. معادلات امتیاز پیوسته برای پارامترهای ژئوتکنیکی در سیستم طبقه‌بندی (ایپهار، ۲۰۱۶)

مقاومت فشاری تک محوره (MPa)						
<20	20 - 40		40 - 60		60 - 100	>100
	20-30	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100
0	UCS-20	$\frac{UCS}{4}$+2.5	$\frac{UCS}{4}$+2.5	$\frac{UCS}{4}$+2.5	$\frac{UCS}{4}$+10	$\frac{UCS}{4}$	25
مقاومت بار نقطه‌ای (MPa)						
<0.5	0.5 - 1.5		1.5 - 2		2 - 3.5	>3.5
	0.5 - 1	1 - 1.5	1.5 - 1.75	1.75 - 2	2 - 2.75	2.75 - 3.5
0	$20.I_S$-10	$5.I_S$+5	$10.I_S$-2.5	$10.I_S$-2.5	$\frac{10.I_S+37.5}{3}$	$\frac{20.I_S+5}{3}$	25
فاصله‌داری درزه‌ای (m)						
<0.3	0.3 - 0.6		0.6 - 1.5		1.5 - 2	>2
	0.3-0.45	0.45-0.6	0.6-1.05	1.05-1.5	1.5-1.75	1.75-2	
0	100.J-30	50.J-7.5	$\frac{50J}{3}$+12.5	$\frac{50J}{3}$+12.5	30.J-7.5	20.J+10	50
فاصله لایه بندی (m)						
<0.1	0.1 - 0.3		0.3 - 0.6		0.6 - 1.5	>1.5
	0.1-0.2	0.2-03	0.3-0.45	0.45-0.6	0.6-1.05	1.05-1.5	
0	50.B-5	25.B	$\frac{50.B}{3}$+2.5	$\frac{100.B}{3}$-5	$\frac{100.B+75}{9}$	$\frac{100.B-30}{3}$	30

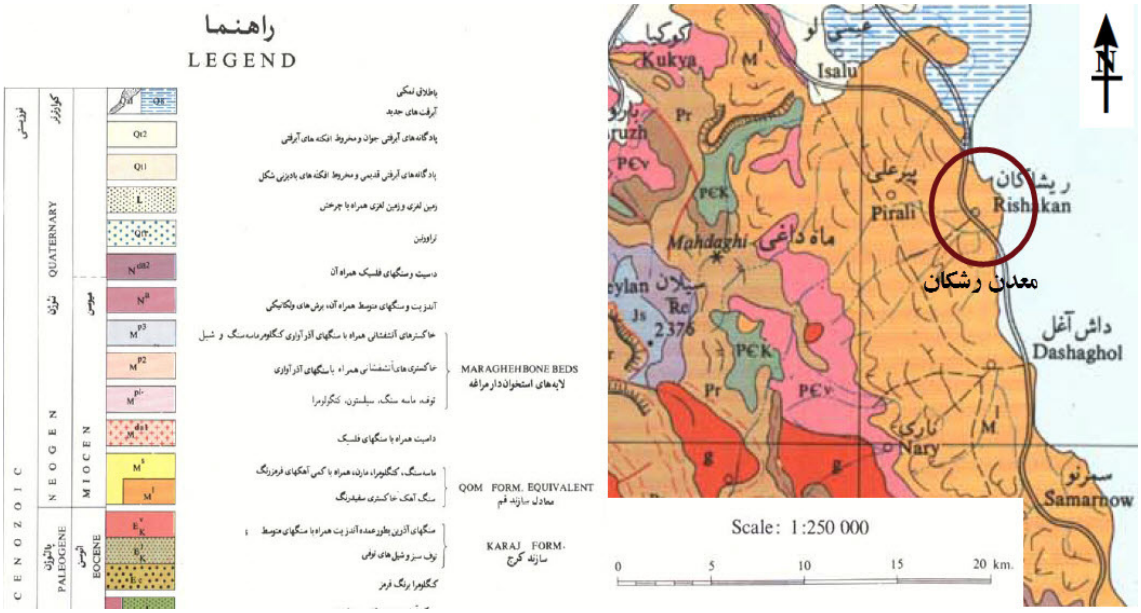
۲-۳- معدن سنگ آهک رشکان ارومیه

معدن آهک رشکان تامین‌کننده سنگ‌آهک مورد نیاز کارخانه سیمان ارومیه به عنوان ماده اصلی تشکیل دهنده سیمان است. این معدن در مجاورت جاده ترانزیت ارومیه-مهاباد و یک کیلومتری روستای رشکان واقع شده است و با ظرفیت استخراج سالیانه حدود سه میلیون تن یکی از معادن بزرگ منطقه به حساب می‌آید. بخش عمده رخنمون‌های سنگی محدوده معدن را سنگ‌های رسوبی دوره میوسن تشکیل می‌دهد، جنس این سنگ‌ها، سنگ‌آهک بوده که در قسمت‌های مختلف از نظر رنگ و کیفیت تغییراتی در آن مشاهده می‌شود. براساس نقشه زمین‌شناسی چهار گوش ارومیه تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور سن آن‌ها را به میوسن نسبت داده‌اند. از نظر لیتولوژیکی از آهک‌های ریز دانه (میکریت) به رنگ سفید، شیری و کرم بوده که اکثراً بصورت توده‌ای و بعضاً با لایه‌بندی‌های متوسط می‌باشد که در حالت توده‌ای ایجاد ریخت‌های صخره‌ای نموده است (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

در این معدن پس از اجرای عملیات‌های چهارگانه چالزنی، آتشباری، بارگیری و حمل، سنگ‌آهک استخراج شده به واحد سنگ‌شکنی تحویل می‌شود. با توجه به مشرف بودن زون‌های عملیاتی ۲، ۵، ۶ و ۷ این معدن به جاده ترانزیت ارومیه – مهاباد (شکل ۲) و برای تامین شرایط ایمنی معدنکاری از جمله جلوگیری از پرتاپ سنگ، لرزش زمین، گرد و غبار در حین آتش‌کاری در کنار جاده، نحوه استخراج این زون‌ها از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. در معدن سنگ‌آهک رشکان ارومیه، با توجه به تنوع ویژگی‌های ژئومکانیکی بخش‌های مختلف، پله‌های استخراجی معدن به زون‌های ژئومکانیکی مختلفی تقسیم می‌شوند. در برخی از پله‌ها به دلیل بزرگی و طول زیاد پله، تفاوت ویژگی‌های توده‌سنگ و به منظور مطالعه دقیق‌تر ویژگی‌های برجا، هر پله استخراجی، خود به چندین بخش و سینه‌کار تقسیم شده و مورد مطالعه قرار گرفته است. از مجموع ۸ زون موجود، در زون‌های ۲ و ۴ برنامه استخراج به اتمام رسیده و در بقیه زون‌ها، کارگاه‌های استخراجی فعال، برای ارزیابی ویژگی‌های ژئومکانیکی توده‌سنگ و طبقه‌بندی شاخص قابلیت استخراج انتخاب شده‌اند.



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی محدوده معدن سنگ آهک رشکان (علوی نائینی و شهرابی، ۱۳۶۴)

شکل ۲. موقعیت کارگاه‌های استخراجی معدن سنگ‌آهک کارخانه سیمان ارومیه روی تصویر ماهواره‌ای Google Earth

www.SID.ir

Archive of SID

برای انجام این پژوهش، پارامترهای ژئومکانیکی مورد استفاده برای ارزیابی شاخص قابلیت استخراج که شامل هوازدگی، مقاومت سنگ، فاصله‌داری درزه‌ها و فاصله سطوح لایه‌بندی هستند، طی انجام برداشت‌های صحرایی و آزمایشگاهی اندازه‌گیری و تعیین شدند. اندازه‌گیری مشخصات ساختاری و هندسی توده‌سنگ همچون فاصله‌داری درزه‌ای و فاصله سطوح لایه‌بندی، سایر شاخص‌های مکانیک سنگی بر اساس استانداردهای انجمن جهانی مکانیک سنگ ISRM و ارزیابی جنبه‌های کیفی مانند هوازدگی بر اساس قضاوت فنی و نظر افراد خبره صورت گرفته است. بدین منظور در ۶ زون و در مجموع ۱۸ سینه کار مختلف نمونه‌هایی برای انجام آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوره مطابق استاندارد ASTM C170 تهیه شده است.

۳- قابلیت استخراج توده‌سنگ آهک معدن رشکان

۳-۱- طبقه‌بندی قابلیت استخراج توده‌سنگ آهک معدن رشکان

مشخصات ژئومکانیکی زون‌های مختلف معدن سنگ آهک کارخانه سیمان ارومیه و امتیازبندی آن براساس روش امتیازدهی شاخص قابلیت استخراج در جدول (۵) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که ویژگی‌های توده‌سنگ برجا حتی از یک نقطه به نقطه دیگر در کارگاه‌های مختلف یک پله، دارای تغییرات قابل‌توجهی هستند و در نتیجه شاخص قابلیت استخراج مکانیزه نیز از یک سینه کار به سینه کار دیگر متفاوت است و به این علت روش استخراج بایستی مبتنی بر ویژگی‌های توده‌سنگ برجا باشد (تقی‌زاده و مومیوند، ۱۳۹۱).

با به دست آوردن مشخصات ژئومکانیکی زون‌های معدن سنگ‌آهک رشکان ارومیه و تخصیص مقدار امتیاز به هر یک از آن‌ها، براساس روش امتیازدهی شاخص قابلیت استخراج مطابق جدول (۶)، مشخص می‌شود که زون‌های (۷)، (۱ و ۶)، (۸)، (۳ و ۵) به ترتیب در رده‌های حاشیه‌ای، خیلی سخت، سخت و نسبتاً سخت قرار گرفته و امتیاز مربوط به آن‌ها، روش حفاری و نوع دستگاه پیشنهادی مطابق جدول (۶) تعیین می‌شود. برای مثال روش امتیازدهی شاخص قابلیت استخراج، برای زون ۸، امتیاز ۶۵ را تخصیص داده و بر طبق آن امتیاز، روش حفاری و نوع دستگاه پیشنهادی، به ترتیب ریپرزنی با Ripper-scraper, Caterpillar D10 و استخراج با شاول Hydraulic shovel > 3 m^3 caterpillar 245 است.

جدول ۵. مشخصات ژئومکانیکی معدن سنگ‌آهک کارخانه سیمان ارومیه و امتیاز بندی آن براساس روش امتیازدهی شاخص قابلیت استخراج

زون	سینه کار	فاصله‌داری درزه‌ای (m)	امتیاز (J)	فاصله سطوح لایه‌بندی (m)	امتیاز (B)	هوازدگی	امتیاز (W)	مقاومت فشاری تک محوره (MPa)	امتیاز (S)
۱	۱-۱	۰/۸۴	۳۰	۳	۳۰	زیاد	۵	۳۳/۸۱	۱۰
	۱-۲	۱/۱۹	۳۰	۳	۳۰	زیاد	۵	۳۳/۸۱	۱۰
	۱-۳	۰/۸۹	۳۰	۳	۳۰	زیاد	۵	۳۳/۸۱	۱۰
۳	۳-۲	۰/۲۵	۵	۹	۳۰	زیاد	۵	۳۱/۵	۱۰
	۳-۳	۰/۴۸	۱۵	۹	۳۰	زیاد	۵	۳۱/۵	۱۰
	۳-۴	۰/۵۴	۱۵	۹	۳۰	زیاد	۵	۳۱/۵	۱۰
۵	۵-۲	۰/۴۲	۱۵	۹	۳۰	زیاد	۵	۳۱/۲۹	۱۰
	۵-۳	۰/۳۸	۱۵	۹	۳۰	زیاد	۵	۳۱/۲۹	۱۰
	۵-۴	۰/۳۹	۱۵	۹	۳۰	زیاد	۵	۳۱/۲۹	۱۰
۶	۶-۱	۰/۳۶	۱۵	۱۳	۳۰	نسبتا	۲۰	۸۳/۴۲	۲۰
	۶-۲	۰/۴۲	۱۵	۱۳	۳۰	نسبتا	۲۰	۸۳/۴۲	۲۰
	۶-۳	۰/۳۷	۱۵	۱۳	۳۰	نسبتا	۲۰	۸۳/۴۲	۲۰
۷	۷-۱	۰/۶۳	۳۰	۱۰	۳۰	نسبتا	۲۰	۷۴/۰۳	۲۰
	۷-۳	۰/۶۱	۳۰	۱۰	۳۰	نسبتا	۲۰	۷۴/۰۳	۲۰
	۷-۵	۰/۶۷	۳۰	۱۰	۳۰	نسبتا	۲۰	۷۴/۰۳	۲۰
۸	۸-۲	۰/۵۱	۱۵	۰/۷۶	۲۰	متوسط	۱۵	۴۴/۵۲	۱۵
	۸-۳	۰/۵۰	۱۵	۰/۷۶	۲۰	متوسط	۱۵	۴۴/۵۲	۱۵
	۸-۴	۰/۴۹	۱۵	۰/۷۶	۲۰	متوسط	۱۵	۴۴/۵۲	۱۵

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. طبقه‌بندی قابلیت استخراج زون‌های سنگ آهک کارخانه سیمان ارومیه

زون	سینه کار	امتیاز (W+S+J+B)	قابلیت استخراج	روش استخراج	نوع دستگاه پیشنهادی
۱	۱-۱	۷۵	خیلی سخت	۱- آتشباری ۲- استخراج با شاول	Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245 or O&K RH 40
	۲-۱	۷۵	خیلی سخت	۱- آتشباری ۲- استخراج با شاول	Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245 or O&K RH 40
	۳-۱	۷۵	خیلی سخت	۱- آتشباری ۲- استخراج با شاول	Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245 or O&K RH 40
۳	۲-۳	۵۰	نسبتاً سخت	۱- ریپرزنی ۲- استخراج با شاول	Ripper-scraper, Caterpillar D9 Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245
	۳-۳	۶۰	نسبتاً سخت	۱- ریپرزنی ۲- استخراج با شاول	Ripper-scraper, Caterpillar D9 Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245
	۴-۳	۶۰	نسبتاً سخت	۱- ریپرزنی ۳- استخراج با شاول	Ripper-scraper, Caterpillar D9 Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245
۵	۲-۵	۶۰	نسبتاً سخت	۱- ریپرزنی ۲- استخراج با شاول	Ripper-scraper, Caterpillar D9 Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245
	۳-۵	۶۰	نسبتاً سخت	۱- ریپرزنی ۲- استخراج با شاول	Ripper-scraper, Caterpillar D9 Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245
	۴-۵	۶۰	نسبتاً سخت	۱- ریپرزنی ۲- استخراج با شاول	Ripper-scraper, Caterpillar D9 Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245
۶	۱-۶	۸۵	خیلی سخت	۱- آتشباری ۲- استخراج با شاول	Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245 or O&K RH 40
	۲-۶	۸۵	خیلی سخت	۱- آتشباری ۲- استخراج با شاول	Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245 or O&K RH 40
	۳-۶	۸۵	خیلی سخت	۱- آتشباری ۲- استخراج با شاول	Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245 or O&K RH 40
۷	۱-۷	۱۰۰	حاشیه ای	آتشباری و استخراج با شاول	Hydraulic shovels > 7 m^3, Demag H111, H241, O&K RH 300
	۳-۷	۱۰۰	حاشیه ای	آتشباری و استخراج با شاول	Hydraulic shovels > 7 m^3, Demag H111, H241, O&K RH 300
	۵-۷	۱۰۰	حاشیه ای	آتشباری و استخراج با شاول	Hydraulic shovels > 7 m^3, Demag H111, H241, O&K RH 300
۸	۲-۸	۶۵	سخت	۱- ریپرزنی ۲- استخراج با شاول	Ripper-scraper, Caterpillar D10 Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245 or O&K RH 40
	۳-۸	۶۵	سخت	۱- ریپرزنی ۲- استخراج با شاول	Ripper-scraper, Caterpillar D10 Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245 or O&K RH 40
	۴-۸	۶۵	سخت	۱- ریپرزنی ۲- استخراج با شاول	Ripper-scraper, Caterpillar D10 Hydraulic shovel > 3 m^3, Cat.245 or O&K RH 40

۳-۲- طبقه‌بندی قابلیت استخراج توده‌سنگ آهک معدن رشکان با روش امتیازدهی پیوسته

در جدول (۷) ارزیابی قابلیت استخراج توده‌سنگ براساس روش امتیازدهی پیوسته برای سینه‌کارهای منتخب زون‌های ۱، ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول (۷) مشاهده می شود زون‌های ۳ و ۵ با توجه به کسب امتیاز ۶۰ در روش طبقه‌بندی قابلیت استخراج، که امتیاز مرزی بین طبقات III و IV است، در طبقه IV قرار گرفته‌اند. با این حال امتیازبندی پیوسته می‌تواند با اختصاص امتیاز نسبی به زون‌های ۳ و ۵، ارزش‌ها یا پارامترهای متفاوتی را برای آن‌ها قائل شود. به طوری که زون‌های ۳ و ۵ در طبقه III جای می‌گیرند. علاوه بر این، مشاهده می‌شود که در روش مرسوم طبقه‌بندی قابلیت استخراج، هر چند زون‌های ۶ و ۷ از لحاظ پارامترهای ژئوتکنیکی به هم نزدیک‌اند، اما آن‌ها در طبقات قابلیت استخراج کاملا متفاوتی مانند V و VII واقع شده‌اند و زمانی که سیستم امتیازدهی پیوسته اعمال می‌شود، زون‌های ۶ و ۷ در طبقه استخراجی V قرار می‌گیرند.

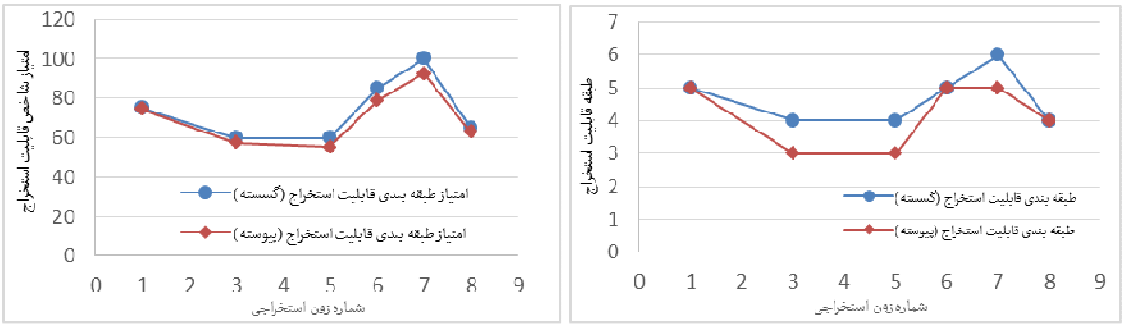
www.SID.ir

Archive of SID

تفاوت امتیاز و طبقه‌بندی قابلیت استخراج برای توده‌سنگ آهک معدن رشکان در زون‌های مختلف در شکل (۳) نشان داده شده است. به طوری که مشاهده می‌شود، برآورد هر دو روش امتیازدهی پیوسته و مرسوم برای سه زون ۱، ۶ و ۸ با همدیگر تطابق داشته و یکسان است. با این وجود روش امتیازدهی پیوسته برای زون‌های ۳، ۵ و ۷ حاکی از شرایط استخراجی آسان‌تری بوده و قابلیت استخراج مکانیزه توده‌سنگ زون‌های مزبور را یک طبقه پایین‌تر تخمین زده است.

جدول ۷. مقایسه بین زون‌های مختلف از نظر شاخص قابلیت استخراج

پارامتر		هوازدگی	مقاومت فشاری تک محوره (MPa)	فاصله‌داری درزه‌ای(m)	فاصله سطوح لایه‌بندی (m)	امتیاز نهایی	طبقه حفاری
مشخصات ژئومکانیکی زون‌ها	۱	زیاد	۳۳/۸۱	۰/۹۷	۳		
	۳	زیاد	۳۱/۵	۰/۴۲	۹		
	۵	زیاد	۳۱/۲۹	۰/۴	۹		
	۶	نسبتا	۸۳/۴۲	۰/۳۸	۱۳		
	۷	نسبتا	۷۴/۰۳	۰/۶۴	۱۰		
	۸	متوسط	۴۴/۵۲	۰/۵	۰/۷۶		
امتیازبندی شاخص قابلیت استخراج	۱	۵	۱۰	۳۰	۳۰	۷۵	V
	۳	۵	۱۰	۱۵	۳۰	۶۰	IV
	۵	۵	۱۰	۱۵	۳۰	۶۰	IV
	۶	۲۰	۲۰	۱۵	۳۰	۸۵	V
	۷	۲۰	۲۰	۳۰	۳۰	۱۰۰	VI
	۸	۱۵	۱۵	۱۵	۲۰	۶۵	IV
امتیازبندی پیوسته	۱	۵	۱۰/۹۵	۲۸/۶۶	۳۰	۷۴/۶۱	V
	۳	۵	۱۰/۳۸	۱۲	۳۰	۵۷/۳۸	III
	۵	۵	۱۰/۳۲	۱۰	۳۰	۵۵/۳۲	III
	۶	۲۰	۲۰/۸۶	۸	۳۰	۷۸/۸۶	V
	۷	۲۰	۱۹/۲۵	۲۳/۱۷	۳۰	۹۲/۴۲	V
	۸	۱۵	۱۳/۶۳	۱۷/۵	۱۶/۷۸	۶۲/۹۱	IV



شکل ۳. مقایسه امتیاز و طبقه قابلیت استخراج توده‌سنگ معدن آهک رشکان در زون‌های مختلف به روش شاخص قابلیت استخراج مرسوم و روش امتیازدهی پیوسته

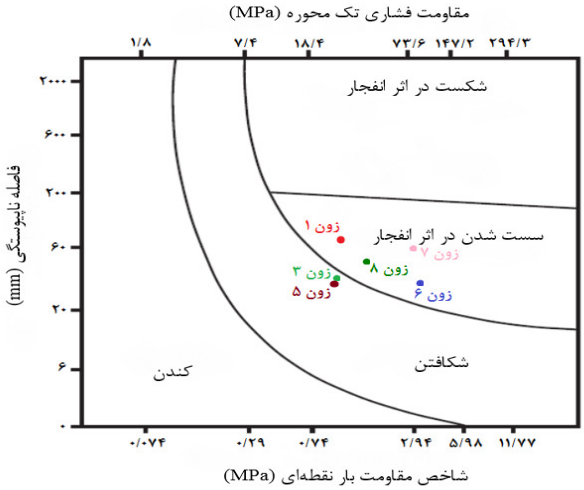
۳-۳- ارزیابی توده‌سنگ آهک معدن رشکان با استفاده از طبقه‌بندی نموداری

این سیستم طبقه‌بندی شاخص قابلیت استخراج توسط فرانکلین و همکاران (۱۹۷۱) پیشنهاد شده است. برای تعیین طبقه قابلیت استخراج در سیستم طبقه‌بندی نموداری فرانکلین و همکاران، فاصله‌داری ناپیوستگی، مقاومت فشاری تک‌محوره و مقاومت بار نقطه‌ای به عنوان پارامترهای ورودی استفاده می‌شوند که نمودار مربوطه در شکل (۴) نشان داده شده است (فرانکلین و همکاران، ۱۹۷۱). در این نمودار، زون‌های ۱، ۳، ۵، ۶، ۷ و ۸ بر اساس ویژگی‌های ژئومکانیکی هر زون علامت‌گذاری شده و با توجه به طبقه‌بندی توصیه شده توسط فرانکلین و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران، زون‌های ۱، ۶، ۷ و ۸ در منطقه «نیاز به سست شدن در اثر انفجار» و زون‌های ۳ و ۵ در منطقه «قابل شکافتن و ریپر زدن» قرار می‌گیرند. همان‌طور که مشاهده می‌شود زون‌های ۱، ۶ و ۸ در مجاورت شرایط مرزی و نزدیک قابلیت استخراج مکانیزه و ریپرزنی قرار دارند در حالی‌که زون ۷ در فاصله بیش‌تری از این مرز قرار گرفته و نیازمند آتشباری برای سست کردن توده‌سنگ است که البته در روش شاخص امتیاز قابلیت استخراج نیز این زون نسبت به همه زون‌های معدن رشکان امتیاز بیش‌تری کسب کرده و در طبقه VI (فوق‌العاده سخت) قرار گرفته است.



شکل ۴. ارزیابی توده‌سنگ معدن آهک رشکان با توجه به سیستم طبقه‌بندی نموداری فرانکلین و همکاران (۱۹۷۱)

۴- بحث و نتیجه‌گیری

مجاورت معدن سنگ‌آهک رشکان با خط راه آهن ارومیه-مراغه و هم‌چنین جاده اصلی ارومیه-میاندوآب به همراه آثار مخرب لرزش، پرتاب سنگ و صدای ناشی از انفجارهای معدن بر مناطق مسکونی و محیط‌زیست سبب شده تا استفاده از ماشین‌های استخراج پیوسته سطحی، یکی از گزینه‌های پیش روی عملیات استخراج این معدن باشد. اصلی‌ترین عامل موثر بر کارآیی این ماشین‌ها شرایط ژئومکانیکی توده‌سنگ مورد استخراج است. در این پژوهش قابلیت استخراج معدن در ۸ زون و با توجه به پارامترهای ژئومکانیکی مورد بررسی قرار گرفت. براساس سیستم طبقه‌بندی معمول قابلیت استخراج، زون‌های (۷)، (۱ و ۶)، (۸)، (۳ و ۵) معدن به ترتیب، در رده‌های حاشیه‌ای، خیلی‌سخت، سخت و نسبتاً سخت قرار گرفت. با توجه به مرزهای تند و ناپیوسته این سیستم طبقه‌بندی از سیستم امتیازدهی پیوسته نیز برای ارزیابی قابلیت استخراج توده‌سنگ معدن آهک رشکان استفاده شد. نتایج حاصل نشان داد که برآورد هر دو روش امتیازدهی قابلیت استخراج برای سه زون ۱، ۶ و ۸ با یکدیگر مشابه بوده و برای زون‌های ۳، ۵ و ۷، روش امتیازدهی پیوسته حاکی از شرایط استخراجی آسان‌تری می‌باشد و قابلیت استخراج مکانیزه توده‌سنگ زون‌های مورد اشاره را یک طبقه پایین‌تر تخمین می‌زند. با توجه به اینکه بررسی سوابق به کارگیری ماشین‌های استخراج پیوسته سطحی در معادن مشابه حاکی از کارکرد موفق این ماشین‌ها همراه با رفع مشکلات زیست‌محیطی بوده، لذا توصیه می‌شود از این شیوه استخراج در معدن آهک رشکان ارومیه با توجه به مساعد بودن شرایط ژئومکانیکی بهره گرفته شود.

منابع

تقی‌زاده، د. و مومیوند ح (۱۹۹۱) برآورد خرج ویژه و خردایش سنگ در زون شماره ۳ معدن آهک رشکان ارومیه، سی و یکمین همایش علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

علوی‌نائینی، م. و شهرابی، م (۱۳۶۴) نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ ارومیه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

www.SID.ir

Archive of SID

Bailey, A. D (1975) Rock types and seismic velocities versus rippability, Nimbus Instruments.

Basarir, H., and Karpuz, C (2004) A rippability classification system for marls in lignite mines. Engineering geology, 74 (3): 303-318.

Bin Mohamad, E. T., Saad, R., Noor, M. M., Isa, M. F. B. M., and Mazlan, A. N (2010) Excavatability Assessment of Weathered Sedimentary Rock Mass Using Seismic Velocity Method. Proceedings AIP Conference Proceedings, Volume 1325, AIP, p. 132-136.

Chehreghani, S. H., Alipour, A., and Eskandarzade, M (2011) Rock mass excavatability estimation using artificial neural network. Journal of the Geological Society of India, 78 (3): 271.

Copur, H., Rostami, J., Ozdemir, L., and Bilgin, N (1997) Studies on performance prediction of roadheaders based on field data in mining and tunneling projects. in Proceedings Int, 4: 4A1-4A7.

Franklin, J. A., Broch, E., and Walton, G (1971) Logging the mechanical character of rock.

Goktan, S (1991) Prediction of ripping machine performance in terms of rockmass properties. Civil Engineering= Siviele Ingenieurswese, 33(1): 13-14.

Iphar, M (2016) Continuous Rating for Diggability Assessment in Surface Mines. in Proceedings IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 44, IOP Publishing, p. 052056.

Iphar, M., and Goktan, R (2006) An application of fuzzy sets to the Diggability Index Rating Method for surface mine equipment selection. International journal of rock mechanics and mining sciences, 43(2): 253-266.

Kirsten, H (1982) Efficient use on construction of tractor mounted rippers. Civil Engineering= Siviele Ingenieurswese, 25(5): 247-263.

MacGregor, F., Fell, R., Mostyn, G., Hocking, G., and McNally, G (1994) The estimation of rock rippability. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 27 (2): 123-144.

McCann, D., and Fenning, P (1995) Estimation of rippability and excavation conditions from seismic velocity measurements. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications, 10 (1): 335-343.

Pettifer, G., and Fookes, P (1994) A revision of the graphical method for assessing the excavatability of rock. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 27 (2): 145-164.

Scoble, M., and Muftuoglu, Y (1984) Derivation of a diggability index for surface mine equipment selection. Mining Science and Technology, 1(4): 305-322.

Weaver, J. M (1975) Geological factors significant in the assessment of rippability. Civil Engineering= Siviele Ingenieurswese, 17(12): 313-316.

www.SID.ir

Archive of SID

Investigating the possibility of mechanized mining by continuous surface miner machines in Rashakan limestone mine of Urmia cement plant based on Rock Mass Excavatability index rating method

S. Chehreghani[1]*, M. Dadrasi[2], A. Alipour[3], M. Mokhtarian[4] and H. Hoseynzade[5]

1, 2 - Dept., of Mining Engineering, Urmia University, Urmia
3, 4, 5- Faculty of Mining Engineering, Urmia University of technology, Urmia

*s.chehreghani@urmia.ac.ir

Recieved: 2017/10/7 Accepted: 2018/11/4

Abstract

The Rashakan limestone mine as supplier of Urmia cement plant is producing about 3 million tons of limestone ore. The proximity of this mine to the Urmia railway and the main transit road of Urmia-Mahabad, as well as the destructive effects of vibration and noise caused by mine explosions on residential and environmental area, has caused the use of continuous surface miner machines as one of options for continuation of mining operations. Determining the ease of rock mass extraction, which is referred to as the excavatability index, has a vital role in the decision making stage for the selection of methods and extraction machines. This paper investigate the feasibility of mechanized extraction based on the geomechanical characteristics of Rashtkan limestone mine rock mass. In 18 different sections of the of 8 geomechanical zones of the mine, geomechanical parameters including weathering, uniaxial compressive strength (UCS), joint spacing and layers thickness were measured by field and laboratory surveys. Based on the diggability index rating method, the excavatability of the zone (7), (1, 6), (8), (3 and 5) is classified in the hard, relatively hard, easy and very easy excavation classes. In the following, considering the uncertainties in the results of the classification systems, one of the most recent applied classification methods based on continuous rating is used. The results show that the estimation of both continuous and conventional rating methods for the three zones of 1, 6 and 8 is the same and for the zones of 3, 5 and 7, the continuous rating method suggests easier excavation condition. According to the results of this research, the geomechanical conditions of Rashakan limestone rock mass are appropriate for mechanized extraction and the use of continuous surface miner machines. It is recommended that in order to correct selection of the type and capacity of extractive machinery a technical and economic analysis be conducted based on the investment and the operational costs of each of the different options for different types of machines.

Keywords: Rock mass excavatability, Rashakan limestone mine, Continuous surface miner machines

www.SID.ir