

بررسی رفتار سنگ سقف در لایه P10 معدن زغالسنگ طزره و تاثیر متقابل کارگاهها در استخراج دو کارگاه در یک پانل

سیدرحمان ترابی و مجتبی سرلک

چکیده: از آنجا که نظام استخراج معادن زغالسنگ در ایران به دلیل شرایط زمین ساختی در عمده مناطق زغالی و عدم امکان استفاده از روشهای مکانیزه از نوع کارگربر است، ایجاد شرایط مناسب و فضای کافی برای کار در جهت افزایش تولید همواره مورد توجه بوده است. به دلیل محدودیت فضای کار در یک کارگاه استخراج، یکی از راهکارها افزایش تعداد کارگاههای در حال کار به صورت همزمان است. از آنجا که آماده سازی بیش از یک پانل قبل از آغاز استخراج برای ایجاد یک کارگاه در یک پانل عموماً مقرون به صرفه نمی باشد، ایجاد دو کارگاه و گاهی سه کارگاه در یک پانل در بعضی معادن از جمله معادن زغالسنگ طزره به عنوان راه حل انتخاب شده است. جهت بررسی تاثیر متقابل استخراج دو کارگاه در یک پانل طی یک کار پژوهشی و با همکاری شرکت زغالسنگ البرز شرقی، رفتار سنگ سقف در کارگاههای استخراج مورد توجه قرار گرفته است. مجموعه پدیدههایی نظیر زمان ریزش، نحوه ریزش، تناوب ریزش لایه‌های بلافاصله بالای لایه زغال و لایه‌های اصلی بالاتر و بالاخره وسعت فضای خالی قبل از ریزش تحت عنوان رفتار سنگ سقف در این مطالعه مورد توجه قرار گرفته و به طور اخص لایه P10 معدن زغالسنگ طزره بررسی شده است.

تسری نتایج حاصل به شرایط وجود دو کارگاه مجاور در یک پانل و استفاده از روشهای عددی نشان داد که چنانچه استخراج در این دو کارگاه در یک جهت انجام شود، به عبارت دیگر هر دو پیشرو یا هر دو پسرو باشند، مجموعه فضاهای این دو کارگاه استخراج از پایداری و ضریب ایمنی بیشتری برخوردار بوده و امکان به جا گذاشتن لنگه‌های حفاظتی با ابعاد کوچکتر در حد فاصل دو کارگاه وجود خواهد داشت که می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری گردد. از آنجا که تحلیل عددی با مفروضاتی همراه است که لازم است نتایج تایید شوند، ضمن لحاظ نمودن دیگر عوامل و محدودیت‌های اجرایی می‌توان با رعایت حداقل فاصله بین کارگاهها از تاثیر متقابل آنها جلوگیری کرده و ایمنی کار را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: کارگاه استخراج زغالسنگ، رفتار سنگ سقف، پایداری فضاهای استخراج شده

۱. مقدمه

در کارگاههای استخراج زغالسنگ که به روش جبهه کار بلند و همراه با تخریب استخراج می‌شوند، نحوه ریزش سقف و پر شدن فضای استخراج شده نقش مهمی در ایمنی و راندمان کار دارد.

بررسی نحوه ریزش سنگ‌های سقف در کارگاه استخراج با استفاده از روشهای تجربی و روشهای عددی، توانایی طراحان و کارکنان معدن را در کاهش و کنترل عوارض ناشی از این پدیده تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد.

در بعضی موارد، و در شرایطی که لایه‌های فوقانی زغال محکم و یکپارچه است و با پیشرفت سینه کار به صورت یکنواخت تخریب نمی‌شود، سقف می‌تواند وسعت‌های زیادی را از سنگ یکپارچه و معلق تشکیل دهد.

این پدیده نه تنها باعث اعمال فشارهای زیاد به تجهیزات نگهداری می‌شود بلکه زمانی که بار ناشی از وسعت سقف معلق از حد توانایی آن تجاوز کرد، ریزش ناگهانی و یکپارچه آن

این مقاله در تاریخ ۱۳۸۲/۱۲/۱۶ دریافت شده و در تاریخ ۱۳۸۳/۹/۴ به تصویب نهایی رسیده است.

دکتر سید رحمان ترابی، دانشیار دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی شاهرود، rtorabi@shahrood.com
مجتبی سرلک، کارشناس ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، msarlak@yahoo.com

لایه‌های زغالی در این بخش عبارتند از P10, K23, K19, K12, K10, K6 و K5.

ضخامت لایه P10 در بیشتر نقاط یکنواخت است ولی در بعضی از نقاط ضخامت آن به صفر هم رسیده است و در بعضی نقاط تا ۲/۳۰ متر هم گزارش شده و به طور متوسط ۱/۷۰ متر ضخامت دارد.

سقف بلاواسطه از جنس سیلتستون و سقف اصلی از جنس ماسه سنگ بوده و کمر پایین نیز از سیلتستون تشکیل یافته است.

متوسط ضخامت سقف بلاواسطه که عموماً یکنواخت می‌باشد، برابر ۳/۲۷ متر گزارش شده است [۲].

در ارتباط با ویژگی‌های مکانیک سنگی ناپیوستگی‌ها در اطراف لایه P10 به دلیل محدودیت‌های موجود تنها وضعیت ناپیوستگی‌ها در سقف بلاواسطه برداشت شد و از آنجا که سقف بلاواسطه در تونل‌های دنباله لایه بالایی و پایینی دارای سطوح باز و قابل مشاهده است، برداشت درزه‌ها از این قسمت انجام گردید.

مشخصات حدود یکصد درزه شامل شیب، امتداد، وضعیت درزه از نظر باز شدگی و پرشدگی و فاصله‌داری از این طریق و با استفاده از روش خط برداشت یا Scanline انجام گردید [3].

فاصله داری متوسط تعیین و تعداد متوسط درزه‌ها در هر متر محاسبه گردید و از آنجا شاخص کیفیت سنگ یا RQD برای سقف بلاواسطه لایه P10 برابر ۸۷٪ به دست آمد.

همچنین با توجه به مقاومت فشاری تک محوری و فرض خشک بودن محیط کیفیت توده سنگ یا RMR و به تبع آن GSI به ترتیب معادل ۶۷ و ۶۲ محاسبه شدند.

با کاربرد اطلاعات فوق و به ترتیبی که در بخش ۶ مربوط به ورودی‌های نرم‌افزار FLAC اشاره شده است، پارامترهای توده سنگ‌های اطراف کارگاه شامل زاویه اصطکاک داخلی، چسبندگی و مدول الاستیسیته تعیین گردیدند.

به عنوان مثال پارامترهای فوق برای سقف بلاواسطه به ترتیب معادل ۲۶ درجه، ۰/۹۶ مگاپاسکال و ۶۵۰۳ مگاپاسکال به دست آمدند.

لازم به ذکر است که اطلاعات مربوط به درزه‌های سقف اصلی به دلیل عدم دسترسی، و به فرض امتدادیافتگی درزه‌ها مشابه سقف بلاواسطه در نظر گرفته شدند.

۱-۲. وضعیت فعلی کارگاه‌ها

تونل مادر در معدن طزره در ارتفاع ۲۲۴۰ متر از سطح دریا ورودی اصلی دسترسی به کارگاه‌های واقع در لایه P10 می‌باشد. کارگاه‌های واقع در لایه فوق در فاصله حدود ۲ کیلومتری مدخل این تونل قابل دسترسی است.

می‌تواند باعث پیامدهایی نظیر موج هوای ناشی از فشرده شدن ناگهانی هوای تحتانی و رانش آن به راهروها و ورودی‌های منتهی به کارگاه شود.

این پدیده که به Wind Blast شهرت دارد در کشورهایی نظیر استرالیا و چین که عموماً سنگ‌های بالای لایه‌های زغال سنگ از نوع کنگلومرای متراکم و ماسه سنگ متراکم هستند از موارد قابل توجه پژوهشگران و عامل نگرانی مدیران این معادن می‌باشد [1].

از دیگر پیامدهای ریزش فوق که نادر می‌باشد، لطمه به تجهیزات نگهدارنده کارگاه استخراج و مسدود شدن فضای کارگاه و ایجاد خسارات جانی و مالی است که در این صورت راه‌اندازی مجدد کارگاه تخریب شده با اتلاف زیاد زغال و صرف زمان همراه خواهد بود.

در این موارد به منظور راه‌اندازی مجدد کارگاه تخریب شده، معمولاً مقادیر زیادی از زغالسنگ به عنوان لنگه محافظتی به جای گذاشته می‌شود که این امر باعث کاهش بهره‌وری زغال می‌گردد.

همچنین زمان صرف شده جهت راه‌اندازی مجدد کارگاه تخریب شده، باعث کاهش روزهای مفید کاری می‌شود. در این تحقیق اهداف زیر دنبال شده‌اند:

۱- معرفی تعدادی از روش‌های تعیین قابلیت تخریب سنگ‌های سقف و استفاده از این روش‌ها در ارزیابی رفتار سنگ سقف در منطقه عملیاتی لایه P10 معادن طزره.

۲- استفاده از نرم‌افزار FLAC در تحلیل عددی رفتار سنگ سقف در منطقه عملیاتی لایه P10 معادن طزره و مقایسه عملکرد سقف در شرایط استخراج دو کارگاه در یک پانل در دو حالت استخراج یکی پیشرو دیگری پسرو و هردو پسرو. معیارهای به کار رفته در این مقایسه عبارتند از جابجایی قائم سقف و ضریب ایمنی پایداری فضای کارگاه.

۲. موقعیت لایه P10 معادن طزره

سه منطقه زغالخیز اولنگ، قشلاق و طزره در شمال شرق ایران تحت پوشش شرکت زغالسنگ البرز شرقی فعال می‌باشند. به علت گستردگی، حوزه طزره به چند بخش کوچکتر تقسیم گردیده است.

این حوزه قسمتی از دامنه جنوبی سلسله جبال البرز را تشکیل می‌دهد که در فاصله ۷۰ کیلومتری غرب و شمال غربی شهر شاهرود و ۴۰ کیلومتری شمال شرقی دامغان قرار گرفته است. این منطقه مربوط به دوران دوم از تریاس بالایی تا ژوراسیک میانی است [۲].

بخش پشکلات (معدن بزرگ) یکی از بخش‌های حوزه طزره بوده و لایه مورد مطالعه در این بخش واقع است. مجموعه

تخریب می‌شود. در این حالت مواد تخریب شده دارای ابعاد بزرگتری نسبت به حالت قبل هستند.

در صورت انتخاب نامناسب سیستم نگهداری یا بالارفتن رطوبت، یک سقف نیمه پایدار می‌تواند به یک سقف ناپایدار تبدیل شود. اما در مورد سقف پایدار سه حالت قابل تمیز است: پایدار نوع یک که در آن سقف بلاواسطه از جنس شیل ماسه‌ای مستحکم یا ماسه سنگ ضخیم می‌باشد و در قسمت عقب به حالت طره‌ای درآمده و قطعات شکسته شده دارای ابعاد نسبتاً بزرگ هستند؛ پایدار نوع دوم که در آن سقف بلاواسطه از جنس ماسه سنگ یا کنگلومرای سخت یا ضخیم می‌باشد و منطقه استخراج شده می‌تواند فضاهای وسیعی را که در آن سقف به صورت معلق باقی مانده ایجاد کند و پایدار نوع سوم که در این مورد، سقف از جنس سنگ آهک یا ماسه سنگ سخت بوده ولی دارای درزه‌ها و شکستگی‌هایی است که علیرغم سختی و استحکام به نحو مطلوبی عمل کرده و باعث پایین آمدن تدریجی سقف در قسمت‌های استخراج شده می‌گردد. بر اساس این تقسیم‌بندی سقف کارگاه در لایه P10 از نوع نیمه پایدار است. شکل ۱ سقف بلاواسطه نیمه پایدار را نشان می‌دهد.

۴-۲. طبقه‌بندی کیفی سقف به روش **Proyavkin**

روش **Proyavkin** یک روش طبقه‌بندی کیفی سقف می‌باشد که توسط نامبرده و همکارانش برای شرایط معدن زغال ناحیه دونتز واقع در کشور شوروی ارائه شده است. در این روش، سقف‌ها با توجه به ویژگی‌های لیتولوژیک و ضخامت به ۲۶ تناوب (گروه) تقسیم می‌شوند. اولین تناوب نشان دهنده سقفی است که بلافاصله پس از پیشروی استخراج ریزش کرده و بسیار راحت تخریب می‌شود و آخرین تناوب نیز معرف محکمترین سقف است که در قسمت عقب کارگاه (ناحیه تخریب) تشکیل طره داده و می‌تواند فضاهای وسیع با سقف معلق را تشکیل دهد.

بر طبق این طبقه‌بندی با مقایسه وضعیت سقف بلاواسطه لایه P10 طرزها با پروفیل‌های فوق این سقف مشابه حالت شماره ۱۶ می‌باشد که در آن سقف بلاواسطه سیلستون با ضخامت بیش از یک متر و سقف اصلی ماسه‌سنگ است و از لحاظ تخریب در وضعیتی متوسط قرار دارد یعنی تخریب سقف با تاخیر همراه بوده ولی قسمت طره‌ای ایجاد نمی‌شود.

۴-۳. طبقه‌بندی بر اساس شاخص **N**

از آنجا که تخریب سقف بلاواسطه ایجاد قطعات و خرده سنگ‌هایی می‌کند که در صورت داشتن حجم کافی با توجه به انبساط حجمی آن می‌تواند تمام فضای خالی را پر کرده و

در حال حاضر دو کارگاه در این لایه به فاصله حدود ۲۰۰ متر از هم و هردو به صورت پسر در حال کار می‌باشند. تونل فوق جهت دسترسی به لایه‌های k10، k6 و k5 هم مورد استفاده می‌باشد.

۳. رفتار سنگ سقف

در این تحقیق به دو طریقه متفاوت پدیده رفتار سنگ سقف بررسی شده است. طریقه اول استفاده از روش‌های تجربی و طریقه دوم استفاده از روش‌های عددی بوده است.

۴. استفاده از روش‌های تجربی مطالعه رفتار سنگ

سقف

روش‌های تجربی متعددی برای مطالعه رفتار سنگ سقف پیشنهاد شده است. از جمله این روش‌ها عبارتند از استفاده از طبقه بندی بر اساس جنس و ضخامت لایه‌های تشکیل دهنده سقف موسوم به روش peng، طبقه‌بندی کیفی سقف با روش **Proyavkin**، کاربرد شاخص **N**، کاربرد شاخص مهندسی **L**، که ذیلاً به آن‌ها اشاره شده و همچنین روش‌های شاخص مقاومت سنگ، و شاخص کیفیت سقف یا **RQI** [۴].

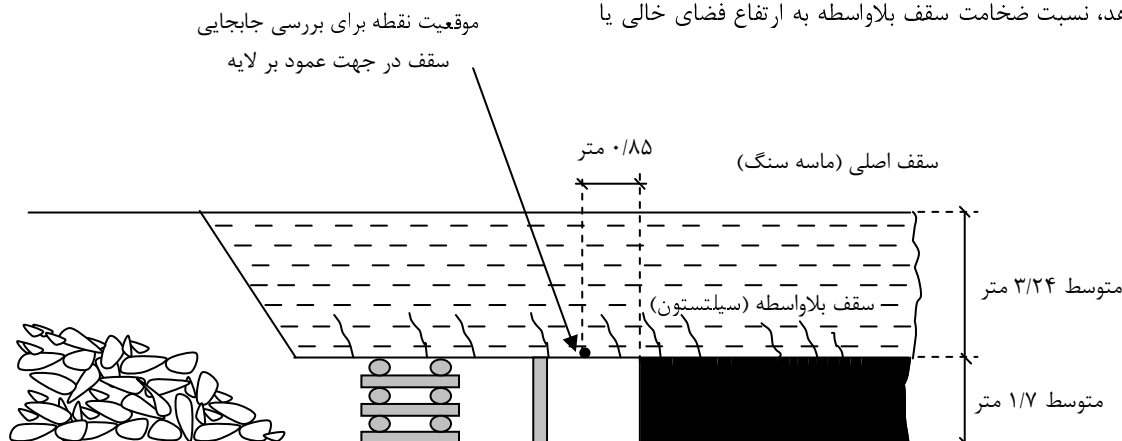
۴-۱. طبقه بندی بر اساس جنس و ضخامت سقف

بلاواسطه به روش **Peng**

در این نوع از تقسیم‌بندی، سقف‌های بلاواسطه بر اساس جنس و ضخامت سقف به سه دسته ناپایدار، نیمه پایدار و پایدار تقسیم می‌شوند. اصولاً سقف بلاواسطه بر اساس تعریف **Peng** عبارت است از بخشی از چینه‌های بلافاصله بالای لایه زغال که با پیشروی وسایل نگهداری ریزش کرده و به فضای استخراج شده می‌ریزد [5]. در نوع ناپایدار جنس سقف ممکن است شیل کربونیزه نرم و ضعیف یا شیل ماسه‌ای درزه‌دار یا شکسته باشد. اگر بلافاصله پس از گرفتن زغال، سیستم نگهداری در زیر این سقف نصب نشود، ریزش می‌کند. این نوع سقف بلاواسطه در قسمت عقب کارگاه پس از پیشروی سیستم نگهداری یا بازایی سیستم نگهداری، بلافاصله ریزش می‌کند و در این قسمت هیچ‌گونه طره‌ای باقی نمی‌ماند و ابعاد قطعات خرد شده نسبتاً کوچک است. در نوع نیمه پایدار سقف بلاواسطه ممکن است شیل سخت، شیل ماسه‌ای و یا ماسه‌سنگ ضعیف باشد. درزه‌ها و ترک‌های پراکنده در سقف وجود دارند و تحت شرایط عادی امکان آن وجود دارد که بدون نصب وسیله نگهداری بتوان یک برش کامل یا یک سیکل زغال را گرفت و سپس سیستم نگهداری را به جلو انتقال داد و معمولاً سقف در قسمت پشت در زمان کوتاهی پس از پیشروی سیستم نگهداری،

کارگاه استخراج که به شاخص N شهرت دارد، از اهمیت زیادی برخوردار است.

تکیه‌گاهی برای سقف اصلی ایجاد کند و از تخریب سقف اصلی در مراحل بعدی جلوگیری کند و یا حداقل از شدت ضربه آن بکاهد، نسبت ضخامت سقف بلاواسطه به ارتفاع فضای خالی یا



شکل ۱. تصویر شماتیک از مقطع قائم کارگاه دوم واقع در لایه P10 که سقف بلاواسطه آن با توجه به مشاهدات و تقسیم بندی‌های رایج از نوع نیمه پایدار منظور شده است

که کمتر از نسبت حدی محاسبه شده فوق یعنی ۳/۳ می‌باشد. یعنی تخریب سقف باعث پر شدن تمام فضای خالی نخواهد شد. لازم به ذکر است که بر اساس تقسیم‌بندی Peng و Chiang [6] قسمت فوقانی لایه زغالسنگ از پایین به بالا به سه بخش تقسیم می‌شود: زون تخریب شونده، زون شکسته و زون با تغییر شکل ممتد. ضربه و تاثیر وزنی، مربوط به سقوط محدوده زیرین زون شکسته می‌شود که سقف اصلی خوانده می‌شود و این پدیده می‌تواند در مراحل بعدی باعث پر شده تمام فضای استخراج شده گردد.

در مورد لایه P10 پس از تعیین وضعیت پایداری سقف بلاواسطه، این مسئله که آیا شرایط جهت اعمال بار ضربه‌ای از سوی سقف اصلی وجود دارد یا خیر مورد بررسی قرار گرفته است. شاخص N معیار مناسبی جهت تعیین این مسئله می‌باشد. بررسی پارامتر فوق نشان داد که تخریب سقف بلاواسطه نمی‌تواند به واسطه انبساط حجمی فضای خالی ایجاد شده ناشی از استخراج لایه زغالی و ریزش سقف بلاواسطه را پر کند، در نتیجه وجود یک فضای خالی میان سقف بلاواسطه تخریب شده و سقف اصلی شرایط را جهت تاثیر وزنی سقف اصلی فراهم می‌سازد. به سادگی می‌توان نشان داد که در حالت حدی که شکسته شدن سقف بلاواسطه باعث پر شدن تمام فضا می‌شود، رابطه زیر برقرار است:

$$h_l = m_l / (k - 1) \quad (1)$$

$$h_l / m_l = 1 / (k - 1) \quad (2)$$

که در آن h_l و m_l به ترتیب ضخامت سقف بلاواسطه و ارتفاع کارگاه در حالت حدی و k ضریب انبساط حجمی سنگ سقف می‌باشد. با توجه به مشاهدات در بخش‌های تخریب شده کارگاه‌ها در معدن طزره ضریب انبساط k برای سنگ‌های سقف بلاواسطه در این معدن را به طور متوسط می‌توان حدود ۱/۳ منظور کرد که در آن صورت نسبت فوق برابر ۳/۳ خواهد شد. با توجه به مقادیر h و m در این لایه که به ترتیب برابر ۳/۲ متر و ۱/۷ متر می‌باشند، نسبت N عبارت خواهد بود از:

$$N = h/m = 3.2/1.7 = 1.9 \quad (3)$$

۴-۴. طبقه‌بندی رفتار سقف براساس شاخص مهندسی L شاخص مهندسی L یا گام اولین تخریب سقف بلاواسطه نیز به عنوان معیاری در ارزیابی سقف بلاواسطه به کار می‌رود. در خصوص لایه P10 حداکثر گام پیشروی قبل از وقوع اولین تخریب سقف بلاواسطه در حدود ۸ الی ۱۸ متر برآورد شده است و همچنین در ارزیابی سقف اصلی حداکثر گام پیشروی قبل از وقوع اولین تخریب دوره‌ای سقف اصلی در حدود ۱۸ الی ۲۵ متر برآورد شده که با مراجعه به جدول پیشنهادی این روش، وضعیت سقف بلاواسطه به صورت پایدار پیشنهاد شده است. لازم به ذکر است که با توجه به شرایط موجود نتایج حاصل از تقسیم‌بندی‌های قبل که نیمه پایدار بودن سقف را نشان می‌دهد به واقعیت نزدیکتر است.

علاوه بر روش‌های تقسیم‌بندی اشاره شده که از موارد مهم می‌باشد، روش‌های دیگری نیز وجود دارد نظیر روش شاخص مقاومت، استفاده از چکش اشمیت و روش اندیس کیفیت سقف که برخی به دلیل مشکلات اجرایی و برخی به دلیل عدم

واقع در ابتدای پانل در حالت اول به صورت پیشرو و در حالت دوم به صورت پسرو در نظر گرفته شده است.

عمومیت کاربرد استفاده نشده یا از ذکر آنها خودداری شده است.

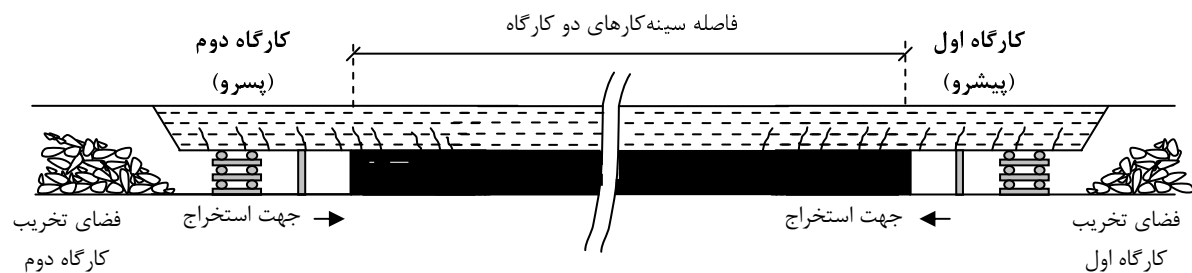
۶. ورودی‌های نرم افزار FLAC

برخی از پارامترهای مورد نیاز جهت تحلیل عددی به کمک نرم افزار FLAC عبارتند از زاویه اصطکاک داخلی، چسبندگی، مدول الاستیسیته، مدول حجمی، مقاومت کششی و جرم حجمی. در جهت آماده‌سازی ورودی‌های فوق در کنار کار میدانی از نرم افزار ROCLAB استفاده گردید [7]. در این راستا در حله نخست اطلاعات مربوط به درزه‌ها شامل شیب، جهت شیب، باز شدگی، پرشدگی، میزان حضور آب و گسترش رخنمون در حدود صد نقطه در محل برداشت گردید، محیط خشک فرض شده، RQD و RMR و اندیس مقاومتی توده سنگ یا GSI که ورودی اصلی نرم‌افزار ROCLAB می‌باشد، با استفاده از این اطلاعات محاسبه گردیدند. لازم به ذکر است که با توجه به توانایی این نرم‌افزار مقاومت فشاری تک‌محوره نیز قبلاً با توجه به نوع سنگ‌های مورد نظر و ساخت و یافت آن‌ها و شرایط زمین‌شناسی و اطلاعات ناپیوستگی‌های حاصل از کار میدانی با دقت مناسب برآورد شد. نهایتاً با کمک این نرم‌افزار و استفاده از مدل Mohr-Coulomb پارامترهای مقاومتی شامل چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی و دیگر پارامترهای توده سنگ شامل مقاومت کششی و مدول تغییر شکل به دست آمدند. ضمناً برخی اطلاعات زمین‌شناسی و مکانیک سنگی موجود در آرشیو دفتر فنی شرکت زغالسنگ البرز شرقی (منبع ۲) نیز مورد استفاده قرار گرفتند.

۵. استفاده از روش‌های عددی برای مطالعه رفتار

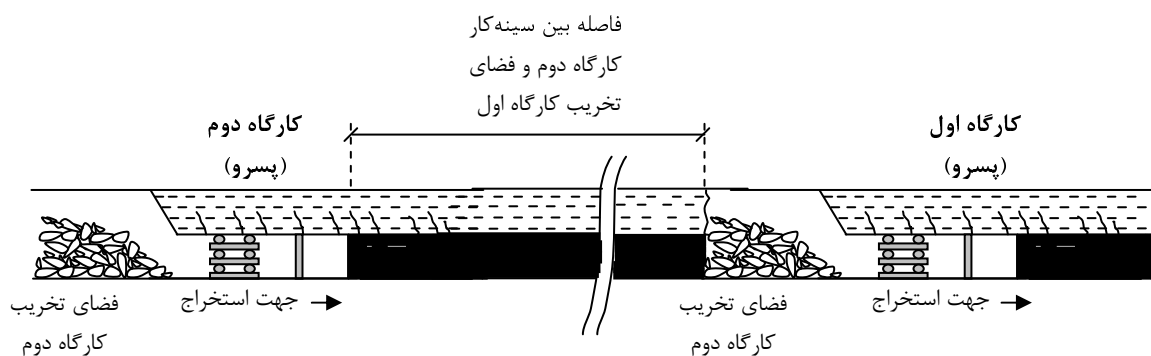
سنگ سقف

آنچه اشاره شد نگاه اجمالی بر رفتار سقف در حالت وجود یک کارگاه به صورت منفرد بود. در صورتی که بیش از یک کارگاه در محدوده‌ای نزدیک هم به نحوی که هرکدام در حوزه اغتشاش تنش دیگری است وجود داشته باشد، آنگاه به دلیل پیچیدگی پدیده نیاز به استفاده از روش‌های عددی خواهد بود. تحلیل عددی سقف بلاواسطه لایه P10 در این حالت با استفاده از نرم افزار FLAC انجام شده است. این نرم‌افزار بر اساس روش تفاضل محدود کار می‌کند. تحلیل عددی رفتار سقف بلاواسطه با استفاده از نرم‌افزار FLAC با هدف بررسی تاثیر متقابل استخراج در دو کارگاه واقع در یک پانل انجام شده و در این بررسی میزان جابجایی‌های عمود بر سطح لایه نقطه‌ای واقع بر سقف کارگاه دوم و همچنین ضریب ایمنی در این کارگاه تابعی ازفاصله دو کارگاه استخراج مطالعه شده است. لازم به ذکر است که در این مدل‌سازی همگرایی کارگاه‌های استخراج در شرایط عدم وجود وسیله نگهداری در نظر گرفته شده است. وضعیت نسبی دو کارگاه در یک پانل واقع در لایه P10 در شکل‌های ۲ و ۳ دیده می‌شود. کارگاه دوم واقع در انتهای پانل همواره به صورت پسرو در نظر گرفته شده و کارگاه اول



شکل ۲. موقعیت نسبی دو کارگاه در پانل P10 در شرایطی که کارگاه دوم به صورت پیشرو و کارگاه اول

به صورت پیشرو می‌باشند

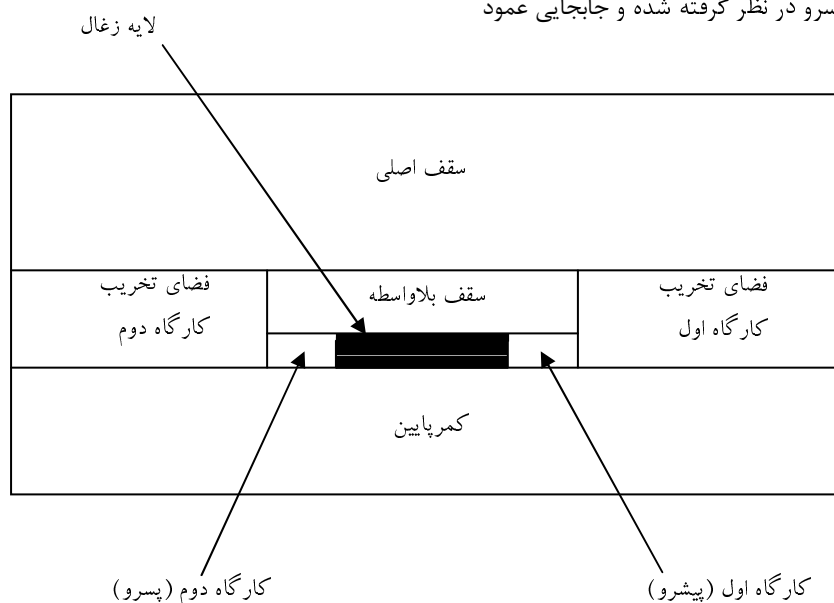


شکل ۳. موقعیت نسبی دو کارگاه در پانل P10 در شرایطی که هر دو کارگاه اول و دوم به صورت پیشرو می‌باشند

بر سطح لایه نقطه‌ای واقع در سقف کارگاه دوم و در فاصله‌ای ثابت از سینه کار بر حسب فاصله سینه‌کارهای دو کارگاه مورد مطالعه قرار گرفت. اجرای پیاپی برنامه نشان داد که اولاً تأثیر متقابل استخراج دو کارگاه بر هم زمانی محسوس است که فاصله سینه‌کارهای دو کارگاه از حدود ۱۰ متر کمتر باشد. ثانیاً با کاهش این فاصله از ۱۰ متر تا حدود ۴ متر میزان جابجایی سقف کارگاه دوم از حدود ۳/۲ سانتیمتر به حدود ۵/۹ سانتیمتر می‌رسد.

۷-۲. حالت دوم - کارگاه اول و کارگاه دوم پسرو

در این حالت مطابق شکل ۳ کارگاه اول به صورت پسرو و کارگاه دوم نیز به صورت پسرو در نظر گرفته شده و جابجایی عمود بر سطح لایه نقطه‌ای واقع در سقف کارگاه دوم و در فاصله‌ای ثابت از سینه‌کار بر حسب فاصله سینه‌کار این کارگاه از فضای تخریب کارگاه اول مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از نرم افزار نشان می‌دهد که با کاهش فاصله سینه‌کار کارگاه دوم از فضای تخریب کارگاه اول از ۱۰ متر تا حدود ۴ متر میزان جابجایی سقف کارگاه دوم در نقطه مورد مطالعه از حدود ۲/۹ سانتیمتر به حدود ۳/۲ سانتیمتر می‌رسد. شکل ۵ تغییرات جابجایی عمودی نقطه‌ای واقع در سقف کارگاه دوم را در دو حالت فوق نشان می‌دهد.



شکل ۴. شکل ساده شده از مقطع قائم کارگاه‌ها در حالت پیشروی در دو جهت مخالف که در مدلسازی استفاده شده است

به ازای مقادیر مختلف عرض لایه زغالی بر جای مانده میان دو کارگاه، در حالتی که استخراج در کارگاه اول مانند کارگاه دوم به صورت پسرو باشد، میزان ضریب ایمنی در اطراف کارگاه استخراج دوم بیشتر از حالتی است که

۶-۱. مدل ساده شده کارگاه استخراج

در حله نخست جهت ایجاد امکان استفاده از نرم‌افزار دو بعدی طول کارگاه نسبت به دو بعد دیگر آن زیاد در نظر گرفته شده است که این فرض با توجه به شرایط حاکم دور از واقعیت نیست. لذا مانند تونل به دلیل عدم وجود تغییر شکل‌های در جهت طول کارگاه، فرض مینا Plain Strain می‌باشد. در حله دوم جهت ساده سازی صورت مسئله مطابق شکل ۴ کارگاه‌ها به صورت دو فضای خالی در نزدیکی هم منظور شده و فضای تخریب شده نیز با فرض آن که بخشی از سقف اصلی نیز شکسته و در نتیجه تمام فضای پشت کارگاه پر شده است یک طرف فضای خالی را تشکیل داده است.

۷. مطالعه جابجایی سقف در جهت عمود بر

سطح لایه

در این حالت مقادیر جابجایی‌های عمود بر سطح لایه نقطه‌ای واقع در سقف کارگاه دوم و در فاصله‌ای ثابت از سینه‌کار بر حسب فواصل مختلف کارگاه‌های استخراج اول و دوم به دست آمده است. موقعیت نقطه فوق در شکل ۱ دیده می‌شود.

۷-۱. حالت اول - کارگاه اول پیشرو و کارگاه دوم پسرو

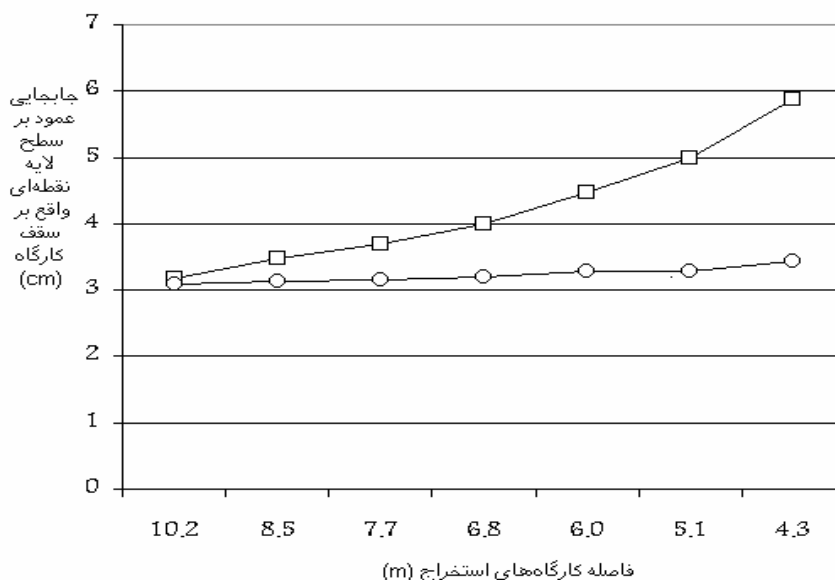
در این حالت مطابق شکل ۲ کارگاه اول به صورت پیشرو و کارگاه دوم به صورت پسرو در نظر گرفته شده و جابجایی عمود

۸. ضریب ایمنی پایداری فضای استخراج شده در

کارگاه دوم

نتایج مربوط به بررسی وضعیت ضریب ایمنی تابعی از حالت‌های مختلف استخراج در کارگاه‌ها نشان می‌دهد که

می‌شود در حالی که استخراج در کارگاه دوم در هر دو حالت به صورت پسر و فرض شده است. به دلیل ایمنی بیشتر در حالتی که استخراج در کارگاه اول به صورت پسر انجام می‌شود میزان عرض لایه زغالی که به عنوان لنگه محافظتی بین دو کارگاه بر جای گذاشته می‌شود می‌تواند کمتر از حالتی باشد که استخراج در این کارگاه به صورت پیشرو انجام می‌شود.



شکل ۵. نمودارهای جابجایی عمود بر سطح نقطه‌ای واقع بر سقف کارگاه دوم که به صورت پسر و می‌باشد، بر حسب فاصله سینه‌کار این کارگاه از:

الف - سینه‌کار کارگاه اول در حالت استفاده از روش پیشرو در این کارگاه - نمودار فوقانی

ب - فضای تخریب کارگاه اول در حالت استفاده از روش پسر در این کارگاه - نمودار تحتانی

تاثیر وزنی سقف اصلی فراهم می‌سازد. اما ادامه بررسی در شرایط احداث بیش از یک کارگاه در یک پانل که به کمک روش‌های عددی صورت گرفت، نشان داد که رفتار فوق در کارگاه‌های مجاور با تفاوت‌هایی همراه می‌باشد. روند تغییرات همگرایی و ضریب ایمنی در کارگاه استخراج دوم واقع در انتهای پانل تابعی از فاصله کارگاه اول در مجاورت آن نشان داد که در وضعیتی که استخراج در کارگاه اول به صورت پسر صورت می‌گیرد، مقدار جابجایی‌های عمودی در سقف کارگاه دوم (پسر) کمتر و همچنین مقادیر ضریب ایمنی در اطراف این کارگاه بیشتر از حالتی است که استخراج در کارگاه اول به صورت پیشرو صورت می‌گیرد.

تلفیق نتایج حاصل از بررسی رفتار سقف کارگاه در حالت انفرادی به کمک روش‌های تجربی و بررسی اخیر نشان می‌دهد که سقف کارگاه استخراج که به صورت نیمه‌پایدار عمل می‌کند می‌تواند در صورت نزدیکی به کارگاه مجاور وضعیت ناپایدارتری داشته باشد که چنانچه کارگاه مجاور پیشروی در خلاف جهت

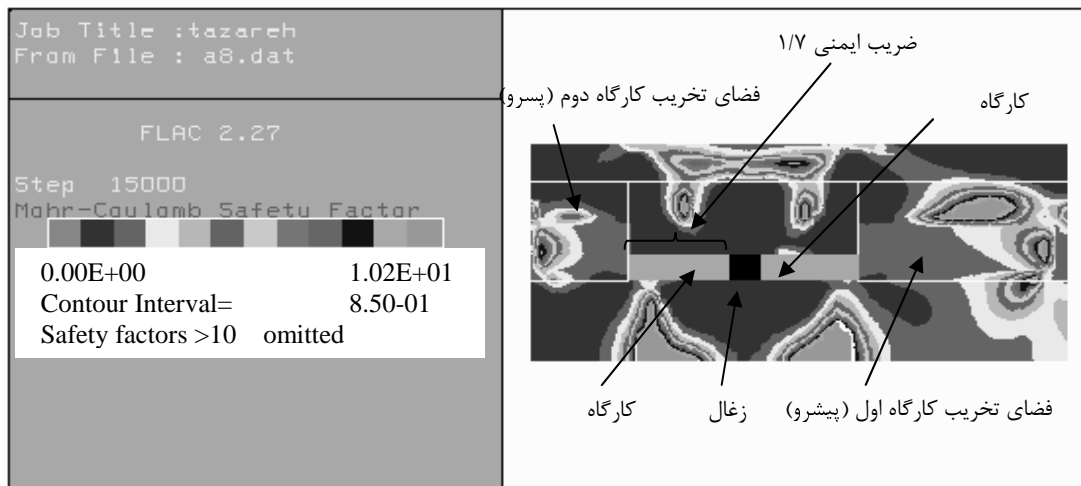
استخراج در کارگاه اول به صورت پیشرو انجام می‌شود. به عنوان نمونه در شکل‌های ۶ و ۷ در دو وضعیت استخراج کارگاه اول و در حالتی که عرض زغال باقی‌مانده برابر حداقل منظور شده در قسمت‌های قبلی یعنی ۴/۲۵ متر است وضعیت ضریب ایمنی نشان داده شده است. در شکل ۶ استخراج در کارگاه اول به صورت پیشرو و در شکل ۷ استخراج در این کارگاه به صورت پسر انجام

۹. بحث و جمع‌بندی

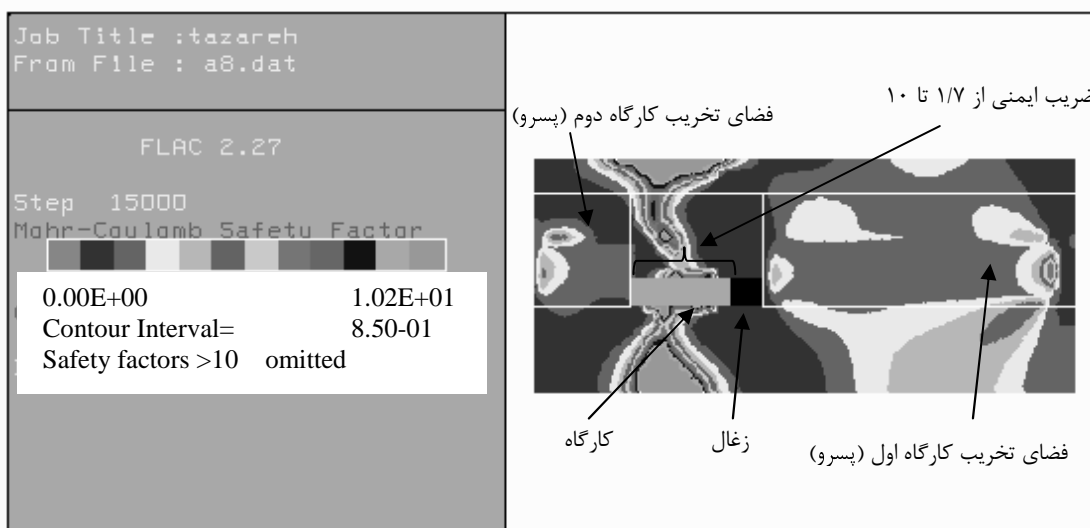
مطالعه رفتار سقف در یک کارگاه در لایه P10 معدن زغالسنگ طزره، نشان می‌دهد که با توجه به دو روش طبقه‌بندی Peng و Proyavkin این رفتار تا حدودی مشابه نتایج بدست آمده از گزارش‌ها و مشاهدات تجربی است. بر این مبنا سقف بلاواسطه از نوع نیمه‌پایدار می‌باشد. یعنی تحت شرایط عادی امکان آن وجود دارد که بدون نصب وسیله نگهداری بتوان یک برش کامل یا یک سیکل زغال را گرفت و سپس سیستم نگهداری را به جلو انتقال داد. از طرفی بررسی وجود شرایط جهت اعمال بار ضربه‌ای از سوی سقف اصلی با استفاده از شاخص N نشان می‌دهد که تاثیر وزنی سقف قابل تشخیص است. به عبارت دیگر تخریب سقف بلاواسطه نمی‌تواند فضای خالی ایجاد شده ناشی از استخراج لایه زغالی و ریزش سقف بلاواسطه را پر کند، و وجود یک فضای خالی میان سقف بلاواسطه تخریب شده و سقف اصلی شرایط را جهت

استفاده از روش‌های استخراج همسو می‌توان با محاسبه و طراحی مناسب از لنگه‌های کوچکتر استفاده کرد که منجر به بهره‌وری بیشتر خواهد شد.

داشته باشد، وضعیت نامساعدتر خواهد بود. از آنجا که بایستی بخشی از لایه زغال به منظور ایجاد شرایط ایمن به عنوان لنگه حفاظتی در حد فاصل دو کارگاه به جا گذاشته شود، در صورت



شکل ۶. توزیع ضریب ایمنی در اطراف کارگاه دوم (استخراج در کارگاه اول به صورت پیشرو)



شکل ۷. توزیع ضریب ایمنی در اطراف کارگاه دوم (استخراج در کارگاه اول به صورت پیشرو)

۱۰. تشکر و قدردانی

نگارندگان مراتب تشکر خود را از شرکت زغالسنگ البرز شرقی که با حمایت و در اختیار نهادن امکانات لازم برای حضور در معادن زغالسنگ طزره به انجام این تحقیق کمک نمودند، ابراز می‌دارند.

مراجع

[1] Fowler, J., C.W., Torabi, S.R., Daly, C.R., "Field investigations into wind blasts resulting from large falls of roof in Australian underground coal mines", 96 International Symposium on Mining Science and Technology, Xuzhou, Jiangsu, China, 16-18 October 1996, A. A. Balkema, Rotterdam, pp: 145-149.

اما از آنجا که تحلیل عددی با پیش‌فرض‌هایی جهت سهولت تحلیل انجام شده است و بایستی نتایج تایید شوند، پیشنهاد می‌شود تنها در راستای حذف و یا کاهش تاثیر متقابل کارگاه‌ها، حداقل فاصله لازم بین کارگاه‌ها حفظ شود.

این فاصله با توجه به نتایج تحلیل حدود ۱۰ متر می‌باشد که بایستی ضمن تایید به کمک محاسبه بار وارده بر این لنگه زغالی بسته به آنکه لنگه فوق در کدام موقعیت از نظر ضخامت سقف‌های بلاواسطه و اصلی به جا گذاشته می‌شود، و همچنین با توجه به مقاومت لنگه زغال به کار گرفته شود.

همچنین دیگر محدودیت‌ها و ملاحظات اجرایی نظیر تهویه، ترابری، نگهداری تونل‌های دسترسی و ایمنی کار در کارگاه‌های مجاور در اعمال این فاصله بایستی لحاظ شود.

[5] Peng, S.S., *Coal Mine Ground Control*, Second Edition, John Wiley and Sons, 1986.

[6] Bieniawski, Z.T., *Strata Control in Mineral Engineering*, A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 1987.

[7] Rocscience Inc., *RocLab – Rock mass strength analysis – User's Guide*, www.rocscience.com, 2002

[۲] شرکت زغالسنگ البرز شرقی، «گزارش تفصیلی منطقه زغالسنگ البرز شرقی»، شاهرود، ۱۳۵۵

[3] Brady, B.H.G., Brown, E.T., *Rock Mechanics for Underground Mining*, Second Edition, Chapman and Hall, 1993.

[۴] سرلک، مجتبی، «بررسی رفتار سنگ سقف در کارگاه‌های استخراج معادن طزره»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده معدن و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۸۲