چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علـوم زمیـــن
The 42nd National
Geosciences Congress
www.geoconf.ir

بررسیسیستمهای شکستگی در معادن سنگ‌های تزیینی خوی

حسن حاجی حسینلو

گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوی، خوی، ایران
کارآموز رشته امور معادن مرکز کارشناسان رسمی قوه قضاییه
Ha.Haji@iau.ac.ir

چکیده

در این مقاله به بررسی سیستم‌های شکستگی معادن سنگ های آهکی تزئینی خوی پرداخته شده است. بر پایه نتایج به دست آمده از این پژوهش، در حالت‌هایی که تنها یک سیستم شکستگی و یا دو سیستم شکستگی عمود بر هم وجود داشته و فاصله بین درزه‌های آنها دستکم به اندازه ابعاد بلوک‌های سنگی مورد نظر باشد، با طراحی جهت پیشروی سینه‌کار به موازات راستای این سیستم‌ها، میزان ضایعات سنگی به حداقل خواهد رسید. در صورت وجود سیستم درزه‌های مزدوج با زاویه‌های تند، امکان استخراج بلوک‌های سنگی سالم بسیار پایین خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: سیستم شکستگی‌ها، سنگ‌های تزئینی، معادن خوی

Fracture systems analysis in decorative rocks mines of Khoy

Abstract

In this paper we study fracture systems in decoration rocks in Khoy. Based on the results obtained from this research, in cases where there is only one fracture system or two fracture systems perpendicular to each other and the distance between their joints is at least equal to the dimensions of the stone blocks, with the design In order to progress the work in parallel with these systems, the amount of stone waste will be minimized. If there is a system of conjugate seams with sharp angles, the possibility of extracting healthy stone blocks will be very low.

Key words: fractures systems, Decorative rocks, Khoy mines

۱. مقدمه

منطقه مورد پژوهش بر اساس تقسیم‌بندی های ساختاری رسوبی ایران (Aghanabati, 1998) در زون ایران مرکزی قرار گرفته است. در یک معدن سنگ ساختمانی میزان قواره‌دهی سنگ وابستگی معکوس به تعداد و نوع شکستگی‌ها دارد با توجه به این که مهم‌ترین عامل در قواره‌دهی سنگ‌های ساختمانی درزه‌ها و سپس ریز درزه‌ها و ترک-ها هستند. البته اغلب شکستگی‌های به عنوان مرزهای معادن بلوک‌ها و سینه‌کارها شناخته می‌شوند. در این پژوهش تلاش شده تا روش‌هایی کاربردی به منظور شناسایی شکستگی‌ها و درزه‌های معادن و محدوده‌های اکتشافی سنگ‌های تزئینی معادن خوی ارائه گردد تا با به کارگیری این روش‌ها، قبل از هر گونه اقدامی برای باز نمودن سینه-کار و استخراج، برآورد قابل قبولی از موفقیت‌آمیز بودن معدن‌کاری و توان کوپ‌دهی به دست آید. نتایج بدست‌آمده در این پژوهش که در حقیقت ارائه روش‌شناسی در این موضوع است، حاصل بازدید و بررسی از چندین محدوده اکتشافی، معدن و کارخانه سنگ ساختمانی و تزئینی در خوی و همچنین تحلیل ساختاری و انجام برداشت‌های دقیق تکتونیکی بر روی شکستگی‌های محدوده‌های سنگ-های ساختمانی مرمریت در معادن خوی می‌باشد.

۲.روش تحقیق

در ایستگاه های مختلف از تمام درزه‌های منطقه به شعاع یک کیلومتر برداشت خواهد شد. روش نمونه گیری در برداشت درزه‌های منطقه مورد مطالعه به صورت غیرسیستماتیکی از نوع تصادفی می‌باشد. این پژوهش نیز مانند سایر مطالعات زمین شناسی نیاز به بررسی های صحرایی و آزمایشگاهی دارد. در مطالعات صحرایی برداشت داده های مربوط به ساختار های موجود در منطقه توسط دستگاه کمپاس، و تعیین موقعیت آن ها توسط دستگاه جی‌پی‌اس و نمونه برداری جهت دار از سنگ های منطقه صورت خواهدگرفت و در مطالعات آزمایشگاهی، تهیه‌ی مقاطع نازک جهت‌دار، مطالعه ی مقاطع، توسط میکروسکوپ پلاریزاسیون و ترسیم دیاگرام های منطقه، توسط نرم افزار صورت گرفت.

۳. یافته ها

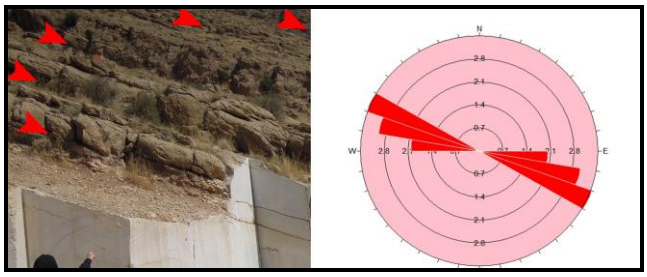
مهم‌ترین پدیده زمین‌شناسی که در استخراج سنگ‌های ساختمانی و تزئینی باید مورد توجه قرار گیرد، وجود سیستم‌های درزه و شکستگی در توده‌های سنگی می‌باشد. اگرچه به طور تجربی ثابت شده که در بسیاری از موارد نقش منفی درزه‌ها و شکستگی‌ها در معدنکاری مربوط به پله‌های اولیه استخراج بوده و به طرف عمق کاهش می‌یابد، ولی مطالعه و بررسی دقیق شکستگی‌ها می‌تواند جلوی هزینه‌ها و خسارت‌های سنگین معدنکاری را گرفته و موجب انتخاب بهترین راستا برای پیشروی سینه کار گردد. همچنین در بسیاری از مناطق توده‌های سنگی یافت می‌شوند که به لحاظ خصوصیات سنگ‌شناسی و تجاری همچون مقاومت و پایداری در برابر هوازدگی، سختی، رنگ و میزان بالای تقاضا شرایط ایده‌آلی داشته ولی وجود شکستگی‌ها استخراج آنها را با مشکل روبرو ساخته و حتی منجر به تعطیلی بسیاری از معادن گشته است.

در ادامه این پژوهش با معرفی مهم‌ترین این درزه‌ها و شکستگی‌ها، روش‌های تحلیل ساختاری آنها و در نهایت برآوردی از موفقیت آمیز بودن معدن‌کاری در این شرایط آورده شده است.

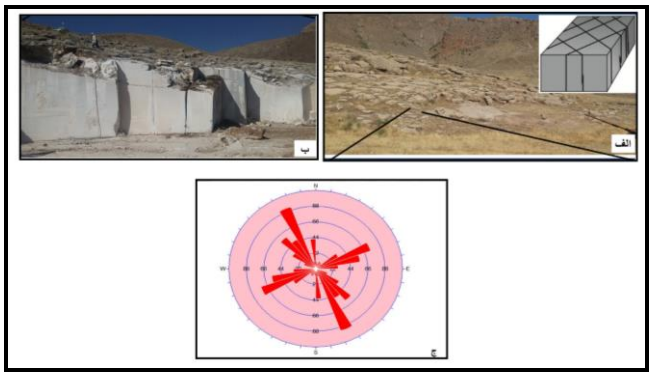
الف. وجود یک سیستم درزه: در حالتی که تنها یک سیستم درزه و شکستگی در معدن وجود داشته باشد، جهت پیشروی سینه‌کار و کوپ‌برداری باید به موازات راستای درزه‌ها انتخاب شود. با این کار بازدهی معدن به بهترین حالت خواهد رسید در این حالت در صورتی که فاصله بین درزه‌ها زیاد باشد (دست کم به اندازه ابعاد کوپ‌های مورد نظر)، می‌توان به موازات راستای درزه‌ها (در اینجا آزیموت حدود ۶۵ درجه) سینه‌کار باز نمود (شکل ۱).

ب. وجود سیستم درزه‌های متقاطع با زاویه‌های ۹۰ درجه: در چنین حالتی دو سیستم درزه وجود داشته که با زاویه ۹۰ یا نزدیک به ۹۰ درجه یکدیگر را قطع می‌کنند. در این تحقیق به ساختاری که در نتیجه وجود این سیستم شکستگی تشکیل می‌شود، اصطلاحاً «ساختمان حبه قندی» گفته شده است. در چنین حالتی پس از برداشت تکتونیکی دقیق درزه‌ها و مشخص نمودن راستای سیستم‌های اصلی، پیشروی سینه‌کار در دو راستای موازی سیستم‌های درزه امکانپذیر می‌باشد (شکل‌های ۲ تا ۳).

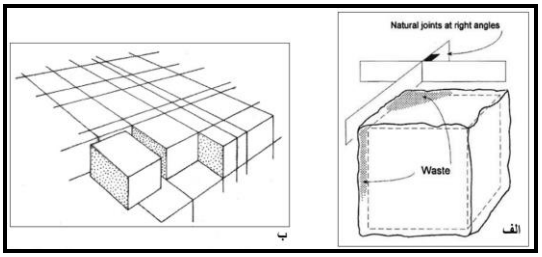
ج. وجود سیستم درزه‌های مزدوج با زاویه‌های کمتر از ۹۰ درجه: این حالت از سیستم درزه‌های مزدوج (System Joints Conjugate) خطرناک‌ترین نـوع درزه‌هـا در معـادن سنگ‌های تزئینی بوده و بیشترین ضایعات سنگی را در زمان کوپ‌برداری به همراه خواهـد داشت. زاویه بین درزه‌های مزدوج در بیشتر موارد کم بوده و باعث ایجـاد سـاختارهای لـوزی مانـنـدی بـه نام «ساختمان لانه زنبوری» می‌شوند. این درزه‌ها از نوع برشی بوده (حاجی حسینلو و معبودی، ۱۳۹۵) و معمولاً صفحات آنها نزدیـک بـه ۶۰ درجه شیب داشته و نیمساز زاویه حاده بین امتداد درزه‌هـای مـزدوج، نشـان دهنـده راسـتای تـنش اصلی بیشینه می‌باشد (شکل‌های۴، ۵ و۶). سیستم درزه‌های مزدوج افزون بر این که در سطح زمین سنگ‌ها را خرد و غیر قابل اسـتفاده مـی‌کننـد، ممکن است تا عمق زیادی نیز ادامه داشته از این رو برداشـتن پلـه‌هـای بیشـتر بـه امیـد کـاهش اثـرات مخرب این درزه‌ها ممکن است با ریسک بالایی مواجه گردد. به همین دلیل پیشنهاد می‌شود قبل از هر گونه سرمایه‌گذاری در این بخش، ابتدا مطالعات دقیق تکتونیکی بر روی درزه‌ها انجام گرفته تا برآوردی قابل قبول از موفقیت آمیز بود کار حاصل گردد.



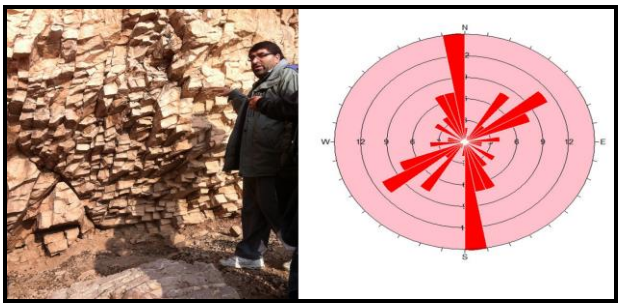
شکل ۱- حالتی که تنها یک سیستم درزه و شکستگی در معدن وجود داشته باشد، جهت پیشروی سینه‌کـار و کوپ‌برداری باید به موازات راستای درزه‌ها انتخاب شود.



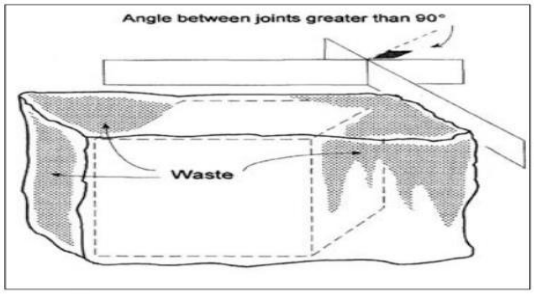
شکل ۲- الف، ب - نمونه‌ای از سیستم درزه‌های متقاطع با زاویه نزدیک به ۹۰ درجه و تشکیل ساختمان حبه قندی به همراه رزدیاگرام امتداد درزه‌های برداشت شده (ج). در صورت وجود چنین سیستم درزه‌هایی در معادن به شرط این که فاصله بین درزه‌ها به اندازه کافی (دست کم به اندازه ابعاد کوپ-های مورد نظر) زیاد باشد، در دو راستای موازی درزه‌ها می‌توان سینه کار باز نمود، جهت دید عکس در شکل الف N330° و در شکل ب N307°.



شکل ۳- الف- در حالتی که زاویه بین سیستم‌های درزه حدود ۹۰ درجه باشد، میزان ضایعات (Waste) سنگ در زمان کوپ‌برداری کاهش خواهد یافت (Smith, 1999)، ب- طرح شماتیک از استخراج کوپ سنگ در حالتی که درزه‌ها بر هم عمود بوده و اصطلاحاً ساختمان حبه قندی تشکیل داده باشند (Smith, 1999).



شکل ۴- تشکیل ساختارهای لوزی مانند معروف به ساختمان لانه زنبوری در نتیجه وجود سیستم درزه‌های مزدوج با زاویه‌های کمتر از ۹۰ درجه به همراه رزدیاگرام امتداد درزه‌های برداشت شده. بر روی این رزدیاگرام نیمساز زاویه حاده بین درزه‌های مزدوج، نشان دهنده راستای تنش اصلی بیشینه بوده که در اینجا به تقریب NE-SW می‌باشد. تصویر مربوط به توده سنگی مرمریت در یکی از محدوده‌های اکتشافی منطقه خوی در استان آذربایجان‌غربی می‌باشد، جهت دید عکس °N320.



شکل ۵- افزایش میزان ضایعات سنگی در زمان کوپ‌برداری در حالتی که زاویه بین درزه‌های مزدوج بیشتر (یا کمتر) از ۹۰ درجه باشد (Smith, 1999).

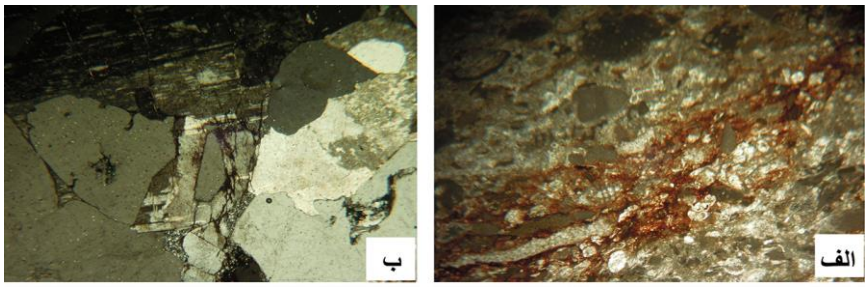
شکل ۶- نمایش سیستم درزه‌های مزدوج که با وجود چند پله استخراج، هنوز اثرات مخرب آنها دیده می‌شود. تصویر مربوط به یکی دیگر از مجموعه معادن مرمریت خوی در استان آذربایجان‌غربی، جهت دید عکس °N143.

مطالعات میکروسکوپی بر روی نمونه‌های انتخاب شده نشان می‌دهد(شکل ۷) که نمونه‌های کربناته مرتبط با واحد رسوبی، دگرریختی بسیار جزیی را تحمل و سنگ ساختار اولیه خود را حفظ کرده و اندازه و شکل دانه‌های کلسیت در این نمونه‌ها بیشتر متأثر از خصوصیات اولیه سنگ است. بسیاری از جبهه‌کارها 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.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

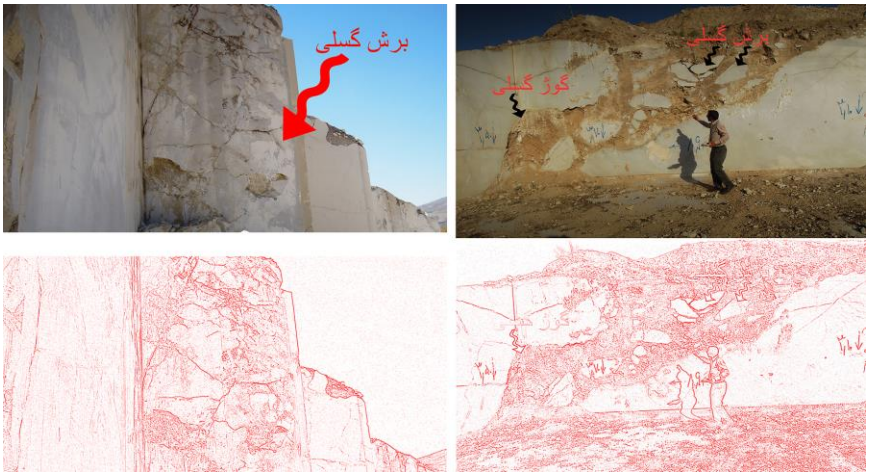
کانسارها تابعی از عوامل تکتونیک، به خصوص درزه‌ها می‌باشند. آگاهی از میزان درزه‌ها و شکستگی‌ها، نحوه استخراج کانسار را مشخص نمود. چنانچه امتداد لایه‌ها به موازات راستای چین‌خوردگی باشد، سنگ سالم‌تر است و شکستگی کمتری دارد در نتیجه از کیفیت بهتری نیز برخوردار است. تأثیر گسل‌ها و درزه‌ها بر سنگ‌ها، مختلف است. نظر به این که وجود درزه‌ها از مرغوبیت کانسار می‌کاهد، سنگ‌های واقع در نواحی شکسته، برای تهیه بلوک یا پلاک، مناسب نیستند. بنابراین وجود درزه‌ها، تا حدی می‌تواند مفید باشد. تراکم زیاد درزه‌ها

باعث نفوذ آب‌های سطحی، هوازدگی و فرسودگی سنگ‌ها می‌گردد. در انواع سنگ‌های رسوبی و مرمریت‌ها، وجود گسل و درزه از کیفیت و بهره‌وری کانسار می‌کاهد. آگاهی بر میزان درزه‌ها و شکستگی، برای استخراج ضروری است. در معادنی که به روش انفجاری کار می‌کنند برای باطله برداری، مواد ناریه مصرف می نمایند؛ مطالعه جهت، شیب درزه‌ها و گسترش آن‌ها عامل مهمی برای تعیین نوع و عمق چال‌ها و آتشباری خواهد بود و با این کار، میزان اتلاف سنگ‌های ساختمانی به حداقل ممکن کاهش می یابد.



شکل ۷- الف- خردشدگی ناشی از گسل‌خوردگی در معدن مرمریت پیرکندی، ب-خردشدگی ناشی از گسل‌خوردگی (برش گسل‌خوردگی به صورت تجمعی از قطعات خرد شده از سنگ آهک‌ها) در معدن مرمریت پیرکندی

گسل‌خوردگی عادی نیز مشابه با گسل‌خوردگی امتدادلغز دارای عوارض و سیماهای ریخت‌شناختی و زمین‌شناختی بارزی در محدوده معادن خوی است. برداشت‌های صحرایی نشان می‌دهد که الگوی شاخص توسعه گسل‌خوردگی عادی از الگوی قاشقی پیروی می‌کند دلایلی مانند هم آغوش بودن این گسل‌ها و همچنین جهت جابه‌جایی غالب به سمت جنوب‌شرق 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 ۸).



شکل ۸- برش و گوژ گسلی در معادن سنگ تزئینی خوی

بر پایه نتایج حاصل از این پژوهش که پس از انجام برداشت‌های میدانی و تحلیل ساختاری در چندین معدن و محدوده اکتشافی سنگ‌های ساختمانی و تزئینی به دست آمده، حالت‌های مختلف درزه‌ها و شکستگی‌ها و امکان استخراج در هر حالت مورد بررسی قرار گرفت که **خلاصه آن عبارت است از:**

۱- تنها یک سیستم درزه و شکستگی در معادن وجود داشته باشد. در این حالت در صورتی که فاصله بین درزه‌ها دستکم به اندازه ابعاد کوپ‌های مورد نظر باشد، با تعیین یا اصلاح جهت پیشروی سینه کار و کوپ برداری به موازات راستای درزه‌ها، ضایعات سنگی به کمترین حالت خواهد رسید.

۲- دو سیستم درزه تقریباً عمود بر هم وجود داشته باشد. در این حالت حتی ممکن است وجود درزه‌ها تسهیل کننده استخراج نیز باشند به شرط آن که جهت پیشروی سینه کار و کوپ برداری به مـوازات ایـن سیستم‌ها انتخاب گشته، همچنین فاصله بین درزه‌ها دستکم به اندازه ابعاد کوپ‌های مورد نظر باشد.

۳- دو سیستم درزه وجود داشته که زاویه بین آنهـا کمتـر از ۹۰ درجـه باشـد. در چنـین حـالتی معمـولاً امکان استخراج کوپ‌های سالم وجود نداشته و برداشتن پله‌های بیشتر به امیـد رسـیدن بـه تـوده‌هـای فاقد سیستم درزه‌های مزدوج با ریسک بالایی همراه خواهد بود.

۴- وجود درزه‌ها و شکستگی‌های غیر تکتونیکی. این درزه‌ها اگر ناشی از فرسایش و هوازدگی بوده بـه شرط اینکه در توده‌های کربناته با پدیده کارست همراه نباشند، معمولاً تـأثیر آنهـا مربـوط بـه افـق‌هـای سطحی خواهد بود. اگر از نوع درزه‌های رهایی ناشی از برداشته شدن فشار روباره حاصل از اسـتخراج در معادن روباز یا فرسایش لایه‌های سطحی باشند، در اعماق بیشتر از تعدادشان کاسته خواهد شد.

۵- توده‌های سنگی دارای بیش از دو سیستم شکستگی معمولاً خرد شده بـوده و قابلیـت کـوپ‌دهـی ندارند، مگر آنکه در حالتی نـادر سـه سیسـتم شکسـتگی عمـود بـر هـم در سـه صـفحه مختلـف و بـا فاصله‌های مناسب (دستکم به اندازه ابعاد کوپ‌های مورد نظر) تشکیل شـده باشـد. در ایـن حالـت نیـز کوپ‌برداری به موازات این سیستم‌ها ممکن خواهد بـود. در سـنگ‌هـای دارای دو سیسـتم شکسـتگی عمود بر هم، در صورتی که لایه‌بندی منظم و ضخیم لایه وجود داشته باشد ممکن است خود لایه‌بندی به عنوان سیستم سوم عمل کرده و این حالت شکل گرفته باشد.

۵. منابع

[1] - حاجی حسینلو، ح.، معبودی، ا.، (۱۳۹۵). زمین شناسی ساختاری پیشرفته۱، انتشارات ایلک آی ارومیه.

[2]-Aghanabati, A., (1998). Major Sedimentary-structural Units of Iran. Geological Survey of Iran.

[3]-Smith., M.R., 1999. Stone: Building stone, rock fill and armourstone in construction. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publication.