

مقایسه و تحلیل نتایج حاصل از درزه نگاری در معادن مس پورفیری سرچشمه و سونگون، ایران

محمود پارساییⁱ، کوروش شهريارⁱⁱ، مصطفی شریفزادهⁱⁱⁱ و پرویز معارف وند^{iv}

چکیده

در این مقاله، روش‌های برداشت درزه‌ها به صورت عمومی و درزه‌نگاری در معادن مس پورفیری سرچشمه و سونگون به روش متداول خط برداشت، با هدف طبقه‌بندی مهندسی توده‌سنگ منطقه و مطالعه خواص هیدرولیکی درزه‌ها نسبت به آب زیرزمینی، به همراه نتایج حاصل از پردازش آماری این برداشت‌ها و مقایسه نتایج آنها در دو معدن، ارایه می‌شود. در محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه، دو گروه درزه اصلی با امتدادهای شمال غربی - جنوب شرقی ($46^\circ/082^\circ$ Set1: Dip/Dip dir.) و شمال شرقی - جنوب غربی (Set2: Dip/Dip dir.: $80^\circ/051^\circ$)، با بازشدگی متوسط $3/5$ mm و مواد پرکننده از جنس رس و پیریت و در معدن مس سونگون، دو گروه درزه اصلی با امتدادهای شمال شرقی - جنوب غربی ($63^\circ/165^\circ$ Set1: Dip/Dip dir.) و شمال غربی - جنوب شرقی ($70^\circ/227^\circ$ Set2: Dip/Dip dir.)، با بازشدگی 6 mm و مواد پرکننده از جنس رس و اکسید آهن وجود دارند. در هر دو معدن، درزه‌ها با سطوح زبر و تقریباً هوازده، مرطوب، با طول (تداوم) $10-20$ m و فاصله‌داری متوسط 1 m، تشخیص داده شد. به این ترتیب، با مقایسه و تحلیل نتایج در این دو معدن، مشاهده می‌شود که با وجود فاصله جغرافیایی نسبتاً زیاد و به خصوص شرایط ظاهری بسیار متفاوت دیواره‌های این دو معدن، پارامترهای ژئومکانیکی درزه‌های توده سنگ آنها بسیار مشابه بوده و حتی در بیشتر موارد، در صد فراوانی آنها در مطالعه آماری انجام شده، به هم نزدیک و بنابراین، نتایج حاصل بسیار قابل توجه و مفید است.

کلمات کلیدی

درزه‌نگاری، سرچشمه، سونگون، معادن مس پورفیری، ایران، ناپیوستگی

Comparison and Analysis of the Joint Mapping Results in the Sarcheshme and Sungun Porphyry Copper Mines, Iran

M. Parsaei, K. Shahriar, M. Sharifzade and P. Moarefvand

ABSTRACT

In this paper, joints mapping methods in general and joint mapping in Sarcheshme and Sungun porphyry copper mines by the Scanline common method, with the aim of field rock mass engineering classification, and the study of the joints hydraulic properties with the respect to groundwater, accompanied by the result of these data statistical processing, and comparison of the results in two mines, are presented. In the western wall of the Sarcheshme copper mine limit, there are two main joint sets with

ⁱ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی معدن، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، آدرس مکاتبه کننده: تهران - صندوق پستی

E-Mail: sharifzadeh@aut.ac.ir / mahmoodparsaei@yahoo.com : ۱۷۸۴۵-۱۴۷

ⁱⁱ عضو هیأت علمی، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

ⁱⁱⁱ عضو هیأت علمی، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

^{iv} عضو هیأت علمی، گروه مهندسی معدن، دانشگاه زنجان

Northwest-Southeast (Set1: Dip/Dip dir.: $46^{\circ}/082^{\circ}$) and Northeast-Southwest (Set2: Dip/Dip dir.: $80^{\circ}/051^{\circ}$) strikes with 3.5mm aperture and infilling materials of clay and pyrite, and in the Sungun copper mine, two main joint sets with Northeast-Southwest (Set1: Dip/Dip dir.: $63^{\circ}/165^{\circ}$) and Northwest-Southeast (Set2: Dip/Dip dir.: $70^{\circ}/227^{\circ}$) strikes with 6mm aperture and infilling materials of clay and iron oxide. In both of mines, joints were recognized with rough and slightly weathered surfaces, damp, with 10-20m persistence and 1m mean spacing. So with comparison and analysis of the results in these two mines, it is observed that in spite of the geographical slightly large distance and especially very different apparent condition of these two mines walls, the joints geomechanic parameters of their rock masses, are very similar and even, in many cases, the frequency percent of them in done statistical study are very near and so the obtained results are very noticeable and useful.

Keywords

Joint mapping, Sarcheshme, Sungun, Porphyry copper mines, Iran, Discontinuity

لایه بندی، کلیواژ یا رخ، شیستوزیته، درزه^۱ و گسل هستند [۱۲].

اگرچه این عوارض در زمین شناسی نام های مختلفی دارند، اما در بررسی های ژئوتکنیکی همه آنها ناپیوستگی محسوب می شوند.

اصطلاح درزه بیانگر یک ترک یا شکستگی و یا به طور کلی یک ناپیوستگی در سنگ است که در این نوع شکستگی، حرکت نسبی قابل توجهی به موازات صفحه شکستگی وجود ندارد [۱۲].

۲- مشخصات جغرافیایی و زمین شناسی معادن

مس پورفیری سرچشمه و سونگون

معدن مس سرچشمه در استان کرمان و در ۶۰ کیلومتری جنوب غربی شهر رفسنجان واقع است و موقعیت جغرافیایی آن 55° و 53° طول شرقی و 58° و 29° عرض شمالی است. ارتفاع متوسط این منطقه از سطح دریا ۲۵۰۰ متر است [۱].

زمین شناسی معدن مس سرچشمه طی سال های ۱۹۷۵-۱۹۸۷ به وسیله افراد مختلفی مطالعه شده است [۴]. کانی زایی در کانسار مس سرچشمه به یک استوک گرانودیوریتی مربوط است که در داخل سنگ های آذرین و رسوبی (اوسن) نفوذ کرده است. این سنگ ها جهت شمال غربی - جنوب شرقی دارند و در محدوده معدن، حدود ۹۰ درصد آنها آندزیت با بافت پروفیری است. در بخش های عمقی، آندزیت را براساس نوع دگرسانی می توان به آندزیت بیوتیتیک، فلیک و پروپیلیتیک تقسیم بندی کرد که در این میان، دگرسانی فلیک نوع غالب است [۴]. براساس مطالعات انجام شده، غیر دگرسانی ترین نفوذهای پروفیری سرچشمه، سنی برابر با $1/2 \pm 12/20$ میلیون سال نشان داده است و همچنین برای نمونه هایی از فنوکریستال های بیوتیت، که ظاهراً آذرین به نظر می رسد، سنی برابر $5/5 \pm 12/5$ میلیون سال به دست آمده است [۴].

۱- مقدمه

در مراحل اولیه یک پروژه مهندسی معمولاً هیچ گونه دسترسی مستقیم به زیرزمین وجود ندارد. در این حالت استفاده از سطوح رخنمون^۱ به عنوان منبع اصلی اطلاعات در مورد خواص مهندسی و تکتونیک توده سنگ، مناسب است. اندازه گیری ها، ممکن است روی سطوح رخنمون طبیعی موجود، یا حاصل از استخراج سطحی و زیرزمینی انجام شود. باید توجه داشت که سطح رخنمون ممکن است در اثر هوازگی تغییر کرده باشد؛ در نتیجه ممکن است کیفیت توده سنگ در سطح کاملاً منطبق با کیفیت توده سنگ در عمق نباشد. در مراحل اولیه طرح، برای به دست آوردن اطلاعات ژئومکانیکی مورد نیاز در مطالعه امکان سنجی و در حین پیشرفت یک پروژه، کلیه رخنمون های توده سنگ منطقه باید برداشت شوند به طوری که اطلاعات اساسی برای طراحی به دست آید [۱۲].

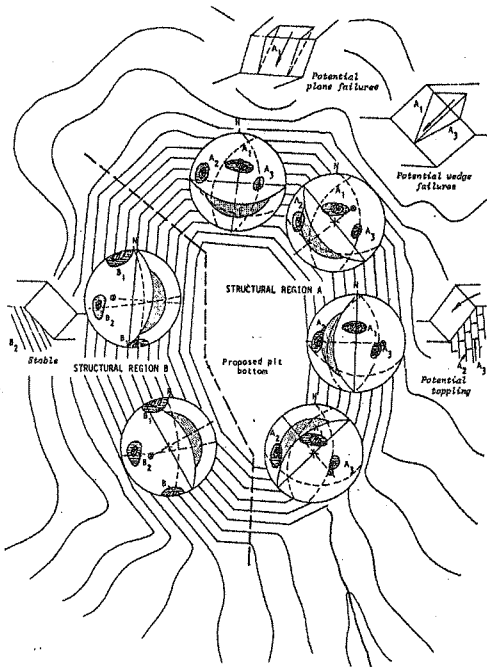
برداشت های ژئومکانیکی به منظورهای مختلف انجام می شود و ممکن است شامل یک یا مجموعه ای از اهداف زیر باشد [۱۲]: (الف) ارزیابی ساختمان زمین شناسی؛ (ب) طبقه بندی توده سنگ؛ (ج) ایجاد داده های ورودی برای تحلیل های خاص، مدل های عددی و تجربی^۲ برای پایداری توده سنگ، تغییر شکل سنگ، جریان سیال، آتشفشانی، برش سنگ^۳، یا طراحی نگهداری در معدن.

در پردازش داده های حاصل از برداشت ژئومکانیکی سطوح رخنمون، فنون آماری اطلاعات باارزشی ارائه می دهد و از قضاوت شخصی که اطلاعات را جمع آوری کرده است، برای تعبیر و تفسیر نتایج استفاده می شود.

تمام سنگ ها، کمابیش عوارض یا ناپیوستگی های واضح مکانیکی دارند که ارتباط مستقیمی با خواص ذاتی و اولیه آنها ندارند. این عوارض به طور عمده شامل چین خوردگی^۴، تورق^۵،

از مونتورینگ در طول دیواره‌های گمانه‌های موازی، در یک شبکه منظم استفاده کرد.

اگر منطقه مورد مطالعه درزه‌های خیلی زیاد داشته باشد (حدود میلیون)، ابتدا محدوده مورد نظر به مناطق کوچک تر تقسیم شده [۷] و آنگاه تمام درزه‌های هر یک از این مناطق فرعی برداشت می‌شود و با پیاده کردن آنها بر روی استریونت و تهیه نمودار خطوط تراز، وضعیت آنها مطالعه می‌شود (شکل ۱).



شکل (۱): مثالی از نمایش سیستم درزه‌های مربوط به مناطق اطراف یک معدن روباز [۷]

۴- مراحل درزه نگاری (برداشت ژئومکانیکی) در دیواره غربی معدن مس سرچشمه و دیواره‌های مختلف معدن مس سونگون

دیواره غربی معدن مس سرچشمه به دلیل حضور آب زیرزمینی و جریان و فشار آب ایجاد شده در محدوده این دیواره ف که مشکلات فنی و عملیاتی زیادی را ایجاد می‌کند، و همچنین ناپایداری دیواره پله‌های آن، برای انجام مطالعات ژئومکانیکی و آب زمین شناسی^{۱۲} (هیدروژئولوژی) که لازمه انجام آنها، درزه نگاری توده سنگ این محدوده است، از اهمیت زیادی برخوردار است.

برای شروع برداشت درزه‌ها در هر معدن، پس از مشخص کردن محل ایستگاه‌ها به کمک متر و اسپری رنگ، مختصات ایستگاه‌های برداشت شامل (x, y, z) با استفاده از دوربین

کانسار مس سونگون در استان آذربایجان شرقی و در ۳۲ کیلومتری شمال شهر ورزقان واقع شده و موقعیت جغرافیایی آن، ۳۲° و ۴۶° طول شرقی و ۳۸° عرض شمالی است. ارتفاع متوسط این منطقه از سطح دریا ۲۰۰۰ متر است [۶]. مرز جنوبی و شرقی این کانسار، منطبق بر رودخانه سونگون و مرز شمالی آن در محل برخورد با رودخانه پخیر و حد غربی آن ارتفاعات مشرف به کانسار است [۵].

کانسار مس سونگون نیز از نوع پورفیری است که توسط دایک‌ها دربر گرفته شده است. محدوده معدن شامل توده پورفیری سونگون^{۱۳} (SP) از جنس مونزونیت تا کوارتز مونزونیت، دایک A از جنس مونزونیت، دایک B از جنس دیوریت و اسکارن است. همچنین در محدوده این کانسار انواع دگرسانی شامل فیلیک، پورپلیتیک، آرژیلیت و پتاسیک وجود دارد [۶].

۳- مقایسه و بررسی روش‌های درزه نگاری و انتخاب روش به کاررفته در معادن مس پورفیری سرچشمه و سونگون

به دلیل سهولت، قابلیت کاربرد، دسترسی و همچنین دقت مناسب، در هر دو معدن روش مشابه خط برداشت^{۱۴} به منظور درزه نگاری به کار گرفته شده است.

در برداشت درزه‌ها، دو روش خط برداشت و پنجره‌ای^{۱۵} بیشتر متداول هستند و در این بین، اساسی‌ترین روش در برداشت سطوح رخنمون بر روی زمین یا زیرزمین، روش خط برداشت است. بهتر است طول خط برداشت حدود ۲۰-۱۰ برابر فاصله‌داری متوسط درزه‌ها باشد [۱۴].

روش پنجره‌ای، اساساً مشابه روش خط برداشت است، با این تفاوت که در روش پنجره‌ای تمام ناپیوستگی‌هایی که بخشی از طول خط اثر^{۱۶} آنها در داخل سطح معینی از دیواره سنگی^{۱۱} قرار دارند، اندازه‌گیری می‌شوند؛ در حالی که در روش خط برداشت تنها ناپیوستگی‌هایی که خط برداشت را قطع می‌کنند، مورد نظر هستند [۸].

روش دیگر برداشت درزه‌ها، روش گمانه‌های غیر موازی است که در آن تراکم و مشخصات ناپیوستگی‌ها به کمک روش حداقل مربعات^{۱۲} از گمانه‌های غیر موازی به دست می‌آید [۹]. همچنین در روش اکتشافات ژئوفیزیکی، از خواص مربوط به سرعت امواج طولی برای تعیین هندسه ترک‌ها (نا پیوستگی‌ها) با تانسوری موسوم به تانسور ترک^{۱۳} استفاده می‌شود [۱۱]. علاوه بر این روش‌ها می‌توان از سرهم گذاری اطلاعات حاصل

نقشه برداری تعیین می شود (جدول نمونه ۱).

امتداد خطوط برداشت بین ایستگاه‌های P₁-P₅₂ انجام شده است [۳] و نتایج در جدول‌های برداشت مانند جدول نمونه (۲) ثبت شدند.

جدول (۱): نمونه مختصات ایستگاه‌های خط برداشت (در محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه، دیواره پله ۲۵۲۵m)، [۲]

شماره ایستگاه ...P...	مختصات ایستگاه‌ها		
	طول X(m)	عرض Y(m)	ارتفاع Z(m)
۱	۴۸۸/۹۷	۱۸۹۵/۲۷	۲۵۳۳/۲۵
۲	۴۸۶/۹۵	۱۸۹۲/۴۲	۲۵۳۲/۱۵
۳	۴۸۹/۷۸	۱۸۸۵/۸۲	۲۵۳۱/۴۵
۴	۴۸۴/۴۷	۱۸۸۲/۹۱	۲۵۳۱/۷۵
۵	۴۸۷/۵۸	۱۸۷۶/۲۱	۲۵۳۱/۸۵
۶	۴۸۸/۵۰	۱۸۷۱/۴۷	۲۵۲۹/۹۵
۷	۴۸۵/۴۲	۱۸۶۷/۳۱	۲۵۳۱/۵۵
۸	۴۸۳/۳۷	۱۸۶۲/۴۵	۲۵۳۰/۸۵
۹	۴۸۲/۷۲	۱۸۵۷/۸۸	۲۵۳۱/۱۵

ملاک اندازه‌گیری و محدوده تغییرات پارامترهای ثبت شده در جدول‌های برداشت، علاوه بر مشخصات هندسی موردنیاز درزه‌ها، محدوده‌های پارامترهای مورد نیاز برای طبقه‌بندی مهندسی توده‌سنگ و به خصوص رده بندی ژئومکانیکی^{۱۵} (امتیاز توده سنگ) است. البته در پروژه‌های مکانیک سنگی مختلف، بسته به نوع پروژه، پارامترهای موردنیاز و همچنین محدوده تغییرات و معیار اندازه‌گیری و نسبت آنها تغییراتی خواهد داشت. در اینجا پارامترها با اهداف طبقه‌بندی مهندسی توده سنگ و تخمین ضریب نفوذپذیری آن انتخاب، طبقه‌بندی و برداشت شده‌اند.

برای برداشت درزه‌ها در توده سنگ دیواره غربی معدن مس سرچشمه و دیواره‌های مختلف معدن مس سونگون، به روش خط برداشت عمل شده است. برداشت‌ها در معدن مس سرچشمه، در امتداد دو خط برداشت مختلف به ترتیب P₁-P₁₀₀ بر روی دیواره پله ۲۵۲۵m و A₁-A₉₂ بر روی دیواره پله ۲۵۱۲/۵m در خلاف جهت یکدیگر به صورت رفت و برگشت [۲] و در معدن مس سونگون بر روی دیواره پله‌های مختلف و در

مشخصات صفحات درزه‌ها شامل شیب و جهت شیب با استفاده از نرم‌افزار DIPS پردازش شده و دو دسته درزه اصلی منطقه تعیین شده‌اند. مطالعه مشخصات ژئومکانیکی دیگر و نتیجه‌گیری از این مشخصات شامل فاصله‌داری^{۱۶}، بازشدگی^{۱۷}، تداوم (طول)^{۱۸}، زبری، جنس موادپرکننده، هوازگی^{۱۹} و شرایط آب‌زیرزمینی (تراوش)^{۲۰} درزه‌ها، به روش آماری انجام شده و به وسیله نمودارهای فراوانی -

جدول (۲): نمونه برداشت‌های درزه‌نگاری (در محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه) [۲]

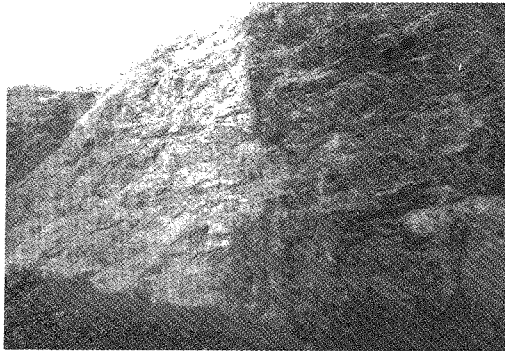
تاریخ برداشت: ۷۶/۲/۵...

برداشت شماره: ۵۳...

موقعیت درزه Location	تراوش Seepage	هوازگی Weathering	مواد پرکننده Infilling materials	بازشدگی Aperture	زبری Roughness	تداوم درزه Persistence	فاصله‌داری درزه‌ها Spacing	ایستگاه: P ₅₇ -P ₅₉			گروه درزه Joint set
								مقدار درزه Strike (درجه)	جهت شیب درزه Dip direction (درجه)	شیب درزه Dip (درجه)	
P ₅₇ تا P ₅₈	خشک	تقریباً ندارد	کوارتز و اکسید آهن	۰/۵-۳cm	صاف	زیاد	~۱m	۲۱۶	۳۰۶	۲۵	S _۱
P ₅₇ تا P ₅₉	کمی مرطوب	کمی دارد	کوارتز و اکسید آهن	۲-۵mm	کم	زیاد تمام پله	۲۵-۳۰cm	۴۰	۱۲۰	۸۰	S _۲
P ₅₇ تا P ₅₈ /A	مرطوب	موجود	مس و اکسید آهن	~۲mm	نسبتاً زبر	زیاد	~۳m	۱۷۰	۸۰	۸۰	S _۳
P ₅₇ تا P ₅₉	مرطوب	موجود	مس و اکسید آهن	۲-۵mm	نسبتاً زبر	زیاد	~۳m	۳۰	۱۲۰	۶۵	S _۴
P ₅₇ ایستگاه P ₅₉	خشک	تقریباً ندارد	مس و اکسید آهن	~۲mm	زبر	زیاد	۲m	۱۵۲	۶۲	۷۵	S _۵
P ₅₇ تا P ₅₈ /A	کمی مرطوب	کمی دارد	مس و اکسید آهن	۰/۵-۱cm	زبر	زیاد تمام پله	۱m	۴۰	۱۲۰	۸۶	S _۶
P ₅₇ تا P ₅₉	کمی مرطوب	تقریباً ندارد	مس و اکسید آهن	۲-۵mm	صاف	زیاد	۷۰-۱۰۰cm	۱۳۶	۲۲۶	۸۵	S _۷

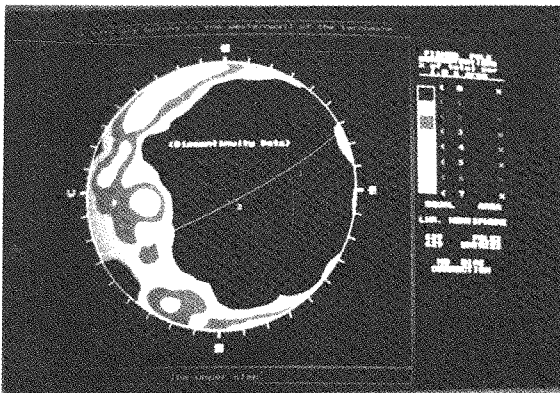
استفاده از پارامترهای هندسی درزه‌ها، بکاربرده می‌شوند. با توجه به نقشه زمین‌شناسی سطحی در محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه [۲]، مشاهده می‌شود که سنگ دیواره در محدوده برداشت، به طور عمده شامل آندزیت

مربوطه آرایه می‌شود. در هر مورد، مقدار مربوط به حداکثر فراوانی پارامترها به دست آمده است که این مقادیر در محاسبات مختلف مربوط به کارهای معدنی و مکانیک سنگی، از جمله محاسبات مربوط به ضریب نفوذپذیری توده سنگ با



شکل (۳): سیستم درزه‌های اصلی توده سنگ معدن مس سونگون [۳]

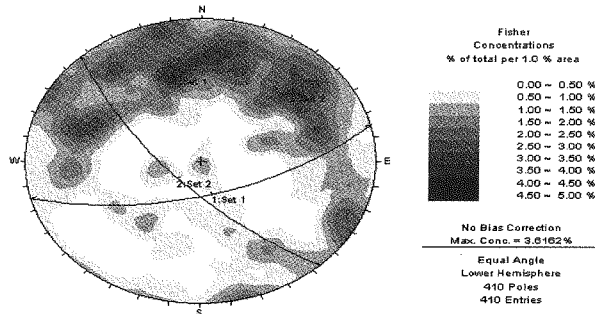
براساس مشخصات مجموعه درزه‌های برداشت شده در دو معدن و پس از پردازش داده‌های حاصل به کمک نرم افزار DIPS، برای هر کدام از آنها دو دسته درزه اصلی مطابق شکل های (۴) و (۵)، به عنوان روند عمومی سیستم درزه های منطقه تشخیص داده می‌شود که با شکل‌های (۲) و (۳) نیز مطابقت دارند.



شکل (۴): روند عمومی مجموعه کل درزه‌ها در محدوده دیواره غربی م

عدن مس سرچشمه [۲]:

(Set1) Dip/Dip dir. : $46^{\circ}/082^{\circ}$
 (Set2) Dip/Dip dir. : $80^{\circ}/051^{\circ}$



شکل (۵): روند عمومی مجموعه کل درزه‌ها در معدن مس سونگون [۳]:

(Set1) Dip/Dip dir. : $63^{\circ}/165^{\circ}$
 (Set2) Dip/Dip dir. : $70^{\circ}/227^{\circ}$

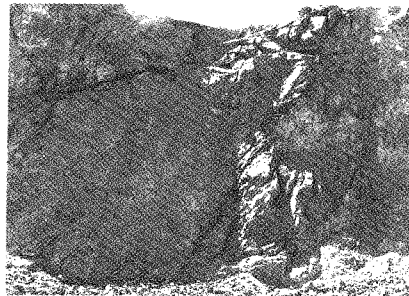
پورفیری می‌باشد و خطوط برداشت مذکور در فوق، دو دایک را در این محدوده قطع کرده‌اند. همچنین خطوط برداشت در معدن مس سونگون، سنگ‌های با جنس SP، و دایک های متعدد نوع A و B را قطع می‌کنند [۳].

۴- جمع بندی، تحلیل و مقایسه نتایج حاصل از درزه نگاری در دو معدن

با انجام مطالعات آماری در مورد هریک از پارامترهای برداشت شده در هریک از این دو معدن، روند عمومی و مشخصات صفحات اصلی درزه‌ها و حداکثر فراوانی مربوط به هر محدوده از پارامترهای برداشت شده، به دست می‌آید. نمودارها و نتایج مربوط به مطالعات آماری درزه‌های برداشت شده در مورد توده‌سنگ دیواره غربی معدن مس سرچشمه [۲] و بخش‌های مختلف معدن مس سونگون [۳]، در ادامه ارایه می‌شود.

۴-۱- دسته درزه های اصلی توده سنگ منطقه

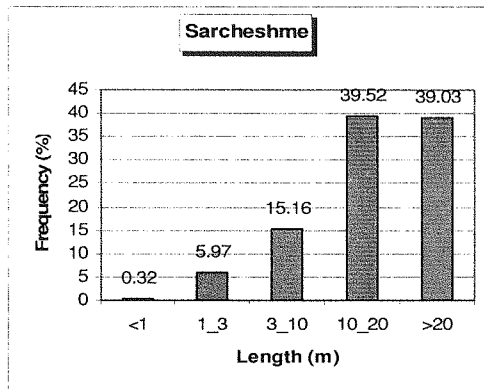
شکل‌های (۲) و (۳) نمایی از سیستم درزه های اصلی معدن مس سرچشمه و سونگون را نشان می‌دهند.



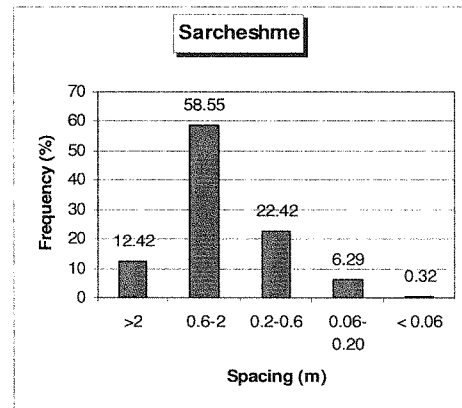
شکل (۲): سیستم درزه‌های اصلی در توده سنگ دیواره غربی معدن مس سرچشمه [۲]

۲-۴- توزیع فاصله داری سیستم درزه ها

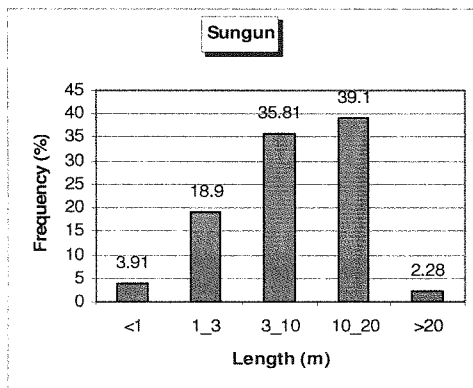
پس از پردازش آماری داده‌های مربوط به فاصله داری درزه‌ها در هر گروه از آنها در توده سنگ هر معدن، مقدار متوسط ۱m، (۰/۶-۲m)، بنابر دو شکل (۶) و (۷) به دست آمد.



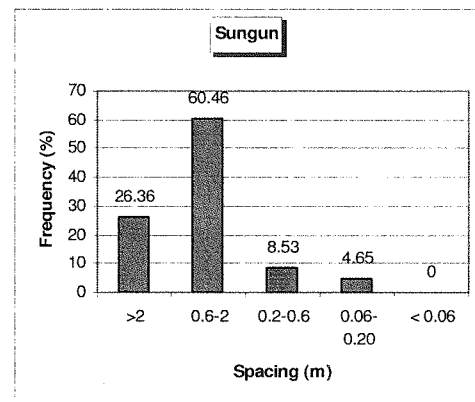
شکل (۸): نمودار فراوانی مربوط به تداوم یا طول درزه‌ها در مورد مجموعه کل درزه‌های محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه با حداکثر فراوانی برای ۱۰-۲۰m، [۲]



شکل (۶): نمودار فراوانی مربوط به فاصله داری مجموعه کل درزه‌های محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه (حداکثر فراوانی مربوط به ۰/۶-۲m است). [۲]

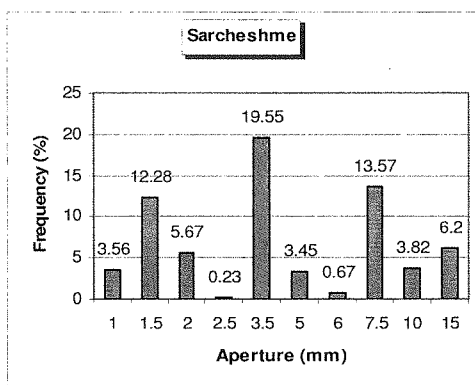


شکل (۹): نمودار فراوانی مربوط به تداوم یا طول درزه‌ها در مورد مجموعه کل درزه‌های معدن مس سونگون، با حداکثر فراوانی برای ۱۰-۲۰m، [۳]



شکل (۷): نمودار فراوانی مربوط به فاصله داری مجموعه کل درزه‌های معدن مس سونگون (حداکثر فراوانی مربوط به ۰/۶-۲m است). [۳]

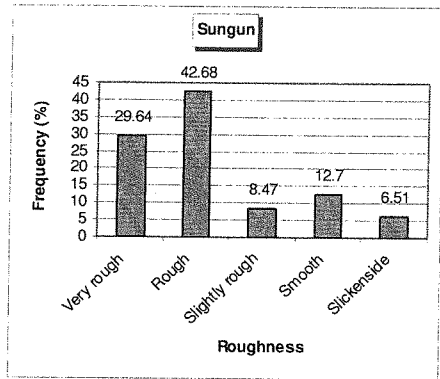
۴-۴- توزیع بازشدگی درزه‌ها در توده سنگ منطقه



شکل (۱۰): نمودار فراوانی مربوط به جدایش (بازشدگی) مجموعه کل درزه‌های محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه، با حداکثر فراوانی مربوط به ۰/۳۵Cm یا ۰/۳/۵mm، [۲]

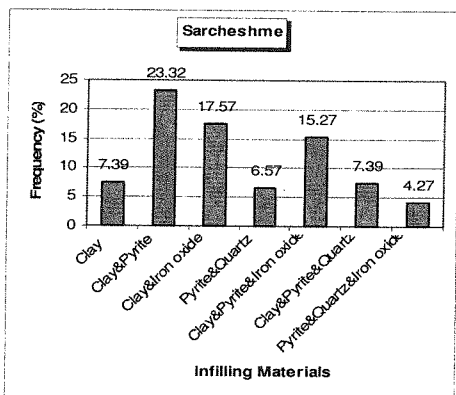
۳-۴- توزیع فراوانی طول یا تداوم درزه‌ها

بیشترین فراوانی مربوط به طول یا تداوم اندازه‌گیری شده درزه‌ها در هر دو معدن، مطابق شکل‌های (۸) و (۹) به تداوم ۱۰-۲۰m مربوط است.

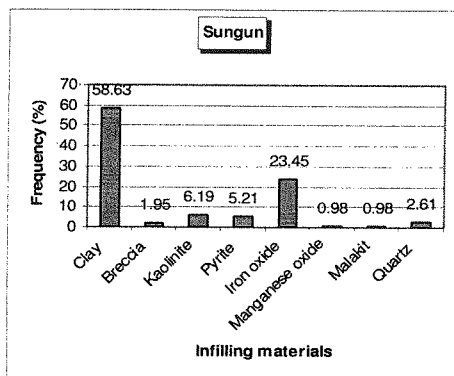


شکل (۱۳): نمودار فراوانی مربوط به زبری سطح مجموعه کل درزه‌های معدن مس سونگون (حداکثر فراوانی به سطوح زبر مربوط است). [۳]

۴-۶- توزیع جنس مواد پرکننده درزه‌ها

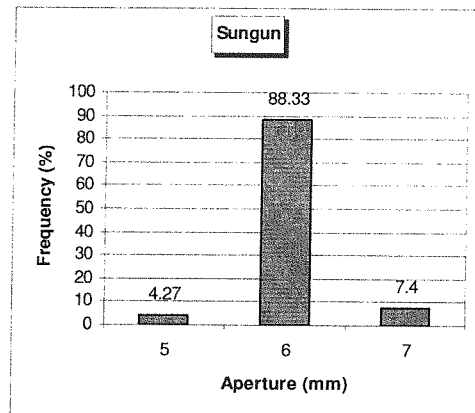


شکل (۱۴): نمودار فراوانی مربوط به جنس مواد پرکننده مجموعه کل درزه‌های محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه، با حداکثر فراوانی مربوط به رس و پیریت [۲]



شکل (۱۵): نمودار فراوانی مربوط به مواد پرکننده مجموعه کل درزه‌های معدن مس سونگون، با حداکثر فراوانی مربوط به مواد پرکننده باجنس رس و سپس اکسید آهن [۳]

مواد پرکننده درزه‌ها با بیشترین فراوانی، مطابق نمودارهای (۱۴) و (۱۵)، در محدوده دیواره غربی معدن مس

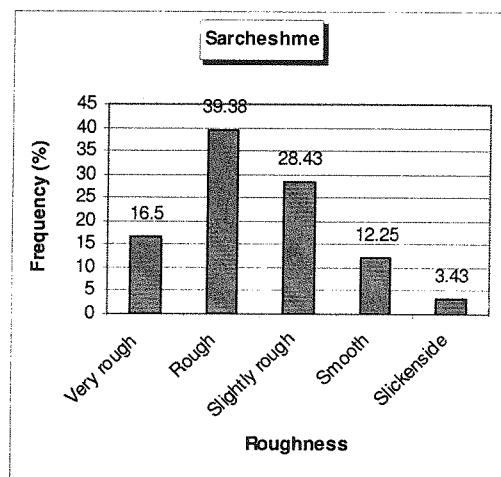


شکل (۱۱): نمودار فراوانی مربوط به جدایش (بازشدگی) مجموعه کل درزه‌های معدن مس سونگون، با حداکثر فراوانی مربوط به ۶mm. [۳]

مقدار مربوط به بیشترین درصد فراوانی بازشدگی درزه‌ها براساس دو نمودار آماری (۱۰) و (۱۱)، بنابر تفاوت شرایط زمین شناسی و تنش‌های حاکم در دو منطقه، برای معدن مس سرچشمه ۳/۵mm و برای معدن مس سونگون ۶mm است.

۴-۵- نحوه توزیع شرایط زبری سطح درزه‌ها

با توجه به نمودارهای آماری (۱۲) و (۱۳)، شرایط زبری سطح درزه‌های توده سنگ در مقیاس زبری بزرگ^{۱۱}، برای هر دو معدن، سطوح زبر^{۱۲} به دست آمد.

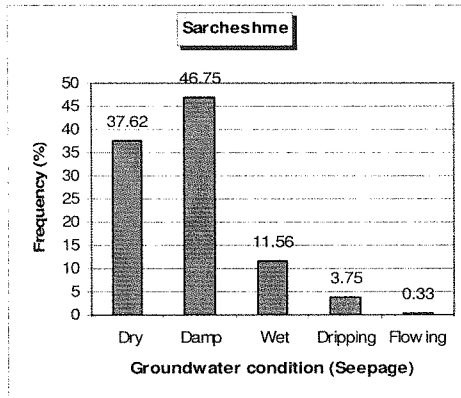


شکل (۱۲): نمودار فراوانی مربوط به زبری سطح مجموعه کل درزه‌های محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه (حداکثر فراوانی متعلق به سطوح زبر است). [۲]

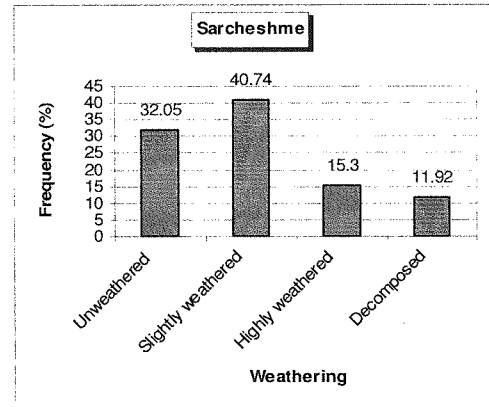
سرچشمه، رس و پیریت و در توده سنگ کانسار مس سونگون، رس و اکسید آهن تشخیص داده شد.

۴-۷- توزیع شرایط هوازگی سیستم درزه ها

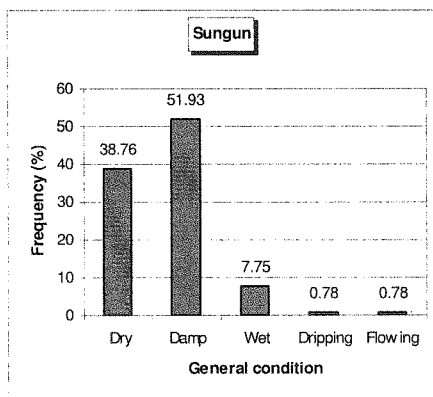
شرایط هوازگی سطوح درزه ها (درزه های غیر سیمانه) با بیشترین فراوانی، طبق دو نمودار (۱۶) و (۱۷) برای هر دو معدن، سطوح تقریباً یا نسبتاً هوازده است.



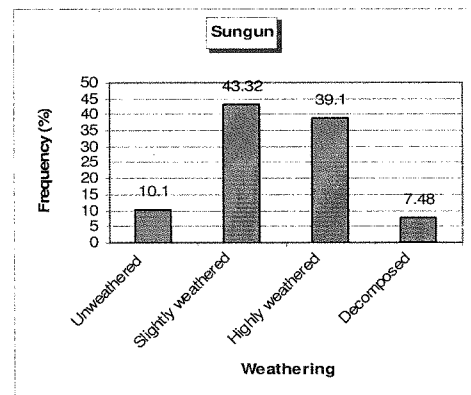
شکل (۱۸): نمودار فراوانی مربوط به تراوش یا شرایط آب زیرزمینی مربوط به مجموعه کل درزه های محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه، با حداکثر فراوانی مربوط به مرطوب [۲]



شکل (۱۶): نمودار فراوانی مربوط به هوازگی سطوح مجموعه کل درزه های محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه، با حداکثر فراوانی مربوط به تقریباً هوازده [۲]



شکل (۱۹): نمودار فراوانی مربوط به تراوش یا شرایط آب زیرزمینی مربوط به مجموعه کل درزه های معدن مس سونگون، با حداکثر فراوانی مربوط به مرطوب [۳]



شکل (۱۷): نمودار فراوانی مربوط به هوازگی سطوح مجموعه کل درزه های معدن مس سونگون، با حداکثر فراوانی مربوط به تقریباً هوازده [۳]

۴-۹- مقایسه نتایج حاصل درزه نگاری در دو معدن

براساس مطالب و نمودارهای فوق، خلاصه نتایج درزه نگاری و پردازش داده های مربوط به مجموعه کل درزه ها به روش آماری، در دو معدن مس سرچشمه و سونگون در جدول (۳) ارائه می شود.

مشاهده می شود که به غیر از متفاوت بودن مقدار جدایش یا بازشدگی و بخشی از جنس مواد پرکننده درزه ها در دو معدن، علاوه بر اینکه سایر پارامترهای ژئومکانیکی درزه ها در هر دو معدن یکی است، حتی درصد فراوانی اکثر پارامترهای یکسان، به هم نزدیک است.

۴-۸- توزیع فراوانی مربوط به شرایط آب زیرزمینی

یا تراوش سیستم درزه ها

شرایط عمومی آب زیر زمینی یا تراوش درزه های هر دو معدن، بر اساس پردازش آماری ارائه شده در شکل های (۱۸) و (۱۹)، به صورت مرطوب با بیشترین فراوانی نسبت به شرایط دیگر، نشان داده می شود.

جدول (۳) : مقایسه نتایج مربوط به مطالعه و برداشت پارامترهای درزه داری در محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه، و بخش های مختلف معدن مس سونگون با حداکثر فراوانی مربوط به پارامترهای برداشت شده [۲]، [۳]

پارامتر درزه داری	فاصله داری	تداوم	جدایش	زبری	پرکننده	هوازگی	تراوش
مقادیر با حداکثر فراوانی	سرچشمه	۲m - ۰/۶	۱۰ - ۲۰m	۲/۵mm	رس و پیریت	تقریباً هوازده	مرطوب
	سونگون	۲m - ۰/۶	۱۰ - ۲۰m	۶mm	رس و اکسید آهن	تقریباً هوازده	مرطوب
درصد فراوانی	سرچشمه	۵۸/۵۵%	۲۹/۵۲%	۱۹/۵۵%	۲۹/۳۸%	۲۲/۳۲%	۴۰/۷۴%
	سونگون	۶۰/۴۶%	۳۹/۱%	۸۸/۳۲%	۴۲/۶۸%	۵۸/۶۲%	۵۱/۹۲%

۵- بحث و نتیجه گیری

درزه‌ها به عنوان یکی از عوارض اصلی توده‌سنگ، خواص مکانیکی، هیدرولیکی و حتی دینامیکی سنگ را بسته به فراوانی و گسترش آنها و خصوصیات دیگر، تحت تأثیر قرار می‌دهند و به مطالعه، برداشت و پردازش آماری و در نتیجه تجزیه و تحلیل نتایج در محدوده مورد نظر نیاز دارند.

جدول‌های برداشت درزه داری بر اساس نوع پروژه و مطالعات مورد نظر و بنابراین، پارامترهای ژئومکانیکی مورد نیاز در پروژه‌های مختلف مکانیک سنگی، آب زمین شناسی و دینامیک سنگی تنظیم می‌شوند.

بر اساس برداشت‌های ژئومکانیکی انجام شده در محدوده دیواره غربی معدن مس سرچشمه و پردازش آماری صورت گرفته بر روی داده‌های حاصل، که به کمک حدود ۲۰۰ ایستگاه بر روی دو پله مختلف و در دو جهت عکس یکدیگر از این دیواره (به ترتیب $P_{100}-P_1$ بر روی دیواره پله ۲۵۲۵m و A_{92} بر روی دیواره پله ۲۵۱۲/۵m) با هدف طبقه‌بندی مهندسی توده‌سنگ منطقه و مطالعه خواص هیدرولیکی درزه‌ها نسبت به آب زیرزمینی، با توجه به مشکلات ریزشی دیواره و جریان آب زیرزمینی بر روی پله‌های این محدوده انجام شد، دو گروه درزه اصلی با امتدادهای شمال غربی - جنوب شرقی (Set1: $Dip/Dip\ dir. : 46^{\circ}/082^{\circ}$) و شمال شرقی - جنوب غربی (Set2: $Dip/Dip\ dir. : 80^{\circ}/051^{\circ}$) با بازشدگی ۳/۵mm و مواد پرکننده رس و پیریت بین سطوح درزه‌ها، در این معدن وجود دارد.

در مقایسه با این نتایج، بر اساس برداشت‌های ژئومکانیکی انجام شده در دیواره‌ها و پله‌های مختلف معدن مس سونگون و پردازش آماری صورت گرفته بر روی داده‌های حاصل، که به کمک ۵۲ ایستگاه (P_1-P_{52}) با فواصل ۲۰-۳۰m در دیواره

پله‌های مختلف از این معدن با هدف استفاده در تخمین قابلیت ضریب نفوذپذیری توده سنگ معدن نسبت به آب زیرزمینی به کمک مدل سازی عددی [۳]، با توجه به مشکلات ریزشی دیواره و جریان آب زیرزمینی بر روی پله‌های معدن به خصوص در بخش جنوبی آن انجام شد، دو گروه درزه اصلی با امتدادهای شمال شرقی - جنوب غربی ($Set1: Dip/Dip\ dir. : 63^{\circ}/165^{\circ}$) و شمال غربی جنوب شرقی ($Set2: Dip/Dip\ dir. : 70^{\circ}/227^{\circ}$) با بازشدگی ۶mm و مواد پرکننده رس و اکسید آهن بین مشاهده می‌شود.

همچنین در هر دو معدن به صورت مشترک و مشابه، سطوح درزه‌ها زبر و تقریباً هوازده، مرطوب، با طول (تداوم) ۱۰-۲۰m و فاصله‌داری متوسط ۱m، تشخیص داده می‌شوند. به این ترتیب، با مقایسه و تحلیل نتایج حاصل از درزه نگاری در این دو معدن مس پورفیری، مشاهده می‌شود که با وجود فاصله جغرافیایی نسبتاً زیاد و به خصوص شرایط ظاهری بسیار متفاوت دیواره‌های این دو معدن، پارامترهای ژئومکانیکی درزه‌های توده سنگ آنها بسیار مشابه بوده و حتی در بیشتر موارد، در صد فراوانی آنها در مطالعه آماری انجام شده، به هم نزدیک است، که این نتایج بسیار قابل توجه و مفید است. نتایج مربوط به این مطالعات در کارهای مختلف معدنی از جمله بهینه‌سازی عملیات حفاری و آتشیاری در معدن با توجه به روند عمومی درزه‌ها و پارامترهای کیفی و مقاومتی توده سنگ منطقه، محاسبات مربوط به پایداری شیب دیواره‌های معدن، مطالعات مربوط به ریزش‌ها (شکست) در دیواره سنگی و اندازه‌گیری ضریب نفوذپذیری توده سنگ با استفاده از پارامترهای هندسی آن و در نهایت طراحی و محاسبات آبکشی معدن، کاربرد دارند.

در محاسبات مربوط به ضریب نفوذپذیری توده‌سنگ با استفاده از پارامترهای هندسی سیستم درزه‌های آن و تعیین

Priest, S. D. ; Discontinuity Analysis for Rock Engineering , Chapman & Hall publications, first edition, pp.23-26 , 1993 .

Robert, V., Proctor, M.E., Thomas, L. and White P.E.; Rock Tunneling with Steel Supports, Chapter 2, pp.25-38 , 1997 .

Wei, Z.Q., Egger P. and Descoeudres, F. ; Permeability Predictions for Jointed Rock Masses, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 32, No.3, pp. 251-261 , 1995 .

۷- زیر نویس ها

- ¹Exposure
- ²Empirical
- ³Rock Cutting
- ⁴Folding
- ⁵Foliation
- ⁶Joint
- ⁷Sungun Porphyry
- ⁸Scan line
- ⁹Rectangular or Window
- ¹⁰Trace Length
- ¹¹Rock Face
- ¹²Least Squares Technique
- ¹³Crack Tensor
- ¹⁴Hydrogeology
- ¹⁵RMR
- ¹⁶Spacing
- ¹⁷Aperture
- ¹⁸Persistence / Length
- ¹⁹Weathering
- ²⁰Groundwater Condition / Seepage
- ²¹Macro Roughness
- ²²Rough

- [۱۲] جهت نفوذپذیری و حرکت آب زیرزمینی در توده سنگ منطقه مورد نظر، باید تفکیک برداشتها و مطالعات آماری مربوط به درزه‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر انجام شود. درزه‌های نفوذپذیر و نفوذناپذیر، به کمک مواد پرکننده از یکدیگر تشخیص داده می‌شوند به طوری که مواد پرکننده در مورد درزه‌های نفوذپذیر شامل مواد کاملاً هوازده و نفوذپذیر بوده و درزه‌های نفوذناپذیر مواد پرکننده مقاوم و نفوذناپذیر مثل پیریت و کوارتز مقاوم دارند.

۶- مراجع

- [۱] بخش زمین‌شناسی معدن مس سرچشمه؛ "گزارشات زمین‌شناسی معدن مس سرچشمه"، مجتمع مس سرچشمه، امور معدن، ۱۳۶۰.
- [۲] پارسایی، م.؛ "درزه‌نگاری و مطالعه خواص هیدرولیکی درزه‌ها در دیواره و حد توسعه ناحیه غربی معدن مس سرچشمه"، پایان نامه کارشناسی ارشد معدن، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۷۷.
- [۳] پارسایی، م.؛ "تخمین ضریب هدایت هیدرولیکی توده سنگ با مدل‌سازی عددی - مطالعه موردی در معدن مس سونگون، ایران"، رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی ایران، واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۳۸۶.
- [۴] شهاب‌پور، ج.؛ "پیدایش کانسار سرچشمه"، دومین سمپوزیوم معدنکاری ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۷۶.
- [۵] گروه مهندسی کارگاه، واحد زمین‌شناسی و اکتشاف؛ "گزارش مقدماتی هیدرولوژی و هیدروشیمی"، گزارش شماره ۲۲، معدن مس سونگون، ص ص. ۱-۳، ۱۳۸۱.
- [۶] مهندسین مشاور کاوشگران؛ "گزارش جامع زمین‌شناسی مهندسی"، معدن مس سونگون، ۱۳۸۲.
- [۷] Giani, G.P.; Rock Slope Stability Analysis, University of Turin, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, 1992 .
- [۸] Hoek, E. and Bray, J. ; Rock Slope Engineering, The Institution of Mining and Metallurgy, London , 1981 .
- [۹] Karzulovic, A. and Goodman, R.E. ; Determination of Principal Joint Frequencies, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. , Technical Note, Vol.22, No.6, pp.471-473 , 1985 .
- [۱۰] Mandl , G. ; Rock Joints , The Mechanical Genesis , Springer , pp.1-4 , 2005 .
- [۱۱] Oda , M. , Yambe , T. and Kamemura , K. ; A Crack Tensor and Its Relation to Wave Velocity Anisotropy in Jointed Rock Masses, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., Vol.23, No.6, pp.387-397 , 1986

