

پهنه‌بندی زمین‌شناسی مهندسی معدن سونگون جهت استفاده در تحلیل‌های پایداری شیب

فرزانه فخامتی^{۱*}، مهدی تلخابلو^۲، حبیب شمسی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه خوارزمی

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه خوارزمی

۳- کارشناس ارشد هیدروژئولوژی

Farzaneh_fakhamati@yahoo.com

چکیده

بهترین راهکار به منظور رفع پیچیدگی ساختارهای زمین‌شناسی و تعیین وضعیت پایدار و ناپایدار در یک منطقه نسبتاً بزرگ، ساده کردن محیط مورد نظر تا حد لزوم با استفاده از پهنه‌بندی می‌باشد. معدن مس سونگون در شمال غرب ایران، استان آذربایجان شرقی و شمال شهرستان ورزقان واقع شده است. دسترسی به محل معدن، از طریق جاده تبریز- ورزقان و جاده‌ای آسفالت به مسافت حدود ۲۲ کیلومتر در شمال ورزقان میسر می‌باشد. در این پژوهش سعی شده است با هدف تحلیل پایداری شیب، عوامل موثر در پایداری توده‌سنگ محدوده معدن روباز سونگون مورد بررسی قرار گیرد و پهنه‌بندی زمین‌شناسی مهندسی آن ارائه گردد. در این راستا حدود ۳۰۰۰ برداشت از مشخصات درزه‌های موجود در پله‌های معدن صورت گرفته و با توجه به شرایط ساختمانی، زمین‌شناسی و دگرسانی محل برداشت، محدوده دیواره نهایی معدن به ۱۳ پهنه تفکیک شده است. همچنین به منظور تعیین مقادیر پارامترهای مهندسی سنگ، آزمون‌های آزمایشگاهی مقاومت فشاری تک محوره با تعیین مدول الاستیسیته و ضریب پواسون (۱۱۲ نمونه)، آزمایش مقاومت فشاری سه محوره (۱۲۷ نمونه) و مقاومت کششی برزیلین (۲۵۵ نمونه) بر روی نمونه‌های به دست آمده از ۱۵ گمانه ژئوتکنیکی صورت گرفته است. در نهایت با استفاده از پارامترهای مهندسی سنگ که موثر در مدل‌سازی پایداری شیب می‌باشند، سنگ‌شناسی، دگرسانی و ساختارهای زمین‌شناسی منطقه، پهنه‌بندی زمین‌شناسی مهندسی معدن مس سونگون ارائه شده است.

کلمات کلیدی: معدن مس سونگون، پارامترهای مهندسی سنگ، پهنه‌بندی، پایداری شیب

۱- مقدمه

توده‌های سنگ و خاک در طبیعت تمایل به فرارگیری در شرایط پایدار دارند. تغییرات محیط ناشی از عوامل طبیعی و مصنوعی ممکن است شرایط پایدار توده را برهم زده و این مواد را در آستانه ناپایداری قرار دهد. بنابراین با بررسی پارامترهای مهندسی توده‌سنگ و خاک و تحلیل شرایط می‌توان تغییرات محیط را به ویژه در عملیات عمرانی (عوامل مصنوعی) طوری اعمال نمود که شرایط پایدار توده حفظ شده و تدابیر لازم جهت حذف خسارت‌های احتمالی اندیشیده شود.

برای تعیین پارامترهای مهندسی سنگ و خاک، انجام آزمایش‌های برجا و نابرجا ضروری است. انجام آزمایش‌های برجا، گران قیمت بوده و برای تعیین مقاومت‌های بر جای توده‌سنگ به ویژه در مراحل ابتدایی پروژه، از نظر اقتصادی توجیه پذیر نیست. در ضمن تعداد نمونه‌های برداشت شده و آزمایش‌ها، تناسب مستقیمی با دقت تحلیل‌های بعدی دارند. بنابراین، ضمن رعایت انتخاب تعداد نمونه حداقل، باید از نمونه‌های تکراری و ازدیاد نمونه‌ها به منظور توجیه اقتصادی طرح پرهیز نمود. پس از انتخاب نمونه‌ها و انجام آزمایش‌ها، داده‌های زیادی از پارامترهای مهندسی توده‌سنگ و خاک در دسترس قرار می‌گیرد که این داده‌ها ممکن است به دلیل خطای آزمایش یا ثبت اطلاعات و غیره، ناصحیح باشند، یا داده‌ها با تغییر شرایط محیطی یا محل نمونه‌گیری با

بازه گسترده‌ای تغییر کنند. همچنین آزمون‌های آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های بکر نمی‌توانند نمایش دهنده خواص توده‌سنگ در یک حجم بزرگ باشند.

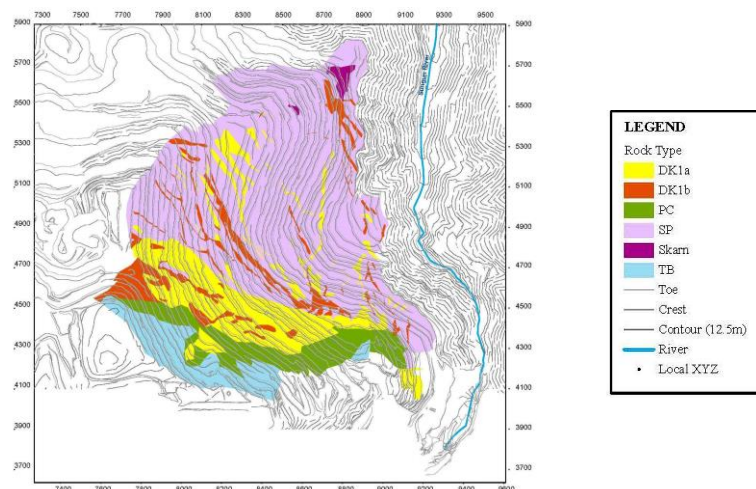
این پیچیدگی، تعبیر و تفسیر نتایج آزمایش را مبهم ساخته و تعیین وضعیت پایدار و ناپایدار را در یک منطقه نسبتاً بزرگ با تعداد زیادی نمونه عملاً دشوار و حتی غیر ممکن می‌نماید. بنابر این، بهترین راهکار در رفع این پیچیدگی، ساده کردن محیط مورد نظر تا حد لزوم با استفاده از پهنه‌بندی می‌باشد. بدین طریق، محیط به چند پهنه با شرایط محیطی و پارامترهای مهندسی سنگ و خاک مشابه تفکیک شده و تحلیل‌های نقطه‌ای (محل نمونه‌ها) جای خود را به تحلیل‌های پهنه‌ای می‌دهند.

در این پژوهش سعی شده است با هدف تحلیل پایداری شیب، عوامل موثر در پایداری توده‌سنگ محدوده معدن روباز سونگون مورد بررسی قرار گیرد و با استفاده از پارامترهای مهندسی سنگ که موثر در مدلسازی پایداری شیب می‌باشند، سنگ شناسی، دگرسانی و ساختارهای زمین‌شناسی، پهنه‌بندی زمین‌شناسی مهندسی معدن مس سونگون ارائه گردد.

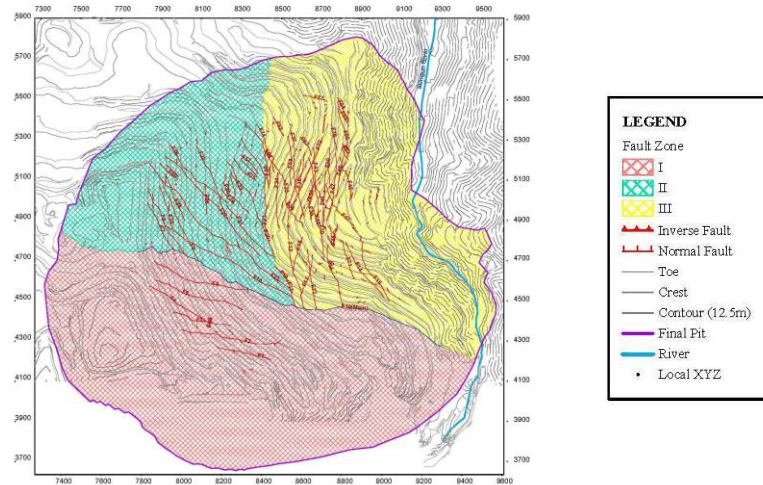
۲- موقعیت و وضعیت زمین‌شناسی منطقه

معدن مس سونگون در استان آذربایجان شرقی، شهرستان ورزقان با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۴۲ دقیقه و ۲۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی واقع شده است. دسترسی به محل معدن، از طریق جاده تبریز- ورزقان و جاده‌ای آسفالت به مسافت حدود ۲۲ کیلومتر در شمال ورزقان میسر می‌باشد.

هامپلتون در سال ۱۹۷۸ ضمن بررسی‌های خود سونگون I و سونگون II را معرفی کرده است. مومن زاده و همکاران (۱۳۶۸) ضمن تهیه نقشه ۱:۵۰۰۰ از ناحیه سونگون I، کانی‌سازی را وابسته با آتش فشان چال داغی پنداشته‌اند. بر اساس مطالعات زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۵۰۰ (شکل ۱)، واحدهای سنگ شناسی معدن سونگون شامل سنگ‌های کربناته (Skarn)، توده مونزونیت پرفیری سونگون (SP)، واحدهای آذر آواری (پیروکلاست‌ها PC) و گدازه‌ای (تراکی بازالت‌ها TB) و دو تیپ دایک DK1a و DK1b می‌باشد. به طور کلی مطابق شکل ۲، در محدوده دیواره نهایی معدن سونگون سه سیستم گسل دیده می‌شود که با توجه به مشخصه امتداد از یکدیگر قابل تفکیک هستند و بر همین اساس، منطقه به سه زون ساختاری (I, II و III) تقسیم شده است.

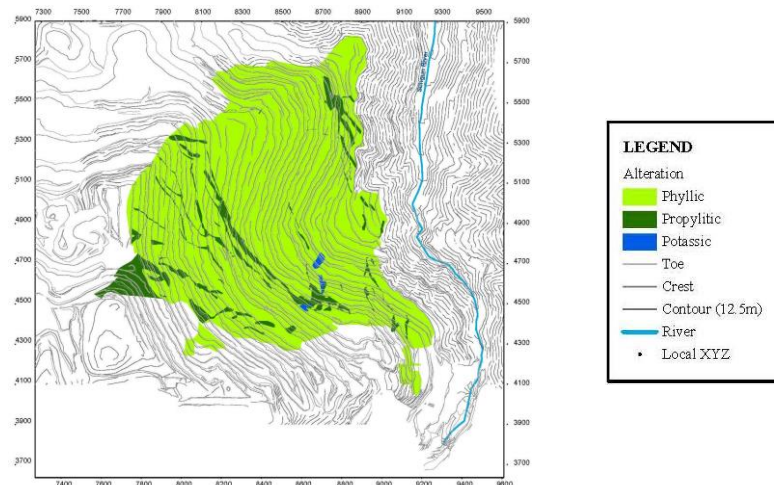


شکل ۱- زمین‌شناسی محدوده معدن سونگون در مقیاس ۱:۵۰۰



شکل ۲- گسله‌ها و زون‌های ساختاری محدوده معدن سونگون

به طور کلی، دگرسانی موجب تغییر بافت و ساخت در توده سنگ شده و رفتار ژئومکانیکی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. گستره این کانسار دگرسانی‌هایی را پذیرا شده است. این گستره‌ها به صورت لکه‌هایی پراکنده اند و شامل زون‌های دگرسانی پتاسیک، فلیک و پروپلیتیک می‌باشند. نحوه پراکندگی دگرسانی در منطقه مورد مطالعه، در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- پراکندگی دگرسانی در محدوده معدن سونگون

۳- تحلیل ساختاری

با توجه به این که پایداری شیب شیروانی‌های سنگی به طور قابل توجهی تحت تاثیر زمین‌شناسی ساختاری توده سنگ است و ساختارها و مشخصات ژئومکانیکی توده سنگ نیز متأثر از فازهای تکتونیکی، نوع و مراحل تنش‌های وارد بر منطقه، سنگ‌شناسی، دگرسانی و غیره می‌باشد، حدود ۳۰۰۰ برداشت از مشخصات درزه‌های موجود در پله‌های معدن، در ۵۴ ایستگاه صورت

گرفته است. در ادامه درزه‌ها با توجه به شرایط ساختمانی، زمین شناسی و دگرسانی محل برداشت به ۱۳ پهنه تفکیک شده‌اند (ستون Zone ID در جدول ۱). در حقیقت هر پهنه، واحدی از معدن می‌باشد که ویژگی‌های یکسانی از نظر جنس مصالح، نوع دگرسانی و نیز شرایط زمین شناسی ساختمانی دارد. سپس مشخصات درزه‌های هر پهنه به طور مستقل در نرم افزار Dips به منظور تشخیص شیب و جهت شیب دسته درزه‌های غالب مورد تحلیل قرار گرفتند و نتایج آن مطابق جدول ۱، ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات دسته درزه‌های غالب برای هر پهنه

Zone ID	Rock Type	Alt.	Fault Zone	Joint Sets			
				J1	J2	J3	J4
1	DK1a	PHY	I	85/331	84/242	49/326	75/192
2			II	74/328	81/237	65/180	76/135
3			III	75/273	68/349	88/048	64/096
4	DK1b	PRP	I	72/211	60/153	83/112	-
5			II	84/247	84/155	33/352	-
6			III	77/260	80/099	73/344	-
7	Skarn	-	III	76/359	80/193	77/068	-
8	SP	PHY	I	39/347	61/149	83/110	-
9			II	81/237	81/173	28/354	-
10			III	72/252	85/135	72/089	88/353
11		POT	III	74/266	72/018	18/096	-
12	PC	به علت سطحی بودن، در برنامه ریزی استخراج کوتاه مدت، حذف می‌شوند.					
13	TB						

۴- پارامترهای مهندسی

ویژگی‌های مکانیکی تاثیر زیادی روی پایداری شیب شیروانی‌های سنگی دارند و شامل دو دسته زیر می‌باشند:

۱- عوامل تغییر شکل پذیری شامل مدول الاستیسیته، نسبت پواسون و نظایر آن

۲- مقاومت مکانیکی شامل مقاومت تک محوری، مقاومت کششی و نظایر آن

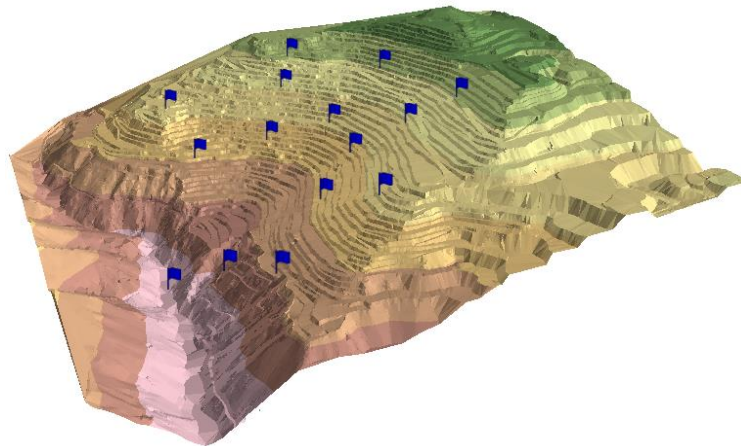
بنابراین، به منظور تعیین مقادیر پارامترهای مهندسی سنگ، آزمون‌های آزمایشگاهی به شرح زیر بر روی نمونه‌های به دست آمده از ۱۵ گمانه ژئوتکنیکی که موقعیت شماتیک قرارگیری آن‌ها در شکل ۴ نشان داده شده، صورت گرفته است.

۱- آزمایش مقاومت فشاری تک محوره با تعیین مدول الاستیسیته و ضریب پواسون (۱۱۲ نمونه)

۲- آزمایش مقاومت فشاری سه محوره (۱۲۷ نمونه)

۳- تعیین مقاومت کششی (تست برزیلین) - (۲۵۵ نمونه)

اما از آنجا که نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های سنگ در توده سنگ‌های درزه دار را نمی‌توان به حجم بزرگی از توده سنگ تعمیم داد و از سوی دیگر انجام آزمایش‌های میدانی گران قیمت بوده و برای تعیین مقاومت‌های برجای توده سنگ ممکن است توجیه‌پذیر نباشد. در صورتی که گسیختگی یا لغزش‌هایی در توده سنگ رخ داده باشد، مناسبترین روش برآورد مقادیر مقاومتی توده سنگ‌ها، آنالیز برگشتی گسیختگی هاست.



شکل ۴- موقعیت شماتیک قرارگیری گمانه‌های ژئوتکنیکی

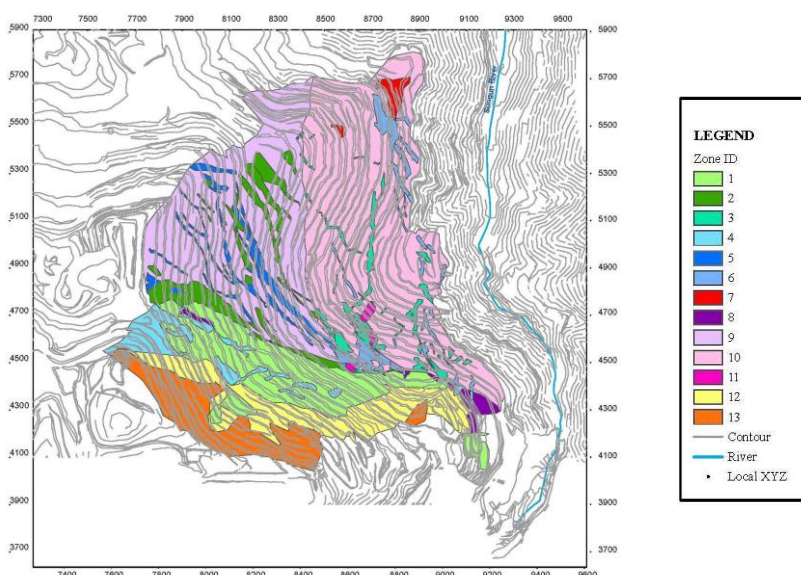
یکی از روشهای معمول برای محاسبه پارامترهای مهندسی توده‌سنگ، استفاده از معیارهای گسیختگی تجربی مانند معیار موهر- کولمب یا معیار هوک- براون است. در این روش‌ها پارامترهای مورد نیاز توده‌سنگ به کمک روش‌های مختلف از جمله طبقه‌بندی توده‌سنگ‌ها از دیدگاه مهندسی برآورد می‌شوند. بر این اساس، با توجه به شرایط زمین‌شناسی منطقه و اهدافی که از کاربرد سیستم رده بندی توده‌سنگ مدنظر می‌باشد در این محاسبات، از امتیاز توده‌سنگ در سیستم GSI (شاخص مقاومت زمین‌شناسی) به عنوان مبنای محاسبه استفاده شده و با استفاده از اطلاعات پایه و نرم افزار RocLab، پارامترهای توده‌سنگ برآورد شده است. جدول ۲، پارامترهای مهندسی توده‌سنگ را به تفکیک جنس سنگ، دگرسانی و شرایط ساختمانی منطقه نشان می‌دهد.

جدول ۲- پارامترهای مهندسی توده‌سنگ معدن سونگون

Zone ID	Rock Type	Alt.	Fault Zone	Rock mass Engineering Parameters											
				C (MPa)		ϕ (degree)		ν		E (GPa)		UCS (MPa)		SIG _T (MPa)	
				Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	DK1a	PHY	I	0.077	0.249	46.69	61.90	0.06	0.27	1.44	4.12	12.14	146.72	0.54	19.3
2			II												
3			III												
4	DK1b	PRP	I	0.103	0.264	49.32	62.62	0.05	0.28	1.86	4.12	20.25	165.54	1.97	15.83
5			II												
6			III												
7	Skarn	-	III	0.091		46.44		0.12		1.87		20.54		-	-
8	SP	PHY	I	0.065	0.177	40.00	56.44	0.07	0.3	1.10	3.56	7.06	74.67	1.3	13.46
9			II												
10			III												
11		POT	III	0.075	0.227	45.73	58.95	0.03	0.28	1.49	4.12	13.09	117.85	1.33	17.8
12	PC	به علت سطحی بودن، در برنامه ریزی استخراج کوتاه مدت، حذف می‌شوند.													
13	TB														

۵- پهنه بندی

پهنه بندی زمین شناسی مهندسی یک محدوده جهت استفاده در مدل های تحلیل پایداری بر اساس پارامترهای ورودی مدل مورد نظر صورت می گیرد. این پارامترها به طور کلی متاثر از جنس مصالح، نوع و میزان دگرسانی، ساختارهای زمین شناسی، وضعیت آبداری و غیره می باشند. در این پژوهش به دلیل عدم تجانس سنگ و تنوع نمونه های برداشت شده، سعی شده است ارتباطی منطقی بین پارامترهای سنگ شناسی، دگرسانی و ساختار زمین شناسی با پارامترهای ژئومکانیکی برقرار گردد. به این منظور با استفاده از نقشه های زمین شناسی، پراکندگی دگرسانی و گسله های معدن سونگون نقشه پهنه بندی معدن مطابق شکل ۵ به دست می آید و در نهایت با برقراری ارتباط بین این پهنه ها و پارامترهای مهندسی و ساختاری که به ترتیب در بندهای ۳ و ۴ محاسبه شده اند پهنه بندی زمین شناسی مهندسی معدن مس سونگون با هدف استفاده در تحلیل های پایداری به دست می آید. قابل ذکر است پهنه های موجود در شکل ۵ از نظر خصوصیات یاد شده مطابق با جدول ۱ و ۲ می باشند.



شکل ۵- پهنه بندی معدن سونگون

۶- نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از اطلاعات ۱۵ گمانه و حدود ۳۰۰۰ درزه و نیز نقشه های زمین شناسی، دگرسانی و گسله های معدن مس سونگون، منطقه به ۱۳ پهنه تفکیک شده است که هر پهنه دارای خصوصیات مشترکی از نظر جنس مصالح، نوع دگرسانی، شرایط ساختاری و پارامترهای مهندسی موثر در مدلسازی پایداری شیب، می باشد. مطابق این ارزیابی، پهنه ۷ که اسکارنی می باشد کمترین مقدار را برای تمامی پارامترهای مهندسی (مقاومت تک محوره، مقاومت کششی، مدول الاستیسیته، نسبت پواسون، زاویه اصطکاک داخلی و میزان چسبندگی) نشان می دهد. پهنه های ۸ تا ۱۰ که شامل توده مونزونیت پرفیری سونگون با دگرسانی فیلیک می باشد نسبت به هر دو نسل دایک موجود در معدن، دارای مقادیر کمتری برای تمامی پارامترها به جز نسبت پواسون می باشد و این در حالی است که همین توده با دگرسانی پتاسیک (پهنه ۱۱)، در مقایسه با دگرسانی فیلیک مقدار بیشتری را برای پارامترهای مقاومت کششی، مقاومت تک محوره، مدول الاستیسیته، زاویه اصطکاک داخلی و میزان چسبندگی نشان می دهد. در نمونه های

میدانی دو تیپ دایک DK1a (پهنه‌های ۱ تا ۳) و DK1b (پهنه‌های ۴ تا ۶) را می‌توان از تیپ دگرسانی تفکیک نمود. دگرسانی در دایک‌های تیپ a از نوع فلیک و در نوع b از نوع پروپلیتیک می‌باشد. تنها برای پارامتر مقاومت کششی DK1a مقدار بیشتری را نسبت به DK1b نشان می‌دهد. البته مقادیر پارامترهای مهندسی برای این دو تیپ دایک به هم نزدیک می‌باشد. برای هر پهنه به طور مستقل شرایط زمین‌شناسی ساختاری با استفاده از اطلاعات درزه‌ها و گسله‌ها و با کمک نرم افزار Dips معرفی شده است.

منابع

برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن - وزارت صنایع و معادن، (۱۳۸۹). "دستورالعمل تحلیل پایداری و پایدارسازی شیب‌ها در معادن روباز"، انتشارات سیمای دانش.

خوئی ن، قربانی م. و تاجبخش پ.، (۱۳۷۸). "کانسار مس در ایران"، انتشارات قائم.

Goodman R. E., (1989). "Introduction to Rock Mechanics", John Wiley & Sons.

Wyllie D. C., Mah C. W., (2004). "Rock Slope Engineering", Taylor & Francis.