

بررسی خطر ناشی از ریزش‌های سنگی بر سطح جاده خرم‌آباد- اندیمشک

به روش WCS

سیامک بهاروند^۱، علی صهباء^۲، عبدالرضا نوریزدان^۳

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد

۲- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب

چکیده

راه‌های ارتباطی شهرستان خرم‌آباد (استان لرستان) با شهرهای مجاور همواره در معرض ریزش‌های سنگی و خاکی بوده که نیازمند توجه خاص علمی و عملی مسئولین می‌باشد. در این پژوهش به بررسی میزان پایداری سنگ‌های منطقه گاو زرده در ۷۰ کیلومتری شهر خرم‌آباد در استان لرستان پرداخته شده است. جهت ارزیابی توده‌های سنگی منطقه مورد مطالعه از لحاظ پایداری شیب‌های سنگی در این پژوهش از روش WCS استفاده شده است. در این روش ۵ پارامتر از ویژگی‌های توده‌های سنگی شامل شاخص کیفیت توده سنگ (RQD)، فاصله داری ناپیوستگی‌ها (K1)، ناهمواری سطح ناپیوستگی‌ها (k2)، پرکننده سطح ناپیوستگی‌ها (k3) و بازشدگی ناپیوستگی‌ها (k4) مورد بررسی قرار می‌گیرند که در ذیل به تشریح هر کدام از آنها پرداخته شده است.

واژگان کلیدی: اندیمشک، پایداری شیب، روش WCS، روش RQD، خرم‌آباد.

مقدمه

موجود در این مناطق، خطر ریزش‌های سنگی جدی‌تر از سایر نقاط منطقه مورد مطالعه است. برای ارزیابی کمی و کیفی از درجه و پتانسیل خطر ریزش سنگ در این نقاط سعی شده با استفاده از روش WCS اقدام به بررسی پایداری شیب‌های سنگی منطقه گردد و توده‌های سنگ منطقه را از لحاظ درجه خطرپذیری رده‌بندی نمود.

موقعیت جغرافیایی

محدوده ارتباطی خرم‌آباد- پلدختر در منطقه تنگ‌تیر در فاصله ۳۵ کیلومتری خرم‌آباد واقع شده است. در

توده سنگ حجمی از سنگ محسوب می‌شود که توسط ناپیوستگی‌هایی مانند شکستگی‌ها، درزه‌ها، سطوح لایه‌بندی، سطوح تورق و گسل‌ها به بلوک یا لایه‌هایی تقسیم گردیده است. به منظور شناخت ویژگی‌های مهندسی توده‌های سنگی در ارتباط با اجرای پروژه‌های عمرانی و تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی، رده‌بندی مهندسی توده سنگ انجام می‌شود. محدوده ارتباطی خرم‌آباد- پلدختر شامل دو منطقه اصلی تنگ‌تیر در فاصله ۳۵ کیلومتری خرم‌آباد و گاوزرده در ۷۰ کیلومتری خرم‌آباد از نقاط حادثه‌خیز از لحاظ ریزش‌های سنگی می‌باشند. با توجه به شواهد

رده بندی WCS

این رده بندی در سال ۱۹۸۶ توسط Gahrooe & Singh ارائه گردیده و تاکنون توسط افراد دیگری مورد بررسی قرار گرفته است و روابطی بین آن با سایر رده بندی ها از جمله Q- System و RMR به دست آمده است. این رده بندی علاوه بر کاربرد در تونل سازی در بحث پایداری شيروانی های سنگی نیز مورد استفاده قرار می گیرد [۴]. در این سیستم پنج فاکتور زیر دخالت دارند:

- شاخص کیفیت توده سنگ (RQD)
- فاصله داری ناپیوستگی ها (K1)
- ناهمواری سطح ناپیوستگی ها (k2)
- پر کننده سطح ناپیوستگی ها (k3)
- بازشدگی ناپیوستگی ها (k4)

برای محاسبه مقدار WCS می توان از روابط ساده ریاضی زیر استفاده کرد [۴]:

$$K=K1 \times K2 \times K3 \times K4 \quad (1)$$

$$WCS=K \times RQD \quad (2)$$

پس از محاسبه میزان WCS سنگ بر اساس جدول (۱) رده بندی می شود. همچنین برای تاثیر این فاکتور جهت ناپیوستگی ها در این رده بندی یک فاکتور تعدیل کننده مطابق جدول (۲) ارائه گردیده است.

محدوده تنگ تیر سازندهای کشکان، تله زنگ و امیران رخنمون و به شکل تاقدیس گون با هم کنتاکت دارند، به شکلی که امیران در زیر تله زنگ رانده شده دیده می شود و کشکان در گودی ناودیس گون تله زنگ دیده می شود. لازم به ذکر است که منطقه تنگ تیر در زون راندگی زاگرس (MZRF) واقع شده است.

تنگ گاو زرده در ۷۰ کیلومتری جنوب غربی شهر خرم آباد (در جاده خرم آباد- پلدختر) و ۴۰ کیلومتری شمال شهرستان پلدختر واقع شده است. این منطقه به طور کلی دارای آب و هوایی نسبتاً گرم است و به علت ارتفاع زیاد نسبت به سطح دریا (۱۱۲۵ متر) دارای بارندگی مناسب در فصول پاییز و زمستان است که به علت همین بارندگی ها این منطقه دارای پوشش گیاهی و درختان زیاد است. رودخانه کشکان که اصلی ترین رودخانه در جنوب استان لرستان است، قسمتی از مسیر خود را در داخل تنگ گاو زرده طی می کند. سازندهای تشکیل دهنده تنگ گاو زرده، سازندهای آسماری- شهبازان هستند که در مراحل پایانی کوهزایی آلپی دچار گسلش و چین خوردگی شده اند و طبقاتی از آنها در منطقه دارای حالتی برگشته با شیب زیاد هستند.

جدول ۱- رده های مختلف سنگ مطابق با رده بندی WCS [۴]

Discription	Very poor	Poor	Moderate	Good	Strong
WCS	< ۰/۰۴	۰/۰۴-۰/۱	۰/۱-۰/۲	۰/۲-۰/۵	۰/۵-۱

جدول ۲- حدود تعدیل مقدار WCS محاسبه شده مطابق با جهت ناپیوستگی ها [۴]

Discontinuities orientation	Normal of failure	Potential of failure	One made of failure	Two made of failure	Several made of failure
Slope	WCS×1	WCS×.833	WCS×.37	WCS×/135	WCS×/1

شاخص کیفیت توده سنگ (RQD)

شاخص کیفیت توده سنگ عبارت است از نسبت طول مجموع مغزه‌های به دست آمده در طول حفاری به کل طول چاله حفاری [۱]. هنگامی که مغزه‌ای در دست نباشد RQD را می‌توان از تعداد درزه‌ها در واحد حجم تخمین زد. RQD یک معیار مناسب در بررسی غیر مستقیم ابعاد بلوک‌های سنگی است. بدین ترتیب که با ازدیاد میزان تعداد درزه‌های موجود در توده سنگ از میزان RQD کاسته می‌شود و این به مفهوم کاهش ابعاد بلوک‌های سنگی می‌باشد [۱]. جهت محاسبه RQD در مواردی که از حفاری استفاده نمی‌گردد از فرمول زیر استفاده می‌شود [7]:

$$RQD = 115 - 3.3J_v \quad (3)$$

که در اینجا J_v عبارت است از تعداد درزه‌های موجود در واحد حجم سنگ، که جهت محاسبه آن از فرمول زیر استفاده می‌شود [8]:

$$J_v = \sum (1/S_i) \quad (4)$$

در اینجا S فاصله بین دسته درزه‌های اصلی در متر در یک پیمایش مستقیم یا Scanline است. چنانچه درزه برداری به شکل تصادفی (random) انجام گیرد در این صورت فرمول بالا به شکل رابطه زیر تغییر می‌کند [8].

$$J_v = \sum (1/S_i) + N_r/5 \quad (5)$$

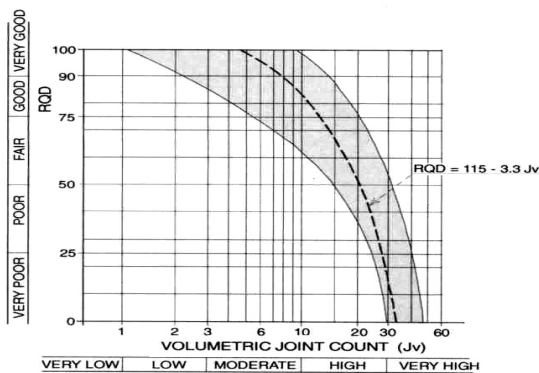
در اینجا N_r عبارت است از تعداد درزه‌های تصادفی مشاهده شده در یک منطقه است که طولشان در منطقه قرار گرفته باشد. در شکل ۱ ارتباط بین مقدار RQD و J_v نشان داده شده است.

برای محاسبه J_v در مواردی که کار مشاهده به صورت یک بعدی انجام می‌گیرد، مانند Scanline از رابطه و نمودار زیر استفاده می‌گردد [8]:

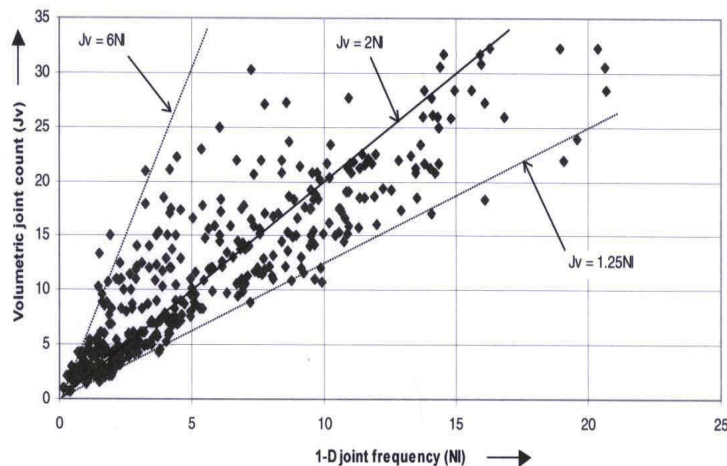
$$J_v = K_1 * N_1 \quad (6)$$

N_1 = تعداد درزه‌هایی که مسیر Scanline (متر) را قطع می‌کند.

K_1 = فاکتور همبستگی که با استفاده از نمودار زیر به دست می‌آید. (شکل ۲)



شکل ۱- ارتباط بین RQD و J_v [9]



شکل ۲- تغییرات رابطه $J_v = K_1 * N_1$ برای انواع بلوک‌ها و جهات مشاهده شده در سطح [9].

جدول ۳- رده‌بندی تعداد درزه‌ها در واحد حجم [9]

توصیف درزه‌داری	توصیف Jv	مقدار Jv
توده‌ای	-	.۳>
خیلی کم درزه‌دار	خیلی کم	۱-۳
کم درزه‌دار	کم	۳-۱
متوسط درزه‌دار	متوسط تا بالا	۱۰-۳
بسیار درزه‌دار	بالا	۳۰-۱۰
خیلی زیاد درزه‌دار	خیلی بالا	۱۰۰-۳۰
خرد شده	خیلی بالا	۱۰۰>

جهت انجام این بخش از کار اقدام به برداشت فاصله دو درزه مجاور هم می‌گردد و در این کار باید دقت شود فاصله به شکل عمودی بین دو سطح ناپیوستگی اندازه‌گیری گردد [۵]. جدول ۴ طبقه‌بندی فاصله ناپیوستگی‌های توده سنگ را نشان می‌دهد. بر اساس آنچه در بالا گفته شد، اقدام به آنالیز فاصله تمام ناپیوستگی‌های برداشت شده در مناطق مورد مطالعه شده است که نتایج آن به شکل نمودار میله‌ای ارائه شده است. (شکل ۳ و ۴)

در جدول شماره ۳ دامنه تغییرات Jv در واحد حجم توده سنگ نشان داده شده است، که با توجه به مقدار Jv می‌توان توصیفی مناسب از درزه‌های منطقه ارائه کرد. نتایج استفاده از روش اخیر جهت محاسبه RQD در منطقه تنگ‌تیر نشان می‌دهد که RQD برابر ۸۸٪ می‌باشد. همچنین میزان شاخص RQD در منطقه گاوزرده ۹۵٪ برآورد گردیده است که با توجه به جدول توصیفی ۳، هر دو منطقه از نظر درزه‌داری در رده خیلی زیاد درزه‌دار قرار می‌گیرند.

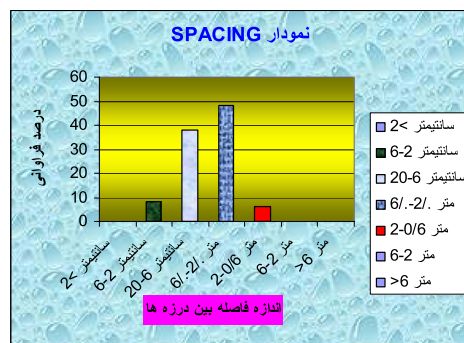
جدول ۴- طبقه‌بندی فاصله ناپیوستگی‌های توده سنگ [۵]

توصیف	فاصله
کاملاً بسته	کمتر از ۲۰ میلی‌متر
خیلی بسته	۲۰-۶۰ میلی‌متر
بسته	۶۰-۲۰۰ میلی‌متر
متوسط	۰.۶-۲.۰ متر
باز	۲-۶.۰ متر
خیلی باز	۶-۲۰ متر
بی نهایت باز	بیشتر از ۲۰ متر

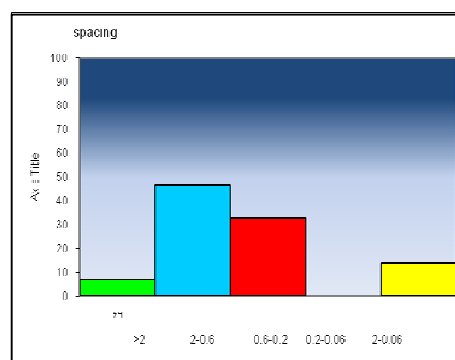
فاصله ناپیوستگی‌ها

از عوامل موثر در بررسی توده سنگ، فاصله بین دو ناپیوستگی متوالی است که معمولاً به صورت میانگین فواصل عمودی بین درزه‌های موجود در یک دسته درزه در نظر گرفته می‌شود [۵]. این فاکتور تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر نفوذپذیری توده سنگ دارد. علاوه بر آن این عامل به همراه عواملی چون جهت‌داری و تعداد دسته درزه، شکل و اندازه قطعات و بلوک‌های سنگی را کنترل می‌کند.

توده سنگ ایفا می‌کنند. با افزایش عرض بازشدگی و ضخامت مواد پرکننده یا وجود هر نوع جابجایی قبلی، از اهمیت ناهمواری‌ها به سرعت کاسته می‌شود [5]. جهت برداشت این پارامتر در منطقه با استفاده از خط کش، برداشت ناهمواری سطوح درزه صورت گرفته است. در این روش در روی سطح هر ناپیوستگی و ترجیحاً در امتدادی که پیش‌بینی لغزش دو سطح ناپیوستگی در امتداد آن می‌رود، حداقل ۵ بار اقدام به برداشت نیمرخ ناهمواری با استفاده از خط‌کش شده است. سپس نیمرخ‌های برداشت بر روی کاغذ انتقال داده شده و با استفاده از استانداردهای ISRM, 1982 این نیمرخ‌ها بر اساس نزدیک‌ترین استاندارد طبقه‌بندی و در نهایت با یک میانگین‌گیری از برداشت انجام گرفته، نزدیک‌ترین استاندارد برای هر سطح مشخص شده است. در بررسی نتایج حاصل از آنالیز ناهمواری سطح ناپیوستگی‌های مناطق مورد مطالعه مشاهده می‌گردد که در مناطقی که سنگ از کیفیت خوبی برخوردار است، سطح غالب ناپیوستگی‌ها زبر و مواج بوده که این موضوع در قفل شدن بخش‌های اطراف سطح درزه و جابجایی کمتر آنها موثر می‌باشد، در عین حال این فاکتور تحت تأثیر باز بودن زیاد ناپیوستگی‌ها و حضور مواد رسی قرار می‌گیرد. در محدوده‌های مورد مطالعه، ناهمواری‌های سطح درزه از نوع Rough می‌باشد. (جدول ۵)



شکل ۳- فاصله داری توده سنگ منطقه تنگ تیر



شکل ۴- فاصله داری توده سنگ منطقه گاو زرده

با دقت در شکل ۳ و ۴ مشاهده می‌گردد که غالب بازشدگی‌های توده‌های سنگ موجود در هر دو منطقه در بازه ۲-۰/۶ متر قرار دارد، در نتیجه بر اساس جدول ۳ سنگ‌های منطقه در رده سنگ‌هایی با Spacing باز قرار می‌گیرند.

ناهمواری‌های سطح درزه

ناهمواری یا زبری سطح درزه معرف درجه ناصافی یا مواج بودن ذاتی سطح ناپیوستگی است [5]. در جاهایی که دو دیواره ناپیوستگی در تماس مستقیم با هم هستند، ناهمواری‌ها نقش مهمی در مقاومت برشی

جدول ۵ - رده‌های مختلف ناهمواری سطح ناپیوستگی‌ها

خش لغز (SLICKENSIDE)	نرم (SMOOTH)	زبر (ROUGH)	ناهمواری کوچک مقیاس ←
			ناهمواری متوسط مقیاس ↓
پله ای با خش لغز (III)	پله ای نرم (II)	پله ای زبر (I)	پله ای (STEPPED)
مواج با خش لغز (VI)	مواج نرم (V)	مواج زبر (IV)	مواج (UNDULATING)
مسطح با خش لغز (IX)	مسطح نرم (VIII)	مسطح زبر (VII)	مسطح (PLANAR)

بازشدگی

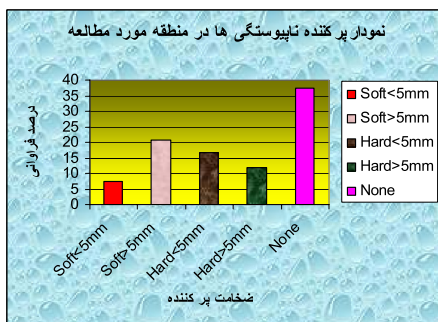
هجوم سیالات به داخل فضای حفاری شده و فرار آب از مخازن ذخیره آب در سدها نقش مهمی دارد. به منظور اندازه‌گیری این فاکتور در روی زمین، از خط‌کش جهت اندازه‌گیری بازشدگی‌ها استفاده شده است. سپس هر برداشت مطابق با استاندارد ISRM, 1981 در کلاس‌هایی قرار گرفته است (جدول ۶). جهت آنالیز برداشت‌های انجام گرفته در هر کلاس به بازشدگی‌های موجود یک کد خاص داده شده، با استفاده از برنامه Excel اقدام به ترسیم نمودارهای فراوانی بازشدگی ناپیوستگی‌ها شده است. (شکل ۵ و ۶)

بازشدگی به فاصله عمودی بین دو دیواره یک ناپیوستگی اطلاق می‌گردد که ممکن است از هوا یا آب پر شده باشد [۵]. بازشدگی‌های بزرگ ممکن است بر اثر جابجایی برشی در سطح یک ناپیوستگی که از ناهمواری و تموج قابل ملاحظه‌ای برخوردار است، باز شدن ترک‌های کششی و یا حل شدن مواد در دیواره‌های ناپیوستگی، به وجود آیند. بازشدگی تأثیر بسزایی در میزان نفوذپذیری سیالات در توده سنگ و سست کردن توده سنگ دارد [۵]. از طرفی می‌توان گفت این فاکتور در بروز عواملی چون فشار آب به داخل درزه،

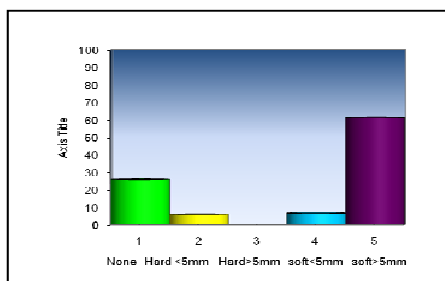
جدول ۶- توصیف بازشدگی ناپیوستگی‌های توده سنگ [۵]

میزان باز شدگی (mm)	توصیف	وضعیت ناپیوستگی
کمتر از ۰/۱	کاملاً بسته	ناپیوستگی های بسته
۰/۱-۰/۲۵	بسته	
۰/۲۵-۰/۵	نسبتاً بسته	
۰/۵-۲/۵	کمی باز	ناپیوستگی های باز
۲/۵-۱۰	نسبتاً باز	
بیشتر از ۱۰	باز	
۱۰-۱۰۰	خیلی باز	ناپیوستگی های خیلی باز
۱۰۰-۱۰۰۰	بی نهایت باز	
بیشتر از ۱۰۰۰	غار مانند	

درزه‌ها، ازدیاد پتانسیل ناپایداری دامنه‌های سنگی منطقه و از طرفی ایجاد بستر مناسب برای رشد درختان سازگار با منطقه و تبعات ناشی از رشد ریشه درختان نقش مهمی را ایفا می‌کند. (شکل ۷ و ۸)



شکل ۷- نتایج آنالیز منطقه تنگ تیر

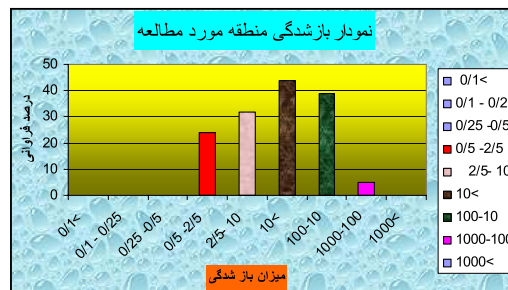


شکل ۸- نتایج آنالیز منطقه گاو زرده

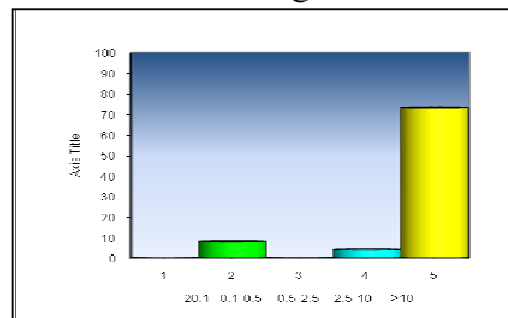
جهت‌داری

این پارامتر معرف موقعیت فضایی ناپیوستگی نسبت به امتداد شمال جغرافیایی می‌باشد که توسط آزمون امتداد ناپیوستگی، مقدار شیب واقعی سطح ناپیوستگی و جهت میل خط بزرگ‌ترین شیب ناپیوستگی توسط کمپاس اندازه‌گیری می‌شود. در این روش معمولاً از کمپاس‌های مدل کلار که می‌توان با آن هم زمان شیب و جهت بزرگ‌ترین شیب (Dip/Dip direction) را قرائت کرد، استفاده می‌گردد [۲].

در این پژوهش نیز با استفاده کمپاس مدل کلار و روش Scanline اقدام به برداشت شیب و جهت شیب تمام ناپیوستگی‌هایی شده است که امتداد متر را قطع کرده‌اند. به علت ناهمواری موجود در سطح اکثر ناپیوستگی‌ها به جز اندک صفحات لایه‌بندی ابتدا در



شکل ۵- نتایج آنالیز منطقه تنگ تیر



شکل ۶- نتایج آنالیز منطقه گاو زرده

پرشدگی

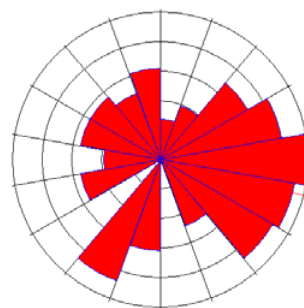
پرشدگی به حالتی گفته می‌شود که فاصله بین دو دیواره ناپیوستگی از موادی نظیر کلسیت، کلریت، سیلت، خرده سنگ و دیگر مواد ناشی از فرآیندهای هوازدگی و آلتراسیون پر شده باشد [۵]. جهت شناسایی نوع مواد پرکننده ناپیوستگی‌ها در مناطق مورد مطالعه، پس از اندازه‌گیری عرض پرشدگی در چند نقطه از ناپیوستگی، میانگین برداشت‌ها به عنوان عرض پرشدگی ثبت گردیده است. جهت تشخیص نوع پرکننده از آزمایش فتیله کردن موارد مشکوک به رس استفاده شده است. با توجه به این موارد با یک کار آماری بر روی داده‌های موجود با استفاده از برنامه EXCEL اقدام به ترسیم نمودار وضعیت نوع مواد پرکننده موجود در ناپیوستگی‌ها شده است. نتایج به دست آمده از آنالیز برداشت‌های صحرایی از مناطق مورد مطالعه نشان‌دهنده آن است که غالب سطح ناپیوستگی‌ها، به ویژه در مناطقی که توده سنگ از کیفیت خوبی برخوردار نیست، توسط مصالح رسی پر شده‌اند. این موضوع در کاهش شدید مقاومت برشی

بسیار پایین می‌باشد به صورتی که در محدوده ناپایدار قرار گرفته است. بنابراین احتمال ریزش بلوک‌های سنگی به جاده بسیار بالا و خطرزا است. لذا باید با استفاده از روش‌های اصولی و مهندسی کاهش شیب دیواره‌ها و ایجاد دیواره‌های محکم بتونی در مسیر جاده در مناطق پر شیب و...، احتمال ریزش بلوک‌های سنگی به درون جاده را کم و ضریب اطمینان و امنیت جاده را بالا برد.

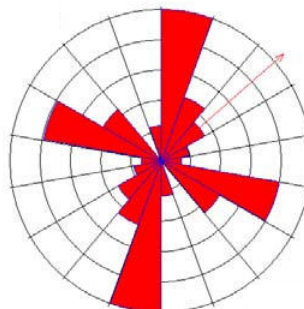
منابع

- ۱- اجل لوئیان، ر.، محمدی، د.، (۱۳۸۲) رده‌بندی توده سنگ روشی کاربردی در مهندسی عمران، انتشارات فن آورا، ۲۲۲ ص
- ۲- پورکرمانی، م.، معتمدی، ح.، (۱۳۸۱)، روش‌های اساسی زمین‌شناسی ساختمانی، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، ۳۴۷ ص
- ۳- حسینی، م.ف.، (۱۳۷۹)، درآمدی بر مکانیک سنگ، مرکز خدمات فرهنگی سالکان، ۲۲۷ ص.
- ۴- خانلری، غ.، (۱۳۸۴)، زمین‌شناسی مهندسی ویژه دانشجویان عمران، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، ۳۰۲ ص.
- ۵- فهیمی‌فر، ا.، سروش، ح.، (۱۳۸۲)، آزمایش‌های مکانیک سنگ، مبانی نظری و استانداردها، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۷۰ ص.
- 6- Duncan c. wyillie and Norman I. Norrish (1995); Stabilization of rock slopes. Special report 247. part3. chap. 18. pp.474-505.
- 7- Norman I. Norrish and Duncan c. wyillie. "Rock slope stability Analysis" special Report 247. part3 . chap.15 .pp.391-425
- 8-Palmstrom A. (1995); RMI- a rock mass characterization system for rock engineering purpose". ph.D Thesis, oslo university. Norway, 400 p.
- 9- Douglas. A. Williamson and c. Rodney Kuhn; (1988). Methods to quantify the parameters Applied in the RMI. 62-73 p.
- 10- D.U.Deere, D.W.Deere, (1988); THE Rock quality designation (RQD) index in practice. 37-42 p

سطح ناهمواری صفحه چوبی قرار گرفته و سپس از سطح این تخته که مماس بر سطح ناپیوستگی بوده شیب و جهت شیب قرائت شده است. با توجه به برداشت‌های انجام گرفته جهت ارائه نتایج، دیاگرام گل سرخی (Rose diagrams) ترسیم شده است. (شکل ۹ و ۱۰)



شکل ۹- دیاگرام گل سرخی حاصل از مطالعات منطقه تنگ تیر



شکل ۱۰- دیاگرام گل سرخی حاصل از مطالعات منطقه گاوزرد

نتیجه‌گیری

با توجه به دیاگرام تهیه شده از ناپیوستگی‌های برداشت شده از سطح مناطق مورد مطالعه مشاهده می‌گردد، که در مکان‌هایی که توده‌های سنگی از کیفیت مناسبی برخوردار نمی‌باشند، تعداد دسته درزه‌ها بیشتر و در عین حال جهت شیب غالب ناپیوستگی‌ها در جهت شیب دامنه می‌باشد. این موضوع باعث شده تا در این مکان‌ها توده سنگ و پایداری دامنه‌ها از کیفیت و وضعیت مناسبی برخوردار نباشد. کیفیت پایداری شیب منطقه تنگ تیر و گاو زرد