

مطالعه پارامترهای مقاومت برشی سنگ‌های انیزوتروپ و مقایسه آنها با مقادیر پیش‌بینی شده به کمک معیار شکست رامامورتی و همکاران (۱۹۸۸) (مطالعه موردی: مسیر تونل شماره یک سامانه انتقال آب سد آزاد کردستان)

جلال طالع زاری^{۱*}؛ غلامرضا کمالی^۲

۱- کارشناس ارشد مهندسی معدن، کارگاه قطعه اول تونل انتقال آب کرج- تهران، موسسه چرا، تلفن: ۰۹۱۲۳۷۳۸۴۸۸؛ Mj_talezari60@yahoo.com
۲- استاد یار بخش مهندسی معدن- دانشگاه شهید باهنر کرمان، تلفن: ۰۹۱۳۳۴۳۰۴۰۶؛ Kamali@mail.uk.ac.ir

(دریافت ۲۲ مرداد ۱۳۸۷، پذیرش ۱۹ اردیبهشت ۱۳۸۸)

چکیده

مهم‌ترین ویژگی سنگ‌های دگرگونی متورق ناهمسانی (انیزوتروپی) آنهاست، که باید در ارزیابی مهندسی مورد توجه قرار گیرد. بیشتر سنگ‌های دگرگونی ساختار ورقه‌ای (شیستوزیته) داشته و ناهمسانی قابل ملاحظه‌ای در رفتار مکانیکی از خود نشان می‌دهند. بنابراین طراحی صحیح و تحلیل پایداری سازه‌های (تونل، سد، ...) واقع در این گونه سنگ‌ها نیازمند دانش کافی در مورد رفتار آنهاست. هدف از این تحقیق مطالعه ناهمسانی پارامترهای مقاومت برشی (نیروی چسبندگی C و زاویه اصطکاک داخلی ϕ) نمونه‌های کالک شیست گرفته شده از گمانه‌های ژئوتکنیک اکتشافی مسیر تونل شماره یک سامانه انتقال آب سد آزاد کردستان می‌باشد. جهت نیل به هدف از نتایج سه دسته آزمایش‌ها شامل آزمایش‌های پتروگرافی، تعیین خواص فیزیکی و تعیین خواص ژئوتکنیکی استفاده شده است. جهت تعیین خواص ژئوتکنیکی، آزمایش‌های مقاومت فشاری تک محوری و سه محوری با فشارهای جانبی ۴.۲ و ۶ مگاپاسکال بر روی نمونه‌ها با زوایای $\beta = 0.30, 60.90$ درجه ($\beta =$ زاویه بین سطوح ضعف و امتداد بارگذاری بر روی نمونه است) انجام شده و به کمک نتایج آن دواير موهر ترسیم و پارامترهای مقاومت برشی به دست آمده‌اند. همچنین مقاومت در شرایط محصور به کمک معیار شکست تجربی رامامورتی و همکاران (۱۹۸۸) پیش‌بینی شده و به کمک نتایج بدست آمده از این معیار، مقادیر پارامترهای مقاومت برشی نیز پیش‌بینی شده است. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها حاکی از آن است که پارامترهای مقاومت برشی (C, ϕ) سنگ‌های شیستی ناهمسان بوده و در زوایای مختلف تورق از مقادیر ثابتی برخوردار نیستند و به شدت به امتداد بارگذاری نسبت به جهت تورق، فشارهای جانبی و ترکیب کانی‌شناسی بستگی دارد. همچنین مقادیر پیش‌بینی شده پارامترهای مقاومت برشی با مقادیر آزمایشگاهی مقایسه شده که تطابق قابل قبولی از خود نشان می‌دهند.

کلمات کلیدی

انیزوتروپ، شیست، معیار شکست، زاویه تورق (β)، مقاومت فشاری. کردستان

۱- مقدمه

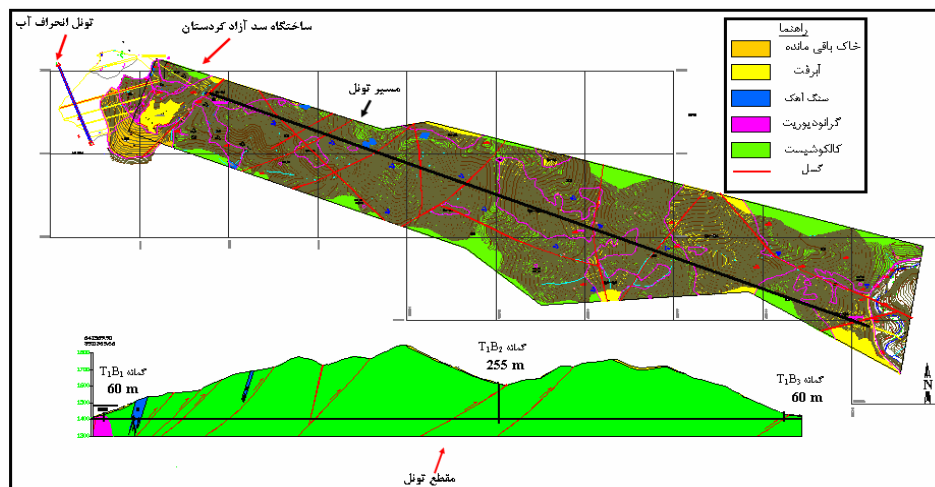
مطالعه بر روی سنگ‌های ناهمسان (شیست و فیلیت) به این مسأله توجه کرده و به نتایج ارزشمندی دست یافته‌اند [۳]. از جمله محاسن معیار رامامورتی کاربرد آسان آن بوده و نیازمند حجم کمی از داده‌ها می‌باشد. با داشتن داده‌های آزمایشگاهی مقاومت فشاری تک محوری در سه جهت ۰، ۳۰ و ۹۰ درجه و دو آزمایش مقاومت فشاری سه محوری می‌توان مقاومت تک محوری و سه محوری را در جهات دیگر پیش‌بینی کرد. از دیگر علل کاربرد این معیار این است که این معیار برای سنگ‌های دگرگونی از جمله فیلیت‌ها و شیست‌ها نتیجه قابل قبولی می‌دهد.

محدوده مورد مطالعه، بطول ۳/۷ کیلومتر از محل سد مخزنی آزاد رود در استان کردستان شروع می‌شود. از نظر زمین شناسی محدوده مورد مطالعه در زون ساختاری سنندج - سیرجان قرار گرفته است. سایت مورد نظر در فاصله ۶۵ کیلومتری جاده سنندج- مریوان و بین طول‌های جغرافیایی $35^{\circ}7'30''$ و $46^{\circ}30'00''$ و عرض‌های جغرافیایی $35^{\circ}7'30''$ و $35^{\circ}21'00''$ قرار دارد.

جهت مطالعه سنگ‌شناسی، مقاطع نازک از نمونه‌های بدست آمده از گمانه‌ها در اعماق مختلف، تهیه گردید. نتایج این مطالعه ۱۰ درصد کوارتز، ۱۸ درصد مسکویت، ۱۰ درصد کلریت، و زمینه که ۵۰ درصد کلسیت می‌باشد، و بقیه کانی‌های رسی و پلاژیوکلاز را تشکیل می‌دهند. مطالعه میکروسکوپی و ماکروسکوپی سنگ‌ها و پیمایش مسیر تونل در یک باند ۵۰۰ متری نشان می‌دهد منطقه به لحاظ پترولوژی، متشکل از کالک شیست می‌باشد. نقشه زمین شناسی مهندسی و مقطع مسیر تونل در شکل ۱ نشان داده شده است.

طراحی و ساخت ایمن سازه‌های مهندسی زیرزمینی و سطحی در سنگ‌ها مستلزم مطالعه دقیق ویژگی‌های ذاتی و محیطی آنهاست. حال چنانچه طبیعت سنگ ناهمسان (انیزوتروپ) باشد، مقاومت باربری، مکانیسم شکست و رفتار شکل‌پذیری آن به شدت به فشارهای جانبی، امتداد بارگذاری و ترکیب کانی‌شناسی بستگی خواهد داشت. بنابراین طراحی صحیح و تحلیل پایداری سازه‌های واقع در این‌گونه سنگ‌ها نیازمند دانش کافی در مورد رفتار آنهاست [۱] و [۲]. در میان سه گروه اصلی سنگ‌ها (آذرین، رسوبی، دگرگونی)، سنگ‌های دگرگونی دارای بیشترین ناهمسانی در رفتار مکانیکی می‌باشند [۳]. مهم‌ترین ویژگی سنگ‌های دگرگونی متورق، ناهمسانی آنهاست که باید در ارزیابی مهندسی مورد توجه قرار گیرد. تورق یا شیستوزیته موجب ناهمسانی در رفتار مکانیکی سنگ‌ها می‌شود یعنی سنگ‌ها در جهات مختلف تورق رفتار مکانیکی متفاوت نشان می‌دهند. سنگ‌های دگرگونی متورق به خوبی نشان می‌دهند که چگونه شیب صفحات تورق نسبت به محور بارگذاری (β) قادر است ویژگی‌های سنگ بکر را تحت تاثیر قرار داده، مقاومت و نسبت‌های مدولی را تغییر دهند و در نتیجه علامت اختصاری سنگ را عوض نمایند [۲]، [۴] و [۵].

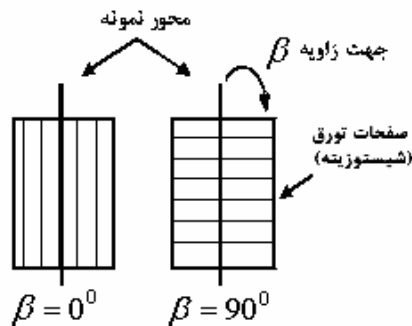
معیارهای شکست مختلفی برای پیش‌بینی مقاومت سنگ‌های ناهمسان توسط جیگر (۱۹۶۰)، بریس و والش (۱۹۶۴)، گری و مک لامور (۱۹۶۷) و هوک و براون (۱۹۸۰) پیشنهاد شده است که کاربرد آنها مشکل بوده و نیازمند حجم زیادی از داده‌های آزمایشگاهی است [۳] و [۶]. در سالیان اخیر برخی از محققین و از آن جمله رامامورتی و همکاران (۱۹۸۸) و ناصری (۲۰۰۳) با



شکل ۱: نقشه زمین شناسی مهندسی به همراه مقطع تونل [۷].

۲- روش تحقیق

با سرعت در حدود ۰/۲ مگا پاسکال بر ثانیه انجام شده است [۷]. شکل ۳ نمونه‌های مورد آزمایش با زوایای تورق مورد نظر را نشان می‌دهد.



شکل ۲: زاویه تورق نسبت به محور نمونه [۱]

مطالعه بر روی نمونه‌های بدست آمده از اعماق مختلف با زوایای تورق ۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ درجه، که از گمانه‌های ژئوتکنیک اکتشافی که در مسیر تونل انتقال آب حفاری شده‌اند صورت گرفته است. نمونه‌های فاقد درزه و شکستگی از جعبه نمونه‌ها انتخاب شده و جهت حفظ رطوبت طبیعی، موم‌اندود گردید. و سپس به آزمایشگاه جهت بررسی‌های میکروسکوپی و تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی ارسال شد. در هر زاویه حداقل ۴ تست مقاومت فشاری سه محوری با فشارهای جانبی ۲، ۴ و ۶ مگاپاسکال در شرایط خشک نمونه انجام شده است.

در مجموع ۵۰ نمونه جهت تعیین مقاومت فشاری سه محوری، مورد آزمایش قرار گرفت. جهت پیش بینی مقاومت فشاری سه محوری از معیار پیشنهادی رامامورتی و همکاران (۱۹۸۸) استفاده شده و نتایج آن به صورت نمودار آورده شده است. در تمام مراحل جهت زاویه تورق با محور نمونه بصورت شکل ۲ در نظر گرفته شده است.

نحوه آماده‌سازی نمونه‌ها و روش انجام آزمایش‌ها، مطابق استانداردهای انجمن جهانی مکانیک سنگ (ISRM) بوده است. نسبت طول به قطر نمونه‌ها ۲/۵ و سطوح قاعده‌ای آنها کاملاً صاف و موازی و عمود بر محور نمونه بوده است. بارگذاری

۳- انجام آزمایش‌ها و تحلیل داده‌ها

۳-۱- خواص فیزیکی نمونه‌ها

میانگین مقادیر ویژگی‌های فیزیکی حاصل از مطالعه ۱۷ نمونه در جدول ۱ نشان داده شده است. سنگ‌های مورد مطالعه دارای تخلخل، نسبت پوکی و درصد جذب آب کم می‌باشند. بنابر این نفوذپذیری این سنگ‌ها بیشتر توسط درزه و شکاف‌های موجود در این سنگ‌ها کنترل می‌شود.

جدول ۱: میانگین مقادیر ویژگی‌های فیزیکی حاصل از انجام آزمایش‌ها بر روی نمونه‌ها

وزن واحد حجم خشک (gr/cm ³)	وزن واحد حجم (gr/cm ³) اشباع	وزن مخصوص ذرات جامد	(%) درصد جذب آب	(%) درصد تخلخل	نسبت پوکی (e)
۲/۲۲۵	۲/۷۳۷	۲/۷۶	۰/۴۰	۱/۰۷	۰/۰۱۱



شکل ۳: نمونه‌های مورد آزمایش با زوایای مختلف تورق

و α_{90} و B_{90} مقدار α_j, B_j در $\beta = 90^\circ$ درجه که با انجام دو یا سه آزمایش سه محوری در این امتداد بدست آمده‌اند. مقاومت فشاری تک محوری (σ_{cj}) در هر امتداد β به کمک انجام آزمایش‌های مقاومت فشاری تک محوری بر روی سنگ‌ها در زوایای $0^\circ, 30^\circ$ و 90° درجه بدست آورده شد، مقادیر α_{90} و B_{90} به کمک روابط ۴ و ۵ محاسبه می‌شود [۳].

$$\alpha_{90} = \frac{\log \left[\frac{\sigma_1(90)_1 - \sigma_3(90)_1}{\sigma_3(90)_1} \right]}{\log \left[\frac{\sigma_1(90)_2 - \sigma_3(90)_2}{\sigma_3(90)_2} \right]} \quad (4)$$

$$B_{90} = \frac{\sigma_1(90)_1 - \sigma_3(90)_1}{\sigma_3(90)_1} \left[\frac{\sigma_c(90)}{\sigma_3(90)_1} \right]^{\alpha_{90}} \quad (5)$$

پارامترهای فوق الذکر توسط یک برنامه کامپیوتری که تحت نرم افزار Matlab نوشته شده (بخش ۷-۲)، محاسبه و نتایج آن بصورت جدول و نمودار ارائه گردیده است. مقادیر α_j و B_j برای زوایای مختلف محاسبه و در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: مقادیر پارامترهای α_j و B_j برای امتدادهای مختلف بر اساس رابطه رامامورتی (۱۹۸۸)

β^0 زاویه تورق)	B_j	α_j
۰	۱/۷۷	۰/۷۸
۳۰	۱/۸۴	۰/۷۲
۶۰	۱/۷۸	۰/۷۶
۹۰	۱/۷۶	۰/۸

مقادیر مقاومت‌های پیش‌بینی شده برای امتدادهای مختلف نمونه‌ها به ازای تنش‌های جانبی $\sigma_3 = 2, 4, 6$ مگاپاسکال محاسبه و در جدول ۴ ارائه شده است. در شکل ۴ مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده مقاومت فشاری سه محوری با نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد که مقادیر پیش‌بینی شده با نتایج

۲-۳- خواص مکانیکی نمونه‌ها (مقاومت فشاری سه محوری) برای شناخت رفتار واقعی سنگ‌ها در مقابل بارهای وارده، مناسب‌ترین روش آزمایش تعیین مقاومت فشاری سه محوری آنهاست [۱]. میانگین نتایج حاصل از انجام آزمایش‌های مقاومت فشاری سه محوری در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج حاصل از انجام آزمایش‌های سه محوری بر روی سنگ‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که مقاومت حداکثر در نمونه‌ها با زاویه تورق $\beta = 90^\circ$ درجه و مقاومت حداقل در نمونه‌ها با زاویه تورق $\beta = 30^\circ$ درجه حاصل شده است.

۳-۳- پیش‌بینی مقاومت فشاری در شرایط محصور

مقاومت فشاری سه محوری سنگ‌های شیستی را می‌توان به کمک معیار رامامورتی (۱۹۸۸) پیش‌بینی نمود. این معیار به صورت رابطه ۱ است.

$$(\sigma_1 - \sigma_3) / \sigma_3 = B_j (\sigma_{cj} / \sigma_3)^{\alpha_j} \quad (1)$$

که در آن:

σ_{cj} = مقاومت فشاری تک محوری در یک امتداد مورد نظر
 α_j و B_j = مقادیر α و B در امتداد مورد نظر

جدول ۲: نتایج آزمایشگاهی مقاومت فشاری سه محوری

زاویه تورق (β^0)	σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)
۰	۲	۳۴/۹
	۴	۴۰/۱
	۶	۴۷/۹
۳۰	۲	۲۵/۱
	۴	۳۲/۷
	۶	۳۶/۸
۶۰	۲	۳۲/۶
	۴	۳۴/۷
	۶	۴۳/۹
۹۰	۲	۳۶
	۴	۴۳/۴
	۶	۴۹/۸

پارامترهای α_j و B_j از روابط ۲ و ۳ که توسط رامامورتی (۱۹۸۸) پیشنهاد شده، بدست می‌آیند [۳]:

$$\alpha_j / \alpha_{90} = (\sigma_{cj} / \sigma_{c90})^{1-\alpha_{90}} \quad (2)$$

$$B_j / B_{90} = (\alpha_{90} / \alpha_j)^{0.5} \quad (3)$$

که در آن:

σ_{c90} = مقاومت فشاری تک محوری در $\beta = 90^\circ$ درجه

برشی سنگ (φ, C) بدست می‌آید. جهت رسم دواير موهر، برنامه‌ای در نرم افزار Matlab نوشته (بخش ۷-۱) شده است. نتایج پارامترهای مقاومت برشی نمونه‌ها در امتدادهای مختلف در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵: مقادیر آزمایشگاهی زاویه اصطکاک داخلی و نیروی چسبندگی نمونه‌ها در امتدادهای مختلف تورق

زاویه تورق	$C(MPa)$	$\varphi(Degree)$
۰	۸/۲	۳۱
۳۰	۵/۸	۲۸
۶۰	۷/۴	۲۹
۹۰	۹	۳۲

بررسی پارامترهای مقاومت برشی (چسبندگی C و زاویه اصطکاک داخلی φ) حاصل از پوشها نشان می‌دهد که این پارامترها در امتدادهای مختلف از مقادیر ثابتی برخوردار نیستند. این موضوع توسط برخی محققین از جمله آتی ول و سندفورد (۱۹۷۴) با مطالعه بر روی سنگ‌های ناهمسان مشاهده شد [۸]. تغییرات این پارامترها در اشکال ۵ و ۶ نشان داده شده است. منحنی تغییرات چسبندگی (C) شبیه حالتی است که برای مقاومت شکست سنگ‌ها مشاهده شد. به عبارت دیگر در نمونه‌های مسیر تونل بیشترین مقدار چسبندگی در امتداد $\beta = 90^\circ$ درجه و کمترین مقدار آن در امتداد $\beta = 30^\circ$ درجه دیده می‌شود. همانطور که ملاحظه می‌شود تغییرات نیروی چسبندگی نسبتاً زیاد است.

تغییرات زاویه اصطکاک داخلی سنگ‌ها در امتدادهای مختلف برای نمونه‌های مسیر هر تونل اندک بوده، بنابراین چنین برداشت می‌شود که حساسیت زاویه اصطکاک داخلی سنگ‌ها به جهت ناهمسانی به مراتب کمتر از حساسیت پارامتر چسبندگی باشد. مقادیر زاویه اصطکاک داخلی سنگ‌ها در امتدادهای مختلف به هم نزدیک بوده و در محدوده ۲۸ تا ۳۲ درجه تغییر می‌کند. پایین بودن زاویه اصطکاک داخلی در این سنگ‌ها را می‌توان به پایین بودن زبری سطوح لغزش و دانه‌های ریز در این سنگ‌ها نسبت داد.

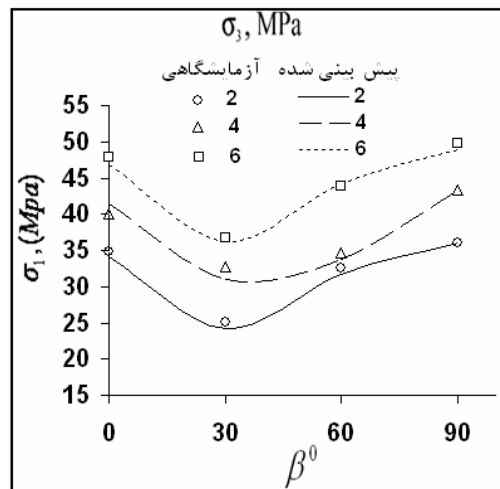
۳-۵- پارامترهای مقاومت برشی پیش بینی شده

برای مطالعه پارامترهای مقاومت برشی پیش بینی شده، سنگ‌های مورد مطالعه و بررسی تغییرات آن در امتدادهای مختلف (β) با استفاده از نتایج پیش بینی شده مقاومت فشاری سه محوری، دواير موهر و پوش‌های خطی آنها رسم

آزمایشگاهی از مطابقت خوبی برخوردار است. بنابر این معیار شکست تجربی رامامورتی و همکاران (۱۹۸۸) برای این سنگ‌ها قابل کاربرد است.

جدول ۴: مقادیر پیش‌بینی شده مقاومت فشاری سه محوری بر اساس رابطه رامامورتی (۱۹۸۸)

زاویه تورق (β^0)	$\sigma_3 (MPa)$	$\sigma_1 (MPa)$
۰	۲	۳۴/۱۶
	۴	۴۱/۵
	۶	۴۷
۳۰	۲	۲۴/۳۲
	۴	۳۱
	۶	۳۶/۲
۶۰	۲	۳۱/۷
	۴	۳۸/۸
	۶	۴۴/۲
۹۰	۲	۳۶
	۴	۴۳/۴
	۶	۴۹



شکل ۴: مقایسه نتایج آزمایشگاهی مقاومت فشاری سه محوری و مقادیر پیش‌بینی شده از رابطه رامامورتی (۱۹۸۸)

۳-۴- پارامترهای مقاومت برشی

برای مطالعه پارامترهای مقاومت برشی (نیروی چسبندگی C و زاویه اصطکاک داخلی φ) سنگ‌های مورد مطالعه و بررسی تغییرات آن در امتدادهای مختلف β با استفاده از نتایج آزمایشگاهی مقاومت فشاری سه محوری، دواير موهر و پوش‌های خطی آنها رسم شده، پارامترهای مقاومت

۴- بحث و نتیجه گیری

- سنگ‌های مورد مطالعه دارای تخلخل، نسبت پوکی و درصد جذب آب پایین می‌باشند و همچنین نتایج حاصل از انجام آزمایش‌های سه محوری بر روی سنگ‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که مقاومت شکست این سنگ‌ها به امتداد بارگذاری (β) و مقدار تنش جانبی (σ_3) بستگی دارد. بطوری که برای این سنگ‌ها دو مقدار مقاومت حداکثر در نمونه‌های با زوایای تورق $\beta = 0$ و $\beta = 90$ درجه و مقاومت حداقل در نمونه‌های با زاویه تورق $\beta = 30$ درجه حاصل می‌شود.

- مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده مقاومت فشاری سه محوری با نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهد که مقادیر پیش‌بینی شده با نتایج آزمایشگاهی مطابقت خوبی دارد. بنابر این معیار شکست تجربی رامامورتی و همکاران (۱۹۸۸) برای این سنگ‌ها قابل کاربرد است.

- بررسی پارامترهای مقاومت برشی (چسبندگی C و زاویه اصطکاک داخلی ϕ) حاصل از پوش‌ها نشان می‌دهد که این پارامترها در امتدادهای مختلف از مقادیر ثابتی برخوردار نیستند. در نمونه‌های مسیر تونل بیشترین مقدار چسبندگی در امتداد $\beta = 90$ درجه و کمترین مقدار آن در امتداد $\beta = 30$ درجه دیده می‌شود. همانطور که ملاحظه می‌شود تغییرات نیروی چسبندگی نسبتاً زیاد است.

- حساسیت زاویه اصطکاک داخلی سنگ‌ها به جهت ناهمسانی به مراتب کمتر از حساسیت پارامتر چسبندگی می‌باشد. مقادیر زاویه اصطکاک داخلی سنگ‌ها در امتدادهای مختلف به هم نزدیک بوده و در محدوده ۲۸ تا ۳۲ درجه تغییر می‌کند.

۵- ارائه پیشنهاد

جهت بدست آوردن نتایج مطلوبتر برای استفاده از رابطه رامامورتی و همکاران (۱۹۸۸) پیشنهاد می‌شود که تعداد آزمایش‌ها در امتدادهای مختلف افزایش یافته، همچنین آزمایش مقاومت سه محوری نمونه‌ها در جهت $\beta = 45$ درجه نیز در صورت امکان انجام گردد.

۶- تقدیر و تشکر

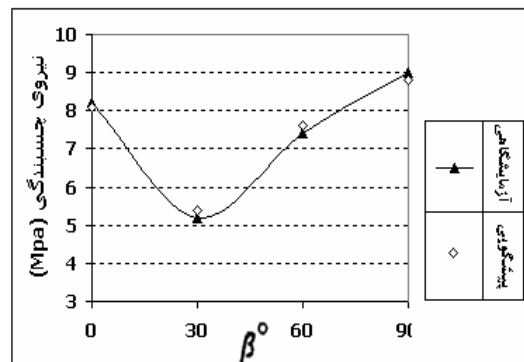
بدین وسیله از شرکت مهندسین مشاور مهتاب قدس و شرکت مهندسین مشاور گمانه کاو که امکان این کار تحقیقاتی را فراهم نمودند قدردانی می‌شود.

شده، پارامترهای مقاومت برشی سنگ (C, ϕ) بدست می‌آید. مقادیر پیش‌بینی شده پارامترهای مقاومت برشی در امتدادهای مختلف در جدول ۶ ارائه شده است.

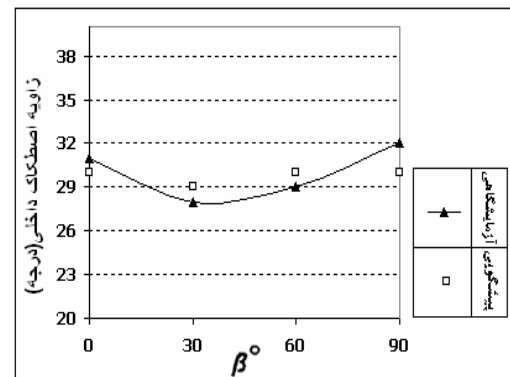
جدول ۶: مقادیر پیش‌بینی شده نیروی چسبندگی و زاویه اصطکاک داخلی نمونه‌ها در امتدادهای مختلف تورق

زاویه تورق	$C(MPa)$	$\phi(Degree)$
۰	۸/۱	۳۰
۳۰	۵/۴	۲۹
۶۰	۷/۶	۳۰
۹۰	۸/۸	۳۰

با توجه به منحنی شکل ۵ مشاهده می‌شود بین نتایج آزمایشگاهی و مقادیر پیش‌بینی شده نیروی چسبندگی نمونه‌ها مطابقت خوبی وجود دارد. با توجه به منحنی شکل ۶ مشاهده می‌شود بین نتایج آزمایشگاهی و مقادیر پیش‌بینی شده زاویه اصطکاک داخلی نمونه‌ها مطابقت خوبی وجود دارد.



شکل ۵: منحنی تغییرات مقادیر آزمایشگاهی و مقادیر پیش‌بینی شده نیروی چسبندگی در زوایای مختلف تورق



شکل ۶: منحنی تغییرات مقادیر آزمایشگاهی و مقادیر پیش‌بینی شده زاویه اصطکاک داخلی در زوایای مختلف تورق

۷- ضمایم

۷-۱- برنامه رسم دواير موهر به کمک نتایج مقاومت فشاری سه محوری

```

function b=mohr
clc
clear
hold off
q90(1)=input('inter minor principal stress q1=');
p90(1)=input('inter major principal stress p1=');
q90(2)=input('inter minor principal stress q2=');
p90(2)=input('inter major principal stress p2=');
q90(3)=input('inter minor principal stress q3=');
p90(3)=input('inter major principal stress p3=');
for i=1:3;
c=(p90(i)+q90(i))/2;
r=(p90(i)-q90(i))/2;
x=0:0.1:p90(i);
y=sqrt(r.^2-(x-c).^2);
hold on
plot(x,y,'r')
title('mohr diagram')
xlabel('normal stress (mpa)')
ylabel('shear stress (mpa)')
end
hold on
[xx yy]=ginput(2);
m1=(yy(2)-yy(1))/(xx(2)-xx(1));
c=yy(1)-m1*xx(1);
y1=m1*x+c;
plot(x,y1)
f1=atan(m1);
fi=(f1*180)/pi;
p90
q90
c
fi

```

۷-۲- برنامه ی بدست آوردن مقادیر پیش بینی شده مقاومت به کمک معیار رامامورتی و همکاران (۱۹۸۸)

```

Function a=func
clc
clear all
for input data
beta=input('orientation angle beta=');
u0=input('inter uniaxial compressive strenght at beta=0 u0=');
u90=input('inter uniaxial compressive strenght at beta=90 u90=');
q90(1)=input('inter minor principal stress at failure1 at beta=90 q90=');
p90(1)=input('inter major principal stress at failure1 at beta=90 p90=');
q=input('inter minor principal stresses at beta q=');
q90(2)=input('inter minor principal stress at failure2 at beta=90 q90=');
p90(2)=input('inter major principal stress at failure2 at beta=90 p90=');
q90(3)=input('inter minor principal stress at failure3 at beta=90=');

```

```

beta=beta*pi/180;
ubeta=a-d*cos(2*(pi/6-beta));
if beta<=30
    beta=beta*pi/180;
    ;))ubeta=41.7-17.99*(cos(2*(pi/6-beta
elseif beta>30
    beta=beta*pi/180;
    ;))ubeta=33.55-4.03*(cos(2*(pi/6-beta
end
m=(p90(1)-q90(1))/q90(1);
n=(p90(2)-q90(2))/q90(2);
s=u90/q90(1);
z=u90/q90(2);
k90=log10(m/n)/log10(s/z);
b90=m/(s^k90);
kbeta=k90*(ubeta/u90)^(1-k90)
bbeta=(b90*(k90/kbeta)^0.5)
for i=1:3;
    ;) p(i)=q90(i)*bbeta*((ubeta/q90(i))^kbeta)+q90(i)
c=(p(i)+q90(i))/2
r=(p(i)-q90(i))/2
x=0:0.1:p(i);
y=sqrt(r.^2-(x-c).^2);
hold on
for plot Of mohr diagram
plot(x,y,'r')
title('mohr diagram')
xlabel('normal stress (mpa)')
ylabel('shear stress (mpa)')
axis([0 p(3)+20 0 (p(3)-q(3))/2+30] )
end
hold on
/for plot of envelope of mohr circles
)[xx yy]=ginput(2)
m1=(yy(2)-yy(1))/(xx(2)-xx(1));
c=yy(1)-m1*xx(1);
y1=m1*x+c;
plot(x,y1)
f1=atan(m1);
fi=(f1*180)/pi;
ubeta
p
q
c
fi
k
b

```


منابع

- Saudi Arabia Engineering Geology. Volume 50. Issues 1-2 .pp. 49-57
- [6] Nasser. M.H.B., Rao. K.S., Ramamurthy. T.; (1997); "*Failure mechanism in schistose rock*"; International Journal Of Rock Mechanics & Mining sciences 36. pp. 460-473
- [7] شرکت مهندسی مشاور گمانه کاو؛ (۱۳۸۵)؛ "گزارش شماره یک نتایج آزمایش‌های مکانیک سنگ طرح سامانه انتقال آب سد آزاد به روانسر".
- [7] Attewella. B., Sandforda. R.; (1974); "*Intrinsic shear strength of a brittle, anisotropic rock- Experimental and mechanical interpretation*"; International Journal of Rock Mechanics and Mining Science & Geomechanics. Volume 11. Issue 11. pp. 423-430.
- [9] معماریان، محمد حسین؛ (۱۳۸۰)؛ "زمین شناسی برای مهندسی"؛ انتشارات دانشگاه تهران (چاپ پنجم).
- [1] طالع زاری، جلال؛ (۱۳۸۶)؛ "مطالعه ناهمسانی رفتار مکانیکی در شیست‌ها"؛ پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی معدن. دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- [2] Behrestaghi. M.H.N., Rao. G.V., Ramamurthy. T.; (1996); "*Engineering geological and geotechnical responses of schistose rocks from dam project areas in India*"; Engineering Geology. Volume 44. Issue 1-4. pp. 183-201.
- [3] Nasser. M.H.B., Rao. K.S., Ramamurthy. T.; (2003); "*Anisotropic strength and deformational behavior of Himalayan Schist*"; Canada International Journal of Rock Mechanics & Mining sciences 40. pp. 3-23.
- [4] قبادی، محمد حسین؛ (۱۳۸۵)؛ "مبانی زمین شناسی مهندسی"؛ انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان.
- [5] Aifan. A., Harthi. A.; (1998); "*Effect of planar structures on the anisotropy of Ranyah sandstone*";

