سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره
بین المللی
تخصصی
علوم زمین
وزارت صنعت، معدن و تجارت
سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
۲۷-۳۰ بهمن ۱۳۹۲

ریخت شناسی سطح گسل، معیاری برای تشخیص سازوکار آن

الهام خراسانی(*)، دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی تکتونیک دانشگاه شاهرود
Khorasanie37@yahoo.com
پرویز امیدی،دکترای زمین شناسی تکتونیک، عضو هیئت علمی دانشگاه شاهرود، pomidy@yahoo.com
عزیزالله طاهری، استاد چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی دانشگاه شاهرود، ali.ataheri@gmail.com

چکیده :

ریخت‌شناسی سطوح گسل، اساساً تحت تأثیر جنس سنگ، رفتار مکانیکی، نوع گسله‌سنگ و دخالت سطوح شکستگی اریب نسبت به سطح گسل از قبیل شکستگی‌های کششی و برش‌های ریدل است. در مکان‌هایی که سایر روش ها مانند چینه نگاری، چین‌های کشیده و... برای تشخیص سازوکار گسل‌ها در دسترس نباشند معیارهای ریخت‌شناسی ابزارهای مناسبی برای تشخیص نحوه حرکت گسل توسط زمین شناسان ساختمانی است. اگرچه شناسایی و به‌کارگیری این معیار به دلیل عملکرد فرسایش برروی سطوح گسستگی‌ها چندان ساده نیست ولی استفاده از نمونه‌های الگو به ویژه در گسل های نوزمین ساختی می‌تواند کارگشا باشد. در این مقاله نمونه‌های الگویی از برخی معیارها بر روی سنگ آهک‌های سازند دلیچای، لار، و کنگلومرای هزاردره در منطقه‌ی شمال گردنه آهوان (شمال خاوری سمنان)معرفی شده‌اند.

کلید واژه ها: مورفولوژی سطح گسل، سازوکار گسل، برشی‌های ریدل.

Abstract:

Fault surface morphology, a criterion for fault mechanism recognition.

Fault surface morphology, mainly influenced by lithology, mechanical behavior, type of fault, and interference oblique fracture surfaces to the fault surface such as tensile fractures and Riddle shears. In places where other methods such as stratigraphy, fault drag folds and...So on are not available, morphological criteria are suitable tools for determination of movement sense by structural geologist. Although because of fault plane erosion, identification and using of these criteria is not so easy, but, the use of typical samples especially in neotectonic faults can be very useful. In this paper, examples of some typical criteria on Delichay and Lar limestones, and Hezardareh conglomerate in the North of Ahovan (north-east of Semnan) are showed.

Keywords : Fault surface Morphology, fault Mechanism, Riddle shears.

مقدمه :

شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل در مطالعات زمین شناسی ساختمانی کاربرد ویژه‌ای دارد. به کارگیری روش‌های تجزیه و تحلیل این شاخص‌ها به محققین زمین شناسی کمک مؤثری در استنباط فرآیندهای حرکتی می‌نماید. از تاریخچه و پیشینه‌ی مطالعاتی این عناصر می توان به مطالعات ریدل (Riedel, 1929) به عنوان پیشگام در زمینه شکستگی‌های مرتبط با زون‌های برشی (Riedel shear) اشاره نمود (Coelho,2006) وی این شکستگی‌ها را در دسته‌های R،R′،P و T تقسیم‌بندی نموده و ملاک تفکیک آن‌ها رامیزان زاویه و جهت حرکت این شکستگی‌ها نسبت به گسل می‌داند.
پتیت (Petit,1987) بعضی از این عناصر حرکتی را با برداشت‌های صحرایی در کوه‌های آلپ موروکو مورد مطالعه قرا داده و معتبرترین معیارهای نحوه تشخیص حرکت را دسته شکستگی‌های مرتبط با گسل معرفی می‌نماید. دبلاس (Doblas,1998) طبقه‌بندی جدیدی از این شاخص‌ها را براساس ۶۱ معیار ارائه نموده است. این معیارهای لغزشی در ۱۱ گروه عمده از قبیل، نشانه‌های هلالی‌شکل (V or crescentic marking)، پله‌ها (steps)، شکستگی‌ها (fractures)، ردیفی از ساختارهای مسطح متمایل (trains of inclined planar structures)، آثار اجسام برجای مانده (trailed material)، برجستگی‌های نامتقارن(Asymmetric elevations)، عناصر تغییر شکل یافته (deformed elements)، جهت

کریستالوگرافی و کانی‌شناسی (crystallographic/ mineralogical orientations)، مناظر نامتقارن در سطح گسل (Asymmetric plan-view features)، حفره‌های نامتقارن (asymmetric cavities)، و چین‌های نامتقارن (asymmetric folds) قرار گرفته‌اند. در مکان‌ها و پهنه‌های محدود که روش‌های تشخیص سازو کار گسل‌ها مانند چینه‌نگاری، عناصرساختاری همچون چین‌های کشیده سطح گسل و... حضور ندارند شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل می‌تواند به تشخیص نحوه حرکت وسازوکار آنها کمک نماید به ویژه در بررسی‌های تنش دیرین به کمک تحلیل لغزش گسل‌ها این شاخص‌ها کاربرد ویژه ای خواهند داشت. ریخت‌شناسی سطح گسل و شناسایی نحوه حرکت با استفاده از معیارهای مورفولوژی سطح گسل کمتر مورد توجه بوده است و از آنجا که در مطالعات نوین زمین‌شناسی ساختمانی، شناسایی این شاخص‌ها و روش به کارگیری آن‌ها ضرورت دارد، در راستای تهیه یک اطلس کاربردی از این شاخص‌ها که هدف درازمدت نگارنده می‌باشد، سعی شده است که به طور اجمالی در این مقاله به برخی از این شاخص‌های شکل گرفته در سطوح گسلی مشاهده شده بر روی واحدهای آهکی مزوزوئیک و کنگلومرای هزاردره منطقه آهوان (شمال شرق سمنان) ازقبیل، پله‌های گسلی، اثر برشی‌های ریدل، نشانه‌های هلالی‌شکل و نشانه‌های ابزاری اشاره شود.

◇◇◇◇◇◇◇

روش تحقیق:

دست‌آوردهای این مقاله بخشی از یک تحقیق پایان نامه‌ای است که در منطقه مورد مطالعه در دست انجام است. شناسایی شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل بر مشاهدات و اندازه گیری‌های مستقیم سطوح گسستگی در صحرا استوار بوده است. برداشت‌ها و یافته‌های صحرایی با مدل‌های تئوریک موجود، تطبیق و مقایسه گردیده است.

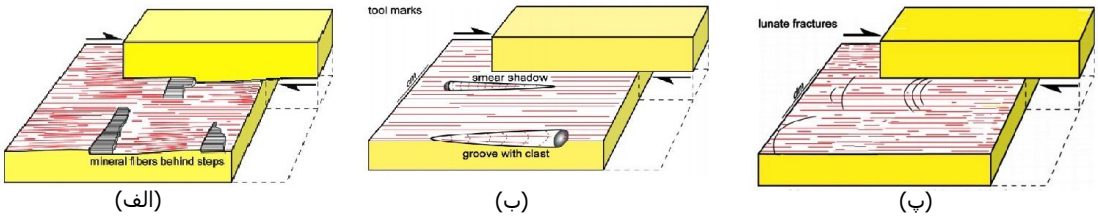
شاخص‌های ریخت‌شناسی سطح گسل:
یک روش بسیار مؤثر در تعیین جهت حرکت و سازوکار گسل، مشاهده مستقیم سطوح لغزش می باشد. معیارهای ریخت‌شناسی سطح گسل، اساساً تحت تاثیر عوامل عمده‌ای از جمله نوع سنگ و رفتارمکانیکی آن قرار دارند و به انواع متنوعی از ساختارهای ثانوی همراه با گسل از قبیل، خراش‌های گسل، پله‌های گسل، خطواره‌های رشته‌ای ناشی از رشد فیبرهای کانیایی، آثار خرده‌سنگی، حفره های نامتقارن، شکستگی‌های هلالی، شکستگی‌های ریدل و... اطلاق می‌شود که در زیر به برخی از آن‌ها پرداخته شده است.

۱- پله‌های گسلی(Steps):
پله‌های گسلی یکی از معمول‌ترین برجستگی‌های روی سطوح لغزشی هستند که بر خراش‌های گسلی تقریباً عمودند (شکل۱-الف). لمس صاف این برجستگی‌های پله‌مانند جهت حرکت بلوک گم شده را نشان می‌دهد که آن‌ها را معیار صافی مثبت (Angelier, 1994) یا پله‌های سازگار (Norris and Barron,1969) می‌گویند. اما گاهی مشاهده شده است که پله‌های گسلی در خلاف جهت حرکت بلوک گم شده قرار می گیرند و ناظر درصورت لمس این دسته از پله‌های گسلی احساس زبری می‌کند که به اصطلاح به آن معیار صافی منفی (Angelier, 1994) یا پله‌های ناسازگار (Norris and Barron,1969) اطلاق می‌شود. این نوع ازپله‌های باز دارنده در محل انحلال حفره‌ای قرار دارند که اگر بر سطح گسل عمود باشند به صورت یک استیلولیت کوچک ظاهر می‌شوند (Marshak and Mitra,1986).

۲- خطواره‌های رشته‌ای (Mineral steps):
این خطواره‌ها ناشی از رشد کانی‌های رشته‌ای در سطح گسل است (شکل ۱-الف). حضور این خطواره‌ها معرف آن است که گسل ضمن حرکت به طور جزئی باز شده و محلی برای تشکیل این کانی‌های رشته‌ای فراهم ساخته است و با توجه به ترکیب کانی، کانی به صورت رشته‌های ظریف و دراز در جهت حرکت بلوک مقابل در مناطق پناهگاهی (عموماً پشت پله‌ها) رشد می‌کند (Marshak and Mitra,1986).

۳-نشانه‌های ابزاری (Tool mark):
نشانه های ابزاری خطواره‌های شیاری هستند که در اثر کشیده شدن یک قطعه سنگ یاجسم فرسایش دهنده سخت (سخت تر از خود سنگ) بر روی یکی ازدیواره‌های گسلی در جریان حرکت سطح لغزشی با رخنمون قاشقی شکل بر روی سطح گسل بر جای گذاشته می‌شوند و ممکن است قطعه سنگ در انتهای شیار باقی بماند. (شکل۱-ب). در این صورت سمت حرکت به سمت پایانه حرکت جسم سخت می‌باشد (Tjia, 1967; Doblas, 1985). اما در صورت عدم حضور این کلاست‌ها استفاده از این معیار قابل اطمینان نخواهد بود.

۴- شکستگی‌های هلالی (Crescentic fractures):
این شاخص‌ها شکاف‌های کششی می‌باشند که معمولاً به صورت هلالی‌شکل بر روی سطوح گسستگی‌ها ظاهر می شوند(شکل۱-پ). حرکت در این شاخص‌ها به سمت تقعر هلال‌ها می‌باشد (Doblas, 1985).



(الف) (ب) (پ)

شکل۱: نمودار سه بعدی نشاندهنده رابطه بین جهت حرکت و شاخص های مورفولوژی سطح گسل، الف-پله‌های گسل و خطواره‌های رشته‌ای، ب-تول مارک‌ها، پ-شکستگیهای هلالی (برگرفته ازسایت www.files.ethz.ch).

۵- شکستگی‌های فرعی مرتبط با گسل (Riedel shear):
شکستگی‌ها یکی از بهترین شاخص‌ها جهت تعیین لغزش در زون‌های برشی می‌باشند. شکستگی‌های موسوم به برش‌های ریدل، اکثراً ازپدیده‌های مربوط به گسل‌های راستالغز هستند. این برشی‌های ثانویه براساس اینکه نسبت به سطح اصلی گسل با چه زاویه‌ای تشکیل می‌شوند و چه سازوکاری دارند، نام های متفاوتی به خود می گیرند و به برشی‌های P،R′،R و T تقسیم می‌شوند (Petit, 1987). جهت گیری این ساختارها نسبت به گسل اصلی راستالغز، تعیین کننده‌ی جهت برش در گسل می باشد:
یکی از انواع شکستگی‌های برشی ریدل که R نامیده می‌شوند، برش‌هایی هستند که با زاویه کوچک نسبت به گسل اصلی راستالغز (تقریباً ۱۰تا۲۰ درجه) به شکل ردیف‌های پوششی تشکیل می‌شوند و هم‌سو (Synthetic) با حرکت گسل هستند (شکل۲-الف). در شکستگی‌های R جهت حرکت گسل در راستای بلوک گم شده آسان است وشکستگی برروی سطح گسلی فرو می‌افتد به عبارتی دردسته شکستگی‌های موافق با حرکت گسل (Positive) جای دارند (Coelho,2006).
شکستگی‌های نوع R' شکستگی‌های برشی غیر هم‌سو (Antithetic) با حرکت گسل هستند که به طور متوسط با زاویه ۷۵درجه نسبت به گسل اصلی گسترش پیدا می‌کنند (شکل۲- الف). شکستگی‌های R' که نسبت به سطح اصلی در جهت حرکت بلوک گم شده قرار می‌گیرند، به صورت سدی در مسیر حرکت گسل نمایان می‌شوند و در راستای بلوک گم شده حرکت به آسانی صورت نمی‌گیرد جزء دسته شکستگی‌های مخالف با حرکت (Negative) محسوب می شوند (Coelho,2006).
گسستگی‌های نوع Tشکستگی‌های کششی هستند که به صورت بازشدگی‌هایی روی سطوح گسلی رخنمون می‌یابند و هیچ آثار حرکتی بر روی آن‌ها ثبت نمی‌شوند (شکل۲-ب). شکستگی‌هایT بهترین معیارهای مورفولوژیکی بر روی سطح گسل هستند که سطح شکستگی با سطح گسل زاویه حدود ۴۵ درجه می سازد که نوک گوه ساخته شده توسط این دو سطح، خلاف جهت حرکت بلوک گم شده را نشان می دهد(Doblas,1998).
نکته حائز اهمیت در شکل‌گیری این شکستگی‌ها در سنگ توجه به خواص مکانیکی سنگ و شرایط فیزیکی آن است. بنابراین در سنگ‌هایی با جنس‌های مختلف این برش‌ها با زوایای خاصی نسبت به روند اصلی گسل قرار خواهند گرفت که این زاویه تابع زاویه اصطحکاک داخلی سنگ (Φ) می باشد. به همین منظور به روابط تئوریک ارتباط بین (Φ) و زاویه شکستگی‌ها با سطح اصلی گسل اشاره شده است (رابطه ۱). اگرچه طبق روش معمول در زمین‌شناسی ساختمانی می‌توان زاویه (Φ) متوسط را برای توده سنگ در حدود ۳۰ درجه در نظر گرفت، ولی برای بررسی و محاسبه دقیق‌تر زاویه بین شکستگی‌های برشی با سطح اصلی می‌توان از Φهای بدست آمده برای انواع سنگ‌ها در آزمایشگاه‌ها استفاده نمود. در این بخش از داده های مندرج در جدول ۱ استفاده شده است و مقادیر ممکن برای زوایای R، R′، P و T با در نظرگرفتن Φ =40 برای آهک‌های سازند لار به شرح زیر محاسبه گردیده است.

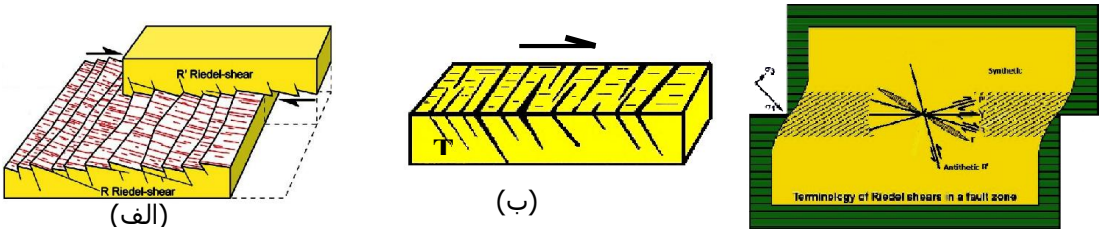
رابطه (۱):

$R=\phi/2$
$R'=90-\phi/2$
$P=-\phi/2$
$T=45$

R=20 R′=70 P=-20 T=45

جدول۱: تعیین زاویه اصطحکاک داخلی برحسب نوع سنگ(Look, 2007).

Roke class	Friction angles range(degrees)	Typical rock types
Low Friction	20 to 27	Schists, shale
Medium Friction	27 to 34	Sandston, siltstone, Chalk, gneiss, slate
High Friction	34 to 40	Basalt, granite, limestone, conglomerat



(الف) (ب) (پ)

شکل۲: الف وب - نمودار سه بعدی مربوط به نحوه شکل‌گیری برشی‌های ریدل R، R′ و T، پ- شکل شماتیکی از روابط زاویه‌ای برش‌های ریدل در زون‌های برشی (برگرفته از سایت www.files.ethz.ch).

نتایج :

تشخیص سازوکار گسل با استفاده از شاخص‌های مورفولوژی سطح گسل در نمونه‌های صحرایی:

در این بخش سعی شده است از معیارهای ریخت شناسی سطوح گسلی که به لحاظ تئوری در بخش روش تحقیق معرفی شده‌اند، درنمونه‌های صحرایی منطقه مورد مطالعه جهت تعیین سازوکار گسل استفاده شود.

۱- پله‌های گسلی: نمونه صحرایی از پله های گسلی بر روی واحدهای کنگلومرایی هزاردره بر روی سطحی با موقعیت ۷۵/۱۸۳ با ریک تقریبی ۷۰درجه پادساعتگرد بر روی فرودیواره برداشت شد که با توجه به این نوع معیار سازوکار گسل معکوس چپ‌بر معرفی شده است (شکل ۳-الف).

۲- خطواره‌های کانیایی: در منطقه مورد مطالعه بر روی سازند آهکی دلیچای خطواره‌های کانیایی کلسیت در پشت پله‌های گسلی رشد یافته‌اند که حضور این رشته‌های ظریف و باریک بر روی سطحی گسلی با موقعیت ۸۰/۱۷۴ و ریک ۲۵درجه پادساعتگرد بر روی فرودیواره، حرکت چپ‌بر معکوس را نشان می‌دهد (شکل ۳-ب).

۳- تول‌مارک‌ها: در مطالعات صحرایی بر روی سازند لار منطقه، آثار تول‌مارک بر روی سطحی با موقعیت ۸۵/۰۶۵، با ریک ۲۰درجه پادساعتگرد بر روی فرادیواره مشاهده شد که حرکت چپ‌بر گسل را تایید می-کند(شکل ۳-پ).

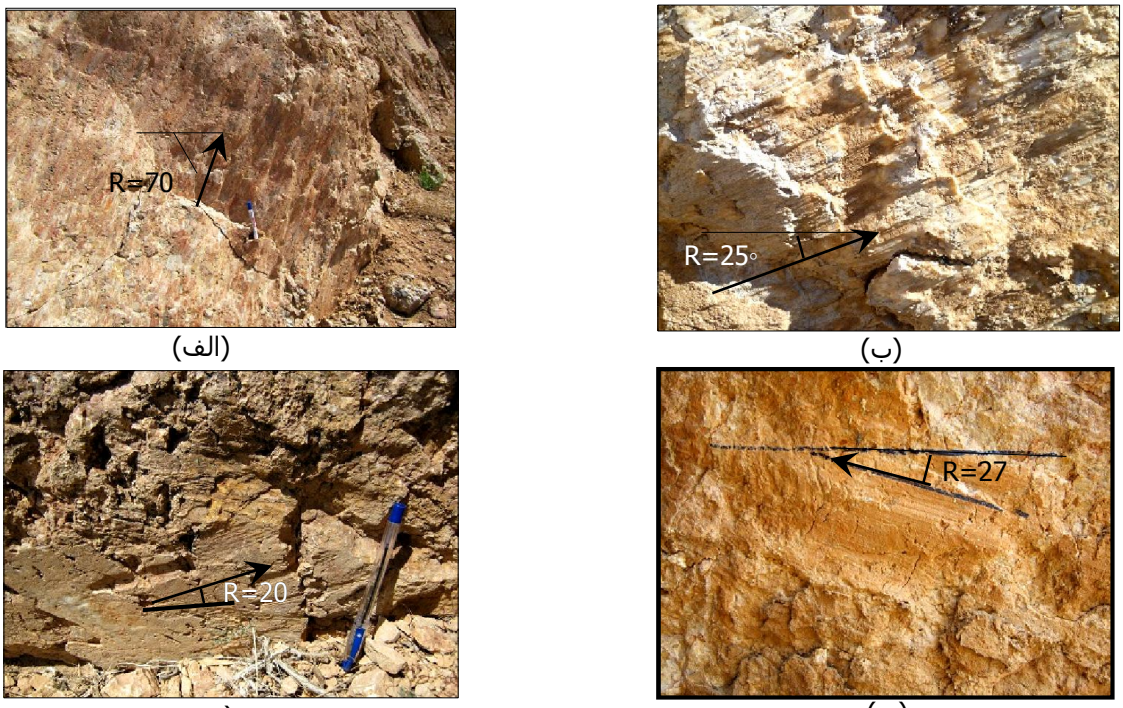
۴- شکستگی‌های کششی هلالی‌شکل: معیار شکستگی‌های هلالی بر روی سطحی با موقعیت ۴۵/۰۶۵ و ریک حدود 27درجه ساعتگرد درفرادیواره بر روی سازند آهکی لار در منطقه دیده شد که با استفاده از آن سازوکار سطح گسلی راست‌بر با مؤلفه کوچک معکوس تشخیص داده شده است (شکل ۳-ت).

۵- شکستگی‌های ریدل:

در مطالعات صحرایی انجام شده در منطقه بر روی سطوح گسلی موقعیت هندسی شکستگی‌های برشی ریدل برداشت شد و پس از ترسیم استریوگرام های مربوط به این سطوح و تعیین زاویه‌ی بین این شکستگی‌ها با سطح گسل اصلی (جدول ۲)، نوع شکستگی تعیین گردید که با مقایسه آن با شکستگی‌های ریدل به دست آمده به‌روش تئوریک در بخش روش تحقیق، مشخص گردید در صورتی که برای واحدهای آهکی سازند لار Φ=40 در نظر گرفته شود این دو روش با یکدیگر همخوانی دارند (شکل ۴).

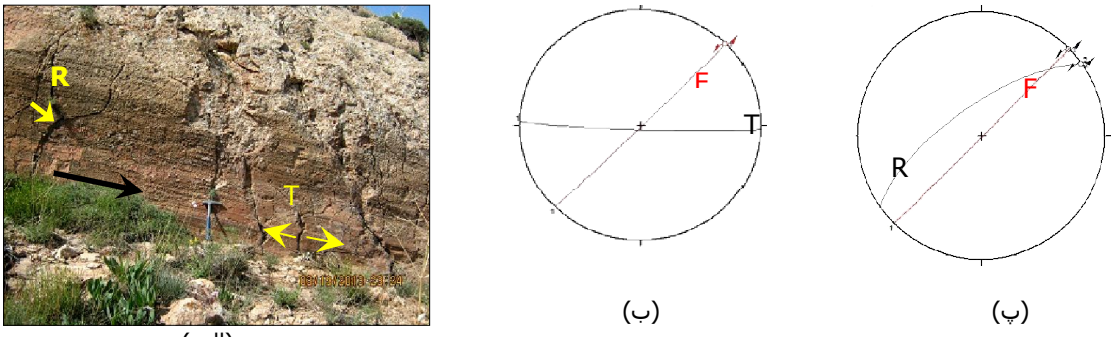
جدول۲: داده‌های برداشت شده از سطوح شکستگی‌های ریدل و تشخیص سازوکار گسل با استفاده از آن.

سازوکارگسل	نوع شکستگی	زاویه سطح اصلی با شکستگی	موقعیت میانگین شکستگی Dip/ Dip.Dir	موقعیت میانگین گسل Dip/ Dip.Dir
چپبر	R	۲۱	۷۰/۳۲۵	۹۰/۱۳۵
چپبر	T	۴۷	۸۷/۱۸۲	۹۰/۱۳۵



(الف) (ب) (پ) (ت)

شکل ۳: الف- نمایی از یک پله گسلی سازگار بر روی واحدهای کنگلومرایی سازند هزاردره (دید به سمت شرق)، ب- نمایی از حضور فیبرهای سفیدرنگ کلسیت در پشت پله های گسلی بر روی واحدهای سازند دلیچای (دید به سمت شمال)، پ- نمایی از نشانه‌های ابزاری بر روی سازند آهکی لار (دید به سمت شمال شرق)، ت- نمایی از شکستگی‌های هلالی بر روی سازند آهکی لار (دید به سمت شرق).



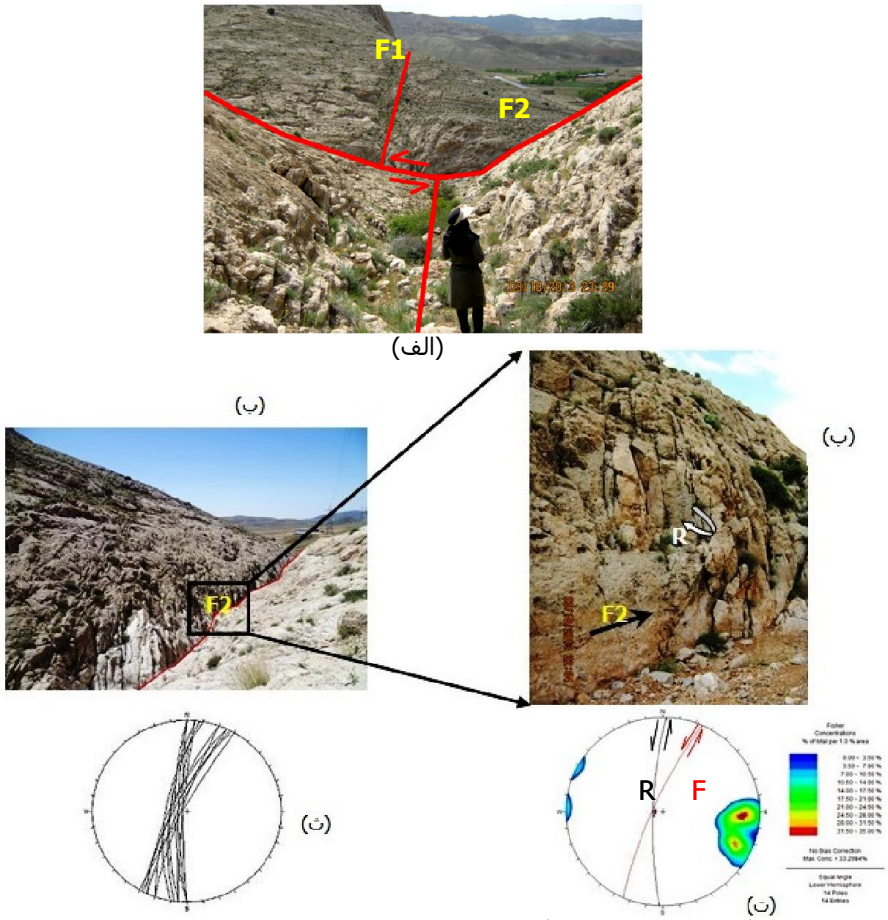
(الف) (ب) (پ)

شکل۴: الف- نمایی از برشی R و شکستگیT بر روی واحدهای آهکی سازند لار،فلش سیاه رنگ نشان دهنده جهت حرکت می‌باشد(دیدبه سمت شمال غرب)، ب- نمودار استرایوگرام مربوط به شکستگیTو گسل، پ- نمودار استرایوگرام مربوط به برش R و سطح گسل.

در بازدیدهای صحرایی صورت‌گرفته ، دره گسلی (F2) بر اساس شواهد مورفولوژی منطقه، شاخه‌ای از گسل اصلی منطقه به نام رین (امیدی و همکاران، ۱۳۸۱) که در این بخش F1 نامگذاری شده را به صورت چپ‌بر جابجا نموده است(شکل ۵-الف). پس از تحلیل دسته شکستگی‌های مرتبط با این دره گسلی و ترسیم استریوگرام‌های مربوط به آن، مشاهده شد که این شکستگی‌ها ازنوع R می‌باشند که نسبت به یکدیگر به صورت چپ‌بر و پوششی قرار گرفته‌اند (جدول ۳). ازاین‌رو این شکستگی‌های فرعی مرتبط با گسل نیز تاییدی بر حرکت چپ‌بر این دره گسلی عرضی می‌باشد (شکل۵- ب،پ،ت وث).

جدول۳: داده های مربوط به سطوح شکستگی های ریدل وتشخیص سازوکار گسل با استفاده از آنها.

سازوکارگسل	نوع شکستگی	زاویه سطح اصلی با شکستگی	موقعیت میانگین شکستگی Dip/ Dip.Dir	موقعیت میانگین گسل Dip/ Dip.Dir
چپبر	R	۲۲	۷۸/۲۷۳	۷۸/۲۹۴

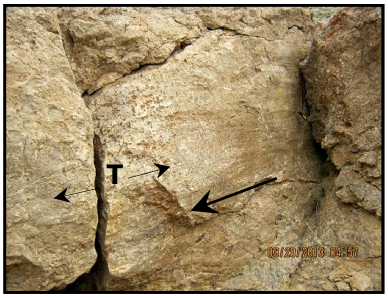


شکل۵: الف- جابجایی چپ‌بر گسل اصلی F1 توسط گسل عرضیF2 (دید به سمت جنوب‌شرق)، ب- نمایی از دره گسلی F2 که به موازات گسل عرضی است (دید به سمت جنوب)، پ-شکستگی‌های برشی شکل گرفته برروی گسل عرضیF2 (دید به سمت جنوب)، ث- نمودار سیکلوگرافیک بدست آمده از داده‌های برداشت شده از سطح گسل عرضی F2 و شکستگی‌های مرتبط با آن(R) ت- نمودار هم‌تراز قطب صفحات گسلی که روند غالب N23°E,78°NW را برای گسل‌عرضی F1 و روند غالب N2°E,78°W را برای شکستگی‌های R نشان می‌دهد.

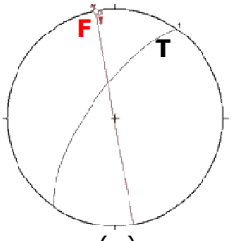
در مطالعات صحرایی انجام شده، نمونه‌ای از شکستگی برروی آهک‌های منطقه که به صورت بازشدگی برروی سطح گسلی رخنمون دارد، شناسایی شد که پس از برداشت و رسم استریوگرام مربوط به آن، باتوجه به میزان زاویه محاسبه شده به لحاظ تئوری در رابطه۱ ومقایسه آن بانتایج بدست آمده در صحرا (جدول۴)، می توان آنرا ازنوع کششی دانست (شکل ۶).

جدول۴:داده های مربوط به سطوح شکستگی های ریدل وتشخیص سازوکارگسل با استفاده از آنها.

سازوکارگسل	نوع شکستگی	زاویه سطح اصلی با شکستگی	موقعیت میانگین شکستگی Dip/ Dip.Dir	موقعیت میانگین گسل Dip/ Dip.Dir
راستبر	T	۴۸	۷۰/۳۰۵	۹۰/۲۶۰



(الف)



(ب)

شکل ۶: الف- نمایی از شکستگی Tبر روی سطح گسلی، حرکت بلوک گمشده به سمت شیب کمتر شکستگی می‌باشد (دید به سمت جنوب)، ب- نمودار استریوگرام بدست آمده از سطح گسل(F) و شکستگی Tمرتبط با آن.

نتیجه گیری :

مطالعات صحرایی صورت گرفته بر روی ریخت‌شناسی سطوح گسل موجود در سنگ آهک‌های سازند دلیچای، لار، و کنگلومرای هزاردره در منطقه‌ی شمال گردنه آهوان (شمال خاوری سمنان)نشان می دهد که از میان عوامل مؤثر در ریخت‌شناسی سطح گسل، گسستگی‌های فرعی مرتبط با سطح گسل اعم از برشی های ریدل P،R′،R و یا شکستگی‌های کششی T، از نظر نظم هندسی، مرحله شناسائی و در مرحله تشخیص سمت حرکت، کارآمدی بهتری در مقایسه با سایر عوامل دارند. این شاخص‌ها در خصوص گسل‌های نوزمین‌ساختی به دلیل عدم فرسایش نسبت به سایر شاخص‌ها بر روی سطح گسل از اطمینان بیشتری برخوردار هستند. زیرا سایر شاخص های ریخت شناسی مانند پله های گسلی و ... که محدود به سطح گسستگی هستند و در حجم سنگ نفوذ ندارند متاثر از فرایند فرسایش متحمل تغییر در شکل شده و فاقد کارآمدی در شناسایی نحوه حرکت خواهند شد. نکته قابل توجه دیگر اینکه در کاربری این شاخص ها برای تشخیص نحوه حرکت در حد امکان نباید به یک شاخص اکتفا نمود زیرا که نتایج حاصل از تحلیل این یافته ها مانند تعیین تنش دیرین با استفاده از تحلیل لغزش گسل ها بستگی به میزان اعتبار و درستی این یافته ها دارد. پیشنهاد می‌شود که برای شناسایی این شاخص‌ها و تشکیل یک اطلس کامل، از مواردی استفاده شود که نحوه‌ی حرکت گسل توسط روش‌های دیگر مانند چین‌های کشیده‌ی سطح گسل و یا جابجائی لایه های کلیدی یا ... از پیش تعیین شود تا اشتباهی در شناسایی شاخص و سازوکار گسل صورت نگیرد.

منابع فارسي :

امیدی، پ.، نوگل سادات، م.، قرشی، م.، ۱۳۸۱،"بازسازی تنش کواترنری بر اساس تحلیل لغزش در نیمه جنوبی البرز خاوری "،فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین ، شماره ۴۵-۴۶.

مارشاک، ا.، میترا، گ.،۱۳۸۱، " روش های اساسی زمین شناسی ساختمانی" ترجمه محسن پورکرمانی و حسین معتمدی، ۱۵، (۱-۵۰۳)، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

References:

Angelier. J., 1994. *"Fault slip analysis and paleostress reconstruction".* In: Hancock, P.L. (Ed.), Continental Deformation Pergamon Press, pp. 53–100.

Coelho,S., Passchier,C., Marques,F., 2006. *"Riedel-shear control on development of pennant veins: field example and analogue modeling",* Journal of structural geology, 28, pp.1658-1669.

Doblas, M., 1998. *"Slickensid kinematic indicators",* J. of Tectonophysics, 295,pp. 187–197.

Fossen, H., 2010. *"Structural Geology",* university of Bergen, pp463.

Jackson, R.E., Dunn, D.E., 1974. *"Experimental sliding friction and cataclasis of foliated rocks",* Int. J. Rock Mech. Min. Sci Geol. Abstr. 11, pp. 235–249

Look, B.G., 2007. *"Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables",* Published by: Taylor & Francis/Balkema, pp.331.

Norris, D.K., Barron, K., 1969. *"Structural analysis of features on natural and artificial faults",* In: Baer, A., Norris, D.K. (Eds.), Research in Tectonics. Geol. Surv. Can. Pap. 68–52,pp. 136–167.

Petit, J.P., 1987, *"Criteria for the sense of movment on fault surfaces in brittle rocks",* Journal of structural geology, 9, No.5/6, pp. 597 to 608.

Tija, H.D., 1967. *"Sense of fault displacements",* Geol. Mijnbouw 46,pp. 392–396.

www. files. ethz. ch/ Structural Geology/jpb/file English/3 fault pdf.

32nd National & the 1st International Geosciences Congress
16- 19 February

Ministry of Industry, Mine & Trade
Geological Survey of IRAN

Date: 15-02-2014

No: 100-9346

CERTIFICATION

This is to certify that

Elham Khorasani, Parviz Omidi & Azizolah Taheri

has presented a poster titled

" ***Fault surface morphology, a criterion for fault mechanism recognition***"

in the 32nd National & the 1st International Geosciences Congress which was held in the Geological Survey of Iran, 16th- 19th February 2014.

M.T. Korehie
Deputy Minister, Director of GSI

M. Ghorashi, Ph.D.
Scientific Secretary