

بررسی اثر سطح جدایشی بر ستبر شدگی و چین خوردگی برشی محلی در ناودیس شوراب، جنوب خاور قم

زینب رهامی^۱، محمد محجل^{۱*} و فرشته شبانی^۱

^۱ گروه تکنیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۱/۲۳

چکیده

سازندهای سرخ زیرین، قم، سرخ بالایی و کنگلومرای پلیوسن در ساختار ناودیس شوراب (جنوب خاور شهر قم) با روند شمال‌باختر- جنوب‌خاور چین‌خورده‌اند. در این ناودیس لایه‌های شکل‌پذیر مارنی و گچی عضوهای بالایی سازند قم در همبری با لایه‌های پرقوام کنگلومرا و ماسه سنگ از سازند سرخ بالایی قرار گرفته‌اند. در یال شمالی ناودیس شوراب (بخش جنوب‌خاوری) در این همبری، به صورت محلی افزون بر افزایش ستبرای قابل توجه در نهشته‌های مارنی- گچی سازند قم، چین‌هایی با روند عمود بر روند ناودیس شوراب فقط در یال شمالی ناودیس در سازند قم و سازند سرخ زیرین به وجود آمده در صورتی که این چین خوردگی محلی در یال جنوبی ناودیس شوراب تشکیل نشده است. به وجود آمدن چین خوردگی محلی در بخش جنوب‌خاوری یال شمالی ناودیس شوراب نتیجه عملکرد جدایشی بخش مارنی- گچی به دلیل اختلاف رئولوژی زیاد، در مرز دو سازند قم و سرخ بالایی ارزیابی می‌شود. بررسی ساختار به وجود آمده روشن ساخت که تشکیل چین‌های با راستای شمال- شمال‌خاور- جنوب- جنوب‌باختر، در منتهی‌الیه جنوب خاوری در یال شمالی ناودیس شوراب نتیجه به وجود آمدن پهنه برشی امتداد لغز راست بر میان سطح جدایشی و گسل قم است که به موازات آن در شمال ناودیس شوراب قرار دارد و این پهنه برشی در اثر حرکت راست‌الغز راست بر گسل قم در زمانی پس از میوسن فعال شده است.

کلیدواژه‌ها: گسل قم، ناودیس شوراب، سطح جدایشی، ستبر شدگی، پهنه برشی، چین خوردگی برشی

***نویسنده مسئول:** محمد محجل

E-mail: mohajjel@modares.ac.ir

۱- مقدمه

آزمایش‌های تجربی تاکنون انجام شده در این زمینه، استفاده شده است که در ادامه به شرح کلی این آزمایش‌ها و بررسی نتایج آنها پرداخته شده است.

۲- ساختار

ناودیس شوراب متشکل از سازند سرخ زیرین، سازند قم، سازند سرخ بالایی و کنگلومرای پلیوسن با راستای شمال‌باختر- جنوب‌خاور در جنوب‌خاور قم قرار گرفته است (شکل ۲).

سازند سرخ زیرین در این منطقه شامل شیل‌های گچ دار رسی و مارنی همراه با میان‌لایه‌هایی از گچ، سازند قم شامل واحد سنگ‌آهک‌ماسه‌ای، آهک، مارن و گچ و سازند سرخ بالایی، شامل لایه‌های کنگلومرا و ماسه سنگ است، با توجه به چینه‌سنجی سازندها، اختلاف رئولوژی زیادی در واحدهای سنگی همبری سازند قم با سازند سرخ بالایی در این منطقه وجود دارد. زاویه میل محور ناودیس شوراب حدود ۱۱ درجه به سوی شمال‌باختر است اما در منتهی‌الیه جنوب‌خاوری، میل متوسط به سمت جنوب‌خاور دارد. انتهای خاوری ناودیس شوراب تحت تأثیر گسل امتداد لغز راوند قرار گرفته و خم شده است. گسل راوند با روند کلی N340 و شیب زیاد و طول ۷۰ کیلومتر، از شمال کاشان تا ۳۰ کیلومتری خاور قم ادامه دارد و در شمال ناودیس شوراب، تقادیس سراج به متشکل از واحدهای الیگوسن- میوسن تا پلیوسن با روند محور شمال‌باختر- جنوب‌خاور را تحت تأثیر قرار داده است (شکل ۲).

بر روی یال شمالی ناودیس شوراب در بخش جنوب‌خاوری ناودیس، چین‌های محلی با راستای شمال‌خاور- جنوب‌باختر دیده می‌شود (چین شماره ۱ و ۲ در شکل ۳) که به سمت باختر از بین می‌روند و یال شمالی ناودیس شوراب کاملاً مستقیم می‌شود (شکل ۲). این چین‌ها محدود به سازند سرخ زیرین و سازند قم بوده و به سوی جنوب در مرز سازند سرخ بالایی از میان می‌روند و هیچ گونه اثری از آنها در لایه‌های کنگلومرای سازند سرخ بالایی دیده نمی‌شود. افزون بر این چین‌ها، با محاسبه ستبرای ظاهری لایه‌ها بر روی سطح زمین و در نظر گرفتن شیب حدود ۳۰

سامانه گسل قم - زفره با طولی بیش از ۲۵۰ کیلومتر از جنوب شهر قم تا روستای زفره واقع در ۶۰ کیلومتری شمال خاور شهر اصفهان ادامه دارد (نبوی، ۱۳۵۵؛ Berberian, 1976; Nogole-Sadat & Almasian, 1993). حرکت راست‌بر در راستای تقریبی N45W به همراه فشار ناشی از فرو رانده شدن صفحه عربی به زیر ایران باعث ایجاد دسته گسل‌های با روند NW-SE شده است (نظری، ۱۳۸۱). گسل قم- زفره در بیشتر جاها مرز کوه و دشت است و در طول خود دچار تغییر راستاهای کاملاً مشخص می‌شود. بر اساس این خمیدگی‌ها، Safaei et al. (2008) این گسل را به چهار قطعه تفکیک کرده است. گسل قم اولین قطعه از سامانه گسل قم- زفره است که روند عمومی N130 دارد و با طول حدود ۶۰ کیلومتر تا ۳۵ کیلومتری جنوب خاور قم ادامه دارد (شکل ۱). گسل قم- زفره سازوکار راست‌الغز راست‌بر دارد (نبوی، ۱۳۵۵؛ محجل و پروهان، ۱۳۸۴) که دارای شیب زیاد تا نزدیک به قائم است. پهنه گسلی در سامانه گسل قم- زفره سبب به هم ریختگی عوارض ریخت‌شناسی (جابه‌جایی رودخانه‌ها و بادزن‌های آبرفتی) می‌شود و آثار حرکات جوان خود را در بیشتر جابه‌جایی واحدها بر جا گذاشته است (محجل و پروهان، ۱۳۸۴؛ جمالی و حسامی، ۱۳۸۵). پاره گسل قم در جنوب خاور قم، از یال شمالی ناودیس شوراب (شکل ۲) می‌گذرد و یال شمالی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در بخش جنوب‌خاوری ناودیس شوراب، بر روی یال شمالی آن در سازند قم افزایش ستبرای محلی قابل توجهی دیده می‌شود. چین‌های محلی با راستای شمال شمال‌خاور- جنوب جنوب‌باختر تنها در منطقه انتهای جنوب خاوری یال شمالی ناودیس شوراب وجود دارند و به سوی شمال‌باختر دیده نمی‌شوند.

هدف از این پژوهش بررسی علت ستبر شدن و افزایش ستبرای سازند قم در بخش جنوب خاوری از یال شمالی ناودیس شوراب و نحوه تشکیل چین‌های محلی با راستای کاملاً ناساز با راستای ناودیس شوراب و تمرکز آنها در بخش جنوب‌خاوری یال شمالی این ناودیس است. در ادامه، برای مشخص شدن اثر سطح جدایشی بر تشکیل ساختارها در انتهای جنوب‌خاوری ناودیس شوراب، از مطالعات و نتایج

ناودیس شوراب می‌سازد. چین‌های شماره ۳ و ۴ نیز به ترتیب تاقدیس و ناودیس روی خاور چین شماره ۲ در انتهای جنوب‌خاوری یال شمالی ناودیس شوراب با راستای محور شمال‌شمال‌خاور - جنوب‌جنوب‌باختر (مشابه با دیگر چین‌های محلی در این بخش) بوده‌اند (شکل ۵ - ب) که پس از تشکیل، توسط گسل راستالغز راوند به صورت راست بر بریده و جابه‌جا شده‌اند (رهامی و محجل، ۱۳۸۸). تصویر استریونت این چین‌ها در شکل ۳ آمده است. این چین‌ها نیز همانند چین شماره ۱ و ۲ تنها محدود به سازندهای سرخ‌زیرین و قم هستند و در سازند سرخ بالایی اثر نکرده‌اند.

۳- تأثیر لایه جدایشی در فرایند تشکیل چین‌های محلی در یال شمالی ناودیس شوراب

تأثیر وجود لایه جدایشی با اصطکاک بالا (High frictional decollement layer) و لایه جدایشی چگال ضعیف (Weak, viscous devolvement layer) در کمرندهای چین‌خورده - رانده، بر شکل و نوع ساختارهای تشکیل شده در پوشش رسوبی روی آنها، تاکنون در آزمایش‌های زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. در هر دو رژیم فشاری و کششی، تغییر شکل لایه‌هایی که بر روی لایه جدایشی چگال (با اصطکاک پایین) قرار گرفته‌اند، بیشتر توسط شرایط مرزها و نسبت ستبرای لایه‌های شکنا به شکل‌پذیر کنترل می‌شوند (Bahroudi, 2003). آزمایش‌های تجربی زیادی که در این زمینه تاکنون انجام شده، نشان داده‌اند که به طور کلی، شکل گوه (Wedge) و مدل انتشار کمرند چین‌خورده - رانده، توسط مقاومت تنش برشی کنترل می‌شود. دو نوع مقاومت تنش برشی تعریف شده است (Costa & Vendeville, 2002; Vendeville, 1991).

الف) تنش برش افقی که در بخش زیرین پوشش عمل می‌کند و با لغزش در بالای سطح جدایشی اصطکاک و یا سرخوردن بر روی لایه جدایشی چگال همراه است. پهنای زاویه شیب گوه تغییر شکل تشکیل شده به بزرگی این تنش برشی بستگی دارد. ب) تنش برشی جانبی که در طول مرزهای جانبی (به صورت موازی با حرکت) عمل می‌کند و همانند مورد پیشین در مقابل پیشروی تغییر شکل در پوشش شکنا به سوی جلو مقاومت می‌کند. بنابراین زیاد بودن هر دو نوع تنش برشی موجب تمرکز تنش فشاری و در نتیجه تمرکز تغییر شکل در همان ابتدای کمرند چین‌خورده - رانده و انتشار نیافتن آن به سمت جلو می‌شود. با کاهش تنش برشی قاعده‌ای، تأثیر تنش برشی جانبی به طور قابل توجهی افزایش پیدا می‌کند (Costa & Vendeville, 2004; bahroudi, 2003).

در سطح جدایشی با اصطکاک بالا مانند شیل (Davis & Engeder, 1985; Suppe, 1983) میزان تنش برشی قاعده‌ای زیاد است، در گوه تغییر شکل حاصل، ساختارهای جوان (چین‌ها و رانده‌ها) به سوی پیش بوم در حال پیشروی است و به شکل مدل پشت خوک (Piggy back) تشکیل می‌شوند. در این حالت به دلیل تنش برشی در بخش زیرین انتقال نیافتن تنش فشاری به سوی جلو، گوه باریک، با طول کوتاه و ستبرای زیاد وجود خواهد داشت در حالی که در سطح جدایشی چگال ضعیف مانند نمک، به دلیل مقاومت تنش برشی کم در بخش زیرین لایه‌ها، تنش به جلو منتقل می‌شود و نسبت به حالت پیش، ساختارها در جلوتر (به سمت پیش‌بوم) تشکیل می‌شوند. آزمایش‌هایی نیز برای بررسی تفاوت دو سطح جدایشی چگال و اصطکاک انجام شده است (Lujja' na et al., 2003; Cotton and Koyi, 2000; Bahroudi, 2003; Bahroudi & Koyi, 2003) و در تمام آزمایش‌ها دیده شد که در لایه‌های روی سطح جدایشی چگال، به دلیل انتقال تنش به جلوتر، ساختارها با فاصله بیشتری از فرایوم (سمت اعمال نیرو) نسبت به لایه‌های روی سطح جدایشی با اصطکاک بالا تشکیل می‌شوند. در این آزمایش و آزمایش‌های دیگر نشان داده شده که چین‌های تشکیل شده در لایه‌های روی سطح جدایشی چگال متقارن هستند.

درجه لایه‌ها، ستبرای واقعی (عمودی) به دست آمده لایه‌ها در بخش انتهایی خاوری ناودیس شوراب در سازند قم افزایش پیدا می‌کند، به گونه‌ای که ستبرای واحد مارنی سازند قم در باختر چین شماره ۱، به ۳۱۰ متر می‌رسد، در حالی که به سوی شمال‌باختر ناودیس شوراب ستبرای آن حدود ۳۰ متر است. همچنین دیگر واحدهای سازند قم نیز در این بخش به نسبت افزایش ستبرای نشان می‌دهند. به عنوان نمونه ستبرای واحد سنگ‌آهک ماسه‌ای در این بخش نسبت به ستبرای آن در بخش‌های شمال باختری ناودیس تقریباً دو برابر شده است. کمتر بودن افزایش ستبرای سنگ‌آهک ماسه‌ای نسبت به واحدهای مارنی، به دلیل اختلاف شکل‌پذیری میان این دو، است. با توجه به این که شیب لایه‌ها به سوی شمال‌باختر در طول یال شمالی ناودیس شوراب، تغییر چندانی ندارند، از روی تصویر ماهواره‌ای نیز می‌توان با مشاهده افزایش ستبرای افقی لایه، به افزایش ستبرای واقعی پی‌برد (شکل ۲ و ۳). واحد گچی افزون بر افزایش ستبرای، در این بخش در پاسخ به تنش، دچار چین‌خوردگی‌های فراوان مزوسکوپی شده است که نمونه‌ای از آن در شکل ۴ نشان داده شده است. همچنین در یال شمالی ناودیس شوراب، گسل‌های فراوان با راستای تقریباً شمالی - جنوبی و سازوکار چیره وارون با مؤلفه امتدادلغز دیده می‌شود که به سوی جنوب خاور ناودیس شوراب، تعداد آنها افزایش یافته است. با توجه به این که گسل‌های یاد شده، این چین‌های محلی را متأثر و جابه‌جا کرده‌اند، جوان‌تر از آنها هستند و به نظر می‌رسد این گسل‌ها نسبت به چین‌خوردگی‌های محلی، پس از افزایش ستبرای در واحدهای سنگی سازند قم و چین‌خوردگی آنها ایجاد شده‌اند. در شکل ۵ - الف، نمونه‌ای از این گسل‌ها آمده است. این شدت گسل‌خوردگی در لایه‌ها در یال جنوبی ناودیس دیده نمی‌شود. تمرکز افزایش ستبرای واحدهای چینه‌ای و چین‌خوردگی محلی در این بخش از ناودیس، نشان از تنش محلی در انتهای جنوب‌خاوری ناودیس شوراب دارد. سازند قم با رنگ زرد و سازند سرخ زیرین که با رنگ صورتی در شکل ۳ مشخص شده‌اند، (در یال شمالی ناودیس شوراب) توسط این چین‌ها و سبترشدگی‌ها از سازند سرخ بالایی که با رنگ سبز مشخص شده و مستقیم و بدون این نوع تغییر شکل‌ها است، جدا می‌شود و مرز این دو سازند در یال شمالی به صورت یک سطح جدایشی دیده می‌شود در حالی که در یال جنوبی ناودیس شوراب این گونه نیست. همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است، اگر چه در شمال‌باختر ناودیس شوراب در یال جنوبی، سازند قم و سرخ زیرین تحت تأثیر گسلش رانده از میان رفته‌اند، اما در همان بخشی که چین‌های محلی در یال شمالی دیده می‌شوند یعنی در انتهای جنوب خاوری ناودیس شوراب، در یال جنوبی، رخنمون این سازندها تا حدود ۱۲ کیلومتر ادامه دارد و دیده می‌شود که بر خلاف یال شمالی، سازند قم و سرخ زیرین در یال جنوبی مستقیم هستند و اثری از این نوع چین‌خوردگی در آنها دیده نمی‌شود. به نظر می‌رسد لایه مارنی سازند قم و اختلاف رئولوژی آن از سازند قم با واحد کنگلومرای سرخ بالایی در یال شمالی ناودیس شوراب به صورت سطح جدایشی چگال عمل کرده است.

تاقدیس سراج به متشکل از سازند قم و سازند سرخ بالایی و کنگلومرای پلوسن در شمال ناودیس شوراب، واقع شده است (شکل ۲) یال‌های مستقیم دارد و چین‌های محلی و سطح جدایشی در مرز سازند قم و سرخ بالایی در یال شمالی و یا جنوبی این تاقدیس دیده نمی‌شود. بنابراین، تنش عامل تشکیل این چین‌ها و سبترشدگی‌ها را در یال شمالی ناودیس شوراب باید علتی محلی در نظر گرفت. گسل قم با راستای شمال‌باختر - جنوب‌خاور از جنوب‌باختر قم تا ۳۰ کیلومتری جنوب‌خاور قم با شیب زیاد نزدیک به قائم و سازوکار امتدادلغز راست‌بر ادامه دارد. پهنه برشی این گسل در شکل ۴ نشان داده شده است.

چین شماره ۱، تاقدیسی با روند محور ۲۲۹ و زاویه میل محور ۲۷ درجه، و چین شماره ۲، تاقدیسی با روند محور و زاویه میل ۲۶/۲۰۶ در شکل ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. روند محور چین شماره ۲، نسبت به چین شماره ۱، زاویه بیشتری با محور

حرکت دیواره جانبی به جلو در کمربندهای چین خورده - رانده) و پایین بودن میزان مقاومت تنش برشی در قاعده به دلیل حضور لایه‌های کشسان گچی و ماری ساند قم در مرز سازند قم و سازند سرخ بالایی و اختلاف رئولوژی این دو سازند، موجب انتقال تنش در لایه‌ها بدون تشکیل دادن چین، به سمت جلو و تمرکز تنش در پایان سطح جدایشی و در نتیجه تشکیل چین‌ها و افزایش ستبرای واحدها در انتهای خاوری ناودیس شوراب شده است. این مدل به صورت ساده در شکل ۶ - د نشان داده شده است. ترتیب زمانی تشکیل چین‌های محلی از قدیم به جدید، از چین شماره ۴ در انتهای جنوب خاوری ناودیس شوراب به سوی شمال‌باختر (چین شماره ۱) است. سطح جدایشی که ساختارهای یاد شده در واحدهای سازند قم را از لایه‌های مستقیم و چین‌خورده سازند سرخ بالایی جدا می‌کند، در شکل ۶ - الف تا ۶ - ج با رنگ سبز مشخص شده است. ناودیس شوراب در زمان ائوسن تا پایان میوسن تشکیل شده (شکل ۶ - الف) و سپس گسل قم در بخش شمالی یال شمالی ناودیس شوراب به صورت راستالغز راست بر فعال شده و پهنه برشی راست‌بر در محدوده میان سطح جدایشی و پاره گسل قم به وجود آمده و حرکت کرده است که این موضوع باعث تشکیل چین‌های برشی در این پهنه برشی می‌شود (شکل ۶ - ب)، پس از این مرحله گسل راوند با حرکت چیره امتدادلغز راست‌بر فعال می‌شود و انتهای جنوب خاوری ناودیس شوراب را بریده و جابه‌جا می‌کند (رهامی و محجل، ۱۳۸۸).

۴- نتیجه‌گیری

- چین‌های محلی، گسل‌های با راستای تقریبی شمالی - جنوبی و وارون و افزایش ستبرای در سازند قم در یال شمالی ناودیس شوراب، نتیجه به وجود آمدن پهنه برشی راست‌بر فعال شده در محدوده پاره گسل قم و سطح جدایشی میان سازند قم و سازند سرخ بالایی بوده است.
- حرکت راستالغز راست بر پاره گسل قم در زمانی پس از میوسن صورت گرفته است.
- سطح جدایشی موجود، میان لایه‌های مقاوم سازند سرخ بالایی و سازند قم در جنوب و به موازات آن فعال شده است و شروع به حرکت می‌کند.
- تحت تأثیر تنش وارده در این پهنه برشی، لایه‌ها سرخورده‌اند و موجب انتقال تنش به جلو، بر روی این سطح و تمرکز تنش در انتهای خاوری یال شمالی ناودیس شوراب شده است.
نمود این ساختارها در یال جنوبی ناودیس شوراب، این نتیجه‌گیری را برای یال شمالی ناودیس شوراب تأیید می‌کند.

سپاسگزاری

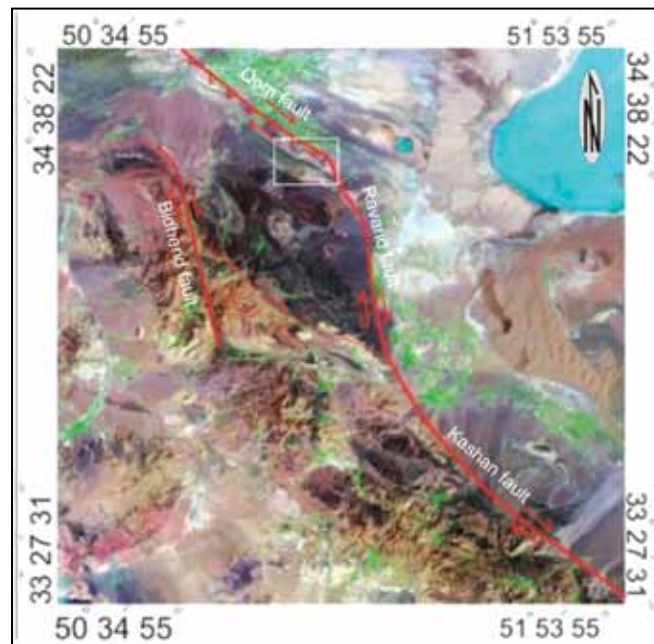
از دانشگاه تربیت مدرس که در چارچوب پایان‌نامه کارشناسی ارشد موجبات انجام این پژوهش را فراهم آورده و برای بررسی منطقه از در اختیار گذاردن هرگونه امکانات دریغ نمودند، سپاسگزاریم. از داوران محترم و نکته بین این نوشتار به دلیل ارائه نکات تکمیلی صمیمانه تشکر می‌نمایم.

اگر هر دو تنش برشی قاعده‌ای و جانبی را کم کنیم، تنش فشاری بیشینه به طور مؤثر می‌تواند بدون تشکیل چین، در سرتاسر پوشش شکنا به جلو منتقل شود تا جایی که به انتهای لایه جدایشی چگال می‌رسد، که در اینجا چین‌ها و رانده‌گی‌ها در پوشش شکنا تشکیل می‌شوند (Costa & Vendeville, 2002). جایی که تنش برشی قاعده‌ای کم باشد، دو عامل جهت و بزرگی تنش برشی جانبی (دیواره‌ها) کنترل‌کننده سوی پیشروی ساختارها و شکل گوه تغییر شکل هستند.

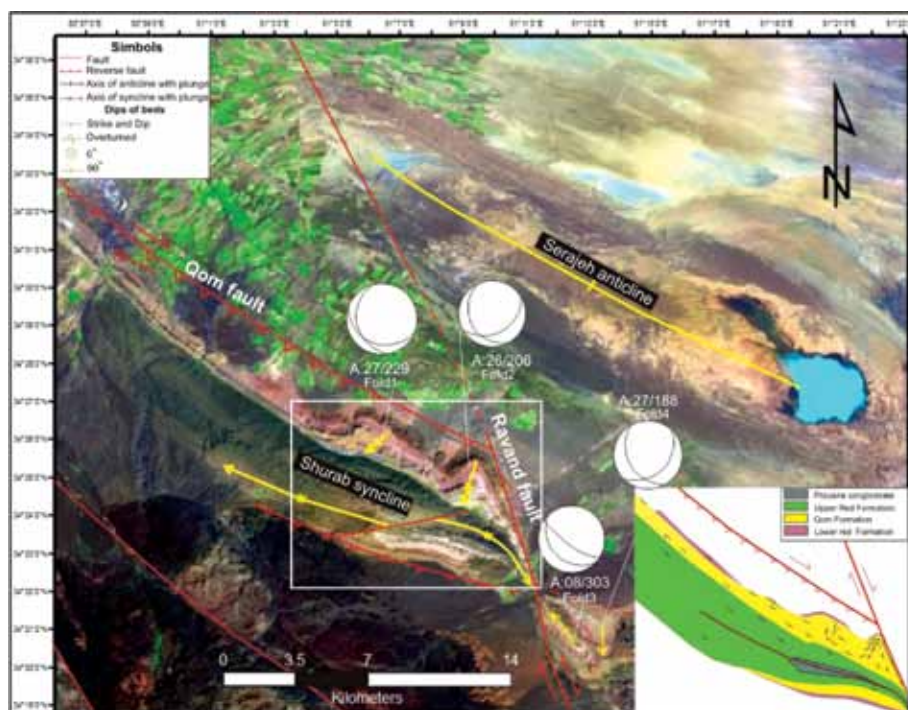
(Vendeville (1991) آزمایش‌های مشابهی بر روی لایه جدایشی چگال انجام داد، او در یکی از آزمایش‌های انجام شده بر روی لایه جدایشی چگال با اصطکاک پایین در قاعده، به بررسی تأثیر وارون کردن سوی تنش برشی در دیواره‌ها پرداخت، به این صورت که دیواره‌های جانبی جعبه ثابت نبودند و به جلو حرکت کردند. نتیجه‌ای که از این وضعیت اعمال تنش به دست آمد خیلی متفاوت بود، به این صورت که رانده‌گی‌ها به جای تشکیل شدن از سوی فراپوم به پیش‌پوم، از پیش‌پوم به فراپوم یعنی از سوی دیوار روبه‌روی فک در حال حرکت شروع به تشکیل کردند و گوه حاصل به سمت فراپوم شیب داشت.

با توجه به این آزمایش‌ها می‌توان گفت که به‌طور کلی، لایه‌ای که اصطکاک کمی در قاعده و دیواره‌ها داشته باشد، به دلیل پایین بودن مقاومت اصطکاک در مقابل حرکت، با اعمال تنش (خواه این تنش برشی باشد یا فشارشی)، حرکت می‌کند. این اصل مختص به مقیاس ناحیه‌ای و فقط در کمربندهای چین‌خورده - رانده نیست و می‌توان آن را در مورد مناطق تحت تأثیر تنش برشی مانند منطقه مورد مطالعه نیز به کار گرفت. در پهنه‌های برشی، چین‌های برشی تشکیل شده تحت تأثیر گسل امتدادلغز، در تمامی طول گسل گسترش پیدا می‌کنند اما در منطقه مورد مطالعه تمرکز این چین‌ها در انتهای جنوب‌خاوری ناودیس شوراب است و به سوی شمال‌باختر وجود ندارند. بنابراین تنش محلی که در اثر حرکت برشی راست‌بر در امتداد گسل قم در یال شمالی ناودیس شوراب به وجود آمده، به گونه‌ای در لایه‌ها به سوی جلو در جنوب خاور ناودیس، انتقال داده شده است. برای انتقال تنش برشی به سوی جلو، عامل مقاومت تنش برشی اهمیت دارد که باید میزان آن هم در مرزها و هم در قاعده و یا این که تنها در قاعده پایین باشد و در مرزها با توجه به آزمایش (Vendeville (1991) که پیش‌تر اشاره شد، دیواره جانبی کمر بند چین خورده - رانده به سوی جلو حرکت کند. ایجاد چنین تنش برشی، موجب انتقال تنش فشاری به جلو و ایجاد چین‌ها از سوی پیش‌پوم به فراپوم می‌شود.

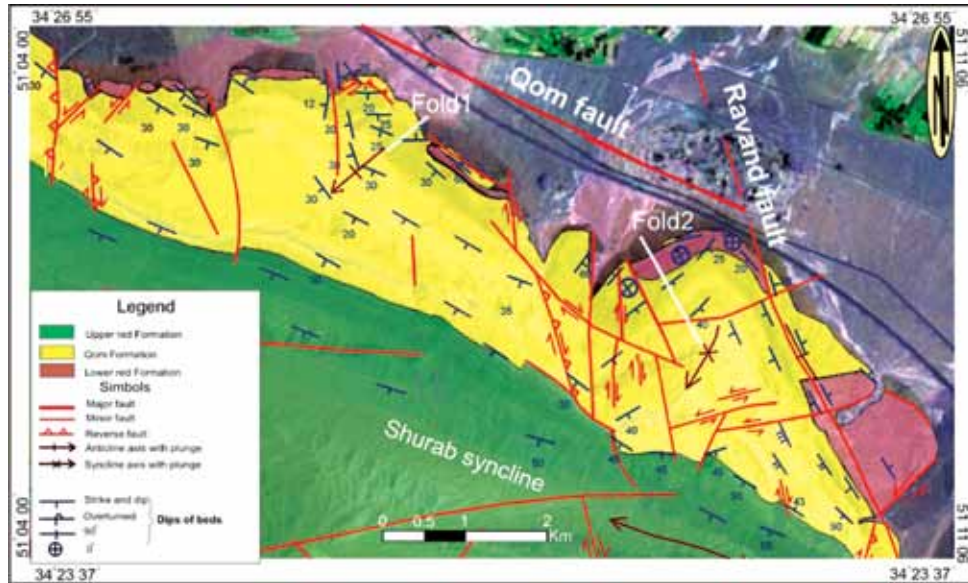
در پهنه برشی ایجاد شده در گسل‌های امتدادلغز، با توجه به پرشیب بودن گسل، حرکت امتدادلغزی گسل همانند دیواره جانبی در حال حرکت در آزمایش (Vendeville (1991) عمل می‌کند و تنش برشی به سمت جلو ایجاد می‌کند که موجب مساعد شدن عامل تنش برشی در دیواره برای انتقال چین به جلو می‌شود، بنابراین تنها عامل دوم یعنی وجود سطح جدایشی چگال با اصطکاک کم در قاعده، برای انتقال چین نیاز است.
در چین‌های برشی در ناودیس شوراب حرکت راست بر گسل قم (مانند عملکرد



شکل ۱- موقعیت زمین‌شناسی سه پاره گسل از سامانه گسل قم- زفره (پاره‌های قم، راوند و کاشان) و گسل بیدهند. مستطیل سفید موقعیت منطقه مورد مطالعه را در محل تلاقی گسل‌های قم و راوند نشان می‌دهد. در شکل ۲ جزئیات ساختاری این منطقه نشان داده شده است.



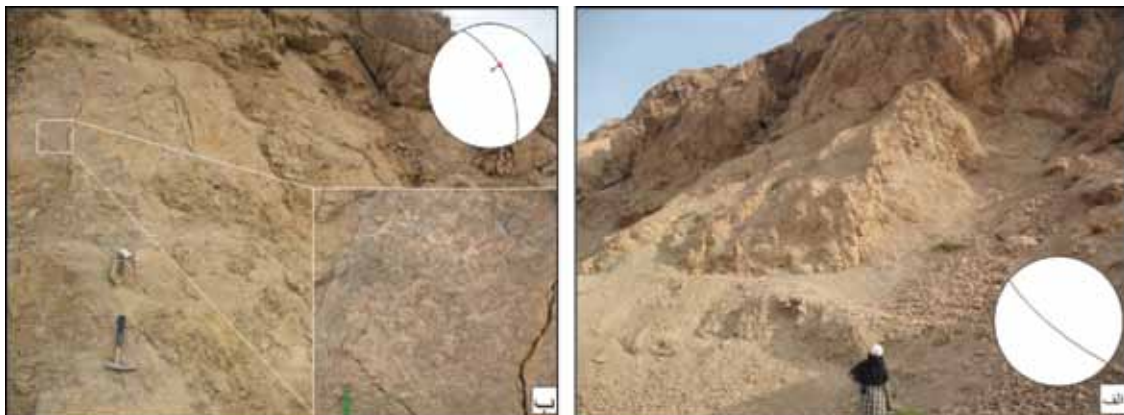
شکل ۲- نقشه ساختاری منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر پردازش شده ماهواره‌ای. موقعیت ناودیس شوراب و چین‌های محلی تشکیل شده در یال شمالی آن (چین‌های با شماره ۱ تا ۴) چین‌های شماره ۳ و ۴ پس از تشکیل در اثر حرکت امتدادلغز راست بر گسل راوند از محل خود جابه‌جا شده و در موقعیت فعلی قرار گرفته‌اند (برای توضیح بیشتر به شکل ۶ مراجعه شود). نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه مورد مطالعه در گوشه پایین سمت راست نشان داده شده است. موقعیت شکل ۳ در بخش مرکزی شکل با مستطیل مشخص شده است.



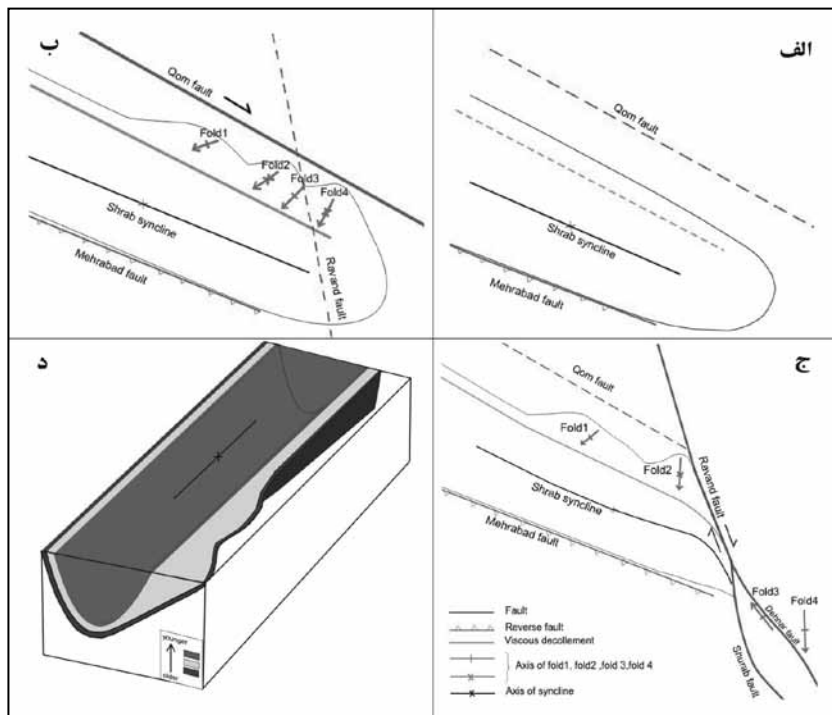
شکل ۳- نقشه ساختاری چین‌های ۱ و ۲ و ستبرشدگی و چین‌خوردگی در سازند قم (رنگ زرد) در مرز سازند قم و سازند سرخ بالایی.



شکل ۴- چین‌خوردگی‌های واحدهای گچی و ماری سازند قم در انتهای جنوب خاوری پال شمالی ناودیس شوراب، دید به سوی شمال‌باختر.



شکل ۵- الف) پهنه برشی گسل قم در بخش شمال‌باختر ناودیس شوراب. ب) گسل تقریباً شمالی-جنوبی با سازوکار چیره وارون در باختر چین شماره ۲



شکل ۶- ساختار ساده شده تأثیر حرکت راستالغزی گسل قم بر به‌وجود آمدن پهنه برشی میان گسل قم و سطح جدایشی به‌موازات آن در یال شمالی ناودیس شوراب. چین‌ها و ستبرشدگی‌ها در انتهای جنوب خاوری ناودیس شوراب شکل می‌گیرند. الف) پیش از فعال شدن گسل قم، ب) پس از شروع فعالیت گسل قم (خط سبز رنگ موقعیت سطح جدایشی را نشان می‌دهد). موقعیت گسل راوند که در مرحله بعد فعال می‌شود با خط چین نشان داده شده است، ج) گسل راوند فعال شده و بخشی از ناودیس شوراب و چین شماره ۳ و ۴ را بریده و به صورت راست برجانه‌جا می‌کند و د) شکل سه بعدی ساده شده، نشان‌دهنده افزایش ستبر و چین‌خوردگی‌های محلی در انتهای جنوب‌خاوری یال شمالی ناودیس شوراب.

کتابنگاری

- جمالی، ف.، حسامی، خ.، طیبی، ه.، ۱۳۸۵- زمین‌ساخت جنبی در ناحیه نطنز، پژوهشکده زلزله‌شناسی، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران، ایران.
- محجل، م.، رهامی، ز.، ۱۳۸۸- ساختار گسل راوند و نقش آن در ایجاد حوضه کششی (pull-apart) در کمربند آتشفشانی ارومیه- دختر، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال سوم، شماره ۱۱، ۳۹-۴۵.
- محجل، م.، پروهان، ن.، ۱۳۸۴- هندسه و سینماتیک سامانه گسل قم - زفره و اهمیت آن در زمین‌ساخت ترافشارشی، فصلنامه علمی - پژوهشی علوم زمین، سال دوازدهم، شماره ۵۶، ص ۸۳-۷۲.
- نبوی، م. ح.، ۱۳۵۵- دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- نظری، ح.، ۱۳۸۱- شرح زمین‌شناسی ساختمانی ساز و کار گسله‌های فعال پیرامون شهر کاشان در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.

References

- Bahroudi, A., Koyi, H.A., 2003- Approach effect of spatial distribution of Hormuz salt on deformation style in the Zagros fold and thrust belt: an analogue modelling approach. *Journal of the Geological Society*, v. 160, p. 719-733.
- Bahroudi, A., 2003- The effect of mechanical characteristics of basal decollement and basement structures on deformation of the Zagros basin, Apsala University, Ph.D thesis.
- Berberian, M., 1976- Contribution to the seismotectonics of Iran (part2). Geological Survey of Iran, Report No. 39, pp: 518.
- Costa, E., Vendeville, B.C., 2002. Experimental insights on the geometry and kinematics of fold-and-thrust belts above weak, viscous evaporitic decollement. *Journal of Structural Geology*, 24, 1729-1739.
- Costa, E., Vendeville, B.C., 2004- Experimental insights on the geometry and kinematics of fold-and-trust belts above weak, viscous evaporitic devolvment: reply to comments by Hemin Koyi and James Cotton. *Journal of Structural Geology*, 26, 2139-2143.
- Cotton, J.T., Koyi, H.A., 2000- Modeling of thrust fronts above ductile and frictional detachments: applications to structures in Salt Range and Potwar Plateau, Pakistan. *Geological Society of America Bulletin* 112, 351-368.
- Davis, M.G. and Engeder, T., 1985- The role of salt in fold-and-thrust belts. *Tectonophysics*, 119, 67-88.
- Lujá'na, M., Stortib, F., Balanya'a, J., Crespo-Blanca, A., Rossetti, F., 2003-Role of decollement material with different rheological properties in the structure of the Aljibe thrust imbricate (Flysch Trough, Gibraltar Arc): an analogue modelling approach. *Journal of Structural Geology*, 25, 867-881.
- Nogol-sadat, M.A.A., & Almasian, M., 1993- Tectonic map of Iran, scale 1/1,000,000.
- Safaei, H., Taheri, A. & Vaziri-moghaddam, H., 2008- Structural analysis and evolution of the Kashan (Qom – Zefreh) fault Central Iran. *Journal of Applied Sciences*, 1426-1434.
- Suppe, J., 1983- Principles of structural geology. Prentice-Hall. Inc., Englewood Cliff, New Jersey 07632. 537 pages.
- Vendeville, B. C., 1991- Thin-skinned compressionl structures above frictional-plastic and viscous decollement layer. Geological Society of America, Abstract with Programs.