

نقش تغییر ضخامت و چین‌شناسی مکانیکی گروه فارس در چین‌خوردگی تاق‌دیس جریک، فروافتادگی دزفول شمالی

احمد لشگری^۱، محمودرضا هیهات، محمد مهدی خطیب، دانشگاه بیرجند ■ مهدی نجفی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان
حمیدرضا کریم نژاد، مدیریت اکتشاف

چکیده

تعیین هندسه و ساز و کار چین‌خوردگی در فرو افتادگی دزفول به دلیل دربرگرفتن بخش عمده ذخایر هیدروکربنی ایران، از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. نتایج حاصل از مطالعه ساز و کار چین‌خوردگی می‌تواند نقش مهمی در کاهش هزینه‌های اکتشاف منابع جدید و همچنین توسعه مخازن اکتشاف شده ایفا نماید. در این پژوهش، تکامل هندسی تاک‌دیس جریک واقع در شمال خاوری فروافتادگی دزفول، بر اساس اطلاعات ژئوفیزیکی حاصل از لرزه‌نگاری سه‌بعدی، داده‌های حفاری چاه، تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های حاصل از برداشتهای صحرایی مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس برش‌های ساختاری رسم شده، تغییرات هندسی چین در عرض و در راستای امتداد تاک‌دیس مورد مطالعه قرار گرفته است. تبخیری‌های سازند گچساران به‌عنوان افق جدایش بالایی، سبب تغییرات هندسی و سبک دگربرختی در امتداد محور تاک‌دیس شده و نقش موثری در شکل هندسی و ساز و کار چین‌خوردگی داشته است. در بخش دماغه تاک‌دیس جریک، ساز و کار جدایشی با هندسه متقارن و مدور هم‌مرکز، و در بخش میانی تاک‌دیس، سازوکار چین‌خوردگی جدایشی گسلیده (Faulted detachment fold) دیده می‌شود.

اطلاعات مقاله

تاریخ ارسال نویسنده: ۹۷/۰۲/۱۲

تاریخ ارسال به داور: ۹۷/۰۲/۲۱

تاریخ پذیرش داور: ۹۷/۰۴/۲۳

واژگان کلیدی:

کمر بند چین - رانده زاگرس،
فروافتادگی دزفول تاک‌دیس جریک،
سازند گچساران

مقدمه

کمر بند کوهزایی زاگرس در جنوب باختر ایران یکی از غنی‌ترین کمر بندهای چین - رانده جهان و دارای حدود ۸ درصد از ذخایر نفت و ۱۵ درصد از ذخایر گاز اثبات شده جهانی است [۱] (شکل-۱). تهنشست رسوبات و شکل‌گیری تله‌ها که موجب تولید و حفظ هیدروکربن شده‌اند، در ارتباط با تاریخچه تکامل حاشیه شمال خاوری صفحه عربی هستند [۱۶]. از آنجایی که بخش اعظم مخازن هیدروکربنی شناخته شده زاگرس در نفت‌گیرهای تاک‌دیس متمرکز هستند و مطالعات و حفاری‌های صورت گرفته نشان از بروز پیچیدگی‌های ساختاری در افق‌های ژرف مخزنی و ناهماهنگی آن با هندسه تاک‌دیس‌ها در سطح دارد [۱۷، ۱۸]، شناخت دقیق هندسه تاک‌دیس‌ها و تحلیل دگربرختی آنها یکی از مهم‌ترین موضوعات زمین‌شناسی زاگرس به‌شمار می‌آید. در این نوشتار با توجه به اهمیت بیان شده، به بررسی یکی از ساختارهای واقع در فروافتادگی دزفول با عنوان تاک‌دیس جریک پرداخته می‌شود (شکل-۲). هدف اصلی از مطالعه تاک‌دیس جریک، بررسی تغییرات هندسی تاک‌دیس در امتداد آن، شناسایی متغیرهای مؤثر در هندسه چین‌خوردگی و ارتباط هندسه چین‌خوردگی با رفتار مکانیکی واحدهای رسوبی است. تاک‌دیس جریک یک تاک‌دیس سطحی است و به دلیل وجود و عملکرد سازند شکل‌پذیر گچساران در منطقه، هندسه ساختمان سطحی و زیر سطحی آن کاملاً متفاوت است. با استفاده از تفسیر خطوط لرزه‌ای و روش‌های ترازمند سازی مقاطع، این امکان فراهم شد تا با ارزیابی تفسیر ژئوفیزیکی و رسم مقاطع ساختمانی متوالی^۱ از دماغه تاک‌دیس به سوی مرکز آن، تکامل جنبشی چین‌خوردگی تاک‌دیس جریک بررسی شود.

جایگاه زمین‌شناسی

گستره مورد مطالعه در مجاورت یکی از میداین نفتی فروبار دزفول (میدان پره سیاه) بوده و در استان خوزستان و ۲۰ کیلومتری خاور شهر مسجد سلیمان قرار گرفته است (شکل-۱). این منطقه در محدوده طول‌های جغرافیایی '۲۰° ۴۹ تا '۵۰° ۴۹ و عرض‌های جغرافیایی '۴۰° ۳۱ تا '۰۰° ۳۲ قرار دارد. فروافتادگی دزفول در جنوب باختری زاگرس دربرگیرنده بیشتر میدانهای نفتی تاک‌دیس ایران است. سامانه لایه‌بندی در این تاک‌دیس‌ها دارای شکستگی‌های فراوان حاصل از چین‌خوردگی نتوزن زاگرس است که موجب افزایش کیفیت مخزنی شده است [۴، ۱۱]. سه پدیده مهم ساختاری حدود فروافتادگی دزفول را تعیین می‌کنند. در شمال، پهنه خمشی^۲ با جهت خاوری - باختری به نام بالارود، در شمال خاوری، پهنه خمشی پیشانی کوهستانی که دارای راستای شمال باختری - جنوب خاوری بوده و در حد خاور و جنوب خاوری یک پهنه پیچیده خمشی و گسلی با امتدادی شمالی - جنوبی به نام پهنه گسلی کازرون قرار دارد. این فروبار را باید حوضه‌ای رسوبی با فرونشست تدریجی در جنوب کمر بند چین‌خورده زاگرس دانست [۷].

چین‌شناسی مکانیکی و نقش افق‌های جدایشی در هندسه و سبک چین‌خوردگی

تکامل ساختاری سامانه چین‌خوردگی گسلس در کمر بند چین‌خورده - رانده زاگرس به چین‌شناسی، ویژگی مکانیکی سنگ‌ها و دوام و شدت دگرشکلی بستگی دارد [۸، ۱۶، ۱۸]. از این میان، ویژگی مکانیکی

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات (ahmadlaskari@ymail.com)

و اطلاعات حاصل از برداشت‌های صحرایی ارائه شده است [۱,۵,۱۵,۱۶]. در ستون چینه‌نگاری فروفادگی دزفول، تناوبی از واحدهای پُرقوام و کم‌قوام دیده می‌شود که واحدهای شکل‌پذیر نقش سطوح جدایش را بازی می‌کنند. عمیق‌ترین سطح جدایش، رسوبات سری هرمز است که با کاهش اصطکاک بین پی‌سنگ و پوشش رسوبی به‌عنوان سطح جدایش قائده‌ای نقش بازی می‌کند. سطح جدایش بالایی در منطقه رسوبات سازند گچساران است. ترکیب و تناوب واحدهای پُرقوام و کم‌قوام، هندسه و سبک چین‌خوردگی را کنترل می‌کنند.

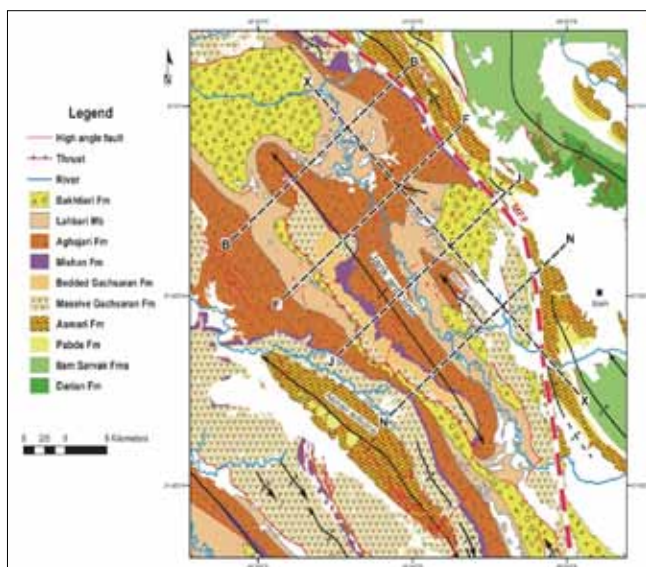
روش مطالعه

در این پژوهش با توجه به اطلاعات و شواهد به‌دست آمده از داده‌های ژئوفیزیکی حاصل از لرزه‌نگاری سه‌بعدی و داده‌های حفاری چاه که توسط مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران در اختیار قرار گرفته است و تفسیر نیمرخ‌های لرزه‌ای و وضعیت چینه‌شناسی منطقه، به‌منظور دنبال کردن مراحل تکامل چین‌خوردگی از میل شمال باختری به مرکز و سپس به سوی میل جنوب خاوری تاقدیس جریک، ۴ مقطع زمین‌شناسی ساختمانی رسم شد (شکل-۲). چندین مرحله برای ساختن این مقاطع ساختمانی طی شده است: الف) تبدیل و به‌دست آوردن عمق نیمرخ‌های لرزه‌ای با استفاده از معادله تبدیل زمان به عمق. ب) بررسی هندسه بازتابنده‌های لرزه‌ای و ترسیم خطوط بر اساس آنها با توجه به بررسی خطوط لرزه‌ای. ج) اصلاح و تکمیل مقاطع با استفاده از تفسیر ساختاری. افق‌های زمین‌شناسی آغاچاری، بخش زیرین لهبری و میشان، بازتابنده‌های

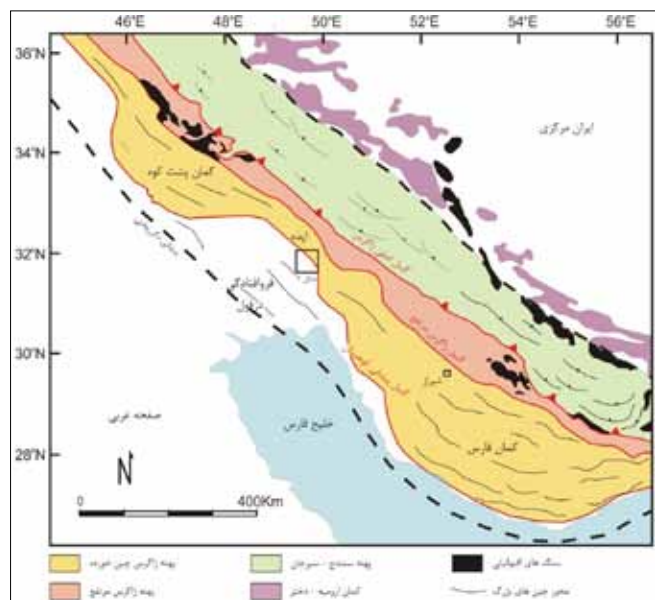
سنگ‌ها و سطوح جدایش تأثیر مهمی بر هندسه نهایی ساختارها و جنبش سامانه گسل‌های راندگی دارد [۶]. این جدایش‌ها سری‌های رسوبی را به واحدهای چینه‌ای ساختاری جدا از هم تقسیم می‌کند که هر کدام از آنها به شکل متفاوتی تحت تأثیر کوتاه‌شدگی قرار می‌گیرند. O'Brien (۱۹۵۷, ۱۹۵۰) اولین کسی بود که نقش و اهمیت چینه‌شناسی مکانیکی را در زاگرس تأکید کرد. وی ستون چینه‌شناسی زاگرس را از دیدگاه ویژگی‌های مکانیکی واحدهای چینه‌ای و رفتار رسوبات حین دگرشکلی به پنج گروه تقسیم‌بندی نمود:

- ۱) گروه پی‌سنگی (پی‌سنگ بلورین پان‌افریکن) (Basement group)
- ۲) گروه متحرک پایینی (نمک هرمز به سن پر کامبرین پسین - کامبرین) (The lower mobile group)
- ۳) گروه پُرقوام (کامبرین تا رسوبات سکویی میوسن پایینی) (Competent group)
- ۴) گروه متحرک بالایی (نمک میوسن یا سازند گچساران) (Upper mobile group)
- ۵) گروه کم‌قوام (میوسن تا ملامس‌های اخیر شامل سازندهای میشان، آغاچاری و بختیاری)

این تقسیم‌بندی اولیه به‌همراه سبک چین‌خوردگی هم‌مرکز در دهه‌های ۵۰ و ۶۰ میلادی اساس کار بسیاری از زمین‌شناسان در رسم مقاطع ساختمانی اولیه در بخش‌های مختلف کمربند زاگرس قرار گرفت. ستون چینه‌نگاری کلی در فرو افتادگی دزفول بر پایه اطلاعات ژئوفیزیکی حاصل از لرزه‌نگاری سه‌بعدی، داده‌های حفاری چاه، تصاویر ماهواره‌ای



۲ نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و نمایش خطوط لرزه‌ای مورد استفاده، گسل پیشانی کوهستان MFF: (تهیه شده با استفاده از تلفیق نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ شرکت ملی نفت ایران)



۱ موقعیت زمین‌ساختی کمربند چین - رانده زاگرس و محدوده منطقه مورد مطالعه (چهارگوش کوچک)

به سمت محور تاقدیس کم ضخامت می‌شوند، قابل مشاهده‌اند. فائده چینه‌های رشد در این مقطع در آغاچاری زیرین است که نشان‌دهنده شروع چین خوردگی این بخش همزمان با رسوبگذاری آغاچاری زیرین است. تجمع BB' سازند گچساران در زیر محور تاقدیس گروه کم‌قوام و نازک‌شدگی آن زیر یال شمال خاوری تاقدیس جریک نشان از جریان آن از ناحیه زیر یال به سمت زیر لولای تاقدیس دارد. در مقطع BB' سازند گچساران به صورت محدودی در سطح رخنمون پیدا کرده است. در این مقطع تفاوت ضخامت محسوسی بین یال شمال خاوری و یال جنوب باختری تاقدیس جریک در گروه کم‌قوام دیده نمی‌شود. در گروه پُر قوام چین خوردگی‌هایی در زیر یال شمال خاوری در حال توسعه هستند. هندسه این گروه در این مقطع به صورت یک ناودیس باز دیده می‌شود که با در نظر گرفتن هندسه گروه کم‌قوام ایجاد هندسه ناهماهنگ کرده است (شکل-۳).

مقطع ساختمانی FF'

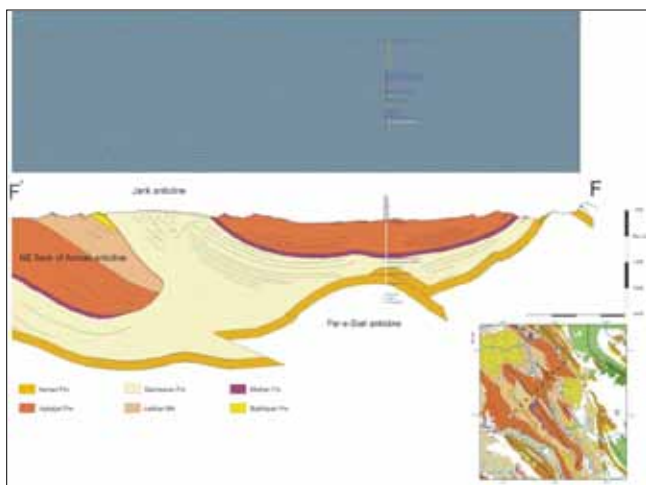
مقطع FF' دومین مقطع ساختمانی عرضی رسم شده بر روی تاقدیس جریک است (شکل-۴). در این مقطع گروه کم‌قوام به سمت جنوب باختر رانده شده، سازند گچساران به سمت جنوب باختر رانده شده و با جایگزینی به جای یال جنوب باختری گروه کم‌قوام تاقدیس جریک، بر روی یال شمال خاوری تاقدیس مجاور (تاقدیس آسماری) رانده شده و رخنمون چشمگیری در سطح یافته است. تجمع سازند گچساران در مرکز تاقدیس گروه کم‌قوام و نازک‌شدگی بیشتر آن زیر یال شمال خاوری نشان از جریان آن از ناحیه زیر یال به سمت لولای تاقدیس جریک دارد که بالاآمدگی تاقدیس زیرسطحی گروه مقاوم این روند را تشدید کرده است. در این مقطع تفاوت ضخامت بین یال شمال خاوری تاقدیس

خوبی را نمایش می‌دهند. بخشی از سازند گچساران که دارای لایه‌بندی است و از نظر سنگ‌شناسی بیشتر شامل تناوبی از انیدریت، مارن، نمک و باندهای نازک آهک است، نیز دارای بازتابنده‌های مشخصی است. اما در مناطقی که سازند گچساران حالت توده‌ای دارد، کیفیت خطوط لرزه‌ای افت می‌کند. همچنین افق آسماری بی‌فاصله پس از سازند گچساران، بر روی خطوط لرزه‌ای با بازتاب‌پذیری بالا قابل مشاهده است. برای شناسایی موقعیت سرسازنده‌های بیان شده بر روی خطوط لرزه‌ای، از داده‌های حاصل از چاه، دنبال کردن خطوط لرزه‌ای تا سطح، اطلاعات نقشه‌های زمین‌شناسی و همچنین برداشت‌های صحرائی استفاده شده است. پس از شناسایی بازتابنده‌های مربوط به رأس سازنده‌های موجود در منطقه مورد مطالعه که با استفاده از داده‌های حفاری چاه‌ها نیز تأیید شده‌اند، فرایند تفسیر خطوط لرزه‌ای آغاز شد. به این ترتیب که در بخش‌هایی که کیفیت خطوط لرزه‌ای خوب است، با رنگ‌های مختلف ترسیم شد و در مناطقی از مقطع که کیفیت لرزه‌ای افت پیدا می‌کند، با استفاده از روش مطابقت بازتابنده‌ها، پدیده‌های مورد نظر ردیابی شد. در نتیجه‌ی انجام مراحل یاد شده، مقاطع ساختمانی تهیه شده‌اند که در آنها داده‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی با هم ادغام گردیده‌اند.

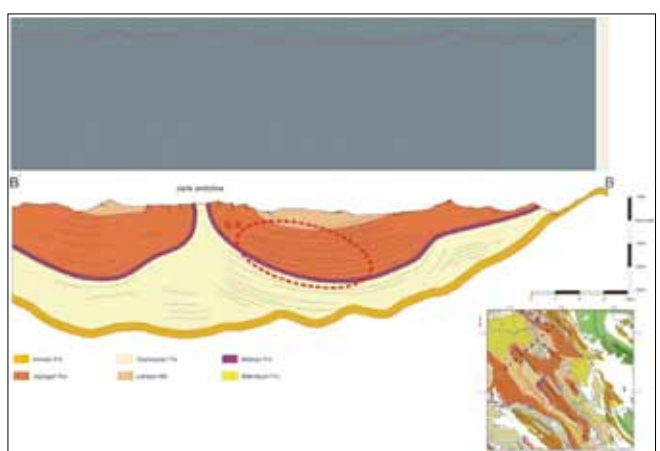
توصیف مقاطع ساختمانی

مقطع ساختمانی BB'

مقطع BB' اولین مقطع ساختمانی عرضی رسم شده بر روی تاقدیس جریک است (شکل-۳). در این مقطع، هندسه چین خوردگی در گروه کم‌قوام از نوع هم‌مرکز است، اما سطح محوری تاقدیس گروه کم‌قوام کمی به سمت جنوب باختر متمایل شده و دارای گرایش به آن سمت است. در گروه کم‌قوام چینه‌های رشدی به صورت گوه‌ای که



شکل ۴ | نیمرخ لرزه‌ای و مقطع ساختمانی



شکل ۳ | نیمرخ لرزه‌ای و مقطع ساختمانی، چینه‌های رشدی توسط کادر بیضی شکل (G.S) نشان داده شده‌اند

هندسه چین خوردگی در این مقطع نیز با توجه به هندسه گروه کم قوام نسبت به گروه پُر قوام، هندسه‌ای ناهماهنگ از سطح به عمق را شکل داده است (شکل-۵).

مقطع ساختمانی NN'

مقطع NN' چهارمین مقطع ساختمانی عرضی رسم شده بر روی تاقدیس جریک است (شکل-۶). در این مقطع، گروه کم قوام به سمت جنوب باختر رانده شده است. چین‌های رشدی به صورت گوه‌ای که به سمت محور تاقدیس کم ضخامت می‌شوند، در یال جنوب باختری تاقدیس کوچکی که در شمال خاور تاقدیس جریک شکل گرفته است (تاقدیس شیرین آب)، دیده می‌شوند. قانده چین‌های رشد در این محل در گچساران میانی است که نشان‌دهنده شروع چین خوردگی این بخش همزمان با رسوبگذاری گچساران میانی است. تجمع سازند گچساران در مرکز تاقدیس جریک دیده می‌شود اما اختلاف ضخامتی در سازند گچساران زیر یال شمال خاوری نسبت به لولای تاقدیس جریک دیده نمی‌شود. در این مقطع تفاوت ضخامت بین یال شمال خاوری تاقدیس جریک و یال شمال خاوری تاقدیس مجاور (تاقدیس آسماری) در گروه کم قوام دیده می‌شود. در گروه پُر قوام برآمدگی ناشی از چین خوردگی (تاقدیس پره سیاه) زیر یال شمال خاوری همچنان کم بوده و تاقدیس نسبتاً مسطح شده، اما توسعه جانبی قابل توجهی دارد. هندسه چین خوردگی در این مقطع نیز با توجه به هندسه گروه کم قوام نسبت به گروه پُر قوام یک هندسه ناهماهنگ از سطح به عمق را شکل داده است (شکل-۶).

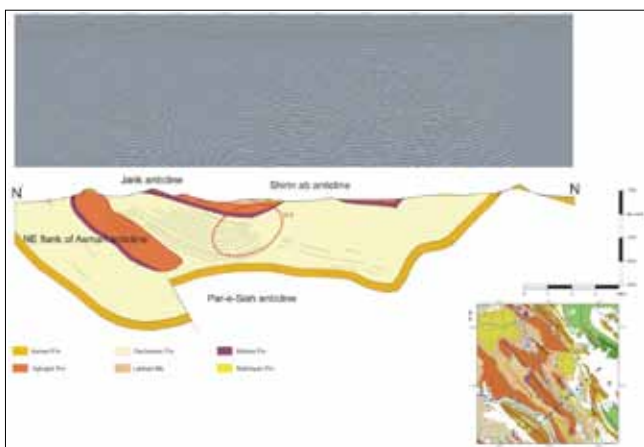
مقطع ساختمانی XX'

مقطع XX'، مقطعی است طولی که در امتداد تقریبی محور تاقدیس زیر

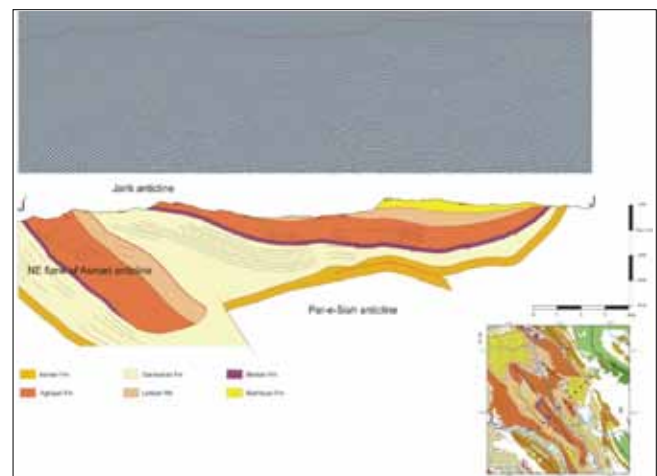
جریک و یال شمال خاوری تاقدیس مجاور (تاقدیس آسماری) در گروه کم قوام دیده می‌شود. در گروه پُر قوام بالا آمدگی ناشی از چین خوردگی زیر یال شمال خاوری توسعه یافته و چین خوردگی (تاقدیس پره سیاه) همراه با ایجاد رورانندگی در یال شمال خاوری تاقدیس گروه پُر قوام است. این چین خوردگی و بالا آمدگی موجب نازک شدن شدگی گروه کم قوام در یال شمال خاوری تاقدیس جریک نسبت به یال شمال خاوری تاقدیس آسماری شده است. هندسه چین خوردگی در این مقطع با توجه به هندسه گروه کم قوام نسبت به گروه پُر قوام یک هندسه ناهماهنگ از سطح به عمق را شکل داده است (شکل-۴).

مقطع ساختمانی JJ'

مقطع JJ' سومین مقطع ساختمانی عرضی رسم شده بر روی تاقدیس جریک است (شکل-۵). در این مقطع، گروه کم قوام به سمت جنوب باختر رانده شده و چین خوردگی کم دامنه‌ای در یال شمال خاوری تاقدیس جریک، بالای تاقدیس گروه مقاوم دیده می‌شود. سازند گچساران به سمت جنوب باختر رانده شده و با جایگزینی به جای یال جنوب باختری گروه کم قوام تاقدیس جریک، بر روی یال شمال خاوری تاقدیس مجاور (تاقدیس آسماری) رانده شده است. تجمع سازند گچساران در مرکز تاقدیس گروه کم قوام و نازک شدن آن زیر یال شمال خاوری نشان از جریان آن از ناحیه زیر یال به سمت ناحیه لولای تاقدیس جریک دارد. همچنین تفاوت ضخامت بین یال شمال خاوری تاقدیس جریک و یال شمال خاوری تاقدیس مجاور (تاقدیس آسماری) در گروه کم قوام کمتر شده است. در گروه پُر قوام، بالا آمدگی ناشی از چین خوردگی زیر یال شمال خاوری کمتر شده و چین خوردگی (تاقدیس پره سیاه) همراه با ایجاد رورانندگی در یال شمال خاوری تاقدیس گروه پُر قوام است.



شکل ۶ | نیمرخ لرزه‌ای و مقطع ساختمانی، چین‌های رشدی توسط کادر بیضی شکل (G.S) نشان داده شده‌اند



شکل ۵ | نیمرخ لرزه‌ای و مقطع ساختمانی

جریک الگوهای مختلف دگرشکلی قابل مشاهده است، یعنی از دماغه شمال باختری به سمت مرکز تاقدیس از هندسه هم‌شیب و جدایشی در قسمت شمال باختری به هندسه جدایشی گسلیده در قسمت میانی و جنوب خاوری دیده می‌شود و یال جنوب باختری در قسمت‌های مرکزی و جنوب خاوری توسط راندگی یال شمال خاوری، پوشیده شده است. تغییر و کاهش ضخامت واحد کم‌قوام روی سطح گسست از دماغه شمال باختری به سمت مرکز تاقدیس بر الگوی هندسی نهایی تأثیر چشمگیری داشته و موجب تغییر هندسه تاقدیس در نقاط مختلف شده است. هندسه و تکامل چین خوردگی تا حد زیادی به چینه‌شناسی مکانیکی، از جمله ضخامت، انعطاف‌پذیری و ترتیب توالی وابسته است.

بنا به نظر میترا (۲۰۰۳) چین‌های جدایشی را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد: چین‌های جدایشی ناهماهنگ^۲ و چین‌های جدایشی برخاسته^۱. این دو هندسه مختلف همچنین می‌توانند در مراحل تکامل شکل‌گیری یک ساختمان چین خورده نیز ایجاد شوند [۱۲] (شکل-۹). چین‌های جدایشی گسلیده یکی از زیر مجموعه‌های چین‌های جدایشی ناهماهنگ می‌باشند. همچنین هندسه و تکامل چین خوردگی تا حد زیادی به چینه‌شناسی مکانیکی، از جمله ضخامت، انعطاف‌پذیری، و ترتیب توالی وابسته است. میترا (۲۰۰۳) ابراز می‌دارد که دو نوع هندسه چین‌های جدایشی (چین‌های جدایشی ناهماهنگ و چین‌های جدایشی برخاسته) در مراحل متفاوتی از چین خوردگی شکل می‌گیرند: ساختمان چین خورده با هندسه متقارن یا نامتقارن شکل می‌گیرد که طول موج چین خوردگی به وسیله ضخامت لایه نسبتاً مقاوم روی سطح گسست کنترل می‌شود، در این مراحل ابتدایی، مواد شکل‌پذیر سطح گسست از ناحیه محور ناودیس به سمت ناحیه محور تاقدیس جریان می‌یابند. با افزایش دامنه و طول موج چین خوردگی هر دو سازوکار چین خوردگی چرخش یال و مهاجرت لولای رخ می‌دهد. در ابتدا چرخش یال در اثر فرایند خمشی لغزشی رخ داده، اما در مراحل پیشرفته‌تر چین خوردگی، چرخش یال موجب ایجاد دگرشکلی‌های داخلی در لایه‌هایی که بین لولاهای قفل شده قرار گرفته اند، می‌شود.

سطحی (تاقدیس پره سیاه) در گروه پُرقوام ترسیم شده است (شکل-۷). در این مقطع، همانطور که در شکل-۷ دیده می‌شود، مهاجرت سازند گچساران از ناحیه فوقانی فراز تاقدیس زیر سطحی (تاقدیس پره سیاه) به دو سو و به سمت ناودیس‌های مجاور دیده می‌شود. همچنین نازک‌شدگی گروه کم‌قوام در بالای فراز تاقدیس زیر سطحی گروه پُرقوام دیده می‌شود که ناشی از چین خوردگی و برخاستگی تاقدیس زیر سطحی همزمان با رسوبگذاری گروه کم‌قوام است. تأثیر برخاستگی ناشی از چین خوردگی تاقدیس زیر سطحی را همچنین می‌توان در افزایش ارتفاع حدود ۲۰۰ متری قانده سازند بختیاری در در ناحیه یک سوم میانی تاقدیس جریک در یال شمال خاوری نسبت به یک سوم شمال باختری در این یال مشاهده کرد (شکل-۸).

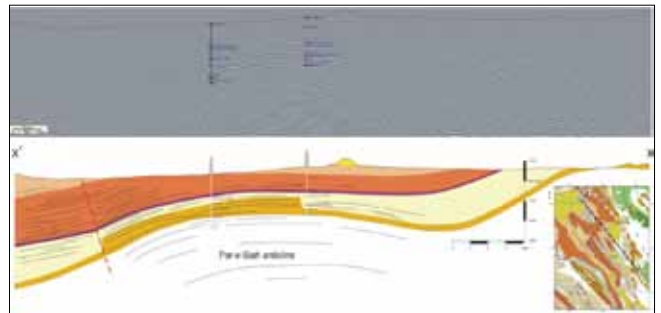
الگو و سازوکار چین خوردگی در تاقدیس جریک

بر اساس اطلاعات حاصل از مقاطع ساختمانی، تاقدیس جریک یک تاقدیس نامتقارن است که شیب یال شمال خاوری آن از شیب یال جنوب باختری کمتر بوده و شیب صفحه محوری به سمت شمال خاور است. افزایش شدت چین خوردگی از میل تاقدیس به سمت مرکز آن با افزایش میزان کوتاه‌شدگی همراه است. مقاطع لرزه‌ای نمایانگر تغییر ضخامت چشمگیر سازند گچساران در ناحیه لولای نسبت به یال‌هاست که نمایانگر مهاجرت این واحد متحرک به سمت هسته تاقدیس جریک می‌باشد. تغییر ضخامت و تغییر شیب لایه‌ها در نیمرخ‌های لرزه‌ای و همچنین مشاهده تغییر شیب و ضخامت واقعی در آجاجاری زیرین به بعد در سطح زمین در یال شمال خاوری تاقدیس جریک نمایانگر رسوبگذاری همزمان با چین خوردگی (چینه‌های رشد) این بخش است (شکل-۳). بنابراین شروع چین خوردگی تاقدیس جریک از زمان رسوبگذاری آجاجاری زیرین به بعد اتفاق افتاده است.

تحلیل جنبشی چین خوردگی در تاقدیس جریک با کمک اطلاعات زیر سطحی موجود و داده‌های سطحی نشان می‌دهد که در تاقدیس



۸ | افزایش ارتفاع حدود ۲۰۰ متری قانده سازند بختیاری (خط زرد رنگ) که نمایانگر بالآمدگی نسبی یال شمال خاوری تاقدیس جریک، در نتیجه عملکرد و رشد تاقدیس زیر سطحی گروه مقاوم است.

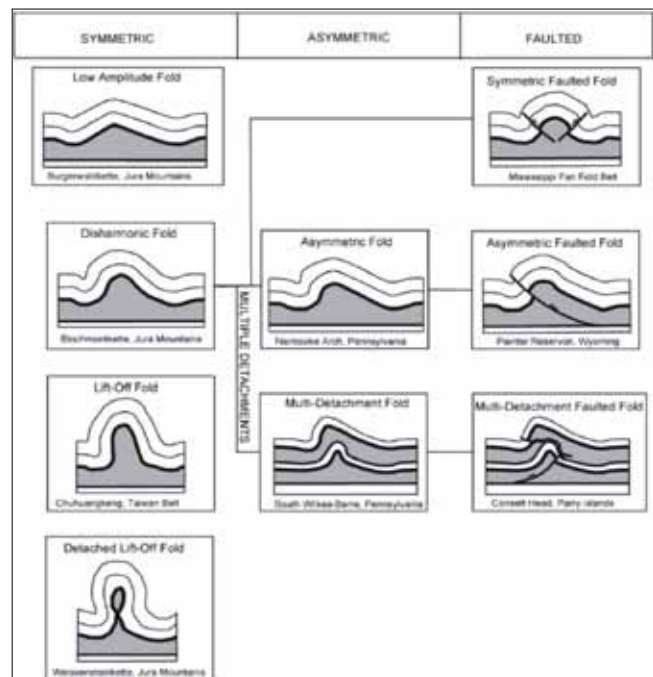


۷ | نیمرخ لرزه‌ای و مقطع ساختمانی

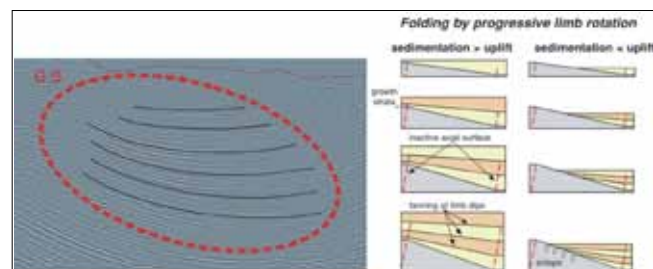
بررسی اطلاعات موجود نشان می‌دهد که وجه تمایز غالب بین دو منطقه ذکر شده که دارای هندسه‌های متفاوتی هستند، اختلاف ضخامت لایه مقاوم روی سطح گسستگی است. به این ترتیب که در یک سوم شمال باختری، تاقدیس این لایه از ضخامت قابل توجهی برخوردار است در حالی که در یک سوم میانی و جنوب خاوری همانطور که اشاره شد به دلیل چین خوردگی و برخواستگی تاقدیس زیر سطحی در لایه پُرقوام زیر سطح گسست، و همچنین شکل‌گیری و برخواستگی تاقدیس جنوب باختری (تاقدیس کوه آسماری) گروه کم‌قوام رویی، سطح گسست دچار نازک‌شدگی شده است. این تفاوت ضخامت لایه رویی نقش مهمی در شکل‌گیری و ایجاد هندسه‌های متفاوت در بخش‌های مختلف تاقدیس جریک داشته است. به طوری که در یک سوم شمال باختری تاقدیس که ضخامت لایه مقاوم روی سطح گسست قابل توجه است، سازوکار و هندسه چین خوردگی جدايشی برخاسته رخ داده است در حالی که در یک سوم میانی و جنوب خاوری تاقدیس که ضخامت لایه مقاوم روی سطح گسست کاهش یافته است، سازوکار و هندسه چین خوردگی جدايشی گسلیده رخ داده است. در مطالعه‌ای که اخیراً توسط دریکوند و همکاران انجام شده است، تاثیر ضخامت پوشش رسوبی بر روی تغییر سبک چین خوردگی در فروافتادگی دزفول نشان داده شده است [۲۹]. در پژوهش حاضر، نقش تغییر ضخامت واحد رسوبی نامقاوم رویی بر روی الگوی چین خوردگی واحد رسوبی پُرقوام در مقیاسی کوچک تر مشاهده می‌شود.

همچنین با در نظر گرفتن هندسه چینه‌های رشد در مقاطع لرزه‌ای و الگوی ارائه شده توسط هاردی و پابلت (۱۹۹۴) درباره ارتباط هندسه چینه‌های رشد با ساز و کار چین خوردگی، به نظر می‌رسد تاقدیس جریک در اثر سازوکار چین خوردگی چرخش یال شکل گرفته است (شکل ۱۰-).

همانگونه که ذکر شد بنا به عقیده میترا (۲۰۰۳) چین خوردگی جدايشی ناهماهنگ و چین خوردگی جدايشی برخاسته دو مرحله متناوب چین خوردگی هستند که در یک توالی با ویژگی‌های چینه‌شناسی مکانیکی خاص (وجود افق‌های دو یا چند افق مقاوم و وجود حداقل یک افق گسستگی) رخ می‌دهند. همانطور که گفته شد در تاقدیس جریک دو الگو و هندسه متفاوت از چین خوردگی در نقاط مختلف این تاقدیس قابل مشاهده است: الگوی اول، الگوی چین خوردگی جدايشی برخاسته ناهماهنگ در یک سوم شمال باختری تاقدیس جریک و نزدیک دماغه شمال باختری آن و الگوی دوم، الگوی چین خوردگی جدايشی ناهماهنگ گسلیده در یک سوم میانی و جنوب خاوری آن می‌باشد که این هندسه‌های مشاهده شده، منطبق بر الگوی ارائه شده توسط میترا هستند.



شکل ۹ | الگوی شماییک هندسه‌های مختلف چین‌های جدايشی در نقاط مختلف جهان (Mitra, ۲۰۰۳)



شکل ۱۰ | سمت چپ: هندسه چینه‌های رشد در یال شمال خاوری تاقدیس جریک (مقطع در شکل ۳) سمت راست: هندسه چینه‌های رشد شکل گرفته طی چین‌خوردگی با ساز و کار چرخش یال در حالتی که نرخ رسوبگذاری از برخواستگی کمتر است. (Hardy, S., and J. Poblet, ۱۹۹۴)

نتیجه‌گیری

بررسی هندسی و تحلیل جنبشی چین خوردگی در تاقدیس جریک نشان می‌دهد که این تاقدیس یک تاقدیس نامتقارن با گرایش به سمت جنوب باختر و دارای هندسه ناهمگون است. این هندسه ناشی از اندرکنش میان لایه‌های کم‌قوام رویی (سازندهای میشان، آغاچاری و بختیاری) و سطح جدايش بالایی (گچساران) است. در این تاقدیس مراحل و هندسه‌های متفاوت چین خوردگی جدايشی در مناطق مختلف قابل مشاهده است. در میانه تاقدیس، هندسه جدايشی گسلیده و در دماغه تاقدیس، هندسه جدايشی و هم‌مرکز قابل مشاهده است. بنا بر بررسی‌های انجام شده، ساز و کار چین خوردگی در میل شمال باختری نوع جدايشی برخاسته ناهماهنگ و در بخش میانه تاقدیس نوع جدايشی گسلیده ناهماهنگ می‌باشد و با توجه به هندسه چینه‌های رشدی،

است. شناخت هندسه این تاقدیس و بررسی نتایج آن در موارد مشابه در فروبار دزفول، می‌تواند تاثیر قابل توجهی در شناخت روند تکامل زمین‌شناسی و زمین‌ساختی فروبار دزفول داشته باشد. ■

ساز و کار چین خوردگی از نوع چرخش یال در آن عمل کرده است. به دلیل مشاهده چینه‌های رشد در آجاجاری زیرین در این تاقدیس، شروع چین خوردگی آن همزمان با رسوبگذاری بخش زیرین سازند آجاجاری بوده

پانویس‌ها

1. Serial Cross Section
2. Flexure zone

3. Disharmonic detachment folds
4. detachment folds Lift – off

منابع

- 91, P. 501518-
- [10] Hardy, S., and J. Poblet, 1994, Geometric and numerical model of progressive limb rotation in detachment folds: *Geology*, v. 22, p. 371374-.
- [11] McQuillan, H., 1973- Small-scale fracture density in Asmari Formation of SW Iran and its relation to bed thickness and structural setting. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 57, 23672385-
- [12] Mitra, S., 2003. A unified kinematic model for the evolution of detachment folds. *J. Struct. Geol.* 25 (10), 1659–1673.
- [13] Molinaro, M., Leturmy, P., Guezou, J. C. and Frizon de Lamotte, D. and S. A. Eshraghi, 2005., The structure and kinematic of the south-eastern Zagros fold-thrust belt, Iran: from thin skinned to thick skinned tectonics. *Tectonics*, v. 24, p. TC3007
- [14] O'Brien, C. A. E., 1950- Tectonic problems of the oil field belt of southwest Iran Proceeding of 18th International of Geological Congress, Great Britain, part 6, pp. 4558-.
- [15] O'Brien, C. A. E., 1957- Salt diapirism in south Persia. *Geologie en Mijnbouw*, 19, 357376-.
- [16] Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon de Lamotte, D. & Letouzey, J., 2005- Detachment folding in the Central and Eastern Zagros fold-belt(Iran): salt mobility, multiple detachments and late basement control, *Journal of Structural Geology*, 27, 1680-1696.
- [17] Sherkati, S., Letouzey, J. & Frizon de Lamotte, D., 2006- Central Zagros fold-thrust belt (Iran): New insights from seismic data, field observation, and sandbox modeling: *Tectonics*, v. 25, TC 4007, doi: 10.10292004/TC001766.
- [18] Sepehr, M. and Cosgrove, J. W., 2007- The role of major fault zones in controlling the geometry and spatial organization of structures in the Zagros Fold-Thrust Belt. In: *Deformation of the Continental Crust: The Legacy of Mike Coward* (Ed. by Ries, A.C., Butler, R.W.H., and Graham, R.H.). Special Publications, Geological Society, London, Vol.272: p.419436-.
- [۱] خرازی زاده، ن، الماسیان، م و شرکتی، ش.، ۱۳۹۱ - تحلیل جنبشی هندسه چین خوردگی در تاقدیس آجاجاری (فروافتادگی دزفول)، ایران، فصل‌نامه علوم زمین، شماره ۸۶ صفحه ۲۶۱ تا ۲۷۲
- [۲] دریکوند، ب، علوی، ا، حاجعلی بیگی، ح و عبدالهی فرد، ا.، ۱۳۹۵- برهم کنش دگربرختی، فرسایش و رسوب گذاری همزمان با زمین ساخت بر هندسه و آرایش ساختارهای بخش مرکزی کمربند چین خورده- رانده زاگرس، جنوب باختر ایران، فصل‌نامه علوم زمین، شماره ۱۰۱، صفحه ۸۷ تا ۹۸
- [۳] مطیعی، ه. ه.، ۱۳۷۲ - چینه شناسی زاگرس، انتشارات سازمان سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [4] Abdollahie Fard, I., Braathen, A., Mokhtari, M., Alavi, S.A., 2006. Interaction of the Zagros Fold-Thrust belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the dezful embayment, SW Iran. *Petrol. Geosci.* 12 (4), 347–362.
- [5] Ahmadhadi, F., Lacombe, O. & Daniel, J. M., 2007- Early reactivation of basement faults in Central Zagros (Sw Iran): evidence from pre-folding fracture populations in Asmari Formation and Lower Tertiary Paleogeography. In: Lacombe, O., Lav, J., Verges, J. & Roure, F. (eds) *Thrust Belts and Foreland Basins: From Fold Kinematics to Hydrocarbon Systems*. Springer, Berlin, 205228-
- [6] Bahroudi, A. and H. Koyi, 2003. Effect of spatial distribution of Hormuz salt on deformation style in the Zagros fold and thrust belt: an analogue modeling approach. *Journ. of Geol. Soc of London*, 160, p115-.
- [7] Berberian, M., 1995- Master Blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics* 241, 193224-.
- [8] Emami, H., Verges, J., Nalpas, T., Gillespie, P., Sharp, I., Karpuz, R., Blanc, E. P. & Goodarzi, M. G. H., 2010- Structure of the Mountain Front Flexure along the Anaran anticline in the Pusht-e-Kuh Arc (NW Zagros, Iran): insights from sand box models. *Geological Society of London, Special Publications* 2010. V. 330, P. 155178-
- [9] Derikvand, B., Alavi, A., Abdollahie Fard, I., Hajjalibeigi, H., 2018- Folding style of the Dezful Embayment of Zagros Belt: Signatures of detachment horizons, deep-rooted faulting and syn-deformation deposition. *Marine and Petroleum Geology*. V.