تاثير چسبندگي قاعده ايي در سبك دگرريختي پهنه گسله منقارك
با بكارگيري روش مدل سازي آنالوگ

مرتضي پيروز ، محمدرضا قاسمي ، عباس بحرودي، عبدا... سعيدي

چكيده:

پهنه شمالي ـ جنوبي گسله راستالغز منقارك در كمربند ساده چين خورده زاگرس قرار دارد كه از ۳۰ كيلومتري غرب شيراز شروع شده و تا جنوب شهرستان دهرم به طول ۱٤۰ كيلومتر ادامه دارد. ساختهاي نمكي متعددي همانند جهاني، فيروز آباد و گچ از داخل پهنه گسله منقارك و ساخت نمكي كوچك ديگري در راستاي راندگي كيلاق بيرون زده است. وجود ساختهاي نمكي در منطقه مي تواند بيانگر لايه جدا كننده و ويسكوز در توالي رسوبي باشد. وجود و يا تغيير در توزيع لايه هاي جداكننده ويسكوز در افقهاي مختلف، مي تواند بر چگونگي سبك دگرريختي در بخشهاي فوقاني و تحتاني تاثير گذار باشد. در اين نوشتار تغييرات فضايي افقهاي جداكننده ويسكوز و تاثير آن در سبك دگرريختي پهنه گسله منقارك با استفاده از همانند سازي مدرج آزمايشگاهي مورد بررسي قرار گرفته است. در يك كمربند چين و رانده، هر چه قدر ضريب چسبندگي پي سنگ و توالي رسوبي پوشاننده بيشتر باشد عرض دگريختي كم و تغيير شيب توپوگرافي ناگهاني و زياد بوده و هر چه ضريب چسبندگي كم باشد عرض دگرريختي زياد و تغيير شيب توپوگرافي ملايم است. وجود و ضخامت زياد سري نمكي هرمز مابين پي سنگ و رسوبات پوشاننده باعث كاهش ضريب چسبندگي پي سنگ و رسوبات فوقاني شده و عدم آن يا ضخامت كم آن بيانگر ضريب چسبندگي بالا مابين پي سنگ و رسوبات فوقاني است. نتايج اين بررسي نشان مي دهد كه شيب انباشته دگرريختي در منطقه متغيير بوده و به خوبي با نحوه توزيع لايه هاي جدا كننده ويسكوز در ارتباط بوده و از آن تبعيت مي كند. در باختر پهنه گسله منقارك، ضريب چسبندگي و شيب انباشتگي زياد، عرض دگريختي كم و در خاورپهنه، ضريب چسبندگي و شيب انباشتگي كم، عرض دگريختي زياد است.

The effect of cohesion coffecient in structural style Mangharak fault zone with use analuge modeling method

Abstract

The N-S strike-slip Mangharak fault zone is located in Zagros simply folded belt, and continuous from about Shiraz to south of Dehram for about 140 km. Various large salt plugs such as Jahani, Firuzabad, Gach in the middle part of Mangarak fault zone, and small salt plug in Kaylag thrust pierce the cover layers. Existence of salt plugs in this area indicates presence of basal decollement viscous layers at depth. Which may cause variation in structural style above and below the decollement. Spatial distribution of decollement layers are analyzed through experimental analogue modeling method. Results indicate that the higher cohesion coefficient between basement rock and cover sedimentary sequence, the lower is width of deformed zone and the tapper angle higher is of the thrust and fold belt. Existence of Hormoz salt complex has decreased the cohesion coefficient between basement and cover sequence. As a result, in the studied area the tapper angle of deformed belt is variable and is

closely related to the distribution of the decollement layers. In the West of Mangharak fault zone, cohesion coefficient and tapper angle are high, width of deformed zone is low but in the East of Mangharak fault zone, cohesion coefficient and tapper angle are low, width of deformed zone is high.

۱. مقدمه:

كمربند چين و راندگي زاگرس پل ارتباطي رشته كوههاي هيمالیا و آلپ است كه به طول ۲۰۰۰ كيلومتر از جنوب، جنوب باختر ايران به سمت عراق، جنوب تركيه و شمال سوريه كشيده شده است. اين كمربند از لحاظ دگريختي همگن نبوده و از اين رو تقسيم بندي هاي عرضي و طولي متفاوتي توسط زمين شناسان قبلي ارائه شده است. كمربند چين و رانده زاگرس شامل، پهنه راندگي زاگرس (Zagros Imbricate zone)، كمربند ساده چين خورده زاگرس (Zagros Simply Folded belt)، زاگرس فرو افتاده (Zagros Foredeep)، حوضه پيشبوم بين النهرين ـ خليج فارس (Mesopotamian and Persian Gulf foreland basins) و سكو يا پيشبوم عربستان (platform or foreland in Arabia) است (Stocklin, 1968; Falcon, 1967,1969,1974; Hayens and McQuillan, 1974; Berberian, 1995). دگريختي در اين كمربند توسط گسلهاي فشاري و امتدادلغز بترتيب به صورت كوتاه شدگي و چرخش رخ مي دهد. در كمربند ساده چين خورده زاگرس چندين پهنه گسله امتدالغز با روند شمالي ـ جنوبي وجود دارد كه در اين بين مي توان به خطواره قطر كازرون، منقارك، سبزپوشان و سروستان اشاره كرد. با توجه به نتايج برداشتهاي صحرايي مي توان ستون سنگَ شناسي را به هفت بخش زير تقسيم كرد. بخش پرقوام زيرين شامل پي سنگ متشكل از سنگ هاي آذرين و دگرگوني (Harrison, 1930; Kent, 1970; Haynes&McQillan, 1974)، بخش كم قوام پائيني شامل رسوبات سري هرمز(Stocklin, 1968; Kent, 1970)، بخش پرقوام پائيني شامل رسوبات پالئوزئيك كه بيشتر شامل رسوبات كربناته، ماسه سنگي و شيلي است، بخش كم قوام مياني شامل رسوبات تبخيري دشتك به سن تریاس، بخش پرقوام مياني شامل رسوبات كربناته گروه هاي خامي و بنگستان، بخش نيمه كم قوام فوقاني شامل رسوبات مارني سازند پابده ـ گورپي و رسوبات گچي و گاهي نمكي سازند گچساران است، بخش پرقوام بالايي شامل رسوبات آواري شيلي، ماسه سنگي و كنگلومرايي سازندهاي ميشان، آغاجاري و بختياري است. ضخامت هر يك از سازندها در منطقه مورد مطالعه در جدول شماره يك آورده شده است. هدف از انجام اين مطالعه بررسي تاثيرات لايه هاي ويسكوز بر روي الگوي دگريختي و شيب انباشتگي (tapper angle) حاصل از دگريختي است. روش مطالعه با بكار گيري روش مدل سازي آنالوگ بوده است.

۲. بحث و بررسي:

۲-۱: پهنه گسله راستالغز منقارك:

پهنه گسله راستالغز شمالي ـ جنوبي منقارك (كره بس) از ۳۰ كيلومتري غرب شيراز شروع شده و تا جنوب شهرستان دهرم به طول۱٤۰ كيلومتر ادامه دارد و داراي جابجايي راستالغز راستگرد است(نگاره ۱). ميزان جابجايي راستالغز اين پهنه٦ كيلومتر بوده كه در انتهاي پهنه به ۲ كيلومتر كاهش مي يابد، اين پهنه، يك گسل انتقالي درون قاره اي است (Kent, 1979; Bahroudi and Talbot 2004) كه داراي فعاليت هاي لرزه اي بوده و در حال حاضر نيز فعال است. بر اساس مطالعات انجام شده بر روي كمربند چين و رانده زاگرس با استفاده از عكس هاي هوايي (McQuillan, 1991)، تصاوير ماهواره اي (Furst,1990; Barzegar, 1994)، ريخت شناسي،

رسوب شناسي و شواهد لرزه اي، ۱۴ پهنه گسله اصلي تشخيص داده شده است كه ناشي از فعاليت دوباره گسل هاي قديمي پي سنگ است (Murris, 1980; Koop and Stoneley, 1982; Motiei, 1995; Berberian, 1995). اكثر اين پهنه‌ها در حاشيه پهنه ساده چين خورده و يا در داخل آن قرار دارد و به نوعي نحوه توزيع سري ويسكوزهرمز را كنترل كرده اند (Bahroudi and Koyi, 2003). براي مثال مي توان به پهنه هاي گسله كازرون، منقارك يا كره بس، هنديجان، خانگين و سروستان با روند شمالي ـ جنوبي و پهنه گسله رازك با روند شمال، شمال خاور ـ جنوب، جنوب باختر اشاره كرد. همه اين پهنه ها داراي شيب بسيار زياد بوده و جابجايي راستالغز نشان مي دهند (Kent, 1979; Barzegar, 1994; Berberian, 1995; Hessami et al., 2001; Bahroudi and Talbot 2003**)**. پهنه ساده چين خورده زاگرس را مي توان بر اساس شدت دگرريختي در ناحيه مورد مطالعه به دو قسمت شمالي و جنوبي تقسيم كرد كه در اين مقاله از اين مرز به نام مرز دگرريختي مياني نامبرده شده است و به نظر مي رسد كه منطبق بر گسلهاي پي سنگي با امتداد شمال باختر ـ جنوب خاور باشد.

۲-۲ همانند سازي:

براي همانند سازي در ابتدا مهم است كه چه پارامترهايي براي مدل سازي نقش كيلدي دارد. اين پارامترها شامل ضخامت سازندها، ميزان كوتاه شدگي، سرعت كوتاه شدگي، ابعاد مدل است. معادل سازندهاي پرقوام از ماسه، نيمه كم قوام از پودر ميكا و كم قوام از سيليكون استفاده شده است. ملاك انتخاب زواياي پيشاني سيليكون (نگاره ۳ ج) بر اساس زواياي بين پهنه گسله منقارك و شكستگي هاي موجود در پي سنگ بر پايه داده هاي ژئوفيزيكي با محور كوتاه شدگي كوهزاد زاگرس بوده است. پهنه گسله منقارك با محور كوتاه شدگي زاويه ٤٥ درجه و خطواره گسلي پي سنگي با امتداد شمال خاورـ جنوب باختر در خاور منطقه مورد مطالعه با محور اصلي كوتاه شدگي زاگرس زاويه ۳۰ درجه مي سازد. محور اصلي كوتاه شدگي، محوري است كه عمود بر ساختاهاي فشارشي در نظر گرفته مي شود و در واقع محور فشارش همان محور كوتاه شدگي است. خصوصيات مكانيكي مانند ضخامت واقعي سازندها، ضخامت سازند ها در مدل، خصوصيات مكانيكي و نوع ماده مصرفي در جدول يك آورده شده است. مسئله ديگري كه قابل اشاره است نقش پي سنگ در دگريختي منطقه است، با توجه به اينكه نشان دادن نقش پي سنگ در مدل محدوديتها و پيچيدگي هايي را به وجود مي‌آورد، در اين مدل از نقش پي سنگ چشم پوشي شده است و فقط تاثير توزيع نمك در نحوه دگرريختي مد نظر بوده است.

۲-۳. نحوه اجراي آزمايش و مقاطع حاصله از مدل و طبيعت:

در مدل معادل سري هرمز، سازند دشتك و بخشي از سازند گچساران از سيليكون، معادل عضو تبخيري نار، سازند پابده گورپي و بخش ديگر سازند گچساران از ميكا و معادل بقيه سازندها از ماسه استفاده شده است. پس از اينكه تمام واحدها به ترتيب چينه شناسي و با توجه نسبت ضخامت$^{-٤}$۱۰ × ۲ در داخل دستگاه قرار داده شد با سرعت كوتاه شدگي ۱/۲ سانتي متر در ساعت آزمايش شروع شده و تا ۳۰ در صد كوتاه شدگي ادامه يافت. پس از گذشت ۱۵ ساعت و اتمام كوتاه شدگي ۳۰ درصدي مقاطعي از مدل بدست آمد (نگاره ٤ وه). پرفيل هاي توپوگرافي بر اساس داد هاي SRTM و با استفاده از نرم افزار ER Mapper از طبيعت ترسيم شد (نگاره ۲) كه طول هر يك از آنها در حدود ۱۵۰ كيلومتراست. موقعيت مقطع ها در نگاره ۱ آورده شده است. محور افقي مقاطع بر اساس عرض جغرافيايي و محور قائم آنها نشان دهنده ارتفاع نقاط مي باشد. براي نمايش بهترنسبت مقياس در محورقائم نه برابر محور افقي در نظر گرفته شده است. با توجه به نگاره ۲ از مقايسه سه مقطع تهيه شده بخوبي مشاهده مي شود كه شيب مقطع شماره دو در پيشاني دگرريختي مياني بطور

يكنواخت و با شيب كم تغيير مي كند ولي اين در حالي است كه در مقاطع شماره يك و سه كاهش شيب ناگهاني و تند است.

۴-۲: نتايج حاصله از مدل آزمايشگاهي :

۲-٤-۱. الگوي كلي دگريختي در سطح توپوگرافي از نحوه گسترش هندسي واحدهاي كم قوام در توالي رسوبي پيروي مي كند. در مدل همانند سازي شده الگوي دگريختي حاصله از نحوه گسترش لايه سيليكون معادل سري هرمز پيروي كرده است (نگاره ۳).

۲-٤-۲. وجود لايه سيليكون در مدل، باعث تغيير نوع دگريختي بخش هاي فوقاني و تحتاني خود مي شود. هر چه تفاوت قوام بين لايه ها زياد باشد، تفاوت دگريختي در جهت قائم نيز بيشتراست (Liu and Dixon, 1991; Liu, et.al. 1992)(نگاره ۶).

۲-٤-۳ شيب گسل ها به محض ورود به لايه هاي كم قوام كاهش مي يابد. با توجه به نگاره ها مي توان نتيجه گيري كرد كه كژها (Ramp) در سازندهاي پرقوام و تخت ها (Flat) در واحدهاي كم قوام شكل مي گيرد (Liu and Dixon, 1991; Liu, et al. 1992.) (نگاره هاي ٤ و ٦- ٨).

۲-٤-٤. توپوگرافي منطقه بسيار تأثير پذير از هندسه گسترش سيليكون است. منطقه اي كه در حال كوتاه شدگي است اگر از واحدهاي كم قوام تشكيل شده باشد، تنش اعمالي صرف ضخيم شدگي لايه سيليكون مي شود و توپوگرافي ناحيه به طور يكنواخت افزايش يافته و شيب انباشتگي ملايمترمي شود. در صورت عدم لايه هاي كم قوام، جابجايي بر روي گسل ها بيشتر و بنابراين شيب انباشتگي نيز افزايش خواهد يافت. (Liu, et. al., 1991, Claudio, et. al., 2001; Bahroudi, 2003) (نگاره هاي ۲ و ۵). ضريب چسبندگي قاعده ارتباط مستقيم با شيب انباشتگي دارد به نحوي كه اگر ضريب چسبندگي قاعده بالا باشد توپوگرافي مربوطه پرشيب و اگر ضريب چسبندگي پائين باشد توپوگرافي كم شيب خواهد بود(Liu, et. al., 1992; Cotton ,2000; Bahroudi, 2003). با توجه به نگاره (۳ ج) در بخش B وسعت سيليكون نسبت به بخش هاي A و C بيشتر بوده و در نتيجه ضريب چسبندگي كمتر است. توزيع تنش در ناحيه هاي A,B,C به دليل متغيير بودن وسعت سيليكون متفاوت است، لذا نوع و مقدار دگريختي حاصل از تنش، متفاوت بوده و از موقعيت مكاني لايه هاي كم قوام و يا كژ پيشاني تبعيت مي كند. گسل هاي پيشاني بخش هاي A و C نسبت به بخش B به يك استاپ نزديك تر بوده و جابجايي بر روي آنها بيشتر است.در بخش هايي كه ضريب چسبندگي كم باشد شيب توپوگرافي كم، تعداد يك تراست ها زياد و جابجايي بر روي گسل ها كمتر از حالتي است كه ضريب چسبندگي قاعده بالاست (Liu and Dixon, 1991; Liu et. al., 1992; Cotton and Koyi, 2000; Claudio, et. al., 2001; Bahroudi, 2003)

۲-٤-۵. اگر در جهت افق، تغيير جنس يا تغيير ضخامت وجود داشته باشد در اثر كوتاه شدگي بخش هاي مختلف، لايه خصوصيات متفاوتي از خود نشان مي دهند و معمولاً در چنين مرزهايي احتمال تشكيل گسل زياد است.

۲-٤-٦. لايه هاي كم قوام كه بين لايه هاي پر قوام محصور شده اند، اگر تحت تأثير نيروي فشارشي قرار گيرند در اثر چين خوردگي در هسته تاقديس ها متمركز شده و در زير ناوديس ها نازك مي شود. نازك شدگي آن قدر ادامه مي يابد تا گسيخته شود. با توجه به نتايج آزمايش ها، در منطقه مورد مطالعه مي توان چنين ساختارهايي را در سري هرمز و سازند دشتك انتظار داشت (نگاره ٤).

۳. نتيجه گيري:

نحوه دگرريختي از چگونگي گسترش لايه هاي كم قوام، مقدار تنش اعمالي، ضريب چسبندگي قاعده و ضخامت لايه ها تبعيت مي كند. در باختر پهنه گسله منقارك بدليل بالا بودن ضريب چسبندگي، شيب انباشتگي دگرريختي بيشتراز خاور پهنه گسله منقارك است، اين در حالي است كه در بخش هاي خاوري تر شيب انباشتگي دوباره افزايش مي يابد. ضريب چسبندگي قاعده در باختر پهنه گسل منقارك بيشتر از خاور پهنه گسله بوده و تغيير ضريب چسبندگي قاعده به خاطر متفاوت بودن خصوصيات فيزيكي سري هرمز در دو سوي پهنه بوده است. با توجه به موارد ياد شده سري هرمزدر حد فاصل بين پهنه گسله منقارك و خطواره ژئوفيزيكي B گسترش زيادي نسبت به طرفين به سمت جنوب باختر داشته و مرز دگرريختي مياني، در اين حد فاصل دربخش هاي جنوبي تر تشكيل شده است (نگاره ۹). لايه هاي كم قوام علاوه بر تاثير گذاري بر الگوي دگريختي و تغيير در هندسه دگرريختي در جهت قائم، باعث كاهش شيب گسل‌ها مي شوند. شيب گسل‌هايي كه از سري هرمز ريشه گرفته و به طرف بالا رشد مي كنند در توالي‌هاي رسوبي دشتك، پابده ـ گورپي و گچساران كاهش مي يابد و تخت ها (Flat) را تشكيل مي دهند. كژها (Ramp) در ساير توالي هاي رسوبي كه قوام بيشتري دارند تشكيل مي شود.

۴. منابع:

1. Bahroudi, A. 2003. The effect of mechanical characteristics of basal decollment and basement structure on deformation of the Zagros Basin. Uppsala University, pp. 1-43.

2. Bahroudi, A., Talbot, C.J., 2003. The effect of me basement beneath me Zagros basin. Journal of petroleum geology.

3. Bahroudi, A., Koyi, H. A., 2003. Effect of spatial distribution of Hormoz salt on deformation style in me Zagros fold and thrust belt: an analogue modeling approach. Journal of the Geological Society, London.

4. Barzegar, F., 1994. Basement fault mapping of E Zagros folded belt (S.W. Iran) based on space born remotely sensed data. Proceedings of the 10th Thematic conference on geologic remote sensing: exploration, environment, and engineering. 10, 455-466, San Antonio, Texas, USA.

5. Berberian, M., 1995. Master "blind" thrust faults hidden under die Zagros folds: Active tectonics and surface morphotectonics. Tectonophysics 241,193-224.

6. Colman-Sadd, S.P., 1978. Fold development in Zagros simply folded belts. Southwest Iran. American Association of Petroleum Geologist Bulletin 62, 984-1003.

7. Claudio, T., Antonio, R., Cesare, R. P., 2001. Compressional structure in a multilayered mechanical stratigraphy: Insights from sand box modeling with three-dimensional variations in basal geometry and friction. Geological Society of America. Memoir 193. pp. 153-179.

8. Cotton, J. , Koyi, H., 2000. Modeling of thrust fronts above ductile and frictional detachments: Application to structures in the Salt range and Plateau, Pakestan. Geological Society of America Bulletin, Vol. 112, No. 3, pp.351-363.

9. Evers. H. J., Fakhari. M., Verrall P., 1977. The geology of Surmeh and surrounding structures, Fars North Area. Iranian National Oil Company, Report No. 1251.

10. Evers. H. J., Fakhari. M., 1978. Structural evaluation of the Kalagh anticline in Fars North. Iranian National Oil Company, Technical Note No. 31/1978.

11. Falcon, N.L., 1967. The Geology of the North-East Margin of the Arabian Basement Shield. *Advancement Science,* 24, 1-12.

12. Falcon, N. L., 1969. Problems of the relationship between surface structures and deep displacements illustrated by the Zagros Range, m: Kent, G.E., Satterhwaite and Spencer, A.M. (Eds.), Time and Place Orogeny. Geological Society of London, Special Publication 3, 9-22.

13. Falcon, NJ., 1974. South Iran: Zagros Mountains. In: Spencer, A. M. (Ed.), *Mesozoic-Cenozoic Orogenic belts-Data for Orogenic studies.* Geol. Soc. London, Special Pub., 4, 199-211.

14. Furst, N.L, **1990.** Strike-slip faulting and Diapirism of me south-eastern Zagros ranges. Proceeding of Symposium on Diapirism (Iran), 149-181.

15. Harrison, J.V., 1930. The geology of some salt plugs in Laristan, South Persia. Geol. Soc. London Quart. Jour**.**

16. Haynes, S. J., McQuillan, H., 1974. Evolution of the Zagros suture *zone.* Southern Iran. Geol. Soc. Amer. Bull., 85, pp.739-744.

17. Hessami, K., Koyi, H.A., and Talbot, CJ. 2001. The significance of strike slip faulting in the basement of me Zagros fold-thrust belt. *Journal Petroleum Geology,* 24, 5-28.

18. Kent, P.E., 1970. The salt Plugs of the Persian Gulf Region Leicester Literary and Philosophical Society Transactions 64, 55-58.

19. Kent, P.E., 1979. The emergent hormoz salt plugs of southern Iran. Journal of petroleum geology. 2, pp. l 17-144.

20. Koop, W. J., Stoneley, R., 1982. Subsidence history of the Middle East Zagros basin, Permian to recent. In: Kent, P.E., Bott, M.P., McKenzie, D.P., and William, C.A.(Eds-), Philosophical Transactions Royal Society London 305,149-168.

21. Liu, S., Dixon, M., 1991. Centrifuge modeling of thrust faulting: structural variation along strike in fold thrust belt. Tectonophysics.188, pp. 39-62.

22. Liu, H., McClay, K.R., Powell. D., 1992. Physical models of thrust wedges, In: McClay, K.R., (ed.), thrust tectonics, London, Chapman and Hall, p.71-81.

23. Motiei, H. 1995. Petroleum Geology of Zagros. Geological Survey of Iran (in Farsi), 589p.

24. McQuillan, HL, 1991. The role of basement tectonics in the control of sedimentary facies, structural pattern and salt plug emplacements in the Zagros fold belt of southwest Iran. Southwest Asian Earth Science 5,453-463.

25. Murris, R.J., 1980. Middle East Stratigraphic Evolution and oil habitat. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 64, 597-618.

26. Stocklin, J., 1968. Salt deposits of the Middle East. Geol. Soc. Am. Special paper 88, pp. 157-181.

نویسندگان:
مرتضي پيروز [۱] ، محمدرضا قاسمي [۲] ، عباس بحرودي [۲] ، عبدا... سعيدي [۳]

۱ گروه ژئودینامیک، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
۲ پژهشکده علوم زمین سازمان زمین شناسي واکتشافات معدني کشور
٤ پایگاه داده هاي علوم زمین سازمان زمین شناسي واکتشافات معدني کشور