



Arazide bir fay yüzeyinin kayma yönünü saptamada kullanılan “elle dokunma” yönteminin geçerliliği

Validity of the “rubbing” method for the field determination of the shear sense of a fault surface

M. Tekin YÜRÜR

Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532, Ankara

ÖZ

Bir fay yüzeyinin incelenmesi ile fay hareketinin saptanmasında ülkemiz yerbilimcilerinin kullandıkları bir yöntem, fay yüzeyinde fay çiziklerine paralel olarak elle dokunmada en az sürtünmeyi sağlayan yönün fay hareket yönü olarak saptanması esasına dayanır. Bu yazıda, arazi gözlemleri yardımı ile bu yöntemin hatalara yol açtığı gösterilerek, arazide bir fay yüzeyindeki kayma yönünün ikincil Riedel kırıklarının ve diğer yapıların incelenmesine dayanan yöntemlerle saptanması gerektiği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fay kinematığı, ikincil yapılar, kayma yönü.

ABSTRACT

To determine the shear sense on a fault surface, Turkish earthscientists widely use and teach a method that consists to rub the surface and to decide for the sense that presents the least resistance to the touch in the direction of the slickenlines. With examples of fault surfaces observed in the field, it is shown that this method induces errors and that more reliable methods based on the observation of minor fractures like Riedel shears and other structures should be used to better determine the shear sense of a fault surface in the field.

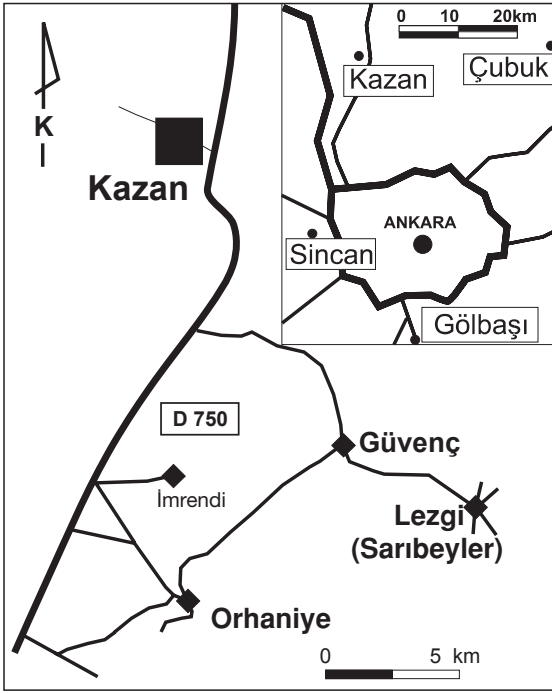
Key Words: Fault kinematics, minor structures, shear sense.

GİRİŞ

Yazar, bu makalede meslektaşlarının ülkemizde kullandıkları ve halen öğretilmekte olan bir yöntemi ele almaktadır. Bu yöntem, sahada izlenen fay yüzeylerinin incelenmesi sonucu hareket yönünü belirlemeye yöneliktir. Bu yöntemle, yerbilimci fay çizikleri doğrultusunda fay yüzeyine elini sürtmekte ve kaymanın en kolay olduğu hareket yönünü fay hareketi olarak saptamaktadır. Bu makalede; Ankara kuzeyinde (Şekil 1) yapılan arazi gözlemleriyle bu yöntemin doğru sonuçlar vermediği gösterilerek, fay yüzeyinde bulunan çeşitli ikincil yapılar yardımı ile bu yönün saptanması önerilmektedir.

Fay yüzeyi yapıları

Şekil 2a’da bir fay yüzeyinde gözlemlenebilecek ikincil yapılar gösterilmiştir. Sıklıkla rastlanan bu tür yapılar, fayı oluşturan ve yüzeyde harekete neden olan gerilmelerle oluşan tansiyon çatlakları ve Riedel (Riedel, 1929) kırıklarıdır. Riedel kırıkları, ana fay düzlemi ile yaptıkları açı ve hareket yönü itibarıyla ana fay hareket yönünde veya bu yönün tersinde bir fay mekanizmasına sahip olmalarına göre ikiye ayrılırlar (Şekil 2b). Faylanmanın geliştiği malzemenin içsel sürtünme açısı (ϕ) ise, Riedel kırıklarından R fayla



Şekil 1. Yer bulduru haritası (www.maps.com sitesinden yararlanılarak çizilmiştir).

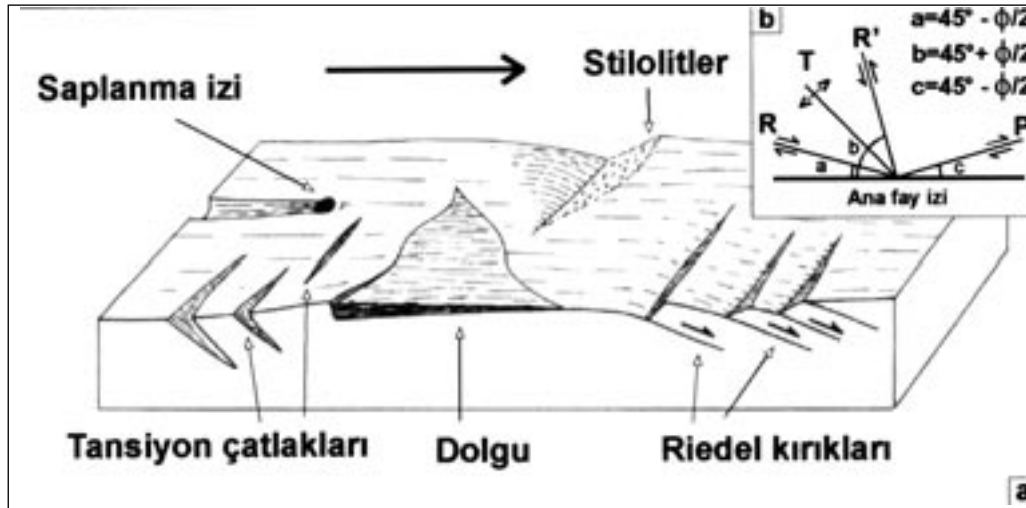
Figure 1. Location map (compiled with maps from www.maps.com).

" $45^\circ - \phi/2$ " açılı ve eş yönde hareketlidir (sintetik). R' ise, " $45^\circ + \phi/2$ " açılı ve ters yönde hareketlidir (antitetik) (Ahlgren, 2001). Bu ikincil ya-

pılar, analog kil veya kum modellerinde ve/veya bunlardan elde edilen sonuçlarla arazi gözlemlerinin incelendiği durumlarda görüleceği gibi (Riedel, 1929; Tchalenko, 1970; Tchalenko ve Ambraseys, 1970; Wilcox vd., 1973), ana faya göre daima aynı konumdadırlar. Arazide ise, özellikle eski kırıkları kesen veya birden fazla hareketi üzerine almış faylarda bu yapılar karmaşık bir hal alabilirler. Bu takdirde fay aynasının bu anlamda dikkatle incelenmesi gerekir. Bu konuyla ilgili başlıca yayınlar arasında Hancock (1985), Ramsay ve Huber (1987), Hancock vd. (1987) ve Petit (1987) ile sonuncu makalenin yayımlandığı ciltte yer alan diğer makaleler sayılabilir.

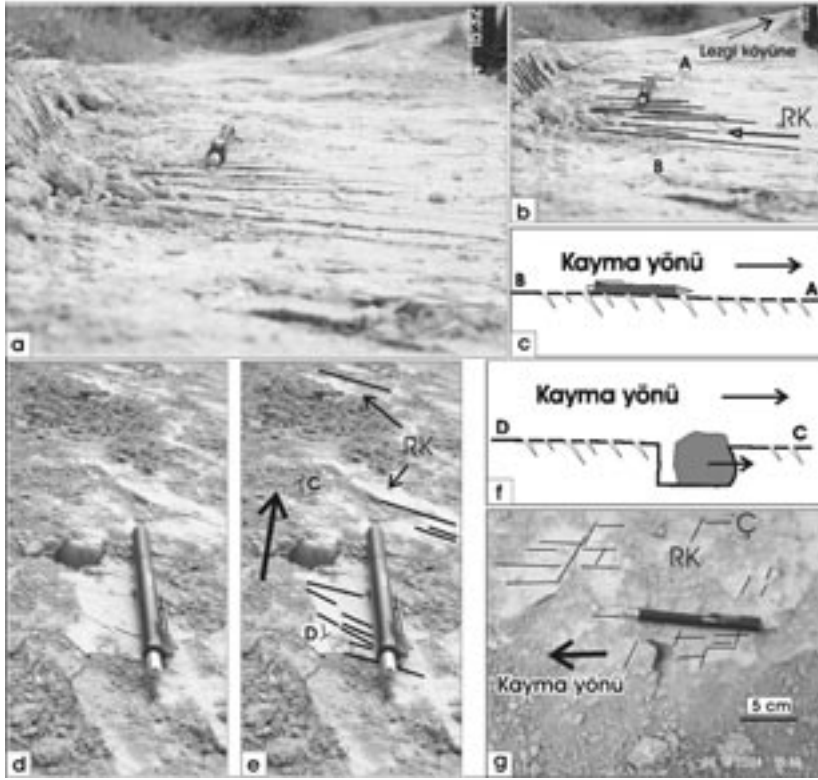
Faylanma mekanizmasına benzer yapay bir örnek

Yazar, Ankara'nın kuzeyinde yer alan Orhaniye ve Lezgi köylerine (bkz. Şekil 1) ulaşan toprak yolların kuzey kısımlarında yürütülmüş olan yol düzeltme çalışmaları sırasında iş makinasının madeni düzeltme bıçağının toprak üzerinde bıraktığı izleri incelemiştir (Şekil 3). Kirlili krem renkli ve killi toprak üzerinde, yatay veya az eğimli yol yüzeyini düzleten bıçağın oluşturduğu bu izler arasında, fay aynasına benzeyen ve yer yer cilalanmış bir yüzey üzerinde çok belirgin çizgiler ile birbirine paralel ve toprak içine gömü-



Şekil 2. (a) Bir fay yüzeyinde kayma yönünü veren yapılar (orta üstteki ok tavan bloğunun hareketini göstermektedir) (Choukroune, 1995'den değiştirilerek), (b) bir fay yüzeyinde oluşabilecek ikincil yapıların ana fayla ilişkileri (Ahlgren, 2001'den değiştirilerek alınmıştır).

Figure 2. Structures used to determine the shear sense on a fault surface (the arrow on the central upper part indicates the movement of the hanging-wall block) (modified from Choukroune, 1995), (b) relationship between a fault and minor structures that may form on the fault surface (modified from Ahlgren, 2001).



Şekil 3. Orhaniye köyü kuzeyindeki düzeltilmiş bir yolun yüzeyinde gözlemlenen yapılar: (a) düzeltme bıçağının yolda bıraktığı sistematik çatlaklar, (b) Riedel kırıkları (RK) ve A-B kesitinin yeri, (c) A-B kesiti, (d) ve (e) yol yüzeyinde görülen Riedel kırıkları ve C-D kesitinin yeri (kesitin yanındaki kalın ok kayma yönündedir), (f) C-D kesiti, (g) (d)'de verilen fotoğrafın üstten görünümü (Ç: çizikler; RK: Riedel kırıkları).

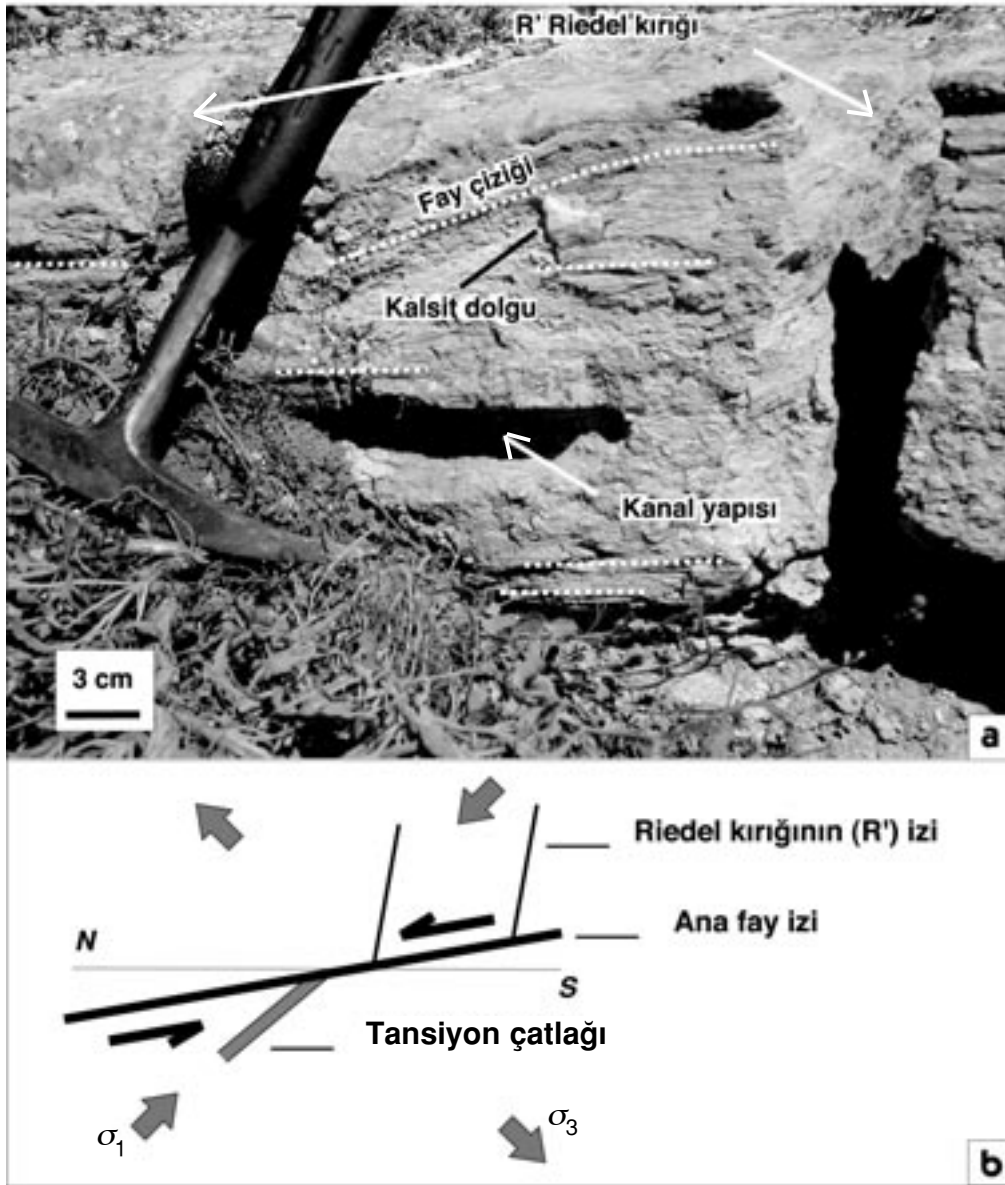
Figure 3. Structures observed on the rectified road surface at the north of Orhaniye village: (a) systematic fractures left on the road surface by the blade of the rectifying machine, (b) Riedel shears (RK) and location of the cross-section A-B, (c) cross-section A-B, (d) and (e) Riedel shears (RK) and location of the cross-section C-D, (f) cross-section C-D, (g) upview of the photograph given in (d), (Ç: çizikler; RK: Riedel shears).

len kırıklar bulunmaktadır (Şekil 3a, b). Kırıklar daima aynı yönde eğime sahiptir ve analog modeller örnek alındığında veya faylanma mekanizması düşünüldüğünde, kırıkların eğim yönünün yüzey üzerindeki izdüşüm vektörü bıçağın zemin üzerinde ilerleme yönünü vermektedir (Şekil 3c). Bu ilerleme yönünü veren bir başka gözlem de, yüzeydeki blok ve çakılların bıçağın itmesi ile yaptıkları hareketlerdir (Şekil 3d, e, f). Toprak içine gömülü bu kayaç parçaları bıçağın hareketine uyarak toprak içinde yer yer birkaç santimetre kadar yerdeğiştirmişlerdir. Kırık eğiminden hareketle saptanan bıçak hareket yönü, çakıl/blok ilerleme yönü ile aynıdır (Şekil 3f, g). Böyle bir yüzeye elle dokunulduğunda, “en kolay” kayma yüzeyi kırıkların eğim yönünün tersi, diğer bir ifadeyle, elle dokunularak saptanan yön hareketin yönünün tersi olacaktır.

Arazi gözlemleri

Bu bölümde Ankara'nın Kazan ilçesi güneydoğusunda yer alan Güvenç ve Lezgi (Saribeyler) köyleri civarında (bkz. Şekil 1) yürütülen arazi çalışmaları sırasında gözlemlenen ve belirgin kırılma ölçütleri içeren iki fay yüzeyi “elle sürme” yöntemi ile fay yüzeyinde gözlemlenen ikincil yapıların kullanıldığı yöntem açısından ele alınmıştır. Ölçülen fayların konumları; fayın doğrultusu, eğim açısı ile yönü ve fay çizığının sapma açısı şeklinde verilmiştir.

Bu faylardan biri ($K10^{\circ}B/88^{\circ}KD/20^{\circ}K$), Lezgi köyü güneydoğusunda yer almakta ve Eosen yaşlı karasal kırıntılı birimleri (Koçyiğit, 1991) kesmektedir (GPS UTM X=470.780, Y=4443.200). Eğimi düşeye yakın olan fay yüzeyinde (Şekil 4)



Şekil 4. (a) Lezgi köyü güneydoğusunda yer alan bir fay yüzeyi, (b) fay yüzeyinde incelenen yapılardan itibaren saptanan fay mekanizmasının plan görünümü. (σ_1 ve σ_3 sırası ile en büyük ve en küçük asal gerilme eksenlerine karşılık gelmektedir).

Figure 4. (a) A fault surface cropping out at the south-east of the Lezgi village, (b) map view of the faulting mechanism as deduced from the observation of the structures studied on the fault surface. (σ_1 and σ_3 are the greatest and the least principal stress axes, respectively).

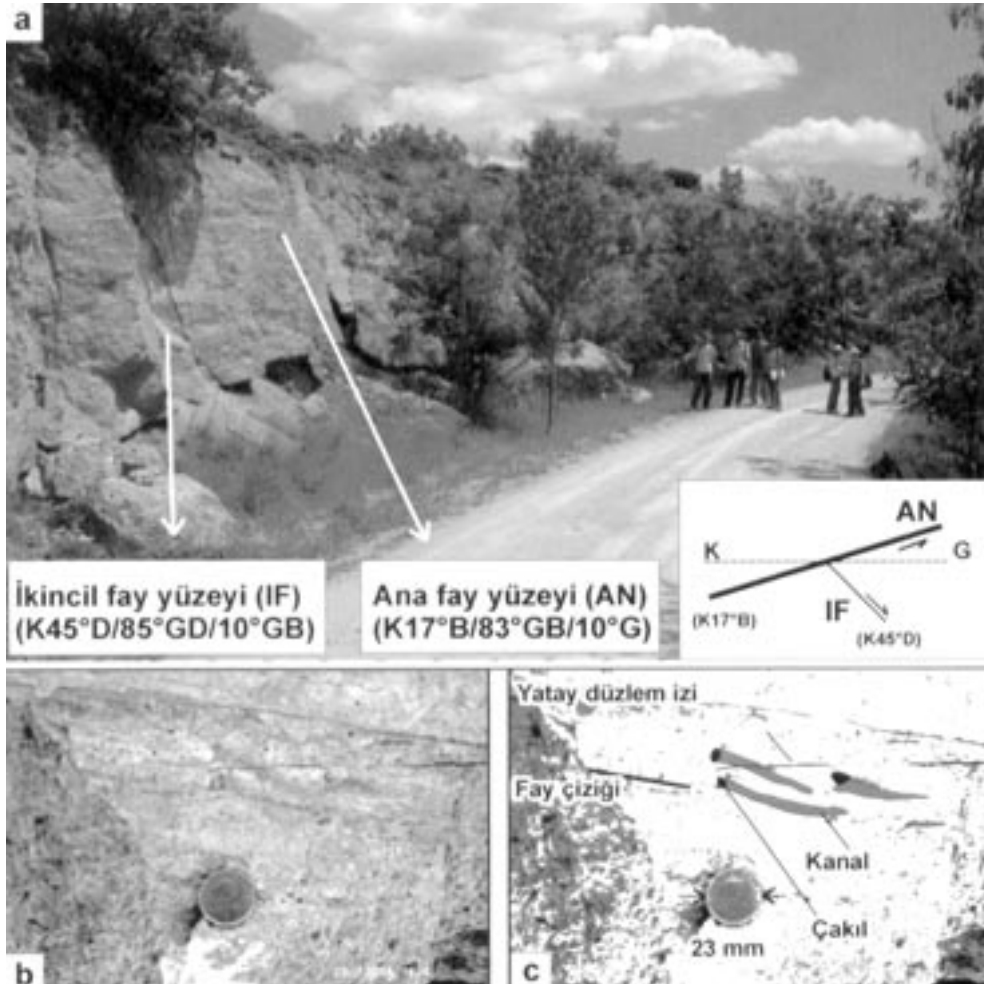
çizikler çok belirgindir ve fayın az bir eğim atım bileşeni olan bir doğrultu atımlı fay olduğu anlaşılmaktadır. Elle dokunma ile fayın sağ yönlü hareketler yaptığı saptanmaktadır. Buna karşın, yüksek açılı R' kırıkları (K80°B/düşey) ile arası santimetre düzeyinde olasılıkla aragonitik iri kristallerle dolmuş bir tansiyon çatlağının (K40°B/düşey) konumları gözönüne alındığın-

da, fayın hareketinin sol yönlü olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4b). Ayrıca fay yüzeyinde yaklaşık 3 cm eninde ve bir ucu gözlenemeyen, diğer ucu ise yarım küre şeklinde biten bir kanal yapısı bulunmaktadır. Kanal geometrisi, kanalın sert bir çakıl tarafından fay hareketi/hareketleri ile açılmış olduğuna işaret etmektedir. Yine Şekil 4a'daki fotoğrafta yer alan ve ana kaya ile ilişkisi

dolgunun sol tarafının kaybolmuş olması nedeniyle belirli olmayan kalsit dolgu da, sol yönde bir basit makaslama deformasyonu ile oluşmuş gibi görünmektedir. Tüm bu gözlemler fayın, elle yapılan saptamanın aksine, sol yönlü yerdeğiştirmelere yol açtığını göstermektedir.

Daha batıda ve Güvenç köyünün doğu-güneydoğusunda (GPS UTM X=481.330, Y=4440.740), pembe-kırmızı Eosen'e ait kırıntılı kayaları (Koçyiğit, 1991) kesen doğrultu atımlı bir fay (K17°B/83°GB/10°G) ile bu fayla yüksek açı (62°) yapan daha küçük ve ikincil bir fayda (K45°D/85°GD/10°GB) üç adet çakılın faylanmaya bağlı olarak maruz kaldıkları hareketler saptanmıştır (Şekil 5). Birkaç milimetre

boyutunda ve yuvarlağa yakın bu çakılların üçü de çok belirgin bir şekilde birkaç santimetre kadar sola kaymışlardır (Şekil 5b, c). Bu kaymalar, çakılların sağında yer alan kanallardan anlaşılmaktadır. Çakıllar, bu hareketlerin sonunda fay bloğuna saplanmış ve kalmışlardır. Diğer bazı kanallarda ise; çakıllar gözlenememekte olup, saplandıkları yerden düşmüş olmaları gerekir. Böyle bir yüzeyde elle dokunularak saptanacak kayma yönü, saplanmış çakıldan sağa, yani çakıldan sürtünme izine veya kanala doğru olacaktır. Diğer yön veya kanaldan çakıla doğru yapılacak hareket özellikle çakıl sınırında ele daha fazla sürtünme verecektir. Sonuçta, bu yöntemi kullanan bir yerbilimci hatalı olarak sol yön saptayacaktır. Sağ yönlü hareketler yapmış



Şekil 5. (a) Güvenç köyünün doğu-güneydoğusunda yer alan bir fay zonu, (b) ve (c) ikincil fay yüzeyinde gözlemlenen çakıl kaymaları ile gelişen kanallar.

Figure 5. (a) A fault surface cropping out at the east-south-east of the Güvenç village, (b) and (c) grooves formed due to pebble displacements on the secondary fault surface.

bu fayın ana fayla yaptığı yüksek açılı bu sürek-sizliğin ana fayın bir R' Riedel kırığı olduğunu düşündürmektedir. Bu taktirde ana fayın hareketi antitetik, yani ters yönde ve sol yönlü olacaktır. Ana fay yüzeyi, bu yönü belirten belirgin Riedel kırıkları taşımaktadır.

Sonuçlar

Analog modellerden elde edilen sonuçlarla ara-zide incelenen fay yüzeylerinde ulaşılan kayma ölçütleri dikkate alındığında, halen kullanılmakta olan ve "elle dokunma" şeklinde fay kayma yönünü saptamaya yarayan yöntemin yanlış sonuçlara yol açtığı ortaya çıkmaktadır. Yazar; uluslararası literatürde yeralmayan ancak ülkemizde halen öğretilmekte olan bu yöntemin yerine, bu makalede belirtilen ve fay yüzeyinde bulunan ikincil fay yapıların gözlemine dayanan yöntemin kullanılmasını önermektedir.

KATKI BELİRTME

Yazar, makaleye yapıcı eleştirileri ile katkı sağlayan Prof. Dr. Okan TÜYSÜZ ile diğer hakeme teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Ahlgren, S. G., 2001. The nucleation and evolution of Riedel shear zones as deformation bands in porous sandstone. *Journal of Structural Geology*, 23(8), 1203-1214.
- Choukroune, P., 1995. *Déformations et Déplacements Dans La Croûte Terrestre*. Masson, Paris, 226 pp.
- Hancock, P.L., 1985. Brittle microtectonics: principles and practice. *Journal of Structural Geology*, 7 (3/4), 437-457.
- Hancock, P.L., Al-Kahdi, A., Barka, A.A., and Bevan, T.G., 1987. Aspects of analysing brittle structures. *Annales Tectonicae*, 1(1), 5-19.
- Koçyiğit, A., 1991. An example of an accretionary fore-arc basin from northern Central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo-Tethys in Turkey. *Geological Society of America Bulletin*, 103, 22-36.
- Petit, J.-P., 1987. Criteria for the sense of movement on fault surfaces in brittle rocks. *Journal of Structural Geology*, 9(5/6), 597-608.
- Ramsay, J.G., and Huber, M.I., 1987. *The techniques of modern structural geology, (2): Folds and fractures*. London, Academic Press, 392 pp.
- Riedel, W., 1929. Zur mechanik geologischer Brucherscheinungen. *Zentralblatt fuer Mineralogie, Geologie und Palaeontologie*, 1929 B, 354-368.
- Tchalenko, J.S., 1970. Similarities between shear zones of different magnitudes. *Geological Society of America Bulletin*, 81, 1625-1640.
- Tchalenko, J.S., and Ambraseys, N.N., 1970. Structural analysis of the Dasht-e Bayaz (Iran) earthquake fractures. *Geological Society of America Bulletin*, 81, 41-60.
- Wilcox, R.E., Harding, T.P., and Seely, D.R., 1973. Basic wrench tectonics. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 57, 74-96.