



Yerbilimleri Dergisi'nde (2004, Sayı 30, 129-134) yayımlanmış olan "Arazide bir fay yüzeyinin kayma yönünü saptamada kullanılan 'elle dokunma' yönteminin geçerliliği" başlıklı makale (T.Yürür) ile ilgili tartışma

Discussion on the paper entitled "Validity of the 'rubbing' method for the field determination of the shear sense of a fault surface" (T. Yürür) published in Yerbilimleri (2004, No. 30, 129-134)

Kadir DİRİK

Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, ANKARA

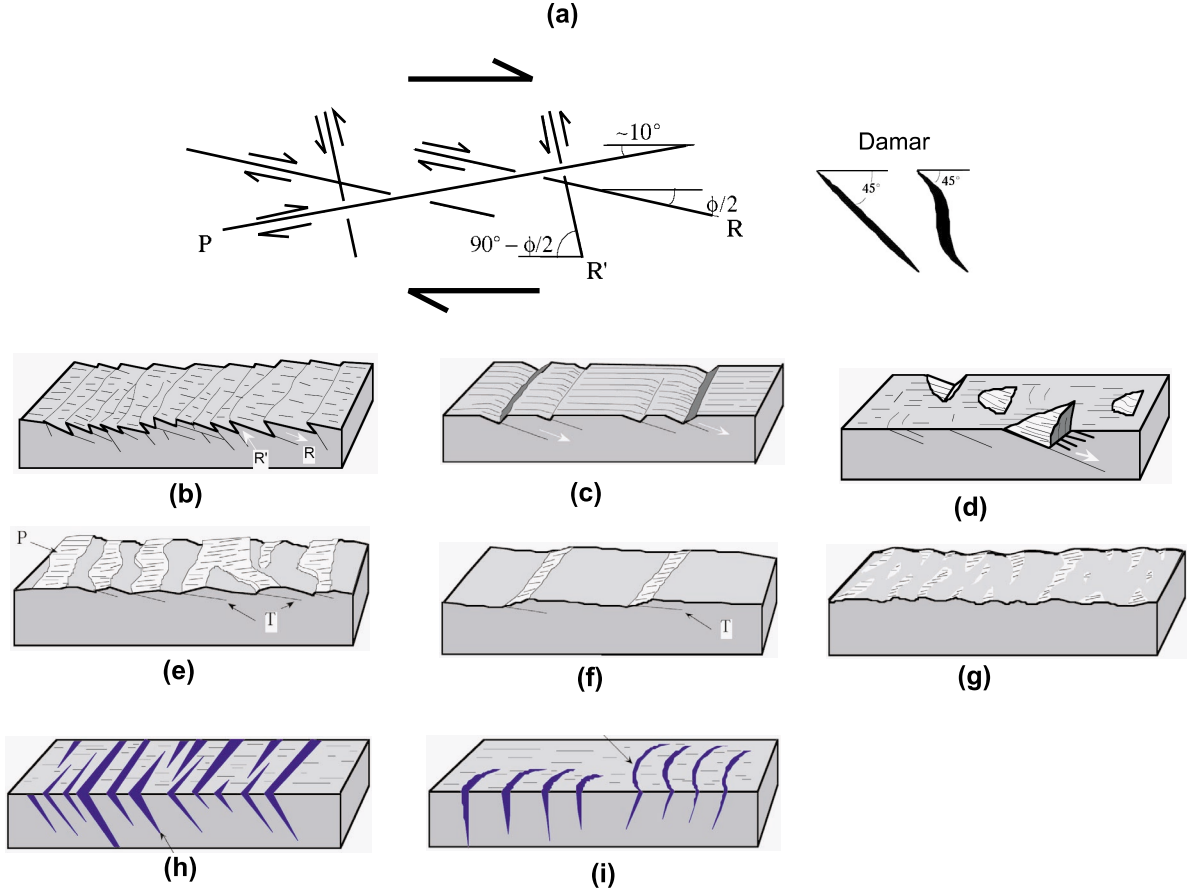
Geliş (received) : 18 April 2005

Kabul (accepted) : 18 May 2005

Bir fay yüzeyi üzerindeki kayma yönünün saptanması için Riedel kırıkları, tansiyon çatlakları, saplanma / oluk izlerinin yanı sıra, yaygın olarak fiber lineasyonu, fay kertikleri / basamakları gibi fay düzlemi üzerinde gelişmiş olan yapılardan da yararlanılmaktadır. Fay kertiklerinin ve fiber lineasyonunun çok belirgin olduğu düzlemlerde ise, elin fay düzlemi üzerinde hiç bir pürüze rastlamadan hareket ettiği yön, aşınmış olan bloğun hareket yönünü de doğru olarak vermesi açısından, göz ardı edilmemesi gereken bir yöntemdir. Elle dokunma yöntemi, fay kinematiki çalışan yer bilimciler tarafından, Riedel kırıklarının gelişmediği yüzeylerde, uzun yıllardan beri kullanılan ve ders kitaplarında da önerilen bir yöntemdir (Billings, 1954, 1972; Davis ve Reynolds, 1984). Ancak burada önemli olan, fay düzlemi üzerindeki yapının fay kertiki mi, fiber lineasyonu mu yoksa Riedel kırığı mı olduğunun doğru olarak saptanmasıdır. Aksi takdirde, kinematik analizler için toplanan verilerin doğruluğu ve buna bağlı olarak varılan sonuçların geçerliliği tartışmalı olacaktır. Bu nedenle, fay yüzeyinde gelişen yapıların öncelikle doğru olarak saptanması ve daha sonra, "elle dokunma" yöntemi de dahil olmak üzere, diğer yöntemlerin de kullanılarak kayma yönünün belirlenmesi gerekmektedir. Fay düzlemi üzerinde gelişmiş yapıları doğru saptamak için ise, bunların tiplerinin ve oluşma koşullarının bilinmesinde yarar vardır. Yürür (2004) makalesinde, fay düzlemi üzerinde gelişen ve kinematik gösterge olarak kullanılan yapılardan yalnızca bir grubu üzerinde yoğunlaşmış, ayrıca çok güzel güncel bir yapıyla buna örnek vererek, bu yapılarla ilgili olarak "elle dokunma" yöntemi konusunda yorum yapmıştır. Bu aşamada, diğer yapıların da bilinmesinde ve kinematik gösterge olarak nasıl kullanıldıkları konusunda bilgi edinilmesinde yarar olduğu dikkate alınmalıdır.

Fay düzlemi üzerinde gelişen ve kinematik gösterge olarak hareket yönünü bulmada kullanılan yapılar üç grupta toplanabilir: (a) Riedel kırıkları ve açılma çatlakları, (b) saplanma / alet izleri, (c) fiber lineasyonu ile fay kertikleri / basamaklar (chatter marks / steps).

(a) *Riedel kırıkları ve tansiyon çatlakları*: Bu yapılar ilk kez, Tchalenko (1970) ile Wilcox vd. (1973) tarafından tanımlanmış ve daha sonra da bir çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Şekil 1' de bu grupta yer alan yapılar görülmektedir. Elle dokunma yönteminin bu grup yapılarda doğru sonuç vermesi ve kullanılması söz konusu değildir.



Şekil 1. (a) Bir fay yüzeyinde oluşabilecek sintetik Riedel kırığı (R), antitetik Riedel kırığı (R'), P-kırığı (P) ve damarların ana fayla ilişkisini gösteren diyagram (ϕ : içsel sürtünme açısı), (b) tamamen R ve R' düzlemlerinden oluşan fay yüzeyi, (c) yoğunca çizilmiş fay yüzeyi. R-kırıkları taban bloğun içine doğru 5-15° eğimli, (d) R-kırıkları genelde fay düzleminin içine doğru içbükey yapı oluşturdukları için fay düzlemi üzerinde oluşan "yarım ay" şeklindeki boşluk oldukça karakteristiktir, (e) taban bloğun içine doğru hafifçe eğimli düzlemsel ve çiziksiz yüzeyler. Bu yüzeyler, Petit (1987) tarafından "T" yüzeyleri olarak adlanmıştır. Fay çizikli P-yüzeyleri ise, hareket yönüne doğru gelişmektedir, (f) araları mesafeli, çizikli P-yüzeylerinin geliştiği fay düzlemi, (g) T-yüzeylerinin gelişmediği, ancak çizikli P-yüzeylerinin hareket yönüne doğru geliştiği durum, (h) açılma çatlaklarının ana fayla yaptıkları açı önce 45° iken, ilerleyen deformasyon nedeniyle bu açı büyüyebilir. Hancock ve Barka (1987) tarafından "comb fractures" olarak tanımlanan bu çatlakların eğim açısı çoğunlukla 30° ve 90° arasındadır, (i) hilal izleri. Aşınmış bloğun hareketi doğrultusunda içbükey şeklini alan damarlar bu yapıyı oluşturur (b-i arasındaki diyagramlar Petit (1987)'den değiştirilerek alınmıştır).

Figure 1. (a) Diagram illustrating the relationship between main fault and synthetic Riedel shear (R), antithetic Riedel shear (R'), P-shear (P) and veins minor structures that may form on the fault surface (ϕ : angle of internal friction), (b) The fault surface is totally composed of R and R' surfaces, (c) The main fault surface is completely striated. R-shears dip gently (5-15°) into the footwall rock, (d) R-shears commonly have concave curvature toward the fault plane, resulting in "half moon" shaped cavities or depressions in the fault surface, (e) planar, non-striated surfaces dip gently into the footwall rock. Petit (1987) calls these surface as "T" surfaces. Striated P surfaces face the direction in which that block moved, (f) a fault plane with widely spaced, striated P surfaces, (g) T surfaces are missing entirely. Striated P-surfaces face in direction of movement of the block in which they occur, (h) tensile fractures should initiate at 45° to the fault plane and then rotate to higher angles with footwall rock deformation. These features are referred to as "comb fractures" by Hancock and Barka (1987) and mostly found with angles between 30° and 90°, (i) crescent marks. These are formed by veins, concave in the direction of movement of the upper (missing) block (Diagrams between a-i are modified from Petit (1987)).

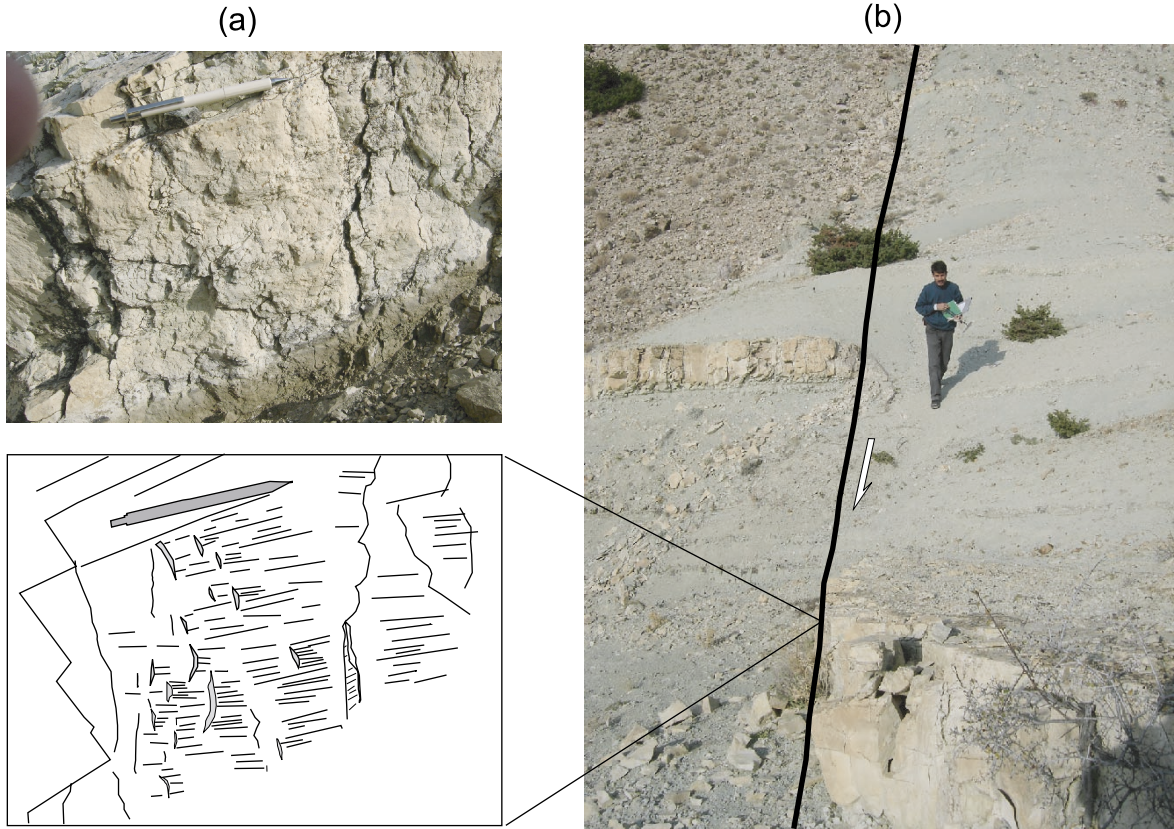
(b) Oluk ve saplanma izleri: İçinde, matriksinden daha sert parça bulunan kayalarda görülür. Fay-

lanma sırasında, üzerinde sürüklendiği yüzeyi hareket yönüne paralel olarak oyan cisim, geri-

sinde bir oluk bırakır. Bu, daima hareket doğrultusunu verir. Eğer hareket yönü bulunmak isteniyorsa, mutlaka parçanın kendisinin ve saplandığı yerin görülmesi gerekmektedir.

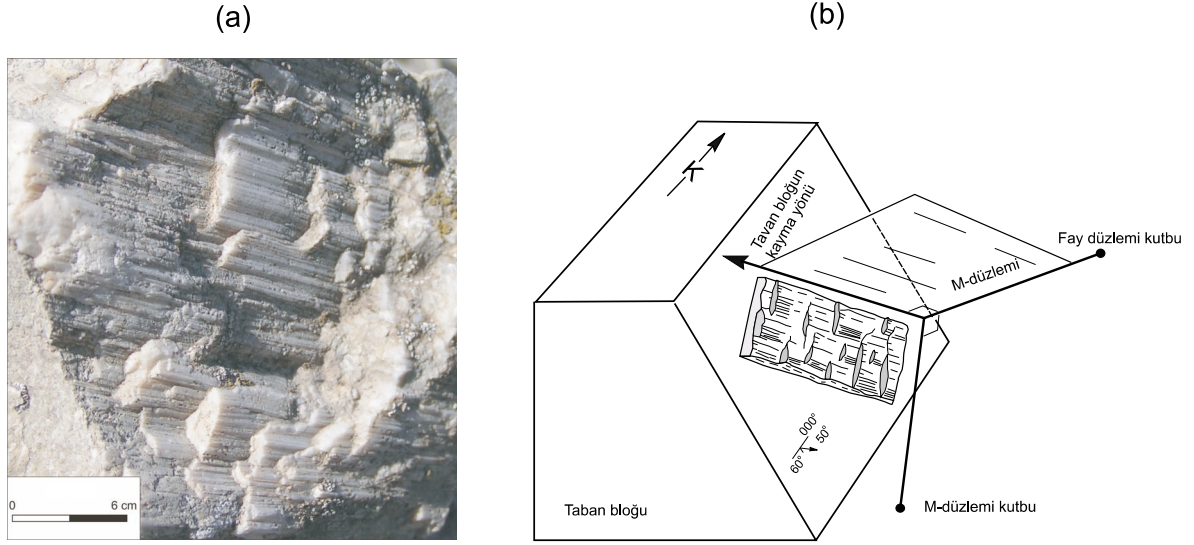
(c) *Fiber lineasyonu ile fay kerkikleri / basamaklar*: Kayma düzlemi üzerinde, kayma doğrultusuna paralel olarak gelişen ve 'fay çiziyi veya kayma lineasyonu' olarak tanımlanan (Fleuty, 1975) yapıların varlığı bilinmektedir. Bu düzlem üzerinde, Riedel kırıklarından ayrı, fay çiziklerine dik olarak gelişen, birkaç milimetre ile santimetre arasında değişen yüksekliğe ve birkaç santimetre uzunluğa sahip asimetrik yapılar gelişmekte (Şekil 2) ve bunlar kinematik analiz çalışmalarında önemli rol oynamaktadır (Şekil 3a ve 3b). Buzulların hareketi sırasında gelişen, bunların hareket yönünün saptanmasında kullanılan ve "*roches moutanées*" olarak adlandırılan yapılar ile benzerliğinden hareket ederek

Billings (1954,1972), bu yapıları küçük basamaklar olarak adlandırmış ve parmakların hiç bir pürüze rastlamadığı yönün aynı zamanda aşınmış olan bloğun hareket yönünü de vereceğini belirtmiştir. Bu küçük basamaklar daha sonra Davis ve Reynolds (1984) tarafından fay kerkitiği olarak tanımlanmıştır. Fay yüzeyinin düz olduğu durumlarda, blokların hareketi sırasında sadece fay çizikleri oluşmaktadır. Ancak nedeni ne olursa olsun, eğer yüzey pürüzlü ise (Şekil 4a) hareketin yönüne bağlı olarak pürüzün bir tarafında serbestlenme ve açılma gelişecek, karbonat ve silisçe zengin sıvıların bu boşlukta dolaşımı sırasında, kristal lifleri hareket yönünde büyüyecektir (Şekil 4b). Üstteki blok aşındığında, kristal liflerin oluşturduğu ve fay kerkitiği olarak tanımlanan asimetrik yapının dik tarafı hareket yönünü doğru bir şekilde verecektir (Şekil 4c). Doğal olarak böyle bir yüzey boyunca el hareket ettirildiğinde ise, parmaklarla



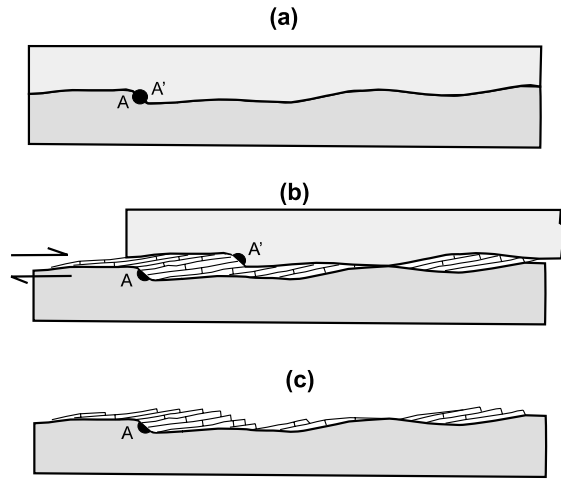
Şekil 2. (a) Güvenç köyü (Kazan, Ankara kuzeyi) 2 km doğusundaki fay düzlemi üzerinde gelişen ve sağ-yanal hareketi gösteren kerkitikler ve (b) aynı tabakanın sağ-yanal ötelenişini gösteren fotoğraflar.

Figure 2. Photographs showing the chatter marks on the fault plane indicating right-lateral movement, exposed at 2 km east of Güvenç village (Kazan, north of Ankara) (a) and view of the same bed, offset right laterally by the fault (b).



Şekil 3. (a) Kalsit kristal liflerinin üzerinde gelişmiş olan fay kertiği (Lokasyon: Alcı köyünün 2 km güneyi) ve (b) M-düzleminin, lif kayma lineasyonuna göre konumunu gösteren blok diyagram (Marshak ve Mitra (1998)' dan değiştirilerek alınmıştır).

Figure 3. (a) Chatter mark developed on calcite crystal fiber (Location: 2 km south of Alcı village), and (b) block diagram illustrating the position of the M-Plane with respect to fiber lineations (modified from Marshak and Mitra (1998)).



Şekil 4. Kristal lif lineasyonunun kinematik oluşum aşamaları: (a) fay yüzeyinin oluşumu, (b) fayın hareketi ve kristal liflerinin gerilimin en düşük olduğu doğrultuda büyümesi ve (c) aşınma ile kristal liflerinin asimetrik sırtlar oluşturacak şekilde yüzeylenmesi (Durney ve Ramsey (1973)'den değiştirilerek çizilmiştir).

Figure 4. Steps in the kinematic evolution of crystal fiber lineation on a fault surface: (a) formation of fault surface, (b) fault displacement and simultaneous growth of crystal fibers in the direction of least stress, and (c) striated crystal fiber with asymmetric ridges, as exposed by weathering and erosion (modified from Durney and Ramsey (1973)).

herhangi bir pürüzün hissedilmediği yön, aşınmış bloğun hareket yönü olacaktır.

Sonuç olarak, fay yüzeyinde gelişen Riedel kırıkları, fiber lineasyonu, fay kertikleri / basamaklar ve saplanma izleri fay düzlemi üzerindeki hareket yönünü belirlemede kullanılan önemli kinematik göstergelerdendir. Bu tür çalışmalar yapan bir araştırmacı, gözlediği yapıların ne anlama geldiğini, nasıl kullanacağını, aralarındaki farkı mutlaka çok iyi bilmeli ve bunları doğru bir şekilde yorumlamalıdır. "Elle dokunma" yöntemi, fay kertikleri ile basamakların geliştiği yüzeylerde kullanılabilir çok pratik bir yöntemdir. Ancak önemli olan fay kertiği / basamak ile Riedel kırıklarının karıştırılmamasıdır. Kullanılan yöntem hangisi olursa olsun, hatalı tanım ve devamında elde edilen yapısal veri, araştırmacıyı çok farklı sonuç ve yorumlara götürebilecektir. Üzerinde birden fazla, değişik doğrultu ve yönde hareket gözlenen düzlemlerde ise, araştırmacının çok daha dikkatli ve titiz olması gerekmektedir. Bu nedenle yazar, hareket yönünün saptanması için kullanılan tüm yöntemlerin bilinçli olarak, birbirini test edecek ve herhangi bir kuşkuya yer vermeyecek şekilde kullanılmasını önermektedir.

KAYNAKLAR

- Billings, M.P., 1954. Structural Geology. Second Edition, Prentice Hall.
- Billings, M.P., 1972. Structural Geology. Third Edition, Prentice Hall.
- Davis, G.H., and Reynolds, S.J., 1984. Structural Geology of Rocks and Regions. John Wiley & Sons.
- Durney, D.W., and Ramsay, J.G., 1973. Incremental strain measured by syntectonic crystal growths. In: K.A. Dejong, and R. Scholten (eds.), Gravity and Tectonics, John Wiley & Sons, New York, 67-96.
- Fleuty, M.J., 1975. Slickensides and slickenlines. Geological Magazine, 112, 319-322.
- Hancock, P.L., and Barka, A.A., 1987. Kinematic indicators on active normal faults in western Turkey. Journal of Structural Geology, 9, 419-427.
- Marshak, S., and Mitra, G., 1998. Basic Methods of Structural Geology. Prentice Hall.
- 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.
- Tchalenko, J.S., 1970. Similarities between shear zones of different magnitudes. Geological Society of America Bulletin, 81, 1625-1640.
- Wilcox, R.E., Harding, T.P., and Seely, D.R., 1973. Basic wrench tectonics. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 57, 74-96.
- Yürür, M.T., 2004. Arazide bir fay yüzeyinin kayma yönünü saptamada kullanılan "elle dokunma" yönteminin geçerliliği. Yerbilimleri, 30, 129-134.