

DEPREM SONRASI DEVAM EDEN UZUN DÖNEM YERDEĞİŞTİRMELERİN ANLAMI VE ÖNEMİ

Implications and Importance of Continuing post Earthquake, Long-duration Displacements

Fuat ŞAROĞLU* , Aykut BARKA**

ÖZET

Son 50 yıl içinde Türkiye ve Dünyanın diğer yerlerinde meydana gelen büyük depremler sonrasında yüzey kırıkları üzerinde yapılan atım ölçümleriyle, bu depremlerden yıllar sonra aynı kırıklar boyunca yapılan atım ölçümleri karşılaştırıldığında atımların %40'a varan artışlar gösterdiği gözlenmiştir. Buna en çarpıcı örneklerden birine 1976 depremi sonrasında rastlanmıştır ve bu depremin hemen sonrasında Çaldıran yakınlarında bir noktada 2.06 m olarak ölçülen yatay atımın, 1982'e kadar yapılan periyodik ölçümlerde ~3 m çıktığı gözlenmiştir. Buna benzer diğer bir örnek'te 1944 ve 1951 depremleri yüzey kırıkları içinde yer alan İsmetpaşa'da yaşanmaktadır. İsmetpaşa'da 1957 yılında inşa edilen Karayolları Bakım İstasyonunun çevre duvarında günümüze kadar 40 cm sağ-yanal yatay atım ölçülmüştür. Bu yavaş hareket (krip ve / veya küçük depremler) derinde ana deprem sırasında olan hareketin bir kısmının yüzeye gecikerek varmasını ifade etmektedir ve depremin oluşturduğu yer değiştirmenin derinlik boyutunda yüzeye yakın kesimlerinde henüz tamamlanmadığını göstermektedir. Bu deprem sonrası uzun dönem (30-50 yıl) yer değiştirmelerin devam etmesi ile, yine deprem sonrası bölgesel stresslerin yeniden düzenlenmesi arasında yakın bir ilişkinin olabileceğine inanılmaktadır. Bunun yanısıra özellikle GPS ölçümleri sonuçlarının yorumlanması sırasında faya yakın ve uzak alanlarda elde edilen yer değiştirmelerin bazılarının bu gecikmiş atımlara karşılık gelebileceği şeklinde anlaşılması gerekmektedir.

ABSTRACT

Comparison of slip data which were measured along the rupture zones soon after the earthquake and a few years later, of earthquakes occurred in Turkey and other parts of the world for the last 50 years, has indicated the slip increases in time upto %40. The most striking example of these was noticed following the 1976 Çaldıran earthquake. A 2.06 m right-lateral slip was measured soon after the earthquake at a location nearby Çaldıran and during the following years measurement until 1982, it was observed that this amount increased to 3m. A similar example is located at İsmetpaşa where 1944 and 1951 rupture zones overlap. A 40 cm total creep has been measured on the site wall of the state highway maintainance station at İsmetpaşa since 1957 which was the time it was built. This slow movement is interpreted as that during the main event slip occurs at depth and only part of it reaches to surface, this delayed creep represents the missing part of the slip. It suggested that there might be also a close relationships between the period of completion of slip at surface and the period of reorganization of local and regional stresses. following the large earthquakes. Futhermore, this delayed movements should be taken into the account for the understanding of near field and farfield relationships of the movements during the interpretation of results obtained from GPS measurements.

GİRİŞ

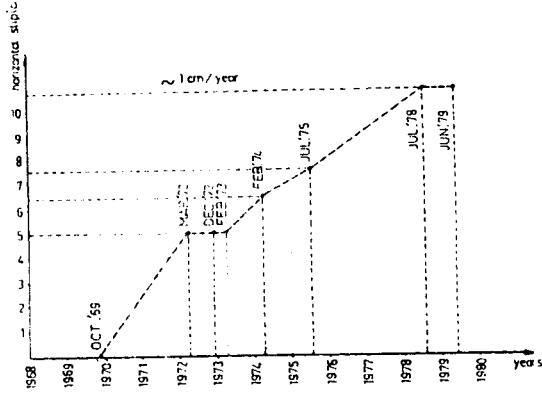
Ülkemizde meydana gelen bazı depremlerin yüzey kırıkları üzerinde deprem sonrası yapılan ölçümlerle, depremden birkaç yıl sonra yapılan ölçümler

karşılaştırıldığında, atım miktarlarında %40' lara varan değerlerde artışlar gösterdiği gözlenmiştir (Şaroğlu ve Erdoğan 1983). Başka bir deyişle yüzey kırıkları boyunca deprem sırasında meydana gelen hareketin

* MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi Ankara

** İTÜ Maden Fakültesi, Jeoloji Bölümü Ayazağa İstanbul

meydana gelen maksimum atıma karşılık gelmektedir. Özetle 1944 yılında meydana gelen depremde yerdeğiştirmenin 2m olduğu kesimde, 1951 depremi sırasında 1-1.5 m'lik bir atım meydana gelerek bir kısım açık kapanmış ve daha sonraki krip olayı ile bu eksiklik 0.5 m daha azaltılmış bulunmaktadır.



Şekil 2: İsmetpaşa krip istasyonunda 1970-1979 arasında yapılan krip miktarının zaman içinde dağılımı (Alsın 1982).

Figure 2: Creep versus time relationship of the İsmetpaşa creep site between 1970-1979 (Alsın 1982).



Şekil 3: İsmetpaşa yakınlarında 1951 depremi sırasında meydana gelen yüzey kırıkları. Bu kırıkların tipik sağ-yanal doğrultu-atımlı olduğu ve atımın da tahminen 1-1.5m arasında olduğu sanılmaktadır (fotoğraf Pınar 1953'ten alınmıştır).

Figure 3: Surface ruptures of the 1951 earthquake near İsmetpaşa. Ruptures suggest typical right-lateral strike-slip character with estimated 1-1.5 m slip along it (the photograph is taken from Pınar 1953).

1939 Erzincan Depremi

26 Aralık Erzincan 1939 depremi, $M=7.9-8$, hemen sonrasında yapılan çalışmalarda (Pamir ve Ketin 1941, Ketin 1948) Şuşehri civarında 2-3 m' yatay atımlar gözlemlendiği belirtilmiştir. Güncel olarak yine Şuşehri civarında yapılan araştırmalarda (Koçyiğit 1989, 1990)

bu deprem sırasında meydana gelen yatay atımların 4-7 m arasında değiştiği gözlenmiştir. Hernekadar ölçü yerlerin birebir aynı yerler olmadığı kabul edilirse de bu deprem sonrasındaki 50 yıl içinde atımların 1-2m mertebesinde artmış olabileceği ve atımların çok daha farkedilir değerlere ulaştığı düşünülmektedir.

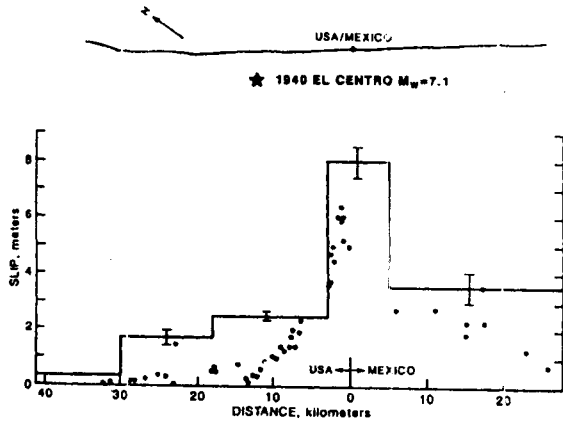
Sonuç ve Tartışma

Depremlerden sonra fay boyunca yapılan ölçümlerde atımın fayın segmentleri boyunca farklı bir dağılım gösterdiği bilinmektedir (örneğin Thatcher ve Bonilla 1989), (Şekil 1 ve 4). Modern tekniklerle yapılan kaynak analizlerinde de bu farkın fayın derinlik boyutunda da meydana geldiğini gösterilmiştir Bakun ve diğ.1986), (Şekil 5). Büyük depremlerden sonra fay boyunca yüzeyde yapılan ölçümlerde hareketin bazı alanlarda gittikçe sönümlenerek uzun zaman devam ettiği bu makalede bazı örneklerle ifade edilmiştir. Bu deprem sonrası periyod 30- 50 yıl sürebilmektedir. Bu olayın, deprem sırasında, fayın üzerinde derinlerde (yüzeyden ~5-15 km arasındaki derinlikteki zonda) meydana gelen maksimum yerdeğiştirmenin yüzeye yakın 5 km'lik kısmında gecikerek taşınması ile ilgili olduğu kabul edilmektedir (Tse ve Rice 1986), (Şekil 5). Sonuçta, fay üzerinde atımın derinlik boyutunda (bazı şartlarda fay boyunca) zaman içinde "0" landığı anlamını taşımaktadır. Bütün bunların gelinde "asperity" olarak adlandırılan fayın geometrisine ve kaya türüne bağlı olarak geliştiği literatürde son 15 yıldır tartışılmaktadır (örneğin Aki 1984, USGS 1989, Scholz 1990).

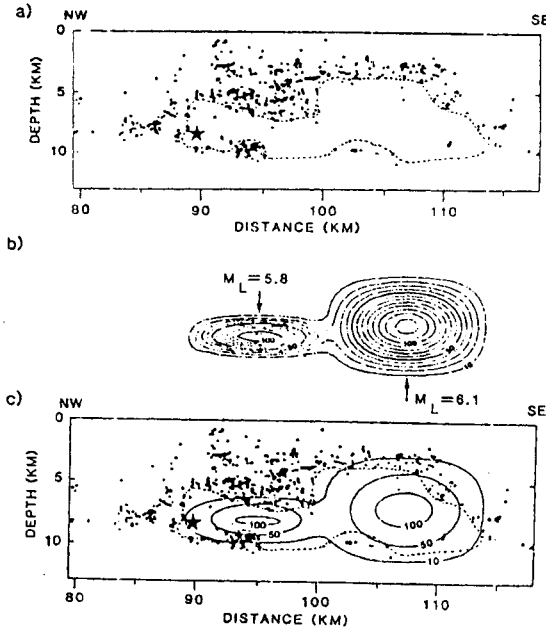
Diğer taraftan, depremlerden sonra alt kabuk ve üst kabuk dengesinin sağlanması 30-100 yıl sürebilmektedir (Stein ve diğerleri.1992). Bu, yersel ve bölgesel stresslerin tekrar uzun dönem şekillenmesi anlamına gelmektedir (burada, bölgesel stresslerin düzeninin devamlılık gösterdiği ve depremler sırasında yersel stresslerin düzeninin değiştiği ve zaman içinde bölgesel stresslerle tekrar uyumlu hale geldiği ifade edilmek istenmektedir) ve üst kabuğun (sismojenik zon) tekrar kilitletmesinin bu dönemden sonra oluştuğu varsayılabilir. Aynı dönem içinde fay boyunca alt kabuğun (sismojenik kısmın altında yer alan krip hareketinin hakim olduğu deprensiz hareket bölgesi) hareketinin sürekli olup olmadığı hakkında kesin bir bilgi bulunmamaktadır.

Bu varsayımlarla, deprem sonrası devam eden hareketler birarada değerlendirildiğinde, bir fay üzerinde bir depremden sonra atımın "0"landığı an'ın, yeni bir birikim veya yeni bir sismik dönemin başlangıcına karşılık gelebileceği düşünülmektedir. Diğer bir olasılıkta bu iki farklı olayın birbirleri ile hiçbir ilişkisi olmadığıdır. Bu konuya kesin bir sonuç getirmek mümkün değildir ama, deprem sonrası hareketlerden çıkaracağımız diğer önemli bir sonuç ise, GPS ölçümlerinde faya yakın ve uzak alanlarda elde edilen hareket hızlarının değerlendirilmesinde bu

konunun göz alınması gerekliliğidir. Örneğin 20 yıl önce olmuş bir depremin kırığı boyunca yer değiştirmelerin halen devam ettiği, buna karşılık 200 yıl önce meydana gelmiş depremin kırığı boyunca hiç bir hareket görülmemesi 20 yıl önceki depremin kırığı boyunca hareketin sürekliliğini göstermez. Bütün bu ilişkilerin daha iyi anlaşılmasında GPS ölçümlerinin önemi büyüktür ve GPS verilerinin değerlendirilmesinde özellikle deprem sonrası uzun dönem yer değiştirmelerin göz önüne alınması gerekmektedir.



Şekil 4: 1940 El Centro depremi sırasında meydana gelen kırık boyunca atım dağılımı (Thatcher ve Bonilla 1989).
Figure 4: Slip distribution of 1940 El Centro earthquake rupture zone (Thatcher and Bonilla 1989).



Şekil 5: 1984 Morgan Hill depremi sonucunda meydana gelen artçı depremlerin ve yer değiştirmelerin derinlik boyutunda dağılımı (Bakun ve diğ. 1986).
Figure 5: Depth Aftershocks and slip distribution of the Morgan Hill earthquake (Bakun et al., 1986).

KAYNAKLAR

- Allen, C.R. (1969). Active faulting in northern Turkey: Contr. No.1577. Div.Geol. Sci. Calif. Inst. Tech. 3? p.
- Aki, K. (1984) Asperities, barriers and characteristics of earthquakes. J. Geophysical Res. 89, 566-574.*
- Arpat, E., Şaroğlu, F. ve İz, H. B. 1977. 1976 Çaldıran depremi. Yeryuvarı ve İnsan, 2/1, 29-41.
- Ayın, A. (1982). Creep measurements in the Ismetpaşa region of the North Anatolian fault zone. In Progress in Earthquake Prediction, eds. A. M. Işıkara and A. Vogel, Friedr. Vieweg and John, F.R.G. 2, 279-294.
- Ambraseys, N.N. (1970). Some characteristic features of the North Anatolian fault zone. Tectonophysics 9, 143-165.
- Bakun, W. H., King, G. P. C. ve Cockerman, R. S. (1986). Seismic slip, aseismic slip and mechanics of repeating earthquakes on the Calaveras fault, California, AGU Geophysics. 195-207.
- Barka, A. A. ve Hancock, P.L. (1984). Neotectonic deformation patterns in the convex-northwards arc of the North Anatolian fault, in The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (edited by Dixon, J.G. and Roberston, A.H.F.). Spec. Publ. Geol. Soc. London. 763-773.
- Barka, A. A., Şaroğlu, F. ve Güner, Y. (1983). 1983 Horasan-Narman depremi ve bu depremin Doğu Anadolu neotektoniğindeki önemi. Yeryuvarı ve İnsan, 8 / 3, 16-21.
- Ketin, I. (1948). Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. Geol. Rdsch. 36, 77-83.
- Ketin, I. (1969). Über die nordanatolische Horizontalverschiebung: Bull. Mineral Res. Explor. Inst. Ankara, 72.1-28.
- Koçyiğit, A. (1989). Susehri Basin; An active fault wedge basin. Tectonophysics, 167, 13-29.
- Koçyiğit, A. (1990). Tectonic setting of the Gölova basin; total offset of the North Anatolian fault zone. E. Pontide, Turkey. Annales Tectonicae, IV, 155-170.
- Pamir, H.N. ve Ketin, I. (1941). Das Anatolische Erdbeben Ende 1939. Geolog. Rundsch. 32, 278-287.
- Pınar, N. (1953). 13 Ağustos 1951 Kurşunlu depreminin jeolojik ve makrosismik etüdü. İstanbul Üniversitesi, Fen Fak. Bül. A.18. 2.
- Şaroğlu, F. ve Erdoğan, R. (1983). Çaldıran fayının deprem sonrası hareketi ile ilgili gözlemler. Yer Yuvarı ve İnsan. 8 / 3, 10-11.
- Scholz, C. H. (1990). The mechanics of earthquakes and faulting. Cambridge University Press, 440 pp.
- Stein, R., King, G. C. P. ve Lin, J. (1992). Change in failure stress on the southern San Andreas fault system caused by the 1992 magnitude = 7.4 Landers earthquake. Science, 258, 5086.1328-1332.
- Thatcher, W. ve Bonilla, M. (1989). Earthquake fault slip estimation from geologic, geodetic and seismologic observations: implications for the earthquake mechanics and fault segmentation. USGS Workshop on Fault Segmentation and Controls of Rupture Initiation and Termination. Open-File Report 89-315, 386-399.
- Tse, S. T. ve Rice, J. (1986). Crustal earthquake instability in relation to the depth variation of frictional slip processes. J. Geophysical Res. 91, 9452-9472.
- U. S. Geological Survey (1989). Workshop on Fault Segmentation and Controls of Rupture Initiation and Termination. Open-File Report 89-315.