

Selim Özalp *

Cengiz Zabcı **

Hasan Elmacı ***

Taylan Sançar ****

* ** *** MTA Genel Müdürlüğü,
Jeoloji Etütleri Dairesi
** İTÜ Jeoloji Müh. Böl.
*** İTÜ Avrasya
Yer Bilimleri Enstitüsü
**** Tunceli Üniversitesi, Müh.
Fakültesi, Jeoloji Müh. Böl.

23 Ekim 2011 Van ve 09 Kasım 2011 Edremit (Van) Depremleri

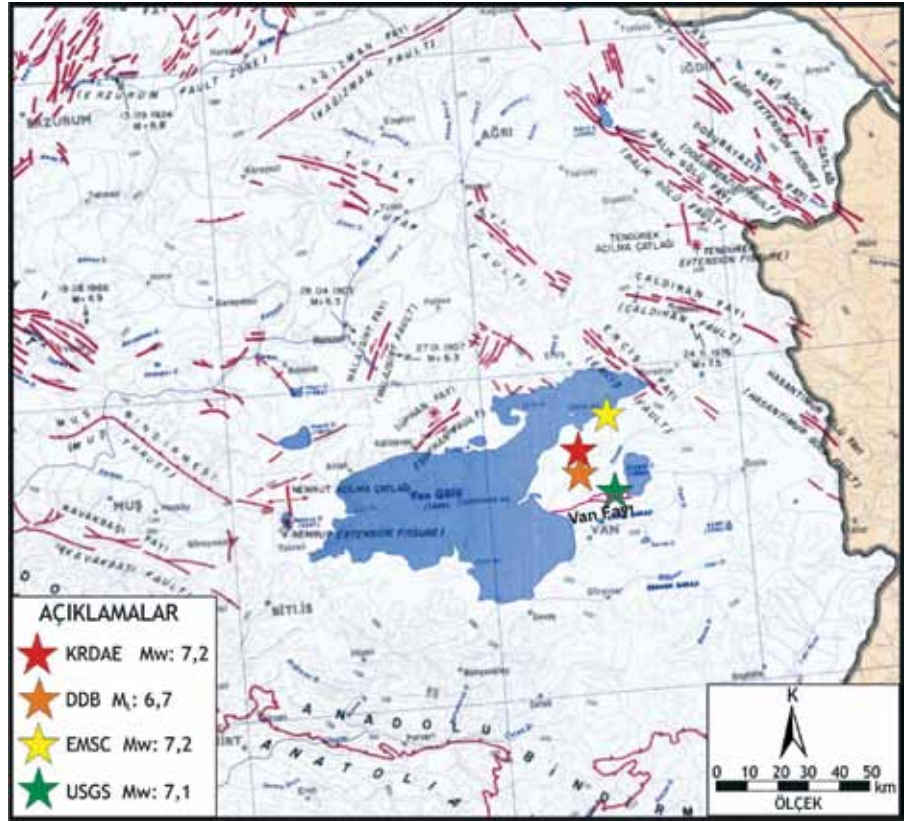
Deprem sonrasında Van-Erciş karayolundaki asfaltta gelişen yüzey deformasyonu. Bakış kuzeye doğrudur. Yol boyundaki bordür taşlarında bakış yönünde sıkışmalar gelişmiştir.

23 Ekim ve 9 Kasım 2011'de meydana gelen Van depremleri, Van ve Erciş olmak üzere iki büyük kentsel yerleşim ile bunlara bağlı köylerde can kayıplarına ve çok büyük hasara yol açtı. 23 Ekim'de saat 13.41'de meydana gelen Mw:7,2 büyüklüğündeki ilk depremde, Erciş kent merkezinde yoğun olmak üzere Van kent yerleşmesi ve köylerde çok sayıda bina yıkıldı veya ağır hasar gördü. Çok küçük bir alanı etkileyen 9 Kasım'daki ikinci deprem (Mw:5,7) ise Van kentinde hasara yol açtı. Her iki deprem de gerek oluş biçimleri gerekse yarattıkları can kayıpları ve hasar nedeniyle ülke gündeminde geniş yer buldu.



23 Ekim depremini yer bilimciler açısından ilginç kılan özellik, bölgedeki değişik türde ve yaştaki kaya topluluklarının içinde çok sayıda fay olduğunun bilinmesine karşın, depremin dış merkez alanında daha önceden herhangi bir diri fay (aktif fay) tanımlanmamış olmasıdır. İlk deprem izleyen birkaç saat içinde yapılan hızlı fay düzlemi çözümleri (depremin hangi mekanizma ile oluştuğunu belirlemek için kullanılan jeofizik yöntemi) depremin ters fay veya bindirme mekanizması içinde geliştiğine işaret etti. Deprem kayıtlarına göre Van ve yakın çevresinde tarihsel dönemde yıkıcı depremlerin meydana geldiği biliniyor. Depremin ardından, çoğunlukla konunun uzmanı olmayan “deprem uzmanlarıncı” basın yayın organlarında spekülasyon değerlendirmeler, depremin kaynağı olan faya ilişkin çeşitli tartışma ve yorumlar, depremin kaynağı için de “hayalet fay” gibi gerçek olmayan açıklamalar yapıldı.

MTA Genel Müdürlüğü'nün dört kişiden oluşan diri fay araştırma ekibi ile İstanbul Teknik ve Tunceli üniversitelerinin jeoloji mühendisliği bölümlerinden üç kişilik araştırma ekibinin, depremin ikinci günü başlayan ve bir hafta süren saha gözlem ve değerlendirmelerinin ortak sonuçlarını paylaşacağız. Depremlerde gelişen yüzey kırıklarının incelenmesi kaynak fay özellikleri, deprem oluşum mekanizması ve yer değiştirmenin anlaşılması açısından güvenilir bilgiler sağlar. Deneysel çalışmalar sonucu bulunmuş görgül (ampirik) bağıntılara göre deprem büyüklüğü ile kaynak fay (yüzey kırığının) uzunluğu arasında doğru orantı vardır. Saha çalışmalarının başlangıcında deprem büyüklüğü (Mw: 7,2) ile yüzey kırığı uzunluğu arasındaki görgül bağıntılardan hareketle, Van depreminde yaklaşık 45 km uzunluğunda ters faylanma gelişmiş bir yüzey kırığı göreceğimizi tahmin ediyorduk. Ancak topladığımız bulgular Van depreminde tahmin ettiğimiz uzunlukta ve özellikle yüzey faylanması gelişmemiş olduğunu ortaya koydu. İlerleyen bölümlerde ayrıntısını okuyacağınız üzere, arazide yaklaşık 12 km uzunluğunda bir yüzey deformasyonu ile karşılaştık.



Van Depremi (23.10.2011) için farklı kaynaklar tarafından önerilen dış merkez yerlerinin Türkiye Diri Fay Haritası (Şaroğlu vd., 1992) üzerindeki yeri

Doğu Anadolu bu tür büyük deprem oluşumlarına yabancı değil

Deprem üretme kapasitesi olan ve diri olarak tanımlanan faylar boyunca meydana gelen ani kırılmalar ve yer değiştirmeler depremlere neden olur. Dünyamız üzerinde meydana gelen depremlerin büyüklüğü ve neden oldukları hasarlar göz önüne alındığında iki büyük deprem kuşağı ilgi çekiyor: Büyük Okyanus'u çevreleyen ve özellikle Japonya üzerinde etkili olan Pasifik Deprem Kuşağı ile Cebelitarık'tan Endonezya adalarına uzanan ve ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz-Himalaya Deprem Kuşağı. Bu nedenle, Anadolu tarihi boyunca yıkıcı depremlere sahne oldu ve olmaya da devam ediyor. Depremler, Cumhuriyet döneminde de can ve mal kaybı ile sonuçlanan doğal afetlerin başında geliyordu. Doğu Akdeniz'deki bölgesel tektonik rejimin sonucu olarak, ülkemizdeki belirli zonlarda yani bölgelerde hayli fazla sayıda, deprem kaynağı diri fay var. Ülkede-

ki diri faylar yoğunlukları ve deprem etkinlikleri göz önüne alınarak beş bölgeye ayrılabilir:

- 1) Kuzey Anadolu Fay Zonu
- 2) Doğu Anadolu Fay Zonu
- 3) Doğu Anadolu Bölgesi
- 4) Batı Anadolu Bölgesi
- 5) Orta Anadolu Bölgesi

23 Ekim 2011 Van depremi Doğu Anadolu bölgesinde meydana geldi. Günümüzde devam eden deniz tabanı yayılması nedeniyle kuzeye doğru itilen Arabistan levhası Avrasya levhasının altına doğru dalgıç. Bu durum, iki büyük levha arasında kalan Doğu Anadolu bölgesinde yoğun bir sıkışma etkisi yaratıyor. Bu nedenle bölgede deprem kaynağı olan çok sayıda diri fay var. Bu bölgedeki faylardan kaynaklanmış büyük depremler olan Doğu Anadolu'da meydana gelen 13 Eylül 1924 Pasinler (Ms: 6,8), 6 Eylül 1975 Lice (Ms: 6,6), 24 Kasım 1976 Çaldıran (Ms: 7,5), 30 Ekim 1983 Horasan-Narman (Ms: 6,9) depremleri, bölgedeki deprem tehlikesinin hayli yüksek olduğunu bize kanıtlar nitelikte.



Van Yüzcüncü Yıl Üniversitesi kuzeyindeki bir sulama kanalında sıkışma sonucu gelişmiş deformasyon

Kuzey-güney yönlü sıkışma etkisi altındaki bölge karmaşık bir fay yapısı sunuyor. Bu yapı içinde, kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı, sol yönlü ve kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı, sağ yönlü doğrultu atımlı faylar (Erciş, Çaldıran, Hasan-timur Gölü, Süphan ve Malazgirt fayları gibi), doğu-batı uzanımlı kıvrım, bindirme ve ters faylar (Muş bindirmesi gibi) ile kuzey-güney yönlü normal fay veya açılma çatlakları (Nemrut açılma çatlakları gibi) gelişmiştir. 23 Ekim 2011 depremine ilişkin fay düzlemi çözümleri, artçı depremlerin dağılımı ve saha bulguları kaynak fayın yaklaşık olarak doğu-batı uzanımlı bindirme veya ters fay niteliğinde olduğunu ortaya koymuştur.

Depremin kaynağı: Van fayı

Saha gözlemlerimiz 23 Ekim 2011 Van depreminin, Van kentinin yaklaşık 10 km kuzeyinde, Van Gölü ile Erçek Gölü arasında yaklaşık doğu-batı doğrultusunda uzanan Van fayından kaynaklanmış olduğunu gösterdi. Her iki ucu da adı geçen göllerin suları altında bulunan Van fayı kuzeye eğimli. Karada izlenebilen toplam uzunluğu 27 km. Arazide fayın kuzey bloğu güney bloğa göre daha yüksekte yer alıyor. Batı ucunda, karada, yaklaşık 12 km uzunluğundaki bölümünde tek fay parçasından oluşuyor. 15 km uzunluğundaki doğu yarısında ise fay 2 km genişlikte, birbirine paralel uzanan iki parçadan oluşuyor.

Bölge jeolojisinde fay doğuda Üst Kre-tase - Alt Miyosen zaman aralığında gelişmiş, ofiyolit, metamorfik ve volkano-kırıntılı kayalar içinde izlenir. Batı ucunda ise Van Gölü'nün Kuvaterner yaşlı taraça ve delta çökellerini keser. Arazide fayın ku-



Van Gölü'nün Erciş Körfezi bölümünde kıyıda depremde suyun çekilmesi ile açığa çıkmış bloklar. Bloklardaki koyu renkli kısımlar askıda kalmış eski kıyı izini gösteriyor.

zey bloğu güney bloğuna göre daha yukarıdadır. Fay üzerinde Holosen'de meydana gelmiş eski depremleri gösteren izler belirgin değildir. Bu durum, fay üzerinde yüzey yırtılması ile sonuçlanan depremlerin tekrarlanma aralığının çok geniş olduğu şeklinde açıklanabileceği gibi, geçmişteki depremlerde en son depreme benzer şekilde yüzey faylanması gelişmiş olması ile de açıklanabilir.

23 Ekim depreminde Van fayının yaklaşık 12 km uzunluğundaki batı bölümünde yüzey yırtılması gerçekleşmiştir. Gelişen yüzey kırıkları doğal zeminde sürekliliği olmayan ince çatlaklar şeklinde izlenirken faya dik uzanan asfalt ve stabilize yollar ile beton su kanallarında deformasyonlara yol açmıştır. Fay boyunca yüzeyde gelişen deformasyonlarda yer değiştirmenin çok düşük değerlerde olması ve sadece fayın batı yarısında izlenmesi derinde meydana gelen kırılmanın tamamının yüzeye yansımadağına işaret etmektedir.

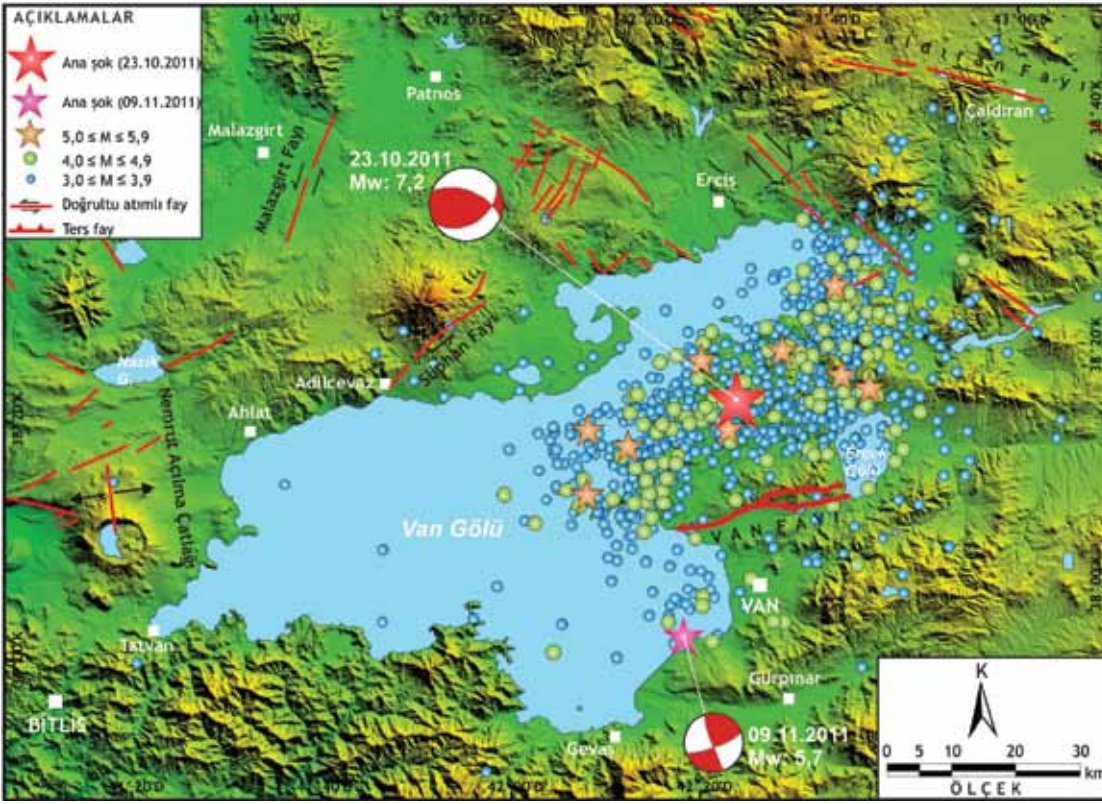
Topaktaş yöresinde Karasu vadisinde izlenen eski bir heyelan kütleli içinde gelişen akma tipi heyelan



Depremde Van Gölü'nün coğrafyası değişti

23 Ekim 2011 Van depreminde Van Gölü'nün ve bölgenin fiziki coğrafyasında değişimlere yol açan nitelikte kıyı değişimlerinin geliştiği gözlemlendi. Çalışmamız sırasında Van Gölü'nün kuzey kıyılarında yapılan incelemelerde deprem nedeniyle güncel kıyı çizgisinin kayalık falezli kıyılarda 40 cm kadar alçaldığı, az eğimli plajlarda ise birkaç metre ile 15-20 metre arasında değişen değerlerde göl yönünde gerilemiş olduğu izlendi. Kıyı çizgisinde meydana gelen bu değişimler Van Gölü'nün Erciş Körfezi'ni kapsayan ve Van fayının tavan bloğunda kalan bölümünde gerçekleşmiştir. Fayın taban bloğuna rastlayan Edremit-Van arasında, göl seviyesinde ise herhangi bir alçalma izlenmemiştir. Bu durum Van Gölü ile birlikte fayın tavan bloğunun depremde bölgesel ölçekte yükselmiş olduğunu gösterir.

Öte yandan, deprem çok sayıda kütle hareketini tetiklemiştir. Heyelanlardaki deformasyonlar genelde taç bölümlerinde gelişen gerilme çatlakları şeklinde izlendi. Erciş ovası ile Van'ın yakın kuzeyindeki Karasu nehrinin taşkın düzlüğü, yanal yayılma ve sıvılaşma şeklinde gelişen zemin deformasyonlarının en yaygın olduğu alanlardır. Yanal yayılmaların yoğun geliştiği diğer bir alan ise alüvyonal kıyı ovalarıdır.



23 Ekim 2011 Van ve 9 Kasım 2011 Edremit depremlerinin ana şokları ve artçı depremlerin dağılımını gösterir harita (Sismolojik veri KRDAE'den alınmıştır)

9 Kasım 2011 depremi (Mw: 5,7)

23 Ekim 2011 depreminden 17 gün sonra 9 Kasım 2011 günü, dışmerkezi Van'ın Edremit ilçesi yakınlarında Van Gölü'ne rastlayan, sığ derinlikte (5,6 km) bir deprem (Mw: 5,7) meydana geldi. Bu depremde Van kentinde bir önceki depremde ağır hasar görmüş binaların yıkılması sonucu 40 yurttaşımız öldü, 30'a yakın yurttaşımız yaralandı ve 23 Ekim depreminden daha ağır yapı hasarları meydana geldi. Sismolojik veriler ışığında, hem oluştuğu yer hem de oluşum mekanizması dikkate alındığında 9 Kasım depreminin ayrı bir deprem olarak değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. 23 Ekim 2011 depreminin ana şoku ile 5'ten büyük artçı depremlerinin tamamına yakını ters fay/bindirme mekanizmasıyla gelişmiştir. Buna karşın 9 Kasım 2011 depremine ilişkin olarak ulusal ve uluslararası sismoloji kurumları tarafından yapılan fay düzlemi çözümleri, bu depremin doğrultu atımlı faylanma mekanizmasıyla geliştiğine işaret ediyor. Bu özelliği nedeniyle adı geçen depremin 23 Ekim 2011 depremi ana şoku ve artçılarından farklı bir mekanizma içinde geliştiği, dolayısıyla bu son depremin farklı bir kaynak zondan türemiş olduğu söylenebilir. Bu depremi izleyen artçı depremlerin dışmerkezleri incelendiğinde, bunların Van kent yerleşmesinin hemen kuzeyinde yaklaşık doğu-batı uzanımlı bir dizilim sunduğu görülüyor. Bazı haritalarda Van

Gölü kıyısından başlayan Edremit ilçesinin merkezinden geçerek doğu-batı uzanımında doğuya doğru 20 km devam eden sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay bulunuyor. Bu bölgede yüzeyde herhangi bir aktif fay haritalanmış değil. Sismolojik verilere göre bu depreme yol açan faylanmanın 5-6 km derinde olduğu söylenebilir. 9 Kasım depreminin ilk depreme göre Van kentinde ağır yapı hasarlarına yol açmasının bir nedeni olarak, doğrultu atımlı kırılma mekanizmasıyla gelişen bu depremin dışmerkezinin kent yerleşmesine çok yakında ve çok sığ derinlikte olması ve 23 Ekim 2011 Van depremi sonrası hasar almış binaların yıkılmış olması gösterilebilir.

Meydancık Köyü yakınlarında meydana gelen heyelanlara ilişkin gerilme çatlakları



Hasar dağılımında jeolojik faktörlerin etkisi

Her iki depremde meydana gelen yapı hasarları kuşkusuz konunun uzmanlarıncaya değerlendirilmelidir. Ancak, yaptığımız gözlemler hasar dağılımında şu jeolojik faktörlerin önemli rol oynadığını ortaya koymuştur.

23 Ekim depreminde kırsal yerleşmelerde meydana gelen ağır yapı hasarlarının tamamına yakını, Van fayının tavan bloğundaki köylerde meydana gelmiş, taban bloğundaki kırsal yerleşmelerde orta ve ağır hasar gözlenmemiştir. Öte yandan Van fayına 10 km, depremin dışmerkezine ise 25-30 km mesafede bulunmasına karşın fayın taban bloğunda yer alan Van kentinde, tavan blokta yer alan ve fayya yaklaşık 45 km uzaklıkta bulunan Erciş kentine oranla çok daha az hasar meydana gelmiştir. Gerek kentsel gerekse kırsal yapılarda izlenen bu durum, bindirme mekanizmasıyla oluşan depremde taban bloktaki yer ivmesinin tavan bloğa oranla daha düşük değerlerde gelişmiş olabileceğine yorumlanır.

Depremde en fazla yapı hasarının meydana geldiği Erciş kenti, Van Gölü'nün Pleystosen yaşlı, gevşek nitelikli, taraça ve delta çökellerinden oluşan ve yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu zeminler üzerine kuruludur. Erciş ovasında depremde yoğun yanılma ve sıvılaşma gelişmiştir. Erciş'teki yapı hasarlarında, zeminde meydana gelen bu tür deformatyonların da önemli bir rol oynamış olması çok muhtemeldir.



Esenkuyu Köyü sahil şeridinde gelişen sıvılaşma yapıları ve çatlaklardan çıkan kum volkanları

Bu yazıya kaynak teşkil eden araştırmanın saha çalışmalarını birlikte gerçekleştirdiğimiz MTA'dan Dr. Ömer Emre ve Dr. Tamer Y. Duman ile İTÜ'den Prof. Dr. H. Serdar Akyüz'e çok teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Ateş, S., ve ark., Van İlinin yerbilim verileri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Raporu, No: 10961, 158 s., 2007.
Ketin, İ., Van Gölü ile İran Sınırı arasındaki bölgede yapılan jeoloji gözlemlerinin sonuçları hakkında kısa bir açıklama, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 20, s. 79-85, 1977.
McKenzie D. P., "Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions", *Geophys. J. Royal Astron. Soc.*, 55, s. 217-254, 1978.
Sümengen, M., 1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi Van K50 Paftası, No: 65, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2008.
Şaroğlu, F., Doğu Anadolu'nun neotektonik dönemde jeolojik ve yapısal evrimi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri

Enstitüsü doktora tezi, (yayımlanmamış), 1985.
Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Boray, A., Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, MTA Rapor No: 8174, 1987.
Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, İ., Türkiye Diri Fay Haritası, ölçek 1:2.000.000, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 1992.
Şengör, A. M. C., *Türkiye'nin neotektoniğinin esasları*, TJK yayını, 1980.
Wells, D. and Coppersmith, K., "New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 84, s. 974-1002, 1994.

KRDAE: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, <http://www.koeri.boun.edu.tr/>
EMSC: European-Mediterranean Seismological Centre, <http://www.emsc-csem.org/>
DDB: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, <http://www.deprem.gov.tr/>
USGS: United States Geological Survey, <http://earthquake.usgs.gov/>