

Total offset, slip-rate, and age of the North Anatolian fault system between Bayramören-Akyazi

Erdal HERECE¹ and Ergun GÖKTEN²

General Directorate of Mineral Research and Exploration, Geological Research Department, Ankara,,Turkey,herece@mta.gov.tr Ankara University Faculty ofEngineering, Department of Geological Engineering, Tectonic Research Group, Ankara.

A study has been conducted along the western section of the North Anatolian Fault (NAF) between Bayramören and Akyazi to determine the age, the lateral offset of the fault, and the fault scarps of recent earthquakes. The Istanbul Zone which is the western section of the Pontides in the north and the Sakarya terrain in the South form the basic units of the region. The basic units are covered unconformably by Late Maastrichtian-Lutetian aged transgressive sequences. The Intra-Pontide suture zone makes up the northern boundary of the Sakarya terrain. Extensive volcanites along the suture zone have developed during Lutetian. The folds with axis trending ENE-WSW and reverse faults have formed when Bolu Tertiary basin and Almacik Mountain have compressed in the direction of NNW-SSE during and after the Eocene volcanism. This interval corresponds to a rapid uplift together with an effective deformation cycle. These structures and the Eocene volcanites can be used to determine the total offset of the western section of the NAF system which is assumed to initiate its movement since Pliocene.

The Eocene volcanites are situated in the east and west of Gerede. The comparison of these volcanites in the north and the south of the NAF indicates 44.5 ± 3.5 km of lateral offset. The Senonian aged volcanites outcrops in the vicinity of Abant Lake and forms the upper level of the Sakarya terrain have been offset 43 km by the fault. In addition, the ophiolites takes place with a tectonic boundary over the metamorphites which are composed of schist, marble, and metabasites. These rock units extend in the north and south of the fault from the west of Bolu to SE of Sapanca Lake along the Mudurnu Valley. The two basic rock units and the thrust boundary between them have been offset 48 km by NAF. However, the comparison of the eastern ends of the Eocene volcanites which cover unconformably both units at both sides of the fault indicates an offset of 61.5 km. On the other hand, a reliable offset value cannot be obtained for the Miocene aged sequences. These offset values, which are close to each other, can be used to determine the slip rate of this section of the fault.

The Holocene activity which can be used to determine the slip rate of the western portion of the fault has been indicated by the physiographic data. The stream valleys flowing perpendicularly to the fault around Gerede and in the east of Abant Lake have been forced to change their course by the pressure ridges formed by the right lateral movement of the fault. The offset values of the drainage system have been measured as 900-2.750 m around Gerede and 2.080-4.800 m in the east of Abant Lake as a result of the successive earthquakes and varying morphologies.

The overlapping surface ruptures, which have been formed by the earthquakes of the past century, extend from the east of Gerede to the Marmara Sea. During this study, the right lateral offset values along the surface ruptures of the 1944 event have been determined, the location of the 1957 and 1967 earthquake ruptures have been mapped, and the results have been compared to the measurements in previous works. The right lateral offset values formed during the earthquake of 1944 are measured in six different locations and shows an even distribution of 6.5 ± 0.5 m. The relationship between the surface lateral offset values and the magnitude of the earthquake allows the comparison of the 1944 earthquake with the previous events. The slip rate of this section of NAF, based on the lateral offset of 1944 event, is 23.7 mm/year. This slip rate obtained is valid for the late Holocene, and represents the short term slip-rate of the fault. Although one cannot find reliable data about when the movement has started, assuming that the slip rate has not changed over the ages, by taking into account the offset in the Eocene sequences, it can be claimed that the movement in the system has started prior to two million years (Latest Pliocene). *Keywords: North Anatolian Fault, age of NAF, Quaternary offset of fault, slip-rate of Holocene.*

Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Bayramöre-Akyazi Arasında Toplam Atımı, Kayma Oranı ve Yaşı

Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'nm Bayramören ile Akyazı arasındaki batı bölümü boyunca saha çalışması yapılarak fayın yaşı, fay boyunca oluşan atım ve fayın diriliği araştırılmıştır. Fay zonunun kuzeyinde Pontidlerin batı bölümünü oluşturan İstanbul zonu, güneyinde ise Sakarya kıtası bölgenin temel üniteleridir. Temel üniteler Geç Maastrichtiyen-Lütesiyen yaşlı transgresif istiflerle uyumsuz olarak örtülmektedir. Sakarya kıtasının kuzey sınırını Pontid içi kenet kuşağı oluşturur. Kenet kuşağı boyunca Lütesiyen sırasında geniş yayılımı olan bir volkanizma gelişmiştir. Eosen volkanizması sırasında ve sonrasında, Bolu Tersiyer havzası ve Almacık Dağı KKB-GGD yönünde sıkışarak eksen uzanımları DKD-BGB olan kıvrımlar, ters faylar gelişmiştir. Bu zaman aralığı hızlı yükselme ile beraber etkili bir deformasyon dönemine karşılık gelmektedir. Bu yapılar ve Eosen volkanitleri Pliyosen'den itibaren hareketine başladığı kabul edilen Kuzey Anadolu Fay Sistemi batı bölümünde toplam atımının belirlenmesinde kullanılabilir.

Gerede'nin doğu ve batısında yer alan Eosen volkanitlerinin KAFZ'nun kuzey ve güneyindeki yüzeylenmelerinin kıyaslanması sağ-yanal atım değerinin 44.5 ± 3.5 km olduğunu gösterir. Abant Gölü dolayında yüzeylenen ve Sakarya platformunun üst bölümünü oluşturan Senoniyen yaşlı volkanitler fay tarafından 43 km ötelenmektedir. Öte yandan, Bolu batısından Mudurnu Vadisi boyunca Sapanca Gölü GB'sma doğru fayın kuzey ve güneyinde ofiyolitler tektonik bir dokanakla şist, mermer ve metabazitlerden oluşan metamorfitlelerin üzerinde yer almaktadır. Her iki temel birim ve aralarındaki bindirme dokanağı, KAF tarafından 48 km sağ-yanal ötelenmektedir. Ancak, fayın iki tarafında her iki birimi de uyumsuzlukla örten Eosen volkanitlerinin doğu uçlarının kıyaslanması ötelenme değerini 61.5 km olarak vermektedir. Buna karşılık Miyosen yaşlı serilerde güvenilir bir ötelenme değeri belirlenmemektedir. Eosen yaşlı kaya birimlerinin sınırlarındaki bu birbirlerine yakın sayılabilecek atım değerleri sistemin bu bölümü için ortalama yıllık kayma oranını belirlemede kullanılabilir.

Fay sisteminin batı bölümünde ortalama yamulma oranını belirlemeye yönelik Holosen etkinliği ise fizyografik verilerle kendini belli etmektedir. Gerede dolayında ve Abant Gölü doğusunda faya doğru dik olarak akan derelerin yatakları fayın yer yer örgülenmesi ile gelişen basınç sırtları tarafından engellenerek yönleri değiştirilmekte veya doğrudan fayın hareketi ile sağ-yanal olarak ötelenmektedir. Akaçlama sistemindeki bu atım değerleri birbirini izleyen depremlerin ve morfolojinin değişimine bağlı olarak Gerede dolayında 900-2.750 m arasında ve Abant Gölü doğusunda 2.080-4.800 m arasında ölçülmüştür.

Geçtiğimiz yüzyılda olan depremler ile aşmalı olarak gelişen yüzey kırıkları Gerede doğusundan Marmara Denizi'ne kadar uzanmaktadır. Yüzey kırıkları boyunca gelişen yanal ötelenmeler en yakın deprem olan 1944 kırığı boyunca arazide belirlenebilmiş, 1957 ve 1967 deprem kırıklarının lokasyonu saha çalışması ile haritalanmış, ötelenme değerleri ise önceki çalışmalarla karşılaştırılmıştır. 1944 depremi sırasında gelişen sağ-yanal ötelenmeler 6 ayrı lokasyonda belirlenmiş olup 6.5 ± 0.5 m olarak düzenli bir dağılım göstermektedir. Yüzeyde gelişen yanal ötelenme değerleriyle deprem büyüklüğü arasında var olan ilişkiler, 1944 depreminin önceki depremlerle kıyaslanmasına olanak vermektedir. KAFZ'nun bu bölgedeki yanal ötelenmeye dayalı yıllık kayma hızı 23.7 mm/yıl dır. Elde edilen bu kayma oranı değeri Geç Holosen için geçerli olup fayın kısa dönem kayma oranını oluşturmaktadır. Bu kayma oranının, jeolojik zaman içinde ne zamandan bu yana etkin olduğu konusunda güvenilir bir veri olmamasına karşın kayma oranının zaman içerisinde değişmediği varsayımıyla Eosen serilerindeki ötelenme dikkate alınarak sistemin iki milyon yıldan önce (En Geç Pliyosen) harekete başladığı ileri sürülebilmektedir. *Anahtar Kelimeler: Kuzey Anadolu Fayı, KAF'ınyası, Kuvatemer atımı, Holosen kayma oranı*