

# **ESKİŞEHİR'İN JEOLJİSİ, GEOTEKNİĞİ VE 1999 DEPREMİNİN MEVCUT YAPILAR ÜZERİNE ETKİSİ**

Gülgün YILMAZ ÜNAL  
Yrd.Doç.Dr.  
Anadolu Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü  
Eskişehir, Türkiye

Emre Aytağ ÖZSOY  
Öğr.Gör.  
Anadolu Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü  
Eskişehir, Türkiye

## **ÖZET**

20. yüzyıl boyunca ülkemizde oluşmuş depremlerden hiçbiri 1999 yılı 17 Ağustos Marmara ve 12 Kasım Düzce depremleri kadar etkili olmamıştır. Çünkü diğer depremler yerleşim ve yapılaşmanın az olduğu bölgeleri etkilemiş, belirli sınırlar içerisinde kalmıştır. Marmara ve Düzce depremleri oluştuğu bölge ve merkezleri itibarıyla toplumsal yaşamı etkileme açısından belki de ilk olma özelliğine sahiptir. 1999 Depremleri sırasında yedi ilimiz etkilenmiş ve yerleşim yerlerinde çok fazla sayıda can kaybı, yapılarda yıkılma ve göçmenin yanı sıra ayakta kalanlarda ise ağır hasarlar oluşmuştur. Bu depremle, İnşaat Mühendisliği açısından büyük önem taşıyan geoteknik ve jeolojik inceleme ve araştırmalara gereken önemin gösterilmediği, hatalı ve plansız yerleşimin olduğu, mevcut yapıların ise kalitesiz olarak yapıldığı gerçeği ortaya çıkmıştır. Depremlerde yapısal hasarlara neden olan etkenleri, depremin kendisi, yerel zemin koşulları ve yapı özellikleri olarak sıralamak mümkündür. Bunlara ilave olarak bölgesel jeolojinin ve topoğrafik yapının da deprem dalgalarının yayılımı ve etkisi üzerinde farklılıklara yol açtığı, aynı bölgede bulunan ve aynı sismik hareketten etkilenen benzer yapılarda farklı derecelerde hasarlara yol açtığı bilinmektedir. Bu çalışmada, 17 Ağustos ve 12 Kasım depremlerinden etkilenen Eskişehir ilinin jeolojisi, zemin özellikleri ve depremler sonucunda mevcut yapılarda ortaya çıkan yapı hasarları hakkında bilgi verilmektedir.

## GİRİŞ

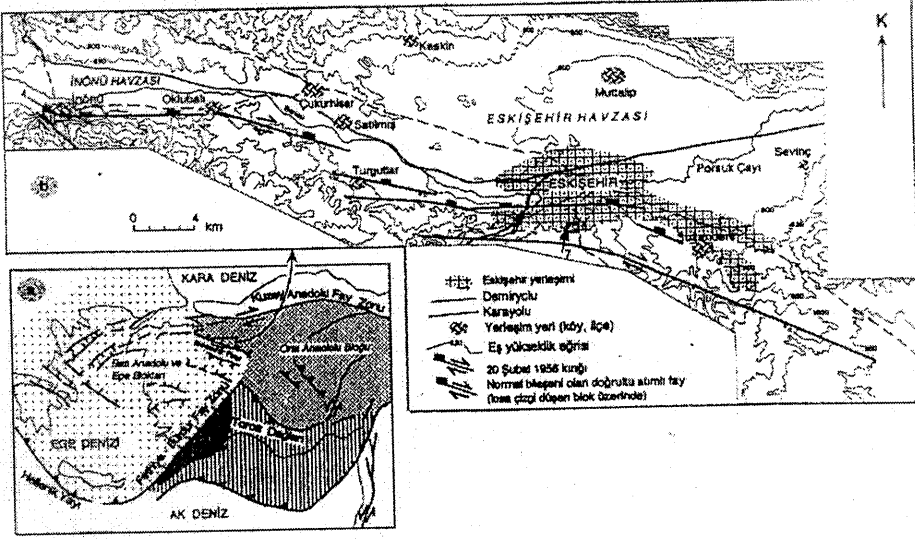
Gelişen bilim ve teknoloji sayesinde yerleşim yerlerindeki çok katlı binalarla birlikte baraj, tünel, köprü ve otoyol gibi özel yerüstü yapılarının yanısıra stratejik konumlu depolar, gaz depoları, denizaltı ulaşım tünelleri gibi yer altı yapıları da mevcut yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm bu yapıların inşasından önce, inşa sırasında ve sonrasındaki davranışlarını, bulundukları bölgenin jeolojik, geoteknik ve kentsel planlama etkisindeki gelişimini gözönüne alarak incelemek ve etüd etmek gerekmektedir. Özellikle yerleşim yerlerinin seçimi ve planlanması sırasında, deprem bölgesi olup olmadığının dikkate alınması ve ayrıntılı şekilde değerlendirilmesi, can kaybı ve ekonomik açıdan önem kazanmaktadır. Depremlerde yapısal hasarlara neden olan etkenleri; bölgenin jeolojisi, depremin büyüklüğü, bölgenin yerel zemin koşulları ve yapı özellikleri olarak sıralamak mümkündür. Özellikle zemin tabakalarının tür, kalınlık ve yer altı suyu seviyesi özelliklerinin kısa mesafelerde değişim gösterebilmesi birbirine yakın bile olsa benzer yapılarda farklı davranışın oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca bölgesel jeolojik ve topoğrafik özelliklerde deprem dalgalarının önemli ölçüde değişimine sebep olarak, birbirine yakın bölgelerdeki benzer yapılarda farklı derecelerde hasarlara yol açabilmektedir. Bütün bunlardan önce, kentsel planlama ve gelişme sırasında bina ve çeşitli mühendislik yapılarının yer seçiminde, bölgenin sismotektonik özelliklerinin yani depremin nerede, ne büyüklükte ve tekrarlama periyotlarının kaç yıl olduğunun belirlenmesi zorunludur. Deprem etkisiyle ortaya çıkan yapı hasarları, kolon-kiriş kırılması, kötü işçilik ve malzeme hatasından kaynaklanmakla beraber, jeolojik, sismik ve geoteknik özelliklerin gözardı edilerek gereken önemin verilmemesinden olmaktadır.

## AMAÇ

Bu çalışmada 17 Ağustos Marmara ve 12 Kasım Düzce depremlerinden etkilenen Eskişehir ilinin bulunduğu bölgenin tektonik özellikleri, jeolojisi ve sismik özellikleri hakkında bilgi verilerek, son yıllarda yapılmış sondajlardan elde edilmiş verilere dayanarak yerel zemin koşulları irdelenmektedir. Ayrıca depremler sırasında hasar görmüş yapılarda ortaya çıkan yapı hasarlarının nedenlerine açıklık getirilerek ve bunları hasar derecelerine göre sınıflandırarak, sayıları hakkında bilgi vermek amaçlanmaktadır.

### 1. Bölgenin Tektonik Özellikleri

Anadolu, tektonik deformasyonun dünyada en hızlı olduğu bölgelerden biridir (1). Eskişehir fay zonu, doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu ile normal faylardan oluşmuş Ege açılma bölgesi arasında yer almaktadır (2), (Şekil 1 a). Son yıllarda yapılan araştırmalar Ege Bölgesi ve Orta Anadolu'yu içine alan Anadolu bloğunun Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca batıya doğru hareket ettiği görüşünde birleşmişlerdir (3),(4),(5),(6),(7). Ancak Barka ve diğ. (8)' e göre Batı Anadolu KD-GB uzanımlı Fethiye-Burdur fay zonu ve BKB-DGD uzanımlı Eskişehir fay zonu ile Orta Anadolu'dan ayrılarak ve B-GB'ya doğru daha hızlı hareket etmektedir. Batı Anadolu'nun batı yönündeki hareket hızı kuzeyden güneye doğru artmakta ve hareket hızı kuzeyde 20 mm/yıl iken güneyde 30-40 mm/yıl'dan fazla olmaktadır (9),(8),(2).



Şekil 1. (a) Anadolu'nun neotektonik alt bölümleri (Barka ve diğ. 1995). (b) Eskişehir bölgesinin topoğrafik ve neotektonik haritası (Altunel ve Barka, 1998).

## 2. Bölgenin Jeolojisi

Eskişehir merkezi, Bozüyük-Inönü-Eskişehir çukurluğunun güney kenarında yer almaktadır. Güneydeki tepelerden kuzeyde Porsuk vadisine doğru az bir eğimle uzanan düz bir arazi üzerindedir ve şehir merkezini Porsuk çayı ikiye ayırmaktadır. Bölgenin en yaşlı birimlerini Triyas yaşlı metamorfik şist-mermer ile ofiyolitik melanj oluşturmaktadır. Bölgede bu birimler üzerinde açılal diskordansla Eosen yaşlı konglomera, marn, kilaşı, kireçtaşı; Miyosen yaşlı andezit, konglomera, kil marn, tuf ve kireçtaşı; Pliyosen yaşlı kil, tuf ve bazalt serisi bulunmaktadır. En üst birimde ise eski-yeni alüvyon yer almaktadır. Sözü edilen bu birimler stratigrafik olarak Şekil 2. de sütun kesit olarak verilmektedir. Ayrıca Eskişehir merkezinde bulunan sıcaksu kaynakları, Porsuk çayından beslenen alüvyon örtüsü altında bulunan fay boyunca yayılmaktadır. Sıcaksu kaynaklarının sıcaklıkları yer altı su seviyesinin yükseldiği mevsimlerde değişmektedir ve buna bağlı olarak Eskişehir içinde bulunan sıcaksu kaynaklarının alüvyondaki yer altı suları ile karıştığını söylemek mümkün olmaktadır (10).

| ÜSİSTEM<br>SİSTEM | SERİ            | KAT        | FORMASYON   | ÜYE | SİMGE            | BAKALINLIK | SÜTUN<br>KESİT | AÇIKLAMA                                                                                | FOSİLLER                                                                             |
|-------------------|-----------------|------------|-------------|-----|------------------|------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| SENZOYİK          | T E R S İ Y E R | KUVATERNER | PLEYİSTOSEN |     | QAI <sub>2</sub> | 50         |                | Alüvyon<br>Eski<br>Alüvyon, konglomera, kumtaşı,<br>Belli kireçtaşı                     | Canis sp<br>Vulpes sp<br>Elephantidae<br>Paracamelus<br>Gazella sp<br>Rhinocerotidae |
|                   |                 |            |             |     | QAI <sub>1</sub> | 100        |                |                                                                                         |                                                                                      |
|                   | N E O J E N     | PLİYOSEN   |             |     | PIB              | 100        |                | Diskordans<br>Bazalt ve t.d. pembe-kırmızı<br>renkli, yer yer aglomera<br>seviyeli      | Nummulites sp.<br>Aspilina sp.<br>Abroalina sp.                                      |
|                   |                 |            |             |     | PIb1             |            |                |                                                                                         |                                                                                      |
|                   | MİYOSEN         |            |             |     | Um <sub>3</sub>  | 350        |                | Konglomera-kilit, marm. tuf<br>ve kireçtaşı                                             |                                                                                      |
|                   |                 |            |             |     | Um <sub>2</sub>  |            |                |                                                                                         |                                                                                      |
|                   |                 |            |             |     | Um <sub>1</sub>  |            |                |                                                                                         |                                                                                      |
|                   |                 |            |             |     | Um               |            |                |                                                                                         |                                                                                      |
|                   | EÖSEN           |            |             |     | UE <sub>2</sub>  | 50         |                | Andezit, Andezitik t.d.<br>Açısız diskordans<br>Narn, kilitli, kireçtaşı                |                                                                                      |
|                   |                 |            |             |     | UE <sub>1</sub>  | 100        |                | Konglomera<br>Açısız diskordans                                                         |                                                                                      |
|                   |                 |            |             |     | Tga              | 100        |                | Oltyokilik, melan)<br>(Dahre, serpantin, radyolarit,<br>kireçtaşı, peridotit camurtaşı) |                                                                                      |
|                   |                 |            |             |     | Tga              | 100        |                |                                                                                         |                                                                                      |
| MESOZOYİK         | T R İ Y A S (?) |            |             |     | Tga              | 100        |                | Tektirik dokanak                                                                        |                                                                                      |
|                   |                 |            |             |     | TMs              | 100        |                | Metamorfik sist (güçlükleşen<br>sist, mika-sist)-mermer                                 |                                                                                      |

Şekil 2. Eskişehir ve civarına ait stratigrafik sütun kesit (Ölmez ve Yücel, 1985).

### 3. Bölgenin Sismik Özellikleri

Ülkemizin bir deprem ülkesi olduğu düşünüldüğünde Eskişehir'de deprem etkisinde kalan illerden birisidir. Eskişehir, Ege bölgesi ile Kuzey Anadolu Fay Zonu arasında bir geçiş bölgesi üzerine kurulmuştur. Son 100 yıllık aletsel gözlemlere göre Eskişehir, Bilecik ve Bozüyük merkezleri ve çevresinde hasara neden olan 20 Şubat 1956 depreminde merkez üssünün Eskişehir'in 10 km. batısında, Çukurhisar mevkiinde olduğunu Öcal (11) depremin makro ve mikrosismik etüdünü yaparak

ortaya koymuştur. 1956 depremi sonucunda yüzey kırıklarının olup olmadığı bilinmemektedir. 17 Ağustos Marmara ve 12 Kasım Düzce depremlerinin Eskişehir yerleşim yeri ve yakınlarında hissedilmesi, bölgenin depremselliğinin gözardı edilmemesi gerektiğini göstermektedir. 1901-2001 yılları arasında Eskişehir ve civarında büyüklüğü  $M = 4.0$  'dan büyük olan depremler Tablo 1.de verilmektedir.

| <u>Tarih</u> | <u>Magnitüd (M)</u> |
|--------------|---------------------|
| 12.5.1901    | 5.0                 |
| 30.4.1905    | 5.4                 |
| 1.5.1905     | 4.9                 |
| 6.5.1928     | 5.0                 |
| 14.6.1948    | 4.9                 |
| 20.2.1956    | 6.4                 |
| 23.2.1956    | 5.2                 |
| 25.2.1956    | 4.3                 |
| 24.5.1956    | 4.3                 |
| 22.7.1958    | 4.3                 |
| 28.3.1961    | 5.0                 |
| 28.3.1970    | 4.2                 |
| 28.3.1970    | 4.3                 |
| 24.10.1990   | 4.3                 |
| 23.9.2000    | 4.0                 |

Tablo 1. Eskişehir ve yakın çevresinde meydana gelen depremlerin listesi  
(Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi).

#### 4. Eskişehir'de Yerel Zemin Koşulları

1992 Erzincan, 1995 Dinar ve 1998 Adana depremleri sonrasında yapılan inceleme ve araştırmalar yerel zemin koşullarının depremin verdiği hasarlar bakımından büyük önem taşıdığını göstermiştir. 17 Ağustos Marmara ve 12 Kasım Düzce depremlerinde de bu durum kendini ispatlamıştır. Depremin yerel zeminle

ilişkisi iki şekilde olmaktadır; 1) Deprem etkisi ile fay kırılması sonucu ortaya çıkan deprem dalgaları zemin tabakaları içerisinde geçerken gerilme, şekil değiştirme ve mukavemet özelliklerini değiştirmektedir. 2) Deprem dalgaları, zeminin cinsine, tabakalanma durumuna göre zemin yüzeyindeki yapılara ivme genliğini ve frekansı değiştirerek iletmektedir (12). Zemin tabakalarının deprem sırasındaki davranışlarını iyi anlayabilmek için tekrarlı yükler altındaki şekil değiştirmelerini, çevrim sayısı, efektif çevre basıncı, frekans, boşluk oranı, plastisite indisi, aşırı konsolidasyon oranı ve suya doygunluk derecesi gibi faktörleri bilmek gerekir. Eskişehir'in yerleşim yerine ait zemin özelliklerine yüzeyden itibaren 10 m'ye kadar bakılacak olursa büyük bir kısmının kum, silt ve kil karışımlarından, birkaç mahallede ise çakıllı killi kum zeminlerin bulunduğu görülmektedir. Yerleşim merkezinin bazı bölgelerinde daha derin yapılan sondajlarda 9-10 m'de, birkaç mahallede ise 14-15 m'de kum-çakıl karışımlarına rastlanılmaktadır. Dolayısıyla Eskişehir için yapılaşma bakımından sağlam tabaka denilen kısmın daha derinlerde, 20 -50 m arasında değişim gösterdiğini söylemek mümkündür. Eskişehir'de yerel zemin koşullarında rastlanılan ikinci bir durum ise yer altı su seviyesinin yüksek olması yani yüzeye yakın olmasıdır. Bu durum geoteknik açıdan büyük problem olan sıvılaşma riskini ortaya çıkarmaktadır. Özellikle suya doygun, uniform ve kalın kum tabakalarından oluşmuş zeminlerde su, zeminin taşıma gücünü azaltarak, tekrarlı gerilmeler (deprem yükü, titreşim, dinamik kuvvetler) etkisinde üstteki yapıyı yıkılmaya kadar götürmektedir. Yerleşim yerinde yer altı suyu seviyesi şehir merkezinde 3-6 m. arasında değişim göstermekte, yüzeye çok yakın bir su tabakası oluşturmaktadır. Ayrıca Eskişehir merkezinde bir sıcak su hattının bulunması ve bunların yüzey çatlaklarından dışarıya çıkması da bölgede zemin koşulları ve taşıma bakımından önemli bir dezavantaj olmaktadır.

## **5. 1999 Depremlerinin Mevcut Yapılar Üzerindeki Etkisi**

17 Ağustos Marmara ve 12 Kasım Düzce depremlerinden etkilenen yedi il arasında Eskişehir'de bulunmaktadır. Daha önceki yıllarda yaşanmış depremlerde ortaya çıkan tablo bu kez daha büyük boyutta ve daha fazla can kaybı ile oluşmuştur. Türkiye'de yaşanan depremler sonucunda betonarme binalarda

gözlenen ve oluşan hasarlar Eskişehir'de ki mevcut yapılarda da kendini göstermiştir. Türkiye'de oluşan depremlerdeki betonarme hasarların önemli nedenlerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkün olmaktadır (13);

1. Çerçeve sistemlerde zayıf kolonların, güçlü kirişlerin bulunması. Bu durumun tam tersi olan "güçlü kolon-zayıf kiriş" kavramı yeni yönetmelikte yer almaktadır.
2. Asmolen döşemeler büyük deplasmanlara neden olmakta, dayanım eksikliği göstermekte ve düğüm noktalarında kolonların kirişler üzerine doğru oturmaması durumunda problemler çıkarmaktadır.
3. Kiriş ve kolonlarda bulunması gereken donatı sıklaştırmasının yapılmadığı ve sargı donatısının yetersiz kaldığıdır.
4. Kalitesiz beton ve kalitesiz donatı çeliğinin kullanılması mukavemet problemlerini doğurmakta, yani malzeme etkisi önemli olmaktadır.
5. Özellikle ilk katlarda zayıf kat oluşumu (mukavemet yetersizliği).
6. Kısa kolon kullanımı, özellikle üstte bant pencere, altta duvar olarak yapılan düzenlemeler veya perde olarak çalışan duvarların oluşturduğu kısa kolonların bulunması.
6. Düğüm noktalarında yetersiz kenetlenme ve bindirme eksiklikleri ve dolayısıyla yetersiz kesme dayanımı oluşması.

Bunlar hep tartışılmakla birlikte düzeltilmesi bugüne kadar mümkün olmamış ve daima her deprem sonrası yapısal problemler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Depremler sırasında hasar gören yapıların deprem sonrası incelenmesi ve tasnif edilmesi de ikincil bir problemi oluşturmaktadır. Bu sorunu çözmek amacı ile deprem sonrası bina hasarları Japonya Mimarlık Enstitüsü (14) tarafından yapılmış bir çalışmada 5 ayrı hasar derecesi ile isimlendirilmektedir.



| Hasar Derecesi | Tarifi                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | İhmal edilebilir/hafif hasar (sıfır yapısal hasar, hafif mimari hasar):<br>Bazı duvarlarda kılcal çatlama; bazı sıva parçalarının dökülmesi; bazı binaların üst seviyelerinden gevşek parçaların aşağıya düşmesi                  |
| 2              | Orta hasar (hafif yapısal hasar, orta mimari hasar):<br>Çoğu duvarda çatlama; büyükçe sıva parçalarının düşmesi; bacaların kısmen çökmesi                                                                                         |
| 3              | Önemli veya ağır hasar (orta yapısal hasar, ağır mimari hasar):<br>Duvarlarda yaygın ve geniş çatlama; kiremitlerin yerinden oynaması, bacaların çatı hizasında kırılması; dolgu duvarı, kalkan duvarı gibi elemanların kırılması |
| 4              | Çok ağır hasar (ağır yapısal, çok ağır mimari hasar):<br>Duvarların ağır hasara uğraması, çatı veya diğer katlarda kısmi çökme                                                                                                    |
| 5              | Tahrip (çok ağır yapısal hasar):<br>Kısmi veya toplu çökme                                                                                                                                                                        |

Yukarıda açıklanan hasar derecesi ve tarifine göre Eskişehir'de deprem sonrası hasarlı olarak belirlenmiş yapılar sınıflandırılarak Tablo 2 ve 3 'te sayıları ile verilmektedir.

|               | Konut      | İşyeri    |
|---------------|------------|-----------|
| Ağır Hasar    | 80         | 19        |
| Orta Hasar    | 101        | 8         |
| Hafif Hasar   | 344        | 30        |
| <b>TOPLAM</b> | <b>524</b> | <b>57</b> |

Tablo 2. 17.08.1999 tarihinde meydana gelen deprem nedeniyle Eskişehir ilinde hasar gören binaların sayısı

|               | Konut     | İşyeri   |
|---------------|-----------|----------|
| Ağır Hasar    | 10        | 2        |
| Orta Hasar    | 7         | -        |
| Hafif Hasar   | 55        | 2        |
| <b>TOPLAM</b> | <b>72</b> | <b>4</b> |

Tablo 3. 12.11.1999 tarihinde meydana gelen deprem nedeniyle Eskişehir ilinde hasar gören binaların sayısı

## SONUÇLAR

Marmara ve Düzce depremleri sebebiyle Eskişehir yerleşim yerindeki yapılarda da hasarlar ve can kaybı oluşmuştur. Yapılarda oluşan hasarlar ve dağılımı incelendiğinde yerel zemin koşullarının yanısıra yapısal faktörlerinde büyük etken olduğu görülmektedir. Yerel koşullar bakımından iki durum söz konusu olmaktadır; birinci türdeki zemin tabakaları deprem hareketini büyütürken yapıya etki ettirmekte, ikinci türdekiler ise zemin tabakalarındaki absorblama etkisi ile deprem ivmelerini azaltmaktadır. Ayrıca bölgede bulunan fayların yönü, tipi gibi özelliklerde deprem hasarlarında etken olmaktadır. Deprem hasarları içerisinde yapısal faktörlerin en önemli sebebi oluşturmaları nedeniyle, inşa aşamasında doğru etüd ve tasarım ilkeleriyle çalışılması ve hata payının en aza indirgenmesi uygun sonuç verecektir. Yapılar bulundukları bölgede oluşabilecek deprem kuvvetlerine karşı yeterli dayanıklılıkta yapılmalı ve kontrolden kaçınılmamalıdır. Tasarlanan yapılara zemin şartlarına uygun temel tipi seçilmeli ve inşaat aşamasında projenin tamamına uymak şartı getirilmelidir. Eskişehir'in bir deprem kuşağı içerisinde olduğu düşünülürse, yapısal hasarları önlemek amacıyla "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılarla İlgili Yönetmelik" kurallarını uygulamanın zorunluluğu açıkça görülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Jackson, J.A., ve McKenzie, D., "The Relationship Between Plate Motions and Seismic Moment Tensors, and The Rates of Active Deformation In The Mediterranean and Middle East", *Geophys. J.*, 1988, 93., 45-73.
2. Altunel, E., ve Barka, A., "Eskişehir Fay Zonunun İnönü-Sultandere Arasında Neotektonik Aktivitesi", *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt.41, No.2, 41-52, Ağustos 1998.
3. McKenzie, D., "Active Tectonics of The Mediterranean Region", *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 1972, 30, 109-185.
4. McKenzie, D., "Active Tectonics of The Alpine-Himalayan Belt: The Aegean Sea and Surrounding Regions", *Geophys. J.R. Astr. Soc.* 1978, 55, 217-254.
5. Dewey, J.F, ve Şengör, A.M.C., "Aegean and Surrounding Regions: Complex Multiplate and Continuum Tectonics In a Convergent Zone", *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1979, 90.84-92.
6. Şengör, A.M.C., "Ege'nin Neotektonik Evrimini Yöneten Etkenler", *Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması Paneli* (Ed: by Erol, O. ve Oygür,V.), *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 1982, 59-71.
7. Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F., "Strike –Slip Faulting and Related Basin Formation In Zones of Tectonic Escape: Turkey As a Case Study ", *Soc. Of Eco.Paleo. and Min. Spec. Publ.*, 1985, 37, 227-264.
8. Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F. ve Şengör, A.M.C., " The Isparta Angle: Its Importance in The Neotectonics of The Eastern Mediterranean Region", 1995, *IESCA- Proceedings*.

11. Jackson, J.A., "Active Tectonics of The Aegean Region", Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 1994, 22, 239-271.
12. Ölmez, E., ve Yücel, B., "Eskişehir ve Yöresinin Jeotermal Enerji Olanakları", MTA, 1985.
13. Öcal, N., "20 Şubat 1956 Eskişehir Zلزeleri'nin Makro ve Mikrosismik Etüdü", İTÜ Sismoloji Enstitüsü Yayını, 1959, 49s.
14. Ünal, G.Y., "Eskişehir'de Yerel Zemin Koşullarının Deprem Sonrası İrdelenmesi ", 3. GAP Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, 2000, 410-416.
15. Aydınöğlu, M.N. , "Son Depremden Çıkardığımız Dersler", Türkiye Mühendislik Haberleri, TMMOB, 1999, sayı 404.
16. (AIJ) Architectural Institute of Japan Reconnaissance Team., "Report on Damage
17. Investigation after Kocaeli Earthquake (Draft) ", In Collaboration With Boğaziçi University, İstanbul Technical University, Middle East Technical University., December 1999.

# **THE GEOLOGY AND GEOTECHNOLOGY OF ESKİŞEHİR AND THE 1999 EARTHQUAKES ' EFFECT ON BUILDING STRUCTURES**

**Gülgün YILMAZ ÜNAL**  
Assist. Prof.  
Anadolu University  
Department of Civil Engineering  
Eskişehir, TURKEY

**Emre Aytuğ ÖZSOY**  
Teach. Assistant  
Anadolu University  
Department of Civil Engineering  
Eskişehir, TURKEY

## **ABSTRACT**

None of the other earthquakes which occurred during the 20<sup>th</sup> Century in our country had an effect as great as the ones during 1999, on the 17<sup>th</sup> August in the Marmara region and the 12<sup>th</sup> November in Düzce. This is because the other earthquakes affected places where population and construction were less, and in addition, these were concentrated within precise areas. With regard to the region and epicentres of the Marmara and Düzce earthquakes, in terms of affecting social life, these may well be the first to do so. During the 1999 earthquakes, seven cities were affected, there were many deaths in populated areas, buildings were destroyed or partly collapsed and in addition to these, there was extensive damage to buildings still standing. As a result of these earthquakes, it has been understood that not enough importance has been given to geological and geotechnical research, which carry huge importance for construction engineering. This has resulted, residential areas being built in unsuitable areas and many buildings being poorly constructed. The factors that structural damage during earthquakes are the earthquakes themselves, local soil characteristics and the composition of the buildings. In addition, it is known that regional geology and topography cause differences in the spread and effect of seismic waves; this also effects the kinds of damage to the buildings in the same region and affected by the same seismic activity. This research gives information about the construction damages that occurred to buildings as a result of the geology and soil characteristics of Eskişehir after the 17<sup>th</sup> of August and 12<sup>th</sup> of November earthquakes.

