



2003 BULDAN DEPREMLERİNİN ÖZELLİKLERİ VE HASAR GÖREN YENİCE (DENİZLİ) ROMA YERALTI MEZARLARINA İLİŞKİN BİR DEĞERLENDİRME

Features of the 2003 Buldan Earthquakes and an Evaluation of Damaged Roman Underground Tombs in Yenice (Denizli)

Ömer AYDAN¹, Halil KUM SAR²

¹Department of Marine Civil Engineering, Tokai University, Shizuoka, Japonya

²Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli

ÖZ

Yenice tarihi mezarları; Denizli ilinin 20 km kuzeybatısında Yenicekent beldesi sınırları içindeki Tripolis antik şehrinin yaklaşık 2 km kuzeyinde olup, Roma döneminden kaldığı öne sürülmektedir. Mısırlılarda olduğu gibi, bu mezarlar genellikle yumuşak ve süresizlik içermeyen tuf ve killi kireçtaşı gibi kayalarda açılmıştır. Yazarlar, Temmuz 2003 Buldan depremleri öncesi söz konusu yeraltı mezarlarını incelemiş ve mezarları oluşturan kaya kütleleri ile mezar geometrisini belirlemişlerdir. 2003 Buldan depremleri sonrası mezarlar kısmen hasar görmüş ve yer yer kaya kopmaları gözlenmiştir. Bu çalışmada, mezarlar ile içinde açıldıkları çevre kayacındaki yenilmeler değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme mezarların ve yakın çevresinin jeolojisi ile tektoniğini ve süresizliklerin yanı sıra, Temmuz 2003 Buldan depremleri ile kayanın mekanik ve fiziksel özelliklerini, deprem sırasında oluşan duraysızlık durumunu ile neden olduğu sorunları ile bir kaya yapısı olarak mezar boşlukları içeren killi kireçtaşının uzun süreli kaya davranışını kapsamaktadır.

Anahtar kelimeler: 2003 Buldan depremleri, duraylılık, Yenice-Tripolis antik mezarları.

ABSTRACT

Yenice antique tombs, belong to Roman time, are located in Tripolis antique city of Yenice town 20 km northwest of Denizli city. As used by Egyptians, these tombs were opened in soft rocks like tuff and clayey limestone. The authors investigated the underground tombs and their geometry before the 2003 Buldan earthquakes. Some rock falls and toppling occurred and the tombs were damaged during 2003 Buldan earthquakes. In this study, the failures of tombs and host rock were investigated. This evaluation covers geology and tectonics of tombs and surrounding rock, features of discontinuities and 2003 Buldan earthquakes, instability during the earthquakes, long-term rock behaviour of clayey limestone in which tombs were opened.

Key words: 2003 Buldan earthquakes, stability, Yenice-Tripolis antique tombs.

1. GİRİŞ

Yerüstü ve yeraltı madenciligi, Dünyada ilk kez Anadolu'da başlamıştır. Bunun ilk örneği Niğde'nin Celaller köyündeki demir ocağıdır (Kaptan, 1992). Ancak yeraltında mezar açımı ilk kez Mısır'daki firavun mezarlarında görülmekte ve bu kazıların 3500 sene önce yapıldığı bilinmektedir (Nishimoto vd., 2002; Aydan ve Geniş, 2004). Anadolu'daki yeraltı mezarları ilk kez Romalılar tarafından kazılmış ve bu gelenek Bizanslılar tarafından da kısmen devam ettirilmiştir. Romalılarda özellikle soylu insanların yeraltı mezarlarına gömülmesi, büyük bir olasılıkla, Mısırdaki firavunların yeraltı mezarlarına gömülmesinin dinsel bir etkinin devamı olduğu söylenebilir.

Bu kaya yapılarının büyük bir kısmı tahkimatsız olarak doğrudan kaya kütlesi içinde açılmıştır. Geçmişteki kazı teknolojisi ve deneyimler ışığında, bu amaçla mümkün olduğu kadar süreksizlik içermeyen, kazılması kolay olan tuf, kireçtaşı ve marn gibi kaya türleri tercih edilmiştir. Uzun dönem boyunca kuşkusuz söz konusu yapılar zaman zaman depremlere maruz kalmışlardır. Günümüzde bu tür yapıların tarihsel değerleri dışında, kullanımı söz konusu olmamakla birlikte, uzun süreli kayaların davranışları ve tahkimatsız kaya yapılarının statik ve dinamik koşullarda duraylılıklarının araştırılması oldukça önemli veriler elde edilmesine olanak sağlamıştır.

Yenice Roma kaya mezarları, antik Tripolis kentinin çok yakınında kazılmış ve yol inşası nedeniyle bir kısmı tahrip olmuştur. Bu mezarların açıldığı kaya kütlesinin indeks özellikleri ve kazı geometrisi incelenmiştir. 2003 Buldan depremi, sonrası bu antik kaya mezarlarında kısmen hasar meydana gelmiş ve yer yer kaya kopmaları ile kaya devrilmeleri gözlenmiştir (Şekil 1). Bu çalışmada, güncel kaya mekaniği ve mühendislik jeolojisinin eriştiği bilgi düzeyinin ışığı altında Yenice tarihi yeraltı mezarları ve çevre kayacı değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede tarihi yeraltı mezarları çevresinin jeolojisi ve tektoniği özetle verilmiş, daha sonra Temmuz 2003 Buldan depremleri ile süreksizliklerin özellikleri, kayanın mekanik ve fiziksel özellikleri, deprem sırasında oluşan duraysızlık durumu ve sorunları ile bir kaya yapısı olarak mezarların uzun süreli kaya davranışı üzerinde durulmuştur.



Şekil 1. Yenice'deki Roma mezarlarının Temmuz 2003 Buldan depremi sonrasına ait görünümü.
Figure 1. View of antique Roman tombs in Yenice after the July 2003 Buldan earthquakes.

2. İNCELEME ALANI VE ÇEVRESİNİN JEOLojİSİ

İnceleme alanı ve çevresinin yerel jeolojisi Şekil 2'deki haritada gösterilmiştir. Temel kaya şist olup, bölgenin kuzey kısmında görülmekte ve GB'ya 20°-30° eğimlidir. Bu temel kayaç Neojen yaşlı marn, kireçtaşı, kumtaşı ardalanması tarafından üzerlenir. Bu tortul istifteki tabakaları genel eğimi GB'ya doğru olmakla birlikte, zaman zaman bu eğimler meydana gelen tektonik hareketler sonucu

değişmiştir. Antik mezarların içinde açıldığı kaya birimi, Kolonkaya formasyonuna ait marnlardan oluşmaktadır ve tabaka eğimi GB'ya doğru 15° - 20° arasında değişim göstermektedir. Mezarların kazıldığı kayayı oluşturan kısımda tabaka kalınlığı 25-40 m arasında olup, kalınlığının en fazla olduğu ve süreksizliklerin pek görülmediği bir marn seviyesinin mezarlar için en uygun kaya birimi olarak seçildiği gözlenmiştir.



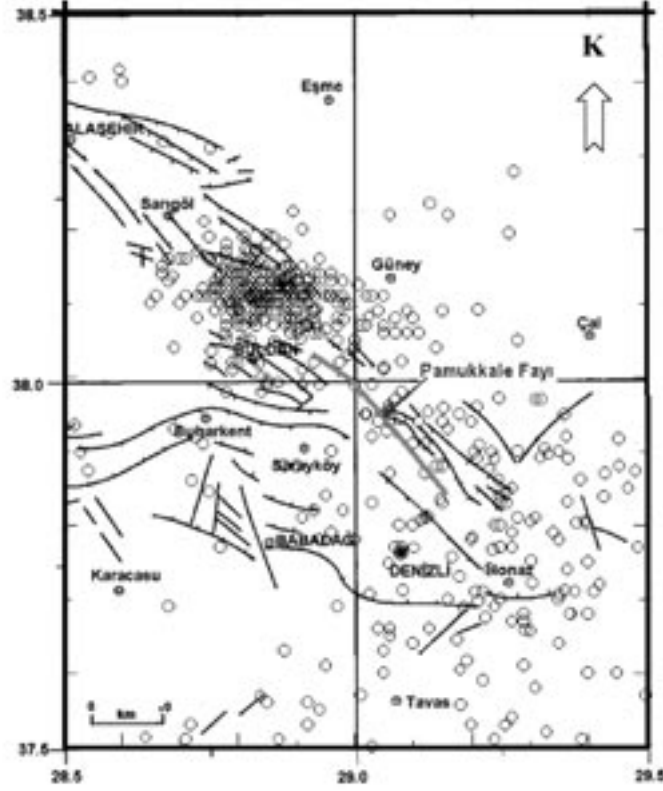
Şekil 2. İnceleme alanı ve çevresinin yerel jeolojisi (Çakır, 1999'dan düzenlenmiştir).
Figure 2. Local geology of the study area and surroundings (arranged from Çakır, 1999).

3. İNCELEME ALANININ SİSMOTEKTONİK ÖZELLİLERİ

İnceleme alanı ve çevresi, Ege bölgesinin genişleme alanı içinde yer almaktadır. Türkiye'nin tektonik yapısına bağlı olarak, Ege bölgesinde devam eden açılma süresince Denizli ili ve çevresindeki yerleşim alanlarını etkileyen önemli yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Bu depremler tarihsel dönem ve aletsel dönem depremleri olarak gruplandırılabilirler. Şekil 3, bölgedeki diri faylar ile Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi (DAD)'nin 1991 –2004 yılları arasında meydana gelmiş depremlere ait merkez üslerini göstermektedir. Antik mezarların hemen güneyinden Pamukkale fayı ile ilişkili Yenice (Tripolis) fayı bulunmakta ve bu fay Büyük Menderes Nehri'nin aktığı vadide doğrultu atımın belirgin olduğu bir fay zonedir. Temmuz 2003 Buldan depremine ait artçı depremler bu fay zonu üzerinde meydana gelmiştir.

Tarihsel döneme ait depremlerdeki veriler değerlendirildiğinde, günümüzde Pamukkale olarak adlandırılan ve antik dönemde Hierapolis kenti olan Roma dönemlerinde yoğun yerleşimin olduğu şehri etkileyen yıkıcı depremlere ait kayıtlar mevcuttur. Bu verilere göre M.S. 17, M.S. 60, M.S. 300, M.S. 494 ve 700 tarihlerinde meydana gelen depremlerde Pamukkale ve yakın çevresinde büyük hasarlar ve yıkılmalar meydana gelmiştir (Altunel, 2000). 1358 yılında meydana gelen deprem sonucu Pamukkale'de büyük hasar meydana gelmiş ve bunun sonucunda da Pamukkale terk edilmiştir. 1878 yılında mey

dana gelen deprem sonrasında Pamukkale ve çevresindeki hasar tespiti için Sultan II Abdulhamit tarafından bir teknik eleman görevlendirilmiştir.

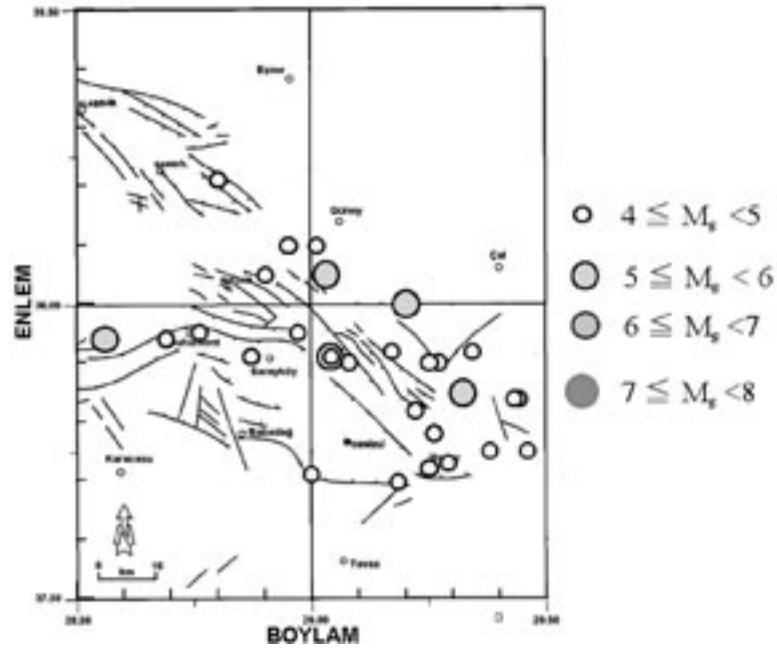


Şekil 3. Ocak 1991 ve Kasım 2004 tarihleri arasında Denizli Ovası'nda meydana gelen depremlerin merkez üstlelerinin dağılımları ve bölgedeki başlıca faylar (deprem verileri DAD (2004)'ten alınmıştır).

Figure 3. Epicentre distribution of earthquakes in the Denizli Plain between January 1991 and November 2004, and main faults in the region (earthquake data were obtained from DAD (2004)).

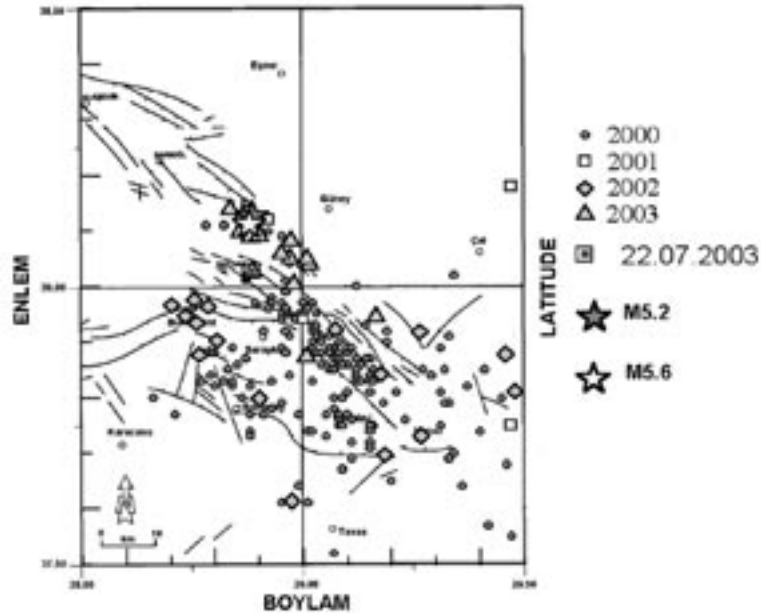
Türkiye Deprem Vakfı (TDV, 2000) verilerine göre, 1900 yılı ve sonrasında Denizli'de meydana gelen ve aletsel büyüklüğü en fazla olan deprem 1945'deki 6.8 büyüklüğündeki depremdir. Ancak bu depreme ait güvenilir kayıtlar mevcut değildir. 1925 yılında 5.9, 1933 yılında 5.7 ve 1945 yılında meydana gelen 6.8 büyüklüğündeki depremlere ilişkin ayrıntılı verilere de ulaşamamıştır. Denizli ve çevresinde 1900-2003 yılları arasında meydana gelen ve büyüklükleri 4'den büyük depremlerin dağılımları Şekil 4'de verilmiştir.

1965 yılında aletsel büyüklüğü 5.7 olan Honaz odak merkezli depremlerle ilgili olarak yaklaşık 15 km uzunluğunda ve Karateke köyü, Honaz ilçesi ve Kızılyer köyü arasındaki alanda KD-GB doğrultulu bir yüzey kırığının oluştuğu bu depremi yaşayan yöre halkı tarafından sözlü olarak ifade edilmiştir. Bu depremlerin dışında 1990 yılında Çameli'de 5.2 büyüklüğünde, 21 Nisan 2000 tarihinde merkez üstü Honaz ilçesi olan 5.2 büyüklüğünde, 23-26 Temmuz 2003 tarihleri arasında Merkez üstü Buldan ilçesi civarında 5.2, 5.0 ve 5.6 büyüklüklerinde depremler meydana gelmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. 1900–20.07.2003 tarihleri arasında Denizli Ovası'nda meydana gelen depremlerin merkez üstlerinin dağılımı ve bölgenin tektonik yapısı ile olan ilişkisi (Aydan vd., 1996 ve KOERI, 2003'ten alınan verilere göre hazırlanmıştır, fay haritası MTA (1992)' dan alınmıştır).

Figure 4. Earthquake activity between 1900 and 20.07.2003, and relationship with tectonic structure of the Denizli Plain (prepared with the data of Aydan et al, 1996 and KOERI, 2003, tectonic map was taken from MTA (1992)).



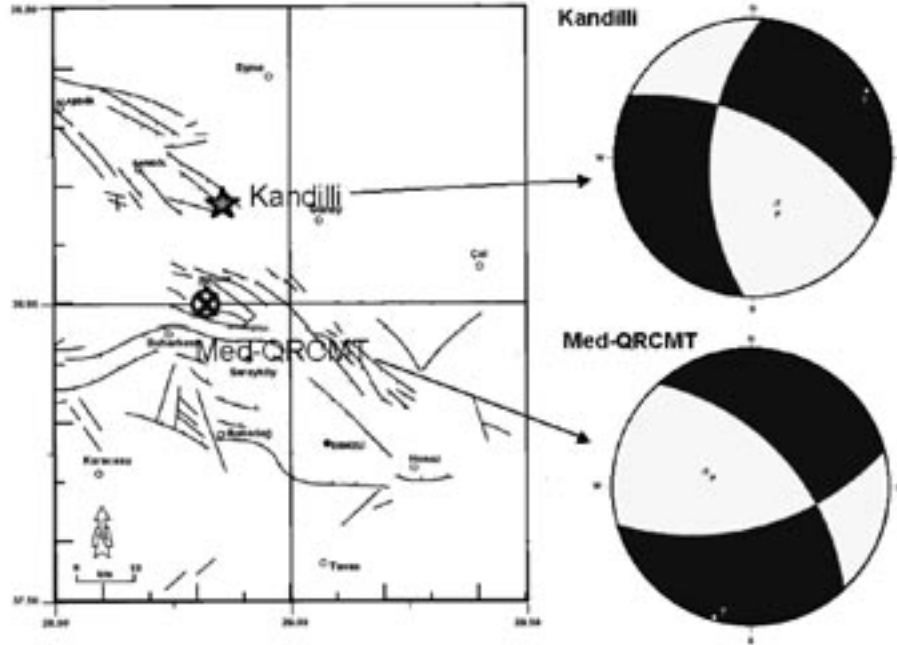
Şekil 5. 21.04.2000 tarihi ve 27.07.2003 tarihleri arasında Denizli Ovası'nda meydana gelen depremlerin merkez üstlerinin dağılımı ve bölgenin tektonik yapısı ile olan ilişkisi (Aydan vd., 1996 ve KOERI, 2003'ten alınan verilere göre hazırlanmıştır, fay haritası MTA (1992)'den alınmıştır).

Figure 5. Earthquake activity between 21.04.2000 and 27.07.2003, and relationship with tectonic structure of Denizli basin (prepared using the data of Aydan et al, 1996 and KOERI, 2003, tectonic map was taken from MTA (1992)).

4. 2003 BULDAN DEPREMLERİNİN ÖZELLİKLERİ

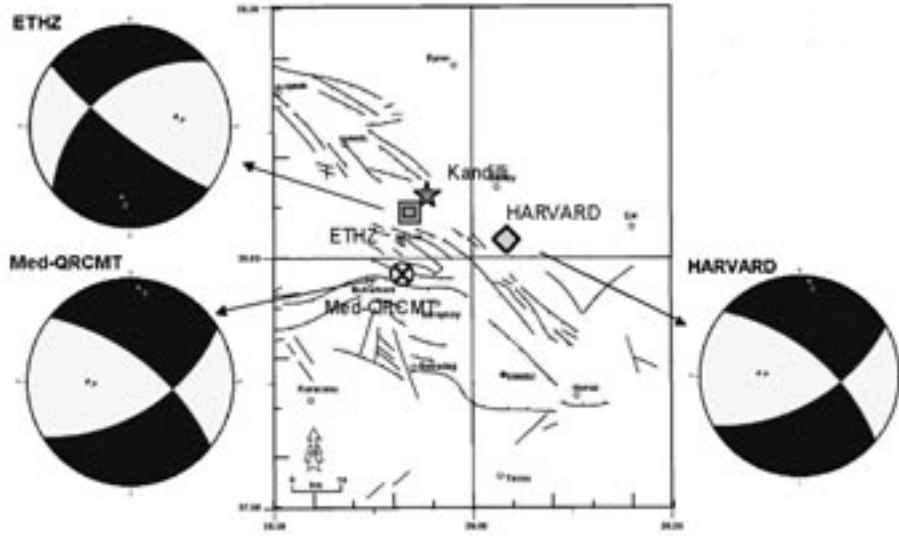
23 ve 26 Temmuz 2003 tarihlerinde Denizli'nin Buldan ilçesi yakınlarında meydana gelen depremlerin faylanma mekanizmaları ve bunların bölgede bilinen aktif faylarla ilişkisi bu bölümde sunulmuştur. Büyüklükleri 5.2 ve 5.6 olarak Kandilli Gözlemevi tarafından belirlenen bu depremlerin mekanizmaları Kandilli Gözlemevi ve Med-QRCMT tarafından sunulmuş ve INTERNET aracılığı ile ulaşılabilir hale getirilmiştir. Söz konusu kuruluşlar tarafından belirlenen depremin yeri ve faylanma parametreleri Çizelge 1 ve Çizelge 2'de sunulmuştur. Şekil 6 Çizelge 1'de, Şekil 7 ise Çizelge 2'de verilen mekanizmaları ve depremlerin tahmin edilen merkez üstünü MTA tarafından hazırlanan haritadaki aktif faylarla birlikte göstermektedir. 5.2 büyüklüğündeki deremi oluşturan fay KB-GD doğrultulu olup, KD'ya eğimlidir. Kandilli'nin (KOERI, 2003) çözümü sağ yanal atımlı normal faylanma olmasına karşın, Med-QRCMT (2003) çözümünde ise, yanal bileşen sağ yöndedir. Bu depremin 1969 Alaşehir depreminde kırılan fayın doğu ucundaki bir bölgede meydana geldiği anlaşılmaktadır.

26 Temmuz 2003'de 5.6 büyüklüğündeki depremi oluşturan fayın 5.2'lik depreme eşlenik ikinci bir fay üzerinde meydana geldiği, deprem sonrası artçı dağılımı dikkate alınarak tahmin edilmektedir. Bu fay KD-GB gidişli olup, ETHZ (2003)'e göre KB'ya ve Harvard ve Med-QRCMT'e göre ise GB'ya eğimlidir. Bütün çözümler yatay bileşenin sağ yanal yönlü olduğuna işaret etmektedir. Bu fay, MTA'nın hazırladığı aktif fay haritasında gözükmemekle birlikte, uydu görüntülerinde gözlenen KD-GB gidişli doğrusallık ile uyum içerisindedir.



Şekil 6. 23 Temmuz 2003'de Buldan'da meydana gelen 5.2 büyüklüğündeki deprem için Kandilli Gözlemevi (KOERI, 2003) ve Med-QRCMT (2003)'in belirledikleri merkez üsleri ve faylanma çözümleri.

Figure 6. Epicentre location of 5.2 magnitude of the 23 June 2003 Buldan earthquake and its focal plane solutions determined by Kandilli Observatory (KOERI, 2003) and Med-QRCMT (2003).



Şekil 7. 26 Temmuz 2003'de Buldan'da meydana gelen deprem için Kandilli Gözlemevi (KOERI, 2003) ve Med-QRCMT (2003) 'in belirledikleri merkez üsleri ve faylanma çözümleri.

Figure 7. Epicentre location of 5.6 magnitude of the 26 June 2003 Buldan earthquake and its focal plane solutions determined by Kandilli Observatory (KOERI, 2003) and Med-QRCMT (2003).

Çizelge 1. M5.2 Buldan depreminin değişik kuruluşlar tarafından belirlenen parametreleri.

Table 1. Parameters of the M5.2 Buldan earthquake determined by different institutions.

Kuruluş	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik	Doğrultu	Eğim	Kayma Açısı
Kandilli (2003)	38.1718	28.8533	5.0	ML= 5.2	NP1 297	60	-139
Med-QRCM	38.00	28.82	6.0	M_w = 5.3	NP1 318	55	-41
T (2003)					NP2 74	58	-137

Çizelge 2. M5.6 Buldan depreminin değişik kuruluşlar tarafından belirlenen parametreleri.

Table 2. Parameters of the M5.2 Buldan earthquake determined by different institutions.

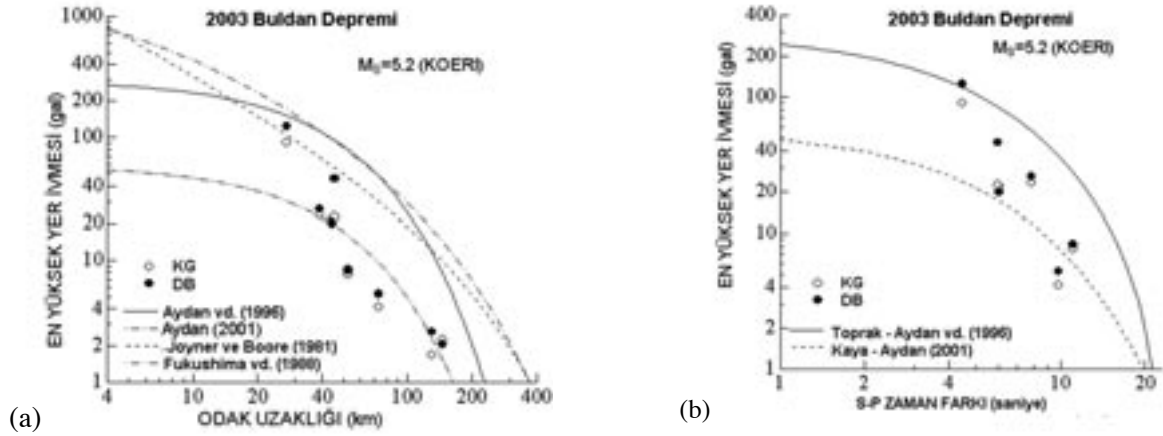
Kuruluş	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik	Doğrultu	Eğim	Kayma açısı
KOERI (2003)	38.1718	28.8533	5.0	ML= 5.6			
ETHZ (2003)	38.09	28.84	25.0	M_w = 5.5	NP1 230	46	-163
Harvard (2003)	38.04	29.08	22.3	M_w = 5.4	NP1 60	58	-146
					NP2 310	62	-37
Med-QRCMT (2003)	37.97	28.82	15.0	M_w = 5.4	NP1 58	56	-148
					NP2 309	64	-39

5. 2003 BULDAN DEPREMİYLE İLGİLİ KUVVETLİ YER HAREKETLERİ

5.1. M5.2'lik Buldan Depreminin İvme Kayıtları ve Özellikleri

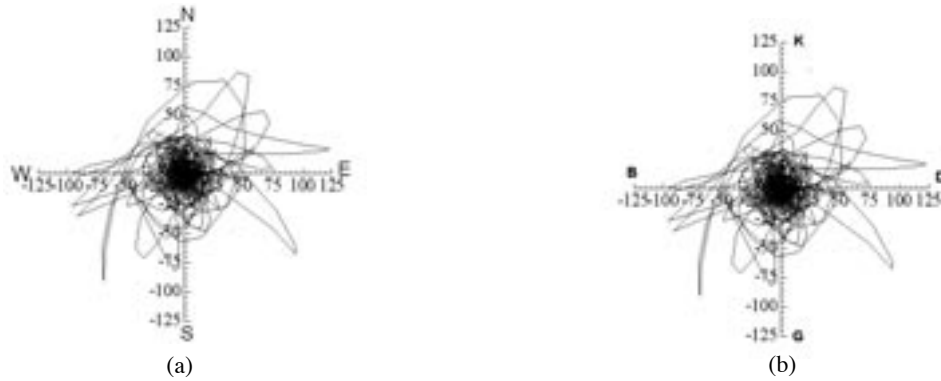
Deprem Araştırma Dairesi tarafından Denizli, Manisa, Uşak, Nazilli, Kuyucak, Köşk, Bornova ve Sarayköy kuvvetli yer hareketi istasyonlarında bu depremle ilgili alınan kayıtlara İNTERNET aracılığı ile ulaşılmıştır. Elde edilen kayıtlar arasında Sarayköy kaydı oldukça önemli olup, en yüksek ivme 120 gal dolaylarındadır.

Elde edilen en yüksek ivmenin uzaklığa ve S-P zaman farkına göre değişimi Şekil 8a ve 8b'de gösterilmiştir. Sarayköy istasyonu depremin dış merkezine 27.4 km ve Denizli ise 45.9 km uzaklıktadır. Sarayköy'deki kayıdı en yüksek değeri 120 gal dolaylarındadır. Şekil 9a yatay düzlemde Sarayköy ve Şekil 11a Denizli'deki ivmenin etkime şeklini göstermektedir.



Şekil 8. 5.2 büyüklüğündeki depreme ilişkin (a) ivmenin odaktan olan uzaklıkla azalımı ve (b) ivmenin S-P zaman farkına göre azalımı.

Figure 8. Distribution of acceleration against distance (a), and S-P wave time difference for 5.2 magnitude of earthquake.

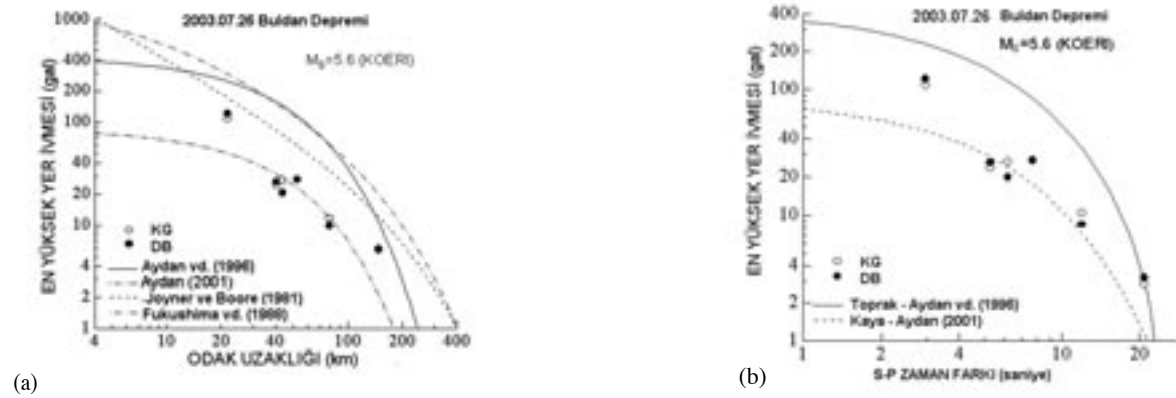


Şekil 9. Sarayköy'de yatay düzlemde ivmenin etkime şekli: (a) 5.2 büyüklüğündeki deprem ve (b) 5.6 büyüklüğündeki deprem.

Figure 9. Trace of acceleration response on horizontal plane in Sarayköy for 5.2 (a) and 5.6 (b) earthquakes.

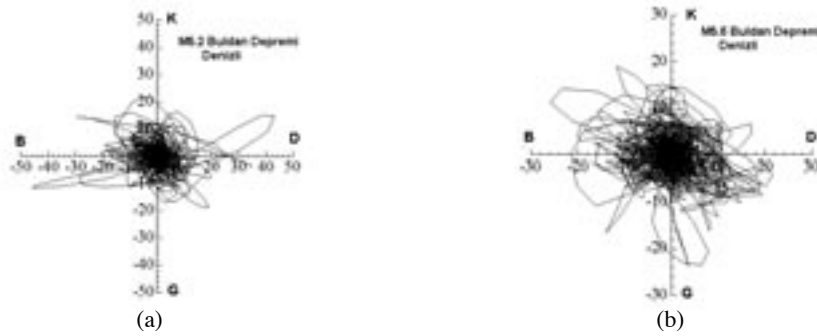
5.2. M5.6'lık Buldan Depreminin İvme Kayıtları ve Özellikleri

26 Temmuz 2003 tarihinde meydana gelen 5.6 büyüklüğündeki depreme ilişkin elde edilen kayıtlardan Denizli ile Sarayköy kayıtları Şekil 10a ve 10b'de gösterilmiştir. Elde edilen en yüksek ivmenin uzaklığa ve S-P zaman farkına göre değişimi Şekil 10b'de gösterilmiştir. Sarayköy istasyonu depremin dış merkezine 27.4km ve Denizli ise 45.9km uzaklıktadır. Sarayköy'deki kayıtların en yüksek değeri 153 gal dolaylarındadır. Şekil 9b ve 11b yatay düzlemde Sarayköy ve Denizli'deki ivmenin etkime şeklini göstermektedir.



Şekil 10. 5.6 büyüklüğündeki depreme ilişkin (a) ivmenin odakta olan uzaklıkla azalımı ve (b) ivmenin S-P zaman farkına göre azalımı.

Figure 10. Distribution of acceleration against distance (a), and S-P wave time difference for 5.6 magnitude of earthquake.

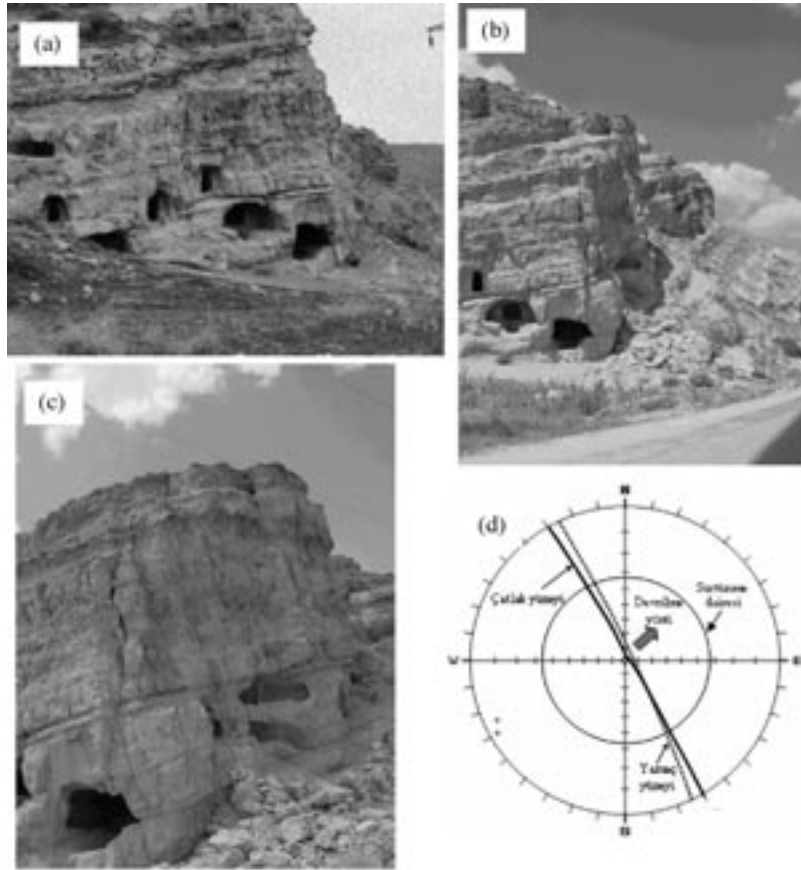


Şekil 11. Denizli'de yatay düzlemde ivmenin etkime şekli: (a) 5.2 büyüklüğündeki deprem ve (b) 5.6 büyüklüğündeki deprem.

Figure 11. Trace of acceleration response on horizontal plane in Denizli for 5.2 (a), and 5.6 (b) earthquakes.

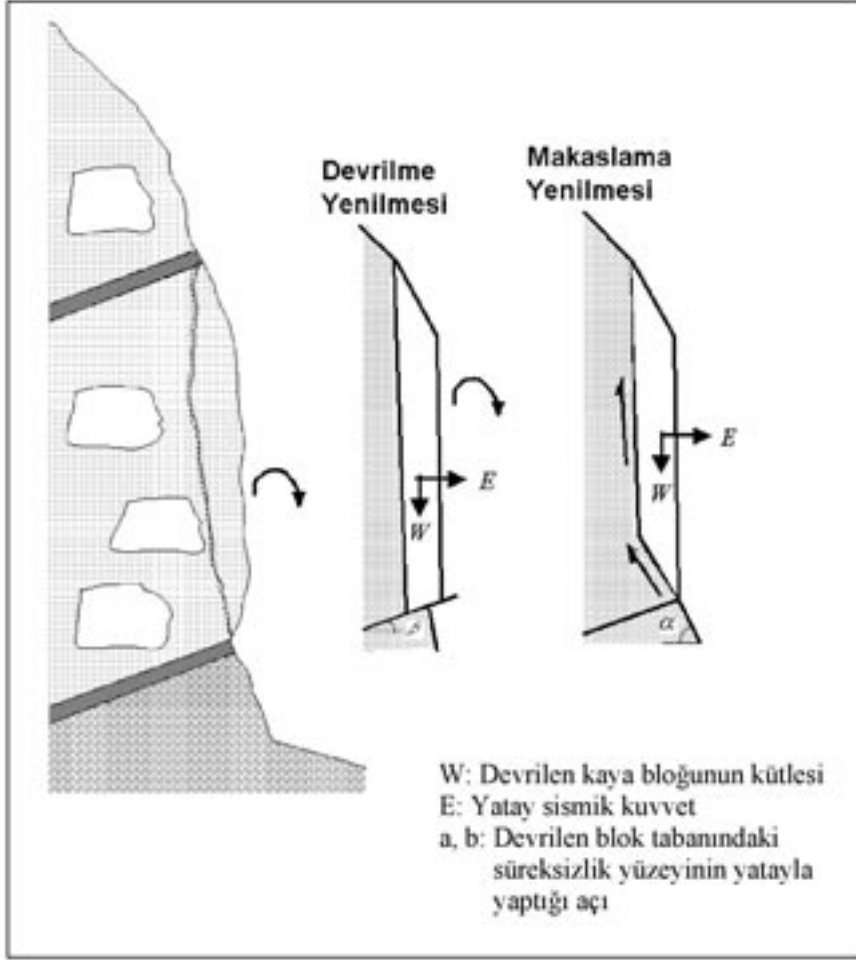
6. ANTİK YERALTI MEZARLARINDA GÖZLENEN HASARLAR

Tripolis antik kenti; Karia, Lydia ve Phrygia bölgelerini ayıran sınır bölgesinde yer alan bir Lydia kenti olarak bilinir. Antik kent, İ.Ö. 160-159 yıllarında Bergama Kralı II. Attalos tarafından önceden var olan üç yerleşim yerinin bir araya getirilmesi ile kurulmuş ve Tripolis olarak isimlendirilmiştir (Ceylan, 2000). Çalışma alanında yapılan incelemelerde, antik mezar boşluğu elde etmek için yumuşak kayanın oyulması sonucunda, kayanın kısmen hasar gördüğü ve Buldan depreminin etkisiyle de kaya kopmalarının meydana geldiği gözlenmiştir. (Kumsar vd., 2003). Şekil 12 deprem öncesi ve sonrasındaki antik mezarların durumunu göstermektedir. Devrilmeler ve düşmeler, özellikle yamacın doğu veya kuzeydoğu cephesinde gözlenmiştir. Bir önceki bölümde sunulan yatay düzlemedeki ivme izleri ile karşılaştırıldığında, yenilme yönünün ivmenin etkime şekli ile doğrudan ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. Yenilmelerin meydana gelmesinde tabakalanmaya dik yöndeki eklem sistemleri ile marınların içindeki az pekişmiş kumtaşı tabakalarının serbest yüzey oluşumunda etkili olduğu anlaşılmaktadır. Yenilme biçimlerinin, Şekil 13’de gösterildiği gibi, iki şekilde mekanik olarak modellenmesi mümkündür.



Şekil 12: Yenice-Tripolis kaya içi antik mezarlarının kazıldığı yamaç yüzeyinin (a) deprem öncesi, (b) ve (c)) deprem sonrası görünümü, (d) yamaçtaki devrilmelerin kinematik analizi.

Figure 12. View of Yenice-Tripolis antique underground tombs before the earthquakes (a), after the earthquakes (b and c), kinematical analysis of toppling on the slope (d).



Şekil 13. Antik Mezarlarda olası yenilme biçimleri için mekanik modeller.
Figure 13. Mechanical models for possible failure types at antique tombs.

7. ÇEVRE KAYASININ MEKANİK ÖZELLİKLERİ

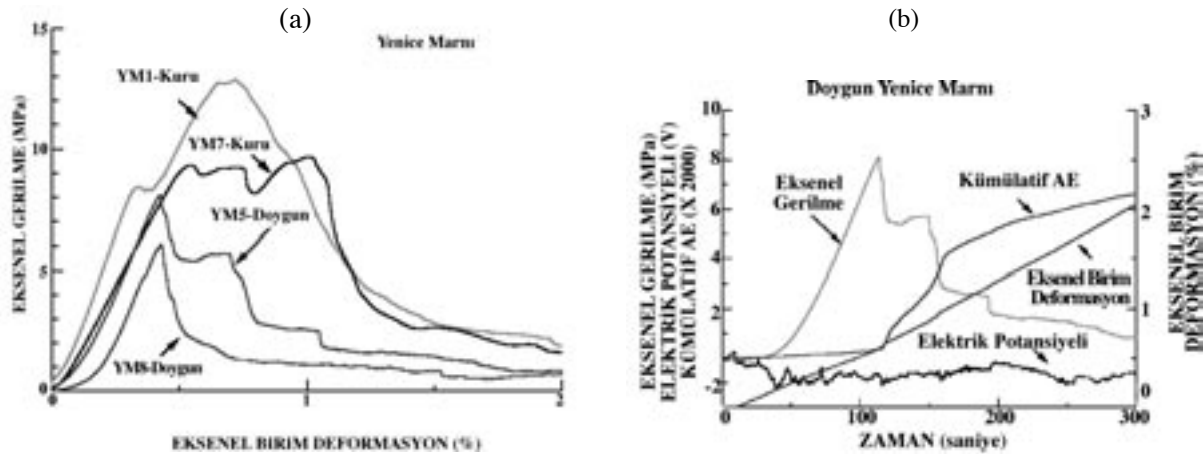
Antik mezarlardan devrilen kaya parçalarından bazı örnekler alınmış ve bunların laboratuvarında fiziksel ve mekanik özellikleri tayin edilmiştir. Kumtaşı tabakası hemen hemen kohezyonsuz olup, çok çabuk dağılmaktadır. Bu birim, aynı zamanda Babadağ ilçesinde görülen kumtaşına oldukça benzer olup, tek eksenli sıkışma dayanımı 100-200 kPa dolaylarındadır. Antik mezarların açıldığı marn tabakasının yüzeyinin kuru ve ıslak durumda belirlenmiş fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir. Deneyler sırasında tayin edilen bazı parametrelerin değişimi ise, Şekil 14a ve 14b’de görülmektedir. Kaya, suya karşı dayanıklı olmakla birlikte, dayanımı kuru durumdaki dayanımın yaklaşık % 30-40’ı kadar azalmaktadır.

Araziden alınan ve yamaçtaki süreksizlik yüzeyinden kopmuş örnekler üzerinde yapılan eğimlendirme (tilt masası) deneylerinden süreksizlik yüzeylerinin sürtünme açısı 32°-37° arasında ölçülmüştür. Düzlenmiş yüzeylerde ölçülen sürtünme açısı 28°-32° arasında bir değişim göstermektedir.

Çizelge 3. Marnın kuru ve ıslak durumda fiziksel ve mekanik özellikleri.

Table 3. Physical and mechanical properties of marl under dry and wet conditions.

Koşul	Birim hacim ağırlık (kN/m ³)	Makaslama dalgası hızı (km/s)	Tek eksenli sıkışma dayanımı (MPa)	Elastik modül (GPa)	İğne batma katsayısı (NPI) (N/mm)
Kuru	19.0-20.9	2.64-3.49	9.74-12.81	1.82-1.83	125-200
Islak	19.3-21.1	2.75-3.77	6.08-8.08	1.26-1.32	50-100



Şekil 14. (a) Farklı marn örnekleri için kuru ve ıslak durumda gerilme-birim deformasyon ilişkileri ve (b) ıslak marn örneğinin tek eksenli sıkışma deneyi sırasındaki davranışı.

Figure 14. Relation between stress and unit deformation for different marl samples under dry and wet conditions, and (b) behaviour of wet marl during uniaxial compression test.

8. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Tripolis antik şehrinin yaklaşık 2 km kuzeyindeki Roma döneminden kalmış Yenice tarihi mezarlarında 2003 Buldan depremi kısmen hasar meydana gelmiş ve yer yer kaya kopmaları gözlenmiştir. Yazarlar bu çalışmada bu tarihi yeraltı mezarlarının çevre kayacının değerlendirilmiş ve oluşan yenilme nedenleri araştırılmıştır. Çevre kayacının, marnın su içermesine bağlı olarak, dayanımı azalmakla birlikte suya karşı duraylı olduğu söylenebilir. İnce katmanlı az pekişmiş kumtaşı ile bu marn tabakaları ardalanmalıdır. Çevre kayacı içerisinde tabakalanmanın yanı sıra, yamaç yüzeyine yakın düşey eklem takımları ve deprem sırasında etkiyen en büyük ivme yönü yenilmenin ana nedenleridir. Yenilme için devrilme ve makaslama yenilmesi biçimleri mümkün olup, hangisinin etken olduğu yapılacak duraylılık analizleri ile açıklığa kavuşacaktır. Bu tür analizler, sınır denge yaklaşımı ile dinamik sonlu sayısal yöntemler aracılığı ile mümkündür.

KAYNAKLAR

- Altunel, E., 2000. L'attivit  sismica a Hierapolis e nelle zone limitrofe (Hierapolis ve yakın çevresinde tarihsel deprem aktivitesi) *Ricerche Archeologiche Turche Nella Vale del Kykos*, (Lykos Vadisi Türk Arkeoloji Araştırmaları). Francesco D'Andria and Francesca Silvestrelli (eds.), Universita Di Lecce, Italy, 229-325.
- Aydan,  . ve Geniş, M., 2004. III. Amenhotep kaya mezarının (Mısır) evre kaya  zellikleri ve açıklıklarının duraylılığı. 7. Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Sivas, 191-202
- Aydan,  ., Sezaki, M., and Yazar, R., 1996. The seismic characteristics of Turkish earthquakes. 11th World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico, CD-2, Paper No. 1025.
- Ceylan., A., 2000. Scavia Tripolis nella necropoli di Buldan (Tripolis antik kenti ve Buldan nekropol kazı alışmaları). *Lykos Vadisi Trk Arkeoloji Araştırmaları*, F. D'Andria and F. Silvesterelli (eds.), 69-95.
- akır, Z., 1999. Along - strike discontinuity of active normal faults and its influence on Quaternary travertine deposition: Examples From Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 8, 67 - 80.
- DAD, 2004. <http://www.deprem.gov.tr>
- ETHZ, 2003. http://seismo.ethz.ch/moment_tensor/
- Harvard, 2003. <http://www.seismology.harvard.edu/>
- Kaptan, E., 1992. Anadolu'da kalay ve eski yeraltı kalay madenciliđi. *Jeoloji Mhendisliđi*, 40, 15-19.
- KOERI 2003. <http://www.koeri.boun.edu.tr/>
- Kumsar, H., elik, S., and Aydan,  ., 2003. Some characteristics of recent earthquakes in western Turkey. *International Colloquium on Instrumentation and Monitoring of Landslides and Earthquakes in Japan and Turkey*, Koriyama, Japan, 111-122.
- Med-QRCMT, 2003. <http://mednet.ingv.it/events/QRCMT/>
- MTA, 1992. 1/1.000.000  lekli Türkiye diri fay haritası. MTA Yayını, Ankara.
- Nishimoto, S., Yoshimura, Y., and Kondo, J., 2002. Hieratic inscriptions from the quarry at Qurna: an interim report' *British Museum Studies in Ancient Egypt and Sudan (BMSAES)*, 20-31.
- TDV (Türkiye Deprem Vakfı), 2000. <http://www.ins.itu.edu.tr/tdv>

