YENİŞEHİR/BURSA İLÇESİ YERLEŞİM ALANI DEPREM ÇEKİNCESİ

İ.Akkaya, M.Ö.Arısoy ve Ü. Dikmen

Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 06100 Ankara-TÜRKİYE
Tel: 312 203 34 05 E-Posta iakkaya@eng.ankara.edu.tr; E-posta arisoy@eng.ankara.edu.tr; E-posta dikmen@eng.ankara.edu.tr

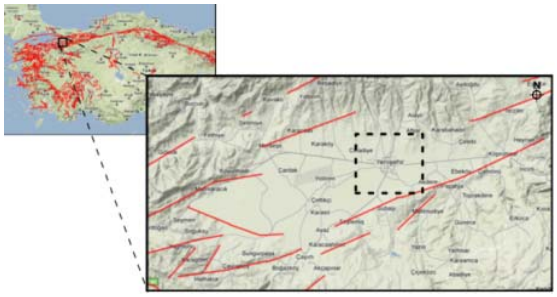
ÖZET:

Bu çalışmada, 2003 yılında Afet İşleri Genel Müdürlüğü-Deprem Araştırma Dairesi (şimdiki adı ile Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı-Deprem Dairesi) tarafından Yenisehir/Bursa yerleşim alanında toplam 127 noktada ölçülen mikrotremor ve düşey elektrik özdirenç verileri tekrar analiz edilerek, Yenişehir ilçesi yerleşim alanı deprem tehlike düzeyi tekrar değerlendirilmiştir. Yenişehir ilçesi yerleşim alanı etkin titreşim periyot dağılımı açısından dört bölgeye (0.2s-0.4s, 0.4s-0.6s, 0.6s-0.8s, 0.8s-1.0s) ayrılmıştır. 1999 Marmara depremleri sonrasında çalışma alanında gözlenen çok katlı (6-8 kat) yapılaşma, elde edilen periyot dağılım haritasında üçüncü bölgeye (0.6s-0.8s) denk gelmekte ve Yenişehir havzasının kuzey ve güney kesimlerinde göreli olarak yüksek sismik büyütme göstermektedir. Olası bir depremde söz konusu yüksek katlı yapıların depremden daha fazla etkilenmesi muhtemeldir.

ANAHTAR KELİMELER: Sismik risk, mikrotremor, sismik büyütme, etkin periyot, yenişehir, bursa

1. GİRİŞ

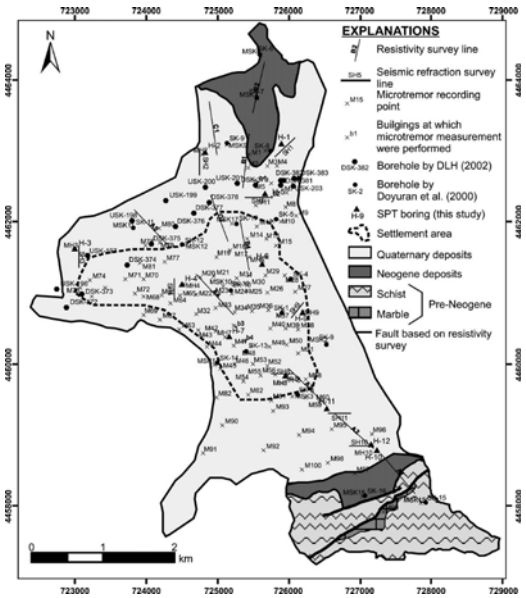
Aktif deprem bölgelerinde, zeminin fiziksel koşullarının tanımlanması ve mühendislik yapılarının bu koşullar göz önüne alınarak tasarlanması büyük önem taşır. Zemin etkin titreşim periyodu ve sismik genlik büyütme katsayısı, yer-yapı etkileşimini belirtmekte kullanılan temel iki parametredir. Aktif deprem kuşağında yer alan Türkiye'de günümüze kadar meydana gelen depremlerden kaynaklanan ağır hasar ve can kayıplarının temelini, zayıf zeminler üzerinde bilinçsizce gerçekleştirilen çarpık yapılaşma oluşturmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek, olabilecek can ve mal kayıplarını en aza indirgeyebilmek ancak deprem tehlikesi yüksek bölgelerde yer tepkisinin ve fiziksel parametrelerinin belirlenmesiyle mümkündür. Bu çalışmada, 2003 yılında Afet İşleri Genel Müdürlüğü-Deprem Araştırma Dairesi (şimdiki adı ile Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı-Deprem Dairesi) tarafından Yenisehir/Bursa yerleşim alanında (Şekil 1) toplam 127 noktada ölçülen kısa periyot mikrotremor ve bir hat boyunca ölçülen elektrik özdirenç verileri ile daha önce aynı alanda yapılan jeolojik/jeoteknik veriler tekrar gözden geçirilerek, Yenişehir ilçesi yerleşim alanı deprem tehlike düzeyi değerlendirilmiştir.



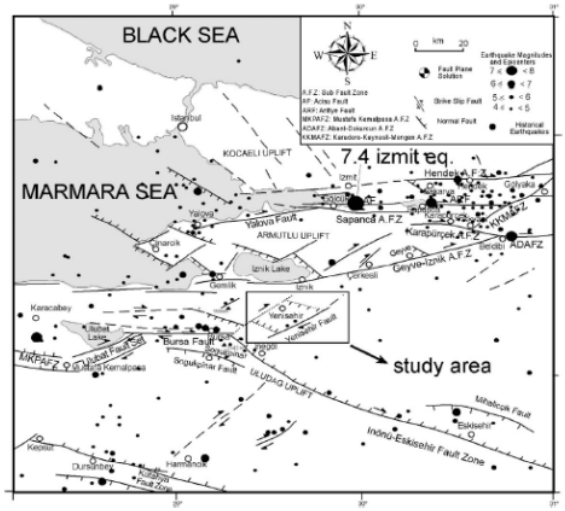
Şekil 1. Çalışma alanı

2. BÖLGENİN GENEL JEOLOJİSİ VE SİSMOTEKTONİĞİ

Yenişehir ilçesi yerleşim alanı ve civarının basitleştirilmiş jeolojik haritası Şekil 2' de verilmiştir (Hasancebi ve Ulusay, 2007). Yenişehir baseni yaklaşık DB doğrultulu ve elipsoide benzer geometrik yapı göstermekte, yaklaşık 35 km uzunlukta ve 12-13 km genişliktedir. Yenişehir havzası kuzeyde İznik ve güneyde İnegöl havzaları arasında yer alır. Sözü edilen bu havzalar, Kuzey Anadolu Fay Zonunun aktivitesi neticesinde oluşmuştur (Doyuran vd.,2000). Çalışma alanı Yenişehir yerleşim alanı ile sınırlıdır. Bu alanda temel üç jeolojik birim gözlenmektedir. Bunlar; çakıl, kum silt ve kil karışımından oluşan Kuaterner serisidir. Bu tür alüvyon malzeme çalışma alanının her yerinde gözlenebilmektedir. İkinci birim, çakıltaşı, kumtaşı ve kiltaşı içeren Neojen birimidir. Bu birimler daha çok havzanın güney ve kuzey sınırlarında mostra vermektedir. Üçüncü birim, şist, mermer, kireçtaşı, andezit ve trakit'in oluşturduğu erken neojen dönemini temsil eden birimdir (Doyuran vd., 2000; Hasancebi ve Ulusay, 2007). Bölge tektonik olarak doğrultu atımlı fayların etkin olduğu aktif bir alandadır. Yenişehir ve civarı sağ yanal atımlı fay sistemleri tarafından kontrol edilmektedir (Şekil 3). Bölgede çok sayıda 5 ve üzeri büyüklükte yıkıcı deprem meydana gelmiştir. Örneğin, 1999 depremleri bölgeyi etkilemiştir. Marmara bölgesi için yıkıcı depremlerin dönüş periyotları yaklaşık 180-250 yıl arasıdır (Doyuran vd.,2000).



Şekil 2. Çalışma alanı ve yakın civarı genel jeolojisi (Hasancebi ve Ulusay, 2007)



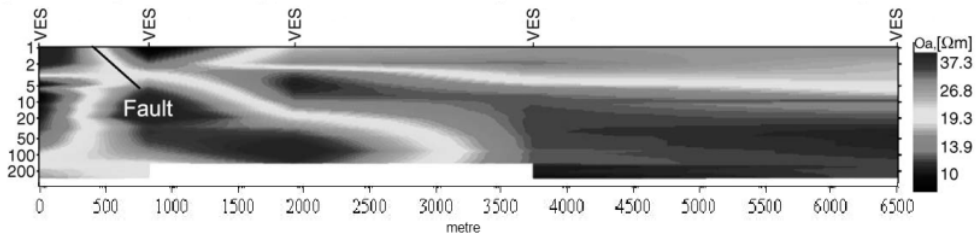
Şekil 3. Bölge ve yakın civarı fayları (Doyuran vd., 2000)

3. YÖNTEM VE VERİ İŞLEM

Yenişehir ilçesi yerleşim alanı zeminlerinin muhtemel bir deprem kuvveti altında davranışını kestirebilmek amacıyla, 2003 yılında toplam 127 noktada mikrotremor ölçümü, toplam 10 noktada sismik kırılma ve bir hat boyunca (bkz. Şekil 2) düşey elektrik özdirenç profil ölçümü yapılmıştır.

3.1. Düşey Elektrik Özdirenç Ölçümü

Şekil 2' de gösterilen toplam 6500 m uzunluğundaki hat boyunca düşey elektrik sondajı yapılmış ve değerlendirilmiştir. Özdirenç-derinlik kesiti Şekil 4' de gösterilmiştir. Profil başlangıcı olan GD ucunda fay' ın varlığı açık olarak görülmektedir. Ortalama 200 m derinliğe kadar havza boyunca özdirenç değerlerinin görecel olarak düşük değerli olması, havzada alüvyon kalınlığının 200 m' den daha büyük olduğunu göstermektedir. Topal vd. (2003) tarafından aynı alanda yapılan çalışmada zemin fiziksel özelliklerinin belirlenmesine yönelik gerek mevcut kuyularda gerekse çalışma sürecinde açılan kuyularda yapmış oldukları arazi ve laboratuar deneylerine dayanarak Kuaterner ve Neojen birimler için elde ettikleri zemin indeks özellikleri Tablo 1' de verilmiştir.



Şekil 4. Özdirenç-derinlik kesiti (Hasancebi ve Ulusay, 2007).

Gerek Topal vd (2003) çalışmasında gerekse aynı alanında Hasancebi ve Ulusay (2006) çalışmasında bölgede açılan kuyularda, kuyu derinlikleri en fazla 30.45 m ve yeraltısu seviyesi hemen hemen tüm açılan kuyularda 9 m' den daha sığdır. Dikmen vd. (2004) tarafından 10 ayrı noktada yapılan sismik

kırılma çalışmaları sonucunda bölgede makaslama dalga hızı (Vs)' nın 160 m/s-320 m/s aralığında değiştiği görülmüştür.

Tablo 1. Zemin indeks özellikleri (Topal vd., 2003)

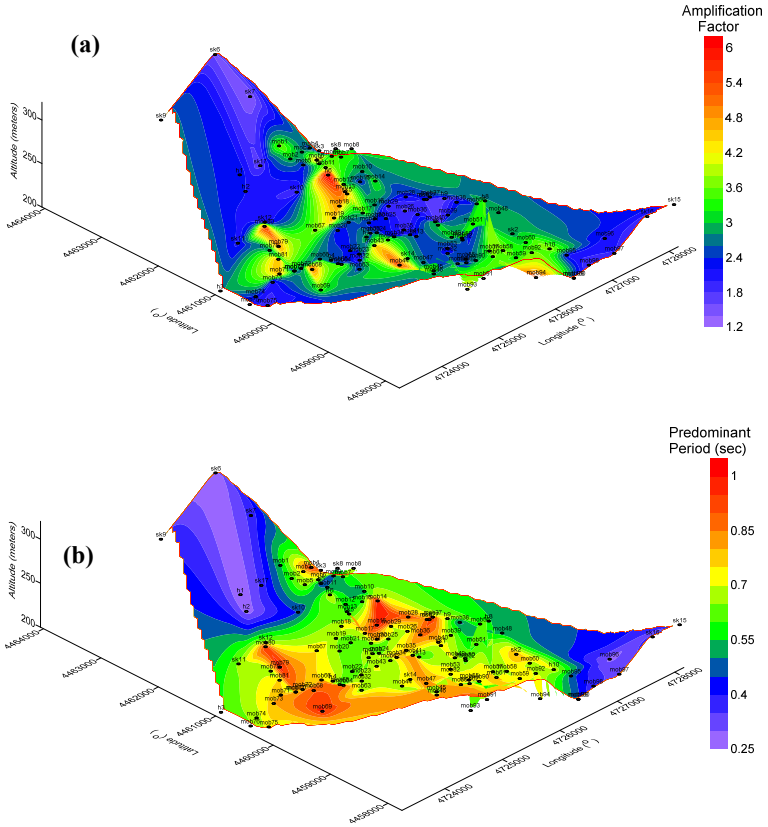
Özellik	Litoloji	
	Kuaterner birimler (ortalama ± standart sapma) (örnek sayısı)	Neojen birimler (ortalama ± standart sapma) (örnek sayısı)
Su içeriği (%)	21.15 ± 7.64 (49)	19.53 ± 6.86 (5)
Birim hacim ağırlığı (kN/m^3)	19.20 ± 0.80 (35)	20.50 ± 0.50 (17)
Likit Limit	48.18 ± 14.62 (45)	51.60 ± 13.92 (5)
Plastik Limit	20.98 ± 2.22 (45)	19.80 ± 1.64 (5)
Plastisite İndeksi	27.20 ± 14.52 (45)	31.80 ± 12.52 (5)
SPT-N	26 ± 16.98 (127)	71 ± 25.54 (17)

3.2. Mikrotremor Ölçümleri

Mikrotremor, düşük enerjili, genlikleri mikron mertebesinde, periyodları ise bir kaç saniye' ye kadar süren sismik dalgalardır. Genel olarak, mikrotremorlar, hacim ve yüzey dalgalarının girişimi ile oluşur ve enerjisinin büyük bir kısmı yüzey dalgası olarak yayılır (Toksöz ve Richard 1968). 1 sn ve altı periyotlarda ve kültürel kaynaklarca (trafik, insan faaliyetleri, fabrika makinaları...vb) oluşturulan titreşimlere, kısa periyodlu titreşimler, 1 sn ve üzeri periyodlarda ve doğal olaylar tarafından (okyanusal gel-gitler, atmosferik dalgalanmalar...vb) oluşturulan titreşimlere uzun periyodlu titreşimler denir (Okada, 2003). Mikrotremorların en önemli özelliği, bu tür titreşimlerin noktadan noktaya belirgin değişimler göstermesidir. Bu değişimler ölçülen yerin jeolojik özellikleri ile ilişkilidir ve yöntem mikrotitreşimlerin bu özelliğine dayanarak geliştirilmiştir. Yönteme ilişkin son 20 yılda yüzlerce araştırma ve yayın mevcuttur. Günümüzde zeminin doğal salınım periyodunun doğrudan bulunmasında kullanılan en etkin ve ucuz yöntemdir. Mikrotremor kayıtlarının analizi üzerine günümüze kadar üç farklı yaklaşım geliştirilmiş (spektral genlikler, referans ve Nakamura (H/V) yöntemleri) olmasına rağmen, günümüzde sözü edilen bu yaklaşımlardan çalışılan alan özelliklerine göre ikisi (referans ve H/V yöntemleri) tercih edilmektedir. Bu iki sayısal yöntemden referans yöntemi referans noktası olarak bir temel kaya bulunması halinde tercih edilmektedir. Bu çalışmada, 127 noktada ölçülen mikrotremor kayıtları, H/V yöntemine göre yorumlanmıştır. Ölçüm alınan noktalar Şekil 2'de gösterilmiştir. Yöntem'e ilişkin kuramsal ayrıntı Okada (2003)' de bulunabilir. Şekil 5' de 127 noktada elde edilen mikrotremor kayıtlarından H/V yöntemi ile elde edilen sismik büyütme değerleri ve etkin titreşim periyot dağılım haritası verilmiştir. Şekil 5a' da verilen sismik büyütme haritasında merkez kesimlerin ortalama 2 kat büyütme gösterirken, alanın güney ve kuzey kesimlerinin yaklaşık 4-6 kat genlik büyütmesi gösterdiği gözlenmektedir. Kenar kesimlerdeki bu göreli yüksek büyütmelerin temel nedenlerinden birinin topografya etkisi olduğu söylenebilir (Dikmen ve Mirzaoğlu, 2005). Bu tür jeolojik yapıların dalga yayılımında tekrarlı yansımalara neden olduğu ve bunun da dalga genliği üzerinde yapıcı bir girişim oluşturarak dalga genliğini büyüttüğü bilinmektedir. Şekil 5b' de verilen etkin periyot dağılımında çalışma alanı orta kesiminde genel olarak 0.5s-0.7s aralığında değişim gösterirken özellikle iki bölgede periyot değerlerinin 1 s' ye çıktığı görülmektedir. Alanın kuzey ve güney sınırlarında etkin periyot değerleri 0.4s' nin altındadır.

Şekil 6' da yapı dizaynında kullanılmak amacıyla, çalışma bölgesi etkin periyot, ve sismik büyütme dağılımı başlıca 5 bölgeye ayrılmıştır. 1999 Marmara depremleri sonrasında bölgede görülen çok katlı (6-8 kat) yapılaşma alanı Şekil 6' da dikdörtgen ile gösterilmiştir. Çok katlı yapılaşmanın olduğu bu bölge 0.6s-0.8s periyot aralığında (ZON-III) ve 4-5 kat sismik büyütme gösterdiği alan içerisinde yer almaktadır. Dolayısıyla çalışma alanını etkileyebilecek büyüklükte ve uzaklıkta bir depremin olması

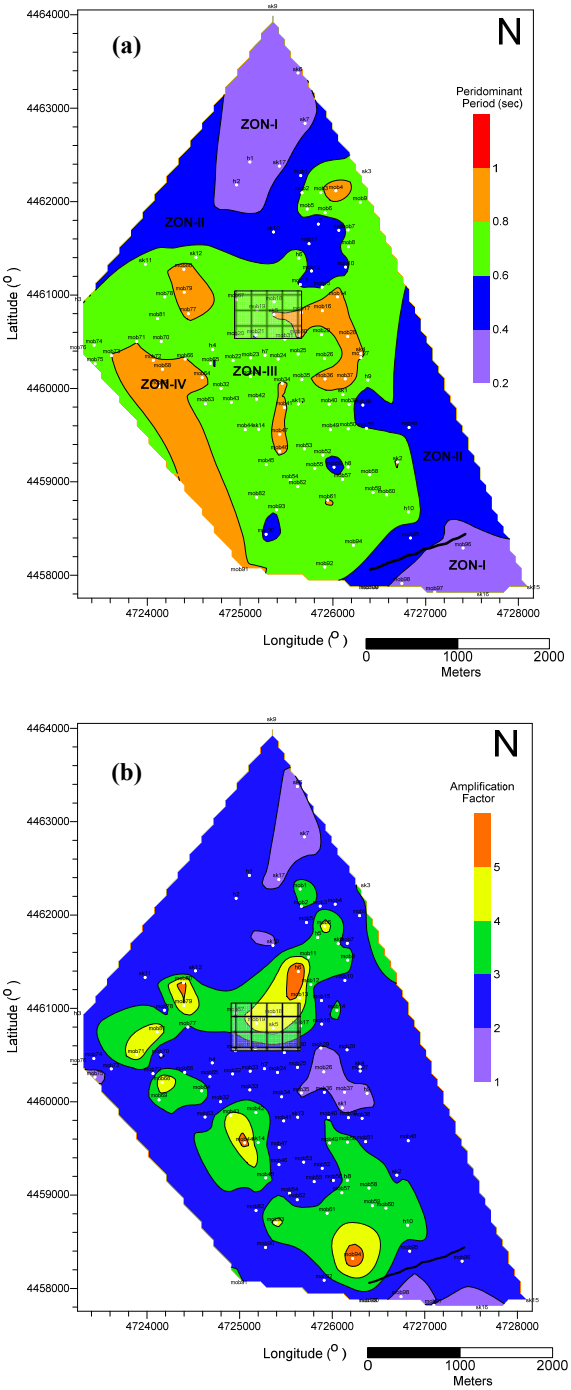
durumunda sözü edilen bu çok katlı yapılaşma alanının diğer bölgelere göre depremden daha fazla etkilenmesi ve yapıların rezonansa uğraması muhtemeldir.



Şekil 5. Yenişehir ilçesi yerleşim alanı a) sismik büyütme, b) doğal salınım periyod haritası.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Bursa Yenişehir ilçesi yerleşim alanı zemin özellikleri ve deprem gibi dinamik bir yük altında zeminin gösterebileceği tepki belirlenmeye çalışılmıştır. Gerek Doyuran vd. (2000), Topal vd. (2003), Hasançebi ve Ulusay (2006, 2007) çalışmaları gerekse Dikmen vd.(2004) ve Dikmen ve Mirzaoğlu (2005) çalışmaları ile elde edilen sonuçlar yerleşim alanı kuzey ve güney kesimlerinin 4-6 kat sismik genlik büyütmesi gösterebileceği ve sıvılaşma olayının yaşanabileceğini göstermektedir. Yerleşim alanı kuzeyinde görülen 6-8 katlı yapılarda zemin etkin periyot aralığının 0.6s-0.8s olması ve 4-5 kat sismik büyütme göstermesi söz konusu bu alan için ciddi risk oluşturduğunu düşündürmektedir.



Şekil 6. Yenişehir ilçesi sismik zon haritası, a) periyot, b) sismik büyütme.

KAYNAKLAR

Okada, H. (2003). The microtremor survey method. *Geophysical monograph series*, *Society of Exploration Geophysicists (SEG)*, Tulsa, OK.

Toksöz, M.N. ve Richard, T.L. (1968). Microseisms: Mode Structure and Sources. *Science*,**159:3817**, 872-873.

Hasancebi, N. ve Ulusay, R. (2006). Evaluation of site amplification and site period using different methods for an earthquake-prone settlement in Western Turkey. *Engineering Geology*, **87**, 85–104.

Hasancebi, N. ve Ulusay, R. (2007). Empirical correlations between shear wave velocity and penetration resistance for ground shaking assessments. *Bull. Eng. Geol. Environ.*, **66**, 203–213.

Topal, T., Doyuran, V., Karahanoglu, N., Toprak, V., Suzen, M.L., ve Yesilnacar, E. (2003). Microzonation for earthquake hazards: Yenisehir settlement, Bursa, Turkey. *Engineering Geology,* **70**, 93–108.

Dikmen, Ü. ve Mirzaoglu, M. (2005). The seismic microzonation map of Yenisehir-Bursa, NW of Turkey by means of ambient noise measurements. *Journal of Balkan Geophysical Society*, **8:2**,53-62.

Dikmen, Ü., Mirzaoglu, M. ve Sipahi, O. (2004). Yenişehir/Bursa ilçesi Yerleşim alanı Jeofizik inceleme Raporu. *Afet İşleri Genel Müdürlüğü- Ankara*, 14s.

Doyuran, V., Kocyigit, A., Yazıcıgil, H., Karahanoglu, N., Toprak, V., Topal, T., Suzen, M.L., Yesilnacar, E., Yılmaz, K.K. (2000). Yenisehir Belediyesi Yerlesim Alanı Jeolojik/Jeoteknik Incelemesi, *METU Project: 99-03-09-01-02.*, 227s.