

KOCAELİ İLİ İÇİN ZEMİN SINIFLAMA VE SİSMİK TEHLİKE DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI VE ZEMİN ETÜTLERİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKLİ PARAMETRELER

SITE CLASSIFICATION AND SEISMIC HAZARD EVALUATION FOR KOCAELI PROVINCE AND PARAMETERS CONSIDERED FOR LOCAL SITE SURVEYS

Sancılı M.¹, Öztoran M.Z.¹, Kavaklı T.¹, Cantürk H.¹, Aytugar N.¹, Mutman G.¹, Cevher M.¹, Mengüç G.¹, Zor E.², Özalaybey S.²

Posta Adresi: ¹Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, ²TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü, P.K. 21, 41470, Gebze, Kocaeli

E-posta: mehmentsancili@kocaeli.bel.tr

Anahtar Kelimeler: Ağır hasar bölgesi, Zemin Büyütmesi, Mikrotremör, Yerleşime uygunluk haritası

ÖZ Deprem afetine karşı önlemler çerçevesinde Kocaeli Büyükşehir Belediyemiz tarafından özel sektöre bölgesel imar plan revizyonları yaptırılmaktadır. Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nün onayı alınan yerleşime uygunluk haritaları ile İl Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü'nün 17 Ağustos 1999 depremi hasarlı bina verilerinden elde edilen hasar dağılım haritaları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalardan yerleşime uygun olmayan ve önlemleri geniş alanlarda hasar görülmezken, yerleşime uygun olarak belirlenmiş bazı alanlarda ağır ve orta hasarlar tespit edilmiştir. Bu çelişkili durumu, uygulanmakta olan ancak basit ve sade jeolojik yapılarda geçerli olan sığ derinlikli zemin etüt tekniklerine dayalı sonuçlar ile açıklamak mümkün değildir. Sığ derinlikli zemin etütleri ağır hasar mevkilerini önceden belirleyemeyeceğinden, bu noktalarda lokal veya parsel bazında yapılacak zemin etütleri bir anlam ifade etmeyeceği için eksik ve sakıncalıdır.

Kocaeli Bölgesi'nde jeolojik birimler ve çökeller yanal ve düşey yönde sık ve ani değişimlere sahiptir. Bu tür bölgelerde sismik odaklanma ve ardışık yansımalar sonucu deprem dalga enerjisi ve süresi artırılarak, zemin büyütmesi oluşmaktadır. Bu da, literatürde anıldığı gibi ağır hasar kuşaklarını meydana getirmektedir. Bu nedenle, Amerika, Japonya ve Yeni Zelanda gibi deprem bölgelerinde yapıldığı gibi, zeminin jeolojik, jeofizik ve jeoteknik özelliklerinin belirlenerek sınıflanması, buna bağlı olarak zeminin deprem sırasında dinamik davranışının bölgelendirilerek belirlenmesi ve Sismik Tehlike bilgisinin oluşturulması gereklidir. Bu amaçla Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ve TÜBİTAK MAM işbirliği ile gerçekleştirilen proje kapsamında bir dizi jeolojik ve jeofizik etüdler gerçekleştirilmektedir. Bu etüdler makrobölgelendirme (bölgesel bazda) ölçeğinde; 1- Jeolojik ve Jeofizik yapının tabankaya derinliğine kadar belirlenerek haritalanması, 3- S-dalga hızının en az 30 m derinliğe kadar ortalama hızına göre zemin sınıflamasının Yapılması, 3- Zeminin hakim titreşim frekansı ve büyütme değerlerinin saptanmasını içermektedir. Bu çalışmada yapılan jeolojik ve jeofizik etüdler, kullanılan yöntem ve teknikler ile elde edilen ön sonuçlara değinilmiştir.

ABSTRACT *The Greater Municipality of Kocaeli has been working towards the implementation of an Earthquake Hazard Mitigation programme that is based on modern scientific and engineering methods. Such a programme is required since the existing official settlement plans and earthquake damage distribution observed during the 1999*

İzmit earthquake showed great amount of inconsistencies. Such inconsistencies is likely to be a result of insufficient investigation of local site conditions based on too shallow site surveys.

The geological units and thickness of sediments in the Kocaeli region show large amount of lateral and vertical variations. Such regions are subject to earthquake hazard by means seismic focusing and resonance effects, resulting in heavy damage zones often reported in the literature. Thus, local site conditions must be evaluated by using modern geological, geophysical, and geotechnical methods and Seismic Hazard information must be provided based on detailed local soil conditions and seismic zonation codes as carried out in other earthquake prone urban areas such as in the United States, Japan and New Zealand. With this purpose, the Greater Municipality of Kocaeli and TUBITAK Marmara Research Center have launched a project consisting of a series of geological and geophysical surveys. These surveys include macro scale investigations and measurements to determine; 1- Geological and geophysical structure down to the bedrock and obtaining a geophysical basement map, 2- Local site classification based on average S-wave velocity down to 30 m depth, 3- Measurement of local site resonance frequency and amplification parameters.

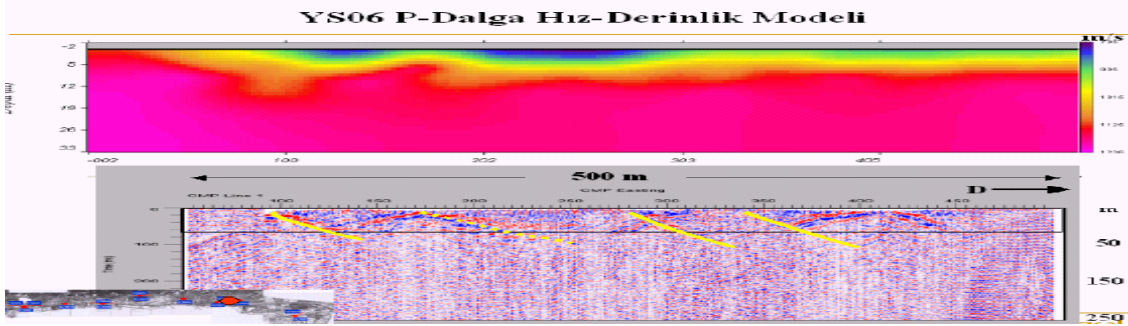
GİRİŞ

17ağustos 1999 depremi doğal afetler konusunda bir çok dersler çıkarmamızı sağlamıştır. Kurumumuz tarafından Kocaeli Valiliği Bayındırlık İl Müdürlüğü'nden temin edilen hasarlı bina verilerinden yararlanılarak Belediyemiz bölgesine ait hasar dağılım haritaları elde edilmiştir. Kurumumuz hasar dağılım haritası ile ilgili bilgileri yayınlamanın yararlı olacağını ön görmüştür Genel olarak, Belediyelerin bölgesel imar plan revizyonları amacıyla özel veya resmi sektörlere yaptırılan ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nün onayından geçirilen zemin araştırması yerleşime uygunluk raporları, daha ziyade yeryüzü gözlemsel verilerine ve 10-15 m lik sığ derinliklerin aşağıdaki özelliklerini içermektedir. Bu özelliklerde: 1- Zeminin sıklığı, 2- Zeminin türü, 3- Zeminin yeryüzü topoğrafik eğimi, 4- Zemin sıvılaşması, 5- Zemin hakim titreşim periyodu, 6- Zeminin taşıma kapasitesi özellikleri dikkate alınmaktadır. Sığ derinlikli ve eksik araştırmalardan dolayı, deprem hasarlarının nedenlerini açıklamakta bir çok belirsizlikler ortaya çıkmakta, çelişkili açıklamalar yapılmakta ve tutarsız raporlar yazılmaktadır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ve TÜBİTAK MAM işbirliği ile 'Kocaeli için Zemin Sınıflaması ve Sismik Tehlike Değerlendirme' projesi kapsamında ilimiz için hasar yaratabilecek depremler oluşmadan önce zeminin deprem açısından davranışının değerlendirilerek, yüksek sismik tehlike gösteren alanların ve buna bağlı deprem güvenli yerleşime uygunluğun belirlenerek daha sağlıklı imar planları ve kent planlaması hedeflenmiştir. Bu kapsamda öncelikle makro ölçekte bir Sismik Bölgelendirme ve Tehlike Değerlendirmesi'nin yapılması için etüd ve analizler gerçekleştirilmektedir.

KULLANILAN JEOFİZİK YÖNTEMLER

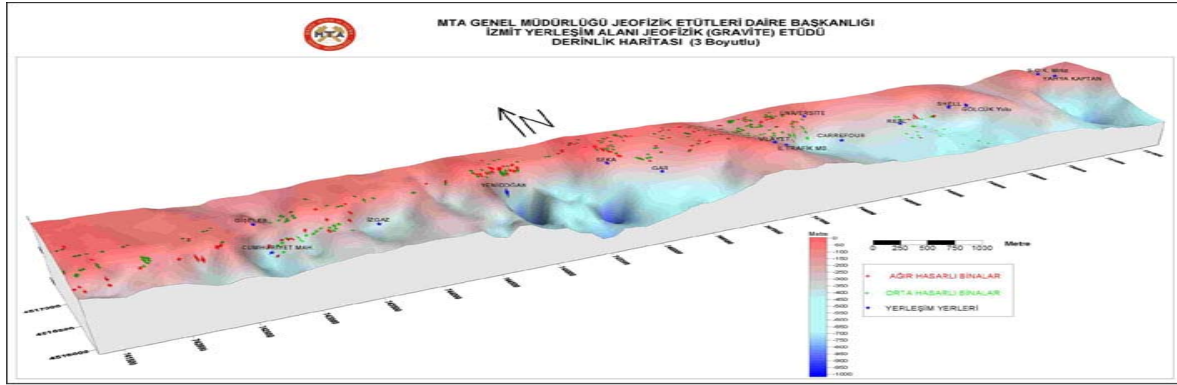
Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ve TÜBİTAK MAM işbirliği ile gerçekleştirilen proje kapsamında değerlendirilmek üzere kentimizde tabankaya topoğrafyasının deprem hasarı üzerine etkisinin ortaya çıkarılarak ağır hasar kuşaklarının belirlenmesine yönelik Büyükşehir Belediyemize bağlı Saraybahçe Belediye sınırları içerisinde Kurumumuzca Gravite ve Sismik Yansıma etüdüleri gerçekleştirilmiştir. Şirintepe-Yahyakaptan arasında yaklaşık 450 m lik 10 adet profil boyunca derin Sismik Yansıma çalışması yapılmıştır. Sismik çalışmada yaklaşık 250 m derinliğe inilmiş olup, sadece bir kesit üzerinde yaklaşık

125 m derinde anakaya tespit edilebilmiştir. Diğer kesitler üzerinde ise çökellerin daha derinlere indiği saptanmış, ayrıca bu kesitler üzerinde yaklaşık 175 m derinlere kadar devam eden tansiyon fayları belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil-1. Sismik Yansıma ve P-dalga derinlik hız modeli.

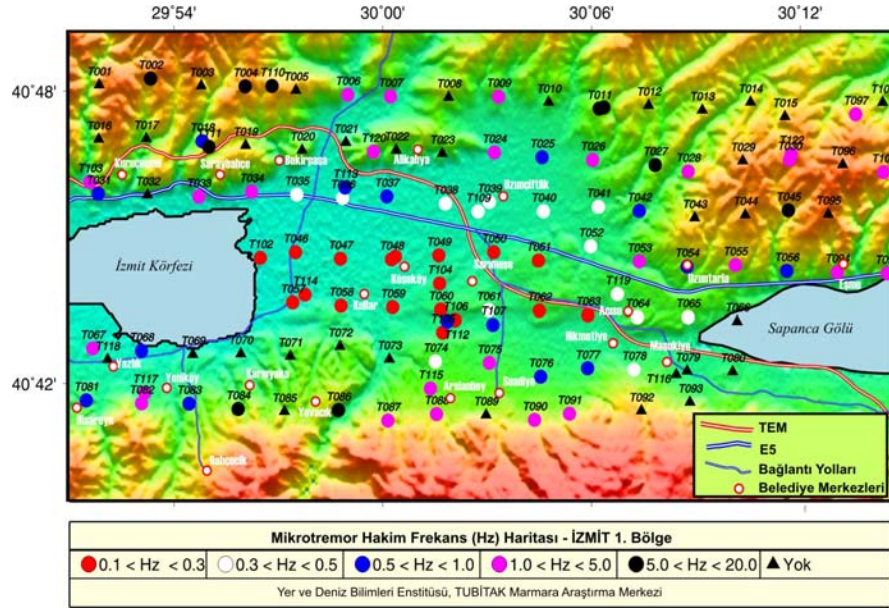
Gravite yöntemi uygulaması, ağır hasar mevkilerinin belirlenebilmesi için Türkiye'de ilk kez Adapazarı'nda Japon'lar tarafından, Belediye olarak ise; ilk kez kurumumuz tarafından M.T.A. Genel Müdürlüğüne yaptırılmıştır. Büyükşehir Belediyesi sınırlarında Yahyakaptan-Şirintepe arasında şehir içinde 50 m civarında aralıklarla 800 noktada alınan Gravite ölçü verileri analizinden elde edilen üç boyutlu gravite derinlik haritasını ve 17 Ağustos 1999 depremi hasar dağılımını ile ilişkisi Şekil 2'de verilmektedir. Yapılan analizlerde ağır hasar bölgelerinin tabankaya topoğrafyasının çökel ile dolu çukurluklar üzerinde ve yamaçlarda yer aldığı saptanmıştır (Cevher ve diğ., 2005).



Şekil-2. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Yahyakaptan-Şirintepe arasında Gravite verilerinden elde edilen Tabankaya Topoğrafyası derinlikleri, (M.T.A., 2003)

Kocaeli ilinin tamamını kapsayacak şekilde öncelikle mevcut Jeolojik ve Jeofizik veriler yeni toplanan verilerle birlikte değerlendirmek üzere (Jeolojik sondaj, bölgenin jeolojik haritası ve jeoteknik etüd raporları) toparlanıp Coğrafik Bilgi Sistemi (CBS) aktarılmıştır. Zemin hakim titreşim frekansı ve büyütmesinin tek istasyon Yatay/Düşey (H/V) spektral oran yöntemi (Nogoshi ve Igarashi, 1970; Nakamura, 1989) ile belirlenmesi için toplam ~400 noktada, S-dalgası hız profillerinin ve buna bağlı Zemin Sınıflarının eldesi için Mikrotremör Dizin yöntemleri ile (SPAC ve FK) (Aki, 1957; Capon, 1969) 60 noktada ve tabankaya topoğrafyasının belirlenmesi için 370 noktada Gravite ölçümleri yapılması planlanmıştır. Bugüne kadar ~180 nokta H/V, 41 nokta Mikrotremör Dizin ve 337 nokta

Gravite ölçümleri tamamlanmıştır. İzmit Metropolitan alanı için Mikrotremör Zemin Hakim Titreşim Frekans haritası oluşturulmuştur (Şekil 3).



Şekil-3. İzmit Metropolitan alanı için belirlenen Zemin Hakim Titreşim Frekans Haritası.

Zemin Sınıflaması çalışmaları Mikrotremör Dizin verilerinden Rayleigh dalgası dispersiyon eğrilerinin elde edilmesi ve bu eğrilerden ters çözümlerle zeminin S-dalgası hız profiline dayanarak yapılan bir yaklaşımla gerçekleştirilmektedir. S-dalgası hız profillerinden 30 m derinliğe kadar ortalama hız değerleri (V_{s30}) hesaplanarak zemin sınıfları oluşturulmaktadır. Gravite ve Mikrotremör Dizin verilerinin birlikte değerlendirilmesi ile tabankaya topoğrafya haritası oluşturulması çalışmaları sürdürülmektedir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kocaeli Büyükşehir İzmit Merkez ilçe Saraybahçe ve Bekirpaşa Belediyeleri sınırları için mevcut yerleşime uygunluk haritaları ile 1999 depreminde gözlenen hasar mevkilerinin uyumsuz olduğu tespit edilerek, TÜBİTAK MAM işbirliği ile tüm Kocaeli ili için Zemin sınıflaması ve Sismik Tehlike Değerlendirme çalışması başlatılmıştır. Benzer uyumsuzluklar karmaşık jeolojik yapısı nedeniyle ülkemizdeki diğer deprem bölgeleri için de mevcuttur. Daha sağlıklı İmar Planı ve güvenli kentleşme için derin jeofizik ve jeoteknik uygulamalar ile tabankaya topoğrafyası ve yanal değişimlerinin saptanması, ayrıntılı S-dalgası hız profiline elde edilmesi ve anakaya kadar yer alan formasyonların zeminin mühendislik parametrelerinin elde edilmesine yönelik olarak *makrobölgeleendirme* yapmadan, yani sismik dalgaların odaklanabileceği, kapanabileceği, köşe etkileri nedeniyle sismik dalga girişimi ve sismik yüzey dalgaların oluşabileceği mevkiler saptanmadan, sığ derinlikli etütler yapmak, parsel bazında sadece 4-5 m derinlikli araştırma çukuru ile yapılan, S-dalgası hızı bilgisine dayanmayan dinamik parametreleri içermeyen sadece statik verilere dayanan, 30 m derinliğe ulaşmayan sığ derinlikli zemin etütleri eksik ve sakıncalıdır. Bu bağlamda Kocaeli ve benzeri bölgelerde; 1- Jeolojik ve Jeofizik yapının tabankaya derinliğine kadar belirlenerek haritalanması 2- S-dalgası hızının en az 30 m derinliğe kadar ortalama hızına göre zemin sınıflamasının yapılması, 3- Zeminin Hakim Titreşim Frekansı ve Büyütme değerlerinin saptanması gerekmektedir. Sonuç olarak öncelikle daha derin ve ayrıntılı zemin yapısı bilgilerini içeren bölgesel zemin etüdü raporları hazırlanması gerekmektedir. Aksi takdirde sığ derinlikli zemin etütleri ağır

hasar mevkilerini önceden belirleyemeceğinden bu noktalarda parsel bazında yapılan çalışmalar yetersiz olup, eksik bilgi içermektedir.

Tüm Kocaeli ili için zemin sınıflama çalışmaları tamamlandıktan sonra, yatay ve düşey yer hareketinin ivmeleri hesaplanarak Sismik Tehlike dağılım kestirimi Campbell and Bozognia (2003) tarafından geliştirilen yaklaşımla son adım olarak yapılacaktır. Bölgede tanımlanmış fayların üretebileceği depremlerin büyüklükleri ve zemin büyütme etkilerinin birlikte değerlendirilerek, yüksek ivmelere ve dolayısıyla Sismik Tehlikeye maruz kalabilecek alanların ön kestirimi gerçekleştirilecektir. Bölgede olası büyük depremler sonucu ağır hasar olabilecek veya hiç hasar olmayacak mevkilerin önceden kestirimiyle, olası ağır hasar mevkilerindeki mühendislik yapılarının güçlendirilmesine, diğer mevkilere göre öncelik verilerek, deprem tehlikesi zararlarını azaltma çalışmalarındaki büyük maliyetleri aşağı çekmek ve en önemlisi can ve mal kayıplarını önlemek hedeflenmektedir. Çalışmanın kent planlaması yönünden yararı ise önceden kestirilen ağır hasar mevkilerinin yeşil alan olarak, önemli ve yüksek binaların daha güvenli zeminlere göre planlamalarını sağlamaktır. Gelecekteki depremlerde hangi mevkilerin daha çok veya az hasara uğrayacağı belirlenerek geçmişte yapılan hatalar tekrarlanmamalıdır.

KAYNAKLAR

Aki K., Space and Time Spectra of Stationary Stochastic Waves, with special reference to microtremors, 1957, **Bull. Earthq. Res. Inst. Tokio Univ.**, 25, 415-457.

Campbell K. W. ve Bozorgnia Y., Updated Near-Source Ground Motion (Attenuation) Relations for the Horizontal and Vertical Components of Peak Ground Acceleration and Acceleration Response Spectra, 2003, **Bull. Seismol. Soc. Am.**, 93, 314-331.

Capon J., High Resolution frequency wavenumber analysis, **Proc. Inst. Elect. and Electron Eng.**, 1969, 57, 1408-1418.

Cevher, M., Mengüç, G., Soydabaş M., Kocaeli Büyükşehir Belediye sınırlarında tabankaya topoğrafyasının deprem hasarı üzerine etkisinin sismik, elektrik, gravite yöntemleri ile araştırılması ve imar plan yapımına esas bölgesel zemin araştırmalarında dikkat edilmesi gerekli hususlar, **Kocaeli Üniversitesi Deprem Sempozyumu**, Mart 2005.

Nakamura Y., A method for dynamic characteristics of estimation of subsurface using microtremors on the ground, 1989, **Q. Rep. RTRI** 30, 1.

Nogoshi M. ve Igarashi T., On the propagation characteristics of microtremors, 1970, **J. Seismol. Soc. Jpn.**, 23, 264- 280.