

BAYRAKLI BELEDİYE SINIRLARI İÇİNDE YÜKSEK KATLI YAPILAR İÇİN 1-2 BOYUTLU ZEMİN ANA KAYA MODELLERİNİN TANIMLANMASINA YÖNELİK JEolojik, Jeofizik ve Geoteknik Çalışmalar

Mustafa Akgün¹, Özkan Cevdet Özdağ², Atilla Ulu³, Mehmet Utku¹, Bahar Erdican⁴, Gönenc
enkal⁴, Tuncay Kemal Altunda⁴

¹ Profesör, Yrd.Doç.Dr., Jeofizik Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

² Uzman, Rektörlük, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

³ Profesör, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir

⁴ Bk.Yrd., Jeof. Müh., Fizik Müh., Bayraklı Belediyesi, İzmir

Email: mustafa.akgun@deu.edu.tr

ÖZET:

İzmir Bayraklı Belediye sınırları içinde Yeni Kent Merkezi olarak tanımlanan alanda, yüksek katlı yapılar için yapı mayası vermek amacıyla 1D ve 2D zemin ana kaya modelleri tanımlanmasına yönelik olarak mikrogravite, mikrotremör ölçümleri ile düzely elektrik sondaj, özdirenç tomografi ve uzaysal özelli ki yöntemleri ile çok sayıda noktada çalış malar yapılmı ştır. Tanımlanan 1D-2D zemin ana kaya modellerinde tabakalanma özellikleri yatay, yarı sonsuz, birbirine paralel, tekdüze ve homojen yapıya sahip de ildir. Mühendislik ana kayası ve sismik ana kayası derinlikleri sırasıyla ve ortalama olarak 250-300 m. ve 1200 m. dir. Sismik ana kaya sınırına kadar (1200 m) yer alan katmanlar arasındaki sismik empedans oranlarındaki de ğişimlerin (sismik hız ve yoğunluk de ğişimleri) oldukça yüksek olması nedeniyle, deprem dalgalarındaki genlik frekans de ğişimlerinin ortalama 1200 m. derinlikten itibaren (sismik ana kaya sınırı) başlaması beklenmelidir. Senaryo depremi ve kuramsal-gözlemsel Quasi Transfer Spektrum (QTS) kullanılarak yapılan hesaplamalarından elde edilen dinamik zemin büyütme katsayısı (DAF) de ğerlerinin 3 ve daha büyük olması ve zemin yüzeyine ait pik periyot de ğerlerinin hem 1 saniyeden büyük hem de 5-6 sn. de ğerlere kadar ulaşması sonuçları da yüksek yapı tasarımında dikkate alınması gereken de ğer sonuçlardır. Yeni Kent Merkezi Alanı genelinde deprem sırasında zemin yüzeyinde deplasman etkisi baskın olacaktır. Nakamura (1997) yaklaşı mı ile hesaplanan Kg hasar endeksi katsayısının 20 de ğerinden çok büyük çıkması deprem sırasında zemin yüzeyinde oluşacak yanal yöndeki deformasyon de ğişimlerinin elastik sınırlar içinde olmayacağını göstermektedir.. Zemin içinde yer alan ortalama 500 m/sn. S dalga hızlı, yüksek SPT de ğerli çakıllı zon mühendislik ana kayası olarak tanımlanmamalıdır. Bu katmanın hem kalınlığı az hem de altında düşük S dalga hızı (250-300 m/sn) gözlenmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Zemin-Mühendislik-Sismik Ana Kaya Modeli, Quasi Transfer Spektrum, Kg, DAF

1.GİRİŞ

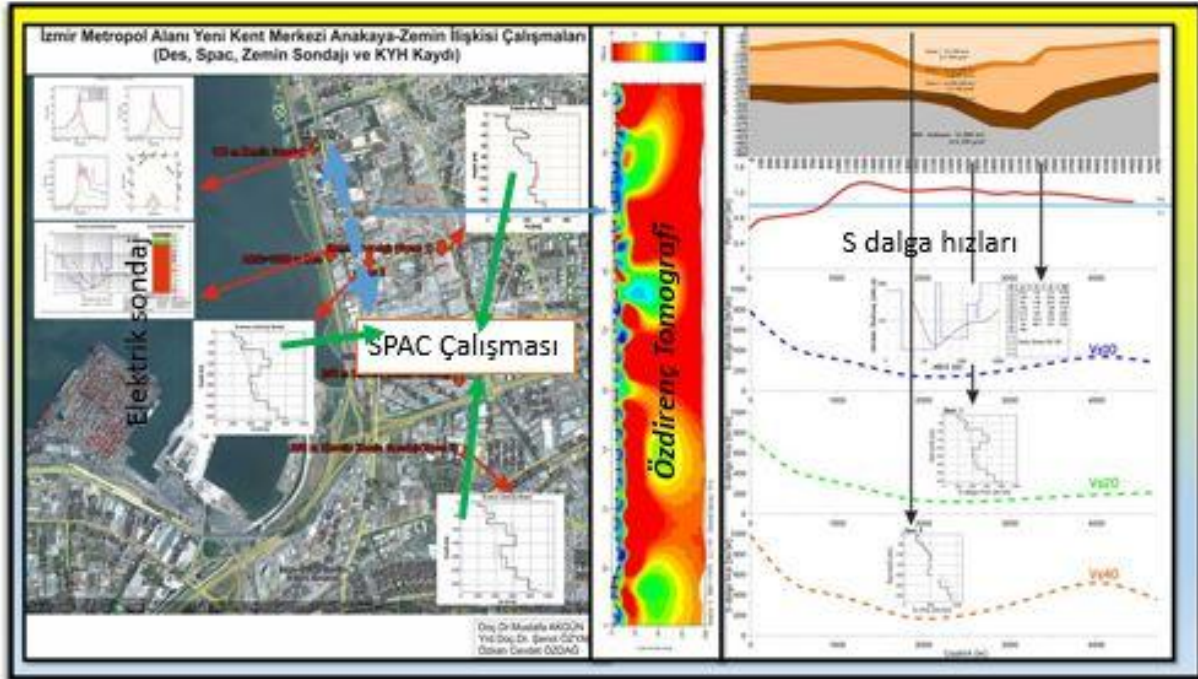
Zeminlerin statik ve dinamik yüklemeler altında de ğer inaat mühendisliği malzemelerinden oldukça farklı davranış gösteren malzemeler olmaları ve zeminlerin geoteknik özelliklerinin bölge içinde farklılıklar göstermesi nedeni ile yerleşime açılacak yeni alanların yerleşime uygunluk bakımından de ğerlendirilmesi veya yerleşim bölgelerinin depremden nasıl etkilenene ğinin belirlenmesi için bu bölgelere ait jeolojik tanımlamanın yapılması ve yerel zemin koşullarının ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Yerleşime uygunluk açısından de ğerlendirilecek bir bölgedeki yerel zemin koşullarının incelenmesindeki amaç, belirli büyüklük, süre ve frekans içeri ğine sahip deprem etkilerine karşı yerel zeminin gösterece ği dinamik tepkinin belirlenmesidir. Yerel zemin özelliklerinin araştırılmasında her proje sahası için laboratuvar ve araziye dayalı deneysel çalışmalar yapılarak, bu çalışmalar sırasında arazide geçerli olacak yüklem koşullarının dikkate alınması gerekmektedir. Özellikle depremler sırasında yerel zemin koşullarının oluşmuş yapısal hasar üzerinde oldukça önemli etkileri olduğu yakın zamanlarda meydana gelmiş şiddetli depremlerde yapılan aletsel ölçümlerle ve gözlenen yapısal hasarlarla belirlenmiştir.

2.YAPILAN ÇALIŞMALAR VE ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Bu çalışmada Kramer (1996), Nakamura (1989, 2008), Nath (2000) ve Komazawa ve diğ. (2002) çalışmaları temel alınarak, İzmir Körfezi Çevresi içinde yer alan ve “Yeni Kent Merkezi” olarak tanımlanan alanda zemin-ana kaya ilişkisine yönelik küçük ölçekli jeofizik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında AB/2=1000m. olacak şekilde tam schlumberger dizilim sistemi ile düzely elektrik sondaj çalışması (DES), 1200 m. uzunluğunda ve yaklaşık K-G öz direnç tomografi, çok kanallı yüzey dalgaları analizi (MASW), tek nokta Mikrotremor ölçümleri ile Mikrotremor dizilim ölçümleri (SPAC) ile Mikrogravite çalışmaları yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

2.1. Öz direnç Çalışmaları

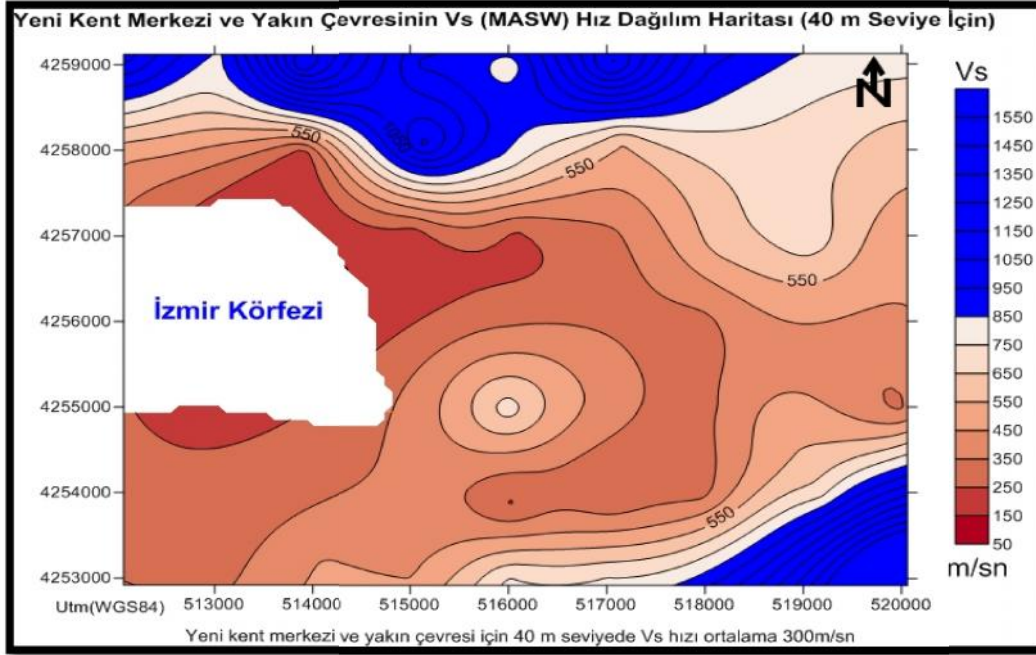
Alanda bir noktada ve KB-GD açılım yönü ve 1000m. ara tırma derinlikli ve ortalama 350-400 m. etki derinlikli Tam Schlumberger Düzely Elektrik Sondaj (DES) sonucunda öz direnç değerlerindeki değişimden düzely yönde 300 – 350 m. lerden sonra ana kaya olarak tanımlanabilecek ve olasılıkla kuvarslı Bornova Karma 1 birimi bulunmaktadır. Ayrıca yine KB-GD yönü 1200m. uzunluklu bir profil üzerinde ortalama 300 derinlik için öz direnç tomografi çalışması yapılmıştır. Bu profil için saptanan öz direnç değerleri ortalama 5-7 ohm.m dir (ekil 1).



ekil. 1. Yeni Kent Merkezi Alanında yapılan jeofizik çalışmaları sonuçları.

2.2.MASW Çalışması

Oluşturulan Vs hız seviye haritalarına göre alanda yanal ve düzely yönlü ani Vs hız değişimlerini vurgulamaktadır. Ayrıca bu zemin katmanları içinde ve düzely yönde düşük Vs değerli katmanlar da bulunmaktadır (ekil 2). Ortalama 40m. seviyesinde gözlenen S dalga hızı değerleri zemin özelliğindedir. Bu nedenle, bu alanda yapılacak zemin etütlerinde Vs30 hız değerlerinin kullanılması sakıncalıdır.



ekil 2. Bayraklı- İzmir Bölgesine ait 40 m. seviye için S dalga hızı dağılım haritası. Yeni Kent Merkezi alanı için S dalga Hızı ortalama 200 m/s. dir. Bu seviye için zemin özelliği tanımlanmıştır.

2.2. Mikrotremör Tek Nokta ve Dizin Ölçümleri

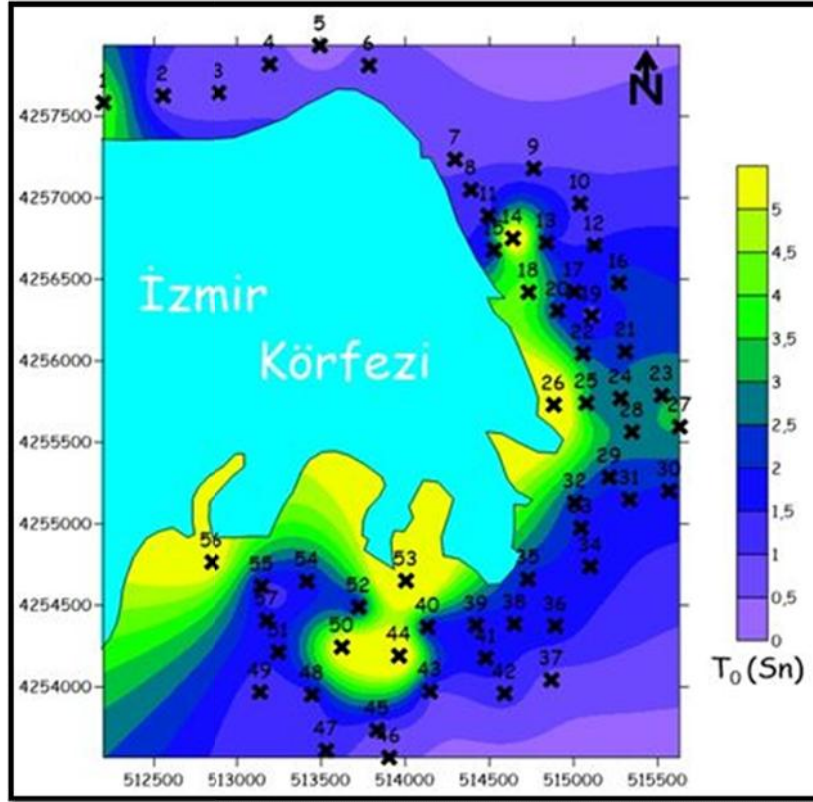
Zemin yüzeyine ait pik periyot (T_0) dağılım haritası oluşturmak için Nakamura tek nokta ölçüm tekniği ile 100 m. x 100 m. olarak mikrotremör ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen H/V genlik ve frekans değerlerinden zemin yüzeyindeki hakim frekans ve H/V genlik dağılım haritası oluşturulmuştur. Haritada $T_0 > 1$ sn. için tanımlanan bölgelerde 30 m. den daha kalın bir zemin tabakası hakimdir. Haritada $T_0 < 1$ sn için tanımlanan bölgelerde ise 30m. ve daha ince zemin tabakaları hakimdir (ekil 3).

Ayrıca Nakamura (1997) tekniği ile elde edilen K_g hasar endeksi değerlerinin bazı alanlarda (özellikle Yeni Kent Merkezi alanı içinde ve denize yakın noktalarda) 20 değerinden çok daha fazla çıkması bir depremde (özellikle yakın odaklı) zemin yüzeyinde mukavemet kayıplarına bağlı olarak kayma ve göçme olaylarının oluşma olasılığını arttırmaktadır (ekil 4).

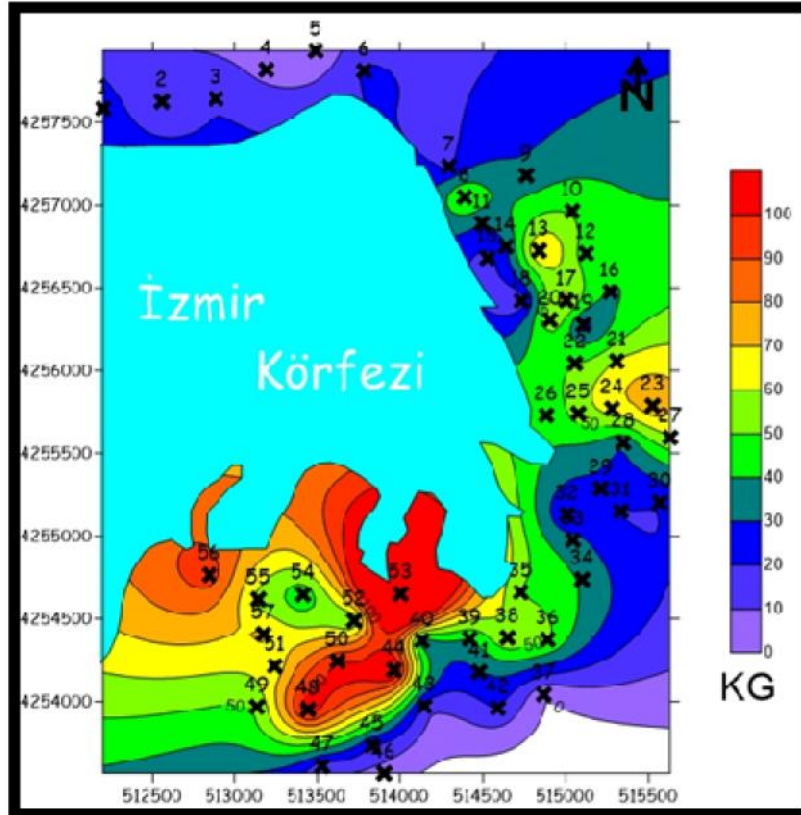
Yapılan SPAC çalışması sonucunda elde edilen S dalga hızı derinlik kesitleri, mekanik zemin sondaj logları (250 m. derinlikli) ile bu sonuçlar uyumludur (ekil 5).

2.3. Kuramsal ve Gözlemsel HVSR(f) Hesaplamaları ile Zemin Yüzeyine Ait Dinamik Büyütme (DAF) Değerlerinin Elde Edilmesi Çalışmaları.

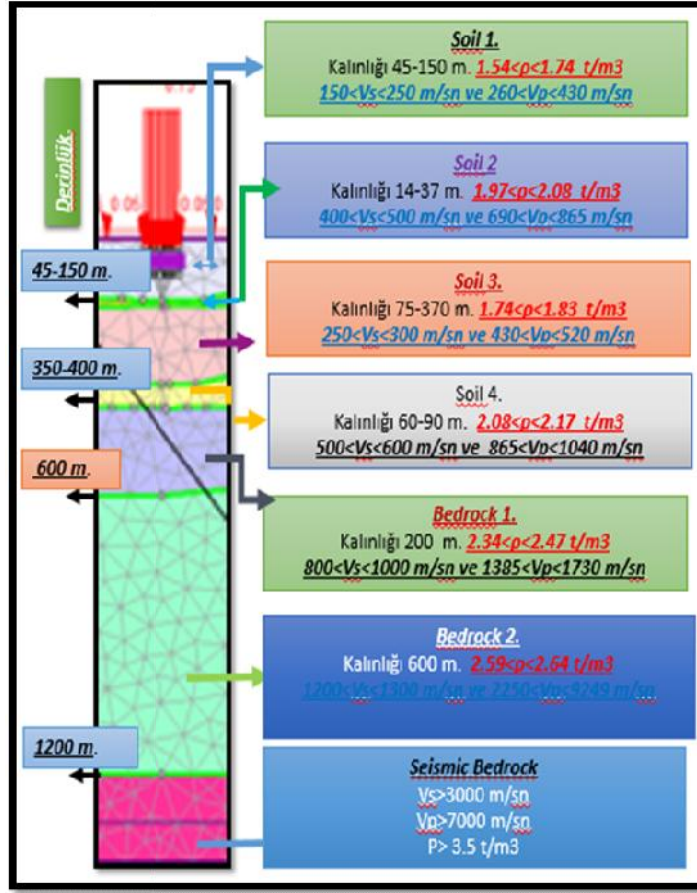
Herak (2008) çalışması temel alınarak Senaryo depremi ile kuramsal-gözlemsel Quasi Transfer Spektrumu hesaplamalarından elde edilen Dinamik Zemin Büyütme Katsayısı (DAF) değerleri 3 ve daha büyüktür (ekil 6).



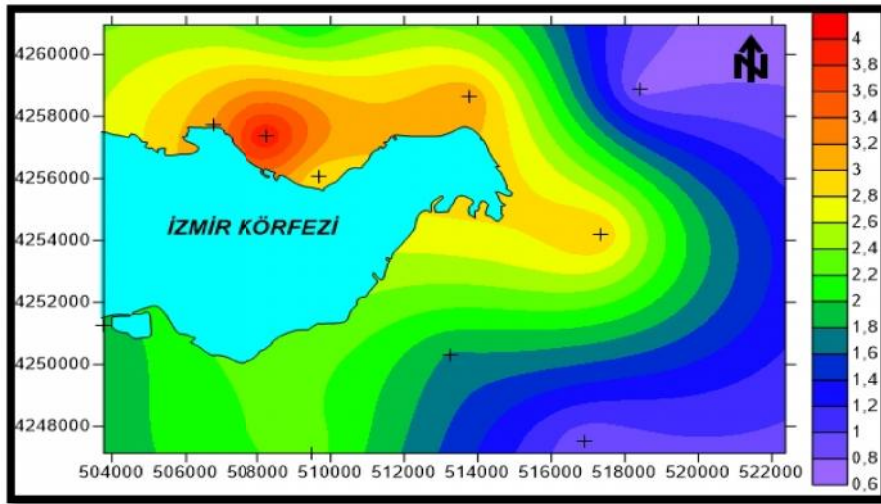
ekil 3. Yeni Kent Merkezi bölgesi için elde edilen T_0 (Pik Periyot) dağılım haritası



ekil 4. Yeni Kent Merkezi bölgesi için elde edilen K_g (Hasar endeksi) dağılım haritası



ekil 5. zmir Körfez Çevresi için Zemin Ana Kaya Modeli



ekil 6. Dinamik Zemin Büyütme Katsayısı (DAF) Dağılım Haritası.

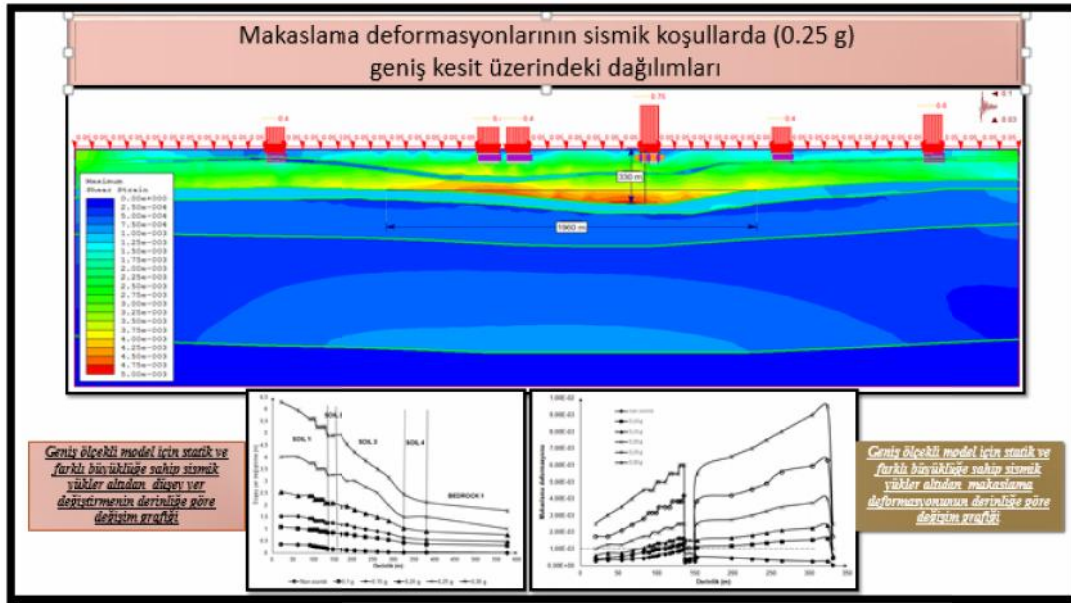
2.4. İki Boyutlu Zemin Ana Kaya Modellerinin Hazırlanması Çalışmaları ve Zemin Dinamik Analizi

Bayraklı-İzmir bölgesinde KB-GD yönlü, yaklaşık 10 km uzunluğunda bir profil üzerinde 102 noktada Mikrogravite, 30 noktada mikrotremör ölçümleri ve 5 noktada en büyük yarıçapı 500 m olan mikrotremör dizini (SPAC) ölçümleri yapılmıştır. Uzaysal öziliği yöntemi uygulanmıştır. Ortalama 1200 m. kalınlık içinde yer alan katmanların S dalga hızları ile yerel deşerleri dikkate alındığında tabakalar arasındaki sismik empedans oranları oldukça yüksektir. Sismik empedans oranlarındaki bu yüksek deşerler, deprem dalgalarındaki genlik frekans deşerini ortalama 1200m. derinlikten itibaren etkilemeye başlamaktadır.

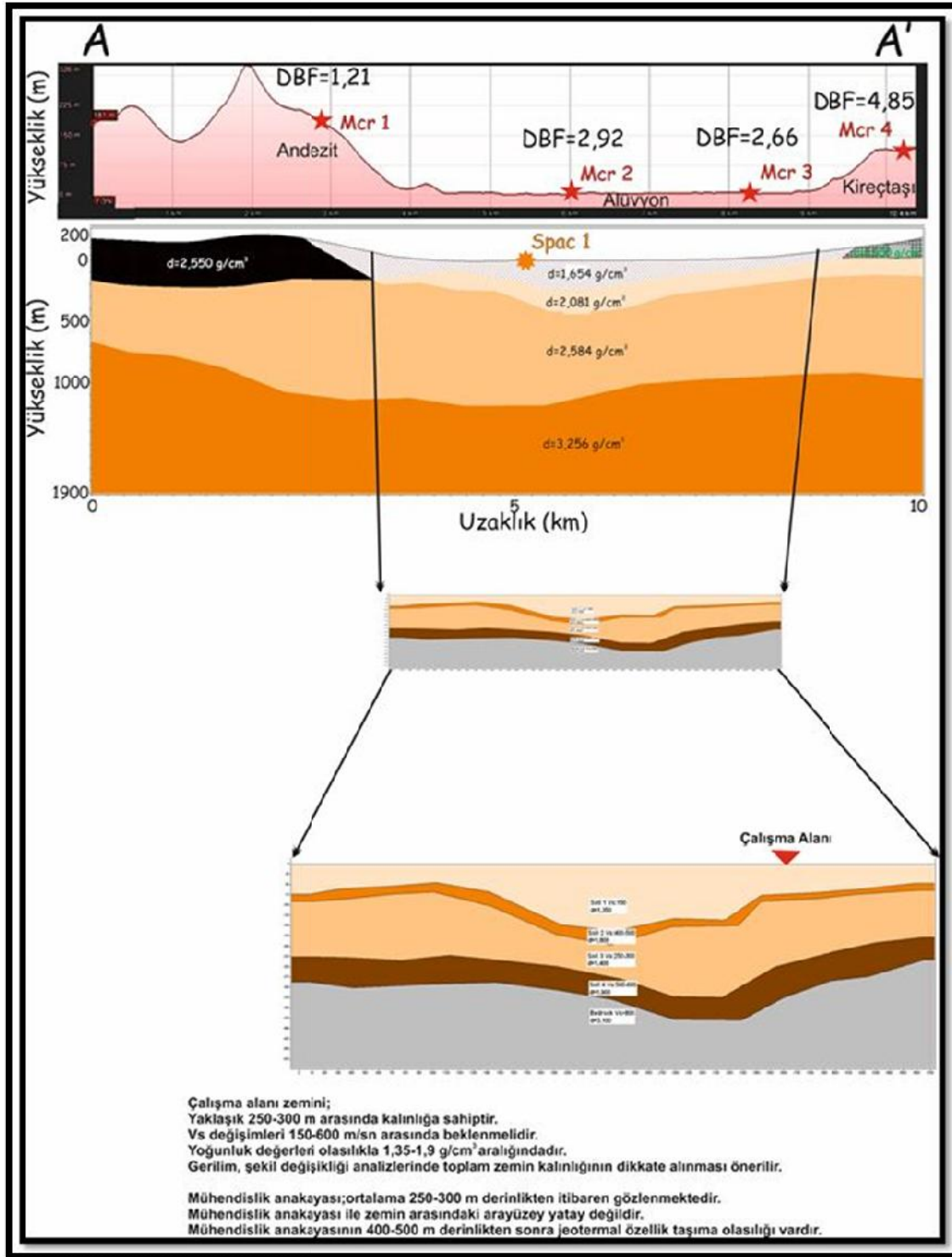
İzmir Körfezi Çevresi zeminlerine mühendislik ana kayasının derinliğinin bazı alanlarda 350-400 m. derinliğe kadar indiği saptanmıştır. Bunun anlamı olası bir depremde kalın bir zemin tabakası etkisi ile karlı ılımla olası yüksek olacaktır. Zemin yüzeyinde dinamik etki altında yer deşitirme (deplasman) fazla olacaktır için mukavemet kayıpları olacaktır olası artır (ekil 5 ve 8).

Mühendislik Ana kayaya kadar zemin modelleri yatay, yarı sonsuz, homojen ve izotrop katmanlardan olacaktır. Bunun anlamı (zemin tabakaları içindeki düşük Vs hız deşerlerinin ve heterojenliğin anlamı) zemin dinamik analizleri yapılırken zemin modelleri mühendislik ana kayasına kadar yatay yarı sonsuz homojen kabul edilemez. Ayrıca zemin tabakalarının Vs hız deşerlerinde ana kayaya kadar gözlenen hem yanal ve dikey yönlü olan hem de 100 m/sn den başlayan farklarda süreksizlikleri göstermesi, bu zemin modellerinin X-Y-Z ortamında ayrıntılı yapılmasının gerektiğini ortaya koyan dişer bir nedendir. Bu sonuçların dişer bir önemi de bu bölgede depreme dayanıklı yapılar tasarlanırken yönetmeliklerdeki spektrum grafikleri ve zemin sınıflamaları ile tanımlar kullanılması sakıncalı olacaktır. Yerinde ölçümlerle (in-Situ) zemin modellerinin olacaktırurulması gerekir.

Dikey Yer Deşitirme-Derinlik ve Makaslama Deformasyonu-Derinlik Deşerimleri deprem yüklerine bağılı olarak deşerim sunmaktadır. Bu deşerimler zeminin dinamik yük altındaki elastik davranışını olarak elastoplastik ve plastik deşerlere ulaşmaktadır (ekil 7).



ekil 7. Bayraklı-İzmir Bölgesinin Genel tirilmi Zemin Ana Kaya Kesitine Ve E deşer Statik Deprem Yüklerine (0.25 g ve 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.30 g.) Bağılı Olarak Phase2 Programı ile Elde Edilen Dikey Yer Deşitirme-Derinlik ve Makaslama Deformasyonu-Derinlik Deşerimleri



ekil 8. Bayraklı- İzmir Bölgesinin Mikrogravite, Mikrotremor Tek Nokta Ve Array Ölçümlerinden Elde Edilen Ana Kaya-Zemin Profili. Ortalama 300 M. Kalınlık çinde Vs Hız De i imi Ortalama 250-300 M/Sn., Yo unluk De erleri 1.35 – 1.9 Gr/Cm³ Arasındadır. Bunun Anlamı Mühendislik Ana Kayası Derinli i Ortalama 300 M. Civarındadır.

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İzmir Bayraklı Belediye sınırları içinde Yeni Kent Merkezi olarak tanımlanan alanda, yüksek katlı yapılar için uygun zemin verimliliği amacıyla 1D ve 2D zemin ana kaya modelleri tanımlanmasına yönelik olarak mikrogravite, mikrotremör ölçümleri ile düey elektrik sondaj, öz direnç tomografi ve uzaysal öz-değerlendirme yöntemleri (SPAC) ile çok sayıda noktada çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen genel değerlendirme sonuçları ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ile ilgili öneriler aşağıda verilmiştir.

- Mühendislik ana kayası tanımına göre $V_s > 760$ m/sn ortalama 300 m. Derinlikten sonra oluşuyor.
- Sismik ana kaya 1200 m. Den itibaren başlıyor.
- Zemin yüzeyine yaklaştıkça genel olarak tabaka S dalga hız değerleri azalıyor.
- Bu azalma oranları tabaka sınırlarında çok fazladır ($3000 > 1200 > 600 > 300$ m/sn)
- Derinlikte başlı olarak oluşan bu ani S dalga hız değişimlerinin oluştuğu katman sınırlarında deprem dalgasının genlik-frekans değişiminde değişimler oluşur.
- Sismik empedans oranları ile tabaka yoğunluklarındaki değişimler dikkate alınırsa zemin transfer fonksiyon hesaplamalarında 1200 m. Derinlik dikkate alınmalıdır.
- Zemin yüzeyinden itibaren Ortalama 300 m. Kalınlık içindeki ortalama $V_s = 300$ m/sn dir.
- Zemin içinde S dalga hızı alt ve üst tabakaya göre göre yüksek olan bir katman vardır. Bu katman mühendislik ana kayası değildir. Çünkü bu katman altında düşük S dalga hızı gözlenmektedir.
- Taşıyıcı zemin özelliği taşıyacak katman ortalama 300 m. Derinlikte yer almaktadır.

Bu sonuçlara göre yapılacak öneriler aşağıda tanımlanmıştır.

- Dinamik deprem yükü etkisi altında davranış yapan zeminlerin dinamik analizleri yapılırken, çalışılma alanına uygun zemin modelinin ve senaryo depreminin kullanılarak DBF hesaplamaları yapılması gerekir.
- Zemin ana kaya modeli tanımlanırken ara tırma derinliği seçiminde dikkatli olunmalıdır.
- Bunun için mühendislik ana kayası derinliği temel alınarak uygun yüzey ve kuyu içi sismik çalışmalarını ile mikrotremör tek nokta ve dizilim ölçümleri kullanılmalıdır.
- Yapılan çalışmalar göstermiştir ki Yatay/Düey spektral oran spektrumları oluşturulurken pencere boyunun seçimine dikkat edilmelidir.
- Kalın zeminlerin hakim olduğu bölgelerde 80-100 sn'lik pencere boylarının kullanılması önerilir.
- Ayrıca depremin etkisinin büyümesini kontrol eden faktörlerin zemin transfer fonksiyonundaki pik değerleri ile anakayadaki deprem spektrumunun pik değerleri oluşturulmalıdır.
- Sonuç olarak zemin dinamik analizleri yapılırken çalışılma alanının jeolojik ve morfolojik faktörleri göz önüne alınarak zemin transfer fonksiyonları hesaplanması gerekir.
- Zemin yüzeyindeki deprem enerjisinin zaman ve frekans ortamı özellikleri ile zemin gerilim-deformasyon değişimlerini etkileyecek zemin özelliklerinin araştırılacağı alanın yatay ve düey genlik ölççekleri km bazında olması gerekir.
- Zemin transfer fonksiyon hesaplamalarında, 1000-1200 m. derinlik dikkate alınarak, zemin yüzeyindeki yanal yönde oluşacak deprem kuvveti hesabı için zemin transfer fonksiyonları hesaplanmalıdır.

4. KAYNAKLAR

Akgün, M., Gönenç, T., Pamukçu, Ö., Özyalın, İ., Özdağ, Ö.C., (2013a). Mühendislik Ana Kayasının Belirlenmesine Yönelik Jeofizik Yöntemlerin Bütünleştirik Yorumu: İzmir Yeni Kent Merkezi Uygulamaları, Jeofizik Dergisi, 1304-12.

Akgün, M., Gönenç, T., Pamukçu, O. ve Özyalın, İ. (2013b). Investigation of the relationship between ground and engineering bedrock at northern part of the Gulf of İzmir by borehole data supported geophysical Works, Journal of Earth System Science, 123, 545-564

3. Türkiye Deprem Mühendisli i ve Sismoloji Konferansı
14-16 Ekim 2015 – DEÜ – ZM R



Komazawa, M., Morikawa, H., Nakamura, K., Akamatsu, J., N_shimura, K., Sawada, S., Erken, A., Önalp, A., (2002)., Bedrock structure in Adapazari, Turkey a possible cause of severe damage by the 1999 Kocaeli earthquake, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22, 829-836

Kramer, S., L., (1996). Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall PTR.

Nakamura, Y., (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, Quarterly report of the Railway Technical Research Institute 30:1, 25-33.

Nakamura, Y., (2008). On the H/V Spectrum The 14 th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.

Nath K. (2000). Seismic Microzonation Framework – Principles & Applications. Workshop on Microzonation©Interline Publishing, Bangalore.

TE EKKÜR

TÜB TAK 106G159