

ZMR Ç KÖRFEZ DO USUNDA S SM K-MÜHEND SL K ANAKAYASI VE ZEM N MODELLER N N OLU TURULMASINA YÖNEL K YAPILAN ÇALI MALAR

Mustafa Akgün¹, Özkan Cevdet Özda³, Oya Pamukcu¹, enol Özyalın¹, Tolga Gönenç²,
Mehmet Kuruo lu², Eren Pamuk¹

¹ Profesör,Dr., Doç. Dr., Yrd.Doç.Dr.,Yard.Doç.Dr, Ara . Görv. Jeofizik Müh. Bölümü,
Dokuz Eylül Üniversitesi, zmir

²Ö r.Görv.Dr. n aat Müh. Böl. Dokuz Eylül Üniversitesi, zmir

³Uzman, Rektörlük, Dokuz Eylül Üniversitesi, zmir
Email: cevdet.ozdag@deu.edu.tr

ÖZET:

zmir Körfezi hem tektonik bir çöküntü sahası konumunda olup hem de çevresinde de zemin olumu üzerinde etkili olan çok sayıda akarsuyun sona erdiği körfez konumundadır. Körfez çevresi zeminlerinin mühendislik ana kayası olarak Bornova Karma ı birimi tanımlanır. Körfezin kuzeyinde zeminin kalınlığı 250-300 m. ve yanal da ılımı daha geniş bir alanı kaplamaktadır. Buna karşın güneyinde ise, zemin denize yakın kesimlerde ortalama 100-150 m. kalınlığına sahip olarak dar bir alanı kapsamaktadır. Günümüzde yerleşim alanları körfez çevresi zeminleri üzerine çok sayıda yüksek katlı yapılar olarak da ılım sunmaktadır. Ayrıca, körfezi K-G yönlü kesen tüp geçit ve üst yol yapımı da planlanmaktadır. zmir Ç Körfezi Do usu' nda yer alan Bornova Ovasında, B-D yönlü bir profil üzerinde zemin transfer fonksiyonunun belirlenmesi için zemin ana kaya ili kisini ve ana kaya derinliğini belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla çalışma alanında Tübitak 106G159 nolu KAMAG projesi ile DEÜ Rektörlüğü 2013.KB.Fen. 015 nolu Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında yapılmış olan, MASW, Mikrotremor, SPAC ve Downhole ölçüm çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda, bölgesel olarak mevcut ve yeni yapılmaya açılacak alanlarda depreme dayanıklı yapı tasarımı için ön bilgi olarak sunulmuştur. Ayrıca devam eden rezidüel amaçlı ve küçük ölçekli çalışmalarla mevcut bölgesel ana kaya zemin 2D modeli ayrıntılı duruma getirilmeye çalışılacaktır.

ANAHTAR KELİMELER: zmir Körfezi, Sismik Anakaya, Mühendislik Anakayası, Zemin

1.GİRİŞ

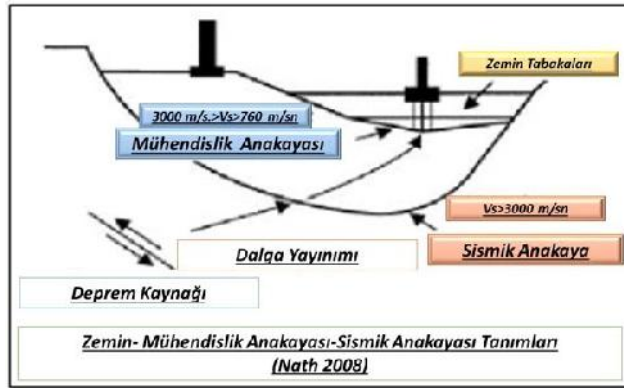
Alüvyonal bir zemin yapısına sahip olan zmir Bornova Ovası, deprem riski açısından en tehlikeli bölgeler arasında yer almaktadır. Dolayısıyla bu bölgede depremin bir felakete dönüşmesini önlemek, gerekli önlemlerin doğru bir şekilde alınabilmesi için deprem sırasında zeminle ilişkili olarak yapıların nasıl davranacağını tahmin etmek, bu doğrultuda depreme dayanıklı yapılar tasarlamak ve depremin neden olabileceği hasarları asgari seviyede tutmak için deprem ile ilgili mühendislik disiplinlerinin kullanılması gerekmektedir. Bir deprem ülkesi olan Türkiye'de, jeofizik, jeoloji ve inşaat mühendisleri tarafından yapılan çalışmaların, depremin neden olacağı hasarları önlemede son derece etkili olduğu görülmektedir. Bu sebeple, yaşam alanlarının bu çalışmalar dikkate alınarak belirlenmesi ve inşa edilecek yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanması, olası can ve mal kayıplarını en aza indirecektir.

Bu çalışmada Bornova Ovasını B-D yönlü kesen bir profil üzerinde Mikrotremor tek nokta ölçümleri, çok kanallı yüzey dalgaları analizi (MASW) ve Mikrogravite yöntemleri kullanılarak zemin ana kaya modeli geniş ölçekli olarak tanımlanmıştır. Elde edilen model zmir Körfezi çevresinde yapılan çalışma sonuçları ile beraber (Akgün ve Dişli. 2013.a ve 2013b) değerlendirilerek zemin kalınlığı ve sismik empedans değerleri hakkında bilgi sağlanmıştır.

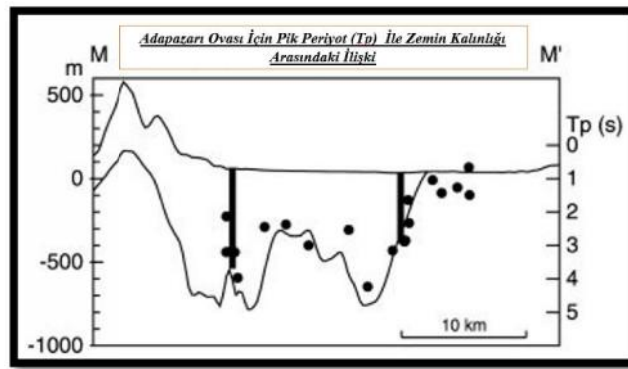
2. ZEMİN ANAKAYA KAVRAMI NEDİR?

Kramer (1996), Nakamura (1989, 2008) ve Nath (2000) çalışmalarında zemin ana kaya modelini S dalga hızı deimleri temel olarak zemin (700m/sn .den az), mühendislik ana kayası ($701\text{-}3000\text{ m/sn}$) ve sismik ana kaya (3000 m/sn .den daha fazla) tanımlarını kullanmıştır (ekil 1).

İzmir Körfezi çevresine benzer yapısal özelliklere sahip olan Adapazarı Ovası için zemin anakaya modeli Komazawa ve diğ. (2002) tarafından mikrogravite, mikrotremör H/V ve Modified Spatial Autocorrelation (SPAC) yöntemleri ile araştırılıp tanımlanmıştır. Adapazarı Ovası zeminleri için saptanan T_0 periyot değerleri 5 sn. değerlerine kadar ulaştırırken zemin kalınlığı da $300\text{-}600\text{m}$. arasında saptanmıştır (ekil 2). Ayrıca bu çalışmada zemin ana kaya modeli tanımlanırken ana kaya seviyesi (ova zemin tabanı olarak) S dalga hızının 3000 m/sn . değerine ulaştığı sismik anakaya sınırı kullanılmıştır (Tablo 1).



ekil 1. Zemin-Mühendislik Ana Kayası-Sismik Ana Kaya Tanımları



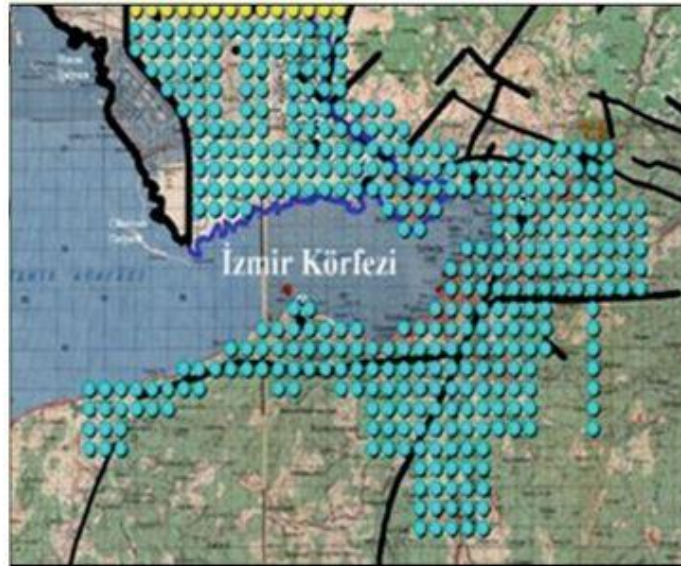
ekil 2. Adapazarı Ovası için Pik Periyot ile Zemin Kalınlığı Arasındaki İlişki

Tablo 1. Adapazarı Ovası için Tanımlanan Zemin Anakaya Modeli (Komazawa ve di. (2002))

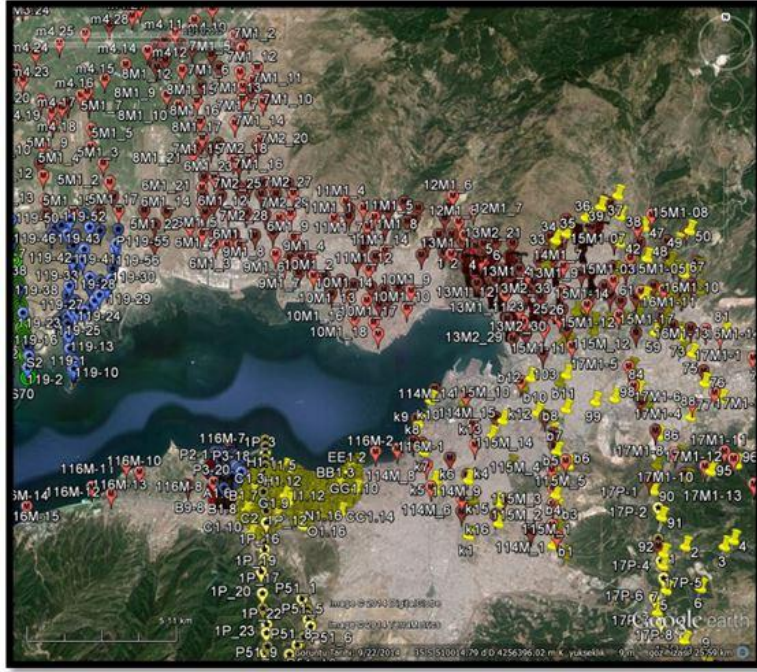
Tabaka Sayısı	$V_p(m/s)$	$V_s(m/s)$	Yoğunluk (kg/m^3)	Kalınlık (m)		
N Dizilim	1	1500	200	1700	65	Anakaya Derinliği 405 m.
	2	1800	500	1800	90	
	3	2500	1000	2000	250	
	4	5400	3500	2500	-	
S Dizilim	1	1500	500	1800	150	Anakaya Derinliği 600 m.
	2	2500	1000	2000	450	
	3	5400	3500	2500	-	

3. KÖRFEZ ÇEVRESİNDE YAPILAN ÇALIŞILAR

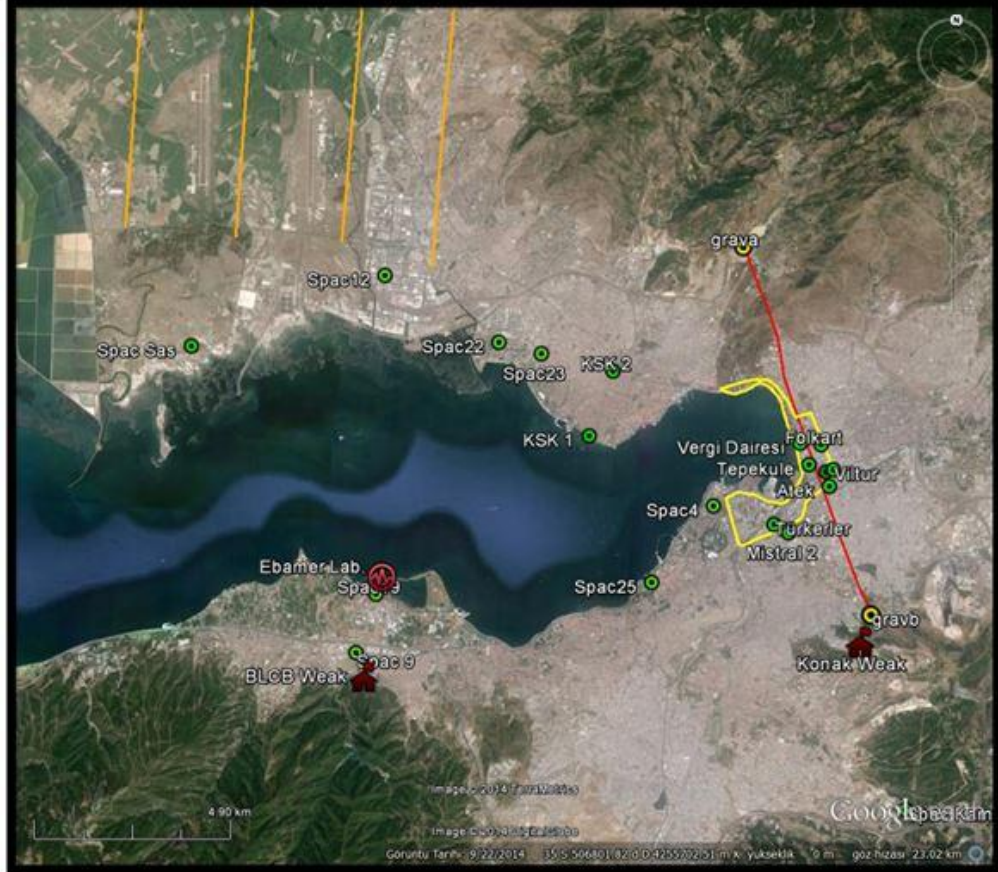
Körfez çevresinde 106G159 nolu TUB TAK KAMAG projesi kapsamında Çok Kanallı Yüzeysel Dalgaları Analizi (MASW), Mikrogravite, Tek istasyon Mikrotremör yöntemleri ile ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmaların sonuçlarına göre körfez çevresi zeminlerinin 30 m. den daha kalın ve T_0 pik periyot değerlerinin de 1 sn. den çok daha büyük olduğu (maksimum 5-7sn) saptanmıştır. Proje bitiminden sonra devam eden çalışmalar kapsamında araştırma derinliğini arttırmak için SPAC çalışmaları da yapılmıştır (ekil 5.) Bu çalışmalar sonucunda zemin kalınlığı S dalgası hız değerlerine göre tanımlanmıştır (Akgün ve di. 2013a ve 2013b, Özdağ ve di. 2015).



ekil 3. TUB TAK Projesi kapsamında yapılan MASW ve Mikrotremör tek istasyon ölçüm noktaları.



ekil 4. zmir Körfezi çevresinde yapılan Mikrogravite yöntemine ait çalı ma noktaları

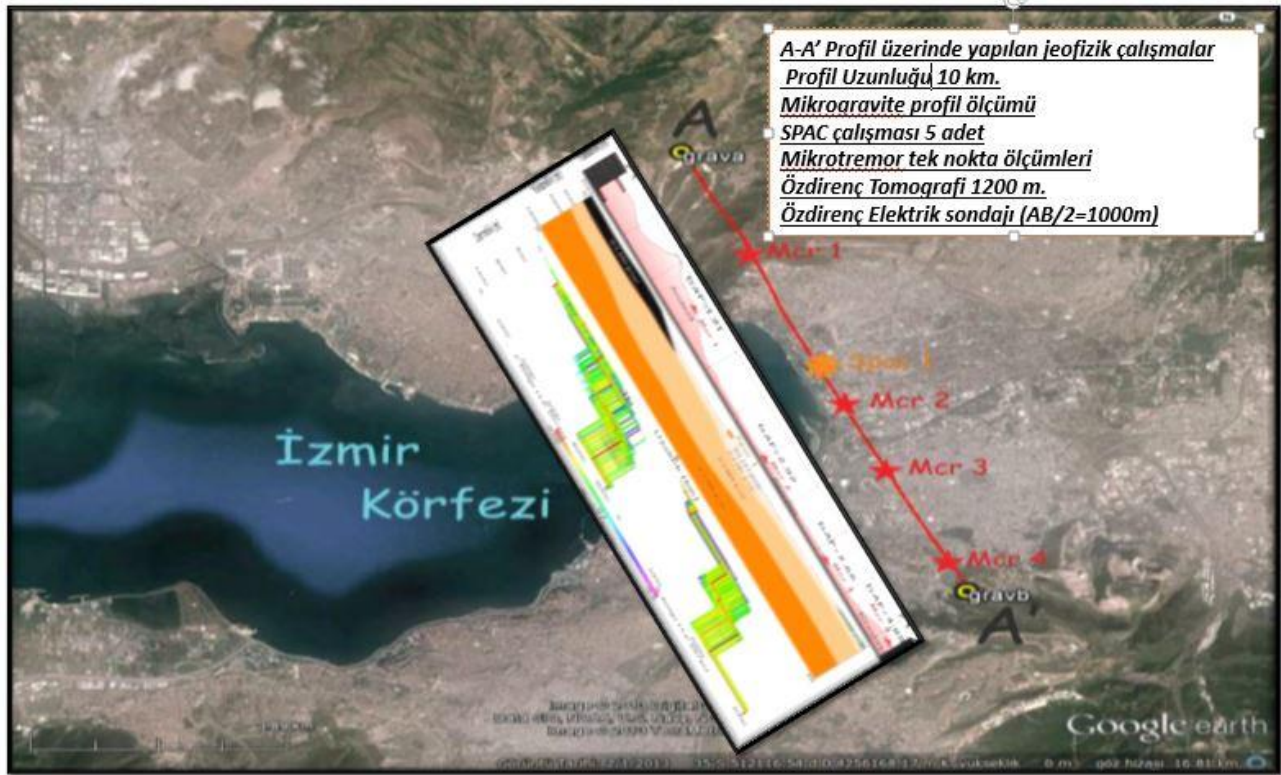


ekil 5. zmir Körfezi çevresinde yapılan SPAC noktaları

106G159 Nolu TUB TAK projesinden elde edilen sonuçlar dikkate alınarak ara tırma derinliği artırılmış ve yapılan çalışmalar sonucunda, körfezin doğusunda KB-GD yönlü 10 km. uzunluklu bir profil üzerinde 2D zemin anakaya modeli oluşturulmuştur. Modeli tanımlarken, MASW, Düşey Elektrik Sondaj (AB/2=1000 m), Özdirenç Tomografi, Mikrogravite, Tek stasyon Mikrotremor, SPAC çalışmaları sonuçları ile ortalama 250m. derinlikli zemin sondajları ve 100m. derinlikli Down-Hole kuyu içi sismik çalışmalar sonuçları birlikte değerlendirilip yorumlanmıştır (ekil 6 ve 7).

Bu modele göre, körfez çevresi zeminlerinin mühendislik anakayasası birimi jeolojik olarak Bornova Karma 1 birimidir. Zemin kalınlığı 150-300m. derinlikleri arasında değişmektedir. Olasılıkla, sismik anakayasası sınırı da 1000-1200m. derinlikte beklenmektedir. Mühendislik anakayasası içinde, yoğunluk ve S dalga hızları birbirine göre çok farklı olduğu için sismik empedans değişimi yaratacak iki ortam saptanmıştır. Sismik hızlar ve yoğunluk değerleri dikkate alındığında, sismik empedans oranları 1000-1200 m. derinlikten itibaren balamaktadır. Bunun anlamı, deprem dalgalarının genlik ve frekans içeriği 1000-1200 m. derinlikten itibaren yoğunluk ve sismik hızları farklı olan tabaka sınırlarında değişime uğramaya başlayacaktır (ekil 7).

Zemin içinde çakıl oranı oldukça yüksek olan ve kalınlığı 20-40m. arasında değişen yüksek S dalga hızlı (400-500 m/sn) bir katman yer almaktadır. Ancak bu tabakanın altında S dalgası hızları tekrar 250m/s. değerine düşmektedir (ekil 7). Körfez çevresinde bu çakıllı birim hem çeşitli derinliklerde ve kalınlıklarda hem de yüksek SPT (>50) değerleri ile karşımıza çıktığı için çoğu zaman mühendislik anakayasası birimi olarak kabul edilerek zemin dinamik analizi çalışmaları yapılmıştır.



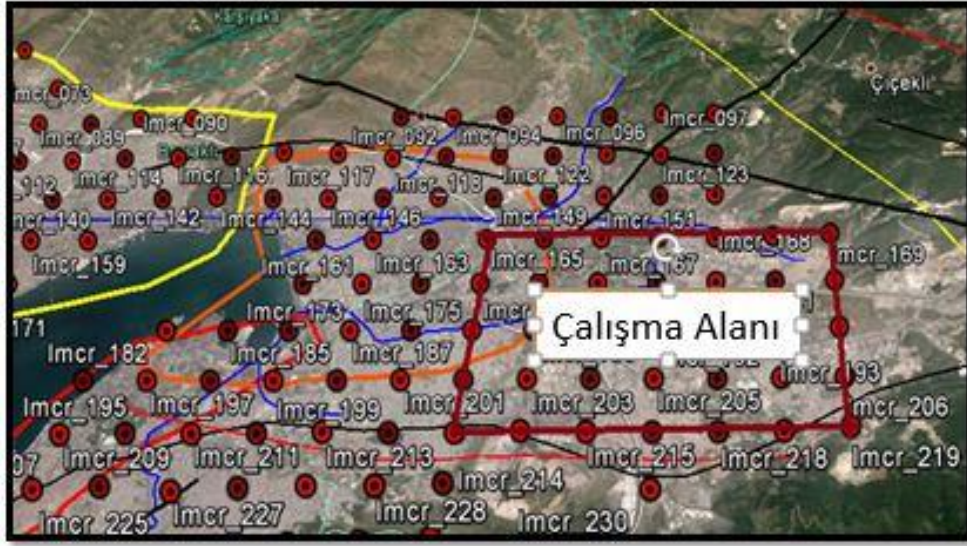
ekil 6. İzmir Körfezi doğusuna ait A-A' profili için tanımlanan 2D zemin anakaya modeli.



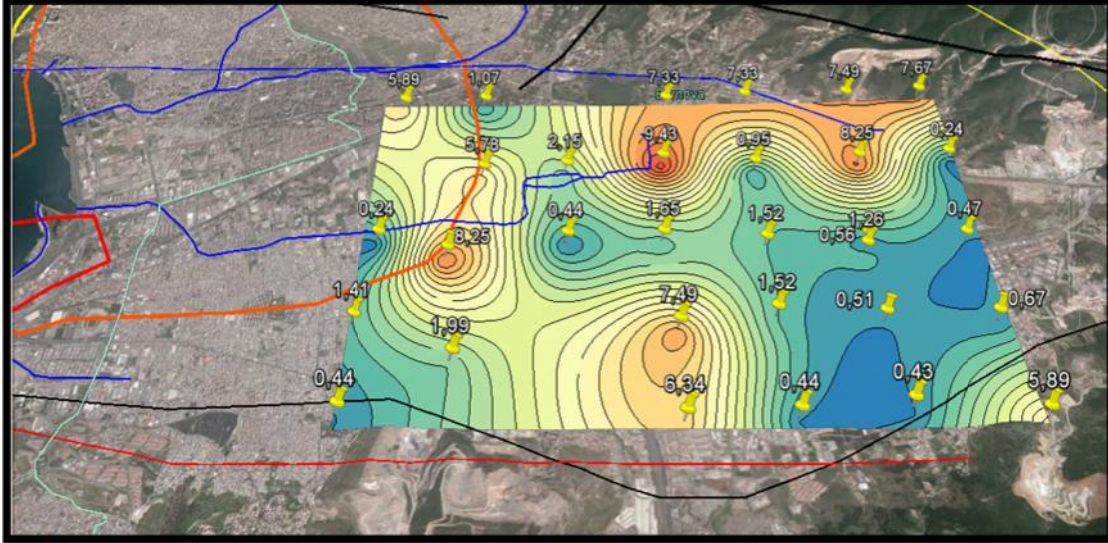
ekil 7. zmir Körfezi çevresi için genelleştirilmiş 1D zemin-ankaya modeli

Bornova ovasında 106G159 nolu TUB TAK Projesi kapsamında MASW ve tek nokta Mikrotremor ölçümleri yapılmıştır (ekil 8). Mikrotremor ölçümlerinden Nakamura (1989 ve 2008) yaklaşımları temel alınarak Quasi Transfer Spektrumları (QTS) elde edilmiştir. Bu spektrumların maksimum genlikleri için tanımlanan periyot değerleri haritalanarak pik periyot (T_0) dağılım haritası oluşturulmuştur (ekil 9). Bu değerlere göre T_0 değerleri bazı alanlarda 6–7s. değerlerine ulaşmaktadır. Bu alanlarda depremin zemin yüzeyindeki etkisi deplasmana (yer değiştirme) duyarlı olacaktır.

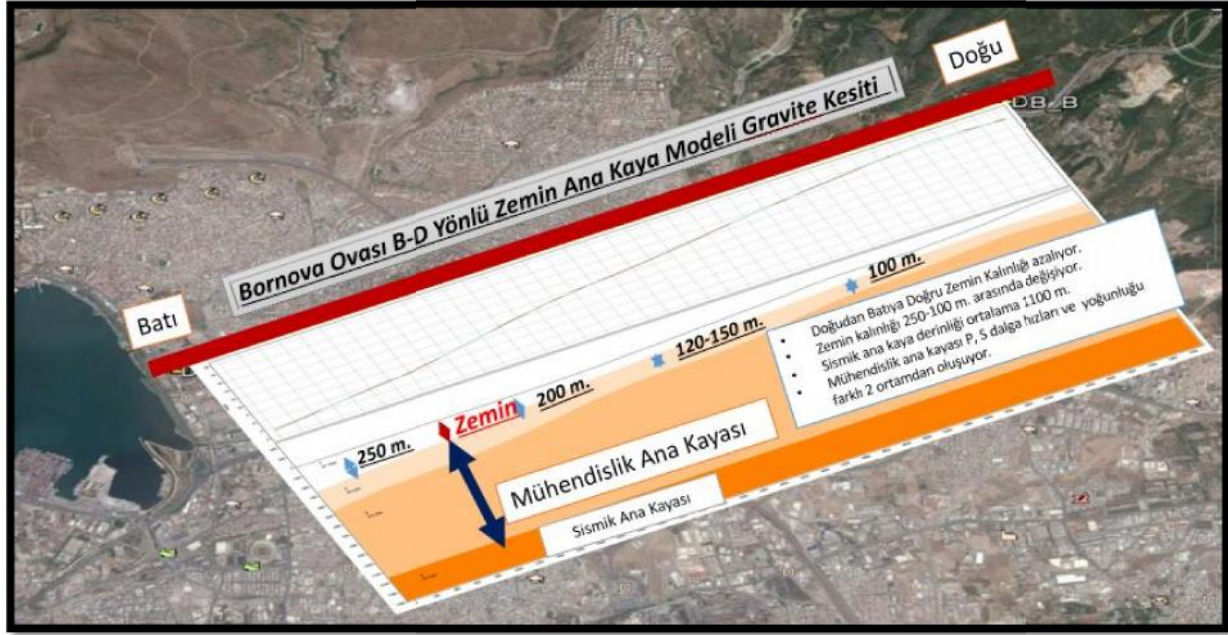
Körfez çevresi için tanımlanan zemin ankaya modelleri dikkate alınarak Bornova Ovasını B-D yönde kesen ve uzunluğu 7.5km. olan bir profile rejyonel amaçlı zemin ankaya modeli tanımlanmıştır (ekil 10). Bu modele göre deprem dalgalarının genlik frekans değerlerinin sismik ankayası sınırından itibaren etkilenmesi beklenmelidir. Mühendislik ankayası olarak tanımlanan Bornova Karma 1 biriminin özellikleri yanal ve dikey yönde çok ani değişimlere için rejyonel amaçlı elde edilen bu kesit kullanılırken dikkatli olunması gerekir. Yapılacak noktada 1D zemin ankaya modelinin tanımlanması gerekir.



ekil 8. Bornova Ovası MASW ve Mikrotremor çalışma noktaları ((Siyah, kırmızı ve turuncu çizgiler fayları, mavi çizgiler ise dere yataklarını tanımlamaktadır)



ekil 9. Bornova Ovası pik periyot (T_0) dağılım haritası (Siyah, kırmızı ve turuncu çizgiler fayları, mavi çizgiler ise dere yataklarını tanımlamaktadır)



ekil 10. Bornova Ovasını B-D yönlü kesen profil üzerinde tanımlanan zemin ana kaya modeli.

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İzmir Körfezi çevresinde hem zemin ana kaya modelini tanımlamak hem de zemin içindeki sismik hız ve yoğunluk değerleri saptamak için Mikrogravite, Tek stasyon Mikrotremor, SPAC, MASW, Düşey Elektrik Sondajı, Öz direnç Tomografi, Down-Hole kuyu içi sismik ölçümleri ile ve zemin sondajları yapılmıştır. Verilerin ortak değerlendirilmesi ve yorumlanması sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- İzmir Körfezi çevresi genelinde S dalgası hızı ve yoğunluk değerlerine göre zemin mühendislik ana kayası ve sismik ana kayası modelleri hazırlanmıştır.
- Zeminlerin ortalama kalınlığı 30 m. den fazladır. S dalgası hızı değerleri 150-300 m/s. arasında değişmektedir. Zemin kalınlığı 150-300m. değerleri arasında değişmektedir. Bu özelliklerine göre zemin sınıfı Eurocode 8 yönetmeliğine göre genelde S1, S2 olup zemin tepki spektrum hesapları için özel tasarım yapılması gerekir.
- Bornova Ovası genelinde zemine ait Pik periyot değerleri ortalama olarak 1,5 ve 2 sn. den daha büyüktür. Bu periyot değerleri, Z4 zemin sınıfında tanımlanan maksimum 0,9 sn. periyot değerinden daha büyük olduğu için Z4 zemin sınıfına göre yapılan tasarım spektrumları yetersiz kalacaktır. Bunun anlamı yapılar üzerinde deprem ivmesi yerine hız ve yer değiştirmeye bağlı olarak olası genlik büyütme etkileri baskın olacaktır.
- Bornova Ovasını B-D yönde kesen profil boyunca tanımlanan bölgesel zemin ana kaya modeline göre zemin kalınlığı doğuya doğru azalarak 100m. değerine kadar inmektedir.
- Zemin içinde çakıl oranı oldukça yüksek olan ve kalınlığı 20-40m. arasında değişebilen yüksek S dalgası hızlı (400-500 m/sn) bir katman yer almaktadır. Ancak bu tabakanın altında S dalgası hızı değerleri tekrar 250m/s. değerine düşmektedir. Körfez çevresinde bu çakıllı birim hem çeşitli derinliklerde ve kalınlıklarda hem de

yüksek SPT (>50) değerleri ile karışımına çıktı için çoğu zaman mühendislik anakayasası birimi olarak kabul edilerek zemin dinamik analizi çalışmaları yapılmıştır.

•Körfez çevresi zeminlerinin mühendislik anakayasası birimi jeolojik olarak Bornova Karmaşıklı birimidir. Olasılıkla, sismik anakayasası sınırı da 1000-1200m. derinlikte beklenmektedir. Mühendislik anakayasası içinde, yer yerli ve S dalga hız değerleri birbirine göre çok farklı olduğu için sismik empedans değeri imi yaratacak iki ortam saptanmıştır. Sismik empedans oran değerleri de ortalama 1000-1200 m. derinlikten itibaren olmaktadır. Ayrıca bu derinlikten itibaren zemin yüzeyine doğru ilerledikçe ortamda jeotermal kaynak özellikleri de gözlenmektedir.

•Buna göre deprem dalgalarının genlik ve frekans içeriği 1000-1200 m. derinlikten itibaren tabaka sınırlarında değeri u ramaktadır. Bunun anlamı deprem başlı olarak oluşan E(t) enerjisi bu derinlikten itibaren parametrelerini de i tirmeye başlar (Genlik ve tanecik hız değerleri).

5. KAYNAKLAR

Akgün, M. Gönenç, T. Pamukçu, Özyalın, ., Özda , Ö.C., (2013a). Mühendislik Ana Kayasının Belirlenmesine Yönelik Jeofizik Yöntemlerin Bütünle ik Yorumu: zmir Yeni Kent Merkezi Uygulamaları, Jeofizik Dergisi, 1304-12.

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

Özda , Ö.C., Akgün, M., Pamukçu, O., Utku, M., Gönenç, T., Özyalın, ., Akdemir, Ö., (2013). Relationship Between Dynamic Amplification Factor, Peak Period and Soil Characteristics:"The Case Study in zmir Metropolitan Area ", The 20TH International Geophysical Congress& Exhibition of Turkey

Özda , Ö.C., Gönenç, T. Akgün, M. (2015). Dynamic amplification factor concept of soil layers: a case study in zmir (Western Anatolia). Arabian Journal of Geoscience-SCI Expanded.

Komazawa, M., Morikawa, H., Nakamura, K., Akamatsu, J., Nishimura, 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 ve 108Y2