



THE 20<sup>TH</sup> INTERNATIONAL GEOPHYSICAL  
CONGRESS & EXHIBITION OF TURKEY  
25-27 November 2013 ▪ Rixos Lares Hotel, Antalya

## Bayraklı (İzmir) Derin Alüvyonal Zeminlerin Dinamik Koşullar Altındaki Davranışlarının Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Modellemesi

### Bayraklı (İzmir) Deep Alluvial Soils Using Finite Element Analysis of Dynamic Modeling Under Conditions

Ahmet Turan Arslan<sup>1</sup>, Mustafa Akgün<sup>2</sup>, Tolga Gönenç<sup>3</sup>, Özkan Cevdet Özdağ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>DEÜ Mühendislik Fakültesi Jeofizik Müh. Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir, ahmet.arslan@deu.edu.tr

<sup>2</sup>mustafa.akgun@deu.edu.tr

<sup>3</sup>tolga.gonenc@deu.edu.tr

<sup>4</sup>cevdetozdag@gmail.com

**Özet:** Depremlerin yapılarda yol açtığı hasarların yerel zemin koşullarının değişik etkileri altında kaldığı bilinmektedir. Bu etkiler genel olarak yapılara depremler sırasında etkiyen atalet kuvvetleri ve yapı temel zemininde depremler sırasında oluşan sıvılaşma, taşıma gücü kaybı ve aşırı yer değiştirmeler nedeni ile oluşabilecek olumsuzluklardır. Bu nedenle yapıların inşasından önce arazideki temel zeminini oluşturan tabakaların olası bir deprem sırasında göstereceği davranışında incelenmesi gerekmektedir (Tohumcu v.d., 2003). Bu çalışmada, İzmir ili Bayraklı körfezinde yer alan alüvyonal zemininde, deprem sırasında oluşan gerilme ve deformasyonlar, buna bağlı olarak gelişen yatay ve düşey yöndeki yer değiştirmeler bilgisayar destekli sayısal çözümleme yöntemleri kullanılarak dinamik koşullarda analizleri yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sonlu elemanlar, Makaslama deformasyonu, Yer değiştirme, Sismik hız,

**Abstract:** Depremlerin yapılarda yol açtığı hasarların yerel zemin koşullarının değişik etkileri altında kaldığı bilinmektedir. Bu etkiler genel olarak yapılara depremler sırasında etkiyen atalet kuvvetleri ve yapı temel zemininde depremler sırasında oluşan sıvılaşma, taşıma gücü kaybı ve aşırı yer değiştirmeler nedeni ile oluşabilecek olumsuzluklardır. Bu nedenle yapıların inşasından önce arazideki temel zeminini oluşturan tabakaların olası bir deprem sırasında göstereceği davranışında incelenmesi gerekmektedir (Tohumcu v.d., 2003). Bu çalışmada, İzmir ili Bayraklı körfezinde yer alan alüvyonal zemininde, deprem sırasında oluşan gerilme ve deformasyonlar, buna bağlı olarak gelişen yatay ve düşey yöndeki yer değiştirmeler bilgisayar destekli sayısal çözümleme yöntemleri kullanılarak dinamik koşullarda analizleri yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

**Keywords:** Sonlu elemanlar, Makaslama deformasyonu, Yer değiştirme, Sismik hız,

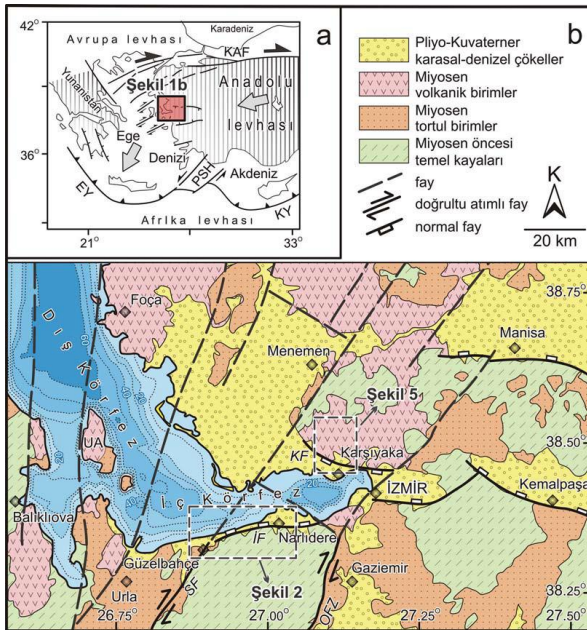
## GİRİŞ

Zeminlerin dinamik ve statik yüklemeler altında diğer inşaat 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 değerlendirilmesi veya yerleşim bölgelerinin depremden nasıl etkileneceğinin tanımlanması ve değerlendirilmesi için bu bölgelere ait jeolojik tanımlamanın yapılması ve yerel zemin koşullarının ayrıntılı bir şekilde etüd edilmesi gerekmektedir. Yerleşime uygunluk açısından değerlendirilecek bir bölgedeki yerel zemin koşullarının incelenmesindeki amaç belirli büyüklük, süre ve frekans içeriğine sahip deprem etkilerine karşı yerel zeminin göstereceği 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 oluşan yapısal hasar üzerinde oldukça önemli etkileri olduğu yakın zamanlarda meydana gelmiş şiddetli depremlerde yapılan aletsel ölçümlerle ve gözlenen yapısal hasarlarla belirlenmiştir (Tohumcu v.d., 2003).

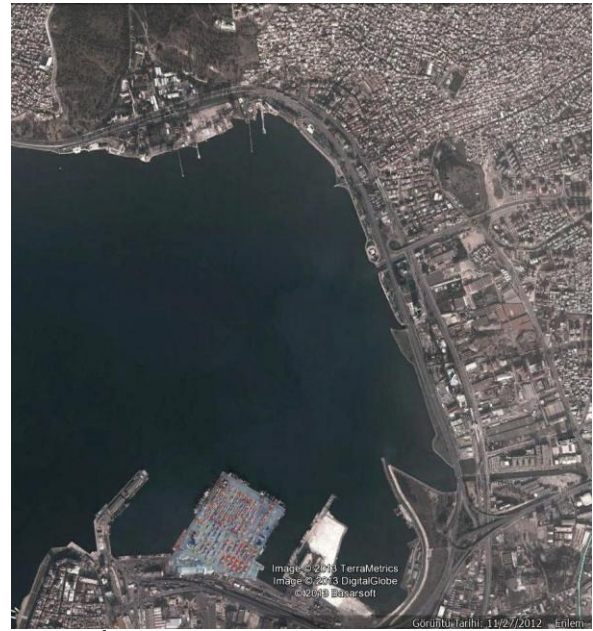


## İZMİR KÖRFEZİ

Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin batısında yer alan İzmir Körfezi sıg sismik kesitlerden elde edilen verilere göre iç ve dış körfez şeklinde iki morfolojik çukurluk olarak tanımlanır (Aksu vd., 1983, 1987, 1990). Çalışmacılara göre İzmir Körfezi, Yamanlar ve Seferihisar yükseltisi ile sınırlı olan yaklaşık 60 km uzunluğundaki D-B uzanımlı iç körfez ve kuzeydoğuda Foça-Menemen, güneybatıda Karaburun yükseltisi ile sınırlı olan yaklaşık 90 km uzunluğundaki KB-GD uzanımlı dış körfezden oluşur (Sözbilir vd., 2008) (Şekil 1). Bölgedeki güncel morfolojiyi denetleyen ana yapısal hatlar, ilk kez Kaya (1979, 1981, 1982) tarafından K-G /KDGB normal ve oblik faylar ile bu fay blokları arasındaki D-B uzanımlı normal faylar olarak tanımlanmıştır. MTA'nın 2002 yılında hazırladığı 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası incelendiğinde İzmir Körfezi ve çevresinde birçok doğrultuda yapısal süreksizlikler mevcuttur. Bu süreksizliklerin bir kısmı daha sonra Emre vd. (2005) tarafından yayınlanan MTA raporu ile daha detaylı tanımlanarak aktiviteleri tartışılmıştır Ocakoğlu vd. (2004, 2005 ve 2006). İzmir Körfezi ve körfezi çevreleyen deniz alanından saptadıkları 975 m uzunluğundaki tek ve çok kanallı sismik yansıma verilerini bölgenin batimetri, topoğrafya ve sismisite verileri ile ilişkilendirerek bölgedeki su altı faylarını yorumlamıştır. Çalışmacılar elde ettikleri sismik profillerde K-G' den KD-GB' ye değişen doğrultulara ters bileşenli doğrultu atımlı faylar ve D-B uzanımlı normal faylar tanımlamıştır. Çalışmacılara göre Körfezin KB-GD gidişli dış körfez kısmı Karaburun ters fayı ile sınırlanırken, D-B uzanan iç körfez kısmını güneyde İzmir normal fayı sınırlar (Sözbilir v.d., 2008).



Şekil 1. İzmir Körfezi ve çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (Kaya, 1979; MTA, 2002). Körfez içindeki noktalı çizgiler körfezin batimetri değerlerini göstermektedir (Sayın vd., 2006; Sözbilir v.d., 2008).



Şekil 2. İnceleme alanı uydu fotoğrafı

## JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

İnceleme alanının dinamik özelliklerini ortaya koymak amacı ile yapılan sismik kırılma çalışmaları sonucunda  $V_{P1}$ :260–430 m/sn;  $V_{S1}$ :150–250 m/sn hız değerlerine sahip, tabaka kalınlığı 45 – 150 m aralığında değişen 1. tabaka;  $V_{P2}$ :690–865 m/sn;  $V_{S2}$ :400–500 m/sn hız değerlerine sahip, tabaka kalınlığı 14 – 37 m aralığında değişen 2. tabaka;  $V_{P3}$ :430–520 m/sn;  $V_{S3}$ :250–300 m/sn hız değerlerine sahip, tabaka kalınlığı 75 – 370 m aralığında değişen 3. tabaka;  $V_{P4}$ :865–1040 m/sn;  $V_{S4}$ :500–600 m/sn hız değerlerine sahip, tabaka kalınlığı 60 – 90 m aralığında değişen 4. tabaka;  $V_{P5}$ :1385–1730 m/sn;  $V_{S5}$ :800–1000 m/sn hız değerlerine sahip, 5. tabaka;  $V_{P6}$ :2080–2250 m/sn;  $V_{S6}$ :1200–1300 m/sn



**THE 20<sup>TH</sup> INTERNATIONAL GEOPHYSICAL  
CONGRESS & EXHIBITION OF TURKEY**  
25-27 November 2013 ▪ Rixos Lares Hotel, Antalya

hız değerlerine sahip, 6. tabaka;  $V_{P7}$ :5190–6920 m/sn;  $V_{S7}$ :3000–4000 m/sn hız değerlerine sahip, 7. tabaka tespit edilmiştir. Bu hız değerleri ve çalışma alanında daha önceden yapılan jeoteknik amaçlı sondajlar da dikkate alınarak 1., 2. ve 3. tabakalar denizel kökenli alüvyonal zemin tabakaları, 4. tabaka volkanitlerden oluşan birim, 5. ve 6. tabakalar içerisinde tektaş konumlu kireçtaşları içeren kumtaşı şeyl ardalımalı fildişten oluşan Bornova karmaşığı, 7. tabaka ise şistler ve kristalize kireçtaşlarından oluşan Menderes masifi olarak değerlendirilmiştir. Sismik hızların ampirik bağıntılarda kullanılması ile bulunan dinamik zemin parametreleri Tablo 1. de sunulmuştur.

NEHRP	$V_S$ (m/sn)		$V_P$ (m/sn)		E (MPa)		G (MPa)		$\nu$	C (MPa)	$\phi$ (°)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	
	min	max	min	Max	min	max	min	max				min	max
E	150	250	260	430	86	272	35	109		0.025	30	1.54	1.74
C	400	500	690	865	782	1300	315	520		0.15	35	1.97	2.08
D	250	300	430	520	270	412	109	165		0.10	35	1.74	1.83
C	500	600	865	1040	1290	1953	520	782	0.25	0.17	35	2.08	2.17
B	800	1000	1385	1730	3714	6175	1498	2470		4	36	2.34	2.47
B	1200	1300	2080	2250	9249	11154	3730	4462		8	36	2.59	2.64
A	3000	4000	5190	6920	72540	140000	29250	56000		15	40	3.25	3.50

İnceleme alanındaki zeminlerin Türkiye Deprem Yönetmeliği'ne göre sınıflandırılması

Zemin Grubu	Yerel Zemin Sınıfı	Etkin Yer İvmesi Katsayısı ( $A_0$ )	Spektrum Karakteristik Peryotları	
			$T_A$ (sn)	$T_B$ (sn)
D	$Z_4$	0.40	0.20	0.90
C				
C				
C	$Z_2$	0.40	0.15	0.40
B				
A	$Z_1$	0.30	0.10	0.30
A				

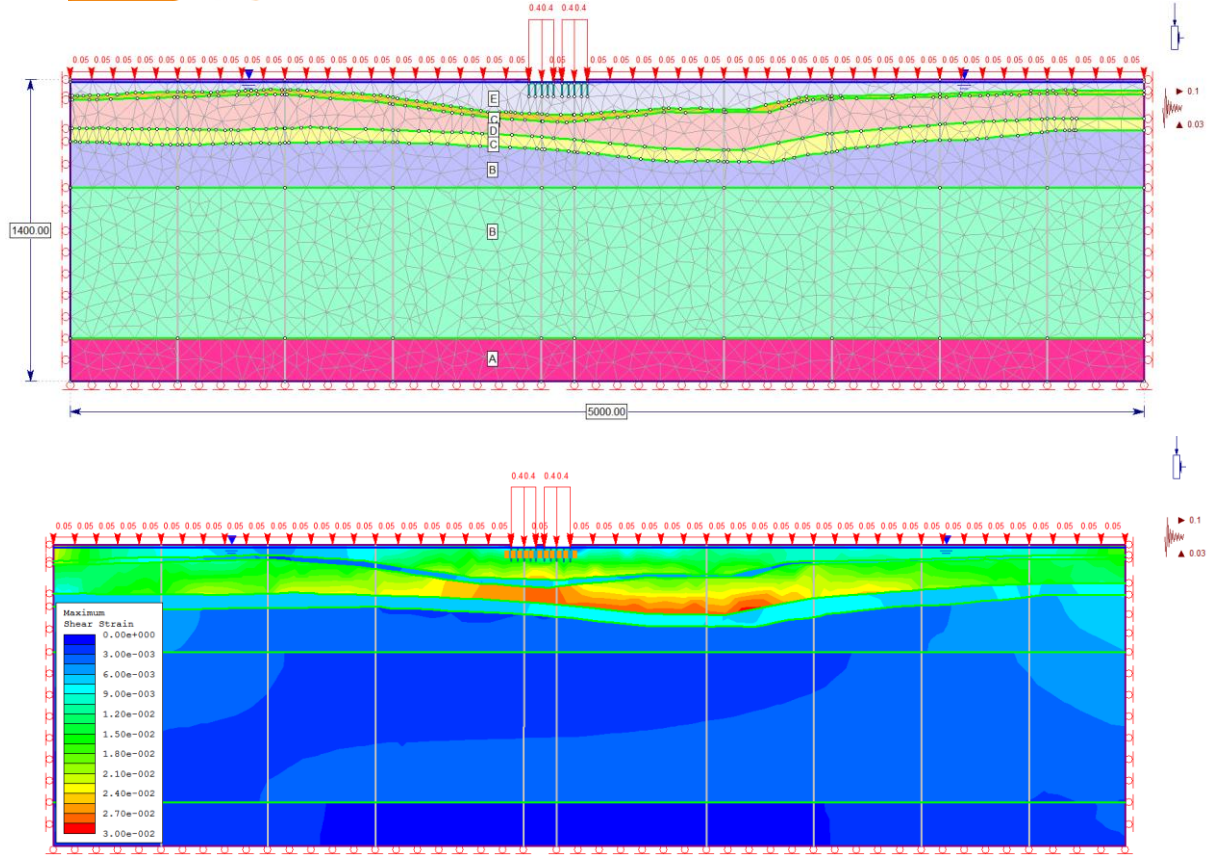
## MODELLEME ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada, İzmir ili Bayraklı körfezinde yer alan alüvyonal zemininde, deprem sırasında oluşan gerilme ve deformasyonlar, buna bağlı olarak gelişen yatay ve düşey yöndeki yer değiştirmeler bilgisayar destekli sayısal çözümlerle yöntemleri kullanılarak dinamik koşullarda analizleri yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Yapılan analizlerde Phase<sup>2</sup> (V:8.015) programı kullanılmıştır. Phase<sup>2</sup> programı, kaya ve zemin yeraltı açıklıkları (galeri, tünel vb.) veya yer üstü kazılarının (şev, temel vb.) gerilme, deformasyon ve duraylılık çözümlerinde kullanılan iki boyutlu sonlu elemanlar programıdır. Nümerik analizlerde kullanılan model, sismik kırılma çalışmaları sonuçlarına göre 7 tabaka şeklinde oluşturulmuş ve sağdan sola ve soldan sağa 0,1g, 0,15 g, 0,20 g, 0,25 g, 0,30 g, 0,35 g, 0,40 g, 0,45 g, 0,50 g yatay sismik yük; 0,03 g, 0,045 g, 0,06 g, 0,075 g, 0,09 g, 0,105 g, 0,12 g, 0,135 g, 0,15 g düşey sismik yükler altında 18 ayrı model üzerinde incelenmiştir. Yapılan bu modelleme çalışmaları bir olasılık değerlendirmesidir ve öngörü niteliği taşımaktadır. Analiz sonuçlarına göre yapılan değerlendirmelerde, özellikle gerilme dağılımları, toplam yer değiştirmeler ve maksimum maksaslama deformasyonları üzerinde durulmuştur.



# THE 20<sup>TH</sup> INTERNATIONAL GEOPHYSICAL CONGRESS & EXHIBITION OF TURKEY

25-27 November 2013 ▪ Rixos Lares Hotel, Antalya



## KAYNAKLAR

- Aksu, A.E. ve Piper, D.J.W., 1983, Progradation of the Late Quaternary Gediz Delta, Turkey. *Marine Geology*, 54, 1-25.
- Aksu, A.E., Konuk, T., Ulu, A., Duman, M. ve Piper, D.J.W., 1990, Quaternary tectonic and sedimentary history of eastern Aegean Sea shelf area. *Jeofizik*, 4, 3-36.
- Aksu, A.E., Piper, D.J.W. ve Konuk, T., 1987, Quaternary growth patterns of Büyük Menderes and Küçük Menderes deltas, western Turkey. *Sedimentary Geology*, 52, 227-250.
- Emre, Ö., Özalp, S., Doğan, A., Özaksoy, V., Yıldırım, C. ve Gökaş, F., 2005, İzmir çevresinin diri fayları ve deprem potansiyelleri. MTA Rapor No:107, 80 s (yayınlanmamış).
- Kaya, O., 1979, Ortadoğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 27 (1), 1-7.
- Kaya, O., 1981, Miocene reference section for the coastal parts of West Anatolia. *Newsletters on Stratigraphy*, 10, 164-191.
- Kaya, O., 1982, Tersiyer sırt yitmesi: Doğu Ege bölgelerinin yapısı ve magmatizmi için olası bir mekanizma; Erol, O. ve Oygür, V. (ed.), *Batı Anadolu'nun genç tektoniği ve volkanizması paneli. Türkiye Jeoloji Kongresi*, 59-72.
- Ocakoğlu, N., Demirbaş E. ve Kuşçu İ., 2004, Neotectonic structures in the area offshore of Alaçatı, Doğanbey and Kuşadası (western Turkey): evidence of strike-slip faulting in the Aegean extensional province. *Tectonophysics*, 391, 67-83.
- Ocakoğlu, N., Demirbaş, E. ve Kuşçu, İ., 2005, Neotectonic structures in İzmir Gulf and surrounding regions (western Turkey): Evidences of strike-slip faulting with compression in the Aegean extensional regime. *Marine Geology*, 219, 155-171.
- Ocakoğlu, N., Demirbaş, E. ve Kuşçu, İ., 2006, İzmir Körfezi ve çevresinin aktif fayları ve depremselliği (Batı Anadolu). *Yer Bilimleri Dergisi*, 27 (1), 23-40.
- Sayın, E., Paız, İ. ve Eronat, C., 2006, Investigation of Water Masses in İzmir Bay, Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 15, 343-372.
- Sözbilir, H., Uzel, B., Sümer, Ö., İnci, U., Ersoy, E.Y., Koçer, T., Demirtaş, R., Özkaymak, Ç., 2008, D-B Uzunlulu İzmir Fayı ile KD-uzunlulu Seferihisar Fayı'nın birlikte çalıştığına dair veriler: İzmir Körfezi'ni oluşturan aktif faylarda kinematik ve paleosismolojik çalışmalar, *Batı Anadolu, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 51 (2), 91-114.
- Tezcan, S. S., Keçeli, A., Özdemir, Z., 2006, Allowable Bearing Capacity of Shallow Foundations Based on Shear Wave Velocity, *Geotechnical and Geological Engineering*, p:203-2188.