

VIII. OTURUM



DALGA YÜKLERİ ALTINDA ZEMİNLERİN ASAL EKSEN YÖNLERİNİN DÖNGÜSÜNÜN ZEMİNİN MUKAVEMET ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Selim ALTUN
Araş. Gör.
İTÜ İnş. Fak. İnş. Müh. Böl.
Maslak, İstanbul, Türkiye

ÖZET

Deprem, trafik, dalga yükü gibi tekrarlı yüklerin neden olduğu kayma gerilmelerinin zeminin fiziksel ve mühendislik özelliklerine bağlı olarak zeminlerde oldukça farklı boyutlarda deformasyonlara yol açtığı ve bundan dolayı zeminin kayma mukavemetinin azaldığı, gerilme-deformasyon özelliklerinin değiştiği bilinmektedir. Bu mukavemet kaybı, zemin türü ve özellikleri ile ele alındığında zeminlerin tekrarlı yükler altında oldukça farklı dinamik davranış ve gerilme-şekil değiştirme özellikleri gösterdikleri görülmektedir.

Asal gerilme eksenlerinin döngüsü, gerilme seviyesi ve gerilme geçmişi gibi zemin ve yükleme özelliklerin etkisi altında olan zeminlerde ortaya çıkan deformasyon yumuşaması ve beraberindeki sıvılaşma olayı geoteknik mühendisliğinin ve zemin dinamiğinin en dikkat çekici konularından birisi olmuştur. Bu çalışma kapsamında dalga yükleri altındaki deniz tabanı zeminlerinin, asal eksenlerinin döngüsü ile beraber mukavemet özelliklerindeki değişim laboratuvar koşullarında yürütülen deneyler ile belirlenmeye çalışılmıştır.

GİRİŞ

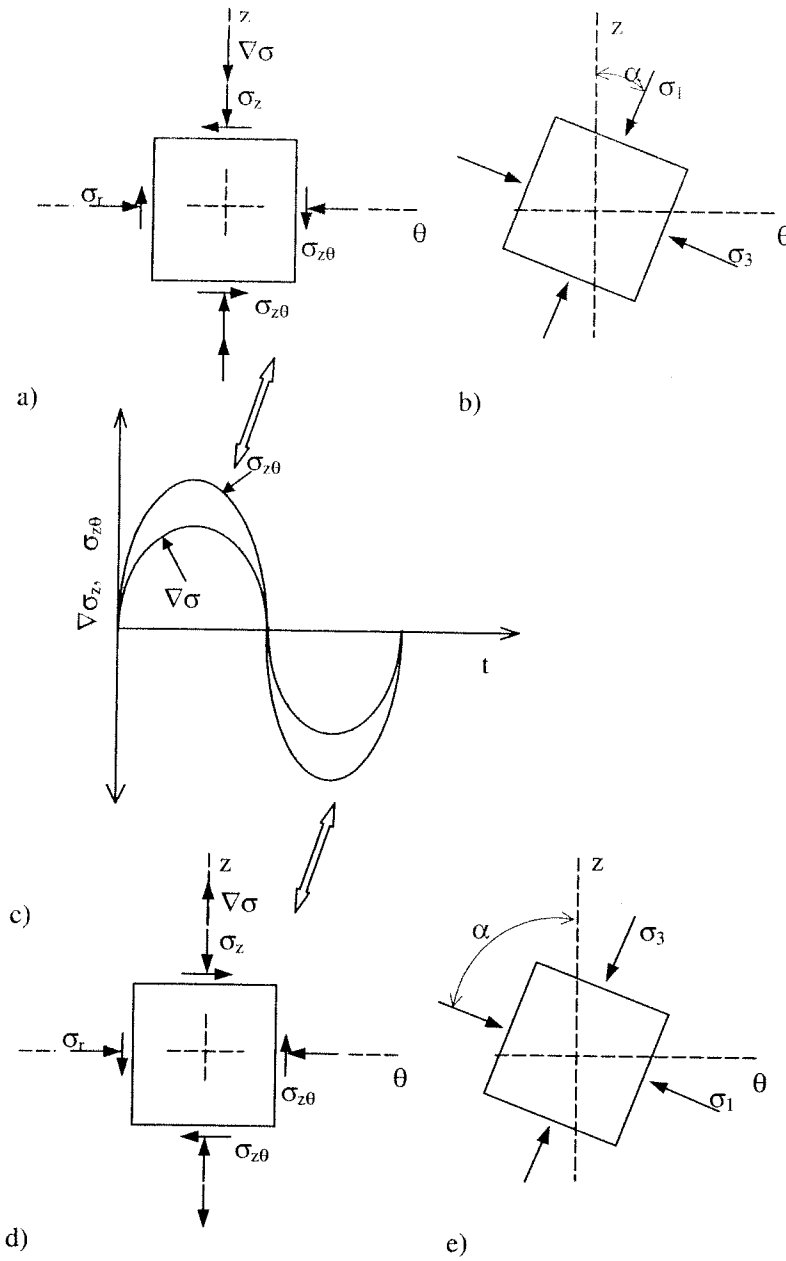
Tekrarlı yüklerin neden olduğu kayma gerilmelerinin zeminin fiziksel ve mühendislik özelliklerine bağlı olarak zeminlerde oldukça farklı boyutlarda deformasyonlara yol açtığı ve bundan dolayı zeminin kayma mukavemetinin azaldığı, gerilme-deformasyon özelliklerinin değiştiği bilinmektedir. Bu mukavemet kaybı, zemin türü ve özellikleri ile ele alındığında zeminlerin tekrarlı yükler altında oldukça farklı dinamik davranış ve gerilme-şekil değiştirme özellikleri gösterdikleri görülmektedir.

Gerek üç eksenli gerekse düzlem deformasyon deney aletleri ile yapılan deneylerde asal eksenlerdeki 90° lik sıçramalı döngü nedeniyle bu deney aletleriyle asal eksenlerin sürekli döngüsü konusunda yeterince bilgi edinmek mümkün olmamaktadır. Bu etkinin incelenmesinin mümkün olabildiği burulmalı kesme deney aleti kullanılarak asal eksenlerin döngüsünün etkileri üzerine bazı deneysel çalışmalar birçok araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir [1-6].

Son yıllarda burulmalı deney aleti kullanarak asal gerilme eksenlerinin döngüsü ile ilgili birçok deneysel çalışma laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir [7-12]. Bu çalışmalarda da yine anizotropinin ve orta asal gerilmenin asal eksen döngüsü ile beraber kum zeminlerin davranışları üzerine etkisi araştırılmıştır.

ÇALIŞMA AMACI VE YÖNTEMİ

Asal eksen yönlerinin dönmesiyle ortaya çıkan problemler son yıllarda geoteknik araştırmacılarının sıklıkla ilgisini çeken bir konu olmuştur. Çünkü birçok değişik yükleme durumuna göre ortaya çıkan asal eksen yönlerinin döngüsünün zemin özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi konusu gittikçe önem kazanmaktadır.



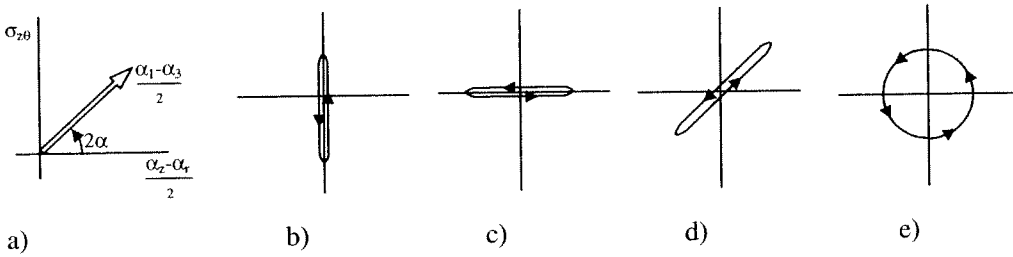
Şekil 1. Asal eksen yönlerinin yükleme ile birlikte döngüsü

Asal gerilme eksenlerinin döngüsü ile ilgili en çarpıcı örneklerden birisi deniz tabanında yer alan ve dalga yüklerine maruz kalan zeminlerin durumudur [13, 14]. Özellikle kıyı kesimine yakın deniz tabanı zeminleri sürekli olarak dalga yüklerinin etkisi altında kalmaktadır. Bu tekrarlı yüklemelere bağlı olarak taban zemininde değişik gerilme

koşulları ortaya çıkmaktadır. Dalganın tepe noktasının hemen altındaki zemin elemanında büyük asal gerilmenin yönü düşey eksen yönüyle aynı doğrultudadır. Dikkate alınan zemin elemanının doğal su seviyesi altında bulunması halinde yatay ve düşey düzlemlerde sadece kayma gerilmeleri oluşur ve büyük asal gerilmenin yönü düşeyle 45° lik bir açı yapacak şekilde döner. Dalganın çukur noktası altında kalan zemin elemanında ise küçük asal gerilmenin yönü düşey eksen doğrultusundadır. Dalgaların sürekli geçişi ile beraber gerilme durumu sürekli olarak değişmekte ve zemin elemanına etki eden asal gerilmelerin yönleri mütemadiyen dönmektedir. Yani zemin elemanın asal gerilme doğrultuları dalganın tepe noktası ile çukur noktası arasındaki gerilme koşullarındaki değişime uygun bir şekilde sürekli dönüş halindedir.

Çeşitli Yükleme Durumları İçin Asal Eksen Yönlerinin Döngüsü

Zeminlerin tekrarlı yükler altındaki gerilme-şekil değiştirme ve mukavemet özellikleri belirlenmeye çalışılırken laboratuvar koşullarında çeşitli deney aletleri ve yükleme koşulları oluşturulmaktadır. Bu koşullar, aletin yükleme özelliklerine ve araştırılması amaçlanan konunun türüne göre değişiklik göstermektedir. Özellikle tekrarlı yüklemenin uygulanma biçimi yükleme durumunun oluşumunda belirleyici olmaktadır.



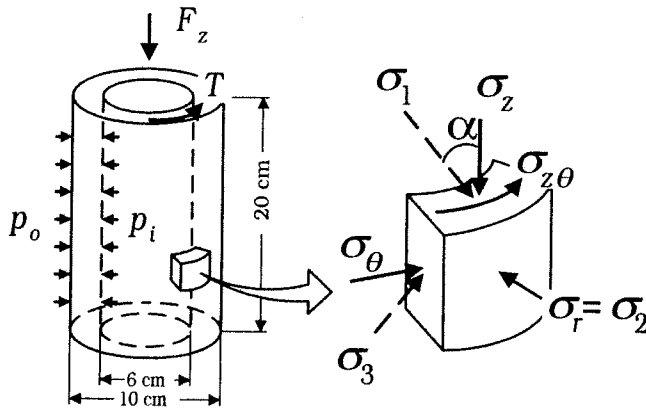
Şekil 2. Çeşitli deney tür ve koşulları için yükleme durumları

Kullanılan deney aletinde uygulanan gerilme bileşenlerinin türleri ve kontrol edilebilme şartları yükleme koşullarının oluşum şekillerini sınırlamaktadır. Bu özelliklere bağlı olarak yapılan deneylerde asal eksen yönlerinin döngüsü de belirli koşullarda gerçekleşmektedir. Şekil 2'de yatay-düşey gerilme değerleri ve tekrarlı yükleme genliğinde yapılacak değişikliklerle farklı deney aletlerinde oluşturulabilecek yükleme koşulları görülmektedir. Şekil 2b'de burulmalı deney aletinde sadece tekrarlı yükleme uygulanması halindeki deneye ait yükleme durumu gösterilmektedir. Üç eksenli deney aleti ile tekrarlı yüklemeler yapılarak gerçekleştirilen deneylere ait yükleme durumu ise Şekil 2c'de gösterilmektedir.

Şekil 2d' de gösterilen yükleme durumu ise burulmalı deney aletinde burulmalı yükleme ile beraber yatay-düşey gerilme değerlerinin $\frac{\sigma_z - \sigma_r}{2} = \sigma_{z\theta}$ ifadesine uygun bir şekilde değiştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Yine burulmalı deney aletinde gerçekleştirilen Şekil 2e'deki yükleme durumunda ise tekrarlı yükleme ve yatay-düşey gerilme değerleri ($\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \text{Sabit}$) koşulu sağlanacak şekilde değiştirilir. Tekrarlı gerilme uygulanacak zemin başlangıçta istenilen gerilme koşullarında konsolide edilir. Bu yükleme durumunda asal eksen yönlerinin sürekli döngüsü söz konusudur.

Deney Aleti, Kullanılan Malzeme Ve Deney Yöntemi

Bu çalışma kapsamında yapılan deneyler İstanbul Teknik Üniversitesi Zemin Mekanik Laboratuvarı'nda bulunan içi boş silindirik burulmalı kesme deney aletinin geliştirilmiş bir modeliyle gerçekleştirilmiştir [15]. Deney aleti diğer laboratuvar dinamik deney aletlerine göre bir çok avantaja sahiptir. Deney sistemi düşey eksenel kuvvet, F_z , burulma momenti, T , iç hücre basıncı, p_i ve dış hücre basıncı, p_o dış kuvvetlerinin otomatik olarak ölçülüp kaydedilebilmesinin yanı sıra düşey eksenel yer değiştirme, ΔH , burulma açısı, $\Delta\theta$, iç hücre hacim değişimi, ΔV_i ve numune hacim değişimi, ΔV_s 'nin belirlenmesine olanak tanımaktadır. Bu hassas ölçümler numunenin gerilme ve şekil değiştirme büyüklüklerini tam olarak ortaya koymaktadır (Şekil 3). Bu gelişmeyle beraber gerilme izlerinin belirlenmesinde daha kesin sonuçlar elde edilebilmektedir [16, 17].



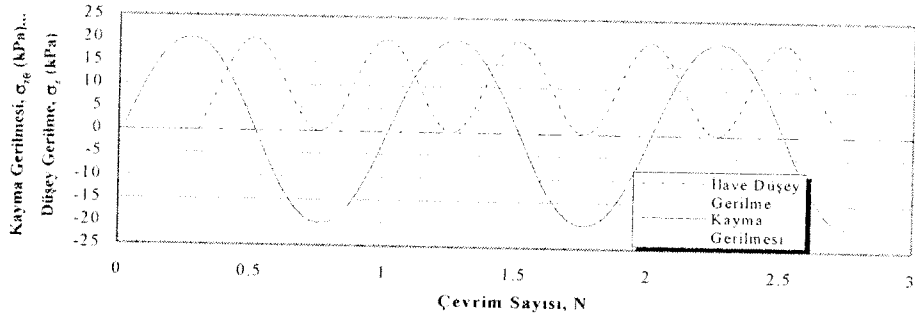
Şekil 3. İçi boş silindirik burulmalı deney aletinde gerilme bileşenleri

Yapılan deneyler izotropik şartlarda konsolide edilen %50 rölatif sıklı a sahip Japonya–Toyoura kumu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler kuru yağmurlama yöntemi ile hazırlanmış ve daha sonra suya doygun numuneler 0.02 Hz. frekansında gerilme kontrollü olarak ve drenajsız koşullarda sinüzoidal tekrarlı burulma yüklemesi uygulanarak kesilmiştir. Yürütülen deneylerde zemine uygulanan gerilmelerin ve zeminde oluşan ilave boşluk suyu basıncı ve birim şekil değiştirme değerlerinin deney süresince değişimleri belirlenebilmektedir. Böylece kum zeminin mukavemet özelliklerindeki değişimler belirlenmeye çalışılmıştır.

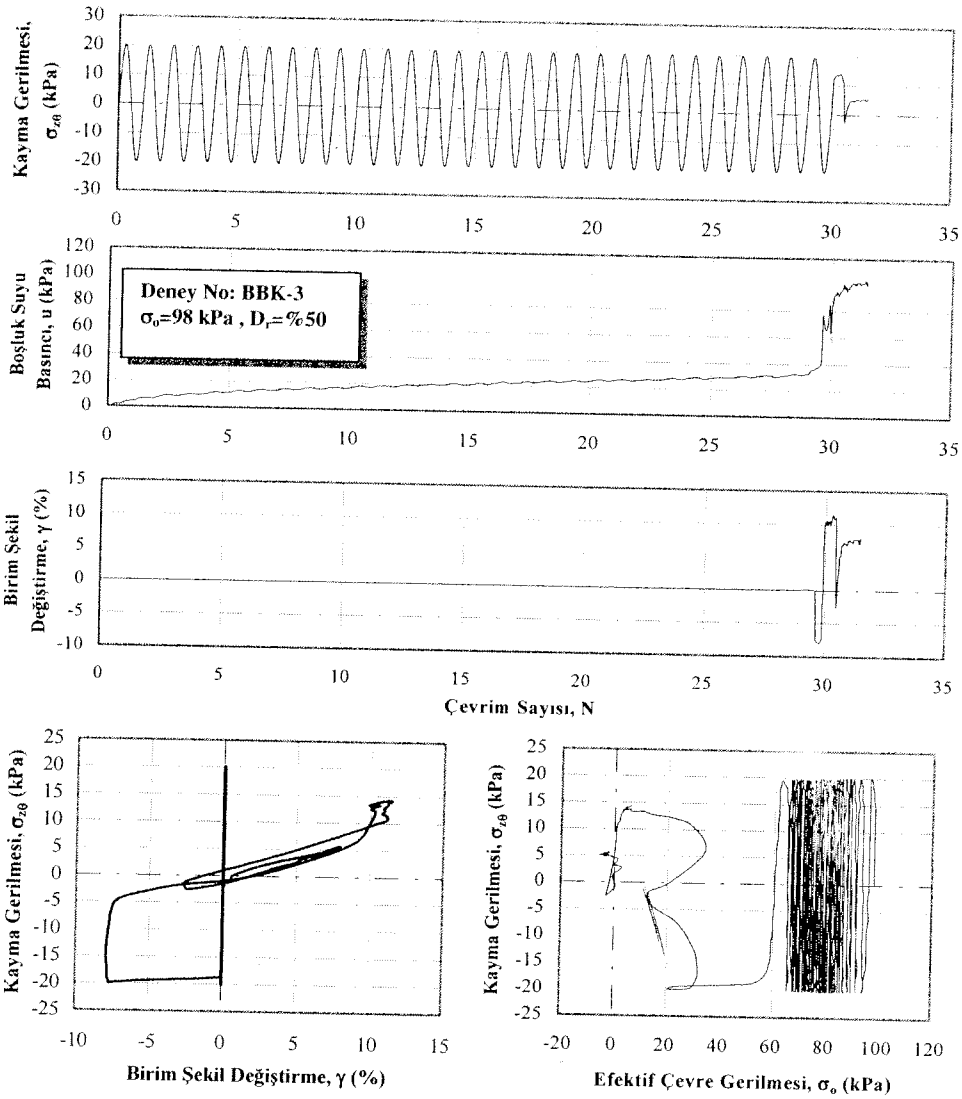
ASAL EKSEN Y NLER  DÖNGÜSÜNÜN KUMLARIN D NAMİK DAVRANIşLARINA ETK S 

 zotropik yükleme koşullarında zemin numunesine sadece burulmalı kesme gerilmesi uygulanması halinde (şekil 2b) asal gerilme eksen yönleri -45° ile $+45^\circ$ arasında sıçramalı olarak değişmektedir. Böylece her defasında asal eksen yönlerinde 90° lik ani dönüşler gerçekleşir. Yine bu çeşit bir yükleme durumunda b değeri de $p_o=p_i$ olduğu için 0.5 sabit değerini almaktadır. Suya doygun kumların drenajsız şartlarda dinamik yükler altındaki gerilme–şekil değiştirme ve mukavemet özelliklerine asal eksen döngüsünün etkisi de bu çalışma kapsamında incelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla hem izotropik gerilme koşullarına sahip kumlar üzerinde burulmalı dinamik kesme deneyleri asal gerilme eksenlerinin döngüsü ile birlikte gerçekleştirilmiştir.

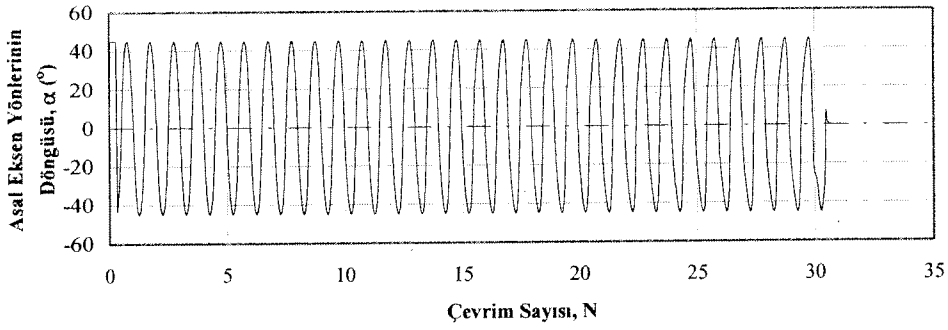
Asal eksen yönlerinin sürekli döngüsü olarak bilinen yükleme durumunda (şekil 2e) izotropik yükleme koşullarında tekrarlı burulmalı gerilmelere maruz zemin numunesine uygulanan düşey ve yatay gerilmelerde deviatör gerilmeyi $(\sigma_1-\sigma_3)$ sabit tutmak amacıyla değişiklikler yapılmaktadır. Yani her çevrimde sabit deviatör gerilme şartlarını oluşturmak için σ_z ve σ_θ gerilmeleri $\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2} = \sigma_{z\theta}$ olacak şekilde ayarlanmaktadır. Bu çalışmanın gerçekleştirildiği deney aletinde düşey yüklemenin otomatik olarak sağlandığı bir yükleme kontrol  nitesi bulunmamaktadır. Bu nedenle düşey yükleme değeri burulmalı yükleme değerine bağlı olarak senkronize bir şekilde manuel olarak değiştirilmiştir. Sonuç olarak şekil 2e'deki yükleme koşullarına benzer bir şekilde asal gerilme eksen yönlerinin sürekli döngüsünün oluşturulduğu deneysel çalışmalar bu çalışma kapsamında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. Kayma gerilmesi ile birlikte uygulanan ilave düşey gerilmenin değişimi



Şekil 5. Tekrarlı yükler altındaki kum zeminlerde asal eksen yönlerinin sürekli döngüsüne ait deney kayıtları

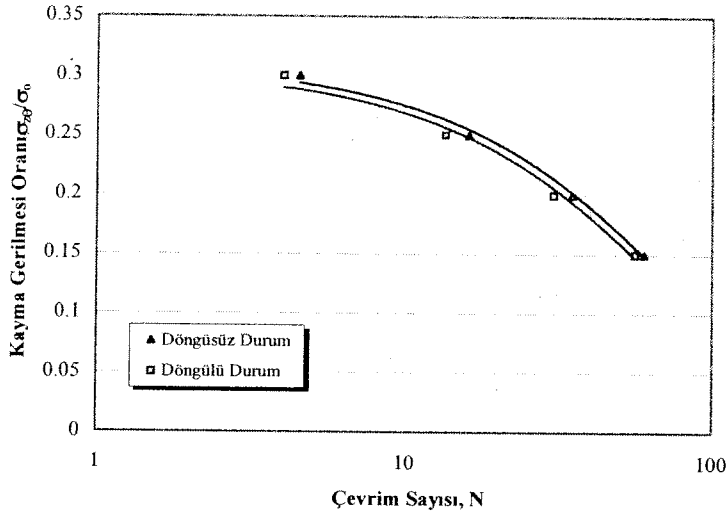


Şekil 6. Deney süresince asal eksenlerin yönlerinin döngüsü

Bu tür yükleme koşullarında Şekil 5'deki deney koşullarında gerçekleştirilen üniform burulmalı yükleme uygulamasına ilaveten her bir çevrimde düşey gerilme değeri, uygulanan burulma gerilmesi genliğine bağlı olarak belirli bir değişime tabi tutulmuştur (Şekil 4). Bu yükleme türünde asal gerilme yönlerinin sürekli olarak belirli bir sistem dahilinde döndüğü söylemek mümkündür.

Manuel bir şekilde yükleme ayarlarının çok düzgün bir şekilde yapılabilmesinin zorluğu dolayısıyla bu tür yükleme ile yapılan kısıtlı sayıda deneyde asal gerilme eksenlerinin döngüsünün zeminlerin dinamik davranışları üzerindeki etkisi araştırılmaya çalışılmıştır. Bu koşullardaki bir yükleme ile zeminde oluşturulan normal ve kayma gerilmelerinin değiştirilmesi sayesinde asal gerilme eksen yönleri -45° ile $+45^\circ$ leri arasında sürekli olarak dönmektedir. Böyle bir deneye ait gerilme-şekil değiştirme ve gerilme izlerine ait deney kayıtları Şekil 5'de verilmiştir. Bu döngünün çevrim sayısı ile birlikte değişimi Şekil 6'da gösterilmektedir.

Sonuç olarak kumlarda gerçekleştirilen bu deneylerden elde edilen sonuçlar sürekli döngünün olmadığı deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Şekil 7'de de görüldüğü gibi asal gerilme eksenlerinin sürekli döngüsü kumların sıvılaşmaya karşı direncini yaklaşık %10 civarında azaltmaktadır.



Şekil 7. Asal eksen yönlerindeki döngünün kum zeminin sıvılaşma direncine etkisi

SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında suya doymuş kum zeminlerin drenajsız koşullardaki gerilme-şekil değiştirme ve mukavemet özelliklerini belirlemek amacıyla üniform ince kumdan oluşturulan içi boş silindirik numuneler üzerinde değişik başlangıç ve deneysel koşullarda belirli bir sayıda dinamik burulmalı gerilme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Zemin ve deney özelliklerinde yapılan değişikliklerin bu davranış özelliklerini ne şekilde etkilediği araştırılmaya çalışılmıştır. Buna göre yapılan deneysel çalışmaların sonucunda aşağıda maddeler halinde verilen sonuçlar elde edilmiştir.

1. Tekrarlı yüklemelerle birlikte, numunenin başlangıçta sahip olduğu asal eksen yönleri yüklemenin türü ve yatay-düşey gerilmelerde yapılacak değişikliklere bağlı olarak belirli bir sistem dahilinde dönmektedir. Farklı yükleme koşulları altında bu döngünün türü de farklı olmaktadır. Bu çalışmada, tekrarlı yükler altında olan ve bu yükleme sonucunda asal eksen yönleri belirli bir sistem dahilinde sürekli olarak dönen zeminlerde, bu döngünün zeminin sıvılaşma veya deformasyon yumuşaması davranışı üzerinde yaptığı etki incelenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, asal eksen yönlerindeki

sürekli döngünün zeminin daha küçük sayıdaki yüklemelerle sıvılaştığı tespit edilmiştir.

2. Yapılan deneysel çalışmalarla Toyoura kumuna ait belirlenen bu özellik ve etkilerin, gelecekte benzeri konularda gerçekleştirilecek deneysel ve teorik model çalışmaların geliştirilmesi konusunda yararlı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Drnevich, V.P., "Undrained Cyclic Shear of Saturated Sand," ASCE Journal of The Soil Mech. And Found. Eng. Div. 1972, Vol.98, pp 807-825.
2. Ishibashi, I. and Sherif, M.A., "Soil Liquefaction by Torsional Simple Shear Device," ASCE Journal of Geotechnical Engineering Division, 1974, Vol. 107, pp 553-562.
3. Ishihara, K. and Li, S., "Liquefaction of Saturated Sand Under Cyclic Torsional Shear Loading," Soils and Foundations, 1972, Vol. 12, pp 19-39.
4. Ishihara, K., Tatsuoka, F. and Yasuda, S., "Undrained Deformation and Liquefaction of Sand Under Cyclic Stresses," Soils and Foundations, 1975, Vol. 15, pp 29-44.
5. Oda, M. and Konishi, J., "Rotational of Principal Stresses in Granular Material during Simple Shear," Soils and Foundations, 1974, Vol. 14, pp 25-38.
6. Towhata, I. and Ishihara, K., "Undrained Strength of Sand Undergoing Cyclic Rotation of Principal Stress Axes," Soils and Foundations, 1985, Vol. 25, pp 135-147.
7. Arthur, J.R.F., Chua, K.S., Dunstan, T. and Rodriguez, J.I., "Principal Stress Rotation: A Missing Parameter," ASCE Journal of Geotechnical Engineering Division, 1980, Vol. 106, pp 419-433.
8. Hicher, P.-Y. and Lade, P.V., "Rotation of Principal Directions in K_0 -Consolidated Clay," ASCE Journal of Geotechnical Engineering, 1987, Vol.113, pp 774-788.
9. Ishihara, K. and Yamazaki, A., "Analysis of Wave Induced Liquefaction in Seabed Deposits of Sand," Soils and Foundations, 1984, Vol. 24, pp 83-100.

10. Miura, K., Miura, S. and Toki, S., "Deformation Behaviour of Anisotropic Dense Sand Under Principal Stress axes Rotation," *Soils and Foundations*, 1986, Vol.26, pp 36-52.
11. Pradel, D., Ishihara, K. and Gutierrez, M., "Yielding and Flow of Sand Under Principal Stress Axes Rotation," *Soils and Foundations*, 1990 Vol. 30, pp 87 – 99.
12. Zdravkovic, L. and Jardine, J., "The Effect on Anisotropy of Rotating the Principal Stress Axes During Consolidation," *Géotechnique*, 2001, Vol. 51, pp 69-83.
13. Hight, D.W., Gens, A. and Symes, M.J., "The Development of a New hollow Cylinder Apparatus for Investigating The Effects of Principal Stress Rotation in Soils," *Géotechnique*, 1983, Vol. 33, pp 355-383.
14. Tatsuoka, F., Pradhan, T.B.S. and Yoshi-ie, H., "A Cyclic Undrained Simple Shear Testing Method for Soils," *ASTM Geotechnical Testing Journal*, 1989, Vol. 12, pp 269-280.
15. Ishihara, K. and Towhata, I., "Sand Response to Cyclic Rotation of Principal Stress Directions as Induced by Wave Loads," *Soils and Foundations*, 1983, Vol. 23, pp 11-26.
16. Ampadu, S.K. and Tatsuoka, F., "A Hollow Cylinder Torsional Simple Shear Apparatus Capable of a Wide Range of Shear Strain Measurement," *ASTM Geotechnical Testing Journal*, 1993, Vol. 16, pp 3-17.
17. Pradhan, T.B.S., Tatsuoka, F. and Horii, N., "Simple Shear Testing on Sand in a Torsional Shear Apparatus," *Soils and Foundations*, 1988, Vol. 28, pp 95-112.

THE EFFECTS OF THE PRINCIPAL STRESS AXES ROTATION INDUCED BY WAVE LOADS ON THE STRENGTH PROPERTIES OF SOIL

Selim ALTUN*

ABSTRACT

It is known that cyclic shear stresses induced by earthquake traffic and sea waves load, cause a range of shear strain due to granular and index properties of soil and thus losing shear strength of soil and changing stress-strain behavior. Considering this decreasing of shear strength and regarding the type and properties of soil, reviewed that soils under cyclic loading show quite different dynamic behavior and stress-strain properties.

Strain softening and then liquefaction phenomena taking place in the soils under cyclic loading with principal stress axes rotation is one of the most popular topics in geotechnical engineering and soil dynamics. In this study, the changes of the strength properties of seabed deposits under wave loads due to principal stress axes rotation were investigated in laboratory cyclic tests.

* Arş. Gör., İTÜ, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Maslak, İstanbul
E-mail: Sealtun@eng.ege.edu.tr

YALOVA YAT LİMANINDA YER SEÇİMİ VE KAPASİTE ÜZERİNE BİR TARTIŞMA

Haluk İbrahim Özmen
Dr. Mühendis
Ulaştırma Bakanlığı
DLH İnşaatı 4. Bölge Müdürlüğü
Haydarpaşa-İstanbul
Halukozmen@ixir.com

Oya Özgüven
Jeoloji Mühendisi
Bağcı Cad. Yağmur Ap. 41/10
Etlik- Ankara
Oya_ozguven@yahoo.com

ÖZET

Yalova yat limanı 1994 yılında yapımına başlanılan bir tesistir. Yapımından bugüne kadar şanssız bir süreç yaşayan bu projede yapım öncesinde ve yapım çalışmaları sırasında planlama kriterleri çok fazla tartışılmış olup özellikle proje için belirlenen yer ve proje kapasitesi konusunda değişik yorumlar yapılmıştır. Bu bildiride öncelikle yer seçiminde dikkate alınan kriterlerin uygunluğu irdelenmiş daha sonra ilk projedeki kapasite bir stok planlama modeli kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve optimum kapasite ile uyumu değerlendirilmiştir.

GİRİŞ

Deniz yapılarının planlanması ve projelendirilmesi sırasında dikkate alınacak kriterlerin ve izlenecek yöntemlerin belirlenmesi kıyı ve liman mühendislerinin temel uğraşları arasında yer almakta olup, bir deniz yapısının planlanmasında;

yer seçimi,
ihtiyaç,
kapasite ve büyüklük,
dizaynında ise ;
meteorolojik koşullar,
zemin koşulları,
sismolojik koşullar,
ekonomik koşullar,
ve çevresel koşullar
göz önünde bulundurulması gereken parametrelerdir.

Bir projede özellikle yer seçimi ve kapasite proje maliyetini etkileyen en önemli iki parametredir. Yalova yat limanı projesinde de üzerinde en çok tartışılan kriterler bunlar olmuştur.

Çalışmanın birinci bölümünde projede öncelikle yer seçiminde dikkate alınan kriterlerin uygunluğu irdelenmiştir. Kıyı ve imar kanunları, şehircilik, ulaşım, bölgenin jeolojik yapısı ve diğer kriterler dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucu seçilen yerin uygun olup olmadığı konusuna bir yorum getirilmiştir.

İkinci aşamada ihaleye esas projede öngörülen kapasitenin yeterli olup olmadığı etüt edilmiştir. Bunun için belirsiz ve süreksizlik durumlar için geliştirilen stokastik envanter modeli kullanılarak optimum kapasite belirlenmiş olup mevcut kapasite elde edilen sonuçlara göre değerlendirilmiştir.

AMAC

Bu bildiri de yapım öncesi ve yapım sırasında üzerinde çok tartışma ortamı yaratılan Yalova Yat Limanı projesinde özellikle seçilen yerin ve belirlenen kapasitenin gerek

mühendislik ve gerekse ekonomik kriterler bakımından uygun olup olmadığının ortaya konması amaçlanmıştır.

YER SEÇİMİ

Kıyı bölgelerinde yapımı planlanan faaliyetlerin birbirlerine ve bölgeye getireceği olumlu ve olumsuz etkilerin bir bütünlük içinde ele alınıp değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu bölgelerin dar ve sınırlı alanlar olduğu düşünülürse faaliyetlerin yer seçiminde ortak faydalar gözeterek karar verilmesi gereklidir[1].

Yat limanlarının tercihen şehir merkezleri dışında fakat kişilerin kolaylıkla ve kısa sürede ulaşabilecekleri liman olmaya elverişli bir kıyı şeridinde konumlandırılması genel bir eğilimdir. Ancak yat limanlarının yatçılar için bir yaşam mahalli olduğu göz önünde bulundurularak ana merkezlere ulaşabilmeleri yer seçiminde dikkate alınmalıdır. Bunun yanı sıra yat limanlarının ana işlevinin turizm faaliyetlerine katkı sağlamak olduğu da unutulmamalıdır[2].

Bütün bu esaslar göz önünde bulundurularak Yalova Yat Limanı projesi için belirlenen proje sahası

1. Proje bölgesi sahil bandının genel değerlendirilmesi,
 2. Yalova sahilinin doğu ve batı ucu arasında kalan kesimin jeolojik özellikleri
 3. Mahalli yatırımlarla etkileşimi,
 4. Şehir merkezi ile entegrasyon,
 5. Yatçıların sosyal ihtiyaçlarının en kolay şekilde temini,
- hususları dikkate alınarak değerlendirilecektir.

Proje Bölgesi Sahil Bandının Genel Değerlendirilmesi

Şekil 1. de gösterilen jeolojik yapıyı gösteren haritada Yalova şehir merkezi önünde yer alan sahil bandındaki kıyı yapılaşmaları işlenmiş olup bu yapılaşmalar dikkate alındığında şu değerlendirmeler yapılabilir.

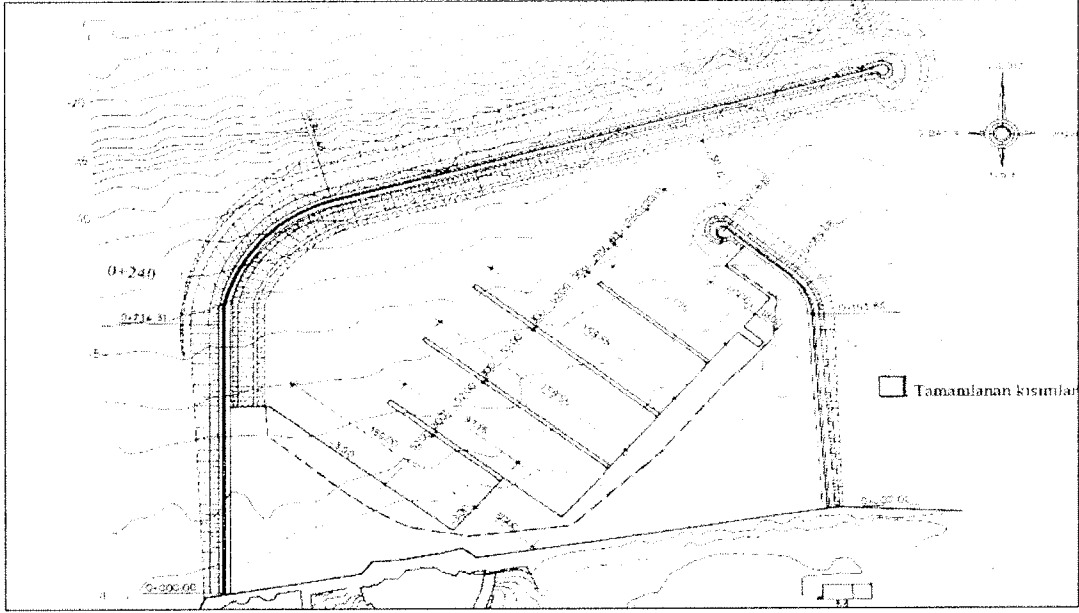
1 ve 2 numaralı tesisler balıkçı barınağı ve barınma yeri olarak inşa edilmiş oldukça yetersiz kapasiteli tesislerdir. Özellikle 1 numara ile gösterilen Samanlıdere balıkçı barınağı içinde kumcu esnafı da faaliyet göstermektedir.

4 numaralı sahil bandı arkasında Tarım Bakanlığına ait tesisler bulunmaktadır.

5 numaralı kıyı şeridinin hemen gerisinde kıyıya çok yakın yerleşim alanları mevcuttur.

2 ve 6 numaralı bölge arasındaki sahil bandında Yalova Belediye Başkanlığınca rekreasyon amaçlı düzenlemeler imar planına işlenmiş olup kısmen de buna uygun imalatlar gerçekleştirilmiştir. İnşaatı süren yat limanı arkasına rastlayan bu kesimde inşaatı tamamlanmış amfi tiyatro da bulunmaktadır (Şekil 2).

6 nolu sahil bandı Ziraî Araştırma Enstitüsü önünde yer almakta olup bu saha doğu yönündeki dere çıkışına kadar devam etmektedir.



Şekil 2. Yalova Yat Limanı [5]

Proje Bölgesinin Jeolojik Değerlendirmesi

Şekil 1. de görülen harita Jeolojik açıdan genel bir değerlendirme yapılabilmesi için uygun bir kaynak olarak görülebilir. Projenin uygulanabileceği sınırlar içinde kalan alanın yapısına bakıldığında Samanlıdere balıkçı barınağından başlayarak doğuya doğru devam eden sahil bandında ;

denizel kıyı düzlüğü çökelleri(tutturulmamış veya az tutturulmuş kum, silt,kil)

denizel bataklık çökelleri

kendini göstermektedir.

Bu sahil bandına makro açıdan bakıldığında herhangi bir bölgenin diğerine göre farklılık göstermediği ve tamamen aynı özelliklerde bir yapıya sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Yalova Yat Limanı proje sahasında ihale sonrası yapılan sondaj verilerini karakterize eden loglar ile Samanlıdere balıkçı barınağı inşaatı sırasında yapılan sondajları karakterize

eden loglar Şekil 1. deki harita üzerine işlenmiş olup bunlar dikkate alınarak yapılan değerlendirmede ise Samanlıdere bölgesinde deniz tabanından itibaren kum daha sonrada çok yumuşak killi malzemenin sıralandığı görülmektedir.

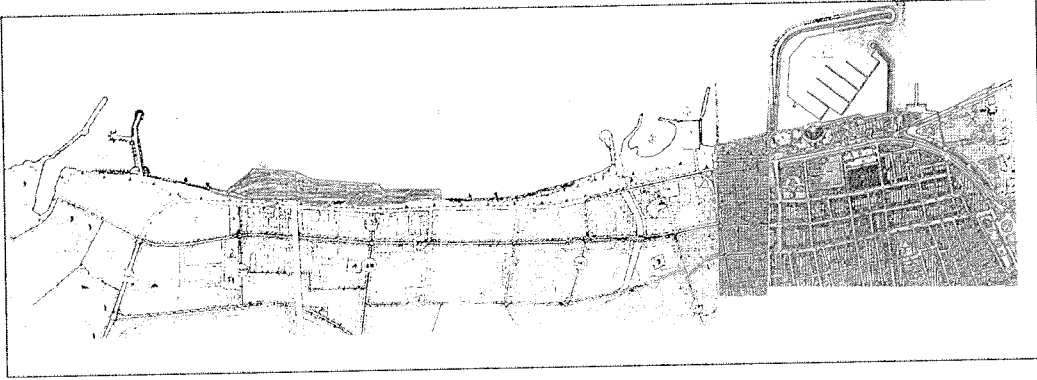
Yalova yat limanı sahasında ise aynı formasyonun sahile yaklaşık 100 m.lik alan içinde kendini gösterdiği kıydan uzaklaştıkça deniz tabanından itibaren çok yumuşak kil tabakasının yer aldığı görülmektedir. Özellikle dere ağzı ve bu kesimlere yakın bölgelerde tipik benzerlikler göze çarpmaktadır.

Mahalli Yatırımlarla Etkileşimi

Yalova Yat Limanı projesini ayrıca Yalova sahilinde planlanan ve halen kıyı kanunu çerçevesinde yürütülen sahil düzenlemelerine ilişkin imar plan kapsamında değerlendirmek diğer yatırımlarla uyum sorunu bulunup bulunmadığının ortaya konması açısından yararlı olacaktır.

Şekil 3. de gösterilen plandan görüleceği üzere; mevcut tesisler dışında Samanlıdere ile Küçüktekne barınakları arasında kısmen depremde yıkılan binalara ait molozlar ve kısmen de nitelikli dolgu malzemesi kullanılarak oluşturulmuş alan üzerinde rekreasyon amaçlı düzenlemeler yapılacağı anlaşılmaktadır. Bunun dışında kalan sahil bandında ise küçük ölçekli dolgular ve dere ağzında mahmuz görülmektedir.

Taslak imar planı üzerinde yat limanının ilk konumu yer almış olup yat limanına alternatif yeni bir oluşumunda söz konusu olmadığı görülecektir.



Şekil 3. Yalova sahili inar planı

Şehir Merkezi İle Entegrasyonu Ve Yatçıların İhtiyaçlarının Temini

Yalova yat limanı proje sahası gerisinde rekreasyon amaçlı düzenlenen alanlar ve amfi tiyatro bulunmakta olup Yalova iskele sahası ile araştırma merkezi arasında kalan sahil bandı tamamen yöre insanının sosyal ve kültürel faaliyetle yönelik planlanmıştır. Proje alanı Yalova kent merkezine çok kolayca ulaşılabilir ve her türlü ihtiyaçların kolayca sağlanabileceği konumdadır. Hemen bitişikte yer alan deniz terminalinden İstanbul'un iki yakasına da ulaşmak mümkündür. Yine bu nokta Bursa'ya yaklaşık bir saat, Termale yarım saat mesafededir. Bu nedenle tesis yatı ile bu tesise gelecek insanların değişik aktivitelerden yararlanabilmelerini sağlayan bir konumdadır.

YAT LİMANI KAPASİTE ANALİZİ

Kapasite İçin Genel Değerlendirme

Bir yat limanının boyutlarının belirlenmesinde limana gelecek yatların sayısı ve özellikleri esas alınmaktadır. Gelişmiş ülkelerde genel olarak her bin kişiden 2 sinin kendi yatına sahip olduğu varsayılmaktadır[2]. Dolayısıyla limanın hizmet vereceği bölgenin nüfusu dikkate alınarak yat sayısı tespit edilmesi bir esastır. Batı Akdeniz ülkelerinde yapılan istatistikler bölge nüfusunun %0,2 sinin kendi yatlarına sahip olduğunu göstermiştir[5].

Bu esastan yola çıkıldığında yaklaşık 163000 nüfusu olan Yalova için yaklaşık 325 yat kapasiteli bir yat limanı planlanması gerektiği düşünülebilir. Ancak ülkemizin gelişmekte olan bir ülke olması ve yörenin sosyal ve ekonomik yapısı ile coğrafyası dikkate alındığında belirlenen bu kapasitenin oldukça iddialı olacağı düşünülmektedir.

Bilindiği üzere projelendirme sırasında koşulları en iyi tolere etmesi, limandan yararlanması düşünülen yatlar için asgari su kesimi, basende kumlamaya neden olmayacak şekilde ana mendireğin asgari derinliğe oturtulması önemli proje kısıtlarıdır. Özellikle 8-9 m. den daha az derinliklerde kum hareketlerinin daha yoğun olduğu bilinen bir gerçektir.

Ayrıca uygun bir kapasite tespitinde Marmara bölgesinde mevcut yat limanları ve Yalova yakınlığı nedeniyle İstanbul ve çevresinin iyi etüt edilmesi gerekmektedir.

Tablo 1. Marmara Bölgesinde halen işletilmekte olan yat limanları[6]

	Yat Sayısı	Kapasite
Ataköy Marina	649	700
Fenerbahçe Yat Limanı	416	1200

Tablo 2. İstanbul Büyükşehir Belediyesine resmi olarak kayıtlı tekne sayısı[6]

Sarıyer	Beşiktaş	Bakırköy	Kadıköy	Toplam
4926	6044	2875	2384	16234

Tablo 3. İstanbul Boğazı ve çevresindeki yanaşma ve park kapasiteleri[6]

Tarabya Körfezi	İstinye Körfezi	Bebek Koyu	Göksu Deresi	Adalar	Bostancı	Toplam
90	140	170	60	80	50	590

Fenerbahçe ve Ataköy marina dışındaki bağlama yerlerinde modern anlamda bir hizmet verilememektedir. Doğal koylarda ve dere içinde barınan teknelerin elektrik, su vd.

Bakım onarım vb imkanlardan yoksun olması dikkate alındığında yeterli hizmet verecek yeni kapasite oluşumlarının gerekli olduğu düşünülmektedir.

Proje kısıtları dikkate alınarak oluşturulan geometride maksimum yanaşma ve bağlama imkanı yaratacak şekilde yapılan düzenleme sonunda 240 yat için bağlama ve yanaşma ile karada 80 yatlık park kapasitesine sahip bir oluşum meydana getirilmiştir.

Fiyat Tarifeleri

Ülkemizdeki değişik marinalarda uygulanan fiyat tarifeleri verilen hizmetin türü, niteliği, marina çekek yeri bulunup bulunmadığı, isim dikkate alınarak belirlenmektedir. Ancak gerçek ücret tesis sahibi ile müşteri arasındaki pazarlık sonucunda belirlenmektedir. Fakat marinalardaki yüksek işçilik oranı ile hizmet verildiği dikkate alındığında fiyatın pazarlıkla düşmesi genellikle sınırlandırılmıştır. Fiyatları genel olarak, bağlama ücretleri kaldırma ve indirme ücretleri karada park ücretleri olarak sınıflandırmak mümkündür.

Ücretlerin belirlenmesinde 3 temel yat grubu esas alınmaktadır. Bunlar

1. maksimum 16.m LOA ortalama 13m
 2. maksimum 25m LOA ortalama 20m
 3. maksimum 45m LOA ortalama 35m
- dır.

Yalova yat limanı kapasite analizi için dikkate alınacak ücretlerin belirlenmesinde 1. grup yatlar da uygulanan fiyatlar dikkate alınacaktır. Bunun için Akdeniz marinalarında ve İstanbul marinalarında uygulanan ücretlerden yararlanılmıştır.

Yalova yat limanı için ortalama 13 m lik yat boyutu dikkate alarak kaldırma indirme ve park ücretleri aşağıda verilmiştir

LOA(m)	13
B(m)	4,3
Ho(m2)	56
Disp.(T)	12

Toplam park kapasitesinin %40 nın düzenli bakım ve onarım çalışmaları için kaldırma ve indirme hizmeti talep edeceği,

Teknelerin 1 ocak-31 mayıs tarihleri arasında yüzdürme,

15eylül – 31 aralık tarihleri arasında da kaldırma periyodunda bulunduğu,

Mayıs-Eylül arası dönemde kaldırma onarım kaldırma ve indirme hizmetleri için ölü sezon olduğu kabul edilmiştir.

Park ücretleri normal şartlarda 6-8 aylık bekleme süreleri için 8-67 \$/m2 olarak değişmektedir. Ortalama olarak 25\$/m2 lik bir ücret kabul edilmiştir.

Tablo 4. Yalova yat limanında öngörülen bağlama ücretleri

Yalova Yat Limanı Bağlama Ücretleri	
Gün	1,94 \$/m/gün
Mevsim	0,96 \$/m/gün
Yıllık	0,64 \$/m/gün

Tablo 5. Yalova yat limanında park ve kaldırma indirme ücretleri

	Kaldırma Ve İndirme Ücreti	Karada Park Ücreti
Birim fiyat (\$/m2)	10	25
Ortalama yat (\$)	560	140

Gelirler

Bağlama gelirleri

Günlük yatlardan.....	29	\$ /yat.gün
Mevsimlik yatlardan.....	14,36	\$/yat.gün
Yıllık yatlardan	9,6	\$ /yat.gün
Toplam.....	52,96	\$ /yat.gün

Kaldırma indirme gelirleri

yat başına günlük kaldırma ve indirme gelirleri

0,20\$/gün.yat

park gelirleri

1,30\$/gün.yat

olmak üzere

Yalova yat limanında gelirler toplamı

52,96+0,2+1,3=54,46 \$/gün.yat

olarak hesaplanır.

Mevcut Projenin Kapasite Analizi

Yat limanında oluşan toplam maliyetlerin fonksiyonunu ifade eden amaç fonksiyonu

$$C = C_s \cdot \sum_{i=1}^n (Q_k - Q_l) \cdot t_b + C_b \cdot \sum_{i=1}^n (Q_l - Q_k) \quad (1)$$

olarak yazılabilir[7]. Burada ,

C_s = yat limanı boş kalma birim maliyeti

t_b = işgal süresi

C_b = yat limanı birim kar kaybı maliyeti

Q_k =yat limanı korunmuş park alanı hesabına esas yat sayısı

$Q_i = i$. Sürede yat limanında ölçülen yat sayısı

Yalova Yat Limanı Birim Kar Kaybı:

Yapılan araştırmalarda Türkiye'deki yat limanlarında işletmecilikteki kar marjlarının %30-45 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yalova yat limanı için yapılacak hesaplamalarda bu oran %30 olarak alınacaktır. Buna göre Yalova yat limanında yat başına günlük birim kar kaybı

$$C_b = 0,3 * 54,46$$

$$C_b = 16,34 \text{ USD/gün.yat}$$

Yalova Yat Limanı Boş Kalma Birim Maliyeti:

Marina boş kalma birim maliyetini

$$C_s = \frac{C_f \cdot C \cdot f}{365} \quad (2)$$

ifadesi ile gösterebiliriz[7]. Burada;

C_f yıllık amortisman ve faiz oranı

f yat başına gerekli su alanı

C birim alan için marina maliyeti

dır.

Amortisman ve faiz oranı ise

$$C_f = \frac{r \cdot (1 + r)^N}{(1 + r)^N - 1} \quad (3)$$

ifadesinden

r = USD cinsinden faiz oranı (%12)

N = proje ömrü olmak üzere

$$C_f = 0,1275$$

bulunur.

Proje maliyeti : $7,100 * 10^6$ USD

marina kapasitesi : 240 adet

korunmuş su alanı : 66.000m²

bir yat için ayrılan korunmuş su alanı : 275 m²

1 m² korunmuş su alanı maliyeti : 107,58 USD/m²

$$C_s = \frac{0,1275 \cdot 275 \cdot 107,58}{365} = 10,33 \text{ USD / gün.yat} \quad (4)$$

Birim kar kaybı ve boş kalma birim maliyet değerlerini yerlerine yazarsak amaç fonksiyonumuz

$$C = 10,33 \cdot \sum_{i=1}^n (Q_K - Q_I) \cdot 2 + 16,34 \cdot \sum_{i=1}^n (Q_I - Q_K) \quad (5)$$

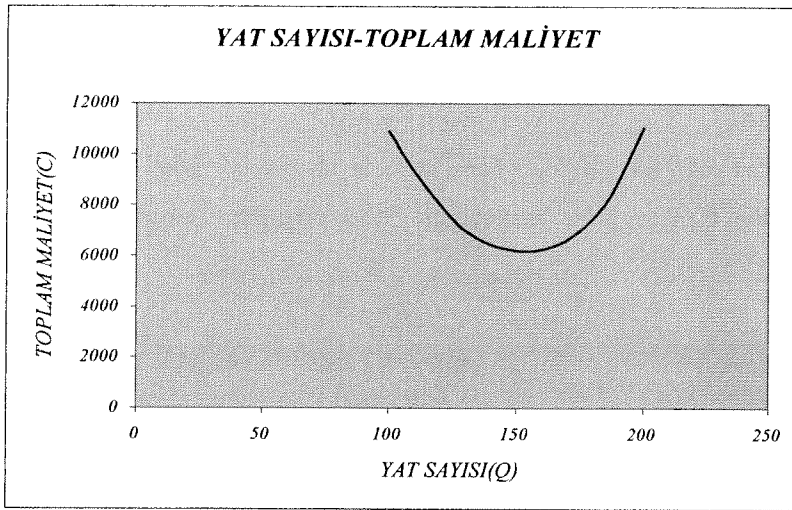
şeklini alır.

Matematik model değişik yükleme grupları dikkate alınarak çalıştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 6. İlk projede optimum yat sayısı -maliyet

Yükleme Grubu	Optimum Yat Sayısı	Toplam Maliyet(USD)
1	156	5776
2	159	6208
3	164	8522
4	167	5527

modelden elde edilen sonuçlar kullanılarak tipik bir yat sayısı –maliyet ilişkisi şekil 1 de gösterilmiştir.



Şekil 4. Yalova Yat Limanı kapasite maliyet ilişkisi

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde bu proje için optimum kapasitenin ortalama bir değer olarak 160 civarında olması gerektiği söylenebilir. Bu sonuçlara göre 240 yatlık bir projenin gerçekleştirilmesi durumunda optimum kapasitenin çok üzerinde bir oluşum meydana gelebileceği buda yaklaşık %33 oranında bir kapasitenin atıl durumda kalabileceğini ifade etmektedir.

Proje Revizyonu

İhaleye esas projede ana mendireğin 240. m sinden sonra teşkiline yönelik olarak üniversite destekli çalışmalar sonucu kademeli dolgu yöntemi ile bu kesimde mendirek gövdesini oluşturmaın mümkün olamayacağı sonucuna varılmıştır.

Bu tespit sonucu projenin ekonomik olarak gerçekleştirilme zorunluluğu dikkate alınarak; ana mendireğin 270 m de bırakılarak tali mendirek olarak değerlendirilmesi , projesine göre tamamlanan tali mendireğin ise batı yönüne döndürülerek 540. m. ye kadar uzatılması sonucu ortaya konan yeni proje değerlendirilmiş ve model çalışmaları ile yapılabilirliği de ortaya konmuş bulunmaktadır.

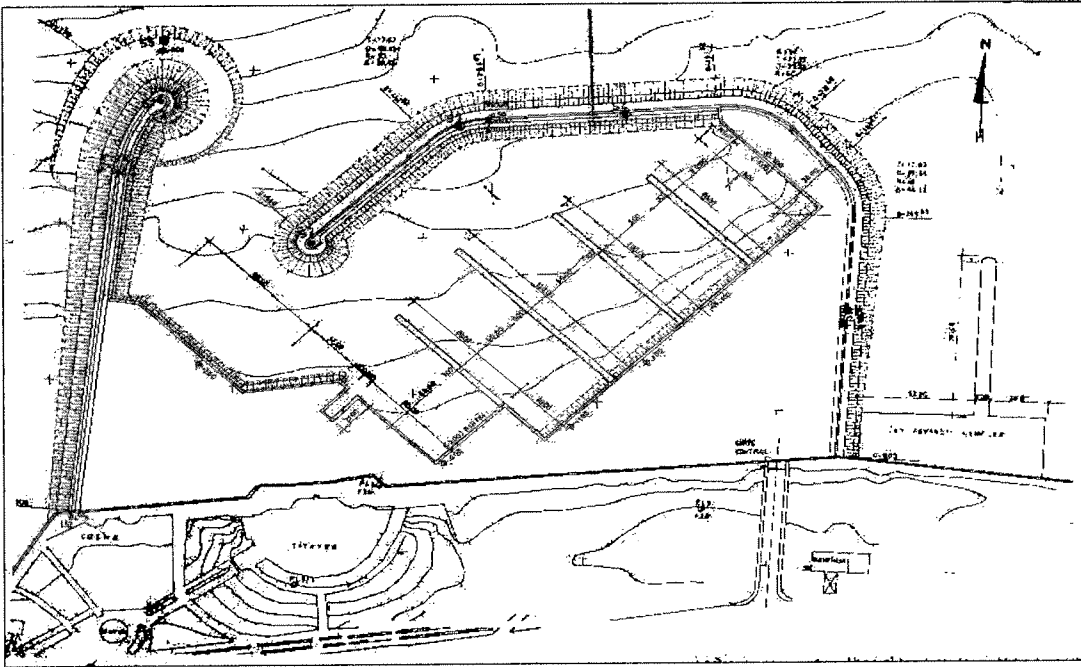
Şekil 5 görülen revizyon projede ise yat kapasitesinin 190 olacağı proje maliyetinin ise yaklaşık $4,75 \cdot 10^6$ USD olarak gerçekleşeceği belirlenmiştir.

Bu değerler bize revizyon projenin kapasitesinde ilk projeye göre %25 lik bir azalma meydana gelmekle birlikte proje maliyetinde %33 oranında tasarruf sağlanabileceğini göstermektedir.

Bu veriler ışığında revizyon proje için yapılacak kapasite analizi için matematik model

$$C = 12,33 \cdot \sum_{i=1}^n (Q_K - Q_I) \cdot 2 + 16,31 \cdot \sum_{i=1}^n (Q_I - Q_K) \quad (6)$$

olarak ifade edilir.



Şekil 5. Yalova Yat Limanı Revizyon Proje

Tablo 7. Revizyon projede optimum yat sayısı -maliyet

Yükleme Grubu	Optimum Yat Sayısı	Toplam Maliyet(USD)
1	146	5330
2	157	3840
3	163	3371
4	147	3463

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde revizyon proje için optimum kapasitenin ortalama bir değer olarak 155 civarında gerçekleşeceği söylenebilir. Bu sonuçlara göre 190 yatlık revizyon projenin gerçekleştirilmesi durumunda da optimum kapasitenin üzerinde oluşum meydana gelebileceği anlaşılmaktadır. Ancak ilk proje ile kıyaslandığında revizyon proje kapasitesi ile optimum kapasite arasındaki farkın daha küçük olduğu görülecektir. Bu da atıl kapasite oluşumuna meydan verilmemesi bakımından daha uygun bir durum yaratmaktadır.

SONUÇLAR

Yapılan değerlendirmelerden;

Yalova şehir merkezi önünde oldukça dar bir sahil şeridinin bulunması ve bu sahil şeridi içinde kullanılabilir alanların kısıtlı olması,
bu banttaki jeolojik yapının birbirinden pek farklı olmaması,
imar planlarında yat limanı için öngörülen yerle proje için belirlenen yerin uyumlu olması, tesisin ana ulaşım arterleri ile uyumu,
şehir merkezindeki sosyal ve kültürel yatırımlarla entegrasyonu,
en önemlisi bu yere alternatif başka bir yerin bulunmaması,
tespitleri dikkate alındığında seçilen yerin uygun bir yer olduğu düşünülmektedir.

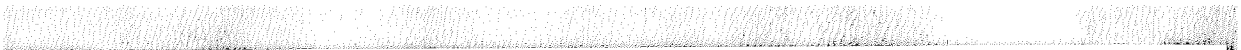
Kapasite ile ilgili değerlendirme sonuçlarına göre ihaleye esas projede ortaya çıkan kapasitenin optimum kapasite ile uyumlu olmadığı ortaya çıkmaktadır. Ancak zemin problemlerinden kaynaklanan zorunlu proje revizyonu ile de proje maliyeti hem aşağı çekilmiş hem de optimum kapasite ile daha küçük bir sapma gösteren kapasite değeri yakalanmıştır. bu da yapılan revizyonun isabetli bir zorunluluk olduğu sunucuna ulaşmamızı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- 1 Oral E.Z., “Yat Limanlarında Yer Seçimi”, III Ulusal Kıyı Müh. Sempozyumu Bildiriler Kitabı”, Çanakkale, 2000.
- 2 Kapdaşlı S., “Kıyı Mühendisliği”, İTÜ İnşaat Fak. Matbaası, 1992, istanbul, 277sayfa.
- 3 MTA., “1:25000 lekli Yalova ve evresi Jeoloji Haritası”, 1999, Ankara.
- 4 Yüksel Vd.; “Doğu Marmara Depreminin Deniz Yapıları Ve Kıyı Alanları zerindeki Etkileri”, YTÜ Rapor No:1, Ocak.2001, İstanbul.
- 5 Yüksel Proje A.ř., “Yalova Yat Limanı Genel Vaziyet Planı”, 1996,Ankara.
- 6 SF Marina System Ltd. ; “Reşitpaşa Development Project Marina Feasibility Report”, 1997,İstanbul, 63 P.
- 7 zmen. H. İ.; “Limanlarda Konteyner Depolama Sahalarının Optimal Boyutlandırılmasında Yeni Bir Yntem Araştırması”, YT Fen Bilimleri Enstits, 1999, İstanbul, 100sayfa.

SUMMARY

Yalova Marina has been constructed since 1994. It is unlucky that there has been controversial on planning criteria especially concerning site selection and capacity and there has been opposite arguments in all its construction stages from the beginning to the end. The subject of this paper firstly to introduce the appropriateness of site selection criteria and than to compare the results for the previous design with a stock planning capacity modal and finally to evaluate the harmony with optimum capacity.



ANTALYA KIYI DÜZLÜKLERİNİN OLUŞUMU VE GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Dr. Nihat DİPOVA
Öğretim Görevlisi
Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
Antalya, Türkiye

ÖZET

Turizm ve nüfus hareketleri sonucu Antalya kıyı düzlüklerinde konut ihtiyacı sürekli artmakta, bunun sonucunda da imar ve inşaat işlemleri hızlı yapılmaktadır. Bu düzlüklerde inşa edilen yapılarda yoğun olarak stabilite problemleri gözlenmektedir.

1997 deprem bölgeleri haritasında Antalya kıyı alanının büyük kısmı bir üst bölgeye yükseltilmiş ve sonuçta kıyı şeridinin yaklaşık üçte biri 1. derece, üçte biri 2. derece kalanı da 3, 4 ve 5. derece deprem bölgesinde kalmıştır.

Tektonik etkilerle Anadolu bloğunun batıya doğru hareket etmesi, sıkışma sonucu oluşan yükselme ile Aksu Havzası'nın yarı graben şeklinde açılması neticesinde Antalya'nın batısında alçalma doğusunda ise yükselme oluşmuştur. Holosen sonrası jeomorfolojik evrim ise daha çok östatik ve relatif deniz seviyesi değişimleri olarak kendini göstermiştir. Son 15.000 yılda deniz seviyesinin yaklaşık 100 m yükselmesi, batıda Teke yarımadasının daha fazla batmasına neden olmuştur. Böylece Teke Yarımadası'ndaki eski kara topoğrafyası boğulmuş kıyı yapıları ile koy ve körfezlere dönüşmüştür. Bu koy ve körfezler akarsuların taşıdığı alüvyonlarla deniz dolmaya başlamış, lagünler oluşmuş, sonuçta ise yer yer bataklık olan kıyı ovaları ortaya çıkmıştır. Doğuda ise deniz seviyesi yükselmesi karadaki yükselmenin daha az hissedilmesine neden olmuştur. Sınırlı birkaç

alan dışında lagün oluşumu gerçekleşmemiştir. Doğu kıyı bandı daha çok genç denizel kaya birimlerinin yükselmiş ve yer yer alçak falezli yapıları ile karakterize olmuştur.

Kıyı alanlarında imara yönelik bölgesel etüdler mevcut değildir. Bu alanlara ait geoteknik veriler sınırlı sayıda akademik çalışma, yerel yönetim arşivlerinden elde edilen çeşitli projelerin zemin etüdları ve özel etüd firmalarının mühendislik çalışmalarından oluşmaktadır. Bu kaynaklardan derlenen parametre ve bilgiler okuyucuya fikir vermesi açısından özet olarak bu çalışma içinde verilmiştir.

Bu çalışmada, Antalya kıyı düzlükleri sıra ile irdelenmiş, jeolojik oluşum modelleri oluşturulmuş, geoteknik özellikleri hakkında bilgiler verilmiş ve depremsellik yorumları yapılmıştır.

1- AMAÇ

Doğal güzelliği, iklimi ve farklı aktivite seçeneklerinin bulunması yerli ve yabancı turistleri güney-batı Anadolu, özellikle de Antalya kıyılarına (Şekil 1) çekmektedir. Antalya kıyıları turizm dışında tarımsal üretim ile de büyük ekonomik olanak yaratmaktadır. Sonuçta Antalya kıyı düzlüklerinde konut ihtiyacı sürekli artmakta, imar ve inşaat işlemleri hızlı yapılır olmaktadır. Bu düzlüklerde inşa edilen yapılarda yoğun olarak stabilite problemleri gözlenmektedir. İzin verilir limitlerin üzerinde oturma, farklı oturma, yüksek yapılarda eğilme ve göçme çok rastlanan problemlerden olmuştur. Bu problemlerin kaynağı olan yerel zemin özellikleri bu düzlüklerin oluşum modeli ile direk ilişkilidir. Bu çalışmanın amacı; Antalya kıyı düzlüklerinin oluşum modellerini oluşturmak, bu oluşum modellerinin yerel zemin davranışına etkilerini belirlemek, yerel zemin parametrelerini derlemek, bu bilgiler ışığında taşıma gücü, oturma, sıvılaşma gibi zemin davranışları hakkında yorumlarda bulunmaktır.

2- GİRİŞ

Bayındırlık Bakanlığı'nca 1997 yılında yayınlanan son deprem bölgeleri haritasında Antalya kıyı alanının büyük kısmı bir üst bölgeye yükseltilmiş ve sonuçta kıyı şeridinin yaklaşık üçte biri 1. derece, üçte biri de 2. Derece, kalanı ise diğer deprem bölgelerinde

kalmıştır. Düzlüklerin oluşum modellerinin belirlenmesi oluşacak deprem büyüklükleri için zemin davranışının analizinde yarar sağlayacaktır.

Şekil 1. Bulduru Haritası.

Son 15.000 yılda deniz seviyesinin yaklaşık 100 m yükselmesi ve tektonik gerekçeli batma sonucu günümüzden 6000 yıl önce Teke Yarımadası'ndaki eski kara topoğrafyası boğulmuş kıyı yapıları ile koy ve körfezlere dönüşmüştür (Öner, 1997). Bu koy ve körfezler akarsuların taşıdığı alüvyonlarla deniz dolmaya başlamış, lagünler oluşmuş, sonuçta ise yer yer bataklık olan kıyı ovaları oluşmuştur.

denizel kaya birimlerinin yükselmiş ve yer yer alçak falezli yapıları ile karakterize olmuştur.

Kıyı alanlarındaki geoteknik özelliklerin daha iyi ortaya konulabilmesi için oluşum modellerinden başlanması yararlı görülmüştür. Bölgesel planlama, depremsellik yorumu ve geoteknik büyüklüklerin belirlenmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmanın devamında batıdan doğuya doğru kıyı düzlükleri sırasıyla tanıtılacaktır.

3- EŞEN OVASI

Günümüzden 15000-6000 yıl önce arasındaki 100 m lik deniz yükselmesi durduktan sonra çökeltme (dolgu) başlamıştır. Dolgu ile körfezin önü bir bariyerle kapanıp geri bölüm lagüne dönüşmüştür. 2500-3000 yıl önce Patara'da yerleşim başlamıştır. Bu zamanda ovanın yarısı dolmuş ve Patara limanına karadan ulaşılır hale gelmiştir. Milattan sonra yavaş olmasına rağmen dolgu devam etmiş, lagün kapanmaya başlamış ve ovanın denizle ilişkisi kesilmiştir (Öner, 1997). 15. yy a kadar küçük gemilerin girebildiği Patara limanı günümüzde bataklık (suya doymuş zemin) halindedir.

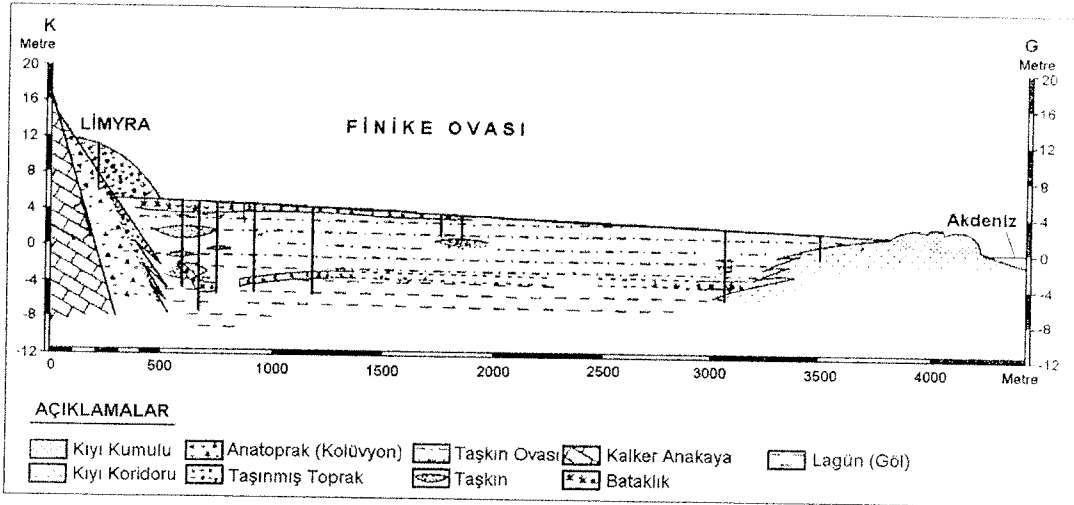
Ova Eşen Çayı'nın taşıdığı ancak denizel mekanizma ile işlenen kum ağırlıklı malzemelerle dolmuştur. Ovanın geneli kumlardan oluşan kıyı kordonları ve kıyı kumulları ile arasında kalan lagün çökellerinden oluşmuştur. Turizm yoğunluğu olmasına rağmen alanda geoteknik detaylı çalışmalar yapılmamıştır. Bu alanda yapılmış en ayrıntılı çalışmalar arkeolojik kazılar öncesi yapılan jeomorfoloji incelemeleridir (Öner, 1995). Bu çalışmalarda yapılan sığ sondajlarda turba ara katmanları ile birlikte dominant olarak ince kum belirlenmiştir (Öner, 1996-a). Kum zeminden alınan örnekler üzerinde yapılan elek analizi sonuçlarına göre malzemenin ince kum oranı % 42-56, orta kum oranı ise %30-52 arasındadır. Suya doymuş, temiz, ince-orta kum ağırlıklı oluşu nedeni ile zemin depremde sıvılaşma riski taşımaktadır. SPT yada CPT gibi mukavemet ve sıklık derecesi hakkında fikir verecek bir veri bulunmadığından bir deprem büyüklüğü için risk analizi yapılamamıştır. Kumullar arasında yayılım gösteren turba alanlar ise yüksek sıkışma potansiyelleri ile yapı temelleri için oturma riski taşımaktadır.

4- DEMRE OVASI

Kekova kıyılarındaki arkeolojik yapılar denizin 1-2 m altındadır. Bu batma tektonik hareketlere bağlanmaktadır. Vaktiyle koy kıyısındaki Andriake ve Sura kentleri alüvyon dolgu gerisinde kalmış, önü kıyı kumulları ile kaplanmıştır. Ova, Eşen ovası benzeri lagünel evre geçirmiştir. Ovanın doğu kesiminde bulunan Beymelek dalyanı aynı mekanizmanın yeni bir örneğidir. Önümüzdeki birkaç bin yıl içinde bu Beymelek lagününün de kapanıp ovaya dönüşmesi muhtemeldir.

5- KUMLUCA-FİNİKE OVASI

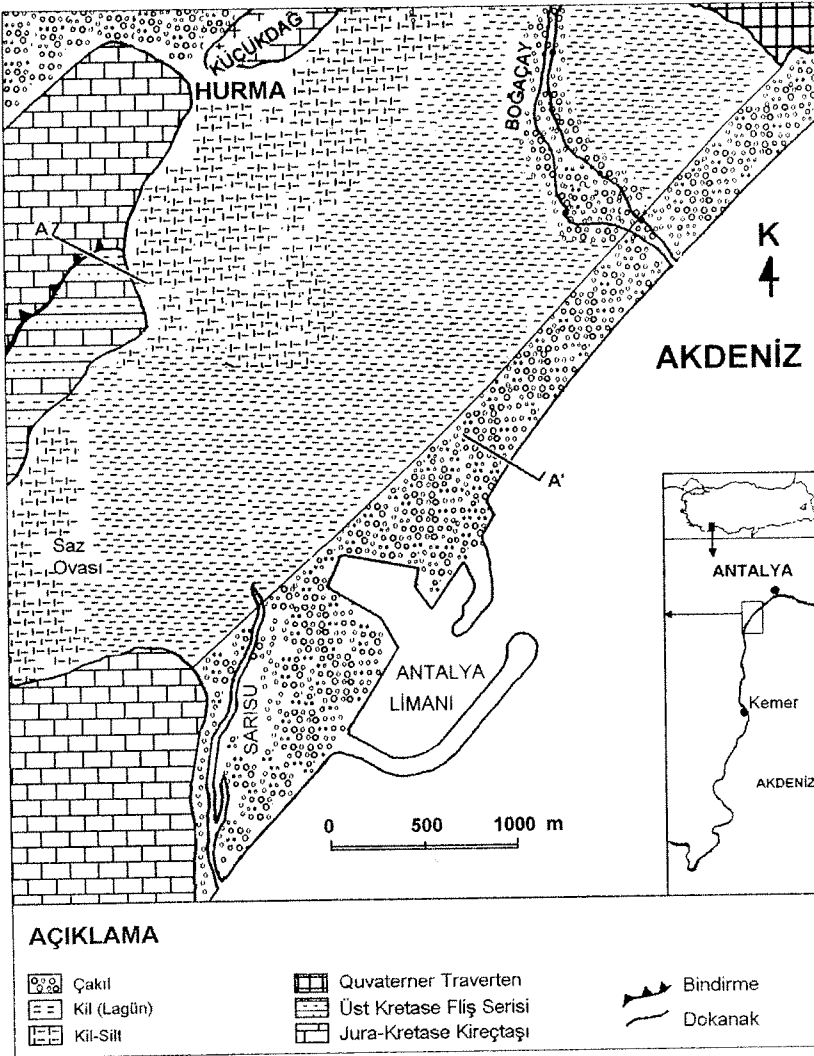
Önceki ovalardaki modele benzer bir şekilde lagün oluşumu arkasından, kuruma ile ova oluşmuştur. Limyra kenti bir tatlısu gölü kenarında kurulu idi (Borhhardt, 1985). Bu göl büyük olasılıkla kum bariyeri arkasında kalmış bir basenin yeraltısuyu ile beslenmesi ile oluşmuştur. Göl kuruma evrelerinde zeminde turba katmanları birikmiştir. Günümüzde ovanın sahil kesimi kum bariyeri ve kıyı kumulundan, Sahil-Anakara arası lagün ortamında oluşmuş kil, kum aralanmasından oluşmaktadır (Şekil 2) (Öner, 1997). Alüvyon ve taşkın çökellerinin malzeme kaynağı, Bey dağlarından kaynaklanan Alakırçay'dır. Alakırçayın getirdiği alüvyonlarla Finike Ovası'nda geniş bir alüvyon yelpazesi oluşmuştur.



Şekil 2. Finike Ovası kuzey-güney doğrultuda zemin profili (Öner, 1996-b den uyarlanmıştır).

6- BOĞAÇAY OVASI

Ova, Boğaçay ve bunu meydana getiren Doyran, Çandır ve Karaman çaylarının getirdiği malzemelerle oluşmuştur. Oluşumunda geçirdiği lagünel çökelim evreleri nedeni ile ovanın özellikle orta bölümleri “mavi, yumuşak kil” ağırlıklıdır (Dipova, 1997). Saz Ovası ve Hurma Köyü çevresinde yamaç sürüntüsü ve taşkın malzemelerinden oluşan alüvyon yelpazeleri bulunmaktadır. Bu yelpazeler sık olup bunun altında yeniden lagünel çökeller olan kil ağırlıklı birimler devam etmektedir (Şekil 3-4).



Şekil 3. Boğaçay Ovası Jeoloji Haritası (Dipova, 1997)

Alüvyonun kalınlığı değişkenlik göstermektedir. Ancak kalınlığın 20 ile 80 m arasında değiştiği bilinmektedir. Ovanın taban kayası konglamera, kumtaşı ve kilitaşı aralanmasından oluşan sedimanter birimdir. Çakıl bariyerinin ilerlemesi ve gerisindeki dolgu işlemleri milat yıllarına kadar sürmüştür. Bu dolgu bir liman kenti olan Olbia'nın işlevini yitirmesine neden olmuş ve Olbia halkı Attelia'nın (eski Antalya) kuruluşuna katılış ve Olbia önemini yitirmiştir (Çevik, 1994).

Ovayı denizden ayıran granüler bariyer **çakıl** ağırlıklıdır. Sondajlarda temiz kum özelliğinde geniş yayımlı malzeme belirlenmemiştir. Bu nedenle sıvılaşma riski düşüktür. Lagün kökenli, yüksek plastisiteli **mavi kil** bölgedeki yapılarda deformasyona neden olmaktadır. Bu zemin üzerindeki yapılarda izin verilir limitlerin çok üzerinde toplam oturma ve yapıda eksentrisite olduğunda ise dönme (eğilme) görülmektedir. Bu birime ait geoteknik parametreler aşağıdaki gibidir (Dipova, 1997).

Drenajsız Kayma Dayanımı

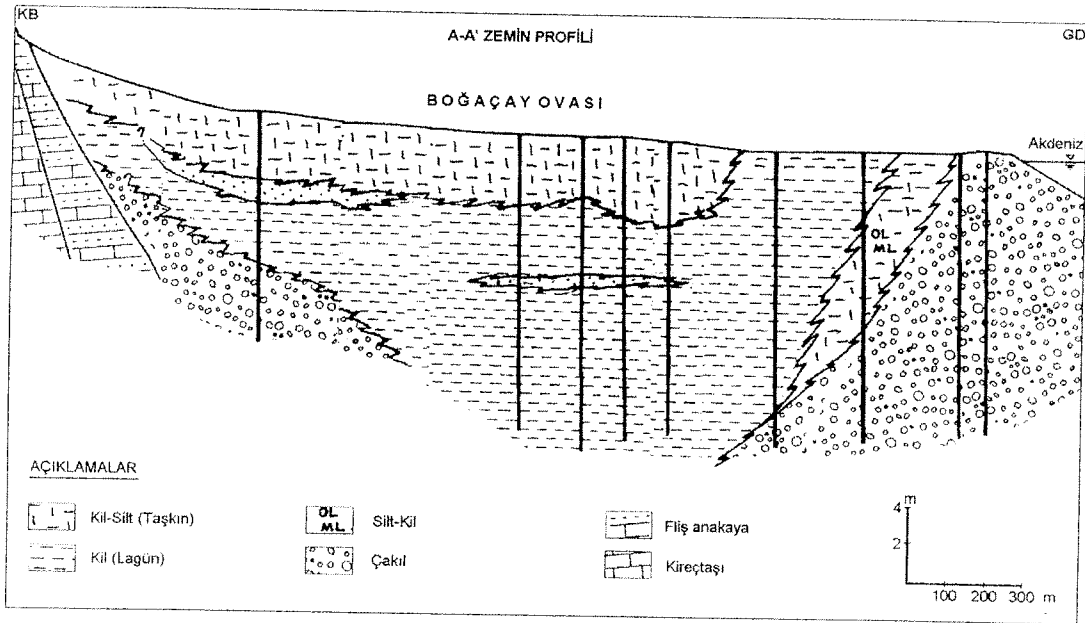
$$c_u=0,20\sim0,80 \text{ kg/cm}^2$$

Hacimsel Sıkışma Katsayısı (+100 kPa için)

$$m_v=0,01\sim0,06 \text{ cm}^2/\text{kN}$$

Doğal Birim Hacim Ağırlık

$$\gamma_n=1,8\sim1,9 \text{ t/m}^3$$



Şekil 4. Boğaçay Ovası A-A' zemin profili (Dipova, 1997)

7- LARA-YAMANSAZ DÜZLÜĞÜ

Karpuzkaldıran-Acısü (Kundu) arasında kalan bu alan, Aksu ve Köprüçay akarsularının taşıdığı sedimanlarla oluşmuştur. Bu mekanizma içinde ince taneli malzemeler denize kadar taşınarak Lara kıyı şeridini oluşturmıştır. Düşük eğimli taban topoğrafyası ve denizden esen hakim rüzgarlar sonucu **“kıyı kumul”**u oluşmaya başlamıştır. Kuru ortamda ve herhangi bir ön yüklemeye uğramadan çökeldiklerinden bu gibi zeminler **“gevşek”** yapılıdır (Dipova ve Oğuz, 1998). Çeşitli jeolojik evrelerde taşınan malzemede kil ve silt içeriği arttığında ya da gölsel ve bataklık çökeliş söz konusu olduğunda kum içinde kil, silt ve turba katman yada mercikleri gözlenebilmektedir. Kıyı kumullarının oluşturduğu bariyer arkasında lagün oluşmuştur (Yamansaz sulak alanı). Antalya ve çevresinde yürütülen bataklık kurutma çalışmaları dahilinde bu alanda da kanallar açılarak Yamansaz’ın bir kısmı kurutulmuştur. Sulak alanın kuruması sonucu ortaya **“turba”** sınıfı bir zemin çıkmıştır.

Yeraltısuyu seviyesi yüzeye yakındır, kum ve turba zeminler suya doymun durumdur. Kum alanda yapılan bir etüdde Standard Penetrasyon Deneyi (SPT) sonuçları; N=8~24 aralığında bulunmuştur (Jeoteknik, 1999-a,b). Suya doymun, gevşek kum **“Sıvılaşıma Riski”** taşımaktadır.

Bölgede limitlerin üzerinde oturma ve eğilme yaygın olarak gözlenmektedir. Yapıların temel etki derinliği içinde suya doymun turba lensleri ve ara katmanları bulunmakta, bunlar da deformasyona neden olmaktadır. İki-üç katlı yapılarda bile farklı oturma ve eğilme oluşabilmektedir.

8- BELEK KİYİLERİ

Lara Kumsalı’nın Kundu Çayı’nın doğusunda kalan bölümü, içine Belek kıyı alanını da içine almak üzere, benzer özellikler sunmaktadır. Köprüçay ve Aksu Çayı’nın taşıdığı sedimanlardan oluşan enine kıyı kumulu oluşumu bu bölgede de genel yapıyı belirlemektedir. Denizden itibaren gevşek ve hareketli plaj kumulu ve göreceli olarak daha duraylı (stabil) kıyı kumulları bulunmaktadır. Bunların gerisinde ise alüvyal çökelişin tipik örnekleri olan nehir sırtları ve nehir terasları (Belkıs Formasyonu) bulunmaktadır.

Bunlara ek olarak kumul alanların gerisinde suya doygun bataklık alanlar gelişmekte ve bu alanlarda kil ya da organik malzemeler çökelebilmektedir. Alüvyonun altındaki ana kaya kumtaşı-silttaşı-marn ardalanmasından oluşmaktadır. Bu ana kaya ince katmanlı ve yataya yakın bir tabakalanma sunmaktadır.

Kumul alanda ağırlıklı olarak **kum** belirlenmiştir. Yer yer **çakıl** ve bazı derinliklerde **silt** gözlenmiştir. Kum içinde bazı seviyelerde çimentolanmış olarak “kumsaltaşı” (beachrock) ince katmanları bulunmaktadır. Nadiren “**CL**” karakterinde ince kil katmanı geçilmesine rağmen bunlar yersel mercekler olarak değerlendirilmektedir. Kumda yapılan SPT deneylerinde örtü basıncına göre düzeltilmiş değer $N'=25\sim30$ aralığında bulunmuştur (Jeoteknik, 1997-1998).

9- MANAVGAT

Manavgat ilçesi çevresinde ve Manavgat Çayı boyunca pleistosen yaşlı teras konglomerası (Belkıs Formasyonu) bulunmaktadır. Manavgat ile deniz arasındaki düşük kottaki düzlükler ise alüvyon, kil ve kıyı kumulundan oluşmaktadır (DSİ, 1978). Yüzeye yakın bölümlerde sürüntü malzemesi kökenli iri taneli zemin hakimken derinde kil-silt gibi ince taneli zeminler arasında iri taneli alüvyon mercekleri bulunmaktadır. Alüvyon altındaki ana kaya marn ve kumtaşıdır. Denize doğru gidildikçe kıyı kumulları hakim duruma geçmektedir. Yer yer 20 m nin üzerinde kotlara sahip enine kumul tepeleri denizden esen hakim rüzgarlarla içirilere doğru taşınma eğilimindedir. Bu kumul tepeleri bir kıyı bariyeri fonksiyonu görmekte ve geri plandaki ince taneli zeminlerin çökmesi için basen hazırlamaktadır.

Lagün kökenli “gri kil” Manavgat düzlüğünde en zayıf birimdir. Yapılan zemin etüdlerinde bu birimde SPT değerleri $N=2-10$ arasında ve CL karakterindedir. Manavgat Köprüsü etüdlerinde bu birimde: SPT, $N=2-6$, $m_v=0,030$ cm²/kg, CPT, $q_c=8,5$ kg/cm² değerleri bulunmuştur (Etkesen vd, 1998). Bu özellikleri ile, gri kil yüksek oturma kapasitesine ve düşük taşıma gücüne sahiptir.

OBA (ALANYA) DÜZLÜĞÜ

Ovada taban kayasını "Alanya Masifi"ne ait birimler oluşturmaktadır. Ova denizden itibaren gevşek ve hareketli plaj kumu, killi-siltli seviyeler ve jeolojik geçmişindeki bataklık-gölsel evreler gereği "turba" katmanlarından oluşmaktadır. Sediman kaynağı ovanın ortasından geçen Oba Çayı'dır. Çayın taşıdığı granuler malzeme deniz tarafında bariyer oluşturmuş ve bunun gerisinde lagün çökeli killer ve bu lagünün kuruma evrelerinde turba çökelmiştir. Yeraltısuyu ortalama 1,0-1,5 m aralığındadır. Ova taşkına uygun bir yapıdadır. Son yıllarda da taşkın nedeni ile yapılar hasar görmüştür.

Ovanın orta bölümünde yapılan sondajlarda kil ve kum yanal geçişli bir şekilde gözlenmiştir. Üçüncü katman arazinin büyük bölümünde süreklilik gösteren "turba" dır. Başlangıç-bitiş seviyeleri ve kalınlığı tüm sondajlarda farklılık göstermekle birlikte yaklaşık 4-8 m aralığındadır. Turba kahverengi kil içinde ara katman biçimindedir. Yapılan Atterberg Limitleri deneyi sonuçlarına göre Turbada $W_n=88$, $LL=160$, $PL=106$, $PI=54$ ve kilde $W_n=30$, $LL=30$, $PL=18$, $PI=12$ değerleri elde edilmiştir. Turba birimi için; drenajsız kayma dayanımı, $c_u = 0,17 \sim 0,27 \text{ kg/cm}^2$, sıkışma indisi, $c_c=0,525\sim0,560$ aralığındadır. Kum düzeylerinde ortalama SPT, $N = 20$ olarak bulunmuştur.

SONUÇ

Bu çalışmada, Antalya kıyı düzlükleri sıra ile irdelenmiş, jeolojik oluşum modelleri oluşturulmuş, mühendislik özellikleri hakkında bilgiler verilmiştir.

1997 deprem bölgeleri haritasında Antalya kıyı alanının büyük kısmı bir üst bölgeye yükseltilmiş ve sonuçta kıyı şeridinin yaklaşık üçte biri 1. derece, üçte biri de 2. Derece deprem bölgesinde kalmıştır.

Tektonik etkilerle Anadolu bloğunun batıya doğru hareket etmesi, sıkışma sonucu oluşan yükselme ile Aksu Havzası'nın yarı graben şeklinde açılması neticesinde Antalya'nın batısında alçalma doğusunda ise yükselme oluşmuştur. Holosen sonrası jeomorfolojik evrim ise daha çok östatik ve relatif deniz seviyesi değişimleri olarak kendini göstermiştir. Son 15.000 yılda deniz seviyesinin yaklaşık 100 m yükselmesi, batıda

Teke yarımadasının daha fazla batmasına neden olmuştur. Böylece Teke Yarımadası'ndaki eski kara topoğrafyası boğulmuş kıyı yapıları ile koy ve körfezlere dönüşmüştür. Bu koy ve körfezler akarsuların taşıdığı alüvyonlarla deniz dolmaya başlamış, lagünler oluşmuş, sonuçta ise yer yer bataklık olan kıyı ovaları ortaya çıkmıştır. Doğuda ise deniz seviyesi yükselmesi karadaki yükselmenin daha az hissedilmesine neden olmuştur. Lagün oluşumu birkaç alanla sınırlı kalmıştır. Doğu kıyı bandı daha çok genç denizel kaya birimlerinin yükselmiş ve yer yer alçak falezli yapıları ile karakterize olmuştur.

Oluşum modelleri değerlendirildiğinde ortak özellikler ortaya çıkmaktadır: 1) Zeminler jeolojik olarak genç zeminlerdir, 2) Kil birimler genelde lagün kökenli, ön-yükleme geçirmemiş, düşük kayma mukavemeti, yüksek sıkışma potansiyeline sahiptir. 3) Kum birimlerin oluşumunda rüzgar önemli faktördür, kıyı kumulu biçimindeki kumlar geoteknik olarak "gevşek" zeminlerdir. 4) Relatif deniz seviyesi hareketleri nedeni ile kuruma evreleri yaşandığından turba oluşumları yaygındır. Turba türü zeminler ise yüksek organik içerikleri nedeni ile yüksek su tutma ve bununla beraber yüksek sıkışma potansiyeline sahip zayıf zeminlerdir. 5) Yirminci yüzyılın ilk yarısında bu kıyı alanlarının büyük kısmı "sulak alan" yada "bataklık" niteliğinde idi. Tarım ve sinekle mücadele amaçlı yapılan kurutma çalışmaları ile bu alanlar tarıma kazandırıldı. Ancak yeterli araştırma yapılmaksızın bu alanlarda imara işlemleri yapıldı. 6) Çoğunlukla deniz kotuna yakın olduğundan yeraltısuyu seviyeleri yüzeye birkaç metre mesafededir.

Kıyı alanlarında imara yönelik bölgesel etüdler yapılmadığından geoteknik veriler sınırlı sayıda akademik çalışma, yerel yönetim arşivlerinden elde edilen çeşitli projelerin zemin etüdları ve özel etüd firmalarının mühendislik çalışmalarından oluşmaktadır. Bu alanlar için; zemin mekaniği, mühendislik jeolojisi, tektonik ve deprem mühendisliği konularını içeren özel çalışmaların yapılması gereklidir. Bu tür çalışmalar sonucunda "mikro-bölgeleendirme" yapılarak, bu bilgiler ışığında imar durumu gözden geçirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Borhardt, J., 1985, Bericht Der Limra-Grabung 1984, VII. Kazı Sonuçları Toplantısı, TC.Kültür ve Turizm Bak., Eski Eserler ve Müzeler Gen.Md., Ankara

2. Çevik,N., 1994, Localisation of Olbia at the North of Pamphilia, Lykia, Anadolu-Akdeniz Arkeolojisi, Akdeniz Üniversitesi Likya Araştırma Merkezi ve Arkeoloji Bölümü Süreli Yayını.
3. Etkesen, Z.; Aksoy, S.; Akçelik, N.; Akyüzoğlu, M.; Öge, C.;Durgunoğlu, T., 1998, Antalya-Manavgat-Alanya Bölünmüş Yolu Manavgat Nehri Köprüsü Yaklaşım Dolguları Zemini Oturmaları, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Yedinci Ulusal Kongresi, 22-23 Ekim 1998, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
4. Jeoteknik, 1997, UDE Turizm Yatırım İşletmecilik San.Tic.Aş, Belek Turizm Yatırım Alanı (Belek İleribaşı Mevkii 3 nolu tahsis parseli -Antalya) Zemin Etüd Raporu, Jeoteknik Yerbilimleri Araştırma, Antalya
5. Jeoteknik, 1998, Özaltın İnşaat A.Ş., Belek Turizm Yatırım Alanı (Antalya) Zemin Etüd Raporu, Jeoteknik Yerbilimleri Araştırma, Antalya.
6. Jeoteknik, 1999-a, Güloğlu İnşaat, 2298 ada 10 parsel (Lara-Antalya) Zemin Etüd Raporu, Jeoteknik Yerbilimleri Araştırma, Antalya
7. Jeoteknik, 1999-b, S.S.Aksu Yalılıkent Yapı.Koop. 12779 ada 1 parsel ve 12806 ada 4 parsel (Kundu-Antalya) Zemin Etüd Raporu, Jeoteknik Yerbilimleri Araştırma, Antalya.
8. Dipova, N., 1997, Assessment of Soil Behaviour in the Konyaaltı Region (Antalya), M.S.Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
9. Dipova, N., Oğuz,C., 1998, Lara (Antalya) kumulları ve kıyı alanı, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları II. Ulusal Konferansı Bildiriler Kitabı, 22-25 Eylül 1998, ODTÜ, Ankara.
10. DSI, 1979, Antalya-Boğaçay Ovası, Hidrojeolojik Etüt Raporu, D.S.I. 0901-J-1, Ankara.
11. DSI, 1978, Manavgat Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, D.S.I. Ankara.
12. Glower, C.P. and Robertson,A.H.F., 1998, Role of regional extension and uplift in the Plio-Pleistocene evolution of the Aksu Basin, SW Turkey, Journal of Geological Society, London, Vol.155,pp.365-387.
13. Öner,A., 1995, Patara ve çevresinin jeomorfolojisi, TÜBİTAK YBAG 106 no.lu proje raporu, (yayınlanmamış).
14. Öner,A., 1996-a, Eşen Çayı taşkın-delta ovasının jeomorfolojisi ve antik Patara Limanı, Ege Coğrafya Dergisi, 9, 89-130, İzmir.
15. Öner,A., 1996-b, Finike Ovası'nın alüvyal jeomorfolojisi ve antik Limyra kenti, Ege Coğrafya Dergisi, 9, 131-158, İzmir.
16. Öner,A., 1997, Teke yarımadası (Antalya) güneyinde kıyı-kenar çizgisi değişimleri, I. Ulusal Konferansı Bildiriler Kitabı, Ankara

ORIGIN AND GEOTECHNICAL PROPERTIES OF ANTALYA COASTAL PLAINS

Nihat DİPOVA
Instructor
Akdeniz University, Civil Engineering Department
Antalya, Türkiye

ABSTRACT

Building requirement in Antalya coastal plains is increasing rapidly as a result of tourism and migration. As a result of rapid development, stability problems on the buildings constructed on this plains are commonly observed.

As a result of tectonic activity of Anatolian Block, Aksu Basin were opened in half graben shape producing a rise of continents at the east and a subduction at the west. After Holocene, geomorphologic evolution of the area is the cause of eustatic and relative sea level changes. 100 m rise of sea level in the last 15.000 years accelerated subduction of west part of the area. However, at the east, sea level rise met some part of continental rise.

Detailed geotechnical investigation studies were not done before urban development of these plains. Geotechnical data related to the areas was obtained from academic studies of limited number, archive of municipalities and engineering works of private companies. Geotechnical parameters collected from these sources are given as summary in this study.

In this study, Antalya coastal plains were examined in order, geological origins were modeled, geotechnical properties and sysmic behavior of soils were explained.

ANTALYA TUF A FALEZLERİ ÜZERİNDE YAPILAŞMADA GEOTEKNİK SORUNLAR

Nihat DİPOVA
Öğretim Görevlisi
Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
Antalya, Türkiye

ÖZET

Geçmişte “Antalya Traverteni” olarak adlandırılan tufa, 630 km² lik alanı ile dünyanın en geniş tufa çökelidir. Karadaki 4 platoya ek olarak, Boğaçayı ile Lara Feneri’ni birleştiren hat boyunca deniz altında –90 m kotuna kadar bir tufa platosunun olduğu da bilinmektedir.

Tufa bünyesinde çeşitli boyutlarda birincil oluşum boşlukları (mağaralar) ve çağlayan tipi oluşum sonucu düşey perde şeklinde boşluklar bulunur. Derin kazılarda ve şevlerde bu tür boşluklar kazı duvarı göçmesine neden olmaktadır. Temellerde ise göçme ve farklı oturma oluşabilmektedir.

Dalga aşındırması sonucu falezler alttan oyulmakta ve üstte gerilme çatlakları oluşmaktadır. Falezler bloklar şeklinde ayrılmakta ve denize doğru açılmaktadır. Çok büyük boyutlu bloklarda ayrılma bölgeleri taşınmış ince taneli malzeme ile dolar ve kolay fark edilemez. Böyle bloklar üzerinde yüksek yapılar inşaa edilmiştir. Ancak Antalya’nın bazı bölgelerinde bu blok kaymaları ölçülebilir boyuta gelmiş ve belgelenmiştir.

Çöken zeminler, normalde kuru olan fakat su içeriği artırıldığında ve/veya yük uygulandığında ani, beklenmeyen oturma sergileyen zeminlerdir. Çoğunlukla Düden Platosu'nda karşımıza çıkmasına karşın Arapsuyu'nda ve diğer bölgelerde de yüzeydeki tufa sert olmasına rağmen derin kazılarda alt kotlarda rastlanmaktadır. Mikritik, pelletik ve intraklast özellikteki birimlerde çökme mekanizması gözlenmektedir. Lara yolu üzerinde bazı yüksek katlı binalarda farklı kalınlıkta temel zemininin çökmesi sonucu, en fazla 85 cm i bulan eğilmeler gözlenmektedir.

Çalışmalar; gözlemsel ve laboratuvar çalışmaları olarak iki aşamada yapılmıştır. İlk önce falezler boyunca karşılaşılan temel mühendisliği sorunları belirlenmiştir. Yapılardaki deformasyona neden olacak yapısal özellikler tanımlanmıştır. Falezler boyunca dalga etkisi ile oluşan morfolojik yapı modellenmiş ve bunun zeminlerin geoteknik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Temel zemininde kayaç özelliği gösteren bölümlerin kütsel özellikleri belirlenmiştir. Deneysel çalışma aşamasında ise; ayrıık zemin ve kayaç davranışı sunan bölümlerde indis ve deformasyon özellikleri belirlenmiştir.

1- AMAÇ

Attelia adı ile kurulduktan sonra, Roma, Bizans, Osmanlı ve Cumhuriyet dönemlerinde de varlığını sürdüren kent, tufa zemin üzerine kurulu ender yerleşimlerdenidir. Akdeniz'e kıyı diğer ülkelerde de tufa birimleri olmasına rağmen, buralar genellikle kentleşme dışında tutulmuş veya milli park olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle bu tufaların jeolojik özellikleri ayrıntılı olarak çalışılmış ve yayınlanmış olmasına rağmen, zemin mekaniği ve temel mühendisliği konularında çalışmaya rastlanamamaktadır. Antalya tufasında bu denli yoğun ve hızlı bir yapılaşma olmasına rağmen, geoteknik özelliklerine dönük yeterli bilgi birikimi oluştuğu söylenemez. Böyle bir durumda mühendislik uygulamalarında bir takım sorunların yaşanması kaçınılmaz olmuştur. Sonuçta, yaşanan mühendislik sorunları üzerinde vaka analizleri yaparak bilgilerin derlenmesi ve bundan sonraki çalışmalara ışık tutması gereği ortaya çıkmıştır. Bu çalışmanın amacı; Antalya tufası üzerindeki yapılaşmada karşılaşılan geoteknik sorunları ortaya koymak, gerekçelerini irdelemek ve çözüm önerilerinde bulunmaktır.

2- TUFANIN JEOLojİK ÖZELLİKLERİ

Önceki çalışmalarda “traverten” olarak kaya birimi için, ılık su çökeli olması ve çökeliindeki biyojenik köken nedeni ile, “Antalya Tufası” adlandırması daha doğru görülmektedir (Dipova, 2002). Pliyo-Quaterner yaşlı Antalya Tufası, biri deniz altında olmak üzere 5 ayrı platodan oluşmaktadır (Nossin, 1989). Tufa kütlesini çevreleyen kalker ağırlıklı kayaçlardan, CO₂ içeren bünye suyunca çözünen karbonatlar, yeraltısuyu akım yolu boyunca su ile birlikte taşınmaktadır. Yeraltısuyunun yüzeye çıktığı yerde, karbonatı su içinde tutan CO₂ nin havaya karışması, basınc düşmesi ve mikroorganizmaların etkisi ile kalsiyum karbonat çökelmekte ve tufayı oluşturmaktadır.

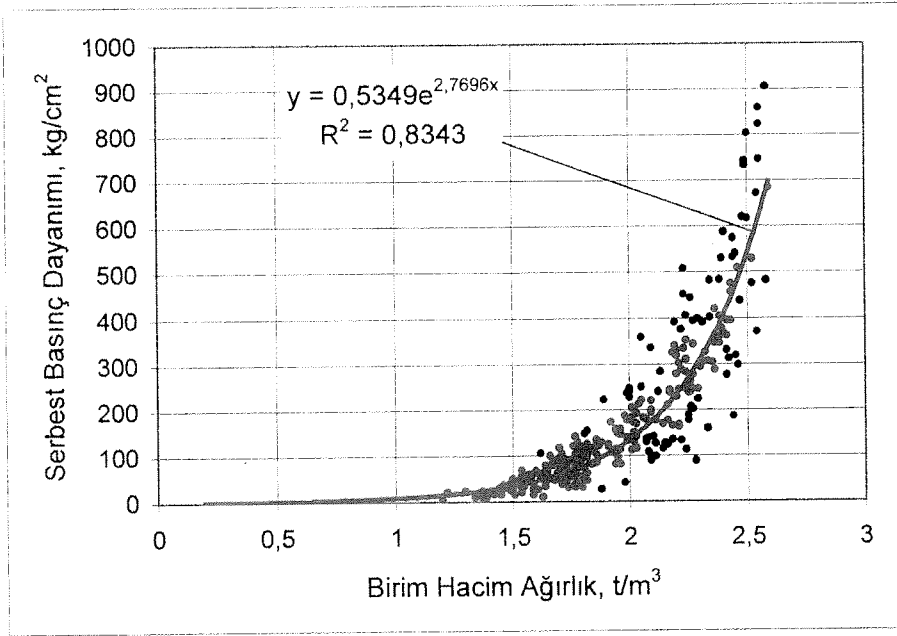
Çökelim ortamı olarak en yaygın 3 modelden söz edilebilir: Bunlar; akarsu, çağlayan ve kurna yapısı (gölsel) modelleri. Antalya'nın doğusunda bulunan Düden çağlayanında çağlayan modeli aktif haldedir. Düden Çayı'nın denize döküldüğü yerde, çağlayanın arkasında düşey perde şeklinde çökelim yapıları görülmektedir. Düden çayının yatağı bir yatak düzenlemesi ile bu günkü halini almadan önce örgülü nehir şeklinde ve düzensizdi. Yatağı sürekli değişir ve falezler boyunca farklı alanlarda çağlayanlar oluştururdu. Günümüzde falezler boyunca eski çağlayan modeli çökelim yapıları görülebilmektedir. Çağlayanların hemen gerilerinde ve iç bölgelerde irili ufaklı göller oluşmakta, bu göllerden taşan sular yeni küçük çağlayancıklar oluşturmaktadır. Farklı oluşum modelleri, yatayda ve düşeyde, düzensiz bir şekilde sık değişikliklerle gözlenmektedir.

Oluşum modeli kayacın geoteknik özelliklerinde etkili olmaktadır. Farklı dokularda kayaçlar ve ayırık zemin davranışı gösteren çökeller bir arada bulunmaktadır. Bu durum geoteknik özelliklerin belirlenmesi öncesi ayrıntılı bir jeolojik model çalışmasını gerekli kılmaktadır.

3- TUFANIN GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Temel tasarımlarında kullanılmak üzere sondaj kuyularından alınan 56 mm ve 66 mm çaplı, 310 adet karot örnek ve kazı çukurlarından alınan örselenmemiş örnekler üzerinde serbest basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, boşluk oranı, tane boyu dağılımı ve çökme potansiyeli deneyleri yapılmıştır. Şekil 1. de karot örnekler üzerinde yapılan birim hacim ağırlık ve serbest basınç dayanımı ilişkisi verilmiştir. Bu ilişkiye göre $\gamma=1,5 \text{ t/m}^3$ ve

$\sigma_c=35 \text{ kg/cm}^2$ değerinin altındaki örnekler zayıf çimentolu ve diyajenez geçirmemiş tufa türlerine girmektedir. Doğada var olmasına karşın, test edilen örnekler içinde $\gamma=1,2 \text{ t/m}^3$ ün altında örnek bulunmamaktadır. Bunun nedeni örnekleme tekniğinden kaynaklanmaktadır. Sulu sistem rotary sondaj tekniğinde bu özellikteki malzemeler erimekte ve karotiyerle örneklenememektedirler. Bu özellikteki malzemeler “çöken zemin” yöntemleri ile test edilmiş ve ilgili bölümde sunulmuştur.

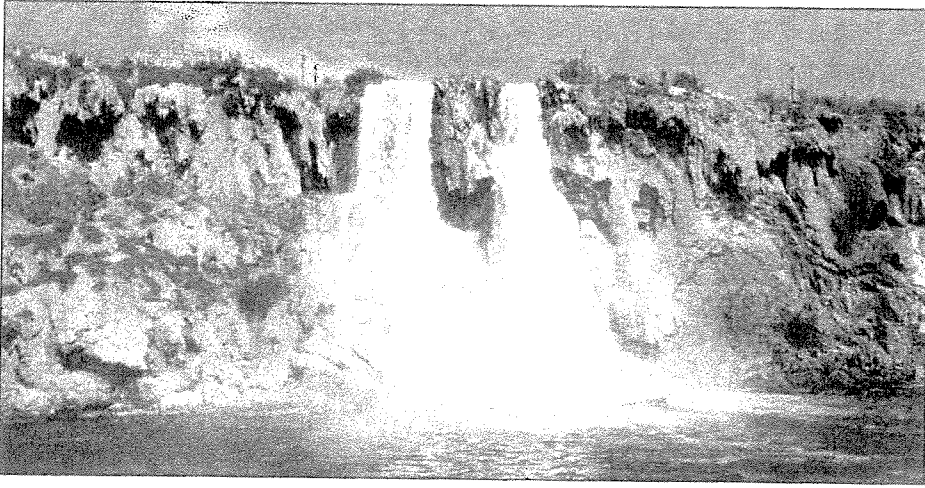


Şekil 1. 310 adet tufa örneğine ait serbest basınç dayanımı-birim hacim ağırlık ilişkisi.

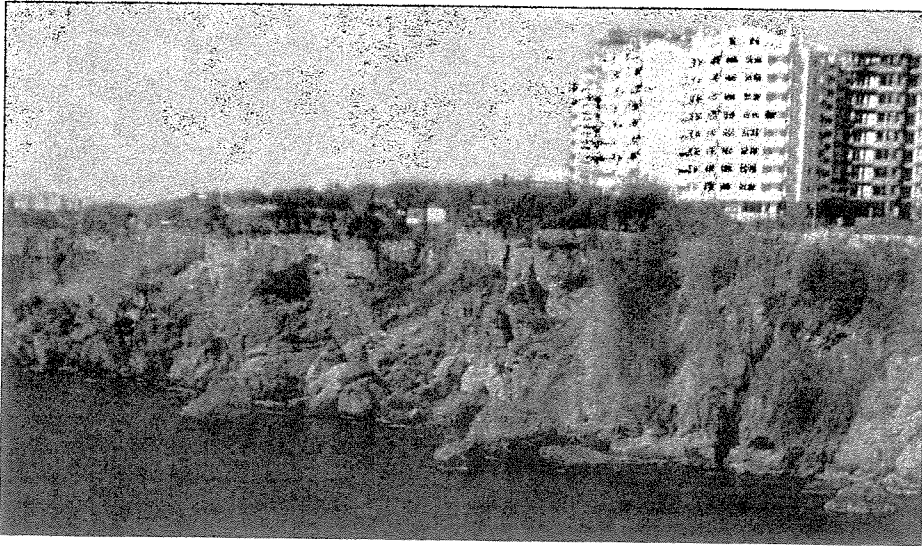
Karot örneklerden önemli parametreler türetilmesine rağmen, kayacın temel zemini olarak davranışını etkileyen en önemli etken kayacın kütleli özellikleridir. Falez yapısı, kayaç içindeki bloklu ve boşluklu yapıdan kaynaklanan süreksizlikler bundan sonraki bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılacaktır. Çökelim ortamı ve diyajenez düzeyi gibi özellikler de geoteknik özellikler üzerinde belirleyicidir. Bu nedenle geoteknik model oluşturulurken, kaya kütlesi sınıflama yöntemlerinden yararlanılmalıdır.

4- FALEZ YAPISI

Yaklaşık 12 km uzunluğundaki tufa falezlerinin oluşumunda dalga aşındırması ve birincil oluşum mekanizması birlikte rol oynamıştır. Çağlayan tipi tufa çökeli ile dik kaya kütleleri oluşmaktadır. Bu oluşum Karpuzkaldıran'da Düden Çayı'nın denize döküldüğü yerde sürmektedir (Şekil 2). Çağlayan tipi çökelim kaynaklı perde tipi sarkıtlar Konserve mevkiine kadar izlenebilmekte, batıya doğru gidildikçe oluşum yapıları yerini aşınma yapılarına bırakır (Şekil 3).

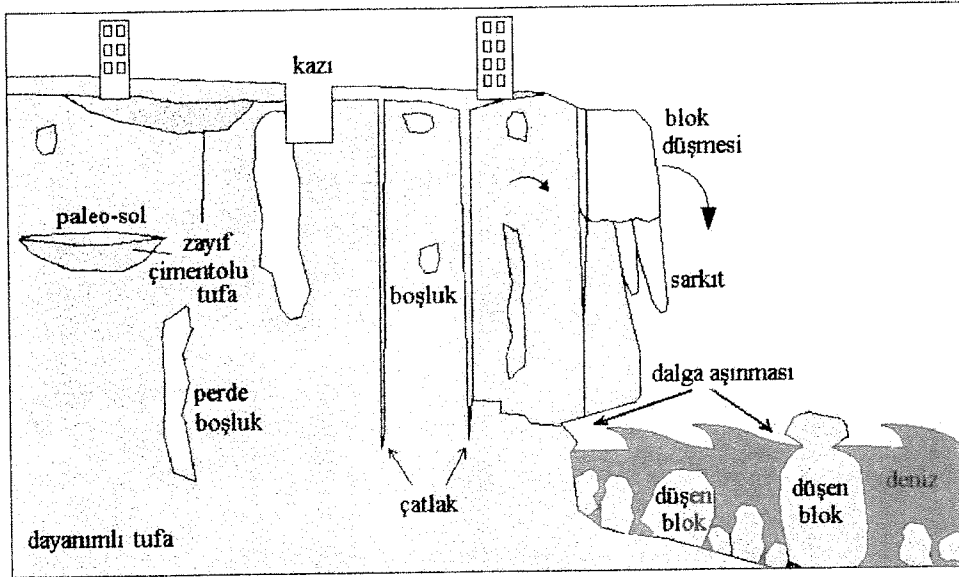


Şekil 2. Düden Çağlayanı'nda devam eden tufa oluşumu.



Şekil 3. Falezlerin batı bölümünde aşınma yapıları.

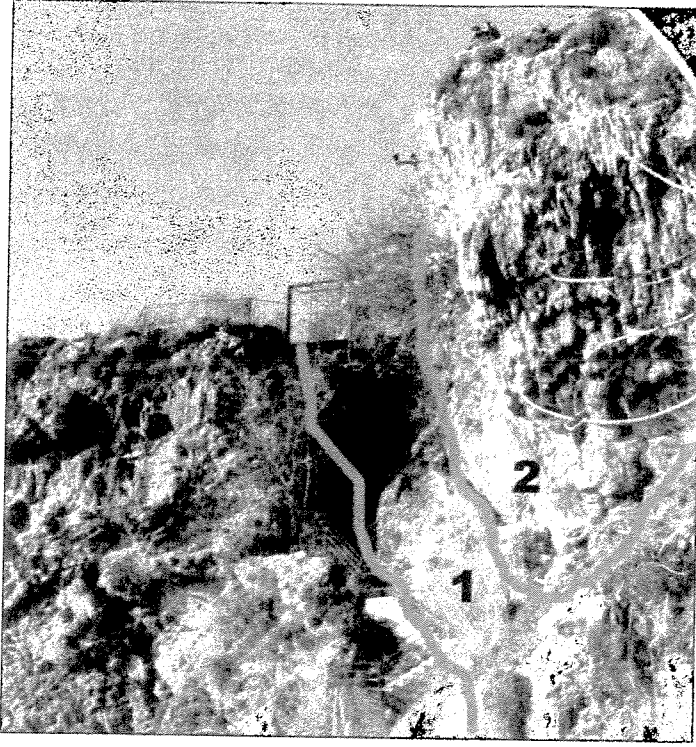
Dalga aşındırması sonucu falezler alttan oyulmakta ve üstte gerilme çatlakları oluşmaktadır. Falezler bloklar şeklinde ayrılmakta ve denize doğru açılmaktadır (Şekil 4). Çok büyük boyutlu bloklarda ayrılma bölgeleri taşınmış killi malzeme ile dolar ve kolay fark edilemez. Böyle bloklar üzerinde yüksek yapılar inşaa edilmiştir. Ancak Antalya'nın bazı bölgelerinde blok kaymaları ölçülebilir boyuta gelmiş ve belgelenmiştir (Şekil 5-6).



Şekil 4. Tufa falez yapısı.



Şekil 5. Tufa falezlerinde çoklu blok kayması sonucu Eski Lara Yolu'ndaki kırıklar.



Şekil 6. Şekil 5 teki çoklu blok (Blok-1 ve Blok-2) kaymasının deniz tarafından görünümü.

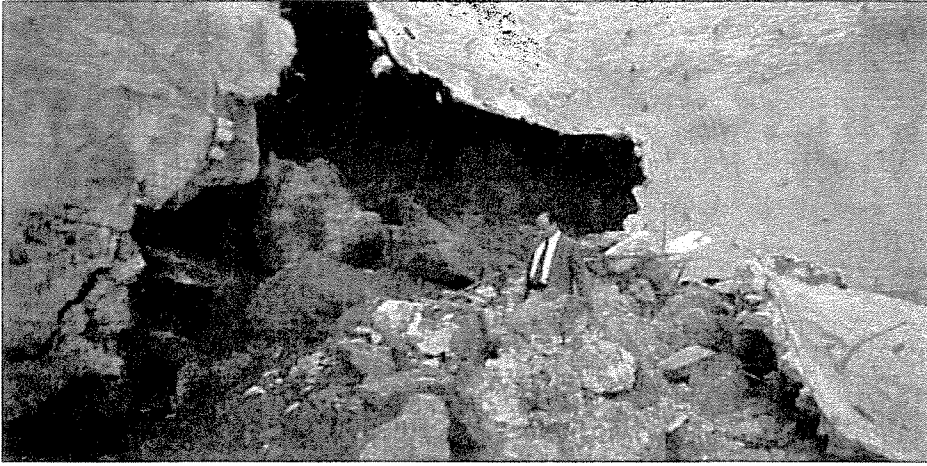
5- BOŞLUKLAR (MAĞARALAR) ve SÜREKSİZLİKLER

KARSTİK BOŞLUKLAR

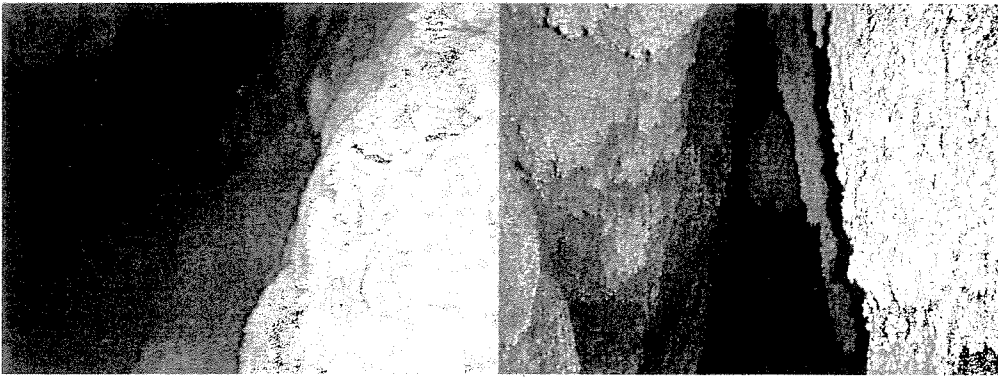
Karst terimi yeraltısuyunun yüksek asitlik düzeyi sonucu kalsiyum karbonatın erimesi ile oluşan boşluklu yapıyı tanımlamak için kullanılır. Birçok çalışmada Antalya Tufası karstik olarak tanımlanmasına rağmen, belirlenen boşlukların çoğunda karst özelliği yerine bir sonraki bölümde açıklanacak olan birincil oluşum özellikleri belirlenmiştir. DSI (1985) tarafından yapılan ölçümlerde de yeraltısuyunda kaynak ile suyun denize boşaldığı yer arasında asitlik değişimi bulunmamıştır. Ancak yüzey erimesi etkisi ile bir karstlaşma gözlenmektedir. Daha çok lakustrin ortam ürünü masif kayalarda baca şeklinde düşey erime boşlukları oluşmakta ve bunlar derinde mağara şeklinde geniş açıklıklarda birleşmektedir. Üst platoda Organize Sanayi Bölgesindeki kazılarda bu tür karstik boşluklar belirlenmiştir.

BİRİNCİL OLUŞUM BOŞLUKLARI

Tufa bünyesinde çeşitli boyutlarda birincil oluşum boşlukları (mağaralar) ve çağlayan tipi oluşum sonucu düşey perde şeklinde boşluklar bulunur. Antalya kentinin kurulu olduğu alt platoda rastlanan boşluklar çoğunlukla birincil oluşum boşluğudur. Kurna yapısı çökeliimin yanal gelişimi ya da çağlayan tipi oluşumda sarkıt perdelerinin arkasında boşluklar kalmaktadır (Şekil 4). Kurna yapısı ve çağlayan tipi çökelim tüm kütlenin oluşumunun her aşamasında etkili olduğundan, yatayda ve düşeyde herhangi bir seviyede bu tür boşluklara rastlamak olasıdır. Derin kazılarda ve şevlerde bu tür boşluklar kazı duvarı göçmesine neden olmaktadır (Şekil 7). Temellerde ise göçme ve farklı oturma oluşabilmektedir.



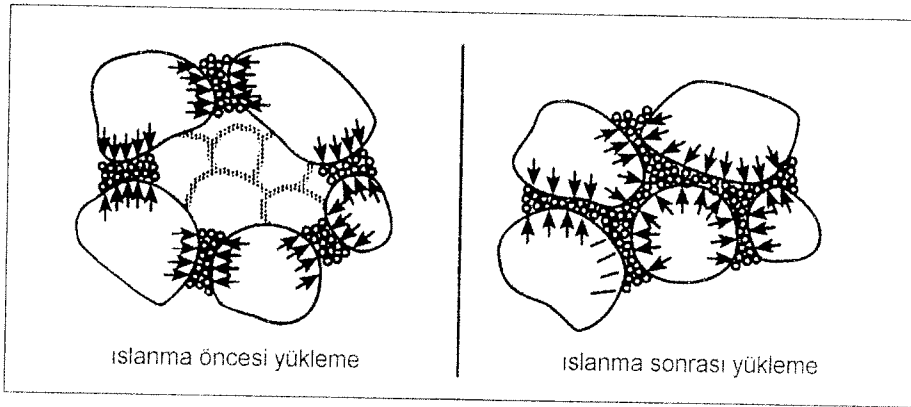
Şekil 7. Tufada derin kazı göçmesi.



Şekil 8. Şekil 7 de görülen kazıya açılan bir perde boşluğun içerden görünümü.

6- ÇÖKEN ZEMİNLER

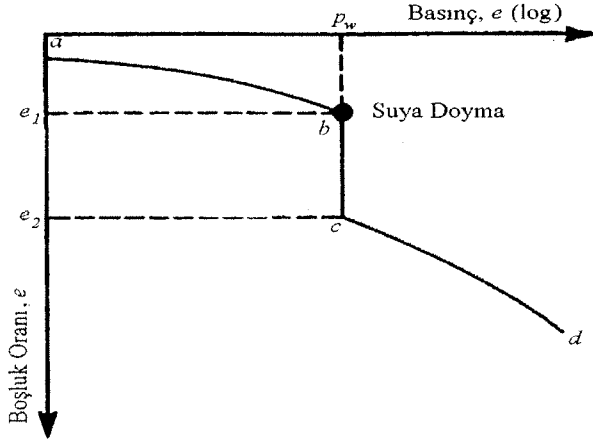
Çöken Zeminler, suya doyurulduklarında ve/veya yük altında, yüksek hacim değişiklikleri gösteren boşluklu, kuru zeminlerdir. Su oranı arttığında taneler arasındaki bağ erimekte ve boşluklar “çökmektedir” (Şekil 9). Çökme mekanizmasında en önemli faktör, genelde kil bağları ya da karbonat bağları olarak karşımıza çıkan, tanecikler arası bağdır. Antalya **tufasında** da kum ve silt boyutlu taneler menisküs çimentosu ile bir arada durmakta ya da önceden oluşup taşınmış mikro-kalsit kristallerinden oluşan karbonat çimento ile bağlanmaktadır (Dipova, 2002).



Şekil 9. Çöken zeminlerde boşluklu yapı ve çökme ile boşlukların kapanması.

Çöken zeminlerin tipik özellikleri; boşluklu yapı, yüksek boşluk oranı, düşük birim hacim ağırlık, yüksek porosite, jeolojik olarak genç ya da yeni ayrılmış olmak, tanecikler arası düşük bağ mukavemetidir (Rogers, 1995). Bir zeminin çöken zemin olduğuna karar vermek için **çökme potansiyeli** parametresi kullanılmaktadır. Jennings and Knight (1975) zeminlerin **çökme potansiyelini** belirlemek için bir yöntem geliştirmişlerdir. Yöntemin ilk aşamasında geleneksel ödometre halkasında çöken zemin örneği hazırlanmakta ve 2 kg/cm² basınca kadar kademeli olarak yükleme gerçekleştirilmektedir. Bu basınç değerinde zemin suya doyurulmakta ve deneyin devamı suya doymun olarak sürdürülmektedir (Şekil 10). Deney sonunda suya doyma öncesi ve sonrası boşluk oranı değerleri (e_1 ve e_2) elde edilir. Çökme potansiyeli ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$C_p = \frac{e_1 - e_2}{1 + e_1}$$



Şekil 10. Ödometre deneyinde suya doyma sonrası ani çökme.

Antalya’da yapılan çöken zemin deneylerinde $C_p = 1-10$ % aralığında çökme potansiyeli belirlenmiştir. Bu da zeminin “orta derece problemli – problemli çöken zemin” olduğunu gösterir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çöken zeminlerin çökme potansiyeline göre sınıflaması (Clemence ve Finbarr, 1981).

C_p (%)	Problemin ciddiyeti
0-1	Problemsiz
1-5	Orta derece problemli
5-10	Problemli
10-20	Ciddi problemli
20	Çok Ciddi problemli

Çöken zeminler Antalya’da nerelerde gözlenir? 1997 yılında ilk fark edildiğinde çevrede yapılan gözlemler bu hasarın tekil olmadığını sistemli bir şekilde çevre yapılarında da hasarların olduğunu göstermiştir. Takip eden süreçte yapılan zemin etüdleri ya da mevcut binalar için yapılan tetkik etüdleri sonucunda falezler boyunca kıyı bölgesinde bu tür zeminlerin varlığını kanıtlamıştır. Mezbaha semtinden Güzeloba semtine kadar Lara bölgesine ek olarak Arapsuyu, Kırca, Oyak kavşağı bölgelerinde de çöken zemin belgelenince çalışmalar daha genişletilmiştir. Tufa biriminin karmaşıklığı, farklı çökme ortamlarının sık geçiş göstermesi nedeni ile çöken zeminlerin Antalya Tufası içinde her bölgede beklenebileceği sonucuna varılmıştır.

7- SONUÇ

Önceki çalışmalarda “traverten” olarak kaya birimi için, ılık su çökeli olması ve çökeliimindeki biyogenik köken nedeni ile, “Antalya Tufası” adlandırması daha doğru görülmektedir. Pliyo-Quaterner yaşlı Antalya Tufası, biri deniz altında olmak üzere 5 ayrı platodan oluşmaktadır.

Antalya tufası, kurna yapıları, nehir çökelleri ve çağlayan tipi çökellerin birleşiminden oluşan son derece karmaşık bir birimdir. Bu nedenle sert kaya, çöken zemin özelliği sunan ayrık malzeme ve boşluklar aynı temel altında dahi bulunabilmektedir.

Kaya ortamlarda kayacın temel zemini olarak davranışını etkileyen en önemli etken malzeme parametrelerinden daha çok kayacın kütleli özellikleridir. Falez yapısı, kayaç içindeki bloklu ve boşluklu yapıdan kaynaklanan süreksizlikler, kütleli taşıma gücü ve deformasyon özelliklerinde etkindir.

Tufa falezlerinin oluşumunda dalga aşındırması ve birincil oluşum mekanizması birlikte rol oynamıştır. Çağlayan tipi tufa çökeli ile dik kaya kütleleri oluşmaktadır. Ancak bu dik kaya kütlesi düşey perdelerden oluşmakta ve bu perdeler arasında yine perde şeklinde boşluklar bulunmaktadır. Dalga aşındırması sonucu falezler alttan oyulmakta ve üstte gerilme çatlakları oluşmaktadır. Falezler bloklar şeklinde ayrılmakta ve denize doğru açılmaktadır. Çağlayan tipi çökeliye ek olarak kurna yapısı çökeli de kurna önlerinde birincil oluşum boşlukları bulunmaktadır. Buna ek olarak yüzey karstlaşması sonucu erime bacaları ve bunların derinde birleşiminden oluşan mağaralar bulunmaktadır.

Intraklast, mikritik ve pelletik tufa türlerinde çöken zemin davranışı gözlenmiştir. Özellikle Düden platosunda yapılarda deformasyona neden olan mekanizma tufa içindeki mikro boşlukların su etkisi ile kapanmasıdır. Yapılan çöken zemin deneyleri sonucunda, Tufa içindeki ayrık malzemelerin “orta derece problemli – problemli çöken zemin” olduğu belirlenmiştir.

Yapılan gözlemler sonucunda Mezbaha semtinden Güzeloba semtine kadar Lara bölgesine ek olarak Arapsuyu, Kırçami, Oyak kavşağı bölgelerinde de çöken zemin

belirlenmiş ve Tufa biriminin karmaşıklığı, farklı çökelim ortamlarının sık geçiş göstermesi dikkate alınarak çöken zeminlerin Antalya Tufası içinde her bölgede beklenebileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Burger, D., 1990, "The travertine complex of Antalya/Southwest Turkey", Zeitschrift für Geomorphologie. Neue Forschung. Suppl.Bd 77, 25-46.
2. Clemence,S.P.; Finbarr,A.O., 1981, "Design consideration for collapsible soils", Journal of Geotechnical Engineering, vol.107, no.GT3, pp.305-317.
3. Dipova, N., 2002, "Collapse mechanism of Antalya Tufa deposits", Ph.D.Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
4. DSI, 1985, "Kırkgöz Kaynakları ve Dolayının Jeolojisi", DSI teknik raporu, No: 32.
5. Glower, C.P.; Robertson,A.H.F., 1998, "Role of regional extension and uplift in the Plio-Pleistocene evolution of the Aksu Basin, SW Turkey", Journal of Geological Society, London, Vol.155,pp.365-387.
6. Jennings, J.E. and Knight,K., 1975, A guide to construction on or with materials exhibiting additional settlement due to collapse of grain structure., Proc.of Sixth Regional Conf.for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, South African Soil Mechanics and Foundation Engineering Society, Durban, South Africa, 1, 99-105.
7. Lutenegeger, A.J. and Saber, R.T., 1988, "Determination of Collapse Potential of Soils, Geotechnical Testing Journal", GTJODJ,Vol.11, No.3, Sept.1988, pp.173-178.
8. Nossin, J.,J., 1989, "SPOT stereo interpretation in karst terrain", Southern Turkey, ITC Journal, 2.
9. Rogers,C.D.F., 1995, "Types and distribution of collapsible soils", in: Derbyshire,E.; Dijkstra,T.; Smalley,I.(eds.), "Genesis and properties of collapsible soils", NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

GEOTECHNICAL PROBLEMS OF CONSTRUCTIONS ON THE ANTALYA TUFA CLIFFS

Nihat DİPOVA
Instructor
Akdeniz University, Civil Engineering Department
Antalya, Türkiye

ABSTRACT

Antalya tufa which was named as "Antalya Travertine" previously, covers an area of 630 km² and is the largest tufa unit in the world. In addition to 4 plateau on the continent, one tufa plateau lies below the sea down to -90 m depth.

In tufa, primary voids (caves) and vertical curtain voids, which are products of cascade environment, exist. In deep excavations and cut slopes such voids cause failure of the side wall. In foundations, collapse and differential settlement of footings may occur. Tufa cliffs are being scoured out as a result of wave erosion and tensional cracks occur at the top. Cliffs are splitting out the continent and moving through the sea. Many examples of this phenomenon were recorded.

Collapsible soils, are unsaturated soils which show large amount of settlement upon wetting and/or loading. Although generally appeared on Düden Plateau, on the other plateaus and even between two sound rock layer collapsing soils can be seen. Micritic, pelletic and intraclast type tufas are more susceptible to collapse.

In this study; foundation problems were determined. Effects of wave formed morphology on geotechnical behaviors of foundations were investigated. Mass characteristics of rock foundations were identified. Index and deformation parameters of rock and soils were determined in the laboratory.



KAZIK ÇAKIMINDA ZEMİN PELTELEŞMESİNİN YAPILARA ETKİSİ

Halil İbrahim CAYIT
İnşaat Mühendisi
Baytem Mühendislik ve Müşavirlik
Ankara/Türkiye

ÖZET

Son yıllarda, ülkemizde kıyı-liman yapılarında çakma kazıklar kullanılarak, başarılı ve ekonomik iskele ve rıhtım projeleri yapılmıştır. Ancak, iyi etüt edilmeden bazı projeler yapılmış ve uygulamada çeşitli başarısızlıklar gözlemlenmiştir. Uygulama sırasında ise deneysel çalışmaya önem verilmesi birçok olumsuzlukları gidermede büyük faydalar sağlamaktadır.

Bu yazıda örnek bir çalışma sunulmuş olup yörede meydana gelen depremde yapılara olan etkisi incelenmiştir. Bu yazının sonunda yeni yapı yapılması sırasında uyulması gereken hususlara da dikkat çekilmiştir.

GİRİŞ

Kıyı Mühendisliğinin önemli uygulamalarından biride kazıklı iskele ve rıhtım yapılarıdır. İskele ve rıhtım kazıklarının taşıma gücünü belirlemede kullanılan yöntemler şunlardır;

- a- Statik yöntemler,
- b- Dinamik yöntemler,

c- Yükleme deneyleridir.

Kazık çakma deneyi olarak bilinen dinamik yöntemler pratik oluşları nedeniyle çok kullanılmaktadır. Bekletmeli çakma veya doğrudan çakma deneyi olarak uygulanmaktadır. Doğrudan çakma deneyinde yeterli bilgi üretilmesi azdır. Ancak bekletmeli çakımda birçok bilgi üretilmesi söz konusudur. Bunlardan bazıları şunlardır; kazık taşıma gücünün belirlenmesi, aşırı oturma, aşırı yükselme ve/veya pelteleşme (thixotropy) v.s.'dir.

Bu çalışmada 1984 yılında yapılan deneysel uygulama anlatılmış, 15 yıl sonraki depremin etkileriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmadan elde edilen bilgilere dayalı olarak sonuçların tartışıldığı son bölümde ileriye yönelik önerilere de yer verilmiştir.

1- DOĞRUDAN ÇAKMA DENEYİ

Çakma işlemine başlanır ve yeterli giriş/darbe (refü) değeri sağlanıncaya kadar çakıma devam edilir. Eğer kazık bir perde elemanı ise burada yeteri derinliğe inilmek şartıyla çakma işlemi bitirilir.

Doğrudan çakma deneyinde üretilen bilgi giriş/darbe ve kazık çakma derinliğidir. Ayrıca kazık çakımına gösterdiği dirençten faydalanılarak zemin kesiti tahmin edilebilir veya kıyaslanabilir bilgiler üretilir.

2- BEKLETMELİ KAZIK ÇAKMA DENEYİ

Doğrudan çakma deneyindeki olumsuzlukları gidermek, emniyetli ve ekonomik bir kazık çakımını gerçekleştirmek için önerilen yöntem bekletmeli kazık çakma deneyidir.

Bu deneyde 1. gün belli bir miktar çakma işlemi gerçekleştirir. 24-48 saat bekletmeden sonra kalan yerden 2. gün çakma işlemine devam edilir.

Eğer tekrar çakımın ilk darbelerinde elde edilen giriş/darbe (refü) değeri önceki çakımın giriş/darbe değerinden farklı ise işlem sorgulanmalıdır.

Bu değer ilk akım sonuç elde edilen giriş/darbe değerinden büyük ise Hiley formülü gibi dinamik çakma formülleri kazık taşıma gücünü belirlemede kullanılmamalı ve bunun yerine yükleme deneyi ile karar verilmelidir.

Tekrar akımda giriş/darbe değeri küçük ise Hiley formülü gibi dinamik çakma formülleri ile kazık taşıma gücü belirlenebilir.

Yukarıdaki bilgi ve açıklamalar doğrultusunda İzmit Körfezindeki POAş akaryakıt iskelesinin 1984 yılındaki tevsii inşaatında bekletmeli akım uygulanarak kazık taşıma gücü belirlenmeye ve karar üretilmeye çalışılmıştır.

3- POAş AKARYAKIT İSKELESİ TEVSİİ İNşAATINDA BEKLETMELİ KAZIK ÇAKMA DENEYİ UYGULAMASINA AİT ÖRNEK

Akaryakıt iskelesi “T” şeklinde olup 6,00 X 130,00 m boyunda 4 anodan oluşan yaklaşım köprüsü ile 9,00 X 15,35 m boyutundaki bağlama ve yaslanma anosundan meydana gelmektedir. Mevcut yapı betonarme kazık ve st yapıdan oluşturulmuştur.

1984 yılındaki tevsii çalışmasında ise bağlama ve yaslanma alanı 24,00 X 30,70 m boyutlarına getirilmesi planlanmıştır. “L” biçimindeki 6 anonun alt yapısı 42 X 46 cm kesitinde L=30,00 m boyundaki betonarme çakma kazıklar olarak projelendirilmiştir.

Proje kazıklarının yeterliğini test etmek ve/veya öneriler geliştirmek amacıyla bekletmeli kazık çakımı yapılmış ve sonuçları aşağıda sunulmuştur. (Cayıt, H.İ., 2002)

Kazık Cinsi	:	Betonarme
Kazık Kesiti	:	42x46 cm.
Kazık Boyu	:	30,00 m.
Su Derinliği	:	-12,50 m.
Tokmak Ağırlığı (TA)	:	3150 kg. Halat sarmalı, serbest düşmeli.
Tokmak Düşme Yük.	:	1.00 m.
Çakma Başlığı Ağırlığı	:	750 Kg.
Çakma Başlık Tipi	:	Ahşap Takoz (30 cm.) + Naylon Halat (3”)

Tablo 1.1 Kazık çakım cetveli (CAYIT, H.İ., vd. 1984)

1. Çakım			2. Çakım		
Tarih : 15.12.1984 Başlama Saati : 14.00			Tarih : 16.12.1984 Başlama Saati : 14.00		
Darbe Adedi	Kazık Uç Kotu	Etaptaki Çakma Miktarı (cm)	Darbe Adedi	Kazık Uç Kotu	Etaptaki Çakma Miktarı
Kazık Ağırlığı	-22.00	-	Tokmak Ağ.	-23,23	3
Tokmak Ağırlığı	-22.06	6	10	-27,36	13
10	-22.53	47	10	-27,53	17
10	-23.15	62	10	-27,66	13
10	-23.78	63	10	-27,87	21
10	-24.34	56	10	-28,07	20
10	-24.86	52	10	-28,26	19
10	-25.32	46	10	-28,42	16
10	-25.76	44	10	-28,59	17
10	-26.21	45	10	-28,76	17
10	-26.61	40	10	-28,89	13
10	-26.99	38			
10	-27.30	31			
Bitiş saati	14.30		Bitiş saati	14.30	

Deney kazığı taşıma gücü hesabı Hiley Formülü ile yapılmış ve $R_U=40$ ton bulunmuştur.

Q_{em} : Emniyetli kazık yükü (ton)

FS : Güvenlik sayısı en az 2,00 kabul edildi.

Q_d : Proje dizayn yükü (ton)

$$Q_{em} : \frac{R_U}{FS} = \frac{40}{2} = 20 \text{ ton} < Q_d = 60 \text{ ton olduğu görülmüştür.}$$

Tablo 1.1'deki kazık çakım cetveli incelendiğinde; killi zeminlerde kazık çakımı sırasında zemin-kazık ara yüzeyinde çakım darbeleri nedeniyle zeminin örselenmesi neticesinde kayma mukavemetini kaybettikleri ve zamanla tekrar kazandıkları tesbit edilmiştir. Bu durum zeminin pelteleşmesi olarak isimlendirilmektedir.

Yine Tablo 1.1 incelendiğinde 1. gün çakımından sonra verilen arada yükün kalkmasıyla kazığın ~ 7 cm yükseldiği gözlenmiştir. Bu da çakım ile yeterli taşıma gücü elde edilmemiş olduğunu göstermektedir.

Yukarıda belirtilen nedenlerle kazık malzemesi ve imalat boy yetersiz bulunarak projede değişiklik önerilmiştir. Öneri doğrultusunda yapı tamamlanmıştır. Söz konusu iskelelerle 17.8.1999 tarihli Doğu Marmara depreminde büyük boyutta deformasyonlar oluşup iskele kullanılmaz hale gelmiştir. Ancak öneriler doğrultusunda yapılan kısımda hiçbir hasar ve deformasyon tesbit edilmemiştir.

4- TARTIŞMA ve SONUÇ

Yer altı su seviyesi altında yapılan kazık çakımlarında zeminin örselenmesi neticesinde kaybettikleri kayma mukavemetini zamanla tekrar kazanmaları olayına pelteleşme diyebiliriz.

Bekletmeli kazık çakımında pelteleşme tesbit edilmiş ise bu tür zeminlerdeki yapılaşmalarda aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- 1- Kazık çakma işlemi emniyetli derinliğe kadar yapılmalı, hatta ana kayaya belli bir miktar girmesi sağlanmalıdır.
- 2- Kazıkta aşırı oturma ve aşırı yükselmelere karşı projede önlem alınmış olmalıdır.
- 3- Pelteleşme olasılığı olan zeminlerde deprem ve dalga gibi dinamik yüklerin etkisi ile oluşması muhtemel sıvılaşma ve yumuşamanın etkisiyle kazık taşıma gücünde bir azalma olmamalıdır.
- 4- Pelteleşme, dinamik yüklemenin kalkması ile birlikte zeminin özelliklerine bağlı olarak birkaç saat ile 1-2 ay gibi süre içerisinde orijinal kayma mukavemetini kazanacaktır. Hatta bu sürenin 4 aya kadar uzadığıda görülmüştür. (Bowles, 1982). Yapının işletmeye alınmasında bu durumda göz önüne alınmış olmalıdır.

KAYNAKLAR

- 1- Bowles, J.E., (1982) “Foundation Desing and Analysis” Mc. Graw Hill Book Co.
- 2- Cayıt, H.İ., Kupşı, N., Kutlay, N., “POAŞ Akaryakıt iskelesi Tevsii İnşaatı Kazık Çakım Tutanağı ve Raporu” (1984), (Yayınlanmadı)
- 3- Cayıt, H.İ., “POAŞ Akaryakıt iskelesi Tevsii İnşaatında Kazık Çakımı Sırasında Meydana Gelen Pelteleşme (Thixotropy) ile 17.8.1999 tarihli Doğu Marmara Depreminde Oluşan Hasarın İlişkisi Üzerine Vaka Analizi” ZMTM 9. Ulusal Kongresi 21-22 Ekim 2002, Anadolu Üniv., Eskişehir (Yayınlanması kabul edildi.)