

# KOHEZYONLU ZEMİNDE TABAN KAYALARINA OTURAN KISA BİR FORE KAZIĞIN YATAY YÜKLEME DENEYİ ALTINDAKİ DAVRANIŞI

Altay A. BİRAND<sup>1</sup> A. Mengüç ÜNVER<sup>2</sup>  
Nefise AKÇELİK<sup>3</sup> A. Gürkan GÜNGÖR<sup>3</sup> Turabi DÜZGÜN<sup>4</sup>

## ÖZET

Karayolları Genel Müdürlüğü (10. Bölge Müdürlüğü)'nün Trabzon Sahil Geçişi ve Tünel İkilemesi Projesi kapsamında inşa edilen Havaalanı KöprülÜ Kavşağı için bir kazık yatay yükleme deneyi gerçekleştirilmiştir. Çapı,  $d=100$  cm. ve boyu,  $L=4$  m. olan serbest başlı bir fore kazık yatay yükleme deneyine tâbi tutulmuştur. Deney, ASTM D3966-90 (Reapproved 1995) standardına uygun bir şekilde yürütülmüştür. Deney kazığı aşırı konsolide kil zemin içerisinde devam ederek taban kayalarına soketlenmeden oturmuştur. Bu şartlar altında 2 devir olarak yükleme ve boşaltma yapılmış ve kazık başı ötelenme ve dönme miktarları ölçülmüştür. 3. devirde kazığın nihaî yüklerine ulaşılmaya çalışılmıştır. Bildiride, kısa ve rijit fore kazık üzerinde gerçekleştirilen bu yatay yükleme deneyinin sonuçları değerlendirilmektedir. Sürekli elastik ortam teorisi ve yanal yatak modülü çözümleri ve bu çözümlerin deney sonuçları ile karşılaştırmaları ve değerlendirmeleri yapılmıştır.

## 1. GİRİŞ

Karayolları Genel Müdürlüğü (10. Bölge Müdürlüğü)'nün Trabzon Sahil Geçişi ve Tünel İkilemesi Projesi kapsamında değişik mevkiilerde köprülÜ kavşaklar inşa edilmektedir. Bu kapsamda inşa edilen Havaalanı KöprülÜ Kavşağı için zemin etüt sondaj çalışmaları yapılmış ve erken sayılabilecek ve oldukça değişken derinliklerde taban kayalarına rastlanmıştır. Dolayısıyla, köprü temellerinin bir kısmı sağlam yapılı kayaç zeminlere, diğer bir kısmı ise kil tabakalara oturmuştur. Bu tür farklı özelliklerdeki zeminlere oturan 16 açıklıklı bir köprü yapısı için hesaplanan farklı oturmalar izin verilen limitleri geçmiştir. Temel seviyeleri kil tabakalar içerisinde kalan köprü ayaklarının ilâve kazılar yapılarak derinlerdeki kayaç tabakalara oturtulması alternatifini yanında bu temeller için kısa ve rijit fore kazık tasarımı da gündeme gelmiştir. Kavşak inşaatının yoğun bir trafik altında yürütmesi ve iksasız kazıların yapılamayacağından yola çıkılarak yürütülen uygulanabilirlik ve maliyet çalışmaları sonucunda bu köprü temellerinin  $L = 4 \sim 5$  m. boylarındaki  $d=100$  cm. çaplı fore kazıklara oturtulması daha makûl bulunmuştur. Yapılan hesaplar taban

<sup>1</sup> Prof.Dr., O.D.T.Ü. İnşaat Müh. Bölümü, Geoteknik Anabilim Dalı, Ankara

<sup>2</sup> İnşaat Y. Müh., MNG Zentaş Zemin ve Temel Müh. İnş. A.Ş., Ankara

<sup>3</sup> İnşaat Y. Müh., Karayolları Genel Müd., Teknik Araştırma Dairesi, Ankara

<sup>4</sup> Jeoloji Müh., MNG Zentaş Zemin ve Temel Müh. İnş. A.Ş., Ankara

kayalarının yüksek taşıma özellikleri sonucunda, tasarlanan Ø100 fore kazıkların düşey servis yüklerini çok yeterli güvenlikler ile taşıyabileceğini göstermiştir. Ancak kısa ve rijit fore kazıkların yatay yüklemelere tâbi tutularak davranışının gözlenmesi gerekli görülmüştür. Bu amaçla Ø100 çapında ve L= 4 m. uzunluğundaki serbest başlı bir fore kazık yatay yükleme deneyine tâbi tutulmuştur. Deney, ASTM D3966-90 (Reapproved 1995) standardına uygun bir şekilde yürütülmüştür. Deney kazığı aşırı konsolide kil zemin içerisinde devam ederek taban kayalarına soketlenmeden oturmuştur. Bu şartlar altında 2 devir olarak yükleme ve boşaltma yapılmış, kazık başı ötelenme ve dönme miktarları ölçülmüştür. 3. devirde ise kazığın nihai yüklerine ulaşılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma ile kohezyonlu zemin içerisinde devam ederek taban kayalarına oturan kısa ve rijit fore kazık üzerinde gerçekleştirilen yatay yükleme deneyinin sonuçları incelenecektir.

## 2. SAHANIN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÖZELLİKLERİ

Trabzon İli'nin Havaalanı mevkiinde yer alan çalışma alanında üst tabakaları güncel yol dolguları ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar oluşturmaktadır. Bunların altında ise genel olarak Kabaköy Formasyonu olarak adlandırılan ve Eosen yaşlı volkanitler yer almaktadır. Ancak, sahile yaklaştıkça Beşirli Formasyonu olarak adlandırılan Pliyosen yaşlı ve kumtaşı, çamurtaşı, konglomera, bazalt ve aglomera olarak kendini gösteren tabakalar bulunur.

Havaalanı Kavşağı kapsamında gerçekleştirilen sondajlarda üst tabakalar genel olarak katı çok katı kıvamdaki kil karakterinde gözlenmiştir. Taban kayaları ise aglomeralardan oluşmaktadır. Aglomeralardan alınan karotlu numuneler kayaç tabakaların az çatlaklı ve sağlam yapılı olduklarını göstermektedir. Hesaplanan karot yüzdeleri ortalama olarak %80 - %90 mertebelerindedir. Ortalama kaya kalitesi değerleri (RQD) ise %60 - %70 aralığındadır.

## 3. TEST KAZIĞI, ZEMİN PROFİLİ ve GEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Yatay yüklemelere tâbi tutulan fore kazık d= 100 cm. çapında ve L= 4 m. boyundadır. Deney kazığının özellikleri Tablo-1'de özetlenmektedir.

Tablo-1. Deney Kazığı Özellikleri

Tip	Çap, d (cm.)	Boy, L (m.)	Elastik Modül, E <sub>p</sub> (MPa)	Eylemsizlik Momenti, I <sub>p</sub> (m <sup>4</sup> )
Fore Kazık	100	4	26.000	0,049

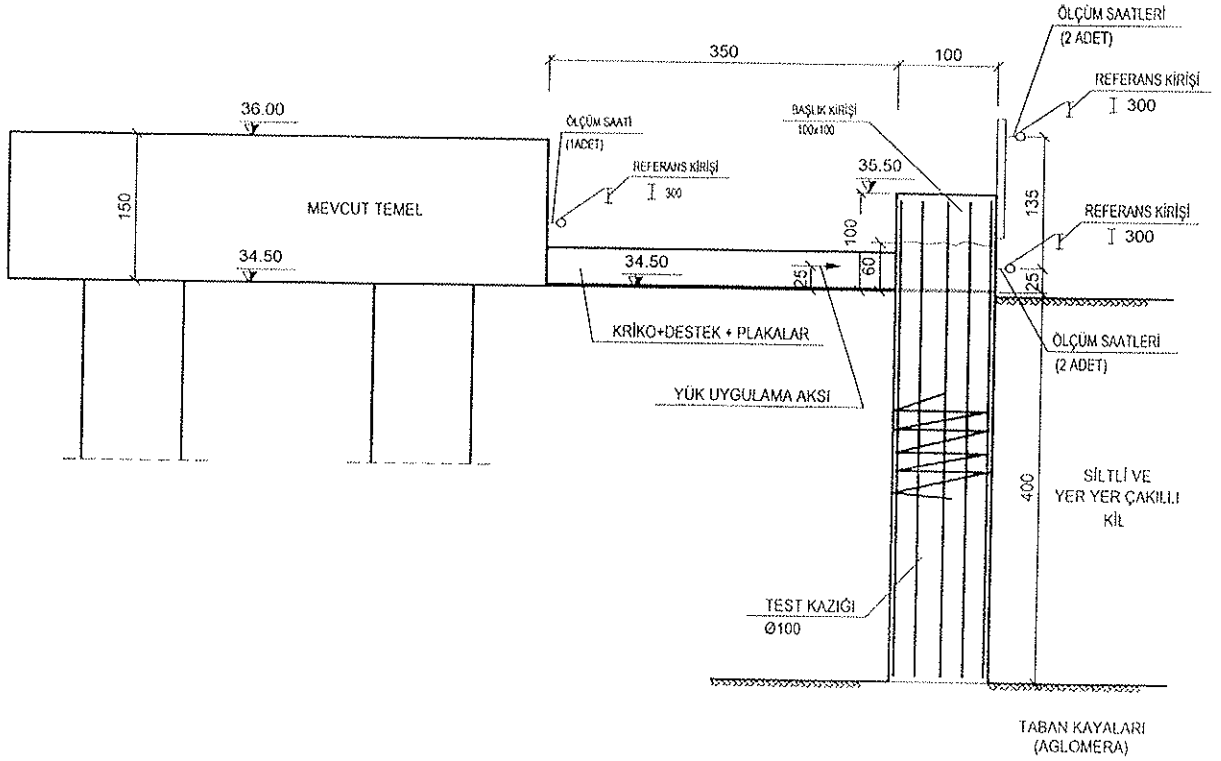
Deney kazığı, inşası planlanan Havaalanı Köprüsü'nün 2 no'lu ayağı yanında yer almaktadır. Bu ayak için yapılan sondajlar ve deney kazığının imalatı sırasında elde edilen numuneler ve yapılan gözlemler deney kazığının siltli ve yer yer çakıllı aşırı konsolide kil zeminler içerisinde devam ederek sağlam yapılı aglomeralara oturduğunu göstermektedir. Saha ve laboratuvar deney sonuçlarından faydalanılarak hesaplanan zemin tabakalarının geoteknik özellikleri Tablo-2'de verilmektedir.

Tablo-2. Zemin Tabakalarının Geoteknik Özellikleri

Zemin Tanımı	Drenajsız kohezyon, $c_u$ (kPa)	Serbest basınç mukavemeti, $q_u$ (MPa)	Diğer Notlar
Kil	100	-	Siltli ve yer yer çakıllı, aşırı konsolide
Taban Kayası (Aglomera)	-	50	Az çatlaklı ve sağlam yapılı, %Karot=85, %RQD=65

#### 4. DENEY DÜZENEGİ ve ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Daha önce belirtildiği gibi yatay yükleme deneyi ASTM D3966-90 (Reapproved 1995) standardına uygun bir şekilde yürütülmüştür. Deney sırasında mevcut 2 no'lu köprü temelinden destek alınarak test kazığına 2 devir olarak yüklemeler yapılmış, kazık başı ötelenme ve dönme miktarları 0,01 mm. hassasiyetteki ölçüm saatleri ile izlenmiştir. Deney düzeneğinin şematik bir kesiti ve ölçüm saatlerinin konumları Şekil-1'de görülmektedir.



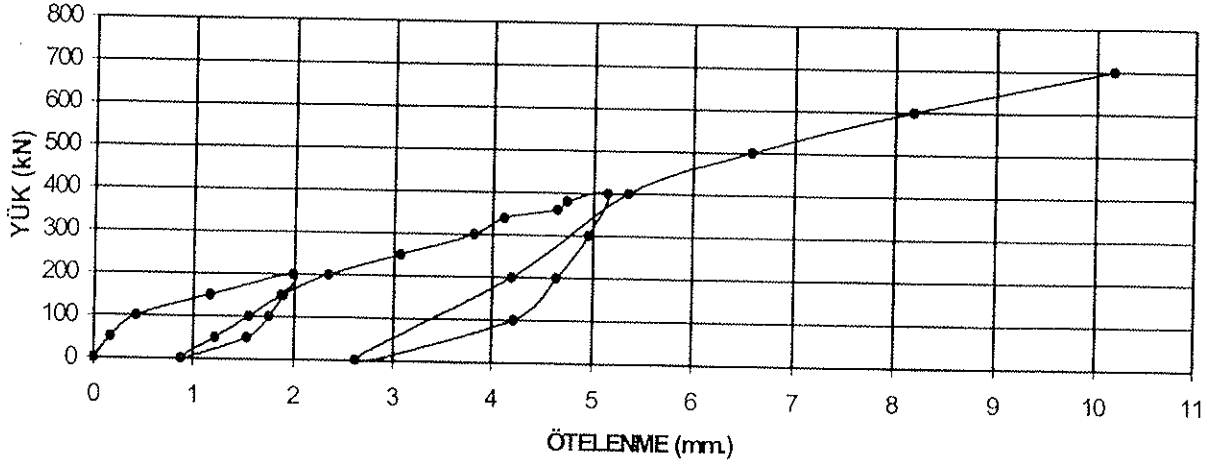
Şekil-1. Deney Düzeneği Şematik Kesiti

Deneyde izlenen yük – zaman programı Tablo –3'te verilmektedir.

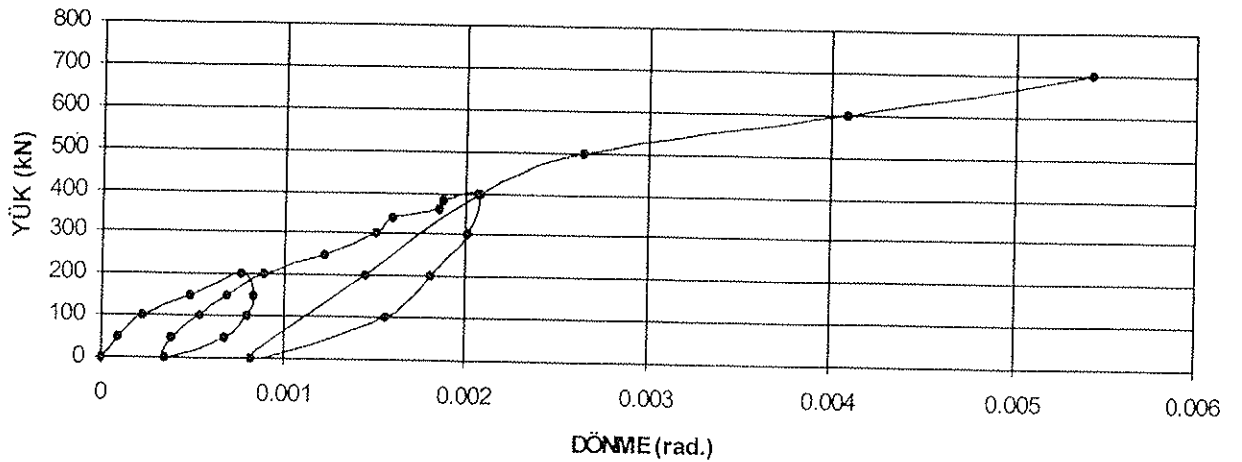
Tablo-3. Kazık Yatay Yükleme Deneyi Yük – Zaman Programı

Yük (kN)	50	100	150	200	150	100	50	0	50	100	150
Zaman(dak.)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15
Yük (kN)	200	250	300	340	360	380	400	300	200	100	0
Zaman(dak.)	20	20	20	20	20	20	60	10	10	10	20

Yukarıdaki program ile uygulanan 2 devir yükleme ve boşaltmadan sonra 3. aşamada kademeli olarak 200, 400, 500, 600 ve 700 kN'lik yüklere çıkılmış ve 5 dakika süreler ile ölçümler yapılmıştır. Bundaki amaç kazığın nihai yüklerine ulaşma isteğidir. Tüm bu ölçümlerden elde edilen yük – ötelenme ve yük – dönme grafikleri sırası ile Şekil – 2 ve Şekil – 3'te verilmektedir.



Şekil-2. Yük – Ötelenme Grafiği



Şekil-3. Yük – Dönme Grafiği

## 5. ANALİZ

### 5.1. Sürekli Elastik Ortam Teorisi

Deney kazığı rijittir. Kazık yatay yükleme deneyi sonuçlarını değerlendirebilme amacı ile önce kazığı çevreleyen zeminin elastik modülü, kazık yükleme deneyinden elde edilen yük-ötelenme ve yük-dönme bulguları kullanılarak hesaplanmıştır (Poulos ve Davis, 1980). Bunun için elastik sonsuz yarı mekân içindeki doğrusal elastik davranış teorisinden yararlanılarak Poulos ve Davis (1980) kaynağında verilen ve serbest başlı kazıklar için geçerli,

$$\rho = \frac{H}{E_s L} I_{\rho H} \quad (1)$$

$$\theta = \frac{H}{E_s L^2} I_{\theta H} \quad (2)$$

denklemleri kullanılmıştır.

Bu denklemlerde;

$\rho$  = yanal ötelenme,

$\theta$  = dönme miktarı,

H = yanal yük,

$E_s$  = zeminin elastik modülü,

L = kazık boyu,

$I_{\rho H}$ ,  $I_{\theta H}$  = sırası ile ötelenme ve dönme etki katsayılarıdır.

Aynı kaynakta boyutsuz göreceli rijitlik;

$$K_R = \frac{E_p I_p}{E_s L^3} \quad (3)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada,  $E_p$  ve  $I_p$  sırası ile kazığın elastik modülü ve eylemsizlik momentleridir (Tablo-1). Diğer gösterimler yukarıdakiler ile aynı anlamdadır.

Bu denklemlerde deney bulguları ve kazığa ait veriler yerine konulduğunda  $H=200$  kN seviyesindeki bir yük için,

1. denklemden,

$$\rho = \frac{200}{4E_s} I_{\rho H} \quad \text{veya}$$

bağıntısı,

$$E_s = 2,5 \times 10^4 I_{\rho H} \quad (4)$$

2. denklemden,

$$\theta = \frac{200}{16E_s} I_{0H} \quad \text{veya}$$

bağıntısı,

$$E_s = 1,67 \times 10^4 I_{0H} \quad (5)$$

3. denklemden,

$$K_R = \frac{26 \times 10^6 \times 0,049}{E_s 4^4} \quad \text{veya}$$

$$E_s = 5000 / K_R \quad (6)$$

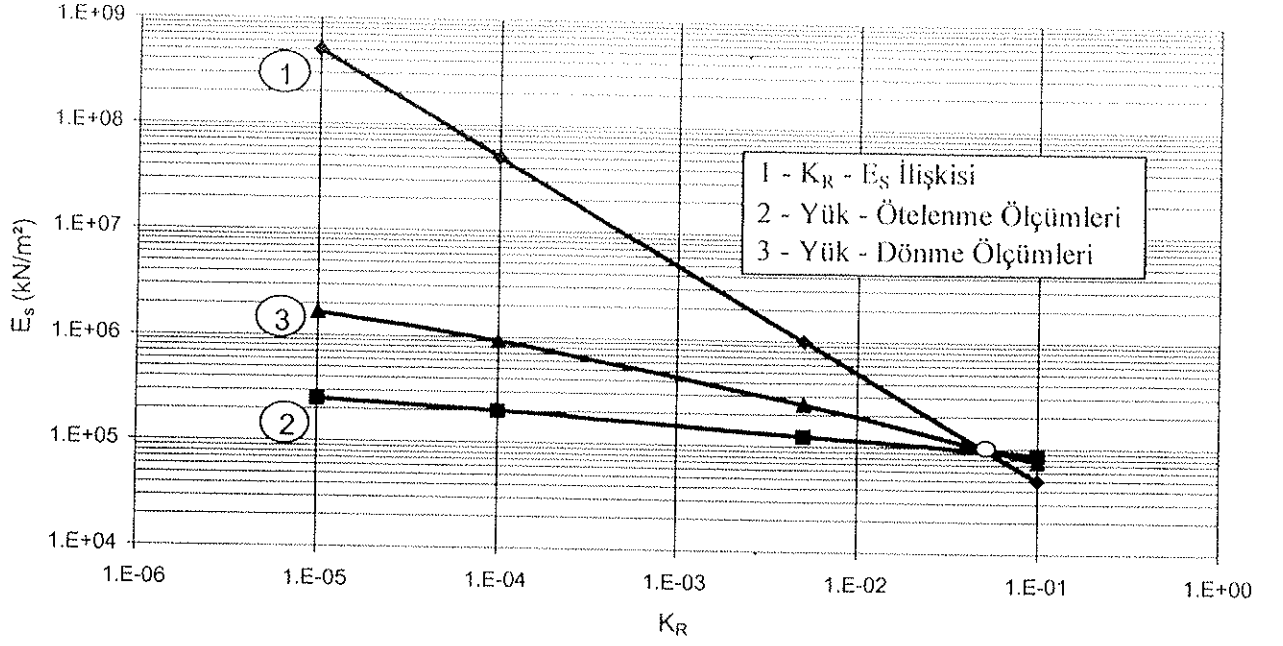
bağıntısı elde edilir.

Diğer yandan, Poulos ve Davis (1980) kaynağında verilen şekiller (s.183, Şekil 8.13 ve 8.14)  $I_{pH}$  ve  $I_{0H}$  değerlerini, kazığın değişik narinlik oranları (L/d) cinsinden  $K_R$  rijitliğinin bir fonksiyonu olarak vermektedir. Kazığın narinlik oranı bilindiğinden bu şekiller kullanılarak değişik  $K_R$  rijitlikleri için  $I_{pH}$  ve  $I_{0H}$  değerleri bulunabilir ve bu değerlere karşı gelen modüller yukarıdaki üç denklem yardımı ile hesaplanabilir (Denklem 4, 5, 6). Bu hesapların sonuçları Tablo-4' te verilmektedir.

**Tablo-4. Modül Hesapları**

Değişik $K_R$ değerleri için etki katsayıları (Poulos ve Davis, 1980)			Denklem 4 ile $E_s$ ( $\text{kN/m}^2$ )	Denklem 5 ile $E_s$ ( $\text{kN/m}^2$ )	Denklem 6 ile $E_s$ ( $\text{kN/m}^2$ )
$I_{pH}$	$I_{0H}$	$K_R$			
10	100	$10^{-5}$	$2,50 \times 10^5$	$1,67 \times 10^6$	$5,00 \times 10^8$
8	55	$10^{-4}$	$2,00 \times 10^5$	$9,17 \times 10^5$	$5,00 \times 10^7$
5	15	$5 \times 10^{-3}$	$1,25 \times 10^5$	$2,50 \times 10^5$	$1,00 \times 10^6$
3,5	4,5	$10^{-1}$	$8,75 \times 10^4$	$7,50 \times 10^4$	$5,00 \times 10^4$

Bu tabloda Denklem 4 ve Denklem 5 ile gösterilen  $E_s$  değerleri, Denklem 6 ile verilen  $K_R - E_s$  eğrisine karşı grafiklenirse, iki kesişim noktası elde edilir. Bu kesişim noktaları, 4-6 ve 5-6 denklem çiftlerinin ortak çözümlerini; diğer bir deyişle zemin için geçerli olan elastik modülleri verir. Şekil-4'te verilen bu eğriler vasıtası ile zeminin elastik modülü yük-ötelenme ölçümlerinden  $93.000 \text{ kN/m}^2$ , yük-dönme ölçümlerinden ise  $98.000 \text{ kN/m}^2$  olarak saptanmıştır. Kazık başı ötelenmesi ve dönme ölçümlerinden bu denli yakın modül değerlerinin bulunması zeminin aşırı konsolide kil olması nedeniyle baştan beri yapılan derinlik boyunca sabit elastik modül varsayımını doğrulamaktadır.



Şekil-4. Elastik Modülün Grafiksel Olarak Tayini

## 5.2. Hetenyi Teorisi

Yukarıdaki hesapların yanı sıra kazık yatay yükleme deneyi sonuçlarından faydalanarak Hetenyi Teorisi yardımı ile yanal yatak katsayılarının geri hesaplar yaparak bulunması da mümkündür. Bunun için Birand (2001) kaynağında verilen ve derinlik boyunca sabit yanal yatak katsayısı ve serbest başlı kazık durumları için geçerli;

$$y = \frac{4H}{kdL} \quad (7)$$

yük-ötelenme, ve

$$\theta = \frac{6H}{kdL^2} \quad (8)$$

yük-dönme bağıntıları kullanılabilir. Bu denklemlerde,  $y$  ve  $\theta$  sırası ile kazık başı ötelenmesi ve dönmesidir. Diğer gösterimlerden,  $H$ = kazığa uygulanan yanal yük,  $k$ =yanal yatak katsayısı,  $d$ =kazık çapı ve  $L$ =kazık boyu'dur. Bu ifadelerde, deney sırasındaki servis yüklerine yakın değişik yükler (örneğin 175, 200, 225 kN) için ölçülen kazık başı ötelenme ve dönme miktarları yerlerine konduğunda  $k$  değerlerini bulmak mümkündür. Bu yolla hesaplanan yanal yatak katsayısı,  $k$  değerleri 85.000 ile 110.000 kN/m<sup>3</sup> arasında bulunmaktadır (Ortalama  $k=97.500$  kN/m<sup>3</sup>). Bu değerler yukarıda sürekli elastik ortam çözümlerinden elde edilen elastik modül,  $E_s$  değerleri ile karşılaştırıldığında en azından bu hâl için  $k$  ve  $E_s$  değerlerinin nümerik olarak birbirlerine çok yakın olduğu sonucuna varılmaktadır ( $k \cong E_s$ ).

### 5.3. Vesic Yaklaşımı

Bazı araştırmacılar ise sürekli elastik ortam çözümlerinden elde edilen verilerden hareket ederek yatak katsayısının tayinine çabalamışlardır. Bu araştırmacıardan Vesic (1961 ve 1973), izotrop ve elastik ortamlar üzerine oturan kirişlerin eğilme davranışlarından yola çıkarak ve elastik ortam ve yatak katsayısı yaklaşımları ile elde edilen kesit kuvveti ve ötelenme miktarlarını birbirlerine yaklaştırarak farkları en aza indirmeye çalışmıştır. Bu amaçla Vesic tarafından aşağıdaki bağıntı önerilmektedir (Birand, 2001):

$$k = \left(\frac{0,65}{d}\right) \sqrt{\frac{E_s \cdot d^4}{E_p \cdot I_p}} \left(\frac{E_s}{1-\nu_s^2}\right) \quad (9)$$

Burada,  $\nu_s$  zeminin Poisson oranı, diğer gösterimler ise daha öncekiler ile aynıdır. Bu bağıntıda Poisson oranı olarak  $\nu_s=0,4$  değeri kabul edilerek yukarıda sürekli elastik ortam teorisinden elde edilen  $E_s=95.000 \text{ kN/m}^2$  ortalama değeri ve diğer bilinen parametreler yerlerine konduğunda  $k=59.200 \text{ kN/m}^3$  sonucu bulunmaktadır. Bu yatak katsayısının kullanımı ile Hetenyi Teorisinden faydalanarak kazık başı ötelenme ve dönme miktarlarının hesaplanması mümkündür (Denklem 7 ve 8). Bu şekilde 200 ve 400 kN yük mertebeleri için bulunmuş olan ötelenme ve dönme miktarları, deneyde ölçülen miktarlarla aşağıda Tablo-5' te karşılaştırılmaktadır.

**Tablo-5. Ötelenme ve Dönme Miktarlarının Karşılaştırılması (Vesic Yaklaşımı)**

H (kN)	200	400
Y hesap (mm.)	3,4	6,8
Y deney (mm.)	2,0	5,0
$\theta$ hesap	$12,7 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-3}$
$\theta$ deney	$7,5 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-3}$

Sonuçlar karşılaştırıldığında, daha düşük yük mertebelerinde ( $H=200 \text{ kN}$ ) ölçülen kazık başı ötelenme ve dönme miktarlarının, hesaplanarlardan ortalama %70 oranında daha düşük olduğu dikkati çekmektedir. Yatay yük arttıkça ( $H=400 \text{ kN}$ ) bu miktarların daha düşük ölçülme oranı %30 mertebelerine azalmaktadır. Bu durum, kısa fore kazığın taban kayalarına oturmasından dolayı kazık ucundaki kayma direnci ve/veya moment dirençlerinin kazık başı ötelenme ve dönme miktarlarını azaltıcı etkisi olarak yorumlanmaktadır. Yük mertebeleri arttıkça taban kayasının kayma kuvvetlerine yenilmesi ve/veya sıkışabilirliği oranında, ölçülen ve hesaplanan kazık başı hareketleri birbirlerine yaklaşmaktadır.

## 6. SONUÇLAR

Kohezyonlu zemin içerisinde devam ederek taban kayalarına soketlenmeden oturan kısa ve rijit, serbest başlı bir fore kazığın yatay yükleme deneyi altındaki davranışı değişik teori ve yaklaşımlarla incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

Poulos ve Davis (1980) tarafından önerilen sürekli elastik ortam teorisinden yola çıkılarak ve deney bulgularından faydalanarak zeminin elastik modülünün grafiksel olarak tayini yapılmıştır. Bu yöntemde, yük-ötelenme ve yük-dönme verilerinden elde edilen eğrilerin



boyutsuz göreceli rijitlik-elastik modül ilişkisinden elde edilen eğri ile kesişme noktaları zemin için geçerli modül değerlerini vermektedir (Şekil-4). Buradaki kayda değer bulgu, ötelenme ve dönme bilgilerinden elde edilen elastik modüllerin aynı mertebelerde olduğudur (Ortalama  $E_s=95.000 \text{ kN/m}^2$ ). Bu durumda, daha önceki sondaj sonuçlarına göre aşırı konsolide kil olduğu anlaşılan ve bu sebeple derinlik boyunca sabit elastik modül (veya sabit yanal yatak katsayısı) esasına dayandırılan hesap ve değerlendirmeler yatay yükleme deneyinden elde edilen bu sonuçlar ile doğrulanmaktadır.

Yanal yatak katsayısı esasına göre değerlendirme yapılan Hetenyi Teorisi sonucu ise geri hesaplar yapılarak yanal yatak katsayıları bulunmuştur (Denklem 7 ve 8). Yük-ötelenme ve yük-dönme verileri kullanılarak servis yüklerine yakın değişik yük mertebelerinde yatak katsayıları hesaplanmış ve ortalama  $k=97.500 \text{ kN/m}^3$  değeri bulunmuştur. Dolayısıyla en azından bu hâl için, sürekli elastik ortam kabulü ile edilen elastik modül değerlerinin Hetenyi Teorisine göre hesaplanan yanal yatak katsayılarına nümerik değer olarak çok yakın olduğu sonucuna varılabilmektedir ( $k \cong E_s$ ).

Bu konuda diğer bir yaklaşım, sürekli elastik ortam verilerinden yola çıkılarak yatak katsayısının tayini çabalarıdır. Vesic'in bu çalışmalar sonucu önerdiği bağıntı (Denklem 9) ve elastik ortam çözümlerinden elde edilen elastik modül kullanılarak ( $E_s=95.000 \text{ kN/m}^2$ ),  $k=59.200 \text{ kN/m}^3$  mertebesinde bir yatak katsayısı tahmini yapılmıştır. Bu değer Hetenyi'nin denklemlerinde yerine konması sonucu kazık başı ötelenmesi ve dönme miktarları hesaplanmış ve deneyde ölçülen değerler ile karşılaştırılmıştır (Tablo-5). Burada dikkati çeken husus, deneyde ölçülen kazık başı ötelenme ve dönme miktarlarının Vesic yaklaşımından yola çıkılarak hesaplananlardan ihmal edilemeyecek kadar daha az olduğudur. Bu konuda, taban kayalarına oturan kısa ve rijit kazığın ucunda oluşan yüksek kayma direnci ve/veya moment dirençlerinin kazık başı hareketlerini azalttığı yorumu yapılmıştır. Ancak nihaî yüklere yaklaşıldıkça bu etki azalmakta, ölçülen ve hesaplanan değerler birbirlerine yaklaşmaktadır.

## KAYNAKLAR

- ASTM D3966-90 (Reapproved 1995) Standard Test Method for Piles Under Lateral Loads, U.S.A.
- Birand, A.A. (2001) Kazıklı Temeller, Teknik Yayınevi, Ankara
- Poulos, H.G., Davis, E.H. (1980) Pile Foundation Analysis and Design, John Wiley and Sons Inc, U.S.A.
- Vesic, A.S. (1961) "Bending of Beam Resting on Isotropic Elastic Solid", *Journal of Eng. Mech. Div., A.S.C.E.*, vol. 87, EM2: 35-53
- Vesic, A.S. (1973) "Slabs on Elastic Subgrade and Winkler's Hypothesis", 8<sup>th</sup> Intern. Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Moscow

## **THE BEHAVIOUR OF A SHORT BORED PILE UNDER LATERAL LOADING TEST IN COHESIVE SOIL RESTING ON BEDROCKS**

**Altay A. BİRAND<sup>1</sup>    A. Mengüç ÜNVER<sup>2</sup>  
Nefise AKÇELİK<sup>3</sup>    A. Gürkan GÜNGÖR<sup>3</sup>    Turabi DÜZGÜN<sup>4</sup>**

### **SUMMARY**

A pile test under lateral loads has been performed for the Airport Intersection Bridge within the scope of Trabzon in-city Coast Crossing and Tunnel Doubling Project of Turkish General Directorate of Highways (10<sup>th</sup> Division of Directorate). A free-head bored pile, of diameter,  $d=100$  cm. and length,  $L=4$  m. has been subjected to a lateral loading test. The test has been executed according to the standard ASTM D3966-90 (Reapproved 1995). The test pile was in over-consolidated clay resting on bedrocks without a socket. The pile head displacements and rotations have been measured in a 2-cycle loading and unloading scheme under these conditions. It has been attempted to reach the ultimate loads in the 3<sup>rd</sup> cycle. The results of this lateral loading test of a short and rigid bored pile have been discussed in this paper. The solutions of elastic continuum and subgrade modulus theories and the results of these solutions with the test results have all been compared and evaluated.

---

<sup>1</sup> Prof.Dr., M.E.T.U. Civil Eng. Department, Geotechnical Division, Ankara

<sup>2</sup> Civil Engineer, M.Sc., MNG Zemtaş Soils and Foundation Eng. Constr. Inc., Ankara

<sup>3</sup> Civil Engineer, M.Sc., Turkish General Directorate of Highways, Tech. Research Depart., Ankara

<sup>4</sup> Geological Engineer, MNG Zemtaş Soils and Foundation Eng. Constr. Inc., Ankara