

AŞIRI AYRIŞMIŞ KAYALARDA KAZIK SOKET SÜRTÜNME DİRENCİ

SOCKET FRICTION CAPACITY OF DRILLED SHAFTS IN HIGHLY WEATHERED ROCK

ÖZ

Aşırı derecede ayrıışmış ve çok çatlaklı metadiorit / amfibolitden oluşan kayalara soketlenmiş üç adet kazık üzerinde Osterberg yük hücresi kullanılarak yükleme deneyleri yapılmıştır. Kuzey Anadolu fayına yakın bölgede inşa edilmekte olan viyadükün temellerinde kullanılan ve ana kayaya soketlenmiş kazıkların çekme kapasitelerinin teyidi amacıyla testler yapılmıştır. 2, 3 ve 4 m soket uzunluklarına sahip kısa kazıkların maksimum çekme kapasitelerini belirlemek amacıyla testler göçme yüküne kadar sürdürülmüştür. Aşırı derecede ayrıışmış kayada sürtünme direnci 200 kPa mertebesinde ölçülmüştür. Testlerde uç direnci açısından göçme yüküne ulaşılmamış olmasına rağmen uç direncinin oluşumu ölçülmüştür.

ABSTRACT

Field load test of three drilled shafts socketed in completely weathered and extremely fractured metadiorite / amphibolite were conducted using the Osterberg load cell. The objective of the testing was to determine the uplift capacity of short sockets bored in the base rock for foundation design verification of two major viaducts being constructed in the vicinity of North Anatolian Fault. Short piles with 2, 3, and 4m socket lengths were loaded to failure to obtain the ultimate frictional capacity in tension. Observed frictional capacity of the extremely weathered rock (soil like material) was found on the order of 200 kPa. The tests allowed to observe the mobilization of end bearing stresses at the lower part of the pile without reaching to failure.

1. GİRİŞ

Anadolu Otoyolunun Gümüşova-Gerede Kesimi inşaatı devam etmektedir. Bolu Dağı geçişinde yeralan Asarsuyu Vadisi V şeklinde bir yapıya sahip olup boyuna eğimi %6 civarındadır. Asarsuyu vadisinin viyadükler ile geçilmesi planlanmıştır. Otoyolun bu bölümü Kuzey Anadolu Fayına çok yakın olması itibariyle sismik açıdan oldukça aktiftir. Bu bölgede inşa edilmiş olan viyadükler M=7.2 şiddetindeki 1999 Düzce Depremi sırasında hasar görmüşlerdir. Yapılan güncelleme sonunda bu bölgedeki yapılar için yatay ve düşey deprem ivmelerinin $a_y = 0.56g$ ve $a_d = 0.28g$ alınması önerilmiştir (Erdik ve Yılmaz 2000). Bu nedenle bölgede inşa edilecek olan viyadük temellerindeki kazıklarda yüksek çekme kuvvetleri ortaya çıkmış ve bu yükler kayaya soketlenmiş kazıklara taşınmıştır.

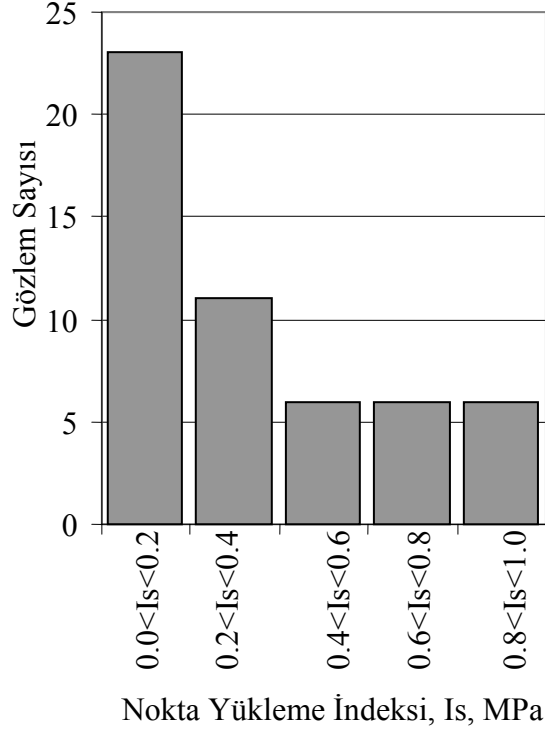
Bölgedeki tektonizma nedeniyle ana kaya oldukça zayıftır. Bu nedenle taban kayasındaki sürtünme direncinin yükleme deneyi ile belirlenmesi gerekmiştir. Aynı kaya koşullarına sahip soket uzunlukları farklı olan üç adet kazığın maksimum sürtünme direncini belirlemek üzere yükleme deneyleri yapılmıştır. Bu tebliğde deney yöntemi, deney sonuçları ve özellikle bölgedeki zayıf kayaların sürtünme dirençleri tartışılmıştır.

2. ZEMİN KOŞULLARI

Asarsuyu vadisi doğu-batı yönünde, Kuzey Anadolu Fayına paralel uzanmaktadır. Bölgedeki ana kaya Paleozoik yaşlı amfibolit, amfibolitik gnays, metadiorit ve metagranitlerdir. Tüm kayalar Paleotektonik ve Neotektonik hareketler nedeniyle metamorfizma geçirmişlerdir. Ana kaya üzerinde kalınlığı 10-15 metreyi bulan Kuvaterner yaşlı alüvyon çökeller ve yamaç molozları yer almaktadır. Bölgede bir çok fay bulunmakta ve bu faylara bağlı aşırı derecede çatlaklı ve ezilmiş seviyeler görülmektedir (Sağlam, 2003).

Test lokasyonunda sığ bir nehir alüvyonu altında metadiorit ve amfibolitler yer almaktadır. Ana kaya; kahverengimsi yeşil, koyu gri, tamamen ayrılmış, tamamen

çatlaklı, çok zayıf, çatlakları alkali feldspat dolgulu metadiorit ve amfibolittir. Kayacın RQD değeri 0 civarında olduğundan kayaca ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri yoktur. Kayaç üzerinde yapılmış olan nokta yükleme deneylerinden elde edilen sonuçlar Şekil 1 de özetlenmiş olup nokta yükleme indeksi 0.1 Mpa $<I_s <0.3$ Mpa aralığındadır.



Şekil 1. Nokta Yükleme İndeksi

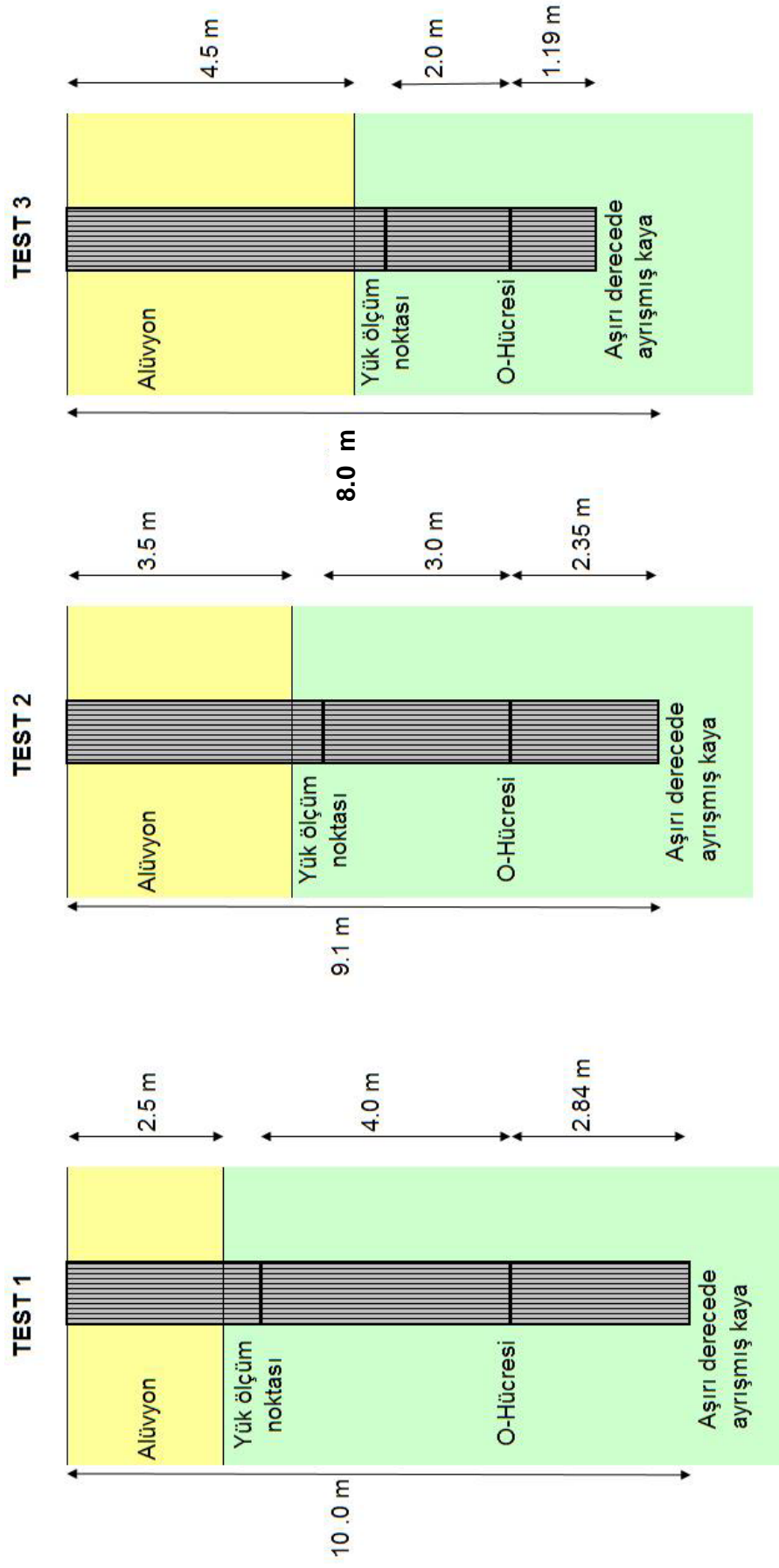
3. YÜKLEME DENEYİ

Yükleme deneylerinde Osterberg Yük Hücreleri (O-Hücre) kullanılmıştır. Bu yöntem kazıkların sürtünme ve uç dirençlerinin oluşumunun araştırılmasında çok yararlıdır. (Osterberg J.O., J.A.Hayes 2001)

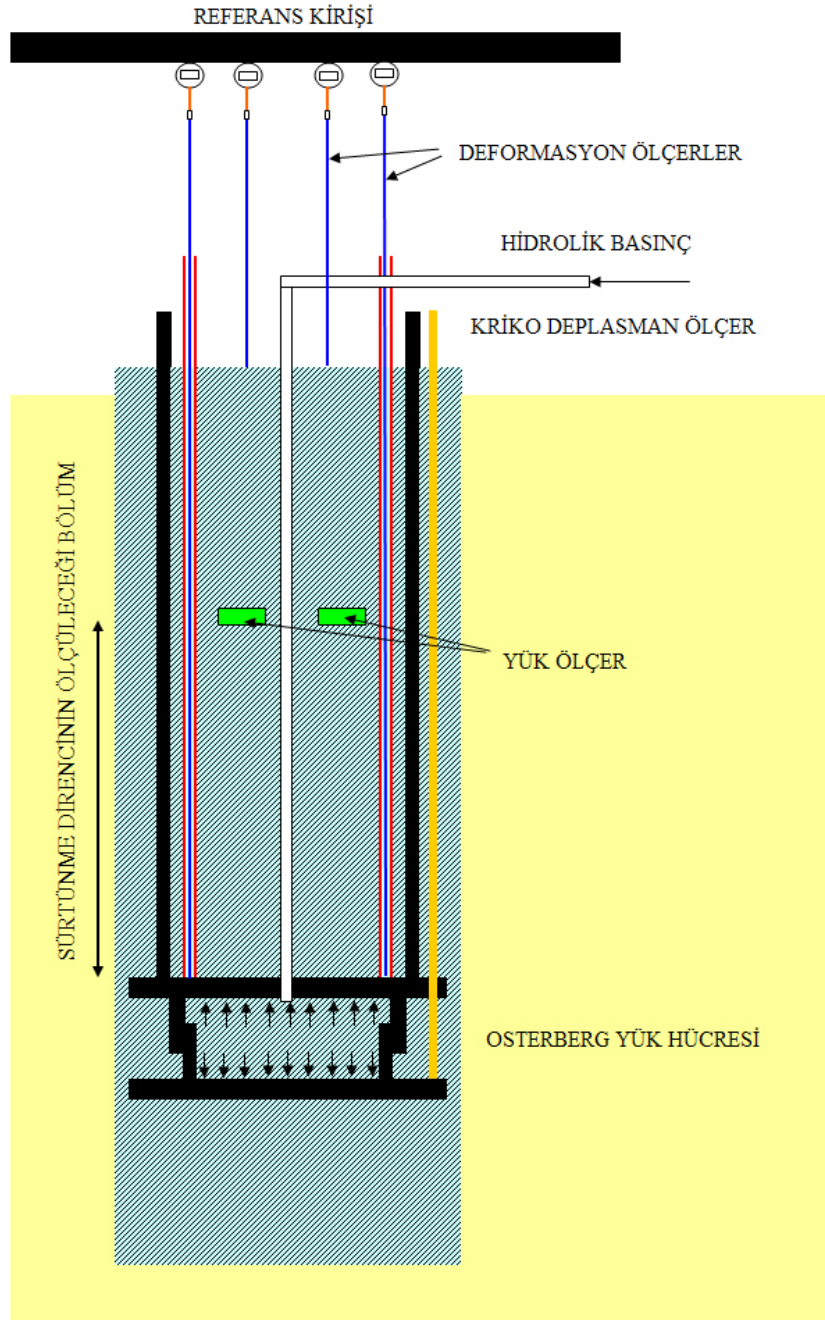
O-Hücresi aslında kazığın tabanına veya biraz üzerine yerleştirilen hidrolik bir krikodur. Krikoya hidrolik basınç iletildiğinde kriko aşağı ve yukarı yöne aynı kuvveti uygular. Krikonun üzerinde yeralan kazığın çevre sürtünmesinden yararlanarak kriko aşağı yönde kuvvet uygular, bu nedenle reaksiyon kazıklarına, bir çerçeveye veya bir yük

platformuna ihtiyaç yoktur. Yükleme deneyi evre sürtünmesi, uç direnci veya kriko kapasitesi ile sınırlı olup bunlardan herhangi birine ulaşıldığında son bulur.

Test programında 1200 mm çapında kazıklar kullanılmıştır. Foraj işleme muhafaza borusu ile başlanmıştır. Foraj işlemi burgu ile yürütülmüş ve kazık tabanı kova ile temizlenmiştir. 250 mm çapında ve kazık dibine kadar uzanan bir tremi borusu yardımıyla O-hücresinin yerleştirileceği kota kadar kazık tabanı betonlanmıştır. Daha sonra Osterberg hücresinin ve ölçüm enstrümanlarının bağlandığı donatı kafesi foraja indirilerek tremi borusu ile zemin yüzeyine kadar kazık betonu tamamlanmıştır. Betonlama işleminin hemen ardından muhafaza borusu alınmıştır. Test lokasyonundaki zemin profili, yeraltı suyu derinliği, soket boyları ve O-hücresinin yeri Şekil 2’de gösterilmiştir. O-Hücresinin hareketi kazığın üzerine uzanan iki alt levha kavuzu kullanılarak ölçülmüştür. O-Hücresinin zerindeki kazık basıncı kazığın üzerine uzanan iki kılavuz ile ölçülmüştür. Alt levha kılavuzları kazık üzerine monte edilmiş olan doğrusal titreşim kablosu deplasman ileticileri (LVDT) ile ölçülmüştür. Kılavuz hareketleri ise kazığa bağlanmış olan LVDT’lerle gözlenmiştir. Bir referans kirişine eklenen iki LVDT ile kazık üstünün hareketi gözlenmiştir. O-Hücresinin zerindeki sürtünme kuvvetini ölçmek için kazık içine birim deformasyon ölçerler yerleştirilmiştir. Yük kademeleri ASTM D1143 “ hızlı kazık yükleme deneyi şartnamesine” göre uygulanmış ve her yük kademesinde 8 dakika beklenmiştir. Deney “Load Test” firması tarafından gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Kazık Yükleme Deneyi Detayları

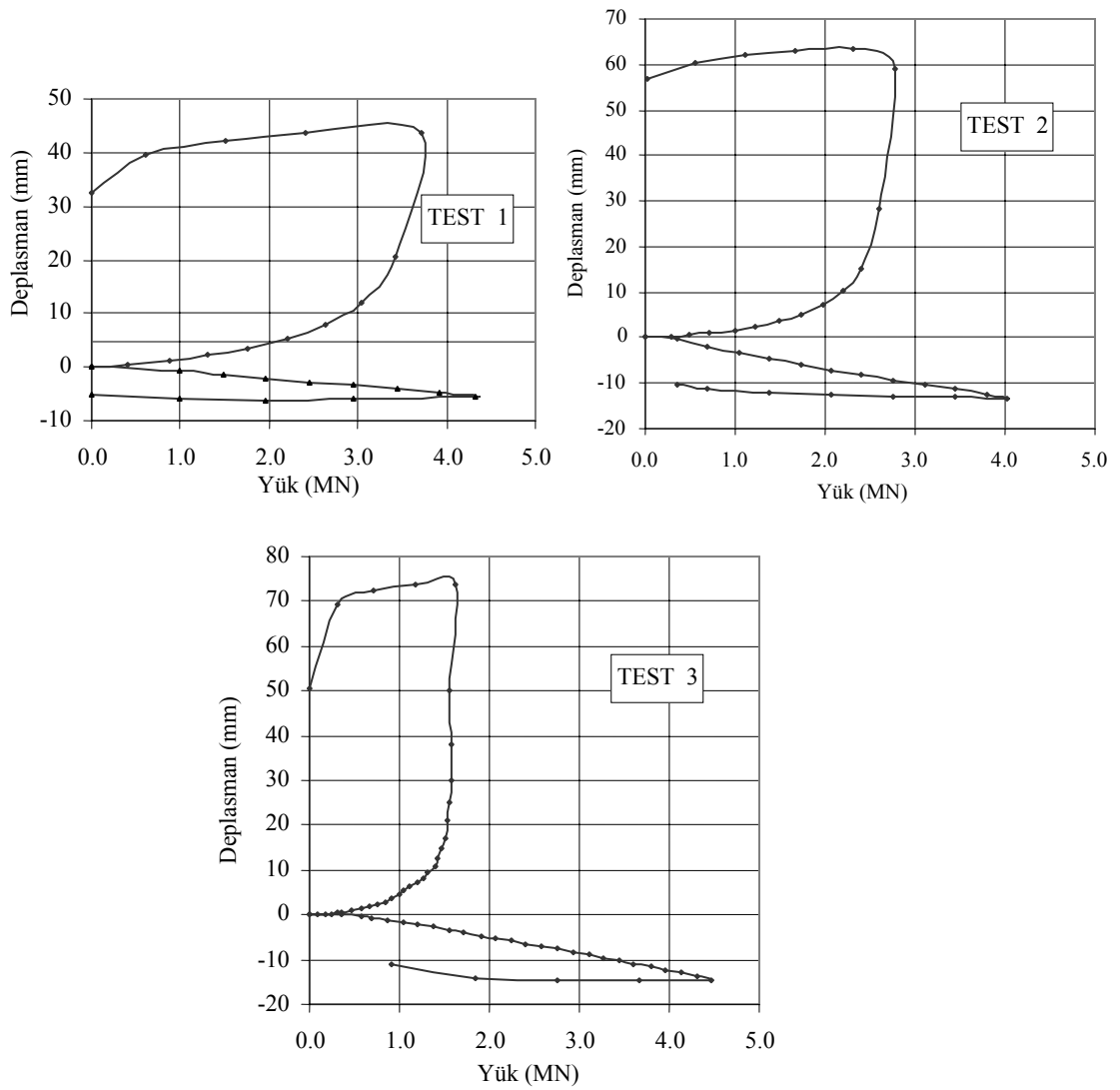


Şekil 3. Osterberg Yük Hücresi Deney Detayları

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

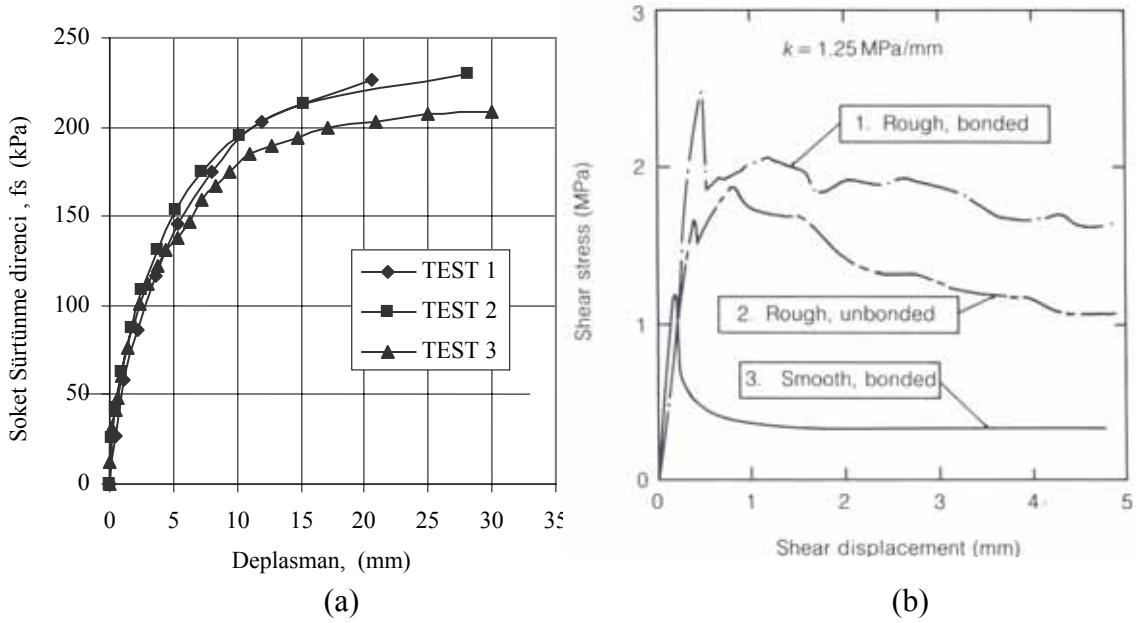
Üst ve alt soketlere ait yük-deplasman grafikleri Şekil 4'te verilmiştir. Şekilde yukarı yöndeki kazığın çekme bölümündeki sürtünmelere ait hareketler (+) yönde, aşağı yöndeki kazık uç direnci ve kazığın basınç bölümündeki sürtünmelere ait hareketler (-) yönde gösterilmiştir.

Yukarı bölümdeki soketlerin tamamında göçme yüküne ulaşılmış ve bu sayede maksimum sürtünme direncinin (f_s) hesaplanması mümkün olmuştur. Yük boşaltılması sonrasında göçme sonucu oluşan kalıcı deformasyonlar 33 mm, 50 mm ve 57 mm olarak ölçülmüştür. Yukarı yöndeki sürtünme direncinin oluşumu Şekil 4'te gösterilmiştir. Kazık soket boyları farklı olmasına rağmen üç test de aynı sürtünme deplasman davranışı göstermişlerdir. Üç testten elde edilen çevre sürtünme direnci değerlerinin ortalaması $f_s = 210$ kPa bulunmuştur. Çevre sürtünmesinin önemli bölümü (%90) 10 mm deplasmanda oluşmuştur, buda kazık çapının %1'i değerinden biraz azdır.



Şekil 4. Soketlerin Yük – Deplasman Davranışı

Ayrıışmış kayada çekme bölümüne ait sürtünme direncinin oluşumu Şekil 5 (a) da verilmiş olup bu davranış Şekil 5 (b) de verilen sağlam kayadaki soketlere ait maksimum sürtünme direncinin çok küçük deplasmanlarda (1-2 mm) oluşması ve hemen arkasından rezidüel değere düşmesi davranışı (Wyllie, vd.1992) ile uyumsuzdur. Dolayısıyla ayrıışmış kayalardaki davranış sağlam kaya davranışı ile farklı olup zemin davranışına daha yakındır (Erol,O.2005).



Şekil 5. Sürtünme Direncinin Oluşumu, a. Deney Sonucu, b. Wyllie, vd.,1991

Söz konusu kayaca ait ortalama nokta yük indeksi $I_s=0.35$ Mpa civarında olup buna karşılık gelen tek eksenli basınç dayanımı $q_u=8.4$ MPa civarındadır. Kayalarda çevre sürtünmesi (f_s) ile tek eksenli basınç dayanımı (q_u) arasındaki ampirik bağıntılardan elde edilen sürtünme değerleri aşağıda verilmiştir;

$$f_s = 0.2-0.25 (q_u)^{0.5} \dots\dots\dots (1) \text{ (Horvath ve Kenney, 1979)}$$

$$=580 - 724 \text{ kPa}$$

$$f_s = 0.45 -0.60 (q_u)^{0.5} \dots\dots\dots (2) \text{ (Rowe ve Armitage, 1987)}$$

$$=1300 - 1740 \text{ kPa}$$

$$f_s = 0.2 (q_u)^{0.5} \quad q_u \geq 1.9 \text{ MPa} \dots\dots(3) \text{ (Reese ve O'Neill, 1988)}$$

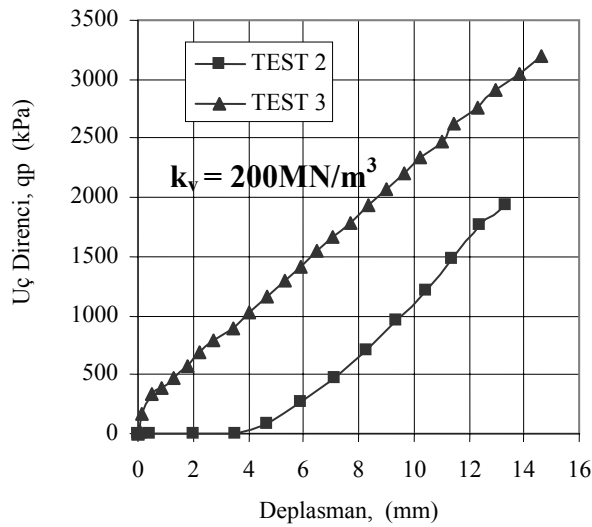
$$= 580 \text{ Pa}$$

$$f_s = 0.4-0.8 (q_u)^{0.5} \dots\dots\dots(4) \text{ (Zhang ve Einstein, 1998)}$$

$$= 1160 - 2318 \text{ kPa}$$

Yukarıda hesaplanan değerlerden görüleceği üzere deneylerden elde edilen maksimum çevre sürtünmesi; çevre sürtünmesi ile kayacın tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ampirik bağıntılar ile uyumsuzdur.

Deney sonuçlarını değerlendirirken çekme ve basınç bölgesindeki sürtünme değerlerinin eşit olduğu kabul edilmiştir. Bu sayede kazığın alt bölümünde oluşan sürtünme direnci düşülerek uç direnci kuvvetleri hesaplanmıştır. İki değişik soket uzunluğuna ait uç direnci oluşumu Şekil 6'da gösterilmiştir. Soket boyu oldukça kısa olan (1.2 m) test kazığında (TEST 3) uç direncinin yük uygulamasına paralel derhal oluştuğu gözlenmiştir. Soket boyu biraz daha uzun olan (2.4 m) test kazığında (TEST 2) ise yükün uca iletilmesi ancak 5 mm deplasmandan sonra gerçekleşmiş ve bu noktadan sonra kısa soketli kazık ile benzer şekilde gelişmiştir. Aşağı yönde 15 mm deplasman ve 3000 kPa gerilmeye maksimum kazık uç direncine ulaşılammış ve yük-deplasman eğrisi doğrusal olarak devam etmiş, elastik sınırlar içerisinde kalmıştır.



Şekil 6. Uç Direncinin Oluşumu

5. SONUÇ

Aşırı derecede ayrıışmış metadiorit / amfibolitlerde imal edilmiş, çapı 1.2 m olan 3 adet fore kazık üzerinde Osterberg hücresi kullanılarak yükleme deneyleri yapılmıştır. Kazık soket boyları 2, 3 ve 4 metredir. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

- Aşırı derecede ayrıışmış kayaların sürtünme direnci davranışı zeminlere benzerlik göstermektedir.
- Çevre sürtünme direnci değerleri önerilen ampirik korelasyonlardan elde edilen değerlerden oldukça düşüktür.
- Deneyin yapıldığı kayada çekmede maksimum sürtünme direnci 210 kPa elde edilmiştir.
- Çevre sürtünmesinin önemli bölümü (%90) 10 mm deplasmanda mobilize olmuştur, bu değer kazık çapının %1'inden biraz azdır.
- Maksimum kazık uç direnci değerine 3000 kPa gerilme ve 15 mm deplasmanda ulaşılammış, yük-deplasman davranışı elastik (lineer) sınırlar içerisinde kalmıştır.

TEŞEKKÜR

Tüm verilerin sağlanmasındaki katkıları dolayısıyla, işin sahibi; Karayolları Genel Müdürlüğü, yapımca firma : Astaldi ve müşavir firma: Yüksel Proje A.Ş.'ye teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

ASTM D1143 Standard Test Method for Piles Under Static Axial Load.

Erdik M., Yilmaz C., 2000 “Reassessment of site specific probabilistic seismic hazard and fault rupture hazard for Viaduct 1 of Gumusova-Gerede Motorway, Bosphorus University, Istanbul, Turkey.

Erol O., Horoz A., 2005 “Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering”

Horvath, R.G., and Kenney, T.C. (1979). “Shaft resistance of rock socketed drilled piers” Proc., Symp. on Deep Found., ASCE, New York, 182-214.

LOADTEST Int.Inc. 2001 “ Report on drilled pile load testing (Osterberg Method) “ Unpublished report No: 45.110/2D/VI4/GT 002

Osterberg J.O., J:A:Hayes 2001, “The Osterberg Load Cell as a Research Tool” Proc. Of the XVth ICSMGE, Vol.2, pp:977-979, İstanbul, Turkey).

Reese, L.C., and O’Neill, M.W. (1988). “Drilled shafts: Construction procedures and design methods” Pub. No. FHWA-HI-88-042, Federal Highway Administration, Washington, D.C.; Publ. No. ADSC-TL-4, International Association of Foundation Drilling.

Saglamer A., Yilmaz E., Erol O., 2003 “ Compression and tension capacities of rock socketed drilled piers” Proc. XIII ECSMGE, Vol.2, pp:359-364, Prague.

Wyllie D.C. , 1992 “Foundations on Rock” , Chapman and Hall.

Zhang, L., and Einstein, H.H. (1998). “End bearing capacity of drilled shafts in rock” Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 124(7), 574-584.