

ALİAĞA PİROKLASTİKLERİ ÜYESİ AŞIRI DERECEDE AYRIŞMIŞ KAYALARDA ÇELİK ÇAKMA KAZIK SOKET SÜRTÜNME DİRENCİ

**SOCKET FRICTION CAPACITY OF DRIVEN STEEL PIPE PILES
IN HIGHLY WEATHERED ROCKS OF ALİAĞA PYROCLASTICS**

Özgür KURUOĞLU¹

Atilla HOROZ²

Orhan EROL³

ABSTRACT

A compression pile load test was performed on a steel driven pipe pile with outer diameter of $\phi 1219$ mm and thickness of 20mm, in scope of a container port project at İzmir, Aliağa. The test pile was driven open ended until refusal to the highly weathered rock units of Aliağa pyroclastics, which was covered by a thin loose – medium dense silty sand layer at the sea bottom. The test pile behaved essentially as a friction pile and a sudden failure was observed before a noticeable end bearing resistance was observed. The ultimate skin friction value mobilized at the weathered rock was back calculated as $f_s = 180$ kPa. This value is significantly lower than the empirical values recommended by various authors at the literature. This result shows that it is quite risky to rely only on literature correlations for pile socket design in highly weathered rocks and it is absolutely necessary to carry out necessary amount of pile load tests to determine the actual pile socket behaviour, especially for important projects

Keywords: highly weathered rock, ultimate skin friction, driven pipe pile, Aliağa pyroclastics.

ÖZET

İzmir ili Aliağa ilçesinde inşa edilecek bir konteyner limanı projesi kapsamında, denizde imal edilmiş bir adet $\phi 1219$ mm çapında ve 20mm et kalınlığına sahip çelik boru çakma kazık üzerinde basınç yükleme deneyi gerçekleştirilmiştir. Test kazığı deniz tabanında yer alan sığ kalınlıktaki gevşek – orta sıkı siltli kumun altında yer alan Aliağa Piroklastikleri üyesi aşırı derecede ayrılmış kaya birimlerine, refü kriteri sağlanana kadar, açık uçlu olarak çakılmıştır. Deney sonucunda, test kazığının esas olarak bir sürtünme kazığı davranışı gösterdiği ve önemli bir uç direnci oluşmadan kazıkta ani bir göçme mekanizması olduğu gözlenmiştir. Deney sonucu tabandaki aşırı derecede ayrılmış kayada mobilize olan nihai sürtünme direnci değeri $f_s = 180$ kPa olarak belirlenmiş olup, belirlenen bu değer literatürde çeşitli araştırmacılar tarafından ayrılmış kayalar için önerilen değerlere göre

¹ Dr. İnşaat Yüksek Mühendisi, Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., ozgur@yukselproje.com.tr

² İnşaat Yüksek Mühendisi, Yüksel Proje Uluslararası A.Ş., ahoroz@yukselproje.com.tr

³ Prof.Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, orer@metu.edu.tr

oldukça düşüktür. Bu sonuç, özellikle büyük projelerde, sadece literatür bağıntıları kullanılarak aşırı derecede ayrıışmış kayada kazık soket tasarımı yapmanın riskli olacağını ve mutlaka yeterli sayıda kazık yükleme deneyi gerçekleştirerek aşırı derecede ayrıışmış kayanın davranışının yerinde tespit edilmesinin önemini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: aşırı derecede ayrıışmış kaya, nihai sürtünme direnci, çelik boru çakma kazık, Aliğa piroklastikleri

1. GİRİŞ

İzmir ili Aliğa ilçesinde inşa edilecek bir konteyner limanı projesi kapsamında, çelik boru çakma kazıklardan oluşturulacak bir iskele yapısı projelendirilmiştir. İskele bölgesinde idealize zemin profilini deniz tabanından itibaren değişken kalınlıkta gözlenen sığ yapay dolgu ve gevşek – orta sıkı siltli kum birimlerinin altında yer alan Aliğa Piroklastikleri (Tpa) üyesi aşırı derecede ayrıışmış kaya (genel olarak aglomera ve tüf) birimleri oluşturmaktadır. Proje kapsamında bu birimlerde çok sayıda çelik boru çakma kazık imal edilmesi gerektiğinden, hem kazıkların aşırı derecede ayrıışmış kaya birimlerine çakılabilirliğinin netleştirilmesi, hem de aşırı derecede ayrıışmış kayadaki soket tasarımı için ihtiyaç duyulan sürtünme ve uç direnci değerlerinin sağlıklı olarak belirlenebilmesi amacıyla, denizde bir adet proje kazığı üzerinde basınç yükleme deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu bildiri kapsamında, ilgili yükleme deneyinin sonuçları ve deney sonucu Aliğa Piroklastikleri (Tpa) üyesi aşırı derecede ayrıışmış kaya (genel olarak aglomera ve tüf) birimlerinde elde edilen sürtünme direnci değeri tartışılmıştır.

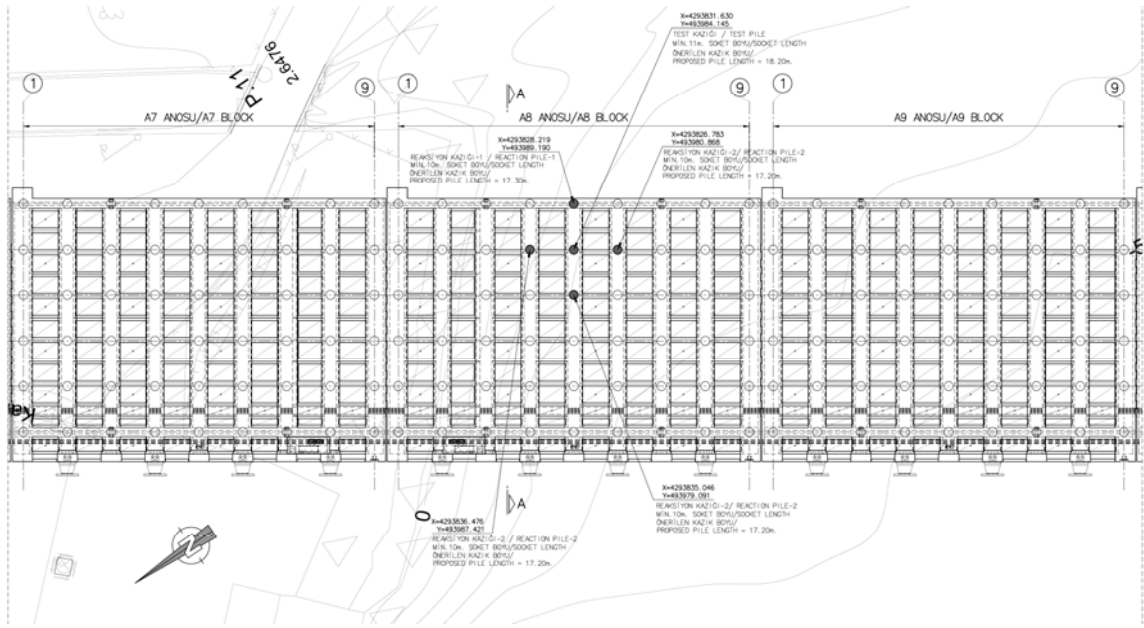
2. ZEMİN KOŞULLARI

İskele bölgesinde idealize zemin profilini deniz tabanından itibaren değişken kalınlıkta gözlenen sığ yapay dolgu ve gevşek – orta sıkı siltli kum birimlerinin altında yer alan Aliğa Piroklastikleri (Tpa) üyesi aşırı derecede ayrıışmış kaya birimleri oluşturmaktadır. Piroklastikler genel olarak çeşitli irilikte kırıntı, köşeli volkanik parçaları içeren riyolitik ve riyodasitik karakterde tüf, tüfit ve aglomera birimlerinden kuruludur. Proje alanında gerçekleştirilen deniz sondajlarında bu birimin aşırı derecede derecede ayrıışmış üst seviyelerinde genellikle SPT deneyi ile ilerlenmiş ve kaydedilen SPT darbe sayıları $N = 27$ – Refü aralığında değişmiştir. Birimin karot alınarak ilerlenebilen daha alt seviyelerinde ise karot yüzdesi değerleri $TCR = \%10 - \%93$ aralığında değişmiş, kaya kalitesi değeri ise genelde $RQD = \%0$ olarak kaydedilmiştir. Sondajlardan alınan karot numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar serbest basınç deneylerinde elde edilen tek eksenli basma dayanımı değeri ise minimum $q_u = 4.80$ MPa olarak belirlenmiştir.

3. KAZIK YÜKLEME DENEYİ DETAYLARI

Proje kapsamında ilk aşamada bir adet proje kazığı üzerinde basınç yükleme deneyi gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Test kazığı olarak A8 anosu P14 nolu kazık seçilmiş, test kazığının etrafındaki P5, P13, P15 ve P23 nolu kazıklar da reaksiyon kazıkları olarak kullanılmıştır. (Şekil – 1)

Proje kazıkları denizde açık uçlu çelik boru çakma kazık olarak imal edilmiş olup, çelik boru dış çapı 1219.2mm, et kalınlığı ise 20mm olarak belirlenmiştir. Basınç yükleme deneyi, ASTM D-1143 şartnamesine uygun olarak, test kazığı proje yükünün iki katına kadar (1304 ton) yüklenecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu yükü elde edebilmek için 1000 ton kapasiteli iki adet basınçlı test krikosu kullanılmış ve kriko yükü reaksiyon kazıklarına çapraz olarak biribiri üzerine yerleştirilmiş iki adet test kirişi vasıtasıyla aktarılmıştır. Test kazığının yük altında düşey hareketlerini ölçebilmek için test düzeneğinden bağımsız olarak çakılmış iki adet kazık tarafından taşınan profillerle irtibatlandırılan 0.01mm hassasiyetli komparatör saatleri kullanılmıştır. Deney süresince reaksiyon kazıklarının davranışı da nivo yardımıyla üzerlerine yerleştirilen skala ile milimetre hassasiyetinde ölçülmüştür. (Şekil – 2)



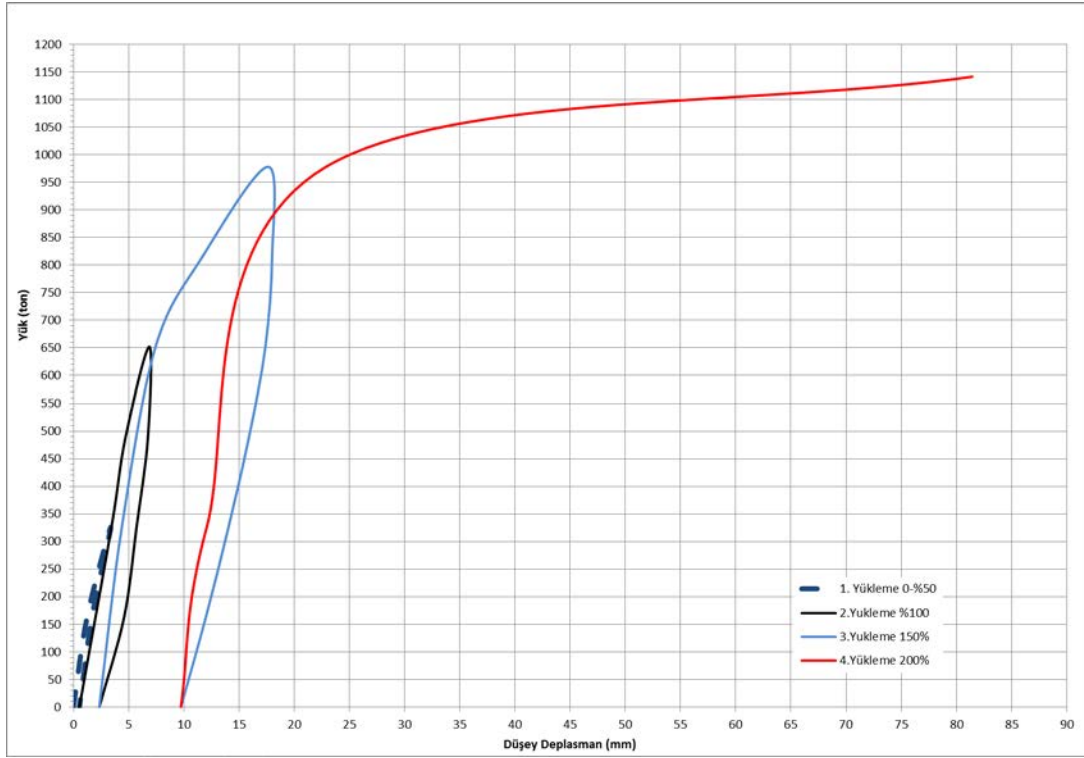
Şekil 1. Test Kazığı Yerleşim Planı



Şekil 2. Test Düzeneği Detayları

4. YÜKLEME DENEYİ SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELER

Sahada ölçülen test kazığı yük – deplasman eğrisi Şekil – 3’de verilmektedir. Test kazığı yük-deplasman eğrisi incelendiğinde, test kazığının proje yüküne (652 ton) kadar yüklenip boşaltıldığı aşamada oldukça rijit bir davranış gösterdiği ve bu aşamada kazık başında ölçülen düşey deplasman değerinin 6-7mm civarında olduğu görülmektedir. Bu aşamadan sonra devam eden test sırasında ise test kazığının esas olarak bir sürtünme kazığı davranışı gösterdiği gözlenmiştir. Test yükü yaklaşık olarak 950 ton değerine ulaştığında kazıkta çevre sürtünmesinin tamamen mobilize olduğu ve test yükü 1027 ton seviyesine ulaştığında ise önemli bir uç direnci oluşmadan kazıkta ani bir göçme mekanizması oluştuğu görülmektedir.



Şekil 3. Test Kazığı Yük – Deplasman Eğrisi

Test alanı yakınlarında gerçekleştirilen sondaj sonuçları ve test kazığı çakım datası incelendiğinde, test kazığı çakım işleminin -3.05m kotunda bulunan deniz tabanından itibaren yaklaşık 4.45 metre boyunca düşük dirençli zemin birimlerinde (gevşek – orta sıkı siltli kum) ve bu kottan sonra 13.65m boyunca aşırı derecede ayrılmış kaya biriminde refü kriteri sağlanana kadar devam ettirildiği tespit edilmiştir. Bu durumda, deniz tabanında gözlenen sığ kalınlıktaki gevşek – orta sıkı kum biriminden önemli bir çevre sürtünme direnci sağlanmadığı kabulü ile, test sırasında aşırı derecede ayrılmış aglomera biriminde mobilize olan nihai çevre sürtünmesi değeri aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır :

$$f_s = 9500 / (\pi \times 1.219 \times 13.65)$$

$$f_s = 180 \text{ kPa}$$

Ayrılmış kayalarda imal edilen kazıklarda mobilize olması beklenen nihai çevre sürtünmesi değeri için literatürde çeşitli araştırmacılar kayanın tek eksenli basma dayanımı değerine bağlı olarak genel olarak aşağıdaki formatta ampirik formüller önermektedirler.

$$f_s = \alpha \cdot q_u^\beta \quad (1)$$

Burada:

f_s = ayrılmış kayada mobilize olması beklenen nihai sürtünme direnci değeri (MPa)

α ve β = ampirik katsayılar

q_u = kayanın tek eksenli basma dayanımı değeri (MPa)

Literatürde değişik araştırmacılar tarafından Bağıntı (1)'de kullanılması önerilen ampirik katsayı (α ve β) değerleri ve proje alanında test kazığının imal edildiği aşırı derecede ayrılmış aglomera biriminde belirlenen minimum tek eksenli basma dayanımı değeri ($q_u = 4.8$ MPa) kullanılarak hesaplanan tahmini nihai sürtünme direnci değerleri Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Ayrılmış kayalarda nihai sürtünme direnci tayini için önerilen değişik bağıntılar

| Araştırmacı | α | β | f_s (MPa) |
|-------------------------------|-------------|---------|---------------|
| Horvath ve Kenney (1979) | 0.21 | 0.50 | 0,460 |
| Carter ve Kulhawy (1988) | 0.20 | 0.50 | 0,438 |
| Williams v.d. (1980) | 0.44 | 0.36 | 0,774 |
| Rowe ve Armitage (1984) | 0.40 | 0.57 | 0,978 |
| Rosenberg ve Journeaux (1976) | 0.34 | 0.51 | 0,757 |
| Reynolds vve Kaderbek (1980) | 0.30 | 1.00 | 1.440 |
| Gupton ve Logan (1984) | 0.20 | 1.00 | 0.960 |
| Reese ve O'Neill (1987) | 0.15 | 1.00 | 0.720 |
| Toh v.d. (1989) | 0.25 | 1.00 | 1.200 |
| Meigh ve Wolshi (1979) | 0.22 | 0.60 | 0.564 |
| Horvath (1982) | 0.20 – 0.30 | 0.50 | 0.438 – 0.657 |

Çizelge 1 incelendiğinde, literatürde ayrılmış kaya için önerilen nihai sürtünme direnci değerlerinin test sonucu belirlenen değere göre genel olarak çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Benzer bir sonuca, Erol v.d. (2005) tarafından, Bolu bölgesinde aşırı derecede ayrılmış metadiorit/amfibolit türü kayalara soketli 1200mm çapında betonarme fore kazıklarda gerçekleştirilen kazık yükleme deneyleri sonuçları tartışılırken de, varılmıştır. İlgili kazık yükleme deneyleri sonucunda aşırı derecede ayrılmış kayalarda tespit edilen nihai çevre sürtünme direnci değeri $f_s = 210$ kPa iken, Çizelge 1'de sunulan bağıntılar benzeri bağıntılar ile tahmin olunan çevre sürtünme direnci değerlerin çok daha yüksek olduğu ve kazık yükleme deneyi sonuçlarıyla uyumsuz olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar konunun belirsizliğini ve özellikle büyük projelerde sadece literatür bağıntıları kullanılarak tasarım yapmanın riskli olacağını ve mutlaka yeterli sayıda kazık yükleme deneyi gerçekleştirilerek aşırı derecede ayrılmış kayanın davranışının yerinde tespit edilmesinin önemini göstermektedir.

5. SONUÇLAR

İzmir ili Aliğa ilçesinde inşa edilecek bir konteyner limanı projesi kapsamında, denizde imal edilmiş bir adet $\phi 1219$ mm çapında ve 20mm et kalınlığına sahip çelik boru çakma kazık üzerinde basınç yükleme deneyi gerçekleştirilmiştir. Test kazığı deniz tabanında yer alan sığ kalınlıktaki gevşek – orta sıkı siltli kumun altında yer alan Aliğa Piroklastikleri üyesi aşırı derecede ayrılmış kaya birimlerine, refü kriteri sağlanana kadar, açık uçlu olarak çakılmıştır. Deney sonucunda, test kazığının esas olarak bir sürtünme kazığı davranışı gösterdiği ve önemli bir uç direnci oluşmadan kazıkta ani bir göçme mekanizması olduğu gözlenmiştir. Deney sonucu tabandaki aşırı derecede ayrılmış kayada mobilize olan nihai sürtünme direnci değeri $f_s = 180$ kPa olarak belirlenmiş olup, belirlenen bu değer literatürde çeşitli araştırmacılar tarafından ayrılmış kayalar için önerilen değerlere göre oldukça düşüktür. Bu sonuç, özellikle büyük projelerde, sadece literatür bağıntıları kullanılarak aşırı derecede ayrılmış kayada kazık soket tasarımı yapmanın riskli olacağını ve mutlaka yeterli sayıda kazık yükleme deneyi gerçekleştirerek aşırı derecede ayrılmış kayanın davranışının yerinde tespit edilmesinin önemini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- ASTM D 1143, “Standard Test Method for Piles Under Static Axial Compressive Load”, American Society For Testing and Materials, PA.
- Carter, J.P. ve Kulhawy, F.H. (1988), “Analysis and Design of drilled Shaft Foundations Socketed into Rock”, Report EL-5918, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA.
- Erol, O., Horoz, A. ve Saglamer, A. (2005), “Socket Friction Capacity of Large Diameter Drilled Shafts in Highly Weathered Rock”, Proc. of the 16th Int. Conf. on Soil Mech. and Geotech. Engrg., Osaka, Japan.
- Gupton, C. ve Logan, T. (1984), “Design Guidelines for Drilled Shafts in Weak Rocks of South Florida”, Proc. South Florida Annual ASCE Meeting, ASCE.
- Horvath, R.G. (1982), “Drilled Piers Socketed into Weak Shale – Methods of Improving Performance”, Ph.D. Dissertation, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada.
- Horvath, R.G. ve Kenney, T.C. (1979), “Shaft Resistance of Rock-Socketed Drilled Piers”, Proc. ASCE Annual Convention, Atlanta, Preprint 3698.
- Meigh, A.C. ve Wolski, W. (1979), “Design Parameters for Weak Rocks”, Proc. 7th European Conf. on Soil Mech. And Found. Engrg., Brighton, British Geotechnical Society, 5, 57-77.
- Reese, P. ve O’Neill, M.W. (1987), “Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods”, Design Manual, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Mclean, VA.
- Reynolds, R.T. ve Kaderabek, T.J. (1980), “Miami Limestone Foundation Design and Construction”, ASCE, New York, N.Y.
- Rosenberg, P. ve Journeaux, N.L. (1976), “Friction and Bearing Tests on Bedrock for High Capacity Socket Design”, Can. Geotech. J., Ottawa, Canada, 13(3), 324-33.
- Rowe, R.K. ve Armitage, H.H. (1984), “The Design of Piles Socketed inyo Weak Rock”, Faculty of Engineering science, The University of Western Ontario, London, Ont., Research Report GEOT-11-84.

Toh, C.T., Ooi, T.A., Chiu, H.K., Chee, S.K. ve Ting, W.N. (1989), "Design Parameters for Bored Piles in a Weathered Sedimentary Formation", Proc. 12th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engrg., Rio de Janeiro, 2, 1073-1078.

Williams, A.F., Johnston, I.W. ve Donald, I.B. (1980), "The Design of Socketed Piles in Weak Rock", Proc. Int. Conf. on Structural Found. On Rock, Sydney, 1, 327-347.