

Baret Temeller ve Hesap İlkeleri

Atila Demiröz^{1*}, Onur Saran²

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye; ademiroz@ktun.edu.tr

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye; osaran@ktun.edu.tr

Özet

Son yıllarda; dünya çapında büyük şehirlerde yüksek yapıların inşası yeni bir trend haline gelmiştir. Sonuç olarak mühendisler, bu tür yapıların dayattığı daha ağır yapısal yükler altında tasarlanacak ve inşa edilecek temellerle karşı karşıya kalmaktadır. Çoğu zaman zayıf zemin koşulları, saha heterojenliği ve yüksek sismisite gibi etkenler uygun maliyetli ve güvenli temel tasarımlarını zorlaştırmaktadır. Ayrıca zemin ortamına aktarılan yükler nedeniyle genellikle oturma ve taşıma gücü sorunları oluşmaktadır. Bu tür problemlerin üstesinden gelmek ve daha yüksek yük kapasitesi sağlamak için genellikle yerinde dökme dairesel geniş çaplı kazıklar yerine baret temeller tercih edilmiştir. Baret temeller, basitçe dikdörtgen kesitli fore kazıklar olarak tanımlanabilir. Baret kazıkların fore kazıklara göre birçok avantajı vardır. En önemli avantajı, aynı miktarda beton ve demir kullanılmasına rağmen fore kazıklara göre yaklaşık %35 daha yüksek taşıma kapasitesi elde edilebilmesidir. Bu çalışmada; baret temellerin düşey yük taşıma mekanizmaları, imalat yöntemleri ve kalite kontrol amaçlı yapılan Osterberg deneyi ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Baret Temel, Derin Temel, Osterberg deneyi, Fore Kazık.

Barette Foundations and Calculation Methods

Abstract

In recent years; Building high-rise buildings in major cities around the world has become a new trend. As a result, engineers are faced with foundations to be designed and built under the heavier structural loads imposed by such structures. Often factors such as poor ground conditions, site heterogeneity and high seismicity complicate cost-effective and safe foundation designs. In addition, under loads transferred to the ground, settlement and bearing capacity problems often occur. In order to overcome such problems and provide higher load capacity, barette foundations are generally preferred over cast-in-situ circular large diameter piles. Basically, barette foundations are rectangular cast-in-situ piles. The barrette piles have many advantages over bored piles. The most important advantage is that although the same amount of concrete and steel content is used, approximately 35% higher bearing capacity can be obtained compared to bored piles. In this study; vertical load bearing mechanisms of barette foundations, installation methods and Osterberg test for quality control are discussed.

Keywords: Barette Foundation, Pile Foundation, Osterberg Test, Bored Pile.

1. GİRİŞ

Günümüzde, artan nüfus ve şehirleşme sonucu yerleşim alanlarına duyulan gereksinim de artmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak için yüksek yapılar, alışveriş merkezleri ve stadyumlar gibi yapıların inşaatları sürekli artmaktadır. Bu mühendislik yapılarında, üst yapıdan zemin ortamına gelen yükler çok yüksek seviyelere varmaktadır. Bu üst yapı yüklerinin yüzeysel temeller vasıtasıyla zemin ortamına aktarılması, çoğu zaman oturma ve taşıma gücü kriterleri açısından yetersiz kalmaktadır. Yüzeğe yakın zayıf zemin ta-

bakalarının varlığı (düşük taşıma gücü ve yüksek oturma), deprem durumunda yüksek sıvılaşma potansiyeli, inşası planlanan yapıların toplam veya farklı oturmalara karşı hassas olması gibi durumlarda genellikle derin temeller sistemleri kullanılmaktadır.

Derin temel sistemleri içerisinde en çok kazıklı temeller kullanılmaktadır. Kazıklar, esas olarak, üst yapıdan gelen düşey ve yatay (deprem, rüzgar vb.) yüklerin, daha derinlerdeki taşıma gücü yüksek olan sağlam tabakalara aktarılmasını sağlayan yapı elemanlarıdır.

*Corresponding author
Email: ademiroz@ktun.edu.tr

Ülkemizde en çok kullanılan derin temel sistemi yerinde dökme betonarme kazıklardır. İnşaatı planlanan yapının özellikleri, üstyapıdan zemin ortamına aktarılabilecek yükler ve uygulama koşulları kazıklı temel maliyetini önemli ölçüde etkilemektedir. Bütün inşaat projelerinde olduğu gibi kazıklı temel projelerinin de ekonomik olması gerekmektedir. Yapımı planlanan fore kazık projelerinin ekonomik olmaktan uzaklaşması durumunda Baret Kazıklar tercih edilmektedir. Baret kazıklı temeller basit olarak, dikdörtgen kesitli fore kazık olarak tanımlanabilir.

Aşırı yüksek üst yapı yüklerinin zeminin derin tabakalarına aktarılması gereken durumlarda geleneksel dairesel kesitli kazıklar uygulama ve ekonomik açıdan sorunlara yol açmaktadır. Bu durumda baret temeller; yerinde dökme ve geniş çaplı kazıklara alternatif olarak düşünülebilir. Baret temeller, şekil bakımından fore kazıklara göre daha fazla yanallara sahip olduğu için daha yüksek yanallı sürtünme kapasitesine sahiptir (Lei, 2001). Ayrıca, baret temeller aynı yöndeki kuvvetler etkisinde fore kazıklı temellerden çok daha fazla eğilme momenti ve yatay kesme kuvveti alabilirler (Mazzucato ve Natali, 1988, Plumbridge ve diğ., 2000).

Baret kazıklı temellerde de diğer kazık türlerinde olduğu gibi kalite kontrol deneyleri yapılmalıdır. Ancak, baret kazıkların yüksek yük taşıma kapasitesine sahip olmasından dolayı, klasik statik yükleme deneylerinde ihtiyaç duyulan reaksiyon yükü çok yüksek olup bu deneyler pratik değildir. Ayrıca, ihtiyaç duyulan yükün temin edilmesi ve kazık başlığı üzerine stabil olarak etki ettirilmesi çok zordur. Osterberg tarafından geliştirilen ve ilk olarak 1984'te bir fore kazık üstünde denenilen Osterberg hücresi ile kazık yükleme deneyleri, herhangi bir reaksiyon yüküne ihtiyaç duyulmadan daha

güvenli ve ekonomik olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Bu makale çalışması kapsamında, konu ile ilgili literatürdeki araştırmalar ve güncel kaynaklar incelenmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında, baret temellerin düşey yük taşıma mekanizmaları, imalat yöntemleri ve kalite kontrol amaçlı yapılan Osterberg deneyi ele alınmıştır.

2. KAZIKLI TEMELLERİN TASARIMI VE TAŞIMA GÜCÜ MEKANİZMASI

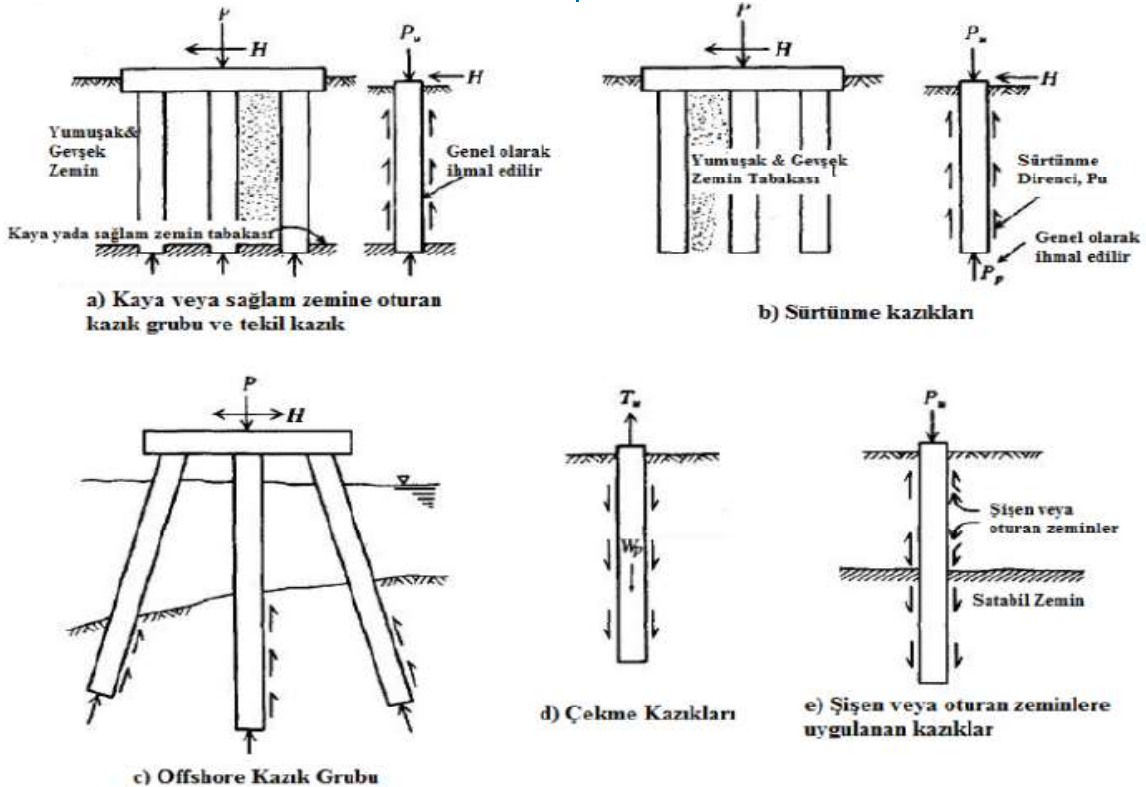
Kazıklı temeller, üst yapı yüklerini zemin ortamının daha derindeki taşıma gücü yüksek tabakalarına aktarmak amacıyla kullanılan derin temel sistemlerinden biridir. Üst yapı yüklerinin aktarılacağı zemin tabakaları oturma ve taşıma gücü açısından yüzeysel temel sistemine uygun değil ise derin temel sistemine geçilir. Kazıklı temellerin tasarımında, oturmaların istenilen seviyelerde kalması ve göçmeye karşı yeterli bir güvenlik sayısının bulunması gerekmektedir.

Kazık Türleri

Kazıklar üst yapı yüklerini taşıma biçimlerine göre taşıma gücü açısından uç kazıkları ve sürtünme kazıkları olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılabilir. Uç kazıklarında, yapıdan gelen yük doğrudan derinlerdeki taşıma gücü yüksek olan tabaka tarafından taşınır. Uç kazıklarında, yanallı sürtünme direnci ihmal edilebilir seviyededir. Bu yüzden, kazığın toplam taşıma gücü uç direncinden ibarettir. Denklem 1'de uç kazıkları için taşıma gücü formülü verilmiştir.

$$Q = Q_{uc} = q_{uc} \cdot A_{uc} \quad (1)$$

Sürtünme kazıkları ise üst yapı yükünü, yan yüzeylerindeki sürtünmeden oluşan gerilmeyle, kısmen ya da tamamen zemine aktaran kazıklardır. Sürtünme kazıklarında taşıma



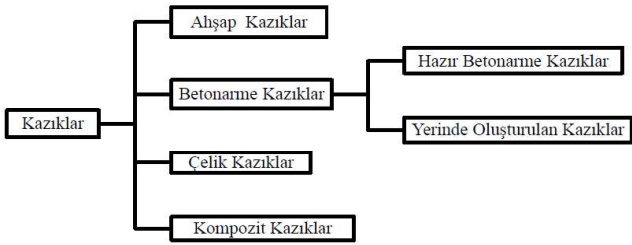
Şekil 1: Kazıklı temellerin kullanım alanları (Bowles, 1996).

gücü, uç basıncı ve kazığın yüzeyindeki sürtünme gerilmesinin toplamından oluşur (Uzuner, 2006). Denklem 2'de sürtünme kazığı için taşıma gücü formülü verilmiştir.

$$Q = Q_{uç} + Q_{yan} = q_{uç} \cdot A_{uç} + q_{yan} \cdot A_{yan} \quad (2)$$

Kazıklar, taşıdıkları yüklere göre de sınıflandırılabilir. Bu durumda kazıklar basınç kazığı, yanal yüklü kazıklar ve çekme kazıkları gibi isimler alır. Eğik yükler, toprak ve su basıncı, deprem, rüzgar, gemi çarpması gibi yanal yüklere karşı koymak için inşa edilen kazıklara yanal yüklü kazıklar denir. Kaldırma kuvvetinin etkisinde olan yapılarda, üst yapıya etki eden yanal yükler sebebiyle meydana gelen momentleri karşılayan kazıklara ise çekme kazıkları denir. Şekil 1'de çeşitli kazık tipleri görülmektedir.

Ayrıca, kazıklar yapıldıkları malzeme özelliğine göre betonarme, çelik, ahşap ve kompozit olarak sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırma Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Kazıklı temellerin malzemeye göre sınıflandırılması (Uzuner, 2006).

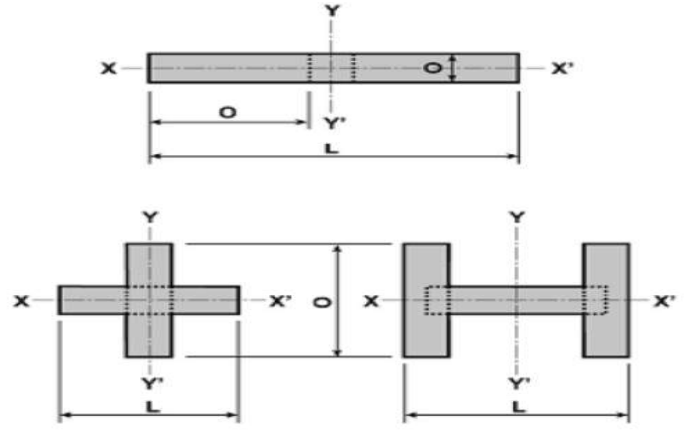
Bunlara ek olarak, kazıklar imalat yöntemine göre çakma kazıklar ve sondaj (fore) kazıkları olmak üzere ikiye ayrılır. Çakma kazıklar, kendi hacmi kadar zemini yanlara iter ve zeminin sıkışmasını sağlar. Sondaj (fore) kazıkları ise önceden açılmış bir deliğin içerisine yeteri kadar donatı koyulması ve betonla doldurulması ile oluşturulur. Sondaj kazıklarında, kazık hacmi kadar zemin boşaltılır.

2.2 Baret Kazıklı Temeller

Baret kazıklı temeller, bir çeşit fore kazık olarak düşünülebilir. Ancak, kesit şekli ve kazı yöntemi açısından fore kazıklardan farklıdır. Baret kazıklı temeller, çoğunlukla dikdörtgen kesitlerde imal edilmesine rağmen proje şartlarına bağlı olarak H, T, I, +, Π gibi kesitlerde de imal edilebilir. Şekil 3'te bazı baret temel enkesit tipleri görülmektedir.

Baret kazıklı temellerin diğer bir önemli farkı ise kazı yönteminin farklı olmasıdır. Kazılar, 'Grab' veya 'Cutter' adı verilen ekipmanlarla yapılmaktadır. Kazı sırasında kullanılacak ekipman özellikleri, baret temelin genişlik (60, 80, 100, 120 cm) ve uzunluğuna bağlı olarak seçilir.

Baret kazıklı temeller, tasarım kriterleri bakımından fore kazıklar ile aynıdır ve özel kesitli fore kazıklar olarak düşünülebilir. Baret temeller, kazı ile açılan bir kuyuya yeterli miktarda donatıyı yerleştirilip, beton dökülmesi ile imal edilir. Baret kazıklı temeller, çakma kazıklar gibi çelik ve ahşap malzemelerden imal edilmez, sadece betonarme olarak imal edilir (Yıldız, 2011).



Şekil 3: Baret kazık kesitleri.

Baret kazıklı temellerin, fore kazıklı temellere göre çeşitli avantajları mevcuttur. Bu avantajların bir kısmı aşağıda verilmiştir.

- Baret kazıklı temeller, aynı kesit alanına sahip fore kazıklardan daha büyük yüzey alanına sahiptir. Bu durum, aynı miktarda beton ve demir kullanılarak inşa edilen baret kazıklı temelin, daha yüksek taşıma kapasitesine sahip olduğu anlamına gelir. Bu yüzden, baret kazıklı temeller fore kazıklara göre daha ekonomiktir.

Basit bir örnekle aşağıdaki gibi açıklanabilir;

2.80 m x 0.80 m bir baret kazığın kesit alanı 2.24 m²'dir.

Bu kazığın birim sürtünme alanı: $a_{sb} = 2(2.8 + 0.8) = 7.20 \text{ m}^2/\text{m}'$ 'dir.

Aynı kesit alanına sahip kazığın çapı:

$$d_{es} = \sqrt{\frac{4 \times 2.24}{\pi}} = 1.69 \text{ m}$$

Eş değer çaplı kazığın birim sürtünme alanı:

$$a_{sp} = \pi \times 1.69 = 5.31 \text{ m}^2/\text{m}'\text{dir.}$$

Birim alanların oranı: $\frac{a_{sb}}{a_{sp}} = \frac{7.20}{5.31} = 1.35$ olarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle düşey yük taşıma kapasiteleri yüksektir (Candoğan, 2008).

- Proje koşullarına bağlı olarak H, T, I, +, Π gibi kesitlerde imal edilebilir.
- İmalat esnasında daha az gürültü ve titreşim meydana gelir.
- Konsolide killerde, kabarma olmadan imal edilebilir. Bütün zemin koşullarında yapılabilir.
- Baret kazıklar, yük ile aynı doğrultuda imal edilebildikleri için depremsellik bakımından daha avantajlıdır. Ayrıca, fore kazıklara göre daha yüksek yanal yük taşıma kapasitesine sahiptirler.
- Büyük kesit ve uzunluklarda imal edilebilir. Böylece çok büyük yapı yükleri taşınabilir.
- Uç kazığı olarak inşa edilecekleri durumlarda kazı ve imalat yöntemi, fore kazıklara göre

daha kolaydır.

- **İmalat esnasında**, kalite kontrol testlerinin uygulanması diğer kazık tiplerine göre daha kolaydır.
- Kazık uç mukavemetini arttırmak amacıyla kazık uç bölgesinde iyileştirme yapılabilir.

3. BARET KAZIKLARIN TAŞIMA GÜCÜNÜN HESAPLANMASI

Bir kazığın düşey yük altında taşıyabileceği maksimum yük genel olarak aşağıdaki yöntemler ile belirlenmektedir (Yıldırım, 2009):

- Statik kazık formülleri kullanılarak,
- Dinamik dinamik kazık formülleri kullanılarak,
- Arazi deneyleri (SPT, CPT, vb.) ve
- Kazık yükleme deneyi ile bir kazığın taşıma gücü belirlenebilir.

Ancak, Baret kazıklar çakma kazık olarak imal edilemedikleri için taşıma gücü hesabında dinamik kazık formülleri kullanılmamaktadır.

3.1 Uç Kazıklarında Taşıma Gücü

Uç kazıklarında, kazık yan yüzlerinde oluşan sürtünme direnci ihmal edilebilir seviyede olduğu için kazığın toplam taşıma gücü uç taşıma gücünden ibarettir. Kazık uç yüzeyinde oluşan göçme mekanizması ile yüzeysel temellerdeki göçme mekanizması benzer olduğu için taşıma gücü hesabında yüzeysel temellerdeki taşıma gücü formülü kullanılır. Ancak kazıklar için hesap yapılırken kullanılan taşıma gücü faktörleri yüzeysel temellerdekinden farklıdır. Uç kazıklarında taşıma gücü Denklem 3'teki gibi hesaplanır.

$$q_{\text{sınır}} = k_1 c N_c^* + p_0' N_q^* + k_2 \gamma B N_\gamma^* \quad (3)$$

Burada $q_{\text{sınır}}$ birim alanda taşınabilecek maksimum yük olup N_c^*, N_q^*, N_γ^* şekil ve derinlik faktörlerini içeren taşıma gücü katsayılarıdır ve kazıkların yüzeysel temellere göre derin temeller olmaları sebebiyle yüzeysel temel sistemleri için önerilen değerlerden farklıdır. Ayrıca, kazıklı temellerde kazık çapının küçük olmasından dolayı (3) eşitliğindeki son terim diğerleri yanında çok düşüktür. Bu yüzden bu eşitlikteki son terim ihmal edilir. (3) eşitliği efektif gerilmeler türünden yazılırsa:

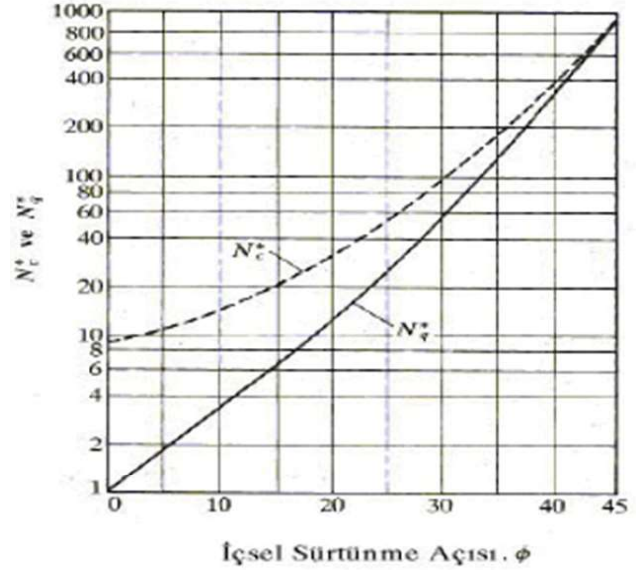
$$q_{\text{uç}} = k_1 c N_c^* + p_0' N_q^* \quad (4)$$

elde edilir. Meyerof (1976) uç taşıma gücünün belirli bir derinliğe kadar attığını ve kritik bir derinlikten sonra sabit kaldığını ifade etmektedir. Kulhawy (1984) ise belirli bir derinlikten sonra uç direncindeki artışın azaldığını ama sınır bir derinlik değerinin olmadığını belirtmektedir.

Granüler zeminlerde $c'=0$ olacağı düşünülürse kazık ucunda taşınabilecek maksimum yük Denklem 5'teki gibi hesaplanır:

$$Q_{\text{uç}} = q_{\text{uç}} \cdot A_{\text{uç}} = p_0' \cdot N_q^* \cdot A_{\text{uç}} \quad (5)$$

(4) ve (5) eşitliklerindeki taşıma gücü faktörleri, kayma mukavemeti açısına (ϕ') bağlı olarak Şekil 4'te verilmiştir. Burada kazık ucu kesit alanı, kazık ucu seviyesindeki efektif düşey gerilmedir.



Şekil 4: Granüler Zeminlerde Taşıma Gücü Faktörlerinin ϕ' ile Değişimi (Meyerof, 1976).

Kohezyonlu zeminlerde ($\phi_u = 0$), kazık ucunda taşınan maksimum yük;

$$Q_{\text{uç}} = c_u \cdot N_c^* \cdot A_{\text{uç}} \approx 9 c_u \cdot A_{\text{uç}} \quad (6)$$

olmaktadır. Burada c_u kazığın ucunun girdiği zeminin drenajsız kayma mukavemeti, N_c^* ise taşıma gücü faktörü olup kazığın taşıyıcı zemine en az 5D kadar girmiş olması şartı ile 9 alınabilir.

3.1 Sürtünme Kazıklarında Taşıma Gücü

Sürtünme kazıklarında taşıma gücü hesabı yapılırken uç taşıma gücünün yanında yanal sürtünme direnci de hesaba katılır. Sürtünme kazıklarında oluşan yanal taşıma gücü Denklem 7'deki gibi hesaplanır.

$$Q_{\text{yan}} = \sum p \cdot L \cdot f_s \quad (7)$$

olarak yazılabilir. Burada p kazık çevresini, f_s birim sürtünme direncini, L ise kazık uzunluğunu göstermektedir.

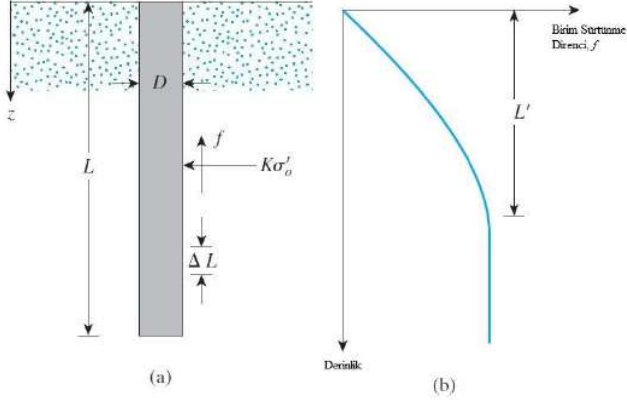
Granüler zeminler içindeki tekil kazıkların çevre sürtünmesi, zemin mekanizmasının temel kayma direnci denklemlerine benzer şekilde,

$$f_s = K \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta \quad (8)$$

olarak yazılabilir. Burada, düşey efektif zemin gerilmesini, K yatay toprak basıncı katsayısını, δ kazık ile zemin arasındaki sürtünme açısını göstermektedir.

Tasarım aşamasında çevre sürtünmesi değerinin kritik bir derinliğe kadar () lineer olarak arttığı, bu derinlikten sonra sabit kaldığı kabul edilmektedir. Bu derinlik, gevşek kumlarda =10D, orta sıkı kumlarda =15D, sıkı kumlarda =20D

alınabilir (Şekil 5).



Şekil 5: Kazıkların Birim Sürtünme Direnci (Das, 2007).

Kohezyonlu zeminlerde kazık yüzeyi ile zemin arasındaki sürtünme, zeminin kayma mukavemetine bağlıdır. Bu nedenle çevre sürtünmesi;

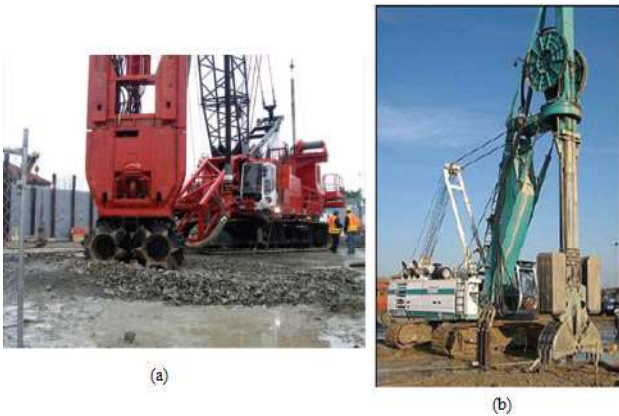
$$f_s = \alpha \cdot s_u \quad (9)$$

Burada; adhezyon katsayısı ve zeminin drenajsız kayma mukavemetidir. Zeminin suya doymuş kil olması durumunda ($\phi_u = 0$), $\alpha = 1$ olur. α adhezyon katsayısı, kazık imalatı sırasında zeminin örselenmesine, aşırı konsolide killerde zeminin kazığı sarmasına bağlı olup adhezyon katsayısının değeri "1"den küçük bir değerdir. Ortalama bir değer olarak aşağıdaki gibi alınabilir (Toğrol ve Tan, 2003);

$$\alpha = 0.45 \quad f_s \leq 100 \text{ kN/m}^2 \quad (10)$$

4. BARET KAZIK İMALATI

Özel kesitli fore kazık olan baret kazıklar, zeminde açılan bir kuyuya yeterli miktarda donatı yerleştirilerek tremi boruları ile beton dökülmesiyle meydana gelmektedir. Baret kazıklar, hidrofreze (cutter) ve grab gibi delgi makineleri kullanılarak imal edilir (Şekil 6a ve Şekil 6b). Grablerin mekanik ve hidrolik olan türleri vardır. Hidrofreze tipi delgi makineleri sert (kaya) zemin koşullarındaki kazılar için geliştirilen özel makinelerdir. Baret kazıklı temeller, çakma kazıklar gibi çelik ve ahşap malzemelerden imal edilmez, sadece betonarme olarak imal edilir.

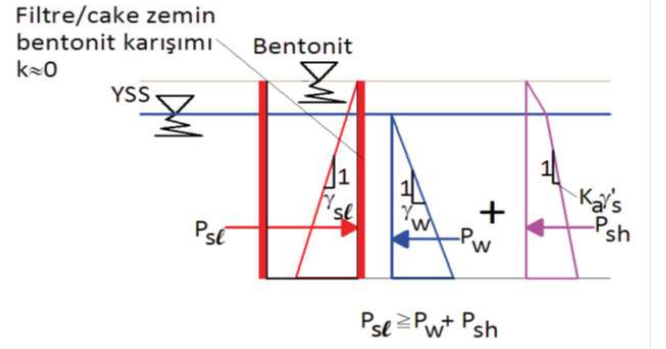


Şekil 6: Hidrofreze (cutter) ve hidrolik grab.

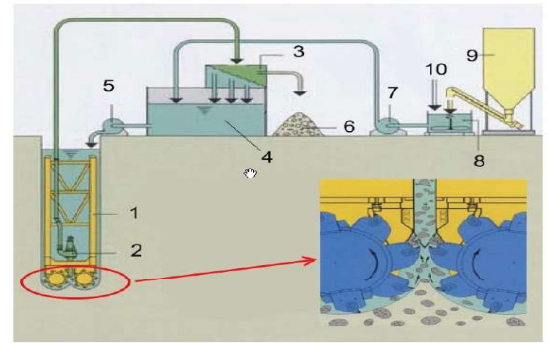
Baret kazıklar imal edilirken; kazı, donatı kafesinin indiril-

mesi ve beton dökülmesi işlemlerinde kuyu çeperinin stabilitesi sağlanmalıdır. Bunun için ihtiyaca yönelik olacak şekilde farklı kazı destek sistemleri geliştirilmiştir. En basit baret kazık imalatı, herhangi bir destek sistemi gerektirmeyen katı kil veya zayıf kayalarda yapılmaktadır. Ancak çoğunlukla kazı destek sistemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Fore kazıklarda, kazı esnasında kuyu çeperinin stabilitesini sağlamak için çoğunlukla muhafaza borusu kullanılmaktadır. Ayrıca bentonit süspansiyonu kullanılarak da kazı sırasında kuyu çeperinin stabilitesi sağlanabilmektedir. Bentonit süspansiyonu, baret temellerin imalatı sırasında kazı işlemi boyunca stabilize problemlerini önlemek amacıyla günümüz teknolojisinde kullanılacak tek yöntemdir. Bu işlem için kullanılan süspansiyonun hammaddesi bentonit 'montmorillonit' türü bir kildir. Bentonit süspansiyonu, kuyu çeperini neredeyse geçirimsiz ince bir film tabakası gibi kaplayarak göçmesini önler. Bentonit süspansiyonunun çalışma prensibi Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7: Bentonit süspansiyonunun çalışma prensibi.



Şekil 8: Baret kazık imalat sisteminin şeması (ZETAŞ katalog, 2011)

İmalata başlanırken ilk olarak bentonit süspansiyonu hazırlanarak delgi sırasında kazı içerisine pompalanır. Kazı işlemi sonlandığında donatı kafesi ve arkasından tremi boruları kuyuya indirilerek bu borular aracılığı ile kuyu tabanından başlayarak beton dökülür. Beton dökme işlemi sırasında, bentonit süspansiyonunun yoğunluğu betona göre düşük olduğu için yukarıya çıkar. İlk duruma göre bir miktar zeminle karışan bentonit süspansiyonu pompa ile geri toplanır. Desander ünitesinde, içerisindeki zeminden (kum ve silt) temizlenerek tekrar kullanım için tanklara gönderilir. Bu işlem sayesinde oldukça maliyetli bir malzeme olan bento-

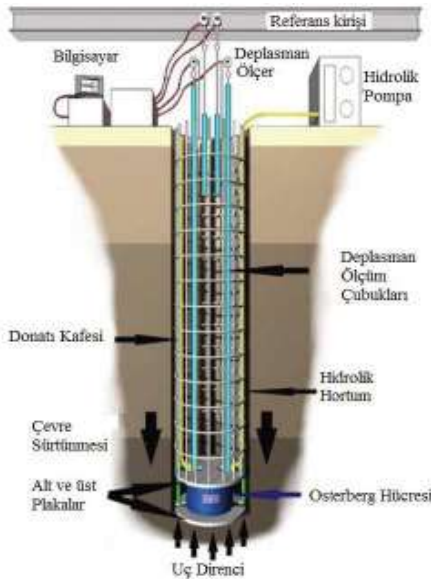
nit tekrar kullanılabilir ve maliyet açısından ekonomik olur. Bentonit süspansiyonu kullanılarak yapılan kazık imalatı şeması Şekil 8'de verilmiştir.

5. OSTERBERG HÜCRESİ İLE KAZIK YÜKLEME DENEYİ

Kazık yükleme deneyleri, eksenel yükün kazığa etki ettirilmesi bakımından birbirinden farklıdır. Kazık yükleme deneylerinde, deney kazığına yükün etki ettirilmesinde zemin ankrajlarından, reaksiyon kazıklarından veya ağırlık yüklü platformlardan yararlanılmaktadır. Terzaghi ve diğ. (1996), özellikle büyük deney yüklemelerinde reaksiyon sisteminin ağır olmasından dolayı, deney sisteminin iyi tasarlanmadığı ve platformun ustalıkla yüklenmediği durumlarda güvenlik açısından tehlikeli olacağını ifade etmiştir. bu dezavantajın dairesel ya da kare en kesitli yer değiştirme kazıklarında kazığın en alt kısmına yerleştirilecek Osterberg yük hücresi ile bertaraf edilebileceğini belirtmiştir. Böyle durumlarda, kazığın alt kısmına yerleştirilecek Osterberg hücresi ile reaksiyon yüküne ihtiyaç duyulmadan daha güvenli ve ekonomik kazık yükleme deneyleri yapılmaktadır.

Schmertmann ve Hayes (1997), yüksek taşıma gücüne sahip fore kazıklarda 10MN'u aşan reaksiyon sistemlerinin geleneksel yöntemlerle uygulanmasının maliyeti çok fazla arttırdığını ifade etmişlerdir. Osterberg hücresiyle yapılan statik yüklemelerin ise yüksek reaksiyon yüklerindeki deneylerin ekonomik olarak yapılmasına imkan verdiğini, bu nedenle de fore kazıkların test edilmesinde önemli bir alternatif yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bu amaçla; Deney kazığının donatı kafesi, projeye uygun bir şekilde yüklenici tarafından hazırlanır. Osterberg hücreleri, deney yüküne göre et kalınlıklarının değişkenlik gösterdiği dairesel çelik plakalar arasına yerleştirilir. Daha sonra donatı kafesi yerine yerleştirilerek beton dökülür. Beton gerekli dayanım şartlarını sağladığında O-Cell hücresi aracılığı ile yüklenir. Osterberg hücresi kullanılarak yapılan kazık yükleme deneyinin şeması Şekil 9' da yer almaktadır.



Şekil 9: Osterberg hücresi ile kazık yükleme deneyi şeması (England, 2003)

Osterberg yükleme deneyi genel olarak, kazığın donatı kafesi içerisine ya da kazığın alt kısmına monte edilen hidrolik krik sistemi ile deney kazığının çift yönde yüklenmesi ve yükleme sırasında oluşacak yük, gerilme ve deplasman verilerinin ölçülmesinden ibarettir.

6. SONUÇLAR

Yüksek üst yapı yükleri zemin ortamına aktarılırken genellikle taşıma gücü ve oturma kriterleri açısından sorunlar oluşmaktadır. Bu sorunları çözmek için yapı yükleri daha derinlerdeki sağlam tabakalara aktarılmalıdır. Bu amaçla kazıklı temel sistemi kullanılarak yapı yükleri daha derinlerdeki sağlam tabakalara aktarılabilir. Bütün inşaat projelerinde olduğu gibi kazıklı temel projelerinin de ekonomik olması gerekmektedir.

Kazıklı temel sisteminin ekonomik olması ve daha yüksek yük kapasitesi gereksinimlerini karşılaması için genellikle yerinde dökme dairesel geniş çaplı kazıklar yerine baret temeller kullanılmıştır. Baret kazıkların fore kazıklara göre birçok avantajı vardır. En önemli avantajlarından biri, aynı miktarda beton ve demir kullanılmasına rağmen fore kazıklara göre yaklaşık %35 daha yüksek taşıma kapasitesi elde edilebilmesidir.

Baret kazıklar, yük ile aynı doğrultuda imal edilebildikleri için deprensellik bakımından daha avantajlıdır. Ayrıca, fore kazıklara göre daha yüksek yanal yük taşıma kapasitesine sahiptirler.

Baret kazıklar, proje koşullarına bağlı olarak H, T, I, +, II gibi kesitlerde imal edilebilir ve yapısal bütünlük açısından klasik fore kazıklı temel sistemlerine göre daha avantajlıdır.

Baret kazıkların yanal alanları aynı enkesit alanındaki dairesel kazıklara göre daha fazla olduğu için daha yüksek taşıma kapasitesine sahiptir.

Baret kazıklı temellerde de diğer kazık türlerinde olduğu gibi kalite kontrol deneyleri yapılmalıdır. Ancak, baret kazıkların yüksek yük taşıma kapasitesine sahip olmasından dolayı, klasik statik yükleme deneylerinde ihtiyaç duyulan reaksiyon yükü çok yüksek olup bu deneyler pratik değildir. Ayrıca, ihtiyaç duyulan yükün temin edilmesi ve kazık başlığı üzerine stabil olarak etki ettirilmesi çok zordur. Osterberg tarafından geliştirilen ve ilk olarak 1984'te bir fore kazık üstünde denenilen Osterberg hücresi ile kazık yükleme deneyleri, herhangi bir reaksiyon yüküne ihtiyaç duyulmadan daha güvenli ve ekonomik olarak gerçekleştirilebilmektedir.

REFERANSLAR

- [1] Lei G., (2001). "Behaviour of Excavated Rectangular Piles (barrettes) in Granitic Saprolites", Doktora Tezi, Hong Kong Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hong Kong
- [2] Mazzucato, A. and Natali, A. (1988) "Analysis of non-linear behaviour of reinforced concrete diaphragm walls under horizontal load." Proc. 1st Int. Geotech. Seminar on Deep Found, on Bored and Auger Piles, Rotterdam
- [3] Yıldız K., (2011). "Baret Kazıklı Temellerde Düşey Taşıma Kapasitesi",

Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

- [4] ZETAŞ, Katalog, 01.12.2014
- [5] Uzuner B. A., 2006, Temel Mühendisliğine Giriş, Derya Kitabevi, Trabzon
- [6] Bowles J. E., (1996). Foundation Analysis and Design, McGraw-Hill Company, New York, USA
- [7] Das M. B., (2007). Principles of Foundation Engineering, 7th Edition, Brooks/Cole, California, USA
- [8] Toğrol E. and Tan O., (2003). Kazıklı Temeller, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [9] Yıldırım S., (2009). Zemin İncelemesi ve Temel Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [10] Candoğan A., 2008. The Art and Practice of Foundation Engineering, İstanbul
- [11] England M., (2003). "Bi-directional Static Load Testing – State of the Art", Loadtest Inc., UK
- [12] Meyerhof G.C., (1976). "Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations", Journal of Geotech. Eng. Div., ASCE, Vol.102
- [13] Schmertmann, J. H. and J. A., Hayes., 1997. "The Osterberg Cell and Bored Pile Testing – A Symbiosis", Proceedings of the Third International Geotechnical Engineering Conference, Cairo University, Cairo, Egypt, 5-8 January
- [14] Kulhawy, F. H. (1984), Limiting tip and side resistance-Fact or fallacy Analysis and Design of Pile Foundations ed. J. R. Meyer ASCE, New York, N.Y., pp. 80–98
- [15] Terzaghi K., Peck R., Mesri G. Soil Mechanics in Engineering Practice. Wiley: New York, 1996.
- [16] Ng, Charles W. W., and Lei G. H., (2003). "Performance of long rectangular barrettes in granitic saprolites", Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 129(8), pp. 685–696