

grafik yöntemle hesaplamak mümkündür. Bununla birlikte, çok sayıda eğik ve düşey kazıktan oluşan kazık gruplarının üç boyutlu analizinin yapılabilmesi, düşey ve yatay yerdeğiştirme ve dönmelerin hesaplanabilmesi için çok sayıda işlem yapılması ve bu amaçla hazırlanmış bilgisayar programlarından yararlanılması gerekmektedir.

## 6. KAZIK GRUPLARININ TASARIMI

### 6.1 Kazık Grupları

Kazıklar, bir yapı elemanı olarak nadiren tek başlarına kullanılırlar. Genellikle, en az üç kazıktan oluşan gruplar meydana getirilir. Böylece eksantrik yüklerin daha iyi olarak karşılanması mümkün olur.

Kazık gruplarının kullanıldığı çeşitli yerler vardır. Geniş alana yayılı yapı yüklerinin taşınmasında, yatay yük taşıyabilen ve moment alabilen temel yapımında kazık gruplarından yararlanılır. Deniz yapılarında, heyelanların önlenmesinde de kazık grupları kullanılmaktadır (Şekil 6.1).

Yapı yüklerini taşımak üzere tasarlanan bir kazık grubunda, eksantrik yükler bulunmuyorsa, toplam yükün kazık sayısına bölünmesi ile kazıklara gelen yüklerin hesaplanması, böylece bulunan yükün tekil kazığın taşıma gücü ile karşılaştırılması yolu, eskiden olduğu gibi bugün de denemektedir. Bu yol, makul görünmekle birlikte, kazık grubunun beklenmeyen ve aşırı değerlere varabilen oturmalarını dikkate almadığı için doğru bir yol sayılmaz. Tekil kazığın taşıma gücünün belirlenmesi gereklidir, ama grubun taşıma gücünün bulunması için yeterli değildir. Kazık grubunun taşıma gücünün ve oturmasının doğru olarak belirlenebilmesi için zemin mekanizmasının temel ilkelerinin uygulanmasına gereksinim vardır.

### 6.2 Kazık Gruplarının Taşıma Gücü

Grup halinde, her kazığın çevresinde oluşan gerilme alanları girişim yapar. Bu yüzden, münferit kazığın etkinliği, çevresindeki kazıkların varlığı nedeniyle azalır. Grup olarak kazıkların taşıyabilecekleri nihai yük, kazıkların tek başlarına taşıyabilecekleri nihai yüklerin toplamından daha azdır. Kazıkların ara uzaklıklarını arttırmak ise, çoğu kere büyük ve kalın kazık başlıkları yapılmasının gerektirir ki, bu da kazıklara gelen yükleri artırır.

Prakash ve Saran (1967) kazıkların arasında 6D den daha büyük bir aralık bırakıldığında grup etkisinin önemli olmadığını göstermiştir. Arsoy ve Prakash (2001) kazığın birim yerdeğiştirmesinin 0.02'den küçük olması durumunda grup etkisinin nasıl azalacağını incelemiştir (Tablo 6.1)

TABLO 6.1 Birim yerdeğiştirmenin 0.02'den küçük olması durumunda grup etkisi

Kazık ara uzaklığı	Yük doğrultusunda maksimum kazık sayısı
	2
3D	0.48
4D	0.60
5D	0.85
6D	1.00
7D	1.00

(Arsoy, Prakash, 2001)

Sönmez ve Ergun (1994) kum içinde yapılan model deneyleri ile oturmalar üzerinde grup etkisi incelemişler ve kazıklar arasındaki uzaklık 3D'den daha fazla olduğu zaman bu etkinin azaldığını, ara 4D'yi geçtiği zaman ortadan kalktığı sonucuna varmışlardır.

Whitaker (1957) kare şeklinde yerleştirilmiş model kazıklar üzerinde yaptığı deneyler ile, belli uzunluk ve sayıdaki her kazık grubu için göçme mekanizmasının bir eşik değeri olduğunu bulmuştur. Kazık aralıkları bu değerin altında ise kazı grubunun "blok" olarak göçtüğü, bu değerin üstünde ise kazıkların birbirlerinden bağımsız davranışlarını göstermiştir.

Terzaghi ve Peck (1967), kazık grubunun taşıma gücünü veren bir ifade geliştirmişlerdir. Bu ifade, kazık başının tamamen rijit olduğu ve kazık grubunun bir "blok" halinde göçtüğü kabul edilerek çıkarılmıştır. Bu kabullere göre kazık grubu ve kazıklar arasındaki zeminden meydana gelen blok derin bir "ayak" gibi düşünülür ve taşıma gücü ifadesi yazılır:

$$Q_g = A_{\text{çevre}} \bar{s}_u + A_{\text{taban}} q_d - L A_{\text{taban}} \gamma \quad (6.1a)$$

$$Q_g = 2(B_g + L_g) L \bar{s}_u + (B_g L_g) 5.14 s_u - L B_g L_g \gamma \quad (6.1b)$$

$A_{\text{çevre}}$  ( $= 2 L_g B_g L$ ) : blokun çevresinin alanı,

$A_{\text{taban}}$  ( $= B_g L_g$ ) : blokun tabanının alanı,

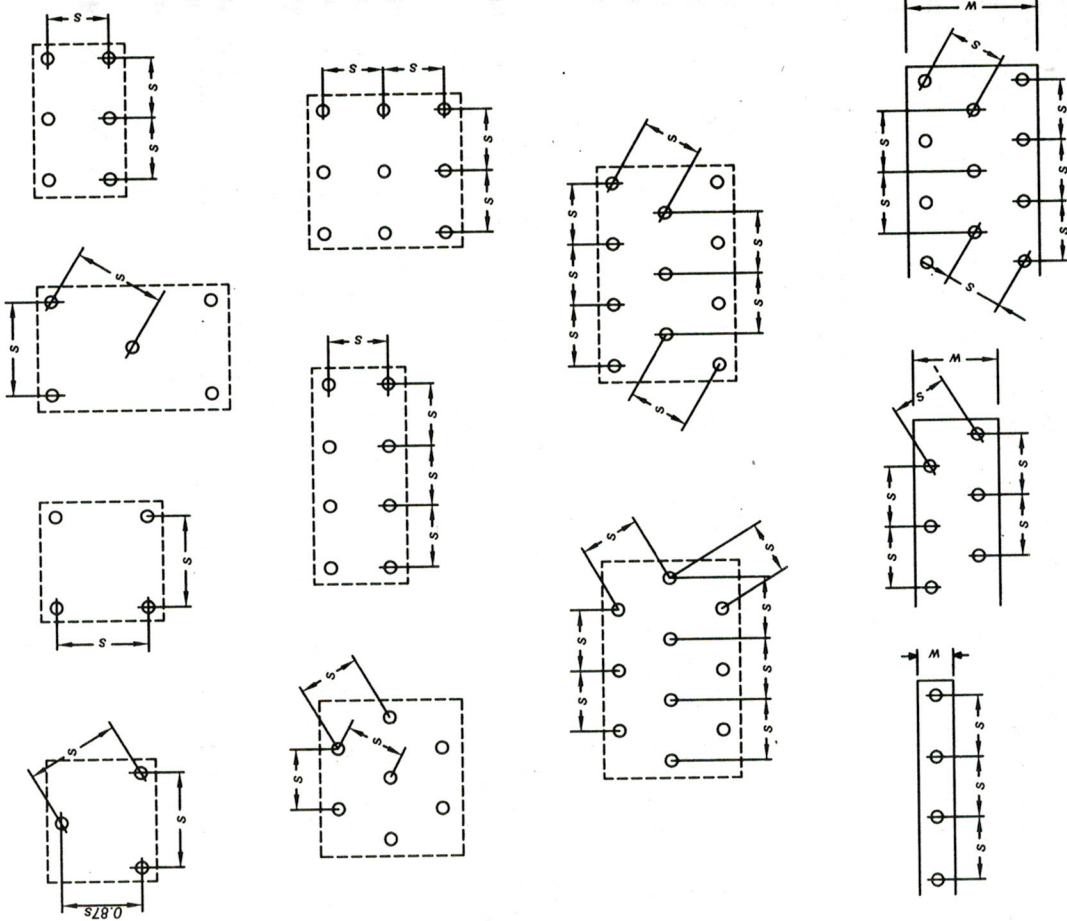
$L$  : kazık uzunluğu,

$B_g$  planda blokun eni,

$L_g$  : blokun planda boyu,

$\bar{s}_u$  : blok çevresindeki zeminin ortalama kayma mukavemeti,

$s_u$  : blok tabanındaki zeminin kayma mukavemeti,



Şekil 6.1



$\gamma$  : blok içinde kalan zeminin birim hacim ağırlığı.

Tomlinson (1994) bu ifadenin biraz farklı bir şeklinin kullanılmasını tavsiye etmektedir:

$$Q_g = A_{\text{çevre}} \bar{s}_u + 1.3 s_u N_c \kappa A_{\text{taban}} \quad (6.2a)$$

$$Q_g = 2(B_g + L_g) L \bar{s}_u + 1.3 s_u N_c \kappa B_g L_g \quad (6.2b)$$

$\bar{s}_u$  : blok çevresindeki zeminin ortalama kayma mukavemeti,

$s_u$  : blok tabanındaki zeminin kayma mukavemeti,

$N_c$  : taşıma gücü katsayısı,

$\kappa$  : şekil faktörü.

$N_c$  nin değerleri kazık grubunun derinlik/en oranına ( $L/B_g$ ) bağlı olarak,  $\kappa$  şekil faktörünün değerleri kazık grubunun  $B_g/L_g$  oranına bağlı olarak verilmektedir. Daire veya kare şeklinde yerleştirilmiş kazıklarda, derinlik/en oranının 2'den büyük olması halinde taşıma gücü faktörü  $N_c = 9$  alınabilir.  $L_g/B_g$  oranı 4 olduğu zaman şekil faktörü  $\kappa = 1.05$  olmakta, oranın daha büyük olması halinde ise daha küçük değerler almaktadır.  $L_g/B_g$  oranı 2 olduğu zaman  $\kappa = 1.10$  değerini almaktadır.

Göçme, daha çok silt veya yumuşak kildeki sürtünme kazıklarında veya kalın bir silt veya yumuşak kil tabakası üstündeki sağlam tabakaya oturan uç kazıklarında meydana gelir. Terzaghi ve Peck'e (1967) göre, kazıklara gelen toplam proje yükü,  $Q_g/3$  değerinden küçük kaldığı sürece, blok halinde göçme tehlikesi bulunmamaktadır.

*Blok* tanımı da farklı olabilmektedir. DIN1054 blok dış sınırını, en dıştaki kazıkların çapının 3 katı kadar dışında kabul etmektedir.

Davisson (1970) kazık gruplarında yatay yatak katsayısının kazıkların merkezden merkeze uzaklıklarına göre azaltılmasını önermiştir (Tablo 6.2).

TABLO 6.2 Kazık grupları için yatay yatak katsayıları

Yük doğrultusunda merkezden merkeze uzaklık	$k_h$ ve $n_h$ için grup azaltma faktörü
3 D	0.25
4 D	0.40
6 D	0.70
8 D	1.00

(Davisson, 1970)

### 6.3 Kazık Gruplarının Oturması

Kazıkların oturması,

- Üst yapının oturmaya karşı hassas olması,
- Kazık grubunun çok sıkışabilen bir tabaka içinde bulunması,
- Kazık grubunun düşey yükler altındaki yer değiştirmesinin üst yapının statik hesabında gerekmesi durumlarda hesaplanır.

Şurası da unutulmamalıdır ki, kazıklı temeller, genellikle, oturmaları sınırlamak için tasarlanır ve teşkil edilirler. Bununla birlikte, kazık grupları, sürtünme kazıklarında,

- Çevre sürtünmesinin uyanması için kazığın yapması gereken yer değiştirme,
  - Kazık grubunda kazıklar arasındaki zeminin sıkışması veya konsolidasyonu ile meydana gelen oturma; yükü çevre sürtünmesi ve uç mukavemeti ile taşıyan kazıklarda,
  - Kazık uç seviyesi altındaki zeminin sıkışması sonucu meydana gelen oturma,
  - Kazığın kendi elastik boy kısalması
- gibi nedenlerin bileşeninde oluşan bir oturmaya maruz kalır.

Basit bir hesap tarzı olarak Terzaghi ve Peck (1967), kazık grubunun oturmasının, kazık başlığından  $2/3 L$  derinliğinde eşdeğer plak temel oturmalarına eşit olarak hesaplanmasını önermiştir. Burada eşdeğer plak temel oturmaları, kazık grubu ile aynı toplam yükü taşıyan,  $2/3L$  derinliğinde, gerilmenin  $1(yatay)/2(düşey)$  açısı ile genişleyen bir alanda dağıldığı kabul edilerek hesaplanmaktadır (Şekil 6.2).