

**TMMOB İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI
İSTANBUL ŞUBESİ
YAPI TASARIM KURSLARI**

**YAPI ELEMANI OLARAK
YERİNDE DÖKME BETONARME
KAZIKLAR**

Prof. Dr. Zekai Celep

*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi
Betonarme Yapılar ve Deprem Mühendisliği*

03.Şubat.2007

1. Zemin yatay basıncı

1.1. Kohezyonsuz zemin

1.2. Kohezyonlu zemin

2. Zemin içindeki kazık davranışı

2.1. Tekil kazık davranışı

2.1.1. Düşey yük altında tekil kazık

2.1.2. Yatay yük altında tekil kazık

2.2. Grup kazık davranışı

2.2.1. Düşey yük altında kazık grupları

2.2.2. Yatay yük altında kazık grupları

2.3. Zemin iyileştirmesi olarak kazık uygulaması

3. Kazıklı temeller

3.1. Tekil temelde kazık uygulaması

3.2. Sürekli temelde kazık uygulaması

3.3. Plak temelde kazık uygulaması

4. Kazıklı iksa perdeleri

4.1. Konsol kazıklı iksa perdesi

4.2. Ankrajlı kazıklı iksa perdesi

4.3. Helelan durumunda kazıklı iksa perdesi

5. Kaynak yayınlar

Betonarme kazıklar, çakma ve yerinde dökme kazıklar olarak uygulanır. Kazıklar tekil olarak kullanıldığı gibi, kazık grupları olarak da kullanılır. Kazıklar, daha çok yük taşıma kapasitesi düşük zemin bulunması durumunda, yapı temellerinde oluşan düşey ve yatay yüklerin zeminin alt tabakalarına iletilmesini sağlamak için kullanılır. Ayrıca, yatay zemin itkilerinin karşılanması için, istinat veya iksa perdeleri olarak da kullanılır.

Betonarme kazıklar, diğer kazık türlerine göre daha çok dayanıklı ve pratiktir. Betonarme kazık; yük altındaki davranışı yanında, bulunduğu zemin içindeki çevre şartlarından etkilenir. Betonun geçirimli ve donatı paspayının düşük olması, dayanıklılığı olumsuz yönde etkiler. Ayrıca, zeminde bulunan sülfat, betonun bozulmasına sebep olabilir. Sülfat etkisi ile ortaya çıkan kimyasal değişiklik, mikro düzeyde meydana gelen hacim artışı betonun dağılmasına ve donatının korozyonuna sebep olur. Betonarme kazıkların dayanıklılığı için, beton kalitesinin yüksek ve donatı paspaylarının yeterli seçilmesi önerilir.

Betonarme çakma kazıklar, genellikle prefabrike olarak hazırlanır ve çakılacak yere götürülerek çakılır. Bu tür kazıkların boyutlamasında, kazığın istiflemesi, taşınması ve çakılması sırasında maruz kaldığı geçici etkilerin de göz önüne alınması gerekir. Çakma kazıklar, çakılma sırasında da zemini sıkıştırarak ilerlediği için, kazığın zeminle daha etkili bütünleşmesi sağlanır ve zeminin bir ölçüde iyileşmesine sebep olur. Çakma sırasında tahrip olmaması için kazık uçları takviye edilir. Çakma kazıkların, yerinde dökme olanlara göre ek olarak çakma sırasında dinamik etkilere maruz bulunduğu tasarımda göz önüne alınmalıdır.

Betonarme kazıkların kesit tasarımı kolonlara benzetilerek ve ilgili konstrüktif kurallara uyularak yapılabilir. Aşağıdaki bölümlerde daha çok yerinde dökme kazıkların davranış ve tasarımı sözkonusu edilecektir. Ancak, uygun bir tasarımın üst yapı yanında geoteknik konusunda uzman bir inşaat mühendisinin katkıları ile oluşacağı unutulmamalıdır.

Zemin türü	Birim hacim ağırlığı γ (kN/m^3)	Kayma direnci açısı ϕ ($^{\circ}$)
Bitkisel toprak (doğal durumda)	17	25
Kum ve çakıl (doğal nemde)	18	30
Kum ve çakıl (doygun durumda)	20	27
Kaya parçaları (yuvarlak, köşeli)	19	35
Taş dolgu (keskin köşeli, ocak malzemesi)	18	40
Kil ve silt (doygun durumda)	21	15 ~ 25

Tablo 1.1. Bazı zemin türleri için γ ve ϕ değerleri

1. ZEMİN YATAY BASINCI

Zemin yatay basıncının belirlenmesinde en önemli adım ilgili zemin parametrelerinin özenle belirlenmesidir. Bu parametrelerin başında, γ birim hacim ağırlığı, ϕ zemin kayma mukavemeti açısı, c kohezyon, k_h yatay yatak katsayısı ve k_v düşey yatak katsayısı gelir. Her hangi bir derinlikte bir düzlemde oluşan zemin yatay itkisine, *Yatay Zemin Basıncı Katsayısı* k etkili olur. Bu katsayı, zemin özellikleri yanında, gözönüne alınan düzlemin zemine göre relatif hareketine bağlıdır. Düzlemde hareketsizlik sözkonusu ise, sukunetteki zemin basınç katsayısı k_o ; düzlemin zeminden uzaklaşma veya yaklaşma durumuna bağlı aktif basınç katsayısı k_a veya

pasif basınç katsayısı k_p oluşur (Şekil 1.1). Zemin parametreleri uygun geoteknik inceleme ile belirlenir. Tablo 1.1.de yol gösterici bazı değerler verilmiştir.

1.1. Kohezyonsuz zemin

Kohezyonsuz zeminde Coulomb teorisi kabulleri çerçevesinde zemin basıncı yüzeyin ötelenmesinde bağlı olarak ortaya çıkar.

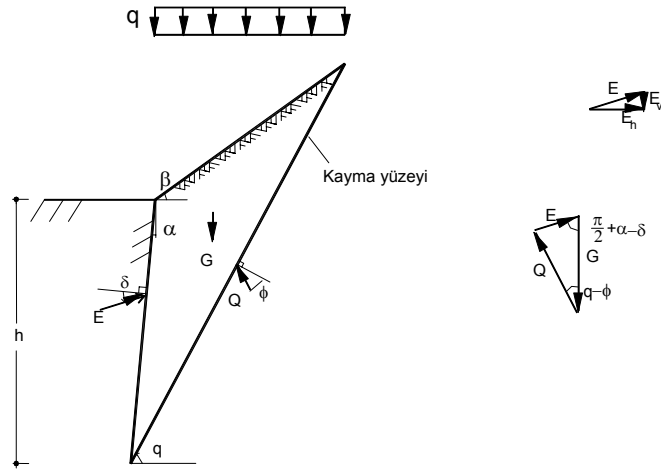
Aktif durum

Basınç uygulanan yüzey zemin basıncı doğrultusunda öteleme yaptığında yüzeyde oluşan zemin basıncının E_a aktif sınır değeri

$$E_a = 0.5 \gamma h^2 k_a \quad (1.1)$$

ve zemin basıncı katsayısı

$$k_a = \frac{\cos^2(\phi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (1.2)$$



Şekil 1.1. Coulomb'a göre yatay zeminbasıncı

olarak verilmiştir. Burada kullanılan parametreler Şekil 1.1.de verilmiştir. Zemin basıncının E_{ah} yatay bileşeni

$$E_{ah} = E_a \cos(\alpha - \delta) = 0.5 \gamma h^2 k_{ah} \quad (1.3)$$

ve

$$k_{ah} = \frac{\cos^2(\phi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\alpha - \delta) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (1.4)$$

ve zemin basıncının E_{av} düşey bileşeni

$$E_{av} = E_{ah} \tan(\delta - \alpha) = E_a \sin(\delta - \alpha) \quad (1.5)$$

olarak verilir. Eğer $\alpha = \beta = \delta = 0$ ise,

$$k_a = k_{ah} = \tan^2(\pi/4 - \phi/2) \quad (1.6)$$

bulunur. Eğer zemin yüzünde q düzgün yayılı yük varsa, zemin itkisi

$$E_a = \left[\frac{1}{2} \gamma h^2 + q h \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\cos(\alpha + \beta)} \right] k_a \quad (1.7)$$

$$E_{ah} = \left[\frac{1}{2} \gamma h^2 + q h \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\cos(\alpha + \beta)} \right] k_{ah} \quad (1.8)$$

ifadesi ile elde edilir. Eğer zeminde yeraltı suyu içinde ise, zeminin su içindeki kayma direnci açısı ve zemin birim hacim ağırlığı göz önüne alınarak aynı formüller kullanılabilir. Zemin basıncının eğimi δ , duvar sürtünme açısına eşit alınabilir ve çok pürüzlü duvarda $\delta \approx \phi$, kalıplı beton yüzeyi gibi pürüzlü duvarda $\delta \approx 2\phi/3$, çelik yüzeyi gibi düz duvarda $\delta \approx \phi/2$ ve çok düz yüzeyde $\delta \approx 0$ alınabilir.

Pasif durum

Basınç uygulanan yüzeyin zemin basıncı doğrultusuna zıt yönde öteleme yaptığında yüzeyde oluşan zemin basıncının E_p pasif sınır değeri ve zemin basıncı katsayısı, aktif durum ifadeleri $+\phi$ yerine $-\phi$ konularak kullanılabilir:

$$E_p = 0.5 \gamma h^2 k_p \quad (1.9)$$

$$k_p = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha - \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (1.10)$$

olarak verilmiştir. Zemin basıncının E_{ph} yatay bileşeni

$$E_{ph} = E_p \cos(\delta - \alpha) = 0.5 \gamma h^2 k_{ph} \quad (1.11)$$

$$k_{ph} = \frac{\cos^2(\phi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} = k_p \cos(\alpha - \delta) \quad (1.12)$$

ve zemin basıncının E_{pv} düşey bileşeni

$$E_{pv} = E_{ph} \tan(\delta - \alpha) = E_p \sin(\delta - \alpha) \quad (1.13)$$

olarak verilir. Eğer $\alpha = \beta = \delta = 0$ ise,

$$k_p = k_{ph} = \tan^2(\pi/4 + \phi/2) \quad (1.14)$$

yazılabilir. Eğer zemin yüzünde q düzgün yayılı yük varsa, zemin itkisi

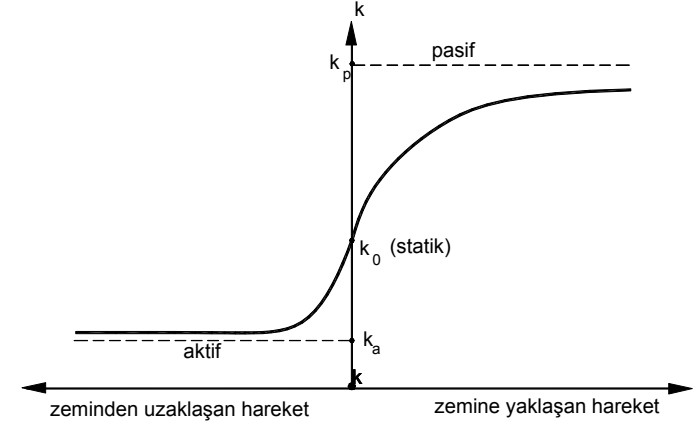
$$E_p = \left[\frac{1}{2} \gamma h^2 + q h \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\cos(\alpha + \beta)} \right] k_p \quad (1.15)$$

olarak elde edilir.

Sükunet durumu

Şekil 1.2.de verildiği gibi aktif ve pasif basınçlarının ortaya çıkması için zeminde belirli bir yatay yerdeğiştirmenin oluşması gerekir. İstinat duvarlarında aktif basınç durumunun ancak basınç doğrultusunda bir yerdeğiştirme ile ortaya çıkacağı unutulmamalıdır. Yatay yerdeğiştirmenin oluşmaması durumunda sükunetteki durum meydana gelir ve zemin yatay itkisi k_o katsayısı ile hesap edilir:

$$k_o = 1 - \sin \phi \quad (1.16)$$



Şekil 1.2. Zemin yatay basınç katsayısı k

1.2. Kohezyonlu zemin

Kohezyonlu zeminde Rankine teorisi kabulleri çerçevesinde, duvar yüzeyi düşeyse ve duvar ile zemin arasındaki sürtünme ihmal edilebilirse, zemin basıncı yüzeyin ötelenmesinde bağlı olarak ortaya çıkar. Zemin yüzeyinin yatay olması durumunda aktif basınç

$$E_a = 0.5 \gamma h^2 k_a - 2 c h \sqrt{k_a} \quad (1.17)$$

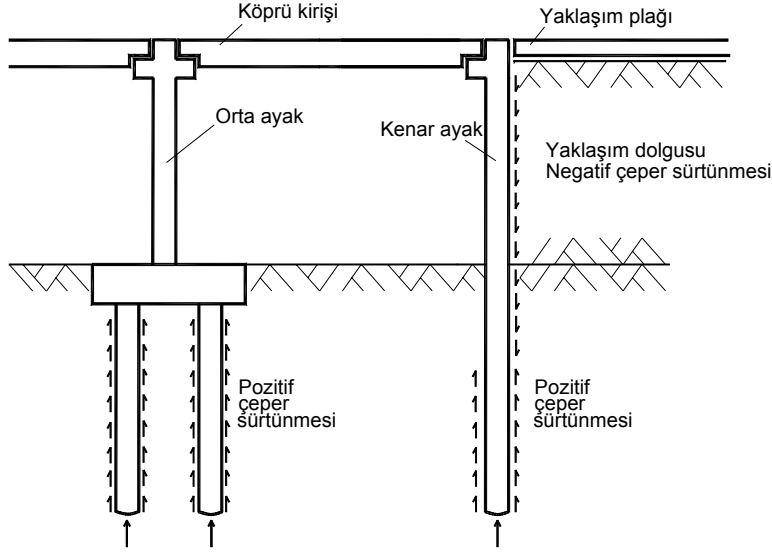
verilir. Bu formülden

$$h_c = 4 c / (\gamma \sqrt{k_a}) \quad (1.18)$$

yüksekliğine kadar negatif zemin basıncı elde edilir. Yukarıdaki her iki ifadede yaklaşık olarak $k_a = \tan^2(\pi/4 - \phi/2)$ kabul edilebilir. Pasif durumunda (1.17) ifadesi E_p (E_a yerine), k_p (k_a yerine) ve $+c$ ($-c$ yerine) yazılarak kullanılabilir.

2. ZEMİN İÇİNDEKİ KAZIK DAVRANIŞI

Kazıklar, bina temelinde oluşan düşey ve yatay yüklerin daha derinde bulunan zemin tabakalarına iletilmesini sağlarlar. Ayrıca temelde meydana gelen oturmaları sınırlandırmak için de kazıklar kullanılır. Kazıklar ender olarak tekil olarak kullanılırlar, genellikle kazık grupları olarak kullanımı tercih edilir. Ancak, kazık grubunun dayanımının belirlenmesi için, tekil kazığın incelenmesi uygundur. Kazığın taşıma gücü, zemin davranışına ve kesit parametrelerine bağlı olarak belirlenir. Bunun yanında kazıkta oluşan yükler altında içinde bulunduğu zeminle etkileşerek ortaya çıkan yatay ve düşey yerdeğiştirmelerin sınır değerler altında bulunması da kazık taşıma gücünün belirlenmesinde etkili olur.



Şekil 2.1. Kazıklarda pozitif ve negatif çeper sürtünme durumu

2.1. Tekil kazık davranışı

Diğer kazık türleri gibi, tekil kazıklar da düşey ve yatay yükler altında bulunurlar. Her iki yük türü altında kazığın davranışının ayrı ayrı incelenmesi basitlik bakımından uygundur.

2.1.1. Düşey yük altında tekil kazık

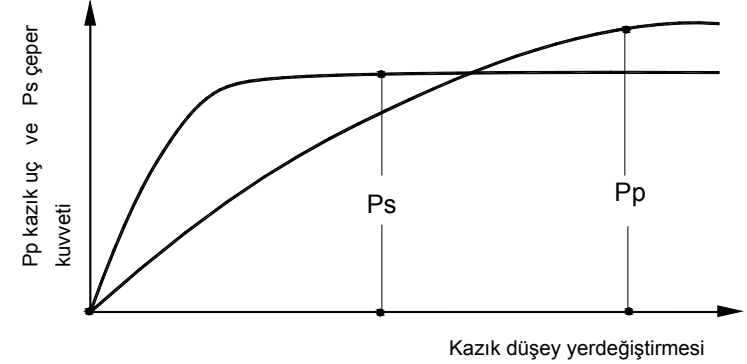
Davranış

Tekil kazık, düşey yükü çeperinde oluşan sürtünme ve ucunda meydana gelen uç kuvveti ile karşılar. Statik kazık düşey yük kapasitesi, basınç ve çekme kuvvetleri için

$$P_u = P_{pu} + \sum P_{si,u} - W_p \quad (\text{basınç}) \quad T_u = W_p + \sum P_{si,u} \quad (\text{çekme}) \quad (2.1)$$

olarak yazılabilir. Burada P_{pu} kazık uç kapasitesini, $P_{si,u}$ çeperde oluşan sürtünme kuvveti kapasitesini ve W_p kazık ağırlığını göstermektedir. Burada çeper sürtünmesinden oluşan etkinin pozitif ve yukarı doğru olduğu kabul edilmiştir. Kazığın zemin içinde yük etkisinde rölatif olarak aşağı doğru hareket etme eğilimi çeper sürtünmesini oluşturur. Çeper sürtünmesi, zeminin kayma mukavemetine dolayısıyla zeminin kohezyonuna ve kazık yüzeyine etkiyen normal gerilmeye bağlıdır. Bazı durumlarda kazığın imalatından sonra komşu zemin tabakaları üst yükten dolayı sıkışarak kazığa göre aşağı doğru hareket eder. Bu durumda çeper sürtünmesi negatif kazık sürtünmesi olarak isimlendirilir ve yönü yukarı doğrudur. Negatif çeper sürtünmesinden oluşan kuvvetin bir dış yük gibi kazığa etkiyeceği ve bu etkinin

değerinin bir güvenlik sayısına bölünmeden bir dış etki olarak hesaba dahil edilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Şekil 2.1.de bir köprü orta ayağında pozitif çeper sürtünmesi ve kenar ayakta yaklaşım plağı altındaki dolgunun sıkışması sonucu negatif çeper sürtünmesi oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Kazık uç ve çeper kuvvetinin yerdeğiştirme ile ilişkisi

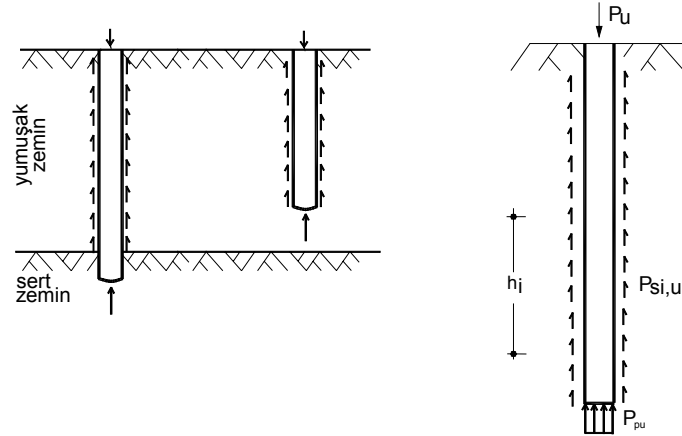
Şekil 2.2.de kazık uç ve çeper kuvvetinin oluşumu, kazığın zemine göre düşey yerdeğiştirmesine bağlı olarak gösterilmiştir. Burada dikkati çeken husus, çeper kuvvetinin sınır değerinin küçük relatif düşey yerdeğiştirmelerde oluştuğu halde, uç kuvvetinin sınır değerinin oldukça büyük yerdeğiştirmelerden sonra meydana gelmesidir. Zemin şartlarına bağlı olmakla beraber kazık çeper sürtünmesinin yaklaşık $0.002 D$ düşey yerdeğiştirmeden sonra ve uç kuvvetin ise yaklaşık $0.10 D$ yerdeğiştirmeden sonra sınır değerine ulaştığı kabul edilebilir. Taşınan yapının düşey yerdeğiştirmelere göre hassas olması durumunda kazık uç kuvvetinin sınır değerinin kullanılmasında dikkatli davranılması gerektiği anlaşılır. Buna karşılık güç tükenmesi durumunda büyük yerdeğiştirmeler sözkonusu olacağı için, ifadede, uç ve çevre sürtünme kapasitesinin aynı zamanda oluştuğu kabul edilebilir. Denklem (2.1) deki toplama kazığın bulunduğu tabaka sayısı ile ilgilidir. Bulunan kapasite, bir güvenlik katsayısına bölünerek müsaade edilecek yük değeri bulunur:

$$P_r = P_u / \text{Güvenlik Katsayısı} \quad T_r = T_u / \text{Güvenlik Katsayısı} \quad (2.2)$$

Basınç durumunda kazığın uç kuvvet veya sürtünme kuvveti kapasitesinin diğerinden daha etkili olmasına göre, kazık *Uç Kazığı* veya *Sürtünme Kazığı* olarak isimlendirilir (Şekil 2.3).. Her iki kuvvetin hesabı için çok sayıda ifade geliştirmiştir. Burada en yaygın olanı sözkonusu edilecektir. Genellikle kazık boyları çaplarının 15~40 katı arasında değişir ve uç kazıkları sağlam zemine çaplarının yaklaşık 1.5 katı kadar sokulurlar. Kazıkların çapları $0.40m$, $0.50m$, $0.65m$, $0.80m$, $1.00m$ ve $1.20m$ olarak uygulamada kullanılır. Daha küçük kazıklar $0.25m$ ~ $0.30m$ çaplı kazıklar *mini kazık* olarak bilinir. Mini kazıklar düşey yük taşıdıkları halde, moment kapasiteleri ihmal edilebilecek kadar azdır.

Kazık uç kuvveti

Bu kuvvet, kazık ucunda diğer tabakalara göre daha sert bir tabakaya girmesi ile oluşur. Ayrıca bu kuvvetin kapasite değerine erişmesi için de, kazık ucunun bu tabakada yeterli sayılabilecek düşey yerdeğiştirmeyi yapmış olması gerekir. Kazık uç kuvveti



Şekil 2.3. Kazıklarda çeper sürtünmesi ve uç kuvveti

$$P_{pu} = A_p (c N_c + \sigma_{vp} N_q + 0.5 \gamma D N_\gamma) \quad (2.3)$$

olarak hesap edilebilir. Burada; A_p kazık kesit alanı, c zemin kohezyon katsayısı, σ_{vp} kazık uç seviyesindeki zemin gerilmesi, D kazık çapı, γ zemin birim hacim ağırlığı ve N_c, N_q, N_γ ilgili kapasite katsayıları olup, esas olarak ϕ zeminin kayma direnci açısına, zeminin sıkışabilirliğine ve kazığın geometrisine bağlıdır.

Kazık sürtünme kuvveti

Bu kuvvetin oluşması için kazıkla çevresindeki ortamın birbirine göre relatif yerdeğiştirmesi oluşması gerekir. Bu yerdeğiştirme kısa kazıklarlarda düzgün yayılı oluşurken, uzun kazıklarda daha çok üst kısımlarda meydana gelir. Sürtünme kuvveti, ayrıca kazığa dik yatay zemin basıncına bağlıdır (Şekil 2.3). Yatay basınç, tamamen zemininin içinde bulunan kazık için statik katsayı k_o ile hesaplanabilir. Bu itkinin düşeyde yükseklikle arttığı kabul edilebilir. Bu durumda sürtünme kuvveti, değişimi farklı parametrenin etkisi ile ortaya çıkar:

$$\sum P_{si,u} = \sum \pi D h_i (c_a + \sigma_v k_o \tan \delta_a) \quad (2.4)$$

Burada πD kazık çevresini, h_i tabaka kalınlığını, c_a zeminin adezyonunu, σ_v zeminle kazık arasındaki normal gerilmeyi ve δ_a kazık ve zemin arasındaki sürtünme katsayısı ve k_o zeminin sükunetteki yatay basınç katsayısını göstermektedir.

Kazıkların yukarıda zemin özellikleri göz önüne alınarak hesaplanan taşıma güçleri yanında, betonarme kesitin taşıma gücünün de hesaplanması gerekir. Kolona benzetilerek kesitin taşıma gücü

$$P_r = \min \left[(0.85 f_{cd} A_p + A_s f_{yd}); 0.75 f_{cd} A_p \right] \quad (2.5)$$

olarak yazılabilir. Bu ifade genellikle ikinci sınır belirleyici olur. Bunun yanında zemin-kazık karşılıklı etkileşimi sonucu bulunan (2.2) ifadesinden bulunacak kazık taşıma gücü değeri genellikle etkili olur.

Zemin türü	k_v (MN/m ³)
Balçık, turba	< 2
Plastik kil	5 ~ 10
Yarı sert kil	10 ~ 15
Sert kil	15 ~ 30
Dolgu toprak	10 ~ 20
Gevşek kum	10 ~ 20
Orta sıklıkta kum	20 ~ 50
Sıkı kum	50 ~ 100
Sıkı kum ve çakıl	100 ~ 150
Sağlam şist	> 500
Kaya	> 2000

Tablo 2.1. Ortalama zemin düşey yatak katsayıları

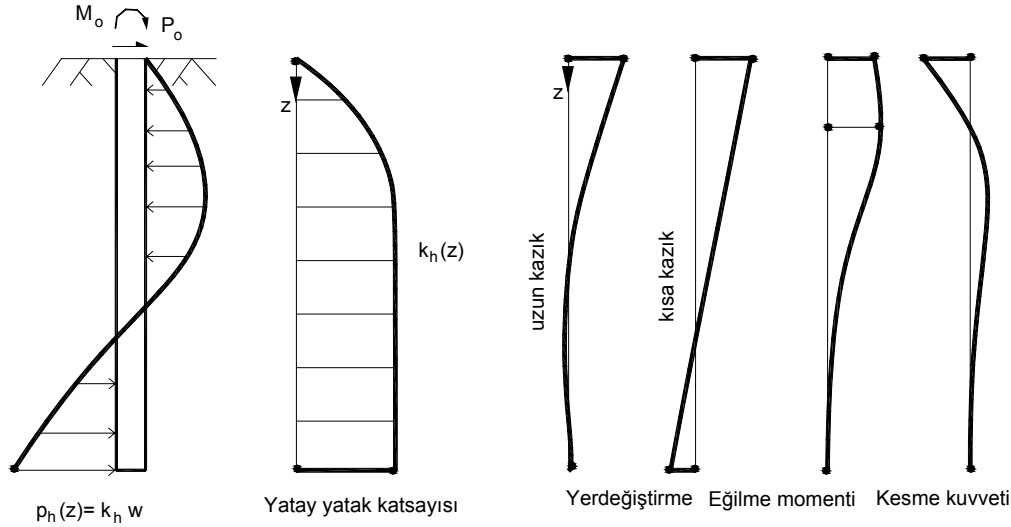
2.1.2. Yatay yük altında tekil kazık

Davranış

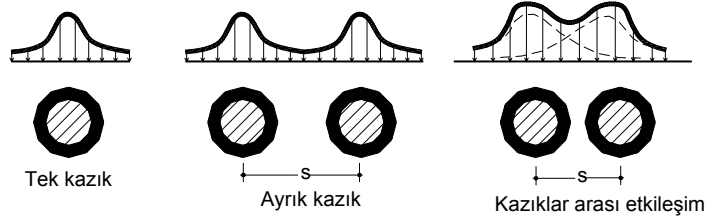
Kazığın ucuna etkiyen yatay yük ve eğilme momenti etkisi, zemin içindeki kazıkta yerdeğiştirmeler sonucu kazık yüzeyinde meydana gelen yatay gerilmelerle karşılanır. Bu gerilmelerin zemin tarafından karşılanabilir seviyede bulunması ve özellikle kazık ucunda meydana gelen yerdeğiştirmelerin kabul edilebilir sınırdan kalması önemlidir. Yatay yükler altındaki tekil kazığın davranışı; uç yüklerinin seviyesine, zemin parametrelerine, kazığın kesit rijitliğine, boyuna ve kazığın uç şekil değiştirme durumuna bağlıdır. Bu sebepten kazığın davranışını değişik kabullerle ve yaklaşımla incelemek mümkündür: Kullanma ve güç tükenmesi durumunda davranış, kısa ve uzun kazık davranışı, kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde kazık davranışı gibi.

Zemin içinde bulunan kazığın yatay yerdeğiştirmesine bağlı olarak iki tarafında aktif ve pasif basınçlar ortaya çıkar. Bu basınçlara erişilmesi için yatay yerdeğiştirmelerin de yeterli olması gerekir. H yüksekliği olmak üzere gerekli yerdeğiştirme $0.04 H$ ve basınç toplamı $(k_p - k_a) \gamma H$ kabul edilirse, yatak katsayısı bu değerlerden $25 (k_p - k_a) \gamma$ olarak elde edilir.

Bu ifade yerine aktif basınç katsayısı yerine sükunetteki basınç katsayısı kabul edilerek $25 (k_p - k_o) \gamma$ olarak bulunabilir.



Şekil 2.4. Elastik mesnetli Kazık



Şekil 2.5. Kazıkların planda etkileşimi

Yatak katsayısı yaklaşımı

Bu yaklaşımda zeminin kazığa etkisi kazığa bağlı doğrusal ve elastik yatay yaylarla temsil edilebilir ve bu suretle yerdeğiştirmelerle karşı gelen tepkilerin uyumlu olması sağlanır. Şekil 2.4.de üst ucundan tekil yatay kuvvet ve moment etkisindeki kısa ve uzun kazıkların davranışı gösterilmiştir. Rijit yerdeğiştirme düzeninin ortaya çıkması, kısa kazığın özelliğidir. Buna karşılık yer ve şekil değiştirmelerin ve eğilme momentinin oluşturduğu eğriliklerin meydana gelmesi uzun kazık durumuna işaret etmektedir. Bu durumda kazığın alt ucu ankastre olarak kabul edilebilir. Kazığın boyunun büyük olması durumunda, bu bölge yukarı doğru da yükselebilir. Burada önemli olan yay katsayısının ve kesit eğilme rijitliğinin belirlenmesidir. Yatay yay katsayısı, zeminin yatay yatak katsayısının kazık genişliğinin çarpılması ile elde edilir. Bu suretle kazıkla sadece genişliğindeki zeminle etkileşime girdiği kabul edilmiş olur. Gerçekte bu düşük bir değerdir. Kazığın kullanma yükleri altındaki davranışında bu değer

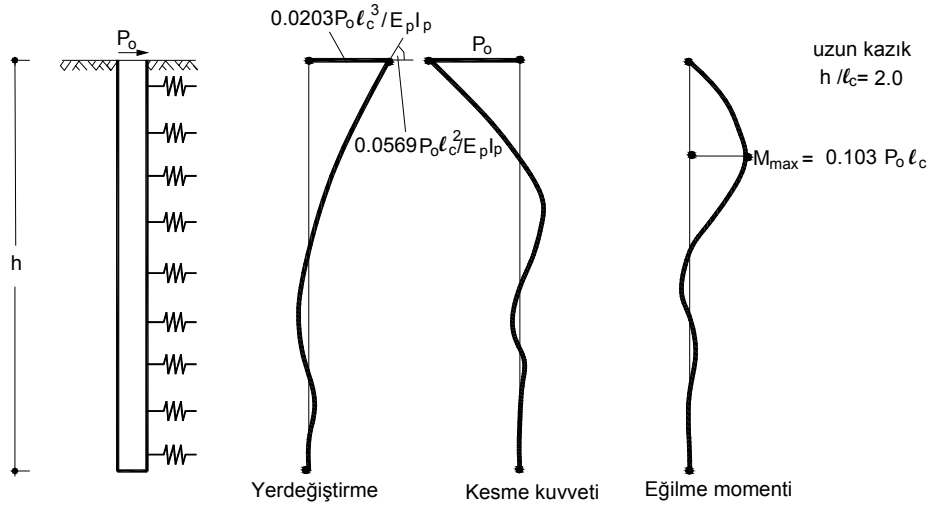
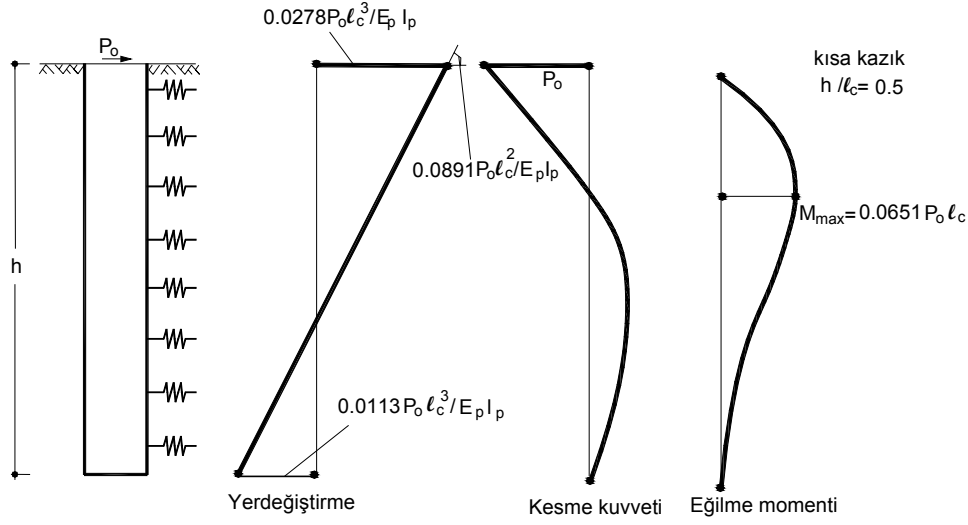
kabul edilirse de, tek kazık durumunda güç tükenmesine yakında durumda bu genişlik artar, kazık genişliğinin üç katına kadar da çıktığı kabul edilebilir. Bir kaç kazığın birbirine yakın olarak bulunması bu genişliğin azalacağı söylenebilir (Şekil.2.5). Zeminin yatay yatak katsayısının, düşey yatak katsayısına bağlı olarak, örneğin 2/3 ü gibi, elde edilebileceği bildirilmiştir. Zemin düşey yatak katsayısı uygun geoteknik inceleme ile belirlenir. Bunlardan rijit plak yükleme deneyi yaygın olarak kullanılır. Bu deneylerden zemin ortamının elastisite modülü E_s ile düşey yatak katsayısı k_v arasında

$$k_v \approx E_s / L \quad (2.6)$$

bağıntısı yazılabilir. Burada L plak boyutu olup, uygulamada kazık başlığı plağının ortalama boyutu olarak kabul edilebilir. Tablo 2.1.de bazı zemin türlerinin düşey yatak katsayısı için yol gösterici değerler verilmiştir. Zemin düşey yatak katsayısının da belirlenmesinde değişik yaklaşımlar söz konusu olup, ancak belirli bir yaklaşıklıkla belirlenebilir. Bunun gibi, betonarme kesit eğilme rijitliği de eğilme momentinin, kesitin çatlama momentine oranına ve normal kuvvetin değerine bağlı olarak değişir. Eğilme momenti arttıkça, eğilme rijitliği azalır, özellikle çatlama sonrası azalma önemli ölçüde ortaya çıkar. Kesitte basınç normal kuvvetin bulunması kesitin eğilme rijitliğini artırır. Genellikle kazık kesitinin brüt kesit eğilme rijitliğinin 0.30~0.60 ile çarpılarak alınması önerilir. Görüldüğü gibi, elastik zemine mesnetli bir eleman olarak gözönüne alınabilecek kazığın parametrelerinin belirlenmesinde geniş bir belirsizlik mevcuttur. Bu sebepten kazık davranışının belirlenmesinde ve tasarımda bu parametrelerin değişik değerlerinin kullanılarak elde edilerek çok sayıda çözümün değerlendirilmesi önerilir.

Mevcut bilgisayar programlarının kullanılması ile, çok sayıda çözüm kolayca yapılabilir ve bunlar karşılaştırılarak, uygun kazık boyutu seçilebilir. Yatay zemin yatak katsayısı, geoteknik rapora bağlı olarak, sabit kabul edilebildiği gibi, her tabaka için değişik değer olarak veya derinlikle artan türden kabul edilebilir. Kazık sabit bir mesneti olmadığı için rijit öteleme ve dönme yanında eğilme şekil değiştirmesi sonucu oluşan yerdeğiştirmeler yapar. Kazık boyunun kısa (veya kazık rijitliğinin büyük, zemin yatak katsayısının düşük) olması durumunda kazığın rijit yerdeğiştirmeleri hakim olurken (kısa kazık davranışı), kazık boyunun uzun (veya kazık rijitliğinin küçük, zemin yatak katsayısının yüksek) olması durumunda eğilme şekil değiştirmesi sonucu oluşan yerdeğiştirmeler etkili olur (uzun kazık davranışı).

Elastik zemine mesnetli eleman olarak gözönüne alınan kazıkta denge denklemleri, şekil değiştirmeler ve sınır şartları kullanılarak çözüm yapılabilir. Zeminin yatay yatak katsayısının sabit olduğu kabul edilerek yapılan çözümde kazığın davranışına ℓ_c kritik boyu

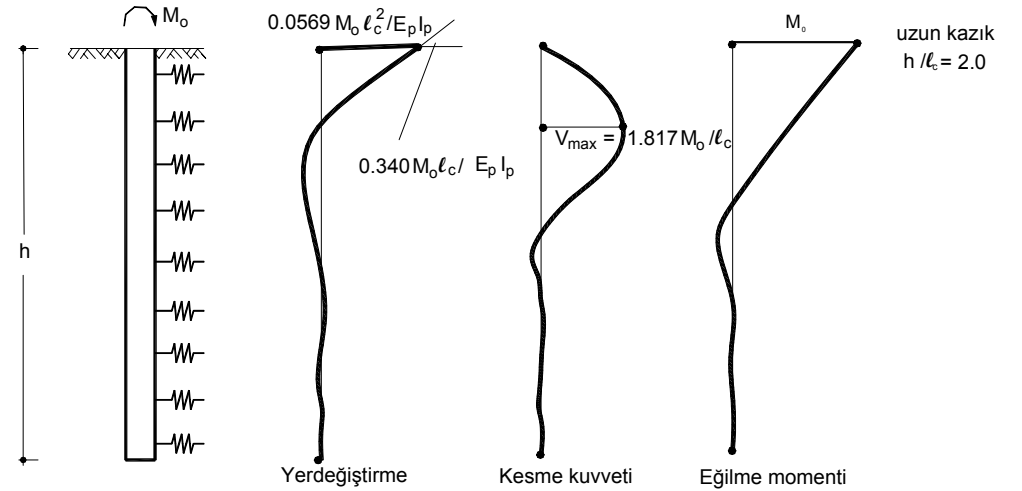
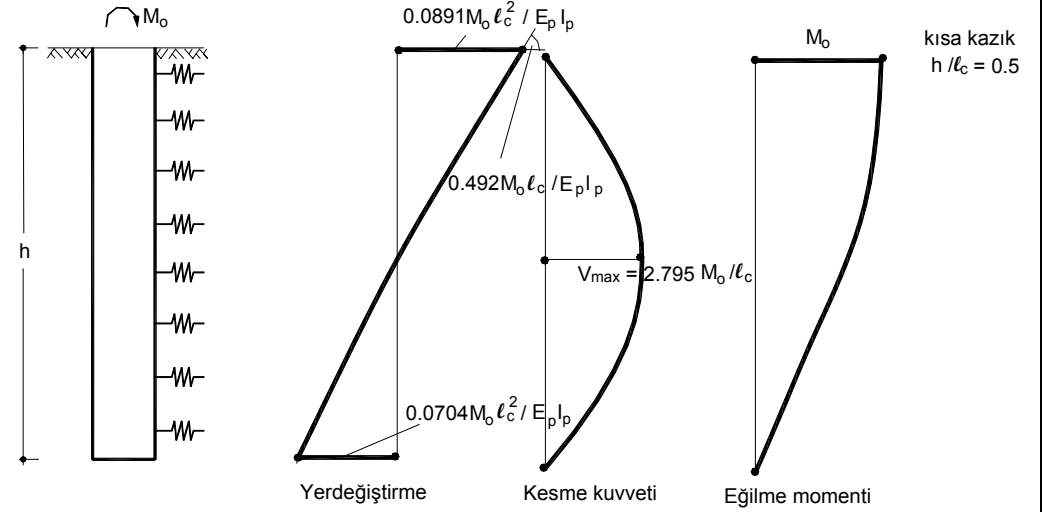


Şekil 2.6. Yatay yük altındaki kazık

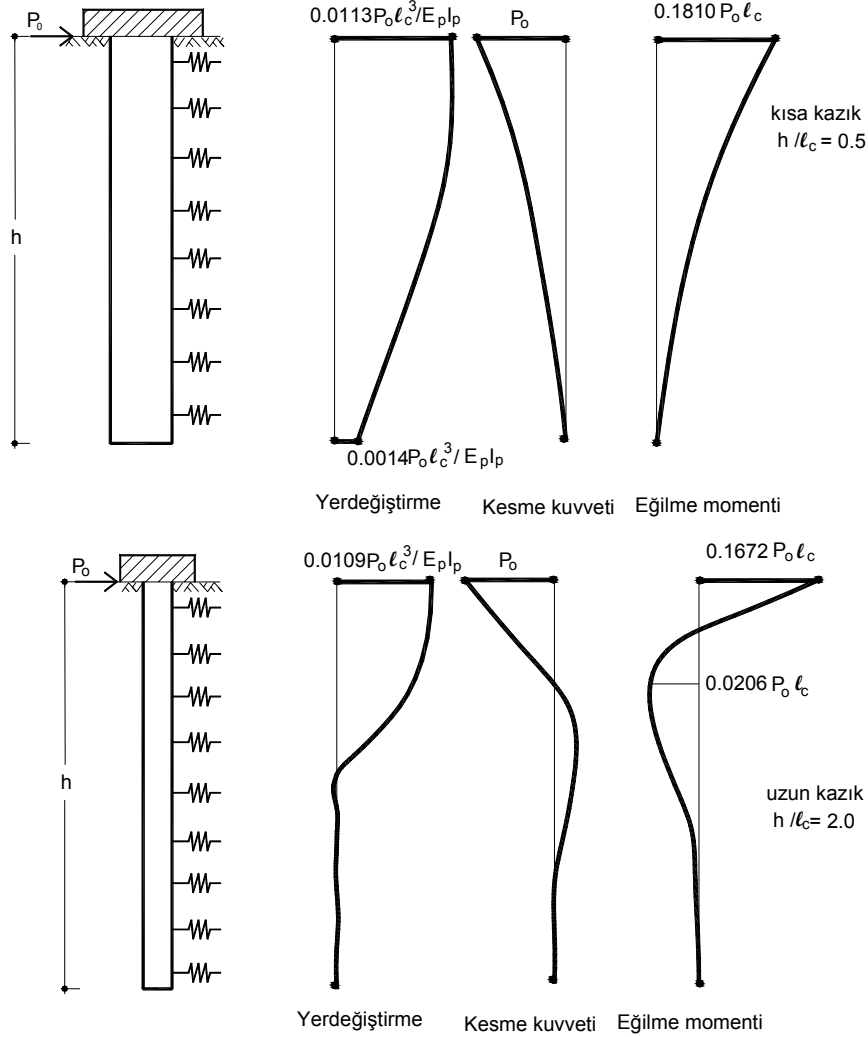
$$\ell_c = \left[\frac{E_p I_p}{k_h D_p} \right]^{1/4} \quad (2.7)$$

etkili olur. Burada $E_p I_p$ kazığın eğilme rijitliği ve k_h zemin yatay yatak katsayısı ve D_p kazık ile zemin arasındaki planda tanımlanacak etkileşim genişliğidir. Genellikle kazık boyunun kritik boydan küçük olması durumunda $h < \ell_c$ kazık kısa sayılabilirken, $h > \ell_c$

durumunda uzun kabul edilebilir. Örnek olarak Şekil 2.6 ve Şekil 2.7.de $\ell_c = 7.5m$ [$h / \ell_c = 0.5$] olan bir kazığa ait çözümler verilmiştir. Şekil 2.8.de de kazığın başının dönmeye karşı tutulu olması durumu için çözüm verilmiştir. Uzun kazık için çözümler $h = 2.0 \ell_c$ için verilmişse de, kazık boyunun sonuçlara etkisi ihmal edilebilir seviyede olduğu için, yaklaşık olarak $h > \ell_c$ durumu için kullanılabilir.



Şekil 2.7. Moment altındaki kazık



Şekil 2.8. Yatay yük altındaki (üst ucu dönmeyen) kazık

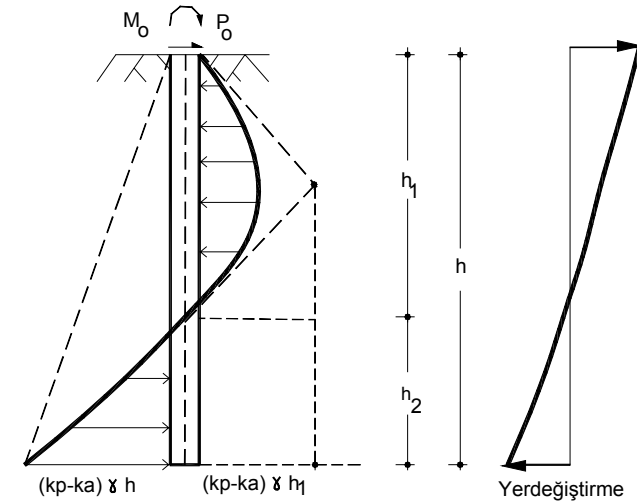
Kısa kazık çözümleri incelenirse, kazıkta rijit yerdeğiştirmelerin etkin olduğu ve kazık alt ucunda büyük dönme ve yerdeğiştirmelerin meydana geldiği görülür. Buna karşılık boyun küçük olmasından dolayı eğilme momentlerinin de küçük olduğu anlaşılır. Kazıklarda genellikle üst ucun dönme ve yerdeğiştirmelerinin küçük olması arzu edildiği için, kazık boyunun $h > l_c$ olması tercih edilir. Kazık kesitinin eğilme rijitliği arttıkça ve zemin yatay yatak katsayısı azaldıkça l_c artacağından uzun kazık durumu oluşturmak için gerekli olan

kazık boyu da büyür. Yapılan kabul de kazığa gelen q_z yatay zemin gerilmesi, w yerdeğiştirmelerle orantılı olduğu için, zemin yatay gerilmesi,

$$q_z = k_h w \quad (2.8)$$

ifadesi kullanılabilir. Bu gerilmelerin kazık boyunca değişimleri de yatay yerdeğiştirmeninki gibidir. Bu gerilmelerin, kazığa sükunette gelen zemin gerilmelerine ek olarak etkiyen gerilmeler olarak kabul edilmesi uygundur. Kazığın güç tükenmesine erişmesi durumunda kazığın iki tarafından etkiye gerilmeler, yerdeğiştirmenin durumuna göre, birisi aktif basınç değerine ve diğeri pasif basınç değerine erişecektir. Bu ikisinin farkı, yatak katsayısı kabulleri ile bulunacak yatay zemin gerilme değerlerinin kritik değeri olarak kabul edilebilir:

$$q_z \leq (k_{ap} - k_{ah}) \gamma z \quad (2.9)$$



Şekil 2.9. Rijit kazıkta yatay itkiler

Zemin yatay yatak katsayısının kazık yüksekliği boyunca sabit olması basitleştirilmiş bir durum olarak kabul edilir. Zemindeki tabakalara bağlı olarak, bu katsayı değişik değerler alabilir. Bu durumda l_c kritik boy değerinin anlamı bir derece kaybolur. Buna rağmen ortalama bir yatak katsayısı kullanılarak bu büyüklük kazık boyunun belirlenmesinde bir ön parametre olarak göz önüne alınabilir. Mevcut bilgisayar programları ile her türlü değişiklik göz önüne alınabilir. Yapılacak çözümlerde kazık boyu artırılarak alt ucunun yerdeğiştirmesinin ve dönmelerinin düşük bir değere erişmesi sağlanabilir. Yerdeğiştirme değişiminin iki kere işaret değiştirmesi durumun da kazık boyunun kritik boya yakın olduğuna işaret eder. Kazık üst ucundaki yerdeğiştirmenin büyük olması kazık boyunun kısa olduğunu gösterir. Ancak kritik boyun üzerinde, kazık boyunun çok da artırılması, kazığın etkilerinde ve

yerdeğiştirmesinde önemli değişiklik meydana getirmez. Bunun yerine kazık kesitinin dolayısıyla rijitliğin artırılması uç yerdeğiştirmeleri azaltır. Kazık boyunun belirlenmesinde yatay yükler yanında düşey yüklerin de etkili olduğu unutulmamalıdır.

Coulomb zemin itkileri yaklaşımı

Genellikle sınır durum için kazık boyunun bulunması, bu boyun değiştirilerek yapılacak ardışık yaklaşımla yapılabilir. Kritik boya sahip kazıkta yerdeğiştirme rijit ötelemenin ve dönmenin etkili olduğu sınır durum olarak kabul edilebilir (Şekil 2.9). Bu durumda kazık üst bölümünde kuvvet doğrultusunda ve alt bölümde de diğer doğrultuda yerdeğiştirme oluşur. Zeminde her iki tarafta sükunetteki zemin basıncı varken, kazığın ön tarafında pasif basınç ve arka bölümünde aktif basınç meydana gelir. Toplam olarak kazığın her iki bölümünde de yönleri farklı olan aktif ve pasif basınçların toplamından oluşan basınçlar oluşur. Bu basınç şekilde gösterildiği gibi en altta $(k_p - k_a) \gamma h$ değerinde olacaktır. Ancak bu basınçların yönü

kazık hareket yönüne ve yerdeğiştirmenin belirli bir değere oluşmasına bağlı olur. Kazığın üst bölümünde üçgen biçiminde başlayan basınç değişimi yerdeğiştirmenin olmadığı noktada sıfır olacak şekilde değişir. Bu sınır durumda kazığın en alt noktasına göre kuvvetlerin moment dengesi

$$M_o + P_o h = \frac{1}{6}(k_p - k_a) \gamma h_1^2 \left(\frac{h_1}{2} + h_2\right) \quad (2.10)$$

olarak yazılabilir. Burada kazığın h_1 bölümünde basınç dağılımı basitleştirilerek parabol kabul edilmiş ve h_2 bölümünde oluşan basıncın kuvvet kolunun küçük olması sebebiyle momenti ihmal edilmiştir. Burada h_1/h oranı etkiyen dış kuvvetlerin oranına bağlı olarak değişir.. Genellikle bu oran 0.75 kabul edilir. Bu durumda (2.10) ifadesi basitleştirilebilir:

$$M_o + P_o h = 0.0586 \gamma (k_p - k_a) h^3 \quad (2.11)$$

Betonarme tasarım

Burada moment ve yatay kuvvet kazığın plandaki birim genişliğinde oluşan etkilerdir. Kazık boyunun minimum değerinin belirlenmesinde bu ifade de yol gösterici olabilir.

Kazık kesiti ve dolayısıyla donatısının belirlenmesinde diğer bir husus da, ortaya çıkan eğilme momentinin taşınmasıdır. Kesit hesabında ortaya çıkan kesme kuvveti ve eğilme momentinin 1.6 katsayısı ile artırılması gerekir. Kazık kesitinde çoğunlukla rijitlik, kesit taşıma gücünden önemli olduğu için donatı oranının $\rho_{\min} = 0.01 \leq \rho \leq 0.03$ aralığında olması ve hatta yeterli rijitliğin ortaya çıkması için 0.02 değerini aşmaması önerilir. Tablo 2.2.de bazı dairesel kazıkların M_r taşıma gücü momenti verilmiştir. Kazıkta etriye kesme kuvvetine bağlı olarak yerleştirilir. Kiriş ve kolonlarda olduğu gibi, kazıklarda yüklerin artması sonucu güç tükenmesi durumunda oluşacak plastik mafsallarda etriye sıklaştırması yapılarak plastik mafsallarda dönme kapasitesinin dolayısıyla güç tükenmesi yükünün artırılması önerilir. Bu kesitler momentin büyük olduğu kesitlerdir. Özellikle üst ucunun dönmesi engellenmiş durumda kazığın başlık kirişine birleştiği kesitte bu sebepten etriye sıklaştırması yapılması önerilir.

ρ	C20 / S220				C20 / S420			
	D_p (m)				D_p (m)			
	0.65	0.80	1.00	1.20	0.65	0.80	1.00	1.20
	$M_r / 1.6$ (kNm/kazık)				$M_r / 1.6$ (kNm/kazık)			
0.01	100.8	188.0	367.2	634.3	172.6	321.8	628.5	1086.0
0.02	191.0	356.0	695.4	1201.7	317.7	592.3	1156.9	1999.1
0.03	264.3	492.8	962.4	1663.1	438.4	817.3	1596.2	2758.3

Tablo 2.2. D_p çaplı dairesel kazıkların taşıma güç eğilme momentleri

2.2 .Grup kazık davranışı

Ender durumlarda tek kazık yapısal eleman olarak kullanılır. Aynı bir başlık plağı ile birleştirilen kazıklar, bir kazık grubu olarak isimlendirilir. Genellikle minimum 2 veya 3 kazık beraber bulunur. Bu durumda kazıkların davranışı karşılıklı etkileşim sonucu ortaya çıkar. Kazıkların yakın düzenlenmesi durumunda arada bulunan zemin gerilmeleri artacağı için, kazıkların yük taşıma kapasiteleri azalırken, düşey ve yatay yerdeğiştirmeler artar. Kazıklara beraberce bir başlık plağı oluşturulması gerekeceğinden, kazıkların birbirinden çok uzaklaştırılması, başlık kiriş veya plağında büyük eğilme momenti etkileri meydana getireceği için uygun değildir. Kazıklar arası mesafenin küçük olması durumunda (örneğin çapın iki katından daha az) zemin kazıklarla beraber bir blok gibi davranır ve tekil kazık davranışı kaybolur. Kazığın kenara olan uzaklığının belirlenmesinde plağın zımbalama dayanımı da belirleyici olur.

2.2.1. Düşey yük altında kazık grupları

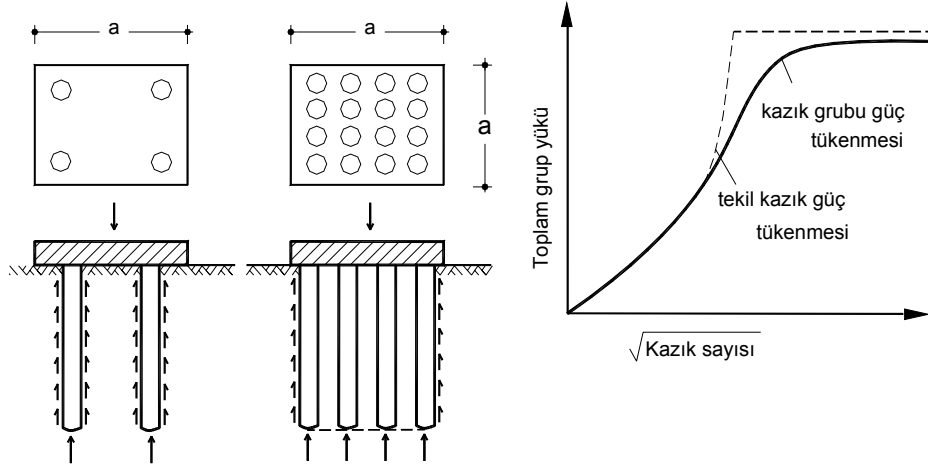
Düşey yük altında kazıkların etkileşimi birbirlerine yakınlığı oranında artar. Kazık eksenleri arası uzaklık s nin minimum değeri, kazık çapı D_p olmak üzere

$$s \geq \max(2 D_p; 0.60m) \quad (2.12)$$

olarak önerilir. Buna göre uygun aralığın $2.5 D_p$ ile $3.5 D_p$ arasında bulunduğu söylenebilir.

Kazık ara uzaklığının $s > 6 D_p$ olması durumunda kazıklar arası etkileşiminin olmadığı kabul edilebilir. Ancak, bu uzaklık nadir durumlarda gerçekteşir. Aralığın daha küçük olması durumunda grupta bulunan kazığın taşıma gücü, ara mesafeye bağlı olarak tekil kazığınkine göre azalır. Özellikle sürtünme kazığı için, kazıkların birbirine çok yakın olması durumunda, kazıklar tekil olarak güç tükenmesine erişmeden önce grup olarak göçmesi ortaya çıkabilir. Şekil 2.10.da bu durum gösterilmiştir. Belirli bir alan içine yerleştirilen kazık grubunun güç tükenmesi yükü, kazık sayısının az ve kazık aralıklarının açık olması durumunda, tekil kazıkların güç tükenme yüklerinin toplamı olarak ortaya çıkar. gözönüne alınan alana yerleştirilen kazık sayısı arttıkça, toplam yük asimptotik olarak kazık grubunun blok güç

tükenmesi olarak oluşan grup yüküne yaklaşır.



Şekil 2.10. Tekil ve grup kazık davranışı

Düşey yük altındaki bir uç kazığının E_p kazık elastisite modülü, A_p kesit alanı ve h yüksekliği olmak üzere, aksenal rijitliği $s = E_p A_p / h$ olarak yazılabilir. Sürtünme kazıkları için bu değer iki katı aksenal rijitlik olarak kabul edilebilir. Kuvvet dağılımında relatif rijitlik kullanıldığı için, aşağıdaki sonuçlar bu durum için de geçerli olacaktır. Sadece bulunacak yerdeğiştirmelerin yarısının alınması gerekir.

Rijit kabul edilebilecek kazık başlığı plağında seçilecek ve kazık rijitliklerinin ağırlık merkezinden geçen (x, y) eksen takımında üst yapıdan düşey ve yatay yüklerin bileşkesi P_o, M_{ox}, M_{oy} ile kazık başlık plağının yerdeğiştirmesi ve dönmesi v_z, θ_x, θ_y arasında aşağıdaki bağıntı yazılabilir:

$$\begin{bmatrix} P_o \\ M_{ox} \\ M_{oy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_z & 0 & 0 \\ 0 & S_{xx} & S_{xy} \\ 0 & S_{xy} & S_{yy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ \theta_x \\ \theta_y \end{bmatrix}$$

$$v_z = \frac{P_o}{S_z} \quad \theta_x = \frac{M_{ox} S_{yy} - M_{oy} S_{xy}}{S_{xx} S_{yy} - S_{xy}^2} \quad \theta_y = \frac{M_{oy} S_{xx} - M_{ox} S_{xy}}{S_{xx} S_{yy} - S_{xy}^2} \quad (2.13)$$

Burada,

$$S_z = \sum s_i = \sum E_{pi} A_{pi} / h_i \quad S_{xx} = \sum s_i y_i^2$$

$$S_{yy} = \sum s_i x_i^2 \quad S_{xy} = \sum s_i x_i y_i \quad (2.14)$$

olup, kazıklarda oluşan normal kuvvet

$$P_i = \frac{P_o}{S_z} s_i - \theta_x y_i s_i + \theta_y x_i s_i \quad (2.15)$$

olarak verilir. Kazıkların ağırlık merkezinden geçen (x, y) eksen takımının $G(x_G, y_G)$ başlangıç noktasının koordinatları ise,

$$x_G = \sum s_i x_i / \sum s_i \quad y_G = \sum s_i y_i / \sum s_i \quad (2.16)$$

olarak hesaplanacaktır. Eğer kazıklar (x, y) eksen takımına göre simetrik yerleştirilmişse, kazık kuvvetleri

$$P_i = \frac{P_o}{S_z} s_i - \frac{M_{ox}}{S_{xx}} y_i s_i + \frac{M_{oy}}{S_{yy}} x_i s_i \quad (2.17)$$

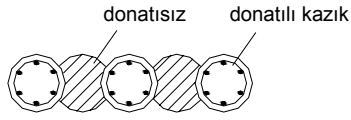
olarak hesaplanır. Bütün kazıkların aynı olduğu da kabul edilirse, bu ifade

$$P_i = \frac{P_o}{n} - \frac{M_{ox}}{\sum y_i^2} y_i + \frac{M_{oy}}{\sum x_i^2} x_i \quad (2.18)$$

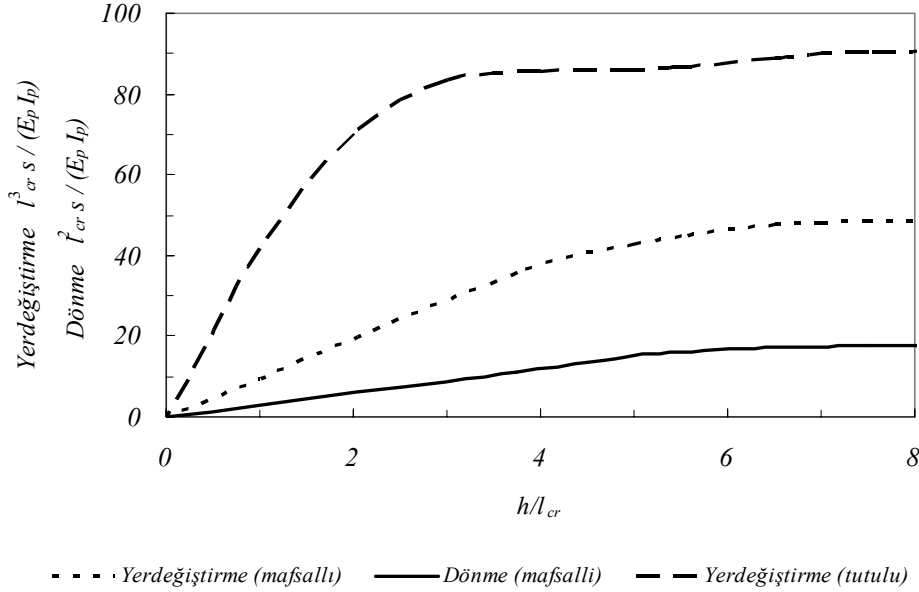
olarak basitleşir. İfadede toplama tüm kazıklar üzerine olup, n toplam kazık sayısını göstermektedir. Burada en önemli husus kazık başlığı plağının rijit kabul edilmesidir. Burada verilen ifadeler yanında, kazık plağı ve kazıklar ilgili rijitliklerle modellenerek hazır yapı analiz programları ile de çözüm yapılabilir.

2.2.2. Yatay yük altında kazık grupları

Şekil 2.5.de gösterildiği gibi, kazıkların ara mesafelerinin küçülmesi ile kazıklar daha küçük bir zemin hacmi ile etkileşir duruma gelir ve tekil etkileşimden grup davranışına geçer. Yatay yükün küçük olduğu durumlarda kazık aralıklarının açılması uygun olabilir. Aralığın büyük olması durumunda zeminin tutulması veya varsa yeraltı su seviyesinin düşürülerek çevre binalarda oturmaya sebep olamamak için, önce kazık çapından daha az bir temiz mesafe ile donatısız beton kazıklar imal edilir. Daha sonra arada donatılı kazıklar için delme ve imalatı yapılır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Donatılı ve donatısız kazıkların beraber uygulaması



Şekil 2.13. Kazıkların yerdeğiştirme ve dönme rijitliği

Yatay yüke maruz kazıklar (x, y) eksen takımına göre simetrik yerleştirilmişse, kazıklar rijitlikleri ile orantılı olarak her bir doğrultudaki kuvveti bölüşürler. Kazığın yatay kuvvet rijitliği kazık boyu da dahil olmak üzere, kazık ve zemin parametrelerine bağlıdır. Örnek olarak uzun kazık için $(h > l_c)$, Şekil 2.6, Şekil 2.7 ve Şekil 2.8.de verilen yerdeğiştirme değerlerinden kazık yatay rijitliği hesaplanabilir:

$$\begin{aligned}
 s_{yatay\ öteleme} &= 49.3 E_p I_p / l_c^3 && \text{üst uç serbest} \\
 s_{yatay\ öteleme} &= 91.7 E_p I_p / l_c^3 && \text{üst uç dönmeye karşı tutulu} \\
 s_{dönme} &= 17.6 E_p I_p / l_c^2 && \text{üst uç dönmeye karşı tutulu} \quad (2.19)
 \end{aligned}$$

Uzun kazık için verilen bu rijitlikler, Şekil 2.13.de kazık boyuna bağlı olarak verilmiştir.

Görüldüğü gibi, (2.19) da verilen değerler $h/l_c \rightarrow \infty$ için asimptotik olarak ortaya çıkmaktadır.

2.3. Zemin iyileştirmesi olarak kazık uygulaması

Zemin özelliklerini iyileştirmek için uygulanacak yöntemlerden biri de, zemine sık ve düzenli aralıkla kazıkların imal edilmesi veya çakılmasıdır. Özellikle çakılması durumunda kazık etrafındaki zemin de sıkıştırılmış olacağı için daha tercih edilebilir. Bu durumda yapının temelini, kazıklara oturan temel olarak değil, özellikleri iyileştirilmiş zemin üzerine mesnetli temel olarak göz önüne alınması uygundur. Bu durumda kazıkların yakın oluşturulması ve yeterli boya sahip olması gerekir. Zemin iyileştirmesinde $0.25m \sim 0.35m$ gibi küçük çaplı kazıklar kullanılır ve bu kazıklar için genellikle kazık başı plağı oluşturulmaz ve yapı temelini bağlantı yapılmaz. Kazık aralıkları zemin yatak katsayısına ve diğer zemin özelliklerine bağlı olarak $1.0m \sim 1.5m$ arasında bulunabilir.

3. KAZIKLI TEMELLER

Bina gibi yapıların temellerinde yüzeye yakın zemin tabakalarının taşıyıcılığının yeterli olmaması veya oluşabilecek düşey yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması için kazıklar kullanılabilir. Kazıklı temellerin tasarımında diğer yapılarda olduğu gibi, kuvvetin taşınması yanında, yatay ve düşey yerdeğiştirmelerin sınırlandırılması etkili olur.

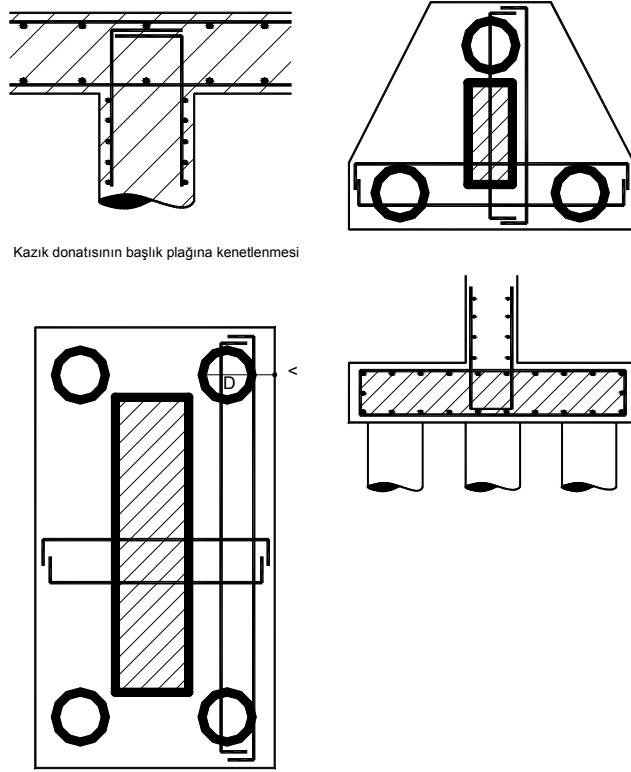
3.1. Tekil temelde kazık uygulaması

Tekil temeller genellikle dikdörtgen, kare veya ender durumlarda dairesel geometriye sahiptir. Tekil temellerde düşey yüklerden oluşan normal kuvvet etkili olur. Deprem ve düşey yüklerden oluşan momentler daha az etkili olabilir. Geoteknik inceleme sonucu tekil temel kazıklı temele çevrildiği zaman, tekil temel plağı kazık başlığı plağı olarak görev yapar. Kazıkların plandaki yerleşimine göre, temel plağının kalınlığı azaltılabilir. Genellikle plak kalınlığı seçiminde kazık çapı yol gösterici bir değer olabilir. Plağın kalınlığı ve kazığın plağa mesafesi konusunda diğer önemli bir husus zımbalama kontrolüdür. Bu kontrolün, donatı katkısına ihtiyaç duyulmadan sağlanacak şekilde plak kalınlığının seçilmesi ve zımbalama çevresinin plak içinde kalacak şekilde plağın dış kenar mesafesinin belirlenmesi uygundur. Bu mesafe için kazık çapının yarısından daha küçük olmaması ve hatta minimum mesafe olarak kazık çapının alınması önerilir. Normal kuvvetin karşılanması bakımından bir kazık yeterli bile olsa, beklenmedik bir durum için en az iki ve küçük de oluşabilecek momentin karşılanması için en az üç kazığın kullanılması önerilir (Şekil 3.1).

Kazık donatılarının başlık plağının içine girmesi ve kenetlenme boyunun sağlanması gereklidir. Genellikle kazıklar kolon etrafında yakın olarak yerleştirildiği için, yapılacak incelemede minimum donatının yeterli olduğu görülür. Başlık plağının her iki doğrultudaki toplam donatının $\rho_x + \rho_y \geq 0.002$ sağlanması (plağın her iki yüzünde ayrı ayrı) önerilir.

Donatı aralığının $0.20m$ yi geçmemesi ve çapının $14mm$ daha küçük olmaması yerinde olur. Tekil temellerde olduğu gibi, kazıklı tekil temellerde de, temeller arası deprem bağ kirişlerinin

veya Deprem Yönetmeliği'nde öngörüldüğü gibi, buna eşdeğer bir plak kullanılması gerekir.



Kazık donatısının başlık plağına kenetlenmesi

Şekil 3.1. Kazık başlık plağı

3.2. Sürekli temelde kazık uygulaması

Tekil temellerde kazık uygulaması yapılması deprem bağ kirişlerinin uygun düzenlenmesi durumunda sürekli temel ortaya çıkar. Ancak, bu durumda da esas olarak kolonlardan aktarılan yükün hemen altta bulunan kazıklara iletiildiği kabul edilir. Genellikle kazıklar üst yapının yükünü ileten kolon ve perdelerin altında düzenlenir. Bu durumda temelin kazık bölgesinde kalan kısmının ana görevi burada da bağ kirişi özelliğinde kalır.

3.3. Plak temelde kazık uygulaması

Kazıklı plak temeller, doğrudan kolonlara mesnetli kirişsiz plaklara benzer bir davranışı ve donatı düzeni sergiler. Plak altındaki zeminin yumuşak kil veya gevşek kum olması durumunda büzülme veya oturma sebebiyle zeminin plak ile etkileşiminin olmadığı kabul edilebilir. Ancak, temel plağı altındaki zemin sıkışma durumuna bağlı olarak, üst yapı yükü

plaktan, kazıklar yoluyla ve doğrudan zemine iletilmesi sözkonusu olabilir. Bu durum plakta iç kuvvet dağılımına etkili olur. Böyle durumda zeminin sıkıştırılması ve üst kısma kum ve çakıldan oluşan bir tabakanın serilmesi, bir tesviye betonundan sonra betonarme plağının dökülmesi önerilir. Elastik zemine ve kazıklara mesnetli plak şeklinde tasarım modelin geliştirilmesinde en önemli husus, zemin yatak katsayısının ve kazık eksenel yay rijitliğinin kabul edilmesidir. Bu kabul yükün kazık ve zemine geçen bölümlerinin paylaşılmasında önemli olur. Plak iç kuvvetlerindeki belirsizlikten dolayı kazıklı plak temele alt ve üst donatı yerleştirilmesi önerilir.

Temel donatısında temiz beton örtüsünün en az 50mm olarak sağlanması önemlidir. Kazıklar önce imal edilir ve plak betonu sonradan dökülür. Kazık donatılarının plak içinde kenetlenmelerinin sağlanması ve kazık kesitinin en az 300mm plak içine sokulması önerilir. Kirişsiz döşemelerde kolon şeritlerinde olduğu gibi, kazıkları bağlayan şeritlerde donatının artırılması uygundur. Uygun yük dağılımı elde etmek ve zımbalamadan ortaya çıkacak gerilmeleri düşürmek için, plak kenarındaki kazıkların plak kenarından kazık çapı kadar iç tarafta bulunması önerilir. Özellikle çekme altındaki kazıkların plağa bağlantılarına ve donatı eklerine özen gösterilmelidir.

4. KAYNAK YAYINLAR

1. A. Birand; **Kazıklı temeller**, Teknik Yayınevi, Ankara 2001.
2. J.E. Bowles; **Foundation analysis and design**, McGraw-Hill, New York 1996.
3. Z. Celep, N. Kumbasar; **Betonarme yapılar**, Beta Dağıtım, İstanbul 2005.
4. U. Smoltezyk (Herausgeber); **Grundbau-Taschenbuch**, Ernst & Sohn, Berlin 2006.
5. İ. Ordemir; **Pile foundations**, METU, Ankara, 1984.
6. A.H. Peynircioğlu; Zemin mekaniği bakımından kazık ile teşkil edilen temeller, Nafia Vekaleti 1941.
7. H.G. Poulos, E.H. Davis; **Pile foundation analysis and design**, John Wiley & Sons, New York, 1980.
8. E. Toğrol, O. Tan; **Kazıklı temeller**, Birsen Yayınevi, İstanbul 2003.
9. **Deprem bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik**, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara 2006.
10. **TS3167**, Kazıklı temelin hesap ve düzenlenmesinde genel kurallar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 1978.
11. **TS3168**, Delme kazıklar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 1978.
12. **TS3169**, Çakma kazıklar: Tasarımı, yapımı ve uygulama kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara 1978.

BETONARME YAPILAR

Z. Celep / N. Kumbasar, Üçüncü baskı 2005 / 861 sayfa

Önsöz, Kullanılan semboller, Giriş, Yükler, Malzeme bilgisi, Güvenlik, Normal kuvvet ve

eğilme momenti etkisi, Kesme kuvveti ve burulma momenti etkisi, Kolonlar, Perdeler, Kirişler, Döşemeler, Eşdeğer çerçeve yöntemi, Temeller, İstinat duvarları, Yüksek kirişler, Merdivenler, Kullanma yükleri altında davranış, Birleşim bölgeleri, Yatay yükler altında davranış, Betonarme Taşıyıcı sistemler, Yardımcı tablolar, Konu dizini, Kaynak yayınlar.

DEPREM MÜHENDİSLİĞİNE GİRİŞ VE DEPREME DAYANIKLI YAPI TASARIMI

Zekai Celep / Nahit Kumbasar, Üçüncü baskı 2004 / 700 sayfa

Önsöz, Kullanılan semboller, Deprem hareketi, Yapıların yer hareketi etkisindeki titreşimi, Deprem etkisindeki betonarme elemanların davranışı, Depreme dayanıklı yapı tasarımı, Eurocode 8, AASHTO 1996, Yurdumuzdaki önemli depremler, Yapılarda deprem sonrası hasar belirlenmesi ve onarım ve güçlendirme yöntemleri, Mevcut binaların deprem etkisindeki davranışının belirlenmesi, Deprem etkisine karşı koruyucu sistemler, Performans kavramına dayalı tasarım, Depreme dayanıklı çelik yapı tasarımı, Konu dizini, Kaynak yayınlar.

YAPI DİNAMİĞİ

Zekai Celep / Nahit Kumbasar, Üçüncü baskı 2001 / 422 sayfa

Önsöz, Tek serbestlik dereceli sistemler, Çok serbestlik dereceli sistemler, Sürekli sistemler, Frekans alanında çözüm, Deprem hareketi, Rastgele titreşimler, Deprem etkisindeki yapılar, Makina temelleri, Rüzgar etkisindeki yapılar, Kaynaklar