

INS308 II

Zemin Mekaniği

Zeminlerin Taşıma Gücü; Kazıklı Temeller

Prof. Dr. İnan KESKİN

inankeskin@karabuk.edu.tr, inankeskin@gmail.com

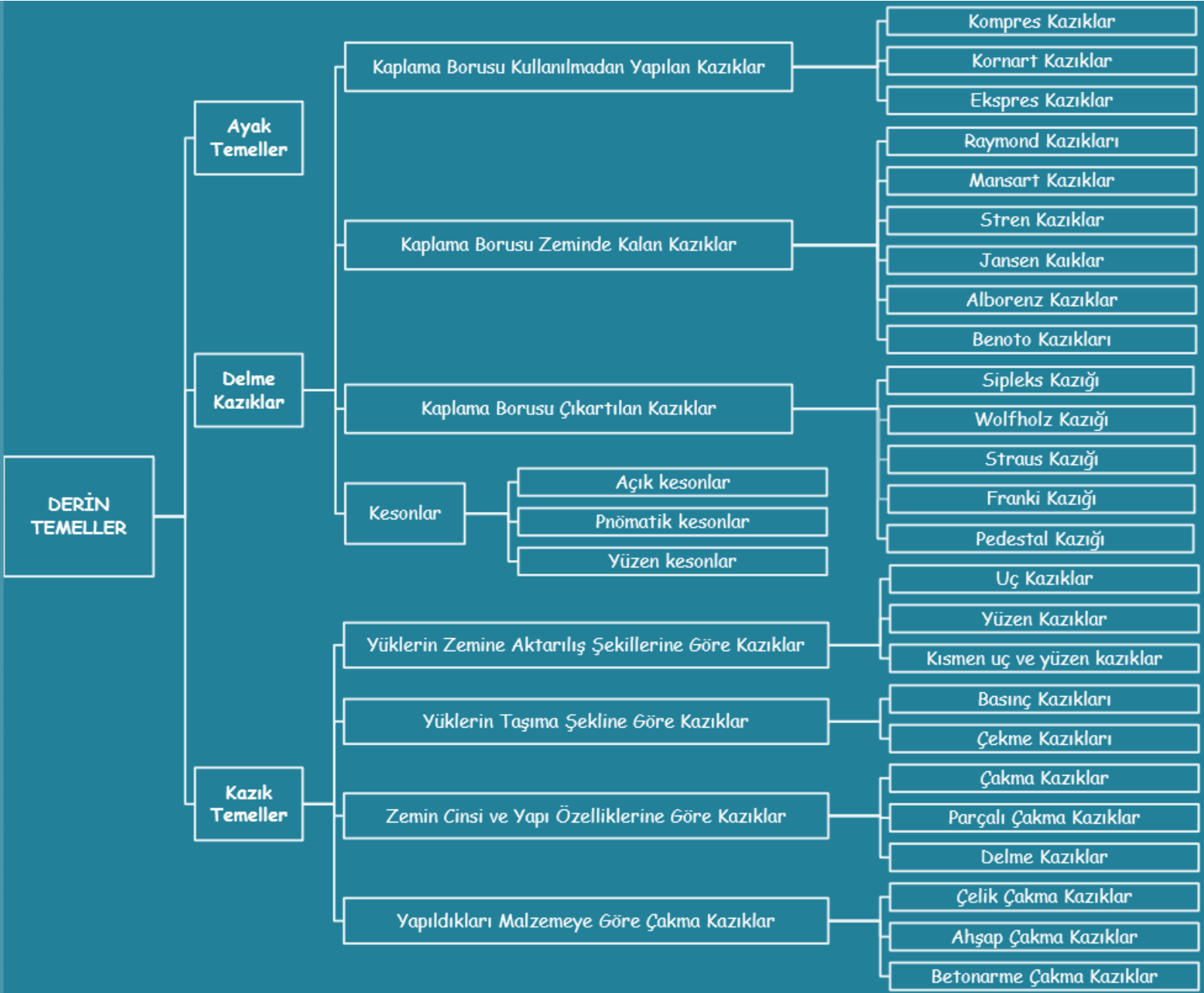
www.inankeskin.com

ZEMİN MEKANİĞİ

Haftalık Konular

Hafta 1:	Zemin Etütleri Amacı ve Genel Bilgiler
Hafta 2:	Kil Minarelleri ve Zemin Yapısı
Hafta 3:	Zeminlerde Kayma Direnci Kavramı, Yenilme Teorileri
Hafta 4:	Zeminlerde Kayma Direncinin Ölçümü; Serbest Basınç Deneyi, Kesme Kutusu Deneyi, Üç Eksenli Basınç Deneyi, Vane Kanatlı sonda Deneyi
Hafta 5:	Zeminlerde Kayma Direncinin Belirlenmesine Yönelik Deneyler; Laboratuvar Uygulaması
Hafta 6:	Zeminlerde Kayma Direncinin Belirlenmesine Yönelik Problem Çözümleri
Hafta 7:	Yanal Zemin Basınçları
Hafta 8:	Yanal Zemin Basınçları; Uygulamalar
Hafta 9:	Yamaç ve Şevlerin Stabilitesi; Temel Kavramlar
Hafta 10:	Yamaç ve Şevlerin Stabilitesi Örnek Problemler
Hafta 11:	Zeminlerin Taşıma Gücü; Sığ Temeller
Hafta 12:	Zeminlerin Taşıma Gücü; Kazıklı Temeller
Hafta 13:	Zemin Sıvılaşması ve Analizi
Hafta 14:	İleri Zemin Mekaniği Problem Çözümleri
Hafta 15:	Bu ders için Ara Sınav, 7. ve 15. haftalar arasındaki bir tarihte yapılır. Sınavın yapıldığı tarihten itibaren konular bir hafta ileri alınır.

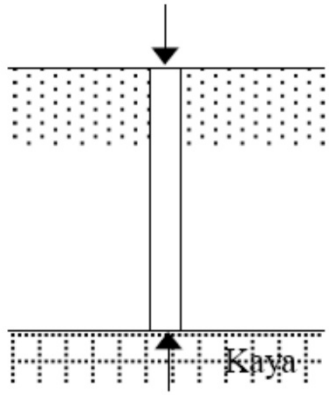
DERİN TEMELLER



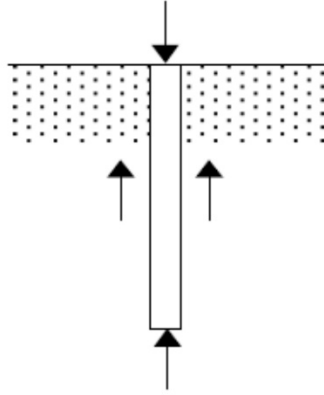
NEDEN DERİN TEMEL?

Temel tabanındaki zeminin taşıma gücü aktarılan yükleri yüzeysel temelle karşılamaya yetmiyorsa kazık temeller gibi derin temeller tercih edilir.

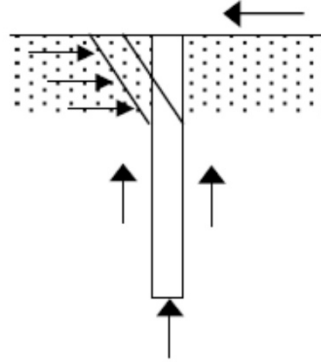
Temelin derin temel kategorisine girmesi için derinliğin genişlikten fazla olması gerekmektedir.



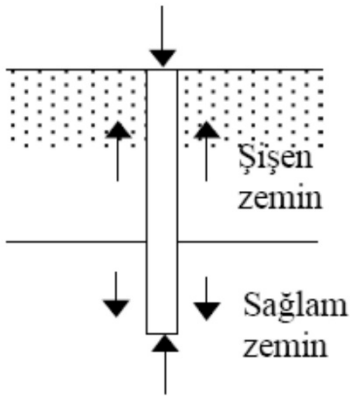
(a)



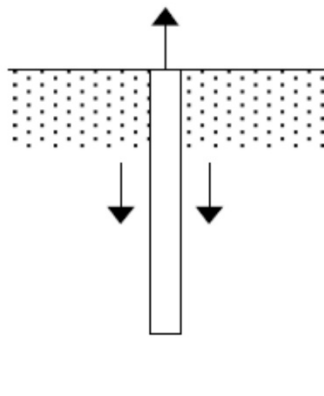
(b)



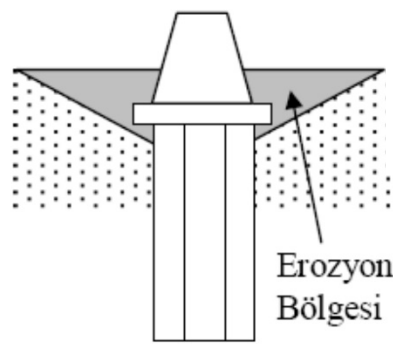
(c)



(d)



(e)



(f)

- Yeterli taşıma gücüne sahip zemin tabakalarının yüzeysel temel için ekonomik olmayacak kadar derinde olması,
- Yapının hemen altındaki zemin tabakalarının çok yumuşak veya gevşek olması,
- Yapının yer alacağı alandaki zemin tabakalarının büyük farklılıklar göstermesi,
- Zemin yüzeyi veya tabakalaşmanın çok eğimli olması,
- Üniform olmayan, küçük alanlara yoğunlaşmış yük aktaran yapılar,
- Büyük yatay veya eğimli yük aktaran yapılar,
- Statik sistemleri veya fonksiyonları bakımından toplam veya farklı oturmalara hassas yapılar (oturma)

DERİN TEMEL İÇİN TAŞIMA GÜCÜ

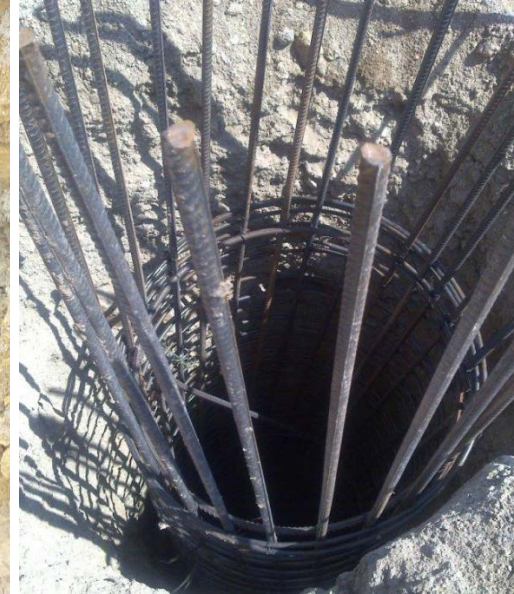
- ☐ Limit dengeyi esas alan statik formüller
- ☐ Amprik bağıntılar
- ☐ Dinamik çakma direnci formülleri
- ☐ Kazık yükleme deneyine dayanan analiz



Güvenli taşıma gücü

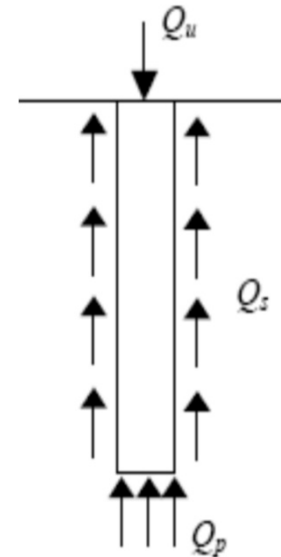
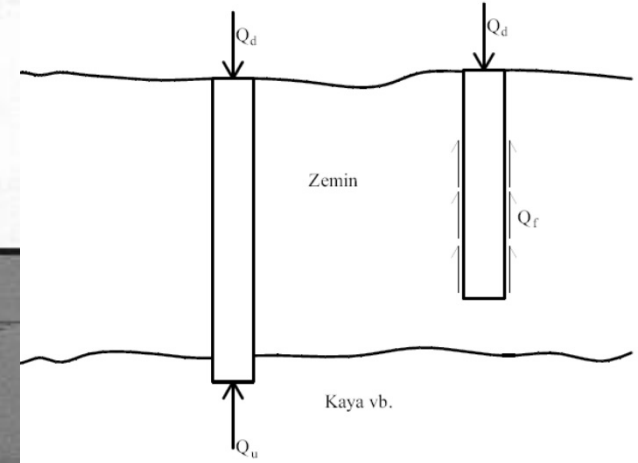
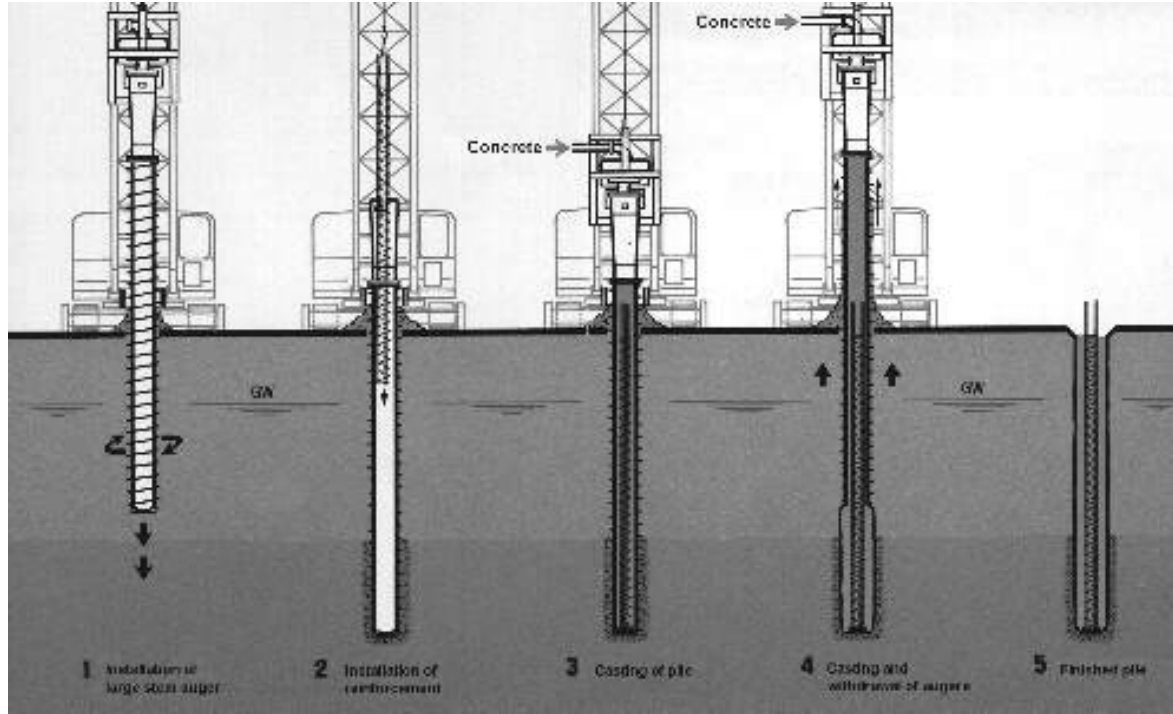
$$Q_{emin} = \frac{Q_u}{F_s}$$

Q_a = izin verilebilir kazık taşıma gücü
F_s = Güvenlik sayısı



DERİN TEMEL İÇİN TAŞIMA GÜCÜ

Kazık taşıma gücü bileşenleri



$$Q_u: Q_p + Q_s$$

Q_u : Kazığın nihai taşıma gücü (Taşıyabileceği toplam en büyük yük)

Q_s : Kazık shaftı ve zemin arasında sürtünmeyle taşınan toplam yük

Q_p : Kazık ucu tarafından taşınan toplam yük

DERİN TEMEL İÇİN TAŞIMA GÜCÜ

Kazık Uç Mukavemetinin Hesaplanması

Kazık uç mukavemetinin hesaplanması için yüzeysel temellere ait taşıma gücü formülleri kullanılır. Çünkü kazık ucunda oluşan göçme mekanizması yüzeysel temellerin tabanında oluşan ile hemen hemen aynıdır.

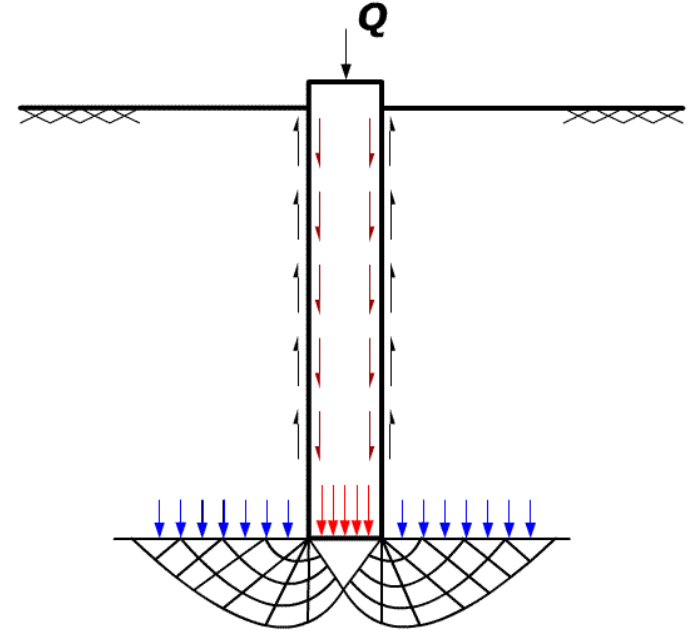
Buna göre; (kazık için derinlik (D_f) yerine uzunluk (L) kullanılmıştır

Kazıkta uç mukavemeti ve çevresel sürtünme mukavemetini tanımlayan mekanizma

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

$$q_p = c \cdot N_c + \gamma \cdot L \cdot N_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

- q_p : Kazık ucunda birim alan için uç direnci (kN/m^2)
 A_p : Kazık uç kesit alanı
 B : Taban genişliği, dairesel kazıklarda $B = D$ (m)
 N_c, N_q, N_γ : $f(\phi)$ Taşıma gücü faktörleri
 c : Kohezyon
 γ : Zeminin birim hacim ağırlığı



Kazık derinliği, çapına göre çok büyük olduğu için N_γ teriminin N_q terimine göre oldukça küçük olduğu düşünülür ve ihmal edilebilir. Buna göre uç mukavemeti için;

$$q_p = c \cdot N_c + \gamma \cdot L \cdot N_q \quad \text{formülü kullanılır.}$$

DERİN TEMEL İÇİN TAŞIMA GÜCÜ

Kazık Çevre Sürtünmesinin Hesaplanması

Kazık shaft sürtünme direnci çevre yüzey alanıyla zemin-kazık arası sürtünme direncinin çarpımı olarak aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$Q_s = q_s \cdot A_s = p \cdot L \cdot q_s$$

Q_s (kN) : Çevre sürtünmesi ile taşınan toplam yük

A_s (m²) : Kazık çevresinde sürtünme ile çalışan toplam alan

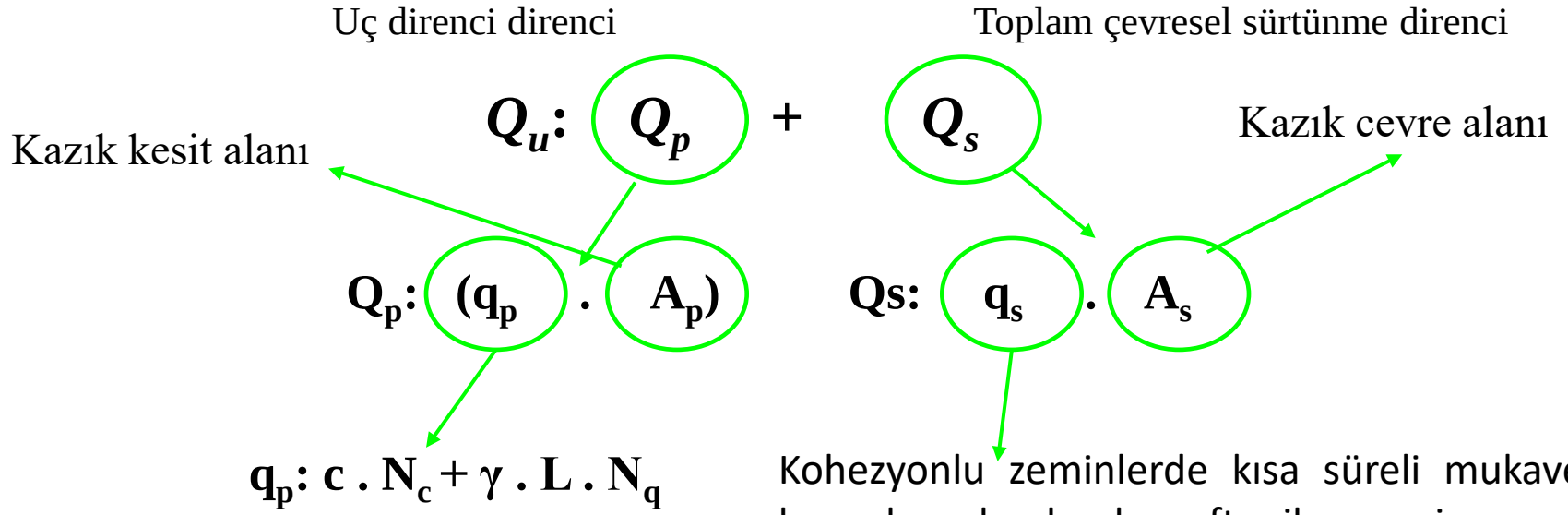
q_s (kN/m²) : Çevre yüzeyde birim alanda etkili olan sürtünme

p (m) : Kazık shaftının kesit çevre uzunluğu (Dairesel kazıklarda $p = \pi \cdot D$)

L (m) : Kazık boyu

DERİN TEMEL İÇİN TAŞIMA GÜCÜ

Kohezyonlu Zeminlerde Kazık Taşıma Gücü



Doygun kil zeminde kısa süreli davranış için hesap yapılacaksa drenajsız kayma mukavemeti parametrelerinin kullanılması uygundur.

Bu durumda $\Phi = 0$ ve c : c_u olur.

Φ : 0 için; N_c : 9.0 (Derin temeller için)

Φ : 0 için N_q terimi de ihmal edilebilir.

Buna göre kohezyonlu zeminlerde drenajsız şartlardaki kazık uç mukavemeti

q_p : $9 \cdot c_u$

Kohezyonlu zeminlerde kısa süreli mukavemet hesaplarında kazık shaftı ile zemin arasında adhezyon etkisi drenajsız kayma mukavemeti c_u ya bağlı olarak elde edilen cA parametresi ile tanımlanır.

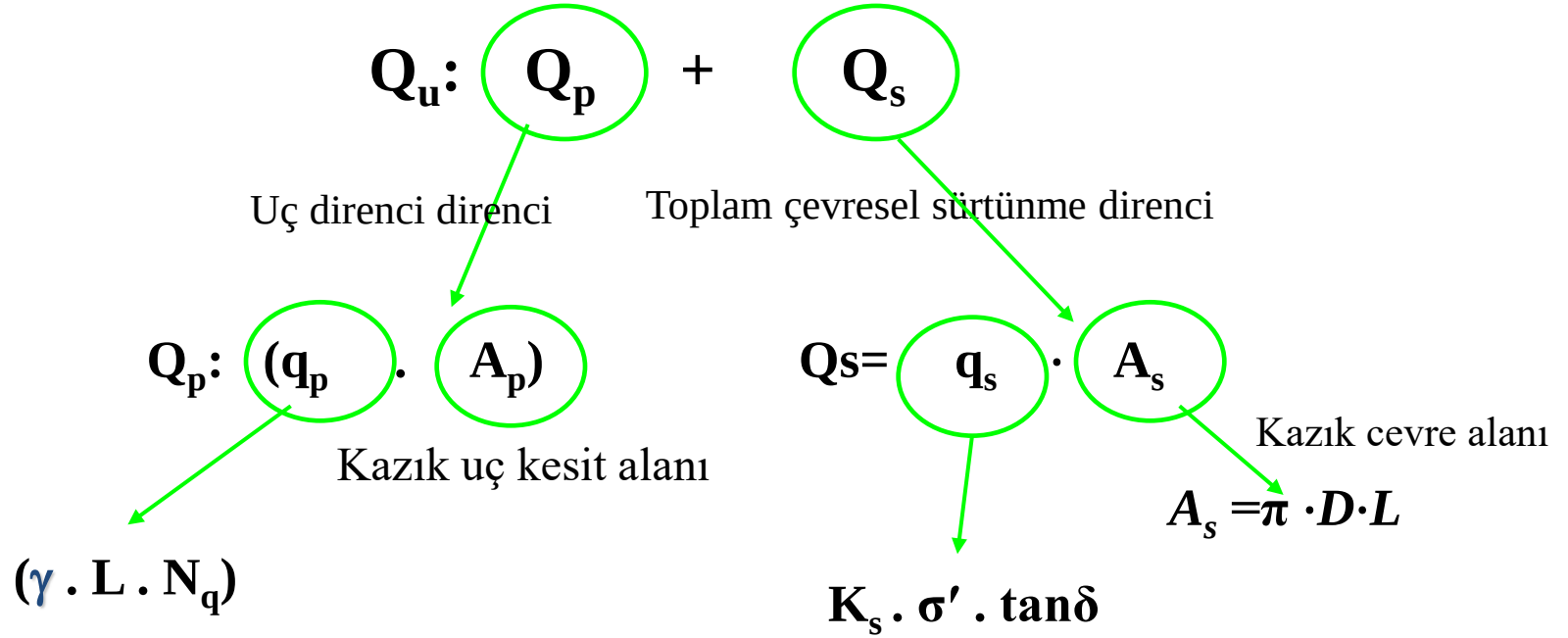
Buna göre; $q_s = cA$ yazılabilir

Tipik cA değerleri Tablolardaki gibidir.

Zemin Cinsi	c_u (kN/m ²)	c_u (kN/m ²) (Serbest basınç mukavemeti)	c_s (kN/m ²)	
			Beton veya Ahşap	Çelik
Silt ve yumuşak kil	7 – 30	0 – 72	0 – 34	0 – 34
Çok sert kil	50 – 200	72 – 144	34 – 48	34 – 48
Gevşek kum	12 – 36	144 – 288	48 – 62	48 – 57
Yoğun kum	33 – 67	288	62	57
Sıkı çakıl	50 – 100			

DERİN TEMEL İÇİN TAŞIMA GÜCÜ

Kohezyonsuz Zeminde Kazık Taşıma Gücü



Sonuç olarak kohezyonsuz zeminlerde toplam kazık taşıma gücü

$$Q_u = A_p \cdot (\gamma \cdot L \cdot N_q) + A_s \cdot (K_s \cdot \sigma' \cdot \tan \delta)$$

Burada:

σ' : $\gamma \cdot z$: Seçilen derinlikte etkili olan efektif jeolojik yük

K_s : Kazık şaftı üzerinde etkili olan ortalama yatay toprak basınç katsayısı (Tipik K_s değerleri Tabloda verilmiştir.)

δ : Çevre sürtünme açısı (kazık malzemesi ve zemin arasında)

Kazık Tipi	K_s değerleri
Beton	$1,5 \pm 10\%$
Boru	$1,1 \pm 10\%$
H - Kesit	$1,6 \pm 10\%$

DERİN TEMEL İÇİN TAŞIMA GÜCÜ

Standart Penetrasyon Deneyi SPT

$$QF = m \cdot N \cdot A_b + n \cdot \bar{N} \cdot D \cdot A_s$$

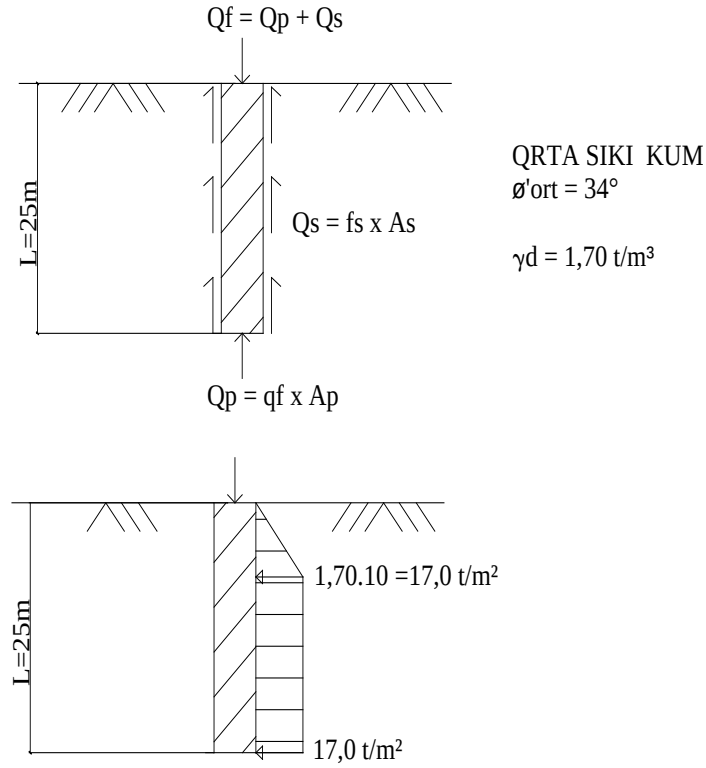
- QF : kazık taşıma gücü,
m : deneysel katsayı, çakma kazıklar için 400,
fore kazıklar için 120,
N : kazık uç seviyesinde SPT sayısı,
 A_b : kazık uç kesit alanı,
n : deneysel katsayı, çakma kazıklar için 2,
fore kazıklar için 1,
 $\bar{N}$: kazık boyunca ortalama SPT sayısı,
D : kazık çapı,
 A_s : kazık çevre alanı,
L : kazık çakma boyu, D : kazık çapı

Kazık-Zemin cinsi	Çevre Sürtünmesi f_s (kpa)	Uç Direnci q_b (kpa)
Çakma kazıklar- kum	$2N'$	$40(L/N)N \leq 400N$
Çakma kazıklar- silt	$2N'$	$30(L/N)N \leq 300N$
Fore kazıklar- kum	N'	$13(L/N)N \leq 130N$
Fore kazıklar- silt	N'	$10(L/N)N \leq 100N$

Soru

25 m uzunluğunda, 50 cm çapında bir betonarme kazık orta sıkı kumlu zemine çakılacaktır. Kumlu zeminin doğal birim hacim ağırlığı $1,70 \text{ t/m}^3$, ortalama içsel sürtünme açısı 34° , yanal zemin basıncı katsayısı 1,5'dir. Güvenlik katsayısını 3 alarak kazığın güvenli taşıyabileceği azami yükünü bulunuz.

Çözüm



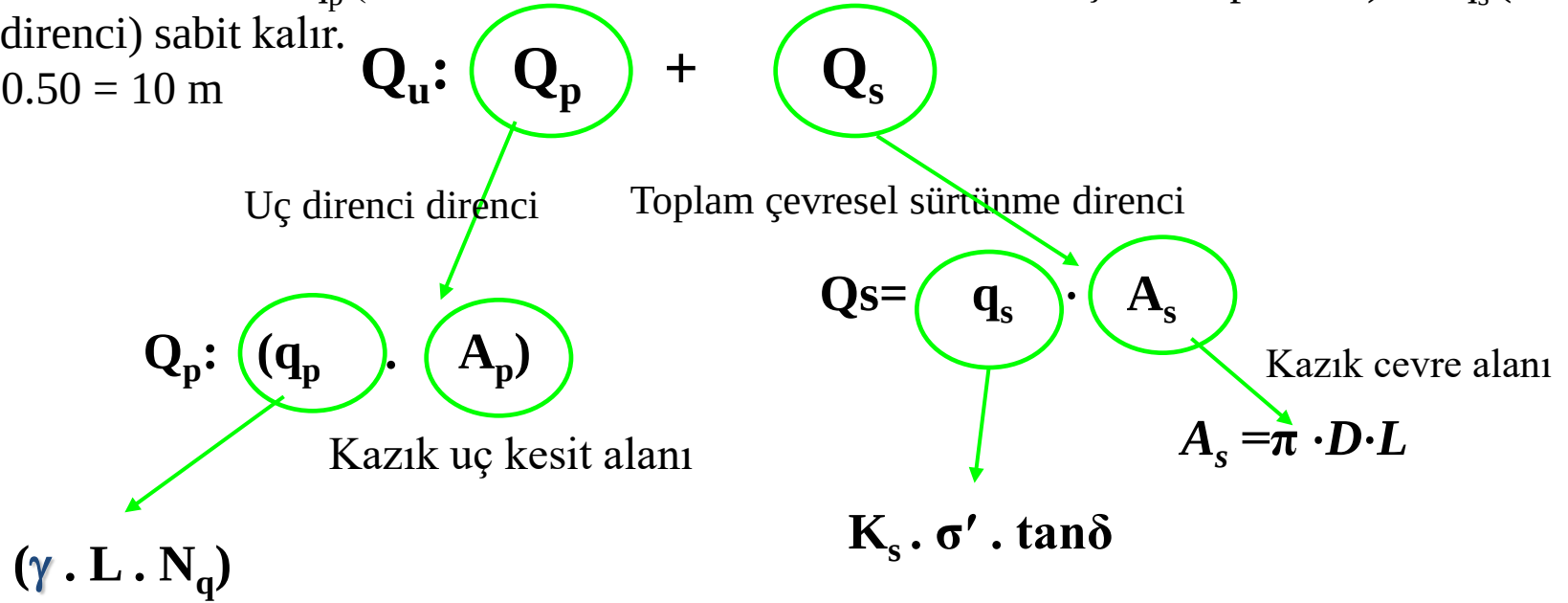
$$Q_u: Q_p + Q_s$$
$$Q_{\text{emin}}: Q_u / G.S$$

Çözüm

Kazık boyu yaklaşık 15-20 D derinliğini (kritik derinlik) aştığı hallerde σ_0 ' değeri en çok 15-20 D derinliğe karşılık gelen değer olarak alınır. Daha kısa kazıklarda ise kazık ucunun oturduğu derinlikteki efektif yük alır.

15–20D derinlikten sonra q_p (Kazık ucundaki zeminin birim nihai taşıma kapasitesi) ile q_s (Birim sürtünme direnci) sabit kalır.

$$20.D: 20. 0.50 = 10 \text{ m}$$



$$A_p: \pi \cdot D^2/4 = \pi \cdot 0.50^2/4 = 0,20 \text{ m}^2$$

$$q_p: \sigma' \cdot N_q = 17 \cdot 37 = 629 \text{ t/m}^2$$

$$Q_p: 629 \cdot 0,20 = 125,8 \text{ ton}$$

$$A_s: \pi \cdot D \cdot L = \pi \cdot 0.5 \cdot 25 = 39,3 \text{ m}^2$$

$$q_s: K_s \cdot (\sigma')_{\text{ort}} \cdot \tan \delta$$

$$\delta: 0.75 \cdot \phi$$

$$q_s: 1,5 \cdot (17/2 + 17) \cdot \tan(0,75 \cdot 34)$$

$$q_s: 18,24 \text{ t/m}^2$$

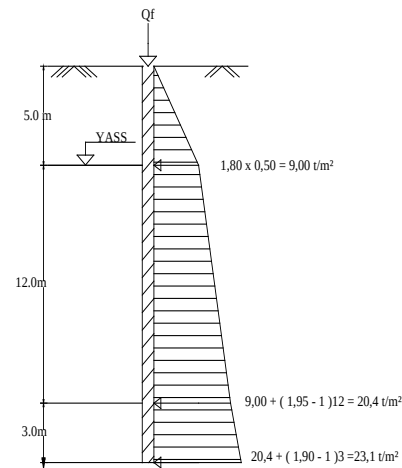
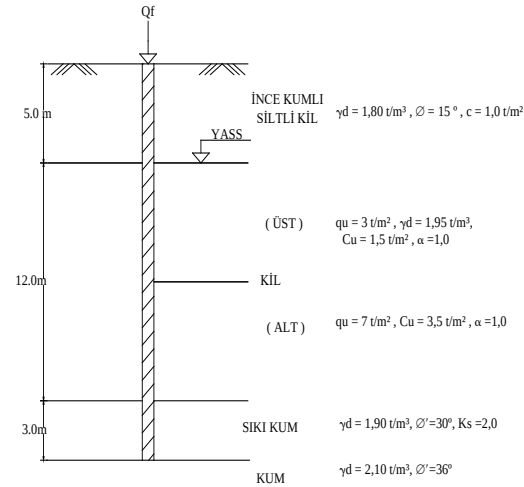
$$Q_s: 18,24 \cdot 39,3 = 716,8 \text{ ton}$$

$$Q_u: 716,8 + 125,8 = 842,6 \text{ ton}$$

$$Q_{\text{emin}}: 842,6 / 3 = 281 \text{ ton}$$

Soru

Aşağıdaki şekilde özellikleri verilen tabakalı zemine 20 m uzunluğunda 65 cm çapında bir betonarme kazık çakılacaktır. Güvenlik katsayısını 3 alarak kazığın güvenle taşıyabileceği azami yükün bulunması



Çözüm

$$\emptyset: 36 \text{ için } Nq = 50$$

$$Q_u: Q_p + Q_s$$

$$Q_{\text{emin}}: Q_u / G.S$$

$$Q_p: q_p \cdot A_p$$

$$A_p: \pi \cdot D^2/4 = \pi \times 0.65^2/4 = 0,332 \text{ m}^2$$

$$q_p: \sigma' \cdot Nq = 23,1 \times 50 = 1155 \text{ t/m}^2$$

$$Q_p: 1155 \times 0,332 = 383,46 \text{ ton}$$

$$Q_s: \sum q_s \cdot A_s$$

$$q_s: K_s \cdot (\sigma')_{\text{ort}} \cdot \text{tg} \delta \quad (\text{Kumlu zemin})$$

$$q_s: \alpha \cdot c_u \quad (\text{Killi zemin})$$

$$q_s: K_s \cdot (\sigma')_{\text{ort}} \cdot \text{tg} \delta + \alpha \cdot c_u \quad (\text{Karışık zemin})$$

$$q_{s1}: 1,0 \times (9,0/2) \times \text{tg} (0,75 \times 15) + 1,0 \times 1,0 = 1,90 \text{ t/m}^2$$

$$q_{s2}: 1,0 \cdot (1,5 + 3,5)/2 = 2,50 \text{ t/m}^2$$

$$q_{s3}: 2,0 \times (20,4 + 23,1) / 2 \times \text{tg} (0,75 \times 30) = 18,02 \text{ t/m}^2$$

$$Q_s: (1,90 \times 5,0 + 2,50 \times 12,0 + 18,02 \times 3,0) \times \pi \times 0,65 = 191,1 \text{ ton}$$

$$Q_u: 383,46 + 191,1 = 574,56 \text{ ton}$$

$$Q_d: 574,56 / 3 = 191,52 \text{ ton}$$