



İMO İzmir Şubesi



# Derin Kazılar, İksa Sistemleri ve Dayanma Yapıları

Doç. Dr. Selim ALTUN  
Ege Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü

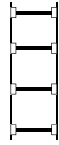
## Sunum İçeriği

- ☐ İstinat Duvarları
- ☐ Yanal Toprak Basıncı Teorileri
- ☐ Derin Kazıların Yapılış Şekilleri
- ☐ Geleneksel İstinat Duvarlarının Tasarımı
  - Ağırılık Tipi İstinat Duvarları
  - Konsol İstinat Duvarları
  - Diğerleri
- ☐ Modern Dayanma Yapıları
  - GeoDuvar
  - Zemin Çivisi veya Ankraj Destekli Duvarlar
  - Diğerleri
- ☐ Tasarım Örnekleri

2

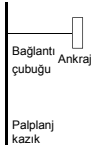
## Yanal destek

Geoteknik mühendisliğinde yanal zemin hareketinin önlenmesi problemi sıkça karşılaşılan bir durumdur.



Konsol istinat duvarı

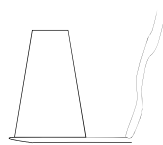
Destekli kazı



Ankrajlı palplanj kazık

3

Dayanma yapılarını dizayn edebilmek için bu yapılara etkiyecek olan yanal zemin basıncının büyüklüğünü bilmemiz gerekmektedir.



Ağırılık tipi istinat duvarı



Zemin Çivisi



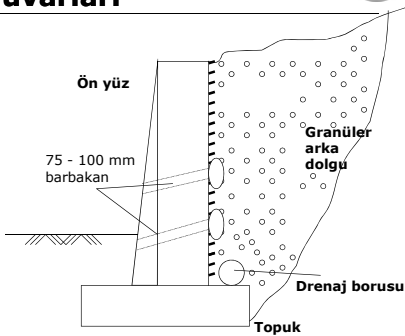
Toprakarme

4

## İstinat Duvarları

Çeşitleri;

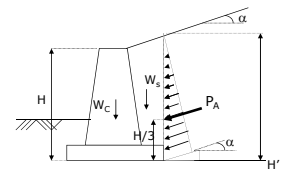
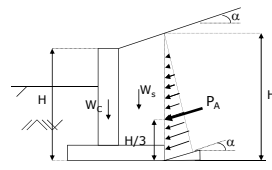
1. Ağırılık,
2. Yarı ağırılık,
3. Payandalı,
4. Donatılı



5

## Toprak Basıncı Teorileri

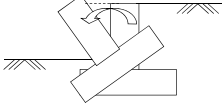
RANKINE → Duvar arka yüzeyi sürtünmesiz ve düşeydir  
COULOMB → Duvar arka yüzeyinde zemin-duvar arası sürtünme mevcut ve duvar arka yüzünün düşey olma koşulu yok.



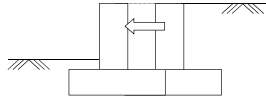
6

## Stabilite Problemleri

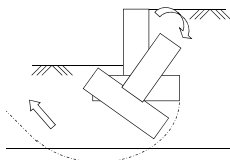
1) Dönme:



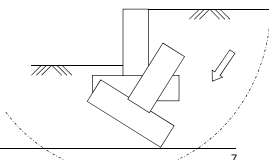
2) Kayma



3) Temel tabanı göçmesi



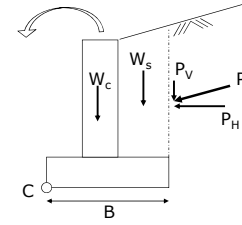
4) Toptan göçme



## İstinat Yapılarının Boyutlandırılması İçin Gereken Stabilite Tahkikleri



### Dönme tahkiki



Bilinenler;  $W_c, W_s, P_v, P_H$

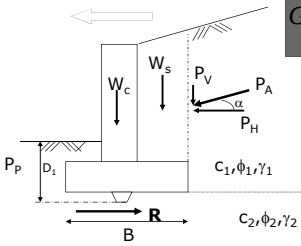
'C' noktasına göre moment,

Koruyucu moment:  $(M_k) (W_c, W_s, P_v)$   
Deviren moment:  $(M_D) (P_H)$

$$G_s = \frac{\sum M_K}{\sum M_D} \geq 2.0$$

8

### Kayma tahkiki



$$R = c_2 B + (\sum V) \tan \phi_2 + P_p$$

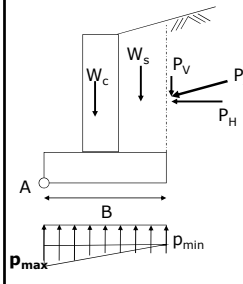
$$G_s = \frac{c_2 B + (\sum V) \tan \phi_2 + P_p}{P_A \cos \alpha} \geq 1.5$$

9

### Taban basıncı tahkiki



$q_a$  : Zemin emniyet gerilmesi



Toplam düşey  
 $W_c + W_s + P_v$

$\sum V$

$e$

$\bar{x} = \frac{\sum M_R - \sum M_D}{\sum V}$

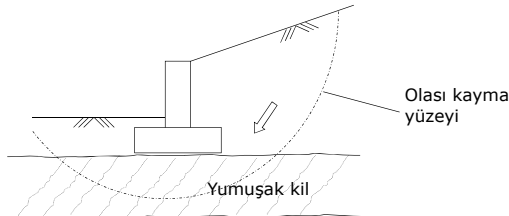
$e = \frac{B}{2} - \bar{x}$

$p_{\max/\min} = \frac{\sum V}{B \times 1} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$

$p_{\min} > 0$  Çekme gerilmesi olmamalı  
 $p_{\max} < q_a$

10

### Toptan kayma tahkiki



Olası kayma yüzeyi

Yumuşak kil

11

### Sükunetteki Toprak Basıncı



Homojen bir zemin tabakası içerisindeki bir zemin elemanı üzerinde etkiyen, yatay efektif gerilmenin düşey efektif gerilmeye oranı,  $\sigma_h'/\sigma_v'$ , sükunetteki toprak basınç katsayısı,  $K_0$ , olarak ifade edilir.  $K_0$  durumunda bulunan bir zemin kütleğinde yanal yönde deformasyonlar gözlenmez.



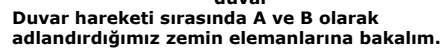
Zemin yüzeyi

12

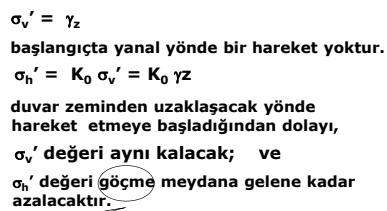

$$K_0 = 1 - \sin \phi'$$
$$K_{0,\text{aşırı konsolide}} = K_{0,\text{normal konsolide}} \text{OCR}^{0.5}$$
$$K_0 = \frac{\nu}{1-\nu}$$

**Poisson oranı**

13

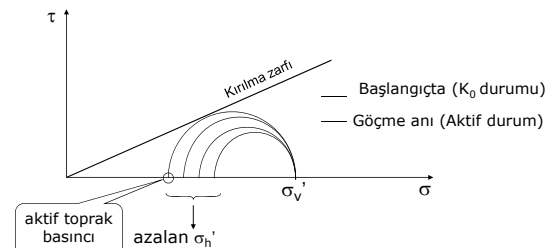


14

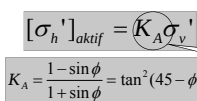


Aktif durum

15



16



Rankine aktif toprak basınc katsayısı

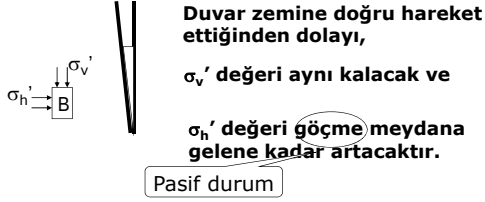
---

17
$$[\sigma_h']_{active} = K_A \sigma_v' - 2c\sqrt{K_A}$$

---

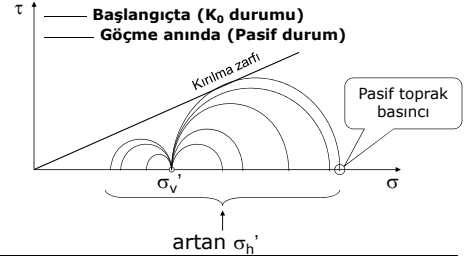
18

## Kohezyonsuz Zeminlerde Pasif Toprak Basıncı

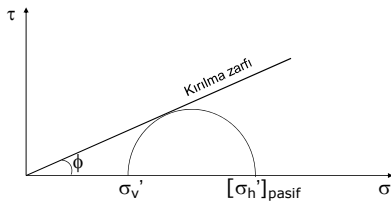


19

## duvar zemine doğru hareket ettiğinden dolayı,



20



$$[\sigma_h']_{pasif} = K_p \sigma_v'$$

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \tan^2 (45 + \phi / 2)$$

Rankine pasif toprak basıncı katsayısı

21

## Kohezyonlu Zeminlerde Pasif Toprak Basıncı

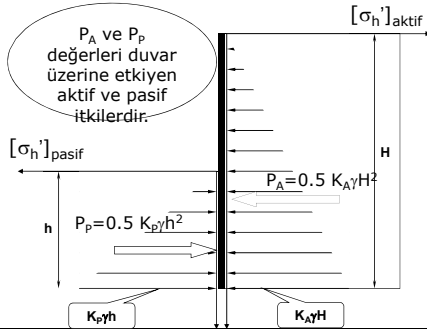


Kohezyonsuz zeminlerde karşılaşılan durum aynıdır. İkisi arasındaki tek fark kohezyonlu zeminlerde  $c \neq 0$  olmasıdır.

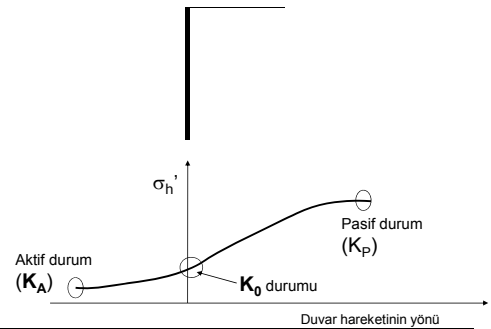
$$[\sigma_h']_{passive} = K_p \sigma_v' + 2c \sqrt{K_p}$$

22

## Kohezyonsuz Zeminlerde Toprak Basınçlarının Dağılımı



23



24

## Rankine Toprak Basınç Teorisi

$$[\sigma_h']_{aktif} = K_A \sigma_v' - 2c\sqrt{K_A}$$

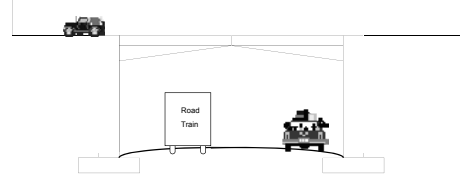
$$[\sigma_h']_{pasif} = K_P \sigma_v' + 2c\sqrt{K_P}$$

**duvar ile zemin arasında sürtünmenin olmadığı varsayılır.**

**sadece düşey duvar arkasına etkiyen yanıl basınçların hesaplanmasında kullanılır.**

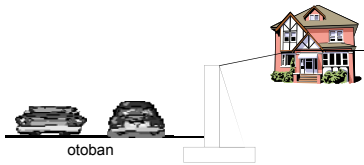
25

## İstinat Duvarı Uygulamaları



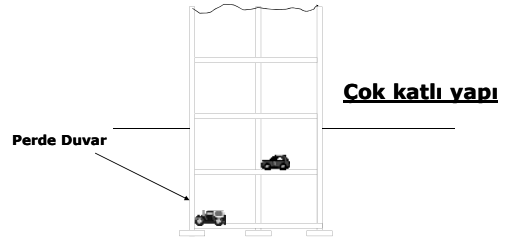
26

## İstinat Duvarı Uygulamaları



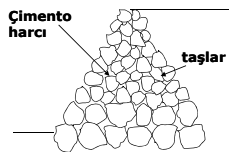
27

## İstinat Duvarı Uygulamaları



28

## Ağırlık Tipi İstinat Duvarları

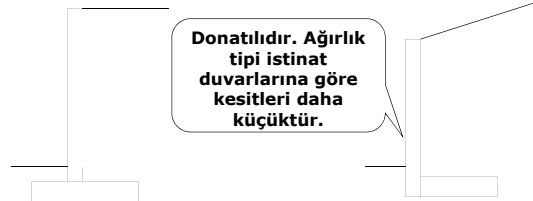


Donatısız beton  
ya da taş duvar

Bu tip istinat yapıları arkalarında bulunan dolguya kendi ağırlıkları ile karşı koyarak destek verirler.

29

## Konsol İstinat Duvarları



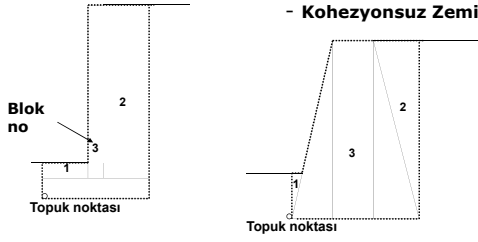
10/03/2011

30

## İstinat Duvarı Tasarımı



- Kohezyonsuz Zeminlerde



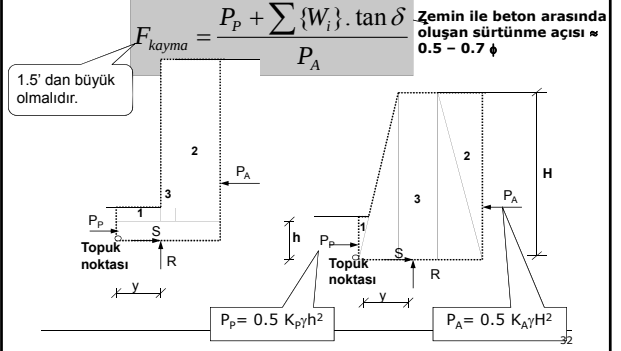
$W_i = i$  bloğunun ağırlığı

$x_i = i$  bloğunun ağırlık merkezinin topuk noktasına olan yatay uzaklığı

Düşey duvar arkasına sahip parçaların birleşiminden oluşan rijit sistemin stabilite analizi Rankine Teorisine göre yapılır.

31

## Duvar tabanı boyunca kaymaya karşı güvenlik

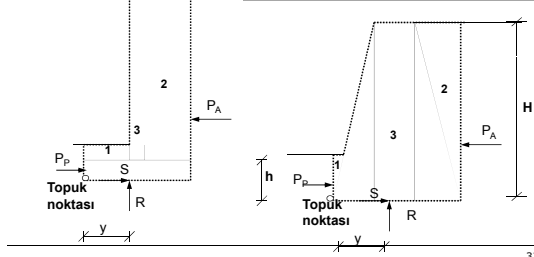


## Topuk noktası etrafında devrilmeye karşı güvenlik



2.0' den büyük olmalıdır.

$$F_{devrilme} = \frac{P_p h / 3 + \sum \{W_i x_i\}}{P_A H / 3}$$

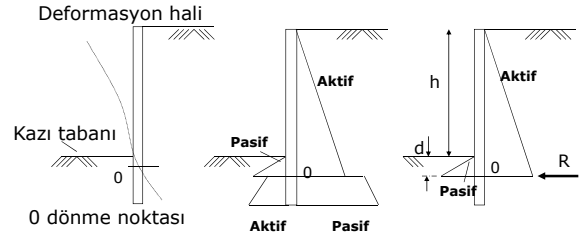


33

## Zemine Ankastre Ankrajsız Palplanş Duvar



Maksimum  $\approx 6$  m kazı yüksekliğine kadar tercih edilebilir



34

## Tasarım prosedürü



1-  $\Sigma M = 0$  durumundan (d) çakma boyu belirlenir,

2- (d) boyu %20 arttırılır ( $d_0 = 1.2d$ ),

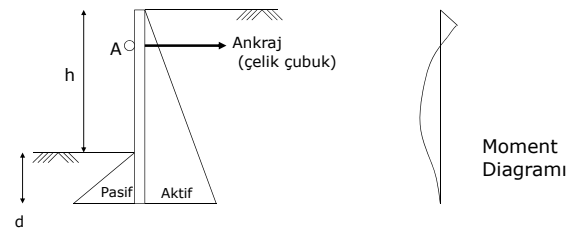
3-  $\Sigma x = 0 \rightarrow 'R'$  belirlenir.

35

## Zemine Serbest Mesnetli Ankrajlı Palplanş Duvar



Derin temel çukuru kazısı durumunda;



Not: Ankraj boyuna etki eden faktör önemlidir.

36

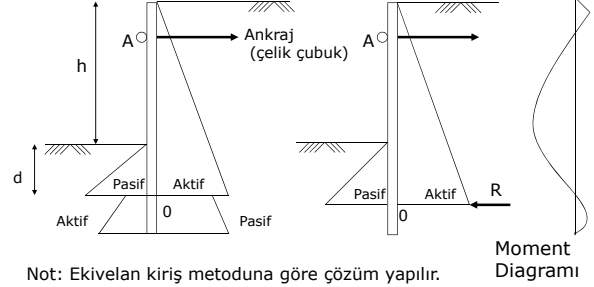
## Tasarım prosedürü

- 1- 'd' çakma boyu için aktif ve pasif toprak basınçları,
- 2- Genellikle pasif gerilme için  $G_s=2$  güvenlik uygulanır.
- 3-  $\Sigma M_A = 0$  durumundan (d) değeri hesaplanır,
- 4-  $\Sigma F=0$  olduğu yer maksimum momenti verir.

37

## Zemine Ankastre Ankrajlı Palplanş Duvar

Derin temel çukuru kazısı durumunda;

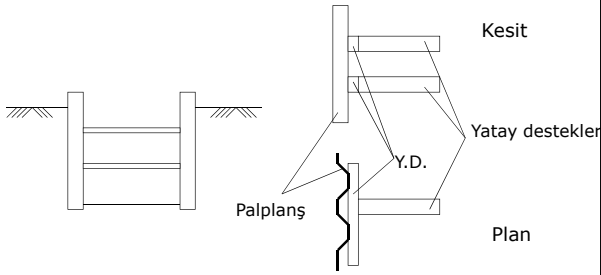


Not: Ekvolan kiriş metoduna göre çözüm yapılır.

38

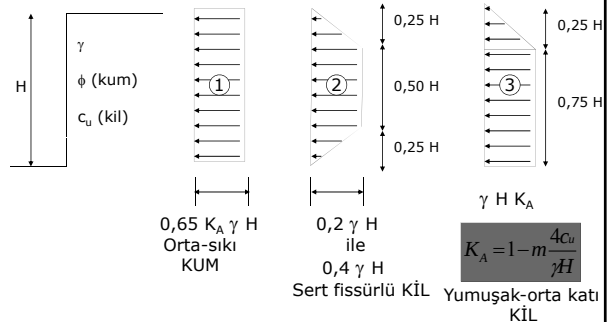
## İksa Perdeleri

Yatay destekli kazılar-Hendek kazıları



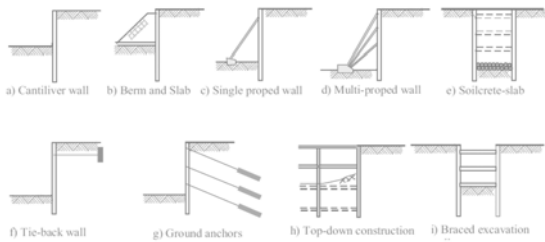
39

## Destekli İksalarda Terzaghi & Peck (1967) Ampirik Toprak Basıncı Dağılımı



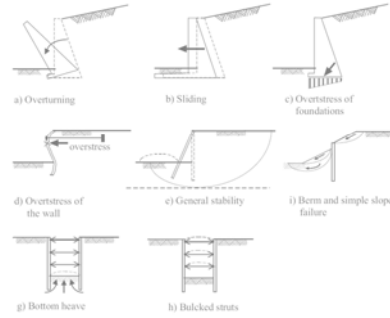
40

## Derin Kazıların Yapılış Şekilleri



41

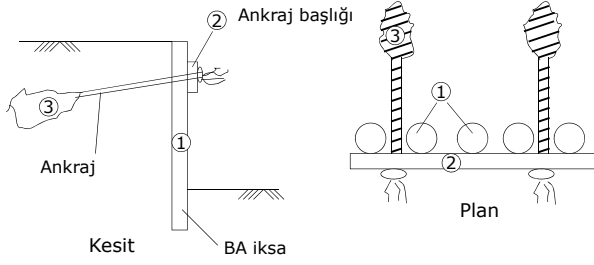
## Destekli Kazılarda Göçme Şekilleri



42

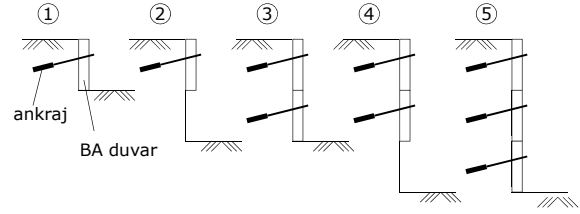


### Kazıklı perde iksa duvarlar (Ankrajlı veya ankrajsız)



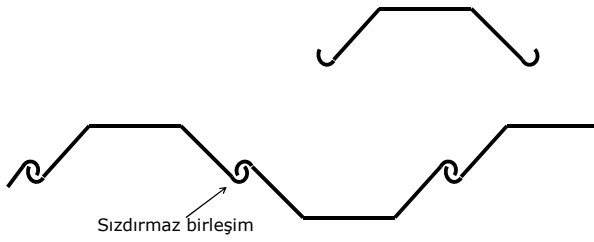
49

### BA perde ankrajlı iksa duvarının imalat aşamaları

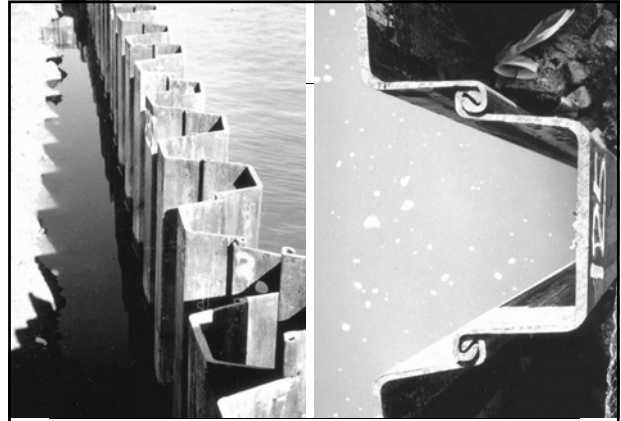


50

### Palplanşlar



51



Palplanş perde

52

### Palplanş Kazık



53

### Palplanş Kazık



Yerleştirme  
sırasında



Palplanş kazık  
duvar

54

## Palplanş Kazık



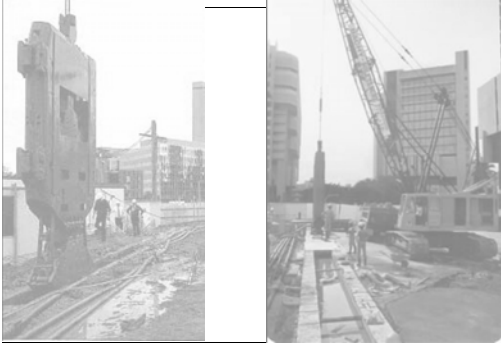
55

## Palplanş Kazık



56

## Diyafram Duvar



57

## Diyafram Duvar (Donatı Yerleştirilmesi)



58

## Diyafram Duvar



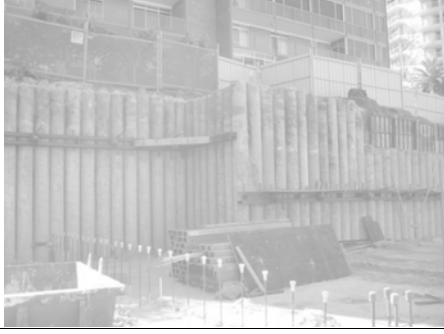
59

## Diyafram Duvar



60

## Teğet Kazıklar



61

## Kesişen Kazıklar (4 Sıra Ankraj Destekli)



62

## Kazıklı İksa (İç Destekli)



63

## Kazıklı İksa (İç Destekli)



64

## İstinat Duvarları



- ☐ Mekanik Olarak Stabilize Edilmiş Duvarlar  
(Toprak Arme-GeoZemin-Donatılı Zemin Duvarlar)
- ☐ Beton (Modüler) Blok Duvarlar
- ☐ Konsol İstinat Duvarları
- ☐ Ağırlık Tipi İstinat Duvarları

65

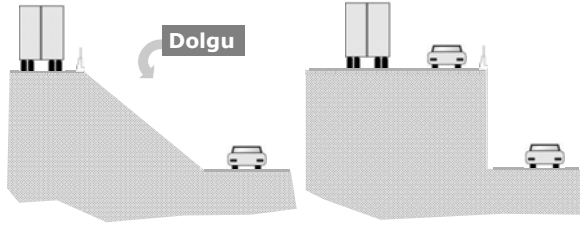
## Dayanma Yapıları Şev yada Dayanma Yapısı?



66

## Dayanma Yapıları

### Dolgu Formunda İstinat Yapıları

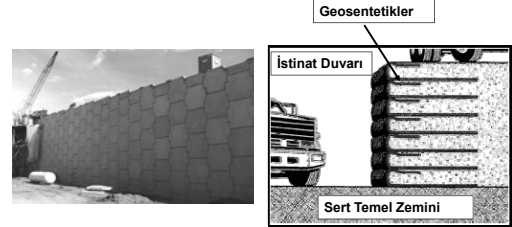


67

## Donatılı Toprak İstinat Yapıları

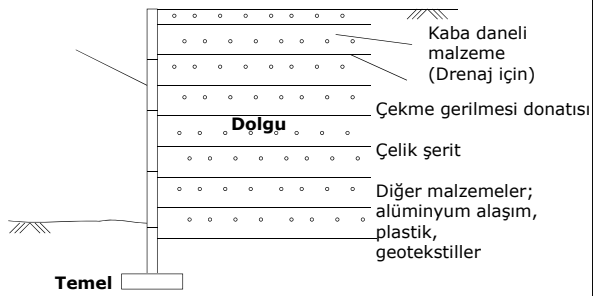


Toprakarme son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

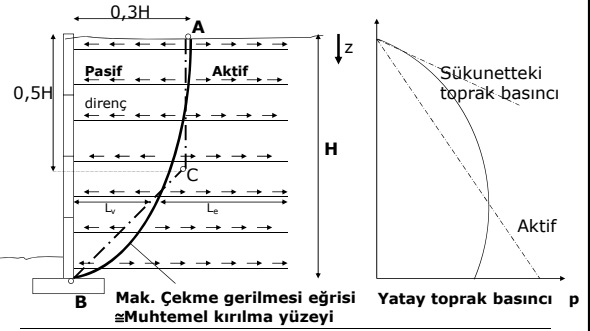


68

## Donatılı Toprak İstinat Yapıları

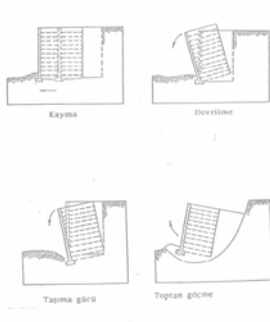


69



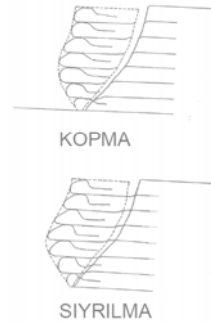
70

## Dış Stabilitè



71

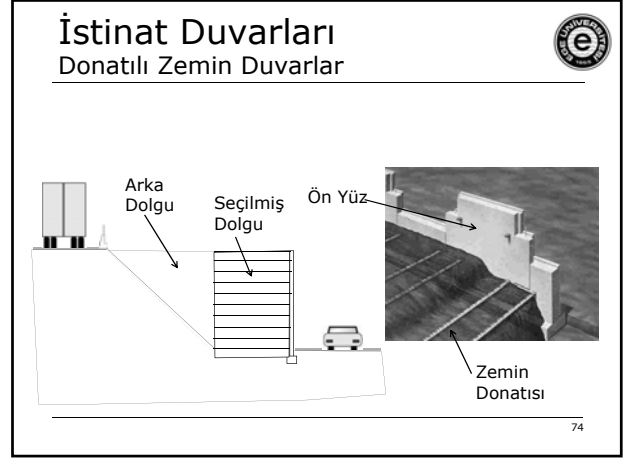
## İç Stabilitè



72



73



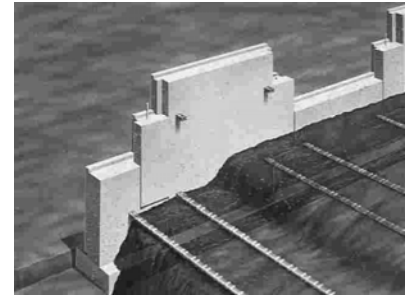
74

## Toprak Arme Duvarlar

- ABD de en yaygın kullanılan istinat duvarı tipi
- Örneğin Texas Eyaletinde bütün istinat duvarlarının % 85 i GeoDuvar.
- Önyüz: Önceden hazırlanmış beton paneller
- Donatı: Metal (galvanize çelik) şeritler veya kablo hasırlar veya geogridler

75

## Toprak Arme Duvar İnşaatı



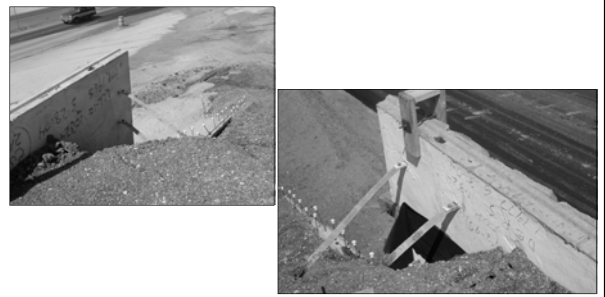
76

## Toprak Arme Duvar İnşaatı



77

## Toprak Arme Duvar İnşaatı



78

## Toprak Arme Duvar İnşaatı



Galvanize  
Çelik Şeritler



79

## Toprak Arme Duvar İnşaatı

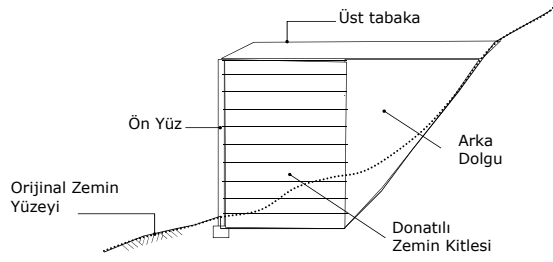


Galvanize  
Kablo Hasırlar



80

## Toprak Arme Duvar; Terminoloji



81

## Toprak Arme Duvar; Paneller



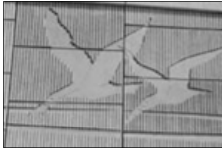
Haç Şekli

Dikdörtgen



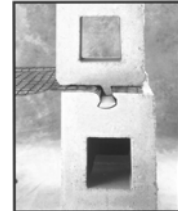
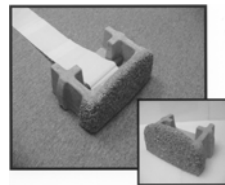
82

## Toprak Arme Duvar; Paneller



83

## Beton Blok Duvarlar



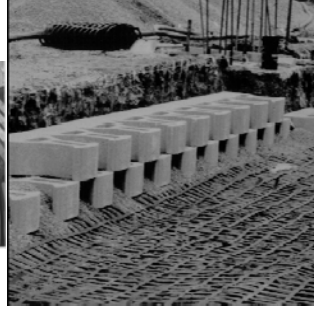
84

## Beton Blok Duvarlar

Zemin Donatılandırma



### Geogridler



85

## Beton Blok Duvarlar



86

## Beton Blok Duvarlar



- Eğik yüzeyler oluşturulabilir
- Tam bir düzgün yüzeyin arzu edilmediği durumlarda kullanılabilir
- Teraslı yapılar
- Peyzaj projelerinde
- Estetik görünüm

87

## Dayanma Duvarı Tipleri (Dolgu türü)



### GeoDuvarlar



### Beton Bloklar



### Geçici Dolgular



### Konsol



### Gabion Duvarlar



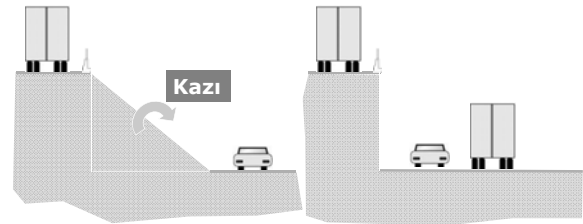
88

## TCK NURBABA ALTUNİZADE YOLU GEOSENTETİK DONATILI DUVAR PROJESİ (1997)



89

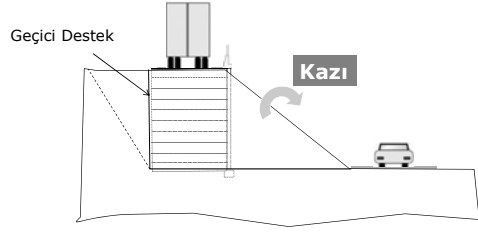
## İstinat Duvarları Yol İnşaatları



90

## İstinat Duvarları

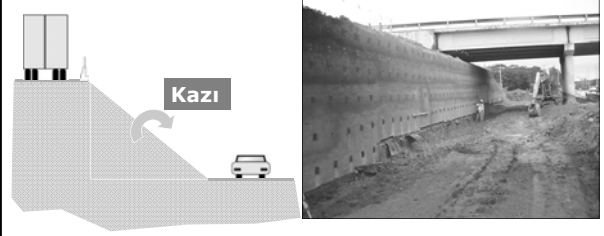
### GeoDüvarlar



91

## İstinat Duvarları

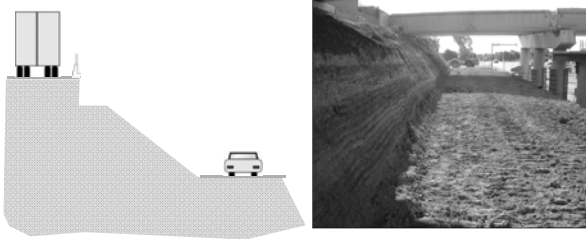
### Zemin Çivili Duvarlar



92

## İstinat Duvarları

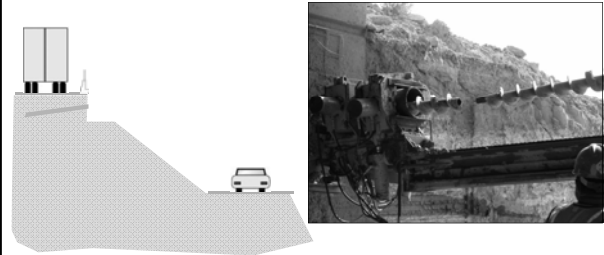
### Zemin Çivili Duvarlar



93

## İstinat Duvarları

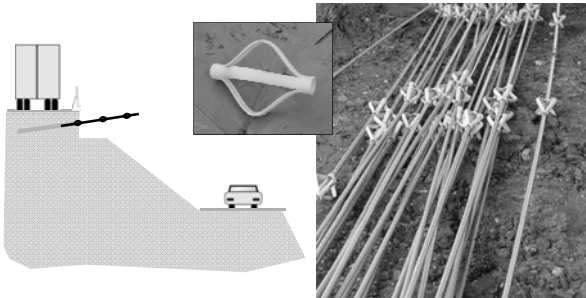
### Zemin Çivili Duvarlar



94

## İstinat Duvarları

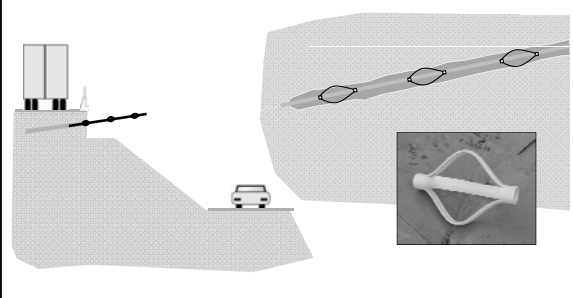
### Zemin Çivili Duvarlar



95

## İstinat Duvarları

### Zemin Çivili Duvarlar



96

## İstinat Duvarları

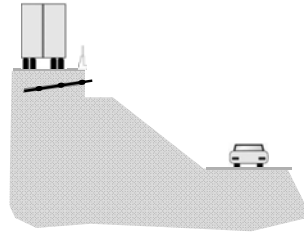
### Zemin Çivili Duvarlar



97

## İstinat Duvarları

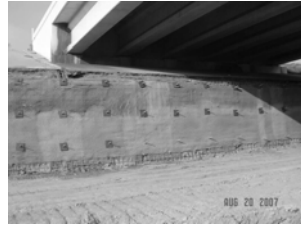
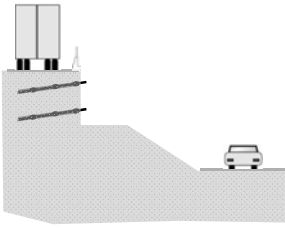
### Zemin Çivili Duvarlar



98

## İstinat Duvarları

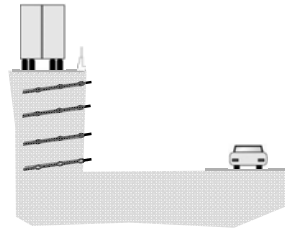
### Zemin Çivili Duvarlar



99

## İstinat Duvarları

### Zemin Çivili Duvarlar



100

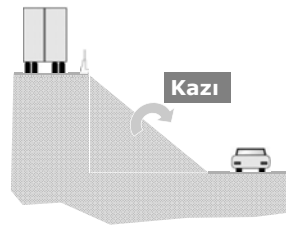
## Zemin Çivisi



101

## İstinat Duvarları

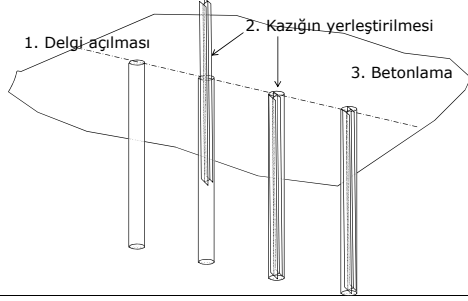
### Öngermeli ankraj destekli Duvarlar



102

## İstinat Duvarları

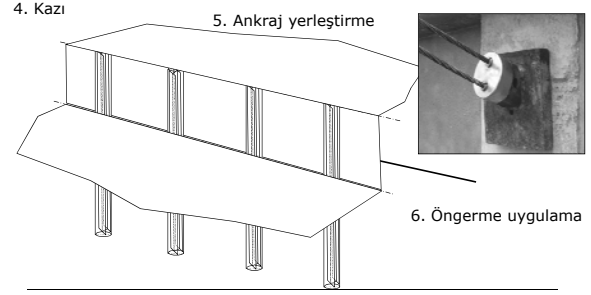
### Öngermeli ankraj destekli Duvarlar



103

## İstinat Duvarları

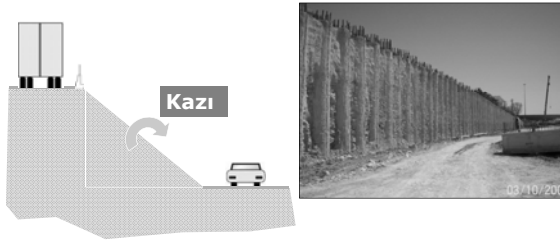
### Öngermeli ankraj destekli Duvarlar



104

## İstinat Duvarları

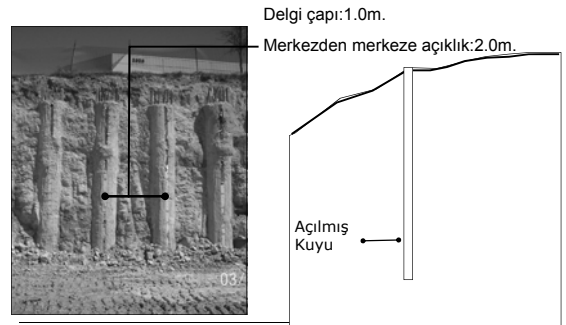
### Konsol Tipi Dayanma Yapıları



105

## İstinat Duvarları

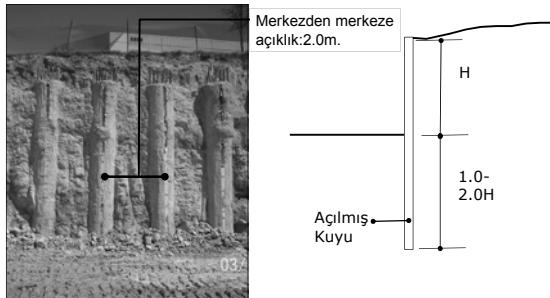
### Konsol Tipi Dayanma Yapıları



106

## İstinat Duvarları

### Konsol Tipi Dayanma Yapıları



107

## İstinat Duvarları

### Konsol Tipi Dayanma Yapıları



108

## İstinat Duvarları Palplanş Kazık Duvarlar



109

## İstinat Duvarları Palplanş Kazık Duvarlar



- Malzeme: Çelik veya Öngerilmeli Beton
- Zemin içerisine titreşimli çekiçler veya çakma suretiyle yerleştirilir
- Konsol Boyu kazı yüksekliğinin genellikle 1.5 -2.0 katıdır

110

## Dayanma Duvarı Tipleri (Kazı türü)



Geoduvar



Zemin Çivisi



Destekli



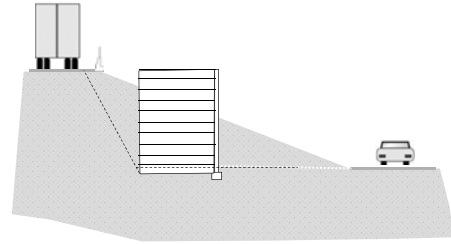
Kazıklı



Palplanş Kazıklı

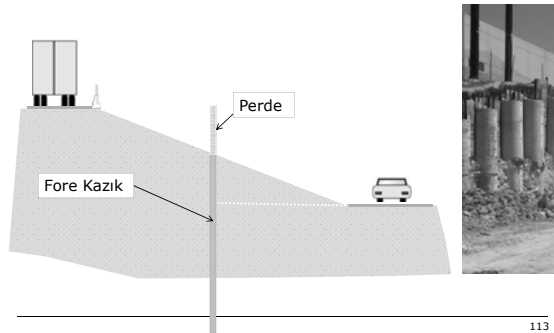
111

## Kazı-Dolgu Türünde İstinat Duvarları (Destekli Geoduvar)



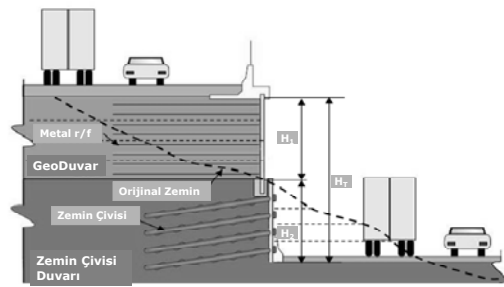
112

## Kazı-Dolgu Türünde İstinat Duvarları (Kazıklı)



113

## GeoDuvar/Zemin Çivisi Hibrit Duvar



114

## İnşaat Maliyeti

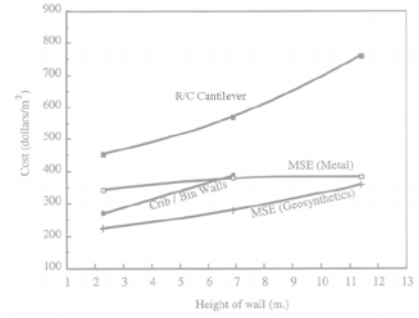
(ABD Kaynaklı)



| Duvar Tipi                | \$ (m <sup>2</sup> si) |
|---------------------------|------------------------|
| GeoDuvar                  | \$350.00               |
| Beton Blok (Donatısız)    | \$260.00               |
| Yerinde hazırlanmış Beton | \$700.00               |
| Zemin Çivisi              | \$650.00               |
| Konsol Tipi Fore Kazık    | \$950.00               |
| Ankraj Destekli Konsol    | \$850.00               |

115

## Maliyet Karşılaştırması



116

Dayanma duvarı ve iksa sistemlerinde yaşanan bazı göçme örnekleri



117



118

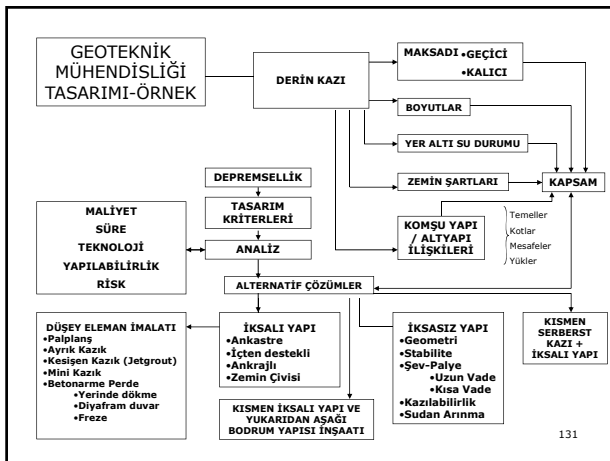


119



120



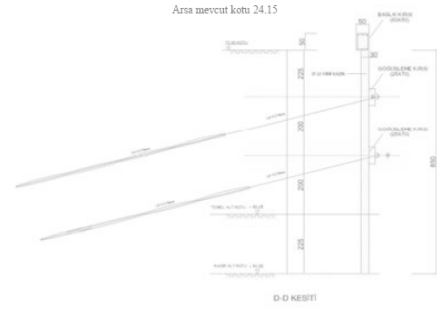


## Bir İksa Tasarımı Örneği



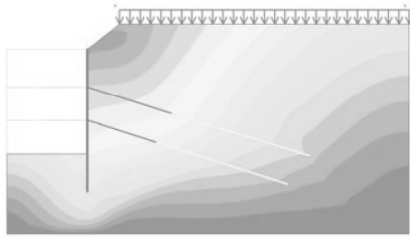
133

## Bir İksa Tasarımı Örneği



134

## Bir İksa Tasarımı Örneği



135

## Bir İksa Tasarımı Örneği



136

## Bir İksa Tasarımı Örneği



137

## Bir İksa Tasarımı Örneği



138

## Bir İksa Tasarımı Örneği



139

## Bir İksa Tasarımı Örneği



140

## Bir İksa Tasarımı Örneği



141

## Kaynaklar



- Das, B.M. (2005), Fundamentals of Geotechnical Engineering, 2<sup>nd</sup> Edition, Nelson, a Division of Thomson Canada Ltd.
- Das, B.M. (2004), Principles of Foundation Engineering, 5th Edition, Brooks/Cole, a Division of Thomson Learning Inc.
- Turner, J.M. (2009), Excavation Systems Planning, Design, and Safety, Mc Graw Hill, New York
- FHWA (2001), Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Design and Construction Guidelines. Publication No. FHWA-NHI-00-043.
- FHWA (1996), Technical Manual, Manual for Design and Construction Monitoring of Soil Nail Walls, Publication No. FHWA-SA-96-069R, Chapters 1 and 2, pp. 1-65.
- FHWA (2003), Soil Nail Walls, Geotechnical Engineering Circular No.7, Report NO. FHWA0-IF-03-017.

142

## Kaynaklar (devam)



- FHWA (1994), Soil Nailing Field Inspectors Manual – Soil Nail Walls, Report No. FHWA-SA-93-068.
- Kempfert, H.G. and Gebreselassie, B. (2006), Excavations and Foundations in Soft Soils, Springer-Verlag, Berlin.
- TS 2519 (1989) Ahşap İksa Hesap, Yapım, Bakım Söküm ve Dolgulama Kuralları
- TS 7627 (1989) Çelik İksa-Hesap, Yapım, Bakım ve Söküm Kuralları
- TS 7628 (1989) Betonarme İksa-Hesap, Yapım, Bakım ve Söküm Kuralları

143

## Kaynaklar (devam)



- US Army Corps of Engineers (2002), Simplified Procedures for the Design of Tall, Stiff Tieback Walls, Engineer Research and Development Center, ERDC/ITL TR-02-10.
- US Army Corps of Engineers (2002), Methods Used in Tieback Wall Design to Prevent Local Anchor Failure, Progressive Anchorage Failure, and Ground Mass Stability Failure, Engineer Research and Development Center, ERDC/ITL TR-02-11.

144

## İletişim Bilgileri



Doç.Dr. Selim ALTUN  
Ege Üniversitesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü  
Bornova / İzmir  
Tlf : 0(232)3111585  
E-Posta : [selim.altun@ege.edu.tr](mailto:selim.altun@ege.edu.tr)