

INS308

Zemin Mekaniği II

Yanal Zemin Basınçları; Uygulamalar

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.

İSTİNAT DUVARLARI

İstinat duvarları, ani seviye farklarının bulunduğu yerlerde zemin veya yayılan maddelerin doğal şev açıları ile yayılmalarını önlemek için kullanılan yapılardır. Yayılması önlenen zemin veya malzeme, istinat duvarına yanal etki uygulayarak, duvarı kaydırmaya ve devirmeye çalışır. İstinat duvarları da oluşan bu itkiye karşı koyan kalıcı, rijit yapılar olup aşağıda belirtilen amaçlar için kullanılırlar.

- ✓ Eğimli arazilerde araziden yararlanmak üzere zemini tabi şev açısından daha dik açıyla tutmak
- ✓ Kayma göçme ihtimali olan zeminlerin yıkılmasını engellemek
- ✓ Bir binanın bodrum duvarlarını oluşturmak
- ✓ Kıyıların erozyondan veya taşkınlardan korunması
- ✓ Köprülerde kenar ayak görevi yapmak, derin çukurların yan duvarlarını tutmak
- ✓ Yol inşaatlarında şev düzenlemesi yapılırken kullanmak
- ✓ Malzeme deposu olarak kullanmak
- ✓ Büyük dolma ve yarma gerektiren yollarda, yamaç yollarında kullanmak

İSTİNAT DUVARLARINA GELEN YÜKLER

1- Duvarın Kendi Ağırlığı: Genellikle ağırlık türü istinat yapılarında, yatay itkiyi önleyecek en büyük kuvvet, duvarın kendi ağırlığıdır. Duvar tabanına gelen bu kuvvet, tabanla-zemin arasındaki sürtünmeden dolayı ortaya çıkan harekete ters yöndeki yatay sürtünme kuvvetlerini oluşturur. Bu sürtünme kuvveti ile duvara gelecek yatay kuvvetler karşılanacaktır.

2- Akif Toprak Basıncı: Duvar zeminden dışa doğru hareket edecek olursa (birkaç milimetre), zemin aktif hale geçer ve duvara aktif toprak basıncı uygular.

3- Pasif Toprak Basıncı: Duvar zemine doğru hareket eder ise zemin duvara pasif direnç uygular. Zeminin duvara uyguladığı bu dirence pasif toprak basıncı denir.

4- Duvar Önündeki Toprak Basıncı: İstinat Duvarının tabanı zemine gömülü olduğundan duvarın öne doğru hareketi sırasında, temel zemine doğru hareket edeceğinden stabilite hesaplarında olumlu etki yapacak pasif basınç gerilmeleri de taban üzerinde ortaya çıkacaktır.

5- Suların Yapacağı Basınçlar: İstinat duvarının arkasında hiçbir zaman, yer üstü ve yeraltı sularının toplanması istenmez. Bu suların duvarda yapacağı hidrostatik basıncın göz ardı edilmemesi gerekir. Ayrıca suyun zemin danelerini yüzdürme kuvveti de hesaplara dahil edilmelidir.

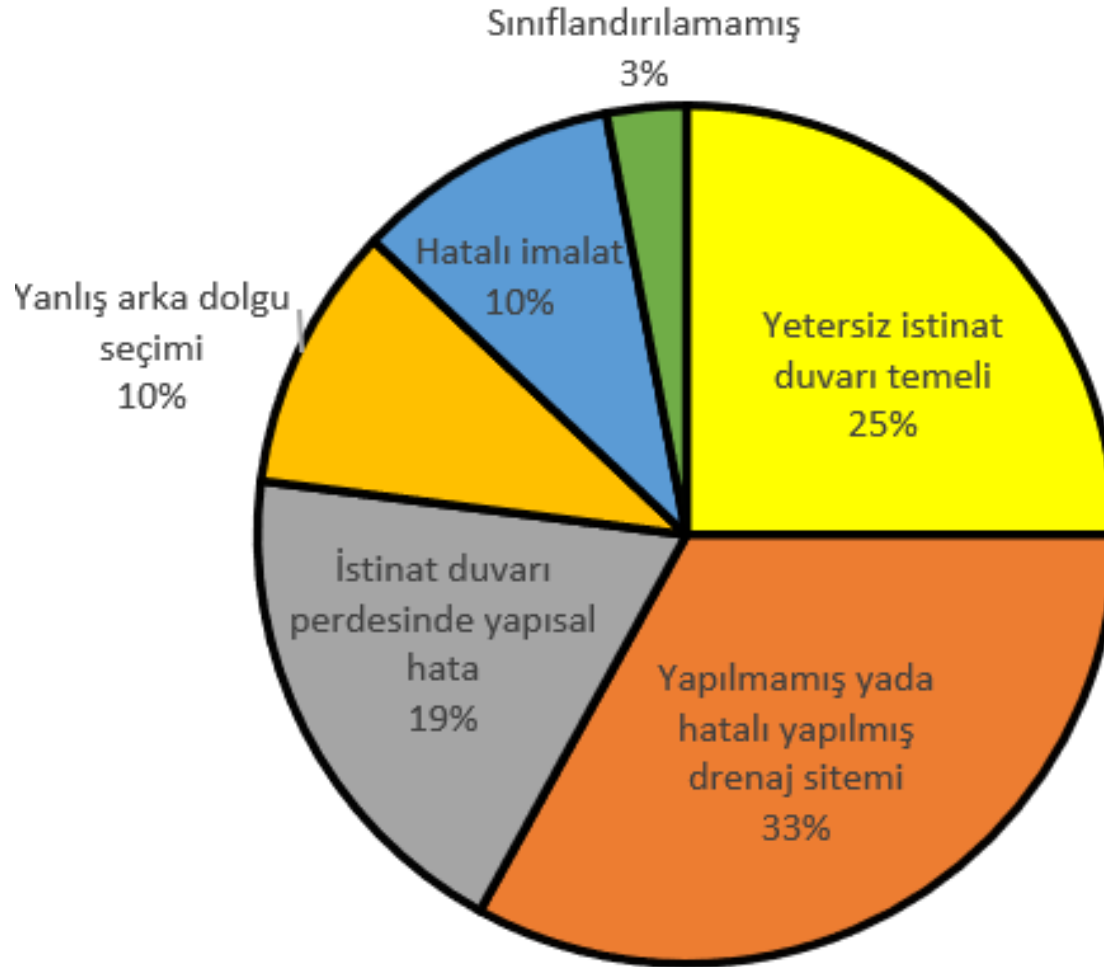
6- Deprem Tesiri: Depremin doğurduğu yatay ivme, istinat duvarında yaklaşık %10 kadar ani yanal basınç artmalarına sebep olur.

7- Don Tesiri Zemin soğuk mevsimlerde muayyen bir derinliğe kadar donar ve duvarı olumsuz yönde etkileyebilir.

8- Üst Yük (sürşarj) Etkisi: İstinat duvarının arkasındaki zemin üzerine, fonksiyonları gereği genelde ilave ve dış yüklerde tesir edebilir. Ulaşım araçlarının bulunması, malzeme depolanması, bir yapı yapılması gibi etkiler, duvar arkası zemini üzerinde, üniform yük, şerit yük, tekil yük gibi ilave yük tesirleri yaparlar.

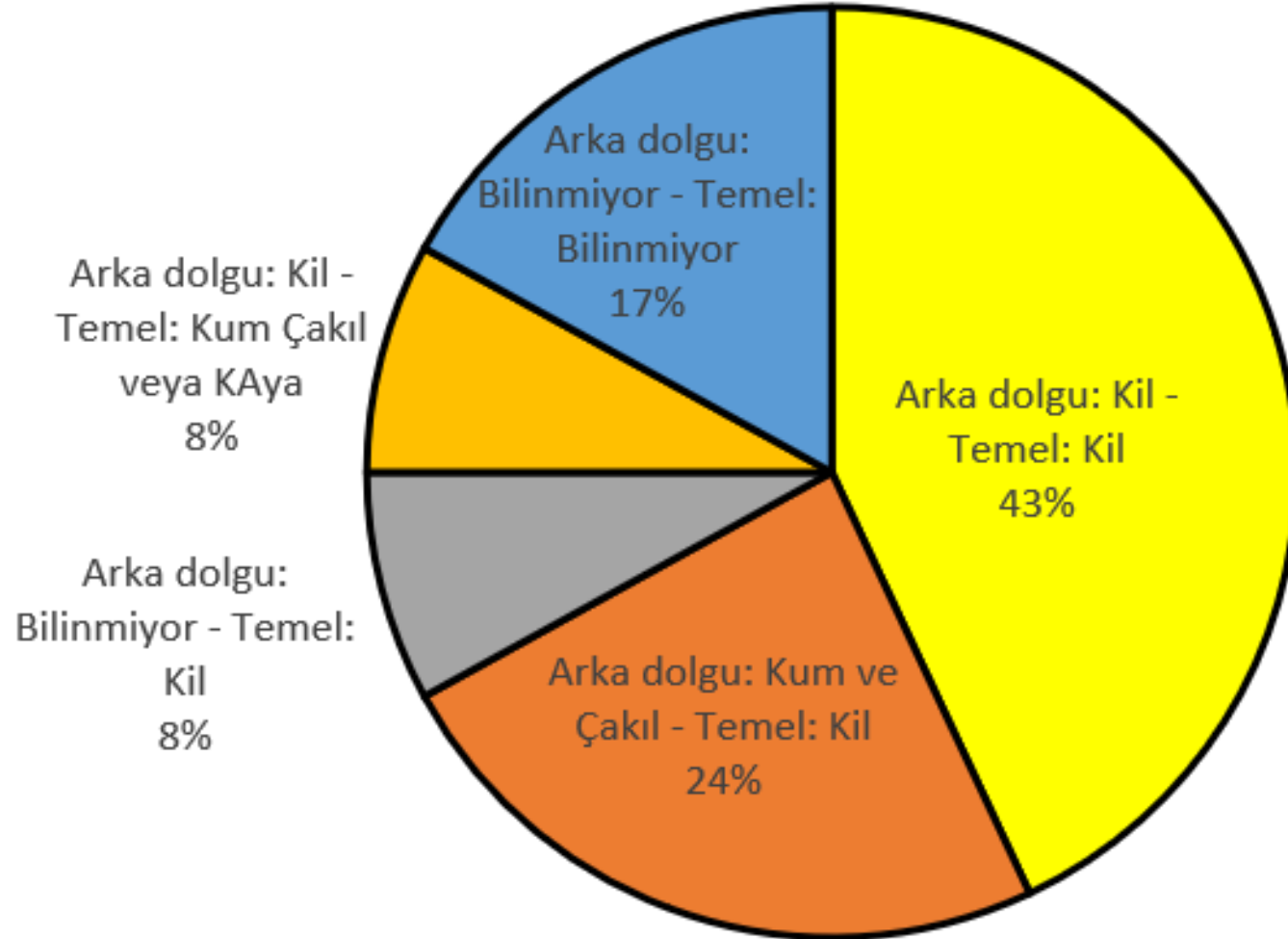
RİJİT BETON İSTİNAT DUVARLARIN HASAR SEBEPLERİ

Rijit beton istinat duvarların hasar sebepleri (Techeng ve Iseux 1972)

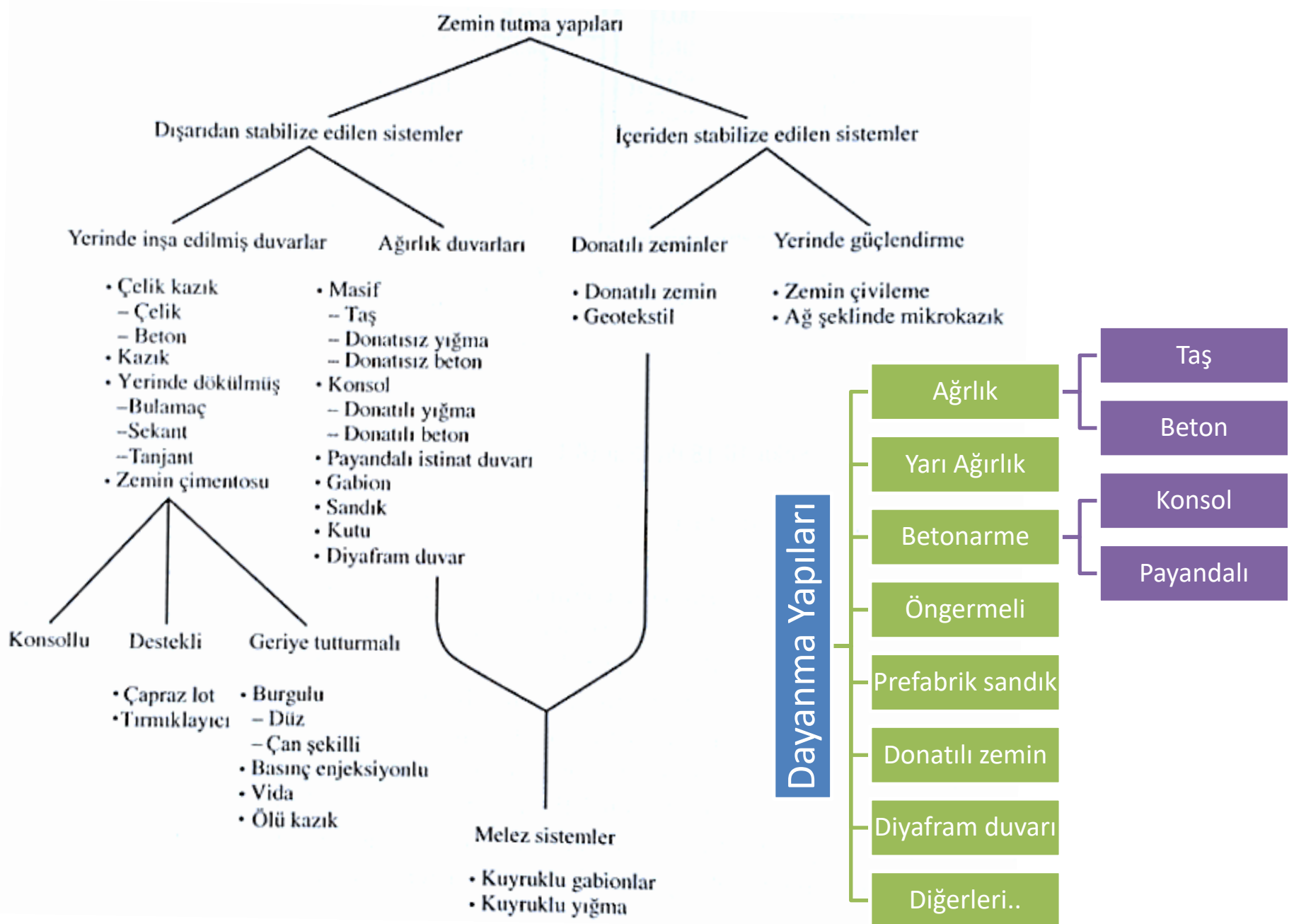


RİJİT BETON İSTİNAT DUVARLARIN HASAR SEBEPLERİ

Arka dolgu ve temel malzemesi hatalı istinat duvarları (Ireland 1964)

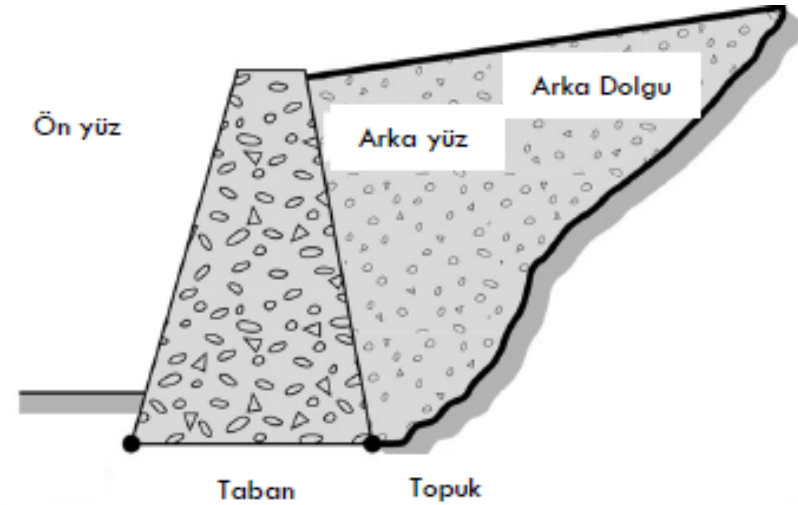


İSTİNAT DUVARLARININ TÜRLERİ



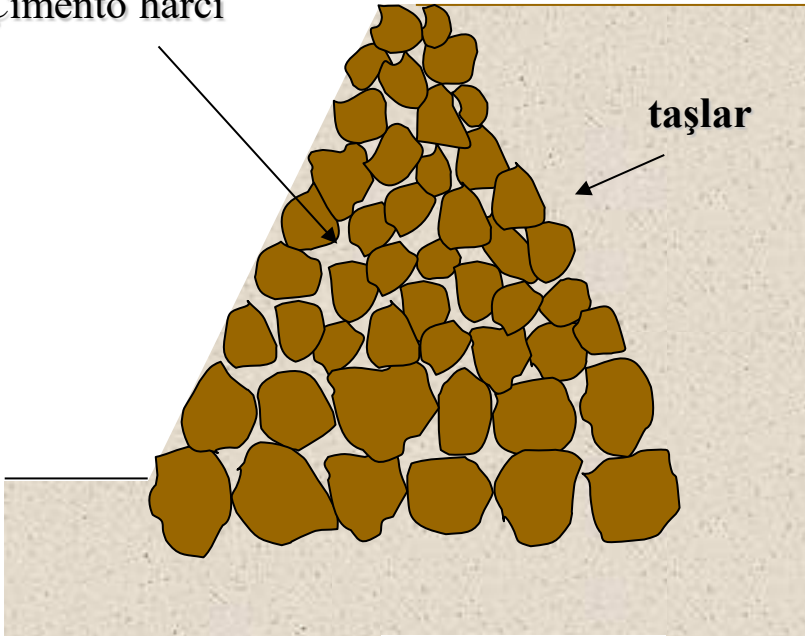
Ağırlık Tipi İstinat Duvarları

- Bilinen en eski yapılardandır.
- Betondan veya kaya parçalarının harçla birleştirilmesi ile inşa edilirler.
- Duvar arkasındaki dolgu yüklerini kendi ağırlığı ile karşılar.
- Duvar arkası yükler nedeniyle çekme gerilmeleri genellikle oluşmaz veya çok düşük değerlerde kalır.
- 4.5 m yüksekliğe kadar ekonomiktir.

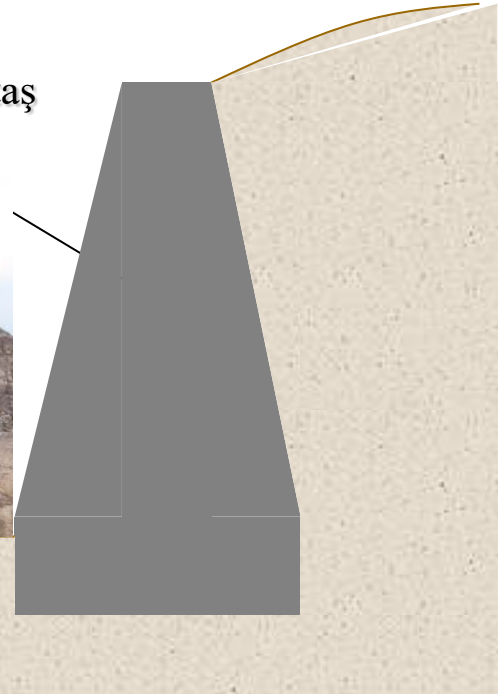


Çimento harcı

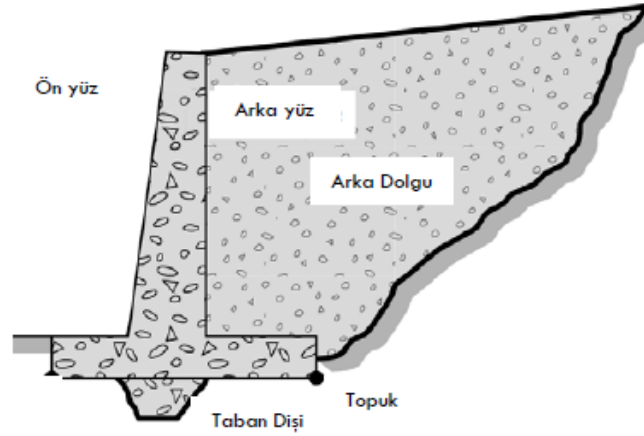
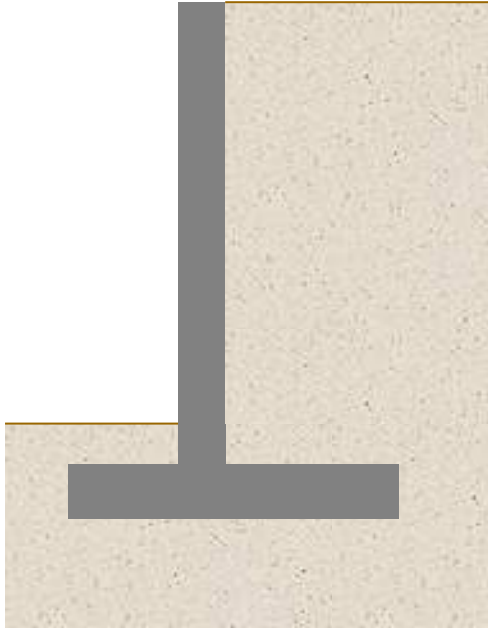
taşlar



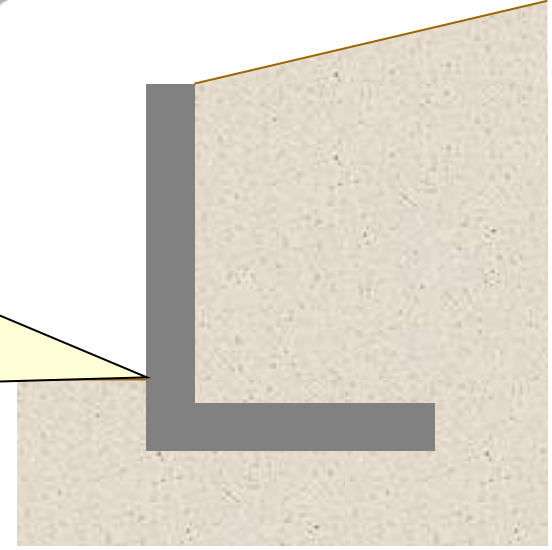
Donatısız beton ya da taş duvar



Konsol İstinat Duvarları

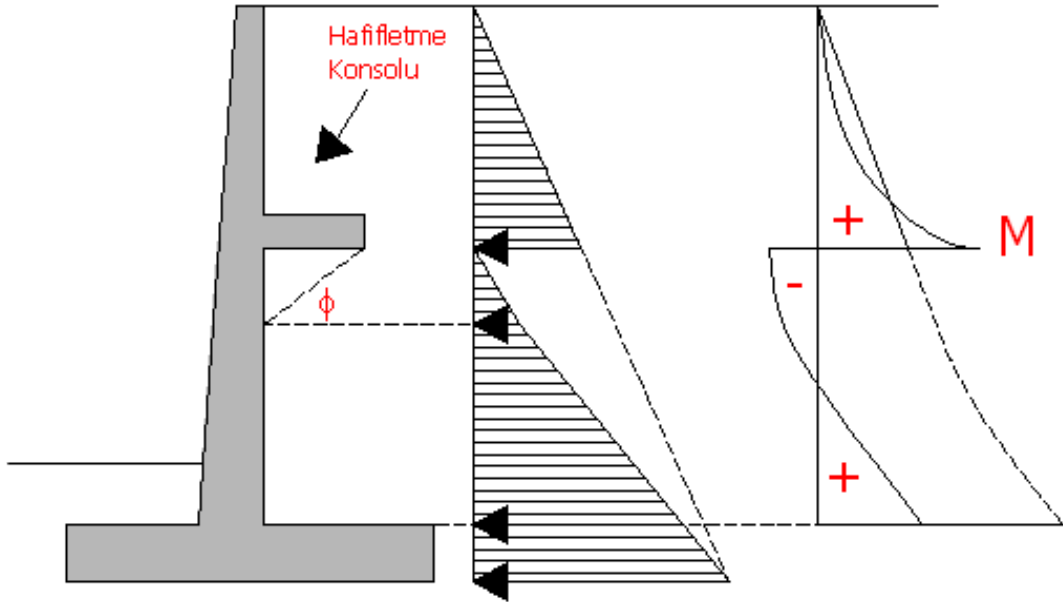
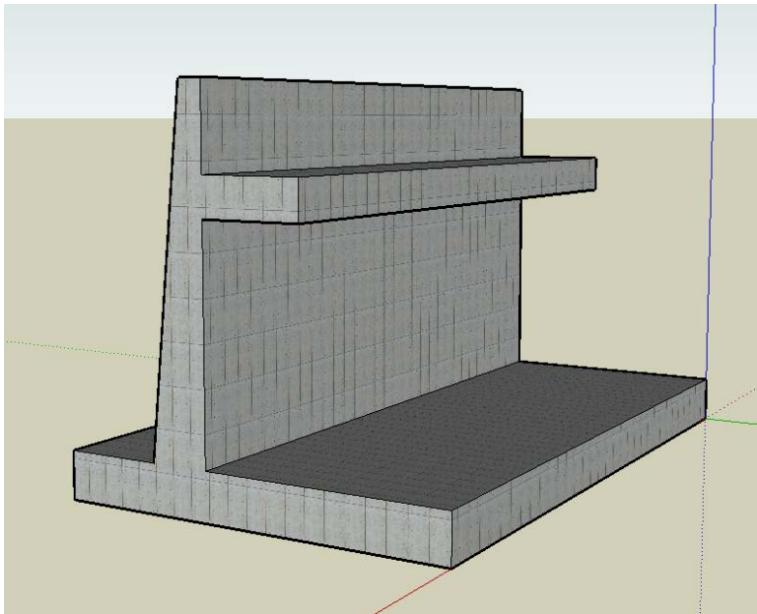


Donatılıdır. Ağırlık tipi istinat duvarlarına göre kesitleri daha küçüktür.

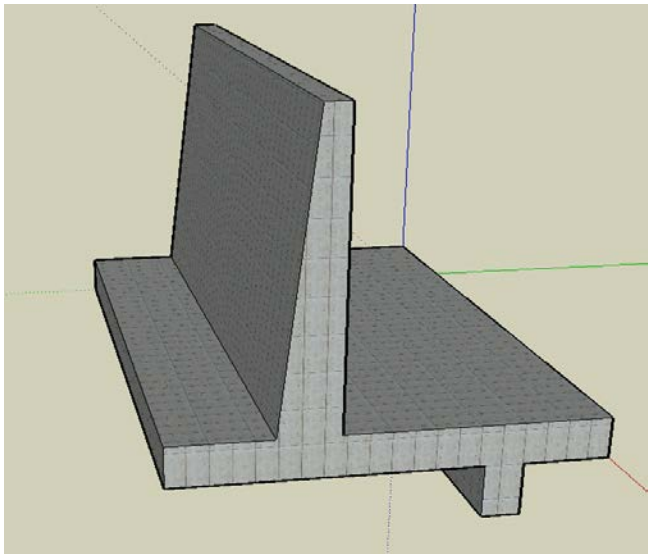


- Betonarme olarak inşa edilirler.
- Tipik olarak yatay bir temel ve düşey bir duvardan oluşurlar.
- Topuk altındaki zemin kütesinin ağırlığı duvarın stabil kalmasını sağlar.
- Konsol duvarlar 10m yüksekliğe kadar ekonomiktir. Zemine sabitlenmiş düşey konsollar gibi çalışırlar.

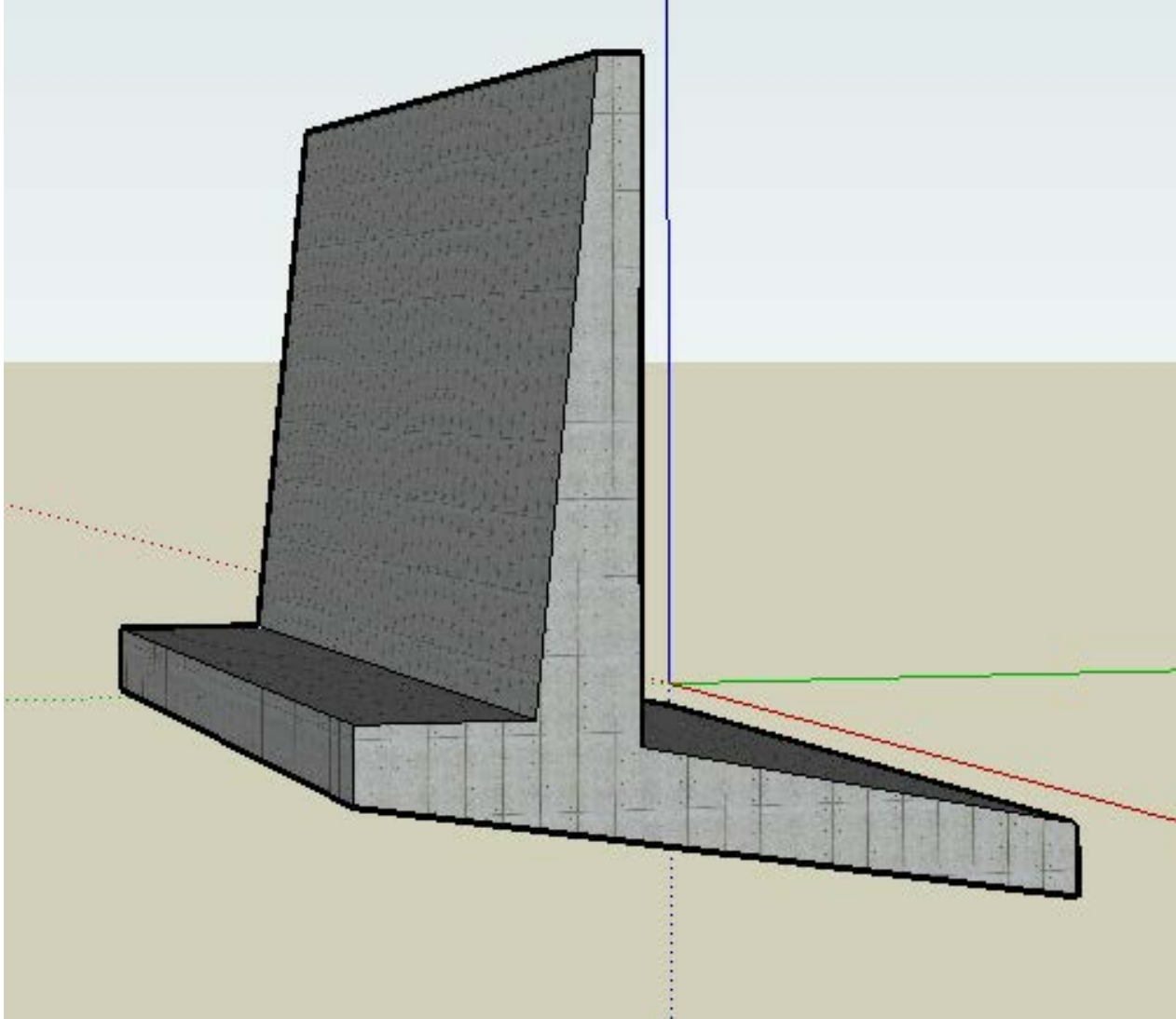
Hafifletme konsollu betonarme istinat duvarı örneği



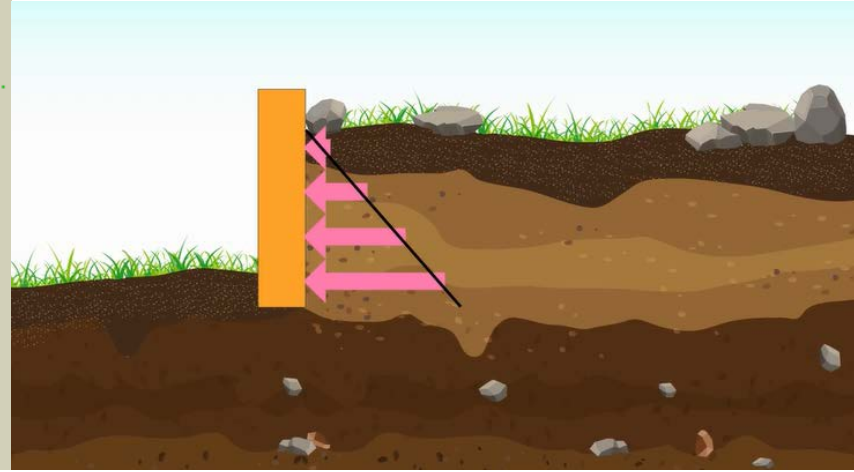
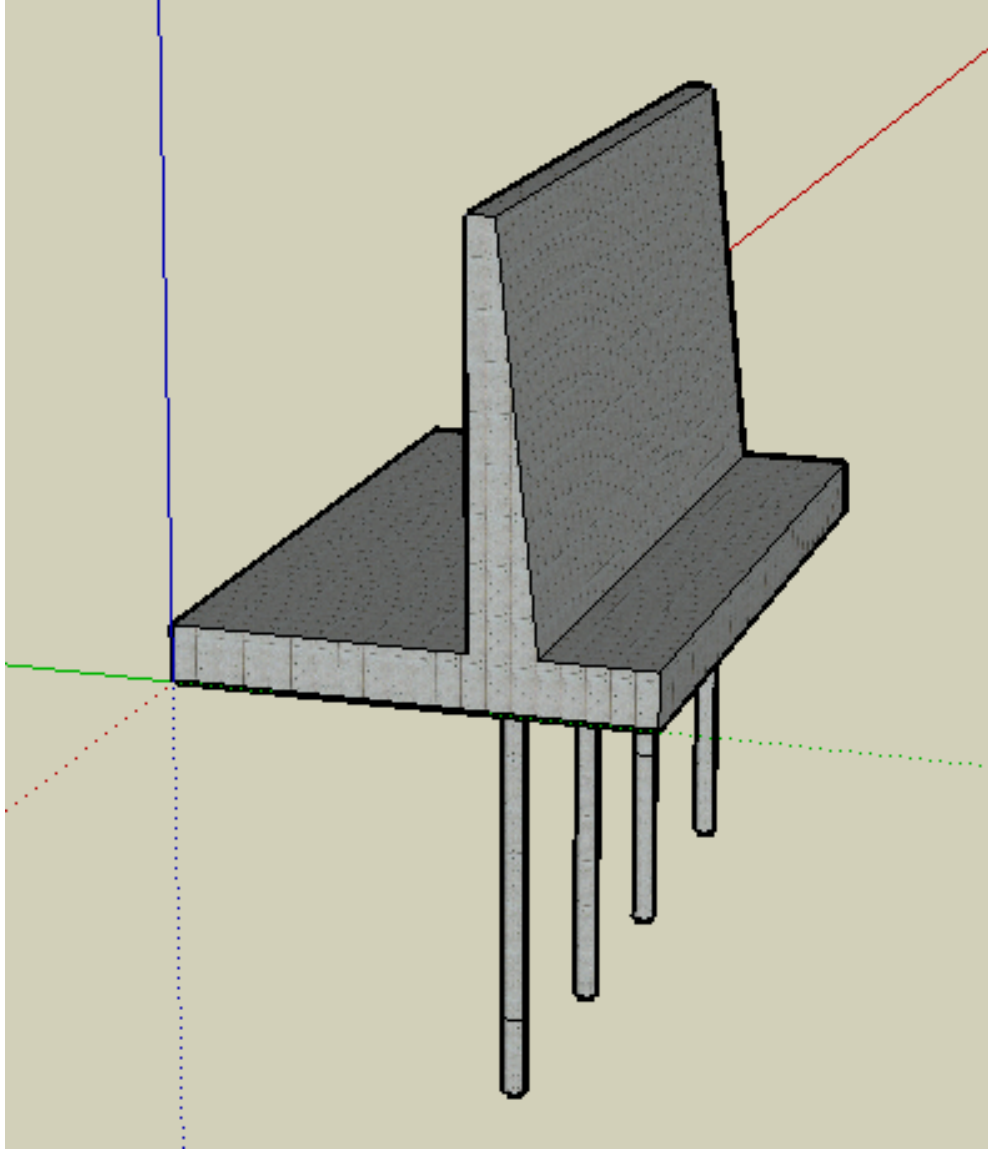
Taban plağı dışı betonarme istinat duvarı örneği



Taban eğimli betonarme istinat duvarı örneği

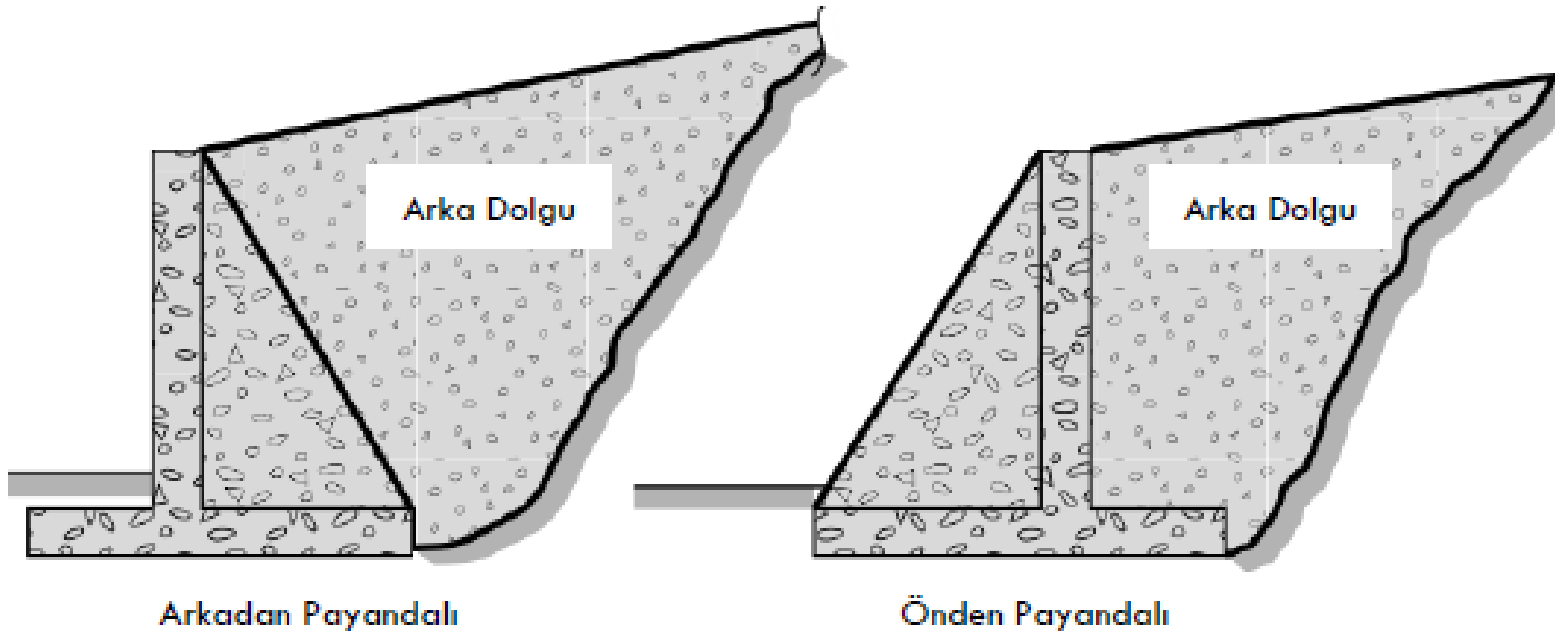


Ankraj kazıklı betonarme istinat duvarı örneği



Payandalı İstinat Duvarları

- Konsol duvarlarda yüksekliğin fazla olması durumunda daha ekonomik kesitlerle çözüm oluşturmak amacıyla duvar arkası veya önünde duvarın gövde ve taban plağını birleştiren üçgen şekilli payandalar oluşturulabilir.
- Payandalar en az 2.5 m aralıklarla düzenlenir.
- Gövde plağındaki momentlerin daha iyi bir dağılımı için gövde plağı arkasında bir konsol oluşturularak yanal gerilmeler azaltılabilir.



Gabyon Duvar

- Kaya parçalarının önceden hazırlanmış tel kalıplar içerisinde doldurularak üst üste yerleştirilmesi ile inşa edilirler.

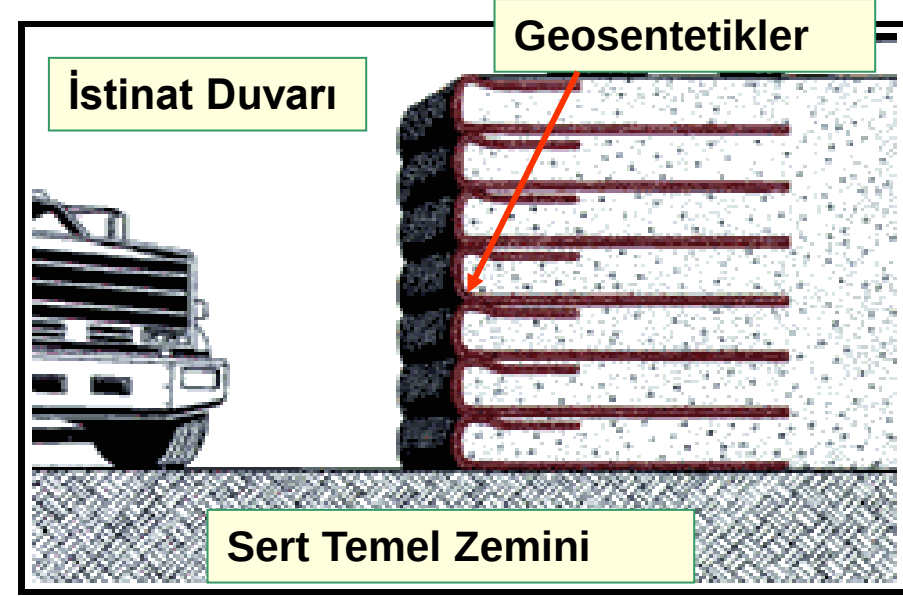
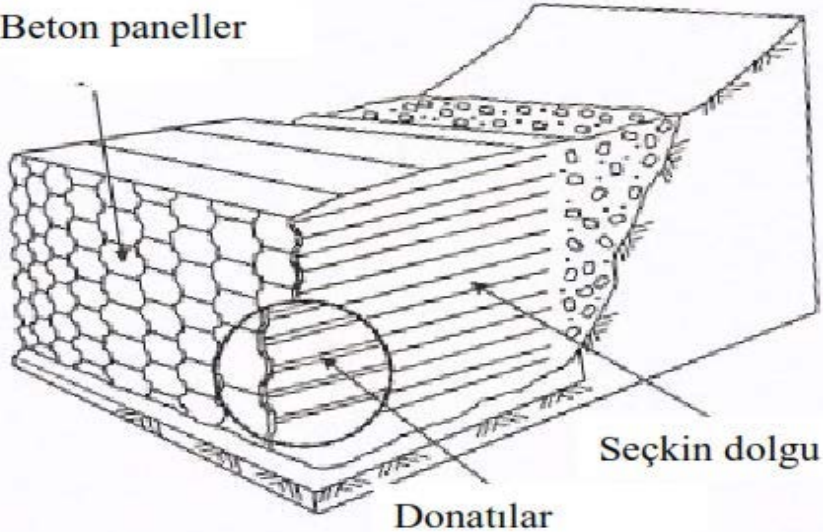


Toprakarme istinat duvarı

Özellikle taban alan genişliği nedeniyle eğimli arazilerde uygulanmalarında çeşitli sıkıntılar doğmaktadır.



Beton paneller



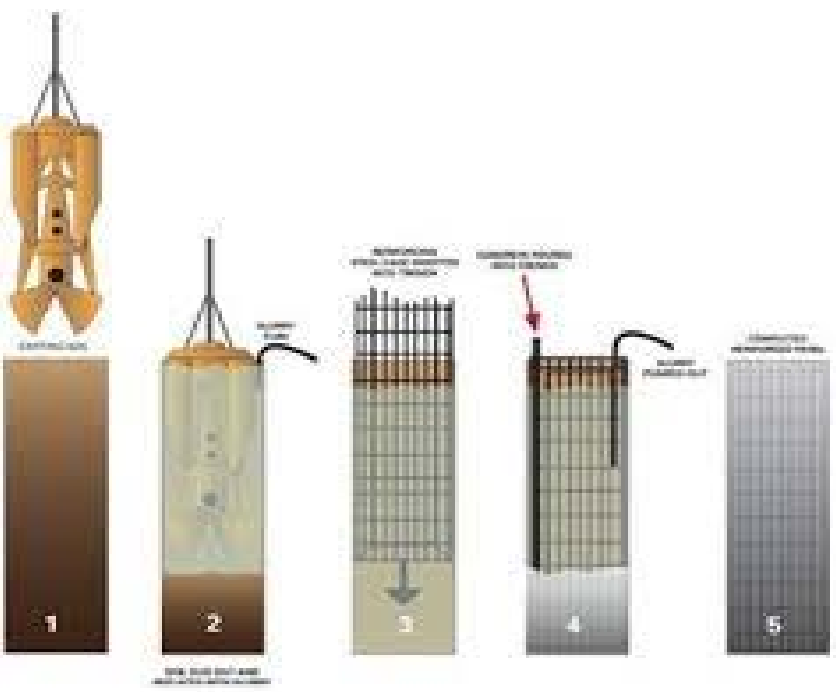
Dolgunun dökülmesini önlemek ve estetik bir görüntü oluşturmak üzere donatı elamanlarının dış uçlarına irtibatlı yüzey elemanları yerleştirilir. Özellikle viyadük yaklaşım dolgularında sıklıkla kullanılır.

Toprakarme istinat duvarı



Diyafram Duvar

Diyafram duvarlar genellikle geçirimsizlik perdesi veya bir kazıyı tutan yapı elemanı olarak ya da her iki fonksiyonu bir arada sağlayan yapı elemanı olarak projelendirilirler. Açık bir kazı yüzeyini tutan diyafram duvarlar aynı zamanda taşıyıcı duvar veya kazıya bitişik yapıları tutmak için de kullanılabilir. Derin hendek içerisinde bütünüyle zemine gömülü olarak oluşturulan bir betonarme membran perdedir.



Diyafram duvarlar genellikle atlamalı olarak ayrı ayrı inşa edilen, birincil ve ikincil olarak adlandırılan anolardan teşkil edilirler. Bir anonun inşası sırasında izlenen imalat yöntemi aşağıdaki gibidir:

Kazı yapılması

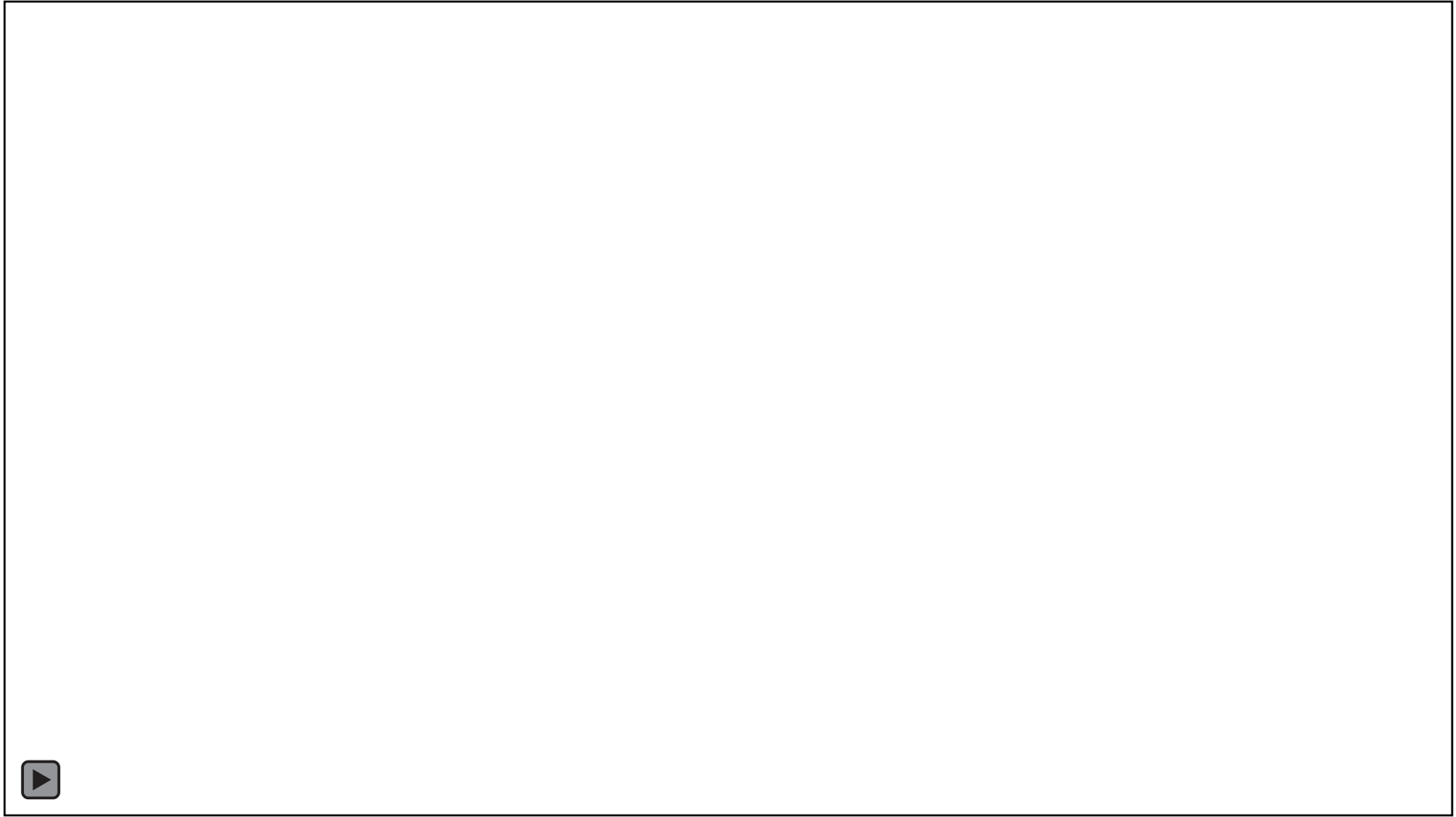
Zemin cinsine bağlı olarak hidrolik frezeler (trench cutter veya hydromill) ve/veya grab adı verilen kovalar kullanılarak bulamaç hendeği (slurry trench) yöntemi ile hendek kazısı yapılır.

Donatı yerleştirilmesi

Tasarım uzunluğunda hazırlanmış ve bağlanmış olan donatı kafesi ağır tonajlı vinçlerin yardımı ile hendek içerisine yerleştirilir.

Beton dökümü

Tremie yöntemi ile, hendek içerisine dipten yukarıya doğru beton dökümü yapılarak anonun imalatı tamamlanır.



Palplanş Perde Duvar

Genellikle geçici dayanma yapıları oluştururlar ve işin tamamlanmasından sonra kazı çukurundan çekilerek tekrar kullanılırlar.



Palplanşlar titreşimli çekiçler ile zemine çakılır/çıkarılır.



Çakım sırasında düzgün bir perde elde etmek için klavuz kirişler kullanılır.

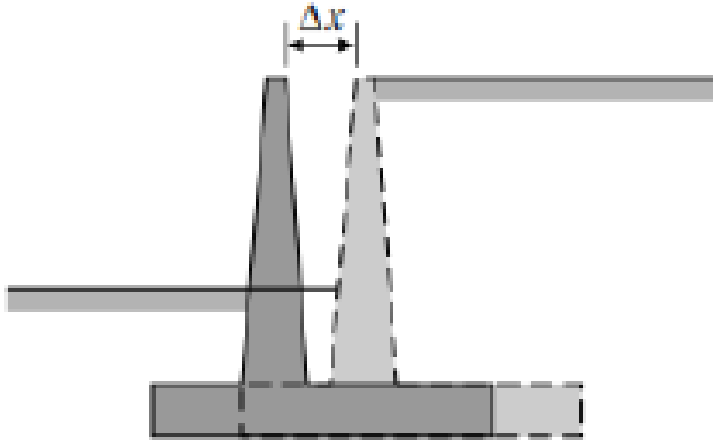


Palplanş perdeler kazı çukuru iksalarında da kullanılır.

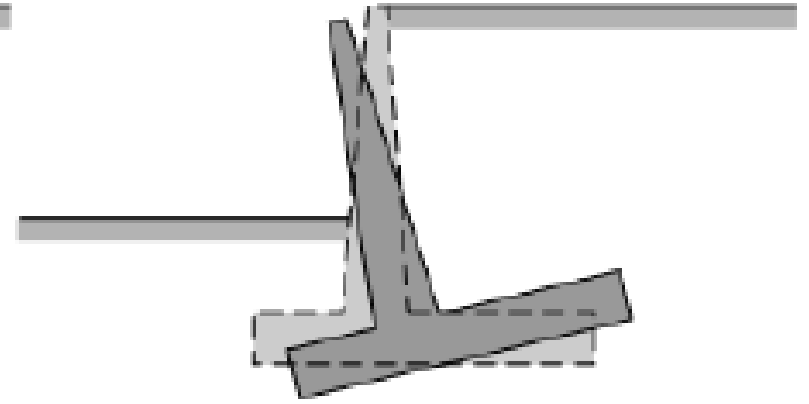


Palplanş elemanlar uçlarındaki soketler ile birbirine geçmeli imal edilirler.

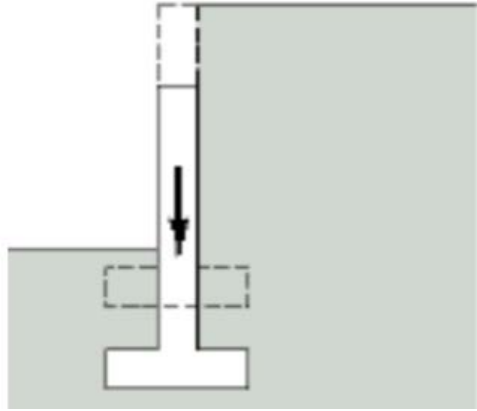
İSTİNAT YAPILARINDA STABİLİTE



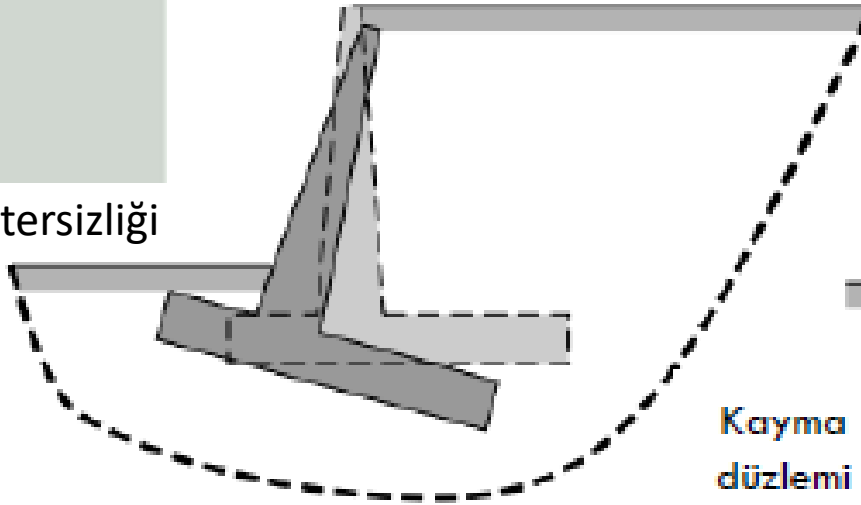
Kayma



Devrilme veya taşıma gücü problemi

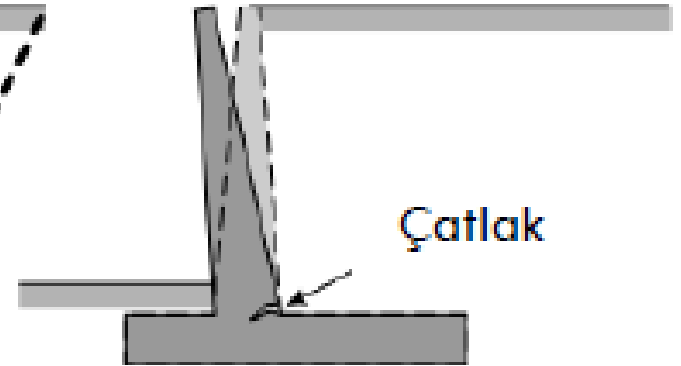


Taşıma gücü yetersizliği



Derin göçme

Kayma düzlemi



Çatlak

Yapısal hata

İSTİNAT YAPILARINDA STABİLİTE



İSTİNAT YAPILARINDA STABİLİTE



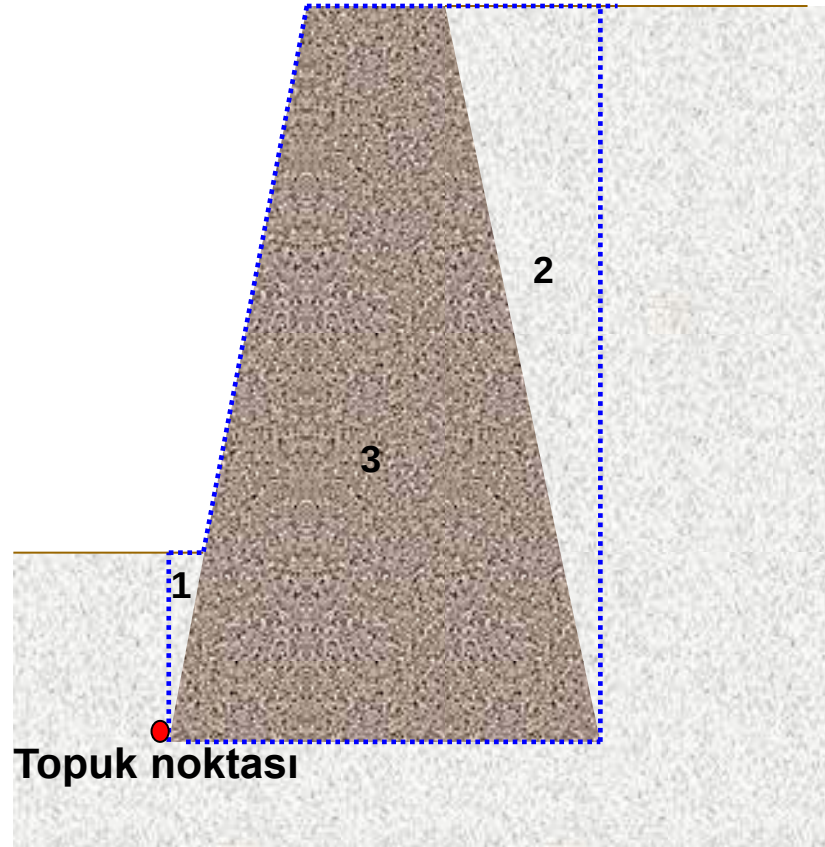
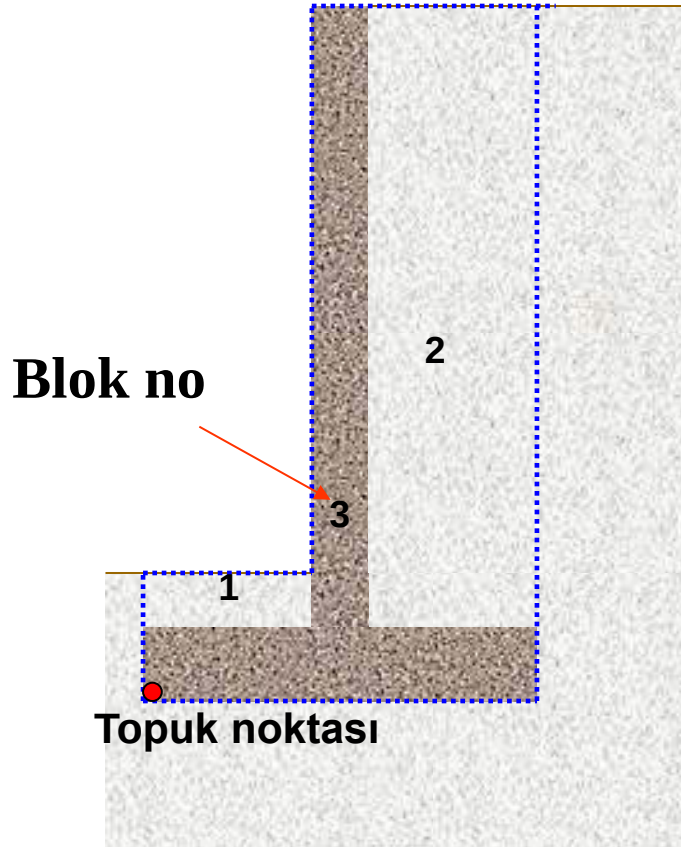
İSTİNAT YAPILARINDA STABİLİTE



İSTİNAT YAPILARINDA STABİLİTE

İstinat Duvarı Tasarımı

- Kohezyonsuz Zeminlerde



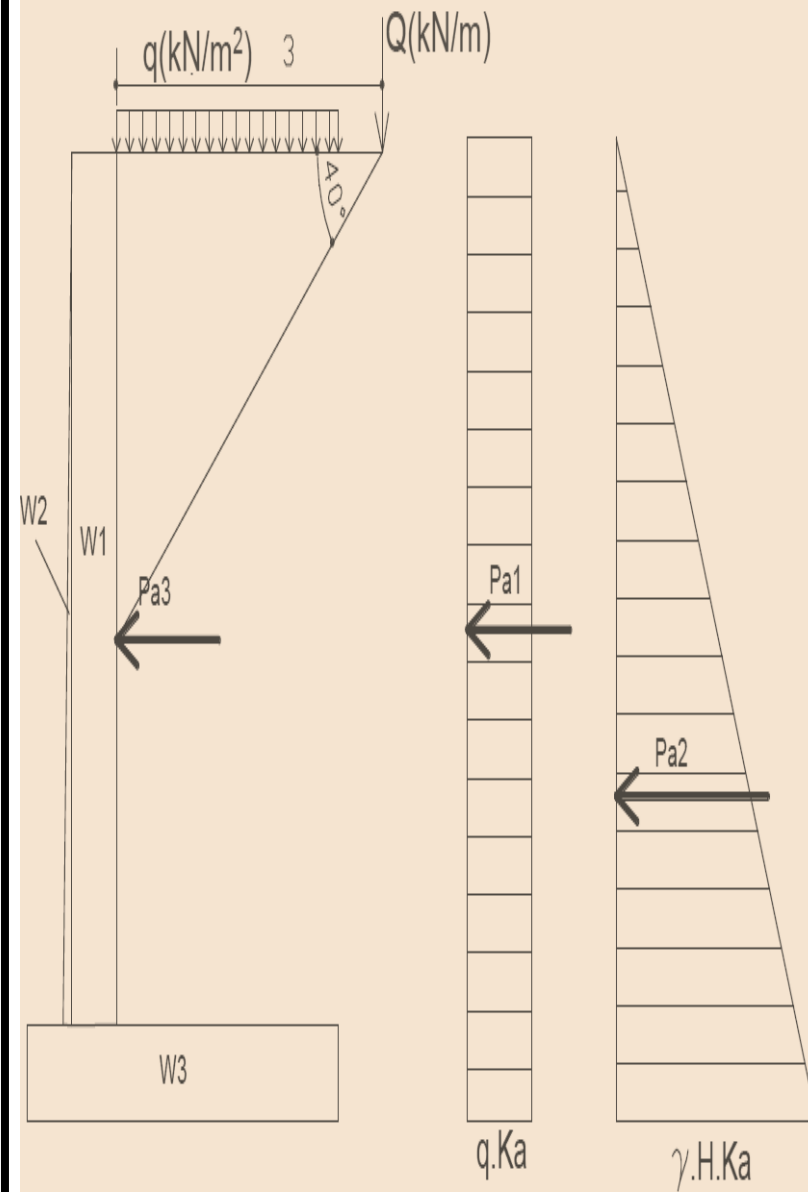
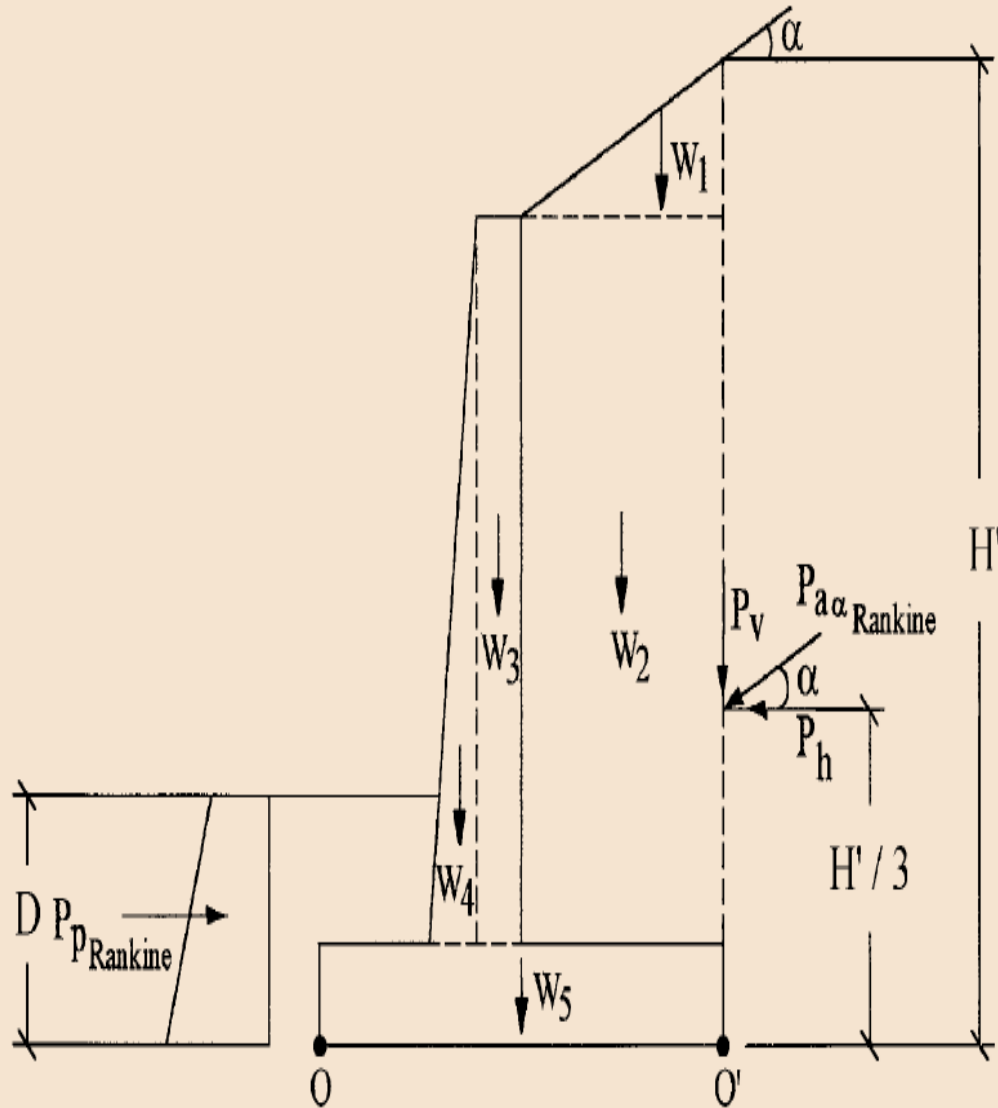
W_i = i bloğunun ağırlığı

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.

İSTİNAT YAPILARINDA STABİLİTE

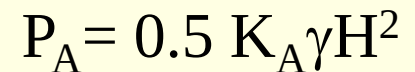
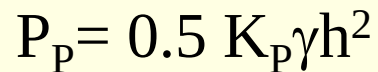
İstinat Duvarına Etkiyen Kuvvetler



Duvar Tabanı Boyunca Kaymaya Karşı Güvenlik

ϕk_1 ; duvar tabanı ile zemin arasındaki sürtünme
 k_2c ; taban ile zemin arasındaki adezyon
 k_1 ve $k_2 = 1/2$ ile $2/3$ arasındadır.

Deprem yükleri altında 1.1



İSTİNAT YAPILARINDA STABİLİTE

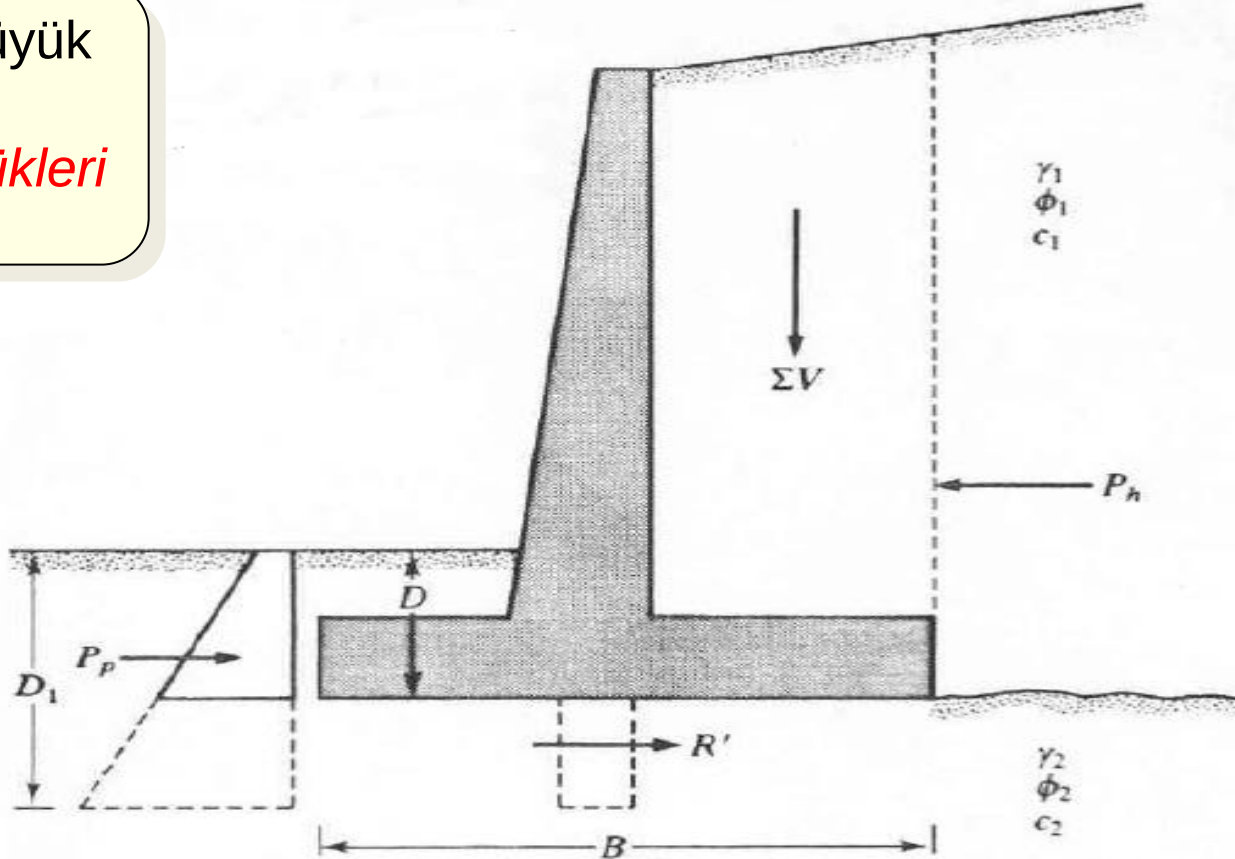
Duvar Tabanı Boyunca Kaymaya Karşı Güvenlik

$$G_s = \frac{\sum F_{Direnen}}{\sum F_{Kaydırıcı}} = \frac{\text{Kaymaya karşı koyan kuvvetler}}{\text{Duvarı kaydırmaya çalışan kuvvetler}} = \frac{(\sum F_v)\tan(\phi k_1) + Bk_2c + P_p}{P_A \cos \alpha + P_W}$$

ϕk_1 ; duvar tabanı ile zemin arasındaki sürtünme
 k_2c ; taban ile zemin arasındaki adezyon
 k_1 ve $k_2 = 1/2$ ile $2/3$ arasındadır.

1.5' dan büyük olmalıdır.

Deprem yükleri altında 1.1



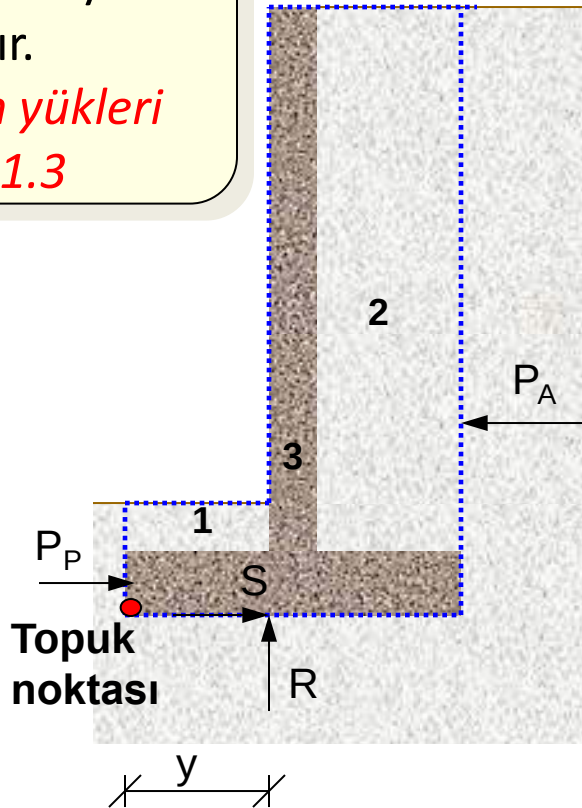
İSTİNAT YAPILARINDA STABİLİTE

Topuk Noktası Etrafında Devrilmeye Karşı Güvenlik

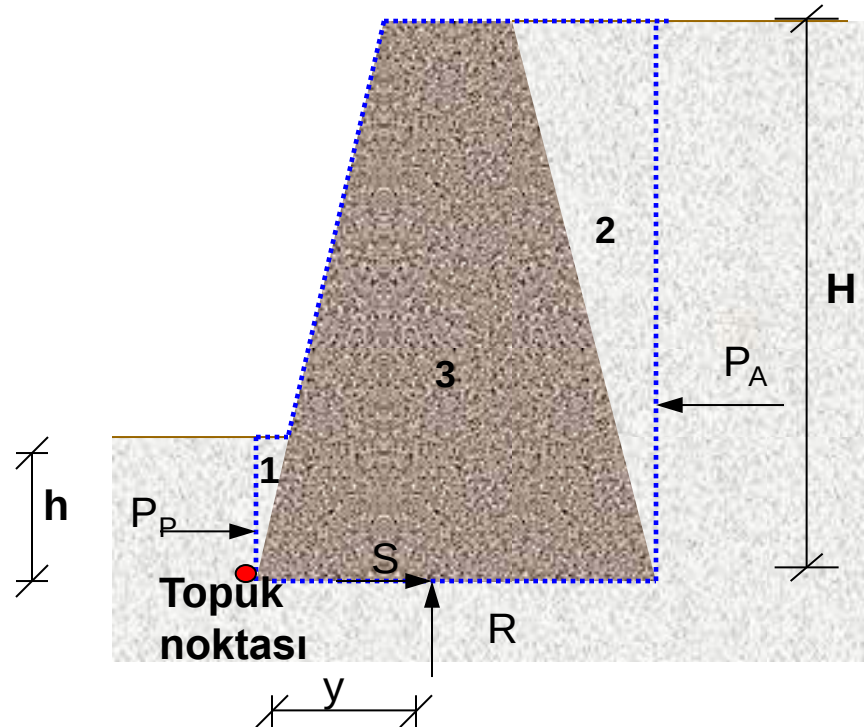
$$G_s = \frac{M_{Direnen}}{M_{Deviren}} = \frac{\text{Topuk noktasına göre momentlerin toplamı}}{PA_h\left(\frac{H}{3}\right)}$$

2.0' den büyük olmalıdır.

Deprem yükleri altında 1.3



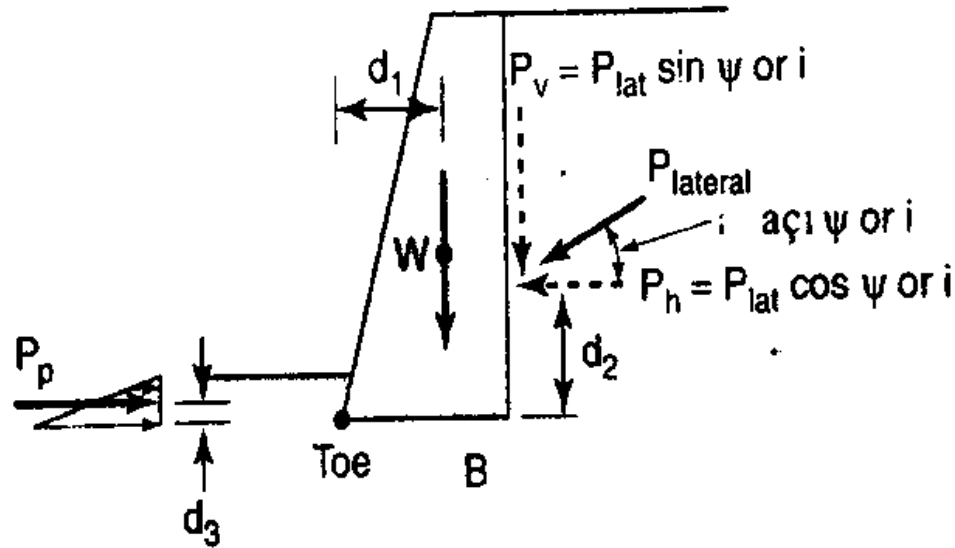
Etkiyen kuvvetlerden aktif itkinin yatay bileşeni duvarı devirici, diğer tüm kuvvetler devrilmeyi önleyici momentler doğurmaktadır.



İSTİNAT YAPILARINDA STABİLİTE

Topuk Noktası Etrafında Devrilmeye Karşı Güvenlik

$$G_s = \frac{M_{Direnen}}{M_{Deviren}} = \frac{\text{Topuk noktasına göre momentlerin toplamı}}{Ph(\frac{H}{3})}$$



$$M_{burun} \text{ (deviren)} = P_h d_2$$

$$M_{burun} \text{ (ddirenen)} = Wd_1 + P_v B + P_p d_3$$

$$FS = \frac{\sum M}{\sum M}$$

İSTİNAT YAPILARINDA STABİLİTE

Toptan (Genel) Göçme Tahkiki

iCad Kazık

Proje Rapor Hakkımızda

Proje Bilgisi Seçenekler Geometri Bilgisi Zemin Bilgisi Malzeme Bilgisi Deprem Bilgisi Sürgeji Bilgisi Analiz Donatı Düzenle Çizim

Daire başlangıç noktası

(x) : 12 [m]
(y) : 11.9 [m]

Daireler

Analiz sonucu

No	Statik	Dinamik	R _{xy}
1	14,415	3,28	16,9
2	13,726	3,24	17,62
3	13,111	3,2	18,36
4	12,56	3,17	19,13
5	12,062	3,14	19,92
6	17,596	3,52	17,62
7	16,761	3,47	18,31
8	16,015	3,42	19,03
9	15,345	3,38	19,77
10	14,739	3,35	20,54
11	21,174	3,73	18,37
12	20,179	3,67	19,04
13	19,289	3,62	19,73
14	18,487	3,58	20,45
15	17,761	3,54	21,19
16	25,16	3,92	19,15
17	23,993	3,85	19,78
18	22,946	3,8	20,45
19	22	3,75	21,14
20	21,142	3,71	21,86

Analiz sayısı

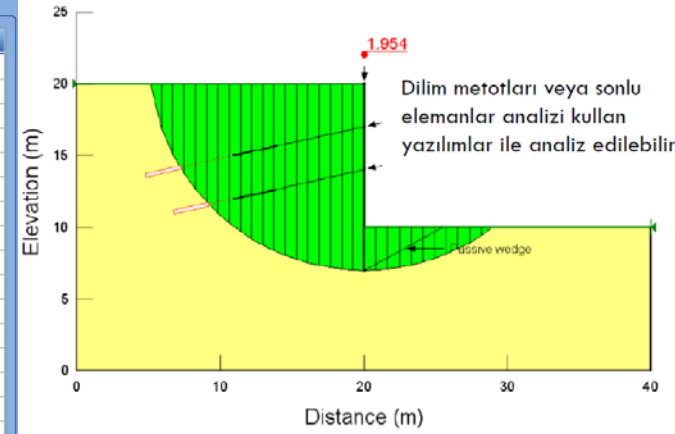
Sütunlar 4 Adet
Satırlar 5 Adet
Sütun aralığı 1 [m]
Satır aralığı 1 [m]

Toptan Göçme Analizi Yap

Detaylı sonuçlar

☒ Statik ☐ Dinamik

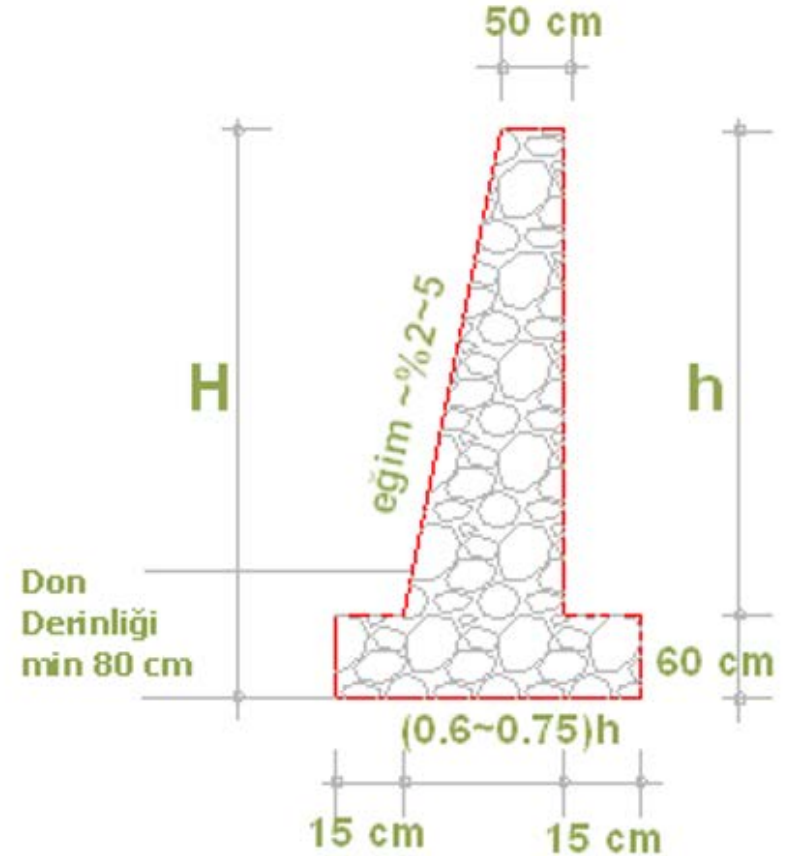
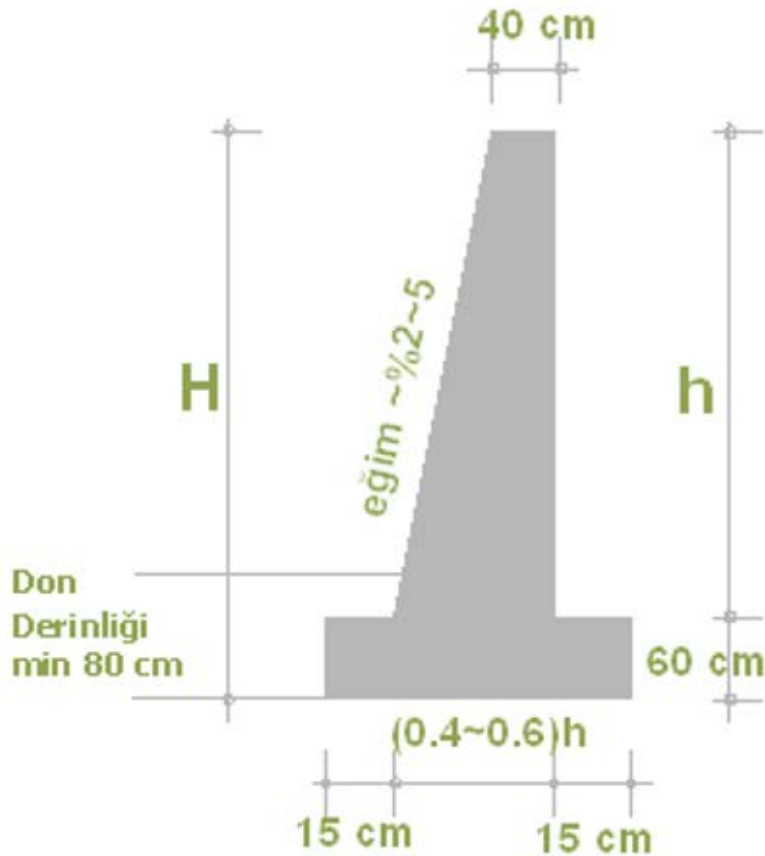
No	B _i	X _i	A _{fai}	H _i	A _i	A _b	G _{qj}	G _i	T _i	N _i
1	0,01	-11,995	-45,216	0,01	0	0	0	0	0	0
2	0,01	-11,985	-45,168	0,02	0	0	0	0	0	0



İSTİNAT DUVARLARINDA ÖN BOYUTLANDIRMA

Masif istinat duvarları için yüksekliğe bağlı ön boyutlar

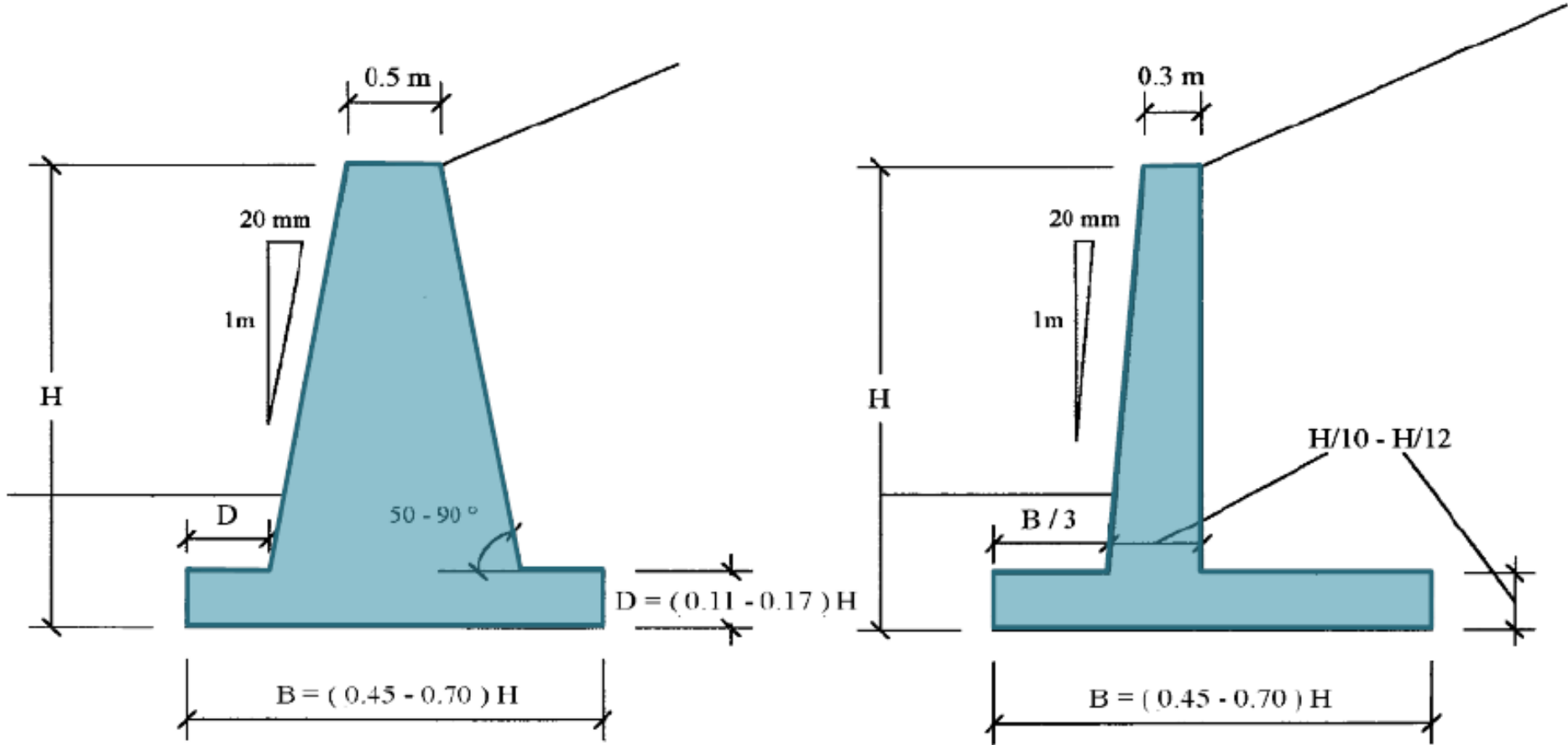
Bütün projelendirmelerde olduğu gibi istinat duvarlarının projelendirmesinde de öncelikle istinat duvarının ön boyutlandırması yapılmalıdır. Sonrasında ise seçilen bu boyutların yeterli olup olmadığı tahkik edilmelidir. Bu aşamada birim uzunluğa gelecek kuvvetlerin doğru belirlenmesi oldukça önemlidir.



İstinat duvarında ön boyutlar

İSTİNAT DUVARLARINDA ÖN BOYUTLANDIRMA

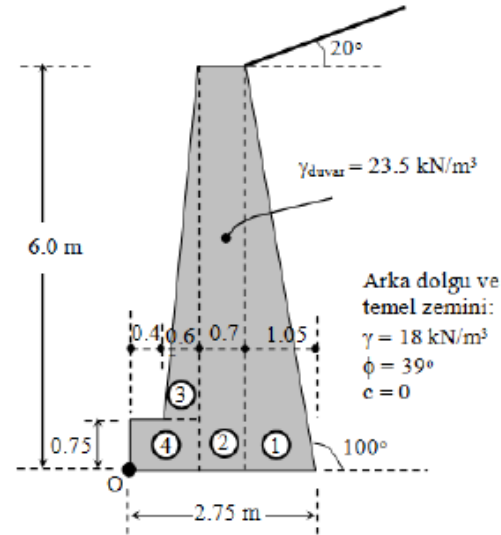
Masif istinat duvarları için yüksekliğe bağlı ön boyutlar



İstinat duvarında ön boyutlar

İSTİNAT YAPILARININ SİSMİK PROJENDİRİLMESİ

Deprem Yüklerinin Hesabı Mononobe-Okabe Metodu



$k_h = 0.15$ ve $k_v = 0.075$ için duvardaki devirici momenti hesaplayınız.

$$k_h = \frac{\text{Deprem ivmesinin yatay bileşeni}}{\text{Yerçekimi ivmesi, } g}$$

$$k_v = \frac{\text{Deprem ivmesinin düşey bileşeni}}{\text{Yerçekimi ivmesi, } g}$$

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right) \quad \psi = \tan^{-1} \left(\frac{0.15}{1 - 0.075} \right) = 9.2$$

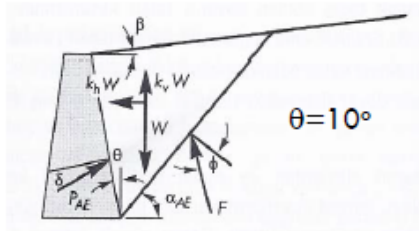
$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \psi)}{\cos \psi \cos^2 \theta \cos(\delta + \theta + \psi) \left[1 + \frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \beta - \psi)}{\cos(\delta + \theta + \psi) \cos(\beta - \theta)} \right]^2}$$

$$K_{AE} = 0.605$$

$$P_{AE} = \frac{1}{2} K_{AE} \gamma H^2 (1 - k_v)$$

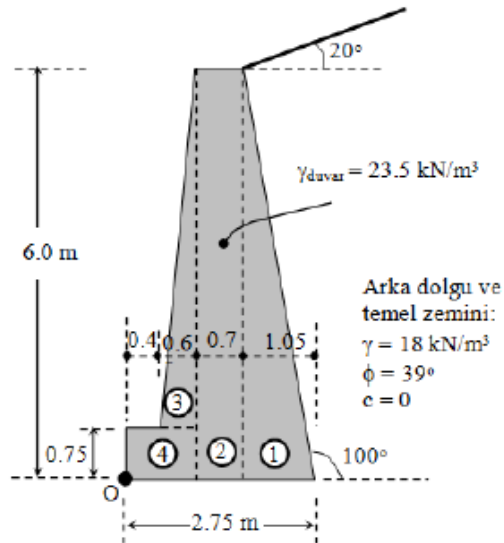
$$P_{AE} = 0.5 * 0.605 * 18 * 6^2 * (1 - 0.075) = 181.57 \text{ kN/m}$$

Aktif ve pasif zemin ortamının plastik duruma ulaştığı anda, deprem etkilerini de eş değer bir kuvvet gibi kabul ederek, duvar arkasındaki zemin kamasına etkileyen tüm kuvvetlerin dengesini dikkate alan bir çözüm yöntemidir. Coulomb yönteminde yapılan kabuller aynen geçerlidir. Depremden dolayı oluşan yatay ve düşey zemin ivmelerinin istinat duvarı yüksekliğince değişmediği kabul edilmektedir. Yatay ve düşey zemin ivmelerinin Coulomb'un aktif ve pasif zemin kamasında oluşturduğu atalet kuvvetleri eşdeğer statik bir yük gibi kabul edilerek, toplam zemin itkileri, zemin kamasına etkileyen kuvvetlerin dengesinden doğrudan hesaplanır.



İSTİSAT YAPILARININ SİSMİK PROJENDİRİLMESİ

Deprem Yüklerinin Hesabı Mononobe-Okabe Metodu



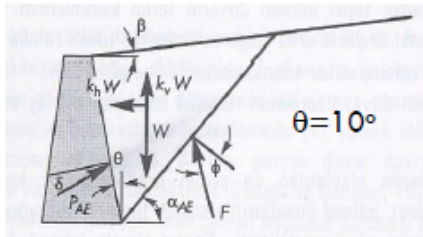
$$\Delta P_{AE} = P_{AE} - P_A \quad \Delta P_{AE} = 181.57 - 122.15 = 59.42$$

$$h = \frac{P_A H / 3 + \Delta P_{AE} (0,6H)}{P_{AE}}$$

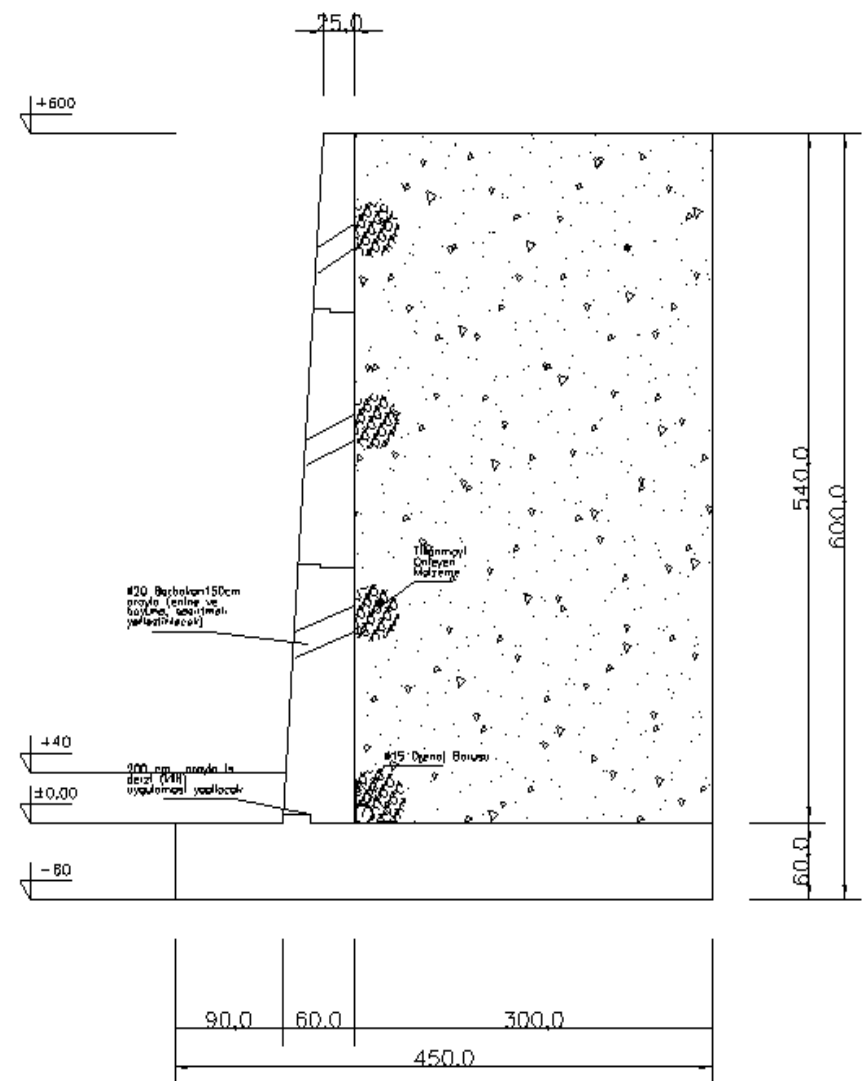
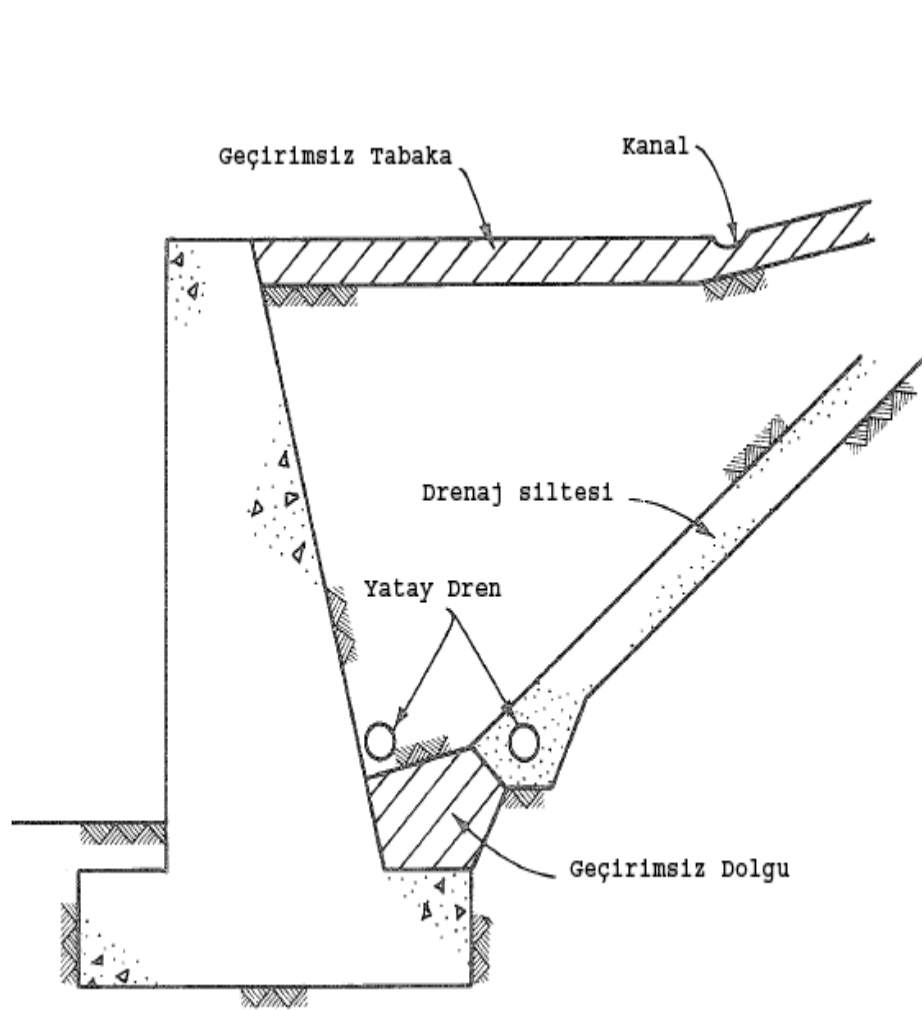
$$h = \frac{122.5 \frac{6}{3} + 59.42 (0.66)}{181.57} = 2.53$$

Statik bileşen duvar tabanından $H/3$ mesafesinden etki eder. Dinamik bileşenin ise Seed ve Whitman tarafından duvarın $0.6 H$ mesafesinden etkiyeceği önerilmiştir.

$$M_o = P_{AEh} * h = 181.57 * 2.53 * \cos 26 = 412.88 \text{ kNm/m}$$

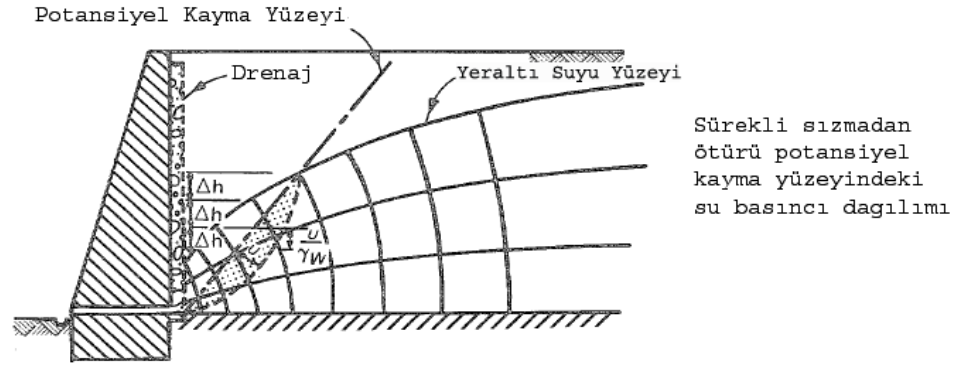


DRENAJ

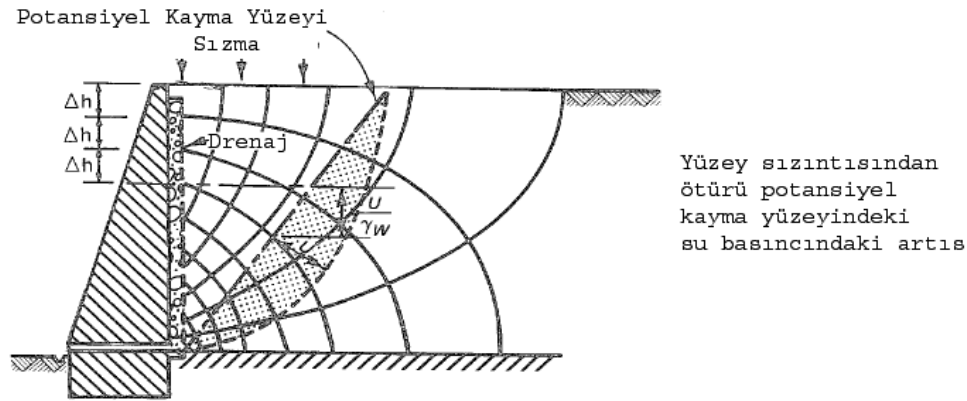


DRENAJ

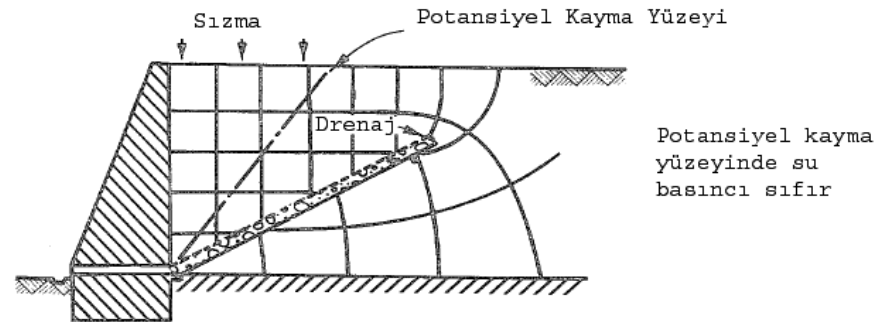
Drenaj yerinin aşırı hidrostatik basınç durumunda kayma yüzeyindeki etkisi



(a) Normal Sürekli Sızıntı Durumu (Dikey Drenaj)



(b) Yüzey Sızıntısı (Dikey Drenaj)

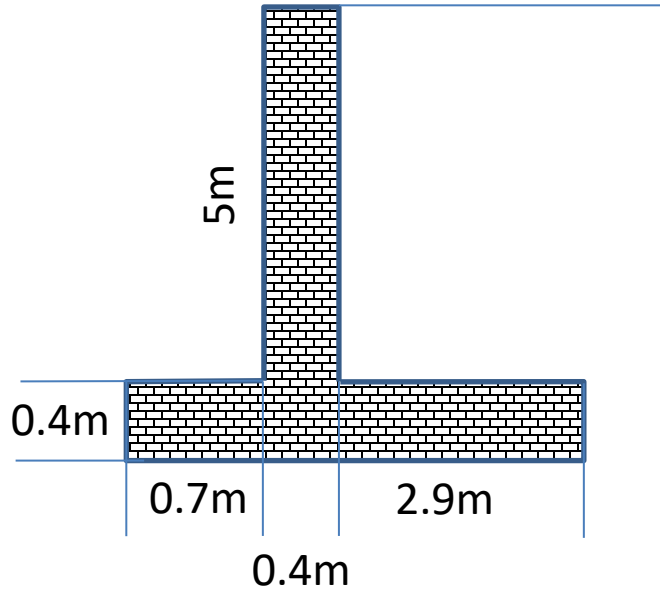


(c) Yüzey Sızıntısı (Dikey Drenaj)

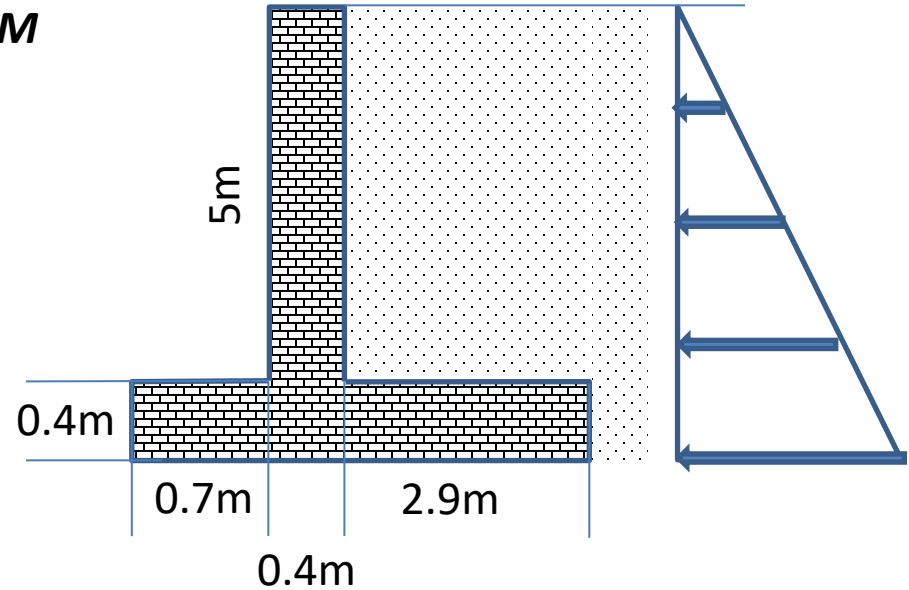
SORU 1

Aşağıda gösterilen konsol istinat duvarı, birim ağırlığı, 19 kN/m^3 , iç sürtünme açısı 30° plan bir granül malzemeyi desteklemektedir. Zeminin izin verilen taşıma gücünün 120 kN/m^2 , sürtünme katsayısının 0.4 ve betonun birim ağırlığının 24 kN/m^3 olduğunu varsayarak;

Kayma ve devrilmeye karşı emniyet emniyet faktörlerini belirleyiniz.



ÇÖZÜM



Öncelikle K_A yı hesaplayalım

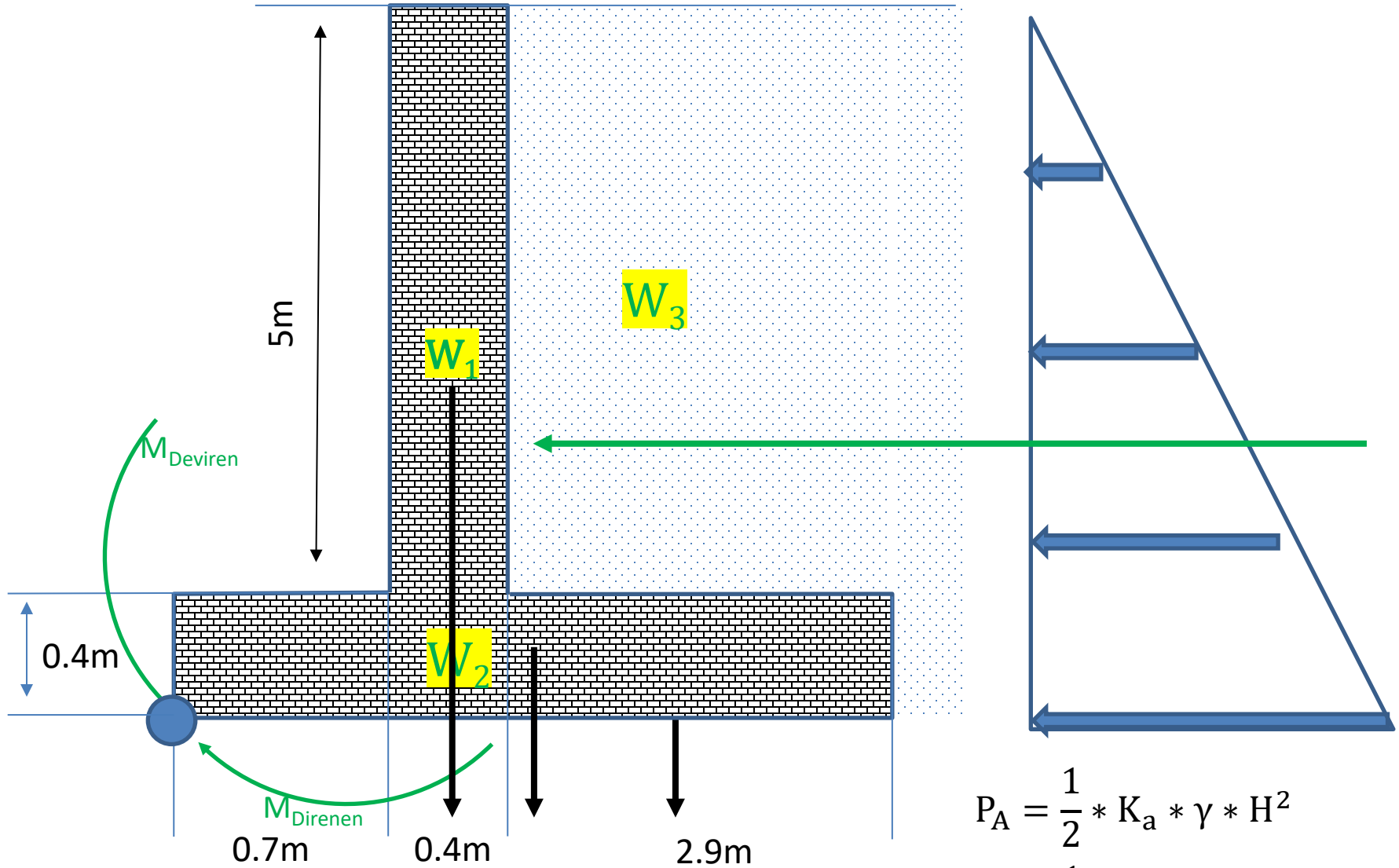
$$K_A = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) = 0.33$$

$$K_A = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \frac{1}{3}$$

1 m uzunluğunda bir duvar üzerinde etkili olan kuvvetleri düşünün!!!!

Dolgu nedeniyle duvara etki edecek yatay kuvvet önemli galiba P_A

SORU 1



$$P_A = \frac{1}{2} * K_a * \gamma * H^2$$

$$P_A = \frac{1}{2} * 0.333 * 19 * 5.4^2$$

$$P_A = 92.24$$

SORU 1

Devrilme Kontrolü;

Şimdi o noktasına göre moment alarak deviren momenti hesaplayalım.

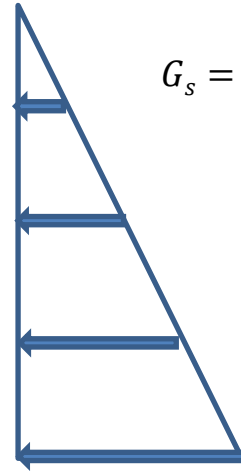
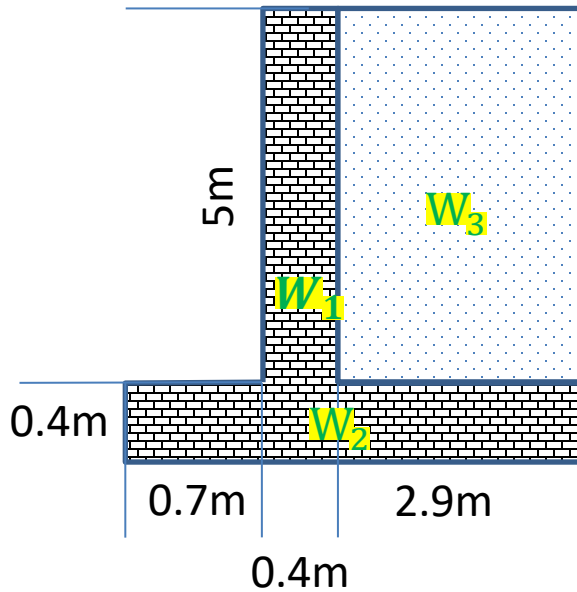
$$M_{Deviren} = 92.24 \frac{kN}{m} * \frac{5.4 m}{3} = 166.032 \text{ kN/m.m}$$

Bölüm	Alan (m ²)	Ağırlık/Düşey Kuvvet (kN/m)	Moment Kolu (m)	Moment (kNm/m)
Duvarın Ağırlığı (W ₁)	0.4m*5m=2	2*24 kN/m ³ =48	$0.7 + \frac{0.4}{2} = 0.9$	43.2
Temelin Ağırlığı (W ₂)	0.4m*(0.4+0.7+2.9)=1.6	1.6*24 kN/m ³ =38.4	$\frac{4}{2} = 2$	76.8
Zeminin Ağırlığı (W ₃)	2.9m*5m=14.5	14.5*19 kN/m ³ =275.5	$0.7 + 0.4 + \frac{2.9}{2} = 2.55$	702.525
		$\sum F_v = 361.9$		$M_{Direnen} = 822.525$

$$G_s = \frac{M_{Direnen}}{M_{Deviren}} = \frac{822.525}{166.032} = 4.95 \text{ Devrilmez}$$

SORU 1

YADA deyerilme için tablo oluşturmada çözüm



$$G_s = \frac{M_{Direnen}}{M_{Deviren}} = \frac{\text{Topuk noktasına göre momentlerin toplamı}}{Ph\left(\frac{H}{3}\right)}$$

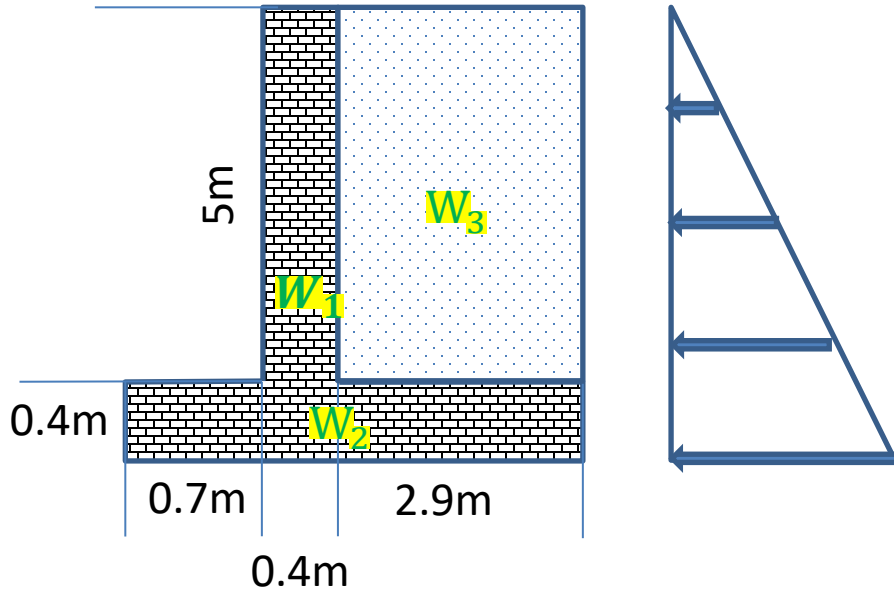
$$M_{Deviren} = PA * \frac{H}{3} = 92.24 * \frac{5.4}{3} = 166.032 \text{ kN/m}$$

$$M_{Direnen} = W_1 * 0.9\text{m} + W_2 * 2\text{m} + W_3 * 2.55 = 48 \text{ kN/m}$$

$$M_{Direnen} = 48_1 * 0.9\text{m} + 38.4 * 2\text{m} + 275.5 * 2.55 = 822.5 \text{ kN/m}$$

$$G_s = \frac{M_{Direnen}}{M_{Deviren}} = \frac{822.5}{166.032} = 4.95 > 2 \text{ Devrilme olmaz}$$

SORU 1



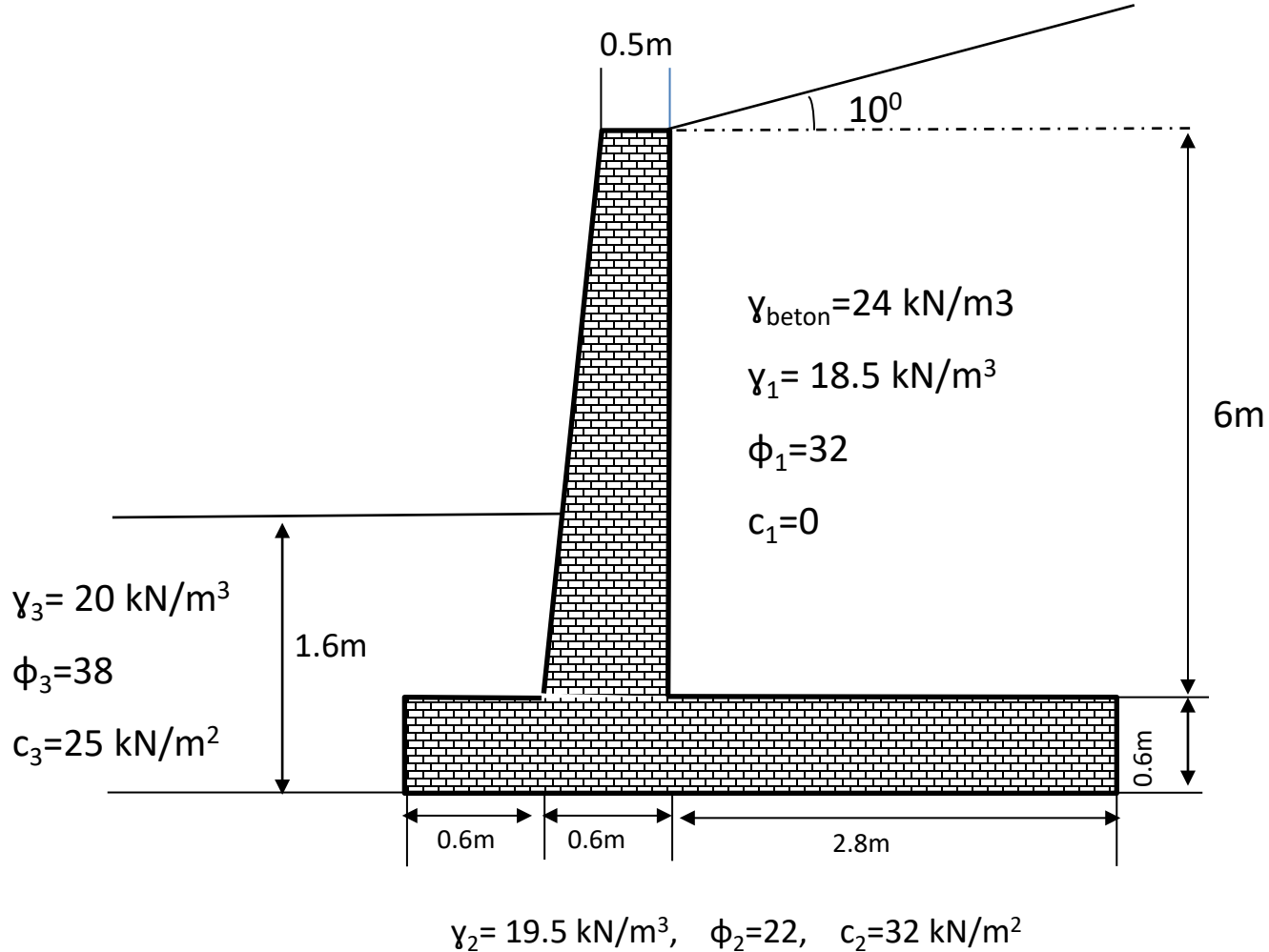
$$G_s = \frac{\sum F_{Direnen}}{\sum F_{Kaydırıcı}} = \frac{\text{Kaymaya karşı koyan kuvvetler}}{\text{Duvarı kaydirmaya çalışan kuvvetler}} = \frac{(\sum Fv) \tan(\phi k_1) + Bk_2 c + Pp}{P_A \cos \alpha + P_W}$$

$\underbrace{(\sum Fv) \tan(\phi k_1)}_{k \cdot \phi; \text{ duvar tabanı ile zemin arasındaki sürtünme Soruda bu bilgi 0.4 verilmiş}}$
 $\underbrace{Bk_2 c + Pp}_{\text{Soruda bu bölüm 0'dır}}$

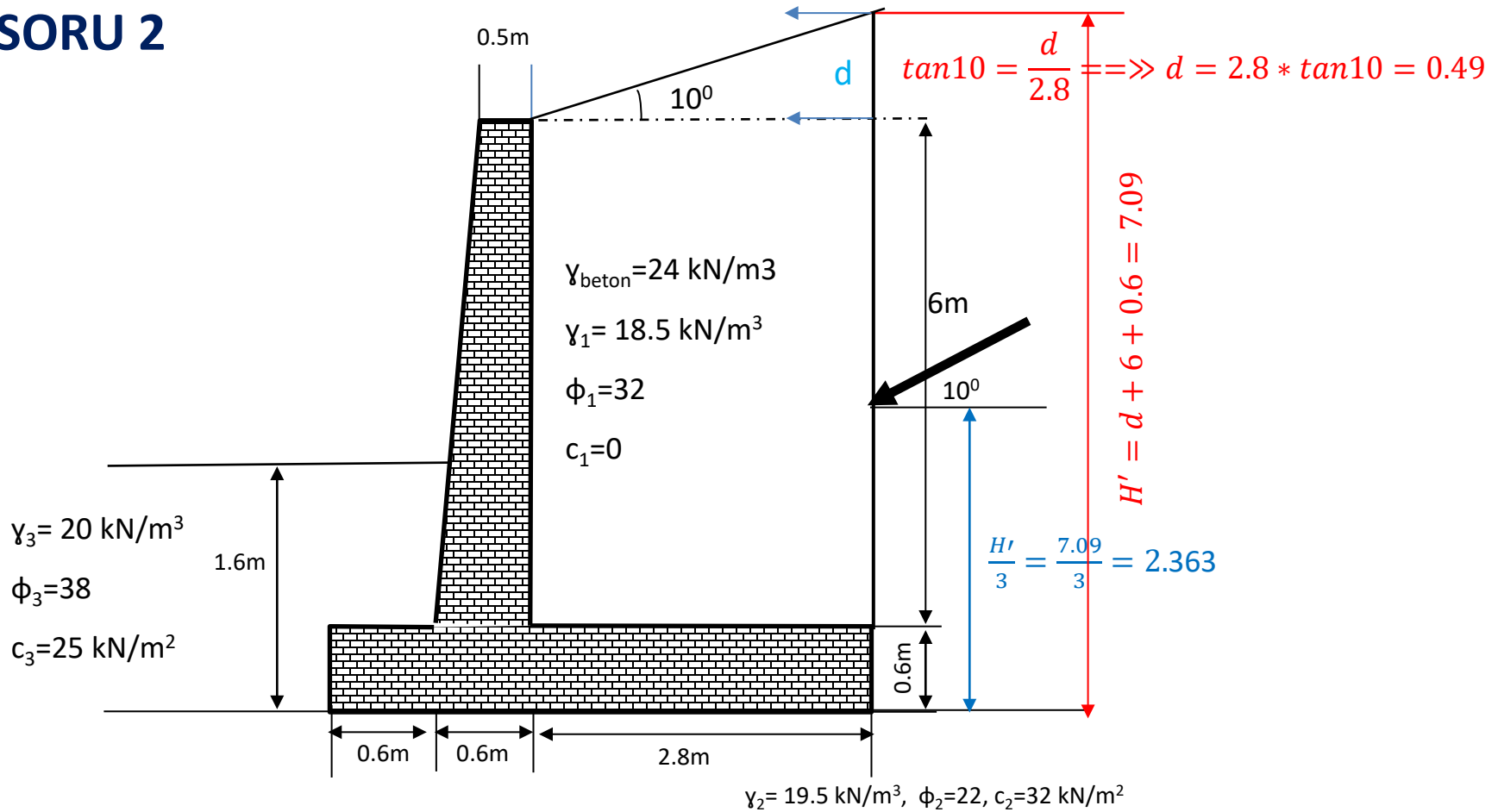
$$G_s = \frac{361.9 \cdot 0.4}{92.24} = \frac{144.76}{92.24} = 1.57 > 1.5 \text{ kaymaz}$$

SORU 2

Şekildeki gibi geometriye sahip Konsol İstinat duvarının devrilme ve kayma tahkiklerini Rankine Teorisine göre yapınız (Çözümlerinizde k_1 ve k_2 katsayılarını $2/3$ alınız, pasifdeki zemin yükünü yok sayınız).



SORU 2



$$K_A = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \Rightarrow K_A = 0.307$$

$$P_A = \frac{1}{2} * K_A * \gamma_1 * H'^2 = \frac{1}{2} * 0.307 * 18.5 * 7.09^2 = 142.74 \text{ kN/m}$$

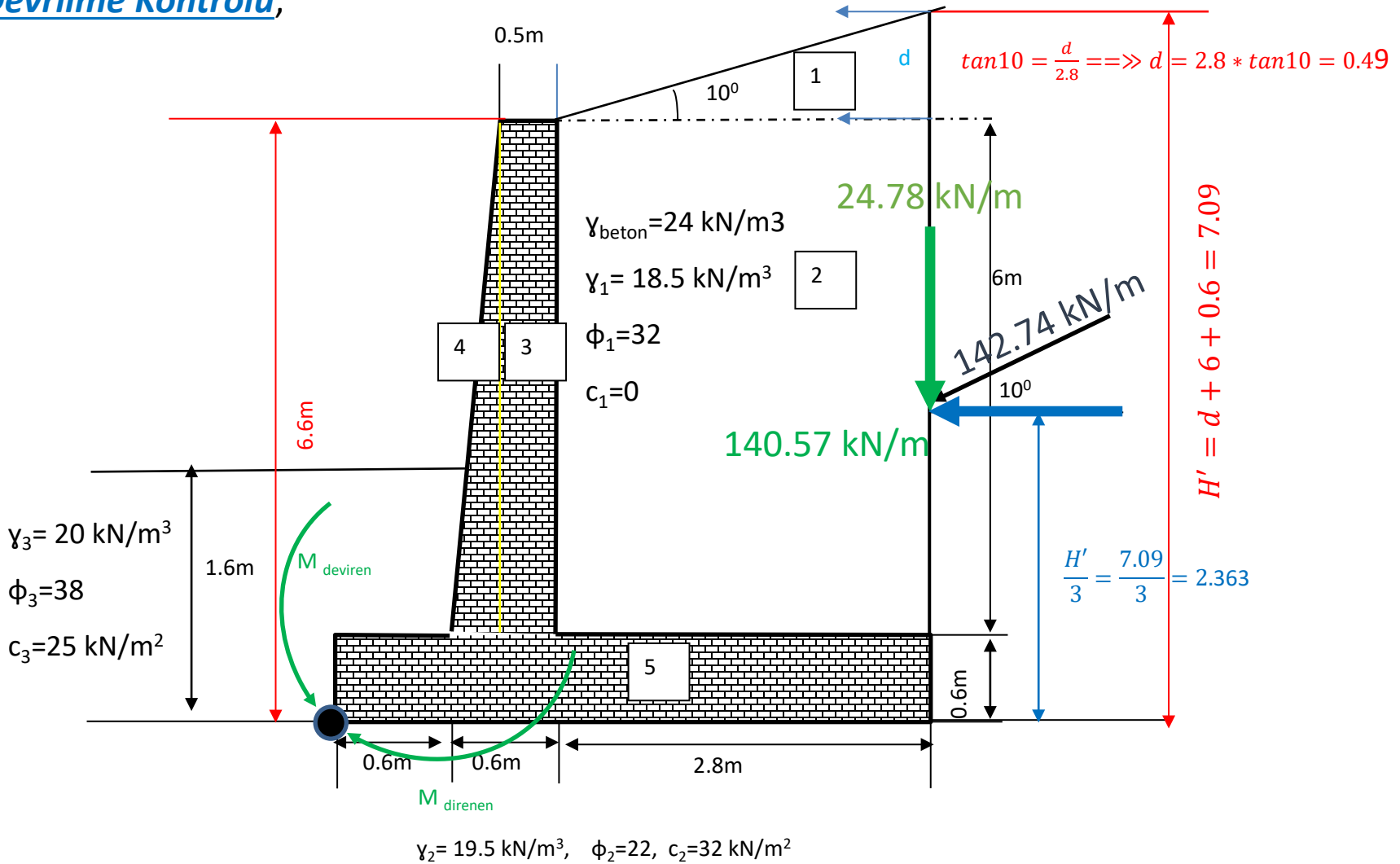
Kuvvet 10° açıyla etkidiği için bileşenlerine ayırmalıyız.

$$P_{Ah} = 142.74 * \cos 10 = 140.57 \text{ kN/m}$$

$$P_{Av} = 142.74 * \sin 10 = 24.78 \text{ kN/m}$$

SORU 2

Devrilme Kontrolü;



Şimdi o noktasına göre moment alarak **deviren momenti** hesaplayalım

$$M_{Deviren} = 140.57 * 2.363 = 332.16$$

SORU 2

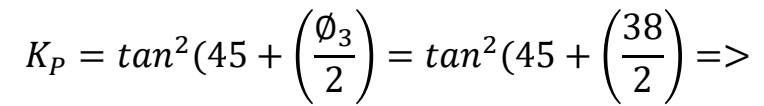
Devrilme Kontrolü;

Aşağıdaki tablo yardımıyla o noktasına göre moment alarak direnen toplam momenti hesaplayalım

Bölüm	Alan	Ağırlık/Düşey Kuvvet	Moment Kolu	Moment
1	$0.5 \cdot 2.8 \cdot 0.49 = 0.686$	$0.686 \cdot 18.5 = 12.691$	$4 - \frac{2.8}{3} = 3.06$	38.83
2	$2.8 \cdot 6 = 16.8$	$16.8 \cdot 18.5 = 310.8$	$1.2 + \frac{2.8}{2} = 2.6$	808.08
3	$0.5 \cdot 6 = 3$	$3 \cdot 24 = 72$	$0.6 + \frac{0.6}{2} = 0.9$	64.8
4	$0.5 \cdot 0.1 \cdot 6 = 0.3$	$0.3 \cdot 24 = 7.2$	$0.6 + 2 \cdot \frac{0.1}{3} = 0.666$	4.79
5	$4 \cdot 0.6 = 2.4$	$2.4 \cdot 24 = 57.6$	$\frac{4}{2} = 2$	115.2
		P_{AV} = 24.78	B=4	99.12
Σ		$\sum Fv = 485.071$		$M_{Direnen} = 1130.82$

$$G_s = \frac{M_{Direnen}}{M_{Deviren}} = \frac{1130.82}{332.16} = 3.4 \text{ Devrilmez}$$

Kayma Kontrolü;


$$P_{P1} = \frac{1}{2} * K_P * \gamma_3 * H_3^2$$
$$P_{P2} = 2c\sqrt{K_P} = 2 * 25 * \sqrt{4.203}$$
$$P_{Pasif\ Toplam} = P_{P1} + P_{P2} =$$
$$= 107.615 + 102.506 = 210.102 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma F_v * \tan(\phi k_1) + Bk_2c + P_p = 485.071 * \tan(22 * \frac{2}{3}) + 4 * \frac{2}{3} * 32 + 210.102 = 422.389 \text{ kN/m}$$

$$G_s = \frac{\sum F_{Direnen}}{\sum F_{Kaydırıcı}} = \frac{\text{Kaymaya karşı koyan kuvvetler}}{\text{Kaydırmaya çalışan kuvvetler}} = \frac{\sum F_v \cdot \tan(\phi k_1) + B k_2 c + P_p}{P_A \cdot \cos \alpha + P_w} = \frac{422.389}{140.57} = 3.0$$

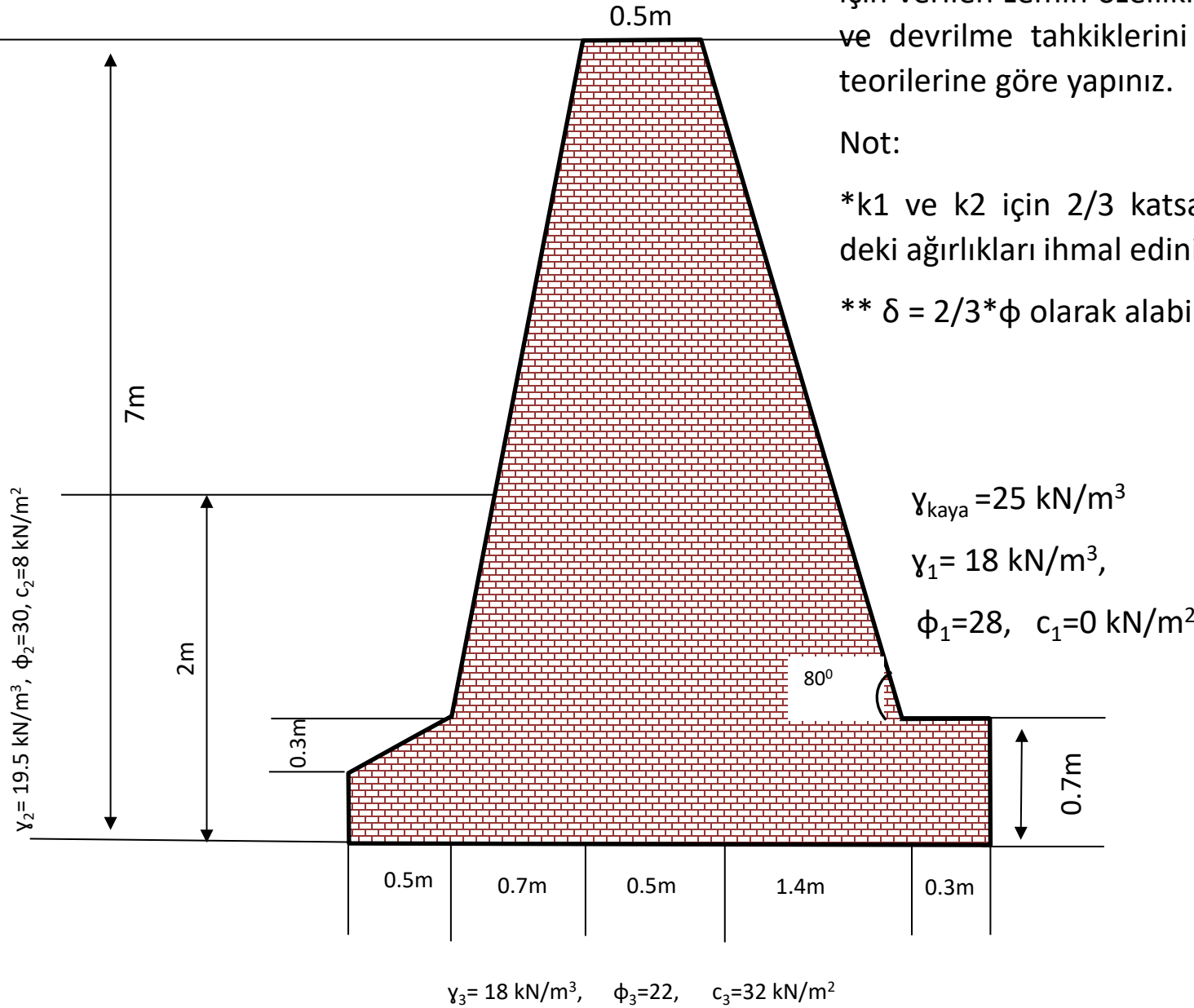
SORU 3

Şekildeki gibi bir geometriye sahip ağırlık duvarı için verilen zemin özelliklerini kullanarak kayma ve devrilme tahkiklerini Coulomb ve Rankine teorilerine göre yapınız.

Not:

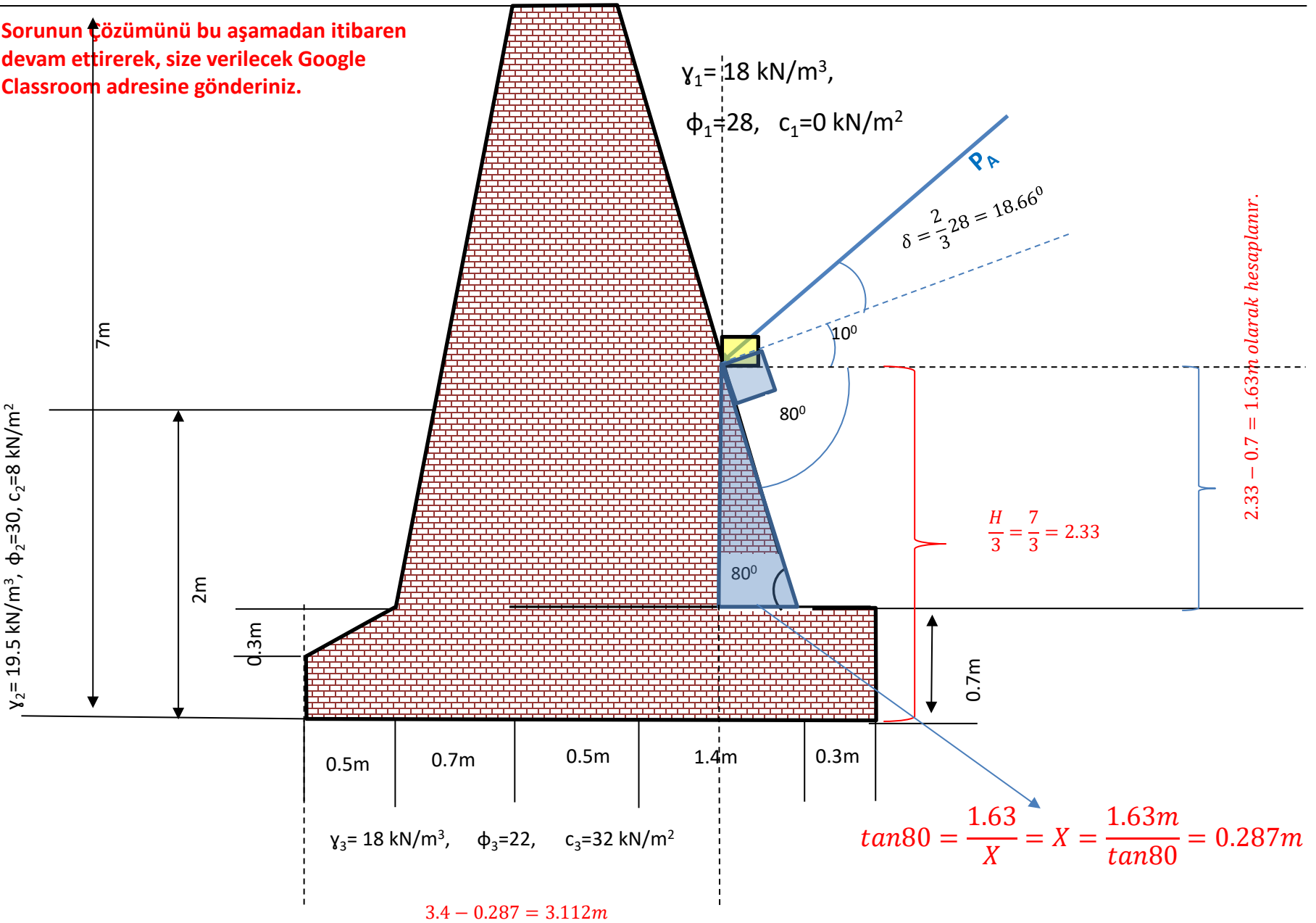
* k_1 ve k_2 için $2/3$ katsayısını kullanınız, pasif deki ağırlıkları ihmal ediniz

** $\delta = 2/3 * \phi$ olarak alabilirsiniz.

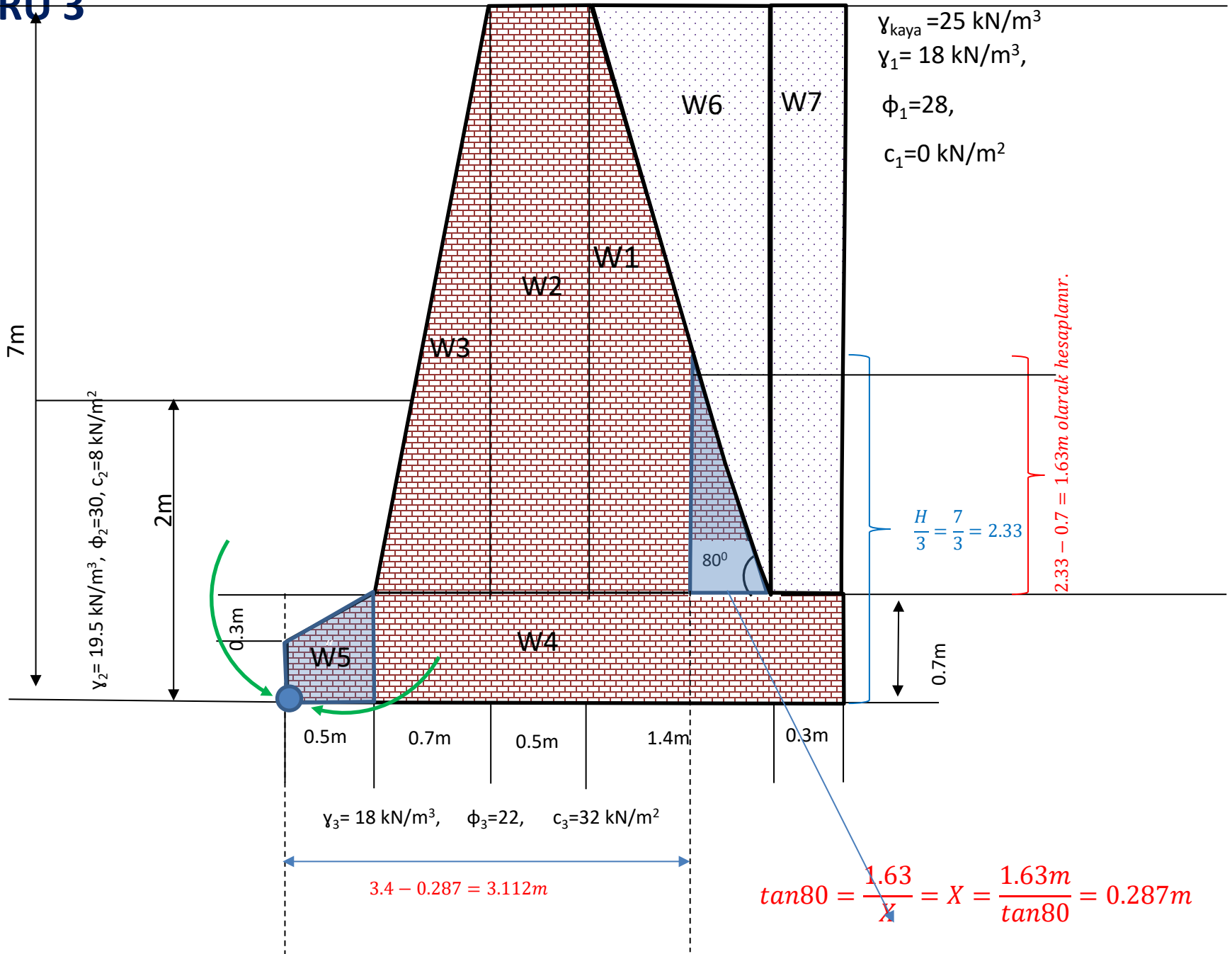


SORU 3

Sorunun Çözümünü bu aşamadan itibaren devam ettirerek, size verilecek Google Classroom adresine gönderiniz.



SÖRÜ 3

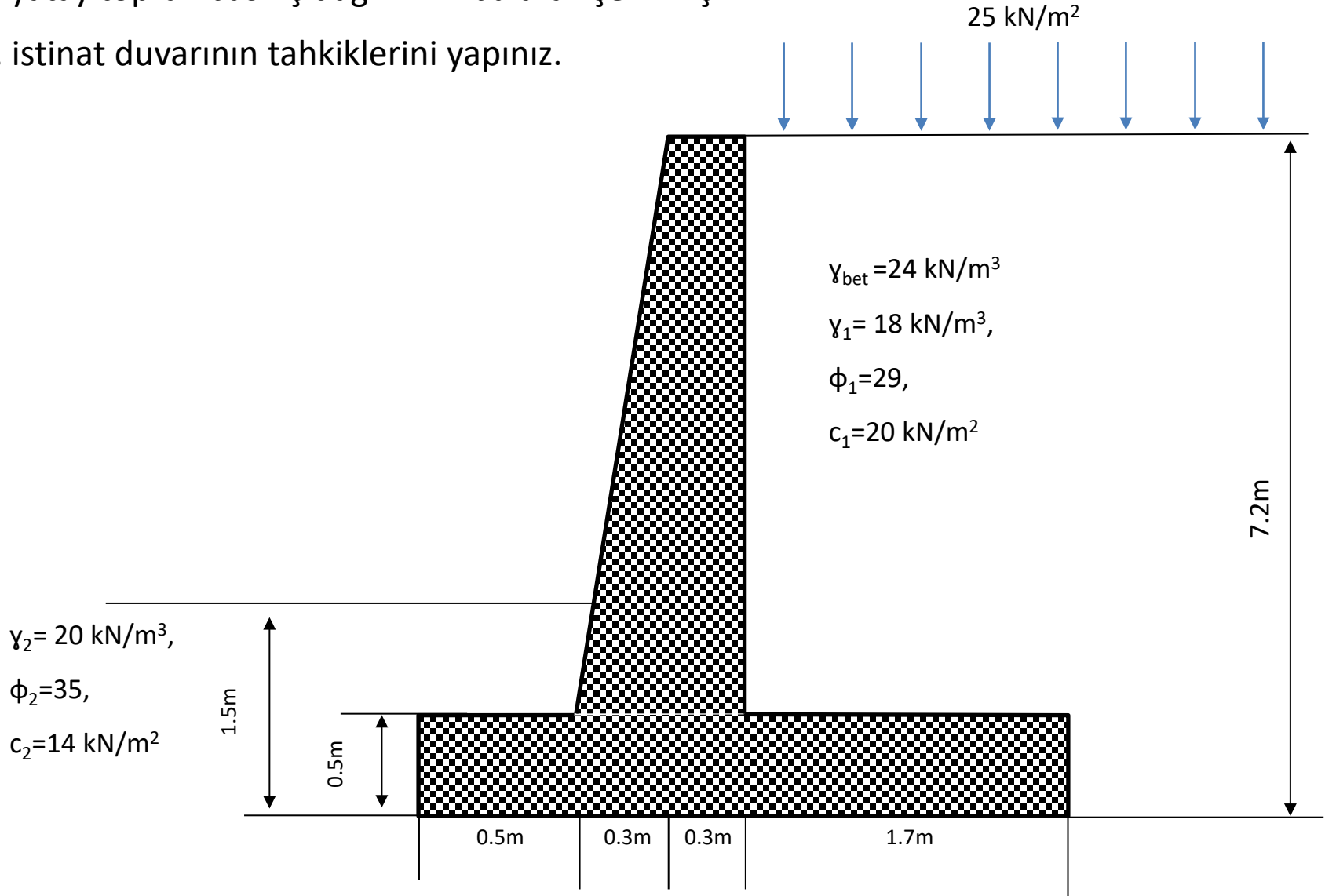


SORU 4

Şekildeki gibi bir betonarme istinat duvarı için,

a. yatay toprak basınç dağılımını bularak şeklini çiziniz.

b. istinat duvarının tahkiklerini yapınız.



SORU 4

a. Duvar ile zemin arasında sürtünme olmadığı için Rankine teorisini kullanarak basınç dağılımlarını hesaplayalım.

Öncelikle aktif toprak basınçlarını hesaplayalım

$$K_A = \tan^2\left(45 - \left(\frac{\phi}{2}\right)\right) = \tan^2\left(45 - \left(\frac{29}{2}\right)\right) \Rightarrow K_A = 0.346 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$\sigma_{AH} = (q + \gamma * H) * K_A - 2c\sqrt{K_A}$ ile kohezyonlu bir zeminde aktif toprak basıncı hesaplanır.

Seviye	Aktif Yatay toprak basıncı ($\sigma_{AH} = (q + \gamma * H) * K_A - 2c\sqrt{K_A}$)
0. m yüzey σ_{A0m}	$\sigma_{A0} = (25 + 0) * 0.346 - 2 * 20 * \sqrt{0.346} = -14.87 \text{ kN/m}^2$
7.2. m alt $\sigma_{A7.2m}$	$\sigma_{A7.2} = (25 + (18 * 7.2)) * 0.346 - 2 * 20 * \sqrt{0.346} = 29.96 \text{ kN/m}^2$
Üstteki negatif basınç nedeniyle, duvarda çatlamaya neden olan bir miktar derinlik vardır ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir: $0 = (25 + (18 * Z_0)) * 0.346 - 2 * 20\sqrt{0.346} \Rightarrow Z_0 = 2.389 \text{ m}$	

SORU 4

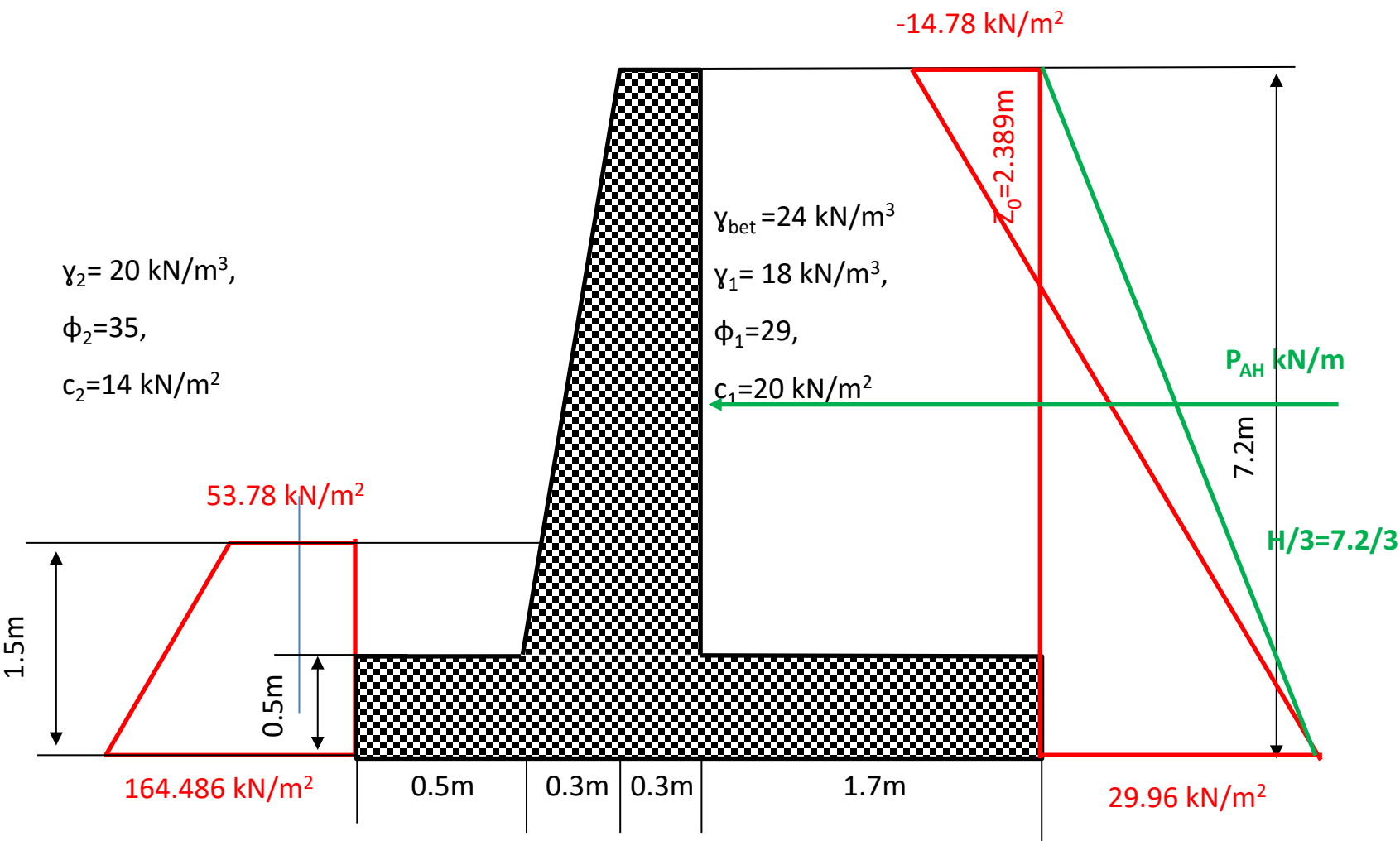
Şimdi pasif toprak basınçlarını hesaplayalım.

$$K_P = \tan^2\left(45 + \left(\frac{\phi}{2}\right)\right) = \tan^2\left(45 + \left(\frac{35}{2}\right)\right) \Rightarrow K_A = 3.69 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$\sigma_{PH} = (q + \gamma * H) * K_P + 2c\sqrt{K_P}$ ile kohezyonlu bir zeminde Pasif toprak basıncı hesaplanır

Seviye	Aktif Yatay toprak basıncı ($\sigma_{PH} = (q + \gamma * H) * K_P + 2c\sqrt{K_P}$)
0. m yüzey σ_{P0m}	$\sigma_{P0} = (0 + 0) * 3.69 + 2 * 14 * \sqrt{3.69} = 53.78 \text{ kN/m}^2$
1.5. m alt $\sigma_{P1.5m}$	$\sigma_{P1.5} = (0 + (20 * 1.5)) * 3.69 + 2 * 14 * \sqrt{3.69} = 164.486 \text{ kN/m}^2$

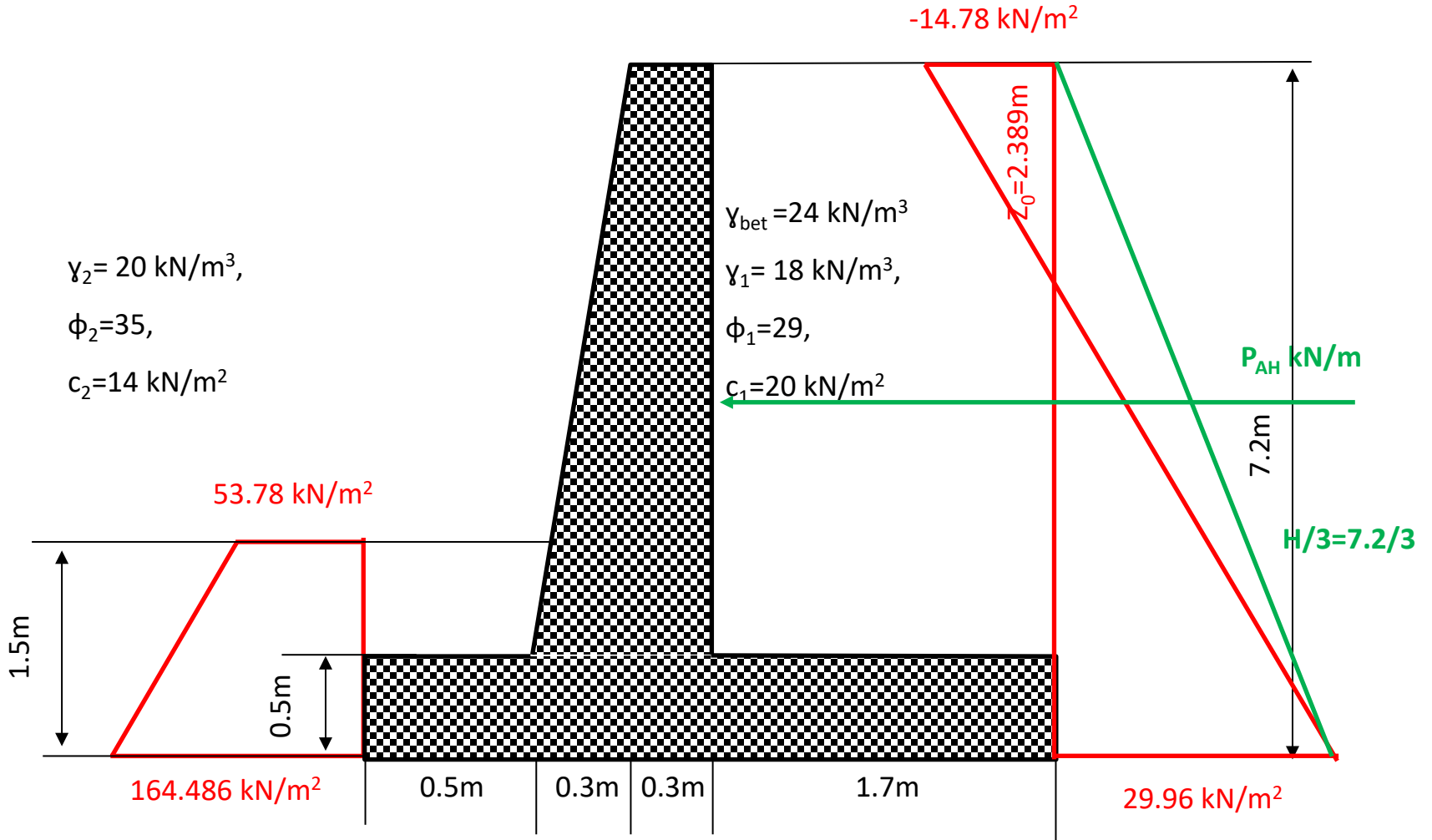
SORU 4



SORU 4

b. Şimdi tahkikleri yapmak için aktif itkiyi hesaplayabiliriz.

NOT: ÇÖZÜMDE DAHA FAZLA GÜVENLİK İÇİN BASINCI, ÜST KODDA 0 OLARAK TANIMLAYIP HESAP YAPACAĞIZ. SİZLER AYNI SORUYU z_0 'İ DİKAKATE ALARAK ÇÖZÜNÜZ.

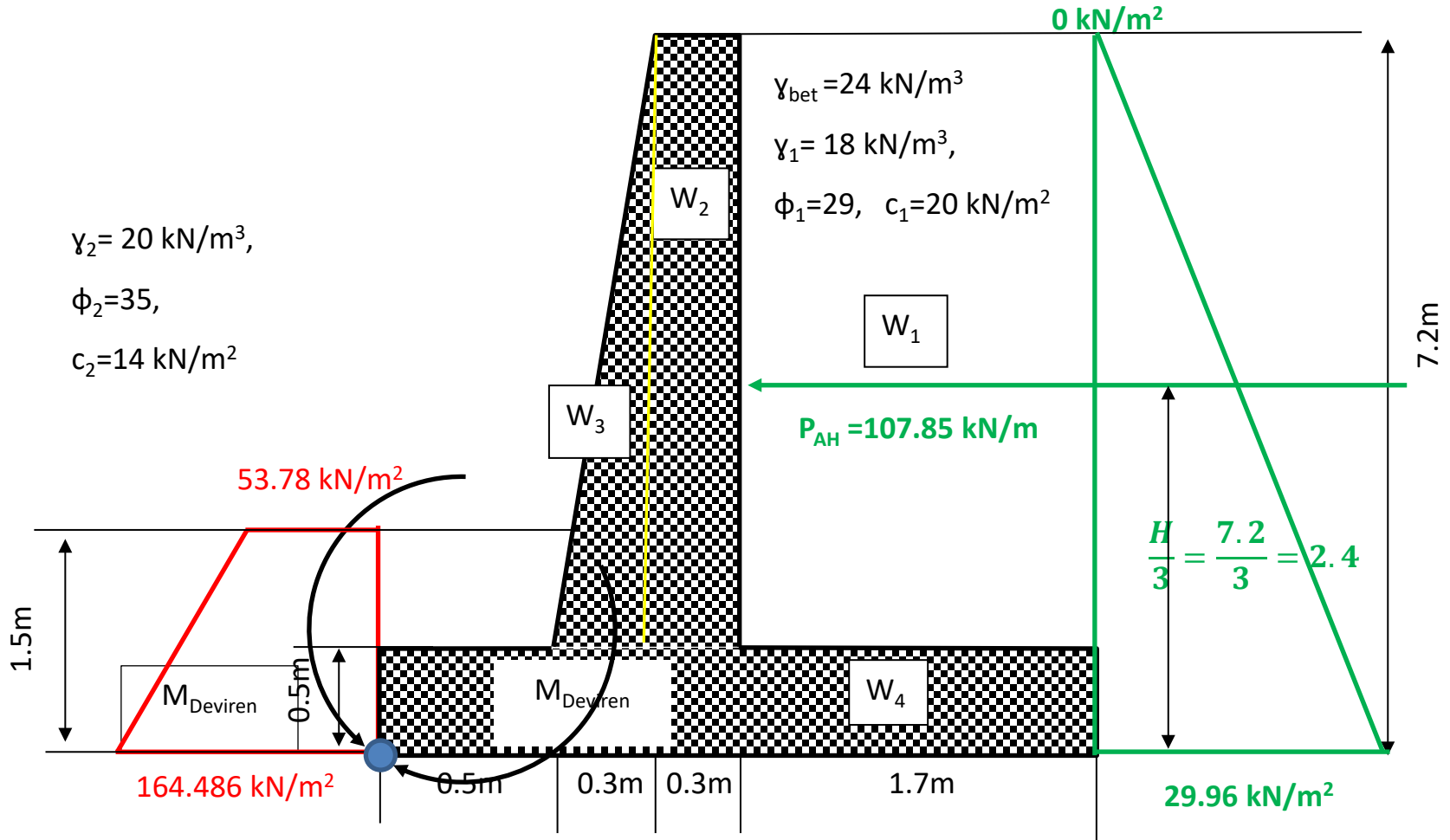


SORU 4

Aktif itki; $P_A = \frac{1}{2} * K_A * \gamma * H^2 = \frac{1}{2} * 29.96 * 7.2 = 107.85 \text{ kN/m}$

Etkime Noktası $= \frac{H}{2} = \frac{7.2}{3} = 2.4 \text{ m}$

Pasif itki; $P_p = \text{Yamuğun alanı} = \frac{1}{2} * (164.486 + 53.78) * 1.5 = 163.42 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

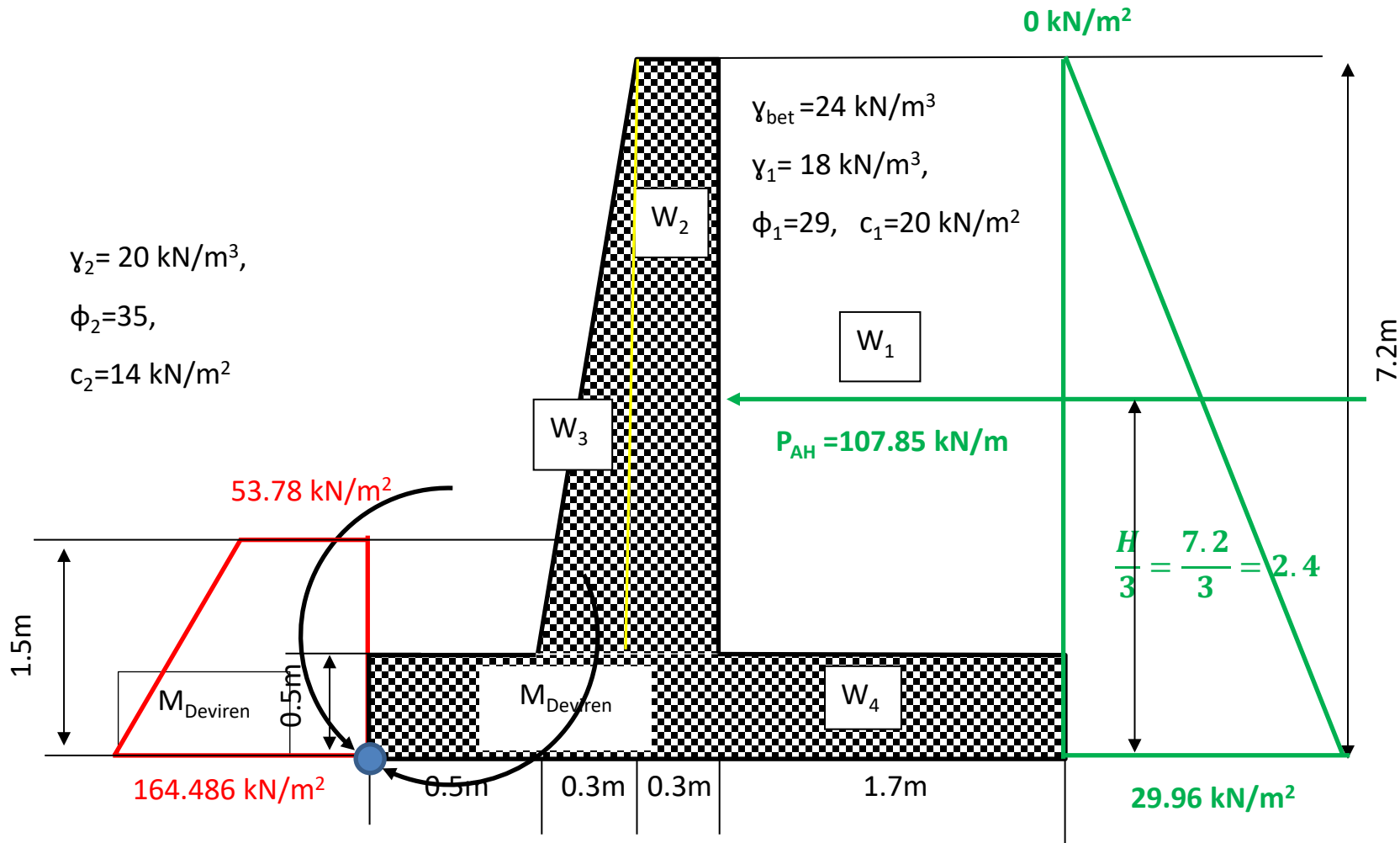


SORU 4

Devrilme Kontrolü;

Şimdi o noktasına göre moment alarak deviren momenti hesaplayalım.

$$M_{Deviren} = 107.85 * 2.4 = 258.84 \text{ k N/m}$$



SORU 4

Devrilme Kontrolü;

Aşağıdaki tablo yardımıyla o noktasına göre moment alarak, direnen toplam momenti hesaplayalım. (Pasif itkinin oluşturduğu direnen moment güvenli çözüm için çoğu zaman ihmal edilmektedir)

$$\text{Yükten kaynaklanan zemin ağırlığı} = h = \frac{q}{\gamma} = 1.38$$

Bölüm	Alan (m ²)	Ağırlık/Düşey Kuvvet (kN/m)	Moment Kolu (m)	Moment (kNm/m)
W ₁	1.7 * (6.7 + 1.38) = 13.75	13.75 * 18 = 247.52	1.1 + $\frac{1.7}{2}$ = 1.95	482.66
W ₂	0.3 * 6.7 = 2.01	2.01 * 24 = 48.24	0.8 + $\frac{0.3}{2}$ = 0.95	48.24 * 0.95 = 45.828
W ₃	$\frac{1}{2}$ * 0.3 * 6.7 = 1	1 * 24	0.5 + 2 * $\frac{0.3}{3}$ = 0.7	24 * 0.7 = 16.8
W ₄	0.5 * 2.8 = 1.4	1.4 * 24	$\frac{2.8}{2}$ = 1.4	3.36 * 1.4 = 47.04
Σ		Σ Fv = 353.36		M _{Direnen} = 592.332

$$G_s = \frac{M_{Direnen}}{M_{Deviren}} = \frac{592.332}{258.84} = 2.35 \text{ Devrilmez.}$$

SORU 4

Kayma Kontrolü;

$$P_{Ah} = 107.85 \text{ kN/m}$$

$$G_s = \frac{\sum F_{Direnen}}{\sum F_{Kaydırıcı}} = \frac{\text{Kaymaya karşı koyan kuvvetler}}{\text{Kaydırmaya çalışan kuvvetler}} = \frac{\sum F_v * \tan(\phi k_1) + Bk_2c + P_p}{P_A * \cos\alpha + P_w}$$

$$\sum F_v * \tan(\phi k_1) + Bk_2c + P_p = 353.36 * \tan(35 * \frac{2}{3}) + 2.8 * \frac{2}{3} * 14 + 163.42 = 341.977 \text{ kN/m}^2$$

$$G_s = \frac{\sum F_{Direnen}}{\sum F_{Kaydırıcı}} = \frac{\text{Kaymaya karşı koyan kuvvetler}}{\text{Kaydırmaya çalışan kuvvetler}} = \frac{\sum F_v * \tan(\phi k_1) + Bk_2c + P_p}{P_A * \cos\alpha + P_w}$$

$$= \frac{341.977}{107.85} = 3.17 \text{ kaymaz}$$

Bilgisayar uygulaması

Sınıfta çözdüğümüz ve yukarıdaki çözümleri verilen tüm soruları **İSTCAD, İCAD, GEO5, İDECAD, Sta4CAD** yazılımları ile çözünüz.

Programların öğrenci versiyonlarına web sayfalarından ulaşabilirsiniz.