

ZEMİN TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Zemin cinsi niçin önemlidir?

- Zeminin sertliği, kohezyonu yarma kazısının, dolayısıyla çalışma yöntemi ve araç seçimini etkiler,
- Zeminin cinsi, şev eğimini belirlemede önemlidir,

Kohezyon (Latince: *cohaerere*, bir arada bulunma anlamındadır) molekül çekim kuvveti demektir. Aynı cins moleküllerin arasındaki çekim kuvvetine denir

Kazı alışmaları için zeminler

- Toprak
- Kompakt marn veya kil
- Parçalanmıř kaya
- Katılaşmış kil
- Kaya

Marn: Çok ince taneli kil minerallerinden ve kalsitin değişik oranlardaki karışımından oluşan tortul kayaç, pekmez toprağı

Toprak işleri açısından zemin sınıflandırması

- Gevşek zeminler
- Kaya zeminler

Gevşek Zeminler

Önceden parçalanmadan el aletleri ve mekanik araçların küçük bir basınçla içlerine girebildikleri veya aletlerin vurulmasıyla gevşetilerek kazılabilen zeminlerdir.

El aletleri veya başka araçlarla bloklar halinde çıkarılabilen çatlak veya ayrıışmış kayalar da gevşek zemin olarak düşünülebilir.

Kaya Zeminler

Kaya zeminler, patlayıcı maddelerle parçalanması gereken zeminlerdir.

Elle yapılacak toprak işleri şantiyesinde ardışık işlemler

- **Gevşek zeminlerde:** Gerekliyse kazma ile gevşettikten sonra, kürekle kazma ve yükleme, taşıma ve boşaltma
- **Kaya zeminlerde:** Mekanik parçalama veya patlayıcı maddelerle parçalama, kazmalama, yükleme, taşıma ve boşaltma

Mekanize bir toprak işi santiyesinde ardışık aşamalar

- **Gevşek zeminlerde:** Mekanik kazı araçlarıyla kazı, yükleme, taşıma ve boşaltma
- **Kaya zeminlerde:** Patlayıcı madde ile parçalama, mekanik kazı aracıyla kazı ve yükleme, taşıma ve boşaltma

Gevşek Zeminler 4 Sınıfa Ayrılır

1. **Hafif ya da adi zeminler:** Kuru veya nemli bitkisel zemin, kuru kum, toprakla karışık kum, ince veya kalın çakıl
2. **Ağır veya killi zeminler:** Taşla ve ince veya kalın çakılla karışık killi zeminler, killi toprak, kompakt marnlar, tüfler, yumuşak greler
3. **Plastik killer:** İçinde az veya çok oranda su bulunan killer. Kazıldıklarında çok yapışkandırlar ve kazıları güçtür.
4. **Tabaka halinde çürük kayalar:** Ayırışmaya başlamış ve tabakalar halinde çökelmiş kayalar

Tüf: Yanardağların püskürttüğü kül, kum ve lav parçacıklarından oluşan çoğunlukla açık renkli hafif gözenekli bir çökelti taşı

Kaya Zeminler

1. Yumuşak kayalar: Tebeşir, arduvaz, kalker vb.
2. Yarı sert kayalar: Gre, jips, spat vb.
3. Sert kayalar: Mermer, granit, bazalt vb.
4. Çok sert kayalar: Kuartz, pudingler, breşler vb.

Granülometri Bakımından Zeminler

- İri daneli
- İnce daneli

İri Daneli Zeminler

Çakıllar $> 20\text{mm}$

İnce çakıllar: 2 mm ile 20 mm arasında

İri kumlar: 0,2 mm ile 2 mm arasında

İnce daneli zeminler

- İnce kum: 0,02 mm ile 0,2 mm arasında
- Silt: 2 mikron ile 0,02 mikron arasında
- Kil < 2 mikron
- Kolloid killer < 0,2 mikron

Zeminlerin oluşum şekilleri

- **Çakıl:** Su ve atmosfer koşullarıyla az veya çok yuvarlakmış kaya parçaları. Bileşenleri kuvarz, granit, şist, bazalt ve kalker olabilir.
- **Kumlar:** Çakıllar ile aynı minerallerden oluşmuştur.
- **Siltler:** İnce kum danelerine benzemekle birlikte, oluşumları mekanik aşınmadan daha fazla, kimyasal ayrışma sonucudur. Su ile temasları halinde kesmeye karşı mukavemeti azalır. Su ile doygun hale geldiğinde, akıcı hal alırlar. Siltler, oldukça geçirimsiz, sıkıştırılması güç, deformasyon sırasında hacim değiştiren ve dondan etkilenen zeminlerdir.

- **Killer:** Kimyasal ayrışma ile oluşurlar. Su ile beraber bulunduğu çok dikkat edilmesi gereken zemindir. Kilde dane çapları küçüldükçe plastikleşirler. Karışımında silt oranı arttıkça topak halden ayırık hale dönüşür. Killer, ıslak olduklarında deformasyon mukavemetleri düşük, kuruyunca sertleşirler. Killer, pratik olarak geçirimsiz olduklarından, sıkıştırılmaları zor ve drene edilmeleri çok güç zeminlerdir.
- **Kolloid killer:** Su içinde çökelmeyerek askıda kalırlar. Elektrik yüklü danelerinin sürekli birbirlerini itmeleri nedeniyle, sürekli hareket halindedirler.

Zeminleri Gözlem Yoluyla Tanıma

- Bir zeminin tanınmasında, görünüşleri ve dokunmada verdikleri duyu yardımcı olur.
- Bir zeminin kuru veya ıslak olarak elde şekillendirilmesi ve parmaklar arasında sıkılması arazide zemin yapısını saptamada bir yöntemdir.

Zeminlerin Arazide Tanınması

- **Kum:** Daneleri ayrıktır. Kuru iken elle sıkılıp bırakılırsa hemen bölünür, parçalanır. Islak iken sıkılırsa kalıplı bir biçim alır; bırakılsa bile şeklini korur; ancak dokunulduğu zaman bölünür.
- **Lem:** Değişik boyuttaki kum ile silt ve kilin karışımıdır. Kuru iken kolayca bölünür. Kuru iken elde sıkıldığında, kalıplanmış gibi biçimlenir. Özenle dokunulursa bölünmez. Islak zeminin kalıplı gibi sıkılmış olanına kırmadan rahatça dokunulabilir.
- **Siltli lem:** İnce gradasyondaki kumu orta oranda, kili az ölçüde, silt danelerini de çok oranda içerir. Kuru iken topak halindedir. Ancak, kolayca ufalanıp toz haline getirilebilir. Zemin elde yumuşak ve unumsu bir duyum verir. Yaş veya kuru siltli leme kırılmaksızın dokunulabilir.

- **Killi lem:** İnce daneli bir yapıdadır. Kuru iken, topaklar veya parçalar halinde kırılabilir. Islak bir zemin topağı parmaklar arasında sıkılır ise ince bir şerit şeklini alacak ve hemen kırılacaktır. Islak zemin plastiktir ve kalıplanmış gibi biçimlidir ve elleşmeye dayanıklıdır.
- **Kil:** İnce daneli yapıdadır. Kuru iken çok parça ve topaklar halinde kırılabilir. Islak iken, plastiktir ve çok yapışkandır. Islak zemin topağı parmaklar arasında sıkılırsa, uzun süre şerit şeklinde kalır.

Zeminin rengi

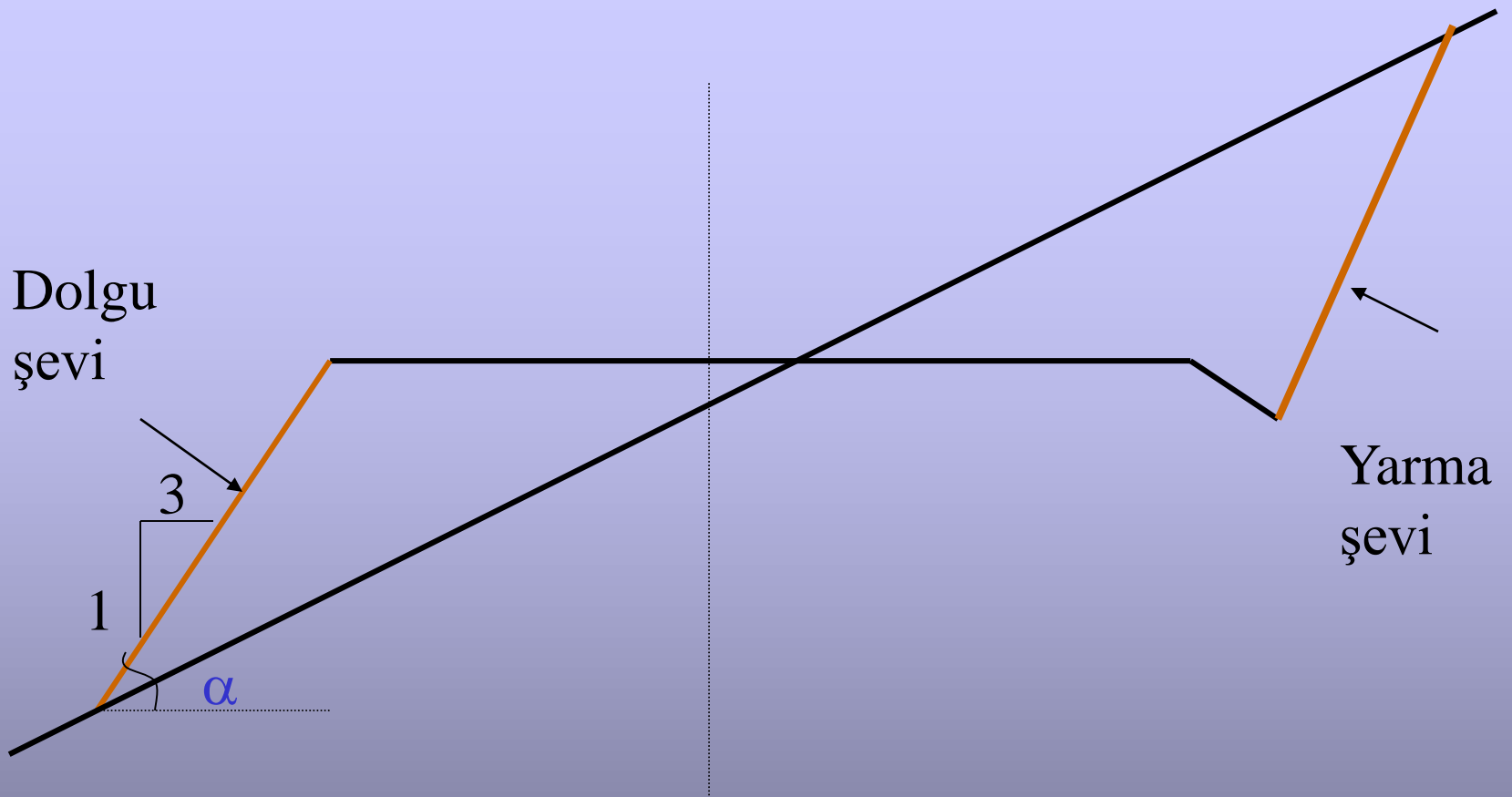
- Zeminlerin rengi su içeriği ile değişir. Genellikle ıslak iken zemin rengi belirlenir.
- Koyu kahverengiden siyaha kadar olan renkler organik madde içeriğini gösterir.
- Kırmızı renk, hidrate olmamış demir oksitleri gösterir.
- Sarı ya da sarı-kahverengi zeminler demir içerirler
- Gri mavi ve gri, sarı renkler zayıf drenaj koşullarının bulunduğunu gösterir.
- Beyaz renk, silikat ve kalker içeriğini gösterir.

ŞEV

Bir yarma veya dolguda, platform kenarı ile doğal zemin arasındaki eğik yüzeye **şev** denir.

Şevler:

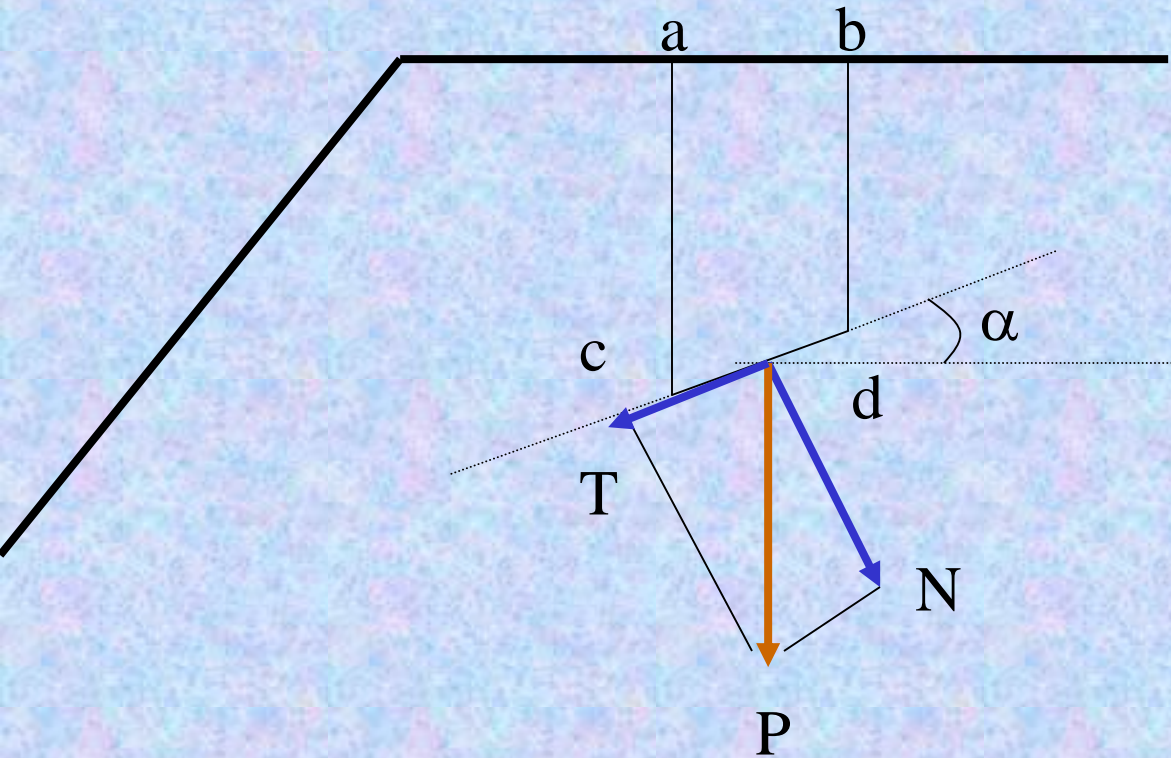
- Eğik yüzeylerin yatayla yaptığı açı (α)
- Yatayla yapılan açılarının **tanjanları** ($\tan \alpha$) ((Örn: 4/5, 0,80 veya %80 lik şev)
- Yatayla yapılan açılarının **kotanjantları** ($\cot \alpha$) (Örn: 5/1, 3/2 gibi) (Aksi belirtilmedikçe **cot α** kullanılır)
- Şevlerin üzerine düşey ve yatay uzunlukları göstermek



$\text{Cotg}\alpha = n$ ile gösterilir

$\text{tg}\alpha = 1/n$ ile gösterilir

Şev Eğimi (Kohezyonsuz zeminlerde)



$$T \leq N \cdot \tan \phi$$

Buradan

$$\tan \alpha \leq \tan \phi$$

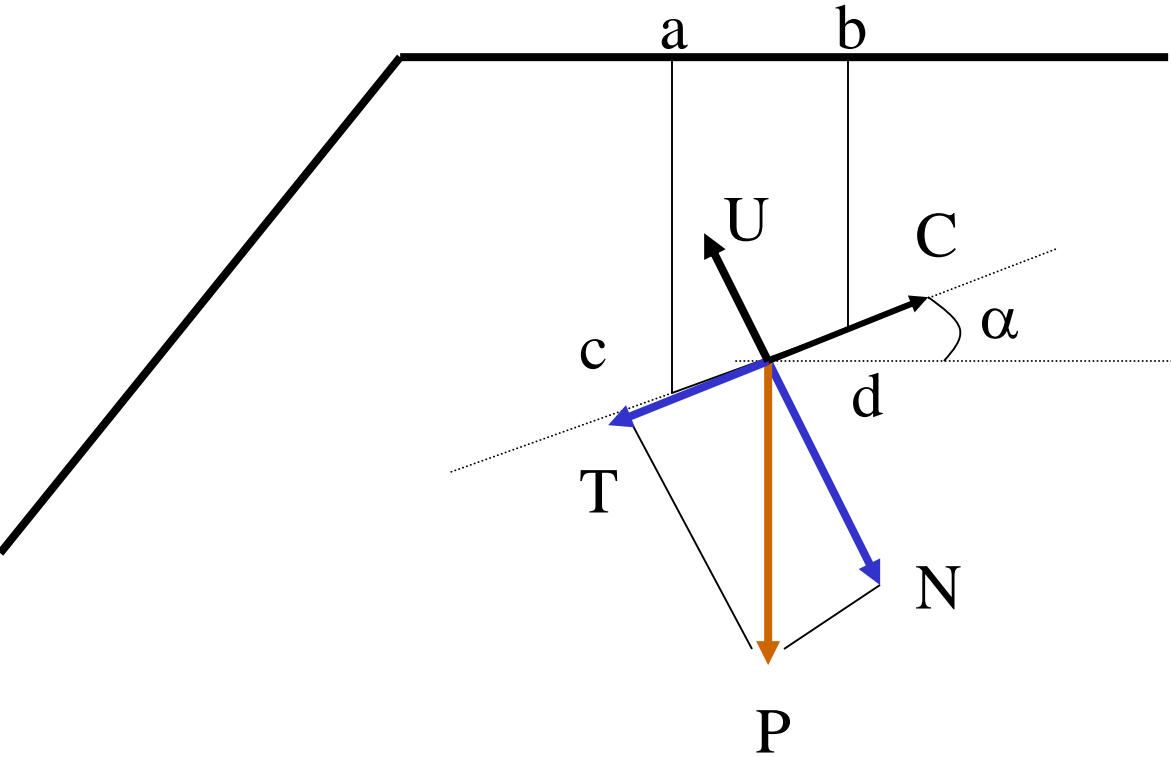
Dolayısıyla

$$\alpha \leq \phi$$

ϕ = içsel sürtünme açısı

α = şev açısı

Şev Eğimi (Kohezyonlu Zeminler)



C= kohezyon

**U= Boşluk suyu
basıncı**

$$T \leq C + (N - U) \tan \phi \text{ ise } P \cdot \sin \alpha \leq C + (P \cdot \cos \alpha - U) \tan \phi$$

$$\tan \alpha \leq \tan \phi + \frac{(C - U \cdot \tan \phi)}{P \cdot \cos \alpha}$$

Şev açısını etkileyen faktörler

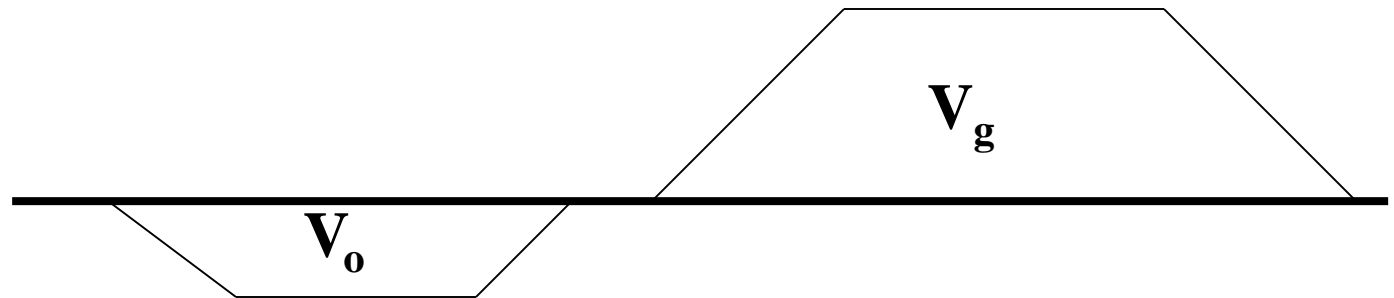
- İçsel sürtünme açısı, zeminin cinsi, kıvamı ve su muhtevası ile ilgilidir. Zeminin su muhtevası arttıkça daneler arasındaki sürtünme azalır; dolayısıyla içsel sürtünme açısı azalır ve buna bağlı olarak şev açısı azalır.
- Boşluk suyu basıncı

Değişik Zeminlere Göre Şev Açıları

Zemin	Örselenmiş yarma veya dolgu		Yarma	
	Kuru (derece)	Suya doymuş (derece)	Kuru	Suya doymuş
İnce kum	30	20	30	20
Çakıl	35	30	35	30
Kil	35	20	40	20
Taşla karışık yağlı toprak	35	30	45	30
Kırmataş	45	40	45	40
Yumuşak kaya	45	45	55	55
Sert kaya	45	45	80	80

Zeminlerin Kabarma ve Çökmesi

Doğal zeminin kazılmasıyla meydana gelen hacimdeki büyümeye “**kabarma**” denir. Kazıdan hemen sonraki kabarma “**geçici kabarma**” dır



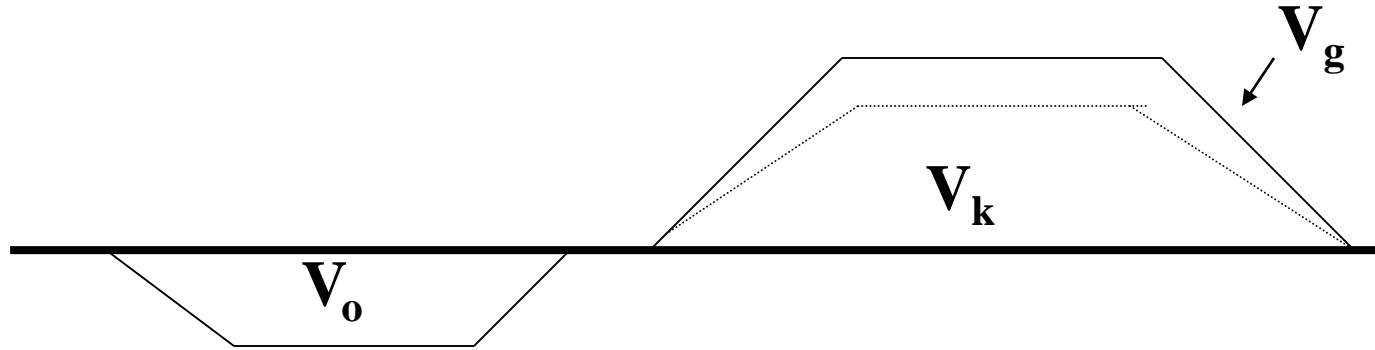
V_o = kazıdan önceki hacim

V_g = kazıdan sonraki hacim

θ_g = geçici kabarma
katsayısı

$$V_g = V_o(1 + \theta_g)$$

Kil gibi bazı zeminler, kazıldıklarında önemli ölçüde kabarma gösterir. Bununla birlikte, kendi ağırlıkları ve atmosfer etkisiyle, dolgu hacmi 2-3 senede küçülür ve sabit bir durum alır. Doğal olarak hacmi küçülür; bu durumdaki hacmine “**kalıcı kabarmış hacim (V_k)**” denir.



$$V_k = V_o(1 + \theta_k)$$

θ_k = kalıcı kabarma katsayısı

Diğer bir kavram, çökme % (T) sidir.

$$T = \frac{V_g - V_k}{V_g}$$

Geçici ve kalıcı kabarma katsayıları diğer bağıntılar yardımıyla:

$$\theta_g = \frac{V_g - V_0}{V_0} \quad \theta_k = \frac{V_k - V_0}{V_0}$$

T bağınsıtındaki V_g ve V_k hacimlerinin değeri yerine yazılırsa

$$T = \frac{\theta_g - \theta_k}{1 + \theta_g}$$

Kabarma ve Çökme neden önemlidir?

- Kazı ücretleri doğal durumdaki zeminin hacmi cinsinden ödenir.
- Taşınan zemin geçici kabarmış durumdadır. Dolayısıyla taşıma ücreti geçici kabarmış zemin hacmine göre ödenir.
- Dolgu ücreti, dolgu miktarı kadar ödenir (Kalıcı kabarmış hacme göre)

Bazı zeminlerin geçici kabarma, kalıcı kabarmave çökme % leri

Zemin	Kabarma % leri		
	Geçici	Kalıcı	Çökme(%)
Kum	10-15	1-1,5	8-12
Çakıl	15-20	1,5-2	12-15
Yağlı toprak	20-25	2-4	15-17
Killi toprak	25-30	4-6	17-19
Kil	30-35	6-7	19-22
Marn	35-40	7-8	22-25
Yumuşak kaya	30-40	8-15	17-19
Sert kaya	40-65	25-40	12-15

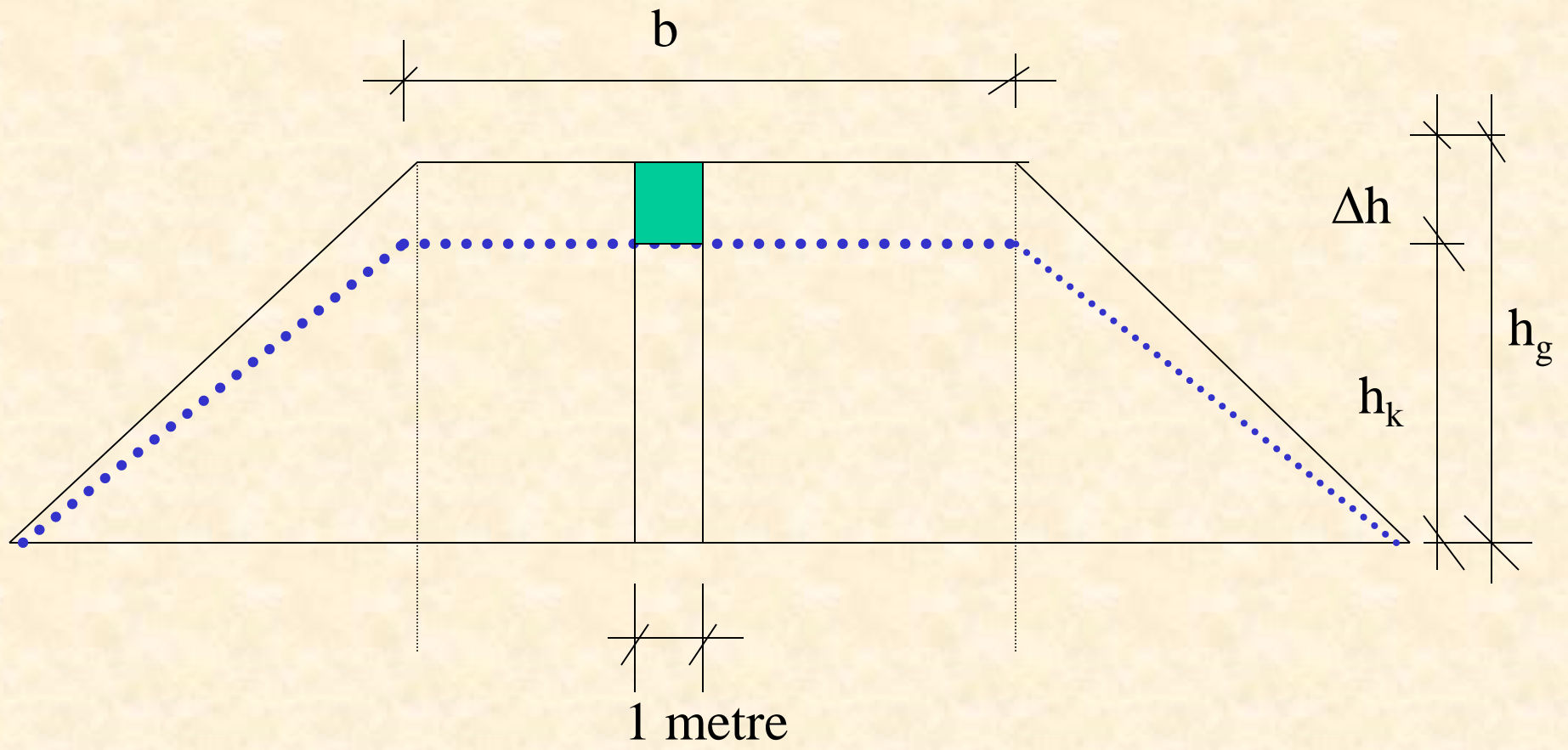
Dolgulara Verilecek Yükseklik Fazlası

Zeminlerin kabarmasının, dolgulara verilecek yükseklikle ilgisi vardır. Sıkıştırma gerekmiyorsa, dolgu oluşturmak için zemin kazıldıktan sonra, dolgu yerinde geçici kabarma durumu söz konusu olacak, zamanla (2-3 sene) kalıcı kabarmış duruma geçecektir. Geçici kabarmalı durumdaki dolgu yüksekliği h_g , zamanla h_k kalıcı dolgu yüksekliğine düşecektir.

1X1= 1 m² lik dikdörtgenler prizmasını düşünelim.

Bu prizmanın geçici kabarmış hacmi: $V_g = 1 \times 1 \times h_g$

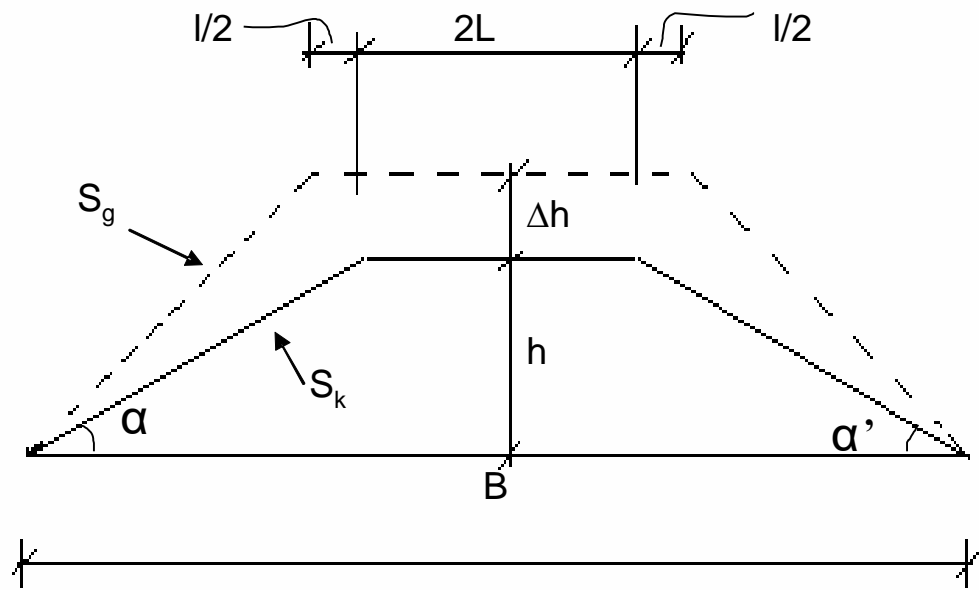
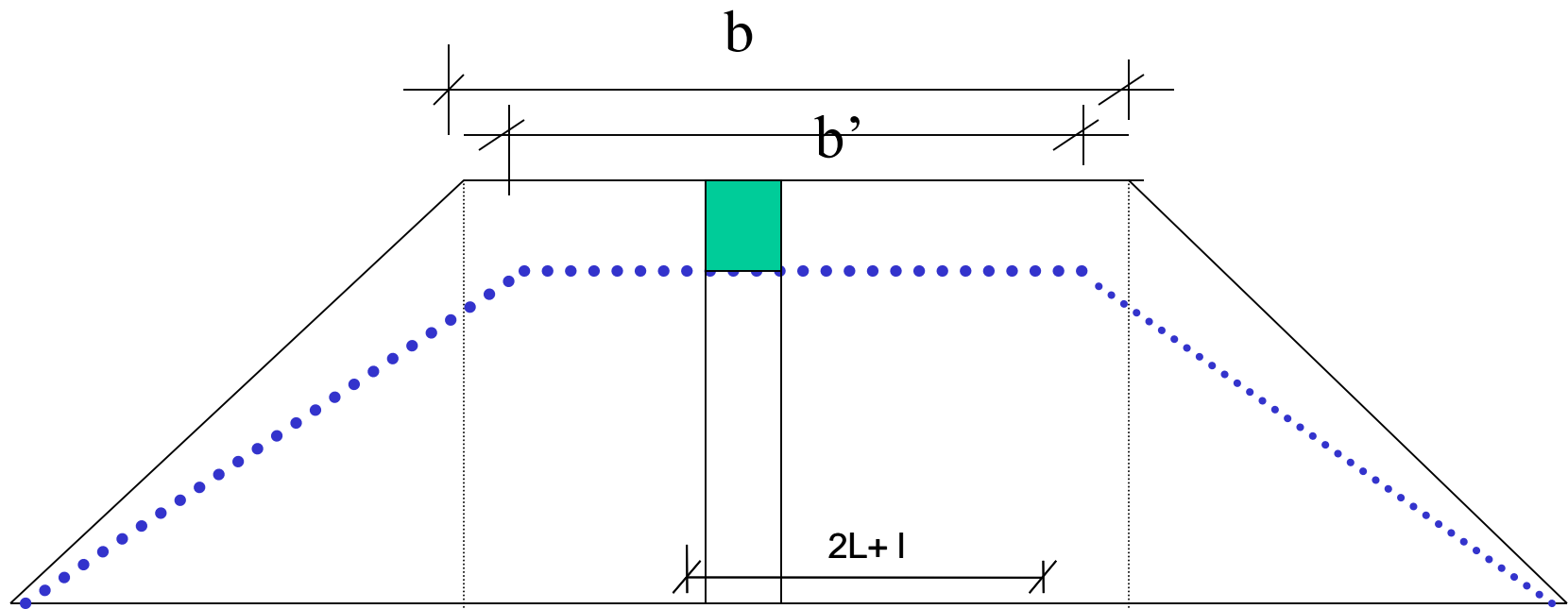
Kalıcı kabarmalı hacmi : $V_k = 1 \times 1 \times h_k$



Δh = yükseklik fazlası

h_g = geçici kabarmış yükseklik

h_k = kalıcı kabarmış yükseklik



$$T = \frac{V_g - V_k}{V_g} = \frac{h_g - h_k}{h_g} = \frac{\Delta h}{h_k + \Delta h}$$

$h_k = h$ olarak gösterilirse

$$\Delta h = \frac{h.T}{1-T}$$

Uygulamada genellikle yükseklik (h) ve genişliğin (b) %10 artırılması öngörülmektedir.

Dolguların Sıkıştırılması ve Sıkışma Yüzdesi

Günümüzde, dolguların kendiliğinden sıkışması yerine, mekanik araçlarla kısa sürede sıkıştırılmaktadır.

İyi sıkıştırılmış zemin, doğal hacminden daha küçük hacme sahip olabilir. Burada, “sıkışma” söz konusudur. V_s , sıkışma sonundaki hacim, V_o , doğal durumdaki hacmi ise; sıkışma % si S:

$$S = \frac{V_o - V_s}{V_o}$$

Buradan, V_0 hacmindeki bir yarmanın dolgu cinsinden eşdeğeri olan hacim

$$V_s = (1 - S) \cdot V_0$$

Zeminlerin Ağırlıkları

Zeminlerin taşınmasında, birim ağırlıkların bilinmesine gerek vardır. Zira her kamyonun istiap haddi belli olduğu gibi, karayolu üstyapısına da zarar vermemesi gerekir.

Zeminin kabarma katsayısı θ_g ve zeminin doğal birim ağırlığı γ_o ise kabarmalı durumdaki zeminin birim ağırlığı γ_g

$$\gamma_g = \frac{\gamma_o}{1 + \theta_g}$$

En doğru yaklaşım arazide veya laboratuvarda birim ağırlıkları belirlemektir; eğer bu mümkün olmuyorsa aşağıdaki tablodan yaklaşık birim ağırlıklar alınabilir.

Zemin türü	γ_o (kg/m ³)	$1+\theta_g$	γ_g (kg/m ³)
Kuru kum-Çakıl	1950	1,12	1741
Nemli kum-Çakıl	2160	1,14	1895
Kumlu veya çakıllı zemin	1860	1,18	1576
Toprak	1680	1,25	1344
Hafif kil	1680	1,30	1292
Ağır kil	1800	1,40	1286
Yumuşak kaya	1800	1,45	1241
Sert kaya	2400	1,50	1600

Problem

500 m³ yarma kazısı yapılıyor. Zeminin geçici kabarma katsayısı %17, kalıcı kabarma katsayısı % 1.6 dır. Buna göre:

- a) Gevşek kabarmalı haldeki hacmi hesaplayınız.**
- b) Kalıcı kabarmalı haldeki hacmi hesaplayınız**
- c) Çökme yüzdesini hesaplayınız.**
- d) Aynı zemin dolgu yüksekliği 3 metre olan kesime taşınacaktır. Buna göre verilmesi gereken yükseklik ve genişlik fazlasını hesaplayınız.**

$$\text{a) } V_g = V_o \cdot (1 + \theta_g) = 500(1 + 0.17) = 585 \text{ m}^3$$

$$\text{b) } V_k = V_o \cdot (1 + \theta_k) = 500(1 + 0.016) = 508 \text{ m}^3$$

$$\text{c) } T = \frac{\theta_g - \theta_k}{1 + \theta_g} = \frac{0.17 - 0.016}{1 + 0.17} = 0.13$$

$$\text{d) } \Delta h = \frac{T \cdot h}{1 - T} = \frac{0.13 \cdot 3}{1 - 0.13} = 0.45 \text{ m}$$

$$\text{Genişlik fazlası: } 300 \times 0.10 = 30 \text{ cm}$$

UYGULAMA ÖDEVLERİ

UYGULAMA 1: Kazıdan çıkan killi toprağın birim hacim ağırlığı 1.8 t/m^3 , geçici kabarma katsayısı % 27, kalıcı kabarma katsayısı %5 dir. Kazıdan önce hesaplanan zemin hacmi 2000 m^3 olduğuna göre;

a)Kasa kapasitesi 7 m^3 olan kamyonlarla kazılan zemin taşınırsa, kaç kamyon seferi gerekir?

b)Kazılan zeminin taşındığı kesimde dolgu yüksekliği 3 metre olduğuna göre, dolguya verilmesi gereken yükseklik fazlasını hesaplayınız.

UYGULAMA 2: Bir kumlu zeminin geçici kabarmış hacmi 5000 m^3 , kazıdan önceki hacmi 4500 m^3 dür. Kalıcı kabarma katsayısı % 1.5 dur. Kazılan zemin, izin verilen yük ağırlığı 24 ton olan kamyonlarla taşınmaktadır. Zeminin doğal durumdaki birim ağırlığı 1950 kg/m^3 dür.

a)Taşımada kullanılacak kamyon sefer sayısını hesaplayınız.

b)Taşınan zemin 1.5 metre dolgu yüksekliği olan kesimde kullanılacağına göre, dolguya verilmesi gereken dolgu yüksekliği fazlalığını hesaplayınız

UYGULAMA 3: 1000 m³lük bir yarmadan çıkan, yağlı toprak zeminle 600 m³ hacimdeki dolgu oluşturulacak ve geriye kalan zemin depoya gönderilecektir. Bu verilere göre depoya gönderilecek zemin hacmini hesaplayınız. (yağlı toprak zemin için geçici kabarma katsayısı 0,2 ve çökme yüzdesi 0,15 alınınız)