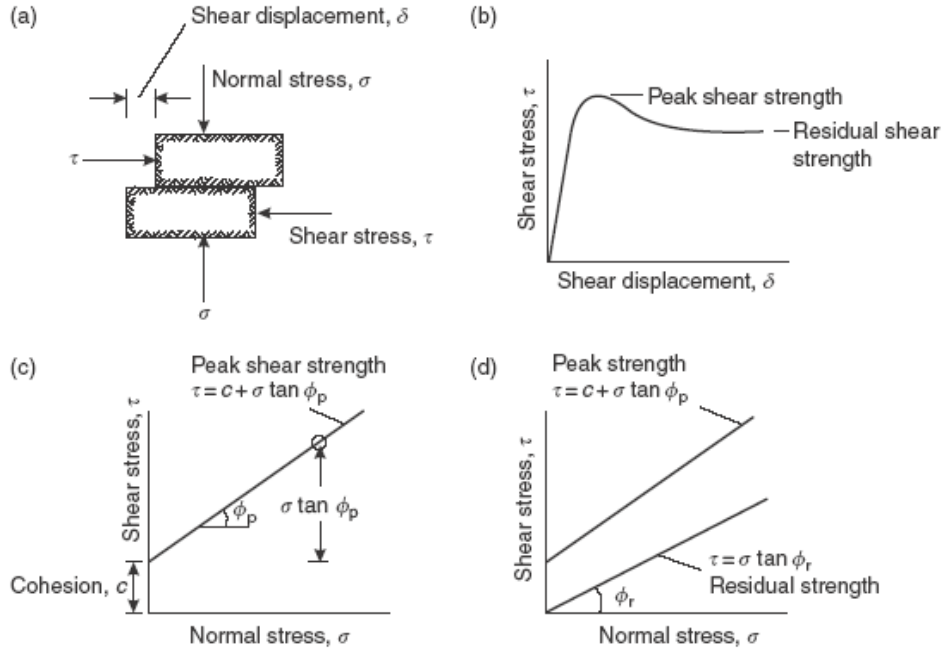


JFM319 Mühendislik Jeolojisi

Yamaç ve Şevlerin Duraylılığı

09.11.2018

Jeomekanik Parametreler



Kesme kutusu (shear box) deney düzeneği
Kohezyon (c) pik ve rezidüel
İçsel sürtünme açısı (ϕ) pik ve rezidüel

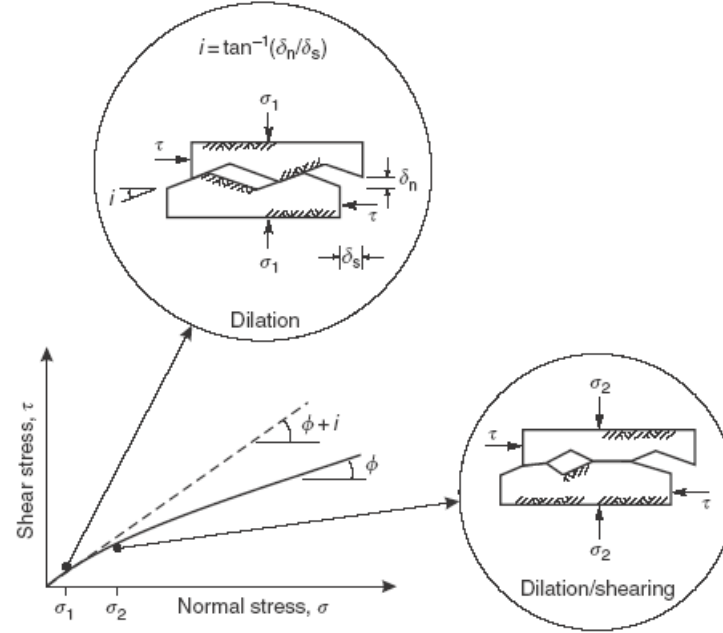
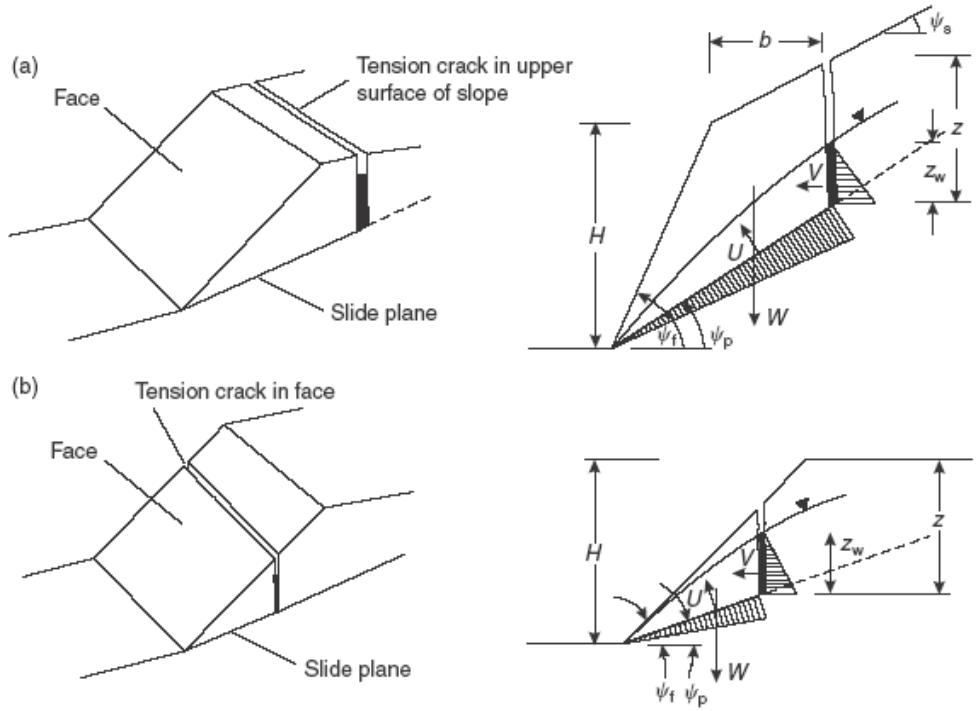


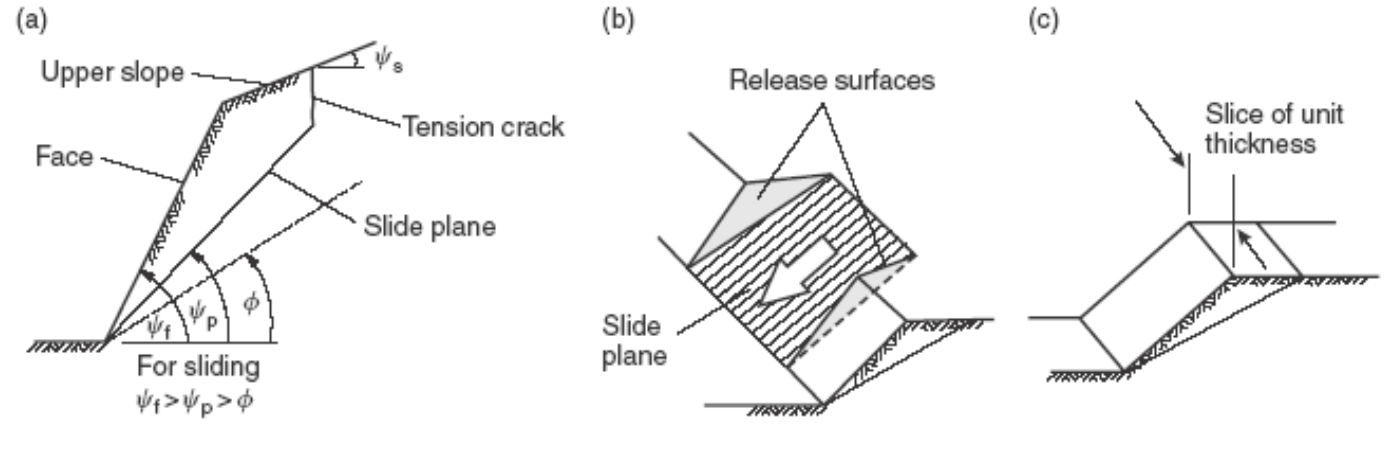
Figure 4.12 Effect of surface roughness and normal stress on friction angle of discontinuity surface (Transportation Research Board, 1996).

Normal gerilme ve içsel sürtünme açısı ile
yüzey pürüzlülüğü ilişkisi

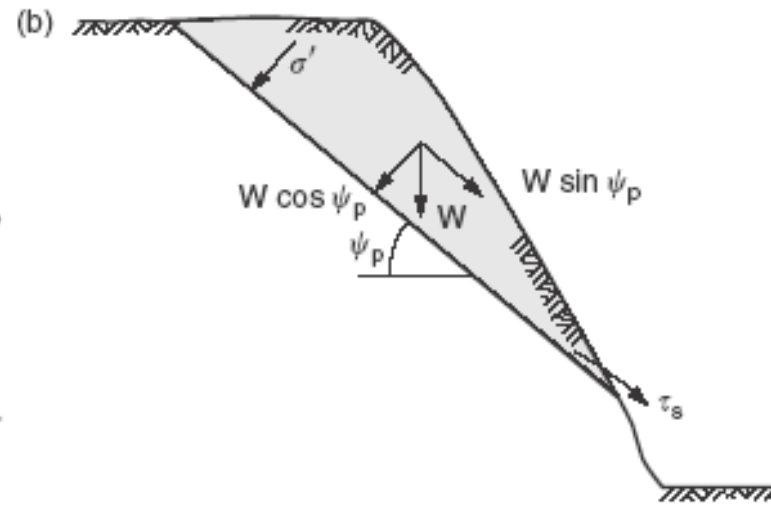
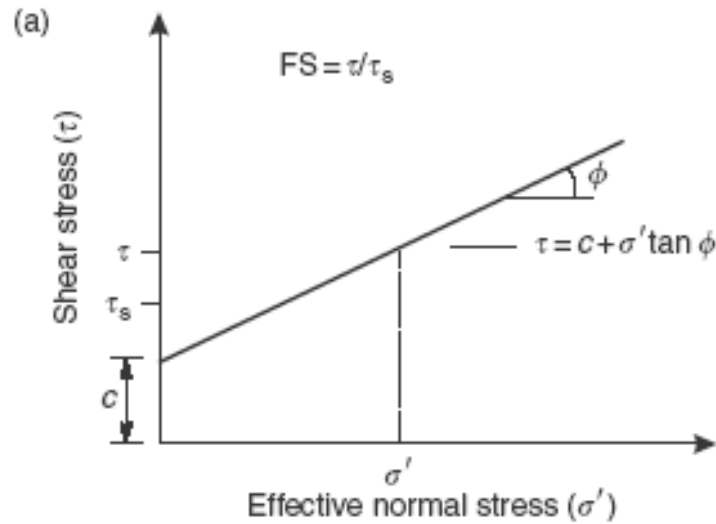
Kaya Şevlerinde Duraylılık



Düzlemsel yenilmede gerilme çatlakları (a) Şev ardında, (b) Şev yüzeyinde



Düzlemsel yenilme koşulu (a) Yenilme düzlemi (b) ve (c) Duraysız kütle geometrisi



$$\tau = c + \sigma' \tan \phi$$

$$\sigma = \frac{W \cos \psi_p}{A}$$

$$\tau_s = \frac{W \sin \psi_p}{A}$$

$$\tau = c + \frac{W \cos \psi_p \tan \phi}{A}$$

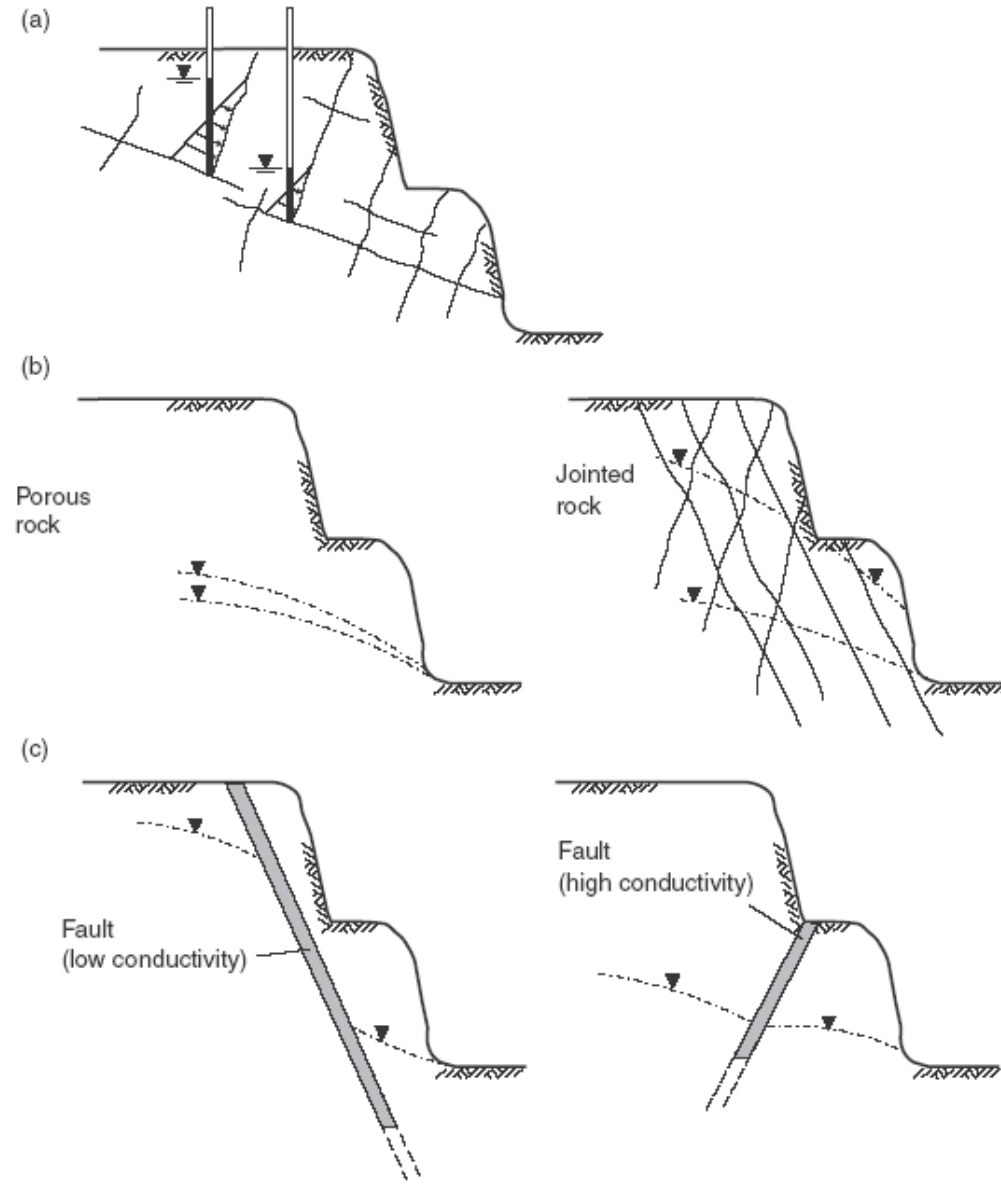
$$\tau_s A = W \sin \psi_p \quad \text{and}$$

$$\tau A = cA + W \cos \psi_p \tan \phi$$

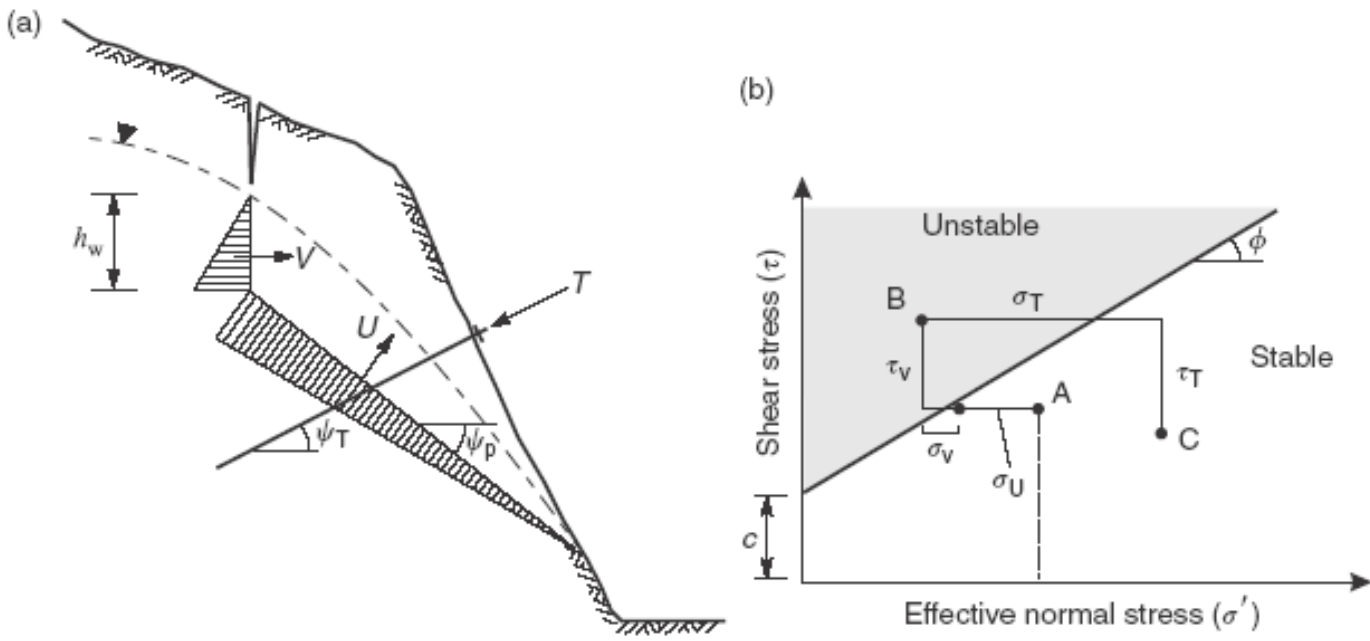
$$FS = \frac{\text{resisting forces}}{\text{driving forces}}$$

$$FS = \frac{cA + W \cos \psi_p \tan \phi}{W \sin \psi_p}$$

Düzlemsel Yenilme Analizinde Limit Denge Koşulu



Şevlerde yeraltı suyu : a. Süreksizlik devamlılığına bağlı olarak su basıncı, b. Geçirimli ve eklemli kayada su tablasının konumları, c. Düşük ve yüksek iletimli fay zonlarında su tablasının konumu



Gerilme çatlığı bulunan kaya şevinde düzlemsel yenilme analizi detayları

$$N_T = T \sin(\psi_T + \psi_p) \quad \text{and} \quad FS = \frac{cA + (W \cos \psi_p - U - V \sin \psi_p + T \sin(\psi_T + \psi_p)) \tan \phi}{W \sin \psi_p + V \cos \psi_p - T \cos(\psi_T + \psi_p)}$$

$$S_T = T \cos(\psi_T + \psi_p)$$

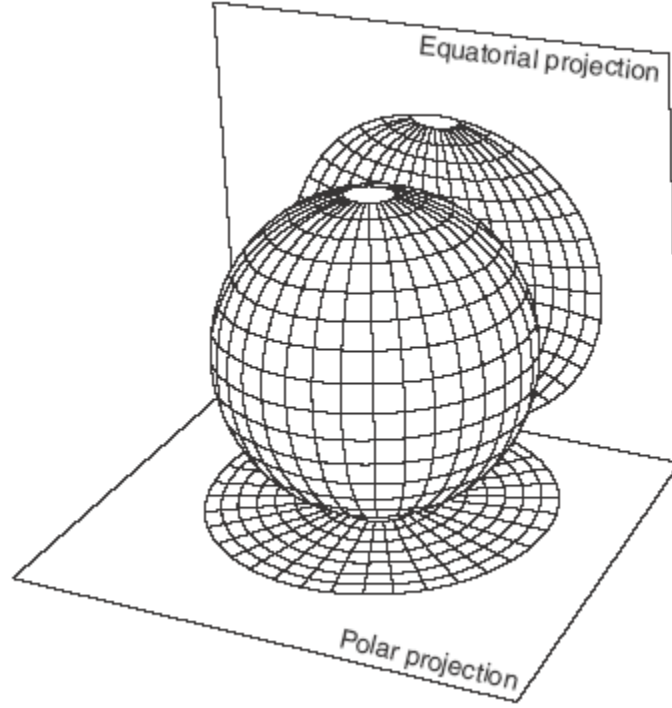
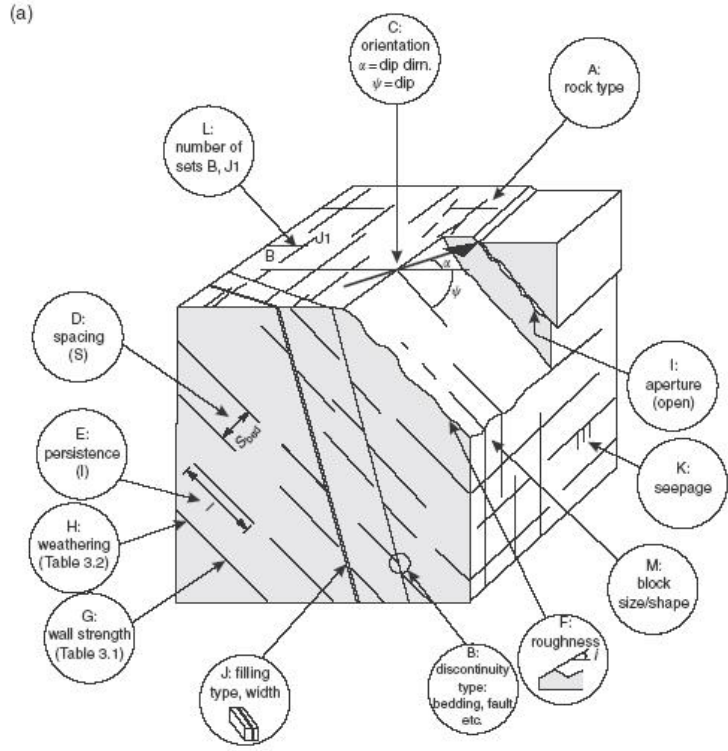
Kaya bulonu, ankraji sonucunda düzlemsel yenilme analizi detayları

$$FS = \frac{\cos \psi_p \cdot \tan \phi}{\sin \psi_p} \quad FS = 1 \quad \text{when } \psi_p = \phi$$

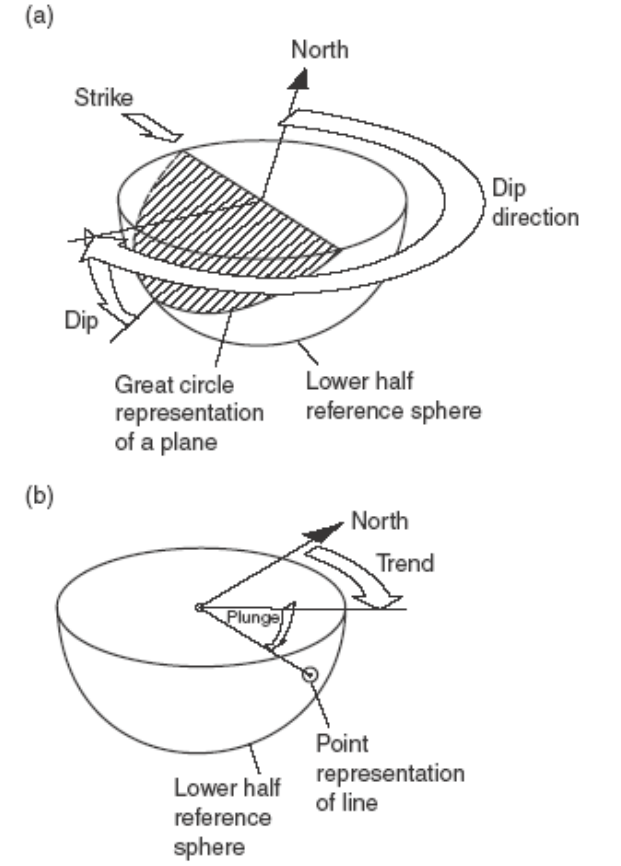
$$p = \gamma_w h_w \quad V = \frac{1}{2} \gamma_w h_w^2 \quad \text{and} \quad U = \frac{1}{2} \gamma_w h_w A$$

$$FS = \frac{cA + (W \cos \psi_p - U - V \sin \psi_p) \tan \phi}{W \sin \psi_p + V \cos \psi_p}$$



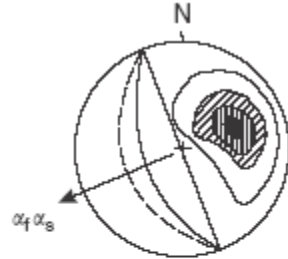
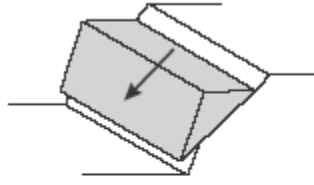


Kaya kütlelerinde süreksizlik özelliklerinin blok diyagramı

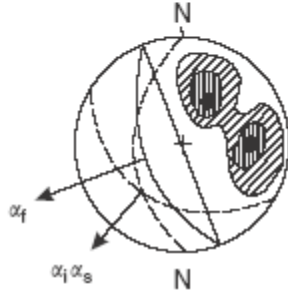
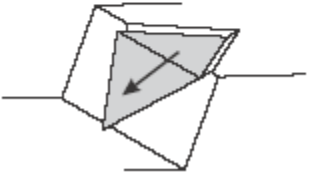


Düzlemin stereografik projeksiyonu;
a. Büyük daire, b. gidiş ve dalım

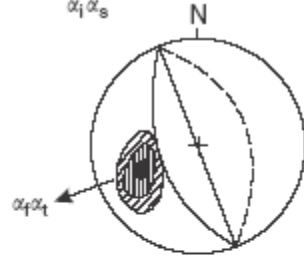
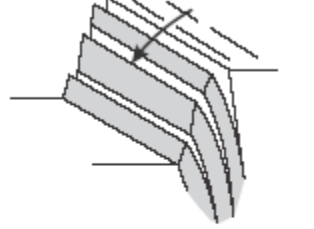
(a)



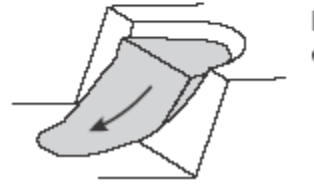
(b)



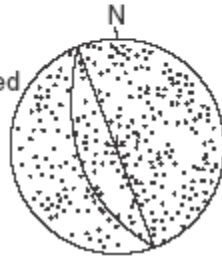
(c)



(d)



Randomly oriented
discontinuities



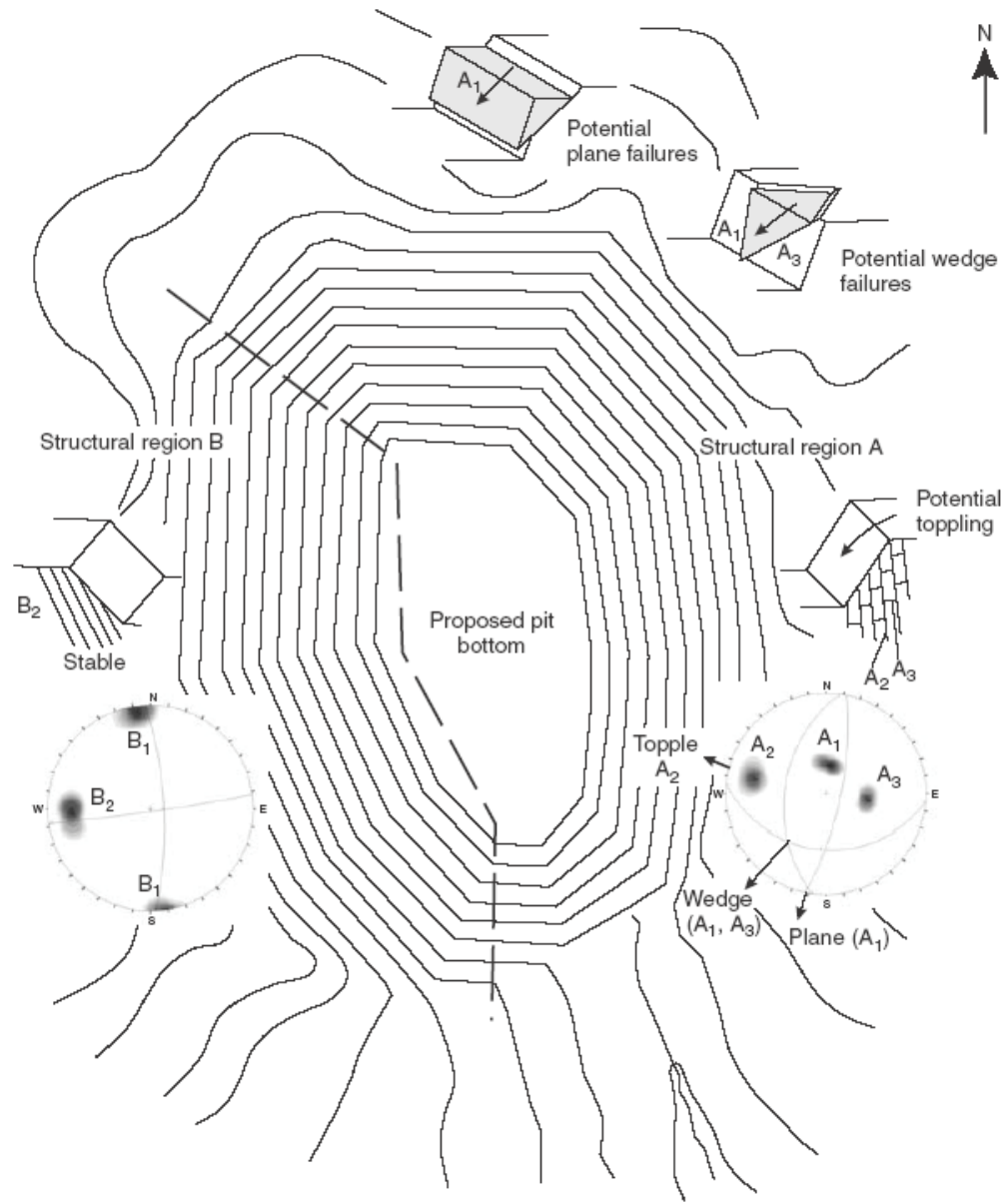
KAYA ŞEV DURAYSIZLIKLARININ KİNEMATİK ANALİZİ

a.DÜZLEMSEL YENİLME

b.KAMA TÜRÜ YENİLME

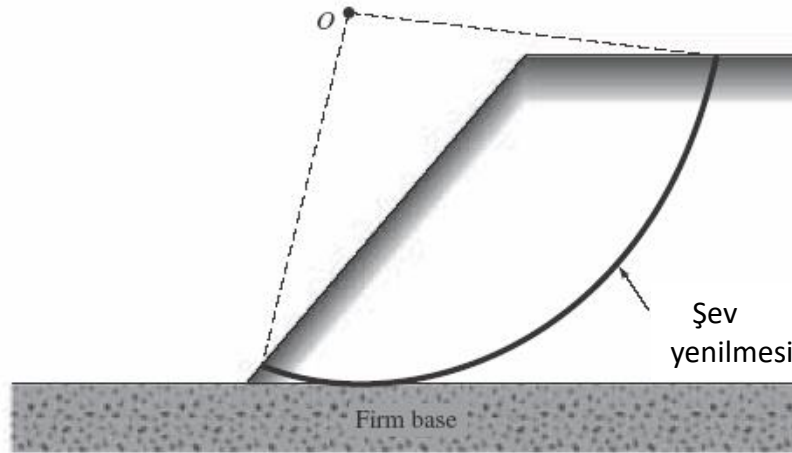
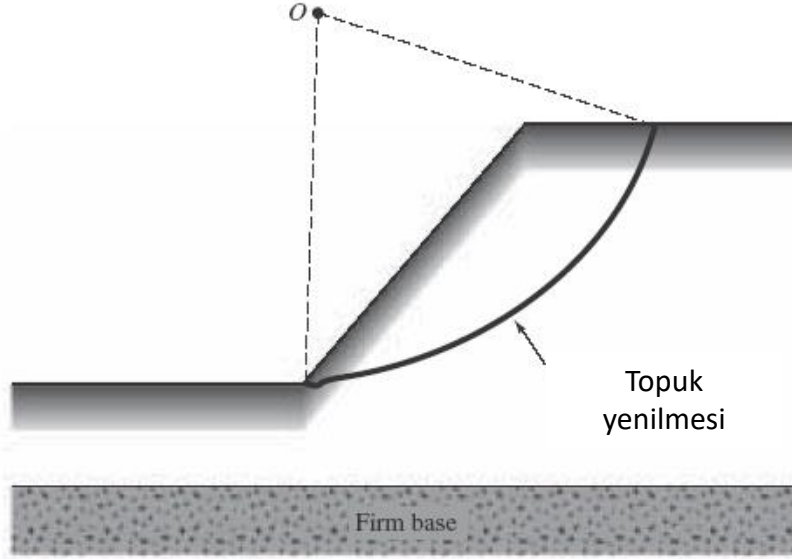
c.DEVRİLME

d.KARIŞIK TÜRDE YENİLME

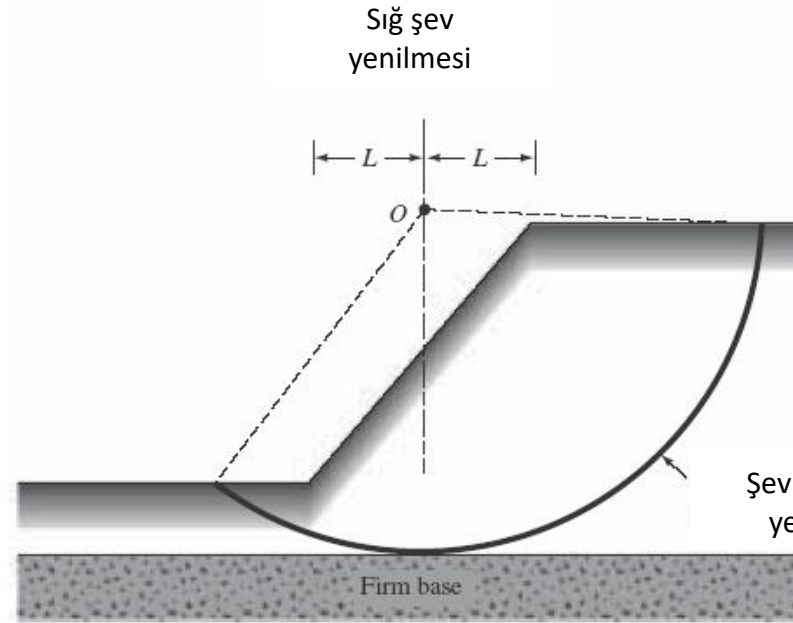
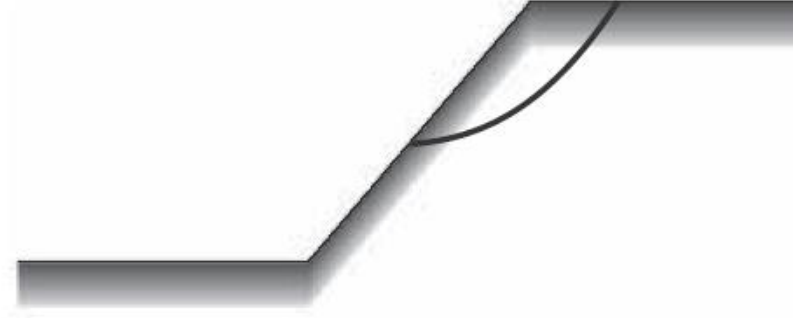


Açık maden işletmesi yapılan bir sahada kay çev duraylılığı çalışması

Zemin Şevlerinde Duraylılık

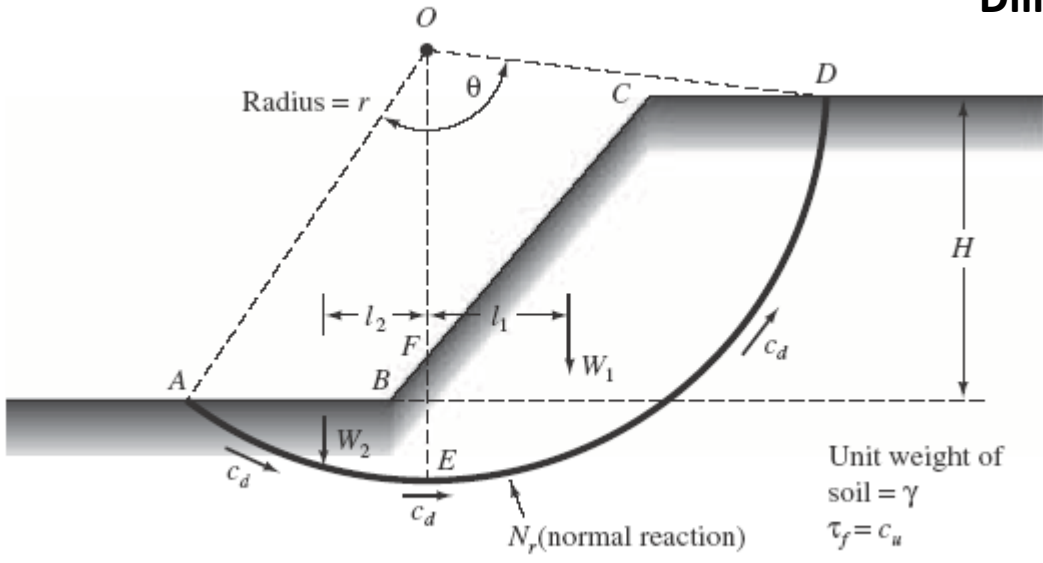


(a) Slope failure

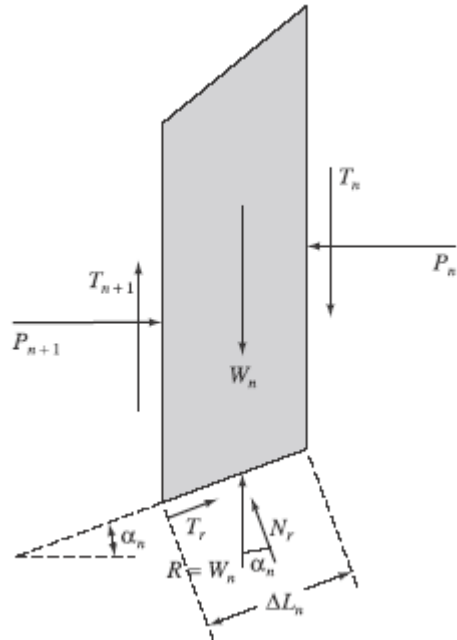
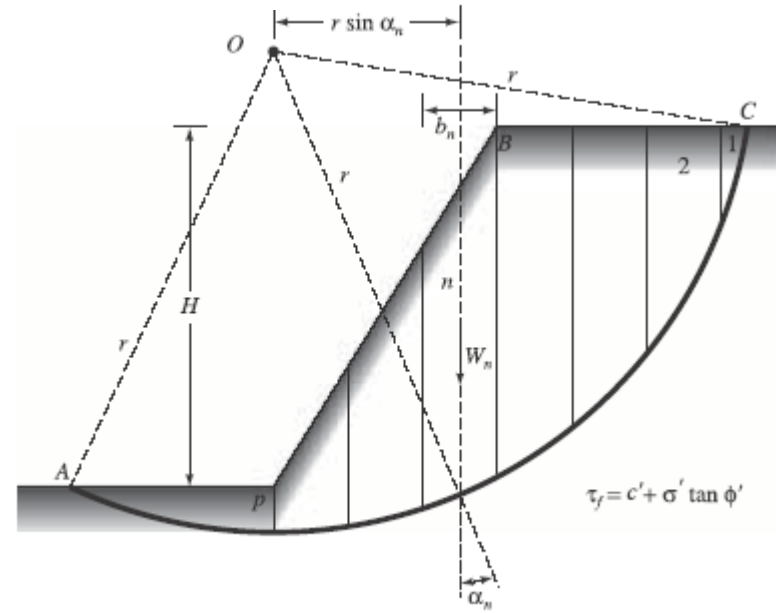


(c) Base failure

Dilim Metodu



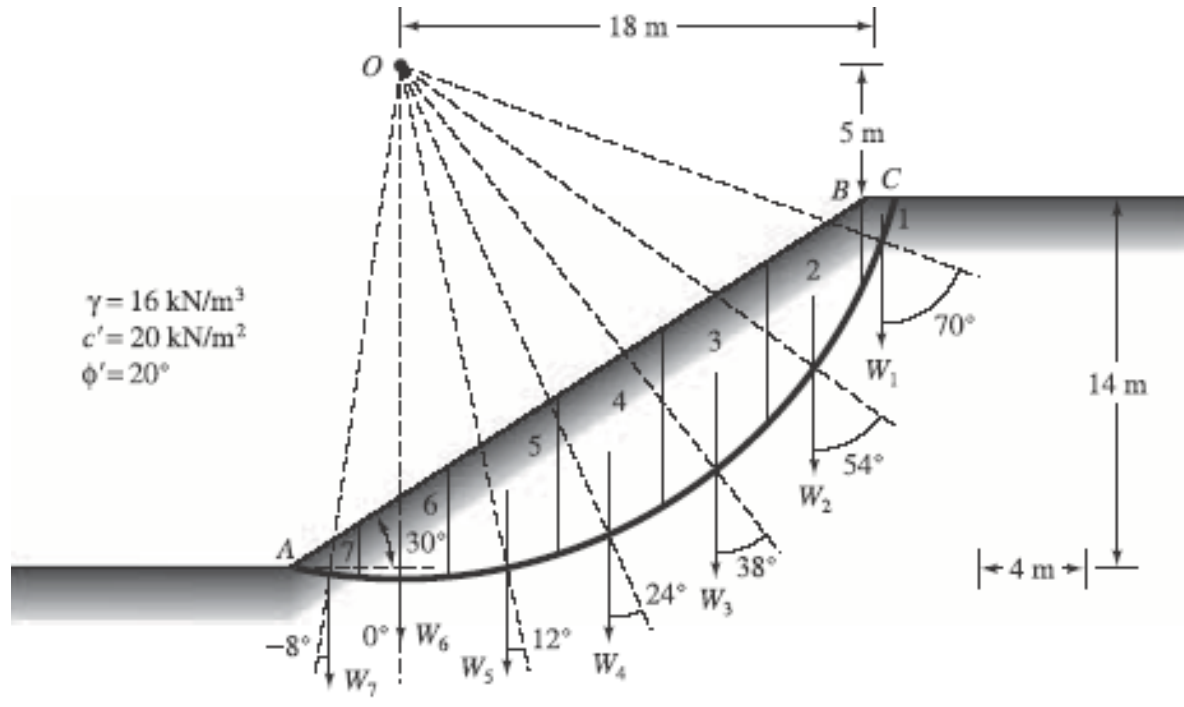
Homojen killi zeminde yenilme ($\phi=0$)



$$\sum_{n=1}^{n-p} W_n r \sin \alpha_n = \sum_{n=1}^{n-p} \frac{1}{FS_s} \left(c' + \frac{W_n \cos \alpha_n}{\Delta L_n} \tan \phi' \right) (\Delta L_n) (r)$$

$$FS_s = \frac{\sum_{n=1}^{n-p} (c' \Delta L_n + W_n \cos \alpha_n \tan \phi')}{\sum_{n=1}^{n-p} W_n \sin \alpha_n}$$

Dilim Metodu Örnek Çözümü



Slice no. (1)	W (kN/m) (2)	α_n (deg) (3)	$\sin \alpha_n$ (4)	$\cos \alpha_n$ (5)	ΔL_n (m) (6)	$W_n \sin \alpha_n$ (kN/m) (7)	$W_n \cos \alpha_n$ (kN/m) (8)
1	22.4	70	0.94	0.342	2.924	21.1	6.7
2	294.4	54	0.81	0.588	6.803	238.5	173.1
3	435.2	38	0.616	0.788	5.076	268.1	342.94
4	435.2	24	0.407	0.914	4.376	177.1	397.8
5	390.4	12	0.208	0.978	4.09	81.2	381.8
6	268.8	0	0	1	4	0	268.8
7	66.58	-8	-0.139	0.990	3.232	-9.25	65.9
$\Sigma \text{ Col. 6} = 30.501 \text{ m}$						$\Sigma \text{ Col. 7} = 776.75 \text{ kN/m}$	$\Sigma \text{ Col. 8} = 1638 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned}
 FS_s &= \frac{(\Sigma \text{ col. 6})(c') + (\Sigma \text{ col. 8})\tan \phi'}{\Sigma \text{ col. 7}} \\
 &= \frac{(30.501)(20) + (1638.04)(\tan 20)}{776.75} = 1.55
 \end{aligned}$$

Şev Duraylılığında Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları

Ön Çalışmalar

Jeolojik haritalar ve kesitler çıkartılması

Uydu görüntüleri ve geriye dönük hava fotoğraflarının incelenmesi

Arazi Çalışmaları

- Sondaj ve araştırma çukurları programlanması ve sondajdan örnek alımı
- Arazi deneyleri (SPT, CPT, deformasyon deneyleri)
- Jeofizik incelemeler (Sismik, IP, rezistivite)
- Yeraltı su seviyesinin değişiminin incelenmesi
- Lidar, Drone vb ile yağış dönemlerinde görüntüleme
- Kuyu içi inklinometre ölçümleri ile hareket hızı ve yönünün uzun süreli takip edilmesi

Laboratuvar Çalışmaları

- İndeks özelliklerin belirlenmesi (sınıflama, nem içeriği, yoğunluk)
- Kesme kutusu deneyleri
- CD (konsolidasyonlu – drenajlı)
- CU (konsolidasyonlu – drenajsız)
- Yenilme düzleminin pik ve residüel kohezyon ile içsel sürtünme açılarının belirlenmesi
- Kesme kutusu zemin ve kayada yapılabilmektedir. Deney türünün belirlenmesinde şevin kısa ve uzun süreli drenaj koşullarının dikkatli belirlenmesi gereklidir.

Şev İyileştirme Yöntemleri

- Yüksek şev eğiminin kazı ile azaltılması (şevin yatırılması)
- Yeraltı ve yüzey sularının şevden uzaklaştırılması için drenaj
- Şev topuğuna ağırlık eklenmesi (kazıdan çıkartılan malzemenin ideal şartlarda sıkıştırılarak kullanılması) - BERM
- Şev topuğuna istinad yapılarının inşaa edilmesi
- Şev yüzeyine rip-rap (kaya blokları) yerleştirilmesi
- Ankraj yöntemleri
- Kazık ve ankraj sistemi uygulanması
- Şev yüzeyinin çelik halat ve ağlarla kaplanması (kaya düşmesi)
- Anot ve katotlar kullanılarak şevden suyun uzaklaştırılması
- Jet grout uygulanması
- Şev topuğuna hendek kazılması (Ditch)
- Nitrojen ile dondurma?

ŞEV İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ



Soru. 10 metre yüksekliğinde ve 60° eğimli bir yol yarması açılacaktır. Yarmanın yapılacağı birim içerisinde yola paralel 46° yola doğru eğimli tabakalanmalar mevcuttur. Tabakalanma yüzeylerinin laboratuvar deneylerinde kohezyonu 34.5 kPa, içsel sürtünme açısı 41° ve yoğunluğu 2800 kg/m^3 olarak bulunmuştur. Bu verilere göre;

- Gerilme çatlığının olmadığı ve yeraltı su seviyesinin yol seviyesi altında bulunduğu durumda kayma yüzeyinin güvenlik sayısını hesaplayınız.
- Yol yarması açılırken patlayıcı kullanıldığı için kohezyonun sıfır olduğunu kabul ederek kayma düzleminin güvenlik sayısını hesaplayınız.

