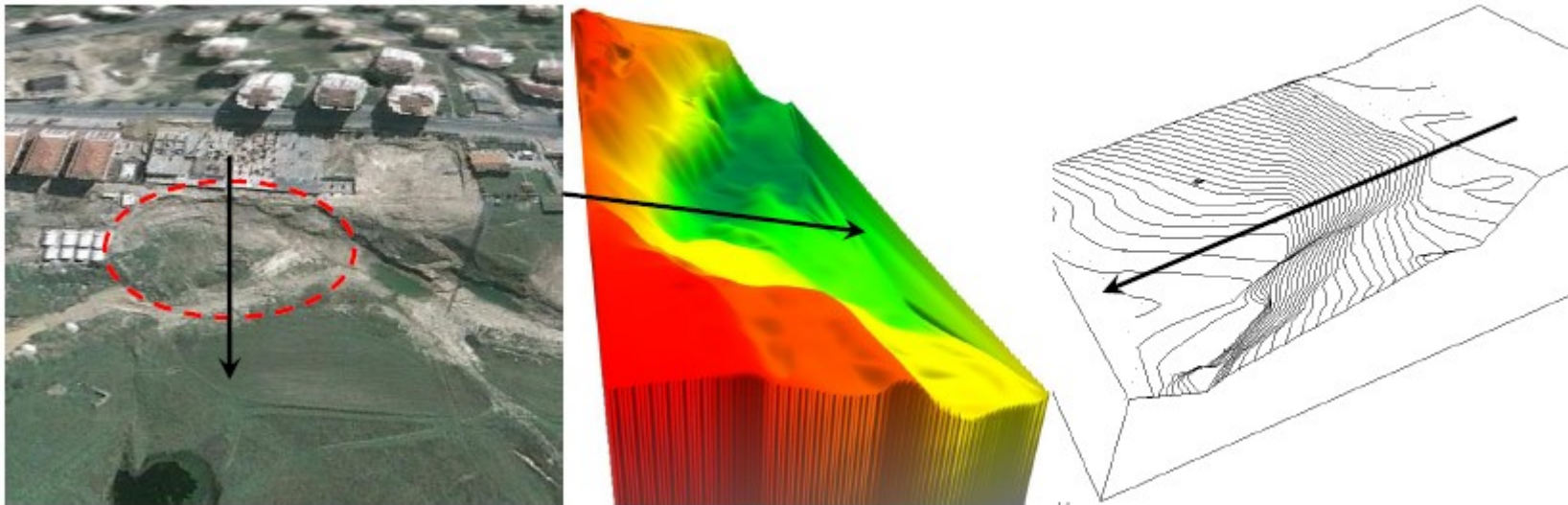


- $$a/b = \frac{1}{\tan \alpha}$$

- 
- Figure 10.1 consists of two diagrams illustrating earth pressure on retaining walls. Diagram (a) shows a finite wall (Sonlu şev) of height  $H$ . A failure surface (Kayma yüzeyi) is shown at a depth  $a$  and a horizontal distance  $b$  from the base. The failure surface is at an angle  $\alpha = \text{Şev açısı}$  to the horizontal (Yatay). The resulting active earth pressure distribution (Ayna) is shown as a triangular shape. Diagram (b) shows an infinite wall (Sonsuz şev) of height  $H$ . A failure surface (Kayma yüzeyi) is shown at a depth  $a$  and a horizontal distance  $b$  from the base. The resulting active earth pressure distribution (Ayna) is shown as a trapezoidal shape.

## 4. Şev Stabilitesi

- Eğimli yüzeyin kayma potansiyelini hesaplamak için:
  - topoğrafyasının (kot, plankote) bilinmesi ve
  - kritik bir bölgeden uygun bir kesit alınması gerekir.
- İyi bir arazi ve laboratuvar çalışması yapılarak zemin tabakaları ve özellikleri ile yeraltı su seviyesi belirlenmelidir.
- Tüm bu bilgiler bir arada kullanılarak şev kesiti modellenir.





## 4.1.Şev stabilite analiz yöntemleri

---

- Şev dengesinin korunması için, herhangi bir düzlemdeki kayma gerilmesinin, aynı düzlemde doğan kayma mukavemetinden küçük olması gerekir. Doğal ve yapay şevlerin stabilite analizleri için birçok yöntem ileri sürülmüştür. Bu yöntemler arasında, uygulamada ve kullanım alanında bazı farklar olmasına rağmen bilinen veya kabul edilen kritik kayma yüzeyinde, kayma kütlesinin dengesi araştırılmaktadır.
- Mühendislik açısından, hemen her problemde denge, sayısal olarak ifade edilir ve sonuçta bir güvenlik sayısının hesaplanması istenir. Bu hesaplar sırasında da,
  - limit gerilme ve
  - limit denge olmak üzere iki ana yaklaşım yapılır.



## 4.1. Limit gerilme yaklaşımı

---

- Limit gerilme yaklaşımı, dış yükler ve kendi ağırlığı altındaki ortamın, hangi ölçüde hareket edeceği, gerilmelerin hangi noktalarda yoğunlaştığı ve bunun sonucunda göçmenin olup olmayacağını incelenmesi esasına dayanır.
- Ancak bu yaklaşım, ortamın özelliklerinin her noktada doğru olarak belirlenmesini gerektirir.
- Ortam özelliklerinin yetersiz olması
  - Malzeme özelliklerinde yersel, yönsel değişimin olasılığı
  - Üniform olmayan boşluk ve çatlak suyu basınçlarının varlığı
  - Kayaçta yönü ve şiddeti belli olmayan doğal gerilmelerin varlığıdır.

Bundan dolayı limit gerilme analizi, yamaç stabilitesinde uygulanmamaktadır.

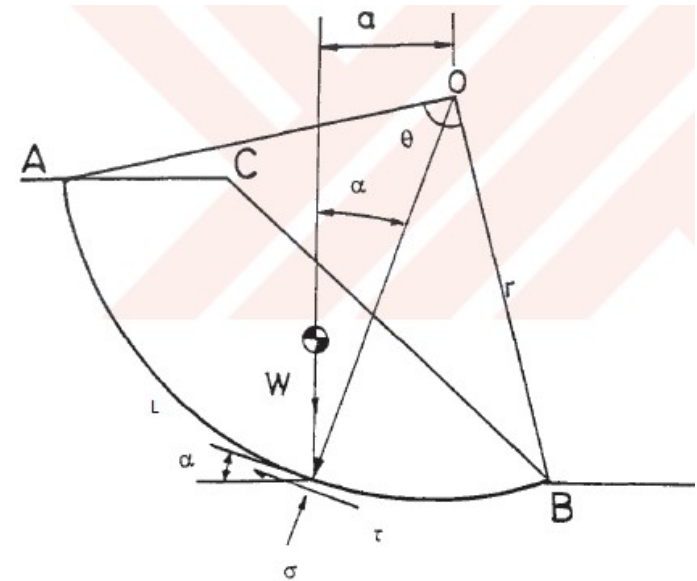


## 4.2. Limit denge yaklaşımı

---

- Limit denge yaklaşımının ana fikri; göçme olasılığı olan bir yüzey varsaymak ve bu yüzey boyunca göçmeye yol açacak gerilme durumunu bulmaya çalışmaktır.
- Bunun için kayma yüzeyinin yeri ve şekli önceden kabul edilir. Sonra kayma bölgesindeki kütlenin dengede kalması için gerekli olan kayma direnci hesaplanır. Denge için gerekli olan kayma direnci ile kayma yüzeyinde varolan veya uyanan kayma direncinin karşılaştırılması ile bir güvenlik sayısı(GS) bulunur.
- Kritik GS'nı bulmak için işlem değişik şekil ve yerdeki kayma yüzeylerine göre iterasyon ile tekrarlanmalı ve en düşüğü seçilmelidir.

- 
- The diagram illustrates a curved beam element ABC of length  $L$ , with a radius of curvature  $r$  and a subtended angle  $\theta$  at the center of curvature  $O$ . A uniformly distributed load  $W$  acts vertically downwards on the beam. The beam is supported at points  $A$  and  $B$ . The internal forces and stresses are shown at a point on the neutral axis, with normal stress  $\sigma$  and shear stress  $\tau$  acting on a small element of length  $\alpha$ . The angle between the beam's longitudinal axis and the horizontal is also labeled  $\alpha$ .



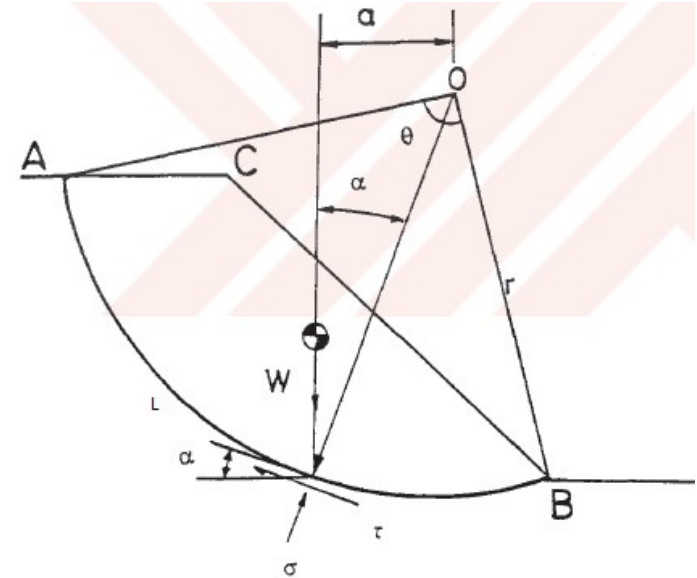
## 4.2.1. $\phi_u$ yöntemi

- Şekilde O noktası merkez olmak üzere,  $r$  yarıçaplı bir AB dairesel yayı bulunmaktadır. O noktasında bir dönme meydana geldiğinde, ABCA zemin kütlesi,  $W$  ağırlığı ile kaydıran,  $W.a$  momentini uygular.
- Buna AB yüzeyi boyunca zeminin kayma direnci karşı koyacağından, karşı koyan moment;

$$M_o = c_u . L . r \quad \text{olarak bulunur.}$$

- Burada  $c_u$ , zeminin kohezyonu,  $L$ , AB yay uzunluğu;

$$L = 2\pi . r . \frac{\theta}{360} \quad \text{olarak ifade edilir.}$$

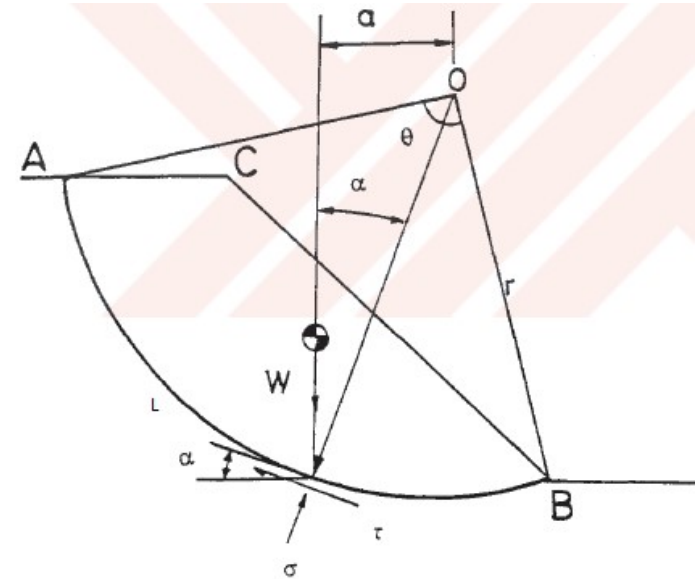


- O noktasına göre momentler dengesinden güvenlik sayısı;

$$G.S. = \frac{M_o(karşakoyan)}{M_o(döndüren)}$$

$$G.S. = \frac{c_u . L . r}{W . a}$$

şeklinde hesaplanır.





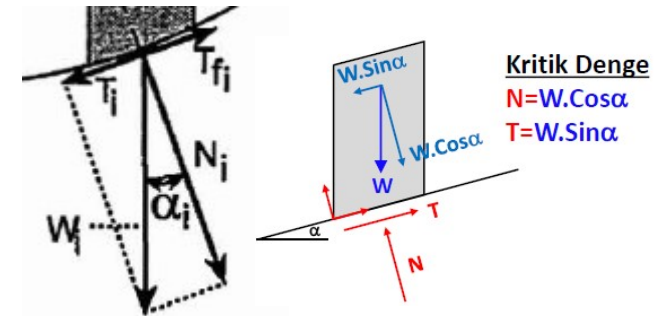
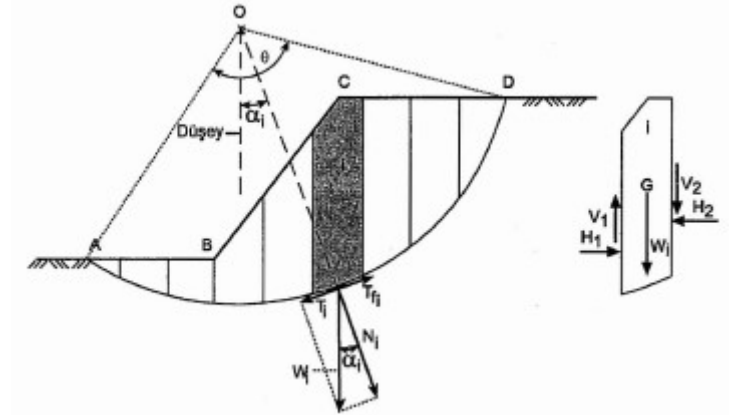
## 4.2.2. İsveç Dilim Metodu (Fellenius yönt., sonlu şev stabilitesi)

- Bu yöntemde ABCDA alanı düşey dilimlere bölünür ve kayma yüzeyi dairesel silindiriktir.
- Herhangi bir i diliminin ağırlığı  $W_i$ , dilim tabanında normal ve teğetsel doğrultularda iki bileşene ayrılabilir.

$$N_i = W_i \cdot \cos \alpha_i \quad T_i = W_i \cdot \sin \alpha_i$$

- $\alpha_i$ =Dilim yay ortasını, O merkezine birleştiren doğrunun, O merkezinden geçen düşey doğrultu ile yaptığı açıdır.
- Dilimin kaymasına karşı koyan kuvvet, zeminin kayma direncinden meydana gelir.

$$T_{fi} = \Delta L \cdot c + N \cdot \tan \phi$$



$\Delta L$ =dilimin yay uzunluğu

## 4.2.2. İsveç Dilim Metodu

- Kaymayı önleyici kuvvet momenti;

$$M_o = \sum_1^i (\Delta L.c + N \tan \phi).r$$

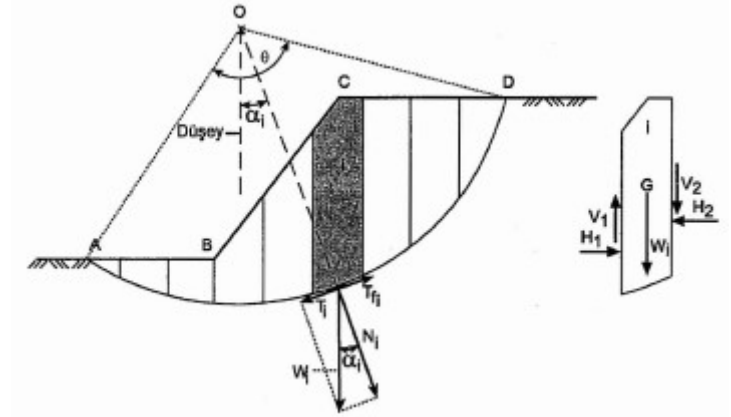
- Göçmeye neden olan kaydırıcı moment;

$$M_o = \sum_1^i (W.\sin \alpha_i).r$$

- Güvenlik sayısı, kaymayı önleyici momentin, kaydırıcı momente oranı olarak yazılırsa

$$G_s = \frac{\sum (\Delta L.c + N \tan \phi)r}{\sum (W.\sin \alpha).r} = \frac{L.c + \tan \phi.\sum N}{\sum T}$$

olarak bulunur.



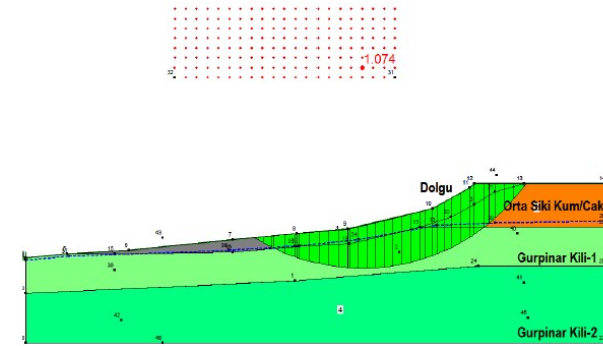
İsveç Dilim Yöntemi için tablo.

Dilim No.	Dilim Ağ. W, kN/m	$\alpha_i$ Derece	$W \cos \alpha_i$ N, kN/m	$W \sin \alpha_i$ T, kN/m
1	.	.	.	.
2	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
			$\Sigma N$	$\Sigma T$

$$L = 2\pi.r.\frac{\theta}{360}$$

## 4.2.2. İsveç Dilim Metodu

- Önce dilimler teşkil edilir. Dilim genişlikleri tercihen sabit alınır(1-2m).Dilimler baştan itibaren sırayla numaralandırılır.
- Herbir dilimin alanı, şekil ölçekli çizilerek, belirlenir. Dilim alanları yaklaşık olarak yamuk veya üçgen kabul edilerek hesaplanır. Alanlar zemin birim ağırlığı ile çarpılarak dilimlerin ağırlıkları( $W_i$ ) belirlenir.
- Herbir dilimin yay ortasını, O merkezine birleştiren doğrunun, O merkezinden geçen düşey doğrultu ile yaptığı açı ( $\alpha_i$ ) belirlenir.
- Herbir dilimin hazırlanan tablo yardımıyla normal ve teğetsel doğrultulardaki bileşenleri ve bunların toplamı bulunur(O merkezi düşey doğrultusu solundaki T -, sağındaki T + alınır) ve G.S. hesaplanır.(Su akımları olması durumunda akım ağırları çizilerek çözüm yapılabilir ve efektif kohezyon, içsel sürtünme açısı kullanılır. U: boşluksuyu basınçları toplamı)  $U = \gamma_w \cdot h \cdot \Delta L$



İsveç Dilim Yöntemi için tablo.

Dilim No.	Dilim Ağ. $W_i$ kN/m	$\alpha_i$ Derece	$W \cos \alpha_i$ $N_i$ kN/m	$W \sin \alpha_i$ $T_i$ kN/m
1	.	.	.	.
2	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
			$\Sigma N$	$\Sigma T$

$$G_s = \frac{L \cdot c + \tan \phi \cdot \sum N}{\sum T}$$

$$G_s = \frac{Lc' + \tan \phi' \sum (N - U)}{\sum T}$$

- 

$$G_s = \frac{2\pi \times 7 \times (130/360) \times 10 + \tan 20^\circ \times 607.85}{203.43} = 1.87$$

### 4.2.3. Sonsuz şevlerin stabilitesi

- Uzunluğu derinliğine göre çok büyük olan ve şev yüzüne paralel olan kaymalar, sonsuz şev kaymaları olarak düşünülebilir.
- Sonsuz bir şevde, şev yüzünden **z** derinliğindeki bir düzlemi düşünüldüğünde, iki boyutlu koşullarda **b** uzunluklu bir elemana etkiyen düşey gerilme,

$$\sigma_z = \frac{W}{b} = \frac{z.b.\cos\alpha.\gamma}{b} = z.\gamma.\cos\alpha$$

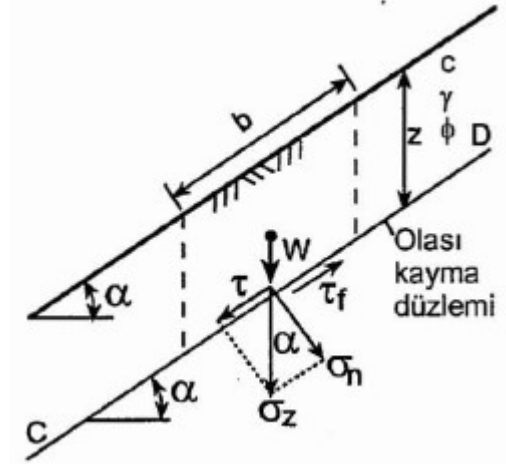
olur.

- Bu gerilmeyi, düzleme dik ve teğet olmak üzere iki bileşene ayırırsak,

$$\sigma_n = \sigma_z.\cos\alpha = z.\gamma.\cos^2\alpha$$

$$\tau = \sigma_z.\sin\alpha = z.\gamma.\cos\alpha.\sin\alpha$$

elde edilir.



### 4.2.3. Sonsuz şevlerin stabilitesi

- Burada kaydıran gerilme,

$$\tau = \sigma_z \cdot \sin \alpha = z \cdot \gamma \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha$$

- Kaymaya karşı koyan gerilme ise,

$$\tau_f = c + \sigma_n \cdot \tan \phi = c + z \cdot \gamma \cdot \cos^2 \alpha \cdot \tan \phi$$

dir.

- Kaymaya karşı Güvenlik Sayısı,

$$G_s = \frac{\tau_f}{\tau} = \frac{c + z \cdot \gamma \cdot \cos^2 \alpha \cdot \tan \phi}{z \cdot \gamma \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}$$

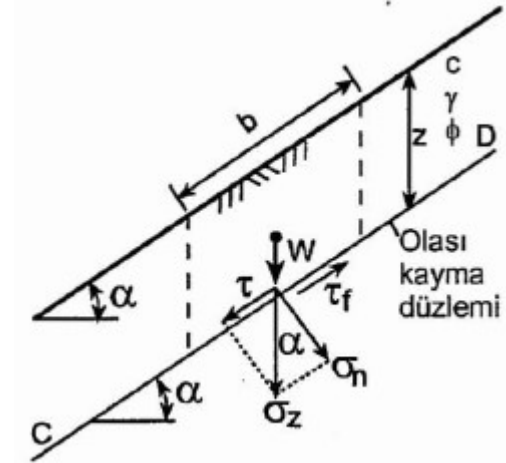
- $G_s=1$  için, kritik derinlik,  $z=H_c$  olur.

$$H_c = \frac{c}{\gamma \cdot \cos^2 \alpha \cdot (\tan \alpha - \tan \phi)}$$

- Kohezyonsuz zeminde Güvenlik sayısı,  $G_s$ ,

$$G_s = \frac{\tan \phi}{\tan \alpha}$$

olur.



### 4.2.3. Sonsuz şevlerin stabilitesi

- Sonsuz şevde şev yüzüne paralel su akımı olması durumunda,  $G_s$ ,

$$G_s = \frac{c' + [(z-h)\gamma_n \cdot \cos^2 \alpha + h\gamma' \cos^2 \alpha] \tan \phi}{(z-h)\gamma_n \cos \alpha \cdot \sin \alpha + h\gamma_d \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}$$

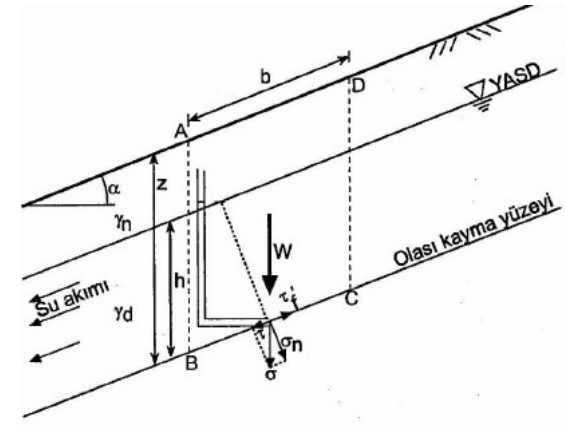
- Su akımının yüzeyde olması durumunda ( $z=h$ ),  $G_s$ ,

$$G_s = \frac{c' + [h\gamma' \cos^2 \alpha] \tan \phi}{h\gamma_d \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha}$$

- $z=h$  ve  $c'=0$  olması gibi özel durumda,  $G_s$ ,

$$G_s = \frac{\gamma' \tan \phi'}{\gamma_n \tan \alpha}$$

olur.



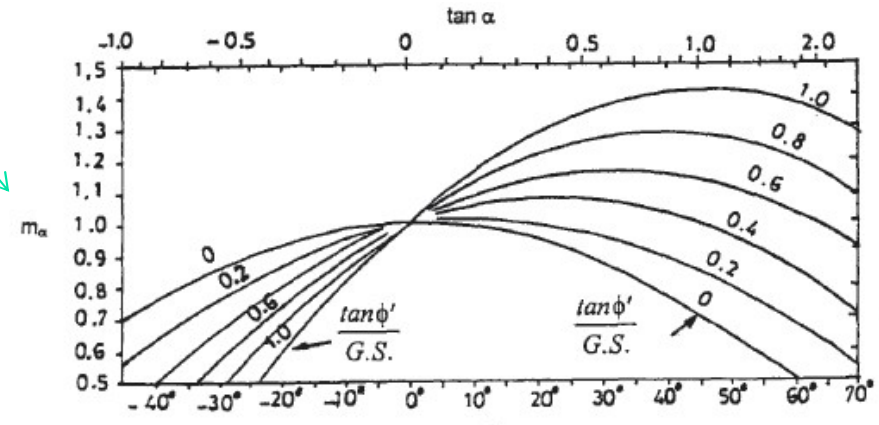
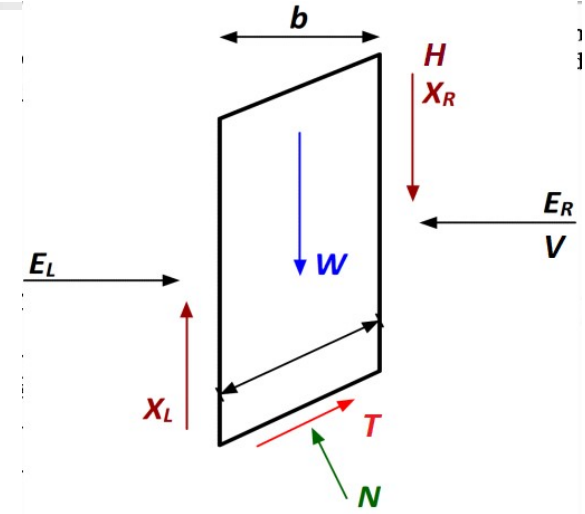
## 4.2.4. Basitleştirilmiş Bishop yöntemi

- Bishop tarafından geliştirilen yöntem dairesel bir kaymada,
    - dilimler arası normal kuvveti (E) hesaba dahil eder
    - dilimler arası kayma kuvveti (X) ihmal eder
    - ve moment dengesini gözeterek hesap yapar.
- Bishop yöntemi ile  $G_s$ ,

$$G_s = \frac{\sum [c.b + W.\tan\phi]}{\sum W.\sin\alpha}$$

- Yeraltı suyu olması durumunda  $G_s$ ,

$$G_s = \frac{\sum [c'.b + (W - u.b).\tan\phi']}{\sum W.\sin\alpha}$$



$$m_\alpha = \cos\alpha \left( 1 + \tan\alpha \frac{\tan\phi}{G.S.} \right)$$



- Sadece çizilen kayma dairesi için güvenlik sayısını Bishop Yöntemiyle hesaplayınız.



- a) Kayma dairesi istenen biçimde çizildikten (topuk)sonra 10 dan az olmamak üzere dilime ayrılır. Her dilimin gerçek genişliği ve yüksekliği ölçülür, çizelgede sütun ② ve ③'e işlenir,
- b) Birim hacim ağırlık  $21 \text{ kN/m}^3$  olduğundan dilim kütlesi  $\rho$  ②\*③ ile hesaplanarak sütun ④ doldurulur,
- c) Dilim taban eğimi  $\alpha$  buraya teğet çizerek,ya da O'dan dilim tabanı ortasına çizilen ışının düşeyle yaptığı açı ölçülerek bulunur, beşinci sütuna işlenir ( $^\circ$ ). Şekilde  $\alpha_3$  ün bu yöntemle ölçümü gösterilmiştir,

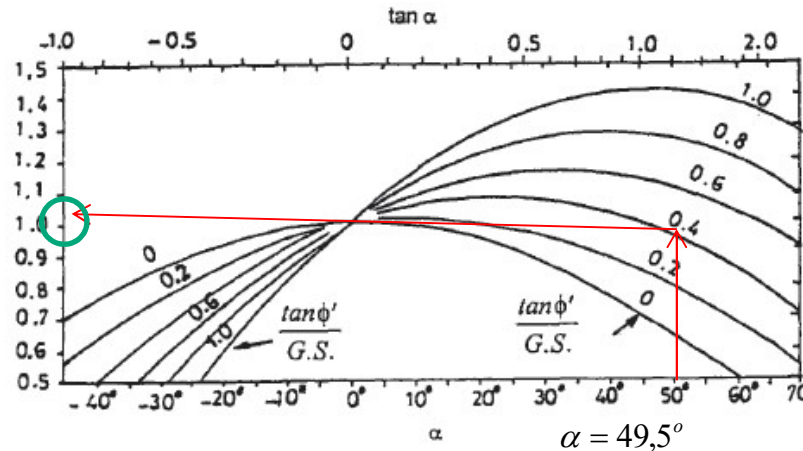
d) Altıncı kolonda sürücü kuvvet  $4 \cdot \sin \alpha$  ile hesaplanacaktır,  
 e) Yedinci kolondaki değerler çizilmiş akım ağında dilim tabanı ortasından serbest su yüzeyine kadar olan yüksekliktir,  
 f) Sekizinci kolonda dilim tabanına etkiyen su kuvveti  $\rho_w h_g b$  ile  $9.81 \cdot z$  olarak hesaplanır,  
 g) Dokuzuncu ve onuncu sütun direnen kuvvetlerin denklem uyarınca hesaplamasıdır,  
 h) Bu adımda ön güvenlik sayısı  $F^*$ ,  $m_\alpha$  hesaba katılmadan,

olarak hesaplanır,

## 4.2.4.Uygulama(Basitleştirilmiş Bishop yöntemi)

$\alpha$	$m_\alpha$
49.5	1.02

$$m_\alpha = 1.02$$



$$\frac{\tan \phi}{F^*} = \frac{\tan 32}{1.22} = 0.51$$

$m_\alpha$ 'nin denkleme içerilmesi değeri hakkında kabaca bir tahmin gerektirmektedir. Bu değer  $F^*$  olduğundan, şimdi Şekil 5.17ye dilimlerin  $\alpha$  değerleri ve  $(\tan \phi / F^*)$  ile girilerek kolon (11) doldurulur,

Sütun (11) de güvenlik sayısı denkleminin payı (10) x (11) le doldurulur ve toplam alınır  
Yeni güvenlik sayısı şimdi  $m_\alpha$  yı katarak bulunur,

$$GS_1 = \frac{1126}{849} = 1.32$$

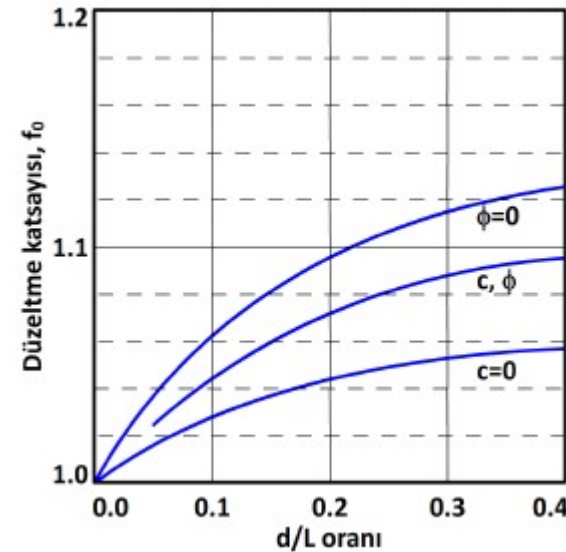
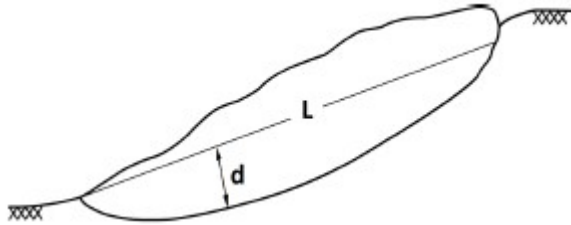
$F^* \neq GS_1$  olduğundan işlem eşitlik sağlanana değin yinelenir. Örneğin, bu kez 1.28' le deneme uygun olabilir.

$F^* = GS$  oluncaya kadar iterasyon yapılır

## 4.2.5. Basitleştirilmiş Janbu yöntemi

- Bu yöntemde de Güvenlik sayısı aynı bishop yönteminde olduğu gibi iterasyon yapılarak bulunur.
- Janbu hesaplamalardaki bazı hataları ortadan kaldırmak ve dilimler arası kuvvetlerin etkisini hesaba katmak için bishop ile hesaplanan GS'nı ampirik bir düzeltme faktörü ile çarpılmaktadır.

$$G_s = f_0 \cdot GS$$





## 5. Güvenlik sayısı(G.S.,F.S.,F.)

---

- Genel olarak bütün mühendislik problemlerinde yapıların, belirli bir katsayı ile güvende olması istenir.
- Şev stabilitesi açısından da **güvenlik sayısı**; şevi dengede tutmak için, ortamın kayma direnci parametrelerinin, şevi denge kaybına zorlayan parametrelere bölünmesiyle elde edilen bir değerdir.
- Bu sayı,şevin stabil olup olmadığı veya ne kadar stabil olduğunu gösterir.
- Yapılan stabilite analiz sonuçları bir güvenlik sayısı ile açıklanır.

$$G_s = \frac{\text{Direnenkuvvetler}}{\text{Hareketgeçirenkuvvetler}}$$

- Bu denkleme göre seçilen potansiyel kayma yüzeyi boyunca yalnızca göçme değil, dengede olma durumunda da güvenlik sayısı 1.0'dan büyük olmalıdır.

## 5.Güvenlik sayısı(G.S.,F.S.,F.)

- Şev analizleri konusunda Türk Standartlarından da faydalanmak mümkündür. **TS 8853'de** (***Yamaç ve şevlerin dengesi ve hesap metotları***) limit denge yöntemleri ile yapılan analizler sonucunda farklı durumlar için istenilen minimum güvenlik sayıları ise aşağıdaki tabloda verilmektedir.

Koşullar	Toplam Gerilme Analizi	Efektif Gerilme Analizi	Deprem Durumu
Dolgularda yapım sonu	1,50	-	-
Yarmalar	1,50	1,25	1,00
Barajda kararlı sızıntı	1,50	1,25	-
Barajda ani göl boşalması	1,50	1,10	-
Uzun vadede duraylılık	-	1,20	-
Yamaç üzerinde yapı olması	1,80	1,50	1,20
Fisürlü kil ortamda	-	1,50	-