

Şev Açısının Hesaplanmasında Yeni Bir Yöntemin Kırka Sodyum Tuzu Sahasına Uygulanışı

A. Günhan Paşamehmetoğlu (*)
M. Kemal Öncül (**)

ÖZET

Açık işletmelerde şev açılarının hesaplanması ile ilgili, son yıllarda geliştirilen yeni bir yöntemin, Etibank Kırka Sodyum Tuzu Açık İşletme Sahasına uygulanışı gösterilmiştir.

1. Giriş

Yüzeye yakın zengin cevher rezervleri tüketilmek üzere olduğundan; ilerleyen teknolojinin de katkısı ile, daha derin açık işletmelerin planlanması ve işletilmesi gereksinimi duyulmaktadır. Buna bağlı olarak; açık işletmelerin en önde gelen sorunlarından birisi, şev stabilitesi, büyük önem kazanmaktadır. Bir açık işletmenin, ekonomik olarak çalıştırılıp çalıştırılmaması büyük ölçüde genel eğim açısına ve bu açı ile ilgili olarak, kaldırılacak örtü miktarına bağlıdır. Sorunun diğer bir yönü; açılar dikleştğinde, şev kaymalarının artmasıdır. Bu nedenle, bir proje mühendisinin amacı, yukarıdaki noktaları gözönünde tutarak, planladığı açık işletme için, optimum değerde bir genel eğim açısı saptamaktır.

Şev açılarının hassas bir şekilde tayininde; bilinmeyen çeşitli faktörler olduğundan, çok ayrıntılı, zaman alıcı laboratuvar ve arazi çalışmalarını gerektirir. Son yıllarda, bu konu çeşitli araştırmacılar tarafından ilgi ile incelenerek önemli sonuçlara ulaşılmıştır. (1-6)

Bir açık işletmede, kısa zamanda ve herhangi bir laboratuvar çalışması yapma-

dan, şev açılarının ilk yaklaşım olarak hesap edilmesi gereksinimi duyulduğunda; kullanılabilir yöntemlerden biri - Hoek ve Bray (1) tarafından son yıllarda geliştirilmiş olanı - Etibank Kırka Sodyum Tuzu Açık İşletme Sahasına uygulanışı ile birlikte sunulmuştur.

2. Kırka Açık İşletme Sahasının Durumu :

Açık işletme sahasında, 40 ve 60 metre arasında değişik kalınlıklar gösteren örtü tabakasının, en önde gelen özelliği; çok faylanmış son derece çatlaklı, kıvrımlı ve kayaçlar sediman orijine sahip oldukları halde yukarıdaki nedenlerden ötürü bu örtü tabakasını meydana getiren kayaçlar; kırık taş, marn, kil ve az miktarda silekştir.

Bu işletmede, ilk olarak 45° lik genel eğim açısı ile çalışmaya başlanmıştır. Ancak ortalama 60 metre kalınlığa sahip örtünün bulunduğu bölgede ve en üstte kalan basamağın gerisinde, önce gerilim çatlakları meydana gelerek bunu şevlerde kaymalar takip etmiştir. Bu nedenle şev açılarında, kısa zamanda, yeni bir planlamaya gitme zorunluğu duyularak, bu yazıda belirtilen yöntem uygulanmıştır.

Bu metodun Kırka'ya tatbik edilebilirliği düşünüldükten sonra yapılan ilk çalışma, meydana gelen kayma tipinin - dairesel mi, düzlemsel mi yoksa kama tipi mi - saptanması olmuştur. Sahadaki incelemeler ve örtü tabakasının dairesel kayma için uygunluk göstermesi, burada bu tip bir kayma

(*) Yardımcı Prof. Dr. - O.D.T.Ü. Maden Müh, Bölümü

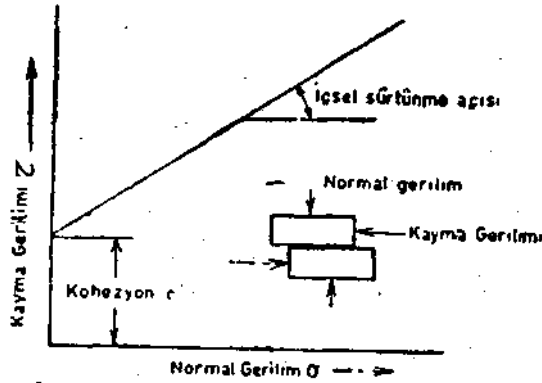
(**) Maden Mühendisi — Etibank Proje - Tesis Dai. Başkanlığı

olasılığını büyük ölçüde kuvvetlendirmiştir. Bu nedenle, yöntemin dairesel kaymaların meydana geldiği formasyonlar için verileni, Kırka açık işletme sahasına ilerdeki bölümlerde görüleceği şekilde uygulanmıştır.

3. Uygulanan Yöntemin Açıklanması :

Bu yöntemin pratikte kolaylıkla kullanılabilmesini sağlamak amacı ile, aşağıda sıralanan varsayımlara dayanılarak, kayma diyagramları çizilmiştir :

- Şevin açıldığı formasyon, homogen bir yapıdadır.
- Formasyonun kayma mukavemeti; kohezyon, C , ve içsel sürtünme açısı, ϕ arasında, aşağıda verilen ilişki ile bulunur (Şekil - 1)



ŞEKİL 1 - COULOMB TEORİSİNE GÖRE KAYMA

$$\sigma = C + \sigma \cdot \tan \phi$$

- Kayma; şev topuğundan geçen dairesel bir yüzeyde meydana gelir.
- Şev aynasının üst yüzeyinde, dik konumlu gerilim çatlakları oluşur.
- Verilen şev geometrisi ve yeraltı su durumu için gerilim çatlaklarının ve kayma yüzeyinin konumları, emniyet katsayısını minimum değere düşürecek şekildedir.
- Değişik yeraltı su durumlarının analizleri yapılarak neticeler çalışmada içerilir.

Şev stabilités! hesaplamalarında, emniyet kat sayısı genellikle aşağıdaki gibi ifade edilmektedir :

Emniyet Kat Sayısı $F =$
Kaymayı önleyen kuvvetler

Kaymayı başlatan kuvvetler

Kaymayı başlatan gerilim a ile gösterilerek eşitlik yeni baştan düzenlenirse :

$$\sigma = \frac{C}{F} + \frac{\sigma \cdot \tan \phi}{F} \text{ olur.}$$

Kaymayı önleyici kuvvet; g ile gösterilen normal gerilimin, kayma yüzeyi boyunca olan dağılımına bağlıdır. Normal gerilim dağılımı bilinmediğinden, çözümü statik olarak belirsizleşen sorunun halledilebilmesi, bu dağılım için bir varsayım yaparak, bunun, pratikte anlamlı neticeler verip vermediğini irdelemekle mümkün olur.

Frochlich (7) tarafından şev emniyet katsayısına etkileri incelenen normal gerilim dağılımı, aynı araştırmacıya göre, tek bir noktaya toplanırsa; emniyet kat sayısı «alt sınır» a ulaşır. Dağılım tek bir noktaya değil de, kayma yüzeyinin iki uç noktasına toplanırsa, bu kez emniyet kat sayısı «üst sınır» a yaklaşır.

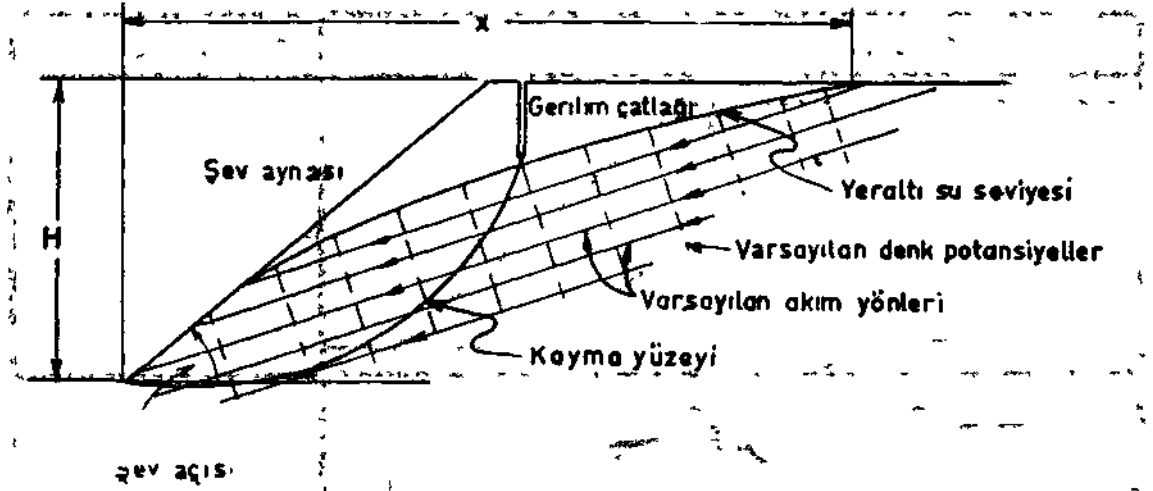
Lambe ve Whitman (8), Bishop (9) ve Taylor (10) yaptıkları araştırmalarda gerçek emniyet katsayısının «alt sınır» a yakın bir değerde olduğunu göstermişlerdir. Bu nedenle; burada normal gerilimin, kayma yüzeyi boyunca tek bir noktada toplandığı ve şev emniyet katsayısının «alt sınır» a yakın bir değer aldığı varsayılmıştır.

3.1. Yeraltı Su Koşulları İçin Yapılan Varsayımlar

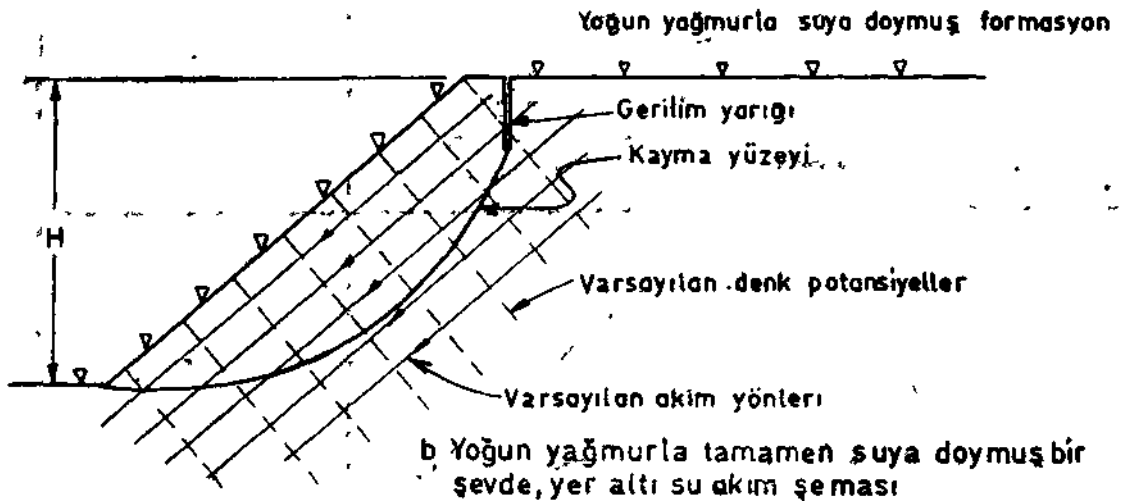
Gerilim çatlakları ve kayma yüzeyindeki suyun kaldırıcı kuvvetini hesaplayarak, neticelerin bu araştırmada içerilmesi, ancak arazi şartlarına en uygun bir su durumunun varsayılması ile mümkün olur.

Şekil - 2 ve 3 arazideki su akış şartlarını ve yeraltı suyunun değişik durumlarını göstermektedir. Bu konunun ayrıntıları, yazının kapsamı dışında kalmaktadır.

Yukarıda yapılan varsayımlara dayanılarak C , H , Y , F arasında bağlantı kuran ve Şekil 3 de gösterilen beş ayrı yer altı su



a. Yeraltı suyunun yüzeye çıktığı durumun akım şeması. Yeraltı su seviyesi surfazla, şev topuğundan x kadar mesafede kesişmekte ve x şev yüksekliğinin, H katı olarak ifade edilmektedir.



b. Yoğun yağmurla tamamen suya doymuş bir şevde, yer altı su akım şeması

Şekil-2 Zeminde ve son derece çatlaktı formasyonlarda açılan şevlerde, dairesel kayma analizleri için kullanılan yeraltı su akım şemaları

durumu için değişik şekilde diyagramlar çizilmiştir. Burada kullanılan diyagram Şekil 4 de verilmiştir.

3.2 Dairesel Kayma Diyagramları,

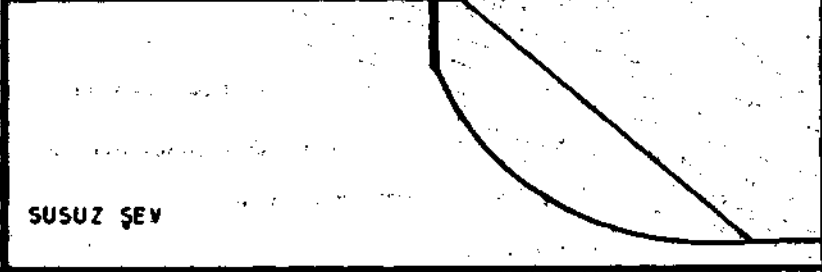



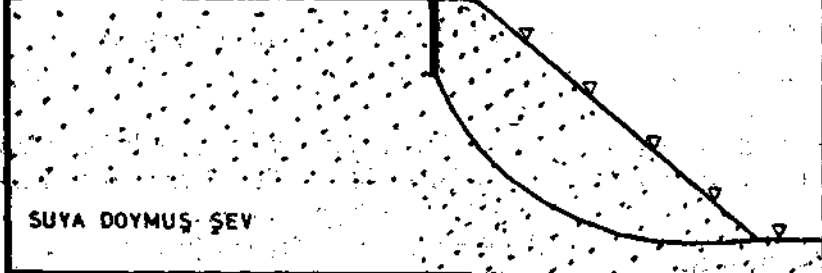
Bu diyagramın kullanılışı açıklamalı ve şematik (Şekil 5) olarak sunulmuştur.

1) Emniyet katsayısı hesaplanacak olan

şevin, yeraltı su şartları bakımından Şekil - 3 de verilen durumlardan hangisine uyduğu saptanır.

2) Formasyonun özgür ağırlığının «y» ile

gösterildiği, $\frac{C}{Y H \tan Q}$ formülünün

YERALTI SU DURUMU	DİYAGRAM NO
<p>SUSUZ ŞEV</p> 	1
<p>SU TABLASININ SURFAZI KESTİĞİ NOKTA İLE ŞEV TOPUĞU ARASINDAKİ UZAKLIK = $8 \times H$</p> 	2
<p>SU TABLASININ SURFAZI KESTİĞİ NOKTA İLE ŞEV TOPUĞU ARASINDAKİ UZAKLIK = $4 \times H$</p> 	3
<p>SU TABLASININ SURFAZI KESTİĞİ NOKTA İLE ŞEV TOPUĞU ARASINDAKİ UZAKLIK = $2 \times H$</p> 	4
<p>SUYA DOYMUS ŞEV</p> 	5

de deęerle* ycrinev Jeo^arak,,|#nslz
sonuç Jfıylunmş, Net^e,, div^graıpdakr
yerine İşaretlenir.

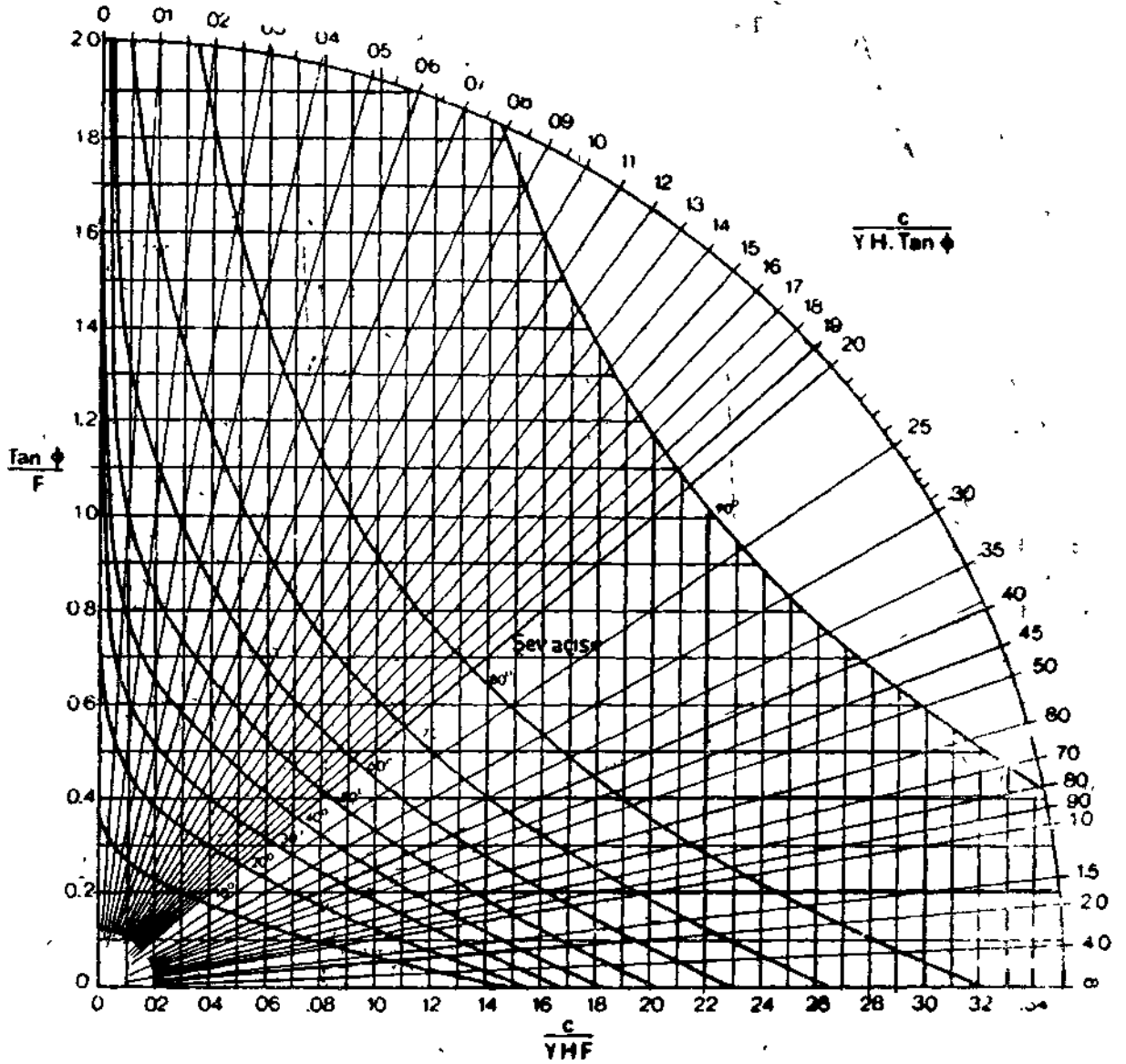
- 3) Diyagramda «2» efe bulunan değer il
alışan şev açısına ait eğrinin kesim
noktası bulunur.
- 4) «3» de bulunan noktadan gidilerek
Tan (0/F) veya C/ (?HF) değerleri

okunur. Bu eřitliklerin herhangi >jFtni
dden emniyet ka^şyısı, F₃eeřaftenır.

4. Yęnteniln Kırka Açık İşletnesiti Uygulanışı

Daha önce belirtildiği gibi, Etibank Kır-
ka Sodyum Tuzu Açık işletme Sahasında,
Örtü tabakası değişir kalınlıktadır. Bu ne-
denle; 40. 45 ve 60 metrelik örtü tabakası

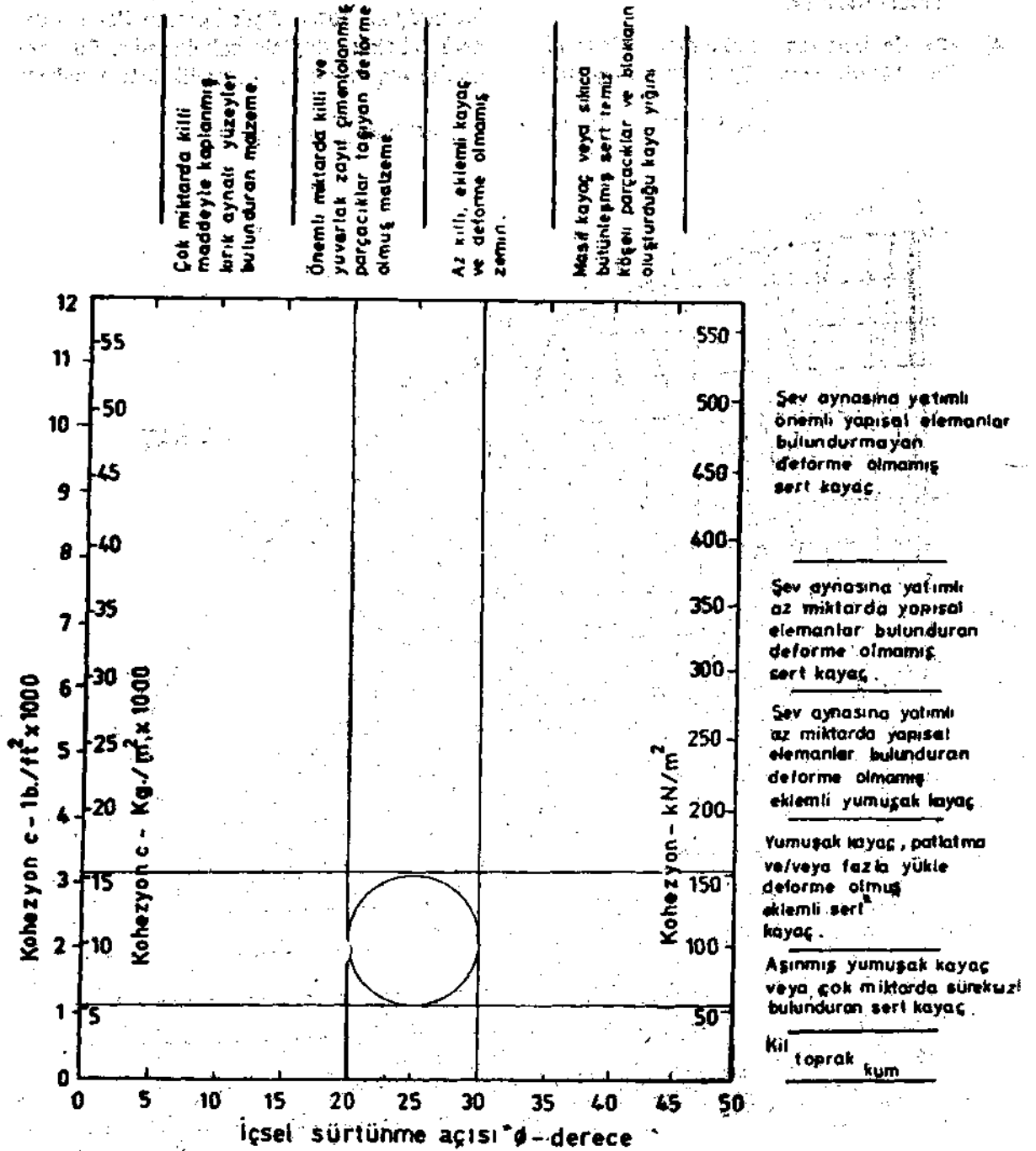
DAİRESEL KAYMA, DİYAGRAM NO: 2



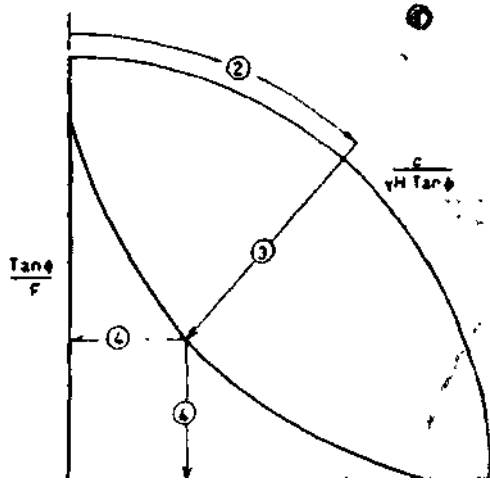
Sekil: 4

tefri, açt hesaplamaları, yazınm bundan önceki bötümönde açıklanan yöntemle göre yapılarak; örtü tabakası kalınlıkları ile değişen bir açık sistemi oluşturulmuştur..

Hoek, şimdiye kadar yapılan araştırmalardan faydalanarak, çeşitli formasyonlar için içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerlerini toplamış, Şekil - 6 da gösterildiği



Şekil:6-İçsel sürtünme açısı ile kohezyon değerleri arasındaki ilişki.

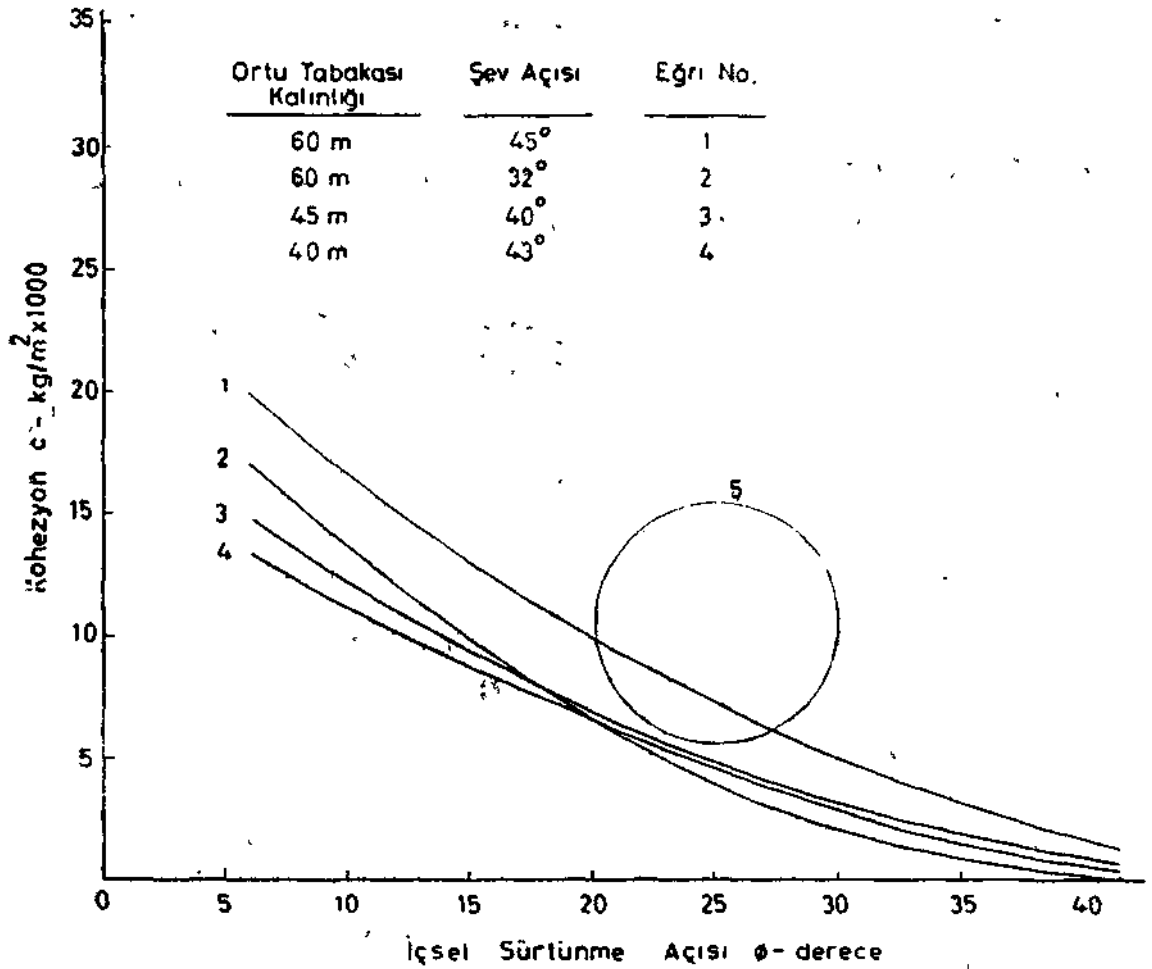


Sakil-S - Şe «mmyet katsayısının hesaplanmasında faydalanılan diyagramırcvullanılı» yöntmi

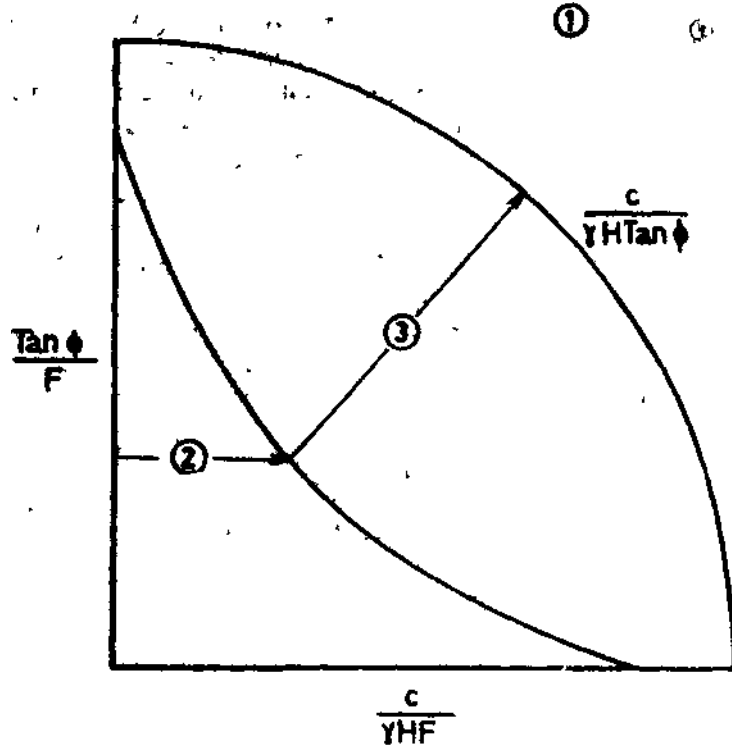
gibi özet olarak vermiştir (1). Bu yazının amacı, açık işletmelerde şev açısının, labaratuvar çalışması yapmaksızın hesaplanmasını içerdiğinden, Şekil - 6 daki değerleri kullanmak önem kazanır.

Kırka'da; örtü tabakası Özerinde yapılan gözlemler, bu örtünün fcohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri yönünden, Şekil - 6 da daire ile gösterilen bölgede kaldığı görünüşünü doğurmuştur. Bu değerler Şekil -7 de kohezyon - içsel sprtünme açısı koordinat sisteminde aynen işaretlenmiştir.

Diğer taraftan, yazının üçüncü bölümünde açıklanan yöntemin; emniyet katsayısı, $F = 1$ durumunda, ters irdelenmesi ile belli bir şev açısı için değişik içsel sürtünme açıları ve bunları karşılayan ko-



Ş.ekil-7 İrdeleme Grafiği



Şekil: 8— Şev emniyet katsayısının hesaplanmasında faydalanılan diyagramların kullanılış yöntemi

hezyon değerleri bulunur (Şekil - 8). Bu değerler Şekil - 7 de ki koordinat sisteminde yerlerine işaretlenir ve irdelenmesi yapılan şev açısına ait eğri elde edilir. Bu eğri Şekil 6 dan alınan daireyi kestiğinde, üzerinde olurluğu çalışılan açının emniyetli olmadığını ve yeni bir açının aynı yöntem ile denenmesi gerektiğini gösterir. Bu deneme işlemi daireyi kesmeyen bir eğri ve buna tekabül eden açıyı buluncaya kadar sürdürülür. Aşağıda bu işlemin Kirka'ya uygulanışı ve neticeleri verilmiştir.

4.1. Hesaplamalar

Daha önce açıklandığı gibi; 40, 45 ve 60 metrelik örtü tabakaları gözönünde bulundurularak ayrı ayrı hesaplamalar yapılmış ve herbir kalınlık için uygun şev açıları bulunmuştur.

Burada örnek olarak 45 metre örtü kalınlığı için yapılan hesaplamaların ayrıntıları gösterilmiştir. Diğerleri için de aynı

yöntem uygulanarak, Tablo - 1 de özetlenen, değerler kullanılarak Şekil - 7 deki eğriler çizilmiştir.

Ortalama örtü kalınlığının 45 m. olduğu durumda 40° lik şev açısı için deneme :
örtü kalınlığı, H = 45 m.

örtü tabakasının

ortalama yoğunluğu $\gamma = 2,08 \text{ gr/cm}^3$

$\theta = 6^\circ$ için $\text{Tan } 6^\circ = 0,1051$

Şekil 4 den;

6

_____ = 1,5; C = 14760 kg/m*

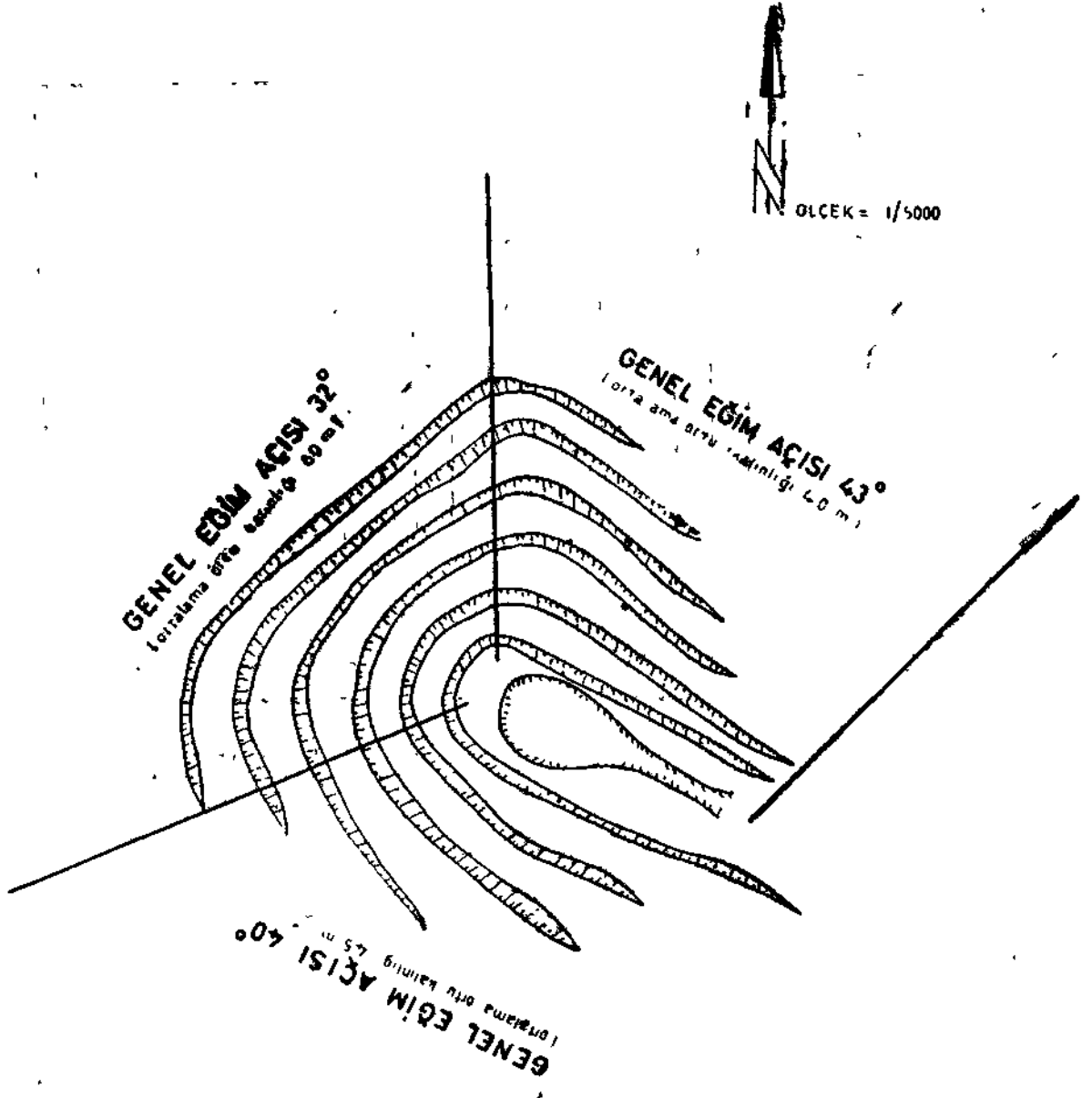
y.H.Tan θ

bulunur.

Aynı hesaplama yöntemi θ ye verilen değişik değerler için tekrarlanmıştır.

5. S o n u ç

Daha önce belirtildiği gibi, bu işletme için ilk uygulanan 45° lik genel eğim açısı ile çalışırken; 60 metrelik örtü tabakasının



Şokil : 9

bulunduğu bölgede, gerilim çatlakları ve kaymalar meydana gelmiştir. Kayma diyagramları, 60 metre kalınlık ve 45° eğim açısına sahip bölge için kullanıldığında, elde edilen eğri, formasyon için kabul edilen kohezyon ve sürtünme açı sınırlarını belirleyen daireyi keserek (Şekil - 7), bu açıda kayma olacağını göstermiştir; irdelemeler

sonunda bu kalınlıktaki örtü için 32° nin emniyetli olacağı bulunmuştur.

Diğer bölgeler için yapılan çalışmalar sonunda, 40 metrelik örtü tabakasında 43° 45 metrede ise 40° genel eğim açıları ile çalışmanın uygun olacağı saptanmış ve işletme için tesbit edilen açı sistemi Şekil - 9 da gösterilmiştir.

Tablo-1

Ortu Tabakası Kalınlığı (m)	40					45					60									
Şev açısı	43°					40°					32°		45°							
İçsel Sürtünme Açısı, ϕ (derece)	6	17	22	31	42	6	17	22	31	42	6	17	22	31	42	6	17	22	31	42
Kohezyon, c. (kg/m ²)	13 200	7 880	5 710	2 900	750	14 750	8 010	6 050	2 530	590	17 055	8 770	5 430	1 870	375	19 940	12 000	8 900	4 650	1 235

Bu hesaplama yöntemi, yalnız bir ilk yaklaşım olarak kabul edilebilir duyarlıktadır. Daha güvenilir sonuçlara ulaşılmak istendiğinde, bölgenin ayrıntılı jeolojik yapısı, yeraltı su durumu ve öjyü'oluşturan

kayaçların, laboratuvar çalışmaları ile, kohezyon ve içsel sürtünme açı değerlerinin tayin edilmesi gerekir. Bu bilgiler/e daha Jcesin şev stabilite çalışmaları yapılabilir.

BİBLİYOGRAFİK TANITIM

1. Hoek, E. ve Bray, J.W. (1973) : Rock slope Engineering; Part 2 - Slope Design Methods, imperial College Rock Mechanics Progress Report No. 9
2. Hoek, E. (1972) : Rock Slope Engineering; Part 1, Imperial College Rock Mechanics Progrees Report, No. 8
3. Planning Open Pit Mines, Proceedings of the Symposium on Open Pit Mining, 1970 Editör : Rensburg, "
4. Stability of Rock Slopes, Proceedings of Thirteenth Symposium on Rock Mechanics, 1971. Editor : Cording, EJ.
5. Stability in Open Pit Mining, Proceedings of the First International Conference on Stability in Open Pit Mining, 1970. Editörler : Brawner, CO, ve MJHgan, V.
6. Geotechnical Practice for Stability in Open Pit Mining, Proceedings of the Second International Conference on Stability in Open Pit Mining, 1971. Editörler : Brawner, CO., ve Milliigan, V.
7. Prochlich, O.K. General Theory of the Stability of Slopes. Geotechnique, Vol 5, 1955, P. 37-47
8. lambe, W.T. and whitman, R.V. Soil Mechanics, wiley, New York, 1969
9. Bfëhop, A.W. The Use of the Slip Circle in „the Stability Analysis of Earth Slopes, Geotechnique, Vol, 5 1955, P. 7-17
10. Taylor, D .W, Fundamentals of Soil Mechanics. John Wiley and Sons. New York, 1948