

Şev Açılarının İlk Yaklaşım Olarak Hesaplanmasında İki Yeni Pratik Yöntemin Konya-Çumra Manyezit Sahasına Uygulanışı

The application of two new practical methods to Konya-Çumra Magnesite field in the computation of slope angles as a first approximation

Begat ULUSÂY

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü» Ankara

ÖZ i Bu makalede, açık maden işletmelerinde büyük önem taşıyan sev stabilite analizleri konusunda geliştirilmiş olan ve Ön fizibilite etüdlerinin değerlendirilmesinde sev aşılarının İlk yaklaşım olarak hesaplanmasına gereklilik duyulduğunda kullanılan İki yeni pratik yöntem açıklanarak, bunların Konya-Çumra manyezit uygulanişı sunulmuştur.

ABSTRACT In this article» two new practical methods of solution developed on the subject of slope stability analysis which are paramount importance in open pits and the evaluation of feasibility studies, used when the need of computing the slope angles as first approximations arises are explained and the application of these to Konya , Çumra magnesite field are presented,

GtBİŞ

Açık maden işletmelerinde gerek ön, gerekse nihai fizibilite etüdlerinde en önemli konulardan biri de kuşkusuz açılması öngörülen şevlerin stabilite analizleri için yapılan jeoteknik çalışmalarıdır,

Maden yataklarının işletilebilirliğini belirlemek için yapılan fizibilite etüdlerinde jeoteknik araştırmaların önemi her geçen gün daha da artarak maden işletme dizaynının en gerekli bir parçası durumuna gelmiştir* Maden dizaynı için yapılan çalışmaların başlıca amacı kaya ve zeminlerin Özellikleri ile bunların kütle karakteristiklerini belirleyerek, dizayn sorunlarına tatmin edici çözümler getirmek ve madencilğin iki temel unsuru olan güvenlik ve kârlılığın beraberce sağlanabilmesi için gerekli koşulların önceden tahminini mümkün kılmaktır.

Açık maden işletmesi dizaynında açılması öngörülen veya açılmış olan şevlerin yer aldığı kayaçlardaki süreksizliklerin geometrik özellikleri ile bunların yoğunluk dağılımlarının stabiliteyi büyük ölçüde etkilediği bilinen bir gerçektir* Bunu en iyi biçimde belirleyebilmek için de süreksizlik oryantasyonlarının devamlılık ve arabklarının saptanması zorunludur* Bunların yanısıra, çalışma sahasında yapılan sondajlardan sağlanan karotlar üzerinde jeoteknik loğlama ve yerinde testler, kuyularda maden hidrojeolojisine yönelik gözlemler yapılması, ayrıca sahadan alınan kayaç karot ve zemin örneklerinin test merkezlerinde test edilerek jeoteknik parametrelerinin belirlenmesi dizaynın güvenilirliği açısından gereklidir*

Sahada ayrıntılı jeoteknik etüdlere ve test merkezlerinde testlerin, olanakların yetersizliği veya zaman darlığı nedenleriyle yapılmadığı durumlar olabilir. Böyle durumlarda bile, şev açılarının teorik hesaplar içinde kalmadan, elde edilen tüm veriler kullanılarak ve bunların ışığı altında bazı gerçekçi varsayımlara gidilerek saptanmasında yarar vardır. Bir maden yatağının işletilebilirliği konusunda işletmeciler kuruluşlara işletmeyi etkileyebilecek jeolojik, madencilik ve ekonomik faktörler hakkında genel bilgiler vererek, alternatifler sunan ve bu kuruluşların maden yatağı üzerinde düşüncelerini sağlamak amacıyla hazırlanan ön fizibilite etüdlerinde şev stabilite analizleri için ayrıntılı jeoteknik çalışmaların

yapılmasına emek, zaman ve parasal faktörler göz önüne alınarak pek gerek duyulmamaktadır. Böyle durumlarda ön dizayn için şev açılarının ilk yaklaşım olarak hesaplanması yeterli olabilmektedir. Bu tür bir gereksinmeye cevap verebilecek nitelikte, son yıllarda Janbu (1954: Hoek, 1970'den) ile Hoek ve Bray (1977) tarafından "dairesel kayma dizayn grafikleri" ve "dairesel kayma diyagramları" adıyla anılan yeni yöntemler geliştirilmiştir. Burada şev stabilitesinin temel kavramlarına kısaca değinilerek, her iki yöntemin teorisi verilmiş ve bunların Konya-Çumra manyezit sahası Ön fizibilite etüdü için, bazı varsayımlar yapılarak nasıl uygulandığı sunulmuştur,

gEV STABÜJTESİ VE BAZI ÖNEMLİ KAVRAMLAR»

Şevler, doğal olarak bulunan veya çeşitli mühendislik amaçları için yapay olarak kaya ve/veya zeminler içinde açılan eğimli yamaçlardır. Şev stabilitesini çalışmaları ise :

a) Açılması plânlanan şevlerin ileride duraylı olarak kalabilmelerini sağlayacak değerlerde şev eğimlerinin ve madenlerde basamak yüksekliklerinin belirlenmesi,

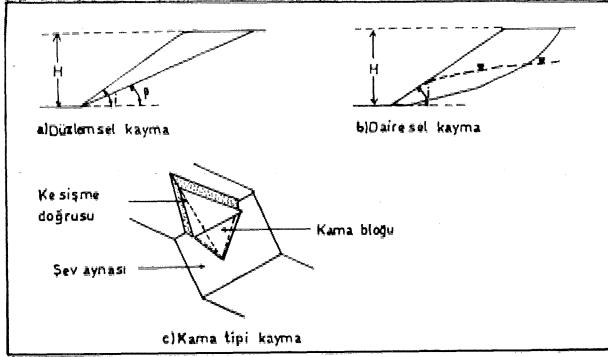
b) Önceden açılmış bir şevde meydana gelebilecek veya gelmiş duraysızlıkları önlemek için yapılan çalışmaların tümüdür.

Şevlerde Oluşabilen Kayma Türleri;

Şev stabilite analizlerinde, dolayısıyla şev açılarının hesaplanmasında bilinmesi gereken ve şevin içinde açıldığı kaya ve/veya zeminlerde oluşan kaymalar başlıca üç ana grupta toplanır :

a) Düzlemsel kayma (plane failure) : Kayalar içinde mekanik yönden zayıf olan noktaların birleşmesiyle meydana gelen eğimli bir düzlem boyunca, bu düzlemin makaslama dayanımının da düşük olması ile gelişen bir kayma türüdür (geku la)*

b) Dairesel kayma (circular failure) : Kum, çakıl ve kilden meydana gelmiş veya çok kırılmış, parçalanmış, ayne bozunmuş kayaçlarda açılan şevlerde beklenen bir kayma türüdür* Dairesel kaymada belirgin bir yapısal süreksizlik görmek güç olup, şevde kaymaya karşı en az direnç gösteren noktalar boyunca ve



Şekil 1 li Şevlerde görülen başlıca kayma türleri,
Figure 1 Main failure types in slopes.

yay şeklinde bir yüzey üzerinde kayma olayı gelişir (Şekil 1 b).

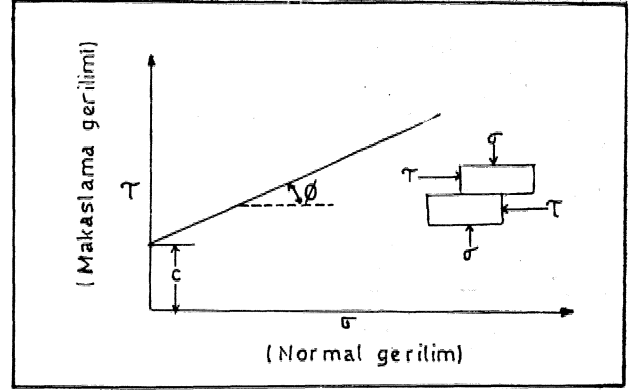
c) Kama tipi kayma (wedge failure) / Kayaçlardaki tabakalanma, eklem vb, gibi süreksizlik düzlemlerinin birbirleriyle kesişmesi sonucunda ortaya çıkan kama şeklindeki bir kayaç kütesinin, yüzeyler arasında ve eğimli kesişme hattı boyunca serbestçe kayması ile gelişen bir kayma türüdür (Şekil 1 e)*

Kaya ve Zeminlerin, Şev Açılarının Hesaplanmasında Kullanılan, Önemli Jeoteknik Parametreleri

Şev açıları hesaplanmasında kullanılmak üzere kaya ve zeminlerin laboratuvar testleriyle belirlenen önemli üç jeoteknik parametresi şunlardır:

- 1) İçsel sürtünme açısı- ϕ (internal friction angle)
- 2) Kohezyon-c (cohesion)
- 3) Yoğunluk-y (density)

Laboratuvarda direkt makaslama -testleri nin yapılması ile belirlenen kohezyon ve içsel sürtünme açısı parametrelerini tanımlamak için "makaslama gerilimi-normal gerilim" grafiğinden yararlanılabilir (Şekil 2). Bu grafik bir kayaç karot ölmeğinin içerdiği süreksizlik düzlemi koyunca kaymasını sağlayacak bir gerilimin uygulanmasıyla elde edilen sonuçların gösterildiği basitleştirilmiş bir şekildedir, Makaslama gerilimi (τ) ile normal gerilim (σ) arasında doğrusal veya doğrusala yakın bir ilişki vardır. Bu ilişkiyi belirleyen doğrunun eğimi içsel sürtünme açısı, normal gerilimin sıfır olduğu andaki makaslama gerilim değeri de kohezyon olarak tanımlanır* Yoğunluk parametresi de belirli bir şekli olan karotlardan "kütle yoğunluğu" veya yoğunluk şifhelerinin



Şekil 2 Makaslama gerilimi ile normal gerilim arasındaki ilişki.

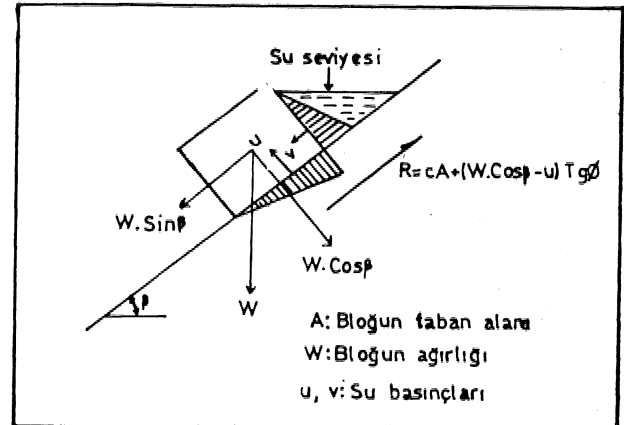
Figure 2 Relationship between shear stress and normal stress.

(piknometre) kullanılması ile "mineral yoğunluğu" olarak hesaplanır.

Güvenlik Katsayısı

Denge koşulu sınırlarında bulunmayan şevlerin stablitesini karşılaştırmak için kullanılan en yaygın indeks güvenlik katsayısı (safety factor) F ve F ile gösterilir*

$$F = \frac{\text{Kaymaya karşı koyan kuvvetler}}{\text{Kaymayı oluşturan kuvvetler}}$$



Şekil 3: Eğimli bir düzlem üzerindeki bir bloğa etkiyen kuvvetler ve suyun basıncı (Hoek, 1970'den)

Figure 3: Forces acting on a block resting on an inclined plane and water pressure (from Hoek, 1970)

eşitliği $F = \frac{R}{T}$ ifade edilir* Şekil 3'te görülen, eğimli bir düzlem üzerinde kaymaya hazır bir bloğa etkiyen kuvvetler yukarıdaki ifadeye yerlerine konduğunda, güvenlik katsayısı aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$F = \frac{e \cdot A + W, \text{ dös}(J.tg0)}{W, \text{ Sin}\beta}$$

Eğer ortamda ihmal edüemiyecek miktarda su varsa, suyun basınç etkisinin de güvenlik katsayısı formülüne yansıtılması zorunludur:

$$F = \frac{e, A + (W * \text{Cos}\beta - u) \text{ tg}0}{W, \text{ Sin}\beta + v}$$

$F = 1$ değeri denge sınırın koşulunu belirtir, diğer bir deyişle şevlerin dengede kalabilmesi için $F > 1$ koşulu aranır. Üzerinde nakliye yolları bulunan, uzun ömürlü basamaklar için $F = 1,5$ olması arzu edilir (Hoek ve Bray, 1977), Pratikte yaygın olarak kullanılan değerler genellikle 1.2 ve 1.5 arasındadır,

DAİRESEL KAYMA DİZAYN GRAFİKLEBİ

Bu yöntem Janbu (1954: Hoek, 1970'den) tarafından hem düzlemsel, hem de dairesel kaymaların beklenebileceği şevlerin stabilite analizleri için geliştirilmiş olup, burada sadece dairesel kayma için geliştirilen yöntem incelenecektir. Yöntemin esası, şev geometrisini simgeleyen bazı kesitler ile bir dizayn grafiğinin kullanılması olup, bu kesitlerin hazırlanmasında aşağıdaki varsayımlar geçerlidir:

a) Şevi oluşturan kaya ve zeminler şev boyunca üniformdur.

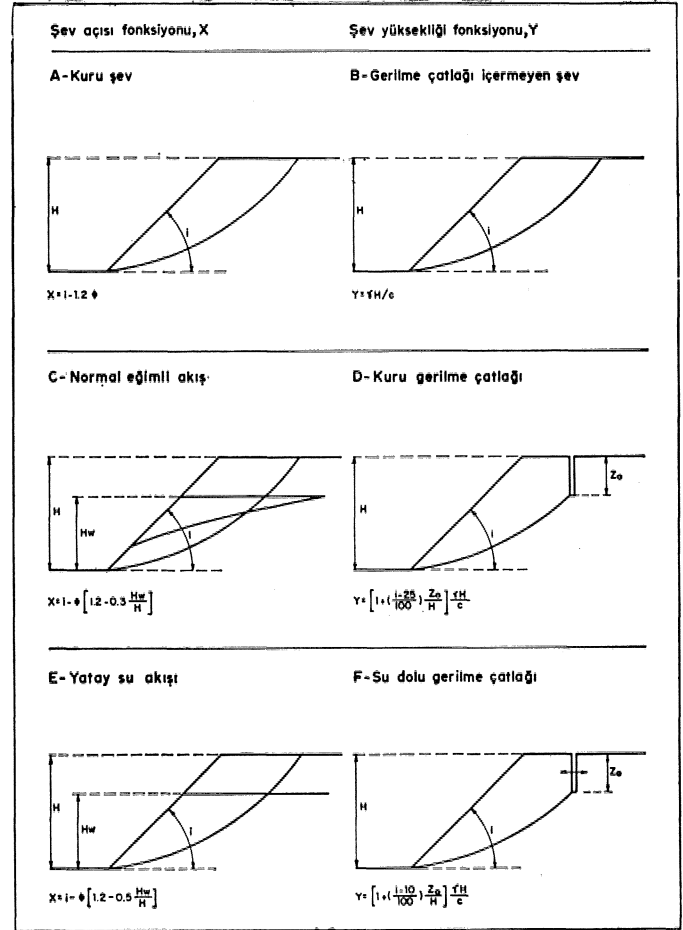
b) Kayma dairesel bir yüzey boyunca meydana gelir,

c) Bu grafiklerin kullanılmasıyla elde edilen sonuçlar iki boyutlu çözümlemelerin ürünüdür.

d) Şevde suyun, yeraltı suyunun iki farklı akış durumuna göre etkidiği varsayılır: 1) normal akış koşulu; 2) yatay tabakalanma veya geçirimsiz kil tabakalarının varlığı nedeniyle oluşan yatay akış koşulu.

e) Şevin üstündeki (tepesindeki) kuru ve su dolu gerilme çatlaklarının etkili olacağı varsayılmıştır, Ancak bu çatlaklarda meydana gelebilecek büyüme ve genişlemeler ile birden fazla sayıda gerilme çatlaklarının varlığı dikkate alınmamıştır,

f) Şevin içinde açılacağı kaya veya zeminlerin zamana bağlı olan kırılma, akma gibi davranışları dikkate alınmamıştır.



Şekil 4: Dairesel kayma dizayn grafiğine ilişkin şev geometrisi kesitleri (Hoek, 1970'den)

Figure 4: Slope geometry sections in connection with circular failure design graph (from Hoek, 1970)

Bu varsayımlardan hareketle, f arkh yapısal ve hidrojeolojik koşulları simgeleyen altı adet şev geometrisi kesiti ve bunlara ilişkin eşitlikler hazırlanmıştır (Şekil 4), Bu eşitliklerdeki parametreler şunlardır:

X: Şev açısı fonksiyonu

Y: Şev yüksekliği fonksiyonu

i: Şev açısı (derece)

y t Yoğunluk (kg/m^3)

c Kohezyon (kg/m^2)

0: İçsel sürtünme açısı (derece)

H: Şev yüksekliği (metre)

Hw: Yeraltı suyu tablasının şev topuğundan olan yüksekliği (metre)

Z₀: Şevin tepesindeki gerilme çatlaklarının derinliği (metre)

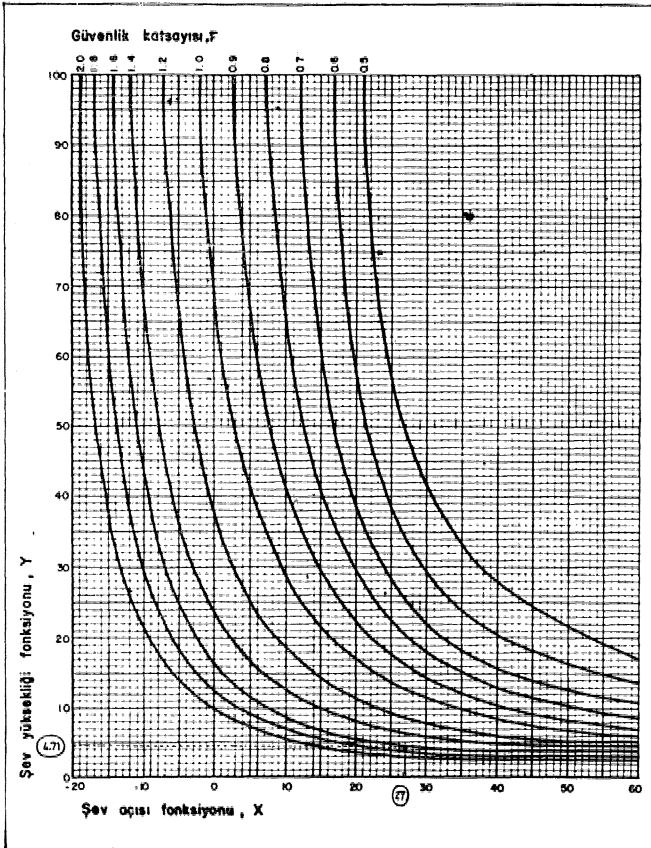
Yukarıdaki, kaya ve zemin parametreleri olan c, ϕ ve γ laboratuvar testleri yapılarak en gerçekçi biçimde saptanabildiği gibi* testlerin yapılmasına olanak olmadığı durumlar ile şev açılarının ilk yaklaşım olarak hesaplanması istendiğinde, bazı araştırmacılarca çeşitli kayaç ve zemin türleri için hazırlanmış parametre çizelgelerinden bakılarak da bulunabilir* İşletme derinliği, ön fMbilite etüdünü hazırlayan ekip tarafından belirlenir, Z_0 derinliğinin arazide ölçülmesi çoğu kez mümkün olmayabilir, bu durumda aşağıdaki eşitlik kullanılmalıdır:

$$Z_0 = \frac{2c}{\gamma} \frac{f_m}{K} \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta} \quad (5)$$

şev dizayn grafiği, X ve Y fonksiyonları ile güvenlik katsayısı eğrilerinden oluşan, üç parametrelidir (Şakü 5),

Yöntemin Uygulanması

Ön fizibilitesi hazırlanmak istenen maden sahasından tüm veriler toplanarak değerlendirildikten sonra bazı varsayımlar yapılır, bun-



Şekil 5: Dairesel kayma dizayn grafiği (Hoek, WW-den)

Figure 5: Circular failure design graph (from Hoek, 1970)

lara dayanılarak dairesel bir kaynaç olabileceğine karar verirse, Şekil 4'teki şev geometrisi kesitlerinden hangilerinin problemin çözümüne uygun olacağı belirlenir. Örneğin; şevin kuru olması ve gerilme çatlağı bulunmaması halinde X fonksiyonunu belirlemek için A kesiti, Y fonksiyonu için de B kesiti seçilmelidir. Hesaplamalara başlamadan önce, irdelemek amacıyla, bir şev açısı değeri seçilir ve her iki fonksiyona ilişkin formüllerde, diğer parametrelerle beraber, yerine konarak hesaplamalar yapılır, Hesaplanan X ve Y fonksiyon değerleri Şekil 5'te işaretlenir ve birbirlerini kestikleri noktadaki F güvenlik katsayısı okunur. Bu değerden büyük değerse, başlangıçta seçilen şev açısı değiştirilerek arzu edilen güvenlik katsayısını bulana değin hesaplamalar tekrar edilir.

Yöntemi geliştiren araştırmacı tarafından belirtilmemekle beraber, yöntem tersinden gidilerek de kullanılabilir. Başlangıçta l'den büyük bir güvenlik katsayısı seçilerek önce Y fonksiyonu çözülür, belli olan F ve Y değerleri grafikte kullanılarak X fonksiyonu, dolayısıyla şev açısı (i) hesaplanabilir, Ancak Şekil 4'ten görülebileceği gibi A-B, C-B, E-B seçeneklerinin haricinde başka bir seçenek kullanılması halinde, i ve Y gibi iki bilinmeyen olduğundan tersinden çözüm yönteminin sınırlı olarak kullanılması söz konusudur,

BAİEESİ, KAYMA DİYAGRAMLABI VE TERSTEN ÜtBELEME YÖNTEMİ

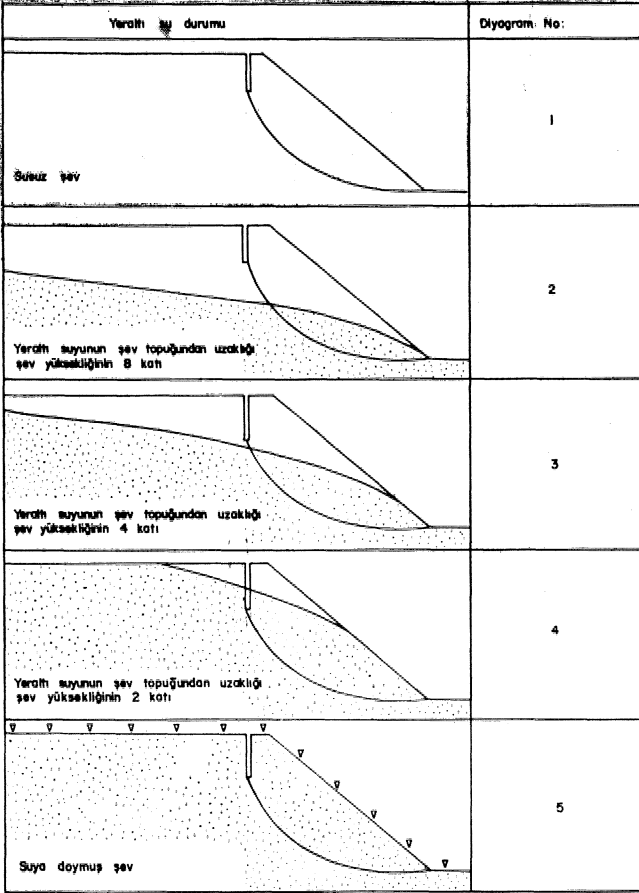
Hoek ve Bray (1977) tarafından geliştirilmiş olan bu analiz yöntemi, yeraltısu koşullarına göre hazırlanmış şev geometrisi kesitleri (Şekil 6) ile bunlara ait diyagramlardan meydana gelmektedir. Bu diyagramlardan burada kullanılan bir tanesi Şekil 7'de görülmektedir. Diyagramların hazırlanmasında aşağıdaki varsayımlar yapılmıştır:

a) Şevin açıldığı ya da açılacağı kaya ve zeminin yapısı homojendir,

b) Formasyonların makaslama gerilimi (T), kohezyonu (c) ve içsel sürtünme açısı (O) arasında aşağıdaki ilişki vardır:

$$T = c + \phi \sigma_n \quad (\phi \text{ normal gerilim})$$

c) Kayma, şev topuğundan geçen dairesel bir yüzeyde meydana gelir.



ŞeMl 8İ Dairesel kayma diyagramlarına ilişkin şev geometrisi yeraltı su durumu kesitleri (Hoek ve Bray, 1977'den)

Figure 6 s Sections showing the slope geometry underground water conditions in connection with the circular failure diagrams, (from Hoek and Bray, 1977).

d) Şev aynasının üst yüzünde dik konumlu gerilme çatlakları oluşur,

e) Şev geometrisi ve yeraltı suyunun durumu için gerilme çatlaklarının ve kayma yüzeyinin konumları, güvenlik katsayısını minimum değere düşürecek şekildedir*

Bu yöntemde suyun, kayadaki süreksizlikler boyunca aktığı, kayacın kendi geçirgenliğinin dikkate alınmayacak kadar düşük olduğu varsayılmıştır,

Diyagramların Ku II an il ış

Güvenlik katsayısı hesaplanacak olan şevin ŞeMl 6'daki yeraltı suyu koşullarından hangisine uygunluk gösterdiği belirlenir. Daha sonra Şekil 8'de görüldüğü gibi, aşağıdaki yol izlenir:

1) $(c/yHtg_0)$ ifadisinde parametreler yerlerine konarak Wrimsm bir değer elde edilir ve daha önce belirlenen şev geometrisi kesitiyle aynı numarayı taşıyan diyagramın kavisli kenarında işaretlenir.

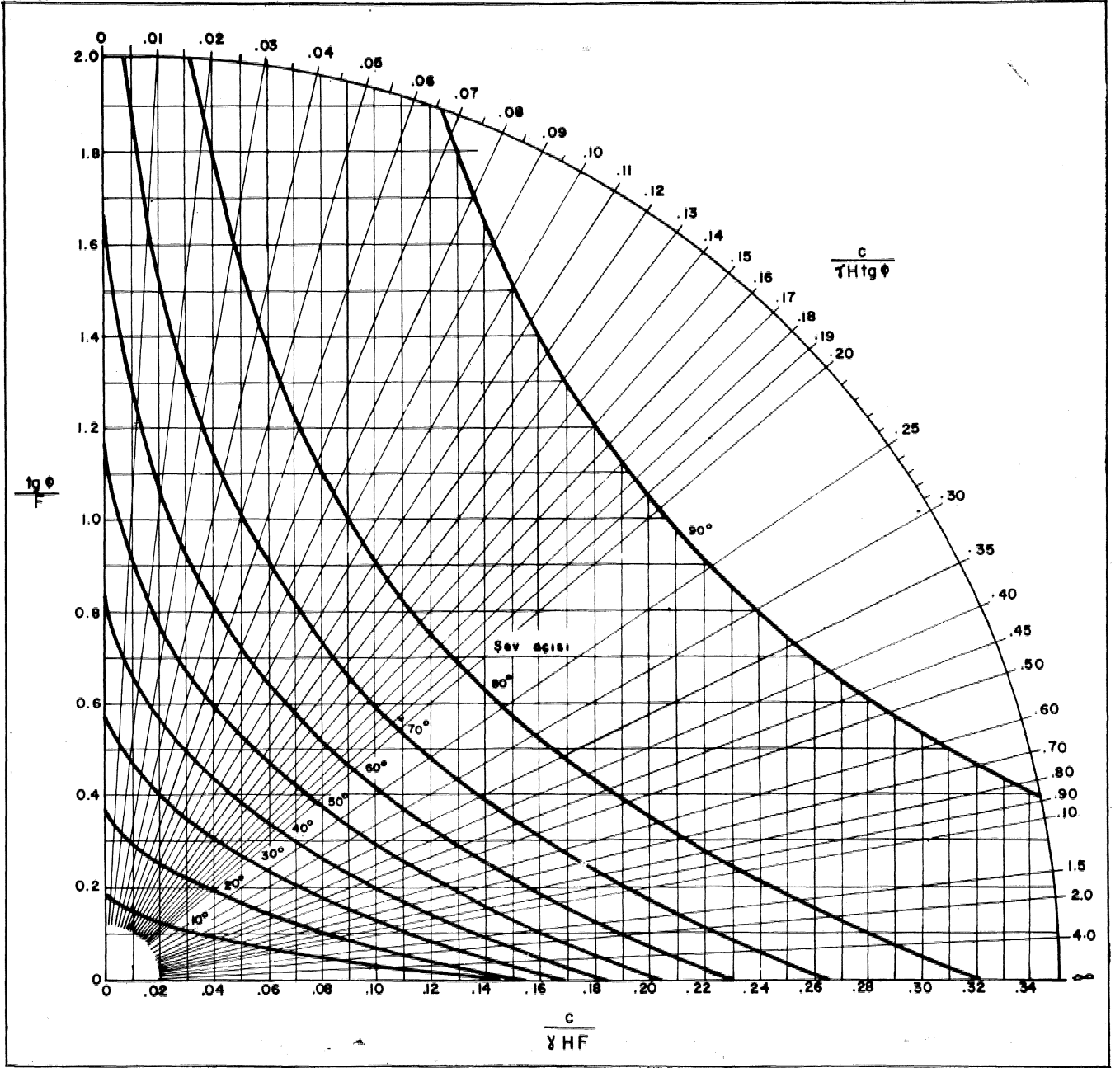
2) Önceden seçilmiş olan şev açısı değeri ile bulunan birimsiz değer kestirilir,

3) Kesim noktasından X veya Y koordinatlarına dikmeler inilerek (c/yHF) ya da (tg_0/F) değerlerinden birisi okunur. Buradan F güvenlik katsayısı hesaplanır. Arı edilen güvenlik katsayısı $(F>1)$ bulunana değin, şev açılan değiştirilerek hesaplamalar tekrarlanır.

Diğer yöntemde de olduğu gibi, araştırmacılar tarafından belirtilmemekle beraber, başlangıçta bir şev açısı değeri seçmek yerine, 1,2 ile 1.5 veya 2 arasında bir güvenlik katsayısı belirleyerek $(c/yHtg_0)$ değeri ile (tg_0/P) veya (c/yHF) değerlerinden birisini kullanarak şev fallarım hesaplamak mümkündür.

Tersten İrdeleme Yöntemi

Bu yöntem, Hoek ve Bray (1977) 'in geliştirdiği yöntemin biraz değişik biçimde kullanılması ve hesaplamalarda güvenlik katsayısının başlangıçta 1 olarak varsayılması esasına dayanmaktadır, Prochlich (1955) normal gerilme dağılımının güvenlik katsayısına etkidiğini ve bu dağılımın tek bir noktaya toplandığı takdirde güvenlik katsayısının bir alt sınıra ulaşacağını belirtmiştir. Bu dağılım kayma yüzeyinin iki uç noktasında toplanırsa güvenlik katsayısı üst sınıra ulaşır, Lambe ve Whitman (1969), Bishop (1955) ve Taylor (1948) gibi araştırmacılar, çalışmalarında gerçek güvenlik katsayısının alt sınıra yakın bir değerde olacağını göstermişlerdir, Bu yöntemde de güvenlik katsayısının alt sınıra yakın bir değer aldığı varsayılarak başlangıçta $P=1$ olarak kabul edilir. Seçilen şev açıları için değişik içsel sürtünme açısı değerleri kullanılarak, bunları karşılayan kohezyon parametreleri hesaplanır (Çizelge 1). Bu yöntemde dairesel kayma grafiklerinin kullanımında izlenecek yol Şekil 9'da şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca Hoek ve Bray (1977) şimdiye kadar yapılan çalışmalardan yararlanarak çeşitli kaya ve teminlerin kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerlerini toplamını ve formasyonların yapısal



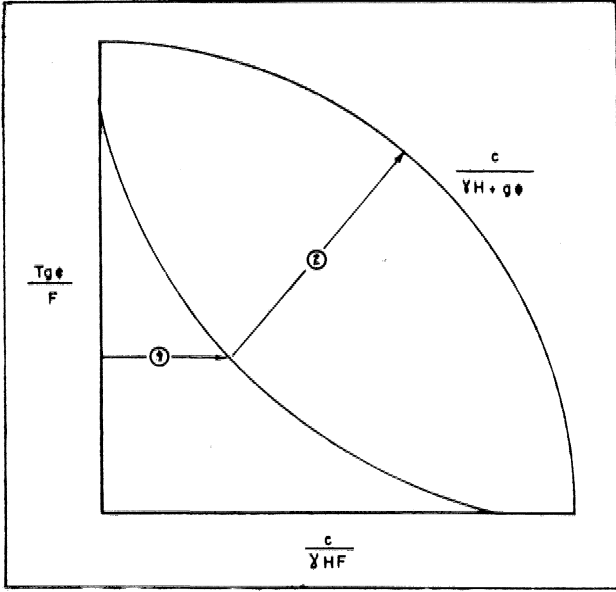
Şekil 7: Dairesel kayma diyagramı, No. 1 (Hoek ve Bray, 1977'den)

Figure(7: Circular failure diagram, No. 1 (from Hoek and Bray, 1977)

özelliklerini de beraberinde yansıtan bir şekilde Özetlemiştir (Şekil 10).

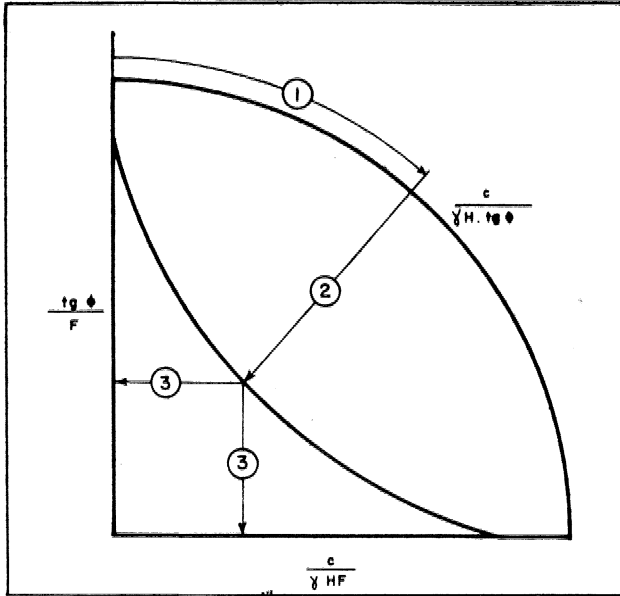
Şevi oluşturan kaya ve zeminlerin aaptanabilen yapısal özelliklerini belirleyen sınırlar Şekil 10 üzerinde çizilerek, bu sınırlar arasında kalan daire belirlenir. Bu daire başka bir koordinat sistemine taşınarak, Çizelge 1'deki c ve 0 değerleri ile farklı şev açularına ait eğ-

riler çizilir (Şekil 11). Denge durumunu simgeleyen daireyi kesen eğrilere ait şev açıları güvenilir olmayan acılar olarak kabul edilir, Güvenilir şev açılımı temsil eden ve daireyi kesmeyen eğriyi bulana değin, başlanıpçta seçilen şev açılan değiştirilerek hesaplamalar tekrarlanır,



Şekil 8; Dairesel kayma çyagramlarının kullanılmasında Menen yolu gösteren grafik (Hoek ve Bray* İSiTden).

Figure 8: The graph showing how to use the circular failure diagrams for evaluation in reverse



Şekil 9; Dairesel kayma grafiğinin tersten İrdelenme yönteminde kullanılması için İzlenecek yol,

figure 9: The graph showing how to use the circular failure diagrams for evaluation in reverse

YÖNTEMLERİN KONYA-ÇUMRA MANYEZİT SAHASI UYGULANIŞI

Manyezit Sahası Hakkında Genel Jeolojik Bilgiler ve Yapılan Varsayımlar

Ön fizibilite etüdülerine yönelik olarak, çevre şartlarının ilk yaklaşım olarak hesaplanacağı bu

manyezit sahası Konya İM Çumra üçesinin Tekketepe-Erentepe bölgeleri içerisinde yer almaktadır,

Bu aşamada ayrıntılı jeoteknik etüdülerin ve laboratuvar testlerinin yapılması olanak bulunmadığından, daha önce sahada yapılan jeolojik etüd ve sondaj çalışmalarına ilişkin raporlardan yararlanılarak, bazı varsayımlar yapılmıştır*

Jeolojik etüdülerde çalışmacılar, bölgede yükselim değişimlerinin oldukça az ve bunun da derelerin azlığından kaynaklandığını belirtmektedirler (Akinal, 1977), Topografyanın bu özelliğinin açılabilirlik bir çevre olumsuz etki yapmayacağı varsayılmıştır.

Sahadaki en eski birimin gevrek yapılı, dairesel tartma gösteren, yoğun eklem sistemleri taşıyan, Jura-Kretase yaşlı serpantinleşmiş peridotitler olduğunu, kesinlikle ölçülemezle beraber kalınlığı 1-2 metre olarak gözlenen Neojen yaşlı çakıllı bir seviyenin serpantinler üzerinde açılı bir diskordans ile oturdukları, en üstte kuru derelerin bulunduğu yerlerde Kuvaterner yaşlı, kopmuş kaya parçaları ile kum ve silt tane boyundaki malzemeden meydana gelmiş alüvyonların bulunduğu belirtilmiştir (Akinal, 1977),

Akinal (1977), cevherleşmenin serpantin nitlerinin içerisinde ve filon şeklinde bulduklarını belirtmektedir. Bu verilere dayanılarak, üstteki seviyelerin kahn olmaması ve cevherleşmenin yerleşimi dikkate alınarak, açılabilirlik çevre serpanütler içinde kalacağı ve dairesel tipte bir kaymanın beklenebileceği varsayımına gidilmiştir,

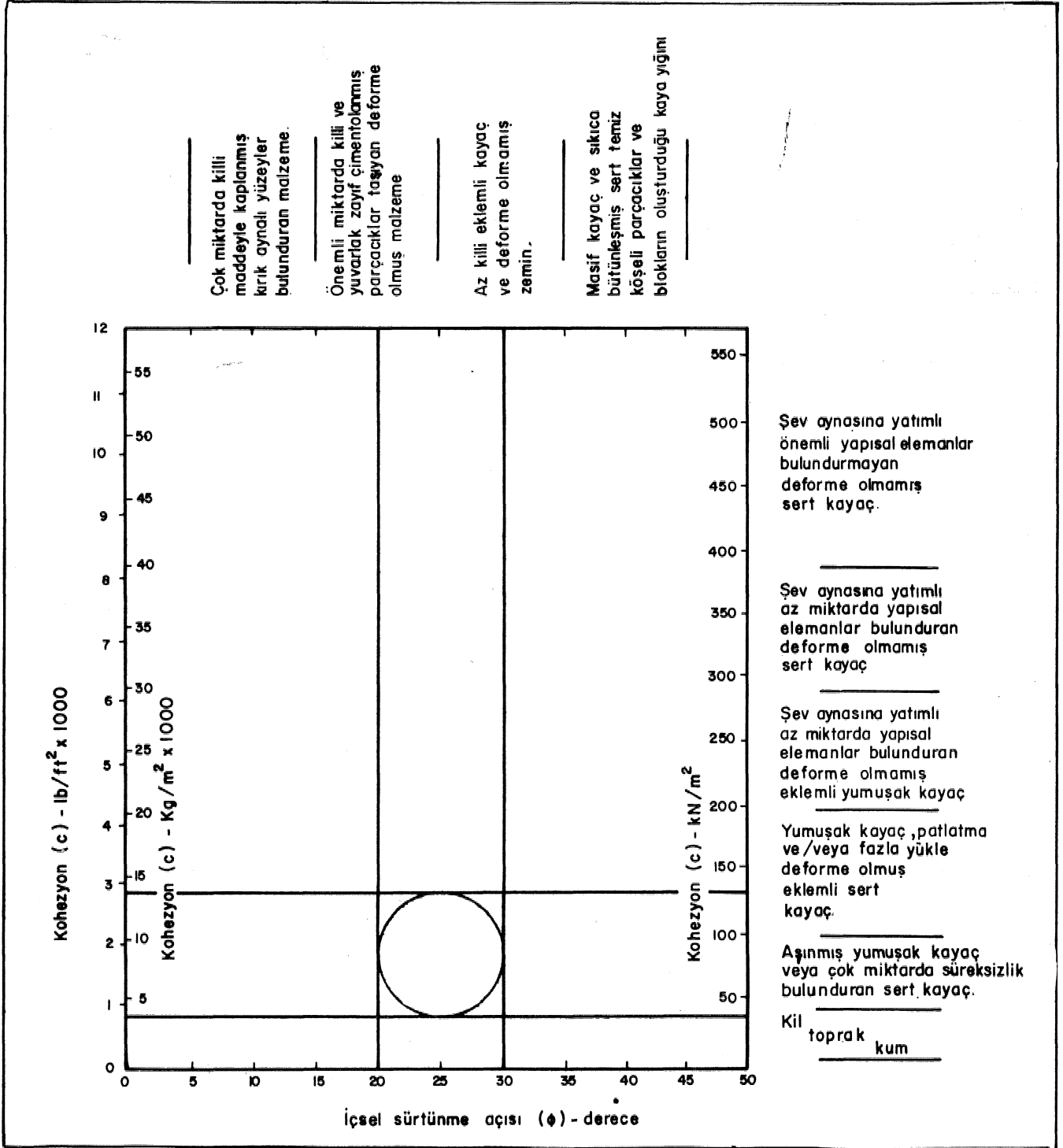
Bölgede ekaylı bir yapı olup, sahada içahşanlarca açık ve kapalı olarak sınıflandırılmış, belirli sistemlerde gelişmiş çok sayıda kırık söz konusudur. Yerel hareketlerle atım kazanmış kırıkların yansıması, açık kırıklar da manyezit ile dolmuşlardır. Bölgedeki fayların boyutlarının küçük olması, işletmeye uygun filonları fazlaca etkilememeleri (Akinal, 1977) ve işletme derinliğinin sığ olması (15-20 metre) nedenleriyle fayların stabülite analizinde etkileri olmayacağı varsayımı yapılmıştır.

Bölge suları belirli mevsimlerde sellenme ve taşkın tipinde bir akış rejimi kazanmakta ve herhangi bir düzen göstermemektedirler (Aki-

nal, 1977), Ayrıca bu aşamada sahada maden hidrojeolojisine yönelik etüdlerin yapılmadığı, derelerin küçük olması ve genel olarak işletme tabanının altındaki kotlarda akmaları da dik-kate alınarak, yeraltısuyu etkilerinin ihmal edilebileceği varsayılmıştır.

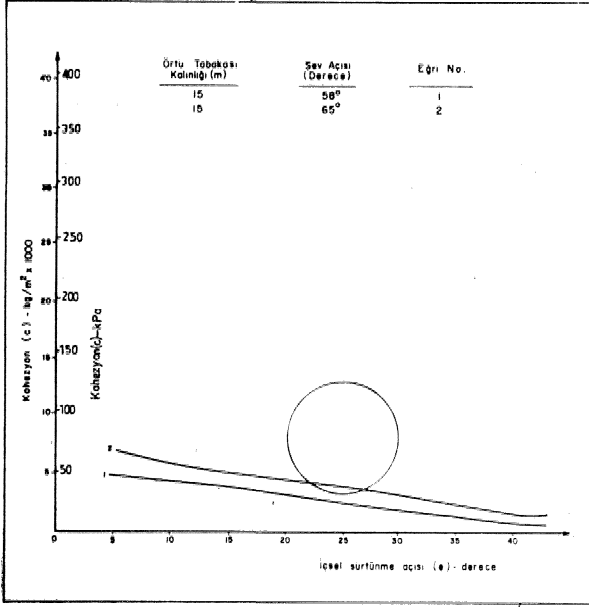
Yukarıdaki değerlendirmelere göre, şev açılarının hesaplanmasında, şu varsayım ve yaklaşımlar esas alınmıştır:

1) gev kuru ve şev aynasının üstündeki, dik konumlu gerilme çatlakları Önemli olup, ihmal edilebilir*



Şekil 10: İçsel sürtünme açısı ile kohezyon arasındaki ilişki (Hoek ve Bray, 1977'den)

Figure 10: Relationship between the internal friction angle and cohesion (from Hoek and Bray, 1977).



Şekil 11 İ İrdeme grafiği

Figure 11/ Evaluation graph,

2) Şev topuğundan geçen dairesel bir kayma beklenebilir*

3) Şevin içinde açılacağı serpantinitle analizler için gerekli olan, jeoteknik parametrelerini bu aşamada laboratuvar testleriyle belirleme olanağının bulunamaması ve şev açılarının ilk yaklaşım olarak hesaplanmaları gerektiğinden, bu parametre değerleri, serpantinitlelerin saha çalışmalarında (Akinal, 1977) belirlenebilen özelliklerine dayanılarak, bazı çizelgelerden (Ulusay, 1978) aşağıdaki gibi saptanmıştır:

0 - 2.6 ; $c = 7000 \text{ kg/m}^2$; $\gamma = 2200 \text{ kg/m}^3$;
H = 15m; ; F = 1.8 (kayacın yapısı ve işletme-

nin Ömrü dikkate alınarak, bu değer biraz yüksek segimiftir).

Dairesel Kayma Dizayn Grafiğinin Uygulanışı

Yapılan varsayımlara göre Şekil 4'teki A ve B şev geometrisi kesitlerinin probleme uygunluk gösterdiği belirlenmiştir. Şekil 4-B'fle Y fonksiyonu:

$$Y = \frac{2200 \times 15}{7000} = 4.71$$

Y=4.71 ve F=1.6 değerleri Şekil 6'daki grafikte işaretlenerek kestirildiklerinde X=27 elde edilir ve formülde yerine konursa:

$$27 = i - (1.2 \times 26), \text{ şev açısı } i = 58^\circ \text{ elde edilmiştir}$$

Dairesel Kayma Diyagramlarının Yardımıyla Tersten İrdeme Yönteminin Uygulanışı

Varsayımlara göre şevnin durumu Şekil 6'da, numaralı kesite uygunluk göstermektedir, Serpantinitlelerin saha çalışmalarında saptanan özellikleri, bu kayacın kohezyon ve içsel sürtünme açısı ilişkisi grafiğinde, Şekil 10'da görülen sınırlar içinde kalabileceğini göstermektedir. Bu yöntemde farklı şev açısı değerlerinin irdelenmesi ve bâr önceki yöntemle 58° İlk Şev açısı hesaplanması nedenleriyle, bu açı civarında üç ayrı değer (42°, 50° ve 65°) seçilerek irdelenmiştir. Ayrıca her irdemede 6°, 17%, 22% 30° ve 42°'lik içsel sürtünme açıları kullanılmış ve bunları kargıtlayan kohezyon değerleri hesaplanarak, sonuçlar Çizelge 1'de sunulmuştur. Hesaplamalarda Şekil 7'deki diyagram kullanılmış olup, işlemlerin uzun olması nedeniyle,

İşletme derinliği (m)	15					15					15					15									
	42°					50°					58°					65°									
Şev açısı, i	42°					50°					58°					65°									
	6°	17°	22°	32°	42°	6°	17°	22°	32°	42°	6°	17°	22°	32°	42°	6°	17°	22°	32°	42°					
İçsel sürtünme açısı, Ø (derece)	6°					17°					22°					32°					42°				
Kohezyon, c (kg/m ²)	5202.45					5549.40					4335.38					6936.60									
	2522.03					3429.95					4035.24					4842.29									
Kohezyon, c (kg/m ²)	1733.16					2666.40					3199.68					3999.60									
	618.65					1237.30					1959.06					2680.82									
Kohezyon, c (kg/m ²)	29.71					297.13					891.00					1485.66									

Çizelge 1: Tersten irdeme yöntemi ile elde edilen hesaplamalar sonuçları

Table 1: Estimation results obtained by reverse evaluation method,

burada sadece 58° İlk Şev açısının irdelenmesine ilişkin ilk hesaplama aşaması gösterilmiştir. $\theta=6^\circ$ ve $F=1$ için

$$\frac{\tan \theta}{F} = 0.1051$$

0,1051 değeri ile 58° yi gösteren eğrinin kesim noktası kavisli kısımda (Şekil 7) 1.25 değerini verir. Buradan $c=4335 \cdot 38$ elde edilir. Çizelge rdeki değerlerin aktarıldığı Şekil 11'deki irdelme grafiğinde 65° Mık şev açısına ait 2 numaralı eğrinin denge sınırı koşullarını belirleyen daireyi kestiği ve buradan da bu açının şevi Btabü kılmayacağı görülmektedir. Diğer bir deyişle 42% 50° ve 58° lik açılarının şevi stabil kılacağı anlaşılmaktadır. Ancak şevin dikleşmesi halinde kazılacak örtünün azalması, buna bağlı olarak da harcamaların düşeceği bilinen ekonomik gerçeklerdir ve ön dizaynda bu üç açıdan 58° olanı kullanılmalıdır.

SONUÇ

* ' ' .

Her iki yöntemin kullanılması ile 58° İlk şev açısının güvenli olacağı görülmüştür. An-

bu hesaplamaların, verilerin ve yapılan varsayımların bir ilk yaklaşım olduğu unutulmamalıdır, ayrıntılı işletme dizaynının gerçekleştirilebilmesi için maden sahasında jeoteknik, hidrojeolojik études ile laboratuvar testleri yapılarak, daha geoteknik ve güvenilir veriler toplanmalıdır,

DEĞİNİLEN BELGELER

- AKÖCAL, O., 1977, Tekke Tepe-Sinci (Konya-Çumra) manyezit sahasının Jeoloji ve ekonomi İncelemesi, MTA Derleme Rap, No, 1106/İ (yayınlanmamış).
- BISHOP, A.W., 1955, The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes, Geotechnique, Vol. 5, 7-17.
- HQEK, E., 1970, Estimating the stability of excavated slopes in opencast mines, Institution of Mining and Metallurgy, A105, A132.
- HÖEK, E. ve BRAY, J.W., 1977, Rock slope engineering, Stephen Austin and Sons Ltd, Hertford, 402 s.
- LAMBE, W.T. ve WHITMAN, R.V., 1969, Soil mechanics, John Wiley and Sons, New York,
- PROCLICH, O.K., 1955, General theory of the stability of slopes, Geotechnique, Vol. 5, 87-47,
- TAYLOR, D.W., 1948, Fundamentals of soil mechanics, John Wiley and Sons, New York,
- ULUS AY, R., 1978, Şev denge analizlerinde kullanılan pratik yöntemler, MTA Derleme Rap, No, 8208, Ek-1 (Çizelgeler bölümü) (yayınlanmamış).

