

50920

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOLGU BARAJLARDA
EN UYGUN ŞEV PROFİLİNİN TAYİNİ**

Nihat KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez, Tarihinde Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından
Oybirliği / Oyçokluğu ile Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)

(İmza)

(İmza)

Danışman
Prof. Ahmet TUNA

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOLGU BARAJLARDA
EN UYGUN ŞEV PROFİLİNİN TAYİNİ**

Nihat KAYA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman: Prof. Ahmet TUNA

**ELAZIĞ
1996**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**DOLGU BARAJLARDA
EN UYGUN ŞEV PROFİLİNİN TAYİNİ**

Nihat KAYA

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

1996, Sayfa:60

Dolgu barajların projelendirilmesinde, memba ve mansap şevlerinin güvenlik sayılarının standartlarla belirlenmiş olan minimum güvenlik sayılarına uygunluğu yanında dolgu şevlerinin ekonomik olması da gözönünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, hem ekonomikliği hem de stabiliteyi birlikte sağlayan en uygun şev profilinin seçilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, değişik özelliklere sahip şev profilleri için kritik güvenlik sayıları, Stable programı ile bulunmuştur. Bu program, stabilite analizlerinde Janbu yöntemini esas almakta ve analiz sonucunda kritik kayma yüzeylerinin yeri ile güvenlik sayılarını vermektedir.

Stable programından elde edilen sonuçlardan en büyük güvenlik sayısına sahip şev profilinin en ekonomik profil olduğu görülmüştür. Bu şev profilinden faydalanılarak en uygun şev profilini veren analitik bir bağıntı geliştirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER:Şevlerin stabilitesi, dolgu baraj, kayma yüzeyi, dolgular.

SUMMARY

Masters Thesis

**DETERMINATION OF THE MOST APPROPRIATE
SLOPE PROFILE OF FILLING DAMS**

Nihat KAYA

Firat University
Graduate School Natural and Applied Science
Department of Civil Engineering

1996, Page:60

In the design of filling dams in addition, factors of safety of the upstream and downstream slopes are suitable with the minimum factors of safety that are determined by standarts. Economics of filling slopes must be considered for this reason, the slope of the most appropriate profile that keeps both economics and stability is necessary to select.

In this study, by using Stable program, critical factors of safety of slope profiles that have differnt features are determined. This program takes as the basis of Janbu method and at the end of analysis, place of critical slopes and factors of safety are obtained.

Results that are obtained from Stable program show that slope profile that has largest factor of safety is the most economical profile. An analytical relationship which gives the most appropriate slope profile is obtained by using that slope profile.

KEY WORDS: Stability of slopes, filling dam, shear surface, embankments.

TEŞEKKÜR

Çalışma ve araştırmalarım boyunca benden, değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Ahmet TUNA' ya en içten teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, araştırma görevlileri Muhammed EMİROğLU ve Ahmet BAYLAR'a yardımlarından dolayı teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	SAYFA NO
ÖZET	I
SUMMARY	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	VI
TABLULARIN LİSTESİ	VIII
SİMGELER	IX
1.GİRİŞ	1
2.ŞEVLERİ STABİLİTESİ	3
2.1. Dünyadaki ve Türkiyedeki Şev Kaymaları	3
2.2. Şevlerin Stabilitesine Etki Eden Faktörler	3
2.3. Dolgu Şevinin Stabilitesi	4
2.3.1. Dolgu şevlerinin yerel stabilite tahkiki	7
2.3.2. Dolgu şevlerinde genel stabilite analizi	8
3.STABİLİTE ANALİZİNİN TEMEL İLKELERİ	12
3.1. Analiz Metodlarını Sınıflandırma	12
3.2. Bir Şevde Güvenlik Sayısının Tesbiti	12
3.3. Kayma Yüzey Tipleri	14
3.4. Kritik Kayma Yüzeyinin Tayini	15
3.5. Şevlerde Zeminlerin Genel Stabilite Özellikleri	20
3.5.1. Kohezyonsuz zeminlerde	20
3.5.2. Kohezyonlu zeminlerde	21
3.6. Stabilite Analiz Metodları	22
3.6.1. İsveç dilim metodu	22
3.6.2. Bişhop metodu	25
3.6.3. ϕ dairesi metodu	26
3.6.4. Janbu yöntemi	29
4.BARAJ ENKESİTİNİN TAYİNİ	31
4.1. Temel Tipleri	31
4.1.1. Kaya temeller	31

4.1.2. Geçirimli temel	32
4.1.3. Geçirimsiz temel	33
4.1.4. Çok tabakalı temeller	33
4.2. Baraj Enkesitinin Tayini ve Şev Eğimleri	33
5. BULGULAR	41
5.1. En Uygun Şev Profilinin Tayini	41
5.2. Sayısal Uygulamalar	50
6. SONUÇ	58
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	60



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 2.1. Sızma kuvvetlerinin tayini	6
Şekil 2.2. Dolguda yerel ve genel stabilite	6
Şekil 2.3. Yerel stabilitenin artırılması	8
Şekil 3.1. Kaymış bir şevde kayma yüzeyinin şekli	13
Şekil 3.2. Şev kaymaları	14
Şekil 3.3. Kayma yüzeyi tipleri	15
Şekil 3.4. Deneme dairelerinin yerleştirilmesi	16
Şekil 3.5. Kritik dairenin yerleştirilmesinde Felleneüs metodu	17
Şekil 3.6. Kayma daireleri merkezleri ve eş güvenlik sayısı eğrileri	17
Şekil 3.7. Taylora göre kritik daire merkezinin yeri	18
Şekil 3.8. Topuk altından geçen kayma dairesi şekli	18
Şekil 3.9. Bir kum şevin stabilitesi	20
Şekil 3.10. Şev ve taban kayması	21
Şekil 3.11. Şevlerin dikliğine karar vermek için grafik	22
Şekil 3.12. Dilimlere ayırma ve dilime etkileyen kuvvetler	23
Şekil 3.13. ϕ dairesi metodu	27
Şekil 3.14. ϕ dairesi metodunda minimum güvenlik sayısının tesbiti	29
Şekil 3.15. Janbu'nun düzeltme faktörü diyagramı	30
Şekil 5.1. Şev profil tipleri	41
Şekil 5.2. (a,b,c,d,e,f) Güvenlik sayısının şev profil tiplerinde karşılaştırılması	42, 43, 44
Şekil 5.3. G şev profili	45
Şekil 5.4. Dolgu barajda en uygun şev profilinin tayini	46
Şekil 5.5. Uygun şev profili	48
Şekil 5.6. Bermeli şev profilinin tayini	49

Şekil 5.7. Değişik sabit eğimli şev profilinin tayini	50
Şekil 5.8. (a,b,c,d,e)Bulunan şev profili ile lineer şev profilinin karşılaştırılması	51, 52, 53, 54, 55
Şekil 5.9. Bulunan şev profiline bermeli şev profilinin uygulanması	56
Şekil 5.10. Bulunan şev profiline değişik sabit eğimli şev profilinin uygulanması	57



TABLOLARIN LİSTESİ

Tablo 2.1. Emniyet faktörleri	9
Tablo 3.1. Kritik daire merkezi için veriler	19
Tablo 4.1. Şev eğimleri	34
Tablo 4.2. Stabil temelerde küçük zonlu dolgu barajlar için tavsiye edilen şev eğimleri	35
Tablo 4.3. Doygun silt ve kil temellerdeki dolgu barajlar için stabilize dolguların tavsiye edilen eğimleri	36
Tablo 4.4. Stabil temelerde homojen küçük toprak dogular için tavsiye edilen şev eğimleri	37
Tablo 4.5. Toprak barajlar için yaklaşık şev değerleri	40

SİMGELER

b	:Kayan kütledeki dilim genişliği
c	:Kohezyon
c'	:Efektif gerilmeler cinsinden kohezyon
c_m	:Harekete geçen kohezyon
c_1	:Birim kohezyon
C	:Kohezyon kuvveti, integral sabiti
D	:Derinlik faktörü
E_n, E_{n+1}	:Dilimde n ve n+1 kesitlere etkiyen yanal kuvvetler
F	:Silindirik zemin alanı
f_0	:Düzeltilme faktörü
G_c	:Kohezyona göre güvenlik sayısı
G_s	:Güvenlik sayısı
G_ϕ	:İçsel sürtünme açısına göre güvenlik sayısı
H	:Şevin veya dolgu baraj yüksekliği
H_{cr}	:Şevin kritik yüksekliği
h	:Piyezometrik yükseklik, dilim yüksekliği
h_1	:Mamba su yüksekliği
h_2	:mansap su yüksekliği
i	:nivo eğimi
L	:Şev uzunluğu
ΔL	:Silindirik zeminin uzunluğu
l	:dilim kayma yüzeyi uzunluğu
m	:Eğim
N	:Dilim ağırlığının normal bileşeni
S	:Kayma kuvveti
SN	:Stabilite numarası
S_r, R_r	:Toprağın birim hacmine tesir eden sızma kuvveti
W	:Dilimin ağırlığı
Z_c	:Gerilme çatlağı derinliği
x	:Dilimin O noktasından olan yatay uzaklığı
x_n, x_{n+1}	:Dilimdeki n ve n+1 kesitlerine etkiyen düşey kesme kuvveti
γ	:Zeminin tabii birim hacim ağırlığı
γ_d	:Suya doymun zeminin birim hacim ağırlığı

- γ' :Su altındaki zeminin birim hacim ağırlığı
 ϕ :İçsel sürtünme açısı, kretteki şev açısı
 ϕ_e :Efektif içsel sürtünme açısı
 α :Şevin yatayla yaptığı açı
 θ :Eğri şev yüzeyinin başlangıçta yatayla yaptığı açı
 δ, η_0 :Düzeltilme faktörü
 σ :Normal gerilme
 τ :Kayma gerilmesi



1. GİRİŞ

Mühendislik yönünden şevlerin stabilitesi, başlıca yol, demir yolu, köprü, bina, toprak barajların ve arkasında su tutan dolguların inşaatında önemli yer tutar.

Özellikle modern yol ve baraj inşaatlarının artmasıyla şevlerde stabilite konusu daha sık karşılaşılan bir problem olmuştur.

Dolgu barajların projelendirilmesi ve inşaatı mühendislik açısından önemli mertebeden bilgi, maharet ve deneyim gerektirir. Bu tip barajlarda göçmenin büyük felaketlerle sonuçlanması emniyet açısından mümkün olan bütün ön tedbirlerin alınmasını gerektirir. Diğer taraftan, ekonomik açıdan, güvenlik sayısının çok büyük alınamayacağı açıktır. Düşük bir güvenlik sayısının seçilebilmesi, zemin özelliklerinin hassas olarak belirlenmesine, sağlam bir teoriye ve ayrıntılı hesaplara dayanmaktadır.

Kayma düzlemlerinin şekli şevin eğimi, içsel sürtünme açısı ve şev yüksekliği ile ilgili olduğu dikkate alınır, çeşitli ϕ ve c değerlerine sahip şevlerin eğimleri ve profilleri değiştirilerek stabilitenin değişimini incelemek ve en yüksek emniyet katsayılı en ekonomik profili elde etmek mümkündür.

Baraj kesitinde permeabiliteleri değişik olan elverişli zemin tabakaları teşkil etmek oldukça önemlidir.

Ortalama şev eğimi dolgu yüksekliğine bağlı olarak değişir. Yaklaşık olarak ortalama eğimin tayini için şev stabilite metodu kullanılır. Şev stabilitesinin uygun olması için taban kısmının eğimi küçük, krete yakın bölgenin eğimi nisbeten büyük seçilmelidir.

Bu çalışmada, şevin içsel sürtünme açısı ϕ , şev yüksekliği H ve başlangıç (şev topuk) açısı θ ya bağlı

olarak şev profilinin denklemi çıkarılmıştır.Şevin bu denkleme göre bermeli ve değişik eğimli inşaa edilmesi tavsiye edilmiştir.

Bu hususta pratik bir çalışmanın çok güç olması nedeniyle tamamen teorik bir çalışma yapılmıştır.



2.ŞEVLERİN STABİLİTESİ

2.1.Dünya'daki ve Türkiye'deki Şev Kaymaları

Şev kaymalarının en önemli yönü genellikle önceden tahmin edilmemesi ve onarılması güç olaylarla büyük maddi zararlar vermesidir.

1963 yılında İtalya'da Venedik yakınında 265 m yüksekliğindeki ince kemer tipi Vaiont baraj gölü içerisinde meydana gelen kayma olayında 250×10^6 m³ toprak kayarak, iki dakika gibi kısa bir sürede baraj gölünü doldurmuştur. Göl suyu, baraj gövdesi üzerinden tahminen 100 m yüksekliğinde bir dalga yaparak taşmış ve 2600 kişinin ölmesine neden olmuştur. Vaiont olayı kayma probleminin önemini en feci örneklerindedir.

Türkiye'de İstanbul - Bolu ve Yalova - Bursa arasında ya da Marmara ve Karadeniz kıyılarında görülen kaymalar, 1929 yılında Doğu Karadeniz Bölgesinde ağır can ve mal kaybına sebep olan kaymalar, 1950 yıllarında Trabzon yakınındaki Sera heyelanı ve 1979 yılındaki kanlıdere kayması, 1979 yılındaki Bingöl - Genç yakınlarında demiryolu tunel çıkışında meydana gelen akma ve kaymalar önemli şev kaymalarıdır.

2.2. Şevlerin Stabilitesine Etki Eden Faktörler

Şevlerin stabilitesi, ortamın mekanik özellikleri yanında iklim ve bitki örtüsü gibi çevre şartlarına da bağlıdır. Uzun süre dengede kalan yamaçlar; kazı, drenaj şartlarını değiştirme, bitki örtüsünü kaldırma gibi müdahalelerle dengesi kaybedilebilmektedir.

Dengeye etki eden faktörlerin en önemlileri, yeraltı suyu basıncı ve gerilme durumudur. Bunların herhangi birinde değişimin meydana gelmesi, dengenin bozulmasına neden olur. Şevlerde gerilme artışının nedenleri aşağıdaki gibidir.

- a) Topuğa yakın bölgede malzeme artışı.
- b) Şev üstündeki yüklerin artışı .
- c) Çekme çatlaklarına su dolması .
- d) Boşluk suyu basıncındaki artış.
- e) Deprem ve diğer titreşim ivmeleri.
- f) Şev dışındaki su seviyesinde düşme

Dirençin azalması da dengeye etki eden önemli bir faktördür. Dirençteki azalma nedenleri aşağıdaki gibidir:

- a) Aşınma ve yıpranma.
- b) Kil malzemenin şişmesi.
- c) Kuru ortamdaki ani ıslanma, yapının bozulması.
- d) Zaman ve hareket sonucu direnç kaybı.
- e) Bağlayıcı malzemenin yıkanması.
- f) Süreksizlik yüzeylerinde su basıncı olarak sayılabilir.

2.3. Dolgu Şevinin Stabilitesi

Temelden dolgu malzemesinin içinden sızan suların dolgu baraj stabilitesine tesirleri nedeniyle enkesit tayininde dikkata alınması gerekir. Dolgu içinden geçen su, boşluklardaki sürtünmeler nedeniyle dolgu bölgesine itici bir tesir yapar. Bu tesir sızma bölgesinde kütle kuvvetleri olarak tesirli olan sızma kuvvetleriyle etkier. Böylece bir ortamdan elemanter olarak akım çizgileri boyunca F alanında bir silindirik elaman alıp silindir eksenini doğrultusunda denge şartı yazılabilir. (Şekil 2.4.)

$$\gamma_w \cdot h_A \cdot F - \gamma_w \cdot h_a \cdot F - G_w \cdot \sin \alpha - R_r \cdot \Delta F \cdot \Delta L = 0$$

Zemin içindeki akım hızının yavaş olması nedeniyle atalet kuvvetleri ihmal edilmiştir.

$$G_w = \gamma_w \cdot \Delta L \cdot F$$

$$h_A = H_A - Y_A$$

$$h_b = H_b - Y_b$$

$$\sin \alpha = \frac{Y_b - Y_A}{\Delta L}$$

değeri yerine yazılırsa ;

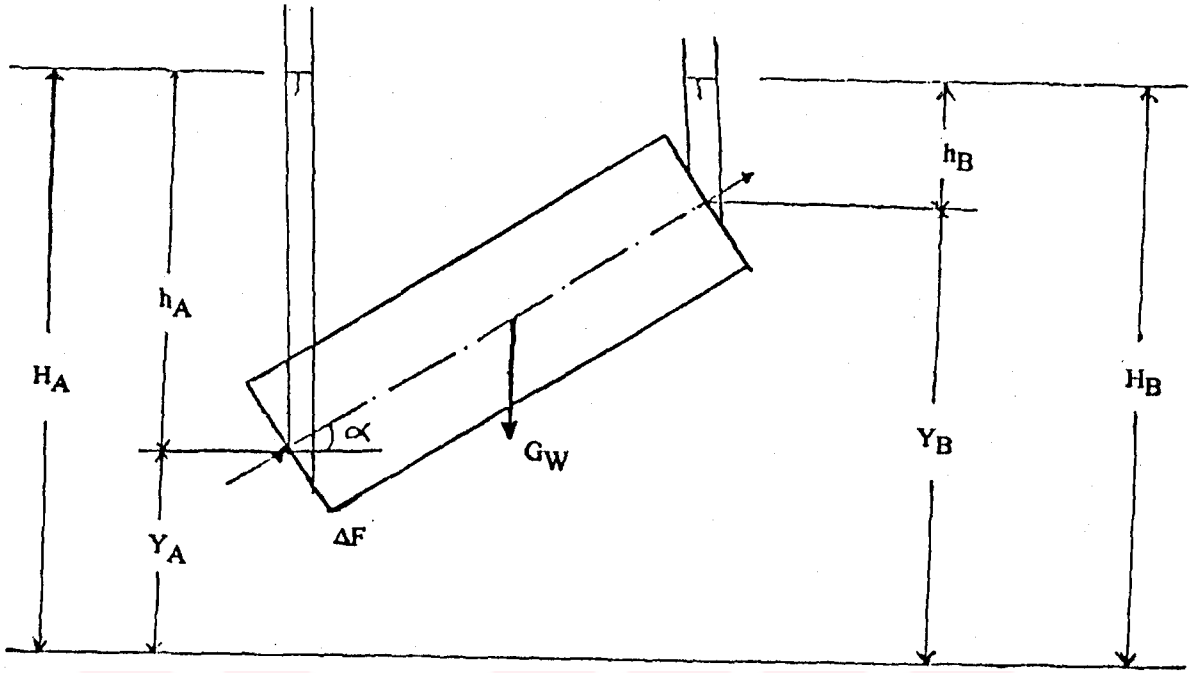
$$R_r = \gamma_w \left(\frac{H_A - H_B}{\Delta L} \pm \frac{Y_B - Y_A}{\Delta L} - \sin \alpha \right) = \gamma_w \frac{H}{\Delta L} = \gamma_w \frac{d_H}{\Delta L}$$

olarak birim sıvı hacmi için suyun hareketine karşı kayan toprak danelerinin direnci elde edilir. Toprağın birim hacmine tesir eden sızma kuvvetleri S_r , R_r ye eşit fakat, zıt yönlüdür.

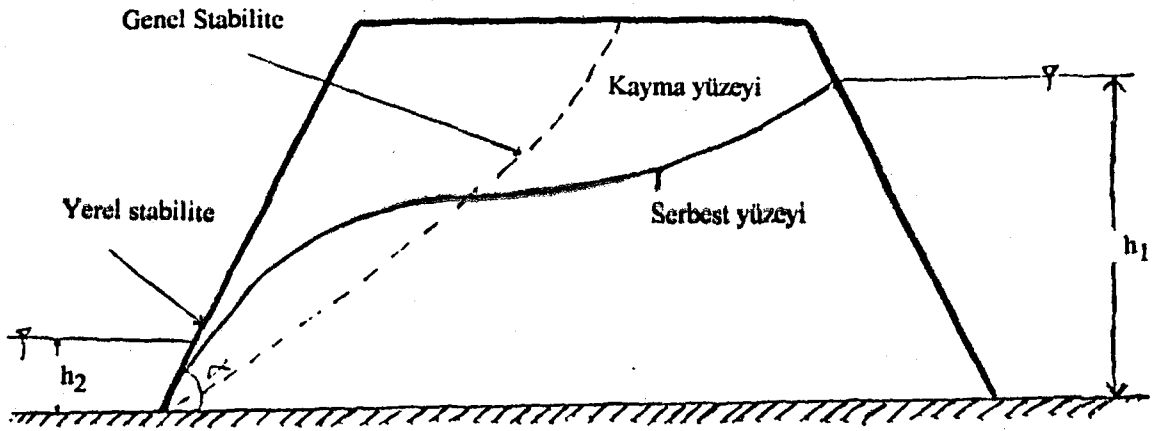
$$S_r = R_r = \gamma_w \frac{d_H}{d_L} = \gamma_w \cdot i = i$$

Burada; i =Gözönüne alınan noktada sızmanın nivo eğimidir.

Dolgu içinde ve temelde meydana gelen bu sızma kuvvetleri yerel ve genel olarak bir toprak barajın şev stabilitesine tesir eder. Şevin yerel stabilitesi, sızma suyunun dolgu gövdesini terk ettiği sızma yüzeyinin emniyeti olarak ifade edilir. (Şekil 2.2.) Böylece sadece yerel stabilite dolgu içinde sızma olduğu taktirde yapılır. Genel stabilite, bütün şevin bir kayma yüzeyindeki kaymaya karşı emniyeti olarak tarif edilirse genel olarak kohezyonlu zeminlerde önem kazanır. Buna karşı yerel stabilite ise kohezyonsuz zeminlerde önem kazanır. (KEZDİ, 1959)



Şekil 2.1. Sızma kuvvetlerinin tayini



Şekil 2.2. Dolguda yerel ve genel stabilite

2.3.1. Dolgu şevlerinde yerel stabilite tahkiki:

Kohezyonsuz bir dolgudan meydana gelen ve sızma yüzeyi olan bir şevin yerel stabilitesi, için Kezdi;

$$\alpha = \frac{\phi}{2}$$

eşitliğini vermektedir. Burada;

α = Şevin yatayla yaptığı açı

ϕ = Kohezyonsuz zeminin içsel sürtünme açısıdır.

Şev yüzeyi çok geçirimli bir filtre tabakası ile kapatıldığı takdirde sızmadan dolayı kuvvetler meydana gelmeyeceğinden şevler daha dik inşaa edilebilir. Bu durumda y derinliğinde kayma düzlemi bulunan bir şev için kezdi aşağıdaki eşitliği vermektedir. (KEZDİ, 1959) (Şekil 2.3)

$$i = \alpha \text{ için } \text{tg} \phi \text{ ger} = \frac{2 \text{tg} \alpha (1 + \frac{y'}{y})}{1 + 2 \frac{y'}{y}}$$

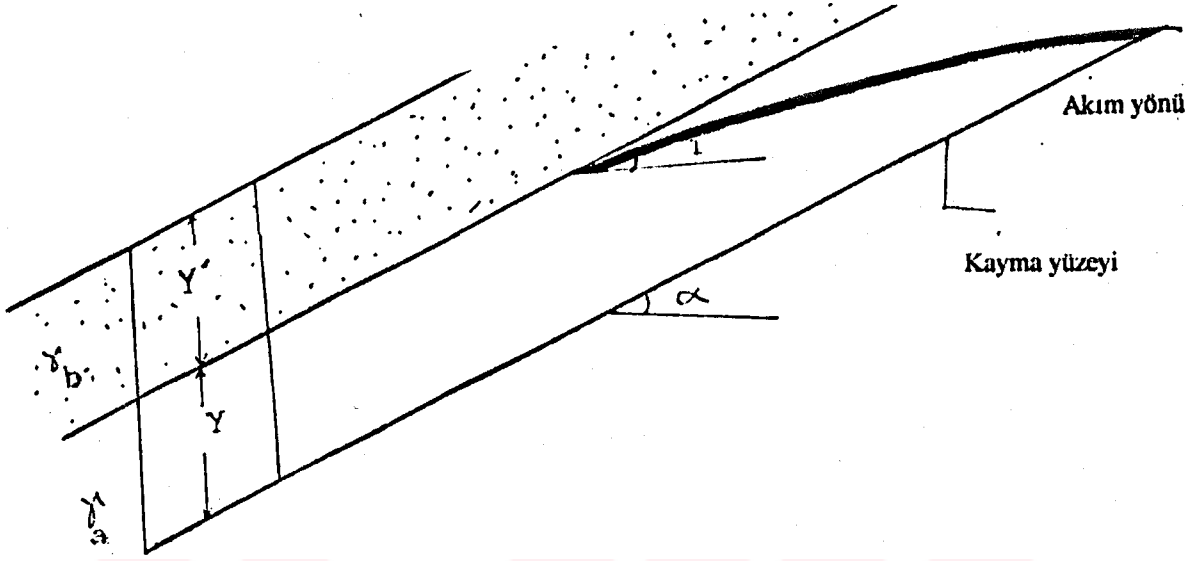
$$i = 0 \text{ için } \text{tg} \phi \text{ ger} = \frac{2 \text{tg} \alpha (1 + \frac{y'}{y})}{1 + 2 \frac{y'}{y} - \text{tg}^2 \alpha}$$

Her iki denklemde ;

$$y' = 0 \text{ veya } y = \alpha \text{ yazılırsa } \alpha \leq \frac{\phi}{2} \text{ .ve}$$

$$\frac{y'}{y} = \infty \text{ veya } y = 0 \text{ yazılırsa } \alpha = \phi \text{ elde edilir.}$$

Bu durum kayma düzlemi derinliğinin artmasıyla stabilitenin azaldığını ifade eder.



Şekil 2.3. Yerel stabilitenin arttırılması

2.3.2. Dolgu şevlerinde genel stabilite analizi

Bir toprak barajın yapısal projendirilmesi stabilite analizi ve oturma analizinin tayinini ihtiva eder. Stabilite analizi şev göçmesini ve çatlaklarının teşekkülünü önlemek için yapılır. Oturma analizi dolgunun ve temelın konsolidosyona göre oturma miktarı ve zamanla değişiminin tayini için yapılır.

Bir şevin stabilite analizi için iki yaklaşım vardır.

1.Yaklaşımında bir kayma yüzeyi kabul edilir ve kayan kütleının stabilite analizi yapılır, analiz için kayma yüzeyinin doğru bir hat, bir daire yayı bir logaritmik spiral veya bunların karışımı olduğu kabul edilir.

2.Yaklaşımında gerilme analiz metodu kullanılır. Bu metot yardımıyla şev ve temelinde oluşan gerilmeler

tain edilir. Kayma gerilmesinin, kayma mukavemetine oranı kritik noktalarda ve keza muhtemel kayma yüzeyleri boyunca kontrol edilir. (PRESS.1959-DAVID,1952)

Kayma mukavemeti aşağıdaki eşitlik yardımıyla tain edilir. (POULOS,1952)

$$\tau = C_e + \sigma \operatorname{tg}\phi_e$$

Burada ; τ =kayma mukavemeti (t/m^2)

C_e =Efektif kohezyon (t/m^2)

σ =Kayma yüzeyindeki normal basınç, genel olarak kayma hadisesinden önceki daneler arasındaki zemin basıncı (t/m^2)

ϕ_e =Efektif içsel sürtünme açısı

Kohezyon ve içsel sürtünme açısı drenaj, kayma mikatrı ve diğer faktörlere bağlı olarak değişir. Stabilite için emniyet faktörü, kritik kayma yüzeyi boyunca ortalama kayma mukavemetinin, kayma gerilmesine oranından tain edilir. Keza emniyet faktörü toplam kayma mukavemet kuvvetinin, toplam kayma mukavemetine oranı olarakta ifade edilir.

Genel olarak emniyet faktörleri Tablo:2.1. de verilmektedir.

Tablo: 2.1. Emniyet faktörleri (DAVID, 1952)

	Minumum emniyet faktörü	
	1.Hal	2.Hal
Menba sevi,kuru.....	1,5	2,0
Mansap sevi,üniform sızma...	1,5	2,0
Menba sevi,hızlı su alçalması	1,25	1,5

Birinci haldeki küçük emniyet faktörleri kohezyonsuz zeminlerden müteşekkil veya kayma mukavemeti iyi tayin edilen düşük plastisiteye haiz dolgular için kullanılır. 2. haldeki daha büyük emniyet faktörleri plastik zeminlerden oluşan dolgular için kullanılır.

Kohezyonsuz materyalden oluşan dolgu, şevlerinin stabiliteleri sızmanın şev eğimine paralel olmasına ve sızmanın mevcut olmamasına göre iki kısımda incelenir. Bu iki durum için emniyet faktörlerinin hesabı aşağıdaki ifadelerin kullanılması ile elde edilir.

$$\text{sızma yok ise; } F = \frac{\text{tg}\phi}{\text{tg}\alpha}$$

Burada ; α = şev yüzeyinin yatayla yaptığı açıdır. Şev yüzeyine paralel sızmanın mevcut olması halinde

$$F = \frac{\text{tg}\phi_e}{\text{tg}\alpha} \cdot \frac{\gamma'}{\gamma_d}$$

Burada; γ' = Su altında zeminin birim hacim ağırlığı

γ_d = Suya doymuş zeminin birim hacim ağırlığı = $\gamma' + \gamma_w$

Sızma yatayla şev eğiminin arasındaki bir eğimde ise şevin stabilitesi, sızmanın şev yüzeyine paralel olması halindeki stabiliteden daha küçük olur. Bu durumda veya serbest drenajın bulunduğu kaplamalı şevlerin analizi için kritik daire veya karışık yüzey metotları kullanılmaktadır.

Dolgu şevlerinde kayma yüzeylerinin takriben bir daire yayı olduğu birçok müellif tarafından ileri sürülmektedir. Bu münasebetle dolgu veya temelden geçen birkaç daire yayının seçilmesi ve seçilen kayma dairelerinde deneme - sınaama yapmak suretiyle kymaya karşı minimum emniyet faktörü tayin edilir.

Kaymaya karşı en küçük emniyet faktörüne haiz kritik kayma yüzeyi olarak düşünülür. Her bir kayma dairesinin analizi, daire sürtünme metodu yardımıyla yapılır. Dilim metodu daha genel bir çözüm metodudur.

Dilim metodunda ilk adım bir kayma dairesinin seçimidir. Kritik daire genel olarak baraj kretine yakın kısımlardan geçecek şekilde analiz edilir. Kritik dairenin baraj ve temel kısımdaki en zayıf materyalden geçmesi muhtemeldir. İkinci adım daire parçasını keyfi sayıda dilimlere bölmek ve her bir dilime tesir eden kuvvetleri tayin etmekten ibarettir. Genel olarak 6 ila 10 dilim yeterli olmaktadır. (BÖLLING,1972-STRIEGLER-WERNER,1969)



3. STABİLİTE ANALİZİNİN TEMEL İLKELERİ

3.1. Analiz Metotlarını Sınıflandırma

Şevlerin stabilite analizi için çeşitli metotlar verilmiştir. Literatürdeki stabilite analiz metotları genel olarak iki grupta toplanmaktadır.

I.Kayma anında, toprak kitlesi içindeki gerilmeleri ve bu gerilmelerin dağılışını incelemeye limit gerilme metodu denir.

II.Muhtemel bir plastik kayma yüzeyi kabul ederek bu yüzey dışındaki gerilmeleri hesaba katmaya limit denge metodu denir.

Teorik analiz metotlarından başka deneysel olarak stabilite analiz yapmaya yarayan bir diğer metotda model deneyleri ile yapılan çalışmalardır.

Elastisite teorisine dayanan birinci gruptaki analiz metotlarından, analizi yapılan yüzeyde oluşan birim gerilmelerle, kayma mukavemeti arasında denge tesisine çalışılır. Bu konuda çeşitli araştırmalar yapılmış fakat tam bir çözüm elde edilememiştir.

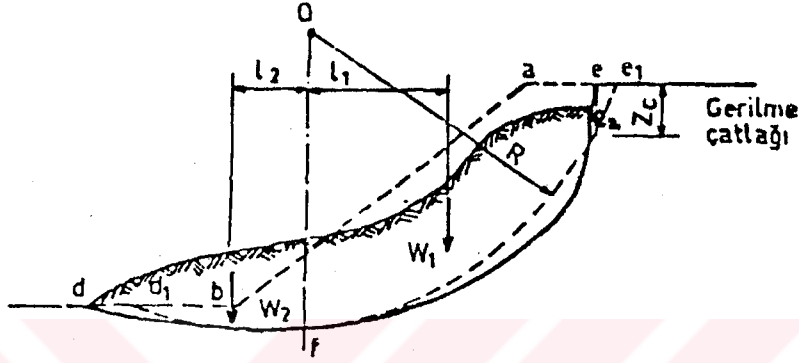
İkinci gruptaki limit dengeye göre yapılan stabilite analizlerinde muhtemel bir kayma yüzeyi alınır. Hesaplamalar bu kayma yüzeyi üzerindeki dengeyi sağlayan kuvvetlere ve kaymaya sebep olan kuvvetlere göre yapılır.

3.2. Bir Şevde Güvenlik Sayısının Tesbiti.

Şevde hesap yapılırken ilk önce kayma yüzeyi tesbit edilir ve bundan faydalanılarak bu yüzey boyunca oluşan kayma mukavemeti bulunur. Bunun için kayma mukavemeti

ile sınırlanmış zemin kütlesindeki kuvvetler hesaplanarak güvenlik sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

Şekil 3.1 kaymış şevde kayma yüzeyinin şeklini ve kaymış bir toprak kütlesini göstermektedir. Buradaki gerilme çatlığının derinliği $Z_c=2.c/V$ ve kayma yüzeyinin şekli arazi ölçüleri ile belirlenebilir.



Şekil 3.1. Kaymış bir şevde kayma yüzeyinin şekli
(TERZAGHİ, 1967)

Hesaplarda gerçekteki kayma yüzeyi yayı kayma yüzeyi olarak alınırsa,

$$W_1.L_1 = W_2.L_2 + s.r.d_1\widehat{e_2}$$

Burada s çekilirse

$$s = \frac{W_1.L_1 - W_2.L_2}{r.d_1\widehat{e_2}}$$

W_1 , "akfe"nin ağırlığıdır. W_2 ise "kbdıf"nin ağırlığıdır.

Şevin güvenlik sayısı G_s ;

Harekete karşı koyan kuvvetler

$$G_s = \frac{\text{Harekete karşı koyan kuvvetler}}{\text{Harekete sebep olan kuvvetler}}$$

Bu tanımdan faydalanılarak,

$$Gs = \frac{s.r.d_1 e_2}{W_1.L_1 - W_2.L_2}$$

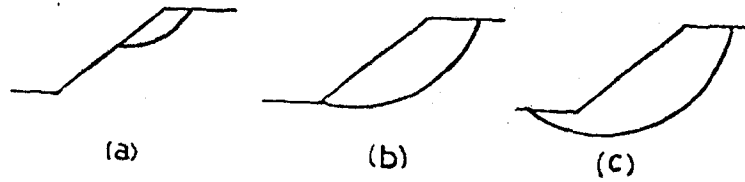
Böylece kaymış bir şevdeki mukavemet değeri bulunarak stabil bir şev projelendirilmesi için yapılacak hesaplarda bu güvenlik sayısı değerinden yararlanılır. (TERZAGHİ, 1967)

Genellikle stabilite analizi yapılırken, kayma yüzeyi daire yayı olarak alınır.

3.3. Kayma Yüzeyi Tipleri

Kozyonlu zeminlerde kaymalar genellikle Şekil 3.1 de görüldüğü gibi şevin üst topuğunda oluşan gerilme çatlaklarını takip eder. Kaymış bir şev de, kayma yüzeyinin eğrilik çapı genellikle üst kısımda küçük, ortada en büyük, alt kısımda ise ikisi arasındadır. Bu nedenle kayma yüzeyi bir elips yayına benzemektedir.

Kayma hareketi eğik yüzeyin bir kısmında görülüyorsa buna şev heyelanı, kayan kısım eğik yüzeyin tümünü kapsayıp, kayma yüzeyi eğik yüzeyin topuğunda geçiyorsa bu tür kaymaya da topuk kayması, şev yüzeyi altındaki sağlam zemine değerek geçerse bu tür kayma hareketine taban heyelanı denir. Şekil 3.2.

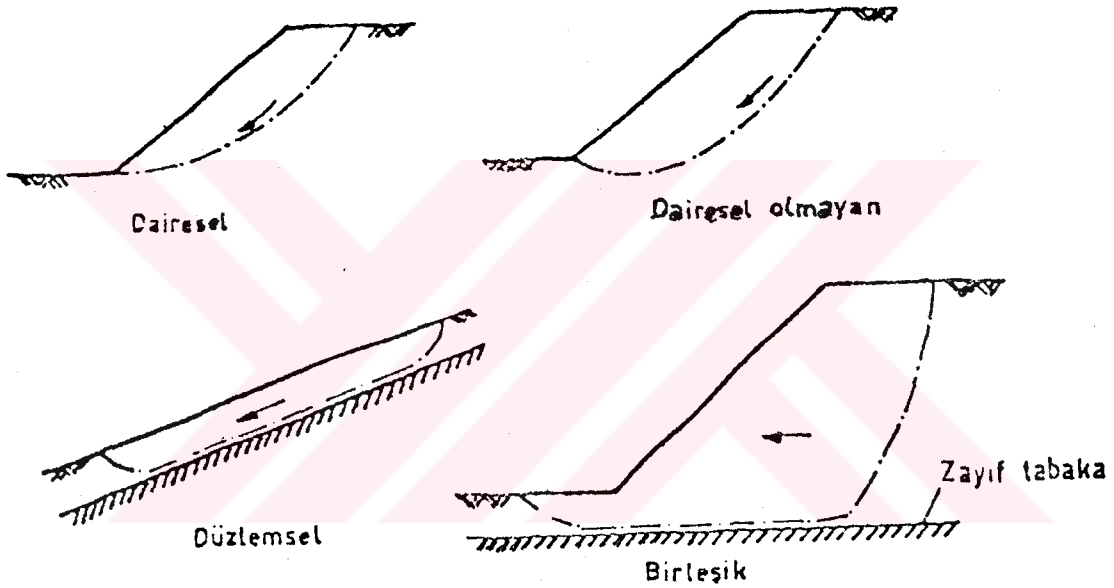


a) Şev kayması b) Topuk kayması c) Taban göçmesi

Şekil 3.2. Şev kaymaları (SMİTH, 1982)

Stabilite analizinde kayma yüzeyleri genellikle daire olarak alınır. Fakat bazı hallerde kayma yüzeyinin yeri ve şekli mevcut zayıf tabakaların etkisi ile değişebilir. Böyle hallerde dairesel olmayan bileşik (birkaç doğrudan meydana gelen) kayma yüzeyleri mevcuttur. Kayma yüzeyleri,

- a) Dairesel
- b) Dairesel olmayan
- c) Düzlemsel
- d) Birleşik şeklinde olabilir.



Şekil 3.3. Kayma yüzeyi tipleri (UTKU, 1975)

3.4. Kritik Kayma Yüzeyinin Tayini

Dairesel kaymaların analizi yapılırken;

a) Kayma yüzeyi dairesel ve bunun bir merkez etrafında döndüğü kabul edilir.

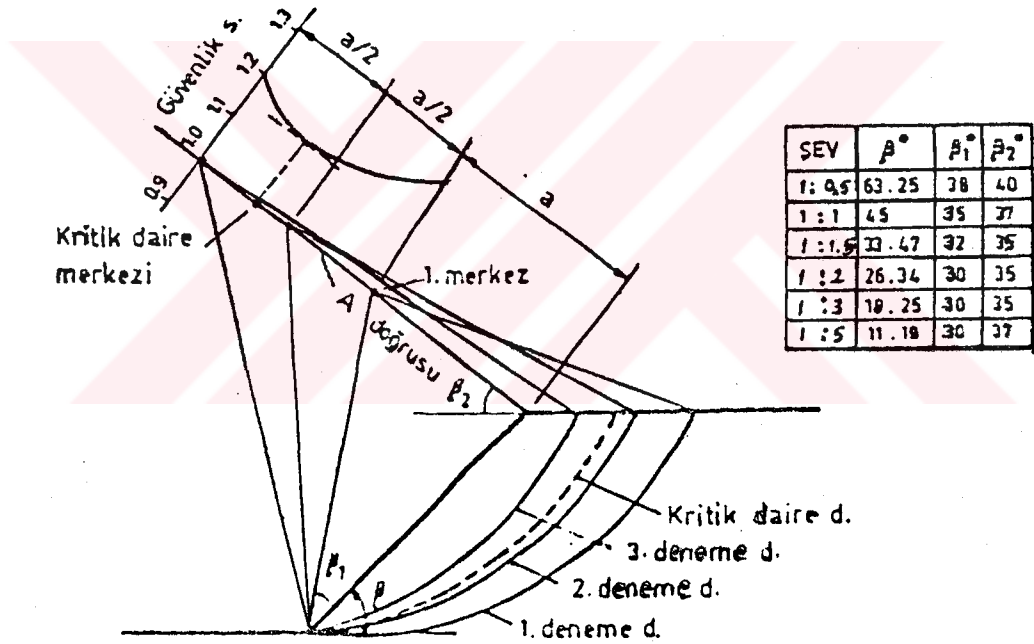
b) Bu yüzey üzerinde etkiyen kuvvetlerin dengesi araştırılır.

c) En kritik kayma yüzeyi elde edilene kadar bu işleme devam edilir.

Verilen bir şevde kritik kayma yüzeyinin tesbiti oldukça güçtür. Bunu tayin etmek için bazı yaklaşımlar verilmiştir.

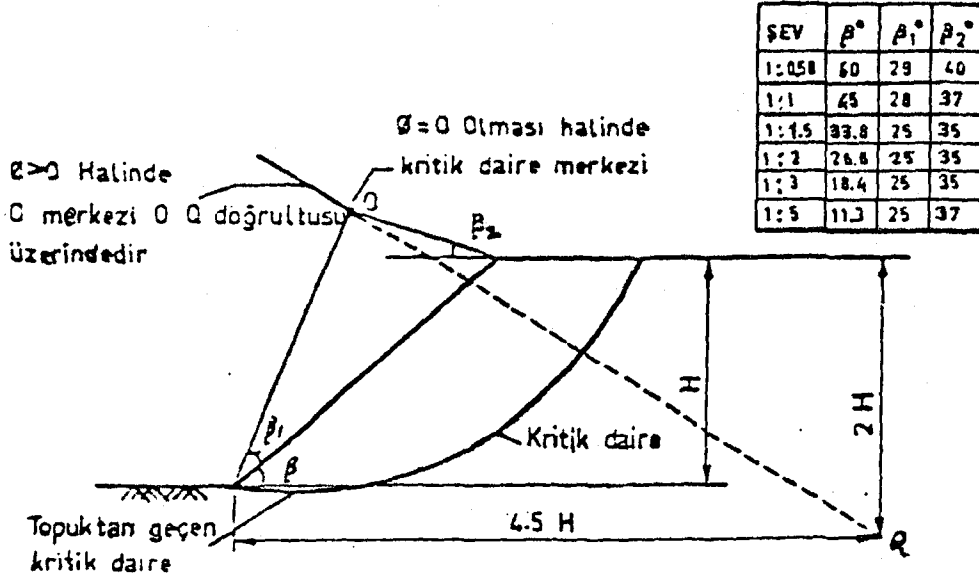
İlk yaklaşım olarak kritik daire merkezi şekil 3.4 deki gibi bulunabilir.

Şev açısına bağlı olarak bulunan daire merkezini ilk deneme dairesi merkezi olarak alırsak, bunu takip eden deneme dairelerinin merkezleri A doğrusu boyunca ve ilk merkezin solunda olacaktır.



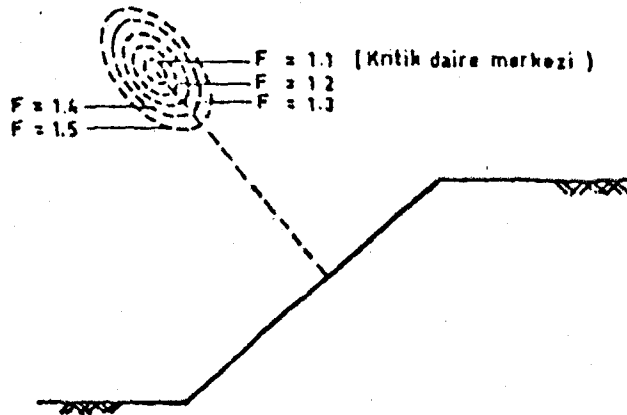
Şekil 3.4. Deneme dairelerinin yerleştirilmesi (ÖZAL, 1966)

Felleniüs tarafından verilen bir diğer methodda şev açısına bağlı olarak verilen açılar yardımıyla kritik daire merkezi bulunabilmektedir. Şekil 3.5 de Felleniüs metodu ile kritik dairenin topuktan geçmesi halinde daire merkezinin bulunması gösterilmektedir.



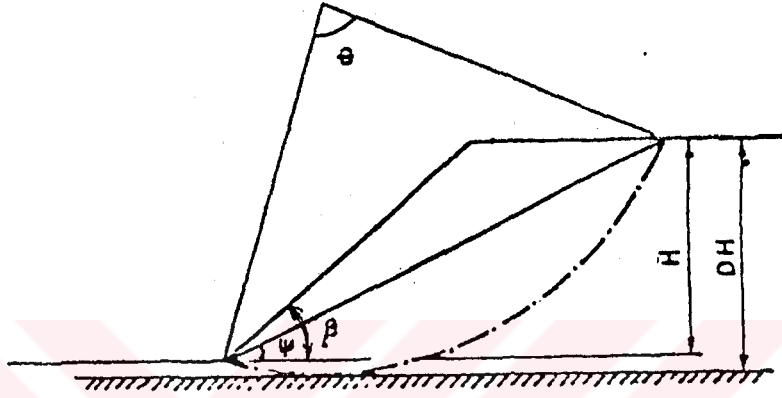
Şekil 3.5 Kritik dairenin yerleştirilmesinde Fellenius metodu

Genellikle limit denge analizlerinde minimum güvenlik sayısını veren kayma dairesi kritik kayma dairesi olarak alınmaktadır. Minimum güvenlik sayısını veren kayma dairesi çeşitli denemeler sonucu bulunur. Denemeler sonucu eşit güvenlik sayılarını veren kayma dairelerinin merkezleri birleştirilerek eş güvenlik sayısını veren eğrileri çizilir. Bunlar yardımıyla minimum güvenlik sayısını veren kayma dairesinin merkezi Şekil 3.6 da görüldüğü gibi tayin edilir.



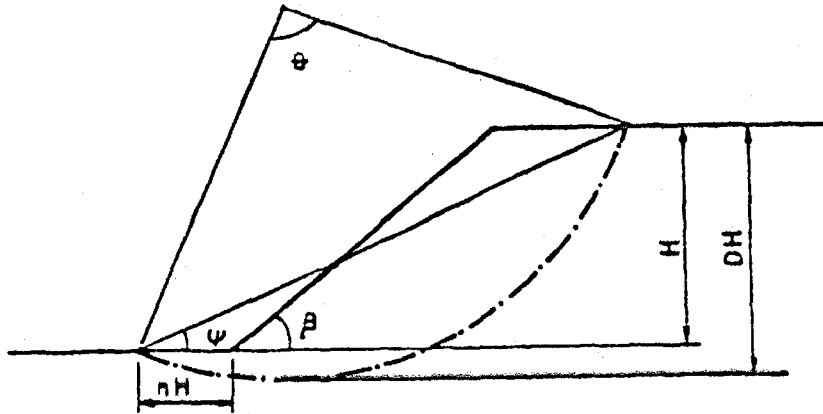
Şekil.3.6. Kayma dairelerinin merkezleri ve eş güvenlik sayısını eğrileri

TAYLOR tarafından ϕ dairesi metodu analitik çözümünün toplam gerilmelere dayanılarak uygulanmasıyla yapılmış çok sayıdaki araştırma sonuçlarından derlenen değerler tablo halinde verilmiştir. Tablo 3.1 deki değerler yardımıyla kritik kayma yüzeyi daha pratik olarak bulunabilmektedir.



Şekil 3.7. Taylor'a göre kritik daire merkezinin yeri

Şev açısının (β) 53° den küçük, içsel sürtünme açısının (ϕ) sıfır veya çok küçük olması durumunda en tehlikeli daire, şekil 3.8 de görüldüğü gibi topuğun altından geçer.



Şekil 3.8 Topuk altından geçen kayma dairesi şekli

Tablo:3.1 Kritik daire merkezi için veriler
(CAPPER, 1969)

Şev Açısı β	Kayma mukave- meti Açısı ϕ	Kritik daire merkezini tayin eden açılar.		Faktör n	Derinlik Faktörü D	Stabilite sayısı $\frac{1}{N_s} = \frac{c}{\gamma \cdot H}$
		ψ	θ			
90	0	47.6	30.2	-	-	0.261
	5	50.0	28.0	-	-	0.239
	10	53.0	27.0	-	-	0.218
	15	56.0	26.0	-	-	0.199
	20	58.0	24.0	-	-	0.182
	25	60.0	22.0	-	-	0.166
75	0	41.8	51.8	-	-	0.219
	5	45.0	50.0	-	-	0.195
	10	47.5	47.0	-	-	0.173
	15	50.0	46.0	-	-	0.152
	20	53.0	44.0	-	-	0.134
	25	56.0	44.0	-	-	0.117
60	0	35.3	70.8	-	-	0.191
	5	38.5	69.0	-	-	0.162
	10	41.0	66.0	-	-	0.138
	15	44.0	63.0	-	-	0.116
	20	46.5	60.4	-	-	0.097
	25	50.0	60.0	-	-	0.079
45	0	(28.2)	(89.4)	-	(1.062)	(0.170)
	5	31.2	84.2	-	1.026	0.136
	10	34.0	79.4	-	1.006	0.108
	15	36.1	74.4	-	1.001	0.083
	20	38.0	69.0	-	-	0.062
	25	40.0	62.0	-	-	0.044
30	0	(20.0)	(106.8)	-	(1.301)	(0.156)
	5	23.0	(96.0)	-	(1.161)	0.110
	5	20.0	106.0	0.29	1.332	0.110
	10	25.0	88.0	-	1.092	0.075
	15	27.0	78.0	-	1.038	0.046
	20	28.0	62.0	-	1.003	0.025
	25	29.0	50.0	-	-	0.009
15	0	(10.6)	(121.4)	-	(2.117)	(0.145)
	5	(12.5)	(94.0)	-	1.549	(0.068)
	5	11.0	95.0	0.55	1.697	0.070
	10	(14.0)	(68.0)	-	(1.222)	0.023
	10	14.0	68.0	0.04	1.222	0.023

3.5. Şevlerde Zeminlerin Genel Stabilite Özellikleri

3.5.1. Kohezyonsuz zeminlerde

Kum ve temiz bir kumdan meydana getirilmiş bir şevin stabilitesi şev yüksekliğinden tamamen bağımsızdır. Sadece şevin yatayla yaptığı '' β '' açısının, içsel sürtünme açısı ϕ ye eşit olması gerekir.

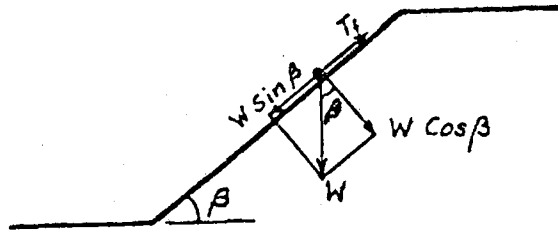
Eğer kum gevşek durumda ise $\beta < \phi$ olmalıdır. Böylece şevin kaymaya karşı güvenliği aşağıdaki gibidir.

Şev açısı β olan bir kum şevin, şev yüzeyinde ''W'' ağırlığında bir eleman gözönüne alalım, ($W \sin \beta$) kuvveti bu elemanı aşağı doğru yuvarlamak ister. Buna karşı duran sürtünme kuvveti, temas sathına dik ve ($W \cos \beta$) kuvveti ile $\tan \phi$ sürtünme katsayısının çarpımına eşittir.

Harekete karşı veya göçmeye karşı güvenlik sayısı,

$$G_s = \frac{W \cdot \cos \beta \cdot \tan \phi}{W \sin \beta} = \frac{\tan \phi}{\sin \beta / \cos \beta} = \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

Limit denge halinde güvenlik sayısının ($G_s=1$) olması için $\phi = \beta$ olmalıdır. Şevin stabilitesi için $\beta \leq \phi$ olmalıdır.

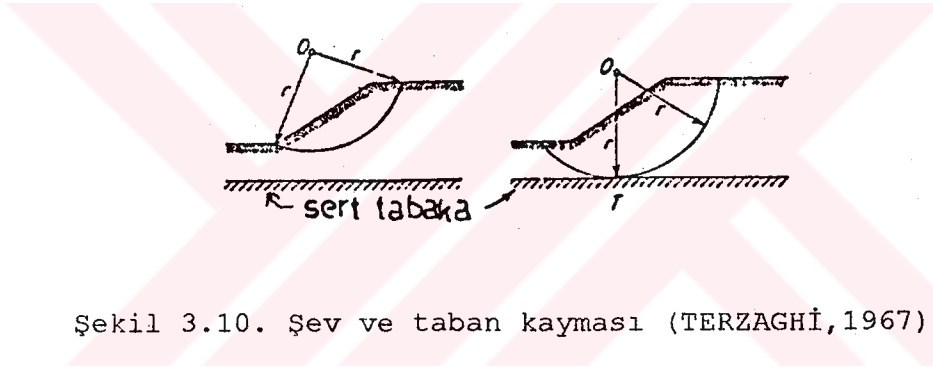


Şekil 3.9. Bir kum şevin stabilitesi (KUMBASAR, 1985)

Tatbikatta tamamen kohezyonsuz bir zemine çok nadir rastlandığından kohezyonlu zeminlerdeki stabilite konusu daha önemlidir.

3.5.2. Kohezyonlu zeminlerde

Şekil 3.10. da a ve b de şev kayması ve taban göçmesi durumları gösterilmiştir. Her iki figürde taban (alt kısım); kaya, çok katı (sağlam) kil veya diğer sağlam materyallerden ibaret olabilir. Eğer güvenlik sayısı tam "1" ise o şev daima stabildir.



Şekil 3.10. Şev ve taban kayması (TERZAGHİ, 1967)

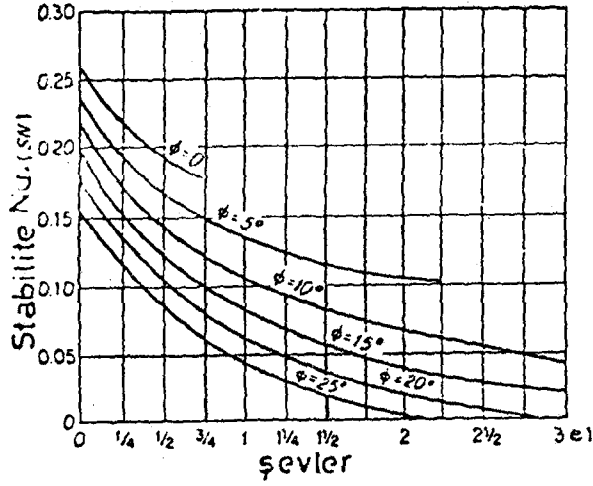
Kuru ve temiz şev yüzeylerinde ve kohezyonsuz malzemelerden (kum, çakıl, belirli uzunluktaki silt) ibaret şevlerde kayma meydana gelmez.

Genellikle zemin kütlelerinin kohezyon "c" ve içsel sürtünme açısı "φ" ve birim ağırlık "γ" mevcut olduğu taktirde şevin kritik yüksekliği hakkında karar verilebilir.

$$H_{cr} = \frac{1}{SN} \cdot \frac{c}{\gamma}$$

Buradan SN stabilite numarasıdır. SN, içsel sürtünme açısı φ'nin farklı emniyetler için bir

değişkendir. Grafikte "SN" değerleri verilmiştir.
Şekil 3.11.



Şekil 3.11. Şevlerin dikliğine karar vermek için grafik
(DIMITRI, 1967)

3.6. Stabilite Analiz Metotları

3.6.1. İsveç dilim metodu

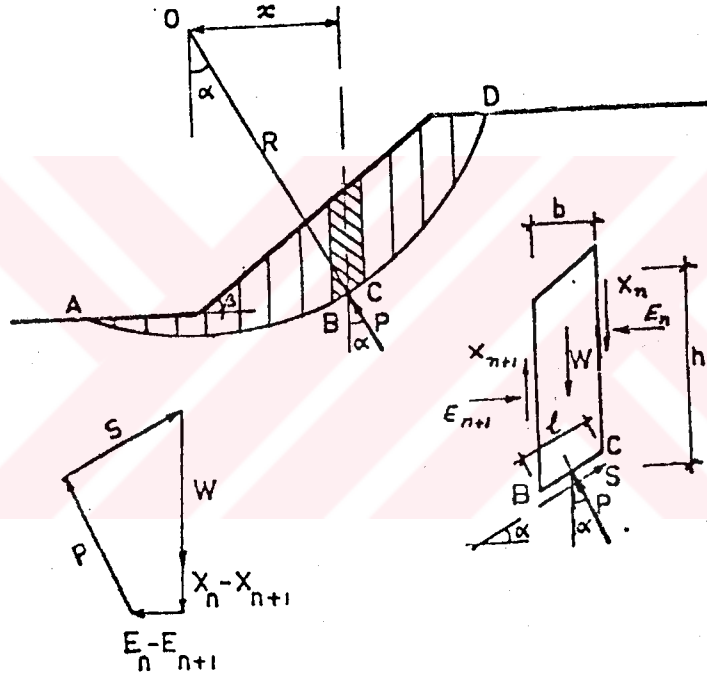
Yarma ve dolgu şevlerinin stabilitesinin araştırma metotlarının en basit ve en çok kullanılanı, ilk olarak İsveç Metodu olarak tanınandır. Burada kayma yüzeyi "O" merkezi etrafında dönen silindirik bir yüzey kabul edilmiştir. Bu metod pratikte bulunanlara yakinen uyan sonuçlar verir. Bu metod Felleniüs metodu olarak da isimlendirilir.

Dilim metodunda kayma yüzeyi dairesel silindirik kabul edilir. Metodun esası : Kayan kütlelerin dilimlere ayrılması ve dilimlere etkiyen kuvvetlerin dengesi prensibine dayanır. Muhtemel kayma yüzeyine ait güvenlik sayıları hesaplanır. En küçük güvenlik sayısını veren kayma yüzeyi kritik kayma yüzeyidir. (TUNA, 1985)

Bu metotta ilk adım kayma yüzeyinin seçimidir. "O" merkezi yerinin seçimi başlangıçta bazı güçlükler doğurur. Fakat literatürde birçok yöntem verilmiştir. Bu metot en çok su seviyesi üzerinde kalan ve kohezyonu yüksek zeminlere tatbik edilir.

Şekil 3.12. görüldüğü gibi 9 ile 12 adet arasında yüzey dilimlere ayrılır. Bu dilime etkiyen kuvvetler şekilde gösterilmiştir.

Bu metot da kayma yüzeyi dairesel silindiriktir. Ayrılan dilimler mümkün olduğu kadar eşit aralıklarda 3m ve 4m mesafesinde dilimlere ayrılır.



Şekil 3.12. Dilimlere ayrılma ve dilime etkiyen kuvvetler

O merkezli ve R yarıçaplı birim kalınlıkta ve ABCD daire yayı ile sınırlı bir toprak kütesinin dengesini düşünelim. Şev yüzüne herhangi bir kuvvet etkimektedir. Şu halde ABCD üzerine etkiyen kuvvetler aşağıda belirtilmiştir;

E_n, E_{n+1} = n ve n+1 kesitlere etkiyen toplam kuvvet
 X_n, X_{n+1} = Aynı kesitlere etkiyen dikey kesme kuvveti

W =Dilim ağırlığı, $W=\gamma.b.h$, $T=W.\sin\alpha$

N =Dilim tabanına etkiyen normal kuvvet, $N=W.\cos\alpha$

S =Dilim tabanındaki toplam kayma kuvveti, $S=m.l$

h =Dilim yüksekliği.

b =Dilimin genişliği.

l =BC daire yayı uzunluğu .

α =BC ile yatay arasındaki açı

X =Dilimin O noktasından olan yatay uzaklığı

Dilim tabanındaki efektif normal gerilme ;

$$\sigma' = \sigma - U = \frac{N}{l} - U \quad (3.1)$$

Efektif gerimeler cinsinden kayma mukavemeti ise,

$$\tau_f = c' + \sigma' . \tan\phi' \quad (3.2)$$

Güvenlik sayısı G_s ile gösterilirse, harekete geçecek kayma mukavemeti,

$$\tau_m = \frac{\tau_f}{G_s} = \frac{l}{G_s} (c' + \sigma' . \tan\phi') \quad (3.3)$$

ABCD zemin kütlelerinin dengede olması şartından dolayı kayma dairesinin O merkezine alınan momentlerinin toplamı sıfıra eşit olmalıdır.

$$\Sigma W.X = \Sigma S.R \quad (3.4)$$

$$\Sigma W.X = \Sigma \tau.m.l.R \quad (3.5)$$

3.3. bağıntısıyla verilen harekete geçecek kayma mukavemeti değeri 3.5 bağıntısında yerine yazılırsa,

$$\Sigma W.X = \Sigma \frac{l.R}{G_s} = (c' + \sigma' . \tan\phi') \quad (3.6)$$

Buradan güvenlik sayısı çekilirse,

$$G_s = \Sigma \frac{l.R}{\Sigma W.X} = c' + \sigma' . \tan\phi' \quad (3.7.)$$

bulunur. σ' değeri yerine 3.1 bağıntısıyla verilen değeri, X ve N değerleri yerine yazılırsa,

$$X = R.\sin\alpha \quad (3.8)$$

$$N = W\cos\alpha - U.l \quad (3.9)$$

$$\Sigma W.Sina \quad (3.10)$$

olarak güvenlik sayısı bulunur. Şev yüzeyine hiç bir dış kuvvet etkilediğinden,

$$\Sigma(X_1-X_2)=0 \quad (3.11)$$

$$\Sigma(E_1-E_2)=0 \quad (3.12)$$

3.10 bağıntısı ile G_s çabuk ve doğrudan doğruya hesaplanabilmektedir. Ve dolayısıyla derin kayma dairelerinde α daki değişme büyük olacağından bununla yapılacak projelendirme ekonomik olmaz. Bu hatayı önlemek için Bishop tarafından yanal kuvvetleri de gözönünde olan bir metod geliştirilmiştir. (KUMBASAR,1985)

3.6.2.Bishop metodu

Geçirgenliği çok olan zeminlerde suyun drene olması uzun zaman içerisinde gerçekleşir. Yerüstü maden işletmelerinde ve oto yollarda olduğu gibi uzun vadede stabilitesini korumaları beklenen şevde efektif gerilmeler cinsinden hesaplanmış makaslanma dayanımı parametreleri önem taşır. Drenaja mücadele edilerek yapılan direk zemin makaslama testi ile veya gözenek suyu basıncı ölçülerek yapılan üç eksenli sıkışma testi ile belirlenir.

Yukarıdaki esaslara göre önerilmiş olan Bishop yönteminde kayan kütle dilimlere ayrılarak önce dilimin tek tek, daha sonra tüm kütlelerin stabilitesi hesaplanır. Bishop yöntemi dilim metoduna benzer. Fakat efektif gerilmeler kullanılır. Emniyet katsayısının büyüklüğü kabul edilen kayma düzlemi boyunca kuvvetlerin dengesi prensibine göre emniyet katsayısı çözülür.

3.6.3.φ Dairesi Metodu

İçsel sürtünmeye haiz bir zeminde meydana gelen bir kaymada normal kuvvetler sürtünmeden dolayı bir ϕ açısı kadar saparlar. Bu yeni doğrultular O merkezli ve $R \cdot \sin\phi$ yarıçaplı daireye teğet olurlar.

Diğer taraftan kayma yüzeyinde meydana gelen kohezyon mukavemetinin bileşkesinin doğrultusu yayın kirişi doğrultusundadır.

Sürtünme dairesi metodu olarakta bilinen bu metod toplam gerilmelere göre stabilite analizi yapılır. Kayma yüzeyi daireseldir. Merkezi O yarıçaplı R olan bir kayma dairesi seçilir. Seçilen bu kayma dairesi için harekete geçen kayma mukavemeti

$$\tau_m = \frac{\tau_f}{G_s} = \frac{1}{G_s} (c + \sigma \cdot \tan\phi) \quad (3.13)$$

yazılabilir. Bağıntıda,

$$c/G_c = c_m \quad (3.14)$$

$$\tan\phi/g\phi = \tan\phi_m \quad (3.15)$$

değerleri yerlerine yazılırsa

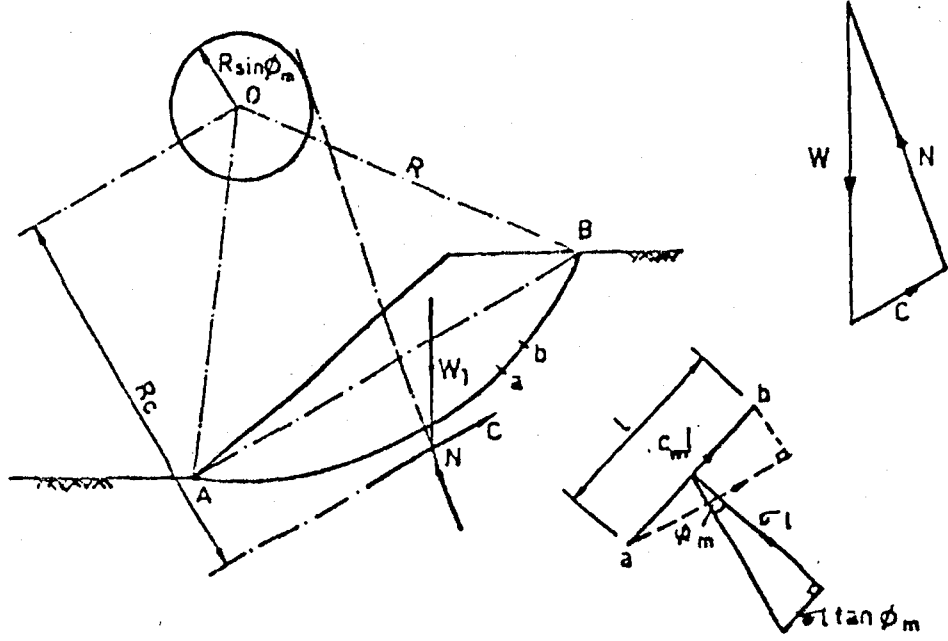
$$\tau_m = c_m + \sigma \tan\phi_m \quad (3.16)$$

olur.

Yukarıda verilen bağıntılarda,

$$G_c = G_\phi = G \quad (3.17)$$

olarak yazılır.



Şekil 3.13. ϕ dairesi metodu

Şekil 3.13 de verilen kayma yüzeyi üzerinde I uzunluğunda bir ab elemanı alınır, bu elemana etkiyen kuvvetler,

C_1 = Birim kohezyon

C = Zemin kohezyonu

G_C = Kohezyona göre güvenlik sayısı

G_ϕ = Sürtünmeye göre güvenlik sayısıdır.

1. Normal kuvvet $= \sigma \cdot l$

2. Kayma direnci $= C_m \cdot l$

3. Kayma direnci bileşenleri $= \sigma \cdot l \cdot \tan \phi_m$

Eğer AB daire yayı boyunca devam eden kayma direncini AB kirişine dik olan bileşenlerin bileşkesi sıfır olacaktır. Bu nedenle AB kayma dairesine etki eden bileşke kayma direnci (kohezyon kuvveti) AB kirişine paralel olacaktır. Bu kuvvetin değeri,

$$C = C_m \cdot l$$

Kayma dairesine etki eden bileşke kayma direncinin O merkezine göre momenti ise,

$$C.R_C = R.\Sigma C_m.I$$

olacaktır. AB kayma dairesinin uzunluğu L_A dersek,

$$L_A = \Sigma l$$

değerini denklemde yerine yazarsak,

$$C_m.I.R_C = R.C_m L_A$$

bağıntısı elde edilir. Bu bağıntıda R_C değeri çekilirse,

$$R_C = \frac{L_A}{I} . R$$

yazılır. R_C =Bileşke kohezyon kuvvetinin kayma dairesi merkezine uzaklığı,

(a-b) elemanına etki eden $\sigma.I$ ve $\sigma.I.tg\phi_m$ kuvvetlerin bileşkesi O merkezli ve $R.\text{Sin}\phi_m$ yarıçaplı daireye teğettir. Bu daireye ϕ dairesi denir. Dolayısıyla AB kayma dairesine etki eden $\sigma.I$ ve $\sigma.I.tg\phi_m$ kuvvetlerine ϕ dairesine teğet olacağı kabul edilir.

Hesaplarda kayacak kütlelerin ağırlığı W_1 'in değeri bilinmektedir. Bileşke kohezyon kuvvetinin sadece doğrultusu bilinmektedir. Bir $G\phi$ güvenlik sayısı seçilerek,

$$tg\phi_m = tg\phi / G\phi$$

değeri hesaplanır. (CREING, 1978)

$R.\text{Sin}\phi_m$ yarıçaplı O merkezli ϕ dairesi seçilir. W_1 ile C kuvvetlerinin kesim noktasından ϕ dairesine teğet çizilir. Bu teğet N reaksiyon kuvvetinin doğrultusunu verir. W_1 , C, N kuvvetler poligonundan bileşke kayma direnci C bulunur.

Buradan,

$$c_m = C/l$$

c_m =Harekete geçen kohezyon

C=Kohezyon kuvveti

bağıntısı ile c_m değeri hesaplanır.

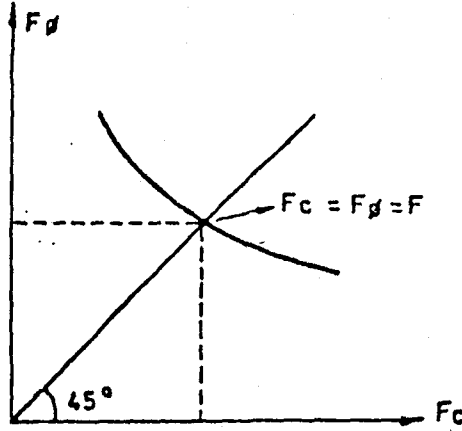
$$G_C = C/c_m$$

Böylece en az üç $G\phi$ değerine karşılık gelen G_C değerleri hesaplanır. Bulunan değerler koordinat sisteminde işaretlenerek Şekil 3.14 deki gibi bir eğri

çizilir. Koodinat sisteminin açılı ortayının eğriyi kestiği noktadaki değer,

$$G_c = G_\phi = G$$

güvenlik sayısı alınır. (ÖNAL, 1982)



Şekil 3.14 ϕ dairesi metodunda minimum güvenlik sayısının tesbiti

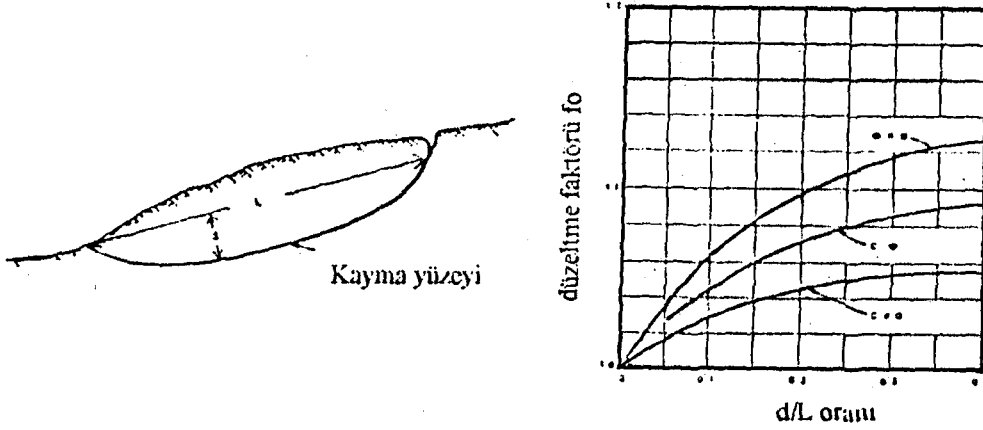
3.6.4. Janbu yöntemi

Janbu (1955) moment dengesinden ziyade kuvvet dengesi denkleminde dayanan rutin stabilize analizi yöntemi geliştirmeyi seçmiştir. Bishop yönteminin genel çizgilerini izliyerek sonuçta,

$$F = \frac{\sum (c' b + (W - u \cdot b + Dx) \tan \phi') \frac{\sec^2 \alpha}{(1 + \tan \alpha \cdot \tan \phi') F}}{\sum W \cdot \tan \alpha}$$

Aynen Bishop yönteminde olduğu gibi bu bağıntıyı çözmek için iteratif metod kullanılabilir. Aynı uygunlukta başlangıç değeri konvansiyonel yöntem bağıntısının kullanılmasıyla (küçük bir artım ilavesi) bulunabilir. Janbu'nun rutin yönteminde yapılan hesaplamalardaki bazı hataları ortadan kaldırmak amacıyla ampirik bir

düzeltilme faktörü önerilmiştir. Bu şekil 3.15 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Janbu'nun düzeltilme faktörü diyagramı

Bu düzeltilme faktörü emniyet katsayısını arttıracak yapıda olup, kaymanın uzunluğuna oranla izafi derinliğe ve zemin özelliklerine bağlıdır. F 'nin maksimum %13 artmasına neden olabilir. Düzeltilme iteratif işlem sırasında değil rutin yöntem uygulandıktan sonra yapılmalıdır.

$$F_{\text{düzeltilmiş}} = f_o \cdot F$$

dır. f_o diyagramdan alınır. Bu yöntemde dar dilimler kullanılmalıdır. (ÖZÜDOĞRU, 1987)

4. BARAJ ENKESİTİNİN TAYİNİ

Dolgu malzemesinin dağılım özellikleri genellikle güvenilir sınırlarla bilinmesine karşı, temel malzemenin dağılımı ve özellikleri bazen kesin olarak bilinmez, çoğu kezde karar verilmez . Çünkü, temel erezyon ve birikmelerinden olan büyük jeolojik değişimleri ihtiva eder. Bundan dolayı, dolgunun kesiti ve boyutlandırılması önemli ölçüde temel tiplerine bağlı olarak düşünülür.

4.1. Temel Tipleri:

4.1.1. Kaya temel:

Dikkatli bir araştırma ile yapıyı tehlikeye sokabilecek sızma meydana getirebilecek çatlak, yarık, fay ve mağaraları tayin etmek gerekir. Mevcut sızma hatları sondaj kuyularına su basıncı tatbiki yardımıyla tesbit edilir. Önemli bir sızma ile karşılaşılan kesitlere basınç altında çimento şerbeti, çimento , bazı karışımlar, kil veya bentonit enjekte edilmelidir. Her bir enjekte işlemi enjekte deliğinin derinliğine, enjekte tipine, kullanılacak basınç ve teçhizata karar verdikten sonra dikkatli bir çalışma ile yapılmalıdır.

Bir sıra halinde değişik boyutlarda açılan enjekte kuyularına enjekte tatbik edilir. Daha sonra bu kuyulara su basıncı ile enjektenin tesiri araştırılır. Bu işlem enjektenin tesirli olması temin edilinceye kadar tekrarlanır. Bazen iki veya daha fazla sıra enjekte kuyuları, enjekte perdesinin boyutlarını arttırmak için kullanılır. İyi kaliteli kayaların

bulunduğu yerlerde enjekte çalışmaları güçleşir. Pratikte kullanılan genel metot kaya temeli ile dolgunun ara yüzeyinde meydana gelecek sızmayı önlemek ve aynı zamanda temel üzerindeki dolgunun kaymasına karşı mukavemetini arttırmak için beton perdelerin inşasını öngörmektir. Yeni fikir olarak temel ile dolgunun arasındaki temas yüzeyinin büyüklüğü gözönünde tutulursa böyle bir perde lüzumlu değildir. Bununla beraber çatlak kaya bölgesi beton enjekte perdeleri ve hendekleri ile kaplanır. (PRESS,1959-DOMINY,1960)

4.1.2. Geçirimli temel :

Nisbeten sığ veya birkaç metre derinliğindeki kum ve çakıl tabakalarından ibaret temeller geçirimli temellerdir. Bu tür temeller üzerinde inşaa edilen toprak barajlarda stabilite ve yapısal yönden önemli bir problemle karşılaşılmaz.

Fakat, temelden geçen su kaybı çok önemlidir. Bu durumda bir veya birkaç yöntem ile temelde meydana gelen sızma kayıpları nlenmiş olur. Mesela 1,5 ile 3m kalınlığında kil blanket menba tarafa teşkil edilerek sızma yolu uzatılır. Geçirimli materyalin derinliği fazla değilse bir palplanş perdesi inşaa etmek yerinde olur. Nisbeten geçirimli zemin tabakaları kalın ise elik palplanş perdelerin kullanılması daha uygundur.

Temelin imento, kil, bitümlü materyallerle veya bentonit ile enjekte edilerek geçirimsizliği düşünülebilir ve temelin kimyasal olarak sağlamlaştırılması ihtimali vardır.

4.1.3. Geçirimsiz temeller:

Silt, kil gibi ince taneli materyal ihtiva eden temeller bu gruba girerler. Bu tür temellerin mevcut olması halinde sızma bakımından biraz güçlük meydana getirirler. Fakat silt ve kil yapısal bakımdan biraz güvenilir değildir ve stabilite için dikkatli araştırma gerekir.

4.1.4. Çok tabakalı temeller:

İnce kum, silt ve kil gibi değişik tabakaları ihtiva eden temeller baraj seddinin ağırlığı altında silt ve kil tabakalarında meydana gelen konsolidasyondan dolayı daha geçirimli tabakalarda aşırı boşluk suyu basıncının meydana gelmesine sebep olur.

4.2. Baraj Enkesitinin Tayini ve Şev Eğimleri

Toprak baraj planlamasında düşüm yatağı, su alma tesisleri ve diğer tesislerin inşası için kazılan toprak malzemesi mümkünse baraj enkesitinde kullanarak ekonomik temin edilir.

Baraj kesitinde permeabiliteleri değişik olan elverişli zemin tabakaları teşkil etmek oldukça önemlidir. Genel olarak 35×10^{-5} cm/sn geçirimli ve geçirimsiz zeminler arasındaki sınır değerdir.

Kret genişliği, baraj yüksekliği 30m 'ye kadar 3m, 45m'ye kadar 4,5m daha yüksek barajlar için maximum kret genişliği 8m olarak sınırlandırılmıştır. (PRESS, 1959-DAVID, 1952)

Ortalama Şev eğimi dolgu yüksekliğine bağlı olarak değişir. Yaklaşık olarak ortalama eğimin tayini için Şev stabilite metodu kullanılır. Şev stabilitesinin sıhatli olması için taban kısmının eğimi küçük, krete yakın bölgenin eğimi nisbeten büyük seçilmelidir. Tablo1 den Tablo4'e kadar dolgu barajlarda uygulanan Şev eğimleri verililmektedir. (DMİNY,1960)

Tablo:4.1. Şev eğimleri (DAVID,1952)

Dolgu Malzesi	Yaklaşık Şev eğimi	Őartlar Durumu
Kohezyonsuz zemin	1/ 2.5	Şev çim ile kaplanarak korunması gerekir.
(Mansap Şevi)	1/ 2.0	Şev kaya ile kaplanarak korunması gerekir.
Kaya dolgu	1/1.5	Orta çekirdekli.
Kohezyonsuz zemin (Menba Şevi)	1/2.5	Eğimli kil çekirdekli
	1/2.5	Su alçalması halinde serbest drenajlı Şev
	1/2.5	Su alçalması halinde düşey sızmalı
	1/2.5	Üniform malzemede kapiler yüksekliğinden dolgu yüksekliği olduğu yerlerde.
	1/3.5	Su alçalmasından sızmanın eğimin dışına çıkması halinde

Tablo:4.2.Stabil temellerde küçük zonlu dolgu barajlar için tavsiye edilen şev eğimleri (DOMİNİ, 1960)

Baraj tipi	Maksat	Hızlı alçal-maya karşı müsaadesi	Zemin sınıfı	Menba şevi	Mansap şevi
Homojen veya islah edilmiş homojeh	Feyazandan korunma veya biriktirme	Yok	GW,GP,SW,SP	Elverişsiz	
			GC,GM,SC,SM	$2 \frac{1}{4} : 1$	2:1
			CL,ML -----	3:1	$2 \frac{1}{2} : 1$
			CH,MH-----	$3 \frac{1}{2} : 1$	$2 \frac{1}{2} : 1$
İslah edilmiş homojen	Biriktirme	Var	GW,GP,SW,SP	Elverişsiz	
			GC,GM,SC,SM	3:1	2:1
			CL,ML -----	$3 \frac{1}{2} : 1$	$2 \frac{1}{2} : 1$
			CH,MH-----	4:1	$2 \frac{1}{2} : 1$

Tablo:4.3.Doygun silt ve kil temellerdeki dolgu barajlar için stabilize dolguların tavsiye edilen eğimleri.

Temel durumu.	Penetrasyon deneyine göre darbe adedi.	Zemin grubu	Barajın çeşitli yüksekliği için eğimler				
			50 ft	40 ft	30 ft	20 ft	10 ft
Gevşek	4 ten az		Özel zemin testleri ve analiz gerekli.				
Vasat	4 ten 10'a kadar	SM-----	$4\frac{1}{2} : 1$	4:1	3:1	3:1	3:1
		SC-----	6:1	5:1	4:1	"	"
		ML-----	6:1	5:1	"	"	"
		CL-----	$6\frac{1}{2} : 1$	5:1	"	"	"
		MH-----	7:1	$5\frac{1}{2} : 1$	$4\frac{1}{2} : 1$	$3\frac{1}{2} : 1$	"
		CH-----	13:1	10:1	7:1	4:1	3:1
Orta sert	11 den 20	SM-----	4:1	$3\frac{1}{2} : 1$	3:1	3:1	3:1
		SC-----	$5\frac{1}{2} : 1$	$4\frac{1}{2} : 1$	$3\frac{1}{2} : 1$	3:1	3:1
		ML-----	"	"	"	"	"
		CL-----	6:1	"	"	"	"
		MH-----	$6\frac{1}{2} : 1$	5:1	4:1	"	"
		CH-----	11:1	9:1	6:1	"	"
Sert	20 den fazla.	SM-----	$3\frac{1}{2} : 1$	3:1	3:1	"	"
		SC-----	5:1	4:1	"	"	"
		ML-----	"	"	$3\frac{1}{2} : 1$	"	"
		CL-----	"	4:1	3:1	"	"
		MH-----	$5\frac{1}{2} : 1$	4:1	3:1	"	"
		CH-----	10:1	8:1	$5\frac{1}{2} : 1$	3:1	3:1

Tablo:4.4. Stabil temellerde homojen küçük toprak dolgular için tavsiye edilen şev eğimleri (DOMİNİ, 1960)

Baraj tip	Maksat	Hızlı alçalma müsaadesi	Kanat malz sınıflandırma	Çekirdek malz. sınıflandırılması	Menba Şevi	Mansap Şevi
Minumum Çekirdek Zonlu.	Herhangi bir maksat	Kritik değil	(Kritik değil) Kaya dolgusu GW,GP,SW,SP (Çakıllı)	(Kritik değil) GC,GM,SC,SM, CL,ML,CH, veya MH	2:1	2:1
Minumun Çekirdek Zonlu	Biriktirme veya feyezandan korunma	YOK	(Kritik değil) Kaya dolgusu GW,GP,SW (Çakıllı) veya SP (Çakıllı)	GC,GM ----- SC,SM ----- CL,ML ----- CH,MH -----	2:1 $2 \frac{1}{4} : 1$ $2 \frac{1}{2} : 1$ 3:1	2:1 $2 \frac{1}{4} : 1$ $2 \frac{1}{2} : 1$ 3:1
Minumum Çekirdek Zonlu	Biriktirme	YAR	(Kritik değil) Kaya dolgusu GW, GP,SW (Çakıllı) veya SP (Çakıllı)	GC,GM ----- SC,SM ----- CL,ML ----- CH,MH -----	$2 \frac{1}{2} : 1$ " 3:1 $3 \frac{1}{2} : 1$	2:1 $2 \frac{1}{4} : 1$ $2 \frac{1}{2} : 1$ 3:1

Zemin sınıfları:

GW=Uniform çakıl, çakıl kum karışımı, ince kısım çok az veya hiç yok.

GP=Uniformluğu az çakıl, çakıl kum karışımı, ince kısım çok az veya hiç yok .

GM=Siltli çakıl, uniformluğu az, çakıl-kum-silt karışımı.

GC=Killi çakıl, çakıllı kum, ince kısmı az, çakıl-silt karışımı.

SW=Üniform kum, çakıllı kum, ince kısmı az veya hiç yok.

SP=Üniformluğu az kum, çakıllı kum, ince kısmı az veya hiç yok.

SM=Siltli kum, üniformluğu az, kum-silt karışımı.

SC=Killi kum, üniformluğu az, kum-kil karışımı .

ML=İnorganik silt ve çok ince kum, siltli ve killi plastikliği az olan killi ince kuşlar.

CL=Ortalama plastisitesi küçük olan inorganik killer, çakıllı killer, kuşlu killer, siltli killer.

OL=Plastisitesi az organik siltler ve organik silt-kil karışımı.

MH=İnorganik siltler, siltli zeminler, elastik siltler.

CH=Plastisitesi yüksek inorganik killer ve yağlı killer.

OH=Organik killer (plastisitesi yüksek).

PT=Çok organik zeminler .

Hidrolik ve yarı hidrolik dolguların projelendirilmesinde bazen çekirdeğin ağır bir sıvı olduğu kabul edilir. Bu kabulün neticesi olarak geçirimli yanal kanallar, bu sıvının basıncına mukavemet edecek şekilde projelendirilirler. Gilboy (DAVID, 1952) sıvı çekirdekli barajların stabilitelelerinin hesap metotlarını geliştirmiştir.

Emniyet faktörünün 1 olması için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$\sqrt{Q} = \frac{(m_1 - m') \cdot \sqrt{1 + m_0^2} + \sqrt{m_2 - m'} \cdot \sqrt{1 + m^2} \cdot \sqrt{m_1 - m_0}}{(1 + m_1^2) - (m_1 - m') \cdot (m_2 - m_0)}$$

Burada: m' = Çekirdeğin şev açısının kontanjantı.

m_0 = Kanat materyalinin içsel sürtünme açısının kontanjantı.

m_1 =Dış şevin yatayla yaptığı açının kontanjantı.

Q =Çekirdeğin birim hacim ağırlığının, kanat bölgesinin birim hacim ağırlığına oranı.

Çekirdeğin boyutlandırılması için çekirdeğin iskelet bölgesinin geçirgenliğine göre k/k_c oranında büyütülmüş homojen dolgu olduğu kabul edilir. Böylece çekirdek genişliği $t.k/k_c$ kadar olur. Yani, çekirdekdeki yük kaybının ne kadar uzunluktaki iskelet kısmında meydana gelir, düşüncesinden hareket edilmektedir. Bu durumda üniform tek malzemedен ibaret dolgu barajlarının hidrolik hesabındaki gibi hareket edilir.

Keza, dolgu barajlarda geçirimsizliği temin eden çekirdek bölgesine hazne tarafındaki su yükünün tesiri ile malzemenin geoteknik özelliklerine bağlı olarak belirli bir sızma ve akım meydana gelir. Çekirdek bölgesinden mansap tarafa geçen sızma sularının akım kuvveti, çekirdek malzemesinin kopma mukavemetini yenerse, toprak daneleri yumak halinde koparak sürüklenir. (DAVID,1952)

Böylece çekirdeğin kalınlığı malzemenin kopma mukavemeti ve hidrolik eğim vasıtasıyla da tayin edilir.

Tablo 4.5.Toprak barajlar için yaklaşık şev değerleri

Baraj malzemesi	Memba şevi	Mansap şevi
Homojen iyi gradasyonlu malzeme	2.5/1	2/1
Homojen kaba silt	3/1	2.5/1
Homojen siltli kil veya kil (H<15m)	2.5/1	2/1
Homojen siltli kil veya kil (H>15m)	3/1	2.5/1
Kum, Kum-çakıl (kil çekirdekli)	3/1	2.5/1
Kum, Kum-çakıl (beton çekirdekli)	2.5/1	2/1

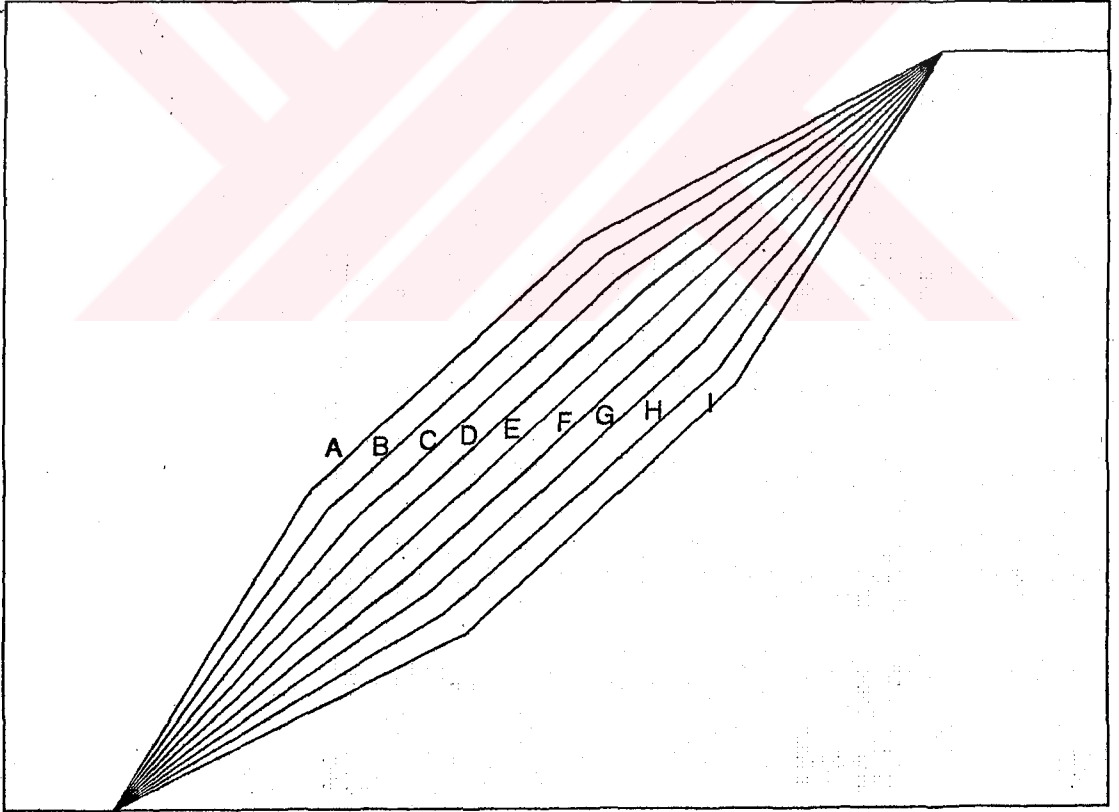
Baraj şevlerinin eğimi için ilk kabul olarak tablodaki verilen değerler alınabilir.

Daha sonra şevler stabilite yönünden tahkik edilir. Mansap şevinin tahkikinde göletin veya barajın maximum seviyede dolu hali, membe şevinin tahkikinde ise gölet veya barajın ani boşalma hali dikkate alınır. (STRIEGLER-WERNER,1969)

5.BULGULAR

5.1. En Uygun Şev profilinin Tayini

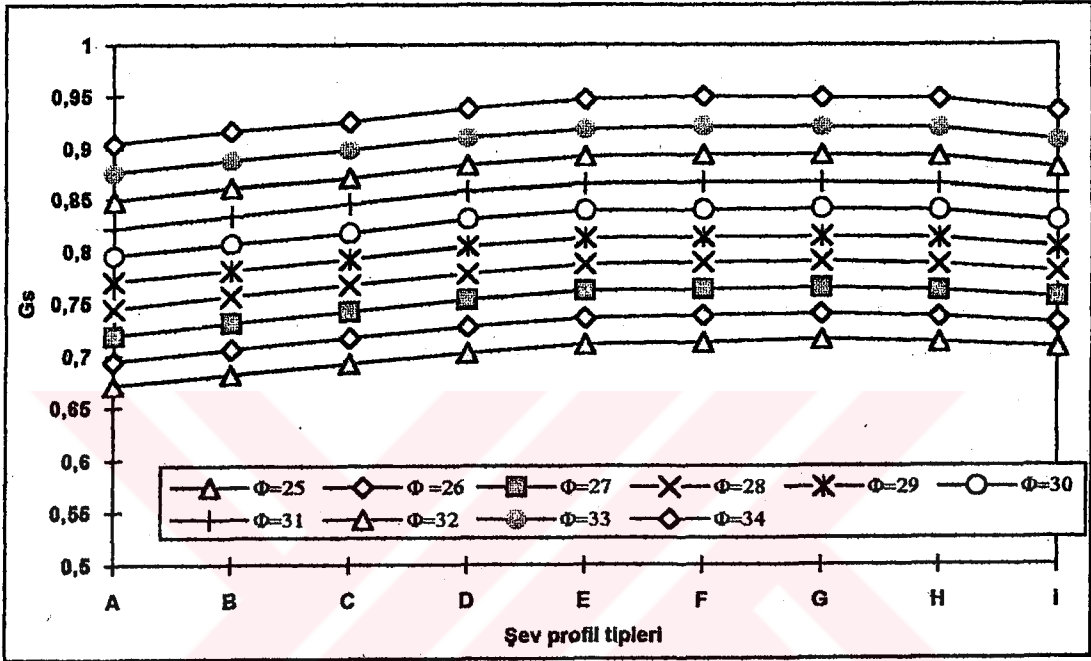
Şev profili dolgu malzeme özelliklerine, temel şartlarına, baraj yüksekliğine ve şev yüzeyinin şekline göre tayin edildiği taktirde ekonomi temin edilir. Bu nedenle uygun şev yüzeyini temin etmek için şekil 5.1 de görüldüğü gibi değişik şev profil tiplerini seçerek uygun şev profilini bulmaya çalıştık.



şekil 5.1. şev profil tipleri

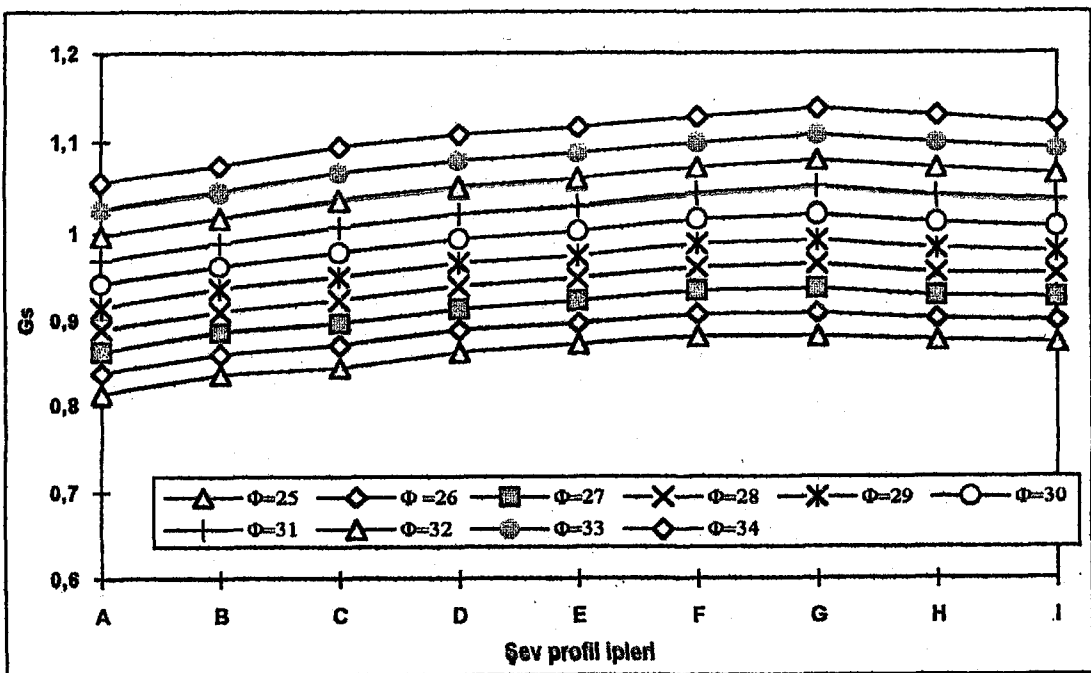
Stable programı yardımıyla şev profillerinin, içsel sürtünme açısı ve kohezyonu değiştirilerek güvenlik sayıları hesaplandı .

Bulunan bu güvenlik sayıları, kohezyon ve içsel sürtünme açılarına bağlı olarak şekil 2'deki grafiklerde gösterildi.



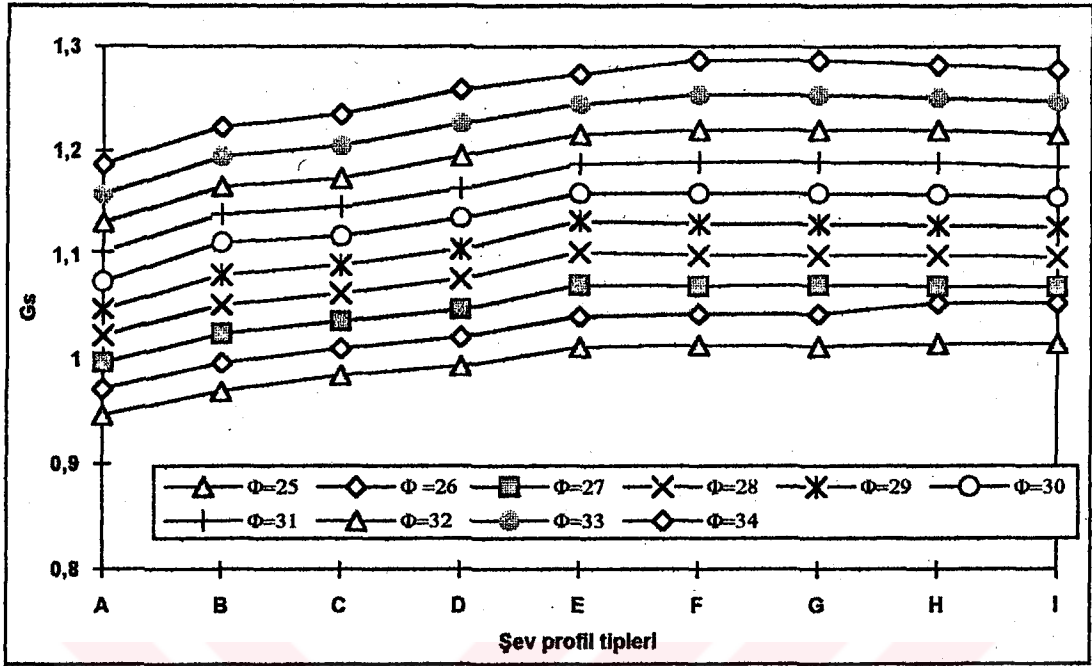
$c=0.5 \text{ t/m}^2$

(a)



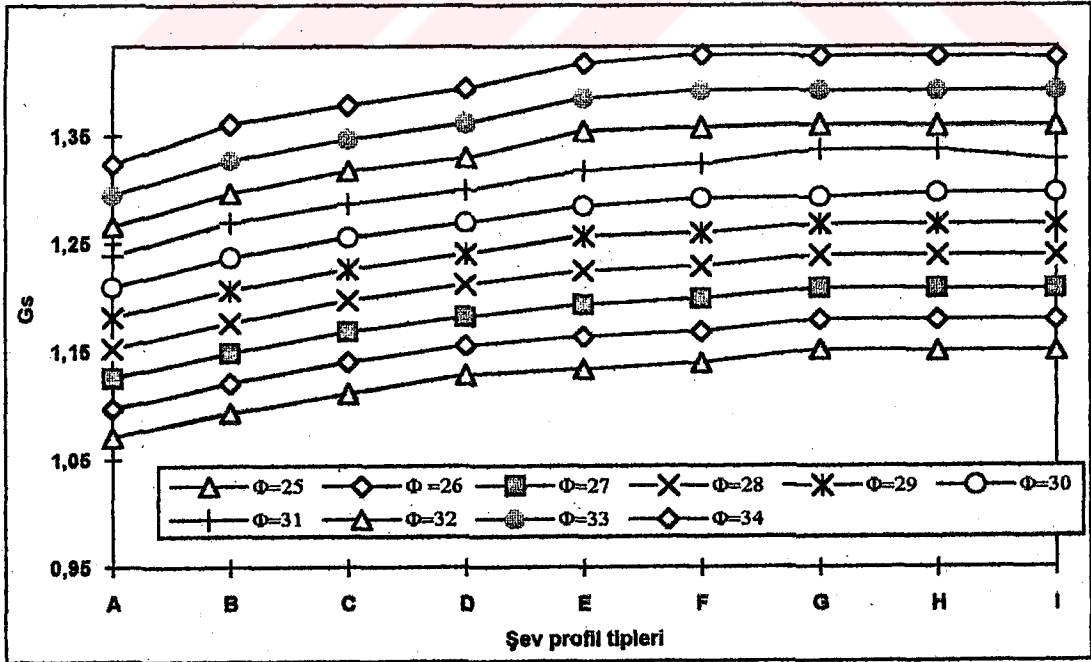
$c=1 \text{ t/m}^2$

(b)



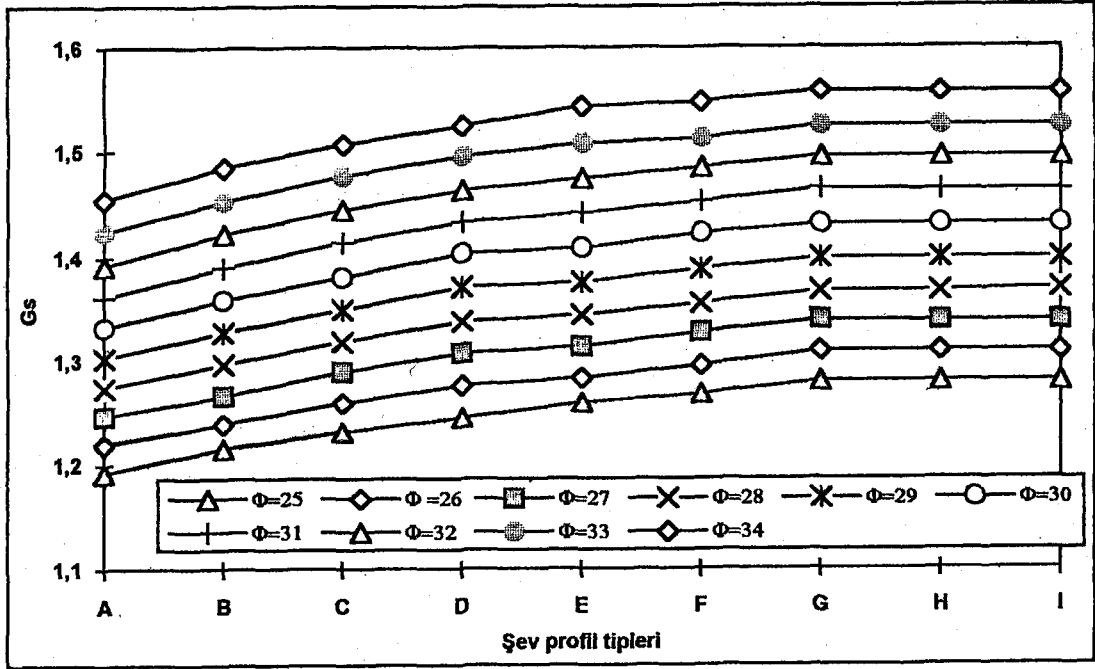
$c=1.5 \text{ t/m}^2$

(c)



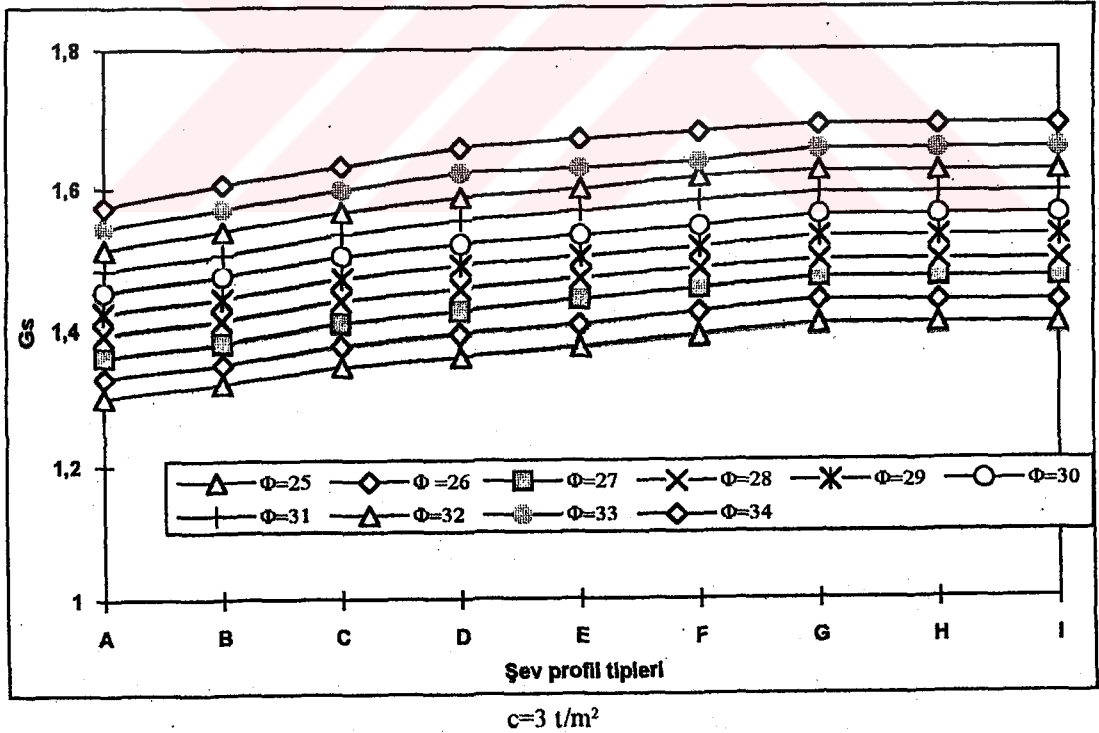
$c=2 \text{ t/m}^2$

(d)



$c=2.5 \text{ t/m}^2$

(e)



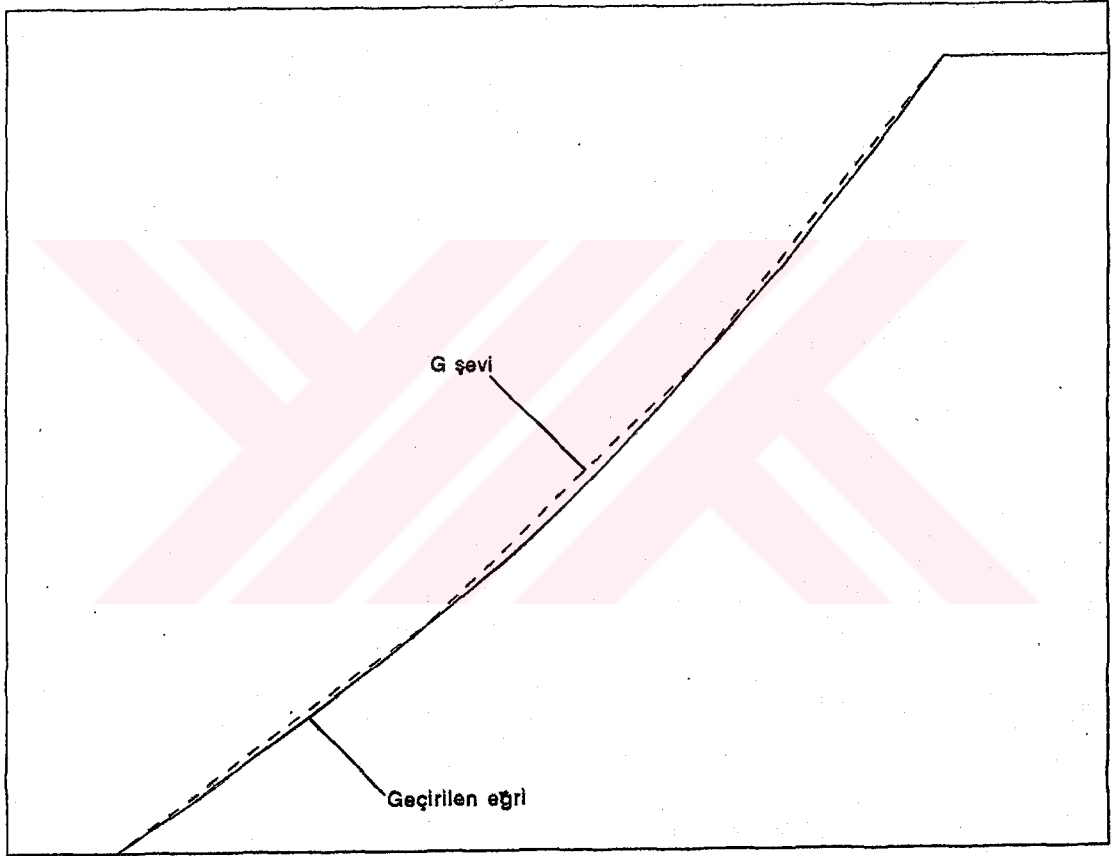
$c=3 \text{ t/m}^2$

(f)

Şekil 5.2. (a, b, c, d, e, f) Güvenlik sayısının şev profil tiplerinde karşılaştırılması

Şekil 5.2'de görüldüğü gibi, güvenlik sayısı bakımından en uygun şev profili G şev profilidir.

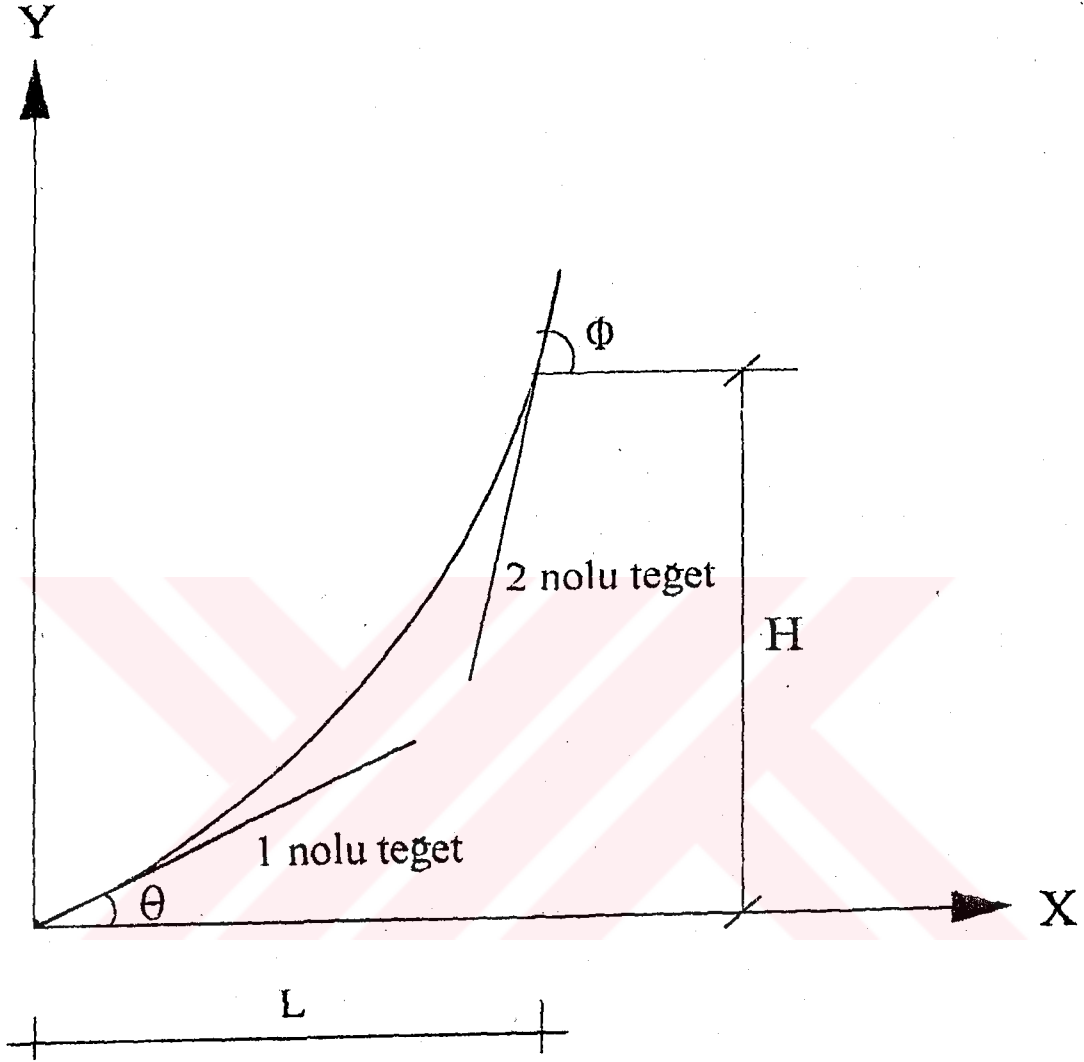
Şekil 5.3'de daha açık olarak görülen G şev profiline uygun bir eğri geçirildi. Bu geçirilen eğri yardımıyla en uygun şev profili yüzey denklemi çıkarıldı.



Şekil 5.3. G şev profili

Dolgu şevinin başlangıç açısı θ , kret açısı ϕ , yüksekliği H ve taban uzunluğu L'ye bağlı olarak en

uygun Şev profil denklemini elde etmek için ifade edildi . (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Dolgu barajda en uygun Şev profilinin tayini

Şev profilinin tayininde, yerel stabiliteyi temin etmek için, $\theta \leq \phi/2$ deĝerini saĝlaması gerekir (KEZDİ,1959). Böylece, Şev profil denklemini aŐaĝıdaki gibi tayin edilir.

1 Nolu teğetin denklemini:

$$y - y_0 = m \cdot (x - x_0) \quad \text{dan} \quad (5.1)$$

$$y = \text{tg}\theta \cdot x \quad (5.2)$$

elde edilir.

2 Nolu teğetin denklemi:

$$y-y_0 = m. (x-x_0)$$

$$y-H = \text{tg}\phi. (x-L) \quad (5.3)$$

$$y = \text{tg}\phi. (x-L)+H \quad (5.4)$$

$\text{tg}\phi=m= f'(x)$ dır. (5.4) denkleminde yerine yazılırsa;

$$y = f'(x). (x-L)+H \quad (5.5)$$

$$f'(x) = \frac{y-H}{x-L} \quad (5.6)$$

denklemi elde edilir.

(5.2) nolu denklem (5.6) denkleminde yerine yazılırsa,

$$f' = \frac{x.\text{tg}\theta - H}{x - L} \quad (5.7)$$

$$f'(x) = \text{tg}\theta + \text{tg}\theta \frac{L}{x-L} - \frac{H}{x-L} \quad (5.8)$$

$$\frac{dy}{dx} = \text{tg}\theta + \frac{\text{tg}\theta.L}{x-L} - \frac{H}{x-L} \quad (5.9)$$

$$\int dy = \int \left(\text{tg}\theta + \frac{\text{tg}\theta.L}{x-L} - \frac{H}{x-L} \right) dx \quad (5.10)$$

$$y = x.\text{tg}\theta + L.\text{tg}\theta.\ln|x-L| - H.\ln|x-L| + C \quad (5.11)$$

elde edilir.

$x=0$ ve $y=0$ için C integral sabiti

$$C = \ln|L|. (H-L.\text{tg}\theta) \quad (5.12)$$

(5.12) denklemi (5.11) denkleminde yerine yazılırsa;

$$y = x.\text{tg}\theta + (L.\text{tg}\theta - H).\ln\left|\frac{x-L}{L}\right| \quad (5.13)$$

olarak şev profil denklemi elde edilir.

Denklemin ikinci kısmı eğrinin oluşması için dönmeyi sağlayan kısımdır. Bu yüzden (5.13) 'deki ifade

H/ϕ ye bağılı olarak (5.14) de bulunan bir düzeltme faktörüyle çarpılırsa;

$$\delta = 0,207 \cdot e^{(-0,029 \cdot (H/\phi))} \quad (5.14)$$

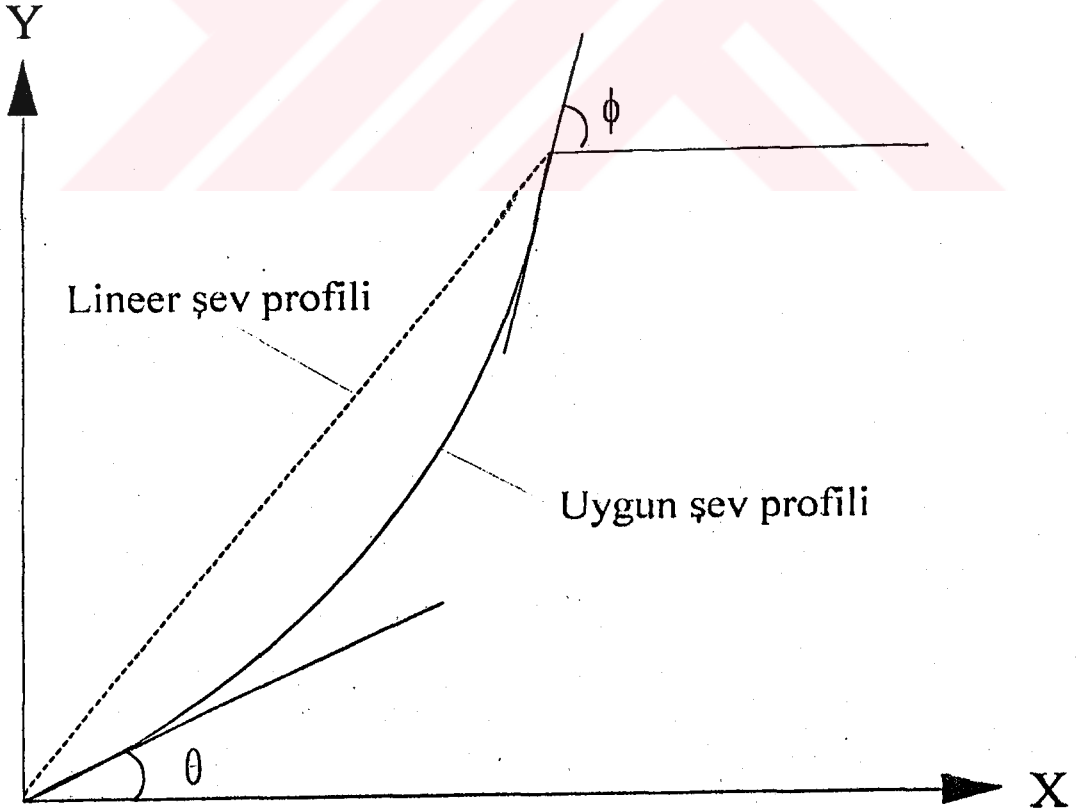
$$y = x \cdot \text{tg}\theta + \delta \cdot (L \cdot \text{tg}\theta - H) \cdot \ln \left| \frac{x - L}{L} \right| \quad (5.15)$$

(5.15)'deki şev profil denklemini elde edilir.

Düzeltilme faktörü katsayısı, Stable bilgisayar programı yardımıyla, baraj yüksekliğinin içsel sürtünme açısına oranının (H/ϕ) farklı değerleri alınarak elde edilmiştir.

Stable programı, A.B.D. Indiana Eyaleti Karayolları Araştırma Dairesi ile Purdue Üniversitesinin birlikte hazırladıkları ve yine A.B.D. Wisconsin-Madison Üniversitesinde uyarlaması yapılarak kullanıma sunulan bir şev stabilitesi programıdır.

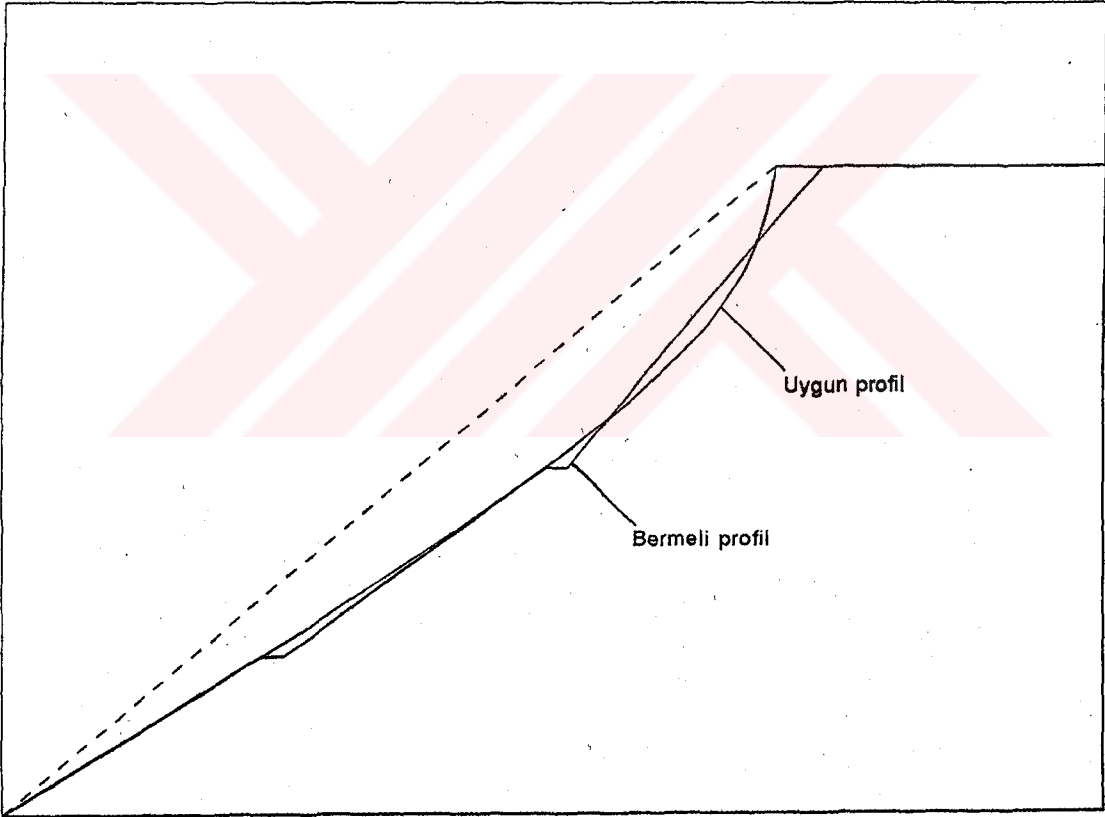
Böylece baraj yüksekliği H ile baraj şev taban uzunluğu $L = \eta_0 \cdot H$ tayin edilerek şev profili elde edilebilir.



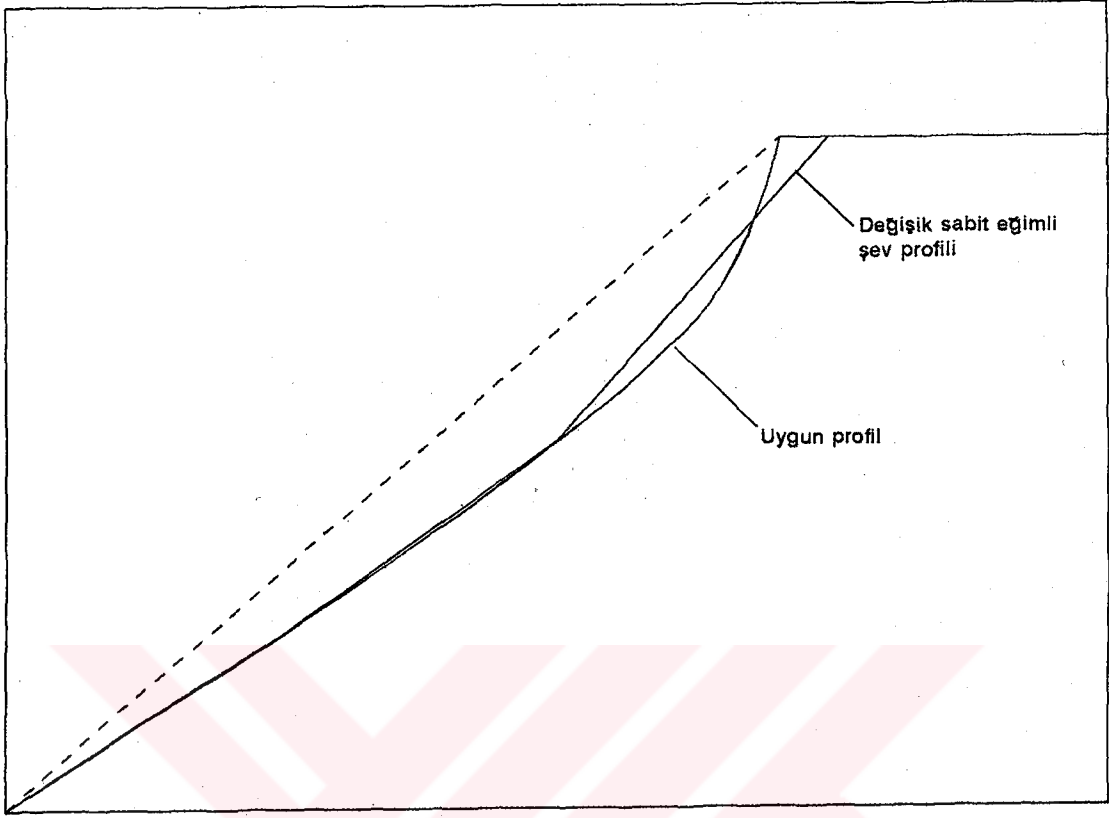
Şekil 5.5. Uygun şev profili

$$\eta = \frac{(\phi - \theta)_{\text{rad}}}{\ln \left| \frac{\cos \theta}{\cos \phi} \right|}$$

Şekil 5.5 de görüldüğü gibi uygun şev profili eğri bir yüzeydir. Bu eğri yüzeye yakın bermeli ve değişik sabit eğimli şev profilleri elde edilebilir.



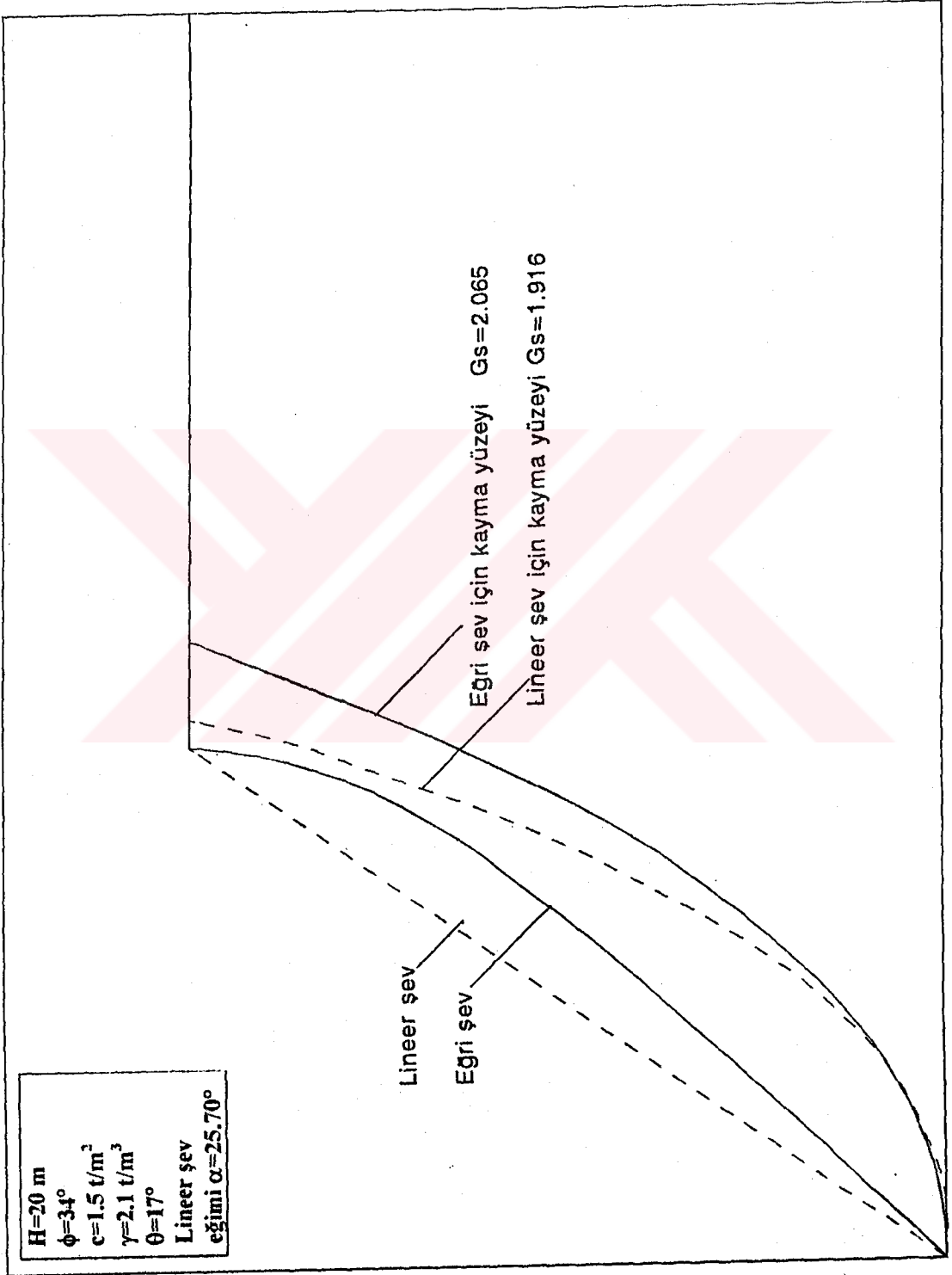
Şekil 5.6. Bermeli şev profilinin tayini



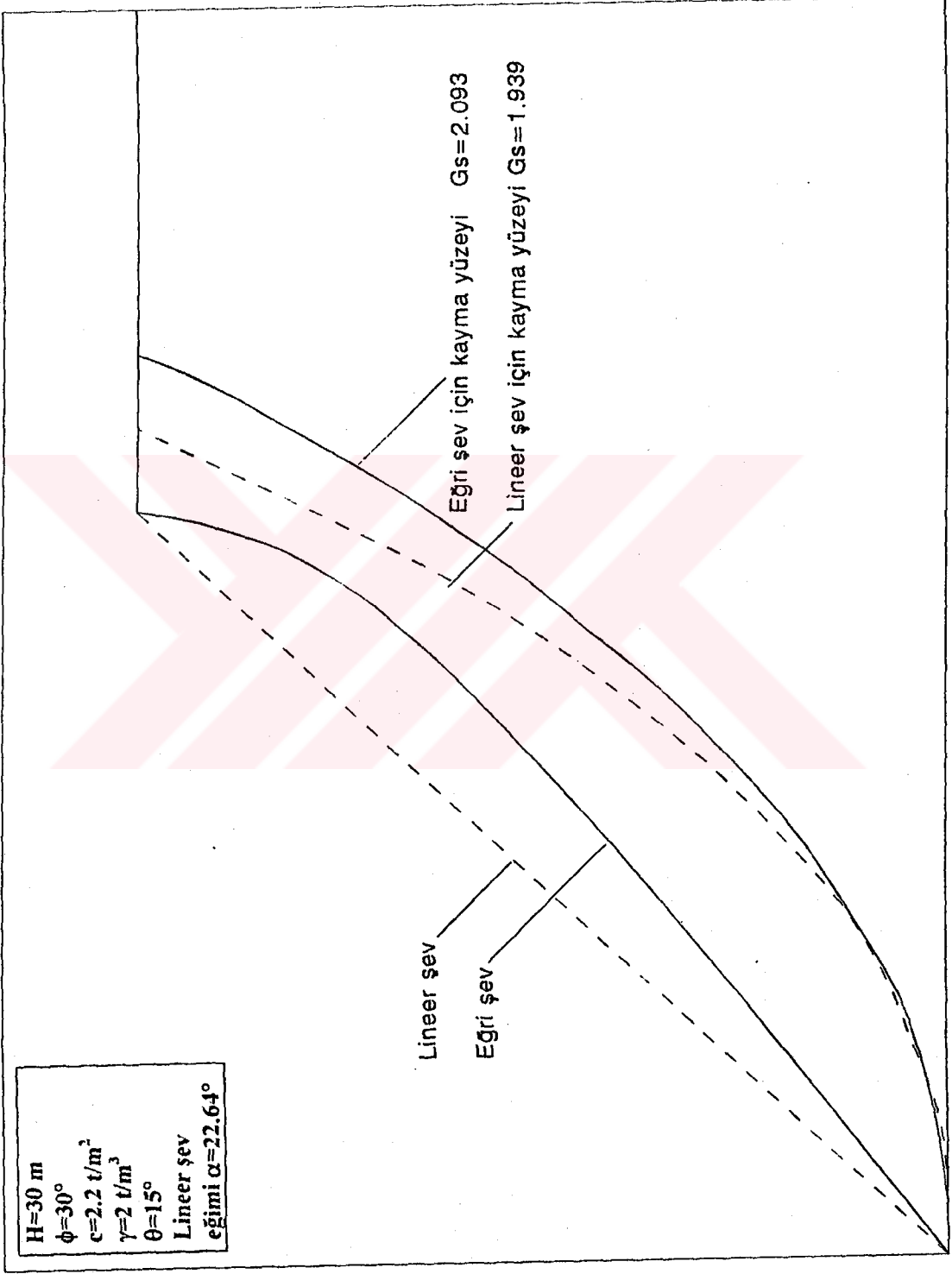
Sekil 5.7. Değişik sabit eğimli şev profilinin tayini

5.2. Sayısal Uygulamalar

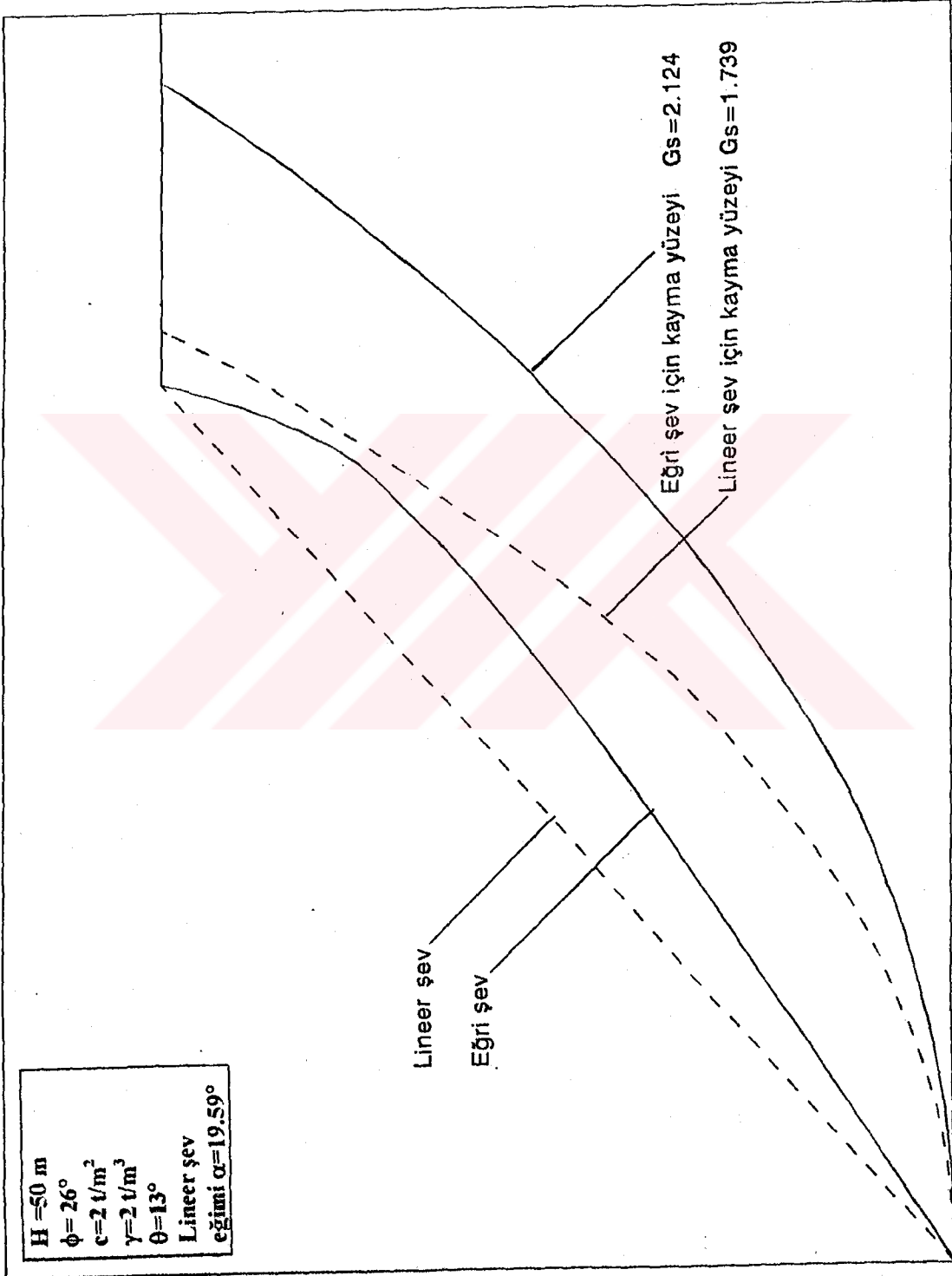
Formül (5.15) yardımıyla elde edilen en uygun şev profilleri ve lineer şev profillerinin güvenlik sayıları Stable programı yardımıyla hesaplanarak karşılaştırıldı. Stable programında Janbu metodu esas alınarak analiz yapıldı. Uygulamalarda da görüldüğü gibi eğri şev profillerinin güvenlik sayıları daha büyük çıktığı ve daha güvenli olduğu görülmüştür. Ayrıca malzeme ekonomikliği bakımından da eğri şev profilinin daha uygun olduğu tesbit edilmiştir.



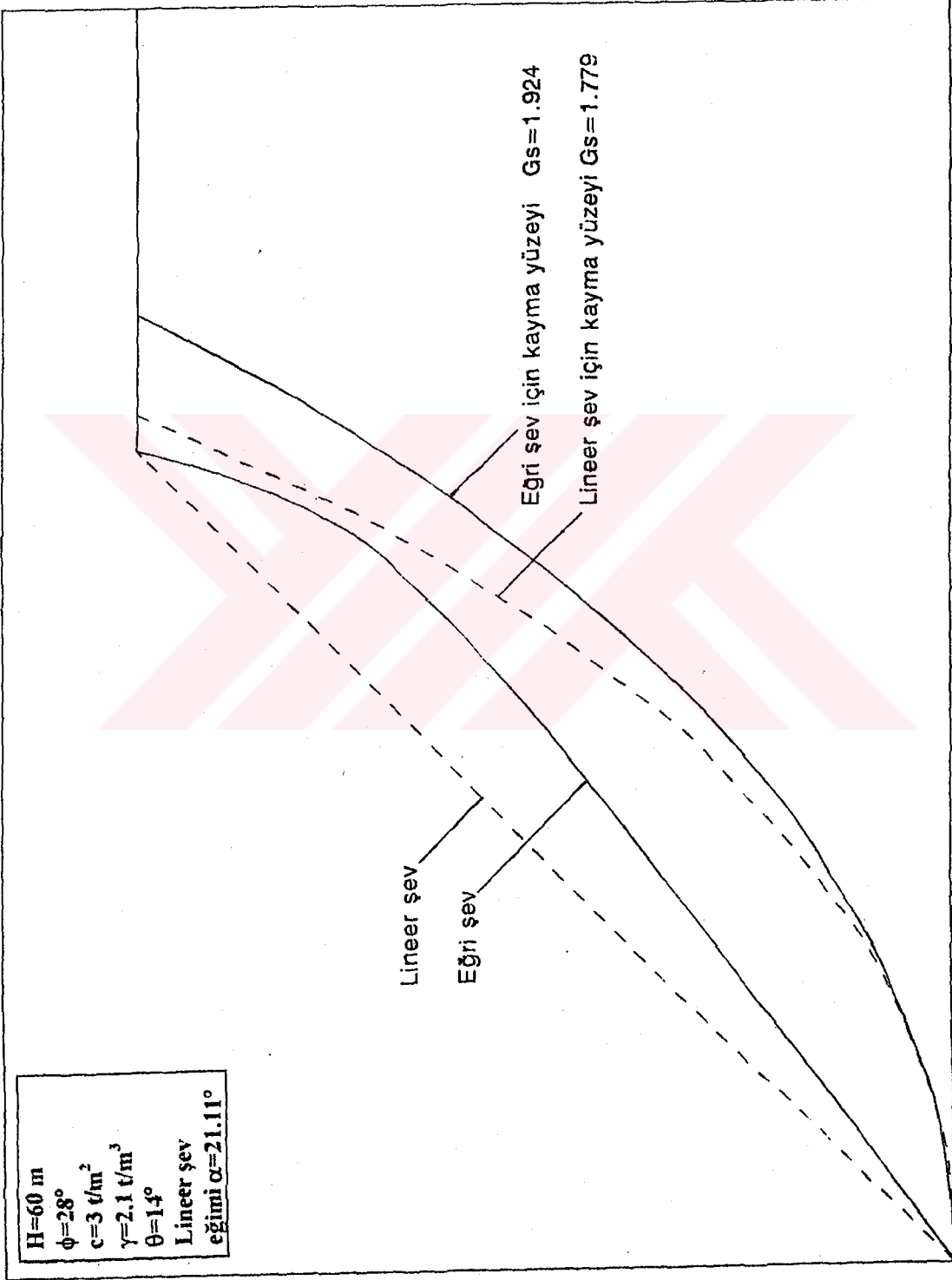
(a)



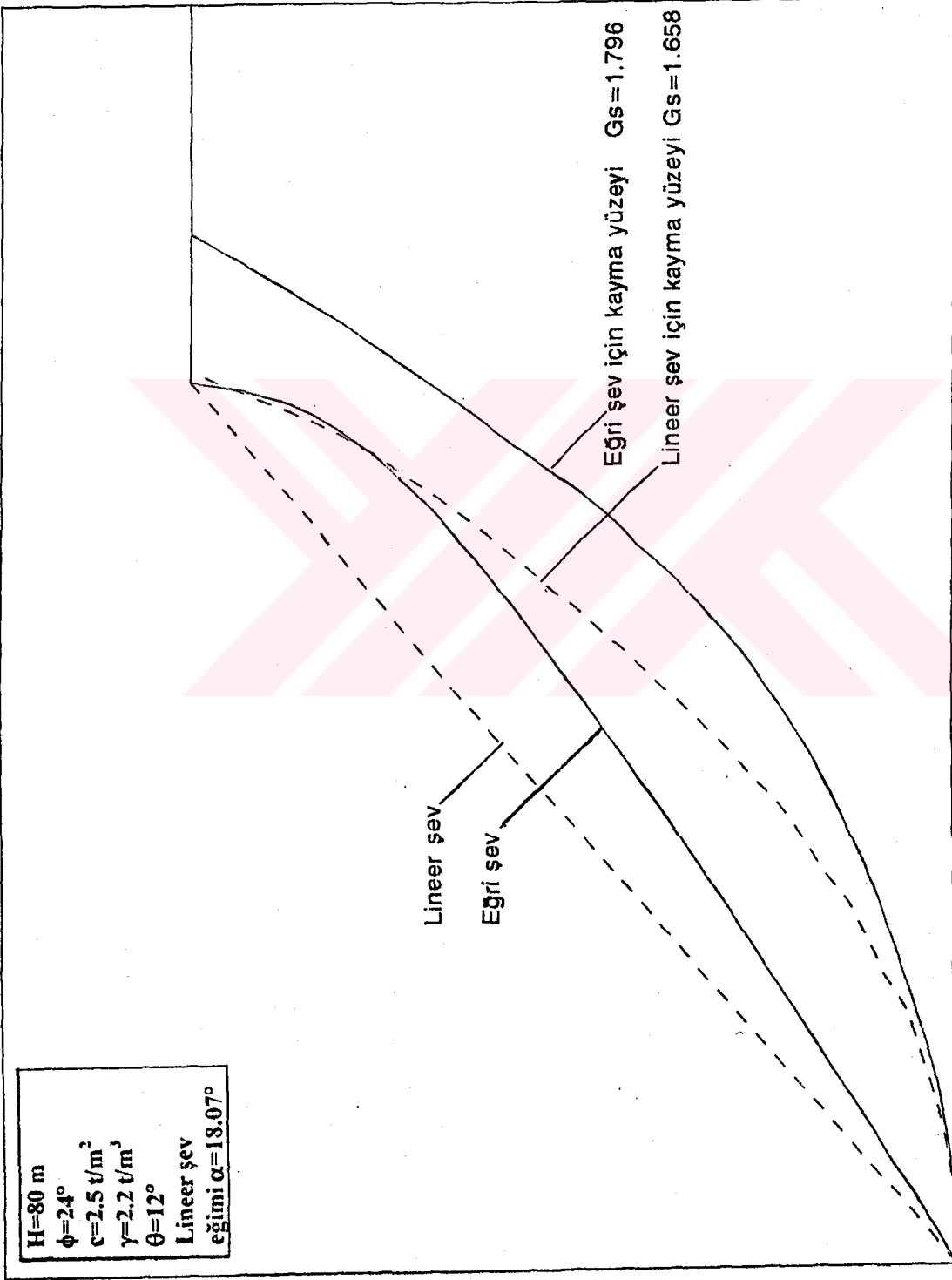
(b)



(c)

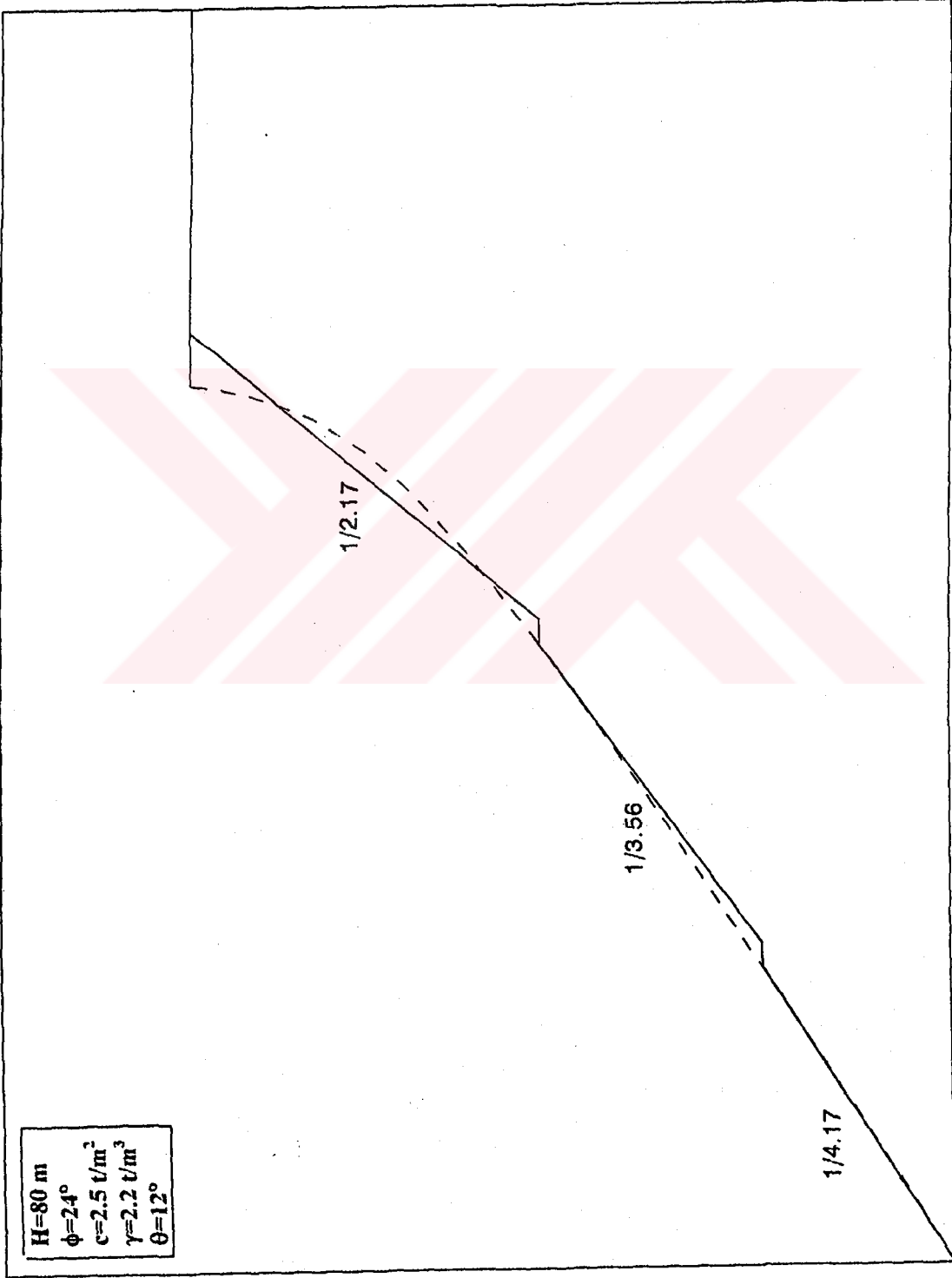


(d)

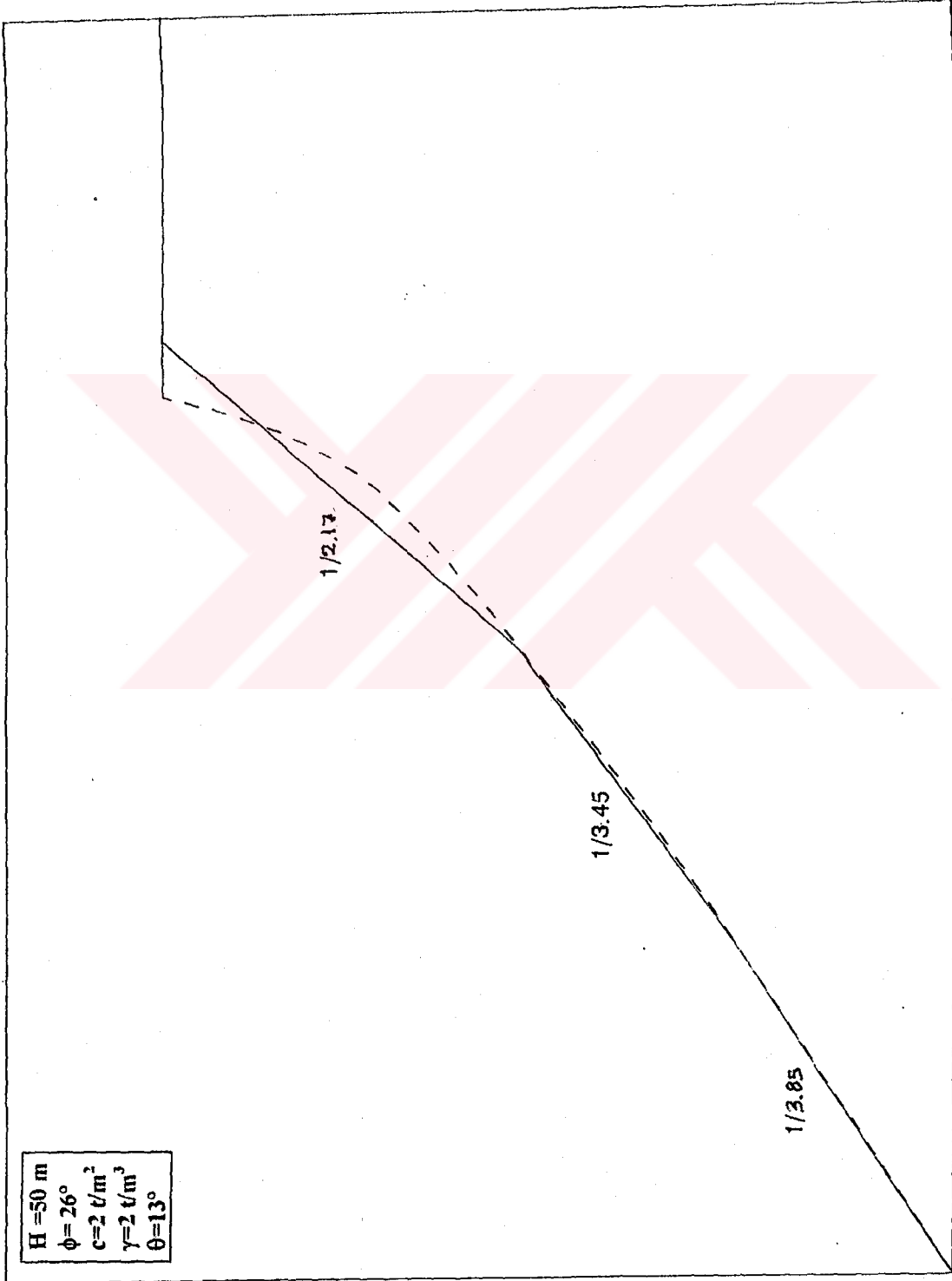


(e)

Şekil 5.8. (a,b,c,d,e) Bulunan şev profili ile lineer şev profilinin karşılaştırılması



Şekil 5.9. Bulunan şev profiline bermeli şev profilinin uygulanması



Şekil 5.10. Bulunan şev profiline değişik sabit eğimli şev profiline uygulanması

6. SONUÇ

Bu çalışmada, dolgu barajda en uygun şev profilini veren denklem analitik olarak tayin edildi. Bu denklemi elde etmek için çeşitli şev profilleri alındı ve bu şev profillerinin güvenlik sayıları ayrı ayrı Stable şev stabilite analiz programında bulundu.

Bulunan denklemden elde edilen şev profilleri ve lineer şevlerden elde edilen güvenlik sayıları karşılaştırıldı. Bu karşılaştırma sonucunda eğri şev profilinin daha uygun olduğu görüldü.

Güvenlik sayıları hesaplanırken kohezyon ve içsel sürtünme açısı arttıkça güvenlik sayısının da arttığı tespit edildi.

Güvenlik sayısının tümsek şevlerde daha küçük, çukur şevlerde ise daha büyük çıktığı görüldü. Yani şevdeki dolgu malzemesi azaldıkça güvenlik sayısında arttı. Bu da dolgularda ekonomikliği temin etme açısından önemli bir sonuçtur.

Pratikte şev profillerinin eğri olarak yapılması çok zor olduğundan, bunun yerine eğri şev profiline yakın bermeli veya sabit eğimli şev profillerinin yapılması daha uygundur.


Böylece bu çalışmada verilen denklem kullanılarak en uygun şev profilini elde etmek mümkün olmaktadır.

KAYNAKLAR

- BÖLLING, H., (1952). Setzungen, Standsicherheiten und Tragfähigkeiten Grundbauwerken.
- CAPPER, P., L. ve CASIE, W., F., (1969). The mechanics of Engineering Soil.
- CERING, R., F., (1978). Soil Mechanics, Van Nostrond Reinhold 2nd Edition.
- DAVID, C., (1952). Handbook of Applied Hydraulics, Second Edition.
- DIMITRI, P., K. ve WILLIAM, R., J., (1979). Principles of Engineering Geology and Geotechnics.
- DOMINY, F., (1960). Desing of Small Dams, First Edition.
- HİRSCCHFELD-POULOS, (1972). Dam Engineering, Casagrande Volume.
- KEZDİ, A., (1959). Boden Mechanic, Akademia Kiado, Budapest.
- KUMBASAR, A., (1985). Zemin Mekaniği.
- LAMBE-WHİTMAN, (1969). Soil Mechanics.
- ÖNAL, A., (1982). İnşaat mühendislerine Geoteknik Bilgisi K.U.Y., Trabzon.
- ÖZAL, K., (1966). Küçük Toprak Barajların Planlanma, Projendirme ve İnşaatı.
- PRESS, H., (1959). Talsperren Zweite Auflage, Berlin.
- SMİTH, M., J., (1982). Soil Mechanics.
- STRİEGLER-WERNER, (1969). Dambau İn Theorie und Proxis .
- TERZAGHİ-PECH, (1967). Soil Mechanics in Engineering Praticce, Second Edition.
- TUNA, A., (1980). Şevlerin Stabilitesi.
- TUNA, A., (1980). Şevlerin Stabilitesi.
- TUNA, A., (1985). Toprak Dolgu Barajların Yapı Malzemesi, Dolgu Tipleri.

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Elazığ'ın Maden ilçesinde doğdum. İlk ve orta tahsilimi Maden'de yaptım. Lise tahsilimi, Elazığ Teknik Lisesinde tamamladım. 1989 yılında Fırat Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandım. 1993-Haziran tarihinde üniversite tahsilimi tamamladım. 1993-Eylül tarihinde Fırat Üniversitesi Hidrolik Anabilim dalında yüksek lisans yapmaya hak kazandım.



Nihat KAYA

TÜRKÇE ABSTRAKT (en fazla 250 sözcük) :

(TÜBİTAK/TÜRDOK'un Abstrakt Hazırlama Kılavuzunu kullanınız.)

I

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DOLGU BARAJLARDA EN UYGUN ŞEV PROFİLİNİN TAYİNİ

Nihat KAYA

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

1996, Sayfa:60

Dolgu barajların projelendirilmesinde, memba ve mansap şevlerinin güvenlik sayılarının standartlarla belirlenmiş olan minimum güvenlik sayılarına uygunluğu yanında dolgu şevlerinin ekonomik olması da gözönünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, hem ekonomikliği hem de stabiliteyi birlikte sağlayan en uygun şev profilinin seçilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, değişik özelliklere sahip şev profilleri için kritik güvenlik sayıları, Stable programı ile bulunmuştur. Bu program, stabilite analizlerinde Janbu yöntemini esas almakta ve analiz sonucunda kritik kayma yüzeylerinin yeri ile güvenlik sayılarını vermektedir.

Stable programından elde edilen sonuçlardan en büyük güvenlik sayısına sahip şev profilinin en ekonomik profil olduğu görülmüştür. Bu şev profilinden faydalanılarak en uygun şev profilini veren analitik bir bağıntı geliştirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER:Şevlerin stabilitesi, dolgu baraj, kayma yüzeyi, dolgular.