

BOZÜYÜK, YEDİLER YERLEŞİM ALANI KAYMASININ STABİLİTE ANALİZİ

Gülgün YILMAZ¹, Emre Aytuğ ÖZSOY²

ÖZET : Bu çalışmanın amacı, Slope/W bilgisayar programının kullanıldığı Bozüyük, Yediler yerleşim alanı kayması araştırmasını sunmaktır. Araştırma alanının litolojisi gevşek kumlu siltten oluşmaktadır. Bölgede topoğrafik yapı aniden yükselmektedir. Araştırma alanında detaylı jeolojik ve geoteknik çalışmalar yapılmış, kayma alanının mukavemet parametreleri ile geoteknik özellikleri, arazi ve laboratuvar teknikleri kullanılarak bulunmuştur. Şevin güvenlik faktörü Slope/W programı kullanılarak bulunmuştur. Şev stabilitesi analizinde dairesel göçme teorisi kullanılmıştır. Kaymış bir şev üzerinde geri analiz gerçekleştirilmiş ve geri analizden elde edilen sonuçlar laboratuvar yöntemlerinden elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, şevin duraysızlığını önlemek amacıyla bölgeye bir istinat yapısı ve drenaj sistemi inşa edilmesi önerilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER : Stabilite analizi, Kayma, Güvenlik faktörü, Bilgisayar Programı.

STABILITY ANALYSES OF THE BOZUYUK YEDILER RESIDENTIAL AREA LANDSLIDE

ABSTRACT : The purpose of this study is to present how the Bozüyük Yediler residential area landslide was investigated using the computer program Slope/W. The main lithologies of the project area are loose arenaceous and argillaceous containing silt. The ground surface of the area features sudden rises. A detailed geological and geotechnical study was carried out in the area, with the strength parameters and geotechnical properties of the landslide area being obtained using laboratory methods. The safety factor of the slope was calculated using the Slope/W program. A circular failure analogy was used for the slope stability analyses. A back analysis on a failed slope was also performed. The results of the back analysis compared well with the results obtained using laboratory methods. As a conclusion, a retaining wall and drainage system were proposed to rectify the slope instability.

KEYWORDS: Stability Analyses, Landslide, Factor of Safety, Computer Program.

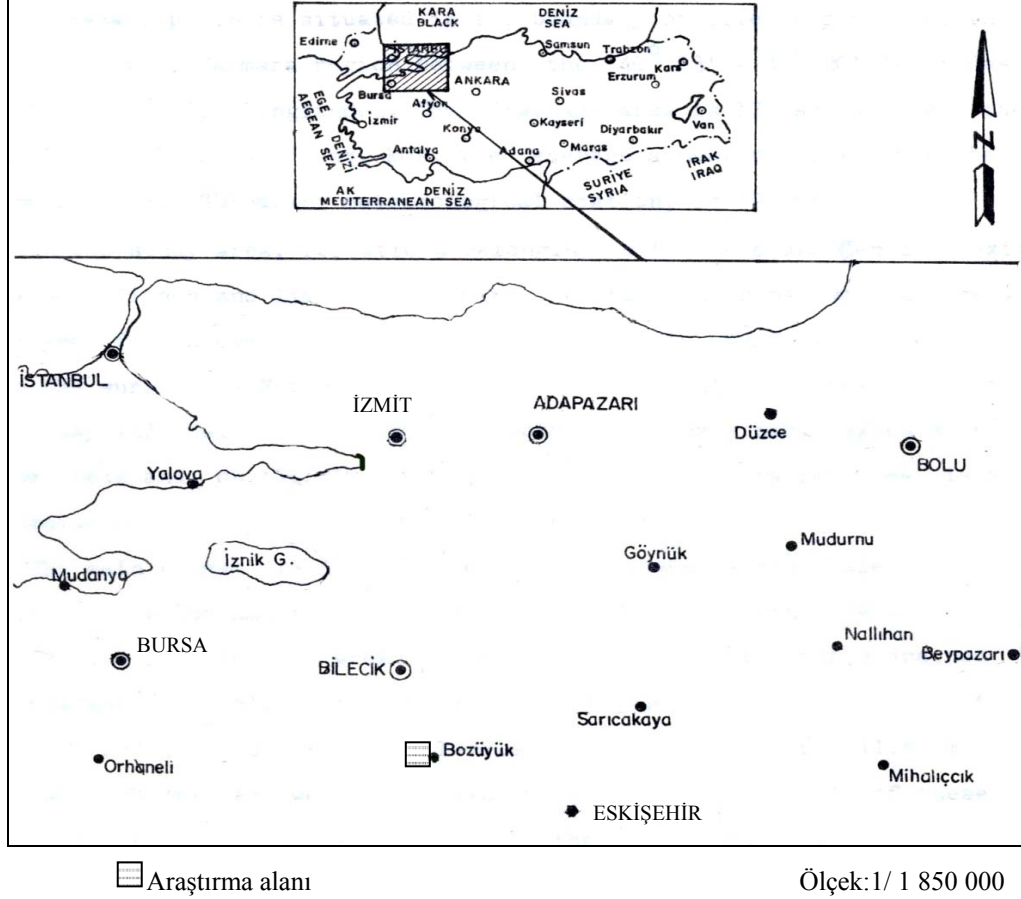
^{1,2} Anadolu Üniv. Müh.-Mim. Fak.İnşaat Müh. Böl., 26555 İki Eylül Kamp., ESKİŞEHİR

I. GİRİŞ

Şevler, doğal şev ya da sonradan inşa edilmiş şevler olarak karşımıza çıkmaktadır. Eğer yüzey yatay değil ve ağırlıkça bileşen de yeterince büyükse bu durumda zemin kütlesi aşağı doğru kayar. Kütleyi harekete geçiren kuvvet, zemin göçme yüzeyi boyunca zeminin kayma mukavemetinin aşılması ile oluşmaktadır. Göçme yüzeyi boyunca oluşan kayma gerilmeleri zeminin kayma mukavemeti parametreleri cinsinden belirlenir ve karşılaştırılır. Bu hesaplama şev stabilitesi analizi denilir [1]. Son yıllarda software programlarının gelişmesi ile nümerik yöntemler şev stabilitesi analizlerinde kullanılmaktadır [2]. Kayan kütlenin dilimlere bölünerek numaralandırılması çoğu modern analiz yönteminin temelini oluşturmaktadır. Hesap yöntemlerinin en büyük farklılığı dilimler arasındaki sürtünme kuvvetlerinin durumu ve dilim kenarlarındaki yatay ve düşey kuvvetlerin etkime yönüdür. Dilim yöntemlerinin çoğunda statik denge şartları sağlanmakta ve dilimler arası kuvvetlerin ilişkisi her bir yöntemde kabul edilmemektedir [3]. Bu yöntemlerde güvenlik sayısındaki değişim \pm % 5 olarak hesaplanmaktadır [4]. Düşük güvenlik faktörü veren kayma yüzeyinin belirlenmesi şev stabilitesi problemlerinin önemli bir kısmıdır. Bu konuda pek çok bilgisayar programı geliştirilmiş olup programlar sistematik olarak kayma dairesinin merkezinin ve yarıçapının değiştirilmesine bağlı olarak kritik kayma yüzeyini vermektedir. Bu çalışmada 12 farklı stabilite analiz yöntemini içeren Slope/W bilgisayar programı kullanılarak, Bozüyük bölgesi Yediler yerleşim alanı şev kayması analiz edilmiştir. Analiz sonucunda en düşük güvenlik faktörünü veren kritik kayma dairesinin şekli ve yeri belirlenmiştir. Arazide kaydığı tespit edilen bölge derinlik ve kesit olarak şev üzerinde tanımlanarak geri analiz yapılmıştır. Geri analiz ve analizlerde dairesel analize ilave olarak blok analiz yöntemi de uygulanmıştır. Her iki durumdan elde edilen rezidüel parametrelerin uygunluğu tartışılmıştır. Ayrıca boşluk suyu basıncı değişimi de göz önüne alınarak güvenlik faktörüne etkisi incelenmiştir.

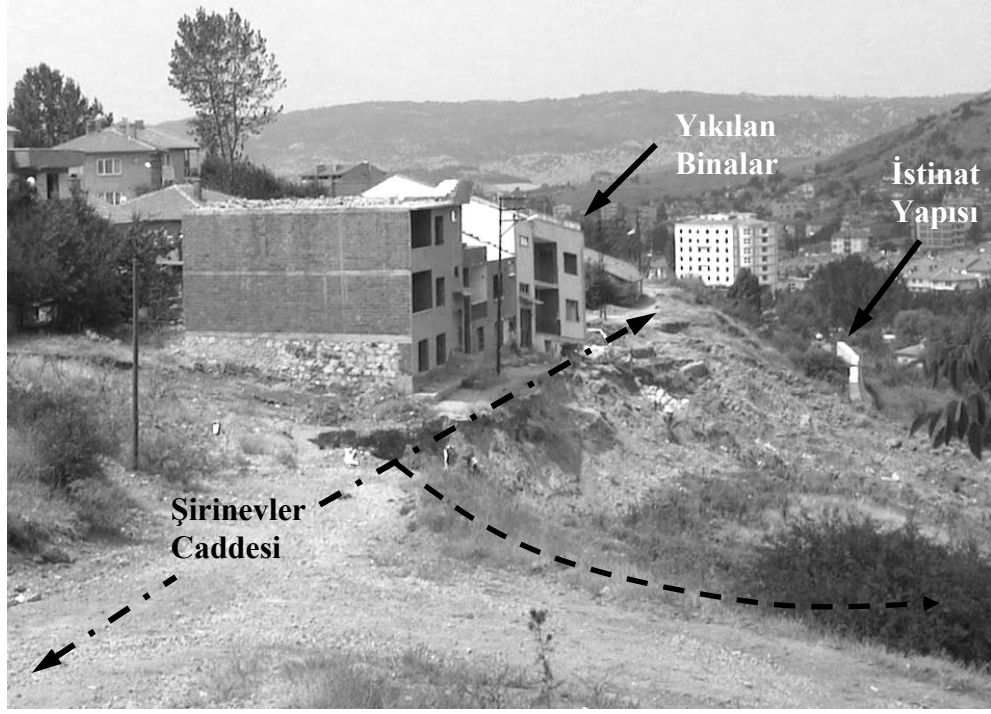
II. ARAŞTIRMA ALANI

Araştırma alanı, Bozüyük (Bilecik) ilçe merkezinde, Eskişehir-Bilecik-Adapazarı devlet karayolunun güneyinde yer almaktadır (Şekil 1).

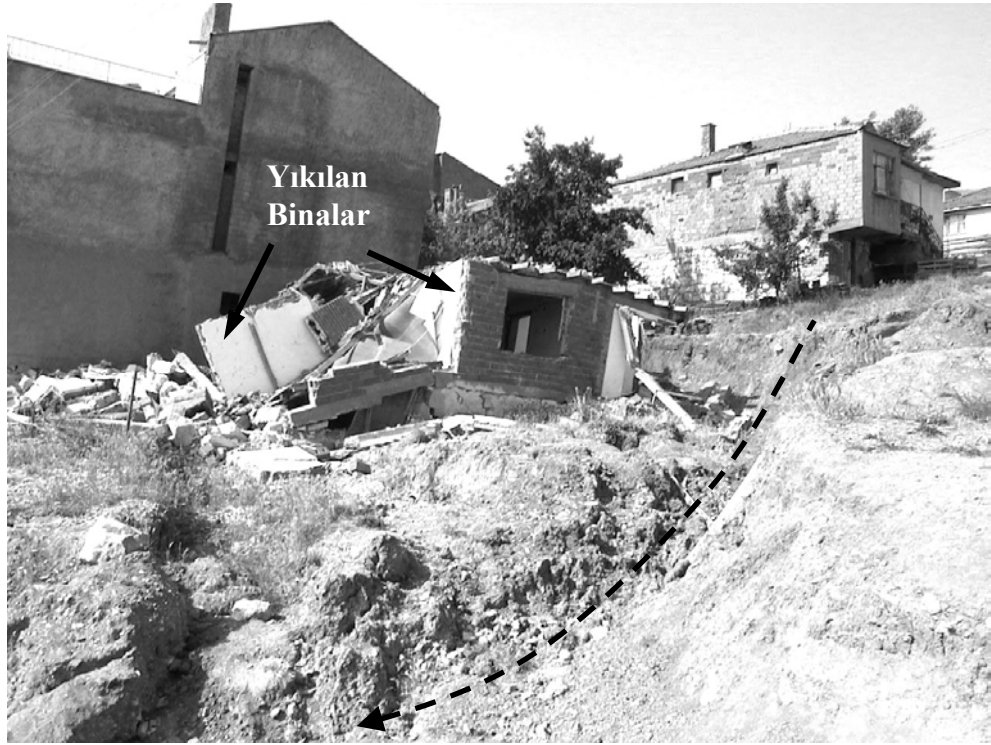


Şekil 1. Araştırma alanı bulduru haritası.

Alanın topoğrafik kotu 748 m'den 800 m'ye kadar yükselmekte ve yatayda 200 m'yi bulmaktadır. Bölgede içme suyu isale hattı ve kanalizasyon tamamlanmış, bazı binalar şev kayması sebebiyle kamulaştırılmış, Şekil 2 ve 3'de görüldüğü gibi binalar kayma sebebiyle yıkılmıştır. Şev kayma hareketini önlemek amacıyla inşa edilmiş olan istinat yapısı yeterli dayanımı sağlayamadığından göçmüştür. Bölgedeki zeminin harekete geçmesine sebep olan yer altı suyunun şev aynası yüzeyinden aktığı gözlenmiştir



Şekil 2. Yıkılan binalar, kaymış olan Şirinevler Caddesi ve istinat yapısı.



Şekil 3. Şev kayması sonucu yıkılan binalar.

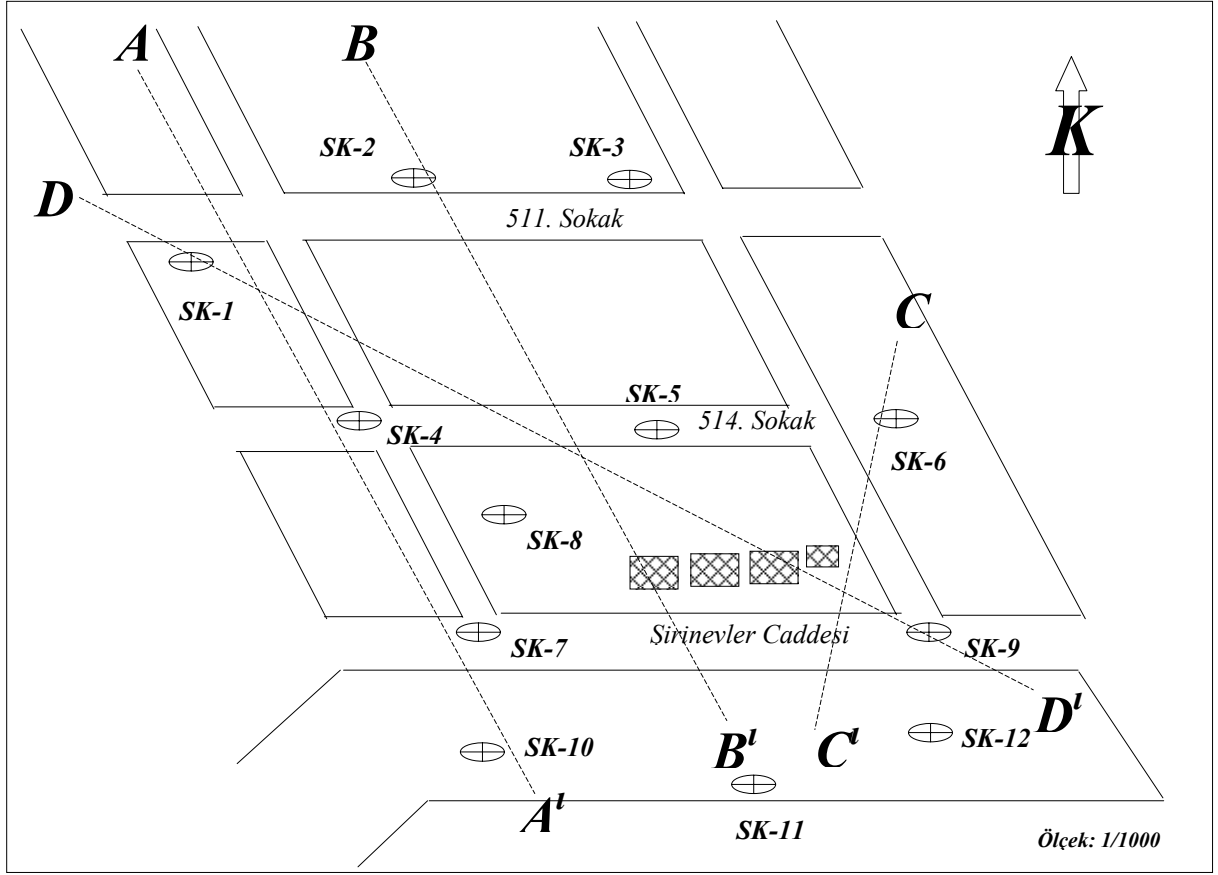
III. BÖLGENİN JEOLJİSİ

Bölgede Paleozoyik, Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı oluşumlar vardır ve en geniş yayılım gösteren birimdir. Paleozoyik yaşlı Bozüyük metamorfileri olarak adlandırılmaktadır[5]. Bu formasyonu temsil eden fillit, mikaşist, yeşilşist, glokofanlı şist, ortognays, kuvarsit, yarı mermerleşmiş kireçtaşı, serpantinit, peridotit, gabro ile metadiyaz ve metabazalttır. Kaya birimleri içeren bölgenin yapısal unsurlarının başında bölgesel ölçekteki kıvrımlar, uyumsuzluklar ve faylar gelmektedir. Formasyon içi küçük boyutlu faylar, kıvrımlar, çizgisel yapılar, yapraklanma ve eklem sistemleri diğer yapısal süreksizlikleri oluşturmaktadır [5].

IV. GEOTEKNİK VERİLERİN ELDE EDİLMESİ

IV.1 Arazi Çalışmaları

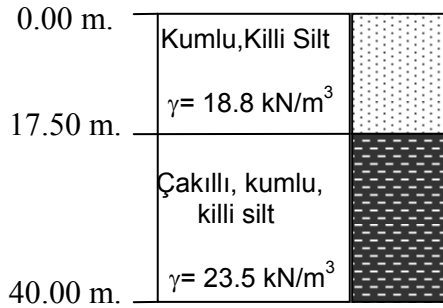
Bozüyük Yediler yerleşim alanında oluşan şev kaymasına ait kritik kayma yüzeyini belirlemek amacıyla 12 adet sondaj kuyusu açılmıştır. Bölgede yapılan toplam sondaj derinliği 167 m.dir. Kuyuların derinlikleri ise 7,5 -25 m arasında değişmektedir. Şekil 4 'de görüldüğü gibi sondaj lokasyonları şevin arka kısmını ve şev aynasını inceleyebilecek şekilde belirlenmiştir. Sondajlardan laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere örselenmemiş zemin numuneleri alınmıştır. Zeminin sıklığı hakkında bilgi edinmek amacıyla Standart Penetrasyon Testi uygulaması yapılmıştır [1] .



Şekil 4. Araştırma alanı sondaj kuyuları ve stabilite analizinde göz önüne alınan kesitler.

IV.2 Laboratuvar Çalışmaları

Bölgeden alınan örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri üzerinde standart D-2216, D-854, D-421, D-422, D-4318 deneyleri yapılmıştır [6].



Şekil 5. Zeminin derinlikle değişimi.

Zeminin cinsinin derinlikle değişimi Şekil 5'teki gibidir. Zemin yzeyinden itibaren 0,0- 17,5 m arasında bulunan kumlu, killi siltin kohezyon değeri değeri $c=20-40 \text{ kN/m}^2$, kayma direnci açısı $\phi=5^\circ-10^\circ$, 17,5- 40,0 m arasında bulunan çakıllı, kumlu, killi silt ise $c=20-40 \text{ kN/m}^2$ kohezyona ve $\phi=17,5^\circ-35^\circ$ arasında değişen kayma direnci açısına sahiptir. Kritik kayma dairesinin hesaplanması sırasında maksimum mukavemet parametreleri (I.DURUM) ve minimum mukavemet parametreleri (II.DURUM) seçilmiştir. Ayrıca $\phi=0$ analizine göre de hesaplamalar yapılmıştır. Tüm bu parametreler ve ilgili durumlar izelge 1. de verilmektedir.

Çizelge 1. Şev stabilitesi hesaplarında kullanılan mukavemet parametreleri.

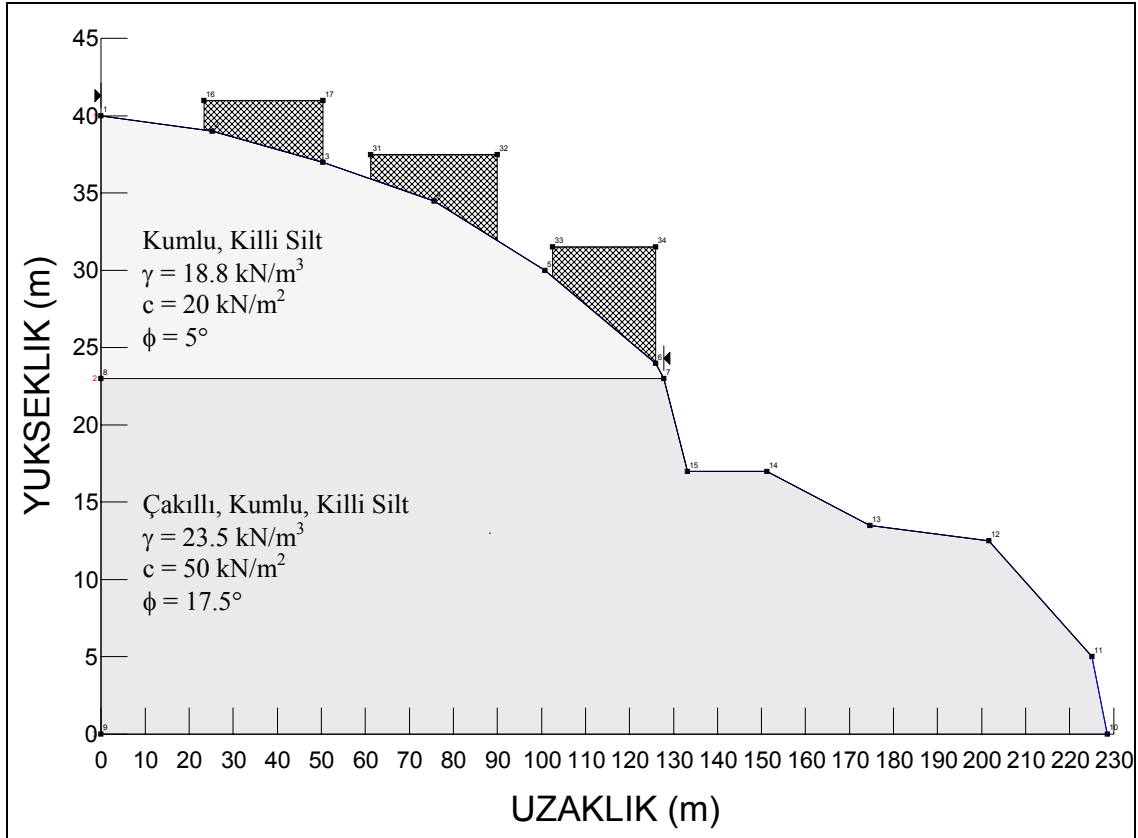
ZEMİN TÜRÜ	TAM DEğERLER	YARI DEğERLER	ϕ ANALİZİ
<i>Kumlu, Killi Silt</i> $\gamma = 18,8 \text{ kN/m}^3$	$c = 40 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 10^\circ$	$c = 20 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 5^\circ$	$c = 40 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 0^\circ$
<i>akıllı, Kumlu, Killi Silt</i> $\gamma = 23,5 \text{ kN/m}^3$	$c = 100 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 35^\circ$	$c = 50 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 17,5^\circ$	$c = 100 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 0^\circ$

V. ŞEV STABİLİTESİ ANALİZİ

V.1 Limit Denge Analizi ve Güvenlik Faktörü

Arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre kayma bölgesine ait zemin türü sürekli kayalar üzerinde bulunabilen atık ve kalıntı içeren, düşük kohezyonlu, yüksek hava Őartlarında rastlanılan sert, çatlaklı, kumlu, killi silttir. Bu tür zeminlerde oluşabilecek kritik kayma yzeyinin Şekli; derinliği az, uzunluğu fazla kayma dairesi Őeklinde olmaktadır [7]. Kayma bölgesinde en düşük güvenlik faktörü değerini hesaplayabilmek amacıyla A-A', B-B', C-C', D-D' kesitlerinden (Şekil 4) kritik kayma daireleri geçirilmiş ve Slope/W bilgisayar programı kullanılarak stabilite analizi yapılmıştır. Slope/W, sekiz farklı limit denge analiz yöntemini kullanarak, farklı kayma yzeyleri, boşluk suyu basıncı değişimleri ve zemin özelliklerini göz önüne alarak, basit veya karışık olabilen problemlerin stabilite analizini yapmaktadır. Farklı kesitlerden

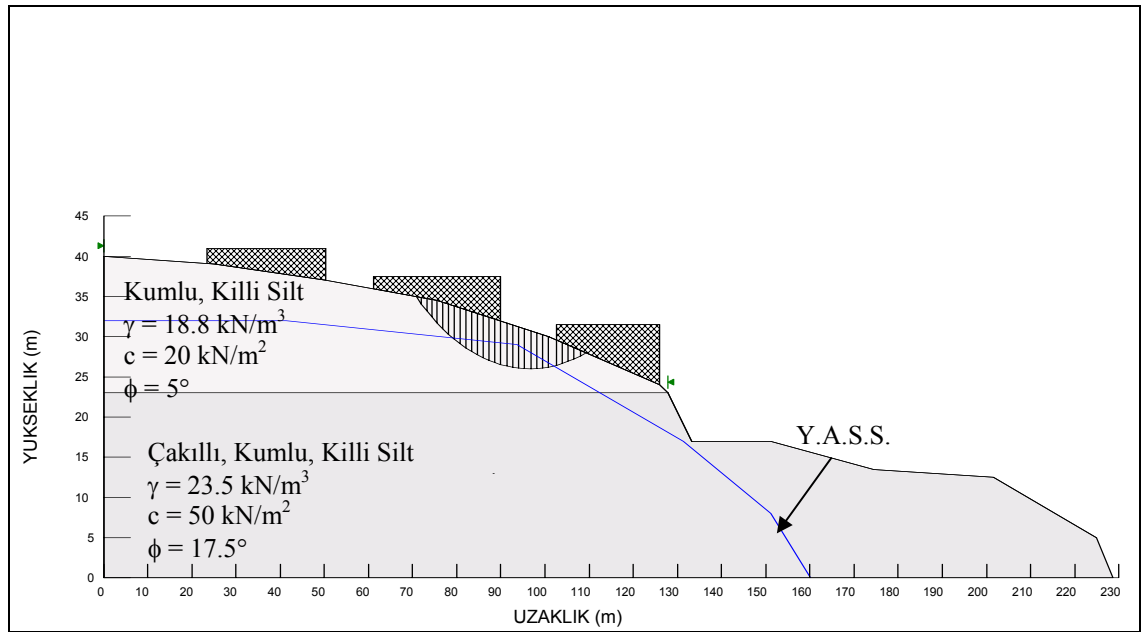
geçirilen kritik kayma dairelerinin analizleri sonucunda A-A¹ kesitinin en kritik durumu gösterdiği, göçmeye ve kaymaya sebebiyet verdiği ortaya çıkmıştır (Şekil 6). A-A¹ kesiti için farklı mukavemet parametrelerine sahip I. Durum, II. Durum ve $\phi=0$ analizi ile yeraltısu seviyesinin (Y.A.S.S.) şev yüzeyinde ve şev içerisinde olması durumuna göre stabilite analizi yapılarak güvenlik faktörü değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 2). Hesaplanan güvenlik faktörü değerlerinden Y.A.S.S. 'nin şev içerisinde ve üst tabakaya ait mukavemet parametrelerinin küçük olduğu durum için $F_s=0,907$ (Bishop analizi) ve Y.A.S.S. 'nin şev yüzeyinde, yine aynı durum için $F_s=0,848$ (Bishop analizi) olduğu görülmektedir. Bu durumlara ait elde edilmiş olan kayma daireleri Şekil 7 ve 8 de verilmektedir.



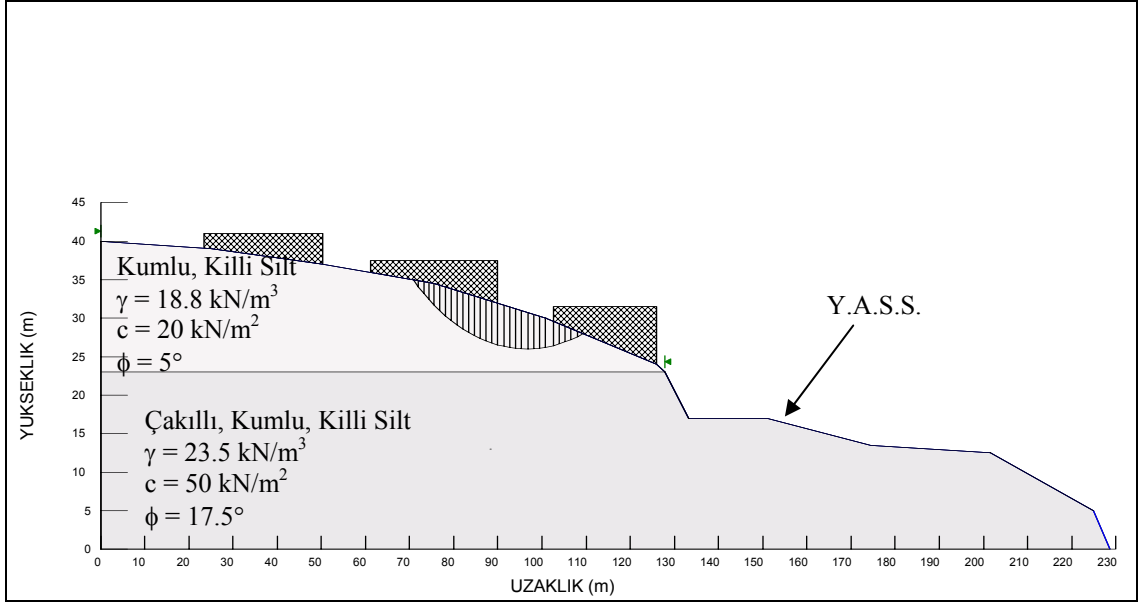
Şekil 6. Kritik kayma dairesinin olduğu A-A¹ kesiti.

Çizelge 2. Şev stabilitesi analizleri sonucunda hesaplanan güvenlik faktörü değerleri.

YÖNTEMLER		KESİT A-A'					
		Y.A.S.S. ŞEV İÇERİSİNDE			Y.A.S.S. ŞEV YÜZEYİNDE		
		ZEMİN ÖZELLİKLERİ			ZEMİN ÖZELLİKLERİ		
		I. DURUM	II. DURUM	$\phi = 0$	I. DURUM	II. DURUM	$\phi = 0$
ORDINARY		1,759	0,877	1,031	1,691	0,818	1,031
BISHOP		1,819	0,907	1,031	1,702	0,848	1,031
JANBU		1,730	0,862	0,979	1,619	0,807	0,979
SPENCER		1,819	0,907	1,031	1,701	0,848	1,031
		1,820	0,898	1,022	1,702	0,840	1,022
MORGEN-PRICE	CONSTANT	1,819	0,907	1,031	1,701	0,848	1,031
		1,820	0,898	1,022	1,702	0,840	1,022
	HALF - SINE	1,819	0,906	1,031	1,701	0,848	1,031
		1,820	0,907	1,022	1,703	0,849	1,031
GLE	CONSTANT	1,819	0,906	1,031	1,701	0,848	1,031
		1,819	0,906	1,031	1,701	0,848	1,031
	HALF-SINE	1,819	0,906	1,031	1,701	0,848	1,031
		1,819	0,906	1,031	1,701	0,848	1,031
CORPS. OF ENG. I		1,840	0,917	1,044	1,723	0,859	1,044
CORPS. OF ENG. II		1,842	0,918	1,045	1,724	0,859	1,045
LOWE-KARAFIATH		1,829	0,911	1,038	1,711	0,853	1,038



Şekil 7. A-A' kesitine ait kayma daresi (Fs= 0,907 ; Y.A.S.S şev içerisinde).

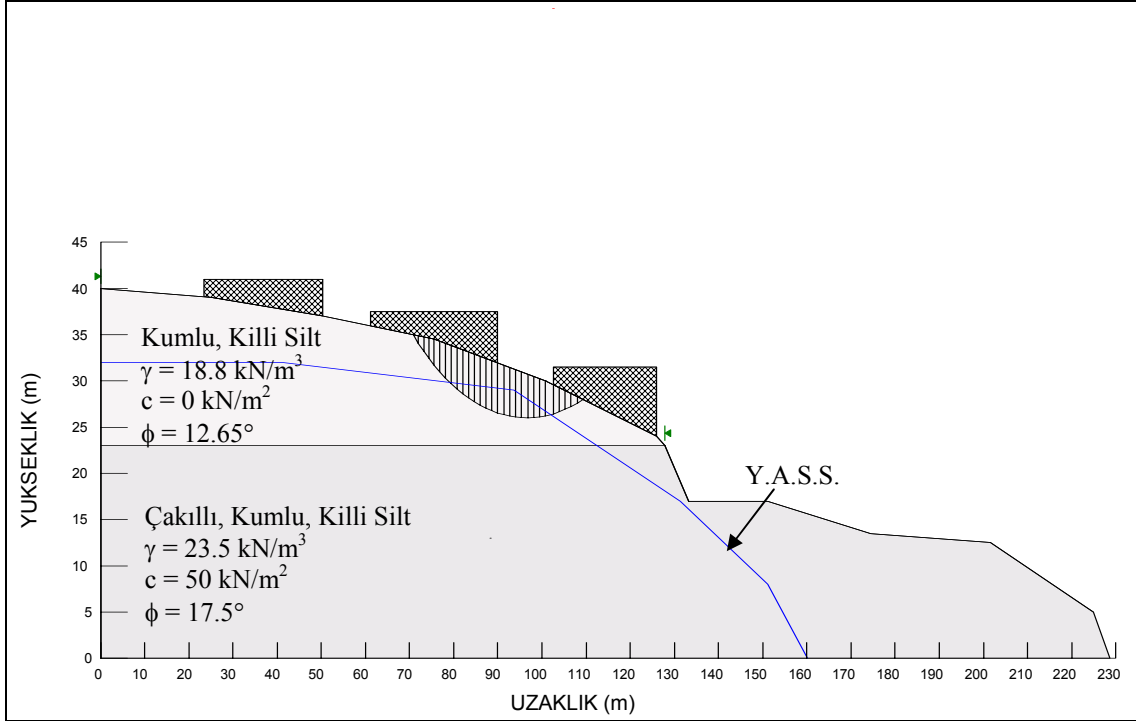


Şekil 8. A-A' kesitine ait kayma dairesi ($F_s = 0,848$; Y.A.S.S. şev yüzeyinde).

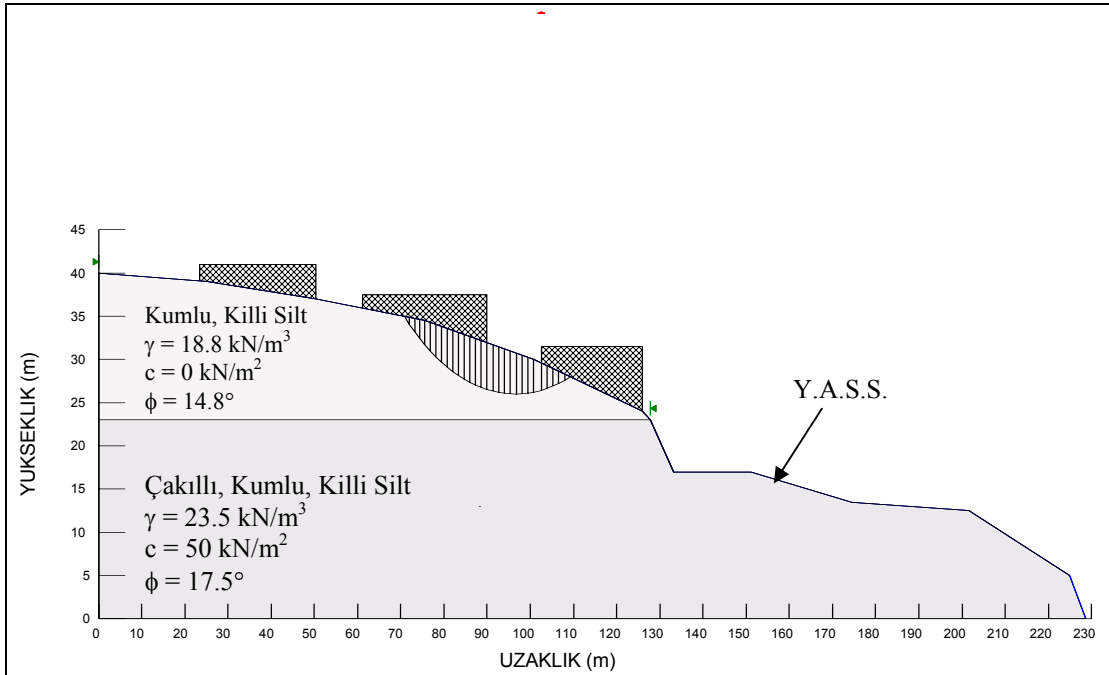
V.2 Geri Analiz

Geri analiz kaymış ve kaymakta olan şevlerin analitik modelini geliştirmek için gerekli bir yöntemdir. Çünkü şevler için şu andaki durum kadar gelecekteki mukavemeti de önem taşımaktadır. Geri analiz sırasında, arazi ve laboratuvar araştırmalarından elde edilen dört veya beş bileşen; kayma yüzeyi, kayma anındaki boşluk suyu basıncı değerleri, dış yüklerin etkisi, kayan kütlelerin malzeme birim hacim ağırlığı ve mukavemet değerleri göz önüne alınmaktadır. Güvenlik faktörü değerinin $F_s = 1,0$ olduğu durumda arazideki kayma yüzeyi derinlik ve kesit olarak analiz yapılan şev üzerinde tanımlanarak rezidüel parametreler ($\phi_r^1 =$ rezidüel sürtünme açısı, $c_r^1 =$ efektif kohezyon) bulunmaktadır. Basit bir yöntem olarak geri analiz sırasında, laboratuvar deneylerinden elde edilen mukavemet parametrelerinden kohezyon $c = 0$ kabul edilerek, kritik kayma dairesi için $F_s = 1,0$ veren ϕ_r^1 değeri bulunmaktadır. Bu çalışmada A-A' kesitinin II. Durumuna ait Y.A.S.S. şev içerisinde $F_s = 0,907$ ($c = 20$, $\phi = 5^\circ$) ve Y.A.S.S. şev yüzeyinde $F_s = 0,848$ ($c = 20$, $\phi = 5^\circ$) için geri analiz hesaplama yöntemi uygulanmıştır. Her iki durum içinde arazideki kayma dairesi şevin üzerine kesit olarak tanımlanarak, Y.A.S.S. şev içerisinde $c = 0$, $F_s = 1,0$ için $\phi_r^1 = 12,65^\circ$ (Şekil 9), Y.A.S.S. şev yüzeyinde $c = 0$, $F_s = 1,0$ için $\phi_r^1 = 14,8^\circ$ hesaplanmıştır (Şekil 10). Geri analiz sonucunda elde edilen rezidüel sürtünme açısı değerleri, laboratuvar deneylerinden hesaplanan $\phi = 5^\circ$ 'den daha

büyüktür. Dolayısıyla zeminin kohezyon etkisi taşımadığı durumda büyük kayma direnci parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 9. Geri analiz kayma daresi ($F_s = 1,0$; Y.A.S.S. şev içerisinde).



Şekil 10. Geri analiz kayma daresi ($F_s = 1,0$; Y.A.S.S. şev yüzeyinde).

Ayrıca geri analizde büyük kayma direnci değerlerinin hesaplanması, laboratuvar deneylerinin arazideki durumu tam anlamıyla yansıtmadığının bir göstergesidir (Çizelge 3). Çizelge 3 ve 4 'de $c=0$, $\phi=5^\circ$ (laboratuvar sonucu) için $F_s=0,330 \sim 0,389$ ve $c=20$, $\phi=0^\circ$ için $F_s=0,515$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre zeminin sahip olduğu kohezyon değerinin güvenlik faktörünü doğrudan etkilediği, bölgede bulunan kumlu, killi silt karışımının kohezyon değerinin düşük veya sıfıra yakın olması durumunda harekete geçtiği görülmektedir. Y.A.S.S. şev içerisinde ve şev yüzeyinde olması halinde $\phi=0$ analizine göre hesap yapıldığında Çizelge 3 ve 4'ten $c=20 \text{ kN/m}^2$ için $F_s=0,515$, Çizelge 2'den $c=40 \text{ kN/m}^2$ için $F_s=1,031$ olarak hesaplanmıştır. Buradan zeminin sahip olduğu kohezyonun güvenlik faktörü üzerindeki etkisini açıkça görmek mümkündür.

Çizelge 3. A-A¹ kesiti, Y.A.S.S. şev içerisinde, II. Duruma ait stabilite analizi ve geri analiz sonuçları.

c (kN/m ²)	$\phi \sim \phi_r^1$ (derece)	Fs (Bishop analizi güvenlik faktörü)
20	5	0,907
0	12,65	1,0
0	5	0,389
20	0	0,515

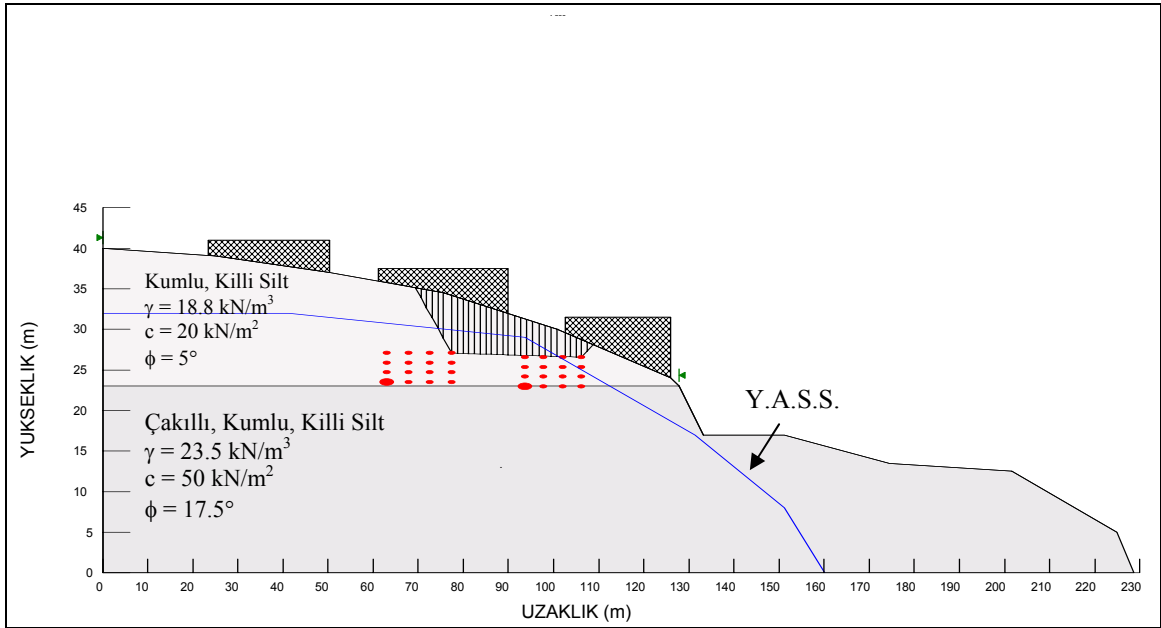
Çizelge 4. A-A¹ kesiti, Y.A.S.S. şev yüzeyinde, II. Duruma ait stabilite analizi ve geri analiz sonuçları.

c (kN/m ²)	$\phi \sim \phi_r^1$ (derece)	Fs (Bishop analizi güvenlik faktörü)
20	5	0,907
0	14,8	1,0
0	5	0,330
20	0	0,515

V.3 Blok Analiz Yöntemi

Arazide ortaya çıkan potansiyel kayma yüzeyinin şekli üzerinde jeolojik şartların önemi büyüktür. Düzlemsel kayma yüzeyleri genellikle tabakalanmış zeminlerde, kaya

kütleleri içerisindeki küçük kayma bloklarında veya kil kabukların altında sert çatlaklı silt ve killerin bulunduğu durumlarda ortaya çıkmaktadır. Araştırma alanında bulunan zeminin cinsi ve özellikleri de yukarıdaki tanımlama ile örtüştüğünden potansiyel kayma yüzeyinin blok analiz yöntemi ile belirlenmesi ve güvenlik faktörü değerinin hesaplanması uygun olmaktadır. Blok analiz yöntemi bir temelden daha çok dolguların kayma mukavemetini ve güvenlik faktörünü belirlemede daha iyi sonuç vermektedir. Dolayısıyla araştırma alanında kayma etkisi görülen zemin sonradan taşınmış malzeme ile oluşturulmuş bir dolgu olduğundan blok analiz yöntemine bu açıdan da uygundur. Arazide kaydedilmiş tespit edilen bölge derinlik ve kesit olarak şev üzerinde tanımlanarak blok analizle güvenlik faktörü değerleri hesaplandığında Y.A.S.S. şev içerisindeki durumu için $F_s=1,236$, Y.A.S.S. şev yüzeyindeki ise durumu için $F_s=1,151$ olarak bulunmuştur (Şekil 11). Hesaplanan değerler kayma dairesi analiz yöntemine göre daha büyüktür ve bu analiz yöntemine göre şev stabildir. Oysaki açıkça bellidir ki o bölgede bir şev kayması mevcuttur. Geri analizler sırasında Y.A.S.S şev içerisinde $c=0$, $F_s=1,0$ için $\phi_r^1 = 9,1^\circ$, Y.A.S.S. şev yüzeyinde $c=0$, $F_s=1,0$ için $\phi_r^1 = 10,7^\circ$ olarak bulunmuştur. Bu verilere dayanarak taneler arası kohezyonun, şevin stabilitesinin sağlanmasında etken olduğu görülmektedir.



Şekil 11. Blok analiz uygulaması ($F_s= 1,236$; Y.A.S.S. şev içerisinde).

V.4 Boşluk Suyu Basıncı Değişimi

Şev kaymalarının sebeplerinden birisi de bölgede yeraltısuyunun bulunması ve bölgedeki zeminde ayrışma etkisi yaratarak zemini harekete geçirmesidir. Bu durumda mukavemet hesaplarında kullanılması gereken en önemli faktör de boşluk suyu basıncı olmaktadır. Çalışmadaki araştırma alanı için de bu durum söz konusudur. Dolayısıyla çalışmanın bu bölümünde boşluk suyu basıncı değişiminin güvenlik faktörü üzerindeki etkisi incelenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Y.A.S.S 'nin değişimi ve güvenlik faktörü ilişkisi.

Y.A.S.S. (m)	FS (Bishop analizi güvenlik faktörü)
0	0,848
-3,0	0,905
-6,0	0,929

Slope/W programı üzerinde Y.A.S.S.'nin koordinatları tanımlanarak su seviyesinin değişimi sağlanmış ve buna bağlı olarak ta boşluk suyu basıncı değerleri elde edilmiştir. Bu verilere göre aynı kesit üzerinde Y.A.S.S.'nin şev yüzeyinden derine inmesi ile güvenlik faktörü artmaktadır.

VI. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı Bozüyük, Yediler yerleşim alanında ortaya çıkmış olan şev kaymasının analizini yapmaktır. Günümüzde şev stabilitesi hesaplarında pek çok yöntem ve bunları kullanabilen bilgisayar programları bulunmaktadır. Bu programları kullanabilmek için stabilite analizi yapılacak olan şevin zemin özelliklerinin bilinmesi ve buna bağlı olarak ta şev kaymasının şekline karar vermek gerekmektedir. Bozüyük Yediler yerleşim alanında oluşan şevin analizi için sırası ile aşağıdaki işlemler yapılmıştır:

1) Önceden oluşmuş süreksizlikler ve ortaya çıkmış şev kaymasının ön etüdü yapılmıştır. Zeminin harekete geçmesine sebep olan çatlaklar ve yönleri

kesinleştirilmiştir. Bölgede olması muhtemel ikincil bir kayma hakkında ön bilgi edinilmiştir.

- 2) Araştırma alanında 12 adet sondaj kuyusu (toplam derinliği 167 m.) açılarak örselenmiş ve örselenmemiş zemin numuneleri elde edilmiş, sondaj sırasında standart kompaksiyon deneyi (SPT) uygulaması yapılmış, Y.A.S.S. ölçümleri ve değişimleri belirlenmiştir. Y.A.S.S.'nin yönü tespit edilerek akım ağı elde edilmiştir.
- 3) Araştırma alanından getirilen zemin numuneleri üzerinde zemin cinsini tanımaya yönelik zemin sınıflandırması deneyleri, mukavemet parametrelerini belirlemek için ise kesme kutusu, serbest basınç, üç eksenli basınç deneyleri uygulaması yapılmıştır. Tüm verilerin (arazi+lab.) değerlendirmesi sonucu arazide oluşan şev geometrisinin uzunluğu fazla, derinliği az bir kayma dairesi olduğuna karar verilmiştir.
- 4) Stabilité analizi için araştırma alanında dört ayrı kesit (A-A', B-B', C-C' ve D-D') düşünülmüş ve bu kesitler üzerinde Slope/W bilgisayar programı ile kayma dairesi analizi araştırması yapılmıştır. Çizelge 1'de verilen durumlara göre en küçük güvenlik faktörü değerini veren ve kaymaya en yatkın kesit A-A' olmuştur. A-A' kesitinde Y.A.S.S. 'nin şev yüzeyinde ve şev içerisinde olması durumuna ve mukavemet parametrelerinin minimum değerlerine göre $F_s=0,848$ ve $F_s=0,907$ (Bishop analizi) olarak bulunmuştur. Bu durumda bölgede kayma potansiyeli mevcuttur.
- 5) Kayma bölgesinde geri analiz yapılarak A-A' kesiti için Y.A.S.S.'nin şev yüzeyinde ve şev içerisinde olması durumlarına göre rezidüel sürtünme açısı sırasıyla ($F_s=1,0$ $c=0$) $\phi'_r = 14,8^\circ$ ve $\phi'_{r=} = 12,65^\circ$ olarak bulunmuştur. Elde edilen direnç açılarının laboratuvar verilerinden elde edilen $\phi = 5^\circ$ 'den büyük olduğu görülmüştür. Zeminin kohezyon etkisi taşımadığı durumda büyük kayma direncine gereksinim duyduğu açıkça görülmektedir. Geri analizde büyük kayma direnci parametrelerinin hesaplanması laboratuvar deneylerinin arazideki durumu tam olarak yansıtmadığı anlamına da gelmektedir.
- 6) Kaymanın oluştuğu bölge zaman içerisinde taşınarak doldurulmuş, çatlaklı, kumlu, killi silt içermektedir. Bu tür zeminlerde blok analiz yöntemi ile de analiz yapmak uygundur. A-A' kesiti üzerinde kaymış bölge üzerinde blok analiz yapılmış ve Y.A.S.S. şev içerisinde olduğunda $F_s= 1,236$, Y.A.S.S. şev yüzeyinde iken

$F_s=1,151$ olarak ve yine aynı analiz yöntemi için geri analiz yapıldığında ($c=0$, $F_s=1,0$) $\phi_{r=}$ $9,1^\circ$ ve $\phi_{r=}$ $10,7^\circ$ olarak hesaplanmıştır. Bölgede kayma olayı mevcuttur ve $F_s < 1$ olmak zorundadır. Bu durum bölgede kayma dairesi analiz yöntemi ile hesap yapılmasının doğru bir karar olduğunu göstermektedir.

- 7) Bölgede bulunan yeraltısuyu en önemli kayma sebeplerinden birisidir. Araştırmada yeraltısuyu seviyesinin etkisi şev yüzeyinde ve daha derinlerde olmak üzere incelenmiştir. Y.A.S.S. derine indikçe güvenlik faktöründe artış olmaktadır.
- 8) Tüm bu çalışmalar bölgede potansiyel bir kaymanın mevcut olduğunu göstermektedir. Bölgede ortaya çıkan şev kaymasının duraysızlığını önlemek amacıyla bir istinat yapısı ve drenaj sistemi inşa edilmesi uygun olacaktır.

BİLGİLENDİRME:

Bu çalışma Anadolu Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 990232.

KAYNAKLAR

- [1] Das, B.M., " *Principles of Geotechnical Engineering* ", PWS Publishing Company, Boston, 1994.
- [2] Kohgo, Y., Yamashita, T., " Finite element analysis of fill type dams-stability during construction by using the effective stress concept ", *Proc. Conf. Numerical Method in Geomech.*, ASCE, 111(2), pp. 238-250., 1998.
- [3] Al-Karni, A.A., Al-Shamrani, M.A., " Study of the effect of soil anisotropy on slope stability using method of slices ", *Computers and Geotechnics*, 26(2000), pp. 83-103., 1999.
- [4] Singh, A., " Shear strength and stability of man-made slopes ", *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, ASCE 96 (SM6), pp. 1879-1892., 1970.
- [5] Ayaroğlu H., " Petrochemical properties of Bozuyuk Metamorfits " , *Geology*

Bulletin of Turkey, Ankara ,Vol. 22-1., 1979.

[6] ASTM, " *Annual (Book of ASTM Standarts)* ", Soil and Rock (I): Philadelphia (Am. Soc. Testing and Meter)., 1995a.

[7] Abramson, L.W. vd., " *Slope stability and stabilization methods* ", '2nd Edition, John Wiley& Sons, October, 2001.