
YUMUŞAK KAYALARDA ŞEV STABİLİTESİ

H. Turan Durgunoğlu (1)

H. Fatih Kulaç (2)

Turhan Karadayılar (2)

Gökalp Baştürk (3)

Tevfik Hoş (4)

ÖZET

Bu çalışma kapsamında (Tarsus-Pozantı)Ayr.-Adana-Toprakkale-Gaziantep (TAG) Otoyolu inşaatında karşılaşılan yumuşak kilitli formasyonlarda oluşturulacak şevlerin kısa ve uzun vadeli stabilite durumları analiz ve gözlemler ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Sonuç olarak, kritik stabilite durumunun belirlenmesi için en uygun analiz yöntemi ve parametre seçimi sunulmuştur.

ABSTRACT

The short and long term stability condition of cut slopes within soft claystone formations widely encountered in (Tarsus-Pozantı)Int.-Adana-Toprakkale-Gaziantep (TAG) Motorway is investigated based on the comparative evaluation of analysis and observations. Consequently, the appropriate method of analysis and parameter selection in order to achieve the critical stability condition for design is presented.

(1) Prof. Dr., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Boğaziçi Üniversitesi, Bebek, İSTANBUL

(2) İnşaat Yüksek Mühendisi, Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş., İSTANBUL

(3) İnşaat Mühendisi, Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş., İSTANBUL

(4) Jeoloji Mühendisi, Zetaş Zemin Teknolojisi A.Ş., İSTANBUL

1. GİRİŞ

Yumuşak kilitaşı formasyonlarda açılacak yarmaların Şev stabilitesi tahkikinde uygun analiz yöntemi ve parametre seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu tür yumuşak kayaların kısa ve uzun vadeli davranışları arasındaki farklılığın gözardı edilmesi nedeniyle oluşmuş bir çok stabilite bozukluğuna literatürde(Kulhawy,1968) yer verilmektedir. Bu amaçla, konu, (Tarsus-Pozantı)Ayr. - Adana - Toprakkale - Gaziantep Otoyolu (TAG Otoyolu) dahilinde yer alan yumuşak kilitaşı üzerine bir vaka çalışması şeklinde incelenmiştir. Bu otoyolun ilk iki kesimi arasında kilitaşı açılan yarmalara ait sondaj, yerinde ölçüm ve laboratuvar deneylerinden elde edilen doneler analiz ve değerlendirmelerde kullanılmıştır. Otoyolun ilgili yarma kesimlerinde gözlenen stabilite durumları irdelenmiştir.

2. TAG OTOYOLU

TAG Otoyolu, (Tarsus-Pozantı) Ayrımından (~ Km 44) başlayarak doğu yönünde Adana (~ Km 70) ilini geçmekte ve sonra Ceyhan, Osmaniye ve Toprakkale üzerinden Gaziantep'e (~Km 300) ulaşan yaklaşık 260 km uzunluğunda bir otoyol olarak projelendirilmektedir. Bu otoyolun başlangıcından (~ Km 44) , yaklaşık olarak 110. km'ye kadar olan kesiminde, Seyhan Nehrinin varlığında etkilenen Km 70 - 90 arası haricinde yumuşak kilitaşı en geniş yayılıma sahip formasyondur. Bu kesim dahilinde yer alan yarmaların Şev eğiminin belirlenmesi amacı ile uzun ve kapsamlı saha, laboratuvar ve projelendirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

3. YEREL JEOLJİ

İncelenen kesim genel olarak yumuşak topoğrafyalı olup yer yer az veya orta derinlikte geniş tabanlı vadiler ile kuzey güney doğrultusunda kesilmektedir. Belirgin litotip, silt, silttaşı, ince kumtaşı ve iri bloktlu konglomera ile süreksiz bir fasiyesde olan kilitaşıdır. Bu birim yerel olarak Handere Formasyonu olarak bilinmektedir. Handere Formasyonu üzerinde, yer yer , pliyokuvaterner kalkarenetik kireçtaşından (Kaliş) oluşan formasyon bulunur. Formasyonun düşük geçirgenliğinden ötürü belirgin bir yeraltı suyu tablası yoktur, ancak, boşluk suyu basıncı oluşturabilecek nitelikte suların varlığı silttaşı-kumtaşı arabantlarından sızıntı şeklinde gözlenmektedir.

4. ARAZİ VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Kilitaşının geoteknik özelliklerini belirlemek amacı ile sondajlar esnasında düzenli aralıklarla Standart Penetrasyon Testi (SPT) ve numune alınabilen tabakalardan örselenmemiş numune alımı gerçekleştirilmiştir. SPT deneylerinde genelde $N > 50$ değeri ölçülmüştür. Örselenmemiş

numune alımında Dennison tipi numune alıcı kullanılmıştır. Bu örselenmemiş numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneylerin sonucunda toplam ve efektif gerilme parametreleri ölçülmüştür. Ancak, formasyonun yumuşak kaya olması nedeniyle numune alımı sınırlı sayıda gerçekleştirilebilmiştir. Temsili numune alımı ise düzenli aralıklar ile yapılmış ve tanımlamaya yönelik laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sonucunda kiltaşının $I_p = \% 20-40+$ arası plastisite indisine sahip ve yüksek plastisiteli olduğu belirlenmiştir (Durgunoğlu ve diğ.,1990). Yöntemi daha sonra açıklanan özel bir laboratuvar çalışması yürütülerek örselenmiş kiltaş numunelerin Standart Proctor'a göre sıkıştırılması ile elde edilen değişik su muhtevalarındaki numuneler üzerinde efektif pik ve rezidüel kayma mukavemeti parametrelerini belirlemeye yönelik bir seri deney gerçekleştirilmiştir. Tüm bu çalışmaların sonucunda, kiltaşının kısa vadeli davranışını belirleyecek toplam gerilme (c_u, ϕ_u) ve uzun vadeli davranışını belirleyecek efektif gerilme pik ve rezidüel ($c_p', \phi_p'; c_r', \phi_r'$) kayma mukavemeti parametreleri otoyol boyunca çeşitli mevkilerden alınan numunelerden ölçülerek Tablo 1'de özetlenmiştir.

4.1. Laboratuvar Deneyleri

Sondajlar esnasında alınan örselenmemiş numuneler üzerinde şartnamelere uygun CU ve UU tipi üç eksenli basınç, kesme kutusu ve serbest basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, örselenmiş numunelerden değişik su muhtevalarında sıkıştırılarak hazırlanan numuneler üzerinde de özel kesme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Zira, pik kayma mukavemeti değerlerinde deformasyonların artması halinde dikkate değer bir azalma olmaktadır (Skempton, 1964). Diğer bir deyişle, c_p', ϕ_p' değerleri büyük deformasyonlarda rezidüel değerlere yani c_r', ϕ_r' yaklaşmaktadır. Sıkıştırılmış killerde ölçülen bu davranışın yumuşak kaya niteliğindeki kiltaş için de geçerli olduğu bilinmektedir. Bu durum , Noble (1973) ve Grefsheim (1988) tarafından da belirtilmiştir. Tüm deneyler KGM Araştırma Dairesinin Ankara'daki laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Özel kesme deneylerinin gerçekleştirilmesinde uygulanan yöntem aşağıda sunulmuştur.

Özel Deney Yöntemi

Örselenmiş zemin numuneleri No.4 elekten elenerek elek altında kalan kısım optimum su muhtevasında, optimumun kuru ve yaş tarafında olacak şekilde değişik su muhtevalarında Standart Proctor yöntemi ile sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılmış numuneler 6cmx6cm boyutlarındaki kare kesitli kesme kutusu aletinde 100 kPa, 150 kPa ve 200 kPa düşey yükler altında konsolide edilmiştir. Konsolidasyon deneylerinden yararlanılarak, bu düşey yükler altında numunelerdeki boşluk suyu basınçlarının % 95 oranında sönmesi için gereken süre hesaplanmış ve kesme

Tablo 1 - Laboratuvar Deney Sonuçları

Km	USSC	Toplam Gerilme Parametreleri		Efektif Gerilme Parametreleri				w(%)
				Pik		Rezidüel		
		c_u (kPa)	ϕ_u (°)	c_p' (kPa)	ϕ_p' (°)	c_r' (kPa)	ϕ_r' (°)	
46+000*	CH			20	26	0	13	w_{opt}
46+050	CH	166	0					w_n
46+900	CH	141	1					w_n
49+200	CH			39	26			w_n
50+800*	CH			47	27	17	18	w_{opt}
51+530	CL	231	9					w_n
54+400	CH	140	2					w_n
59+070	CL	159	3					w_n
63+300	CL	62	27	68	26			w_n
63+300	CL	81	21	60	26			w_n
66+200*	CH			70	27	0	18	w_{opt}
95+000*	CH			60	32	20	32	w_{opt}
95+360	CH	141	0					w_n
95+360	CH	152	0					w_n
99+000*	CH			35	24	15	21	$w_{opt}+2$
99+000*	CH			20	30	13	23	$w_{opt}+5$
99+560*	CH			48	27	25	27	$w_{opt}+2$
108+200	CH			32	27			w_n
Değer Aralığı	CL-CH	62-231	0-27	20-70	24-32	0-25	13-32	
Seçilen Değer		150	0	30	26	5 - 10	22	

(*) Sıkıştırılmış numune üzerinde özel kesme deneyi sonuçları

- c_u, ϕ_u : Toplam gerilme kohezyon ve içsel sürtünme açısı
 c_p', ϕ_p' : Efektif gerilme pik kohezyon ve içsel sürtünme açısı
 c_r', ϕ_r' : Efektif gerilme rezidüel kohezyon ve içsel sürtünme açısı
 w : numunenin su muhtevası
 w_n : doğal su muhtevası
 w_{opt} : optimum su muhtevası (Standart Proctor)

kutusu deneyinin drenajlı deney olabilmesi için uygulanacak maksimum kesme hızı bulunarak bundan düşük hız uygulanmıştır. Numunelerin pik mukavemet parametreleri 1. kesmede bulunmuştur. 1. kesmeden sonra numuneler ince bir telle kesme düzleminden kesilmiştir. Telle kesilen numunelerin kayma dayanımında dikkate değer bir düşme görünmeyinceye kadar deney tekrarlanmıştır. Rezidüel kayma mukavemetine 4-5 kez kesme sonucunda ulaşılarak rezidüel, c_r , ϕ_r parametreleri elde edilmiştir.

5. SEÇİLEN KAYMA MUKAVEMETİ PARAMETRELERİ

Özel kesme deneyleri, optimum su muhtevasında, optimumun kurusunda ve yaşında olmak üzere değişik su muhtevaları için gerçekleştirilmiştir. Üzerinde deney yapılan yarma malzemelerinin doğal su muhtevası optimum su muhtevasının % 2 ila 5'i yaşındadır. Bu nedenle, yarma stabilite analizlerinde, optimumun yaşında sıkıştırılan numuneler dikkate alınmalıdır. Bu husus ve Tablo 1'de sunulan diğer deney sonuçları dikkate alınarak stabilite tahkiklerinde aşağıdaki parametrelerin kullanılması uygun bulunmuştur.

Toplam Gerilme : $c_u = 150 \text{ kPa}$, $\phi_u = 0$

Efektif Gerilme :

-pik parametreler : $c_p' = 30 \text{ kPa}$, $\phi_p' = 26$

-rezidüel parametreler : $c_r' = 5 - 10 \text{ kPa}$, $\phi_r' = 22$

Not : çok uzun vadede rezidüel kohezyon değerinin daha da düştüğü bilinmektedir (Skempton, 1964). Bu nedenle $c_r' = 5 \text{ kPa}$ durumu da incelenmiştir.

6. STABİLİTE ANALİZLERİ

Stabilite analizleri $H = 10.0 \text{ m}$ yüksekliğinde $h/v = 2/1$ eğime sahip bir yarma geometrisi için gerçekleştirilmiştir. Analizler yarma içinde değişik boşluk suyu basınçları oluşması durumları için tekrarlanmıştır. Yarmanın kısa ve uzun vadeli stabilitesi yukarıda verilen toplam ve efektif gerilme kayma mukavemeti parametreleri kullanılarak ayrı ayrı incelenmiştir. Sonuç olarak elde edilen güvenlik faktörleri gözlemler ile mukayeseli olarak değerlendirilmiştir.

6.1. Analiz Yöntemi

Şev stabilitesi analizleri Geliştirilmiş Bishop yöntemini kullanan bir bilgisayar programı ile gerçekleştirilmiştir. En kritik kayma dairesinin belirlenmesinde Nelder & Mead (1964) tarafından geliştirilen Simplex optimizasyon tekniğini esas alan bir alt programdan yararlanılmıştır.

6.2. Boşluk Suyu Basıncı

Yarma içindeki boşluk suyu basıncı oranı, ru olarak bilinen birimsiz parametre ile simüle edilmiştir. ru 'nun formülasyonu aşağıda verilmiştir.

$$r_u = \gamma_w H_w / \gamma_s H_s$$

bu bağıntıda,

γ_w, γ_s : sırasıyla su ve zeminin birim hacim ağırlıkları.

H_w, H_s : sırasıyla şev yüzeyi ile kayma yüzeyi arasında kalan su ve zemin kalınlığı olarak verilmektedir.

Uzun vade analizleri aşağıda verilen r_u değerleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

r_u	Açıklama
0.00	Boşluk suyu basıncı yok
0.15	Orta piezometrik seviye
0.30	Yüksek piezometrik seviye

6.3. Yükleme Durumu

Gerek inşaat esnasında ve gerekse otoyolun işletme sürecinde şev üstünde oluşabilecek dış yükler $q=10.0 \text{ kN/m}^2$ mertebesinde bir sürşarj ile simüle edilerek analizlere dahil edilmiştir.

6.4. Analiz Sonuçları

Gerçekleştirilen analizlerin sonuçlarından elde edilen güvenlik faktörleri Tablo 2'de özetlenmiştir. Bu tablodan kısa ve uzun vadeli stabilite analizleri için aşağıda verilen sonuçlara varmak mümkündür.

Tablo 2 - Stabilite Analizi Sonuçları Özet Tablosu - Güvenlik Faktörleri

Analiz Yöntemi	Parametre	Boşluk Suyu Basıncı, r_u		
		0.00	0.15	0.30
Kısa Vade	Toplam Gerilme	4.8	--	--
Uzun Vade	Efektif Gerilme(pik)	2.6	2.3	2.1
Uzun Vade(*)	Efektif Gerilme (Rezidüel)	1.2-1.4	1.0-1.3	0.9-1.1

(*)Rezidüel parametreler ile gerçekleştirilen analizlerde ilk güvenlik faktörü $cr' = 5 \text{ kPa}$ ikinci değer ise $cr' = 10 \text{ kPa}$ durumları için hesaplanmıştır.

- * Toplam gerilme parametreleri kullanılarak gerçekleştirilen kısa vadeli stabilite analizi sonucunda F.S.=4.8 mertebesinde yüksek bir güvenlik faktörü elde edilmiştir. Bu güvenlik faktörü dikkate alınarak bu şev projelendirildiği takdirde herhangi bir stabilite bozukluğu beklenmeyeceği sonucuna varılacaktır.

- * Efektif pik parametreler kullanılarak gerçekleştirilen uzun vadeli stabilite analizleri sonucunda boşluk suyu basıncı olmaması halinde F.S.=2.6, orta ve yüksek piezometrik seviyeler olması hallerinde ise sırasıyla F.S.=2.3 ve F.S.=2.1 güvenlik faktörleri elde edilmiştir. Bu tür analizlerde F.S.=1.5 istenen minimum güvenlik faktörü olarak alınabilir. Bu durumda bu hesap yöntemi ve efektif pik parametreleri kullanılarak değerlendirme yapıldığı takdirde de herhangi bir stabilite bozukluğu oluşmayacağı sonucuna varılacaktır.
- * Efektif rezidüel parametreler kullanılarak gerçekleştirilen uzun vadeli stabilite analizi sonucunda $c'_r = 10$ kPa mertebesinde küçük bir kohezyon değerinin varolduğu kabul edilirse , boşluk suyu basıncı olmaması halinde F.S.=1.4, orta ve yüksek piezometrik seviyeler olması hallerinde ise sırasıyla F.S.=1.3 ve F.S.=1.1 güvenlik faktörleri elde edilmiştir. Bu küçük kohezyon değerinin dahi zamanla azaldığı bilindiğinden (Skempton, 1964) $c'_r = 5$ kPa için analizler tekrarlanırsa , boşluk suyu basıncı olmaması halinde F.S.=1.2, orta ve yüksek piezometrik seviyeler olması hallerinde ise sırasıyla F.S.=1.0 ve F.S.=0.9 güvenlik faktörleri elde edilmiştir. Bu hesap yöntemi ve efektif rezidüel parametreler kullanılarak değerlendirme yapıldığı takdirde ise daha önce uygulanan yöntemlerden elde edilen sonuçların aksine, özellikle yüksek piezometrik seviye oluşması halinde stabilite bozukluğunun olası olduğu belirlenmiştir.

Yukarıda verilen üç tip analiz yöntemi de geoteknik mühendisliğinin çeşitli alanlarında (bina temelleri, dolgu stabilitesi, iksa sistemleri) uygulanmaktadır. Ancak, her yöntemin geçerliliği uygulama alanına göre değişiklik göstermektedir. Bu çalışmanın asıl amacı bu analiz yöntemlerinden elde edilen sonuçların gerçek saha gözlemleri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirerek, yumuşak kiltası tipi formasyonlarda oluşturulacak yarmaların stabilite tahkikinde en uygun olan hesap yönteminin belirlenmesidir.

7. SAHA GÖZLEMLERİ

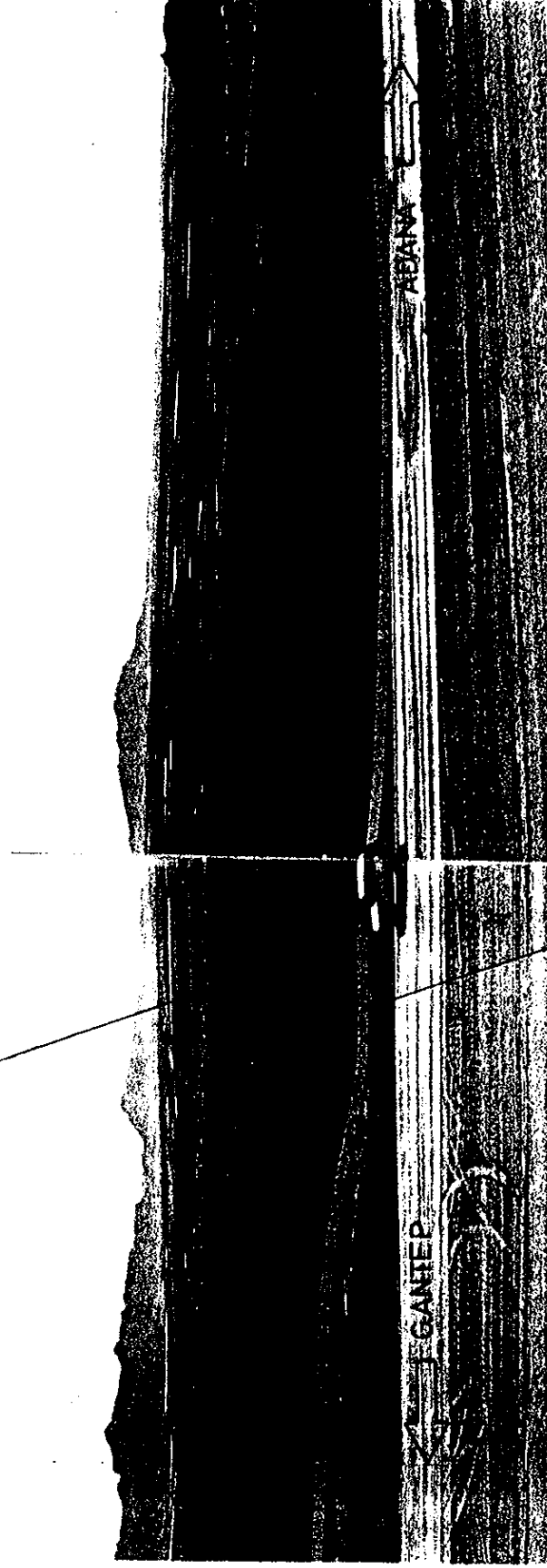
TAG Otoyolu'nun bu araştırma dahilinde incelenen kesimi dahilinde inşaat çalışmaları öncelikle otoyolun Km 92-106 arasında yer alan alt kesiminde başlatılmıştır, Bu kesim için hazırlanan geoteknik projede şev yüzeyinde özel drenaj hendekleri uygulamak şartı ile $h/v=2/1$ şev eğiminin kiltası içinde açılacak yarmalarda uygulanabileceği $H=12.0$ m'den yüksek yarmalarda otoyol platformundan her 10.0m yükseklikte 5.0m genişliğinde palye düzenlemesi gerektiği belirtilmiştir. Ancak, uzun yapım işlemleri esnasında, kuru ve yağışlı dönemlerde herhangi bir drenaj sistemi uygulanmadan önce açık yarma şevlerini takriben 1 yıl gözlemek mümkün olmuştur. Bu gözlemler aşağıda özetlenmiştir.

- * Yarmalar öncelikle dik olarak açılmıştır. Hafriyat işlemleri esnasında yerel dökülmeler haricinde herhangi bir stabilite bozukluğuna rastlanmamıştır,
- * Daha sonra şevler $h/v=2/1$ olacak şekilde düzenlenmiştir. Şev yüzeyleri oldukça düzgün bir görünüme sahiptir.
- * Zamanla ve özellikle yağışlı dönemler sonucunda şev yüzeylerinde ve şev üstünde gerilme çatlakları oluştuğu gözlenmiş, ara kumtaşı bantlarından su geliri olduğu belirlenmiştir.
- * Kısa mesafelerde özellikle kıltaşı formasyonun hakim olduğu yerlerde göçmeler olmuştur. Bunlardan en önemlisi Km 104+600-105+380 yarmasında kıltaşı seviyelerinde gözlenen önemli boyuttaki stabilite bozukluğudur. Şekil 1'de stabilite bozukluğunun genel görünümü sunulmuştur.

8. DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER

- * Saha gözlemleri sonucunda $h/v=2/1$ şev eğimi uygulanması halinde kısa vadede hiç bir stabilite bozukluğu olmadığı ancak analizlerde kullanılan şev geometrisine ($H\sim 10.0m$) sahip Km 104+600-105+380 yarmasında uzun vadede stabilite bozuklukları oluştuğu belirlenmiştir. (F.S. = 0.9-1.1).
- * Sonuç olarak, inceleme konusu Handere yumuşak kıltaşı formasyonunda açılacak yarmalarda kısa vadeli stabilitenin yüksek olduğu ancak uzun vadede önemli stabilite bozukluklarının oluşabileceği belirlenmiştir. Bu tür yumuşak kıltaşı formasyonlar, üzerinden yük kalktığında, yani hafriyat esnasında ve dış şartlarla da karşılaştığında (yağış, ısı değişimi vb.) hacim değişikliğine uğramakta ve kayma mukavemeti azalmaktadır. Dolayısıyla uzun vadeli stabilitenin kritik olması doğaldır. Uzun vadeli stabilitenin tahkikinde en uygun yaklaşımın boşluk suyu basıncı varlığını dikkate alarak efektif rezidüel parametreler kullanılarak gerçekleştirilen uzun vadeli hesaplar olduğu sonucu teyid edilmiştir.
- * Bu tür stabilite bozukluklarını önlemek için boşluk suyu basıncını yeterince düşük tutacak nitelikte şev yüzeyinde drenaj uygulamak veya şev eğimini azaltmak gerekmektedir. Nitekim TAG otoyolunun incelenen kesimi için yapılan analizler sonunda takriben 2.0m derinliğinde drenaj kanallarından oluşan bir şev yüzeyi drenajının uygulanması halinde $h/v=2/1$ şev eğiminin stabil olacağı gösterilmiştir alternatif çözümün ise özel drenaj uygulamaksızın şev eğiminin yarma yüksekliği ve kıltaşının yayılımına bağlı olarak $h/v=2.5/1-3/1$ 'e yatırılması olduğu belirlenmiştir. Sonuçta, drenajların gerçekleştirilmediği bir yıllık sürede gözlenen stabilite bozuklukları nedeni ile alternatif çözüm olan şev eğiminin azaltılması ($h/v = 2.5/1-3/1$) uygulamasına gidilmiştir.
- * Ancak bu tür sert zemin - yumuşak kaya niteliğindeki formasyonlardan rezidüel kayma

şev üstünde gözlenen gerilme çatlağı ve
kaymadan ötürü oluşan
~ 50 cm genişliğinde yarı



topukta gözlenen kayma yüzeyi

Şekil 1 - Km 104+600 - Km 105+380 yarmasında gözlenen stabilite bozuklukları

mukavemetini belirlemeye yeterli olacak nitelikte örselenmemiş numune almak çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Nitekim, bu nedenle TAG Otoyolu, geoteknik projelendirme çalışmaları sırasında detayları daha önce verilen bir seri özel laboratuvar deneyi gerçekleştirilerek rezidüel parametreler belirlenmiştir. Ancak, bu tür deneylerin gerçekleştirilmesi mümkün değilse veya deney sonuçlarını tahkik etmek amacı ile kil yüzdesi (-2μ) veya formasyonun plastisite özellikleri kullanılarak efektif pik ve rezidüel parametreleri elde etmeye yönelik bir çok çalışma mevcuttur. Skempton (1964), Kenney (1967) ve Durgunoğlu (1969) konuyla ilgili literatüre örnek verilebilir.

- * Özetle, yumuşak kilaşlarının kısa vadeli yüksek stabiliteye sahip görünümüne aldanılmaması, bu formasyonlarda açılacak şevlerde stabilite tahkikinin mutlaka uzun vadeli efektif rezidüel parametreler ile gerçekleştirilmesi gerektiği TAG Otoyolu bünyesinde Handere formasyonu kilaşları için gözlem sonuçları ile kanıtlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu makalede yer alan özel direk kesme deneylerinin gerçekleştirilmesini sağlayan Karayolları Genel Teknik Araştırma Dairesi Başkanı Sayın Tankut Balkır ile emeği geçen tüm ilgili daire teknik elemanlarına teşekkür ederiz. Bu verilerin teminindeki yardımları ve proje boyunca gösterdikleri yakın işbirliği dolayısıyla, proje firması SPEA-TECNIC Ortak Girişimi ile müteahhit firma Tekfen-Impresit Ortak Girişimi'ne ayrıca teşekkürü borç biliriz.

KAYNAKLAR

- Durgunoğlu, H.T., (1969), discussion on the influence of Mineral Composition on the -Residual Strength of Natural Slopes by Kenney, Internal Report, University of California, Berkeley
- Durgunoğlu, H.T., Kulaç F., Karadayılar T., Baştürk G., (1990), Yüksek Plastisiteli Taban Zemini Killerinin Projelendirme Kriteri, ZMTM Türk Milli Komitesi Bülteni, Zemin Mühendisliği, Cilt 1990/1, sf. 55-66
- Grefsheim, F.D., (1988), "Laboratory Testing for Slope Stability Design Parameters in Overconsolidated Clay", Proceedings of Landslide Conference
- Kenney, T.C., (1967), "The Influence of Mineral Composition on the Residual Strength of Natural Slopes", Proceedings Oslo Geotechnical Conference, 1, pp. 123-130
- Kulhawy F.H., (1968), "Case Histories of Slope Failure-A Compilation", Internal Report Department of Civil Engineering, University of California
- Nelder, J.A., ve Mead, A., (1964), "A Simplex Method for Function Minimization", Computer Journal, 7, pp. 308-313
- Noble, H.L., (1973), "Residual Strength and Landslides in Clay and Shale", JSMFED, ASCE, Vol.99, No. SM9, Proc. Paper 10023, September, pp.705-719
- Skempton, A.W., (1964), "Long-Term Stability of Clay Slopes", Geotechnique, Vol. 14, pp 77-101