

KAYA KÜTLE ÖZELLİKLERİNİN ŞEV TASARIMINA ETKİSİ (KAHRAMANMARAŞ-GAZİANTEP DEVLET YOLU)

EFFECTS OF ROCK MASS PROPERTIES ON ROCK SLOPE DESIGNS (KAHRAMANMARAŞ-GAZİANTEP MOTORWAY)

Ali ÖZVAN¹, İsmail DİNÇER², Ali GÖKOĞLU³, U. İnan SEVİMLİ²

¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080, VAN

² Adıyaman Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Teknik Programlar Bölümü, 02240, Adıyaman

³ Çukurova Üniversitesi Ceyhan Meslek Yüksekokulu İnşaat Programı, Ceyhan / Adana

Yayına Geliş (Received): 23.03.10, Yayına Kabul (Accepted): 11.11.10

ÖZ : Bu çalışmada farklı litolojik ve yapısal özelliklerin şev tasarımına etkisi, örnek bir uygulama kapsamında değerlendirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak Gaziantep bölgesinde dolomitik ve killi kireçtaşlarının gözlemlendiği bir alan seçilmiştir. Tarsus-Adana-Gaziantep (TAG) otoyolu gibi önemli bir projenin bulunduğu bu bölgede Gaziantep-Kahramanmaraş arasında yeni bir devlet yolunun açılması planlanmaktadır. Çalışma kapsamında dolomitik ve killi kireçtaşları içerisinde ve her iki yol güzergâhında olmak üzere dört ayrı kazı sevi kinematik olarak değerlendirilmiştir. Otoyol için belirlenen şev açılarından farklı açılarda, ilave önlemler almadan (çelik hasır, püskürtme beton, kaya saplaması), ekonomik ve güvenli şevler oluşturulabileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kaya şev stabilitesi, kinematik analiz, kireçtaşı

ABSTRACT : In this study, a new approach has been developed to evaluate effects of diferent lithological and structural properties on the slope design and applied to an area which contains dolomite and clayey limestone deposits in the Gaziantep region. The importance of this region is increased with newly planned Gaziantep-Kahramanmaraş Highway around Tarsus-Adana-Gaziantep (TAG) Highway. During this study, four different slope have been investigated in both dolomitic and clayey limestone. Primarily, kinematic properties of four different slopes in accordance with rock mass properties and coherence of safe slope angles for selected TAG highway have been evaluated. This study showed that, economical and safe slopes, different from the applied slope angles for the TAG Highway, could be designed without having additional protection (such as wire mesh, shotcrete, rock bolt).

Key Words: Rock slope stability, kinematic analysis, limestone

GİRİŞ

Kaya şev tasarımı, yol güzergâhları boyunca gözlenen kaya kütlelerinde yapılan önemli jeoteknik çalışmalardan biridir. Bu kapsamda kinematik şev stabilitesi analizleri, mevcut duraysızlıkların değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Analizlerde girdi parametresi olarak; şev yönelimi,

süreksizliklerin yönelimi ve süreksizlik yüzeylerinin sürtünme açısı değerleri kullanılmaktadır. Bu girdi parametreleri ışığında olası duraysızlıklar ve tipleri belirlenerek, gelişebilecek duraysızlıklar yeni şev tasarımlarıyla ortadan kaldırılmaya çalışılır. Burada karşılaşılan en büyük problem kaya kütle özelliklerinin sağlıklı bir şekilde belirlenememesidir.

Bu çalışmada farklı kireçtaşları içerisinde tasarlanmış olan otoyol ile planlanan devlet yolu güzergâhında seçilen şevlerdeki stabilite durumu kinematik açıdan değerlendirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak, Gaziantep bölgesinde bulunan Orta-Üst Eosen yaşlı Hoya formasyonuna ait dolomitik kireçtaşları ile Alt-Orta Oligosen yaşlı Gaziantep formasyonuna ait killi kireçtaşlarının bulunduğu bir bölge ele alınmıştır. Söz konusu formasyonlar içerisinde yer alan mevcut otoyol ile yeni açılacak olan Gaziantep-Kahramanmaraş devlet yolu üzerinde seçilen şevler karşılaştırılmıştır. Çalışmanın birinci aşamasında, aynı litolojiye ait kaya kütle özellikleri, seçilen lokasyonlarda otoyol ve devlet yolu için ayrı ayrı belirlenerek birbiriyle karşılaştırılmıştır. İkinci aşamada ise kaya kütle özellikleri ışığında uygun şev tasarımını veren değerler kinematik açıdan değerlendirilmiş ve otoyol şevlerinde uygulanan önceki şev açılarının doğruluğu, ekonomik ve mühendislik parametreleri açısından yorumlanmıştır.

METOD

Çalışmanın ilk aşamasında, mevcut otoyol ve yeni açılacak Kahramanmaraş-Gaziantep devlet yolunda Hoya formasyonuna ait dolomitik kireçtaşları ile Gaziantep formasyonuna ait killi kireçtaşlarında süreksizlik düzlemlerinin özellikleri ortaya konulmuştur. Süreksizliklerin bir dizi özelliği arazide inceleme yöntemlerinden biri olan şerit metre yöntemi ile ISRM (1981)' e göre tanımlanmıştır. Bu konuda geniş bilgi Barton, 1973, Barton and Choubey, 1977 ve Hoek and Bray, 1981'de verilmektedir.

Arazi çalışmaları sırasında alınan örneklerden ISRM (1981, 2007)'ye ve ASTM D 2938-95 (2003) standardına uygun olarak sırasıyla, birim hacim ağırlık, tek eksenli basınç dayanımı ve doğrudan makaslama deneyleri yapılmıştır.

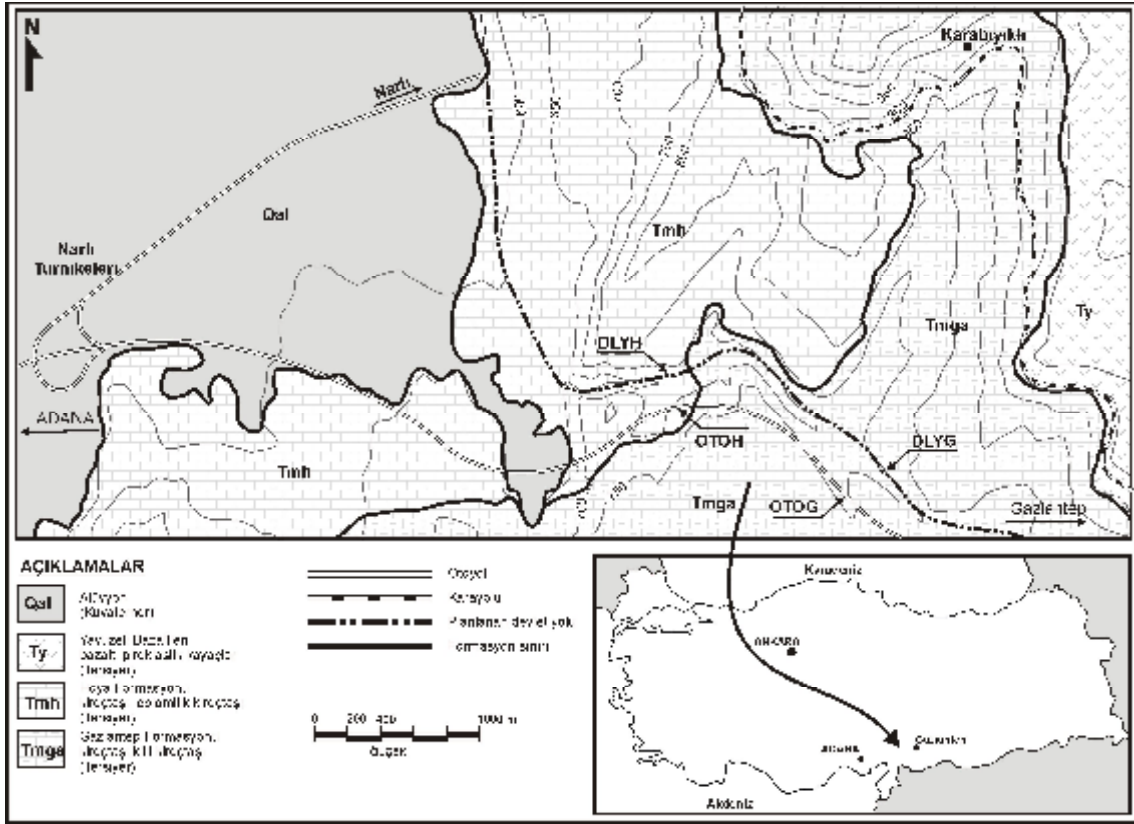
Kaya yenilmelerini değerlendirmede en önemli adım süreksizlik düzleminin içsel sürtünme açısı (ϕ) ve kohezyonunun (c) belirlenmesidir. Söz konusu parametrelerin belirlenmesinde doğrudan makaslama deneyinden faydalanılmıştır.

Kaya şevlerinde, yerçekimi etkisi altında herhangi bir duraysızlığın gelişebilmesi için, kaya

kütlesinin bu duraysızlığa neden olacak süreksizlik düzlemleri içermesi gerekmektedir (Hoek ve Bray, 1981). Kaya kütlelerinde süreksizlik düzlemleri üzerinde üç tip hareket söz konusudur. Bu hareketler; şevin eğim yönüyle süreksizliğin eğim yönünün aynı olduğu düzlemsel kayma hareketi, şevin eğim yönüyle süreksizliğin eğim yönünün farklı olduğu durumlarda gelişebilen devrilme hareketi ve iki süreksizlik düzleminin kesişimi ile gelişebilen kama tipi kayma hareketidir. Kaya kütlelerindeki duraysızlıkların belirlenmesi amacıyla kinematik analiz kullanılmaktadır. Kaya şevlerinin kinematik analizinde, girdi parametresi olarak; şev yönelimi, süreksizlik veya süreksizliklerin yönelimi ve süreksizlik yüzeylerinin sürtünme açısı kullanılmaktadır. Araziden elde edilen veriler DIPS 5.0 bilgisayar programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Süreksizliklere ait eğim yönü açısı/eğim açısı verileri her bir şev için ayrı ayrı değerlendirildikten sonra kontur diyagramı hazırlanarak ana süreksizlik takımları belirlenmiştir. Daha sonra aynı bilgisayar programı kullanılarak kinematik şev stabilitesi analizleri gerçekleştirilmiştir.

JEOLOJİ

Çalışma alanı ve yakın çevresinde karşılaşılan birimler; Tersiyer yaşlı dolomitik kireçtaşlarından oluşan Hoya formasyonu, killi kireçtaşlarından oluşan Gaziantep formasyonu ve Yavuzeli bazaltı ile Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır (Şekil 1). Hoya formasyonu; krem-kirli beyaz-açık gri renkli, orta-kalın tabakalı görünüme sahiptir. Kireçtaşlarının ayrışma yüzeyleri oldukça dayanımsız olup, açık kahvemsî-koyu sarı renklerde gözlenmektedir. Ayrıca, yüzey sularının etkisiyle çok yoğun bir karst topografyası gelişmiştir. Gaziantep formasyonu; killi kireçtaşı, kireçtaşı ve tebeşirden oluşmaktadır. Killi kireçtaşları beyazımsı gri-krem, kirli sarı renkli, ince-orta tabakalı, çok az çört ve tebeşirli düzeyler içermektedir. Çalışma kapsamında incelenecek olan kazı şevleri Hoya formasyonu ile Gaziantep formasyonu içerisinde yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 1: Çalışma alanı yer bulduru ve jeoloji haritası.
Figure 1: Geological and location map of study area.



Şekil 2: Çalışmanın konusunu oluşturan şevlerin genel görünümü.
Figure 2: General view of investigated rock cut slopes.

Çalışma alanında yer alan kayaların mühendislik özellikleri arazi gözlem/ölçüm ve laboratuvar deney sonuçları göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

Kaya kütle karakteristikleri ve makaslama dayanımları ISRM (1981 ve 2007)'e göre yapılmıştır.

Yapılan ve planlanan kazı şevleri, dolomitik kireçtaşları ve killi kireçtaşlarından oluşan Hoya ve Gaziantep formasyonlarının gözlemlendiği bölgede yer almaktadır. Birimlerin malzeme ve kütle özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Dolomitik kireçtaşlarından oluşan Hoya formasyonuna ait birim hacim ağırlık ve tek eksenli basınç dayanımı killi kireçtaşlarından oluşan Gaziantep formasyonundan alınan örneklerle oranla daha

yüksektir. Aynı şekilde incelenen şevlerde en kritik şev yükseklikleri göz önünde bulundurularak Hoek ve Brown (1997)’ye göre kaya kütlelerinin mühendislik parametreleri hesaplandığında, Hoya formasyonuna ait dolomitik kireçtaşı kütlelerinin dayanım parametrelerinin Gaziantep formasyonundan daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

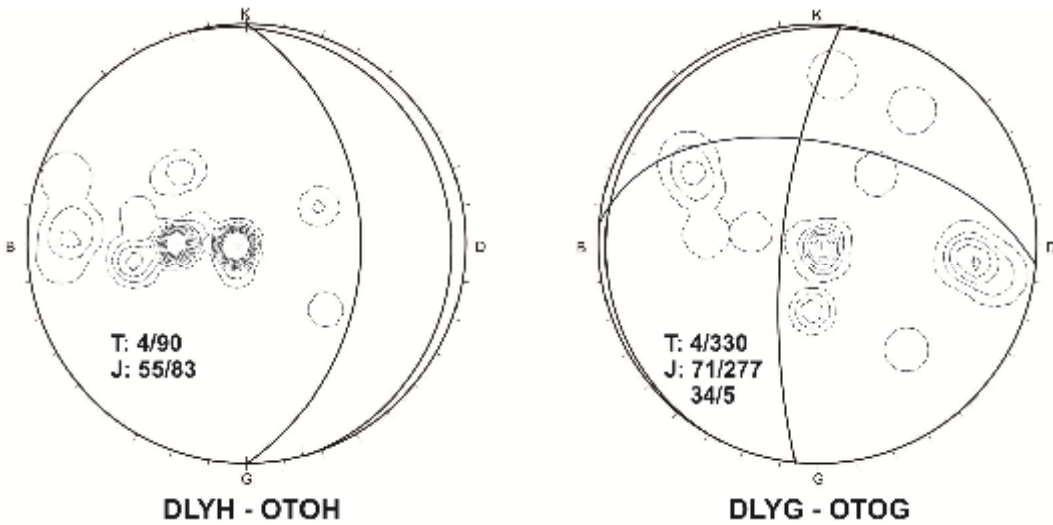
Çizelge 1: Birimlerin malzeme ve kaya kütle özellikleri

Table 1: Rock mass properties of units

	Hoya formasyonu		Gaziantep formasyonu	
	En küçük değer	En büyük değer	En küçük değer	En büyük değer
Birim Hacim Ağırlık (kN/m ³)	25.04	25.14	22.32	22.47
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	54	98	25	68
RQD	40	78	30	64
RMR	47	60	35	52
GSI	37	55	30	40
m_i		6		4
H_{max}		35		20
Kaya Sınıfı		Orta		Zayıf
Eklem süreksizlik düzlemlerinin doruk (peak) ve artık (residual) makaslama dayanımı parametreleri				
c_p (MPa)		0.67		0.23
ϕ_p °		29		27
c_r (MPa)		0.16		0.08
ϕ_r °		27		23

Süreksizlik düzlemlerinden alınan örnekler üzerinde yapılan doğrudan makaslama deney sonucuna göre, Hoya formasyonu içerisindeki eklem yüzeylerinde elde edilen içsel sürtünme açısı ve kohezyon değerleri Gaziantep formasyonuna ait süreksizlik düzlemlerinde elde edilen değerlerden daha yüksek çıkmaktadır.

Yapılan süreksizlik çalışmalarına göre tabaka ve eklem olmak üzere iki farklı süreksizlik tipi belirlenmiştir. Her iki formasyonun otoyol ve devlet yolu güzergâhından ayrı ayrı alınan süreksizlik ölçümlerinden elde edilen kontur diyagramlarından belirlenen ana süreksizlik takımları Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3: Çalışmanın konusunu oluşturan şevlere ait kontur diyagramları.

Figure 3: Contour diagrams of discontinuity sets for investigated slopes.

Belirlenen ana süreksizlik takımları ve süreksizliklere ait diğer özellikler Çizelge 2’de verilmiş olup, her iki formasyonun otoyol ve planlanan devlet yolunda sergiledikleri yapısal ve fiziksel özelliklerin oldukça benzer olduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı, alınan süreksizlik ölçümleri birleştirilerek (DLYH-

OTOH ve DLYG-OTOG olarak) her iki formasyon için tekrar kontur diyagramları hazırlanmış ve kinematik stabilite analizlerinde kullanılacak olan hakim süreksizlikler Hoya formasyonu için 4/90, 55/83, Gaziantep formasyonu için 4/330, 71/277, 34/5 olarak belirlenmiştir.

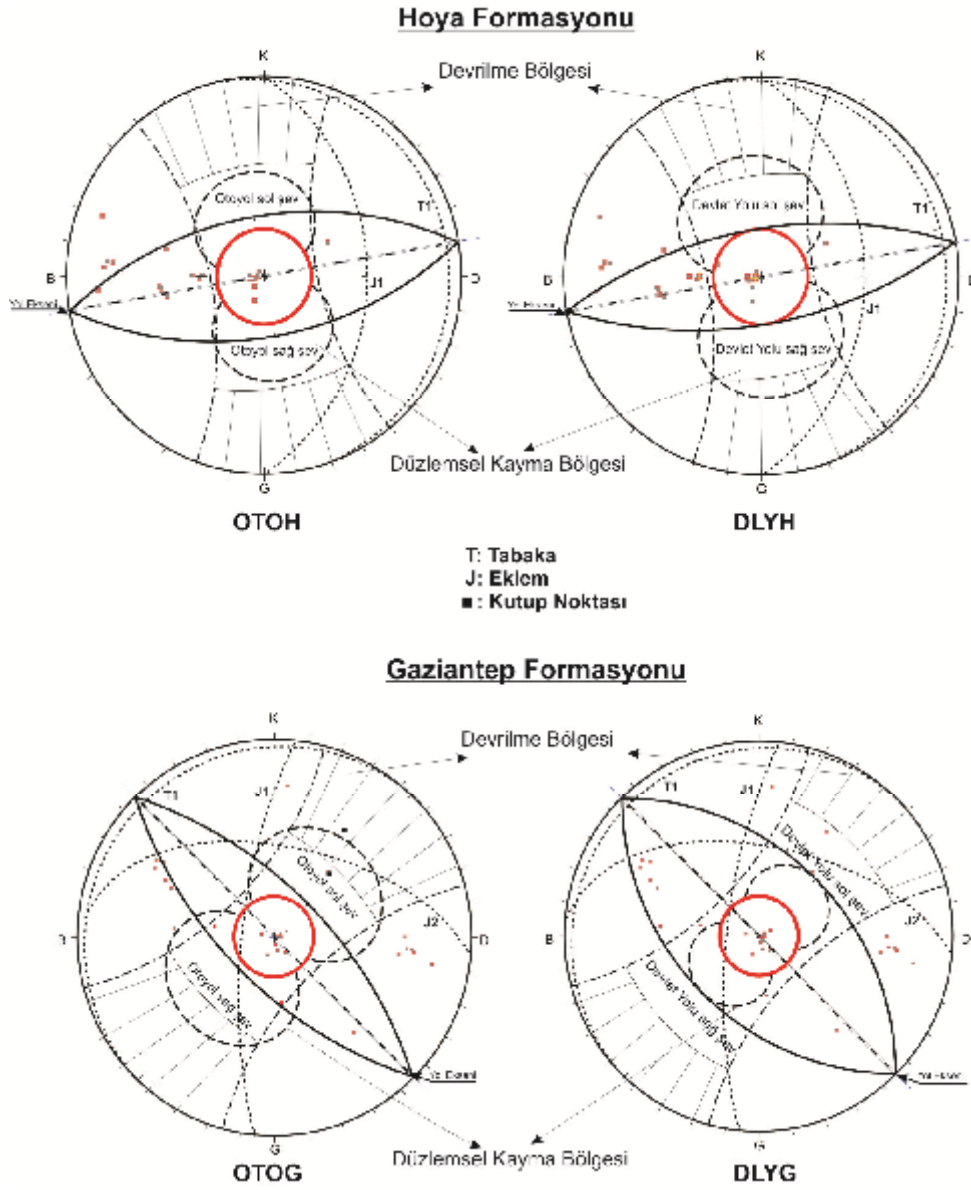
Çizelge 2: İncelenen şevlerde yer alan süreksizliklerin özellikleri
Table 2: Properties of the discontinuities for investigated slopes

Süreksizlik Özelliği	Hoya formasyonu		Gaziantep formasyonu	
	Otoyol Şevi (OTOH)	Devlet Yolu (DLYH)	Otoyol Şevi (OTOG)	Devlet Yolu (DLYG)
Ölçülen Süreksizlik Sayısı	24	25	16	31
Hâkim süreksizlik eğim /eğim yönü	4/91, 53/83	35/90, 4/90	4/333, 69/274, 33/5	4/330, 71/277, 34/5
Aralık	200 mm – 600 mm (orta aralıklı)	200 mm – 600 mm (orta aralıklı)	60 mm-200mm (yakın aralıklı)	60 mm-200mm (yakın aralıklı)
Devamlılık	3.0m–10.0m (orta)	3.0m–10.0m (orta)	1.0 m–10.0m (düşük-orta)	1.0 m–10.0m (düşük-orta)
Açıklık	0.5mm – 10.0mm (orta-açık geniş)	0.5mm – 10.0mm (orta-açık geniş)	1.0mm – 5.0mm (orta-açık geniş)	1.0mm – 5.0mm (orta-açık geniş)
Pürüzlülük	Ondülasyonlu düzensiz	Ondülasyonlu düzensiz	Düzlemsel düz	Düzlemsel düz
Tek eksenli basınç dayanımı	50–100 MPa Sağlam Kaya	50–100 MPa Sağlam Kaya	25 MPa -70 MPa (zayıf-orta kaya)	25 MPa -70 MPa (zayıf-orta kaya)
Ayrışma Durumu	Az Ayrışmış	Az Ayrışmış	Orta Ayrışmış	Orta Ayrışmış
Dolgu	Dolgunsuz	Dolgunsuz	Kil Dolgulu	Kil Dolgulu
Su durumu	Nemli	Nemli	Nemli	Nemli
Blok Boyutu (eklemler/m ³)	1-3 (Büyük bloklar)	1-3 (Büyük bloklar)	3-10 (Orta boyutlu bloklar)	3-10 (Orta boyutlu bloklar)
Blok Şekli	Yarı yuvarlak	Yarı yuvarlak	Köşeli	Köşeli

Kinematik analizler için Hoek ve Bray (1981) ve Goodman (1989) tarafından tanımlanan alt yarım küre stereografik izdüşümü yöntemi kullanılarak, düzlemsel, kama ve devrilme tipi yenilmeler DIPS 5.0 bilgisayar programında incelenmiştir. Makaslama düzlemine ait içsel sürtünme açısı (ϕ) için Çizelge 1’de verilen değerler kullanılmıştır. Öncelikle otoyol kazı şevlerinde uygulanan şev açıları göz önünde bulundurularak olası yenilme tipleri değerlendirilmiştir. Buna göre; Hoya formasyonunda, otoyol üzerinde yer alan OTOH şevi 56° (2Y/3D); Gaziantep formasyonunda (OTOG) 63° (1Y/2D) olarak tasarlanmıştır. Verilen açılar göz önünde bulundurulduğunda Hoya formasyonu için

herhangi bir stabilite problemi belirlenmezken, Gaziantep formasyonunda düzlemsel ve devrilme tipi yenilme olabileceği görülmüştür (Şekil 4).

Çalışmanın son aşamasında ise her bir yenilme tipi için en güvenli şev açıları belirlenmiştir. Buna göre Hoya formasyonunun Devlet Yolu (DLYH) ve otoyol (OTOH) geçkileri için uygun değer güvenli şev açısı 63° (1Y/2D) olarak hesaplanırken, Gaziantep formasyonunda Devlet Yolu (DLYG) ve otoyol (OTOG) geçkileri için uygun değer güvenli şev açısı 45° (1Y/1D) olarak hesaplanmıştır. Çalışılan şevlerde oluşacak yenilme tipleri belirlenerek Çizelge 3’te sunulmuştur.



Şekil 4: Kazı kaya şevlerine ait kinematik analiz sonuçları

Figure 4: Kinematic analysis results of the cut slope

Çizelge 3: İncelenen şevlerde beklenen yenilme tipleri

Table 3: Modes of failures based on kinematic analyses for investigated slopes

Şev Özellikleri				Yenilme Tipleri		
Adı	Formasyon	Şev Eğim Yönü/Eğim Açısı	Yükseklik-m (max)	Kama	Devrilme	Düzlemsel
Otoyol	Hoya	170/56 – 350/56	35	-	-	-
Devlet yolu	Hoya	170/63 – 350/63	35	-	-	-
Otoyol	Gaziantep	45/63 – 125/63	20	-	√	√
Devlet yolu	Gaziantep	45/45 – 125/45	20	-	-	-

SONUÇLAR

El örneğinde renk, doku ve sertlik olarak birbirine yakın özelliklerde gözlenen kireçtaşlarındaki mineral bileşimi ve yapısal farklılıklar şev ve tünel gibi tasarımların mühendislik parametrelerini etkilemektedir. Bu çalışmada farklı kireçtaşları içerisinde tasarlanmış olan otoyol ile planlanan devlet yolu güzergâhında seçilen şevlerdeki stabilite durumu kinematik açıdan değerlendirilmiştir. Çalışma alanında önceden oluşturulan otoyol şev açıları Hoya formasyonu için 56° , Gaziantep formasyonu için 63° olarak seçilmiştir. Ayrıca otoyolun Gaziantep formasyonu içerisinde yer alan şevlerde tel kafes, kaya bulunu ve püskürtme beton gibi ek uygulamalar ile şev güvenliği sağlanmıştır. İncelenen geçkide yapılan, kaya kütle tanımları ve kinematik analizlere göre, otoyol geçişinde Hoya formasyonu için uygun şev açılarının 63° (1Y/2D) gibi daha dik bir açıyla geçilebileceği belirlenmiştir. Gaziantep formasyonu için, tel kafes, kaya bulunu ve püskürtme beton gibi ek uygulamalarından vazgeçilerek daha yatık olan 45° (1Y/1D) gibi bir şev açısıyla stabilitenin sağlanacağı belirlenmiştir. Görülmektedir ki, birbirine çok yakın lokasyonda değişen litolojik özellikler şev tasarımını değiştirebilmektedir. Ayrıca sahada yapılacak tanımlamaların önemi burada bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Mevcut otoyol üzerindeki şevlerde stabilite, olması gerekenden daha düşük açılarda ve ek desteklerle sağlanmıştır. Yapılan bu çalışmada, iki farklı kireçtaşının sahip olduğu kaya kütle özelliklerinin şev tasarımını etkilediği görülmüştür. Dolomitik kireçtaşlarından oluşan Hoya formasyonu içerisinde açılan şevler daha yüksek açılarda stabil kalırken, killi kireçtaşlarından oluşan Gaziantep formasyonu daha düşük şev açılarında stabil kalabilmektedir. Farklı formasyonlar içerisinde açılan ve paralel geçen her iki güzergâhtaki farklı değerlendirmeler, jeolojik tanımlamanın önemini ve bu gibi tasarımlardaki etkisini açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmanın yürütülmesinde her türlü yardımı ve veriyi sağlayan ARAS Mühendislikten Jeoloji Mühendisi Bülent ARAS'a destek ve katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

SUMMARY

Engineering assessment, based upon the alignment selection criteria, is the essential part of a highway and motorway projects. This study was conducted to reveal the effects of different lithological and structural characteristics on slope design at Tarsus-Adana-Gaziantep (TAG) Highway. The study area is located along the Narlı-Gaziantep segment of the TAG highway. In the context of this study the slopes belonging to the present highway in dolomitic and clay-

limestone and motorway that is planned to be opened are investigated. The angles of the slopes used in the design of highway and the angles determined for the motorway project were compared in kinematic manner. In order to accomplish these tasks, field work, including geological mapping, discontinuity surveying and rock sampling, was performed. Laboratory tests for the determination of unit weight, uniaxial compressive strength and shear strength parameters of the discontinuity surfaces by direct shear tests were performed on samples collected from the cut slope areas. Due to the results obtained, kinematic analyses were preceded and the design discrepancies of the slopes of the present highway and the motorway to be constructed were compared. Pre-formed highway slope angles in the field were chosen to be 56° for dolomitic limestone and 63° for clay limestone. According to the rock mass identification and kinematic analyses conducted in the planned alignment on the highway passage the liability of slope angles of incidence given for the dolomitic limestone were found to be perpendicular than 63° (1Y/2D). For the slopes devoted for the Gaziantep Formation by more horizontal slope angle such as 45° (1Y/1D), stability is identified to be provided ceasing additional practices such as wire mesh, rock bolt and shoat concrete. Thus in the case of specified slope angles being discrepant without taking additional measures, economical and reliable slopes are determined to be formed on this alignment. Different evaluations made in different formations, in both alignments parallel to each other present the importance and effects in such designs of geological assessments and engineer.

DEĞİNİLEN BELGELER

- ASTM D 2938-86 2003.** Test method for unconfined compressive strength of intact rock core specimens. Annual book of ASTM standards, 04.08, ASTM, Philadelphia, USA.
- Barton, N., 1973.** Review of a new shear-strength criterion for rock joints, *Engineering Geology*, 7, pp. 287-332.
- Barton, N. And Choubey, V., 1977.** The shear strength of joints in theory and practice, , *Rock Mechanics*, 10, pp. 1-54.
- Goodman, R.E., 1989.** Introduction to Rock Mechanics, 2nd ed. Wiley, New York. 562 pp.
- Hoek, E. and Bray J. W., 1981.** Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy, Stephen Austin and Sons Ltd., London, 3rd edition, 358 p.
- Hoek, E. and Brown, E. T., 1997.** Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock*

- Mechanics and Mining Sciences, 34 (8), pp. 1165-1186.
- Hoek, E., Marinos, P. and Benissi, M., 1998.** Applicability of the geological strength index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses: the case of the Athens schist formation. Bulletin of Engineering Geology and Environment, 57, 151-60.
- ISRM, 1981.** Rock characterization, testing and monitoring. In: Brown, E.T. (Ed.), 1981. International Society for Rock Mechanics (ISRM) Suggested Methods. Pergamon, Oxford. 211 pp.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 2007.** The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. R. Ulusay and J.A. Hudson (eds.), Ankara. 628pp.
- Sönmez, H. and Ulusay, R., 1999.** Modifications to the geological strength index (GSI) and their applicability to stability of slopes. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 36 (6), pp. 743-760.