
	SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i>		
	e-ISSN: 2147-835X		
	Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/saufenbilder		
	<u>Geliş/Received</u> 07.06.2017		
	<u>Kabul/Accepted</u> 13.07.2017	<u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.319658	

Karabük sanayi bölgesi heyelanında güvenliğin sağlanması

Aşkın Özocak¹, Sedat Sert², Ertan Bol^{*3}

ÖZ

Bu çalışma, Zopran Köyü/Karabük'te yer alan Organize Sanayi Bölgesi'nde gerçekleşen heyelanın araştırılması ile ortaya çıkmıştır. Gerçekleşen heyelanın şehrin trafo merkezi ve yüksek gerilim hattına sınır yapacak kadar yakın olması nedeniyle, acil çözümlerin ortaya konması gerekmiştir. Makalede heyelanın sebepleri tartışılmış ve önerilen çözümler sunulmuştur. Heyelan kitlesinin farklı zamanlarda iki kez hareket ettiği belirlenmiş olup heyelanın genişliğinin 80 m, boyunun ise yaklaşık 120 m civarında olduğu tespit edilmiştir. Ana aynanın yüksekliğinin 9-11 m olmasına karşın aynada mostra veren kayaya rastlanılmamıştır. Bunun yanında hareket eden kitle içinde diğer ikincil aynaların varlığı gözlemlenmiştir. Gözlemlenen zeminler, düşük plastisiteli kil bantları içeren çimentolanmamış gevşek siltli ve kumlu formasyonlardır. Arazi incelemesi sırasında heyelan eteklerinde su birikintilerinin görülmüş olması dolayısı ile bölgedeki doymuş zeminlerin oldukça yumuşak oldukları anlaşılmıştır. Suyun kaynağı araştırıldığında, OSB alanı atık sularının uzun süredir beton borular kullanılarak transfer edildiği tespit edilmiştir. Bu durumda heyelanı tetikleyen ana unsurun borulardan sızıntı yolu ile zeminin doymunluk derecesini arttıran bu atık su transferi olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışma alanındaki zeminlerin doğal davranışını belirleyebilmek için örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Limit denge yöntemlerini kullanan yazılımlar ile yapılan çözümlenmeler sonrasında, kazıklı duvar ve berm çözümünün güvenliği sağlamak için yeterli olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, boşluk suyu basıncı, duraylılık analizi, kazıklı perde, kaya dolgu

Ensuring the Safety of Karabük Industrial Zone Landslide

ABSTRACT

This study is about the investigation of the landslide which occurred at the Organized Industrial Zone located in Zopran village / Karabük. Because the boundary of the landslide was immediately adjacent to the Transformer Substation and Overhead Power Line, urgent solutions were required. The reasons for the occurrence of landslide were discussed and the proposed solutions were also presented in this paper. The landslide was stated to move twice in different times. The width and length of the landslide were almost 80 m and 120 m, respectively. While the height of the main scarp was 9-11 m, rock outcrop was not observed at the main scarp. It was also observed that there were some other secondary scarps in the moving land. The soil consists of uncemented loose silty and sandy formations containing low plasticity clay bands. There were some small puddles and the saturated soil near the foothills was observed to be very soft. During the investigation of the source of the water, it was found out that the wastewater of Organized Industrial Zone was transferred by using concrete pipes for a long time. It was, hence, concluded that the main factor to trigger the landslide was the saturation of the soil because of the leakage from the pipes. Physical and mechanical laboratory tests were conducted on the undisturbed and disturbed soils to understand the nature of the soils in the study area. After the limit equilibrium analysis, it was shown that piled wall and berm solution is enough to have a safe design.

Keywords: Landslide, pore water pressure, stability analysis, piled wall, berm

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, aozocak@sakarya.edu.tr

²Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, sert@sakarya.edu.tr

³Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, ebol@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yamaçların duraylılığının değerlendirilmesi inşaat mühendisliğinin önemli, ilginç ve zor sayılabilecek konularından biridir [1]. Bu çalışmada Karabük İli, Merkez İlçesi, Zopran Köyünde yer alan Karabük Trafo Merkezi alanının hemen yanında gerçekleşmiş olan heyelanın kontrol altına alınması ve tesisin güvenliğinin sağlanmasına yönelik çalışmaların yapılması ve önlemeye yönelik tedbirlerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Öncelikle, heyelan alanına gidilerek gerçekleşmiş heyelanla ve mevcut trafo alanıyla ilgili saha gözlemleri yapılmıştır. Sahanın özellikleri ve heyelan eden kitle tüm doğrultulardan gözlemlenerek heyelanın geometrik özellikleri not edilmiştir. Daha sonra, arazide zemin özelliklerini belirleme amacıyla dönel sondaj gerçekleştirilmiştir. Sondajlardan gelen numuneler Sakarya Üniversitesi Geoteknik Laboratuvarında denenmiştir. Numuneler üzerinde zemin sınıflamalarına yönelik fiziksel deneyler ile zeminlerin kayma direncini belirlemeye yönelik mekanik deneyler yürütülmüştür. Mekanik deneylerden elde edilen zemin parametreleri kullanılarak kazıklı perde destekli çözüm de yapabilen yazılımlar ile analizler yapılmış, güvenliğe yönelik çözümler üretilmiştir.

2. HEYELANIN ÖZELLİKLERİ (PROPERTIES OF THE LANDSLIDE)

İki farklı zamanda hareket ettiği söylenen zemin kitlesi yaklaşık olarak 100 metre genişlik ve 200 metre uzunluğa sahiptir. Hareket sonucunda açığa çıkan heyelan aynası yaklaşık 9-11 metre yüksekliğe sahiptir. Aynadan görüldüğü kadarıyla zemin kahverengi, düşük plastisiteli kil bantları içeren çimentolanmamış gevşek siltli ve kumlu birimlerden oluşmaktadır. Ayrıca, sağlam kayanın da mostra vermediği görülmüştür. Heyelan kitlesi içerisinde ayrıca tali aynalar da mevcuttur. Heyelan tacı, Trafo Merkezi dış duvarına en yakın yerinde 2 metre uzaklıkta başlamaktadır. Şekil 1'den görüleceği üzere heyelan tacının hemen üzerinde bulunan yüksek gerilim hattı direği taca çok yakın konumda bulunmakta ve taç arkasında oluşmaya başlayan çekme çatlakları direğin ayakları arasından geçmektedir.



Şekil 1. Heyelan aynasının görünümü

Söz konusu alanda yapılan incelemelerde heyelan eden kitlenin özellikle eteklerine yakın yerlerinde suya doygun zeminlerin balçık kıvama geldiği dikkati çekmiş ve fotoğraflanmıştır (Şekil 2). Bu bölgelerden alınan blok örneklerin bir kısmının laboratuvarında su içinde bekletildiğinde kolayca dağıldığı görülmüştür. Suyun geliş yeri araştırılmış ve heyelanın bulunduğu alana uzun zamandan beri OSB'nin atıksularının yer altından taşındığı büzlerden sızmalar ile su geldiği anlaşılmış ve fotoğraflanmıştır (Şekil 3). Kitle hareketlerinde güvenliği azaltan en önemli etkenler yerüstü ve yeraltı sularıdır [2] [3]. Bu olayda zemin özellikleri bakımından zaten kritik durumda olan yamaçtaki heyelanı tetikleyen en büyük faktör; söz konusu büzlerde meydana gelen sızıntının yamaçta su seviyesini yükseltmesidir. Siltli ve ince kumlu zeminlerde kılcılık vasıtasıyla su hareketi statik su seviyesinin 8-10 metre üzerine kadar çıkabilmektedir. Geoteknik mühendisliğinde bu durum, genel anlamda emme basıncı nedeniyle efektif gerilmeyi arttırıcı bir rol oynayıp genel stabilitenin lehine bir durum gibi gözükse de, gelen aşırı su hacmi nedeniyle sistem tamamen doygun hale gelerek yamaç üzerindeki yükü aşırı oranlarda arttırabilmektedir. Bu da yamacın dengesini olumsuz yönde etkileyecek olan sürücü kuvvetleri arttırmaktadır.



Şekil 2. Heyelan eteğinde görülen göllenmelere örnek



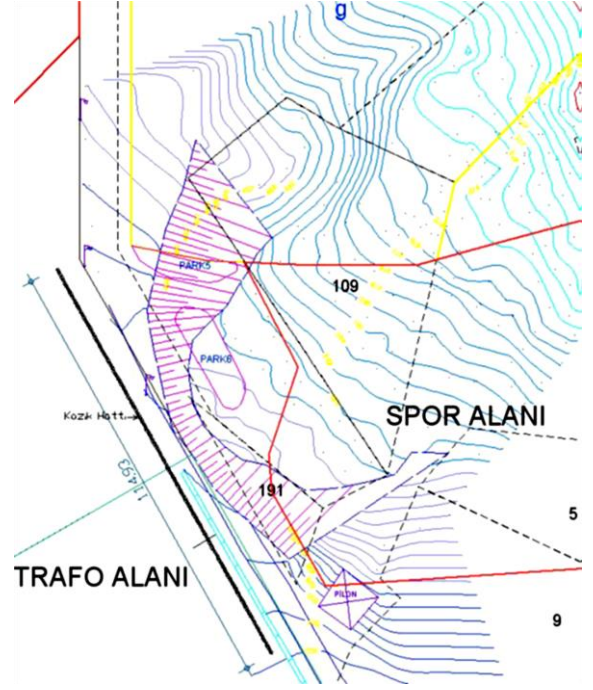
Şekil 3. OSB alanında görülen su kaçağı

3. ARAZİ ÇALIŞMALARI (IN-SITU WORKS)

Karabük heyelan alanında biri 30, diğeri 35 metre olmak üzere toplam uzunluğu 65 metre olan 2 adet dönel sondaj gerçekleştirilmiştir. Sondaj çalışmaları esnasında örselemiş ve örselememiş numuneler alınmıştır. Arazi deneyi olarak her iki kuyuda 1.5 metrede bir standart penetrasyon deneyi yapılmıştır. Tablo 1’de yapılan SPT deneylerinin özeti verilmektedir. Ayrıca arazide heyelan sonrası topoğrafik ölçümlerin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır (Şekil 4).

Tablo 1. SPT deneyinde darbe sayıları

Derinlik	SK-1	SK-2
1.50	19	17
4.50	19	18
7.50	22	22
10.50	23	25
13.50	29	26
21.50	32	27



Şekil 4. Trafo alanında heyelan sonrası topoğrafya

4. LABORATUVAR DENEYLERİ (LABORATORY TESTS)

Araziden gelen örselemiş ve örselememiş numuneler laboratuvarda TS 1900/2006-1 ve 2 uyarınca deneye tabi tutulmuş ve zeminler TS 1500/2000’e göre sınıflandırılmıştır [4] [5] [6]. Laboratuvar deneylerinden elde edilen zemin indeks özellikleri Tablo 2’de, kesme kutusu deneyinden elde edilen kayma direnci parametreleri özeti ise Tablo 3’de toplu halde sunulmaktadır [7].

Tablo 2. Çalışma alanı zemin özellikleri

SK	z (m)	Renk	w _L	w _p	w _n	I _L	%İnce	Sınıf
1	1.5	Kahve	NP	NP	15	-	57	ML
1	3.0	Kahve	31	15	17	0.18	73	CL
2	4.5	Kahve	NP	NP	9	-	22	SM
1	6.0	Kahve	31	16	17	0.10	70	CL
1	7.5	Kahve	26	15	20	0.49	53	CL
2	9.0	Kahve	NP	NP	6	-	14	SM
2	10.5	Kahve	NP	NP	22	-	38	SM
2	12.0	Kahve	NP	NP	11	-	28	SM
1	13.5	Kahve	28	14	26	0.93	52	CL
2	15.0	Kahve	NP	NP	13	-	22	SM
2	16.5	Kahve	NP	NP	13	-	27	SM

Tablo 3. Çalışma alanı zeminlerinin kayma direnci parametreleri

SK	z (m)	e	ρ (kN/m ³)	c (kPa)	φ (°)	c _r (kPa)	φ _r (°)	P
1	3.0	0.49	21.25	31	25			185
1	6.0	0.63	20.73	12	25	22	17	275
2	9.0	0.95	15.30	0	32			
2	12.0	1.14	14.45	0	32			
2	15.0	0.85	16.16	1	25			
2	18.0	1.14	15.43	0	26	0	29	
Blok	No.3	1.12	47.72	0	25	6	22	
Blok	No.5	1.28	17.24	47	4	16	17	

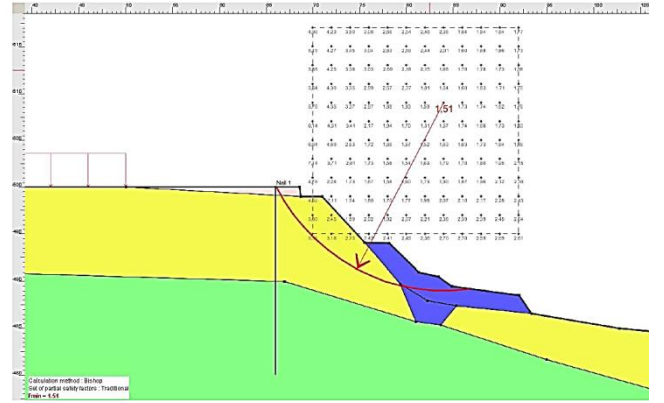
5. DURAYLILIK ANALİZLERİ (STABILITY ANALYSES)

Alanda heyelan öncesi durumu gösteren topoğrafik harita mevcuttur. Heyelan sonrası ise mevcut durumu ortaya koymak için yeni topoğrafya çıkartılmıştır. Bu araçlar ile heyelan öncesi ve sonrasını temsil eden kesitler oluşturulmuş ve kesitler kazıklı perde destekli çözüm de yapabilen bir bilgisayar yazılımına aktarılmıştır. Daha sonra laboratuvar sonuçları ve arazi verileri bir arada irdelenerek jeolojik birimlerin profilleri ortaya konmuştur. Buna göre üst dokuz metre, killi kum ve siltlerden oluşmaktadır. Killerin düşük plastisiteli olması ve siltlerin plastik olmaması (NP) yanında her ikisinin de iri dane içeriklerinin yüksek olması dikkat çekmektedir. Analiz sonuçlarının özeti Tablo 4'den izlenebilir. Heyelan gerçekleşmiş olduğu için heyelan öncesi doğal topografya üzerinde yapılan geri analiz ile kullanılan zemin parametreleri teyit edilmiştir (Analiz No: 1). Heyelan sonrası topografyanın kullanıldığı analizlerde, hareketin kısıtlı kalması nedeniyle doruk (peak) değerler ile kalıntı (residual) değerler arasında seçilmiş değerler kullanılmıştır. Buna göre heyelan sonrası 1.07 olarak bulunan (Analiz No: 2) güvenlik sayısı, deprem kuvveti uygulandığında ise aynı şevde 0.81'e düşmüştür (Analiz No: 3). Bu da hem statik hem de dinamik durumda mevcut kesitin çok kritik düzeyde olduğunu göstermektedir. Duraylılığı sağlamak amacıyla 0.80 metre çaplı, 20 metre boyunda teğet kazıklardan oluşan perde duvar analizlere dahil edilmiştir. Bu perde duvar ile yapılan depremlerli analiz sonucunda, güvenliğin kazıktan geçen kayma yüzeyi için bir sorun teşkil etmediği ancak kazık ile şev arasında kalan kısmın uzun vadede halen güvensiz olduğu anlaşılmıştır (Analiz No: 4). Bu durumda mevcut şevin hemen önünde pasif direnci arttırmak amacıyla kaya dolgu (berm) kullanılması gerektiği analizlerde ortaya çıkmıştır. Mevcut şevin topuğunda teşkil edilecek kaya dolgunun kesiti Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil üzerinde dolgunun kırım noktalarının koordinatları metre cinsinden okunabilir. Bu olumsuzluğu gidermek için kesite eklenen nitelikli gereçten oluşan kaya dolgu (berm) sayesinde güvenlik sayısı statik durumda 1.51'e çıkmıştır (Analiz No: 5). Aynı kesit için yapılan depremlerli analizlerde hem kazıkları kesen kayma yüzeyi (1.43) hem de kazık önü kayma yüzeyi (1.08) için gerekli minimum güvenliğin sağlandığı görülmüştür (Analiz No: 6, Şekil 5).

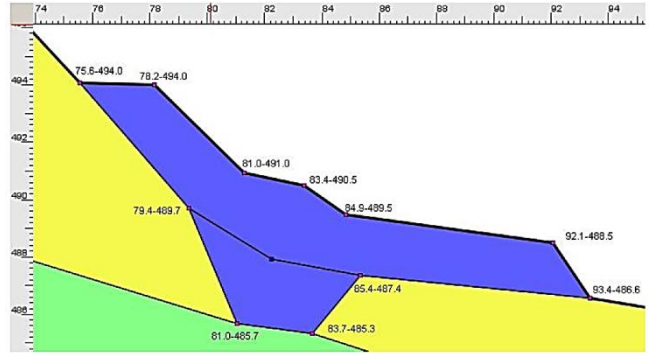
Tablo 4. Duraylılık analizi sonuçları

No	Topoğrafya	Deprem	Perde	Dolgu	GS
1	Heyelan öncesi	-	-	-	1.00
2	Heyelan sonrası	-	-	-	1.07
3	Heyelan sonrası	0.2 g	-	-	0.81
4	Heyelan sonrası	0.2 g	D=0.8m, L=20m	-	1.16-0.84
5	Heyelan sonrası	-	D=0.8m, L=20m	Var	1.51
6	Heyelan sonrası	0.2 g	D=0.8m, L=20m	Var	1.43-1.08

Not: Min GS veren kayma yüzeyi perde önünde



Şekil 5. Analiz no: 6 çözümü



Şekil 6. Önerilen kaya dolgu kesiti

6. ÖNERİLER VE SONUÇ (SUGGESTIONS AND CONCLUSION)

Bu çalışmada Karabük, Zopran'da bulunan trafo merkezi alanını çevreleyen duvarların hemen önünde gerçekleşen heyelanın kontrolüne ve güvenlik altına alınmasına yönelik olarak yapılanlar özetlenmiştir. Heyelan alanını ve yamacı sızıntılar nedeniyle beslediği kesin olan atık su hattının ivedi söz konusu bölge dışına taşınması gerekmektedir. Tüm bunların yanında trafo alanına yeni tesis ve inşaat yapılmamalı, sürücü kuvvetler arttırılmamalıdır. Yamacın ve dolayısı ile tesisin uzun vadede güvenli hale

getirilmesi için öncelikli olarak heyelan tacını kapsayacak biçimde delme kazıklı perde kullanılması önerilmektedir. Kazıkların teşkil edilmesi ile genel güvenlik sağlansa da, kazık ile mevcut heyelan düzlemi arasında kalan kısmın güvenliğinin yine kritik düzeyde olduğu yapılan analizler sonucu ortaya çıkmıştır. Bu durumda mevcut şevin hemen önünde pasif direnci arttırmak amacıyla kaya dolgu (berm) kullanılması gerekmektedir. Dolgunun kontrollü bir şekilde sıkıştırılarak kuru mevsimde yerleştirilmesi gerekmektedir.

Not: Bu çalışma “ISITES 2016-International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science” adlı konferansta sunulan çalışmalar arasından seçilmiş olan “Karabük Organize Sanayi Bölgesi Heyelanının İncelenmesi” adlı çalışmanın geliştirilmesi ile hazırlanmıştır.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] J. M. Duncan ve S. G. Wright, Zemin Şevlerinin Duraylılığı (Çeviri: Çeviren: Kamil Kayabalı), Ankara: Gazi Kitabevi, 2005.
- [2] A. Önalp ve E. Arel, Yamaç ve Şevlerin Duraylılığı, İstanbul: Birsen Yayınevi, 2007.
- [3] E. Bol, A. Özocak ve S. Sert, “Su Kaçaklarının Şev Stabilitesi Üzerindeki Etkileri”, 5. Geoteknik Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi, 5-7 Aralık 2013, Adana , 2013.
- [4] TSE, TS1900-1. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri- Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini, Ankara: TSE, 2006.
- [5] TSE, TS1900-2. İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri- Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini, Ankara: TSE, 2006.
- [6] TSE, TS1500 İnşaat Mühendisliğinde Zeminlerin Sınıflandırılması, Ankara: TSE, 2000.
- [7] A. Önalp, E. Bol, A. Özocak ve S. Sert, “Geoteknik Rapor: Karabük ili, Merkez İlçesi, Zopran Köyü, Organize Sanayi Bölgesi”, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, 2012.