

Alanya-Anamur-Mersin Devlet Karayolu (D400) Kaledran Mevkisinde (Km: 221+300–221+700) Meydana Gelen Kütle Hareketinin İncelenmesi

Investigation of Mass Movement Occurred In Kaledran Site Along the Alanya-Anamur-Mersin State Road (D400) (Km: 221+300–221+700)

K. Zorlu^{1,*}, H.Tağa¹, E. Yalçın², C. Güler¹, B. Hacak², E. Epsileli², M. Tepe²

¹ Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy Kampüsü, 33343 Mersin

² Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü, 33220 Mersin

(*kivancgeo@mersin.edu.tr)

ÖZ: Doğu Akdeniz Bölgesi'nde batı-doğu ulaşım bağlantısını sağlayan en önemli karayolu Antalya-Mersin (D400) hattıdır. Her iki şehrin de bölgenin turizm ve ticaret merkezleri olduğu düşünüldüğünde bu yolun önemi daha da artmaktadır. Ancak bu yolun tek şeritli ve ulaşımın nispeten zor sağlandığı bir yol olması nedeniyle, yeni bir güzergâh seçimi gündeme gelmiştir. Hâlihazırda Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından projelendirilen bu yol güzergâhı, bölgedeki dağların kıyıya paralel uzanması ve sarp bir topoğrafya sunması nedeniyle ulaşım alt yapı çalışmalarında çeşitli mühendislik problemleri ile karşılaşmaktadır. Alanya-Anamur-Mersin yolunun 221+300–221+700 kilometreleri arasında yaklaşık boyu 80 m, genişliği 300 m ve derinliği 6-29 m arasında değişen bir kütle hareketi meydana gelmiştir. Bu hareket; Prekambriyen yaşlı, dolomit ve mermer mercekli kuvarsit, metakumtaşı, metasilttaşı, yer yer kızılımsı, sarımsı kahve renkli kuvarsit ve ince çamurtaşı seviyelerinden oluşan Tenzile formasyonunda gelişmiştir. Birim, oldukça kırıklı-çatlaklı bir yapı sergilemekte olup, ayrışma zonu 5 m derinliğe kadar ulaşmaktadır. 2011 yılında meydana gelen bu kütle hareketinin türünü ve kayma mekanizmasını ortaya koymak amacıyla Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü tarafından açılan 8 adet sondaj kuyusuna yerleştirilen inklinometrelerde deformasyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kütle hareketini tetikleyen mekanizmaların; birimlerin jeolojik, jeoteknik ve topoğrafik özellikleri ile birlikte, bölgedeki aşırı yağışlar ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Inklinometre ölçümleri ve arazi gözlemlerinden elde edilen bulgulara göre, söz konusu kütle hareketinin dairesel olarak başladığı ve zayıflık düzlemi üzerinde düzlemsel olarak devam ettiği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada, Alanya-Anamur-Mersin yolunun 221+300–221+700 kilometreleri arasındaki kütle hareketinin mekanizması ortaya konulmuştur.

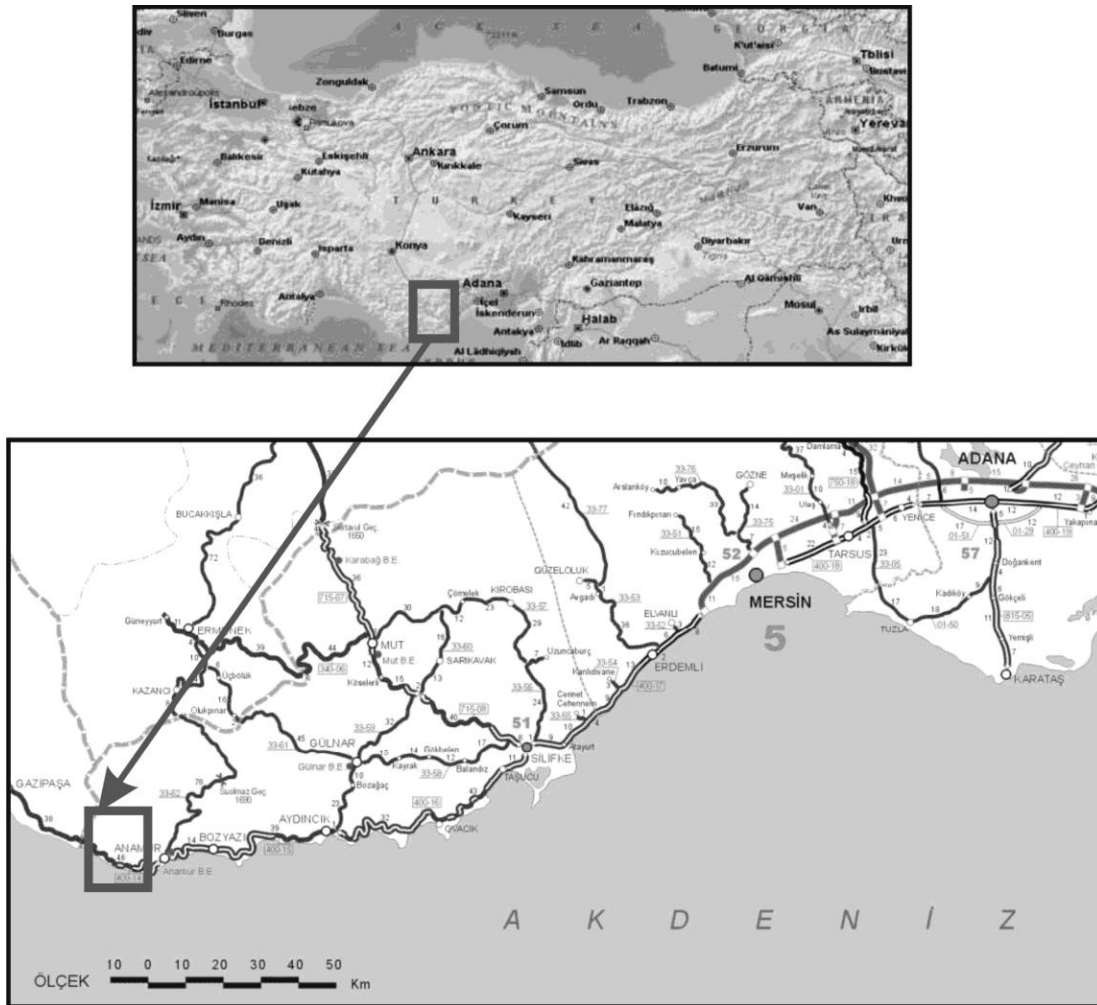
Anahtar Kelimeler: D400 Devlet Karayolu (Antalya-Mersin), Dairesel Kayma, Kütle Hareketi, Deformasyon Ölçümü, Kaledran

ABSTRACT: Antalya-Mersin (D400) route is the most important road providing west-east transportation connection in the eastern Mediterranean region. Recently, a new route selection became a current issue because of the difficulties experienced in providing transportation along this single-lane road. However, during the construction phase, a variety of engineering problems are faced along the route due to presence of the mountain ranges with rugged topography. In year 2011, between kilometers 221+300–221+700 of the Alanya-Anamur-Mersin road, a mass movement occurred with an approximate length of 80 m, width of 300 m and depths ranging between 6-29 m. This movement developed in the Precambrian aged Tenzile formation. This unit displays a rather heavily fractured-jointed structure with alteration zone reaching to a depth of 5 m. Mechanisms triggered this mass movement determined as geological, geotechnical and topographic properties of the units, along with intense rainfalls that have occurred in the region. According to findings obtained from inclinometer measurements made in 8 boreholes drilled by 5th Regional Directorate of Highways and field observations; this mass movement possibly started as rotational and then continued on the plane of weakness as a planar failure.

Keywords: D400 State Road (Antalya-Mersin), Rotational Slide, Mass Movement, Deformation Measurement, Kaledran

1. GİRİŞ

Doğu Akdeniz Bölgesi'nin batı-doğu bağlantısını sağlayan en önemli karayolu 480 km'lik Antalya-Mersin D400 karayoludur (Şekil 1). Topoğrafik şartlara da bağlı olarak bu karayolunun Taşucu-Alanya kesimi tek şeritten oluşan ve oldukça zor ulaşım şartlarına sahip bir yol niteliğindedir. Kuzey kesimini Toros dağlarının oluşturduğu bu yolun güney kesiminde ise Akdeniz bulunmakta ve genellikle yol kotu denizden 50-250 m yüksekte yer almaktadır. Güvenli ulaşımın güçlüğüyle sağlandığı bu yol güzergâhı yerine, hem Taşucu-Alanya arasındaki mesafeyi en aza indirecek hem de ulaşım güvenliğini azami şekilde sağlayacak alternatif bir güzergâh seçimine ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle, mevcut yola alternatif bir yol güzergâhı, Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü tarafından projelendirilmiş ve yapım çalışmalarına 2010 yılında başlanmıştır. Bölgenin jeolojik ve topoğrafik özellikleri dikkate alındığında, yeni yol güzergâhı üzerinde pek çok sanat yapısının da (tünel, viyadük, yol şevi, vs.) inşası kaçınılmaz olmuştur (Yüksel Proje, 2013). Özellikle zayıf kayalarda açılan bazı yol yarmalarında, dik topoğrafyaya ve malzeme özelliklerine de bağlı olarak yenilmeler gözlenmiş ve yolun bu kesimleri için önleme-iyileştirme çalışmalarına yönelik projeler hazırlanmaya başlanmıştır.



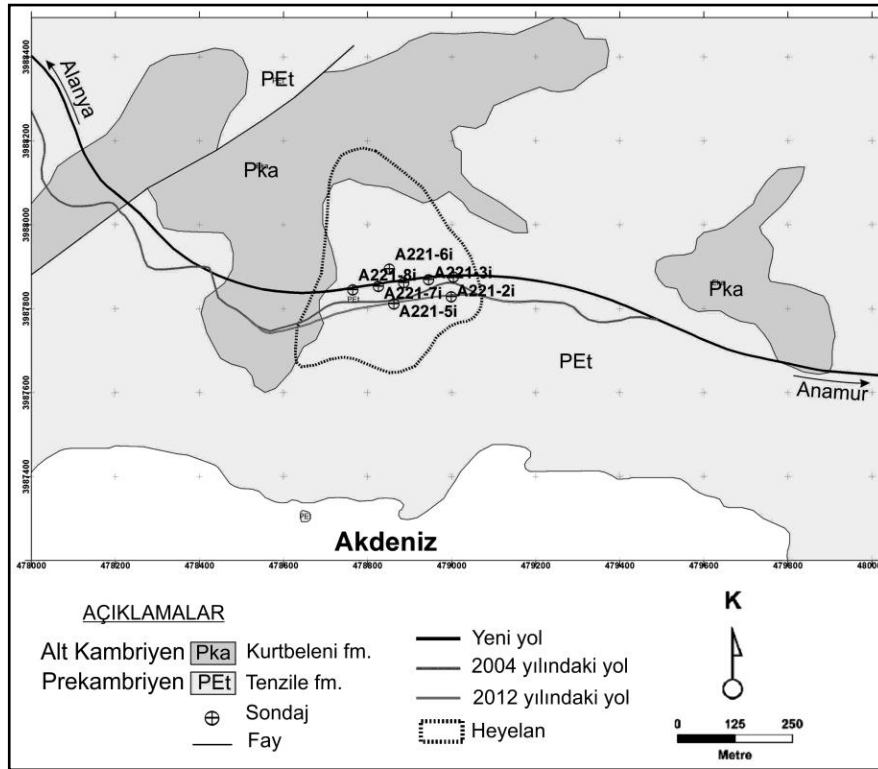
Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Bu çalışmada, Alanya-Anamur-Mersin yolunun 221+300–221+700 kilometreleri arasındaki Anamur-Kaledran mevkinde meydana gelen kütle hareketinin tetikleyen unsurlar ve hareketin mekanizması ortaya konulmuştur.

2. ÇALIŞMA ALANIN JEOLJİSİ

Çalışma alanı, Orta Toroslar'ın batı kesimlerinde, Anamur-Kaledran mevkinde yer almaktadır. Orta Toroslar'da yapılmış çalışmalarda, tektonik birlikler, Alanya Tektonik Birliği, Aladağ Tektonik Birliği ve Antalya Tektonik Birliği olarak tanımlanmıştır. Bu birliklerin litolojik özellikleri, stratigrafisi ve yapısal özellikleri bakımından birbirinden farklı havzaları temsil ettikleri belirtilmiştir (İnan ve İnan, 2012). Alp orojenik kuşağı içerisinde yer alan Toroslar, litolojik ve yapısal özellikler bakımından oldukça karmaşık bir tektonik ilişki sergilemektedir. Bölgede yürütülmüş pek çok çalışma olmakla birlikte, litolojik tanımlamalardaki ve formasyon isimlendirmelerindeki farklılıklar dikkat çekicidir.

Alanya-Anamur-Mersin yolunun 221+300–221+700 kilometreleri arasındaki Kaledran Mevkinde yer alan otoyol şevinde meydana gelen kütle hareketi, Prekambriyen yaşlı Tenzile formasyonu içerisinde gelişmiştir. Üst Kambriyen-Ordovisiyen yaşlı Payallar formasyonuna benzer litolojik özelliklerinden dolayı bölgede kesin sınırları çizilemeyen Tenzile formasyonu sahanın güneybatı kesimlerinde yüzülemektedir. Formasyon, dolomit ve mermer mercekli kuvarsit, metakumtaşı ve metasilttaşlarından oluşmaktadır. Birimin taban seviyeleri, gri, sarı, yeşilimsi ve mavimsi gri, kahve renkli kuvarsit ara bantlı, talklaşmış metasilttaşı ve şeylerle başlamaktadır. Bu seviyelerde kuvarsit ve ince çamurtaşı seviyeleri gözlenmektedir. Daha üst seviyelerde ise kıvrımlı-kırıklı metasilttaşları yer yer dayklar ve siller tarafından kesilmektedir. Bu sokulumlara yakın yerlerde hidrotermal çözeltilere bağlı oluşumlar da (kükürt, pirit gibi) gözlenmektedir. Alt Kambriyen yaşlı kuvarsitlerin dokanaklarında küçük boyutlu dolomit ve mermer mercleklerine rastlamak mümkündür. Tenzile formasyonunun alt dokanağı gözlenememekle birlikte, birimin üzerine Alt Kambriyen yaşlı Kurtbeleni formasyonu belirsiz bir uyumsuzlukla gelmektedir (Şekil 2). Bazı yerlerde birimin Üst Permiyen yaşlı Cebireis formasyonu tarafından açısız uyumsuz olarak üzerlendiği gözlenmektedir. Birimin silttaşlarından oluşması düşük enerjili şelf ve gel-git arası bir ortamı işaret etmektedir (Usta, 2001).

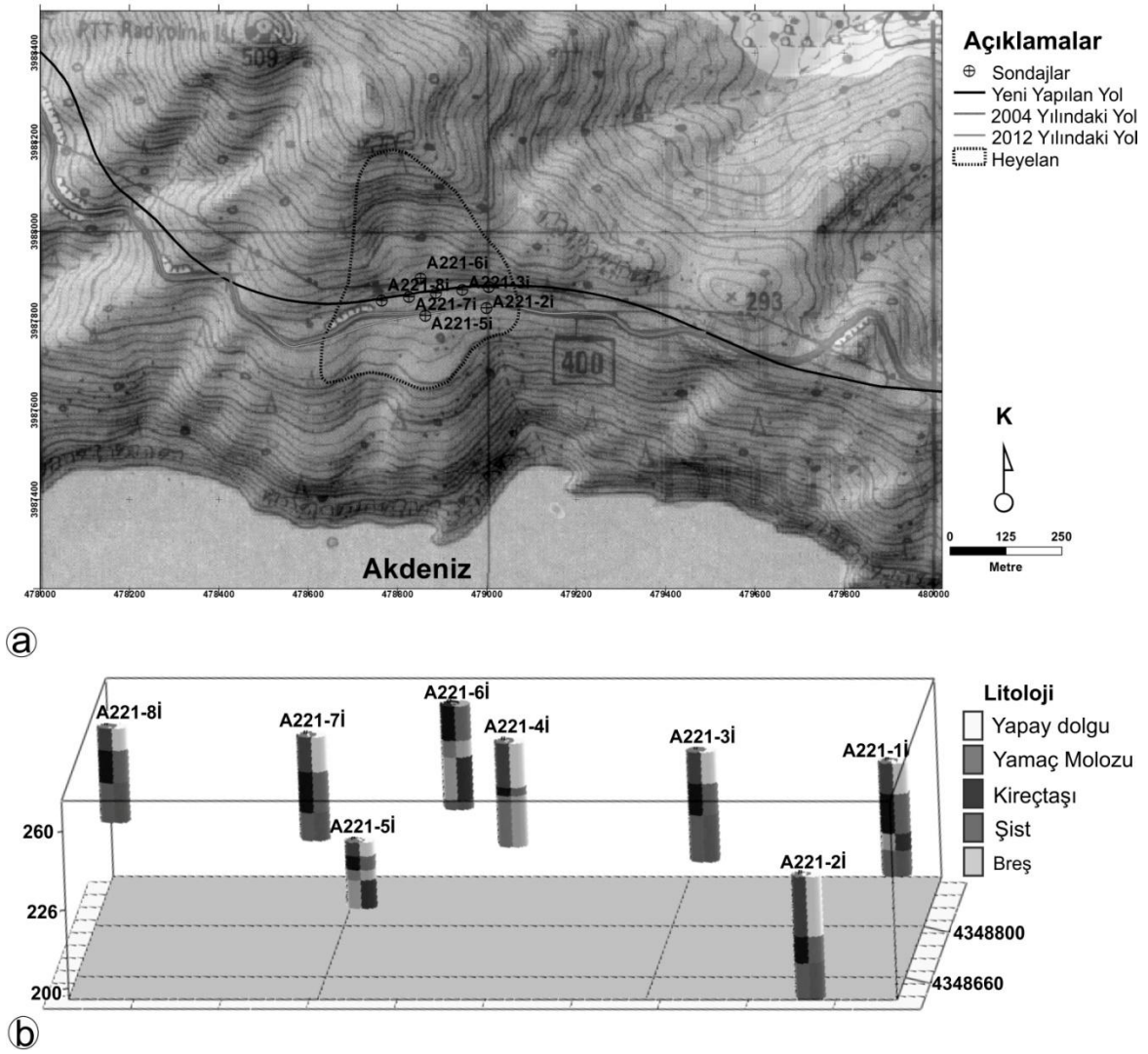


Şekil 2. İnceleme alanı ve yakın civarının jeoloji haritası (Usta, 2001).

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

Bu çalışmada, Alanya-Anamur-Mersin Devlet Karayolu inşaatının 221+300 ile 221+700 kilometreleri arasındaki Kaledran mevkinde meydana gelen kütle hareketi değerlendirilmiştir. Söz konusu hareket 2011 yılının Aralık ayında Prekambriyen yaşlı Tenzile formasyonu içerisinde gelişmiştir (Şekil 3). Kütle hareketi değerlendirilirken, Brunton 5010 tipi jeolog pusulası, Magellan Explorist XL el GPS'i, 1/25.000 ölçekli Alanya P29c4 paftası, 1/5.000 ölçekli hâlihazır harita, 1/1.000 ölçekli haritalar, çalışma alanını kapsayan 2012 yılına ait ortofotolar ile farklı tarihlere ait uydu görüntülerinden yararlanılmıştır.

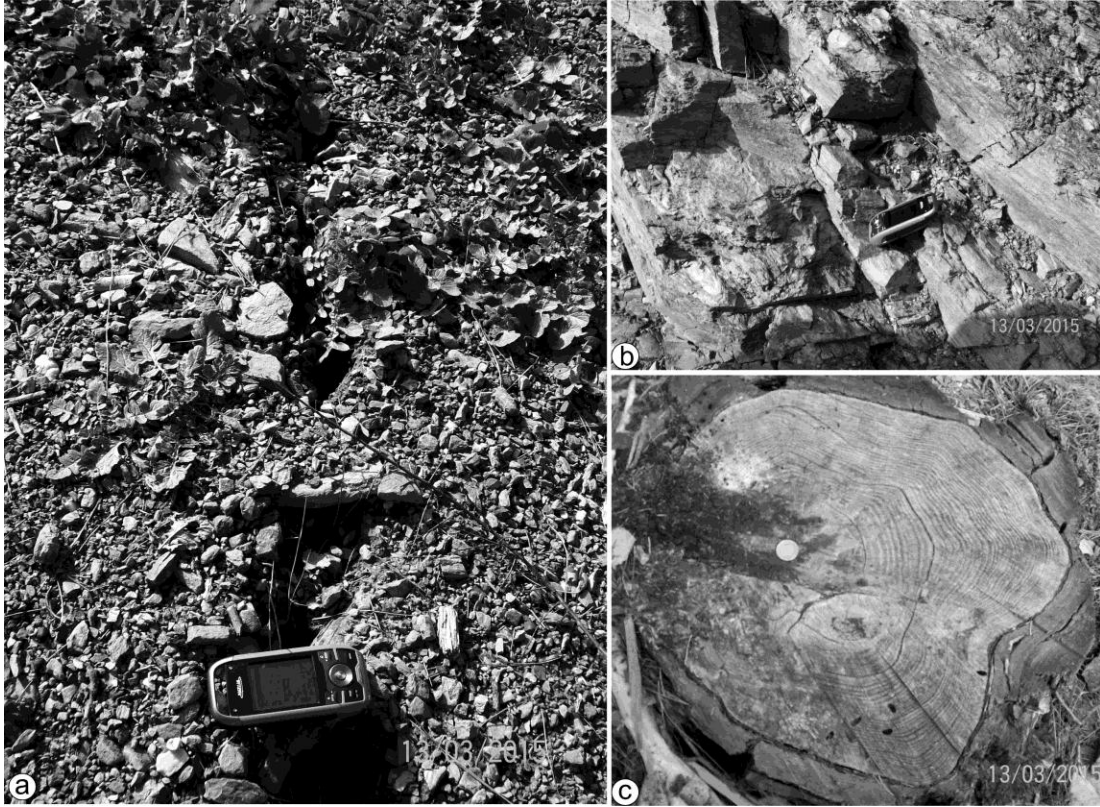


Şekil 3. Kütle hareketinin, araştırma sondajlarının ve yolun 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritadaki konumu (a) ve araştırma sondajlarının dağılımı (b).

3.2. Yöntem

Alanya-Anamur-Mersin Devlet Karayolu inşaatı 221+300–221+700 kilometreleri arasında yer alan kütle hareketinin mühendislik jeolojisi haritası, 1994 yılına ait 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita, uydu görüntüleri ve arazi çalışmaları ile oluşturulmuştur. Kütle hareketi haritalanırken, yüzeyde yer alan

gerilme çatlaklarının konumları ile ağaç halkalarındaki asimetri ve bu asimetrinin yönü Brunton 5010 tipi jeolog pusulası ile ölçülmüştür (Şekil 4). Ayrıca, ağaç halkalarında gözlenen asimetrik özelliklerden kütle hareketinin türünün belirlenmesi aşamasında da yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında, 1/1.000 ölçekli hâlihazır haritalar ve Aster uydu verilerinden yararlanılarak çalışma alanının sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Kütle hareketi derinliğinin ve kayma yüzeyinin belirlenmesi amacıyla, yapılmakta olan yol ekseninin her iki tarafında, derinlikleri 40 m'ye ulaşan 8 adet araştırma sondajı açılmıştır (Çizelge 1). Karotlu ilerleme şeklinde açılmış olan bu araştırma sondajlarında inklinometre düzenekleri kurularak 2012 yılının Ekim ayından 2013 yılı Mayıs ayına kadar deformasyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 4. Kütle hareketindeki gerilme çatlağı (a), hareketin geliştiği metasilttaşları (b) ve ağaç halkalarındaki asimetri (c).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan araştırma sondajlarının özellikleri

No.	X* (Sağa_Doğu)	Y* (Yukarı_Kuzey)	Z (Yükseklik) (m)	Sondaj Derinliği (m)	İnklinometre Tesis derinliği (m)
A221-1i	479004,39	3987875,20	256,72	36,00	36,0
A221-2i	478998,99	3987828,12	235,53	39,00	39,0
A221-3i	478945,00	3987868,97	256,05	34,50	34,5
A221-4i	478886,00	3987861,97	254,95	33,00	33,0
A221-5i	478862,35	3987810,82	237,80	21,00	16,5
A221-6i	478852,00	3987893,97	252,69	33,00	33,0
A221-7i	478826,00	3987852,97	253,60	33,00	33,0
A221-8i	478765,00	3987844,18	252,55	30,00	30,0

* Koordinatlar UTM ED1950 6°'lik koordinat sistemine göre dir.

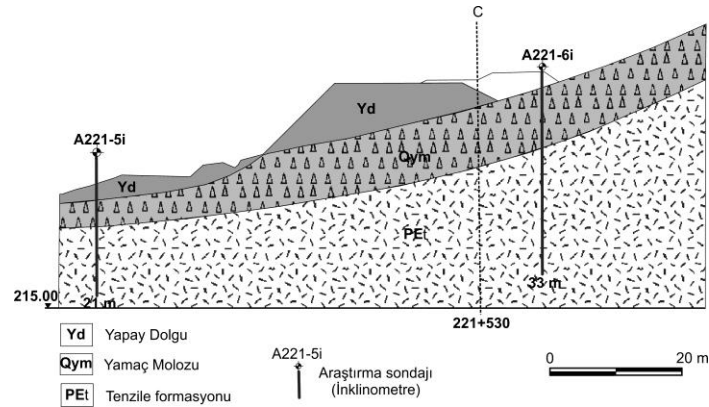
4. KÜTLE HAREKETİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Kütle Hareketinin Türü ve Yönü

2011 yılı Aralık ayında Alanya-Anamur-Mersin Devlet Karayolu inşaatı 221+300–221+700 kilometreleri arasında oluşan kütle hareketi, Varnes (1978)'a göre düzlemsel bir kayma olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, kütle hareketini tetikleyen en önemli unsurun inşası devam eden yol dolgusu ve yol kazısı olduğu belirlenmiştir. Bu değerlendirme yapılırken, mevcut yol inşasının kuzeyinde yer alan gerilme çatlaklarının doğrusal bir konum izlediği ve kütle hareketinin taç kısmından geçen orman yolu yarmasında mostra veren metasilttaşlarındaki foliasyon düzlemlerinin $120^{\circ}/28^{\circ}$ konumlu olduğu dikkate alınmıştır. Söz konusu hareket, Zaruba ve Mencl (1969)'a göre derin-çok derin olarak değerlendirilmiştir. Buna ek olarak, kütle hareketinin gövdesinin orta seviyelerinde ve taç bölgesine yakın seviyeler arasında yer alan kesimde, kesilmiş ağaç halkalarında asimetric bir durum gözlenmiştir (Şekil 3 ve 4). Ağaç halkalarındaki asimetric eksenine göre, hareket 160° yönünde meydana gelmiştir. Arazi verileri, topoğrafik haritalar, ortofoto ve uydu görüntüleri kullanılarak haritalanan kütle hareketinin uzun eksenini ile ağaç halkalarındaki yönler birbirleri ile uyumluluk göstermektedir.

4.2. Kütle Hareketinin Mekanizması

Kütle hareketinin gözlemlendiği Alanya-Anamur-Mersin Devlet Karayolu inşaatının 221+300–221+700 kilometreleri arasındaki kütle hareketinin mekanizmasının açıklanması amacıyla farklı tarihli uydu fotoğrafları, topoğrafik haritalar, arazi gözlemleri ve 8 adet araştırma sondajına yerleştirilen inklinometre ölçümleri değerlendirilmiştir. Karayolu inşaatının 221+300–221+700 kilometreleri arasının eski bir heyelan kütleleri üzerinde yer aldığı, Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen ve 1989 yılında basılan 1/25.000 ölçekli Alanya P29c4 paftasında görülmektedir. Söz konusu alandaki eş yükselti eğrileri iç bükey ve dış bükey bir konum sergilemekte olup, düz bir alandan geçen eski yolun bu kesiminde, kütle hareketinin hareket yönünde küçük bir dış bükey yapı oluşmuştur (Şekil 3). 10 m çözünürlüklü sayısal arazi modelinde de yolun kütle hareketinin gövdesinden geçtiği, yolun kuzey kesiminde topoğrafyanın dikleştiği ve yüzey morfolojisinde bir çukurlaşmanın olduğu belirlenmiştir. Arazi çalışmaları ile farklı tarihlere ait uydu görüntüleri, topoğrafik harita ve ortofotodan yararlanılarak kütle hareketi 1/1.000 ölçekli olarak haritalanarak mühendislik jeolojisi haritası oluşturulmuş ve arazi ve sondaj verileri kullanılarak enine jeolojik kesitler alınmıştır (Şekil 2 ve 3). Kütle hareketinin kayma derinliğini ve türünü belirlemek amacıyla açılmış olan 8 adet araştırma sondajına inklinometre tesisi kurularak deformasyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 5, Çizelge 2). Ekim 2012 ile Mayıs 2013 tarihleri arasında her bir kuyuda 50 cm'de iki eksen yönünde gerçekleştirilen deformasyon ölçümlerine göre tüm sondaj kuyularında bir hareketin olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5. Kütle hareketinin gözlemlendiği alandaki jeolojik profil, yol eksenini ve inklinometre kuyularının ilişkisi.

Çizelge 2. Araştırma sondajlarındaki inklinometre okumaları (Yüksel Proje, 2014)

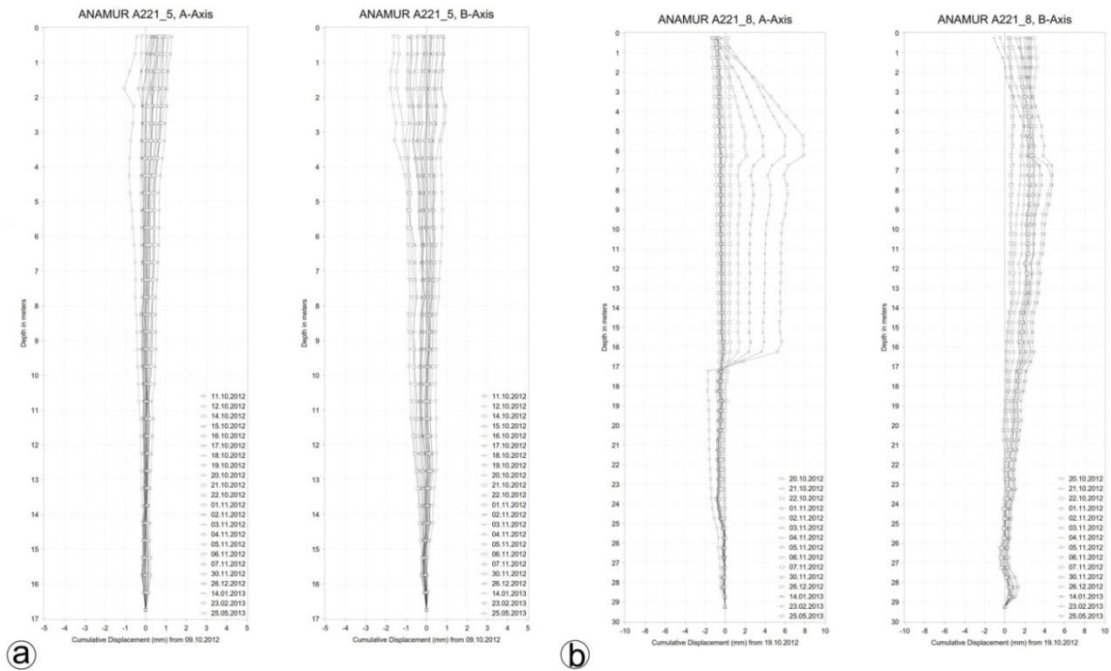
Sondaj No.	İnklinometre Tesis Derinliği (m)	Kayma Hareketi			
		Ölçüm Süresi (gün)	Kayma Derinliği (m)	Kayma Miktarı (mm)	Hareket Hızı (mm/gün)
A221-1i*	36,0	54	6,20	48,10	0,57
A221-2i**	39,0	134	30,50	48,41	0,36
A221-3i	34,5	231	-	-	-
A221-4i	33,0	222	-	-	-
A221-5i	16,5	226	-	-	-
A221-6i	33,0	219	-	-	-
A221-7i	33,0	219	11,13	13,7	0,06
A221-8i	30,0	218	6,80 17,10	8,24 6,50	0,04 0,03

* İnklinometre kuyusunun 14 Ocak 2012 tarihli okumada kayma nedeniyle kesildiği belirlenmiştir.

** İnklinometre kuyusunun 25 Mayıs 2013 tarihli okumada kayma nedeniyle kesildiği belirlenmiştir.

A221-8i nolu sondaj kuyusunda gerçekleştirilen inklinometre okumalarına göre yüzeyden itibaren 6,80 m ve 17,10 m'lerde iki farklı hareketin olduğu; 6,80 m ve 17,10 m'ler arasındaki tüm kütlelerin 17,10 m'den geçen bir düzlem üzerinde hareket ettiği belirlenmiştir (Şekil 6). Oluşan kütle hareketi, Tenzile formasyonuna ait yoğun eklemli metasilttaşlarının foliasyon düzlemleri üzerinde, 160° yönünde ve düzlemsel kayma şeklindedir. Arazi çalışmalarından ve inklinometre okumalarından, düzlemsel kayan bu kütle üzerinde yer alan yamaç molozu ve yapay dolguda da düzensiz ikincil kaymaların olduğu belirlenmiştir (Şekil 5).

Yeni yol çalışmalarının pasif kütle hareketinin merkezinde kuvvet artışı oluşturması, bol eklemli metasilttaşı-metakumtaşı birimlerinin foliasyon düzlemlerinin 30° ile güneydoğuya eğimli olması ve 2011 yılının Aralık ayında bölgede hâkim olan yağışların etkisiyle (DMİ, 2006) yeraltı suyu seviyesinin yükselmesi pasif haldeki kütle hareketinin tekrar aktif hale gelmesine neden olmuştur.



Şekil 6. A221-5i (a) ve A221-8i (b) sondaj kuyusuna ait inklinometre okumaları

5. SONUÇLAR

Yapım çalışmaları 2010 yılında başlayan Alanya-Anamur-Mersin Devlet Karayolu inşaatının 221+300– 221+700 kilometreleri arasında, 2011 yılının Aralık ayında oluşan kütle hareketinin türü ve kayma mekanizmasının ortaya konması amacıyla arazi ve büro çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar ışığında;

1) 2011 yılında oluşan kütle hareketinin yerinin eski bir heyelan alanı olduğu, topoğrafik harita, farklı tarihlere ait uydu görüntüsü ve ormanlık alandaki ağaçlarda gözlenen deformasyonlardan yararlanılarak ortaya konmuştur.

2) İnceleme alanında, Prekambriyen yaşlı başlıca metasilttaşı ve metabazitlerden oluşan Tenzile formasyonunun, mermer mercekli kuvarsit, mavimsi gri, sarımsı kahve yer yer kurşuni yeşil renkli talklaşmış metasilttaşı ve şeyleri yer almaktadır. Oluşan kütle hareketi, bol eklemli ve metamorfik nitelikli litolojinin foliasyon düzlemleri boyunca gelişmiştir.

3) Kütle hareketinin türünün ve derinliğinin belirlenmesi amacıyla 8 farklı noktada toplam 262,5 m uzunluğunda karotlu araştırma sondajları açılmış ve inklinometre tesisleri kurularak gerçekleştirilen deformasyon ölçümleri sonucunda, kütle hareketinin düzlemsel olduğu belirlenmiştir.

4) Deformasyon hareketlerini değerlendirmek amacıyla yerleştirilmiş olan inklinometre tesislerinin bazılarının heyelan nedeniyle deforme olmasından dolayı, kütle hareketinin halen devam ettiği sonucuna varılmıştır.

5) Yeni yol çalışmasının eski heyelan üzerinde oluşturduğu kuvvet artışı ve 2011 yılının Aralık ayında bölgede hâkim olan yağışlar, yeraltısuyu seviyesinin artmasına ve pasif haldeki kütle hareketinin tekrar aktif hale gelmesine neden olmuştur.

6. KATKI BELİRTME

Yazarlar; çalışmalar sırasında gösterdikleri kolaylık ve destek için Ergünler Yol Yapı Ltd. çalışanlarına; Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı'na ve Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü'ne teşekkür ederler.

7. KAYNAKLAR

- DMİ, 2006. Mersin meteoroloji raporu, Mersin.
- İnan, S. ve İnan, N., 2012. Silifke'den Anamur'a jeolojik bir rota. 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı, Ankara, s. 332-333.
- Usta, D., 2001. Anamur-Bozyazı Dolayının Jeolojisi: Alanya P 29-c2-c3-c4 paftaları. MTA, Rapor No: 10485, Ankara.
- Varnes, D.J., 1978. Slope movement types and processes. In: Special Report 176: Landslides analysis and control. TRB, National Research Council, Washington D.C., 12-33.
- Yüksel Proje, 2013. Erdemli – Silifke – Taşucu – 13.Bölge Hududu Yolu Anamur-Kaledran arası 220+560-221+700 kesimi stabilite sorunları jeoteknik araştırma raporu, Ankara, 412s.
- Yüksel Proje, 2014. Erdemli – Silifke – Taşucu – 13.Bölge Hududu Yolu Anamur-Kaledran arası KM:221+300 -221+700 kesimi geoteknik proje raporu, Ankara, 176s.
- Zaruba, Q. ve Mencl, V., 1969. Landslides and Their Control. Elsevier, Amsterdam.

Ihlara Vadisi (Aksaray) Boyunca Kaya Düşmelerinin Değerlendirilmesi *Assesment of Rock Falls Along the Ihlara Valley (Aksaray)*

M. Taşpınar^{1,*}, A. Yalçın¹

¹ *Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Aksaray*
*(*muzezyentaspınar@aksaray.edu.tr)*

ÖZ: Ihlara Vadisi'nin turistik bir bölge olması ve her yıl yüz binlerce turist vadiyi ziyaret etmesi sebebiyle kütle hareketlerinden kaynaklanacak tehlikelerin önlenmesi, hiç istenmeyen can kayıpları ve yaralanmaların olmaması adına çok büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, süreksizlik özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi için; yüzlek taraması ve hat etütleri yapılarak süreksizliklerin türü, durumu, aralığı, açıklığı, yönelimi, devamlılığı, eklem sıklığı takım sayısı, dolgu malzemesi, pürüzlülük ve dalgalılığı, su sızıntıları ve blok boyutları ile ilgili veriler toplanmıştır. Yerinde dayanım deneyleri, düşme analizlerinde kullanmak üzere geri verme katsayıları ile kaya bloklarının sürtünme açılarının belirlenmesi için blok düşürme ve eğilendirme deneyleri yapılmıştır. Ihlara Vadisi boyunca Kızılkaya ignimbritlerinden oluşan yamaçlarda meydana gelen kaya düşmesi iki boyutlu kaya düşme analizleri ile değerlendirilmiş ve farklı blok boyutlarına göre değişik kaya düşme senaryoları oluşturulmuştur. Blok düşürme analizlerinden elde edilen; blokların gidebildikleri en uzak mesafe, yatay hız ve toplam kinetik enerji miktarları yorumlanarak, kaya düşmelerinden etkilenebilecek alanlar belirlenmiş ve tehlikeli bölgeler tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ihlara Vadisi, Kaya Düşmesi, İki Boyutlu Modelleme

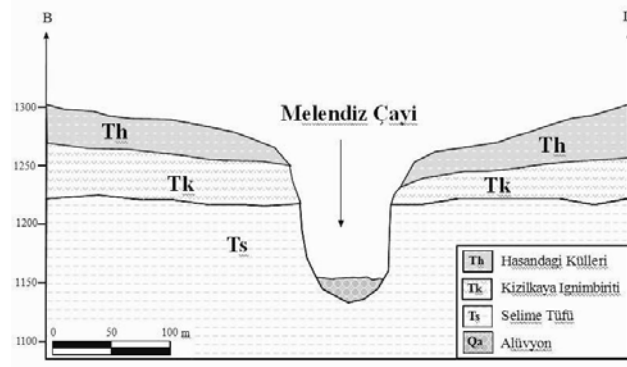
ABSTRACT: *Since the Ihlara Valley is a tourist attraction territory and hundreds of thousands of tourists visiting the valley each year, preventing the hazards caused by mass movements is significant. Thus undesirable life losses and injuries will not occur. In this study, for the purpose of determining detailed joint features like type, condition, spacing, persistan, orientation, density and number of joints, filling material, roughness and waviness of the joint surface, water leakage and block dimensions data were collected. In-situ strength tests were carried out to adjust the coefficient of restitutions to use in the rockfall analysis, rock falling and tilt tests to assess the friction angle of the slopes. Rock falls of the Kızılkaya ignimbrite expected through the Ihlara Valley were modelled via two dimensional rock fall analysis and different falling scenarios were created considering different block size. Probable impacted territories are assigned by interpreting the endpoints of the blocks, horizontal velocity and total kinetic energy values obtained from the analysis and risk territories were determined.*

Keywords: *Ihlara Valley, Rock Fall, Two Dimensional Modelling*

1. GİRİŞ

Doğal afetler, jeolojik ve meteorolojik sebeplere bağlı olarak meydana gelen, çoğunlukla insan kontrolü dışında gerçekleşen, can ve mal kaybına sebep olan tehlikeli ve genellikle büyük çaplı doğal olaylardır. Türkiye'de genel olarak jeolojik ve iklimsel özelliklerin yanı sıra jeomorfolojik özellikler de doğal afetlerin oluşmasında etkin rol oynamaktadır. Genel adıyla kütle hareketleri; doğal afetlerin en çok can ve mal kaybına ve hasarlara yol açan türüdür. Ülkemizde meydana gelen doğal afetlerin %45'i, afetzedelerin ise %21'i heyelan kaynaklıdır. Bununla birlikte olay sayısı ve verdiği zarar göz önüne alındığında kaya düşme ve devrilmelerinin sebep olduğu kayıp ve hasarlar da azımsanamayacak derecede önem arz etmektedir. Kaya düşmelerinin doğal afetler içindeki oranı %10 olup, etkilenen afetzedelerin oranı ise %7'dir (AFAD, 2008).

Kaya düşmeleri ve devrilmeleri, dik kazı şevlerinden, deniz, göl, vadi kenarlarındaki falez ve dik yamaçlardan, yer altı kazı ve mağara tavanlarından değişik büyüklükteki kaya ya da toprak parçalarının yerçekimi ve çeşitli etkilerle aşağıya düşmesi ve devrilmesi olayıdır. Farklı litolojilerde

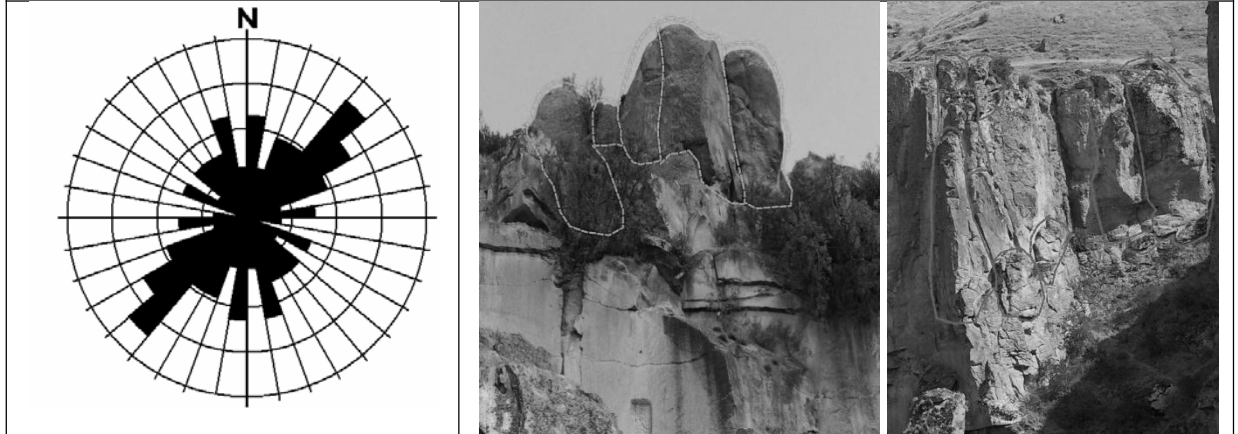


Şekil 3. Ihlara vadisi genelleştirilmiş jeoloji kesiti

3. MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ

3.1. Süreksizliklerin Karakterizasyonu

Ihlara Vadisi boyunca meydana gelmiş ve gelebilecek kaya düşmeleri başlıca tabanda gevşek Selime tüfü ve bu birimi üzerleyen Kızılkaya ignimbiritlerinin litolojisi ve süreksizliklerin kontrolünde gerçekleşmektedir. Süreksizlik çalışmaları yüzlek tarama ve hat etüdü şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarla blok boyutları, süreksizliklerin türü, konumu, açıklığı, devamlılığı, dolgu malzemesinin türü, bozunmanın derecesi, yüzey pürüzlülüğü ve su durumu ile ilgili bilgiler toplanmıştır (Şekil 4). Hakim süreksizliklerin KB-KD doğrultulu ve dike yakın eğimli olduğu tespit edilmiştir.



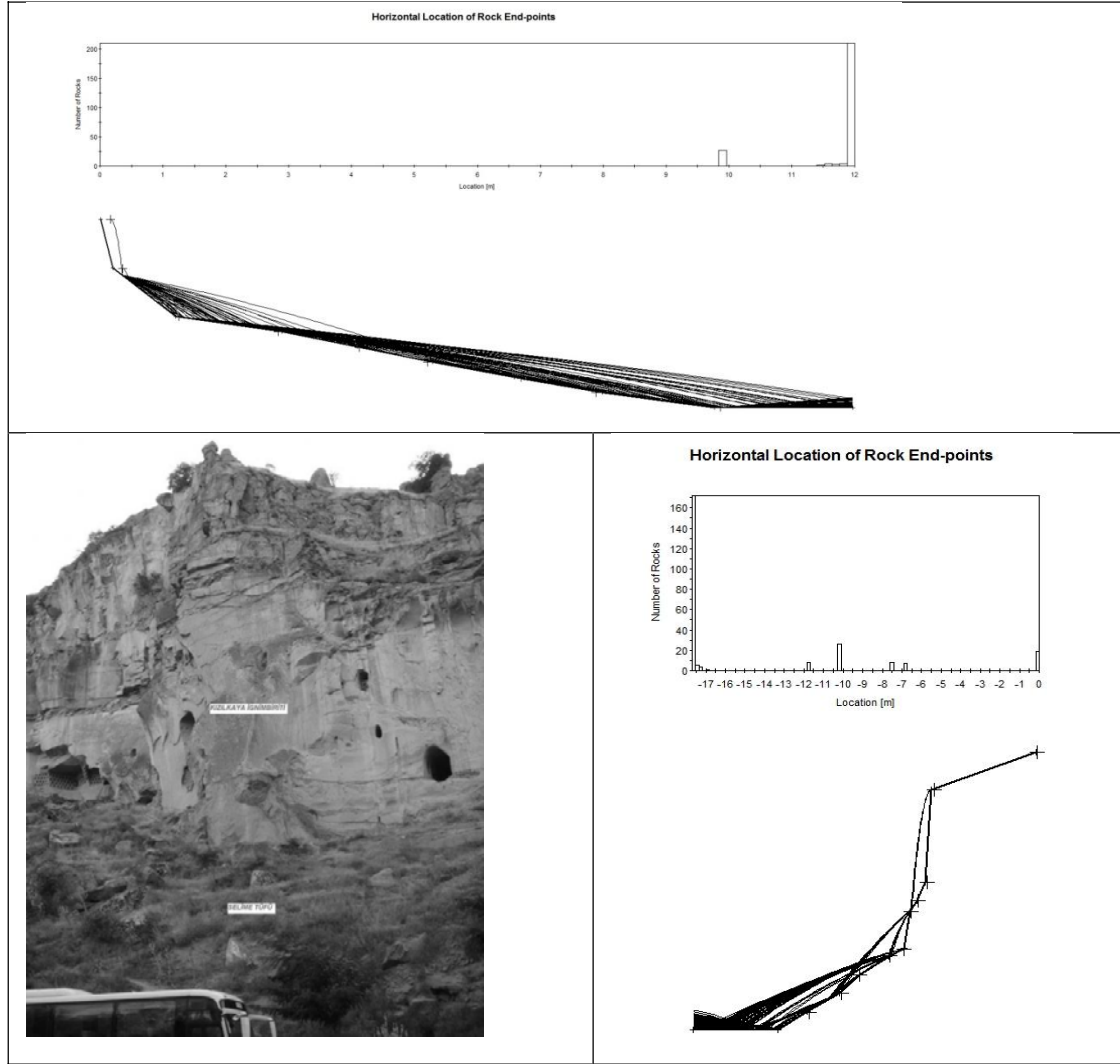
Şekil 4. Hakim süreksizliklerin durumları ve düşme tehlikesi olan bloklar

3.2. Blok Düşürme Gözlemleri

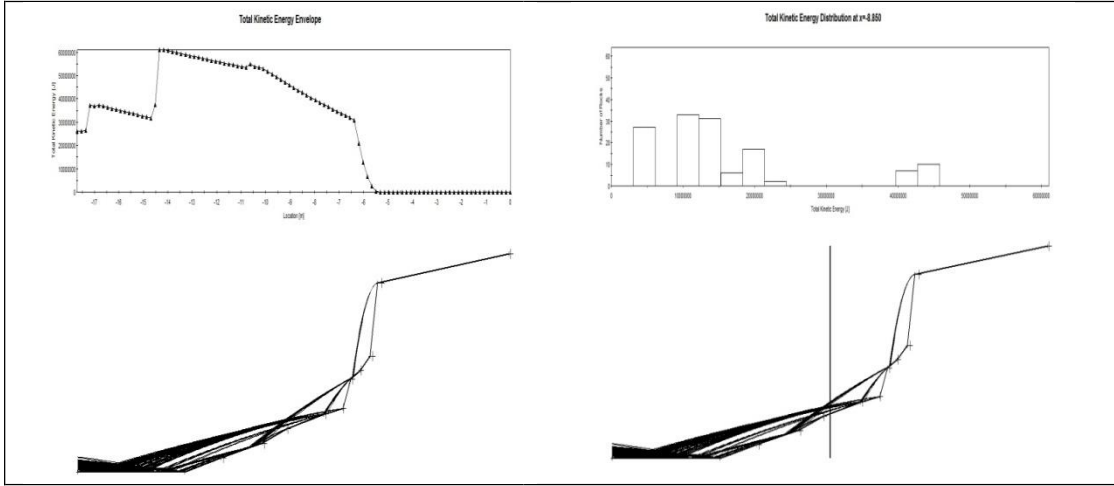
Arazi çalışmaları kapsamında inceleme alanı içerisinde farklı lokasyonlarda (Şekil 5) blok düşürme deneyleri yapılarak video kaydı yapılmıştır (Şekil 6). Boyutları kaydedilen blokların ağırlıkları, düşme mesafeleri, çarpma hızları, kinetik enerjileri vb. veriler videolar yardımıyla elde edilmiştir ve Rocfall v4.0 programıyla yapılan modellemelerin verdiği sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Çizelge1. Kaya düşmesi analizlerinde kullanılan parametreler

Parametre	Değer
Min. hız kesme	0.1 m/sn
Kayacın yoğunluğu	1932 kg/m ³
Normal geri verme katsayısı (R_n)	0.75
Teğetsel geri verme katsayısı (R_t)	0.98
İçsel sürtünme açısı (Φ)	35°
Standart sapma (St)	2
Yüzey pürüzlülüğü	2



Şekil 8a. Kaya bloklarının gidebileceği en uzak mesafenin tespit edilmesi



Şekil 8b. Kaya bloklarının sıçrama yükseklikleri, toplam kinetik enerjileri ve bu parametrelerin Dağılımı

4. SONUÇLAR

Vadi boyunca 32 farklı noktada çalışma yapılmış, bunlardan 10 farklı özellik gösteren lokasyondan alınan örneklerden elde edilen veriler kullanılarak kaya düşme modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu modelleme çalışmalarında, vadi boyunca düşme tehlikesine sahip bloklar tespit edilmiştir. Kaya bloklarının boyutları, ağırlığı, normal ve teğetsel geri verme katsayıları ve içsel sürtünme açıları tespit edilerek modellemelerle bu blokların gidebilecekleri en uzak mesafeler, sıçrama yüksekliği, toplam kinetik enerjileri ve bu parametrelerin dağılımı belirlenmiştir (Şekil 8 a,b). Sayısal modellemesi yapılan kaya blokları, İhlara Vadisinin dik topoğrafyasından dolayı genelde vadi içine kadar ulaşmaktadır. Vadi içerisinde turist yoğunluğunun fazlalığı ve yürüyüş güzergahlarının da genelde dik yamaç eteklerinde olması tehlikeyi daha da artırmaktadır. Dolayısıyla düşme tehlikesi olan bloklara yönelik iyileştirme çalışmalarının yapılması çok büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda düşme tehlikesi olan blokların düşürülmesi, uygun olanların çelik halatlarla ve/veya kaya saptamalarıyla tutturulması ve çelik ağ gerilmesi gibi önlemlerin alınması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- AFAD, 2008. Türkiye’de afetlerin mekansal ve istatistiksel dağılımı afet bilgileri envanteri.
- Batum, İ., 1975. Petrographische und geochemische Untersuchung der vulkaneigenen Gölüdağ and Acıgöl (Zentralanatolie, Türkei). Doktora Tezi, Albert-Luawinas Üniv., Friburg, Almanya.
- Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, L., Zanchi, A., 1988. Continental arc volcanism and tectonics setting in Central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*, 146, 217–230.
- Rocscience, 2002. Rocfall-computer program for risk analysis of falling rocks on steep slopes. Version 4.0, Toronto.
- Temel, A., Gundogdu, M.N., Ground, A., Le Pennec, J.L., 1998. Tuffs of Cappadocia (Central Anatolia; Turkey): petrology and geochemistry *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 447– 471.
- Zorlu, K., Tunusluoglu, M.C., Gorum, T., Nefeslioglu, H.A., Yalcin, A., Turer, D., Gokceoglu, C., 2011. Land form effect on rock fall and hazard mapping in Cappadocia (Turkey). *Environmental Earth Science*, 62(8), 1685-1693.