



İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü
COĞRAFYA DERGİSİ

Sayı 14, Sayfa 43-53, İstanbul, 2005
Basılı Nüsha ISSN No: 1302-7212 Elektronik Nüsha ISSN No: 1305-2128



KARAYOLU HEYELANLARINA BİR ÖRNEK: İNECİK HEYELANI
(TEKİRDAĞ)

An Example to the Highway-Landslides: Inecik Landslide (Tekirdağ)

A. Evren ERGİNAL^{ab} ve Cihan BAYRAKDAR^c

^aÇanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Çanakkale

^bSorumlu yazar: aerginal@comu.edu.tr

^cİstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü İstanbul
cihan@istanbul.edu.tr

Alındığı tarih: 01.06.2005; Kabul tarihi: 26.09.2006

Abstract

The Inecik Landslide on Tekirdağ-Malkara E-5 highway at 22.7 km west of Tekirdağ occurred as result of a northwestward rotational movement of the filling material, which covers the Yeni Muhacir Formation with high clay content. The spoon-shaped Inecik Landslide with 87 m length and 57 m width changed into a soil flow downward and progressed onto the agriculture areas. The total surface area and volume of the activated material were calculated 3544 m² and 42380 m³, respectively. The landslide damaged the highway, some trees, a fountain and agriculture areas in part. In this study, this highway landslide is dealt with from geomorphological point of view by considering other well-known causative factors, such as climate, geology, topography, hydrology etc. Finally, future landslide potential in and around the sliding area is evaluated.

Key Words: Landslide, rotational slump, engineering geomorphology, İncelik, Tekirdağ.

Özet

Tekirdağ'ın batısında, Tekirdağ-Malkara karayolunun 22,7. km'sinde meydana gelen İncelik Heyelanı, yüksek kil içerikli Yeni Muhacir Formasyonunu örten dolgu materyallerinin kuzeybatıya doğru dönel çökme şeklindeki hareketi ile gelişmiştir. Kaşık şeklindeki heyelan 87 m uzunluk ve 57 m genişliğe sahip olup aşağı kesiminde bir toprak akmasına dönüşmüş ve tarım arazileri üzerine ilerlemiştir. Heyelanın toplam yüzey alanı 3544 m² ve harekete geçen materyalin hacmi 42380 m³ olarak hesaplanmıştır. Heyelan karayoluna ve kısmen de birkaç ağaç ve bir çeşme ile tarım arazilerine hasar vermiştir. Bu çalışmada, karayolu heyelanı iklim, jeoloji, topoğrafya ve hidroloji gibi hazırlayıcı faktörler göz önünde bulundurularak jeomorfolojik açıdan ele alınmıştır. Sonuç olarak heyelan sahası ve çevresinde gelecekteki heyelan potansiyeli değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, dönel çökme, mühendislik jeomorfolojisi, İncelik, Tekirdağ.

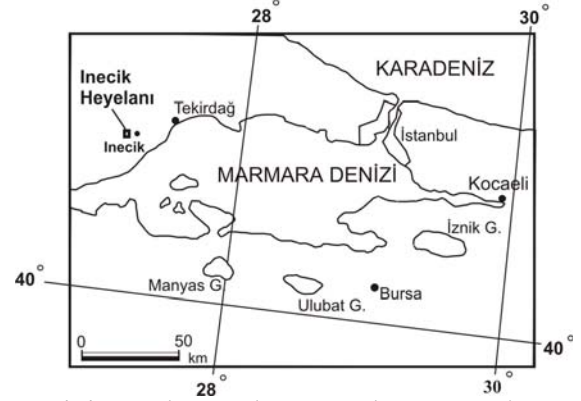
GİRİŞ

Doğal kaya, her türlü zemin, dolgu malzemeleri veya bunların karışımlarından meydana gelen materyallerin aşağıya ve dışa doğru hareketi olarak tanımlanan (Varnes 1958: 20) heyelanlar; jeolojik yapı, iklim ve topografik faktörlerin uygun olduğu Türkiye topraklarında sıklıkla karşılaşılan ve zaman zaman katastrofik boyuta ulaşan afetlerdendir. Genellikle insan müdahalesi ve yanlış mühendislik uygulamaları ile tetiklenen heyelanlarla ilgili mevcut araştırmalar; yerleşim alanlarının (Ardos, 1980; Atiker, 1983; Uzun, 1987; Girgin, 1996; Deniz ve Sındır, 2001), barajlar ve tarım arazilerinin (Ertek, 1999; Ertek ve Erginal, 2005); karayollarının (Doğu vd., 1989; Ertek vd., 1993; Yilmazer, 1990; Yilmazer vd., 2003), demiryollarının (Atalay, 1974-1977), maden işletmelerinin (Erginal, 2005) ve doğal gaz boru hatlarının (Sağlamer, 1991) önemli ölçüde etkilendiğini, olayın katastrofik boyutunda ise can ve mal kayıplarının yaşandığını göstermektedir. Türkiye’de sadece 1959-1994 yılları arasında meydana gelen heyelanların doğal afetler içerisinde % 27’lik bir paya sahip olduğu ve oluşan hasarın binalara verdiği hasar açısından depremlerden sonra ikinci sıraya yerleştiği düşünüldüğünde (İlçir, 1995) olayın hayati boyutu ve ülke ekonomisi açısından önemi oldukça açıktır.

Ülkemizde, karayolu projelerinde seçilen güzergah rotalarının kaçınılmaz olarak potansiyel ve aktif heyelan sahalarını da kapsamaları nedeniyle doğal ve dolgu zeminlerde zaman zaman karayolu kaymaları (roadway-slipout) ile karşı karşıya kalınmaktadır. Dolgu materyali (agrega) seçimindeki hatalar, dolgu zeminin şevine verilen fazla yükseklik ve yüksek açılı dolgu sahasının akarsu vadileri üzerinde oluşturulması, yeraltı suyu seviyesinin konumu-yüzey drenajı bağlantısı ile dolgu sahasına yakın bataklik zeminlerin göz önünde bulundurulmaması, fay, tabaka ve diğer yapısal öğeler ile eski heyelan sahalarının göz ardı edilmesi gibi neden-

lerle yol projelerini aksatan heyelanlarla mücadele zorunlu hale gelmektedir.

Bu çalışmada karayolu güzergahlarında yanlış yer seçimi ve hatalı mühendislik uygulamalarından kaynaklanan heyelanlara güncel bir örnek olarak Tekirdağ’ın 22.7 km batısında E-5 karayolunda meydana gelen küçük ölçekte bir heyelan (Şekil 1) ele alınmış, heyelanın jeomorfolojik ve morfometrik parametreleri üzerinde durularak geleceğe ait bazı görüş ve öneriler öne sürülmüştür. Heyelan İncecik yerleşmesinin 1.9 km batısında meydana geldiğinden bu çalışmada “İncecik Heyelanı” olarak adlandırılmıştır.



Şekil 1: Çalışma Alanının Lokasyon Haritası

AMAÇ VE YÖNTEM

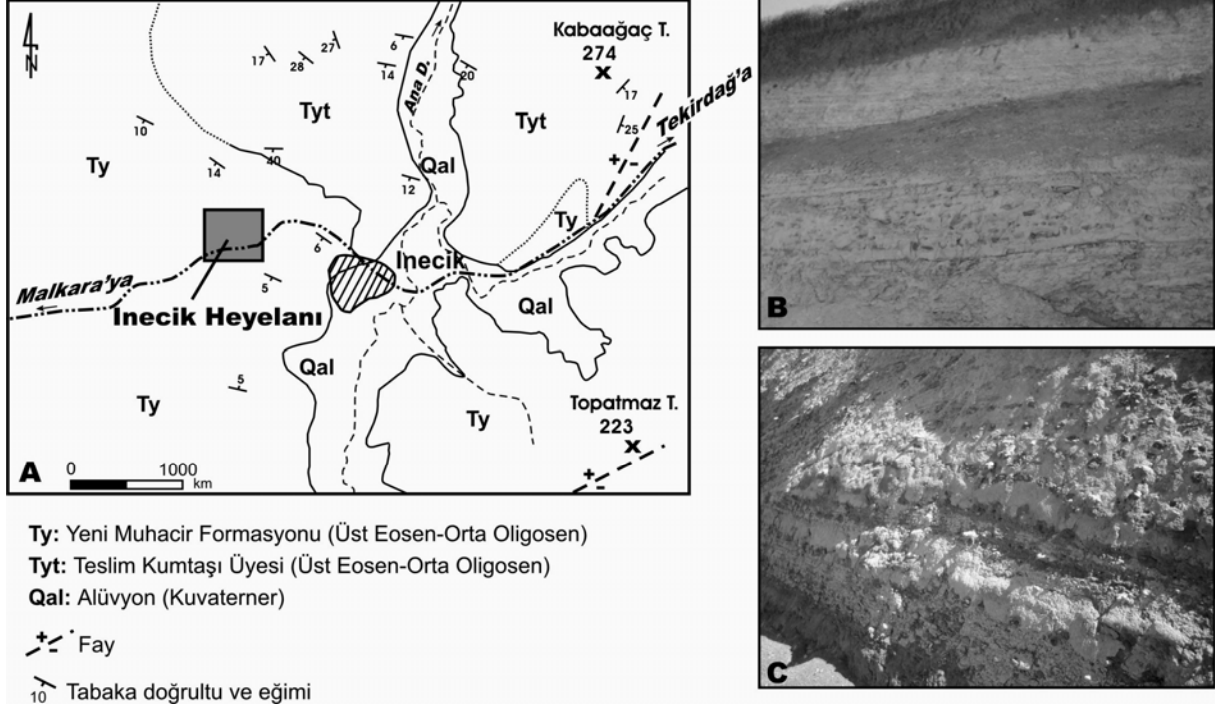
Bu çalışmada amaç güncel bir karayolu heyelanının oluş sebeplerini ve gelecekteki yayılma olasılığını ortaya koymaktır. Heyelanı hazırlayıcı ve tetikleyici faktörler tartışıldıktan sonra, heyelanın kontrol altına alınması konusunda bazı öneriler getirilmiştir. Coğrafi bilgi sistemleri metodolojisinden faydalanarak çalışma sahasına ait ölçüm ve lokasyon verileri için GPS (Global Positioning System) kullanılmış ve elde edilen veriler CBS yazılımlarından ArcView 8.3’de değerlendirilerek heyelanın morfometrik analizi hakkında sayısal veri tabanı oluşturulmuştur.

JEOLJİ, İKLİM VE JEOMORFOLOJİ

Jeoloji. Heyelan sahası ve yakın çevresinin jeolojik yapısını Üst Eosen-Orta Oligosen yaşlı, orta-kalın ve yer yer ince katmanlı gri, mavimsi ve yeşilimsi gri

renklerdeki kiltası, marn, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı bileşimindeki Yeni Muhacir

formasyonu (Ty) oluşturur (Şekil 2).



Şekil 2: İnceleme Alanının Jeoloji Haritası (A; Gök, 1994'den düzenlenerek) ve İncik batısında Yeni Muhacir Formasyonu'nun farklı tabakalanma yapısı gösteren kumtaşı, kiltası ve çamurtaşı istifi (B-C).

Kiltası, marn ve kumtaşı egemen olup kiltaları arakatkılı olarak, ince ve orta katmanlı kırılğan karbonat çimentolu kumtaşları içerir. Heyelan sahasının doğusunda geniş bir alanda yayılım gösteren kahve, gri ve yeşilimsi gri renklerdeki, katman kalınlığı değişken karbonatlı kumtaşları ise Yeni Muhacir Formasyonu'nun Teslim Kumtaşı Üyesini (Tyt) oluşturur (Gök, 1994).

Görüldüğü gibi Yeni Muhacir formasyonunun yüksek kil içeriği, dolgu materyali altında suya doymun zemin koşulları bakımından heyelana elverişli bir ortam hazırlamaktadır. Heyelan sahasının güneyinde, egemen tabaka dalışı, kayma doğrultusuna zıt olarak güneybatı yönünde ort. 5-6° olmakla birlikte, istifte karbonatlı dolgu malzemesi içeren bazı fayların bulunması zemin geçirgenliğini arttırmaktadır. Nitekim bölgede Yeni Muhacir Formasyonu çok sayıda SW-NE doğrultulu

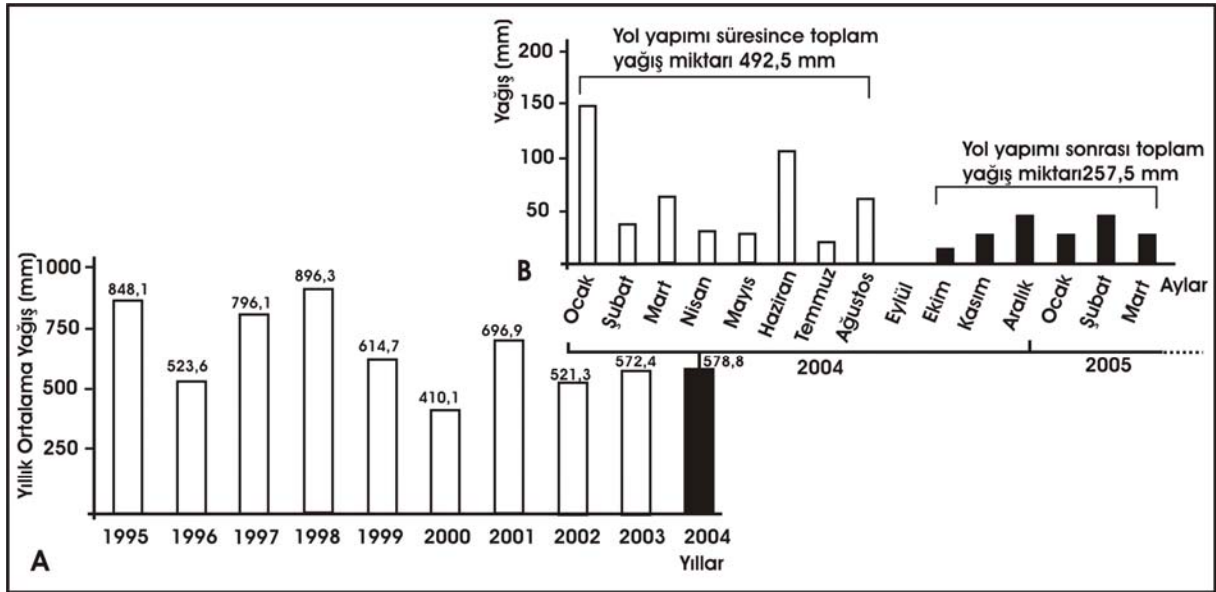
normal fayla ötelenmelere uğramış, kırılğan bir strüktür göstermektedir.

İklim. Bilindiği gibi zeminin; yağışlı devrede suya doymun hale gelmesi sonucunda zemin tanecikleri arasındaki kapılar çekmenin 0 olması, akıcı bir cisim gibi harekete geçmesine neden olmaktadır (Toğrol, 1991: 3). Bu nedenle çoğu heyelanda yağış sürtünmeyi azaltarak hareketi tetikleyen bir faktör olarak ortaya çıkar. Bu bağlamda Tekirdağ Meteoroloji İstasyonu'nun son 10 yıllık verileri değerlendirildiğinde 1995-2004 arası yıllık ortalama yağış tutarları Şekil 3A'da gösterilmiştir.

Buna göre son 10 yılda Tekirdağ ve çevresine ortalama 645 mm yağış düşmüştür ve yağış ortalamaları ile ilgili önemli bir anomali görülmemektedir. Ancak 2004 yılı aylık ortalama yağış tutarlarını gösteren Şekil 3B'de görüldüğü gibi, yol yapımı çalışmalarının başladığı 2004 yılı kış aylarında yüksek bir yağış verisi

kaydedilmiştir. Yine bir yağış anomalisi olarak Haziran-Ağustos döneminde düşen 187,3 mm'lik yağış miktarı 2004 yılı toplam yağış miktarının 1/3'ünü karşılamaktadır. Bu durumda 2004 yılı yol yapım çalışmaları boyunca yağışlı bir dönemin rastlanması heyelanın iklimik bir parametresini oluşturmaktadır. 2005 yılı kış aylarında yağışın önemli bir kısmını kar

yağışlarının oluşturması ve karların erime döneminde suya doymuş zemin stabilitesinde kritik dengenin aşılması ise olayın tetikleyici (triggering) etkeni olmuştur. Nitekim, kar erimesinin hızını yavaşlatarak suyun bir kısmını kullanmak suretiyle sürtünmeyi azaltacak olan kök desteği sahada mevcut değildir.



Şekil 3: Tekirdağ Meteoroloji İstasyonu verilerine göre 1995-2004 yılları arasında yıllık ortalama yağış (A) ve 2004 yılı aylık ortalama yağış (B) tutarları.

Jeomorfoloji.

Çalışma sahası ve çevresi; güneydeki Ganos Dağı'ndan kaynak kollarını alan Ana Dere ve kollarınca az derin vadilerle parçalanmış bir dalgalı plato sahası karakterindedir. Heyelan sahasının güneyinde ortalama 350 m seviyelerde uzanan plato sahası kuzeyde Ana Dere vadi tabanı ve çevresinde 150 m seviyelere kadar alçalır. Heyelan sahası ise Ana Dere'ye batıdan katılan kısa boylu bir mevsimlik derenin vadisinin orta kesimine karşılık gelir. Bu derenin kaynak sahası ise ortalama genişliği 172,68 m, uzunluğu 217 m olan eski bir heyelan sahasıdır (Şekil 4).

Eski heyelan sahaslarının tipik basamaklı rölyefini oluşturacak şekilde içbükey yamaçlar, topuklar ve ters eğimlenmeler İncelik Heyelanı güneyinde

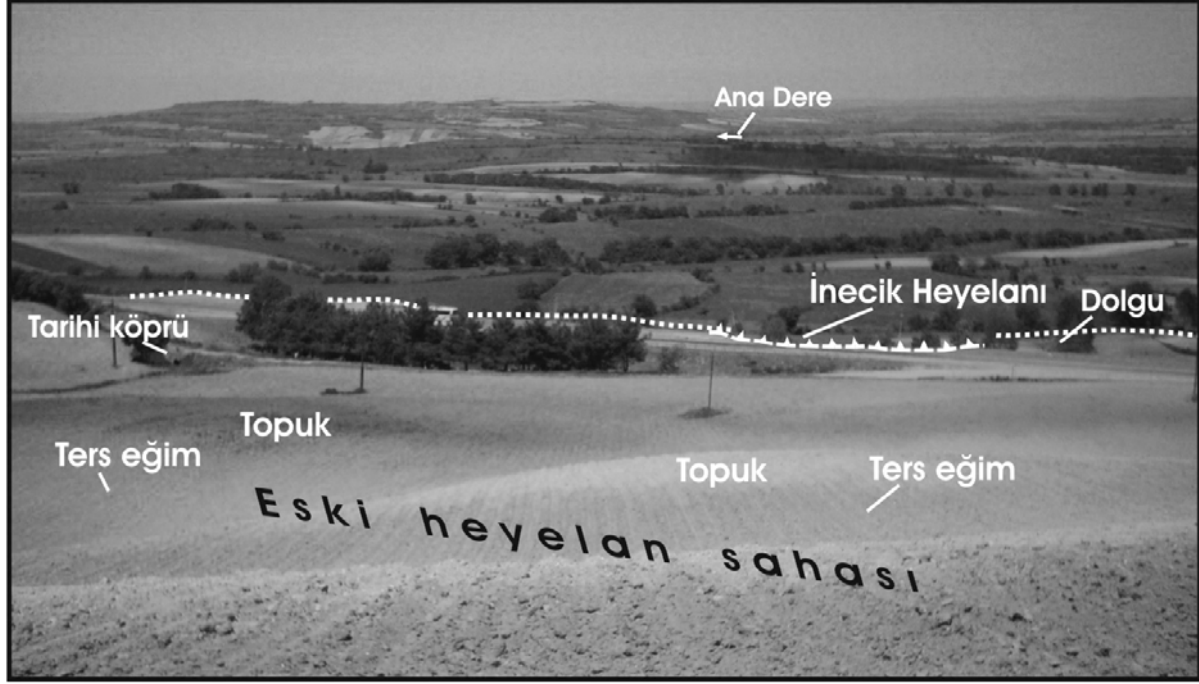
geçmişte de heyelanların meydana geldiğini göstermektedir. Yaklaşık 10-15° eğimle kuzeye doğru alçalan ve üzerinde ayçiçeği ekimi yapılan bu kütle İncelik Heyelanının geliştiği vadinin yukarı kesimine karşılık gelir ve bugün itibariyle stabildir. Ancak 2004 yılında ek yol yapımında ihtiyaç duyulan dolgu malzemesinin bir kısmının kütlenin topuk kısmından alınması (Şekil 5A) ve kuzeyinde gelişen yeni heyelan nedeniyle tekrar harekete geçmesi olasılığı vardır. Ayrıca kütlenin batı yamacında su kaynakları boyunca oluşan ve bataklık özelliği gösteren ~50 m uzunluğunda suya doymuş bir zemin bulunmaktadır (Şekil 5B). Atkuyruğu (*Equisetum arvense*), Isırgan (*Urtica sp*) gibi sucul otsu bitkilerin yer aldığı bu kesimden talvege kanalizasyon sızıntı suları kuzeydeki

İncik Heyelanı sahasındaki dolguda daimi bir su fazlasına yol açmaktadır.

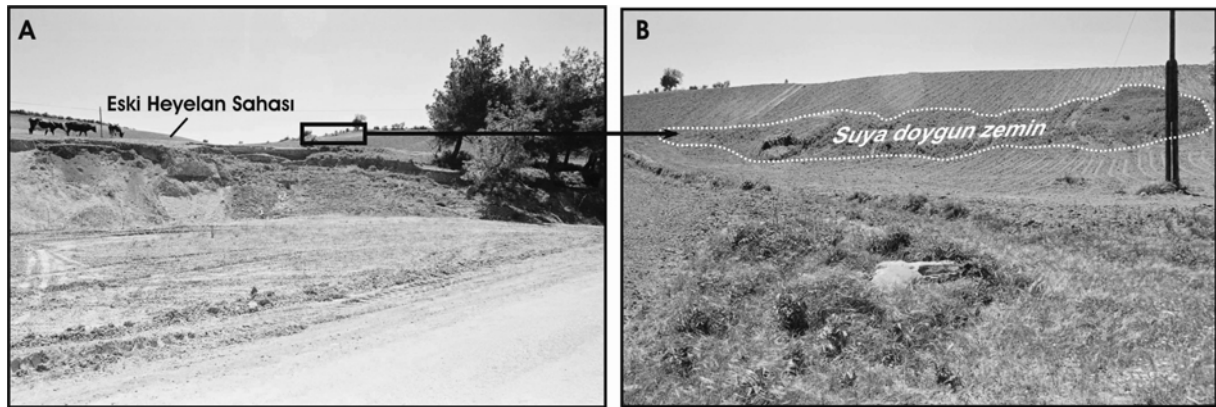
İNECİK HEYELANININ MORFOMETRİK ÖZELLİKLERİ VE GELİŞİMİ

İncik Heyelanı, Tekirdağ-Malkara karayolunun genişletme çalışmaları kapsamında yörede oluşturulan dolgu zeminde

dönel çökme (rotational slump) olarak gelişmiştir (Şekil 6). Heyelan, karayolunun güney tarafında yer alan eski heyelan sahasının (Şekil 7A) uzanım eksenine koşut olarak NW yönünde gelişmiş, ancak oluşumunda birçok doğal ve beşeri hususun rol oynadığı anlaşılmıştır.



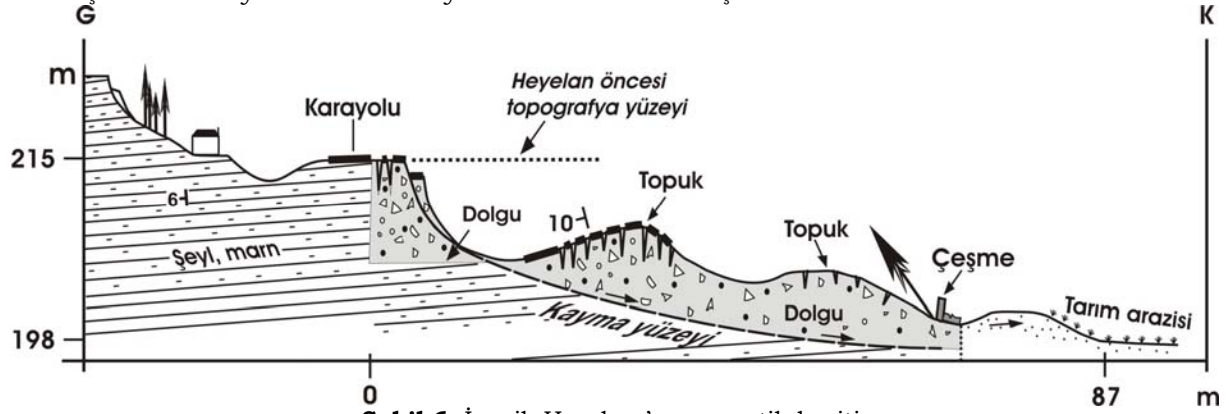
Şekil 4: İncik Heyelanı'nın güneyindeki eski heyelan sahası ve kuzeyindeki dalgalı plato kesiminin görünümü (kuzeye bakış).



Şekil 5: Eski heyelan sahasının kuzey yamacında hafriyat nedeniyle gelişen göçmeler (güneybatıya bakış) (A) ve batı yamacındaki kaynaklar boyunca oluşan suya doymuş zemin (batıya bakış) (B).

Sahada 2004 yılı Mart ayı sonlarında başlanan yol yapım veya genişletme çalışmaları aynı yılın Eylül ayında tamamlanmıştır. 2005 yılının Ocak ayında ilk

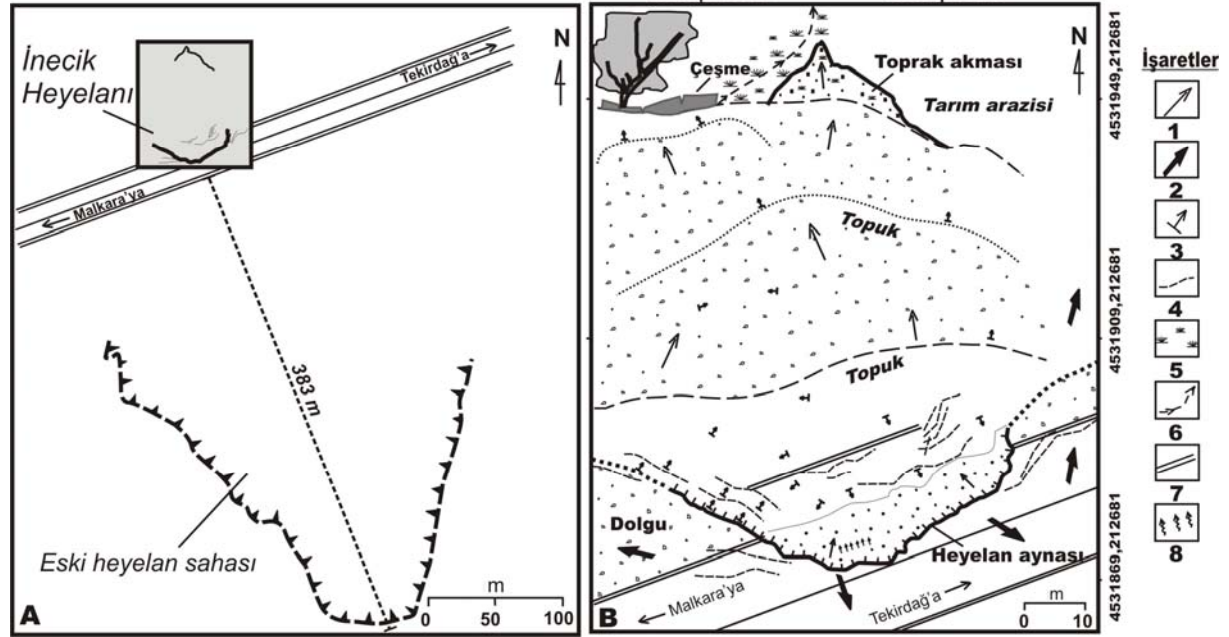
gerilme çatlaklarının belirmesi ve bunu izleyen kademeli çökmeler 3-4 Şubat 2005'te devam ederek heyelan son şeklini almıştır.



Şekil 6: İncik Heyelanı'nın şematik kesiti.

Arazide kaydedilen GPS verilerinin Arcview 8.2 programı üzerinde işlenmesi sonucunda heyelanın morfometrik veri tabanı oluşturulmuştur. Buna göre heyelanın uzunluğu 87 m, taç kısmında en

geniş yeri 57,31 m, ayna uzunluğu ise 74 m'dir. Taç kısmında çökmenin maksimum değeri 7 m olup, çöken asfalt yol kayma vektörü olan kuzeybatıya doğru 6.5-7 m arasında ötelenmiştir (Şekil 7B).



Şekil 7: İncik Heyelanı ve güneyindeki eski heyelan sahasının konumu (A) ve İncik Heyelanı'nın jeomorfoloji haritası (B) [(1) hareket yönü, (2) heyelan genişleme yönü, (3) eğim ve ters eğim yönü, (4) gerilme çatlakları, (5) nemli toprak zemin, (6) mevsimlik dere, (7) karayolu, (8) su sızıntısı].

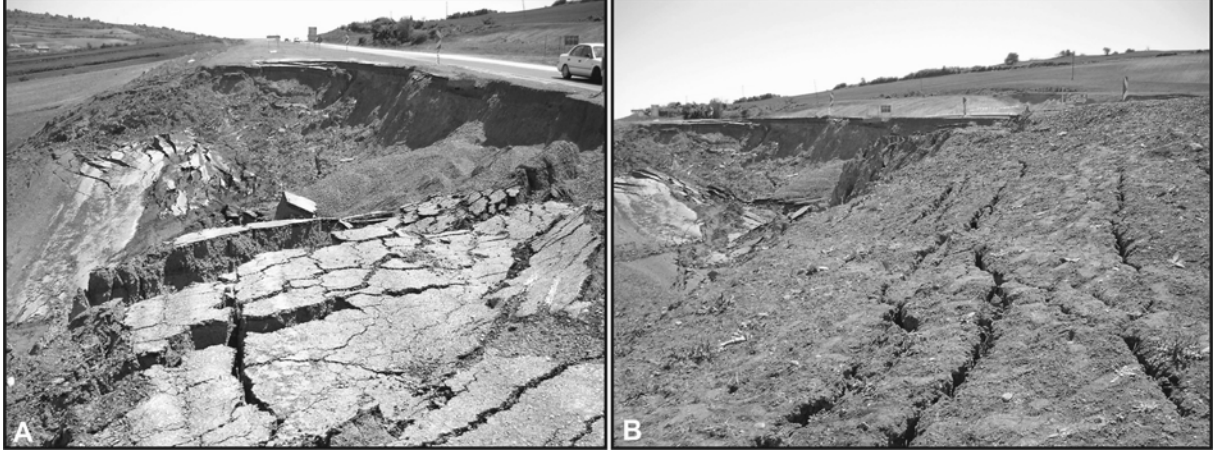
Çöken ve topuk kısmında adeta dilimlenen asfalt yolun güneye doğru 10° eğimlenmesi (back-tilting) kayma yüzeyi-

nin içbükey formu heyelan mekanizmasının dönel çökme türünde geliştiğini göstermektedir. Hareket yönünde hem asfalt

KARAYOLU HEYELANLARINA BİR ÖRNEK: İNECİK HEYELANI (TEKİRDAĞ)

yol, hem de sıkışarak kuzeye sürüklenen dolgu kütlesi topukta 2 m'lik azami bir yüksekliğe erişmektedir. Ana heyelan aynası etrafında, heyelan esnasında oluşan ve heyelan sonrasında da genişlemeye devam eden gerilme çatlakları ise ana ay-

nadan 15.1 m'lik bir mesafeye kadar açılmakta, böylece heyelanın batı ve güney yönünde genişleme eğiliminde olduğunu göstermektedir (Şekil 8). Gerilme çatlaklarının egemen doğrultusu NE-SW'dır.



Şekil 8: Ana heyelan aynasının çevresinde tahrip olan asfalt yol (batıya bakış) ve dolgu şevinde meydana gelen gerilme çatlakları (güneybatıya bakış).

Heyelanın sökülme yeri veya taç kısmında yükselti 215 m'dir. Hareketin artan su içeriği nedeniyle, zeminin su içeriğinin likit limite eriştiği ve böylece bir toprak akmasına dönüştüğü aşağı kesiminde ise yükselti 198 m'dir (Şekil 9). Bu verilere göre heyelan eden toplam kütleinin değeri üçgen prizma yöntemi ile hesaplanmıştır. Buna göre;

$$V = \frac{AxBxC}{2}$$
$$V = \frac{57,31 \times 17 \times 87}{2}$$
$$V = 42380,745 \text{ m}^3$$

(V = Heyelanın toplam kütlesi; A = heyelanın baş (taç) kısmının genişliği; B = topuk ile taç arasındaki seviye farkı; C = topuk ile taç arası mesafe).

42380, 745 m³ olan heyelan kütleinin yüzey alanı ise 3544 m² dir.

Dolguya verilen fazla şev yüksekliği ve yüksek şev açısı heyelanın en önemli etkenlerinden biridir. Heyelan sahasının veya karayolunun güneyinde doğal yamaç

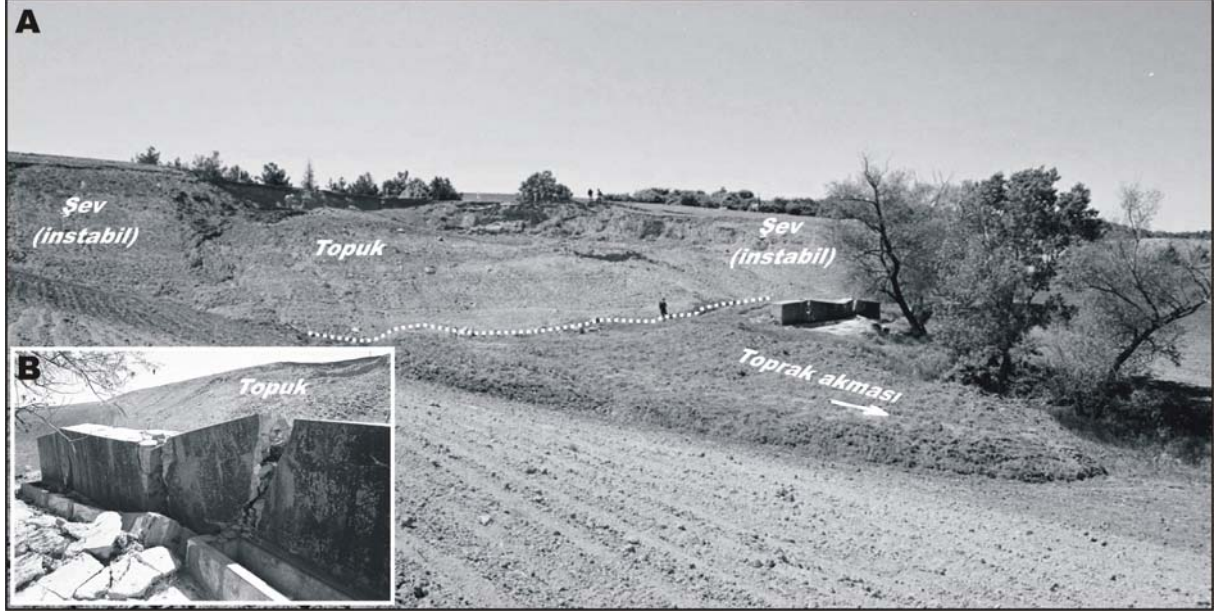
eğimleri 10-15° iken dolgu sahasında 15 m'yi bulan şev yüksekliği ve 45° lik şev açısı söz konusudur (Şekil 10). Yukarıda belirtildiği gibi heyelanın batı ve doğusunda aynı yüksekli ve açıdaki dolgu şevlerinde heyelanın gerilme çatlakları 15m'lik bir genişliğe erişmiştir. Bu nedenle heyelanın gelecekte bir genişleme (widening) türünde devam etmesi kuvvetle muhtemeldir.

Heyelanın önemli etkenlerinden bir diğeri de kullanılan dolgu malzemesinin cinsi ve bileşimi ile ilgilidir. Yol yapımında İncik Köyü çevresinde (Sarıyer Mevkii) Yeni Muhacir formasyonu'nun kumlu birimleri (Tyt) kullanılmıştır. Ayrıca heyelan sahasının güneyinde marn ve şeyl birimlerinden de malzeme alınmıştır.

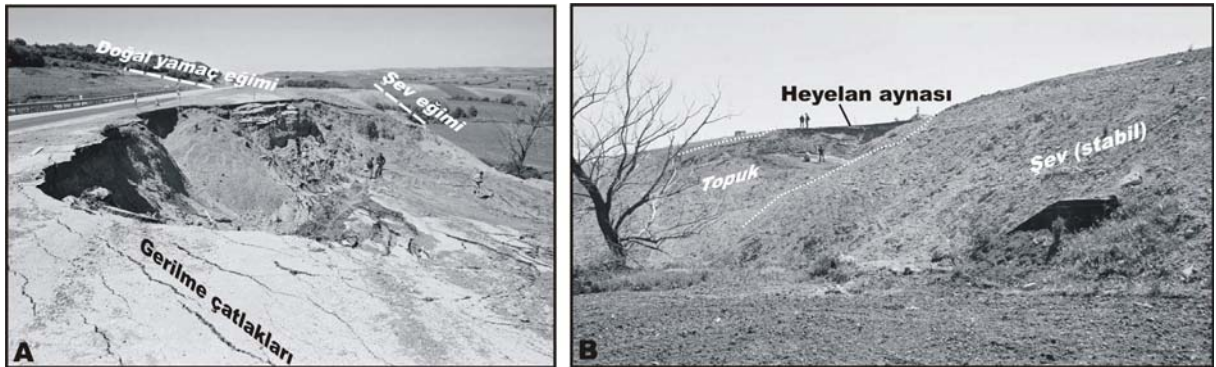
Dolgu malzemesinde tane boyutları çok değişkendir. İri blok boyutunda, köşeli marn ve kırmızı renkli kumtaşı parçaları, kumtaşı çakılları ve özellikle iyi yuvarlanmış, masif yapılu gnays, mermer ve kuvars çakılları killi bir matriks içinde dağılmış durumdadır (Şekil 11). Özellikle dolgunun üst seviyelerinde killi-kumlu matriks içindeki iri kumtaşı blokları ve mercək şeklin-

deki çakıl zonu yeraltı suyu taşıyabilme özelliği nedeniyle boşluk suyu basıncının artmasına neden olmaktadır. Bu zondan sızan suların alttaki kil ve marndan olu-

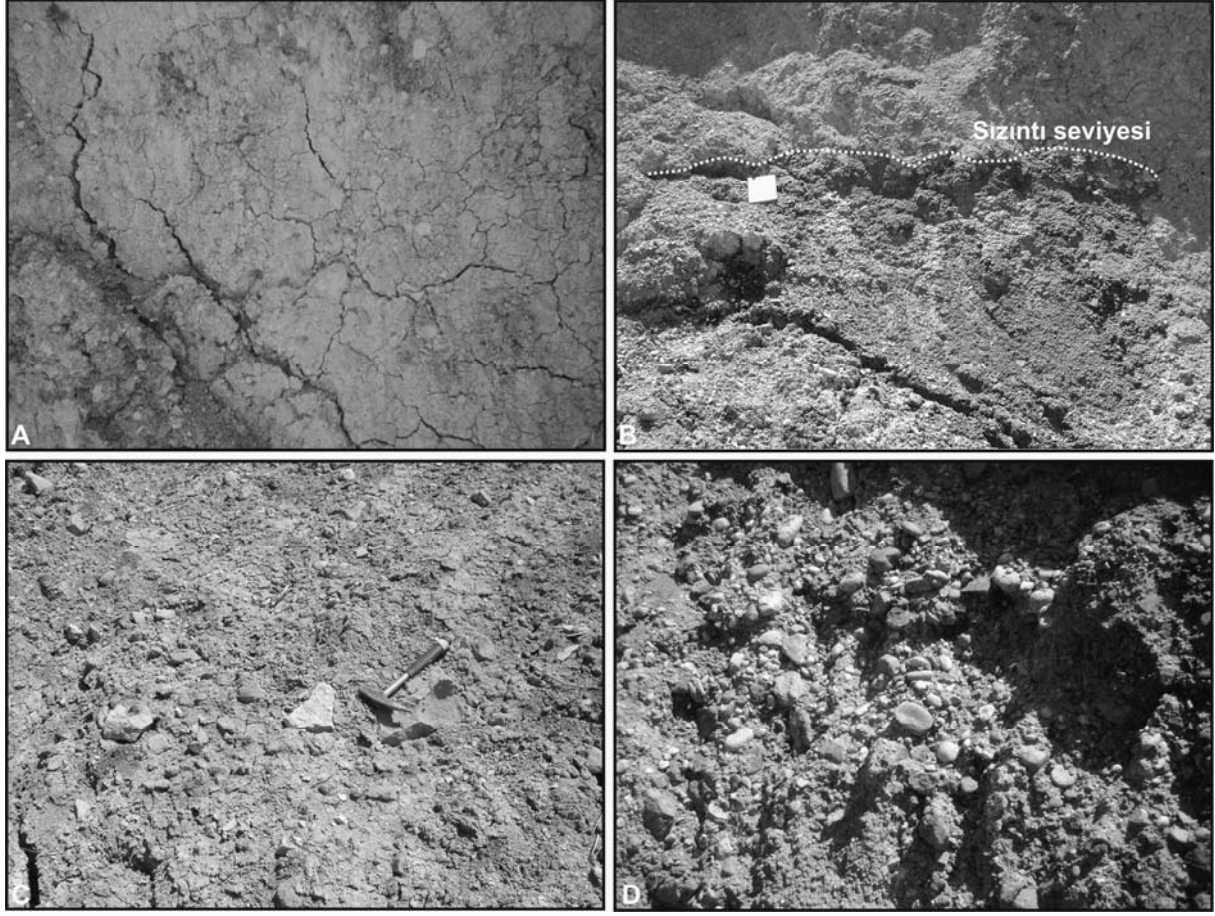
şan anakaya üzerinde bir ek yük (sürşarj) oluşturarak su içeriğini arttırması ve sür-tünmeyi azaltması heyelanın hazırlayıcı nedeni olmuştur.



Şekil 9: Heyelanın aşağı kesimde toprak akmasına dönüşümü (A) ve bir çeşmeye verdiği zarar (B) (güneye bakış).



Şekil 10: Heyelan eden dolgu platforma verilen şev yüksekliği (batıya bakış) ve şev açısı (güneydoğuya bakış).



Şekil 11: Sökülme yerinde düşey kayma çizikleri ve killerin kuruma çatlakları (A), daha alt seviyede gerideki eski heyelan sahasından gelen sızıntı suyunun seviyesi (B), kumtaşı blok destekli dolgu (C) ve bunun üst seviyelerinde çakıl zonu (D).

SONUÇ VE ÖNERİLER

İncelik Heyelanı Tekirdağ-Malkara E-5 karayolunu genişletme çalışmaları kapsamında oluşturulan dolgu platformun, alttaki yüksek kil içerikli anakaya ile dolgu arasından dönel çökme şeklinde hareketi ile oluşmuştur. Boyut olarak küçük bir kütle hareketi olmakla beraber yolun yapımından çok kısa bir zaman sonra kullanılamaz hale gelmesi ülke ekonomisi için ciddi ve düşündürücü bir kayıptır.

Kullanılan dolgu malzemesinin bileşimi ve dolgu platformun kuzey yamacına verilen 45° lik yüksek açı heyelanının en önemli sebepleri arasındadır. Yolun yağışlı dönemde yapılması, yöre sakinlerinin aktardığına göre yapım aşamasında gelişen

çatlakların göz ardı edilerek çalışmaya devam edilmesi, güneydeki eski heyelan sahasının batı yamacından gelen kaynak ve sızıntı sularının uygun bir yüzey-yeraltı drenajı ile ortamdan uzaklaştırılmaması heyelanı hazırlayan diğer nedenler arasındadır. Heyelan, hareket yönünde 80. metresinden itibaren açığa çıkan suyun karışmasıyla bir toprak akmasına dönüşmüş ve buğday ekilen tarım arazisinin bir kısmını örtmüştür. Hareketin enerjisinin sonlandığı aşağı kesimde bir çeşme de kullanılamaz hale gelerek bir ağacı kökünden fırlatmış ve bazı ağaçların kuzeye doğru eğimlenmesine yol açmıştır.

Sonuç olarak; jeomorfolojik faktörler ihmal edilerek eski bir heyelan sahasının

30 m kadar kuzeyinde hatalı mühendislik uygulamaları ile dolu bir dolgu platform oluşturulmuş, yapılan yolun ömrü birkaç ayla sınırlı kalmıştır. Şu an için asıl önemli olan ise yağışlı döneme girilmeden gerekli önlemleri almaktır. Bu konudaki düşüncelerimiz aşağıda sıralanmıştır:

- Meydana gelen heyelan, ilave yolun doğu ve batı kesimlerindeki dolgu platformlarda meydana gelebilecek kaymalar için bir uyarıdır. Bu nedenle ilave yol boyunca belli aralıklara gerekli teçhizat yerleştirilerek zeminin kayma eğilimi izlenmelidir.

- Heyelan aynasının iki yanındaki 15 m'lik zon stabil değildir. Oluşan gerilme çatlakları yağışlı döneme girildiğinde yağmur ve kar suları ile hareketi daha geniş bir alana yayacaktır. Yani, gerekli önlemlerin alınmaması durumunda, heyelan 2006 senesinin yağışlı periyodunda bir genişleme türünde gelişimini sürdürecektir. Ancak şimdilik üzerinde gerilme çatlakları oluşmayan anayol üzerinde de yakın gelecekte hareketin başlama olasılığı vardır. Çünkü heyelana maruz kalan E-5 karayolu İpsala sınır kapısı ile İstanbul-Çanakkale güzergahında en fazla kullanılan karayolu olduğundan çok yoğun bir trafik yüküne sahiptir ki, bu durum da zeminde sürekli bir tiksotrofi yaratmaktadır. Bu durumda büyüyen (enlarging) türde gelişimine devam edecek olan heyelanın karayolunun güneyindeki eski heyelan sahasını kararsız hale getirme olasılığı vardır.

- Güneydeki eski heyelan sahasında bir yüzey ve yeraltı drenajı oluşturmak ve bu suyun dolgu sahasına karışmasını engellemek gerekmektedir. Bu amaçla heyelan sahası ve yakınındaki potansiyel heyelan sahaları boyunca menfez veya büzlerin tesis edilmesi gerekmektedir. Bu uygulama ile dolgu zemindeki sürşarjın önüne geçilebilir.

- Heyelan sahasının yakın çevresinde harekete hazır olan eğimli şevlerin yüksekliklerinin düşürülerek profillerinin yatıklaştırılması acil bir zorunluluktur. Bu işlemin ardından şev önlerine ağaçlandırma yapılarak toprağın sürtünme direnci arttırılmalıdır. Bu amaçla derin ve gür kök

sistemi geliştirerek toprağın sürtünme direncini arttıran odunsu bitkilerle ağaçlandırma yapılması önerilir. Yörenin iklim ve ekolojik koşullarına uygun olan Meşe türleri (*Quercus* spp), Geven türleri (*Astragalus* spp), Kebere (*Capparis spinosa*), Sandal ağacı (*Arbutus* spp) ve Kokar ağaç (*Ailanthus glandulosa*) gibi bitki türleri önerilebilir (A. Gönüz ile sözlü görüşme). Daha etkili ve kısa vadede şev desteği sağlamak amacıyla ise, kayma düzleminin altına inebilecek derin kazıklama veya istinat duvarı çekilmesi yerinde olabilir.

- Son olarak şunu ifade etmek gerekir ki, bu öneriler aslında hemen her tip heyelanda ortaya atılan, ıslah yolunda zaman zaman olumlu sonuçlar vermiş klasik metotlardır. İncik Heyelanı ise tamamen aceleci, mühendislik hataları ile dolu uygulamaların devlete acı bir faturasıdır. Heyelan, güneydeki eski heyelan sahasından gelen yüzey ve yeraltı drenajının yönüne müdahale edilmesi, anakaya üzerine gereğinden fazla dolgu yükün uygulanması, 10-15° arasında olan doğal yamaç eğimi değerlerine göre dolgu platforma 3 kat yüksek şev açısı verilmesi, dolgu malzemesi içine serilen çakıl zonu alttaki geçirimsiz kil yüzeylerine sızmayı kolaylaştırması, dolgu oluşturma çalışmaları esnasındaki ilk belirtiler olarak yüzeyde gelişen çatlakların göz ardı edilmesi ve dolgu yapımı sonrasında karayolundan 18 m alçakta kalan doğal zemin (tarım arazileri) ile şev arasında destek birimlerinin tesis edilmemesi nedeniyle, 2005 senesi yağışlarının tetiklemesi sonucu meydana gelmiştir.

KATKI BELİRTME

Yazarlar arazi çalışmalarında yoğun çaba sarfeden Hamdi Akıncı, Esin Özgel, Cengiz Yıldırım'a, bitki örneklerinin tanımlamasını yapan Doç. Dr. Meral Avcı'ya ve önerileri için Prof. Dr. Ahmet Gönüz'e teşekkür eder.

KAYNAKÇA:

- ABDÜSSELAMOĞLU, M.Ş., 1959, *Almacık Dağı ile Mudurnu ve Göynük Civarının Jeolojisi*, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Monografileri, Sayı 14, İstanbul.
- ARDOS, M., 1980, "8 Şubat 1974 Karabük Heyelanı", *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi* 23: 47-55.
- ATALAY, İ., 1974-1977, "Muş-Palu Arasındaki Murat Vadisi Boyunca Oluşan Kütle Hareketleri", *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi* 20-21: 263-277.
- ATİKER, M., 1983, "Darıca (Gebze) Yer Kayması", *Jeomorfoloji Dergisi* 11: 53-62.
- DENİZ, O., SINDIR, R., 2001, "Çayırbaşı Heyelanı". *Doğu Coğrafya Dergisi* 5: 81-97.
- DOĞU, A. F., ÇİÇEK, İ., GÜRGEN, G., 1989, "23 Haziran 1988 Çatak Heyelanı (Trabzon-Maçka)", *Coğrafi Araştırmalar Dergisi* 1: 103-107.
- ERGİNAL, A. E., 2005, "Orhaneli Çayı (Bursa) Havzasının Aşağı Kesiminin Jeomorfolojisi", İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi (Basılmamış), İstanbul.
- ERTEK, T. A., TUROĞLU, H., MATER, B., 1993, "Çiftlik Heyelanı (Sinop)", *Türk Coğrafya Dergisi* 28: 181-188, İstanbul.
- ERTEK, T. S., 1999, "Kandıra-Arıklar Heyelanı (20 Ekim 1997)", *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi* 7: 87-103.
- ERTEK, T. A. ve ERGİNAL, A. E., 2005, "Anthropogenetically Triggered Landslide Factors of the Varyant Landslide Area at Büyükçekmece, NW Turkey", *Zeitschrift für Geomorphologie*, Heft 3 (baskıda).
- GİRGİN, M., 1996, "Aşkale Heyelanı (Erzurum)", *Türk Coğrafya Dergisi* 31: 155-166.
- GÖK, L., 1994, "Tekirdağ-Malkara (Tekirdağ İli) Keşan-İpsala (Edirne İli) Arasının Jeolojisi", MTA Raporu, 9710 (yayımlanmamış), Ankara.
- ILDIR, B., 1995, "Türkiye'de Heyelanların dağılımı ve Afetler Yasası İle İlgili Uygulamalar". *Türkiye 2. Ulusal Heyelan Sempozyumu, Sakarya Üniversitesi, Bildiriler*: 1-9, Adapazarı.
- SAĞLAMER, A., 1991, "Doğal Gaz Boru Hattı Marmara Denizi Girişi Heyelanı. Stabilitenin Tekrar Sağlanması İçin Alınan Önlemler". *Türkiye 1. Ulusal Heyelan Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 27-29 Kasım 1991, Bildiriler*: 22-37, Trabzon.
- TOĞROL, E., 1991, "İyileştirme Önlemleri", *Türkiye 1. Ulusal Heyelan Sempozyumu, 27-29 Kasım 1991, Bildiriler*: 1-4, Trabzon.
- UZUN, A., 1987, "Pınarlı Heyelanı", *Jeomorfoloji Dergisi* 15: 91-96.
- YILMAZER, İ., 1990, "Güzergah Seçimi ve Bu Seçimde Jeolojinin Önemi", *Jeoloji Mühendisliği* 36: 37-45.
- YILMAZER, İ., YILMAZER, Ö., SARAÇ, C., 2003, "Case History of Controlling a major Landslide at Karandu, Turkey", *Engineering Geology*, 70: 47-53.
- VARNES, D. J., 1958, "Landslide Types and Processes", *Landslides and Engineering Practice by the Committee on Landslide Investigations*, (Ed: Edwin B. Eckel), Highway Research Board Special Report 29, Washington D.C.