

KARAYOLLARINDA HEYELANLAR VE ÇÖZÜM ÖRNEKLERİ

Nefise AKÇELİK ⁽¹⁾, Zuhale ETKESİN ⁽¹⁾, A.Gürkan GÜNGÖR ⁽¹⁾
Maviş AKYÜZOĞLU ⁽²⁾, Şenda BOZKURT ⁽²⁾, Engin MISIRLI ⁽²⁾, İlkay TİMUR ⁽¹⁾

ÖZET

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), ülkemizin jeolojik ve topoğrafik yapısından kaynaklanan zemin koşulları nedeniyle, aktif veya potansiyel heyelanlı bölgelerden yol güzergahı geçirmek problemi ile karşı karşıyadır. Yolun gerek proje gerekse yapım aşamalarında doğal olarak, heyelana elverişli olan bu yapı gözönünde bulundurulmakta ve jeolojik-jeoteknik araştırma çalışmaları yürütülmektedir.

Bu bildiri kapsamında, KGM, Teknik Araştırma Dairesinin Karayolu heyelanlarını inceleme ve çözüm projelerinin oluşturulmasında izlediği yöntem anlatılmakta olup, sadece drenaj tedbirleri ile ekonomik bir şekilde çözülen heyelanlardan ankrajlı-kazıklı perde ile tutulan yüksek maliyetli heyelan çözümlerine kadar değişik özellikteki heyelanlardan edinilen tecrübeler paylaşılmaya çalışılmıştır.

1.GİRİŞ :

Yol güzergahları oluşturulurken, yolun yapımı, zemin koşulları ve yol standartları açısından yapılan incelemenin yanında heyelan etütleri büyük önem taşımaktadır. Heyelanlarla ilgili çalışmalar Karayolları Genel Müdürlüğünde Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığınca (TADB) Bölge Müdürlükleri ile koordineli bir şekilde yürütülmekte, yönlendirilmekte veya kontrol edilmektedir.

1989 yılında iki yıllık bir araştırma sonucu, değişik zemin şartlarında, değişik yükseklik ve eğimlerde teşkil edilmiş, stabil ve stabil olmayan yarma ve dolguların şev eğimleri, kaya mekaniği ve zemin mekaniği prensipleri dikkate alınarak incelenmiş ve "Şev Projelendirme Rehberi" hazırlanmıştır. Bu rehber tamamen ön tasarım için yol gösterici olarak değerlendirilmiştir. (KGM-Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı (1989).

1988-1998 yıllarında yapılan iki ayrı ancak birbirinin devamı olan araştırmalarda ise Karayollarının mevcut ve potansiyel her türlü kayma hareketinin sayısı, hareket eden zeminin cinsi, hareketin tipi, nedenleri, hacmi, su durumu ve maliyetleri araştırılarak, karayolu güzergahları boyunca yeralan heyelanların bölgesel dağılımı araştırılmıştır. Heyelanların tektonizma, zemin/kaya cinsi ve su etkisi, yol yapı tipi (yarma/dolgu, sanat yapısı v.b.) ile ilişkisi ortaya konmuştur.

(1) İnş. Yük. Müh., Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü

(2) İnş. Müh., Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü

Yapılan bu araştırmalarda Karayolu ağıımızdaki heyelanlar için yapılan çalışmaların sonucuna göre; en fazla heyelanın Doğu ve Batı Karadeniz Bölgelerinde (% 49) olduğu görölmüştür. Oluşan kaymaların % 64'ü zemin % 36'sı kaya formasyonlarda meydana gelmiştir. Heyelanların % 52'sinin potansiyel heyelan bölgelerinde yer aldığı, heyelana neden olan faktörlerde 1. sırayı yüzey ve yeraltıları etkisinin aldığı görölmüştür. Su etkisi dışındaki heyelan nedenleri, etkinlik sırasına göre; ayrışma (% 37), dik yamaç ve şev eğimleri (% 28), zemin koşulları (% 23) ve diğer nedenler (% 12) olarak belirlenmiştir.(Akçelik, Etkesen, Aksoy, 1998)

1994 yılında, yol ağı üzerinde oluşan heyelanların, jeolojisi, hidrolojisi, topoğrafyası ve zemin koşulları ve geometrisi ile ilgili bilgilerin plankote, enkesit ve boykesitlere işlenmesi sırasında izlenecek yöntem konusunda veri standardizasyonunu sağlamak; Bölge Müdürlüklerince yapılan ön araştırma çalışmalarını yönlendirmek ve giderek bu geoteknik çalışmalara dayanan sayısal çözümlemelerle emniyetli ve ekonomik heyelan çözüm projelerinin yapılabilmesi için "Heyelan Plankotesi Hazırlama Rehberi" hazırlanmıştır. (KGM-Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, 1994)

1995 yılında revize edilen "Zemin Araştırmaları İşine Ait Teknik Şartnamede" ise güzergah etüdü, ön proje ve kesin proje aşamasında yapılacak jeolojik-jeoteknik araştırma ve projelendirme çalışmaları tanımlanmış, araştırma çalışmaları sonuçlarına göre; 8 m'den yüksek dolgu ve yarmalar için stabilite analizi şartı getirilmiş ve kısa dönem, uzun dönem ve deprem durumu için yeterli güvenlik şartı konmuştur. (KGM-Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, 1995) Ayrıca, heyelan etütleri ve önleme projeleri ile ilgili kazanılan deneyimler Merkez ve Bölge teşkilatı ile birlikte yapılan peryodik toplantı ve seminerlerle paylaşılmaktadır.

2. KGM'NİN HEYELANLARA YAKLAşIMI :

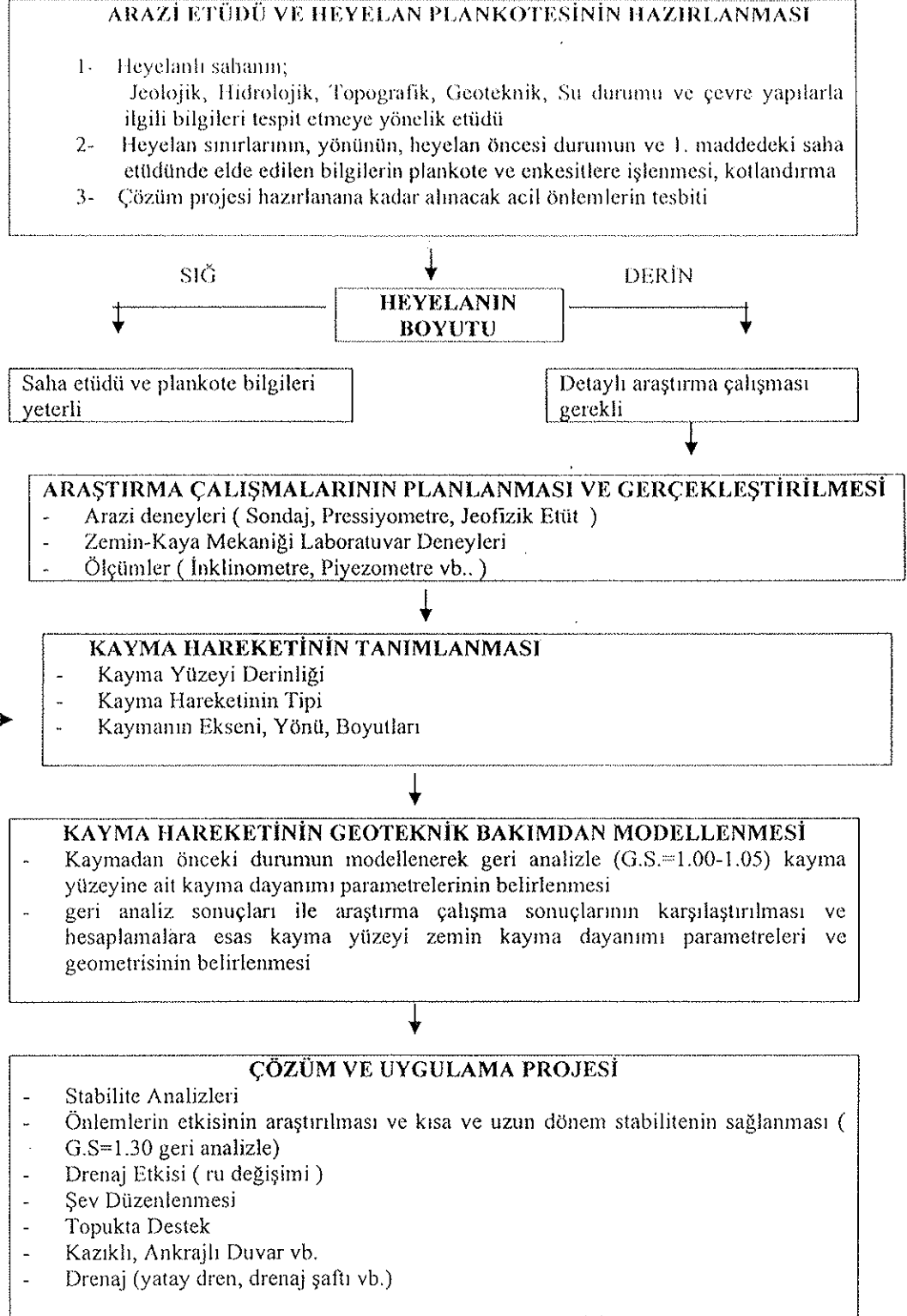
Karayollarında heyelanlı kesimler koridor etüdü çalışmaları sırasında (1/25000 ölçekli) incelenmektedir. Mevcut jeolojik-jeoteknik çalışmalar ve hava fotoğrafları kullanılarak bölgenin jeolojisi araştırılmakta, kritik heyelanlı kesimler belirlenmektedir. Zemin koşulları, yapım ve proje kriterleri açısından en uygun geçi (güzergah) seçeneğine karar verilmesinde heyelanlı kesimlerin teknik ve ekonomik etkileri değerlendirilmektedir.

Ön proje aşamasında 1/5000'lik haritalar çıkartılarak geçi, jeolojik ve jeoteknik yönden lokal olarak daha detaylı incelenmekte, potansiyel ve aktif heyelanların yola etkileri araştırılmakta ve özel tasarım gerektiren heyelanlar belirlenmektedir.

Uygulama projesi aşamasında heyelanlar, heyelan plankotesi hazırlama rehberinde belirtilen hertürlü jeolojik-jeoteknik araştırma yapılarak aşağıda akış diyağramında gösterildiği şekilde çözüm projeleri oluşturulmaktadır. (Şekil-1)

3- KARAYOLU HEYELANLARINDA UYGULANAN ÇÖZÜMLER :

Karayolu yarma ve dolgularında oluşan stabilite problemlerinin nedeninin çoğunlukla yüzey ve yeraltısu olması sebebiyle çözüm projelerinde drenaj önlemlerine öncelik verilmektedir. Drenaj, heyelanların önlenmesinde bazen yegane çözüm olmakta ve alınan yapısal önlemlerin maliyetini de düşürmektedir. Bu nedenle etkin drenaj projelerinin



Şekil-1- Heyelan etüdü akış diyagramı

hazırlanabilmesi için yeraltısuyu rejiminin, yüzeysuyu toplanma havzasının ve suyun yola etkilerinin belirlenmesine büyük önem verilmektedir. Araştırma çalışmalarından elde edilen verilere göre, hareketin boyutu, tipi, hızı, oluşum nedenleri, yolun sınıfı ve servis ömrü dikkate alınarak çok farklı yaklaşımlarla çözüm projeleri hazırlanmaktadır. Hazırlanan önlem projelerinin uygulanması sırasında ve yol trafiğe açıldıktan sonra, jeoteknik ölçüm ve gözlem yapılarak, projenin yeterli olup olmadığı izlenmekte ve ilave gelişmeler kontrol edilmektedir.

Sığ kaymalarda alınan önlemler ; Yüzey ve yeraltısuyu drenajı; Kayan kütlelerin kaldırılarak, şev geometrisinin düzenlenmesi; Şev topoğrafyasında dayanma yapısı;

Derin kaymalarda alınan önlemler; Topukta destek dolgusu ve şev düzenlemesi; Ankrajlı/kazıklı tutucu perde duvarlar; Pasif veya öngermeli ankrajlar; Derin stabilizasyon hendekleri; Drenaj şaftları ve yatay drenler; Aç-kapa tüneli; Güzergah değişikliği (Ripaj);

4- KARAYOLLARINDA UYGULANAN HEYELAN ÇÖZÜMLERİNE AİT ÖRNEKLER :

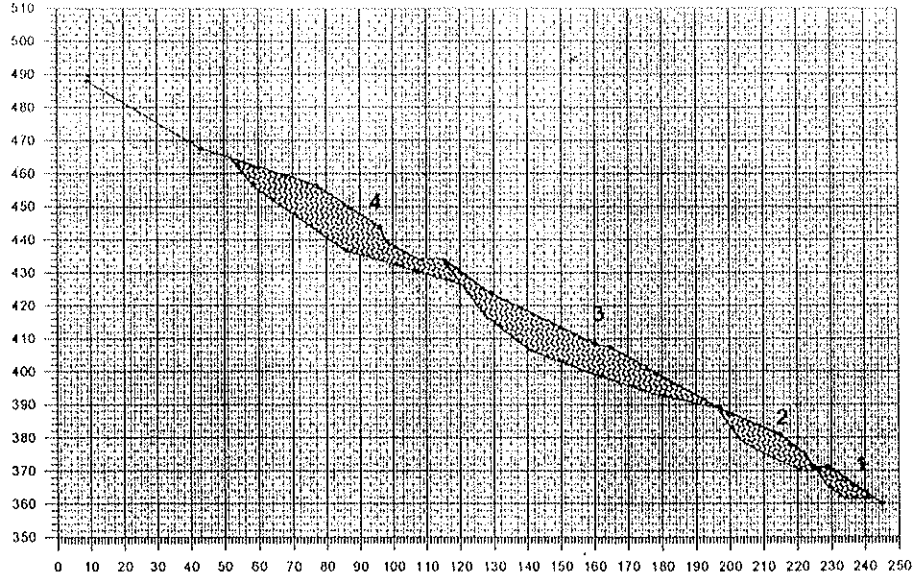
4.1. Ucarı Heyelanı :

4.1.1. Heyelanın oluşu: Ucarı heyelanı, Mersin-Antalya Devlet Yolu, Anamur-Antalya Kesimi, KM: 241+200 civarında Aralık 2001-Ocak 2002 yoğun yağışları sonucu, miksde yeralan yolun yamaç tarafında meydana gelmiştir. Yolun dolgu tarafında, vadi tabanında yeralan derenin oyma etkisi ve aşırı yağışlar sonucu, ilk olarak dere tarafında, yolun yer aldığı yamaca topuk teşkil eden kesim heyelan etmiş, daha sonra yol ve dere arasında mevcut orman yolunu da içine alan ikinci hareket oluşmuş, orman yolu kesintiye uğramış ve hareket yolun bulunduğu kotlara doğru ilerleyerek gelişmiş ve yolu içine almıştır.

4.1.2. Araştırma Çalışmaları: Heyelanlı bölgede 3 adeti heyelanın taç bölgesinde, 4 adeti mevcut yol üstünde ve 1 adeti de orman yolu tarafında olmak üzere 8 noktada sondaj ve laboratuvar deneyleri yapılmıştır.

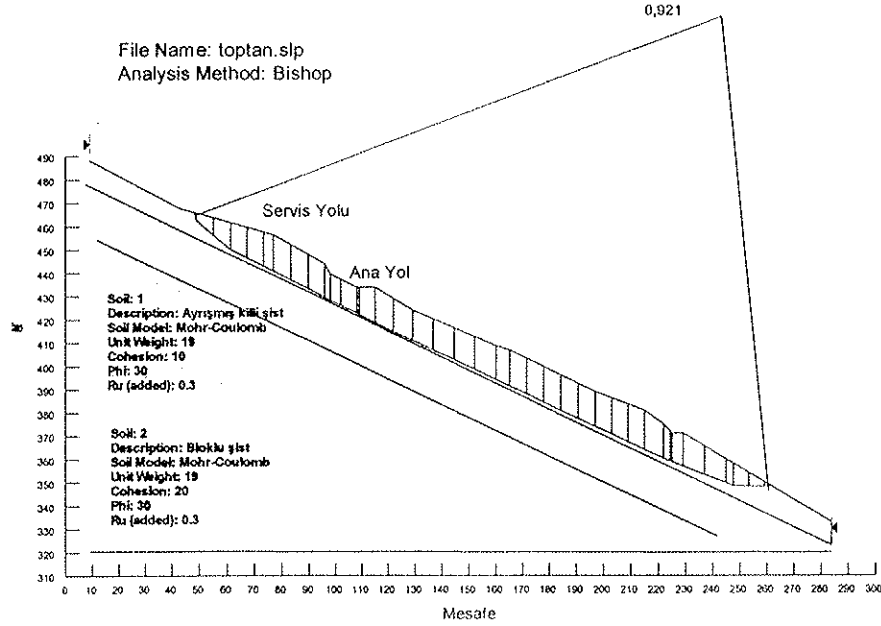
Araştırma çalışmaları sonucuna göre yolun bulunduğu şev üstte kalınlığı 5m-12m arasında killi şist dolgu, killi şistin altında daha geçirimli pelitik şist ve en altta çatlaklı bloklu şistler bulunmaktadır. Yer altı suyu, orman yolunda 11.50m de, devlet yolunun bulunduğu kesimde 20 m de olup pelitik şist, bloklu şist temas yüzeyinde bulunmaktadır.(Şekil-4)

4.1.3. Geoteknik Değerlendirme: Kalınlığı yaklaşık 12.0m. civarında olan ayrışmış killi şistler, pelitik şistlere göre daha ince malzemeden oluşmakta ve doğal rutubetleri pelitik şistlere göre daha fazladır. Ayrışmış killi şistler genelde SM,GM tipi geçirimli birimlerden oluşmasına rağmen siltli kil (CL)'e dönüşmüş killi merccekler içermekte ve hidrolojik bakımdan anizotropik bir yapı göstermektedir. Heyelanın meydana gelmesinde ana etken yüzeye yakın kesimde bulunan killi şistler içinde oluşan boşluk suyu basınçlarıdır. Sondajlarda gözlenen kayma yüzeyleri ve laboratuvar rezidüel direk kesme deneyi sonuçları esas olarak hareketin yağış etkisiyle yüzeye yakın bu suya doygun killi şist içinde kaldığını ve heyelanın killi şist içinde birbirini takip ederek tetikleyen dört ayrı heyelan bileşimi ile oluştuğunu göstermiştir. (Şekil-2)



Şekil-2- Uçarı heyelanı, heyelan mekanizmasını gösterir enkesit

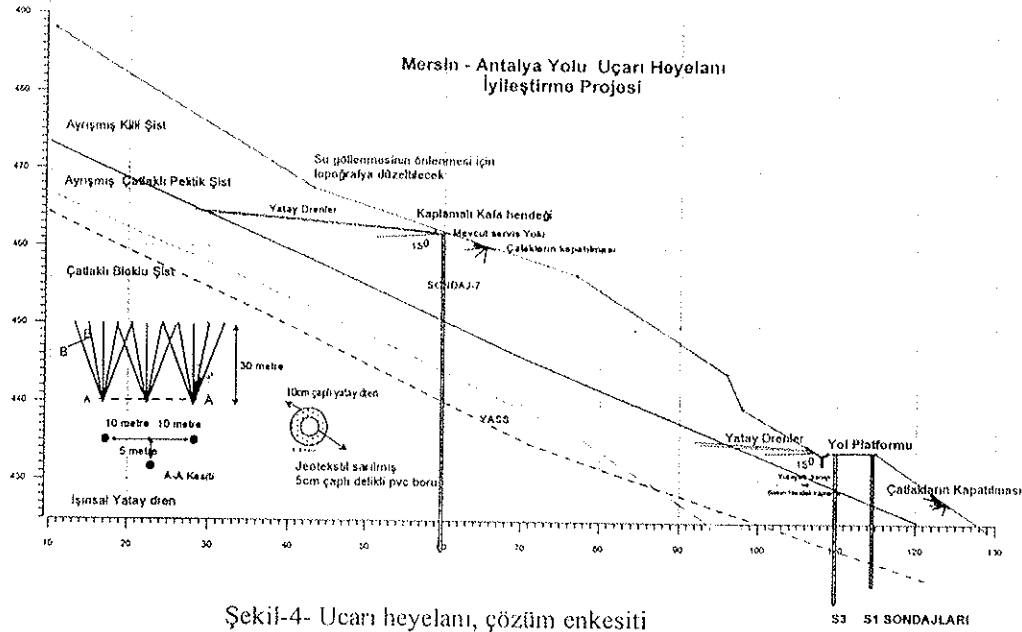
Sebepleri ve meydana geliş biçimleri açısından birbirine benzeyen bu heyelanlarda tümünü içine alan tek kayma yüzeyi için; geri analiz yöntemiyle $GS=1.0$ civarında iken kayma yüzeyi dayanım parametreleri araştırılmıştır. Kayma dayanımı parametreleri ve su durumu geri analiz ve laboratuvar sonuçlarına göre $c=10\text{Kpa}$, $\phi=30^\circ$ ve $ru=0.30$ kabul edilerek çözüm çalışılmıştır.



Şekil-3- Uçarı heyelanı, geri analiz kesiti

4.1.4. Çözüm: Heyelanın bulunduğu kesimde gerek ripajla yolun aynı yamaçta yerinin değiştirilmesi gerekse şev düzenlemesiyle, topuk dolgusu gibi yük dengesini etkileyecek çalışmaların yapılması sonsuz şev olarak da adlandırılan arazi topoğrafyası nedeniyle

benzer problemler oluşabileceğinden mümkün olamamaktadır. Heyelanın meydana gelmesinde en önemli etken yüzey suları ve boşluk suyu basınçları olduğu için çözüm olarak drenaj tedbirleri ilk olarak araştırılmıştır. Heyelanlı kütle içerisindeki suyun drenaj tedbirleriyle alınarak uzaklaştırılması ve ru (boşluk suyu basıncı oranı) değerinin 0.10 mertebelerine düşmesi halinde istenilen güvenlik sayısı ($GS > 1.3$) elde edilmiştir. Drenaj tedbiri olarak heyelanlı bölgede aşağıdaki çalışmalar planlanmıştır. (Şekil-4)



Şekil-4- Uçarı heyelanı, çözüm enkesiti

1. Heyelan gerisinde kafa hendeği oluşturularak heyelanlı kütlede yüzey sularının sızmasının engellenmesi. Bu kafa hendeği mevcut servis yolunda teşkil edilebilecek ve ışınsal yatay drenlerden toplanan suların deşarjında da kullanılacaktır.
2. Işınsal yatay drenler ile ayrışmış killi şistler içinde yer alan suyun yamacın üst seviyelerinde drene edilmesi ve uzun dönemde olası yağışlardan bu bölgenin etkilenmesinin engellenmesi.
3. Devlet yolunda yarma şev dibinde ışınsal yatay drenlerle suyun toplanması ve yeraltı suyu derin hendek drenajı yapılarak suyun heyelanlı kütlenin dışına deşarjı temin edilecektir.
4. Orman yolu tarafındaki mevcut su kaynaklarından gelen sular toplanarak ışınsal yatay drenlerle ve kapsamalı hendek ile uzaklaştırılacaktır.

Ayrıca, çözüm projesi kapsamında, bölgede topografik ölçüm ağı oluşturulması ve heyelan ekseninde inklinometre yerleştirilerek hareketin sürekli gözlenmesi kararlaştırılmıştır. Gerekmesi halinde aşırı yağışlı zamanlarda drenaja rağmen olası ani hareketlerin trafike vereceği olumsuz etkileri önlemek için devlet yolunun dere tarafındaki banketinde esnek çelik-aşap palplanş yapılması düşünülmüştür.

4.2. Aktaş Heyelanı :

4.2.1. Heyelanın Oluşumu: Aktaş heyelanı, Ankara-İstanbul Devlet yolunun ~Km:121+800-121+900 arasında ve yolun sağ yamacında kısa süre arayla ardalanmalı 2

Heyelanın yola etkilerinin bertaraf edilmesi için alınan iyileştirme önlemleri yüzey sularının kafa hendeğiyle toplanması; palyelerde kaplamalı hendek yapılması; topukta oluşturulacak kaya dolgu altında borulu drenaj gibi drenaj tedbirleri ve heyelanlı gevşek malzemenin büyük ölçüde sıyrılıp atılmasına imkan verecek şekilde 3Y/1D eğimde şev yatırılması; topukta kaya dolgu ile destek oluşturulmasını kapsamıştır (Şekil-5). Ayrıca heyelan aynasında çekme çatlaklarını içine alacak şekilde şev düzenlemesi öngörülmüştür. Yapılan tüm düzenlemelerde drenaj tedbirlerinin etkisi gözönüne alınmış, ancak sözkonusu heyelanlı sahanın geniş bir alan oluşu ve killi geçirimsiz zeminden planlanan şekilde drenaj tedbirleriyle suyun yeterince uzaklaştırılamayacağı gözönüne alınarak yolun ömrüne binaen kaya dolgu gibi destek yapısı ilave olarak değerlendirilmiştir.

4.2.5. Yapım çalışmaları : Heyelan önleyici imalatları, özellikle topukta oluşturulacak kaya dolgunun teşkili sırasında yapılacak kazının güvenliği için kuru mevsimde yapılması; kaya destek dolgusunun stabil kilaşına soketlenmesi; şev düzenlemesinin öncelikle yapılarak yük hafifletilmesi; şev ve topuk dolgusu tabanındaki drenaj; boyuna yönde aşamalı kazı ile hemen geri dolgu yapılarak kaya dolgunun teşkili şeklinde planlanmıştır. Halihazırda heyelanlı alanda kayan kütle tarafında şev düzenlemesi tamamlanmış, topukta projede belirtildiği şekilde altta drenaj tedbirleriyle birlikte boyuna yönde kademeli kazıyla topuktaki kaya dolgunun imalatı tamamlanmak üzere olup yüzey ve yeraltı suyu drenajı çalışmaları yürütülmektedir.

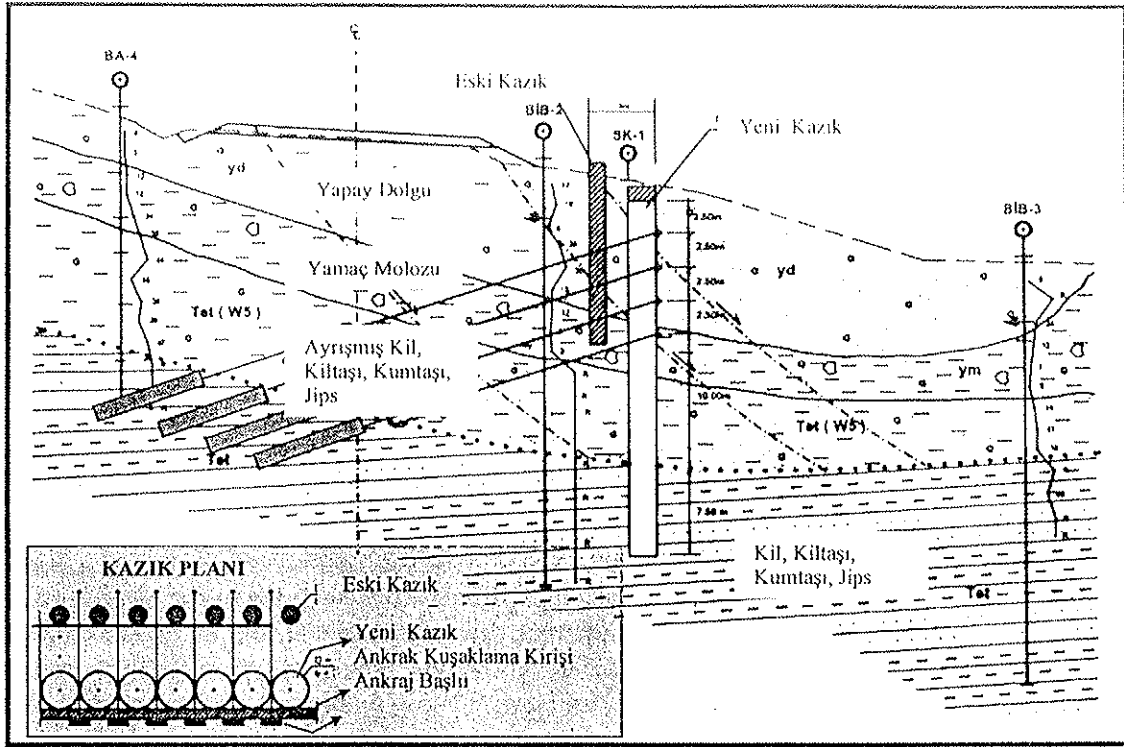
4.3. Bakacak Heyelanı :

4.3.1. Giriş : Heyelan, D-100 karayolunun üzerindeki “Bolu Dağı Geçişi” olarak bilinen Kuzey Anadolu Fay zonunda heyelanlı saha içinde yer almakta olup, aşırı yağışlı, nemli bir meteorolojik kuşaktır.

1995 yılında, Bakacak mevkiinde meydana gelen stabilite bozukları için en kritik olan 90 m lik kesimde sıg yeraltısuyu ve yüzeysuyu drenajı ve kazıklı dayanma yapısı çözümleri uygulanmıştır.

Yoğun trafik akışının rahatlatılması amacıyla 1997 yılında ülke trafiğinde ana arter konumundaki sözkonusu kesimin kapasitesinin artırılması ve standardının yükseltilmesi için yol bölünmüş yola dönüştürülmüştür. Proje çalışmaları sırasında ağır trafik koşulları altında sürdürülen yapım çalışmaları planlanırken Bakacak, Kabacılar ve Taşaltı gibi en kritik üç büyük heyelan bölgesi özel olarak inceleme kapsamına alınıp projelendirilmiştir.

4.3.2. Araştırma Çalışmaları ve Geoteknik Değerlendirme : 1997 yılında heyelan sahasında heyelan plankote ve enkesitleri alınarak 11 adet araştırma sondajı yapılmış, 2 adet kuyuya inklinometre yerleştirilmiştir. Araştırma çalışmaları sonuçlarına göre; yolun hemen altında 4-10 m kalınlığında dolgu malzemesi, daha sonra 3-4 m kalınlığında kil, killi kum ve çakıldan oluşan yamaç moluzu ve en altta ayrılmış kilaşı, kumtaşı ve çamurtaşı bulunduğu belirlenmiştir. Heyelanlı kesimde, yer altı suyu seviyesinin 6 m-10 m arasında değiştiği, kayan kütlelerin suya doygun olduğu ve 1995 yılında imal edilen kazıkların kayma düzlemi üzerinde kaldığı belirlenmiştir (Şekil-6). Kayma düzlemi yol platformundan başlayıp, topuğa doğru yüzeye paralel konumda 150 m uzunluktadır. Inklinometre ölçümlerinde kayma düzleminin, anakaya-ayrışmış kaya dokanağına kadar indiği belirlenmiştir.



Şekil-6- Bakacak heyelanı iyileştirme önlemlerini gösteren enkesit

4.3.3. Çözüm : Bolu Dağı geçişinde otoyolun ileride yakın dönemde açılması planlandığından ve trafiğin önemli bir bölümü otoyola kayacağından en önemlisi de ağır trafik altında mevcut trafiği etkilemeden yapılabilirliğin öne çıkması nedeniyle yol dolgusunun dayanma yapısı ile tutulması ve drenaj önlemlerinin alınması çözümü üzerinde çalışılmıştır. Uzun dönemde stabilitenin korunması için dayanma yapısı önündeki kütlenin bir kısmının zaman içinde kayabileceği düşünülmüştür.

Dayanma yapısı olarak kayaya 5 m soketli, 2 m çaplı teğet kazıkların 4 sıra öngermeli ankajlarla desteklenmesi durumu için PLAXSIS yazılımı ile yapılan analizlerde yeterli güvenliğin sağlandığı görülmüştür. Kazık forajı sırasındaki örselenmeler dikkate alınarak soket boyları ve kazık boyları yapım sırasında revize edilmiştir.

12 Kasım 1999'da Merkez Üssü Düzce ili, aletsel büyüklüğü 7.2. olan deprem sonrasında, Bakacak ve benzer çözümlerin uygulandığı Kabacılar, Taşaltı ve Varan heyelan bölgelerinde oluşan deformasyonlar kabul edilebilir sınırlar içinde kalmış olup, projelerin ve uygulamaların yolun sismik stabilitesini de sağladığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

Akçelik N., Etkesen Z., Aksoy S. (1998) "The Effects Of Landslides on Roads and Remedial Measures in Turkey", Natural Disaster Reduction For Roads In Mediterranean Countries International Seminar

Akçelik N, Bozkurt Ş., Akyüzoğlu M., Etkesen Z., (2002) "Aktaş Heyelanı İyileştirme Projesi", KGM-Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Araştırma Raporu

Yüksel Proje Uluslararası A.Ş. (1997), "Ankara-İstanbul Yolu (Abant Ayr.-Kaynaşlı Arası) Km:204+000-226+601 Bakacak Heyelan Bölgesi Etüdü Geoteknik Raporu"

Timur İ., Güngör G., Etkesen Z., Akçelik N. (2002), "Mersin Antalya Devlet Yolu Anamur-Antalya Kesimi Km:241+200 Ucan Heyelanı İyileştirme Projesi" KGM-Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Araştırma Raporu

*Ninth Turkish Congress on Soil Mechanics and Foundation Engineering
21-22 October 2002, University of Anadolu, Eskişehir, Türkiye*

LANDSLIDES ON ROADS AND REMEDIAL MEASURES

Nefise AKÇELİK ⁽¹⁾, Zühal ETKESEN ⁽¹⁾, A.Gürkan GÜNGÖR ⁽¹⁾
Maviş AKYÜZOĞLU ⁽²⁾, Şenda BOZKURT ⁽²⁾, Engin MISIRLI ⁽²⁾, İlkay TİMUR ⁽¹⁾

SUMMARY

General Directorate of Highways (KGM) has to pass the alignment on active or passive landslide areas, because of tendentious to sliding, geologic and topographic structure of Turkey. This structure has to be considered, geological and geotechnical researches have been provided during design and construction.

In this paper, methods for researches and remedial measures design of landslide that have been used by KGM, Technical Research Department are presented and getting experiences from different landslides problems from only drainage measures as economic solutions to anchored-piled curtain wall with high cost are tried to be shared.

(1) Civil Engineer M.Sc., Technical Research Department, General Directorate of Highways, Ankara, Türkiye

(2) Civil Engineer B.Sc., Technical Research Department, General Directorate of Highways, Ankara, Türkiye