ANKARA – İSTANBUL HIZLI TREN HATTI KM: 195+000 – 195+500 HEYELANININ STABİLİZASYONU

ANKARA – İSTANBUL HIGH SPEED RAIL LINE STABILIZATION OF LANDSLIDE BETWEEN KM: 195+000 – 195+500

Volkan ÜZELER[1] **Kürşat TOKGÖZOĞLU[2]** **Özgür KURUOĞLU[3]**

ABSTRACT

Geology of Turkey is comprised of many different paleolandslides due to being exposed to many different tectonic phases in the past. In the course of time, tectonism, weathering, subsurface water and manmade structures causes weak zones in geological formations that eventually yield to large scaled landslides. Often, these landslides seriously damage important structures like highways, railroads, dams etc. and causing economic losses, in some cases loss of human life. Therefore, comprehensive field studies shall be performed before the design stage of a project and precautions shall be taken in order to avoid the adverse effects of landslides.

In the content of this study, a large scale landslide was investigated that occured on Ankara – İstanbul High Speed Rail Line in August 2013. Borehole drillings, inclinometer readings, in – situ and laboratory tests were performed to assess the geological – geotechnical conditions of the landslide along with the depth and speed of the landslide. Among the solution alternatives, excavation from the crown of the landslide and application of reinforced conrete bored piles near the railway are selected considering the scale and charactheristics of the landslide. Stability analyses were performed for the considered alternative and the results showed that the solution measures were sufficient to stabilize the landslide.

Keywords: Landslide, inclinometer, stability, excavation, pile

ÖZET

Türkiye, jeolojik olarak geçmiş dönemlerde çok farklı fazlardaki tektonik süreçlere maruz kalmış kuşakları içermekte olup, bunun sonucunda çok sayıda ve farklı özelliklerde paleoheyelan içermektedir. Süreç içerisinde, tektonizma, ayrışma, yer altı suları ve insan işi yapılar gibi etkenler, jeolojik birimler içerisinde zayıf zonlar oluşmasına neden olmakta ve nihayetinde büyük ölçekli heyelanların oluşmasına yol açmaktadır. Heyelanlar çoğu zaman, karayolu, demiryolu ve barajlar gibi önemli yapılara zarar vermekte, maddi zararlara ve hatta bazı durumlarda insan hayatının kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle,

[1] İnşaat Yüksek Mühendisi, Yüksel Proje Uluslararası A.Ş, vuzeler@yukselproje.com.tr
[2] Jeoloji Yüksek Mühendisi, Yüksel Proje Uluslararası A.Ş, ktokgozoglu@yukselproje.com.tr
[3] Dr. İnşaat Yüksek Mühendisi, Yüksel Proje Uluslararası A.Ş, ozgurk@yukselproje.com.tr

bir projenin tasarım aşamasından önce, kapsamlı saha çalışmaları gerçekleştirilmeli ve heyelanların olumsuz etkilerinden kaçınmak amacıyla gerekli önlemler önceden alınmalıdır.

Bu çalışma kapsamında, Ankara – İstanbul Hızlı Tren Hattı üzerinde Ağustos 2013 tarihinde meydana gelen büyük ölçekli bir heyelan incelenmiştir. Heyelanın jeolojik – geoteknik niteliklerinin belirlenmesi amacıyla temel araştırma sondajları, inklinometre ölçümleri, yerinde ve laboratuvar deneyleri yapılmış ve heyelanın derinliği ve hızı tespit edilmiştir. Çözüm alternatifleri arasından, heyelanın taç bölgesinden kazı yapılması ve demiryolunun yanına betonarme fore kazıklar imal edilmesi tercih edilmiştir. Bu kapsamda gerekli stabilite analizleri gerçekleştirilmiş olup, analiz sonuçlarına göre öngörülen çözümün heyelanın stabilizasyonu için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, inklinometre, stabilite, kazı, kazık

1. GİRİŞ

Ankara – İstanbul Hızlı Tren Hattına ait proje güzergahının Km: 195+000 – 195+500 kesiminde, Ağustos 2013 tarihinde büyük ölçekli bir kütle hareketi meydana gelmiştir. Bu kütle hareketi ile birlikte, inceleme alanında geniş yayılım gösteren gerilme çatlakları ve ondülasyonlar, demiryolu üst yapısında önemli deformasyonlar gözlenmiştir. Bu bağlamda, söz konusu kesimde yer alan jeolojik birimlerin jeomekanik özelliklerini belirlemek ve kütle heyelan mekanizmasını irdelemek amacıyla temel sondajları, yerinde ve laboratuvar deneylerinden oluşan araştırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, sahada gerçekleştirilen aletsel ölçüm (inklinometre) çalışmaları ile kütle hareketinin derinliği ve hızı tespit edilmiştir. Bu bildiri kapsamında, saha çalışmalarından elde edilen veriler değerlendirilerek, idealize zemin koşulları, heyelan mekanizması ve heyelan önleme projesi çerçevesinde, aktif kütle üzerinden yük hafifletme amaçlı sıyırma kazısı ile uzun dönemde demiryolu ulaşımı güvenliğinin korunması amacıyla kazıklı dayanma yapısı imal edilmesi çözümü tartışılmıştır. Proje alanı genel görünümü Fotoğraf 1 ‘de sunulmuştur.

Fotoğraf 1. İnceleme alanı genel görünümü

2. ZEMİN PROFİLİ VE HEYELAN MEKANİZMASI

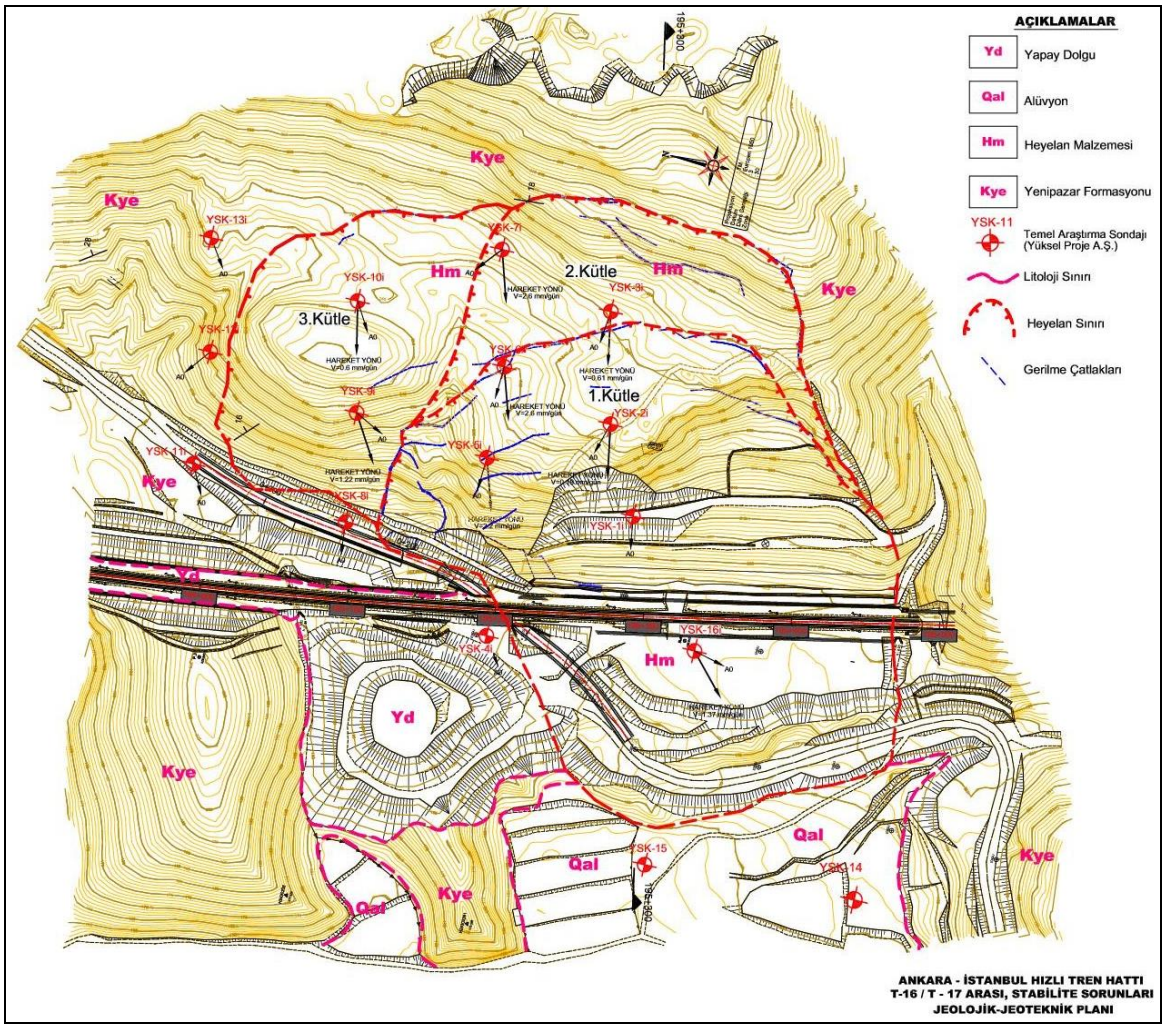
Proje alanında gelişen kütle hareketine bağlı olarak yarma bölgesinde, yol kotundan başlamak üzere en üst kotlara kadar, genişliği 15 – 20 cm mertebesine varan açılma çatlakları ve demiryolu üstyapısında önemli ölçüde bozulmalar meydana gelmiştir. (Fotoğraf 2) Jeolojik – jeoteknik çalışmalardan sağlanan verilere göre; oluşan kütle hareketinin boyu ~ 500.00 metre, genişliği ~ 280.00 metre olup, kütle hareketinin taç ve topuk bölgeleri arasındaki kot farkı ~ 110.00 metredir. (Şekil 1 ve 2)

Fotoğraf 2. a) Heyelan nedeni ile arazide gelişen açılma çatlakları
b) demiryolunda meydana gelen deformasyonlar

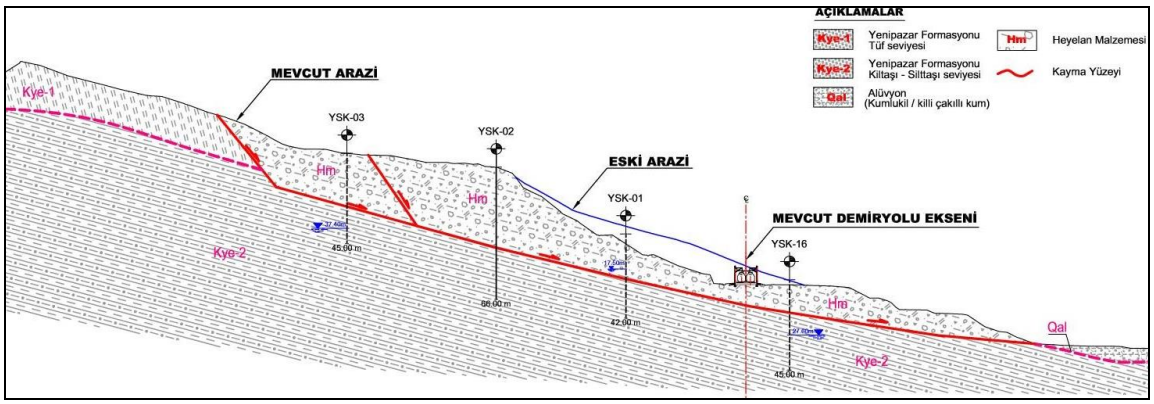
Bu kesimde yapılan jeolojik – jeoteknik araştırma çalışmaları kapsamında 16 lokasyonda temel sondajı yapılmış olup, yapılan 14 adet temel sondaj kuyusuna inklinometreler tesis edilmiş ve kütle hareketinin derinliği ve hızı tespit edilmiştir.

Proje alanında açılan temel sondajlarda, belirlenen heyelan malzemesinin (Hm) üst seviyeleri kil dolgulu olan tüfit birimlerinden; alt kısımları ise, kiltaşı – silttaşı ardalanmasından meydana gelmiştir. Proje alanında anakayayı oluşturan Yenipazar formasyonu (Kye) ise; 2 farklı seviye ile temsil edilir. Bu birimler en üstte Tüfit seviyesi (Kye – 1), altında tekil ve ardalanmalar şeklinde kiltaşı-silttaşı, yer yer kumtaşları ve alt seviylerde yer yer gözlenen kireçtaşı birimleridir (Kye – 2). Yenipazar formasyonuna ait tüfit, kiltaşı – silttaşı birimleri az geçirimli özellik sunarken, kireçtaşı ve kumtaşı birimleri geçirimli olarak kabul edilir. Bu birimlerin aşırı eklemlenmiş ve mobilize olmuş kesimleri ise yer altı suyu dolaşımına izin verirler.

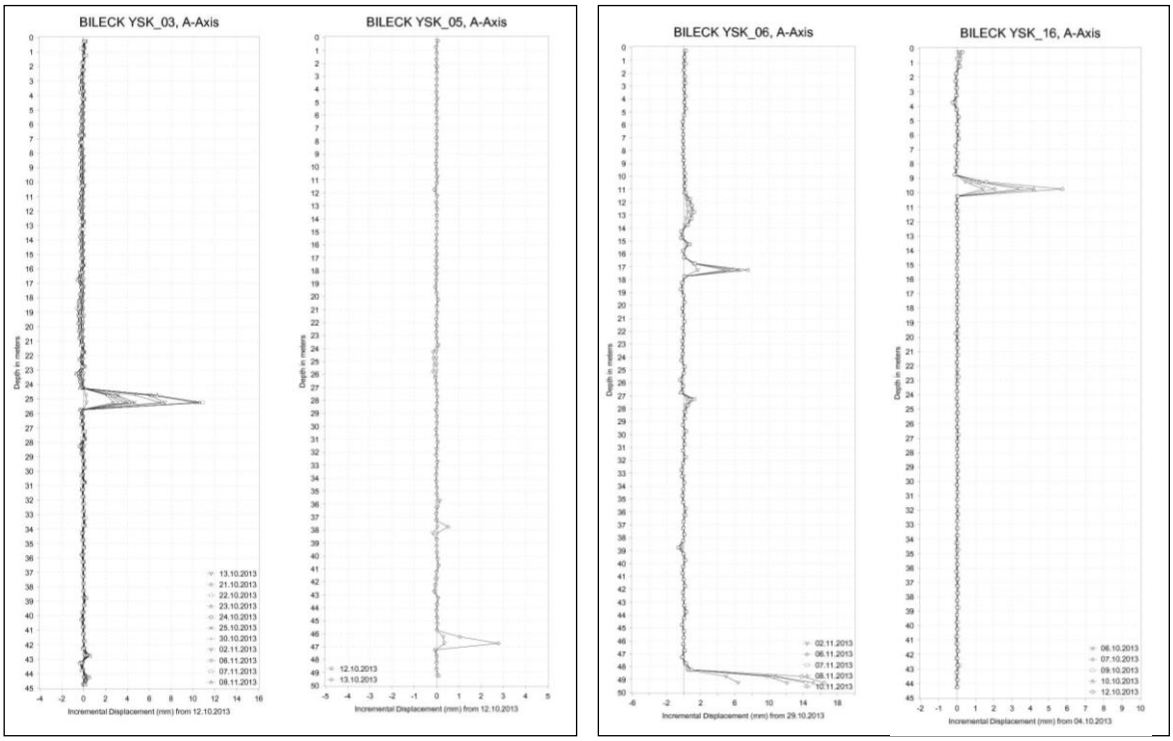
Heyelan bölgesi, temel olarak birbirini takip eden üç ana kütleden oluşmaktadır. Bu kütlelerden ilki, tespit edilen bütün kütlenin yaklaşık % 60'lik kısmını oluşturmaktadır. Yapılan inklinometre ölçümleri sonucunda, bu kesimdeki hareketin günde ortalama 1.50 – 2.00 mm'lik bir hız ile devam ettiği belirlenmiştir. Proje alanında yapılan inklinometre ölçümlerine ait tipik grafikler Şekil 3'de verilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, 1. heyelan kütlesine ait belirlenen kayma derinlikleri Çizelge 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. Proje alanı jeolojik – jeoteknik planı (ölçeksiz)



Şekil 2. Heyelan jeolojik – jeoteknik tip enkesiti (ölçeksiz)



Şekil 3. Proje alanında yapılan inklinometre ölçümlerine ait tipik grafikler

Çizelge 1 Heyelan kütlesine ait belirlenen kayma derinlikleri

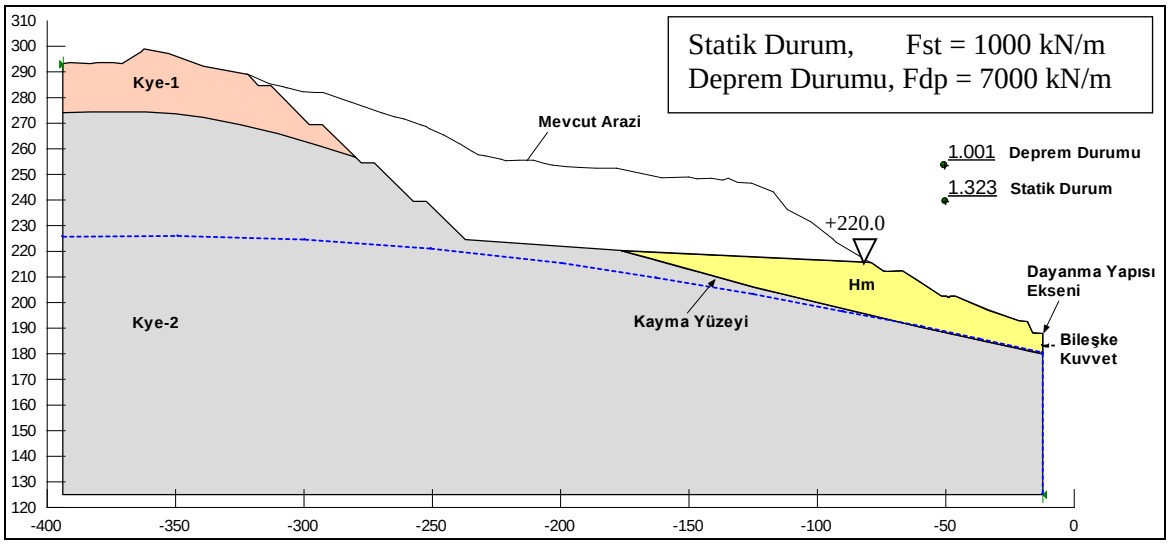
Sondaj No	Kayma Derinliği (m)
YSK-03İ	26.00
YSK-05İ	47.00
YSK-06İ	18.00
YSK-16İ	10.00

3. STABİLİTE ANALİZLERİ

Proje alanında meydana gelen kütle hareketinin önlenmesine yönelik olarak, çeşitli önlem alternatifleri (kazık, sıyırma, topuk dolgusu, kazık + sıyırma vb.) üzerinde çalışılmıştır. Bu bağlamda, kütle hareketinin genişliği, derinliği, oluşum mekanizması, birimlerin jeomekanik özellikleri, bölgedeki sismik aktivite, topografik koşullar ve heyelanın önemli bir ulaşım hattını doğrudan etkilemesi durumu göz önüne alınarak heyelan kütlesi üzerinden yük hafifletme amaçlı sıyırma kazısı ve kazık uygulaması alternatifi uygun bulunmuştur.

Kayma yüzeyi boyunca mobilize olmuş zemin parametreleri geri analiz yöntemi ve "Janbu – Yatay Dilimler Arası Kuvvetler Metodu" ile belirlenmiştir. Yapılan geri analizlerde kayma yüzeyini oluşturan birimlerin, gelişen kütle hareketi ile, kohezyonunu tamamen kaybettiği varsayımında bulunulmuş ve kütleye ait güvenlik sayısının yaklaşık 1.00 olduğu durumdaki, içsel sürtünme açısı değeri aranmıştır. Gerçekleştirilen heyelan geri analizi sonucunda kayma yüzeyine ait rezidüel içsel sürtünme açısı $\phi_r' = 16^o$ olarak belirlenmiştir.

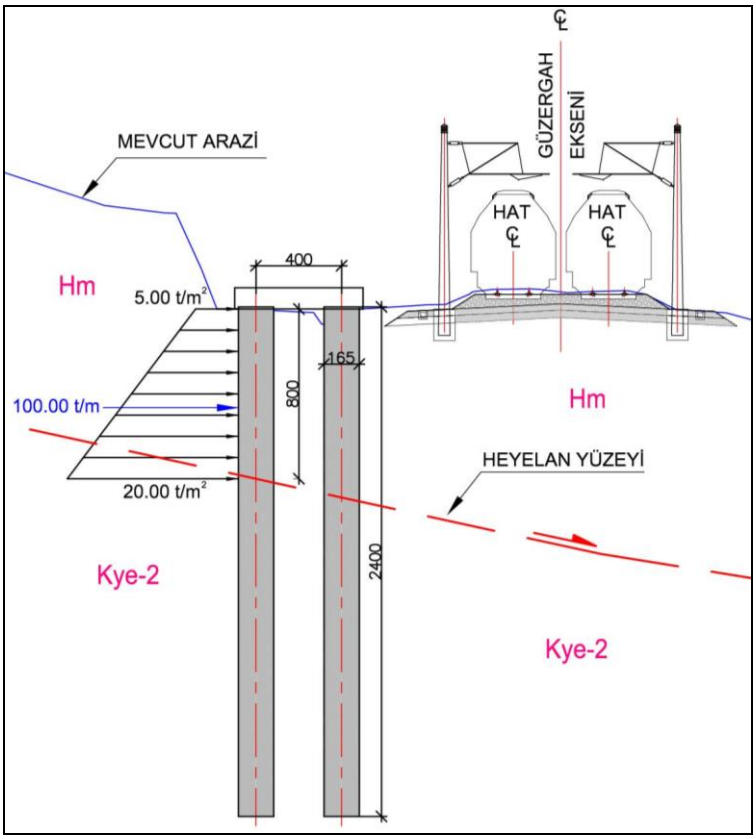
Heyelan önleme çalışmaları kapsamında, taban kotu +220.00 olan yük hafifletme amaçlı sıyırma kazısının ve demiryolu ekseninden yaklaşık 12.00 metre uzaklıkta ve solda çift sıra kazıklı dayanma yapısının imal edilmesi durumu incelenmiştir. Statik ve deprem durumu için, kritik kesitte heyelan geometrisi düşünülen dayanma yapısı ekseninden kesilerek, kütlenin statik durumdaki güvenlik sayısını (G.S.) G.S > 1.300; deprem durumundaki güvenlik sayısını ise G.S > 1.000 değerlerine çıkarmak için gerekli olan bileşke yatay kuvvetler (Fst ve Fdp) hesaplanmıştır. (Şekil 4)



Şekil 4. Kritik kesit dayanma yapısı bileşke kuvvet analizi

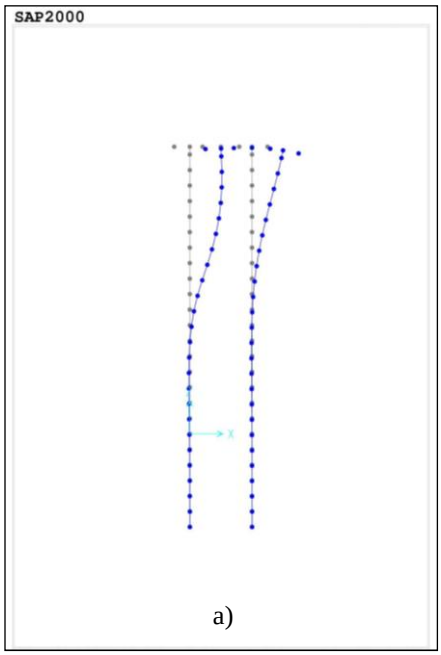
Öngörülen dayanma yapısının, Ø165 cm çapında ve merkezden merkeze 200 cm aralıklı betonarme fore kazıklar ile oluşturulması uygun bulunmuştur. Yenipazar Formasyonu (Kye – 2) na ait kayaçlara soketlenecek çift sıra kazıkların toplam boyu 24.00 metre olarak belirlenmiştir. Statik ve deprem durumları için hesaplanan bileşke yatay kuvvetler, literatürde önerildiği üzere, bileşke kuvvet heyelan tabanından 0.4 H (H = dayanma yapısı eksenindeki heyelan kalınlığı) mesafe kadar yukarıda etki edecek şekilde trapez yük dağılımına çevrilmiş ve kazık sistemine bu yük dağılımı etki ettirilmiştir (Şekil 5).

Statik ve deprem durumu analizlerinde SAP2000 v15 yapısal analiz programı kullanılmıştır. Kazık elemanları programdaki çubuk elemanlarıyla, kazık önündeki zemin ise yaylarla modellenmiştir. İlgili kazık yanal yay kat sayısı (k_h) değerleri pressiyometre deney sonuçları ve Clarke (1995) tarafından önerilen yöntem kullanılarak hesaplanmıştır. Analizlerde kazık önündeki zemini modelleyen yaylardaki kuvvetin pasif direnci aşmamasına dikkat edilmiş olup, yaylara etkiyen kuvvetler, pressiyometre deneyleri sonucu elde edilen net limit basınç (p_{ln}) değerleri ile kıyaslanmıştır.

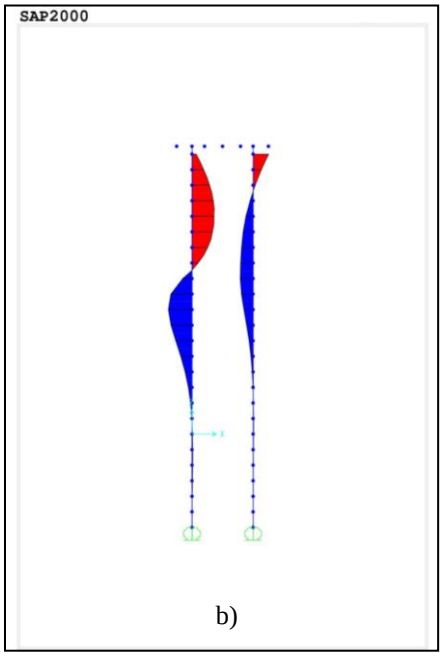


Şekil 5. Dayanma yapısı yerleşimi ve yapıya etkiyen yükler

Çift sıra kazıklar için gerçekleştirilen analiz sonucunda elde edilen tipik deplasman ve moment grafikleri Şekil 6 ‘da verilmiş olup, analiz sonuçları Çizelge 2 ‘de özetlenmiştir. Analiz sonuçları sonunda kazıklara ait kesit tahkiki analizleri yapılmış olup, düşünülen kesit boyutlarının yeterli olduğu sonucuna varılmıştır.



a)



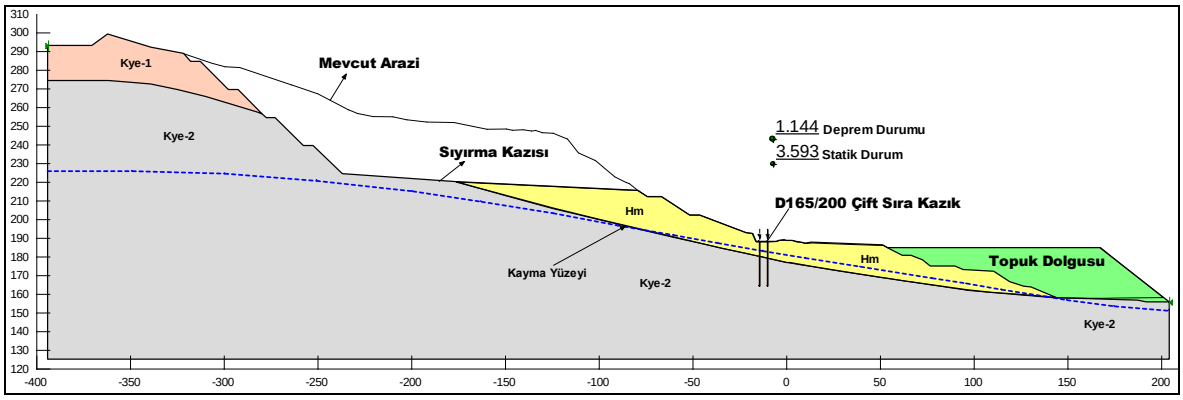
b)

Şekil 6. a) Kazıklarda hesaplanan tipik yanal deplasman paterni
b) Kazıklarda oluşan tipik moment grafiği

Çizelge 2 Kazıklarda hesaplanan deplasman ve moment değerleri

Analiz	Maksimum Deplasman (cm)		Maksimum Moment (t.m)	
	Ön Kazık	Arka Kazık	Ön Kazık	Arka Kazık
Statik Durum	0.40	0.41	90.3	164.9
Deprem Durumu	1.86	1.92	420.5	771.1

Öte yandan, yük hafifletme amaçlı sıyırma kazısı çalışmaları sırasında çıkan malzemenin, kütlenin topuk bölgesinde +185.00 kotundan başlanarak depolanması öngörülmüştür. Bu yöntem ile, özellikle deprem durumunda, kazıklı dayanma yapısı önünde kalan kütlenin stabilite koşullarının da iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, sıyırma kazısı, çift sıra kazık ve topuk dolgusu uygulaması için yapılan stabilite analiz detayları Şekil 7'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre tüm imalatlar tamamlandıktan sonra toplam kütleye ait hesaplanan güvenlik sayılarının aranan limitlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 7. Sıyırma kazısı,çift sıra kazıklı dayanma yapısı ve topuk dolgusu uygulaması stabilite analizi

4. SONUÇ

Bu bildiri kapsamında Ankara – İstanbul Hızlı Tren Hattına ait proje güzergahının Km: 195+000 – 195+500 kesminde gelişen büyük ölçekli kütle hareketi ve hareket ile ilgili gerçekleştirilen stabilizasyon önlemleri incelenmiştir. Sahada gerçekleştirilen yüzey jeolojisi çalışmaları, temel sondajları, inklinometre ölçümleri, yerinde ve laboratuvar deneylerinden sağlanan verilere göre; oluşan kütle hareketinin boyu ~ 500.00 metre, genişliği ~ 280.00 metre olup, kütle hareketinin taç ve topuk bölgeleri arasındaki kot farkı ~ 110.00 metredir.

Proje alanında meydana gelen kütle hareketinin yeri, boyutları, oluşum mekanizması, birimlerin jeomekanik özellikleri, bölgedeki sismik aktivite, topografik koşullar göz önüne alınarak heyelan kütlesi üzerinden yük hafifletme amaçlı sıyırma kazısı ve çift sıra Ø165 cm çapında ve merkezden merkeze 200 cm aralıklı betonarme fore kazıklar ile bir dayanma yapısı oluşturulması uygun bulunmuştur. Stabilite analizleri kapsamında öncelikle kayma yüzeyinde mobilize olan rezidüel zemin parametreleri tespit edilmiş, daha sonra statik ve deprem durumunda dayanma yapısına etkiyecek heyelan yükleri belirlenmiş

ve dayanma yapısı elemanları bu yükler altında modellenerek boyutlandırılarak donatılandırılmıştır. Yük hafifletme amaçlı sıyırma kazısı çalışmaları sırasında çıkan malzemenin, kütlenin topuk bölgesinde depolanması öngörülmüş olup, sıyırma kazısı, çift sıra kazık ve topuk dolgusu uygulaması için yapılan analiz sonuçlarına göre tüm imalatlar tamamlandıktan sonra kütleye ait hesaplanan güvenlik sayılarının aranan limitlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Clarke, B., G., 1995, "Pressuremeters in Geotechnical Design", Chapman & Hall, Glasgow, 1st Edition.
- Krahn, J., 2004, "Stability Modeling with SLOPE / W An Engineering Methodology", GEO-SLOPE/W International Ltd., Calgary, Canada.
- SAP 2000 Version 15 Users Manual, 2011, CSI, Berkeley, California, USA.