

A Piled System Application for Slope Stability

*¹Ertan BOL, ¹Aşkın ÖZOCAK and ¹Sedat SERT

¹Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Sakarya University, Turkey

Abstract:

This paper describes the stability of the pile system used to ensure the safety of houses located on a hillside with time used on a road deteriorated after every heavy rainfall. The piled system was used to prevent landslides have occurred on the road in the south-western slopes Sakarya province, Karapürçek County, Kanlıçay Location. 3 rotary drilling were carried out in the study area, their total depth is 29,5 meters. Physical and mechanical tests was carried out on samples taken from borings for the landslide investigation. Soil mass which is moving at the different times has been approximately 35-40 meters wide and 60-65 meters long. As a result of investigations it has been found that the landslide occurred because of increase in pore pressure. The results of the slope stability analysis showed that the road and homes can be prevented by using a cantilever retaining wall which is settled on the piled system.

Key words: Landslide, pore water pressure, pile, cantilever wall

Şev Stabilizasyonunda Bir Kazıklı Sistem Uygulaması

*¹Ertan BOL, ¹Aşkın ÖZOCAK ve ¹Sedat SERT

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fak., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Türkiye

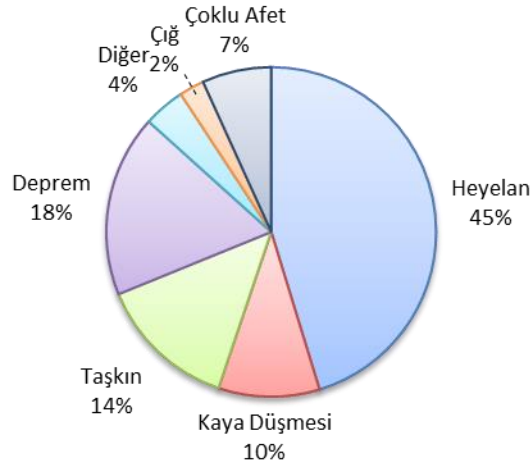
Özet:

Bu bildiride stabilitesi her aşırı yağış sonrasında bozulan üzerinde devamlı kullanılan bir yol ile evler bulunan bir yamacın güvenliğinin sağlanması için kullanılan kazıklı sistem açıklanmıştır. Kazıklı sistem Sakarya ili, Karapürçek İlçesi, Kanlıçay Mevkii güney batı yamacında bulunan yol üzerinde gerçekleşmiş heyelanı önlemek için kullanılmıştır. Çalışma alanında toplam derinliği 29,5 metre olan 3 adet dönele sondaj gerçekleştirilmiştir. Sondajlardan alınan numuneler üzerinde heyelan incelemesine yönelik olarak fiziksel ve mekanik deneyler gerçekleştirilmiştir. Özellikle yağın yağmurlar sonucunda şiddeti artan ancak farklı zamanda hareket ettiği beyan edilen zemin kütlesi yaklaşık olarak 35-40 metre genişlik ve 60-65 metre uzunluğa sahiptir. Yapılan incelemeler sonucunda alanda meydana gelen hareketin zemin ortamında boşluk suyu basınçlarının yükselmesinin neden olduğu anlaşılmıştır. Yapılan analizler sonucunda hasar gören yolun kazıklı sistem üzerine oturtulacak konsol duvar ile çözümlenebileceği kanısına varılmış ve imalat gerçekleştirilmiştir.

Key words: Heyelan, boşluk suyu basıncı, kazık, konsol duvar

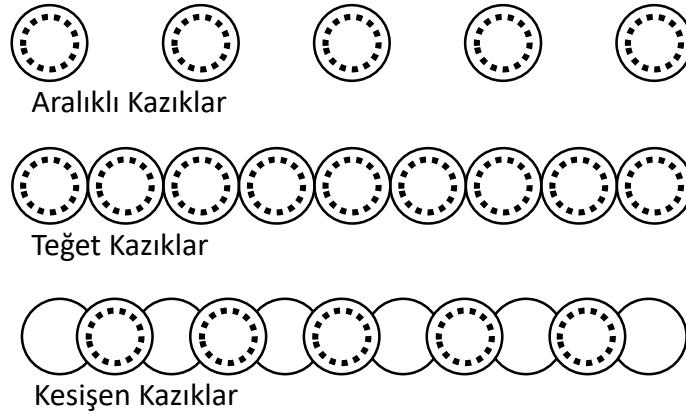
1. Giriş

Türkiye’ de Karadeniz, Doğu Anadolu ve Orta Anadolu bölgeleri heyelanların sıkça geliştiği bölgeleri içermektedir. Türkiye’ de Karadeniz Bölgesinin tamamı ve doğu Marmara Bölgesi çok farklı jeolojik birimler oraya koysa da hemen her tür ortamda özellikle yağışların da etkisiyle sıklıkla kitle hareketleri meydana gelmektedir. Son yıllarda söz konusu heyelan olay sayılarının da artışta oluşunu söylemek yanlış olmayacaktır. Gökçe vd., (2008)’ nin çalışmasına göre Türkiye’ de afet türüne göre afet olay sayısı dağılımı Şekil 1’ deki gibidir [1]. Can ve mal kayıplarına yola açan heyelanların toplam afetler için de en büyük dilimi oluşturduğu görülmektedir. Bununla birlikte Kaya Düşmeleri de bu grup içine alınırsa durum daha da kötüleşmektedir.



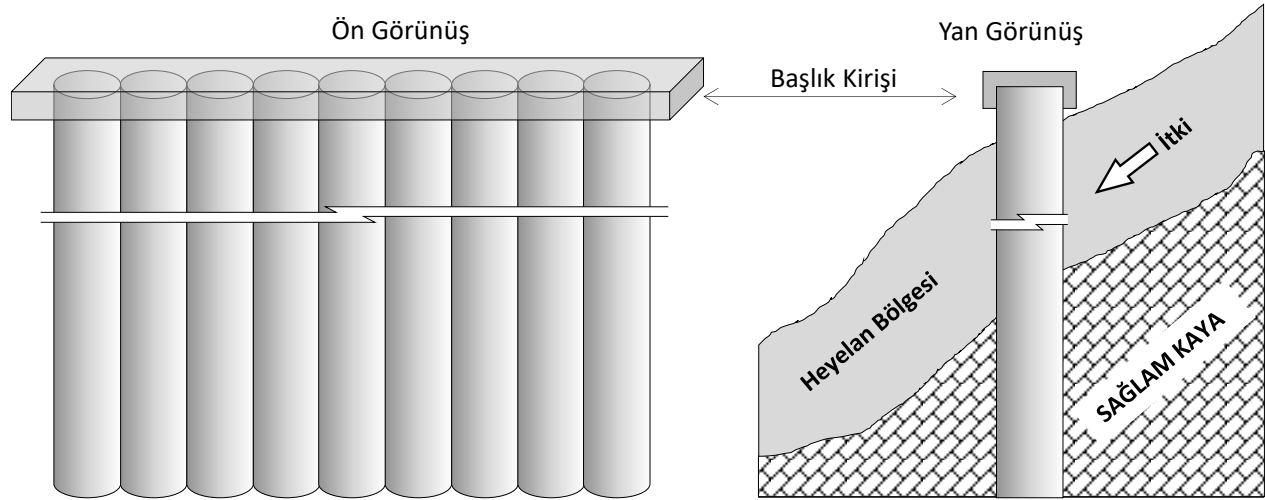
Şekil 1. Türkiye’ de afet türüne göre afet olay sayısı dağılımı (Gökçe vd., 2008)

Çoğu doğal ancak azımsanmayacak bir kısmı da insan eliyle yapay olarak oluşabilen heyelanların etkilerini ortadan kaldırmak için birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlardan bir kısmı geçici (*kozmetik*) olarak nitelendirilirken bir kısmı da kalıcı olarak uygulanmaktadır. Şev stabilitesinin iyileştirilmesinde kullanılan yöntemlerden biri de kazıklı sistemlerin kullanılmasıdır. Yöntemin başarısı bazı araştırmacılar tarafından açıklanmıştır [2,3,4,5]. Pasif Kazıklar pahalı bir yöntem olmasına rağmen bazen tek çare olarak çözüm sunmaktadırlar. Kayan bir cisim durdurmak veya hareketini yavaşlatmak için önüne bir başka ağır cisim koymak insanın içgüdüsel yaklaşımıdır. Kitle hareketlerini önüne ağır bir duvar yaparak kontrol etme işlemi de çok uzun süre mühendisin aklına gelen ilk çare olmuştur. Yapısal önlemler duraylılığa direnen kuvvetleri artırarak katkıda bulunur. 1960’ lı yıllara gelindiğinde duvarlı sistemlerin büyük kitle hareketlerini durduramadığı anlaşılmıştı. Özellikle gereken desteği zeminde herhangi biçimde kazı yapmadan sağlama zorunluluğu pasif olarak da adlandırılan yanal kazıkların heyelan uygulamalarında kullanılmasını gündeme getirmiştir. Önceleri çakma kazıklı yapılan uygulama günümüzde yerinde yapılan delme kazıklarla gerçekleştirilmektedir [6]. Yanal yüke maruz kazıklar tercihan çapı 1m den az olmayan kazıklardan boyutları 6x4m ye büyüyen kesonlara kadar büyüyen betonarme yapı elemanlarıdır. Genelde bir başlık ile birleştirilmiş ve özellikle killerde uygulanan ayrık, gerektiğinde teğet ve tam ankastre kazıklardan oluşturulur (Şekil 2).



Şekil 2. Heyelan Önlemede Kullanılan Farklı Kazık Yerleşimi Uygulamaları

Pasif kazıklara ankraj uygulaması da söz konusu olabilmektedir. Pasif kazıklı duvarların boyu sağlam tabakanın bulunabilmesi için gerektiğinde 30m ye kadar uzatılabilmektedir. Bu denli uzun kirişte belirecek kesme kuvveti ve momentler çok yüksek olacağından maliyet uzunluğun karesi ile yükselecektir. Betonarme kazıklardan daha hızlı imal edilebilen ve çok daha düşük maliyetli jet-grout kolonlarının heyelanlara uygulamaları henüz tartışmalıdır [6]. Pasif kazık uygulaması Türkiye’ de artık sıkça yapılmakta olup birçok heyelan bu yöntemle durdurulmuştur. İzmir Seferihisar’ da bir sitede geriye doğru çok hızlı gelişen heyelanın bir sitenin hasar görmemiş kesimini etkilememesi için 1,2 m çaplı, 25 m boylu ayırık betonarme kazık uygulaması yapılmış ve kesin başarı sağlanmıştır [6]. Şekil 3’ te temsili bir heyelanlı bölgede yerleştirilmiş kazıkların önden ve yandan görünümü sunulmaktadır.



Şekil 3. Yamaçta Pasif Kazık Uygulaması

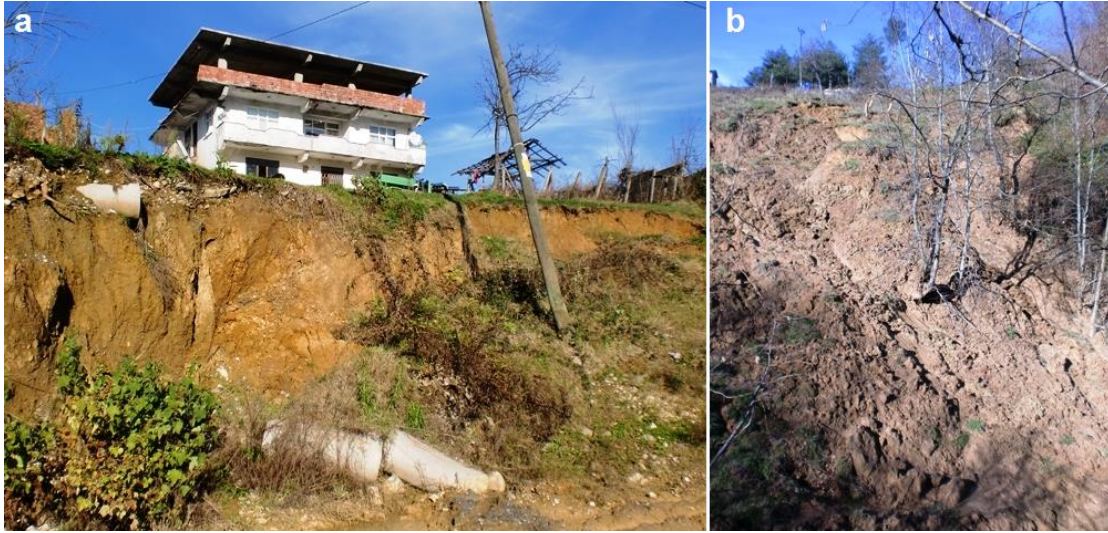
2. Karapürçek-Kanlıçay Heyelanı

Sakarya ili, Karapürçek İlçesi, Kanlıçay Mevkii güney batı yamacında yol üzerinde gerçekleşmiş heyelan sonucunda meydana gelen çökmelerin önüne geçilmesi için yapılan çalışmalar bu bildiriye örnek uygulama olarak anlatılacaktır. Öncelikle hareketin sebebinin belirlenmesi, mevcut yolun ve arkasında kalan yapıların (Şekil 4) güvenliklerinin sağlanması için alınması gerekli önlemlerin belirlenmesine yönelik çalışmalar özetlenecektir.



Şekil 4. Heyelan eden bölgenin yola ve arkasındaki yapılara göre konumu

Heyelan tacının koordinatları N40.63405 ve E030.49436 şeklindedir. Özellikle yağın yağmurlar sonucunda şiddeti artan ancak farklı zamanda hareket ettiği beyan edilen zemin kitlesi yaklaşık olarak 35-40 metre genişlik ve 60-65 metre uzunluğa sahiptir. Heyelan tacı, arkasında bulunan üç katlı yapıya yaklaşık olarak 20 metre mesafededir (Şekil 5a).



Şekil 5. a) Heyelan aynasının görünümü b) Eteğinde balçık kıvamına gelmiş heyelan kitlesi görünümü

Çalışma yapıldığı anda durmuş olan heyelanın geriye doğru ilerleyip bina için risk oluşturması mümkün gözükmemektedir. Alanda eğimler genelde Kuzey Batıdan Güney Doğuya doğrudur. Çalışma alanında yola yakın üst kısımlarda eğim %25 civarında iken, dere yatağına doğru daha aşağı kısımlarda %47 civarında ölçülmüştür. Hareket sonucunda açığa çıkan heyelan aynası en yüksek yerinde yaklaşık 4-5 metre yüksekliğe sahiptir. Aynadan görüldüğü kadarıyla zemin kahverengi, düşük-orta plastisiteli killi-siltli birimlerden oluşmakta olup aynada sağlam kaya mostra vermemiştir (Şekil 5a). Heyelan kitlesi içerisinde ayrıca ufak çaplı tali aynalar da mevcuttur. Söz konusu alanda yapılan incelemelerde heyelan eden kitlenin özellikle eteklerine yakın yerlerinde suya doygun zeminlerin balçık kıvama geldiği dikkati çekmiş ve fotoğraflanmıştır (Şekil 5b).

Zeminin aşırı derecede suya doygun hale gelişinin nedeni; heyelanın bulunduğu alanın hemen solunda (batısında) kalıntı bir heyelan kitlesinin içinden geçen pınarın varlığıdır. Ayrıca heyelan kitlesinin tam tepesinde bulunan ve güncel durumda heyelan ile birlikte hareket eden yolda temiz su boru hattının bulunduğu belirtilmiştir. Heyelanın söz konusu su hattına paralel şekilde oluşması; söz konusu boru hattı için kazılan hendeğin suyun birikmesine olanak sağlaması ve heyelanı hızlandırması görüşünü kazandırmıştır. Dolayısı ile zemin özellikleri bakımından zaten kritik durumda olan yamaçtaki heyelanı tetikleyen en büyük faktörlerin: a) Söz konusu boru hattının yataklanma gereği olan çakıllı taban malzemesi vasıtası ile yüzey sularının heyelan kitlesine yönelmesi, b) Pınarla zeminin tabandan beslenmesi ve son olarak da c) Aşırı yağışlarla yamaçta su seviyesinin yükselmesi olduğudur. Farklı sebepler ile artan su hacmi nedeniyle sistem tamamen doygun hale gelmiştir. Bu durum yamaç üzerindeki yükü aşırı oranlarda arttırmış, aynı zamanda da efektif gerilmeyi düşürmüştür. Sonuçta artan su miktarı; yamacın dengesini olumsuz yönde etkileyecek olan sürücü kuvvetleri artmasına neden olmuş, zeminin kayma direncini düşürmüş ve heyelan tetiklenmiştir. Tüm bunların yanında yol üzerinde gerçekleşen küçük oturmalardan meydana gelen kot farkını gidermek için yapılan yol dolguları heyelanın tepesinde ağırlığı artırıcı rol oynamıştır. Güvenlik sayısında sudan kaynaklanan devamlı düşüşün hızlanmasına ilaveten heyelan kitlesinin üzerinde yapılan söz konusu dolgu ilave olarak sürücü kuvvetleri arttırmıştır. Bu durum GS' nin ani düşüş göstermesine neden olmuştur.

3. Materyal ve Metod

Heyelan incelemelerinde araziye yapılan saha ziyaretleri büyük önem taşımakta ve bu noktada tecrübe problemin çözülmesinde büyük önem taşımaktadır. Zira problemin nedenini tam olarak ortaya konmadan ortaya akılcı bir çözüm sunmak mümkün görünmemektedir. Bu sebeple yapılan arazi incelemelerinde meydana gelmiş olan heyelan ve etrafındaki diğer jeolojik-jeomorfolojik oluşumlarla ilgili gözlemler yapılmıştır. Sahanın genel özellikleri ve heyelan eden kitle tüm doğrultulardan gözlemlenerek heyelanın özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Bunun akabinde ayrıntılı arazi ve laboratuvar çalışmalarına gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında toplam derinliği 29,5 metre olan 3 adet dönel sondaj gerçekleştirilmiştir. Sondajlardan alınan numuneler üzerinde heyelan incelemesine yönelik olarak fiziksel ve mekanik laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kazıklı sistemlerin çözümünü yapılan bir stabilite programı (Talren V5) ile analizler yapılmıştır. Son olarak sonlu elemanlar yöntemi ile de analizler yapılmış olup en uygun kazık boyutlandırılması önerilmiş ve arazide uygulaması yapılmıştır.

3.1. Laboratuvar Deneyleri

Alanda yapılan sondaj çalışmalarından elde edilen örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde TS1900 (2006) uyarınca sınıflandırmaya yönelik deneyler gerçekleştirilmiş ve TS1500 (2000)' e göre da sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. Yapılan sınıflandırmaya göre çalışma alanının üst kısımları daha çok yüksek plastisiteli yağlı killer ve bunun altında ise killi az çakıllı kumların yataklandığı anlaşılmıştır.

Araziden sondaj yolu ile elde edilen 1,50-2,00 m ve 2,50-3,00 m numuneleri üzerinde kesme kutusu deneyleri yapılmıştır. Alanda mevcut hareketlenmeden dolayı zeminlerin dayanımının artık kalıntı (*residual*) dirençler ile temsil edilebileceği düşüncesi ile kesme kutusu deneyinde kalıntı parametreleri belirlemeye yönelik çalışmalar da yapılmıştır. Kesme kutusu deney sonuçları Tablo 1' de özetlenmektedir. Buradan elde edilen veriler çalışma alanının stabilite problemlerinin çözümünde kullanılmıştır.

Tablo 1. Kesme kutusu deneyi sonuçları

| Sondaj No | Derinlik | Litoloji | ρ (kN/m ³) | e | c (kPa) | ϕ | c_r (kPa) | ϕ_r |
|-----------|-----------|----------|-----------------------------|------|-----------|--------|-------------|----------|
| SK-3 | 1,50-2,00 | CH | 23.36 | 0,43 | 19 | 10 | 9 | 10 |
| SK-3 | 2,50-3,00 | CI | 19.68 | 0,74 | 1 | 37 | 0 | 33 |

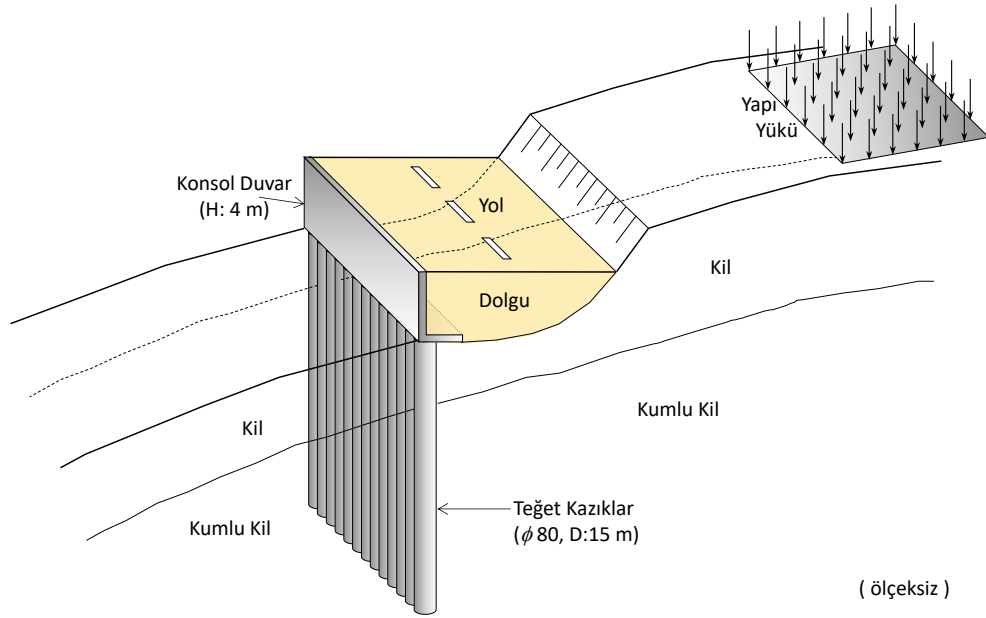
3.2. Analizler

Alanda meydana gelen heyelanın boşluk suyu basıncındaki (r_u) artış nedeni ile tetiklendiği düşünüldüğünden; alanı temsil eden en dik kritik hat boyunca boşluk suyu basıncının güvenlik sayısı üzerindeki etkisi deprensiz durumda incelenmiştir. Sonuçta boşluk suyu basıncının şev üzerinde önemli bir etkisi olduğu ve r_u ' nun 0,27 olması durumunda şevin kritik eşiğe geldiği görülmüştür. Zeminin kalıntı kohezyonu 0,00-9,00 kPa arasında ve sürtünme açısı da 10⁰-33⁰ arasında değişmektedir. Bu değerler göz önüne alınarak alanın mevcut topoğrafyasının geri analizleri yapılmıştır. Geri analiz safhasında heyelanın meydana geldiği andaki yağışlı durum da göz önüne alınarak boşluk suyu basıncı oranı (r_u) 0,27 olarak alınmıştır. Kayma meydana geldiği anda güvenlik sayısının ~0,99 olduğu kabulü ile üstteki killi zeminin kohezyon değeri 19 kPa, sürtünme açısının 10⁰ ve alttaki zeminin ise kohezyonunun 0 kPa, sürtünme açısının 33⁰ alınmasına karar verilmiş ve analizlerde bu değerler kullanılmıştır. Geri analiz için kullanılan parametreler ışığında aynı çözümler Plaxis 2D yazılımı kullanılarak yapılmış ve söz konusu çalışmada da beliren kayma yüzeyinin konumu gerçek durum ile örtüşmüştür.

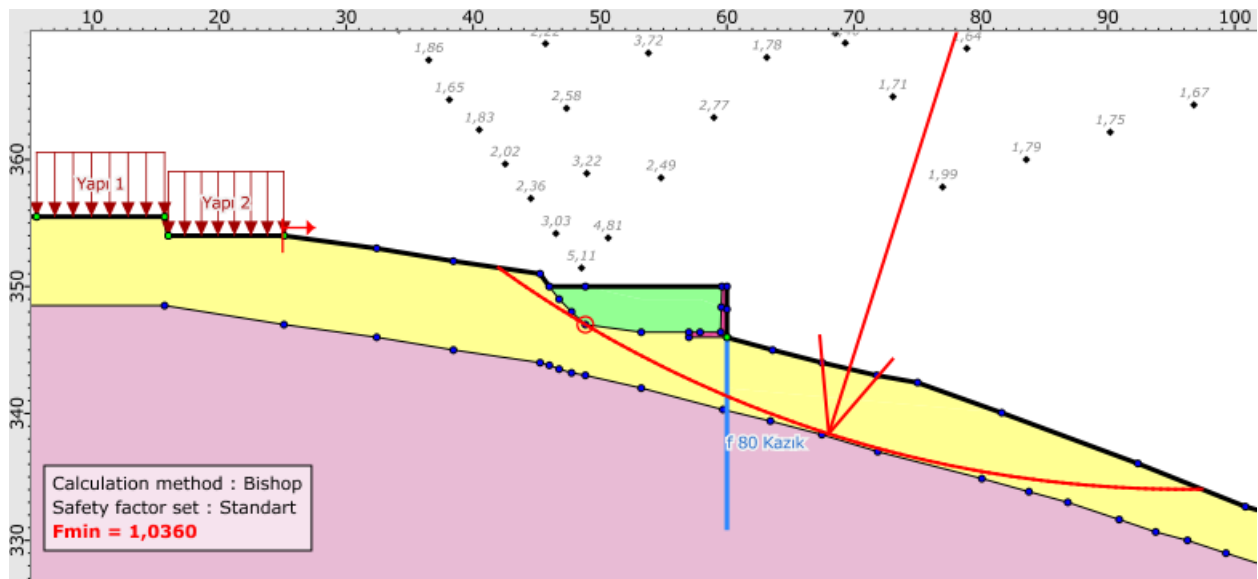
3. Kazıklı Duvar Dizayını ve Uygulama

Yol üzerinde zaman zaman meydana gelen kaymalardan dolayı oluşan kot kaybı dolgu yapılarak giderilmeye çalışılmış, ancak bu da üst taraftaki yükü arttırdığından heyelanı önleyici bir çözüm olmamış, aksine boyutunu büyütüştür. Bu bakımdan yolun kalıcı olarak güvenli bir şekilde tekrar kullanıma açılması için şevin kazıklı bir sistemle takviye edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple mevcut heyelandan dolayı meydana gelen yaklaşık 4 metrelik kot farkını gidermek için kazıkların

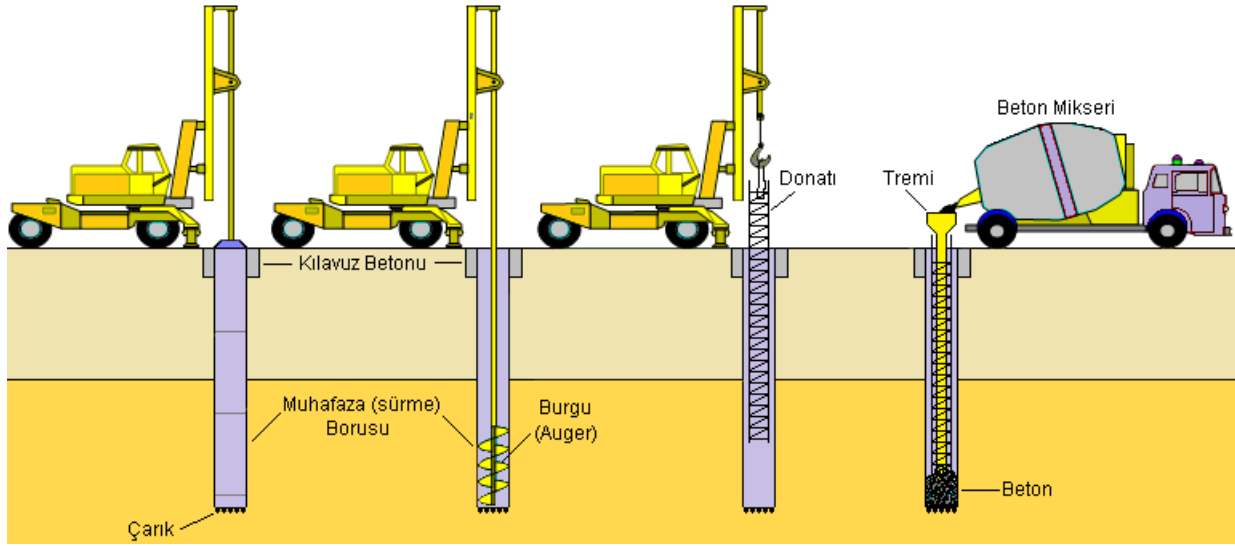
üzerine oturtulmuş bir konsol duvar tasarlanmıştır (Şekil 6). Konsol duvarın kaymaya karşı güvenliğini arttırmak için de kazıkların üzerinden uzatılacak donatılarla bağlanması düşünülmüştür. Çapı 0,80 m, boyu 15 m olan teğet kazıkların üzerine yerleştirilmiş ve geri dolgu kaliteli gereçle yapılmış konsol duvar sistemi Talren V5 programı ile analiz edilmiştir. Bu sistemin depremsiz durumda güvenlik sayısının 1,47 olduğu görülmüştür. Aynı sistem yatay sismik katsayı $k_h=0,15$ alınarak çözülmüş durumu Şekil 7’ de verilmektedir. Bu durumda güvenlik sayısının 1,04 olması da sistemin deprem anında dahi güvenliğini koruyacağına işaret etmiştir.



Şekil 6. Yolda meydana gelen kot kaybını önlemek için düşünülen konsol duvar sistemi



Şekil 7. Kazıklı sistemin depremlili durum için Talren V5 stabilite analizi sonucu



Şekil 8. Fore kazık imal aşamaları

Analizlerin tamamlanmasından sonra arazide uygulamaya başlanmıştır. Şekil 8' de fore kazık imal aşamaları gösterilmektedir. Uygulamada ilk önce tesviye edilen yapım alanı üzerine kılavuz betonu dökülür. Bu beton delme sırasında çarık ve muhafaza borularının düzgün bir istikamette gitmesini sağlar. Delme işlemi sırasında zemin çarık denilen ucu sertleştirilmiş silindirik boru uzantısı ile yapılır. Çarık aşağı doğru hidrolik itki ve dönme işlemi ile ilerlerken hemen peşine uygun çaplardaki muhafaza boruları sürülür ve bu işlem arzu edilen derinliğe kadar muhafaza borularının arka arkaya eklenmesi ile yürütülür. Daha sonra muhafaza borusunun içinde bulunan zemin auger vasıtası ile yukarıdan aşağıya doğru temizlenir. İçi boş muhafaza borusunun içine donatı yerleştirilir. Donatıların ortasındaki boşluktan kuyu tabanına kadar uzanan bir tremi (huni) yerleştirilir. Treminin görevi mikser tarafından getirilen betonun kuyu tabanına düzgün bir şekilde ulaşmasını sağlamaktır, zira özellikle su seviyesinin yüksek olduğu bölgelerde kazık içine serbestçe bırakılan betonun suya çarpmasıyla agrega ile çimento birbirinden ayrılarak segregasyon meydana gelebilir. Beton tabandan yukarıya doğru tremi vasıtası ile kuyu içine doldurulurken kuyu içindeki çamur-su karışımı kuyu ağzından yukarıya doğru çıkmaktadır. Kuyu tamamen betonla doldurulduktan sonra muhafaza boruları diğer kazıkta kullanılma üzere yukarı çekilir. Bu adımlarla Karapürçek arazisinde imal edilen 80 cm çaplı 15 metre uzunluğundaki teğet kazıkların arazide imalatı Şekil 9' dan izlenebilir. Şekil 9' da güçlendirmesi yapılacak yolun hemen altında Fore kazık makinasının delgi işlemi görülmektedir. Aynı zamanda kuyu içine yerleştirilecek donatılar da yine Şekil 9' dan izlenebilir. Şekil 10' da ise imalatı tamamlanmış pasif kazıklar üzerine oturtulmuş konsol duvar görülmektedir. İmalattan sonra yol eski kotuna getirilmiş ve herhangi bir deformasyon gözlemlenmemiştir.



Şekil 9. Kazık delgi işlemi ve donatıların hazırlanması



Şekil 10. İmalat sonu konsol duvarın karşı yamaçtan görünümü

3. Sonuçlar

Bu bildiriye stabilitesi her aşırı yağış sonrasında bozulan üzerinde devamlı kullanılan bir yol ile evler bulunan bir yamacın güvenliğinin sağlanması için kullanılan kazıklı sistem açıklanmıştır. Sondajlardan gelen numuneler üzerinde laboratuvarında yapılan fiziksel deneylerin sonuçlarına göre; üst 7,50 metrelerde aşağıdaki kayaların ayrışma ürünü olan yüksek plastisiteli killerin hâkim olduğu belirlenmiştir. Yamacın yüzeysel ve yeraltı suları ile yıllardır beslenmesinin kayma direncinin dereceli olarak düşmesine sebep olduğu düşünülmektedir. Yamacın güvenliğinin sağlanması ve yol kotunun eski haline getirilebilmesi için; çapı 0,80 m, boyu 15 m olan teğet kazıkların üzerine yerleştirilmiş ve geri dolgusu kaliteli gereçle yapılmış konsol duvar sisteminin oluşturulması gerekli görülmüştür. İmalattan sonra yol eski kotuna yükseltilebilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A., 2008. Türkiye’de afetlerin mekansal ve istatistiksel dağılımı, Afet bilgileri envanteri. Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 118 sayfa.
- [2] Sommer, H. (1977). “Creeping slope in a stiff clay.” Proc., 9th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 113–118.
- [3] Ito, T., ve Matsui, T. (1975). “Methods to estimate lateral force acting on stabilizing piles.” Soils Found., 15(4), 43–60.
- [4] Nethero, M. F. (1982). “Slide control by drilled pier walls.” Application of Walls to Landslide Control Problems: Proc., ASCE National Convention, R. B. Reeves, ed., ASCE, New York, 19–29.
- [5] Kourkoulis, R., Gelagoti, F., Anastasopoulos, I., Gazetas, G. (2012) Hybrid Method for Analysis and Design of Slope Stabilizing Piles, Journal Of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, January 2012 / 1, Vol. 138, No. 1.
- [6] Önalp, A., Arel, E., (2007), Yamaç ve Şevlerin Duraylılığı, Birsen Yayınevi, İstanbul.