

ŞEV STABİLİTESİ ANALİZİNDE GERİ HESAP YÖNTEMİ İLE BİR VAKA ANALİZİ

Büşra Tarakçoğlu¹, Seyhan Fırat², Nihat Sinan Işık³

¹Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, E posta: boduroglu.bus@gmail.com

²Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, E posta: sfrat@gazi.edu.tr

³Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, E posta: nihatsinan@gazi.edu.tr

ÖNE ÇIKANLAR

Şev stabilite analizleri

Vaka analizi

Şev güçlendirme yöntemleri

Özet

Karayolu ulaşımı için hazırlanan güzergâh projelerinde güzergahın geçeceği hattın zemin durumu büyük önem taşımaktadır. Yol boyunca yarma ve dolgular yapılacağından bu şevlerin hareketleri sonrası oluşabilecek deformasyonlar, can ve mal kayıpları yaşamamak için dikkate alınmalıdır. Günümüzde özellikle ülkemizde artış gösteren yol projelerinde güzergâh boyunca yapılan yarma işleri ile ilgili olarak bazı şevlerde stabilite sorunları yaşanmaktadır. Bu sorunların sebepleri arasında yol güzergahının heyelan bölgesi olması, öngörülen heyelan tacının daha geride kalması, meydana gelen yağışlar, ilgili firmanın yapım sırasında drenaj öncesi kazıya başlaması gibi birçok neden gösterilebilir. Şevlerde meydana gelen hareketlilikler canlıların yaşamını tehlikeye atabileceği gibi, hareketlilik sonrası tasarlanan iyileştirme projeleri, kamulaştırma gibi maddi sıkıntılara da yol açabilir. Şevlerde meydana gelen hareketliliklere göre şev düzenlemeleri ve gerekiyorsa ilave önlem çalışmaları yapılır. Bu çalışmaya konu olan otoyol projesinin 7 palyeden oluşan yüksek yarmalı kesimi incelenmiştir. Yapımı sırasında ilgili kilometrelerdeki şevlerde farklı zamanlarda hareketlilikler meydana gelmiştir. Yarma şevlerinde gözlemlenen hareketlerin nedeni olarak eski heyelan kütesinin tacının öngörülen noktadan geride olması ve yarma kazısı esnasında bu kısımda kalan gevşek malzemelerin hareket etmesi olarak belirlenmiş ve taş dolgu yapılmasına karar verilmiştir. Bu çalışmada şeve uygulanan istifsiz taş dolgu sonrası meydana gelen deformasyonlar incelenmiştir. Limit denge analiz yöntemleri kullanılarak Slide programında geri hesap yöntemi ile kayma yüzeyi parametreleri elde edilmiştir. Analiz sonrası elde edilen parametreler, deprem durumundaki güvenlik katsayıları da değerlendirilerek kazıklı çözüm önerisi getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Vaka analizi, Şev stabilitesi, Heyelan

A CASE STUDY WITH BACK ANALYSIS METHOD IN SLOPE STABILITY

Abstract

In the route projects prepared for highway, the ground condition of the line that the route will pass through is of great importance. The movements of these slopes should be taken into consideration in order not to experience loss of life and property. Today, there are stability problems on some slopes, especially in road projects that are increasing in our country. Some of the reasons for these problems are the landslide areas where the road routes pass, the predicted landslide being left behind, the rainfalls and the excavation of the relevant company before the drainage can be shown. Movements on slopes may endanger the lives of living things, as well as improvement projects designed after mobility may cause financial difficulties such as expropriation. The high-section part of the highway project, which is the subject of this study, has been examined. During the construction of the slopes of the relevant kilometres, movements occurred at different times. The reason for the movements observed in the cut slopes was determined that the crown of the old landslide mass was further behind than the predicted point and the loose materials left in this section during the cut excavation were moving and it was decided to make a stone fill. In this study, the deformations that occurred after the unstacked stone filling applied to the slope were investigated. By using limit equilibrium analysis methods, slip surface parameters were obtained by back calculation method in Slide program. After the analysis pile solution proposal was made.

Keywords: Case Analysis, Slope Stability, Landslide

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Doğal afetler, dünya genelinde insan hayatı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Doğa olayları, meydana geldiği yerlerde çok sayıda insanın hayatını kaybetmesine ve yaralanmasıyla birlikte aynı zamanda ciddi ekonomik zararlara yol açmaktadır. Doğa olaylarının insan yaşamı ve toplum üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması ve/veya önüne geçilebilmesi için doğa olaylarının iyi bir şekilde tanınması önem taşımaktadır [1]. Dünyanın en sık rastlanan afetleri arasında olan heyelanların envanter gelişimi son yıllarda önemli ilerleme göstermiştir. 1929-2018 yılları arasında yapılan araştırma çalışmaları sonrası elde edilen veri tabanına göre 90 yıllık dönem boyunca gerçekleşen 357 heyelan olayı sonucu 1291 kişinin hayatını kaybettiği görülmektedir [2] (Fidan ve Görüm, 2019) Hem doğal hem de yapay şevlerin stabilitesinin sağlanmasının geoteknik mühendisliğinde temel bir konu olmaya devam ettiği kabul edilmektedir. Heyelanların önlenmesi veya düzeltilmesi için evrensel olarak kabul edilmiş bir yöntem yoktur. Her şev kayması benzersizdir ve benzersiz doğal özellikler temelinde değerlendirilmelidir [3]. Heyelanların yaygın bir şekilde meydana gelmesi ve sonucunda büyük kayıpların ortaya çıkması, ülkemizin sosyoekonomik yapısından da kaynaklanmaktadır. Bilindiği gibi arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen bilgiler arazinin sınırlı noktalarını temsil ederken, geri hesap yöntemi ile modellenen bir şev kayması o bölgenin özelliklerini daha iyi temsil eden zemin parametrelerine ulaşmamızı sağlayabilir [4]. Belirli bir potansiyel kayma yüzeyinde dengeyi sağlamak için gerekli kayma gerilmelerinin mevcut kayma direncine ulaşması veya aşması durumunda şev stabilite olma durumunu kaybeder [5]. Genellikle şevlerdeki kaymalar mevcut şevin dibinde yeni bir yarmaya veya kazıya girilmesi ile meydana gelmektedir. Diğer taraftan zeminin zamanla çözülmesi, kılcal çatlakların meydana gelmesi, boşluk suyu basınçlarının aniden artması gibi çeşitli faktörler de şev kayma sebeplerindedir [6]. Şevlerin göçme hareketleri Varnes tarafından düşme, devrilme, kayma, akma ve yayılma olarak ayrılmıştır. Ayrıca göçmenin meydana geldiği malzeme tipini vurgulamak amacıyla göçme tiplerinin önlerine ana kaya için kaya, baskın olarak iri taneli zeminler için moloz ve baskın olarak ince taneli zeminler için toprak terimleri eklenmektedir [7]. Zeminin yapısı, yeraltı suyu koşulları, yağışlar, fiziksel etkenler şevlerde hareketliliğe sebep olmaktadır. Zemin özellikleri ile ilgili laboratuvarlardan gelen veriler saha gözlemleri, aktif heyelan bölge olma durumu gibi etkenler dikkate alınarak tasarım yapılmalıdır. Zemin özelliklerini bilerek inşa edilecek yapı ile zemin etkileşimi sonrası meydana gelebilecek durumları önceden tahmin edebilmek için analiz yapmak ve analiz sonrası iyileştirme önlemleri seçilirken stabilite sorunlarının asıl nedenlerini ortaya çıkarabilmek, göçme koşullarını belirleyebilmek gerekmektedir. Günümüzde özellikle ülkemizde artış gösteren otoyol projelerinde güzergâh boyunca yapılan yarma işleri ile ilgili bazı şevlerde problemler yaşanmaktadır. Bu problemlerin sebepleri arasında yol güzergahının heyelan bölgesi olması, öngörülen heyelan tacının daha geride kalması, meydana gelen yağışlar, yapım sırasında drenaj öncesi kazıya başlanması gibi birçok neden gösterilebilir. Kazı öncesi drenaj yapılması çok önemlidir. Drenaj, şev stabilitesini iki önemli yolla iyileştirir bunlardan biri zemin içindeki boşluk basınçlarını azaltır, böylece efektif gerilmeyi ve kesme mukavemetini artırır diğeri de çatlaklardaki su basınçlarının itici güçlerini azaltır, böylece denge için gerekli olan kesme gerilmesini azaltır.

Bu çalışmada bir otoyol projesinin 7 palyeden oluşan yüksek yarmalı şevlerinin daha önceden yapılan istifsiz taş dolgu kaplama yüzeylerinde gözlemlenen çatlaklar ve deformasyonlar incelenerek geri hesap yöntemi ile analizi yapılmıştır. Zemin özellikleri, inklinometre okumaları ve arazi gözlemleri incelenerek kritik kesit belirlenmiştir. Slide programı kullanılarak kritik kesit üzerinden model oluşturulmuştur. Zemin özellikleri programa girilerek geri hesap yöntemi ile kayma yüzeyi parametreleri elde edilmiştir. Söz konusu bölgenin deprem bölgesi olması sebebiyle deprem durumundaki güvenlik katsayıları bulunmuştur. Deprem durumu için her bir palyede lokal kayma yüzeyleri ve toptan göçme durumu için analizler yapılmıştır.

2. ŞEV STABİLİTE ANALİZLERİ (SLOPE STABILITY ANALYSIS)

Şev stabilite analizlerinde doğru analizi yapabilmek için zemin mekaniği ilkeleri, jeoloji ve saha koşulları ile sahadaki zeminin özellikleri hakkında bilgilere hâkim olmak gereklidir. Uygun kesme dayanımı özellikleri, boşluk suyu basınçları, şev geometrisi ve diğer zemin ve şev özellikleri belirlendikten sonra, kaymaya karşı koyan kuvvetlerin şevin kaymasına neden olacak kuvvetlerden büyük olduğunu temin etmek üzere şev duraylılık hesaplamalarının yapılması gerekir [8]. Şev stabilite problemleri sahada yapılan tetkiklerin laboratuvar koşullarında değerlendirildikten sonra elde edilen verilere göre yapılan matematiksel hesaplarla analiz edilir. Sonlu elemanlar yöntemi ve limit denge analiz yöntemi en çok kullanılan yöntemlerdir. Limit denge analizi meydana gelebilecek sayısız göçme yüzeylerinin güvenlik faktörlerinin tamamının hesaplanarak en küçük güvenlik faktörlü göçme yüzeyinin bulunması temeline dayanır [9]. İsveç'te 1916 yılında Petterson bir sorunu çözebilmek için dairesel kayma yüzeyi tanımlayarak, kayan kütleyi dilimlere bölmüştür. Böylece limit denge analiz yöntemlerinin temelini atmıştır. Daha sonra Fellenius günümüzde yaygın olarak kullanılan İsveç Dilim Yöntemini bulmuştur. Janbu ve Bishop 1950'lerde dilimler arasındaki kayma ve gerilme kuvvetlerini belirleyerek limit denge analiz yöntemlerini geliştirmiştir. 1960'larda

bilgisayar programlarının gelişimiyle Spencer ve Morgenstern yöntemleri geliştirilmiştir. 1980’lerde teknolojinin de gelişmesiyle birlikte bilgisayar programları üzerinde bu yöntemler kullanılarak hesaplamaya geçilmiştir. Limit denge analiz yöntemlerinden Fellenius 1936, Bishop 1955, Modifiye Bishop 1955, Morgenstern ve Price 1965, Spencer 1967, Bell 1968, Janbu 1973 ve Sarma 1973 yıllarında geliştirilmiştir [10, 11].

Kayma yüzeyi belli olan bir şevin yenilme durumundaki koşulları belirleme ve şev için uygun bir modelin ortaya çıkarılması işlemine “Geri Analiz Yöntemi” denir. Bu yöntem uygulanırken bilinen parametreler girilir. Bilinmeyenler için uygun bir aralık seçilerek değer verilir ve göçmenin meydana geldiği anda güvenlik katsayısının 1.0’ e eşit olması durumunda bilinmeyen parametrenin değeri bulunur [12]. Geri hesap yöntemi, göçmenin gerçekleştiği şevlerde iyileştirme yöntemlerinin güvenilir ve ekonomik bir şekilde yapılmasına katkı sağlamaktadır [13]. Birbirinden farklı özellikte şev tabakalarının olduğu yenilmeler için de kayma yüzeyi parametrelerinin bulunabilmesi için geri hesap yöntemi uygulanabilir. Geri hesap yöntemi sonrası elde edilen parametrelere göre güçlendirme çalışmaları tasarlanabilir.

Analizlerde limit denge analiz yöntemlerini baz alan “Slide” Programı kullanılmıştır. Slide programı dairesel ve dairesel olmayan göçme yüzeylerinde, güvenlik katsayısı hesabı yapabilmekte ve şevin stabilite durumunu değerlendirebilmektedir. Ayrıca harici yüklemeler, yeraltı suyu ve destek yapıları gibi çeşitli unsurları modellemeye imkân veren 2 boyutlu bir programdır. Proje ayarlarından istenilen hesap yöntemi seçilerek güvenlik katsayısı hesabı yapılabilmektedir [14]. Slide programı kullanılarak geri hesap yöntemi uygulanmıştır.

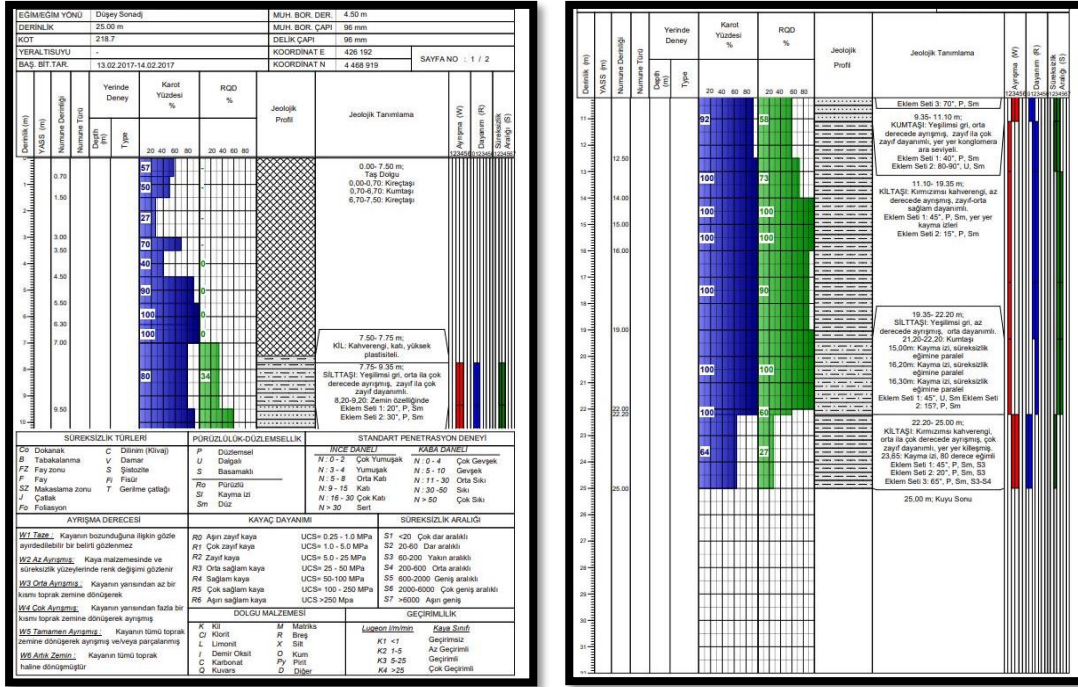
3. VAKA ANALİZİ (CASE STUDY)

Ülkemizin önemli hizmetlerinden olan bir otoyol projesinin yüksek yarmalı şevlerinde meydana gelen hareketlilikler incelenmiştir. Şekil 1’de yol güzergahına ait inceleme alanı uydu görüntüsü verilen otoyolun yaklaşık 200 metrelik kesimi 7 palyeli yarma şevlerinden oluşmaktadır. İnceleme alanı 1. ve 2. Derece deprem bölgeleri arasında yer almaktadır.



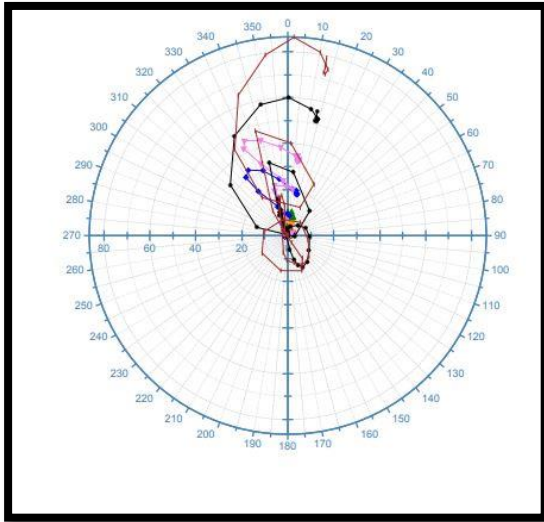
Şekil 1. Yol güzergahına ait inceleme alanı uydu görüntüsü

İnceleme alanı jeolojisi Dürdane Formasyonudur. Söz konusu bölgede zemin türleri sondaj loguna göre (Şekil 2) yüzeyden yaklaşık 5 m derinliğe kadar siltli kil birimi, kırmızımsı kahverenkli ile kahverenkli, çok zayıf – zayıf dayanımlı, orta ayrışmış yer yer kil dolgululu kıltaşı, yer yer de kumtaşı birimler olarak rapor edilmiştir.



Şekil 2. Araziye yapılan sondaj logu değerleri

Arazi koşulları sebebiyle otoyolun sol tarafında 7 palyeli yüksek yarmalı şevler bulunmaktadır. Heyelan bölgesi olması ve yağışların da etkisiyle zaman zaman bazı şevlerde hareketlilikler oluşmuştur. İlk saha çalışmaları sırasında gözlemlenen hareketlilikler ve inklinometreden okunan değerler incelenerek gerekli analizler yapılmış, güvenlik katsayılarının yeterli çıkması sebebiyle şev eğimlerinin artırılması ve taş dolgu yapılması çözüm olarak getirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. İnklinometre okumaları

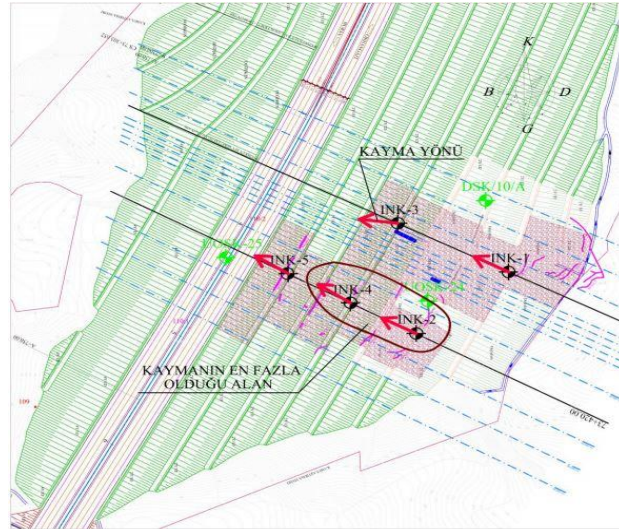
İlgili yarmalarda harçlı taş pere kaplanmadan önceki süreç incelendiğinde, yol yapım çalışmaları tamamlanmadan önce de şev hareketliliklerinin meydana geldiği bilinmektedir. Bu şev hareketlilikleri incelendiğinde stabilite analizleri yapılarak güvenlik katsayısının yeterli olması sebebiyle (GK = 1.8) güçlendirme çalışmasına ihtiyaç duyulmamıştır. Şev hareketlerinin sebebi olarak yarma kazısı sırasında kalmış bulunan gevşek heyelan malzemesinin yağışların etkisiyle olduğu değerlendirilmiştir. Çözüm olarak 5., 6. ve 7. Yarma şev eğimleri azaltılarak 2 yatay 1 düşey şev eğiminden 2.5 yatay 1 düşey olarak düzenleme yapılmıştır. Düzenlenen şevlerde kum tabakasına gelen suları drene etmek için barbakanlar kullanılmış bu barbakanlardaki suların palye hendeklerine şeve zarar vermeden drene olması

İçin de harçlı taşpere ile kaplaması yapılmıştır. Taş pere uygulaması sonrası hareketlilikler devam etmiş, taş pere yüzeyinde çatlaklar gözlemlenmiştir. Şekil 4’de görüleceği üzere taş pere kaplanan bölgelerde deformasyonlar meydana gelmiştir.



Şekil 4. Yarma şevlerinde taş dolguda gözlemlenen deformasyonlar

Sahada gözlemlenen deformasyonlar sonrası inklinometre ölçümleri değerlendirilmiştir. İlgili alanda 5 adet sondaj açılmıştır ve inklinometre borusu yerleştirilmiştir. Her biri 25,0 m derinliğindedir. Şekil 5’te sondaj lokasyonlarının görüldüğü şevli plan, Çizelge 1’de de sondajlara ait bilgilerin olduğu tablo verilmiştir.



Şekil 5. Sondaj Lokasyonları

Çizelge 1. Sondaj Bilgileri

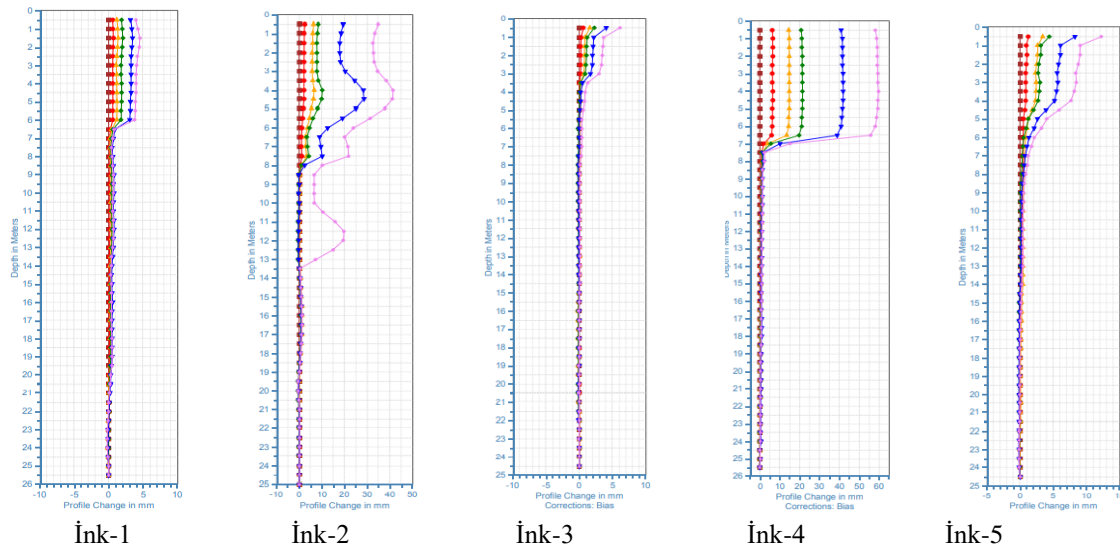
Kuyu No	Kot (m)	Yeri	Derinlik (m)
İNK-1	225.95	6. Palye	25.00
İNK-2	218.69	5. Palye	25.00
İNK-3	196.95	3. Palye	25.00
İNK-4	199.28	3. Palye	25.00
İNK-5	179.61	1. Palye	25.00

1 adet de zemin etüdü için 67 metre derinliğinde UOSK-24 sondajı yapılmıştır. Sondaj sırasında alınan numuneler laboratuvarda nem içeriği, doğal birim ağırlık, kuru birim ağırlık, elek analizi, konsolidasyon, üç eksenli basınç, tek eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Elastisite modülü ve poisson oranı belirlenerek deney sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Laboratuvar Deneysel Sonuçları

Sondaj/Çukur	Num. No	d (m)	Birim	Wn (%)	Yoğunluk (kN/m ³)	Elek Analizi	Attarberg Limitleri	Zemin Sınıfı	qu kg/cm ²	E Gpa	v
	K-23	39.0	Kumtaşı		25.10				210.53		
	K-28	57.0	Kumtaşı		24.90				187.35	5.47	0.31
UOSK-24	UD-1	3.0	Siltli Kil	20.3	18.20	1	83.8	56	24	30	CH
	K-4	9.0	Kiltaşı		22.82				141		
	K-7	13.5	Kumtaşı		22.97				153	4.27	0.36
	K-11	19.5	Kiltaşı		23.37				187		
	K-21	34.5	Kumtaşı		22.28				98	2.88	0.38
	K-27	43.5	Kil-Kiltaşı		23.07				168		

Şekil 6'da verilen 5 sondajdaki inklinometre ölçümleri incelendiğinde en çok belirgin hareketliliğin 4 numaralı inklinometrede olduğu görülmektedir. Sondaj eksenindeki düşey sapma miktarı yaklaşık 60 mm'dir.

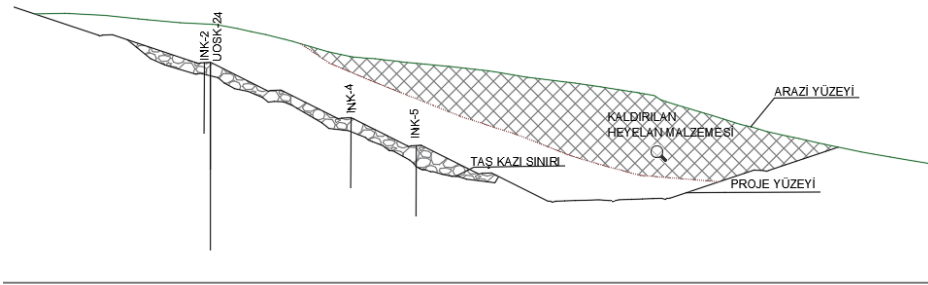


Şekil 6. İnklinometre Okumaları

Saha gözlemleri incelendiğinde Şekil 7'te görüleceği üzere yarma şevlerinde taş pere kaplanmayan bölgelerde herhangi bir deformasyon meydana gelmemiştir. Bu durum taş pere kaplanan bölgelerdeki deformasyonların taş dolgunun tabanında zayıf bir zon oluşturduğu değerlendirilmesi yapılmasına sebep olmuştur. Şekil 6'da anayol kesiti üzerinde sondaj loglarının da görüldüğü kesit incelendiğinde taş dolgu yapılan bölgedeki sıyırma kazısının lineer olmadığı görülmektedir. Meydana gelen hareketlerin heyelanla ilgisinin olmadığı, heyelanın temizlendiği de kesitten anlaşılmaktadır. Taş pere kaplamadan önce yapılan sıyırma kazısı lineer kazılmadığı için çukur noktalar meydana gelmiş ve yağışlarla birlikte sular bu noktalarda birikmiştir. Bu durum taş dolgu ile tabandaki kil arasında zayıf bir zon meydana getirmiştir.



Şekil 7. Yarma şevlerinin sahadaki durumu



Şekil 8. Sondaj loglarının görüldüğü anayol kesiti

4. SONUÇLARIN ANALİZİ (ANALYSIS OF RESULTS)

Stabilite analizleri kapsamında öncelikli olarak kritik kesit belirlenmiştir. Kritik kesitin seçiminde inklinometre okumaları, arazi gözlemleri, bölgeye ait tabaka özellikleri etkili olmuştur. En fazla düşey sapma gösteren 4 numaralı inklinometrenin bulunduğu kilometre arazi durumu da göz önünde bulundurularak kritik kesit olarak kabul edilmiştir. Kritik kesit üzerinden şev geometrisi ve özellikleri “Slide” programına girilerek Şekil 9’de görüleceği üzere model oluşturulmuştur. Geri analiz yönteminde göçme anında şev modelinin güvenlik katsayısının yaklaşık “1” olduğu durumdaki kayma parametreleri bulunur. Kaymanın meydana geldiği bölgede c ve ϕ (c: kohezyon, ϕ : içsel sürtünme açısı) değerleri deneme-yanılma yöntemi ile bulunmuştur. Güvenlik katsayısının 1.0 olduğu durum Şekil 10’de verilmiştir. Bu durumda elde edilen kayma yüzeyi parametreleri Şekil 9’da görüleceği üzere c:1 Kpa ve ϕ :18° olarak bulunmuştur.



Şekil 9. Kritik kesitin Slide programında modellenmesi

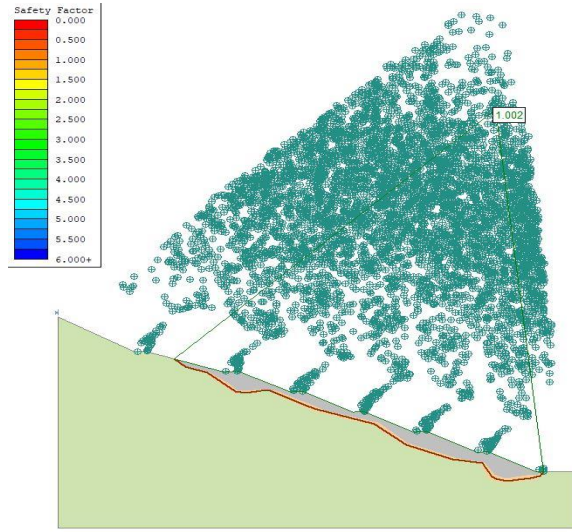
Geri hesap yöntemi kullanılarak elde edilen parametreler Şekil 11’de verilmiştir.

Geri analiz sonrası kayma yüzeyi parametreleri;




γ : 20 kN/m³

c : 1 kPa

Φ_r : 18° olarak bulunmuştur.

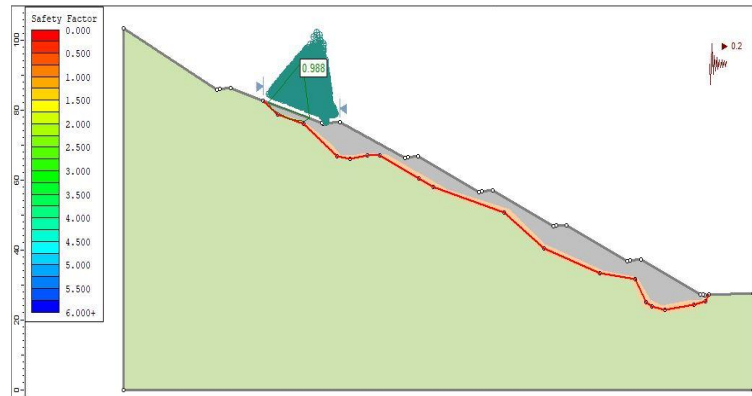


Şekil 10. Şev Stabilitesi Geri Hesap Yöntemi ile Analizi

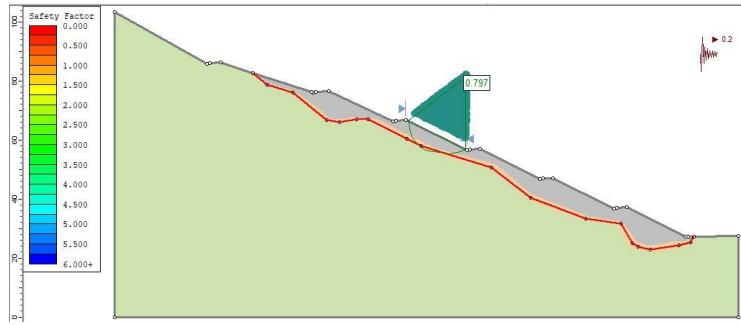
Property	kil tasi	tas dolgu	kayma yüzeyi
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	22	23	20
Cohesion [kPa]	25	1	1
Friction Angle [deg]	29	38	18
Water Surface	None	None	None
Ru Value	0	0	0

Şekil 11. Geri analiz sonrası elde edilen parametreler

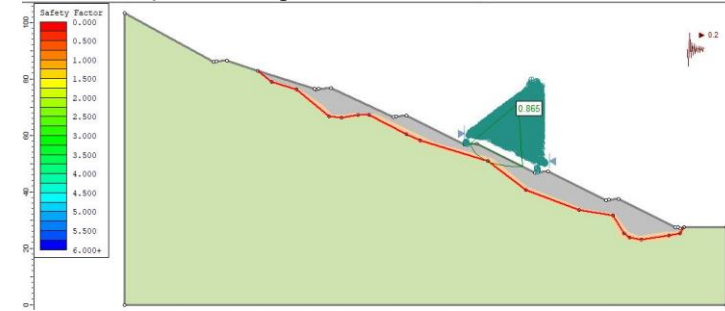
Söz konusu bölgenin deprem bölgesi olması nedeniyle de toptan göçme olması durumundaki güvenlik katsayıları belirlenmiştir. Deprem durumundaki analizler Şekiller 12-16'da görüleceği üzere her bir palyede ayrı ayrı hesaplanarak lokal durumdaki güvenlik katsayıları $GK = 0.8 \sim 1.0$ arasında bulunmuştur. Toptan göçme durumunda $GK = 0.665$ değeri bulunarak Şekil 14'te verilmiştir. Yanal kuvvetin doğru tahmini, stabilite analizi için önemli bir anahtar noktadır, çünkü yatay kuvvet hem kazık hem de şev stabilitelelerini etkiler. Bu nedenle, yanal kuvvetlerin fazla tahmin edilmesi kazık üzerinde, doğal olarak muhafazakâr kazık tasarımına yol açacaktır ve bunun tersi de geçerlidir [15]. Bu nedenle yanal kuvvetler belirlenerek kazıklar sonlu elemanlar yöntemi ile analiz edilmiştir.



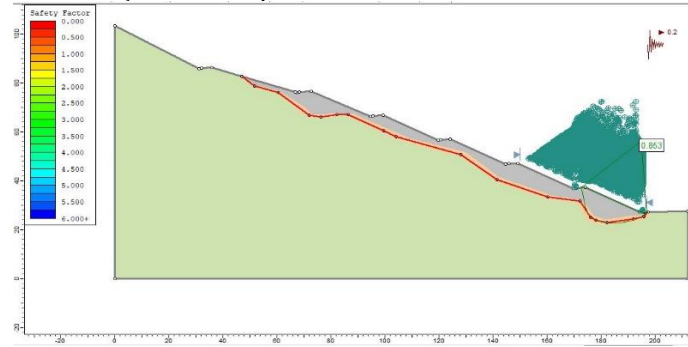
Şekil 12. Deprem Durumu Stabilite Analizi



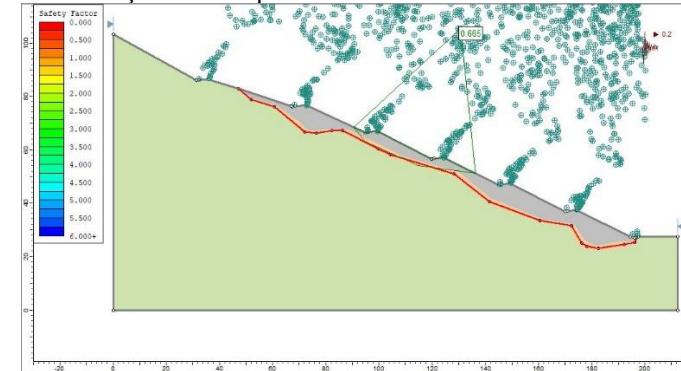
Şekil 13. Deprem Durumu Stabilite Analizi



Şekil 14. Deprem Durumu Stabilite Analizi



Şekil 15. Deprem Durumu Stabilite Analizi



Şekil 16. Toptan göçme durumu

5. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Bu çalışmada 7 palyeli bir otoyol şevinin daha önceden uygulanan istifsiz taş dolgu yüzeylerinde oluşan çatlaklar ve deformasyonlar incelenmiştir. Jeolojik modeli oluşturularak slide programında geri hesap yöntemi ile kayma yüzeyi parametreleri belirlenmiştir. Deprem durumundaki analizleri de yapılmıştır. Fore kazıklar ile otoyolun uzun süre stabilite problemlerinden etkilenmemesi amaçlanmıştır. Tasarım sırasında zemin ile ilgili öngörülen etkenler değerlendirilse bile sahada uygulama sonrası meydana gelebilecek stabilite problemleri yaşanabilmektedir. Yol projesi tasarlanırken zemin koşullarına göre zemini yarmak yerine tünel gibi yapıların yapılabilirliği de irdelenmelidir.

Uygulama sırasında şev büyük etkisi olan suyun şevden uzaklaştırılabilmesi için drenaj önlemleri alınarak şevler yapılmalıdır.

Kayma yüzeyi parametreleri belirlendikten sonra Slide programında deprem durumundaki güvenlik katsayıları hesapları yapılmıştır. Her şevin deprem durumunda güvenli olabilmesi için kazık tasarımı yapılmıştır. Bu çalışmada otoyol yapımı sırasında meydana gelen şev hareketleriyle heyelanların önemi, canlılar üzerindeki etkileri, maddi ve manevi önemi vurgulanmıştır. Şev stabilite problemlerinin yaşanmaması için ilgili bölgenin zemin koşullarının belirlenmesi, proje aşamasına ilaveten uygulamanın da önemi, drenajın şev üzerindeki etkileri araştırılarak önemli olduğuna değinilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ile şev stabilitesi problemine çözüm bulunmuştur.

Harçlı taş dolgu yapıldığı zaman yüzeysel çatlaklar gözlemlenebilir. Bu durum harçlı taşpere arkasındaki hidrostatik basıncın arttığını gösterir. Harçlı olmayan taş dolgular geçirimlidir dolayısıyla çukur noktalarda biriken sular tahliye edilemez ise şevde deformasyona sebep olabilir. Yağışların etkisiyle boşluk suyu basıncının artarak efektif gerilmenin düşmesine sebep olabilir. Her iki taş dolgu uygulamasında da sıyırma kazısının lineer şekilde olması ve drenajın göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yol dolgusu yapıldıktan sonra taş dolgu üzerine yapılırken palye hendeklerinden kaynaklı çukur noktalar da göz önünde bulundurulmalıdır.

Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı (Research and Publication Ethics Statement)

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Not: Bu çalışma 3. Türk Dünyası Mühendislik ve Fen Bilimleri Kongresinde tam metin olarak yayımlanmıştır. Söz konusu makale genişletilerek ve yeniden düzenlenerek TÜBAV Bilim Dergisinde yayımlanmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Dölek İ., Afetler ve Afet Yönetimi,3, Pegem Akademi, Ankara, 8-10, (2020).
- [2] Fidan S., Görüm T., Türkiye’de ölümcül heyelanların dağılım karakteristikleri ve ulusal ölçekte öncelikli alanların belirlenmesi, Türk Coğrafya Dergisi (74), 123-134, (2020).
- [3]Arman H., Fırat S., Vural İ., Gündüz Z., Soil and foundation stability improvement by stone column: A case study in Adapazarı city, Turkey, Scientific Research and Essay Vol.4 (10), pp. 972-983, October, (2009).
- [4]Akçakal Ö., Durgunoğlu T., Şenol A., Öztoprak S., Şev Stabilite Analizinde Geri Hesap Yöntemi Kullanılarak Bir Vaka Analizi:Göktürk Kayması, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onüçüncü Ulusal Kongresi, İstanbul, (2010).
- [5] Kayabalı K., Geoteknik Deprem Mühendisliği, Steven L.Kramer, Gazi Kitabevi, Ankara, 466-467, (2013).
- [6] Balkır G., Balkır T., Şevlerin Stabilitesi, Karayolları, Araştırma Fen Heyeti Müdürlüğü, Ankara,1-2, (1975).
- [7] Varnes, D.J., Landslides and Engineering Practice, Special Report 29, E.B. Eckel, Ed., Highway Research Board,National Research Council, 20-47,(1978).
- [8] Duncan J.M., Wright S.G., Brandon T.L., Soil Strength and Slope Stability, Second Edition,260-262, (2014).
- [9] Isakov A., Moryachkov Y., Estimation of Slope Stability Using Two-Parameter Criterion of Stability, American Society of Civil Engineers, 1-2, (2014).
- [10] Rahman F.I., Mamun A., Evaluation the Stability of Slope of Rajshahi City, Protection Embankment under Seismic Load chapter 3, Page 9, (2016).
- [11] Fırat S., Critical Assesment Of Slope Stability Analysis, Lap Lambert Academic Publishing, England, (2011).
- [12] Duncan J. M., Wright S. G., Soil Strength and Slope Stability, John Wiley & Sons, (2005).
- [13] Popescu, M.E., Sasahara, K., Landslides Disaster Risk Reduction, Springer, Berlin Heidelberg, Germany, (2009).
- [14] Ün B., Yıldız A., Şev Stabilitesi Probleminin Geri Analizle Çözümü: Örnek Bir Vaka, Academic Platform Journal of Engineering and Science 9-1, 174-181, (2021).
- [15] Fırat, S., ve Canik, B.. Şev İyileştirmelerinde Kullanılan Kazıklara Uygulanan Deprem Etkisi. Politeknik(17), 31-34, (2014).