



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Çiftlikköy İlçesi Gençlik Caddesindeki Heyelanın Vaka Analizi

Muhammed Bayram KARADAĞ^a, Burak EVİRGEN^{b*}, Mustafa TUNCAN^b

^a İnşaat Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, TÜRKİYE

^b İnşaat Müh. Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: burakevirgen@eskisehir.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Yalova ili Çiftlikköy ilçesi gençlik caddesindeki 4 şeritli 20,00 m genişliğindeki yolun 0,65. km'sinde meydana gelen heyelanın stabilite problemi iki farklı sonlu elemanlar programında incelenmiştir. Modellemeler sırasında arazideki doğal numunelerden elde edilen fiziksel ve mekanik özellikler kullanılmıştır. Slide programı ile gerçekleştirilen stabilite analizlerinde statik ve dinamik yük etkimesi durumunda şev kayma dairesi, güvenlik sayısı ve kayma potansiyeli incelenmiştir. Güvenlik sayısının 0,80 mertebelerine düşmesi halinde mevcut göçme davranışı meydana gelmiştir. Ayrıca Plaxis programında kazıklara gelen eksenel kuvvet, kesme kuvveti, eğilme momenti ve yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. Çap sabit tutularak 6,00; 8,00; 10,00; 12,00 ve 14,00 m uzunluğunda kazık uygulaması ile gerçekleştirilen çözüm önerilerine göre kazıklardaki içsel kuvvetler ve yer değiştirme değerleri göz önüne alındığında 8,00 m uzunluğunda bitişik nizam tek sıra 60,00 cm'lik fore kazık seçilmiştir. Böylece, yolun güvenli biçimde servise açılabilmesi amacı ile kazıklı duvar önlemi alınarak 4,90 seviyesine yükseltilecek güvenlik sayısı ve yaklaşık 65,00 mm'lik kazık tepe deplasmanı ile şevin stabilite problemi çözülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Şev stabilitesi, Kazıklı duvar, Heyelan, Plaxis, Slide

A Case Study of the Landslide in Ciftlikkoy District Genclik Street

ABSTRACT

In this study, the stability problem of the landslide occurred at 0.65th km of road that has a 20.00 m width and 4 lanes, which is located at Ciftlikkoy district of Yalova province, was investigated with two different finite element software. Physical and mechanical properties obtained from the in-situ samples were used during the modelling processes. The circle of failure, factor of safety and failure possibilities of slope were observed in the case of external static and dynamic load conditions within the stability analysis performed by Slide program. In the event that the factor of safety value reached the level around 0.80, the current failure behavior was occurred. Besides, axial force, shear force, bending moment and deformation values of piles were calculated by Plaxis. An adjacent bored pile application formed a single row has a 60.00 cm in diameter and 8.00 m in length was chosen with respect to the internal force and displacement results of 6.00, 8.00, 10.00, 12.00 and 14.00 m pile lengths as well as constant diameter. Therefore, the stability problem of slope was solved by the precaution of piled wall

that put into service the road safely within 4.90 factor of safety and 65.00 mm top displacement of pile.

Keywords: Slope stability, Piled wall, Landslide, Plaxis, Slide

I. GİRİŞ

Yatayla belli bir açığa sahip arazi kütlesi “şev” ve bu kütlenin kayma, devrilme, akma gibi fiziki değişimlere karşı koyma becerisi ise “şev stabilitesi” olarak adlandırılmaktadır. Şev stabilite problemleri maddi açıdan ciddi zararlara sebebiyet verdiği gibi çoğu zaman ölümcül sonuçlar doğurmakta ve can kayıplarına neden olabilmektedir. Ülkemizin Karadeniz bölgesinde sıklıkla karşılaştığımız heyelanlar sonucunda ciddi mal ve can kayıpları yaşanmaktadır. Benzer şekilde son dönemlerde ülke genelinde meydana gelen istinat duvarı göçmeleri, şev stabilite problemlerinin doğal afetlerin yanı sıra işçilik ve malzeme kusurları ile mühendislik hatalarından da kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Açılan bir temel inşaatında gerekli önlemlerin alınmaması, eksik ya da yanlış tasarım, öngörülmeven çevresel koşullar ve yükleme durumları bu sorunlara örnek gösterilebilir.

Literatürde çeşitli istinat yapıları için farklı geometri, zemin özellikleri ve dış yükler altında gerçekleştirilen vaka analizlerine rastlamak mümkündür. Akçakal [1] tarafından İstanbul Kemerburgaz’da bir konut inşaatındaki desteksiz kazı alanında meydana gelen kayma hareketi, limit denge yöntemi ve sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmiştir. Çalışmada, şev göçmesinin geri hesap yöntemi ile incelenmesinin şevlerdeki yerel göçme durumunu daha gerçekçi yansıttığı vurgulanmıştır. Isparta-Antalya arasında görülen heyelanların değerlendirildiği çalışmada da güzergah boyunca incelemeler yapılmıştır [2]. Heyelanların meydana gelmesinde aşırı yağışlar nedeni ile artan boşluk suyu basıncının, kaya kütlelerindeki süreksizliklerin ve şevlerin eğimi ile eğim yönlerinin önemli rol oynadığı saptanmıştır. Antalya-Burdur Karayolunda gerçekleşen heyelanda yapılan gözlemler ve hesaplamaları içeren çalışmada ise boyutu giderek artan bir heyelandan korunmak amacıyla en uygun çözümün fore kazık uygulaması olduğu saptanmıştır [3]. Tokgözoğlu [4] tarafından Mersin’deki yüksek yol yarmalarında şev stabilitesi sorunlarının değerlendirilmesi için geriye dönük analizler yapılmıştır. Mevcut hali ile 15,00 metre olan basamak yükseklikleri 10,00 metre mertebesine indirilmiş ve yeni palye genişlikleri önerilmiştir. Bol ve diğ. [5] tarafından Sakarya ili, Karapürçek İlçesindeki yol heyelanında güvenliğin sağlanması amaçlanmıştır. Heyelan analizleri sonucunda hasar gören yolun kazıklı iksa üzerine oturtulacak konsol duvar ile güvenle inşa edilebileceği kanısına varılmıştır. Özsoy [6] kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerdeki şev stabilitesi ve uygulama yöntemleri konusunda yaptığı çalışmada, şevlerin stabilite bozulmalarının başlamasından önce alınacak önlemlerin bozulmaların başlamasından sonra alınan önlemlere göre başarı şansının daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

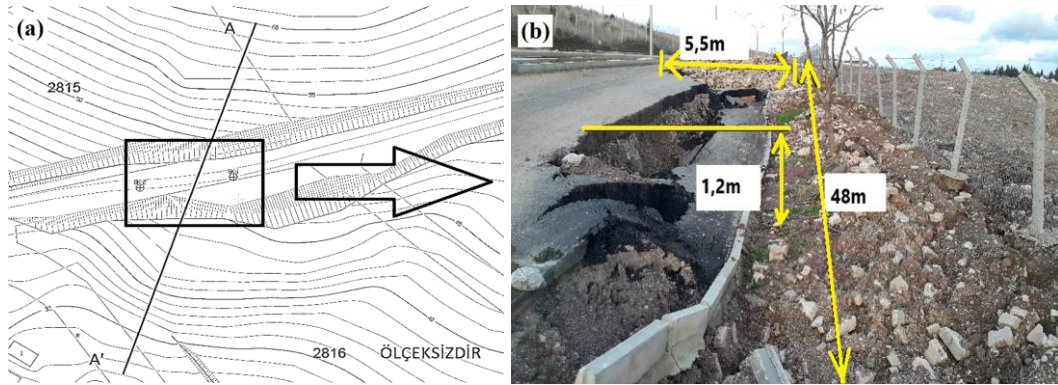
Şev stabilite problemlerinin çözümünde hem teorik hem de analitik hesaplar yapılırken kullanılan ve yıllardır süregelen Bishop [7], Spencer [8], Morgenstern - Price [9], Janbu [10] ve Mohr-Coulomb [11] gibi limit denge yöntemlerini içeren göçme kriterlerine odaklanmak ve doğru hesap yapma gerekliliği önem arz etmektedir. Diğer taraftan son yıllarda paket programların yaygınlaşması ile daha az kabulün yapıldığı ve doğal olarak fazla sayıda iterasyonla gerçeğe daha yakın sonuçlara ulaşılabilen sonlu elemanlar yöntemi sayesinde doğru parametrelerle hatalar en aza indirgenebilmektedir.

Yamak [12], Karayolları Genel Müdürlüğüne ait tip yol kesitlerinde su seviyesi yükselişlerinin şev stabilitesine etkisini “Slide” programı yardımıyla “Spencer” yöntemine göre incelemiştir. Çalışmada üç farklı dolgu eğimi ile dört farklı dolgu yüksekliği kullanılmıştır. Öz [13] tarafından toprak dolgu barajın stabilitesinin araştırıldığı çalışmada, olası kayma yüzeyleri ve koordinatları “Stable Vs4” programı kullanılarak bulunmuş olup alakalı güvenlik katsayıları hesaplanmıştır. Tekin [14], kazıklı ve kazıksız şevdeki güvenlik seviyelerini “Strength Reduction Method” yöntemini esas alan sonlu elemanlar analizleri ile belirlemiştir. Kazıksız durumda gözlenen kayma birim deformasyonlarının çizgisel ve dar bir alanda oluştuğu, kazıklarla yapılan iyileştirme sonucunda ise deformasyonların daha geniş bir alana yayıldığı belirtilmiştir. Canik [15] tarafından statik ve dinamik yükler altında farklı boyutlardaki ve sayıdaki kazıklarla yapılan analizlerde, doğal şevde gözlenen maksimum yer değiştirme değerlerinin uygun kazık boyutları ve malzeme özellikleri kullanılarak uygun seviyelere çekilebileceğini belirtilmiştir. “Geostudio” ve “Plaxis” yazılımlarının kullanıldığı bir diğer çalışmada ise donatı derinliği, boyu ve sayısının donatılı şevlere etkisi araştırılarak optimum donatı parametreleri elde edilmiştir [16].

Bu çalışma kapsamında ise “Slide” programı kullanılarak Bishop yöntemine göre statik ve dinamik yüklü şev stabilize analizleri yapılmıştır. Ayrıca, Mohr-Coulomb kayma kabulüne göre “Plaxis” programında vakanın çözümüne yönelik kazıklı iksa uygulamaları değerlendirilmiş olmakla birlikte yer değiştirme ve kazıklarda gözlenen içsel kuvvetler açısından en efektif çözüm önerilmiştir.

II. HEYELAN VE ZEMİN ÖZELLİKLERİ

Söz konusu heyelan, Yalova ili Çiftlikköy İlçesi Gençlik Caddesindeki toplam 4 şeritli 20,00 m genişliğindeki bitümlü sıcak karışım kaplamaya sahip yolun 0,65 km mevkiinde kayma sonrası yolda meydana gelen göçükle oluşmuştur. Vuku bulan vakada şev durabilitesinin tekrar sağlanabilmesi için olay yerinde öncelikle gözleme dayalı incelemeler yapılmıştır. Ayrıca açılan iki adet sondaj kuyusundan alınan örselenmemiş numuneler ile laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. Gözleme dayalı incelemeler sonucunda en üst zemin tabakasını oluşturan kontrolsüz dolgunun söz konusu şev duraylılığının yitirilmesini sağlayan birincil sebep olduğu kanısına varılmıştır. Şekil 1’de görüldüğü gibi uzunluğu 48,00 m, genişliği 5,50 m ve derinliği 0,60 m ile 1,20 m arasında değişiklik gösteren yerel göçme davranışı, 3:1 (Y:D) eğimle yol alt temeli amacı ile teşkil edilen bu tabakada gözlenmiştir.



Şekil 1. Heyelan analiz hattı (A-A' Kesiti) (a) Plan ve (b) Olay yeri görüntüsü

Heyelan alanında 20,00 m derinliğinde iki adet sondaj kuyusu açılarak doğal zemine paralel doğrultuda ortalama 8,00 m derinlikte yeraltı su seviyesi tespit edilmiştir. Bu iki kuyudan 2 adet örselenmemiş numune ve 4 adet karot numunesi alınmıştır. Numuneler üzerinde elek-hidrometre analizi, kıvam deneyleri, üç eksenli basınç deneyi ve konsolidasyon deneyleri yapılmıştır [17]. Standart geoteknik deneylerden elde edilen derinliğe bağlı fiziksel özellikler Tablo 1’de, mekanik özellikler ise Tablo 2’de verilmiştir. Analitik modellemeler sırasında bu parametrelerin ortalama değerleri kullanılmıştır.

Tablo 1. Zeminlerin fiziksel özellikleri

Sondaj No.	Numune No.	Derinlik (m)	Su Muhtevası (%)	Yoğunluk (g/cm ³)	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt + Kil (%)	Zemin Sınıfı
SK-1	SPT-1	1,50-1,950	22,00	-	1,05	9,12	89,83	CL
SK-1	UD-1	2,50-3,00	23,40	1,92	0,00	5,05	94,95	CH
SK-1	CR-1	7,30-7,50	25,50	1,93	0,00	3,38	96,62	CH
SK-1	CR-2	10,20-10,50	25,60	1,93	0,00	4,67	95,33	CH
SK-2	UD-1	4,00-4,50	26,90	1,92	0,00	3,04	96,96	CH
SK-2	CR-1	7,30-7,50	24,30	1,92	0,00	2,41	97,59	CH
SK-2	CR-2	11,80-12,00	24,40	1,93	0,00	3,28	96,72	CH

Tablo 2. Zeminlerin mekanik özellikleri

Numune No.	Derinlik (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	c (kgf/cm ²)	Φ (°)	Şişme Yüzdesi	Şişme Basıncı (kgf/cm ²)
SPT-1	1,50-1,95	49,00	22,00	27,00	-	-		
UD-1	2,50-3,00	54,00	25,00	29,00	0,58	6,65	0,15	0,03
CR-1	7,30-7,50	62,00	27,00	35,00	0,99	9,85		
CR-2	10,20-10,50	60,00	26,00	34,00	1,22	10,26		
UD-1	4,00-4,50	65,00	31,00	34,00	0,61	6,84	0,90	0,18
CR-1	7,30-7,50	68,00	32,00	36,00	0,85	9,33		
CR-2	11,80-12,00	63,00	30,00	33,00	1,24	10,05		

III. ANALİTİK MODELLEMELER

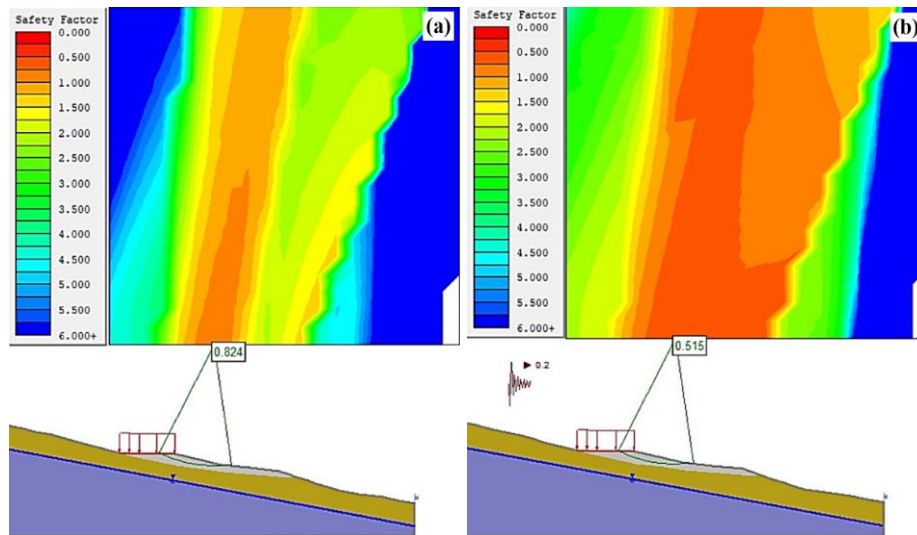
Heyelanın “Slide” [18] programında modellenmesi yapılmadan önce şev kaymasının meydana geldiği bölgenin ve sondaj kuyularının ortasından geçen yol en kesitini de içeren Şekil 1’deki A-A’ kesit hattı belirlenmiştir. Kesit doğrultusundaki eş yükseklik eğrileri vasıtasıyla eğim yönü ve geometrik noktaların kotları hesaplanmıştır.

Deney sonuçlarına göre üç tabakalı zemin yapısı için ortalama değerler seçilerek idealize zemin profili oluşturulmuştur. Buna göre ilk 3,50 m'lik tabakada “kontrolsüz dolgu”, 3,50 m ile 7,00 m arasında “sarımsı kahve renkli yüksek plastisiteli kil” (Kil-1), 7,00 m'den sonra ise kuyu tabanına kadar “ara bantlarla birlikte mavimsi gri renkli yüksek plastisiteli kil” (Kil-2) bulunmaktadır. Karayolu alt temelinin yapımında kullanılan dolgu malzemesi içerisinde parke taşı, kum, çakıl ve plastik atık gibi maddelerin bulunmasından dolayı son derece heterojen gradasyona sahip bu tabakadan numune alınamamıştır. Bu nedenle literatürde önerildiği üzere [1] “Slide” programı ile geri hesap yöntemi kullanılarak göçme davranışının görüldüğü bölgedeki güvenlik sayısının “1,00”den küçük olduğu (kayma koşulunun gerçekleştiği) durumda kohezyon değeri 1,00 kN/m², içsel sürtünme açısı 10,00° ve birim hacim ağırlığı 19,00 kN/m³ olarak tayin edilmiştir. Yapılan analizlerde kullanılan değerler Tablo 3'te verilmiştir. Hafif ağırlıklı taşıt yükünü benzeştirme amacı ile 50,00 kN/m düzgün yayılı yük tanımlanmıştır [19].

Tablo 3. Zemin tabakalarının tanımlanmasında kullanılan değerler

Zemin Tabakası	Drenaj Tipi	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	E_{ref} (kN/m ²)	ν	c_{ref} (kN/m ²)	Φ (°)
Kontrolsüz Dolgu	Drenajlı	19,00	20,00	3000,00	0,35	1,00	10,00
Kil-1	Drenajlı	19,20	20,20	15000,00	0,30	75,00	8,00
Kil-2	Drenajlı	20,00	21,00	22000,00	0,30	120,00	10,00

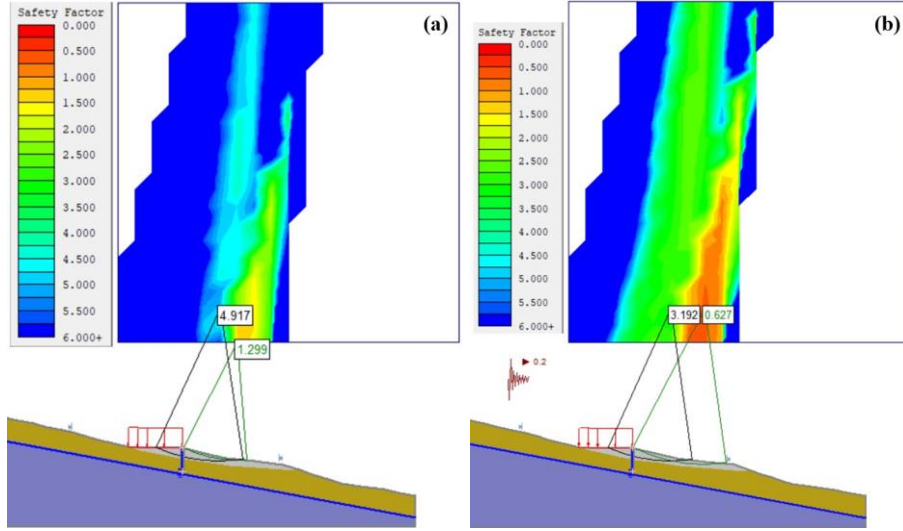
Statik ve dinamik yükler alındaki şev analizi sonucunda elde edilen kayma daireleri ve güvenlik sayısı değerleri Şekil 2'de verilmiştir. Analizlerde Bishop yöntemi kullanılmıştır. Yatay sismik hareket katsayısı için yıkıcı depremlerin modellenmesinde kullanılan “0,20” değeri alınmıştır [20].



Şekil 2. Mevcut durumda şevdeki göçmeyi temsil eden kayma daireleri ve güvenlik sayıları (a) Statik yük etkimesi durumunda ve (b) Dinamik yük etkimesi durumunda

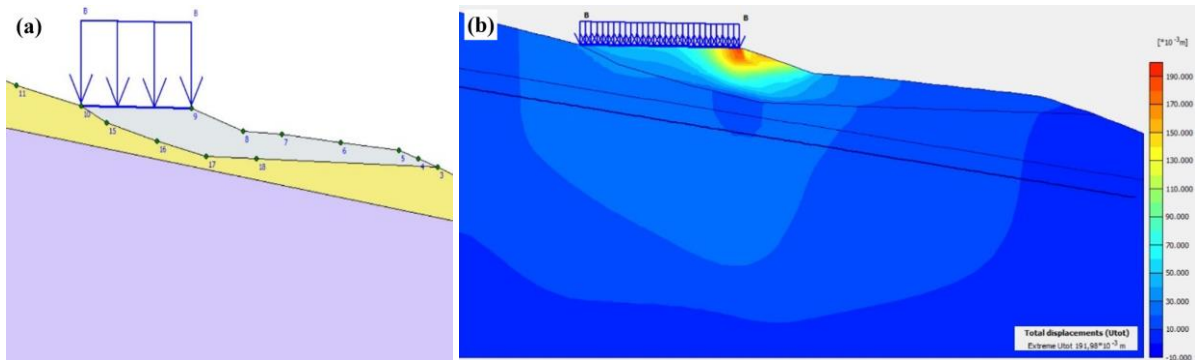
Her iki durumda da güvenlik sayısının “1,00” değerinin altında kalmasından dolayı kaymanın gerçekleştiği görülmektedir. Bu soruna çözüm sunmak amacı ile kazıklı iksa önerilmiştir. Kazıklar,

daha sağlam zemin olan üçüncü tabakaya 1,00 m ($>1,5D$; D: Kazık çapı) kadar soketleterek ankastre davranış sağlanmıştır. Bu doğrultuda Plaxis programında da doğrulanacağı üzere 60,00 cm çap ve 8,00 m uzunluğa sahip bitişik kazıklı istinat yapısı tasarlanmıştır. Göçme davranışının gözlemlendiği bölgedeki analizlerde statik ve dinamik yükler altında sırasıyla “4,92” ve “3,19” güvenlik sayısı değerlerine ulaşılarak güvenli tasarım sağlanmıştır. Ancak kazık yapısının sağ bölümünde kalan dolgu tabasında her ne kadar statik yükler altında güvenlik sağlanmış olsa da ($GS \approx 1,3$) dinamik davranışa karşı yetersiz ($GS \approx 0,63$) olduğu görülmektedir (Şekil 3). Bu yüzden kontrolsüz dolgudan teşkil edilen bu bölüm doğal şev eğimiyle düz geçilerek Plaxis analizlerinde dikkate alınmamıştır.



Şekil 3. Kazıklı duvar uygulaması sonucunda elde edilen güvenlik sayıları (a) Statik yük etkimesi durumunda ve (b) Dinamik yük etkimesi durumunda

“Plaxis” [21] modelinde de Şekil 1’de belirtilen A-A’ kesiti baz alınarak heyelan geometrisi ve zemin tabakaları tanımlanmıştır. Malzeme ve geometri özellikleri tanımlanırken diğer yazılımda olduğu gibi deney sonuçlarından elde edilen veriler kullanılmıştır. Çözüm adımında ise aşamalar arası yer değiştirme değerleri sıfırlandıktan sonra sırasıyla şev teşkili, kaplama üretimi ve yolun trafiğe açıldığı varsayılarak araç yükü tanımlanmış olup Mohr-Coulomb metoduna göre analizler gerçekleştirilmiştir. Arazinin mevcut koşullarına göre yapılan modellemeye göre (Şekil 4(a)) şevde meydana gelen göçme durumu Şekil 4(b)’de görülmektedir. Her iki programdaki çözümlemede de benzer kayma daireleri elde edilerek şevde meydana gelen heyelan doğrulanmıştır.



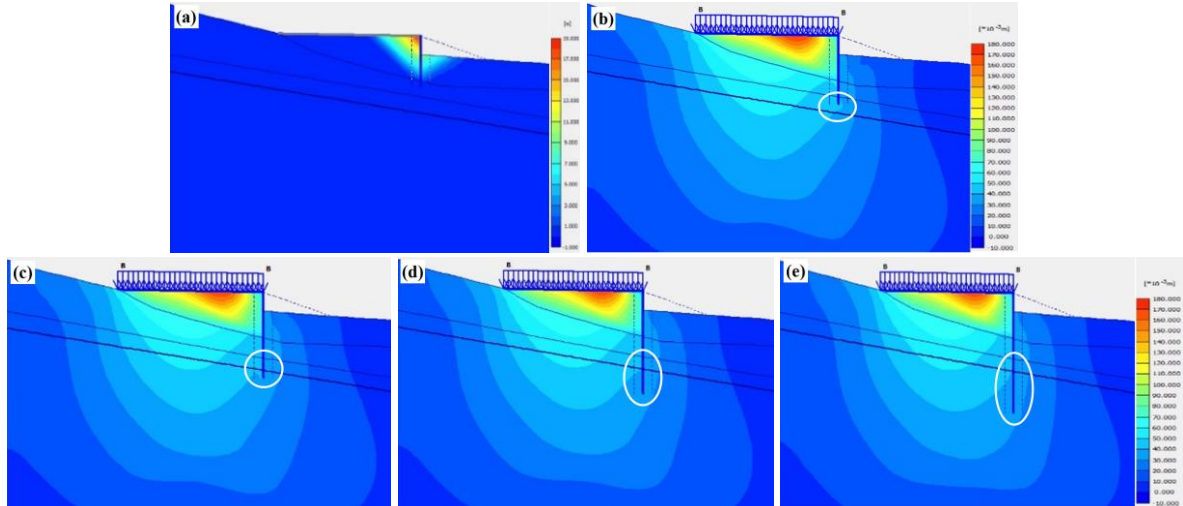
Şekil 4. (a) Plaxis modellemesinde kullanılan şev detayları ve (b) Mevcut durumdaki göçme hali

Söz konusu yol kesitinde yaklaşık 48,00 m uzunluğundaki sorunlu bölgenin çözümüne yönelik ayrıca 80,00 cm ve 100,00 cm çapındaki kazıklar da modellenmiştir. Ancak arazideki uygulama kolaylığı ve daha az malzeme gereksinimi açısından 60,00 cm kazık çapı seçilerek; 6,00; 8,00; 10,00; 12,00 ve 14,00 m uzunluklarında bitişik kazıklı duvar uygulamasının şev güvenliğine etkileri incelenmiştir. C25 beton ve S420 çelik ile inşa edilecek betonarme fore kazığın malzeme özellikleri Tablo 4’te verilmiştir [22, 23]. Bölge genelinde sıklıkla kullanılan asfalt betonunun mekanik özellikleri de kaplama malzemesinin tanımlanması aşamasında kullanılmıştır [24].

Tablo 4. Kazık ve asfalt kaplama için kullanılan değerler

	Malzeme Davranışı	EA (kN/m)	EI (kNm ² /m)	ν
60 cm kazık	Elastik	$1,41 \times 10^7$	$3,18 \times 10^5$	0,20
80 cm kazık	Elastik	$1,88 \times 10^7$	$7,54 \times 10^5$	0,20
100 cm kazık	Elastik	$2,36 \times 10^7$	$1,47 \times 10^6$	0,20
Asfalt kaplama	Elastik	$6,75 \times 10^5$	$1,32 \times 10^3$	0,40

Mohr-Coulomb metodu ile yapılan çözümlerde 60,00 cm kazıklı iksa modellemesinde farklı kazık boyları için elde edilen maksimum yer değiştirme miktarları Tablo 5’te verilmiştir. Orta tabakada yer alan daha zayıf killi zemine soketlenmiş 6,00 m’lik kazık uygulamasında henüz yük adımına geçmeden kazıkta meydana gelen aşırı yer değiştirmeye bağlı göçme görülmüştür. 8,00 m ve sonrasındaki kazık boylarında ise alt tabakadaki katı kile soketleme işleminin gerçekleşmesinin ardından güvenli tasarım sağlanmaktadır. Ancak her ne kadar kazık tepe deplasmanları 50,00 mm seviyelerine kadar düşürülüp şev açısından güvenlik sağlansa da, sorunlu dolgu üzerine inşa edilen yol kaplamasının orta bölgelerinde 170,00 mm civarında oturmalar elde edilmektedir. Bu durum yol kaplamasında kısa zamanda konforsuz sürüş ve uzun vadede ise farklı oturma davranışlarının meydana gelebileceğini kanıtlamaktadır. Şekil 5’te verilen ve toplam yer değiştirme miktarını içeren göçme modlarına ait şekillerde 8,00 m ve daha uzun kazık boylarında benzer davranışın meydana geldiği açıkça görülmektedir.

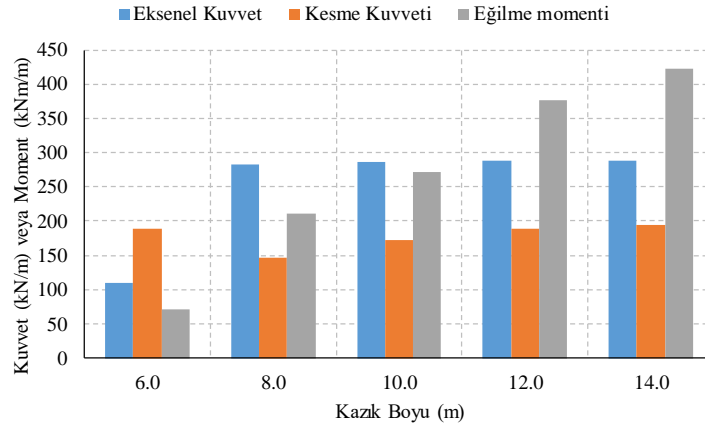


Şekil 5. 60,0 cm kazık çapı için kazık boyu değişkenine göre Plaxis programında elde edilen toplam yer değiştirme dağılımları (a) 6,0 m, (b) 8,0 m, (c) 10,0 m, (d) 12,0 m ve (e) 14,0 m

Ankastre davranışın sağlanması ardından şevdeki toplam yer değiştirme miktarları ciddi farklılık arz etmese de tabaka geçişleri ve kazık boyutlarına bağlı olarak kazık elemanına gelen içsel kuvvetler değişmektedir (Şekil 6). Hem kuvvet ve moment değerinin dağılımı hem de kazık tepe deplasmanları incelendiğinde yolun boy kesiti doğrultusundaki 48,00 m'lik küçük ölçekli istinat yapısı gerekliliğinin 8,00 m boyunda 60,00 cm çapındaki toplam 80 adet bitişik kazıkla çözülebileceği sonucuna varılmaktadır. Diğer taraftan yeterli miktarda ankastre davranış sağlandıktan sonra soket boyunun arttırılmasının ciddi bir fayda sağlamadığı görülmüştür. Benzer şekilde kazık yapısal açıdan dış yükleri karşılayabilecek çapa sahipse, çalışmadaki koşullar altında kazık çapını arttırmanın yer değiştirme davranışına ciddi bir etkisi bulunmamaktadır.

Tablo 5. 60 cm'lik kazık kullanılması durumunda şevde ve kazıklarda gözlenen maksimum yer değiştirme miktarları

Kazık Boyu (m)	Maksimum Yer Değiştirme (mm)	Kazık Tepe Deplasmanı (mm)
6,0	Göçme	Göçme
8,0	174,24	65,83
10,0	172,35	56,95
12,0	170,55	52,41
14,0	169,85	51,22



Şekil 6. 60,0 cm kazık çapı için kazık boyuna göre elde edilen içsel kuvvetler

IV. SONUÇ

Bu çalışmada, kontrolsüz dolgu üzerine yapılan asfalt kaplamalı yolda meydana gelen heyelan ve şev davranışı incelenmiştir. Modellemeler sırasında limit denge yöntemleri ve sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan iki farklı yazılım kullanılmıştır. Arazi geometrisi temel alınarak ortalama deney sonuçlarına göre gerçekleştirilen mevcut durum analizlerinde, şevde beklenen kayma hareketi gözlenmiştir. Sorunun çözümüne yönelik önerilen bitişik kazıklı duvar uygulaması kapsamında farklı çap ve boylarda kazıklar değerlendirilmiştir. Sonuçta göçmenin meydana geldiği 48,00 m'lik yol

güzergahında 8,00 m boyunda 60,00 cm'lik bitişik kazık uygulaması önerilmiştir. Ayrıca yeterli miktarda ankastre davranış sağlandıktan sonra soket boyunun arttırılması içsel kuvvetlerde kısmen farklılıklar meydana getirirse de, kazık tepe deplasmanı ve maksimum yer değiştirme açısından ciddi bir fayda sağlamamaktadır.

V. KAYNAKLAR

- [1] Ö. Akçakal, “Şev stabilitesi analizinde geri hesap yöntemi ve bir vaka analizi,” Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2009.
- [2] G. Yiğit, “Karayollarında şev stabilitesi (Isparta-Antalya D-685 Karayolu örneği),” Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2013.
- [3] S. Gökcan, “Şev stabilitesi analizinde geri hesap yöntemi ve Tekke heyelanının geri hesap yöntemiyle incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2014.
- [4] K. Tokgözoğlu, “Anamur-Kaledran Devlet Karayolu inşaatında açılan derin yarmaların şev stabilitesi açısından değerlendirilmesi”, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2014.
- [5] E. Bol, S. Sert ve A. Özocak, “Kazıklı İksa Sistemi İle Şev Duraylılığının Sağlanması”, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 21, s. 5, 860–870, 2017.
- [6] C. Özsoy, “Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde şev stabilitesi ve uygulama yöntemleri”, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 1998.
- [7] A.W. Bishop and N. Morgenstern, *Stability Coefficients for Earth Slopes*, London, United Kingdom: The Institution of Civil Engineers, 1960, pp. 129–150.
- [8] E. Spencer, “A Method of Analysis of The Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces,” *Geotechnique*, no. 17, pp. 11–26, 1967.
- [9] N.R. Morgenstern and V.E. Price, “The Analysis of The Stability of General Slip Surfaces,” *Geotechnique*, vol. 1, no. 15, pp. 79–93, 1965.
- [10] N. Janbu, *Slope Stability Computations*, New Jersey, United States: John Wiley & Sons, 1973, ss. 47-86.
- [11] B.M. Das, *Principles of Geotechnical Engineering*, 2. edition, Boston, United States: Pws - Kent Publishing Company, 1990.
- [12] S. Yamak, “Karayolu şevlerinde boşluk suyu basınç değişikliklerinin şev stabilitesine etkisinin incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2017.

- [13] E. Öz, “Şev stabilitesi ve mühendislik uygulamaları”, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye, 2007.
- [14] A. Tekin, “Sonlu elemanlar ve limit denge yöntemleri ile şev stabilitesi analizi”, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2011.
- [15] B. Canik, “Şev stabilitesinde kullanılan kazıkların deprem etkisi altındaki davranışı”, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2006.
- [16] V.S. Yavuz, “Şev stabilitesi problemlerinin sonlu elemanlar yöntemiyle iki ve üç boyutlu analizi”, Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, 2012.
- [17] M. Özkan, “Gençlik caddesi heyelan önleme projesi ve jeolojik ön raporu”, Alibey Jeoloji Sondaj Laboratuvar Hizmetleri Ltd. Şti., Türkiye, Rap. 14007828, 2017.
- [18] Slide, *Bilgisayar Programı*, Rocscience Inc, 2004.
- [19] B. Evirgen, M. Tuncan ve A. Tuncan, “Geotekstil, Geogrid ve Çelik Şerit Donatılı Şevlerde Modelleme Çalışması,” *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 4, s. 32, ss. 227–240, 2017.
- [20] C. Melo and S. Sharma, “Seismic coefficients for pseudostatic slope analysis,” 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, 2004, pp. 369.
- [21] Plaxis, *Bilgisayar Programı*, Plaxis BV, 2007.
- [22] *Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 500, 2000.
- [23] B. Görgün, M.İ. Onur, ve A. Tuncan, “İki Tabakalı Zemin Profilinde Kazık Temellere Gelen Deprem Yüklerinin Eşdeğer Statik Yük Hesabı,” *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, c. 4, s. 2, ss. 453–461, 2016.
- [24] Güngör, A.G. ve Sağlık, A., “Mekanistik ampirik üstyapı tasarımında esneklik modülünün şartnamelere uyarlanması”, 5. Ulusal Asfalt Sempozyumu ve Sergisi, Ankara, Türkiye, 2009.