

# KARAYOLU GENİŞLETMESİ KAPSAMINDA 40M YÜKSEKLİĞİNDE GEOGRİD DONATILI TOPRAK ŞEV (GEOŞEV) TASARIMI

## 40M HEIGHT GEOGRID REINFORCED SOIL SLOPE DESIGN WITHIN THE SCOPE OF HIGHWAY WIDENING

Anar BAYRAMLI<sup>1</sup>, Burak ASTARCI<sup>2</sup>, T. Tonguç DEĞER<sup>3</sup>,  
B. Neslişah KALE<sup>4</sup>

### ÖZET

Bursa-Orhaneli Ayrımı ile Keles arasındaki mevcut yolun kalitesinin artırılması için yürütülen proje kapsamında karayolu genişletmesi gerekliliği oluşmuştur. Mevcut yolda trafik taleplerinin karşılanamaması ve yolun kullanımını devam ederken yüksek eğimli bir arazide alternatif istinat yapıları ile genişletilmesindeki zorluklar nedeniyle geogrid donatılı toprak şev yapılması en uygun yöntem olarak belirlenmiştir. Keles Yolu Km: 4+635 – 4+735 arasında yer alan geogrid donatılı şev yaklaşık 100 metretül uzunluğunda olup azami şev yüksekliği en yüksek kesitte 40,8 m'dir. Arazi kotları 370 metre ile 410 metre arasındadır. Arazinin apik olması ve şev yüksekliğinin 40 m üzerinde olması sebebiyle şev iki palyeli olarak tasarlanmıştır. Şev ön yüzey açısı 60 derece olup, arazinin doğa ile uyumu gözetilerek ön yüzey elemanı olarak yeşillenebilir geogrid bohça yöntemi tercih edilmiştir. Arazinin topografyası, jeolojik ve zemin koşulları, bölgenin yağış koşulları ve deprem tehlikesi göz önüne alınarak Amerikan Federal Karayolları Şartnamesi'ne (FHWA-NHI-10-024) uygun olarak tasarım yapılmıştır. Tasarım ve imalat açısından en önemli zorluk olan mevcut yolun proje sırasında kullanıma devam etme zorunluluğu nedeniyle, yüksek eğimli bir arazide geoşev için yapılması gereken kazı, dolgu, geogrid serimi vb. her türlü çalışmanın mevcut karayolunun güvenliğinin ve fonksiyonelliğinin sağlanarak yapılması gerekliliği olmuştur.

*Anahtar Kelimeler: Geogrid, Geoşev, Karayolu Genişletilmesi*

### ABSTRACT

As part of the Bursa-Orhaneli Junction and Keles road improvement project, it was necessary to widen the highway to improve the quality of the existing road. Given the challenges of widening the road with alternative retaining structures in a steep area while the existing road operations, the construction of a geogrid reinforced soil slope was deemed the most suitable method. The geogrid reinforced slope, located between Km: 4+635 and 4+735 on the Keles Road, spanned approximately 100 meters. The terrain elevations on project site ranged from 370 meters to 410 meters, with the highest section reaching a maximum slope height of 40.8 meters. The slope was designed with two berms

<sup>1</sup> İnş. Yük. Müh., İstanbul Teknik İnşaat A.Ş., anarbayramli@istanbulteknik.com (Sorumlu yazar)

<sup>2</sup> İnş. Yük. Müh., İstanbul Teknik İnşaat A.Ş., burakastarci@istanbulteknik.com

<sup>3</sup> Dr. İnş. Müh., İstanbul Teknik İnşaat A.Ş., tongucdeger@istanbulteknik.com

<sup>4</sup> İnş. Müh., İstanbul Teknik İnşaat A.Ş., baharkale@istanbulteknik.com

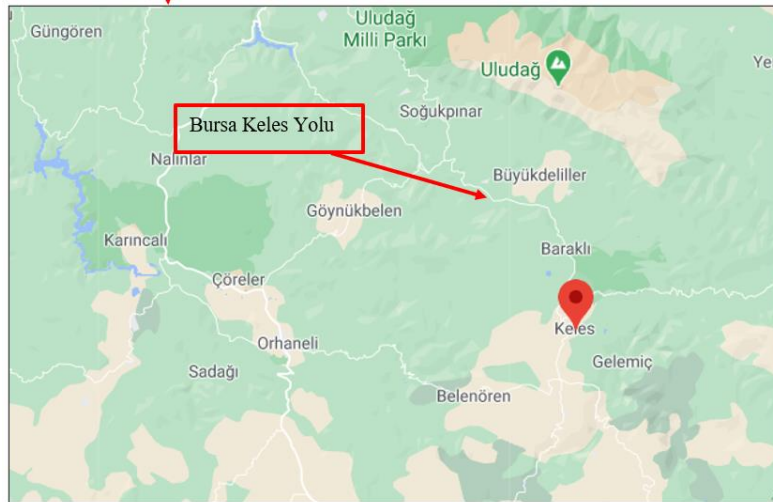
and a front face angle of 60 degrees. A vegetated geogrid wrapped face was chosen as the facing element considering the harmony with natural landscape. The design was carried out in accordance with the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Standard (FHWA-NHI-10-024), taking into account the topography, geological and soil conditions, rainfall conditions of the region, and earthquake hazards. The most significant challenge in terms of design and construction of the slope was the requirement for the existing road to remain operational during the project. Therefore, all earthworks and geogrid installation had to be carried out while ensuring the safety and functionality of the existing highway.

*Keywords: Geogrid, Reinforced Soil Slope, Road Widening*

## 1. GİRİş

Ülkemizde donatılı duvarların uygulamaları sıklıkla görülmekle birlikte, geogrid donatılı şev uygulama örnekleri de son dönemde yaygınlaşmaktadır. Duvarlara göre daha ekonomik olması ve dik duvar yerine daha yatık ve esnek ön yüzeyi ile yapılan tasarımın avantajları ile geogrid donatılı şevler duvarlara göre daha yüksek istinat yapılarının güvenle imal edilmesine olanak sağlamaktadır. Amerikan Federal Karayolları şartnamesinde (FHWA-NHI-10-024) ön yüzey açısı 70 dereceden dik olan donatılı toprak istinat yapıları duvar olarak sınıflandırılırken, 70 dereceden daha yatık olan yapılar ise donatılı şev olarak sınıflandırılmıştır. Donatılı toprak şev sistemler inşa edilmeye başladığı dönemlerden günümüze kadar dünyanın pek çok farklı bölgesinde başarıyla uygulanmıştır (Kim vd. 2016).

T.C. Ulaştırma Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü 14.Bölge Müdürlüğü yol ağı içindeki Bursa-Orhaneli Ayrımı Keles Yolunda (şekil 1) mevcut yolun kalitesinin arttırılması için yürütölen projede karayolunun genişletilmesi gerekliliği oluşmuştur. Önemli bir güzergahta yapılması planlanan bu genişletme çalışması sırasında yolun kapatılma imkanı olmadığından ötürü, yol genişletilmesi sırasında mevcut yolun (şekil 2.a.) operasyonel kalması gerekmiştir. Apik bir arazi (şekil 2.b.) üzerinde yer alan projede yolun kullanımı devam ederken genişletilmesi için farklı çözümler değerlendirilmiştir.



şekil 1. Proje Yer Bulduru Haritası



Şekil 2. İmalat öncesi mevcut yol (a) ve apik araziye (b) ait görseller

Mevcut yolda trafik taleplerinin karşılanamaması ve yolun kullanımı devam ederken yüksek eğimli bir arazide alternatif istinat yapıları ile genişletilmesindeki zorluklar nedeniyle geogrid donatılı toprak şev (geoşev) yapılması en uygun yöntem olarak belirlenmiştir.

Km: 4+660 – 4+735 arasında yer alan 75 metretül uzunluğundaki kısımda azami yüksekliği en yüksek kesitte 40,8 metre olan geoşevler imal edilmiştir. Şev ön yüzey açısı 60 derece olup, arazinin doğa ile uyumu gözetilerek ön yüzey elemanı olarak yeşillenebilir geogrid bohça yöntemi tercih edilmiştir (Şekil 3).



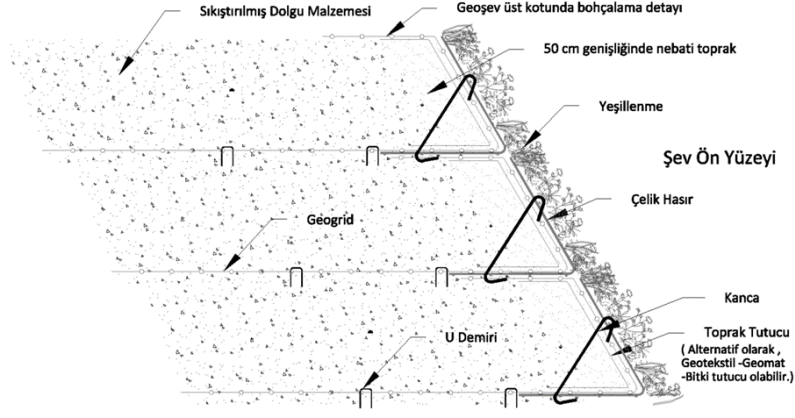
Şekil 3. 60 derece ön yüzey eğimli geogrid donatılı toprak şev (Bursa, Keles 2021)

## 2. GEOŞEV SİSTEM DETAYLARI

### 2.1. Geoşev Ön Yüzey Elemanları

Ön yüzey açısı 70 dereceden dik olan donatılı toprak istinat yapıları duvar olarak sınıflandırılırken, 70 dereceden daha yatık olan yapılar ise donatılı şev olarak sınıflandırılmıştır. Amerikan Federal Karayolları Şartnamesi (FHWA-NHI-10-024) donatılı şev ön yüzey açısına göre farklı ön yüzey elemanları önermiştir. Bu projede şevin yüksek olması, ön yüzey açısının 60 derece olması, bölgenin yağış potansiyeli göz önüne alınarak geogrid, çelik hasır, kanca demiri ve sıkıştırılmış dolgu malzemesinden oluşan bohçalı ön

yüzey tercih edilmiştir. Doğa ile uyumlu, yeşillenebilir Şev tasarımı için Şev ön yüzeyine standard ölçülere göre nebatı toprak yerleştirilmesi gerekmektedir (Şekil 4). (FHWA NHI-10-025 GEC 011 (2009))

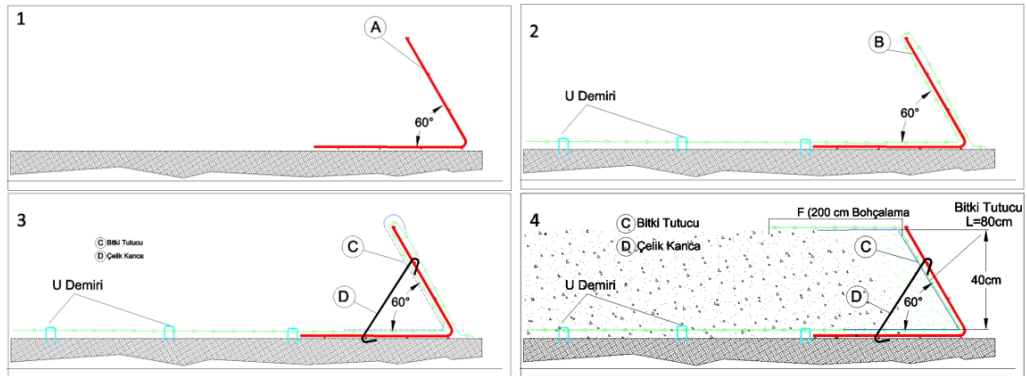


Şekil 4. Geoşev detayı

## 2.2. Geoşev İmalat Aşamaları

Geoşev uygulamaları proje aşamasında öngörülen taban ve kademe kotlarının hazırlanması ile başlar. Gerekmesi durumunda Şev ön yüzünden, tasarımda belirlenen geogrid donatı boyları kadar serme yapılabilecek Şekilde geriye gidilerek kazı yapılır. Tesviye edilen tabii zemineön yüz eğimine uygun olarak bükülen çelik hasırlar geoşev alt istikametine yerleştirilir ve çelik kanca ile sabitlenir (Şekil 5). İlk sıra geogrid projede belirlenen donatı boyuna uygun olarak bohça payı bırakılarak serilir ve gerdirilerek U demirleri ile yerine sabitlenir. Őartnameye uygun düşey kalınlıkta dolgu serilip sıkıştırılır. Serme sıkıştırma işlemi, gerekli sıkıştırma sıklığı yakalanıncaya kadar yapılır. Donatı aralığına göre birkaç dolgu kademesinde sıkıştırma işlemi bir sonraki donatının kotuna kadar tekrarlanır. Ön yüzey elemanları ile dolgu arasına yaklaşık 50 cm kalınlığında nebatı toprak konularak yeşillenebilir bir ön yüzey oluşturulur. Geogrid donatının önceden bırakılan bohça payı dolgu üzerine kapatılarak bohçalama yapılır.

Bu işlem tamamlandıktan sonra ikinci sıra çelik hasırlar yerleştirilir. İkinci sıra geogrid projede belirlenen donatı boyuna uygun olarak serilir ve gerdirilerek yerine sabitlenir. Serme-sıkıştırma işlemleri tekrarlanır ve geoşevin bir kademesi daha bitirilmiş olur. İlerleyen kademelerde geoşevin en üst kotuna kadar bu işlemler tekrarlanır ve geoşev imalatı tamamlanır.



Şekil 5. Geoşev imalat aşamaları

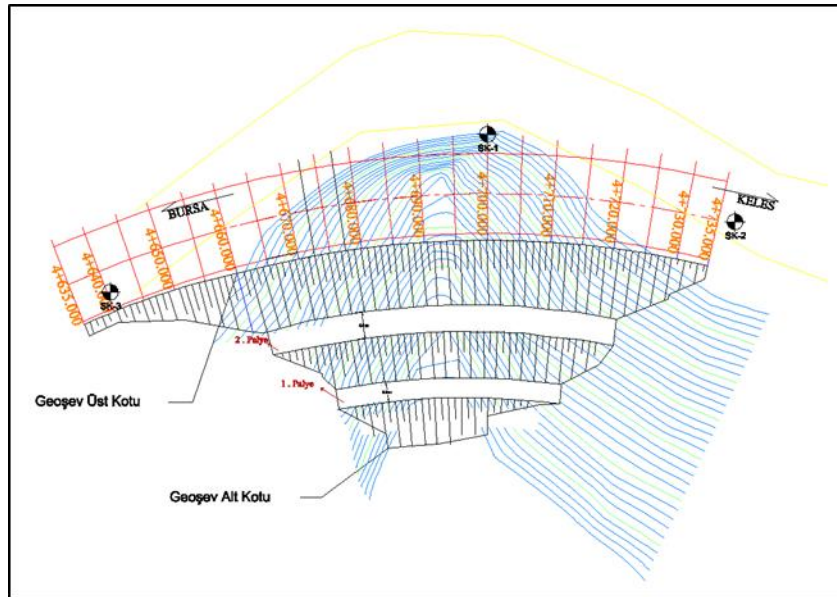
### 2.3. Donatı ve Dolgu

Teorik olarak donatılı toprak duvar yapımında kullanılabilen bütün donatı tipleri donatılı toprak şev uygulamalarında da kullanılabilir olmak ile birlikte uygulamada donatılı toprak şevler genellikle geogrid ve örgülü geotekstil gibi geosentetikler ile imal edilmektedir.

Donatılı toprak şevleri için gereken dolgu gereksinimleri genellikle donatılı toprak duvarları için önerilen gereksinimlere göre daha düşüktür. Donatılı şevlerin genellikle esnek bir yüzey elemanı ile imal edilmesi nedeniyle dolgunun içindeki oturma, donma ve çözülme veya ıslanma ve kuruma nedeniyle oluşabilecek küçük yüzey deformasyonları tolere edilebilir. İyi bir drenaj yapılması, dolgunun ve dolgu-donatı etkileşim özelliklerinin dikkatlice değerlendirilmesi, saha inşaat kontrolü ve performansın izlenmesi ile yerel dolgu malzemesi geoşevlerde kullanılabilir olarak kabul edilebilir (FHWA-NHI-10-024).

### 3. GEOŞEVİN TASARIMI

Bu çalışma kapsamında incelenen geogrid donatılı şev Bursa-Keles Yolunun Km: 4+660 – 4+735 arasında yer almakta ve yaklaşık 75 metretül uzunluğundadır. Sahanın zemin koşullarının belirlenmesi amacıyla 3 adet sondaj açılmıştır (Şekil 6). İnceleme alanında yapılan zemin araştırma sondajlarında yaklaşık 1,50 m kalınlığında Dolgu, az kumlu kil ve çakıl birimler, bu birimlerin altında ayrılmış zayıf dayanımlı Şist birim gözlenmiştir. Yer altı su seviyesi 18 metre derinlikte gözlenmiştir. Şevler bu ayrılmış kaya birime oturtulmuştur.

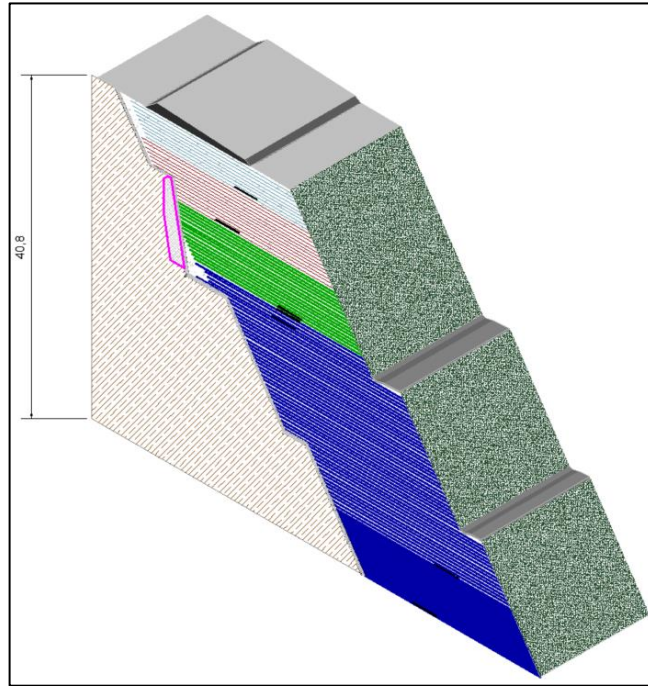


Şekil 6. Geoşev Sondaj Yerleşim Planı

Arazi kotları genel olarak yaklaşık 370 metre ile 410 metre arasında olup azami duvar yüksekliği yaklaşık 40 m olacaktır. Şev ön yüzey eğimi 60 derece olarak belirlenmiştir. İmalat sırasında mevcut yolun kullanımı devam edeceği için şevin imalatı, kazıları asgari seviyede tutacak şekilde mevcut yoldan mümkün olduğunca uzakta başlatılmıştır (Şekil 7). Şev yüksekliği göz önüne alınarak şevde 2 palye oluşturulmuştur (Şekil 8).



Şekil 7. Geoşev imalat aşamalarına ait görseller(Bursa, Keles 2020)



Şekil 8. Maksimum yükseklikteki geoşeve ait izometrik görünüş

Kritik kesitlerde belirlenen servis durumu ve deprem durumu yüklerine göre geogrid donatılı şev limit durum ve servis verebilirlik durumları göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Donatı kopma, donatı sıyrılma, taşıma kapasitesi, kayma, global duraylılık analizleri yapılarak en uygun kesit belirlenmiştir. Dolgu malzemesi olarak iyi derecelenmiş çakıl (GW) kullanılmıştır.

Tasarımda dört tip polimer kaplamalı örgülü polyester geogrid 40 cm düşey aralıkla kullanılmıştır. Teknik özellikleri TS EN 13251 standardı donatı özelliklerine sağlayan geogridler suda çözülmeye, tuza, aside ve alkalilere karşı dayanıklı olmalı ve biyolojik bozulmaya uğramamalıdır.

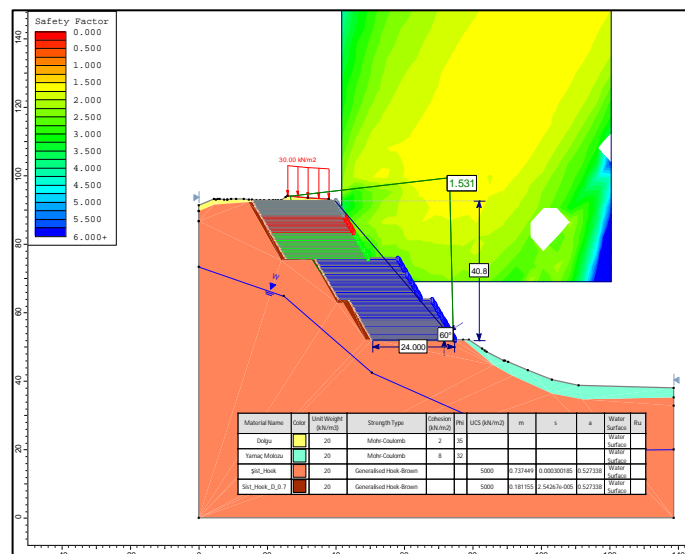
Kullanılan geogridlerin teknik özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Geogrid Tipleri	TS EN ISO 10319
	Çekme
	Mukavemeti (min.) (kN/m)
	MD
Geogrid Tip 2 - 60/20	60
Geogrid Tip 3 - 80/30	80
Geogrid Tip 4-110/30	110
Geogrid Tip 5-150/30	150

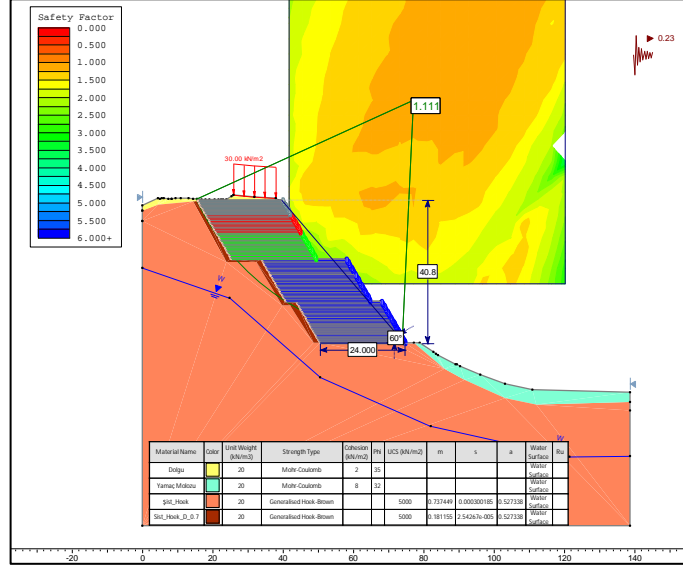
Sahada imal edilecek şev yüksekliğine göre kritik kesimler belirlenmiş, belirlenen geogrid tip ve boylarına göre limit denge yöntemi ile duraylılık analizleri Rocscience SLIDE 6.0 yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Şev yüksekliğinin 40.8 m civarında olduğu Km:4+695'deki kritik kesit için yapılmış duraylılık analizleri statik ve deprem durumu için sırasıyla Şekil 9 ve Şekil 10'da sunulmuştur. Şevin önemi ve yüksekliği göz önüne alınarak güvenlik değerlendirme depremi (DD-1) düzeyi maksimum yer ivmesi kullanılarak ve 1-2 inç mertebelerinde yer değiştirme kabul edilerek tasarımda kullanılacak yatay eşdeğer deprem katsayısının (kh) 0.23 g olarak alınması uygun görülmüştür.

Spencer Yöntemi ile yapılan şev stabilite analizlerine göre maksimum kesitte statik durum şev stabilitesi güvenlik katsayısı 1.53 (Şekil 9), deprem durumu şev stabilite güvenlik katsayısı ise 1.11 (Şekil 10) olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Km: 4+ 695 H=40.8 m yüksekliğindeki geoşev kesiti, statik durum



Şekil 10. Km: 4+ 695 H=40.8 m yüksekliğindeki geoşev kesiti, dinamik durum

Donatılı duvar tasarımında ve birçok zemin yapısında olduğu gibi drenaj önlemleri geoşev yapımında önemli bir yer tutmaktadır. Geoşev tabanlarında imalata başlamadan sahaya uygun olarak gerekli görülen yerlerde drenaj önlemleri alınmıştır.

Şev arkasından gelen sular kazı arkasındaki drenaj mıcırları sayesinde geoşev dolgusu içerisine girmeden sistem arkasında bulunan drenaj borularında toplanmıştır. Toplanan sular geoşev önüne uygun yerlerden tahliye edilmiş ve dolgu gövdesinden uzaklaştırılmıştır. Ayrıca palyelerde birikmesi muhtemel yağmur suları 15 cm kalınlığında eğimli beton V kanallar yardımı ile toplanarak geoşev yüzeyinden uzaklaştırılır.

#### 4. SONUÇLAR

Ülkemizde donatılı duvarların uygulamaları sıklıkla görülmeyle birlikte, geogrid donatılı şev uygulama örnekleri de son dönemde yaygınlaşmaktadır. Duvarlara göre daha ekonomik olması ve dik duvar yerine daha yatık ve esnek ön yüzeyi ile yapılan tasarımın avantajları ile geogrid donatılı şevler duvarlara göre daha yüksek istinat yapılarının güvenle imal edilmesine olanak sağlamaktadır. İlave olarak şev yüzeylerinin yeşillenebilir olması, bu yapıların zaman ile doğayla oluşturduğu uyum da önemli bir kriterdir. Bildiriye konu olan, Bursa-Orhaneli Ayrımı Keles Yolu Km: 4+660 – 4+735 arasında yer alan kısımda mevcut yolun kalitesinin artırılması için yürütülen proje kapsamında karayolu genişletmesi gerekliliği sebebiyle azami yüksekliği 40.8 metre olan geoşev yaklaşık 75 metretül uzunluğunda imal edilmiştir. Geogrid donatılı şevin imalat kolaylığı ve imalat sonrasında ön yüzeyinin yeşillenecek etrafı ile uyumu, yaklaşık 4 yıldır aktif olarak kullanılan yolda, alternatif istinat yapılarına göre sağlanan en önemli farklılıklar olmuştur.

#### KAYNAKLAR

- AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) (2018), Türkiye Deprem Tehlike Haritası, Ankara.
- Bursa Orhaneli Ayrımı Keles Tavşanlı Ayrımı Km:0+000 – 41+745.27 Arası Toprak İşleri, Sanat Yapıları, Bitümlü Sıcak Karışım Yapım İşi Geoarme Hesap Raporu.



- FHWA NHI-10-025 GEC 011 (2009), "Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes – Volume II" November 2009. U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration.
- Hansen, B. J. (1961), "A general formula for bearing capacity" Danish Geotechnical Institute, Bulletin No. 11: 38–46.
- Karayolu Teknik Şartnamesi - Yol Altyapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tüneller, Üstyapı ve Çeşitli İşler (2013). T. C. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kim, Y.J., Hu, J., Lee S.J., Kotwal, A.R., Dickey, J.W. (2016) "Geosynthetic Reinforced Steep Slopes", Report 0-6792-1, Project 0-6792, Project Title: Synthesis on Geosynthetic Reinforced Steep Slopes, Performed in cooperation with the Texas Department of Transportation and the Federal Highway Administration.
- Rocscience Slide 6.0 (2014), Computer Software, Toronto (ON), Canada.
- Spencer, E. (1967), "A Method of Analysis of the Stability of Embankments Assuming Parallel Inter-Slice Forces", Geotechnique , Vol. 17, No. 1, pp. 11-26.
- TBDY (2018), "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği: Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı için Esaslar", Türkiye Cumhuriyeti, Ankara.
- TS (Türk Standardı) EN ISO 10319, " Jeotekstil malzemeler-Genişlik doğrultusunda gerilme mukavemeti deneyi", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS (Türk Standardı) 13251, "Geotekstillere ve geotekstil ile ilgili mamuller – Toprak işleri, temeller ve istinat yapılarında kullanım için gerekli karakteristikler", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Terzaghi, K. (1943), "Theoretical Soil Mechanics" John Wiley and Sons, New York, USA.