



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Geotekstil Donatılı İstinat Duvarı Deplasman Davranışının Arazi Model Çalışmaları ile Belirlenmesi

Mehmet Rifat KAHYAOĞLU^{a,*}, Mehmet ŞAHİN^b

^a İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, TÜRKİYE

^b İnşaat Emlak Dairesi Başkanlığı, Yüksek Öğrenim Kredi ve Yurtlar Kurumu Genel Müdürlüğü, Ankara, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: rkahyaoglu@mu.edu.tr

ÖZET

Ön cephe elemanları, tüm dolgu yüzeyini kaplayan geotekstil donatılar ve dolgu malzemesi kullanılarak oluşturulan istinat duvarları, uygulama süresinin kısıllığı, uygulama kolaylığı, estetik ve ekonomik oluşları nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu çalışma kapsamında, teorik tasarım esaslarına dayalı dizayn edilmiş olan 3 metre yüksekliğindeki bir geogrid donatılı istinat duvarı, arazide modellenmiş ve basınç ölçerler, yatay deplasman ölçerler ve gerinim pulları ile enstrümanite edilmiştir. Duvar, dolgu malzemesi üst yüzeyinden uygulanan sürşarj yüküyle aktif deformasyona zorlanmıştır. Deneysel sonuçlarında, duvarda oluşan yatay yer değiştirmeler ile donatılara gelen çekme gerilmeleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Geotekstil donatılı duvar, Arazi modeli, Yatay deplasmanlar, Çekme gerilmeleri

The Determination of Displacement Behavior of Geotextile Reinforced Earth Wall with Field Model Studies

ABSTRACT

Geotextile reinforced retaining walls, which are formed by covering all facing elements with, geotextile reinforcements and filling materials, are widely preferred due to duration, easiness, aesthetical, and economical advantages. In this study, geotextile reinforced retaining wall having a height of 3m was modelled and instrumented with pressure cells, horizontal displacement gauges and strain gages at the field. The wall was forced to actively deform by the applied surcharge load from the top surface of the backfill. As a result of the field tests, horizontal displacements on the wall and tensile stresses on the reinforcements were tried to be determined.

Keywords: Geotextile reinforced earth wall, Field model, Horizontal displacements, Tensile stresses

I. GİRİŞ

Fransız mühendis Henri Vidal'in 1960'lı yıllarda geliştirdiği donatılı istinat duvarları, zemin ile donatı arasındaki sürtünme nedeniyle kalıcı ve sağlam bir kompozit sistem olarak ortaya çıkmıştır. Bu sistem, uygulama süresinin kısalığı, uygulama kolaylığı ve ekonomik oluşu nedenleriyle gün geçtikçe daha çok tercih edilmektedir [1, 2]. Özellikle 70'li yıllardan sonra donatı olarak, uzayamayan çelik şeritlerin yanında, uzayabilen polimer şerit ve geosentetik malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. 1980'lerin başından itibaren esnek, korozyona ve kimyasal tepkimelere karşı daha dayanıklı olan ve bütün sathı kaplayarak sürtünme yüzey alanını arttıran geotekstiller, metal veya polimer şeritler yerine kullanılmaya başlamıştır [3-5]. Geosentetik donatılı istinat duvarları, alışlagelmiş büyük temel boyutlarına ve betonarme duvar kesitlerine ihtiyaç duyulmadan inşa edilebilmektedir.

Donatılı zemin sistemleri; genellikle zemin kütlelerinin mekanik özelliklerini geliştirmek için uygulanan donatılar, donatılar arasındaki zeminin dışarıya çıkmasını önleyen ön cephe elemanları ve dolgu malzemeleri olmak üzere üç yapısal bileşen kullanılarak inşa edilirler. Granüler dolgu malzemeleri üzerine ekselel bir yük gelmesi sonucunda oluşacak yanal deplasmanlar, zeminin içine yerleştirilen yatay donatıların zeminle sürtünmesinden yararlanılarak azaltılmaktadır [6]. Yapı stabilitesine katkısı olmayan ön cephe elemanları; prefabrike beton panellerden, kuru döküm modüler bloklardan, metal levhalardan, püskürtme betondan ve ahşap kaplamadan oluşabilir. Dolgunun boşalmasını engelleyen ve estetik bir duvar görünümü oluşturan ön cephe elemanları ile sürekli donatı arasında bağlantı, noktasal olmayan sürtünme ile sağlanabilmektedir [7]. Donatılı bölgede kullanılacak dolgu; karayolu seddesi yapımı için belirtilen şartları sağlayan iyi sıkıştırılabilir, dayanıklı, iyi drenaj özelliklerine sahip yüksek kaliteli bir malzeme olmalıdır [8]. Son 30 yılda dünya çapında binlerce geosentetik donatılı istinat duvarının inşa edildiği bilinmektedir [9]. Gerçekleştirilmiş bu çalışmalar, geosentetik donatılı istinat duvarlarının tasarım prosedürlerini etkilemiştir [10]. Potansiyel kayma yüzeyi ile duvar tarafında kalan bölge, panellerin üzerine yanal yönde bir itki oluştururken, kayma yüzeyinin gerisinde kalan bölgede donatılar sürtünmeyle çalıştığından direnç oluşturmaktadır. Geotekstil donatılı istinat duvarı tasarımı, limit denge durumu olarak da bilinen dış ve iç göçme mekanizmalarına göre donatı ihtiyaçlarının belirlenmesine dayanır [11]. Duvar tasarımı, duvar kütlelerinin tabanda kayması ve topuk etrafında dönmesi (dış stabilite), geosentetiklerin kopması, sıyrılması ve uzaması (iç stabilite) irdelenerek yapılır. Duvar imalatında kullanılacak donatı tipi ve yoğunluğu ile dolgu malzemesinin mühendislik parametreleri stabilite bakımından en önemli kriterlerlerdir.

Son yıllarda, limit denge analizine dayalı yöntemler ile birlikte deformasyona dayalı yöntemler geliştirilmeye çalışılmakta ve model deneyler yapılmaktadır. Deformasyonları belirlemek, zemin-donatı arasındaki arayüz davranışını incelemek ve ön cephe rijitliğinin etkilerini değerlendirmek ve tasarım metodlarını geliştirmek için statik yükler altındaki donatılı istinat yapıları enstrümente edilmektedir [12, 13]. Bu deneysel çalışmaların öncelikli amaçları; inşaat süresince ve uygulanan dış yükler altındaki donatılı zemin duvarların mekanik davranışını daha iyi anlamak, enstrümente edilmiş tam ölçekli duvarlardan elde edilen sonuçlardan geniş bir veri tabanı yaratmak ve tasarım metodolojilerini geliştirmektir. Bathurst ve diğ. (2000) [14]; farklı ön yüz elemanları kullanımını karşılaştırmak, donatılı zemin yapılarının performansını ve mevcut analiz metodlarındaki kaynakları belirlemek ve yüksek kaliteli verileri sayısal modellerin kalibrasyonunda kullanmak için oluşturdukları deney düzeneklerinden daha rijit ön yüz elemanına sahip duvarlarda gerinimlerin daha az olduğunu ve modüler blokların ön yüz eleman olarak kullanıldığı duvarların bağlantı noktalarında en yüksek yük değerlerinin görüldüğünü gözlemlemiştirler. Hatami ve Bathurst (2006) [15], duvar davranışını daha

iyi anlamak, daha kapsamlı bir veri tabanı oluşturmak, mevcut ve gelecekteki tasarım araçlarını geliştirmek için dört farklı donatı malzemesine sahip deney düzenekleri oluşturup dolgu malzemesi ve donatı tipi etkilerini incelemişlerdir. Sınır yükler, duvar yer değiştirmeleri ve donatı gerilme değerleri her test için karşılaştırılmıştır. Abdehbab (2011) [16], geosentetik donatılar ile metalik donatıları karşılaştırmak amacıyla deneysel bir çalışma yapmıştır. Bunun sonucunda geosentetik donatıların metalik donatılara göre duvar stabilitesinde ve aderansında iki kat daha iyi olduğu, donatılı zemin kütlelerinin içsel davranışının zemine, donatıya ve zemin-donatı etkileşimine bağlı olduğu, zemin sürtünmesi, kohezyon arayüz kayma sertliği ve donatı dayanımı gibi parametrelerin duvar tasarımında önemli olduğu ve zemin kayma dayanım parametrelerinin stabilitede ve duvar deformasyonunda daha yüksek etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada, teorik tasarım kriterlerini sağlayacak şekilde dizayn edilmiş 3m yükseklik, 2m genişlik ve 5 m uzunluğundaki bir geotekstil istinat duvarı arazide modellenmiştir. Oluşturulan arazi modeli, dolgu ve donatı malzemesi özelliklerine göre uygun sürşarj yükü ile yüklenmiş, donatılı zemin yapısının statik yükler altındaki deformasyon davranışı deneysel olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışmaların ayrıntıları özetlenerek, sonuçlar paylaşılmıştır.

II. ARAZİ MODELİ

A. LABORATUVAR MODELİNİN OLUŞTURULMASI

İnşa edilecek olan arazi modeli ve yapılacak deneysel çalışmalar öncesinde, olası muhtemel aksaklıkları, sorunları ve alınması gereken önlemleri planlayabilmek amacı ile laboratuvar ortamında bir model çalışması yapılmıştır. Laboratuvar modeli, gerçek duvar davranışının gözlemlenmesi açısından son derece faydalı olmuştur.

Arazide oluşturulması düşünülen, 3.0 m yükseklik, 2.0 m genişlik ve 5.0 m uzunluğundaki geotekstil donatılı istinat duvarının 1/5 ölçekli modeli laboratuvarda oluşturulmuştur. 60 cm yükseklik, 40 cm genişlik ve 100 cm uzunluk özelliklerine sahip kutunun alt, yan ve arka yüzeyleri mdm (medium density fiber board) ile sınırlandırılırken, yan yüzey şeffaf polikarbon levha ile içeride oluşabilecek deformasyonları görmeye imkan verecek şekilde tutulmuştur. Polikarbon levha, çelik profiller ile mdm ye sabitlenmiş, kutunun üst kısmı boş bırakılmıştır. Oluşturulan kutunun içine 10cm kalınlığında kum-çakıl karışımı dolgu malzemesi serilerek sıkıştırılmış, sıkıştırılan dolgu tabakası üzerine naylon örtü yerleştirilmiştir. Bu serme, sıkıştırma ve yerleştirme işlemlerine kutu yüksekliği boyunca devam edilmiştir. Her naylon tabaka üzerindeki farklı noktalara birim deformasyon ölçerler (strain gage) yerleştirilmiştir (Şekil 1). Kutu üst yüzeyine yerleştirilen çelik plaka üzerine konulan ağırlıklar vasıtasıyla oluşturulan laboratuvar modeli göçme durumuna kadar yüklenmiştir.



Şekil 1. Laboratuvar Modeli

B. MALZEME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Deneylerde kullanılan dolgu malzemesi, geotekstil donatı ve ön cephe elemanlarının fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Dolgu malzemesi seçiminde, Ulusal Beton Duvarcılık Birliği (National Concrete Masonry Association, NCMA, 1997), Amerikan Devlet Karayolu ve Taşımacılığı Yetkilileri Birliği (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, 1998-2002), Amerikan Karayolu İdaresi (Federal Highway Administration, FHWA, 1996) tarafından hazırlanan kılavuzlar ışığında kum-çakıl malzemelerinden karıştırılarak optimum şartlarda sıkıştırılarak oluşturulan dolgu malzemesinin indeks özellikleri, boşluk oranı, rölatif sıklık, maksimum kuru birim hacim ağırlık, optimum su içeriği ve kayma mukavemeti parametreleri belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Dolgu malzemesi fiziksel ve mekanik özellikleri

Dolgu Malzemesi	
Çakıl yüzdesi (%)	15
Kum yüzdesi (%)	85
Silt yüzdesi (%)	-
C_u	16,32
C_c	1,09
$\gamma_{doğal}$ (kN/m ³)	22
$\gamma_{kuru,max}$ (kN/m ³)	20
w_{opt} (%)	10
İçsel sürtünme açısı ($\phi_{residual}$)	36

Geotekstil donatının çekme, delinme ve yırtılma dayanımları ile bazı fiziksel özellikleri belirlenmiştir (Tablo 2). Donatı malzemesi olarak kısmen dayanıksız, uzayabilen ve özellikle deneylerde uygulanan

sürüşaj yükleri karşısında büyük duvar deformasyonlarına izin verebilecek geotekstil malzeme seçilmiştir. Geotekstil donatıların uzunluğu 2.1 m olarak kullanılmıştır [13, 17].

Tablo 2. Geotekstil donatı fiziksel ve mekanik özellikleri

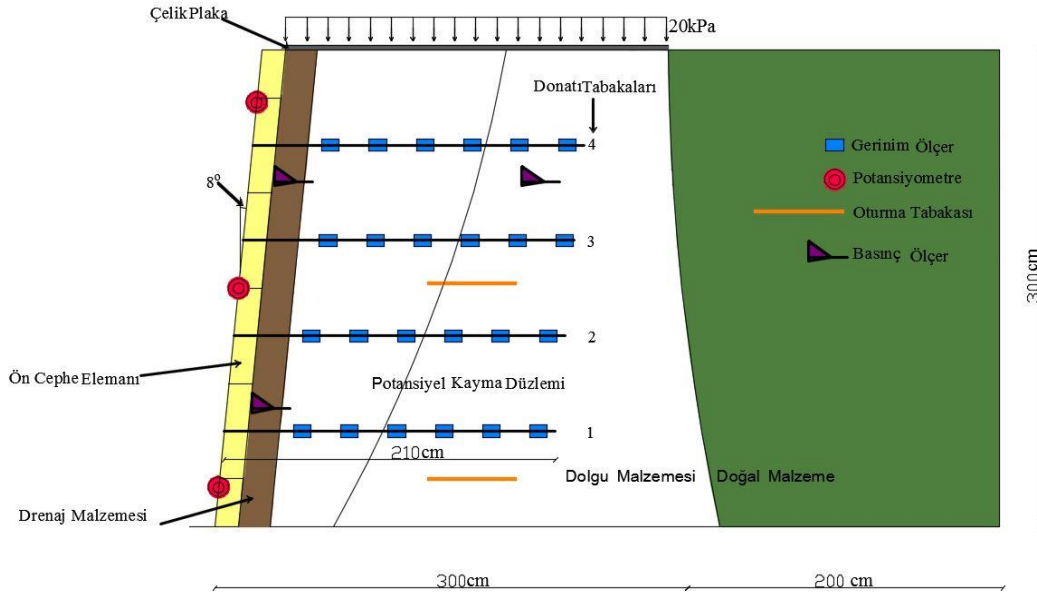
Geotekstil Donatı	
Örgü yönü çekme dayanımı (kN/m)	10
Uzama (%)	52
Delinme dayanımı (kN/m)	270
Yırtılma dayanımı (kN/m)	385
Kalınlık (mm)	0,48
Ağırlık (g/m ²)	150
Göz açıklığı (mm)	0,100
Zemin-Donatı arayüz içsel sürtünme açısı ($\phi_{residual}$)	24

Ön yüz elemanı olarak 30x15x20 cm ebatlarında, 6 MPa basınç dayanımı sahip, 20 kg ağırlığındaki modüler bloklar kullanılmıştır.

C. ARAZİ MODELİNİN OLUŞTURULMASI VE ENSTRUMENTASYONU

3.0 m yükseklik, 2.0 m genişlik ve 5.0 m uzunluğundaki geotekstil donatılı istinat duvarının üç tarafı (arka ve yan yüzeyler) arazide oluşturulan dolgular ile sınırlandırılırken, deformasyonun sadece ön yüz elemanları tarafında olması sağlanmıştır. İnşaa edilen duvarın arka kısmı 30 cm kalınlığında dolgu malzemesi serilerek tablalı el kompaktörü ile sıkıştırılmış, ön yüzüne prefabrik ön yüz elemanları yerleştirilmiştir. Hazırlanan her dolgu tabakası (60 cm kalınlığında) ile ön yüz elemanları üzerine geotekstil örtüler yerleştirilmiştir. Ön yüz elemanları şaşırtmalı bir şekilde dizilmiş, geotekstil seviyesinde ise bindirme boyu kullanılarak geotekstilin yaklaşık 10 cm lik kısmı ön yüz elemanlarının üstünde bırakılmıştır. Sıkıştırma işlemi hafif ve ağır sıkıştırma olarak iki şekilde yapılmıştır. Yanal zemin basıncı nedeniyle oluşan deformasyonu en aza indirmek için duvar yüzeyinden ilk 50cm mesafeye kadar olan drenaj malzemesinin yerleştirildiği kısma sadece hafif sıkıştırma uygulanmıştır. Diğer dolgu kısımlarında ağır sıkıştırma yapılmıştır. El kompaktörü ile her tabaka için hafif sıkıştırma işlemi 10 dakika, ağır sıkıştırma işlemi 30 dakika sürmüştür.

Planda, enstrümantasyon bölgesi olarak ortadaki 1m'lik bölge seçilmiş (kenarlarda enstrümantasyon yapılmamış 50 cm genişliğinde alanlar bırakılmıştır), her bir deney için toplam 32 ölçüm aleti kullanılmıştır (Şekil 2). Bunlar geotekstil tabakaları üzerine yerleştirilecek ve birim uzamayı ölçmek için kullanılan 24 adet gerinim ölçer, dolgu malzemesi içerisine yerleştirilen ve düşey zemin basıncını ölçmek için kullanılacak 1 adet basınç ölçer, dolgu malzemesi içerisine yerleştirilecek ve zemin oturmalarının ölçmek için kullanılacak 2 adet oturma plakası, ön yüz elemanları üzerine yerleştirilecek ve duvar yatay deplasmanını ölçmek için kullanılacak 2 adet potansiyometre, ön yüz elemanları üzerine yerleştirilecek ve yatay zemin basıncını ölçmek için kullanılacak 3 adet basınç ölçerdir. Kalibrasyonu yapılan ve deneysel çalışma sırasında kullanılan ölçüm cihazlarından gelen verilerin sayısallaştırılması için 32 kanallı veri toplama cihazı kullanılmış, elde edilen sayısal verilerin, istenilen ölçüm birimlerine dönüştürülmesi sağlanmıştır.



Şekil 2. Arazi Modeli Kesiti

Ön yüz elemanlarının yatay deplasmanını belirlemek için, elektriksel olarak 100 mm ölçüm yapabilen doğrusal direnç-konum dönüştürücülü potansiyometre ölçümlerinden yararlanılmıştır. Arazi modelinde, ön yüz elemanlarının dış kısmına donatı tabakaları seviyelerine monte edilmiş olan çelik çerçeve üzerine dikey olarak yerleştirilen potansiyometrelerden gelen veriler kullanılarak yatay deplasman ölçümleri yapılmıştır.

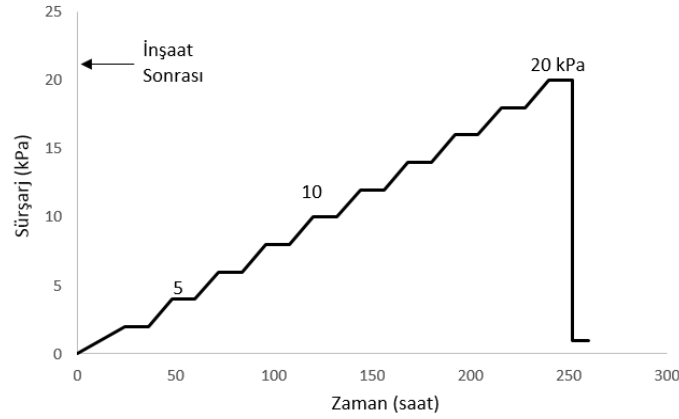
Zeminin düşey sıkışması ve ön yüz elemanlarının dışa doğru hareket etmesi nedeniyle dolgu zemin oturmaları meydana geleceği düşünülerek 2 adet 300x75 mm'lik çelik oturma plakaları ile zeminde oluşan düşey yer değiştirmeler izlenmiştir. Bu plakalar, donatılı zemin bölgesinde ve tutulmuş zemin bölgesinde olacak şekilde, birisi sıkıştırılmış dolgunun en altına, diğeri de en çok deplasmana maruz kalacağını düşündüğümüz 2 ve 3 numaralı geotekstil donatı tabakaları arasında yerleştirilmiştir.

Arazi modelinde, 2 adedi yatay zemin basıncını ölçmek için 3. ve 1. Geotekstil tabakaları seviyesinde ön yüz elemanları ile dolgu malzemesi arasında, 1 adedi de düşey zemin basıncını ölçmek için 3. Geotekstil tabakası seviyesinde olmak üzere 3 adet TOKYO SOKKİ KENKYUJO marka, KDE-200KPA model basınç ölçer kullanılmıştır. Yatay basınç ölçerin bir tanesi, yanal zemin basınçları ile düşey zemin basınçlarının oranını (K_a) belirlemek üzere düşey basınç ölçer ile aynı seviyeye yerleştirilmiştir. Basınç ölçer, 200kPa karşılanabilir basınç, 672×10^{-6} gerinim özelliklerindedir. Kalibrasyon katsayısı $0.298 \text{ kPa}/1 \times 10^{-6}$ 'dır.

Donatılara etkiyen yüklerin belirlenmesi için donatılı bölgenin yatay hareketleri ve birim şekil değiştirmeleri, Tokyo Sokki Kenk Yoji marka, PL-60-11-5L model birim deformasyon ölçerler (starin gage) ile ölçülmüştür. Arazi modelinde, her bir donatı tabakası için 6 adet olmak üzere toplamda 24 adet birim deformasyon ölçer yerleştirilmiştir. İlk birim deformasyon ölçer istinat duvarının ön yüzünde 30 cm uzaklığa yerleştirilmiştir. Her iki birim deformasyon ölçer arasında 30 cm mesafe bırakılmıştır. Birim deformasyon ölçer; 60 mm uzunluk, 120 ohm direnç, %0.8 enlemesine hassasiyet özelliklerine sahiptir. Birim deformasyon ölçerler, zemin içindeki polietilen tüplerden geçirilen ve donatılara bağlanmış küçük çaplı teller ile sisteme tutturulmuştur. Tüm birim deformasyon ölçerler, duvar ön yüzünün dışa doğru olan hareketi ile bağlantılı olan deformasyonları elde etmek ve de

donatılandırılmış zemin bölgesinden geçen potansiyel kayma düzlemlerinin gelişimi için boylamasına monte edilmiş, kabloları, ön yüze paralel olacak şekilde uzatılmıştır.

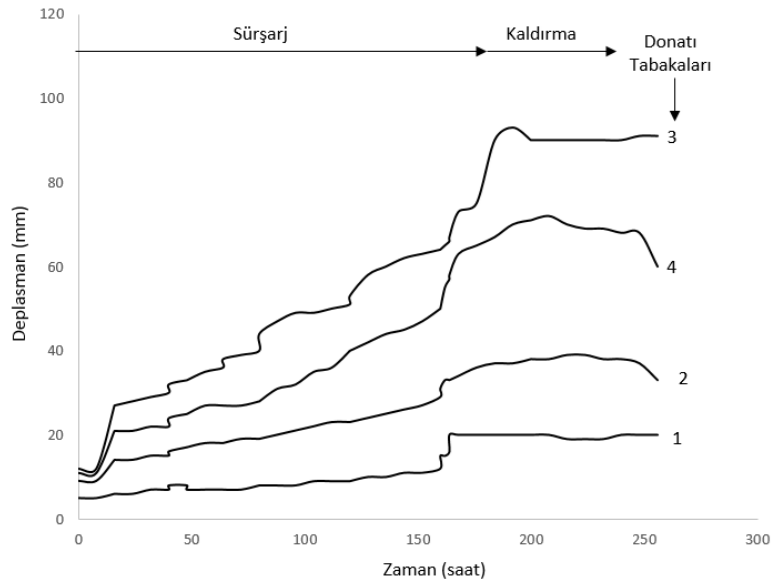
Enstrümante edilen arazi modelinin üst yüzeyine boyutları 2000x3000x5 mm olan çelik plaka yerleştirilmiş, bu plaka üzerine konumlandırılan plastik depo (2.0 m (genişlik), 3.0 m (uzunluk) ve 2.0 m (derinlik)) vasıtasıyla duvar üzerinde istenilen sürşarj yükü oluşturulmuştur. Yük, sabit bir debi ile verilecek su sayesinde 24 saatte 2 kPa'lık artışlar ile nihai yük olan 20 kPa olana kadar uygulanmıştır. Şekil 3 de sürşarj yükü gelişim aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 3. Sürşarj yükünün uygulanma safhası

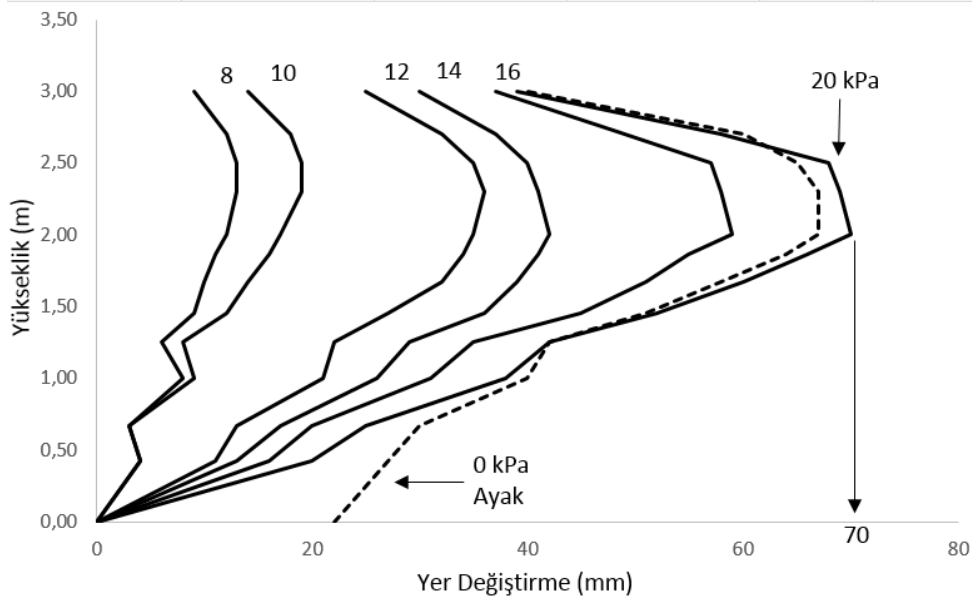
III. BULGULAR ve TARTIŞMA

Şekil 4'de uygulanan sürşarj yükü artışı sonucunda donatı uzamalarının değişimi gösterilmektedir. Eğrilerdeki her bir zıplama, yeni bir sürşarj yükü uygulanmasına karşılık gelmektedir. En üst donatı seviyesinde görülen uzama değerinin en alt donatı seviyesine göre 4-5 kat fazla olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. Donatı tabakalarında oluşan deplasmanlar

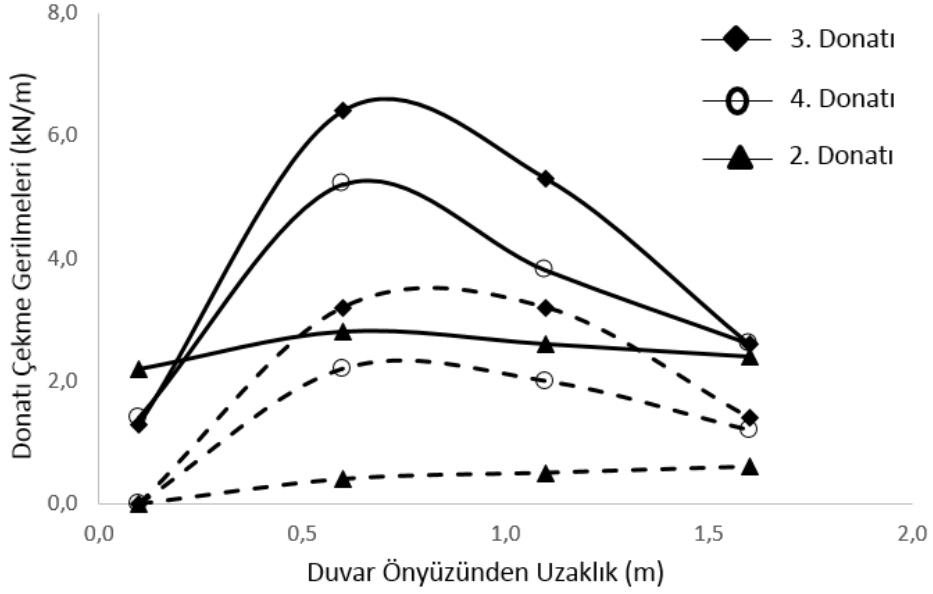
Şekil 5’de uygulanan sürşarj yükü artışı sonucunda duvarda oluşan yatay deplasman değişimi gösterilmektedir. Maksimum gerilme noktasının yeri yaklaşık olarak ön yüzden 0.30H (H: duvar yüksekliği) olarak belirlenmiştir.



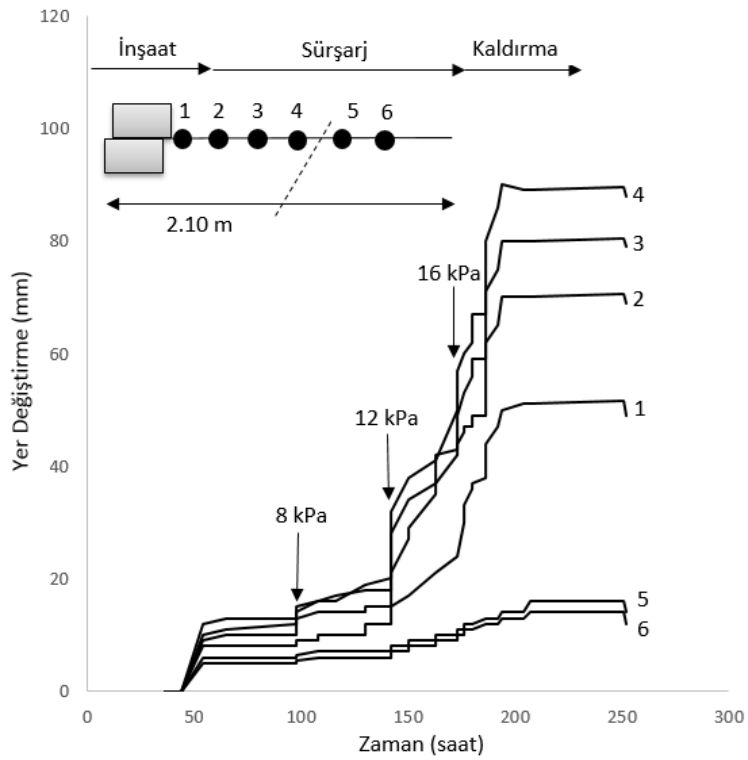
Şekil 5. Duvar ön yüzünde oluşan yatay deplasmanlar

Şekil 6’da, donatılar boyunca ölçülmüş yüklerin duvar tamamlandıktan sonraki ve 20kPa yük uygulandıktan sonraki değerleri verilmektedir. Maksimum yükün 3. donatı tabakasında duvardan 0.9m (0.30H) ötede olduğu belirlenmiştir. Genel olarak, ölçüm aygıtlarından elde edilen sonuçlar, duvarın yapımından sonra (kesikli çizgiler) ve sürşarj yükün uygulanmasından sonra (sürekli çizgiler) meydana gelen deformasyonlar sebebiyle geotekstil donatılarda oluşan mevcut gerilmelerin, tasarım gerilmelerinin altında olduğunu göstermektedir.

Şekil 7, üçüncü sıra geotekstil donatıya yerleştirilen birim deformasyon ölçerler tarafından kaydedilen uzama kayıtlarını göstermektedir. Donatı tabakasının zamana bağlı deformasyonu verilerde açıkça mevcuttur. Sürşarj yük artışlarının her birinin uygulanmasında, deformasyon ölçer de buna karşılık gelen bir sıçrama olmuş, bir sonraki yük artışı uygulanana kadar artan bir ölçüde ama azalan bir oranda zamana bağlı deformasyonu izlemiştir. Beklenildiği gibi, sürşarj yükü kaldırıldıktan sonra her bir donatı tabakasındaki yatay deplasmanlar büyük ölçüde telafi edilemez hale geldiği görülmüştür.



Şekil 6. Duvar tamamlandıktan sonra ve 20 kPa yük uygulandıktan sonra donatılarda oluşan yük dağılımları



Şekil 7. 3. Sıra geotekstil donatıda görülen uzama miktarları

IV. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, yaygın olarak tercih edilen geotekstil donatılı istinat duvarlarının, statik yükler altındaki davranışı bir arazi modeliyle incelenmiştir. Enstrümante edilen arazi modeli

uygulanan sürşarj yükü ile yüksek deformasyona zorlanmış, duvarda oluşan yatay yer değıştirmeler ile donatılara gelen çekme gerilmeleri belirlenmiş, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Duvar ön yüzeyindeki maksimum yatay deplasmanın, 3. donatı tabakası seviyesinde (H/3) duvar yüksekliğinin % 1.5'i oranında gerçekleştiği,
- Donatılarda görülen maksimum gerilmenin H/3 seviyesinde duvar ön yüzünden 0.9 m (0.3H) ileride oluştuğu, bu noktadan sonra, duvardan uzaklaştıkça azaldığı,
- Ölçülen yatay zemin gerilmelerinin Rankine aktif toprak basıncından daha düşük değerler olduğu,
- Sürşarj yükü tamamladığında 3. donatı tabakasında ölçümlenen gerilmelerin, duvar inşaatı tamamlandığında oluşan gerilmelerin yaklaşık 4 katı olduğu,

belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje No: 14/057).

V. KAYNAKLAR

- [1] K.L. Lee, B.D. Adams ve J.J. Vaneron, Reinforced earth retaining walls, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, SM10 (1973).
- [2] W. Whitcomb, ve J.R. Bell, Analysis techniques for low reinforced soil retaining walls and comparison of strip and sheet reinforcements, Proceedings of the 17th Engineering Geology and Soil Engineering Symposium, Moskova, Idaho-Rusya, (1979).
- [3] R. D. Holtz ve W. F. Lee, Internal Stability Analyses of Geosynthetic Reinforced Retaining Walls, Research Report Agreement No.T9903, Task 95 Geosynthetic Reinforcement III, Washington State Transportation Commission Department of Transportation and in cooperation with U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Washington-ABD (2002).
- [4] E. Güler, Geosentetik Donatılı İstinat Duvarı Bir Şartname Taslağı, İkinci Ulusal Geosentetikçiler Konferansı, İstanbul-Türkiye, (2006).
- [5] T. Mahmood, Failure Analysis of a Mechanically Stabilized Earth (MSE) Wall Using Finite Element Program Plaxis, Yüksek Lisans Tezi, Arlington Teksas Üniversitesi, Arlington-ABD (2009).
- [6] T. Kaya, Behavior of Reinforced Earth Structures Under Earthquakes, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul-Türkiye (2007).
- [7] H.B. Seed ve R.V. Whitman, Design of Earth Retaining Structures for Dynamic Loads, Proc. ASCE Speciality Conference on Lateral Stresses and Earth Retaining Structures, Cornell Üniversitesi, Ithaca, NY-ABD (1970) 103-147.
- [8] P. Segrestin ve M.J. Bastick, Seismic Design of Reinforced Earth Retaining Walls: The Contribution of Finite Element Analysis, Proc. Int. Symposium on Theory and Practice of Earth Reinforcement, Kyushu-Japonya, (1988) 577-582.

- [9] V. Elias, B.R. Christopher ve R.R. Berg, Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes, Design and Construction Guidelines, Federal Highway Administration, FHWA NHI-00-043, Washington, DC-ABD (2001)..
- [10] James Bay, Loren Anderson, Aaron Budge, ve Mark Goodsell, Instrumentation and Installation Scheme of a Mechanically Stabilized Earth Wall on I-15 with Results of Wall and Foundation Behavior, Utah Eyalet Üniversitesi, Logan, Utah-ABD (2003).
- [11] D. Leshchinsky ve J. Han, Geosynthetic Reinforced Multitiered Walls, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 130 (12) (2004)..
- [12] E. Bourgeois, L. Soyeze ve A. Le Kouby, Experimental and numerical study of the behavior of a reinforced-earth wall, Computer and Geotechnics, 38 (2011) 515-525.
- [13] M. Ehrlich, S.H. Mirmoradi, Evaluation of the effects of facing stiffness and toe resistance on the behavior of GRS walls, Geotextiles and Geomembranes, 40 (2013) 28-36.
- [14] R. J. Bathurst, D. Walters, N. Vlachopoulos, P. Burgess ve T.M. Allen, 2000 Full scale testing of geosynthetic reinforced walls, ASCE Special Publication, Proc., Geo-Denver 2000, Denver-ABD, (2000) 201–217.
- [15] K. Hatami, R. J. Bathurst, Development and verification of a numerical model for the analysis of geosynthetic reinforced-soil segmental walls, Can. Geotech. J., 42 (4) (2006) 1066–1085.
- [16] A. Abdelouhab, D. Dias, N. Freitag, Numerical analysis of the behavior of mechanically stabilized earth walls reinforced with different types of strips, Geotextiles and Geomembranes, 29 (2) (2011) 116–29.
- [17] O. Bilgin ve E. Mansour, Effect of reinforcement type on the design reinforcement length of mechanically stabilized earth walls, Engineering Structures, 59 (2014) 663-673.