17-18 Ekim 2024 Hacettepe Üniversitesi, Ankara



POLIMERIK GEO**Ş**ERIT İLE GÜÇLENDİRİLMİ**Ş** TOPRAKARME (MSE) DUVARLARIN SİSMİK PERFORMANSININ SARSMA TABLASI DENEYLER**İ** İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE SEISMIC PERFORMANCE OF POLYMERIC GEOSTRIP-REINFORCED EARTH (MSE) WALLS USING A SHAKING TABLE

Kaan YÜNKÜL¹, Ayhan GÜRBÜZ², Sarper DEM**i**RDÖ**Ğ**EN³

ÖZET

Yapılan bu deneysel çalışmada polimerik geoşerit ile güçlendirilmiş toprakarme (MSE) duvarların sismik yükler altında performansının incelenmesi amacı ile 1500 mm yüksekliğinde, 1/3 ölçekli model toprakarme duvar sistemi kullanılarak bir dizi sarsma tablası deneyi gerçekleştirilmiştir. Yer hareketi olarak; pik yer ivmesi 0,05g'den 0,45g'ye kadar her 7 saniyede bir 0,05g kademeli artım gösteren sinüzoidal dalga tercih edilmiştir. Toprakarme duvar arkasında bulunan şev eğiminin ve yer pik ivmesinin duvar üzerinde oluşan ivme amplifikasyonları ve duvar arkasında meydana gelen yatay dinamik toprak basınçları etkisi incelenmiştir. Duvar arkası şev eğiminin artmasına bağlı olarak ivme amplifikasyon faktörlerinin dinamik toprak basıncı değerlerinde artışları gözlemlenmiştir. Geleneksel psödo-statik limit denge yöntemleri ile belirlenen yatay yönde etki eden dinamik toprak basıncı katsayısı değerlerinin, ölçüm sonuçlarından 1.2 ile 3.8 kat daha fazla olduğu deneysel çalışmada görülmüştür. Ayrıca mevcut yönetmelikler tarafından önerilen üniform, üçgen veya ters trapez dinamik toprak basıncı dağılımı ve literatürde diğer geosentetik donatı malzemeleri için önerilen ortalama ivme amplifikasyon değerleri, deneysel çalışmada gözlemlenmeniştir.

Anahtar Kelimeler: Toprakarme (MSE) duvar, Polimerik geoşerit, Sarsma tablası, İvme amplifikasyonu, Dinamik toprak basıncı

ABSTRACT

In this experimental study, a series of shaking table tests were conducted to investigate the performance of polymeric geostrip reinforced earth (MSE) walls under dynamic loads using a 1500 mm high, 1/3 scale MSE wall system. The sinusoidal seismic excitation was initially

³ Doktora öğrencisi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, <u>sarper.demirdogen@gazi.edu.tr</u>



¹ Dr, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye, <u>kaanyunkul@gmail.com</u> (Sorumlu yazar)

² Prof. Dr, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, <u>agurbuz@gazi.edu.tr</u>

set at 0.05g and increased by 0.05g every 7 seconds until the peak value of 0.45g was reached, which was preferred as the input motion. The effect of inclination angle of the backfill material and peak ground acceleration on the acceleration amplifications on the wall and horizontal dynamic earth pressures behind the wall were investigated. It was observed that acceleration amplification factors dynamic earth pressure values increased with the increase in inclination angle of the backfill material. The experimental results show that the horizontal dynamic earth pressure coefficient values determined by conventional pseudo-static limit equilibrium methods were 1.2 to 3.8 times higher than the measurement results. In addition, the uniform, triangular or inverted trapezoidal dynamic earth pressure distribution recommended by the current design codes and the average acceleration amplification values recommended in the literature for other geosynthetic reinforcement materials were not observed in this experimental study.

Keywords: Reinforced earth (MSE) wall, Polymeric geostrip, Shaking table, Acceleration amplification, Dynamic earth pressure

1. G**i**Riş

Toprakarme (MSE) veya donatı (geosentetik ve metal) ile güçlendirilmiş duvarların maliyetlerinin düşük olması, estetik görünümünün olması, işçiliğinin kolay ve imalatının hızlı olmasından dolayı günümüzde geleneksel istinat duvarlarına alternatif olarak tercih edilmektedirler. MSE duvarlar sistemleri; yüzey elemanları (ayrık panel, modüler blok, tek parça panel, metalik panel, geosentetik yüzey), uzayabilen (geotekstil, geogrid, polimerik geoşerit, geocell) veya uzayaman (metalik şerit, metalik grid) donatılar ve sıkıştırılmış dolgu zemininden meydana gelmektedir.

Deprem sonrası vaka analizleri incelendiğinde, MSE duvarların esnek yapıda olması, duvar kütlelerinin geleneksel istinat duvarlara göre küçük olmasından ve donatılarda hareket yönünün tersi yönde çekme kuvvetlerinin oluşmasından dolayı sismik hareket sonrasında performanslarının geleneksel duvarlardan yüksek olduğunu görülmüştür. Hatta, birçok MSE duvarın tasarım yüklerinden daha büyük yüklerde bile hasar almadığı Wartman vd. (2006) tarafından rapor edilmiştir. Buna rağmen MSE duvarların sismik yükler altında performansı günümüzde halen tam olarak anlaşılamamıştır. Bu yüzden, yaklaşık yirmi yıldır MSE duvarların sismik performansları sarsma tablası deneyleri ve nümerik çalışmalar ile çeşitli araştırmacılar (Panah vd., 2015; El-Emam, 2018; Xu vd., 2020; Başbuğ vd., 2021; Yazdandoust vd., 2022) tarafından incelenmektedir.

MSE duvarların statik yükler altında tasarım dayanım performans hesapları kolaylıkla yapılabilmesine ve bu yöntemlerin literatürde kabul görmesine rağmen, sismik yükler altında tasarım performansını belirleyen genel ve kabul görmüş yöntemler bulunmamaktadır. MSE duvarların sismik yükler altında davranışı yüzey elemanı türüne, donatının türüne, donatı malzemesinin rijitliğine, donatının uzunluğuna, donatılar arası yatay ve düşey uzaklığa, donatıların bağlantı türüne, donatıların konfigürasyonuna, yer pik ivmesi ve sismik hareketin hakim frekansına, duvar arkası dolgu malzemesinin türüne, duvarı gömülme derinliğine ve sürşarj yüküne bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Fakat güncel MSE



duvar tasarım yönetmelikleri (FHWA, 2009; NCMA, 2012; AASHTO, 2020) yukarı parametrelerden bağımsız olarak ivme amplifikasyon değerleri ve psödo-statik limit denge eşitliği olan Mononobe-Okabe (Okabe, 1924; Mononobe ve Matsuo, 1929), yöntemini içermektedir.

Son yıllarda ise yüzey elemanı olarak ayrık panellerin ve donatı malzemesi olarak polimerik geoşeritlerin kullanıldığı MSE duvarlar tercih edilmektedir. Ayrık panellerin imalatının ve araziye yerleştirilmesinin kolay olması, polimerik geoşerit donatıların yüksek çekme kapasitesi ve sıyrılma dayanımına sahip olması, maliyetinin diğer geosentetiklere göre uygun olması, ultraviyole ışıklarına ve mikro organizma ataklara karşı direncinin yüksek olması; tercih sebeplerini oluşturmaktadır. Metal donatılarda korozyona bağlı dayanım kayıplarının yüksek olması da polimerik geoşerite olan talebi artırmaktadır. Literatürde geleneksel olarak kullanılan metal donatı, geogrid ve geotekstil ile güçlendirilmiş toprakarme duvarların sismik davranışlarını inceleyen çalışmaların olmasına rağmen, son yıllarda sıklıkla tercih edilen polimerik geoşerit donatılı toprakarme duvar türü ile yapılmış çalışmalar literatürde oldukça sınırlıdır (Panah vd., 2015). Bunun yanı sıra, duvar arkası zemin şev eğiminin etkisini inceleyen çalışmalara da rastlanmamıştır

Yapılan bu çalışmada, yer pik ivmesine (PGA) ve duvar arkası dolgu şev eğimine (α) bağlı olarak; polimerik geoşerit ile güçlendirilmiş MSE duvarların sismik performansı laboratuvar ortamındaki sarsma tablası deneyleri ile incelenmiştir. Bu amaçla 1.5 m yüksekliğinde üç adet ayrık panelden oluşan toprakarme duvar modeli tasarlanmıştır. İvme amplifikasyonları ve duvar arkasında meydana gelen dinamik toprak basınçları ve yatay yönde etki eden dinamik toprak basıncı katsayı değerleri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar literatürde önerilen amplifikasyon faktörü değerleri ve geleneksel limit denge yöntemleri ile kıyaslanmıştır.

2. SARSMA TABLASI DENEYi

Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Mühendisliği Laboratuvarı'nda bulunan ± 200 mm strok kapasitesine sahip, 2000 mm × 2250 mm ebadında, 5 ton kapasiteli, bilgisayar kontrollü, tek serbestlik derecesine sahip sarsma tablasında deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).

Laboratuvar ortamında yapılan sarsma tablası deneyleri, maliyetinin düşük olması, fazla sayıda test konfigürasyonuna izin vermesi ve parametrik çalışmaların hızlı yürütülebilmesi nedeni ile tercih edilmektedir. Fakat laboratuvar ortamında yapılan testlerde kullanılan zeminin ortalama çevre basıncının arazi koşullarından düşük olması ve boyut etkisinden dolayı; sarsma tablası testlerinden elde edilen sonuçlar tam olarak arazideki prototip MSE duvarın sismik yükler altındaki performansını yansıtamamaktadır. Bu nedenle, yapılan sarsma tablası testlerinde arazi koşullarındaki MSE prototip duvarın davranışının gerçekçi tahmin edilmesi için boyut faktörleri kullanılmıştır. Bu çalışmada, sarsma tablasının boyutları ve kapasitesi, tasarlanan çelik çerçevenin boyutları ve laboratuvar koşulları göz önünde bulundurarak model test ölçeği (N=prototip duvar boyutu/model duvar yüksekliği) 3 olarak seçilmiştir. Bu çalışmada, Wood (2004) tarafından önerilen boyut faktörleri kullanılmıştır (Tablo 1). Sarsma tablası deneyleri için tasarlanan 1.5 m yüksekliğindeki üç



ayrık panelden oluşan model MSE duvar, arazideki 4.5 m yüksekliğindeki prototipi temsil edecektir.



Şekil 1. Sarsma tablası deney sistemi; (a): gerçek gösterim, (b): şematik gösterim

Tablo 1. Yapılan çalışmada kullanılan boyut faktörleri					
Parametre	Birim	Boyut faktörü	Yapılan çalışmadaki boyut		
		(prototip/model)	faktörü (prototip-model)		
ivme	g	1	1		
Birim hacim ağırlık	kN/m3	1	1		
Deplasman	m	Ν	3		
Zeminin modülü	kPa	N⊽	1.732		
Frekans	Hz	N ^{⊽/2-1}	0.439		
Uzunluk, genişlik,	m	Ν	3		
yükseklik, kalınlık					
Gerilme	kPa	Ν	3		
Birim şekil	-	N1-⊽	1.732		
değiştirme					
Donatının çekme	kN/m	N^2	9		
dayanımı					
Donatının rijitliği	kN/m	N^2	9		
Zaman	S	N ¹⁻ 7/2	2.279		
Açıklama: V zeminin kayma modülüne bağlı bir katsayıdır. Wood (2004) bu					
değerinin kohezyonsuz zeminlerde 0.5 sabit katsayısı alınmasını önermiştir.					

Yapılan çalışmada dikdörtgen geometride ayrık paneller kullanılmıştır. Geleneksel dikdörtgen ayrık panellerin genişlikleri 1500 mm, yükseklikleri 1500 mm ve kalınlıkları ise 150 mm'dir (FHWA, 2009). Yapılan çalışmada MSE duvarlar 1/3 oranında küçültüldüğünden, 3 adet 515 mm × 500 mm × 60 mm (genişlik × yükseklik × kalınlık) beton ayrık paneller tasarlanmıştır. Panellerin arazi koşullarında olduğu gibi bir bütün şeklinde çalışması için, üst ve alt kısımlarından 10 mm kalınlığında dişler oluşturulmuştur. Her panelin merkezine iki adet çelik kanca yerleştirilerek, polimerik geoşeritlerin bağlanması sağlanmıştır. Deneysel sırasında duvar arkasındaki zeminde oluşacak dinamik toprak basınçlarının ölçülmesi için, belirli aralıklar ile toprak basınç ölçer boyutunda delikler bırakılmıştır. FHWA (2009) ve AASHTO (2020) yönetmeliklerinin MSE duvarların kaymasını engellenmek için önerdiği minimum gömülme derinliği 600 mm'dir. Yapılan çalışmada,



gömülme derinliğinin temsil edilmesi için yönetmelikler tarafından önerilen minimum gömülme derinliği 1/3 ölçekte küçültülerek 200 mm yüksekliğinde ahşap bir mesnet tasarlanmıştır ve sarsma tablasına cıvatalar yardımı ile sabitlenmiştir. Sarsma tablasına bağlanan 54 cm genişliğinde, 190 cm yüksekliğinde ve 210 cm uzunluğundaki çelik rijit çerçeve kullanılarak; dolgu zeminini ve MSE duvarı tutan bir sınır oluşturulmuştur. Sismik dalgaların yansımasının engellemek amacı ile de çelik çerçevenin iç kısmına 6 cm kalınlığında geofoam malzeme yerleştirilmiştir. Dolgu zemini olarak ise %75 rölatif sıkılığa sahip, pik içsel sürtünme açısı değeri 36° olan kötü derecelendirilmiş kohezyonsuz silis kumu kullanılmıştır. Donatı malzemesi olarak kullanılan polimerik geoşeritin özellikleri Tablo 2'de sunulmuştur. Bütün deneylerde donatı uzunluğu 1000 mm, donatılar arası yatay 258 mm ve donatılar arası düşey uzaklık 500 mm sabit tutulmuştur. Polimerik geoşeritler ayrık panellerin merkezinde bulunan kancalara yerleştirildikten sonra alt ve üst tarafları çelik bağlantılar ile sıkıştırılıp, altıgen somunlar ile sabitleştirilmiştir. Bu sayede sismik yükler altında polimerik geoşeritin, yanal hareketi engellenmiştir.

Tablo 2. Polimerik geoşeritin özellikleri				
Polimerik geoşeritin özellikleri	Özellikleri			
Nihai çekme dayanımı	564.26 kN/m			
%2 birim şekil değiştirme	7220 74 kN/m			
değerindeki rijitliği	7230.74 KN/III			
Genişlik	47 mm			
Kalınlık	2.2 mm			
Yoğunluk	85 g/m			
Fiber malzeme türü	Polyester tendon			
Kılıf türü	Polietilen			

Orta-büyük ölçekli depremlerin hakim frekansları 1-3 Hz ve süreleri 10-30 s arasında değişim göstermektedir (Bathurst ve Hatami, 1998). Yapılan deneysel çalışmada, her bir sismik hareketin hakim frekans değeri 5 Hz ve süresi 7 s'dir. Wood (2004) tarafından Tablo 1'de önerilen boyut faktörleri kullanıldığında ise bu sismik hareket; prototip ölçekte 2,193 Hz hakim frekansı ve 15,953 saniyeyi temsil etmektedir. Yer hareketi olarak PGA değeri 0,05g'den 0,45g'ye kadar 0,05g PGA değeri kademeli artım gösteren sinüzoidal dalga tercih edilmiştir (Şekil 2). Ayrıca her bir sismik hareket 25 sabit çevrimden, PGA değerine kadar artış gösteren 5 çevrimden ve PGA değerinde sonra azalış gösteren 5 çevrimden oluşmaktadır. Bu sayede verilen sismik hareket; gerçek deprem kayıtlarındaki artan ve azalan ivme hareketlerine benzetilmiştir. Yapılan çalışmada belirlenen hakim frekans değerleri, istinat yapılarına etki eden doğal frekans değerlerinden oldukça küçüktür. Bu sayede istinat yapısında oluşabilecek rezonans olayının önüne geçilmiştir.





MSE duvarda oluşan ivme değerlerinin belirlenmesi için üç adet ivme ölçer (AC1, AC2, AC3) ve duvar arkası dinamik toprak basınçlarının belirlenmesi için de dört adet toprak basınç ölçer (SP1, SP2, SP3, SP4) kullanılmıştır (Şekil 1). Yapılan bu deneysel çalışmada duvar arkası dolgunun şev eğiminin etkisinin incelenmesi amacı ile iki farklı şev eğimi (α =0°, 10°) tercih edilmiştir. Şev eğimi 0° olan deney LSO olarak adladırılırken, şev eğimi 10° olan deney LS10 olarak adlandırılmıştır

3. BULGULAR VE TARTI**Ş**MA

3.1. ivme Amplifikasyonları

Sismik hareket altında ivme değerlerinin ve dağılımların belirlenmesi MSE duvarlarının performansında hayati bir öneme sahiptir. Geoteknik deprem mühendisliğinde amplifikasyon faktörü katsayısı (RMSA) kullanılarak, duvar yüksekliği boyunca oluşan ivme tepkilerinin dağılımları ve büyüklükleri basitleştirilmektedir. Yapılan bu çalışmada MSE duvar üzerine yerleştirilen ivme ölçerler (AC1-AC3) kullanılarak; Kramer (1996) tarafından önerilen eşitlikten (Eş 1) yardımı ile amplifikasyon faktörü değerleri hesaplanmıştır.

$$RMSA = \sqrt{\frac{\left[\frac{1}{t_d}\int_0^{t_d} a(t)^2 dt\right]}{\left[\frac{1}{t_d}\int_0^{t_d} a_b(t)^2 dt\right]}}$$
(1)

Burada; a(t) duvar üzerinde okunan ivmelerin zamana bağlı tepkisini, $a_b(t)$ sarsma tablasında verilen ivmelerin zaman bağlı tepkisini, t_d her bir sismik hareketinin süresini, dt ise zaman aralığını simgelemektedir.

RMSA değerleri duvar yüksekliğinin artmasına bağlı olarak lineer olmayan bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca şev eğimini artmasına bağlı olarak RMSA değerleri artmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda RMSA değerler PGA değeri 0.1g'ye kadar artış gösterirken, bu değerden sonra azalma eğilimindedirler. Bu durumunun nedeni, zemin sönümlenmesinin artması olduğu düşünülmektedir (Xu vd. 2020). Şekil 3'te MSE duvarlar için literatürde önerilen (Bonaparte vd. 1986; Segrestin ve Bastick, 1988; FHWA, 2009; AASHTO, 2020) ortalama RMSA değerleri deneysel çalışmadan ölçülen ortalama RMSA değerleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda; literatürde önerilen RMSA



değerlerinin polimerik geoşeritler ile güçlendirilmiş MSE duvarlar için uygun olmadığı görülmüştür.



Şekil 3. Ölçülen ortalama ivme amplifikasyon faktörü değerlerinin literatür ile karşılaştırılması

3.2. Dinamik Toprak Basınçları

Sismik hareket sonucu oluşan dinamik toprak basıncı değerleri ve dağılımları MSE duvarların stabilite analizleri için önemli bir rol oynamaktadır. Duvar arkasına yerleştirilen toprak basınç ölçerler (SP1, SP2, SP3 ve SP4) sayesinde sismik hareket boyunca oluşan dinamik toprak basıncı değerleri belirlenmiştir.

Yönetmelikler veya mevcut psödo-statik limit denge eşitlikleri; MSE duvar yüksekliği boyunca üçgen, ters trapez bir geometride veya düzgün dağılım gösteren dinamik toprak basıncı dağılımı önermesine rağmen, yapılan çalışmada düzgün bir geometriye bağlı dinamik toprak basıncı dağılımı görülmemiştir (Şekil 4). Dolgu şev eğiminin ve PGA değerinin artmasına bağlı olarak dinamik toprak basıncı değerlerinde artışlar meydana gelmiştir.



Şekil 4. Deneysel çalışmada ölçülen dinamik toprak basıncı değerleri

Şekil 5'de geleneksel psödo-statik limit denge yöntemleri tarafından önerilen yatay yönde etki eden dinamik toprak basıncı katsayısı (K_{dynh}) değerleri ile deneysel çalışmadan geri analiz yöntemi ile elde edilen K_{dynh} değerleri karşılaştırılmıştır. Mevcut psödostatik limit denge eşitlikleri için önerilen yatay sismik katsayı (k_h) değeri olarak PGA/g değeri tayin edilmiştir. Mononobe-Okabe (Okabe, 1924; Mononobe ve Matsuo, 1929), Seed ve Whitman (1970), ve Mylonakis vd. (2007) tarafından önerilen geleneksel psödo-statik limit



denge yöntemleri ile belirlenen *K*_{dynh} değerlerinin, ölçüm sonuçlarından 1.2 ile 3.8 kat daha fazla olduğu deneysel çalışmada görülürken; Richards ve Shi (1994) ve Dewaikar ve Halkude (2002) tarafından önerilen eşitliklerin polimerik geoşerit ile güçlendirilmiş MSE duvarlar için uygun olduğu elde edilen bir diğer sonuçtur.



Şekil 5. Deneysel çalışmadan elde edilen yatay yönde etki eden dinamik toprak basıncı katsayılarının geleneksel psödo-statik limit denge yöntemleri ile karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada, polimerik geoşerit ile güçlendirilmiş toprakarme (MSE) duvarların sismik performansı sarsma tablası deneyleri ile incelenmiştir. Bu amaçla 1/3 ölçekli 1500 mm yüksekliğinde üç adet ayrık panelde oluşan model MSE duvar tasarlanmıştır ve duvar arkası dolgu zemini olarak %75 rölatif sıkılığa sahip kohezyonsuz malzeme kullanılmıştır. Yapılan sarsma tablası deneylerinde dolgu şev eğiminin ve yer pik ivmesinin; ivme amplifikasyonları, dinamik toprak basınçları, yatay yönde etki eden dinamik toprak basıncı katsayıları değerleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- ivme amplifikasyon faktörü değerleri duvarın en üst noktasında maksimum ve MSE duvar yüksekliğinin artması bağlı olarak lineer olmayan bir şekilde artış eğilimindedir. Şev eğiminin artmasına bağlı olarak amplifikasyon değerleri artmaktadır. Literatürde MSE duvarlar için önerilen ortalama ivme amplifikasyon eşitliklerinin polimerik geoşerit ile güçlendirilmiş MSE duvarlar için uygun olmadığı görülmüştür.
- Yönetmelikler ve literatürde önerildiği gibi düzgün bir dinamik toprak basıncı dağılımı gözlemlenmemiştir. Şev eğiminin ve PGA değerinin artmasına bağlı olarak dinamik toprak basıncı değerleri artış göstermiştir.
- Mononobe-Okabe, Seed ve Whitman (1970) ve Mylonakis vd. (2007) tarafından önerilen psödo-statik limit denge eşitliklerinden elde edilen yatay yönde etki eden dinamik toprak basıncı katsayısı değerlerinin ölçüm sonuçlarından yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Richards ve Shi (1994) ve Dewaikar ve Halkude (2002) tarafından önerilen eşitliklerin polimerik geoşerit ile güçlendirilmiş MSE duvarlar için kullanılabileceği görülmüştür.



Yapılan bu çalışmada, laboratuvar ortamında fiziksel olarak modellemiş polimerik geoşerit ile güçlendirilmiş MSE duvarların sismik performansları incelenmiştir. Deneysel çalışmada yalnızca %75 rölatif sıkılığa sahip kohezyonsuz dolgu zemin, tek bir geometrik şekle sahip ayrık paneller, tek bir duvar yüksekliği, tek bir gömülme derinliği, sabit rijitliğe sahip polimerik geoserit donatılar, sabit donatı uzunluğu ile sabit donatılar arası yatay ve düşey uzaklıklar kullanılmıştır. Bu yüzden elde edilen sonuçlar sınırlıdır ve polimerik geoşerit ile güçlendirilmiş MSE duvarlar için genellendirilemez. Gelecekte, dolgu zeminin rölatif sıkılığının, 0.45q'den büyük PGA değerlerine sahip yer hareketlerinin, yer hareketinin hakim frekansı ve süresinin, polimerik geoşerit donatının uzunluğunun, donatılar arası farklı yatay ve düşey uzaklığın, duvar yüksekliğinin ve eğiminin, duvarın gömülme derinliğini, duvar arkası dolgu zeminin şev eğiminin, yüzey elemanı ve türleri ve donatı bağlantı türlerinin polimerik geoşerit ile güçlendirilmiş MSE duvarların sismik performansı üzerindeki etkileri incelenmelidir. Ayrıca yapılan bu çalışmada, kademeli olarak artış gösteren sinüzoidal dalga yer hareketi olarak tercih edilmiştir ve bu durum sonucunda aynı hakim frekans ve PGA değerine sahip gerçek bir deprem kaydından daha büyük ivme amplifikasyonları ve dinamik toprak basıncı değerlerinin oluşacağı tahmin edilmektedir. Bu yüzden, yer hareketi olarak farklı deprem kayıtlarının kullanıldığı durumlar için de deneysel çalışmaların yapılması önerilmektedir.

te**ş**ekkür

Bu çalışma Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından desteklenen UDAP-Ç-19-08 başlıklı ve İstinat (Klasik Konsol ve Toprakarme) Duvarlarına Etkiyen Dinamik Yüklerin Belirlenmesi isimli proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Desteklerini araştırmacılardan esirgemeyen Öğ. Gör. Dr. Hüseyin KALKAN'a, Karimullah KARIMI'e, Bilal KORKMAZ'a ve Tahsin Ömür BUDAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- AASHTO. (2020), "Bridge Design Specifications", American Association of State Highway and Transportation Officials, USA.
- Bathurst, R.J., Hatami, K. (1998), "Seismic Response Analysis of a Geosynthetic-Reinforced Soil Retaining Wall", Geosynthetics International, Vol 5, 127-166.
- Başbuğ, E., Cengiz, C. ve Güler, E. (2021), "1-g Shaking Table Tests to Determine the Behavior of Geosynthetic Reinforced Soil Walls under Seismic Loads", Transportation Geotechnics, Vol 30, 100597.
- Bonaparte, R., Schmertmann, G.R. ve Williams, N.D. (1986), "Seismic Design of Slopes Reinforced with Geogrids and Geotextiles", 3rd International Conference on Geotextiles, Vienna, Austria, 273–278.
- Dewaikar, D., Halkude, S. (2002), "<u>Seismic Passive/Active Thrust on Retaining Wall-Point of</u> <u>Application</u>", Soils and Foundations, Vol 42, 9-15.
- El-Emam, M.M. (2018)," Experimental Verification of Current Seismic Analysis Methods of <u>Reinforced Soil Walls</u>", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol 113, 241-255.
- FHWA (2009), "Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes", Federal Highway Administration, Washington DC, USA.



Kramer, S.L. (1996). "Geotechnical Earthquake Engineering", Pearson Education.

- Mononobe, N., Matsuo, H. (1929), "On Determination of Earth Pressure During Earthquake", World Engineering Congress, Tokyo, Japan, 177-185.
- Mylonakis, G., Kloukinas, P. ve Papantonopoulos, C. (2007). "<u>An Alternative to the</u> <u>Mononobe–Okabe Equations for Seismic Earth Pressures</u>", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol 27, 957-969.
- NCMA (2012). "Design Manual for Segmental Retaining Walls", National Concrete Masonry Association Herndon, Virginia, USA.
- Okabe S. (1924), "General Theory on Earth Pressure and Seismic Stability of Retaining Wall and Dam", Civil Engineering Society, Japan, 1277-1323.
- Panah, A.K., Yazdi, M. ve Ghalandarzadeh, A. (2015), "<u>Shaking Table Tests on Soil Retaining</u> <u>Walls Reinforced by Polymeric Strips</u>", Geotextiles and Geomembranes, Vol 43, 148-161.
- Richards, J.R., Shi, X. (1994), "<u>Seismic Lateral Pressures in Soils with Cohesion</u>". Journal of Geotechnical Engineering, Vol 120, 1230-1251.
- Seed, H., Whitman, R.V. (1970), "Design of Earth Retaining Structures for Dynamic Loads", American Society of Civil Engineers Specialty Conference on Lateral Stresses, New York, USA.
- Segrestin, P., Bastick, M.J. (1988), "Seismic Design of Reinforced Earth Retaining Walls The Contribution of Finite Element Analysis", International Geotechnical Symposium on Theory and Practice of Earth Reinforcement, Fukuoka, Japan, 577–582.
- Xu, P., Hatami, K. ve Jiang, G. (2020), "<u>Study on Seismic Stability and Performance of Reinforced Soil Walls Using Shaking Table Tests</u>", Geotextiles and Geomembranes, Vol 48, 82-97.
- Wartman, J., Rondinel-Oviedo, E.A. ve Rodriguez-Marek, A. (2006), "<u>Performance and</u> <u>Analyses of Mechanically Stabilized Earth Walls in the Tecoman</u>", Mexico Earthquake. Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol 20, 287-299.
- Wood, D.M. (2004). "Geotechnical Modelling", CRC Press, London, UK.
- Yazdandoust, M., Samee, A.A. ve Ghalandarzadeh, A. (2022), "<u>Assessment of Seismic</u> <u>Behavior of Back-to-Back Mechanically Stabilized Earth Walls Using 1g Shaking Table</u> <u>Tests</u>", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol 155, 106078.

SEMBOL L**İ**STESİ

Sembol g Hz	Açıklama Yer çekimi ivmesi Hertz	Sembol N PGA	Açıklama Ölçek Yer pik ivmesi
Kdynh	Yatay yönde etki eden dinamik toprak basıncı katsayısı	RMSA	İvme amplifikasyon faktörü katsayısı
k h	Yatay sismik katsayı		
kN	Kilonewton	S	Saniye
m	Metre	α	Dolgu şev eğimi

