



Research Article / Araştırma Makalesi

INVESTIGATION OF SEISMIC BEHAVIOR OF VERTICAL BLOCK TYPE QUAY WALL

Zeynep Tuğçe YÜKSEL*¹, Esin ÖZKAN ÇEVİK²

¹MAG Mühendislik, Orhantepe Mah. Orhangazi Cad. Kefeli Sok. No:1 Dragos Kartal-İSTANBUL

²Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Esenler-İSTANBUL

Received/Geliş: 17.12.2015 Accepted/Kabul: 23.09.2016

ABSTRACT

Block type quay walls are widely used port structures in the world. In this study two types of vertical block type quay walls with different block size exposed to seismic loading were investigated experimentally. The block ratios of Type I and Type II vertical wall models are $B/H=2$ and 1.5, respectively. Each wall had six blocks. The tests were conducted in the shaking tank with two different harmonic seismic loadings and the behaviors of these two walls were investigated comparatively.

Keywords: Block type structure, quay wall, seismic behavior, shaking tank.

DÜZ BLOKLU RIHTIM DUVARLARININ DEPREM ETKİSİNDEKİ DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

ÖZ

Bloklu tip rıhtım yapıları dünyada yaygın olarak kullanılmakta olan liman yapılarıdır. Bu çalışmada farklı blok boyutlarına sahip iki tip düz bloklu rıhtım yapısının deprem etkisindeki davranışı deneysel olarak araştırılmıştır. Tip I ve Tip II olarak adlandırılan iki farklı duvar modeli her biri sırasıyla $B/H=2$ ve 1.5 oranlarına sahip altışar blok elemanından oluşmaktadır. Sarsma tankında iki farklı sinüzoidal harmonik sarsma koşulunda çalışılarak bu iki tip yapının davranışları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Bloklu tip yapı, rıhtım duvarı, deprem etkisi, sarsma tankı.

1. GİRİŞ

Ağırıklı tipi rıhtım duvarları limanlarda sıkça kullanılan yapılardandır. Yapım kolaylığı, dayanıklılığı bu yapıların tercih edilmelerinin sebebidir. Ancak deprem bölgelerinde inşa edilen ağırıklı tipi yapılar büyük depremler etkisinde denize ötelenerek hasar gördüğü ayrıca bu yapıların arkasında bulunan geri dolgu ile bunların üzerindeki yapı ve ekipmanların da hasar gördükleri ve bunun sonucunda önemli ekonomik kayıplara sebep oldukları bilinmektedir. Bu nedenle, deprem

* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: ztyuksel@gmail.com, tel: (216) 383 84 45
Doktora Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

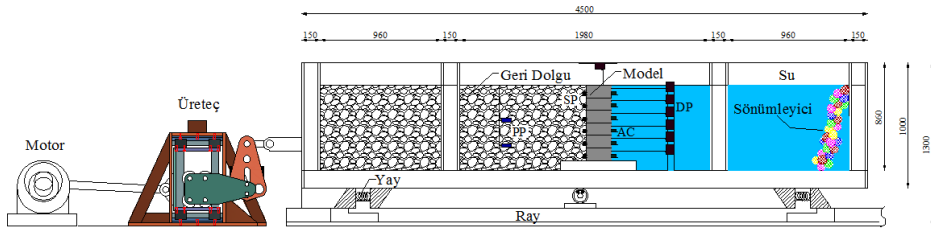
bölgelerindeki liman yapılarının sismik etkiler de dikkate alınarak doğru bir şekilde tasarlanmaları tasarım ömürleri süresince önemli ekonomik kayıpları önleyecektir.

Keson rıhtım duvarlarını dikkate alan çalışmalarda Kohama vd (1998) [1] sıvılaşmaya bağlı olarak hasar mekanizmalarının nasıl oluştuğunu, Miura vd (2008) [2] farklı sıvılaşma etkileri ile deprem sırasındaki hasar mekanizmasını, Kim vd (2004) [3] rıhtım duvarı arkasındaki dinamik itkiyi, Nakahara vd (2004) [4] dinamik davranış üzerinde temel zemini etkilerini, Mohajeri vd (2004) [5] keson tipi duvar ile kompozit dalgakıranda kayma deplasmanlarını, Kim vd (2005) [6] keson rıhtım duvarlarının sismik kayma deplasmanını, Towhata (2009) [7] mevcut hasar azaltma teknolojilerini araştırmak için sarsma tablası deneyleri ile çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Sadrekarimi (2011) [8] ise kambur tipi ağırlık duvarlarının sismik yerdeğiştirmeleri için yine sarsma tablası deneyleri gerçekleştirmiştir.

Bloku rıhtım duvarlarının tasarımında bloklar farklı boyutlarda ve şaşırtmalı olarak yerleştirilebileceği gibi, aynı boyutlardaki bloklar üst üste koyularak tek bir blok görünümü elde edilebilmektedir. Bloku rıhtımların, blok yükseklik ve genişliklerinin sismik yükler altında stabiliteyi üzerinde etkisi yeterince bilinmemektedir. Ancak günümüze kadar yapılan çalışmalarda genişliğin yüksekliğin iki katı olması önerilmektedir. Bunun nedeni sürtünme yüzeyinin artması ile stabilitenin artacağına düşünülmesidir. Bu çalışmada B/H= 1.5 ve B/H=2 oranlarına sahip bloklardan oluşan iki tip düz blokları tip rıhtım duvarının sismik yükler altındaki davranışının sarsma tankı deneyleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

2. DENEYSSEL ÇALIŞMA

Deneyisel çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Hidrolik ve Kıyı-Liman Mühendisliği Laboratuvarı'nda kurulu bulunan sarsma tankında gerçekleştirilmiştir. Sarsma tankı, 4.5 m uzunluğunda, 1.0 m genişliğinde ve 1.0 m yüksekliğindedir (Şekil 1). Ancak tankın içi çelik panel ile bölünerek blokları yanaşma yapısı modeli 0.38 m genişliğindeki kısımda kurulmuştur. Tank 1-5 mm deplasman genliğine ve 1-9 Hz frekans aralığına sahiptir.



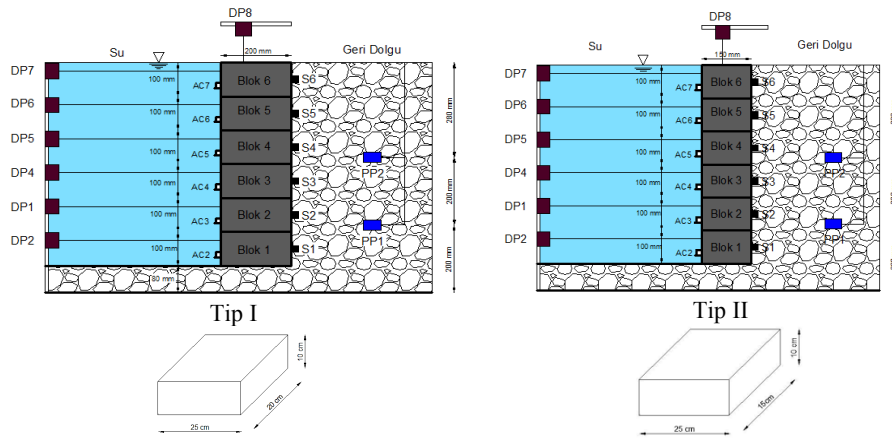
Şekil 1. Sarsma tankının boy kesiti

Blokları yanaşma yapılarının sismik stabilitesini incelemek için yapılan modeller betondan imal edilmiştir. Beton bloklar Şekil 2'de görüldüğü gibi 8 cm kalınlığında ve dolgu malzemesi ile aynı özelliğe sahip tokmaklamak suretiyle sıkıştırılmıştır taban malzemesi üzerine düzgün yerleştirilmiştir. Bloklar tabandan yukarıya doğru numaralandırılmıştır. Bloklardan oluşan rıhtım modeli sarsma tankı içinde sabitlenmiş olan pleksiglas yan duvarlara sahip kılıf içine yerleştirilmiştir. Beton blok yan yüzeylerinin yüzey sürtünmesinden etkilenmemesi için pleksiglas kılıf blok genişliğine göre ayarlanabilmektedir (çalışmada 25 cm). Böylece yeterince sürtünmesiz yan yüzeyler elde edilmiştir. Tip I olarak adlandırılan model blokları 10×20×25 (cm) boyutlarında olup 10.8 kg ağırlığında, Tip II olarak adlandırılan model blokları ise daha küçük olup 10×15×25 (cm) boyutlarında ve 7.987 kg ağırlığındadır (Şekil 2).

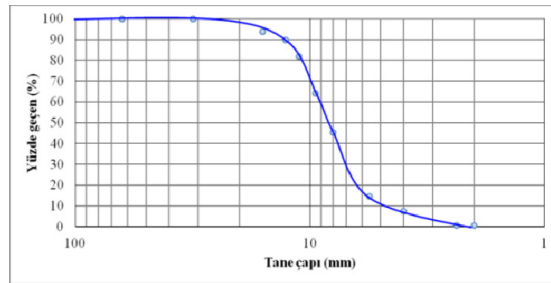
Deneylerde geri dolgu malzemesi olarak içsel sürtünme açısı $\Phi=40^\circ$, nominal çapı (D_{n50}) 0.8 cm olan çakıl malzeme kullanılmıştır. Granülometri testlerinde 5 farklı numune dikkate alınarak

tane çapları elek analizi testi ile belirlenmiştir (Şekil 3). Permeabilite deneyleri geri dolguda istenilen sıklık değeri için yapılmıştır. Bu deneylerden permeabilite $k=0.018$ cm/s olarak elde edilmiştir. Bu değer çakıl malzeme için literatürde verilen 0.01-1.00 cm/s aralığında kalmaktadır. Grovack kayaktan oluşan çakıl geri dolgu malzemesinin özgül yoğunluğu $G_s=2.77$ olarak belirlenmiştir.

Rölatif sıklık deneyleri yardımıyla malzemenin maksimum kuru birim hacim ağırlığı $\gamma_{max}=17.26$ kN/m³ ve minimum kuru birim hacim ağırlığı $\gamma_{min}=14.72$ kN/m³ olarak belirlenmiştir. Serme sistemi kullanılarak yapı arkasına serilen malzemenin sıklığı (D_r) % 70 olarak belirlenmiştir ve bu sıklık için geri dolgunun boşluk oranı % 63.1 olarak elde edilmiştir. Bu sıklığa karşılık gelen malzeme özellikleri ise Tablo 1’de gösterilmiştir. Geri dolguda porozite % 40’tır. Çakıl malzemenin kayma modülünün belirlenmesi için bender element testi yapılmış ve malzemenin kayma modülü $G_{max}=88452$ kPa ≈ 90 Mpa bulunmuştur.



Şekil 2. Model yerleşim düzeni ve Tip I ve Tip II model blokları



Şekil 3. Geri dolgu malzemesi ortalama granülometre eğrisi

Modelin arkasındaki geri dolgunun her deneyde aynı sıklığa sahip olması için otomatik serme sistemi kullanılmıştır. Tanka, yürüyen bant vasıtasıyla geri dolgu yüklenmiştir.

Deneylerde tankın içine bloklu rıhtım modelin üst kotu sınırına kadar (68 cm) su doldurulmuştur. Böylece suya doymuş geri dolgu malzemesi şartları elde edilmiştir. Çalışmada iki tip blok kullanılmıştır.

Çizelge 1. Dr=%70 için zemin parametreleri ve elek analizi değerleri

Zemin Parametreleri	Değerler
Boşluk oranı (e)	0.631
Porozite (n)	0.386
Kuru birim hacim ağırlık (γ_k)	16.413kN/m
Doygun birim hacim ağırlık (γ_d)	20.230kN/m
Özgül yoğunluk (G_s)	2.730
Ortalama tane çapı (D_{50})	0.825cm
Efektif tane çapı (D_{10})	0.500cm
Üniformluk katsayısı (C_u)	1.8
Derecelenme katsayısı (C_c)	1.08

Sarsma tankında yapılan deneylerde ivme, toprak basıncı, boşluk suyu basıncı ve konum (deplasman) ölçüm cihazları IMC markasına ait Spartan-2 adlı iki adet veri toplama cihazına bağlı olarak çalışmıştır. Sarsma deneyleri sırasında IMI Sensors (USA)'ın üretmiş olduğu IMI 626A13 ICP model yedi adet ivme ölçer kullanılmıştır. Bunlardan biri sarsma tankı üzerinde, diğer altısı ise model bloklar üzerine yerleştirilmiştir. İvme ölçerler sinyalleri güçlendiren sinyal koşullayıcılara bağlanmış ve buradan çıkan sinyaller ise veri toplama cihazına yönlendirilmiştir.

İki adet sinyal koşullayıcı kullanılmıştır, çünkü 7 adet ivme ölçerin bağlanması için kanal sayısı iki koşullayıcı ile sağlanabilmiştir. Blok modellerin deney sırasında yapabileceği yer değiştirmelerin (deplasmanların) ölçümü için yedi adet UniMeasure (USA) markasının HX-PA-20-N6-L5M serisi makaralı pozisyon ölçer kullanılmıştır. Bunlardan altısı yatay, biri ise düşey ölçüm yapabilecek şekilde modelin üzerine yerleştirilmiştir. Bu sayede blok modellerin yatay yer değiştirme ile eğilme miktarı da belirlenebilmektedir. Deneysel çalışmada, blok modeller üzerinde geri dolgudan kaynaklanan statik ve dinamik toprak basınçlarını ölçmek için altı adet Tokyo Sokki Kenkyujo markasının KDA-PA model toprak basınç ölçeri kullanılmıştır. Toprak basıncı ölçerler blok modellerin geri dolgu ile temas eden yüzeylerine yerleştirilmiştir. Deney sisteminde geri dolgu içindeki boşluk suyu basınçları Measurement Specialties (USA)'ın üretmiş olduğu iki adet sensörle ölçülmüştür. Boşluk suyu ölçerler geri dolgu içine tabandan 20 cm ve 40 cm yukarıda olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Öncelikle sarma tankındaki deney koşullarının belirlenmesi amacıyla sarsma tankının kalibrasyonu farklı deplasman ve frekanslar için, içi boş ve içi dolu (blok, geri dolgu, su dolu ağırlığı sağlayacak) biçimde yapılmıştır. Yapılan kalibrasyon testlerinden sonra literatürde verilen 1g model ölçer koşulları da dikkate alınarak sarsma deney koşulları belirlenmiştir (Iai, 1989 [9]). Bu çalışmada öngörülen model ölçeği 1/10'dur.

Ardından ivme ve basınç ölçerler ve konum ölçerler model bloklar üzerine yerleştirilmiştir. Ölçüm sensörlerinin bağlanmasından sonra serme sistemi kullanılarak modellerin üst kotuna kadar geri dolgu istenilen sıklıkta yerleştirilmiştir. Bu işlemlerden sonra sisteme su tabandan yavaşça verilmeye başlanmıştır. Su, model blokların üst kotuna kadar koyulmuştur.

Sistem durgun haldeyken statik toprak basıncı ölçümleri yapılmış ve kaydedilmiştir. Son kontroller yapıldıktan sonra sarsma tankı maksimum 20 s çalıştırılıp ivme, toprak basıncı, boşluk suyu basıncı ve konum ölçer verileri kaydedilmiştir. Her deney tamamlandıktan sonra sarsma tankı boşaltılıp yeni bir deney için tekrar hazırlanmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Blok veya keson tip yavaşma yapılarının davranışının (performansının) tanımlanabilmesi için bu sisteme etki eden parametrelerin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle boyut analizi ile elde edilen etkili boyutsuzlar belirlenmeye çalışılmıştır. Sisteme etki eden boyutlu parametreler:

$$F(\rho_s, d_{50}, H, B, \rho_b, \rho_w, a, g, D, z, \theta) = 0 \quad (1)$$

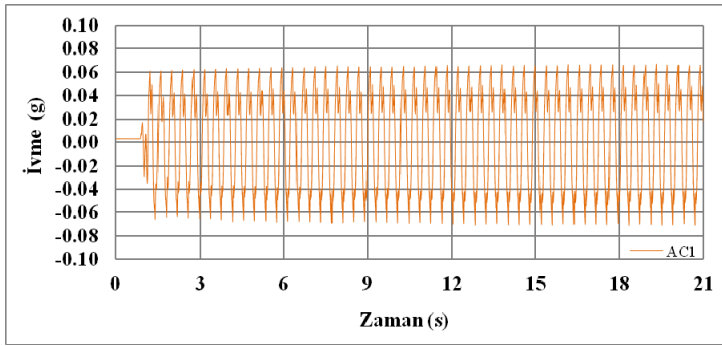
Burada ρ_s zeminin özgül kütlesi, d_{50} zeminin tane çapı, H blok yüksekliği, B blok genişliği, ρ_b blok özgül kütlesi ρ_w suyun özgül kütlesi, a ivme g , yerçekimi ivmesi D yatay ve düşey yer değiştirme, z oturma ve θ eğilmedir.

Boyut analizi yardımıyla aşağıda verilen boyutsuz büyüklükler elde edilmiştir.

$$f\left(\frac{D}{H}, \frac{B}{H}, \frac{\rho_b}{\rho_s}, \frac{\rho_w}{\rho_s}, \frac{d_{50}}{H}, \frac{g}{a}, \frac{z}{H}, \theta\right) = 0 \quad (2)$$

Tip I ve II beton blokları düz ritim duvarlarının sarsma deneylerinde ivme, toprak basıncı, boşluk suyu basıncı, konum değişimleri farklı konumlarda ölçülmüştür.

Her biri 10 cm yüksekliğe sahip 6 adet bloktan oluşan 60 cm yüksekliğindeki Tip I ve Tip II ritim modelleri, taban ivmesi (AC1) ve beton blok modellerin üzerindeki ivme kayıtları sırasıyla tabandan itibaren blok sayılarına göre (i: 2, ..., 7) AC2, AC3, AC4, AC5, AC6, AC7 ivme ölçerleri olmak üzere 2 farklı sinüzoidal harmonik yüklemeye tabi tutulmuştur. Sarsma deneylerinden zamana bağlı olarak 20 s boyunca ölçüm sonuçları elde edilmiştir. Şekil 4’de taban ivmesi kaydına ait bir örnek görülmektedir. Elde edilen ölçümlerden MATLAB yazılımı yardımıyla her ivme kaydına ait ortalama ivme (a_{ort}) değerleri belirlenmiştir. Beton blokların üzerindeki ivme değişimlerinde oluşan büyütme (A) her blok üzerindeki ortalama ivmenin (a_{ort}) taban ivmesine oranıyla ifade edilmiştir. İvme büyütme Çizelge 2’de görülmektedir.



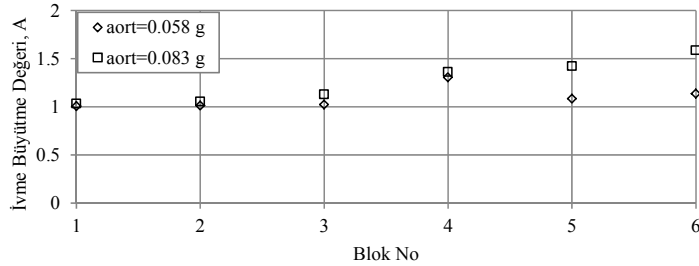
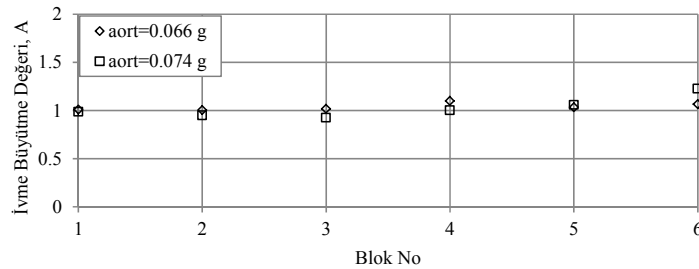
Şekil 4. Deney no:1, $f=3$ Hz taban ivmesi, $a_{ort}=0.058$ g

İvme büyütme grafiksel ifadesi ise Şekil 5 ve 6’da Tip I ve II düz blokları modeller için sırasıyla verilmiştir. Şekiller incelendiğinde tabandan üst bloklara doğru ivme büyütmesinin genellikle arttığı görülmektedir. Tip I modeli için ivme büyütmesinin artan ivme ile de arttığı görülmektedir. O halde üst bloklar daha büyük ivme etkisinde kalmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan geri dolgu malzemesinin yüksek geçirimsizliğe sahip olması dolayısıyla, dinamik yüklem sırasında aşırı boşluk suyu basıncı gelişimi göz ardı edilebilir seviyede kalmıştır ve bu nedenle aşırı boşluk suyu basıncı oranının yaklaşık sıfır değerini aldığı görülmüştür.

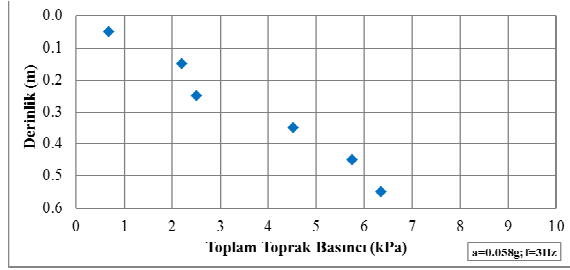
Çizelge 2. Birinci ve ikinci tip düz bloklı model blokları için ivme ve ivme büyütme

Tip I Bloklı Model					Tip II Bloklı Model				
Deney No	Frekans (Hz)	İvme Ölçer No	a _{ort} (g)	A (-)	Deney No	Frekans (Hz)	İvme Ölçer No	a _{ort} (g)	A (-)
1 (G100-3)	3	AC1	0.058	-	1 (G100-3)	3	AC1	0.066	-
		AC2	0.058348	1.006			AC2	0.066528	1.008
		AC3	0.058696	1.012			AC3	0.066264	1.004
		AC4	0.059218	1.021			AC4	0.06699	1.015
		AC5	0.07569	1.305			AC5	0.072534	1.099
		AC6	0.062698	1.081			AC6	0.068112	1.032
		AC7	0.065772	1.134			AC7	0.070158	1.063
3 (G25-8)	7	AC1	0.085739	-	3 (G25-8)	7	AC1	0.074	-
		AC2	0.087399	1.033			AC2	0.073	0.984
		AC3	0.093541	1.053			AC3	0.070	0.947
		AC4	0.112797	1.127			AC4	0.068	0.923
		AC5	0.118026	1.359			AC5	-	-
		AC6	0.131472	1.422			AC6	0.078	1.057
		AC7	0.085739	1.584			AC7	0.090	1.225

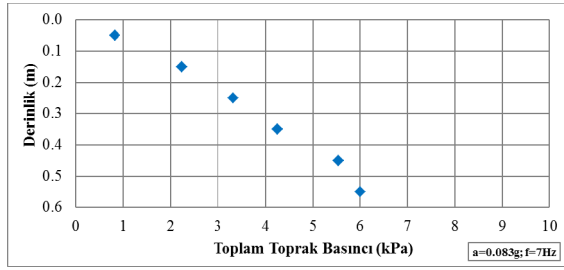
**Şekil 5.** Tip I bloklı model için ivme büyütme**Şekil 6.** Tip II bloklı model için ivme büyütme

Blok modellerin arkasındaki geri dolgu malzemesinin uyguladığı basınç miktarlarının belirlenmesi amacıyla toplam 60 cm yüksekliğindeki duvarı oluşturan 6 adet bloğun her birinin arkasına basınç ölçer yerleştirilmiştir. Böylece her bloğa tesir eden geri dolgunun uyguladığı toplam toprak basıncı kayıt edilmiştir. Şekil 7 ve 8'de toplam toprak basıncının derinlikle değişimi yüzeyde lineer olarak artarken tabana yakın bölgede üçgen dağılımdan sapmalar görülmektedir. Bunun nedeni, geridolgu malzemesinde meydana gelen kemerlenme etkisi sebebiyle, ek bir kayma direncinin oluşmasıdır ve bu durum, serbest hareketin engellenmesine

sebepler olmaktadır. Sonuç olarak, yapıda gelişen göreceli hareketlilik ile yapı-zemin etkileşimi, geri dolgudaki yatay toprak basıncı dağılımının yeniden şekillenmesine neden olmaktadır.

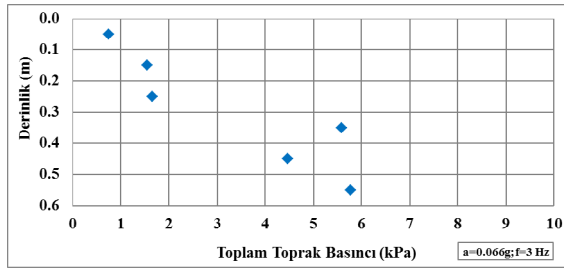


(a) Tip I Deney no:1, $f=3$ Hz taban ivmesi

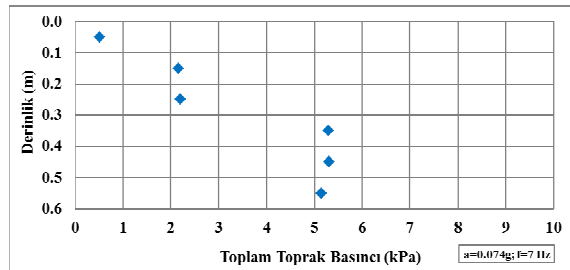


(b) Tip I Deney no:3, $f=7$ Hz taban ivmesi

Şekil 7. Tip I bloklu modelde toplam toprak basıncı dağılımı



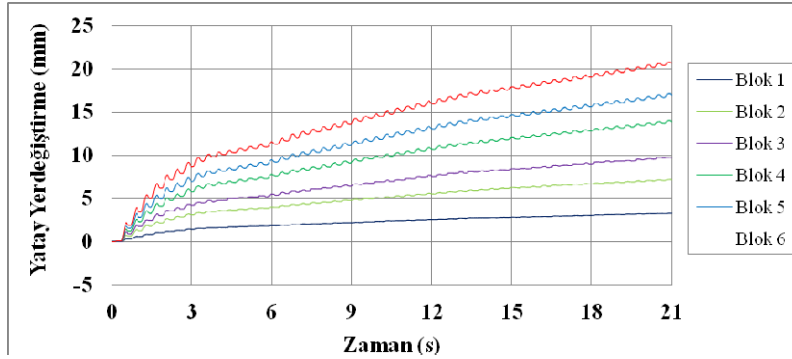
(a) Tip II Deney no:1, $f=3$ Hz taban ivmesi



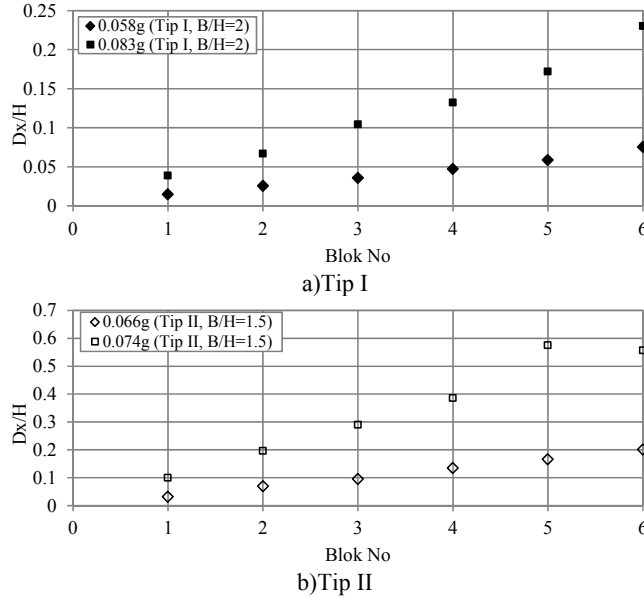
(b) Tip II Deney no:1, $f=7$ Hz taban ivmesi

Şekil 8. Tip II bloklu modelde toplam toprak basıncı dağılımı

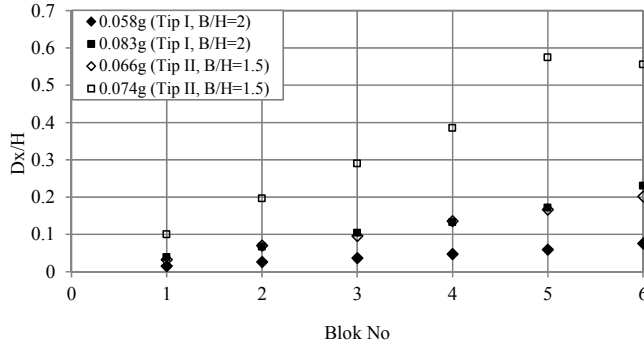
Tabandan başlayarak numaralandırılan bloklar için yatay yer değiştirmelerin zamanla değişimine Tip I için bir örnek, Şekil 9'da görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, hem tabandan yukarıya doğru hem de zamanla bloklardaki ötelenmeler büyümektedir. Her bir blok için blok yüksekliği ile boyutsuz hale getirilen yatay yer değiştirmelerin (Dx/H) iki farklı taban ivmesi ile değişimleri Şekil 10'da görülmektedir. Şekil 10a ve b'de sırasıyla Tip I ve Tip II modellerde yatay yer değiştirmelerin farklı ivme şartları için değişimleri görülmektedir. Her iki blok tipinde de ivme arttıkça yer değiştirmeler artmaktadır. Şekil 11'de ise Tip I ve II duvar modellerindeki boyutsuz yer değiştirmeler birlikte görülmektedir. Tip II'deki yer değiştirmelerin daha büyük oldukları görülmektedir.



Şekil 9. Tip I bloklu modele ait yatay yerdeğiştirmelerin tarihçesi Deney No1:

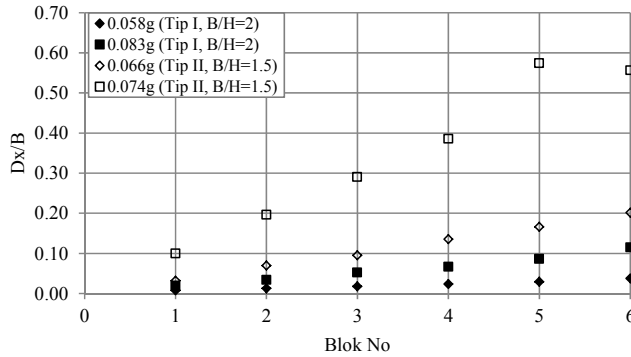


Şekil 10. Boyutsuz yatay yer değiştirmeler



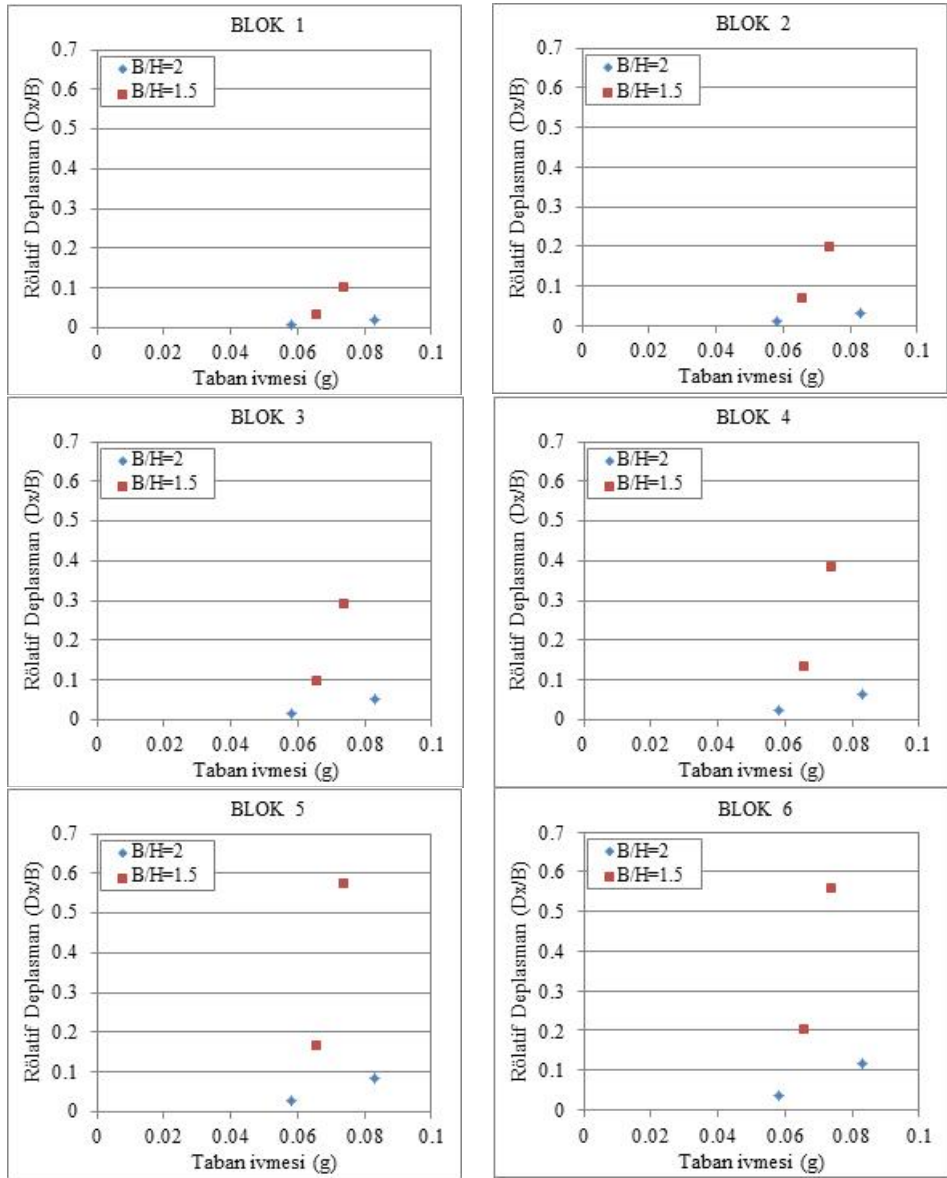
Şekil 11. Tip I ve Tip II için birlikte boyutsuz yatay yer değiştirmeler

Yine blok genişliği ile boyutsuzlaştırılmış yatay yer değiştirmeler (Dx/B) ise Şekil 12’de görülmektedir. Şekilde, Tip I modelinde büyük ivmede en üstteki 6. blokta yatay yer değiştirme blok genişliğinin % 10’u mertebelerinde iken Tip II modelinde üstteki bloklardaki yatay yer değiştirme blok genişliğinin yaklaşık % 60’ı mertebelerine ulaşmaktadır.



Şekil 12. Blok genişliğine göre boyutsuzlaştırılmış yatay yer değiştirmeler

İki tip duvar modelinde her bir blok için taban ivmesine karşılık rölatif deplasmanlar Şekil 13’de görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi hem tabandan üst bloklara doğru rölatif deplasmanlar artmakta hem de artan ivme ile artmaktadır. Tip I duvar modelinin en üst bloğunda rölatif deplasman % 10’a ulaşırken Tip II duvar modelinin en altındaki blokta % 10 rölatif deplasman meydana gelmiş olup her bir blokta % 10 artarak en üstte toplam % 60’lara ulaşmıştır.



Şekil. 13 Tip I ve Tip II duvar modellerinde blokların farklı taban ivmelerindeki rölatif deplasmanları

4. SONUÇLAR

Çalışmada iki farklı blok elemanı kullanılarak oluşturulmuş düşey duvar modellerinin iki farklı ivme etkisindeki davranışları ivme, toprak basıncı, boşluk suyu basıncı ve yatay deplasmanların dikkate alınması ile araştırılmıştır. Tüm ivme kayıtlarında tabandan üst bloklara

doğru ivme büyütmesinin genellikle arttığı görülmektedir, dolayısıyla üst blokların daha büyük ivme etkisinde kaldığı anlaşılmıştır. Kütlesi büyük olan Tip I duvar modelinde ivme büyütmeleri Tip II'ye göre daha büyük elde edilmiştir. Bu da yapının Tip I blok elemanlarının kütlesinin Tip II bloklarının kütlesinden daha büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Kullanılan geri dolgu malzemesinin yüksek geçirimsizliğe sahip olması dolayısıyla, aşırı boşluk suyu basıncı oranının yaklaşık sıfır değerini aldığı görülmüştür. Bu nedenle, dinamik yükleme sırasında aşırı boşluk suyu basıncı gelişimi göz ardı edilebilir seviyede kalmış olup sisteme herhangi bir etkisi olmamıştır. Toplam toprak basıncının derinlikle değişimi yüzeyde lineer olarak artarken tabana yakın bölgede üçgen dağılımdan sapmalar görülmüş ve bunun nedeni, geridolgu malzemesinde meydana gelen kemerlenme etkisi sebebiyle oluşan ek kayma direncinin serbest hareketi engellemesi şeklinde açıklanabilmektedir.

Duvarların blok elemanlarının mutlak yer değiştirmeleri incelendiğinde hem tabandan yukarıya doğru hem de zamanla bloklardaki ötelenmelerin büyüdüğü izlenmiştir. Ancak boyutsuz yer değiştirmeler karşılaştırıldığında Tip II modelinde rölatif yer değiştirmeler daha büyük olmuştur. Bunun nedeni hem Tip II modelindeki blok kütlelerinin hem de sürtünme yüzeyinin küçük olması ve dolayısıyla deprem etkisine karşı yeterince direnç gösterememiş olmasıdır.

Acknowledgments / Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 113M426 numaralı proje ile desteklenmiştir.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Kohama, E., Miura, K., Yoshida, N., Ohtsuka, N. ve Kurita, S., "Instability of Gravity Type Quay Wall Induced by Liquefaction of Backfill During Earthquake", *Soils and Foundations*, 71-83, 1998.
- [2] Miura, K., Kohama, E., Inoue, E., Ohtsuka, N., Sasajima, T., Hayashi, T. ve Yoshida, N., "Behaviour of Gravity Type Quay Wall During Earthquake Regarding Dynamic Interaction Between Caisson and Backfill During Liquefaction", *12WCCE 2000*, Japan.
- [3] Kim, S.R., Kwon, O.S. ve Kim, M.M., "Evaluation of Force Components Acting on Gravity Type Quay Walls During Earthquakes", *24*, 2004, 858-866.
- [4] Nakahara, T., Kohama, E., ve Sugano, T., "Model Shake Table Test on Seismic Performance of Gravity Type Quay Wall with Different Foundation Ground Properties", *13th World Conference on Earthquake Engineering*, 1-6 Ağustos 2004, Kanada.
- [5] Mohajeri, M., Ichii, K. ve Tamura, T., "Experimental Study on Sliding Block Concept for Caisson Walls", *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 134-142, 2004.
- [6] Kim, S.R., Jang, I.S., Chung, C.K. ve Kim, M.M., "Evaluation of Seismic Displacement of Quay Walls", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 25, 451-459, 2005.
- [7] Towhata, I., Alam, J., Honda, T. ve Tamate, S., "Model Teston Behaviour of Gravity-Type Quay Walls Subjected to Strong Shaking", *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, 42(1): 47-56, 2009.
- [8] Sadrekarimi, A. ve Asce, A.M., "Seismic Displacement of Broken Back Gravity Quay Walls", *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 75-84, 2011.
- [9] Iai, S., "Similitude For Shaking Table Tests on Soil-Structure-Fluid Model in 1-G Gravitational Field", *Soils Found*, 1989, 105-118.