

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEKLİ PERFORE KIYI DUVARLARINDA HİDROLİK
PERFORMANS**

Çevre Müh. Bahar ÖZÖĞÜT

**FBE İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Kıyı ve Liman Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Esin Çevik

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	iii
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KIYI KORUMA YÖNTEMLERİ VE TASARIM PARAMETRELERİ.....	3
2.1 Yapısal Kıyı Koruma Yöntemleri.....	3
2.2 Kıyı Duvarları.....	6
2.2.1 Kıyı Duvarı Türleri	7
2.3 Yapısal Olmayan Kıyı Koruma Yöntemleri	12
2.4 Kıyı Koruma Yapıları Tasarımında Etkili Parametreler	14
2.4.1 Su Seviyeleri, Gel-Git ve Kabarmalar	14
2.4.2 Dalga Şartları.....	17
3. HİDROLİK PERFORMANS PARAMETRELERİ	19
3.1 Dalga Tırmanması	20
3.2 Dalga Aşması	21
3.3 Dalga İletimi.....	23
3.4 Dalga Yansıması.....	25
3.5 Konu ile ilgili Çalışmalar	32
4. DENEY SİSTEMİ VE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ	37
4.1 Hidrolik Model Deneylerinde İzlenen Yöntem.....	39
4.2 Dalga Ölçümü.....	43
4.3 Yansıma Analizi	46
4.4 Boyut Analizi	47
5. DENEYSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	51
5.1 Yansıma Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	51
5.2 İletim Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	60
6. SONUÇLAR	73

KAYNAKLAR.....	75
İNTERNET KAYNAKLARI.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	78

|

SİMGE LİSTESİ

α	Yapı eğim açısı
ξ	Surf benzerlik parametresi
ξ_{op}	Ortalama dalga periyodu için surf parametresi
ξ_{om}	En yüksek dalga periyodu için surf parametresi
D_{n50}	Nominal taş çapı
a, b	Eğimli yapılar için Seeling (1983) tarafından verilen yansıma katsayısı için sabit sayılar
B	Bölme genişliği
B/L	Rölatif bölme genişliği
d	Su derinliği
e	Perfore yapılarda iki yatay eleman arasındaki mesafe
E_d	Kaybolan dalga enerjisi
E_i	Gelen dalga enerjisi
E_r	Yansıyan dalga enerjisi
E_t	İletilen dalga enerjisi
g	Yerçekimi ivmesi
h	Anroşman üzerindeki su derinliği
H_i	Gelen dalga yüksekliği
H_i/d	Rölatif dalga yüksekliği
H_i/L_i	Gelen dalga dikliği (yapı önündeki)
H_r/d	Rölatif yansıyan dalga yüksekliği
H_s	Belirgin dalga yüksekliği
H_t	İletilen dalga yüksekliği
H_t/d	Rölatif iletilen dalga yüksekliği
$H_t^{aşan}$	Dalga aşmasından kaynaklanan iletilen dalga yüksekliği
$H_t^{nüfuz}$	Dalğanın yapıya nüfuz etmesi ile iletilen dalga yüksekliği
$K_{aşan}$	Aşan dalga yüksekliği ile hesaplanan dalga iletim katsayısı
$K_{nüfuz}$	Yapıya nüfuz eden dalga yüksekliği ile hesaplanan dalga iletim katsayısı
K_t	İletim katsayısı
L	Dalga boyu
L_i	Gelen dalga boyu (yapı önündeki)
P	Porozite
Q	Birim duvar uzunluğu için dalga debisi, m ³ /s/m
R_c	Kret hava payı
R_c/H	Rölatif kret hava payı
R_d	Yapı üzerinde dalğanın çekilme mesafesi
RP	Yansıma parametresi
R_u	Dalga tırmanma mesafesi
R_u/H_s	Rölatif tırmanma mesafesi

s	Perfore duvarda boşluklar arasındaki mesafe
S_0	Derin deniz dalga dikliği, H_0/L_0
S_m	Dalga dikliği
T	Dalga periyodu
T_m	Ortalama dalga periyodu
T_p	En yüksek(pik) dalga periyodu

KISALTMA LİSTESİ

CEM	Coastal Engineering Manual
FFT	Fast Fourier Transform (Hızlı Frouier Dönüşümü)
MCS	Multi Chamber System (Çoklu Bölme Sistemi)
OCS	One Chamber System (Tekli Bölme Sistemi)
RP	Reflection Parameter (Yansıma Parametresi)
SSS	Sakin Su Seviyesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Taş dolgu kaplama [1]	4
Şekil 2.2 Mahmuz sistemi (Algarve, Güney Portekiz) [2].....	5
Şekil 2.3 Ardışık dalgakıranlar [3]	6
Şekil 2.4 Kıyı duvarlarının sınıflandırılması (Thomas ve Hall, 1992)	7
Şekil 2.5 Taş dolgu (a) ve rip-rap (b) kıyı duvarları (Thomas ve Hall, 1992)	8
Şekil 2.6 Beton bloklu kıyı duvarı [4]	9
Şekil 2.7 Porozitesiz eğimli kıyı duvarı [5].....	9
Şekil 2.8 Basamaklı kıyı duvarı [6]	10
Şekil 2.9 Düşey-yüzlü kıyı duvarı [7].....	10
Şekil 2.10 Kavisli-yüzlü düşey kıyı duvarı [7].....	11
Şekil 2.11 Gabion tipi bir kıyı duvarı [9]	11
Şekil 2.12 Kıyı yenileme çalışması (Keiler, 2003).....	12
Şekil 2.13 Kıyıdan uzaklaştırılan bir yapı (Keiler, 2003)	13
Şekil 3.1 Kıyı duvarı üzerinde dalga davranışı (Thomas ve Hall, 1992).....	19
Şekil 3.2 Kıyı duvarında dalganın tırmanma ve çekilme seviyesi (Thomas ve Hall, 1992)....	20
Şekil 3.3 Kıyı duvarı üzerinden aşan dalga (Thomas ve Hall, 1992)	21
Şekil 3.4 Düşey yüzlü dalgakıran için iletim katsayısı ve rölatif hava payı karşılaştırması (Goda, 2000)	24
Şekil 3.5 Tetrapod bloklu dalgakırandaki iletim katsayısı ile dalga dikliğinin karşılaştırılması (Hattori, 1975)	25
Şekil 3.6 Yansıma katsayısı ile surf parametresinin anroşmanlı ve pürüzsüz şevler için karşılaştırılması	29
Şekil 3.7 Rölatif kret yüksekliği ile yansıma katsayısının karşılaştırılması (Allsop vd., 1994)30	
Şekil 3.8 Perfore keson dalgakırandaki rölatif bölme genişliği ile yansıma katsayısının karşılaştırılması (Tanimato vd., 1976)	30
Şekil 3.9 Sayısal modelleme ile yapılan rölatif bölme genişliğinin yansıma katsayısı ile karşılaştırılması (Bennett vd.,1992).....	31
Şekil 3.10 Perfore keson dalgakıranlar için rölatif bölme genişliği ile yansıma katsayısının karşılaştırılması (Allsop ve Hettiarachchi, 1988)	32
Şekil 3.11 Tekli bölme sistemi (a) ve çoklu bölme sistemi (b) şemaları (Bergmann ve Oumeraci, 1999)	33
Şekil 3.12 Bergmann ve Oumeraci (1999) deneylerinde kullandıkları perfore duvarın porozitesinin ve dalga kanalının şematik gösterimi	33
Şekil 3.13 Farklı araştırmacıların porozite ile dalga iletimi arasındaki ilişkiyi tanımladıkları yaklaşımlar (Bergmann ve Oumeraci, 1999).....	34
Şekil 3.14 Tekli perfore duvarların hidrolik performansının yansıma parametresi, RP ile karşılaştırılması (Bergmann ve Oumeraci, 1999)	35
Şekil 3.15 Kazıklı düşey-yüzlü duvarın a) yandan görünüş b) önden görünüş şeması	36
Şekil 4.1 Dalga kanalının genel görünümü	37
Şekil 4.2 Dalga kanalının şematik gösterimi.....	38
Şekil 4.3 %20 poroziteli perfore duvar modeli	39
Şekil 4.4 %26 poroziteli perfore duvar modeli	40
Şekil 4.5 %40 poroziteli perfore duvar modeli	40
Şekil 4.6 Perfore duvarda porozite hesabı şeması (birimler cm).....	41
Şekil 4.7 Dalga ölçümleri için kanala yerleştirilen problemlerin konumları	43
Şekil 4.8 Dalga ölçümlerinde kullanılan dalga monitörü	44
Şekil 4.9 Dalga ölçüm sisteminin genel şeması	44
Şekil 4.10 HRWaveData programının çalışma ekranı	45
Şekil 4.11 %26 poroziteli duvarın kullanıldığı deneyden bir görünüm.....	46

Şekil 5.1 %20 poroziteli düşey duvar için gelen dalga yüksekliğine karşılık yansıyan dalga yüksekliği	52
Şekil 5.2 %26 poroziteli düşey duvar için gelen dalga yüksekliğine karşılık yansıyan dalga yüksekliği	52
Şekil 5.3 %40 poroziteli düşey duvar için gelen dalga yüksekliğine karşılık yansıyan dalga yüksekliği	53
Şekil 5.4 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı gelen dalga yüksekliğine karşılık yansıyan dalga yüksekliği.....	53
Şekil 5.5 %20 poroziteli duvar için rölatif dalga yüksekliğine karşılık yansımaya katsayısı	54
Şekil 5.6 %26 poroziteli duvar için rölatif dalga yüksekliğine karşılık yansımaya katsayısı	55
Şekil 5.7 %40 poroziteli duvar için rölatif dalga yüksekliğine karşılık yansımaya katsayısı	55
Şekil 5.8 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı rölatif dalga yüksekliğine karşılık yansımaya katsayısı	56
Şekil 5.9 Rölatif dalga yüksekliğine karşılık periyot değişimlerinin gösterildiği yansımaya katsayıları (%20 Porozite)	57
Şekil 5.10 %20 poroziteli düşey duvar için yerel dalga dikliğine karşılık rölatif yansıyan dalga yüksekliği	58
Şekil 5.11 %26 poroziteli düşey duvar için gelen dalga dikliğine karşılık rölatif yansıyan dalga yüksekliği	58
Şekil 5.12 %40 poroziteli düşey duvar için gelen dalga dikliğine karşılık rölatif yansıyan dalga yüksekliği	59
Şekil 5.13 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı gelen dalga dikliğine karşılık rölatif yansıyan dalga yüksekliği.....	59
Şekil 5.14 %20 porozite için gelen dalga yüksekliğine karşılık iletilen dalga yüksekliği.....	60
Şekil 5.15 %26 porozite için gelen dalga yüksekliğine karşılık iletilen dalga yüksekliği.....	61
Şekil 5.16 %40 porozite için gelen dalga yüksekliğine karşılık iletilen dalga yüksekliği.....	61
Şekil 5.17 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı gelen dalga yüksekliğine karşılık iletilen dalga yüksekliği.....	62
Şekil 5.18 %20 porozite için rölatif dalga yüksekliğine karşılık iletim katsayısı	63
Şekil 5.19 %26 porozite için rölatif dalga yüksekliğine karşılık iletim katsayısı	64
Şekil 5.20 %40 porozite için rölatif dalga yüksekliğine karşılık iletim katsayısı	64
Şekil 5.21 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı rölatif dalga yüksekliğine karşılık iletim katsayısı	65
Şekil 5.22 Rölatif dalga yüksekliğine karşılık periyot değişimlerinin gösterildiği iletim katsayıları (%20 porozite)	66
Şekil 5.23 Yapının porozitesine karşılık dalga iletiminin önceki çalışmalarla karşılaştırılması	67
Şekil 5.24 %20 poroziteli düşey duvar için dalga dikliğine karşılık rölatif iletilen dalga yüksekliği	68
Şekil 5.25 %26 poroziteli düşey duvar için gelen dalga dikliğine karşılık rölatif iletilen dalga yüksekliğine.....	68
Şekil 5.26 %40 poroziteli düşey duvar için dalga dikliğine karşılık rölatif iletilen dalga yüksekliği	69
Şekil 5.27 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı dalga dikliğine karşılık rölatif iletilen dalga yüksekliği.....	69
Şekil 5.28 Tekli perfore duvarların yansımaya ve iletim enerjilerinin yansımaya parametresiyle karşılaştırılması	70
Şekil 5.29 Tekli perfore duvarların yansımaya ve iletim enerjilerinin bu çalışma için elde edilen yansımaya parametresiyle karşılaştırılması.....	71

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Kırılma tiplerine göre ζ değerleri	21
Çizelge 3.2 Yapı türlerine göre yaklaşık yansımaya katsayıları (Goda, 2000)	27
Çizelge 3.3 Yansımaya katsayısı için farklı araştırmacıların tanımladığı sabit katsayılar (CEM, 2003).....	28
Çizelge 4.1 Deneylerde kullanılan dalga karakteristikleri	42
Çizelge 4.2 Yapılan deneysel çalışmadaki etkili parametreler.....	48
Çizelge 5.1 Perfore duvarlar için hesaplanan yansımaya parametreleri.....	72

ÖNSÖZ

Perfore düşey duvarlarda hidrolik performansın araştırıldığı bu çalışmanın ilerideki çalışmalar için faydalı olmasını ümit ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında yakından ilgilenerek her konuda destek olan ve değerli zamanını, tecrübelerini paylaşan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Esin Çevik'e en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimi ve tez çalışmaları boyunca yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Yalçın Yüksel'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışması boyunca her konuda destek olan ve laboratuvar çalışmalarını birlikte yürüttüğümüz arkadaşım Tolga Ok'a çok teşekkür ederim. Bu çalışma süresince yardım ve desteklerini esirgemeyen başta Berna Ayat, Kubilay Cihan ve Mehmet Öztürk olmak üzere tüm hidrolik programı araştırma görevlilerine çok teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmaları sırasındaki yardımlarından dolayı Hidrolik ve Kıyı-Liman Laboratuvarı Teknisyeni Gazi Kurt'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince her türlü yardım ve desteği göstererek yanımda olan Sonat İdi'ye, yakın arkadaşım Nergis Yeşildal'a ve diğer tüm dostlarıma minnetlerimi sunarım. Son olarak maddi-manevi her türlü fedakarlığı göstererek beni bugünlere getiren ve her zaman destekleyen annem Sevinç Özöğüt, babam Mustafa Özöğüt ve kardeşim Uğurcan Özöğüt'e sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Kıyı koruması için kullanılan en yaygın yapı tiplerinden biri olan kıyı duvarları, korudukları alanda genellikle erozyon ve su baskınını önlemek ve dalga etkilerinin duvarın arka tarafına geçmesini engellemek amacıyla kullanılmaktadırlar. Bu amaç doğrultusunda inşası için daha az yer, malzeme ve zaman gerektiren düşey kıyı duvarları tercih edilmektedir. Fakat bu duvarların düşey ve geçirimsiz yapıları duvar önünde gelen dalgaların şiddetli yansımalar oluşturmalarına sebep olmaktadır. Bu durum liman girişlerinde küçük teknelerin manevralarını, yanaşma hareketlerini ve liman içindeki yolcu/yük indirip bindirme gibi faaliyetleri zorlaştırmaktadır. Ayrıca yapı önündeki yansımalarından dolayı düşey duvarın topuk kısmında oyulmalar dolayısıyla da erozyon meydana gelebilmektedir. Düşey kıyı duvarlarının bu olumsuz etkilerini önlemek amacıyla perfore kıyı duvarları tercih edilmektedir.

Bu çalışmada tekli perfore düşey duvarların hidrolik performanslarında dalga yansıması ve iletimini araştırmak amacıyla bir dizi deneysel yapılmıştır. Deneyler düzenli dalga koşullarında yapılmış ve dalga aşmasına müsaade edilmemiştir. Yapı porozitesini sağlayan boşluklar dairesel olarak seçilmiştir. %20, %26, %40 poroziteli olmak üzere üç farklı perfore duvar modeli ile çalışılmıştır.

Deneysel çalışma sonucunda düşey perfore duvarlarda yansıma ve iletim verimliliğinde rölatif dalga yüksekliği ve yapı porozitesinin en etkili parametreler olduğu sonucuna varılmıştır. Her üç duvar karşılaştırıldığında %40 poroziteye sahip duvarda en düşük yansıma ve en yüksek iletim elde edilmiştir. Dalga yüksekliklerinin artmasıyla yansımanın arttığı görülmüştür. Dalga yansıması ve iletimin dalga periyodundan bağımsız olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Tekli perfore düşey duvarlar, hidrolik performans, dalga yansıması, dalga iletimi

ABSTRACT

Seawalls are one of the most commonly used protection structures along the coastal areas. The main benefits to coastal protection occurs as preventing the site from erosion, flooding and corruptive wave action. Therefore vertical seawalls are highly preferred considering the requirements that of they need less space, material and construction time. However, due to vertical and permeable front surface, strong reflection of incoming waves are effective on structure which may cause inevitable problems. Furthermore, reflection of waves causes navigation problems for vessels and worsens mooring conditions, cargo/passenger movements in the harbour basins. Besides there may be scour risk at structure toe and also erosion because of the wave reflections. In order to resolve these problems perforated structures have been preferred.

In this study, in order to investigate the hydraulic performance of single perforated vertical walls against reflection and transmission, a series of experiments have been performed. The tests have been carried out under regular wave conditions and wave overtopping is neglected. Circular holes have been used to reflect the porosity of the structure. The perforated wall models have three different porosities in order of 20%, 26% and %40.

Consequently, tests have revealed that the most effective parameters for the reflection and transmission performance of the perforated vertical walls are the relative wave height and the structure porosity. Comparing the three different models, 40% of porosity came out with the higher reflection and lower transmission ratios. It's realized that due to the increasing wave heights wave reflection also inceases. The wave period has no relation with the wave reflection and transmission.

Key words: Single perforated vertical walls, hydraulic performance, wave reflection, wave transmission

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun geçim ve yaşam kaynağı olan kıyı alanları, doğal süreçler ve insanların sebep olduğu etkilerden dolayı hasar görmektedir. Bu hasarlar sonucunda doğal dengenin bozulması ile yine insanlar zarar görmektedir. Son yıllarda su seviyelerinde ve fırtına oluşum oranlarındaki artış ile birlikte dalga etkilerine karşı korunmayı sağlayan kıyı yapıları giderek önem kazanmaktadır. Kıyı alanlarında yaşayan insanların da gün geçtikçe bilinçlenmesi sonucu kıyı yapılarının tasarımında, daha güvenilir yöntemler kullanılması için çaba gösterilmektedir.

Kıyı alanlarının erozyon ve su baskını gibi istenmeyen etkilere karşı korunabilmesi için temel olarak yapısal ve yapısal olmayan şeklinde iki tür çözüm bulunmaktadır. Yapısal koruma yöntemleri, problemle birebir mücadele edilen, doğrudan çözümler üretilen ve bir yapı inşasının söz konusu olduğu koruma yöntemleridir. Bunlar mahmuz, dalgakıran, kaplama, kıyı duvarı gibi yapıların inşasını içermektedir. Bu tür koruma yöntemlerinin ortak amacı, koruma yapısının arkasında bulunan kara alanını su baskını ve erozyon etkilerine karşı korumak ya da liman yapılarında olduğu gibi deniz alanını dalga etkilerinden koruyarak içerideki faaliyetlerin güvenle gerçekleştirilmesini sağlamaktır.

Bu amaçla kullanılan yapısal kıyı koruma yöntemlerinden biri olan düşey kıyı duvarları, dalga ile yapı etkileşiminin doğurduğu bir takım hidrolik etkiler meydana getirmektedir. Özellikle liman yapılarında kullanılan düşey kıyı duvarlarında yaşanan en önemli problem yapının düşey olmasından kaynaklanan dalga yansıma etkileridir. Düşey duvardan yansıyan dalgalar duvar önünde çalkantıya sebep olarak kırılan ve çok dik dalgaların olduğu düzensiz bir deniz durumu yaratmaktadır. Duvar önündeki bu düzensiz durum dalgaların yapı üzerinden aşarak duvarın arka tarafına geçmesine sebep olabilmektedir. Özellikle yoğun dalga hareketlerinin istenmediği bir liman alanında, dalga yansımaları liman girişlerinde çalkantıya sebep olarak küçük teknelerin manevralarını ve liman içerisindeki yük/yolcu indirip-bindirme faaliyetlerini de güçleştirecektir. Ayrıca dalga yansıması sonucunda kıyı duvarı önündeki tabanda oyulmalar meydana gelerek erozyon oluşabilmektedir.

Düşey kıyı duvarlarının bu tür olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla alternatif uygulama yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlardan biri olan perfore kıyı duvarları ile dalganın yapıdan geçmesine izin vererek dalga yansımasını azaltmak ve duvar önündeki çalkantılı deniz

durumunu en aza indirmek amaçlanmaktadır. Perfore duvarların faydalı etkileri řu şekilde özetlenebilir;

- Ulaşım ve malzeme maliyetleri düşüktür
- Yapı önündeki su seviyesi salınımlarını azaltır ve böylece dalga tırmanması ve dalga aşması gibi olayları en aza indirilir.
- Yapı topuğunda oyulma riski azalır.
- Manevra alanının çok geniş olmadığı limanlarda ve yanaşma yerlerinde kullanılabilir.

Bu çalışmada tekli perfore düşey duvarların dalga yansıması ve iletimini inceleyen hidrolik performans ölçümü deneyleri gerçekleştirilmiştir. Hidrolik performans parametreleri olarak yansıma ve iletim dikkate alınmış ve yapılan ölçümlerde dalga aşmasına müsaade edilmemiştir. Yapı porozitesini sağlayan boşluklar dairesel olarak seçilmiş ve duvar önündeki yansıma ile duvar arkasındaki dalga iletimi ölçülmüştür. %20, %26, %40 poroziteye sahip olmak üzere üç farklı perfore duvar modeli ile çalışılmış ve bunların hidrolik performansları karşılaştırılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. KIYI KORUMA YÖNTEMLERİ VE TASARIM PARAMETRELERİ

Kıyı yapılarını erozyon veya su baskınının sebep olacağı risklerden korumak ve kıyıların görseelliğini muhafaza etmek ya da iyileştirmek amacıyla çeşitli kıyı koruma yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlar kıyı duvarları, kaplamalar, mahmuzlar, kıyı yenileme çalışmaları ve kumulların stabilizasyonu gibi faaliyetlerdir. Bu yöntemlerin etkili olması koruma şeklinin bölgedeki kıyı faaliyetlerine uyumlu olmasına bağlıdır.

Kıyı koruma yöntemlerini iki ana başlık altında toplamak mümkündür.

- a) *Yapısal korumalar*; problemin çözümüne yönelik bir yapı inşasının söz konusu olduğu koruma yöntemleridir.
- b) *Yapısal olmayan korumalar*; problemin yol açabileceği olumsuz etkilerin iyileştirilmesini amaçlayan ve ilgili bir yapının söz konusu olmadığı çözümlerdir.

2.1 Yapısal Kıyı Koruma Yöntemleri

Yapısal kıyı koruma yöntemlerinin kullanım amaçları birbirine çok benzemekle birlikte, kullanıldıkları yerlere ve yapım şekillerine göre birbirlerinden ayrılırlar. En çok kullanılan yapısal koruma tipleri aşağıda açıklanmaktadır.

Kaplamalar (Revetments)

Kıyı çizgisinin doğal profiline benzer bir şekilde eğimli olarak kıyıya paralel inşa edilen kıyı koruma yapılarıdır. Kıyıya dik gelen dalgaların enerjisini kırarak, kıyı eğimini ve kıyı çizgisinin mevcut kullanım alanını korumak amacıyla yapılırlar. Kaplamalar koruma tabakası, filtre ve topuk olmak üzere üç ana bileşenden oluşurlar. Şekil 2.1' de taş dolgu bir kaplama yapısı görülmektedir. Kaplamanın koruma tabakası dalgalara karşı koruma sağlarken, filtre tabakası alt zeminin yıkanmasını engellemektedir. Topuk kısmı ise deniz tarafına doğru olabilecek deplasmanı engellemektedir. Koruma tabakası rijit veya esnek olarak inşa edilebilir (Yüksel, 2005).



Şekil 2.1 Taş dolgu kaplama [1]

Mahmuzlar

Mahmuzlar kıyı ile bağlantılı olarak tasarlanan en eski ve en yaygın kıyı stabilizasyon yapılarından biridir. Dalga ve akıntı sebebiyle kıyı boyunca hareketli olan kumu tutarak daha geniş bir plaj ya da yeni bir plaj oluşturulmasına yönelik olarak kullanılırlar. Kıyıya dik ya da hemen hemen dik sıralanmış doğrusal yapılardır. Belli bir amaca yönelik tekil olarak kullanılabildikleri gibi çoğunlukla bir mahmuz sistemi dahilinde çoklu olarak yapılması tercih edilmektedir (Şekil 2.2).

Bu yapılar kıyı boyu katı madde hareketini kontrol ederek, yapının yukarı kıyı bölgesinde kumun tutulmasını sağlarlar. Ancak yapının aşağı kıyı tarafında istenmeyen erozyona sebep olabilirler. Bu yapıların yukarı kıyı bölgesinde yapay plajlar oluşur. Kıyıya dik katı madde taşınımı, mahmuzların inşa edildiği bölgedeki katı maddenin erozyona uğramasına sebep olur. Bu nedenle yüksek eğimli kıyılarda, mahmuzlar kıyıların korunmasına etkili olmamaktadır (Yüksel, 2005).



Şekil 2.2 Mahmuz sistemi (Algarve, Güney Portekiz) [2]

Ardışık Dalgakıranlar

Dalgakıranlar, gemilerin emniyetli olarak barınmaları, liman faaliyetlerinin yürütülmesi, limanların kumlanmaya ve kıyının erozyona karşı korunması gibi amaçlarla inşa edilirler. Kıyılara ya da korudukları alanlara etkiyen dalga enerjisini belli miktarda azaltan kıyıya paralel ve/veya dik yapılardır. Dalgakıranlar genellikle dalga aşmasını azaltmak amacıyla çeşitli tipte beton bloklar ya da taş dolgulardan oluşmaktadır.

En çok bilinen kıyı koruma amaçlı dalgakıran tiplerinden biri olan ardışık dalgakıranlar, kıyıdan belli bir mesafe açıkta ve kıyıya paralel olarak inşa edilen kısa ve birbirinden ayrık yapılardır (Şekil 2.3). Ardışık dalgakıranlar kıyıya ulaşan dalga enerjisini azaltmaya çalışırlar ve bunu yaparken aşağıdaki etkileri gösterirler;

- ✓ Dalgakıranların gerisinde görülen katı madde taşınımını azaltmak
- ✓ Katı maddenin açık denize taşınımını azaltarak kıyının yenilemesini sağlamak veya kıyılardaki kayıp oranını azaltmak
- ✓ Kıyıya ulaşan dalga yüksekliklerini azaltmak
- ✓ Dalgakırana doğru uzanan bir plaj oluşturmak
- ✓ Üstten aşmaya izin vererek su kalitesini yüksek tutmak

Ardışık dalgakıranlar pahalı olmayan mevcut malzemelerden imal edilebilirler fakat kıyı ile bağlantıları olmadığı için inşaat maliyetleri yüksek olabilir. Bu yüzden geçici destek yapılarına ihtiyaç duyulabilmektedir (Yüksel, 2005).



Şekil 2.3 Ardışık dalgakıranlar [3]

2.2 Kıyı Duvarları

Kıyı duvarları tarih boyunca kıyı koruma amacıyla kullanılan en yaygın yöntemlerdendir. Kara ve su alanlarını ayıran ve kıyı çizgisine paralel yapılan düşey yapılardır. Kıyı duvarları, plaj gerisindeki kara alanını erozyon ve su baskını etkilerinden korumak amacıyla kıyı boyunca inşa edilirler.

Kıyı duvarları, etkileşim içinde oldukları kıyı önü ile kıyaslandığında sert (masif) yapılar olarak tanımlanabilirler. Hem kıyı faaliyetlerine etkileri hem de görsel ve estetik açıdan kıyı çizgisi üzerinde önemli bir etkiye sahiptirler. Bu tip yapılar beton blokluk veya taş dolgu şeklinde oluşturulabilirler (Allsop vd., 2003).

Düşey ya da düşeye yakın bir eğime sahip kıyı duvarları dalga enerjisinin yansımaya yol açarak, duvar önünde artan yörüngesel hızlar sebebiyle erozyona sebep olmaktadır. Bu sebeple kıyı duvarı topuğunun oyularak hasar görme olasılığı olduğundan, topuk kısmı korumalı olarak inşa edilmelidir. Eğimli yapılar dalga enerjisini sönmölendirecek biçimde yapılsalar dahi, kum tabanda erozyon görülebilir. Ayrıca dalga aşması meydana geldiği durumlarda duvar gerisinde de erozyon meydana gelebilir. Dalga enerjisini sönmölendirerek,

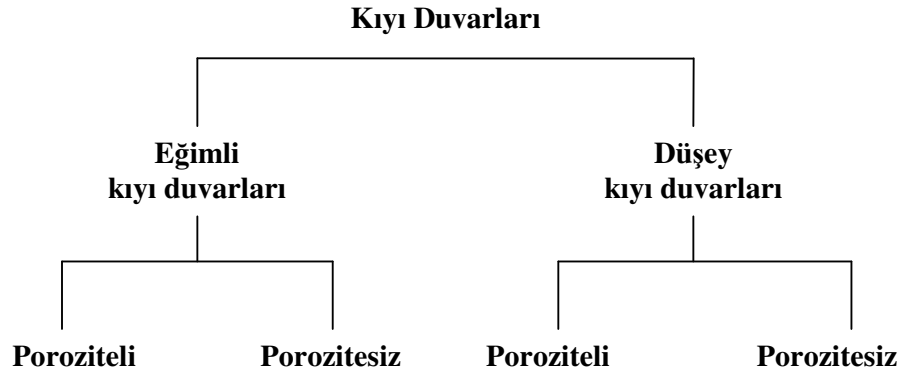
yansımayla karşı koyabilecek, biçimde eğimli ya da basamaklı bir yüzey oluşturulmalıdır (Yüksel, 2005).

2.2.1 Kıyı Duvarı Türleri

Kıyı duvarları 4 ana başlık altında sınıflandırılabilir.

- Eğimli kıyı duvarları; 45° 'den büyük açılı eğime sahip duvarlar
- Düşey kıyı duvarları; 45° 'den küçük açılı eğime sahip dik duvarlar
- Poroziteli duvarlar; dalga hareketlerine karşı geçirimli bir yüzeye sahip duvarlar
- Porozitesiz duvarlar, dalga hareketlerine karşı geçirimli olmayan bir yüzeye sahip duvarlar

Kıyı duvarları sınıflandırmasında gözenekli ve gözenekli olmayan ayrımı sadece dalga geçirgenliğini belirtmek için kullanılmaktadır. Buna göre kıyı duvarlarının sınıflandırılması şematik olarak Şekil 2.4'de gösterilmektedir.



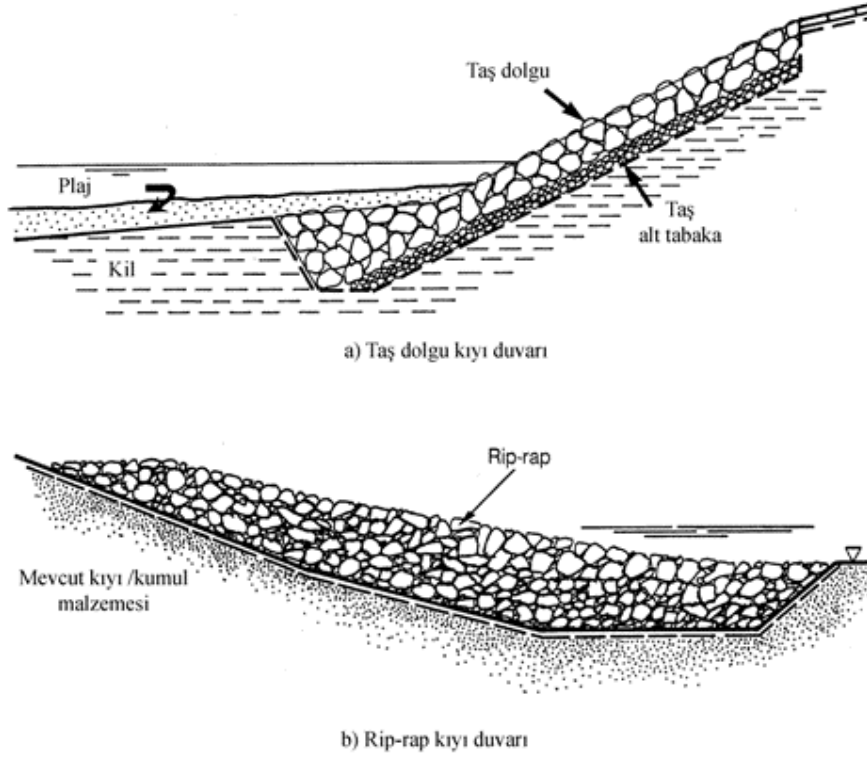
Şekil 2.4 Kıyı duvarlarının sınıflandırılması (Thomas ve Hall, 1992)

Kıyı duvarlarının kullanım amaçları çok benzer olmasına rağmen duvar şev açısına göre ve şev inşaatında kullanılan malzemelere göre farklılıklar göstermektedir. Burada genel olarak birkaç kıyı duvarı çeşidinden bahsedilecektir.

Eğimli ve Poroziteli Duvarlar

Taş dolgu rip-rap, beton bloklı kıyı duvarları eğimli ve poroziteli tipteki kıyı duvarları olarak gösterilmektedir.

- Taş dolgu kıyı duvarlarında, anroşmanda kullanılan taş ebatları belli bir aralıkta seçilmektedir. İnşası için uzmanlık gerektirir ve taş dolgunun bulunduğu kısımlara insanların ulaşım sağlaması zordur.
- Rip-rap (pere); bir taş dolgu kıyı duvarı türüdür. Anroşman için uygun taş temininin zor olduğu ve çok şiddetli dalgaların olmadığı bölgelerde kullanılmaktadır. Geniş bir boyut aralığında taşlar kullanılmaktadır. Bu yüzden maliyeti taş dolguya göre daha düşüktür. Şekil 2.5’de taş dolgu ve riprap (pere) kıyı duvarlarının şematik çizimi görülmektedir.



Şekil 2.5 Taş dolgu (a) ve rip-rap (b) kıyı duvarları (Thomas ve Hall, 1992)

- Beton bloklu duvarlar, anroşman olarak kullanılacak taşların bulunmasının zor ya da maliyetli olduğu bölgelerde tercih edilmektedir. Beton blokların taş dolgu yapılara göre hasara karşı dayanımları daha yüksektir. En çok kullanılan beton bloklar tetrapod, accropode, küp ve dolos olarak sıralanabilir. Beton bloklu bir kıyı duvarı örneği Şekil 2.6’da gösterilmektedir.



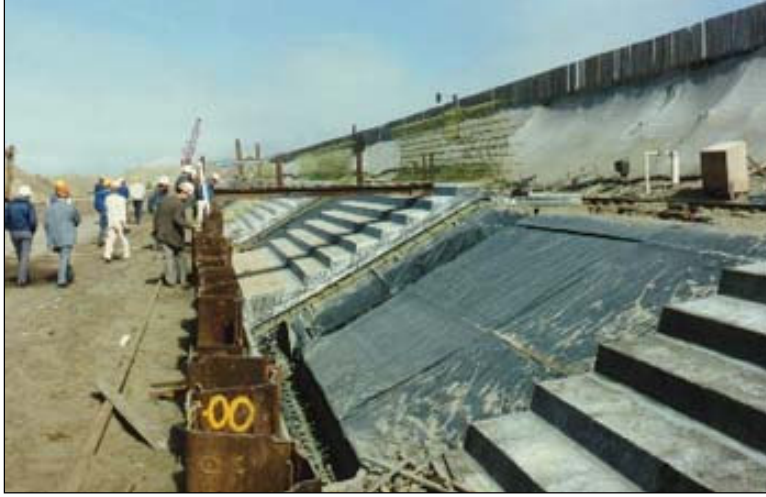
Şekil 2.6 Beton bloklu kıyı duvarı [4]

Eğimli ve Porozitesiz Duvarlar

Porozitesiz duvarlar, dalga enerjisinin sönmölendirilmesinde poroziteli duvarlar kadar etkili değildirler. Eğimli ve porozitesiz duvarlarda, yapı yüzeyinin pürüzlü olması tırmanmayı, kavisli eğimler ise yansımayı azaltmaktadır. Buna rağmen porozitesiz eğimli duvarlarda tırmanma, aşma ve yansımaya bağlı hidrolik performans, taşların kullanıldığı poroziteli eğimler kadar yüksek olamamaktadır. Plaj olarak kullanılan kıyılarda estetik görüntü bakımından taş dolgu yapılar yerine eğimli ve porozitesiz kıyı duvarları uygulamaları tercih edilmektedir. Bu tipteki kıyı duvarlarına basamaklı ve pürüzsüz eğimli tipteki duvarlar örnek olarak gösterilebilir. Şekil 2.7 ve 2.8’de sırasıyla porozitesiz ve basamaklı kıyı duvarı örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 2.7 Porozitesiz eğimli kıyı duvarı [5]



Şekil 2.8 Basamaklı kıyı duvarı [6]

Düşey ve Porozitesiz Duvarlar

Bu tür duvarlar düşey ve porozitesiz yapılarından dolayı dalgaların büyük oranda geri yansımalarını sağlamaktadırlar. Eğimli yapılar ile kıyaslandığında inşası için çok daha az yere ihtiyaç duyulmakta ve maliyet açısından daha uygun olmaktadır. Bu tür duvarlar arka taraflarında bir kaldırım ya da yol yapısı varsa aynı zamanda istinat duvarı işlevi de görmektedir. Bu tip duvarlara örnek olarak kavisli veya düz düşey duvarlar gösterilebilir (Thomas ve Hall,1992). Şekil 2.9 ve 2.10'da sırasıyla düşey-yüzlü ve kavisli-yüzlü eğimli kıyı duvarları görülmektedir.



Şekil 2.9 Düşey-yüzlü kıyı duvarı [7]



Şekil 2.10 Kavisli-yüzlü düşey kıyı duvarı [7]

Düşey ve poroziteli duvarlar

Düşey ve poroziteli duvarlar, porozitesiz duvarlara kıyasla şiddetli yansımaları azaltmada daha etkilidirler. Geçirimli olma özelliklerinden dolayı duvarın düşey yapısı yeraltı suyu akışının engellenmesinden doğacak problemleri azalmaktadır.

Sık kullanılan düşey ve poroziteli duvar tiplerinden biri gabionlardır. Gabionlar, tel ağdan sepetlerin içine doldurulan kaya parçaları ve büyük taşlardan oluşmaktadır (Şekil 2.11). Kolay bulunan malzemelerden inşa edilebilirler ve maliyeti azdır. Poroziteli yapıya sahip olmalarından dolayı dalga ve rüzgar enerjisini sönmülendirerek taş dolgu kaplamalara kısa dönemli (5-10 yıl) bir alternatif oluşturmaktadırlar. [8]



Şekil 2.11 Gabion tipi bir kıyı duvarı [9]

2.3 Yapısal Olmayan Kıyı Koruma Yöntemleri

Kıyı Yenileme

Kıyı yenileme ya da doldurma çalışmaları, başka bir yerden (harici olarak) granüler malzeme getirilmesi suretiyle kıyıların genişletilmesine veya yeniden biçimlendirilmesine yönelik faaliyetler olarak tanımlanmaktadır. Kullanılan malzemeler boyut itibarıyla kumdan, parke taşı büyüklüğüne kadar çeşitlilik göstermektedir. Ayrıca şekil, dayanıklılık, drenaj ve sıklığa bağlı bir takım özelliklerin doğru şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Kıyı yenileme faaliyetleri, yerel sorunların giderilmesi için küçük çaptaki projelerden, erozyon ve/veya su baskınına karşı koruma sağlanması gibi büyük kıyı değişimlerini içeren projelere kadar uzanmaktadır.

Gittikçe popüler olan bu yöntem kıyı erozyonu için oldukça etkin sonuçlar vermektedir. Bu yöntemde kıyı sistemi dışındaki bir kaynaktan sağlanan kum ile kıyı beslenmektedir. Kıyı yenileme çalışmasında haliç veya körfez içlerindeki kaynaklardan kum pompalanarak kıyının aktif bölgesine taşınım sağlanabilir. Taşınan kumun en azından mevcut kıyının kumu ile aynı çapta ya da daha büyük çapta olması gerekmektedir. Aksi durumda taşınan kum çok çabuk erozyona uğrayacaktır. Aşağı kıyıda yığılan ya da tutulan kumun tekrar yukarı kıyı bölgesine taşınması da mümkün olabilmektedir. Bu tip bir yenilemeye “kum geçişi” (by-pass) denir. Kıyı yenileme projelerinde, basamaklandırma, kumul stabilizasyonu, kıyı besleme gibi çeşitli uygulamalar yürütülmektedir. Şekil 2.12’de bir kıyı yenileme çalışması görülmektedir (Yüksel, 2005).



Şekil 2.12 Kıyı yenileme çalışması (Keiler, 2003)

Kumul Stabilizasyonu

Kıyı çizgisinin kara tarafındaki geri alanında kumulların bulunması, kıyının bir kum rezervine sahip olması anlamına gelir. Bu durum fırtına koşullarındaki dalga etkisinde kıyıyı erozyona karşı korumaktadır. Kumulların zaman içinde açık denize taşınması ya da kum ihtiyacını sağlamak amacıyla kumulların doğrudan taşınması ile kıyı kumulları azalabilmektedir. Kumulların varlığı mevcut bir plajın devamlılığı açısından son derece önemlidir. Kıyı alanlarında yapılaşmanın olması durumunda kumullar, yapıların kıyı erozyonundan doğrudan etkilenmesini engelleyebilirler. Kıyı yenileme projesinde, amaç daha geniş bir plaj alanı ve/veya daha kalıcı bir kumul yaratmaktır. Böylece bir yapı inşası olmadan kıyı erozyonu azaltılmış ve kıyı alanı korunmuş olmaktadır.

Kumulları koruyan ve miktarlarının artmasını sağlayan birkaç yöntem bulunmaktadır. Ağaçlandırma, koruma setleri kurulması, alana girişin engellenmesi gibi yöntemler ile rüzgarlar ile hareketlenen kumullarının tutulma ve bulundukları yerde kalmaları sağlanır. Kumul stabilizasyonu, kıyı rejiminde hem yapılaşmayı azaltmakta hem de mevcut sisteme yenileyici etkiler sağlamaktadır.

Yapıyı Geriye Taşıma (Retreat)

Geri taşıma, kıyı şeridi üzerinde aynı arazide risk altındaki bir yapının fiziki olarak yerini değiştirme ya da şiddetli hasar durumlarında, kıyı bölgesindeki yapıların tümünün geri alana taşınmasıdır. Bazı durumlarda geniş ölçekte yapılacak büyük bir kıyı koruması yatırımın ziyada, risk altındaki yapıların yerinin değiştirilmesi daha fizibil olabilmektedir. Yapıyı bulunduğu yerden taşıırken, tekrar bir gerileme olmayacağından emin olmak için, gelecekteki muhtemel kıyı çizgisinin gelişim değerlendirmesi yapılmalıdır. Şekil 2.13’de kıyıdan uzaklaştırılarak taşınan bir yapı görülmektedir.



Şekil 2.13 Kıyıdan uzaklaştırılan bir yapı (Keiler, 2003)

Müdahale Etmeme (Do Nothing)

Duruma müdahale etmeme ya da hiçbir şey yapmama yaklaşımı, kıyıdaki hareketin farklı yönlerinin değerlendirilmesi için genellikle mühendisler tarafından kullanılmaktadır. Bir erozyon problemiyle karşılaşıldığında ilk yaklaşım genellikle duruma acilen bir müdahale edilmesidir. Düşük bedel harcanarak ortaya konan çözümler, çevredeki kıyı çizgisindeki uzun dönemli olası hasarların tespitinde herhangi bir fayda sağlamamaktadır. Dolayısıyla, özellikle gelişmemiş veya maddi değeri yüksek olmayan yapıların tehdit altında olduğu bölgelerde öncelikle müdahale edilmediğinde meydana gelecek kayıplar değerlendirilmelidir. Ayrıca hasar geçici etkilerden kaynaklanıyor olabilir; bu nedenle, kalıcı bir müdahalede bulunmadan önce, bu etkilerin geçip geçmeyeceğinin bir süre beklenmesi tavsiye edilmektedir.

Bölgelere Ayırma (Zoning)

Bölgelere ayırma işlemleri, tehlikeli bölgelerde erozyon ve su baskını (taşkın) olaylarındaki gelişmeleri kontrol etmek amacıyla, hukuki kurallar çerçevesinde bölgelere ayırma ve planlama olaylarının yürütülme ve uygulama işlemlerini içermektedir. Genel olarak, öncelikle erozyon ve su baskını tehlikesi olan bölgeler belirlenir, daha sonra bu riskli bölgelerin kontrolü için çeşitli kurallar, yönetmelikler veya el kitapları gözden geçirilir.

Pek çok bölgede uygulanmakta olan ve en yaygın bölgelere ayırma kuralı, su baskını ve erozyonundan dolayı kıyıda meydana gelecek riskli gerilemelerin belirlenmesidir. Öncelikle, su seviyesi değişimi veya erozyonun sınırları tanımlanır. Su baskını olayında, 1 ile 100 yıllık bir su yükselmesi göz önünde bulundurulur. Muhtemel su baskını alanlarında yapıların yer alıp almaması ya da birtakım potansiyel hasarların hafifletilebileceğinden emin olmak için bölgelere ayırma yönetmelikleri daha sonra uygulamaya konulmaktadır.[10]

2.4 Kıyı Koruma Yapıları Tasarımında Etkili Parametreler

2.4.1 Su Seviyeleri, Gel-Git ve Kabarmalar

Bir kıyı yapısı önündeki su derinliğinin belirlenmesi, yapıyı etkileyen dalga hareketleri ve deniz tabanındaki dalga hareketi sebebiyle oluşan hareketlenme derecesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca dalga aşması ve tırmanma derecesinin yapıyı etkileyen hidrolik yükler üzerinde belirgin bir öneme sahiptir. Gel-git üzerine yapılan çalışmalar da inşaatın planlanması esnasında önem kazanmaktadır. Su seviyesi verileri aşağıdaki konuların belirlenmesinde olmaktadır:

- Kıyı faaliyetlerinin değerlendirilmesinde,
- Şev koruma tasarımı,
- Hidrolik performans,
- Yapısal tasarım,
- Maliyet tahmini,
- Yapı tasarımı,
- Kıyıdaki dalga ikliminin belirlenmesi

Su seviyeleri iki bileşenden oluşmaktadır; astronomik hareketlerinin sebep olduğu “gel-git” ve yerel hava koşullarına bağlı olan “kabarma”. Su seviyesindeki yükselmeler kabarma, düşüşler ise alçalma olarak tanımlanır.

Gel-gite bağlı değişimler gezegen hareketlerinin tekrarlı olmasından dolayı düzenli ve gerçeği yansıtır bir şekilde kaydedilebilmiştir. Fakat kabarma seviyeleri periyodik değildir, dolayısıyla da olasılık tahminine dayalı bir çalışma yapılması zorunludur. En yüksek su seviyelerinin tahmin edilen en genel ortalaması, problemli bir bölgede uzun dönemli su seviyesi verilerinin analiz edilmesiyle elde edilmektedir. Fakat böyle bir verinin bulunmadığı yerlerde, teorik bağıntılar kullanılarak su seviyeleri ve en büyük dalga seviyeleri tahminlerinin belirlenebilmesi için gel-git yükselmeleriyle bu seviyelerinin birlikte göz önüne alınması gerekebilmektedir.

Gel-git

Dünyanın büyük bir bölümünde ve özellikle İngiltere kıyılarında su seviyesindeki düzensiz değişimlere “astronomik gel-git” neden olmaktadır. Bunlara hem güneşin hem de ayın dünyanın etrafındaki günlük dönüşleri neden olmaktadır. Okyanusların yüzeyini etkileyen diferansiyel yerçekimine başlıca, yarı-günlük ve günlük olarak bilinen periyodik gel-gitler sebep olmaktadır. İngiliz sahilleri etrafındaki yarı-günlük gel-gitler, günlük bileşenlerden daha fazla görülmektedir. Dünyanın yörüngesel hareketi sonucunda oluşan gel-gitlere ilave olarak diğer periyodik hareketler de gel-git seviyelerinin değişiminde etkili olmaktadır. Bunun en belirgin şekli ay dönümünün yarı periyoduna denk gelen iki haftada bir meydana gelen “spring- neap cycle” dönümüdür.

Astronomik gel-git kuşağındaki ileri detaylar ve dinamikler “Admiralty Manual of Tides” da bulunmaktadır. Bunlar seçilen bazı limanlardaki alçak ve yüksek su seviyelerinin günlük

tahminlerini vermektedir. En yakındaki limanlar ve aralarındaki seviye farklarının hesaplanma detayları ve ikincil olarak seçilen limanlar için veriler ayrıca listelenmiştir (Besley, 1999).

Kabarmalar

Gerçek su seviyesi değişimleri, gel-git tablolarındaki tahminlerden farklılık gösterebilmektedir. Değişimler ve artışlar, okyanuslarla ilgili yerel faktörlere ve meteorolojik etkilere bağlıdır. “Surge” fırtınalarının şiddetine sadece yerel koşullar değil aynı zamanda rüzgar etkileri ve kıta yakınlarında görülen atmosfer basınçları da etki etmektedir. Büyük fırtına kabarmaları kış aylarında daha çok görülmektedir. Genellikle en yüksek astronomik gel-git seviyesi ile herhangi bir yılda tahmin edilen en büyük gel-git arasında çok az fark bulunmaktadır (1-3 cm mertebelerinde).

En yüksek su seviyelerine, kabarma ile yüksek gel-git seviyesinin birleşimleri sebep olmaktadır. Kabarmalar üç ana unsurdan oluşmaktadır;

- ✓ Atmosfer basıncında kendi ortalama değerine göre meydana gelen bir değişimin neden olduğu barometrik etki,
- ✓ *Rüzgar kabarması*, İngiliz Kanalı ve Kuzey denizi gibi sıkı denizlerde oluşan güçlü bir rüzgar deniz seviyesinde birkaç saat içerisinde fark edilir belirginlikte bir yükselmeye sebep olabilir,
- ✓ *Kara şeklinin sebep olduğu*, kabarma seviyesinin kara şekline bağlı olarak daha da yükselmesi (bir gölde su seviyesinin periyodik olarak değişmesi gibi).

Dördüncü bileşen, kıyıya doğru hareket ederken dalgaların kırılması nedeniyle surf bölgesindeki dalga kabarmasının su seviyesinde artışlara sebep olmasıdır. Diğer üç kabarma bileşenlerinde olmayan unsur su seviyesinde dalga kabarmasının sadece yerel bir etkiye sahip olmasıdır. Fiziksel modellerde kabarma miktarı da göz önünde bulundurulduğu için aşma debilerinin hesaplanmasında denklemlere ayrıca ilave edilmiştir.

Alçalmalar başlıca iki bileşenden oluşmaktadır; yüksek atmosfer basıncından kaynaklanan barometrik etki ve kıyıda açıkça doğru esen rüzgarın sebep olduğu rüzgar kabarması. Büyük kabarmalar, büyük alçalmalardan çok daha sık meydana gelmektedir. Bu nedenle herhangi bir yapının tasarımında birkaç aydan daha fazla süre kabarma olacağı dikkate alınmalıdır.

Rüzgar

Kıyı koruma yapısı tasarımında rüzgar verileri temel olarak dalga ikliminin belirlenmesinde kullanılmaktadır. İyi nitelikteki uzun dönemli yöne bağlı rüzgar verileri, benzer dalga verilerine kıyasla özellikle inşa alanı hakkında çok daha doğru bilgi vermektedir. Rüzgar verileri şu amaçlar için kullanılmaktadır:

- Tüm dalga iklim tahminleri, rüzgarın yön ve hızının saatlik kayıtları veya hız ve yön ile rüzgarın oluşma yüzdesi.
- Geçmişe yönelik en büyük dalga tahmini veya süre ve yönlerdeki en büyük hız ve rüzgarların tahmini.
- Dalga ikliminde mevsimsel değişimin değerlendirilmesi (inşaat planlanmasında), saatlik rüzgar kayıtlarının hız ve yönü veya hız ve yön ile rüzgarların oluşma yüzdelerinin mevsimsel dağılımları.

2.4.2 Dalga Şartları

Dalga şartlarının iyi bilinmesi kıyı koruma yapılarının tasarımı için hem doğrudan hem de aşağıda belirtilenlerin bilinmesi açısından gereklidir:

- ✓ Uygun olan yapı tipinin belirlenmesi
- ✓ Hidrolik performans
- ✓ Dalga yükleri
- ✓ İnşaat teknikleri ve zamanlama

Dolaylı sebepler;

- ✓ Kıyı rejimini belirlemek
- ✓ Hidrolik modeller için veri sağlamak

Dalga Kırılması

Dalga kırılması matematiksel olarak açıklanması hala zor olan bir kavramdır. Bunun bir nedeni de fiziksel yöntemlerin tam olarak anlaşılamamış olmasıdır. Bununla birlikte kırılma, dalga davranışları, katı madde taşınımı, kıyı yapılarındaki dalga kuvvetlerinin şiddeti ve sayısal modellerle sunulan dalga aşması davranışı üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Bunun için en sık kullanılan yöntem, dalgaların kendi yüksekliklerine kıyasla sınırlı bir derinliğe ulaştıklarındaki enerji kayıplarını tanımlamaktır. Ayrıca surf bölgesinde, gelen dalga koşullarının belirlenmesi için basit ve ampirik yöntemler kullanılmaktadır.

Akıntılar

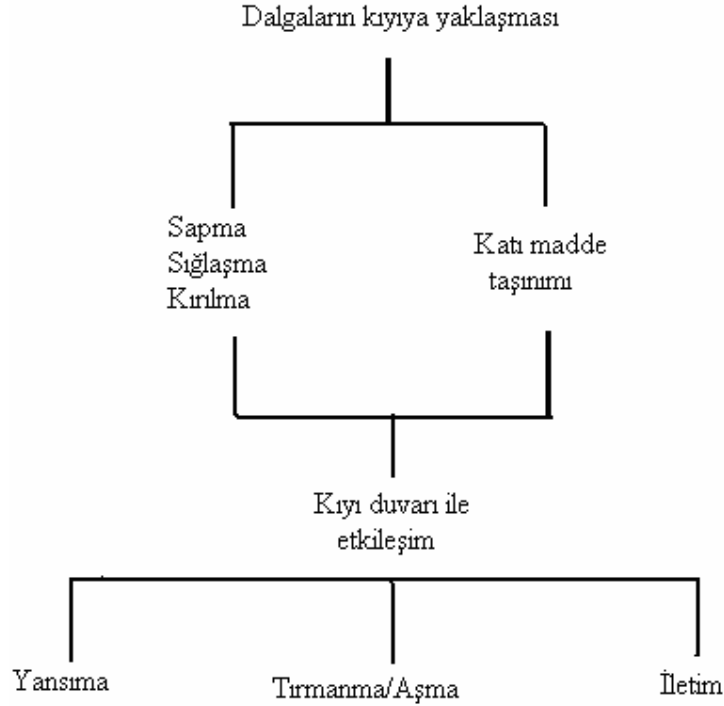
Akıntıya doğru ilerleyen dalgaların bulunduğu nehir ağzı bölgelerinde, akıntılar dalga boylarını azaltarak ve dalga yüksekliklerini arttırarak dalga dikliğini artırma eğilimi göstermektedir. Akıntı tarafından dalgaların sapmaya uğramaları, dalga enerjilerinin nehir ağzına doğru odaklanmalarına neden olacaktır. Gerçekte, akıntı ve derinliğin oluşturduğu sapma etkileri karmaşık bir dalga-akıntı alanı oluşmasına neden olmaktadır. Akıntı ve derinlik etkilerinin birlikte incelenmesi görüldüğü üzere oldukça karmaşıktır, fakat akıntıların büyük olduğu bölgelerde, dalga yayılmasında belirgin bir etkiye sahip oldukları açıktır. Sayısal model çalışmaları mevcut bu her iki etkinin de belirlenebilmesi için kullanılabilmektedir.

Ortak Olasılık Analizi

Kıyı duvarlarındaki dalga hareketi sonucu oluşan dalga tırmanma yükseklikleri ve aşma debileri, hem dalga şartları hem de saikin su seviyesine bağlıdır. Çoğu durumda bu olay, çeşitli ara birimler veya alçak su seviyelerinde meydana gelen şiddetli dalga hareketleri ya da hafif dalga hareketlerine bağlı yüksek su seviyelerinin, aynı tırmanma veya dalga aşmasına sebep olabileceği anlamına gelmektedir. Dalgaların kıyı koruma yapısını ne sıklıkta aşacağını tayin etmek için, dalga aşmasına sebep olabilecek su seviyeleri ve tüm olası dalga kombinasyonlarının (tüm bu kombinasyonların meydana gelme sıklığının) tanımlanması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda, verilen su seviyeleriyle eşzamanlı olarak meydana gelen dalga şartlarının ortak olasılıklarının bilinmesi gerekmektedir (Besley,1999).

3. HİDROLİK PERFORMANS PARAMETRELERİ

Dalgalar bir kıyı yapısıyla karşılaştıklarında yapının özelliklerine göre yansıma, iletim, tırmanma ve aşma gibi hidrolik etkileşimlere sahip olurlar. Kıyı duvarlarının kullanım amacı bu etkileri dengeleyerek karaya ulaşan dalga hareketi miktarlarını (dalga aşması gibi) azaltmaktır. Dalgaların kıyı duvarı ile karşılaşmaları ile oluşan hidrolik etkiler Şekil 3.1'deki şemada gösterilmektedir.



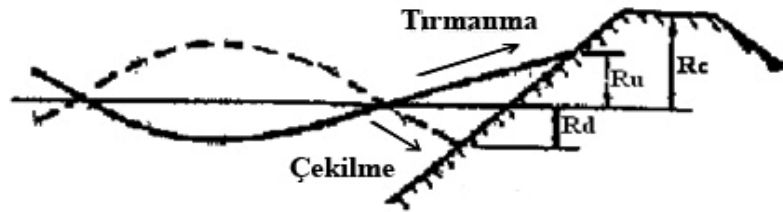
Şekil 3.1 Kıyı duvarı üzerinde dalga davranışı (Thomas ve Hall, 1992)

Bu hidrolik etkiler aşağıdaki sebeplerden dolayı değişim göstermektedir.

- Duvarın özelliği ve yapısal biçimi;
- Yüksekliği, eğimi, şekli, pürüzlülüğü ve gözenekliliği
- Kıyı eğimi
- Su seviyesi
- Su derinliği
- Dalga koşulları (yükseklik, periyot)
- Dalga yönü

3.1 Dalga Tırmanması

Dalgalar eğimli bir yüzey ile karşılaştıklarında, tırmanma (R_u) ve çekilme (R_d) olarak tanımlanan, sakin su seviyesinden itibaren düşey olarak ölçülen, maksimum ve minimum su-yüzeyi değişimine sebep olmaktadır. R_u ve R_d yüzeyin pürüzlülüğü, geçirimsizliği ve gözenekliliğine olduğu kadar gelen dalganın yüksekliğine, dikliğine ve gelen dalga ile yansıyan dalga etkileşimine de bağlıdır. Dalganın yapı üzerinde tırmanma ve çekilmesi Şekil 3.2’de şematik olarak gösterilmiştir. Yapı üzerindeki dalga tırmanması ve çekilmesi, dalga kırılma tipi ile de ilişkilidir. Kırılma tipleri surf benzerlik parametresi olarak adlandırılan bir parametre ile tanımlanmaktadır. Bu parametre ayrıca kırılma parametresi veya Iribarren sayısı olarak da tanımlanmaktadır. Surf benzerlik parametresi Denklem (3.1)’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Kırıya duvarında dalganın tırmanma ve çekilme seviyesi (Thomas ve Hall, 1992)

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{S_m}} \rightarrow S_m = \frac{2\pi H_s}{gT^2} \quad (3.1)$$

Burada,

α yapı eğim açısı

S_m dalga dikliği

H_s belirgin dalga yüksekliği

T dalga periyodu

g yerçekimi ivmesi

Pürüzlü-gözenekli ve pürüzsüz eğimler için ξ 'nin bazı değerleri ile dalga kırılma tipleri Günbak (1979) tarafından Çizelge 3.1’deki gibi özetlenmiştir.

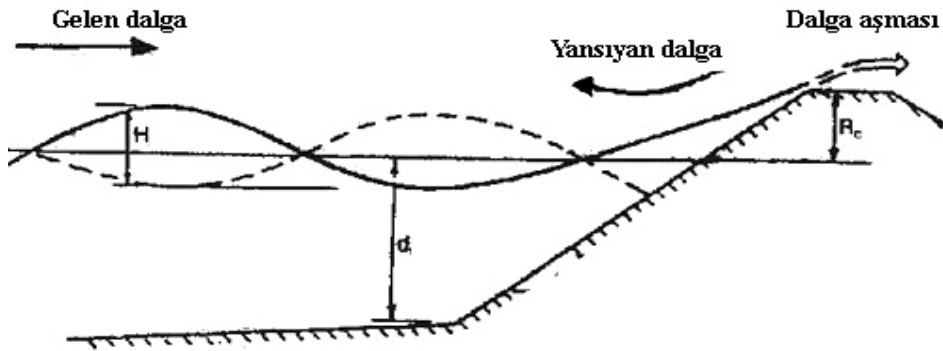
Çizelge 3.1 Kırılma tiplerine göre ζ değerleri

Kırılma tipi	Limit Değerler	
	Pürüzsüz şev	Pürüzlü-gözenekli şev
Plunging	$\zeta < 2.5$	$\zeta < 2.0$
Plunging/collapsing	$2.5 < \zeta < 3.2$	$2.0 < \zeta < 2.6$
Collapsing/surging	$3.2 < \zeta < 3.4$	$2.6 < \zeta < 3.1$
Surging	$3.4 < \zeta$	$3.1 < \zeta$

Rölatif tırmanma mesafesi R_u/H_s , surf benzerlik parametresinin, ζ , dalga yaklaşım açısının ve şevin geometrisinin (profil, yüzey pürüzlülüğü ve gözeneklilik) bir fonksiyonudur. Dalganın tırmanma karakteristikleri, geçirimli ve geçirimsiz şevlerin ayırt edilmesinde kolaylık sağlamaktadır (CEM, 2003).

3.2 Dalga Aşması

Dalga aşması, en büyük tırmanma seviyesi kret hava payını (R_c) geçtiği zaman meydana gelir. Dalga aşması genel olarak *birim duvar uzunluğundaki debi* olarak ($m^3/s/m$ birimi Q ile gösterilen) açıklanmaktadır. Belli bir kret seviyesi ve dalga şartı için Q , ortalama debi olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca aşmaya sebep olan dalga sayısı da bazı uygulamalarda kullanılabilir. Bir kıyı yapısı üzerinde dalga aşması Şekil 3.3’de gösterilmektedir.



Şekil 3.3 Kıyı duvarı üzerinden aşan dalga (Thomas ve Hall, 1992)

Çoğunlukla, kıyı duvarı tasarımında aşma, verilen tasarım dalgası ve su seviyesine göre, belli bir miktarda ya da oranda sınırlandırılmak istenir. Çünkü aşmanın tamamen engellenmesi maliyeti arttırmakta ve inşası zor yapıların yapılmasını gerektirmektedir. Kabul edilebilir aşma değerleri için Owen (1980) aşağıdaki durumları göz önünde bulundurmıştır;

- Kıyı duvarının arka yüzü ve kronman duvarının stabilitesi,

- Kıyı duvarının arkasındaki drenaj kanallarının debi kapasitesi,
- Kıyı duvarı arkasındaki taşkın sularının toplandığı depolar için mevcut hacim hesabı,
- Kıyı duvarının gerisindeki bireylere, araçlara ve binalara hasar veya zarar verme olasılığı.

Kıyı duvarlarında dalga aşması iki şekilde meydana gelmektedir;

- ✓ Püskürme (white water/spray)
- ✓ Kütlesel dalga aşması (green water)

Kütlesel aşma, kıyı koruma yapısının kretini aşan belli miktardaki su kütlesi olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımda kütlesel aşma ve püskürmenin aynı anlama geldiği düşünülebilir. Fakat püskürme olayı, dalgaların yapının üzerinde veya deniz tarafındaki yüzeyde kırıldıkları zaman meydana gelen belirgin damlacık hacimleri olarak tanımlanmaktadır. Bu damlacıklar kendi momentumlarıyla veya rüzgar etkisiyle sürüklenerek taşınabilmektedirler. Püskürme şeklindeki aşma en belirgin şekilde, dalgaların dik bir duvardan yansıdıklarında gelen dalgayla etkileşimleri sonucu oluşan şiddetli klapoti olayı sırasında meydana gelmektedir.

Waal vd. (1996) kıyı önündeki rüzgarların kütlesel dalga aşması üzerinde çok fazla etkisi olmayacağını fakat aşmanın çoğunun püskürme yoluyla meydana geliyorsa ancak $Q=1$ l/s.m'nin altında bir artış olabileceğini göstermişlerdir. Püskürmenin aşma hacimlerine önemli bir artış sağladığı düşünülmemektedir. Fakat genellikle görüş mesafesini azaltarak küçük hasarlara sebep olabilir. Ayrıca mekana bağlı olarak deniz suyu tuzunun daha uzak mesafelerdeki mekanları olumsuz (korozyon gibi) yönde etkileyeceği kabul edilmektedir. Nadir olarak ani görüş kayıplarının sürücüler için tehlike yaratabileceği ve kıyı şeridindeki otoyollarda görüşün azalmasında önemli rol oynamaktadırlar.

Farklı tipteki kıyı duvarlarında dalga aşması için tahmin yöntemleri oldukça çeşitlilik göstermektedir. Düşey veya kavisli duvarlar ile bazı pürüzsüz gözenekli olmayan ve pürüzlü veya anroşmanlı eğimlerdeki dalga aşması için deneylere dayalı yöntemler mevcuttur. Gözenekli olmayan eğimler ve basamaklı kıyı duvarları için düzensiz dalga şartlarındaki deneylere dayanan tahmin yöntemleri bulunmaktadır (Allsop vd. 2003).

3.3 Dalga İletimi

Yapı arkasına dalga iletimi; dalga aşması veya yapının geçirimli olmasından dolayı dalganın yapının içine nüfuz etmesi (wave penetration) sonucu oluşmaktadır. Dalga aşması durumunda, aşan su kütesinin arka taraftaki sakin suya çarpmasından dolayı oluşan dalgalanmalar, gelen dalgalara kıyasla daha kısa periyodlara sahiptirler. Genellikle iletilen dalga periyodları, gelen dalga periyodlarının yaklaşık 1/2 ve 1/3' ü kadar olmaktadır (Goda, 2000).

Dalga iletimi, iletilen dalganın yüksekliğinin gelen dalga yüksekliğine oranı veya iletilen dalga enerjisinin gelen dalga enerjisine oranının karekökü olarak tanımlanan iletim katsayısı (K_t) ile karakterize edilmektedir.

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \quad (3.2)$$

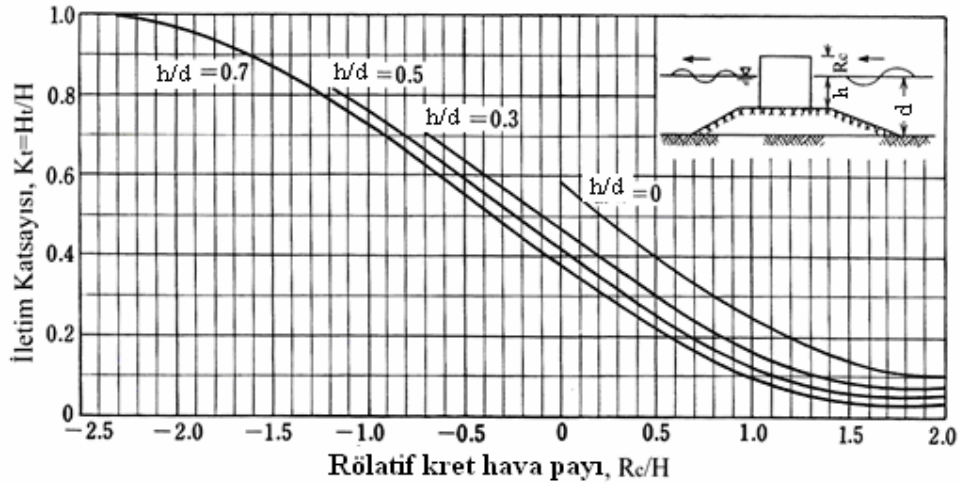
Burada H_t iletilen ve H_i gelen dalga yükseklikleri, E_t ve E_i ise sırasıyla iletilen ve gelen dalga enerjileridir. Dalga aşması ($K_{aşan}$) ve dalganın nüfuz etmesi ($K_{nüfuz}$) ile oluşan dalga iletimi için özel iletim katsayıları tanımlanabilmektedir. Fakat uygulamada, aşan dalga ve nüfuz eden dalgalardan kaynaklanan dalga yüksekliğini ($H_t^{aşan}$ ile $H_t^{nüfuz}$) birbirinden ayırt etmek çok zordur. Bu nedenle genel uygulamada K_t ' yi hesaplamak için Denklem 3.2'de verilen formül kullanılmaktadır (CEM, 2003).

Kıyı yapılarının korudukları bölgedeki faaliyetlerin önemine bağlı olarak, yapı arkasına dalga iletimini önleyici çalışmalar önem kazanmaktadır. Mesela yat limanları, konteyner elleçleme faaliyetleri gibi dalga iletiminin hiçbir şekilde istenmediği durumlar bulunmaktadır. Fakat dalga iletiminin tamamen engellenmesi inşaat maliyetlerinin çok yüksek olmasına sebep olacaktır. Diğer bir taraftan kıyı koruması için inşa edilen ardışık dalgakıranlarda bir miktar dalga iletimine, arka tarafta muskaların oluşması için, müsaade edilmektedir. Bu nedenle, farklı tipteki koruma yapılarının dalga iletim katsayıları hakkında doğru bilgi edinebilmek için hidrolik model deneyleri yapılmaktadır.

Düşey Yüzlü Dalgakıranlarda Dalga İletimi

Düşey yüzlü dalgakıranlarda dalga iletimiyle ilgili Goda (2000) yaptığı çalışmada, çoğunlukla dalgakıranın üzerinden aşan dalga kütesinin korunaklı alandaki suda yarattığı dalga iletimi

sonuçlarını değerlendirmiştir. Bu yüzden, dalgakıranın kret yüksekliğinin gelen dalga yüksekliğine oranı, R_c/H , dalga iletiminde etkin bir parametre olarak kabul edilmiştir. Şekil 3.4’de araştırmacının düşey yüzlü bir dalgakıranda düzenli dalgalarla yaptığı laboratuvar deneylerinden elde edilen sonuçlar görülmektedir.



Şekil 3.4 Düşey yüzlü dalgakıran için iletim katsayısı ve rölatif hava payı karşılaştırması (Goda, 2000)

Kondo ve Sato (1964) düşey yüzlü dalgakıranlar için dalga iletim katsayısını bir denklemle açıklamışlardır (Denklem 3.3).

$$K_t = 0.3 \left(1.5 - \frac{R_c}{H_s} \right) \rightarrow 0 \leq \frac{R_c}{H_s} \leq 1.25 \quad (3.3)$$

R_c , sakin su seviyesi üzerindeki dalgakıran kret hava payıdır. Ayrıca ön tarafta dalga enerjisini sönmülendiren beton bloklu dolgunun bulunduğu düşey dalgakıranlar için de Denklem 3.4 önerilmiştir (Kondo ve Sato, 1964)

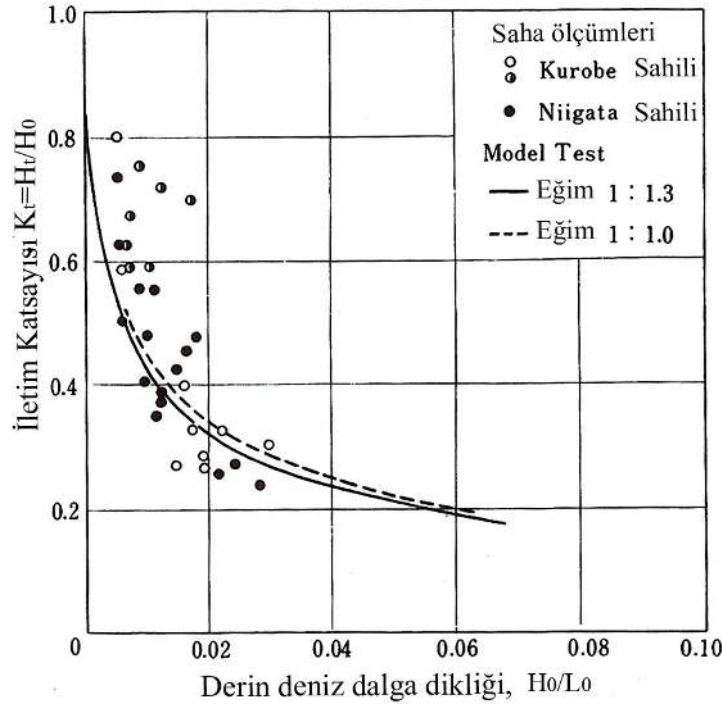
$$K_t = 0.3 \left(1.1 - \frac{R_c}{H_s} \right) \rightarrow 0 \leq \frac{R_c}{H_s} < 0.75 \quad (3.4)$$

Bu denklemler düzensiz dalgalar için de yaklaşık olarak kabul edilebilmektedir.

Beton Bloklı Dalgakıranlarda Dalga İletimi

Birkaç metre derinlikteki sığ sularda ardışık dalgakıranların çoğu, kıyıda muskaların oluşumunu sağlamak için sadece tetrapod gibi enerji sönmülendiren beton bloklarla inşa edilirler. İletilen dalgalar çoğunlukla, gelen dalgaların bir kısmının beton blokların arasındaki boşluklardan geçmesi ile oluşurlar. Şekil 3.5’de Hattori (1975)’nin yaptığı bazı saha

çalışmaları ile laboratuvar deneylerinden elde edilen dalga iletimi ve dikliği ilişkisi gösterilmektedir. Buradan iletim katsayısının genellikle, gelen dalga dikliği ile ters orantılı olduğu sonucu elde edilmiştir.



Şekil 3.5 Tetrapod bloklı dalgakıranda iletim katsayısı ile dalga dikliğinin karşılaştırılması (Hattori, 1975)

Taş Dolgu Dalgakırarlarda Dalga İletimi

Bir taş dolgu dalgakıran, beton bloklı dalgakırandan daha az boşluğa sahiptir ve taşlar arasındaki boşlukların boyutları bloklarinkinden çok daha küçüktür. Sonuç olarak dalganın yapıya nüfuz etmesi taş dolgu dalgakırarlarda, beton bloklı dalgakıranla kıyaslandığında çoğunlukla daha az olmaktadır. Genellenirse, düşük dikliğe sahip uzun periyodlu dalgalar, yüksek dikliğe sahip kısa periyodlu dalgalara göre yapı arkasında daha fazla ilettime sebep olmaktadır (Goda, 2000).

3.4 Dalga Yansıması

Dalgalar bir yapıya çarpıp yansdıkları zaman, yapı önündeki çalkantının artmasına sebep olurlar. Eğer belirgin bir dalga yansıması söz konusu ise, gelen ve yansıyan dalgaların etkileşimi çoğunlukla çok dik ve kırılan dalga şartlarının hakim olduğu düzensiz bir deniz durumu yaratmaktadır. Bu durum özellikle limanların giriş bölgeleri için büyük bir problem oluşturmaktadır. Çünkü bu bölgelerde oluşan dik dalgalar tekneler için oldukça büyük

manevra problemleri meydana getirebilmektedir. Ayrıca şiddetli yansımalar, koruma yapıları önündeki deniz tabanında erozyon potansiyelini arttırmaktadır. Bazı kıyı yapılarında meydana gelen dalga yansımaları, yakın kıyılardaki erozyonun etkisini de arttırabilmektedir.

Aşmaya izin vermeyen geçirimsiz düz düşey duvarlar, gelen dalga enerjisinin neredeyse tamamını yansıtırken, geçirimli, hafif eğimli, taş dolgu yapılar enerjinin belli bir kısmını sönmüldürirler. Dalga enerjisini sönmüldüren bu tip yapılar özellikle liman basenlerinde daha çok kullanılmaktadır.

Genel olarak gelen dalga enerjisinin bir kısmı, dalganın kırılması, yapı yüzeyinin pürüzlülüğü ve dalgaların yapı gözeneklerine girip çıkması ile sönmülenir, bir kısmı dalga aşması ve dalganın liman basenine girmesi ile iletilir. Bir kısım ise deniz tarafına doğru geri yansımaktadır. Enerji kaybı, dalgaların kıyı duvarının pürüzlü yüzeyindeki gözeneklerden içeri girip çıkarak ve dalga kırılmasıyla oluşan türbülans ile meydana gelir. Geriye kalan enerji, yansıyan dalga vasıtasıyla denize geri dönmek durumundadır. Bu durum Denklem 3.5 ile gösterilmektedir.

$$E_i = E_d + E_t + E_r \quad (3.5)$$

Burada E_d kaybolan, E_t iletilen, E_r yansıyan dalga enerjilerini göstermektedir. Yansıma en iyi yansıma katsayısı ile değerlendirilmektedir. Yansıyan dalga yüksekliğinin H_r , gelen dalga yüksekliğine H_i , oranı olan yansıma katsayısı K_r şu şekilde gösterilmektedir;

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \sqrt{\frac{E_r}{E_i}} \quad (3.6)$$

Burada, H_r ve H_i , yansıyan ve gelen dalgaların yüksekliklerini, E_r ve E_i ise yansıyan ve gelen dalga enerjilerini göstermektedir. Çoğu yapı için yansıma katsayısı, laboratuarda yapılan model deneyler ile belirlenmektedir. Çünkü yapıda meydana gelen kısmi dalga kırılmasıyla ilişkili olan dalga yansıması için teorik bir analiz uygun değildir. Farklı yapı türleri için hazırlanan yansıma katsayılarının yaklaşık değerleri Çizelge 3.2' de gösterilmiştir.

Düşey duvarlar için yansıma katsayısı aralığı dalga aşmasının derecesine de bağlıdır ve kronman duvar yüksekliği arttıkça artmaktadır. Eğimli taş dolgu yapılar ve doğal plajlar için yansıma katsayısı gelen dalga dikliğiyle ters orantılıdır.

Çizelge 3.2 Yapı türlerine göre yaklaşık yansımaya katsayıları (Goda, 2000)

Yapı tipi	Yansımaya katsayısı
Su seviyesi kronman duvarının altındaki düşey duvar	0.7~1.0
Batık kronmanlı düşey duvar	0.5~0.7
Taş dolgu şevler (1/2-1/3)	0.3~0.6
Beton bloklu şevler	0.3~0.5
Enerji kırıcı tipteki düşey duvarlar	0.3~0.8
Doğal plajlar	0.05~0.2

Perfore duvar gibi enerji kırıcı tipteki düşey duvarlardaki yansımaya katsayısı, yapının şekline ve gelen dalga uzunluğuna bağlı olarak yapının enerjiyi sönmülendiren kısmının genişliğine ve diğer faktörlere göre belirlenir. Bu yüzden mevcut dalga şartlarında yapı tiplerine göre yansımaya katsayısını hesaplayabilmek için duruma özel, ölçekli model deneylerinin yapılması gerekmektedir (Goda, 2000)

Şevli Yapılarda Yansımaya

Şevli yapılardaki yansımalar düşey duvardakinden çok daha azdır. Düz ve anroşmanlı şevlerdeki yansımaya karakteristikleri, eğim üzerinde kırılan dalgaya ve dolayısıyla da surf parametresine, ξ , bağlıdır. Aşmaya izin verilmeyen pürüzsüz ve anroşmanlı şevlerdeki yansımalar için Seelig (1983) tarafından bir formül önerilmiştir.

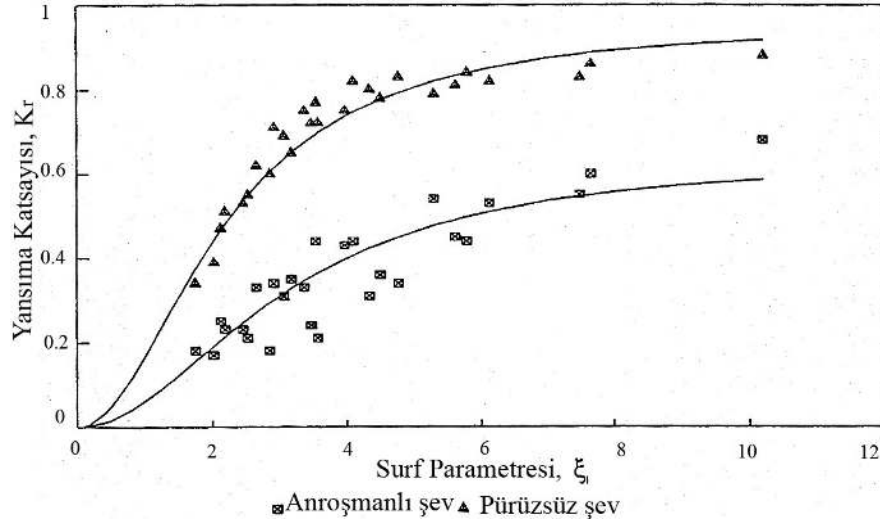
$$K_r = \frac{a\xi^2}{(b + \xi^2)} \quad (3.7)$$

Aşmaya izin verilmeyen eğimli yapılar için kullanılan bu formül zaman içinde çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Formüldeki a ve b katsayıları deneysel çalışmalarla elde edilmiştir. Çizelge 3.3’ de farklı araştırmacıların Denklem 3.7 için yaptıkları deneysel çalışma sonuçlarına göre tanımladıkları katsayılar yer almaktadır. Bu denklemde düzensiz dalgalar için H’ nin yerine H_s, T’nin yerine de T_p (ξ_{op}) veya T_m (ξ_{om}) kullanılmaktadır (CEM, 2003).

Çizelge 3.3 Yansıma katsayısı için farklı araştırmacıların tanımladığı sabit katsayılar (CEM, 2003)

Yazarlar	Yapı tipi	a	b
Seeling (1983) $2.5 \leq \xi \leq 6$	Geçirimsiz, pürüzsüz ve düz şevler, düzenli dalgalar için	1.0	5.5
Allsop ve Hettiarachichi (1988) $0 \leq \xi \leq 6$	Dolos, düzenli dalgalar (ξ) Eğim 1:1.5, 1:1, 1:3	0.56	10
	Cobs, düzenli dalgalar (ξ) Eğim 1:1.5, 1:1, 1:3	0.50	6.54
	Tetrapod ve Stabit, düzensiz dalgalar (ξ_{op}) Eğim 1:1.33, 1:1.5, 1:2	0.48	9.62
	Shed ve Diode, düzensiz dalgalar (ξ_{op}) Eğim 1:1.33, 1:1.5, 1:2	0.49	7.94
Allsop (1990) $3 \leq \xi_{om} \leq 6$	Geçirimsiz ve pürüzsüz	0.96	4.8
	Geçirimsiz eğimin alt tabakasına tek tabakalı kaya veya taş (P=1)	0.64	7.22
	Geçirimsiz eğimin alt tabakasına çift tabakalı kaya veya taş (P=1)	0.64	8.85
Benoit ve Teisson (1994) $2.7 \leq \xi_{op} \leq 7$	Çift tabakalı kaya korumalı $H_s=0.03-0.09m$, $T_p=1.3sn$, $d=0.4m$ Eğim; 1:1.33, 1:1.5, 1:2	0.6	6.6
Davidson vd. (1994) $8 \leq \xi_{op} \leq 50$	Kaya eğimi 1:1.1 olan saha ölçümü, su derinliği m cinsindendir		
	$h > 3.25$	0.65	25
	$2.5 \leq h \leq 3.25$	0.60	35
	$h < 2.5$	0.64	80

Allsop (1990) pürüzsüz ve anroşmanlı şevler için Denklem 3.7'deki a ve b katsayılarına alternatifler önermiştir. Düzensiz dalgalar için yaptığı çalışmada $0.004 < S_m < 0.052$ ve $0.6 < H_s / D_{n50} < 1.9$ dalga şartlarında çalışılmıştır. Elde edilen a ve b katsayıları Çizelge 3.3' de gösterilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre surf parametresinin yansıma katsayısıyla kıyaslandığı grafik Şekil 3.6' da gösterilmektedir.

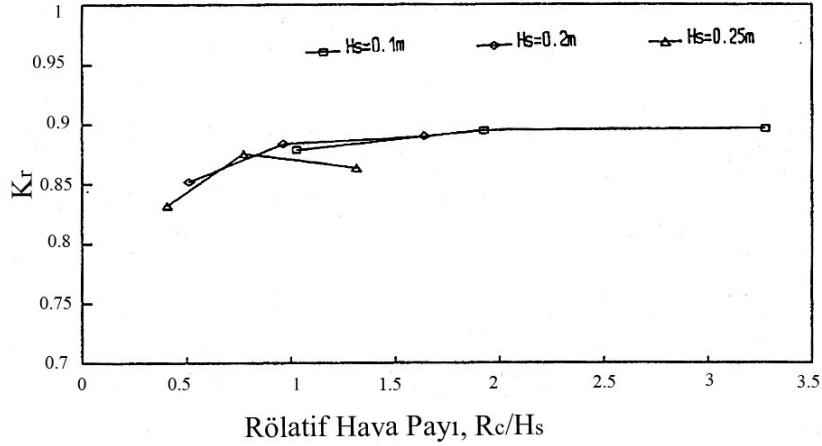


Şekil 3.6 Yansıma katsayısı ile surf parametresinin anroşmanlı ve pürüzsüz şevler için karşılaştırılması

Düşey Duvarlarda Yansıma

Düşey duvarlarda yansıma etkisini ölçmek için Allsop vd. (1994) tarafından yapılan deneylerin sonuçlarında, dalga dikliğinin (H/L) ve rölatif su seviyesinin (d/H) çok fazla etkili olmadığı görülmüştür. Şekil 3.7’de verilen grafikten yansıma katsayısında, K_r , gelen dalga yüksekliği veya periyodunun fazla bir etkisi olmadığı ve 0.85 ile 0.9 arasında değiştiği görülmektedir. Taban eğimi 1/50 olan pürüzsüz ve düşey bir dalgakıranda düzensiz dalgalar için yapılan deneylerde düşük hava payı, R_c , aşmanın artmasına bağlı olarak artan su seviyeleriyle azalan yansımalar Şekil 3.7’de görülmektedir. R_c/H_s in düşük değerleri için K_r değerleri azalmaktadır. Allsop (1994) rölatif hava payı ile yansıma katsayısı arasındaki ilişkiyi tanımlayan bağıntı Denklem 3.8’ de gösterilmektedir.

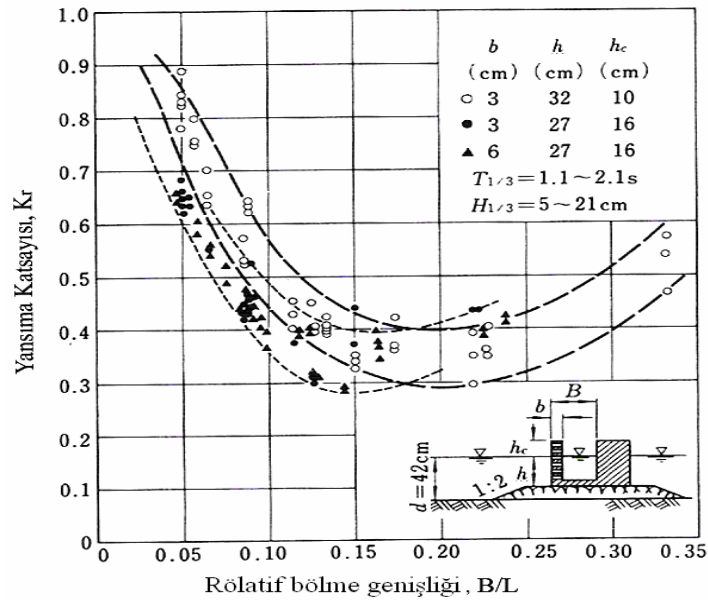
$$\begin{aligned} R_c/H_s \leq 1.0 \\ R_c/H_s > 1.0 \end{aligned} \quad \rightarrow \quad \begin{cases} K_r = 0.79 + 0.11 R_c/H_s \\ K_r = 0.90 \end{cases} \quad (3.8)$$



Şekil 3.7 Rölatif kret yüksekliği ile yansımaya katsayısının karşılaştırılması (Allsop vd., 1994)

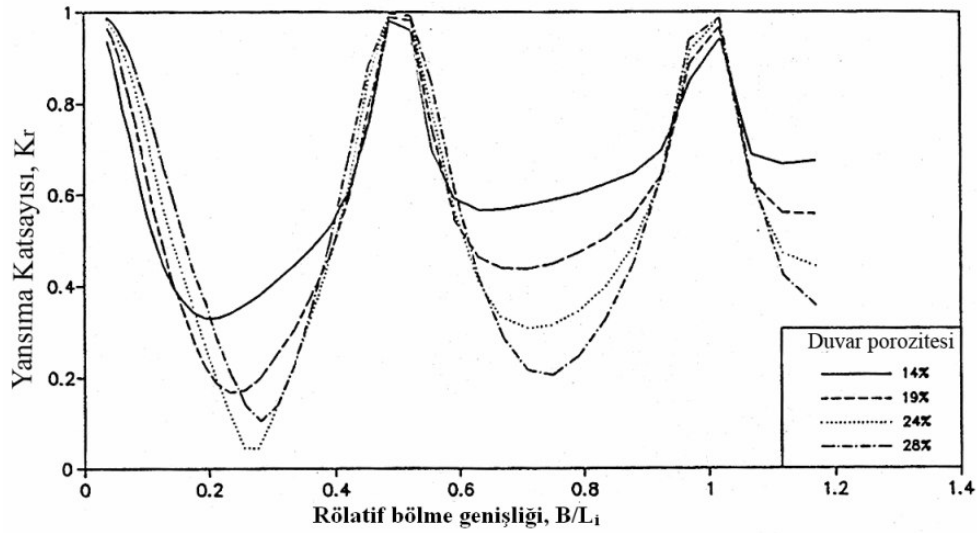
Perfore Düşey Duvarlarda Yansımaya

Tanimoto vd. (1976) tarafından yapılan model deneylerinde dairesel delikli ön duvarı olan beton keson dalgakıranda düzensiz dalgalar için yansımaya katsayısı hesaplanmıştır. Bu çalışmada etkili parametre olarak dairesel delikli perfore ön duvar ile keson arasındaki bölme genişliği, B ve dalga boyu, L dikkate alınmıştır. Şekil 3.8’de yapılan çalışma sonuçlarına göre rölatif bölme genişliği $B/L \approx 0.15$ değerinde yansımaya katsayısının en küçük değeri $(K_r)_{\min} \approx 0.3$ olduğu görülmektedir. Rölatif bölme genişliği $B/L < 0.05$ olduğu zaman $K_r > 0.7$ olduğu görülmektedir.



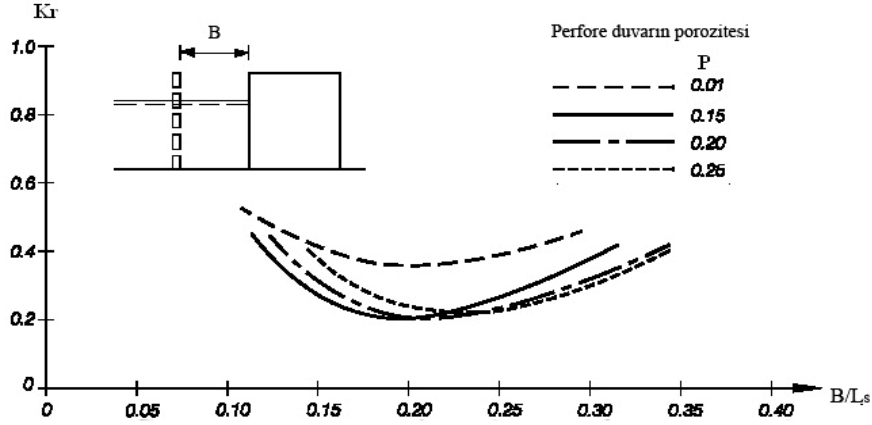
Şekil 3.8 Perfore keson dalgakıranda rölatif bölme genişliği ile yansımaya katsayısının karşılaştırılması (Tanimoto vd., 1976)

Tek bir perfore düşey duvar için Bennett vd. (1992)' in yaptığı sayısal model çalışmaları BARRIER1 programı geliştirilmiş ve gözenekli bir ön duvar ve düz bir arkaduvardan oluşan iki bileşenli perfore duvarlardaki yansımalar için BARRIER2 üretilmiştir. Sayısal model tahminleri ile K_r ve gelen dalga boyunun kullanıldığı rölatif bölme genişliği, B/L_i , karşılaştırıldığı grafik Şekil 3.9'de gösterilmiştir. Hesaplamalar en düşük yansımakatsayılarının $B/L_i \cong 0.25$ ve 0.75 iken en yüksek yansımaların beklendiği gibi $B/L_i \cong 0.5$ ve 1.0 'da meydana geldiğini göstermiştir (Allsop, 1995).



Şekil 3.9 Sayısal modelleme ile yapılan rölatif bölme genişliğinin yansımakatsayısı ile karşılaştırılması (Bennett vd.,1992)

Şekil 3.9'dan en düşük yansımaların rölatif bölme genişliği, $0.2 < B/L_i < 0.4$ ile $0.6 < B/L_i < 0.8$ aralığında iken meydana geldiği görülmektedir. Bir liman yapısı içerisinde yanaşma yeri için kullanıma uygun alanların sınırlı olması ve inşaat maliyetleri sebebiyle, kıyı yapılarının mümkün olduğu kadar az yer kaplayacak şekilde inşası istenmektedir. Dolayısıyla bu tip bir yerde yapılacak kıyı duvarı için rölatif bölme genişliğinin, B yani toplam yapı genişliğinin küçük tutulmasını gerekmektedir. Bu durumda rölatif bölme genişliği için üzerinde çalışılması gereken esas aralık $0.1 < B/L_i < 0.3$ 'dür ve yansımakarakteristikleri için elde edilen en uygun parametreler bu aralıkta yer almaktadır. Allsop ve Hettiarachchi (1988) tarafından düzensiz dalga şartlarında perfore keson dalgakıranlar için yapılan benzer bir çalışmanın sonuçları Şekil 3.10'da görülmektedir.



Şekil 3.10 Perfore keson dalgakıranlar için rölatif bölme genişliği ile yansıma katsayısının karşılaştırılması (Allsop ve Hettiarachchi, 1988)

Suh ve Park (1995)'ın yaptıkları deneysel çalışmada taş dolgu üzerine yerleştirilen perfore duvarlı bir kesonda yansıma katsayısını belirlemek için analitik bir yöntem geliştirmiş ve teorik model ile deneysel sonuçları karşılaştırmışlardır. Suh ve Park (1995), yaptıkları çalışmayı düz bir taban üzerine yerleştirilen perfore duvarlı bir keson için çalışan Fugazza ve Natale (1992)'nin elde ettikleri sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Kesona dik gelen dalgalarda yansımanın $B/L=0.25$ için en az olduğu görülmüştür. $B/L=0.25$ için yansımanın en az olmasının sebebinin perfore duvardaki yansımayla geçirimsiz duvardaki yansımanın zıt fazlarda olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Her iki çalışmada da hemen hemen aynı sonuçlara ulaşılmıştır.

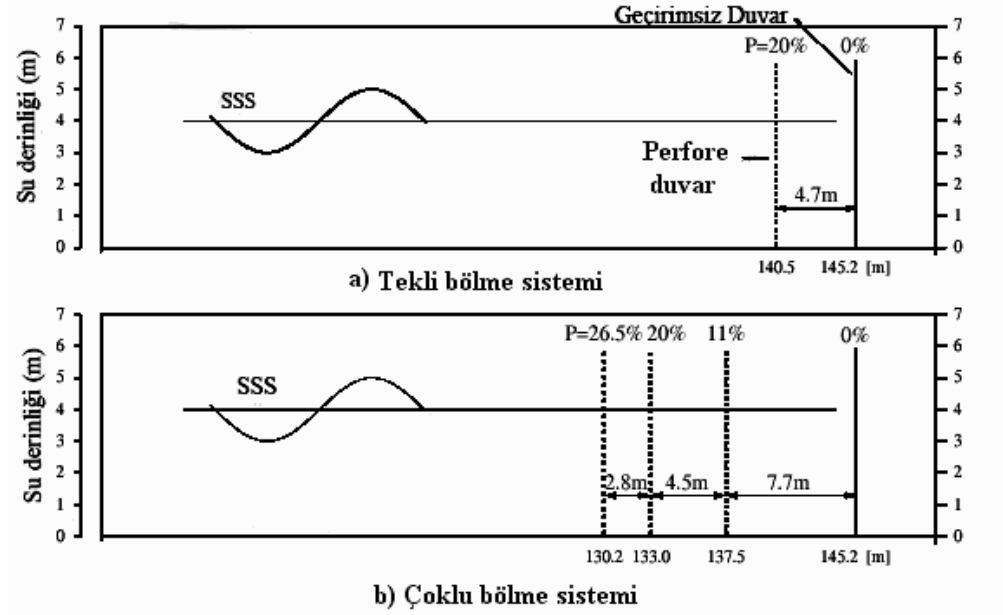
Park vd., (1993) aynı poroziteye sahip dairesel boşluklu, yatay aralıklı ve düşey aralıklı olarak üç farklı türdeki perfore duvarda hidrolik performans araştırması yapmışlardır. Farklı türdeki perfore duvarlar için yansıma katsayısının pek farklı olmadığı sonucuna varmışlardır. Dolayısıyla yapının porozitesini sağlayan geometrinin yansıma üzerinde pek etkili olmadığını göstermişlerdir.

3.5 Konu ile ilgili Çalışmalar

Düşey duvarlarda yapılan hidrolik performansla ilgili çalışmalara özellikle son yıllarda daha çok önem verilmektedir. Bu bölümde konuyla ilgili yapılan birkaç çalışma özetlenmiştir.

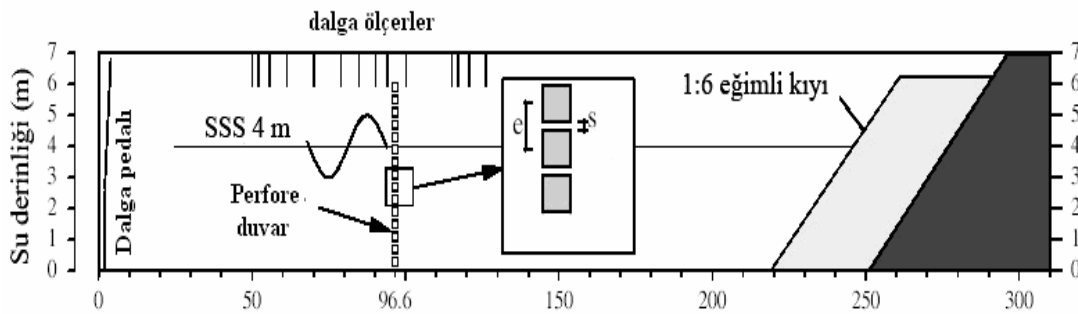
Bergmann ve Oumeraci (1999) düşey perfore duvarlarda hidrolik performans konusunu araştırdıkları çalışmalarında büyük ölçekli bir kanalda düzenli dalgalarla çalışmışlardır. Deneyler düşey ve geçirimsiz duvar önüne yerleştirilen perfore bir duvardan oluşan tekli

bölme sistemi (One Chamber System, OCS) ve düşey duvar önüne belli mesafelerle yerleştirilen birkaç perfore duvardan oluşan çoklu bölme (Multi Chamber System, MCS) sistemlerinde dalga yükü ve hidrolik performansı araştırmak amacıyla yapılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Tekli bölme sistemi (a) ve çoklu bölme sistemi (b) şemaları (Bergmann ve Oumeraci, 1999)

Yatay demir çubuklardan (180x180mm) yapılan perfore duvarlar hem tekli duvarlar hem de bölme sistemleri için kullanılmıştır. Duvarların poroziteleri, yapıdaki boşluklar arasındaki mesafe s , ile iki yatay eleman arasındaki mesafenin, e , birbirine oranı ($P=s/e$) esas alınarak hesaplanmıştır. Şekil 3.12 perfore duvarın porozite hesabı ve deneylerin yapıldığı dalga kanalı şematik olarak görülmektedir. Poroziteleri %11, %20, %26.5 ve %40.5 olmak üzere 4 farklı duvar kullanılmıştır. Deneylerde dalga aşması dikkate alınmamıştır.

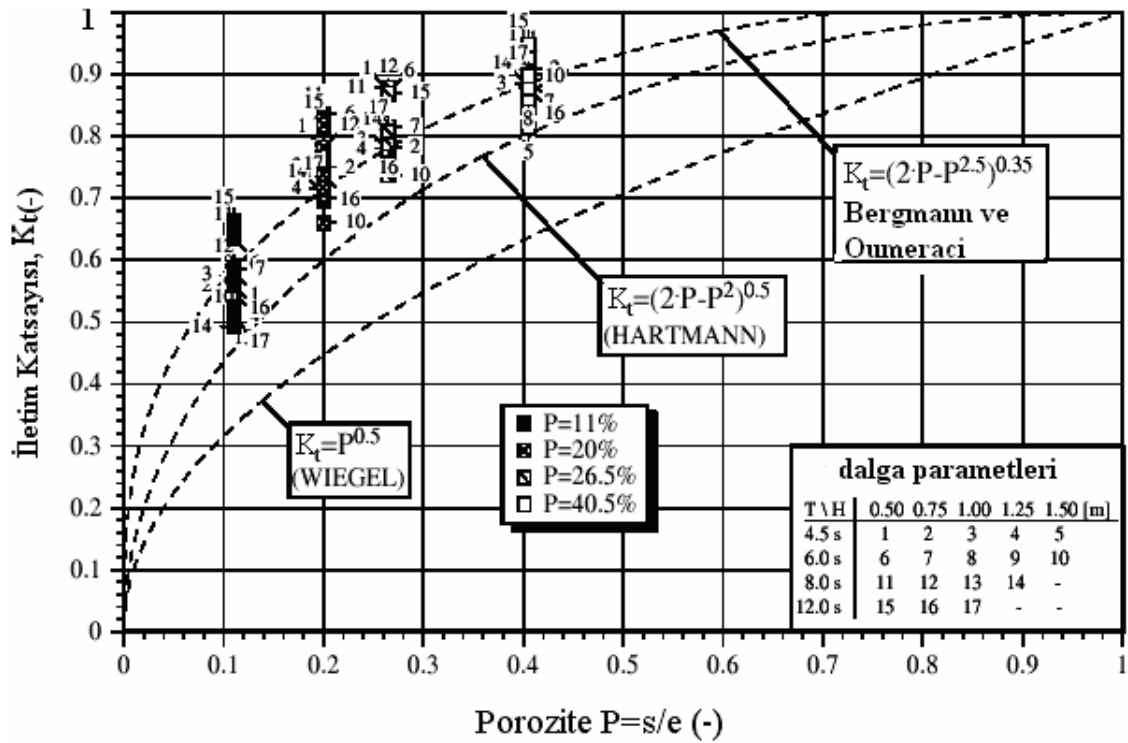


Şekil 3.12 Bergmann ve Oumeraci (1999) deneylerinde kullandıkları perfore duvarın porozitesinin ve dalga kanalının şematik gösterimi

Farklı araştırmacılar yapı porozitesi ile dalga iletim katsayısı arasında farklı ilişkiler tanımlamışlardır. Perfore duvarlarda enerji iletim tahminleri konusunda Wiegel (1960), ve Hartman (1969)'ın yaklaşımlarında Denklem 3.5'de belirtilen enerji kayıpları dikkate alınmadan dalga iletimi ile perfore düşey duvarın porozitesi ilişkilendirilmiştir. Bergmann ve Oumeraci (1999) yaptıkları çalışmalar doğrultusunda iletim katsayısı ile porozite arasındaki ilişkiyi enerji kayıplarını da dikkate alarak Denklem 3.9 ile tanımlamışlardır.

$$K_t = (2P - P^{2.5})^{0.35} \quad (3.9)$$

Farklı araştırmacıların iletim katsayısı ve porozite arasındaki ilişkiyi tanımladıkları yaklaşımlar Şekil 3.13'de bir arada gösterilmektedir. Bergmann ve Oumeraci (1999)'ın elde ettikleri denklem, Wiegel' in yaklaşımlarıyla kıyaslandığı zaman bu çalışmada yer alan düşük poroziteler için (%11) %50'ye kadar daha yüksek iletim oranları vermekte olduğu görülmüştür. Fakat yaptıkları deneylerden elde edilen sonuçlarla yapılan karşılaştırmada diğer araştırmacıların verdikleri denklemlerdeki dalga iletimi beklenenin altında kaldığı görülmüştür. Bunun üzerine Bergmann ve Oumeraci (1999) yaptıkları çalışma sonuçlarıyla uyumlu olan ve Denklem 3.9' da gösterilen farklı bir iletim katsayısı ve porozite ilişkisi tanımlamışlardır.

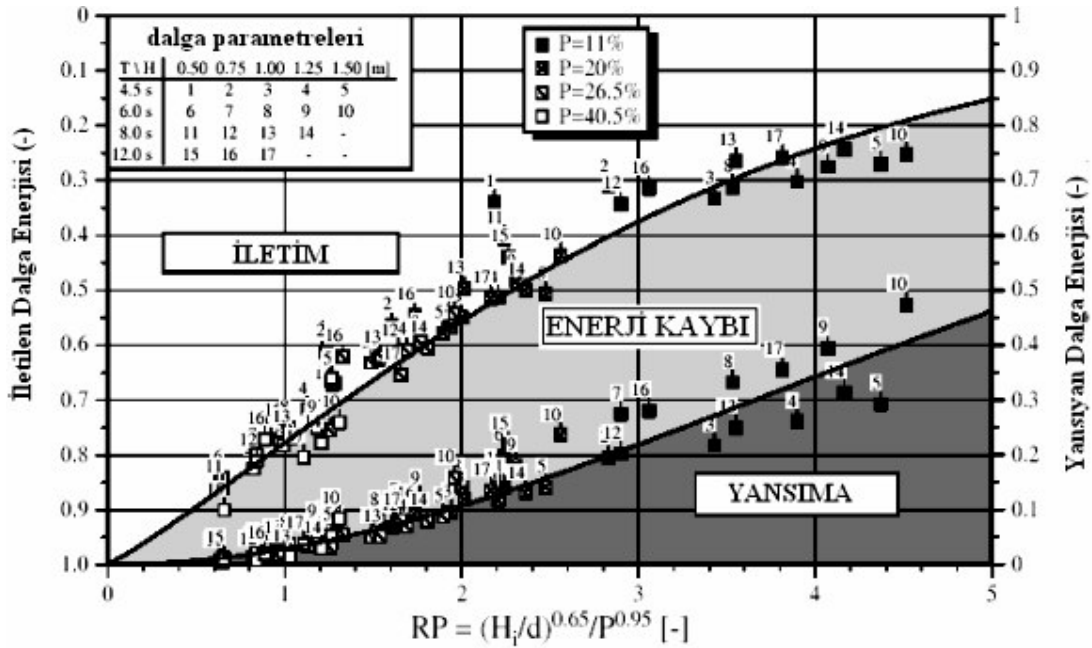


Şekil 3.13 Farklı araştırmacıların porozite ile dalga iletimi arasındaki ilişkiyi tanımladıkları yaklaşımlar (Bergmann ve Oumeraci, 1999)

Bergmann ve Oumeraci (1998) perfore duvarlardaki basınç dağılımıyla ilişkilendirilerek yüksekliği büyük olan dalgaların küçük olanlara göre yapı üzerinde daha fazla yansım gösterdiklerini öne sürmüşlerdir. Tekli perfore duvarların yansım performansının tanımlanmasında, rölatif dalga yüksekliği (H_i/d) ve poroziteyi (P) göz önünde bulunduran yansım parametresini, RP , önermişlerdir. Tanımlanan yansım parametresi bu çalışmadaki deney şartları için geçerli olduğu ve Denklem 3.10'daki aralık için uygun olduğu belirtilmektedir.

$$RP = \left(\frac{H_i}{d} \right)^{0.65} \cdot \frac{1}{P^{0.95}} \rightarrow 0.125 \leq H_i / d \leq 0.4 \quad (3.10)$$

Yansım performansında dalga boyunun etkisinin önemsiz olduğu belirtilmiştir. Araştırılan duvarlar için yansım parametresi (RP) ile farklı poroziteli perfore duvarlarda yansıyan, iletilen ve sönümlenen dalga enerjisi arasındaki ilişkiyi Şekil 3.14'de gösterilen grafik ile tanımlamışlardır.



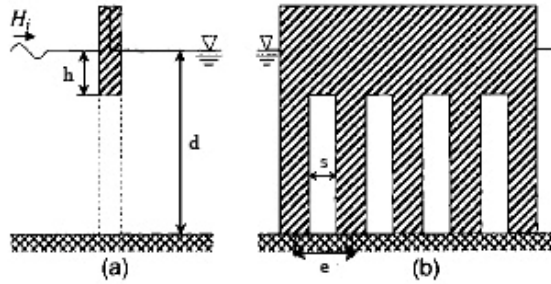
Şekil 3.14 Tekli perfore duvarların hidrolik performansının yansım parametresi, RP ile karşılaştırılması (Bergmann ve Oumeraci, 1999)

En yüksek enerji kaybı $RP=3$ ile 4 arasındaki değerlerde meydana geldiği ve gelen dalga enerjisinin yaklaşık %50'sine ulaştığı belirtilmiştir. Tek bölmeli sistem olarak tanımlanan ve perfore duvarın arkasına geçirimsiz bir duvar yerleştirilmesiyle oluşturulan sistemde iletim sıfıra indirilmiş fakat enerji dağılımında artış meydana gelmiş ve yapının dalga enerjisini

sönümlenme etkisinde azalma görülmüştür. Değişen bölme mesafeleri, B , ile iki farklı tek bölmeli sistemi kullanılarak (ön duvarın porozitesi %20) deneyler yapılmıştır. Tek bölmeli sistemde iki duvar arasındaki boşlukta kalan ve sönümlenmeyen dalga enerjisi, duvardan yansiyarak kısmi bir duran dalga dizisi ortaya çıkarmıştır.

Jarlan tipi olarak anılan tek bölmeli sistemde, bölmedeki enerjinin bir miktarı rezonans olayı, rölatif bölme mesafesi, B/L ve perfore duvarın porozitesinin neden olduğu vortekslerden dolayı sönümlenmektedir. Gelen dalga enerjisinin bir kısmı perfore duvarda yansırken ve bir kısmı da bölmedeki açıklıklardan iletilmektedir.

Suh vd., (2006) kazıklı düşey yüzlü duvar (pile-supported vertical wall breakwater) olarak adlandırılan, üst kısmı düşey duvar alt kısmı ise birbirine paralel düşey kazıklardan oluşan bir perfore yapı üzerinde düzenli ve düzensiz dalgalar için hidrodinamik karakteristikleri araştırmışlardır. Deneylerde kullanılan duvarın perfore kısmındaki düşey kazıklar dörtgensel olarak seçilmiş ve duvarın porozitesi %50 olarak sabit tutulmuştur. Duvarın düşey yüzlü kısmında farklı su derinlikleri üzerinde çalışılmış ve yükseklikler dalga aşmasına izin verilmeyecek şekilde ayarlanmıştır. Şekil 3.15' de kazıklı düşey yüzlü duvarın şematik bir çizimi gösterilmektedir.



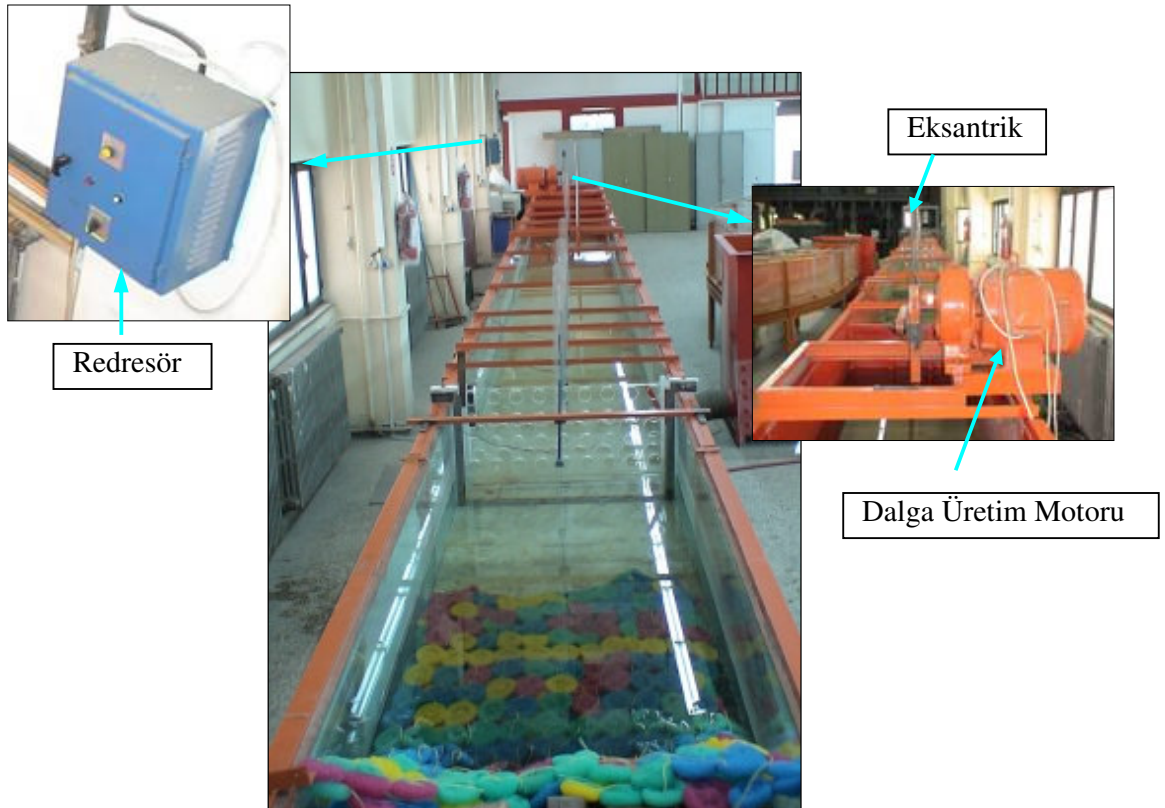
Şekil 3.15 Kazıklı düşey-yüzlü duvarın a) yandan görünüş b) önden görünüş şeması

Su sütunun alt kısmında dalga hareketinin en az olduğu kısa dalgalar için bu yapı düşey yüzlü perfore bir duvar gibi davranmaktadır. Uzun dalgalar için ise kazıklar arasındaki akıma bağlı olarak daha fazla dalga enerjisi kaybı oluşmakta, bu da klasik bir perfore duvardan daha az dalga iletimini sağlamaktadır. Böylece kazıklı düşey yüzlü duvarın uzun dalgalar için enerji sönümlendirmesinde perfore düşey yüzlü bir duvardan daha verimli olduğu görülmüştür. Kazıklı düşey duvarlarda perfore düşey yüzlü duvarlara oranla her zaman daha az iletim ve daha fazla yansıma meydana geleceği kanıtlanmıştır.

4. DENEY SİSTEMİ VE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

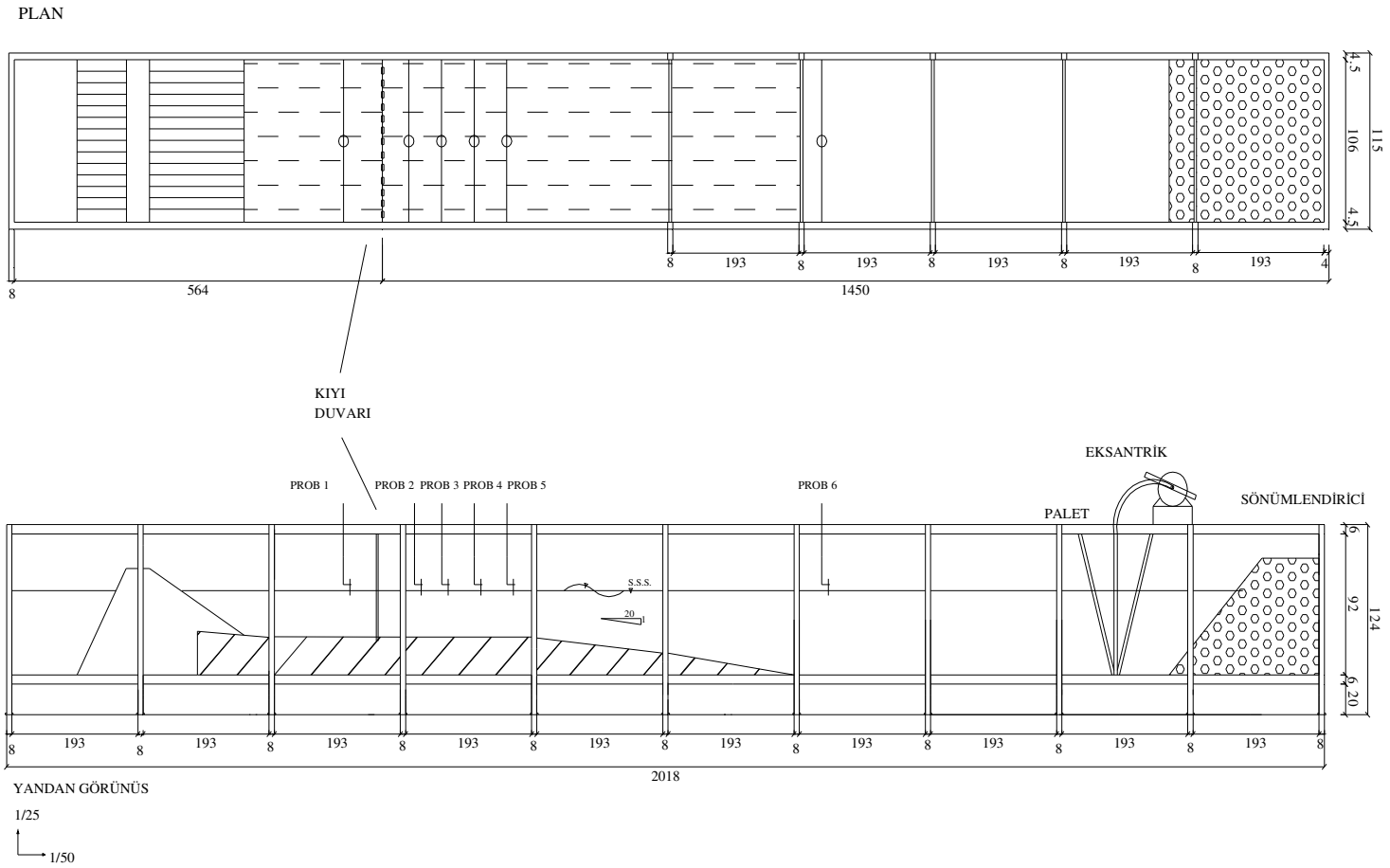
Bu çalışmada, düşey perfore duvarlar için dalga yansıması ve dalga iletimini inceleyen hidrolik performans deneyleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalar Yıldız Teknik Üniversitesi Hidrolik ve Kıyı-Liman Laboratuvarında kurulu iki-boyutlu düzenli dalga kanalında gerçekleştirilmiştir. Deneylerin yapıldığı dalga kanalı, 1m genişliğinde, 1m derinliğinde ve 20 m uzunluğunda olup 14 m boyunca her iki tarafı camla kaplıdır. Deneylerde kullanılan perfore duvarlar dalga pedalından 14.5 m uzaklığa yerleştirilmiştir. Hareketsiz olan kanal tabanı 1/20 oranında eğime sahiptir. Şekil 4.1’ de dalga kanalının genel görünümü verilmiştir.

Dalgalar, bir eksantrik yardımı ile doğru akım motorunun miline bağlanan tabana mafsallı bir palet ile üretilmiştir. İstenilen yükseklik ve periyottaki dalgalar, bu doğru akım motoruna giden akımı düzenleyen ve kumanda eden redresör ve eksantrik yardımıyla üretilmiştir. Kanalda oluşan yansımaları en aza indirmek için kanalın her iki tarafına dalga sönümlendiriciler yerleştirilmiştir. İki boyutlu dalga kanalı Şekil 4.2’ de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Dalga kanalının genel görünümü

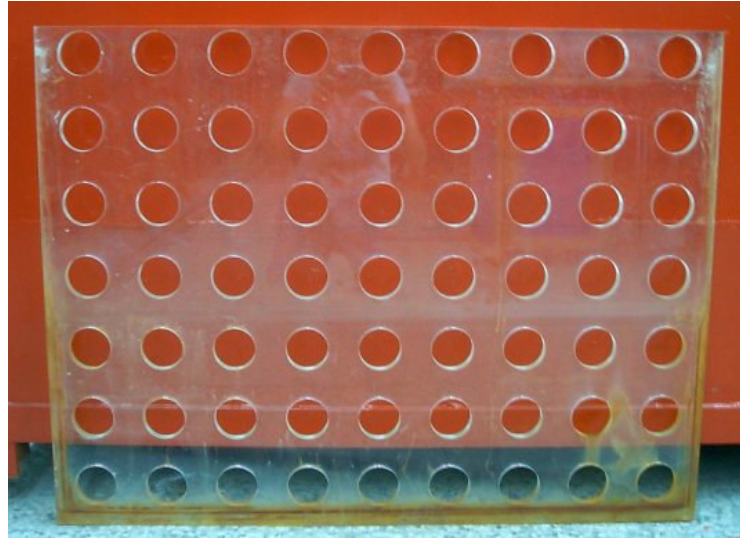
Şekil 4.2 Dalga kanalının şematik gösterimi



4.1 Hidrolik Model Deneylerinde İzlenen Yöntem

Düşey perfore kıyı duvarının dalga yansıma ve iletiminin ölçülmesinin amaçlandığı hidrolik performans deneylerinde, öncelikle iki boyutlu dalga kanalında duvar yerleştirilmeden çeşitli eksantrik ve redresör değerleri için farklı yükseklik ve periyotta dalgalar üretilmiştir. Duvarın kanala yerleştirilmesi planlanan konuma göre 1 nolu dalga ölçer probu yerleştirilmiş ve kırılmayan ve düzenli koşullardaki dalgalar ölçülmüştür. HRWaveData dalga kayıt programı ile ölçülen dalga yüksekliği ve dalga periyodları değerlendirilmiştir. Model kıyı duvarı yerleştirilmeden önce ölçülen bu dalga periyot ve yükseklikleri, duvar yerleştirildikten sonra aynı değerlerde üretilerek hesaplamalarda gelen dalga verileri olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada gerçekleştirilen deneylerde 150 mm kalınlığında pleksiglassdan yapılmış üç farklı poroziteye sahip perfore düşey duvar modeli kullanılmıştır. Bu duvarların poroziteleri %40, %26 ve %20 olarak seçilmiştir. Perfore kıyı duvarı modelleri Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5’de görülmektedir.



Şekil 4.3 %20 poroziteli perfore duvar modeli

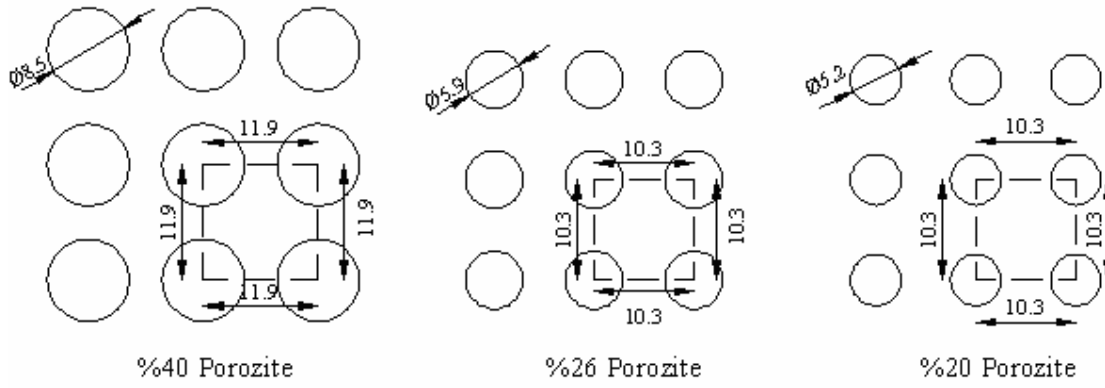


Şekil 4.4 %26 poroziteli perfore duvar modeli



Şekil 4.5 %40 poroziteli perfore duvar modeli

Perfore kıyı duvarı modelinde gözenekler dairesel olarak seçilmiş ve duvarlar 70 cm yüksekliğinde olup dalga aşmasına izin verilmemiştir. Poroziteler hesaplanırken duvarda boşluk olarak bulunacak daire eksenleri arasındaki uzaklıklar eşit tutularak, eksenler arasındaki mesafe bir karenin kenarını oluşturacak şekilde hesaplanmıştır. Bu durumda porozite, daire alanı/kare alanı oranı olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Perfore duvarda porozite hesabı şeması (birimler cm)

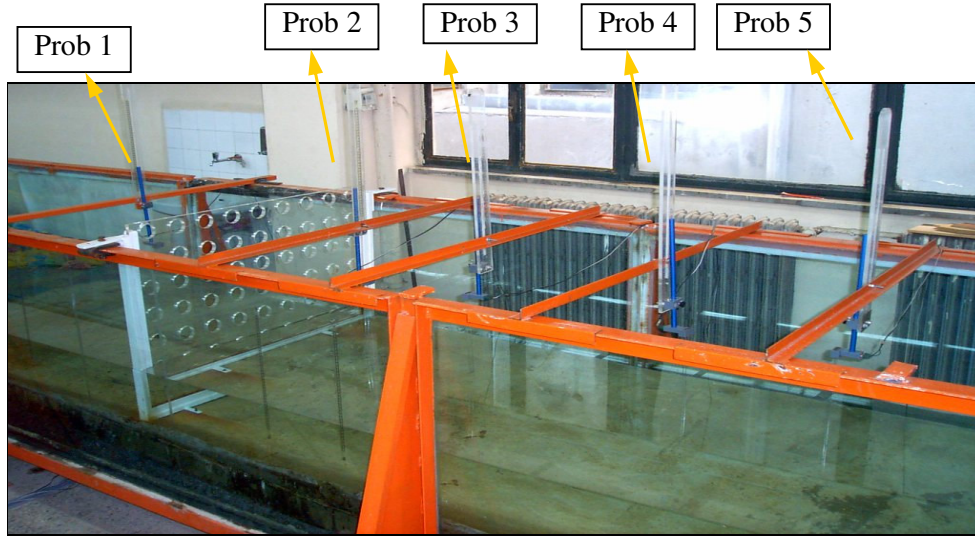
Deneyler her bir duvar için Çizelge 4.1’ de görülen 49 adet dalgadan oluşan bir seri halinde yapılmıştır. Her üç duvar için bu 49 adet dalga üretilmiş ve böylelikle 147 adet deney yapılmıştır. Dalgaların periyodları $T=0.8$ ile 2.2 sn aralığında, yükseklikleri ise $H_i=3.5-17.6$ cm aralığında değişmektedir.

Deneylerde perfore duvarlar teker teker yerleştirilerek, her bir duvar için Çizelge 4.1’de belirtilen dalgalar üretilerek gelen, yansıyan ve iletilen dalgalar ölçülmüştür. Bu şekilde her bir perfore duvarın çeşitli dalga şartları karşısında davranışları incelenmiştir. HRWaveData programı kullanılarak alınan kayıtlardan, gelen ve yansıyan dalga yükseklikleri, yansımaya katsayısı ve iletilen dalga yükseklikleri elde edilmiştir. Perfore duvarın etkisiyle duvar önünde dalgaların bir kısmı yansımaya meydana getirirken bir kısmı ise gözeneklerden geçerek duvarın arka tarafına iletilmektedir.

Çizelge 4.1 Deneylerde kullanılan dalga karakteristikleri

No	Dalga periyodu T(sn)	Dalga Yüksekliği, H _i (cm)	Gelen Dalga Boyu, L _i (cm)	Gelen Dalga Dikliği, H _i /L _i (-)
1	0.8	8.8	106	0.08
2	0.9	7.6	119	0.06
3	0.9	9.0	119	0.08
4	0.9	10.4	123	0.08
5	1.0	7.4	136	0.05
6	1.0	8.5	136	0.06
7	1.0	10.1	136	0.07
8	1.0	13.6	147	0.09
9	1.0	12.3	152	0.08
10	1.1	14.7	165	0.09
11	1.1	8.3	165	0.05
12	1.2	12.7	172	0.07
13	1.2	8.2	180	0.05
14	1.2	11.3	172	0.07
15	1.2	14.8	180	0.08
16	1.2	9.1	180	0.05
17	1.2	16.2	189	0.09
18	1.3	14.0	198	0.07
19	1.3	4.9	198	0.02
20	1.3	7.2	209	0.03
21	1.4	4.9	221	0.02
22	1.4	12.1	221	0.05
23	1.5	13.3	234	0.06
24	1.5	4.8	250	0.02
25	1.5	6.2	234	0.03
26	1.5	8.4	234	0.04
27	1.5	9.5	234	0.04
28	1.5	11.3	234	0.05
29	1.5	15.1	250	0.06
30	1.5	17.3	250	0.07
31	1.5	17.6	250	0.07
32	1.6	15.1	268	0.06
33	1.6	4.9	268	0.02
34	1.6	14.9	268	0.06
35	1.7	3.5	290	0.01
36	1.7	10.1	290	0.03
37	1.7	13.3	290	0.05
38	1.8	3.9	290	0.01
39	1.8	7.3	290	0.03
40	1.8	8.5	316	0.03
41	1.9	9.5	316	0.03
42	2.0	4.0	350	0.01
43	2.0	7.0	350	0.02
44	2.0	16.7	350	0.05
45	2.1	7.6	350	0.02
46	2.1	10.6	350	0.03
47	2.1	12.4	350	0.04
48	2.2	14.3	396	0.04
49	2.2	15.0	396	0.04

HRWaveData programı dalga yansıması analizi için yapı önüne 4 adet prob yerleştirilmesini gerektirmektedir. Bu yüzden yansımanın ölçülebilmesi için 2, 3, 4, 5 No.lu 4 adet probu duvar önüne, iletilen dalganın ölçülmesi için 1 No.lu probu duvar arkasına ve 6 No.lu probu da dalga pedalından 2 m mesafede açıkta oluşan dalgayı gözlemlemek için toplam 6 adet dalga ölçer prob yerleştirilmiştir. Duvar önüne yerleştirilen problemlerin aralarındaki mesafeler her deney için $L/4$ olarak ayarlanmış ve bu mesafeler programa girilerek yansıma analizi yaptırılmıştır. Su seviyesi perfore duvar önünde 33 cm olarak sabit tutulmuştur. Dalga ölçümlerinin taban eğiminden etkilenmemesi için dalga problemleri eğimin bittiği yere yerleştirilerek ölçüm yapılmıştır. Şekil 4.7’ de kanala yerleştirilen dalga problemlerinin konumları görülmektedir.



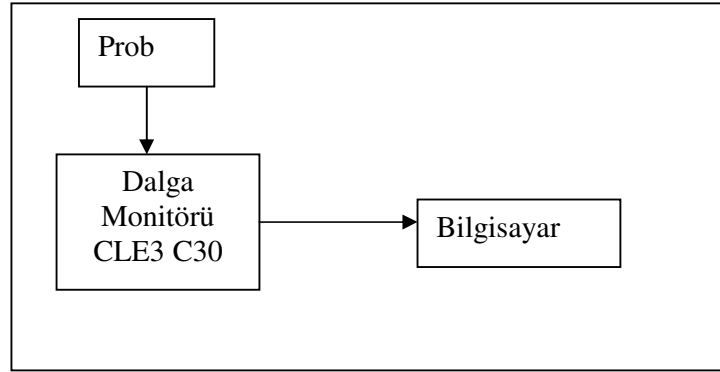
Şekil 4.7 Dalga ölçümleri için kanala yerleştirilen problemlerin konumları

4.2 Dalga Ölçümü

Dalga kanalında üretilen dalgalar ikiz çubuk elektrodlu (prob) bir sistem yardımıyla ve CLE3 C30 model 8 çıkışlı bir dalga monitörü ile ölçülmüştür. (Şekil 4.8). Bu sistemin çalışması elektrodlar arasındaki suyun devreyi tamamlaması ve su seviyesinin alçalıp yükselmesi sırasında direncin değişmesi prensibine dayanmaktadır. Dalga monitörü vasıtasıyla yapılan ölçümler HR WaveData 3.0 veri eldesi ve analizi adlı yazılım programı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Dalga ölçüm sisteminin genel şeması Şekil 4.9’da gösterilmektedir.



Şekil 4.8 Dalga ölçümlerinde kullanılan dalga monitörü

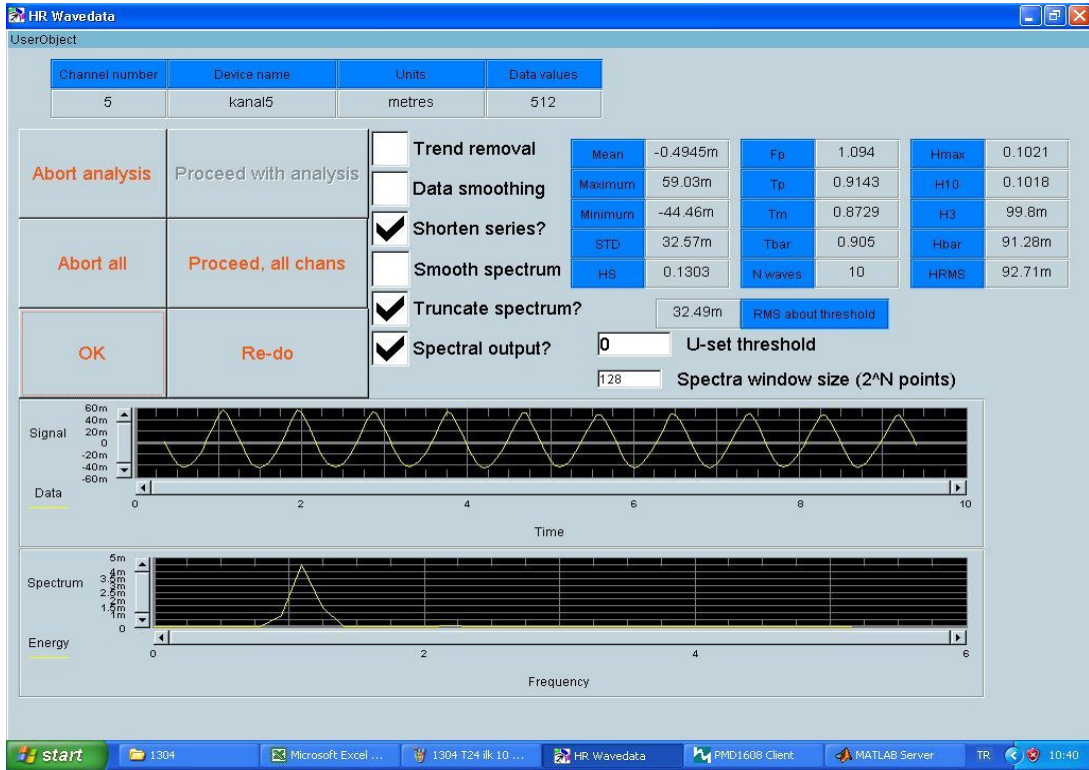


Şekil 4.9 Dalga ölçüm sisteminin genel şeması

HRWaveData, hidrolik modeller için kullanılan analog veri sinyallerinin elde edilmesi ve analizi için tasarlanmış bir programlar bütünüdür. Bu program özellikle dalga ölçüm problemleri için uygun olan bir kalibrasyon yöntemini, analiz yöntemlerini ve parametrelerin gerçek zamanlı analizleri ile veri elde etme yöntemini kapsamaktadır. Bu yöntemler, spektrum analizi, istatistiksel analiz ve yansıma analizlerini içermekte olup verilerin sistematik bir şekilde elde edilmesi mümkün kılmaktadır.

Ortalama dalga yükseklikleri ve dalga periyodunun elde edildiği HRWaveData, dalga spektrumu ve bununla ilişkili spektrum parametrelerini belirlemek olan bir spektrum analiz programıdır. İstatistik analiz sıfırı aşağı kesme yöntemi ile yapılmaktadır. Spektrum analizi belli bir zaman serisinde ölçülen kalibre edilmiş verileri, buna karşılık gelen spektrumu elde etmek için frekans alanına dönüştürür. Bu spektrum, lineer sistemler için güçlü bir analiz aracı olmaktadır. Çünkü çoğunlukla kullanılan tasarım parametreleri bu yöntemle doğrudan

hesaplanabilmektedir. HRWaveData programı içerisinde spektrumu hesaplamak için zamana bağlı veriyi, frekansa bağlı veri şekline dönüştüren hızlı fourier dönüşümleri (FFT) adı verilen bir algoritma kullanılmaktadır. Şekil 4.10'da dalga monitörü ile ölçülen bir dalganın HRWaveData programı ile yükseklik ve periyodun elde edildiği çalışma ekranı görülmektedir.



Şekil 4.10 HRWaveData programının çalışma ekranı

Deney sisteminin çalıştırılacağı optimum süre ve veri alma frekansı HRWaveData programının öngördüğü bir dizi işlem ile hesaplanmıştır. Duvarın mevcut olmadığı durumda dalga kanalında yapılan ölçümler ile çalışılabilecek en büyük dalga periyodunun 2.2 sn olduğu tespit edilmiş ve ölçümlerin yansılardan etkilenmemesi için dalga üretildikten sonra ölçülen ilk 10 dalga ile çalışılmaya karar verilmiştir. Pik periyot 2.2 sn için 10 adet dalganın elde edilme süresi $10 \times 2.2 = 22$ sn dir. Program çalışma süresinin hesaplanmasında pratik olarak %20 oranında bir hata payı bırakılmasını tavsiye etmektedir. Buna göre çalışma süresi 26 sn olarak kabul edilmiştir. HRWave Data programa göre veri alma sıklığı şu şekilde hesaplanmaktadır;

Pik periyot=2.2 sn

Elde edilmek istenen dalga sayısı=10

Çalışma süresi $2.2 \times 10 = 22 \text{ sn}$

Örnekleme frekansının pik periyodun en az 8 katı olması tavsiye edilmektedir. Buna göre frekans aralığı

$$2.2/8 = 0.275 \text{ s}$$

Toplam çalışma süresi için,

$$22 \text{ sn} / 0.275 \text{ sn} = 80 \text{ adet veri alınması gerekmektedir.}$$

$2^6 < 80 < 2^7$ aralığında yer almaktadır.

Spektrum analizi için toplanacak veri sayısının 2^n sayıda olması gerekmektedir. Bunun için veri alma sıklığı 2^7 yani 128Hz olarak hesaplanmıştır.

Şekil 4.11'de dalga ölçümlerinin yapıldığı sırada çekilen fotoğrafta duvar önündeki ve arkasındaki dalga etkisi daha iyi görülmektedir.



Şekil 4.11 %26 poroziteli duvarın kullanıldığı deneyden bir görünüm

4.3 Yansımada Analizi

Perfore tekli duvarların hidrolik performans hesaplamalarında kullanılan, yansımada katsayıları doğrudan HRWaveData programında mevcut olan bir hazır hesap yöntemi ile belirlenmiştir. Yansımada analizi, aralarındaki mesafe belli olan 4 adet prob ile ölçülen dalga yüksekliklerine göre yapılmaktadır. Belirlenen prob aralıkları için geçerli frekans aralığı HRWaveData

programı ile belirlenmekte ayrıca gelen ve yansıyan dalga spektrumu gibi yansıma katsayısı da hesaplanmaktadır. Duvar önüne yerleştirilen 4 adet probun aralarındaki mesafeler her deney için $L/4$ olarak ayarlanmış ve bu mesafeler programa girilerek yansıma analizi yaptırılmıştır

Yansıma analizi yöntemi için kullanılan teori, ağırlıklı katsayılar kullanılarak isteğe göre belirlenen sayıda ve herhangi bir şekilde dizilen dalga ölçerler vasıtasıyla su yüzeyi değişimlerinin zaman serilerini kullanarak yansıyan ve gelen dalgaları ayırt etmek için küçük kareler yöntemi yaklaşımına dayanmaktadır.

Ölçümde elde edilen verilerin zaman serileri, her biri bir öncekinin %50'sinin üzerine getirilen veri blok sayılarına bölünmektedir. Yansıma analizi yöntemindeki ortalama sayı, her bir bloktaki veri noktaları sayısıdır. Tüm bu FFT'lerden alınan bir ortalama ve her bir veri bloğu için bir FFT analizi yapılmaktadır. Yansıma analizi, gelen ve yansıyan dalga spektrum enerjisini ve yansıma katsayısını, geçerli frekans aralığı üzerine yayılan frekanslardan hesaplamaktadır. Aynı zamanda yansıyan ve gelen dalga enerjileri oranı yani yansıma katsayılarının ortalaması olarak yansıma katsayısını hesaplamaktadır.

Dalga iletiminin hesaplanması için ise duvar arkasına yerleştirilen 1 nolu prob ile yapılan ölçümlerden program vasıtasıyla elde edilen dalga yükseklikleri kullanılmıştır.

4.4 Boyut Analizi

Boyut analizi deneysel ölçümlerde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki karmaşık ifadeleri belirlemekte kullanılan bir yöntemdir. Deneylerde ölçülen fiziksel büyüklükler bir boyut ve bu boyutun standart birimi cinsinden ifade edilirler. Hidrolik mühendisliğinde temel boyutlar olarak kütle, uzunluk ve zaman kullanılmaktadır. Temel boyutlar şu şekilde gösterilmektedir;

Kütle,	M
Uzunluk,	L
Zaman,	T

Diğer tüm fiziksel büyüklükler bu temel boyutlar cinsinden ifade edilebilmektedir.

Ölçü birimlerine tabi olan fiziksel büyüklüklere boyutlu büyüklükler (hız, ağırlık vs.), ölçü birimlerinden tamamen bağımsız olan büyüklüklere ise boyutsuz büyüklükler (açı gibi) denir. Ancak bilindiği gibi tabiatta bütün olaylar insanların kurmuş olduğu birim sistemlerinden bağımsız olarak meydana geldiği için, boyut analizinin amacı bir fiziksel olaya etki eden birçok parametreyi boyutsuz sayılarla ifade etmektir (Yüksel, 2000).

Düzenli dalga şartlarındaki perfore düşey kıyı duvarlarında dalga yansıması ve iletimini kapsayan hidrolik performansın araştırıldığı bu çalışmada etkili parametreler Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Yapılan deneysel çalışmadaki etkili parametreler

	Parametre	Sembol	Birim	Boyut
Akımı karakterize eden değişkenler	Gelen dalga yüksekliği	H_i	m	L
	Yansıyan Dalga yüksekliği	H_r	m	L
	İletilen dalga yüksekliği	H_t	m	L
	Dalga boyu	L	m	L
	Su derinliği	d	m	L
Akışkanı karakterize eden değişken	Akışkanın özgül kütlesi	ρ	kg/m ³	M/L ⁻³
Diğer değişkenler	Yerçekimi ivmesi	g	m/s ²	LT ⁻²
	Yapı porozitesi	P	m/m	-

Bu deneysel çalışmada etkili olan değişkenlerin sayısını azaltmak ve bağımsız değişkenleri boyutsuz formda elde etmek için yukarıdaki değişkenlerden ρ , g ve H_i tekrarlanan değişkenler olarak seçilmiştir. Burada boyut analizi için Buckingham π teoremi uygulanmıştır. Bu yöntemle göre fiziksel sistemdeki etkili parametreler şöyle sıralanmıştır:

$$f(H_i, H_r, H_t, L, d, \rho, g, P) = 0 \quad (4.1)$$

Burada 8 adet değişken ve 3 adet ana boyut (ρ , g ve H) olduğu için 5 adet boyutsuz parametre bulunmaktadır.

$$\pi_1 = \rho^{x_1} g^{y_1} H_i^{z_1} H_r \quad (4.2)$$

$$\pi_2 = \rho^{x_2} g^{y_2} H_i^{z_2} H_t \quad (4.3)$$

$$\pi_3 = \rho^{x_3} g^{y_3} H_i^{z_3} L \quad (4.4)$$

$$\pi_4 = \rho^{x_4} g^{y_4} H_i^{z_4} d \quad (4.5)$$

$$\pi_5 = P \text{ (P, parametresi boyutsuz olduğu için)}$$

Her parametreyi temsil eden boyutlar bağıntıda yerine yazılır.

π_1 için,

$$M^0 L^0 T^0 = (M / L^{-3})^{x_1} (LT^{-2})^{y_1} L^{z_1} L \quad (4.6)$$

Bu eşitlikten x_1 , y_1 ve z_1 sayıları hesaplanarak π_1 elde edilmiştir.

$$\text{Buna göre } \pi_1 = \frac{H_r}{H_i} \quad (4.7)$$

π_2 için,

$$M^0 L^0 T^0 = (M / L^{-3})^{x_2} (LT^{-2})^{y_2} L^{z_2} L \quad (4.8)$$

$$\text{Buna göre } \pi_2 = \frac{H_t}{H_i} \quad (4.9)$$

π_3 için,

$$M^0 L^0 T^0 = (M / L^{-3})^{x_3} (LT^{-2})^{y_3} L^{z_3} L \quad (4.10)$$

$$\text{Buna göre } \pi_3 = \frac{L}{H_i} \quad (4.11)$$

π_4 için,

$$M^0 L^0 T^0 = (M / L^{-3})^{x_4} (LT^{-2})^{y_4} L^{z_4} L \quad (4.12)$$

$$\text{Buna göre } \pi_4 = \frac{d}{H_i} \quad (4.13)$$

$$\pi_5 = P \quad (4.14)$$

Böylece yukarıdaki işlemler sonucunda perfore düşey kıyı duvarlarında Dalga iletimi ve yansımaları içeren hidrolik performans için etkili olan boyutsuz parametreler bulunmuştur.

$$f_1(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5) = 0 \quad (4.15)$$

$$f_2\left(\frac{H_r}{H_i}, \frac{H_t}{H_i}, \frac{L}{H_i}, \frac{d}{H_i}, P\right) \quad (4.16)$$

Bu ifadenin yeniden düzenlenmesiyle dalga yansımada etkili boyutsuz parametreler;

$$\frac{H_r}{H_i} = f_3\left(\frac{H_t}{H_i}, \frac{L}{H_i}, \frac{d}{H_i}, P\right) \quad (4.17)$$

Dalga iletiminde etkili boyutsuz parametreler ise

$$\frac{H_t}{H_i} = f_4\left(\frac{H_r}{H_i}, \frac{L}{H_i}, \frac{d}{H_i}, P\right) \quad (4.18)$$

olarak elde edilmiştir.

Buradaki boyutsuz parametreler sırasıyla;

$$\frac{H_r}{H_i}, \text{ yansıma katsayısı, } K_r$$

$$\frac{H_t}{H_i}, \text{ iletim katsayısı, } K_t$$

$$\frac{H_i}{L}, \text{ dalga dikliği}$$

$$\frac{H_i}{d}, \text{ rölatif dalga yüksekliği}$$

$$P, \text{ yapı porozitesi}$$

Perfore düşey kıyı duvarlarının dalga etkisindeki hidrolik performanslarının değerlendirilmesinde etkili olan boyutsuz parametreler elde edilmiştir. Bu boyutsuzlar kullanılarak perfore düşey duvarlardaki yansıma ve iletim performansları deneysel bir çalışma yapılarak incelenecektir.

5. DENEYSEL ÇALIŞMA VE SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tekli perfore düşey duvarların hidrolik performansının incelendiği deneysel çalışma, yansıma ve iletim verimlilikleri olmak üzere iki aşmada değerlendirilmiştir.

5.1 Yansıma Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

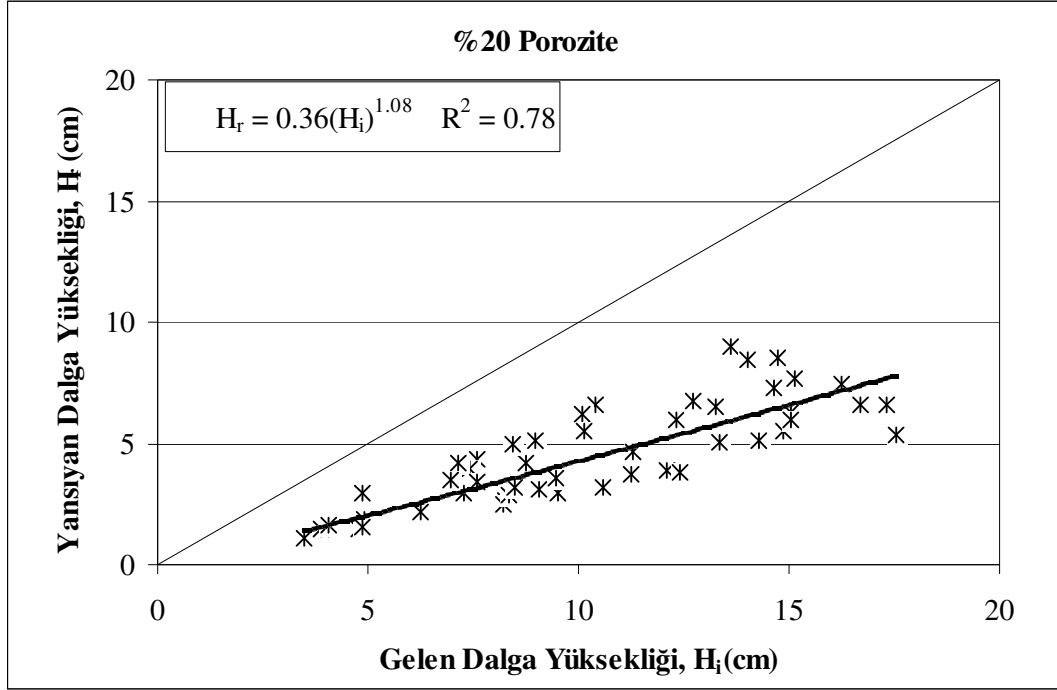
Genellikle kıyı yapılarına gelen dalga enerjisinin bir kısmı, dalganın kırılması, yapının pürüzlülüğü ve dalgaların yapı gözeneklerine nüfuz etmesi ile kaybolur. Bir kısmı ise dalga aşması ve dalganın yapı etrafında dönmesiyle veya yapı gözenekli ise yapı içerisinden arka tarafa geçmesiyle iletilir. Ayrıca gelen dalganın bir kısmının deniz tarafına doğru geri yansıması da söz konusudur. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda gelen dalga enerjisi önceki bölümlerde Denklem 3.5'deki gibi açıklanmıştır.

Deneylerde, dalga enerjisinin perfore düşey duvar vasıtasıyla sönümlenmesi, iletilmesi ve oluşan yansıma oranlarının incelemesi için üç farklı poroziteye sahip düşey duvar kullanılmıştır. Deneylerde dalga aşmasına müsaade edilmemiştir. Tekli perfore duvarlara gelen dalga yüksekliği ve HRWaveData programının yaptığı yansıma analizi ile elde edilen yansıyan dalga yükseklikleri karşılaştırılmıştır.

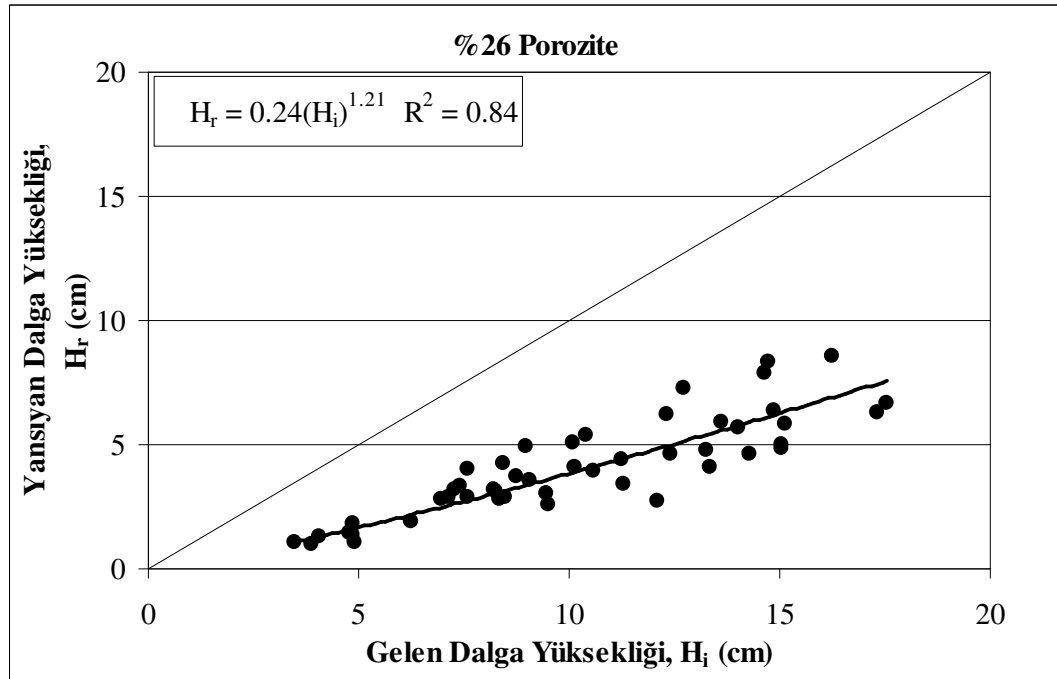
Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3 sırasıyla %20, %26 ve %40 poroziteli duvarların yansıma verimliliği, gelen dalga yüksekliği (duvarın mevcut değil iken) ile yansıyan dalga yüksekliği karşılaştırılarak gösterilmiştir. Üç farklı porozitedeki duvarın da yansıma üzerinde etkili olduğunu ve yansıyan dalga yüksekliğini azalttığı görülmektedir. Fakat Şekil 5.3'de görüldüğü gibi %40 poroziteli düşey duvar kullanıldığında %26 ve %20 poroziteli duvarlara kıyasla yansıyan dalga yükseklikleri daha düşük elde edilmiştir. %40 poroziteli duvarda, diğerlerine göre gözenekliliğin daha fazla olması sebebiyle beklendiği gibi duvar arkasına geçen dalga yüksekliği (iletilen dalga) daha fazla olduğu için duvar önündeki dalga yansıması daha az olmaktadır.

Ayrıca her üç şekil de incelendiğinde gelen dalga yüksekliğinin artması ile yansıyan dalga yüksekliğinin de artış gösterdiği fakat bu artışın doğru orantılı olarak devam etmediği görülmektedir. Farklı poroziteye sahip üç ayrı duvarın yansıyan dalga yüksekliklerine etkileri Şekil 5.4'de bir arada gösterilmiştir. Buna göre %40 poroziteye sahip duvarın %26 ve %20 poroziteli duvarlara göre daha az bir yansımaya neden olduğu daha açık görülmektedir. Şekil

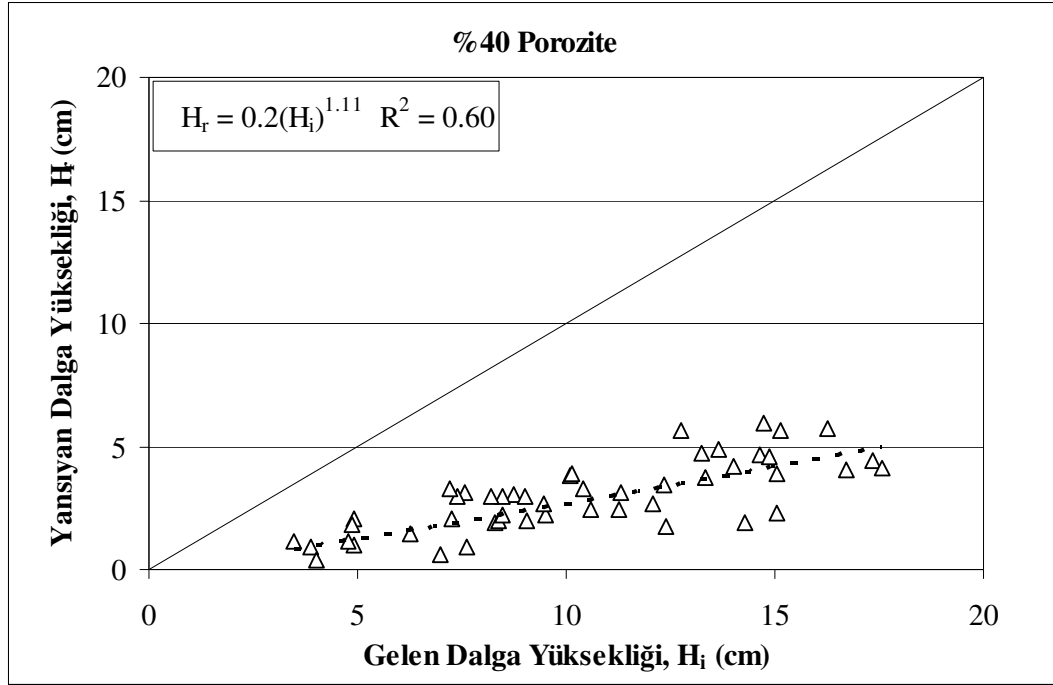
5.4'e göre perfore duvarlar yansımayı azaltma etkilerine göre %40>%26>%20 şeklinde sıralanabilir.



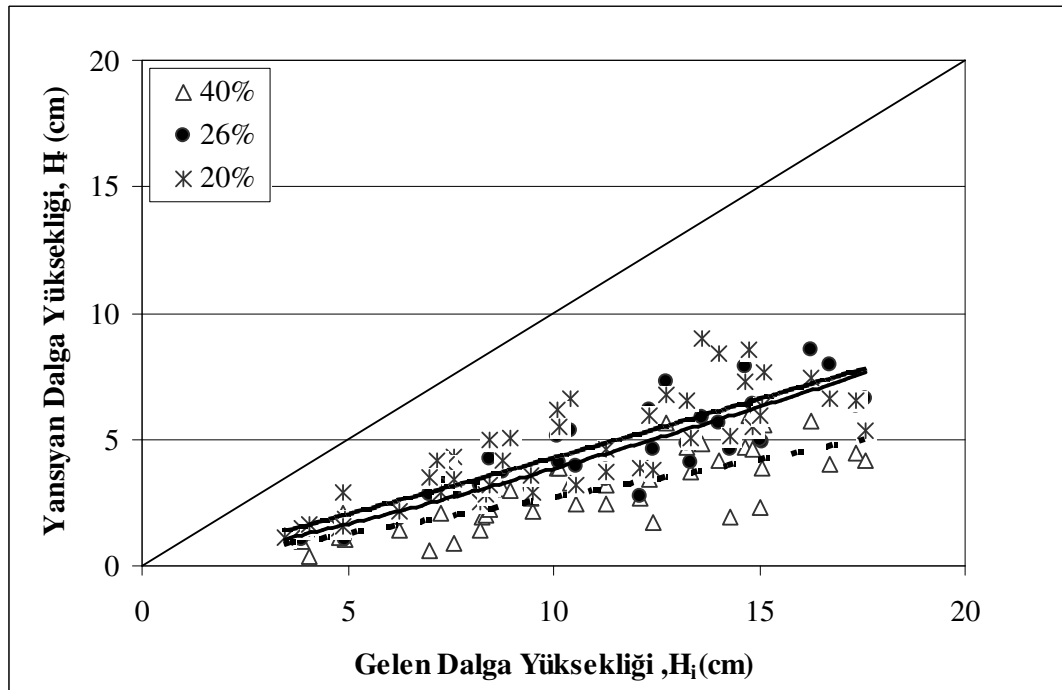
Şekil 5.1 %20 poroziteli düşey duvar için gelen dalga yüksekliğine karşılık yansıyan dalga yüksekliği



Şekil 5.2 %26 poroziteli düşey duvar için gelen dalga yüksekliğine karşılık yansıyan dalga yüksekliği



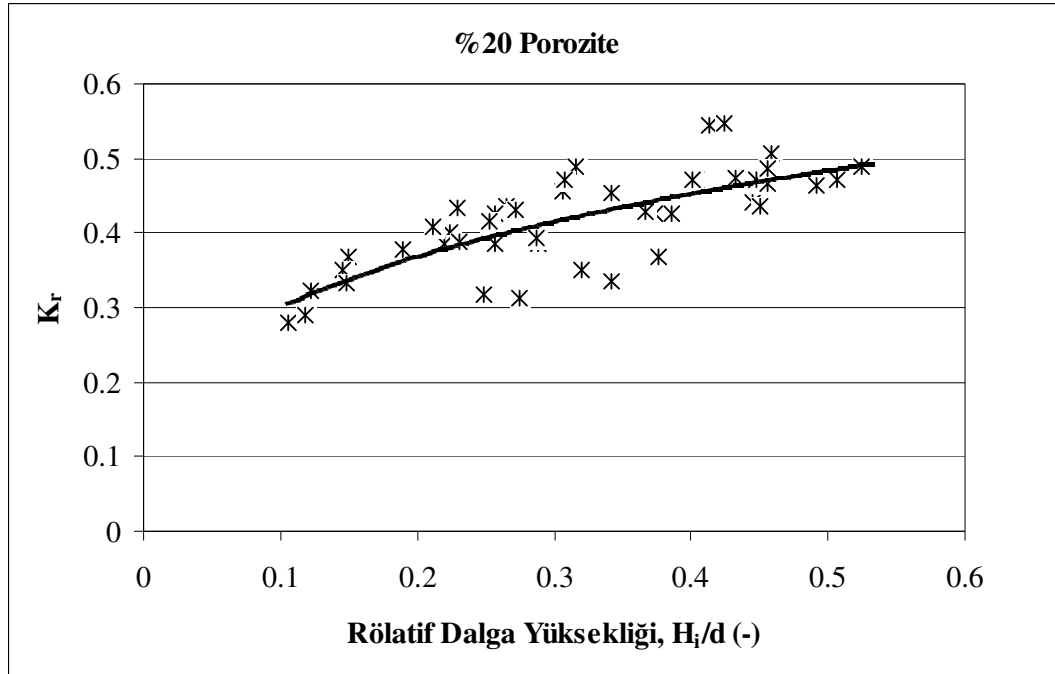
Şekil 5.3 %40 poroziteli düşey duvar için gelen dalga yüksekliğine karşılık yansıyan dalga yüksekliği



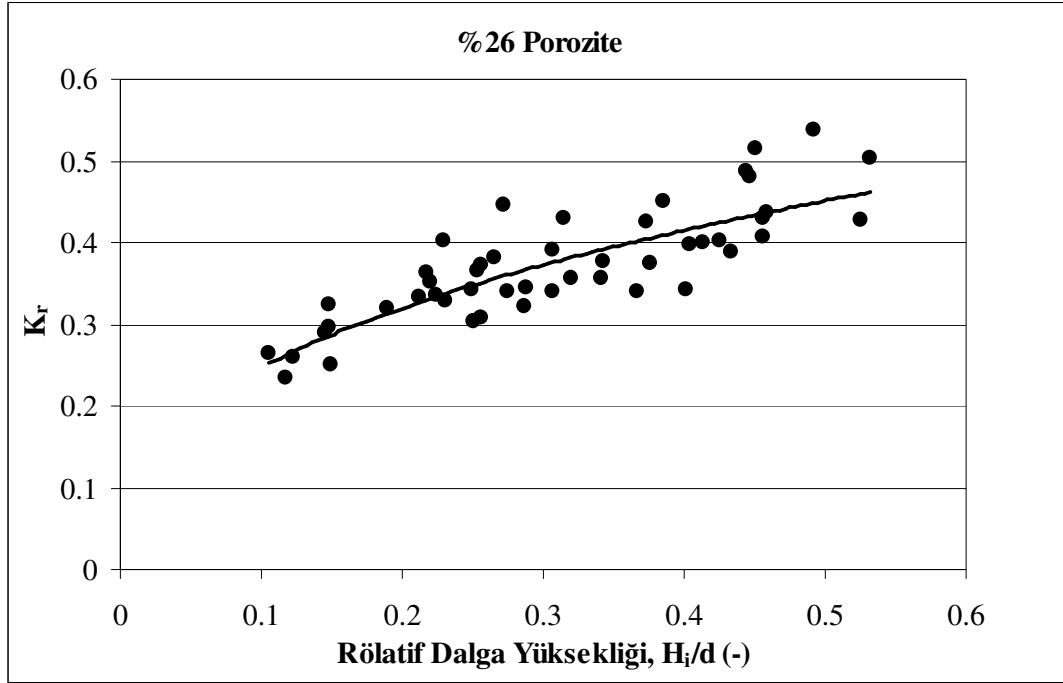
Şekil 5.4 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı gelen dalga yüksekliğine karşılık yansıyan dalga yüksekliği

Yansıma en iyi şekilde Denklem 3.6' da tanımlanan yansıma katsayısı ile ölçülebilmektedir. Farklı poroziteye sahip duvarlarda rölatif dalga yüksekliğine karşılık yansıma katsayılarının değerlendirilmesi Şekil 5.5, 5.6 ve 5.7' de gösterilmektedir. Bu çalışmadaki deney şartlarına göre, her üç duvar için de yansıma katsayısının, K_r , yaklaşık olarak 0.2 ile 0.55 aralığında, rölatif dalga yüksekliğinin, H_i/d , ise 0.1 ile 0.55 aralığında değiştiği görülmektedir.

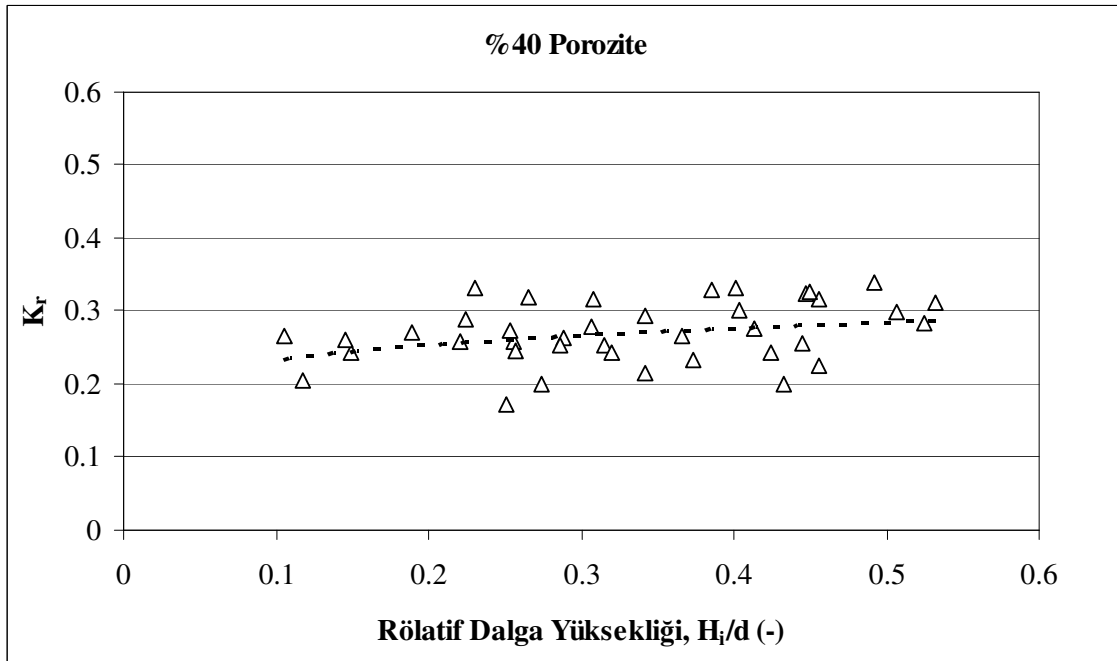
Üç farklı porozitedeki duvarların yansıma katsayılarının bir arada gösterildiği Şekil 5.8'de daha açık bir şekilde, %40 poroziteye sahip duvarda dalga etkisi sonucu %26 ve %20 poroziteli düşey duvarlardan daha düşük yansıma katsayılarına sahip olduğu görülmektedir. Şekil 5.8'den porozitenin artması ile yansıma katsayısının dolayısıyla yansıma miktarının azaldığı görülmektedir. Ayrıca artan rölatif dalga yüksekliği ile yansıma katsayısının arttığı görülmektedir. Bu da yüksekliği büyük dalgaların küçük dalgalara göre yapı üzerinde daha fazla yansıdığını göstermektedir.



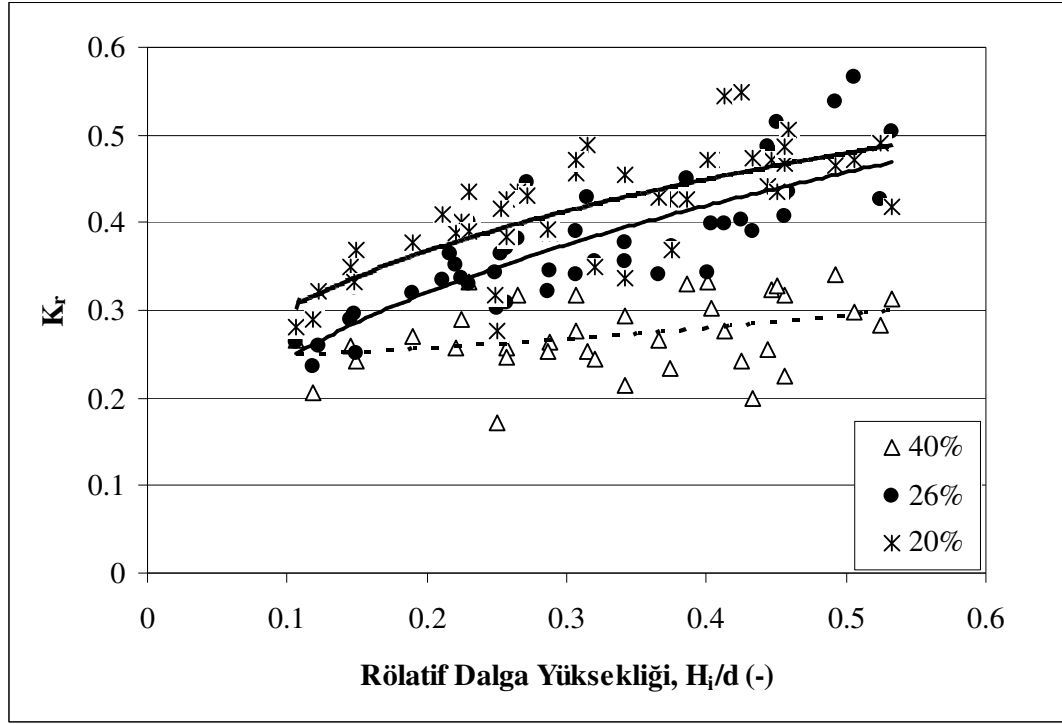
Şekil 5.5 %20 poroziteli duvar için rölatif dalga yüksekliğine karşılık yansıma katsayısı



Şekil 5.6 %26 poroziteli duvar için rölatif dalga yüksekliğine karşılık yansımaya katsayısı

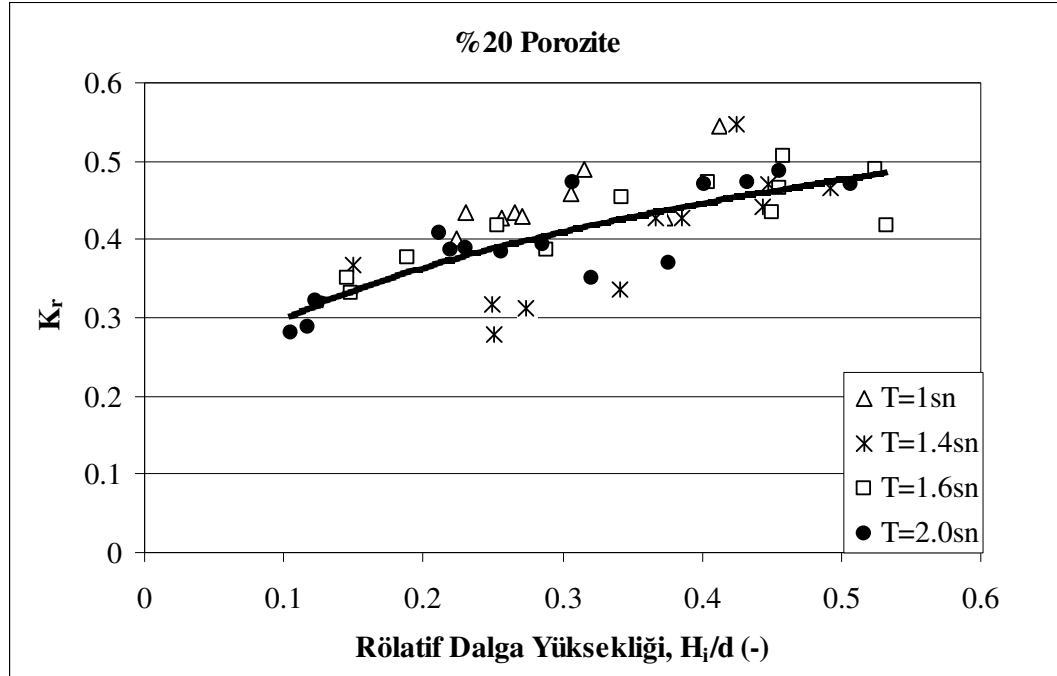


Şekil 5.7 %40 poroziteli duvar için rölatif dalga yüksekliğine karşılık yansımaya katsayısı



Şekil 5.8 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı rölatif dalga yüksekliğine karşılık yansımaya katsayısı

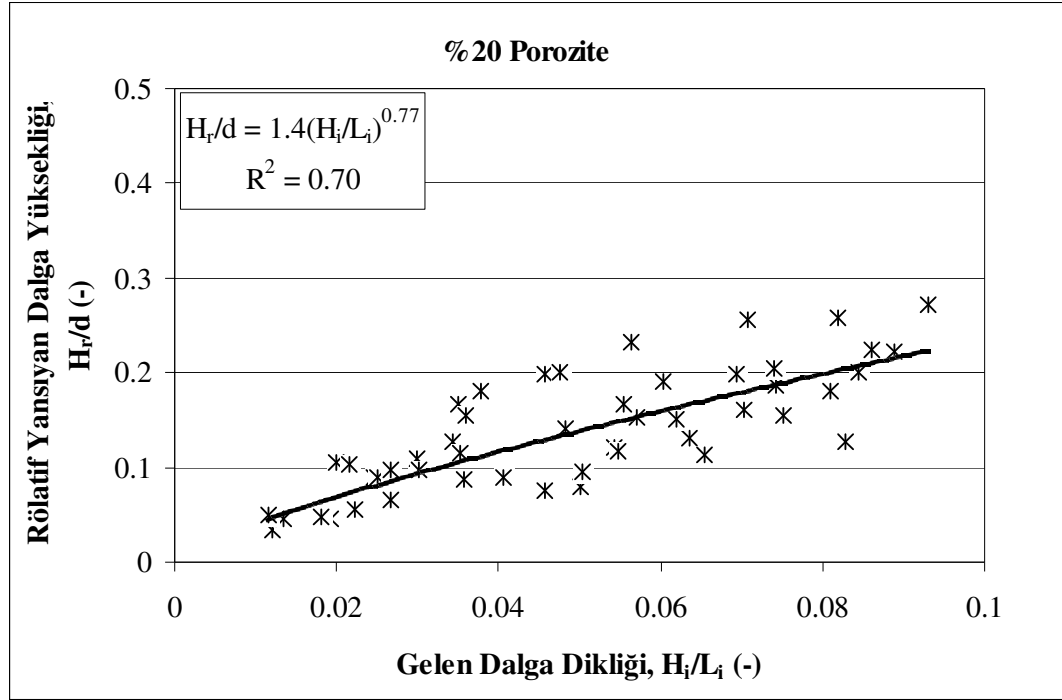
Şekil 5.9’da dalga periyoduna göre gruplandırılmış dalgaların yansımaya katsayıları görülmektedir. Burada aynı periyoda sahip dalgaların farklı yansımaya katsayıları üzerinde görülebilmektedir. Böylece düşey duvarlarda yansımaya katsayısı üzerinde dalga periyodunun bir etkisi olmadığı sonucuna varılmaktadır. Sadece %20 poroziteli duvar için gösterilen bu değişim %40 ve %26 poroziteli duvarlar içinde aynı şekilde meydana gelmektedir.



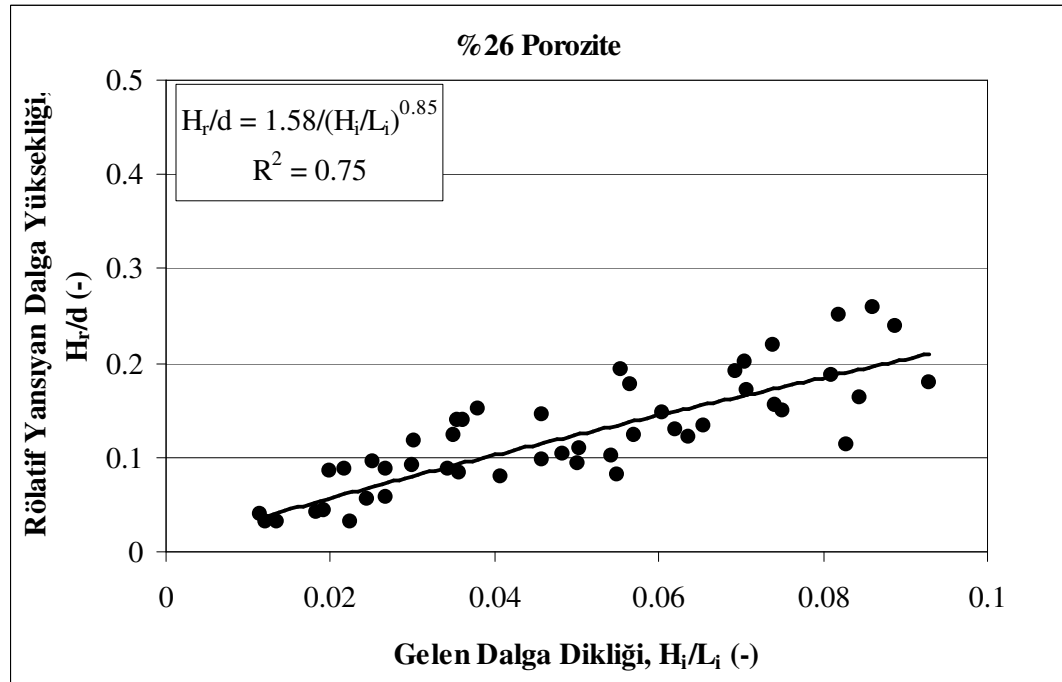
Şekil 5.9 Rölative dalga yüksekliğine karşılık periyot değişimlerinin gösterildiği yansıma katsayıları (%20 Porozite)

Perfore düşey duvarlarda gelen dalga boyunun da (L_i) yansıma üzerindeki etkisini inceleyebilmek için her bir perfore duvar için dalga dikliğine (H_i/L_i) karşılık rölative yansıyan dalga yükseklikleri karşılaştırılmıştır.

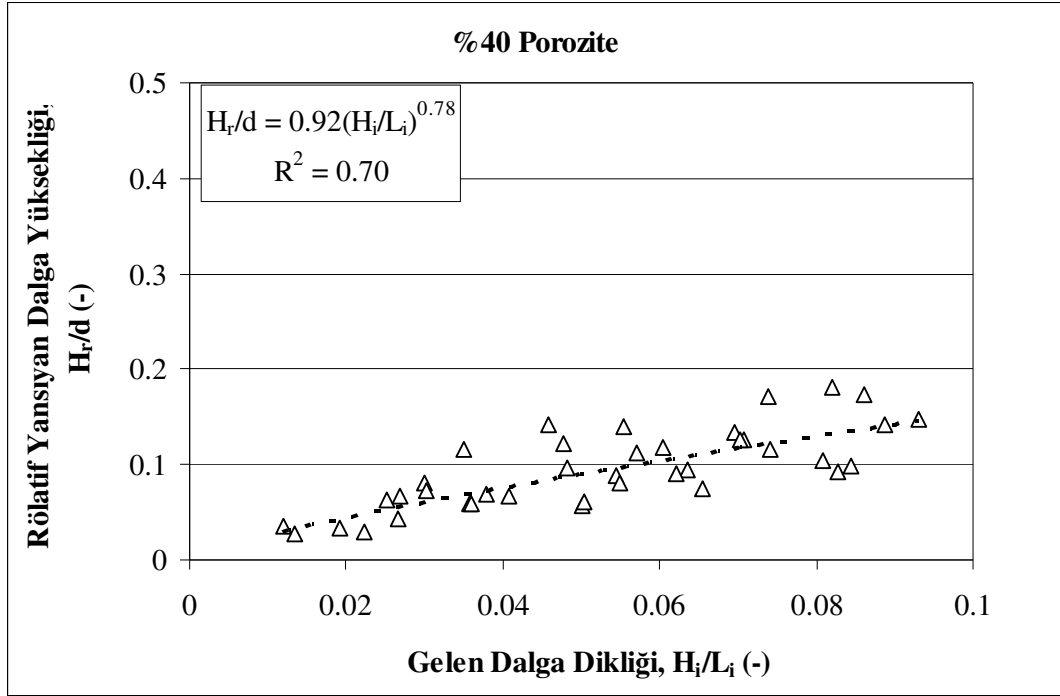
Şekil 5.10, 5.11, 5.12 sırasıyla %20, %26 ve %40 poroziteli perfore kıyı duvarlarında rölative yansıyan dalga yüksekliklerinin dalga diklikleri ile ilişkisini göstermektedir. Şekil 5.1, 5.2 ve 5.3'de yansıyan dalga yüksekliklerinin gelen dalga yüksekliği ile ilişkisini gösteren grafiklerde korelasyon katsayıları daha büyük elde edilmiştir. Bu yüzden genel olarak şekillerden yansımanın dalga dikliği ile ilişkili olduğu görülse de dalga yüksekliği ile daha kuvvetli bir ilişkisi olduğu sonucu elde edilmektedir. Şekil 5.13'de farklı poroziteler için dalga dikliği ile rölative yansıyan dalga yüksekliği bir arada gösterilmiştir. Burada farklı poroziteler için dalga dikliğinin rölative yansıyan dalga dikliği ile ilişkisi olduğu fakat verilerdeki dağılımın fazla olduğu daha açık bir şekilde görülmektedir.



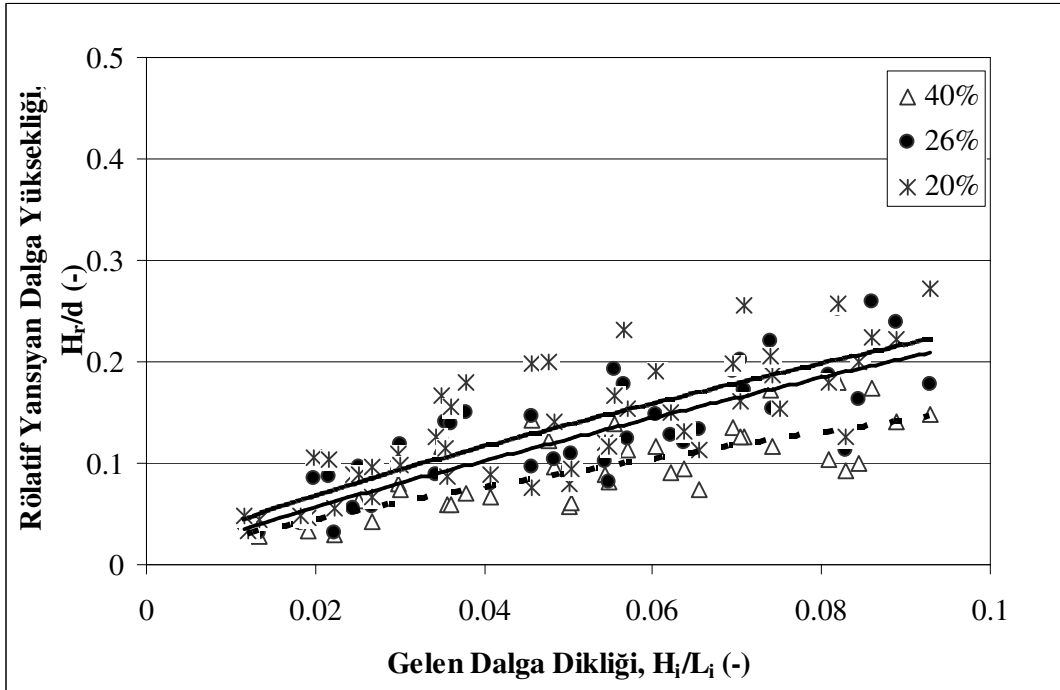
Şekil 5.10 %20 poroziteli düşey duvar için yerel dalga dikliğine karşılık rölatif yansıyan dalga yüksekliği



Şekil 5.11 %26 poroziteli düşey duvar için gelen dalga dikliğine karşılık rölatif yansıyan dalga yüksekliği



Şekil 5.12 %40 poroziteli düşey duvar için gelen dalga dikliğine karşılık rölatif yansıyan dalga yüksekliği



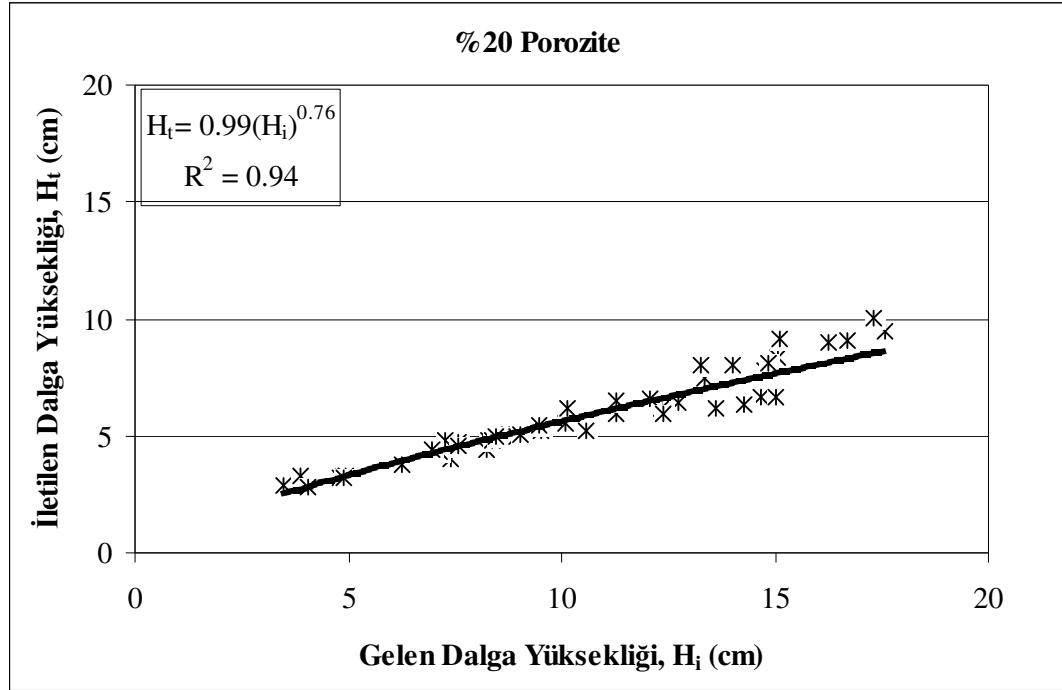
Şekil 5.13 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı gelen dalga dikliğine karşılık rölatif yansıyan dalga yüksekliği

5.2 İletim Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

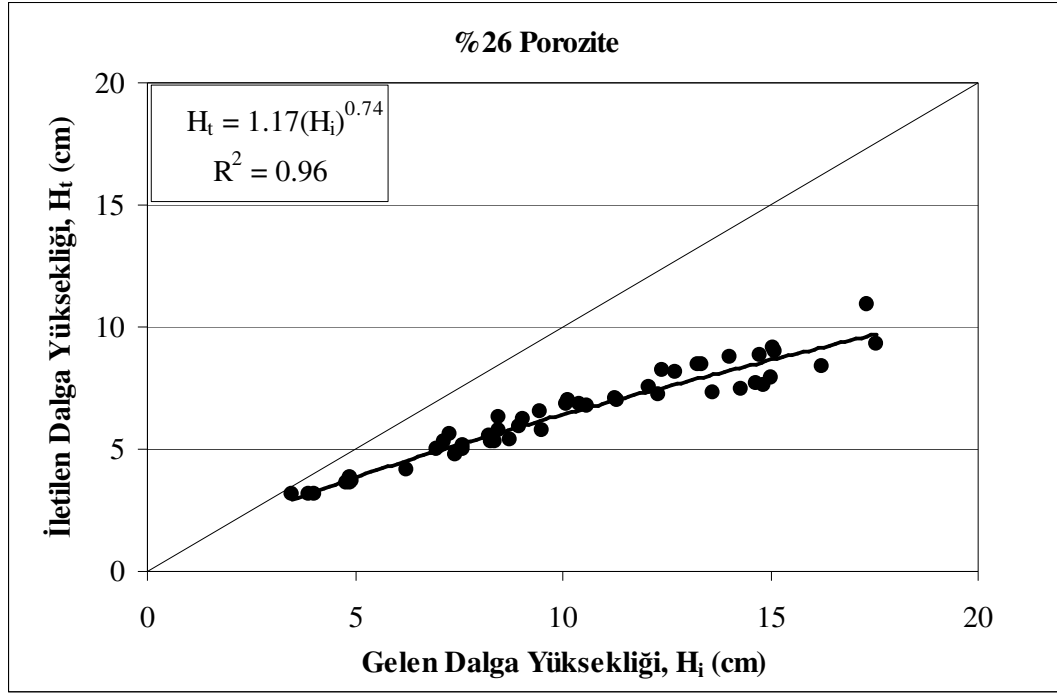
Bu bölümde dalgaların %40, %26 ve %20 poroziteye sahip üç farklı düşey perfore duvarda iletiminin nasıl bir davranış gösterdiği belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 5.14, 5.15 ve 5.16 sırasıyla %20, %26 ve %40 poroziteli duvarlarda gelen dalga yüksekliği ile iletilen dalga yüksekliği arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Gelen dalga yüksekliğine karşılık, iletilen dalga yüksekliklerinin gösterildiği Şekil 5.16’da iletilen dalga yüksekliğinin %40 poroziteli duvar için %26 ve %20 poroziteli duvarlara kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. %40 poroziteli düşey duvarda porozite oranı daha fazla olması dolayısıyla geçirgenliği daha fazla olduğu için duvar arkasına iletilen dalgaların da daha yüksek olduğu söylenebilir. Porozite oranındaki artışın iletilen dalga yüksekliğinde de artışa sebep olduğu sonucuna varılmaktadır.

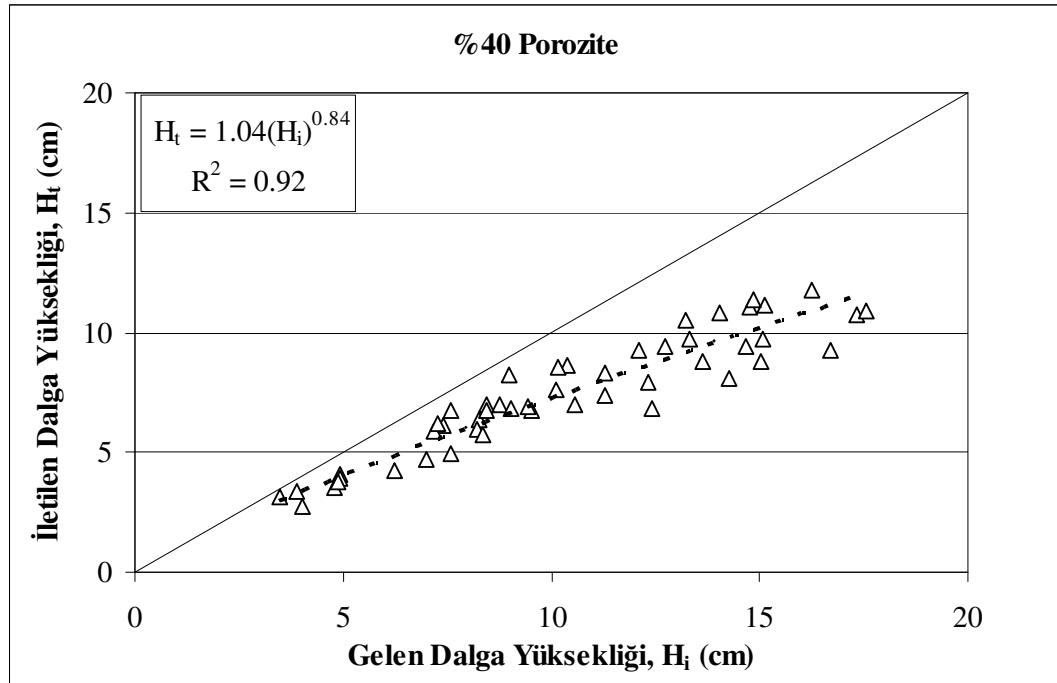
Bununla birlikte %40, %26 ve %20 poroziteler için hazırlanan Şekil 5.14, 5.15, 5.16 incelendiğinde görülmektedir ki, gelen dalga yüksekliğinin artmasıyla iletilen dalga yüksekliğinde artış görülmesine rağmen bu artış doğru orantılı olmamaktadır.



Şekil 5.14 %20 porozite için gelen dalga yüksekliğine karşılık iletilen dalga yüksekliği

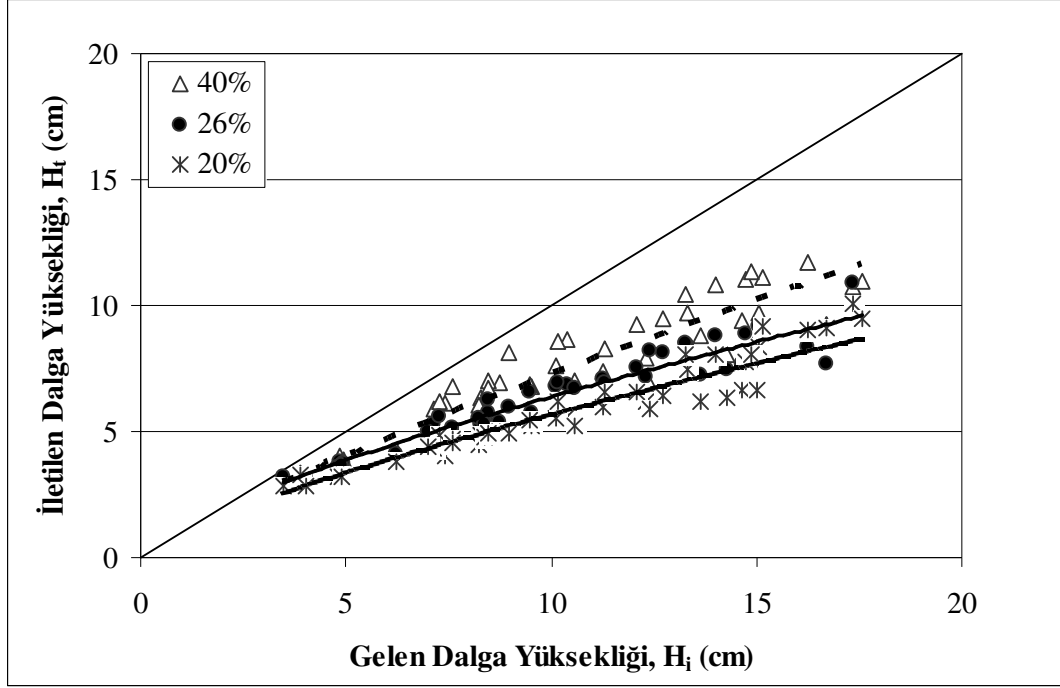


Şekil 5.15 %26 porozite için gelen dalga yüksekliğine karşılık iletilen dalga yüksekliği



Şekil 5.16 %40 porozite için gelen dalga yüksekliğine karşılık iletilen dalga yüksekliği

Üç farklı poroziteye sahip kıyı duvarında gelen dalga yüksekliğine karşılık iletilen dalga yüksekliği Şekil 5.17’de karşılaştırılmıştır. Burada %40 poroziteye sahip düşey duvarda iletilen dalga yüksekliklerinin %26 ve %20 poroziteli diğer duvarlardan daha yüksek olduğu açık bir şekilde görülmektedir. İletilen dalga yükseklikleri porozitenin artması ile artmaktadır. Böylece perfore düşey duvarlarda, gözeneklilik arttıkça dalga iletiminin de orantılı olarak arttığı söylenebilir.



Şekil 5.17 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı gelen dalga yüksekliğine karşılık iletilen dalga yüksekliği

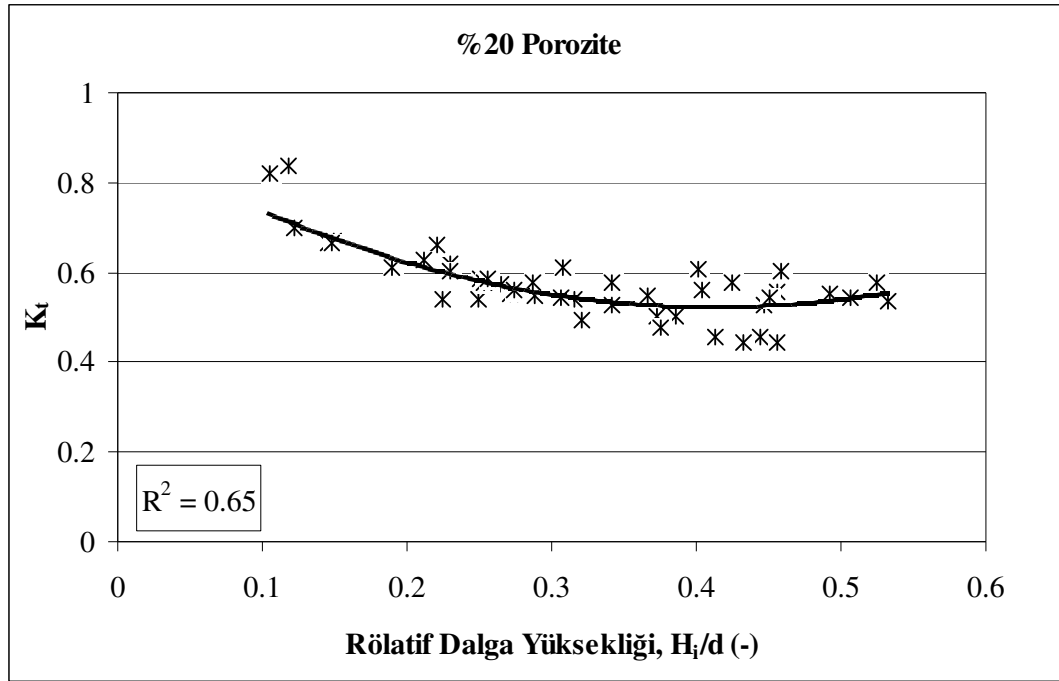
Dalga iletiminin en iyi iletim katsayısı ile ifade edildiği daha önceki bölümlerde belirtilmişti. Bu yüzden bir de rölatif dalga yükseklikleri (H_i/d) ile iletim katsayıları karşılaştırılmıştır.

Her bir perfore duvar için rölatif dalga yüksekliklerine karşılık iletim katsayıları Şekil 5.18, 5.19 ve 5.20’de gösterilmektedir. Bu çalışmada dikkate alınan dalga şartları için Şekil 5.18’ de %20 poroziteli duvar için iletim katsayısı 0.45-0.85 aralığında değişmekte, Şekil 5.19’ da gösterilen %26 poroziteli duvar için 0.5-0.9 aralığında, Şekil 5.20’ de gösterilen geçirgenliği en yüksek olan %40 poroziteli duvar için ise 0.55-0.9 aralığında değişim göstermektedir.

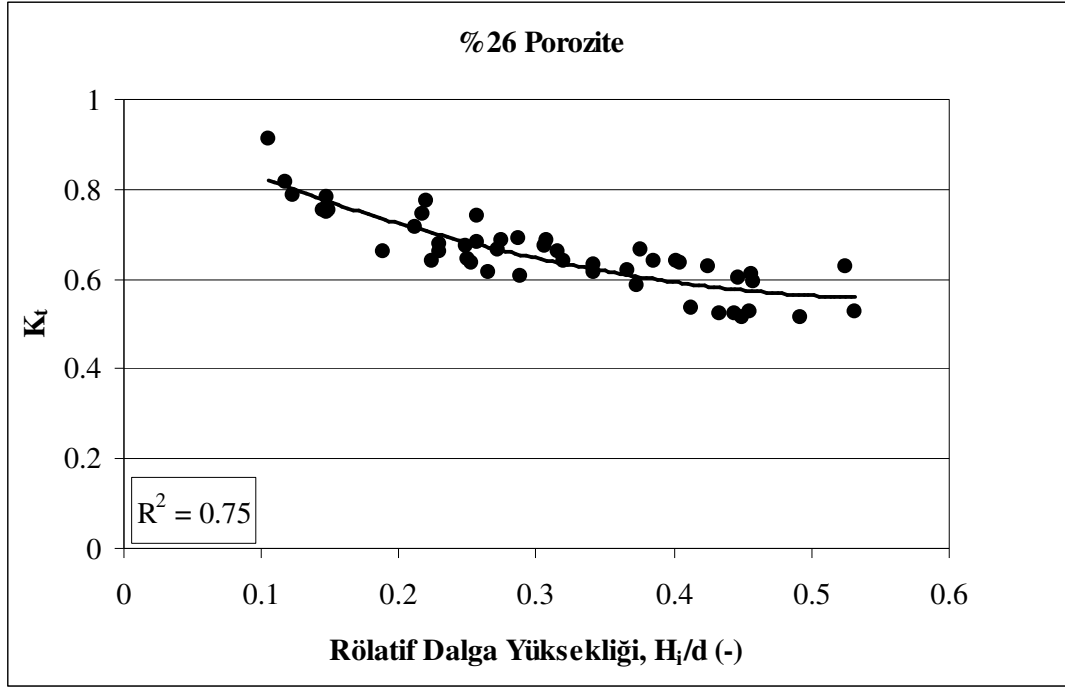
Rölatif dalga yüksekliğinin (H_i/d) yaklaşık 0.1 ile 0.55 aralığında değiştiği değerler için yanıt katsayısı da yaklaşık 0.4 ile 0.9 arasında değişim göstermektedir. %20 poroziteli

duvarın iletim katsayısının diğerlerinden daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Yani %20 poroziteli duvarda dalga iletimi diğerlerine göre daha az olmaktadır.

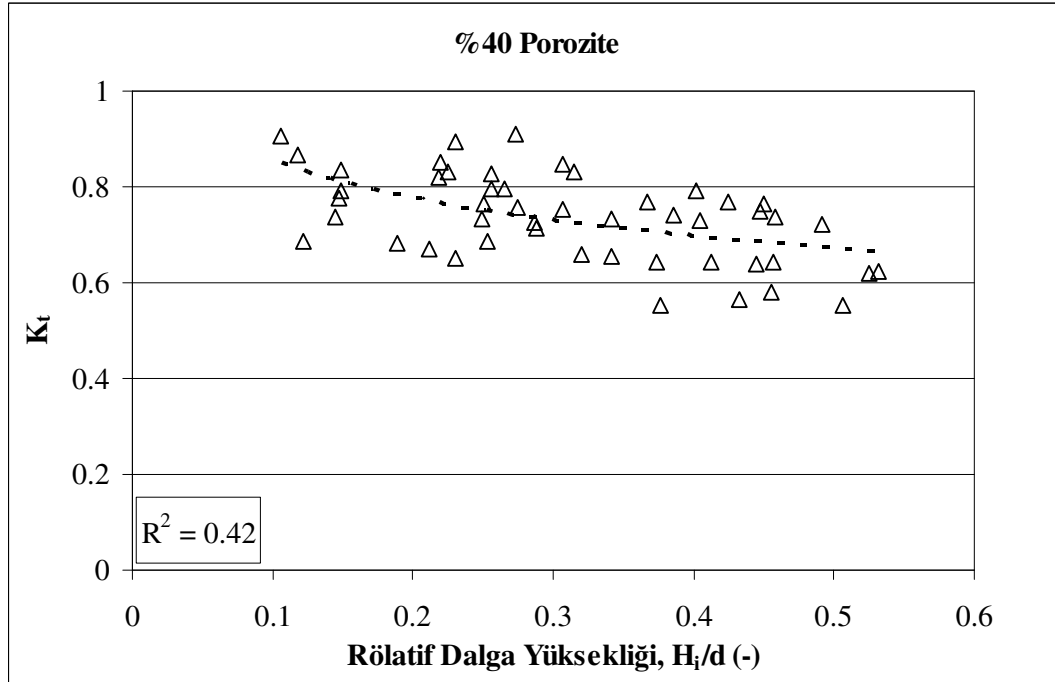
Rölatif dalga yüksekliğine karşılık iletim katsayısının değişimi her üç porozitedeki duvarın bir arada gösterildiği Şekil 5.21’de daha açık bir şekilde görülmektedir. %20 poroziteye sahip duvarda iletim katsayısının diğerlerinden daha az olduğu açıkça görülmektedir. Tüm duvarlar için rölatif dalga yüksekliğinin küçük olduğu değerlerde iletim katsayısı $K_t=0.9$ ulaştığını ve rölatif dalga yüksekliğinin artmasıyla da azalıp $K_t=0.45$ değerlerine indiği görülmektedir. Öyleyse duvar porozitesinden bağımsız olarak rölatif dalga yüksekliğinin artmasıyla da dalga iletiminin azaldığı sonucuna varılmaktadır.



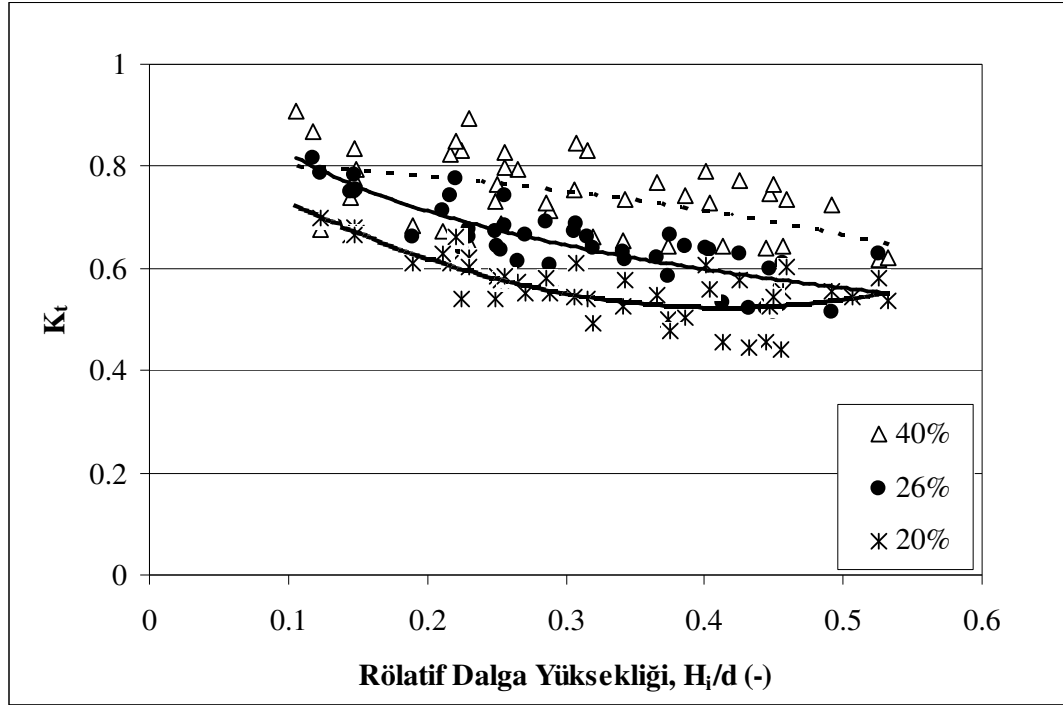
Şekil 5.18 %20 porozite için rölatif dalga yüksekliğine karşılık iletim katsayısı



Şekil 5.19 %26 porozite için rölatif dalga yüksekliğine karşılık iletim katsayısı

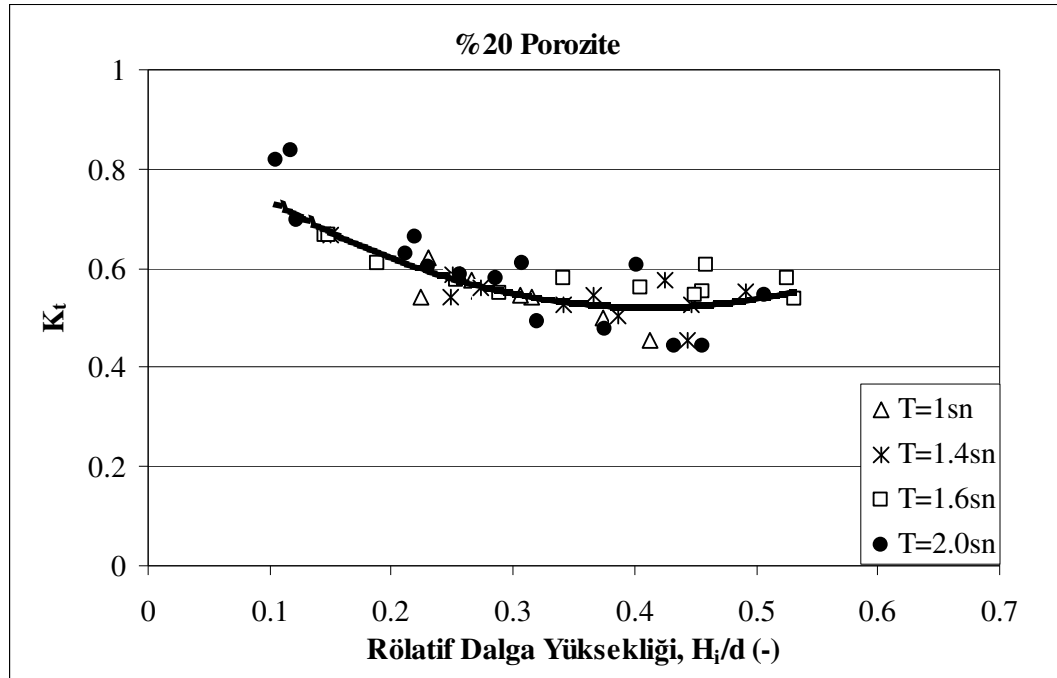


Şekil 5.20 %40 porozite için rölatif dalga yüksekliğine karşılık iletim katsayısı



Şekil 5.21 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı rölatif dalga yüksekliğine karşılık iletim katsayısı

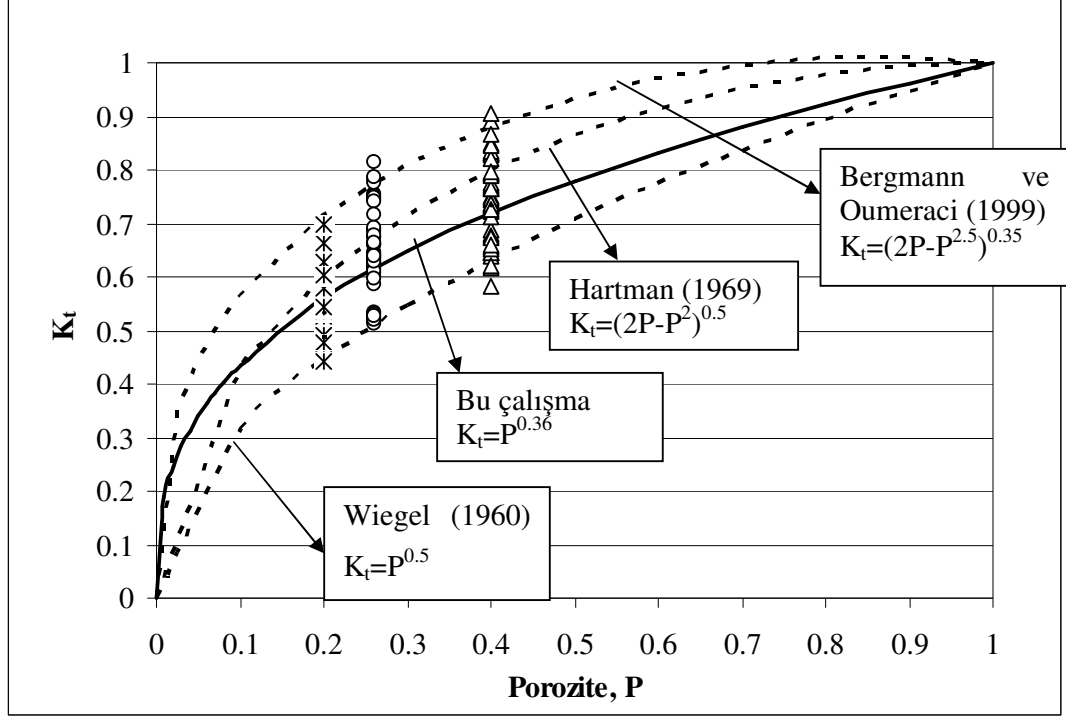
Şekil 5.22’de dalga periyoduna göre gruplandırılmış dalgaların iletim katsayıları görülmektedir. Düşey duvarlarda iletim katsayısı üzerinde dalga periyodunun bir etkisi olmadığı, aynı periyoda sahip dalgaların farklı iletim katsayıları üzerinde görülebildiği Şekil 5.22’ den anlaşılmaktadır. Sadece %20 poroziteli duvar için gösterilen bu değişim %40 ve %26 poroziteli duvarlar için de aynı şekilde meydana gelmektedir.



Şekil 5.22 Rölatif dalga yüksekliğine karşılık periyot değişimlerinin gösterildiği iletim katsayıları (%20 porozite)

Wiegel (1960), Hartman (1969) ve Bergmann ve Oumeraci (1999)'nin iletim katsayısı ve porozite arasındaki ilişkiyi tanımlayan yaklaşımlarından Şekil 3.13'de bahsedilmiştir. Bu çalışmada yapılan deneylerdeki porozite ve iletim katsayısı arasındaki ilişki Şekil 5.23'de diğer yaklaşımlarla birlikte gösterilmiştir. Deneylerden elde edilen verilerin hemen hemen üç yaklaşımın verdiği eğrilerle de kesiştiği görülmektedir. Bu çalışmadaki dalga şartları için elde edilen sonuçlara göre yapı porozitesi ile iletim katsayısı arasındaki ilişki Denklem 5.1' deki gibidir.

$$K_t = P^{0.36} \quad (5.1)$$

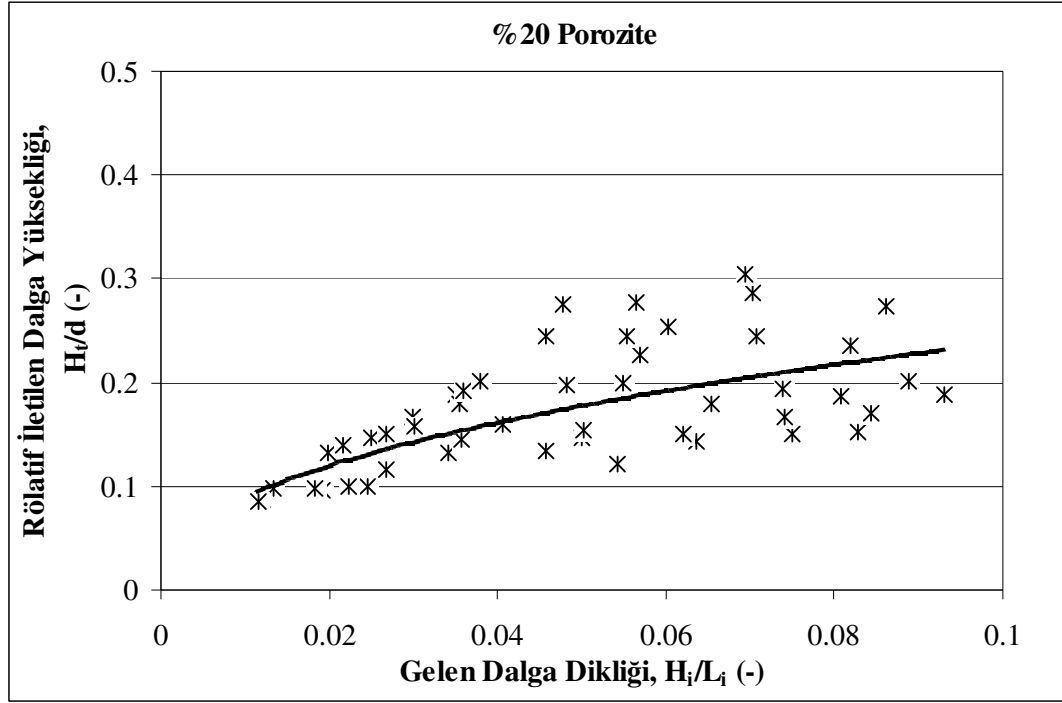


Şekil 5.23 Yapının porozitesine karşılık dalga iletiminin önceki çalışmalarla karşılaştırılması

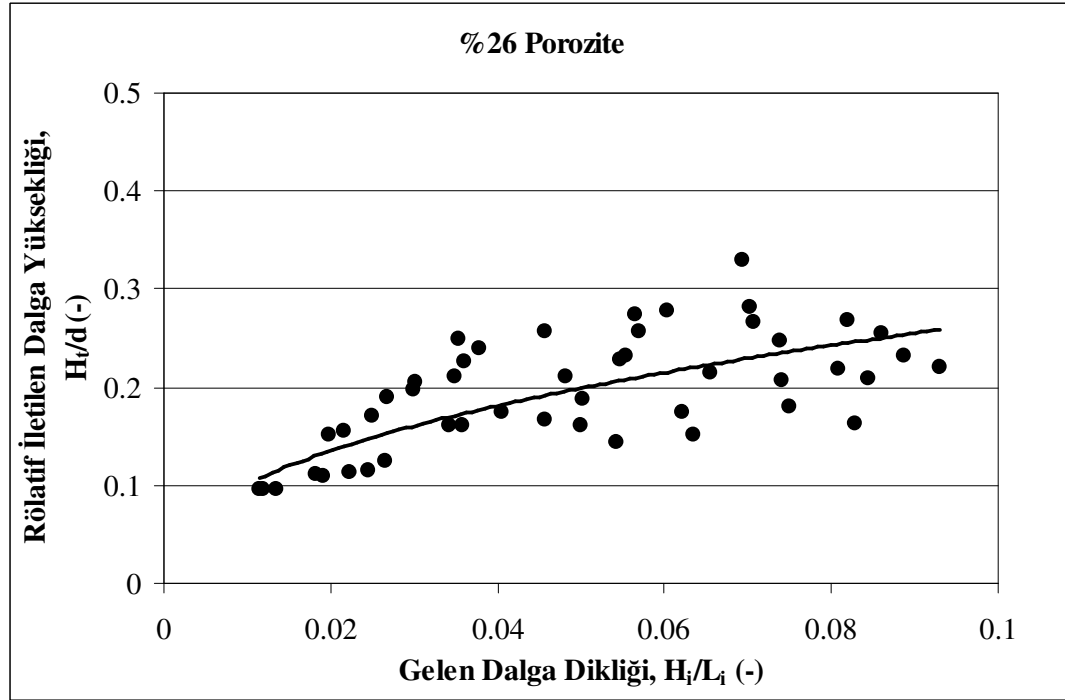
Perfore düşey duvarlarda gelen dalga boyunun, L_i , dalga iletimi ile ilişkisini inceleyebilmek için her bir perfore duvar için gelen dalga dikliğine (H_i/L_i) karşı rölatif iletilen dalga yükseklikleri karşılaştırılmıştır.

Şekil 5.24, 5.25 ve 5.26 da sırasıyla %20, %26, %40 poroziteli duvarların her biri için dalga dikliği ile rölatif iletilen dalga yüksekliği (H_i/d) karşılaştırılmıştır. Grafiklerden bu çalışma şartları için dalga dikliğinin yaklaşık 0.01 ile 0.095 aralığında, rölatif iletilen dalga yüksekliğinin ise yaklaşık 0.1 ile 0.35 aralığında değiştiği görülmektedir. Ayrıca dalga dikliğinin artmasıyla rölatif iletilen dalga yüksekliklerinin artış gösterdiği fakat değerlerin daha fazla saçılım gösterdiği görülmektedir. Dolayısıyla rölatif yansıyan dalga yüksekliğinde olduğu gibi burada da rölatif iletilen dalga yüksekliklerinin dalga dikliğiyle ilişkili olduğu fakat gelen dalga yüksekliğiyle daha iyi bir korelasyon sağladığı sonucuna varılmıştır.

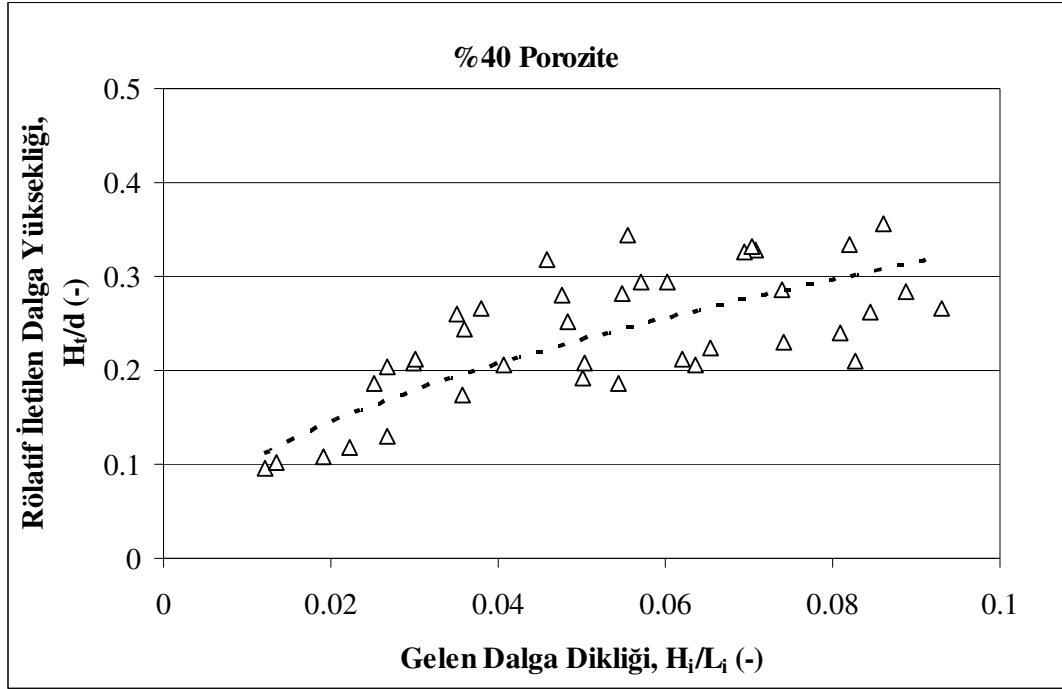
Şekil 5.27’de ise farklı poroziteye sahip üç duvarın bir arada gösterildiği dalga dikliğine ile rölatif iletilen dalga yüksekliğinin karşılaştırıldığı grafik bulunmaktadır. Burada rölatif iletilen dalga yüksekliği ile dalga dikliği ilişkileri daha açık bir şekilde görülmektedir.



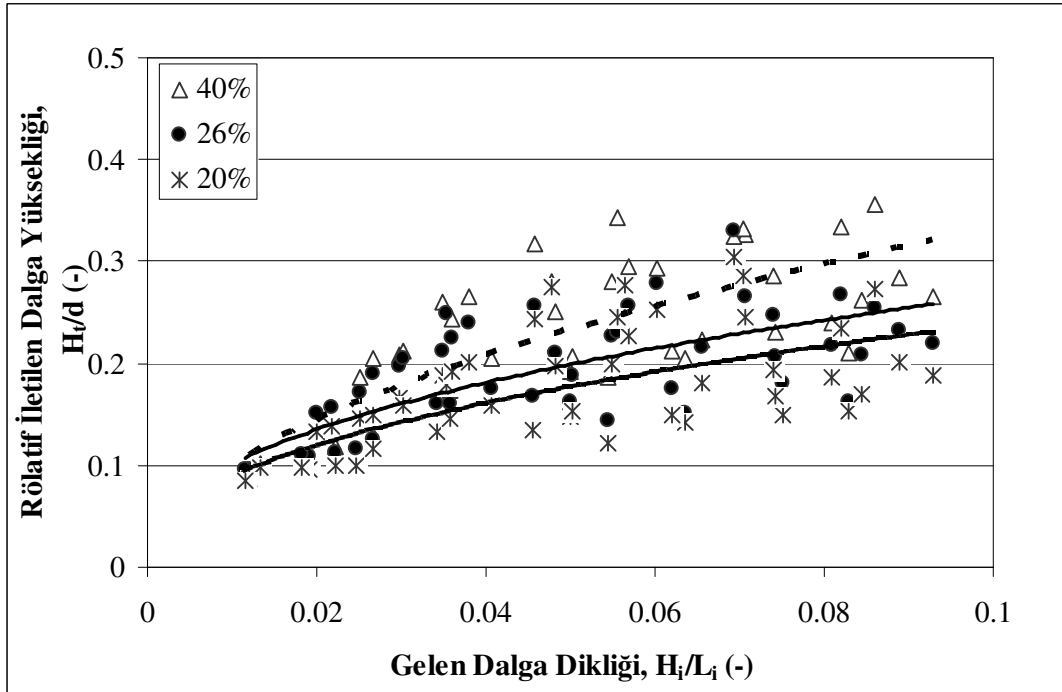
Şekil 5.24 %20 poroziteli düşey duvar için dalga dikliğine karşılık rölatif iletilen dalga yüksekliği



Şekil 5.25 %26 poroziteli düşey duvar için gelen dalga dikliğine karşılık rölatif iletilen dalga yüksekliğine



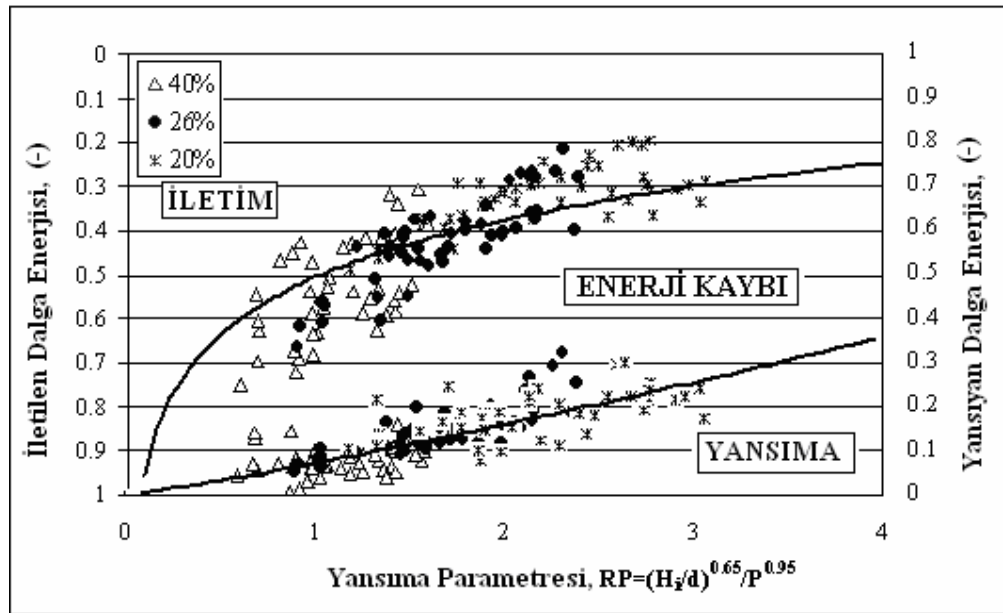
Şekil 5.26 %40 poroziteli düşey duvar için dalga dikliğine karşılık rölatif iletilen dalga yüksekliği



Şekil 5.27 Farklı porozitedeki duvarların karşılaştırıldığı dalga dikliğine karşılık rölatif iletilen dalga yüksekliği

Bu bölüme kadar verilen grafiklerden gerek yansıma gerekse iletimin hem dalga yüksekliğine hem de yapının porozitesine bağlı olduğu görülmüştür. Bu nedenle hidrolik performans değerlendirilmesinde dalga yüksekliği ve poroziteyi ihtiva eden bir yansıma parametresi elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen deney verileri kullanılarak Denklem 3.10' da tanımlanan yansıma parametresine, RP, ile dalga iletim ve yansıma enerjileri arasındaki ilişki gösterilmiştir.

Bergmann ve Oumeraci (1999) tarafından iletilen ve yansıyan dalga enerjileri ile yansıma parametresi, RP, arasındaki ilişkiyi tanımladıkları Şekil 3.14'daki grafiğe benzer bir grafik elde edilmiştir. Bu çalışmadaki deney şartlarında rölatif dalga yüksekliği $0.11 < H_i/d < 0.53$ aralığında bulunmaktadır. Buna göre Oumeraci ve Bergman (1999)'ın önerdiği yansıma parametresi, RP ile iletilen ve yansıyan dalga enerjileri bu çalışmadaki veriler kullanılarak Şekil 5.28'deki gibi gösterilmektedir.

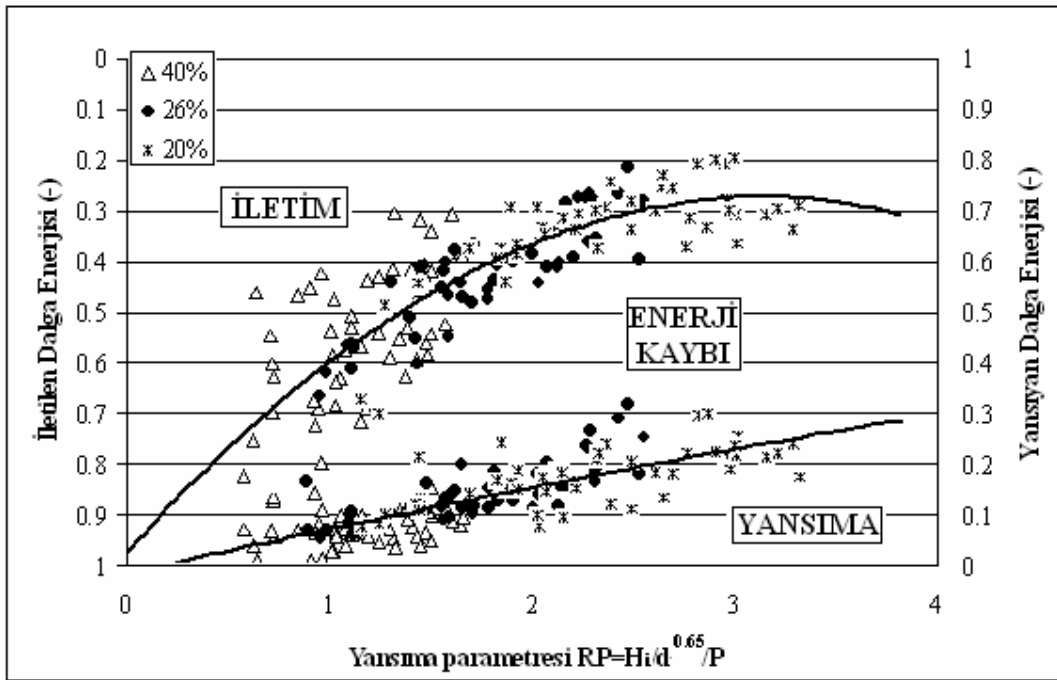


Şekil 5.28 Tekli perfore duvarların yansıma ve iletim enerjilerinin yansıma parametresiyle karşılaştırılması

Bu çalışmada elde edilen deneysel verilerin kullanılmasıyla daha yüksek bir korelasyonunun elde edildiği yansıma parametresinin, RP, aşağıda verilmiştir;

$$RP = (H_i/d)^{0.65} / P \quad \rightarrow \quad 0.11 < H_i/d < 0.53 \quad (5.2)$$

Elde edilen bu yeni yansımaya parametresi, RP, için iletim ve yansımaya enerjileri arasındaki ilişki Şekil 5.29'da gösterilmektedir. Bu çalışmadaki dalga şartları için elde edilen RP değerinin 0.58 ile 3.3 arasında değiştiği ve yansımaya parametresinin artmasıyla enerji kaybının arttığı görülmektedir. Önceki bölümlerde Bergmann ve Oumeraci (1999)'nin yaptığı çalışmada enerji kaybının RP=3 ile 4 arasında azaldığı ifade edilmekteydi. Fakat bu çalışmadaki dalga şartları RP=3 değerine kadar olan verileri içermekte olduğu için RP değerinin azalmaya başladığı aralık tam olarak gözlenememiştir. Sabit su derinliğinde (33 cm), farklı gelen dalga yükseklikleri ve porozitelere göre Bergmann ve Oumeraci (1999)'nin önerdiği ve bu çalışma için önerilen farklı yansımaya parametreleri Çizelge 5.1'de görülmektedir.



Şekil 5.29 Tekli perfore duvarların yansımaya ve iletim enerjilerinin bu çalışma için elde edilen yansımaya parametresiyle karşılaştırılması

Çizelge 5.1 Perfore duvarlar için hesaplanan yansımaya parametreleri

Gelen Dalga yüksekliği, H_i (cm)	Yansımaya Parametresi (Bergmann ve Oumeraci, 1999) $RP = (H_i / d)^{0.65} / P^{0.95}$			Yansımaya Parametresi $RP = (H_i / d)^{0.65} / P$		
	40 %	26 %	20 %	40 %	26 %	20 %
3.5	0.55	0.83	1.07	0.58	0.89	1.16
3.9	0.59	0.9	1.15	0.62	0.96	1.25
4	0.61	0.92	1.18	0.64	0.98	1.28
4.8	0.68	1.03	1.32	0.71	1.10	1.43
4.9	0.69	1.04	1.33	0.72	1.11	1.44
4.9	0.69	1.04	1.33	0.72	1.11	1.44
4.9	0.69	1.04	1.34	0.73	1.12	1.45
6.2	0.81	1.22	1.56	0.85	1.30	1.69
7	0.87	1.31	1.68	0.91	1.40	1.82
7.2	0.88	1.33	1.71	0.93	1.42	1.85
7.3	0.89	1.34	1.73	0.93	1.44	1.87
7.4	0.9	1.36	1.75	0.95	1.46	1.89
7.6	0.92	1.38	1.77	0.96	1.48	1.92
7.6	0.92	1.38	1.78	0.96	1.48	1.92
8.2	0.97	1.46	1.87	1.01	1.56	2.03
8.3	0.97	1.46	1.88	1.02	1.56	2.03
8.4	0.98	1.47	1.89	1.02	1.58	2.05
8.5	0.99	1.48	1.9	1.03	1.59	2.06
8.5	0.99	1.48	1.9	1.03	1.59	2.06
8.8	1.01	1.52	1.95	1.06	1.62	2.11
9	1.02	1.54	1.98	1.07	1.65	2.14
9.1	1.03	1.55	1.99	1.08	1.66	2.16
9.5	1.06	1.6	2.05	1.11	1.71	2.22
9.5	1.06	1.6	2.06	1.11	1.71	2.23
10.1	1.11	1.67	2.14	1.16	1.78	2.32
10.1	1.11	1.67	2.14	1.16	1.79	2.32
10.4	1.13	1.7	2.18	1.18	1.82	2.36
10.6	1.14	1.72	2.2	1.19	1.84	2.39
11.3	1.19	1.79	2.29	1.24	1.91	2.49
11.3	1.19	1.79	2.3	1.24	1.92	2.49
12.1	1.24	1.87	2.4	1.30	2.00	2.60
12.3	1.26	1.9	2.43	1.32	2.03	2.64
12.4	1.26	1.9	2.44	1.32	2.04	2.65
12.7	1.29	1.94	2.48	1.35	2.07	2.69
13.3	1.32	1.99	2.55	1.38	2.13	2.76
13.3	1.33	2	2.56	1.39	2.13	2.78
13.6	1.34	2.02	2.6	1.41	2.16	2.81
14	1.37	2.06	2.64	1.43	2.20	2.87
14.3	1.39	2.09	2.68	1.45	2.23	2.90
14.7	1.41	2.12	2.72	1.48	2.27	2.95
14.8	1.41	2.13	2.73	1.48	2.28	2.96
14.9	1.42	2.14	2.75	1.49	2.29	2.98
15	1.43	2.16	2.77	1.50	2.31	3.00
15.1	1.43	2.16	2.77	1.50	2.31	3.00
15.1	1.44	2.17	2.78	1.51	2.32	3.01
16.2	1.51	2.27	2.91	1.58	2.43	3.15
16.7	1.53	2.31	2.96	1.61	2.47	3.21
17.3	1.57	2.37	3.04	1.64	2.53	3.29
17.6	1.59	2.39	3.06	1.66	2.55	3.32

6. SONUÇLAR

Dalgaların kıyı alanlarında sebep olabileceği zararlı etkilerden korunmak için genel olarak düşey kıyı duvarları tercih edilmektedir. Fakat düşey duvarlar kullanıldığında dalga yansımasından kaynaklanan çalkantılı ve düzensiz bir deniz durumu oluşmakta ve buna bağlı olarak da duvar önündeki tabanda oyulmalar ve erozyon meydana gelebilmektedir. Düşey duvarların bu olumsuz etkilerinin azaltılması amacıyla perfore düşey duvarlar üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

Bu tez çalışmasında dairesel kesitli boşluklardan oluşan ve üç farklı poroziteye sahip duvar modeli kullanmak suretiyle deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler esnasında dalga aşmasına müsaade edilmeyecek şekilde farklı periyot ve yüksekliklere sahip 49 dalga ile toplam 147 adet deney yapılmıştır. %40, %26, %20 poroziteye sahip düşey duvarlarda dalga yansıması ve iletimi ölçülmüştür.

Beklendiği gibi dalga yansımasının en yüksek poroziteli duvar olan %40 poroziteli duvarda en az olduğu ve dalga iletiminin ise diğer duvarlardakinden daha fazla olduğu görülmüştür. Deneysel sonuçların değerlendirilmesinde rölatif dalga yüksekliğinin (H_i/d) dalga dikliğine göre dalga yansıması ve iletimi üzerinde daha etkili olduğu görülmüştür. Her üç duvar için de rölatif dalga yüksekliğinin, $H_i/d \sim 0.1$ değeri için $K_r \sim 0.25$ iken $H_i/d \sim 0.5$ değerine yükseldiğinde $K_r \sim 0.5$ değerine yükseldiği görülmüştür. Böylece rölatif dalga yüksekliğinin artmasıyla yansımanın da arttığı sonucuna varılmaktadır. Yani yüksekliği fazla olan dalgalar, yüksekliği az olanlara göre daha fazla yansımaktadır. Ayrıca dalga periyodunun dalga yansıması ve iletimi için etkili bir parametre olmadığı görülmüştür.

Aynı şekilde rölatif dalga iletim yüksekliğinin dalga dikliğine göre dalga iletiminde daha etkili olduğu görülmüştür. Rölatif dalga yüksekliği, $H_i/d \sim 0.1$ değeri için $K_t \sim 0.8$ iken $H_i/d \sim 0.5$ için $K_t \sim 0.6$ değerine düşmektedir. Üç farklı poroziteye sahip duvardan %20 poroziteli olan duvarda dalga iletiminin en az olduğu ve dalga yansımasının ise en fazla olduğu görülmüştür.

Böylece dalga yansıması ve iletiminde en etkili parametrelerin rölatif dalga yüksekliği ile yapının porozitesi olduğu sonucuna varılmıştır. Bergmann ve Oumeraci (1999) yatay çubuklar kullanarak düşey perfore duvarlarda yaptıkları hidrolik performans çalışması sonucunda

rölatif dalga yüksekliği (H_i/d) ve poroziteye bağlı olan bir yansıma parametresi ifadesi elde etmişlerdir.

$$RP = (H_i / d)^{0.65} / P^{0.95} \quad \rightarrow \quad 0.125 \leq H_i / d \leq 0.4$$

Bu çalışmadaki deney şartları için ise daha yüksek korelasyon sağlayan bir yansıma parametresi değeri ifadesi hesaplanmıştır.

$$RP = (H_i / d)^{0.65} / P \quad \rightarrow \quad 0.11 < H_i / d < 0.53$$

Bu çalışmadaki dalga şartları için elde edilen RP değerinin 0.58 ile 3.3 arasında değiştiği ve yansıma parametresinin artmasıyla enerji kaybının arttığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

Allsop, N.W.H., (1995), Vertical walls and breakwaters: Optimization to improve vessel safety and wave disturbance by reducing wave reflections, Wave Forces on Inclined and Vertical Structures, ASCE, New York

Allsop, W., Bruce, T., Pearson, J., Alderson, J. ve Pullen T., (2003), Violent overtopping at the coast, when are we safe?, Int. Conf. on Coastal Management 2003, ICE Brighton

Allsop, N.W.H. ve Hettiarachchi, S.S.L., (1988), Reflection from coastal structures, Proc. 21st ICCE, ASCE, Malaga, pp 782-794

Allsop, N.W.H., McBride M.W., ve Colombo, D., (1994), The reflection performance of vertical walls and ' low reflection' alternatives-results of random wave flume tests, Paper to the 3rd MCS Project Workshop, Emmelord

Allsop, N.W.H. ve Steele, A.A.J., (1990), Cardiff Bay Barrage Design Study-Repot 2a: Performans of wave screen breakwater, Report EX2124 HR Wallingford

Bennett, G.S., McIver, P., ve Smallman, J.V., (1992), A mathematical model of a slotted wave screen breakwater, Coastal Enginnering, Vol 18, Elsevier, 1992

Benoit, M. ve Teisson, C., (1994). Laboratory Study of Breakwater Reflection - Effect of Wave Obliquity, Wave Steepness and Mound Slope, International Symposium: Waves - Physical and Numerical Modelling, Vol 2, pp 1021-1030

Bergmann, H. ve Oumeracı, H., (1998), Wave Pressure Distribution on Permeable Vertical Walls, Proceedings 26th International Conference Coastal Engineering (ICCE), Copenhagen

Bergmann, H. ve Oumeracı, H., (1999), Hydraulic performance of perforated structures, Proceedings of Coastal and Port Structures' 99, Capetown, pp. 1340-1349.

Besley, P., (1999), Overtopping of seawalls – design and assessment manual, R&D Technical Report W 178, ISBN 1 85705 069 X, Environment Agency, Bristol.

CEM (2003), U.S. Army Corps. Of Engineers

Davidson, M.A., Bird, P.A., Bullock, G.N., ve Huntley, D.A., (1994), Wave Reflection: Field Measurements, Analysis and Theoretical Developments, Proceedings of Coastal Dynamics '94, American Society of Civil Engineers, pp 642-655

Fugazza, M. Ve Natale, L., (1992), Hyraulic design of perforated breakwaters, Jounal of Waterways Port Coastal Ocean Eng., 118:1-14

Goda, Y., (2000), Random Seas and Design of Maritime Structures. World Scientific, Singapore.

Günbak, A.R., (1979), Rouble mound breakwaters, Report 1, Norwegian Institute of Technology

Hartmann, (1969), Das Stabgitter in instationärer Strömungsbewegung. Technical Report Heft

69, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU Berlin

Hattori, S., (1975), Coastal Development and wave control, Lecture Series on Hydraulic Engineering, 75-B2, Hydraulic Committee, Japan Soc. Civil Engrs., pp B2-1~B2-24 (in Japanese)

Keillor, P., (2003), Living on the coast, U.S. Army Corps of Engineers and University of Wisconsin, Detroit

Kondo, H. ve Sato, I., (1964), A study on the required elevation of breakwater crown, Hokkaido Development Bureau, Civil Engineering Institute, Monthly report 117, pp1-15 (in Japanese)

Owen, M.W., (1980), Design of seawalls allowing for overtopping, HR Wallingford, Report EX924.

Park, W.S., Chun, I.S., Lee, D.S., (1993), Hydraulic experiments for the reflection characteristics of perforated breakwaters, Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers 5 (3), 198–203 (in Korean, with English abstract).

Seelig, W.N., (1983), wave reflection from coastal structures, Proc. Coastal Structures, ASCE, Arlington

Suh, K.D. ve Park, W.S., (1995), Wave reflection from perforated-wall caisson breakwaters, Coastal Engineering, 26, 177-193.

Suh, K.D., Shin, S. ve Cox, D.T., (2006), Hydrodynamic Characteristics of Pile-Supported Vertical Wall Breakwaters, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engrg., 132(2), 83-96.

Tanimoto vd., (1976), An experimental investigation of wave reflection, overtopping and wave forces for several types of breakwaters and seawalls, Tech. Note of Port and Harbour Res. Ins. 246, 38p(in Japanese)

Thomas, R. S. ve Hall, B., (1992), Seawall Design, CIRIA, London

Waal, J.P., de Tonjes, P., ve van der Meer, J.W., (1996), Overtopping of sea defences Proc. 25th Int. Conf. Coastal Eng. (ASCE), pp 2216-2229, Orlando, publ. ASCE, New York

Wiegel, R.L., (1960), Transmission of waves past a rigid vertical thin barrier, Journal of Waterways and Harbors Division, Vol.86, No.WW1, pp.1-12, ASCE

Yüksel, Y., (2005), Deniz Tabanı Hidrodinamiği ve Kıyı Morfolojisi, Arıkan Yayınevi, İstanbul

Yüksel, Y., (2000), Teori ve Çözümlü Problemler ile Akışkanlar Mekaniği ve Hidrolik, Beta Yayınevi, İstanbul

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] http://ceprofs.tamu.edu/plynnett/katrina/photos/d2_revetment.JPG
- [2] <http://www.travel-in-portugal.com/photos/img56.htm>
- [3] http://www.coastalsystemsint.com/media/pop_32nd_conststruction.htm
- [4] <http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Maldives/maldives4.html>
- [5] <http://www.williambarcroft.ne-lincs.sch.uk/seadefences3.html>
- [6] http://edge.tamu.edu/waves2001/PC_tour/seawall.htm
- [7] <http://www.williambarcroft.ne-lincs.sch.uk/seadefences3.html>
- [8] http://www.snh.org.uk/publications/online/heritagemanagement/erosion/appendix_1.8.shtml
- [9] <http://users.aber.ac.uk/ajt4/conventional%20methods.htm>
- [10] <http://chl.erdc.usace.army.mil/>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	15.05.1981	
Doğum yeri	Samsun	
Lise	1992-1999	Samsun Anadolu Lisesi
Lisans	1999-2003	Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak. Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2003-2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Kıyı ve Liman Programı