

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KIYI YAPILARININ TSUNAMİ TIRMANMA YÜKSEKLİĞİNE
ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ezgi SEYFİOĞLU

Balıkesir, Nisan-2011

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KIYI YAPILARININ TSUNAMI TIRMANMA YÜKSEKLİĞİNE
ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ezgi SEYFİOĞLU

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Emel İRTEM
İkinci Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI

Sınav Tarihi: 25.04.2011

Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Emel İRTEM (BAÜ)

Prof. Dr. Sedat KABDAŞLI (İTÜ)

Doç. Dr. Şevket ÇOKGÖR (İTÜ)

Yrd. Doç. Dr. Nuray GEDİK (BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Didem YILMAZER (NKÜ)

Enstitü Yönetim Kurulunun tarih sayılı oturumunun
..... nolu kararı ile Mezun olmuştur.

Balıkesir, Nisan-2011

“Bu alışma Balıkesir Üniversitesi Rektrlğ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından BAP 2010/02 Kodlu Proje İle desteklenmiştir. Teşekkür ederiz.”

ÖZET

KIYI YAPILARININ TSUNAMI TIRMANMA YÜKSEKLİĞİNE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Ezgi SEYFİOĞLU
Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

**(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı: Doç. Dr. Emel İRTEM
Prof. Dr. M. Sedat KABDAŞLI)**

Balıkesir, 2011

Tsunamiler kıyı bölgelerinde birçok can ve mal kaybına sebep olmaktadır. Kıyı koruma yapıları tsunami hasarlarını azaltmak için düşünülen önlemlerin başında gelmektedir. Bu deneysel çalışmada, kıyı koruma yapıları olarak batık dalgakıranlar ele alınmış, geçirimli, geçirimsiz ve monolitik batık dalgakıranların tsunami tırmanma yüksekliğine etkileri araştırılmıştır.

Deneyler İTÜ Hidrolik Laboratuvarı'nda yer alan 22.5 m x 1.0 m x 0.5 m ölçülerine sahip dalga kanalında gerçekleştirilmiştir. Farklı kret genişliklerine ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki farklı mesafelere sahip geçirimli, geçirimsiz ve monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranlar oluşturulmuş ve bu yapıların tsunami tırmanma yüksekliklerine etkileri incelenmiştir. Dalga yükseklikleri, dalga kanalında bulunan sert yapıların önünde ve arkasında ikişer adet olmak üzere toplam dört adet rezistans tip dalga probu ile ölçülmüştür.

Dalga yüksekliği-tırmanma yüksekliği grafikleri oluşturulmuş ve farklı durumlar için elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Batık dalgakıranların tsunami tırmanma yüksekliğini azaltma yüzdeleri elde edilmiş, monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranların tsunami tırmanma yüksekliğini azaltmada daha etkili olduğu görülmüştür.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: tsunami dalga tırmanma yüksekliği / geçirimli ve geçirimsiz batık dalgakıranlar / monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranlar

ABSTRACT

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON THE EFFECTS OF COASTAL STRUCTURES ON TSUNAMI RUN-UP HEIGHT

Ezgi SEYFIOGLU

**Balikesir University, Institute of Science, Department of Civil
Engineering**

**(Master Thesis / Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Emel IRTEM
Prof. Dr. M. Sedat KABDASLI)**

Balikesir-Turkey, 2011

Tsunamis cause much loss of lives and properties in the coastal area. Coastal protection structures are the most preferred measure to reduce the damages that tsunamis cause. In this experimental study investigated the submerged breakwaters and researches the effects of the permeable, impermeable and monolithic vertical surface submerged breakwaters.

Experiments were carried out in the glass-side wall wave flume of 22.5 m. length, 1 m. width, and 0.50 m depth at the Hydraulic Laboratory Istanbul Technical University. Permeable, impermeable and monolithic vertical surface submerged breakwaters which had different crest widths and different distances between the crest of the peak and the still water level were designed, and the effects of these structures on tsunami run-up heights were investigated. The waves were measured by four resistance type probes which were grouped into two and placed in front and behind of the hard structures.

Wave heights - run-up height graphs were obtained and the results were evaluated for different conditions. According to the result regarding the reduction percentages of submerged breakwaters to the tsunamis run-up heights, it is seen that monolithic vertical surface submerged breakwaters are more effective to reduce the tsunamis run-up heights.

KEY WORDS: Tsunami run-up height / permeable and impermeable submerged breakwater / monolithic vertical surface submerged breakwater

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER	i
ABSTACT, KEY WORDS	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SEMBOL LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
1.GİRİŞ	1
1.1 Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	5
2. TEMEL BİLGİLER	12
2.1 Kıyı Koruma Yapısı	12
2.1.1 Batık Dalgakıranlar	13
2.1.1.1 Batık Dalgakıranların Avantajları ve Dezavantajları	15
3. YÖNTEM	16
3.1 Deney Düzeneği	16
3.1.1 Dalga Kanalı	16
3.1.2 Dalga Üretici Sistem	17
3.1.3 Dalga Kaydedici Sistem	19
3.2 Deneyler	19
3.2.1 Geçirimli-Geçirimsiz Batık Dalgakıran Deneyleri	20
3.2.2 Monolitik Düşey Yüzlü Batık Dalgakıran Deneyleri	23
4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	26
4.1 Geçirimli-Geçirimsiz Batık Dalgakıran Deneylerinin Değerlendirilmesi	26
4.2 Monolitik Düşey Yüzlü Batık Dalgakıran Deneylerinin Değerlendirilmesi	51
4.3 Geçirimli-Geçirimsiz Batık Dalgakıranlı ve Monolitik Batık Dalgakıranlı Durumların Hiçbir Yapı Olmayan Durum ile Kıyaslaması	66
4.4 Geçirimli-Geçirimsiz Batık Dalgakıran ve Monolitik Düşey Yüzlü Batık Dalgakıranın Tüm Durumlar için Karşılaştırılması	70
5. SONUÇLAR	72
KAYNAKÇA	74

SEMBOL LİSTESİ

Simge	Adı	Birimi
a	Kret genişliği	m
A	Erozyon alanı	m ²
c	Kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe	m
d	Sabit derinlikli bölgedeki su derinliği	m
D	Plaj malzemesi dane çapı	m
D _{n50}	Kaplama malzemesi dane çapı	
g	Yerçekimi ivmesi	m/s ²
G _{sp}	Boyutsuz plaj malzemesi spesifik gravite parametresi	
G _{st}	Boyutsuz kaplama malzemesi spesifik gravite parametresi	
H	Dalga yüksekliği	m
R	Tırmanma yüksekliği	m
β	Şev açısı	

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Numarası	Adı	Sayfa
Şekil 1.1	Banda Aceh, Endonezya, tsunami öncesi ve sonrasının hava fotoğrafları	3
Şekil 2.1	Batık Dalgakıran	15
Şekil 3.1	Dalga Kanalının Genel Görünüşü	17
Şekil 3.2	Şartlandırıcı ve valf fotoğrafı	18
Şekil 3.3	Deneyde kullanılan prob	18
Şekil 3.4	Dalga Kanalı Kesiti	20
Şekil 3.5	Geçirimli batık dalgakıran görünüşü	21
Şekil 3.6	Geçirimsiz batık dalgakıran görünüşü	21
Şekil 3.7	Monolitik düşey yüzlü batık dalgakıran	24
Şekil 4.1	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum III ve hiçbir yapı yokken)	26
Şekil 4.2	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum VI ve hiçbir yapı yokken)	27
Şekil 4.3	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II' ve hiçbir yapı yokken)	27
Şekil 4.4	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum V' ve hiçbir yapı yokken)	28
Şekil 4.5	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ve hiçbir yapı yokken)	28
Şekil 4.6	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum V ve hiçbir yapı yokken)	29
Şekil 4.7	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ve hiçbir yapı yokken)	29
Şekil 4.8	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum IV ve hiçbir yapı yokken)	30
Şekil 4.9	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum II' nin karşılaştırılması)	31
Şekil 4.10	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum II' nün karşılaştırılması)	31
Şekil 4.11	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum III' ün karşılaştırılması)	32
Şekil 4.12	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum IV' ün karşılaştırılması)	33
Şekil 4.13	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi	

	(Durum I ile Durum V' in karşılaştırması)	33
Şekil 4.14	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum V' nün karşılaştırması)	34
Şekil 4.15	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum VI' nın karşılaştırması)	35
Şekil 4.16	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum II' nün karşılaştırması)	35
Şekil 4.17	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum III' ün karşılaştırması)	36
Şekil 4.18	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum IV' ün karşılaştırması)	37
Şekil 4.19	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum V' in karşılaştırması)	37
Şekil 4.20	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum V' nün karşılaştırması)	38
Şekil 4.21	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum VI' nın karşılaştırması)	39
Şekil 4.22	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II' ile Durum III' ün karşılaştırması)	39
Şekil 4.23	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II' ile Durum IV' ün karşılaştırması)	40
Şekil 4.24	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II' ile Durum V' in karşılaştırması)	41
Şekil 4.25	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II' ile Durum V' nün karşılaştırması)	41
Şekil 4.26	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II' ile Durum VI' nın karşılaştırması)	42
Şekil 4.27	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum III ile Durum IV' ün karşılaştırması)	43
Şekil 4.28	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum III ile Durum V' in karşılaştırması)	43
Şekil 4.29	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum III ile Durum V' nün karşılaştırması)	44
Şekil 4.30	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum III ile Durum VI' nın karşılaştırması)	44
Şekil 4.31	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum IV ile Durum V' in karşılaştırması)	45
Şekil 4.32	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum IV ile Durum V' nün karşılaştırması)	46
Şekil 4.33	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum IV ile Durum VI' nın karşılaştırması)	46
Şekil 4.34	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum V ile Durum V' nün karşılaştırması)	47
Şekil 4.35	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum V ile Durum VI' nın karşılaştırması)	48
Şekil 4.36	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum V' ile Durum VI' nın karşılaştırması)	48
Şekil 4.37	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ve hiçbir yapı yokken)	51

Şekil 4.38	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I' ve hiçbir yapı yokken)	52
Şekil 4.39	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II ve hiçbir yapı yokken)	52
Şekil 4.40	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II' ve hiçbir yapı yokken)	53
Şekil 4.41	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-III ve hiçbir yapı yokken)	53
Şekil 4.42	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-III' ve hiçbir yapı yokken)	54
Şekil 4.43	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ile Durum M-I' nün karşılaştırması)	55
Şekil 4.44	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ile Durum M-II' nin karşılaştırması)	55
Şekil 4.45	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ile Durum M-II' nün karşılaştırması)	56
Şekil 4.46	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ile Durum M-III' ün karşılaştırması)	57
Şekil 4.47	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ile Durum M-III' nün karşılaştırması)	57
Şekil 4.48	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I' ile Durum M-II' nin karşılaştırması)	58
Şekil 4.49	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I' ile Durum M-II' nün karşılaştırması)	59
Şekil 4.50	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I' ile Durum M-III' ün karşılaştırması)	59
Şekil 4.51	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I' ile Durum M-III' nün karşılaştırması)	60
Şekil 4.52	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II ile Durum M-II' nün karşılaştırması)	61
Şekil 4.53	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II ile Durum M-III' ün karşılaştırması)	61
Şekil 4.54	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II ile Durum M-III' nün karşılaştırması)	62
Şekil 4.55	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II' ile Durum M-III' ün karşılaştırması)	63
Şekil 4.56	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II' ile Durum M-III' nün karşılaştırması)	63
Şekil 4.57	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-III ile Durum M-III' nün karşılaştırması)	64
Şekil 4.58	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II', Durum V ve hiçbir yapı yokken)	66
Şekil 4.59	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II', Durum II' ve hiçbir yapı yokken)	67
Şekil 4.60	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-III', Durum VI ve hiçbir yapı yokken)	67
Şekil 4.61	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-III', Durum III ve hiçbir yapı yokken)	68
Şekil 4.62	Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi	

Şekil 4.63	(Durum M-I, Durum IV ve hiçbir yapı yokken) Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi	68
Şekil 4.64	(Durum M-I, Durum I ve hiçbir yapı yokken) Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi	69
Şekil 4.65	(Durum M-II), Durum V ve hiçbir yapı yokken) Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi	69
	(Durum M-II, Durum II ve hiçbir yapı yokken)	70

TABLO LİSTESİ

Tablo Numarası	Adı	Sayfa
Tablo 1.1	Tarihte meydana gelen büyük tsunamiler	4
Tablo 3.1	Deneylerde göz önüne alınan geçirimli ve geçirimsiz batık dalgakıran durumları	23
Tablo 3.2	Deneylerde göz önüne alınan monolitik düşey yüzlü batık dalgakıran durumları	25
Tablo 4.1	Geçirimli ve geçirimsiz batık dalgakıranların tsunami tırmanma yüksekliğine etkileri	50
Tablo 4.2	Monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranın tsunami tırmanma yüksekliğine etkileri	65
Tablo 4.3	Geçirimli, geçirimsiz batık dalgakıranların ve monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranların tsunami tırmanma yüksekliğine etkileri	70

ÖNSÖZ

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Hidrolik Anabilim dalında gerçekleştirilen bu yüksek lisans çalışmasında tsunami dalga tırmanma yüksekliğine batık dalgakıranların etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

Öncelikle yüksek lisansa başlamamda bana destek olup beni her konuda aydınlatan, lisans eğitimimden beri hem akademik hem de kişisel hayatıyla bana örnek olan, karşılaştığım zorlukları aşmamda yılmadan destek veren ve pozitif enerjisini her zaman paylaşan hocam Sayın Doç. Dr. Emel İRTEM' e sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Ayrıca eş danışmanım olmayı kabul edip deney çalışmalarım boyunca engin bilgilerini benimle paylaşarak bana farklı bakış açısı kazandıran Sayın Prof. Dr. M. Sedat KABDAŞLI' ya, tecrübelerini aktararak yol gösteren Yrd. Doç. Dr. Nuray GEDİK' e, deneylerin başından sonuna kadar beni yalnız bırakmayıp her konuda yardımcı olan ve yorucu olan o süreci keyifli hale getiren Dr. Aysun KÖROĞLU' na teşekkürü bir borç bilirim.

Bu bilimsel araştırmaya maddi olanak sağlayan Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine, ölçüm aletlerini sağlayan ve çalışma mekânı sunan İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalına, Laboratuvar çalışmalarında sonsuz destek sağlayan başta Hasan YALÇIN olmak üzere Seladdin İŞ' e, Mevlüt ULUÇINAR' a ve Yaşar AKTAŞ' a teşekkür ederim.

Bütün yorgunluğumu çekerek beni İstanbul' da misafir eden yengem Perihan DAL' a ve yazım süreci boyunca stresimi ve telaşımı paylaşan bütün arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatta hiçbir şeyi benden esirgemeyen, her şeyi fazlasıyla sunan, her zaman destek olan, varlıklarından güç aldığım başta annem ve babam olmak üzere tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nisan, 2011

Ezgi SEYFİOĞLU

1. GİRİŞ

Japonca'da liman dalgası anlamına gelen tsunami, Tsu (liman) ve Nami (dalga) kelimelerinin birleşiminden oluşur. Okyanus ya da deniz tabanında oluşan deprem, volkan patlaması ve bunlara bağlı olarak oluşan taban çökmesi ve zemin kaymaları gibi tektonik olaylar ve meteor düşmeleri sonucu denize geçen enerji nedeni ile oluşan uzun periyotlu deniz dalgalarını temsil eder.

İlk olarak, 15 Haziran 1896 günü Japonya' da meydana gelen ve yaklaşık olarak 21000 kişinin ölümüne sebep olan, Büyük Meji Tsunami'si afetinde, Japonya'nın dünyaya yardım çağrıları sebebi ile literatüre "tsunami" kelimesi olduğu gibi geçmiştir [1]. Türkçe' ye ilk olarak "Deniz Taşması" şeklinde geçmiştir. Ancak bu tanımlama dalga hareketini yeteri kadar temsil etmediği için "tsunami" terimi kullanılmaya devam etmiştir. Ancak tanımı gereği "Depreşim Dalgası" terimi, hem fiziksel özellikleri temsil etmesi, hem de "deprem" kelimesi ile uyumluluk göstermesi açısından uygun görülmüştür [2].

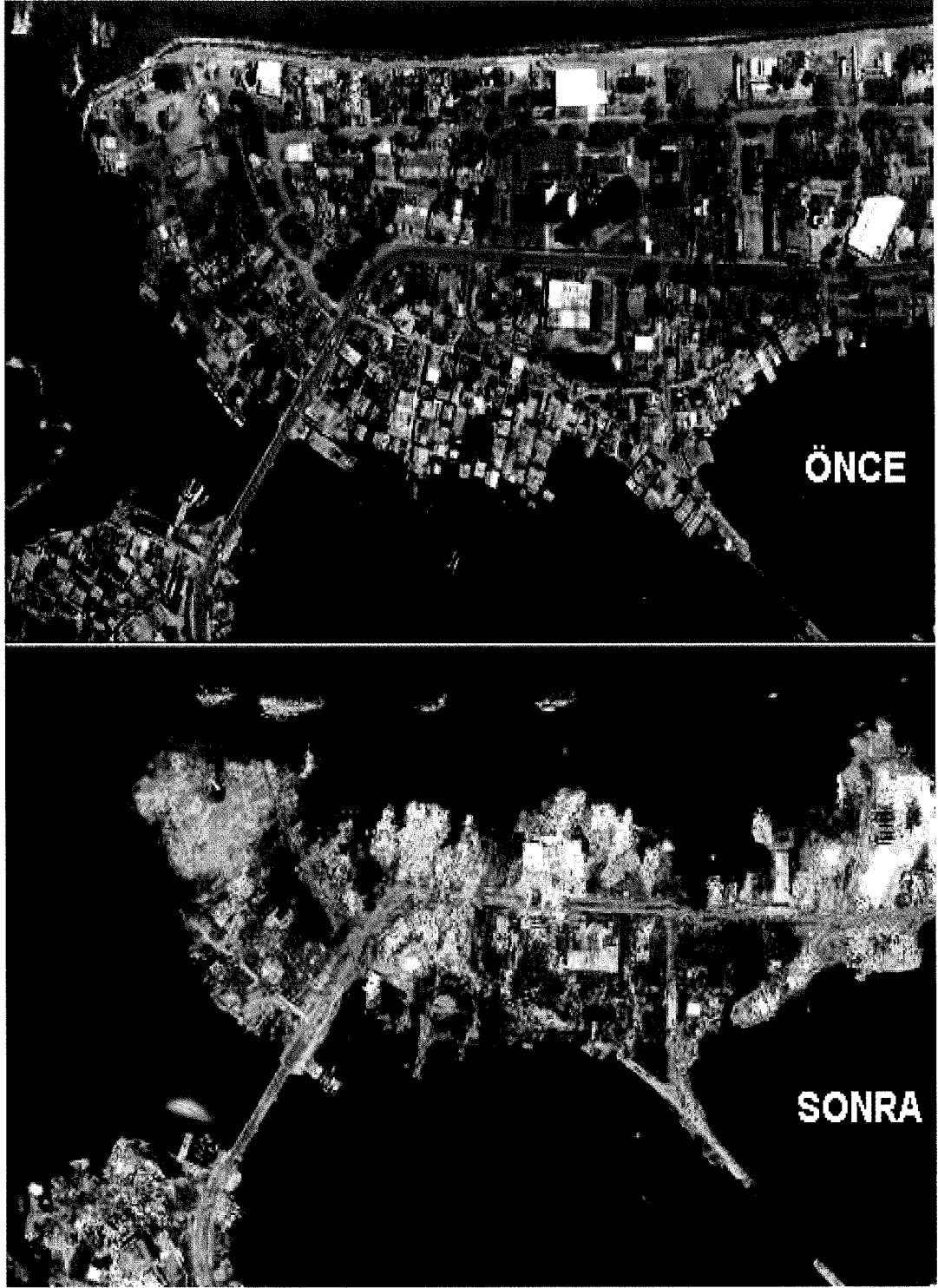
Sismik etki ile doğrudan tsunami oluşması için deniz tabanında depremler beraber normal atımlı fay kırılması olmalıdır. Normal atımlı fay, fay kırığının olduğu çizginin bir yanındaki zeminin diğer yanındakine göre bir miktar düşey olarak yükselmesi ya da alçalması demektir. Böylece fay kırılmasıyla denize dik yönde gelen etki tsunami oluşturabilir. Yanal atımlı fay kırılmalarında zemin, fayın her iki tarafında aynı düzeyde kaldığından bu biçimde yüzey değişimi pek olmaz. Bundan dolayı yanal atımlı faylar denize dik yönde önemli bir etki vermediğinden tsunami yaratamazlar. Ancak yanal atımlı fayların başladığı ya da sona erdiği noktalardaki zemin hareketi tsunami oluşturabilecek nitelik göstermektedir [3].

Tsunami ilk oluştuğunda tek bir dalgadır ancak kısa bir süre içerisinde üç ya da beş dalgaya dönüşerek çevreye yayılmaya başlar. Bu dalgaların birincisi ve

sonucusu çok zayıftır ancak diğer dalgalar etkilerini kıyılarda şiddetli biçimde hissettirebilecek bir enerjiyle ilerlerler. Bu nedenle depremlerden kısa bir süre sonra kıyılarda görülen yavaş ama anormal su yüzeyi değişimi ilk dalganın geldiğini gösterir. Bu değişim, arkadan gelecek olan çok kuvvetli dalgaların ilk habercisi de olabilir [4].

Oluştukları noktaların yakınlarında tsunami dalgaları genellikle 200 km' yi aşan dalga boyu uzunluğuna sahiptirler. Okyanuslarda maksimum su derinliği 8-10 km olduğundan dalga boyu su derinliğine göre oldukça büyük olan bu dalgalar ($L \gg d$) sığ su dalgası şeklinde ilerlemektedirler. Bu nedenle ilerleme hızları $c = \sqrt{gd}$ formülü kullanılarak hesaplanmaktadır. Burada, c dalga ilerleme hızı (m/s), g yerçekimi ivmesi (m/s^2), h ise su derinliğidir. Dolayısıyla tsunami dalgalarının ilerleme hızı sadece su derinliğine bağlıdır. Bu nedenle derin suda hızlı, sığ suda yavaş ilerlemektedirler. Tsunami dalgaları açık denizlerde küçük genliğe sahip olmalarına karşın kıyıya yaklaştıklarında sığlaşma, sapma gibi etkilerle genlikleri oldukça artmaktadır. Kıyıya gelen dalga, denizin önce geri çekilmesi ya da karaya doğru ilerlemesini oluşturmakta, bu olayın ardından ise karada dalga tırmanması ve su taşınımı meydana gelmektedir [5]. Bu durum tsunami dalgalarının kıyı alanlarında büyük miktarda can ve mal kaybına yol açmasına neden olmaktadır (Şekil 1.1) [6].

Tarih' te birçok can ve mal kaybına sebep olan tsunamiler aşağıda, Tablo 1.1' de verilmiştir [7].



Şekil 1.1 Banda Aceh, Endonezya, tsunami öncesi ve sonrasının hava fotoğrafları [6].

Tablo 1.1 Tarihte meydana gelen büyük tsunamiler [7].

Yıl	Olay	Yer	Ölü Sayısı
1605	Nankaido	Japonya	5.000
1607	Bristol Kanalı	İngiltere	2.000
1703	Tokaido-Kashima	Japonya	5.233
1707	Tokaido-Nankaido	Japonya	30.000
1755	Lizbon Depremi	Lizbon ve İngiltere	100.000
1771	Ryukyu		13.486
1782	Çin Denizi	Çin ve Tayvan	40.000
1792	Unzen Dağı Faaliyeti	Japonya	15.030
1826		Japonya	27.000
1868		Şili	25.674
1868	Hawaii	ABD	46
1883	Krakatoa Volkan Patlaması	Endonezya	36.000
1896	Sanriku	Japonya	22.070
1908	Messina	İtalya	70.000
1929	Placentia Koyu	Kanada	28
1933	Sanriku	Japonya	3.008
1946	Alaska ve Hawaii	Aleution	173
1952	Borneo	Endonezya	4.000
1960	Hawaii ve Japonya	Great	2.000
1964	Alaska ve Hawaii	ABD	131
1976	Moro	Filipinler	5.000
1979	Nice	Fransa	23
1998	Yeni Gine	Yeni Gine	3.000
2004	Hint Okyanusu	İndian	230.000
2006	Java Depremi	Endonezya	540
2007	Solomon Adaları	Solomon Adaları	52
2011	Sendai	Japonya	17.000

Tsunami hasarları, doğal bariyer olan kıyı ormanları ile azaltılabileceği gibi batık dalgakıranlar ve kıyı duvarları gibi sert yapılarla da önlenir. Batık dalgakıranlar ve kıyı duvarları dalga enerjisini kıyıya ulaşmadan sönmlemede etkili olabilmektedir.

Bu çalışmada, kıyı yapılarının tsunami tırmanma yüksekliğine etkilerini araştırmak için deneyler yapılmıştır. Deneyler sırasında kıyı yapılarını temsilen farklı kret genişliklerine ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki farklı mesafelere sahip geçirimli, geçirimsiz ve monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranlar kullanılmıştır. Deney sonuçlarına bağlı olarak tırmanma yüksekliğindeki değişimler yüzdelerle ifade edilmiştir.

1.1 Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Camfield ve Street (1969)' da, nümerik modellerin doğruluğunda ve analitik sonuçların ispatında Hall ve Watts tarafından yapılan ilk deneysel çalışma kullanılmıştır. Heinter ve Housner (1970)' de solitary dalganın tırmanması Lagrange bakış açısı ile uzun dalga denklemleri kullanılarak araştırılmıştır. Tsunami tırmanmasında taban pürüzlülüğünün etkisini incelemek için nümerik hesaplamalar yapılmıştır. Carrier ve Greenspan (1958)' de nonlinear sığ su denklemleri kullanılarak bu denklemleri lineer denklem takımlarına dönüştüren bir metot önerilmiştir [8].

Svendsen ve Hansen (1978)' de hafif eğimli tabanda, dalgalar iki boyutlu, klasik uzun dalga varsayımı ile incelenmiştir. Ayrıca 1:35 eğime sahip kıyıda dalga profilleri deneylerle karşılaştırılmıştır [9].

Kırkgöz (1983)' de 1:10 eğimli kıyıda uzun periyotlu dalgaların tırmanmasını ve kırılmasını teorik olarak incelemiş, nonlinear sığ su dalga denklemleri karakteristikler metodu kullanarak çözülmüştür [10].

Pedersen ve Gjevik (1983) tarafından yapılan çalışmada Boussinesq denklem takımları ile kullanılan uzun dalgalarının tırmanmasını incelemek için Lagrangian tanımına dayalı bir nümerik model geliştirilmiştir. Nümerik şemanın performansı deneysel veri ve analitik çözümlerle karşılaştırılarak kontrol edilmiştir. Oldukça dik eğimlerdeki solitary dalgaların tırmanma simülasyonundan yüzey değişimleri ve tırmanma yüksekliklerinin deneylerle uyduğu görülmüştür [11].

Kobayashi, v.d. (1987)' de pürüzlü eğimlerde akım karakteristiklerini belirlemek için nümerik akım modeli geliştirilmiştir. Taban sürtünme etkileri dâhil sonlu genlikli sığ su denklemleri Lax-Wendroff sonlu fark metodu kullanarak nümerik olarak çözülmüştür [12].

Synolakis (1987)' de düz kıyılarda solitary dalga tırmanmasını teorik ve deneysel olarak incelemiştir. Kırılmayan dalgalar için bir yaklaşım teorisi sunulmuş, ampirik tırmanma ifadesi elde edilmiştir. Düz kıyılarda kırılmayan dalgaların tırmanma yüksekliği "tırmanma kanunu" olarak da bilinen aşağıdaki (1.1) ifadesi ile verilmektedir. Bu ifade de H dalga yüksekliğini; d su derinliğini; β eğimini; R tırmanma yüksekliğini göstermektedir [13, 14].

$$\frac{R}{d} = 2.831 \sqrt{\cot \beta} \left(\frac{H}{d} \right)^{5/4} \quad (1.1)$$

Kim v.d. (1983)' de iki boyutlu solitary dalga tırmanmasında BIEM (Boundary Integral Equation Method) kullanılmıştır [15].

Liu v.d. (1990)' da tırmanma ile ilgili teorik, deneysel ve saha çalışmalarını kapsayan yirmi altı bildirinin özeti verilmiştir [16].

Kobayashi v.d (1990)' da düzensiz dalga koşullarında 1:3 eğime sahip pürüzlü geçirimsiz yüzeylerde dalga tırmanması ve yansımaları incelenmiştir.

Kaistrenko v.d. (1991)' de geçirimsiz düz kıyılarda kırılmayan uzun dalga tırmanmasının analizi sunulmuştur [17].

Zelt (1991)' de geçirimsiz düz kıyılarda kırılan ve kırılmayan solitary dalgaların tırmanması Lagrange sonlu-eleman Boussinesq dalga modeli ile araştırılmıştır [18].

Synolakis ve Skjelbreia (1993)' te düz kıyılarda solitary dalgaların transformasyonu incelenmiştir [19].

Tadepalli ve Synolaskis (1994)' de tsunami tırmanma çalışmaları için yeni bir model olan N - dalga vurgulanmıştır [20].

Liu v.d. (1995)' te dairesel adada tırmanan solitary dalgaların etkileşimi farklı kret uzunlukları ve farklı (H/d) dalgaların oluşturduğu deney serileri ile incelenmiştir. İki boyutlu tırmanma yükseklik ölçümleri ve ada etrafında zamanla yüzey değişimleri sunulmuştur. Tırmanma hesaplarını içeren sığ-su dalga denklemlerine dayalı bir nümerik model geliştirilmiş ve laboratuvar verileri ile nümerik modelin birbirine uyduğu görülmüştür [21].

Titov ve Synolakis (1995)' de bir boyutlu uzun dalgaların tırmanması ve yayılmasını modellemek amacıyla viskozite ve sürtünme faktörü ihmal edilerek sığ su dalga denklemlerinin değişken aralıklı sonlu fark şeması sunulmuştur. Çalışmada, kırılan ve kırılmayan dalgaların laboratuvar verileri, diğer nümerik ve analitik çözüm sonuçları ile karşılaştırılmış, metot VTCS-2 olarak adlandırılmıştır [22].

Briggs v.d. (1995)' de konik adada tsunami tırmanma yüksekliği deneysel olarak incelenmiştir [23].

Grilli v.d. (1997)' de potansiyel akım denklemlerine dayalı nonlinear dalga modelinin doğrulandığı deneyler kullanılarak solitary dalgaların kırılması ve sığlaşması 1:100 eğimden 1:8 eğime kadar hesaplanmıştır. 12° den büyük

eğimlerde dalganın kırılmadığı belirtilmiştir. Kırılma kriteri boyutsuz eğim parametresinin değerine bağlı olarak hafif eğimler için çıkarılmıştır. Tüm sonuçların laboratuvar verileri ile uyumlu olduğu görülmüştür [24].

Kanoğlu ve Synolakis (1998)' de gel-git dalgalarının kıyıya etkilerini anlamak amacıyla parçalı lineer bir ve iki boyutlu batimetridedeki tırmanma ve uzun dalga değişimi araştırılmıştır. Maksimum tırmanma yükseklikleri ve zamana bağlı serbest yüzey değişimleri için laboratuvar sonuçları ve kullandıkları teori arasında iyi bir uyum görülmüştür [25].

Lin. v.d. (1999)' da kıyılarda solitary dalganın tırmanma ve geri çekilme mekanizmalarını incelemek için nümerik hesaplar ve laboratuvar deneyleri birleştirilmiştir. İlk nümerik hesaplamalar, BIEM modeli ile birlikte RANS modeli kullanılarak yapılmıştır. Nümerik sonuçlar ve deneysel ölçümler arasında serbest yüzey deplasmanı ve hız karşılaştırmaları yapılmıştır. Daha sonra tırmanma ve geri dönüş karakteristikleri tartışılmıştır. Kırılan dalga için sadece serbest yüzey değişimi deneylerden elde edilmiştir. Yüzey profillerine göre nümerik sonuçlar ve laboratuvar verileri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Tırmanma ve geri dönüş sırasında kırılan solitary dalga altında ortalama akım modeli ve türbülans karakteristikleri nümerik sonuçlar kullanılarak incelenmiştir [15].

Maiti ve Sen (1999)' da Euler-Langrange metodunu kullanarak dik ve hafif eğimlerde nonlinear solitary dalgaların etkisini analiz etmek için zamanla değişen bir algoritma tanımlanmıştır. Tırmanma yüksekliğinin düzlem eğimine ve dalga dikliğine bağlı olduğu görülmüştür [26].

Fujima v.d. (2000)' de lineer uzun dalga teorisine dayalı analitik çözümler bir konik ada etrafında rastgele gelen dalga profili ile tsunamilerin yayılımı için elde edilmiştir. Bu teorenin geçerliliği iki laboratuvar veri seti ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Adanın kıyı çizgisi boyunca maksimum tırmanma yüksekliği ve tırmanma yüksekliği dağılımının dalga profiline etkileri bu teoriye dayanarak tartışılmıştır [27].

Teng v.d. (2000 a,b)' de hem pürüzsüz hem de pürüzlü kıyılarda kırılmayan solitary dalgaların maksimum tırmanması deneysel çalışmalarla incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda dik eğimli kıyılarda (20°) viskozite ve pürüzlülüğün maksimum tırmanma üzerinde etkisinin az olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durumda viskozitenin ihmal edildiği uzun dalga teorilerinin tırmanma yüksekliğini belirlemede yeterli olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca hafif eğimli kıyılar üzerinde viskozite ve pürüzlülüğün çok etkili olduğu ve viskozitenin ihmal edildiği durumlarla karşılaştırıldığında maksimum tırmanmanın %50' den daha fazla azaldığı sonucuna varılmıştır [28, 29].

Gedik (2004)' de geçirimsiz, kaplamasız ve kaplamalı eğimli kıyılar üzerinde uzun dalgaların tırmanma yüksekliği ile kaplamasız ve kısmi kaplamalı yüzeylerde tsunamilerin oluşturduğu profil değişimleri deneysel olarak incelenmiştir. Kaplamalı yüzeylerde boyutsuz tırmanma yüksekliğini belirlemek için denklem (1.2), boyutsuz erozyon alanı parametresini için de denklem (1.3) önerilmiştir. Bu ifadelerde; R tırmanma yüksekliğini, d su derinliğini, H dalga yüksekliğini, G_{sp} boyutsuz plaj malzemesi spesifik gravite parametresini, G_{st} boyutsuz kaplama malzemesi spesifik gravite parametresini, D plaj malzemesi dane çapını, D_{n50} kaplama malzemesi dane çapını, A erozyon alanını, β şev eğimini göstermektedir [30, 31].

$$\frac{R}{d} = 5.10^{-3} \left(H \frac{G_{st}}{D_{n50}} \cot \beta \right)^{0.9539} \quad (1.2)$$

$$\frac{A}{d^2} = 8.10^{-6} \left(H \frac{G_{sp}}{D} \tan \beta \right)^{1.8242} \quad (1.3)$$

Gedik v.d. (2006)' da solitary dalğanın geri çekilme yüksekliği ve kaplama malzemelerinin saçılımı araştırılmıştır [32].

İrtem v.d. (2009)' da kıyı ormanlarının tsunami tırmanma yüksekliğine etkisi incelemek amacıyla deneysel çalışmalar yapılmış ve değişik durumlar için denklemler önerilmiştir [33].

Shuto (1993)' de tsunami şiddetini dalga yüksekliğine bağlı olarak tanımlayan bir bağıntı geliştirilmiştir. Papadopoulos ve Imamura (2001)' de tsunami dalgalarının verdiği zarar insanlar, nesnelere ve binalar olmak üzere ayrı ayrı ele alınmış ve Shuto (1993)' nun geliştirdiği şiddet ölçeği ile ilişkilendirilerek yeni bir şiddet ölçeği önerilmiştir [34].

Batık yapılar üzerinden dalga geçişi ile ilgili birçok deneysel ve teorik araştırma yapılmıştır. Kobayashi and Wurjanto (1989) tarafından sunulan çalışmada geçirimsiz batık dalgakıran üzerinden dalga geçişi, yansımaları ve kırılması incelenmiştir.

Huang, Dong (2001)' de solitary dalga ve batık dikdörtgen bir yapı arasında etkileşim, iki boyutlu Navier-Stokes denklemleri ve serbest yüzey sınır koşulları çözülerek araştırılmıştır. Gelen dalga yüksekliği, batık yapı büyüklüğünün dalga geçişi, akım alanı üzerindeki etkileri ile sürüklenme kuvvetlerinin yapı üzerindeki etkileri ele alınmıştır [35, 36].

Hur v.d. (2003)' de deneysel olarak geçirimsiz batık dalgakıranlar üzerinden geçen düzensiz dalgaların kırılma yüksekliği incelenmiştir. Düzenli dalgalar ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Düzensiz dalgaların kırılma limiti deneysel verilere dayanarak ölçen ampirik bir formül sunulmuştur [37].

Rambau (2005)' de batık dalgakıranların iletme karakteristiklerini sunan nümerik bir çalışma yapılmıştır. Batık dalgakıranın iletme karakteristikleri üzerinde batırma derinliği, kret genişliği, ilk dalganın durumu ve malzeme özelliklerinin etkisi belirlenmiştir [38].

Chang, Liou (2007)' de uzun dalgaların bir trapez dalgakıran ve trapez dalgakıran serilerinden geçişi ve yansıması eşleştirme metodu kullanılarak verilmiştir [39].

Calabrese (2008)' de bir batık dalgakıranın arkasında iki boyutlu dalganın hesabı için yeni bir metot sunulmuştur [40].

Van der Meer (1988) tarafından geliştirilen formülde porozite (geçirimsizlik) parametresi tüm yapı için verilmiştir. Esas olarak artan porozite değeriyle birlikte dalgakıranın içerisine olan akım da artmakta ve bu durum yapı çekirdeği içerisinde enerji dağılımını arttırarak stabilitenin artmasını sağlamaktadır [41].

Hedge ve Srinivas (1995) ve Hedar (1986) tarafından farklı çekirdek porozite değerleri kullanılarak yürütülen deneysel çalışmalarda şevli dalgakırandaki hasarın çekirdek porozitesi arttıkça azaldığı sonucuna varılmıştır [42].

2. TEMEL BİLGİLER

2.1 Kıyı Koruma Yapısı

Genel klasik anlamda kıyı koruma yapıları; kıyı çizgisi gerisini dalga etkilerine karşı korumak, kıyı çizgisi gerisindeki zemini tutmak ve kıyı çizgisini kararlı hale getirmek amacıyla öngörülen yapılardır. Mühendislik uygulamalarında kıyı koruma çalışmaları için kullanılan yapılar kıyı çizgisine paralel olarak inşa edildikleri gibi, mahmuzlar gibi kıyı çizgisine dik olarak da konumlandırılabilirler. Yukarıda genel tanımı verilen klasik kıyı koruma yapılarının (dalgakıranlar, kıyı duvarları, mahmuzlar) ortaya çıkardıkları olumsuz çevresel etkiler nedeniyle çağdaş kıyı mühendisliğinde yeni alternatif uygulama olanakları arayışına gidilmektedir. Bu arayışta temel yaklaşım yapının doğal koşullarla uyum içinde olmasıdır. Başka bir ifade ile kıyı koruma yapısının işlevsel davranışı içinde bulunduğu doğal çevre koşulları ile ters düşmeyen bir karakterde olmalıdır. En etkin, en uzun ömürlü, en hafif ve en estetik çözüm doğal kıyının kendisidir ve bu nedenle kıyı koruma yapıları bu doğal kıyı davranışı ile benzer davranışlara sahip olmalıdır.

Kıyı yapısını tasarlarken göz önüne alınması gereken çok sayıda parametre bulunmakla birlikte esas olarak iki parametre söz konusudur:

- a) Dalga etkileri,
- b) Deniz taban morfolojisi.

Herhangi bir kıyı koruma yapısı dalga etkilerine karşı işlevinin gerektirdiği dirence sahip olmalıdır. Herhangi bir yapının dalga etkisine karşı işlevinin öngördüğü dirençten daha fazlasına sahip olması onu daha dayanıklı kılmaz aksine onun ekonomik açıdan yanlış boyutlandırıldığını gösterir.

Kıyı koruma yapısının dalga etkilerine karşı dengeli olması gerekli bir koşuldur fakat yeterli değildir. Yapının aynı zamanda deniz tabanının morfolojik yapısı ile uyum içinde olması gerekir. Başka bir deyişle kıyı boyu ve kıyıya dik katı madde hareketlerini mümkün olduğunca az etkilemeli veya tercihen hiç etkilememelidir. Bu durumun tam olarak sağlanması klasik kıyı yapılarının kullanılması durumunda çok zor olduğundan, günümüzde yapıyı daha küçük elemanlardan oluşturmak yoluna gidilmeye çalışılmaktadır [43].

Bu bölümde, kıyı koruma yapısı olarak sadece batık dalgakıranlar ele alınacaktır.

2.1.1 Batık Dalgakıranlar

Batık dalgakıranlar tepe kotu sakin su seviyesinin altında olan bariyerlerdir. Açık denizden gelen dalgaları kırılmaya zorlayarak enerjisini azaltır ve kalan enerjinin bir kısmını yansıtarak bir kısmının da kıyı bölgesindeki doğal sürecin devamı için kara tarafına geçmesine izin vererek fonksiyonlarını yerine getirirler. Batık dalgakıranlar liman ağızlarındaki yaklaşım kanallarının siltlenmelerinin önlenmesinde, kronik erozyona karşı kıyı korunmasında ve suni balık çiftliklerinin oluşturulması gibi pek çok farklı amaç için kullanılabilir. Özellikle gel-git etkilerinin az olduğu kıyı bölgelerinde çevresel etkisi minimum olan bu yapılar fırtına dalgalarının oluşturduğu kıyı erozyonuna karşı kullanılabilirler.

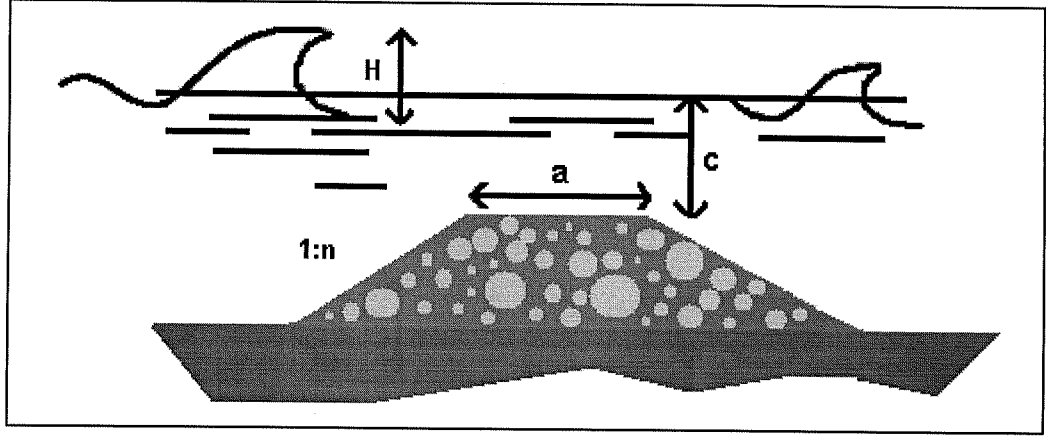
İTÜ Hidrolik Laboratuvarı'nda düzenli ve düzensiz dalgalarla batık dalgakıran performansını inceleyen deneyler yapılmış ve sonuçta, artan dalga dikliği, dalga boyu ve dalga yüksekliği için dalga aktarma katsayısı artmıştır. Yani uzun dalgalar yapı üzerinden daha kolay geçmektedir. Diğer taraftan fırtına koşullarını tarif eden kısa periyotlarda dalga aktarma katsayısı azalmaktadır. Ayrıca dalgakıranın batıklık oranı azaldıkça dalga aktarma performansının arttığı ifade edilmektedir [44].

Batık dalgakıran olarak adlandırılan yapılar, dalgaların enerjilerini kıyıya ulaşmadan sönmölendirmekte, ayrıca kum tutulmasında da etkin olmaktadır [45].

Tsunamiler yakın kıyı batimetrisinin değışmesiyle iç kısımlara kadar ilerler ve büyük hasarlara neden olurlar. Tsunami dalga tırmanması kıyı bölgelerde çok etkili olduğundan tsunami hasarlarını azaltmak için birçok seri ölçümler geliştirilmiştir. Tsunamiden, batık dalgakıranlar, kıyı duvarları gibi sert yapılar ve doğal bariyer olan kıyı ormanları ile korunulabilir [33].

Sert yapılar kıyı mühendisliğinde fırtına dalgalarının tsunaminin etkilerine karşı geleneksel olarak kullanılan keson, kompozit, taş dolgu, batık dalgakıran, eğimli ve düşey kıyı duvarı, mahmuz gibi yapıların iki veya daha çok kombinasyonundan oluşur. Yapısal olarak söz konusu yapıların genel karakteristik özellikleri aynı olmakla birlikte tsunamilere karşı boyutlandırma kriteri farklıdır ve günümüzde bu kriterlerin geliştirilmesi yönündeki araştırmalar devam etmektedir. Bilindiği gibi klasik kıyı yapıları fırtına dalgaları gibi dalga dikliği büyük dalgalara karşı çok etki olabilmekle birlikte uzun dalgalar karşısında klasik boyutlandırma kriteri ile elde edilen boyutlarıyla etkisiz de kalabilmektedir [46].

Batık dalgakıranların etkisi a/L ve c/H oranlarına bağlıdır. Burada a kret genişliği, L dalga uzunluğu, c sakin su seviyesi ile batık dalgakıran kreti arasındaki mesafe, H ise dalga yüksekliğidir. Bu oranların azalması geçirimi arttıracaktır, böylelikle yapının etkisi de azalacaktır. Tsunami dalga uzunluklarının kilometrelerce olmasından dolayı batık dalgakıran etkileri sınırlıdır. a/L oranının sifıra yakın olması geçirimini de artmasına neden olur [47].



Şekil 2.1 Batık Dalgakıran [44]

2.1.1.1 Batık Dalgakıranların Avantajları ve Dezavantajları

A. Avantajları

1. Batık ve görünmez olmaları nedeniyle mahmuz ya da dalgakıranlara göre estetiklerdir.
2. Kıyıya ulaşan dalga yüksekliklerinin azalmasını sağlarlar.
3. Kıyıda açığa kum kaybını azaltırlar.

B. Dezavantajları

1. Düşük kretli dalgakıran dalga yüksekliğini yeterince azaltmayabilir ve katı madde kaybı söz konusu olabilir.
2. Dalga koşullarına bağlı olarak kıyının doğal yenilenmesini engelleyebilmektedir.
3. Seyir problemleri ortaya çıkmaktadır.
4. Çok tecrübe mevcut değildir.
5. İnşaa edilmeleri zor ve pahalıdır. Çünkü açıkta ve batıktırlar.
6. Kontrolleri zordur, çünkü batıktırlar [48].

3. YÖNTEM

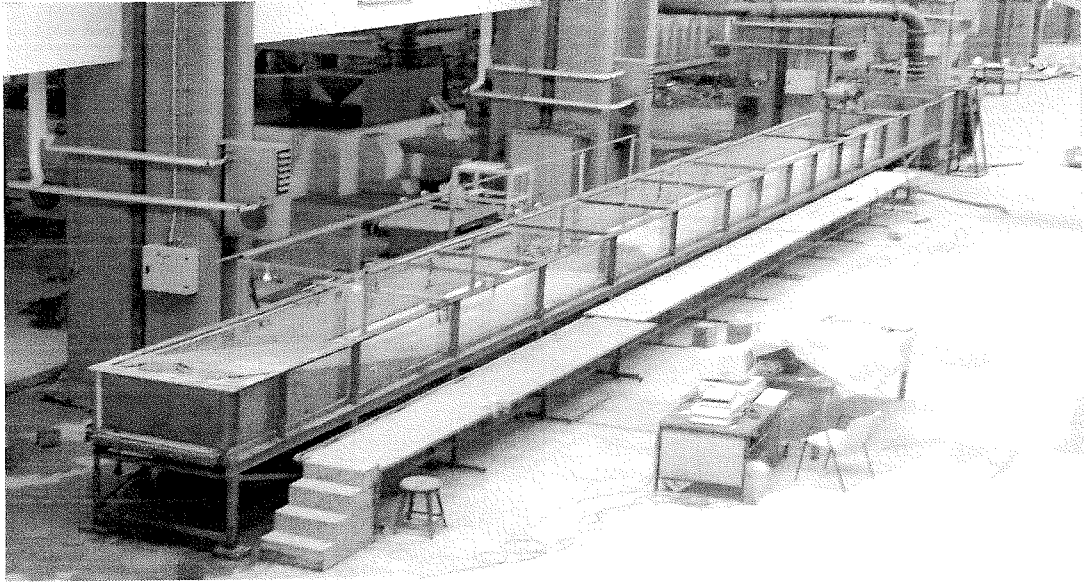
Bu bölümde, tsunami gibi uzun periyotlu dalgaların üretiminde kullanılan deney düzeneği, içerisinde yer alan her türlü ekipman ve deneylerin yapılışı verilmiştir.

3.1 Deney Düzeneği

Bu çalışmada kullanılan deney düzeneği; dalga kanalı, dalga üretici sistem ve dalga kaydedici sistem olarak üç ana kısımdan oluşmaktadır.

3.1.1 Dalga Kanalı

Deneyin yapıldığı dalga kanalı; İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarı'nda yer almakta olup 22.5 m x 1.0 m x 0.5 m boyutlarındadır. Şekil 3.1' de görülen dalga kanalının yan duvarları deneylerin daha iyi gözlemlenebilmesi için camdan yapılmıştır.



Şekil 3.1 Dalga Kanalının Genel Görünüşü

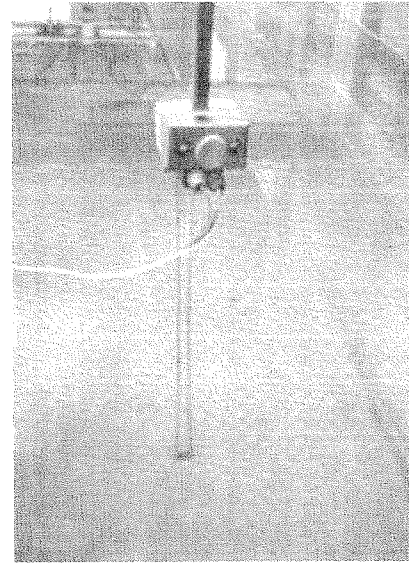
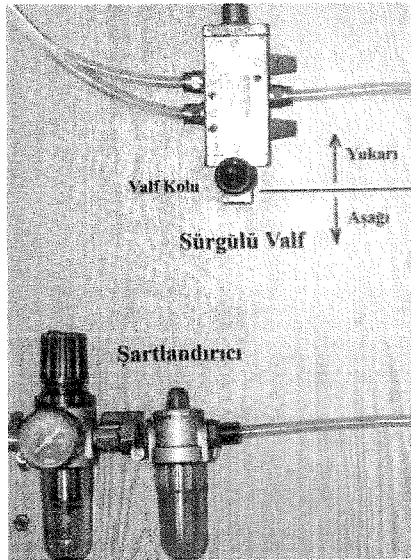
3.1.2. Dalga Üretici Sistem

Dalga kanalının içerisine yerleştirilmiş pleksiglas malzemeden üretilmiş yatay bir levhanın basınçlı hava ile hareket etmesiyle tsunami dalga üretim sistemi oluşturulmuştur. Söz konusu yatay levhanın boyutları 0.97 m x 2.0 m x 0.02 m olup PHS16B mafsalı ile pnömatik silindire bağlanmıştır. Kompresör (sıkıştırıcı) ile pnömatik sistem için gerekli olan basınçlı hava üretilir ve bir hortum aracılığıyla sisteme iletilir. Sıkıştırılmış hava, pnömatik sistemde su damlacıkları, toz, kompresör yağlama yağı atıkları, pas parçacıkları, çapaklar vs. gibi sakıncalar doğurabilecek maddeler içermektedir. Sistemdeki tüm elemanlar sıkıştırılmış hava ile temas halinde olduğundan, bu havanın hazırlanması (şartlandırılması) bu elemanların ömrünü uzatırken, arızaların sayılarını azaltmakta, bakım sürelerini kısaltmaktadır. Kullanma yerine gelen hava basınç regülatörü ve yağlayıcıdan oluşan bir hava hazırlayıcı (şartlandırıcı) takımdan geçerek nihai özellikleri kazanır.

Her pnömatik devre için belirli bir optimum çalışma basıncı vardır. Gereğinden yüksek bir basınç enerji kaybına ve çabuk aşınmalara, gereğinden düşük bir basınç ise fonksiyonun yerine getirilmemesine veya en azından veriminin

düşmesine neden olmaktadır. Kompresör sistemi sabit olarak 10 bar basınca ayarlanmış, pnömatik sistemde kullanımdaki değişiklikleri sağlamak için basınç düşürücü (regülatör) kullanılmıştır. Böylelikle regülatöre giren havanın basıncı değişse bile çıkan havanın basıncı sistem için optimum olan ve regülatör üzerindeki manometreden okunabilen ayarlanan sabit değerde kalacaktır. Pnömatik sistemde kullanıldıkça azalan kompresör deposundaki minimum basıncın regülatör çıkışında istenen basıncın altına düşmemesine dikkat edilmiştir. Aşınmaların en aza indirilmesi ve korozyona karşı koruma için pnömatik sistemde yağlandırıcı ile kullanılacak havanın bir miktar yağlanması gerekmektedir [30].

Düşey olarak yerleştirilen NS80–500 pnömatik silindirin harekete başlayıp-durması için ise el kumandalı sürgülü tip valf kullanılmıştır (Şekil 3.2) [7]. Deneyler sırasında mevcut su kütesinin ani hareketini sağlamak amacıyla pnömatik sistemin giriş ve çıkışına çabuklaştırıcı egzost (quick egzost valf) yerleştirilmiştir. Daha sonra yine pistonun hareket hızını ayarlamak için bu egzostlara hız ayar valfi yerleştirilmiştir. Böylelikle deniz tabanındaki ani hareketi benzeştirecek şekilde yatay levhaya bağlı piston düşey yönde hareket ettirilmekte ve su kütesi yer değiştirerek tsunami dalgası oluşturulmaktadır [30].



Şekil 3.2 Şartlandırıcı ve valf fotoğrafı [7] Şekil 3.3 Deneyde kullanılan prob [7]

3.1.3. Dalga Kaydedici Sistem

Deneyleer sırasında üretilen dalgaların oluşturduğu su yüzeyi deplasmanlarının kayıt aşamasında HRLM Cle3 C30 tipi dalga amplifikatörü ve buna bağlı, ikisi batık dalgakıran öncesi, ikisi batık dalgakıran sonrası olmak üzere toplam dört adet rezistans tip dalga elektrotu kullanılmıştır (Şekil 3.3) [7]. Elektrotlar pirinçten imal edilmiştir. Sistem dalga probunun çubukları arasında direncin değişmesi prensibine dayanarak çalışmaktadır. Dirençteki bu değişim amplifikatör yardımı ile güçlendirilmektedir. Sistemin en büyük dezavantajı, su iletkenliğindeki değişime bağlı olarak her kullanımdan önce kalibrasyon işleminin tekrarlanması gereğidir [30] .

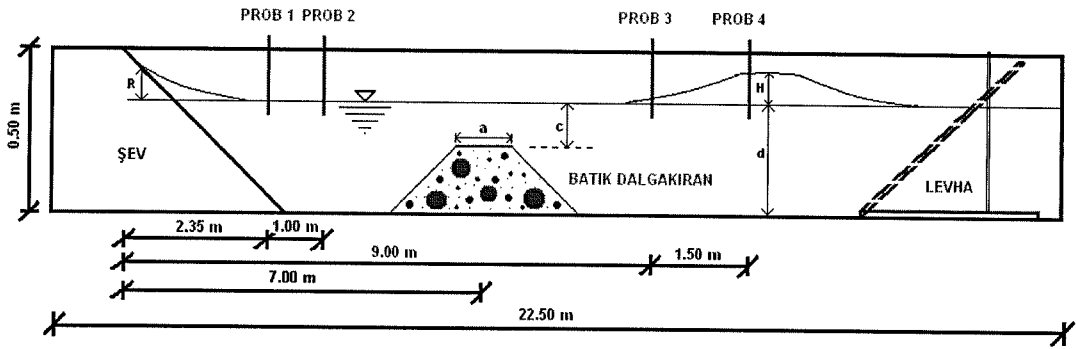
H.R. Wallingord dalga probu monitörü analog çıkışı Agilent BenchLink Data Logger' a bağlanarak (AD çevirici) 16 kanallı analog-dijital dönüştürücü kart yardımıyla sürekli analog sinyallerin kesik dijital volt değerine çevirilmesi sağlanmaktadır. Toplanan dijital zaman serileri halindeki veriler Agilent BenchLink Data Logger' a ait yazılım yardımıyla izlenmekte ve kaydedilmektedir. (.cvs) uzantılı olarak kaydedilen veriler volt değerlerine karşılık gelen su seviyesi değişimleri arasında kurulan bağıntı ve bilinen derinliklere bağlı elde edilen kalibrasyon değerleri yardımıyla anlamlı değerlere dönüştürölmektedir [7].

3.2 Deneyleer

Dalga kanalının içerisinde yer alan levhaya bağlı pistonun düşey yönde hareket ettirilmesi ile tsunami karakterinde dalgalar üretilmiştir. Üretilen bu dalgalar ile batık dalgakıranın tsunami dalga tırmanma yüksekliğine etkisi gözlemlenmiştir. Deneyleer, 1:5 eğime sahip, dane çapı dağılımı üniform olmayan özellikteki malzeme kullanılarak oluşturulmuş şev ile yapılmıştır. Su derinliği 0.33 m olup pistonun 2 bar, 4 bar, 6 bar, 8 bar ve 10 bar için aşağı ve yukarı hareketi ile tsunami dalgaları üretilmiştir. Her deneyde piston toplam 10 hareket yapmış olup yaklaşık 120 sn kayıt alınmıştır. Kıyı yapısı olarak geçirimli, geçirimsiz ve monolitik batık dalgakıranlar kullanılmış, kıyıda tırmanma mesafeleri ölçölmüştür.

Kıyı şevinin tepe noktası sıfır olmak üzere dalga problemlerinin ve batık dalgakıranın konumları Şekil 3.4' te verilmiştir.

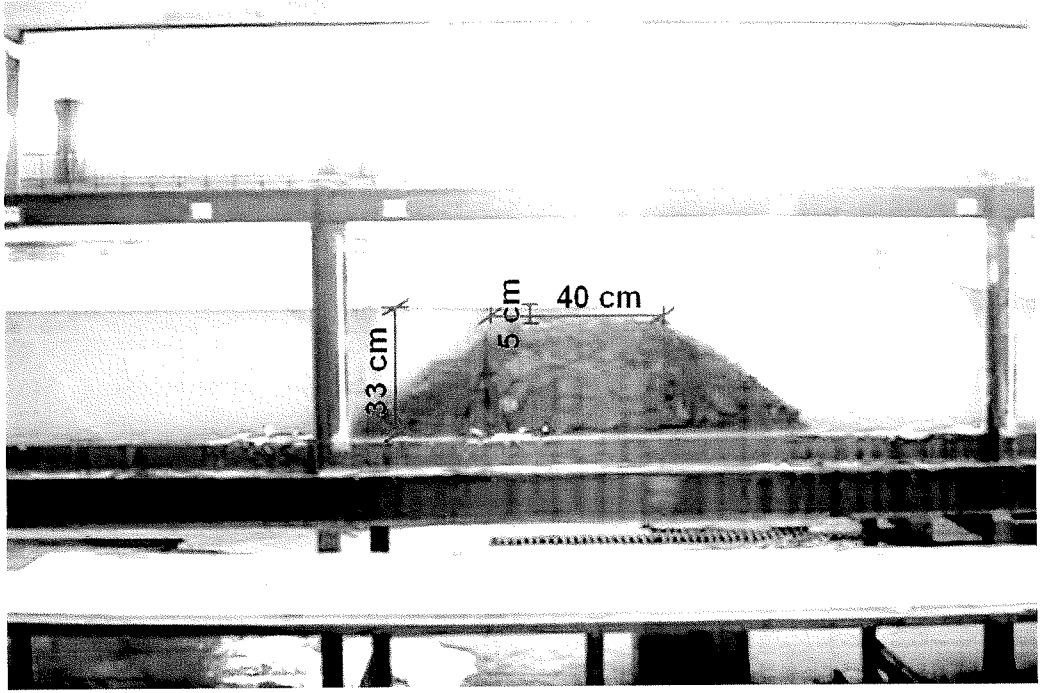
Bu çalışmada, batık dalgakıranlar kret genişliği a , batık dalgakıran kret kotu ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe c , dalga yüksekliği H , su derinliği d , dalganın tırmandığı en yüksek nokta ile sakin su seviyesi arasındaki düşey mesafe olarak tanımlanan tırmanma yüksekliği ise R ile ifade edilmiştir (Şekil 3.4).



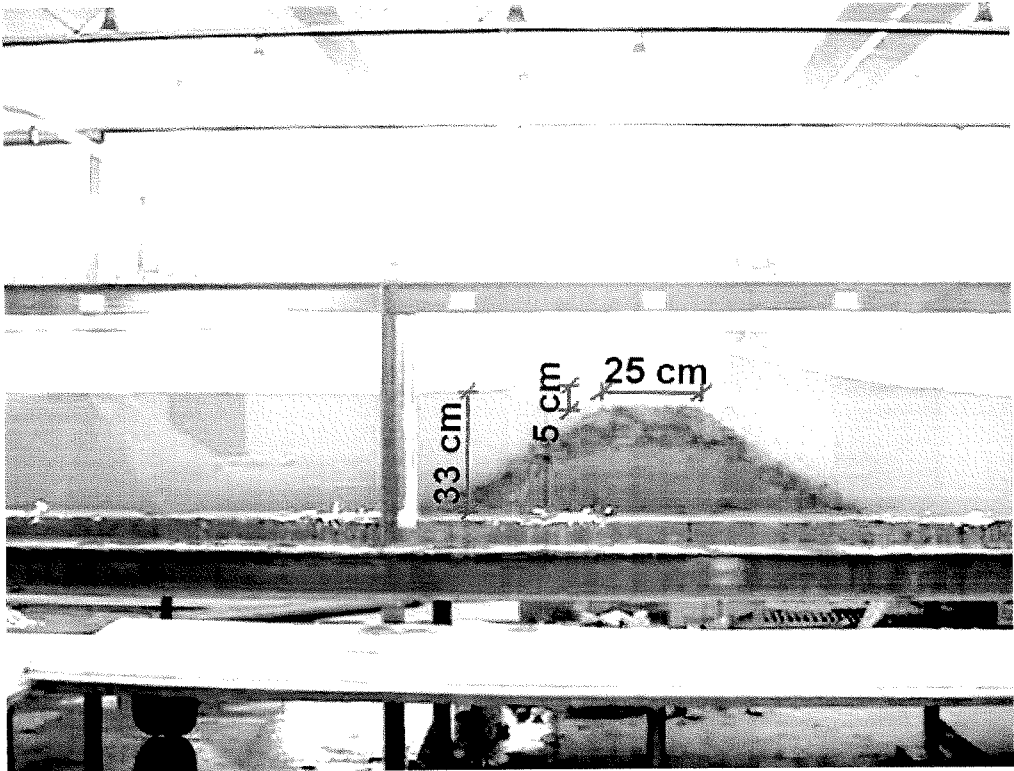
Şekil 3.4 Dalga Kanalı Kesiti

3.2.1 Geçirimli ve Geçirimsiz Batık Dalgakıran Deneyleri

Önce dalga kanalının 7. m'sine çekirdek malzemesi iri (10-13 mm), kaplama malzemesi daha küçük (5-8 mm) olan taşlarla 1:1,5 şev eğimine sahip geçirimli batık dalgakıran yerleştirilmiştir (Şekil 3.5). Daha sonra çekirdek malzemesi olarak çakıl tozu ile kaplama malzemesi (5-8 mm) olan taşlarla yine 1:1,5 şev eğimine sahip geçirimsiz batık dalgakıran (Şekil 3.6) oluşturulmuştur. Taşlar yerleştirilmeden önce yıkanarak aralarındaki toz malzeme uzaklaştırılmıştır.



Şekil 3.5 Geçirimli batık dalgakıran görünüşü



Şekil 3.6 Geçirimsiz batık dalgakıran görünüşü

Batık dalgakıranların tsunami tırmanma yüksekliği üzerindeki etkisini görebilmek amacıyla geçirimli ve geçirimsiz batık dalgakıranlar için $a= 25$ cm, $a= 40$ cm ve $c= 0$ cm, $c= 5$ cm ve $c= 10$ cm durumlarına ait deneyler yapılmış, her durumda kıyıdan tırmanma yükseklikleri ölçülmüştür.

Tüm konfigürasyonlar aşağıda Durum I, II, II', III, IV, V, V', VI olarak açıklanmıştır.

DURUM I: Batık dalgakıran geçirimli yüzeye sahip, kret tepe noktası sakin su seviyesinde ve kret genişliği 25 cm iken ($c= 0$ cm, $a= 25$ cm).

DURUM II: Batık dalgakıran geçirimli yüzeye sahip, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm ve kret genişliği 25 cm iken ($c= 5$ cm, $a= 25$ cm).

DURUM II': Batık dalgakıran geçirimli yüzeye sahip, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm ve kret genişliği 40 cm iken ($c= 5$ cm, $a= 40$ cm).

DURUM III: Batık dalgakıran geçirimli yüzeye sahip, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 10 cm ve kret genişliği 40 cm iken ($c= 10$ cm, $a= 40$ cm)

DURUM IV: Batık dalgakıran geçirimsiz yüzeye sahip, kret tepe noktası sakin su seviyesinde ve kret genişliği 25 cm iken ($c= 0$ cm, $a= 25$ cm).

DURUM V: Batık dalgakıran geçirimsiz yüzeye sahip, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm ve kret genişliği 25 cm iken ($c= 5$ cm, $a= 25$ cm).

DURUM V' : Batık dalgakıran geçirimsiz yüzeye sahip, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm ve kret genişliği 40 cm iken ($c= 5$ cm, $a= 40$ cm).

DURUM VI: Batık dalgakıran geçirimsiz yüzeye sahip, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 10 cm ve kret genişliği 40 cm iken ($c= 10$ cm, $a= 40$ cm).

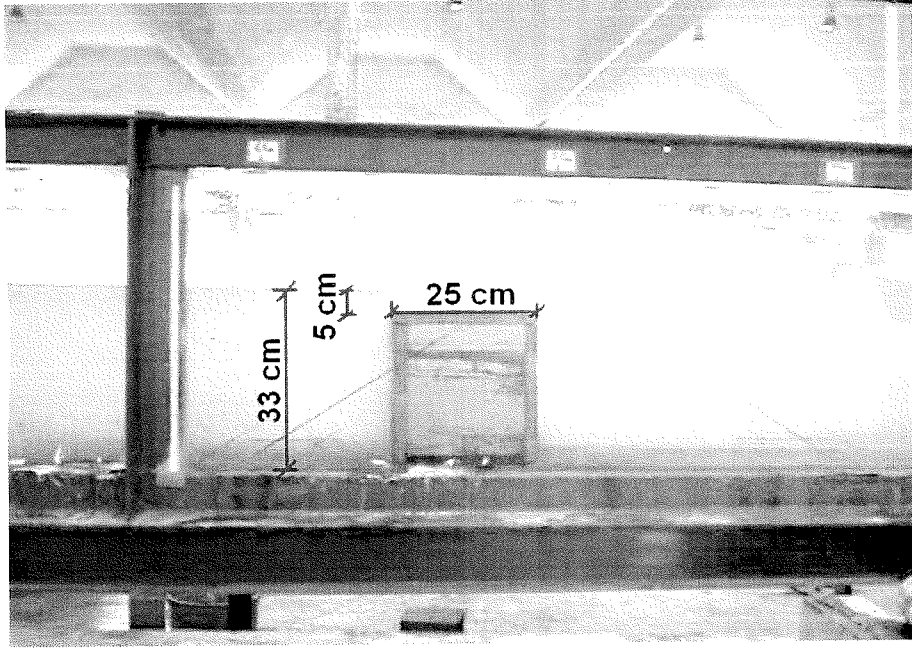
Yukarıda verilmiş olan tüm durumlar Tablo 3.1. 'de özetlenmiştir.

Tablo 3.1 Deneylerde göz önüne alınan geçirimli ve geçirimsiz batık dalgakıran durumları

DURUM	GEÇİRİMLİ		GEÇİRİMSİZ	
	a	c	a	c
I	25	0	-	-
II	25	5	-	-
II'	40	5	-	-
III	40	10	-	-
IV	-	-	25	0
V	-	-	25	5
V'	-	-	40	5
VI	-	-	40	10

3.2.2 Monolitik Düşey Yüzlü Batık Dalgakıran Deneyleri

Tsunami dalga tırmanma yüksekliğini azaltmak için sert yapı olarak geçirimli ve geçirimsiz batık dalgakıranlardan sonra monolitik batık dalgakıranlar da denenmiştir. Monolitik dalgakıranlar ahşap sandık içine kurşun koyularak oluşturulmuş ve dalga kanalının 7. m' sinin önüne yerleştirilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Monolitik düşey yüzlü batık dalgakıran

Monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranın tsunami tırmanma yüksekliği üzerindeki etkisini görebilmek amacıyla sırasıyla $a= 25$ cm, $a= 40$ cm ve $c=0$ cm, $c= 5$ cm ve $c= 10$ cm durumlarına ait deneyler yapılmış, her deneyde şev üzerindeki tırmanma yükseklikleri ölçülmüştür.

Tüm konfigürasyonlar aşağıda Durum M-I, M-I', M-II, M-II', M-III, M-III' olarak açıklanmıştır.

DURUM M-I: Batık dalgakıran monolitik düşey yüzlü, kret tepe noktası sakin su seviyesinde ve kret genişliği 25 cm iken ($c= 0$ cm, $a= 25$ cm).

DURUM M-I': Batık dalgakıran monolitik düşey yüzlü, kret tepe noktası sakin su seviyesinde ve kret genişliği 40 cm iken ($c= 0$ cm, $a= 40$ cm).

DURUM M-II: Batık dalgakıran monolitik düşey yüzlü, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm ve kret genişliği 25 cm iken ($c= 5$ cm, $a= 25$ cm).

DURUM M-II': Batık dalgakıran monolitik düşey yüzlü, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm ve kret genişliği 40 cm iken ($c= 5$ cm, $a= 40$ cm).

DURUM M-III: Batık dalgakıran monolitik düşey yüzlü, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 10 cm ve kret genişliği 25 cm iken ($c= 10$ cm, $a= 25$ cm)

DURUM M-III': Batık dalgakıran monolitik düşey yüzlü, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 10 cm ve kret genişliği 40 cm iken ($c= 10$ cm, $a= 40$ cm)

Yukarıda verilmiş olan tüm durumlar Tablo 3.2' de özetlenmiştir.

Tablo 3.2 Deneylede göz önüne alınan monolitik düşey yüzlü batık dalgakıran durumları

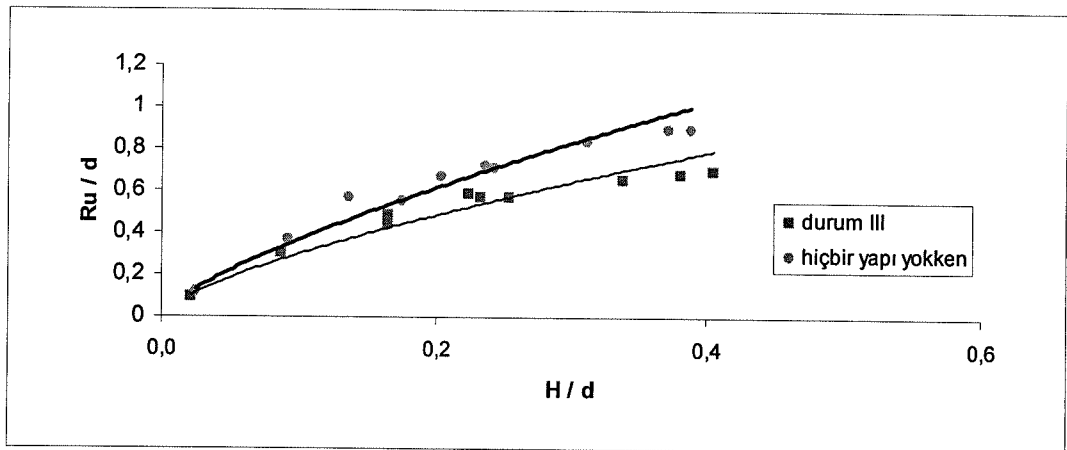
DURUM	GEÇİRİMLİ	
	a	c
M-I	25	0
M-I'	40	0
M-II	25	5
M-II'	40	5
M-III	25	10
M-III'	40	10

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

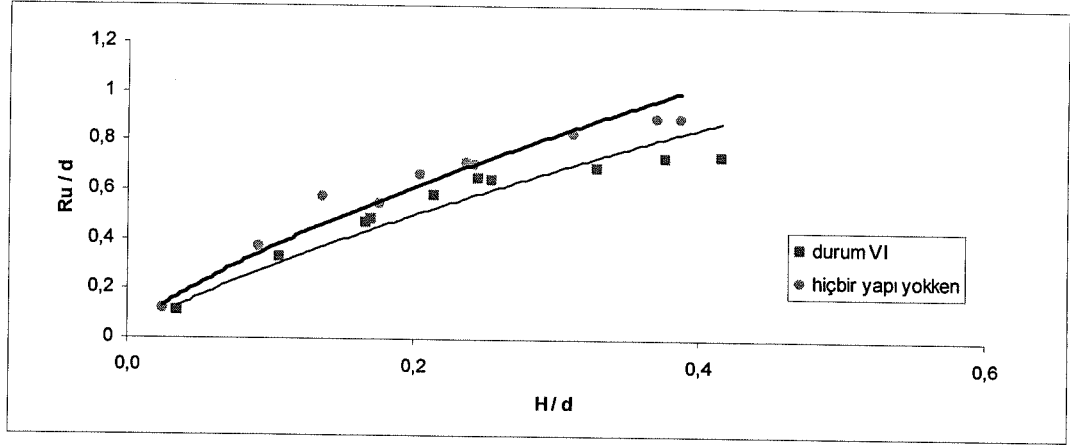
Tsunami dalga tırmanma yüksekliğinin azaltılmasında kıyı yapılarından olan batık dalgakıranların etkisinin anlaşılabilmesi için dalga kanalında seri deneyler yapılmıştır. Deneylerin sonuçları aşağıda değerlendirilmiştir.

4.1 Geçirimli ve Geçirimsiz Batık Dalgakıran Deneylerinin Değerlendirilmesi

Deneyler, geçirimli ve geçirimsiz batık dalgakıranların farklı kret genişlikleri ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki farklı mesafeler için yapılmıştır. Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi boyutsuz olarak batık dalgakıranlı durumlar ile hiçbir yapının olmadığı durumlar için aşağıdaki şekillerde verilmiştir (Şekil 4.1 – Şekil 4.8).

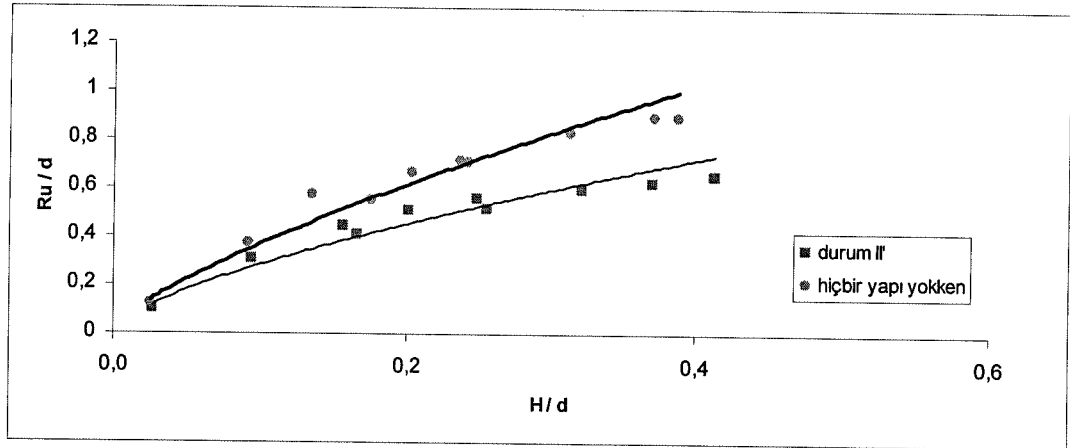


Şekil 4.1 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum III ve hiçbir yapı yokken)

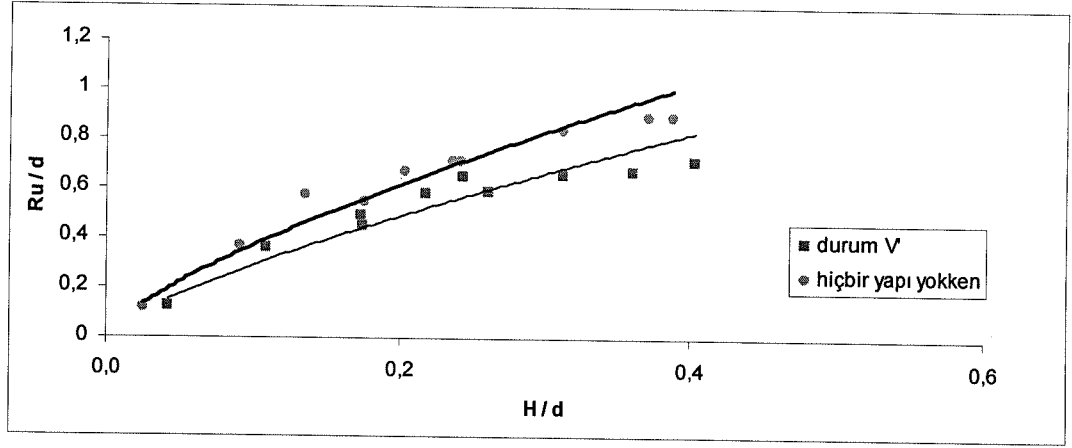


Şekil 4.2 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum VI ve hiçbir yapı yokken)

Şekil 4.1' den hiçbir yapının bulunmadığı duruma göre, geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranlı durumun ($a= 40$ cm, $c= 10$ cm) tırmanma yüksekliğini yaklaşık %21, Şekil 4.2' den geçirimsiz yüzeye sahip batık dalgakıranının ise tırmanma yüksekliğini yaklaşık %19 azalttığı görülmüştür.

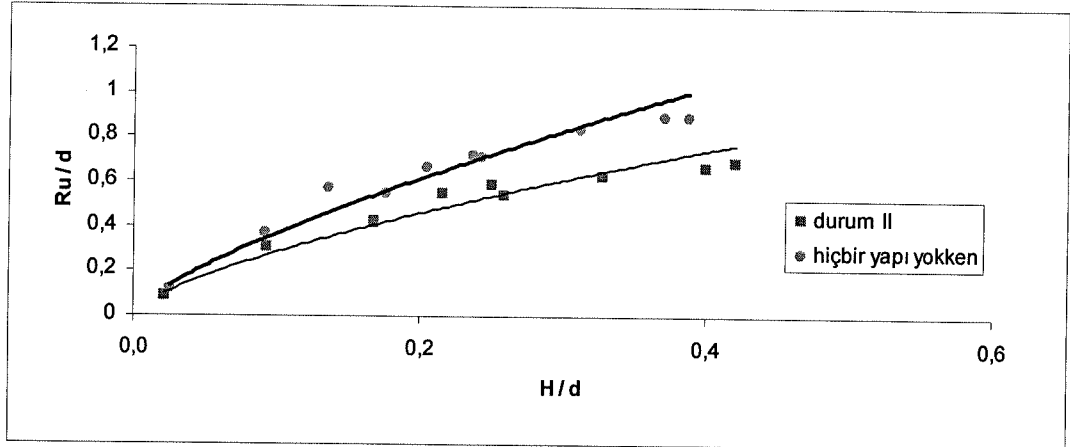


Şekil 4.3 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum II' ve hiçbir yapı yokken)

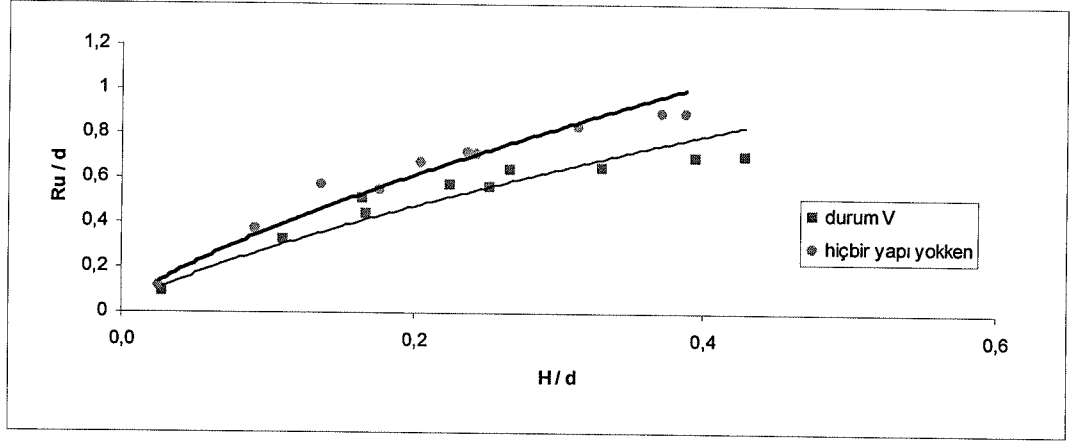


Şekil 4.4 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum V' ve hiçbir yapı yokken)

Şekil 4.3' ten hiçbir yapının bulunmadığı duruma göre, geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranlı durumun ($a= 40$ cm, $c=5$ cm) tırmanma yüksekliğini yaklaşık %26, Şekil 4.4' ten geçirimsiz yüzeye sahip batık dalgakıranının ise tırmanma yüksekliğini yaklaşık %21 azalttığı görülmüştür.

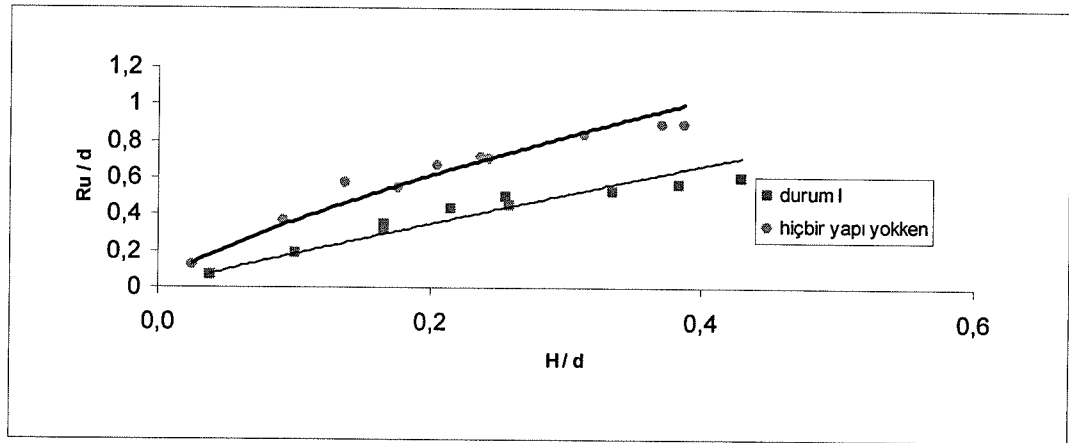


Şekil 4.5 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum II ve hiçbir yapı yokken)

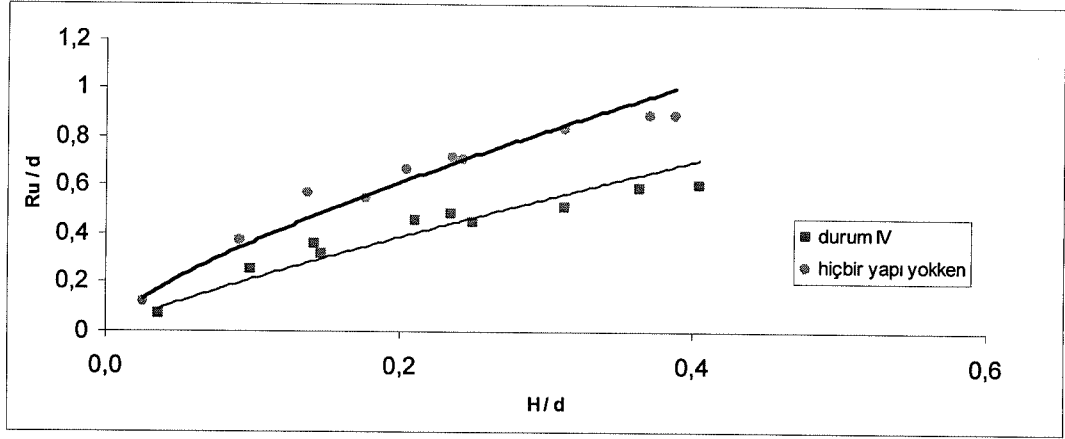


Şekil 4.6 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum V ve hiçbir yapı yokken)

Şekil 4.5' dan hiçbir yapının bulunmadığı duruma göre, geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranlı durumun ($a= 25\text{cm}$, $c= 5\text{ cm}$) tırmanma yüksekliğini yaklaşık %25, Şekil 4.6' den geçirimsiz yüzeye sahip batık dalgakıranının ise tırmanma yüksekliğini yaklaşık %23 azalttığı görülmüştür.



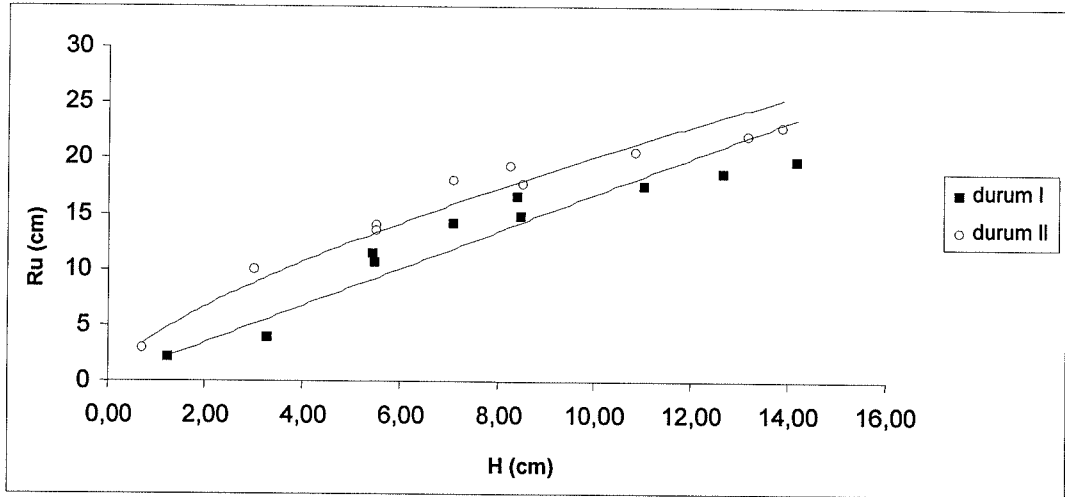
Şekil 4.7 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum I ve hiçbir yapı yokken)



Şekil 4.8 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum IV ve hiçbir yapı yokken)

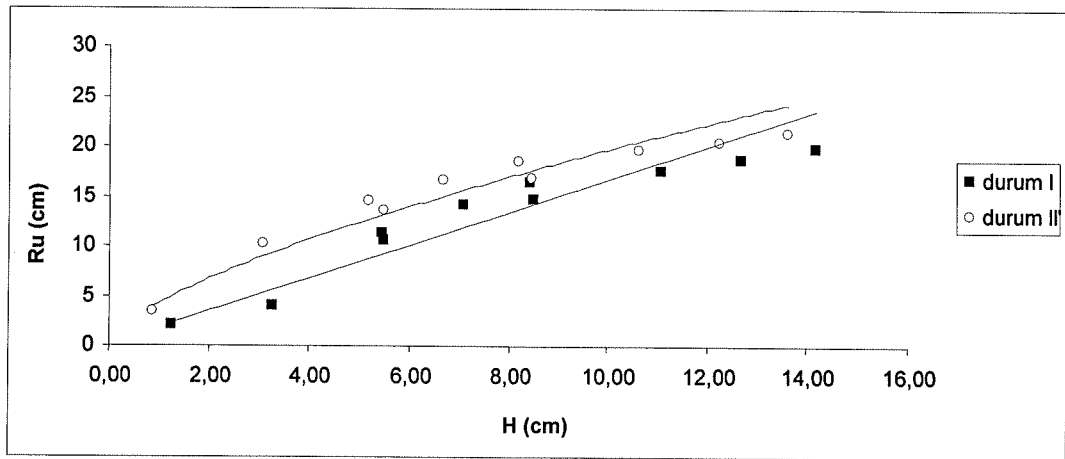
Şekil 4.7' den hiçbir yapının bulunmadığı duruma göre, geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranlı durumun ($a=25$ cm, $c=0$ cm) tırmanma yüksekliğini yaklaşık %43, Şekil 4.8' dan geçirimsiz yüzeye sahip batık dalgakıranının ise tırmanma yüksekliğini ise yaklaşık %37 azalttığı görülmüştür.

Dalga yüksekliğinin tırmanma yüksekliği ile değişimi tüm durumlar için aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.9-Şekil 4.36) karşılaştırmalı olarak verilmiş ve karşılaştırmalar tüm durumlar için aşağıda sayısal olarak ifade edilmiştir:



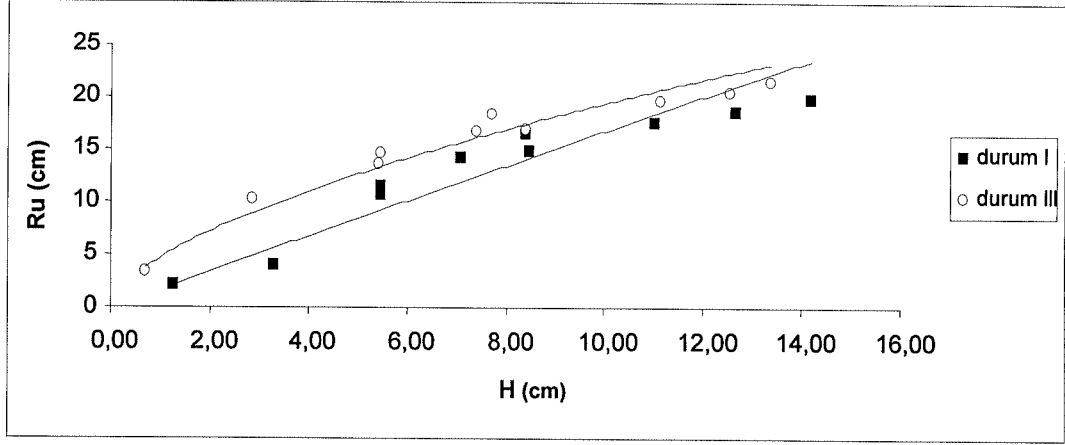
Şekil 4.9 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum II' nin karşılaştırılması)

Geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranın kret genişliğinin 25 cm' de sabit tutulup, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 0 cm' den 5 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini % 27 oranında arttırmıştır (Şekil 4.9).



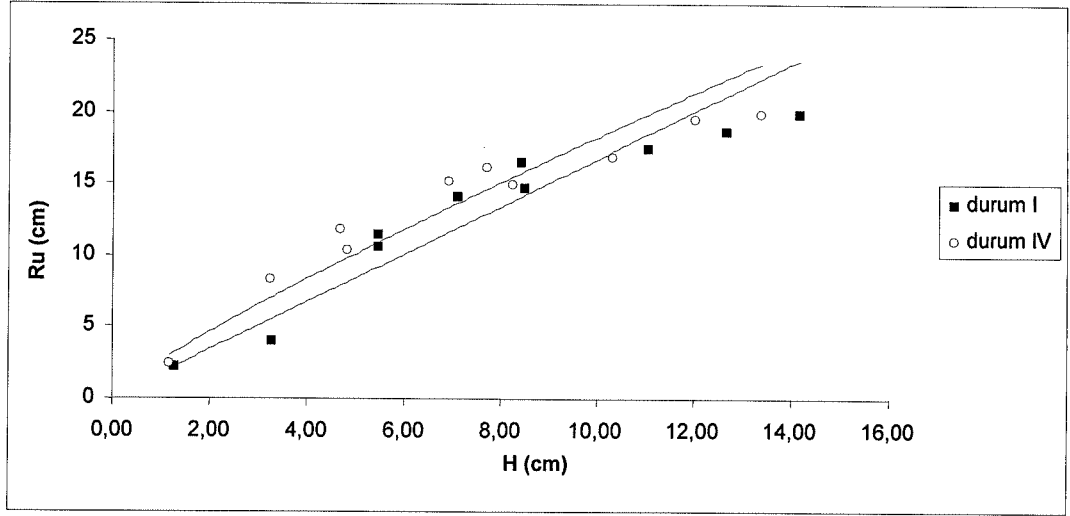
Şekil 4.10 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum II' nün karşılaştırılması)

Geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranın kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılması ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 0 cm 'den 5 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini %26 arttırmıştır (Şekil 4.10).



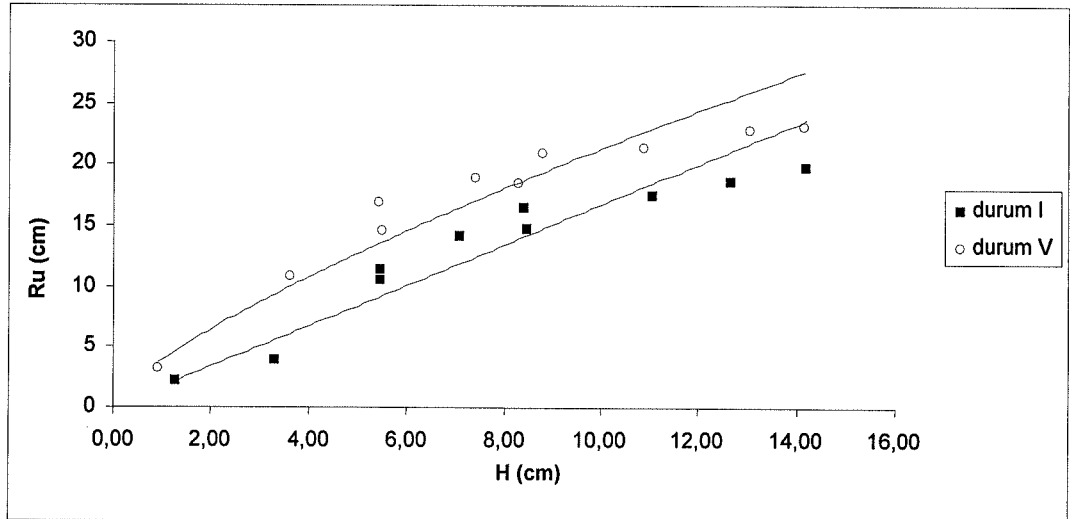
Şekil 4.11 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum III' ün karşılaştırması)

Geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranın kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılması ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 0 cm' den 10 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini %26 arttırmıştır (Şekil 4.11).



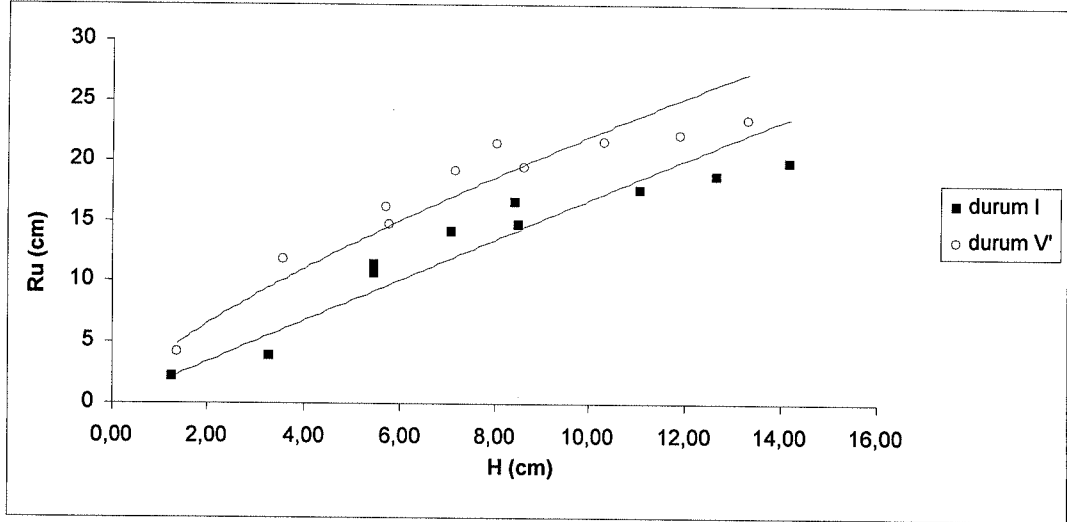
Şekil 4.12 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum IV' ün karşılaştırması)

Kret genişliği 25 cm, kret tepe noktasının sakin su seviyesinde olması durumunda geçirimli batık dalgakıran ile geçirimsiz batık dalgakıran kıyaslandığında, tırmanma yüksekliğini % 14 oranında arttırmıştır (Şekil 4.12).



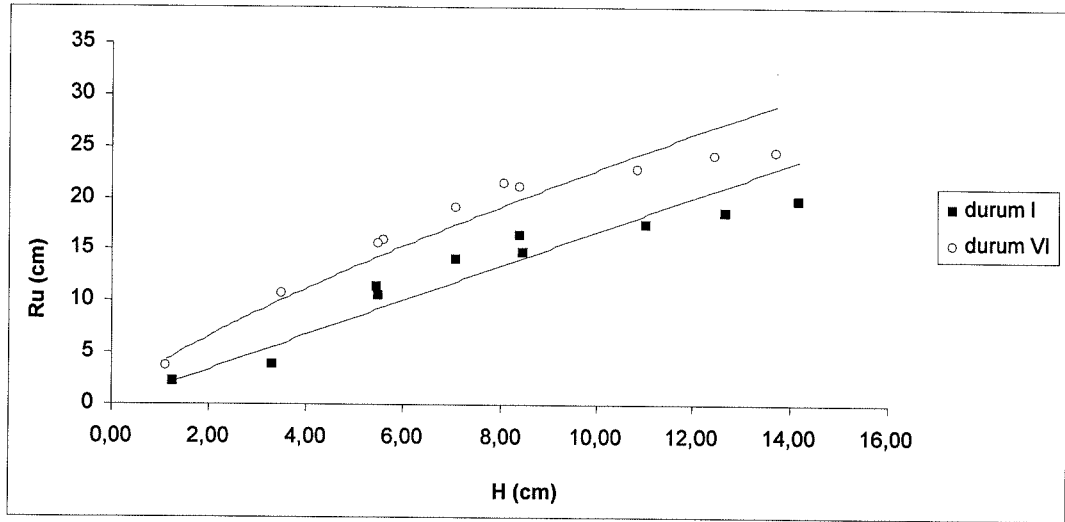
Şekil 4.13 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum V' in karşılaştırması)

Geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranın, kret genişliği 25 cm' de sabit tutulup, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 0 cm 'den 5 cm' e çıkarılması ve yüzeyin geçirimsiz olması tırmanma yüksekliği % 30 oranında artmıştır (Şekil 4.13).



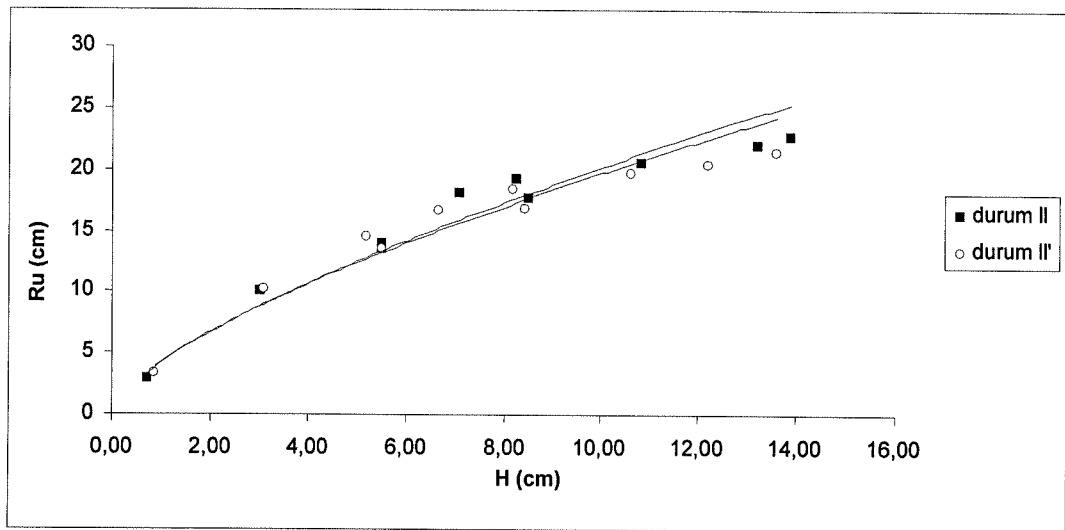
Şekil 4.14 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum V' nün karşılaştırması)

Geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranın, kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılması, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin de 0 cm' den 5 cm' e çıkarılması ve yüzeyin geçirimsiz olması tırmanma yüksekliği % 31 oranında artmıştır (Şekil 4.14).



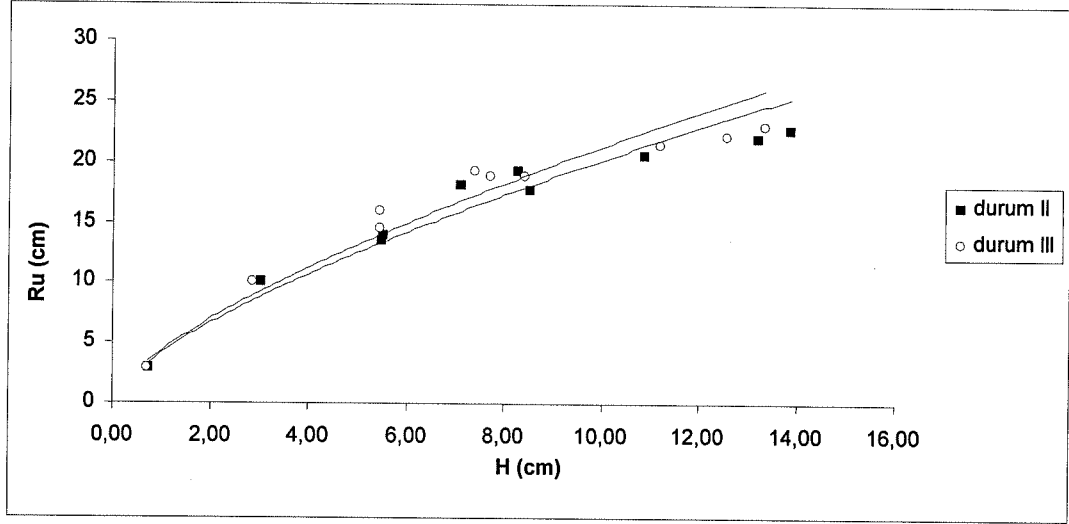
Şekil 4.15 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum I ile Durum VI' nın karşılaştırması)

Geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranın, kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılması, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin de 0 cm' den 10 cm' e çıkarılması ve yüzeyin geçirimsiz olması tırmanma yüksekliği % 33 oranında artmıştır (Şekil 4.15).



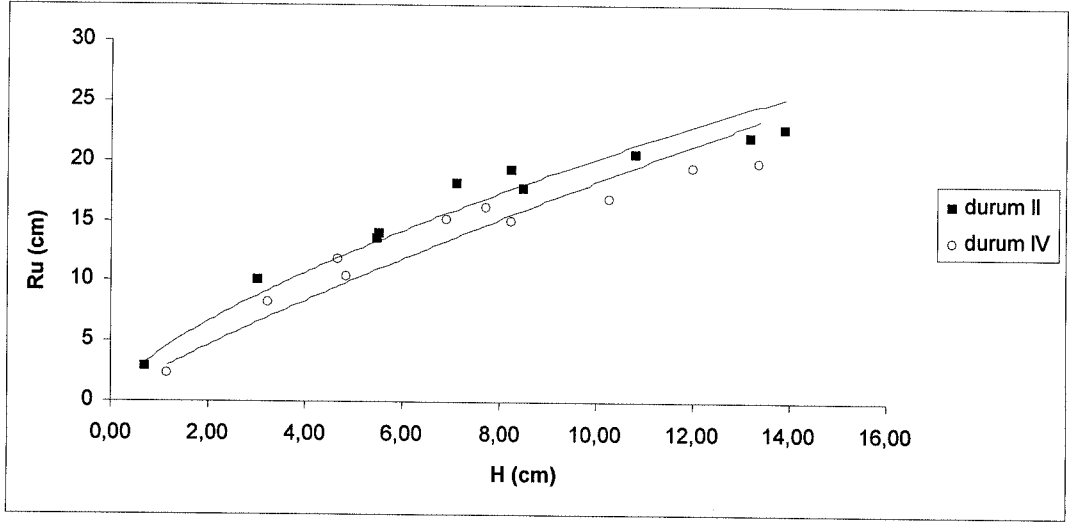
Şekil 4.16 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum II' nün karşılaştırması)

Geçirimli batık dalgakıranın kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm iken, kret genişliğini 25 cm' den 40 cm' e çıkarılmasının tırmanma yüksekliğine etkisi yok denecek kadar azdır (Şekil 4.16).



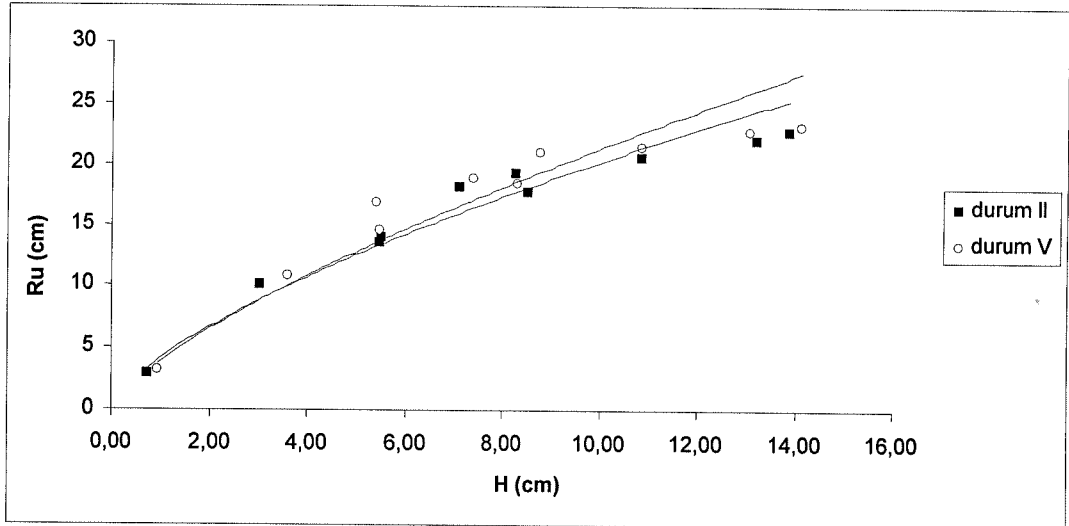
Şekil 4.17 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum III' ün karşılaştırması)

Geçirimli batık dalgakıranın kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılması ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 5 cm' den 10 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini % 5 oranında arttırmaktadır (Şekil 4.17).



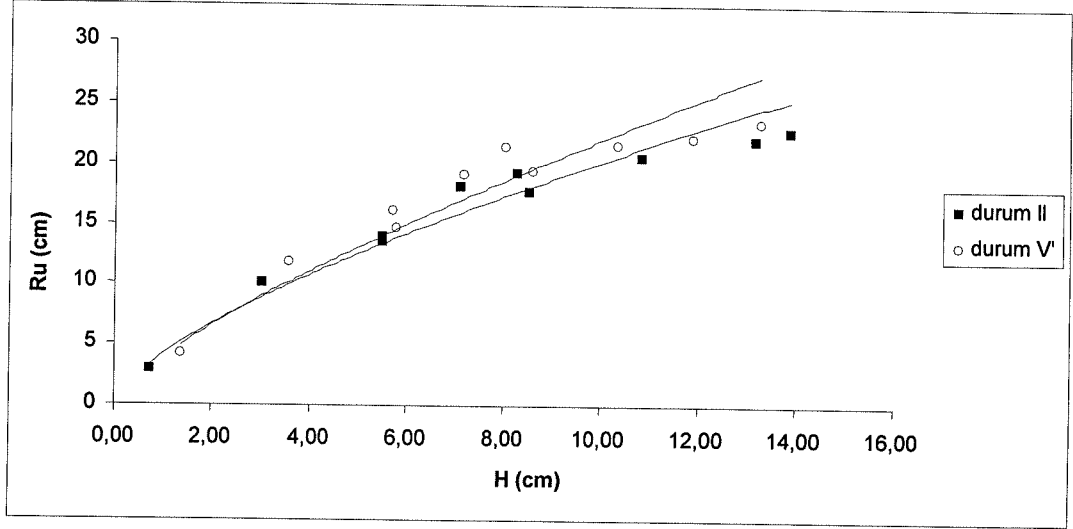
Şekil 4.18 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum IV'ün karşılaştırması)

Geçirimli batık dalgakıranın kret genişliği 25 cm' de sabit tutularak kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 5 cm' den 0 cm' e düşürülmesi ve batık dalgakıranın geçirimsiz olması durumunda tırmanma yüksekliğini % 21 azaltmaktadır (Şekil 4.18).



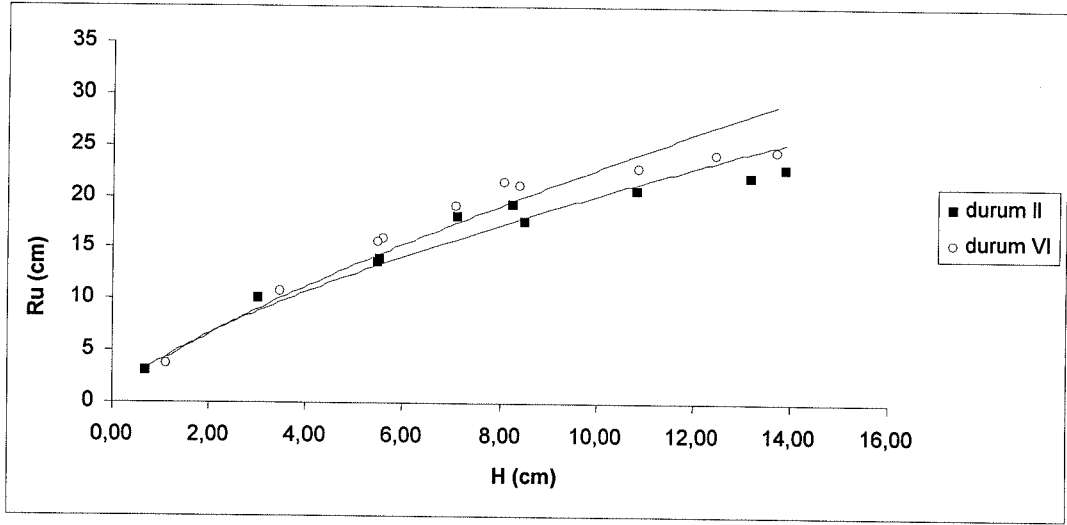
Şekil 4.19 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum V'in karşılaştırması)

Geçirimli ve geçirimsiz yüzeye sahip batık dalgakıranların kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe $c=5$ cm ve kret genişliği $a=25$ cm iken geçirimli ve geçirimsiz yüzeyin tırmanma yükseklikleri yaklaşık olarak eşittir (Şekil 4.19).



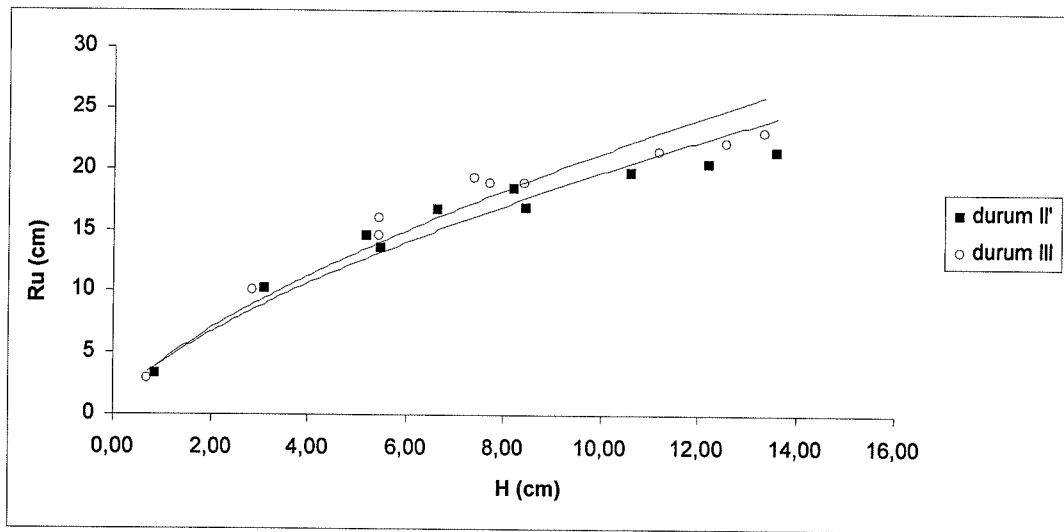
Şekil 4.20 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum V' nün karşılaştırması)

Geçirimli yüzeye sahip 25 cm kret genişliğindeki batık dalgakıranın, kret genişliğinin 40 cm' e çıkarılması, batık dalgakıran yüzeyinin geçirimsiz olması ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 5 cm' de sabit tutulması halinde tırmanma yüksekliği % 5 oranında artmaktadır (Şekil 4.20).



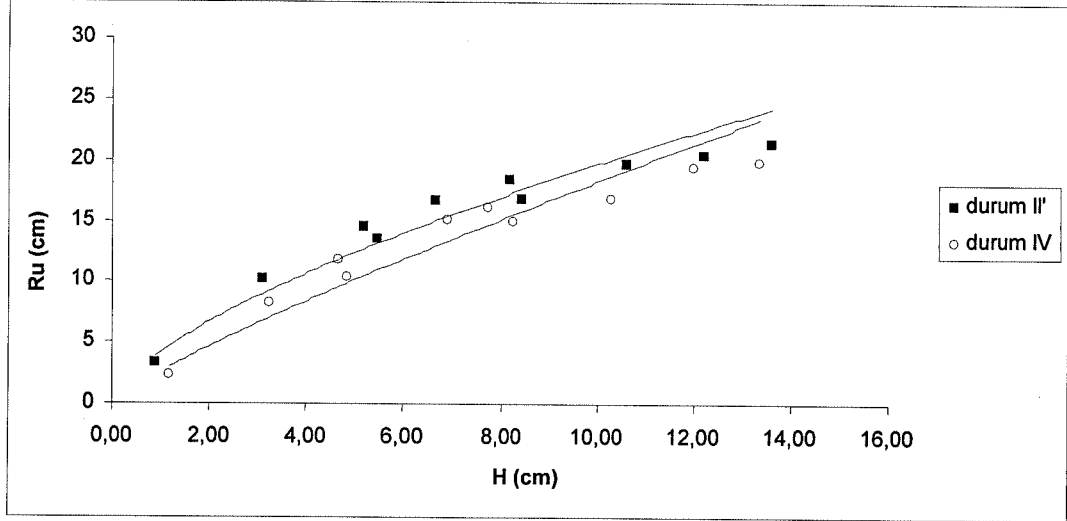
Şekil 4.21 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II ile Durum VI' nın karşılaştırması)

Geçirimli yüzeye sahip 25 cm kret genişliğindeki batık dalgakıranın, kret genişliğinin 40 cm' e çıkarılması, batık dalgakıran yüzeyinin geçirimsiz olması ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 5 cm' den 10 cm' e çıkarılması durumunda tırmanma yüksekliği % 34 oranında artmaktadır (Şekil 4.21).



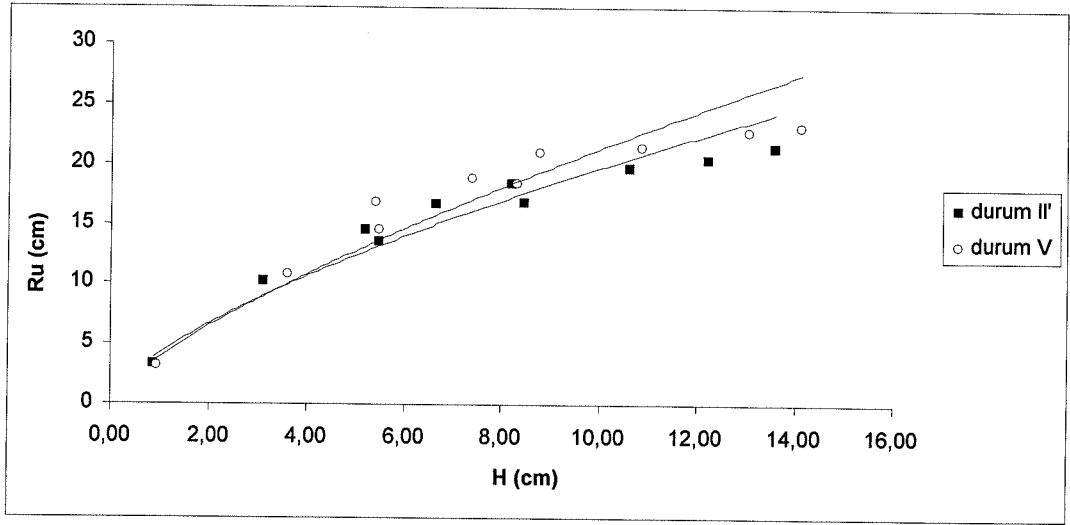
Şekil 4.22 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II' ile Durum III' ün karşılaştırması)

Geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranın kret genişliğinin 40 cm' de sabit tutulup, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 5 cm' den 10 cm' e çıkarılması durumunda tırmanma yüksekliği % 6 oranında artmıştır (Şekil 4.22).



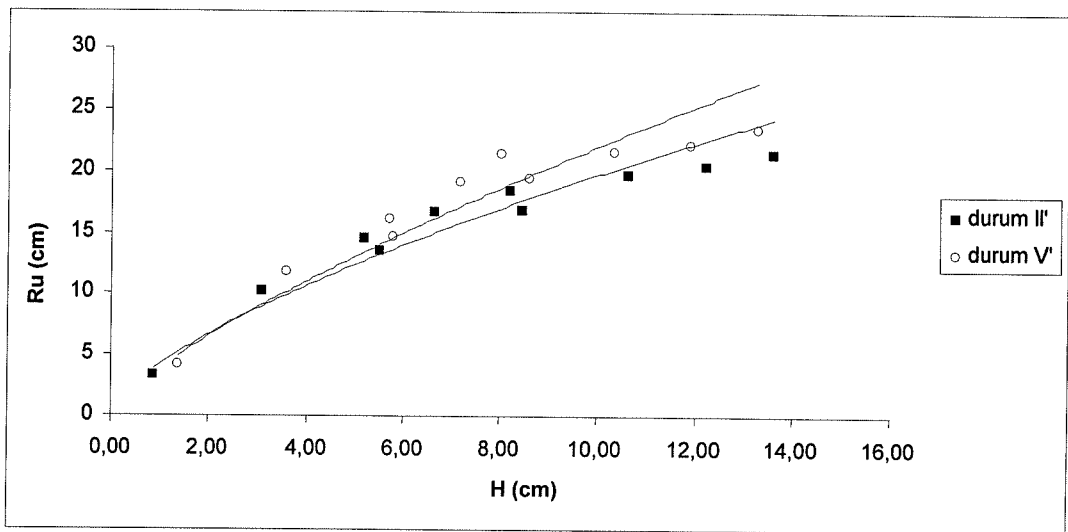
Şekil 4.23 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II' ile Durum IV' ün karşılaştırması)

Batık dalgakıranın kret genişliğinin 40 cm' den 25 cm' e düşürülmesi, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 5 cm' den 0 cm' e düşürülmesi ve yüzeyin geçirimliden geçirimsiz döndürülmesi tırmanma yüksekliğini % 19 oranında azaltmıştır (Şekil 4.23).



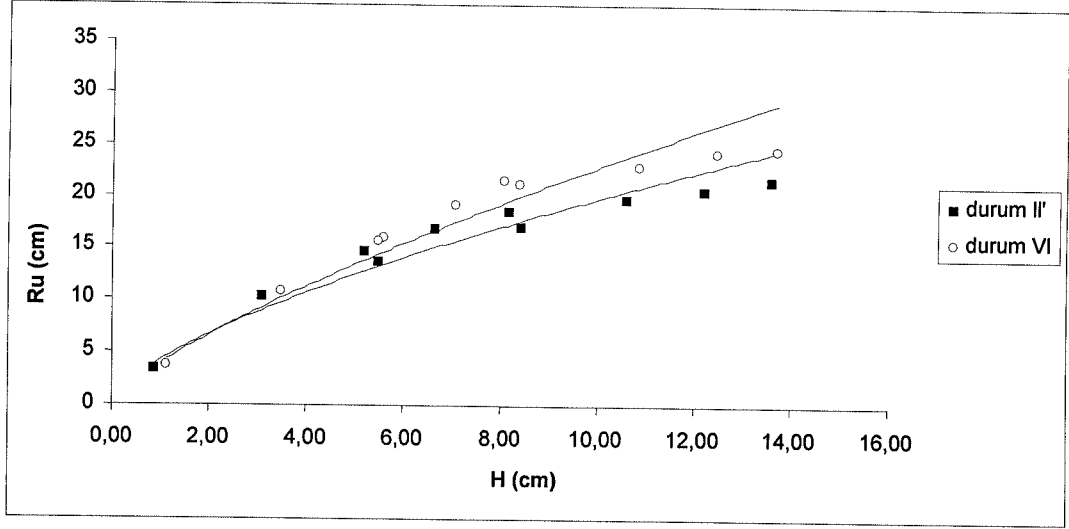
Şekil 4.24 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II' ile Durum V' in karşılaştırması)

Batık dalgakıranın kret genişliğinin 40 cm' den 25 cm' e düşürülmesi, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin $c=5$ cm' de sabit tutulması durumunda geçirimsiz yüzey, geçirimli yüzeye oranla tırmanma yüksekliğini % 4 oranında arttırmıştır (Şekil 4.24).



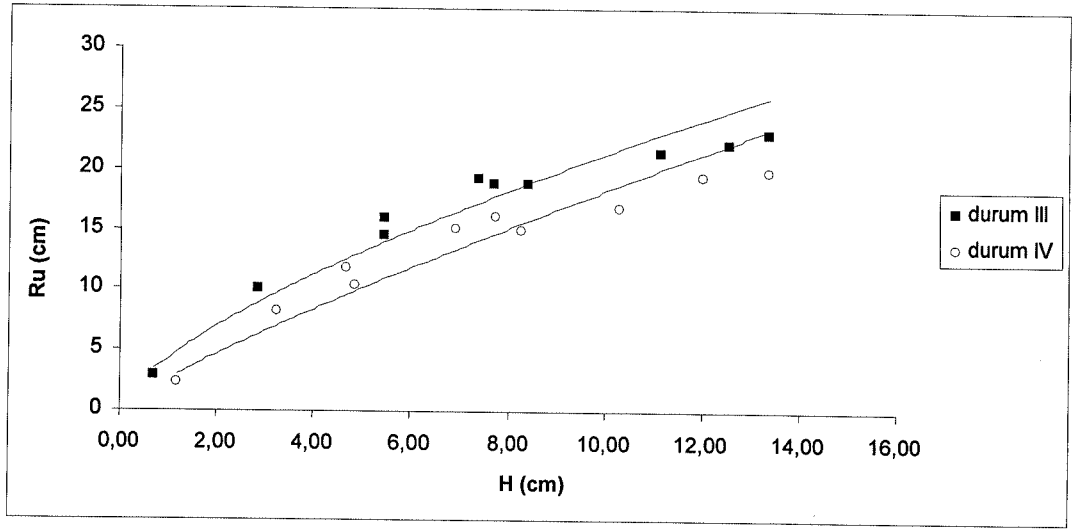
Şekil 4.25 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II' ile Durum V'' nün karşılaştırması)

Batık dalgakıran 40 cm kret genişliğinde ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm iken geçirimsiz yüzey geçirimli yüzeye göre tırmanma yüksekliğini % 4 oranında arttırmıştır (Şekil 4.25).



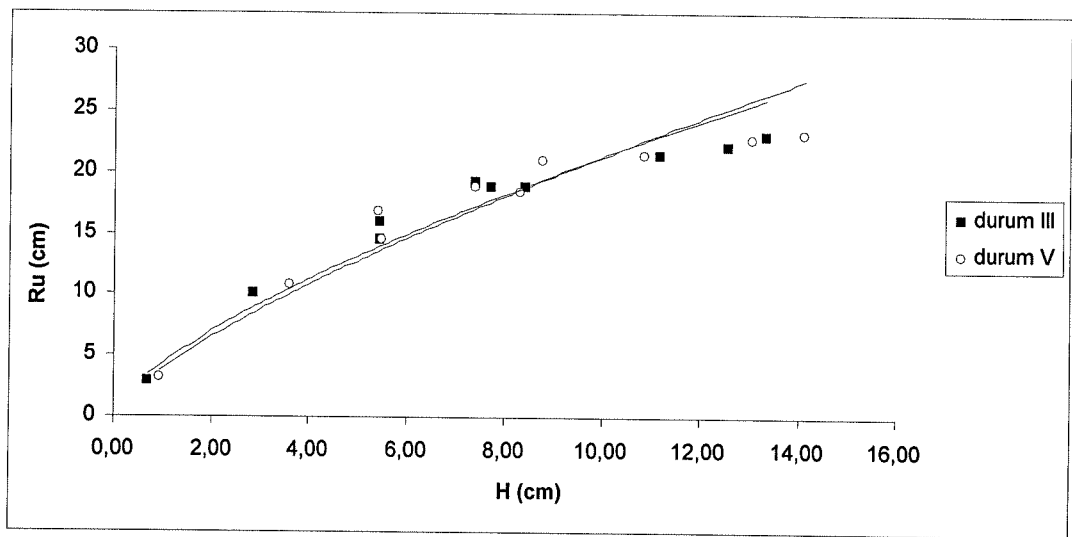
Şekil 4.26 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum II' ile Durum VI' nin karşılaştırması)

Geçirimli batık dalgakıranın kret genişliği 40 cm' de sabit tutularak kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm' den 10 cm' e çıkarıldığında ve yüzey geçirimsiz olduğunda tırmanma yüksekliği % 9 oranında artmıştır (Şekil 4.26).

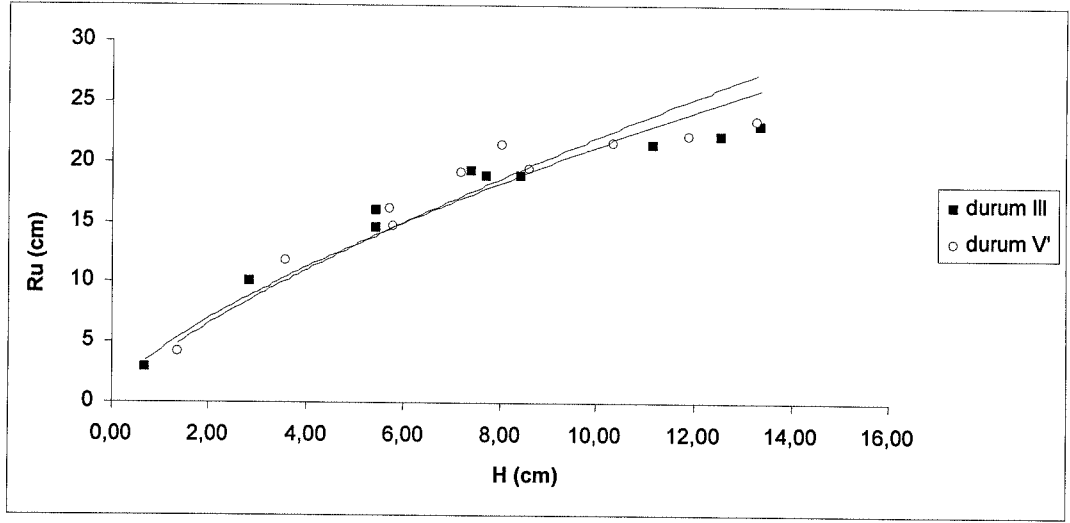


Şekil 4.27 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum III ile Durum IV' ün karşılaştırması)

Geçirimli yüzeye sahip batık dalgakıranın kret genişliği 40 cm' den 25 cm' e düşürülerek yüzey geçirimsiz hale getirildiğinde ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 10 cm' den 0 cm' e düşürüldüğünde tırmanma yüksekliği % 27 oranında azalmaktadır (Şekil 4.27).

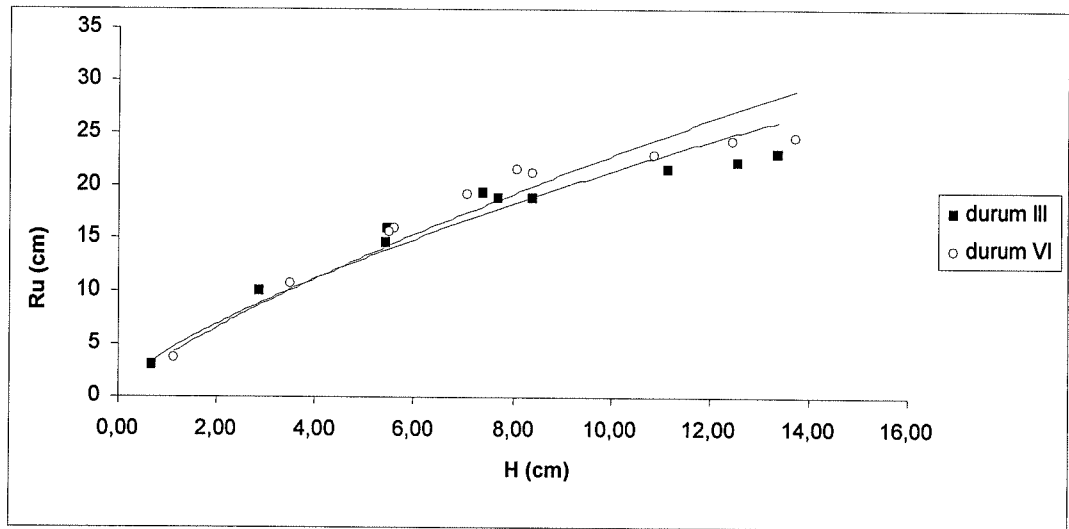


Şekil 4.28 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum III ile Durum V' in karşılaştırması)



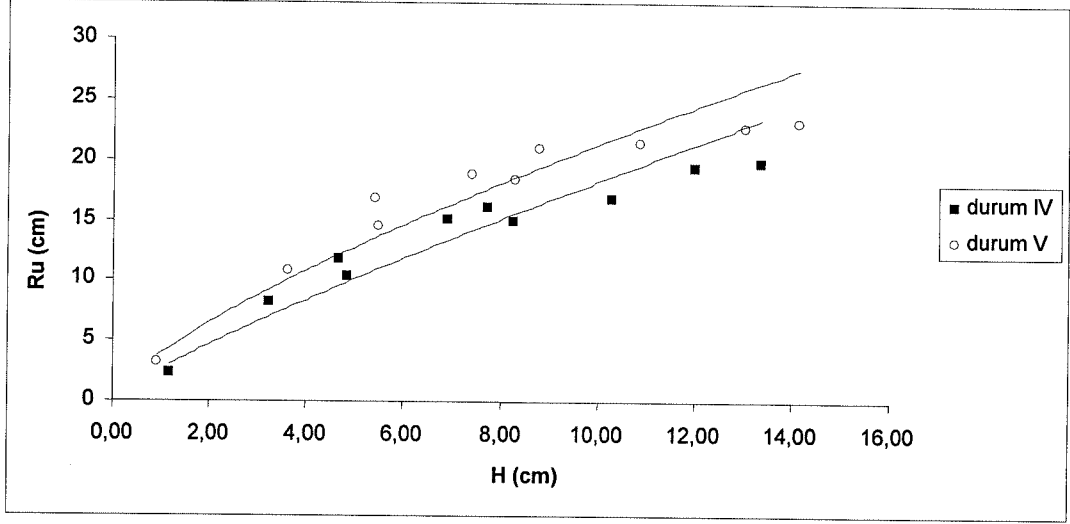
Şekil 4.29 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum III ile Durum V' nün karşılaştırması)

Geçirimli batık dalgakıran $a = 40$ cm' de iken kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 10 cm' den 5 cm' e düşürülerek yüzey geçirimsiz hale getirildiğinde kret genişliğindeki değişimin tırmanma yüksekliğine etkisi yok denecek kadar azdır (Şekil 4.28, Şekil 4.29).



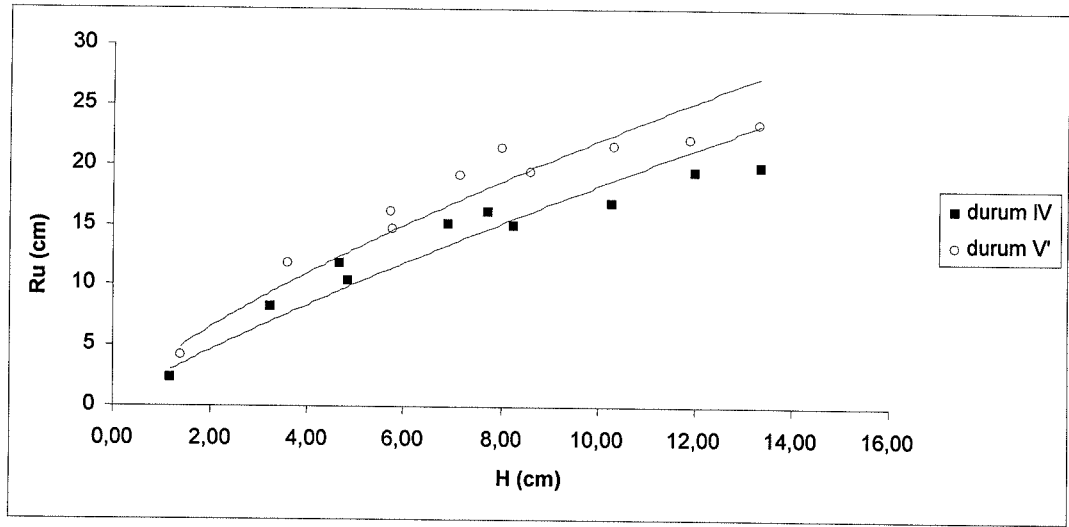
Şekil 4.30 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum III ile Durum VI' nın karşılaştırması)

Kret tepe noktasının sakin su seviyesine olan uzaklığı 10 cm ve kret genişliğinin 40 cm olması durumunda geçirimli yüzey geçirimsiz yüzeye göre tırmanma yüksekliğini % 3 azaltmıştır (Şekil 4.30).



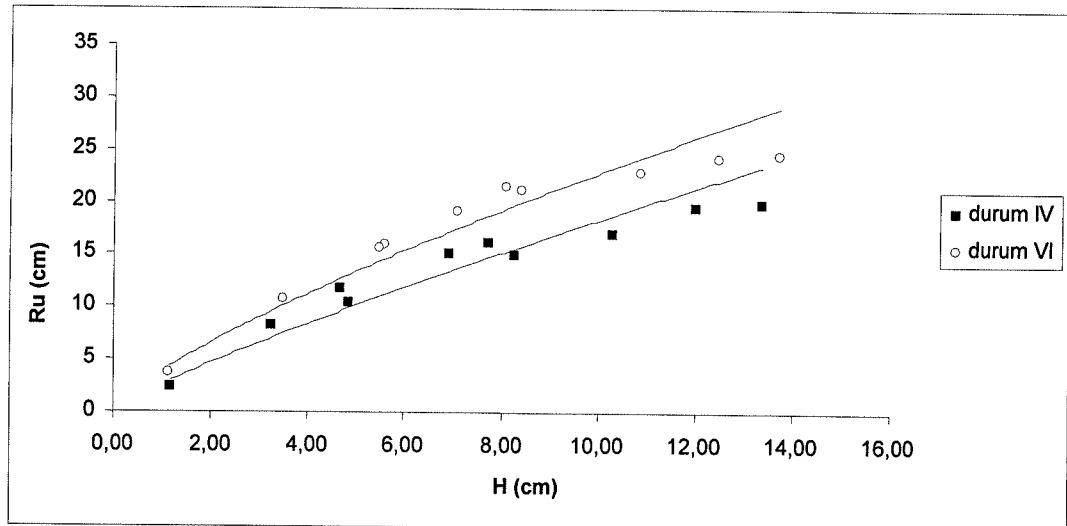
Şekil 4.31 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum IV ile Durum V' in karşılaştırması)

Geçirimsiz yüzeye sahip batık dalgakıranın kret genişliği $a=25$ cm' de sabit tutularak kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 0 cm' den 5 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini % 19 arttırmıştır (Şekil 4.31).



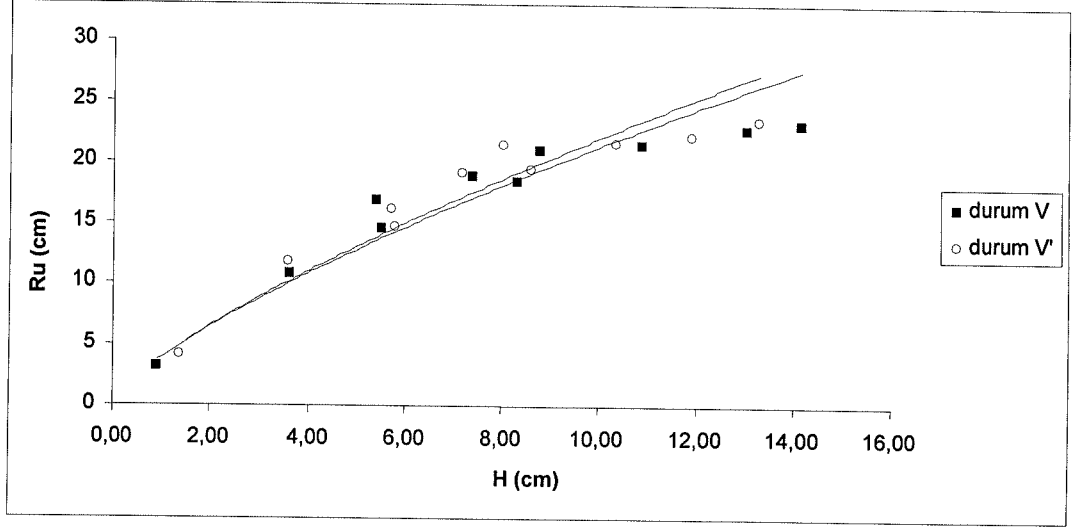
Şekil 4.32 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum IV ile Durum V'nin karşılaştırması)

Geçirimsiz batık dalgakıranın kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılması ve kret tepe noktasının sakin su seviyesine olan uzaklığının 0 cm' den 5 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini % 21 artmıştır (Şekil 4.32).



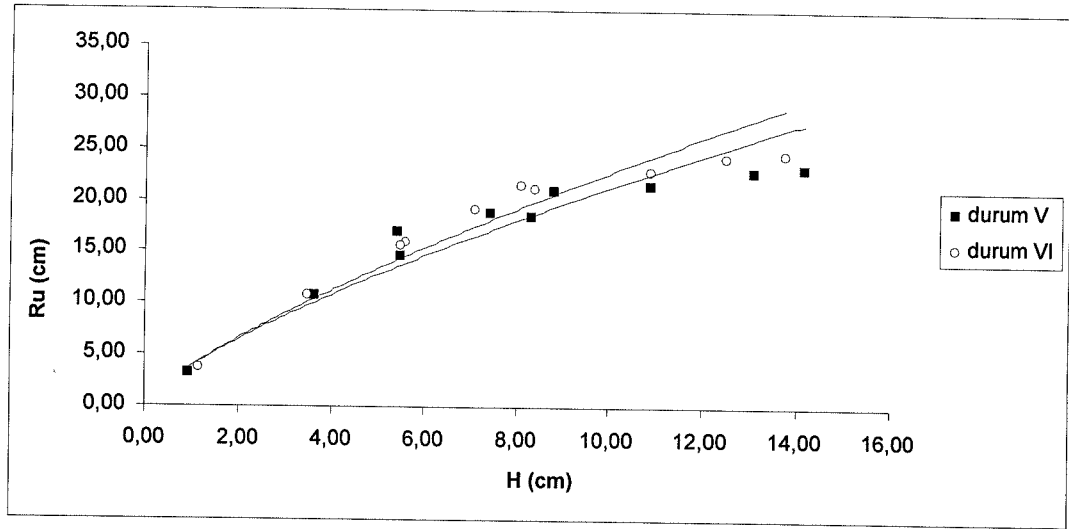
Şekil 4.33 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum IV ile Durum VI'nin karşılaştırması)

Geçirimsiz batık dalgakıranın kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılması ve kret tepe noktasının sakin su seviyesine olan uzaklığının 0 cm' den 10 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini % 23 artmıştır (Şekil 4.33).



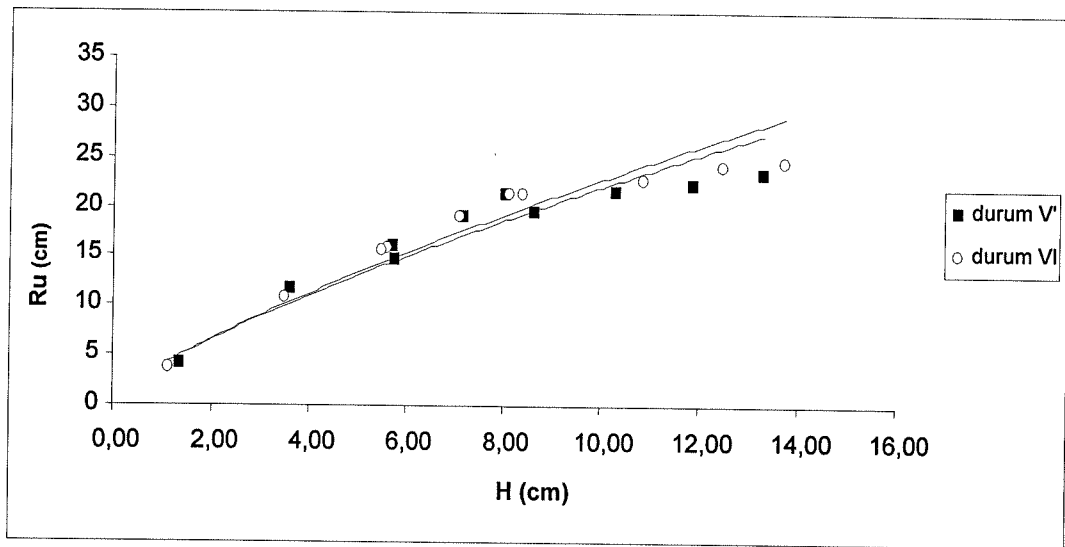
Şekil 4.34 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum V ile Durum V'' nün karşılaştırması)

Geçirimsiz yüzeye sahip batık dalgakıranın kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 5 cm iken kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılmasının tırmanma yüksekliğine etkisi yok denecek kadar azdır (Şekil 4.34).



Şekil 4.35 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum V ile Durum VI' nın karşılaştırması)

Geçirimsiz yüzeye sahip batık dalgakıranın kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılmasının ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 5 cm' den 10 cm' e çıkarılmasının tırmanma yüksekliğine etkisi yok denecek kadar azdır (Şekil 4.35).



Şekil 4.36 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum V' ile Durum VI' nın karşılaştırması)

Geçirimsiz batık dalgakıranın kret genişliği 40 cm iken kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 5 cm' den 10 cm' e çıkarılmasının tırmanma yüksekliğine etkisi yok denecek kadar azdır (Şekil 4.36).

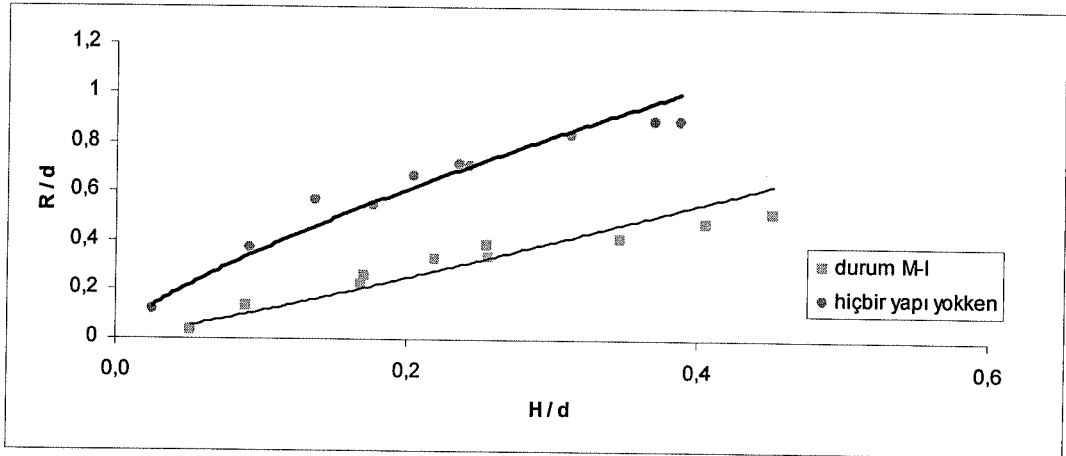
(Şekil 4.9-Şekil 4.36)' de verilen karşılaştırmaların sayısal sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tabloda yer alan “↓” işareti tsunami tırmanma yüksekliğindeki azalmayı; “↑” işareti ise tsunami tırmanma yüksekliğindeki artışı göstermektedir.

Tablo 4.1 Geçirimli ve Geçirimsiz Batık Dalgakıranların Tsunami Tırmanma Yüksekliğine Etkileri

DURUM	Geçirimli						Geçirimsiz					
	I	II	II'	III	IV	V	V'	VI	IV	V	V'	VI
Geçirimli	-	↑0.2700132	↑0.257570	↑0.259341	↑0.1412311	↑0.295988	↑0.314517	↑0.333100	↓-0.20604	↑0.028335	↑0.051712	↑0.335828
	-	-	↓-0.01414	↑0.049931	↓-0.19165	↑0.041153	↓-0.04257	↑0.087447	-	-	-	-
	-	-	-	↑0.062944	↓-0.269	↓-0.02263	↑0.0020031	↑0.027112	-	-	-	-
Geçirimsiz	-	-	-	-	-	↑0.186565	↑0.207063	↑0.227870	-	-	↑0.024473	↑0.049343
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	↑0.025601
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

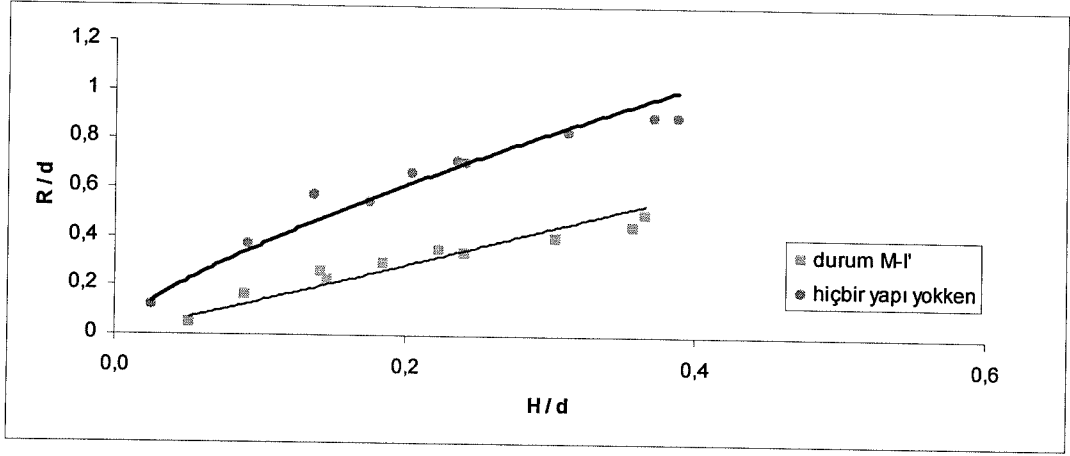
4.2. Monolitik Düşey Yüzlü Batık Dalgakıran Deneilerinin Değerlendirilmesi

Bir önceki bölümde geçirimli-geçirimsiz batık dalgakıranlar için uygulanan prosedür monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranlar için tekrarlanmıştır. Deneiler farklı kret genişlikleri ve kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki farklı mesafeler için yapılmıştır. Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi boyutsuz olarak monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranlı durumlar ile hiçbir yapının olmadığı durumlar için aşağıdaki şekillerde verilmiştir (Şekil 4.39 – Şekil 4.44).



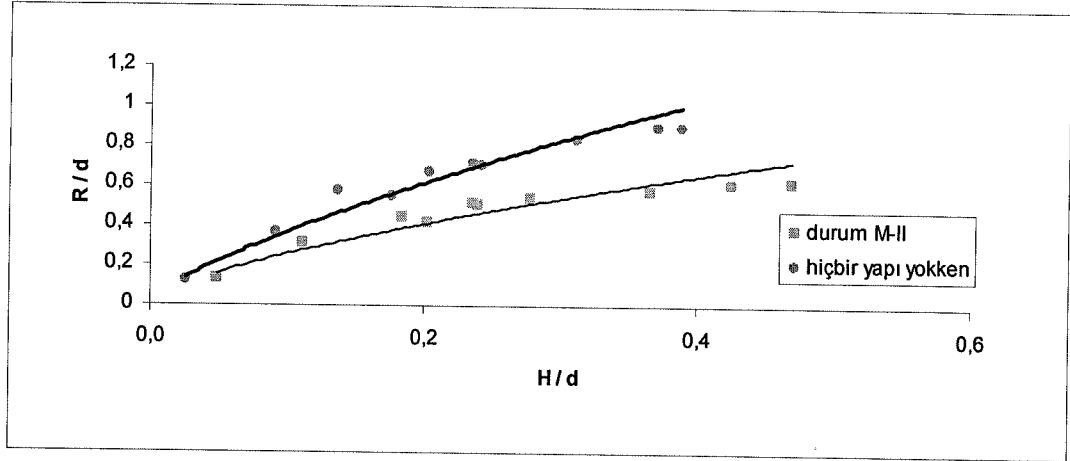
Şekil 4.37 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ve hiçbir yapı yokken)

Şekil 4.37' dan hiçbir yapının bulunmadığı duruma göre, monolitik batık düşey yüzlü dalgakıranlı durumun ($a=25$ cm, $c=0$ cm) tırmanma yüksekliğini %59 oranında azalttığı görülmüştür.



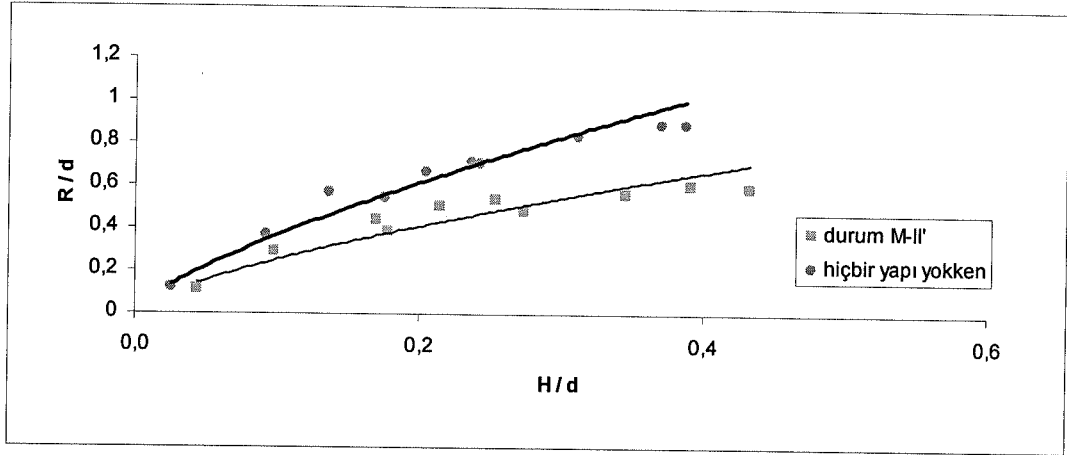
Şekil 4.38 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum M-I' ve hiçbir yapı yokken)

Şekil 4.38' dan hiçbir yapının bulunmadığı duruma göre, monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranlı durumun ($a=40$ cm, $c=0$ cm) tırmanma yüksekliğini %53 oranında azalttığı görülmüştür.



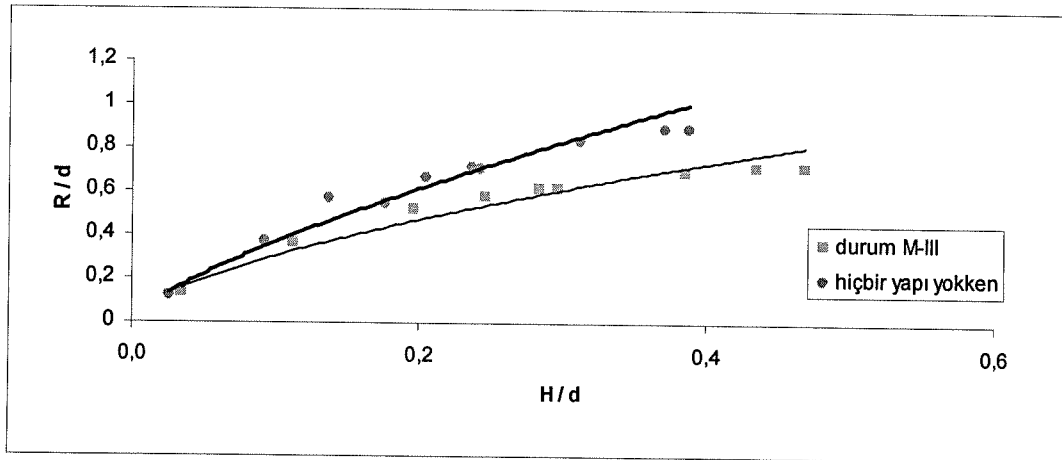
Şekil 4.39 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum M-II ve hiçbir yapı yokken)

Şekil 4.39' den hiçbir yapının bulunmadığı duruma göre, monolitik batık dalgakıranlı durumun ($a= 25$ cm, $c= 5$ cm) tırmanma yüksekliğini %33 oranında azalttığı görülmüştür.



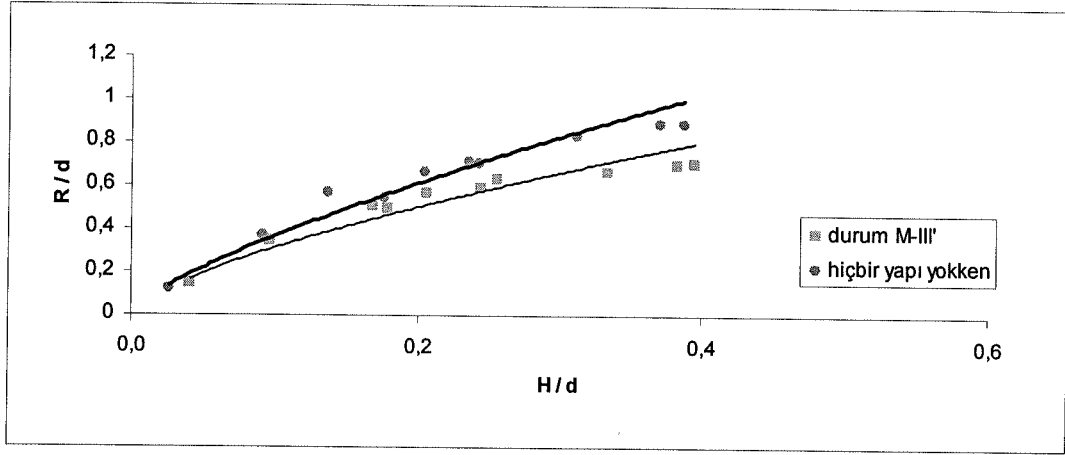
Şekil 4.40 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II' ve hiçbir yapı yokken)

Şekil 4.40' den hiçbir yapının olmadığı duruma göre, monolitik batık dalgakıranlı durumun ($a= 40$ cm, $c= 5$ cm) tırmanma yüksekliğini %33 oranında azalttığı görülmüştür.



Şekil 4.41 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-III ve hiçbir yapı yokken)

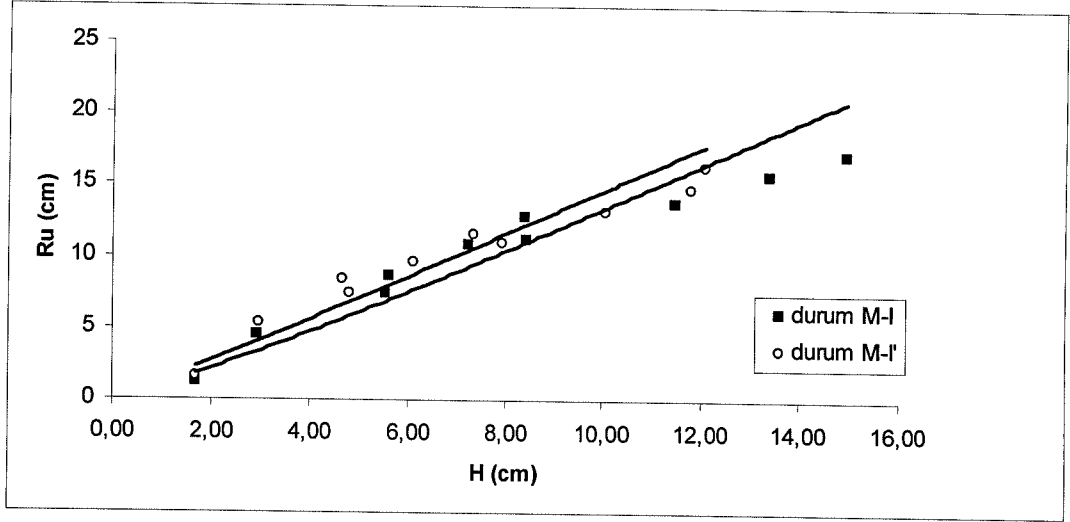
Şekil 4.41' den hiçbir yapının bulunmadığı duruma göre, monolitik batık dalgakıranlı durumun ($a= 25$ cm, $c=10$ cm) tırmanma yüksekliğini **%22** oranında azalttığı görülmüştür.



Şekil 4.42 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum M-III' ve hiçbir yapı yokken)

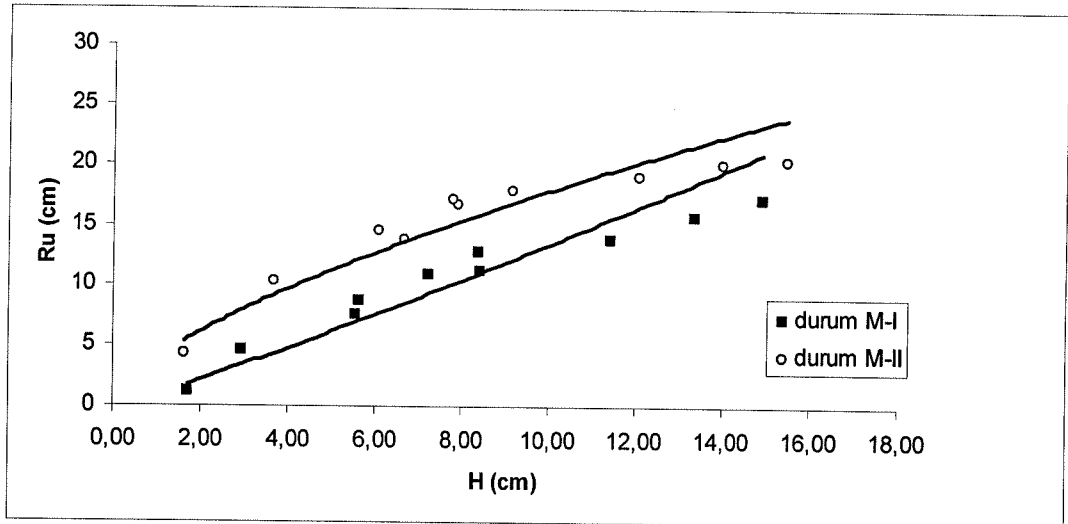
Şekil 4.42' ten hiçbir yapının bulunmadığı duruma göre, monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranlı durumun ($a= 40$ cm, $c=10$ cm) tırmanma yüksekliğini **%28** oranında azalttığı görülmüştür.

Dalga yüksekliğinin ile tırmanma yüksekliği ile değişimi tüm durumlar için aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.43-Şekil 4.57) karşılaştırmalı olarak verilmiş ve karşılaştırmalar tüm durumlar için aşağıda sayısal olarak ifade edilmiştir:



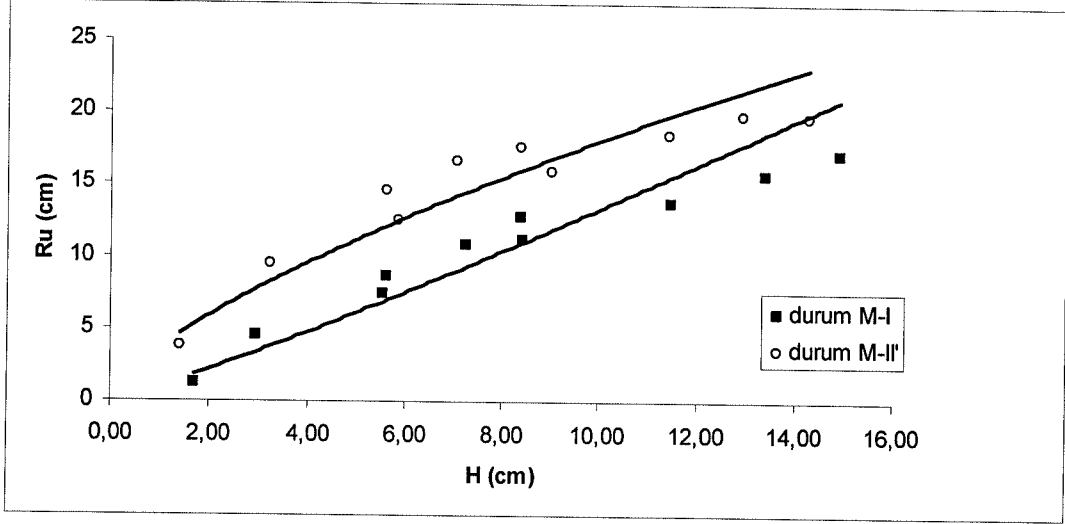
Şekil 4.43 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ile Durum M-I' nün karşılaştırması)

Kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 0 cm iken kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılması, tırmanma yüksekliğini %6 oranında arttırmıştır (Şekil 4.43).



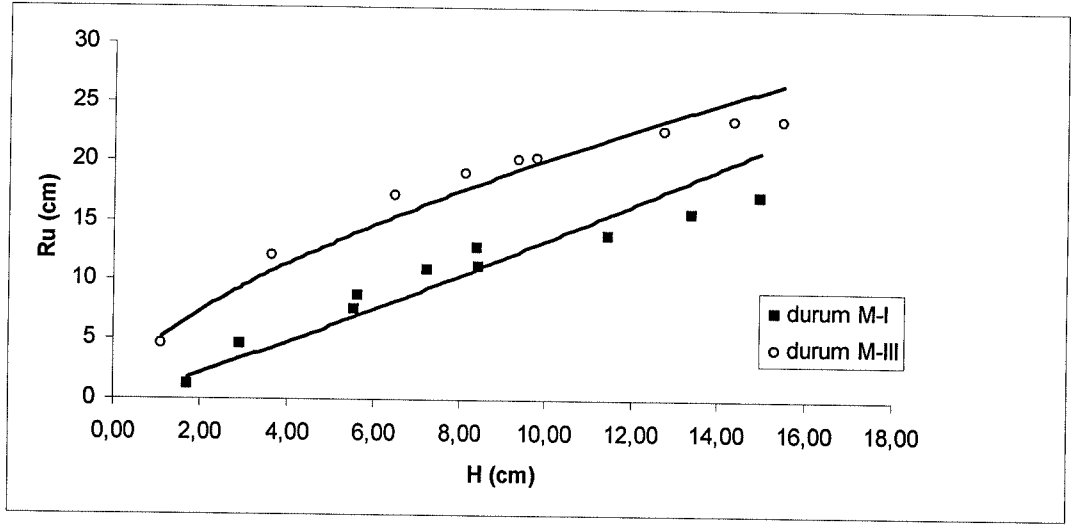
Şekil 4.44 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ile Durum M-II' nin karşılaştırması)

Monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranın kret genişliği 25 cm' de sabit tutularak kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 0 cm' den 5 cm' e çıkarıldığında tırmanma yüksekliği %13 oranında artmıştır (Şekil 4.44).



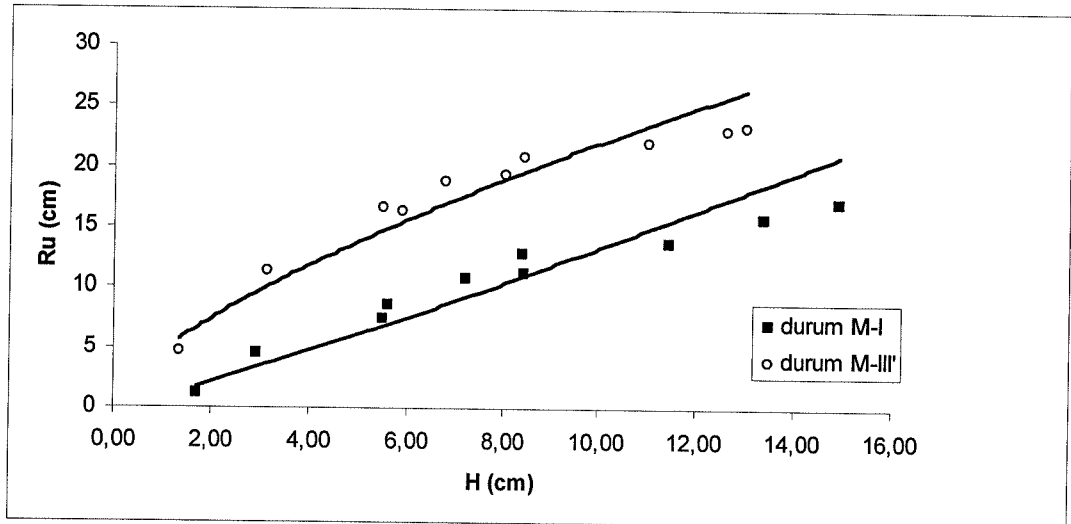
Şekil 4.45 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ile Durum M-II'nün karşılaştırması)

Monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranın kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin de 0 cm' den 5 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini %15 oranında arttırmıştır (Şekil 4.45).



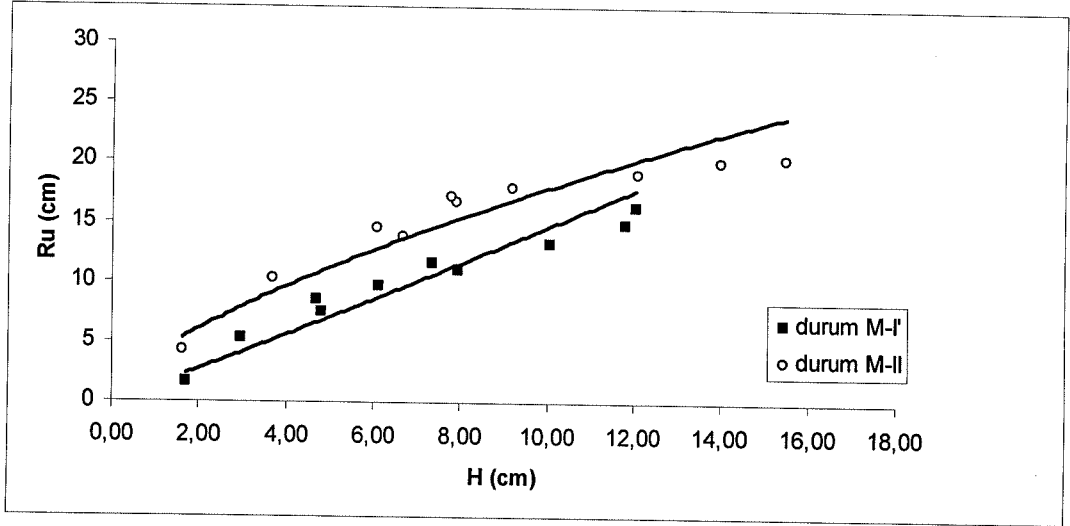
Şekil 4.46 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ile Durum M-III' ün karşılaştırması)

Monolitik düşey yüzü batık dalgakıranın kret genişliği 25 cm' de sabit tutularak kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 0 cm' den 10 cm' e çıkarıldığında tırmanma yüksekliği %22 oranında artmıştır (Şekil 4.46).



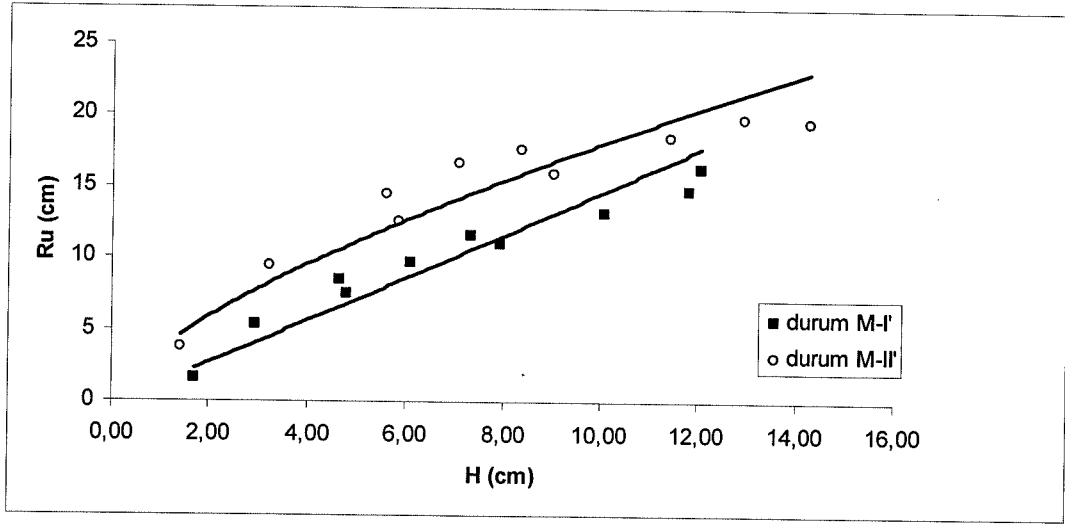
Şekil 4.47 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I ile Durum M-III' nün karşılaştırması)

Monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranın kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafeni de 0 cm' den 10 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini % 30 oranında arttırmıştır (Şekil 4.47).



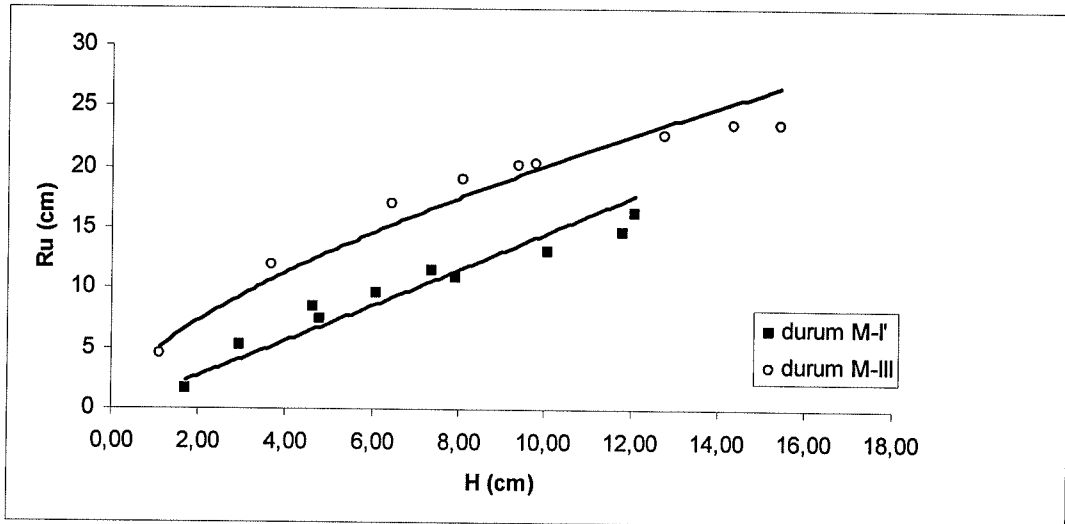
Şekil 4.48 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I' ile Durum M-II' nin karşılaştırması)

Monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranın kret genişliğinin 40 cm' den 25 cm' e düşürülmesi, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafeni 0 cm' den 5 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini % 7 oranında arttırmıştır (Şekil 4.48).



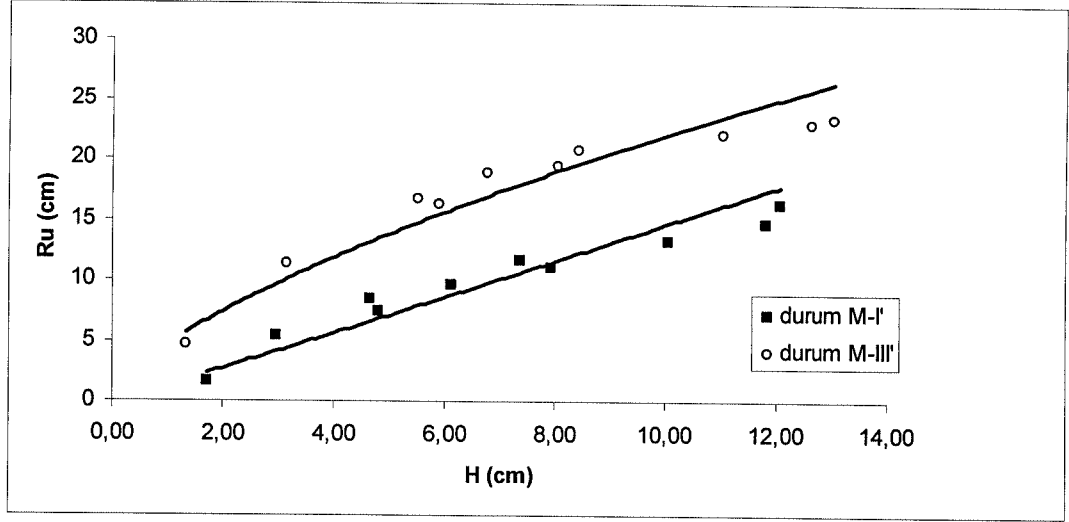
Şekil 4.49 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I' ile Durum M-II' nün karşılaştırması)

Monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranın kret genişliği 40 cm' de sabit tutularak kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 0 cm' den 5 cm' e çıkarıldığında tırmanma yüksekliği % 9 oranında artmıştır (Şekil 4.49).



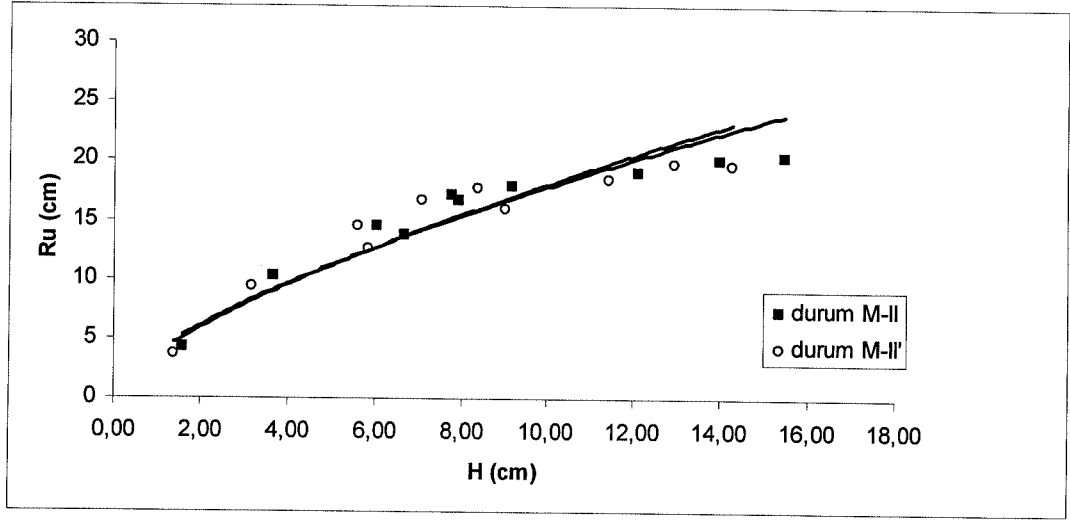
Şekil 4.50 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I' ile Durum M-III' ün karşılaştırması)

Monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranın kret genişliğinin 40 cm' den 25 cm' e düşürülmesi, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafeni 0 cm' den 10 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini % 17 oranında arttırmıştır (Şekil 4.50).



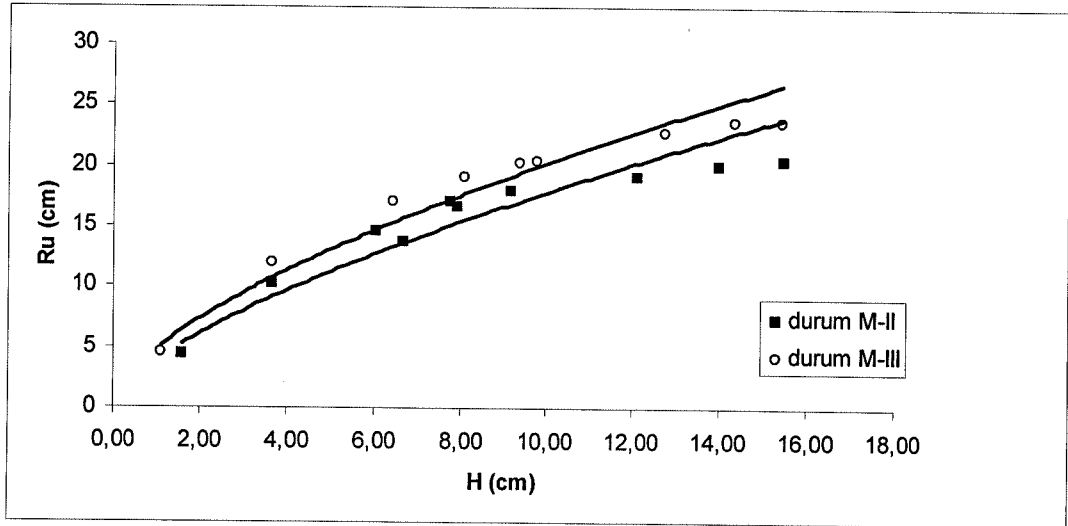
Şekil 4.51 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I' ile Durum M-III' nün karşılaştırması)

Monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranın kret genişliği 40 cm' de sabit tutularak kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 0 cm' den 10 cm' e çıkarıldığında tırmanma yüksekliği % 25 oranında artmıştır (Şekil 4.51).



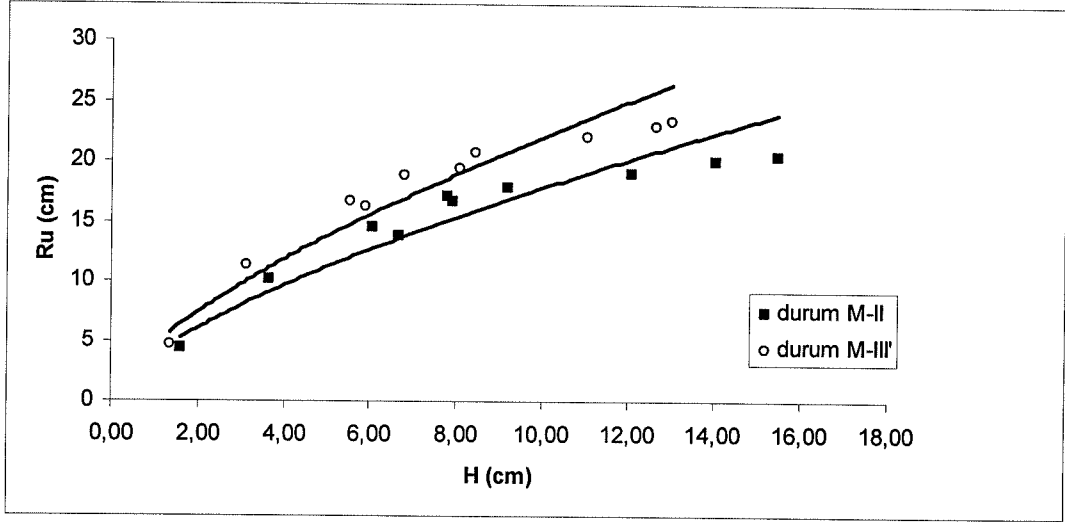
Şekil 4.52 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II ile Durum M-II' nün karşılaştırması)

Kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm iken kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılması, tırmanma yüksekliğine etkisi yok denecek kadar azdır (Şekil 4.52).



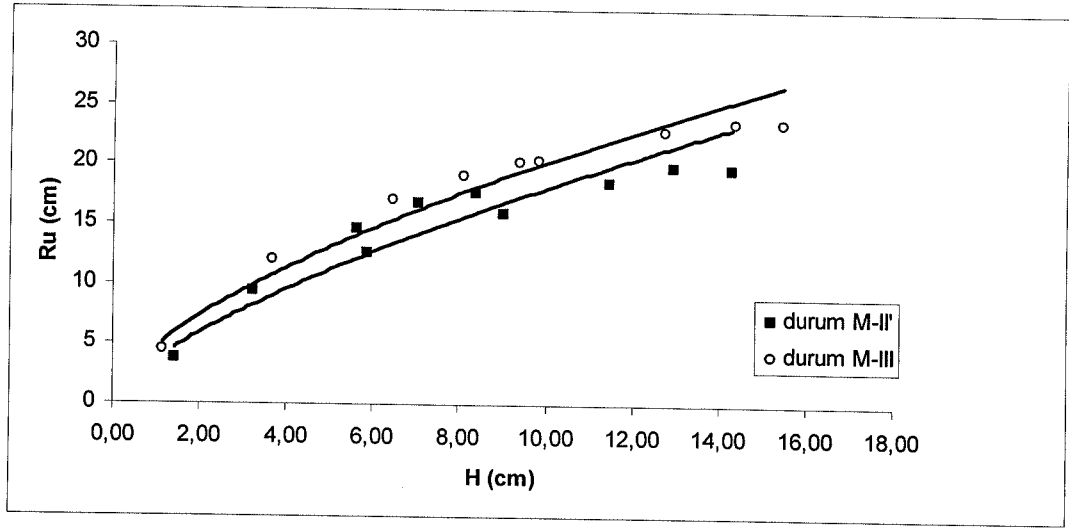
Şekil 4.53 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II ile Durum M-III' ün karşılaştırması)

Monolitik batık düşey yüzlü dalgakıranın kret genişliği 25 cm' de sabit tutularak kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm' den 10 cm' e çıkarıldığında tırmanma yüksekliği % 11 oranında artmıştır (Şekil 4.53).



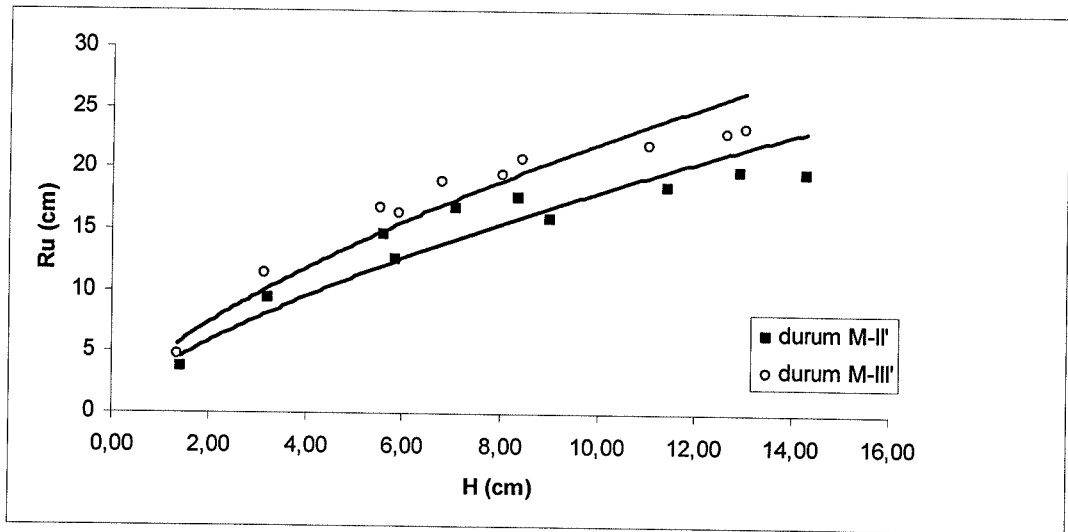
Şekil 4.54 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II ile Durum M-III' nün karşılaştırması)

Monolitik batık düşey yüzlü dalgakıranın kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılması, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 5 cm' den 10 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini % 19 oranında arttırmıştır (Şekil 4.54).



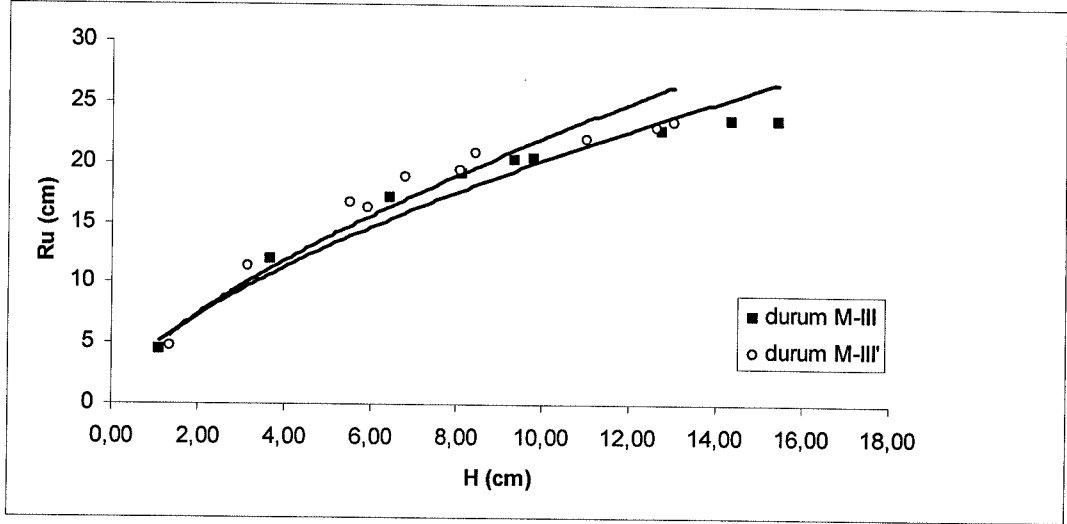
Şekil 4.55 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II' ile Durum M-III' ün karşılaştırması)

Monolitik düşey yüzü batık dalgakıranın kret genişliğinin 40 cm' den 25 cm' e düşürülmesi, kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafenin 5 cm' den 10 cm' e çıkarılması tırmanma yüksekliğini % 9 oranında arttırmıştır (Şekil 4.55).



Şekil 4.56 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II' ile Durum M-III' nün karşılaştırması)

Monolitik düşey yüzü batık dalgakıranın kret genişliği 40 cm' de sabit tutularak kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 5 cm' den 10 cm' e çıkarıldığında tırmanma yüksekliği % 16 oranında artmıştır (Şekil 4.56).



Şekil 4.57 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-III ile Durum M-III' nün karşılaştırması)

Kret tepe noktası ile sakin su seviyesi arasındaki mesafe 10 cm iken kret genişliğinin 25 cm' den 40 cm' e çıkarılması, tırmanma yüksekliğini % 10 oranında arttırmıştır (Şekil 4.57).

(Şekil 4.43-Şekil 4.57)' de verilen karşılaştırmaların sayısal sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tabloda yer alan “↓” işareti tsunami tırmanma yüksekliğindeki azalmayı ; “↑” işareti ise tsunami tırmanma yüksekliğindeki artışı göstermektedir.

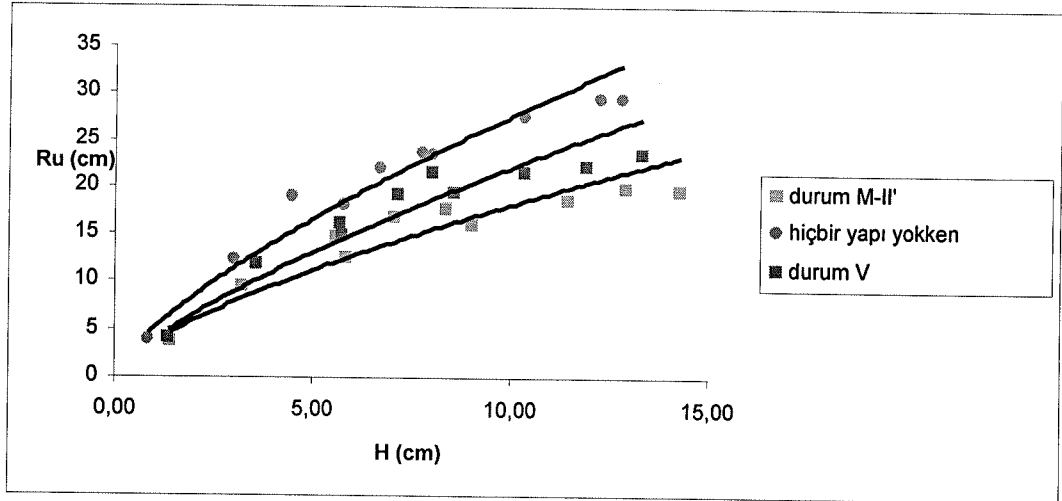
Tablo 4.2 Monolitik Düşey Yüzlü Batık Dalgalarının Tsunami Tırmanma Yüksekliğine Etkileri

DURUM	M-I	M-I'	M-II	M-II'	M-III	M-III'
M-I	-	↑0.060340	↑0.129001	↑0.146636	↑0.222156	↑0.296590
M-I'	-	-	↑0.073070	↑0.091837	↑0.172207	↑0.251421
M-II	-	-	-	↑0.020246	↑0.106951	↑0.192410
M-II'	-	-	-	-	↑0.088496	↑0.175721
M-III	-	-	-	-	-	↑0.095693
M-III'	-	-	-	-	-	-

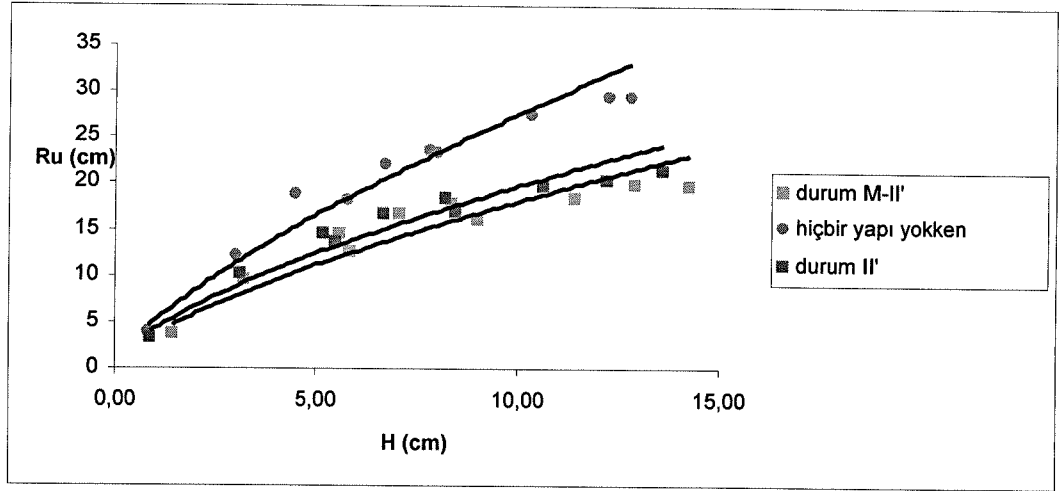
4.3 Geçirimli-Geçirimsiz Batık Dalgakıranlı ve Monolitik Düşey Yüzlü Batık Dalgakıranlı Durumların Hiçbir Yapının Olmadığı Durum ile Kıyaslaması

Geçirimli-geçirimsiz batık dalgakıranlar ile monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranların tsunami tırmanma yüksekliğine etkisini belirlemek amacıyla seri deneyler yapılmıştır.

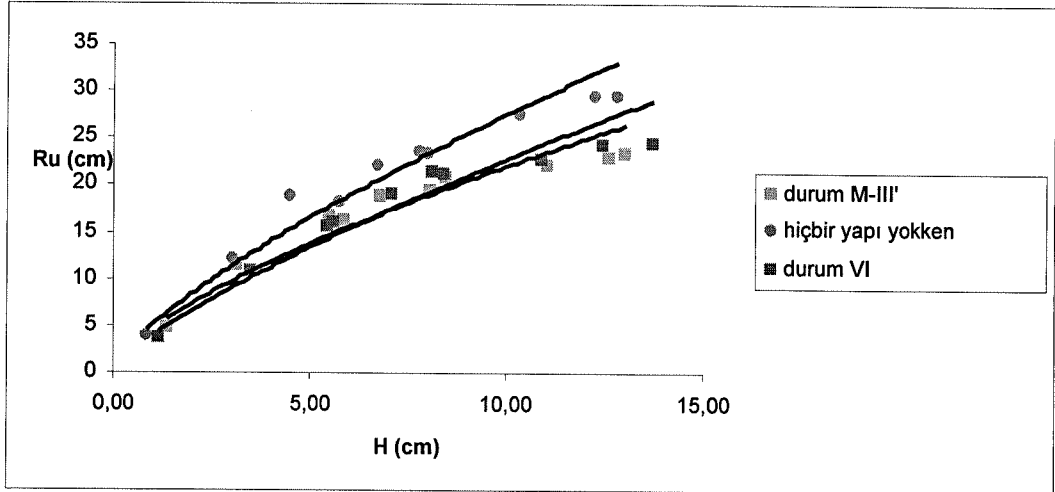
Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi hiçbir yapının olmadığı durumlar, geçirimli-geçirimsiz batık dalgakıranlı ve monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranlı durumlar için (Şekil 4.58 – Şekil 4.65’ de) verilmiştir.



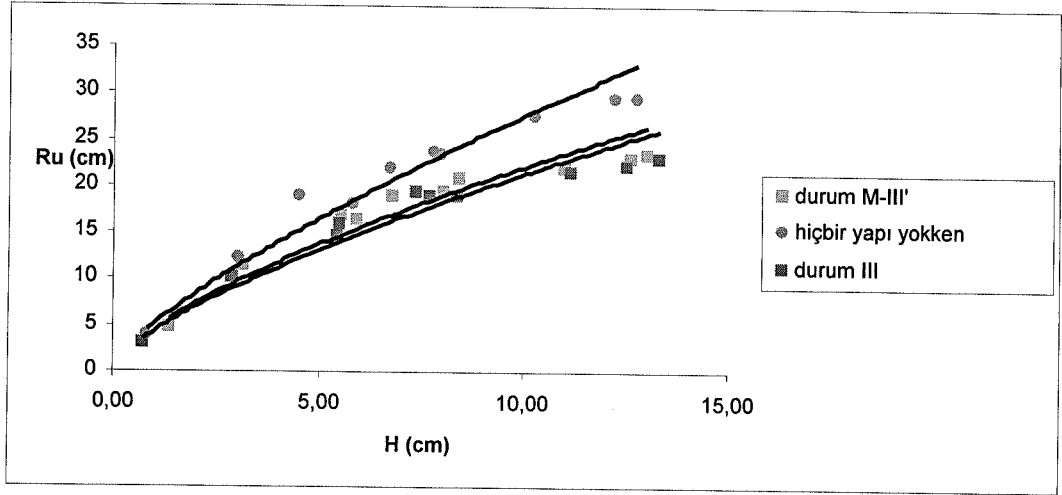
Şekil 4.58 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II', Durum V ve hiçbir yapı yokken)



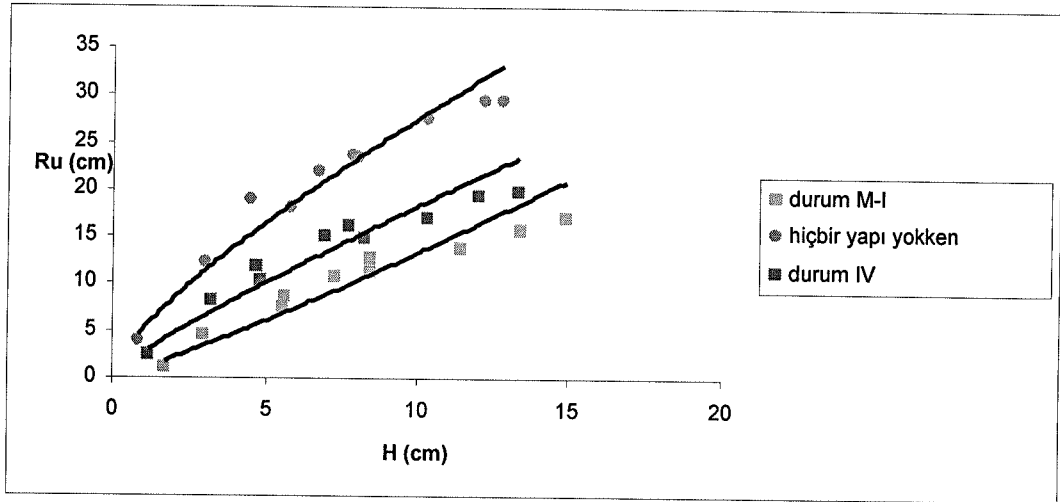
Şekil 4.59 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II', Durum II' ve hiçbir yapı yokken)



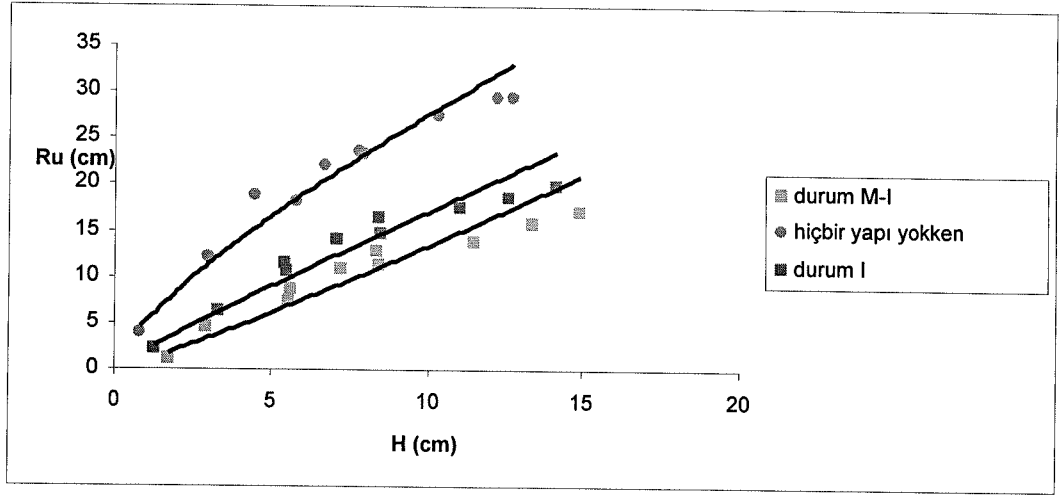
Şekil 4.60 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-III', Durum VI ve hiçbir yapı yokken)



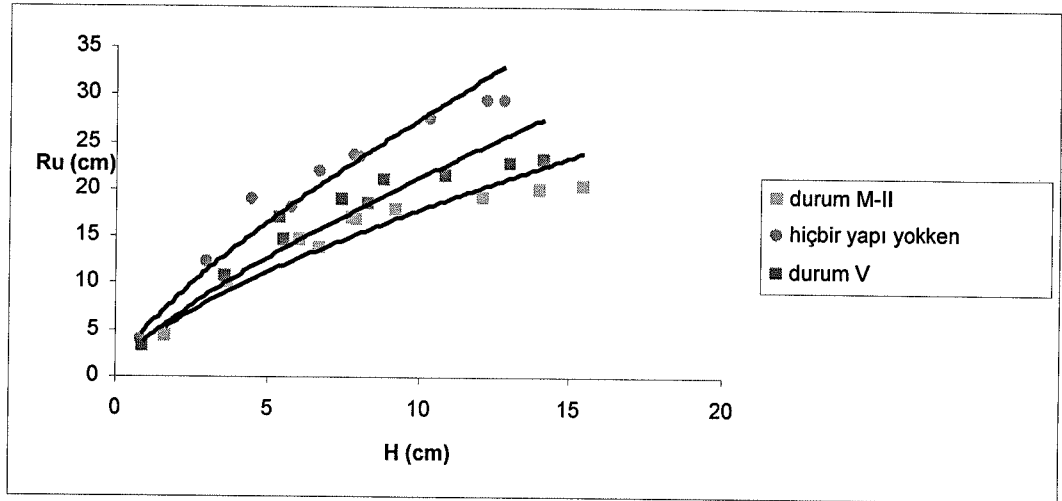
Şekil 4.61 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-III', Durum III ve hiçbir yapı yokken)



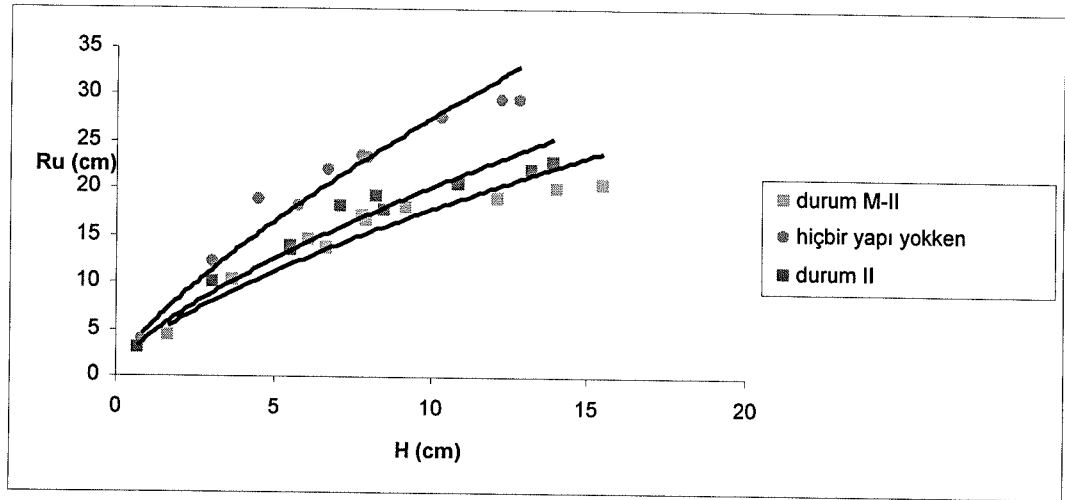
Şekil 4.62 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I, Durum IV ve hiçbir yapı yokken)



Şekil 4.63 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-I, Durum I ve hiçbir yapı yokken)



Şekil 4.64 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi (Durum M-II), Durum V ve hiçbir yapı yokken)



Şekil 4.65 Tırmanma yüksekliği ile dalga yüksekliğinin değişimi
(Durum M-II, Durum II ve hiçbir yapı yokken)

4.4 Geçirimli-Geçirimsiz Batık Dalgakıran ve Monolitik Düşey Yüzlü Batık Dalgakıranın Tüm Durumlar için Karşılaştırılması

Şekil 4.58 – Şekil 4.65’ deki geçirimli batık dalgakıran, geçirimsiz batık dalgakıran ve monolitik düşey yüzlü batık dalgakıran kıyaslamalarının sayısal sonuçları Tablo 4.3’ te verilmiştir.

Tablo 4.3 Geçirimli, Geçirimsiz Batık Dalgakıranların ve Monolitik Düşey Yüzlü Batık Dalgakıranların Tsunami Tırmanma Yüksekliğine Etkileri

	Geçirimli Batık Dalgakıran	Geçirimsiz Batık Dalgakıran	Monolitik Düşey Yüzlü Batık Dalgakıran
a= 40 cm	21%	19%	28%
c= 10 cm			
a= 25 cm	25%	23%	33%
c= 5 cm			
a= 40 cm	26%	21%	33%
c= 5 cm			
a= 25 cm	43%	37%	59%
c= 0 cm			

Tablo 4.3' den de görüldüğü üzere monolitik düşey yüzlü batık dalgakıran tsunami tırmanma yüksekliğini azaltmada daha etkili olmaktadır.

5. SONUÇLAR

Liman dalgası anlamına gelen tsunamiler uzun periyotlu dalgalardır. Bu dalgaların oluşmasında meteor düşmesi gibi denize enerji geçmesi veya okyanus tabanında depremle birlikte normal atımlı fay kırılması olmaktadır. Normal atımlı fay kırılmasında okyanus tabanı düşey yönde alçalır ya da yükselir. Böylelikle deniz önce ya geriye çekilir ya da kıyıya doğru ilerler ve sonrasında dalgalar sahip oldukları büyük dalga enerjisiyle karaya tırmanır. Geçmişten günümüze büyük ölçekli depremlerle birlikte meydana gelen tsunamiler birçok can ve mal kaybına neden olmuştur. Bu yüzden, tsunami dalga tırmanmasının azaltılmasında etkili parametreleri bilmek önemlidir.

Tsunami dalga tırmanma yüksekliği doğal bariyerler olan kıyı ormanları ile azaltılabileceği gibi sert kıyı yapıları ile de azaltılabilir.

Bu çalışmada; sert yapıların tsunami dalga tırmanma yüksekliğine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla İ.T.Ü. Hidrolik Laboratuvarı'nda çeşitli kret genişliklerine ve yüksekliklerine sahip geçirimli-geçirimsiz ve monolitik batık dalgakıranlar oluşturularak tsunami dalga tırmanma yüksekliklerindeki değişimler incelenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda, geçirimli batık dalgakıranların geçirimsiz batık dalgakıranlara, monolitik düşey yüzlü batık dalgakıranın ise geçirimli ve geçirimsiz batık dalgakıranlara göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Batık dalgakıranların kret tepe noktasının sakin su seviyesinde olması durumunda ($c=0$) tırmanma yüksekliğindeki azalma daha fazla olmaktadır. Hiçbir yapının olmadığı duruma göre geçirimli batık dalgakıran $a=25$ cm, $c=0$ cm iken tsunami tırmanma yüksekliğini % 43; geçirimsiz batık dalgakıran % 37; monolitik düşey yüzlü batık dalgakıran % 59 azaltmaktadır. Kret genişliklerinin tsunami tırmanma yüksekliğine etkisini çok fazla etkilemediği görülmüştür.

Gelecekte kıyı çizgisinden farklı uzaklıktaki birden çok batık dalgakıranla ya da kıyı duvarları konfigürasyonları üzerinde çalışılabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Yalçiner, A.C., Kuran, U., Akyarlı A. Ve Imamura, F.: Ege ve Marmara Denizlerinde Tsunami Oluşumu ve Hareketinin matematiksel model yardımıyla araştırılması, Tübitak, Proje No: Tübitak Debag38, (1994).
- [2] Yalçiner, A.C. Tarihsel ve Güncel Örnekler ile depreşim dalgaları (Tsunami) ve korunma Yöntemleri, Sualtı bilim Teknoloji Toplantısı, Ankara, 2-3 Aralık, (2000).
- [3] Yalçiner A.C. , “1999 İzmit Tsunamisi”, Deprem Makaleleri, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ocak, (2000), 43.
- [4] Abalı H., Marmara Denizi’nde Tsunami Tehlikesinin Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul (2005).
- [5] Cuypers, K., Breakwater Stabilitiy Under Tsunami Attack for a site in Nicaragua, Master Thesis, TU Delft (2004).
- [6] http://www.masternewmedia.org/news/2006/12/08/tsunami_video_the_best_tsunami.htm (12.04.2011)
- [7] Köroğlu, A., Tsunami Etkisiyle Oluşan Sediment Taşınımı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2010).
- [8] Li, Y. and Raichlen, F., “Solitary wave runup on plane slopes”, *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, (2001) **127**, 33.
- [9] Svendsen, Ib., A., Hansen J.B. “On the deformation of periodic long waves over a gently sloping bottom”, *Journal of Fluid Mechanics*, (1978) **3**, 433.
- [10] Kırkgöz, M.S., “Breaking and run-up of long wave”, *Tsunamis, Their Science and Engineering*, Tokyo, (1983), 467.

- [11] Pedersen, G. And Gjevik, B., "Runup of solitary waves", *Journal of Fluid Mechanics*, (1983) **135**, 283.
- [12] Kobayashi, N., Otta a.K. and Roy, I., "Wave reflection and runup on rough slopes", *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engeneering*, (1987) **113**, 282.
- [13] Synolakis, C.E., The runup of solitary waves, PhD Thesis, California Institute of Technology, (1986).
- [14] Synolakis, C.E., "The runup of solitary waves", *Journal of Fluid Mechanics*, (1987) **185**, 523.
- [15] Lin, P., Chang, K.A., Liu, P., "Runup and rundown of solitary waves on sloping beaches", *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, (1999) **125**, 247.
- [16] Liu, P.L., Synolakis, C.E. and Yeh H.H., "Report on the international workshop on long wave run-up", *Journal of Fluid Mechanics*, (1991) **229**, 675.
- [17] Kobayashi, N., Cox, D. T., Wurjanto, A., "Irregular wavw reflection and run-up on rough impermeable slopes", *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, (1990) **116**, 708.
- [18] Zelt, J.A., "The run up of nonbreakingand breaking solitary waves", *Coastal Engineering*, (1991) **15**, 205.
- [19] Synolakis, C.E. and Skjelbreia, J.E., "Evolution of the maximum ampltde of solitary waves on plane beaches", *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, (1993) **119**, 323.
- [20] Tadepalli, S. And Synolakis, C.E., "The runup of N-waves", *Proceedings of the Royal Society, London, Series A*, (1994) **445**, 99
- [21] Liu, P.L., Cho, Y.S., Briggs, M.J., Kanoğlu, U., and Synolakis, C.E., "Runup of solitary waves on a circular islands", *Journal of Fluid Mechanics*, Vol.320, (1995), 259-285.
- [22] Titov, V., Synolkis, C.E., "Modelling of breaking and nonbreaking long-wave evolution and runup using VTCS-2", *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, (1995) **121**, 308.

- [23] Briggs, M.J., Synolakis, C.E., Harkins, G.S. and Gren, D.R., "Laboratory experiments of tsunami runup on a circular island", *Pure and Applied Geophysics*, (1995) **144**, 569.
- [24] Grilli, S.T., Svendsen I.A. and Subramanya, R., "Breaking criterion and Characteristics for solitary waves on slopes", *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, (1997) **123**, 102.
- [25] Kanoğlu, U., Synolakis, C.E., "Long wave runup on piecewise linear topographies", *Journal of Fluid Mechanics*, (1998) **374**, 1.
- [26] Maiti, S., Sen, D., "Computation of solitary waves during propagation and runup on a slope", *Ocean Engineering*, (1999) **26**, 1063.
- [27] Fujima, K. Briggs, M.J., and Yuliadi, D., "Runup of tsunams with transient wave profiles incident on a conical island", *Coastal Engineering Journal*, (2000) **42**, 175.
- [28] Teng, M.H., Feng, K., "Long wave runup on sloping beaches". www.ce.utexas.edu/em2000/papers/MHTeng.pdf, (2000).
- [29] Teng, M.H., Feng, K., and Liao, T.I., "Experimenal study on long wave run-up on plane beaches" Proc. Of the Tenth International Offshore and Polar Engineering Conference, Seattle, USA, (2000), 660.
- [30] Gedik, N., Uzun Dalgaların Tırmanma Yüksekliklerinin Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, (2004).
- [31] Gedik, N., Irtem, E. and Kabdasli, S. "Laboratory investigation on tsunami run-up", *Ocean Engineering*, 32,(2005), 513-528.
- [32] Gedik, N., Irtem, E. and Kabdasli, S. "Experimental investigation on solitary wave run-down and its effects on armor units", *Coastal Engineering Journal*, 4, (2006) 337-353
- [33] Irtem, E., Gedik, N., Kabdasli S. and E.Yasa, N. "Coastal forest effects on tsunami run-up heights", *Ocean Engineering*, 36, (2009), 313-320.
- [34] Papadopoulos, G. A. Ve Imamura, F., 2001. "Aproposal for a new tsunami intensity scale" ITS Proceedings, Session 5, Number, (2001), 5-1.

- [35] Huang,C., Dong, C-M., On the interaction of a solitary wave and a submerged dike, *Ocean Engineering*, 43, (2001), 265-286.
- [36] Huang, J.C.; Chang, H. H., and Hwung, H. H., 2D Structural permeability effects on the interaction of a solitary wave and a submerged breakwater. *Journal of Coastal Engineering*, 49, (2003), 1-24.
- [37] Hur, S. D.; Kawasima, N., and Iwata, K., 2D Experimental study of the breaking limit of multi-directional random waves passing over an impermeable submerged breakwater. *Journal of Ocean Engineering*, 30, (2003), 1923-1940.
- [38] Rambabu, C. A. and Mani, J. S, Numerical prediction of performance of submerged breakwaters. *Journal of Ocean Engineering*, 32, (2005), 1235-1246.
- [39] Chang, K.H. and Liou, C. J., Long wave reflection from submerged trapezoidal breakwaters. *Journal of Ocean Engineering*, 34, (2007), 185-191.
- [40] Calabrese, M.; Vicinanza, D., and Buccino, M., 2008. 2D Wave setup behind submerged breakwaters. *Journal of Ocean Engineering*, 35, (2008), 1015-1028.
- [41] Baş, B., şevli Dalgakıranların Tsunami Etkisi Altındaki Stabilitenin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2007)
- [42] Hedge, A.V., Srinivas, N.P., Effect of core porosity on stability and run up of breakwaters, *Ocean Engineering*, 22, (1995), 519-526.
- [43] Kabdaşlı, S., Kıyı koruma Uygulamaları, I. Ulusal Kıy Mühendisliği Sempozyumu, Samsun, Kasım (1996), 93-96
- [44] Kabdaşlı S., Mutlu T., Ünal E., “Klasik ve Batık Dalgakıranların Performanslarının Karşılaştırılması”, 1. Ulusal Kıy Mühendisliği Sempozyumu, Samsun, Kasım (1996), 83-84.
- [45] Yüksek Ö, Önsoy H., Kömürcü İ., Kankal M., Akpınar A., “Karadeniz Sahil Yolunun kıyısız Açısından Değerlendirilmesi”, 6. Ulusal Kıy Mühendisliği Sempozyumu, İzmir, Ekim (2007).

- [46] Irtem, E., M. S. Kabdaşlı, N. Gedik, "Coastal Protection Measures for Tsunami Disaster Reduction" in: Tsunamis: Causes, Characteristics and Warnings, Nova Science Publishers, (2009).
- [47] Van Der Plas, T., A Study into the Feasibility of Tsunami Protection Structures for Banda Aceh & A Preliminary Design of an Offshore Rubble-Mound Tsunami Barrier. Final Thesis Report, Amersfoort, Delft University of Technology, (2007), 24.
- [48] Yüksel, Y., Deniz Tabanı Hidrodinamiği ve Kıyı Morfolojisi, Deniz Mühendisliği Serisi- No 2, İstanbul, Nisan (2005), 296.