

TAŞ DOLGU DALGAKIRANLARDA HASARLARIN DALGA AŞMASI ORANI İLE BİRLİKTE İNCELENMESİ

Bergüzar Öztunalı ÖZBAHÇECİ, Urfi YERLİ, Gülsen KIZIROĞLU,

Engin BİLYAY, Selahattin BACANLI, Yusuf Ziya BOYACI

Ulaştırma Bakanlığı, DLH İnş. Gn. Md.'lüğü, Araştırma Dairesi Başkanlığı,

Liman Hidroliği Şube Müdürlüğü; Serpmeler No:3 Macunköy/Ankara;

Tel:312 397 33 50 Fax:397 38 11; e-posta: ozbahcecim@isnet.net.tr

ÖZET

19-21 Şubat 1999 tarihinde özellikle Doğu Karadeniz Bölgesini etkileyen bir fırtına meydana gelmiş ve fırtına bölgedeki pek çok kıyı yapısına zarar vermiştir. Bu çalışma, Trabzon Yat Limanında meydana gelen hasarın araştırılarak, dalgakıranın stabilitesinin hidrolik deneylerle belirlenmesini kapsamaktadır. Fırtına anında çekilen video görüntülerinde dalgakıran boyunca kütle halinde yoğun bir aşma tespit edilmiş olduğundan; gerek limanın iç tarafındaki stabilite gerekse yapının yat limanı olması dikkate alınarak, dalga aşması ve koruma tabakası stabilitesi ayrı hidrolik model deneyleri ile incelenmiştir. Deneyler DLH İnş. Gn. Md'lüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı Liman Hidroliği Laboratuvarındaki dalga kanalında, düzenli ve düzensiz dalgalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

1. GİRİŞ

Yat turizmi dünya çapında oldukça popüler olup ve üç tarafı denizlerle çevrili ülkemiz için de turizm açısından önemli ve avantajlı bir alandır. Akdeniz ve Ege Denizindeki yat limanları ile oluşturulan yat turizmi ağının Karadeniz Bölgesi ile de birleştirilerek, zincirin tamamlanması ve böylece yat turizminin daha çekici hale getirilmesi açısından Trabzon Yat Limanı önemli bir projedir.

Bilindiği gibi 19-21 Şubat 1999 tarihinde özellikle Doğu Karadeniz Bölgesini etkileyen bir fırtına meydana gelmiş ve fırtına bölgedeki pek çok kıyı yapısına zarar vermiştir. Hasar gören yapılar arasında Giresun, Trabzon, Rize, Hopa gibi büyük limanlarımızın yanı sıra Trabzon Yat Limanı ve Ardeşen Balıkçı Barınağı gibi fırtına sırasında inşaatı devam eden yapılar da bulunmaktadır.

DLH İnş. Genel Müdürlüğü, Liman Etüd Proje Dairesi Başkanlığı, Daire Başkanlığımıza başvurarak yapımı süren Trabzon Yat Limanında meydana gelen hasarın araştırılarak, dalgakıranın stabilitesinin hidrolik deneylerle belirlenmesini istemiştir. Fırtınadan 20 gün sonra Trabzon yat limanında yapılan teknik incelemede, özellikle dalgakıranın kurp ve kafa bölgesi arasında kalan kısımda hasarlar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca fırtına anında çekilen video görüntülerinde dalgakıran boyunca kütle halinde yoğun bir aşma gözlemlenmiştir. Bölgedeki teknik elemanlar ve yüklenici firma yetkililerinden alınan bilgiye göre; fırtına öncesinde Trabzon Yat Limanı dalgakıranının kafa kısmı hariç, dalgakıranın şevi ve kret yüksekliği tamamlanmış ve tanzimi yapılmış olup, yalnızca kronman dökülmemiştir.

Hidrolik modelleme çalışması beş aşamada gerçekleştirilmiştir:

- 1-Proje kesitinin tasarım dalgası altında incelenmesi
- 2-Fırtına dalgasının tahmini ve fırtına koşullarının benzeştirilmesine yönelik deneyler
- 3-Dalgakıran stabilitesine yönelik deneyler
- 4-Alternatif kesitlere yönelik deneyler
- 5-Dalga aşması deneyleri

2. PROJE KESİTİNİN İNCELENMESİ

2.1. Tasarım Dalgası ve Kesiti

DLH İnşaatı Genel Müdürlüğü, Liman Etüd Proje Dairesi Başkanlığı'na verilen derin deniz tasarım dalgası ve topoğrafya özellikleri aşağıdaki gibidir:

$H_0 = 5.00$ m

$T_0 = 8.27$ sn

Etkin yön: N, NNE

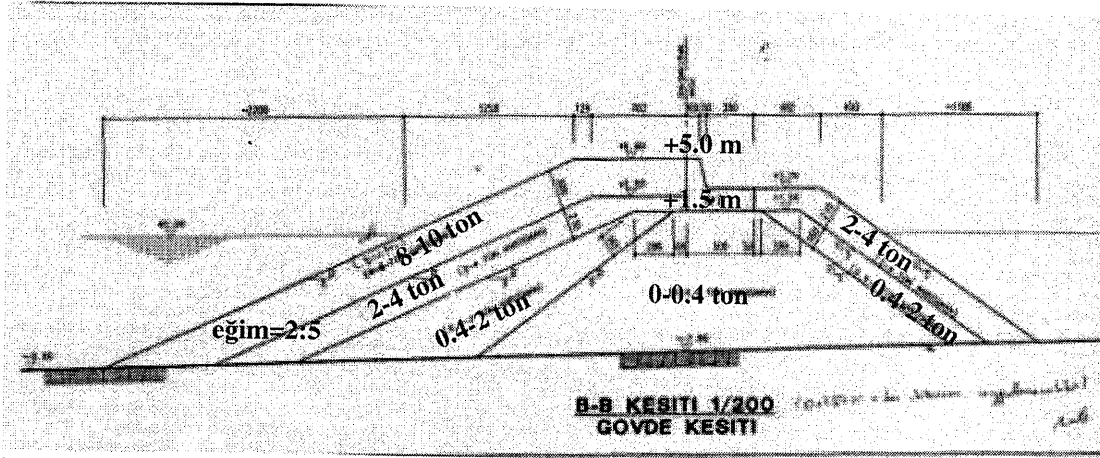
Yapı önü su derinliği: 8.8 m

Deniz taban eğimi: 1/50

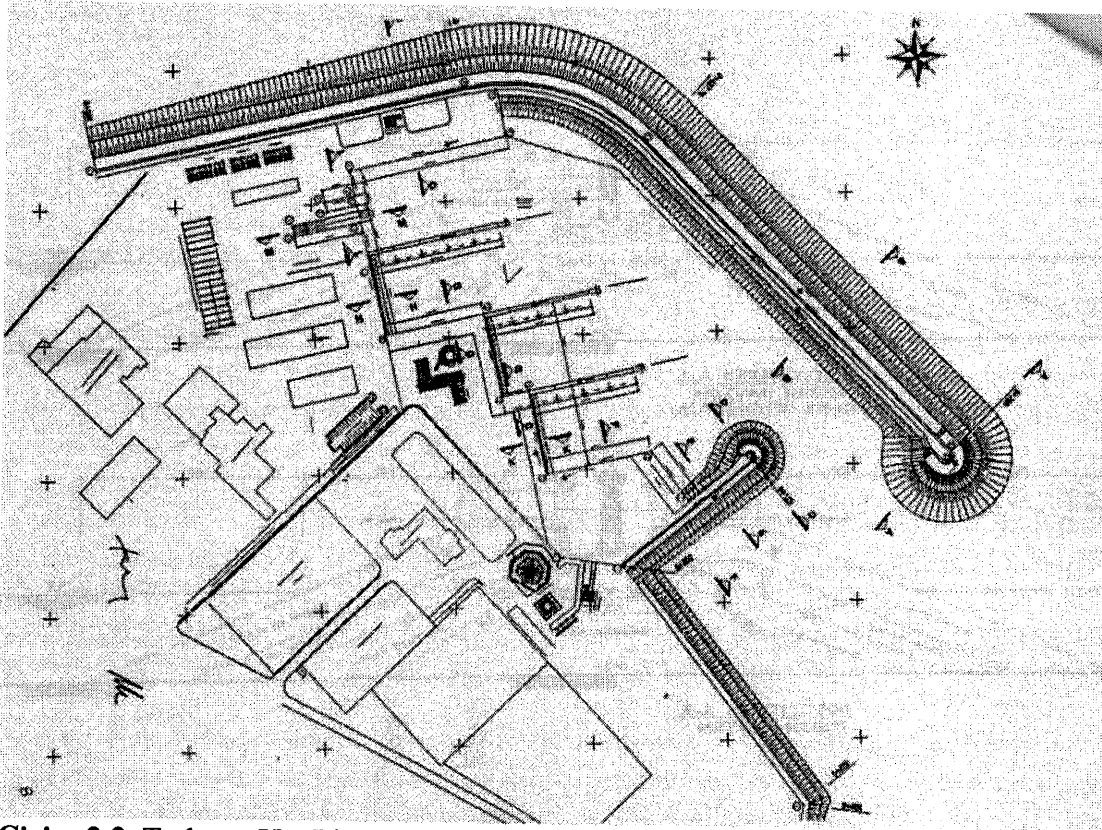
Dalga değerleri Ergin ve Özhan (1986)'dan alınmıştır. Derin deniz değerleri dalga transformasyonu ile yapı önüne taşındığında dalga yüksekliği $H' = 4.64$ m bulunmaktadır. Buna göre Hudson formülü uygulanarak koruma tabakası taş ağırlığı 6-8 ton olarak hesaplanmıştır. Ancak kurp bölgesinden itibaren koruma tabakasının 8-10 ton olarak uygulanmasına karar verilmiştir. Kesit ve limanın plan görünüşü Çizim 2.1 ve Çizim 2.2'de gösterilmektedir.

2.2 Tasarım Dalgasına Yönelik Deneyler

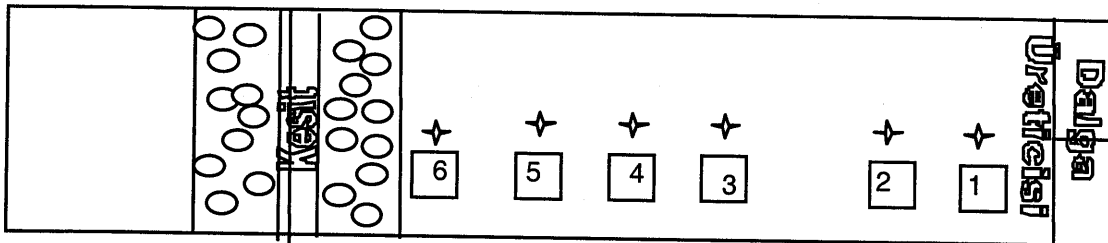
İkinci bölümde sözü edilen tasarım dalgası karşısında dalgakıranın stabilitesini inceleyebilmek amacıyla, dalgakıran kesiti 1/26.6 ölçeği ile Araştırma Dairesi Başkanlığı, Liman Hidrolik Araştırma Şube Müdürlüğü Laboratuvarındaki 40mx0.6mx1.2m boyutlarındaki dalga kanalına yerleştirilmiştir. Taban eğimi tasarımdaki gibi 1/50 olarak düzenlenmiştir. Model kesitinin, dalgaölçerlerin ve üreticinin dalga kanalına yerleşimi Çizim 2.3.'de gösterilmiştir.



Çizim 2.1. Dalgakıran Kesiti (kurp öncesinden uç kesime kadar olan bölge için)



Çizim 2.2. Trabzon Yat Limanı Plan Görünüşü



Çizim 2.3. Dalga Kanalının Görünüşü

1 ve 2 no'lu dalgaölçerler gelen ve yansıyan dalganın ayrıştırılması, diğer dördü ise yapı önüne değin oluşan değişimleri incelemek amacıyla kanala yerleştirilmiştir.

Düzenli ve düzensiz dalgalarla yapılan deneylerde periyot sabit tutularak (8 sn) dalga yüksekliği basamaklar halinde 2m'den 6.7 m'ye kadar arttırılmıştır. Her deneyin sonunda yer değiştiren taş sayısı sayılarak hasar yüzdesi bulunmuştur. Deney süresi düzenli dalgalar için 600 dalga, düzensiz dalgalar içinse yaklaşık 1500 dalgaya karşılık gelen zamandır.

Tüm deneyler birer kez tekrar edilmiştir. Deney sonuçlarına göre maksimum hasar %3 civarındadır. Demek ki yapı, tasarım parametreleri söz konusu olduğunda oldukça dengelidir.

3.FIRTINA DALGASININ TAHMİNİ VE FIRTINA KOŞULLARININ BENZEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK DENEYLER

3.1.Fırtına Dalgasının Analizi

Fırtınanın analizi Araştırma Dairesi Başkanlığı, Liman Hidrolik Araştırma Şube Müdürlüğü çalışanlarından İnş. Yük. Müh. Ş. Emrah ARIKAN tarafından yapılmış ve ayrı bir rapor halinde sunulmuştur. Analiz için, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 6 saatlik aralıklarla hazırlanan sinoptik haritalar, kıyı istasyonlarına ait deniz rasatları ve Avrupa Orta Ölçekli Hava Tahmin Merkezi'nce (ECMWF) hazırlanan rüzgar verileri kullanılmıştır. Daha sonra Karadeniz üzerinde 613 adet deniz grid noktası oluşturularak yukarıda sözü edilen kaynaklardan elde edilen rüzgara ait hız ve yön bilgileri 'WAM' adlı modele girilmiş ve aynı grid noktalarındaki belirgin dalga yükseklikleri, periyotları ve dalga yönleri hesaplanmıştır. 18-24 Şubat tarihlerinde Trabzon için sonuçlara göre belirgin dalga maksimum değere derin deniz koşulları için 20 Şubat'ta $H_{1/3}=5.23$ m $T_{1/3}=8.9$ sn ile ulaşmıştır. Ancak 19-20 Şubat'ta dalga periyodu 10 sn civarında değer almakta hatta 12 sn'ye varmaktadır. Dalga yönü fırtınanın ilk zamanlarında Kuzeydoğu ve Kuzey olarak gözükmürken daha sonra Kuzeybatı etken yön olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yüklenici firma yetkilileri tarafından fırtına anında yapılan video çekimlerinde dalga periyodunun 9 sn ile 17 sn arasında değiştiği ve ortalama 12 sn olduğu saptanmıştır. Ayrıca dalgakıran boyunca kütle halinde yoğun bir aşma olduğu gözlemlenmiştir.

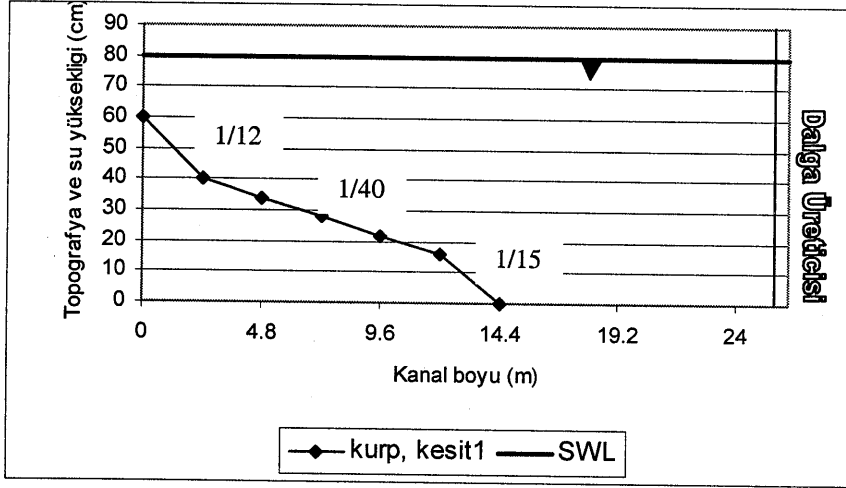
3.2. Fırtına Dalgasına Yönelik Deneyler

Tasarım koşullarında stabilite açısından dayanıklı olduğu deneylerle ortaya çıkarılan kesitin, fırtına koşullarındaki davranışını saptamak üzere bir seri deney gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle fırtına dalgası analizi ve video çekimleri dikkate alınarak dalga karakteristiklerinin ve dalgakıranın inşaat seviyesi ile topoğrafyanın fırtına sırasında durumunun deneylerle tam olarak benzeştirilmesine çalışılmıştır.

Çalışmaya yönelik olarak önce, dalgakıran boyunca çeşitli noktalardan (dalgakıran inşaatının denizle olan sınırından 140m, 360m, 480m ve 620m uzaklıkta) yaklaşık 1 km'lik bir hat boyunca alınan iskandil değerleri ile deniz topoğrafyası belirlenmiştir. Alınan

noktalardan kurp bölgesini kapsayan ve kafaya kadar olan kısımdaki topoğrafyayı da temsil edebilecek topoğrafya datasının, kanalda uygulanmasına karar verilmiştir. Çizim 3.1’de bu uygulama ve kanal taban eğimi gösterilmiştir.

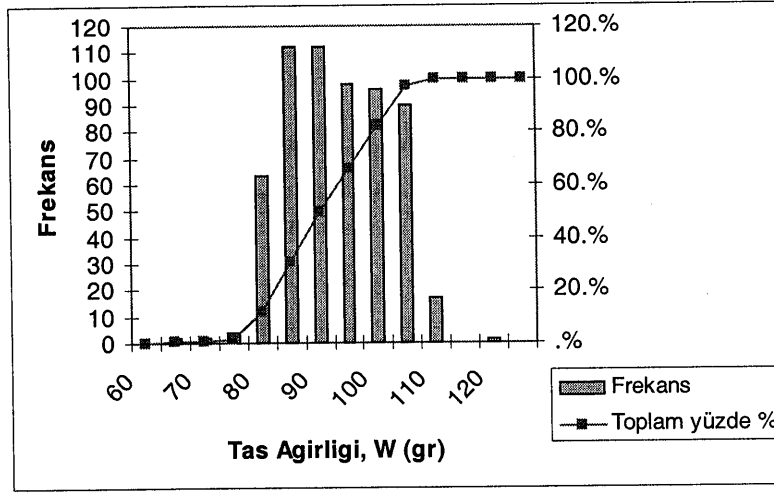
Bölgedeki teknik elemanlar ve yüklenici firma yetkililerinden alınan bilgiye göre; fırtına öncesinde kafa kısmı hariç, dalgakıranın sevi ve kret yüksekliği tamamlanmış ve tanzimi yapılmış olup, yalnızca kronman dökülmemiştir. Bu yüzden deneyde de kronman bloğu konmamıştır.



Çizim 3.1. Kanala Yerleştirilen Topoğrafyanın Kesit Görünüşü

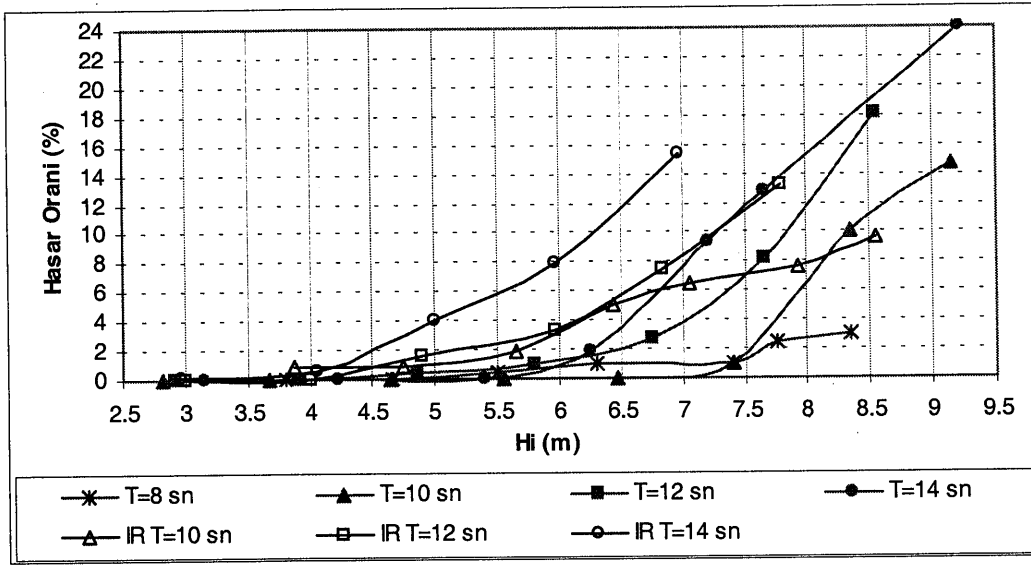
Gerek fırtına dalgası analizi gerek fırtına anında çekilen video görüntüleri dikkate alınarak, fırtına dalgalarının 10 sn ile 14 sn arasında belirgin dalga periyoduna sahip olduğu sonucuna varılmış ve deneylerde 10 sn, 12 sn, 14 sn olmak üzere üç dalga periyodunun kullanılmasına karar verilmiştir. Dalga periyodu sabit tutularak oluşturulan bir deney seti, dalga yüksekliğinin aşma ve hasar profilinin izlenmesi amacıyla basamaklar halinde arttırıldığı testlerden oluşmuştur.

Dalga karakteristikleri ve yeni topoğrafyanın kanalda oluşturulması amacıyla dalga üreticisinin üretim sınırları da dikkate alınarak model ölçeği 1/45 olarak değiştirilmiştir. Düzenli ve düzensiz dalgaların kullanıldığı deneylerde, bir önceki tasarım dalgası deneylerini kontrol etmek üzere $T=8$ sn için de bir deney seti gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kullanılan taş ağırlıklarının dağılımı Çizim 3.2.’de verilmiştir. Buna göre $W_{50}=90$ gr’dır (prototipte 9 tona karşılık gelmektedir).



Çizim 3.2. Deneylerde Kullanılan Taş Ağırlıkları Dağılımı

Yapılan deneylerde kütle halinde aşma ve hasar oranı profili fırtına sırasındakine benzer olarak gözlemlenmiştir. Deney sonuçlarına göre hasar oranı grafikleri Çizim 3.3'de gösterilmektedir.



Çizim 3.3. Gelen Dalgaya Bağlı Hasar Oranı Grafiği (Kronmansız)

('IR' ile gösterilenler düzensiz dalga deneylerinin, diğerleri düzenli dalgalarla yapılan deneylerin sonuçlarıdır.)

Çizim 3.3'den de görüleceği gibi düzensiz dalgalar düzenlilere göre daha önce ve daha fazla hasara neden olmaktadır. Dalga yüksekliği gibi dalga periyodu da arttıkça hasar artmaktadır. T=8 sn ile yapılan deney bir önceki tasarım dalgası deneylerini doğrulamaktadır. Zira H=8.5 m'de bile hasar %5'in altında çıkmıştır. Bölgede incelemeler sırasında gözlemlendiği gibi koruma tabakası taşları denize (aşağıya) doğru hareket ettikleri gibi yukarıya doğru da tırmanmışlardır. Hasar daha çok su seviyesi civarındaki taşlarda görülmekle birlikte su seviyesinin üstünde ve kretteki taşlar, kronmanın olmayışının da etkisiyle oldukça hasar görmüşlerdir. Özellikle T=12 ve 14 sn deneylerinde

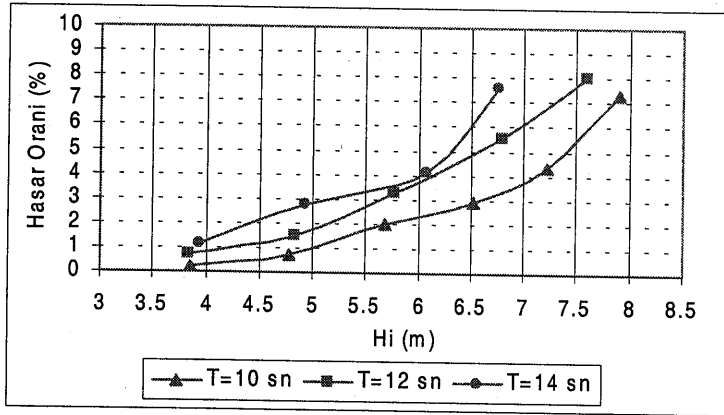
yoğun aşmanın etkisiyle dalgakıran kesitinin liman tarafındaki kısmında büyük oyulmalar meydana gelmiştir.

4. DALGAKIRAN STABİLİTESİNE YÖNELİK DENEYLER

Yeni topoğrafya ve dalga karakteristikleri ile fırtınanın, laboratuvar koşullarında benzeştirilebildiği yukarıda da anlatıldığı gibi ortaya çıkınca geriye yapılması gereken, dalgakıranın inşaatının tamamlandığında fırtınalar karşısındaki davranışının sınanmasıdır. Bu amaçla kronman bloğu da kesitin üstüne yerleştirilerek, tasarım kesiti inşaatı bittiğinde alacağı konuma getirilmiştir.

Bölüm 4.b'de anlatıldığı gibi düzensiz dalgaların düzenlilere göre daha fazla hasar vermesi ve doğadaki durumu daha doğru yansıtmasından dolayı deneyler yalnızca düzensiz dalgalarla gerçekleştirilmiştir. Her deney, taşların yerleştirilmesinden kaynaklanan etkileri azaltabilmek amacıyla iki kere tekrarlanmıştır. Dalga periyodu olarak $T=10$, 12 ve 14 sn kullanılmıştır. Diğer deneylerde olduğu gibi sabit periyot için dalga yüksekliği 3m 'den başlayarak basamaklar halinde artırılmış, her testin sonunda toplam yer değiştiren taşlar sayılmış ve hasar $\%5$ 'i geçtiğinde deney seti sonlandırılmıştır.

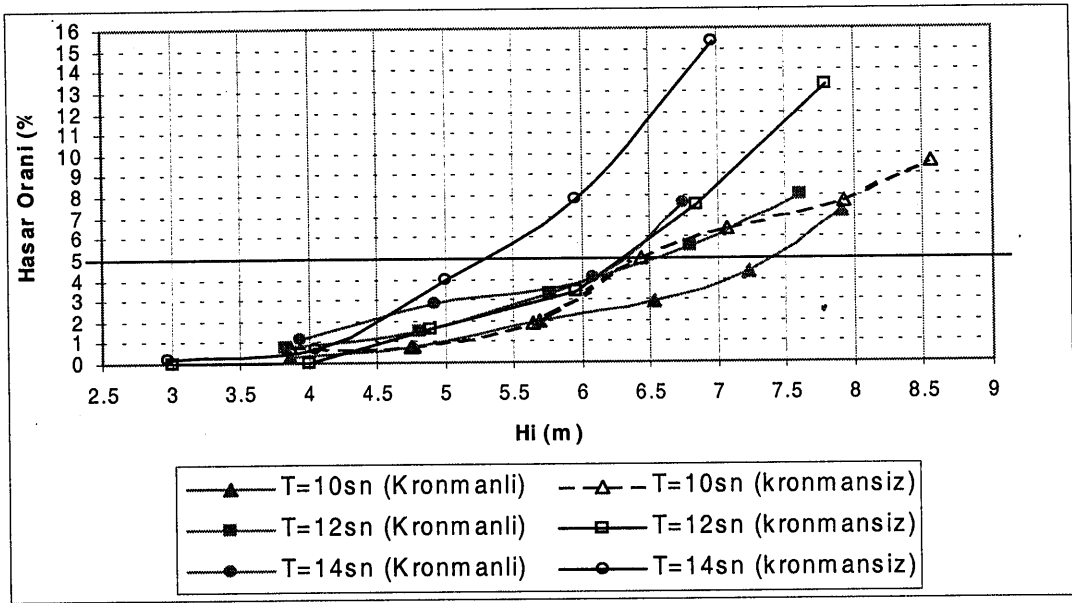
Hasar oranı, aynı dalga koşulları altında yapılan birbirinin tekrarı her iki deneyde de benzer çıkmış ve sonuçlar ortalama alınarak verilmiştir. Çizim 4.1'de deney sonuçları dalga yüksekliğine bağlı hasar oranı grafikleriyle verilmektedir.



Çizim 4.1. Gelen Dalgaya Bağlı Hasar Oranı Grafiği (Kronmanlı)

Çizim 4.1'den de görüleceği gibi deneyleri yapılan dalgakıran kesiti belirgin dalga yüksekliği $H_{1/3}=5.5$ m'ye kadar dengesini koruyabilmekte ancak daha sonra hasar oranındaki artış hızlanmakta $H_{1/3}=6$ ile 6.5 m arasında Hasar $\%5$ 'e ulaşmaktadır. $T=10$ sn'de $\%5$ hasar $H_{1/3}=7$ m'de oluşmaktadır. Daha önceki deneylerde olduğu gibi periyot hasar oranını etkilememektedir.

Kronmandan dolayı su seviyesinin üstündeki ve kretteki taşlarda hasar, Çizim 4.2. den görüleceği üzere Bölüm 3'te anlatılan deneylere göre daha az gerçekleşmiştir. Bunun sebebi kronmandan dolayı oluşan stablitedir. Dalga aşması özellikle $T=12$ ve 14 sn'de yine etkili olmuş, $H_{1/3}=6$ m'den itibaren kesitin liman tarafındaki kısmında oyulma hatta, oyulma ve aşınmayla birlikte kronmanda kayma gözlemlenmiştir.



Çizim 4.2. Gelen Dalgaya Bağlı Hasar Oranı Grafiği (Kronmanlı ve kronmansız)

4.1. Dalga Aşması Deneyleri

Fırtına sırasında çekilen video görüntülerinde dalgakıran boyunca yoğun bir şekilde kütle halinde aşma gözlemlenmektedir. Bu nedenle mevcut proje kesitinde olduğu gibi alternatif kesitlerde de aşmanın incelenmesi gerekmektedir.

Küçük basenli limanlarda, dalgakıranın arkasının rıhtım olarak kullanıldığı limanlarda ve genelde, dalgakıranın kara tarafının stabilitesi için dalga aşması oldukça önemlidir. Bu nedenle dalgakıran tasarımı sırasında mutlaka gözönünde bulundurulmalıdır. Hidrolik model deneyleri prototipteki dalga aşmasının tahmininde oldukça yararlı araçlardır.

Aşmanın niceliği, aşarak kara tarafına geçen su miktarının, gerek birim dalga ve dalgakıran birim uzunluğuna düşen miktarın hacimsel olarak (m^3/m), gerekse fırtına süresi boyunca yine birim uzunluğa düşen ortalama aşma oranının ($m^3/m.sn$) ölçülmesiyle bulunur. Dalga aşması deneylerinde düzenli dalgaların kullanılması ve doğrudan belirgin dalgaya karşılık gelen düzenli dalga deney sonuçlarının kullanılması büyük hatalara neden olmaktadır (Goda,1985). Çünkü bu durumda, her zaman için belirgin dalga yüksekliğinden büyük dalgaların da fırtına içinde olduğu gerçeği ihmal edilmiş olmakta; bu da tasarımı güvenli olmayan tarafta bırakmaktadır.

Aşmanın ölçülebilmesi için aşma deneyi düzeneği, mevcut model kesitin kronmanından itibaren kanala yerleştirilmiştir. Düzenek, aşan suyun biriktiği 50cmx50cmx30cm boyutlarındaki sac hazne, aşan suyun birikme haznesine dökülmesini sağlayan trapez sac oluk ve biriken suyun miktarını ölçmek için kullanılan dalga ölçerden oluşmaktadır.

Yukarıda belirtilen olumsuzluktan dolayı deneylerde düzensiz dalgalar kullanılmıştır. Bir deney seti, periyodun sabit tutulup dalga yüksekliğinin basamaklar

halinde arttırıldığı deneylerden oluşmuştur. Deneylerde $T_{1/3} = 10, 12, 14$ sn olmak üzere üç farklı dalga periyodu kullanılmıştır.

Düzensiz dalga deneyleri, oluşturulan dalganın karakteristiklerini anlamaya yönelik yapılan istatistiki analizlerin sağlıklı olması için en az 100 dalgadan oluşmalıdır. Bu nedenle deneyler 150 ve 250 dalga için tekrarlı yapılmış ve deney sonucunda, haznede biriken su miktarı ölçülerek, prototipte, dalgakıranın bir metresinden 1sn içinde aşan su miktarı m^3 cinsinden hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizim 4.3'de verilmektedir.

Nasıl dalgakıranın stabilitesine yönelik kriter, hasar oranının %5'ten az olup olmaması ise; aşma oranı için de bir kriter olmalıdır. Literatür araştırmasında bu konuyla ilgili iki kaynak çalışma bulunmuştur. Bunların birincisi Goda (1985)'te verilen deniz duvarları için yapı güvenliği açısından izin verilebilecek dalga aşması oranlarıdır. Çizelge 4.1'de sözü geçen limitler verilmiştir.

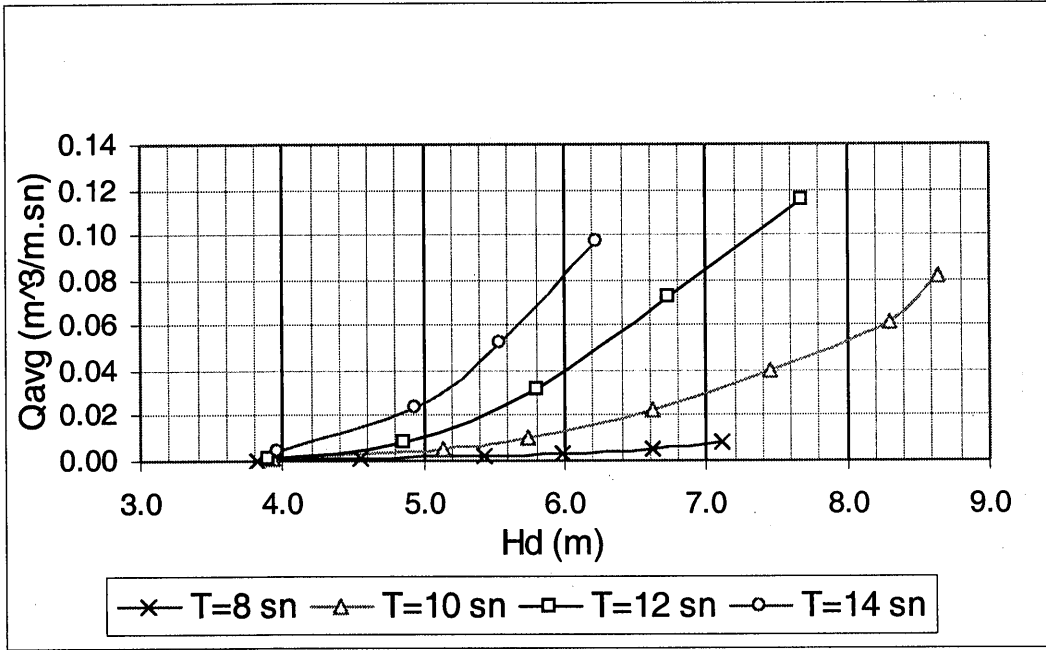
Çizelge 4.1. Yapı Güvenliği Açısından İzin Verilebilecek Dalga Aşması Oranları

Yapı Tipi	Özellikleri	Dalga Aşması Oranı ($m^3/m.sn$)
Dolgu kıyı duvarı	- Ön yüzeyi beton, tepe ve arka yüzey doğal zemin (taş, toprak)	<0.005
	- Ön yüzeyi ve tepesi beton, arka yüzey doğal zemin	0.02
	- Ön yüzeyi, tepesi ve arka yüzeyi beton	0.05
Kıyı duvarı	Zeminde kaplama yok	0.05
	Zeminde kaplama var	0.2

Söz konusu kaynakta, bu limitlerin birkaç metrelik dalga yüksekliği ve sadece birkaç saatlik fırtınalara maruz kalan deniz duvarları için geçerli olduğu; uzun süreli ve yüksek dalga yüksekliğine sahip fırtınalarla karşılaşan yapılar için bu limitlerin küçültülmesi gerektiği belirtilmektedir. Yine aynı çalışmada, yapının arkasının (kara tarafının) kullanılmasının da limitlere karar verilirken dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Örneğin Japonya'da yoğun olarak kullanılan kıyı bölgelerinin önündeki yapılar için aşma oranı limiti $q=0.01 m^3/m.sn$ olarak kabul edilmektedir.

Dalga aşması için dikkate alınacak kriterleri veren diğer bir kaynak CUR/CIRIA (1991)'dir. Bu çalışmada tepesi korunaklı (beton), arka eğimi korunaksız dolgu kıyı duvarları için kriter 20 lt yani $0.02 m^3/m.sn$ olarak gözükmektedir. Buna göre, dalga aşma kriteri $0.02 m^3/m.sn$ alındığında ise $T_{1/3}=10$ sn için $H_{1/3}=6.6$ m, $T_{1/3}=12$ sn için $H_{1/3}=5.4$ m, $T_{1/3}=14$ sn için $H_{1/3}=4.9$ m'den büyük dalgalar aşma açısından tehlike yaratmaktadır.

Kriter, Japonya'da uygulanan $0.01 m^3/m.sn$ alınırsa, $T_{1/3}=10$ sn için $H_{1/3}=5.8$ m, $T_{1/3}=12$ sn için $H_{1/3}=5.0$ m, $T_{1/3}=14$ sn için $H_{1/3}=4.3$ m'den büyük dalgalar aşma açısından tehlike yaratmaktadır. $T=8$ sn'de ise $H_{1/3}=7$ m'de bile aşma oranı $0.01 m^3/m.sn$ 'den düşüktür. Yani periyodu 8 sn olan dalgalar stabilitede olduğu gibi aşma açısından da yapıyı hasar verecek şekilde etkileyememektedirler.



Çizim 4.3. Yapı Önündeki Dalgaya Göre Prototip Aşma Oranı Miktarları ($m^3/m.sn$)

5. ALTERNATİF KESİTLERE YÖNELİK MODEL DENEYLERİ

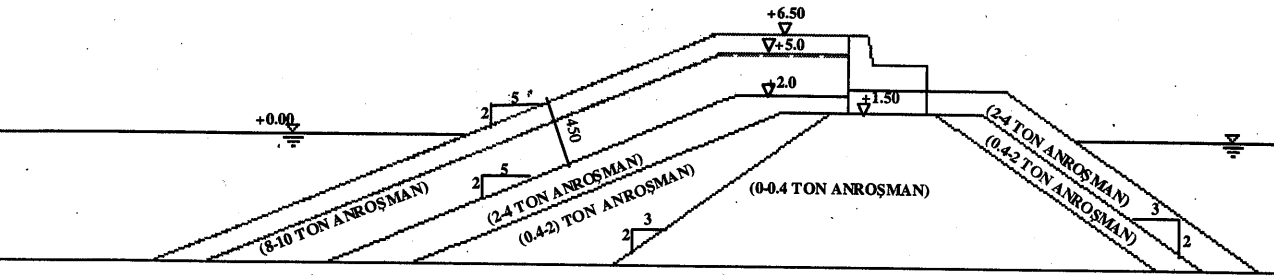
Dalgakıranın stabilitesi ilgili nihai değerlendirmenin yapılabilmesi için, alternatif kesitlerin de incelenmesine ihtiyaç duyulmuş olup, koruma tabakası ağırlığı sabit olmak üzere (8-10 ton), yapı eğimi ve koruma tabakası sıra sayısı değiştirilerek oluşan iki alternatif kesit hidrolik model deneyleri ile incelenmiştir.

Alternatif kesitler aşağıdaki gibidir:

- 1- koruma tabakası taş ağırlığı: 8-10 ton
koruma tabakası sıra sayısı:3
koruma tabakası eğimi:1/2.5
- 2- koruma tabakası taş ağırlığı: 8-10 ton
koruma tabakası sıra sayısı:2
koruma tabakası eğimi:1/3

5.1. Birinci Alternatif Kesite Yönelik Deneyler

Yukarıdaki bölümde sözü edilen birinci alternatif kesit, dalgakıranın stabilitesi ve dalga aşmasını inceleyebilmek amacıyla, 1/45 ölçeği ile dalga kanalına yerleştirilen mevcut proje kesitinin, Çizim 5.1'de gösterildiği gibi düzenlenmesiyle elde edilmiştir. Düzenleme ile koruma tabakasına bir sıra taş daha eklenerek tabaka sayısı üçe çıkarılırken, yapının üst kotu da 6.5m'ye çıkmıştır. Dolayısıyla kronman da 6.5 m'ye yükseltilmiş ancak diğer boyutları değiştirilmemiştir.

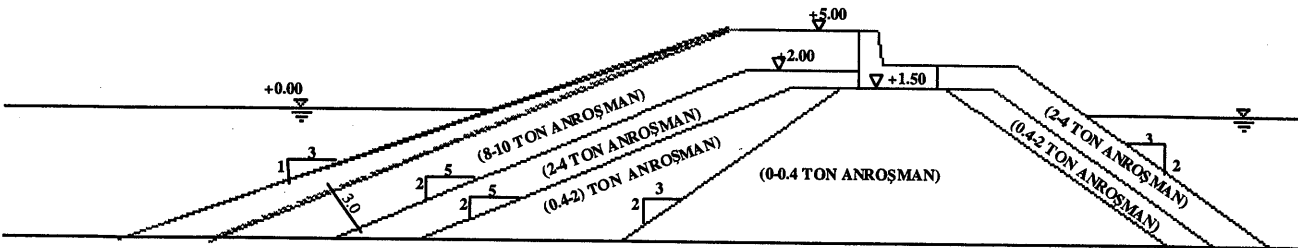


Çizim 5.1. Birinci Alternatif Kesitin Görünüşü (+5 kotu koruma tabakasının proje kesitindeki durumunu, +6.5 kotu alternatif kesitteki durumunu göstermektedir.)

Stabilite deneylerinde hasar oranının, her deney sonunda yer değiştiren taş sayısının, toplam taş sayısına bölünerek bulunması yaygın kullanılan ve önceki proje kesiti ile yapılan deneylerde de uygulanmış bir yöntemdir. Ancak birinci alternatif kesitte koruma tabakası üç sıradan oluştuğundan, taş sayısı proje kesitine göre % 50 dolayında artmıştır. Dolayısıyla aynı miktarda taş yer değiştirse bile toplam taş sayısı artmış olduğundan hasar oranı düşmüş olacak, bu da mevcut ve alternatif kesitin karşılaştırılmasında hataya neden olacaktır. Bu hatayı önlemek amacıyla birinci alternatif kesit için hasar oranı hesaplanırken üstteki iki tabakada bulunan taş sayısı kullanılmıştır. Deneyde kullanılan taş sayısı 941 olmakla birlikte hasar oranı hesaplanmasında dikkate alınan sayı 634'dür.

5.2. İkinci Alternatif Kesite Yönelik Deneyler

İkinci alternatif kesit, birinci alternatif kesitte olduğu gibi, dalga kanalına yerleştirilen mevcut proje kesitinin, Çizim 5.2.'de gösterildiği gibi düzenlenmesiyle elde edilmiştir. Düzenleme, mevcut koruma tabakası eğiminin (1:2.5), taş eklenerek 1:3'e çıkarılmasıdır. İkinci alternatif için kullanılan taş sayısı 937'dir. Sahada dalgakıranın yeniden inşaatı mümkün olamayacağı için, proje değişikliği sözkonusu olduğunda bu değişikliğin mevcut yapı üzerinde yapılacağı gözönüne alınarak böyle bir düzenlemeye gidilmiştir. Ancak bu düzenleme nedeniyle sıra sayısı yapı eğiminin başladığı yerden itibaren zaman zaman üçe çıkmıştır. Bu ise alternatif kesitin karşılaştırılmasında hataya neden olacağı için, birinci alternatifte olduğu gibi, hasar oranının belirlenmesinde, üstteki iki tabakada bulunan taş sayısı kullanılmıştır. Bu sayı 710'dur. Model kesitinin, dalgaölçerlerin ve üreticinin dalga kanalına yerleşimi ve uygulanan topoğrafya ile kullanılan taşların ağırlık dağılımı birinci alternatifte olduğu gibidir.



Çizim 5.2. İkinci Alternatif Kesitin Görünüşü

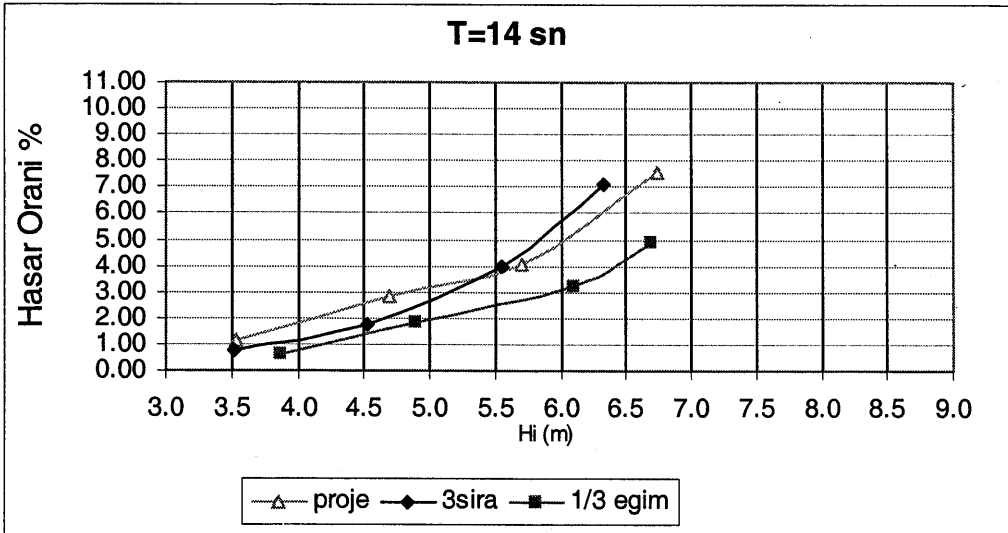
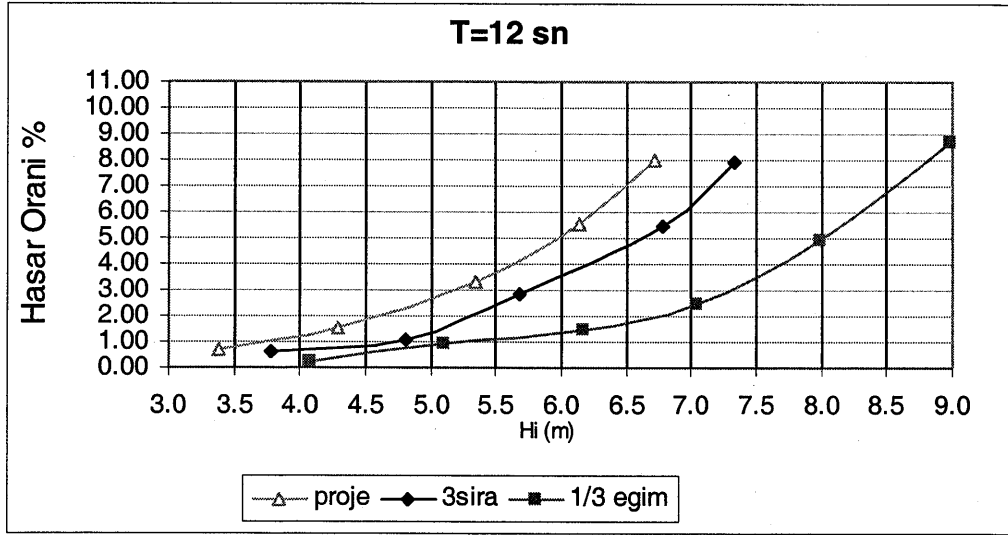
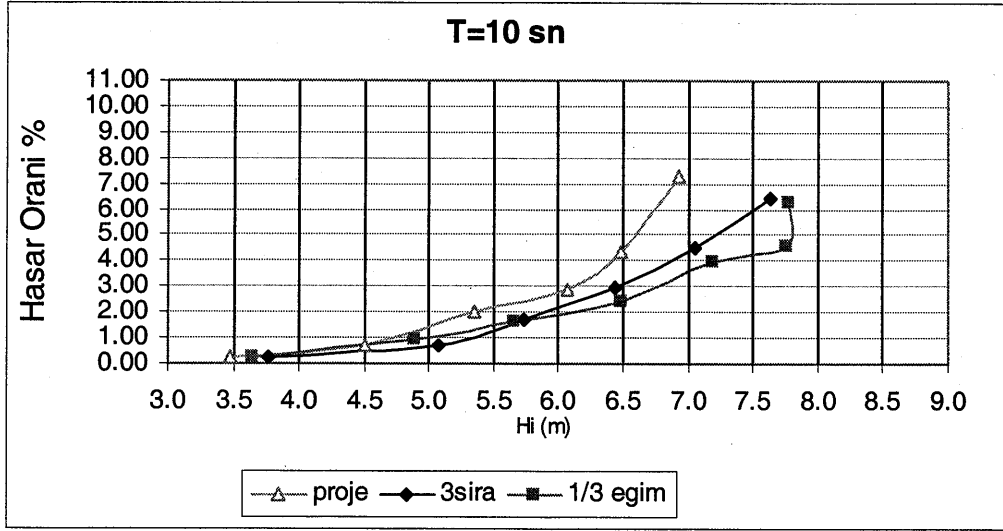
Karşılaştırmanın doğru yapılabilmesi için deney ve dalga koşulları birinci alternatifle aynıdır. Alternatif kesitleri stabilite açısından, birbirleri ve mevcut proje kesitiyle karşılaştırmak amacıyla $T_{1/3} = 10\text{sn}$, 12sn ve 14sn için yapı önündeki dalga yüksekliğine bağlı hasar oranı grafikleri hazırlanarak Çizim 5.3'de sunulmuştur. Hasar oranı, aynı dalga koşulları altında yapılan birbirinin tekrarı her iki deneyde de benzer çıkmış ve bu nedenle sonuçlar ortalama alınarak verilmiştir.

Çizim 5.3'den de görüleceği gibi hasar oranı, proje kesiti ve birinci alternatif kesitte birbirine çok yakın çıkarken, ikinci alternatifte stabilite artmaktadır. Yani koruma tabakasının sıra sayısının ikiden üçe çıkarılması stabiliteyi etkilememekte ancak eğimi artırarak yapının daha yatık hale getirilmesi stabiliteyi arttırmaktadır. Bu sonuç teori ile de uyum göstermektedir. SPM (1984)'e göre koruma tabakası sıra sayısı 3'den büyük olan yapılarda K_d değeri arttırılarak stabilitede %9 ile 11 arasında bir iyileşme öngörülürken, yapı eğiminin 1:2.5'dan 1:3'e çıkması stabiliteyi %17 oranında iyileştirmektedir.

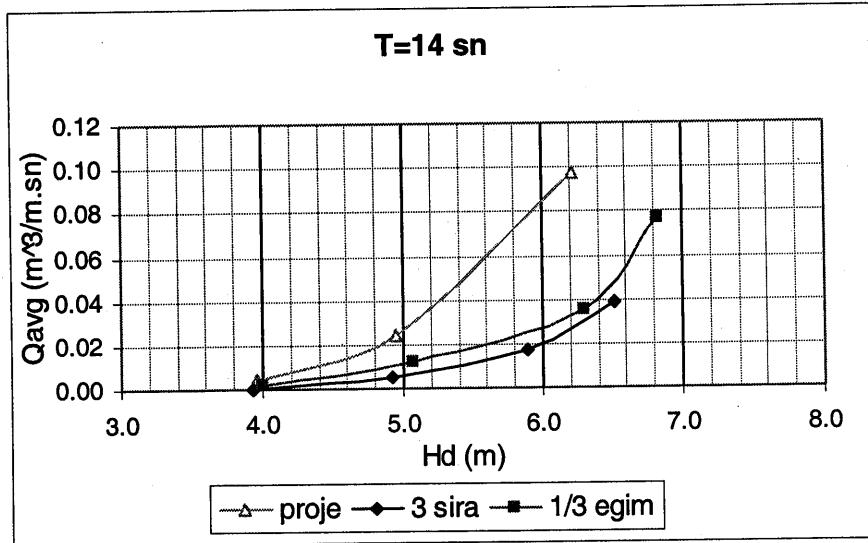
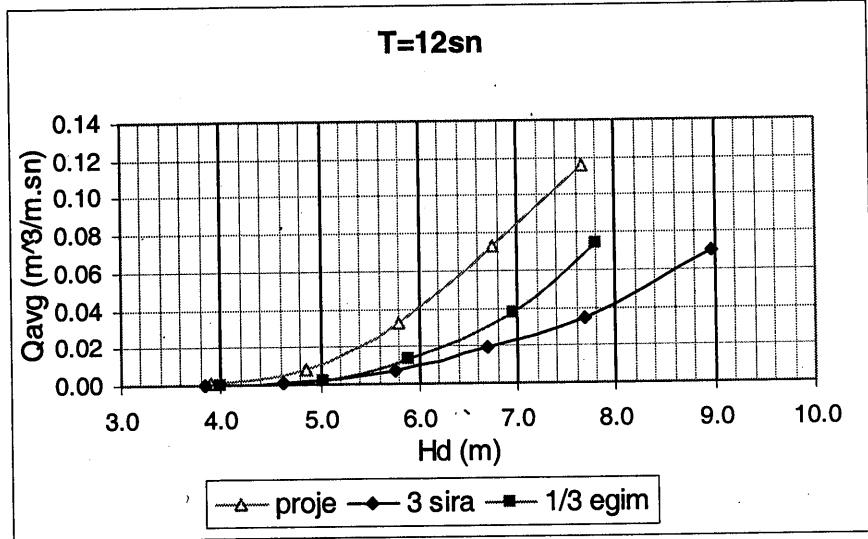
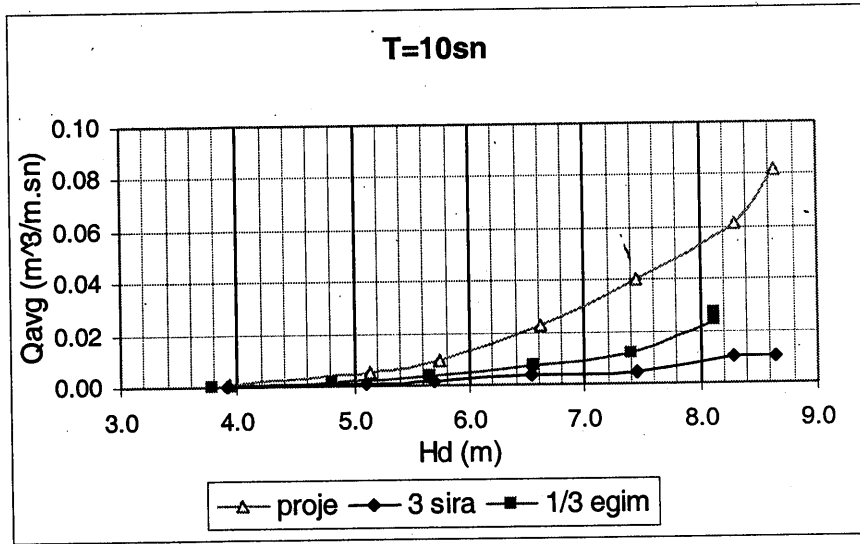
Deney sonuçlarına ve deney sırasındaki gözlemlere göre, birinci alternatif kesit; yalnızca koruma tabakası dikkate alındığında, belirgin dalga yüksekliği $H_{1/3} = 5.8\text{m}$ 'ye kadar, ikinci alternatif kesit ise $H_{1/3} = 6.5\text{m}$ 'ye kadar dengesini koruyabilmektedir. Yani hasar oranı %5'ten küçük kalmaktadır. Ancak, dalgakıranın kıyı tarafının stabilitesi de düşünüldüğünde ikinci alternatifte stabilitenin yeterli olduğu dalga yüksekliği dalga aşmasından dolayı oluşan tehlikeli oyulmalar sonucu $H_{1/3} = 5.6\text{m}$ 'ye kadar düşmektedir. Birinci alternatifte ise sıra sayısı ile birlikte kret kotu ve kronman da yükseldiği için, kıyı tarafı sözü edilen dalga altında ($H_{1/3} = 6.3\text{m}$) hasar görmemektedir. Daha önceki deneylerde olduğu gibi periyot hasar oranını etkilemekte, en fazla hasar $T_{1/3} = 14\text{sn}$ de olmaktadır.

5.3. Dalga Aşması Deneyleri

Proje kesiti için kullanılan aşma düzeneği alternatif kesitler için de kullanılmıştır. Proje kesitinde olduğu gibi deneyler, 150 ve 250 dalga için tekrarlı yapılmış ve deney sonucunda, haznede biriken su miktarı ölçülerek, prototipte, dalgakıranın bir metresinden 1sn içinde aşan su miktarı m^3 cinsinden hesaplanmıştır. Trabzon yat limanının en önemli sorunlarından biri olan dalga aşmasının alternatif kesitler için niceliğinin belirlenmesi ve birbirleri ve mevcut proje kesitiyle karşılaştırmak için $T_{1/3} = 10\text{sn}$, 12sn ve 14sn için yapı önü dalga yüksekliğine (prototip değeri ile) bağlı aşma oranı grafikleri hazırlanarak Çizim 5.4'de sunulmuştur.



Çizim 5.3. Yapı Önündeki Dalga Yüksekliğine Bağlı Hasar Oranı Çizimleri (prototip)



Çizim 5.4. Yapı önündeki Dalga Yüksekliğine Bağlı Aşma Oranı Çizimleri (prototip)

6. SONUÇ

Trabzon Yat Limanı dalgakıranı için proje ve iki alternatif kesit için gerçekleştirilen hasar analizi ve dalga aşmasına yönelik hidrolik model deneylerinden şu sonuçları çıkarmak mümkündür:

- 1- Proje kesiti, tasarımda gözönüne alınan dalga parametreleri karşısında stabilitesini, öngörüldüğü gibi korumakta, dalga aşması miktarı oldukça düşük olup, yapıda herhangi bir olumsuzluk yaratmamaktadır.
- 2- Fırtına sırasında görülen kütle halinde aşma ve hasar, deney koşullarında oluşturulabilmiştir. Yapının kronmansız olması hasarın artmasına neden olmuştur.
- 3- Proje kesiti, inşaatının tamamen bitirilmiş şekliyle; periyot, $T=14$ sn ve belirgin dalga yüksekliği $H_{1/3}=5.5$ m'ye kadar olan dalgalara karşı stabilitesini koruyabilir. Ancak bundan daha yüksek dalgalar koruma tabakasına hasar vermeleri açısından, dalgakıranı tehdit eder özelliktedirler.
- 4- Dalga atlası verilerine göre 50 yıllık tasarım dalgasının $H_{1/3}=6.5$ m, $T_{1/3}=12$ sn ile ifade edilebileceği ve dalgakıran boyunca yapı önündeki maksimum dalga yüksekliğinin 6.2m olduğu gözönüne alınırsa, deniz tarafı koruma tabakasının stabilitesi açısından proje kesitinin önemli bir sorunu olmadığı söylenebilir. Çünkü deney sonuçlarına göre $H_d=6.2$ m ve $T=12$ için hasar %5.5 civarındadır. Ancak aynı dalga değerleri için aşma oranı 60 lt. civarında çıkmaktadır ki deneylerdeki gözlemlere göre sözkonusu oran, iç kısımda ciddi oyulmalara yolaçabilen hatta kronmanın kaymasına neden olabilen bir miktardır. Bu nedenle hasara karşı alınacak önlemlerin belirlenmesinde koruma tabakasının stabilitesi kadar dalga aşmasının da dikkate alınması zorunludur.
- 5- Eğimin arttırılarak yapının daha yatık hale getirildiği ikinci alternatif kesitte stabilite artmakta, koruma tabakası sıra sayısının ikiden üçe çıkarıldığı birinci alternatifte ise proje kesitine göre stabilitede pek fazla bir değişiklik olmamaktadır. Ancak, hasar oranı aynı olsa bile üç sıradan oluşan kesitin göçmeye (filtre ve çekirdek malzemenin ortaya çıkması), iki sıralı kesite göre çok daha uzun sürede veya daha şiddetli dalga durumunda uğrayacağı; yani hasar durumunda onarıma izin vereceği açıktır.

Stabilite için kritik dalga yüksekliği belirlenirken, %5 hasar oranına karşılık gelen dalga yüksekliğinin yanı sıra, hasar oranı eğrisinin dikleşmesi de dikkate alınır. Kesitin deniz tarafının stabilitesi gözetildiğinde, ikinci alternatif kesit $H_{1/3}=6.0$ m, $T_{1/3}=14$ sn 'ye kadar dengesini koruyabilirken, birinci alternatif ve proje kesiti inşaatının tamamen bitirilmiş şekliyle; periyot, $T=14$ sn ve belirgin dalga yüksekliği $H_{1/3}=5.5$ m'ye kadar olan dalgalara karşı stabilitesini koruyabilmektedir. İkinci alternatif kesit, kret kotunun yükseltilmesi durumunda, dalga aşması azalıp kıyı tarafında oyulma önleneceği için, $H_{1/3}=6.6$ m, $T_{1/3}=14$ sn'ye kadar hasarsız sayılabilir. Birinci alternatif için onarım göze alınırsa daha çok hasara izin verilebilir.

Dalga aşması deneylerinde her iki alternatifte de aşma miktarında proje kesitine göre belirgin azalma meydana gelmiştir. Birinci alternatif, ikinci alternatif kesite göre daha az dalganın aşmasına izin vermiştir. Bunun nedeni şüphesiz, birinci alternatifte sıra sayısının

artışı ile birlikte, kret ve kronman kotunun da yükselmesidir. İkinci alternatifte olduğu gibi eğimin artırılarak yapının daha yatık hale getirilmesi, aşma oranını bir miktar düşürmektedir.

- 6- Ülkemizde deniz yapıları genellikle aşmaya izin verilmeyecek şekilde tasarlandığından, dalgakıranlar ve diğer deniz yapıları için aşma kriterleri saptanmamıştır. Oysa gerek stabilite gerekse ekonomi açısından limanların kullanım amaçlarına göre aşma kriterlerinin belirlenmesi ve tasarımlarda bunun dikkate alınması oldukça önem kazanmaktadır.

KAYNAKLAR

- CUR-CIRIA (1991), Manual on The Use of Rock in Coastal And Shoreline Engineering, CIRIA Special Publication 83, CUR Report 154
Ergin, A., Özhan, E., (1986) 15 Deniz Yöresi İçin Dalga Tahminleri ve Tasarım Dalgası Özelliklerinin Belirlenmesi, ODTÜ
Goda, Y., (1985), Random Seas and Maritime Structures, University of Tokyo Press
CERC (1984), Shore Protection Manual, US Army Coastal Eng. Research Center

ABSTRACT

A severe storm hit especially East Black Sea part of Turkey on 19-21th of february, 1999. The storm caused serious damages on many coastal structures at that region. This study covers the damage analysis of Trabzon Yacht Harbour which was under construction during the storm. Stability of the breakwater of the harbour was investigated by means of hydraulic model experiments. Since it is observed from the video films taken during the storm, that the wave overtopping is one of the most important factor threating the breakwater, wave overtopping was also investigated by physical model experiments beside stability experiment of armour layer. Regular and irregular wave experiments were conducted in the wave channel of Port Hydraulic Research Center of Turkish Ministry of Transport.