

KIYI TAHKİMAT YAPILARININ GÜVENİLİRLİĞE DAYALI RİSK MODELİ

Rıfat TÜR* ve Can Elmar BALAS

*İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Akdeniz Üniversitesi, 07058 Antalya
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Maltepe, 06570, Ankara
rifattur@akdeniz.edu.tr, cbalas@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 13.07.2009 ; Kabul/Accepted: 19.02.2010)

ÖZET

Kıyı yapısının güvenilirliği, yapının tasarımında belirlenen işlevleri belirli bir zaman aralığında sürdürmesi ve yapısal dayanımın yük kuvvetleri etkisiyle limit hasar durum değerlerine ulaşmaması esasına dayanmaktadır. Çalışmada, Karadeniz sahil yolunun, Piraziz-Sarp arasındaki kesimde yer alan tahkimat yapılarına, koruyucu tabakanın fiziksel özellikleri ve deniz yöresine ait belirgin dalga yüksekliği (H_s) değeri kullanılarak, rassal tasarım değişkenlerindeki belirsizlikleri olasılık dağılımları yardımıyla örnekleyen güvenilirliğe dayalı risk modeli uygulanmıştır. Tahkimat yapılarının güvenilirliğini etkileyen faktörlerin, koruma tabakası eğimi (θ) ve rölatif taş yoğunluğu (Δ) olduğu belirlenmiş ve yapının ekonomik yaşam ömrü boyunca karşılaşacağı hasar olasılıkları hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Risk modeli, Karadeniz sahil yolu, Tahkimat yapıları.

RELIABILITY-BASED RISK ASSESSMENT OF REVETMENTS

ABSTRACT

Reliability of coastal structure is mainly based on maintaining the specified functions of the structure set during its design for a determined time interval and not reaching to the limit damage condition values due to the loading forces of structural resistance. A reliability based risk model is applied to the revetments located in the region between Piraziz-Sarp of the Black Sea coast highway by sampling the uncertainties of the random design parameters with probability distributions using physical properties of armor layer and significant wave height (H_s) of the study area. It is found that the factors affecting the reliability of the revetments are the armor layer slope ($\cot\theta$) and the relative stone density (Δ). Damage probability of the structure in its economical life is also calculated.

Keywords: Risk model, Black Sea coast highway, Revetments.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kıyı yapısının tasarımı, dayanım ve olası yük değişkenlerine bağlı yoğun belirsizlikleri içerdiklerinden, projelendirmenin risk yönetim modeli ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir [1]. Belirsizliklerin tasarımda göz ardı edilmesi sonucu yapının performansında gözlenecek değişiklikler, yapının risk düzeyini ve güvenilirliğini doğrudan etkilemektedir. Güvenilirlik, yapının ekonomik ömrü süresince beklenen performansı yerine getirebilmesidir ve II. yada III. dereceden istatistiksel yöntemler ile belirlenebilir [2]. Yapıların

deterministik tasarım ile projelendirildiği durumda ise, güvenilirlik emniyet katsayıları ile sağlanmaya çalışılmaktadır. Ancak projelendirme sırasında güvenilirlik seviyesinin tahmin edilebilmesi için, yük ve dayanım değişkenlerine ait belirsizliklerin de dikkate alındığı istatistiksel yöntemlerden yararlanılması zorunludur. Malzeme açısından ekonomik olmaları nedeniyle uygulamada yaygın olarak tercih edilen kıyı koruma yapıları taş dolgu tahkimatlardır [3]. Yüksek maliyetli olan bu yapıların tasarım aşamasında dikkate alınan en önemli hasar modu koruyucu tabakanın yıkılmasıdır.

Monte Carlo Benzeşimi (MCB) göz önüne alınan değişkenlerin olasılık dağılımlarına, istatistik parametrelerine bağlı rassal bir örnekleme modelidir ve karmaşık problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılan etkin tekniklerden biri konumundadır. Bu yaklaşım rassal örnekleme üzerine kurulduğu için belirlenen yıkılma olasılıkları da rassal değişkenlerdir ve bu nedenle yıkılma olasılıkları aralık tahminleri olarak verilmektedir.

Modelde rassal değişkenlerdeki belirsizlikler, olasılık dağılımları yardımıyla modellenmektedir. Kıyı yapısının en uygun tasarım değeri, belirli bir zaman aralığında dalga kuvvetlerinin etkisiyle oluşan hasar düzeyinin aşılma olasılığı belirlenerek bulunmaktadır.

Modelde, Karadeniz sahil yolunun Piraziz-Sarp arasında uygulanan tahkimat yapılarının dayanım ve yük parametreleri rassal olarak tanımlanmış ve yapının güvenilirliği, limit durum uzayında olasılık dağılımları ile ifade edilmiştir [4]. Ayrıca modelin uygulanma aşamasında, tasarımda göz önüne alınması gereken belirsizlik kaynaklarından en önemlileri olan deniz yöresine ait H_s ve belirgin dalga periyodu (T_s) değerlendirilmiş ve kıyı koşulları gözetilerek yapı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2. GÜVENİLİRLİK MODELİ (RELIABILITY MODEL)

Tahkimatların yapısal risk değerlendirmesinde yaygın olarak, Uluslararası Navigasyon Kongresi Örgütü Sürekli Sekreteryası (PIANC, Permanent International Association of Navigation Congress) tarafından öngörülen kısmi katsayı sistemi kullanılmaktadır [5, 6]. Bu sistemde, Birinci-Mertebe İkinci-Moment (BMİM), Hudson limit durum fonksiyonu kullanılarak uygulanmıştır. BMİM yaklaşımında, limit durum yüzeyinin lineerize edilmesi ile genellikle beklenen sonuçlar elde edilmektedir. Kıyı yapılarının risk seviyelerini karşılaştırmak için genellikle ikinci derece güvenilirlik indeksi kullanılmaktadır [7-10]. Goda ve Takagi [11], MCB kullanarak, keson dalgakıranların kayma hasar modu için güvenilirlik dizayn metodunu geliştirmişlerdir.

Kıyı yapılarının güvenilirliği, yapıya etkiyen yük kuvvetleri ile yapısal dayanımın ortak bir fonksiyonudur. Modelde, kıyı yapısının yıkılma biçimleri için, limit durum fonksiyonları $g(X)=g(X_1, X_2, \dots, X_n)$ şeklinde tanımlanmaktadır. Limit durum, yapının tasarımda belirlenen işlevlerini yürütmeyecek duruma gelmesi olarak tanımlanabilir. Limit durum fonksiyonunun rassal dayanım ve yük değişkenleri $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ temel değişkenler vektörünü oluşturmaktadır. Limit durum, temel değişkenler uzayını iki bölgeye ayıran bir yıkılma yüzeyidir ve Eşitlik 1'deki gibi gösterilebilir.

$$g(\bar{X}) = g(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad (1)$$

Temel değişkenler uzayında limit durum yüzeyinin oluşturduğu bölgeler, güvenilir bölge ($g>0$) ve yıkılma bölgesi ($g\leq 0$) olarak tanımlanmaktadır. Bu durumda, yapının yıkılma olasılığı (P_f) Eşitlik 2'de olduğu gibi belirlenebilir:

$$P_f = \iiint_{g\leq 0} \dots \int f_{x_1, \dots, x_n}(x_1, \dots, x_n) dx_1, \dots, dx_n \quad (2)$$

Eşitlik 2'de, $f_{xi}(x_i)$: temel değişkenleri ortak yoğunluk fonksiyonudur. Yapının güvenilirliği ise, sağlam kalma olasılığı (P_s), $P_s=1-P_f$ şeklinde tanımlanır.

Yapısal güvenilirlik modelinde, belirsizliklerin güvenilirliğe etkisi, Birinci-Mertebe İkinci-Moment (BMİM) yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir [12]. BMİM yönteminde, karşılaşılan belirsizliklerin nicel olarak modele dahil edilmesi, veri dağılımının boyutsuz bir ölçüsü olan değişkenlik katsayısı (δ) kullanılarak sağlanmıştır. Değişkenlik katsayısı, standart sapmanın (σ), ortalama değere (μ) olan oranıdır. Rassal temel değişkenlere standart sapmaya göre simetri kazandırılmış ve değişken değiştirme işlemi uygulanmıştır.

$$Z_i = \frac{X_i - \mu_{xi}}{\sigma_{xi}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

İşlem sonucunda oluşan yeni temel değişken, Z_i olarak gösterilmiş, limit durum fonksiyonu, Eşitlik 3 kullanılarak tekrar yazılarak Eşitlik 4 elde edilmiştir.

$$g(\sigma_{xi} Z_i + \mu_{xi}, \dots, \sigma_{xn} Z_n + \mu_{xn}) = 0 \quad (4)$$

Yıkılma yüzeyinin, yeni koordinat sisteminin başlangıç noktasına olan en yakın uzaklığına güvenilirlik dizini (β), en yakın noktasına da tasarım noktası (D) adı verilir ve $D=(z_1^*, z_2^*, \dots, z_n^*)$ olarak gösterilir. Burada, z_i^* tasarım noktasının koordinatlarıdır ve Langrange fonksiyonunun en düşük değerinin hesaplanmasıyla bulunmuştur. β 'da, aynı yöntemle hesaplanmıştır:

$$\beta = \frac{-\sum_{i=1}^n z_i^* \left(\frac{\partial g}{\partial Z_i} \right)^*}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial g}{\partial Z_i} \right)^2}} \quad (5)$$

Eşitlik 5'de;

g : Yeni temel değişkenlerden oluşan limit durum fonksiyonu gZ ,

$\left(\frac{\partial g}{\partial Z_i} \right)^*$: Limit durum fonksiyonunun tasarım

noktasında hesaplanan kısmi türevidir.

Güvenilirlik dizininin hesabında, normal dağılımın dışındaki dağılımlara sahip temel değişkenlere, Rosenblatt değişimleri [13] uygulanmıştır. Yıkılma olasılığı, ortalama değer etrafında σ kesilerek sınırlandırılmış normal olasılık dağılımının değeri olarak hesaplanmıştır. Güvenilirliğe dayalı risk modelinde, Türkiye koşullarında meteoroloji istasyonlarına göre değişkenlik gösteren yük parametrelerinin hesaba katılması, onarım ile yatırım maliyetlerinin daha gerçekçi olarak hesaplanmasını sağlayacak ve riskin onarım maliyeti üzerindeki etkisinin tasarımda daha düşük yatırım sağlayacak şekilde göz önüne alınmasını imkân verecektir.

3. LİMİT DURUM FONKSİYONLARI (LIMIT STATE FUNCTIONS)

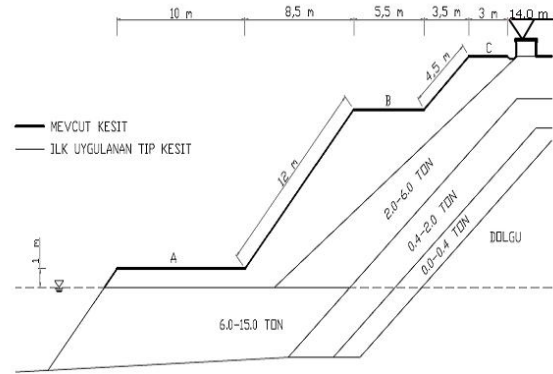
Güvenilirlik modelinde, limit durum fonksiyonları, taş dolgu dalgakıranların tasarımında yaygın olarak kullanılan Hudson ve Van der Meer [14, 15] denklemlerinden elde edilmektedir. Bu denklemler, içerdikleri rassal değişkenlerin ortalama değerlerini kullanmakta, dağılımlarını yansıtmamaktadır. Önerilen güvenilirlik modelinde, denklemlerin elde edildikleri deney verilerinin dağılımı, belirsizlik değişkenleri ile ifade edilmektedir. Bu değişkenler, limit durum fonksiyonlarının güvenilirliğini belirleyen temel rassal değişkenlerdir. Modelde, bütün rassal değişkenler, belirsizlik kaynaklarının incelenmesiyle elde edilen değişkenlik katsayısı, standart sapma ve ortalama değer gibi istatistiksel parametrelerin belirlediği olasılık dağılımları ile modellenmektedir. Tablo 1’de Hudson ve Van der Meer denklemleri ve limit durum fonksiyonları verilmiştir [16, 17]. Van der Meer denklemleri dalga periyodu etkisini hesaba katan ve dalga kırılma tiplerini yapının koruma tabakası üzerinde irdeleyen bir yapıya sahiptir. Ayrıca yapının geçirimsizliği de bu denklemlerde hesaba katılmaktadır. Hudson denklemi ise uzun yıllar prototip gözlemleri ile doğrulanmış olup dalga kırılmasını dalga kıran topuğunda göz önüne almaktadır.

4. KARADENİZ SAHİL YOLU UYGULAMASI (APPLICATION TO BLACK SEA COAST HIGHWAY)

Taş dolgu dalgakıranlar için “limit durum” belirlenen bir hasar seviyesinin yapının tümüyle yıkılmasına neden olmayacak, ancak performansını yerine getiremeyecek şekilde aşılması hali olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada, BMİM yaklaşımıyla güvenilirlik indeksi, Karadeniz sahil yolunun, Piraziz-Sarp arasında inşa edilen tahkimat yapılarının en kesitleri dikkate alınarak tahmin edilmiştir. Şekil 1’de tahkimat yapılarının ilk uygulama ve hali hazırda kullanımda olan yapılara ait en kesit projeleri görülmektedir. Hesaplar mevcut en kesitlere göre yapılmıştır.

Tablo 1. Hudson ve Van der Meer denklemleri ve limit durum fonksiyonları (Hudson and Van der Meer equations and limit state functions)

Hudson	Denk.	$H_s / (\Delta D_{n50}) = (K_D \cot \theta)^{1/3}$
	Limit Durum Fonk.	$g_1 = \Delta D_{n50} (K_D \cot \theta)^{1/3} - H_s$
Van der Meer (Sıçrayarak kırılma için)	Denk.	$H_s / (\Delta D_{n50}) = 6.2 P^{0.18} \xi_m^{-1/2} (S / (N^{0.5}))^{1/5}$
	Limit Durum Fonk.	$g_2 = Y_2 S^{0.2} P^{0.18} \cot \theta^{0.5} \Delta D_{n50} - H_s \left(\frac{H_s}{L_z} \right)^{-0.25} N^{0.1}$
Van der Meer (Yansıyarak kırılma için)	Denk.	$H_s / (\Delta D_{n50}) = 1.0 P^{-0.13} \xi_m^P (\cot \theta)^{1/2} (S / (N^{0.5}))^{1/5}$
	Limit Durum Fonk.	$g_3 = Y_3 S^{0.2} P^{-0.13} \cot \theta^{(0.5-P)} \Delta D_{n50} - H_s \left(\frac{H_s}{L_z} \right)^{0.5P} N^{0.1}$



Modelde, $H_s=5,80$ m ve $H_s=7,50$ m değerleri ile çalışılmıştır [18,19]. Modelde, Piraziz-Sarp arasında inşası bitmiş ve şu anda kullanımda olan tahkimat yapıları için iki farklı durum dikkate alınarak, yapıların güvenilirliğe dayalı risk analizleri yapılmıştır. İstatistiksel olarak aşağıdaki grafikte modelde kullanılan H_s değerleri ve karşılık gelen T_s değerleri yörelin dalga iklimi bazında tanımlanmakta T_s değerleri ortalama yöre dikliği olarak tanımlanmaktadır [19].

Hudson denklemi 1953 yılından bu yana prototip koşullarında doğrulanmış bir denklem olup Karadeniz sahil yolunun deterministik tasarımı Hudson denklemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Limit durum için yıkılma fonksiyonu Hudson eşitliğine bağlı olarak Eşitlik 6’da tanımlanmıştır.

$$g = \Delta D_{n50} (K_D \cot \theta)^{1/3} - H_s \quad (6)$$

Limit durum fonksiyonu ve kullanılan parametreler sırasıyla;

- g : limit durum fonksiyonu
 Δ : koruma tabakasına ait rölatif taş yoğunluğu ($S_r = \delta_r/\delta_w$)
 D_{n50} : koruma tabakasının nominal taş çapı
 K_D : hasar seviyesine bağlı boyutsuz stabilite katsayısı
 $\cot \theta$: koruma tabakasının eğimi
 H_s : yapının topuğundan itibaren belirgin dalga yüksekliğidir.

Tablo 2. Farklı durum tipleri (Different case types)

Tasarım Değişkenleri	Durum-I	Durum-II
Δ	1,40	1,40
D_{n50} (m)	2,12	2,12
K_D	4,5	4,5
$\cot \theta$	1	1
H_s , (m)	5,80	7,50

Tablo 2’de analiz edilen durumlara ait tasarım değişkenleri görülmektedir. D_{n50} , değeri sahada yapılan farklı ölçümlerden elde edilmiş olan ortalama değerdir ve bu değer 2,1 m olarak belirlenmiştir.

Yapı için en kritik durumu oluşturan yapı üzerinde kırılma tipi olan, kırılan dalga (breaking waves) sınırı, kırılmanın olduğu derinlik, kırılma anındaki dalga yüksekliği ve dalganın yapı üzerinde tırmanma miktarı belirlenmiştir [20].

Yapıların, koruma tabakası şev eğimi açısı $\theta = 45^\circ$ alınarak model geliştirilmiştir. Tahkimat yapısı, $HS=0(0-5)$ hasar seviyesi (Hudson hasarsızlık seviyesi kriteri) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Taş yoğunluğu azalması durumunda hasar seviyesi artacağından hesaplarda $2,4 \text{ t/m}^3$ yoğunluğa sahip kayalar kullanılmıştır.

Çalışmada, yapıların limit durumdaki güvenilirliği, n-boyutlu limit durum uzayında koordinat sisteminin merkezinden yıkılma yüzeyi üzerindeki tasarım noktasına olan en kısa uzaklık ile tanımlanmıştır. Model, H_s ’i hesaba katarken, güvenilirlik analizini dalga yüksekliğini rassal olarak yapının topuğuna eriştiği zaman yürütmektedir. Tasarımda kullanılan rassal değişkenler, bu çalışmada olasılık dağılımları ile modellenmiştir. Tablo 3’de görüldüğü gibi H_s için

Tablo 3. Güvenilirlik modelinde kullanılan dağılım tipleri ve parametreleri (Distribution types and parameters which are used on the reliability model)

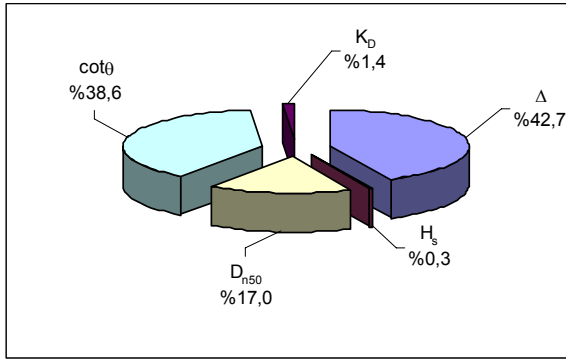
Limit Durum Parametreleri	Olasılık Dağılımı Tipi	Durum-I	Durum-II
Δ	Normal	$\mu =1,40$ $\sigma =0,16$	$\mu =1,40$ $\sigma =0,16$
D_{n50} (m)	Normal	$\mu =2,12$ $\sigma =0,15$	$\mu =2,12$ $\sigma =0,15$
K_D	Normal	$\mu =4,50$ $\sigma =0,30$	$\mu =4,50$ $\sigma =0,30$
$\cot \theta$	Normal	$\mu =1,00$ $\sigma =0,30$	$\mu =1,00$ $\sigma =0,30$
H_s (m)	Weibull	$\mu =5,80$ $a = 2,00$ $b = 0,10$	$\mu =7,50$ $a = 2,00$ $b = 0,10$

Weibull dağılımı [21], diğer parametreler için normal dağılım kullanılmıştır.

Tahkimat yapılarının stabilitesini etkileyen taş ağırlığı (W_{50}) hesabında yer alan parametrelere bağlı olarak bir risk analiz yöntemi olan MCB uygulamasına gidilmiştir. Risk tahmininde rassal olarak her değişken için 30 000 defa tekrar eden benzeşimler uygulanmıştır. Benzeşim yapının yıllara bağlı hasar düzeylerini belirlenmiştir. Limit durum benzeşimlerinin Intel Pentium M işlemcili dizüstü bilgisayardaki Merkezi İşlem Merkezi (CPU) süresi, 30000 rassal denemedeki kabul edilebilir $\varepsilon =\%1$ ’lik ortalama hata yüzdesi için 37 saniyedir. Yüksek sayıdaki benzeşimlerin, dizüstü bilgisayarda oldukça kısa bir sürede gerçekleştirilmesi, uygulanan yöntemin uygulamada kolaylıkla kullanılabileceğini göstermektedir.

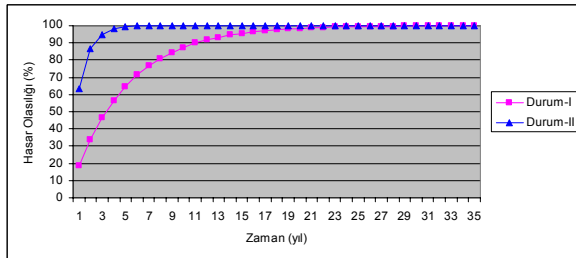
Şekil 2’de limit durum için tasarım değişkenlerinin dağılımlarına bakıldığında Δ ve $\cot \theta$ parametrelerinin etkin olduğu görülmektedir. Modelde, gerek $H_s=5,80$ m dalga yüksekliğinin dikkate alındığı Durum-I, gerekse $H_s=7,50$ m dalga yüksekliğinin dikkate alındığı Durum-II için Δ ve $\cot \theta$ parametreleri birbirlerine yakın değerler almaktadır. Limit durum için D_{n50} üçüncü etkin parametre olduğu, ayrıca K_D ve H_s ’in etkin parametreler olmadığı belirlenmiştir.

Şekil 3’de iki farklı durum için $HS=0(0-5)$ hasar durumu için elde edilen değerler görülmektedir. Tahkimat yapılarının, Durum-I için öngörülen hasar seviyesini aşılma olasılığının 10 yıl sonra $\% 90$ ’nın üzerine çıktığı görülmektedir. Durum-II’de ise yapının $HS=0(0-5)$ hasar düzeyinin limit seviyesine ($\% 100$ olasılığa) 5 yıl içinde ulaşacağı belirlenmiştir.



Şekil 2. Tasarım değişkenlerinin limit durum dağılımları (Limit state distributions of design variables)

Modellenen durumlar dikkate alındığında, Piraziz-Sarp arasında inşası bitmiş tahkimat yapılarının 5-20 yıl içerisinde $HS=0-5$ hasar seviyesine ulaşma olasılıkları % 100 civarındadır.



Şekil 3. Durum-I ve II için $HS=0-5$ hasar seviyesinin kümülatif aşılma olasılığı (Cumulative exceedance of $HS=0-5$ damage level probability for Case-I and II)

Şekil 3'de görüldüğü üzere zaman arttıkça hasar görme olasılığı artmaktadır. Hasar olasılığının yapının ekonomik ömrü içinde optimum olarak seçilme ölçütü değişik hasar seviyeleri için nominal taş çapı grafiklerinde yatırım maliyeti ve onarım maliyetinin optimize edildiği noktadır.

5. SONUÇLAR (RESULTS)

Kıyı mühendisliği projeleri, tasarımdaki belirsizliklerin ve yapım aşamasında ve sonrasında hasar riskinin oldukça yüksek olduğu pahalı yatırımlardır. Tahkimat yapılarında güvenilirlik analizi, yapının ekonomik ömrü içinde hasar riskinin saptanmasında temel oluşturmakta ve zaman, maliyet ve risk bilgilerinin bir bütün olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır. Güvenilirlik modeli farklı hasar seviyelerini ve yıkılma biçimlerini göz önüne alarak yapının, yatırım-onarım maliyeti optimizasyonu ile projelendirilmesini sağlamaktadır.

Sunulan modelde, rassal yük ve dayanım değişkenleri korelasyonlu olasılık dağılımları ile modellenmiş ve Karadeniz sahil yolunun Piraziz-Sarp arasındaki tahkimat yapılarının güvenilirliği, tasarım noktasında yıkım yüzeyi ile eş eğriliğe sahip ikinci dereceden

polinomların kullanıldığı BMİM ve MCB ile hesaplanmıştır.

Güvenirliğe dayalı risk modelinin uygulanmasındaki temel amaç, belirlemci metodun yük parametrelerindeki değişkenliği hesaba katmaması ve ekonomik olmayan sonuçlar vermesidir.

Çalışma sonucunda, Karadeniz sahil yolu kapsamında, Piraziz-Sarp deniz yöresi arasında yapılmış olan tahkimat yapılarının ekonomik ömrü dolmadan öngörülen hasar düzeyini $HS = 0-5$ aşacağı belirlenmiştir. Yerinde yapılan incelemeler sonucunda, bölgedeki tahkimat yapılarında modelden elde edilen sonuçları destekleyen yönde hasarların oluştuğu ve yer yer yıkılmaların da meydana geldiği gözlenmiştir ve Aralık 1992 fırtınasında Hopa-Sarp yolunda 12 m'yi bulan dalga tırmanmasının yaşandığı ve bir takım maddi hasarların oluştuğu belirlenmiştir [22].

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmadaki değerli katkılarından dolayı Prof.Dr. Ayşen ERGİN, Prof.Dr. Ahmet Cevdet YALÇINER ve Prof.Dr. Hızır ÖNSOY'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Balas, C.E., Hapoğlu, H., "Risk Management of Breakwaters: A Case Study of Finike Yacht Harbor", Proceedings of **Ocean Cities' 95 Conference**, Cilt 1, 317-320, 20-23 Kasım, Monaco, 1995.
2. Balas, C.E., Ergin, A., Yüçemen, S.M., "Comparison of the Reliability-Based and Deterministic design procedures for Rubble Mound Breakwaters", **Proceedings of the Second International conference on the Mediterranean Coastal Environment (MEDCOAST 95)**, Cilt 3, 1767-1782, 24-27 Kasım, Spain, 1995.
3. Ergin, A., Balas, C.E., "Implementation of a Reliability-Based Design Model in Turkey", **Proceedings of the 17th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, OMAE Elektronik kitap Proceedings on CD-ROM, No 98-1351, 5-9 Temmuz**, Portugal, 1998.
4. Williams, A.T., Davies, P., Ergin, A., Balas, C.E., "Coastal Recession and the Reliability of Planned Responses: Colhuw Beach, The Glamorgan Heritage Coast, Wales, UK", **Journal of Coastal Research**, Coastal Education and Research Foundation (CERF), Cilt SI-26, 72-79, 1998.
5. Burcharth, H.F., "Development of a Partial Coefficient Systems fort he design of Rubble Mound Breakwaters", **Rep. Of the Permanent International association of Navigation Congress**, Working Group 12 of Permanent

- Technical Committee II, sub-group F, Bruxelles, Belgium, 1991.
6. Burcharth, H.F., "Introduction of Partial Coefficient in the Design of Rubble Mound Breakwaters", **Proc. Conf. On Coastal Structures and Breakwaters, Institution of Civil Engineers**, Thomas Telford, London, 1991.
 7. Christiani, E., Burcharth, H.F., Sorensen, J.D., "Reliability Based Optimal Design of Vertical Breakwaters Modeled as a Series Systems of Failure", **Proc. Int. Conf. On Coastal Engineering**, ASCE, New York, 1996.
 8. Oumeraci, H., Kortenhaus, A., "Probabilistic Design Tools for Vertical Breakwaters (PROVERBS)", **MAST Days and EUROMAR Market Project Rep. Commission of the European Communities**, Lisbon, Portugal, 1998.
 9. Burcharth, H.F., Sorensen, J.D., "Design of Vertical Wall Caisson Breakwater Using Partial Safety Factors", **Proc. 20th Int. Conf. On Coastal Engineering (ICCE)**, ASCE, Reston, Va., 1998.
 10. Burcharth, H.F., Sorensen, J.D., "The PIANC Safety Factor Systems for Breakwaters", **Proc. Coastal Structures '99**, Balkemare, Spain, 1999.
 11. Goda Y., Takagi, H., "A Reliability Design Method of Caisson Breakwaters with Optimal Wave Heights", **Coastal Eng. J.**, Cilt 42 No 4, 357-387, 2000.
 12. Hasofer, A., Lind, N.C., "Exact and Invariant Second-Moment Code Format", **Journal of Engineering Mechanics**, ASCE, Cilt 100, No 1, 11-121, 1974.
 13. Rosenblatt, M., "Remarks on a Multivariate Transformation", **Annals of Mathematics**, Cilt 23, No 3, 470-472, 1952.
 14. Hudson, R.Y., "Wave Forces on Breakwaters", **Transactions of the American Society of Civil Engineers**, ASCE, Cilt 11, 653, 1953.
 15. Van der Meer, J.W., "Deterministic and Probabilistic Design of Breakwater Armour Layers", **Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering**, ASCE, Cilt 114, No1, 66-80, 1988.
 16. Balas C.E., Ergin, A., "Reliability-Based Risk Assessment in Coastal Projects: Case Study in Turkey", **Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering**, ASCE, Cilt 128, No 3, 52-61, 2002.
 17. Balas C.E., Balas, L., "Risk Assessment of some Revetments in Southwest Wales, United Kingdom", **Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering**, ASCE, Cilt 128, No 5, 216-223, 2002.
 18. Ergin, A., Özhan, E., **15 Deniz Yöresi İçin Dalga Tahminleri ve Tasarım Dalgası Özelliklerinin Belirlenmesi**, ODTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kıyı ve Liman Mühendisliği Araştırma Merkezi, 1986.
 19. Özhan, E., Abdalla, S., **Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası**, Kıyı Alanları Yönetimi Türk Milli Komitesi, MEDCOAST, Ankara, 2002.
 20. Coastal Engineering Manual, <http://chl.erd.c.usace.army.mil/cem>, 2009.
 21. Weibull, W., "A Statistical Distribution Function of Wide Applicability", **Journal of Applied Mechanics-Transactions of The ASME**, Cilt: 18, No: 293, 1951.
 22. Doğu Karadeniz Sahil Yolu Kıyı Koruma Yapıları ve Balıkçı Barınaklarının Projelendirme ve Uygulamalarının Teknik İnceleme ve Değerlendirilmesi, **Teknik Rapor**, Gazi Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi,