

VII. OTURUM



KOMPOZİT DALGAKIRAN ÜZERİNDE DALGA KIRILMASI

M.Sami AKÖZ

Arş. Gör. Dr.

Ç.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü

Adana, Türkiye

M.Salih KIRKGÖZ

Prof. Dr.

Ç.Ü. İnşaat Mühendisliği Bölümü

Adana, Türkiye

ÖZET

Dalgakıranlar dalga etkilerine karşı kıyıyı korumak, liman veya yaklaşım kanalında dalga etkilerini yok ederek veya minimuma indirerek gemilerin rahat hareket edebilmelerini sağlamak amacıyla inşaa edilirler. Kıyı yapıları ve dalgakıranlara gelen kuvvetlerin bulunmasında dolayısıyla bu yapıların tasarımında, yapı üzerinde dalga kırılmasının ve kırılma anındaki dalga özelliklerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesinin önemi büyüktür.

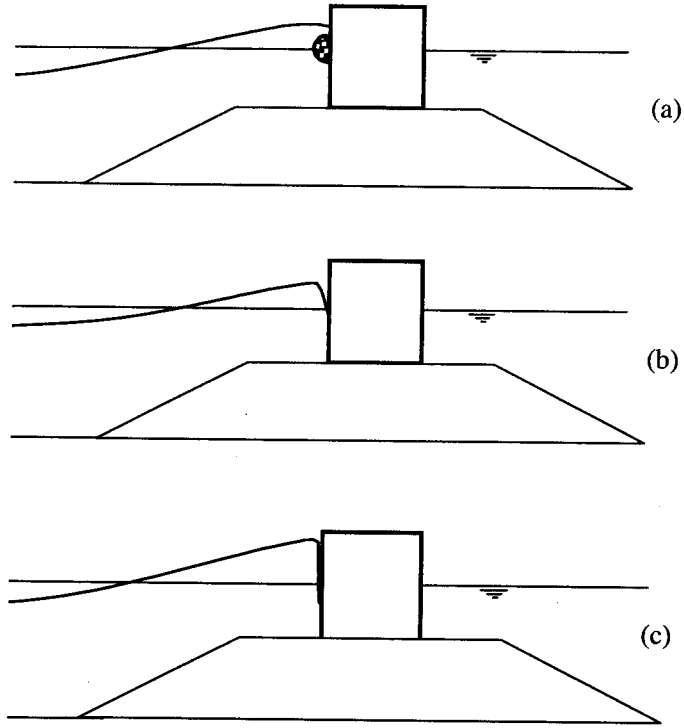
Bu çalışmada, laboratuvar dalga kanalında modellenen kompozit bir dalgakıran üzerinde meydana gelen tam kırılma olayı incelenmiştir. Derin-su dalga dikliği 0.088-0.127 ve dalga periyodu 0.67s-0.90s arasında değişen düzenli dalgalarla yapılan deneylerde 1/6, 1/4 ve 1/2 dalgakıran ön eğimleri kullanılarak değişik palye genişliklerinde oluşan tam kırılmanın geometrik özellikleri ve kırılmaya etki eden parametreler araştırılmıştır.

GİRİŞ

Dalgalar çok çeşitli etkiler sonucu kırılmaya maruz kalabilirler. Sığlaşan suda dalga kırılması meydana gelebileceği gibi üniform derinlikte de dalga kırılması meydana gelebilir. Kıyı mühendisliğinde sığlaşma ile meydana gelen dalga kırılmasının kıyı yapılarına olan etkileri daha çok önem kazanmaktadır.

Kırılmanın sınıflandırılması amacına yönelik önceki çalışmalar, genellikle ya düzlem tabanlı bir kıyı profili üzerinde yada eğimli kıyı yapıları üzerindeki serbest dalga kırılmasının sınıflandırılması amacıyla yapılmıştır [1,2]. Böyle durumlarda açık deniz veya kıyı şartları için çıkarılmış parametreler, kırılma tiplerini uygun biçimde sınıflandırabilmektedir. Bununla birlikte düşey veya düşeye yakın yapılarda olduğu gibi yüksek dereceden yansıtma özelliğine sahip engeller olması durumunda bu tip parametrelerin kullanılmasıyla yapılan dalga kırılması sınıflandırmalarının uygun olmadığı görülmüştür [3]. Gerçekte kırılmanın başlangıcı, gelen dalga ile yansıyan dalga arasındaki faz farkına bağlı olarak hızlanabilir, gecikebilir yada ertelenebilir [3]. Buna ilave olarak yüksek dereceden bir yansıma, kırılmanın karakterini de etkileyebilir.

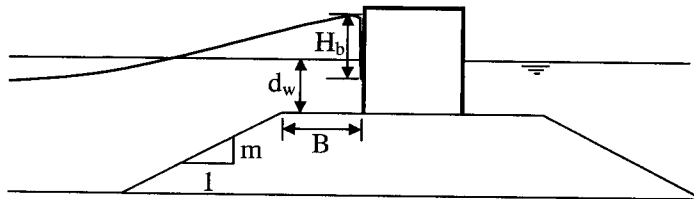
Şekil 1 de görüldüğü gibi düşey duvarlı bir kıyı yapısı üzerinde sıçrayarak dalga kırılmasını üç şekilde sınıflandırmak mümkündür: erken kırılma, geç kırılma ve tam kırılma [4]. Şekil 1c de görüldüğü gibi kırılan bir dalganın, ön yüzü düşey olarak düşey bir duvara çarpması halinde en şiddetli çarpma basınçlarının olduğu tam kırılma olayı gerçekleşir. İki paralel yüzeyin-su ve rijit duvar-birbirlerine çarpması, tüm arakesit üzerinde hemen hemen aynı anda oluşan çarpma basınçlarının doğmasına sebep olur.



Şekil 1 Yapı üzerinde erken, geç ve tam kırılma

AMAÇ

Bu çalışmada, laboratuvar dalga kanalında modellenen kompozit bir dalgakıran üzerinde meydana gelen tam kırılma olayı incelenmiştir. $m=1/6$, $1/4$ ve $1/2$ dalgakıran ön eğimleri kullanılarak 0-0.40m arasında değişen palye genişliklerinde (B) oluşan tam kırılmanın geometrik özellikleri ve kırılmaya etki eden parametreler araştırılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2 Yapı üzerinde tam kırılma

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kıyı akımlarının ve sediment taşınımının tahmininde olduğu gibi kıyı yapıları ve dalgakıranlara gelen kuvvetlerin bulunmasında ve bu yapıların projelendirilmesinde de dalga kırılmasının ve kırılma özelliklerinin doğru bir şekilde tahmin edilmesinin önemi büyüktür. Bu amaçla birçok araştırmacı bu konuyla ilgili olarak değişik çalışmalar yapmışlar, kıyı yapıları ve dalgakıran tasarımı ile ilgili yaklaşımlar sunmuşlardır.

Nagai [5,6], kompozit dalgakıran tasarımında rol oynayan, maksimum basıncı etkileyen faktörleri aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- d/d_1 ve d/H oranları
- Palye genişliği (B) ve temel yüksekliği (h_d)
- Dalga dikliği (H/L)

Burada d , duvar önündeki su derinliği; d_1 , eğimli tabanın önündeki su derinliği; ve H , dalga yüksekliğidir.

Kırkgöz [7], laboratuvarında yaptığı deneysel çalışmalardan elde ettiği bulgulara göre, verilen herhangi dalga şartlarında yapı üzerinde tam dalga kırılmasının meydana geldiği ve bunun sonucunda çarpma basınçlarının maksimuma ulaştığı bir su derinliğinin, d_{wm} , olduğunu belirtmiştir. Kırkgöz, sabit eğimli bir kıyı üzerinde serbest olarak ilerleyen dalgaların ön yüzünün düşey duruma geldiği su derinliği, d_b , ile d_{wm} arasında farklılıklar gözlemlemiş ve d_b ile d_{wm} arasındaki ilişkiyi aşağıdaki şekilde vermiştir:

$$\frac{d_{wm}}{d_b} = 1 - 0.3 \tanh(20 H_0/L_0) \quad (1)$$

Oumeraci ve Partenscky [3], 1/20 eğimli taban üzerine oturtulan yapı üzerinde meydana gelen dalga kırılmasını sınıflandırmak ve kırılan dalganın şekli ile çarpma basınçları arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla düzenli ve düzensiz dalgalarla deneysel çalışmalar yapmışlardır. Oumeraci ve Partenscky, çarpma basınçları ve hızlar için yapılan ölçümlerle birlikte dalgaların kırılma anındaki davranışının video kamera ile yapılan kayıtlarından, su derinliğine ve hızlara bağlı olarak kırılma tiplerini şu şekilde sınıflandırmışlardır:

$d_s < d_w$	,	$V_H \gg V_V$	:	erken kırılma
$d_s < d_w$	,	$V_H > V_V$	:	duvarda kırılma
$d_s > d_w$	,	$V_H \geq V_V$	:	geç kırılma
$d_s > d_w$	,	$V_H < V_V$	:	kırılma söz konusu değil

Burada d_s/d_w , kırılma anında duvardaki su derinliğinin duvardaki durgun su derinliğine oranı; V_H/V_V , kırılan dalga hızının duvardaki suyun düşey doğrultudaki yükselme hızına oranıdır.

Benzer bir çalışma Schmidt ve ark. [8] tarafından yapılmış ve $m=1/20$ eğimli taban üzerine yerleştirilen düşey bir yapı üzerindeki sıçrama kırılmasını, kırılma indeksi, H_b/d_w , ye bağlı olarak aşağıdaki gibi sınıflandırmışlardır:

$\frac{H_b}{d_w} = 0.92$		için		geç kırılma
$\frac{H_b}{d_w} = 0.99$	ve	$\frac{H_b}{d_w} = 1.06$	için	tam kırılma
$\frac{H_b}{d_w} = 1.14$		için		erken kırılma

Burada H_b , kırılan dalga yüksekliği ve d_w , kırılma anında duvar önündeki durgun su derinliğidir.

Takahashi ve ark.[9], laboratuvar kanalında yaptıkları deneysel çalışmada, $1/10$ eğimli taban üzerine yerleştirilen çelik keson üzerinde dalganın doğrudan kırılmasıyla meydana gelen çarpma basınçlarını ölçmüşler; 0 ile 50cm arasında değişen palye genişliklerinin çarpma basınçları üzerindeki etkisini incelemişlerdir. B, palye genişliğinin sıfır olduğu durumda dalga kırılması gerçekleşmemiş ve dalga kırılmadan duvarla temasa geçmiştir. $B=50\text{cm}$ olması halinde ise dalga doğrudan duvar üzerinde kırılarak maksimum çarpma basınçları meydana gelmiştir.

Tanimato ve Takahashi [10], yaptıkları model deneylerinde keson bir dalgakıran üzerinde meydana gelen çarpma basınçlarının dolgu temelinin yüksekliği yanında palye genişliğinden de büyük ölçüde etkilendiğini gözlemlemişlerdir.

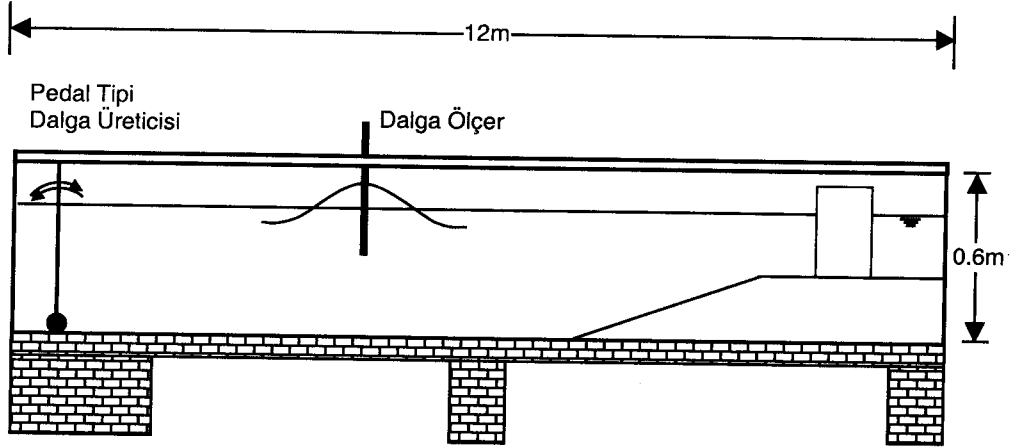
DENEY DÜZENİ VE YÖNTEM

Kompozit dalgakıranda dalga kırılması ile ilgili yapılan deneysel çalışmalar; 12m uzunluğunda, 0.40m genişliğinde ve 0.60m derinliğindeki cam duvarlı dalga kanalında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Kanalda pedal-tipi dalga üreticisi yardımıyla periyotları 0.67s ile 0.90s arasında değişen ve yükseklikleri 14.5cm'ye varan dalgalar üretilmiştir.

Dalga kanalının içine yerleştirilen dalgakıran, ahşap malzemeden yapılmıştır. Yatay kanal tabanı üzerine oturtulan dalgakıranda üç farklı ön eğim kullanılmıştır: 1/6, 1/4 ve 1/2. Dalgakıran temelının yüksekliği 15cm, dişey duvar yüksekliği 40cm dir. Kompozit dalgakıranda palye genişlikleri: $B=0$; 0.10m; 0.20m; 0.30m; 0.40m dir. Su yüzeyi değişimleri kapasitans-tipi dalga ölçer kullanılarak ölçölmüştür. Kompozit dalgakıran üzerindeki dalga hareketleri video kamera ile kaydedilmiştir.

Dalgakıran ön eğiminin $m=1/6$ olduğu durum için $T=0.67s$, 0.72s, 0.78s, 0.84s, ve 0.90s, periyotlarında üretilen düzenli dalgalarla deneyler yapılmış, kompozit dalgakıran üzerinde dalğanın tam kırılmasına neden olan derinlik şartları ve kırılmanın özellikleri araştırılmıştır. Farklı periyot ve dalga şartlarında meydana gelen tam kırılmaların belirlenmesine yönelik yapılan çalışmaların her bir adımında, kanaldaki su derinliği 35cm alınarak deneylere başlanmış ve su seviyesi 2-3cm düşürölmek süretiyle belli periyot ve özellikteki dalga için, farklı derinliklerde meydana gelen kırılmalar video kamera ile kaydedilmiştir. Kamera kayıtlarının incelenmesiyle tam kırılmanın gerçekleştiği derinlik ile kırılan dalğanın geometrik özellikleri tespit edilmiştir. Deneyler, farklı palye genişlikleri için tekrarlanmışır.

Deney yöntemi $m=1/4$ ve $1/2$ ön eğimleri için de benzer şekilde gerçekleştirilmiş ve $m=1/6$ eğiminden farklı olarak üç farklı dalga periyodundaki düzenli dalgalarla deney yapılmıştır: $T=0.67s$, 0.78s, ve 0.90s.

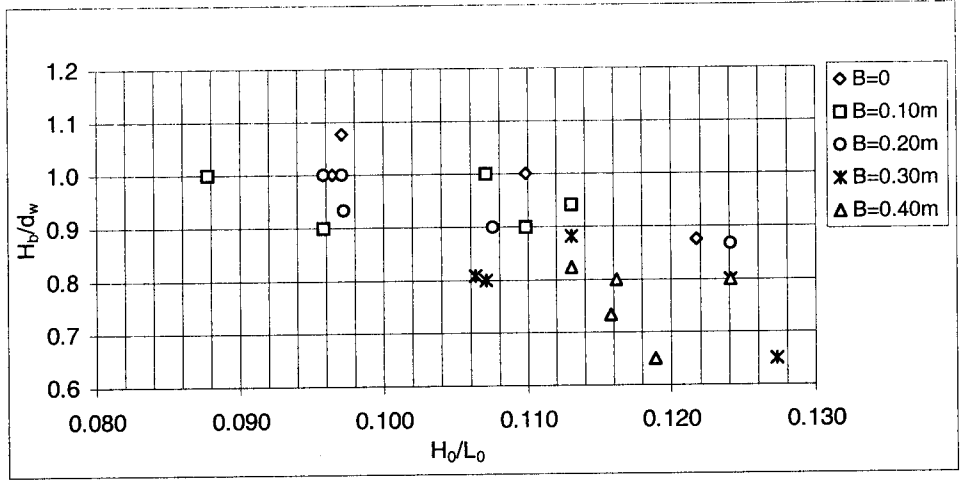


Şekil 3 Dalga kanalı

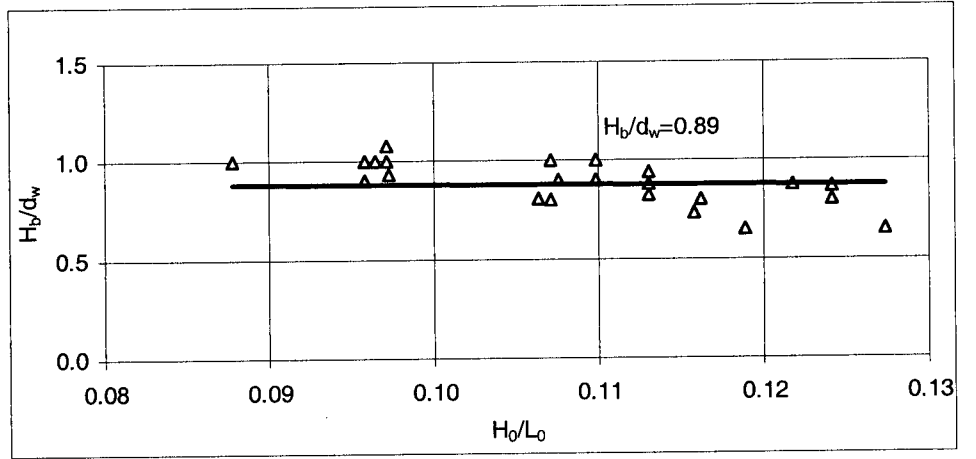
BULGULAR

Gelen dalganın kompozit dalgakıran üzerinde tam kırılma yapması durumunda kırılan dalganın geometrik özellikleri ve tam kırılmaya etki eden parametrelerin araştırılmasına yönelik yapılan çalışmada, kırılma indeksi, H_b/d_w , nin farklı dalgakıran ön eğimleri ve değişen palye genişliklerindeki derin-su dalga dikliği, H_0/L_0 , a göre değişimleri incelenmiş ve Şekil 4-10 da grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi yapılan deney koşulları altında, genelde, kırılma indeksi derin-su dalga dikliği ve palye genişliğinin artması ile azalmaktadır.

Şekil 4 te, 1/6 dalgakıran ön eğimi ve farklı palye genişlikleri için H_b/d_w nin H_0/L_0 ile değişimi verilmiştir. Palye genişliğinin $B=0$ olması durumunda ortalama $H_b/d_w=0.99$ olurken, diğer palye genişlikleri için kırılma indeksinin aldığı ortalama değerler: $B=0.10m$ için $H_b/d_w=0.95$; $B=0.20m$ için $H_b/d_w=0.94$; $B=0.30m$ için $H_b/d_w=0.79$; $B=0.40m$ için $H_b/d_w=0.76$ olmaktadır. 1/6 ön eğime sahip kompozit dalgakıranda tüm palye genişlikleri için ortalama kırılma indeksi, $H_b/d_w=0.89$ değerini almaktadır (Şekil 5).

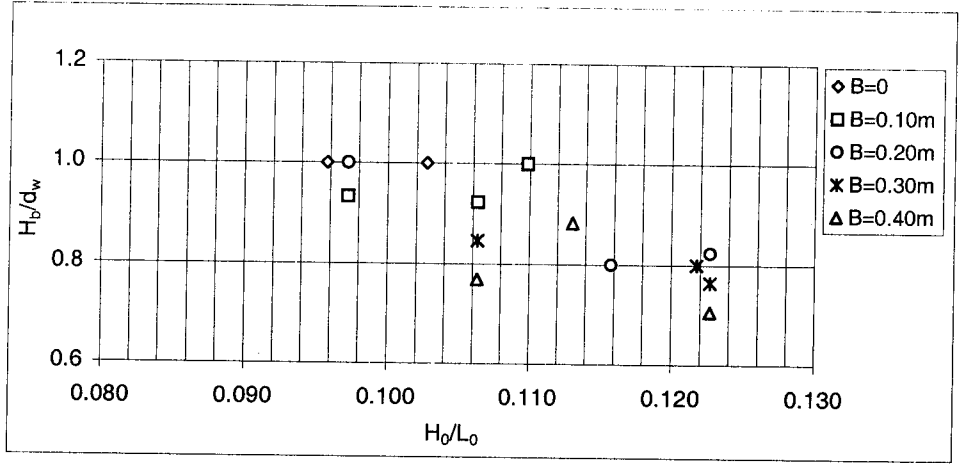


Şekil 4 $m=1/6$ için farklı palye genişliklerinde kırılma indeksi

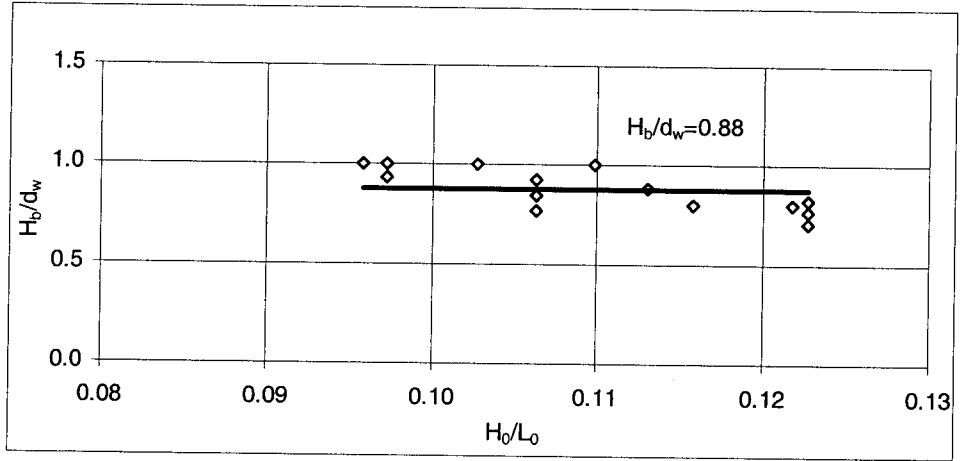


Şekil 5 $m=1/6$ eğimi için ortalama kırılma indeksi

Şekil 6 da, $m=1/4$ eğimi için farklı palye genişlikleri için kırılma indeksinin derin-su dalga dikliği ile değişimi verilmiştir. $B=0-0.40m$ arasında değişen palye genişlikleri için kırılma indeksinin aldığı ortalama değerler: $B=0$ için $H_b/d_w=1$; $B=0.10m$ için $H_b/d_w=0.95$; $B=0.20m$ için $H_b/d_w=0.87$; $B=0.30m$ için $H_b/d_w=0.80$; $B=0.40m$ için $H_b/d_w=0.79$ olmaktadır. $1/4$ ön eğime sahip kompozit dalgakıranda tüm palye genişlikleri için ortalama kırılma indeksi, H_b/d_w 0.88'e eşit olmaktadır (Şekil 7).

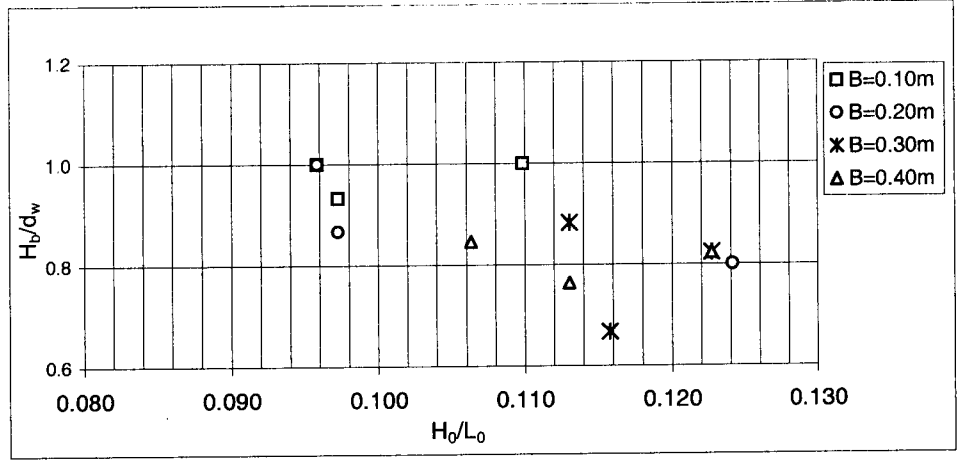


Şekil 6 $m=1/4$ için farklı palye genişliklerinde kırılma indeksi

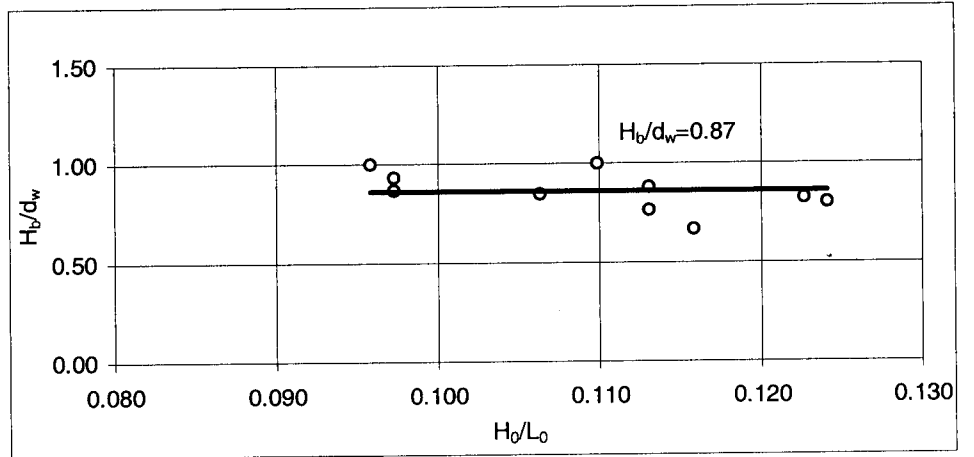


Şekil 7 $m=1/4$ eğimi için ortalama kırılma indeksi

Dalgakıran ön eğiminin $1/2$ olması halinde ise farklı palye genişlikleri için kırılma indeksinin derin-su dalgı dikliği ile değişimi Şekil 8 de sunulmuştur. $m=1/2$ dalgakıran ön eğimi için kırılma indeksinin farklı palye genişlikleri için aldığı ortalama değerler: $B=0.10m$ için $H_b/d_w=0.98$; $B=0.20m$ için $H_b/d_w=0.89$; $B=0.30m$ için $H_b/d_w=0.79$; $B=0.40m$ için $H_b/d_w=0.81$. Dalgakıran ön eğiminin $1/2$ olduğu durumda tüm palye genişlikleri için ortalama kırılma indeksi $H_b/d_w=0.87$ değerini almaktadır (Şekil 9).

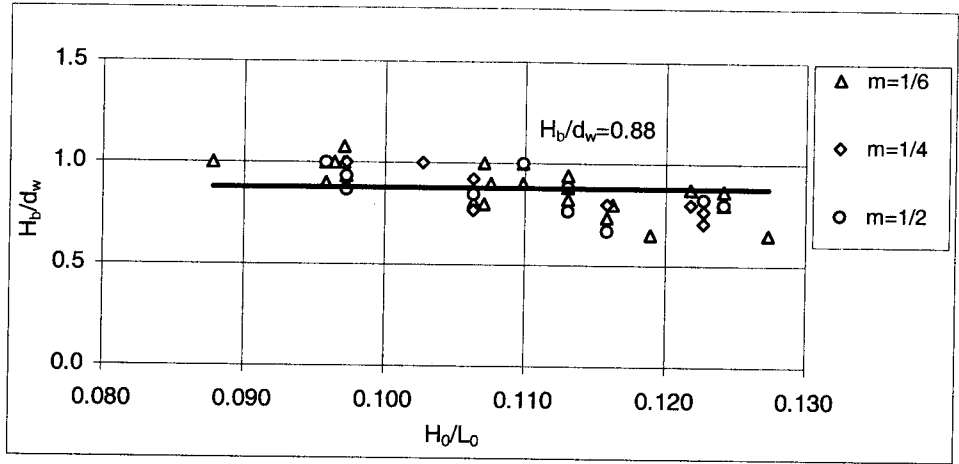


Şekil 8 $m=1/2$ için farklı palye genişliklerinde kırılma indeksi



Şekil 9 $m=1/2$ eğimi için ortalama kırılma indeksi

Kırılma indeksinin farklı dalgakıran ön eğimleri için aldığı ortalama değerler $1/6$ eğimi için 0.89 ; $1/4$ eğimi için 0.88 ; $1/2$ eğimi için 0.87 olmaktadır. Çalışmada kullanılan tüm eğimler göz önüne alındığında ise ortalama kırılma indeksi $H_b/d_w=0.88$ dir (Şekil 10).



Şekil 10 $m=1/6$, $1/4$ ve $1/2$ eğimleri için ortalama kırılma indeksi

SONUÇ

Laboratuvar kanalında modellenen kompozit dalgakıran üzerinde meydana gelen tam kırılma olayı incelenmiştir. $1/6$, $1/4$ ve $1/2$ dalgakıran ön eğimleri kullanılarak $B=0-0.40m$ arasında değişen palye genişliklerinde oluşan tam kırılmanın geometrik özellikleri ve kırılmaya etki eden parametreler araştırılmıştır. Elde edilen deneysel bulgulara göre, dalganın yapı üzerinde tam kırılması durumunda kırılma indeksinin farklı dalgakıran ön eğimleri için aldığı değerler $m=1/6$ için 0.89 ; $m=1/4$ için 0.88 ; $m=1/2$ için 0.87 olarak bulunmuş ve az da olsa dalgakıran ön eğiminin artmasıyla ortalama kırılma indeksinin azaldığı görülmüştür. Ayrıca palye genişliğinin artmasıyla birlikte kırılma indeksi değerleri de azalmaktadır. Bu çalışmada kullanılan tüm eğimler göz önüne alındığında kırılma indeksi $H_b/d_w=0.88$ ortalama değerini almaktadır.

KAYNAKLAR

1. Galvin, C.J., "Breaker Type Classification on Three Laboratory Beaches", J. Geophys. Res., 77, 1968, pp 3651-3659.

2. Battjes, J.A., "Surf Similarity", Proc. 14th Conf. On Coastal Eng., ASCE, New York, N.Y., 1975, pp 466-480.
3. Oumeraci, H., Partenscky, H.W., "Breaking Wave Impact Loading of Caisson Breakwaters", Proc. First Workshop of Project 2-MAST G6-S, Hannover, Germany, 1991.
4. Kırkgöz, M.S., Breaking Waves: Their Action on Slopes and Impact on Vertical Seawalls, Ph. D. Thesis, University of Liverpool, U.K., 1978.
5. Nagai, S., "Shock Pressures Exerted by Breaking Waves on Breakwaters", J. Waterway Harbors Div., ASCE , WW2, 1960, pp 1-38.
6. Nagai, S., "Sliding of Composite-Type Breakwaters by Breaking Waves", J. Waterways Harbors Div., ASCE, WW1, 1963, pp 1-21.
7. Kırkgöz, M.S., "Shock Pressure of Breaking Waves on Vertical Walls", J. Waterway, Port Coastal Ocean Div., ASCE 108, 1982, pp 81-95.
8. Schmidt, R., Oumeraci, H., and Partenscky, H.W., "Impact Loads Induced by Plunging Breakers on Vertical Structures", Proc. 23 rd International Conf. Coastal Eng., ASCE, ICCE'92, Venice, Italy, 1992, pp 1545-1558.
9. Takahashi, S., Tanimoto, K., and Shimasko, K.I., "Dynamic Response and Sliding of Breakwater Caissons Against Impulsive Breaking Wave", Proc. of International Workshop on Wave Barriers in Deepwaters, Port and Harbour Research Institute, Yokosuko, Japan, 1994, pp 316-331.
10. Tanimota, K., Takahashi, S., "Japanese Experience on Composite Breakwater", Proc. Of International Workshop on Wave Barriers in Deepwaters, Port and Harbour Research Institute, Yokosuko, Japon, 1994, pp 1-24.

WAVE BREAKING ON COMPOSITE BREAKWATER

M.Sami AKÖZ
Res. Assist. Dr.
Ç.U. Dept. of Civil Eng.
Adana, Türkiye

M.Salih KIRKGÖZ
Prof. Dr.
Ç.U. Dept. of Civil Eng.
Adana, Türkiye

ABSTRACT

Breakwaters are constructed to protect coastal regions from wave action and to provide a calm basin for ships in a harbor or approaching channel by reducing the effects of water waves. Predictions of wave forces on coastal structures and breakwaters, and thus designing of these structures depend on accurate estimates of breaking wave properties.

In this study, the perfect wave breaking on a composite breakwater modeled in a laboratory wave channel is studied. Using regular waves with deep-water wave steepness ranging from 0.088 to 0.127 and periods of 0.67s to 0.90s, and front slopes of 1/6, 1/4 and 1/2, the geometrical properties of the perfect breaking wave and the parameters affecting the wave breaking are investigated for different berm widths between 0 and 0.40m.

DILUTION OF SEA OUTFALL DISCHARGES AND EXISTING SEA OUTFALLS IN TURKEY

Nihan Beder
İnş.Yük.Müh.
İller Bankası Genel Müdürlüğü
Ankara, Türkiye

Lale Balas
Doç.Dr.
Gazi Üniversitesi, İnşaat Müh.Böl.
Ankara, Türkiye

ABSTRACT

In this study a model has been developed that computes the dilution of sea outfall discharges. In the near field dilution, equations proposed by Economopoulou ve Economopoulos (2001) have been used that account for the current velocities. Model equations can handle the density stratifications, positions of line diffuser that could be perpendicular (90^0), 45^0 and parallel (0^0) to the current field, far field dilution and can predict the width of the waste field. Sea outfall systems are thought to be proper systems to get rid of the wastes in Turkey. The Bank of Provinces is responsible from the sea outfalls in Turkey. Ongoing and completed sea outfall systems by the Bank of Provinces are listed, and some information about them have been presented.

DENİZ DEŞARJINDA ATIKSU SEYRELMELERİ VE TÜRKİYE'DEKİ DENİZ DEŞARJLARI

Nihan Beder
İnş.Yük.Müh.
İller Bankası Genel Müdürlüğü
Ankara, Türkiye

Lale Balas
Doç.Dr.
Gazi Üniversitesi, İnşaat Müh.Böl.
Ankara, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada Economopoulou ve Ecomomopoulos [1] tarafından önerilen, yakın alan seyrelmesinde akıntı hızlarını da hesaba katan çözüm abaklarını kullanan bir kirletici toplam seyrelme modeli geliştirilmiştir. Model, deniz suyunda yoğunluk tabakalaşmasını, çizgisel difüzör yönünün akıntıya dik (90^0), 45^0 ve paralel (0^0) olması durumunu, uzak alan seyrelmesini ve bulut genişliğini benzeştirebilmektedir. Deniz deşarjı sistemleri özellikle coğrafi koşullar dikkate alındığında ülkemiz için uygun bir atıksu uzaklaştırma alternatifi olarak düşünülmektedir. İller Bankası tarafından inşaatı biten ve inşaatı devam eden deniz deşarjları listelenmiş, deşarj sistemlerine ait tasarım bilgileri, boru çapı, uzunluğu, deşarj derinliği, boru cinsi, tasarım yılı, hedef debisi vb. bilgiler derlenmiştir.

AMAÇ

Denize kıyısı olan yerleşimlerde, evsel ve endüstriyel atıksuların, arıtma tesisleri yerine daha basit ve ekonomik olan deniz deşarjı sistemleri ile uzaklaştırılması tercih edilmektedir. Özellikle açık denizler sahip oldukları yüksek özümleme kapasitesi nedeniyle atıksuların ileri derecede arıtılmasına gerek olmadan deşarjına olanak vermektedir. Bu nedenle deniz deşarjı sistemleri özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için uygun bertaraf yöntemi olarak benimsenmiştir. Bunun yanı sıra kıyı bölgelerinin ağırlıklı olarak turistik amaçlı kullanımı neticesinde bu gibi yerleşimlerde arazi fiyatlarının çok yüksek olması, mevcut arıtma tesislerinin çeşitli nedenlerden ötürü işletilememesi ve mekanik faaliyetler neticesi potansiyel gürültü riski ve görsel nedenler sahil yerleşimlerinde deniz deşarjı sistemlerinin tercih edilmesine neden olmaktadır. Kullanılmış suların denize boşaltımındaki temel amaç, atığın alıcı ortamda bulunan büyük hacimdeki su ile karışımının sağlanması ve bu karışma sonucu atıksu miktarının azalmasıdır.

Kullanılmış suların denize boşaltımındaki temel amaç, atığı alıcı ortamda bulunan büyük hacimdeki su ile yüksek hacimdeki karışımın sağlanmasıdır. Bu karışma sonucu belirli bir hacimdeki atıksu miktarı azalır, “(Atıksu hacmi+Karıştığı deniz suyu hacmi) / Atıksu hacmi” olarak tanımlanan seyrelme oranı büyür. Korunan bir maddenin deniz ortamındaki seyrelmesi iki safhadan oluşan fiziksel bir süreçtir. Deşarj sisteminden alıcı ortama boşaltılan atıkların toplam seyrelmesinde üç ayrı mekanizma önemlidir: Başlangıç seyrelmesi (yakın alan seyrelmesi), dispersiyon nedeni ile seyrelme (uzak alan seyrelmesi), ve bakterilerin ölmesinden ileri gelen seyrelme.

ATIKSU SEYRELMESİ

Deşarj sisteminden alıcı ortama boşaltılan atıkların toplam seyrelmesinde üç ayrı mekanizma önemlidir: Başlangıç seyrelmesi S_1 , dispersiyon nedeni ile seyrelme (uzak alan seyrelmesi) S_2 ve bakterilerin ölmesinden ileri gelen seyrelme S_3 ’ tür. Toplam seyrelme S , Eşitlik (1)’ den hesaplanmaktadır [1].

$$S = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (1)$$

Başlangıç seyrelmesi, atıksuyun deşarj borusundan bir su jeti şeklinde çıkışı ile başlamakta ve tabakalı ortamlarda atık suyun yoğunluğunun ortam yoğunluğuna eriştiği tutsaklanma seviyesine, homojen ortamlarda ise deniz yüzeyine yükselmesine kadar devam etmektedir [2].

Atıksu yüzeye veya tutsaklanma seviyesine ulaştığında, o bölgedeki akıntı sisteminin etkisiyle belirli bir yönde ve hızda hareket ederek seyrelir. Bu sırada meydana gelen seyrelme dispersiyon nedeni ile seyrelme olarak adlandırılmaktadır [2].

Bakterilerin ölmesinden ileri gelen seyrelme S_3 , korunamayan maddelerin kimyasal değişimleri, ölümleri ve çökelmeleri ile açıklanmaktadır. Bakterilerin içinde bulundukları ortamdaki yaşam şartlarının değişmesiyle genel olarak 2-6 saat içinde % 90 oranında azalmaktadır.

Yoğunluktaki tabakalaşma yaz aylarında kış aylarına göre daha belirgindir. İlkbahar, yaz ve sonbaharın başlangıcında yaygın olan deniz suyu tabakalaşması başlangıç seyrelmesini ve atığın yükselmesini sınırlamaktadır [1].

Evsel ve endüstriyel pis suların yoğunluğu deniz suyu yoğunluğundan genellikle küçüktür. Bu nedenle, deniz suyunda bir yoğunluk tabakalaşması yoksa, atıksu bulutu her zaman deniz yüzeyine ulaşır. Deniz suyunda belirgin bir katmanlaşma varsa, derinlerdeki ağır suyun atıksuyla karışmasıyla bulut içerisindeki karışımın yoğunluğu daha yükseklerdeki deniz suyu yoğunluğuna eşit olmaktadır. Bu durumda atıksu bulutu deniz yüzeyine erişmeden, belirli bir derinlikte tutsaklanır.

ÇİZGİSEL DİFÜZÖRLER İÇİN KARIŞIM BÖLGESİ ANALİZİ

Çizgisel difüzör yönü, seyrelme üzerine etkilidir. Literatürde akıntıya dik (90^0), 45^0 ve paralel (0^0) yönler için çalışmalar mevcuttur [1]. Bu çalışmada akıntı hızına ve yönüne bağlı olarak verilen seyrelme eşitlikleri incelenmiştir.

Lineer Tabakalı Alıcı Ortam

T şeklindeki rayzırlı difüzörler için yakın alan sonundaki ortalama seyrelme, (rayzırlar her iki yönde difüzör eksenine dik), rayzır aralıkları, jet momentum akısı ve yükseklikle lineer alıcı ortam yoğunluk değişimi ihmal edilirse Roberts et al. [3] tarafından önerilen aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmaktadır [1].

$$S_1 = 2 \cdot \frac{b^{2/3}}{\frac{Q}{L} \cdot N} \left(2,19 \cdot F^{1/6} - 0,52 \right), \quad 90^0 \quad (2)$$

$$S_1 = 2 \cdot \frac{b^{2/3}}{\frac{Q}{L} \cdot N} \left(1,3214 \cdot F^{0,2014} \right), \quad 45^0 \quad (3)$$

$$S_1 = (0,1209 \cdot \ln F + 2,1846) \cdot \frac{b^{2/3}}{\frac{Q}{L} \cdot N} \cdot \left(1,15 \cdot F^{0,1345} \right), \quad 0^0 \quad (4)$$

Eşitlik (1-3)' de kullanılan, difüzör uzunluğu boyunca toplam kaynak yüzdürme akısı b , yüzdürme frekansı N , Froude sayısı F , yoğunluk farkı nedeniyle değiştirilmiş ivme g' , aşağıdaki eşitliklerden bulunmaktadır.

$$b = \left(g' \cdot \frac{Q}{L} \right) \quad (5)$$

$$N = \left(\frac{\rho}{\rho_a} \cdot \frac{d\rho_a}{dz} \right)^{1/2} \quad (6)$$

$$F = \left(\frac{U^3}{b} \right) \quad (7)$$

$$g' = \left(g \cdot \frac{\rho_a - \rho_{ef}}{\rho_a} \right) \quad (8)$$

Burada, L difüzör uzunluğunu, U akıntı hızını, ρ_a rayzır seviyesinde alıcı ortam yoğunluğunu, ρ_{ef} rayzır seviyesinde atıksuyun yoğunluğunu, g yerçekimi ivmesini tanımlamaktadır.

Atıksu bulutunun ulaştığı yükseklik z , Roberts et al.[3] tarafından verilen aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmaktadır;

$$z = 2,74 \cdot \frac{b^{1/3}}{N}, \quad 0,1 \leq F \leq 1 \quad (9)$$

$$z = 2,5 \cdot \frac{b^{1/3}}{N} \cdot F^{-1/6}, \quad 90^\circ \text{ ve } 45^\circ \quad 1 \leq F \leq 100 \quad (10)$$

$$z = 2,59 \cdot \frac{b^{1/3}}{N} \cdot F^{-0,0447}, \quad 0^\circ \quad 1 \leq F \leq 100 \quad (11)$$

Eşitlik (8-10) batmış ($z < H$) atıksu bulutuna uygulanmaktadır. $0,1 \leq F \leq 100$ aralığındaki değerler için S_1 değeri yaklaşık olarak hesaplanmaktadır.

Dik akıntılar için yakın alan olarak bilinen başlangıç karışım bölgesi uzunluğu X_i , Roberts [4] tarafından verilen Eşitlik (11-12)' den hesaplanmaktadır.

$$\frac{X_i}{b^{1/3}} = 8,5 \cdot \frac{F^{1/3}}{N}, \quad 90^\circ \quad (12)$$

$$X_i = 8,5 \cdot \frac{U}{N}, \quad 90^\circ \quad (13)$$

45⁰ ve 0⁰ akıntılar için daha uygun denklem olmadığı için yakın alan uzunluğu X_i , 90⁰ için çıkarılan denkleme eşit olduğu kabul edilmektedir. Bu kabul yakın alan uzunluğunun olduğundan daha fazla hesaplaması üzerine kurulmuştur. Roberts et al.[4], 90⁰ akıntılar için yakın alan uzunluğu X_i değerinin aynı akıntı hızında 0⁰ akıntılardan daha büyük olduğunu belirtmiştir [1].

Bulut Genişliği

Roberts et al. [4] tarafından, dik akıntılar için yakın alan sonundaki bulut genişliği w_0 , aşağıdaki eşitliklerle verilmiştir. Aynı zamanda bu denklemin 45⁰ akıntılar için de uygulanabileceği önerilmektedir [1].

$$\frac{w_0}{L} = 1 + 0,17 \cdot \left(\frac{X_i}{b^{1/3}} \cdot N \cdot F^{-1/3} \right)^{1/2}, \quad 90^0 \text{ ve } 45^0 \quad (14)$$

$$w_0 = 1,5 \cdot L, \quad 90^0 \text{ ve } 45^0 \quad (15)$$

Paralel akıntılar için Roberts et al.[4] tarafından verilen Eşitlik (14) uygulanmaktadır.

$$w_0 = 0,70 \cdot X_i \cdot F^{-1/3} \quad 0^0 \quad (16)$$

TABAKASIZ ALICI ORTAM

Roberts et al. [3] göre, eğer tutsaklanma zayıfsa ve bulut yüzeyde ise ($z > H$), tabakalı olmayan alıcı ortam için aşağıda verilen eşitlikler daha uygundur [1].

Başlangıç Seyrelmesi

Kıyı suları sonbahardan ilkbahara kadar tabakasız olma eğilimindedir ve atığın yüzeye ulaşmasına izin verir. Hatta yaz periyodunda bile, bazı havalarda deniz güçsüz

tabakalaşma sergiler ve atık tutsaklanması gerçekleşemez. Yakın alan sonundaki ortalama seyrelme aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmaktadır.

$$S_1 = 1,41 \cdot \frac{U \cdot H}{\frac{Q}{L}} \cdot 0,58, \quad 90^0 \quad 0,1 \leq F \leq 100 \quad (17)$$

$$S_1 = 1,41 \cdot \frac{U \cdot H}{\frac{Q}{L}} \cdot (0,3653 \cdot F^{-0,185}), \quad 45^0 \quad 0,1 \leq F \leq 1 \quad (18)$$

$$S_1 = 1,41 \cdot \frac{U \cdot H}{\frac{Q}{L}} \cdot (0,3715 - 0,005 \cdot \ln F), \quad 45^0 \quad 1 \leq F \leq 100 \quad (19)$$

$$S_1 = (0,085 \cdot \ln F + 1,545) \cdot \frac{U \cdot H}{\frac{Q}{L}} \cdot (0,314 \cdot F^{-0,2495}), \quad 0^0 \quad 0,1 \leq F \leq 20 \quad (20)$$

$$S_1 = (0,085 \cdot \ln F + 1,545) \cdot \frac{U \cdot H}{\frac{Q}{L}} \cdot (0,188 - 0,0128 \cdot \ln F), \quad 0^0 \quad 20 \leq F \leq 100 \quad (21)$$

Burada; U akıntı hızını, H deşarj noktasında deniz derinliğini, F Froude sayısını, L difüzör uzunluğunu, Q atıksu debisini, S_1 başlangıç seyrelmesini tanımlamaktadır.

Dik akıntılar için Eşitlik (18) Roberts' in [5] minimum seyrelme bağıntıları üzerine dayandırılmıştır ve ortalama seyrelmeye dönüştürmek için Muellenhoff et al. [6] tarafından 1.41 ile çarpmak gerektiği belirtilmiştir.

Cederwall' a göre $z/d < 0,5F$ ise $S_1 = 0,54 \cdot F \cdot \left(\frac{z}{d \cdot F} \right)^{7/16}$ denklemi, $z/d > 0,5F$ ise

$S_1 = 0,54 \cdot F \cdot \left(0,38 \cdot \frac{z}{d \cdot F} + 0,66 \right)^{5/3}$ eşitliği kullanılmaktadır. Burada F Froude sayısı olup

$F = u / \sqrt{\frac{\rho_a - \rho_{ef}}{\rho_a} \cdot g \cdot d}$ eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Yakın Alan Uzunluğu

Dik akıntılar için başlangıç karışım bölgesi uzunluğu X_i , aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmaktadır.

$$X_i = H \cdot (0,566 \cdot F + 3,389) \quad (22)$$

Aynı zamanda bu eşitliğin 45^0 ve 0^0 akıntılar için uygulanabileceği önerilmektedir [1].

Bulut Genişliği

Roberts et al. [7] yakın alan sonundaki bulut genişliğinin w_0 ' ın, 90^0 , 45^0 , 0^0 akıntılar için katmanlı alıcı ortamlarda Eşitlik (21-22)' den hesaplanabileceğini belirtmiştir. Bu hesapla yakın alan sonundaki bulut genişliği w_0 , gerçek değerinden daha aşağıda tahmin edilmektedir. Tabakasız alıcı ortam içindeki gerçek yayılma daha yüksek olmaktadır [1].

Uzak Alan Bölge Analizi

Uzak alan difüzyon bölgesi içinde atıksu bulutunun boylamsal dispersiyonu yakın alanın ötesinde ek bir seyrelme vererek yatayda oluşur [1].

Yayılmanın sınırsız olduğu kabulü ile dispersiyon katsayısı ε , bulut genişliği w_0 ' ın $4/3$. kuvvet artışı ile büyümektedir. Dispersiyon nedeni ile seyrelme S_2 , Eşitlik (23) ile hesaplanmaktadır.

$$S_2 = \frac{1}{\sqrt{\frac{1,5}{\operatorname{erf}\left(\left(1 + \frac{2}{3} \cdot \beta \cdot \frac{X_f}{w_0}\right)^3 - 1\right)}}}, \quad \varepsilon' \text{ da } 4/3. \text{ kuvvet ile artış} \quad (23)$$

Kapalı körfezlere boşaltım gibi özel durumlar için, dispersiyon katsayısı ε' 'nün bulut genişliği w_0 ile lineer olarak artacağı kabul edilmektedir. Dispersiyon nedeni ile seyrelme S_2 , Eşitlik (22) ile hesaplanmaktadır.

$$S_2 = \frac{1}{\sqrt{\frac{1,5}{\operatorname{erf}\left(1 + \beta \cdot \frac{X_f}{w_0}\right)^2}}}, \quad \varepsilon \text{ da lineer artış} \quad (24)$$

Eşitlik (21-22)' de kullanılan β parametresi, boyutsuz bir sayı olup, Eşitlik (23)' den hesaplanmaktadır.

$$\beta = \frac{12 \cdot \varepsilon_0}{U \cdot w_0} \quad (25)$$

Uzak alan başlangıcında denizdeki yatay difüzyon için eddy difüzivitesi ε_0 , aşağıdaki Eşitlik (24) de verilmektedir.

$$\varepsilon_0 = \frac{0,01 \cdot (100 \cdot w_0)^{4/3}}{10^4} \quad (26)$$

Eşitlik (23-24), Eşitlik (21- 22)' ye yerleştirilirse aşağıdaki eşitlikler elde edilmektedir.

$$S_2 = \frac{1}{\sqrt{\frac{1,5}{\operatorname{erf}\left(1 + 0,00371 \cdot \frac{X_f}{U \cdot w_0^{2/3}}\right)^3 - 1}}}, \quad \varepsilon' \text{ da } 4/3. \text{ kuvvet ile artış} \quad (27)$$

$$S_2 = \frac{1}{\sqrt{\frac{1.5}{\operatorname{erf}\left(\left(1+0,00557 \cdot \frac{X_f}{U \cdot w_0^{2/3}}\right)^2 - 1\right)}}}, \quad \varepsilon \text{ ' da lineer artış} \quad (28)$$

Eşitlik (25-26) aşağıdaki fonksiyonel formda yazılmaktadır [1].

$$S_2 = f_1\left(\frac{X_f}{U \cdot w_0^{2/3}}\right) \quad (29)$$

Bakteri Ölümü Nedeniyle Seyrelme

Bakterilerin ölmesinden ileri gelen seyrelme S_3 , Eşitlik (28)' den hesaplanmaktadır [1].

$$S_3 = \exp\left(2,303 \cdot \frac{t}{T_{90}}\right) \quad (30)$$

Atıksuyun kıyıya taşınma zamanı t , akıntı hızı U ve toplam karışım uzunluğu X ' in fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır.

$$t = \frac{X}{U} \quad (31)$$

$$X = X_i + X_f \quad (32)$$

Burada X_i yakın alan mesafesini, X_f uzak alan mesafesini, X toplam karışım uzunluğunu, T_{90} bakterilerin % 90' ının ölmesi için geçen zamanı tanımlamaktadır. Eşitlik (29-30), Eşitlik (28)' e yerleştirilirse Eşitlik (31) elde edilir [1].

$$S_3 = \exp\left(\frac{2,303}{3600} \cdot \frac{(X_i + X_f)}{U \cdot T_{90}}\right) \quad (33)$$

Yakın alan ve uzak alan seyremlerini yukarıda verilen eşitlikleri kullanarak benzeştiren bir bilgisayar programı hazırlanmıştır

TÜRKİYE'DEKİ DENİZ DEŞARJ SİSTEMLERİ

Deniz deşarjı sistemleri özellikle coğrafi koşullar dikkate alındığında ülkemiz için uygun bir atıksu uzaklaştırma alternatifi olarak düşünülmektedir. Sahil beldelerinde oluşan evsel atıksular, İller Bankası Genel Müdürlüğü' nün sorumluluğunda bugüne kadar gerçekleştirilen projeler ile kontrollü bir biçimde uzaklaştırılmaktadır. İller Bankası tarafından inşaatı biten deniz deşarjları Tablo 1' de, inşaatı devam eden deniz deşarjları Tablo 2' de sunulmuştur. Tablolarda deşarj sistemlerine ait tasarım bilgileri; boru çapı, uzunluğu, deşarj derinliği, boru cinsi, tasarım yılı, hedef debisi vb. bilgileri de verilmiştir. Ayrıca, Armutlu (Yalova), Çınarcık (Yalova) , Esenköy (Yalova), Kargıpınarı (İçel), Samsun (Merkez) tatbikat projelerinin yapımına devam edilmektedir. Tablolar incelendiğinde toplam 29 tane deniz deşarjı inşaatının tamamlandığı, 18 tane deniz deşarjı inşaatının devam ettiği görülmektedir. Şu ana kadar inşaatı biten tüm deniz deşarjlarında CTP boru kullanılmış olup, inşaatı devam eden deniz deşarjlarında YYPE borunun kullanılmaya başlandığı görülmektedir.

Tablo 1. İller Bankası tarafından deniz deşarjı inşaatı tamamlanan sistemler

No	İlçe	İL	Boru Çapı	Boru Boyu	Boru Tipi	Kademe Yılı	Hedef Nüfus	Debi (Lt/sn)	D.Derinliği (m)	Bitiş Tarihi
1	Alaçatı	İZMİR	800	1375	CTP	2022	240 330	1231	26	1993
2	Alanya (I)	ANTALYA	500	1646	CTP			188	34	1986
3	Ayvalık	BALIKESİR	500	1200	CTP				34	1984
4	Bandırma	BALIKESİR	600	995	CTP	2007	160 000	753	33	1988
5	Burhaniye	BALIKESİR	800	1500	CTP	2015	104 056	574	34	1990
6	Bodrum (İnceburun)	MUĞLA	600	800	CTP		91 000	428	42	1991
	Bodrum (Kızılburun)		400	1050	CTP		39 000	188	38	1991
7	Çanakkale	ÇANAKKALE	400	2110	CTP				12	1984
8	Çeşme	İZMİR	600	1350	CTP	2022	146 000	715	30	1993
9	Çınarcık	YALOVA	300	330	PVC				18	1983
10	Dikili	İZMİR	450	1300	CTP				34	1987
11	Edremit-Zeytinli	BALIKESİR	500	717	CTP	2016	151 636		18	1999
	Erdek		500	1313	CTP			90	34	
12	K.K.K Kampları	BALIKESİR	250	1200	CTP		35 000	51	23	1987
13	Ereğli	ZONGULDAK	700	1312	CTP	2019	149 809	727	30	1991
14	Fatsa	ORDU	400	1540	CTP	2021	80 000	210		1991
15	Fethiye	MUĞLA	500	274	CTP			186	40	1990
16	Gökçeada	ÇANAKKALE	300	650	CTP	2021	25 000	98	35	1989
17	Gemlik	BURSA	500	1304	CTP				39	1985
18	Gülüş	ZONGULDAK	350	1056	CTP	2019	20 600	97	19	1991
19	İzmit (1. Deşarj)	İZMİR	1000	1500	CTP	2015	712 000	2250	23	1992
	İzmit (2. Deşarj)		1000	1500	CTP	2015	712 000	2250	23	
20	Manavgat	ANTALYA								1987
21	Marmaris-Armutalan-İçmeler	MUĞLA	600	740	CTP	2020	130 000	525	36	1990
										1979
22	Kuşadası	AYDIN								
23	K.Kumla	BURSA	500	500	CTP		90 000	417	36	1990
24	Ünye	ORDU	500	2780	CTP				30	1989
25	Çayeli	RİZE	400	1250	CTP	2020	59 316	173	30	1996
26	Silivri (Merkez)	İSTANBUL	500	1743	CTP	2022	17 700	384		1989
	Silivri (Yeni Yerleşim)		300	1555	CTP	2022	6 200	120		
27	Tekirdağ	TEKİRDAĞ	700	2000	CTP	2021	197 208	913	35	1995
28	Turgutreis	MUĞLA	400	995	CTP	2022	43 740	213	13	1991
29	Yalova	YALOVA	600	740	CTP			752	34	1983

Tablo 2. İller Bankası tarafından deniz deşarjı inşaatına devam edilen tesisler

No	İlçe	İl	Boru Çapı	Boru Boyu	Boru Tipi	Kademe Yılı	Nüfus	Debi (Lt/sn)
1	Altınova Gr.	YALOVA						
2	Akçaabat	TRABZON	500	920	YYPE	2027	90 000	192
3	Araklı	TRABZON	450	400	YYPE	2027	45 000	113
4	Alanya (II)	ANTALYA	900	1794	YYPE	2020	290 000	1300
5	Anamur	İÇEL	600	1000	ÇELİK	2027	170 000	
6	Bulancak	GİRESUN	700	1350	CTP	2014	36 856	107,6
7	Datça	MUĞLA	450	400	YYPE	2030	80 000	
8	Fatsa	ORDU				2028	12 500	
9	Giresun	GİRESUN	710	800	YYPE	2007	98 400	600
10	Karamürsel Gr.	KOCAELİ						
11	Rize-Gündoğdu	RİZE	700	1142	CTP	2017	129 323	
12	Söğütli	TRABZON	500	920	YYPE	2027	48 720	162
13	Urla	İZMİR	700	973	CTP	2027	200 000	
14	Mezitli	İÇEL						
15	Ordu	ORDU	700	2460	CTP	2005	167 990	
16	Şarköy	TEKİRDAĞ	700	1460	CTP	2026	115 000	636
17	Trabzon	TRABZON						
18	Yomra	TRABZON	800	850	YYPE	2027	90 000	378

SONUÇ

Deniz deşarjında yakın alan ve uzak alan seyrelmelerini akıntı hızını da dikkate alarak hesaplayan bir program hazırlanmıştır. Atıksu debisinin 20000 m³/gün' den yüksek olması durumunda difüzörün akıntıya dik değil paralel olması daha yüksek seyrelme sağlamaktadır. Çoğu durumda yüksek akıntı kritik akıntı olup daha az seyrelme sağlamaktadır. Deşarj hattının yatayda aç yapmadan gitmesi deşarj hattına giren debiyi en az seviyeye indirmektedir. Rayzırların aynı yüksekliğe sahip olması deşarj hattına giren debiyi en aza indirmektedir. Rayzırdaki yük kaybı katsayısının artırılması deşarj hattına giren debiyi ve temizlenme debisini azaltmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Economopoulou, M.A., Economopoulos, A.P., 2001, Graphical Sizing and Analysis Of Ocean Outfalls With Bouyant Plumes, Journal Of Hydraulic Engineering, Vol.127, No.1, pp.3-11.
- [2] Akyarlı, A. O., 1991, Deniz Deşarjı Sistemlerinin Tasarımında Meto- Oşinografik Süreçlerin Etkisi, İller Bankası Genel Müdürlüğü Kanalizasyon Deniz Deşarjında Proje, İnşaat ve Kontrol Hizmetleri Paneli, Ankara,Türkiye.
- [3]Roberts,P.J.W., Synder, W.H. Baumgartner, D.J., 1989a., Ocean Outfalls, I: Submerged wastefield formation, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.115, No: 1, pp.1-25.
- [4] Roberts,P.J.W., Synder, W.H., Baumgartner, D.J., 1989b., Ocean Outfalls, II: Spatial evolution of submerged wastefield, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.115, No: 1, pp.26-42.
- [5] Roberts, P.J.W., 1979. Line plume and ocean outfall dispersion, Journal of Hydraulics Division, ASCE, Vol.105, No:4, pp.313-331
- [6] Muellenhoff, W.P. and Soldate, A.M.Jr., Baumgartner, D.J., Schuldt, M.D., Davis, L.R., and Frick, W.E., 1985, Initial mixing characteristic of municipal ocean discharges, Rep.EPA/600/3-85/073, U.S.EPA, Washington.
- [7] Roberts, P.J.W., Sternau. F., Starnau, R., 1999, Mixing Zone Analysis For Coastal Wastewater Discharge, Journal Of Environmental Engineering, Vol.123, No:12, pp.1244-1250.

DILUTION OF SEA OUTFALL DISCHARGES AND EXISTING SEA OUTFALLS IN TURKEY

Nihan Beder
İnş. Yük.Müh.
İller Bankası Genel Müdürlüğü
Ankara, Türkiye

Lale Balas
Doç.Dr.
Gazi Üniversitesi, İnşaat Müh.Böl.
Ankara, Türkiye

ABSTRACT

In this study a model has been developed that computes the dilution of sea outfall discharges. In the near field dilution, equations proposed by Economopoulou ve Economopoulos (2001) have been used that account for the current velocities. Model equations can handle the density stratifications, positions of line diffuser that could be perpendicular (90^0), 45^0 and parallel (0^0) to the current field, far field dilution and can predict the width of the waste field. Sea outfall systems are thought to be proper systems to get rid of the wastes in Turkey. The Bank of Provinces is responsible from the sea outfalls in Turkey. Ongoing and completed sea outfall systems by the Bank of Provinces are listed, and some information about them have been presented.



AKINTILI BİR ORTAMDA TABANA OTURAN VEYA KISMEN GÖMÜLEN SİLİNDİRLER ÜZERİNE GELEN KUVVETLER

Şevket ÇOKGÖR
Y.Doç.Dr.
İTÜ
İstanbul, Türkiye

İlhan AVCI
Prof.Dr.
İTÜ
İstanbul, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada tabana oturan ve/veya değişik gömülme oranlarında bulunan silindire kararlı akım etkisi altında oluşan kuvvetler deneysel olarak belirlenmiştir. Silindirin yakınında akım alanını etkileyen ikinci bir silindirin mansap veya menbada değişik yakınlıklarda bulunması durumunda bu kuvvetlerde oluşacak değişimler de incelenmiştir. Silindire etki eden hidrodinamik kuvvetler, silindir üzerindeki basınç dağılımının elektronik basınç dönüştürücüleri ile ölçülmesi ile elde edilmiştir. Çalışma iki farklı Re sayısında ($Re=0.8 \times 10^4$, 1.5×10^4) ve değişik gömülme oranlarında $e/D=0, 0.20, 0.48, 0.70$ silindire etkiyen kuvvetlerle ölçüm silindirinin yakınında yeralan diğer silindirin menbada veya mansapta yer aldığı değişik sınır şartlarında ($x/D = -2, -1.5, -1, 1, 1.5, 2$) bu kuvvetlerin değişimini içermektedir.

GİRİŞ

Akım ortamında yeralan cisimler, akımla olan etkileşimleri sonucu hidrodinamik kuvvetlerin etkisi altında kalırlar. Günümüzde yaygın olarak kullanılan petrol, doğalgaz veya su iletimi, atıksu deşarjı, ulaşım amaçlı büyük nehir veya denizaltı tüp (körfez, boğaz)

geçışı, güç santralleri için soğutma suyu temini ve bu suyun tekrar alıcı ortama verilmesi gibi değişik amaçlarla deniz veya nehir altında inşa edilen mühendislik yapıları da bu tip hidrodinamik yüklerin etkisi altındadır.

Katı cidar yakınındaki silindirik bir yapıya etkiyen kuvvetler son yıllarda birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu konuda yapılan ilk çalışmalarda tabana oturan silindir etrafındaki akım potansiyel teori kullanılarak modellenmiştir (Milne-Thomson 1962, Yamamoto ve diğ. 1974). Bearman ve Zdravkovich'in 1978'deki çalışmalarında, silindirin taban üzerinde ve taban yakınında olması durumunda etkiyen kuvvetler, silindir üzerindeki basınç dağılımı ölçülerek belirlenmiştir. Bu çalışmada ayrıca silindirin iz bölgesinde, tabana yakın ve üst kısmındaki noktalardan alınan sinyallerin spektral analizleri de yapılmıştır. Silindirin tabanda değişik gömülme oralarında bulunması durumunda kararlı akım etkisiyle yapıya etkiyen kuvvetlerin belirlenmesi ile ilgili çalışmalar ise oldukça sınırlı sayıdadır (Jacobsen ve diğ. 1988, Çokgör ve Avcı 1997 ve 1998). Bu çalışmalarda silindirin tabana gömülmesi ile akım doğrultusunda ve akıma dik doğrultudaki kuvvet bileşenlerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Tabana oturan silindirin yakınında yeralan diğer cisimler (örneğin diğer bir silindir bulunması) sınır şartlarında değişiklikler yaratarak akım alanını etkiler. Buna bağlı olarak silindire etkiyen kuvvetlerde de önemli değişiklikler olur. Literatürde bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde, sonsuz akım ortamında değişik konumlarda yeralan silindirler ile ilgili çalışmalar mevcuttur (Williamson 1985, Zdravkovich 1987). Zdravkovich 1987 çalışmasında, sonsuz kararlı akım ortamına aynı eksen üzerine yerleştirilmiş aynı yarıçaplı silindirler etrafındaki akım alanı ve kuvvetler incelenmiştir. Silindirler arası uzaklığın silindir çapından daha küçük değerler aldığıda, silindire doğru daralan iz bölgesi akımının bağımsız olma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Bunun sonucunda, menbada yeralan silindire etkiyen sürüklenme ve kaldırma kuvvetlerinde artış gözlenmiştir. Sunulan çalışmada tabana oturan veya tabana değişik gömülme oranlarında yerleştirilmiş olan bir silindir üzerindeki basınç dağılımı ölçülerek, kararlı akım etkisi ile silindire etkiyen hidrodinamik kuvvetler değişik akım koşulları için belirlenmiştir. Akım ortamında ölçüm silindirinin mansabında veya menbada değişik konumlarda yeralan diğer bir silindirin, akım alanında yarattığı değişiklikler sonucu ölçüm silindirine etkiyen kuvvetlerde görülen değişiklikler, silindirlerin tabana oturması ve/veya değişik gömülme oranlarında bulunması durumlarında deneysel olarak incelenmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deney Düzeneği

İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarı'nda bulunan deney kanalı 26 m uzunluğunda, 98 cm genişliğinde ve 85 cm yüksekliğindedir (Şekil 1.a). Kanalda kapalı devre su sirkülasyonu sağlanarak kararlı akım oluşturulmakta, bunun için kanalın giriş ve çıkış kesitleri arasında çift hat ϕ 200' lük borular kullanılmaktadır. Sirkülasyon, 2x50 kw'lık iki pompa grubu ile sağlanmaktadır. Deneylerde kullanılacak model silindirler, 16 Atü'lük sert PVC borudan yapılmıştır (Şekil 1.b). Birisi sabit ölçüm (donanımlı) silindiri, diğeri ise dummy (donanımsız ve hareketli) silindir olarak kullanılan bu iki adet silindirin dış çapları 8.9 cm, uzunlukları 98 cm. olup, yüzeyleri torna tırtılı yardımıyla üniform olarak pürüzlendirilmiştir. Üzerindeki sınır tabakasının erken türbülanslı hale geçmesini sağlamak amacıyla oluşturulan bu üniform pürüzlülüklerin yüksekliği (k), 0.5 mm olarak seçilmiştir. Kararlı akım durumunda akım ortamı içindeki noktasal yatay hız bileşenlerini ölçmek üzere bir adet "Nixon instrumentation stream flow velocity meter, Tip 400, Model 403" mikro muline kullanılmıştır. Analog çıkışı da olan bu muline, bir ara sinyal kuvvetlendiricisinden sonra doğrudan bilgisayara bağlanabilmektedir.

Akım etkisi ile silindire gelen kuvvetleri ve bu bağlamda kuvvet katsayılarını belirlemek için, silindir çevresindeki basınçların ölçülmesi ve silindir yüzeyindeki basınç dağılımının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla noktasal basınçları ölçmek üzere, hazırlanan model silindirlerden birinin enkesit çevresi üzerine 30°'lik aralıklarla ENDEVCO 8510 B-5 tip ve modeli 11 adet minyatür basınç dönüştürücüleri, silindirin tabana değdiği nokta hariç yerleştirilmiştir (Şekil 1.b). Piezorezistif yapıdaki bu dönüştürücülerin çapları 4 mm olup, silindir dış yüzeyinde herhangi bir süreksizlik yaratmamaktadırlar. Hız ölçen "muline" ve noktasal basınç ölçen "basınç dönüştürücüleri"nden gelen analog sinyaller, herbiri ayrı birer kanal üzerinden önce bir sinyal kuvvetlendirici "amplifier"e gelmekte, sonra buradan çıkan kuvvetlendirilmiş sinyaller bir A/D dönüştürücüsü kartından geçerek bilgisayara aktarılmaktadır. Bilgisayara gelen digital sinyaller, EASYEST LX yazılımı yardımıyla simültane olarak alınmakta; bu sinyaller ya anında kalibraj denklemleri vasıtasıyla

The figure consists of two parts, (a) and (b), illustrating the experimental setup for studying wave propagation and measurement.

Part (a) shows the overall layout of the experiment. It includes a wave absorber (Dalgı sönmeyiciler) with a height $h = 0.85$ m. The distance from the inlet to the measurement cylinder is 13 m. The distance from the measurement cylinder to the wave flume exit is 8 m. The total length of the setup is 26 m. The distance from the inlet to the wave flume entrance is 3 m, and the distance from the wave flume entrance to the measurement cylinder is 6 m. The measurement cylinder has a diameter $D = 8.9$ cm. The flow direction is indicated by "Akım".

Part (b) provides a detailed view of the measurement cylinder. It shows the placement of pressure transducers (Basınç dönüştürücüler Endevco Model 8510B-2) at various depths ($e/D = 0.20, 0.50, 0.7$) and angles (30°). The cylinder is supported by a steel base (Çelik taban) and has a diameter D . The flow direction is indicated by "Akım".

Deney Koşulları

$$\text{Re} = \frac{U_c D}{\nu} \quad (1)$$

346

Tablo 1. Test Matrisi

Re	e/D	x/D
0.8×10^4	0, 0.20, 0.48, 0.70	Tek silindir
0.8×10^4	0, 0.20, 0.48, 0.70	-2; -1.5; -1; 1; 1.5; 2
1.5×10^4	0, 0.20, 0.48, 0.70	Tek silindir
1.5×10^4	0, 0.20, 0.48, 0.70	-2; -1.5; -1; 1; 1.5; 2

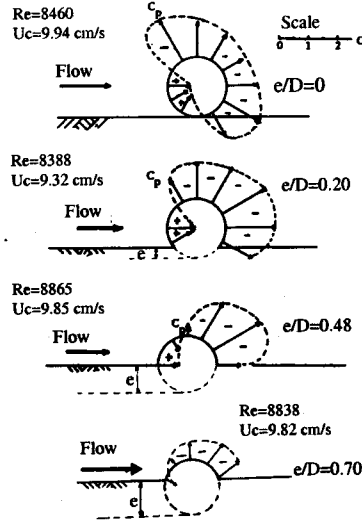
DENEYSEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Silindir üzerinde ölçülen basınç değerleri akımın silindir üzerindeki etkisini yansıtmaktadır. Şekil 2’de, tek silindir durumunda, değişik gömülme oranları için, silindir üzerindeki basınç dağılımı görülmektedir. Silindir üzerinde ölçülen bu basınç değerleri silindir yüzeyi üzerinde integre edilerek yapıya etkiyen kuvvetler hesaplanmıştır. Şekil 2’de görülen basınç değerleri c_p basınç sabiti olarak verilmiştir. Bu basınç sabiti;

$$c_p = \frac{\bar{p} - p_0}{\frac{1}{2} \rho U_c^2} \quad (2)$$

olarak tanımlanmıştır. İfadede $\bar{p}$ ölçülen noktadaki zamansal ortalama basınç, p_0 aynı notadaki hidrostatik basınç, U_c silindirin tepe noktası seviyesindeki akımın yaklaşım hızı ve ρ akışkanın özgül kütesidir. Şekil 2’de, tabana oturan silindir için (e/D) verilen basınç dağılımı, Bearman ve Zdravkovich (1978)’in çalışmalarında benzer akım koşullarında elde ettikleri basınç dağılımına benzerdir. Basınç dağılımı incelenerek, basınç değerlerinin, yüzeyde pozitiften negatife geçtiği noktanın yeri belirlenebilir. Örneğin Şekil 2’deki basınç dağılımı incelendiğinde tabana oturan silindir (e/D=0) durumunda bu noktanın, silindir enkesit yatay eksenine yaklaşık 50° ’lik açı yapan bir nokta olduğu görülmektedir. Bearman ve Zdravkovich (1978)’in çalışmalarında ise bu açı yaklaşık 60° ’dir. Aradaki farkın nedeni, deneylerde kullanılan silindirin yüzeyinin pürüzlü olması sebebiyle sınır tabakasının çabuk oluşmasıdır. Basınçların pozitiften negatife geçtiği noktanın silindir üzerindeki yeri gömülme oranından da etkilenmektedir. Şekil 2’den görüleceği gibi, bu açı e/D=0.20 iken 65° ’ye, e/D=0.48 iken 80° ’ye ve e/D=0.70 iken 110° ’ye çıkmaktadır. Silindir üzerinde pozitif basıncın maksimum değer aldığı durak noktası da gömülme oranından etkilenmektedir. Katı cidardan bağımsız, sonsuz akım ortamında durak noktası silindir

eksenindedir (Bearman ve Zdravkovich, 1978). Silindirin katı cidara oturduğu konumda durak noktası eksenden katı cidara doğru yaklaşmaktadır (Şekil 2). Gömülme oranının artışıyla durak noktası eksene doğru yer değiştirir (Şekil 2). Değişik akım ve sınır koşullarında silindir üzerinde belirlenen basınç dağılımından yararlanılarak yapıya etkiyen hidrodinamik kuvvetler belirlenebilir. Silindire etkiyen yükler, silindir üzerinde ölçülen basınçların silindir yüzeyi boyunca integrasyonu ile belirlenmiştir. Kaldırma kuvvetinin pozitif yönü tabandan yukarı doğrudur.



Şekil 2. Tabana Değişik Oranlarda Gömülen Silindir Etrafındaki Basınç Dağılımı ($Re = 8 \times 10^4$) (Çokgör ve Avcı 1998)

Silindire etkiyen kuvvetler belirlendikten sonra bunların boyutsuz kuvvet katsayıları (C_D , C_L) ile ifade edilmeleri gereklidir. Kararlı akım koşullarında, akım doğrultusundaki kuvvet katsayısı (C_D);

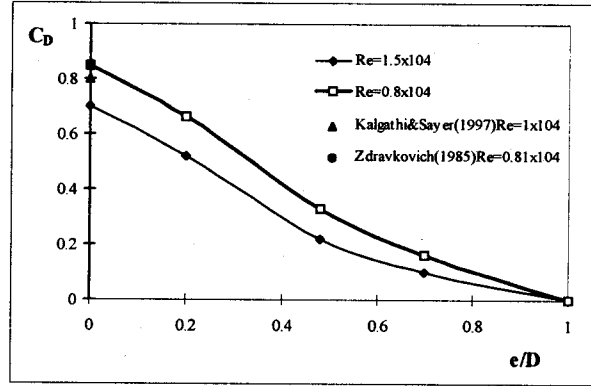
$$C_D = \frac{\bar{F}_D}{\frac{1}{2} \rho D U_c^2} \quad (3)$$

eşitliği kullanılarak, kaldırma kuvveti katsayısı C_L ise,

$$C_L = \frac{\bar{F}_L}{\frac{1}{2} \rho D U_c^2} \quad (4)$$

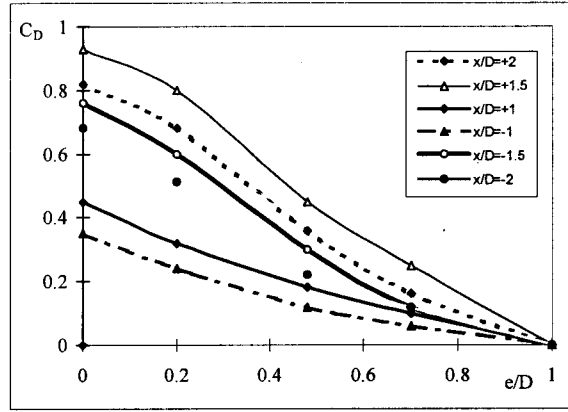
denklemleri kullanılarak belirlenmiştir. İfadelerde $\bar{F}_L$ ve $\bar{F}_D$ akım etkisi ile birim uzunluktaki silindire etkiyen kuvvetin akıma dik doğrultudaki ve akım doğrultusundaki bileşenlerinin zamansal ortalama değerleridir ve ölçülen basınç dağılımı kullanılarak elde edilmişlerdir.

Tabana oturan tek silindire etkiyen akım doğrultusundaki sürüklenme kuvveti katsayılarının (C_D) gömülme oranı (e/D) ile değişimi Şekil 3'de görülmektedir. Şekil 3'den görüleceği gibi, tabana oturma durumunda ($e/D=0$) C_D katsayısı Re sayısının 0.8×10^4 değeri için 0.85 civarında değer almaktadır. Bu değer literatürde mevcut benzer akım koşulları ve sınır şartlarında elde edilen değerlere çok yakındır. Silindirin tabana gömülmeye başlaması, yani e/D değerlerinin artışı ile C_D değerleri hızla azalmaktadır. Benzer durum Re sayısının 1.5×10^4 değerini aldığı akım koşullarında da görülmektedir. Tabana gömülmedeki artış ile ortaya çıkan sınır koşulları akım çizgilerine daha uygun olmakta (hidrodinamik profil), buna bağlı olarak silindir üzerindeki sürüklenme kuvveti de lineer olarak azalmaktadır. Şekil 3'den de görüleceği gibi, Re sayısındaki artışa paralel olarak sürüklenme katsayısı (C_D) değerleri daha küçük olmaktadır. Re sayısındaki artış ile silindir üzerinden sınır tabakasının ayrılması gecikmekte ve buna bağlı olarak silindirin mansap tarafında oluşan negatif basınçların oluşturduğu basınç bölgesi azalmaktadır. Bunun sonucunda silindire etkiyen sürüklenme kuvveti de azalmaktadır.



Şekil 3. Tabana Oturan ve Değişik Gömülme Oranlarında Sürüklenme Kuvveti Katsayısını Gömülme Oranı ile Değişimi

Silindir yakınlarında, akım ortamını etkileyen paralel ikiz bir silindir bulunması durumunda, silindire etkiyen sürüklenme kuvveti de değişen sınır koşullarına bağlı olarak akım ortamında oluşan değişimler sonucunda değişecektir. Akım ortamında yer alan bu ikinci silindirin, ölçüm silindirine göre menba veya mansapta değişik yakınlıklarda bulunması durumlarında sürüklenme kuvveti katsayılarındaki değişim Şekil 4'de verilmiştir. Şekilde, x/D 'nin pozitif değerlerinde ölçüm silindiri menbada, negatif değerlerinde ise mansapta yer almaktadır.

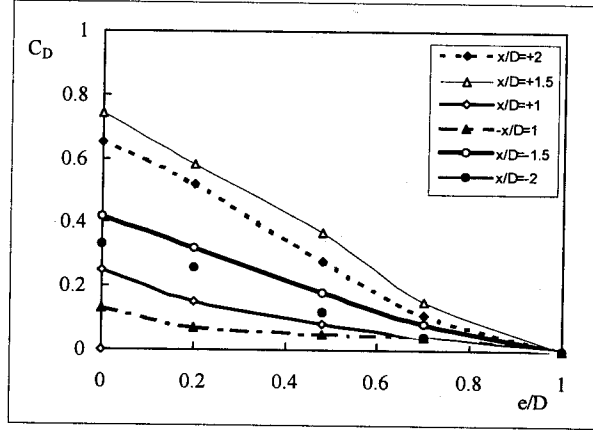


Şekil 4. Tabana Oturan ve Değişik Gömülme Oranlarında ve Silindir Yakınında Buna Paralel İkinci Bir Silindir Bulunması Durumunda Sürüklemeye Kuvveti Katsayısının, Gömülme Oranı ile Değişimi ($Re=0.8 \times 10^4$)

Şekilden de görüleceği gibi, sürüklemeye katsayısı C_D , ölçüm silindirinin akım doğrultusuna göre diğer silindirin menbada olduğu durumlarda daha büyüktür. Özellikle silindirler arası uzaklık silindir çapının yarısı kadarken ($x/D = +1.5$), C_D en büyük değerleri almaktadır. Silindirler arasında kalan ara bölgede oluşan çevrilerin yarattığı kararsızlık sonucu silindirin arka yüzeyinde oluşan negatif basınç bölgesindeki basınçlarda gözlenen artış nedeniyle C_D değerleri de artmaktadır. $x/D = +1.5$ değerinde, C_D değerleri tek silindir değerinden daha büyük değerler almaktadır. $x/D = +2$ değerinde ise negatif basınç bölgesi üzerinde diğer silindirin etkisi hemen hemen görülmemekte ve C_D değerleri tek silindire ait sürüklemeye kuvveti değerlerine yakın değerler almaktadır.

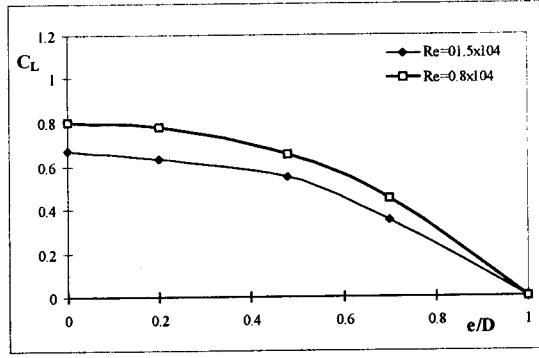
Ölçüm silindirinin menbada ve diğer silindire teğet olduğu durumda ($x/D = +1$), arkadaki silindir ölçüm silindirinin arka kısmında oluşan negatif basınç bölgesini azalttığından, C_D değerleri de azalmaktadır. Bu konumda sürüklemeye kuvvetini oluşturan asıl bileşen, silindirin menba bölgesindeki durak noktası etrafında oluşan pozitif basınçlardır. Ölçüm silindirinin diğer silindirin mansabında olduğu durumlarda ise, sürüklemeye katsayısı C_D gerek silindirin ölçüm silindirinin menbada olduğu durumlara, gerekse akım ortamında tek silindir bulunması durumlarına göre daha küçük değerler almaktadır. Önde yeralan silindir, akımın silindir üzerindeki etkisini perdelediğinden özellikle durak noktası civarındaki pozitif basınçlar azalmaktadır. x/D 'nin negatif değerlerinde en büyük C_D değerleri, $x/D = -1.5$ konumunda iken görülmektedir. Ölçüm silindirinin öndeki silindire bitişik konumda

bulunduğu ($x/D = -1$) durumda ise en küçük C_D değerleri belirlenmiştir. Bu konumda durak noktasındaki pozitif basınçların olmaması C_D değerlerini çok küçültmektedir (Şekil 5). Daha büyük Re sayılarında C_D 'nin gömülme oranı ve silindirler arası uzaklığa bağlı olarak değişimi incelendiğinde (Şekil 5) Şekil 5'de gözlenen duruma benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Buna karşılık Re sayısındaki artış ile C_D karsayıları tek silindir durumundaki gibi azalmaktadır.



Şekil 5. Tabana Oturan ve Değişik Gömülme Oranlarında ve Silindir Yakınında İkinci Bir Silindir Bulunması Durumunda Sürüklenme Kuvveti Katsayısının, Gömülme Oranı ile Değişimi ($Re=1.5 \times 10^4$)

Akıma dik doğrultuda silindire etkiyen kuvvet (kaldırma kuvveti) incelendiğinde, yönünün daima silindirin oturduğu katı cidardan yukarı ve akıma doğru olduğu görülmektedir. Silindirin tabana oturması ile durak nokası tabana doğru yer değiştirmekte ve bu noktadaki pozitif basınç etkisiyle kaldırma kuvveti de daima duvardan yukarı doğru olmaktadır. Şekil 6'da, tabana oturan ve değişik gömülme oranlarında silindire etkiyen kaldırma kuvveti katsayısı C_L 'nin, gömülme oranı ile değişimi verilmiştir. Kaldırma kuvveti katsayısının (C_L) değeri, sürüklenme kuvveti katsayısı C_D 'deki gibi gömülme oranındaki artış ile azalmaktadır. Fakat bu azalma C_D 'deki azalma kadar hızlı olmamaktadır. e/D 'nin artımıyla C_L 'de görülen azalma burada silindirin üst kısmında oluşan negatif basınçların etkisiyle daha yavaş olmaktadır. Re sayısının daha büyük değer ($Re=1.5 \times 10^4$) alması durumunda kaldırma kuvveti katsayısı da azalmaktadır. Sınır tabakasından ayrılma noktasının silindir üzerindeki hareketinin etkisi ile kaldırma kuvveti katsayısı C_L , Re sayısındaki artış ile azalmaktadır.

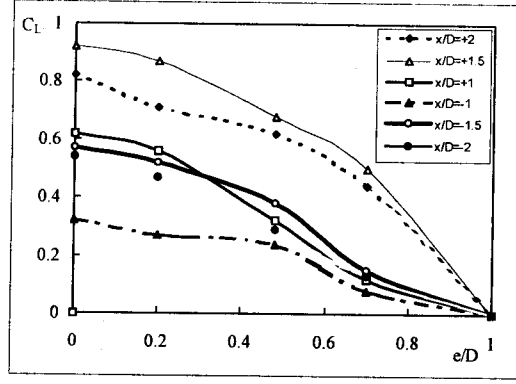


Şekil 6. Tabana Oturan ve Değişik Gömülme Oranlarında Kaldırma Kuvveti Katsayısını Gömülme Oranı ile Değişimi ($Re=0.8 \times 10^4$)

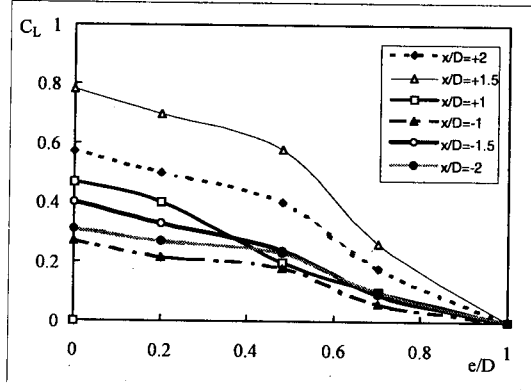
Tabana oturan silindir yakınında diğer bir silindir bulunması durumunda, kaldırma kuvveti katsayısı C_L 'nin gömülme oranı e/D ile değişimi Şekil 7'de verilmiştir. Şekilden ilk göze çarpan, x/D 'nin +1 değerini aldığı (ölçüm silindirinin menbada ve iki silindirin birbirine bitişik bulunduğu) durumda, C_L 'nin, sürüklenme kuvveti katsayısı C_D 'de görülen durumun aksine e/D 'nin 0 ve 0.2 değerlerinde büyük değerler almasıdır. Bunun sebebi, durak noktasındaki pozitif basınç değerinin kaldırma kuvveti üzerindeki etkisidir. e/D arttıkça zaman (0.48 ve 0.70) durak noktasındaki basıncın kaldırma kuvveti doğrultusundaki değeri azalmakta, buna bağlı olarak da $x/D = 1$ durumunda C_L de azalmaktadır. Kaldırma kuvvetinin en büyük değerleri ölçüm silindirinin menbada ve diğer silindirle arasında mesafe bulunduğu konumlarda ($x/D = +1.5$ ve $+2$) görülmektedir. Ölçüm silindiri mansapta kaldığı zaman ise, durak noktasındaki basınç değerindeki azalmaya bağlı olarak C_L küçük değerler almaktadır. Ölçüm silindirinin mansapta kaldığı (x/D 'nin negatif değerleri) durumlarda ise, C_L küçük değerler almaktadır. Özellikle $x/D = -1$ değerinde C_L değerleri çok küçüktür. Şekil 7'den Re sayısındaki artışa bağlı olarak C_L değerlerinde bir azalma görülmektedir. Çift silindir durumunda C_L değerlerindeki sıralama ise daha küçük Re sayılarında elde edilen sıralamaya benzer şekilde olmaktadır (Şekil 7 ve Şekil 8).

SONUÇLAR

Akım alanında tek silindir bulunması durumunda, kararlı akım etkisinde sürüklenme kuvveti katsayısının (C_D) değeri, silindirin tabana gömülmesi ile lineere yakın bir şekilde azalmaktadır. Silindir tabana yarıyarıya gömülü konumdayken C_D katsayısı da tabana



Şekil 7. Tabana Oturan ve Değişik Gömülme Oranlarında ve Silindir Yakınında İkinci Bir Silindir Bulunması Durumunda Kaldırma Kuvveti Katsayısının, Gömülme Oranı ile Değişimi ($Re=0.8 \times 10^4$)



Şekil 8. Tabana Oturan ve Değişik Gömülme Oranlarında ve Silindir Yakınında İkinci Bir Silindir Bulunması Durumunda Kaldırma Kuvveti Katsayısının, Gömülme Oranı ile Değişimi ($Re=1.5 \times 10^4$)

oturan durumdakinin yarısı kadardır. Silindirin tabana gömülmesi ile kaldırma kuvveti katsayısı da azalmaktadır. Kaldırma kuvveti katsayısındaki bu azalma sürüklenme kuvveti katsayısındaki azalmaya göre daha az olmakta sadece $e/D=0.70$ değerinde C_L 'de önemli bir azalma olmaktadır.

Silindirin menba veya mansabında ikinci bir silindir bulunması akım alanını etkilediğinden kuvvet katsayıları da değişmektedir. Ölçüm silindirinin menbada yer aldığı akım koşullarında kuvvet katsayıları mansapta olmasına göre daha büyük olmaktadır. Her iki doğrultudaki kuvvet katsayıları $x/D = +1.5$ değerinde tek silindir durumuna göre daha büyük değerler almaktadır. Ölçüm silindirinin mansapta ve diğer silindire bitişik olduğu

durumda ise kuvvet katsayılarının en küçük değerleri görülmektedir. Çift silindir durumunda da silindirlerin tabana gömülmesi ile kuvvet katsayılarındaki değişim tek silindir durumundaki gibi olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Avcı İ., Bayazıt M., Çokgör Ş., Sümer B. M., (1996) Deniz Tabanına Oturan Bir Tünel Yakınındaki Akım Alanı ve Tünele Etkiyen Kuvvetler, Proje No. INTAG 816, Rapor, TÜBİTAK.
2. Bearman, P.W., Zdravkovich, M.M., (1978), Flow Around a Circular Cylinder Near a Plane Boundary, J. Fluid Mech., Vol. 89, No. 1, pp. 33-48.
3. Çokgör Ş., (1997) Akıntılı Deniz Ortamında Tabana Oturan Silindirlere Etkiyen Kuvvetler, Doktora Tezi İ.T.Ü. Fenbilimleri Enstitüsü, İstanbul.
4. Çokgör Ş., Avcı İ., (1997) Hydrodynamic Forces on the Submarine Pipelines, Eight Congress International Maritime Association of Mediterranean IMAM'98 Vol1, 1.1-9,1.1-17, İstanbul
5. Çokgör Ş., Avcı İ., (1998), Hydrodynamic Forces On Partly Buried Pipelines In Waves/Current, International Society of Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE'98 Montreal, Canada.
6. Jacobsen, V, Bryndum, MB, Bonde C, (1988) "Fluid Loads on Pipelines: Sheltered or Sliding" Proc. 21.st Annual Offshore Technology Conf., Paper OTC, 6056,3:133-146.
7. Milne-Thomson, LM (1962). Theoretical Hydrodynamics, Macmillan.
8. Zdravkovich M.M., (1987) The Effects of the Interference Between Circular Cylinder in Cross Flow, Journal of Fluids and Structures, Vol1, 239-261
9. Williamson, C.H.K., (1985), Sinusoidal Flow Relative to Circular Cylinders. J. Fluid Mech., Vol. 155, pp.141-174.
10. Yamamoto, T., Nath, J.H., Slotta, L.S., (1974), Wave Forces on Cylinders Near Plane Boundary, J. Waterway, Port, Coastal Ocean Engineering Div., ASCE, Vol. 100, pp 345-360.

HYDRODYNAMIC FORCES ON PARTLY BURIED TANDEM, TWIN PIPELINES IN CURRENT

ABSTRACT

This study extends the investigations of the forces on a cylinder, laid on, or partly buried in the plane bed with a dummy cylinder nearby and without it were determined by measuring the pressure distribution on the cylinder in the case of steady current. The pressure distribution around the cylinder was measured by using pressure transducers. The forces on the cylinder were calculated by the integration of the measured pressures on the surface of the cylinder. Force coefficients were obtained for the ranges of $Re = 0.8 - 2 \times 10^4$, for the burial-depth-to-the diameter ratio = 0-0.7. The distance between measurement and dummy cylinder centers were 2, 1.5 and 1 diameter. The dummy cylinder was replaced down stream and upstream of the measurement cylinder in different flow conditions.



DALGA KIRILMASINDA HAVA YASTIĞININ BASINÇ İMPULSU ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Mustafa MAMAK

Arş.Gör.Dr.

Ç.Ü. İnşaat Müh. Bölümü

Adana, Türkiye

M. Salih KIRKGÖZ

Prof. Dr.

Ç.Ü. İnşaat Müh. Bölümü

Adana, Türkiye

ÖZET

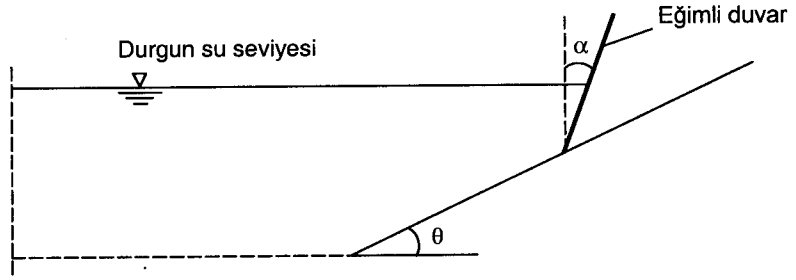
Kıyı yapıları üzerine etkiyen yükler arasında, kırılan dalgaların yapıya çarpması sonucu oluşan basınçların etkisi önemlidir. Dalgaların tam yapı üzerinde kırılması yani dalga ön yüzü ile yapının paralel olması durumunda maksimum çarpma basınçları oluşur. Çarpma basınçlarının şiddeti, önemli ölçüde yapı ile dalga arasında sıkışan hava yastığının büyüklüğüne bağlıdır.

Çarpma basınçları kıyı yapılarının stabilitesi açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle dalga ile yapının çarpma yüzeyi boyunca oluşan basınç dağılımının tesbitine ihtiyaç vardır. Çarpma basıncının ve bunun duvar üzerindeki dağılımının analizinde “su darbesi” ve “hava yastığı” gibi teorik modeller ile “impuls-momentum” analizi gibi yarı deneysel veya deneysel yöntemler kullanılmıştır. Bu çalışmada, basınç impulsu modelini esas alan bir teorik yöntem ile düzlem duvarın düşey ve eğimli durumları için çarpma basınçları hesaplanmış ve hava yastığının etkisi incelenmiştir.

GİRİŞ

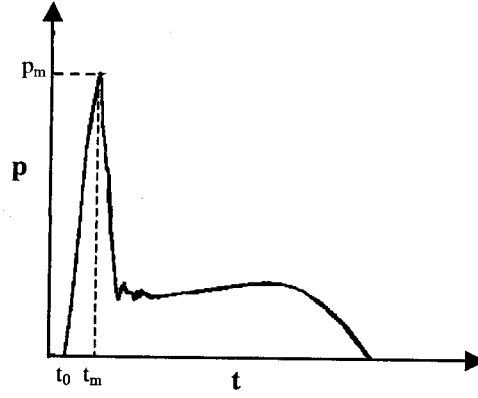
Kıyıya doğru ilerleyen dalgaların sıkışmadan dolayı karakteristik özelliklerinde değişim görülür. Dalga boyları kısalır ve yükseklikleri artar; bunun sonucunda dalga dikliği (H/L) artar ve belirli bir değere ulaştığında dalga kırılmaya maruz kalır. Bu kırılma tam yapı üzerinde gerçekleştiğinde yani dalga ön yüzü ile yapının paralel olması durumunda kısa süreli ve çok şiddetli çarpma basınçları oluşur.

Kıyılara doğru yayılan dalgalar yükseklik, periyot ve kıyı eğimi gibi özelliklere bağlı olarak çökme, sıçrama ya da taşma tipi bir kırılmaya maruz kalırlar. Düşey ve eğimli kıyı yapıları üzerinde kırılan dalgalar, kırılmayan dalgalara kıyasla daha şiddetli ve kısa süreli çarpma basınçlarına sebep olur. Kırılma tipi ile birlikte yapının şekli de çarpma basınçları üzerinde etkilidir. Yapının tipi düşey, düzlem bir duvar olabileceği gibi yatayla θ açısı yapan taban üzerinde arkaya doğru α açısı ile eğimli bir düzlem duvar da olabilir (Şekil 1).



Şekil 1. Eğimli taban üzerinde eğimli düzlem duvar

Kırılan dalgaların kıyı yapıları üzerinde tam kırılması sonucu oluşan çarpma basınçları ile ilgili olarak teorik ve deneysel birçok çalışma yapılmıştır [1, 2, 3, 4]. Laboratuvar ve prototip deneylerinden elde edilen bilgilere göre bir noktadaki çarpma basıncının zamana göre değişimini gösteren tipik bir örnek Şekil 2 de görülmektedir. Bu şekilde görüldüğü gibi çarpma basıncı kısa sürede bir maksimum değere (p_m) ulaşır. Ani bir inişten sonra maksimum değere kıyasla düşük, fakat uzun süreli ikinci bir pik değerden geçer.



Şekil 2. Çarpma basıncının zaman ile değişimi

Bagnold [5], düzenli dalga şartlarında duvar üzerindeki bir noktada oluşan basınç impulsunun yaklaşık olarak sabit kaldığını ifade etmiştir. Bu çalışmada çarpma anında bir noktadaki basınç impulsu, P , aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$P = \int_{t_0}^{t_m} p \, dt \quad (1)$$

burada p çarpma basıncını, t_0 ve t_m ise çarpma sırasındaki başlangıç ve maksimum basıncın olduğu zamanları göstermektedir.

AMAÇ

Bu çalışmada, deniz duvarları üzerinde dalga kırılmasından doğan basınçların analizi için basınç impulsu modelini esas alan bir teorik yöntem kullanılmış, düşey ve eğimli düzlem duvarlar üzerinedalga kırılması esnasında hapsolan hava yastığının çarpma basıncının impulsu üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

FORMÜLASYON

Çarpma olayı sırasında hızlardaki değişim çok kısa bir zaman aralığında gerçekleştiğinden, Euler hareket denklemindeki nonlinear ifadeler zamansal türeve nisbeten ihmal edilebilir boyuttadır. Bu durumda hareket denkleminin yatay doğrultudaki bileşeni aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \nabla p \quad (2)$$

burada u yatay partikül hızını temsil etmektedir. (2) denklemini t_0 , t_m zaman aralığında integre edilir ve gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra denklemin diverjansı alınır:

$$\nabla^2 p = 0 \quad (3)$$

Laplace diferansiyel denklemini elde edilir. (3) ifadesine göre çarpma basıncının impulsu P , Laplace denkleminin çözümünden elde edilebilmektedir.

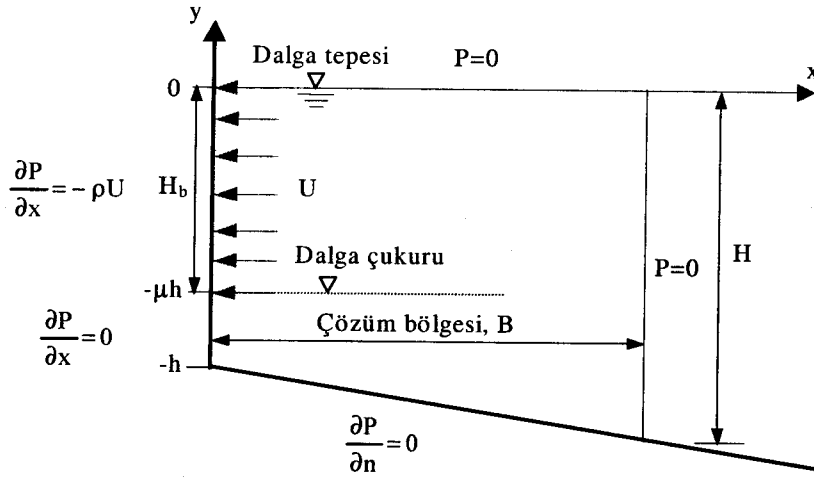
LAPLACE DENKLEMİNİN ÇÖZÜMÜ

Laplace diferansiyel denkleminin düşey duvarda dalga kırılması problemine uygulanmasında kullanılan idealize edilmiş model ve problemin sınır şartları Şekil 3 te görülmektedir. Verilen sınır şartları altında (3) denkleminin sınır eleman yöntemi ile sayısal çözümü yapılmış ve dalganın duvar üzerindeki çarpma yüzeyi boyunca basınç impulsu hesaplanmıştır.

Sınır Şartları

Şekil 3 te, dalganın düşey bir duvar üzerindeki tam çarpma hali ile ilgili idealize edilmiş model görülmektedir. Bu modelde dalga tepesinin tabandan yüksekliği h olup bu yüksekliğin μ oranındaki kısmında yani kırılma anındaki dalga yüksekliği H_b boyunca dalga çarpma basınçları etkili olmaktadır. B çözüm bölgesi mesafesindeki deniz tabanı ile

dalga tepesi arasındaki su yüksekliği H ile gösterilmektedir. Bu model için (3) denkleminin sınır şartları aşağıda verilmiştir.



Şekil 3. Dalganın düşey duvarla etkileşim modeli

(a) Serbest yüzeyde basınç sıfır olduğundan $P=0$ alınabilir.

(b) Çarpmanın olmadığı katı yüzeylerde çarpmadan önce ve sonra hızın normal bileşeni değişmediğinden:

$$\frac{\partial P}{\partial n} = 0$$

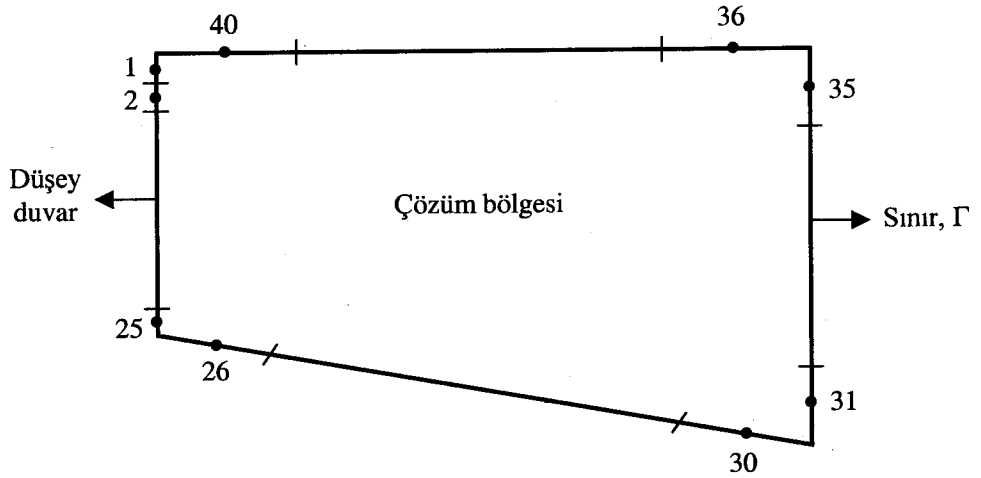
(c) Çarpma sırasında akışkan katı bir yüzeye temas ettiğinde, hızın normal bileşenindeki değişim basınç impulsunun normal türevini verir.

$$u_n = \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial n}$$

burada u_n akışkanın yaklaşım hızının normal bileşeni olup U dalga yayılma hızına eşit alınmaktadır.

Sınır Eleman Yöntemi

Sınır eleman yönteminde çözüm bölgesini çevreleyen sınır (Γ) üzerinde çalışılmaktadır. Şekil 4 te, sınır üzerinde seçilen sabit elemanlar ve bu elemanların orta noktalarını temsil eden düğüm noktaları gösterilmiştir. Düşey duvar üzerindeki basınç impulsunun daha hassas ölçülmesi amacı ile bu kısımda eleman sayısı artırılmıştır.



Şekil 4. Çözüm bölgesindeki sınır elemanları

Laplace denklemi ile verilen basınç impulsu ifadesine sınır integral denklemi uygulanırsa:

$$c_P + \int_{\Gamma} P \frac{\partial w}{\partial n} d\Gamma = \int_{\Gamma} \frac{\partial P}{\partial n} w d\Gamma \quad (4)$$

ifadesi bulunur. Burada c sınırın şekline bağlı bir katsayı, w ise Laplace denkleminin temel çözümüdür [6]. Sınır boyunca elemanlar üzerinde (4) ifadesi yazılırsa:

$$c P + \sum_{j=1}^n \int_{\Gamma_j} P \frac{\partial w}{\partial n} d\Gamma = \sum_{j=1}^n \int_{\Gamma_j} w \frac{\partial P}{\partial n} d\Gamma \quad (5)$$

Her bir eleman (Γ_j) boyunca P ve $\partial P / \partial n$ ifadeleri temel fonksiyonlar cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$P_j = \sum_{\alpha} \psi_{\alpha} P_{j\alpha} \quad \text{ve} \quad q_j = \frac{\partial P_j}{\partial n} = \sum_{\alpha} \psi_{\alpha} q_{j\alpha} \quad (\alpha=1,2) \quad (6)$$

burada P_j , q_j değerleri Γ_j elemanı üzerindeki P ve q değerleri, $P_{j\alpha}$, $q_{j\alpha}$ değerleri ise Γ_j elemanının α noktasındaki P ve q değerleri olup bu değerler sabit eleman için birbirine eşittir. (6) ifadesi (5) denkleminde yerine konup düzenlenirse:

$$c_i P_i + \sum_{j=1}^n \sum_{\alpha} P_{j\alpha} a_{ij}^{\alpha} = \sum_{j=1}^n \sum_{\alpha} q_{j\alpha} b_{ij}^{\alpha} \quad (7)$$

elde edilir. Burada $a_{ij}^{\alpha} = \int_{\Gamma_j} \psi_{\alpha} \frac{\partial w_i}{\partial n} d\Gamma$ ve $b_{ij}^{\alpha} = \int_{\Gamma_j} \psi_{\alpha} w_i d\Gamma$ şeklindedir.

(7) ifadesi sınır üzerinde bulunan bütün noktalar için geçerlidir. n adet eleman için n adet nokta ve dolayısıyla n adet bir denklem takımı elde edilir:

$$A P = B q \quad (8)$$

Her bir eleman üzerinde sınır şartlarından dolayı ya P değeri ya da q değeri bilinmektedir. Bilinenler (8) denkleminin sağ tarafına, bilinmeyenler sol tarafına alındığında aşağıdaki gibi bir denklem takımı yazılabilir.

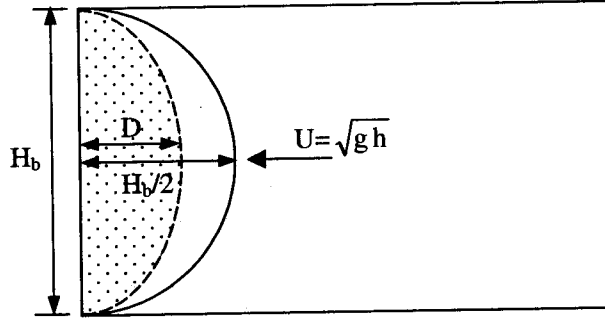
$$C x = f \quad (9)$$

burada x , bilinmeyen P ve q değerlerinden oluşmaktadır. (9) denkleminin çözümünden basınç impulsu, P , değerleri hesaplanabilir.

Hava Yastığı Modeli

Dalga kırılması sonucu duvar üzerinde oluşan çarpma basıncı ve dolayısıyla basınç impulsu, dalga ön yüzü ile duvar arasında sıkışan hava yastığının kalınlığından önemli ölçüde etkilenmekte ve hava yastığının kalınlığı ile ters orantılı biçimde değişmektedir.

Hava yastığının basınç impulsu P nin üzerindeki etkisini belirlemek üzere oluşturulan model Şekil 5 te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, öngörülen hava yastığı modelinde dalga ile duvar arasında D kalınlığında bir hava hacminin hapsedildiği kabul edilmektedir. D nin maksimum değeri $H_b/2$ ye eşit olarak alınmaktadır.



Şekil 5. Dalga çarpmasında hava yastığı modeli

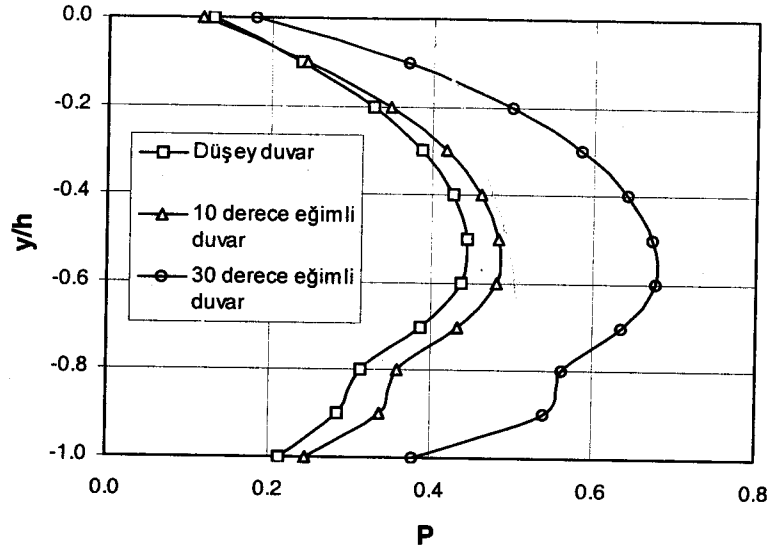
Duvar üzerindeki bir noktada oluşan maksimum çarpma basıncı p_{mak} , aşağıdaki gibi bulunabilir [7].

$$p_{mak} = P_{mak} \rho U_x H_b / (t_m/2) \quad (10)$$

burada P_{mak} maksimum basınç impulsu, ρ suyun yoğunluğu, $U_x = \sqrt{gh}$ dalganın yayılma hızı, $H_b = \mu h$ dalganın duvar üzerinde kırılma anındaki yüksekliği ve t_m maksimum basıncın oluştuğu süredir.

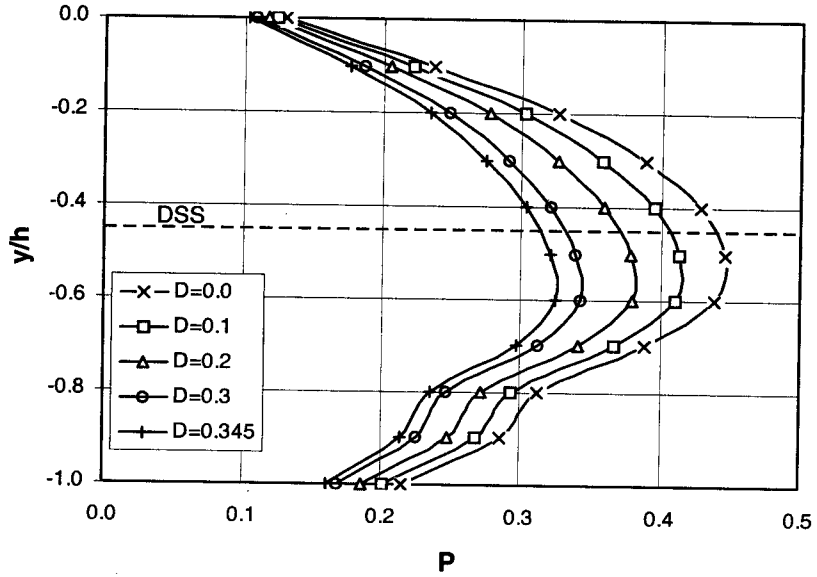
BULGULAR

Dalga kırılması sonucu oluşan çarpma basınçlarının 1/10 taban eğimine sahip kıyı duvarı üzerinde maksimuma ulaştığı gözlemlenmiştir [4]. Duvarın düşey ve $\alpha=10^\circ$ ve 30° ile arkaya eğimli olması durumlarında hesaplanan basınç impulsunun düşey dağılımları Şekil 6 da görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi basınç impulsunun en büyük değerleri 30° eğimli duvar üzerinde gerçekleşmektedir. Her üç halde de $\mu=0.69$ olarak alınmıştır [8].



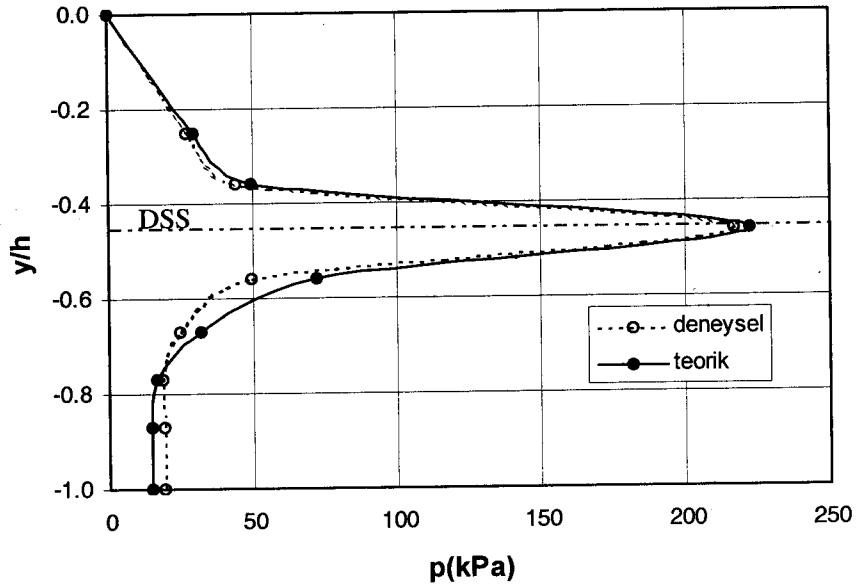
Şekil 6. Duvar eğiminin basınç impulsuna etkisi

Kullanılan hava yastığı modeline dayalı olarak yapılan sayısal çözümlerden elde edilen basınç impulsunun duvar üzerindeki düşey dağılımının hava yastığının başlangıç kalınlığı D ile nasıl değiştiğini gösteren örnek bir grafik Şekil 7 de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi maksimum basınç impulsu yaklaşık durgun su seviyesinde oluşmakta ve bu da maksimum çarpma basıncının aynı yerde oluştuğu sonucu ile uyum sağlamaktadır [9].



Şekil 7. Hava yastığının düşey, düzlem duvar üzerindeki basınç impulsuna etkisi

(10) ifadesi ile p_{mak} değerlerinin bulunabilmesi için deneysel olarak bulunan t_m değerlerine ihtiyaç vardır. Düşey duvarın yüksekliği boyunca çeşitli seviyelerdeki basınç ölçerler yardımıyla tesbit edilen deneysel t_m [8] ve hesaplanan impuls değerlerinin (10) denkleminde kullanılması ile teorik çarpma basınçları elde edilmiştir. Hava yastığının olmadığı $D=0$ durumu için deneysel ve teorik olarak hesaplanan çarpma basınçlarının düşey dağılımına bir örnek Şekil 8 de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi teorik ve deneysel basınçların düşey dağılımları, maksimum çarpma basıncının şiddeti ve yeri deney ile büyük ölçüde uyum sağlamaktadır. Hava yastığı kalınlığının maksimum olduğu durumda aynı t_m değeri için çarpma basıncının değerinde 27% oranında bir azalma söz konusudur.



Şekil 8. Düşey bir duvar üzerinde eşzamanlı çarpma basınçları dağılımı

SONUÇ

Dalgaların tam yapı üzerinde kırılması sonucu oluşan basınçların analizi için impuls modellemesini esas alan bir sayısal yöntem kullanılmış ve basınç impulsunun hava yastığı kalınlığına bağlı olarak değişimi incelenmiştir.

1/10 taban eğimine sahip düzlem duvarın düşey, $\alpha=10^\circ$ ve 30° ile arkaya eğimli olması durumunda yapı üzerindeki impuls dağılımı sınır eleman yöntemi ile hesaplanmış ve basınç impulsu değerlerinin duvar eğimi ile birlikte arttığı görülmüştür.

Hava yastığının düşey, düzlem duvar üzerindeki basınç impulsuna etkisi incelenmiş ve hava yastığı başlangıç kalınlığı D nin artması ile birlikte, basınç impulsu P nin değerlerinde azalma olduğu bulunmuştur. Sınır eleman yöntemi kullanılarak bulunan maksimum basınç impulsu yaklaşık olarak durgun su seviyesi civarında oluşmaktadır. Tam çarpma yani hava yastığının oluşmaması durumunda teorik basınçların düşey dağılımı, maksimum çarpma basıncının şiddeti ve yeri deneysel bulgularla büyük ölçüde uyum göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Denny, D.F., "Further Experiments on Wave Pressures", J. Inst. Civil Engrs, 35, 1951, 330-345.
2. Nagai, S., "Shock Pressures by Breaking Waves on Breakwaters", J. Waterways, Harbors Div. ASCE, 86, 1960, 1-38.
3. Richert, G., "Experimental Investigation of Shock Pressures against Breakwaters", Proc. 11th Conf. Coastal Engng ASCE, 1968, 954-973.
4. Kırkgöz, M.S., "Shock Pressure of Breaking Waves on Vertical Walls", J. Water. Port, Coastal Ocean Div. ASCE, 108, 1982, 81-95.
5. Bagnold, R.A., "Interim Report on Wave-Pressure Research", Journal I.C.E., 12, June 1939, 202-226.
6. Brebbia, C.A., Dominguez, J., Boundary Elements-An Introductory Course, Computational Mechanics Publications, Southampton, 1989.
7. Mamak, M., "Eğri Yüzeyli Deniz Duvarlarında Dalga Yükleri", Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 2002.
8. Kırkgöz, M. S. , "Breaking waves: their action on slopes and impact on vertical seawalls", Ph. D. Thesis, University of Liverpool, Liverpool, U. K., 1978.
9. Kırkgöz, M.S., "Breaking Wave Impact on Vertical and Sloping Coastal Structures", Ocean Engng, 22, (1), 1995, 35-48.

THE EFFECT OF AIR CUSHION ON PRESSURE IMPULSE AT WAVE BREAKING

Mustafa MAMAK

Res.Asst.Dr.

Ç.Ü. Dept. of Civil Eng.

Adana, Türkiye

M. Salih KIRKGÖZ

Prof. Dr.

Ç.Ü. Dept. of Civil Eng.

Adana, Türkiye

ABSTRACT

Among the loads acting on coastal structures, the impact pressures induced by breaking waves are important. When a wave breaks directly on a structure that is when the wave front becomes parallel to face of the structure, maximum impact pressures occur. The magnitude of the impact pressures depends primarily on the size of the air cushion trapped between the wave and structure.

Impact pressures are important for the stability of the coastal structures. Therefore pressure distribution between the wave and structure has to be determined. In order to predict the magnitude of impact pressures and their distributions on the wall, some theoretical models such as water-hammer analysis and air-cushion analysis; semi-empirical models such as impulse-momentum analysis, and experimental methods have been used. In this study, a theoretical method based on the pressure impulse model is used to determine the impact pressures on the plane, vertical and sloping seawalls and the effect of air cushion on pressure impulse is investigated.

İZMİT KÖRFEZİNİN ATIKLARDAN ARINDIRILMASI PROJESİ ALTINOVA VE KARAMÜRSEL DENİZ DEŞARJLARI UYGULAMASI

Coşkun ÇALIŞKANOĞLU
İnşaat Mühendisi
Deniz Deşarjları Şefi
ALSİM – ALARKO
GEBZE – İZMİT
coskuncaliskanoglu@hotmail.com

ÖZET

İzmit Körfezinin Atıklardan Arındırılması Projesi Hersek burnundan Derinceye kadar İzmit Körfezi çevresindeki 26 Belediyeye hizmet edecektir. Toplam 5 ayrı Arıtma Tesisi ve 2 adet Deniz Deşarjı yapımı bu projenin kapsamındadır.

Proje tamamlandığında İzmit Körfezine akan evsel atık sular arıtılarak Körfeze deşarj edileceğinden, Körfezdeki kirlenmenin de önüne geçilmiş olacaktır.

Arıtılan evsel atık suların İzmit Körfezi'ne ulaştırılması işlemi Gölcük, Körfez ve Kullar ilçelerindeki tesislerde, en yakınlarındaki derelere deşarj edilerek gerçekleştirilmiştir.

Altınova ve Karamürsel Arıtma Tesislerinde ise, arıtılmış atık su İzmit Körfezine derin deniz deşarjı ile ulaştırılmıştır.

Bu bildirinin amacı bu proje kapsamındaki deniz deşarjı uygulamalarının hangi aşamalardan geçerek, hangi yöntemlerle yapıldığının tüm hususlarıyla gözden geçirilmesidir.

1-GİRİŞ (PROJE HAKKINDA GENEL BİLGİLER)

Altınova, Subaşı ve Kaytazdere beldelerinin yerleşim birimlerinin atık suları, Altınova Arıtma Tesisinde arıtılacak şekilde 2010 yılında 50.000, 2030 yılında ise 100.000 kişilik ihtiyaçlara göre projelendirilmiştir.

Karamürsel, Ulaşlı ve Ereğli beldelerinin yerleşim birimlerinin atık suları ise, Karamürsel Arıtma Tesisinde 2010 yılında 80.000 kişilik, 2030 yılında ise 160.000 kişilik ihtiyaçlara göre projelendirilmiştir.

TESİSLER	YILLAR	KAPASİTE	HIZ	HDPE BORU ÇAPI	BORU BOYU
		m ³ / saat	m/ sn	mm	m
KARAMÜRSEL	2010	1444	0.94	800	KARA = 290
	2030	2808	1.82		DENİZ = 707
	2010	950	1.0	630	KARA = 125
ALTINOVA	2030	1804	1.88		DENİZ = 1522

Tablo 1.1

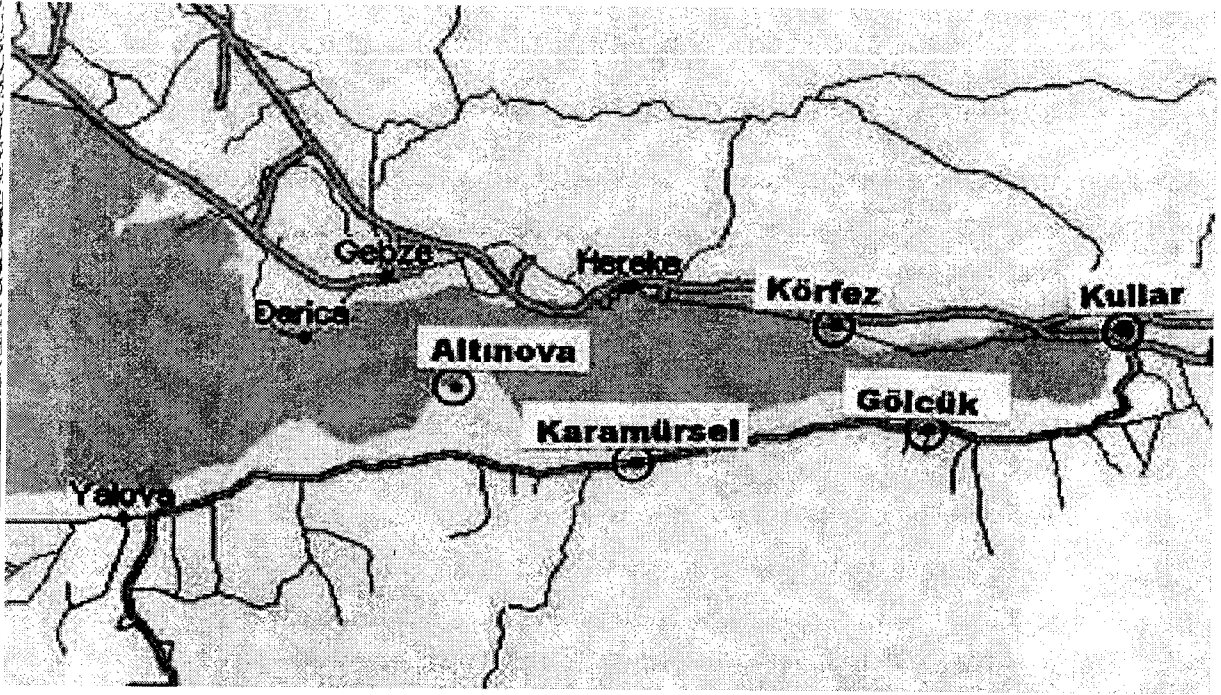
2-İZMİT KÖRFEZİ GENEL KARAKTERİSTİKLERİ

Marmara Denizi'nin kuzeydoğusunda yer alan İzmit Körfezi yaklaşık 50 km. uzunluğunda olup, en dar yeri 2 km., en geniş yeri ise 10 km.'dir. Yüzey alanı 310 km. olan Körfezin kuzey bölümünde ortalama derinlik 60 m. iken güney bölümünde 180 m.'ye ulaşmıştır.

Marmara Denizi, tuzluluğu az olan Karadeniz ile tuzluluğu çok olan Ege Denizi arasında yer almaktadır.

Bu sebeple Marmara denizinde görülen yoğunluk tabakalaşması İzmit Körfezinin de genel karakteristiklerindendir.

Körfezde yıl boyunca Karadeniz'den gelen KD rüzgarları hakimdir. Kış aylarında aralıklı olarak Marmara Denizinden gelen GB rüzgarları da etkili olmaktadır.



Şekil 2.1 İzmit Körfezi

3-DENİZ ARAŞTIRMALARI

Alsım Alarko – Emit İş Ortaklığı tarafından yapımı gerçekleştirilen bu projenin Deniz Deşarjları ile ilgili Ön Araştırma ve Tatbikat projelerini hazırlayan Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Kıyı ve Liman Mühendisliği Bölümü Kıyı ve Liman Mühendisliği UYGAR Merkezi, bu araştırma ve projelerin alt yapısını oluşturan Deniz Araştırmaları ve Değerlendirmelerini içeren raporu da hazırlamıştır.

Her iki Deşarj Projesi için ayrı ayrı hazırlanan deniz araştırmaları raporu, Körfezin genel özelliklerini belirleme, batimetrisinin tespiti, sismik ve manyetik ölçümlerle veri toplama, oşinografik ve su kalitesi tespitleri ile ilgili çalışmalar, deniz tabanı hareketleri, yöreye ait dalga akıntı iklimi, modelleme çalışmaları, geoteknik araştırmalar ve tüm bu çalışmaların sonuçlarından oluşmaktadır.

3.1 GEOTEKNİK VERİLER

Altınova bölgesinde yüksek plastiseli killi silt ve siltli kil tabakalarının ,Karamürsel bölgesinde ise, siltli killi ince kum ve siltli kil tabakalarının deniz zemininin genel karakteristikleri olduğu yapılan araştırmalarda ortaya çıkmıştır.

3.2 OŞİNOGRAFIK VERİLER

Altınova bölgesinde yapılan deniz araştırmaları ve matematik model çalışmaları sonucunda – 24 m derinlikte ortalama 5cm/sn akıntı hızlarının mevcut olduğu ve genellikle hakim yönün E olduğu belirlenmiştir. Ayrıca proje bölgesinde yapılan çalışmalarda da T90 değeri 1,35 saat olarak bulunmuştur.

Karamürsel bölgesinde ise –30 m derinlik , 5cm/sn mevcut akıntı hızı tespit edilmiş ve hakim yönün E-ENE olduğu belirlenmiştir. yine burada da T90 değeri 1,35 saat olarak bulunmuştur.

Ayrıca araştırma raporu neticesinde aşağıdaki haritalar da çıkarılmıştır.

- 1-Hat izleme haritası
- 2-Batimetri haritası
- 3-Deniz yatağı oluşumları haritası
- 4-Manyetik harita
- 5-Çökelti kalınlık haritası
- 6-Deniz dibi sonar haritası

Bu çalışmalarda yapımı planlanan Deşarj Hattı için gerekli koşulların ve bölgeye ait tasarım kriterlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

4-YAPIM DİZAYNI

Deniz araştırmaları bulgularının yanında atık su arıtma tesislerinin atık su verilerinden de yararlanılarak, seçilen boru tipine göre hidrolik hesapların oluşturulması sonucunda, boru hatlarının boyları ve stabilize yapıları belirlenmiştir.

2010 ve 2030 yılı nüfuslarına göre yapılan tespit ve hesaplar neticesinde aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

	Karamürsel Arıtma Tesisİ		Altınova Arıtma Tesisİ	
2010 Nüfusu	80000		50000	
2030 Nüfusu	160000		100000	
Günlük su kullanımı	250	l/kiři/gün	250	l/kiři/gün
Kanalizasyona intikal	80	%	80	%
Yer altı suyu sızması	0,1	l/s/ha	0,1	l/s/ha
Yer altı suyu sızma alanı	200	ha	250	ha
Baca kapaklarından giren yağmur suyu miktarı	5	%	5	%
Minimum Debi	260	l/sn	175	l/sn
Ortalama debi	390	l/sn	256	l/sn
Maksimum debi	780	l/sn	501	l/sn

Bu değerler ile beraber Deşarj borusunda müsaade edilen hız sınırlarında ,

0,6 m/sn – V - 2,50 m/s arasında olduğuda göz önüne alınarak;

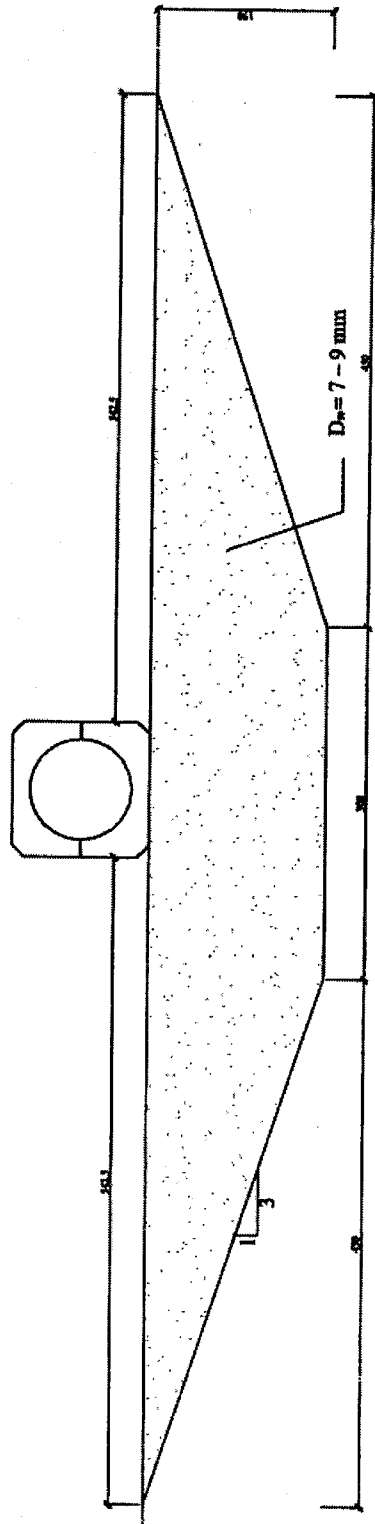
Deşarj borusu özellikleri řu şekilde belirlenmiştir.

YER	DIŞ ÇAP	İÇ ÇAP	ET KALINLIĞI
KARAMÜRSEL	630 mm	581 mm	24,3 mm
ALTINOVA	800 mm	738 mm	30,8 mm

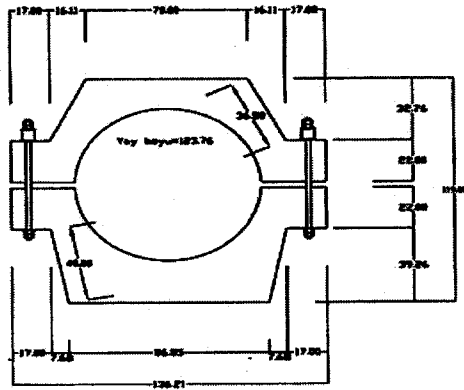
Her iki Deniz Deşarjı güzergahında 17/08/1999 Doğu Marmara depremi öncesi yapılan batimetrik ölçümler ve zemin araştırmaları deprem sonrası tekrarlanarak karşılaştırılmış ve hattın batimetrisinde ve zemin koşulları ile zemin özelliklerini karakterize eden bazı parametrelerde değişimler belirlenmiştir.

Buna göre hatta ait stabilize hesapları kısmen revize edilmiştir. Bu araştırmalar sonucunda görülen en önemli bulgulardan biri de, bölgede tabii zemin şartlarının taşıma gücünün düşük ve sıvılaşma potansiyelinin yüksek olduğudur.

Bu tespitlere dayanarak, Altınova ve Karamürsel deniz deşarjları için yapılan hesaplar sonucunda statik ve dinamik yükler altında zeminin taşıma gücünün düşük olması nedeniyle deniz tabanına oturan difüzör bölgesinde yükün daha fazla yayılmasını sağlamak amacıyla ve borunun zeminden dolayı istenmeyen deplasmanları yapmaması için deniz tabanına bu bölgede granüler malzeme ile yataklama iyileştirmesi projelendirilmiştir.

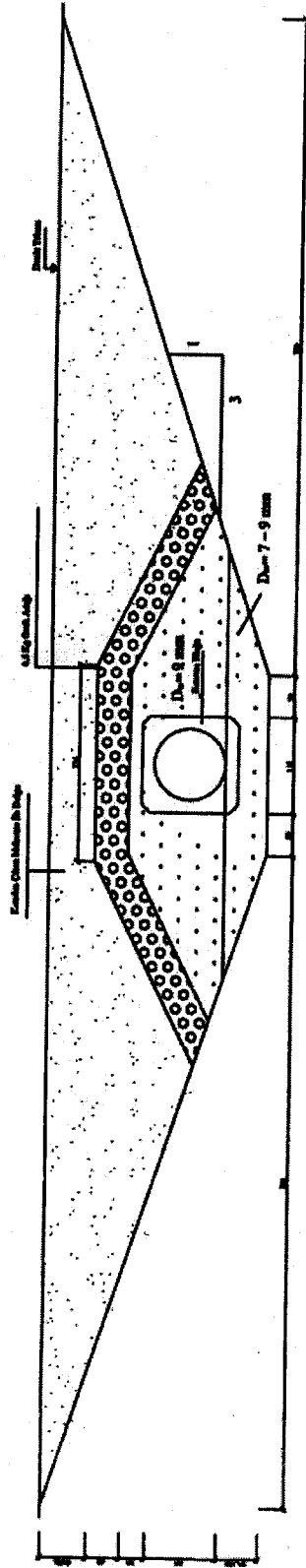


BATIRMA BLOGU KALIP PLANI



Karamürsel Deniz Deşarjı hattı ise max. debisi 780 lt/sn olarak hesaplanan D=800 mm. PN4 HDPE boru ile imal edilmiştir. Deşarj hattı uzunluğu karada 290 m, denizde 650 m.+57 m. (difüzör) olmak üzere –30 m. derinliğe ulaşacak şekilde planlanmıştır. Borunun batırılması ve hendek içindeki stabilitesini sağlamak üzere, karadaki ağırlığı 275 kg. olan betonarme batırma ve tespit blokları 3 mt.lik aralıklarla boru üzerine monte edilmiştir.

376



ÇİFTÇİ DERİNLİĞİ İÇİN HENDREK DETAYI (22.36 - 26.69 m Derinlikleri Arasında, 510 - 630 m Menfideki Arasında) ÇİÇER: 1/23

5-BORU HAZIRLAMA

Deniz deşarjını oluşturan kara borusu ve deniz borusu hatlarında tüm boru tiplerinin özellikleri, avantaj ve dezavantajları birlikte değerlendirildiğinde ve günümüze kadar deniz deşarj uygulamalarından da edinilen tecrübelerden HDPE yüksek yoğunluklu polyetylene boru her iki projede de uygulanabilir boru tipi olarak seçilmiştir. 1600 mm. çapa kadar üretilebilen HDPE boruların yoğunluğunun 1'in altında olması birleştirilmiş uzun boylarda kolayca yüzdürülmesi ve batırılabilmesi en önemli avantajları arasındadır.

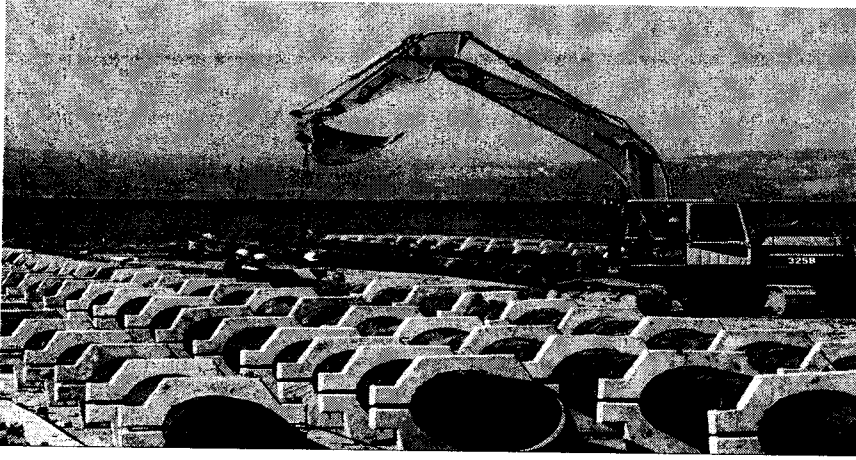
Tüm bu avantajlara ilave olarak bu projede HDPE boru tipi 50 yıllık ekonomik ömre sahip olmaları, elastik olmaları, iklim koşullarına dayanıklılıkları ve kolayca taşınabilir olmaları nedenleri ile de öncelikle tercih edilmiştir.

Seçilen borunun mukavemet özellikleri ise aşağıdaki gibidir.

* Emniyet gerilmesi	51 kg/cm ²
* Elastiklik modülü	10000 kg/cm
* Özgül ağırlık	0,96*10000 kg/m ³
* İşletme basıncı	4 bar
* Akma gerilmesi (23 C)	240kg/cm ²
*Maksimum gerilme (23C)	340 KG/cm ²
*Kırılma şartı	% 500 den büyük

630 mm. ve 800 mm. çaplarındaki HDPE borular bu projenin dış kredili olmasının getirdiği koşullar nedeni ile İtalyan EURO-TUBİ firmasından sağlanmıştır.

12 mt.lik boylarda getirilen borular, Altınova Arıtma Tesisi sahasında oluşturulan Deşarj İşleri Şantiyesinde Butt weld tipi kaynak ile birleştirilerek 120 mt.lik boru grupları oluşturulmuştur.



Resim 5.1 Denize indirilmeye hazır borular



Resim 5.2 Butt Weld Metodu ile boru kaynağı yapılması

6-BATIRMA VE TESPİT BLOKLARI

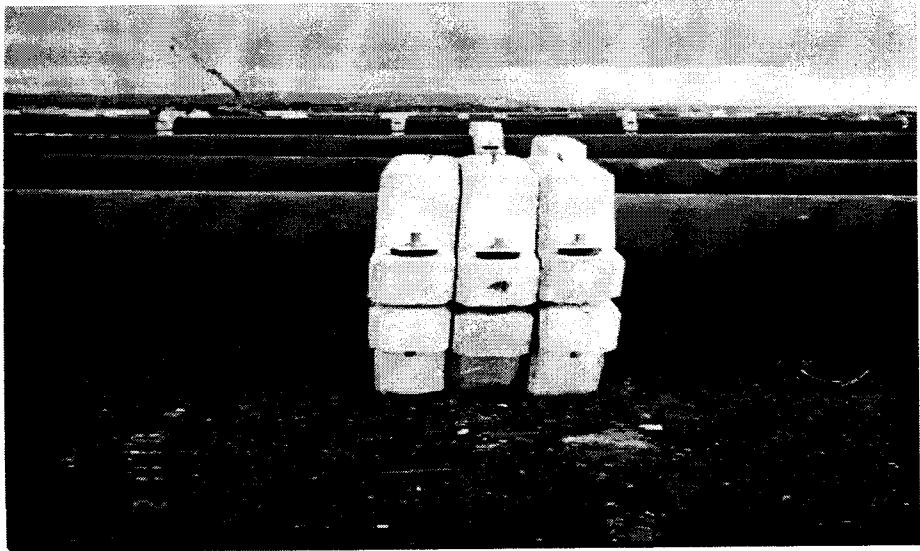
HDPE boruların denizde açılan hendek içine yerleştirilmesi, boru gruplarının yüzdürülerek batırılması ile gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple, boş iken yüzen boru içi hava dolu ve batmasına yardımcı olan batırma blokları üzerinde iken yüzecek ve bu şekli ile içi su ile doldurulduğunda batacak şekilde dizayn edilmiştir.

Batırma blokları boru üzerine 3 mt.de bir yerleştirilen betonarme bileziklerdir.

Stabilite blokları (tespit kütleleri) ise, üzerine dolgu yapılmayan deniz tabanı üzerine oturtulmuş olan difüzör bölgesinin çevresel etkenlere karşı yerlerinde stabil olarak kalabilmeleri amacı ile betonarme olarak imal edilmiş ve belirli aralık ve sayıda monte edilmiş bilezik şeklinde kütlelerdir.

Şantiyede prefabrik olarak imal edilen batırma ve tespit blokları Altınova'da 552 adet Karamürsel'de ise 275 adettir.

Bilezik şeklindeki blokların alt ve üst parçaları birbirlerine paslanmaz cıvata ve kauçuk esaslı takozlar ile bağlanmışlardır.

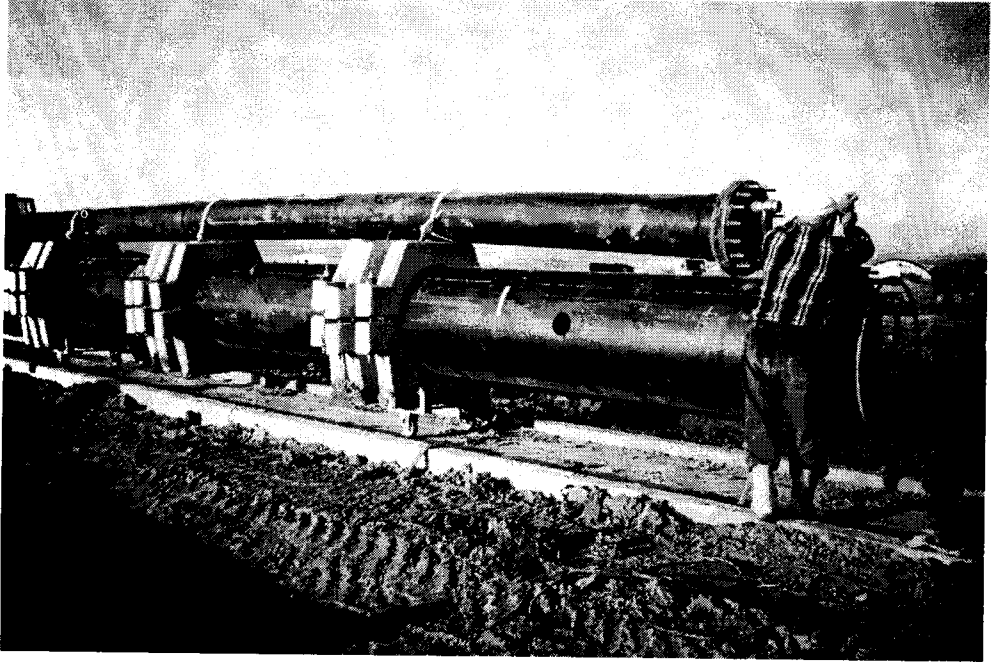


Resim 6.1 - Batırma ve Stabilite blokları

7-DİFÜZÖR

Deşarj boru hatlarının uç kısımlarında bulunan difüzörler, göl veya deniz gibi geniş su alanlarında büyük miktarlarda seyrelme sağlayabilmektedirler.

Difüzör genellikle bir boru boyunca seri halde açılmış orifislere sahip bir borudur. Atık su bu orifislerden yüksek hızlı batık jet olarak su yüzeyine doğru genişleyerek yükselir. Deşarj borusunun ucundaki difüzör batık jetin yayılma miktarı max. olacak şekilde alıcı ortamın tabanına yerleştirilmiştir. Altınova'da difüzör 45 m. boyunda ve -24 mt. derinliğinde, Karamürsel'de ise difüzör 60 m. boyunda ve -30 mt. derinliğindedir. 15 cm. çapındaki orifisler boru eksenine ile 15° açı yapmış bir şekilde 3 m. de bir şaşırtmalı olarak açılmışlardır.



Resim 7.1- Difüzör bölümü ve orifisler

8-BORU HATLARININ STABİLİTE HESAPLARI

Boru hatlarının tasarımında ,çevresel ve yapısal yükler ve bu yüklere karşı yapının tepkisi şu çalışmalar yapılarak incelenmiştir.

a-dalga kuvvetleri

b-akıntı kuvvetleri

c-boru ağırlıkları ve kaldırma kuvvetleri.

d-boru hatlarının serilmesi ve döşenmesi sırasındaki mukavemetleri

e-batırma bloğu ağırlıkları

f-tespit kütlesi seçim ve boyutlandırılması.

g-kaza yükleri

h-hendek dolgu malzemesi tayini

ı- yapının tepkisinin hesaplanması

j-yapının yorulma analizi

k-zemin analizi

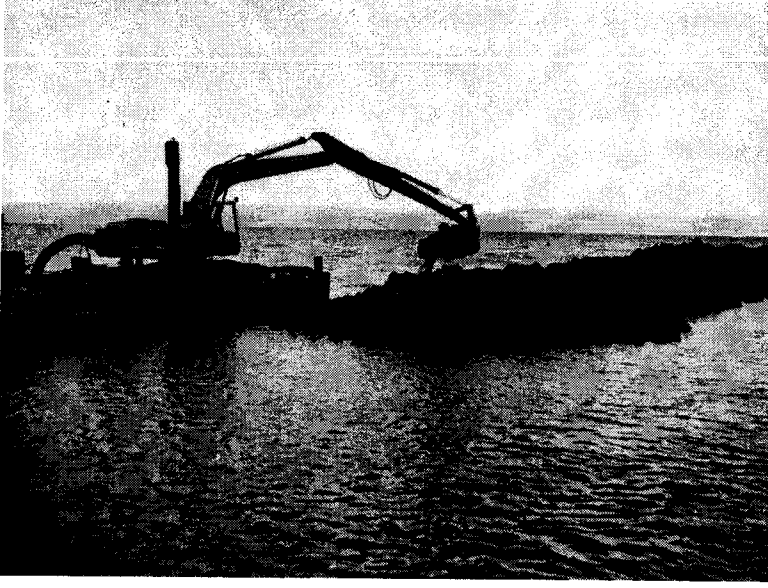
9-DENİZ ÇALIŞMALARI

9.1-Denizde Hendek Kazısı

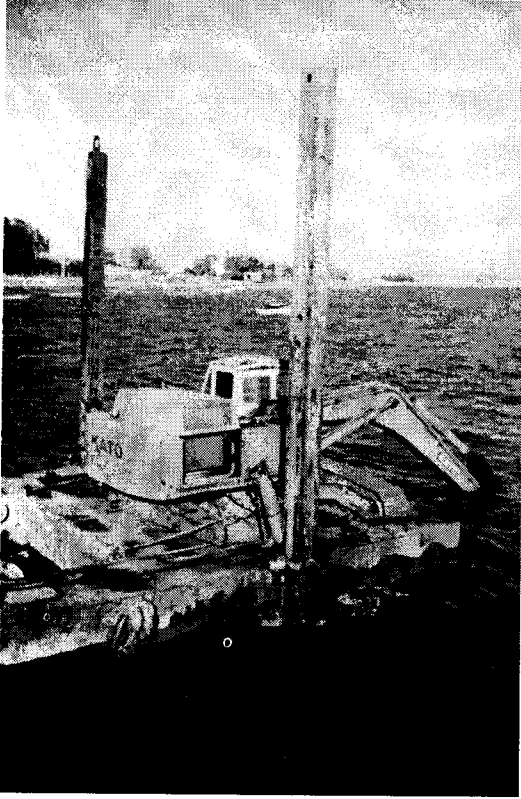
Altınova deniz deşarjı hattı 1522 mt. uzunluğundadır. Profilin ilk 1000 mt.lik bölümünde max. 7 mt. su derinliği görülmekte olup, daha sonra aniden derinleşen taban kotu ile batimetri 1522 mt.de -24 mt.lere ulaşmaktadır.

Karamürsel deniz deşarjlarında ise, hat uzunluğu 707 mt.dir. Bu hatta derinlik Altınova'ya göre daha lineer bir artış göstermekte ve difüzör bölgesinde -32 mt.lere ulaşmaktadır. Kazı hendeği her iki projede de yüksekliği deniz taban kotundan itibaren 2 mt. derinlikte olan taban genişliği 2 m. olan 1/3 şevli bir kesite sahiptir.

Kil, siltli kil ve yer yer kumlu bir zemine sahip olan her iki şantiyede denizde hendek kazıları paralel olarak başlamış ve tamamlanmıştır. Sığ bölgeler tabir edilen su derinliği 7 m.ye ulaşan bölgelerde hendek kazısı (Altınova'da ilk 1000 mt, Karamürsel'de ilk 150 mt.) 11 x 19 m. boyutlarında yüzer bir duba üzerine monte edilmiş excavatör marifeti ile yapılmıştır.



Resim 9.1.1 Denizde Yüzer duba ile kazı yapılması

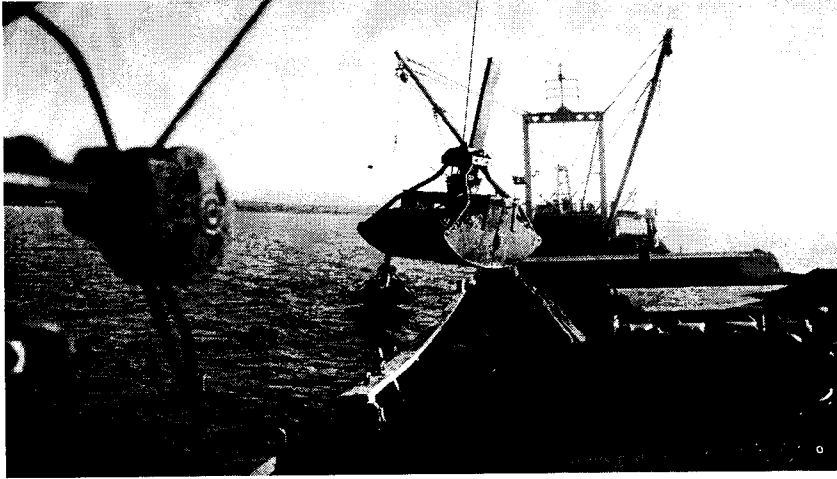


Resim 9.1.2 Denizde kazı yapılması

Kazıdan çıkan malzeme hendek üst kretinden emniyetli bir mesafeye hakim rüzgar ve dalganın hendek içine geri doldurulmasına fırsat vermeyecek yönde stoklanmıştır. Bu malzeme daha sonra boru üstüne konulan koruyucu zırh kaplamasının üzerine geri dolgu olarak kullanılmıştır.

2 adet deniz tabanına basan sabitleyici ayağa sahip olan kazıcı dubanın aksına yerleştirilen prizma sahilde hendek aksına yerleştirilmiş olan total station tarafından istenilen mesafeye getirilerek hatta sokulmakta ve bu işlemden sonra duba ayakları ile kendini hendek üzerinde sabitlemektedir. Ayrıca kazı sırasında ve yer değiştirmelerde sahilden kontrol sürekli olarak devam etmektedir.

7 mt.den derin bölgelerde 60 mt. uzunluğunda bir gemi ile kazı devam etmiştir. Kazı gemisi üzerinde 2 adet 1,5 m³ kapasiteli klemşel kepçe bulunmaktadır. Bu kepçeler vasıtası ile geminin 400 m³ kapasiteli deposuna alınan kazı malzemesi geri dolguda kullanılmak üzere hendekten emniyetli bir mesafede stoklanmaktadır.



Resim 9.1.3 – Denizde klemşel kepçeli gemi ile kazı yapılması

Her iki projede de denizde hendek kazısında en sık rastlanan sıkıntılar şunlardır.

- 10 m.den derin yerlerde deniz tabanının üzerinde ölmüş deniz kabuklularından oluşmuş sert tabakaya yer yer rastlanmıştır. Kakamoz adı verilen bu tabaka, deniz tabanında zaman

içinde zeminle kaynaşarak oluşmuş yaklaşık 20 cm. kalınlığında sert bir kaplamadır. Bu tabakanın kaldırılması için ağırlaştırılmış çeneli klemşel kepçeleri kullanılmıştır.

- Kazıda karşılaşılan bir diğer problem ise, sığ bölgelerde hendeğin kazıldıktan belli bir süre sonra tekrar geri dolmasıdır. Siltli kil ve kumdan oluşan bu bölgeler, hakim rüzgarın ve dalganın etkisi altında kalarak hendeği geri doldurmuştur. Bu nedenle boru çekiminde detaylı anlatılan yöntemle kısa boylarda hızlı çekimler yapılarak açılan hendeği uzun süre bekletmeden borular hendek içine batırılmıştır.



Resim 9.1.4 – Lodos etkisine maruz kalmışAltınova sahili

9.2-Boru Altı Yataklama Yapılması

Hendek kazısı tamamlandıktan sonra 7-9 mm. granüler malzeme ile 50 cm. kalınlığında boru altı yataklaması yapılmıştır. Boru altı yataklaması, kazı çalışmalarını yapan klemşel kepçeli gemi ile yapılmıştır. Yataklama malzemesi olarak kullanılan 7-9 mm. boyutlarındaki kırmataş Darıca taş ocaklarından sağlanan dolomit-kalker esaslı bir malzemedir ve taş ocağı limanından yataklamayı yapacak olan gemiye direkt olarak yüklenmektedir.

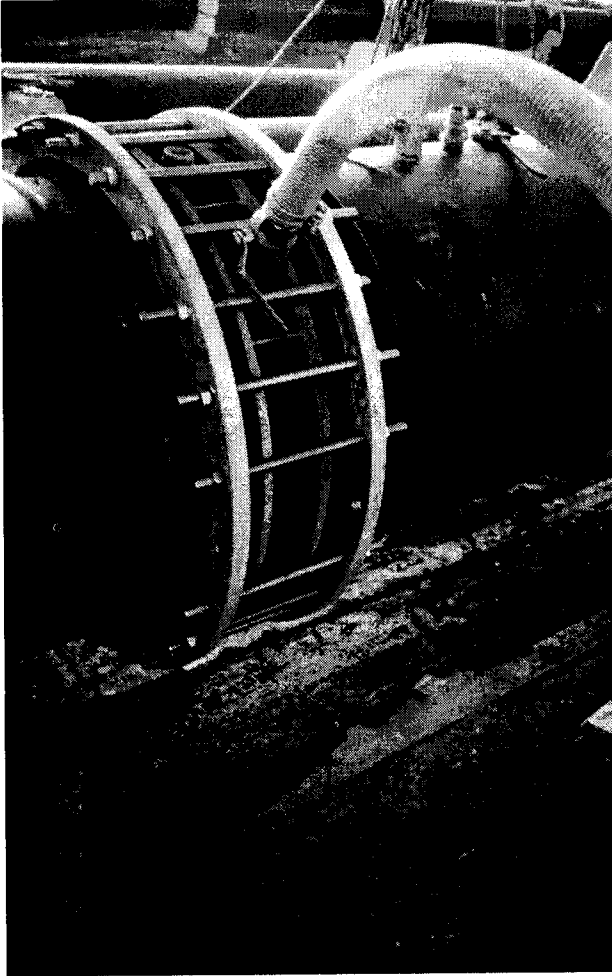
9.3-Denize Boru Döşenmesi

Deniz borusu hattına paralel olarak sahilde 125 mt. uzunluğunda betonarme rampa hazırlanmıştır. Rampadaki tekerlekli arabalar üzerine, daha önceden 106 mt.lik gruplar

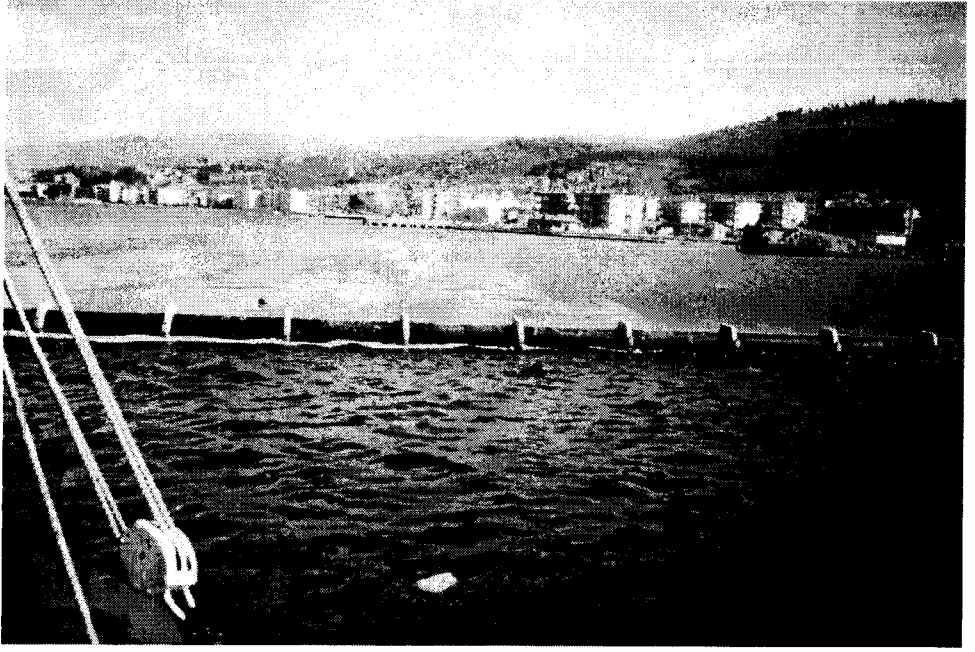
halinde hazırlanmış boru üniteleri yerleştirilmiştir. Her iki ağız da kör flanş ile kapatılmış olan boru ünitesi, rampa aksında deniz üzerinde sabitlenmiş bir dubaya bağlı çekme vinci ile denize doğru çekilerek su üzerine alınmıştır.

Ağızları kapalı ve batırma blokları bağlı olarak deniz üzerinde duran boru, yarıçapına kadar su içine gömülü ve dengeli bir vaziyette yüzdürülerek deşarj hattı üzerine getirilmiştir. İlk partide kara borusuna, diğer partilerde ise bir çekim önce batırılmış boruya flanşlı bağlantı ile bağlanmıştır.

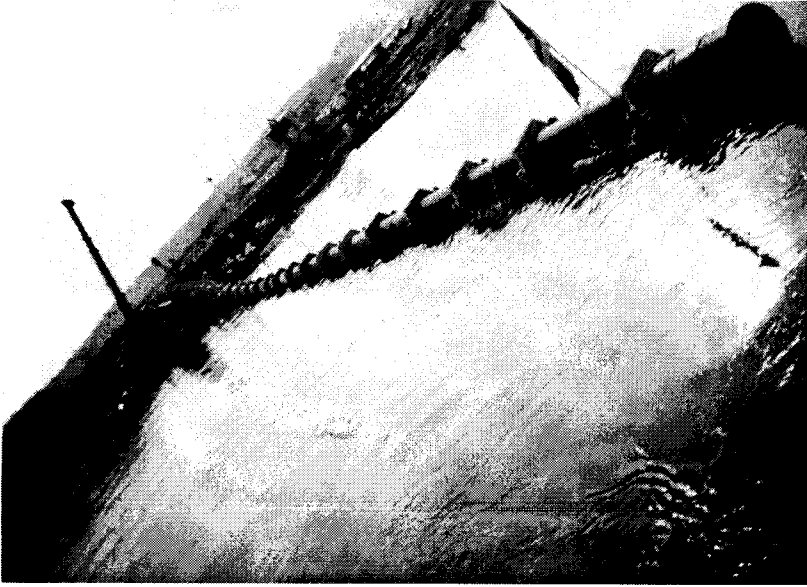
Deşarj hattı üzerinde yüzmekte olan boru yandan ve ucundan halatlar ile gerdirilerek aksa alınmış ve batırılmaya hazır hale getirilmiştir.



Resim 9.3.1- Flanşlı Boru bağlantısı



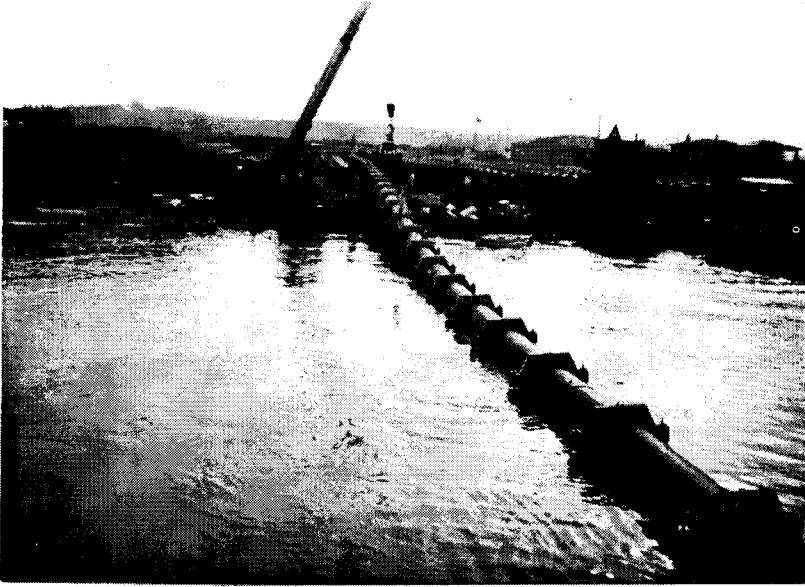
Resim 9.3.2 –Borunun Yüzdürülmesi



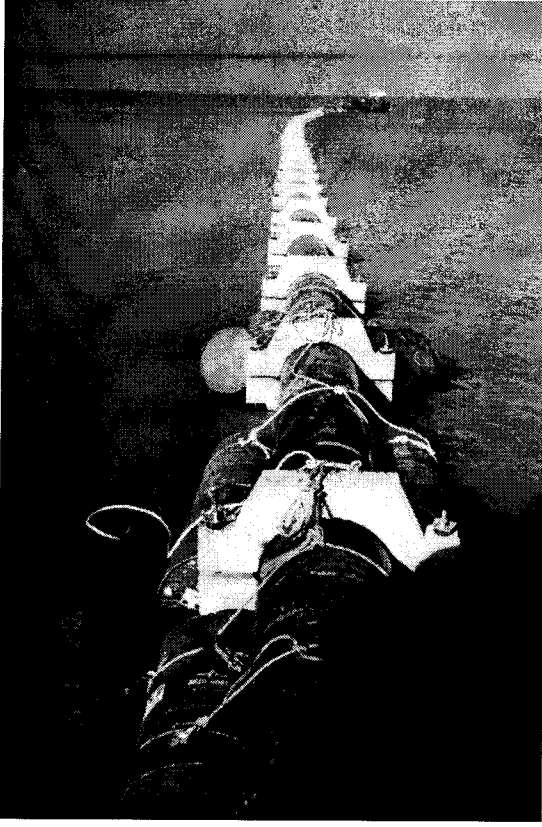
Resim 9.3.3- Borunun sahilden denize alınması

Çekimi tamamlanıp aksen alinan boruya, sahildeki denge bacasına bağı ucundan pompayla deniz suyu doldurulmuş ve borunun suyla dolu ve yüzen kısımlarını etkileyen kuvvet çiftini dengelemek suretiyle hattın düşey konuma gelmesini önlemek üzere deniz tarafındaki ucundan gemi ile yaklaşık 3 ton kaldırma kuvveti uygulanmıştır. Ucundaki hava tahliye vanasından kademeli olarak hava çıkışı sağlanarak boruya su dolumu devam ettikçe, karadan itibaren boru hendek içine batmaya başlamıştır. Saatte 20 m³ su basabilen su pompası ile doldurulan 630 mm. çapındaki 106 m.lik boru grubu yaklaşık bir saat içinde hendek içine yerleştirilebilmiştir.

Sığ bölgelerin dışında 106 m.lik gruplar kaynaklı birleşim yapılarak 350 ve 400 m.lik ünitelere dönüştürülerek, sürekli çekim metodu ile su üzerine alınmıştır. Uzun boyların batırılmaları da 106 m.lik grupların batırılmaları ile aynı yöntem ile yapılmıştır.



Resim 9.3.4-Borunun denize alınması



Resim 9.3.5 Borunun aksta tutulması

9.4-Boru Üstü Örtüsü ve Zırh Kaplama Yapılması

Boru hattının gömülü olarak geçeceği deşarj hattında açılacak hendekte kullanılacak dolgu malzemesinin,dalga etkisi ile taşınmayacak çapta ve ağırlıkta olması gerekmektedir.

Dolgu malzemesi çapı seçimi için aşağıdaki yöntemlerle yapılan hesaplardan yararlanılmıştır.

1-Wallingford yöntemi

2-US Army yöntemi

3-Shields yöntemi

bu hesaplar değerlendirildiğinde,

Boru üstü örtü malzemesinin üzerine ise Altınova'da 15 mt. su derinliğine kadar 45 kg. ağırlığında anroşman kaplama yapılmıştır. Bu kaplama 40-50 cm. kalınlığındadır. 15 mt. derinlikten difüzöre kadar olan kısmın zırh kaplaması ise 0,5 kg. ocak artığı iri çakıl ile yapılmıştır. Karamürsel'de ise 5 m. derinliğe kadar 1 kg. anroşman, 5 m. derinlikten difüzöre kadar 0,5 kg. ocak artığı iri çakıl son zırh kaplaması olarak kullanılmıştır.

Zırh kaplaması yapılması sırasında klapeli dubalar ve üç ağızlı kapmalı yüzer kepçeler kullanılmıştır.

9 mm. dolomit esaslı kalker oluşumu kırmataş ile yapılan boru üstü örtüsü, tüm borunun üst tepe noktasını 50 cm. kalınlığında kapatmıştır. Yataklamada kullanılan döküm yöntemi ve ekipmanlar örtü işlemi sırasında aynen uygulanmıştır. Difüzör bölgelerinde örtü yapılmamış ve bu bölge orifis çıkışları nedeni ile açıkta bırakılmıştır.



Resim 9.4.1 Boru üstü son örtü malzemesi (45 kg anroşman)

10-SÖRVEY VE KONTROLLER

Hendek kazısı, boru döşenmesi ve dolgu çalışmalarının her aşaması dalgıç kontrolü, su altı video çekimi, derinlik saati ve echo-sounder ile kontrol edilmiştir. El iskandili ile yapılan ölçümler ile bu sörveyler desteklenmiştir.

Ayrıca kazı, yataklama ,boru döşeme, boru üstü dolgusu çalışmalarından her birinin tamamlanmasından sonra kapalı devre su altı TV sörveyleri yapılmıştır. Kayıtlara alınan bu çekimler sırasında su altı kamerası alınan imalat görüntülerinin yanında, su basıncı ile derinlik ölçebilen saatler vasıtası ile de kot kontrolleri yapılabilmektedir.

11-HİDROLİK TEST

Hendek içine yerleştirilen boru üstünün dolgusu yapılmadan tüm hatta komple hidrolik test uygulanmıştır.

Sahildeki ucundan su ile doldurulan boruya kademeli olarak artırılarak 4 bar basınç uygulanmış ve bu basınç altında boru test edilmiştir.

12-ŞAMANDIRALAR

Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi ' ne de planları sunulan deniz deşarjı hattı, kalıcı şamandıralar ile çevrilmiştir bu sahanın deniz trafiğine ve balıkçılara karşı karşı uyarılması ile bilhassa difüzör bölgesi için çapa ve tonoz taramalarının önüne geçilmeye çalışılmıştır.

TEŞEKKÜR

Karamürsel ve Altınova 'Deniz Deşarjları ile ilgili Ön Araştırma ve Tatbikat Projeleri ' Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Kıyı ve Liman Mühendisliği UYGAR Merkezi tarafından Sn.Prof. Dr. Yalçın YÜKSEL Başkanlığında hazırlanmıştır. Gerek projenin uygulanışı sırasındaki katkılarından ,gerekse bu bildirinin hazırlanmasındaki desteklerinden dolayı Sn. Prof. Dr. Yalçın YÜKSEL' in şahsında UYGAR Merkezi' e ve Ankara İnşaat Mühendisleri Odası Personeli Sn. Ayşegül BİLDİRİCİ ' ye Teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- 1- Yüksel Y. ve diğ. (1999) Altınova Deniz Deşarjı Hesap Raporu
- 2- Yüksel Y. ve diğ. (1999) Karamürsel Deniz Deşarjı Hesap Raporu
- 3- Yüksel Y. ve diğ. (2000) Karamürsel Deniz Deşarjı Güzergahı
17/08/99 Doğu Marmara Depremi Sonrası Ölçüm Sonuçlarını Değerlendirme
Raporu Y.T.Ü. İnşaat Fakültesi
- 4- Yüksel Y. ve diğ. (2000) Altınova Deniz Deşarjı Güzergahı
17/08/99 Doğu Marmara Depremi Sonrası Ölçüm Sonuçlarını Değerlendirme
Raporu Y.T.Ü. İnşaat Fakültesi
- 5- Yüksel Y. ve diğ. (2000) Karamürsel Deniz Deşarjı
17/08/99 Doğu Marmara Depremi Sonrası Revizyon Hesapları ve
Tatbikat Projeleri Y.T.Ü. İnşaat Fakültesi
- 6- Yüksel Y. ve diğ. (2000) Altınova Deniz Deşarjı
17/08/99 Doğu Marmara Depremi Sonrası Revizyon Hesapları ve
Tatbikat Projeleri Y.T.Ü. İnşaat Fakültesi
- 7- Öztürk İ. (2001) Altınova ve Karamürsel Deniz Deşarjları Yapım Metodu Hakkında
Rapor İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi
- 8- Yüksel Y. (2000) Teori ve Çözümlü Problemler İle Akışkanlar Mekaniği ve Hidrol
- 9- Yüksel Y, Çevik E, Çelikoğlu Y.(1998) Kıyı ve Liman Mühendisliği

ABSTRACT

İzmit Gulf Waste Treatment Project will serve to 26 Municipalities in the vicinity of İzmit Gulf from Hersek Cape to Derince total 5 separate Treatment Plants and 2 Sea Discharges are included in this project.

Upon completion of the project the domestic waste waters flowing into the İzmit Gulf will be treated and discharged to the Gulf and so the sea pollution in İzmit Gulf will be prevented.

The treated domestic waste waters have been transmitted to İzmit Gulf at Plants located in Gölcük, Körfez and Kullar Districts by discharging into the next stream waters.

In Altınova and Karamürsel Treatment plants the treated waste water has been transmitted to İzmit Gulf by means of deep sea discharge.

This work aims to review that the sea discharge applications are passed through which phases and are performed through which methods in all details.

