

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETONARME İSKELELERİN BAKIM, ONARIM  
VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

**Ziya İlker ÖNCÜ**

**Mart, 2010**  
**İZMİR**

# **BETONARME İSKELELERİN BAKIM, ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Kıyı Mühendisliği Programı**

**Ziya İlker ÖNCÜ**

**Mart, 2010**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**ZİYA İLKER ÖNCÜ**, tarafından **PROF. DR. YALÇIN ARISOY** yönetiminde hazırlanan “**BETONARME İSKELELERİN BAKIM, ONARIM VE GÜÇLENDİRMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

---

Prof. Dr. Yalçın Arısoy

---

Danışman

---

Yrd. Doç. Dr. Birol Kaya

---

Jüri Üyesi

---

Doç. Dr. Gökdeniz Neşer

---

Jüri Üyesi

---

Prof. Dr. Mustafa Sabuncu

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen değerli hocam tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Yalçın ARISOY 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisansa başladığım günden itibaren hiçbir desteğini benden esirgemeyen ve mesleğimi bu denli sevmemi sağlayan Sayın Merhum Dr. Gündüz GÜRHAN' a sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Maddi manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen hoşgörü ve sevgi ortamında beni bugünlere getiren annem Nazegül ÖNCÜ 'ye ve babam Veli ÖNCÜ 'ye teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince her zaman yanımda olan, her sıkıştığım da yardımına koşan, sevgili eşim Sebahat ÖNCÜ' ye teşekkür ederim.

**Ziya İlker ÖNCÜ**

# BETONARME İSKELELERİN BAKIM ONARIM VE GÜÇLENDİRİLMESİ

## ÖZ

Kıyı yanaşma yapılarından biri olan iskeleler tasarım yükleri etkisi altında yıpranabildikleri gibi ilave olarak çevresel etkenler, planlanandan fazla kullanım, malzemelerin eskimesi ve genel yıpranma payı gibi sebeplerden dolayı da yıpranabilmektedir. Ülkemiz kıyılarında ve limanlarında hizmet veren çok sayıda ağır yük iskelesinde başta deniz suyunun korozyon etkisi olmak üzere bir çok nedenle görülen aşınmalar ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bunların sistemli bir araştırma ile gözden geçirilmesi, ülke ekonomisi ve denizciliği açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışmanın amacı, bölgemizdeki iskelelerde gelecekte yapılacak bakım ve onarım çalışmalarında fayda sağlayacak bir analiz gerçekleştirmektir.

Ege Bölgesinde çok sayıda betonarme ağır yük iskelesi bulunmaktadır. Bunların büyük bir kısmı yirmi yaşın üzerindedir ve ciddi boyutlu aşınmalara sahiptir. Çalışmada öncelikle Ege Bölgesindeki iskelelerin mevcut durumları araştırılarak; ülkemizdeki kıyı yapılarının inşasına ilişkin mevcut esaslar ve yönetmelikler irdelenmiş olup betonarme iskelelerin bakım, onarım ve güçlendirilmesine ilişkin öneriler sunulmuştur.

**Anahtar sözcükler:** Betonarme iskele, korozyon, kıyı yapıları, bakım ve onarım, güçlendirme.

# MAINTANENCE, REPAIR AND REHABILITATION OF CONCRETE PIERS

## ABSTRACT

Concrete piers, that are a type of the shore docking structures, get worn-out not only by the design burdens, but also by the environmental agents, overusage, equipment breakdown and general wear and tear rates. The corrosions; observed due to many reasons, but mainly due to the corrosion affect of the sea water; at concrete piers that serve our country shores and harbours, have reached serious levels. Reviewing these matters in a systematic research, has critical importance for the national economy and maritime business. The purpose of this study, is to create a useful analysis for the future repair and maintenance of concrete piers in our region.

There are many reinforced concrete piers at Aegean Region. A big portion of these are aged over 20 and have serious corrosions. In this study, the current conditions of priorly the Aegean Region's piers have been researched, current bases and regulations related to the construction of the shore structures have been explicated; and suggestions on repair, maintenance and amplification of reinforced concrete piers have been presented.

**Keywords:** Concrete piers, corrosion, shore structures, repair and maintenance, strengthening.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

YÜKSES LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ÖZ .....	iv
ABSTRACT .....	v

## **BÖLÜM BİR – GİRİŞ .....**

**1**

## **BÖLÜM İKİ – KIYI YAPILARINDA TASARIM İLKELERİ.....**

**3**

2.1 Genel.....	3
2.2 Yanaşma Yapılarının Tasarım İlkeleri .....	5
2.2.1 Gemiler .....	5
2.2.2 Gemi Bağlama Kuvveti .....	10
2.2.3 Gemi Çarpma Kuvveti.....	21
2.2.4 Kazıklı Yapılarda Dalga Yükleri.....	30
2.2.3 Yükler ve Yük Kombinasyonları .....	36

## **BÖLÜM ÜÇ – BETONARME YAPILARDA KOROZYON VE AŞINMA .....**

**40**

3.1 Betonun ve Çimento Harcının Bozulmasına Sebep Olan Etkenler .....	40
3.2 Deniz Suyu Etkisindeki Betonlar .....	44
3.2.1 Aşınma Erozyon Kavitasyon .....	50
3.2.2 Biyolojik Etkilenme.....	51
3.2.3 Çimento Kimyasal Yapısının Dayanıklılığa Etkisi .....	52
3.2.4 Alkali Etkisi .....	53
3.2.4.1 Alkali Silika Reaksiyonu (ASR) .....	53
3.2.4.2 ASR Gelişiminin Engellenmesi .....	54
3.2.5 Islanma ve Kuruma Etkisindeki Betonlar.....	55

3.2.5.1 Islanma-Kuruma Çevrimi Hasarına Karşı Önlemler .....	58
3.2.6 Sülfat Etkisi.....	59
3.2.7 Teorik Görüşler .....	62
3.2.8 Geçmiş Olaylardan Çıkarılan Dersler .....	63
3.2.8.1 Geçirgenlik .....	63
3.2.8.2 Hasarın Tipi ve Şiddeti .....	64
3.2.8.3 Gömülü Çeliğin Korozyonu .....	65

## **BÖLÜM DÖRT – KIYI YAPILARININ BAKIM VE ONARIMI ..... 68**

4.1 Bakım .....	68
4.1.1 Deniz Yapılarında Malzemenin Bozulmasına Neden Olan Etkenler .....	68
4.1.2 Yanaşma Yeri İşletmesinden Kaynaklanan Hasarlar .....	71
4.1.3 Hasar İnceleme Yöntemleri .....	72
4.1.4 Deniz Yapılarında Bakım ve Koruma .....	73
4.1.4.1 İzin Verilebilir Maksimum Deformasyon .....	74
4.1.4.2 Tasarım Ömrü .....	75
4.1.4.3 Deniz Yapısı Bakım Sistemi .....	76
4.1.4.4 Liman Yapıları İçin Bakım Yöntemleri.....	77
4.2 Onarım .....	83
4.2.1 Yanaşma Yapılarının Tamir Yöntemleri .....	86
4.2.1.1 Kapalı Tipten Ağırılık Tipi Duvarların Tamiri/Rehabilitasyonu .....	88
4.2.1.2 Açık Tipten Kazıklı Yapıların Tamir ve Rehabilitasyonu.....	92
4.2.2 Oyulma Koruması .....	95
4.2.3 Su Altı Beton Dökümü .....	96

## **BÖLÜM BEŞ – BAKIM ONARIM VE GÜÇLENDİRME PROJELERİ UYGULAMALARI ..... 100**

5.1 Genel .....	100
5.2 Güçlendirme Projeleri .....	100
5.2.1 Akçansa Çimento A.Ş. Çanakkale Fabrikası Betonarme İskelesi.....	100



5.2.1.1 İşin Tanımı.....	100
5.2.1.2 Mevcut Durum.....	101
5.2.2 Lafarge Aslan Çimento Büyük İskelesi.....	112
5.2.2.1 İşin Tanımı.....	112
5.2.2.2 İşin Kapsamı.....	112
5.2.3 Kemerköy Termik Santrali Ağır Yük İskelesi .....	118
5.2.3.1 Kemerköy Termik Santrali Ağır Yük İskelesinin Fiziksel Özellikleri.....	118
5.2.3.2 Ağır Yük İskelesi Yapısal Özellikleri.....	120
5.2.3.3 Saha Çalışmaları İskelenin Mevcut Durumu.....	121
<b>BÖLÜM ALTI – SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>126</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>129</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>132</b>

## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

Deniz ve kıyı alanlarının insanlığa sunduğu ulaşım, ticaret, gıda, petrol, doğalgaz, enerji ve turizm gibi olanakların doğru olarak değerlendirilmesi ülke ekonomileri ve güvenli yaşam için son derece önemlidir. Son yirmi yıl içinde liman planlama ve tasarımında önemli gelişmeler meydana gelmiştir. Bu gelişmelerdeki en önemli etkenler küreselleşen dünya ve deniz taşımacılığındaki ileri teknolojilerdir. Deniz ulaşımının gerek ham maddesi gerekse taşınan yükler bakımından hava ve kara ulaşımlarına göre daha ekonomik olması önemli bir etkindir. Böylece liman ve kıyı yavaşma yapılarına olan talep artmış, gerekli çabalar sonucunda bu sektör bugünkü gelişim sürecine ulaşmıştır.

Liman, gemilerin, dalga, akıntı, fırtına ve buz gibi çevresel etkenlere karşı korunduğu, rıhtım veya iskelelerine gemilerin, deniz taşıma araçlarının yavaşp bağlanabileceği veya su alanlarına demirleyebileceği olanakları kapsayan, tekneden kıyıya, kıyıdan tekneye yük veya insan nakli, teknelerin bağlanıp ayrılması veya demirlemeleri, eşyanın karada veya denizde teslimine kadar muhafazası için tesisleri ve olanakları bulunan sınırlandırılmış kara ve deniz alanlarıdır.

Kıyı yavaşma yapılarının başlıcaları iskele, rıhtım ve dolfenlerdir. İskeleler, kıyı çizgisine dik veya belirli bir açı ile bulunan, bir ucu kıyı ile bağlantılı yapılardır. Rıhtımlar ise, iskelelerin aksine kıyıya paralel olarak yapılan ve istinat yapısı görevi de gören kıyıya bitişik yapılardır. Dolfenler, gemi yavaşması veya bağlanması için yapılan tekil yavaşma veya bağlanma yapılarıdır. İskeleler genelde betonarme ve/veya çelik kazıklar üzerine inşa edilen prefabrike-betonarme platform ile oluştururlar. Kullanma amacına, derinliğine ve zemin durumuna göre iskelelerin yapısal sistemleri değişik olmakla birlikte uygulamada en çok kazıklı sistemler kullanılmaktadır. Kazıklı iskele ve rıhtımların yapısal sistemleri oluşturulurken, zemin şartları, yük durumları, su derinlikleri ve bölgenin deprensellik durumu dikkate alınır. Kazık konumuna göre düşey ve eğik kazıklı alt yapı sistemi oluşturulabilir.

Limanlar, sadece bölgesel ve uluslararası ticaret aracı değildir, aynı zamanda endüstriyel aktiviteleri de arttırmaktadır ve ayrıca limanların faaliyetlerinin artması gelişmekte olan ülkelerin gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Tüm bu sebepler göz önünde bulundurulursa ülkemizde de deniz taşımacılığına daha fazla önem verilmesinin gerektiği açıkça ortaya konmaktadır.

Kıyı alanlarında çevresel etkenler olarak tanımlanan rüzgar, dalga, akıntı, deprem gibi etkenlerin zemin, katı madde, su kalitesi, topoğrafya, batimetri gibi birbirinden farklı özelliklere sahip kıyılardaki ve denizlerdeki yarattığı davranışlar ve bunların tasarlanan yapılarla olan etkileşimlerinin doğru olarak çözümlenmesi ve bu yapıların inşasından sonra bakım onarımı oldukça önemlidir.

Ülkemiz kıyılarında ve limanlarında hizmet veren çok sayıda ağır yük iskelesinde başta deniz suyunun korozyon etkisi olmak üzere bir çok nedenle görülen aşınmalar ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bunların sistemli bir araştırma ile gözden geçirilmesi, ülke ekonomisi ve denizciliği açısından kritik öneme sahiptir. Tez çalışmasının amacı, bölgemizdeki iskelelerde gelecekte yapılacak bakım ve onarım çalışmalarında fayda sağlayacak bir analiz gerçekleştirmektir.

Tez çalışması kapsamında Ege Bölgesindeki iskelelerin mevcut durumları araştırılarak; ülkemizdeki kıyı yapılarının inşasına ilişkin mevcut esaslar ve yönetmelikler irdelenmiş olup betonarme iskelelerin bakım, onarım ve güçlendirilmesine ilişkin öneriler sunulmuştur.

Kıyı yapılarının tasarım ilkeleri, betonarme yapılarda korozyon ve aşınma, mevcut bakım ve onarım yöntemleri ile ilgili dökümanlar derlenip bir araya getirilerek ülkemiz koşullarında etkinliği tartışılmış, rutin inceleme ve bakım planlama çabaları genellikle çok masraflı ve yoğun çalışma gerektiren durumlar olduğundan tamirlerin tehlikeli bir durum olana kadar ertelendiği görülmüştür.

## BÖLÜM İKİ

### KIYI YAPILARINDA TASARIM İLKELERİ

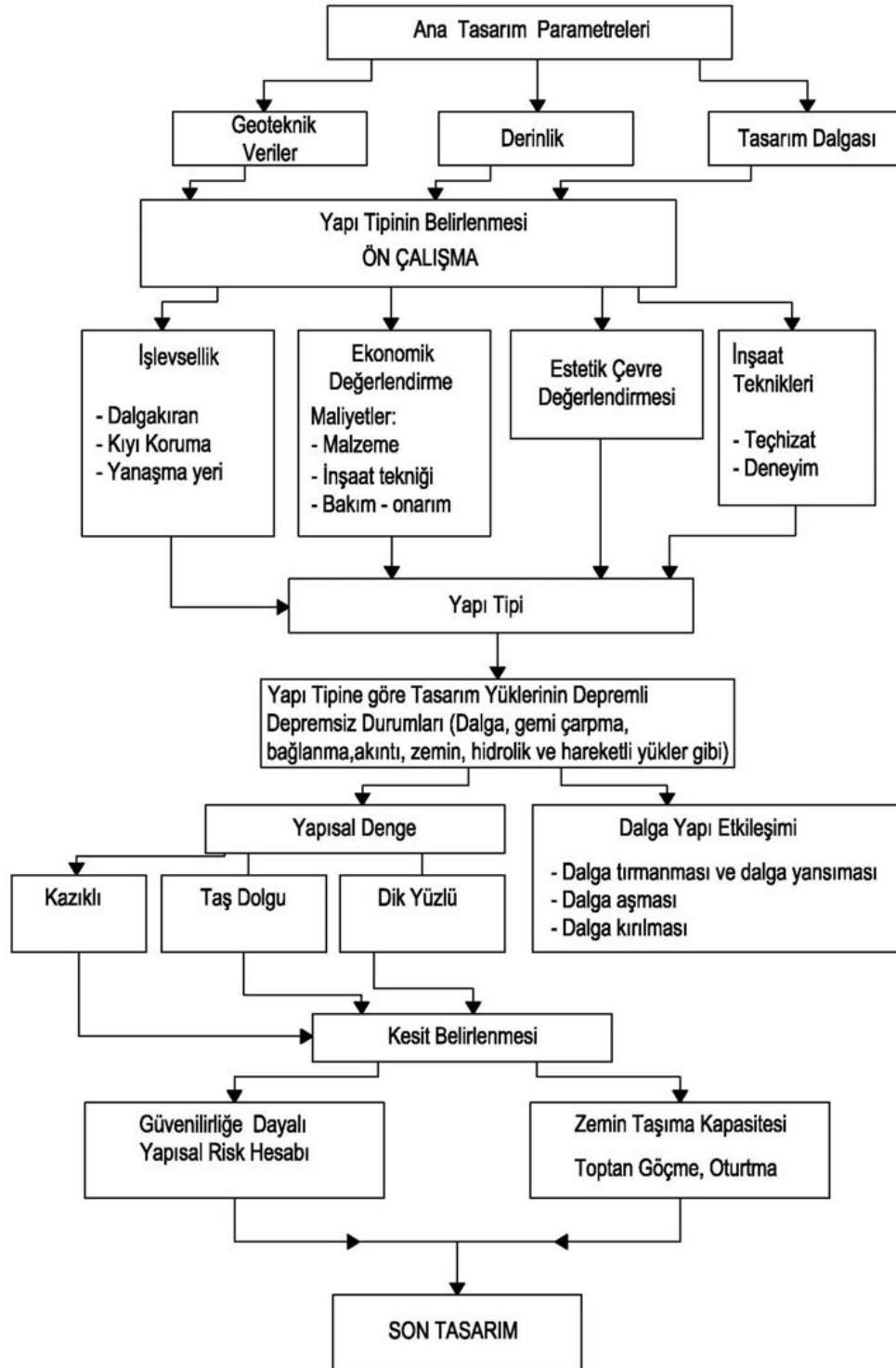
#### 2.1 Genel

Kıyı yapıları Kıyı Mühendisliği problemlerine çözüm sunan yapılar olarak tasarlanır. Kıyı yapıları işlevlerine göre genelde 3 sınıfta incelenebilir;

- 1) Dalgakıranlar
- 2) Kıyı Koruma Yapıları
- 3) Yanaşma Yapıları

Kıyı yapıları yapı tiplerine göre de 4 ana sınıfa ayrılabilir;

- 1) Taş Dolgu Yapılar: Dalgakıran, mahmuz, kıyı tahkimatı gibi
- 2) Dik Yüzeyle Yapılar: Kıyı duvarları, keson tipi dalgakıranlar
- 3) Kazıklı Yapılar: İskele, bağlanma, yanaşma yapıları gibi
- 4) Yüzer İskeleler



Şekil 2.1 Kıyı yapıları tasarım akış şeması

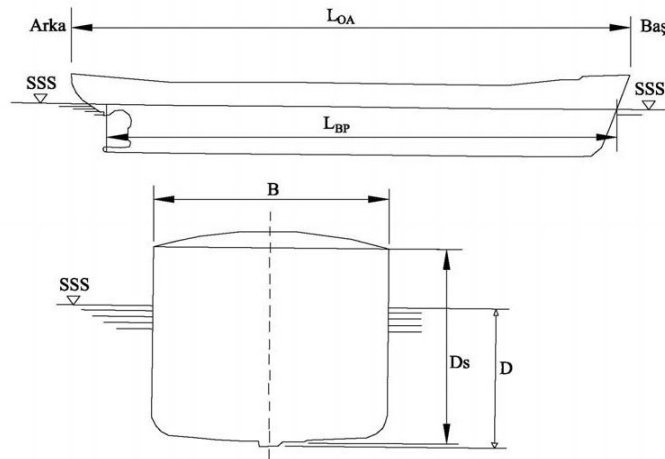
## 2.2 Yanaşma Yapılarının Tasarım İlkeleri

### 2.2.1 Gemiler

Yanaşma yapılarının tasarımı yanaşacak gemilerin türlerine ve boyutlarına göre değişmektedir. Gemiler ticaret gemileri ve yatlar olarak iki sınıfa ayrılabilirler

Ticaret gemileri kendi aralarında yolcu gemileri, yük gemileri, yardımcı tekneler (romorkörler, kurtarma, buz kıranlar, yüzer vinçler, kablo gemileri, tarama gemileri) ve balıkçı tekneleri şeklinde dört ana grupta incelenebilir. Yük gemileri karışık yük gemileri, özel yük gemileri (kuru yük gemileri, sıvı yük gemileri) ve yardımcı yük gemileri (ikmal gemileri, hizmet gemileri) olmak üzere üç grupta değerlendirilir. Kuru yük gemilerine, dökme kuru yük gemisi, maden gemileri, konteyner gemileri ve soğuk hava gemileri örnek olarak verilebilir. Sıvı yük gemilerine ise petrol tankerleri, asit tankerleri, su tankerleri, LPG tankerleri ve LNG tankerleri örnek olarak verilebilir.

Gemi boyutları değişkendir bu sebepten dolayı fiziksel liman tasarımında, limanı kullanacak gemilerin (en büyük ve en küçük gemi büyüklükleri aralığında) boyutlarının bilinmesi gerekir. Gemi tanımlayan gemi büyüklüğüne göre karakteristik boyutlar ve tanımlar Şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2 Gemi boyutları ile ilgili tanımlar (OCDI, 2002)

Tasarım gemisinin gerçek boyutlarının mevcut olduğu durumda bu ölçüler kullanılır. Tasarım gemisinin boyutlarının tanımlanamadığı durumlarda ise istatistiksel veriler kullanılarak hesaplanan boyutlar kullanılır. Gemi boyutlarını, karakteristik boyutlar ve gemi tonaj ölçüleri olmak üzere 2 kısımda inceleyebiliriz.

#### a) Karakteristik Boyutlar

L ( $L_{OA}$ ): Geminin toplam boyu (m)

$L_{BP}$ : Gemi boyu (burada gemi boyu geminin başının yazın tuzlu su hattı ile kesiştiği düşey ile geminin dümeni arasındaki yatay mesafenin metre cinsinden ölçüsüdür)

B: Gemi gövdesinin en geniş yerinin ölçüsü (Breadth)

D: Tamamen dolu olduğunda ortalama su çekimi (Draft)

Ds: Geminin toplam yüksekliği

#### b) Gemi Tonaj Ölçüleri

Gros Tonaj (Gross Tonnage, GT): Bir geminin hacim kapasitesinin  $100 \text{ ft}^3$  cinsinden ölçüsü olup, geminin bütün kapalı kısımlarını kapsar. ( $1 \text{ GT} = 100 \text{ ft}^3 = 2.83 \text{ m}^3$ )

Ölü Ağırlık Tonajı (Dead Weight Tonnage, DWT): Taşınan kargonun gerçek ağırlığı veya geminin yüklüken suya yer değiştirmesi ile yüksüz iken suya yer değiştirmesi arasındaki farktır.

Yer değiştirme Tonajı (Displacement Tonnage, DT): Geminin dolu olarak yüzerken taşıdığı suyun ağırlığıdır (t).

Ölü Ağırlık Tonajı (DWT) ile Gros Tonajı (GT) arasındaki ilişki Tablo 2.1'de (OCDI, 2002) verilen bağıntılarla ifade edilmiştir.

Tablo 2.1 Ölü ağırlık tonajı ve gros tonaj arasındaki ilişki (OCDI, 2002)

Yük (Kargo) Gemileri	$GT = 0.541 \text{ DWT}$
Konteyner Gemileri	$GT = 0,880 \text{ DWT}$
Tankerler	$GT = 0.553 \text{ DWT}$
Ro-Ro Gemileri	$GT = 0.808 \text{ DWT}$
GT: Gros tonajı	DWT: Ölü ağırlık tonajı

Ölü ağırlık tonajları (DWT), gemi toplam uzunlukları (L), gemi genişlikleri (B) ve dolu su çekimi (D) değerleri farklı tipte ki gemiler için Tablo 2.2, Tablo 2.3, Tablo 2.4, Tablo 2.5, Tablo 2.6, Tablo 2.7, Tablo 2.8' de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Kargo gemileri\* (OCDI, 2002)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su Çekimi (D) (m)
500**	51	9.0	3.3
700**	57	9.5	3.4
1.000	67	10.9	3.9
2.000	83	13.1	4.9
3.000	94	14.6	5.6
5.000	109	16.8	6.5
10.000	137	19.9	8.2
12.000	144	21.0	8.6
18.000	161	23.6	9.6
30.000	185	27.5	11.0
40.000	200	29.9	11.8
55.000	218	32.3	12.9
70.000	233	32.3	13.7
90.000	249	38.1	14.7
100.000	256	39.3	15.1
150.000	286	44.3	16.9

Tablo 2.3 Konteyner gemileri (OCDI, 2002)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su Çekimi (D) (m)
30.000	218	30.2	11.1
40.000	244	32.3	12.2
50.000	266	32.3	13.0
60.000	286	36.5	13.8



Tablo 2.4 Feriler - küçük ve orta mesafeli feriler (OCDI, 2002)  
(maksimum 300 km mesafeli seyir için)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su Çekimi (D) (m)
400	50	11.8	3.0
700	63	13.5	3.4
1.000	72	14.7	3.7
2.500	104	18.3	4.6
5.000	136	21.6	5.3
10.000	148	23.0	5.7

Tablo 2.5 Feriler - uzun mesafe feriler (OCDI, 2002)  
(300 km den fazla seyir için)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su Çekimi (D) (m)
6.000	142	22.3	6.0
10.000	167	25.2	6.4
13.000	185	27.3	6.8
16.000	192	28.2	6.8
20.000	192	28.2	6.8
23.000	200	28.2	7.2

Tablo 2.6 Roll-on ve roll-off gemiler (OCDI, 2002)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su Çekimi (D) (m)
400	75	13.6	11.1
1.500	97	16.4	4.7
2.500	115	18.5	5.5
4.000	134	20.7	6.3
6.000	154	22.9	7.0
10.000	182	25.9	7.4

Tablo 2.7 Yolcu gemileri (OCDI, 2002)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su ekimi (D) (m)
2.000	83	15.6	4.0
4.000	107	18.5	4.9
7.000	130	21.2	5.7
10.000	147	23.2	6.6
20.000	180-188	25.7-27.5	6.6-8.0
30.000	207-217	28.4-30.4	6.6-8.0
50.000	248	32.3	8.0
70.000	278	35.2	8.0

Tablo 2.8 Petrol tankerleri (OCDI, 2002)

DWT (ton)	Gemi Toplam Uzunluğu (L) (m)	Gemi Genişliği (B) (m)	Dolu Su ekimi (D) (m)
1.000	61	10.2	4.0
2.000	76	12.6	4.9
3.000	87	14.3	5.5
5.000	102	16.8	6.4
10.000	127	20.8	7.9
15.000	144	23.6	8.9
20.000	158	25.8	9.6
30.000	180	29.2	10.9
50.000	211	32.3	12.6
70.000	235	38.0	13.9
90.000	254	41.1	15.0

\* Tasarım gemisinin boyutlarının tanımlanamadığı durumlarda kullanılır. Bu tablo tonajlar (GT ve DWT) göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır ve tasarım gemisinin tanımlanamadığı durumlar için gemi boyutlarını liste halinde sunar.

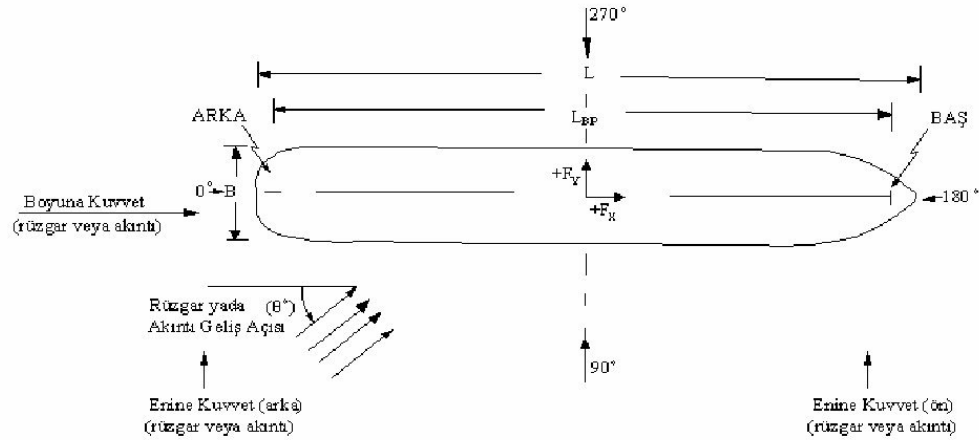
\*\* Tasarım gemisinin küçük kargo gemisi olarak tanımlanması durumunda gemi boyutlandırılmasında dikkatli olunmalıdır.

### 2.2.2 Gemi Bağlama Kuvveti

Gemi bağlama yükü geminin liman içinde rıhtıma veya açık deniz iskelelerine ve dolfenlere bağlı olduğu süre içinde rüzgar ve akıntının gemi üzerinde oluşturduğu yükür. Bu yük rıhtım üzerine konulan bağlama yapılarının (baba gibi) tasarımında kullanılır. Bağlama kuvveti, geminin yüklü veya yüksüz olmasına, rüzgar ve akıntı hız ve yönüne bağlı olarak hesaplanacaktır.

Bağlama yüklerinin belirlenmesinde özel bir değerlendirmenin yapılamadığı durumlarda, yüklü deplasman tonajı 20000 t'dan küçük olan gemilerde ( $DT < 20000t$ ) baba aralıkları rıhtım üzerinde 15 m ile 30 m arasında alınabilir. (Tablo 2.9, Tablo 2.10, Tablo 2.11'de yaklaşık baba yükleri belirtilmiştir).

Yüklü deplasman tonajı 20000 t ( $DT > 20.000 t$ ) dan fazla olan gemilerde bağlama yüklerinin bulunması için özel ve ayrıntılı hesaplamalar yapılmalıdır. Bu hesaplamalarda kullanılan tanımlar ve işaret sistemi Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.3 Koordinat sistemi ve işaret kabulü (OCIMF, 1992)

Gemiye etkileyen 2 tür kuvvet vardır bunlar akıntı kuvvetleri ve rüzgar kuvvetleridir. Hesaplamalar da kullanılacak formüller aşağıda verilmiştir.

a) Gemiye Etkiyen Akıntı Kuvvetleri

Gemiye etkiyen enine akıntı kuvveti (  $F_{TC}$  )

$$F_{TC} = C_{TC} C_{CT} p L_{BP} d_m (V_C)^2 \times 10^{-4}$$

Gemiye etkiyen boyuna akıntı kuvveti (  $F_{LC}$  )

$$F_{LC} = C_{LC} C_{CL} p L_{BP} D (V_C)^2 \times 10^{-4}$$

$F_{TC}$ : Enine akıntı kuvveti (kN)

$C_{TC}$ : Enine akıntı direnç kuvvet katsayısı, enine akıntı katsayısı

Şekil 2.3’de akıntı geliş açısı ( $\theta$ ) ve gemi özelliklerine göre verilmektedir. Enine akıntı katsayısı  $C_{TC}$  (arka, kık),  $C_{TC}$  (baş) olarak gösterilmekte ve hesaplamalarda büyük olan katsayı alınmaktadır.

$F_{LC}$ : Boyuna akıntı kuvveti (kN)

$C_{LC}$ : Boyuna akıntı direnç kuvveti katsayısı, boyuna akıntı katsayısı Şekil 2.2’de akıntı geliş açısı ( $\theta$ ) ve gemi özelliklerine göre verilmektedir.

$C_{CT}$ : Enine akıntı direnç kuvvetleri için derinlik düzeltme faktörü

Şekil 2.8’de düzeltme faktörü ( $C_{CT}$ ), akıntı geliş açısı, gemi tipleri ve  $d/D$  oranlarına göre verilmiştir.

$C_{CL}$ : Boyuna akıntı direnç kuvvetleri için derinlik düzeltme faktörü

Şekil 2.9’de düzeltme faktörü ( $C_{CL}$ ), akıntı geliş açısı ve  $d/D$  oranlarına göre konteyner gemileri için verilmiştir.

$p$ : Suyun Özgül Kütlesi ( $\text{kg/m}^3$ )

Tatlı su için = 1000 ( $\text{kg/m}^3$ ),

Deniz suyu için = 1025 ( $\text{kg/m}^3$ )

$L_{BP}$ : Gemi uzunluğu (burada gemi boyu geminin başının yazın tuzlu su hattı ile kesiştiği düşey ile geminin dümeni arasındaki yatay mesafenin metre cinsinden ölçüsüdür)

D: Tamamen dolu olduğunda ortalama su çekimi (m)

$V_C$ : Ortalama akıntı hızı (m/s)

d: Su derinliği (m)

#### b) Gemiye etkiyen rüzgar kuvvetleri

Enine Rüzgar Kuvveti ( $F_{TW}$ )

$$F_{TW} = C_{TW} \rho_A A_L U_w^2 \times 10^{-4}$$

Boyuna Rüzgar Kuvveti ( $F_{LW}$ )

$$F_{LW} = C_{LW} \rho_A A_L U_w^2 \times 10^{-4}$$

$F_{TW}$ : Enine Rüzgar Kuvveti (kN)

$C_{TW}$ : Enine rüzgar kuvveti katsayısı, enine rüzgar katsayısı Şekil 2.4, Şekil 2.6, Şekil 2.7'da rüzgar geliş açısı ( $\theta$ ) ve gemi özelliklerine göre verilmektedir.

Şekillerde enine rüzgar katsayısı  $C_{TW}$  (arka, kıç),  $C_{TW}$  (baş) olarak gösterilmekte ve hesaplamalarda büyük olan katsayı alınmaktadır.

$F_{LW}$ : Boyuna rüzgar kuvveti (kN)

$C_{LW}$ : Boyuna rüzgar kuvveti katsayısı, boyuna rüzgar katsayısı Şekil 2.5, Şekil 2.6, Şekil 2.7'de rüzgar geliş açısı ( $\theta$ ) ve gemi özelliklerine göre verilmektedir.

$\rho_A$ : Havanın Özgül Kütlesi ( $\text{kg/m}^3$ )

$$0^\circ\text{C'de} = 1.309 (\text{kg/m}^3)$$

$$30^\circ\text{C'de} = 1.170 (\text{kg/m}^3) \text{ alınabilir.}$$

$A_L$ : Geminin su çizgisi üzerindeki boyuna izdüşüm alanı ( $\text{m}^2$ ) (Şekil 2.11 ve Şekil 2.12)

$U_w$ : Su seviyesinden 10 m yukarıda ki tasarım rüzgar hızı (m/s)

Şekil 2.2.9, sığ sularda ağırlıkları 150.000-500.000 DWT arasında değişen

tankerlerde boyuna kuvvet katsayısı değişimlerini göstermektedir.

Ön tasarımda kullanılacak, babaya etkiyen yaklaşık bağlama kuvvetleri Tablo 2.9, Tablo 2.10, Tablo 2.11’de liste halinde verilmiştir.

Tablo 2.9 Gemilerin bağlama kuvvetleri(OCDI, 2002)

Geminin Gros Tonaj (GT) (tons)	Babaya Etki Eden Bağlama Kuvveti (kN)
200 < GT < 500 dahil	150
500 < GT < 1.000 dahil	250
1.000 < GT < 2.000 dahil	250
2.000 < GT < 3.000 dahil	350
3.000 < GT < 5.000 dahil	350
5.000 < GT < 10.000 dahil	500
10.000 < GT < 20.000 dahil	700

Tablo 2.10 Gemilerin bağlama kuvvetleri(OCDI, 2002)

Geminin Gros Tonaj (GT) (tons)	Babaya Etki Eden Bağlama Kuvveti (kN)
20.000 < GT < 50.000 dahil	1000
50.000 < GT < 100.000 dahil	1000

Tablo 2.11 Gemilerin bağlama kuvvetleri(BS 6349:Part 4 1994)

Geminin Gros Tonaj (GT) (tons)	Babaya Etki Eden Bağlama Kuvveti (kN)
100.000 < GT < 200.000 dahil	1500
GT > 200.000	2000

20000 t dan daha büyük kapasiteli deniz araçlarının bağlandığı yerlerdeki baba yüklerini bulmak için hesap yapmak gereklidir. Bu hesaplarda deniz araçlarının boyutları da dikkate alınmalıdır.

### Yöntem 1

Gemiye gelen akıntı ve rüzgar yükleri yukarıda verilen yöntemle yapılacaktır. Babalara gelen yükleri bulmak için, sistem tamamen elastik davranış gösterir varsayımı yapılarak elle veya bilgisayarla çözüm yapılır. Elle çözüm için, bağlanma iskelesine paralel yüklemelerin taşınması için bağlama halatları yay olarak modellenir, geminin baş ve sonundaki iskeleye diklemesine gelen yükler hesaplanır. Halat uzunlukları göz önüne alınır.

### Yöntem 2

Her babaya gelen yükleri bulabilmek için kullanılan bu yöntem, eğer iskelede 6 tane baba varsa iskeleye gelen gemi bağlanma yükünün üçte birinin bir tane baba tarafından taşındığı kabul edilir. İskeleye paralel gelen yükler ise, Yöntem 1 de olduğu gibi bağlama halatlarının yay olarak modellenmesiyle dağıtılarak sistem çözülür.

### Yöntem 3

Eğer babalar özel bir gemi ve gemi bağlanma şekli için tasarlanacaksa, sistem bağlama halatlarının taşıma kapasitesinin bulunmasıyla tasarlanır.

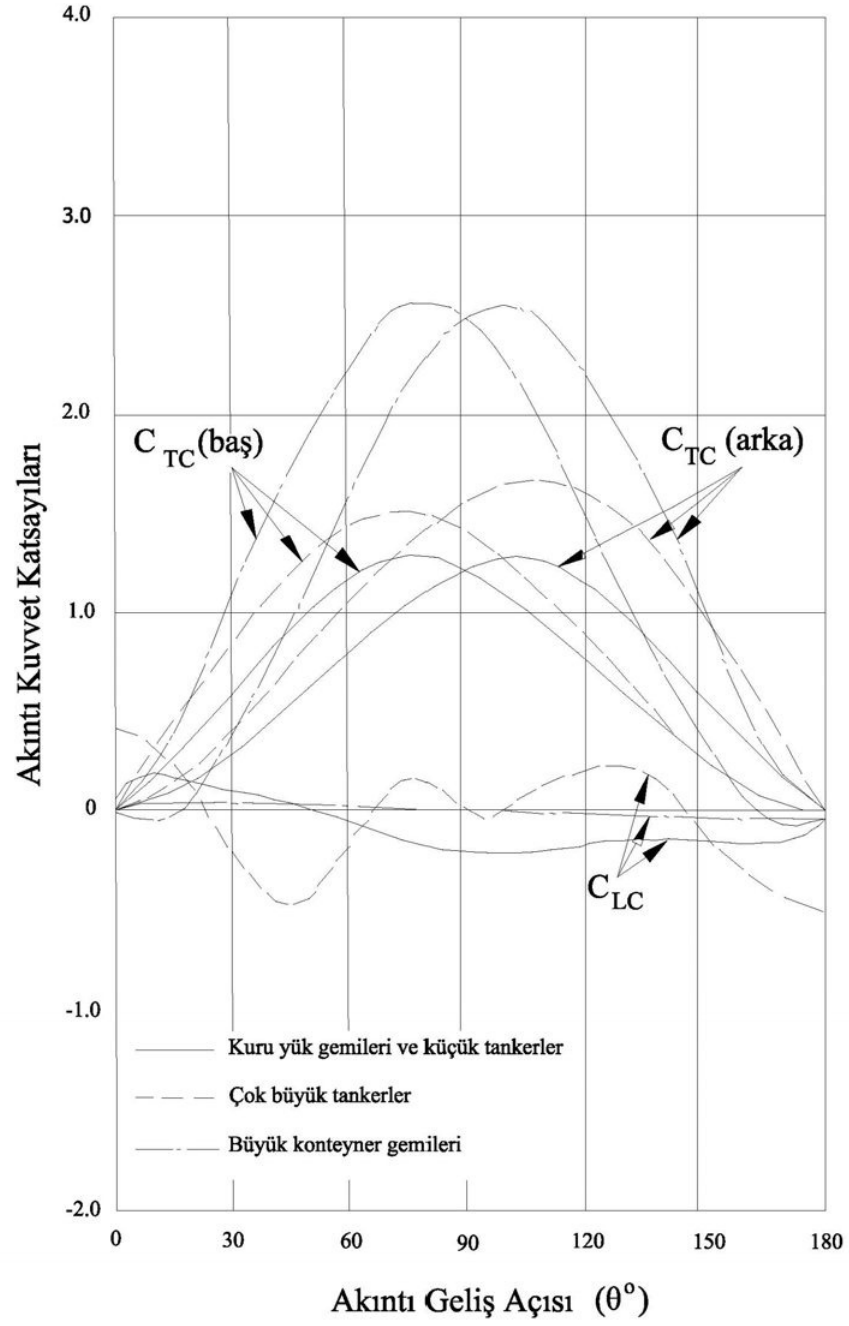
### Yöntem 4

Eğer yukarıda verilen metotları uygulamak için yeterince bilgi yoksa, Tablo 2.9, Tablo 2.10 ve Tablo 2.11'deki baba yükleri kullanılabilir.

Akıntı veya rüzgarın şiddetli olduğu durumlarda tablolarda verilen yükler %25 artırılır. Rıhtımlarda kullanılacak babalar için baba aralıkları ve sayıları Tablo 2.12'de verilmiştir.

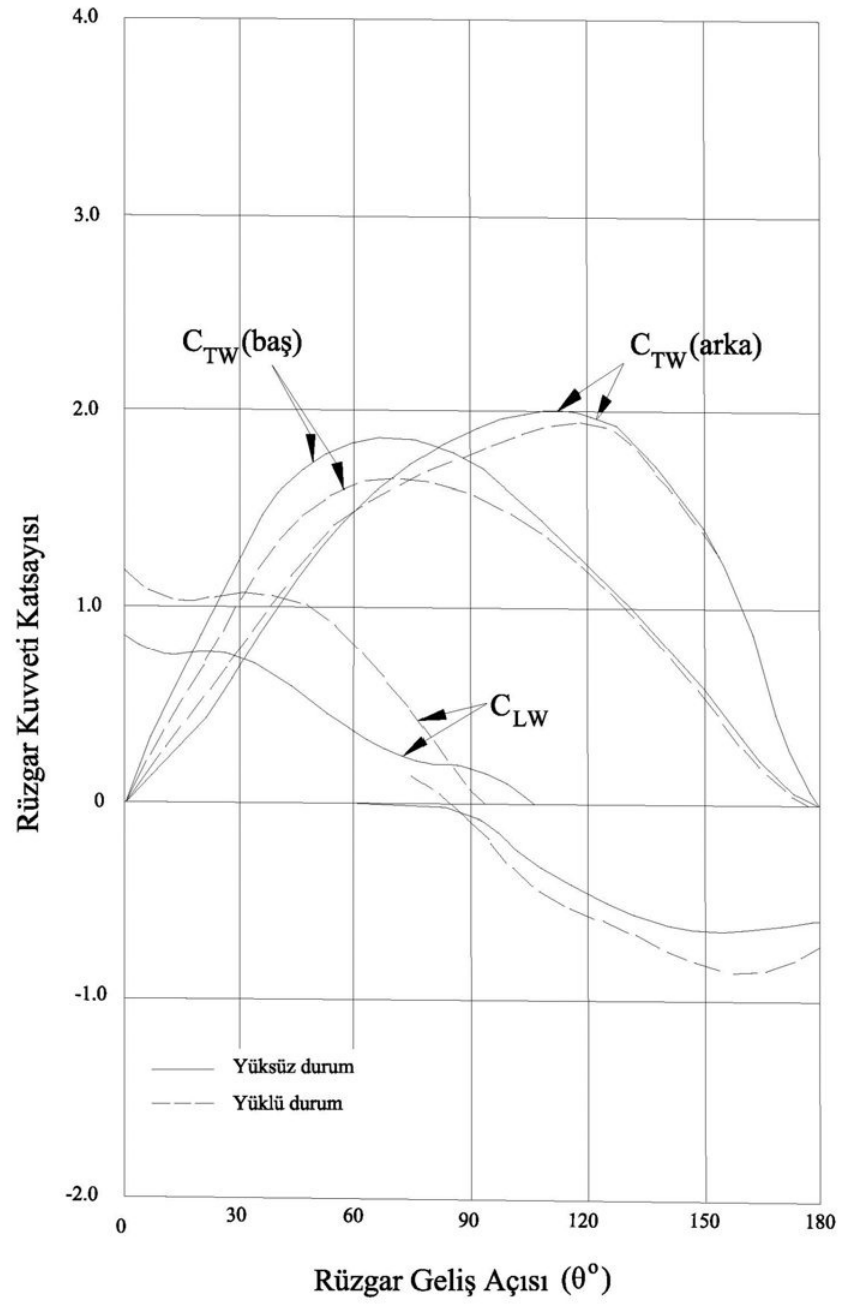
Tablo 2.12 Rıhtımlarda kullanılacak babalar için baba aralıkları ve sayıları

GT	En Büyük Baba Aralığı(m)	Birim Yanaşma Yeri İçin En Küçük Baba Sayısı
GT < 2000	10-15	4
2.000 < GT < 5.000	20	6
5.000 < GT < 20.000	25	6
20.000 < GT < 50.000	35	8
50.000 < GT < 100.000	45	8

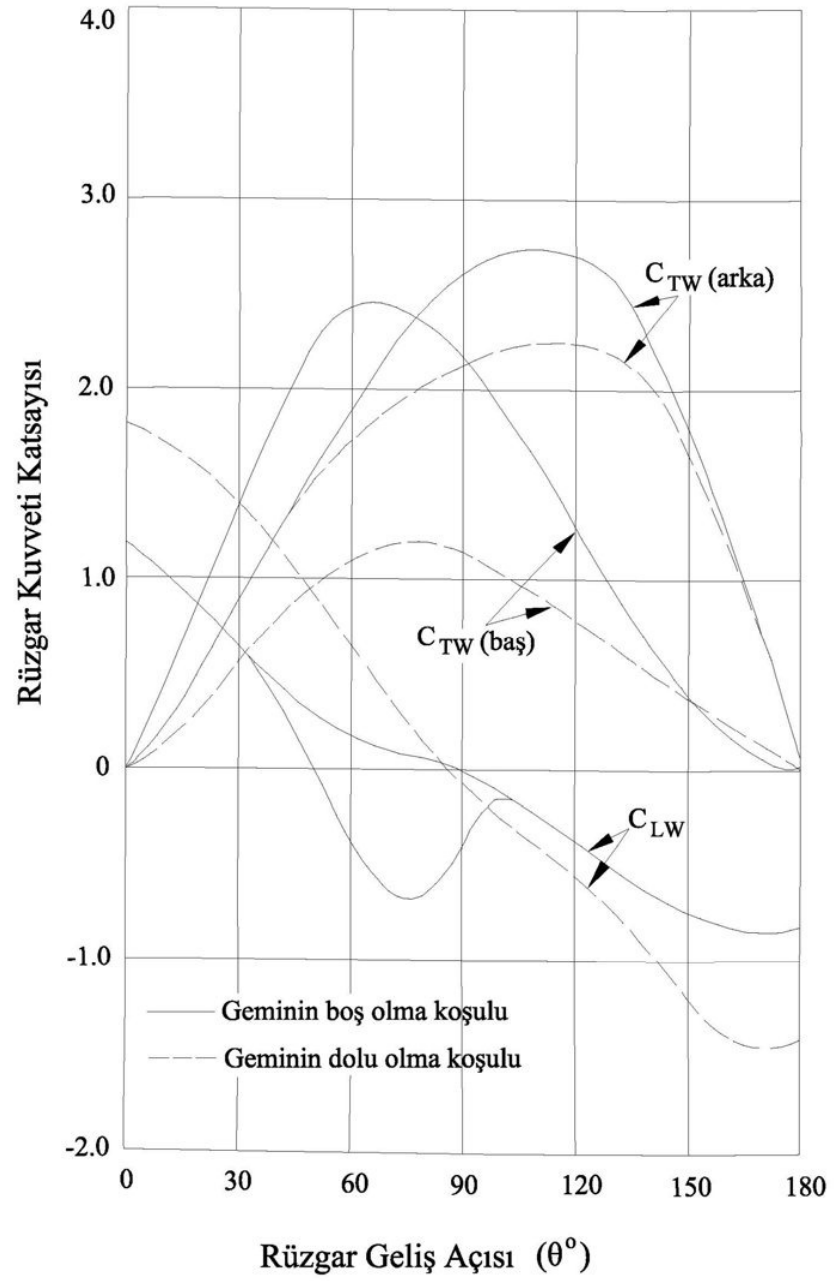


Şekil 2.4 Bütün gemiler için derin denizde akıntı direnç katsayıları  
(BS 6349-1:2000)

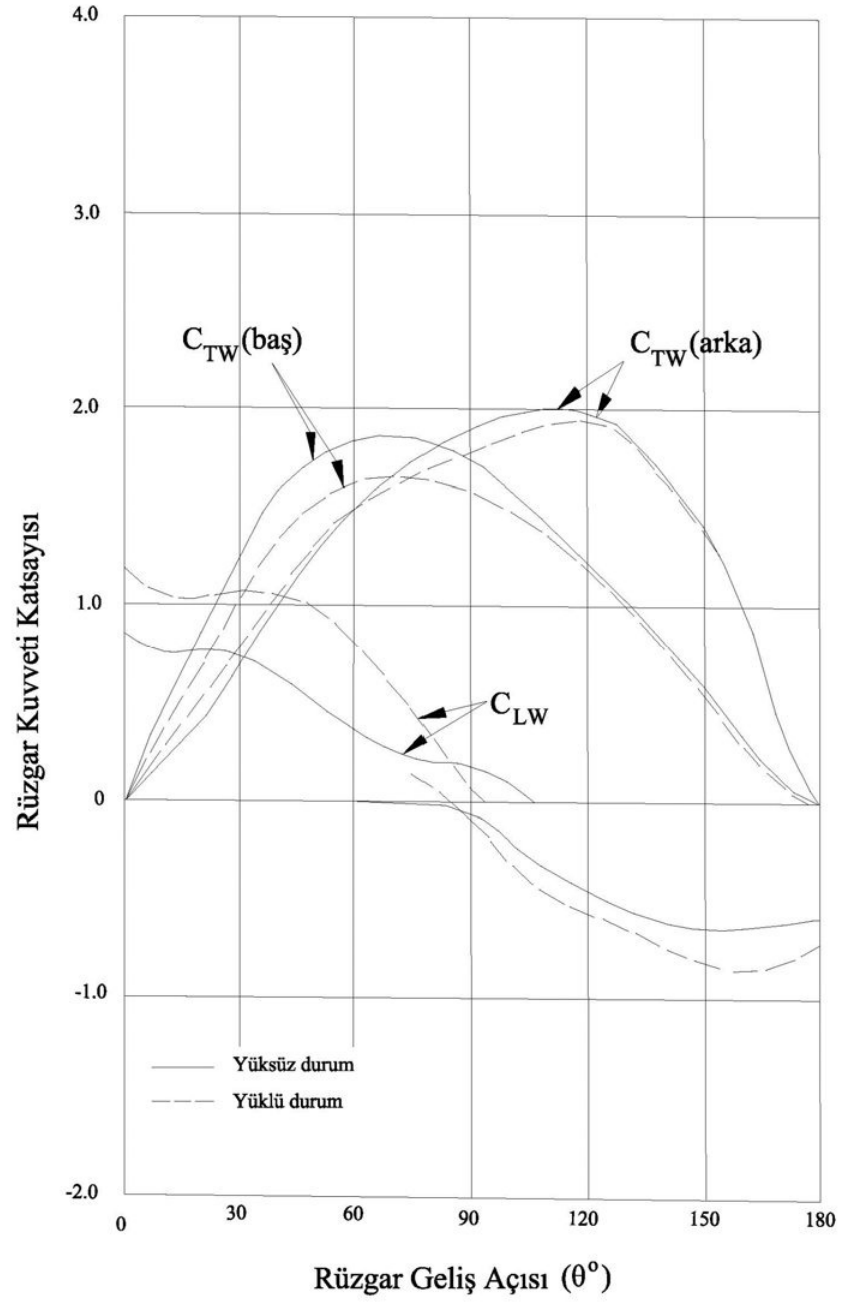




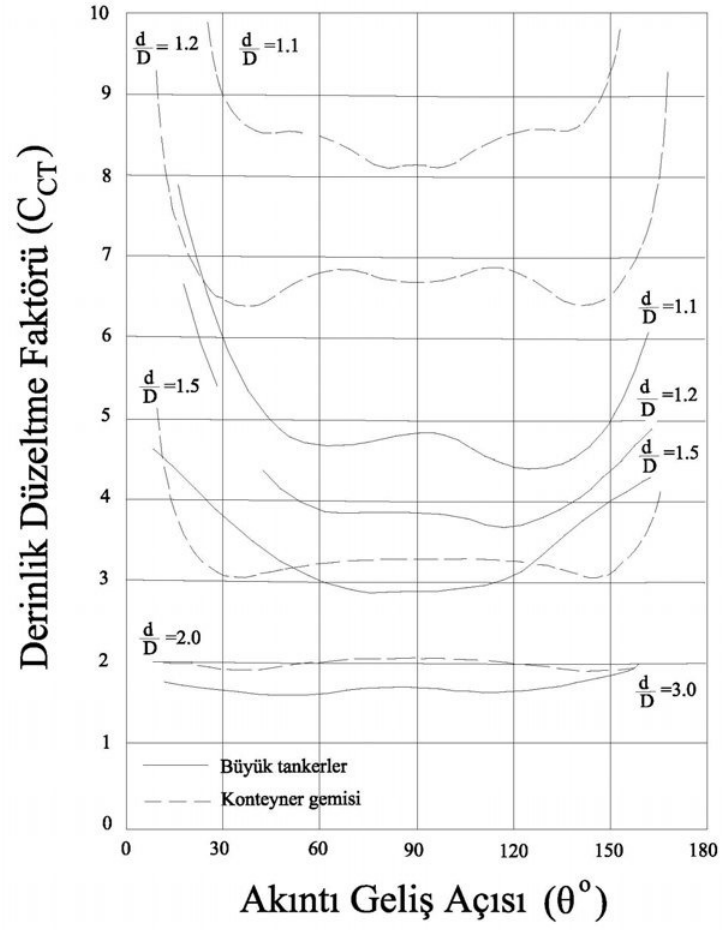
Şekil 2.5 Rüzgar geliş açısı ile rüzgar kuvvet katsayıları arasındaki ilişki  
(BS 6349-1:2000)



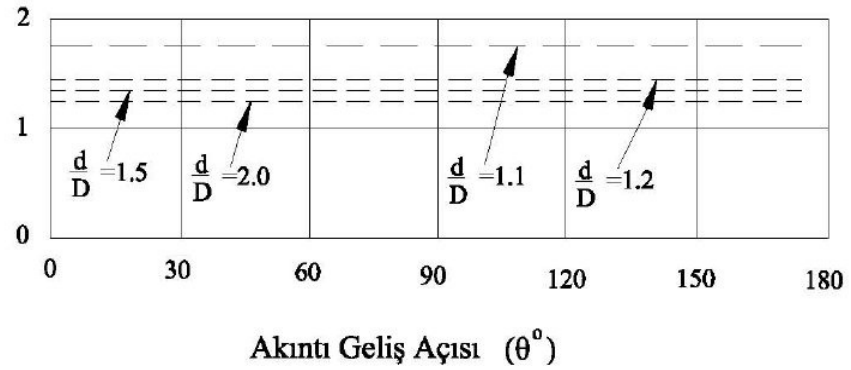
Şekil 2.6 Çok büyük petrol tankerleri için rüzgar kuvvet katsayıları  
(BS 6349-1:2000)



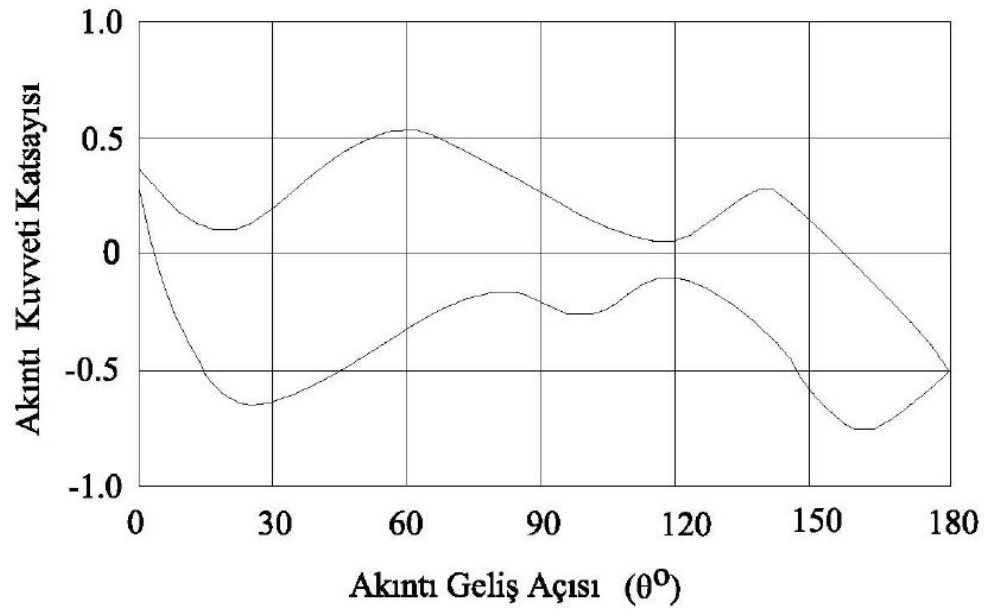
Şekil 2.7 Yük gemileri için rüzgar kuvvet katsayıları (BS 6349-1:2000)



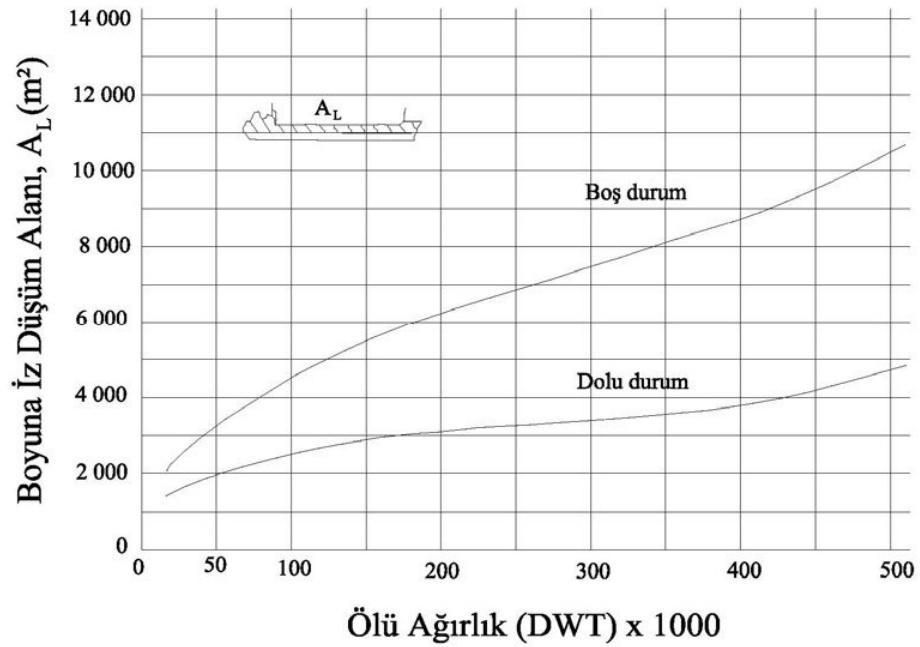
Şekil 2.8 Enine akıntı kuvvetleri için derinlik düzeltme faktörü  
(BS 6349-1:2000)



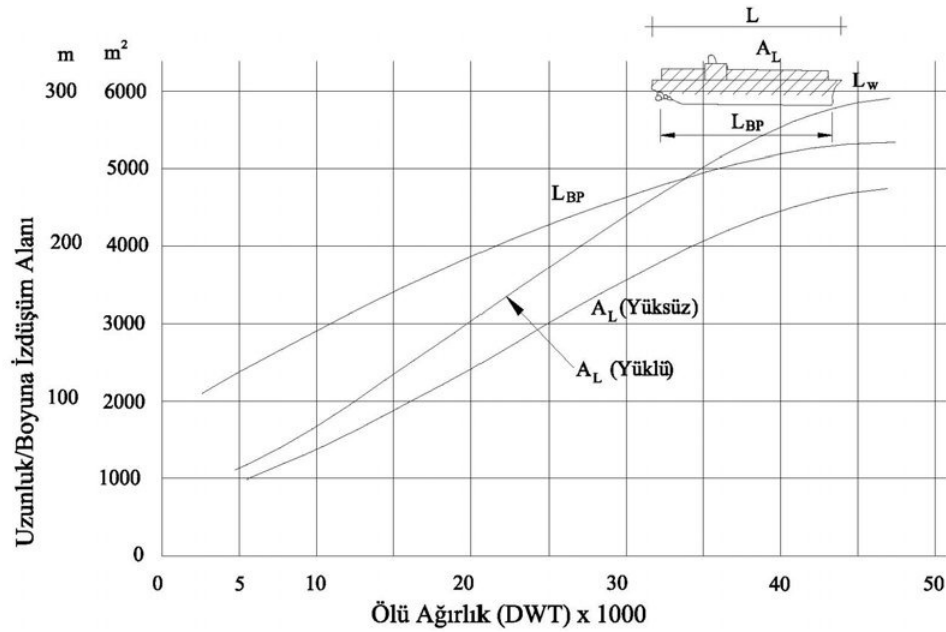
Şekil 2.9 Boyuna akıntı kuvvetleri için derinlik düzeltme faktörü  
(BS 6349-1:2000)



Şekil 2.10 Sığ sularda ağırlıkları 150.000–500.000 DWT arasında değişen tankerlerde boyuna kuvvet katsayısı değişimi



Şekil 2.11 Tankerler için boyuna izdüşüm alanları (BS 6349-1:2000)



Şekil 2.12 Konteyner gemileri için uzunluk/boyuna izdüşüm alanları ile ölü ağırlık (DWT) arasındaki ilişki (BS 6349-1:2000)

### 2.2.3 Gemi Çarpma Kuvveti

Gemi yükleri belirlenirken dikkat edilmesi gereken parametreler arasında gemi boyutları, yanaşma şekli yöntemi, yanaşma hızı, bağlama tesislerinin yapısı, bağlama şekli ve bağlama sistemi özellikleri, rüzgar, dalga ve gel-git akıntılarının etkilerini sayabiliriz.

Gemi limana yanaşırken ya da bağlanırken, yanaşma yapılarına etki eden yükler; gemi yanaşmasından kaynaklanan yükler (Gemi çarpma yükleri) ve bağlanan gemi hareketlerinden doğan yükler (Bağlama kuvveti) olarak iki sınıfta incelenir. Yanaşma yapılarına etki eden yanaşma kuvvetleri, geminin yanaşma enerjisine bağlı olarak hesaplanmalıdır ve bu hesaplamalar yapılırken usturmaçaların yük-deformasyon (load-deflection) özellikleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Gemi yanaşma yükleri gemi yanaşma enerjisinin hesaplanması ile bulunur.

$$E_f = (M_s V^2 / 2) C_e C_m C_s C_c$$

$E_r$ : Gemi Yanaşma Enerjisi (kJ = kN.m)

$M_s$ : Gemi Kütlesi (t)

$V$ : Gemi Yanaşma Hızı (m/s)

$C_e$ : Dışmerkezlik Faktörü (eksantriklik)

$C_m$ : Hidrodinamik Atalet Katsayısı

$C_s$ : Esneklik Faktörü (Genellikle 1.0 alınır)

$C_c$ : Yanaşma Şekli Faktörü

$M_s$  olarak tanımlanan ifade tasarım gemisinin yer değiştirme (deplasman) tonajıdır. (Gemi tam doluyken yer değiştiren su kütlesi). Tasarım gemisinin yer değiştirme tonajının tanımlanmadığı durumlarda Tablo 2.13 kullanılarak geminin yer değiştirme tonajı bulunur.

Tablo 2.13 Gemilerin yer değiştirme (deplasman) tonajları (DT) ile ölü ağırlık tonajları (DWT) arasındaki ilişki (OCDI, 2002)

Yük Gemileri (10.000 DWT den az)	$\log (DT) = 0.550 + 0.899 \log (DWT)$
Yük Gemileri (10.000 DWT den fazla)	$\log (DT) = 0.511 + 0.913 \log (DWT)$
Konteyner Gemileri	$\log (DT) = 0.365 + 0.953 \log (DWT)$
Feribotlar (uzun mesafe)	$\log (DT) = 1.388 + 0.683 \log (DWT)$
Feribotlar (kısa ve orta mesafe)	$\log (DT) = 0.506 + 0.904 \log (DWT)$
Ro-Ro Gemileri	$\log (DT) = 0.657 + 0.909 \log (DWT)$
Yolcu Gemileri (Japonya)	$\log (DT) = 0.026 + 0.981 \log (DWT)$
Yolcu Gemileri (Yabancı)	$\log (DT) = 0.341 + 0.891 \log (DWT)$
Otomobil Taşıyıcısı	$\log (DT) = 1.915 + 0.588 \log (DWT)$
Yağ Tankerleri	$\log (DT) = 0.332 + 0.956 \log (DWT)$

- $C_e$  Dışmerkezlik Faktörü (Eksantriklik) (OCDI, 2002)

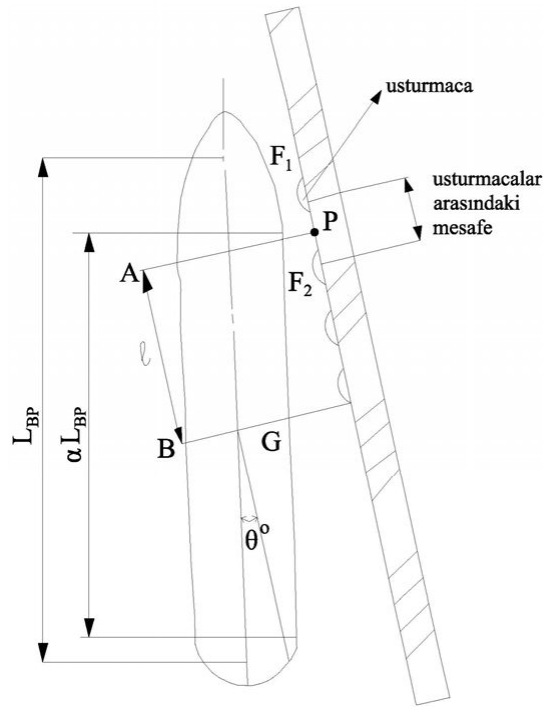
$$C_e = 1 / 1 + (\ell / r)^2$$

$\ell$ : Geminin usturmaçaya yaslanma noktası (P) ile ağırlık merkezi (G) arasında rıhtıma paralel doğrultuda ki uzaklık ( A-B ) (Şekil 2.2.12)

Şekil 2.13’de görüldüğü gibi, gemi usturmaçaları  $F_1$  ve  $F_2$  noktalarını, temsil etmektedir. Temsili olarak gösterilen P noktası ve yaslanma noktası ile ağırlık merkezi arasında rıhtıma paralel doğrultuda ki  $\ell$  uzunluğu; eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir.  $k < 0.5$  ise  $\ell_1$ ,  $k > 0.5$  ise  $\ell_2$ ’yi hesaplayan formüller kullanılır.  $k = 0.5$  ise  $\ell_1$  ve  $\ell_2$  hesaplanır ve  $C_e$  formülünde yerine yazılır. Büyük olan  $C_e$  değerini veren değeri olarak kabul edilir.

$$\ell_1 = (0.5 \alpha - ek) L_{PB} \cos \theta \quad k < 0.5$$

$$\ell_2 = 0.5 \alpha + (1-k) L_{PB} \cos \theta \quad k < 0.5$$



Şekil 2.13 Gemi yanaşma şekli (OCDI, 2002)

$\ell_1$ : Geminin  $F_1$  usturmaçasına değdiği nokta ile geminin ağırlık merkezi arasında yer alan ve yanaşma yapılarına paralel düzlemde belirlenmiş olan mesafedir (m).

$\ell_2$ : Geminin  $F_2$  usturmaçasına değdiği nokta ile geminin ağırlık merkezi arasında yer alan ve yanaşma yapılarına paralel düzlemde belirlenmiş olan mesafedir (m).

$\theta$ : Yanaşma Açısı ( $0 - 10^0$ ) arasında alınabilir. Bu açının  $10^0$  alınması önerilmektedir.

e: Usturmaçalar arasındaki mesafe ile  $L_{BP}$  arasındaki orandır.



$\alpha$ : 1/2 veya 1/3 alınır. ( $C_b$  değerini en büyük yapan  $\alpha$  değerinin kullanılması önerilmektedir)

k: F1 ve F2 usturmaçaları arasında yer alan ve geminin bağlama tesislerine en yakın olduğu noktanın temsili konumunu gösteren parametredir. k parametresi, 0 ile 1 arasında değerler alabilir fakat genellikle  $k=0.5$  kabul edilir.

r: Yatay düzlemde geminin ağırlık merkezinden geçen düşey eksen etrafındaki dönme yarıçapıdır.

$$r = (0.19C_b + 0.11) L_{BP}$$

Burada blok katsayısı ( $C_b$ ):  $C_b = \text{Hacim} / L_{BP}BD$  formülü ile hesaplanır

Formülde kullanılan hacim ( $m^3$ ) gemi tarafından yer değiştiren su hacmidir. Gemi tarafından yer değiştiren su hacmi, yer değiştirme tonajının (DT) deniz suyu yoğunluğuna bölünmesi ile bulunur.  $\text{Hacim} = DT / \rho_{sw}$

D: Tamamen dolu olduğunda ortalama su çekimi (m)

B: Gemi genişliği (m)

$L_{BP}$ : Gemi uzunluğu (m)

Ölü ağırlık tonajı (DWT) veya gros tonaj (GT) verileri ile  $L_{BP}$  hesaplanmasını sağlayan eşitlikler Tablo 2.14'de verilmiştir.

Tablo 2.14 Ölü ağırlık tonajı (DWT) veya Gros tonajı (GT) verileri ile  $L_{BP}$  hesaplanmasını sağlayan eşitlikler (OCDI, 2002)

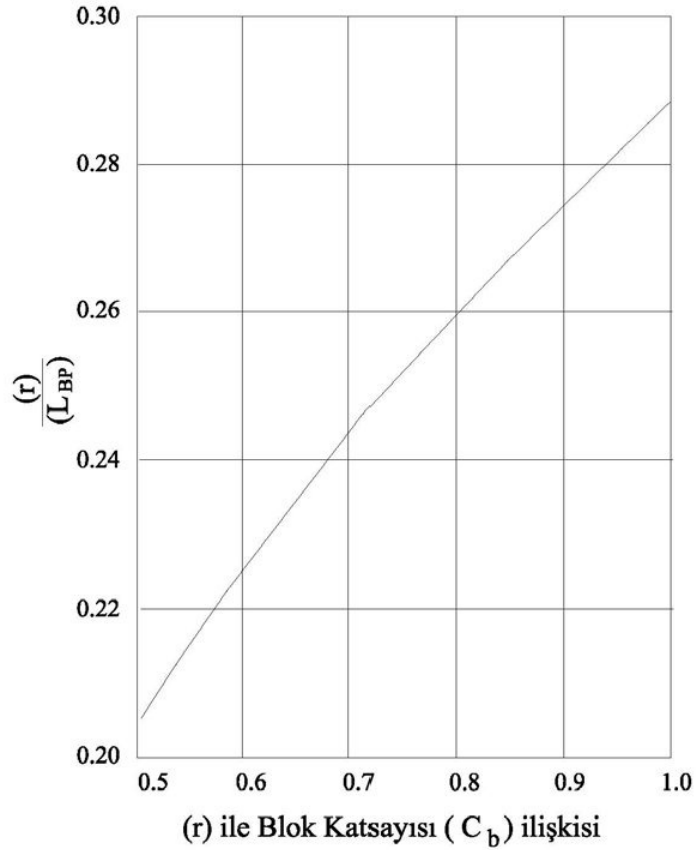
Yük Gemileri (10.000 DWT den az)	$\log(L_{BP}) = 0.867 + 0.310 \log(DWT)$
Yük Gemileri (10.000 DWT -den fazla)	$\log(L_{BP}) = 0.964 + 0.285 \log(DWT)$
Konteyner Gemileri	$\log(L_{BP}) = 0.516 + 0.401 \log(DWT)$
Feribotlar (uzun mesafe; 13.000 GT-daha az)	$\log(L_{BP}) = \log(94.6 + 0.00596(GT))$
Feribotlar (kısa-orta mesafe 6.000t -daha az)	$\log(L_{BP}) = 0.613 + 0.401 \log(DWT)$
İçer Dışa Yalpalayan Gemiler	$\log(L_{BP}) = 0.840 + 0.349 \log(DWT)$
Yolcu Gemileri (Yabancı)	$\log(L_{BP}) = 0.787 + 0.330 \log(DWT)$
Otomobil Taşıyıcısı	$\log(L_{BP}) = 1.046 + 0.280 \log(DWT)$

Ayrıca formülle hesaplanan  $C_b$  veya Tablo 2.15 kullanılarak bulunan  $C_b$  değeri Şekil 2.14’de girilerek  $r/L_{BP}$  oranından  $r$  değeri hesaplanabilir.

$C_b$  katsayılarının gemi tiplerine göre değerleri Tablo 2.15’de verilmiştir

Tablo 2.15  $C_b$  değerleri (BS 6349: Part 4: 1994)

Gemi Tipleri	$C_b$ aralığı
Tanker	0.72 - 0.85
Konteyner	0.65 - 0.70
Ro-Ro	0.65 - 0.70
Yolcu	0.65 - 0.70
Kuru Yük	0.60 - 0.75
Feribot	0.50 - 0.65



Şekil 2.14  $(r)$  ile blok katsayısı ( $C_b$ ) ilişkisi

- $C_m$ , Hidrodinamik Atalet Katsayısı (OCDI, 2002)

Hidrodinamik atalet katsayısını hesaplamak için kullanılan denklem;

$$C_m = 1 + \pi / 2 C_b \times D / B$$

Burada,

$C_b$ : Blok Katsayısı

$L_{BP}$ : Gemi uzunluğu (m)

B: Gemi genişliği (m)

D: Tamamen dolu olduğunda ortalama su çekimi (m)

- $C_s$ , Esneklik Faktörü (BS 6349: Part 4: 1994)

Esneklik faktörü, tekne yüzeyinin ve usturmaçanın rijitliği ile ilgilidir. Bu katsayının belirlenmesi ile ilgili yapılan araştırmalar neticesinde,  $C_s = 0.9 - 1.0$  olduğu belirlenmiştir.

- $C_c$ , Yanaşma Şekli Faktörü (BS 6349:Part 4 : 1994)

Yanaşma şekli faktörü değeri, geminin tekne kısmı ile rıhtım duvarı arasındadır ve yanaşma yerinin altının açık veya kapalı olması durumuna bağlıdır.  $C_c$  değerine etki eden parametreler; rıhtım yapım tipi ve rıhtımın gemi kenarından olan uzaklığı, yanaşma açısı, teknenin şekli ve gemi omurga altı açıklığıdır. Rıhtım tiplerine göre belirlenen yanaşma şekli faktörleri aşağıda ki gibidir.

$C_c = 1.0$  Altı açık rıhtım

$C_c = 0.9$  Altı yarı açık rıhtım

$C_c = 0.8$  Altı kapalı rıhtım

Standart olarak  $C_c = 1.0$  kabul edilir.

- V, Yanaşma Hızı

Yanaşma hızına etkiyen faktörler, tasarım gemi tipi, yüklenen gemi büyüklüğü, yanaşma yapılarının tipi ve konumu, iklim koşulları, çekici romorkör kullanılabilirliği ve büyüklüğü' dür. Yanaşma hızı ile ilgili yapılan çalışmalar, yük gemileri için yanaşma hızının genellikle 10 cm/s den düşük olması gerektiğini göstermiştir bu sebepten dolayı yük gemileri için yanaşma hızı 10 cm/s alınacaktır. Çeşitli gemilerin yanaşma hızları aşağıda verilmiştir.

<u>DWT (t)</u>	<u>Yanaşma Hızı, V (cm/s)</u>
< 1.000	< 15
5.000 – 30.000	< 10
> 30.000	< 5

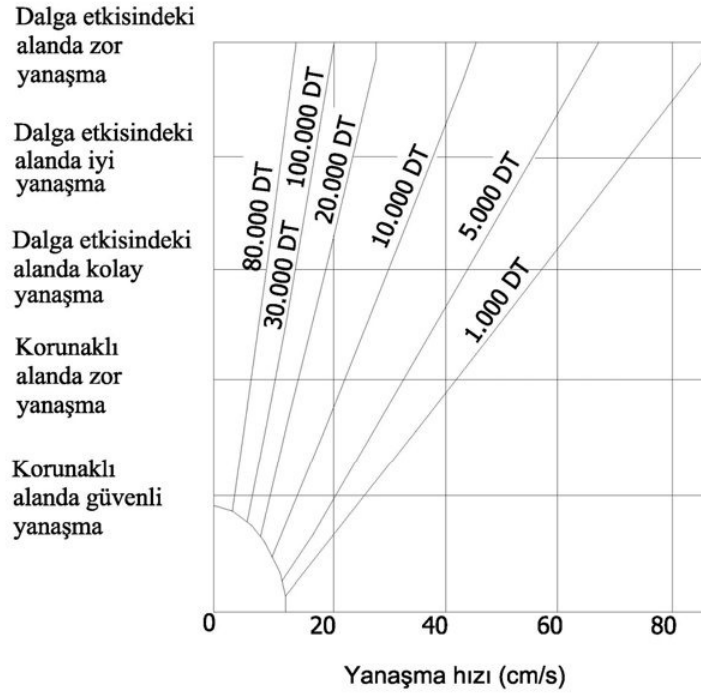
Büyük gemiler ve büyük petrol tankerleri, rıhtıma ve rıhtım duvarına paralel çizimde ve aralarında belli mesafe kalıncaya kadar yanaşırlar. Daha sonra çekici romorkörlerle rıhtıma kadar çekilirler. Rıhtıma doğru şiddetli rüzgarların estiği durumlarda, gemiler farklı bir şekilde, dışarıya doğru romorkörler yardımıyla çekilerek rıhtıma yanaşırlar. Bu şekilde yapılan bir uygulamada yanaşma hızı 10-15 cm/s olmalıdır.

Kendi güçleriyle rıhtıma yanaşan feribotların hızı 10 cm/s' den azdır. Fakat bazen yanaşma hızının 15 cm/s'yi geçtiği durumlarla karşılaşılabilir, bu nedenle feribot rıhtımları tasarlanırken buna dikkat edilmelidir.

Küçük gemiler ve küçük yük gemileri ve çekici romorkör olmadan rıhtıma yanaşabilen balıkçı gemilerinde, yanaşma hızı büyük gemilerin yanaşma hızından daha büyüktür, bazı durumlarda bu hız 30 cm/s'yi geçebilir.

Feribotlar, Ro-Ro gemileri ya da küçük yük gemileri çekici romorkör yardımı olmaksızın rıhtıma yanaşabilirler. Eğer bu gemilerin baş ve arka kısmında rampa varsa, gemiler rıhtıma dik olarak yanaşır. Bu durumda yanaşma yöntemi büyük gemilerin yanaşma yöntemlerinden farklı olur. Önemli olan nokta yanaşma hızının doğru bir şekilde belirlenmesidir.

Şekil 2.15, gemi büyüklüğü, gemi yanaşma durumları ile yanaşma hızı arasındaki ilişkiyi gösterir.



Şekil 2.15 Gemi yanaşma durumları ile yanaşma hızı arasındaki ilişki (OCDI,2002)

Yapılan çalışmalar sonucunda, yük gemileri, konteyner gemiler, araç taşıyıcılar ve tüm gemiler için ortalama yanaşma hızları Tablo 2.16’de verilmiştir.

Tablo 2.16 DWT ve Yanaşma Hızları (OCDI, 2002)

DWT	Yanaşma Hızı (cm/s)			
	Yük Gemisi	Konteyner Gemisi	Araç Taşıyıcıları	Tüm Gemiler
1.000	8.1	-	-	8.1
5.000	6.7	7.8	-	7.2
10.000	5.0	7.2	4.6	5.3
15.000	4.5	4.9	4.7	4.6
30.000	3.9	4.1	4.4	4.1
50.000	3.5	3.4	-	3.4
Tüm Gemiler	5.2	5.0	4.6	5.0

Usturmaçalarda güvenlik marjini sağlamak için, maksimum çarpışma enerjisinin iki katı tasarım enerjisi olarak alınmalıdır. Çelik aksamlarda ise maksimum gerilme akma gerilmesinin 0.8 katını geçmemelidir.

#### Yanaşma Reaksiyonları ve Yük Dağılımı

Yanaşma reaksiyonları yanaşma enerjisine ve usturmaça sistemine bağlı olarak değişir. Yanaşma yapıları bir takım şartlara göre düzenlenmelidir. Bu şartlar; gemi gövdesine gelen kontak basınçları kabul edilebilir limitlerde olmalı, gemi gövdesi ile usturmaça arasında doğrudan temastan sakınılmalı ve usturmaça kapasitesini geçmemelidir.

#### Gemi Gövdesi Basınçları

Gemi gövdesine gelen maksimum basınç geminin tipine, boyutlarına, usturmaçaların yüzeysel özelliklerine (rijit, esnek) ve temas alanının gemi iskeleti pozisyonuna bağlı olarak değişir. LNG/LPG tankerleri (VLCC) için bu değer  $15 \text{ t/m}^2$  ile  $20 \text{ t/m}^2$  arasında değişir.

#### Açılı Yanaşmadan Doğan Usturmaça Reaksiyonu

Eğer çarpma gövdenin düz olduğu noktada ve gemi pozisyonun yanaşma yapısına paralel olduğu durumda gerçekleşmemişse, usturmaça açısız bir yükleme ile karşı karşıya kalır. Gemi gövdesinin geometrisi gereği çarpma hem dikey hem de yatay düzleminde düşünülerek, her usturmaçaya gelen yük açısı, her usturmaça ünitesinin soğurduğu enerji ve bütün usturmaça sisteminin soğurduğu enerji ile gemi gövdesi ve usturmaça arası mesafe belirlenmelidir.

Birçok elastomerik ve pnömatik usturmaça üreticileri yanaşma pozisyonları için açısız düzeltme faktörleri verirler. Eğer gemi yanaşması bazı nedenlerden dolayı her zaman açısız bir yanaşma oluyorsa, usturmaçalarda paralel bir yaklaşma sağlayacak şekilde yerleştirilir.

### Usturmaçaların kesme kapasiteleri

İleri-geri ve aşağı-yukarı hareket eden deniz araçları bu sırada usturmaçalara çarparlarsa usturmaçalarda kesme deformasyonları ve gerilmeleri oluşur. Bu kesme deformasyonlarının kabul edilebilir sınırlar içinde olması gerekmektedir. Usturmaça üreticisinin malzeme bilgilerini sağlamadığı durumlarda, kesme gerilmeleri sürtünme katsayıları,  $\mu$  ,ve yüzeye gelen normal kuvvet kullanılarak hesaplanabilir. Aşağıdaki tabloda tipik sürtünme katsayıları verilmiştir.

Tablo 2.17 Usturmaça yüzeyi kaplama malzemeleri sürtünme katsayıları

Malzeme	Sürtünme Katsayısı $\mu$
Polietilen	0.2
Naylon	0.2
Kauçuk	0.5
Ahşap	0.3

Not: Yukarıda verilen katsayılar sadece düzgün yüzeylerin bulunduğu durumlarda geçerlidir. Dolayısıyla gemi gövdeleri çok paslı ise yada civatalar, somunlar gövde üzerinde çukıntı ise bu kat sayılar yeniden değerlendirilmelidir.

### 2.2.4 Kazıklı Yapılarda Dalga Yükleri

Tek kazığa gelen dalga yükünü bulabilmek için, Morison metodu kullanılır. Tek kazık için D/L oranı 0.05 den küçük olduğunda kazıklara gelecek dalga yükleri hesaplanmalıdır ( $D/L \leq 0.05$ ).

D: Kazık çapı, L: Tasarım dalgasının uzunluğu

Tek bir kazığa gelen dalga yükü, su parçacık hızından oluşan kuvvet (sürüklenme kuvveti) ve su parçacık ivmesinden oluşan kuvvet (eylemsizlik kuvveti) olarak iki kısımdan oluşur;

Dik kazığın birim uzunluğuna gelen toplam yatay dalga basıncı:

$$P = P_D + P_M = \frac{1}{2} C_D \frac{L_w}{g} D u |u| + C_m \frac{L_w}{g} A \frac{\partial u}{\partial t}$$

Tek kazık dairesel kesite sahip ise toplam yatay dalga yükü aşağıdaki şekilde ifade edilir;

$$P = \frac{1}{2} C_D \frac{L_w}{g} D u |u| + C_m \frac{L_w}{g} \frac{\pi D^2}{4} \frac{\partial u}{\partial t}$$

Burada;

$P_D$ = Dalga etkisi altındaki su tanesinin hızından dolayı kazıkta oluşan birim uzunluğuna etkiyen basınç

$P_M$ = Dalga etkisi altındaki su tanesi ivmesinden dolayı kazıkta oluşan birim uzunluğuna etkiyen basınç

$P$ = Kazığa etkiyen toplam yatay basınç

$C_D$ = Dalga tanesi hızından dolayı oluşan kuvvete karşı direnç katsayısı

$C_m$ = Parçacık ivmesinden dolayı oluşan kuvvete karşı eylemsizlik katsayısı

$g$  = Yer ivmesi

$L_w$ = Suyun özgül ağırlığı

$u$ = Su taneciğinin yatay hızı

$\partial u / \partial t = du / dt$ : Su parçacıklarının yatay ivmesi

$D$ = Kazık çapı

$A$ = Dalga etkisi altında akıma maruz kalan kazığın akım yönündeki alanı

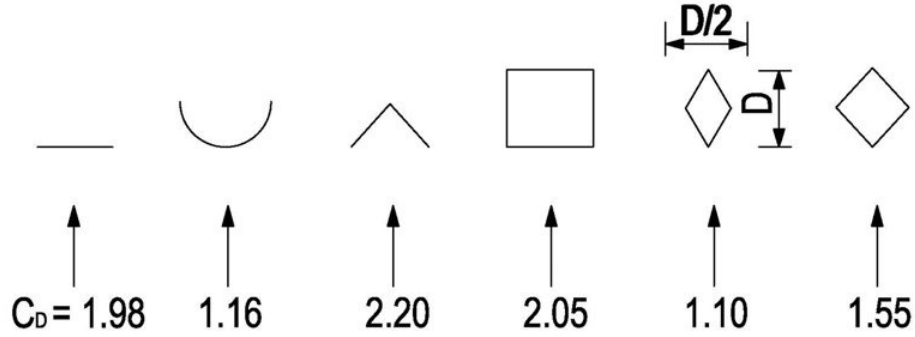
$C_D$  katsayısı, kazığın şekline, Reynolds katsayısına  $Re$ , yüzey sertliğine ve türbülans derecesine bağlıdır. Dairesel kazıklar için genelde  $C_D = 0.7$  alınır, pürüzlü yüzeyler için bu değerler artabilir. Çeşitli kesitler için  $C_D$  katsayısı Şekil 2.16'da verilmiştir.

Genelde dairesel kazıklar için  $C_m = 2.0$  değeri kullanılır.

Dalganın kırılma koşulları ile ilgili kazığa gelecek hesap yöntemleri mevcut değildir.

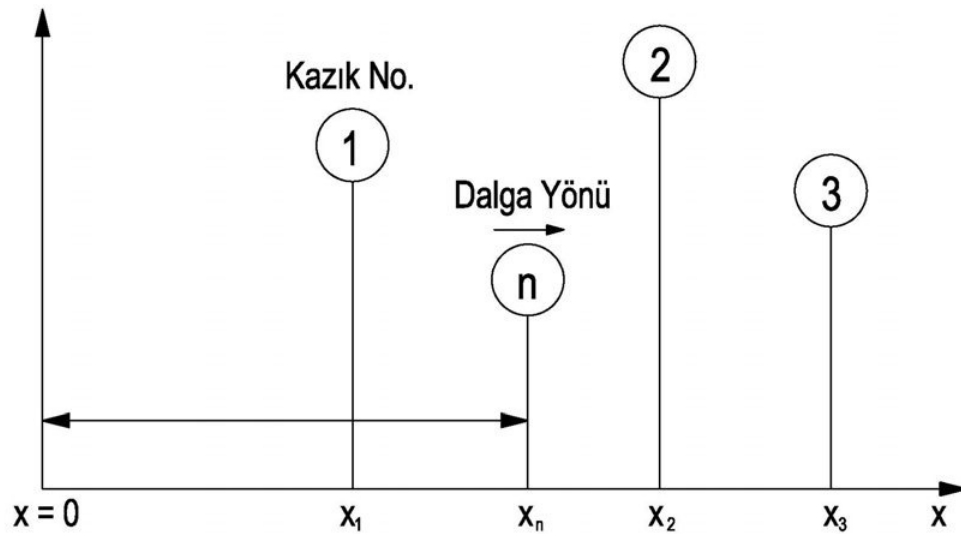


Bu durumda da bir takım varsayımlarla Morrison yöntemi tekrar kullanılabilir. Bu varsayıma göre dalga kırılma koşulunda su kütlesi yüksek hızla kazığa etki eder ve su kütlesi ivmesi sıfır kabul edilir.  $C_M = 0$  alınır,  $C_D$  ise 1.75 'e kadar artırılır (EAU 2004).



Şekil 2.16 Kazık çizimlerine göre  $C_D$  katsayıları

Kazık gruplarına gelen toplam yatay yük Şekil 2.17 ve bağıntılar yardımıyla hesaplanacaktır.



Şekil 2.17 Kazık gurupları yerleşimi

Eğer grup kazık sisteminde kazık aralıkları 4 kazık çapından az ise komşu kazıklarda enine yük artar ve kazık diziliş yönüne paralel dalga yükü azalır. Kazıkların aralarındaki uzaklıklarına bağlı olarak yük düzeltme katsayıları Tablo 2.18 de verilmiştir.

Tablo 2.18 Düzeltme katsayıları

e/D	2	3	4
Dalga tepesinin kazık sırasına paralel gelmesi durumu	1.5	1.25	1.0
Dalga tepesinin kazık sırasına dik gelmesi durumu	0.7 <sup>1)</sup>	0.8 <sup>1)</sup>	1

<sup>1)</sup> dalgaya maruz öndeki kazıklarda düzeltme yapılmaz

e = iki kazık merkezi arasındaki mesafe

Güvenlik Katsayıları tasarım dalgasına bağlıdır. Tasarım dalgası seyrek oluşuyorsa (derin denizde ) güvenlik katsayısı F= 1.5 alınır, tasarım dalgası sık sık oluşuyorsa (sığ deniz koşullarında) güvenlik katsayısı F= 2.0

### 2.2.5 Yükler ve Yük Kombinasyonları

Yükler, zati yükler (ölü yükler), hareketli yükler ( 3 t/m<sup>2</sup>-6 t/m<sup>2</sup>), kamyon ve diğer vasıta yükleri, raylı vinç yükleri, mobil vinç yükleri ve rüzgâr yükleri olarak sınıflandırılabilir.

$$W = C_p V^2 / 1600 \text{ KN/m}^2, C_p = 1.6 F$$

$$F = W \times A, F = \text{Rüzgâr kuvveti}$$

$$A = \text{Rüzgâra maruz iskele ve kazık alanı (m}^2\text{)}$$

Gemiden gelen rüzgâr yükleri rüzgâr istikametinin bir  $\theta$  açısı altında gelmesi halinde rüzgâr kuvveti:

$$R_w = 1 \times p \times C \times V^2 \times (A \times \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \text{ (kg)}$$

$$R_w: \text{Rüzgâr kuvveti (kg)}$$

$$p: \text{Hava yoğunluğu ( = 0.123 kg. san}^2\text{/m}^4\text{)}$$

$$V: \text{Rüzgâr hızı (m/sn)}$$

$$A: \text{Su üstünde kalan gemi gövdesinin alanı (m}^2\text{)}$$

B: Su üstünde kalan diğer yönde gemi gövdesinin alanı (m<sup>2</sup>)

$\theta$  : Rüzgâr yönünün gemi eksenine ile açısı

C: Rüzgâr basınç katsayısı

Yukarıdaki eşitliğe göre ve  $\theta = 90^\circ$  olması halinde maksimum kuvvet oluşur. Bu durumda  $c = 1.2$  alınır ve;

$R_w = 0.0738 \times B \times V^2$  (kg) olur.

B = Rüzgâra maruz gemi alanı (m<sup>2</sup>)

B = 5.171 x (DW) x 0.580 ampirik formülü ile hesaplanabilir.

Platforma etki eden kuvvetler arasında darbe kuvveti ve dalga kaldırma kuvveti bulunmaktadır.

### Darbe Kuvveti

Yatay darbe kuvveti,

$$F_s = 0.5 \times C_s \times \rho \times A \times u^2$$

olarak ifade edilebilir. Burada;

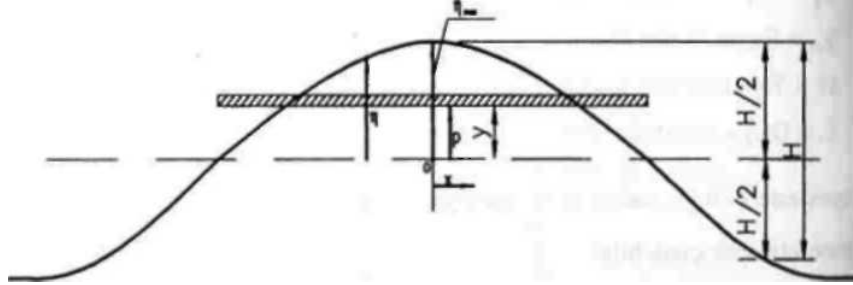
C<sub>s</sub>: darbe kuvveti,

A: dalga kretine bağlı düşey plak alanı,

u : dalga kretindeki akışkanın yatay hızı

Teori ve deneyler darbe katsayısı C<sub>s</sub>'nin  $\pi$ 'den  $2\pi$ 'ye değiştiğini gösterir.

### Dalga Kaldırma Kuvveti



Şekil 2.18 Dalga kaldırma kuvveti

$$\eta = \frac{H}{2} \times \cos(k \cdot x - \sigma \cdot t)$$

$$\eta_{\max} = \frac{H}{2}$$

Derin deniz lineer dalga teorisine göre;

$$L = L_0 \times \tanh \frac{2 \times \pi \times d}{L}$$

Tam yansımada (düşey duvar önünde),  $\eta_{\max} = H$  alınır.

$L_0$ =derin deniz dalga boyu

$$L_0 = 1.56T^2 (m) \quad d=\text{deniz tabanı derinliği}$$

$$P = C \times \gamma_w \times (\eta - Y)$$

C=1.65 ile 2.00 arasında bir katsayı

Y=yapının sakin su seviyesinden yüksekliği

$$\eta = Y \text{ ise } P=0$$

$$P_{\max} = C \times \gamma_w \times (\eta_{\max} - Y)$$

### Konteyner Yükleri

Bir konteyner Liman Sahasına konulduğu zaman, konteyner yükünün dört köşesinde noktasal yük ( $175 \times 160 \text{ mm}^2$ ) olarak etki ettiğini düşünmek gerekir. Konteynerler üst üste yığılı ise yüklemeler yayılı yük olarak alınır.

- 1 sıra 15 kN/m<sup>2</sup>
- sıra 25 kN/m<sup>2</sup>
- sıra 30 kN/m<sup>2</sup>
- sıra 40 kN/m<sup>2</sup>
- sıra 50 kN/m<sup>2</sup>

Sıra sayısı arttıkça maksimum yük taşıyan konteynerlerin üst üste konma şansı azalır.

### Kuru Yükler

Liman sahalarında kuru yükler depolanıyorsa, liman kenarından uzaklık ve yığınların yüksekliklerinin bilinmesi gereklidir. Aşağıdaki tabloda kuru yük özgül ağırlıkları ile iç sürtünme açıları verilmiştir. Bu değerler kullanılarak liman sahası sürşarj yükü hesaplanabilir.

Tablo 2.19. Kuru yük özgül ağırlıkları ve içsel sürtünme açıları

Malzeme	Özgül Ağırlık kN/m <sup>3</sup>	İçsel Sürtünme Açısı Φ (derece)
Demir	22.4-30	35-40
Bakır	25.6	38-45
Aliminyum (Boksit)	14	28(kuru) / 50(ıslak)
Çinko	15-17.9	38
Kurşun	25.6-27.6	35-40
Magnezyum	15	35
Kok	3.6-5.1	37
Kömür	7.2-9	30-45
Çimento	12	25
Çakıl	16(kuru) -20(ıslak)	40
Kum	17-18(kuru) -20(ıslak)	30-40
Fırın Cürufu	11	25
Atık Metal	10-16	35
Genel Atık	5.6	10-40
Tuz	9	45
Soya Fasülyesi	8.2	35-60

### Kren Yükleri

Kren tipi yüklerinin belirlenmediği durumlarda ön tasarımlar için Tablo 2.20’de verilen kren yükleri kullanılabilir.

Tablo 2.20 Liman Sahasına Etkiyen Kren Yükleri

Ray Aralığı	Kaldırma Kapasitesi Kren Kol Uzunluğu (Su Tarafı)	Kaldırma Kapasitesi Kren Kol Uzunluğu (Kara Tarafı)	Öz Ağırlık	Maks. Teker Yüğü (Su Tarafı) (kN)	Maks. Teker Yüğü (Kara Tarafı) (kN)	Tekerler Arası Mesafe (m)
15.24	410kN-36m	410kN-13m	5150	293	274	1.75
15.24	500kN-38m	500kN-12m	8100	474	433	1.20
20.00	500kN-43m	500kN-16m	9770	568	542	1.00
30.48	500kN-40m	500kN-18m	8970	408	609	1.24
35.00	670kN-52m	670kN-25m	12122	691	691	1.05
48.00	450kN-30m	450kN-20m	7350	420	383	1.50

### Konteyner Taşıyıcılar

Konteyner elleçlenmesi için terminal işletmesinde çalışan taşıyıcılar, forkliftler, çift bacaklı taşıyıcılar, otomatik kumandalı araçlar, terminal traktörleri ve kasisleri kullanılabilir. Tablo 2.21’da ön tasarım için dikkate alınacak yükler verilmiştir. Liman sahası için direk yükleme olarak dingil ve teker yükleri önemlidir. Bu yükler için teker konfigürasyonları çok önemlidir ve bu yükler hesaplamalarda düzgün yayılı yük olarak kabul edilebilir. Konteyner yüklerinin meydana getirdiği surşarj yükleri ile aynı kategoridedir.

Tablo 2.21 Liman Sahasına Etkiyen Konteyner Taşıyıcı Yükleri

Tanım	Dingil Yükleri (kN)	Maksimum Teker Yükleri (kN)	Ortalama Teker Yükleri (kN)
Hafif Taşıyıcı	320	110	80
Orta Taşıyıcı	900		
Ağır Taşıyıcı	1050	325	265
Forklift 4 ton	90	55	45
Forklift 16 ton		92	75
Forklift 37 ton	850	255	215
Otomatik Kumandalı Araç CT 40	290	160	145
Otomatik Kumandalı Araç CT 60	400	220	200
Terminal Traktörü		65	50
Terminal Kasisi		30	25
Çoklu Trayler Sistemi	340	65	45
Çift Bacaklı Taşıyıcı 3 Kat	320	170	110
Çift Bacaklı Taşıyıcı 3 Kat		160	90

Ağırlık tipi ve palplanşlı rıhtımlarda yük kombinasyonları:

Kombinasyon 1

$$\text{Yatay Yük: } K_{1H} = Z_s + Z_{sG} + 0.5B$$

$$\text{Düşey Yük: } K_{1V} = G + S_k$$

Kombinasyon 2

$$\text{Yatay Yük: } K_{2H} = Z_s + 0.5Z_{sQ} + B$$

$$\text{Düşey Yük: } K_{2V} = G + S_k + 0.5E_Q$$

Kombinasyon 3

$$\text{Yatay Yük: } K_{3H} = Z_s + 0.5Z_{sQ} + W_P$$

$$\text{Düşey Yük: } K_{3V} = G + S_k + 0.5E_Q + E_P$$

Kazıklı rıhtım ve iskelelerde yük kombinasyonları:

$$K_{11} = G + E_P + Y$$

$$K_{21} = G + E_Q + Y$$

$$K_{12} = G + E_P + B$$

$$K_{22} = G + E_Q + B$$

$$K_{13} = G + E_P + S_A \text{ veya } S_W + 0.5W_G + 0.5W_P$$

$$K_{23} = G + E_Q + S_A \text{ veya } S_W + W_G$$

Burada;

G: Öz ağırlık

E<sub>G</sub>: Ek sabit yükler ( Rıhtım gerisinde kargo yükleri)

E<sub>P</sub>: Ek hareketli yükler (Elleçleme ve taşıma ekipmanlarının yükleri)

E<sub>Q</sub>: Ek düğün yayılı hareketli yükler

S<sub>K</sub>: Suyun kaldırma kuvveti

Z<sub>S</sub>: Statik zemin basıncı

Z<sub>SG</sub>: Sürşarjdan oluşan statik zemin basıncı

Z<sub>SQ</sub>: Ek düzgün yayılı hareketli yükten oluşan statik zemin basıncı

Y: Gemi yanaşma yükü

B: Gemi bağlama yükü (Baba yükü)

S<sub>A</sub>: Akıntı yükü

S<sub>w</sub>: Dalga yükü

W<sub>G</sub>: Rüzgar yükü

W<sub>P</sub>: Elleçleme ve taşıma ekipmanlarına etkiyen rüzgar yükü



## BÖLÜM ÜÇ

### BETONARME YAPILARDA KOROZYON VE AŞINMA

#### 3.1 Betonun ve Çimento Harcının Bozulmasına Sebep Olan Etkenler

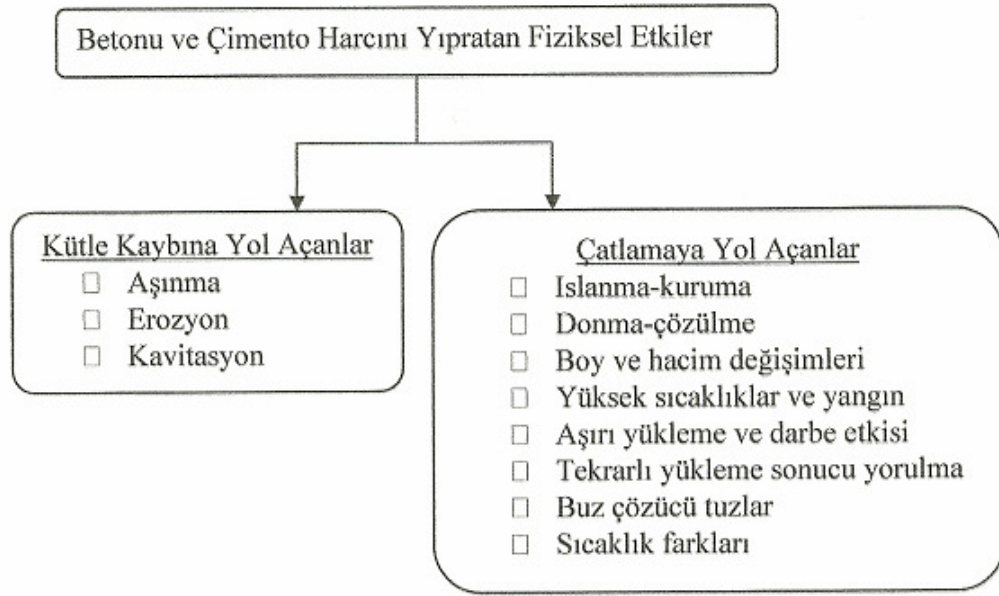
Yapı tasarımında yapının servis ömrü mutlaka göz önüne alınmalıdır. Yapıların yeterli dayanıma sahip olmasının yanında verimli bir kalıcılık özelliğini de göstermesi gerekir. Servis ömrü süresince yapı çeşitli çevresel etkiler altında kalmaktadır. Günümüzde en yaygın kullanılan yapı malzemesi olan beton, servis ömrü boyunca dış kuvvetlerin ve çeşitli çevresel etkilerin altında kalmaktadır. Bunlar: fiziksel, kimyasal veya fiziko-kimyasal ve mekanik etkilerdir (Şengül, Taşdemir, Yüceer ve Erenoğlu 2003).

Uygulamada beton, fiziksel ve kimyasal birçok etkiye tekrarlı olarak maruz kalabilmekte ve bu etkiler bir diğerinin gelişimini hızlandırabilmektedir (Baradan Yazıcı ve Ün, 2002). Örneğin, yüzey aşınması ve çatlaklar sebebiyle oluşan kütle kaybı, betonun kimyasal bozulmasına yol açan geçirgenliğini artırır (Mehta ve Monteiro, 2005). Benzer şekilde betonun kimyasal süreçlerle bozulması sonucu gözenekliliğinin artması, aşınma gibi fiziksel etkilere dayanıklılığını büyük ölçüde azaltabilmektedir. (Baradan ve diğer, 2002). Örneğin, çimento hamuru bileşenlerinin, su ya da asidik sıvılarla yıkanması, betonun gözenekliliğini artırır. Bu durum, betonu aşınma ve erozyona karşı savunmasız bırakır (Mehta ve Monteiro, 2005).

Mehta ve Gerwick, betonun fiziksel bozulmasına sebep olan etkenleri iki kategoride gruplamıştır:

- a) Yüzey aşınması nedeniyle oluşan kütle kaybı, erozyon ve kavitasyon;
- b) Normal sıcaklık ve nem koşullarında oluşan çatlaklar, tuzun gözeneklerde kristalize olması, yapısal yükler ile donma ve yangın gibi değişik sıcaklıklara maruz kalma durumlarıdır (Mehta ve Monteiro, 2005).

Şekil 3.1’de betonu yıpratıcı etkiler bir arada gösterilmiştir (Baradan ve diğer, 2002).



Şekil 3.1 Betonun ve çimento harcının fiziksel nedenlerle bozulması (Baradan ve diğer, 2002).

Betonun kimyasal reaksiyonlar sonucu zamanla bozulması sürecinde, zararlı maddelerin (iyon veya molekül) çoğunlukla çevreden beton bünyesine taşınımı söz konusudur. Bazı hallerde zararlı maddeler betonun kendi bünyesinden de kaynaklanabilir. Bu durumda bile zararlı maddeler reaksiyona girecekleri yere taşınırlar. Madde transferi olmadığı takdirde zararlı reaksiyonlar gelişemez. Dolayısıyla beton bünyesinde kimyasal reaksiyonların oluşması için ön koşul taşınmayı sağlayan su veya su buharının varlığıdır. Zararlı maddeler ve betonun reaktif bileşenleri arasındaki reaksiyon gerekli ortam oluşunca hemen başlar. Ancak genelde, beton bünyesi içinde veya yüzeyden içeriye taşınım hızı oldukça yavaş olduğundan, bazı reaksiyonların zararlı etkileri yıllar sonra ortaya çıkabilir (Baradan ve diğer, 2002).

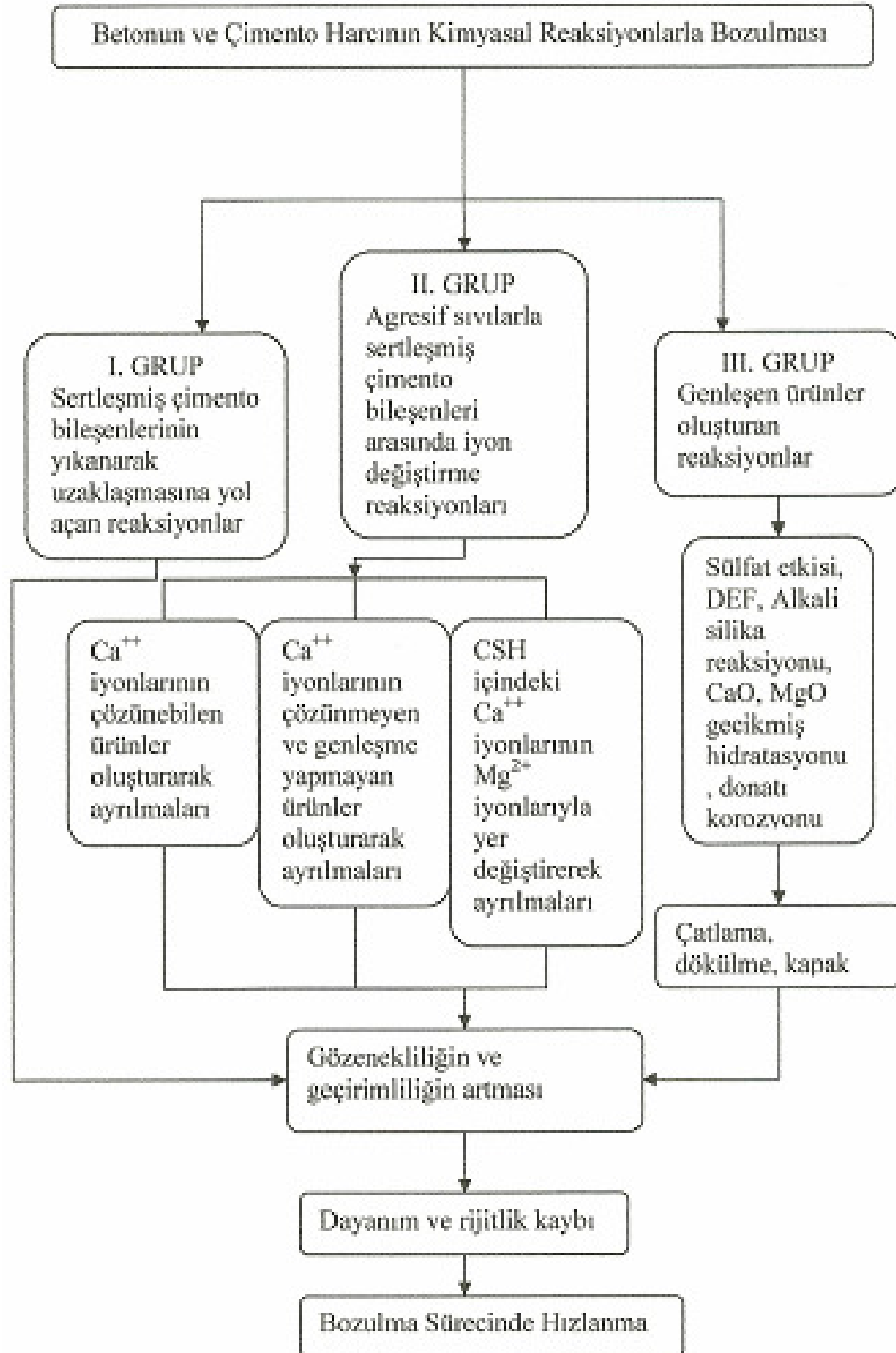
Betonun bozulmasına yol açan kimyasal reaksiyonlar üç grupta toplanabilir:

I. Grup reaksiyonlar düşük sertlikteki suların çimento hidrate bileşenlerini çözmesi ve yıkarak beton bünyesinden uzaklaştırması şeklinde gelişir (Baradan ve diğer., 2002; Mehta ve Monteiro, 2005).

II. Grup reaksiyonlar agresif sıvıların hidrate çimento bileşenlerini çözmesidir. Reaksiyon ürünleri ya yıkanarak uzaklaştırılır veya suda çözünmeyen yeni bir yapı oluşturur. Asitlerin ve  $Mg^{2+}$  iyonu içeren suların oluşturdukları hasarlar bu tür reaksiyonlara örnektir (Baradan ve diğer., 2002; Mehta ve Monteiro, 2005).

III. Grup reaksiyonlar genişleyen ürünler oluşturarak betonda hasara yol açarlar. Sülfat etkisi, MgO ve CaO gibi çimento bileşenlerinin hidratasyonları, alkali-silika reaksiyonu (ASR), beton içine gömülü çelik donatının korozyonu bu tür bozulmaların en tipik örneklerdir (Baradan ve diğer, 2002; Mehta ve Monteiro, 2005).

Betonda gelişebilen kimyasal etkilenme mekanizmalar şekil 3.2'de bir arada verilmektedir.



Şekil 3.2 Betonun ve çimento harcının bozulmasına yol açan kimyasal reaksiyon türleri (Baradan ve diğer, 2002).

### 3.2 Deniz Suyu Etkisindeki Betonlar

Deniz ortamında bulunan betonarme elemanlar değişik fiziksel ve kimyasal etkilere maruzdur. Bu etkiler şekil 3.3'te gösterilmektedir (Baradan ve diğer., 2002).

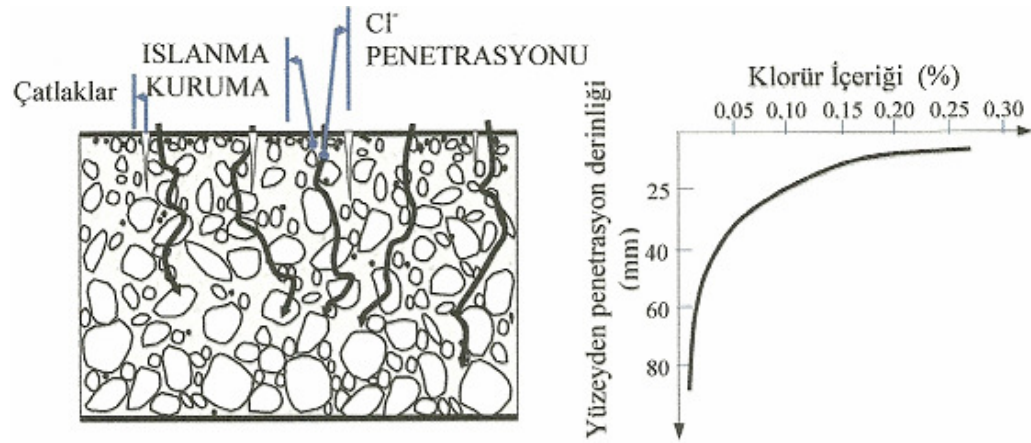


Şekil 3.3. Deniz ortamındaki bulunan yapıların maruz kalabilecekleri yıpratıcı etkiler (Baradan ve diğer, 2002).

Yapının veya yapı elemanının yukarıdaki etkilerden herhangi birine veya hepsine maruz kalması ve etkinin şiddeti deniz-seviyesine göre bulunduğu konuma bağlıdır. Genel olarak en çok hasarın ıslanma-kuruma bölgesinde bulunan elemanlarda olduğu söylenebilir (Baradan ve diğer, 2002).

Klorürler beton bünyesine CO<sub>2</sub> gibi difüzyon yoluyla girerler. Beton içinde ilerleme hızları karbonatlaşma olayındakine benzer olarak zamanın karekökü ile ilişkilidir. Klorür iyonları beton içine çeşitli yollardan girebilir. Bunlar arasında, yüksek miktarda klorür içeren agregaların kullanılması, CaCl<sub>2</sub> içeren priz hızlandırıcı ya da su azaltıcı kimyasal katkı maddelerinin kullanılması, klorür içeren mineral

katkıların kullanılması, deniz suyunun karma suyu olarak beton üretiminde kullanılması olarak sayılabilir. Klorürlerin beton içine taşınımı kapiler emme, suyla birlikte ilerleme ve difüzyon süreçleriyle gerçekleşir. İslanma-kuruma bu süreçlerin gelişimini büyük oranda hızlandırır. Şekil 3.4'te görüldüğü gibi, zamanla beton içinde, yüzeyden derinlere inildikçe azalan bir klorür iyonu dağılımı gözlenir. Tuzlu suyun kapiler yolla emilimi, difüzyon periyotları, ıslanma-kuruma döngüsü Cl konsantrasyonunu ve Cl işleme derinliğini artırır (Baradan ve diğer., 2002).



Şekil 3.4 Klor iyonlarının betona girişi (Baradan ve diğer., 2002)

Beton, klorür iyonlarının bir kısmını fiziksel ve kimyasal olarak bağlayabilmektedir. Bu nedenle, beton içindeki klorür iyonları bağlı ve serbest klorür olarak ikiye ayrılır. Kimyasal bağlama sırasında çimento bileşenleri ve klorürler arasındaki reaksiyondan Friedel tuzu ad verilen yeni bir ürün meydana gelir. Fiziksel bağlama jel boşluklarında klorür iyonlarının absorbe edilmesiyle gerçekleşir. Donatının korozyonu açısından suda çözünen serbest klorür miktar önemlidir. Bağlı ve serbest klorür iyonları arasında normal şartlarda beton içinde bir dengenin teşekkül ettiğini, karbonatlaşma gibi dış sebeplerle, kimyasal olarak bağlı klorürlerin de serbest kalarak, beton boşluk suyuna karışma risklerinin olduğunu belirtmek gerekir (Baradan ve diğer., 2002).

Birçok beton veya betonarme yapı yeryüzünün yaklaşık % 78'ini oluşturan denizlerle doğrudan temas halindedir veya dolaylı olarak deniz ortamından etkilenmektedir (Yazıcı, Türkel, Yiğiter ve Aydın, 2003).

Deniz ortamında bulunan betonarme yapılar, servis ömürleri boyunca fiziksel ve kimyasal kökenli birçok yıpratıcı etkiye aynı anda ve tekrarlı olarak maruz kalırlar. Bu fiziksel etkiler arasında, aşınma, ıslanma-kuruma ve donma çözülme etkileri sayılabilir. Deniz suyunun içerdiği zararlı iyonlar nedeniyle betonda oluşturduğu kimyasal bozulma süreçleri ise, sülfat etkisi, magnezyum iyonu etkisi ve karbonik asit etkisi ekinde sıralanabilir. Ayrıca, klorürlerden kaynaklanan donatı korozyonu, deniz ortamındaki betonarme yapıların servis ömürlerini belirleyen en önemli kalıcılık problemi olarak kabul edilir. Yapının bu etkilerden hangilerine maruz kalacağını ise büyük ölçüde deniz seviyesine göre konumu belirler. Ancak, en şiddetli etkiye ıslanma-kuruma bölgesindeki yapı elemanlarının maruz kaldığı söylenebilir (Yazıcı ve diğer., 2003).

Deniz suyunun beton üzerindeki kimyasal etkisi çözünmüş bazı tuzları içermesinden kaynaklanmaktadır. Denizlere ve okyanuslara göre farklılıklar olsa da, tipik tuzluluk oran % 3.5 civarındadır. Buharlaşmanın yüksek olduğu sıcak iklimlerde tuzluluk oranı artmaktadır. Deniz suyunda önemli miktarlarda bulunabilen tuzlar, sodyum klorür (NaCl), magnezyum klorür (MgCl), magnezyum sülfat (MgSO<sub>4</sub>), kalsiyum sülfat (CaSO<sub>4</sub>), potasyum klorür (KCl) ve potasyum sülfat (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) olarak sıralanabilir. Deniz suyunun tipik iyon konsantrasyonuna bakıldığında 11000 mg/l Na<sup>-</sup>, 20000 mg/l Cl<sup>-</sup>, 1400 mg/l Mg<sup>+2</sup>, 2700 mg/l SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, 500 mg/l kalsiyum, 400 mg/l potasyum içerdiği görülmektedir. Çimento hidratasyon ürünlerine kimyasal saldırı açısından bakıldığında ise deniz suyunun yüksek miktarda sülfat ve magnezyum içerdiği söylenebilir. Ayrıca deniz suyunun önemli miktarda çözülmüş oksijen ve karbondioksit içerebildiğini ve bu gazların yoğunluğunun lokal şartlara göre çok değişken olduğunu ilave etmek gerekir. Tablo 3.1'te Ege denizinin tuzluluk oranları ve iyon konsantrasyonları gösterilmiştir (Yazıcı ve diğer., 2003).

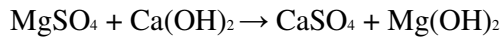
Tablo 3.1 Ege denizinin tuzluluk oranlar ve iyon konsantrasyonlar (Yazıcı ve diğer., 2003)

\* Toplam tuzluluk yüzeyde veya az derinde yaz aylarında ölçülen değerlerdir

Deniz	Yöre	Toplam Tuzluluk (%)*	İyon Konsantrasyonları (mg/l)				
			Mg <sup>+2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+</sup>
Ege	Ayvalık	3.8	1400	2830	18770	11770	560

İçerdiği yüksek sülfat iyonu konsantrasyonu ile deniz suyu beton üzerinde sülfat etkisi yapar. C<sub>3</sub>A ve CSH ile sülfat iyonlarının reaksiyonundan etrenjit oluşur. Yapılan araştırmalar klorür iyonlarının bulunduğu ortamda oluşan etrenjitin genleşmeye yol açmadığı ve deniz suyunda çözüldüğünü göstermektedir. Yüksek C<sub>3</sub>A içerikli çimento kullanıldığında hasar genleşme ile değil katı bileşenlerin erozyona uğrayarak kütlede ayrılmasıyla kendini göstermektedir. Bu nedenle sülfat etkisi açısından deniz suyu yüksek miktarda sülfat iyonu içermesine rağmen genellikle orta şiddetli etki sınıfında kabul edilir (Yazıcı ve diğer., 2003).

Deniz suyunun beton üzerindeki bir diğer kimyasal etkisi ise magnezyum iyonlarının kalsiyum iyonlarıyla yaptığı aşağıda gösterilen yer değiştirme reaksiyonudur.



Oluşan Mg(OH)<sub>2</sub> brusit adıyla da bilinir. Çökerek yüzeydeki gözenekleri tıkar ve koruyucu bir tabaka oluşturarak reaksiyonun gelişimini yavaşlatır. Ayrıca Ca(OH)<sub>2</sub>'nin CO<sub>2</sub> ile reaksiyonundan aragonit formundaki CaCO<sub>3</sub> oluşur ve çöker. Kısa sürede oluşan bu koruyucu tabakalar yapının suya tamamen gömülü kısımlarında görülürler. Ancak, yapının dalgaların aşındırıcı etkilerine maruz kısımlarında bu tabakaların uzaklaşmasıyla reaksiyon tekrarlanır ve kütle kaybı süreklilik kazanır. Betonun magnezyum tuzlarıyla uzun süreli temas halinde CSH içindeki kalsiyumun da Mg iyonlarıyla yer değiştirdiği görülür ki oluşan magnezyum silikat hidratın (MSH) bağlayıcılık özelliği yoktur, kolayca parçalanabilir. Bu durum betonda rijitlik ve dayanım kaybına yol açar (Yazıcı ve diğer., 2003).

Atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gazının bir kısmının su içinde kolayca çözünmesi nedeniyle doğadaki tüm sular karbonik asit içerirler. Sudaki karbonik asit içeriği, kireçtaşını çözebilen karbondioksit miktar ile tanımlanmaktadır. Deniz suyundaki çözünmüş CO<sub>2</sub> miktar ise 35-60 mg/l civarındadır. Genellikle deniz suyunun pH değeri 8'in altına düşmedikçe kireçtaşını (CaCO<sub>3</sub>) çözmesi beklenmez. TS EN 206-1 Standard sudaki 40-100 mg/l CO<sub>2</sub> konsantrasyonunu orta şiddetteki etki sınıfı olarak kabul etmektedir (Yazıcı ve diğer., 2003).



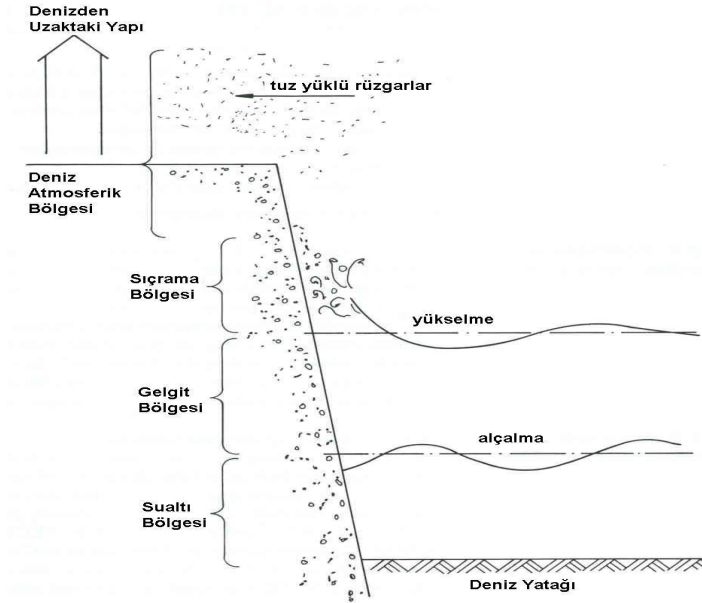
Betonlar üzerinde deniz suyu etkisi, birkaç nedenden dolayı, özel dikkat gerektirir. İlk olarak, denizel etki altındaki yapılar, bir dizi fiziksel ve kimyasal bozulma işlemine maruz kalır. Bu durum, betonun kalıcılık problemlerinin karmaşıklığının anlaşılmasına olanak tanır. İkincisi okyanusların dünya yüzeyinin %80'ini oluşturması nedeniyle birçok yapı doğrudan veya dolaylı olarak deniz suyu etkisine maruz kalır. Rüzgârlar deniz suyunu kıyından birkaç mil içeriye taşıyabilir. Beton ayaklar, döşemeler, dalgakıranlar ve istinat duvarları, liman ve marinaların yapımında kullanılır.

Kentsel alanları kalabalıktan ve çevre kirliliğinden uzak tutmak amacıyla, yeni havaalanları, enerji santralleri ve atık su uzaklaştırma üniteleri inşası için beton yüzer platformlar tasarlanır. Deniz suları genellikle kütlece %3.5 çözünebilen tuzlar içerir.  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarının konsantrasyonları sırasıyla, 11000 ve 20000 mg/l civarında olmak üzere diğer iyonlara göre yüksek değerlerdedir. Bununla birlikte,  $\text{Mg}^{2+}$  ve  $\text{SO}_4^{2-}$  iyonları sırasıyla 1400 ve 2700 mg/l civarında bulunmaktadır. Deniz suyunun pH değeri 7.5 ile 8.4 arasında değişir; atmosferdeki karbondioksit ile denge halinde ortalama pH değeri 8.2'dir. Dalgakıran bulunan koylarda ve gelgit olaylarının yoğun olduğu haliçlerde, deniz suyunun yüksek miktarda  $\text{CO}_2$  içermesi halinde 7.5'in altındaki pH değerlerine de rastlanabilir ki bu durumda deniz suyunun beton üzerinde daha fazla etkili olacağı açıktır.

Denizel etkiye maruz kalan betonlar deniz suyu bileşenlerinin kimyasal etkileşiminin çimento hidrasyon ürünleri üzerindeki etkisi sonucu yıpranabilir. Bu etkileşimler, alkali-agrega genleşmesi, bir yüzü ıslanma, diğer yüzü kurumaya maruz kalan betonun içindeki tuzların kristalizasyon basıncı, soğuk donma olayı, betonarme çeliğinin ya da öngerilmeli elemanların korozyonu ve dalga hareketlerinin ya da yüzen nesnelerin sebep olduğu fiziksel erozyon olarak ortaya çıkabilir. Bu etkenlerin herhangi birinden kaynaklanan saldırı, betonun geçirgenliğini artırır (Mehta ve Monteiro, 2005).

Kendine ait özellikleri ve zararlı etkileri olan değişik deniz ortamlarından bahsedilebilir. Bu ortamlar;

- a) Betonun hiçbir zaman deniz suyu ile temas halinde olmadığı, tuz yüklü damlacıkların rüzgârlarla taşınarak yapıya ulaşabildiği atmosferik deniz ortamı. Kıyıdan uzaklaştıkça bu etki bölgesi dışına çıkılır. Ancak yerel şartlara, kıyının coğrafi yapısına ve hâkim rüzgârlara bağlı olarak kıyıdan kilometrelerce içerilerde bile bu etkiden söz edilebilir.
- b) Gelgit seviyesi üzerinde kalan fakat dalgalar ve sıçrama nedeniyle deniz suyuyla direkt temasın olduğu sıçrama bölgesi.
- c) Betonun günün belli zamanlarında suya tamamen gömülü olduğu kabarma ve alçalma seviyelerini içeren gel-git bölgesi.
- d) Alçalma seviyesinin altında kalan ve betonun devamlı suya gömülü olduğu sualtı bölgesi.
- e) Deniz taban bölgesi.



Şekil 3.5 Deniz suyu etkisi

Tablo 3.2 Yapının maruz kaldığı deniz ortamına göre görülme olasılığı olan yıpratıcı etkiler

Fiziksel ve kimyasal bozulma reaksiyonları	Deniz atmosferi	Sıçrama bölgesi	Gelgit bölgesi	Su altı bölgesi
Donatı klorür korozyonu	Çok	Çok	Çok	Az
Aşınma (dalgalar)	Yok	Çok	Çok	Az
Islanma-kuruma	Az	Çok	Çok	Yok
Donma çözülme	Az	Çok	Çok	Az
Kimyasal etkilenme	Az	Az	Çok	Çok
Biyolojik etkilenme	Yok	Çok	Çok	Çok

### 3.2.1 Aşınma, Erozyon ve Kavitasyon

Abresif aşınma beton yüzeylerinin sürtünme etkisi ile zamanla artan kütle kaybıdır. Aşındırıcı etki; yaya trafiğinden, araç tekerleklerinden, iş makinesi paletlerinden veya ağır cisimlerin sürüklenmesi gibi etkilerden kaynaklanır.

Erozyon ise içinde askı halinde parçacıklar bulunan sıvıların özellikle yüksek hızlarda beton yüzeyini çizerek yine abrasif yolla aşındırmasıdır. Etkinin şiddeti katı tanelerin miktarı, şekli, sertliği ve suyun akış hızına bağlıdır. Deniz yapılarında; gemilerin, buz parçacıklarının, yüzen cisimlerin, dalgaların çarpması sonucu oluşan darbe etkisi de betonda önemli hasarlara yol açar.

Kavitasyon su yapılarında rastlanan oyulma olayıdır. Suyun hızla aktığı su yapılarında yüzey geometrisinde herhangi bir değişiklik akımın sürekliliğini bozup, düşük basınç bölgeleri oluşmasına yol açar. Akan suyun statik basıncı, sudaki buhar basıncından daha düşükse bu bölgede içi hava dolu kabarcıklar oluşur. Oluşan kabarcıklar suyun statik basıncının yüksek olduğu bölgelere taşındığında buhar su damlacıkları şeklinde yoğunlaşıp aniden dibe çöker. Böylece beton yüzeyinde patlama etkisine benzer bir şekilde su darbeleri ve basınç dalgaları meydana gelir. Bu olayın sürekliliği beton yüzeyinde oyulmalara yol açar. Özellikle dik açılı yüzeylerde bozulmalar görülür. Deneyimler suyun hızının açık kanallarda 12 m/s kapalı

kanallarda 7 m/s değerini aşması halinde şiddetli oyulma etkisinin ortaya çıkabileceğini gösterir. Bu yüzden minimum C30 beton sınıfının tercih edilmesi, çok şiddetli etki durumunda ise beton sınıfının C40 ve üzerinde olması tavsiye edilir. Betonun aşınma dayanıklılığı, beton yüzeyinin birkaç mm derinliğindeki çimento matrisinin boşluk yapısı ile doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda aşağıdaki önlemlerin bazılarına başvurulması yararlıdır:

- Taze betonda segregasyon (ayrışma) olayının önlenmesi
- Taze betonda terleme olayının önlenmesi
- En düşük su/çimento oranı ve aşınmaya dayanıklı ince ve kaba agrega ile çalışmak
- İri agreganın darbe etkisi ile harçtan sıyrılmasını, kopmasını önlemek üzere iri agrega-çimento temas yüzeyinin kuvvetli olmasını sağlayacak önlemler alınması
- Yüzey bölgesinde aşınmaya dayanıklı özel agrega (kuvars, karborandum vb.) veya çelik lif kullanılması (silis kökenli aşınmaya dayanıklı ince agreganın kullanılması durumunda aktif silis içermemesine dikkat edilmelidir).
- Yüzeyin sürtünme katsayısını azaltıcı ve/veya sertleştirici katkı malzemesi veya boya kullanılması
- Polimer emdirilmiş beton üretimi
- Vakumlu beton üretimi

### ***3.2.2 Biyolojik Etkilenme***

Beton yüzeyinde gelişen deniz bitkileri bazı yapılarda sadece fiziksel etkilere yol açar. Örneğin beton yüzeyine sürtünerek dalgaların etkisini ve yapının ağırlığını arttırmaları. Özellikle kanalizasyon gibi bu tür bitkiler için beslenme kaynaklarına yakın kısımlarda beton yüzeyinde 300 mm kalınlığa kadar bitki örtüsünün gelişebildiği ve derinlere inildikçe bitki örtüsü kalınlığının azaldığı görülmektedir. Genellikle deniz bitkileri beton için problem yaratmazlar. Örneğin betonarme elemanlar üzerinde oluşan canlı yosunlar oksijeni tüketerek bu elemanları korurlar.

Ancak çürüten bazı yosunların organik asit ve sülfat ortaya çıkararak betonun zarar görmesine yol açtıkları da bilinmektedir. Ayrıca tropik iklimlerde bir tür istiridye ve süngerin betonu yiyerek yılda 10 mm hızla içine doğru ilerlediği, bu şekilde betonda 10 mm çapa ve 150 mm derinliğe ulaşan delikler açtığı bilinmektedir. İran ve Arap Yarımadası kıyılarında bu tip deniz canlılarına rastlanmaktadır. Özellikle sıçrama bölgesinde beton elemanlarda yüzeye yerleşerek gelişen mikroorganizma kolonileri oluşabilir. Yüzeyde ilk önce amonyak üreten bakterilerin geliştiği, daha sonra amonyağı nitrür ve nitrata çeviren bakterilerin oluştuğu ve bu çevrimin sülfürik asit ve sülfat etkisi yarattığı bilinmektedir. Bakteri kolonilerinin üzerinde yapının özellikle rutubetli ve gölge kısımlarında mavi - yeşil renkli mikroskopik algler yetişir. Algler üzerinde mantarlar ve likenler gelişir. Likenler ototrof bitkilerdir. Havanın karbondioksiti ve yüzeyin suyu ile beslenir. Bakteri ve likenlerin asit karakterli salgıları oluştukları yüzeyin zarar görmesine neden olabilir.

### ***3.2.3 Çimento Kimyasal Yapısının Dayanıklılığa Etkisi***

Üç farklı çimento ile üretilmiş 40 cm ayrıtlı küp formundaki harç örnekler 1904-1908 yılları arasında Güney Fransa' da deniz suyu içine bırakıldılar. Örnekler 300, 450 ve 600 kg/m<sup>3</sup> olacak şekilde üç farklı çimento dozajında üretilmişlerdi. 66 yıl deniz suyuna maruz kaldıktan sonra örnekler incelendiğinde çok çarpıcı bulgular elde edildi. Yüksek C<sub>3</sub>A(%14) içeren örnekler de dâhil olmak üzere 600 kg/m<sup>3</sup> dozajlı tüm örnekler mükemmel durumdaydılar. 300 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajlı, daha geçirimli örneklerin kimyasal etkilene nedeniyle büyük oranda kütle kaybettikleri, puzolan ve cüruf içeren örneklerin genellikle daha iyi durumda olduğu belirlendi. Hasar görmüş örneklerin elektron mikroskobu ile yapılan incelemesinde aragonit, brusit, etrenjit, magnezyum silikat hidrat ve kalsiyum silika karbonat içerdikleri tespit edildi. Diğer bir deneyde, 18 adet 1.75x1.75x1.07 m boyutlarında beton bloklar bir kısmı su altında kalacak şekilde 1905 yılında Los Angeles' da denize bırakıldılar. Beton bloklar altı değişik Portland çimentosu kullanılarak üç farklı karışım oranında hazırlanmışlardı. 67 yıl deniz suyuna maruz kalan örnekler incelendiğinde; yüksek dozajlı yoğun blokların, yüksek oranda C<sub>3</sub>A(%14) içerenler de dâhil mükemmel durumda oldukları, düşük dozajlı blokların kütle kaybettikleri ve yumuşadıkları

görüldü. Hasar görmüş elemanlarda yapılan X-ray taraması sonucunda brusit, alçıtaşı ve etrenjit belirlenirken, CSH ve  $\text{Ca(OH)}_2$  gibi bağlayıcı bileşenlerin kalmadığı görüldü.

Bu deneyimlerden aslında iyi bilinen şu iki sonuca ulaşmak mümkündür: (1) geçirimsizliği yüksek betonun kimyasal yapısı deniz suyuna dayanıklılığında çok önemli bir faktördür. (2) Ancak, genel olarak bakıldığında deniz ortamındaki yapılarda betonun geçirimsizliği çimento kimyasal yapısından çok daha önemli ve baskın faktördür. Çünkü yeterli geçirimsizliğe sahip betonda deniz suyu beton içinde ilerleyemez bu durumda çimento hidrate bileşenleri ile zararlı reaksiyonlar gerçekleştirilemez. Ayrıca fiziksel yıpranma da benzer nedenle çok azalır ve yapı beklenen servis ömrünü sağlayabilir. Beton içinde kullanılan bağlayıcı maddenin (çimento + puzolonik maddeler) tipinden çok miktarının önem kazandığı görülmektedir. Bu nedenle deniz ortamında inşa edilecek betonarme yapılarda yeterli miktarda bağlayıcı madde kullanımına ayrı bir önem verilmelidir.

### **3.2.4 Alkali Etkisi**

Beton agregalarında aranan özelliklerden biri de çimento harcı ile zararlı kimyasal reaksiyonlara girmemesidir. Ancak bazı tür agregalar, belirli ortamlarda aşırı genleşme gösteren reaksiyonlara yol açıp, betonun zararlı çatlamasına, bozulmasına neden olabilmektedir. Bu tür reaksiyonlar arasında en yaygın görüleni alkali - agrega reaksiyonu adıyla bilinen ASR reaksiyonudur.

#### **3.2.4.1 Alkali Silika Reaksiyonu (ASR)**

ASR, genellikle çimentodan kaynaklanan alkali oksitlerle reaktif silika formları içeren agregalar arasında oluşan, betonda genleşme etkisi yaratan kimyasal bir reaksiyondur. Genleşmeye neden olan ASR' nin oluşabilmesi için agregada reaktif silika formları, betonda yeterli miktarda alkali (sodyum ve potasyum) ve ortamda nem bulunmalıdır. Bu koşullardan herhangi biri olmazsa ASR nedeniyle bir genleşme de olmayacaktır. ASR basitçe iki aşamada gösterilebilir.

- alkali + reaktif silika  $\longrightarrow$  alkali-silika jel ürünleri
- alkali-silika jeli + nem  $\longrightarrow$  genleşme

Alkali saldırısının etkisi daha çok sülfat etkisine benzer. Çünkü saldırı beton içinde belirli bileşenlere yöneliktir. Betonun gözeneklerindeki alkali eriyik her zaman kirece doygun olup, değişen oranlarda sodyum, potasyum ve hidroksit iyonları içerir ve bu iyonların konsantrasyonu hidrate olmamış Portland çimentosundaki sodyum ve potasyum bileşenlerinin miktarına bağlıdır. ASR yalnızca yüksek hidroksit iyonu konsantrasyonunda yani boşluk suyunun yüksek pH değerlerinde ortaya çıkar. Çünkü reaktif silika ancak yüksek pH' lı çözeltide çözülür.

ASR'den etkilenmiş yapılar genellikle çatlaklar, genleşme, yapısal elemanlarda deformasyonlar, çatlaklardan jel sızması ve kapak atma olarak kendini gösterir. Çatlakların nedeni reaksiyon sonucu genişleyen alkali - silikat - hidrate jelinin oluşumudur. Bu jel, çimento hamurundan su emerek şişer ve mikro çatlaklara ayrılır. Buralarda da su emerek büyüyen jel oluşumları çatlakları büyütüp, özellikle agrega çimento ara yüzey bağına zedeleyerek betonun parçalanmasına yol açar.

#### 3.2.4.2 ASR Gelişiminin Engellenmesi

Beton içinde kullanılan agreganın granülometrisi reaksiyonun şiddetini ve hızını büyük ölçüde etkilemektedir. Agregata tane çapı küçüldükçe reaksiyonun daha hızlı geliştiğini ve genleşme miktarının arttığını gösteren araştırma sonuçları mevcuttur. Sıcak iklim koşullarındaki yapılar, soğuk iklim koşullarındakilere göre ASR' ye daha duyarlıdır. ASR' nin hızı, sıcaklıkla artar. Puzolanlar çimento harcının kirecini tutarak, ortamın pH derecesini indirger ve silisin çözünürlüğünü azaltarak ASR' yi ve jel oluşumunu önler.

Özetle, çimento ve agreganın değiştirilmesinin olanaksız ve çok masraflı olması durumunda veya dışarıdan alkali saldırısı ve nem girişinin kolayca önlenemediği hallerde, beton dizaynlarında belirli oranlarda uçucu kül veya silika tozunun

kullanılmasıyla ASR nedeniyle oluşan genişlemenin tehlikesiz boyutlara indirilebilmesi mümkündür. Ancak bu ve benzeri çalışmaların genellikle harçlar üzerinde yapıldığı, beton ile harç arasında büyük benzerliklerin yanı sıra özellikle geçirimsizlik açısından farklılıklarında olduğu, kullanılan agreganın reaktif silis içeriğine, beton karışım oranlarına, kullanılan çimentonun alkali içeriğine bağlı olarak bu tür mineral katkıların ASR açısından etki oranlarının değişebileceği unutulmamalıdır. ASR'yi önlemek için mineral katkıların yanı sıra kimyasal katkıları da kullanılabilir. Kimyasal katkıların alkalilerle yer değiştirerek veya alkalileri tutarak, jelin oluşumunu sınırladıkları ve jelin genişlemeye neden olan yapısının değişmesini sağladıkları, reaktif silikanın çözülmesini durdurabildikleri veya azaltabildikleri ifade edilmektedir.



Şekil 3.6 ASR hasarına uğramış yapı örnekleri

### ***3.2.5 İslanma ve Kuruma Etkisindeki Betonlar***

Deniz suyu etkisine maruz kalan betonlar, sülfat saldırısının yanı sıra, gözeneklerinde çökelen (biriken) tuz kristallerinin yarattığı basınç nedeniyle de genişleşip, yıpranabilmektedirler. Sertleşmiş betonun gözeneklerinde tuz birikmesi, betonun içerisine giren deniz suyunun kapiler hareketle yukarı çıkması ve buharlaşması sonucunda oluşmaktadır. Bu olay, betonun, su seviyesi üzerinde kalan bölgelerinde gelişmektedir. Deniz sularının hareketiyle yükselip alçalması sonucunda beton yüzeyinin bir bölümü, ıslanma-kuruma devirlerinin etkisinde kalmaktadır. Bu tür ıslanma-kuruma durumu ile karşı karşıya kalan beton devamlı olarak su içerisinde bulunan betona göre daha çok hasar görmektedir. Öte yandan, deniz suyunun



içerisinde bulunan magnezyum sülfat, betondaki bağlayıcı özellikteki kalsiyum-silika-hidrat jelinin çözünmesine neden olmakla birlikte, bu çözünme oldukça yavaş tempoda yer almaktadır. O nedenle, gözeneklerde biriken magnezyum sülfat kristalleri, gözeneklerin bir ölçüde tıkanmasına ve böylece dışarıdan daha az su sızabilmesine yol açmaktadır (Erdoğan, 2003).

İstinat duvarının bir yüzü veya geçirgen bir döşeme, tuz çözeltisiyle temas halindeyken ve diğer yüzeyler buharlaşmanın yol açtığı nem kaybına maruz kalıyorken, tuzların gözeneklerde çökmesi sonucu oluşan gerilmeler malzemeyi yıpratır. Bu durumun sebebi, aşırı doygun tuz çözeltilerinin kristalizasyonu sonucu oluşan büyük basınçlara bağlanabilir. Tuz kristalizasyonunun sebep olduğu hasarlardan yola çıkarak, Binda ve Baroni iklimsel koşulların hasara yol açıp açmayacağını tartışmışlardır. Onlara göre hasarların büyük bölümü tuz kristalizasyonunun oluşum yerine bağlıdır. Kristalizasyona maruz kalan buharlaşma hızı ile tuz çözeltisinin kaynaklanma hızı arasındaki dinamik denge ile bu yer belirlenir. Buharlaşma hızı, kaynaklanma hızından azsa tuz kristalizasyonu herhangi bir hasara sebep olmaksızın dış yüzeyde yer alır. Tuz çözeltisinin gözenekler arası göçü, gözeneklerin yeniden dolma hızından küçükse, kuruma bölgesi yüzeyin alt kısmında oluşur. Bu koşullardaki tuz kristalizasyonu tabaka tabaka ayrılmaya ve kabarmaya sebep olan genleşmeyle sonuçlanır. Sodyum Sülfat ve Magnezyum Sülfat gibi hidrate edebilen tuzlara maruz kalan gözenekli betonda gözlemlenen durum, literatürde, pullanma, ayırma ve hidratasyon saldırısı olarak tanımlanır (Mehta ve Monteiro, 2005).

Katı, kuru tuzlar betona zarar vermezler ancak su ile birlikte bulunmalar sonucu, sertleşmiş çimento harcıyla reaksiyona girerler. Bazı killer alkali magnezyum ve kalsiyum sülfat gibi kimyasal maddeler içerir, bunlar yeraltı suyuyla birleşince zararlı etki ortaya çıkar. Zemin yüzeyinde oluşan tuz birikintileri çoğunlukla sodyum sülfattır. Ancak magnezyum sülfata da birçok bölgede rastlanır.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve  $\text{C}_3\text{A}$  ile  $\text{CaSO}_4$  ise yalnızca  $\text{C}_3\text{A}$  ile reaksiyona girer. Deniz suyunda da bulunabilen  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve  $\text{C}_3\text{A}$ 'nın yanı sıra kalsiyum silikat hidrate (CSH) yapıyla da reaksiyona girebilmektedir (Tosun, Yazıcı, Yiğiter, Baradan, 2006).

Reaksiyonun gelişimini, sülfatlı ortamın şiddeti, betonun geçirirliiği, betonda kullanılan çimentonun kimyasal yapısı ve suyun varlığı etkilemektedir. Sülfat dayanıklılığını arttırmak için sülfata dayanıklı çimento ile birlikte uçucu kül, yüksek fırın cürufu gibi puzolanik katkıları kullanılabilir. Puzolanlar,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'yi bağlayarak sülfatlarla reaksiyonu önlerler ve sadece Portland çimentosu kullanımı kıyaslandığında bağlayıcı içindeki  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ve  $\text{C}_3\text{A}$  oranının azaltılmasını sağlar (Tosun ve diğ., 2003).

Dış etkilere açık saha ve özellikle sıcak ve kurak iklimlerde sulama kanalı kaplama betonları diğ. zararlı etkilere ek olarak ıslanma-kuruma çevrimleri etkisindedir. Islanma-kuruma çevrimi beton elemanın kesiti boyunca çok eksenli gerilme ve şekil değıştirme çevrimi oluşmasına yol açar. Islanma veya kuruma sırasında yaklaşık olarak sıcaklık veya bağıl nem veya su içeriğı gradyanına dik doğrultuda belirginleşen basınç veya çekme ve kayma gerilmeleri oluşur. Islanma-kuruma tekrarlarının betonda oluşturacağı hasar, kuruma ortamının sıcaklık ve bağıl nemine, kuruma olayından sonra ıslanma uygulanırken suyun ve betonun sıcaklıklarına, bu sıcaklıklar arasındaki farka bağılıdır. Kuruma sıcaklığı yüksek ve süresi uzun ve bağıl nem az olduğunda ve kurumu beton sıcaklığı ile ıslatma suyu arasındaki fark arttıkça etki şiddeti ve sonuçta doğurduğu tekrarlı gerilme genliğı artar. Betonda ıslanma-kuruma çevriminin (IKÇ'nin) şiddeti ile genliğı artan tekrarlı gerilme ve şekil değıştirmeler etkir. Ayrıca betona dışarıdan su ile gelen ve yapısında da bulunan çözünür tuzlar ve kireç, su ile taşınarak buharlaşmanın olduğu dış katmanlarda ve yüzeyde birikir. Kururken kristalleşme ve ıslanma sırasında ozmos nedeniyle iç basınç ve şişme etkisi oluşabilir. Bu nedenle sürekli kuruma etkisinde kalmış betonun büzülmesi IKÇ görmüş betonunkinden büyük olabilir; hatta IKÇ gören betonda, toplam su içerikleri aynı olsa dahi, büzülme değıl şişme görülebilir. Özellikle doğal ortamda bir yüzeyi zeminle temasta, diğeri atmosfere açık olan kanal kaplama betonlarında, kanalda su bulunmadığı kuruma sürelerinde zeminden gelen tuzlar özellikle kuruma etkisindeki yüzey katmanlarında birikerek tekrar ıslanma sırasında şişmeyi ve sülfat etkisinin şiddetini arttırabilir. Kuruma sırasında yüzey katmanlarına taşınan tuz ve kirecin bir bölümü ıslanma sırasında yıkanarak uzaklaşır.

Islanma kirece doygun su ile olursa yıkanma etkisi azalabilir (Köksal, Güllü ve Güner, 1996).

### *3.2.5.1 Islanma-Kuruma Çevrimi Hasarına Karşı Önlemler*

Islanma-kuruma çevriminin yapının toplam yıllık maliyetine etkisini azaltmak için alınabilecek önlemler arasında: betonu yalıtarak, ıslanma-kuruma sürecini durdurmak veya şiddetini azaltmak; betonun zararlı düzeyde kurmasına meydan vermemek, kuruma süresini olabildiğince kısaltmak, örnek olarak özellikle güneşli, sıcak zamanlarda kanalı su ile dolu bulundurmak; betonu söz konusu etkiye yeterince dayanıklı ve düşük maliyetli yaparak beton yapının yıllık maliyetini en aza indirmek ve yukarıda sayılan üç önlemin uygun bir birleşimini uygulamak sayılabilir (Köksal ve diğer., 1996).

Bu önlemlerden birincisi beton yüzeyleri dayanıklı ve suya geçirimsiz plastik ve/veya bitümlü madde katmanlarıyla yalıtarak gerçekleştirilebilir. İkinci önlem, içerisinde sürekli su bulunan büyük kanallarda su seviyesinin altında kalan bölümlerde ve/veya kanalın işletme programının uygun düzenlenmesi durumunda uygulanabilir. Üçüncü önlem ise betonun şişme ve büzülmesini azaltarak ıslanma-kuruma dayanıklılığını arttırıcı çoğu aktif silis içeren mineral atık madde ve/veya yan ürünlerin kullanılması ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu tür mineral katkıları kullanılarak niteliklerinin uygun olması halinde çimento hamuru ve beton yapısının homojen, agrega çimento hamuru bağ dayanımının yüksek, boşluk sayısının ve geçirimsizliğin az olması yoluyla dayanım ve dayanıklılığı veya performansı yeterli beton elde edilebilmektedir (Köksal ve diğer., 1996).

Mühendislik yapılarının amaçlanan işlevlerini olabildiğince düşük maliyetle yerine getirmeleri istenir. Bunun için karar ve projelendirme aşamasından başlayıp yapım ve kullanım aşamalarında da yapının ve bulunduğu yerin özellik ve her türlü kaynaklarına en uygun seçeneklerin veya seçenek birleşimlerinin değerlendirilmesi gerekir (Köksal ve diğer., 1996).

### 3.2.6 Sülfat Etkisi

Yeraltı sularında, bazı killi topraklarda ve cürufla doldurulmuş arazilerde oldukça yüksek miktarlarda sodyum sülfat, kalsiyum sülfat, magnezyum sülfat ve potasyum sülfat gibi tuzlar bulunabilmektedir (Şekil 3.7). Sertleşmiş beton içerisine dışarıdan sızan sularla birlikte giren sülfatlar, betonun genişip çatlamasına yol açan kimyasal olayların gelişmesine neden olmaktadır. Sülfatların betonda yarattığı yıpratıcı etki, “sülfat saldırısı ” olarak adlandırılmaktadır. Sülfat saldırısına maruz kalan betonların yüzeyi, karakteristik olarak, beyazımsı bir görünüm almaktadır. Sülfatların yıpratıcı etkisi, genel olarak, beton blokların kenarından ve köşelerinden başlamaktadır. Daha sonra, bu etki, betonun iç kısımlarına doğru yoğunlaşarak, beton yüzeyinin tabaka tabaka büyük parçalar halinde parçalanmasına neden olmaktadır. Yapıların temel betonları, istinat duvar betonları, kanal kaplama betonları ve beton borular, sülfat saldırısının çok sık rastlandığı betonlardır (Erdoğan, 2003).



Şekil 3.7 ASR hasarına uğramış yapı örnekleri

Su, sülfat reaksiyonlarında rol almakla kalmaz aynı zamanda bu iyonların beton içine taşınmasını sağlar. Bu bağlamda yer altı suyunu drene ederek beton yüzeylerle temasını önlemek ve temelleri kuru tutmak reaksiyonun gelişimini engellemek için etkili bir önlemdir. Şekil 3.8’de yüksek oranda termik santral baca gazı temizleme ürünü yapay alçıtaşı ( $\text{CASO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), çimento (PÇ 42.5) ve uçucu kül içeren 5 cm ayrıtlı küp formundaki harç örneklerinin su içinde ve havada 84 gün bekletildikten

sonra durumları görülmektedir. Soldaki çok ağır hasarlı örnek kalıptan çıkar çıkmaz suya konulmuş, sağdaki örnek ise laboratuvar ortamında havada bekletilmiştir. Şekil 3.8, reaksiyonun gelişiminin suyun varlığına bağlı olduğunu ve gerekli ortamın oluşması halinde sülfat saldırısının bağlayıcı matrisi tamamen harap edebileceğini vurgulamaktadır (Baradan ve diğer.,2002).



Şekil 3.8 Yüksek oranda alçı taşı (kalsiyum sülfat) içeren harç örneklerinin havada ve su içinde bekletilmeleri halinde 84 gün sonundaki durumları. Soldaki ağır hasarlı örnek su içinde, sağdaki örnek ise havada bekletilmiştir (Baradan ve diğer.,2002).

Sülfat saldırısının zararlı etkisi, sülfat iyonlarının sertleşmiş betondaki alüminli ( $C_3A$ ) ve kalsiyumlu ( $Ca(OH)_2$ ) bileşenlerle kimyasal reaksiyona girerek, hacmi çok artan etrenjit ve alçı oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Reaksiyon ürünleri, sertleşmiş betonda genleşme yaratarak agrega-çimento hamuru aderansının olumsuz yönde etkilenmesine, çatlak oluşumuna ve geçirimsizliğin artmasına yol açar. İleri derecedeki etkilenmelerde ise betonun tamamen dağılması söz konusudur. Sülfat saldırısı gibi dış kaynaklı iyon girişi sebebiyle oluşan kimyasal reaksiyonlarda çimentonun kimyasal birleşiminin kontrolü kadar, betonun geçirimsizliği de önem kazanmaktadır (Tosun ve diğer.,2003).

Sülfat saldırısının şiddeti, sülfat iyonu türüne ve konsantrasyonuna bağlı olduğu kadar beton üretiminde kullanılan çimento miktarına ve tipine, betonun geçirimsizliğine, kür süresine ve ortam sıcaklığına da bağlıdır.  $Ca(OH)_2$  ürününü

tespit etmek suretiyle doğrudan sülfat direnci yaratan ve betondaki boşlukları doldurarak geçirimsizlik sağlayan silis dumanı, uçucu kül ile cüruf ve puzolan gibi mineral katkı maddelerinin betonda kullanımı son zamanlarda yaygınlaşmıştır. Sülfat saldırısına ilişkin gerçekleştirilen çalışmaların pek çoğunda sülfat ortamı sadece ya sodyum sülfat veya magnezyum sülfat ya da bunların kombinasyonu ile elde edilen çözeltiler ile temsil edilmiştir. Üstelik bu çözeltilerin sülfat iyonu konsantrasyonları doğal ortamlarda karşılaşılandan yüksektir. Oysa beton yapılar çoğu kez bazı denizlerde olduğu gibi, deneysel çalışmalarda kullanılan sülfat iyonu konsantrasyonunun çok altında konsantrasyona sahip ortamlara maruz kalmaktadır (Erdoğan ve Karataş, 2003).

Bir yapıdaki betonun sülfat saldırısından zarar görüp görmediğini tam olarak anlayabilmek için deneysel yöntemlere başvurmak gerekir. Betonda yer alan boşluklar betonun basınç dayanımını düşürür. Betonda yer alan %1 boşluk oranı betonun dayanımını % 5.5 oranında düşürür. Bu sebeple, hidrasyon ürünlerinin hidrolizi veya çatlak oluşumunun basınç dayanımında düşüşe yol açması beklenebilir. Yapı yerinden alınan karot örneklerinin dayanımının, aynı betonun 28 günlük dayanımından daha düşük olması yapının yerinde hasar gördüğü anlamına gelmektedir. Bu hasar, sülfat saldırısı sonucu oluşabilir. Sülfat saldırısını tespit edebilmek için kullanılan yöntemlerden biri basınç dayanımındaki değişimi gözlemlemektir. Dayanımda değişiklik olmaması ise ortamdaki herhangi bir saldırı olmadığını gösterir. Sülfat saldırısı söz konusu olduğunda, basınç dayanımındaki artış (erken yaşlar hariç) mantıksızdır. Sülfat etkisindeki laboratuvar örnekleri genellikle gerilme altında olmayan örneklerdir ve deneyler bunlarla yapılmaktadır. Oysa yapı yerindeki beton örneklerinde gerilme ile sülfat saldırısı birlikte etkimektedir. Gerilmeye maruz beton örneklerinin sonuçları sülfat saldırısına uğrayan betonda kalıcılığın, yapı yerindeki gerilme seviyesine bağlı olduğunu göstermektedir. Laboratuvar örneklerinin gerilme-dayanım oranı genellikle pratikteki örneklerden daha yüksektir (Neville, 2004).

### 3.2.7 Teorik Görüşler

Deniz suyundaki Sülfat ve Mağnezyum iyonlarının zararlı bileşikler olduğu hidrate çimento hamurunun bileşenlerine karşı oluşan kimyasal saldırıdan anlaşılabilir. Yeraltı sularında, sülfat iyonu konsantrasyonu 1500 mg/l' den fazla olduğu zaman sülfat saldırısı “şiddetli” olarak sınıflandırılır. Benzer şekilde magnezyum iyonu konsantrasyonu 500 mg/l'yi aştığı zaman oluşan katyon değişim reaksiyonları, portland çimento hamurunda hasara sebep olabilir. İlginç şekilde deniz suyundaki istenmeyen yüksek sülfat içeriğine rağmen saha çalışmaları şunu göstermektedir. Yüksek C<sub>3</sub>A içerikli portland çimentosu kullanılmış olsa bile ve çimento hamurunun maruz kaldığı sülfat saldırısı sonucunda önemli miktarlarda etrenjit oluşa bile, betondaki hasar genişleme ve çatlama şeklinde değil, erozyon veya katı bileşenlerin kütlede uzaklaşması şeklinde meydana gelir. Etrenjit genişmesi, ortamdaki (OH)<sup>-</sup> iyonlarının Cl<sup>-</sup> iyonlar ile yer değiştirmesi ile bastırılır. Bu durum, su emmeyle gelişen etrenjit genişmesi için gerekli olan ortamın alkali içerikli ortam olmasının gerekliliği ile örtüşür. Deniz suyuna maruz kalan betonlarda, yüksek C<sub>3</sub>A içerikli portland çimentosu tarafından baskılanan etrenjitle ortak çalışan sülfat genişmesinin mekanizmasına bakmaksızın, sülfat genişmesi üzerindeki klor etkisi, malzemelerin davranışının modellenmesi esnasındaki hatayı sergiler. ACI 318'e göre, deniz suyundaki sülfat genişmesi, ASTM Tip II portland çimentosu (maksimum %8 C<sub>3</sub>A) ve maksimum 0.5 su/çimento oranı kullandığında “orta” etki sınıfına dâhildir. Gerçekte bu durum, % 10'a kadar C<sub>3</sub>A içeren çimentoların, su/çimento oranının maksimum 0.40 değerine indirilmesiyle kullanılabileceğini ACI 318R-21'de belirtir. Harç ya da betondaki serbest kalsiyum hidroksit değeri, magnezyum iyonlarını içeren bir değişim reaksiyonuyla hasar yaratabilir. Bu gerçek, Vicat tarafından 1818 yılında kireç-puzolan betonlarının parçalanması üzerine yapılan araştırmalardan çıkarılmıştır (Mehta ve Monteiro, 2005).

Deniz suyuna maruz kalan portland çimentosu harçları ve beton karışımlarıyla yapılan uzun dönemli çalışmalardan anlaşılan şudur. Magnezyum iyonlarının saldırısı, brusitin beyaz tortusu veya Mg(OH)<sub>2</sub> ve magnezyum silika hidrat varlığında gerçekleşir. Yüksek oranda cüruf veya puzolan içeren iyi kür edilmiş beton, sadece

portland çimentosu içeren betona oranla deniz suyunda daha iyi performans gösterir. Bunun sebebi, kürden sonra ilkinin daha az serbest kalsiyum hidroksit içermesidir. Hidrate çimento hamurundaki kalsiyum hidroksit kaybı, magnezyum iyonu saldırısı ya da CO<sub>2</sub> saldırısı ile sonuçlanır. Çünkü deniz suyu analizleri nadiren çözülmüş CO<sub>2</sub> içerir, hidrate çimento hamurundan uzaklaşan katı kalsiyum hidroksit sonucu meydana gelen beton kütle kaybı potansiyeli sıklıkla gözden kaçırılır (Mehta ve Monteiro, 2005).

Newport News'teki James River Köprüsü'nün kazık duvarlarının beton kazık ve başlıklarında 21 yıllık kullanımın sonrasında 1.4 milyon dolara mal olan tamirata ve kazıkların %70'i olan 2500 adedinin değişimine ihtiyaç duyulmuştur. Benzer şekilde, 1932 yılında New Jersey'deki Ocean City'de çakılan önceden dökülmüş 750 beton kazık, 25 yıllık servis ömrü sonunda 1957'de tamir edilmiş olup bazıları 550 mm'lik orijinal boyundan 300 mm'ye indirilmiştir. Her iki durumda, malzeme kaybı deniz suyunda normalden daha yüksek oranda bulunan çözülmüş CO<sub>2</sub> içeriği ile birleşmiştir. Normal oranda CO<sub>2</sub> içeren deniz suyu, geçirgen betondaki çimento ürünlerini çözmek için yeterlidir. Uzun zaman boyunca deniz suyuna maruz kalmış betonlardan alınan çimento hamuru örneklerinde tomasit (kalsiyum silikakarbonat), hidrokalmat (kalsiyum karboalüminat hidrat) ve aragonit (kalsiyum karbonat)'ın varlığına rastlanmıştır (Mehta ve Monteiro, 2005).

### ***3.2.8 Geçmiş Olaylardan Çıkarılan Dersler***

Gelecekte inşa edilecek olan beton deniz yapıları için, geçmiş olaylardan ders alınabilir (Mehta ve Monteiro, 2005).

#### ***3.2.8.1 Geçirgenlik***

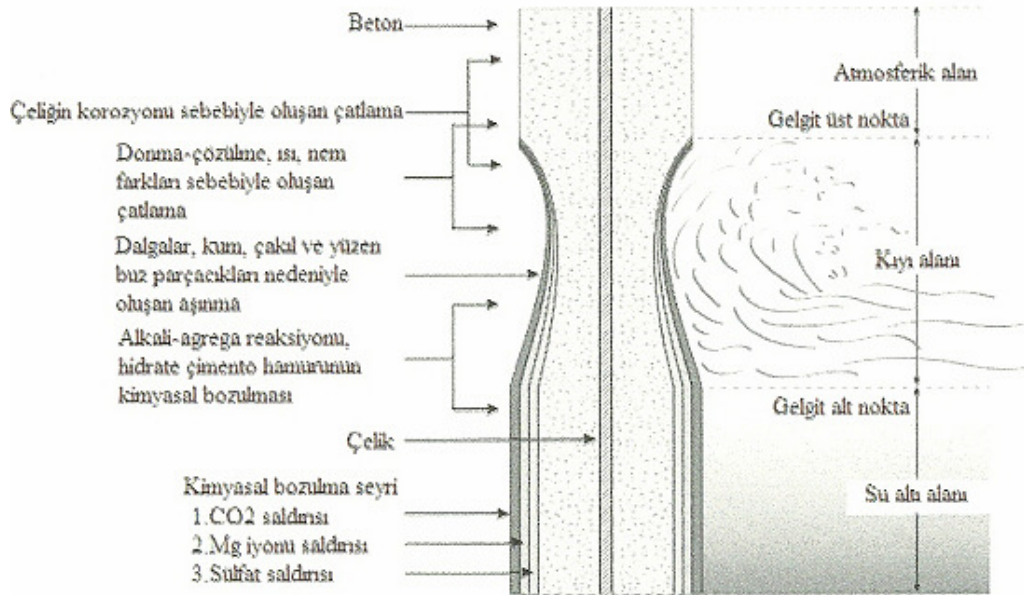
Deniz suyunun betonun içine girişi engellenmezse hidrate portland çimentosu bileşenleri ile deniz suyu arasında oluşan etkileşimler ciddi hasarlara sebep olur. Yeterli olmayan geçirimsizliğin tipik sebepleri: yetersiz oranlanmış beton karışımlar, soğuk havada dökülen beton için kullanılan hava sürükleyicinin yetersizliği, verimsiz



yerleştirme ve, donatı üzerindeki yetersiz paspayı, kötü tasarlanmış ve inşaa edilmiş birleşimler ve sertleşmiş betonun yükleme koşullarına veya diğer faktörlere bağlı olarak gelişen etkenler olarak sıralanabilir (Mehta ve Monteiro, 2005).

### 3.2.8.2 Hasarın Tipi ve Şiddeti

Deniz suyuna maruz kalan, şekil 3.9’da gösterilen betonarme silindirin gelgit seviyesinin üst kısmında yer alan kesiti donma ve korozyon olaylarına daha açık olacaktır. Gelgit seviyesinin en alçak ve en yüksek çizgisi arasında yer alan kesit, ıslanma-kuruma çevrimleri nedeniyle çatlak ve kabarmalara karşı savunmasız olacaktır. Alkali-agrega reaksiyonu ve deniz suyu- çimento hamuru etkileşimi sonucu oluşan kimyasal saldırılar, beton kesitinde etkili olacaktır. Mikro-çatlaklar ve kimyasal saldırılar sonucunda zayıflamış beton, aşındırma etkeni ile kum, çakıl ve buz etkenleri sonucu parçalara ayrılacaktır. Böylece en fazla hasar, gelgit bölgesinde oluşacaktır. Diğer taraftan, yapının deniz suyuna gömülü olan kısmı ise sadece deniz suyunun kimyasal saldırısına maruz kalacaktır. Çünkü yapı donma sıcaklıklarına maruz kalmadığından donma hasarı oluşmaz. Oksijen yokluğu sonucunda da dikkate değer korozyon oluşmayacaktır (Mehta ve Monteiro, 2005).



Şekil 3.9 Deniz suyuna maruz kalan betonarme silindirin gösterimi (Mehta ve Monteiro, 2005).

Çimento hamurunun yüzeyinden içine kadar, deniz suyu etkisiyle aşama kaydeden kimyasal hasar, genel bir seyir izler. CO<sub>2</sub> saldırısı sonucu aragonit ve bikarbonat oluşumu, genellikle yüzeyle sınırlıdır; magnezyum iyonlarının saldırısı sonucu brusit oluşumuna yüzeyin altında rastlanır ve iç kısımda etrenjit oluşumunun kanıtları ise sülfat iyonlarının derinlere sızabileceğini gösterir (Mehta ve Monteiro, 2005).

Eğer beton çok geçirimli değilse, çimento hamuruna deniz suyunun kimyasal etkisi hasara neden olmaz çünkü aragonit, brusit ve etrenjit gibi suda çözünmeyen reaksiyon ürünleri, geçirimliliği azaltmaya ve deniz suyunun beton içine sızmasına engel olmaya eğilimlidir. Bu çeşit koruma etkeni, gelgit bölgesindeki dinamik yükleme koşullarında mümkün değildir, çünkü bu durumda reaksiyon ürünleri oluşur oluşmaz dalgalarla yıkanır ve uzaklaşır (Mehta ve Monteiro, 2005).

### 3.2.8.3 Gömülü Çeliğin Korozyonu

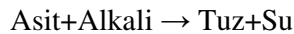
Betonda gömülü çelik, çimento hamurunun alkaliliği nedeniyle oluşacak korozyona karşı korunur. Koruma kaybı ya klorürlerin varlığı nedeniyle veya karbonatlaşma nedeniyle olabilir (Kutlu ve Demiriz, 2007). Atmosferde asit oluşturan gazlar vardır. Bunların en önemlileri CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> olup üç aşamada reaksiyon gösterirler (Baradan ve diğer., 2002):

1.Aşama: Gazların betonun gözenek sistemine işlemesi,

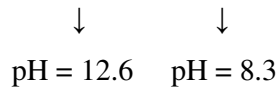
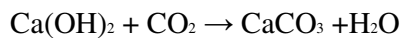
2.Aşama: Gazların gözenek suyu ile oluşturdu reaksiyon,



3. Aşama: Oluşan asitlerin, gözenek suyu içinde çözünmüş olan çimentonun alkali bileşenleri ile reaksiyon yaparak bunları nötr hale getirmesi,

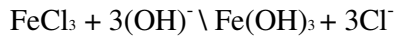


En önemli reaksiyon ise basitleştirilmiş olarak şu şekildedir:



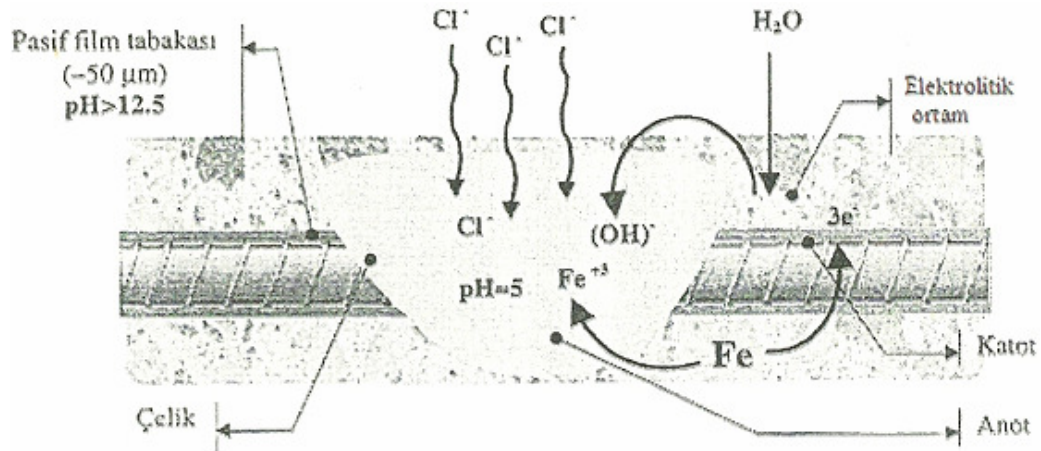
Oluşan kalsiyum karbonatın pH değeri sadece 8.3'tür, pH değerinin 9.5'un altına düşmesi halinde beton, betonarme çeliğini koruma etkinliğini kaybeder. Çelikteki pasif tabaka kararsız duruma geçer. Bazı araştırmacılar ise bu durumun betonun pH değerinin 11.5 değerinin altına düşmesiyle görülebileceğini belirtmektedir (Baradan ve diğer., 2002).

Klorür iyonları çelik donatının korozyonu açısından en zararlı madde olarak kabul edilirler. Korozyon sürecine olumsuz birçok etkileri mevcuttur. Çelik donat üzerinde oluşan ve korozyonun gelişimini engelleyen pasif tabakanın çözünmesine yol açmaları bu etkilerden en önemlisidir. Klorür iyonlarının donatıya ulaştıklarında pasif tabakayı gevşettikleri, yüzeydeki kararlı tabaka ile reaksiyona girerek  $Fe(OH)_2$ . $FeCl_2$  gibi kararsız klor kompleksleri oluşturduklar düşünülmektedir. Yapılan araştırmalar, bu tür çözünebilen bileşiklerin oluşmasında  $Cl^-/(OH)^-$  oranının önemli bir parametre olduğunu, bu oranın 0.6 değerini aşması halinde pasif tabakada hasarın belirginleştiğini göstermektedir. Klorür iyonları, ortamın elektrolitliğini arttırarak ve elektriksel direncini azaltarak anot-katot iyon akışını kolaylaştırırlar. Böylece akım şiddetinin artışına bağlı olarak korozyon hızı da artar. Asit karakterli olmaları ve ortamın pH değerini indirgemeleri bir diğer olumsuz etkidir. Pasif tabakanın kararlılığını koruması için ortamın pH değerinin 9.5-11.5'in üzerinde olması gerekir. Klorür iyonları metal tarafından  $O_2$  ve  $(OH)^-$  iyonlarına kıyasla çok daha kolay absorbe edilirler. Böylece katalizör görevi görerek, anodik reaksiyonun kolaylıkla oluşmasını sağlarlar ve demirin iyonlaşmasını hızlandırırlar. Klorür bulunan ortamda korozyonun gelişimi şu formüllerle gösterilmektedir (Baradan ve diğer., 2002):



Ortamda demir ve  $(OH)^-$  iyonlarının bol miktarda bulunması nedeniyle klorür iyonları reaksiyon sonucu sürekli yenilenmekte ve donatı da tahribat devamlılık arz etmektedir (Baradan ve diğer., 2002).

Gömülü çeliğin korozyonu, deniz suyuna maruz kalan betonarme ve öngermeli betonlarda oluşan beton hasarının başlıca nedenidir. Fakat düşük geçirgenliğe sahip betonda hasar, çatlamanın başlıca sebebi olarak ortaya çıkmaz. Çatlama-korozyon etkileşimi belli bir rota izler, çünkü korozyon hızı, şekil 3.10'da gösterildiği gibi katot-anot bölgesine bağlıdır, çeliğin korozyonu ile birlikte oluşan belirgin genleşme, çelik yüzeyinde yeterli miktarda oksijen bulunana kadar ortaya çıkmaz ve çelik-çimento hamuru ara yüzeyini saran beton kaplaması geçirimsiz kaldığı sürece de ortaya çıkmayacaktır. Gözenekler ve mikro-çatlaklar arayüz bölgesinde daha önceden varolmaktadır. Korozyon için gereken koşullar bir kez sağlandığında çatlama korozyon ötesi - çatlama döngüsü başlar ve bu döngü yapıda önemli hasara neden olur (Mehta ve Monteiro, 2005).



Şekil 3.10 Betonarme donatısında klorür iyonlarının yol açtığı oyulma tarzı korozyon (Baradan ve diğer., 2002)

## BÖLÜM DÖRT

### KIYI YAPILARININ BAKIM VE ONARIMI

#### 4.1 Bakım

##### *4.1.1 Deniz Yapılarında Malzemenin Bozulmasına Neden Olan Etkenler*

Liman yapılarının servis ömürleri genellikle 30 ile 50 yıl arasında olmaktadır. Bir liman, birçok değişik malzemeden oluşan ve farklı proje ömürlerine sahip değişik tipte yapılar içermektedir. Örneğin, bir taş dolgu dalgakıran çok az bir bakımla 50 yıl ya da daha uzun süre amacına hizmet edebilirken, bakım eksikliğinden dolayı, bir çelik palplanş rıhtım 20 yıldan az sürede önerilenden daha çabuk deformasyona uğrayabilmektedir. Liman yapıları tasarım yüklerinin etkisi altında yıpranabildikleri gibi ilave olarak çevresel etkenler, planlanandan fazla kullanım, malzemelerin eskimesi ve genel yıpranma yapılarında hasara sebep olan faktörlerdir. Deniz yapılarında kullanılan değişik malzemeler farklı şekillerde bozulabilmektedirler. En önemli etkiler arasında metallerin korozyonu, betonun bozulması, deniz canlılarının etkisi ve kirlenme sayılabilmektedir. Ayrıca, zaman içinde gemilerin boyutlarında ve işlevlerinde meydana gelebilecek değişiklikler sonucunda farklı hasarlarda söz konusu olabilecektir. Liman yapılarında kullanılan başlıca malzemeler; ahşap, taş, beton ve çeliktir.

##### a) Ahşap

Deniz içinde ahşabın bozulmasına birçok faktör sebep olabilir ve hasar oranı ilk olarak hizmet şartlarına bağlıdır. En genel anlatımla, ahşabın bozulması biyolojik, fiziksel ve kimyasal faktörlere bağlı olabilir. Biyolojik Faktörler; mantarsal çürüme, böceklenme, deniz canlılarının etkisi ve bakterilerdir. Fiziksel faktörler; çevresel etkenler ve operasyon aktiviteleridir. Kimyasal Faktörler ise endüstriyel etkenler ve bağlantı elemanlarının etkileridir.

##### b) Taş

Doğal taşlar veya tuğladan oluşan bir taş yapıda, yapının kalitesi, kullanılan harçtan etkilenmektedir. Harçla karşılaştırıldığında doğal taşların ya da tuğlaların dayanımı

çok daha iyidir. Taştaki hasar genellikle aşınma veya blokların rölatif hareketine bağlıdır. Aşınmaya kum parçacıkları içeren doğal dalgalar veya yüksek hızlı su jetleri sebep olur. Bununla beraber, taş genellikle sert ve dayanıklıdır. Bu yüzden bu tip hasar taş üzerinde küçükken, harca daha büyük zarar verebilir. Bu yapılarıdaki rölatif deplasman zaman zaman aşırı taramaya bağlı olarak yapının oturmasıyla ortaya çıkmaktadır. Blok oturmasının bir işareti açılan bağlantılar veya ayrılan bloklar arasındaki dolgunun yıkanması sonucu oturan kaplama alanlarıdır.

#### c) Beton

Betonu doğrudan bozan ve elektrokimyasal etkiyi olası kılan birçok madde vardır. Donatılı ve ön-gerilmeli betonlarda kimyasal etkilerin en ciddi şekli olan klorür saldırısı alçak su seviyesi altında engellenebilir. En çok, su ve oksijen bileşenlerinin korozyon için en uygun olduğu gel-git bölgesi ve sıçrama bölgesinde meydana gelir.

Yine beton üzerinde Kimyasal, Biyolojik ve Fiziksel etkiler bozulmalara yol açmaktadır. Özellikle fiziksel olarak aşırı yüklemeler, çarpma etkileri, aşınma, donma ve çözülme etkileri, yapım hataları, donatı korozyonu, tasarım hataları, yapının oturması bozulmalara neden olmaktadır.

#### d) Çelik

Korozyon, metal oluşumların ve onların orijinal durumlarına dönmelerine neden olan doğal bir olaydır. Yarı hücre potansiyeli metalden metale değişiklik gösterir ve değeri alüminyum, demir gibi metaller için oldukça yüksekken gümüş, bakır gibi metaller için düşüktür. Metaller ve cevherleri arasındaki elektrik enerjisi farkı ve saf metallerin rölatif pozisyonu 'elektromotiv serilerde' gösterilmektedir. Farklı elektromotiv kuvvetlerine sahip iki metal bir iletkenle birleştirildiği zaman galvanik bir çift oluşur ve bir elektrolit varlığı ile elektrik akımı bir tam devre yapacak şekilde anottan katoda akacaktır. Bu korozyon bozulmasının ana ilkesidir ve tersi durumunda ise katodik koruma sistemlerinde çalışılır.

Katodik koruma anotların veya etkili akımların elektrolit içindeki bir metalin korozyonunu önlemek için kullanılmasıdır. Her ne kadar çeliğin homojen olduğu düşünülse de, aslında galvanik çiftler ve tahmin edilemeyen gerilmelere neden olan katkılar, değişik bileşimler ve farklı karakteristikler içerebilmektedir.

Bir parça çelik homojen koşullar altında bir yere örneğin deniz suyuna, yerleştirilirse, çelik yüzeyinde homojen olmayan yapısına bağlı olarak bir elektriksel potansiyel fark oluşur. Bu durumda, anot ve katot arasındaki mesafe mikroskobik boyutlardadır ve oluşan pile mikrokorzyon pili veya genel korozyon pili denir. Çelik kazıklamada bu mikro korozyon oranı birçok faktör tarafından etkilenebilir. Bunlar; gel-git, rüzgar, akıntı, dalga hareketi, buz, deniz suyu, atık su, deniz organizmaları ve bakterilerdir. Uzun bir çelik kazık su üstünden su altı seviyesine geçerse, su altında oksijene ihtiyaç duyan alan anodik hale gelir ve makro-korozyon saldırısına uğrar.

Bu sebeple, deniz suyundaki korozyon reaksiyonları, bir elektrolite batırılmış anot ve katottan oluşan elektrokimyasal bir pile benzer. Korozyon, koşullara bağlı olarak, çelik liman yapılarında farklı şekillerde etkilere neden olabilir. Bu korozyon etkileri genel korozyon, yerel korozyon (çatlak korozyonu ve çukurcuk korozyonu gibi), galvanik korozyon, erozyon korozyonu ve alçak su seviyesi korozyonu şeklinde sınıflandırılabilir

Genel korozyon, fark edilmeden ilerleyen ve mikro-korozyon pillerine bağlı bir korozyondur. Çelik bir malzeme için, bu üniform bir incelemeye sebep olur. Yerel korozyon, belirli ve oldukça küçük bir yüzey alanına etki eder. Genellikle yüzeysel bölgeler veya birbirine komşu bölgeler arasındaki kimyasal ve fiziksel şartlardaki farklılıklardan dolayı oluşur. Çatlak korozyonu, civataların altı gibi, buhar ve su girişinin sınırlandığı alanlarda meydana gelir. Galvanik korozyon, bir metal ya da alaşım, aynı elektrolit içinde, başka bir metal veya alaşım ile ya da iletken bir ametalle elektriksel olarak birleştirilirse meydana gelir. Bir metal ya da alaşımın etki hızı genellikle artırılırken diğerinin korozyon hızı azalır.

Çeliğin erozyona bağlı korozyonu, çelik yüzeyin mekanik ve elektrokimyasal bozulmasının bir arada etkisidir. Mekanik aşınmaya, kum ve buz hareketleri ve gemi yavaşması süresince oluşan pervane sürtmesi de dahil olmak üzere birçok faktör neden olabilir. Böyle bir aşınmanın, sürekli açık ve çıplak çelik üzerinde elektrokimyasal korozyonla sonuçlanan etkisi vardır.

Korozyon ürünlerinin ve deniz canlılarının yığılması çeliğin deniz suyundaki korozyon hızını sınırlar. Kısa zamanda korozyon ürünleri çeliğin yüzeyinde bir tabaka oluşturur ve korozyon hızı azalır. Eğer bu tabaka sürekli kaldırılır ya da gemi veya buz etkisiyle yahut kum parçacıkları içeren akıntı etkisiyle çatlarsa, korozyon çok daha büyük bir hızla devam edecektir. Çünkü çeliğin açık alanları deniz suyu ile temas halinde olacaktır. Pasın kaldırıldığı kısım anot çevreleyen alan ise katot olmaktadır.

Deniz suyundaki çelik daha yüksek potansiyellere sahip metallerle etkileşim içine girerse korozyon hızı artacaktır. Bu galvanik korozyon bir çift farklı metale, kaynaklamaya bağlıdır.

Deniz suyuna batırılan uzun çelik bir kazık üzerinde, koşullar gereğince değişik faktörlere bağlı olarak derinlik doğrultusunda elektriksel potansiyel farkları oluşturulur. Böyle durumlarda, bir makro-korozyon pili oluşur. Örneğin, ortalama alçak su seviyesinin hemen üzerindeki kısım katot olur ve hemen altındaki kısım ise oksijen konsantrasyon piline dayanarak anot olur. Belli alanlardaki pas sık sık kaldırıldığı ya da yok edildiği zaman korozyon anodik kısımda toplanır. Bu tarz sınırlı korozyona konsantre korozyon denir.

#### ***4.1.2 Yanaşma Yeri İşletmesinden Kaynaklanan Hasarlar***

Bir gemi tarafından rıhtıma verilen hasar iki kategoriye ayrılabilir. Bunlar, kaza sonucu oluşan hasarlar ve gemi elleçleme metoduna bağlı hasarlardır. Yükleme kazaları genellikle tek seferlik ve kısa sürelidir. Bu yüklemeler yapının gücünden daha yüksek gerilim oluşturabilir ve bunun sonucunda yerel veya genel hasar yaratabilirler. Yapıya hasar veren yükleme kazalarının belirlenmesi, hasarın bulunmasından önceki olayların bilgisini gerektirir. Genelde bu tip hasarları teşhis etmek kolaydır.



Görsel inceleme hasarlı çelik ya da ahşabın yapısal durumunu gösterecektir. Betonun soyulması ya da çatlaması ortaya çıkacaktır. Bu hasarlar genellikle gemilerin mekanik problemlerine ve kötü hava koşullarına bağlıdır ve engellenemez. Örneğin gemi, yanaşma yerini yanlış bir açı veya hızla terk ederse bu tarz bir kaza oluşabilir.

Bazen yük elleçleme sistemini yanaşma yerinde değiştirmek ekipmanın yükünün artmasına ve yapıda hasara neden olabilir. Genelde serviste olan yapı sadece mobil, portal ve konteyner krenleri tarafından üretilen ağır yüklerle oluşan bozulmalara değil aynı zamanda dikkatsizce sürülen mobil ekipmanların oluşturduğu bozulmalara da dayanmalıdır. Çünkü, yük elleçleme ekipmanları günümüzde oldukça mobil ve kullanışlıdır.

#### ***4.1.3 Hasar İnceleme Yöntemleri***

##### **a) Periyodik İncelemeler**

Adından da anlaşılacağı gibi, periyodik incelemeler genellikle önceden belirlenen programa bağlı olarak ve tarafsız bir gözlem ile uygulanır. Liman yapısının durumu kayıt edilir ve aynı zamanda restorasyon gerektirecek koşulları ilk seferde bulmak için gereklidir. Yapıların benzer olduğu durumlarda örnek bir elemanın incelenmesi yeterli olacaktır.

##### **b) Genişletilmiş İncelemeler**

Bu incelemeler, periyodik incelemeler sonrasında gerek görüldüğü takdirde yapılır. Aynı zamanda tüm yapısal elemanları içerir. Yapının yapıldığı ilk yıllarda bu genişletilmiş incelemeler oldukça seyrek olabilir ancak yaşı ilerledikçe ya da önceki araştırmalar gerektirdikçe artırılır.

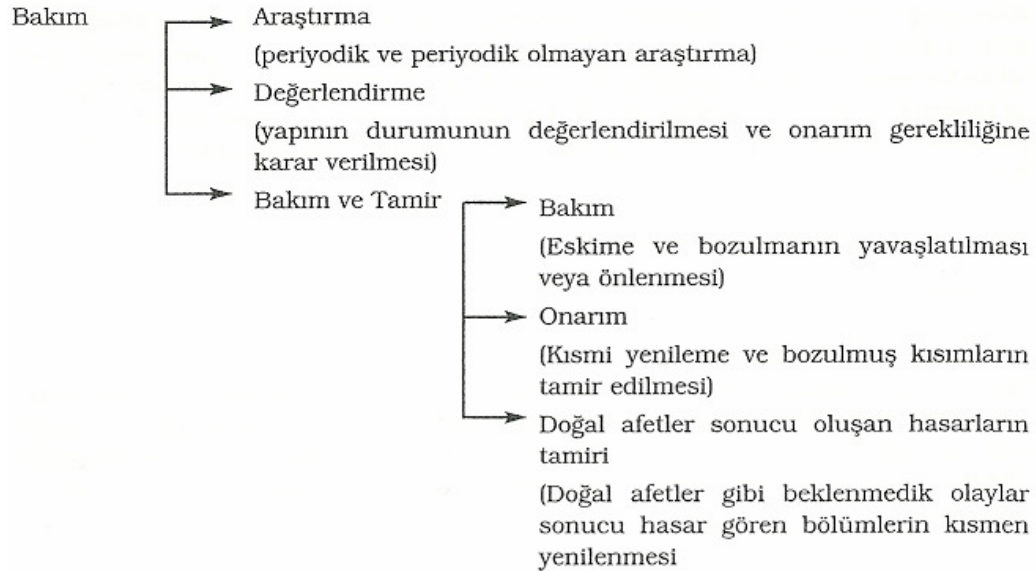
##### **c) Özel İncelemeler**

Özel incelemeler normalde büyük tamir çalışmalarından önce ve sonra ve anormal hasarlar meydana geldiğinde yapılır (gemi çarpması, fırtınalar, yangın gibi).

#### 4.1.4 Deniz Yapılarında Bakım ve Koruma

Deniz yapılarının, kullanım ömürleri boyunca iyi hizmet verebilmesi için, "bakım ve yönetim"lerinin yapılması gerekir. Burada bakım; "araştırma", "değerlendirme", "onarım" ve "doğal afetlerin sebep olduğu hasarların tamiri" anlamlarını içermektedir (JICA, 1994).

Genellikle, bakım işlemleri mevcut malzemelerdeki zarar verici durumların düzenli olarak önlenmesi ve onarımı, kabul edilemez bozulmanın engellenmesi için yeni yüzey kaplamaları, astar uygulanması ve operasyonel katodik koruma sistemlerinin yapılandırılması ile korunması şeklinde düşünülmektedir ( Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Bakımın Tanımı, (JICA, 1994)

Deniz yapılarının karakteristikleri "bakım" teknolojisini içermektedir. Çünkü bu yapılar diğer yapılara göre oldukça karmaşıktır ve yapı elemanları birbirleriyle etkileşim içindedir. Bu da bir kısmın hatalı işletilmesinin, tüm yapının hatalı işletilmesi sonucunu doğuracağı anlamına gelmektedir veya bir kısmın onarımı, tüm yapının büyük bir hasardan korunmasını sağlayabilmektedir. Bu nedenle, bir liman düzeni açısından "bakım" çalışmaları son derece önemlidir.

Çevresel koşullara bağlı olarak malzemeler inşalarından sonra kullanım ömürleri sonuna kadar çeşitli oranlarda bozulmalara uğrayacaklardır. Ancak kullanım ömürleri süresince yapılacak düzgün ve doğru bir bakımla bozulma derecesini büyük tamir gerektirmeyecek veya çabuk kullanışsız hale gelmeyecek seviyeye indirmek olasıdır. Bu sebeple, bakımın amacı, yapının kullanımının öngörüldüğü sürece, bozulmayı optimal düşük bir derecede tutmaktır.

Deniz yapıları, sürekli olarak birtakım çevresel faktörlerin de etkisi altındadır. Çevresel faktörlere; dalgalar, depremler, gemilerin yanaşma kuvvetleri, deniz suyu ile oluşan kimyasal korozyon gibi olaylar örnek olarak verilebilir. "Bakım" çalışmalarının önemini artıran bir diğer sebep ise bu etkenlerdir.

Deniz yapılarının korunması, bazı biyolojik oluşumların meydana gelmesiyle sağlanabilir. Böyle durumlarda bu etkinin azaltılması veya yok edilmesi için önlem alınması gereksizdir. Diğer taraftan bazı oluşumlar bozulmaya sebep olabilir ve sistematik yer değiştirme ile düzenli bakım gerektirebilir. Mesela midye ve yabani ot oluşumları genellikle yararlı iken bazı yumuşakçalar betona nüfuz edebilirler.

Bir takım araştırmaları ve bakım işlemlerini yürütmek için genellikle taş, beton ya da çeliğin yüzeyinin sık sık temizlenmesi gereklidir. Bu özellikle gel-git bölgesindeki deniz yapılarında görülen bir durumdur Su üstünde ve altında değişik bakım işlemleri mümkündür. Bunlar:

- Kum püskürtme veya çakıl püskürtme (su üstünde),
- Yüksek basınçlı jet püskürtme (su üstünde ve altında),
- Basınçlı hava aletlerinin kullanılması (su üstünde ve altında ),
- El ile temizleme.

#### *4.1.4.1 İzin Verilebilir Maksimum Deformasyon*

Deniz yapıları, çevresel koşullardan dolayı sürekli olarak çeşitli darbelere maruz kalmakta ve bu nedenle fonksiyonlarında yetersizlikler görülmektedir. Eğer yapılar üzerindeki deformasyonları kayıp olarak adlandırılırsa, bakımın ekonomik olabilmesi

için, yapıların ne zaman tamir edileceğine karar vermek oldukça önemlidir. Zamanlama kararı konusunda birçok görüş mevcuttur (JICA, 1994). Bunlar:

- Yıkıcı zarar görmüş ya da yıkılma tehlikesi bulunan yapıların tamiri (yapının stabilitesi),
- Bir yapının kullanımında birtakım yetersizlikler oluşmasından sonra tamiri (birim fonksiyonu),
- Görünüm veya tesis açısından tamir (yapının görünümü),
- Yapının en az masrafla tamiri (birimin tamir ekonomisi).

Yapıların deformasyonlarının artmasıyla tamir masrafları da çoğalmaktadır. Bu, yıkım durumundan sonra daha da artabilmektedir. Bakım ve tamir harcamalarının en düşük seviyede tutulması görüşünden yola çıkıldığında; yapının kullanım ömrü boyunca toplam bakım ve tamir masraflarının en alt düzeyde tutulabileceği bir deformasyon düzeyi belirlenmelidir. Bu düzeye “izin verilebilir maksimum deformasyon” denir.

#### *4.1.4.2 Tasarım Ömrü*

Her ne kadar “bakım” kavramını düşündüğümüzde birimlerin kullanım ömrünü tanımlamamız gerekse de, liman birimleri için belirli bir kullanım ömrü yoktur. Genellikle tasarım ömrü; yapıların inşa edildikten ya da geliştirildikten sonra sorunsuz şekilde fonksiyonlarını sürdürebildikleri yıl sayısı olarak tanımlanmaktadır. Fiziksel ve sosyo-ekonomik tasarım ömrü olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (JICA, 1994):

##### *a) Fiziksel Tasarım Ömrü*

Yapısal elemanların korozyon ve hava koşullarından zarar görmesine ve yapıyı tutan malzemenin gücünü kaybetmesine kadar geçen süredir.

##### *b) Sosyo-Ekonomik Tasarım Ömrü*

Yapıların fonksiyonel rollerini kaybetmesine ya da rakip limanların daha fonksiyonel olmaya zorlamasına, liman çevresindeki yerleşim gelişimleri gibi sosyal çevre

değişimlerinin sonucu olarak daha fonksiyonlu bir yapıya gereksinim duyulmasına kadar geçen yıl sayısıdır. Japon liman yönetimlerinde yapılan anketlere göre, yapıların %95' inden fazlasının orijinal fonksiyonlarını 20-30 yıl kadar koruyabildikleri görülmüştür.

#### 4.1.4.3 Deniz Yapısı Bakım Sistemi

##### a) Temel Araştırma

Hem periyodik hem de ekstra araştırmalar “temel araştırma” ile başlar. Bu araştırma yapıların görünüşlerinin gözlenmesi ile yapılır.

##### b) Detaylı Araştırma

İleri düzeyde bir deformasyon gözlemlendiğinde ve değerlendirme sadece temel araştırma ile yapılamadığında “detaylı araştırma” yapılmalıdır.

##### c) Sebep Tanımlanması (Sorun Tespiti)

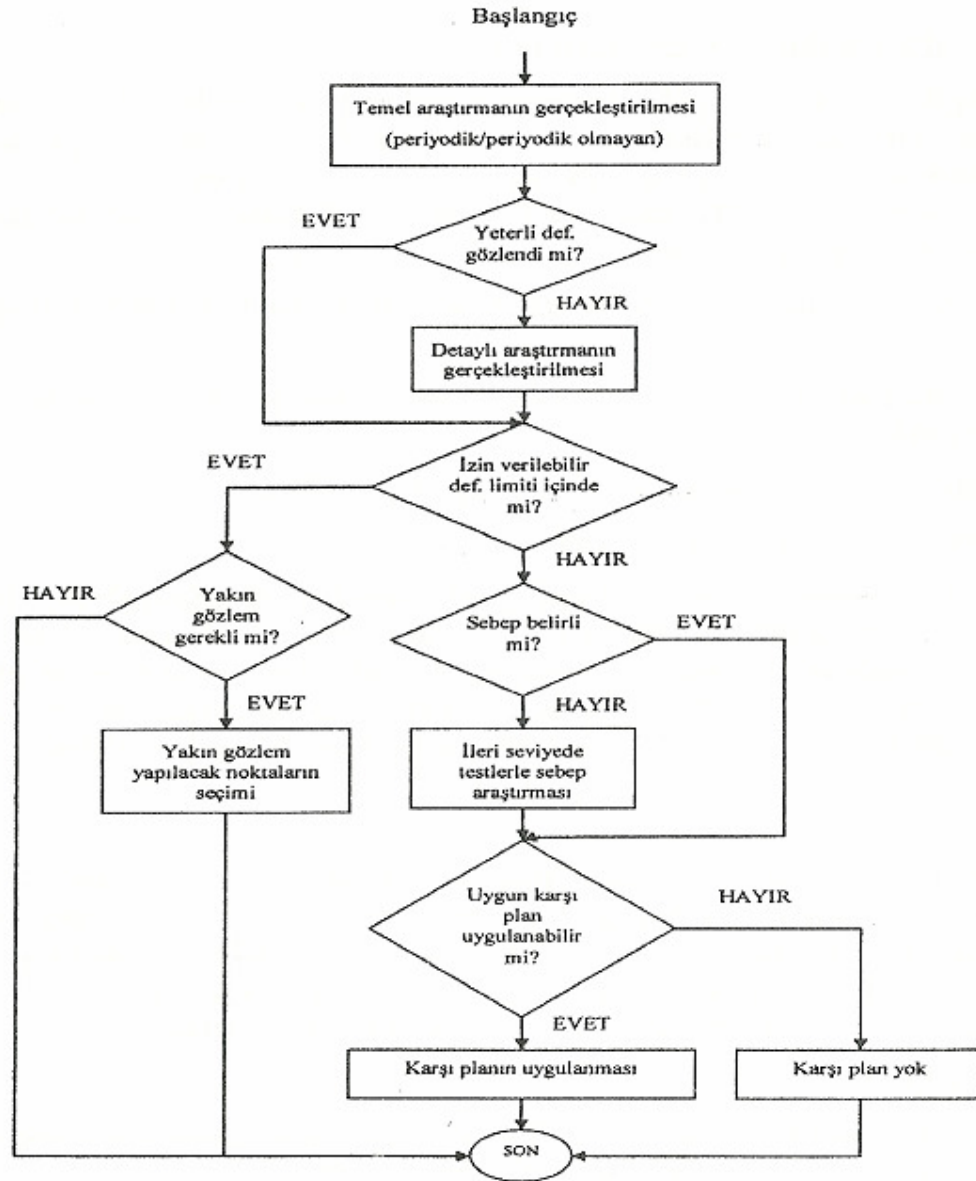
Eğer değerlendirme sonucunda deformasyonun tamir edilebileceğine karar verilirse fakat sebep belirlenemiyorsa detaylı bir araştırma yapılır.

##### d) Karşı önlemin uygulanması

Deformasyonun nedeni detaylıca analiz edilir ve tamir ve/veya güçlendirme olasılığı değerlendirilir. Eğer mümkünse yöneme ve uygulama süresine karar verilir. Sonuç olarak tamir ve / veya güçlendirme yapılır.

##### e) İleri seviyede bozulma tehlikesindeki deforme olmuş bir bölüme yakın bakış

İnceleme sonucunda deformasyonların tamir ya da güçlendirmeye ihtiyaç duymamasına rağmen, bazı deforme olmuş elemanlar ileri düzeyde bozulma tehlikesinde olabilir. Bunlara yakın inceleme yapılmalıdır. Şekil 4.2 liman birimi bakım sistemi akım şemasını göstermektedir.



Şekil 4.2 Liman birimi bakım sistemi akım diyagramı (JICA, 1994)

#### 4.1.4.4 Liman Yapıları İçin Bakım Yöntemleri

JICA (1994) aşağıda verilen yapılar için bakım yöntemlerini tanımlamıştır;

1-Keson Kompozit Tip Dalgakıran.

Periyodik ve periyodik olmayan kontrollere sırasıyla Tablo 4.1 ve 4.2'in esas alınarak karar verilmesi tavsiye edilmiştir.

Tablo 4.1 Keson kompozit tip dalgakıranın periyodik kontrolü için etkenler (JICA 1994).

Deformasyon	Kontrol Konumu	Etkenler	Periyot
Kesonun kayması, oturması ve dönmesi	Keson kronmanı	Yer değiştirme Oturma Dönme	İki yılda bir
Keson kronmanının çatlaması ve soyulma		Çatlak derinliği ve uzunluğu Çeliğin patlaması Betonun mukavemeti	
Çatlama, soyulma	Keson	Yukarıdaki ile aynı	
Dolgunun oturması	Topuk koruması	Oturma Yer değiştirme	
	Koruma	Yukarıdaki ile aynı	
	Dolgu	Yukarıdaki ile aynı	
Dalga sönlendirici beton blokların oturması ya da dağılması	Dalgakıran	Yukarıdaki ile aynı	
Deniz tabanı oyulması	Dolgu topuk önündeki deniz tabanı	Oyulma	

Tablo 4.2 Keson kompozit tip dalgakıranın periyodik olmayan kontrolü için etkenler (JICA 1994).

Zamanlama	Kontrol konumu	Etkenler
Büyük bir fırtına gözlendikten hemen sonra (tasarım dalga yüksekliğinin %75'inden fazla)	Keson kronmanı	Yer değiştirme Oturma Dönme
	Koruma (kret)	Oturma Yer değiştirme
	Koruma (topuk)	Yukarıdaki ile aynı
	Topuk koruma	Yukarıdaki ile aynı
	Dalgakıran	Yukarıdaki ile aynı
	Topuk önünde deniz tabanı	Yukarıdaki ile aynı

## 2-Keson Tipi Kıyı Duvarları

Bu tip yapılar için periyodik ve periyodik olmayan kontroller sırasıyla Tablo 4.3 ve 4.4 de verilmiştir.

Tablo 4.3 Keson tipi kıyı duvarının periyodik kontrolü için etkenler (JICA 1994).

<b>Deformasyon</b>	<b>Kontrol konumu</b>	<b>Etkenler</b>	<b>Periyot</b>
Üst yapının oturması / dönmesi	Üst yapı	Oturma / Dönme	Yılda iki kez
Yüzey çizgisinin yer değiştirmesi	Üst yapı	Yer değiştirme	
Apron oturması ya da hasarı	Apron Dönme Çatlaklar	Oturma	
Arka dolgu oturması	Dolgu malzemeleri	Oturma / Boşalma	
Yardımcı birimlerin hasarı	Usturmaça, Frenleme, Demirleme elemanları	Hasar derecesi	Yılda iki kez

Tablo 4.4 Keson tipi kıyı duvarının periyodik olmayan kontrolü için etkenler (JICA 1994).

<b>Kontrol konumu</b>	<b>Kontrol için etkenler</b>	
	<b>Deprem sonrası</b>	<b>Fırtına sonrası</b>
Üst yapı	Yüzey çizgisi bozulması Oturma Dönme	Hiçbiri
Apron	Oturma Dönme Çatlak	Oturma Çatlak
Arka dolgu	Oturma Boşalma	Oturma Boşalma
Usturmaça	Hiçbiri	Hasar

Keson kompozit tip bir dalgakıran veya yanaşma yapısı için, hem periyodik hem de periyodik olmayan kontrol yöntemleri Tablo 4.5'de verilmiştir. Geri dolgunun boşalmış gibi görüldüğü ve kaplama altında oyulmaların bulunması durumunda detaylı araştırma gerekebilir. Tablo 4.6 keson tipi bir kıyı duvarı için izin verilebilir maksimum deformasyon planını göstermektedir. Bu sayede yapıya bakım yapılıp yapılmayacağına ve tamir zamanına karar verilmektedir. Tabloda verilen terimler aşağıdaki ifadelerle tanımlanmıştır.

CD= Birim genişlikteki toplam çatlak uzunluğu (m) / Birim alan (m<sup>2</sup>)

CP= Birim alandaki toplam çatlak alanı (m<sup>2</sup>) x 100 / Birim alan (m<sup>2</sup>)



Tablo 4.5 Keson tipi kıyı duvarı için kontrol yöntemleri (JICA 1994).

<b>Kontrol Konumu</b>	<b>Etkenler</b>	<b>Temel Araştırma</b>	<b>Detaylı Araştırma</b>
Üst yapı	Oturma	Kontrol amacıyla üst yapı üzerinde seçilen belirli noktaların yükseklik artışının ölçülmesi (İki Nokta/Rıhtım)	
	Dönme	Kontrol amacıyla üst yapı üzerinde seçilen belirli noktaların eğim açısının bir eğim ölçeği ile ölçülmesi	
	Kıyı duvarı yüzeyinin bozulması	Kontrol amacıyla, bir ana çizgiden, bloğun her iki köşesine olan yatay uzaklığın ölçülmesi (İki Blok/Rıhtım, tüm bloklar depreme karşı)	
Apron	Oturma (Açıklık)	Bir apronun bir yüzeyinin gözlenmesi (Tüm bloklar) Merkez çizgi üzerindeki üç ayrı noktanın ve apronun hem ön hem de arka çizgilerinin 2.5 m aralıklarla seviye tespitinin yapılması (Tüm Bloklar/Rıhtım)	
	Dönme	Apron için bir eğilmenin gözlenmesi Apronun köşelerindeki dört noktanın seviye tespitinin yapılması (İki Blok/Rıhtım)	
	Çatlak	Apron yüzeyindeki çatlakların gözlenmesi, çatlakın durumu, genişliği, yüksekliği gibi özelliklerin ölçülmesi (İki blok/Rıhtım)	
Arka dolgu	Oturma Boşalma	Asfalt Banket: Apron oturması ile aynı metodların uygulanması (İki blok/Rıhtım) Beton Banket: Apron altında oyulmalar oluşup oluşmadığının gözlenmesi (Arka dolgu taşları ve kesonun kesişiminde, çekiçle vurularak) (Tüm Bloklar)	Oyulma olduğundan emin olduktan sonra banketin kesilmesi ve iyice incelenmesi
Yardımcı kısımlar	Hasar	Usturmacılar babalar ve demirleme elemanlarının hasarlarının gözlenmesi	

Çizgisel bir çatlak olması halinde toplam çatlak alanı için verilen ifade:  
Çatlak uzunluğu x 0.3

Tablo 4.6 Keson tipi kıyı duvarı için maksimum izin verilebilir deformasyon (JICA 1994).

Konum	Konu	İzin verilebilir maksimum deformasyon	Notlar
Üst yapı	Oturma (Tüm Apron)	20-30 cm	Batık, Yük elleçleme emniyeti
	Dönme (Tüm Apron)	3-5 % (liman tarafına doğru)	Yük elleçleme emniyeti
		0 %	Batık
	Yüzey çizgisi bozulması	20-30 cm	Rıhtıma yanaşma emniyeti
Apron	Oturma (Açıklık)	3-10 cm	Yük elleçleme emniyeti Elleçleme ekipmanları operasyonu, Batık
		3-5 % (liman tarafına doğru)	Yük elleçleme emniyeti
	Çatlak	0 %	Batık
		Beton kaplama: CD=0.5-2.0 m/m <sup>2</sup>	Apronun veya ana yapının yıkılma evresini tahmini
	Asfalt kaplama: CD=0.5-2.0 m/m <sup>2</sup>	Apronun veya ana yapının yıkılma evresini tahmini	
Arka dolgu	Oturma Emme	Beton kaplama: Oyulma oluşumu	Kaplamanın yıkım aşamasını tahmini
		Asfalt kaplama: Apron ile aynı	Apron ile aynı
Yardımcı Elemanlar	Hasar	Demirleme eleman hasarları	Yanaşma ve elleçleme emniyeti
		Usturmaça: cıvata kaybı	Tamir ekonomisi

### 3-Palplanş Tipi Kıyı Duvarları

JICA (1994) tarafından periyodik ve periyodik olmayan kontrollere sırasıyla Tablo 4.7 ve 4.8'in esas alınarak karar verilmesi tavsiye edilmiştir.

Tablo 4.7 Palplanş tipi kıyı duvarları için periyodik kontrol için etkenler (JICA, 1994)

Deformasyon	Kontrol Konumu	Etkenler	Periyot
Palplanş korozyonu	Palplanş	Korozyon	İki yılda bir
Kıyı duvarı yüzeyinin düzensizliği	Palplanş	Palplanş hattı bozulması	İki yılda bir
Apron oturması ve hasarı	Apron	Oturma, Pürüzlülük, Dönme, Çatlak	İki yılda bir
Yardımcı elemanların hasarı	Usturmaça, Baba	Hasar	Yılda iki kere

Tablo 4.8 Palplanş tipi kıyı duvarı için periyodik olmayan kontrol için etkenler (JICA, 1994)

Kontrol edilecek elemanlar	Etkenler	
	Deprem Sonrası	Fırtına Sonrası
Palplanş	Palplanş yüzeyi düzensizliği	Palplanşta hasar
Apron	Oturma, Çatlama, Pürüzlülük	Oturma, Çatlama, Pürüzlülük

Temel ve detaylı kontroller için yöntemler ise Tablo 4.9'da verilmiştir. Detaylı kontrolün sadece palplanş korozyonu için yapılması ve bu amaçla palplanş kalınlığının ölçülmesi önerilmiştir.

Tablo 4.9 Palplanş tipi kıyı duvarı için kontrol yöntemleri (JICA, 1994)

Kontrol Konumu	Konu	Temel Araştırma	Detaylı araştırma (Yöntemler/Aralıkla)
Palplanş	Palplanş yüzeyi düzensizliği	Palplanş yüzeyinin dalga etkisinin kontrolü (10-15 m aralıkla)	
Palplanş	Korozyon	Dalgıç tarafından gözlem (tüm yüzey)	Ultrasonik kalınlık ölçer ile palplanş kalınlığı ölçümü (20 m aralıklarla OSS, ASS maksimum dönme anındaki noktada)
Apron	Oturma, Dalgalanma, Eğilme	Merkez hattındaki üç noktanın ve apronun hem arka hem ön çizgilerinin 2.5 m aralıklarla seviye tespitinin yapılması	
	Çatlama	Apron yüzeyi gözlemi	
Usturmaça, Baba	Hasar	Gözlem	

#### 4-Kazıklı Yanaşma Yapısı

Daha öncede bahsedildiği gibi kontrol için etkenlerin çoğu, diğer tip kıyı duvarları ile aynıdır. Bu sebeple, tablo 4.10'da sadece bu yapıya has yöntemler ilave olarak verilmiştir. Tablo 4.11 ve 4.12'de ise periyodik ve periyodik olmayan kontrol yöntemleri verilmiştir.

Tablo 4.10 Düşey kazıklı rıhtımlarda kontrol için etkenler (JICA, 1994)

<b>Deformasyon</b>	<b>Kontrol konumu</b>	<b>Etkenler</b>
Kazığın korozyonu	Kazıklar	Korozyonun derecesi, Kazığın kalınlığı
Üst yapı üzerindeki çatlama	Beton bloklar	Çatlama (Soyulma, Hasar)
Giriş köprüsündeki hasar ve oturma	Giriş köprüsü	Oturma, Yer değiştirme, Hasar derecesi

Tablo 4.11 Düşey kazıklı rıhtım için periyodik kontrol için etkenler (JICA, 1994)

<b>Kontrol Konumu</b>	<b>Etkenler</b>	<b>Periyot</b>
Kazıklar	Korozyon	İki yılda bir (Kalınlık ölçümü her 5 yılda bir)
Üst yapı	Çatlama	İki yılda bir

Tablo 4.12 Düşey kazıklı rıhtım için periyodik olmayan kontrol için etkenler (JICA, 1994)

<b>Kontrol Konumu</b>	<b>Etkenler</b>
Giriş köprüleri	Oturma, Yer değiştirme, Hasar derecesi

## 4.2 Onarım

Deniz yapılarında çeşitli tamir yöntemleri tarif edilmiştir (PIANC, 1990).

### Küçük Tamirler

Küçük tamirler, bozulma ilk fark edildiğinde durdurmak için yapılan tamirlerdir. Hasar birkaç bloğun yer değiştirmesi, bazı çatlakların görülmesi, betonun renk değiştirmesi ve çelikte küçük alanlarda gözlenen paslanma olabilir. Su geçirmez yapılar için, bu durum kendini artan sızıntı olarak gösterebilir. Tamir aşamaları;

- Yeni elemanları mevcut elemanlara eklemek,
- Gerekli durumlarda, yer değiştiren blokların yenilenmesi,
- Rıhtımın arkasında kazı yaparken ve dolgu kaybının önlemek için filtre malzemesi yerleştirilmesi,
- Bozulan betona uygulanan yüzeysel tamirler ve koruyucu kaplama uygulanması,

- e) Çelik yapılar için koruyucu sistemlerin yeniden yapılması
- f) Yük sınırlarının tayin edilmesi ve kullanım sınırlarının geliştirilmesi

### Büyük Tamirler

Yapı kapasitesine ve kullanımına bağlı olarak bazı sınırlamalara sahiptir (örneğin, temelin ortaya çıkması ve taşıma kapasitesinin kaybı gibi). Orijinal yapının yapımında kullanılan malzemeler yetersiz olabilir. Tamir aşamaları;

- a) Ahşap elemanların yenilenmesi
- b) Bir blok duvarın büyük parçalarının yeniden yapılması ve doldurulması
- c) Bütün rıhtımın arkasında kazı yapılırken filtre malzemesi yerleştirilmesi ve boşlukları ortadan kaldırmak için uygun dolgu ile yenileme ve arka dolgu kaybının ikmal edilmesi
- d) Bozulan betonda büyük tamirler ile beton ve donatının yenilenmesi
- e) Temel yapılarının güçlendirilmesi
- f) Rıhtım yapılarının önüne pere kaplama veya diğer kaplama yerleştirilmesi
- g) Çelik elemanların kaplanması veya yenilenmesi

### Büyük Rehabilitasyon

Büyük rehabilitasyon, ilave yapısal elemanlar eklenmesi ya da yapının yeniden yapılan kısımlarının tamamlanması durumlarını içermektedir. Tamir aşamaları;

- a) Ahşap elemanların diğer malzemelerle yenilenmesi
- b) Kazıklar ve yapısal destekler içeren yeni temeller yerleştirilmesi
- c) Bozulan betona, mevcut rıhtım yapısının önüne yeni bir duvar yerleştirmek ve arasını dolgu veya beton ile doldurmak suretiyle tamir uygulanması
- d) Demirleme yeri bağlantılarının onarılması

PIANC (1990) deniz yapılarında kullanılan malzemelere bağlı olarak tamir yöntemlerini detaylı olarak vermiştir. Beton ve betonarme yapılar için tamir ve koruma yöntemleri tablo 4.13 ve 4.14 de verilmiştir.

Tablo 4.13 Beton yapılar (PIANC, 1990)

<b>Tanım</b>	<b>Tanıma bağı yöntemi</b>
Zararlı etkilerin azaltılması	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Yüzeysel bakım               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Kaplama</li> <li>b) Boşlukların doldurulması</li> <li>c) Membran uygulanması</li> <li>d) Hidrofobik yöntem</li> </ol> </li> <li>2. Çatlakların doldurulması ya da çatlakların ek yerlerine dönüştürülmesi</li> </ol>
Nem kontrolü	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Yüzeysel bakım               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Kaplama</li> <li>b) Hidrofobik yöntem</li> </ol> </li> </ol>
Beton yenilenmesi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hasarlı veya bozulmuş betonun astar veya betonla yenilenmesi</li> <li>2. Yapının elemanlarının yenilenmesi</li> </ol>
Yapısal güçlendirme	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. İlave beton eklenmesi</li> <li>2. İlave veya yeni iç donatı eklenmesi</li> <li>3. Dış donatı eklenmesi</li> <li>4. Koruyucu levha kaplanması</li> <li>5. Çatlaklara ve boşluklara enjeksiyon yapılması</li> </ol>
Kimyasal dayanım	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kaplama yoluyla yüzeysel bakım</li> <li>2. Harç ya da beton ilave edilmesi</li> </ol>
Fiziksel dayanım	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kaplama veya doldurma yoluyla yüzeysel bakım</li> <li>2. Astarlama ya da beton ilave edilmesi</li> </ol>

Tablo 4.14 Betonarme yapılar (PIANC, 1990)

Tanım	Prensibe bağlı yöntem
Pasivasyonun sağlanması	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bozuk betonun yenilenmesi</li> <li>2. Elektrokimyasal olarak veya difüzyon ile realkalinizasyon</li> <li>3. Klorür çıkarılması</li> <li>4. Pas payının artırılması</li> <li>5. Yüzey kaplaması</li> </ol>
Dayanıklılığın artırılması	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nem kontrolü, örneğin yüzey kaplaması ile ya da su geçirmezliğin sağlanması ile nem sınırlandırılması</li> </ol>
Donatının anodik ya da katodik kontrolü	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Donatıya aktif ya da bariyer kaplama uygulanması</li> </ol>
Donatının katodik kontrolü	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Yüzey kaplanması ile donatının katodik alanlarına oksijenin sınırlandırılması</li> </ol>
Katodik koruma	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kurban anot sistemleri ya da ters akım sistemi ile donatının anodik alanlarını değiştirmek için elektriksel gerilim uygulanması</li> </ol>

#### 4.2.1 Yanaşma Yapılarının Tamir Yöntemleri

Hasar gören, gevsek, kirli ve belirli sebeplerden ötürü sağlam olan beton kaldırılabilir. Kaldırılacak kısmın büyüklüğü, prensibe, seçilen yönteme ve tamir altındaki elemanın yüküne bağlıdır. Hasarlı beton, donatının tüm çevresinin bakımına ve yenilenen malzemenin donatının arkasına yerleştirilmesine izin verecek derinliğe kadar çıkarılır. Kaldırılan beton, beton veya harç kullanılarak yenilenebilir. Ek olarak küçük tamirlerde harç el ile uygulanabilir. Harç veya betonun bağlayıcısı çimento veya polimer esaslı bağlayıcı olabilir. Çimentolu harçlar ve betonlar, su geçirimsizliğini azaltmak ya da priz süresini azaltmak veya artırmak için katkı maddeleri ya da yerleştirmeye yardımcı olmak için akışkanlaştırıcı içerirler. Yenilenen beton vibrasyon uygulanarak yerleştirilebilir.

Sağlam betondaki çatlaklar, hem zararlı madde girişine karşı direnç sağlamak hem de beton yüzeylerinin yapısal amaçlar için birleştirilmesi sebebiyle doldurulabilir. Malzemenin uygulanmasından önce çatlaklar temizlenebilir. Çoğunlukla bu işlem enjeksiyon yöntemi ile yapılır (Bununla beraber yatay elemanların üst yüzeylerindeki çatlaklar için ağırlık kullanılabilir). Donatı korozyonu sebebiyle oluşan çatlaklar doldurulmamalıdır buna karşın beton kaldırılmalı ve yenilenmelidir.

Beton kaplamanın ya da elemanın dayanımını artırmak için elemanların kesitlerini artırmak zorunlu olabilir. Bakım yapmak ya da dayanımı artırmak için bir diğer uygun yöntem ise çelik veya kompozit levhaların elemanların dış kenarlarına bağlanmasıdır. Diğer iki yöntem ise donatı eklenmesi veya dıştan güçlendirmedir.

Çelik yapılar büyüdükçe tamir işlemleri çeşitlenir bu ayrıca yapının biçimine de bağlıdır. Zayıflıkları ve korozyon delikleri artan bir çelik palplanş yapı yük taşıma kapasitesine göre değerlendirilebilir ve kesiti artırarak veya eskinin önüne yeni bir palplanş duvar inşa ederek tamiri yapılabilir. Tamir yönteminin seçimi konusunda dikkatli olmak gerekir çünkü birçok tamir tipi yeni korozyon hücrelerine sebep olur ve korozyon hızını artırır. Kaynaklı tamirler bunlara tipik bir örnek olabilir. Çünkü bunlar eski çeliği yeni çeliğe kaynaklarken veya tersi durumda yeni korozyon hücreleri ortaya çıkarabilirler. Bir çift farklı metale veya eski ya da yeni çeliğin kaynaklanmasına bağlı korozyon hücreleri deniz suyu seviyesi altında uygulanan katodik koruma sistemi sayesinde yeterli derecede engellenebilir. Bazı örneklerde, yapının önüne beton bir duvar inşa edilebilir. Bu yöntem yapıyı güçlendirir ve aynı zamanda yapının arkasındaki dolgunun boşalmasını da önler.

Çelik kazık yapıların sağlamlıkları yük taşıma kapasitelerine bağlı olarak değerlendirilebilir. Çelik kazık tamirlerinde hem donatılı beton ceket hem de çelik plaka kaynak yöntemleri kullanılabilir. Tamir işlemleri ve mevcut yapılar arasında kuvvet aktarımının sağlanması için önlem alınmalıdır. Korozyona uğrayan çelik boru kazık tamir edilirken, yapının yapısal davranışının bir bütün olarak incelenmesi istenir.



#### 4.2.1.1 Kapalı Tipten Ağırılık Tipi Duvarların Tamiri/Rehabilitasyonu

Yapısal malzemenin ve yapının erozyonu bu tip yapılar için en temel sorunlardır. Yapısal malzemenin bozulması nadiren yapının bütününde problemlere yol açar.

##### Duvarın Topuğunda Meydana Gelen Oyulma Çukurunun Tamiri

Boyutuna bağlı olarak oyulma çukuru aşağıdaki yöntemlerden biri kullanılarak doldurulabilir.

- Tremi beton,
- Dolgu malzemesi enjeksiyonu,
- Çuval yöntemi.

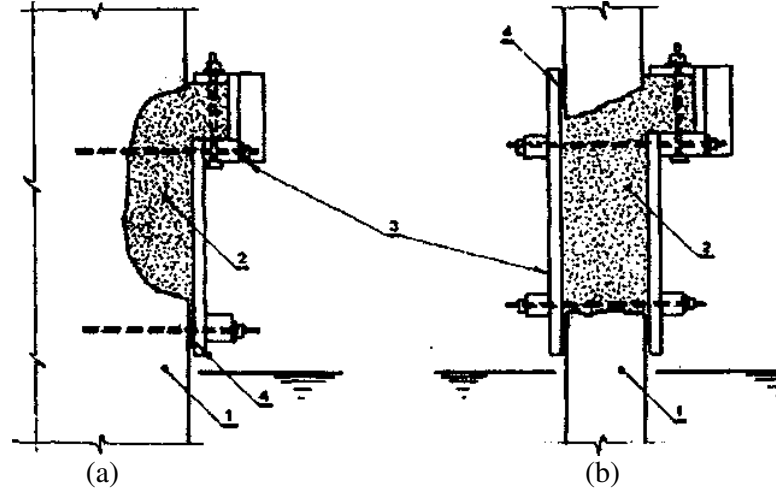
Bu tamirler uygulanmaya başlamadan önce mevcut betonun yüzeyi iyice temizlenmeli ve hazırlanmalıdır.

##### Yüzey Tamiri/ Rehabilitasyonu

Beton bozulma derinliği beton yüzeyinden itibaren bir metre ve daha fazla olabilir. Duvarın bütünlüğünü bozacak, daha ileri derecede malzeme bozulmasının önlenmesi için duvardaki oyuklar betonla doldurulmalıdır. Yeni beton uygulaması duvarın su altındaki bölümlerinde problem yaratmayacaktır. Bununla beraber, bozulan betonun hasarına neden olacak faktörler ortadan kaldırılmadığı takdirde yeni beton uygulaması yapılmamalıdır. Örneğin, gözlenen bozulmanın nedeni asit etkisi, su etkisi, aşınma ya da erozyon ise, bu neden ortadan kaldırılmadan yapılan uygulama başarısız olabilmektedir.

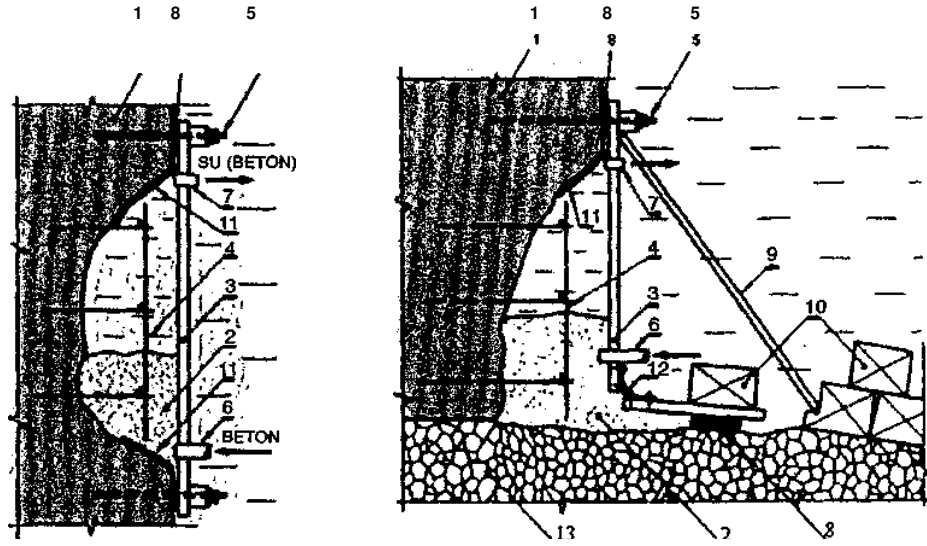
Yeni beton yerleştirilmeden önce mevcut beton kaldırılmalıdır. İki beton arasında iyi bir aderansın sağlanması için oyukun derinliği en az 150 mm olmalıdır. Mevcut betonun yüzeyleri kumlama ya da başka uygun bir yöntemle temizlenmeli ve bu temizlik basınçlı hava, su veya uygun başka bir yöntemle sonlandırılmalıdır. Gerekli olduğu takdirde, tamiri kendi içinde devam ettirmek ve alttaki betona bağlamak için çivi ve donatı kullanılabilir.

Sıcaklık, nem değışikliği vs'den oluşan etkileri en aza indirmek için, kullanılacak betonun agrega boyutu, su/çimento oranı vs eski betona benzer olmalıdır ve vibrasyona tabi tutulmalıdır. Eğer beton, yapı üzerindeki bir kalıp yardımıyla dökülürse daha iyi bir yerleşirme sağlanır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Su seviyesi üstünde beton tamiri için kullanılan kalıbın detayları.  
 (a) Beton duvarda yerel oyuk tamiri. (b) ince beton duvarın tamiri.  
 1-Mevcut beton, 2- Yeni beton, 3- Kalıp, 4- Yumuşak conta (Tsinker, 1995, 2004).

Su altı beton tamir teknikleri kuru alandakine benzer fakat daha karmaşıktır. Su üstü tamirleri için yüzey hazırlığı olarak uygulanan tüm gereksinimler ve önlemler su altı tamiri için de uygulanır. Daha önce bahsedildiği üzere, su altı betonu uygulanabilirlik için orantılı olmalıdır (Şekil 4.4).



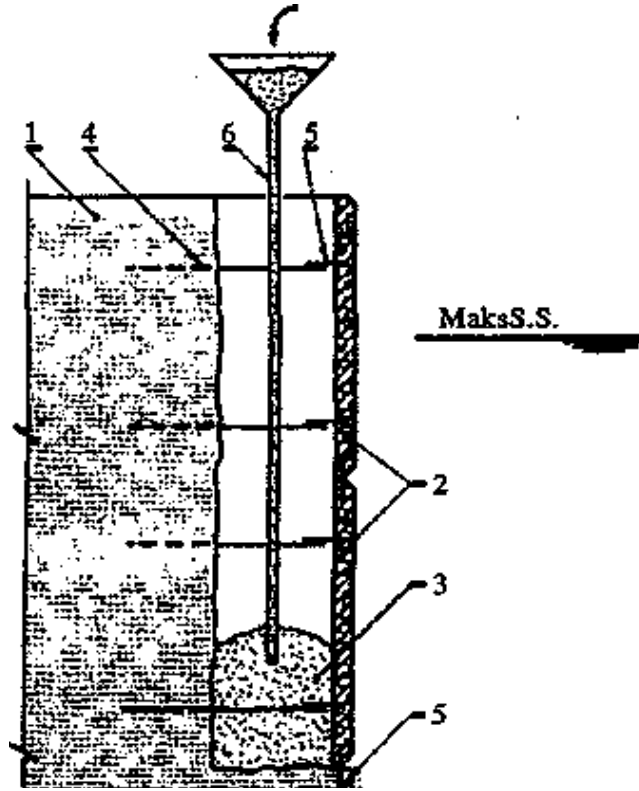
Şekil 4.4 Su altı beton tamiri. (a) Duvar yüzündeki oyuk. (b) Duvar topuğundaki oyuk.  
 1- Mevcut beton, 2- Yeni beton, 3- Kalıp, 4- Yeni donatı, 5- Bağ çivisi, 6- Beton enjeksiyon portu, 7- Su (beton) kaçış portu, 8- Yumuşak conta, 9- Prop, 10- Ağrlık, 11- Epoksi, 12- Metal levha, 13- Şilte (Tsinker, 1995, 2004).

Beton yerleştirme ekipmanları beton karışımının belirlenen oranda kullanılmasına uygun olmalıdır. Beton boşluğa tabandan enjekte edilmeye başlanır. Betonlama işlemi sırasında su boşluktan üstteki açıklığa doğru kaçmaktadır. Tamirin kalitesi için, beton, su kaçmaya başladıktan bir süre sonra enjekte edilmeye devam edilmesi tavsiye olunur.

Boşluğun içine donatıların yerleştirilmesi eski ve yeni beton arasındaki kohezyonun daha iyi olmasını sağlamaktadır. Kalıp duvar yüzeyine bağlantı elemanlarıyla tutturulmaktadır. Bu bağlantı elemanlarının boyutları ve sayıları, taze betonu ve kendi ağırlığını karşılayacak miktarda olmalıdır. 10°C'den soğuk sularda, kalıp, betonun uygun küründen emin olmak için izole edilmektedir. Eğer boşluğun boyutu uygunsa, kalıba beton enjekte etmek için bir çok giriş açılabilir ve bir dalgıç beton basma hortumunu girişten sistemli bir şekilde hareket ettirmelidir. Kalıp ve duvar arasındaki boşluklar ile duvardaki boşluğun iç tarafındaki ayrık beton blokların arasındaki mevcut boşluklara beton kaçmasını önlemek için bu boşluklar kapatılmalıdır.

Bozulan beton genellikle patlatma teknikleri kullanılarak da çıkarılabilir. Bu, duvarın üzerine patlayıcı ile dolu bir seri küçük çaplı delik açmakla yapılmaktadır. Bozulan malzemeler patlatıldıktan sonra kalan serbest ya da bozulmuş beton kırılarak, parçalayarak veya su püskürtme teknikleri ile temizlenmektedir.

Daha iyi bir kalite ve görünüm için kalıcı kalıp sistemi olarak prekast beton paneller kullanılabilir (Şekil 4.5). Yüksek kaliteli, dayanıklı beton panellerin hazır beton temele bağlanması bozulan duvarların yüzeyinin yenilenmesinde karşılaşılan çatlama probleminin giderilmesi için önemlidir. Aynı zamanda bu paneller rıhtım duvarının tamir nedeniyle servis dışı kaldığı süreyi de kısaltmaktadır. Kalıcı beton kalıp paneller beton rıhtımların kaplamasında başarıyla kullanılmaktadır.



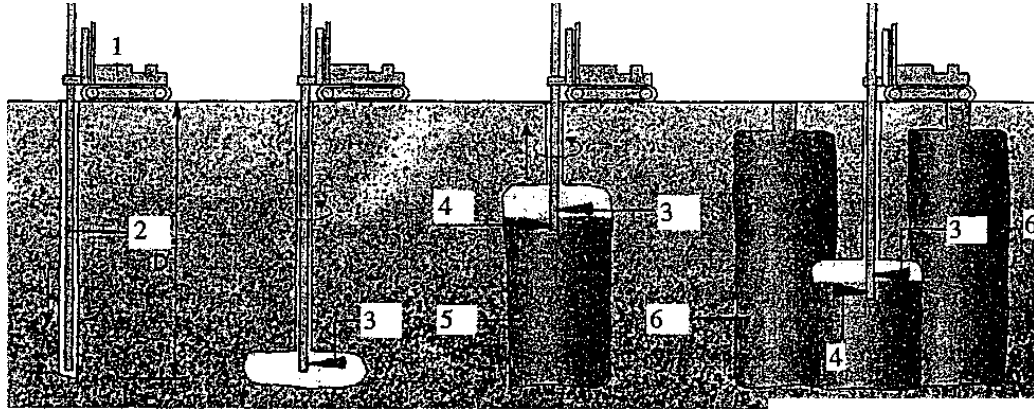
Şekil 4.5 Rıhtım duvarını prefabrik beton kalıp ile yeniden kaplama. (a) Tipik prosedür. 1-Rıhtım duvarı, 2-Prekast beton panel, 3-Yeni beton, 4-Ankraj bar, 5-Çivi, 6-Hortumlu beton boşaltma borusu, (Tsinker, 1995, 2004).

Püskürtme, kum/çimento harcının beton yüzeye yüksek bir hızda uygulanması ile oluşan bir yöntemdir. Özel ekipmanlar yardımıyla yapılır. Püskürtme betonu malzeme olarak, değişik kum/çimento oranlarından oluşan ince bir agrega betondur. Bu yöntem genellikle geniş alanlar için kullanılır. Değişik derinliklerdeki düşey ve yatay yüzeyler için oldukça etkilidir.

#### Zayıf Temel Malzemesi Rehabilitasyonu

Ağırlık duvarında deformasyona sebep olan zayıf bir temel aşağıdaki yöntemlerden biriyle geliştirilmektedir;

- Graut,
- Jet graut,
- Toprak karışım tekniği.



Şekil 4.6 Jet graut yapım safhaları, 1- Mobil kren, 2- Jet graut borusu, 3- Yüksek basınçlı su jeti, 4-Beton enjeksiyonu, 5- Beton kolon oluşumu, 6- Tamamlanmış beton kolon (Tsinker, 2004).

#### *4.2.1.2 Açık Tipten Kazıklı Yapıların Tamir ve Rehabilitasyonu*

Açık tipten kazıklı yapılar genellikle iskeleler ve rıhtımlar şeklinde inşa edilmektedir. Daha sonra da platform altında eğimli, pere kaplama yapılmakta veya platformun arkasına palplanş inşa edilmektedir. Yukarıda adı geçen yapıların tipik hasarları:

- Kırık kazıklar
- Kazık platform malzemesinin bozulması

- Yük elleçleme makineleri veya gemiler tarafından platform elemanlarına verilen fiziksel hasar,
- Platform önündeki deniz tabanının erozyonu ve/veya dalga etkileriyle zorlanan platform altı şevin bozulması,
- Usturmaça sistemlerinin hasar görmesi ve bozulması,
- Demirleme elemanlarının hasar görmesi ve bozulması,
- Taban ya da platform altı pere kaplama erozyonu.

### Kazık Restorasyonu

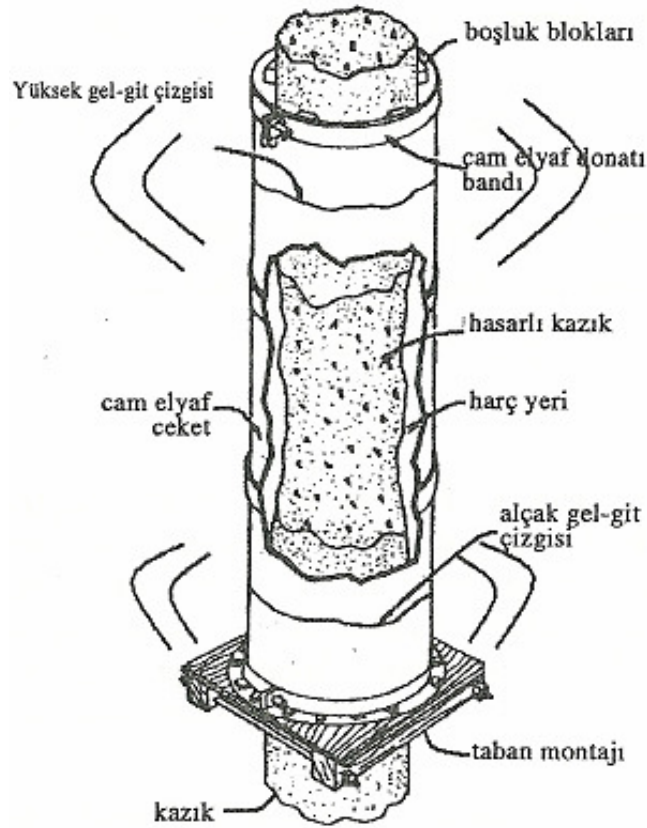
Daha önce de sözü edildiği gibi, kırık kazıklar genellikle kaldırılır ve yenisiyle değiştirilir. Kazık malzemesinin bozulması genellikle sıçrama ve/veya gel-git bölgelerinde meydana gelir. Kazık restorasyonu için mantolama tekniği kullanılır. Bu yöntem özellikle kazığın tamir edilecek kısmının tamamının ya da bir bölümünün su altında olduğu durumlarda faydalıdır. Esasen mantolama, mevcut bir kazığın gücünü, yenisi gibi kaplayarak arttırmayı hedefleyen bir yöntemdir. Orijinal kazık beton, çelik ya da ahşap olabilmektedir.

Düzgünce uygulandığında, mantolama, tamir edilen bileşeni gelecek bozulmalara karşı kısmen de olsa güçlendirecektir. Bununla beraber, örneğin bir beton kazık asidik suya karşı korunmasız olduğu için hasar görmüşse, uygun Portland çimentosu betonu ile mantolama ilerdeki ayrışmaya karşı garanti vermeyebilir.

Mevcut hasarlı malzemenin ya da deniz canlıları, kirlilik vs. kaldırılması, tamir malzemesinin geride kalan orijinal malzemeyle bütünleşmesi açısından gereklidir. Aynı şekilde korozyon ürünlerinin de çıplak çelik üzerinden kaldırılması gerekmektedir. Eğer kaldırılacak kısım önemli büyüklükteyse, mantolama işlemi süresince yapıya geçici bir destek sağlamak gerekebilir. Mantolama için uygun formda herhangi bir malzeme kullanılabilir. Mantolama için uygun çeşitli patentli sistemler bulunmaktadır. Bu sistemlerin fabrik, çelik veya fiberglas formları kullanılmaktadır. Beton bir kazık için fiberglas ceket kullanımı Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Dolgu malzemesinin seçimi kazığın kullanılacağı çevrenin koşullarına göre seçilebilir. Dolgu pompalama, tremi yöntemi ya da prekast beton teknikleri ile

yapılabilmektedir. Yeni beton, mevcut kazığın daha önce temizlenmiş yüzeyine iyice yapışmalı ve gerekli mukavemet ve dayanıklılık seviyesine ulaşmalıdır.

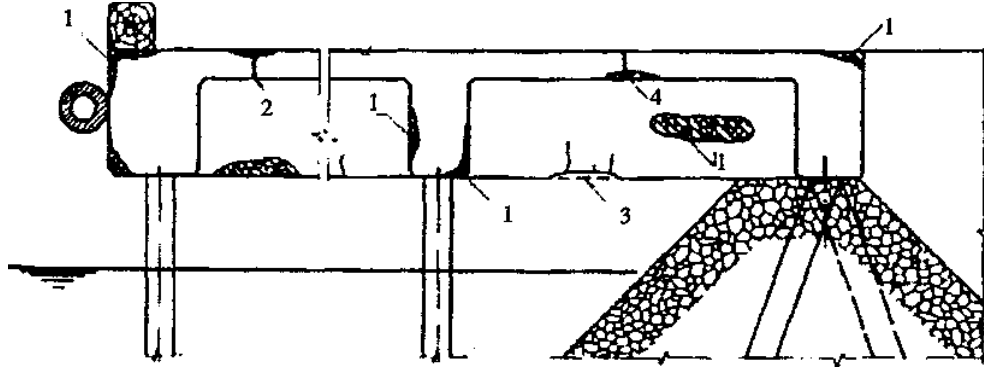
Gerektiğinde mevcut kazığın çevresine halka şeklinde donatı yerleştirilmektedir. Bu amaçla hasarlı kazıklar etrafında bir halka oluşturulur ve içine donatı yerleştirilir ve harçla doldurulur.



Şekil 4.7 Hasarlı beton kazığın tipik tamiri (CERC, 1986).

#### Platform Tamiri/Rehabilitasyonu

Daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi, mühendislik incelemesini takip eden detaylı araştırma, yapının hareketli yük kapasitesi, yük elleçleme elemanları, taşıma ekipmanları, yük stoklaması ve demirleme kuvvetlerini artırma konusundaki verileri kapsamaktadır. Daha sonra, yapının tamir mi edileceğine yoksa olduğu gibi mi bırakılacağına karar verilmektedir. Bir platforma ait temel elemanlar Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 Tipik platform hasarı. 1- Aşınmış yüzey, 2-Aşınmış yüzey ve kılcal çatlak, 3-Altta hasarlı yüzey ve çatlaklar, 4-Altta aşınmış yüzey ve kılcal çatlaklar (Tsinker, 1995, 2004).

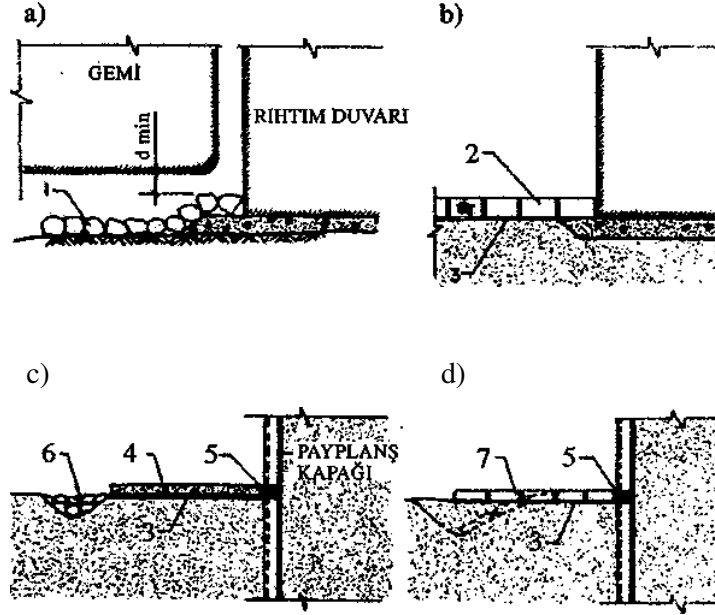
Beton restorasyonu ya da rehabilitasyonu, yamama, Graut yöntemi, püskürtme beton veya güçlendirme ya da üç yöntemin kombinasyonu yöntemlerinden biriyle yapılır.

#### 4.2.2 Oyulma Koruması

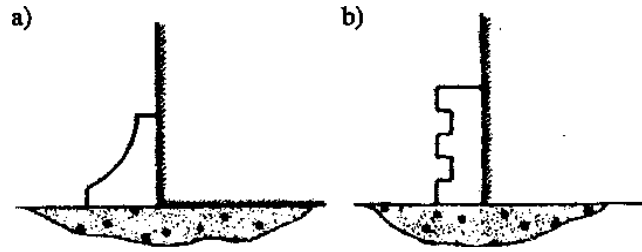
Yeni ya da mevcut yapıların yıkılmasına neden olabilecek taban oyulması olasılığı olan bir durumda, taban koruması için yeterli tasarımın yapılabilmesi için fiziksel bir modele ihtiyaç duyulabilmektedir. Oyulmaya karşı en tipik koruma yapıları Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

- Pere kaplama
- Gabion
- Prefabrik beton levhalar
- Değişik tipte esnek yapılar
- Akım saptırıcıları (Şekil 4.10)
- Modern deniz mühendisliği uygulamalarında özellikle taban koruması için geotekstil elemanlar ise en vazgeçilmez elemanlar olmaktadır.





Şekil 4.9 Tipik oyulma koruma sistemleri. 1-Kaya dolgu, 2-Gabionlar, 3-Geotekstil filtre, 4-Prefabrik beton levhalar, 5-Tremi beton, 6-Pere kaplama, 7-Çeşitli yapılarda kablolu beton bloklar (Tsinker, 1989).

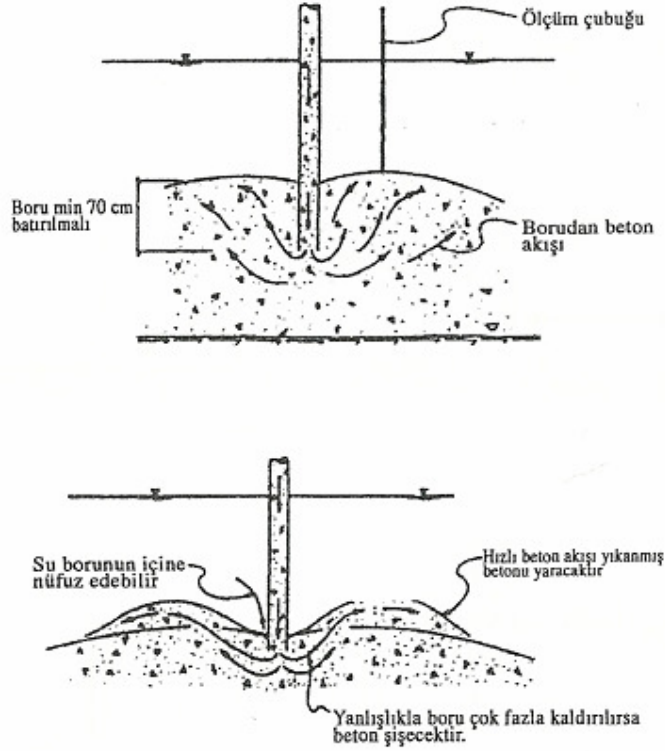


Şekil 4.10 Rıhtım topuğunda jet saptırıcılar (Tsinker, 1995, 2004).

#### 4.2.3 Su Altı Beton Dökümü

Betonun su altına yerleştirilmesi oldukça güç bir işlemdir. Bu sebeple karıştırılmasından taşınmasına, yerleştirilmesine hatta işlerin kontrolüne kadar her türlü durum dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir. Betonun su altına yerleştirilmesi sırasında amaç, taze beton ve suyu mümkün olduğunca birbirinden ayrı tutabilmek ve bir araya geldiklerinde herhangi birinde meydana gelebilecek hızlı bir akışı

engellemektir (Şekil 4.11). Bu nedenle, yerleştirme yöntemi, sonuçta kalite ile ilgili en önemli faktördür (Thoresen, 2003).



Şekil 4.11 Su altı yapısının betonlaması (Thoresen, 2003).

Su altı betonlaması yeni bir teknik değildir. 1850'lerden beri uygulanmaktadır. 1910 yılında August Gundersen isimli bir Norveç'li "Beton Kolonlar ve benzerleri için Su Altı Dökme Yöntemleri" üzerine bir patent almıştır. Aynı yıl, yöntem ilk olarak Norveç'te donatılı bir yapının su altı betonlaması için kullanılmıştır. Bugün bu yöntem Tremi Boru Metodu olarak bilinmektedir. Su altı betonlaması için en yaygın yöntemler kısaca aşağıda verilmiştir (Thoresen, 2003).

#### a) Kova Yöntemi

Bir kalıp içine su altı betonunu yerleştirmenin en basit yolu, betonu açık bir kova içinde suya indirmek ve bir dalgıç yardımıyla kalıba yerleştirmektir. Bu sadece küçük ve geçici işler için kullanılabilen bir yöntemdir.

#### b) Çuval Yöntemi

Bu yöntem sürekli küçük işler ve tamir işleri için kullanılmaktadır. Beton, kanaviça çuvalara yerleştirilerek bir dalgıç tarafından suya indirilmektedir.

#### c) Konteyner Betonlaması

Betonun, kapalı bir çanta veya kepçe içinde suya indirilmesidir. Çanta yöntemi ve çelik konteyner ya da kepçe yöntemi olarak iki çeşit uygulama yöntemi vardır.

Çanta yöntemi, küçük miktarlarda betonun gerektiği durumlarda (tamir işleri gibi) kullanılır. 2 m uzunluğunda ve yaklaşık 0.5 m çapında bir kanvas çanta, betonu su altına yerleştirmek için kullanışlı bir yöntemdir. Kanvas çanta içi beton ile doldurulup kapatıldıktan sonra belirlenen alana indirilir. Dolum noktasının bir miktar üzerine gelince yavaşça açılır ve betonun akmasına izin verilmektedir.

Çelik konteyner ya da kepçe yöntemi uygulamasında üstü ve altı kapaklı silindirik çelik bir konteyner ya da kepçe kullanılmaktadır. Bu yöntem; kepçenin ağzını ya da tabanın daha önce yayılmış betona gömmeyi uygun kıldığı ve bu sayede çimento dağılımını azaltma veya engelleme olanağı sağladığı için, çanta yönteminden daha etkindir.

#### d) Tremi Betonu

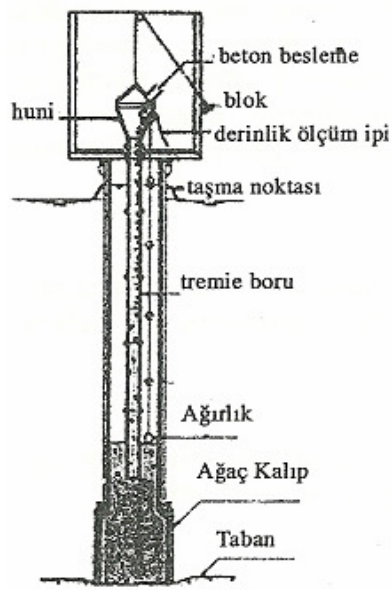
Beton, daha önce yerleştirilmiş huni şeklindeki rijit bir boru vasıtasıyla taşınır ve boşaltılır (Şekil 4.12).

#### e) Hidroalf Betonu

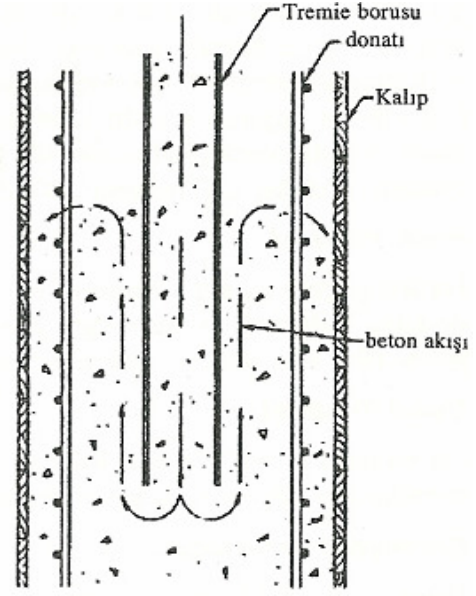
Bu yöntem, tremi metodunun gelişmiş bir şeklidir. Kepçe yöntemi ile tremi yönteminin bir karışımıdır.

#### f) Pompa Betonu

Bu yöntemin de tremi yönteminin geliştirilmiş bir şekli olduğu söylenebilir. Beton, kalıba bir tüp ya da boru yerine hidrolik pompalar yardımıyla yerleştirilir.



(a)Tremie sistem



(b)Tremie borudan kolon içine beton akışı

Şekil 4.12 Tremie boru yöntemi (Thoresen, 2003).

## g) Enjeksiyon

Bu yöntemde, beton kalıp ilk olarak özel yıkanmış iri agrega ile doldurulur. Arada kalan boşluklar ise daha sonra, çimento, kum ve genişlen maddeler içeren dolgu malzemesi veya harç enjekte edilerek doldurulur. Bu yöntem özellikle, kepçe, tremie, hidrovalf ve pompa betonlamasının kullanılmayacağı alanlarda kullanışlı olmaktadır.

## BÖLÜM BEŞ

### BAKIM ONARIM VE GÜÇLENDİRME PROJELERİ UYGULAMALARI

#### 5.1 Genel

Bu bölümde betonarme iskelelerin bakım onarım ve güçlendirilmesi konulu tez çalışması kapsamında daha önce yapılmış olan ve hali hazırda uygulaması devam eden projeler ele alınarak önceki bölümlerde bahsetmiş olduğum yöntemler irdelenmiş ve ülkemiz koşullarında etkinliği tartışılmıştır.

#### 5.2 Güçlendirme Projeleri

Betonarme iskelelerin bakım onarım ve güçlendirilmesi konulu tez çalışması kapsamında Akçansa Çimento San. ve Tic. A.Ş. Çanakkale Fabrikası Betonarme İskelesi bakım ve güçlendirme işi teknik şartnamesinden, Lafarge Aslan Çimento A.Ş. Büyük İskele onarım işine ait teknik şartnamelerden ve Dokuz Eylül Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi ile Kemerköy Elektrik Üretim ve Ticaret A.Ş. Genel Müdürlüğü arasındaki protokol gereğince Ağır Yük İskelesi performans analizi ve iskele güçlendirme projesi kapsamındaki çalışmalardan yararlanılmıştır.

##### *5.2.1 Akçansa Çimento San. ve Tic. A.Ş. Çanakkale Fabrikası Betonarme İskelesi*

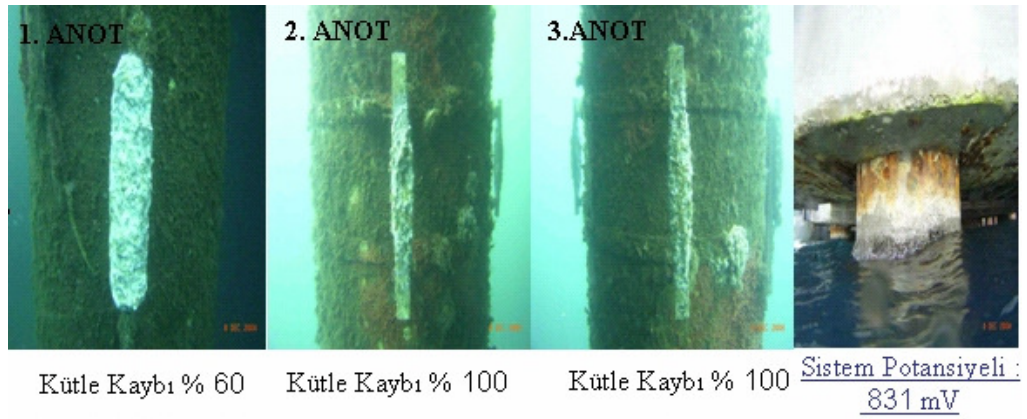
###### *5.2.1.1 İşin Tanımı*

Çanakkale fabrikası iskele kazık katodik koruma ve güçlendirmesi, çarpıntı bölgesi koruması ve betonarme güçlendirmesinin yapılması. Çalışma ömrünü tamamlayan mevcut katodik koruma sisteminin işlev görmemesi, korozyon ve diğer dış etkilere dolaylı zarar görmüş iskele kazıklarının katodik koruma, bakım ve güçlendirilmesi, çarpıntı bölgesi kaplaması ve betonarme bakım ve güçlendirmesinin yapılması neticesinde iskelenin ekonomik ömrünü uzatmak.

### 5.2.1.2 Mevcut Durum

#### A) İskele Kazık Mevcut Katodik Koruma Sistemi:

Mevcut 386 adet kazık içerisinde rastgele belirlenen 50 adet kazık kodlanmış, kazıklardaki anotların sistem içerisinde koruma değerlerinin mili volt ve kütle ölçülmesi sağlanmış ve sistemin çalışma ömrünü tamamladığı tespit edilmiştir. Şekil 5.1’de kodlanmış kazıklardaki kütle kaybı değerleri gösterilmiştir



Şekil 5.1 Kütle kaybı



Şekil 5.2 Rehabilitasyon ve güçlendirme gereken kazıklar

### B) İskele Kazık Çelik Zırh ve Çırpıntı Bölgesi

İskelede, çırpıntı bölgesinde görsel ve mekanik yöntemler kullanılarak yapılan gözlem ve incelemeler neticesinde çırpıntı bölgesinin tahribatlı muayene ile senelik 150-250 mikron arasında yoğun bir korozyona maruz kaldığı tespit edilmiş ve yer yer pitting gözlenmiştir. Eski iskele kazıklarının çelik zırhla kaplı betonarme olduğu, çelik zırhın korozyon ve aşınmadan dolayı inceldiği, koptuğu, iç donatının ortaya çıktığı ve betonarmede de korozyon başladığı görülmüştür. Eriyen çelik zırh, donatı ve betondan dolayı yaklaşık 30 adet kazıkta rehabilitasyon ve güçlendirme çalışması gerekmektedir. Şekil 5.2’de rehabilitasyon ve güçlendirme gereken kazıklara ilişkin örnek resimler verilmiştir.

### C) Betonarme Korozyonu

Karbonasyondan ve klor ataklarından dolayı iskele betonarmesinin yaklaşık 3.300 m<sup>2</sup> civarındaki kesiminde korozyon neticesinde ciddi tahribatlar ortaya çıkmış, kalan kısımda ise yavaş yavaş korozyon izleri oluşmaya başlamıştır. Şekil 5.3’de korozyon neticesinde oluşan tahribatlara ilişkin resimler verilmiştir.



Şekil 5.3 Betonarme korozyon

### 5.2.1.3 İşin Kapsamı

Betonarme iskelelerin bakım onarım ve güçlendirilmesi işi, iskele kazıklarının katodik koruması, iskele kazıklarının güçlendirilmesi, çarpıntı bölgesinin kaplanması, betonarme bakım ve güçlendirmesi işlerini kapsamaktadır.

#### A) İskele Kazık Katodik Koruma

Katodik koruma işi için 10 yıllık çalışma ömrü öngörülerek iskele çelik ve çelik zırlı betonarme kazıklarına katodik koruma sisteminin aşağıda sunulan keşif özeti kapsamında yapılması uygun görülmüştür.

Tablo 5.1 Keşif özeti

Sıra No	İşin Çinsi	Birim	Miktar
1	Projelendirme	Adet	386
2	İndiyum alaşımlı alüminyum anot imalatı 109 adet 60" için ( 60 kg lık)	adet	436
3	İndiyum alaşımlı alüminyum anot imalatı 277 adet 24" için ( 28 kg lık)	Adet	831
4	Potansiyel akım ölçü kutusu imalat	Adet	15
5	İzole cıvata takımı temini	Adet	90
6	1X10 mm <sup>2</sup> NYY kablo temini	Metre	1000
7	1 ½" Galvaniz Boru ve kroşesi temin	Metre	250
8	Anotların Sualtı kaynağı ile montajı	Adet	1267
9	Potansiyel akım ölçü kutusu montajı	Adet	15
10	İzole cıvata takımı montajı	Adet	90
11	1X10 mm <sup>2</sup> NYY kablo montajı	Metre	1000
12	1 ½" Galvaniz Boru ve kroşesi montajı	Metre	250

İskele kazıklarının korozyona karşı korunması amacı ile katodik koruma işi Akçansa Çimento San. ve Tic. A.Ş. Çanakkalale Fabrikası kapsamındaki iskele çelik ve betonarme kazıklarına, etüt – proje, malzeme imalatı, montaj, işletmeye alma, kontrol ve testler dahil olmak üzere katodik koruma sisteminin yapılmasını kapsar. Uygulanacak katodik koruma projesi, malzeme imalatı, montaj ve testler, konuyla ilgili bilimsel kaynaklar ile yürürlükte bulunan TSE standartlarına uygun olarak yapılmalıdır. Kazıklara galvanik anotlu katodik koruma sistemi uygulanarak katodik



koruma tatbikat projesi bu sisteme göre hazırlanmalıdır. Katodik koruma tatbikat projesinin hazırlanması esnasında; korunacak ayakların bölümleri ve konumları tespit edilmeli, korunacak ayakların üzerinde bir boya var ise bunun mikron olarak kalınlığı tespit edilmeli, korunacak ayakların su içerisinde batan kısmının korunacak yüzey alanı tespit edilmeli ve ayakların deniz zeminine giren kısmının korunacak yüzey alanı tespit edilmelidir.

Galvanik anotlu sistemle yapılacak olan katodik koruma sisteminde galvanik anot olarak alüminyum anot kullanılmalıdır. Alüminyum anotların boyutları, kütlesi ve miktarı korunacak ayakların 10 yıl süreyle koruma akım ihtiyacını karşılayacak şekilde hesap yoluyla tespit edilir. Alüminyum anotların imalinde kullanılacak olan alüminyum külçe, içerisinde Max. % 0.15 Demir (Fe) ihtiva eden, ETİAL-8 veya bunun muadili ithal külçe olmalıdır. İmal edilecek alüminyum anotların kimyasal bileşimi aşağıdaki gibidir;

<u>Bileşenin Adı</u>	<u>%Oranı</u>
Bakır(CU)	0.01 Max.
Silisyum(Si)	0.20 Max.
Demir (Fe)	0.15 Max.
Titanyum (Ti)	0.05 Max.
İndiyum (In)	0.020-0.050
Çinko (Zn)	3.5-5.0
Alüminyum (Al)	Geri kalan

Yukarıda kimyasal bileşimi verilen anot imalatında, Çinko ve İndiyum metalleri imalat esnasında ilave edilmektedir. İmal edilecek alüminyum anotların Elektro Kimyasal Performans değerleri aşağıdaki gibidir;

Anot Akım Kapasitesi	: 2690 A.h/Kg.
Kapalı devre elektrot potansiyeli	: -1050 mV. (Ag/AgCl referans, elektrotuna göre)
Anot Verimi	: % 90

Alüminyum anotların imalatında kesinlikle daha önce kullanılmış anot veya başka bir alüminyum hurda malzeme kullanılmamalı ve anot imalatçısının ISO 9001:2000 Belgesi olmalıdır.

a) Galvanik Anotların Kontrolü

İmal edilecek anotların hepsinde döküm esnasında döküm kalıbından anotlara çıkma şarj numarası bulunmalıdır. Döküm esnasında istenilen şarj numarasından alınan numunelerin kimyasal, elektro kimyasal analizleri, eğer imalatçının kendi laboratuvarı var ise (Spektrometresi var ise) numunelerin analizleri burada, veya dışarıda resmi veya özel bir kuruluştaki yapılmalıdır. İmalatçı yapacağı anotları için, analiz raporlarını da kapsayan, İmalat Sertifikası vermelidir.

Alüminyum anotların içerisine döküm esnasında konan lama çekirdek elemanı ST.37 çelik lamadan yapılmalıdır. Bu lamanın döküm yüzeyinin kir, pas, yağ v.s. gibi yabancı maddelerden tamamen temizlenmiş olmasına azami özen gösterilir. Ayrıca anot gövdesi ile lamanın birbirine iyice temas etmesi için, dökümden önce lama üzerine en az dört adet Ø 12 mm. çapında delik delinmelidir. İmalatçı dökümden sonra anot içerisine konan lamanın geçiş direncini de test edip bunu da belgelemelidir.

b) Galvanik Anotların Montajı

Çelik ayakların su içerisinde ve zemin içerisinde kalan kısımları dikkate alınarak hesaplanan anotların % 95'lik kısmı ayaklara su altı elektrik kaynağı ile, lamanın üç tarafı dikiş kaynaklı olarak, % 5'lik kısmı ise izole cıvatalı olarak monte edilmelidir.

Su altı kaynaklarında AWS D3.6M:1999 Standardı uygulanmalı. (Uluslararası Sualtı kaynak standardı) AWS D3 standardını uygulayamayan sualtı kaynakçılarına kesinlikle kaynak yaptırılmamalıdır. Sualtı kaynakçıları bu standartla ilgili sertifika sahibi olmalıdır. İzole cıvatalı olarak monte edilecek anotların irtibatı iskele üzerine konulacak ölçü kutusu vasıtasıyla yapılır.

Ayaklara kaynaklı olarak monte edilecek anotlar, kazıkların dalga çarpma bölgesi dikkate alınıp su seviyesinden en az – 3.00 m aşağıdan montaj başlatılmalı ve çarpıntı bölgesi alt hattından itibaren (–3.00 m) başlamak üzere kazık üzerine eşit aralıklarla şaşırtmalı olarak monte edilmelidir. Anotların ayaklara izole cıvatalı ve kaynaklı olarak montaj detayları açık bir şekilde tatbikat projesinde gösterilmelidir.

#### c) Sistemde Yapılacak Ölçüm ve Kontroller

Katodik koruma sisteminin tüm montaj işlemlerinin tamamlanmasından sonra, iskele üzerinde bulunan ölçü kutularından sistemin fonksiyonunu yerine getirip, getirmediğini kontrol etmek amacıyla, sistem/deniz suyu potansiyeli (mV.), çelik ayak/deniz suyu tabii potansiyeli (mV.), anot/deniz suyu potansiyeli (mV.) ve anottan çekilen akım (mA.) ölçümleri yapılır. Ölçüm ve kontroller esnasında 1 Adet Digital Avometre ile 1 Adet Gümüş/Gümüş Klorür (Ag /AgCl) referans elektrotu kullanılır.

Bu değerlerden sistem/deniz Suyu potansiyel değeri Min. – 1.000 mV. olmalıdır. Bu durumda sistem fonksiyonunu yerine getiriyor demektir. Tüm montaj tamamlandıktan sonra genel sualtı kamera çekimi yapılarak, görüntüler tatmin edici ve montajın amacına uygunluğunu net olarak görülür.

#### B) İskele Kazık Güçlendirme

Korozyon ve aşınmadan dolayı eriyen çelik zırh, donatı ve betondan dolayı yaklaşık 30 adet kazıkta rehabilitasyon ve güçlendirme çalışması gerekmektedir, 25 yıllık bir çalışma ömrü öngörülecek şekilde güçlendirme işi yapılmalıdır.

#### C) Çarpıntı Bölgesi Kaplama

386 adet kazıkta çarpıntı bölgesinin maruz kaldığı korozyonun temizlenmesi, güçlendirilmesi ve korunmasını hedefleyerek planlanan kaplama işi için 25 yıllık çalışma ömrü öngörülmüştür. Çelik kazıkların splash zone ve dry zone bölgelerini korozyondan korumak için kaplama yapılmalıdır. Kaplama örneği detayı Şekil 5.4 ve Şekil 5.5 de verilmiştir.



Şekil 5.4 Kaplama uygulama örneği 1. aşama



Şekil 5.5 Kaplama uygulama örneği 2.aşama

Dalga Bölgesi (Splash Zone): İskele boru ayaklarının su seviyesinin  $-1$  metre altında ve  $+1$  metre üstünde kalan bölgedir.

Su Üstü Bölgesi (Dry Zone): İskele boru ayaklarının splash zone bölgesi üzerinde kalan bölge olup beton kiriş başlıklarına kadar uzanır ve borunun açıkta kalan tüm yüzeyini kapsar. Söz konusu bölge kaplama uygulaması yapılırken ve sonrasında kaplama malzemesi kuruyana kadar kuru çalışma ortamının sağlanabileceği bölgeleri kapsar.

Su Altı Bölgesi (Immersed Zone): İskele boru ayakların splash zone'un altından deniz dibine kadar olan bölgesi olup herhangi bir kaplama yapılmasına gerek yoktur.

#### a) Dalga Bölgesi Kaplama Sistemi Genel Özellikleri ve Detayları

Kaplama sistemi uygulanmış kazıklarda belirlenen dalga bölgesinde korozyonu maksimum 0,40 mil/yıl (10 micron/yıl) olmalı ve bu korozyon hızı bağımsız laboratuvarların test raporları ve saha testleri ile belgelenebilmelidir. Kaplama sistemi deniz ortamında rastlanabilecek MIC (icrobially Induced Corrosion) ve SRB (ulphate Reducing Bacteria) korozyonuna dayanıklı olmalı ve bu husus bağımsız laboratuvar raporları ile belgelenmelidir. Kaplama sistemi istenildiği an kolayca inspect edilebilmelidir. İmalatçı firma kaplama sistemini minimum 25 sene süreyle sistemin korozyon hızının istenilen düzeyde tutacağını garanti etmelidir.

#### b) Dalga Bölgesi Kaplama Sistemi Detayları

Kaplama sistemi Winn&Coales'in ürettiği Seashield 2000HD, İzomas'ın ürettiği İzokTS Process System v.s. muadil kaplama malzemesidir.

Astar Macun: Petrolateum esaslı, sualtında uygulanabilen, su itici elementler, anti korozif katkılar ve geniş spektrumda biocide içermeli, St 2 standardında hazırlanan yüzeye tatbik edilebilecek yapıda olmalıdır. Uygulama özel eldivenlerle veya rulo/fırça ile yapılmalı 1kg malzeme ile yaklaşık 3 m<sup>2</sup> kaplanmalı ve 0,3 mm kalınlık olmalıdır.

Koruyucu Sargı: Petrolatum esaslı sualtında uygulanabilen, su itici elementler, anti korozif katkılar ve geniş spektrumda biocide içeren ince yüksek yoğunlukta polietilen film üzerinde bulunan sentetik sağlam non-woven elyaf üzerine yerleştirilmiş kolay uygulanabilir yapıda olmalıdır. Uygulama %55 bindirmeli olarak

yapılmalı ve 2,6 mm kalınlık elde edilmelidir. Bandın uyması gereken diğer standartlar şöyle olmalıdır;

Yırtılma Mukavemeti : (ASTM D 1000) : 200 N / 50 mm  
 Uzama : (ASTM D 1000) : 10 % average  
 Resistance to Cathodic Disbondment (ASTM G8 Method A, 30 Day): Excellent  
 Su Geçirimi (ASTM E96) : 2g/m<sup>2</sup>/gün  
 Su Emiş (ASTM D570) : < 1%  
 Dış Ceket : Sağlam, ultraviyolete dayanımı yönünden dengelenmiş yüksek yoğunlukta polyetilen malzemedan kazık çapına göre fabrikada özel olarak imal edilmiş, aşınma dalga etkisi, çarpmaya dayanıklı olmalıdır. Koruyucu ceket 1,9 m uzunluklarda imal edilip, SS316'dan imal vidalarla kilit mekanizmasına sahip olmalıdır. Kilit mekanizması ceketin bir parçası olacak ve ceket kilit mekanizması ile beraber tek parça olarak fabrikada imal edilmelidir. Ceketin kalınlığı 2 mm sistemin toplam kalınlığı ise 4,9 mm'dir. HDPE ceketin uyması gereken diğer standartlar şöyle olmalıdır;

Uzama (ASTM D638) : > 600 %  
 Su Geçirimi (ASTM E96) : 0 g/ m<sup>2</sup>/gün  
 Su Emiş (ASTM D570) : < 0,1%  
 Tensile Strength at Break (ASTM D638) : 32 N / mm<sup>2</sup>  
 Yırtılma Mukavemeti (ASTM D1004) : 250 N minimum.

#### c) Su Üstü Bölgesi Kaplama Sistemi Genel Özellikleri

Kaplama sistemi uygulanmış kazıklarda belirlenen dalga bölgesinde korozyonu durdurduğu bağımsız laboratuvarların test raporları ile belgelenebilmelidir. İmalatçı firma kaplama sistemini minimum 25 sene süreyle korozyona karşı garanti etmelidir.

#### d) Su Üstü Bölgesi Kaplama Sistemi Detayları

Kaplama sistemi SIGMAKALON BV'nin ürettiği Sigmacover Primer astar ve Sigma TCP Glass Flake sonkat kaplama malzemeleri muadil kaplama malzemesi olmalıdır

Astar Kat: Katodik koruma ile beraber kullanıma uygun, modifiye epoksi astar boya. Deniz içerisinde Cam elyafı epoksi kaplama malzemesi altında kullanıma uygun olmalıdır ve benzer iskele projelerinde kullanılmış olmalıdır. Malzeme Islak veya kuru kumlama sonrası kullanılabilir, nem toleranslı olmalıdır. Astar malzemenin kaplama kalınlığı minimum 50 mikron olmalıdır.

Son Kat: Son kat olarak cam elyaf takviyeli epoksi kaplama malzemesi kullanılmalı ve kaplama polyamine sertleştiricili darbe ve aşınma dayanımlı olmalıdır. Malzeme katran içermemeli ve su geçirimsizliği deniz ortamında kullanıma uygun olmalıdır. Malzeme istenilen kalınlık olan 450 mikron kuru film kalınlığını tek katta verebilecek yapıda olmalıdır.

#### D) Betonarme Bakım ve Güçlendirme

Karbonasyondan ve klor ataklarından dolayı iskele betonarmesinin maruz kaldığı korozyonun temizlenmesi, yapının güçlendirilmesi ve korunmasını hedefleyerek planlanan bakım ve güçlendirme işi için şartnameler ve 25 yıllık çalışma ömrü öngörülerek bakım ve güçlendirme sisteminin yapılmasını kapsamaktadır.

Uygulama projesi, malzeme, uygulama ve testler konuyla ilgili bilimsel kaynaklar ile yürürlükte bulunan TSE standartlarına uygun olarak yapılacaktır. İskele betonarme elemanlarında bakım ve onarım uygulaması uygulama detayları aşağıdaki gibidir.

##### a) Hasarlı Betonarme Yüzeylerin Temizlenmesi

İskele betonarme yapısında tespit edilen hasarlı kısımlar elektrikli ve havalı kırıcılar yardımıyla sağlam beton yüzeyine ulaşılan kadar kırılmalıdır. Korozyona uğrayan donatı açığa çıkartılacak biçimde, donatı çevresi açılmalıdır. Korozyonlu donatılar kumlama ile Sa 2 ½ kumlama kalitesinde kumlanarak pastan arındırılmalıdır. Kırım yapılan yüzeyler basınçlı su ve hava ile gevşek parçalardan arındırılmalıdır. Kumlama yapılarak temizlenen donatı çapı ölçülerek, projesinde olması gereken çap ile kontrol edilerek kesit kaybı olup olmadığı, varsa donatı kesitine oranı tespit edilmelidir.

#### b) Hasarlı Betonarme Donatılarının Yenilenmesi

Donatıda oluşan kesit kaybının %20 'yi aşması durumunda yeni donatı (S420, kaynak yapımına uygun olmalı) mevcut donatının sağlam kısımlarından minimum 25 cm birbiri üzerine binecek biçimde kaynaklanmalıdır. Kaynak yapılamayan kısımlarda veya etriye ilavesi yapılması gerekli kısımlarda donatı çapından 4-6 mm büyük çaplı matkap ile 15 Ø (donatı çapının 15 katı ) ankraj derinliğinde delikler açılmalıdır. Açılan deliklerin içerisindeki toz, gevşek parçalar basınçlı hava ile temizlenmelidir. Nervürlü inşaat çeliği, epoksi reçine esaslı 2 bileşenli, kimyasal kartuş malzeme (Sika Anchorfix-3 veya muadili) yardımıyla veya epoksi esaslı ankraj harcı (Sikudur 31 veya muadili) kullanılarak betonarmeye ankre edilmelidir. Yeni donatı, filiz ekimi uygulamasıyla ilave edilen donatıya bağlanmalıdır.

#### c) Beton Tamir Harcı İle Onarım Yapılması

Yüzey hazırlığı ve donatı ilavesi tamamlanan kısımlarda donatı yüzeyine korozyonun oluşmasını engellemek amacıyla epoksi esaslı korozyon önleyici ve aderans artırıcı malzeme (sikadur32 veya muadili) sürülerek uygulanmalıdır. Onarımı yapılacak beton yüzeylerde (Sika Monotop 610 veya muadili) çimento esaslı, aderans artırıcı ve korozyon önleyici malzeme sürülerek veya püskürtülerek uygulanmalıdır. Aderans artırıcı malzeme uygulaması hemen sonrasında çimento esaslı, polimer modifiyeli, yüksek mukavemetli beton tamir harcı olan Sika Monotop 612 veya muadili malzeme ile bir katta 300 mm uygulama kalınlığını geçmeyecek biçiminde tabakalar halinde onarım yapılmalıdır. Pas payı kalınlığı minimum 5 cm olmalıdır. Monotop 612 uygulaması sonrası aynı mukavemet özelliklerine sahip yüzey düzeltmesine uygun ince beton tamir harcı (Sika Monotop 620 veya muadili) ile yüzey bitirme ve düzeltmesi yapılmalıdır.

#### d) Betonarme Eleman Yüzeylerinin Epoksi ile Boyanması

Yüzey onarımlarının tamamlanmasının ardından, yüzeyin hava şartları ve tuz etkisine karşı korunması amacı ile rulo ve/veya airless püskürtme ile koruyucu kaplama yapılması gereklidir. Bu uygulama Sikagard 706 Thixo, Jotun Pcnard su itici kaplama veya muadili ile yapılabilir.



### e) Betondaki Çatlaklara Epoksi Enjeksiyonu Yapılması

Betonarme yapı elemanındaki mevcut çatlak boyunca, 12 mm çapında delikler açılarak 10- 15 cm aralıklarla enjeksiyon dübelleri (packer) çakılır. Çatlak yüzeyi, tiksotropik, solventsiz, iki bileşenli epoksi reçine bazlı harç (Sikadur 31 veya muadili) ile kapatılır. Çatlak içerisine airless yüksek basınçlı enjeksiyon makinesi ile Şekil 5.6 de görüldüğü gibi düşük viskoziteli, solventsiz, iki bileşenli epoksi reçine bazlı enjeksiyon reçinesi (Sikadur 52 veya muadili) enjekte edilir. Yapı elemanlarına enjeksiyon her yüzeyden ayrı ayrı yapılarak boşluk kalmaması sağlanır.



Şekil 5.6 Enjeksiyon uygulama örneği

## 5.2.2 Lafarge Aslan Çimento A.Ş. Büyük İskelesi

### 5.2.2.1 İşin Tanımı

21.0 x 38.2 m boyutlarında 5 anodan oluşan Lafarge Aslan Çimento A.Ş. Büyük İskelesinin kazık başlık betonları ve iskele kazıklarına zarar vermeden iskelenin üst kaplama betonunun kırılması, bunker hattına denk gelen prekast döşemelerin (50 adet 1.7 x 6.1 m'lik) yerinden sökülerek, yeni prekast döşemeli giriş (veya yerinde dökme olarak) yapılması, bunker tekerlek hattına 60 cm genişliğinde

10 mm. kalınlığında sac levha temini ve montajı ile 25-30 cm kalınlığında yeni betonarme döşeme yapılması işi ve iskele kazık, başlık kirişi, boyuna kiriş ve döşeme kirişlerinden onarılması gerekenlerin uygun kimyasallar kullanılarak onarılması neticesinde iskelenin ekonomik ömrünü uzatmak.

#### 5.2.2.2 İşin Kapsamı

##### 1) İskele Üst Kaplama Betonunun Kırılması

İskelenin tümünde yaklaşık 15 cm kalınlığındaki üst kaplama betonu iskele kazıklarına kazık başlık kirişlerine, betonarme döşeme ve boyuna kirişlere zarar vermeden (sökülen beton ve donatıların denize dökülmesi engellenerek) iş programında belirtilen süre içinde sökülüp (kırılması) mahallinden uzaklaştırılır. Bu beton sökülme işlemi sırasında çevrenin ve denizin kirletilmesinin önlenmesi için her türlü tedbir alınır.

Kaplama betonu tamamen kırılarak, çıkan moloz sahadan uzaklaştırılır. Kırılan kaplama betonu yerine, 15 cm kalınlığında ve BS30 kalitesinde süper akışkanlaştırıcı katkılı hazır beton ile yeni kaplama betonu dökülür. Döküm sırasında mutlaka satıh vibratörü kullanılarak sıkıştırma yapılır. Taze beton prizini tamamlayana kadar mevsim şartlarına göre yüzeyi sulanarak ve ıslak telisler ile örtülerek rötre çatlaklarının oluşması engellenmelidir.

##### 2) Mevcut Prekast Kirişlerinden 50 Adedinin Kaldırılarak Yerine Yeni Prekast (Veya Yerinde Dökme) Kirişli Döşeme Yapılması

Büyük iskelede belirlenen hat üzerinde çalışacak bunkerler için iskele üst kaplama betonunun sökülmesini takiben bunker hattına isabet eden 50 adet mevcut 1.7m x 6.1m ölçülerindeki döşemeli kirişlerin yerlerinden sökülmesi ve inşaat mahallinden uzaklaştırılması sağlanarak, yeni projesinde öngörülen prekast veya yerinde dökme kirişli döşemenin BS35 standardında inşaatı gerçekleştirilir.

##### 3) İskele Betonarme Döşeme İnşaatı

21 x 38.2 m ebadındaki 5 adet iskele anosunda 25-30 cm kalınlığında projesinde

öngörüldüğü şekilde BS30 standardında yeni betonarme döşeme inşa edilecektir. Betonarme döşeme mevcut vinç rayları arasında prensipte 25 cm kalınlığında olup, drenajın sağlanması için iskelenin bir tarafında 30 cm olarak dökülür, mevcut geri saha bağlantısında mevcut kotlara uyulacak şekilde gerekli kot düzenlemeleri yapılır. İskelenin mevcut vinç kirişi rayları dışındaki kısımlarda 15 cm kalınlığında betonarme döşeme yapılır. İskeledeki hasar görmüş bir adet döşeme betonu, kirişlerine zarar verilmeden kırılır ve çıkan donatılara profil kaynatılarak ölü kalıp oluşturulur ve tüm iskelenin döşeme betonu ile yeniden dökülmelidir.

#### 4)Dilatasyon Yapılması

İskele anolarının birleşim yerlerinde çelik profil ve lama ile dilatasyon yapılması uygun görülmüştür.

#### 5) Bunker Hattına Saç Kaplama Yapılması

Büyük iskelede çalışacak tekerlekli bunkerler için projesinde öngörülen sac levhalar inşa edilmesi tasarlanmıştır.

#### 6) Mevcut İskele Kazıklarının Kontrol ve Onarımı

İskele çelik kazıklarının deniz seviyesinden başlık betonu altına kadar olan yüksekliği 1.75 m dir. Kazık yüzeyi, deniz seviyesinden yukarıda, (0.15 m bindirme payı ile birlikte) 1.90 m ve deniz seviyesinin altında 1.00 m olmak üzere toplam 2.90 m'lik kısmında ISO-S12 veya ISO-Sa2<sup>2</sup> normunda kumlama yapılarak temizlenir. Kazık yüzeyi, kumlamadan hemen sonra, ıslak yüzeylerde ve su altında uygulanabilen, çift komponentli, epoksi reçine esaslı, solventsiz, A bileşeni 1.60 g/cm<sup>1</sup>, B bileşeni 1.08 g/cm<sup>1</sup> yoğunluğunda, yüksek yapışma mukavemetine sahip dolgu ve koruyucu harç (Henkel Webac 4525 EP ve muadili), (A+B) set içerisine ağırlıkça max. %35 Kuvars kumu katılarak oluşturulan karışım ile 3 mm kalınlığında kaplanmalıdır. Epoksi harç uygulamasının ardından kazık yüzeyi cam elyaf katkılı malzeme (Glass Fibre Tape) ile spiral olarak birbirinin üzerine gelecek şekilde sarılarak laminasyon uygulaması yapılmalıdır. Bu uygulama sırasında malzemenin potluk yapmayacak şekilde sıkıca sarılmasına dikkat edilmeli, cam elyaf üzerine epoksi reçine uygulanarak yüzey tamamen epoksiye doyurulmalıdır. Son olarak,

kazık 2 mm kalınlığında siyah, uv dayanımlı, dış tesirlere ve darbelere karşı mekanik koruma sağlayan, su altında ve çelik kazıkların korozyona karşı korunmasında kullanılan tek parçalı özel polietilen kılıf (Denso SeaShield Series 2000 HD Outercover ve muadili) ile sarılmalıdır.

#### 7) Mevcut İskele Kazık Başlık Kirişleri Boyuna Kiriş ve Döşemelerinin Kontrol ve Onarımı

İskele yapısını oluşturan kiriş, başlık, parapet gibi betonarme elemanlarda meydana gelen hasarın onarımı aşağıda tarif edilen adımlarla gerçekleştirilir:

Yapısal deformasyona uğramış, parçalanmış, hasarlı betonarme elemanların yüzeyleri, mekanik koruyucular ile temizlenerek, cipleme makineleri ile kaba kırım sonrası gevşek parçacıklar sağlam betona ulaşmaya kadar alınmalıdır. Açığa çıkan donatı yüzeyleri basınçlı su (su jeti) ve kumla yüzeydeki korozyon kalıntılarında tamamen temizlenmelidir. Donatı yüzeyi temizleme işlemi 400-600 bar arasında basınçlandırılmış ıslak kumlamalı su jeti ile de yapılabilir

Açılmış beton satırlardaki korozyona uğramış donatılar (%20'den fazla kesit kaybına uğramış olanlar) kesilerek yerine orijinal tasarım kapasitesini sağlayacak oranda yeni inşaat demiri, mevcut sağlam donatıya kaynaklanarak veya betona filiz ekilerek monte edilmelidir. Açılan mevcut beton ve donatı yüzeylerine aderansı artırıcı ve donatıyı korozyona karşı koruyan, su ve klor penetrasyonuna karşı koruma sağlayan, çimento bazlı, epoksi modifiye 2kg/lt yoğunlukta, yapışma direnci 2-3 N/mm<sup>2</sup>, yapıştırma harcı (Sika Top Armatec 110EpoCem + Sikadur 32(Sika Monotop610) veya YKS Masterseal300 B + YKS Concessive1420) uygulanmalıdır.

Donatı yerleşimi yapılan bölgelerde donatı kaplama işleminin de tamamen bitirilmesinden sonra 170-200 bar arasında bir basınç ile beton yüzeyler üzerlerine gelmiş olabilecek toz ve deniz suyunda serpintilerinin bırakabileceği tuzlardan yıkanarak arındırılır ve temizlenir. Yüzeye tekrar dalgalar ile deniz serpintilerinin gelmesi çeşitli koruma önlemleri alınarak engellenebilir.

Aderans arttırıcı uygulamasından hemen sonra polimer modifiyeli, çimento bazlı, elyaf donatılı, silis dumanı içeren yüksek performanslı (28 günlük basınç dayanımı 50- 80 N/mm<sup>2</sup>) beton tamir harcı (Sika Monotop 612 veya YKS Emaco S88 C) ile kat kalınlığı 30mm'yi geçmeyecek şekilde betonarme eleman onarılmalıdır. 30 mm'nin üzerindeki dolgularda tabakalar halinde uygulama yapılacaktır. Son kat bitirme ve düzeltme harcı olarak çimento bazlı polimer modifiyeli silis dumanı içeren, basınç dayanımı 20-40 N/mm<sup>2</sup>, çekme 5-10 N/mm<sup>2</sup>, yapışma 1.5-2.5 N/mm<sup>2</sup>, ince tamir harcı ( Sika Monotop 620 veya YKS Yapkret 20) uygulanmalıdır. Tamir harcının kürünü almasının ardından, kuru yüzey tozdan arındırılarak üzerine hava şartları ve tuz etkilerine karşı koruyucu epoksi esaslı kaplama yapılmalıdır.

Liman yapılarında kullanıma uygun epoksi esaslı iki bileşenli, %50 katı madde içeren, 0.90-1.10 kg/lt yoğunluklu, bağlayıcı astar boya ile Jotun Penguard Clear Varnish (veya Hempel Hempadur Sealer 0599 Epoksi Astar), airless ile 50 mikron kuru film kalınlığında tek kat uygulamasından sonra epoksi esaslı bir ara kat olarak Jotun Penguard HB (veya Hempel Hempadur Spray Guard 3549 Epoksi arakat), airless ile 150 mikron kuru film kalınlığında tek kat ve son kat olarak iki bileşenli, poliamid kürlenmiş, yüksek kimyasal ve aşınma dayanımına sahip %53 katı madde içeren, 1.0- 1.30 kg/lt yoğunluklu, parlak ral 7032 krem-gri renkte boya Jotun Penguard Topcoat (veya Hempel Hempadur 4514 Epoksi son kat) ile, 50 mikron toplam kuru film kalınlığında tek kat olarak uygulanır.

Yukarıda tarif edilen işlemlerin yapımı sırasında deniz suyu veya serpintilerinin imalata gelmesi engellenemezse yapılan imalat sökülerek işlem yenilenir. Taşıyıcı betonarme elemanların herhangi bir durumda, filiz ekme vb. istenen mukavemeti vermemesinin tespitinde ilgili taşıyıcı kazık başlığı betonarme eleman işletmeyi aksatmadan programlanarak yıkılır ve yeniden imalatı yapılır.

#### 8) Betonarme Elemanlardaki Çatlaklara Epoksi Enjeksiyon Uygulaması

Betondaki çatlak boyunca yaklaşık 10-15 cm ara ile Ø12 mm çapında delikler delinerek, açılan deliklere enjeksiyon dübelleri (Packer) çakılır. Dübel çevreleri ve çatlaklar, epoksi reçine esaslı, solventsiz, tiksotropik, iki bileşenli, +20°C'de basınç

dayanımı 50-60 N/mm<sup>2</sup>, çekme dayanımı 15-20 N/mm<sup>2</sup>, betona yapışma dayanımı 3.0-3.50 NI/mm<sup>2</sup> tamir harcı (SikaDur 31 veya YKS Concessive 1406) ile kapatılmalıdır.

Çatlak içerisine yüksek basınçlı, airless enjeksiyon makinesi ile düşük viskoziteli, solventsiz, iki bileşenli, epoksi reçine, yoğunluk 1,10 Kg/lt, +20°C'de basınç dayanımı 53 N/mm<sup>2</sup>, çekme dayanımı 25 N/mm<sup>2</sup>, betona yapışma dayanımı 4.0 N/mm<sup>2</sup> (beton kopar), viskozitesi 500 MPa.s malzeme (SikaDur 52 veya YKS Concessive 1302) basınçlı olarak enjekte edilir. Enjeksiyon uygulamasından sonra dübeller kesilerek, bu noktalar tamir harcı ile kapatılır.

#### 9) İskele İnşaatında Kullanılacak Beton

İskelenin bunker tekerlek hattı altında yapılacak boyuna kirişler ve döşeme inşaatında (BS35) betonarme betonu; betonarme döşeme betonu olarak (BS 30) kullanılır. Beton dökümünde standartlarda öngörülen şartların sağlandığı, alınacak numuneler üzerinde yapılacak deneylerle tespit edilir.

#### 10) İskele İnşaatında Kullanılacak Çelik

İskele inşaatında S420a nervürlü çelik kullanılması uygun görülmüştür. Çelikler her türlü yağ, pas ve yabancı maddelerden arındırılır. TS 708 beton çelik çubukları şartnamesine uygun olmalıdır.

#### 11) Mevcut Drenaj Kanalı, Raylar, Rögarlar, Baba-Halka ve Tesisat Bağlantıları

İskele betonarme döşeme betonlarının ve diğer iskele elemanlarının imalatı sırasında, mevcut drenaj kanalı, raylar, rögarlar, baba-halka gibi bağlama elemanları ile diğer tesisat geçişleri dikkate alınmalıdır.

#### 12) Kalıp İşleri

İskele inşaatında kullanılacak kalıp çelik, ahşap veya uygun görülen diğer malzemedен yapılır ve betonun yerleştirilme ve vibrasyonu sırasında ortaya çıkacak basıncı deformasyon ve/veya yer değiştirme, kayma olmadan emniyetle taşıyacak yeterli mukavemette sahip olmalıdır.

### 13) Usturmaça İşleri

İskelede hasarlı bulunan kauçuk usturmaalar yerinden sokulerek yenileri yerleştirilmelidir.

### 5.2.3 KemerKöy Termik Santrali Ağır Yük İskelesi

Dokuz Eyllnn Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi ile KemerKöy Elektrik retim ve Ticaret A.ř. Genel Müdürlüğü arasındaki protokol gereğince Ağır Yük İskelesi performans analizi ve iskele gclendirme projesi kapsamındaki çalışmalardan faydalanılmış olup yüksek lisans bitirme tezi kapsamında iskele mevcut durumu, fiziksel özellikleri ve yerinde yapılan gözlem ve bulgular dan elde edilen çalışmalara yer verilmiştir.

#### 5.2.3.1 KemerKöy Termik Santrali Ağır Yük İskelesinin Fiziksel zellikleri

Proje konusunu oluşturan KemerKöy Ağır Yük İskelesi, Muğla İli, Milas İlçesi, KemerKöy Mevkii'ndedir (şekil 5.7). KemerKöy Ağır Yük İskelesi Trkevleri ve ren yerleşim birimlerinin arasında olup Milas ilçesine yaklaşık 40 km mesafededir.



şekil 5.7 Proje alanı (KemerKöy Termik Santrali Ağır Yük İskelesi)

Kemerköy Ağır Yük İskelesi  $37^{\circ} 01' 50''$  Kuzey enlemi ve  $27^{\circ} 54' 25''$  Doğu boylamında bulunur. Kemerköy Termik Santrali'nin kurulması için gerekli teçhizatın deniz yolu ile getirilmesi amacı ile 1988 yılında inşaatı bitirilmiş olan iskele, santralin hemen önünde yer alır. İskelenin gemi yanaşma bölümü toplamda 135.10 m uzunluktadır. İskeleye yaklaşım bölümünün boyu ise 88.45 m'dir. Gemi yanaşma bölümünde ortalama su derinliği 14 m'dir. İskelenin stok sahası 13694 m<sup>2</sup> olup tır park alanı 4378 m<sup>2</sup>'dir.



Şekil 5.8 Kemerköy ağır yük iskelesi genel görünümü



Şekil 5.9 İskele genel vaziyet planı



### 5.2.3.2 Ağır Yük İskelesi Yapısal Özellikleri

İskele gemi yanaşma, yaklaşım ve dolfinler olmak üzere üç bölümden oluşur. Bu bölümlerin tamamı düşey kazıklar vasıtasıyla yüklerini zemine aktarmaktadır. Yaklaşım bölümü 88.45 m, yanaşma kısmı ise 135.10 m boyundadır. Yaklaşım kısmının genişliği 10 metreden başlayarak 25.40 metreye ulaşmaktadır. Yanaşma kısmının genişliği ise 20.00 metredir. Yanaşma kısmının batı tarafında ise iki adet bağlama dolfini bulunur. İskele yapısı, birbirinden 5 cm genişliğindeki dilatasyon derzleri ile ayrılan bağımsız 5 adet anodan oluşmaktadır.

İskele anolarında A-1, A-2 ve A-3 anolarında yetmiş ikişer tane kazık bulunmaktadır. A-4 anosunda 35, A-5 anosunda ise 30 tane kazık bulunmaktadır. Toplamda kazık sayısı 281 adettir. İskele kısa kenarı doğrultusundaki prefabrike kazık başlıkları ve bunların üzerine oturan başlık kirişleriyle kazık sıraları oluşturulmuştur (Şekil 5.10). Kazık donatıları, prefabrike kazık başlığında bırakılan dairesel boşluklardan kirişlere ve daha sonra döşeme donatıları içine geçmektedir. İskele döşemeleri uzun kenar doğrultusunda yerleşen ve başlık kirişleriyle mesnetlenmiş prekast elemanlara oturmaktadır. Prekast elemanların üstüne yerinde döşeme betonu dökülmüştür (Şekil 5.11).



Şekil 5.10 Kazık başlık kirişleri



Şekil 5.11 Döşeme altı betonarme prekast elemanlar

### 5.2.3.3 Saha Çalışmaları ve İskelenin Mevcut Durumu

#### a) Yapısal Elemanlarda Yapılan Ölçümler ve Gözlemler

Yerinde yapılan ölçümlerde iskele yapısının genelde projesine uygun yapıldığı belirlenmiştir. Ancak dilatasyon derzlerinin projesinde gösterilen 5 cm yerine 2 cm (A1-A2), 4 cm (A2-A3) ve 23.5 cm (A4-A5) olarak uygulandığı tespit edilmiştir. Kazıklar arası mesafe çoğunlukla projesine uygundur. Ancak bazı kazıkların tam yerinde düşey olarak çakılamadığı ve yapısal elemanlar ile (kazık başlığı ve başlık kirişi) bağlantılarının projeye uygun yapılmadığı görülmüştür (Şekil 5.12 ve Şekil 5.13). Ayrıca kazık başlığını 45 cm dışmerkezlik ile mesnetleyen kazıklar da mevcuttur (Şekil 5.14).



Şekil 5.12 Başlık içine düzgün oturmeyen kazık örneği



Şekil 5.13 Başlık içine düzgün oturmeyen ve donatı yerleşimi şüpheli olan kazık örneği



Şekil 5.14 Başlık kirişini dışmerkez mesnetleyen kazık örneği

Çelik boru kazıkları muhafaza altına alan prefabrike betonarme elemanların (kazık başlıkları) denize bakan yüzlerindeki beton genel olarak dökülmüş ve açığa çıkan donatılar korozyona maruz kalmıştır. Bu elemanlardaki donatı korozyonu yapının

stabilitesi üzerinde etkili değildir. Bu yüzden sınırlı bir onarım yapılması yeterli olacaktır. Başlık kirişlerinde beton yüzeyinde dağılma ve donatılarda korozyon mevcuttur (Şekil 5.15). Bu elemanlarda yapısal güçlendirmeye gidilmesi gereklidir



Şekil 5.15 Başlık kirişi betonunda dökülme ve donatılarda korozyon

Yapılan incelemelerde kazık başlarındaki çapraz çelik kirişler yoğun derecede korozyona uğramış ve büyük kısmı fonksiyonunu yitirmiştir. Bu elemanlarda herhangi bir korozyon koruma önleminin alınmamış olması bozulmanın başlıca nedenidir. Yapısal analizlerde bu elemanlar hesaba katılmamıştır.

İskelenin ana taşıyıcı elemanı olan kazıklar projesine göre düşey çakılacak şekilde tasarlanmıştır. Kazıkların çelik boru muhafaza kısmında korozyona karşı herhangi bir önlem (katodlu koruma, bitümlerle kaplama v.b.) alınmadığı için çarpıntı bölgesi içinde belirgin korozyon mevcuttur. Çelik boru kazıklarda korozyon etkilerinin su seviyesinin yaklaşık 75 cm kadar altından itibaren başlayıp başlık altına kadar olan bölgede yoğun olduğu yapılan gözlemlerde belirgin tespit edilmiştir. Bu bölgedeki pas tabakaları yer yer dökülmüştür. Ancak korozyon hiçbir yerde kazık içindeki betona kadar ulaşmamıştır (Şekil 5.16). Kazıkların su altında kalan yüzeyleri ise muhtelif deniz canlıları ile kaplanmış durumdadır. Bu kısım için şiddetli korozyondan söz edilecek bir durum yoktur.



Şekil 5.16 Çelik boru kazıklarda korozyona bağlı pas tabakası

Kazıklardaki korozyonun mertebesini belirlemek için dalgıç marifetiyle alanın bütününe temsil edecek sayıda kazık üzerinde ölçüm alınmıştır. Ölçümlerde ultrasonik sualtı ekipman kullanılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda en düşük metal kalınlığı 6.2 mm, en yüksek metal kalınlığı ise 9.7 mm hesaplanmıştır. Güvenli tarafta kalmak için çelik boru metal kalınlığı 6.2 mm kabul edilmiştir. Kazıkların sualtı bölümü deniz bitkileri tarafından kaplanmış olup korozyon tespit edilmemiştir (Şekil 5.17).



Şekil 5.17 Kazıkların sürekli su içinde kalan bölümü

İskelenin yaklaşım bölümü döşemeleri altında dikkat çeken bir korozyon görülmemiştir. Bu bölümde prefabrike kirişlerde de önemli ölçüde bozulma mevcut değildir. Yanaşma kısmının baş tarafındaki kapak atma rampası altındaki döşemelerin alt yüzeylerinin bazı bölümlerinde donatılar tamamen açıkta kalmıştır. Kapak atma yerinin alın kiriş donatıları da korozyona maruz kalmıştır (Şekil 5.18).



Şekil 5.18 Kapak atma rampası alın kirişlerinde donatı korozyonu

Yanaşma kısmındaki usturmaçaların bir kısmı kaybolmuş, bir kısmı da hasara uğramıştır. Eksik ve hasarlı usturmaçaların değiştirilmesi gerekmektedir. Usturmaçalar tamamlanmadan iskele işletmeye açılmamalıdır.



Şekil 5.19 Hasarlı usturmaça örneği

## BÖLÜM ALTI

### SONUÇVE ÖNERİLER

Liman yapılarının düzenli olarak bakıma alınması gereklidir. Bu yapıların servis ömürleri genellikle 30 ile 50 yıl arasında olmaktadır. Kullanım ömürleri boyunca bu yapılar kolaylıkla hasara uğrayabilirler. Proje ömürlerini düşünmeden tüm liman yapıları, öngörülen servis ömürlerini iyi ve güvenli durumda tutmayı gerektirmektedir. Rutin inceleme ve bakım planlama çabaları genellikle çok masraflı ve yoğun çalışma gerektiren durumlar olduğundan tamirler tehlikeli bir durum olana kadar ertelenmektedir. Ancak deniz yapılarının kullanım ömürleri boyunca iyi bir hizmet verebilmesi için ‘‘bakım ve yönetim’’ lerinin yapılması gerekir. Genellikle bakım işlemleri mevcut malzemelerdeki zarar verici durumların düzenli olarak önlenmesi ve onarımı, kabul edilemez bozulmanın engellenmesi için yeni yüzey kaplamaları, astar uygulaması ve operasyonel katodik koruma sistemlerinin yapılandırılması ile korunması şeklinde düşünülmektedir.

Deniz yapıları sürekli olarak birtakım çevresel faktörlerin de etkisi altındadır. Çevresel faktörler: dalgalar, depremler, gemilerin yanaşma kuvvetleri, deniz suyu ile oluşan kimyasal korozyon gibi olaylar örnek olarak verilebilir.

Deniz yapılarında bazı biyolojik oluşumların meydana gelmesinin yararlı etkileri olabilir. Böyle durumlarda bu etkinin azaltılması veya yok edilmesi için önlem alınması gereksizdir. Diğer taraftan bazı oluşumlar bozulmaya sebep olabilir ve sistematik yer değiştirme ile düzenli bakım gerektirebilir. Mesela midye ve yabani ot oluşumları genellikle yararlı iken bazı yumuşakçalar betona nüfuz edebilirler. Bir takım araştırmaları ve bakım işlemlerini yürütmek için genellikle taş, beton ya da çeliğin yüzeyinin sık sık temizlenmesi gereklidir. Bu özellikle gel-git bölgesindeki deniz yapılarında görülen bir durumdur. Su üstünde ve altında değişik işlemler mümkündür. Örneğin kum püskürtme veya çakıl püskürtme, yüksek basınçlı jet püskürtme, basınçlı hava aletlerinin kullanılması ya da el ile temizleme gibi uygulamalar yapılabilir.

Yanaşma yeri işletmesinden kaynaklanan hasarlar ise genellikle bir gemi tarafından rıhtıma verilen hasarlardır ve iki kategoriye ayrılabilir. Bunlar, kaza sonucu oluşan hasarlar ve gemi elleçleme yöntemine bağlı hasarlardır. Yükleme kazaları genellikle tek seferlik ve kısa sürelidir. Bu yüklemeler yapının gücünden daha yüksek gerilim oluşturulabilir ve bunun sonucunda yerel veya genel hasar yaratabilirler. Yapıya hasar veren yükleme kazalarının belirlenmesi, hasarın bulunmasından önceki olayların bilgisini gerektirir. Genelde bu tip hasarları teşhis etmek kolaydır.

Görsel inceleme hasarlı çeliği ya da ahşap yapısal durumunu gösterecektir ve betonun soyulması ya da çatlaması ortaya çıkacaktır. Bu hasarlar genellikle gemilerin mekanik problemlerine ve kötü hava koşullarına bağlıdır ve engellenemez. Bazen yük elleçleme sistemini yanaşma yerinde değiştirmek ekipmanın yükünün artmasına ve yapıda hasara neden olabilir. Genelde serviste olan yapı sadece mobil, portal ve konteyner krenleri tarafından üretilen ağır yüklerle oluşan bozulmalara değil aynı zamanda dikkatsizce sürülen mobil ekipmanların oluşturduğu bozulmalara da dayanmalıdır. Çünkü, yük elleçleme ekipmanları günümüzde oldukça mobil ve kullanışlıdır.

Hazırlamış bulunduğum yüksek lisans tezi kapsamında, yukarıda kısa bir özetinden bahsedilen etkiler altında betonarme iskelelerinin bakım onarım ve güçlendirilmesiyle ilgili detaylı çalışmalara yer verilmiştir.

Tez çalışmasında öncelikle Ege Bölgesindeki iskelelerin mevcut durumları araştırılarak; ülkemizdeki kıyı yapılarının inşasına ilişkin mevcut esaslar ve yönetmelikler irdelenmiş olup betonarme iskelelerin bakım, onarım ve güçlendirilmesine ilişkin uygulama detaylarına değinilmiştir. Ayrıca daha önce yapılmış olan ve hali hazırda uygulaması devam eden bakım, onarım ve güçlendirme projeleri ele alınarak tez çalışmamda bahsetmiş olduğum yöntemler irdelenmiş ve ülkemiz koşullarında etkinliği tartışılmıştır.

Sonucu olarak, çeşitli iklimlerde farklı sebeplerden ve etkilerden dolayı doğal olarak hasar ve bozulmanın meydana geldiği betonarme iskelelerin bakımları rutin bir



şekilde yapılmalıdır. Gerek servis ömürlerini uzatmak, gerekse iskelelerden maksimum fayda sağlamak için liman yapıları güçlendirme yöntemlerinin iyi bilinmesi gerekir.

Ülkemiz üç tarafı denizlerle çevrili bir konumda olmasına rağmen bilinçsizlik ve ne yazık ki izlenen yanlış politikalar yüzünden deniz taşımacılığına gereken önem verilmediği anlaşılmıştır. Oysa taşımacılık sektöründe en ekonomik olanaklara sahip olan deniz taşımacılığına gereken önem verilmeli ve denizlerden maksimum seviyede faydalanılmalıdır.

Kıyı şeridindeki şehirlerimizde bulunan deniz yapıları alanlarına sahip çıkılmalı, bakım onarım ve güçlendirilmelerine önem verip maksimum hizmet kapasitesine ulaşmasını sağlamalıyız. Ulaşım politikamızı belirlerken deniz taşımacılığı göz ardı edilmemeli ve bu kapsamda daha fonksiyonlu ve ihtiyaca uygun modern deniz yapıları inşa etmeliyiz.

**KAYNAKLAR**

- Baradan, B. (2004). *Yapı Malzemesi II*. D.E.Ü. Müh. Fak. Yayın No. 207, 221 s.
- Baradan, B. (2003). *İnşaat Mühendisleri için Malzeme Bilgisi*. D.E.Ü. Müh. Fak. Yayın No. 307, 394 s.
- Baradan, B., Yazıcı , H. ve Ün, H (2002). *Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite)*. D.E.Ü. Müh. Fak. Yayın No. 282, 298 s.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. (2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, 107-129.
- BS 6349:Part4. (1994). *Maritime Structures Part 4. Code of practise for design of fendering and mooring systems*. London: British Standart Institution.
- BS 6349:Part1. (2000). *Maritime Structures Part 1. Code of practise for general criteria*. London: British Standart Institution.
- Coastal Engineering Research Center. (1986). *Shore Protection Manual*. USA: Viksburg, Miss
- Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaat Genel Müdürlüğü (2008). *Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları*, 197-224.
- Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaat Genel Müdürlüğü (2008). *Kıyı Yapıları ve Limanlar Malzeme, Yapım, Kontrol ve Bakım Onarım Teknik Esasları*, 79-90.
- Erdoğan, T. Y. (2003). *Beton*. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim Yayınları, Ankara.

- Erdoğdu, H. ve Karata, E. (2003). Sülfat iyonu konsantrasyonu düşük ortamlara maruz betonun durabilitesinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *5. Ulusal beton kongresi. Bildiriler kitabı*. Alaş Matbaası.
- Erten, E. (2009). *Deniz Suyunun Çimento Tipi Farklı Harçların Mekanik ve Durabilite Özelliklerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, 3, 28 s.
- Japan International Cooperation Agency. (1994). *Maintenance of Port and Harbour Facilities*. Japan: Technical Report of Japan International Cooperation Agency.
- Kutlu, O. ve Demiriz, M. (2007). Cem III tipi çimentoların betonda kullanımının teknik ve ekonomik yönlerinin değerlendirilmesi. *7. Ulusal Beton Kongresi. Bildiriler Kitabı*. Maya Basın Yayın.
- Köksal, F., Güllü, H. ve Güner, A. (1996) Islanma-kuruma etkisindeki betonlarda en uygun uçucu kül ve yüksek fırın cürufu oranları. *4. Ulusal Beton Kongresi. Beton Teknolojisinde Mineral ve Kimyasal Katkılar. Bildiriler Kitabı*. Masa Basın Yayın.
- Mehta, P. K., Monteiro, P. J. M. (2005). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. <http://site.ebrary.com/lib/deulibrary>.
- Neville, A. (2004). The confused world of sulfate attack on concrete. *Cement and Concrete Research*, 34, 1275-1296.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. (2002). *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Japan: The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan.
- Oil Companies International Marine Forum. (1992). *Mooring Equipment Guidelines*. London: Witherby and Co Ltd.

PIANC. (1990). *Inspection, Maintenance and Repair of Maritime Structures Exposed to Damage and Material Degradation caused by a Salt Water Environment*. Bruxelles: PIANC/MarCom Report of Working Group 17.

Tsinker, G. P. (1995). *Marine Structures Engineering*. USA: A division of international Thomson Publishing Inc.

Tsinker, G. P. (2004). *Port Engineering*. Canada: John Wiley

Şengül, Ö., Taşdemir, M. A., Yüceer, Z. ve Erenoğlu, T. (2003). Uçucu kül ve yüksek fırın cürufunun betonun klor geçirimsizliğine ve basınç dayanımına etkisi. *5. Ulusal Beton Kongresi, Bildiriler Kitabı*. Alaş Matbaası.

Yazıcı, H., Türkel, S., Yiğiter, H. ve Aydın, S. (2003). Beton içindeki bağlayıcı miktarının betonun deniz suyuna dayanıklılığına etkisi *5. Ulusal Beton Kongresi, Bildiriler Kitabı*. Alaş Matbaası.

Yüksel, Y ve Çevik, Ö. E. (2009). *Deniz Mühendisliği Serisi No: 1 Kıyı Mühendisliği*. İstanbul: Beta Yayıncılık.

Yüksel, Y ve Çevik, Ö. E. (2006). *Deniz Mühendisliği Serisi No: 2 Liman Mühendisliği içinde (481-506)*. İstanbul: Arıkan Yayınevi

Tosun, K., Yazıcı, H., Yiğiter, H. ve Baradan, B. (2003). Uçucu kül içeren çimento harçlarının sülfat dayanıklılığının incelenmesi *5. Ulusal Beton Kongresi, Bildiriler Kitabı*. Alaş Matbaası.

Türkiye Hazır Beton Birliği (2008). *Uluslar Arası Hazır Beton Kongresi Bildirileri*. İstanbul: THBB

## EKLER

### ŞEKİLLERİN LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Kıyı yapıları tasarım akış şeması .....	3
Şekil 2.2 Gemi boyutları ile ilgili tanımlar .....	5
Şekil 2.3 Koordinat sistemi ve işaret kabulü.....	10
Şekil 2.4 Bütün gemiler için derin denizde akıntı direnç katsayıları.....	15
Şekil 2.5 Rüzgar geliş açısı ile rüzgar kuvvet katsayıları arasındaki ilişki.....	16
Şekil 2.6 Çok büyük petrol tankerleri için rüzgar kuvvet katsayıları .....	17
Şekil 2.7 Yük gemileri için rüzgar kuvvet katsayıları .....	18
Şekil 2.8 Enine akıntı kuvvetleri için derinlik düzeltme faktörü .....	19
Şekil 2.9 Boyuna akıntı kuvvetleri için derinlik düzeltme faktörü .....	19
Şekil 2.10 Sığ sularda tankerlerde boyuna kuvvet katsayısı değişimi.....	20
Şekil 2.11 Tankerler için boyuna izdüşüm alanları .....	20
Şekil 2.12 Konteyner gemileri için uzunluk/boyuna izdüşüm alanları ile ölü ağırlık arasındaki ilişki.....	21
Şekil 2.13 Gemi yanaşma şekli .....	23
Şekil 2.14 (r) İle blok katsayısı (Cb) ilişkisi .....	25
Şekil 2.15 Gemi yanaşma durumları ile yanaşma hızı arasındaki ilişki .....	28
Şekil 2.16 Kazık çizimlerine göre $C_D$ katsayıları .....	32
Şekil 2.17 Kazık gurupları yerleşimi .....	32
Şekil 2.18 Dalga kaldırma kuvveti .....	35
Şekil 3.1 Betonun ve çimento harcının fiziksel nedenlerle bozulması .....	41
Şekil 3.2 Betonun çimento harcının bozulmasına yol açan kimyasal reaksiyon türleri.....	43
Şekil 3.3 Deniz ortamındaki bulunan yapıların maruz kalabilecekleri yıpratıcı etkiler.. .....	44
Şekil 3.4 Klor iyonlarının betona girişi.....	45
Şekil 3.5 Deniz suyu etkisi.....	49

Şekil 3.6 ASR Hasarına uğramış yapı türleri .....	55
Şekil 3.7 ASR Hasarına uğramış yapı örnekleri.....	59
Şekil 3.8 Yüksek oranda alçı taşı İçeren harç örneklerinin hava ve su içerisinde bekletilmeleri halinde 84 gün sonundaki durumları .....	60
Şekil 3.9 Deniz suyuna maruz kalan betonarme silindirin gösterimi .....	64
Şekil 3.10 Betonarme donatısında klorür iyonlarının yol açtığı oyulma tarzı korozyon .....	67
Şekil 4.1 Bakımın tanımı .....	73
Şekil 4.2 Liman birimi bakım sistemi akım diyagramı .....	77
Şekil 4.3 Su seviyesi üstünde beton tamiri için kullanılan kalıbın detayları .....	89
Şekil 4.4 Su altı beton tamiri .....	90
Şekil 4.5 Rıhtım duvarını prefabrik beton kalıp ile yeniden kaplama.....	91
Şekil 4.6 Jet graut yapım safhaları .....	92
Şekil 4.7 Hasarlı beton kazığın tipik tamiri .....	94
Şekil 4.8 Tipik platform hasarı.....	95
Şekil 4.9 Tipik oyulma koruma sistemleri.....	96
Şekil 4.10 Rıhtım topuğunda jet saptırıcılar.....	96
Şekil 4.11 Su altı yapısının betonlanması .....	97
Şekil 4.12 Tremi boru yöntemi .....	99
Şekil 5.1 Kütle kaybı .....	101
Şekil 5.2 Rehabilitasyon ve güçlendirme gereken kazıklar .....	101
Şekil 5.3 Betonarme korozyon .....	102
Şekil 5.4 Kaplama uygulama örneği 1.aşama .....	107
Şekil 5.5 Kaplama uygulama örneği 2.aşama .....	107
Şekil 5.6 Enjeksiyon uygulama örneği .....	112
Şekil 5.7 Proje alanı .....	118
Şekil 5.8 Kemerköy ağır yük iskelesi genel görünümü .....	119
Şekil 5.9 İskele genel vaziyet planı .....	119
Şekil 5.10 Kazık başlık kirişleri .....	120
Şekil 5.11 Döşeme altı betonarme prekast elemanları.....	121
Şekil 5.12 Başlık içine düzgün oturmeyen kazık örneği .....	121

Şekil 5.13 Başlık içine düzgün oturmayan ve donatı yerleşimi şüpheli olan kazık örneği .....	122
Şekil 5.14 Başlık kirişini dışmerkez mesnetleyen kazık örneği .....	122
Şekil 5.15 Başlık kirişi betonunda dökülme ve donatılarda korozyon .....	123
Şekil 5.16 Çelik boru kazıklarda korozyona bağlı pas tabakası .....	124
Şekil 5.17 Kazıkların sürekli su içerisinde kalan bölümü .....	124
Şekil 5.18 Kapak atma rampası alın kirişlerinde donatı korozyonu .....	125
Şekil 5.19 Hasarlı usturmaça örneği .....	125

## TABLolarIN LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 2.1 Ölü ağırlık tonajı ve gros tonaj arasındaki ilişki.....	6
Tablo 2.2 Kargo gemileri .....	7
Tablo 2.3 Konteyner gemileri .....	7
Tablo 2.4 Feriler-küçük ve orta mesafeli feriler.....	8
Tablo 2.5 Feriler- uzun mesafeli feriler .....	8
Tablo 2.6 Rool-on ve roll-off gemileri .....	8
Tablo 2.7 Yolcu gemileri .....	9
Tablo 2.8 Petrol tankerleri.....	9
Tablo 2.9 Gemilerin bağlama kuvvetleri .....	13
Tablo 2.10 Gemilerin bağlama kuvvetleri .....	13
Tablo 2.11 Gemilerin bağlama kuvvetleri .....	13
Tablo 2.12 Rıhtımlarda kullanılacak babalar için baba aralıkları ve sayılar.....	14
Tablo 2.13 Gemilerin yer değiştirme tonajları (DT) ile ölü ağırlık tonajları (DWT) arasındaki ilişki .....	22
Tablo 2.14 Ölü ağırlık tonajı (DWT) veya gros tonaj (GT) verileri $L_{BP}$ hesaplanmasını sağlayan eşitlikler .....	24
Tablo 2.15 $C_b$ değerleri .....	25
Tablo 2.16 DWT ve yanışma hızları .....	28
Tablo 2.17 Usturmaça yüzeyi kaplama malzemeleri sürtünme katsayıları .....	30
Tablo 2.18 Düzeltme katsayıları.....	33
Tablo 2.19 Kuru yük özgül ağırlıkları ve içsel sürtünme açısı .....	36
Tablo 2.20 Liman sahasına etkileyen kren yükleri.....	37
Tablo 2.21 Liman sahasına etkileyen konteyner taşıyıcı yükleri.....	38
Tablo 3.1 Ege denizinin tuzluluk oranları ve iyon konsantrasyonları .....	46
Tablo 3.2 Yapının maruz kaldığı deniz ortamına göre görülme olasılığı olan yıpratıcı etkiler .....	50
Tablo 4.1 Keson kompozit tip dalgakıranın periyodik kontrolü için etkenler .....	78



Tablo 4.2 Keson kompozit tip dalgakıranın periyodik olmayan kontrolü için etkenler .....	78
Tablo 4.3 Keson tipi kıyı duvarının periyodik kontrolü için etkenler .....	79
Tablo 4.4 Keson tipi kıyı duvarının periyodik olmayan kontrolü için etkenler .....	79
Tablo 4.5 Keson tipi kıyı duvarı için kontrol yöntemleri .....	80
Tablo 4.6 Keson tipi kıyı duvarı için maksimum izin verilen deformasyon.....	81
Tablo 4.7 Palplaş tipi kıyı duvarı için periyodik kontrolü için etkenler .....	81
Tablo 4.8 Palplaş tipi kıyı duvarı için periyodik olmayan kontrolü için etkenler .....	82
Tablo 4.9 Palplaş tipi kıyı duvarı için kontrol yöntemleri .....	82
Tablo 4.10 Düşey kazıklı rıhtımlarda kontrol için etkenler .....	83
Tablo 4.11 Düşey kazıklı rıhtım için periyodik kontrol için etkenler .....	83
Tablo 4.12 Düşey kazıklı rıhtım için periyodik olmayan kontrol için etkenler .....	83
Tablo 4.13 Beton yapılar.....	85
Tablo 4.14 Betonarme yapılar .....	86
Tablo 5.1 Keşif özeti.....	103