



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Deniz Yapı, Bakım ve Onarım

Yüksek Lisans Tezi

CANSU YAĞIZ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTIMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ.....	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. DENİZ YAPILARINDA KULLANILAN MALZEMELERİN BOZULMASINA NEDEN OLAN ETKENLER	5
2.1 Giriş.....	5
2.2 Ahşap	5
2.2.1 Biyolojik Faktörler.....	6
2.2.1.1 Mantarsal Çürüme.....	6
2.2.1.2 Böcekler	6
2.2.1.3 Deniz Canlıları	7
2.2.1.4 Bakteriler.....	8
2.2.2 Fiziksel Faktörler	8
2.2.2.1 Çevresel Şartlar	8
2.2.2.2 Operasyonel Aktiviteler	8
2.2.3 Kimyasal Etkiler	8
2.2.3.1 Doğrudan Etki.....	8
2.2.3.2 Bağlantı Elemanları	8
2.2.4 Ahşap Türleri ve Kullanımı	9
2.2.5 Ahşabın Özellikleri	9
2.3 Taş.....	10
2.4 Beton (Donatılı, Donatısız, Ön-Gerilmeli)	10
2.4.1 Kimyasal ve Biyolojik Etki.....	10
2.4.2 Fiziksel Etki	11
2.4.2.1 Aşırı Yükleme, Çarpma, Aşınma ve Erozyon.....	11
2.4.2.2 Donma-Çözülme	12
2.4.2.3 Yapım Hataları.....	13
2.4.2.4 Donatı Korozyonu.....	13
2.4.2.5 Tasarım Hataları.....	13
2.4.2.6 Oturma ve Hareket.....	14
2.4.2.7 Sıcaklık Değişimleri.....	14
2.4.2.8 Bozulmanın Diğer Şekilleri	14
2.5 Çelik.....	15
2.5.1 Korozyonun Şekilleri	15
2.5.2 Korozyon Çeşitleri	16
2.5.3 Korozyon Bölgeleri.....	17
2.5.4 Fiziksel ve Kimyasal Etki	19
2.5.5 Yanaşma Yeri İşletmesine Bağlı Hasarlar	20

2.5.5.1	Gemiler ve/veya Kargo Elleçleme Sistemleri ile Yapılara Verilen Hasarlar.....	20
2.6	Gemi Pervanelerinin Neden Olduğu Oyulma	20
3.	DENİZ YAPILARINDA İNCELEME YÖNTEMLERİ	21
3.1	Ahşap	22
3.1.1	Görsel İnceleme	23
3.1.2	Yerinde Yapılan Mekanik Testi	24
3.1.3	Azalan Çapın Belirlenmesi	24
3.1.4	Denetleme Programları	24
3.2	Taş ve Donatısız Beton	25
3.2.1	Görsel İncelemeler	25
3.2.2	Ölçümler	25
3.2.2.1	Yatay ve Düşey İnceleme	26
3.2.2.2	Eğim Ölçer	26
3.2.2.3	Geoteknik Araştırmalar	26
3.2.3	Test Etme	26
3.2.3.1	Tahribatsız Deneyler	26
3.2.3.2	Tahribatlı Deneyler	26
3.3	Donatılı ve Ön-Gerilmeli Beton – Özel Testler ve Analizler	27
3.3.1	Görsel İncelemeler	27
3.3.2	Saha Testleri ve Örnekleme	27
3.3.2.1	Pas Payının Belirlenmesi	27
3.3.2.2	Karbonatlaşma Testleri	27
3.3.2.3	Yüzey Sertliği	27
3.3.2.4	Korozyon Testleri	28
3.3.2.5	Çatlak ve Boşlukların Dağılımı	28
3.3.2.6	Hareket	28
3.3.2.7	Titreşim	29
3.3.2.8	Yükleme Testi	29
3.3.2.9	Toz Örnekleri	29
3.3.2.10	Karot Numuneleri	29
3.3.2.11	Nem İçeriği	29
3.3.2.12	Beton Yüzeyinin Temizliği ve Pürüzlülüğü.....	29
3.3.2.13	Betonun Direnci	30
3.3.2.14	Donatının Temizliği ve Boyutu	30
3.3.3	Laboratuvar Testleri	30
3.4	Çelik	30
3.4.1	İnceleme Bölgeleri	30
3.4.2	Görsel İnceleme	30
3.4.3	Ölçümler	31
4.	DENİZ YAPILARINDA BAKIM ve KORUMA İŞLEMLERİ	33
4.1	İzin Verilebilir Maksimum Deformasyon.....	34
4.2	Tasarım Ömrü	35
4.3	Deniz Yapısı Bakım Sistemi	35
4.4	Deniz Yapılarında Kullanılan Malzemeler İçin Bakım ve Koruma	36
4.4.1	Ahşap	36
4.4.1.1	Koruyucu İyileştirme	36
4.4.1.2	Orijinal Sarma Tekniği	38
4.4.1.3	Kazık Tepelerinin Korunması.....	38

4.4.1.4	Aşınmayı Azaltıcı Yöntemler	38
4.4.1.5	Kullanıma Hazırlama İşlemleri	39
4.4.1.6	Temizleme	39
4.4.2	Taş yapılar	39
4.4.3	Beton	39
4.4.3.1	Koruma	39
4.4.3.1.1	Yüzeysel Bakım	40
4.4.3.1.2	Kılıflamak	41
4.4.3.1.3	Katodik Koruma	41
4.4.3.1.4	İnhibitör (Korozyon Önleyici) Kullanımı	42
4.4.3.1.5	Paspayının Artırılması	43
4.4.3.2	Temizleme	43
4.4.4	Çelik	43
4.4.4.1	Katodik Koruma	43
4.4.4.1.1	Kurban Anot Sistemi	43
4.4.4.1.2	Ters Akım Uygulanması	44
4.4.4.1.3	Yapısal İhtiyaçlar ve Tasarım Kriterleri	44
4.4.4.1.4	Bakım	44
4.4.4.2	Kaplama	45
4.4.4.2.1	Malzemeler ve Sistemler	45
4.4.4.2.2	Uygulama	46
4.5	Bazı Ana Yapılar İçin Bakım Sistemleri	47
4.5.1	Keson Kompozit Tip Dalgakıran	49
4.5.1.1	Deformasyon Zinciri	49
4.5.1.2	Kontrol için Etkenler	51
4.5.1.3	Kontrol Yöntemi	51
4.5.1.4	Karşı önlem	54
4.5.2	Keson Tipi Kıyı Duvarı	57
4.5.2.1	Deformasyon Zinciri	57
4.5.2.2	Kontrol için Etkenler	57
4.5.2.3	Kontrol Yöntemi	59
4.5.3	Palplanş Tipi Kıyı Duvarı	61
4.5.3.1	Deformasyon Zinciri	61
4.5.3.2	Kontrol için Etkenler	63
4.5.3.3	Kontrol Yöntemi	63
4.5.3.4	Değerlendirme	64
4.5.4	Düşey Kazıklı Rıhtım	65
4.5.4.1	Deformasyon Zinciri	65
4.5.4.2	Kontrol için Etkenler	65
4.5.4.3	Kontrol Yöntemleri	65
4.5.4.4	Değerlendirme	68
5.	DENİZ YAPILARINDA TAMİR YÖNTEMLERİ	69
5.1	Ahşap	70
5.1.1	Büyük Rehabilitasyon	70
5.1.2	Restorasyon/Güçlendirme	71
5.1.3	Olağan Tehlikeler	71
5.2	Doğal ve Örme Taş Duvarlar	72
5.2.1	Temizleme	72
5.2.2	Ankraj	72

5.2.3	Enjeksiyon.....	72
5.2.4	Çuval Yöntemi	72
5.2.5	Drenaj.....	72
5.2.6	Yenileme	72
5.3	Beton (Donatısız, Donatılı, Ön-Gerilmeli)	73
5.3.1	Hazırlık	74
5.3.1.1	Temizleme.....	74
5.3.1.2	Hasarlı Betonun Kaldırılması	74
5.3.1.3	Pürüzlendirme	75
5.3.2	Tamir ve Koruma Malzemelerinin Uygulanması	75
5.3.2.1	Beton Yenilenmesi.....	75
5.3.2.2	Çatlak Tamiri	76
5.3.2.3	Güçlendirme.....	76
5.3.2.4	Betonun Korunması	76
5.3.2.5	Donatı Korunması	76
5.3.2.6	Elektrokimyasal Yöntemler	77
5.3.2.7	Donatı Yenileme ve Ekleme	77
5.3.3	İşçilik.....	77
5.4	Çelik.....	77
5.4.1	Palplanş Duvarlar	77
5.4.2	Çelik Kazıklar	78
5.4.3	Çalışma Odası	78
5.5	Bazı Yapılar İçin Tamir Örnekleri	78
5.5.1	Yapı Tamiri/ Rehabilitasyonu	78
5.5.2	Planlama.....	79
5.5.3	Kapalı Tipten Ağırlık Tipi Duvarların Tamiri/Rehabilitasyonu	79
5.5.4	Açık Tipten Kazıklı Yapıların Tamir ve Rehabilitasyonu	87
5.5.5	Palplanş Perde Duvarların Tamir ve Rehabilitasyonu	95
5.6	Riskli Zemin Üzerindeki Yapıların Rehabilitasyonu.....	103
5.7	Oyulma Koruması	104
5.7.1	Geotekstiller	105
5.7.2	Rip-Rap	108
5.7.3	Beton Bloklar	109
5.7.4	Gabionlar.....	113
5.7.5	Hazır Beton Levhalar	115
5.7.6	Beton İle Dolu Dokuma Sepetler	116
5.7.7	Saptırıcılar.....	117
5.8	Su Altı Betonlaması	117
5.8.1	Su Altı Betonlamasında Farklı Yöntemler.....	117
5.8.2	Tremie Boru Metodu.....	119
5.8.2.1	Kalıp.....	120
5.8.2.2	Tremie Boruların Yerleştirilmesi.....	121
5.8.2.3	Beton Dökümü	121
5.8.2.4	Yapısal Görünüş.....	126
5.8.3	Beton Üretimi.....	127
5.8.4	Beton Tesisi ve Denetlenmesi.....	128
5.8.4.1	Yapı Denetlemesi.....	129
5.8.4.2	Su Altı Betonlaması için Kontrol Listesi	129
5.8.4.3	Hizmet Değerlendirmesi	132

6.	TÜRKİYE KIYILARINDA DEĞİŞİK TİPTE YAPILAR için HASAR ve TAMİR ÖRNEKLERİ	134
6.1	Antalya Limanı	134
6.1.1	Antalya Limanı Ana Dalgakıranı Tarihçesi	136
6.1.2	Probleme Genel Bakış	137
6.1.3	Tamir Yöntemleri	141
6.2	Tüpraş Faz II İskelesi	145
6.2.1	Probleme Genel Bakış	146
6.2.2	Tamir Yöntemleri	146
6.3	Karamürsel Ereğli Balıkçı Barınağı	149
6.3.1	Probleme Genel Bakış	151
6.3.2	Tamir Yöntemleri	151
6.4	Gemlik BP Tesisleri İskelesi	155
6.4.1	Probleme Genel Bakış	156
6.4.2	Tamir Yöntemleri	156
6.5	Karadeniz Sahil Yolu Tahkimatı (Bolaman-Giresun Arası)	157
6.5.1	Probleme Genel Bakış	158
6.5.2	Tamir Yöntemleri	162
6.6	Abana Sahil Tahkimatı	164
6.6.1	Probleme Genel Bakış	164
6.6.2	Tamir Yöntemleri	164
6.7	Giresun Limanı	168
6.7.1	Probleme Genel Bakış	168
6.7.2	Tamir Yöntemleri	168
7.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	169
	KAYNAKLAR	172
	ÖZGEÇMİŞ	176

SİMGE LİSTESİ

η	Azaltma faktörü
λ	Dokumanın türüne, hidrolik eğime, katı madde yoğunluğuna bağlı bir katsayı
Δ	Oyulmaya bağlı eğilme
γ	Özgül ağırlık
ρ_g	Polimerin özgül kütlesi
Δ_m	Dolgu malzemesinin yoğunluğu
ρ_s	Taş yoğunluğu
B_1	Akım koşullarına bağlı faktör
c_1	Geotekstil filtre geometrisi
CD	Birim genişlikteki toplam çatlak uzunluğu/birim alan
CP	Birim alandaki toplam çatlak alanı/birim alan
d	Su derinliği
d_{10}	Malzemenin ağırlıkça %10'unun geçtiği elek çapı
d_{50}	Taşların boyutu
d_{90}	Geotekstilden geçebilecek en büyük madde çapı
E_A	Aşınan temel malzemesi restorasyonuna bağlı aktif basınç
E_p	Ön oyulma pasif basıncı
$E_{p(1)}$	Sonraki oyulma pasif basıncı
H	Tarama çizgisinden üst kota kadar olan yükseklik
k_1	Eğim azaltma faktörü
k_g	Geotekstil permeabilitesi
k_s	Zemin permeabilitesi
l	Ön oyulma efektif spanı
l_1	Sonraki oyulma efektif spanı
m_g	Polimerin birim alandaki kütlesi
n_g	Dokumanın porozitesi
O_{90}	Geotekstilin boşluk boyutu
R_A	Ön oyulma ankraj kuvveti
$R_{A(1)}$	Sonraki oyulma ankraj kuvveti
s_g	Lif çapına bağlı belirli bir yüzey
t_g	Polimerin kalınlığı
t_m	Gabion sepetin minimum kalınlığı
U_b	Yatak seviyesinde pervane nedenli hız
W_{50}	Taşların ağırlığı
Ψ	Shields parametresi
Φ	İçsel sürtünme açısı

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri	33
ACA	Amonyaklı bakır arsenat	37
ACZA	Amonyaklı bakır çinko arsenat	37
ASR	Alkali-silika reaksiyonu	38
ASS	Alçak su seviyesi	48
ASTM	American National Standart	49
BS	British Standards	50
CCA	Kromlu bakır arsenat	58
CERC	Coastal Engineering Research Center	62
CO ₂	Karbondioksit	63
CSE	Bakır sülfat elektrotu	63
EN 1504-10	Site application of products and systems and quality control of the works	63
Fe	Demir	81
H	Hidrojen	81
ISO	International Organization for Standardization	81
JICA	Japan International Cooperation Agency	81
O ₂	Oksijen	81
OAS	Ortalama alçak su seviyesi	81
OSS	Ortalama su seviyesi	81
OYS	Ortalama yüksek su seviyesi	81
PIANC	The International Navigation Association	81
PVC	Polivinil klorür	81
SFRC	Çelik lif donatılı beton metodu	81
TCK	Türkiye Cumhuriyeti Karayolları Genel Müdürlüğü	83
YDY	Yaşam döngü yönetimi	83

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1	Bakımın Tanım, (JICA, 1994).....	33
Şekil 4.2	Liman birimi bakım sistemi akış diyagramı (JICA, 1994).....	37
Şekil 4.3	Keson kompozit tip dalgakıran örneği (JICA, 1994).....	47
Şekil 4.4	Keson tip kıyı duvarı örneği (JICA, 1994).....	48
Şekil 4.5	Palplanş kıyı duvarı örneği (JICA, 1994).	48
Şekil 4.6	Düşey kazıklı açık tip rıhtım örneği (JICA, 1994).....	49
Şekil 4.7	Keson kompozit tip dalgakıran için deformasyon zinciri (JICA, 1994)	50
Şekil 4.8	Keson tipi kıyı duvarı için deformasyon zinciri (JICA, 1994).....	58
Şekil 4.9	Palplanş tipi kıyı duvarı için deformasyon zinciri (JICA, 1994)	62
Şekil 4.10	Düşey kazıklı rıhtım için deformasyon zinciri (JICA, 1994).....	66
Şekil 5.1	Su seviyesi üstünde beton tamiri için kullanılan kalıbın detayları. (a) Beton duvarda yerel oyuk tamiri. (b) İnce beton duvarın tamiri. 1-Mevcut beton, 2-Yeni beton, 3- Kalıp, 4- Yumuşak conta (Tsinker, 1995, 2004).....	81
Şekil 5.2	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- Ağırlık, 11- Epoksi, 12- Metal levha, 13- Şilte (Tsinker, 1995, 2004).....	81
Şekil 5.3	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 dağıtma borusu,. (b) Pratik örnek. 1-Orijinal yüzey, 2-Üst çelik bağ, 3-Prefabrik beton panel, 4-Betona yerleştirilmiş çivi, 5-Tremi boru yoluyla beton yerleştirilmesi, 6-Önceden hazırlanmış deliklere donatı çubuklarının yerleştirilmesi, 7-Çelik çivilerle mevcut yapıya yeni giriş eklenmesi (Tsinker, 1995, 2004).....	83
Şekil 5.4	Jet graut. (a) Duvara ve hasarlı temel malzemesine delik açılması. (b,c,d) Jet grautun ara ve son safhaları. 1-Rıhtım duvarı, 2-Hasarlı temel malzemesi, 3-Sıkı temel malzemesi, 4-Delik, 5-Jet graut kolu, 6-Su jeti, 7-Graut, 8-Püskürtme beton (Tsinker, 1995, 2004).....	85
Şekil 5.5	Hasarlı beton kazığın tipik tamiri (CERC, 1986).....	89
Şekil 5.6	Tipik platform hasarı. 1- Aşınmış yüzey, 2-Aşınmış yüzey ve kılcal çatlak, 3-Alttaki hasarlı yüzey ve çatlaklar, 4-Altaki aşınmış yüzey ve kılcal çatlaklar (Tsinker, 1995, 2004).....	90
Şekil 5.7	Beton bozulması ve tamirinin örnekleri (Tsinker, 1995, 2004).	93
Şekil 5.8	Beton bozulması ve tamir örnekleri (Tsinker, 1995, 2004).	93
Şekil 5.9	Epoksi graut doldurulmuş deliklere yerleştirilmiş geleneksel donatı ile çatlak tamiri (Tsinker, 1995, 2004).	94
Şekil 5.10	Palplanş önünde oyulma etkisine bağlı pasif zemin basıncındaki azalma. 1-Palplanş, 2Ankraj sistemi, 3-Oyulma, 4-Eğilme çizgisi, 5-Yenilenen temel malzemesi. Burada; E_p ön oyulma pasif basıncı, $E_{p(1)}$ sonraki oyulma pasif basıncı ($E_{p(1)}+E_A$) $<E_p$, E_A aşınan temel malzemesi restorasyonuna bağlı aktif basınç, R_A ön oyulma ankraj kuvveti, $R_{A(1)}$ sonraki oyulma ankraj kuvveti ($R_{A(1)}>R_A$), Δ oyulmaya bağlı eğilme, l ön oyulma efektif spanı, l_1 sonraki oyulma efektif spanı ($l_1>l$), (Tsinker, 1995, 2004).....	96
Şekil 5.11	Portatif koferdam. 1- Levha, 2-Ankraj sistemi, 3-Koferdam, 4-Palplanşa kaynaklanmış taban plakası, 5-Lastik conta, 6-Destekler, 7-Yeni zemin ankrajı (Tsinker, 1995, 2004).	96
Şekil 5.12	İkinci sıra bağlantı çubuklarının kurulması. 1-Palplanş, 2-Orjinal bağlantı çubuğu, 3-Ankraj blok, 4-Ankraj bloğu arkasındaki kazı, 5-boring makinası, 6-Kaplama, 7-Yeni ankraj bağlantı çubuğu, 8-Graut, 9-Yeni ankraj çerçevesi, 10-	

	Dolgu (Ishiguro ve Miyata, 1988).....	98
Şekil 5.13	Gel-git/sıçrama bölgesinde korozyona uğramış çelik palplanş perde duvar tamiri. (a) Perde duvar içinde oyukları doldurma. (b) Perde duvar cephesini yenileme. 1- Palplanş, 2-Ankraj çerçevesi, 3-Ankraj çubuğu, 4-Korozyon deliği, 5-İç graut, 6-Kalıp, 7-Palplanşa kaynaklanmış çelik plaka, 8-İri başlı çivi, 9-Çelik donatı, 10-Beton yüzey, 11-Mevcut sızıntı deliği, 12-Yeni sızıntı deliği, 13-Arka dolgu, (Tsinker, 1995, 2004) .	99
Şekil 5.14	Hasarlı ankraj bağlantı çubuğunun yeni çubuklarla yer değiştirmesi örneği. (a) Hasarlı bağlantı çubuğuna sahip palplanş planı. (b) Perde duvarın ankraj sisteminin olası rehabilitasyonu. 1-Hasarlı ankraj bağlantı çubuğu, 2-Aşırı yüklenmiş ankraj çubukları, 3-Levha, 4-Ankraj çerçevesi ve levha içindeki çıkıntı, 5-Bağlantı çubuğu ankrajı, 6-Yeni gerilmeli ankraj çubukları. (Tsinker, 1995, 2004).....	101
Şekil 5.15	Çelik palplanş perde duvar rehabilitasyon örneği. 1- Ciddi hasarlanmış palplanş, 2-Mevcut bağlantı çubuğu, 3-Mevcut ciddi hasarlanmış ankraj çerçevesi, 4-Mevcut katı beton ankraj bloğu, 5-Mevcut moloz, 6-Mevcut dolgu, 7-Yeni çelik palplanş, 8-Eski ve yeni levha arasındaki çakıl dolgu, 9-Yeni ankraj çerçevesi, 10-Yeni ve/veya onarılmış bağlantı çubukları, 11-Kısmen yenilenen moloz, 12-Yeni dolgu, 13-Beton saçak, 14-Tam moloz, 15-Tam dolgu, 16-Kreyn yolu, 17-Yeni apron, 18-Yeni usturmaça sistemi (Tsinker, 1995, 2004).....	102
Şekil 5.16	Toprak tutucu rıhtım duvarının performansının artırılması. 1-Rıhtım duvarı, 2-Taş dolgu şilte, 3-Hasarlı temel malzemesi, 4- Jet graut kolonu, 5-Arka dolgu malzemesi, 6-En dip kaya çizgisi, 7-Zemin/kaya ankrajı, 8-Yanal toprak basıncı, 9-Kazı çizgisi, 10-Kazıklı platforma yardım eden basınç, 11-Yeni arka dolgu (Tsinker, 1995, 2004).....	104
Şekil 5.17	Tipik oyulma koruma sistemleri. 1-Kaya dolgu, 2-Gabionlar, 3-Geotekstil fitre, 4-Prefabrik beton levhalar, 5-Tremi beton, 6-Rip-rap, 7-Çeşitli yapılarda kablolu beton bloklar (Tsinker,1989).....	105
Şekil 5.18	Rıhtım topuğunda jet saptırıcılar (Tsinker, 1995, 2004).....	105
Şekil 5.19	Permeabilite azaltma faktörü (PLANC, 1987).....	108
Şekil 5.20	Frederikshavn Limanı, Danimarka; oyulma koruma sistemi. 1-Kaya (2-4 ton), 2-Ayar vidası, 3-20mm çaplı zincir, 4-Kum çuval, 5-Çelik palplanş perde duvar, 6-Tremi beton mührü (Tsinker, 1995, 2004).	111
Şekil 5.21	Geotekstile bağlı beton bloklulu taban koruma sistemi. 1-Beton blok, 2-Geotekstil, 3-Ayar vidası, 4-Kaldırma kafesi, 5-Olası taban erozyonu sınırı, 6-Duvara bağlantı (Tsinker, 1995, 2004).	112
Şekil 5.22	Frederikshavn feribot terminali, Danimarka'da kullanılan geotekstile bağlı beton bloklulu taban koruma sisteminin detayları. 1-Deniz tabanı, 2-Alt beton blok, 3-Üst beton blok, 4-Geotekstil, 5-Ayar vidası (Tsinker, 1995, 2004).	112
Şekil 5.23	Stockholm feribot terminali limanı. (a) Kuzey rıhtım kesiti. (b) Güney rıhtım kesiti. 1-Rıhtım duvarı, 2-Feribot, 3-Gabion matress 2x2x4 m, 4-Tremi beton, 5-Hazır beton levhalar 9x9.5x0.4 m, 6-Beton düşme kapak (Bergh ve Magnusson, 1987).	115
Şekil 5.24	Beton dolu geotekstil tüpler ile taban koruması. 1-Rıhtım duvarı, 2-Geotekstil filtre, 3-İlk döşenmiş tüp, 4-Sonraki birim, 5-Dil ve girinti birleşimi, 6-Olası oyulma sınırı (Tsinker, 1995, 2004).....	117
Şekil 5.25	Tremi boru metodu (Thoresen, 2003).	120
Şekil 5.26	Tıkaçlar (Thoresen, 2003).....	120
Şekil 5.27	Tremi boru metodunun başlaması (Thoresen, 2003).	122
Şekil 5.28	Tremi borudan kolon içine beton akışı (Thoresen, 2003).	123

Şekil 5.29	Eğimli taban üzerinde tremi borular (Thoresen, 2003).....	124
Şekil 5.30	Tremi boruda hava cepçığı (Thoresen, 2003).	124
Şekil 5.31	Su altı yapısının betonlanması (Thoresen, 2003).....	125
Şekil 5.32	Su altında dökümün tamamlanması (Thoresen, 2003).....	126
Şekil 5.33	Etriyenin yerleştirilmesi (Thoresen, 2003).....	126
Şekil 5.34	Olası beton yıkanmasına bağlı kolon kesit genişlemesi (Thoresen, 2003).	127
Şekil 6.1	Antalya limanı haritası (3221 numaralı kısım) [1].....	134
Şekil 6.2	Antalya limanı [2].	135
Şekil 6.3	Yıkılma öncesi ve sonrası kesiti (Günbak vd., 1986).	138
Şekil 6.4	1972'de önerilmiş tamir kesiti (Günbak vd., 1986).....	139
Şekil 6.5	Dalgıç gözlemleri (Günbak vd., 1986).....	140
Şekil 6.6	1986 ölçümlerine göre tipik dalgakıran kesitleri (Günbak vd., 1986).	142
Şekil 6.7	Gövde deneylerine örnek kesit (Günbak vd., 1987).....	143
Şekil 6.8	Dalgakıran kafası için örnek kesit (Günbak vd., 1987).....	144
Şekil 6.9	Körfez ilçesi haritası [4].	145
Şekil 6.10	Faz II iskelesi hasar krokisi (Akın, 1999).	147
Şekil 6.11	Faz II iskelesi hasarı (Yüksel vd., 2000).....	148
Şekil 6.12	Faz II iskelesi hasarı (Yüksel vd., 2000).....	148
Şekil 6.13	Tüpraş Faz II İskelesi (2003).	149
Şekil 6.14	Karamürsel ilçesi haritası [5].	150
Şekil 6.15	Karamürsel ilçesi haritası [5].	150
Şekil 6.16	Karamürsel Ereğli balıkçı barınağı (Yüksel vd.,2000).	152
Şekil 6.17	Tamir kesitleri (Yüksel vd, 2000).	153
Şekil 6.18	Gemlik haritası [6].	155
Şekil 6.19	Gemlik iskelesi krokisi [7].....	155
Şekil 6.20	Bolaman haritası [9].....	157
Şekil 6.21	Bolaman uzay fotoğrafı [9].	158
Şekil 6.22	Bolaman'daki hasarlı kesit fotoğrafı 1.....	159
Şekil 6.23	Bolamandaki hasarlı kesit fotoğrafı 2.	159
Şekil 6.24	Karadeniz sahil yolu tahkimat kesiti $H < 3$ m için (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2000).....	160
Şekil 6.25	Karadeniz sahil yolu tahkimat kesiti $H \geq 3$ m için (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2000).....	161
Şekil 6.26	Bolaman için önerilen kesit (Dedeoğlu, 2003).....	163
Şekil 6.27	Abana haritası [10].	164
Şekil 6.28	Abana sahil yolu tahkimatı (Bilirkişi raporu, 2005).	165
Şekil 6.29	Abana sahil yolu tahkimatı (kazıklar 1) (Bilirkişi raporu, 2005).	166
Şekil 6.30	Abana sahil yolu tahkimatı (kazıklar 2) (Bilirkişi raporu, 2005).	167
Şekil 6.31	Giresun haritası [13].....	168
Şekil 6.32	Giresun limanı ana dalgakıranı onarım kesitleri (DLH tarafından önerilen kesitler).....	169

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1	Yapı hasar zemin ve sismik ilişki (Yüksel vd, 2003).....	3
Çizelge 4.1	Keson kompozit tip dalgakıran için periyodik kontrol için etkenler (JICA, 1994).....	51
Çizelge 4.2	Keson kompozit tip dalgakıran için periyodik olmayan kontrol için etkenler (JICA, 1994).....	52
Çizelge 4.3	Keson kompozit tip dalgakıran için kontrol yöntemleri (JICA, 1994)	53
Çizelge 4.4	Deformasyon için değerlendirme kriterleri (JICA, 1994).....	55
Çizelge 4.5	Keson kompozit tip dalgakıranlarda deformasyon değerlendirme talimatı (JICA, 1994).....	56
Çizelge 4.6	Keson tipi kıyı duvarı için periyodik kontrol için etkenler (JICA, 1994).....	57
Çizelge 4.7	Keson tipi kıyı duvarı için periyodik olmayan kontrol için etkenler (JICA, 1994).....	59
Çizelge 4.8	Keson tipi kıyı duvarı için kontrol yöntemleri (JICA, 1994).....	60
Çizelge 4.9	Keson tipi kıyı duvarı için maksimum izin verilebilir deformasyon (JICA, 1994).....	61
Çizelge 4.10	Palplanş tipi kıyı duvarı için periyodik kontrol için etkenler (JICA, 1994).....	63
Çizelge 4.11	Palplanş tipi kıyı duvarı için periyodik olmayan kontrol için etkenler (JICA, 1994).....	63
Çizelge 4.12	Palplanş tipi kıyı duvarı için kontrol yöntemleri (JICA, 1994)	64
Çizelge 4.13	Düşey kazıklı rıhtım için kontrol için etkenler (JICA, 1994)	65
Çizelge 4.14	Düşey kazıklı rıhtım için periyodik kontrol için etkenler (JICA, 1994)	65
Çizelge 4.15	Düşey kazıklı rıhtım için periyodik olmayan kontrol için etkenler (JICA, 1994)	65
Çizelge 4.16	Düşey kazıklı rıhtım için kontrol yöntemleri (JICA, 1994).....	67
Çizelge 4.17	Donatılı betonun izin verilebilir maksimum çatlak genişliği (JICA, 1994).....	68
Çizelge 4.18	Donatılı betonun kaplama derinliği (JICA, 1994).....	68
Çizelge 5.1	Beton- Donatısız ve donatılı (PIANC, 1990).....	73
Çizelge 5.2	Beton- Donatılı (PIANC, 1990).	73

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca değerli desteğini, bilgi birikimini ve ilgisini benden esirgemeyen, aynı zamanda tez danışmanlığımı da yürüten, çok değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Yeşim Çelikoğlu'na teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında bana her konuda yardım ve destekte bulunan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Yalçın Yüksel'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Doç. Dr. Nabi Yüzer, Dr. Işıkhan Güler, DLH 4. Bölge Müdürü Dr. Haluk İbrahim Özmen ve İnş. Yük. Müh. Caner Çakır'a teşekkür ederim.

Bu süreçte her zaman yanımda olarak bana destek ve moral veren, yardımlarını esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Arş. Gör. Berna Ayat, Arş. Gör. Burak Aydoğan ve İnş. Yük. Müh. Önder Peker'e ve değerli aileme teşekkür ederim.

ÖZET

Günümüzde deniz yapıları, gerek ithalat-ihracat, gerek turizm gerekse ulaşım açısından çok büyük önem taşıyan yapılardır. Ne yazık ki, bu denli önemli yapılara gereken özen gösterilmemektedir. Yüksek maliyetleri düşünüldüğünde, yapılması gereken rutin inceleme ve bakım planlama çalışmaları tehlikeli bir duruma kadar ertelenmektedir. Oysa, zamanında yapılan periyodik bakım çalışmaları, yapının kullanım ömrünü artıracak ve tamir masraflarını azaltacaktır.

Bu çalışmada, değişik tipte deniz yapılarına, hangi periyotlarda ne gibi bakımlar yapılması gerektiği, hasar gören yapıların ne tür inceleme yöntemlerine tabi tutulması gerektiği ve en uygun tamir yönteminin hangisi olduğu anlatılmaktadır.

Bu amaçla, ahşap, beton, taş, çelik gibi değişik malzemeler kullanılarak yapılan deniz yapılarının ne gibi durumlarda bozulmalara maruz kalabileceği araştırılmış, bu yapılar için en uygun inceleme ve tamir yöntemleri şekiller ve tablolar yardımıyla açıklanmıştır.

Ülkemizde yer alan, farklı şekillerde hasar görmüş bir takım yapılar incelenmiş ve bu yapılara uygulanan inceleme ve tamir yöntemleri anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bakım, katodik koruma, hasar, periyodik inceleme, onarım, tremi beton, deniz yapısı, graut.

ABSTRACT

In view of today's conditions marine structures are very important structures for both import-export, tourism and sea access. Unfortunately, these important structures can't see the benefit they need. Because of high costs, the routine inspections and maintenance planning works which must be done, are postponed until a dangerous condition appears. However, periodical inspection which have done on time, will extend the structure's physical lifetime and will reduce the structure's repair expenses.

In this study, for different types of marine structures, what kind of maintenance works should be done in which periods, what kind of inspection methods should be done for damaged structures and which is the best repair type are told.

For this purpose, in which conditions the marine structures which are built with various materials like timber, concrete, stone and steel are exposed to deterioration is searched, the best inspection and repair methods for this structures are explained with the help of figures and tables.

Some of the structures which are damaged with different ways in our country are studied and the repair methods applied to this structures are explained.

Keywords: Maintenance, cathodic protection, periodical inspection, tremie concrete, marine structure, grout.

1. GİRİŞ

Günümüzde limanlar, dalgakıranlar, iskeleler, rıhtım duvarları gibi tüm deniz yapıları çok büyük önem taşımaktadır. Örneğin liman nedir? şeklinde bir soru sorarsak limanları, gemilerin güvenli bir şekilde rıhtımlarına yanaştıkları, yükleme-boşaltma yaptıkları, gerektiğinde yolcularını indirip bindirdikleri, kara ve deniz ulaştırma hizmetlerinin kesiştiği, ülkelerin dış dünyaya açıldıkları kapılar olarak tanımlayabiliriz.

Tanımdan da anlaşılacağı gibi, deniz yapıları ülkelerin iç ve dış ticaretleri açısından, ithalat ve ihracat maliyetleri açısından, turizm potansiyeli için son derece önemli ve etkin koridorlardır.

Dolayısıyla bu kadar büyük öneme sahip yapıların, depremler, fırtınalar gibi sebeplerle hasar görmesi pek çok açıdan istenmeyen durumlardır (Örneğin, 17 Ağustos 1999 depreminde ülkemizin önemli sanayi merkezlerinden biri olan Kocaeli'deki bir çok işletme hasar görmüş ve bu durum tüm ülkeyi olumsuz etkilemiştir). Bu sebeple literatürde gerçekleştirilmiş olan birçok çalışma bulunmaktadır ve bu çalışmaların bir kısmı da modelleme üzerine yapılmıştır (Ranga ve Sundaravadivelu, 1997; Van Noortwijk ve Gelder, 1996).

PIANC (1990) çeşitli iklimlerde liman çevresinde hasar ve bozulmanın meydana gelmesine neden olan ortak malzemelerin bakım ve denetleme bilgilerini gözden geçirmiştir. Bu malzemeler ahşap, taş, beton ve çeliktir. Bu bilgiler ışığında malzemelerdeki hasar ve bozulmanın sebeplerini ve prensiplerini düşünmek ve iskeleler, rıhtımlar, jettiler, dalgakıranlar, yollar ve binalar gibi liman yapılarının en iyi tamir ve inceleme yöntemlerini göstermek için bir rapor yayınlamıştır. Bu raporda ahşap, taş, beton ve çelik yapıların bozulmasına neden olan faktörler ele alınmış, ardından bu yapıların hasarlarını inceleme yöntemleri hakkında bilgi verilmiş ve son olarak da hangi tamir yöntemlerini kullanmanın uygun olacağı tartışılmıştır.

Aynı şekilde JICA'nın 1994 yılında hazırladığı raporda ise, bakımın tanımı yapılmış, kullanım ömrü, bir yapının tamir zamanının geldiğine karar verebilmek için ne gibi kriterlerin gerekli olduğu, temel ve detaylı araştırmaların nasıl yapılması gerektiği anlatılmıştır. Ayrıca dört ana yapı için bakım sistemleri verilmiş ve uygulanması gereken prosedürler tablolarla açıklanmıştır.

British Standards (1881)'de malzeme (ahşap, çelik, taş...) ile ilgili bir takım testler (çekme dayanımı vs.) yer almaktadır. Deniz yapılarında kullanılan malzemelere bu testler yapılarak hangi malzemenin kullanılacağına karar verilebilir.

Yüksel vd (2003) tarafından yapılan çalışmada, yapılar oluşan hasar durumlarına göre dört

işletme durumuna göre ise üç ana gruba ayrılmıştır.

Hasar durumuna göre sınıflandırma

1. Ağır Hasar (A): Yapı toptan göçmeye uğramış ve yeniden inşa edilmesi gerekmektedir. Bu durumda işletme tamamen durmuştur.
2. Orta Hasar (B): Yapıda kısmi hasarlar mevcuttur, yapının kalan kısmında da görünür fakat işletmeyi engelleyici hasar yoktur. Servis sistemleri hasar görmüş olmasına karşın geçici servis imkanları oluşturulabilir. Kontrollü de olsa kısmi işletme yapılabilir. Yapıdaki hasarların durumuna göre yeniden yapılanma ve restorasyon gerekmektedir.
3. Az Hasar (C): Yapıda kısmi küçük hasarlar oluşmuştur. Bu hasarlar işletmeyi engellememektedir. Yapı restorasyon çalışmalarıyla tam olarak hizmet verebilecek duruma gelebilir.
4. Hasarsız (D): Yapıda işletmeyi engelleyici herhangi bir hasar meydana gelmemiştir.

İşletme durumuna göre sınıflandırma

- 1) Servis yok (●) : Yapı tamamen yıkılmıştır
- 2) Kısmi servis mevcut (Δ) : Yapıda kısmi hasar vardır. Yapı restorasyon sonrası kullanılabilir hale getirilebilir.
- 3) Servis mevcut (€): Restorasyon gerekmeden yapı kullanılabilir haldedir.

Bu hasar gruplarına göre çeşitli yapılar değerlendirilerek Çizelge 1.1'de yapı, hasar, zemin ve sismik ilişki bir arada verilmiştir (Yüksel vd., 2003).

California'da Spencer (2004) tarafından San Diego Donanma Üssü'nü dikkate alan beton palplanş tamiri konusunda bir çalışma yapılmıştır. San Diego Donanma Üssü, yavaşma iskeleleri ile bir rıhtım duvarı sistemidir. Büyük deniz taşıtları iskelelere, daha küçük taşıtlar ve destek tekneleri ise rıhtım duvarı boyunca yanaşmaktadırlar. Rıhtım duvarı 1918 ve 1947 yılları arasında inşa edilmiştir ve uzunluğu yaklaşık 6096 m'dir. Rıhtım duvarı beton palplanşlar ve bir de ahşap kurtarma platformu içermektedir. Arka alan genellikle hidrolik dolgudur. Bu tip yapılarda görülen genel problem, beton palplanşın kanal bağlantıları ve denize uzanan kısım boyunca meydana gelen toprak kaybıdır. Duvarın arkasındaki dolgu malzemesinin kaybı göçük alanları yaratmakta ve kurtarma platformundaki korunmasız ahşabı deniz canlılarına karşı açıkta bırakmaktadır. Burada palplanş duvarı bağlantı noktalarındaki toprak kaybının başarıyla önlenmesi için gerekli tamir yöntemleri anlatılmıştır (Spencer, 2004).

Çizelge 1.1 Yapı hasar zemin ve sismik ilişki (Yüksel vd, 2003).

Sıra No	Tesis Adı	Yapı Tipi	Hasar Durumu	İşletme Durumu	Merkeze Uzaklık (km)
1	Tuzla Tersane Limanı	Beton Bloklı Rıhtım, Beton Blok Dalgakıran	C	Δ	48
2	Eskihisar Feribot İskelesi	Beton Bloklı Rıhtım, Kapak Atma Rampası	C		35
3	Eskihisar Balıkçı Barınağı	Taş Dolgu Dalgakıran	D		35
4	Rota Denizcilik İskelesi	Betonarme Kazıklı İskeleler	D		8.5
5	Tüpraş Kıyı Tesisleri	Betonarme ve Çelik Kazıklı İskeleler	B	Δ	5.5
6	Derince Limanı	Beton Bloklı ve Kazıklı Rıhtımlar	B	Δ	3
7	Petrol Ofisi İskelesi	Betonarme ve Çelik Kazıklı İskeleler	A	Δ	4.5
8	Shell Derince İskelesi	Çelik Kazıklı İskele	A	•	5
9	Koruma Tarım İskelesi	Betonarme Kazıklı İskele	A	•	5.5
10	Transtürk İskelesi	Çelik Kazıklı İskele	B	Δ	6
11	İzmit Yat Limanı	Betonarme Kazıklı İskele	C		9.5
12	Um Denizcilik Liman Tesisleri	Çelik Kazıklı İskele	A	•	7.5
13	Gölcük Tersane Kıyı Tesisleri	Çelik Kazıklı İskele	B	Δ	0.0
14	Karamürsel Ereğli Balıkçı Barınağı	Taş Dolgu Dalgakıran	C	Δ	13.5
15	Topçular Feribot İskelesi	Betonarme Palplanşlı Dolgu ve Çelik Kazıklı İskele	D		32
16	Aksa İskele ve Dolfenleri	Çelik Kazıklı İskele	B	Δ	43
17	Yalova Yat Limanı	Taş Dolgu Dalgakıran	D		48
18	Koruköy İskelesi	Betonarme Kazıklı İskele	D		56
19	Çınarcık Balıkçı Barınağı	Taş Dolgu Dalgakıran	B	Δ	65
20	Kocadere Motor İskelesi	Betonarme Kazıklı İskele	D		71
21	Esenköy Balıkçı Barınağı	Taş Dolgu Dalgakıran	C		78

Diğer bir çalışma ise New Jersey'de yapılmıştır. Buradaki Caven Point yarımadasında Amerikan Ordusu Mühendisler Birliği'ne ait endüstriyel bir alan yer almaktadır. Alandaki yanaşma rıhtımı çelik palplanş perde şeklinde inşa edilmiştir. Tuzlu suya maruz kalan palplanş yapım tarihi olan 1970'lerden bu yana şiddetli şekilde korozyona uğramıştır. Bununla beraber palplanşın korozyon derecesi duvar yüksekliği üzerinde değişmektedir. En şiddetli korozyon gel-git bölgesi içinde ve en çok ortalama alçak su seviyesinde meydana gelmiştir. Bu seviyede, orijinal çelik kalınlığının yaklaşık %15'i gitmiştir. Palplanşın sürekli kuru ya da sürekli batık olduğu diğer bölgelerde, kalan çelik orijinal kalınlığın %80-90'ı

kadardır. Perdenin yapısal analizleri yaklaşık olarak maksimum eğilme momentinin çamur hattı seviyesinde meydana geldiğini göstermiştir. Burada palplanşın korozyona bağlı kesit kaybı en düşük seviyededir. Bunun tersine palplanşın maksimum korozyon kaybına maruz kaldığı ortalama alçak su seviyesinde eğilme momenti küçük ve azalan çelik kalınlığı yeterli bulunmuştur. Sonuçta, perdenin bulunduğu koşullarda yapısal olarak uygun olduğuna karar verilmiştir. Bu sebeple, rehabilitasyonun amacı sadece daha fazla korozyon oluşumunu durdurmak ve palplanşı şu anki koşullarında koruyabilmektir. Palplanş koruması, 20 cm kalınlığındaki hazır beton panellerin mevcut duvar önüne yerleştirilmesi şeklinde tasarlanmıştır. Palplanş ve paneller arasında kalan boşluk basit tremi betonu kullanılarak doldurulabilmektedir. Beton panellerin, ıslak beton dolgunun yanal basıncına dayanabilmesi için iki öneri sunulmuştur. a) hafif beton dolgu kullanılması, b) beton dolgunun palplanş ve paneller arasına katmanlar halinde yerleştirilmesi. Her sonraki katman, önceki katmanın betonu sertleştikten sonra yerleştirilmekte böylece yanal basınç panellere iletilmemektedir (Matlin ve Gelfer, 2004).

Kısaca konuyla ilgili literatür çalışmalarından bahsettikten sonra 2. bölümde, deniz yapılarında kullanılan malzemelerin bozulmasına neden olan faktörler açıklanmıştır.

3. bölümde, yukarıda adı geçen malzemeler için inceleme yöntemleri verilmiştir. Öncelikli olarak, incelemenin üç ana şekli olan, periyodik inceleme, genişletilmiş inceleme ve özel inceleme yöntemleri açıklanmış, daha sonra her bir malzeme için yapılacak çalışmalar anlatılmıştır.

4. bölümde, deniz yapıları için bakım ve koruma prosedürlerinden bahsedilmiştir. Bakımın tanımıyla başlanmış, değişik tipte malzemeler için bakım ve koruma yöntemleri açıklanmış ve son olarak farklı tiplerde birkaç yapı örnek olarak verilmiştir. Bu yapıların kontrol konuları ve yöntemleri tablolarla açıklanmıştır.

5. bölümde, deniz yapıları için çeşitli tamir yöntemleri tarif edilmiştir. Öncelikle, ahşap, taş, beton ve çelik yapılar için uygulanabilecek onarım yöntemleri anlatılmış sonrasında ise şekiller ve tablolar yardımıyla örnekler verilmiştir.

6. bölümde, ülkemizin çeşitli bölgelerinde, farklı sebeplerle hasar görmüş bazı deniz yapıları örneklenmiştir. Neden hasar gördükleri, ne gibi tamir yöntemleri uygulandığı ve nasıl bakım yapılabileceği gibi sorulara cevap aranmıştır. Bu yapılar önceki bölümlerde anlatılanların ışığında incelenmiştir.

2. DENİZ YAPILARINDA KULLANILAN MALZEMELERİN BOZULMASINA NEDEN OLAN ETKENLER

2.1 Giriş

Liman yapıları düzenli olarak bakıma alınmaktadır. Bu yapıların 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 ayarlama veya bakımla 50 yıl ya da daha uzun süre amacına hizmet edebilirken, bakım eksikliğinden dolayı, bir çelik palplanş rıhtım 20 yıldan az sürede daha fazla deformasyona uğrayabilmektedir.

Kullanım ömürleri boyunca bu yapılar hasarlara karşı dayanıksızdır. Buna ek olarak çevresel etkenler, planlanandan fazla kullanım, malzemelerin eskimesi ve genel yıpranma hasara sebep olan faktörlerdir. Deniz yapılarında kullanılan değişik malzemeler farklı şekillerde bozulabilirler. En önemli etkiler arasında metallerin korozyonu, betonun bozulması, deniz canlılarının etkisi ve kirlenme sayılabilmektedir. Elbette zaman içinde gemilerin boyutlarında ve işlevlerinde meydana gelen değişiklikler sonucunda hasarlar değişiklik göstermiştir.

Proje ömürlerini düşünmeden, tüm liman yapıları, öngörülen servis ömürlerini iyi ve güvenli durumda tutmayı gerektirmektedir. Bununla birlikte, birçok limandaki yapılar, ihmal edilen periyodik bakıma bağlı olarak, geniş ölçekte rehabilitasyon ölçümlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu ihmal için liman otoriteleri tarafından sözü edilen en büyük neden yetersiz bütçe ve bakımı erteleyerek para tutmaya çalışmaktır.

Rutin inceleme ve bakım planlama çabaları genellikle çok masraflı ve yoğun çalışma gerektiren durumlardır ve tamirler, tehlikeli bir duruma kadar ertelenmektedir. Az yapılan ya da yapılmayan koruyucu bakımın sonuçları, kazalar ve artan tamir veya yeniden yapım masrafı konusunda daha kapsamlı olabilir.

Bu bölümde çeşitli iklimlerde liman yapılarında hasar ve bozulmanın meydana gelmesine neden olan ortak malzemelerin bakım ve denetleme bilgileri gözden geçirilmiştir. Bu malzemeler, ahşap, taş, beton ve çeliktir.

2.2 Ahşap

Bir yapının bileşenleri yapımından itibaren bozulmaya başlamaktadır. Bozulma tasarıma, bileşen malzemelerine, yapım kalitesine, kullanıma, çevresel faktörlere, bakım kalitesi ve devamlılığına bağlıdır.

Bir yapı aynı zamanda, aşırı yüklenme, gemi ve ekipman etkisi, kötü hava koşulları, erozyon ve depremler etkisiyle de hasar görebilir.

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 (Oliver, 1974).

2.2.1 Biyolojik Faktörler

2.2.1.1 Mantarsal Çürüme

Çürümüş mantarlar besinlerini odundan sağlayan ilkel bitkilerdir. Kuş dışkısı gibi besleyici gıdalar da bu tip mantarları destekler. Mantarlar yaşamlarını sürdürebilmek için oksijen ile birlikte uygun nem ve ısı koşullarına ihtiyaç duyarlar.

Sonuç olarak, mantar çürümesi iskele ve rıhtımların en çok su üstündeki bölümlerinde etkilidir. Aslında, mantar çürümesi bu bölgedeki en önemli bozulma faktörüdür ve ahşap deniz yapılarının servis ömrünü belirlemektedir. Optimum nem koşulları da kısmen önemlidir. Bu canlılar yüzde yirmiden düşük nem bileşenlerinde varlıklarını sürdüremezler. Aynı durum su altı zonu için de geçerlidir.

Uzun bir zaman için, deniz mühendisleri ahşabı çürümeden korumanın en etkili yolunun onu deniz altına saklamak olduğunu düşünmüşlerdir. Deniz canlıları olmayan yerlerde, ortalama en alçak su seviyesi çizgisi üzerindeki beton ağırlık duvarları bu çözümün kalıcılığını kanıtlamıştır. Gerçekte, uzun yıllar boyunca dünyanın birçok yerinde oluşan endüstriyel kirlenme sonucu (ki bu kirlenme deniz canlılarını liman sularından temizlemiştir) bir kısmı su üstünde olmadığı sürece ahşabın güvende olduğu düşünülmüştür.

Mantarlar sonucu oluşan bozulma, mantarların türüne ve ahşabın çeşidine bağlıdır. İlerlemiş çürümenin sonucu ağırlık ve güç kaybetmiş ahşaptır. Çürüğün en yaygın tipleri, kahverengi çürük ve beyaz çürüktür. Kahverengi çürük genellikle çam ağacında meydana gelir ve en tipik örnekleri ABD ve diğer ılıman iklime sahip ülkelerde, yani deniz yapıları için çam ağacının çoklukla kullanıldığı bölgelerde görülür. Beyaz çürük ise meşe ağacında daha çok görülür.

2.2.1.2 Böcekler

Beyaz karıncalar, kara böcekler ve karıncalar tahta ile beslenirler. Böcekler, ahşap yapılarda bozulmaya ve güç kaybına neden olabilecek çeşitli tüneller oluştururlar. Böceklerin varlıkları açılmış çeşitli deliklerle de görülebilir. Bazı durumlarda, böcekler süngere benzer bir görünüş kazandırabilir ve tahta parmak basıncı ile ezilebilir. Özellikle beyaz karıncalar yapılar için en

tehlikeli olan böceklerdendir. Çünkü varlıklarını belli etmezler ve tahtayı yüksek oranda yok ederler. Böcekler ahşaba su yüzeyinde kuru alanlarda etki ederler.

2.2.1.3 Deniz Canlıları

Gel-git seviyesi altındaki deniz suyunda ve hafif tuzlu suda, ahşap deniz canlıları tarafından büyük hasara maruz kalabilir. Bu canlılar geniş olarak yayılmış olmakla birlikte özellikle tropik sularda etkilidirler. Birçok deniz canlısı çeşidi arasında en yaygın ve en çok hasar verici olan iki tanesi vardır ki bunlar limnoria ve tredodur. Biyolojik olarak, bunlar tamamen farklı türlerdir. Limnoria kabuklular ailesine mensuptur ve karides benzeri küçük bir canlıdır. Tredo ise yumuşakçadır ve deniz tarağı ailesine aittir. Bu iki türün varoluş şekilleri ve tahtaya etki etme tarzları da tamamen farklıdır.

Ortalama uzunluğu 3 mm olan Limnoria, ahşap yüzeyi dışından tüketmeye başlar. Ahşabı tabaka tabaka keser ve sonuçta ahşap kum saati görünümünü alır. Tredo ise boyu 1.2 m'ye kadar olabilen, yarıçapı 25 mm olan bir canlıdır ve tahta içinde yaşar.

Hem tredo hem de limnoria korunmamış çam kazıkları kısa sürede yok edebilir. Limnoria ABD'da 12 mm/yıl oranında kazık çapı azalmasına sebep olmaktadır (özellikle kuzey doğu kısımlarında yaygındır). Tredo'nun ise korunmamış çam kazıkları bir ayda yok ettiği bilinmektedir.

Limnorianın atağı içeriden olduğu takdirde hasar daha sert olur. Bu durum, ahşabın dış tabakasının iyi korunduğu fakat iç kısımlarında deniz canlılarının saldırısına müsait delikler olduğu koşullarda oluşur. Bu durumda, Limnoria dış tabakayı sağlam bırakarak iç çekirdeği yok eder. Yapısal olarak, kalan kazık-benzeri kesit kum saatine göre tercih edilir.

Suyun sıcaklığı, tuzluluğu, hızı gibi birçok çevresel faktör deniz canlıları aktivitelerinde etkilidir. Bununla beraber, en tehlikeli olan limanlardaki suyun kalitesidir. Yıllar boyunca oluşan endüstriyel kirlenme esnasında ahşap kazık kullanmak güvenliydi çünkü deniz canlıları yoktu. Kazıklar katran ile korunmakta idi. 1980'lerin başında Amerika'da büyük limanlarda çevresel temizliğin başlamasıyla birlikte deniz canlıları korunmasız ahşabın üzerine geri dönmüştür. Sonuç olarak eski yapılar tamamen yok olmuş diğerleri ise gecikilmeden plastik kaplamalarla korunmaya alınmıştır.

Deniz canlılarının türleri yerleşimlere göre değişiklik gösterir ve ahşabın dayanıklılığına değişik şekillerde etki eder.

2.2.1.4 Bakteriler

Yıllar boyunca bakteriler tarafından tahtada oluşan bozulma küçük bir faktör olarak görülmüştür. Bununla beraber son yıllarda, yapılan çalışmalar, yeterli servis ömrü boyunca bakteriler tarafından oluşan güç kaybının %50 kadar olduğunu göstermiştir. Bakteriler tahtaya hem su altından hem de su üstünden etki edebilirler. Bakterilerin aerobik gereksinimleri yumuşak mantara göre daha azdır bu sebeple çok daha derinlerde hasara sebep olabilirler.

2.2.2 Fiziksel Faktörler

2.2.2.1 Çevresel Şartlar

Gel-git ve sıçrama bölgelerindeki periyodik ıslanma ve kuruma, tahtada değişimli dalgalanma ve çekilmelere sebep olmaktadır. Bu da sonuçta ahşapta çeşitli iç çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Gözlenen diğer bir olay ise "kabuk çatlamasıdır". Doymuş ahşabın kurumasıyla kristalleşen tuz, kazığın dış katmanlarında sürekli bir tuz birikimine sebep olmaktadır. Bu durumda dış katman yarılar ve çok sayıda boylamsal çatlaklar meydana gelmektedir. Sonuç olarak bu bozulma, kazık çevresi boyunca 5-10 mm kalınlığında kabuk çatlakları oluşturmaktadır.

2.2.2.2 Operasyonel Aktiviteler

Ahşap rıhtım ve iskelelerde, ahşapta büyük mekanik hasar meydana gelmektedir. Yüzen cisimler ve buz 'doğal' sebeplerdir. Bununla beraber, operasyonel aktiviteler çoğu durumda daha zararlı olabilir. Yanaşan gemi etkileri, tekne etkileri ve demirleme hatları en yaygın hasar kaynaklarıdır. Ahşap güvertelerin ve kazıkların aşırı yüklenmesi de yarılmalara sebep olur.

2.2.3 Kimyasal Etkiler

2.2.3.1 Doğrudan Etki

Deniz yapılarındaki ahşap kısımlar asit, alkali gibi kimyasallardan hasar görebilirler. Bununla beraber, kimyasal hasarın en yaygın doğrudan kaynağı endüstriyel atığa bağlı kirlenmedir.

2.2.3.2 Bağlantı Elemanları

İlerleyen korozyon oluşumlarının sebep olduğu, bağlantı yerlerinde korozyon ve ahşaptaki yarıma bağlantı elemanlarında kimyasal hasar ile sonuçlanmaktadır. Tuzlu sudaki metal bağlantı elemanları (cıvatalar, çiviler) bağlanmış olan ahşabı kimyasal olarak etkilemektedirler. Hasar genellikle ahşabın renginin değişimi ile fark edilmektedir

(siyah/mavi).

2.2.4 Ahşap Türleri ve Kullanımı

Son zamanlarda bazı deniz uygulamalarında ahşabın yerini başka malzemeler olsa da ahşap, hala birçok orta büyüklükte yapıda dayanım, dayanıklılık, elastikiyet, ağırlık gibi özelliklere sahip önemli bir malzemedir.

Ahşabın tipik kullanım yerleri; rıhtımlar, iskeleler, küçük ve orta büyüklükte limanlar, usturmaça kazıkları ve paneller, kıyı koruma, dalga perdesi kaplama ve mahmuzlardır.

Deniz yapılarında kullanılan yumuşak ağaçlar: Douglas köknarı, Avrupa çamı, karaçam, zift çam ve alaçamdır. Aynı şekilde, başlıca sert ağaçlar ile ana merkezleri ve temel işlevleri aşağıdadır:

Basracolus	Suriname- kazıklı yapılar, ağır makineler için yapılan güverteler
Ekki/azobé	Batı Afrika- özellikle Kamerun-palplanş
Karaağaç	Avrupa- kazıklama, usturmaça kazıklaması ve paneller
Greenheart	Guyana- kazıklı yapılar ve palplanş, güverte)
Manbarkalak	Guyanas- kum koruma işleri ve kısa kazıklama
Meşe	Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika- kıyı koruma, kalaslarla kaplama
Purpleheart	Merkez ve tropikal Güney Amerika- çok yönlü

2.2.5 Ahşabın Özellikleri

Genellikle ahşap türlerinin özellikleri, birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilir (kaynağı, nem oranı, elleçleme, depolama ve yer koşulları gibi)

Doğal dayanıklılığa bağlı olarak, ahşap genellikle beş gruba ayrılır:

<u>Dayanıklılık derecesi</u>	<u>Yıllara bağlı ortalama ömür</u>
Çok dayanıklı	25 üstü
Dayanıklı	15-25
Kısmen dayanıklı	10-15
Dayanıksız	5-10
Çok dayanıksız	5 altı

Basralocus, ekki, greenheart ve manbarklak ağaçlarının çürümeye ve deniz canlılarına karşı

doğal olarak çok dayanıklı olduğu bilinmektedir.

Ağacın dış kısmının doğal dayanıklılığı iç kısmından daha azdır ve bu sebeple doğal dayanımın gerekli olduğu yerlerde dış kısmı tercih edilmez. Diğer taraftan, dış kısmı iç kısmından daha boşluklu olduğundan koruyucuları daha kolay emebilir.

2.3 Taş

Doğal taşlar veya tuğlalardan 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. Rölatif hareket normalde aşırı taramaya bağlı olarak yapının oturmasıyla ortaya çıkar. Blok oturmasının bir işareti açılan bağlantılar veya ayrılan bloklar arasındaki dolgunun ıslanması sonucu oturan kaplama alanlarıdır. Taş yapılar aynı zamanda etraflarındaki yapılar yangınla yok olduğu zaman da hasar görebilir. Granit blokların şiddetli ateşten sonra soğurken çatlama eğilimi vardır. Duvar yapıları için, çatlama çok şiddetli olmadığı takdirde önemli değildir (PIANC, 1990).

2.4 Beton (Donatılı, Donatısız, Ön-Gerilmeli)

Betonu direkt olarak bozan ve elektro kimyasal 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 (PIANC, 1990).

2.4.1 Kimyasal ve Biyolojik Etki

Kimyasal ve biyolojik etkiler belirli koşullar altında çeşitli şekillerde meydana gelebilirler ve deniz yapılarında kullanılan tüm beton çeşitleri bundan az veya çok etkilenebilirler. Temel problemler:

Sülfat hareketi, etrenjit (kandilot tuzu) ve alçı oluşumuna sebep olur ve bunlar da fiziksel büyüme nedenleridir (Lea ve Desch, 1956; Eglinton, 1987; Emmons, 1994).

Karbondioksit hareketi, kalsiyum karbonat oluşumuna sebep olur ve betonun alkalinitesini azaltır ve donatı üstündeki pasif koruyucu tabakanın bozulmasına neden olur (Higgins, 2000).

Alkali-silika reaksiyonu (ASR), bu reaksiyon betonda çatlama ve genişlemeye sebep olur (Hobbs, 1988; Concrete Society, 2001).

Klorid hareketi, donatılı çelik üzerindeki pasif katmanın yok olmasına neden olur (Eglington, 1987; Emmons, 1994; Trend 2000 Ltd., 2001).

Diğer kimyasal bozulmalar, yükleme, boşaltma ve kimyasallar ile atıklar gibi maddelerin depolanması sonucunda oluşur. Gübrelerdeki fosfat ve amonyum tuzları betonda ayrışmaya neden olan yaygın bir örnektir (Lea ve Desch, 1956).

Biyokorozyon çelik yapılarda esas bir problemdir ve yapılarda sülfat bozulmasına bağlı olarak kimyasal etkiyi artırdığı bilinir (Eglington, 1987).

Uygun kalitede donatısız beton denizden gelen kimyasal etkilerden daha az zarar görür ve bu nedenle son yıllarda kullanımını artmıştır. Gerçekten de donatılı ve ön-gerilmeli betonda direkt olarak kimyasal etkilere maruz kalan beton değil gömülü olan çeliktir. Ve hasar betonda çatlama ve parça atması olarak görülür.

Uygun kalitede beton için denizdeki sülfat etkisi çok ciddi bir problem değildir. Bunun bir sebebi, etrenjit oluşumuna bağlı olan genişlemenin klorür varlığı ile tutulmasıdır. Sülfat atağı riskini azaltmak için, bazı otoriteler, deniz işleri için kullanılan çimentonun trikalsiyum aluminat bileşeni için üst sınır (+ %5) belirlemişlerdir.

Beton malzeme, tesislerde ve rıhtım yüzeylerinde kullanıldığı zaman, sülfat ve biyokorozyon etkisiyle bozulmaya başlar. Gübre gibi diğer kimyasallar için ise korunmasız alanlara döküldükleri zaman bozulma olayı başlar.

Atmosferde görülen karbondioksit (CO_2), beton içinde bulunan serbest kireç ile reaksiyona girerek kalsiyum karbonata dönüşür ve buna karbonatlaşma denir. Bunun etkisi ile beton yüzeyden itibaren sertleşmeye başlar. Fakat esas etkisi, gözenekli ortamdaki suyun normal alkalinitesini 13.5 ve 12.4 arasındaki bir pH değerinden yaklaşık 9.4 civarına düşürmektir. Bu da donatı üzerindeki normal pasif filmin yok olmasına neden olur ve bu suretle korozyonun ilerlemesine, betonun ayrışmasına ve mukavemetin azalmasına sebep olur. Bununla beraber, deniz koşullarında karbondioksit etkisi azaltılır çünkü karbondioksit ıslak betona nüfuz edemez.

2.4.2 Fiziksel Etki

2.4.2.1 Aşırı Yükleme, Çarpma, Aşınma ve Erozyon

Deniz yapılarındaki beton değişik şekillerdeki fiziksel etkilere karşı korunmasız kalabilir.

Bunlar; aşırı yükleme, çarpma, aşınma ve erozyon olabilir.

Gemi çarpması gibi yükler, ağır ekipman ve deprem yapılarında çok fazla gerilmeye sebep olabilir (Buslov vd., 1996). Gemilerin ve kabloların deşmesine bağlı aşınma, aprona yerleştirilen ürünlerin sürüklenmesi, malzemenin mekanik kürenmesi, su ve su ile taşınan parçacıklara bağlı erozyon betona; yerel, geniş yüzeyli alanlarda ya da yapının kaldırılan parçalarında betona hasar verebilir. Buz sebebiyle aşınma, sıcaklığın donma noktası altında olduğu yerlerde, kesit kaybı ve deniz çevresindeki beton elemanlarındaki yapısal bütünlükte kayba neden olabilir.

2.4.2.2 Donma-Çözülme

Donma-çözülme, özellikle nemli koşullarda, sıcaklığın sıfırın altında olduğu yerlerde şiddetli olabilir. Donma-çözülme hasarı boşluk suyunun donmasına bağlı olarak içsel çatlama, tuzlu su mevcutsa soyulma olarak görülebilir. Her iki hasar da direkt ve indirekt olarak yapısal bütünlükte kayba neden olabilir çünkü çatlaklar korozyonu ve diğer bozulma mekanizmalarını artırır (Setzer ve Auberg, 1997).

Donma-çözülme hasarı için ana mekanizma suyun donduğu zaman %9 genişlemesidir. Bu hacim artışı karşılama üzere, geçici hazneler gibi davranan iyi dağılımlı boşluklar oluşturulabilir. Betondaki boşluk suyu, betonun ince kılcal boşlukları içindeki yüzey etkileşimi ve eriyen tuzlar yüzünden donma noktasındaki düşme sebebiyle, tam olarak sıfır derecede donmaz. Bu nedenle, boşluklarda daha büyük çaplarda buz oluşur ve düşen sıcaklıklarla birlikte daha küçük çaplardaki boşluklara ulaşır. Henüz donmamış sudaki hidrostatik basınç, harç matrisinde (betonda iri agregayı çevreleyen çimento harcı) çekme gerilmelerine sebep olur (donan suyun artan genişliği sebebiyle).

Bir betonun donma-çözülme dayanımı için en önemli kriter, matrisin (matris, kompozit bir malzeme olan betonda iri agregayı çevreleyen çimento harcına verilen isimdir) gözenek yapısıdır. Eğer su/çimento oranı azalır ve hidrasyon derecesi artarsa, betonun don dayanımı da artar.

50 yılı aşkın süredir hava sürükleyici katkıları kullanılmaktadır ve kullanılmaya devam edilmektedir. Hava boşluk sisteminin uzun dönem özellikleri sorgulanmıştır çünkü son çalışmalar bizlere hava boşluklarının nemli bir çevrede bir süre sonra portlandit ve etrenjit ile dolabileceğini göstermiştir. Dolan gözenekler daha sonra görevlerini yerine getirememekte ve donma süresince suya yer sağlayamamaktadır. Dolayısıyla beton bir dahaki donma-çözülme çevriminde hasar görebilir. Tuzlu suya maruz kalan beton elemanları hava boşluklarını

doldurmaya kuru ortamdakilerden daha eğilimlidir çünkü hem iyon transferi hem de kristal yetişmesi suyun varlığına bağlıdır. Bu yüzden, gözeneklerin dolması çoğunlukla iskele kolonlarında alçak su seviyesi çizgisi üzerinde ve altında gözlenir fakat ıslanma kuruma etkisine maruz kalan su seviyesi çizgisi üzerindeki kısımların hasar olasılığı daha yüksektir.

2.4.2.3 Yapım Hataları

Belirli prosedürlerin izlenmemesi, pratikte eksiklik ve dikkatsizlik birçok yapım hatasının oluşmasına neden olur. Bu hataların çoğu direkt olarak betona etki etmez. Bunun yerine diğer mekanizmalara ters etki yapar. Aşağıda yeni yapım esnasında olan ve tamir ile rehabilitasyonlarda karşılaşılan hatalar verilmiştir:

- Yeni karışmış betona su eklemek,
- Uygunsuz konsolidasyon,
- Uygunsuz kür,
- Donatı çeliğinin uygunsuz yerleşimi (pas payına önem verilmemesi),
- Kalıbın hareketi,
- Desteklerin erken çıkarılması,
- Yeni yerleştirilen betonun titreşimi.

2.4.2.4 Donatı Korozyonu

Donatı çeliğinin korozyonunu ve beton bozulmasının tehlikelerini içeren ana teori mekanik basınç teorisidir. Buna göre, demirden betona geçen bir akım demirin korozyonuna neden olur. Daha sonra eklenen kloridlerin de korozyonu artırdığı ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak birçok araştırmacı betondaki korozyon olayının elektrokimyasal bir süreç olduğunu ve demirin kimyasal etkilerle korozyona uğradığını göstermişlerdir (Uhlig, 1971; Mehta, 1986, 1988; Holmes ve Brundle, 1987; ACI, 1985a).

Donatı korozyonu görsel gözlem ile pas lekelerinin ortaya çıkmasıyla belli olur. Bu lekeleri beton çatlakları takip eder. Bu çatlaklar donatının yerleştirilişine uygun düzenli aralıklı paralel çizgiler halinde oluşurlar. Bozulma devam ederse betonda parça atma hasarı gerçekleşir ve donatı görünür hale gelir.

2.4.2.5 Tasarım Hataları

Tasarım hataları ikiye ayrılır. İlki yetersiz yapısal tasarım sonucu oluşanlar ve ikincisi ise

küçük tasarım detaylarına karşı dikkatsizlik sonucu oluşurlardır. İlk durumda mekanizma basittir. Beton taşıyabileceğinden daha büyük bir gerilmeye maruz bırakılır ya da kapasitesinden daha büyük bir kuvvet verilir. Görsel incelemelerde bu durum parça atma veya çatlaklar şeklinde ortaya çıkar. Bazen yapı yeterli tasarım kriterlerine sahip olsa bile bazı detaylara dikkat edilmediği için sorun çıkabilir. Betona başka şekillerde yüksek gerilim uygulanması buna örnektir. Bunun sonucunda çatlaklar oluşur ve buralardan betona su veya kimyasallar girer. Ancak detaylara dikkat etmemek betona direkt olarak zarar vermez. Sadece başka hasar verici etkenleri tetikler.

2.4.2.6 Oturma ve Hareket

Beton yapılar oldukça rijit olduklarından küçük hareketleri tolere edebilir. Diferansiyel hareket arttıkça beton bileşenleri aşırı gerilmeye maruz kalır ve çatlaklar.

Görsel incelemede bu durum çatlama ya da parça atma şeklinde görülür. Bu uzun dönemli bir olay olduğundan verilerin incelenmesi toplam hareketin ortaya çıkması açısından yararlı olacaktır.

2.4.2.7 Sıcaklık Değişimleri

Sıcaklık değişimleri betonun hacminde benzer bir değişikliğe yol açar. Neme bağlı hacim değişimleri ve sıcaklığa bağlı hacim değişimleri birlikte hasara neden olmadan önce sınırlandırılmalıdır. Temelde betona zarar veren üç sıcaklık değişimi olayı vardır. İlk olarak, geniş alanlarda çimentonun hidrotasyon ısısına bağlı olarak oluşan değişimlerdir. İkincisi, iklim koşullarına bağlı olarak oluşan değişimlerdir. Sonuncusu ise, dışarıdan etkili olan değişimlerdir.

2.4.2.8 Bozulmanın Diğer Şekilleri

Bozulmanın bunlar dışında sayısız şekli vardır ve bir çoğu belirli iklimler ve konumlarla ilişkilidir. Bir kısmı tek başına çok şiddetli değildir fakat donma-çözülme, kimyasal saldırı ya da aşınma ile birlikte olduklarında şiddetli olabilirler.

Denizde yetişen organizmaların betona verdiği asıl hasar yaygın bir sebep değildir, bununla beraber, deniz otunun betondaki bozulma oranını artırdığı görülmüştür. Bu muhtemelen çürüten bitki örtüsü tarafından üretilen organik asitler ve sülfat hareketine bağlıdır. Tropik bölgelerde bazı yumuşakçaların betonu yılda 10 mm'ye kadar yiyebildiği bilinmektedir. Bu donatılı ve donatısız betona, ilk olarak hacim ve kütleyi azaltarak, ikinci olarak çelikteki kaplamayı küçülterek etki eder. Pozitif olarak, su altındaki yosunlar, beton yüzeyini

kaplayarak dayanıklılığı artırabilirler.

Çürüyen organik maddeler karbondioksit üretir. Bu da suda eridiği zaman karbonik asit üretir ve betonu karbonatlaşma olayına benzer şekilde etkiler. Karbonik asit aynı zamanda yağmur suyundaki atmosferik karbondioksitten de elde edilebilir.

Deniz yapılarının kullanımı ile ilişkili birçok endüstriyel ürün vardır çünkü deniz yapıları işlevlerinden dolayı yüklenme, dökme ya da kirlenmeye bağlı olarak endüstriyel ürünlerle bağlantı halindedir. Örneğin, sülfür, sülfürik asit gibi inorganik asitler ve asetik, formik ve laktik asit gibi organik asitler, etkiyi lağımdan gelen bakteriler kadar artıracaktır.

Rafinerilerden gelen şekerler, fabrika atığı sıvılar ve depolanan sebze ürünleri, betonda kırılma oluşturmaya etkileyebilirler. Gliserin ve yağlı asitler içeren hayvan ve sebze yağları da betonda bozulmaya neden olabilirler.

Ağır petrol ürünleri problem yaratmaz ve yapışkan ürünler asfalt gibi betonu korumaya yardımcı olur bununla beraber daha az yapışkan katran ruhu hasara sebep olabilir.

2.5 Çelik

2.5.1 Korozyonun Şekilleri

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 'electromotive serilerde' gösterilmektedir. Farklı electromotive 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 içerebilir.

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 mikro korozyon pili veya genel korozyon pili denir. Çelik kazıklamada bu mikro korozyon oranı bir çok 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.

Çeliğin iki reaksiyonu aşağıdadır:



Deniz çevresindeki çelik yapıların korozyonu için katotik reaksiyon denklem (2)'de verilmiştir (PIANC, 1990).

2.5.2 Korozyon Çeşitleri

Korozyon, koşullara bağlı olarak, çelik liman yapılarında farklı şekillerde etkilere neden olabilir. Korozyon etkileri aşağıda verilmiştir:

- Genel korozyon,
- Yerel korozyon (çatlak korozyonu ve çukurcuk korozyonu gibi),
- Galvanik korozyon,
- Erozyon korozyonu,
- Alçak su seviyesi korozyonu.

Genel korozyon, fark edilmeden ilerleyen ve mikro-korozyon pillerine bağlı bir korozyondur. Çelik bir malzeme için, bu üniform bir incelmeye 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 farklılıklarından dolayı oluşur.

Çatlak korozyonu, civataların altı gibi, buhar ve su girişinin sınırlandırıldığı alanlarda meydana gelir.

Galvanik korozyon, bir metal ya da alaşım, aynı elektrolit içinde, başka bir metal veya

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 yanaşması 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 olacaktır.

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 olay su seviyesinin periyodik olarak değiştirildiği havuz suyu testlerinde de doğrulanmıştır. Bu tarz sınırlı korozyona konsantre korozyon denir.

2.5.3 Korozyon Bölgeleri

Çelik liman yapılarının korozyon çevreleri yedi bölüme ayrılır (PIANC, 1990). Bunlar :

1. Atmosferik bölge,
2. Sıçrama bölgesi,
3. Gel-git bölgesi,
4. Alçak su seviyesi bölgesi,
5. Batık bölge,
6. Çamur bölgesi,

7. Arka dolgu bölgesi.

Atmosferik bölge ve sıçrama bölgesi güverte seviyesinden yüksek su seviyesine kadar olan alanı kaplar ve genelde sıçrama bölgesi yüksek su seviyesinin hemen üzerindeki kısım anlamına gelir. Bu bölümdeki korozyon miktarı, yapının rüzgara ve dalga etkisine karşı korunmasızlığına bağlı olarak çok fazla değişiklik gösterir. Korunaklı limanlarda korozyon hızı 0.1-0.2 mm/yıl olarak beklenir. Rüzgara ve dalga hareketlerine karşı tamamen korunmasız olan yapılarda korozyon hızı 0.3 mm/ yıl olarak tahmin edilir.

Gel-git bölgesi yüksek su seviyesi ile ortalama alçak su seviyesi arasındaki bölümdür. Galvanik pilde, ortalama deniz seviyesi ve ortalama alçak su seviyesi arasındaki alan katot gibi görünür. Katot alanındaki korozyon hızı 0.0 mm/yıl ile 0.1 mm/yıl arasında değişirken yüksek su seviyesi ve ortalama deniz seviyesi arasındaki korozyon miktarları ortalama deniz seviyesinden yukarı doğru yavaş yavaş artar.

Alçak su bölgesi ortalama alçak su seviyesi ve alçak su seviyesinin yaklaşık 0.5 m altındaki bir nokta arasındaki bölümdür. Normal olarak bu bölge galvanik pilin anotudur. Alçak su seviyesi bölümü korozyon miktarının genellikle en yüksek olduğu kısımdır. Tipik olarak bu bölümdeki korozyon miktarı 0.15 mm/yıl ve 0.3 mm/yıl arasındadır. Fakat eğer korozyon oluşumları kaldırılırsa daha yüksek olacaktır.

Batık bölge alçak su seviyesinin hemen altındaki bir noktadan deniz tabanına kadar uzar. Genellikle bu bölüm hem yoğun, demir zengini oksit bir katmanla hem de deniz canlıları ile kaplıdır ve her ikisi de korozyonu sınırlar. Bu bölümdeki korozyon miktarları 0.03 mm/yıl ile 0.10 mm/yıl arasında değişir. Oksit katman ve deniz canlıları olmazsa bu hızlar artabilir.

Çamur hattındaki korozyon genellikle batık bölgedeki ile aynıdır. Kum aşınması durumunda, korozyon oluşumlarının çelikten kaldırıldığı kısım, korozyon oluşumlarıyla hala kaplı olan çeliğin diğer kısmına karşı güçlü bir anot gibi davranır. Bu nedenle üzerinde korozyon oluşumu olmayan çeliğin korozyon miktarı, bir makro-korozyon pilinin anodu olarak hızlandırır. Bu çelik kalınlığında hızlı bir azalmaya sebep olur ve bu olay 'erozyon korozyonu' olarak bilinir.

Son yıllarda alçak su bölgesindeki çelik kazıkların hızlı korozyonu tüm dünyada gözlenmektedir. Alçak su seviyesindeki veya yakınındaki korozyon üç kategoride sınıflandırılabilir:

Çok sayıda yerde bakteriyolojik çalışmalar yapılmış ve birçoğunda alçak su seviyesi korozyonu bölgesinde çok miktarda sülfat azaltıcı bakteriye rastlanmıştır. Bu gözlemler ve

devam eden araştırmalar, alçak su seviyesi korozyonunun mikro biyolojik olarak etkili olduğuna dair önemli kanıtlar sağlamıştır. Bakteriyolojik çalışmalar sülfat azaltan bakterinin alçak su seviyesi korozyonu üzerindeki etkisini birçok limanda araştırmıştır.

Bir başka etki de erozyona bağlı korozyon olabilir. Bu tip korozyon çelik yüzeyinin mekanik ve elektrokimyasal bozulmasının ortak etkileri olarak tarif edilebilir. Değişik şekillerdeki mekanik aşınma çıplak haldeki çeliğin korozyon etkilerine karşı korunmasız olmasına neden olmaktadır. Bu aşınma içlerinde akıntı hareketleri, taban oyulması ve buz aşınması gibi durumların da olduğu birçok faktör nedeniyle olabilir.

Diğer bir etki, alçak su seviyesi anodik korozyonu olabilir. Daha üst su seviyelerinin daha yüksek oksijen bileşenlerine sahip olması ve katot gibi davranmasına bağlı olarak elektrolitik hareket sebebiyle olur.

Alçak su seviyesi korozyonu yukarıdaki faktörler bir arada meydana geldiği zaman daha hızlı artar.

Çelik palplanş yapıların arka dolgu bölgeleri ikiye ayrılır: Deniz suyunun üstünde kalan kısım (kalan su seviyesinin üstü) ve deniz suyunun altında kalan kısım (kalıcı su seviyesi altı). Bu iki kısım arasında bir makro-korozyon pili nadiren olur çünkü arka dolgu toprağındaki kalan su seviyesi normalde uzun süre değişmez. Korozyon en çok palplanş duvarının ön kısmında görülür ve ters taraftaki korozyon miktarının daha küçük olması beklenir (yaklaşık 0.02 mm/yıl yada daha az).

Liman yapılarında korozyon hasarı genellikle ilk önce alçak su seviyesinde meydana gelir. Çelik palplanş yapılarda, arka dolgu malzemesi korozyon deliklerinden akar ve sonuç olarak üst yapı çöker. Çelik boru kazık yapılarda, kazıklar delinir ve böyle örneklerde kazık korozyona bağlı olarak kesilmeli ya da çıkarılmalıdır.

Tipik korozyon, korunmasız çelik bir kazıklı yapının servis ömründe 20-30 yılda sonuçlanacaktır.

2.5.4 Fiziksel ve Kimyasal Etki

Çeliğe fiziksel etki, gemi etkisine, aşırı yüklemeye ya da gemilerden, kablolardan, elleçlenen mallardan, sudan ve su yoluyla taşınan kumdan oluşan aşınma ve çakıl erozyonuna bağlı olarak meydana gelebilir.

Kimyasal etki işe, mallarda bulunan biyolojik, organik ve inorganik maddeler ve kirlenme sonucu meydana gelebilir.

2.5.5 Yanaşma Yeri İşletmesine Bağlı Hasarlar

2.5.5.1 Gemiler ve/veya Kargo Elleçleme Sistemleri ile Yapılara Verilen 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 çeliği ya da ahşap yapısal bileşeni gösterecektir ve betonun soyulması ya da çatlaması ortaya çıkacaktır. Bu hasarlar genellikle gemilerin mekanik problemlerine ve kötü hava koşullarına bağlıdır ve engellenmesi sağlanamaz. Örneğin gemi yanaşma yerini yanlış bir açı veya hızla terk ederse bu tarz bir kaza oluşabilir.

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

2.6 Gemi Pervanelerinin Neden Olduğu Oyulma

Gemi boyutlarındaki artış, özel amaçlı gemilerin ortaya çıkması, Ro/Ro gemilerinin kullanımı tehlikeli oyulma kaynağı olarak görülebilir ve rıhtım yapılarını ciddi anlamda tehdit eder.

Yanaşma yeri için hasarın artmasına etki eden ana faktörler şöyle sıralanabilmektedir:

- İtici güç biriminin gücü,
- Yanaşma ya da ayrılma esnasında geminin sahip olduğu su çekimi,
- Pervanelerin konumu,
- Dümenin konumu,
- Geminin omurgasının şekli,
- Omurga altı temizliği,
- Geminin rıhtıma uzaklığı.

3. DENİZ YAPILARINDA İNCELEME YÖNTEMLERİ

Hem su altı hem de su üstündeki incelemeler tavsiye edilen ve planlanan program dahilinde düzenli bir şekilde yapılmalıdır (Yüzer, 2004).

Eğer yaşam döngü yönetimi (YDY) kullanılıyorsa incelemeler arasındaki zaman aralıkları, incelenecek yapısal elemanlar, uygulanacak incelemenin türü, kayıt yöntemleri ve veri tabanına girilecek bilgiler belirtilmiş olacaktır. Veri tabanı yapının tasarımı konusunda bilgi verecek ve son incelemeden beri karar verilen değişiklikleri olanaklı kılmaya yarayacaktır (PIANC, 1990).

Eğer yaşam döngü yönetimi kullanılmıyorsa ve inceleme bir defaya mahsus veya YDY kurmaya bağlı olarak uygulanıyorsa, aşağıdaki sistem uygun ölçekte önerilebilir.

İncelemenin üç ana şekli vardır:

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 yaş 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...

Veritabanı ve Program

Kısaca, veritabanı ve inceleme programı deniz yapılarında aşağıdaki konuları kapsamaktadır:

- Yapının tasarım fonksiyonlarını yerine getirebilme yeteneği,
- Bakım ihtiyacı,
- Kalan ömrü.

İncelemeler arasındaki periyot, yapı sahibi için bir sorundur, fakat bu yapının yaşına, yapıldığı

malzemelere ve yapım koşullarına bağlıdır ve beş yıldan daha fazla olamaz (PIANC, 1990).

Bu sebeple, inceleme aşağıdaki bilgileri sağlamak için yapılmalıdır:

- Bozulma bilgileri ve çevresel etkiler de dahil olmak üzere yapının mevcut durumu,
- Gelecekteki bozulma oranı ile çevresel etki ve olası yaşam,
- Yapının bakımını yapmak ya da tasarım ömründe değişiklik için gerekli bakım.

Yapı hakkında mümkün olduğu kadar çok bilgi elde etmek ve incelemeyi değerlendirmek için kaydetmek yararlıdır. Bu bilgiler;

- Çizimler,
- Kullanılan malzemeler hakkında bilgi,
- Yerleştirildiği çevre,
- İşletme amacı ve fonksiyonu,
- Önceki incelemenin detayları,
- Tasarım ömrü.

Çalışma Alanı

Uygulamada, yapı üzerindeki inceleme çalışmaları aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır:

- Veri tabanının, yapı ile ilgili olarak, tekrar gözden geçirilmesi,
- Renkli fotoğraflar ve video kayıtları eklenmiş görsel inceleme,
- Yapı üzerindeki ölçüm, örneğin, oturma ve dönme,
- Laboratuvar testleri,
- Eğer gerekli ise, sınırlı miktarda yıkıcı testler,
- Veri tabanının güncelleştirilmesi.

İncelemeler alçak su seviyesinin altında ya da üstünde olsa bile; temel teknikler, su altı çalışmalarını kolaylaştırmak için uygun uyarlamalar ile benzerdir. Ancak, su altı incelemeleri genellikle düşük görüş netliği, dalga ve akıntı koşulları yüzünden engellenmektedir. Burada liman yapılarında kullanılan malzemelere göre inceleme biçimleri verilmiştir.

3.1 Ahşap

Ahşabın, deniz yapıları için dayanıklı ve ekonomik olarak iyi bir malzeme olduğu kanıtlandığı

için, servis koşullarındaki değişikliklere karşı olan yüksek hassaslığı, periyodik incelemeleri bakım programının önemli bir bileşeni haline getirmektedir. Büyük ahşap yapıların sahipleri genellikle kısa görsel su üstü incelemelerini her üç yılda bir ve su altı incelemelerini ise her beş yılda bir istemektedirler.

Ahşap yapıların kazık alanı oldukça küçüktür ve bu sebeple, çok sayıda özel eleman içermektedirler. Sonuç olarak, her elemanın detaylı araştırılması genel değerlendirme amaçları için pratik değildir. Bunun yerine, yeterli büyüklükteki örnekler detaylı olarak incelenir. İncelenen eleman sayısı tüm yapının %10-25'i kadar olmalıdır. Eğer tamir yapılmaya karar verilirse, tamir kalitesini belirlemek için bir ön yapı incelemesi yapılır.

3.1.1 Görsel İnceleme

Görsel incelemeler, tüm deniz yapılarının bütün tiplerinde çok önemli bilgi kaynaklarıdır. Ahşap yapılarda görsel gözlem esas ve en yaygın inceleme türüdür. Bunun sebeplerinden biri, ahşaptaki kusurların çoğunun yüzeyde açıkça görülebilmesidir. Bir diğer nedeni ise, ahşabın düzenli olmayan yapısı yüzünden, mekanik ve kimyasal test sonuçlarında çelik ve betona kıyasla çok daha az bilgi vermesidir. Aynı sebeplerden dolayı, ahşabın yıkıcı olmayan testleri de beton ve demirin seviyesine ve uygulama ölçüsüne ulaşmamıştır.

Mantarsal çürüme dolayısıyla oluşan su üstü bozulmaları genellikle anormal renklenme ile gözlenmektedir. Daha gelişmiş safhada, çürüme ahşap elemanların geometrisinde değişim ve ahşap kaybı göstermektedir.

Aşırı gerilme, sürtünme, çarpma ve kabuk kalkması gibi nedenlerle oluşan fiziksel hasar, görsel inceleme esnasında en iyi kaydedilebilen hasardır. Deniz canlılarının görsel olarak belirlenmesi biraz tecrübe gerektirir. Bu özellikle teredonun araştırılmasında önemlidir. Teredonun giriş delikleri küçüktür ve tüneller ahşap yüzeyinde görülmeyebilir. Limnoria'nın varlığı ise birçok giriş deliğine ve kazık geometrisindeki farkedilebilir değişikliğe bağlı olarak oldukça açıktır. En belirgin özelliklerinden biri ahşap yüzeyinde çıkıntı oluşturan düğümlerdir.

Görsel incelemeler, bağ ve bağlantılar için ana bilgi kaynaklarıdır. Ahşap deniz yapılarında, metal bağlantı elemanlarının kaybolması çok yaygındır. Gemi çarpması ile kırılan en dış sıradaki kazıklar, ayrılmış kazıklar, kayıp halatlar ve hasarlı usturmaça kazıkları genellikle görsel incelemede rastlanan hasarlardır.

3.1.2 Yerinde Yapılan Mekanik Testi

Ahşap koşullarında en iyi bilgi kaynağının, işaretli bir çekiç ile yapılan basit saha testi olduğu kanıtlanmıştır. İki parametre değerlendirilir. Bunlardan ilki çekiç ile elde edilen ses ve ikincisi ise nüfuz etme miktarıdır. Enerjideki esas farklılık kişiden kişiye değişmesine rağmen, penetrasyon testlerinin sonuçları çam kazıkta 6-10 mm, yumuşakta ağaçta ise 12-18 mm çıkmaktadır. 18 mm'den büyük penetrasyonda deniz canlıları tarafından ciddi hasar var demektir.

Bununla beraber, PILODYN testi, ahşabın kalan gücünün ölçümünü daha tarafsız olarak verecektir.

Ahşaptan aynı zamanda karot numune alınabilir. Küçük boyutta numuneler (6 mm'ye kadar çaplı) çıkarmak kolaydır ve bunlar yüzey bakımının büyüklüğü ve koşullar konusunda güvenilir kaynaklar olabilirler. Daha büyük numuneler (50 mm çaplı) Teredo varlığının araştırılması için çıkarılabilirler. Tüm yapının gördüğü hasarın derecesini değerlendirmek için numunede gözlenen tünellerin boyutları ve sayılarına göre istatistiksel yöntemler kullanılır.

3.1.3 Azalan Çapın Belirlenmesi

Ahşap kazıklara Limnoria tarafından verilen zararın büyüklüğünü değerlendirmenin en iyi yolu kalan kazık çapının ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak azalmasıdır. Genellikle bu ölçümler ortalama alçak su seviyesinde, kazığın su altındaki kısmının orta derinliğinde ve deniz tabanında yapılır. İki yöntem kullanılır. Bunlar, büyük kapiler tipte bir alet ile doğrudan ölçüm ve şerit ile çevre ölçümüdür. İkinci yöntem daha güvenilir ve doğru sonuçlar verir.

3.1.4 Denetleme Programları

Dünyanın, deniz canlılarının ahşap yapıların servis ömürlerinde büyük rol oynadığı kesimlerinde, periyodik inceleme ve testler iyi düzenlenmiş koruyucu denetleme programları ile yapılabilir. Böyle bir programın önemli elemanlarından biri canlılarının varlığını önceden belirleyebilmek için, değişik su alanlarına test ahşapları yerleştirmektir. Uygulama esnasındaki diğer önemli bir parametre ise bozulma oranıdır.

Mevcut görülen canlı tipleri hakkında bilgi ve tüketilen ahşap miktarı koruyucu bir programın kurulması için çok önemlidir.

Koruyucu bir bakım programı kurulduktan sonra, mevcut koşulların denetlenmesi yapılan işin verimini artırmaya yardım edebilir. Örneğin, deniz canlılarına karşı bir koruma oluşturmak için kazıklara yerleştirilen plastik örtülerin içindeki oksijen içeriği örtülemenin verimi ve

kalitesini belirlemeye yardım eder.

3.2 Taş ve Donatısız Beton

Taş, donatısız beton ve beton bloklulu tip yapılar için inceleme teknikleri normalde genel incelemeler olarak sınırlandırılırlar. Bu yapılar, malzemelerin bir değerlendirmesini içeren diğer deniz yapılarından biraz farklıdır. Genel inceleme teknikleri aynı zamanda donatılı ve ön gerilmeli beton yapılar içindir.

3.2.1 Görsel İncelemeler

Taş ve beton deniz yapılarının ilk incelemeleri tüm yapının görsel olarak incelenmesidir. İnceleme genelde dalgıçlar tarafından yapılan bir su altı araştırması ve tercihen dalma sertifikalı mühendisler içermektedir. Su altı araştırmasının bir video kaydı olması önerilir ve yapının su üzerinden fotografik incelenmesi de yapılabilir. Periyodik olarak yapılırsa, bu devam eden incelemeler için bir taban oluşturacaktır. Aşağıdaki durumlar incelenmektedir:

- a) Duvar hareketi,
- b) Blok hareketi (bağlantı yerinin açılması dahil),
- c) Yapının eğilmesi,
- d) Yapının farklı hareketleri,
- e) Sızma,
- f) Topuktaki katı madde,
- g) Topuktaki erozyon,
- h) Yapının arkasındaki çukur ve boşluklar,
- i) Noktasal hasar,
- j) Genel tesis hatası.

Bu incelemeler yapının tüm uzunluğu için sistematik olarak uygulanmaktadır. Araştırmacı yapının sudaki yüzeyini olduğu kadar arkasındaki yüzeyini de incelemelidir. Kaplamalar ve platform oturmayı ve toprak kaybını araştırmak için georadar incelemeleri gibi diğer teknikler gerektirebilir.

3.2.2 Ölçümler

Yapının detaylı ölçümleri, ölçümlerin tamamlanması için zaman zaman sınırlandırılmaktadır.

Oldukça yeni ve deneysel teknikler istisna olmak üzere, mikro sismik arama ya da georadar gibi bazı yıkıcı olmayan teknikler bu tip yapılar için uygundur.

3.2.2.1 Yatay ve Düşey İnceleme

Yatay inceleme, yapının toplam bozulmasının değerlendirilmesi için en iyi bilgiyi sağlamaktadır. Standart araştırma noktaları kurarak, su önü yapılarının rölatif ve gerçek hareketleri belirlenebilir ve hareketler bir zaman cetveli üzerinde işaretlenebilir. Bu sayede devam eden ve artan hareketlerin değerlendirmesi yapılabilir. Seviye araştırmaları su önü yapılarının zararlı hareketlerini içeren zamansal bilgileri sağlar ve bu araştırmalar oldukça çabuk yapılabilir. Aynı zamanda seviye araştırmaları yapının oturmasını ve tamamen dönmesini içeren bilgiler de sağlar.

3.2.2.2 Eğim Ölçer

Eğim ölçer, yapının ve elemanlarının düşey hizadaki değişikliklerini ölçen bir alettir ve hareket ettiğinden şüphelenilen yapılar için yapı üzerindeki eğim ölçerlerin yerleri duvar hareketlerinin değerlendirilmesinde yardımcı olur. Bu aletler uyarı ile kullanılmalı ve rotasyonel veya düşey hareketi ortaya çıkarabilecek şekilde yerleştirilmelidirler.

3.2.2.3 Geoteknik Araştırmalar

Geoteknik araştırmalar, bozulmasından ve hareketinden şüphelenilen yapılar için uygulanabilir. Bu zemin boşluklarını, test çukurlarını ve sorunlu zeminin laboratuvar testlerini içerebilir. Gözlem kuyuları aynı zamanda yapının arkasındaki su koşullarını değerlendirmek için de kullanılabilir. Test delikleri ve sondalar ise yapının arkasını kazmadan, su önü yapılarının arka yüzeylerini değerlendirmek için kullanılır.

3.2.3 Test Etme

Yapıda yerel testler uygulanarak, yapının ve malzemelerin gücü, yapıdaki açıklıklar ve boşluklar gibi kalitesine ilişkin değişik parametreler araştırılabilir.

3.2.3.1 Tahribatsız Deneyler

Manyetik, akustik veya sismik testler uygulanarak yapıdaki anormallikler ortaya çıkarılabilir. Bu yöntemlerin bir başka uygulaması ise ultrasonik testlerle eski taş rihtim duvarları altındaki ahşap kazıkların uzunluğunun belirlenmesidir.

3.2.3.2 Tahribatlı Deneyler

Karot alınmaksızın uygulanan diyagrafik delikler karot alınmasından daha ucuzdur. Delme

işlemi sırasında parametreler kaydedilerek (uygulanan güç, matkabın ilerlemesi) yapının kalitesi araştırılabilir. Yapıdan farklı derinliklerde karot numuneleri alınabilir ve bu numuneler laboratuvarda aşağıdaki seçeneklere bağlı olarak analiz edilir:

- Kireç taşına etki eden asitler gibi kimyasal etkilerin test edilmesi için kimyasal analizler;
- Mukavemet analizleri.

3.3 Donatılı ve Ön-Gerilmeli Beton – Özel Testler ve Analizler

Beton yapılar, özellikle donatılı ve ön gerilmeli beton yapılar için, genel araştırmaya sahada ve laboratuvarda yapılan değişik test ve analizlerin eklenmesi gereklidir. Laboratuvarda uzun süreli deneyler yapılabildiği gibi hızlandırılmış deney teknikleri de geliştirilmiştir (Yüzer, 1998).

3.3.1 Görsel İncelemeler

Beton yapıların görsel incelemeleri ulaşmanın kolay olduğu yerlerde çekiç ile sertlik testi içermektedir ve çatlamlar, parça atmalar, korozyon, boşluklu alanlar, yapısal tehlikeler, yapıdan sızıntı, birleşim yerlerinin bozulması, kirlilik ve pürüzlülük dahil olmak üzere hasar ve çarpıklıklar kaydedilir.

3.3.2 Saha Testleri ve Örnekleme

3.3.2.1 Pas Payının Belirlenmesi

Pas payı, beton yüzeyindeki nokta kontrollerini yapmak için kullanılan manyetik esaslı bir covermeter kullanılarak ölçülebilir. Daha sonra, belirlenen beton örtü kalınlığı, yapının aynı alanındaki klorürler ve karbonatlaşma derinliği ile ilişkili olabilir. Bu alet aynı zamanda donatının konumunu doğrulamak için de kullanılabilir.

3.3.2.2 Karbonatlaşma Testleri

Bu test yeni kesilmiş bir beton ya da karot numune üzerinde, güçlü alkali beton yüzeyini mora boyayacak olan fenolftalein çözeltisi uygulanarak yapılır. Bu deneyden sonra betonun karbonatlaşmadığı belirlenirse bu bölgenin uzaklaştırılmasına gerek kalmaz.

3.3.2.3 Yüzey Sertliği

Yüzeyin sertliğini test etmek için bir Schmidt çekici kullanılabilir ve geri tepmelerden elde edilen okumalar beton mukavemetinin bir göstergesidir. Donatı bölgesinde yapılan testler ihmal edilebilir çünkü okumaları yüksek değer verebilir.

3.3.2.4 Korozyon Testleri

Potansiyel ölçüm araştırmaları, sadece klorür ya da benzer kimyasalların problem olduğu yapılar da uygundur. Potansiyel araştırma sonuçlarını göstermenin en kolay yollarından biri, yarı hücre potansiyel haritalarının çıkarılmasıdır. Elektrokimyasal korozyon izleme yöntemidir ve korozyon potansiyelinin ölçülmesine dayanır. Bu yöntemde referans elektrot beton yüzeyine değdirilir. Beton içindeki çelik çubuk ile referans elektrotu arasında meydana gelen potansiyel farkı bir voltmetre ile ölçülür. Yarı hücre potansiyel değerine göre olası korozyon durumunu veren değerlendirmeler ASTM C876-80 (1977)'de verilmiştir.

CSE potansiyel seviye (mV) Aktivite şansı

(-200)'den fazla % 90 korozyon yok

(-250) – (-350) Belirsiz

(-350)'den az %90 olasılıkla korozyon var

CSE bakır- bakır sülfat elektrotu için kullanılan bir kısaltmadır. Aktivite değişikliği –200 ve –350 arasında belirsiz olduğundan, betondaki çeliğin korozyon oranını tahmin etmek için bir polarizasyon direnç tekniği kullanılır. Korozyon oranı, bu oranla ters orantılı olan polarizasyon direnci ölçülerek bulunur. Potansiyeller arası farklar potansiyel korozyonun işaretidir.

Son zamanlarda, çelikteki korozyon derecesine üç parametreye dayanarak (potansiyel, polarizasyon direnci, betonun direnci) yapay olarak değer biçen yeni bir teknik geliştirilmiştir. Bu araştırma sonuçları gelecekteki korozyona bağlı problemler için iyi tahminler vermektedir. Donatının korozyonunu görsel inceleme ile değerlendirmek de olasıdır ancak betonun kaldırılması gerekmektedir (Berkely ve Pathamanaban, 1990).

3.3.2.5 Çatlak ve Boşlukların Dağılımı

Gözle görülemeyen çatlak ve boşlukları bulmak için ultrasonik yöntemler kullanılabilir.

3.3.2.6 Hareket

Çatlaklardaki diferansiyel hareketler streyngeç kullanılarak belirlenebilir. Alternatif olarak bir çatlak genişliği mikroskobu kullanılabilir fakat çatlakların düzensiz kenarları yüzünden seçilen noktalarda doğru okumaları tekrarlamak zordur. Kesin hareket seviyelerin ve diğer yöntemlerin kullanılmasıyla bulunabilir.

3.3.2.7 Titreşim

Bir yapıdaki titreşim tamir ve bakım yöntemlerini olumsuz yönde etkileyebilir ve bir ivme ölçer ile ölçülebilir.

3.3.2.8 Yükleme Testi

Yapısal elemanlar, hidrolik krikolar ve ön gerilmeli dış halatlar gibi yükler altında test edilebilir. Yapının veya insanların tehlikeye atılmaması için maksimum yük uygulandığında ve testin ilerleyişi denetlenirken çare ve önlem alınmalıdır. Genellikle bir elemanın yükleme testi süresince, benzer yük dağılımları ve örnek sapmaları kaydedilir ve elemanların varsayılan koşullardaki gerilme ve burkulma analizleri ile karşılaştırılır.

3.3.2.9 Toz Örnekleri

Standart bir test prosedüründe, toz örnekleri yüzeyden değişik derinliklerde sıradan bir elektrikli el matkabı kullanılarak betondan alınır. Ve daha sonra sahada veya laboratuvarında klorür içeriği için test edilir. Böylece, saha araştırması sırasında belirleyici klorür profili elde edilmiş olur.

3.3.2.10 Karot Numuneleri

50 mm veya 100 mm'lik karotlar sahada matkap ile yapıdan çıkarılabilir ve her örneğin değişik testler için küçük parçalara ayrıldığı bilinen bir beton laboratuvarına götürülür. Bu örnekler alındıktan sonra kalan delikler yabancı maddelerinin nüfuzunu önlemek için beton karışımı ile doldurulabilir.

3.3.2.11 Nem İçeriği

Bu, sahadan alınan örnekler üzerinde nem içeriği belirlenebilir. Elektriksel direnç ölçülerek veya görsel olarak incelenerek de elde edilebilir (EN 1504-10)

3.3.2.12 Beton Yüzeyinin Temizliği ve Pürüzlülüğü

Temizlik görsel olarak toz, kir, yağ, kumlanma, organik madde oluşması, kristalleşme için yapılabilir. Pürüzlülük ise ISO 3274.1'e göre ölçülebilir.

Yüzey Çekme Dayanımı

Bu dayanım, detaylı olarak BS1881, testi ile ölçülebilir. Beton yüzeyine ya da karot alınarak yüzey altındaki derinliklere uygulanabilir.

3.3.2.13 Betonun Direnci

Eğer elektro kimyasal teknikler kullanılıyorsa direncin bilinmesi gereklidir. Bu amaçla Wenner Prob testi uygulanabilir.

3.3.2.14 Donatının Temizliği ve Boyutu

Mevcut korunmasız donatının, korozyon ürününün kaldırılmasından sonra, temizliği ve boyutunun bilinmesi gerekmektedir. Korozyon çukurlarına özellikle dikkat edilmelidir.

3.3.3 Laboratuvar Testleri

Sahadaki görsel inceleme ve ölçümlerden başlamak üzere kesin laboratuvar testleri, karot veya örneklerden elde edilen bilgiyi artırmak için gereklidir. Bu testler aşağıdaki maddelerden oluşur:

- Basınç ve çekme dayanımı,
- Yoğunluk,
- Çimento tipi ve miktarı, karışım oranları,
- Klorür miktarı,
- Sülfat miktarı,
- Nem miktarı,
- Su geçirimsizliği, oksijen difüzyonu, porozite ve beton yoğunluğu,
- Mineral bileşimi,
- Alkali agregası varlığı.

3.4 Çelik

3.4.1 İnceleme Bölgeleri

İnceleme çalışmaları için uygun çelik yapı bölgeleri 3.4.2'de listelenmiştir.

3.4.2 Görsel İnceleme

Görsel inceleme atmosferik, sıçrama ve gel-git bölgelerindeki yüzen elemanlarda uygulanabilir. Alçak su seviyesinde ve batık bölgede, görsel inceleme genellikle bir dalgıç yardımı ile veya bir odacık kullanılarak uygulanır. En alçak astronomik gel-git bölgesinde, ortalama alçak su seviyesi çizgisi civarındaki, korozyona bağlı hasar bir bot yardımıyla

bulunabilir çünkü bu zamanlarda su yüzünden görünebilirler.

Maksimum gel-git seviyesindeki bir hasarın incelenmesi için benzer bir yöntem de kullanılabilir. Bu sebeple, bu tip korozyonun yapısı, ASS'nin hemen altındaki çelik palplanstaki deliklere bağlı olabilir. Bu delikler su yüzeyinin hareketi ile görsel inceleme yardımıyla bulunabilir. Bu hareket suyun basınç farkı yüzünden deliklere kaçması ile oluşur.

İlk incelemeler genel, takip eden incelemeler daha detaylı olabilir. Hava basıncı ile çalışan aletler, su kum patlama ve su basınç jetleri, korozyonu ve kirliliği temizlemek için kullanılabilir. Eğer gerekirse bu incelemeler için su altı kamerası da kullanılabilir.

3.4.3 Ölçümler

Görsel incelemeden sonra ultrasonik kalınlık ölçümleri alınabilir. Çelik kazıkların kalınlık ölçümleri, araştırılan çelik elemanın tüm uzunluğu boyunca düzenli aralıklarla elde edilebilir. Alçak su seviyesi bölgesinde daha yoğun ölçümler yapılmalıdır çünkü bu alan en büyük potansiyel korozyon alanıdır. Atmosferik bölge ve sıçrama bölgesindeki kalınlık ölçümleri yaklaşık 600 mm aralıklarla alınabilir. Alçak su seviyesinden yaklaşık 1200 mm yukarıdaki bir noktadan 1200 mm aşağıda olan bir noktaya yapılan ölçümler 200 mm'den 300 mm'ye aralıklarla elde edilebilir. Batık bölgede bu ölçümlerin 100 mm aralıklarla yapılması uygundur.

Çelik kazık elemanların kalınlık ölçümleri, yapının yük taşıma kapasitesi ve kalan kullanım ömrünün değerlendirilmesi için şarttır.

Yapısal açıdan, sadece en ince bölümdeki çelik değil aynı zamanda çelik kütlelerinin ortalama kalınlığı da gereklidir. Bu nedenle, ölçüm alınan yerlerde her düşey aralık için birçok ölçüm yapılmalıdır.

Çelik boru kazıklar için, kazık etrafına eşit aralıklarla yerleştirilen en az dört okuma gereklidir. Çelik H-kazıklarda her düşey aralık için en az on okuma gerekir. Çelik palplanş için minimum altı okuma gerekmektedir.

Test edilen yapının büyüklüğü ve test yöntemlerinin karmaşıklığı ilerleyen çalışmalarda dikkatlice planlanmalıdır.

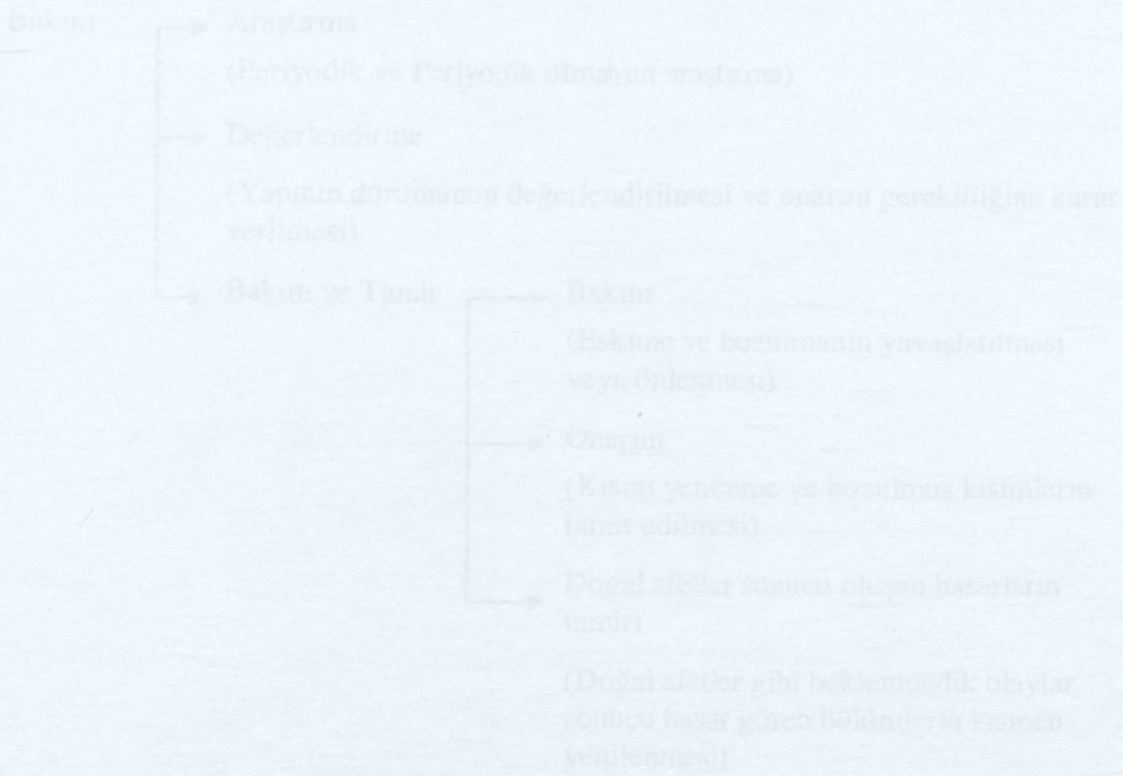
Özel durumlar için metodolojiler ve istatistiksel bazı prosedürler uygundur.

İncelemenin başarısı ve korozyon kaybının doğru değerlendirilmesi için ölçümlerin tam olarak aynı noktalarda yapılması önemlidir. Test edilecek yapının korozyona olan eğiliminin belirlenmesi için, sondanın su altında ve üstünde otomatik olarak çalıştığı ve sürekli olarak

çelik kalınlığını ölçtüğü bir alet geliştirilmiştir. **BAKIM İŞLEMLERİ**

Demir yapıların, kullanım ömürleri boyunca iyi hizmet verebilmesi için, "bakım ve onarım" işlemleri yapılması gerekir. Burada "bakım", "araştırma", "değerlendirme", "onarım" ve "değişikliklerin sebep olduğu hasarların tamiri" anlamlarını içermektedir (JICA, 1994).

Genellikle, bakım işlemleri mevcut malzemelerdeki zarar verici durumların düzenli olarak tespiti ve onarım, kabul edilemez bozulmaya engel olması için yeni yüzey kaplamaları ve diğer uygulamaları ve operasyonel katodik koruma sistemlerinin kurulması genişletilmesi ve geliştirilmesi yönünde düşünülmektedir (Şekil 14.1).



Şekil 14.1 Bakımın Tanımı (JICA, 1994)

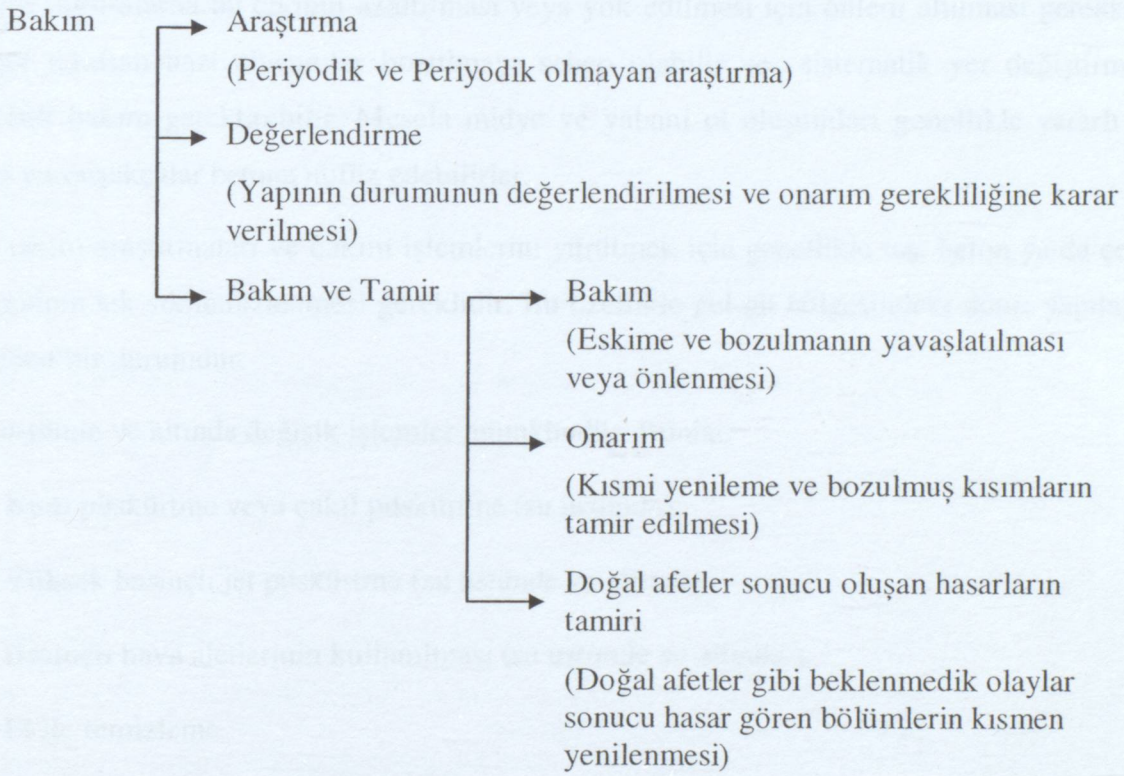
Demir yapıların karakteristiği "bakım" ihtiyacını içermektedir. Çünkü bu yapılar diğer yapıları göre oldukça kompleks ve yapı elemanları birbirleriyle etkileşim içinde ve bu da zaman zaman hatalı işlenmelerini, buna yapıların hatalı işlenmesi sonucunda doğuracağı zararları gerektirir. Yani bu tür yapıların onarımı, tüm yapıları büyük bir hacimle korumaya göre yapılabilmektedir. Bu nedenle, önemli bir ulusal ölçekte bakımdan "bakım" çalışmalarını son derece önemlidir.

Coğrafi koşullara bağlı olarak malzemeler için zararlı olan kullandıkları malzemelerin

4. DENİZ YAPILARINDA BAKIM ve KORUMA İŞLEMLERİ

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 ve astar uygulanması ve operasyonel katodik koruma sistemlerinin kurulması genişletilmesi ve 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 komplekstir 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, örneğin bir liman düzeni açısından “bakım” çalışmaları son derece önemlidir.

Çevresel koşullara bağlı olarak malzemeler inşa zamanından 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 yabancı 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. 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 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 adlandırırsak, bakımın ekonomik olabilmesi için, yapıların ne zaman tamir edileceğine karar vermek oldukça önemlidir. Zamanlama kararı konusunda birçok görüş mevcuttur (JICA, 1994). Bunlar :

- a) Yıkıcı zarar görmüş ya da yıkılma tehlikesi bulunan yapıların tamiri (yapının stabilitesi),
- b) Bir yapının kullanımında birtakım yetersizlikler oluşmasından sonra tamiri (birim fonksiyonu),

- c) Görünüm veya tesis açısından tamir (yapının görünümü),
- d) 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.

4.2 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 foksiyonel 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.

4.3 Deniz Yapısı Bakım Sistemi

Şekil 4.2 liman birimi bakım sistemi akım şemasını göstermektedir.

a) Temel Araştırma

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

b) Detaylı Araştırma

İleri düzeyde bir deformasyon gözlemlendiğinde ve değerlendirme sadece temel araştırma ile

yapılmadığında “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 metodlara 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.

4.4 Deniz Yapılarında Kullanılan Malzemeler İçin Bakım ve Koruma

4.4.1 Ahşap

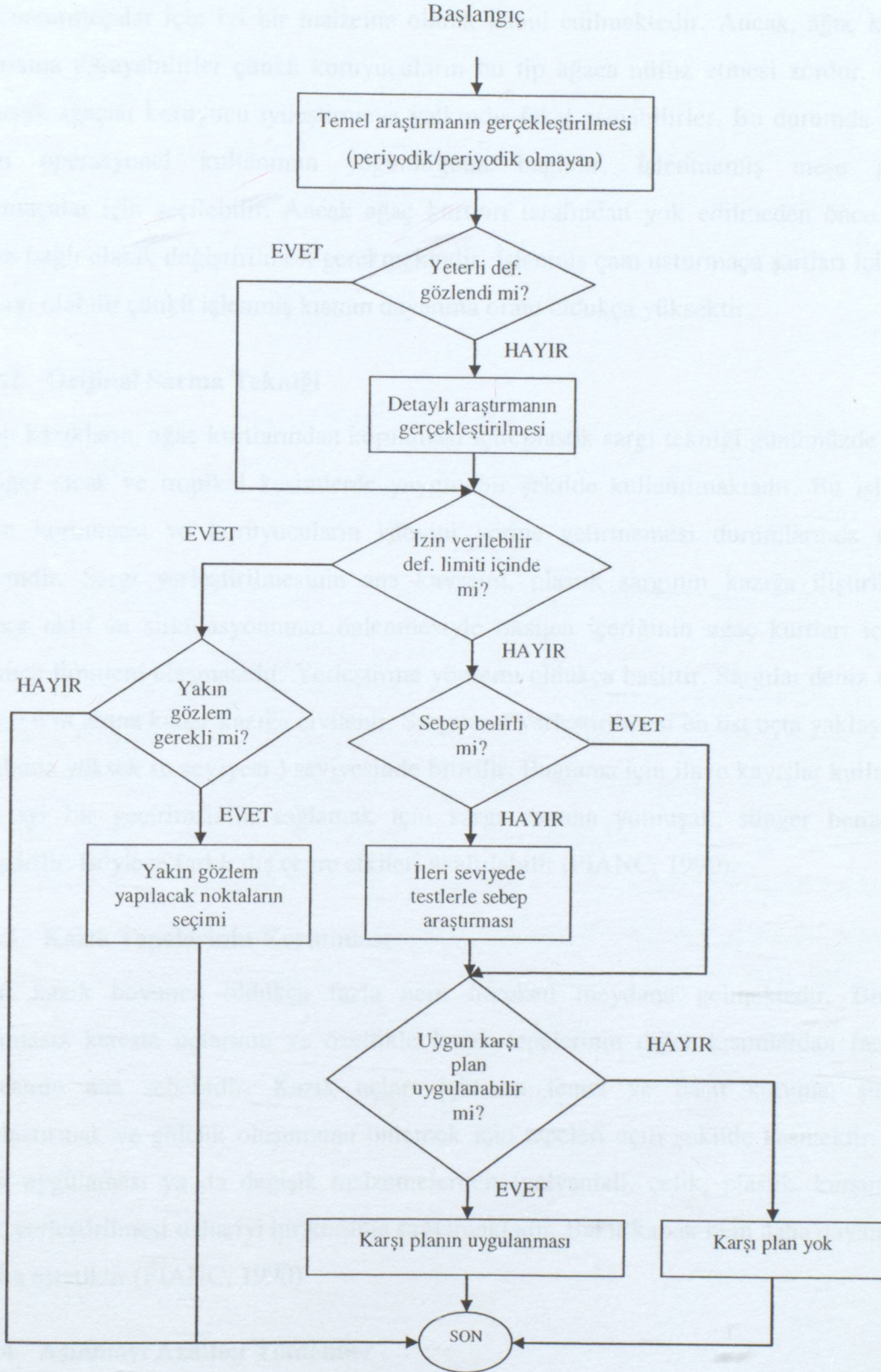
Ahşap deniz yapılarının bakımı, sürekli saldırgan faktörler veya çevresel ya da operasyonel şartlar nedeniyle ağaçta oluşan daha ileri bozulmaları önlemeyi amaç edinmiştir. Bazen bakım aktiviteleri ve ahşap yapının tamiri arasında kesin ve açık bir çizgi çizmek zordur. Çünkü yardımcı önlemler genel olarak koruyucu bakımın esas bileşenidir (PIANC, 1990)

4.4.1.1 Koruyucu İyileştirme

Ağacın çok amaçlı koruma prensibi koruyucu iyileştirme ile elde edilmektedir. Uzun yıllar boyunca ahşap deniz yapıları katran ruhu ile iyileştirilmiştir. Katranın, biyolojik aşındırıcı faktörlere karşı çok etkili bir silah olduğu kanıtlanmıştır.

Anti-biyolojik korumaya ek olarak katranın yağlı olmasından ve kıvamından dolayı belirli bir su-itici özelliği vardır. Bu sebeple, fiziksel bozulmaya karşı da iyi bir korumadır. Ne yazık ki katran, deniz yapısının etrafına zarar verebilir. Ayrıca bazı çevresel standartlarda katran kullanımının, kanser oranını artıran bazı öğeler içerdiği, kabul edilemez ve sınırlı olması gerektiği düşünülmektedir. Bundan başka koruyucu iyileştirme için su bazlı maddeler de kullanılmaktadır. Bunlar üç madde içermektedir. CCA (kromlu bakır arsenat), ACA (amonyaklı bakır arsenat), ACZA (amonyaklı bakır çinko arsenat). Ulaşılan penetrasyon, ahşabın cinsine, uygulanan basınca ve iyileştirme zamanına bağlıdır. 1.4 Mpa’lık standart bir

basınçla su bazlı koruyucular dört saat sonra 6 mm'ye nüfuz edebilirler. Ahşabın yüzeyinde çentik açmak penetrasyonun artmasına yardımcı olabilir.



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

Genellikle kurutulmuş ağaç tercih edilmeli ve iyileştirmeden önce kesilip şekil verilmelidir. Belirli bir uygulama için seçilen ağaç cinsi ve seçilen koruyucu iyileştirme bazı problemler ortaya çıkarabilir ve geleneksel olmayan çözümler gerektirebilir. Örneğin, sert ağaçlar (meşe gibi) usturmaçalar için iyi bir malzeme olarak kabul edilmektedir. Ancak, ağaç kurtlarının saldırısına uğrayabilirler çünkü koruyucuların bu tip ağaca nüfuz etmesi zordur. Çam gibi yumuşak ağaçlar koruyucu iyileştirmeye yatkındır fakat aşınabilirler. Bu durumda en uygun seçim operasyonel kullanımın yoğunluğuna bağlıdır. İşlenmemiş meşe genellikle usturmaçalar için seçilebilir. Ancak ağaç kurtları tarafından yok edilmeden önce mekanik hasara bağlı olarak değiştirilmesi gerekmektedir. İşlenmiş çam usturmaça şartları için kısmen daha iyi olabilir çünkü işlenmiş kısmın dayanma oranı oldukça yüksektir.

4.4.1.2 Orijinal Sarma Tekniği

Ahşap kazıkların, ağaç kurtlarından korunması için plastik sargı tekniği günümüzde Amerika ve diğer sıcak ve tropikal kesimlerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu işlenmemiş ağacın korunması ve koruyucuların işlevini yerine getirmemesi durumlarında etkili bir yöntemdir. Sargı yerleştirilmesinin ana kavramı, plastik sargının kazığa iliştirilmesi ve böylece aktif su sirkülasyonunun önlenmesiyle oksijen içeriğinin ağaç kurtları için tolere edilemez limitlere ulaşmasıdır. Yerleştirme yöntemi oldukça basittir. Sargılar deniz tabanının en az 0.6 m altına kadar kazığa çivilenir. Sargıların yerleştirilmesi en üst uçta yaklaşık MHW (ortalama yüksek su seviyesi) seviyesinde bitirilir. Bağlama için ilave kayışlar kullanılabilir. Daha iyi bir geçirimsizlik sağlamak için sargı sonuna yumuşak, sünger benzeri astar yerleştirilir. Böylece farklı dış çevre etkileri azaltılabilir (PIANC, 1990).

4.4.1.3 Kazık Tepelerinin Korunması

Ahşap kazık boyunca oldukça fazla nem hareketi meydana gelmektedir. Bu durum korunmasız kereste uçlarının ve özellikle kazık tepelerinin diğer kısımlardan fazla hasar görmesinin ana sebebidir. Kazık uçları için en temel ve basit koruma, su akışını kolaylaştırmak ve gölcük oluşumunu önlemek için tepeleri açılı şekilde kesmektir. Kömür-katran uygulaması ya da değişik malzemelerden (galvanizli, çelik, plastik, kurşun, bakır) kapak yerleştirilmesi daha iyi bir koruma sağlamaktadır. Bakır kapak hem daha dayanıklı hem de daha estetikdir (PIANC, 1990).

4.4.1.4 Aşınmayı Azaltıcı Yöntemler

Ahşap elemanlar özellikle usturmaça ve kılavuz kazıkları, yüzen rıhtım ve gemi kızakları sürtünmeden dolayı oldukça hasar görmektedirler. Silindir kıskaçlar, plastik sürtünme

blokları köşe ruloları gibi önlemler bu tip hasarları en aza indirmekte uygundur.

4.4.1.5 Kullanıma Hazırlama İşlemleri

Bir koruyucu bakım programında ana düşünce işletme aktivitelerinin analizi olmalıdır. Demirleme hatlarına sürtünme, yetersiz usturma ile kargo ve araçlardan dolayı oluşan aşırı gerilme düşünülmesi gereken en önemli faktörlerdir. Bazı diğer aktivitelerin ve ayarlamaların yapı üzerindeki zararlı etkileri çok açık değildir. Tipik bir örnek yüzen usturmaçaların usturma kazıklarına karşı kullanılmasıdır. Yüzen salları devamlı olarak usturma kazıklarına sürtünerek koruyucu iyileştirme tabakasını hızla aşındırmaktadır. Bu nedenle ahşap tüm çevresel hasarlara karşı korunmasız kalmaktadır.

4.4.1.6 Temizleme

Ahşap yapıların bakımı temizliği içermez çünkü zararlı organizmalardan doğal korunma yöntemleri temizliği sağlar. Böylece araştırmalar için temizlik en aza indirilebilir.

4.4.2 Taş yapılar

Taş yapıların bakımları genellikle ek yerlerini doldurmak amaçlı kullanılan derz ve sıvaların yenilenmesidir (Bray ve Tatham, 1992). Eğer sıva deniz suyu hareketi veya kimyasal bir etkiyle bozulmuşsa değiştirilebilir. Yapının su geçirmez olması tasarlanan yerlerinde yeni sıva enjeksiyon teknikleri ya da geotekstil malzemedeki yapılmış sıva kullanılarak yerleştirilir. Özel katkı maddeleri sıva enjeksiyonunun su altında yapılabilmesini mümkün kılar. Suyun duvarın arkasından kaçmasını engellemek için drenaj sağlanan yerlerde, drenaj kanalları açık tutulmalıdır. Eğer bu kanallar tıkanır ya açılmalı ya da alternatif bir kanal sağlanmalıdır. Çünkü tasarım kabulleri artan çökme riskine karşı geçersiz kalacaktır. Eğer dolgu malzemesi duvar arkasından boşalırsa yüzey kaplaması kaldırılarak malzeme kaybına yol açan kanal kapatılır, dolgu yenilenir ve yüzey kaplaması yerine konur.

4.4.3 Beton

4.4.3.1 Koruma

Genel olarak koruma aşağıdaki şekillerde olabilir.

- Yüzeysel bakım,
- Fiziksel bir kaplama veya sarma (kılıflamak),
- Katodik koruma,

- İnhibitör kullanımı,
- Pas payının artırılması.

4.4.3.1.1 Yüzeysel Bakım

Yüzeysel bakım donatısız beton için yararlı bir korumadır. Ayrıca donatılı beton bakımı için de uygundur (CIRIA, 1987). Yüzeysel bakım özelliklerine bağlı olarak doğru çözümü sağlamak için seçilir (Browne ve Robinson, 1987). Bakımlar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- Boşluk doldurma,
- Boşluk olmasını engelleyen tıkaçlar,
- Yüzey kaplaması.

Boşluk doldurma malzemeleri, silanlar, siloksinler, silikonlar, silikonatlar, stiaratlar ve kurutucu yağ içerir. Bunlar su koruyuculuğu ve tuz çözeltilerine karşı dayanım sağlar fakat oksijen ya da karbon dioksit gibi gazlara veya nem buharına engel olmaz. Silan ve siloksinler sıvı ya da jel olarak uygulanabilir ve sıvı olarak 4 mm, jel olarak ise 15 mm derinliğe kadar girebilir. Küçük molekül yapılarına bağlı olarak en kolay silan nüfuz eder. Su koruyucu özelliklerinden ötürü bu malzemeler klorür girişini de engeller. Dayanıklılıkları yapılan penetrasyona bağlıdır ve yüksek penetrasyon durumunda 10 yıl olabilir.

Boşluk oluşmasını engelleyen tıkaçlar iki çeşittir. İlki beton içindeki bileşenlere etki eden ve malzemeleri bloke etmeyi sağlayan, ikincisi ise fiziksel olarak gözenekleri dolduran gruptur. İlk kategori slikaatlar ve silikoflorid'leri içerir ve sertleşme ile toz geçirilmemesi dışında kullanılmaz. İkinci grup ise akrilik, poliüretan ve epoksileri içermektedir. Boşlukların engellenmesi ve böylece nemin ve penetrasyona bağlı olarak tuz çözeltilerinin girişinin önlenmesi, bu malzemelerin gözeneklere ve kılcal kanallara girişlerine bağlıdır. Zamanla malzemenin viskozitesine ve uygulanan katı madde miktarına bağlanır.

Yüzey kaplamaları inorganik veya organik malzemelerden oluşabilmektedir. İnorganik malzemeler çimento esaslı malzemelerdir. Klorür ve sülfat gibi tuzlar ile su girişinin ve karbonatlaşmanın önlenmesinde yararlıdır.

Organik kaplamalar epoksi, poliüretan, bitüm gibi polimer esaslı malzemelerden oluşmaktadır. Bunlar su, agresiv tuzlar, karbondioksit ve endüstriyel kimyasalların girişine karşı dirençlidir.

Epoksiler ıslak bir yüzeyde, su altında ve dolayısıyla gel-git bölgesinde kullanılabilir.

Bitümler pahalı değildir ve dayanıklılık süreleri uzundur. Ultraviyole ışınlarına direnmedikleri gibi bu ışıklardan korunmaları gerekir ve buhar transferine de izin vermezler.

4.4.3.1.2 Kılıflamak

Özellikle dairesel kesitli beton elemanları kılıflamak için birkaç yöntem vardır. Bu teknikler boru hattı endüstrisinden geliştirilmiştir. Yapıştırıcı su geçirmez bir bantla sarmak etkilidir. Bantta fiziksel bir hasar olası değildir. Çekme sargı plastiklerinin kullanımı bir diğer benzer yöntemdir. Fakat alçak su seviyesi ile sınırlandırılmıştır çünkü plastiğin yerleştirilmesi esnasında ısı uygulanması gerekmektedir.

4.4.3.1.3 Katodik Koruma

Bu bir yapıda meydana gelen korozyonu durdurmak için uygulanan bir yöntemdir, ve genellikle klorür girişinin çok olduğu ve donatıya kadar eriştiği durumlarda kullanılır (SCPRC, 1995).

Korozyon donatıya elektrik akımı uygulanarak durdurulur. Böylece hiçbir kısım korozyona sebep olacak elektrik potansiyeline sahip olmaz. Diğer bir deyişle, donatı, dış bir anoda bağlı bir şekilde katot görevi üstlenir.

Katodik koruma sistemlerinin iki şekli vardır:

a) Kurban anot yöntemi,

Elektrik akımı, donatının, elektromotif serileri açısından yüksek bir metale bağlanmasıyla elde edilir. Bu yöntemde, anot yavaş yavaş erir, oksitlenir ve katodik donatıya elektron sağlar. Bu sebeple bu tip bir katodik koruma galvanik anot (kurban anot) sistemi olarak isimlendirilir.

Bu sistem en yaygın olarak ortalama alçak su seviyesi altındaki çelik liman yapıları için kullanılır. Burada, alüminyum alaşımlı bir metal kurban anot (galvanik anot) olarak kullanılmıştır çünkü deniz suyunda anotun akım kapasitesi büyüktür. Deniz yüzeyi üstündeki bir beton içindeki donatıya galvanik anot sistemi uygulanacağı zaman, anot olarak çinko bir levha panel kullanılır. Çinko levha panel, iç kısmında çinko kaplama, dış kısmında ise betona çivilenmiş koruyucu bir kaplamadan oluşur. Ayrıca betonun elektriksel direnci daha yüksek olduğu için, çinko levha ve beton arasına iletken bir tabaka yerleştirilir. Kurban anot (galvanik anot) ve donatı arasındaki potansiyel fark oldukça az olduğundan, bu sistemde hidrojen kırılma riski yoktur.

Kurban anot (galvanik anot) metodu, yama ile tamir edilmiş yapılarda yama çevresinde artan korozyonu önlemek için de kullanılır. Anot tamir edilen alanın içine yerleştirilir.

b) Ters akım uygulanması

Bu yöntemde de yine bir anot bulunur. Fakat bu sefer anot pozitif bir doğru akım kaynağına bağlanırken donatı kaynağın negatif tarafına bağlanır. Bu yüzden anot gözden çıkarılır. Donatı katot gibi davranır ve korozyon önlenir.

Yapı genellikle, sistemin kendine uygun olarak tasarlanması için parçalara ayrılır. Anotlar yüzey üzerine ya da yapı içine yerleştirilir. İkinci yöntem yeni yapılar için veya yüzey elektrotları mümkün olmayan eski yapılar için uygundur (mesela gel-git ya da sıçrama bölgesi için).

İletken kaplamalar içeren çok sayıda yüzey anot sistemi vardır, örneğin, harç içinde titanyum bir ağ, spreyleneşmiş çinko, iletken beton ve asfalt, iletken seramikler.

Tüm donatının elektriksel olarak bağlanması gereklidir çünkü düzensiz ya da düzenli artan yerel korozyona sebep olabilir. Katodik koruma klorür geçiren beton için uygundur fakat karbonatlaşmış beton için uygun değildir. Çünkü ikincinin dayanımı metodun uygulanmasını güçleştirmektedir.

Gözlenen ikinci bir etki, katotta artan alkali üretimidir. Bu durum diğer koşullar izin verdiği takdirde alkali-silika reaksiyon riskini artırabilir. Diğer bir ikinci etki ise katottaki hidrojen üretimi olabilir. Bu durum sınırda, anotta klorin gaz üretimi ve yüksek dayanımlı çeliklerde hidrojen kırılabilirliği oluşturabilir. Hidrojen kırılabilirliği üretimi riski ekstra dayanımlı betonda katodik koruma yöntemini uygunsuz kılar.

4.4.3.1.4 İnhibitör (Korozyon Önleyici) Kullanımı

Kimyasal inhibitörler demirin korozyonunu önlemek için yıllardır kullanılmaktadır. Bu teknolojinin donatılı beton yapılara uygulanması, taze beton karışımında kullanımı, yüzey bakımı uygulanması ya da sertleşmiş betona tıkaçlar halinde yerleştirme şekillerinde olabilir (Treadaway ve Russell, 1968).

Özellikle Amerika'da olmak üzere betonda karışım olarak inhibitör kullanımı yaygınlaşmıştır. Betonda serbest halde bulunan klorür iyonları donatı korozyonuna sebep olan en önemli etkidir. Bu nedenle serbest klorür iyonlarının bağlanması gerekmektedir. İnhibitör bu amaçla uygulanmaktadır. İnhibitör olarak en çok kalsiyum nitrat kullanılmaktadır. Nitrat iyonları çelik yüzeyinde klorür iyonlarını tespit ederek bir koruma sağlamaktadır. Her ne kadar koruma 20-30 yıllık olsa da zamanla çelik yüzeyindeki alkali pasivasyon ortadan kalkar. Donatının çevresinde koruyucu bir demir oksit tabakası bulunmaktadır. Bu film tabakası alkali ortamda varlığını sürdürerek donatı korozyonunun ilerlemesini

engellemektedir. Betonun pH'ı, içindeki serbest kireç (Ca(OH)_2) nedeniyle yaklaşık 13 civarındadır ve donatı çevresinde alkalitesi yüksek bir ortam sağlamaktadır. Buna alkali pasivasyon denir. Zamanla betonun karbonatlaşması yani kirecin kalsiyum karbonata dönüşmesi pH'ın 8-9'lara düşmesine sebep olmaktadır. Bu da koruyucu film tabakasının yok olmasına neden olmaktadır. Yani inhibitör kullanımı 20-30 yıllık bir koruma sağlayabilecek olsa bile alkali pasivasyon nedeniyle koruyucu film tabakasının yok olması riski vardır.

4.4.3.1.5 Paspayının Artırılması

Paspayının artırılması, astar ya da beton eklenerek, spreyleyerek ya da elle uygulayarak elde edilir. İnorganik kaplamalar, bazı durumlarda beton ya da astara alternatif olarak kullanılabilir (örneğin polimer değişimli çimentolu harç).

4.4.3.2 Temizleme

Delici yumuşakçalar gibi deniz organizmaları eğer yapıya zarar veriyorsa temizlenmelidirler. Özel durumlarda metal bağlantıların etrafından temizlenir böylece bağlantılara uygun bakım yapılabilir.

Çoğu deniz organizması, betona zarar vermez. Bunun aksi doğru olsa bile ıslak ortam koşullarında oksijenin, karbondioksitin ve sulu çözeltilerin betona girişini engelleyerek koruma sağlarlar.

4.4.4 Çelik

Genellikle kaplama sistemleri sıçrama bölgesini korozyondan korumak için uygulanır ve katodik koruma sistemi ortalama alçak su seviyesi ve çamur hattı etrafındaki yoğun korozyondan korumak için uygulanır.

4.4.4.1 Katodik Koruma

Katodik koruma kurban anot yöntemi ve ters akım uygulanmasını içermektedir.

4.4.4.1.1 Kurban Anot Sistemi

Prensip, kurban anot sistemi, çelik deniz yapılarında daha çok kullanılır çünkü kolaylıkla uygulanabilir ve periyodik bakım dışında ekstra bir bakım gerektirmez.

Bir kurban anot sistemi tasarlanırken, koruyucu potansiyele ulaşabilmek için aşağıdaki koşullar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Çevresel koşullar, korunacak malzemenin yüzey koşulları ve koruyucu akım yoğunluğu,

- b) Anot özellikleri,
- c) Anot yeri,
- d) Malzemenin yapısı ve elektrik iletkenliği ve sürekliliği,
- e) Bakım.

4.4.4.1.2 Ters Akım Uygulanması

Özel bir bölgeye katodik koruma uygularken, mesela yüksek iletkenliğe sahip bir bölgeye, uygun elektrik akımına ulaşabilmek için ters akım uygulamak gereklidir.

Katodik koruma bakımının uzun bir süre sonra başarısız olduğu bilinmektedir. Bu sebeple, ters akım sistemi bileşenlerinin seçimi en düşük maliyet hesabı üzerine yapılmamalıdır. Ancak en az bakım gerektirecek güçlü, sorunsuz bileşenler tercih edilmelidir. Örneğin, toprak içine gömülen çelik boru bir doğru akım kaynağının eksi kutbuna bağlanarak elektron kaybı önlenir. Böylece korozyon en düşük düzeyde tutulur (Onaran, 2000).

4.4.4.1.3 Yapısal İhtiyaçlar ve Tasarım Kriterleri

Malzemelerin planlaması, tasarımı, fabrikasyon süresince ölçümleri düzgün, koruyucu olursa yapının ömrü uzamakta ve ileride ortaya çıkabilecek pahalı bir bakımı ortadan kaldırmaktadır. Çeliğe anodik olan herhangi bir tertibat ya da element ana çelikten elektriksel olarak izole edilmelidir. Çatlaklar, cepler ve aralıklı kaynaklar gibi yapısal ya da yapım aşamasındaki hasarlardan kaçınılmalıdır veya tasarım aşamasında dikkatlice analiz edilmelidir. Bu tip özellikler periyodik bakım sırasında özellikle kontrol edilmelidir.

Pratikte, katodik koruma OAS seviyesi altındaki çelik deniz yapılarına uygulanmaktadır. Katodik korumanın etkisi %90'dan fazladır ve katodik akım yoğunluğu normal deniz suyunda 100 mA/m^2 ve kirli deniz suyunda $130-150 \text{ mA/m}^2$ arasındadır. Katodik korumanın koruyucu potansiyeli -780 mV 'tan az olmalıdır.

4.4.4.1.4 Bakım

Koruyucu bakım prosedürleri, periyodik inceleme, gerektiğinde yeni yüzey kaplaması, katodik koruma sistemlerinin periyodik denetlenmesi, galvanik anotun yenilenmesi gibi işlemler içermektedir. Katodik korumanın, korunacak yapıların potansiyelleri ölçülerek kolayca bakımı yapılabilir.

Katodik korumanın etkinliğini garantiye almak için, katodik koruma sistemi bakım planına bağlı tutulmalıdır. Galvanik anot sistemi için inceleme ve muayene aşağıdaki şekillerde yapılır:

- a) Çeliğin potansiyelinin ölçülmesi,
- b) Anodun muayenesi,
- c) Katodik korumanın etkinliğinin test edilmesi,
- d) Çevresel koşulların düşünülmesi.

Potansiyeller yüksek empedanslı voltmetrelerle ölçülür ve korunacak birimdeki potansiyel dağılımını bulmak için referans elektrotlar kullanılır. Anotlar, bağlama koşullarına, dış akımlara ve tüketim miktarlarına bağlı olarak muayene edilir. Eğer test kuponları, katodik koruma sistemi için anotlar kurulduğu zaman yerleştirilmişse, detaylı inceleme zamanında yapılmalı ve korozyon oranını bulmak için tartılmalıdır. Böylece katodik koruma sisteminin etkinliği niceliksel olarak kontrol edilebilir. Bu tarz bir araştırma anotların kalan ömürlerine daha doğru değer biçebilmek için yapılmaktadır.

e) Ters bir akım sistemi için bakım, potansiyellerin ölçülmesine ek olarak, ters akım sisteminin incelenmesi, muayenesi, DC güç kaynağı ve elektrik tertibatının direncini de içermektedir.

Eğer çelik palplanşlı yapıların kara tarafındaki korozyon küçükse, katodik koruma sistemi genellikle deniz tarafındaki çelik yüzeyine uygulanır.

4.4.4.2 Kaplama

4.4.4.2.1 Malzemeler ve Sistemler

Deniz yapıları için kaplama yöntemleri genellikle aşağıdaki gibi uygulanır:

- a) İnorganik kaplamalar;
 - 1) Astar mantolama – ilk yerdeğiştirmede ya da koruyucu kaplama ayrılırken,
 - 2) Metal kılıf – çelik plaka, korozyon dayanımlı metal ile kalın kaplanmış çelik, ya da metal spreyleme ile,
- b) Organik kaplamalar;
 - 1) Polietilen kaplama,
 - 2) Üretan elastomer kaplama,
 - 3) Süper yüksek yapılı kaplama,
 - 4) Su altında kür edilen epoksi kaplama,
 - 5) Korozyon önleyici bant kaplama,

- 6) FRP (lif donatılı plastik) kaplama,
- 7) Klorlu kauçuk kaplama.
- c) Organik ve inorganik karışık kaplamalar;
 - 1) Yüksek yapılı zengin çinko boya esaslı kaplama ve epoksi reçine boyalı üst kaplama,
 - 2) Yüksek yapılı zengin çinko boya esaslı kaplama, epoksi reçine boyalı bir orta kaplama ve yüksek su geçirmez boyalı üst kaplama,
 - 3) Yüksek yapılı zengin çinko boya esaslı kaplama ile asfalt epoksi reçine boyalı üst kaplama,
 - 4) Reçine boyası ile ince tabakalı cam kaplama,
 - 5) Diğerleri.
- d) Bitümlü kaplamalar.

Karışık kaplamalar ve organik kaplamalar 1 mm film kalınlığını esas almaktadır.

Bu nedenle, süper yüksek yapılı boya ve su altı boyaları vs. organik kaplama gibi davranırlar. Bununla beraber, petrol esaslı kaplamalar da bir çeşit organik kaplamadır. Bitümlü kaplamalar anti-korozyon tabakası ve bir koruyucu tabakadan oluşurlar. Bitümlü kaplamalar ve su altında uygulanan boyalar mevcut çelik yapıların tamir işlerinde ve yeni elemanların korunmalarında yararlı olmaktadır.

Kömür katran epoksileri 1955'e kadar başarıyla kullanılmıştır. Ve saf epoksiler de oldukça başarılı olmuştur.

4.4.4.2.2 Uygulama

Pratikte malzemeler ve sistemler başlığı altında verilen kaplamalar atmosferik bölgede ya da karadaki çelik parçalara uygulanır. Diğer kaplamalar, örneğin malzemeler ve sistemler başlığı altında (a) ve (b.4) gibi, sıçrama bölgesi veya ortalama alçak su seviyesi üzerindeki gel-git bölgesindeki çelik parçalara uygulanır. Kaplama metodunu seçerken ve özelliklerini belirlerken her metodun karakteristikleri düşünülmelidir ve aşağıdaki koşullara bakılmalıdır:

- a) Çevresel koşullar,
- b) Tasarım ömrü,
- c) Korozyon kriterleri,
- d) Bakım,

- e) Yapım koşulları,
- f) Eski yapım kayıtları,
- g) Tüm ömrü boyunca maliyetler.

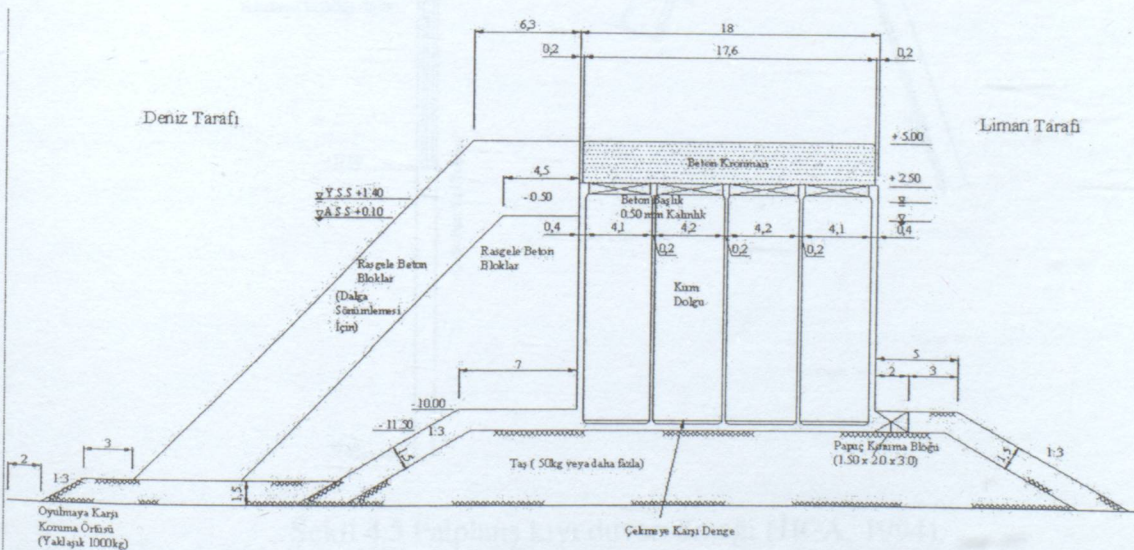
Seçilen metoda bağlı olarak aşağıdaki özelliklere karar verilmelidir:

- h) Yüzey iyileştirme şekli,
- i) Kaplama kalınlığı,
- j) Kaplama alanı,
- k) Yüzey rengi.

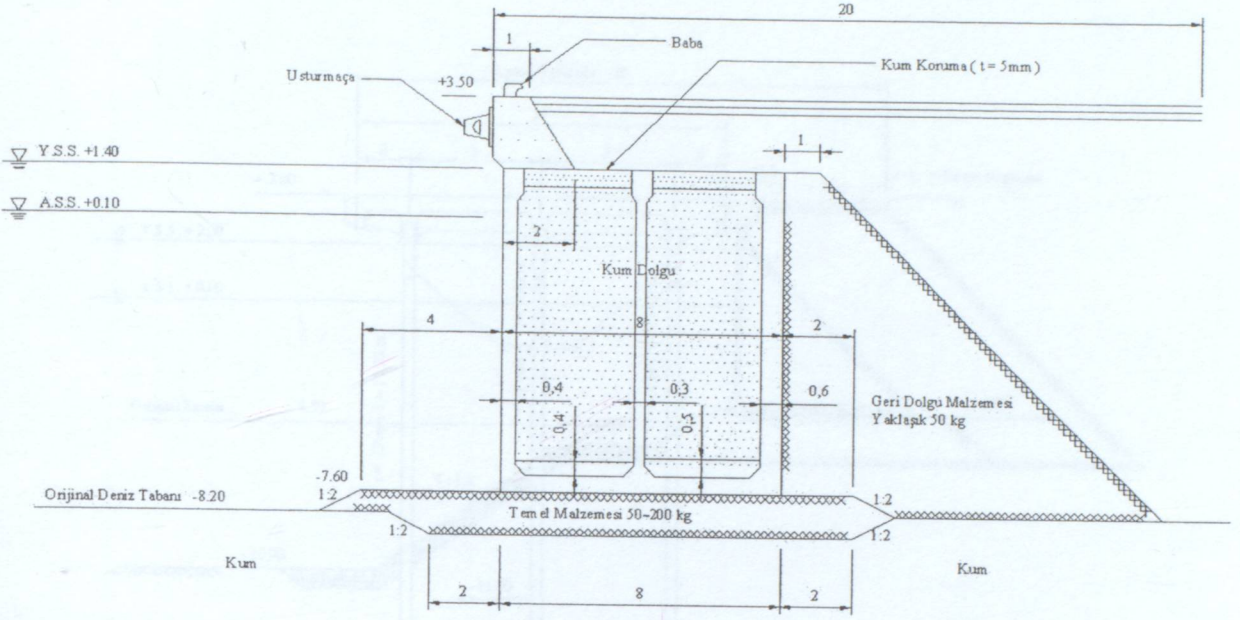
Kullanılan kaplama özelliklerine bağlı olarak, yüzeye gerekli şekilde bakım yapılmalıdır. Bakımdan sonra, yüzeyler çabuk ve dikkatli bir şekilde kaplanmalıdır. Korozyona karşı korunmanın etkili olduğundan emin olmak için, kaplamanın bakım planına göre düzenli olarak bakımı yapılmalıdır. Kaplama, tipine bağlı olarak, çoğunlukla görsel gözlem ile incelenir ve muayene edilir. Kullanılan kaplamanın dayanıklılığına detaylı inceleme sonrası elde edilen bozulma derecesine göre karar verilir. Eğer değerlendirme sonuçlarına göre bir tamire gerek duyulursa, tamir, bozulmanın derecesine göre tamamlanmalıdır.

4.5 Bazı Ana Yapılar İçin Bakım Sistemleri

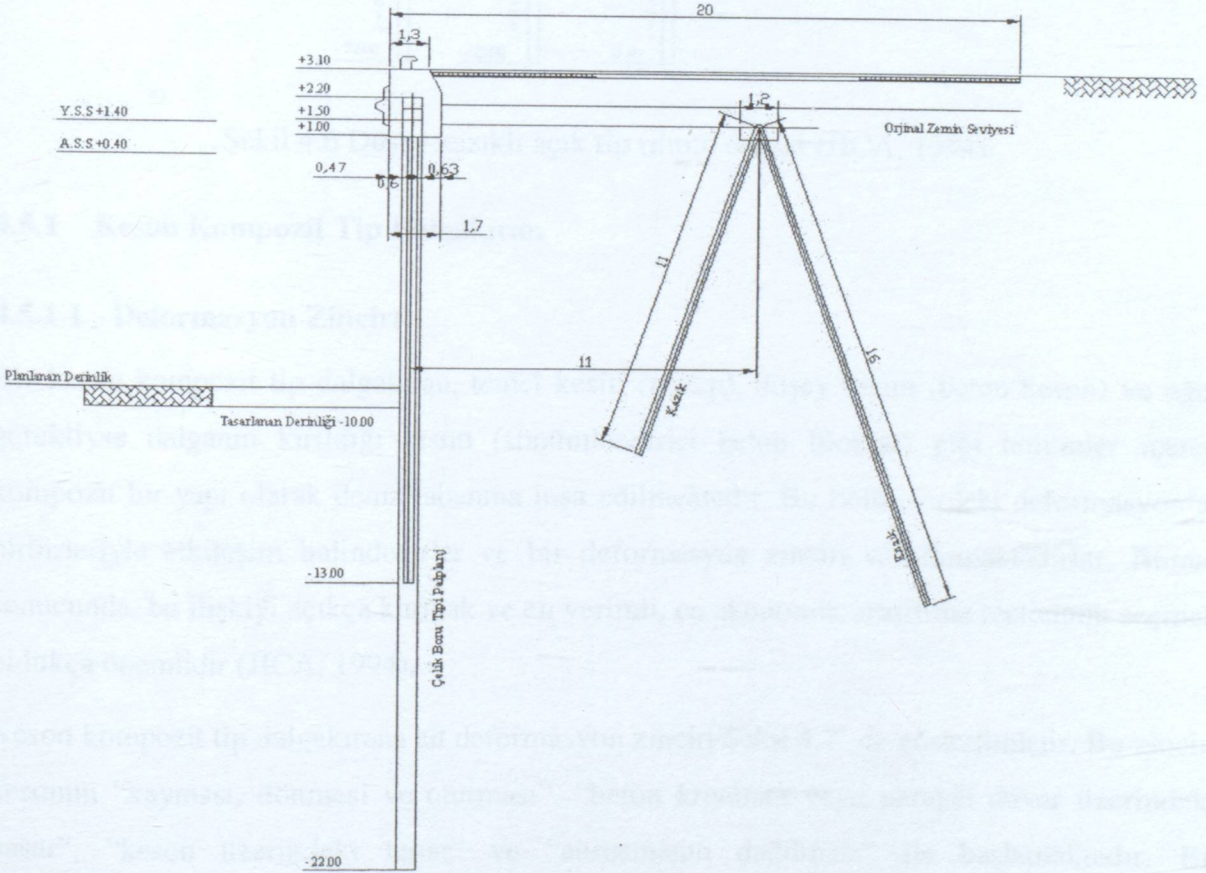
Burada, dört ana yapı için bakım sistemi verilmiştir. Bunlar: “keson kompozit tip dalgakıran”, “keson tip kıyı duvarı”, “palplanş kıyı duvarı” ve “düşey kazıklı rıhtım” dır. Şekil-4.3, 4.4, 4.5, 4.6’da bu yapılara örnekler gösterilmektedir (JICA, 1994).



Şekil 4.3 Keson kompozit tip dalgakıran örneği (JICA, 1994).



Şekil 4.4 Keson tip kıyı duvarı örneği (JICA, 1994).



Şekil 4.5 Palplanş kıyı duvarı örneği (JICA, 1994).

4.5.1.2 Kontrol için Etkenler

Periyodik kontrole Çizelge 4.1 esas alınarak karar verilebilir. Ekstra kontrol etkenleri de Çizelge 4.2' den seçilebilir.

Çizelge 4.1 Keson kompozit tip dalgakıran için periyodik kontrol için etkenler (JICA, 1994)

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

4.5.1.3 Kontrol Yöntemi

Kontrol yöntemi, deformasyonu kriterlerle değerlendirmek için yeterince doğru olmalıdır, basit ölçüm aletleri kullanılmalıdır ve yüksek iş verimi ile güvenilirliğe sahip olmalıdır.

Deformasyon değerlendirmesinde, deformasyonun daha ciddi bir seviyeye ulaşmış olacağına karar verilmelidir. Dört türlü deformasyon bulunmaktadır:

- (A) İlerleyen deformasyon,
- (B) Yavaş ilerleyen deformasyon,
- (C) Görünüştaki deformasyon,

(S) Deformasyon olmaması.

Çizelge 4.2 Keson kompozit tip dalgakıran için periyodik olmayan kontrol için etkenler (JICA, 1994)

Zamanlama	Kontrol Konumu	Etkenler
Büyük bir tayfun ya da dalga gözlendikten hemen sonra (Tasarım dalga yüksekliğinin %75' inden fazla)	Keson kronmanı	Yerdeğiştirme Oturma Dönme
	Koruma (omuz)	Oturma Yerdeğiştirme
	Koruma (topuk)	Yukarıdaki ile aynı
	Topuk Koruma	Yukarıdaki ile aynı
	Dalgakıran	Yukarıdaki ile aynı
	Topuk Önünde Deniz Tabanı	

A, B ve C kategorileri, deformasyon alanı, deformasyon derecesi ve hızına bağlı olarak da kategorize edilebilir. Çizelge 4.4 detaylı deformasyon kategorileri ve bakım politikalarını göstermektedir.

Çizelge 4.5 deformasyon kategorilerinin sınıflandırılması için bir değerlendirme talimatını göstermektedir. Bu kurallar sayesinde, birimin hangi deformasyon kategorisi içinde yer alacağına karar verilebilir ve Çizelge 4.4 yardımıyla hangi bakım politikasının seçilebileceği belirlenebilir.

Çizelge 4.3 Keson kompozit tip dalgakıran için kontrol yöntemleri (JICA, 1994)

Konum	Konu	Temel Araştırma	Süre	Detaylı Araştırma	Konum
Keson, Keson Tepesi	Yerdeğiştirme	Ana çizgi ile, kontrol için ,keson üzerinde belirlenmiş bir nokta arasını ölçmek	Her keson için bir kontrol hattı		Geniş derecede hasarlı kısımlar
	Oturma	Kontrol için kesonun herbir köşesinin yüksekliğini ölçmek	Hepsi için		
	Dönme	Yükseklik farkını hesaplamak			
	Çatlak derinliği/ uzunluğu Betonun mukavemeti	Çatlak boyunu/ derinliği/genişliğini soyulmayı ve hasar alanını /derinliğini gözlemek	Tüm kesonlar	Betonun dayanımını Schmidt çekici ile ve /veya süpersonik aletlerle belirlemek	
Zirhlanma	Oturma	Yüzey yüksekliklerini, topuk koruma bloğundan topuk şevine kadar her 2m de bir ölçmek	İki keson için bir kontrol hattı		
Ayak koruma	Oturma	Bir ölçü yardımıyla ,keson üzerindeki, işaretli blokların,tabandan itibaren, yükseklik ve konumlarını ölçmek	Hepsi için		Geniş derecede hasarlı kısımlar
	Yerdeğiştirme	Dalgakıranın omuz ve üstünde işaretli blokların resimlenmesi konumlarının ölçülmesi		Bir dalgıç ile dolgunun bozulduğu topuk şevi ve yüzeydeki hasar tespiti	
Deniz Tabanı	Oyulma	Topuk dolgudan 500m dışarıdaki alanı işaretlemek	Tüm kısımlar		

4.5.1.4 Karşı önlem

Güçlendirme veya tamir metodları seçilirken, yöntemin verimliliği, fiyat performansı ve iş verimi düşünülmelidir. Aşağıda basit tamir yöntemleri görülmektedir.

a) Keson deformasyonu

Güçlendirme:

Kesonun arkasında anroşman desteği,

Kesonun arkasına beton blok yerleştirme.

Dalga basıncının azaltılması:

Kesonun önüne dalga söndürücü bloklar yerleştirilmesi.

b) Dalgakıran mekanizmasının deformasyonu/Topuk koruma

Orijinal formuna döndürülmesi ve eğer gerekliyse güçlendirme yapılması

c) Çatlak, dağılma ve beton hasarı

Çimento harcı

Çizelge 4.4 Deformasyon için değerlendirme kriterleri (JICA, 1994)

Kategori	Deformasyon Alanı	Deformasyon Derecesi ve İlerleme Hızı	Bakım Politikası
A	AA Bir birimin ana yapılarını da içeren birçok parçasının oldukça büyük derecede deforme olması	Birçok yapı bozulmuştur. Birim dengeli değildir ve fonksiyonlarında bozulmalar vardır.	Acilen yeniden inşa edilmelidir
	A1 Birim ana yapılarının büyük derecede deforme olması	Kesonun stabilitesi zayıflamıştır. Deformasyonlar yapının yıkılması sonucuna doğru hızla ilerler. Bir deprem yada fırtınada yok olacaktır.	Deformasyon artışı durdurmak için bakım yapılmalıdır. Hasara uğramış birimler onarılmalıdır.
	A2 Birim ana yapılarının kısmen hasar görmesi	Kesonun stabilitesi zayıflamıştır. Deformasyon derecesi artmaktadır. Yapı olduğu gibi bırakılırsa muhtemelen yıkılacaktır.	Deformasyon artışı durdurmak için bakım yapılmalıdır. Uygun bir zamanda hasarlı birimler onarılmalıdır.
B	A3 Birim ana yapıları ve/veya diğer bölümlerinin hafif şekilde deforme olması	Kesonun denge sorunu yoktur fakat deformasyonun artma ihtimali vardır.	Deformasyon artışı durdurmak için önlem alınmalıdır. Deforme olmuş bölümler üzerinde gözleme devam edilmelidir.
	B1 Ana yapıda çok küçük deformasyonlar görülmesi yada birimlerin diğer bölümlerinde orta/küçük deformasyonlar görülmesi	Kesonun stabilite sorunu yoktur fakat fonksiyonlar deformasyondan etkilenir. Deformasyonun artma ihtimali yoktur.	Fonksiyonları eski haline getirmek için bakım yapılmalıdır. Deforme olmuş kısımlar yakın gözleme alınmalıdır.
	B2 Yukarıdaki ile aynı	Kesonun stabilitesi ve birimlerin işlevlerinde sorun yoktur. Deformasyonun artma ihtimali yoktur.	Deformasyonlar olduğu gibi bırakılıp yakın gözleme devam edilmelidir.
C	C1 Ana kısımlar dışında küçük deformasyonlar görülmesi	Deformasyonlar küçüktür ve ilerlemez. Fakat görünüme etkisi olabilir.	Görünüş geliştirilmelidir. Bir dahaki periyodik araştırmaya kadar deforme olmuş kısımlar incelenmelidir.
	C2 Deformasyon yok.	Deformasyonlar küçüktür ve ilerlemez. Görünüşte sorun yoktur.	Bir dahaki periyodik araştırmaya kadar deforme olmuş kısımlar incelenmelidir. Bakıma gerek yok.
S	Deformasyon yok.	Deformasyon yok.	Bakıma gerek yok.

Çizelge 4.5 Keson kompozit tip dalgakıranlarda deformasyon değerlendirme talimatı (JICA, 1994)

Kısım	Araştırma Konusu	Kategori							AA	
		C2	C1	B2	B1	A3	A2	A1		
Üst Yapı	Yerdeğiştirme Dönme	Küçük Yerdeğiştirme ve/veya dönme							Keson muhtemelen dolguyu azaltır.	Keson dolguyu azaltmıştır.
	Oturma	Kayma emniyet faktörü > 1.2							Kayma emniyet faktörü < 1.2	
Keson	Çatlama, Soyulma Hasar	Küçük yada limitli	Geniş bir alanda fakat sadece yüzeyde büyük çatlaklar ve yüzeyel çatlaklar					Derin çatlaklar/ yüzeyel çatlaklar		
	Çatlama, Soyulma Hasar	Yüzeye limitli						Oldukça büyük çatlaklar/yüzeyel çatlaklar	Çatlaklar/fisürler/ derin kısımlara ulaşan hasarlar	Oyuktan kum akışı/keson duvarlarında oluşan oyuklar
Zırhlama; Ayak Koruma	Oturma, Yerdeğiştirme	Küçük ve limitli	Küçük yerdeğiştirme, Zırhlama taşlarının yada blokların oturması veya dağılması					Geniş yerdeğiştirme yada mermer taş veya blokların oturması		
Dolgu	Oturma Yerdeğiştirme	Küçük yerdeğiştirme yada topuk şevi veya yamacı üzerindeki kısmi oturma	Dolgunun yerdeğiştirmesi ve oturması					Dolgunun uygun bir şekilde oturması	Keson altındaki dolgunun deformasyonu	
Deniz Tabanı	Oyulma	Dalgakıran önünde deniz tabanında küçük oyulma (derinlik < 0.5 m)							Büyük oyulma (derinlik > 1 m)	Aşırı oyulma
Dalgakıran	Oturma Yerdeğiştirme	Dalga sönümlendirici blokların kısmi oturması yada yerdeğiştirmesi					Blokların oturması yada dağılması sebebiyle dalga sönümlendirici tabaka kalınlığında azalma	Tabaka kalınlığındaki azalma sebebiyle emniyet faktörünün küçülmesi		

4.5.2 Keson Tipi Kıyı Duvarı

4.5.2.1 Deformasyon Zinciri

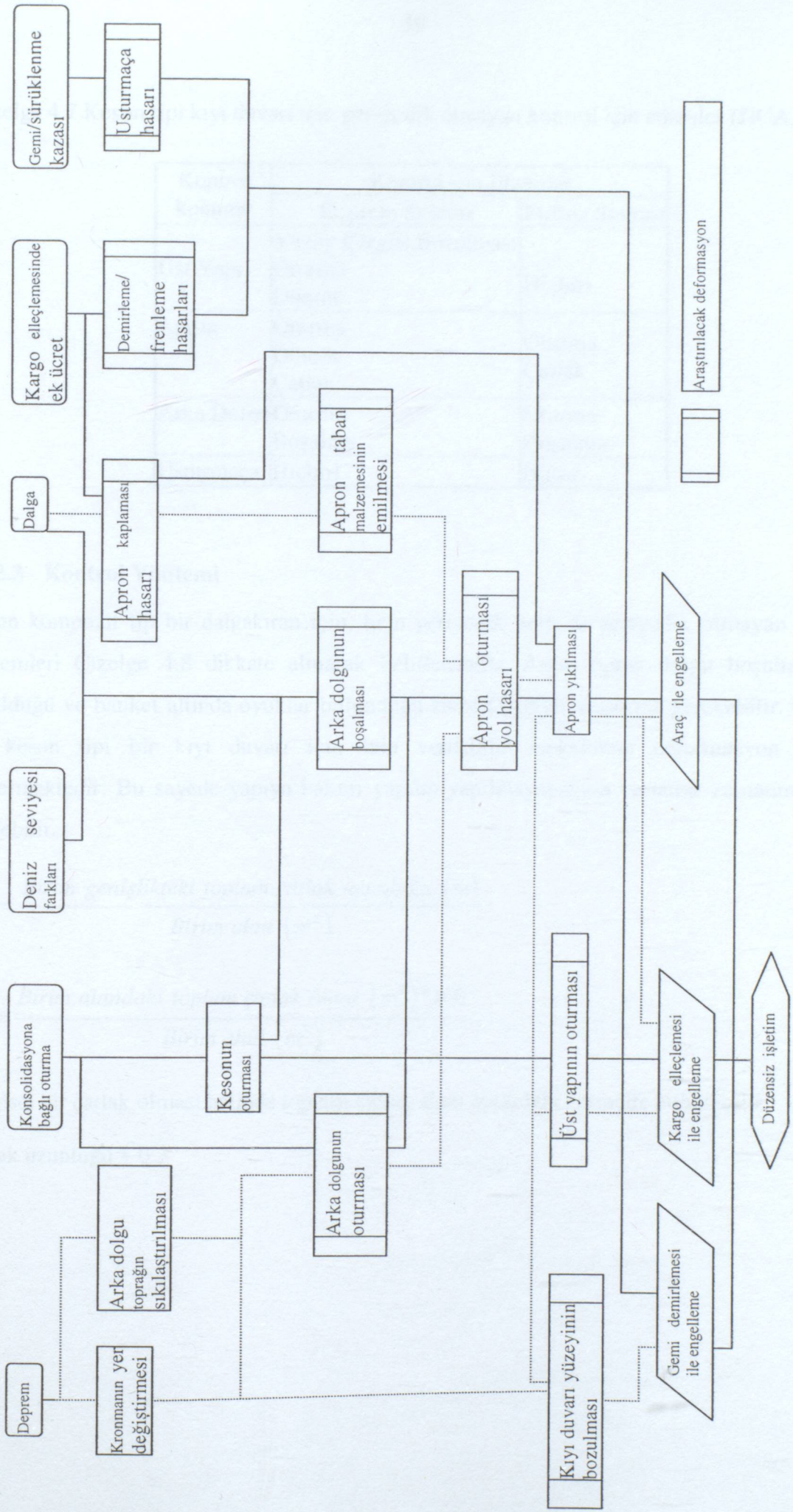
Şekil 4.8’de bir keson tipi kıyı duvarı için deformasyon zinciri gösterilmektedir. Zincir, “Arkadaki Toprak Dolgunun Oturması”, “Arka Toprak Dolgunun Boşalması”, “Kıyı Çizgisinin Yerdeğiştirilmesi” ile başlamakta ve birtakım basit hasarları da içermektedir (JICA, 1994).

4.5.2.2 Kontrol için Etkenler

Çizelge 4.6 bir keson tipi kıyı duvarı için kontrol etkenlerini göstermektedir (periyodik kontrol). Periyodik olmayan kontrol etkenleri ise Çizelge 4.7’ den seçilir.

Çizelge 4.6 Keson tipi kıyı duvarı için periyodik kontrol için etkenler (JICA, 1994)

Deformasyon	Kontrol Konumu	Etkenler	Periyot
Üst yapının oturması/ dönmesi	Üst yapı	Oturma/dönme	İki yılda bir
Yüzey çizgisinin yerdeğiştirilmesi	Üst yapı	Yerdeğiştirme	
Apron oturması yada hasarı	Apron	Oturma Dönme Çatlaklar	
Arka dolgu oturması	Dolgu malzemeleri	Oturma / Boşalma	
Yardımcı birimlerin hasarı	Usturmaça, Frenleme, Demirleme elemanları	Hasar derecesi	Yılda iki kez



Şekil 4.8 Keson tipi kıyı duvarı için deformasyon zinciri (JICA, 1994)

Çizelge 4.7 Keson tipi kıyı duvarı için periyodik olmayan kontrol için etkenler (JICA, 1994)

Kontrol konumu	Kontrol için Etkenler	
	Deprem Sonrası	Fırtına Sonrası
Üst Yapı	Yüzey Çizgisi Bozulması	Hiçbiri
	Oturma	
	Dönme	
Apron	Oturma	Oturma Çatlak
	Dönme	
	Çatlak	
Arka Dolgu	Oturma	Oturma Boşalma
	Boşalma	
Usturmaça	Hiçbiri	Hasar

4.5.2.3 Kontrol Yöntemi

Keson kompozit tip bir dalgakıran için, hem periyodik hem de periyodik olmayan kontrol yöntemleri Çizelge 4.8 dikkate alınarak belirlenebilir. Arka toprak dolgu boşalmış gibi görüldüğü ve banket altında oyuklar bulunduğu zaman detaylı araştırma gerekebilir. Çizelge 4.9 keson tipi bir kıyı duvarı için izin verilebilir maksimum deformasyon planını göstermektedir. Bu sayede yapıya bakım yapılıp yapılmayacağına ve tamir zamanına karar verilebilir.

$$CD = \frac{\text{Birim genişlikteki toplam çatlak uzunluğu (m)}}{\text{Birim alan (m}^2\text{)}}$$

$$CP = \frac{\text{Birim alandaki toplam çatlak alanı (m}^2\text{)} * 100}{\text{Birim alan (m}^2\text{)}}$$

Çizgisel bir çatlak olması halinde toplam çatlak alanı aşağıdaki formülle bulunabilir.

$$\text{Çatlak uzunluğu} * 0.3$$

Çizelge 4.8 Keson tipi kıyı duvarı için kontrol yöntemleri (JICA, 1994)

Kontrol konumu	Etkenler	Temel Araştırma (Yöntemler/süre)	Detaylı Araştırma (Yöntemler)
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 ölçer 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	
	Dönme	Apron için bir eğilmenin gözlenmesi Apronun köşelerindeki dört noktanın seviye tespitinin yapılması (İki Blok/Rıhtım)	
	Çatlak	Apron yüzeyindeki çatlakların gözlenmesi. Çatlağın 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)	Oyulmaoluştduğundan emin olduktan sonra banketin kesilmesi ve iyice incelenmesi
Yardımcı kısımlar	Hasar	Usturmaçalar, babalar ve demirleme elemanlarının hasarlarının gözlenmesi	

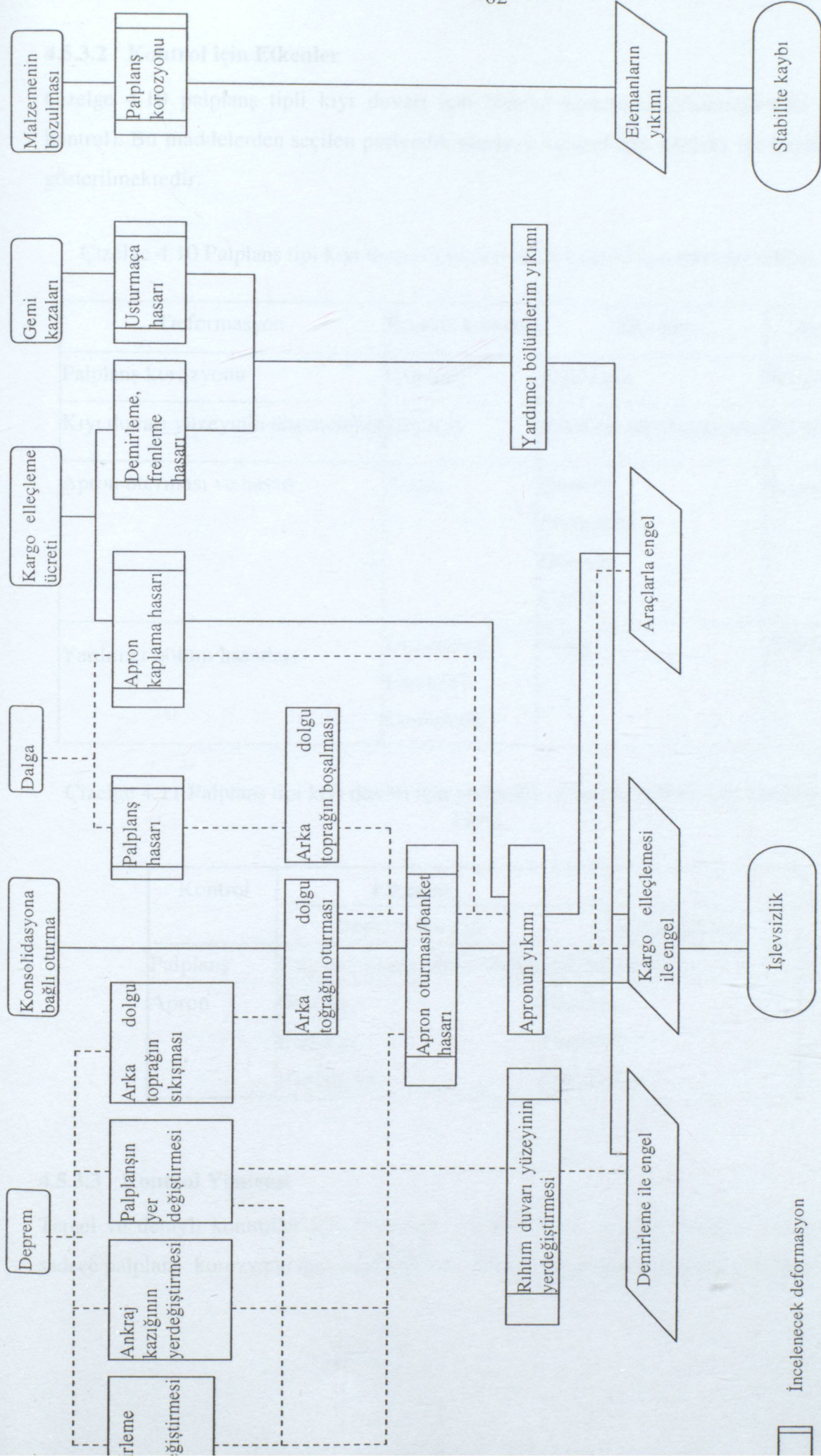
Çizelge 4.9 Keson tipi kıyı duvarı için maksimum izin verilebilir deformasyon (JICA, 1994)

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

4.5.3 Palplanş Tipi Kıyı Duvarı

4.5.3.1 Deformasyon Zinciri

Şekil 4.9 palplanş tipli bir kıyı duvarının deformasyon zincirini göstermektedir. Zincir; “Yüzey Hattı Yerdeğiştirmesi”, “Apron Oturması”, “Palplanş Üzerindeki Hasar”, “Apron Kaplaması Üzerindeki Hasar”, “Frenleme ya da Demirleme İşleri Üzerindeki Hasar”, “Usturmaça Hasarı”, “Palplanş Korozyonu” deformasyonları ile başlamaktadır (JICA, 1994).



Şekil 4.9 Palplanş tipi kıyı duvarı için deformasyon zinciri (JICA, 1994)

İncelenecek deformasyon

4.5.3.2 Kontrol için Etkenler

Çizelge 4.10 palplanş tipli kıyı duvarı için kontrol konularını göstermektedir (periyodik kontrol). Bu maddelerden seçilen periyodik olmayan kontrol için etkenler ise Çizelge 4.11 de gösterilmektedir.

Çizelge 4.10 Palplanş tipi kıyı duvarı 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 bölüm hasarları	Usturmaça, Frenleme, Demirleme	Hasar	Yılda iki kere

Çizelge 4.11 Palplanş tipi kıyı duvarı için periyodik olmayan kontrol için etkenler (JICA, 1994)

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

4.5.3.3 Kontrol Yöntemi

Temel ve detaylı kontroller için yöntemler Çizelge 4.12' de gösterilmiştir. Detaylı kontrol sadece palplanş korozyonu için yapılmaktadır. Bu amaçla palplanş kalınlığı ölçülebilir.

Çizelge 4.12 Palplanş tipi kıyı duvarı için kontrol yöntemleri (JICA, 1994)

Kontrol konumu	Konu	Temel Araştırma (Yöntemler/Aralık)	Detaylı Araştırma (Yöntemler/Aralık)
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, Frenleme	Hasar	Gözlem	

4.5.3.4 Değerlendirme

Şekil 4.9' da görüldüğü gibi, diğer deformasyonlar fonksiyonlarda bozulmaya sebep olurken "Palplanş Korozyonu" bir yapının stabilitesinin azalmasına neden olmaktadır. Korozyon dışındaki deformasyonlara karar verilebilir ve yıkıcı olmayanları bakıma alınabilir. İlerleyen korozyon, dış kuvvetlere karşı dayanımı azaltabilir ve bunun bir sonucu olarak da kıyı duvarı, deprem kuvveti ya da normal basınç dolayısıyla yıkılabilir. Bu yüzden, kabul edilebilir gerilmenin, palplanş üzerindeki gerilmeye oranı emniyet faktörünün altına düşerse, kıyı duvarının deformasyon limiti artacaktır denebilir. Eğer korozyon yıkıcı safhada değilse donatılar için birtakım destekleyici yapılar eklenir, ya da korozyon artışından korunmak için katodik koruma uygulanabilir.

Paslanmış palplanşlar için aşağıdaki tamir yöntemleri kullanılabilir.

- Donatı (Teçhizat): Donatılı beton bağlanması,
Demir elemanların kaynak yapılması
- Korozyon Önleme: Astarlama,
Koruyucu bir bant ya da tabaka ile kaplama

4.5.4 Düşey Kazıklı Rıhtım

4.5.4.1 Deformasyon Zinciri

Şekil 4.10 düşey kazıklı rıhtım için deformasyon zincirini göstermektedir. Bu yapı, düşey kazıklarla desteklenen bir apron kısmı ve koruma duvarı kısmına sahiptir. Çoğu deformasyon ve kontrol konuları, keson ve palplanş tipi kıyı duvarına benzerdir (JICA, 1994).

4.5.4.2 Kontrol için Etkenler

Yukarıda da bahsedildiği gibi kontrol için etkenlerin çoğu, diğer tip kıyı duvarları ile aynıdır. Bu nedenle, Çizelge 4.13'te sadece bu yapıya has yöntemler gösterilmiştir. Çizelge 4.14 ve 4.15'te ise periyodik ve periyodik olmayan kontrol yöntemleri verilmiştir.

Çizelge 4.13 Düşey kazıklı rıhtım için kontrol için etkenler (JICA, 1994)

Deformasyon	Kontrol konumu	Etkenler
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

Çizelge 4.14 Düşey kazıklı rıhtım için periyodik kontrol için etkenler (JICA, 1994)

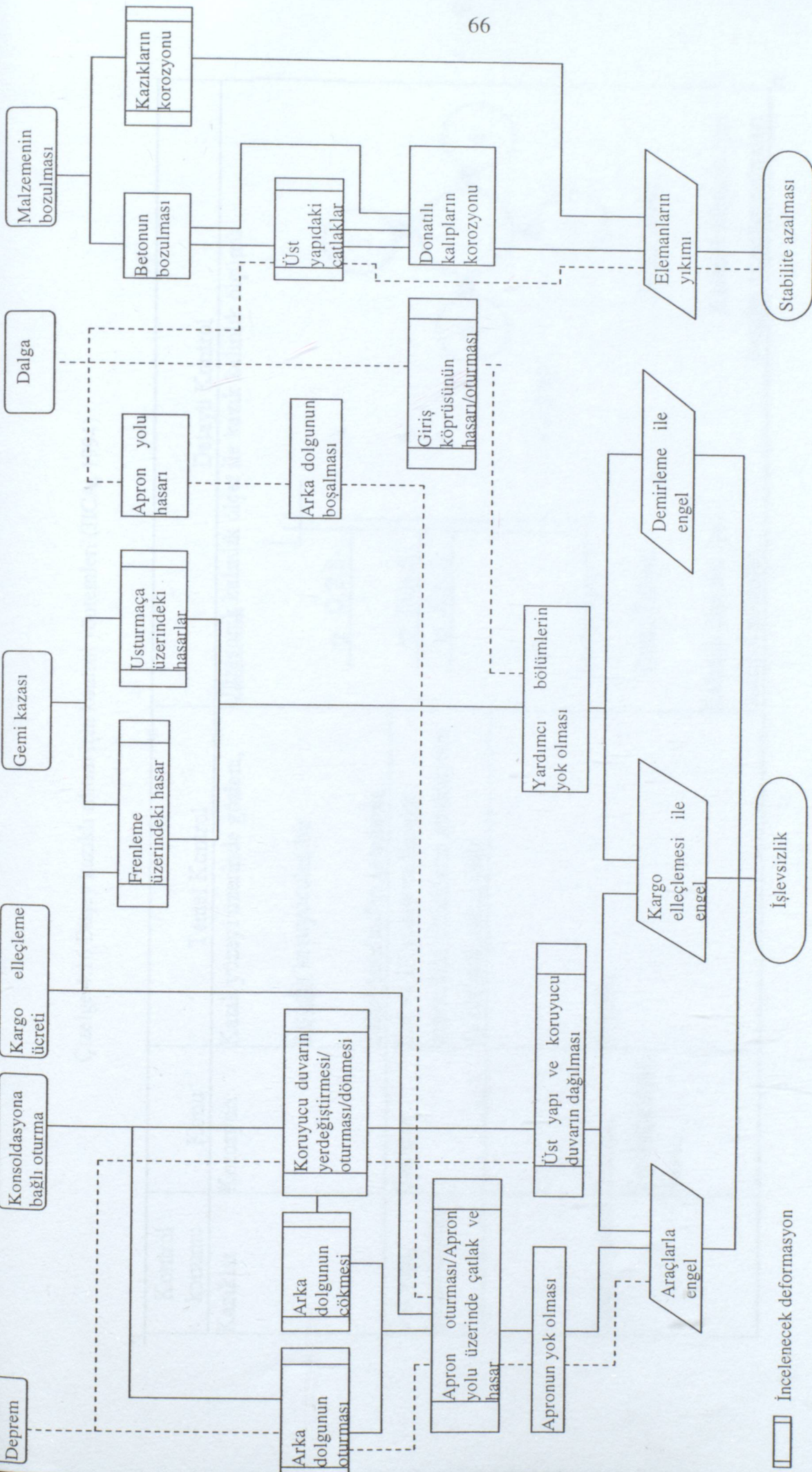
Kontrol Konumu	Etkenler	Periyot
Kazıklar	Korozyon	İki yılda bir (Kalınlık ölçümü her 5 yılda bir)
Üst yapı	Çatlama	İki yılda bir

Çizelge 4.15 Düşey kazıklı rıhtım için periyodik olmayan kontrol için etkenler (JICA, 1994)

Kontrol Konumu	Etkenler
Giriş köprüleri	Oturma, Yer değiştirme, Hasar derecesi

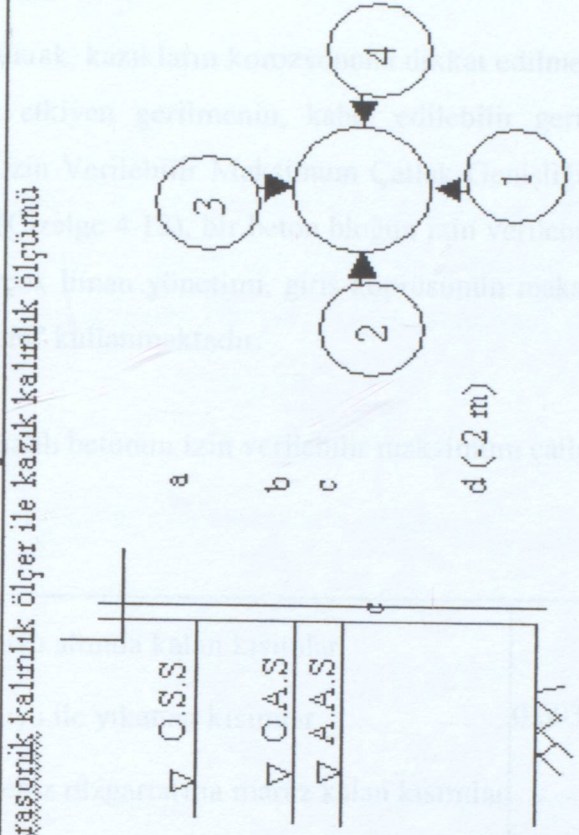
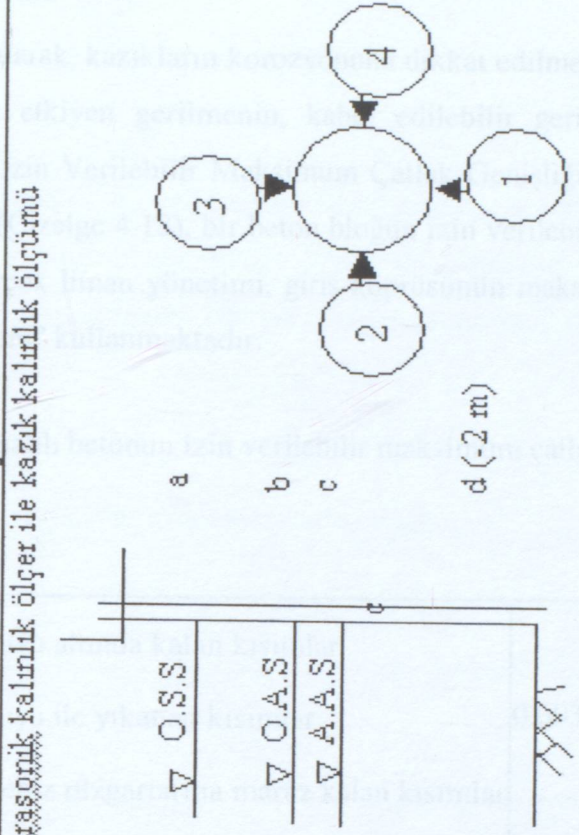
4.5.4.3 Kontrol Yöntemleri

Çizelge 4.16 bu yapı için kontrol yöntemlerini göstermektedir ve kazıkların kalınlık ölçümü detaylı kontrol olarak verilmiştir.



Şekil 4.10 Düşey kazıklı rıhtım için deformasyon zinciri (JICA, 1994)

Çizelge 4.16 Düşey kazıklı rıhtım için kontrol yöntemleri (JICA, 1994)

Kontrol konumu	Konu	Temel Kontrol	Detaylı Kontrol
Kazıklar	Korozyon	Kazık yüzeyi üzerinde gözlem, katodik konuyucular, bir dalgıç tarafından astarlama	 <p>Ultrasonik kalınlık ölçer ile kazık kalınlık ölçümü</p> <p>Deniz kenarı</p> <p>Kalınlık ölçümü için kazığın önerilen noktaları</p>
Üst yapı, Beton bloklar	Çatlama	Üst ve alt yüzey ve kırışlar üzerindeki çatlakların gözlenmesi ve ölçümü, çekiş testi	 <p>Deniz Tabanı</p> <p>Kalınlık ölçümü için önerilen noktalar</p>
Ginş köprüsü	Ölçüm, Yerdeğiştirme, Hasar	Gözlem	

4.5.4.4 Değerlendirme

Emniyetten yola çıkılarak, kazıkların korozyonuna dikkat edilmelidir. Deformasyonu, blok ya da kazıklar üzerine etkileyen gerilmenin, kabul edilebilir gerilme olup olmamasına göre değerlendirilebilir. “İzin Verilebilir Maksimum Çatlak Genişliği” (Çizelge 4.17) ve “İstenen Kaplama Kalınlığı” (Çizelge 4.18), bir beton bloğun izin verilebilir maksimum deformasyonu olarak kullanılır. Birçok liman yönetimi, giriş köprüsünün maksimum yatay ya da dikey yer değiştirmesi için “3 cm” kullanmaktadır.

Çizelge 4.17 Donatılı betonun izin verilebilir maksimum çatlak genişliği (JICA, 1994)

(Birim:cm)

Deniz suyu altında kalan kısımlar	0.0035c
Deniz suyu ile yıkanan kısımlar	
Güçlü deniz rüzgarlarına maruz kalan kısımlar	
Diğer kısımlar	0.004c

c: Kaplama Kalınlığı

Çizelge 4.18 Donatılı betonun kaplama kalınlığı (JICA, 1994)

Deniz suyu altında kalan kısımlar	7 cm
Deniz suyu ile yıkanan kısımlar	
Güçlü deniz rüzgarlarına maruz kalan kısımlar	
Diğer kısımlar	5 cm

5. DENİZ YAPILARINDA TAMİR YÖNTEMLERİ

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.

Tamirler aşağıdaki gibidir:

- a) Yeni elemanları mevcut elemanlara eklemek,
- b) Gerekli durumlarda, yer değiştiren blokların yenilenmesi,
- c) Rıhtımın arkasında kazı yaparken ve dolgu kaybını önlemek için filtre malzemesi yerleştirilmesi,
- d) 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. Tamirler aşağıdaki gibidir:

- 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 temiz dolgu ile yenileme ve arka dolgu kaybının ihmal edilmesi,
- d) Bozulan betonda büyük tamirler ile beton ve donatının yenilenmesi,
- e) Temel yapılarının güçlendirilmesi,
- f) Rıhtım yapılarının önüne riprap veya kaplama yerleştirilmesi,
- g) Çelik elemanların kaplanması veya yenilenmesi,

Büyük Rehabilitasyon

Büyük rehabilitasyon, ilave yapısal elamanlar eklenmesi ya da yapının yeniden yapılan kısımlarının tamamlanması durumlarını içermektedir. Tamirler aşağıdaki gibidir:

1. Ahşap elemanların diğer malzemelerle yenilenmesi,
2. Kazıklar ve yapısal destekler içeren yeni temeller yerleştirilmesi,
3. Bozulan betona, mevcut rıhtım yapısının önüne yeni bir duvar yerleştirmek ve arasını dolgu veya beton ile doldurmak suretiyle tamir uygulanması,
4. Demirleme yeri bağlantılarının onarılması,

Burada deniz yapılarında kullanılan malzemelere bağlı olarak tamir yöntemleri verilmiştir.

5.1 Ahşap

Ahşap deniz yapılarının tamiri, meydana gelen hasar tipine ve oluşum yerlerinin çokluğuna bağlı olarak oldukça güç olabilir. Diğer yandan, ahşap bileşenler ek güçlendirici elemanları kolayca kabul ederler. Bu durum, ahşap yapıları çok çeşitli rehabilitasyon yöntemlerine ve projelere açık hale getirir. En yaygın ahşap tamirleri, bozulan elemanların bütün veya kısmi olarak yenilenmesi durumlarını içermektedir. Kısmi yenilenmede, ahşap kesilir ve sağlam parça yeni elemanla uzatılır.

Ahşap rıhtımların ve iskelelerin tamirleri, hasarın büyüklüğüne ve yapının tasarlanan servis ömrüne bağlı olarak büyük rehabilitasyon ve yapısal restorasyonlar olmak üzere iki gruba ayrılır.

5.1.1 Büyük Rehabilitasyon

Liman sularının çevresel temizliğine bağlı olarak, delici deniz canlılarının yeniden artmasıyla ahşap rıhtımlarda en çok hasar su seviyesi üzerinde gözlenmiştir. Mantarsal çürüme, böceklerden dolayı niteliğinin azalması ve çevresel ile işletme hasarlarının hepsi su yüzeyine kadar sınırlanmıştır. Sonuç olarak, ahşap rıhtımlar için büyük rehabilitasyon projelerinin çoğu tam veya kısmi olarak ahşap elemanların su yüzüne çıkarılması ve genellikle beton olmak üzere diğer malzemelerle bir arada üst yapı yenilenmesini içermektedir.

Mevcut ahşap kazıklar ortalama alçak su seviyesinde veya biraz üstünde kesilir ve yeni üst yapı bu seviyede oluşturulur. Yeni bir platform ve önde beton ağırlık tutucu duvardan oluşur. Diğer seçenek yeni beton platforma kadar ek beton kazık ilavelerinin yapımını içerir. İlave ahşap kazıklar ve kazık grupları, yeni bir üst yapıyı desteklemek için eklenebilir.

5.1.2 Restorasyon/Güçlendirme

Restorasyon projelerinde mevcut yapıya çok büyük değişiklikler yapılmaz ve tamirler genellikle tekil rıhtım bileşenlerinin kısmi veya tam olarak yenilenmesi ile oluşur. Ahşap yapısal bileşenleri üzerinde bu tip tamirlere izin vermektedir. Örneğin kazıklar, kazık başları, platformdaki ahşap bağlantı elemanları gibi.

Kazıklar genellikle düşey olarak çakılır. Kazık dikme, üst kısmı gerekli seviyeden kesme ve hasarlı kısmı yeni bir ahşapla değiştirmeden ibarettir.

Güçlendirme kazıkları kısmen de değiştirilebilir fakat çoğunlukla tamamen değiştirilir. Delici deniz canlıları yüzünden hasar gören rıhtımlar için en etkili restorasyon yöntemlerinden bir tanesi, mevcut olanın altına yeni güçlendirme yapmaktır. Desteklenmeyen kazığın uzunluğundaki azalma, tekil kazıkların sıkıştırma kapasitesi değerlendirilirken eğilme analizinde, azalan kazık çapı için yeterli telafi sağlanabilir. Ahşap kazıkların tüm uzunlukları boyunca iki amaçla beton mantolaması (yapısal güçlendirme ve delici deniz canlılarına karşı koruma sağlama) sık sık kullanılır.

5.1.3 Olağan Tehlikeler

Normalde ahşap bileşenlerin yenilenmesi, bağlantıların ve detaylarının yenilenmesi ile bir arada yapılır. Yeni bağlantıların kurulması eskilerden makul bir uzaklıkta yapılmalıdır. Ancak eski bağlantı yerleri için açılmış olan delikler kapatılmalıdır. Aksi takdirde yapıda delikler oluşturan delici deniz canlılarının istilasına uğrar çünkü kapatılmamış delikler kolay giriş yollarıdır. Bu istilanın bir sonucu olarak, kazıklar içten tamamen yok olur.

Ahşap rıhtımların büyük yapısal bileşenlerinin rasgele yerleştirilmesi yapılan ortak bir hatadır. Bu yaklaşım sadece yüzeysel olarak ekonomiktir çünkü birbirine komşu ahşap bileşenlerin gelecekteki bozulmalarını dikkate almamaktadır.

Alternatif olarak, yerleştirmeler belli bir yapısal örnek üzerinde oluşturulabilir. Örneğin iki kazıkta bir eğik basınç kazıklarının çakılması gibi. Bu yaklaşım ile, yenilenmeyen bileşenlerin kısmi bozulmaları, kritik durumlar yaratmayacak ve yapı yapısal örneğe bağlı kalarak projeye uygun bir şekilde serviste kalacaktır.

Ahşap elamanların beton elemanlar ile bir arada yerleştirilmesi dikkatlice düşünülmelidir çünkü ilk olarak beton yüksek bir pH miktarına sahiptir, ikinci olarak direkt ahşaba bitişik olan beton nem tutan bir çevre oluşturabilir ve üçüncü olarak yeni dökülen beton mantarlaşma için uygun koşulları yaratacak geçici bir sıcaklık artışına neden olur. Yeni betonu mevcut

aşçıktan ayırmak için polietilen kullanmak olasıdır.

5.2 Doğal ve Örme Taş Duvarlar

Bu yapılar için aşağıdaki teknikler kullanılabilir:

5.2.1 Temizleme

- Yüksek basınçlı su ile temizleme,
- Çakıl püskürterek temizleme,
- Elle kazıma ve fırçalama.

5.2.2 Ankraj

- Yapının içsel ankraji (çelik çubuklar ya da donatı ankraji),
- Rıhtım duvarının zemin ankraji kullanarak tespit edilmesi (yapının oturması).

Bu ankraj teknikleri su altında ve üstünde kullanılabilir.

5.2.3 Enjeksiyon

- Ek yerlerini, boşlukları ve delikleri doldurmak için çimento ya da çimento esaslı dolgu malzemesinin kullanılması,
- Daha küçük ek yerlerinin, boşlukların ve deliklerin doldurulması için poliüretan, epoksi gibi kimyasal ürünlerin enjeksiyonu.

5.2.4 Çuval Yöntemi

Geotekstil torbalar ya da çuvallar astar ile doldurulup sıvı beton enjeksiyonun alternatif olarak daha büyük boşluklar veya ek yerlerine yerleştirilebilir. Çuvallar yerleştirmeden önce doldurulabileceği gibi yerleştirildikten sonra sıvı beton enjekte edilmesi suretiyle de doldurulabilir.

5.2.5 Drenaj

Bu yapının stabilitesini ve konsolidasyonunu iyileştirmek ve duvarın iki tarafındaki su seviyesi farkını azaltmak için kullanılır.

5.2.6 Yenileme

- Blok yenilemesi,
- Dolgu yenilemesi.

5.3 Beton (Donatısız, Donatılı, Ön-Gerilmeli)

Hasarlı veya bozulmuş betonu tamir için kullanılan yöntemler ve koruma sağlanması, seçilen tamir ve koruma prensiplerine ve bu prensiplere uygun yöntemlere bağlıdır. Avrupa Standart ENV 1504'e göre donatısız, donatılı ve ön gerilmeli beton için tamir ve koruma yöntemleri ve prensipleri, tamir ve bakım için de aynı derecede geçerlidir (Çizelge 5.1 ve 5.2).

Çizelge 5.1 Beton- Donatısız (PIANC, 1990)

Tanım	Tanıma bağlı yöntem
Zararlı etkilerin azaltılması	1. Yüzeysel bakım (a) Kaplama (b) Boşlukların doldurulması (c) Membran uygulanması (d) Hidrofobik yöntem 2. Çatlakların doldurulması ya da çatlakların ek yerlerine dönüştürülmesi.
Nem kontrolü	1. Yüzeysel bakım (a) Kaplama (b) Hidrofobik yöntem
Beton yenilenmesi	1. Hasarlı veya bozulmuş betonun astar veya betonla yenilenmesi 2. Yapının elemanlarının yenilenmesi
Yapısal güçlendirme	1. İlave beton eklenmesi 2. İlave veya yeni iç donatı eklenmesi 3. Dış donatı eklenmesi 4. Koruyucu levha kaplanması 5. Çatlaklara ve boşluklara enjeksiyon yapılması
Kimyasal dayanım	1. Kaplama yoluyla yüzeysel bakım 2. Harç ya da beton ilave edilmesi
Fiziksel dayanım	1. Kaplama veya doldurma yoluyla yüzeysel bakım 2. Astarlama ya da beton ilave edilmesi

Çizelge 5.2 Beton- Donatılı (PIANC, 1990).

Tanım	Prensibe bağlı yöntem
Pasivasyonun sağlanması	1. Bozuk betonun yenilenmesi 2. Elektrokimyasal olarak veya difüzyon ile realkalinizasyon 3. Klorürün çıkarılması 4. Paspayının artırılması 5. Yüzey kaplaması
Dayanıklılığın artırılması	1. Nem kontrolü, örneğin yüzey kaplaması ile ya da su geçirmezliğin sağlanması ile nem sınırlandırılması
Donatının anodik ya da katodik kontrolü	1. Donatıya aktif ya da bariyer kaplama uygulanması
Donatının katodik kontrolü	1. Yüzey kaplanması ile donatının katodik alanlarına oksijenin sınırlandırılması
Katodik koruma	1. Kurban anot sistemleri ya da ters akım sistemi ile donatının anodik alanlarını değiştirmek için elektriksel gerilim uygulanması

Yöntemler, malzemeler yerleştirilmeden önce beton ya da donatının hazırlanmasını gerektirir.

Hazırlık ve uygulama yöntemleri aşağıda kısaca tarif edilmiştir:

5.3.1 Hazırlık

5.3.1.1 Temizleme

Temizlemenin amacı, yüzey kaplaması ve kirler gibi istenmeyen malzemelerin kaldırılması ve bu sayede mevcut ve uygulanan malzemeler arasındaki aderans kaybını önlemektir.

Temizleme işlemi; elle, güçlü mekanik fırçalar yardımıyla, kumlama ya da 18Mpa'a kadar basınçlı su ile yapılabilir. Yaklaşık 18 Mpa'lık basınçlı su ile kumlama, korozyon oluşumlarının ve klorürün donatı çubukları çevresinden tamamen çıkarılabileceği donatı temizliği durumları için önerilir.

5.3.1.2 Hasarlı Betonun Kaldırılması

Hasar gören, gevşek, kirli ve belirli sebeplerden ötürü sağlam beton kaldırılabilir. Kaldırılacak kısmın büyüklüğü, prensibe, seçilen metoda ve tamir altındaki elemanın yüküne bağlıdır.

Yıkılan veya hatalı beton, elektrik veya hava gücü kullanan mekanik çekiçler, güçlü su jeti, kimyasal ya da hidrolik ayırıcılar, patlayıcı şarjlar kullanan mini püskürtücüler, elmas testeresi ile kesme ve mekanik ezme yöntemleri kullanılarak kaldırılabilir.

Hasarlı beton, donatının tüm çevresinin bakımına ve yenilenen malzemenin donatının arkasına yerleştirilmesine izin verecek derinliğe kadar çıkarılır.

Büyük yıkım işlerinin gerektiği yerlerde, yöntem seçimi dikkatlice yapılmalı ve testler uygulanmalı ve bu bağlamda işçiler ve çevre üzerindeki ters etkileri düşünülmelidir.

Yüksek basınçlı su jetinin uygulanması da betonun kaldırılması için etkili bir yöntemdir. Genellikle daha düşük basınçlarda daha yüksek su hacimlerinin kullanıldığı yerlerde 60 ve 110 MPa arası basınçlarda uygulanır. Bununla beraber yöntem, mekanik kaldırmadan daha pahalıdır ve güvenlik ölçümleri gereklidir. Çünkü çıkan agrega patlamaya eğilimlidir ve jetler potansiyel olarak tehlikelidir.

Uzaktan kumandalı makineler bu problemleri önlemek için uygundur ve kaldırılan betonun uzunluğunu belli bir güçte kontrol etme avantajı vardır.

Alternatif olarak, mikro püskürtme de cazip olabilir çünkü elle yapılan iş oldukça az ve sorunsuzdur ayrıca püskürtmeden gelen gürültü kısa sürelidir. Kısaca, mikro-püskürtme güvenli şekilde patlayıcı kullanımını ve betonu, tamir işleriyle, kısmi yıkımla, değişikliklerle ya da kazık tepelerini kesme ve soyma gibi yeni işlerle bağlantılı olarak kaldırmak için

koşulları kontrol eder (Lauritzen ve Petersen, 1991). Küçük patlayıcılar, kaldırılacak betonun içinde açılan deliklere uygun olarak yerleştirilir ve kısa aralıklarla patlatılır. Bu esnada çevredeki malzemeler, uçan molozlar ve tozu durdurmak için hasırlarla korunur. Eğer bu iş düzgünce yapılırsa donatı, beton ve püskürtme bölgesine bitişik diğer yapılar hasar görmeyecektir. Püskürtmeden sonra, bozuk yüzey belirgin bir şekle ve pozisyona getirilmelidir. Bu operasyon için lisanslı ve tecrübeli elemanlar gerekir bu da metodun dezavantajı olarak görülebilir.

Eğer donatı yenilenmesi gereken kadar korozyona uğradıysa, normal çelik kesme yöntemleriyle kaldırılabilir.

Ön gerilmeli betonla, beton çıkarılırken kalan betonda aşırı gerilmeye sebep olmamak için ya da personeli tehlikeye atacak veya yapısal hataya sebep olacak kiriş hasarları oluşmaması için koruma önlemi alınmalıdır.

Betonun su altından çıkarılması koşullar nedeniyle güçtür fakat temel tekniklerin çoğu kullanılabilir.

5.3.1.3 Pürüzlendirme

Bazı tamir yöntemleri, aderansı artırmak amacıyla pürüzlü bir yüzey gerektirir. Bu el kullanımlı kesme çekiçleri, mekanik çarpma çekiçleri, kumlama ya da su jetleri kullanılarak yapılabilir.

Su jeti tercih edilen bir seçenektir çünkü belirlenemeyen çatlak veya gevşek agrega olasılığını ortadan kaldırır. Eğer mekanik kırma kullanılıyorsa suyla temizlemek önerilir.

5.3.2 Tamir ve Koruma Malzemelerinin Uygulanması

5.3.2.1 Beton Yenilenmesi

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. Polimer esaslı bağlayıcının kullanılması karakteristiği değiştirir ve aderansı artırır. Ek olarak harçlar, agrega ve reçine içeren polimerle sınırlı 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 ya da kendiliğinden yerleşen beton kullanılabilir.

Ön-gerilmeli elemanların betonu da aynı yöntemler kullanılarak yenilenebilir. Fakat beton ve

donatı arasındaki aderans sağlanmalıdır.

Yenilenen malzemenin düzgünce uygulanması rötreyi önlemek ve donatının dayanım ve dayanıklılığını artırmak açısından önemlidir.

Su altı tamirleri, beton, harç ya da polimer bağlayıcı harç kullanılarak yapılabilir. Beton veya harç rijit ya da fileksibil kalıp kullanılarak yerleştirilebilir. Kohezyonu artırmak amacıyla karışımda katkı maddeleri kullanılması önerilebilir. Polimer bağlayıcı harçlar 50 mm kalınlığa kadar olan tamirler için uygundur ve elle uygulanır.

5.3.2.2 Çatlak Tamiri

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 metodu ile yapılır. (Bununla beraber yatay elemanların üst yüzeylerindeki çatlaklar için ağırlık kullanılabilir). Donatı korozyonu sebebiyle oluşan çatlaklar doldurulmamalıdır buna karşın beton kaldırılmalı ve yenilenmelidir.

5.3.2.3 Güçlendirme

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.

5.3.2.4 Betonun Korunması

Koruma çeşitli yüzey uygulamaları ile sağlanabilir.

5.3.2.5 Donatı Korunması

Donatı, çimentolu tamir malzemesinin alkali yapısı ile beton içinde korunur. Aynı zamanda korumayı sağlamak için donatı fırçalanarak pas ürününün uzaklaştırılması gerekmektedir. Çeliğin tamamen kaplanması için önlem alınmalıdır. Çimento ya da reçine içeren kaplamalar kullanılabilir. Bu sayede tamir malzemesi kaplamadan önce yerleştirilebilir.

Uygun kaplamalar: hidrolik bağlayıcı, hidrolik bağlayıcı ile modifiye edilmiş reçine ile kaplamalardır.

5.3.2.6 Elektrokimyasal Yöntemler

Elektrokimyasal yöntemler aynı zamanda donatılı betonu korumak için de kullanılabilir. Bunlar katodik koruma, realkalizasyon ve klorürün uzaklaştırılmasıdır.

5.3.2.7 Donatı Yenileme ve Ekleme

Sonuç olarak, mevcut donatıyı yenilemek ya da artırmak zorunlu olabilir. Kullanılan yöntemler; mekanik onarma, kaynakla birleştirme ya da alt tabakada delinen deliklere donatı yerleştirme ve kimyasal enjeksiyon ile onarmadır.

5.3.3 İşçilik

Birçok yöntem özel formüllü malzemeler içerir ve imalatçı şartnamelerini takip etmek ve seçilen yöntemde deneyimli personel kullanan müteahhit ile çalışmak önemlidir.

5.4 Çelik

Çelik yapılar büyüdükçe tamir prosedürleri çeşitlenir ve yapının biçimine bağlıdır. Yapısal dayanım üzerindeki korozyon hasarının etkisinin belirlenmesi ve tamir deniz yapılarında deneyimli yapısal koruma ve korozyon koruma mühendislerini gerektirmektedir. Tamir yöntemleri, en uygun fiyatlı kaynakların düşünülmesi, yapının ömrü boyunca potansiyel olması, gelecekteki bakım gereksinimleri, işletme yükündeki azalmalar ve tamir masraflarına bağlı olarak belirlenir. Özel tamirler, yenileme, korozyonlu kısmın yenilenmesi ya da hasarlı alanın onarılmasını içermektedir.

Korozyon genellikle çelik palplanş kazık ve H kazık yapılarıdaki tamir gereksiniminin en önemli sebeplerindedir. Benzer tamir yöntemleri gemilerin çarpma hasarlarına veya kum ve buz aşınmasının etkilerinden dolayı oluşan hasarlar da uygulanabilir.

Çelik yapıların sağlamlığının değerlendirilmesinde, dayanıklılık ve korozyon ölçümlerinin mevcut şartlarını içeren orijinal tasarım kriterleri hesaba katılır. Tamir işlemi için uygun yöntem ve tasarımının seçilmesi için çeşitli ölçümler yapılabilir. Tamir işleri tek eleman için ve tüm yapı için olmak üzere kabaca ikiye ayrılır.

5.4.1 Palplanş Duvarlar

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 metodu 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.

5.4.2 Çelik Kazıklar

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.

Monel Alloy kılıflama ile mantolama veya diğer yöntemlerle ya da plastik kullanım, fiziksel olarak boru kazık da kullanılır ve bazen de H-kazığın da genelde ekonomik düşünceler dolayısıyla gel git veya sıçrama bölgesinde kullanımı uygundur.

Betonla ceketleme malzemenin rijitliğine izin vermelidir, çünkü dalga hareketi ve gemi çarpması betona etki edebilir.

5.4.3 Çalışma Odası

Tamirden önce ortalama su seviyesi etrafındaki yoğun korozyon ile hasarlanmış çelik kısmın dikkatlice ölçülmesi için, oda sistemleri geliştirilmiştir. Bir oda kullanılarak, hem korozyon ölçümü hem de tamir işlemleri anlık ve doğru olarak kuru koşullarda yapılabilir.

5.5 Bazı Yapılar İçin Tamir Örnekleri

Aşağıda yapılar için tamir yöntemleri verilmiştir.

5.5.1 Yapı Tamiri/ Rehabilitasyonu

Eğer analiz sonuçları yapının servis yüklerini güvenli bir şekilde taşıyabileceğini göstermişse, sadece düzenli bakım/tamir yeterli olacaktır ve maliyeti oldukça düşük olacaktır. Bu durumda eğer tüm önemli yapısal elemanlar iyi durumdaysa sadece hasarlı bileşenlere tamir uygulanabilir.

Eğer analiz sonuçları yapının aşırı gerilime maruz kaldığını gösteriyorsa, yapısal restorasyon

ya da yapının kapasitesinin operasyonel sınırlara getirilmesi gereklidir. Bu rehabilitasyon, yapının tüm ya da sadece önemli elemanlarının orijinal veya gerekli gücüne sahip olmasını sağlayabilir.

Herhangi bir tamir metodu seçilmeden önce birimin sadece mevcut ya da gereken kapasitesi değil aynı zamanda bunlara ulaşabileceği süre de göz önünde bulundurulmalıdır.

5.5.2 Planlama

Başarı sağlayabilmek için yapının tamiri/rehabilitasyonu çok dikkatli planlanmalıdır. Bunun için aşağıdaki adımlara dikkat edilmelidir:

- Tüm temel tamir işlemleri belirlenmelidir. Bu durum, geçmişte yapılmış benzer tamir çalışmalarının gözden geçirilmesini ve yeni fikirler ortaya atılmasını içerir.
- Seçilen tamir işleminin teknik fizibilitesinin incelenmesi gerekir. Bu daha öncekilerin temel alınması ile ya da koşullar için uygun özel analizler vasıtasıyla yapılabilir.
- Seçilen metodun ekonomik değerlendirmesi ve en ekonomik olan alternatifin seçilmesi gerekir.
- Detaylı işlemleri, malzemeleri, kalite kontrolünü ve toleransları içeren bir tamir şartnamesi hazırlanması gerekir.

Aşağıda bazı farklı tipte deniz yapılarının tamir metodlarından bahsedilmiştir.

5.5.3 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 uygulamanın başarısı şüphelidir.

Yeni beton yerleştirilmeden önce mevcut beton kaldırılmalıdır. İki beton arasında iyi bir aderansın sağlanması için oyukun derinliği en az 150 mm olmalıdır. Daha iyi bir tamir için boşluğun kenarları düşey olmalıdır. Üst iç yüz arkaya doğru eğimli olmalıdır. 1:3'lük bir eğim tamir edilen oyuk içinde hava keseleri oluşmasına engel olmak için yeterli olacaktır.

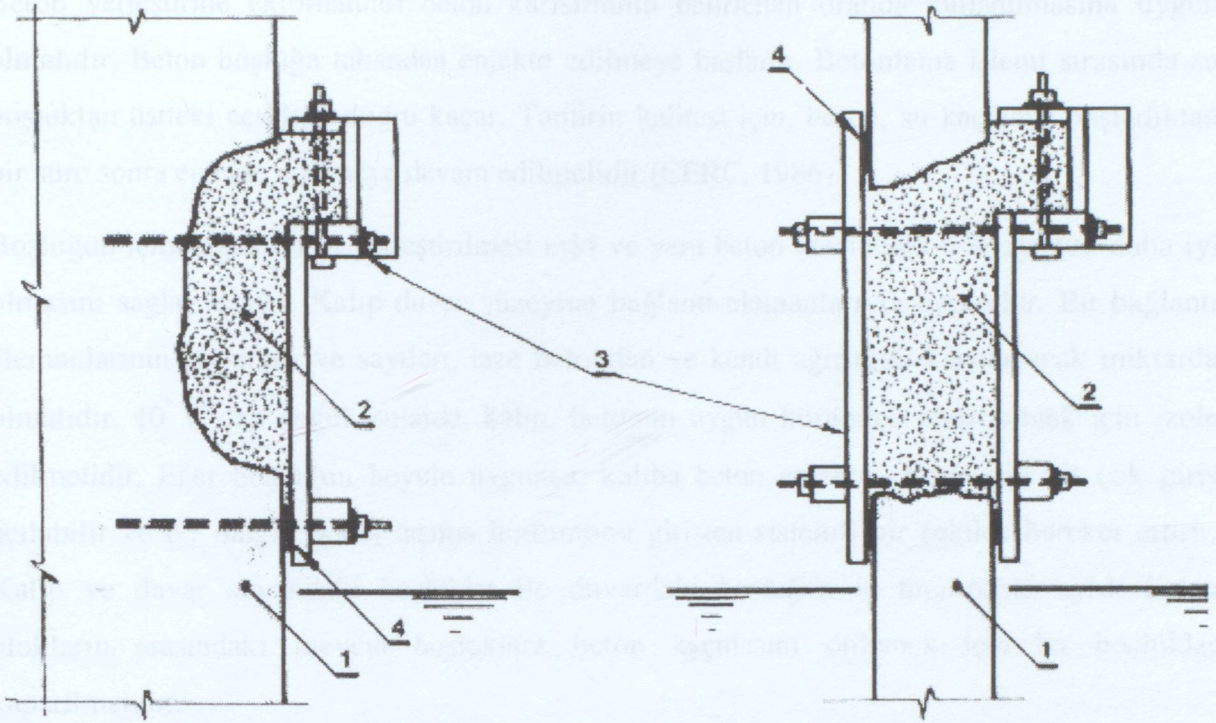
Mevcut betonun yüzeyleri kumlama ya da başka uygun bir yöntemle temizlenmeli ve bu temizlik basınçlı hava, su veya uygun başka bir yöntemle sonlandırılmalıdır. Gerekli olduğu takdirde, tamiri kendi kendine devam ettirmek ve alttaki betona bağlamak için çivi ve donatı kullanılabilir. Böylece ek bir güvenlik faktörü sağlanır.

Yeni beton uygulanmadan önce yüzey dikkatlice epoksi modifiye hidrolik bağlayıcıdan oluşan ince bir tabaka ile kaplanmalı, bu katman 5 mm'yi aşmamalı ve su/çimento oranı kullanılacak betonla aynı olmalıdır.

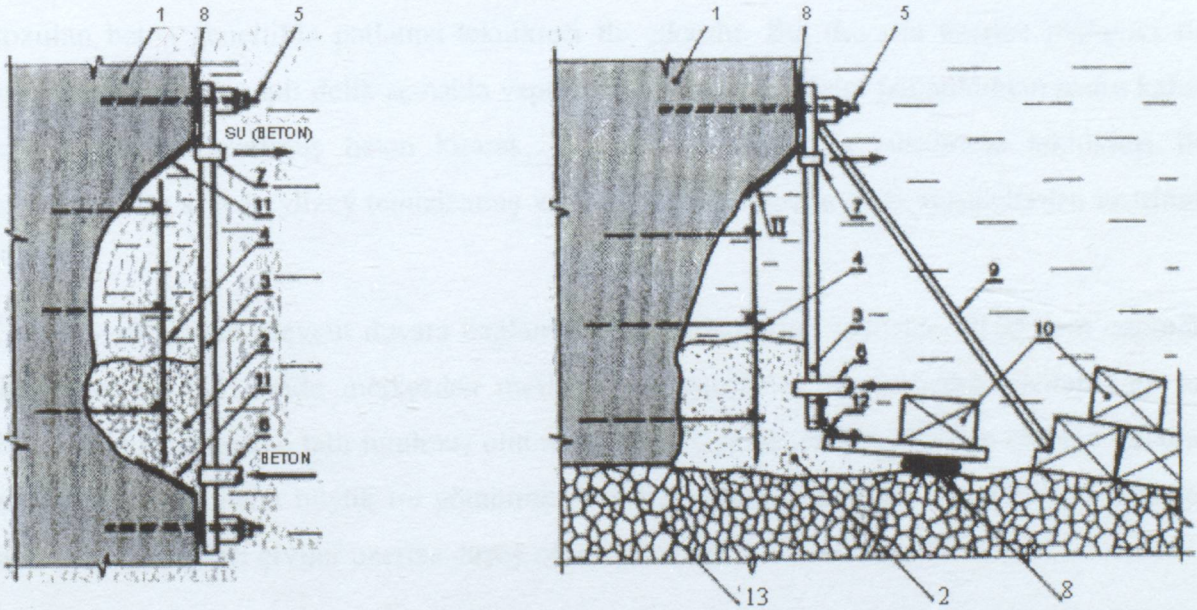
Sıcaklık, nem değişikliği vs'den oluşan etkileri en aza indirmek için, kullanılacak betonun agrega boyutu, su/çimento oranı vs eski betona benzer olmalıdır ve vibrasyona tabi tutulmalıdır. Eğer beton, yapı üzerindeki bir eklentiden dökülürse daha iyi bir yerleştirme sağlanır (Şekil 5.1).

Oyuk betonla doldurulduktan hemen sonra, eklentinin içine bir basınç kapağı yerleştirilir. Beton yerleştirilirken basınç uygulanır. Bu işlem beton sertleşene kadar 30 dakikalık aralıklarla tekrarlanır. Eklenti ikinci gün çıkarılabilir.

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 5.2)



Şekil 5.1 Su seviyesi üstünde beton tamiri için kullanılan kalıbın detayları. (a) Beton duvarda yerel oyuk tamiri. (b) İnce beton duvarın tamiri. 1-Mevcut beton, 2- Yeni beton, 3- Kalıp, 4- Yumuşak conta (Tsinker, 1995, 2004).



Şekil 5.2 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- Ağırlık, 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 kaçır. Tamirin kalitesi için, beton, su kaçırmaya başladıktan bir süre sonra enjekte edilmeye devam edilmelidir (CERC, 1986).

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

Kuzey Amerika'daki birçok deniz yapısı 40 yıl ya da daha fazla zaman önce inşa edilmiştir. Şu anda da serviste olan bu yapılardan bir çoğu beton hava sürükleyici katkısı içermemektedir ve bu yüzden donma-çözülmeden kolay etkilenmektedirler. Duvar tamiri/rehabilitasyonunda böyle bir durumda genel yaklaşım, duvarın yüzeyinden 0.2-1.0 m'lik duvarı çıkarmak ve yerine yeni beton yerleştirmektir.

Bozulan beton genellikle patlatma teknikleri ile çıkarılır. Bu, duvarın üzerine patlayıcı ile dolu bir seri küçük çaplı delik açmakla yapılır. Bozulan malzemeler patlatıldıktan sonra kalan serbest ya da bozulmuş beton kırarak, parçalayarak veya su püskürtme teknikleri ile temizlenir. Bu sayede yüzey temizlenmiş ve aradaki bağı engelleyecek maddelerden arıtılmış olur.

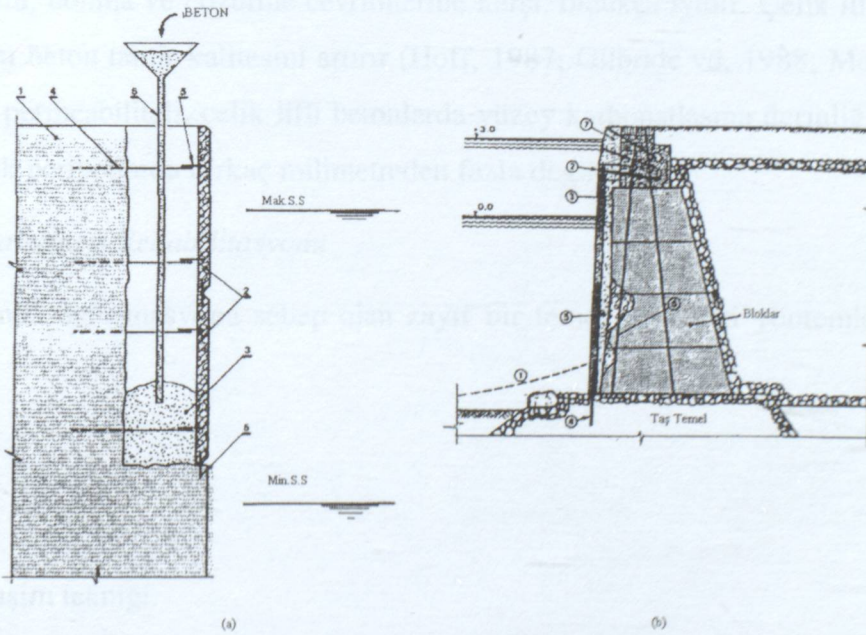
Çiviler yeni betonu mevcut duvara bağlamak için kullanılırlar. Genelde 20-25 mm çapında olurlar ve her iki yönde merkezden merkeze yerleştirilirler. Yerleştirilen çivilerin en az %0.25'inin saha testine tabi tutulmuş olması gerekir. Uygulanan yük, çivinin ölçülen gücüne eşit olmalı ya da daha büyük ise gömülme derinliği yeterli olmalıdır. Genellikle 15-20 mm çaplı donatı hasırları çiviler üzerine düşey olarak konulur.

Eğer yerleştirilen betonun kalınlığı 25-30 cm'i geçiyorsa, geleneksel kalıp kullanımı ve beton yerdeğiştirme tekniklerinin uygulanması ekonomik bir çözümdür. İkinci tekniğin avantajları şunlardır: yeni beton karışımının mevcut beton ile uyumu sağlanarak malzeme uyuşmazlığına bağlı gerilmeler en aza indirilir; katkı maddeleri kullanılarak yeni betonda düzenli boşluklar

elde edilebilir; beton uygulamasında malzeme, ekipman ve deneyimli personel kolayca bulunabilir.

Bu tarz duvar rehabilitasyonlarında en çok karşılaşılan problemlerden biri yeni betonun çatlamasıdır. Bu çatlaklar, termal gradyanlar ve kuruma rötresi sonucu ortaya çıkan hacim değişikliklerine bağlıdır. Bu bozulma etkisini azaltmak için, beton malzemeleri, karışım oranları ve yapım işlemleri beton sıcaklık farklarını düşürecek veya hacim değişikliklerini en aza indirecektir.

Daha iyi bir kalite ve görünüm için kalıcı kalıp sistemi olarak prekast beton paneller kullanılabilir (Şekil 5.3). 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 kısaltır. Kalıcı beton kalıp paneller beton rıhtımların kaplamasında, navigasyon kapaklarında ve setlerde başarıyla kullanılmaktadır. Şekil 5.3 b'de bir örnek verilmiştir. Burada prekast beton paneller çelik çiviler üstüne yatağa yerleştirilmiştir. Panelin üst kısmı mevcut üstyapı betonuna yerleştirilmiş gergilere asılmıştır. Paneller arasındaki boşluk ve duvar tremi tekniği ile betonla doldurulmuştur.



Şekil 5.3 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 dağıtma borusu,. (b) Pratik örnek. 1-Orijinal yüzey, 2-Üst çelik bağ, 3-Prefabrik beton panel, 4-Betona yerleştirilmiş çivi, 5-Tremi boru yoluyla beton yerleştirilmesi, 6-Önceden hazırlanmış deliklere donatı çubuklarının yerleştirilmesi, 7-Çelik çivilerle mevcut yapıya yeni giriş eklenmesi (Tsinker, 1995, 2004).

Yeni kapak yapısı inşa edilir ve çelik çivilerle mevcut üst yapıya birleştirilir. Son olarak, mevcut duvar yerleştirilen donatı çubukları ile sağlamlaştırılır.

Püskürtme (shotkreté) 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 betonudur. Bu yöntem genellikle geniş alanlar için kullanılır. Değişik derinliklerdeki düşey ve yatay yüzeyler için oldukça etkilidir.

Püskürtme tamiri tipik olarak yüzey hazırlığı, donatılama ve betonlamayı içerir. Püskürtme tamiri olacak betonun kaynaşmamış alanları bu bölümde daha önce bahsedildiği gibi hazırlanır. Galvanizli tel ağ açığındaki donatı çubuklarına tutturulur. Eski ve yeni beton arasında iyi bir aderans olduğundan emin olmak için genellikle birleştirici bir etmen kullanılır. Sonuçta, iyi derecelenmiş beton uygun nem içeriği ile, uygun basınçta tamir edilecek yüzeye uygulanır. Eğer doğru uygulanırsa sonuçta yoğun, yüksek güçte, dayanıklı bir tamir sağlanır.

Kuru koşullarda, 250 mm'den ince beton bileşenleri için püskürtme beton konvansiyonel yöntemden daha ekonomiktir çünkü kalıp masrafı yoktur. Püskürtme beton güçlü ve dayanıklı bir malzemedir ve beton ve diğer yapı malzemeleri için iyi bir birleştiricidir. Püskürtme betonu dayanımı, donma ve çözülme cevrimlerine karşı, oldukça iyidir. Çelik lifli püskürtme beton kullanımı beton tamir kalitesini artırır (Hoff, 1987; Gilbride vd, 1988; Morgan, 1988). Yoğun, düşük permeabiliteli, çelik lifli betonlarda yüzey karbonatlaşma derinliği 10 yıl yada daha fazla yıllık periyotlarda birkaç milimetreden fazla değildir.

Zayıf Temel Malzemesi Rehabilitasyonu

Ağırlık duvarında deformasyona sebep olan zayıf bir temel aşağıdaki yöntemlerden biriyle geliştirilebilir:

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

Graut: Sulu harçlama taban malzemelerinin basınç altında izin verilen harç ile doyurulması tekniğidir. Toprağın tipi ve derecelenmesi kullanılacak harcın tipini belirler.

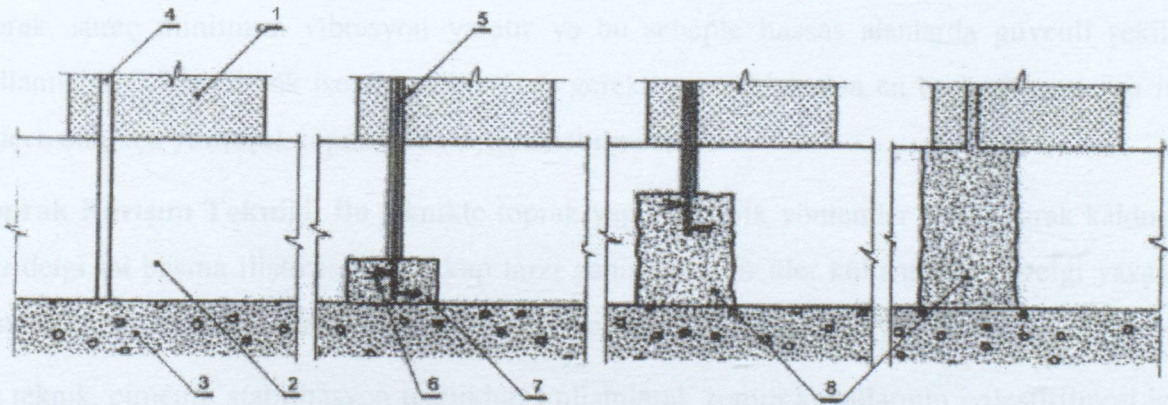
Jet Graut: Jet graut 15 yıldan fazla zamandır kullanılan daha dikkate değer bir tekniktir. Yöntem, taban yapısı veya taşıyıcı elemanları ilk kazı olmadan inşa etmek amacıyla yumuşak toprağı sıkılaştırmak için kullanılır. Ana kullanımlar, çökme tehdidi altında bulunan mevcut

yapıların alttan desteklenmesini içerir. Aynı zamanda sızıntı kontrolü, keson yapılması, tünel kazı alanlarında çökmeyi sınırlamak vs. için de kullanılır. Jet grout çimento veya kimyasallarla uygulanan geleneksel basınç harçlamadan tamamen farklıdır.

Esasen bu bir kısmi toprak yenileme tekniğidir. Bu şekilde enjekte edilen dolgu malzemesi ve toprak karışımından oluşan bir kolon meydana gelir. Buna 'zemin kreti' adı verilir ve sulu çimento ve yerli toprak karışımından meydana gelir. Genellikle silindirik kolonlar şeklinde yapılır, kolonların şekli ve boyutları ekipmanların markasına bağlıdır. Soilkret özellikleri yerli toprağa ve yöntemin uygulanma şekline bağlıdır. Tipik bir jet grout tekniğinde, ilk olarak 100-150 mm arasında bir pilot delik açılır. Sonra oldukça yüksek basınca dayanıklı bir dolgu malzemesi enjekte çubuğu yerleştirilir. Çubuğun tabanı monitördür ve iki ağızlığı vardır. Altındaki dolgu malzemesi enjeksiyonu için ve üstteki ise, yaklaşık 2 mm çapında, yüksek bir su jeti basıncı için.

Su jetlemesi genellikle $70(\pm)L/m$ su dağıtım oranı ve 400 barlık basınç altında olur. 1:1 oranında portland çimentosu ve su karışımı en çok kullanılan karışımdır.

Tüm derinlikte çubuk yavaşça çekip çıkarılır ve döndürülür ve dolgu malzemesi jetleme monitörünün ağızlıklarından dışarı atılır. Yüksek basınç jetlemesinin sonucunda, mevcut zemin yapısının yok olması ve toprak parçacıklarının harca karışmasıdır. Devamlı ve tam yükseklikte bir tek harç kolonu oluşur (Şekil 5.4) Çimento ve su 1:1 oranında karıştığı zaman harcın basınç değerleri kil için yaklaşık 70 Mpa ve temiz kum için yaklaşık 20 Mpa olur.



Şekil 5.4 Jet grout. (a) Duvara ve hasarlı temel malzemesine delik açılması. (b,c,d) Jet groutun ara ve son safhaları. 1-Rihtim duvarı, 2-Hasarlı temel malzemesi, 3-Sıkı temel malzemesi, 4-Delik, 5-Jet grout kolu, 6-Su jeti, 7-Grout, 8-Püskürtme beton (Tsinker, 1995, 2004).

Kolonun çapı toprak koşullarına, jet basınçlarına, dönme hızına bağlı olarak 0.3 ile 2 m arasında değişir.

Kolon yerleştirilmesi ve düzenlenmesi kontrol edilmelidir. Üst üste binen kolonlarla bir duvar inşa ederken gereken tolerans gösterilmelidir aynı zamanda yanlış ayarlanan bir kolona bağlantı verebilmek için kolon çapı yerel olarak artırılabilir. Bu teknikte kullanılan çimento harcıyla ilgili ilk endişe harcın yerleşmesi, bakımı ve düşük sıcaklıklarda farkedilir biçimde dayanımının gelişmesidir. Normal Portland çimentosu ve su içeren temiz çimento harcı -1.8°C 'de tamamen yerleşmeyecektir. Bu nedenle erken dayanımı yüksek çimento ve/veya priz hızlandırıcı kullanmak gerekli olacaktır.

Jetleme operasyonu süresince, boşluktan, bir miktar harç ve toprak karışımı çıkabilir. Miktarı yer kütesinin boşluk oranına bağlıdır. Kumlu malzemelerde az, kilde ise beklenenden çok olabilir. Jet graut yer seviyesinin altında herhangi bir noktada durdurulabilir. Bu teknik mevcut bir yapıyı alttan desteklemek için ya da bir harç duvarını yapının tabanına birleştirmek için kullanılabilir. Ekipman uygun şekilde değiştirildiği zaman, kolonlardan çok jet-kolon perdeler oluşabilir. Bu yolla büyük miktarda malzeme kurtarılabilir.

Jet graut çimentolu harçlar kullanılarak geliştirilebilir. Ancak çevresel koşullar, düşük hava sıcaklıkları gibi etkenler çimento harcı kullanımını engelleyebilir. Bununla beraber, bu teknik kimyasal harçlara da uygulanabilir.

Tekil kolonlar, jet harçlama tarafından üretilen temel birimlerdir. Yeni yapılara veya tamir projelerine bağlı özel sorunları çözmek için değişik boyut ve şekillerde uygulanabilirler.

Bu yöntemin birçok avantajı vardır. İlk olarak, kil bakımı için en uygun tekniktir. İkinci olarak, süreç minimum vibrasyon yaratır ve bu sebeple hassas alanlarda güvenli şekilde kullanılabilir. Son olarak ise, öncelikle kazı gerektirmez. Metodun en bariz dezavantajı ise, sadece oldukça yumuşak topraklarda uygulanabilmesidir.

Toprak Karışım Tekniği: Bu teknikte toprak yapı mekanik yöntemler kullanılarak kaldırılır (bir delgi ipi başına iliştirilmiş matkap tarzı genişleyen bir alet kullanılarak). Delgi yavaşça döndürülür ve çıkarılır, çimento enjekte edilir ve zayıf bir çimento/toprak kolonu oluşur.

Bu teknik, çimento stabilite teknikleri kullanılarak zemin koşullarının iyileştirilmesi için geliştirilmiştir.

Dolgu Malzemeleri: Çimento esaslı dolgu malzemeleri değişik dolgu teknikleri için kullanılmaktadır. Bu dolgu malzemesini kullanmanın bir avantajı, karma suyu için deniz suyunun kullanılabilmesidir. Kimyasal dolgu malzemeleri için ise temiz su zorunludur. Çimento esaslı dolgu malzemeleri, Portland çimentosu çeşit ve oranlarında, katkı maddelerinde ve su/çimento oranında değişiklik gösterirler.

Kimyasal dolgu malzemeleri basınçlı harçlama tekniğinde kullanılırlar. Kimyasal karışımlarına ve sonuç ürünlerine göre değişiklik gösterirler.

Dolgu malzemesinin tipi ve kategorisi, özel tipte toprak için kullanılabilen, onun işlenebilme özelliği davranışına bağlıdır. Bunu gösterecek fiziksel karakteristikler, viskozite, rijitlik ve tane dağılımıdır. Bazı dolgu malzemeleri taneli malzeme içermez ve sıvıdır, kütle polimerizasyonu sağlanana kadar aynı viskoziteyi korurlar.

5.5.4 Açık Tipten Kazıklı Yapıların Tamir ve Rehabilitasyonu

Açık tipten kazıklı yapılar genellikle iskeleler ve rıhtımlar şeklinde inşa edilir. Daha sonra da platform altında eğimli, rip-rap koruması yapılır veya platformun arkasına palplanş inşa edilir.

Yukarıda adı geçen yapıların tipik hasarları:

- Kırık kazıklar,
- Kazık ve platform malzemesinin bozulması,
- Kargo 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 rip-rap erozyonu.

Kazık Restorasyonu

Daha öncede 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 artırmayı hedefleyen bir yöntemdir. Orijinal kazık beton, çelik ya da ahşap olabilir.

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

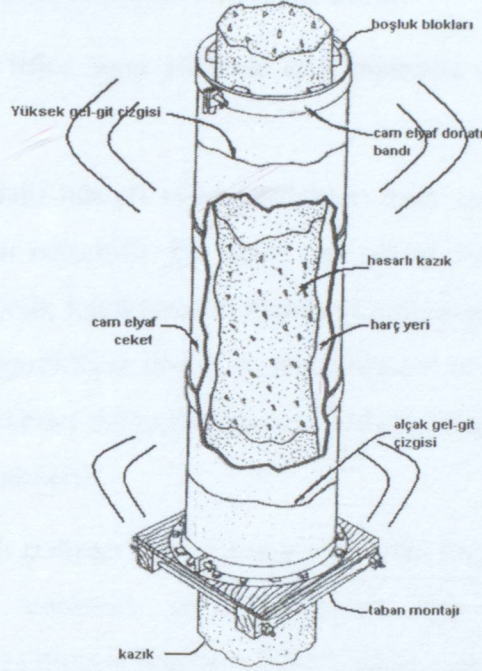
ilerdeki ayrışmaya karşı garanti vermeyecektir.

Mevcut hasarlı malzemelerin ya da deniz canlıları, kirlilik vs. gibi bazı malzemelerin 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 (Johnson, 1965). Beton bir kazık için fiberglas ceket kullanımı Şekil 5.5'te gösterilmiştir. Dolgu malzemesinin seçimi kazığın kullanılacağı çevrenin koşullarına göre seçilebilir. Dolgu pompalama, tremi metodu ya da prepakt beton teknikleri ile yapılabilir. Yeni beton, mevcut kazığın daha önce temizlenmiş yüzeyine iyice yapışmalı ve gerekli mukavemet ve dayanıklılık seviyesine ulaşmalıdır. Bu, betona orta miktarda silis dumanı ve yıkanmayı önleyen katkıları ekleyerek olabilir (Khayat, 1992). Silis dumanı (çimentonun bir kısmı yerine kullanılabilen bir malzemedir), betonun dayanımını, aderansını ve dayanıklılığını artırırken yıkanmayı önleyen katkıları betondaki karışım suyunun az miktarda kullanımına olanak sağlarlar. Çelik boru kazık ve beton ceket arasında iyi bir bütünlük sağlamak için tamir edilen kazığa çelik çiviler kaynaklanır. Bu kuru koşullarda yapılır. Su altında ise özel dizayn edilmiş kaynak tabancaları kullanılır (Fukute vd, 1990).

Gerekirse mevcut kazığın çevresine halka şeklinde donatı yerleştirilir. Khana vd (1988a), Rodney terminalinde beton kazıkların çelik-fiber bir donatı ile tamirini başarıyla rapor etmiştir. Gel-git bölgesinde bu kazıklarda değişik şekillerde bozulmalar gözlenmiştir. Örneğin, derin boylamsal çatlaklar ve birçok yüzey bozulması gibi.

Problemin derin bir araştırması yapılmıştır. Ve şiddetli kış termal gerilmeleri, ıslanma-kurumaya karşı korunmasızlık ve kazıklar üzerinde çok sayıda donma-çözülme çevrimleri oldukça düşük yapım kalitesi, yetersiz hava girişi ve yetersiz etriye ile birleştiğinde yukarıdaki sorunlara yol açmıştır (Khana vd, 1988b). İlk olarak Rodney terminalindeki 90 kazık, fiberglas ve poliüretandan yapılmış korumalı mantoların kullanıldığı bir yöntemle tamir edilmiştir. Bu amaçla hasarlı kazıklar etrafında bir halka oluşturulmuş ve içine donatı yerleştirilmiştir ve harçla doldurulmuştur. Bu tarz tamir, uygun yapılan ceketler elde etmenin, onları hasarsız şekilde taşıma, elleçleme ve kurmak kadar zor olduğunu kanıtlamıştır. Bu zor çalışma koşulları dolayısıyla daha kolay bir yöntem önerilmiş ve kabul edilmiştir. Tehlikeli kazıklar, kazık çevresine yerleştirilen sızdırmaz bir ağır çelik kalıp içine çelik lifli beton

karişımı pompalanarak tamir edilmiştir. Bu işlem mevcut kazıkların gücünü koruması ve bir giysi gibi davranması amacıyla donma-çözölmeye dayanıklı 150 mm kalınlığında bir ceket inşa etmek için yapılmıştır. Çelik lif, betondaki geleneksel donatı yerine geçerek kayıp ve yüzey çatlaklarına karşı koruma sağlamaktadır.



Şekil 5.5 Hasarlı beton kazığın tipik tamiri (CERC, 1986).

1984-1987 yılları arasında, çelik lif donatılı beton metodu (SFRC) ile toplam 362 kazık tamir edilmiştir. Kazıklar öncelikle kalıbın yerleştirilebilmesi için, yüksek basınçlı taze su püskürtmesi ile temizlenmiştir. Su altındaki kısımlar ise aynı yöntemle bir dalgıç tarafından gerçekleştirilmiştir. Temizliği takiben, temiz kalıp tamir edilecek kazık etrafına monte edilmiştir. Beton, 125 mm çapında bir çelik boru vasıtasıyla aşağıdan yukarı pompalanmıştır. Pompalamanın tamamlanmasından 4-5 dakika sonrasına kadar üç vibratör sürekli olarak çalışmıştır. Bu vibratörlerden biri, tıkanmayı önlemek için, oluşumun giriş ağzına yerleştirilmiştir. Diğer ikisi ise, üst üçüncüye yerleştirilmiştir. Terminaldeki çalışma ile aşağıdaki maddeler belirtilmiştir:

1. SFRC kazık tamir metodu, deniz kazıklarının mantolanması için oldukça basit bir yöntemdir.
2. Donma-çözölme dayanımı için hava girişi gerekli olduğu zaman, belirtilen beton gücü ve hava boşluk parametreleri tanımlanmalıdır.
3. SFRC metodu, geniş dağılım ve güçlü dalgalar ile gel-git bölgesinde oldukça etkilidir.

Çünkü deniz canlılarıyla uğraşma işini en aza indirir.

4. SFRC mantoların kalitesi, manto yüksekliği üzerinde, üniform olmayan çelik lif dağılımı ve mantonun üst kısmına hava sürüklenmesine bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bu ciddi bir problem olarak görülür çünkü SFRC kalitesinin daha iyi olduğu mantonun alt kısmı kazığı donma-çözülme olaylarına karşı maksimum derecede korur.

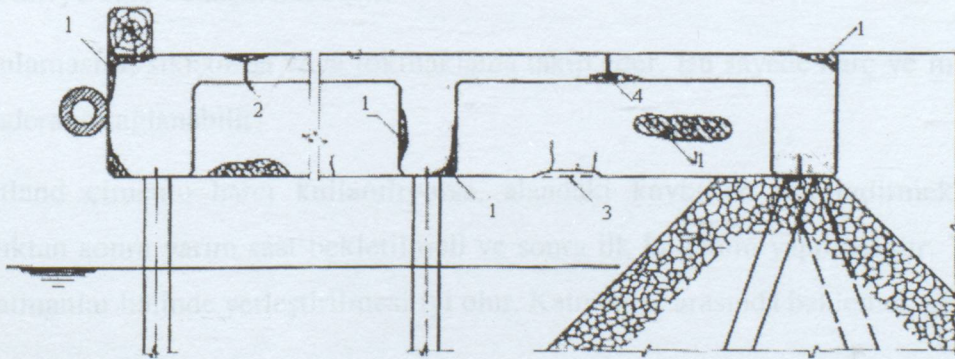
5. Kullanılan düzenli çelik lifler, aynı yükleme için, düzensiz olanlardan daha iyi dayanım gösterirler.

Herhangi bir deniz yapısındaki hasarlı taşıma kazıkları aynı zamanda betonla doldurulmuş prefabrik mantolarla da tamir edilebilir. Bu tamir, çap olarak 3m'ye uzunluk olarak 17m'ye kadar olan ahşap, beton ve çelik kazıklarda kullanılır (Lamberton, 1989). Kazık mantolamak için temizlendikten ve eğer gerekliyse donatı yerleştirildikten sonra prefabrik ceketler kazığa uygulanır. Prefabrik kazık ceketler dalga kırılmasının olduğu bölgede veya akıntı hızının 1m/s olduğu bölgede kullanılmamaktadır.

Kazıklar aynı zamanda çeşitli polimerlerle de tamir edilebilir. Değişik şekillerdeki polimerler, deniz çevresindeki kazık tamirleri ve korunmaları için 20 yıldan fazla süredir kullanılmaktadır. Basit kaplamalardan plastik örtülere, membranlara ve karışık yapılara kadar geniş bir alanda başarı sağlanmaktadır.

Platform Tamiri/Rehabilitasyonu

Daha önceki bölümlerde açıklandığı gibi, mühendislik incelemesi ile takip edilen detaylı araştırma, yapının hareketli yük kapasitesi, kargo elleçleme elemanları, taşıma ekipmanları, kargo stoklaması ve demirleme kuvvetlerini artırma konusundaki verileri kapsamaktadır. Daha sonra, yapıya tamir mi edilecek yoksa olduğu gibi mi bırakılacak ona karar verilmektedir. Temel elemanlar Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6 Tipik platform hasarı. 1- Aşınmış yüzey, 2-Aşınmış yüzey ve kılcak çatlak, 3-Altındaki hasarlı yüzey ve çatlaklar, 4-Altındaki aşınmış yüzey ve kılcak çatlaklar (Tsinker, 1995, 2004).

Beton restorasyonu ya da rehabilitasyonu aşağıdaki yöntemlerden biriyle yapılır:

- Yamama
- Graut yöntemi
- Püskürtme beton veya güçlendirme
- Ya da üç metodun kombinasyonu

Yamama; kaybolmuş, az miktarda kalmış, parça atmış betonun yeni malzeme ile değiştirilmesi olayıdır. İyi bir yama yapısal bütünlüğü yeniden oluşturur, çevresindeki betonla uyum içinde olmasını sağlar ve yapının kalan ömrü boyunca varlığını sürdürür. İskele yapılarındaki hasarlı betonun yamanması için uygun malzemeler, kuru koşullar için epoksi-modifiye Portland çimentolu harç/beton ve su altı tamiri için epoksi harç içerir. Bazen Portland çimentolu harç/beton ya da özel çimentolar kullanılır. Malzeme seçimi; yama kalınlığı, kullanılacak yerin koşulları, kayıp miktarı ve maliyete bağlı olarak yapılır. Doğru malzemenin seçilmesi önemlidir. Örneğin, epoksi harç yüksek adezyon kalitesine sahip fakat pahalıdır. Bu sebeple yüksek adezyonun gerekli olduğu uygulamalar için iyi bir seçimdir.

Derin bir yama için, epoksi-modifiye Portland harç/çimento daha iyi bir tercih olabilir çünkü daha ucuzdur ve daha dayanıklıdır. Başarılı bir yama uygulaması aşağıdaki maddeleri içerir:

1. İyi bir yüzey hazırlığı (Gaul, 1984); Tüm bozulmuş beton kaldırılmalıdır. Bütün yabancı parçacıklar ve toz, yağ, bakım bileşimleri ve balmumu gibi malzemeler, mekanik aşınma yöntemleri ile kaldırılmalıdır. Açıkta kalan donatı da benzer yöntemlerle temizlenmelidir. Kaybolan donatı kesit alanı geri konulmalıdır.
2. Epoksi-modifiye Portland çimentolu harç/çimento ya da epoksi harcı uygulanması; En iyi sonucu elde etmek için, beton ıslatılmalı, belirli bir nem düzeyine kadar kurutulmalı ve sonra epoksi modifiye harç ile kaplanmalıdır.

Harç uygulamasını, sıkıştırma veya tokmaktama takip eder. Bu sayede harç ve mevcut beton arasında aderans sağlanabilir.

Eğer portland çimento harcı kullanılıyorsa, alandaki kaybı en aza indirmek için, harç karıştırıldıktan sonra yarım saat bekletilmeli ve sonra ilk kullanım yapılmalıdır. Yaklaşık 10 mm'lik katmanlar halinde yerleştirilmesi iyi olur. Katmanlar arasında beklemek gerekmez.

Graut yöntemi, yüzey veya iç çatlaklara malzeme yerleştirme olayıdır. Tipik olarak bu yöntem, yapının monolitik doğasını ve donatı çeliği ve beton arasındaki aderansı yenilemek

için kullanılır. Dolgu malzemesi likittir ve uygulamadan sonra katılaştır. Uygulanacak alana güçlü basınç altında uygulanır ve boşluğun tamamen dolduğundan emin olunur. En önemli dolgu malzemeleri, kimyasal, epoksi, çimento esaslı ve polimer harçtır.

Kimyasal dolgu malzemeleri, bir jel oluşturmak için bir araya getirilen, iki ya da daha fazla bileşenli çözeltiler içerir. Bunlar genellikle hiçbir zaman tam olarak katılaşmayan esnek malzemelerdir. Düşük viskoziteleri bunları su akışını durdurmak için en iyi seçenek haline getirir. Kimyasal dolgu malzemeleri betondaki 0.05 mm'lik çatlakları doldurabilir ve nemli ortamlarda uygulanabilirler. Dezavantajları ise düşük dayanıma sahip olmalarıdır.

Epoksi dolgu malzemeleri mükemmel çekme dayanımı nedeniyle, sıklıkla 0.05 mm genişliğindeki çatlakları kapatmak için kullanılırlar. Bununla beraber, çatlaklarda birtakım pisliklerin (su da dahil) varlığı epoksinin etkinliğini azaltır. Tamir işlemlerinde en iyi sonucu almak için epoksiler imalatçıların talimatlarına bağlı olarak iyice karıştırılmalıdır.

Portland çimento esaslı dolgu malzemeleri, sıvı içinde askıda kalmış katı çimento parçacıkları içerir. Bunlar büyük boşluklar ve geniş çatlakları doldurmak için kullanılan çok yönlü malzemelerdir. Çatlağın genişliğine bağlı olarak, çimento ve su ya da çimento, kum ve sudan oluşurlar.

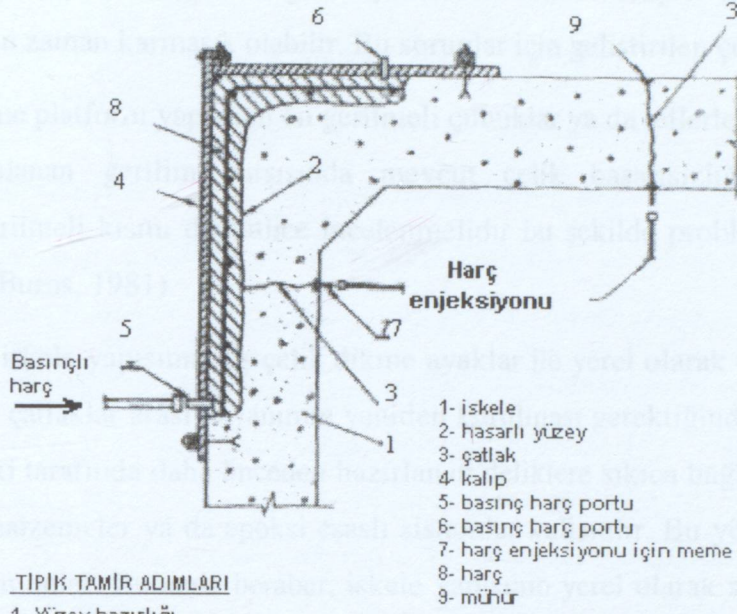
Polimer dolgu malzemeleri, beton özelliklerini geniş ölçüde iyileştiren, katı, güçlü ve dayanıklı bir plastik oluşturma kabiliyetine sahip küçük organik moleküller içeren sıvılardır. Sadece kuru yüzeylere uygulandıklarında etkilidirler.

Dolgu malzemesi enjeksiyonunun tipik işlemi aşağıdaki gibidir:

1. Çatlakların yağ, gres, kir ve ince parçacıklardan temizlenmesi,
2. Sıvı malzemenin katılaşmadan önce sızmasını önlemek için çatlak yüzeyinin kapatılması. Bu işlem genellikle, epoksi ya da benzer bir malzemenin çatlak yüzeyi boyunca sürülmesi ve katılaşmaya bırakılması ile olur. Bunun yerine plastik şerit ile de kaplanabilir. İkinci durumda, çatlak 15 mm derinliğinde ve 20 mm genişliğinde kesilerek V şekli verilir ve epoksi ile doldurulur.
3. Çatlak boyunca betonun su ile yıkanmasını önlemek için hava delikleri açılması,
4. İmalatçılardan sağlanan talimatlara göre malzemenin karıştırılması.
5. Genellikle hidrolik pompalar, ya da hava sürükleyici tabancalar kullanılarak malzemenin enjekte edilmesi. Düşey çatlakların kapatılması için malzeme enjeksiyonuna en alt katmandan başlanır üst kısma kadar devam edilir. Yatay çatlaklar için de prosedür benzerdir. Enjeksiyon

bir uçtan diğerine doğru yapılır. Tipik örnekler Şekil 5.7 ve 5.8’de verilmiştir.

Püskürtme betonu tekniği daha önce açıklandığı gibi bozulmuş betondaki geniş tamir alanları için kullanılır.



TIPIK TAMİR ADIMLARI

- 1- Yüzey hazırlığı,
- 2- Beton yüzeyini ıslatmak için epoksi kaplama uygulanır
- 3- Kalıp yerleştirilir
- 4- Bütün memeler ve portlar gerektiği gibi yerleştirilir
- 5- Basınçlı harç yerleştirilir
- 6- Çatlaklar mühürlenir ve epoksi harcı enjekte edilir

Şekil 5.7 Beton bozulması ve tamirinin örnekleri (Tsinker, 1995, 2004).

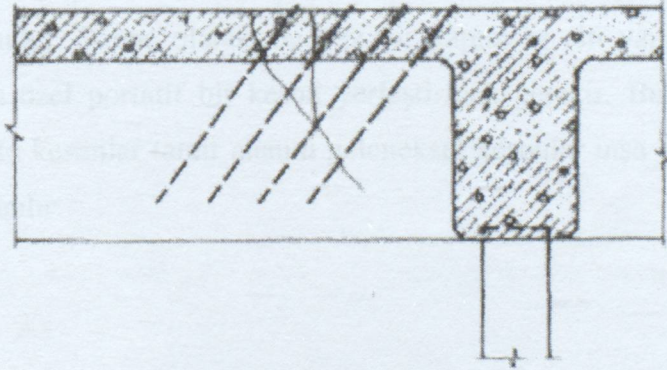
Problem		Çözüm	
Tanım	Görünüm	Tanım	Görünüm
Kılcal çatlak		Çatlak temizlenir ve dolgu yerleştirilir	
Yüzey			
Yüzey ve ince çatlak			
Yüzey ve ince çatlak			

Şekil 5.8 Beton bozulması ve tamir örnekleri (Tsinker, 1995, 2004).

Platform Güçlendirmesi

Platform yapısında ağır yükler altında çatlaklar oluşabilir ya da dayanım kaybı olur. Bu problemler genellikle, tasarım ya da yapım hataları, aşırı yükleme, hava koşulları, malzemelerin zaman aşımına uğraması gibi dış faktörler sonucu oluşur. Çözümler soruna has olmalıdır ve zaman zaman karmaşık olabilir. Bu sorunlar için geliştirilen çözümler:

1. Sonradan germe platform yapısının ön gerilmeli çubuklar ya da tellerle güçlendirilmesidir, bu sayede uygulanan gerilim karşısında mevcut çelik başarısızlığa uğramayacaktır. Platformun ön gerilmeli kısmı dikkatlice incelenmelidir bu şekilde problem diğer kısımlara ulaşamaz (Lin ve Burns, 1981).
2. Güçlendirme, iskele yapısının dış çelik dikme ayaklar ile yerel olarak donatı takviyesidir. Bu yöntem büyük çatlaklar arası dayanımın yeniden kurulması gerektiğinde kullanılır. Dikme ayaklar çatlağın iki tarafında daha önceden hazırlanan deliklere sıkıca bağlanır. Bu işlem için rötre yapmayan malzemeler ya da epoksi esaslı sistemler kullanılır. Bu yöntem daha sonraki çatlak oluşumlarını önler. Bununla beraber, iskele yapısının yerel olarak sertleşmesi betonun diğer yerlerde çatlamasına neden olabilir. Bu sebeple birkaç tekniği aynı anda kullanmak gerekebilir.
3. İlave geleneksel donatı kullanılması. Bu teknik; çatlağın kapatılması, çatlak düzlemine 90° 'lik delikler açılması (20 mm çaplı), deliklerin ve çatlak düzleminin epoksi harcı ile alçak basınç altında doldurulması ve açılan deliğe bir donatı çubuğu yerleştirilmesini içerir (Şekil 5.9). Tipik olarak, çatlağın her iki tarafında en az 500 mm uzunluğunda 15-20 mm çaplı çubuklar kullanılır. Epoksi harcı donatı çubuğunu delik duvarlarına bağlar, çatlak düzlemini doldurur ve çatlak beton yüzeylerini bir arada tutar.



Şekil 5.9 Epoksi graut doldurulmuş deliklere yerleştirilmiş geleneksel donatı ile çatlak tamiri (Tsinker, 1995, 2004).

Başarılı bir tamir için geçici bir elastik askı dolgu macunu gerekir. Jel içeren epoksi çatlak dolgu macunları elastik limitleri içerisinde iyi çalışırlar. (özellikle soğuk havalarda ve zaman kısıtlı iken). Silikon veya elastomerik dolgu macunları daha iyi sonuç verir. Dolgu macunu yaklaşık 2 mm kalınlığında üniform bir katman olarak uygulanır.

Donatı çubukları tamirin gerektirdiği şekilde yerleştirilir. İstenen şekilde tasarım kriterlerine ve donatının yerine bağlı olarak yerleştirilebilir.

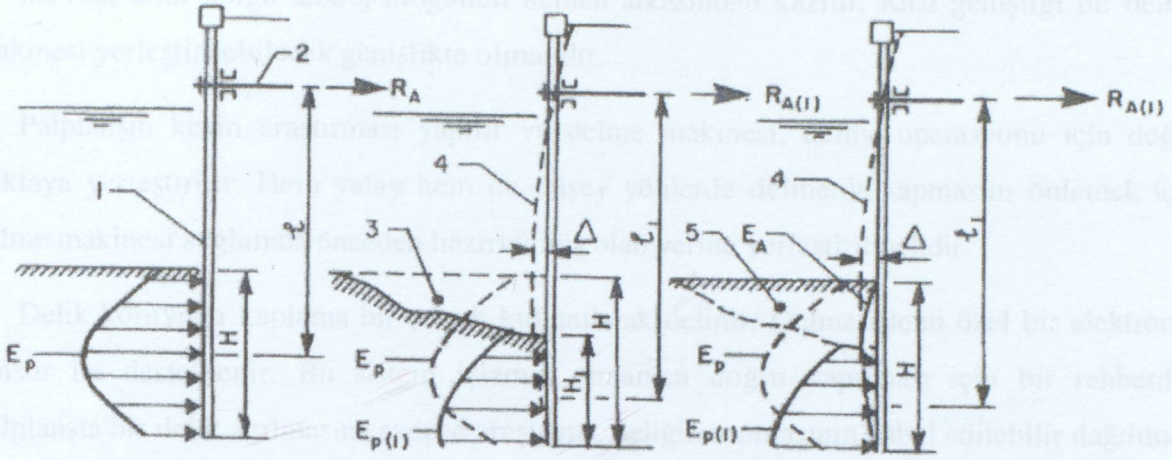
5.5.5 Palplanş Perde Duvarların Tamir ve Rehabilitasyonu

Palplanş perde duvarların tamir ve rehabilitasyonu genellikle karmaşık bir işlemdir. Bunun nedeni, aşırı yüklenme, malzeme bozulması, aşınma gibi sebeplerle oluşan gerilmedir.

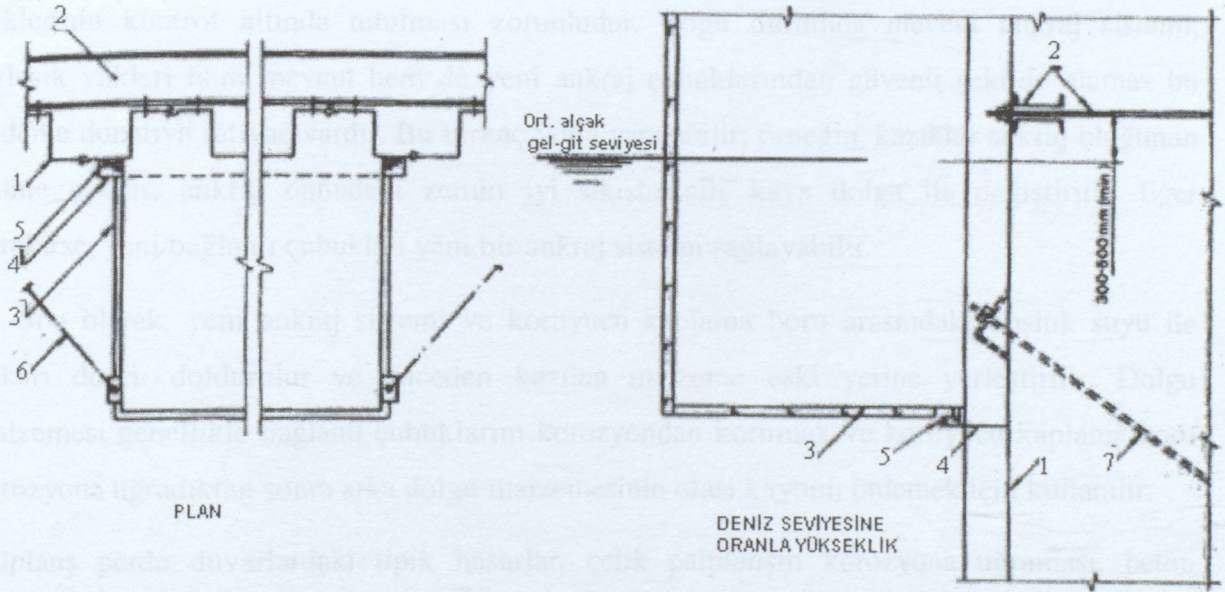
Bu, Şekil 5.10'da verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi erozyon veya aşırı tarama, demirli palplanş perde duvarın önündeki pasif basınç değerini azaltmış ($E_p \rightarrow E_{p1}$), aktif derinliği artırmış ($I_1 > I$), ve ilave deplasman ile ve ankraj kuvvetlerinde daha yüksek gerilim değerleri oluşmuştur ($R_{a(1)} > R_A$). Mevcut zemininin doldurulması ile orijinal düzeyine çıkarılması, kalan pasif basınca ek olarak kısmi bir aktif basınç doğurur (E_A). Bu nedenle perde duvarın pasif basıncının orijinal seviyesine gelmesine çok fazla yardımcı olmayacaktır. Aynı zamanda palplanşa ve ankraj kuvvetlerine gerilim sağlamayacaktır çünkü palplanş deplasmanını değiştirmek pratik olarak imkansızdır.

Yukarıda sözü edilen durum pratik olarak mevcut ankrajların altına ek ankraj sistemleri yerleştirerek geliştirilebilir. Yeni ankrajlar, hareketli yük altında palplanşın deplasmanını önlemek ya da sınırlamak için gerilmelidir. Bu, palplanştaki ek gerilmeyi en aza indirecektir.

Bu tarz tamir problemlerinde ankraj elemanları suyun altına yerleştirilmelidir çünkü eğer yapı gel-git bölgesindeyse orijinal bağlantı çubukları ortalama alçak su seviyesine mümkün olduğunca yakın konulur. Sonuç olarak, bu tarz bir yapım su altı yapım tekniklerini içerir veya çalışma alanına özel portatif bir keson yerleştirmek gerekir. Bunun bir örneği Şekil 5.11'de verilmiştir. Bu kesonlar tamir alanını geleneksel kesonlar inşa etmeden kurutmak ve izole etmek için kullanılır.



Şekil 5.10 Palplanş önünde oyulma etkisine bağlı pasif zemin basıncındaki azalma. 1- Palplanş, 2-Ankraj sistemi, 3-Oyulma, 4-Eğilme çizgisi, 5-Yenilenen temel malzemesi. Burada; E_p ön oyulma pasif basıncı, $E_{p(1)}$ sonraki oyulma pasif basıncı ($E_{p(1)}+E_A < E_p$, E_A aşınan temel malzemesi restorasyonuna bağlı aktif basınç, R_A ön oyulma ankraj kuvveti, $R_{A(1)}$ sonraki oyulma ankraj kuvveti ($R_{A(1)} > R_A$), Δ oyulmaya bağlı eğilme, l_1 sonraki oyulma efektif spanı, ($l_1 > l$), (Tsinker, 1995, 2004).



Şekil 5.11 Portatif koferdam. 1- Levha, 2-Ankraj sistemi, 3-Koferdam, 4-Palplanşa kaynaklanmış taban plakası, 5-Lastik conta, 6-Destekler, 7-Yeni zemin ankrajı (Tsinker, 1995, 2004).

Ishiguro ve Miyata (1988) ek ankraj bağlantı çubukları kurmak için Japonya'da geliştirilen yeni bir teknik rapor çıkarmışlardır.

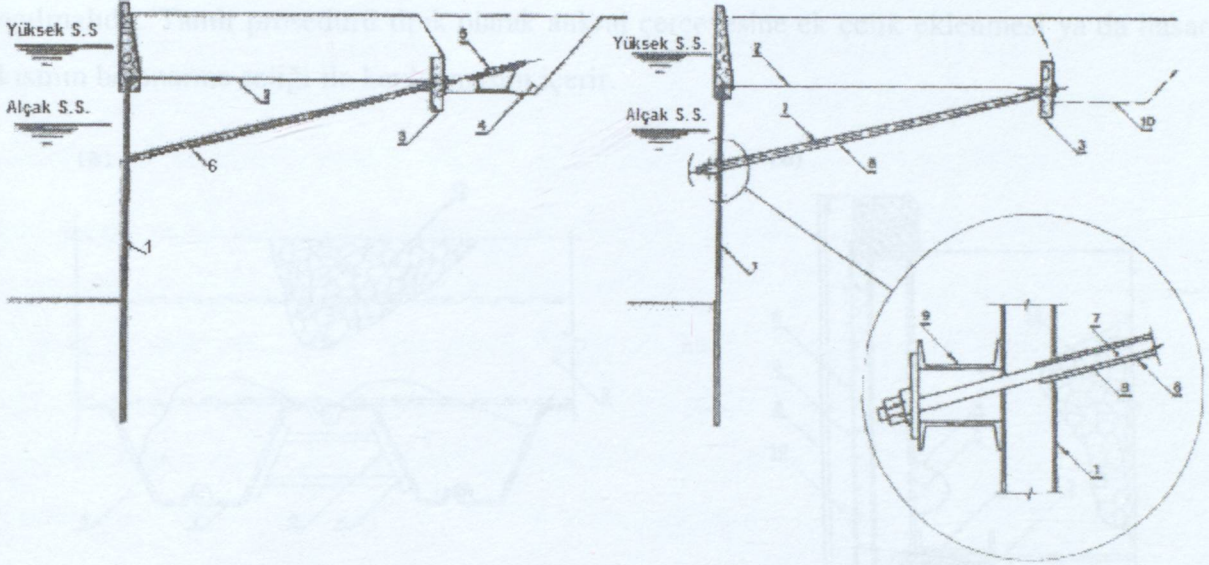
Yeni çubukların yerleştirilme işlemi aşağıda verilmiştir:

- Mevcut arka dolgu ankraj bloğunun hemen arkasından kazılır. Kazı genişliği bir delme makinesi yerleştirilebilecek genişlikte olmalıdır.
- Palplanşın kesin araştırması yapılır ve delme makinesi, delme operasyonu için doğru noktaya yerleştirilir. Hem yatay hem de düşey yönlerde delmenin sapmasını önlemek için delme makinesi sağlamca önceden hazırlanmış olan yerine yerleştirilmelidir.
- Delik koruyucu kaplama bir çubuk kullanılarak delinir. Delme işlemi özel bir elektronik sensör ile desteklenir. Bu sistem işlemin tamamen doğru yapılması için bir rehberdir. Palplanşta bir delik açılmasına sadece araştırma, deliğin sapmasının kabul edilebilir dağılımda olduğunu gösterirse izin verilir. Delik açıldıktan sonra delme makinesi yeni bir yere taşınır.
- Yeni bağlantı çubuğu kurulur ve dalgıçlar tarafından sağlamlaştırılır ve çubuk ankraj bloğunda gerilir. Uygulanan çekme yükünün büyüklüğü tasarım ölçümleri tarafından önceden belirlenir. Alttaki bağlantı çubuğu sisteminin çekme gerilmesi, üst ankraj çubuğunda bulunan çekme yüklerini etkilemez. Bununla beraber, sistemin en ufak bir geriye hareketi alt ankraj sistemlerinin gerilmesine neden olur ve bu da üstteki çekme yükünü artırır. Bu sebeple, çekme yüklerinin kontrol altında tutulması zorunludur. Çoğu durumda mevcut ankraj sistemi, birleşik yükleri hem mevcut hem de yeni ankraj çubuklarından güvenli şekilde alamaz bu nedenle donatıya ihtiyaç vardır. Bu birkaç yolla yapılabilir; örneğin, kazıklar ankraj bloğunun önüne çakılır, ankraj önündeki zemin iyi sıkıştırılmış kaya dolgu ile değiştirilir. Eğer gerekirse, yeni bağlantı çubukları yeni bir ankraj sistemi sağlayabilir.
- Son olarak, yeni ankraj sistemi ve koruyucu kaplama boru arasındaki boşluk suyu ile yukarı doğru doldurulur ve önceden kazılan malzeme eski yerine yerleştirilir. Dolgu malzemesi genellikle bağlantı çubuklarını korozyondan korumak ve koruyucu kaplama boru korozyona uğradıktan sonra arka dolgu malzemesinin olası kaybını önlemek için kullanılır.

Palplanş perde duvarlardaki tipik hasarlar, çelik palplanşın korozyona uğraması, beton palplanşın bozulması ve ankraj sisteminin bozulmasını içermektedir. Eğer belli bir alandaki korozyon bir palplanş problemi ise, sıçrama veya gel-git bölgelerinde en hızlı şekilde yayılması olasıdır çünkü buralarda ıslanma kuruma tekrarları mevcuttur. Bu nedenle, korozyon sorunları eğilme momentlerinin küçük olduğu alanlarda daha şiddetli olacaktır. Bununla beraber, korozyon deliklerinin oluşması platformda operasyonel bazı problemlere yol açabilir. Örneğin, palplanştaki yerel hasarlar, arka dolgu kaybı, apron oturması ve kreynlerde hasara sebep olabilir fakat asla toplam yapısal hasara neden olmaz. Buna bir örnek Şekil 5.12'de verilmiştir. Bu örnekte palplanş özellikle sıçrama/gel-git bölgelerinde oldukça

kötü şekilde korozyona uğramıştır.

Donatılı betonarme palplanşlar, çelik donatının korozyonuna ve betonun bozulmasına bağlı olarak hasar görürler. Bu problem özellikle ılık tuzlu su içindeki bölme yapılarında şiddetlidir. Sonuçta, palplanş bozulması suyun bölmenin içine girmesi için geçit sağlar. Bu da ankraj çerçevesinin, bağlantı çubuklarının ve bağlantıların korozyonunu tetikler.



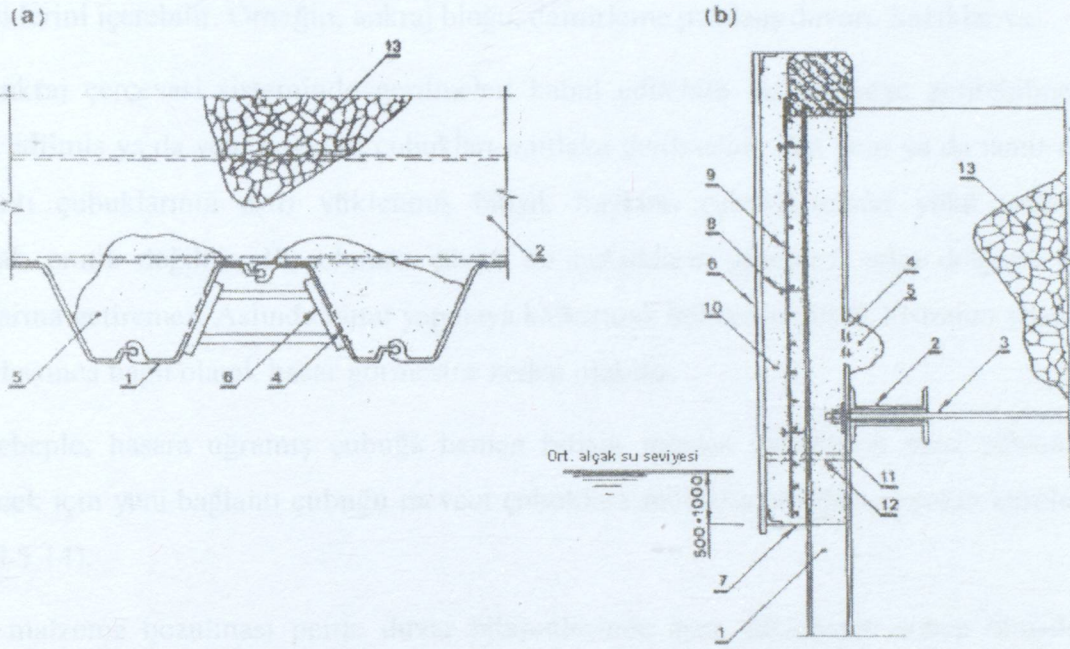
Şekil 5.12 İkinci sıra bağlantı çubuklarının kurulması. 1-Palplanş, 2-Orjinal bağlantı çubuğu, 3-Ankraj blok, 4-Ankraj bloğu arkasındaki kazı, 5-Kazi makinası, 6-Kaplama, 7-Yeni ankraj bağlantı çubuğu, 8-Graut, 9-Yeni ankraj çerçevesi, 10-Dolgu (Ishiguro ve Miyata, 1988).

Ankraj çerçevesinin palplanş perde duvarın önemli bir parçası olduğu özellikle bilinmelidir ve bu kısım oldukça hassas bir bileşendir. Hemen ortalama yüksek su seviyesinin üzerinde bulunur ki bu kısımlar korozyonun ve beton bozulmasının maksimum olduğu kısımlardır.

Çoğu durumda ankraj çerçevesi palplanşın arkasına kurulur. Bu yapıyı gemi etkisinden korumak ve daha iyi bir korozyon koruması sağlamak için yapılır. Bu sebeple, ankraj çerçevesi inceleme ya da düzenli bakım ve tamir için ulaşılamaz bir noktadır. Çok sayıda olayda, deniz suyunun korozyona uğrayan çelik palplanşlardan içeri sızdığı ve kısa sürede ankraj çerçevesi ve bitişik ankraj çubuklarını korozyona uğrattığı gözlenmiştir.

Ankraj çerçevesi yapının bütünlüğü için oldukça önemli elemanlardır. Eğer ankraj çerçevesi herhangi bir hasara maruz kalmışsa, kalan dayanımı dikkatli şekilde incelenmeli ve yapı serviste kalacak mı ya da yenilenmeye veya tamire ihtiyacı var mı karar verilmelidir. Eğer ankraj çerçevesinin kalan dayanımının servis yükünü bağlantı çubuklarına transfer etmeye yeteceğine karar verilirse, şimdiki durumunu korumak ve korozyon kaynaklarını ortadan

kaldırmak için ankraj çerçevesi etrafındaki ve bitişik arka dolgu malzemesindeki delikler dolgu malzemesiyle kapatılmalıdır. Geniş delikler, tremi beton ile arka dolgu ise daha önce sözü edilen yöntemlerle doldurulabilir. Buna bir örnek Şekil 5.13'te verilmiştir. Mevcut çeliğin ek korozyon koruması için kurban anot kurulması uygundur. Eğer ankraj çerçevesinin kalan dayanımı yeterli değil ise o noktada ya tamir edilmeli ya da korozyona uğrayan kısım değiştirilmelidir. Her iki durumda da, ankraj çerçevesi arka dolgunun kazılması suretiyle açılmalıdır. Tamir prosedürü tipik olarak ankraj çerçevesine ek çelik eklenmesi ya da hasarlı kısmın betonarme çeliği ile kaplanmasını içerir.



Şekil 5.13 Gel-git/sıçrama bölgesinde korozyona uğramış çelik palplanş perde duvar tamiri. (a) Perde duvar içinde oyukları doldurma. (b) Perde duvar cephesini yenileme. 1- Palplanş, 2- Ankraj çerçevesi, 3-Ankraj çubuğu, 4-Korozyon deliği, 5-İç graut, 6-Kalıp, 7-Palplanşa kaynaklanmış çelik plaka, 8-İri başlı çivi, 9-Çelik donatı, 10-Beton yüzey, 11-Mevcut sızıntı deliği, 12-Yeni sızıntı deliği, 13-Arka dolgu, (Tsinker, 1995, 2004) .

Deneyimler çoğu palplanş perde duvar hasarının ankraj sistemindeki hasarlara bağlı olduğunu göstermiştir. Buna sebep ankrajın yapısal bileşenlerinin korozyonu ya da ağır bölgesel aşırı yüklemeler olabilir. İkinci neden, genellikle ağır noktasal yüklerin palplanş duvarına en yakın çevreye yerleştirilmesi olabilir. Örneğin, belirtilmeyen hareketli kreyn yükleri, belirtilmeyen ağır sürşarj yükleri ya da bağlantı çubuklarını çevreleyen arka dolgu malzemesinin oturması gibi. Buna ek olarak, ağır aşırı yüklü palplanş ve ankraj sistemi deniz yüzeyi aşınmasına bağlanabilir. Bir ya da iki ankraj çubuğunun hatası her zaman perde duvarın hasar görmesi ile sonuçlanmaz.

Bir ankraj çerçevesi genellikle önemli bir toleransla tasarlandığından, yükü hasarlı ankraj çubuğundan bitişik çubuklara aktarabilir böylece diğerleri aşırı yüklenmiş olur. Bir ya da birkaç bağlantı çubuğunun hasar görmesi durumunda bitişik platform bölgesi tasarım yükünden daha küçük yüklerle sınırlandırılmalı ya da operasyon için tamamen engellenmelidir. Özel bazı durumlarda, arka dolgunun bir kısmı, yükü azaltmak ve yapının yerel veya ilerleyen hasarını engellemek için, kazılmak zorunda kalınabilir.

Ankraj çerçevesi/ankraj sistemi giriş olarak analiz edilebilir. Her bir bağımsız bağlantı çubuğunun elastik özellikleri hem bağlantı çubuğunun hem de ankraj sisteminin elastik özelliklerini içerebilir. Örneğin, ankraj bloğu, demirleme palplanş duvarı, kazıklar vs.

Bir ankraj çerçevesi sisteminde gerilmeleri kabul edilebilir bir seviyeye getirebilmek için tamir edilmiş ya da yeni bağlantı çubukları mutlaka gerilmelidir. Bu yeni ya da tamir edilmiş bağlantı çubuklarının aşırı yüklenmiş bitişik bağlantı çubuklarındaki yükü azaltacağını ummak pratik değildir. Bu olamaz çünkü bu çubukların gerilmesi arka dolguyu orijinal sınırlarına getiremez. Aslında bunu yapmaya kalkışmak bölmenin dirsek kısmının arkasındaki pasif basınca bağlı olarak hasar görmesine neden olabilir.

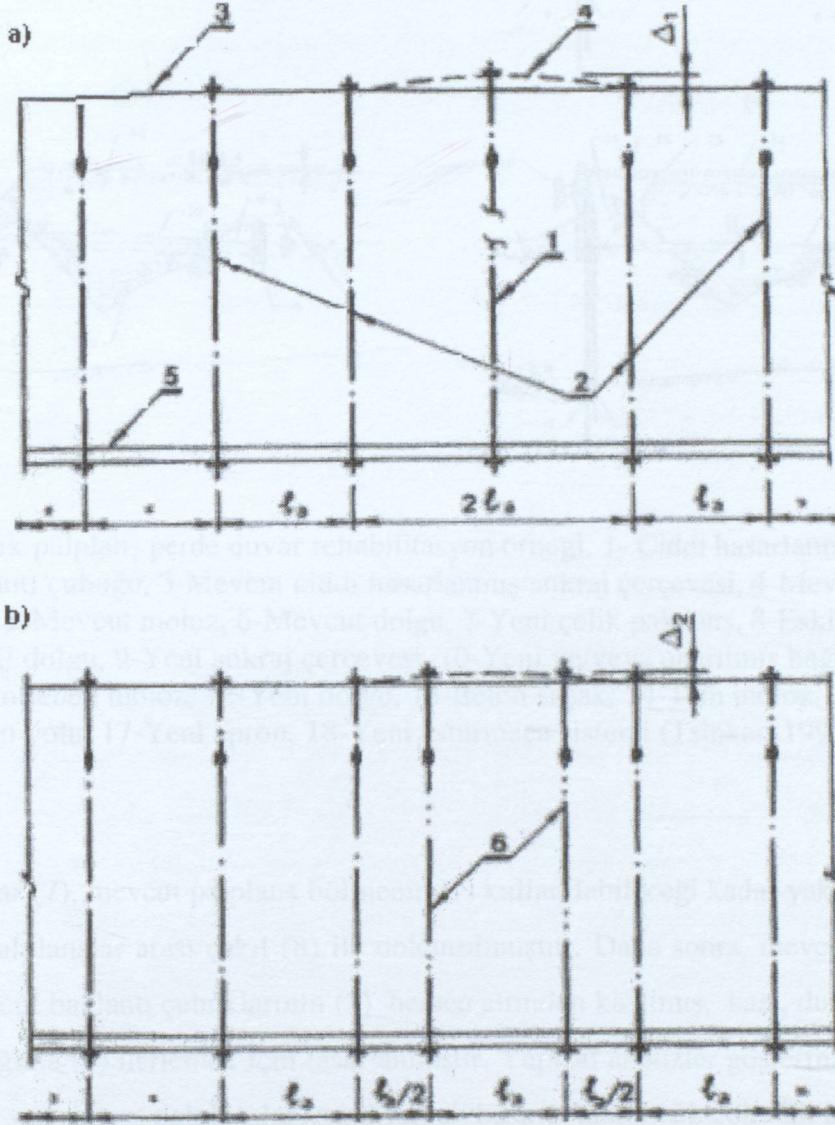
Bu sebeple, hasara uğramış çubuğa hemen bitişik mevcut çubukların aşırı yüklenmesini önlemek için yeni bağlantı çubuğu mevcut çubuklara mümkün olduğunca yakın kurulmalıdır (Şekil 5.14).

Eğer malzeme bozulması perde duvar bileşenlerinde aşırı yüklemeye sebep olmadıysa o zaman sadece rötuş yapmak yeterli olacaktır. Bu tamir temel olarak arka dolgu malzemesinin akmasını önlemek için delikleri tıkamaktan ibarettir.

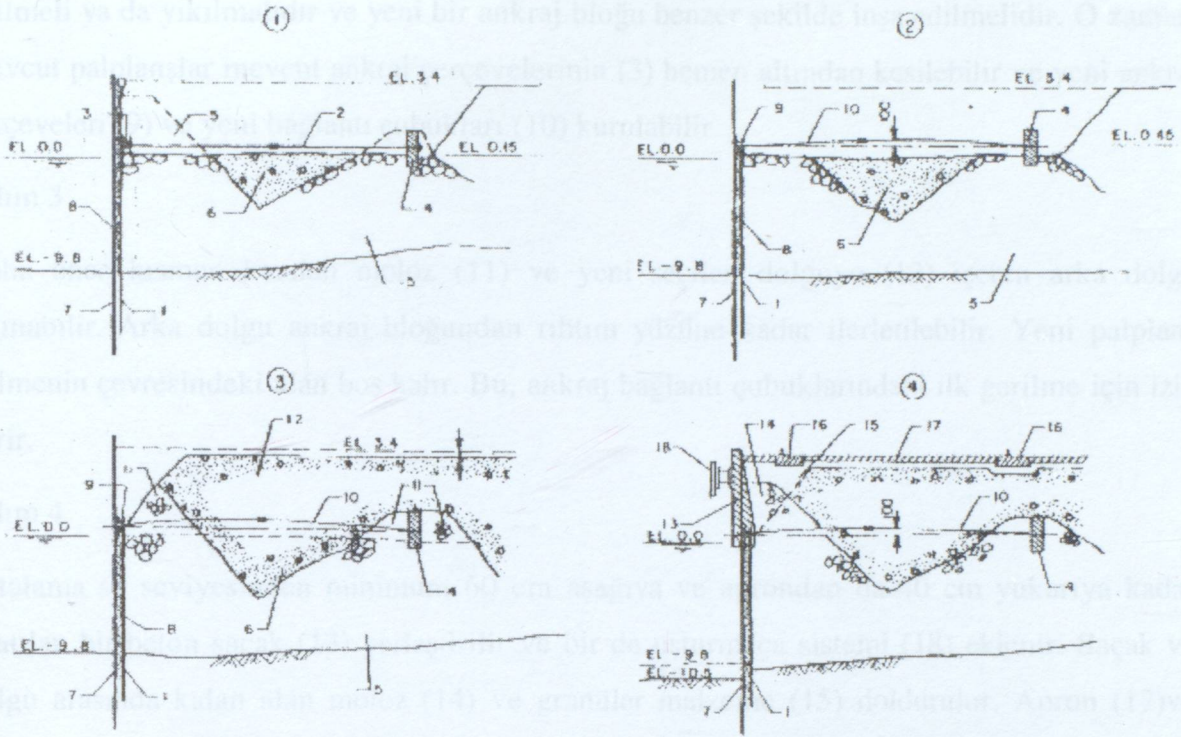
Bu genellikle delikleri doldurmak veya bozulmuş palplanşın önüne yeni bir yüz inşa ederek yapılır. Bu tamirin özellikleri Şekil 5.13'te gösterilmiştir. İkinci teknik sadece delikleri kapatmakla kalmaz aynı zamanda hasarlı parçaya ilave dayanım sağlar ve yapının ömrünü uzatır.

Hakkıyla yapılan bir palplanş bölme tamiri hala iyi koşullarda olan malzemelerin maksimum kullanımını içerir. Bunun en iyi örneği Şekil 5.15'te verilmiştir. Bağlantı çubuklarıyla ankre edilmiş ve beton ankraj bloğuna emniyetle bağlı olan 12.7 m yüksekliğinde çelik palplanş perde duvar kötü şekilde sıçrama bölgesinde bozulmaya maruz kalmıştır. Yapının tüm bileşenlerinden çok miktarda çelik kaybolmuştur. Çelik palplanştaki delikler içinden korozyona uğramış ankraj çerçevesi ve çelik bağlantı çubuklarının bitişik uçları görülmektedir. Bu, platform operatörünü servisi kapatmaya ve rehabilitasyon işlerini dizayn

etmeye mecbur bırakmıştır. Yapının incelemesi yapılmış, minimum ortalama alçak su seviyesi altındaki çelik palplanşlarda korozyondan dolayı kayıpların oluşmadığı ve iyi şekilde kaldığı gözlenmiştir. Aynı zamanda palplanşa ve ankraj bloğuna 1-1.5 m uzaklıkta olanlar hariç diğer bağlantı çubuklarının tekrar kullanılabilmesine karar verilmiştir. Rehabilitasyon tasarım çalışması aşağıdaki adımlardan oluşmuştur.



Şekil 5.14 Hasarlı ankraj bağlantı çubuğunun yeni çubuklarla yer değiştirmesi örneği. (a) Hasarlı bağlantı çubuğuna sahip palplanş planı. (b) Perde duvarın ankraj sisteminin olası rehabilitasyonu. 1-Hasarlı ankraj bağlantı çubuğu, 2-Aşırı yüklenmiş ankraj çubukları, 3-Levha, 4-Ankraj çerçevesi ve levha içindeki çıkıntı, 5-Bağlantı çubuğu ankrajı, 6-Yeni gerilmeli ankraj çubukları (Tsinker, 1995, 2004).



Şekil 5.15 Çelik palplanş perde duvar rehabilitasyon örneği. 1- Ciddi hasarlanmış palplanş, 2- Mevcut bağlantı çubuğu, 3-Mevcut ciddi hasarlanmış ankraj çerçevesi, 4-Mevcut katı beton ankraj bloğu, 5-Mevcut moloz, 6-Mevcut dolgu, 7-Yeni çelik palplanş, 8-Eski ve yeni levha arasındaki çakıl dolgu, 9-Yeni ankraj çerçevesi, 10-Yeni ve/veya onarılmış bağlantı çubukları, 11-Kısmen yenilenen moloz, 12-Yeni dolgu, 13-Beton saçak, 14-Tam moloz, 15-Tam dolgu, 16-Kreyn yolu, 17-Yeni apron, 18-Yeni usturmaça sistemi (Tsinker, 1995, 2004).

Adım 1

Yeni palplanşlar (7), mevcut palplanş bölmesinin (1) kullanılabilceği kadar yakına götürülerek yeni ve eski palplanşlar arası çakıl (8) ile doldurulmuştur. Daha sonra, mevcut dolgu (6) ve moloz (5) mevcut bağlantı çubuklarının (2) hemen altından kazılmış, kazı, duvarın yüzünden demirleme bloğuna (4) ilerlemek için tasarlanmıştır. Yapısal analizler göstermiştir ki; birleşik harekette, yeni ve mevcut palplanşlar yanıl toprak basıncı alabilmektedir. İlk kazı (6) mevcut beş bağlantı çubuğundan (2) fazlasını açıkta bırakamaz ki bu da ilk kazı genişliği 7.5m olur anlamına gelmektedir.

Adım 2

Mevcut bağlantı çubukları (2), sökülmeli, temizlenmeli, uzatılmalı, tekrar kaplanmalı ve tekrar kurulma amacı için onaylanmalıdır. Çubukların hazırlanması ve onaylanması zaman alacağından ilk olarak beş yeni bağlantı çubuğu (10) kurulmalıdır.

Bu adımda, mevcut ankraj bloğu (4) test edilmeli ve eğer uygun olmadığı gözlenirse tamir

edilmeli ya da yıkılmalıdır ve yeni bir ankraj bloğu benzer şekilde inşa edilmelidir. O zaman, mevcut palplanşlar mevcut ankraj çerçevelerinin (3) hemen altından kesilebilir ve yeni ankraj çerçeveleri (9) ve yeni bağlantı çubukları (10) kurulabilir.

Adım 3

Daha önce kısmen kazılan moloz (11) ve yeni seçilen dolguyu (12) içeren arka dolgu taşınabilir. Arka dolgu ankraj bloğundan rıhtım yüzüne kadar ilerletilebilir. Yeni palplanş bölmenin çevresindeki alan boş kalır. Bu, ankraj bağlantı çubuklarındaki ilk gerilme için izin verir.

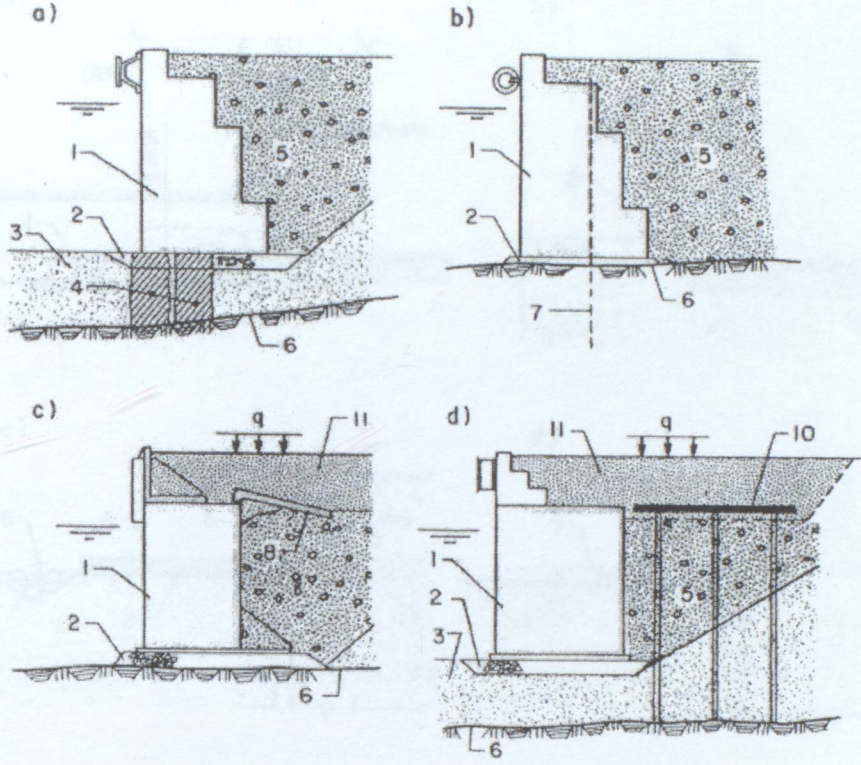
Adım 4

Ortalama su seviyesinden minimum 60 cm aşağıya ve aprondan da 40 cm yukarıya kadar uzatılan bir beton saçak (13) yerleştirilir ve bir de usturmaça sistemi (18) eklenir. Saçak ve dolgu arasında kalan alan moloz (14) ve granüler malzeme (15) doldurulur. Apron (17) ve kreyn yolu (16) inşa edilir ankraj aksesuarları kurulur.

5.6 Riskli Zemin Üzerindeki Yapıların Rehabilitasyonu

Bu tip yapılarda toprak basıncının yatay bileşeni duvarın dengesini bozma eğiliminde olan ana kuvvettir. Dolgu içinden duvara iletilen toprak basıncı ve hareketli yüklerin yatay bileşenleri, yoğunluk, kohezyon ve içsel sürtünme açısı gibi toprak özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle, kayma, devrilme stabilitesi veya taşıma gücü gibi duvarın performans özellikleri geliştirilmek istendiğinde bu, zeminin performansını artırarak yapılabilir. Bu işlem ilk olarak, taşıma gücü az zeminin iyi tane dağılımına sahip bir malzeme ile değiştirilmesi ya da arka dolgunun donatılandırılması ile yapılabilir. Duvarın stabilitesini artırmak için kullanılan diğer bazı yöntemler ise, yatay, düşey ankraj bağlantılarının kurulması veya basınç azaltıcı bazı yöntemlerin kullanılmasıdır (Şekil 5.16).

Zeminin yatay basıncının azaltılmasında kullanılan en kolay ve en popüler yöntem, taşıma gücü az zeminin kaya dolgu, çakıl taşı ya da kaba taneli kum gibi iyi tane dağılımına sahip bir malzeme ile değiştirilmesidir. Aynı zamanda, toprak tutan yapıların arkasına yerleştirilen ve basınç azaltan levhalar, taşıma gerilmesini azaltmak ve duvarın kayma ve devrilme stabilitesini artırmak için kullanılır. Su seviyesi izin verdiği takdirde, daha iyi bir performans için, bu levhalar duvar yüksekliğinin dörtte biri derinliğine yerleştirilir. Bu tip bir katın minimum uzunluğu ağırlık duvarları için $0.6H$ ve palplanş bölmeleri için $0.7H$ alınır (H = tarama çizgisinden üst kota kadar olan yükseklik).



Şekil 5.16 Toprak tutucu rıhtım duvarının performansının artırılması. 1-Rıhtım duvarı, 2-Taş dolgu şilte, 3-Hasarlı temel malzemesi, 4- Jet graut kolonu, 5-Arka dolgu malzemesi, 6-En dip kaya çizgisi, 7-Zemin/kaya ankrajı, 8-Yanal toprak basıncı, 9-Kazı çizgisi, 10-Kazıklı platforma yardım eden basınç, 11-Yeni arka dolgu (Tsinker, 1995, 2004).

5.7 Oyulma Koruması

Yeni ya da mevcut yanaşma yerinin yıkılmasına neden olabilecek taban oyulması olasılığı olan bir durumda, taban koruması için gerekli tasarımın doğrulanması için fiziksel bir model yapılabilir. Aşınma için en tipik koruma yapıları Şekil 17’de gösterilmiştir.

Rip-rap

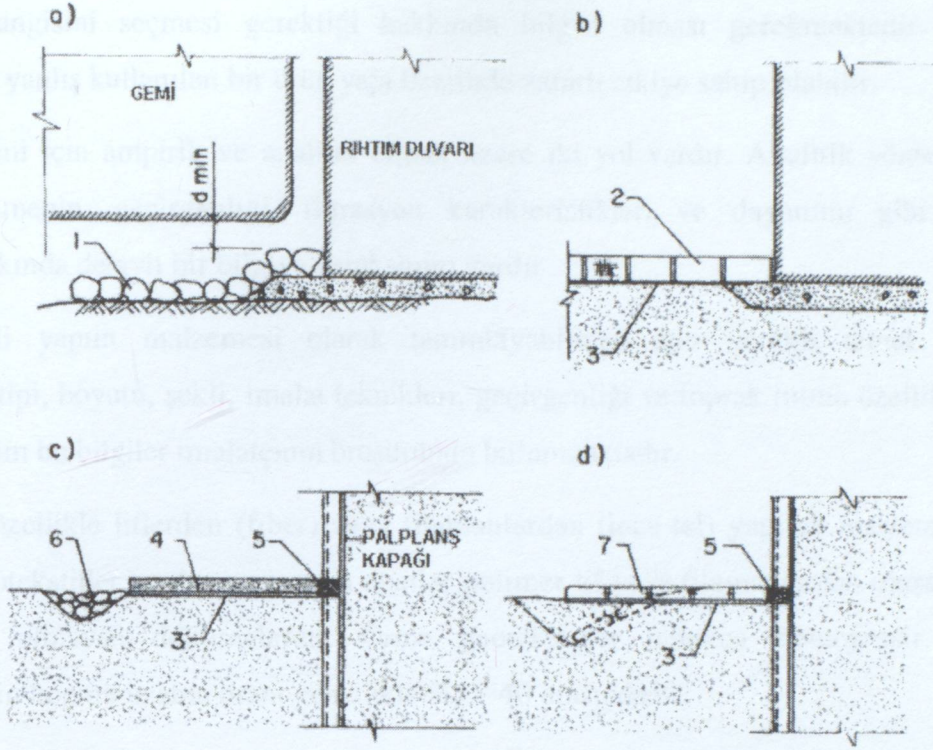
Gabion

Prefabrik beton levhalar

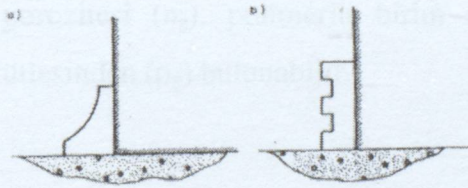
Değişik tipte fleksibil yapılar

Akım saptırıcıları (Şekil 5.18)

Modern deniz mühendisliği uygulamalarında özellikle taban koruması için geotekstil elemanlar en vazgeçilmez elemanlardır.



Şekil 5.17 Tipik oyulma koruma sistemleri. 1-Kaya dolgu, 2-Gabionlar, 3-Geotekstil fitre, 4-Prefabrik beton levhalar, 5-Tremi beton, 6-Rip-rap, 7-Çeşitli yapılarda kablolu beton bloklar (Tsinker, 1989).



Şekil 5.18 Rihtım topuğunda jet sapırcılar (Tsinker, 1995, 2004).

5.7.1 Geotekstiller

Temelde geotekstiller; naylon, polyester, polipropilen gibi malzemelerin kullanıldığı bir sentetik malzemeler grubudur. Geotekstiller esnek, geçirgen, dayanıklı tabaka dokumalardır ve gerilme ve yırtılmaya karşı dayanıklıdır ayrıca toprak tutma özellikleri bulunmaktadır.

Modern deniz mühendisliği uygulamalarında geotekstiller, donatı, filtrasyon ve geliştirme fonksiyonlarını korumak için kullanılmaktadır.

Geotekstiller deniz mühendisliği uygulamalarında oldukça yeni kullanılmaya başlanan malzemelerdir. Bu nedenle, taban korumasında, drenaj sistemleri, geri dolgu gibi uygulanacağı diğer yerler için, tasarımcının bir geotekstil ürününün nasıl davranacağını

bilmesi ve hangisini seçmesi gerektiği hakkında bilgisi olması gerekmektedir. Şu da bilinmelidir ki yanlış kullanılan bir ürün yapı üzerinde zararlı etkiye sahip olabilir.

Malzeme seçimi için ampirik ve analitik olmak üzere iki yol vardır. Analitik yöntem için, seçilen malzemenin, geçirgenliği, filtrasyon karakteristikleri ve dayanımı gibi teknik özellikleri hakkında detaylı bir bilgiye gereksinim vardır

Bir geotekstili yapım malzemesi olarak tanımlayabilmek için gerekli temel veriler, bileşenlerinin tipi, boyutu, şekli, imalat teknikleri, geçirgenliği ve toprak tutma özellikleridir. Tipik olarak tüm bu bilgiler imalatçının broşüründe bulunmaktadır.

Geotekstiller özellikle liflerden (fiber) veya filamanlardan (ince tel) yapılan malzemelerdir. Çok çeşitli geotekstiller vardır; en yaygın olanlar polimer lif veya filamanlardan oluşan örme ya da örme olmayan dokumalardır. Örme geotekstiller oldukça homojendir. Örme geotekstillerinin kopma-uzama oranı genellikle %15-40 arasındadır.

Örme olmayan dokumalar düzensiz bir şekilde dizilirler ve termal, kimyasal ya da mekanik yöntemlerle bağlanırlar. Bu malzemeler yüksek poroziteye sahiptir (0.9'a yakın). Yük altında sıkışabilirlikleri önemlidir fakat liflerin birbirine dolaşması durumunda porozite genellikle 0.8 civarında olur.

Geotekstil bir dokumanın porozitesi (n_g), polimerin birim alandaki kütesinden (m_g), kalınlığından (t_g) ve özgül kütesinden (ρ_g) bulunabilir.

$$n_g = 1 - m_g / \rho_g t_g \quad (5.1)$$

Geotekstil porozitesinin genel değerleri 0.7 ve 0.8 arasındadır. Bir geotekstilin permeabilitesi (k_g) aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$k_g = c_1 n_g^3 / s_g \quad (5.2)$$

Burada; c_1 , geotekstil filtre geometrisine, liflerin şekline bağlı bir katsayı ve s_g ise, lif çapına bağlı belirli bir yüzeydir. Değerleri 500 ve 5000 m^2/m^3 arasındadır.

Güvenli k_g değerleri elde etmek için standart laboratuvar testleri mutlaka yapılmalıdır.

Seçilen malzemenin dayanıklılığı ve uzun dönem performansı tasarımcının işi olmalıdır. Geotekstilin özellikleri ve performansı zamanla bozulabilir. Öncelikle fiziksel ve kimyasal çevrenin karakteristikleri dokuma malzemesinin bozulmasına neden olabilir. Daha sonra, geotekstil filtrenin performansı tıkanma, yorgunluk, sünme gibi sebeplerle azalabilir. Bu sebeple bunlar tasarım aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır.

Geotekstil dokuma ürününün hidrolik özellikleri permeabilitesine ve filtrasyon özelliklerine bağlıdır. Bir taban koruma sisteminde geotekstil filtrenin ilk fonksiyonu alttan kayan katı maddelerin dışarı çıkışını engellemektir.

Katı maddelerin geotekstil içinden taşınmasına ve/veya geotekstilin katı maddeler tarafından tıkanmasına ve böylece su akışının azalmasına bağlı olan toprak erozyonunun önlenmesi için geotekstil filtresi iki önemli kritere göre tasarlanmalıdır. Bunlar, toprak tutma ve dokuma permeabilitesidir. Buna göre, geotekstil, katı madde tanelerinin taşınmasını engellemek için yeterince küçük bir açıklığa sahip olmalıdır ve su akışına izin vermek için yeterince boşluklu olmalıdır.

Geotekstil permeabilitesi her birim alandaki akışın hidrolik eğime oranıdır. Hidrolik eğim ise yük kaybının geotekstil kalınlığına oranıdır. Test boyunca dokuma kalınlığının ölçülmesi zor olduğundan, PIANC (1987) permeabilite için daha basit bir yaklaşım önermiştir. Geotekstil filtresi tüm tasarım periyotlarında permeabilitenin zemin içindeki değerine eşit veya daha büyük olmasını sağlamaktadır. Performans sürecinde tıkanmaya bağlı olarak saf dokumanın permeabilitesinde bir azalma olacaktır. Bu dokuma kalınlığına ve gözenek yapısına bağlıdır. Genel permeabilite kriteri aşağıdaki gibidir:

$$\eta k_g = k_s \quad (5.3)$$

Burada; η azaltma faktörü, k_s zemin permeabilitesidir.

η değeri, dokuma türü üzerinde geniş bir büyüklüğe bağlıdır ve aşağıdaki şekillerde kullanılabilir.

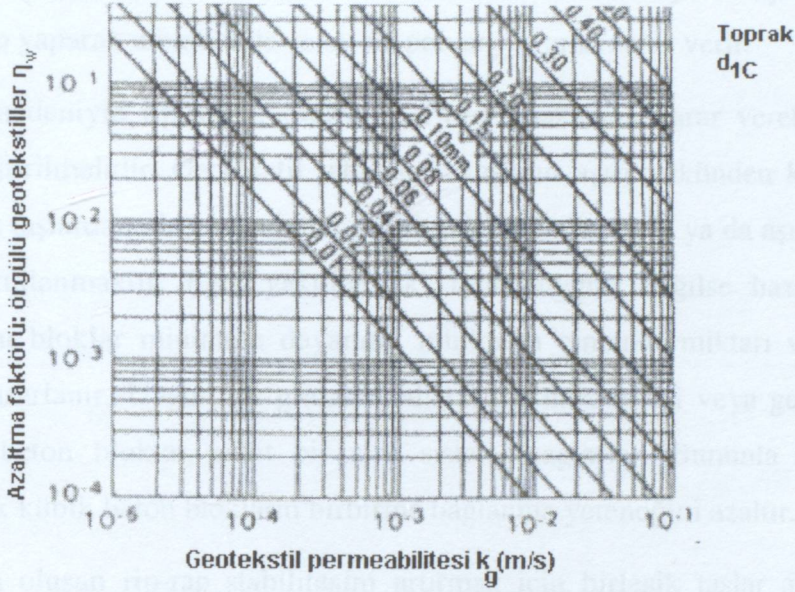
İğne zımbalı örgü olmayanlar ve diğer örgü olmayan dokumalar için (kalınlığı 2 mm'den çok olanlar) $\eta=1/50$.

Örgü dokumalar için azaltma faktörü permeabiliteye ve toprağın d_{10} 'una bağlıdır ve Şekil 5.19'dan elde edilir. Burada d_{10} malzemenin ağırlıkça %10'unun geçtiği elek çapıdır.

Filtre için zemin tutma kriterleri, zeminin granülometrisine bağlıdır. Bu sebeple zemin tane dağılımı aşağıdaki gibi üç şekilde sınıflandırılır:

- Katı madde tanelerinin yüzde kırkı ya da daha fazlası 0.06 mm'den küçük ya da eşittir.
- Katı madde tanelerinin yüzde on beşi ya da daha azı 0.06 mm'den az ya da eşittir.
- Katı madde tanelerinin yüzde on beş ve yüzde kırk arasında kalan kısmı 0.06 mm'den küçük ya da eşittir.

Bu dağılım oluşturulduğu zaman, filtre katı maddenin tutulması için tasarlanabilir. Bunun için kriter, filtre tasarımı için çok önemli olan, etkili boşluk boyutu O_{90} değerine bağlıdır. Genellikle O_{90} geotekstilin boşluk boyutudur ve geotekstilden geçebilecek en büyük katı madde çapı olan d_{90} 'a benzemektedir.



Şekil 5.19 Permeabilite azaltma faktörü (PIANC, 1987).

$$O_{90} < \lambda d_{90} \quad (5.4)$$

Burada; λ ; dokumanın türüne, katı madde türüne, hidrolik eğime, katı madde yoğunluğuna ve sınıflanmasına bağlı bir katsayıdır.

Bir geotekstilin, kaplama tabakası oluşturulurken hasar görmesini engellemek için, örneğin rip-rap dökülürken, 0.2-0.3 m kalınlığında granüler bir alt tabaka kullanılır. Granüler alt tabakalar, yeraltı suyu eğimini oldukça azaltır. Bu durumda alt tabakayı ihmal etmek ve koruyucu tabaka kurulurken geotekstili korumak için tüm tedbirleri almak en iyisidir. Aksi takdirde kaplama tabakası son kaldırma yüküne dayanacak şekilde tasarlanmalıdır (Ingold ve Miller, 1988).

5.7.2 Rip-Rap

Rip-rap esnek bir taban korumasıdır ve muhtemelen en basit yöntemdir. Genellikle yakınlarda bulunan uygun malzemelerin kullanılmasıyla inşa edilir. Rasgele yerleştirilen taşlardan oluşur. Rip-rap, boyutları 100 ile 500 mm arasında değişen dayanıklı taşlardan oluşur.

Hidrolik koşullara bağlı olarak daha büyük taşlar da gerekebilir. Kullanılan taşlar ağırlıklarına

göre belirlenir ve genellikle 10 ile 500 kg arasında değişir. Normalde yerleştirilen bir ya da iki tabaka ve bir de alt tabakadan oluşur. Rip-rap stabilitesi taşların şekillerine, boyutlarına ve ağırlıklarına bağlıdır. Daha iyi bir stabilite için kullanılan taşlar blok şeklinde, üniform boyutta olmalı ve tabaka kalınlığı içinde yer almalıdır. Çıkıntı oluşturan aşırı büyük bir taş zayıflığa ve sonrasında hasara neden olabilir. Üniform olmayan kayalar pervane jeti tarafından girdap yaparak döndürülür ve bu da pervane ağzına zarar verir.

Pürüzlü yapısı nedeniyle rip-rap, geotekstilin filtre tabakasına zarar verebilir. Bu sebeple dikkatlice yerleştirilmelidir. Geotekstil tabakasını taşların aşırı yükünden korumanın en iyi yolu daha küçük taşlardan oluşan granüler bir alt tabaka kullanmak ya da aşırı yüke dayanıklı bir geotekstil kullanmaktır. Eğer yakınlardaki taşlar uygun değilse hazır beton bloklar kullanılabilir. Bu bloklar minimum dayanım, minimum çimento miktarı ve dayanıklı ağır agregalar için tasarlanır. Uygun bir granüler alt tabaka malzemesi veya geotekstil filtre ile kullanıldığında beton bloklar, sabit bir zırh sistemi sağlarlar. Bununla beraber, düzgün yüzeyler, birleşik kübik beton blokların birbirine bağlanma yeteneğini azaltır.

Büyük taşlardan oluşan rip-rap stabilitesini artırmak için birleşik taşlar arasındaki boşluk dolgu malzemesi ile doldurulabilir ya da taneli malzeme kullanılabilir.

Rip-rap taşlarının boyutlandırılması için aşağıdaki formüller kullanılır:

$$d_{50} = U_b^2 / 23 \quad (5.5)$$

$$W_{50} = \pi \rho_s / 6 \cdot d_{50}^3 \quad (5.6)$$

Burada; d_{50} , taşların boyutu, W_{50} , taşların ağırlığı, ρ_s , taş yoğunluğudur ($\rho_s \approx 2050 \text{ kg/m}^3$).

5.7.3 Beton Bloklar

Bir rıhtım duvarı önündeki deniz tabanını pervane nedenli aşınmadan korumak için hazır beton bloklar kullanan çeşitli tasarımlar vardır. Sabit bir kaplama için bu bloklar, uygun bir alt tabaka ve /veya geotekstil bir filtre ile kullanılırlar.

Beton bloklar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler:

- Birbirine bağlı olmayan bloklar
- Birbirine bağlı bloklar
- Kablo ile bağlı bloklar
- Geotekstil ile bağlı bloklar

Değişik geometrik şekillerdeki birbirine bağlı olmayan bloklar alt tabaka ya da geotekstillere üzerine aralarında birleşim olmadan yerleştirilirler. Rip-rapa benzer olarak, bu bloklar tarafından oluşturulan kaplama tabakasının stabilitesi bireysel blokların stabilitesinden bağımsızdır. Bu sebeple, beklenmedik bir kuvvet bir bloğun hareketine neden olursa bu daha büyük bir hasarın başlangıcı olur. Bu blokların yerleştirilmesi basit bir operasyondur ve genellikle dalgıçlar tarafından yapılır. Stabiliteleri rip-rapta olduğu gibi bitişik blokların aralarındaki boşluğun taneli bir malzeme veya tremi betonla doldurulması ile artırılır.

Bu, bitişik blokların birbirine bağlanma etkisini geliştirir. Taneli bir malzeme kullanıldığında, olduğu yerde bırakılması önemlidir. Bu nedenle, eğik ara yüzeyli blokların seçilmesi gerekir. Birbirine bağlı olmayan blok sistemi düzenli bir inceleme ve bakım programı gerektirir.

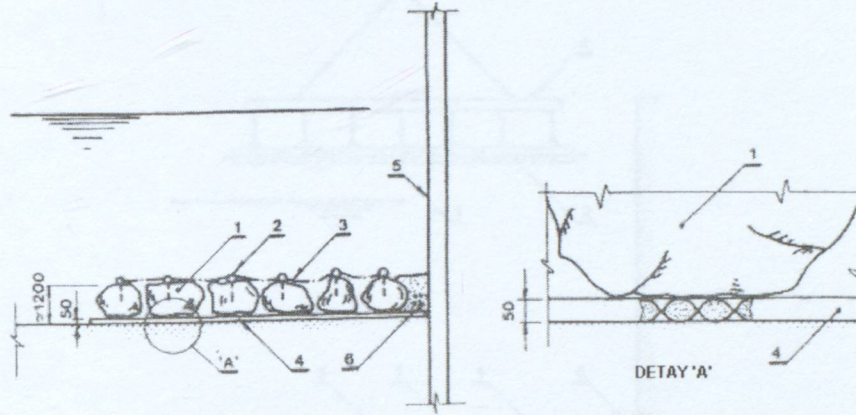
Değişik tasarımlı birbirine bağlı bloklar esas olarak kenar korumasında kullanılır. Elle ya da mekanik yöntemlerle bir alt tabaka veya geotekstil üzerine yerleştirilirler. Birbirine bağlı bloklar genellikle oturmalara karşı çok hassastır çünkü bitişik bloklar arasındaki bağ çözülebilir. Bireysel blokların yenilenmesi çok zor hatta imkansızdır.

Kablo ile bağlı blok sistemler bağlı blok kaplamalardan çok daha sabittir. Bu sistemlerde bloklar, kablolarla birleştirilir. Bu da beklenmedik kuvvetler ya da taban oturmasıyla oluşan blok yerdeğiştirmesine karşı daha geniş bir stabilite sağlar. Ek bir avantajı da bölgesel hasar riskinin az olmasıdır. Bağlama kabloları; zincirler, galvanizli tel ipler veya sentetik lifler olabilir. Bununla beraber, bir ek yeri gerektiğinde, bağlayıcı giriş gevşekliliğini kaldırabilmelidir. Bağlayıcı aynı zamanda kolayca kurulabilmeli ve bir blok panelin yer değiştirmesi gerektiğinde kolayca çözülebilmelidir. PIANC (1987) önerisine göre, kablo bağlı blok sistemlerin stabilite tasarımı için genellikle hidrolik yüklere karşı kablolama hesaba katılmayabilir.

Bloklar paneller haline getirilir ve suyun altına kreyner yardımıyla indirilir. Tamir gerektiğinde ise tüm panel çıkarılır ve yenilenir.

Ağır zırh kayaları birlikte zincirlenir ve böylece bir kablo bağlı blok sistem elde edilir. Bu sistem Frederikshavn, Denmark'ta feribot terminalinde taban koruması için kullanılmıştır (Kristensen, 1987). Kayalar, yerleştirilmek ve bir araya zincirlenmek için ayar vidalarıyla hazırlanmıştır. Her kayayı bir diğerine bağlamak için 20 mm çapında bir zincir kullanılmıştır (Şekil 5.20). Bu kayalar bir koruma hasırı üzerine yerleştirilmiştir. Bu hasır 5 cm çapında örgü kum torbalarından oluşmaktadır. Hasır, alt toprak malzemesini dalgalara ve akım etkilerine karşı korumak için kullanılmıştır.

Propylene fiber dokumadan yapılan bir hasır konvansiyonel granüler tabakasını yenilemiştir. Mekanik gerilmeye karşı büyük dayanıma sahiptir ki bu da onu taş kaplama için alt tabaka olarak kullanmaya uygun hale getirmektedir. Yaklaşık 50 kg/m^2 ağırlığındadır ve $5 \times 5 \text{ m}$ - $5 \times 15 \text{ m}$ şeklinde kaplamalardan yapılmıştır. Bu tipte bir taban korumasının ortalama kalınlığı 1.2 m'dir. Kayalar ve rıhtım duvarının palplanşları arasındaki boşluk betonla doldurulmuştur. Bu tarz taban korumasının pervane hareketine karşı güvenilir olduğu kanıtlanmıştır.



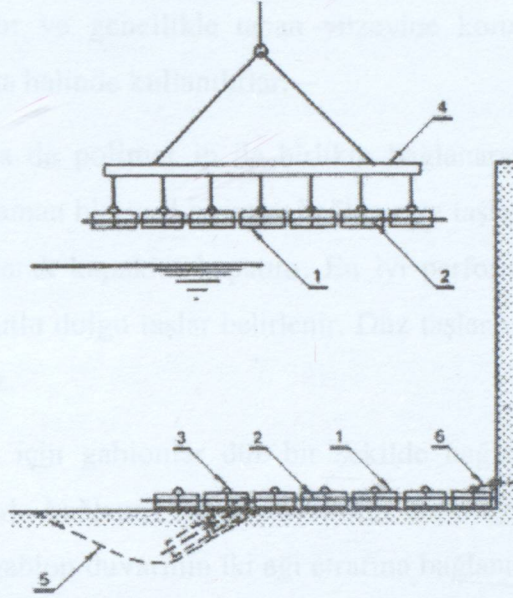
Şekil 5.20 Frederikshavn Limanı, Danimarka; oyulma koruma sistemi. 1-Kaya (2-4 ton), 2-Ayar vidası, 3-20mm çaplı zincir, 4-Kum çuval, 5-Çelik palplanş perde duvar, 6-Tremi beton mührü (Tsinker, 1995, 2004).

Geotekstile bağlı blok sistemleri taban korumasında yeni kullanılmaya başlayan bir yöntemdir. Blokların doğrudan geotekstile bağlı olduğu bir çok sistem geliştirilmiştir (Kristensen, 1987). Bloklar geotekstile ya özel yapıştırıcı maddelerle yapıştırılır (Şekil 5.21) ya da mekanik yöntemlerle birleştirilir (Şekil 5.22). Bu sistemlerin kablolu sistemlere benzer avantajları ve dezavantajları vardır. Geotekstil dokumanın bir birleştirici olarak yeterli güce ve dayanıklılığa sahip olması gerekmektedir.

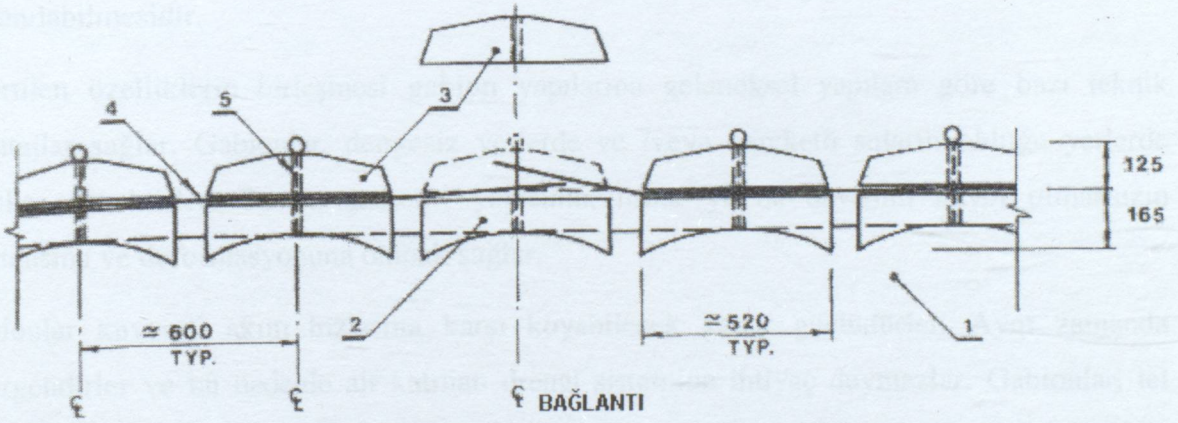
Önceden monte edilen panel kaplamalar su altına kreyner ve dalgıçlar yardımıyla indirilir. Dağınık paneller su altında dalgıçlar tarafından birleştirilir. Her ne kadar bu sistem oldukça esnek de olsa en iyi sonuç tabanın oldukça yatay olduğu durumlarda elde edilir. Bu sebeple yerleştirilmeden önce taban düzleştirilmesi gereklidir.

Geotekstile bağlı bloklar Frederikshavn feribot terminalinde kullanılmıştır (Kristensen, 1987). Çiftli altıgen beton birimlerden oluşan beton bloklar birbirlerine ayar vidaları yardımıyla bağlanmıştır. Bireysel bloklar iki kısımdan oluşmuştur. Üst kısım, akıma karşı dayanımı azaltmak için oluşturulmuş, tabandaki daha alçak çukur kısım ise bloğu tabana bağlamak amacıyla vakum oluşturmak için kurulmuştur. Kaplamanın ortalama ağırlığı 420

kg/m², dış kenarlar boyunca olan kaplamanın ağırlığı ise 500 kg/m² olarak alınmıştır. Kaplamanın 3×6.45'lik dağınık tabakaları seviyelendirilmiş bir yüzeyde toplanmıştır. Bir tabakanın ağırlığı yaklaşık 8 tondur. Her kaplama birimi kreyn tarafından kaldırılmış, son olarak, bitişik kaplama tabakaları Şekil 5.22'de görüldüğü gibi birleştirilmiştir. Kaplama palplanş duvarına zincirlerle ya da kancalarla tutturulmuştur.



Şekil 5.21 Geotekstile bağlı beton bloklulu taban koruma sistemi. 1-Beton blok, 2-Geotekstil, 3-Ayar vidası, 4-Kaldırma kafesi, 5-Olası taban erozyonu sınırı, 6-Duvara bağlantı (Tsinker, 1995, 2004).



Şekil 5.22 Frederikshavn feribot terminali, Danimarka'da kullanılan geotekstile bağlı beton bloklulu taban koruma sisteminin detayları. 1-Deniz tabanı, 2-Alt beton blok, 3-Üst beton blok, 4-Geotekstil, 5-Ayar vidası (Tsinker, 1995, 2004).

5.7.4 Gabionlar

Taban koruması için kullanılan gabionlar, taş dolu, kutu şeklinde, bölmelere ayrılmış sepetlerdir. Polimer ağdan ya da galvanizli ve/veya polivinil klorür (PVC) kaplamalı çelik tel ağlardan oluşurlar. Gabion konteyneri aynı zamanda sepet ya da şilte olarak da imal edilebilir.

Sepetler ortalama 1 m yüksekliğinde ve 0.5-1.0 m genişliğindedir. Gabion sepetleri tipik olarak 0.3 m kalınlığındadır ve genellikle taban yüzeyine koruyucu esnek bir kaplama oluşturmak için tek bir tabaka halinde kullanılırlar.

Sepet, kenarları çelik tel ya da polimer ip ile birlikte bağlanarak bir araya toplanan eşit bölmelere tekrar ayrılır. O zaman bireysel birimler bağlanır ve taşla doldurulur. Geniş ağır bir şilte oluşturmak için son olarak kapaklar kapatılır. En iyi performansın elde edileceğinden emin olmak için uygun boyutlu dolgu taşlar belirlenir. Düz taşlar ve iç kaplama malzemeleri çoğu durumda tercih edilmez.

Kolay elleçleme ve taşıma için gabionlar düz bir şekilde bağlanır. Bağlamadan kolayca toplanırlar ve kenarlar tellerle bağlanır. Sonra 25-30 cm derinliğe kadar doldurulur ve her yönde teller yerleştirilir ve gabion duvarının iki ağı etrafına bağlanır. Bu işlem gabion dolana kadar tekrarlanır. Bölmeler taşların oynamasını önlemek için sıkıca doldurulur. Gabion dolduktan sonra üst kısım bağlanır ve sonlara, kenarlara ve diyaframlara bağlanır. Karada prefabrike olarak üretilen gabionlar dalgıçlar tarafından su altına yerleştirilir. Bu yöntemin bir avantajı ağır kaldırma ekipmanlarına gerek olmaması ve bölgesel uygun taşların kullanılabilmesidir.

Belirtilen özelliklerin birleşmesi gabion yapılarına geleneksel yapılara göre bazı teknik avantajlar sağlar. Gabionlar, dengesiz yerlerde ve /veya hareketli suların olduğu yerlerde oldukça esneklerdir. Bu da gabion yapısının, hasar ya da dayanım kaybı olmaksızın oturmasına ve deformasyonuna olanak sağlar.

Gabionlar kuvvetli akım hızlarına karşı koyabilecek kadar güçlüdürler. Aynı zamanda geçirgendirler ve bu nedenle alt katman drenaj sistemine ihtiyaç duymazlar. Gabionlar, tel üzerindeki çinko kaplamaya bağlı korozyona karşı yüksek dayanıma sahiptir. Aynı zamanda, polivinil klorür plastik kaplamalı gabionlar korozyon probleminin şiddetli şekilde mevcut olduğu yerler için uygun yapılardır.

Maccaferri gabion imal şirketi su altı yapılarında uygulamak için, kum asfalt mastik ile güçlendirilmiş bir gabion şilte ve gabion tipi astar geliştirmiştir.

Tabanın yumuşak olduğu yerlerde apronun topuğu çökebilir ve bu da pahalı bir bakım gerektirir. Bu sebeple, çatlak olmadan oturması ve yere yapışması için, esnek, gabion tipi apronlar tasarlanmıştır. Etkili koruma sağlamak amacıyla, apron, beklenen erozyonun tabanına ulaşmak için yeterli uzunluğa sahip olmalıdır. Yapı önündeki apronun uzunluğu tahmin edilen oyulma derinliğinin 1.5-2 katı olmalıdır. Normalde gerekli kalınlık 0.3-0.5 m olmalıdır böylece apron, pervane jet akımları süresince tabanda yapışık kalması için yeterli esneklik ve ağırlığa sahip olabilir. Kutu şekilli gabionlar gibi, kullanılacakları yerin dışında inşa edilen gabion sepetler de su altına kreynler ya da başka vasıtalarla yerleştirilebilir.

Kum asfalt macun ile güçlendirilmiş gabion sepetlerin tipik boyutları şu şekildedir: genişlik 2-3 m, uzunluk 3-6 m, kalınlık 0.15 m'ye kadar azaltılabilir. Kum asfalt macun aynı zamanda tel ağa ek korozyon ve aşınma koruması sağlar.

Gabion sepetin (t_m) minimum kalınlığı (0.3 m'den az olmamak kaydıyla), taş boyutuna (d_{50}) bağlı olarak aşağıdaki formülle bulunur.

$$(1-39) t_m(\min) \approx 1.8d_{50} \quad (5.7)$$

Taş boyutu aşağıdaki formülle bulunur:

$$d_{50}/h = (U_b / B_1(k^1 \psi_{kr} g \Delta_m h)^{0.5})^{2.5} \quad (5.8)$$

Burada; h su derinliği, U_b yatak seviyesinde pervane nedenli hız, B_1 akım koşullarına bağlı faktör $B_1=5-6$, k_1 eğim azaltma faktörü, $k^1 = (1 - \sin^2/\sin^2\phi)^{0.5}$, ϕ =içsel sürtünme açısı= 45° , yatay taban için $k_1=1$, ψ_{kr} Shields parametresi (Taş dolu sedler için=0.1), Δ_m dolgu malzemesinin yoğunluğudur.

Hiçbir durumda taş boyutu gabion ağ açıklığı boyutundan küçük olmamalıdır.

Eğer $U_b > 3.0$ m/s ise granüler bir alt katman gabion tipi taban koruma sistemine dahil edilmelidir. Diğer tüm durumlarda gabionu direkt olarak geotekstil filtre üzerine yerleştirmek uygundur.

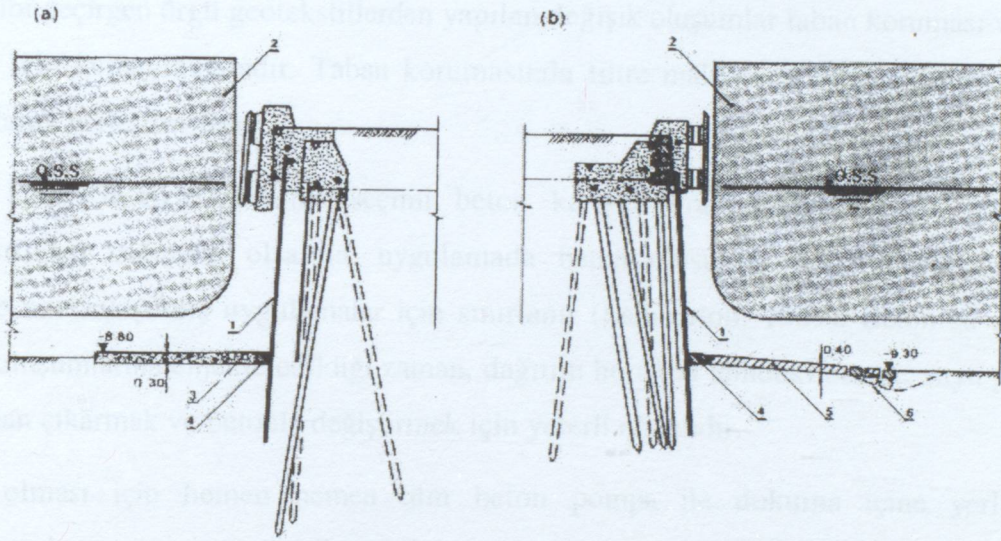
Son zamanlarda gabion sepetler, Stockholm feribot terminalinde, taban koruması amacıyla kullanılmıştır (Bergh ve Magnusson, 1987). Feribot tarafından yapılan tasarım taban hızının bazı yerel alanlarda 10-12 m/s olduğu tahmin edilmiştir.

Teorik olarak bu hızlar, tabanı şiddetli erozyondan korumak için, 4-6 m çapında taşlar gerektirir. Bu sebeple kaya dolgu kullanımının uygun olmadığı açıktır. Aslında kaya dolgu koruması, eğer taban hızları 5 m/s'yi aşarsa, uygun bir çözüm değildir.

Buradaki oyulma koruması için birçok tipe yapı test edilmiştir. Bunlardan biri de 0.3 m kalınlığında bir gabion sepettir. (Şekil 5.23). Gabion kurulmasından iki yıl sonra, pervane jetine direkt olarak maruz kalan yerlerde şilte aşınmıştır.

Bu yerlerde dış şilteler eskilerin altına yerleştirilen yeni sepetlerle tamamlanmıştır. Bu sayede kenarlardaki ağırlık artırılmıştır. 3.5 yıllık gözlem sonrası sepetlerin iyi durumda olduğu gözlenmiştir.

Gabionların esas dezavantajı yüksek maliyeti ve dayanıklı olmayışıdır. Her ne kadar bazı gabion üreticileri ürünlerinin yüzyıllarca ayakta kaldığını iddia etse de telin uzun dönem dayanıklılığı hala soru işaretidir.



Şekil 5.23 Stockholm feribot terminali limanı. (a) Kuzey rıhtım kesiti. (b) Güney rıhtım kesiti. 1-Rıhtım duvarı, 2-Feribot, 3-Gabion şilte 2×2×4 m, 4-Tremi beton, 5-Hazır beton levhalar 9×9.5×0.4 m, 6-Beton düşme kapak (Bergh ve Magnusson, 1987).

5.7.5 Hazır Beton Levhalar

Bu tip taban koruması güvenilirdir fakat en ekonomik çözüm değildir. Hazır levhaların boyutları uygun ağır yük kaldırma ekipmanlarına bağlıdır. Levha donatısı genellikle kurma ve taşıma süresince ortaya çıkan elleçleme gerilmelerini almak için tasarlanır. Levhanın dış kenarı tipik olarak taramaya karşı rip-rap ile ya da diğer fleksibıl kaplamalarla korunur. Levha ve rıhtım duvarı arasındaki boşluk tremi betonu ile doldurulur. Bu yöntemin tipik bir örneği Stockholm Limanında güney feribot terminalinin modifikasyonunda kullanılmıştır.

Stockholm Liman'ında 9.5 m genişliğinde, 9 m uzunluğunda ve 0.4 m kalınlığında hazır beton levhalar kullanılmıştır. Dış ucu pervane nedenli aşınmaya karşı üç beton kapak (3.0 m×2.5 m) kurularak korunmuştur. Yukarı kaldırma kuvvetlerini azaltmak için kapaklar,

drenaj delikleriyle donatılmıştır. Levhaları yerleştirmeden önce ağır çelik bir kalas yardımıyla düzeltilmiştir. Her biri 85 ton gelen levhalar, palplanştan 1 m uzağa yerleştirilmiştir. Son olarak, palplanş ve levhalar arasındaki ve bitişik levhalar arasındaki boşluk tremi yöntemiyle doldurulmuştur. Bu tip yöntemin, yüksek hızlara maruz kalan alanlar için uygun olduğu kanıtlanmıştır.

5.7.6 Beton İle Dolu Dokuma Sepetler

Sentetik liflerden yapılmış, yüksek dayanımlı, su geçirgen dokumalar, özellikle su altı yerleştirmeleri olmak üzere birçok uygulamada kullanılmaktadır. Modern deniz ve kıyı mühendisliği uygulamalarında, beton ile dolu dokuma sepetler örneğin çantalar, tüpler veya şilteler gibi geçirgen örgü geotekstillerden yapılan değişik oluşumlar taban koruması ve su altı tamirleri için kullanılmaktadır. Taban korumasında filtre malzemesi üzerine çift ya da tek tabaka olarak yerleştirilirler.

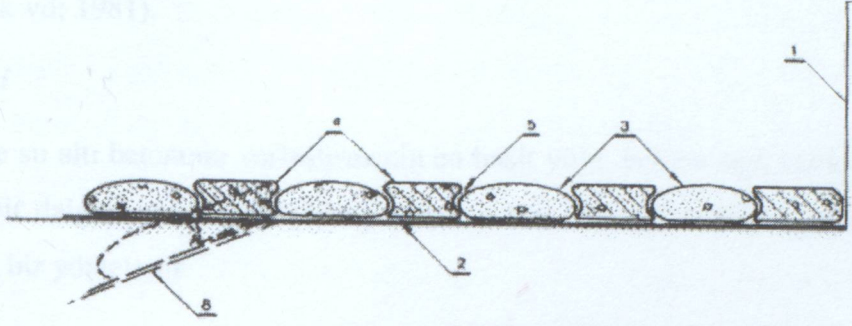
Her ne kadar teorikte dokuma seçimi beton karışım oranlarından ya da yerleştirme yöntemlerinden bağımsız olsa da, uygulamada beton oluşumu için kullanılan dokuma genellikle uzmanlaşmış uygulamalar için sınırlanır (Lamberton, 1989). Beton su altındaki dokuma oluşumlarına enjekte edildiği zaman, dağıtım hortumu içindeki basınç, suyu geçirgen dokumadan çıkarmak ve betonla değiştirmek için yeterli olmalıdır.

Başarılı olması için hemen hemen tüm beton pompa ile dokuma içine yerleştirilir. Pompalanan beton yeterince plastik olmalıdır.

Kuzey Amerika uygulamalarında sadece örgü dokumalar beton oluşum malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Eğer tamamen beton ile doluyorsa, çantaların yumuşak yuvarlak konturları birbirine kenetleme problemlerine sebep olabilirler. Bu nedenle kolayca kayabilirler. Bu sebepten dolayı sepetler genellikle %50-70 arasında doldurulurlar. Bu sayede dalgıçlar birbirleriyle iyi iletişim halinde yerleştirebilirler.

Daha iyi ve daha güçlü bir performans sağlayabilmek için dalgıç çantaların içinden donatı çubukları geçirebilir. Torbaların stabilitesi aynı zamanda kablolama yöntemi ile de sağlanabilir. Bu konuya örnek Şekil 5.24'te gösterilmiştir.



Şekil 5.24 Beton dolu geotekstil tüpler ile taban koruması. 1-Rıhtım duvarı, 2-Geotekstil filtre, 3-İlk döşenmiş tüp, 4-Sonraki birim, 5-Dil ve girinti birleşimi, 6-Olası oyulma sınırı (Tsinker, 1995, 2004).

Örgü tekstil çantalar ve tüplerin çapları ve uzunlukları farklı şekillerde olabilir. Tüpler tabana yerleştirilir ve betonla doldurulur. Genellikle örgü bir filtre üzerine yerleştirilirler. Şilteler genellikle direkt düzeltilmiş taban üzerine konulmak için tasarlanırlar. Boşken serilirler, birbirlerine bağlanırlar ve betonla doldurulurlar.

5.7.7 Saptırıcılar

Longe vd, (1987), rıhtımın ayağına yerleştirilen saptırıcının pervane tarafından üretilen dik jetin etkisini azalttığını bulmuştur.

5.8 Su Altı Betonlaması

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. Bu nedenle, yerleştirme metodu, sonuçta kalite ile ilgili en önemli faktördür (Thoresen, 2003).

Su altı betonlaması yeni bir teknik değildir. 1850'lerden beri denenmektedir. 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.

5.8.1 Su Altı Betonlamasında Farklı Yöntemler

Su altı betonlaması için en yaygın yöntemler kısaca aşağıda verilmiştir (Heron, 1973; NCA,

1980; Gerwick vd; 1981).

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.

Çuval Yöntemi

Bu yöntem sürekli küçük işler ve tamir işleri için kullanılmaktadır. Beton, kanaviçe çuvalara yerleştirilerek bir dalgıç tarafından suya indirilmektedir. Çuvaların sadece %50-%70'i dolu olduğu için, dalgıcın çuvalara iyi bir etkileşim alanı sağlamak amacıyla (yan yana veya üst üste) iterek şekil vermesi mümkündür. Böylece doğal taş dolguya oranla çok daha iyi yerleşmiş ve boşluksuz bir temel dolgu sağlamış olur (Akman, 1992). Bu yüzden, çimento hamuru sıkışarak çuvalın dışına çıkacak ve çuvalar arasında belli bir bağlantı oluşumu gözlenecektir. Daha iyi bir dayanım ve daha iyi bir sonuç elde etmek için, dalgıç donatı çubuklarını çuvaların arasına yerleştirebilir.

Konteyner Betonlaması

Beton, aşağıdaki yollardan biri kullanılarak, kapalı bir çanta veya kepçe içinde suya indirilir.

Çanta metodu

Küçük miktarlarda betonun gerektiği durumlarda (tamir işleri gibi), 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 verilir.

Çelik konteyner ya da kepçe metodu

Bu metodun uygulanmasında üstü ve altı kapaklı silindirik çelik bir konteyner ya da kepçe kullanılır. Bu yöntem; kepçenin ağzını ya da tabanını daha önce yayılmış betona gömmeyi uygun kıldığı ve bu sayede çimento dağılımını azaltma veya engelleme olanağı sağladığı için, çanta metodundan daha etkindir. Yayma sırasında, kepçe dolu olabilir ve üst açıklığa esnek bir kaplama ya da kapak yerleştirilebilir. Bu, indirme ve boşaltma sırasında çimento dağılımını azaltacaktır. Döküm süresince, esnek kaplama betonun tepesini takip edecektir. Betonun daha rahat yerleştirilmesi için, beton boşaltımı süresince kepçe düşey olmalıdır. Kepçenin betonla birlikte ağırlığının, beton yüzeye batacak miktarda olması sağlanmalıdır. Betonun yıkanmasını önlemek bir etek ile sağlanabilir. Bu amaçla döküm süresince kepçe

yavaşça yükseltilmelidir. Su altındaki küçük tesislerin betonlanmasında, kohezyon artırıcı katkı kullanılması, çimentonun yıkanma riskini azaltacaktır. Böyle bir durumda kepçe metodu, tremi beton yönteminden daha uygun bir alternatif olabilir.

Tremi Betonu

Beton, daha önce yerleştirilmiş huni şeklindeki rijit bir boru vasıtasıyla taşınır ve boşaltılır.

Hidrovalf Betonu

Bu yöntem, tremi metodunun gelişmiş bir şeklidir. Kepçe metodu ile tremi metodunun bir karışımıdır. Burada beton, rijit bir boru yerine, katlanabilir bir tüp vasıtasıyla kayar. Tüp, betonun ağırlığı hidrostatik basınç ve yüzey sürtünmesini etkisiz hale getirinceye dek su basıncı ile kapalı tutulur. Bu sayede beton dolgu tüpün içinde yavaşça kayar ve her dolgu arkasından tüp, su basıncı ile kapanır. Betonun boşaltımı tüpün altındaki bir vana ile kontrol edilir.

Pompa Betonu

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

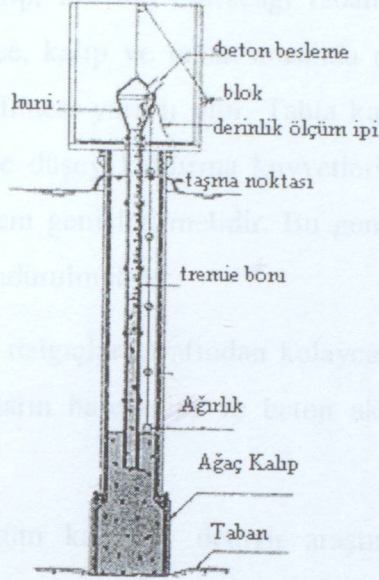
Enjeksiyon

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

5.8.2 Tremie Boru Metodu

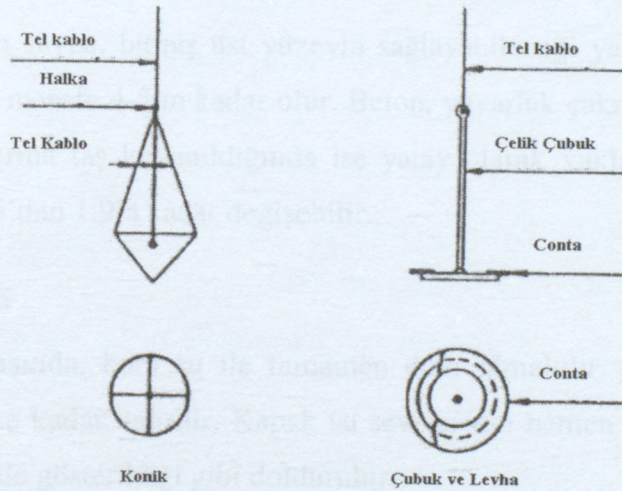
Tremie metodu ile su altı beton dökümü prensipleri Şekil 5.25'te gösterilmiştir. Beton, yüzey üzerinde, bir huni yardımıyla çelik bir boruya dökülür ve borudaki betonun ağırlığı ile kalıptaki beton kütesine doğru bastırılır. Plastik boru kullanılmamalıdır. Huni ve boru bir iskeleden sarkıtılır ve monte edilir. Bu sayede, boru ve huni gel-git ve dalga etkilerinden bağımsız bir şekilde kolayca düşey olarak indirilip kaldırılabilir (N.C.A, 1980).

Boru çapı 15 ile 30 cm arasında olabilir. Günümüzde en yaygın olan 20 cm çaplı borulardır. Boru, 1- 2 m uzunluğunda su geçirmez bağlantı noktalarına sahip bir şekilde inşa edilir. Her boru kolayca sökülüp-kaldırılabilir şekilde olmalıdır.



Şekil 5.25 Tremie boru metodu (Thoresen, 2003).

Dökme işlemine başlarken, beton ve suyun etkileşimini önlemek için borunun tepesine bir kapak konulur. Betonun boru içinde kontrollü indirilişi, bir tele bağlı tıkaç ile gerçekleştirilir. Şekil 5.26'da değişik tipte kapaklar gösterilmiştir. Dökme işlemi başlamadan önce, yeterli açıklık olup olmadığını kontrol etmek için kapak boru içinde ilerletilebilir.



Şekil 5.26 Tıkaçlar (Thoresen, 2003).

5.8.2.1 Kalıp

Kalıp, su akışını engellemek amacıyla su geçirmez olmalıdır. Normal kalıplar sadece, akıntısız sularda, masif beton yapılar için kullanılmalıdır. Beton sebebiyle yer değiştiren su için, su seviyesinin hemen üzerinde bir akış yaratılabilir.

Şekil 5.25'te gösterildiği gibi kalıp, üzerine oturacağı tabanın şekline göre ayarlanabilir. Betonlama işlemi başlamadan önce, kalıp ve taban arasında oluşabilecek sızmaları kontrol amacıyla, bir dalgıcın görevlendirilmesi yararlı olur. Tahta kalıp kullanıldığı takdirde, kalıp ağır olmalı veya bağlanmalıdır ve düşey kaldırma kuvvetlerine dikkat edilmelidir. Kolon temelleri tüm yönlerde en az 10 cm genişletilmelidir. Bu genişleme, kalıbın yüzebilirliğini artıracaktır ve bu göz önünde bulundurulmalıdır.

Kalıp genellikle, sağlam, basit ve dalgıçlar tarafından kolayca takılıp sökülebilecek şekilde olmalıdır. Çekme çubukları boruların hareketini ve beton akışını engellemeyecek şekilde yerleştirilmelidir.

Gel-git bölgesindekiler dışında tüm kalıplar, detaylı araştırma ve betonun kontrolünü kolaylaştırmak için kaldırılabilir olmalıdır. Özellikle, kolonların, duvarların ve mafsalların yerleri, herhangi bir bozukluğa karşı dikkatlice incelenmelidir.

5.8.2.2 Tremi Boruların Yerleştirilmesi

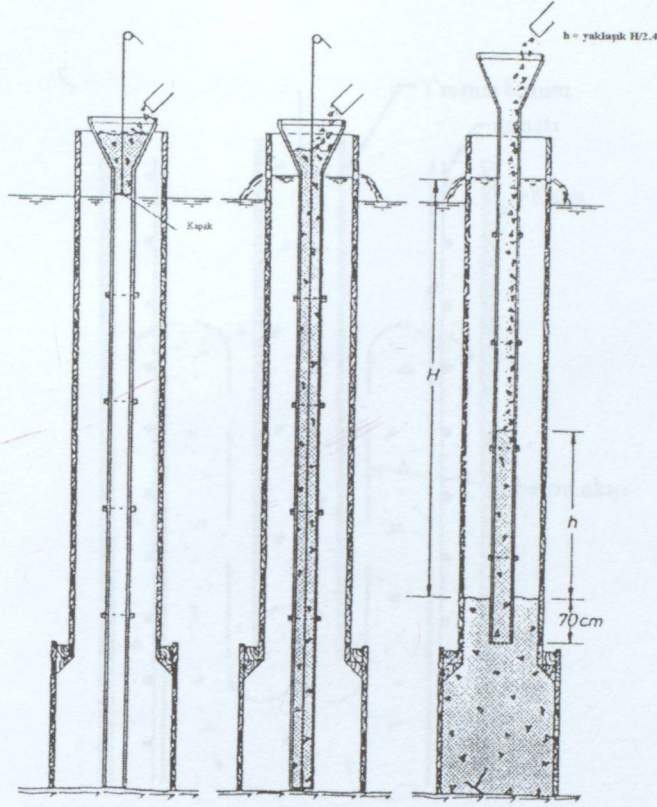
20 cm çaplı tek bir boru ile doldurulacak alan, 20 m^2 'yi geçmemelidir. Bu alan için yeterli bir dolgu miktarı elde etmek için betonun düzenli temini sağlanmalıdır. Bu koşullar sağlanamıyorsa alan ayırma duvarları ile bölümlere ayrılır ya da eğer tesisin kapasitesi yeterliyse, aynı anda birden fazla boru kullanılabilir (Thoresen, 2003).

Boruların ve bölümlerin sayısı, bitmiş üst yüzeyin sağlayabileceği yatay mesafeye bağlıdır. Genellikle borular arası mesafe 4-5 m kadar olur. Beton, yuvarlak çakıl kullanıldığında yatay olarak 2.5 m, uygun kırma taş kullanıldığında ise yatay olarak yaklaşık 2 m yayılacaktır. Beton yüzeyin eğimi 1:6'dan 1:9'a kadar değişebilir.

5.8.2.3 Beton Dökümü

Betonlama işleminin başında, boru su ile tamamen dolu olmalıdır. Boru, kalıp tabanının yaklaşık 5-10 cm üzerine kadar indirilir. Kapak su seviyesinin hemen üzerine yerleştirilerek boru ve huni Şekil 5.27'de gösterildiği gibi doldurulur.

Dökülen ilk beton her zaman fazla kum ve zengin çimento karışımı olur. Kapak yavaşça borudan aşağıya indirilir, bu sırada beton dökümü devam eder. Kapak boru tabanına ulaştığı anda tel kesilir, sonra beton kalıp içine akmaya başlar. Şekil 5.27'de gösterildiği gibi beton, kalıp içinde aşağı ve yukarı doğru itilecektir.



Şekil 5.27 Tremi boru metodunun başlaması (Thoresen, 2003).

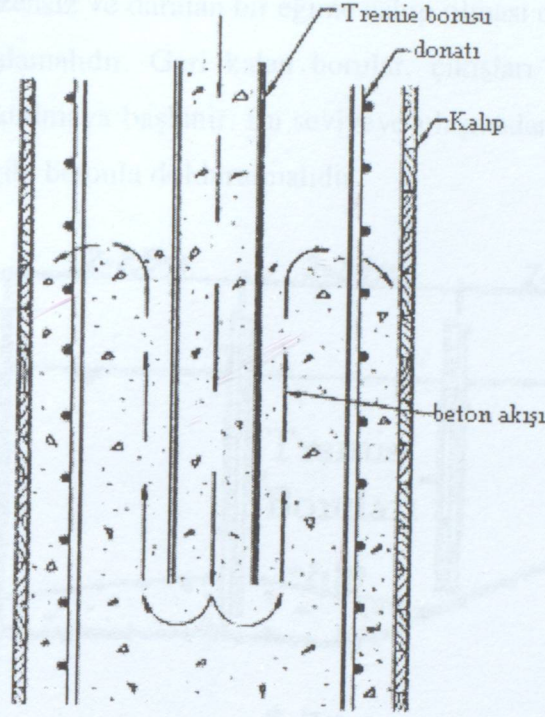
Beton, Şekil 5.28'de görüldüğü gibi, dökülmüş beton kütleşi içine akacaktır. Beton boru içinde aşağı doğru hareket eder ve borudan çıktıktan sonra da donatı ve beton yüzeyi arasındaki sürtünmeye bağlı olarak yukarı çıkar ve kalıp tarafına döner. Bu hemen hemen tüm betonun suyla temas edeceği anlamına gelir. Bu nedenle, boru çıkışının en az 70 cm betona batırılmış olması önemlidir. Burada amaç döngünün düzgün gerçekleşebilmesi için betonun akış hızını yavaşlatmaktır. Eğer akış çok hızlıysa betondaki çimento yıkanabilir. Bu da suyun renginin değişmesine ve yüzeyde beyaz köpükler oluşmasına neden olan istenmeyen bir durumdur. Başarılı bir döküm için akış hızı doğru ayarlanmalıdır.

Beton dökümü sırasında boru ucu, betona en az 70 cm batmış olmalıdır. Eğer derinlik yeterli değil ise, boruya dışarıdan su girişi olabilir. Derinliğin sabit tutulması için kontroller düzenli olarak yapılmalıdır. Borunun iç ve dış yüzeylerindeki betonlar arası seviye farkı genellikle kalıptaki su derinliğinin $\frac{1}{4}$ 'ü kadar olur. Aşağıdaki üç seviye sürekli kontrol edilmelidir.

Tremi boru ucu

Kalıptaki beton yüzeyi

Tremi boru içindeki beton yüzeyi



Şekil 5.28 Tremie borudan kolon içine beton akışı (Thoresen, 2003).

Eğer boru altındaki zemin gevşek veya yumuşaksa, mesela çamur ya da kum gibi, gevşek malzemenin bozulmasını engellemek için boru çıkışı altına metal bir levha konulur.

Su altı betonlaması başladığı zaman, başta kararlaştırılan seviyeye gelinceye kadar kesintisiz devam edilmelidir.

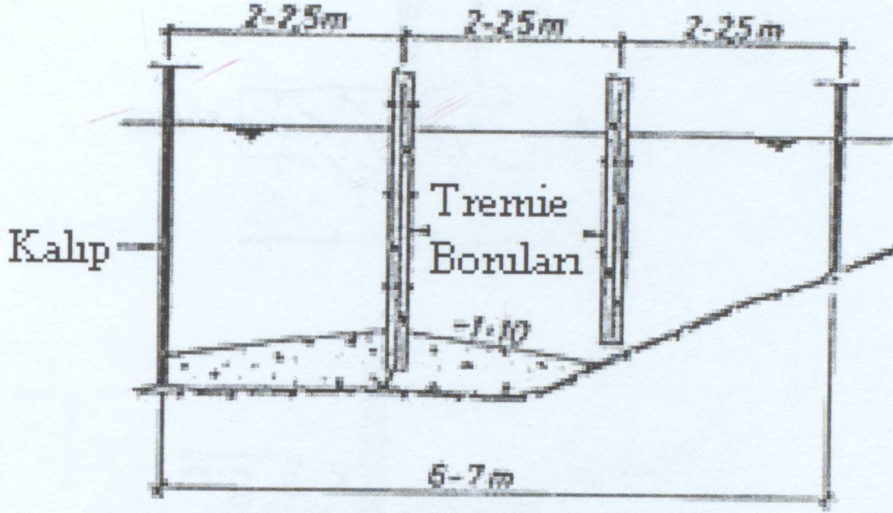
Yaklaşık $0.5-2 \text{ m}^2$ kesitli kolonlar için, beton dolgu miktarı, kalıbın mukavemetine bağlı olarak, saatte kolon uzunluğunun 2-4 m'si kadardır. Daha büyük kesitli duvarlar ve yapılar için bu miktar saatte 30 cm kadar azaltılabilir. Eğer herhangi bir sebeple dolgu miktarı saatte 30 cm'in altına düşerse, betonlama işlemine devam etmek zorlaşabilir. Borunun ucu betonda çok derine gömülü olduğunda ya da dolgu miktarı çok düşük olduğunda boru içinde bir tıkanma oluşabilir.

Özel bir vibratör ya da çubuk yardımıyla, borunun fazla yükseğe kaldırılması sonucu, boru içine su girmesi engellenerek, beton akışı tekrar başlatılabilir. Çimentonun yıkanma riskine karşı, kalıp içinde vibratör kullanılmasına izin verilmemelidir.

Herhangi bir kesintinin geniş kapsamlı sonuçlar doğuracağı, alışılmamış durumlarda, dökme hızı geçici olarak azaltılabilir. Su altı betonlamasının uygunluğu için, dökme hızı düzenli tutulmalı, sıcaklık ve diğer gerekli koşullar sağlanmalıdır. Buna ek olarak, kalifiye elemanlar

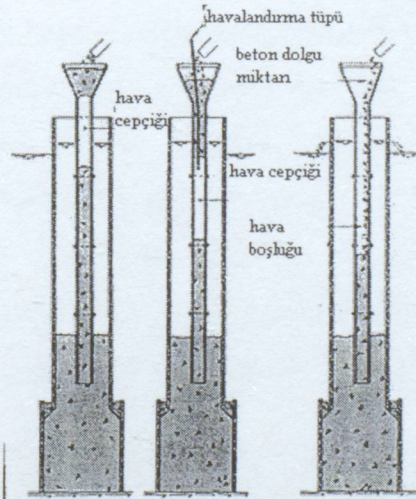
çalıştırılmalıdır.

Arazinin geniş, tabanın düzensiz ve daralan bir eğime sahip olması durumunda, dökme işlemi en derindeki borudan başlamalıdır. Geri kalan borular, çıkışları alttaki borulardan gelen betonlarla kaplanınca kullanılmaya başlanır. Bu seviyeye ulaşmadan hemen önce, aynı boru, Şekil 5.29'da gösterildiği gibi betonla doldurulmalıdır.



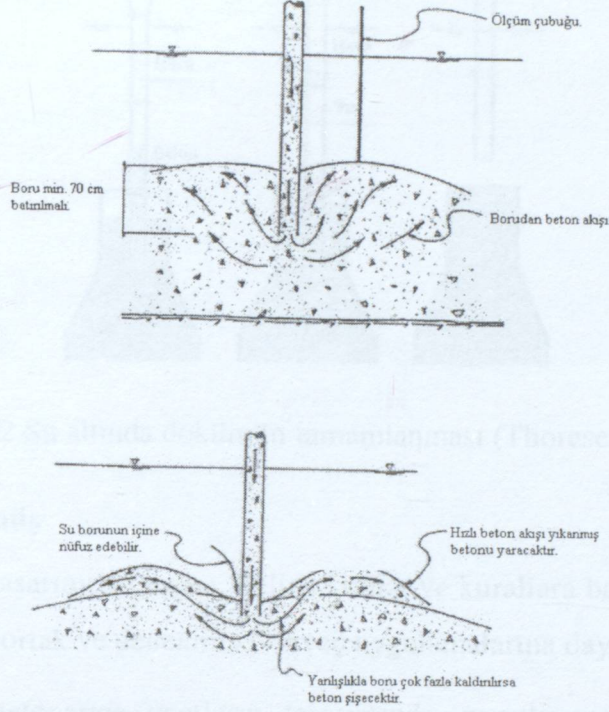
Şekil 5.29 Eğimli taban üzerinde tremie borular (Thoresen, 2003).

Huniden yeni beton döküldüğü zaman, borudan tipik bir ses duyulur. İçerideki hava boşluklarını etkileyebileceği için borunun şok beslemesinden kaçınılması gerekir. Kesin bir büyüklüğe kadar hortumalar Şekil 5.30'da gösterildiği gibi tutularak hava kaçıışı önlenir.



Şekil 5.30 Tremie boruda hava cepçığı (Thoresen, 2003).

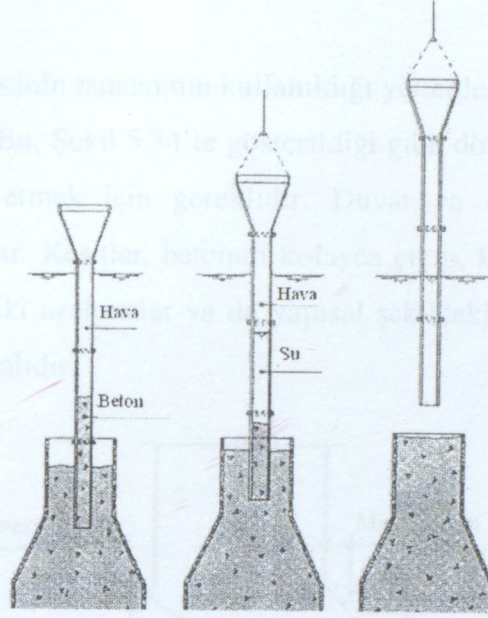
Şekil 5.31 su altındaki bir beton plak yapımında betonun akışını ve borunun yanlışlıkla çok kaldırılması durumunda neler olabileceğini göstermektedir. Beton, yüzeye çok yüksek bir hızda akacak ve bu da betonun dağılmasına ve şişmesine neden olacaktır. Şekilde de görüldüğü gibi, su, basınca bağlı olarak boru içine girebilir.



Şekil 5.31 Su altı yapısının betonlanması (Thoresen, 2003).

Su altında bir tesisin tamamlanması Şekil 5.32'deki gibi yapılabilir. Dökme işleminin tamamlanmasına yakın, tremie boru içindeki beton dengeli bir yükseklikte duracaktır. Sonra, suyun betona ve boru içine girme ihtimalini azaltmak için, boru yavaşça su ile doldurulur. Daha sonra boru yavaşça geri çekilir. Su altında beton bir yapı oluşturulacağı zaman, deneyimler tremie boru metodunun başarılı bir sonuç verdiğini göstermiştir. Beton istenen seviyenin birkaç santimetre üzerinden dökülür. O zaman, beton yerleşmeden ve sağlamlaştırılmadan önce ilave beton bir yönde kazınarak kaldırılabilir. Olası en yüksek gücü gerektiren sağlam bir yüzey ise, bitmiş halinden 2-3 cm daha üste kaldırılarak su jeti ile temizlenmelidir.

Geçici beton yapılar için, tremie boruların yan yana yerleştirilmesi ile daha geniş bir alan kaplanabilir. Ancak bu kalıcı yapılar için geçerli değildir.



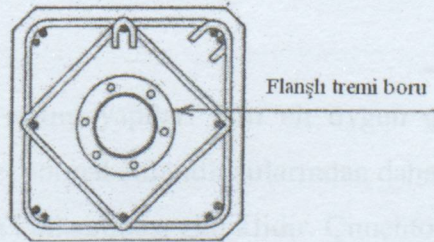
Şekil 5.32 Su altında dökümün tamamlanması (Thoresen, 2003).

5.8.2.4 Yapısal Görünüş

Su altı beton yapıların tasarımı ve inşası, belirli kodlar ve kurallara bağlı olarak yapılmalıdır. Aşağıda verilen bilgiler ortak ve denenmiş Norveç uygulamalarına dayanmaktadır.

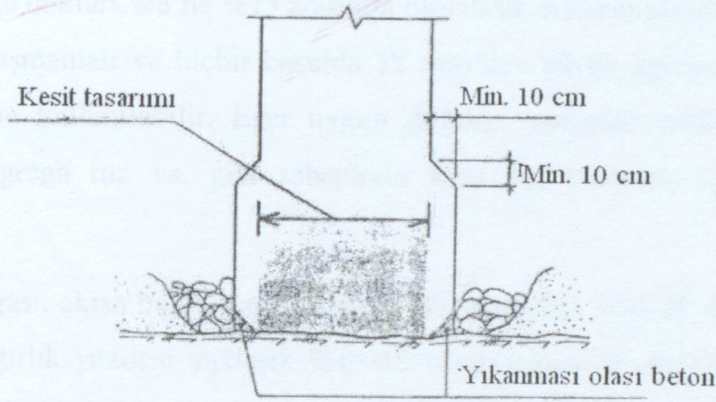
Su altında yapılacak betonarme yapıların tasarımında, uygulanacak betonlama yöntemi, tasarım evresinde dikkate alınmalıdır. Tremie boru metodu için, yapısal bir kesitin en küçük yatay boyutuna, tremie boru halkasının büyüklüğüne göre karar verilir (20 cm'lik bir boru için yaklaşık 35 cm'dir). Bunun yanında, donatılı bir kolonun çapı 70 cm'den küçük, donatılı bir duvarın kalınlığı ise 60 cm'den ince olmamalıdır.

Tremie boruları için, donatı çubukları arasında yeterli mesafe sağlanmalıdır. Şekil 5.33'te dikdörtgen kolonlar için en genel düzenleme görülmektedir. Etriyeler, çapları 10 mm'den az olmamak şartıyla çelikten yapılabilirler. Kalıp ve donatı sepetleri genellikle kıyıya monte edilir. Bu nedenle, donatılı kalıp, suda kaldırılacak kadar güçlü olmalıdır. İnşa ve bakım açısından bakıldığında en iyi kolonlar daire kesitli kolonlardır.



Şekil 5.33 Etriyenin yerleştirilmesi (Thoresen, 2003).

Beton bir bölümün kapasitesinin tamamının kullanıldığı yerlerde, taban boyutu her doğrultuda en az 10 cm artırılmalıdır. Bu, Şekil 5.34'te gösterildiği gibi, döküme başlandığı esnada olası beton dağılmasını, telafi etmek için gereklidir. Duvar ya da kolon kesitlerindeki ani daralmalardan kaçınılmalıdır. Kesitler, betonun kolayca çıkıp, kalıbı doldurabileceği şekilde oluşturulmalıdır. Kesitlerdeki azaltmalar ya da yapısal şekildeki değişiklikler 45° 'den küçük olmayan eğimlerle sağlanmalıdır.



Şekil 5.34 Olası beton yıkanmasına bağlı kolon kesit genişlemesi (Thoresen, 2003).

Beton daha yukarıdaki düşey bir yüzeyden döküldüğü takdirde, 1-4 cm'lik yıkanıp ayrılan bir tabaka oluşabilir. Bu nedenle üst donatıya 5 cm'lik ekstra bir kaplama verilmelidir.

Tremi metoduyla su altı döşeme betonlaması zor bir operasyondur. Uygun koşullarda, beton eğimi 1:10'dan az olmamalıdır. Pratikte bu durum, yapının minimum kalınlığı ve yatay boyutlarını belirleyecektir. Genelde 100 cm pratik limiti temsil etmektedir.

5.8.3 Beton Üretimi

Beton malzemeleri ve mukavemeti için gerekenler, belirli kodlar ve kurallara bağlı olarak elde edilirler. Temel beton karışımı aşağıdaki gibidir (Thoresen, 2003).

Çimento

Normal Portland çimentosu, rıhtım yapıları için en uygun çimentodur. Sülfata dayanıklı Portland çimentosunun, sadece, normal Atlantik sularından daha sıcak deniz sularında ve daha fazla sülfat konsantrasyonunda kullanılması gereklidir. Çimento özelliklerinin önemi ve beton dayanımı üzerindeki etkileri, düşük C_3A miktarının önemini göstermiştir.

Su isin ve taşıma sistemlerinin güvenli ve yeterli kapasiteye sahip olması gerekmektedir.

Beton üretimi için sadece taze içme suyu kullanılması önerilir.

Su/Çimento Oranı

Portland çimentosundaki su/çimento oranı 0.45'i geçmemelidir.

Agrega

Tremi betonu için agrega, bol ince çakıllı iyi sınıflandırılmış olmalıdır. 0.25 mm'lik elekten geçen toplam agrega miktarı %8 ile %15 arasında olmalıdır. Normal olarak maksimum agrega boyutu 20 mm'yi aşmamalı ve hiçbir koşulda 32 mm'den büyük agrega kullanılmamalıdır. Doğal akarsu kumu kullanılabilir. Eğer uygun değilse, yuvarlak şekilli kırma taş tercih edilebilir. Şayet agrega tuz vs. gibi sebeplerle kirlenmiş ise, yıkamak için yeterli taze su bulunmalıdır.

Tremi betonu agregası, akışa bağlı olarak, normal bir betondan %10-25 daha az iri malzeme içerir. İri agrega ağırlık yüzdesi yaklaşık %45-48 ve ince agrega yüzdesi yaklaşık %52-55 olabilir. Genelde %45 iri, %55 ince agrega kullanılması tercih edilir.

İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, betonun kalıba yerleştirilmesini sağlamak için uygun olmalıdır. Tremi boru betonu için bu, 15-20 cm'lik bir çökmeye eşit olacaktır.

Katkı Maddeleri

Su altı betonlamasında akışkanlaştırıcılar kullanılabilir. Kalın taş parçalarını dökerken veya büyük kesitler ve düşük dökme hızı söz konusu olduğunda priz geciktiriciler kullanılabilir. Gel-git bölgesinde döküldüğünde, akışkanlaştırıcılara ilave olarak hava sürükleyici katkı da kullanılmalıdır.

Son yıllarda, taze beton karışımının kohezyon özelliğini artırıcı katkı maddeleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu katkılar, su altı betonu yerleştirilmesi süresince, segregasyon ve yıkanmaya karşı, taze betonun dayanımını artırır. Ayrıca bu tip katkılar betonu oldukça akıcı ve kendiliğinden yerleşen hale getirirler. Dezavantajları ise, betonu çok yapışkan hale getirmeleri nedeniyle, karıştırma ve taşıma ekipmanlarının temizliğini zorlaştırmalarıdır.

5.8.4 Beton Tesisi ve Denetlenmesi

Daha öncede bahsedildiği gibi, su altı betonlamasında kesinti olmaksızın devam edilmesi son derece önemlidir. Bu nedenle müteahhit işi, dikkatlice planlamalı ve organize etmelidir.

Tesisin ve taşıma sistemlerinin güvenli ve yeterli kapasiteye sahip olması gerekmektedir.

Daha büyük ve önemli işlerde ek bir tesis ve jeneratör bulunması zorunludur. İlave ekipman kısa sürede işe başlayacak yetenekte olmalıdır (Thoresen, 2003).

5.8.4.1 Yapı Denetlemesi

Hem mühendis hem de müteahhit, su altı betonlamasıyla ilgili bir sorumluluk almadan önce, bu konuda deneyimli olduklarını belgelemelidirler.

İşe başlamadan önce, müteahhidin ekipmanları ve personel, tüm gereksinimlerin sağlandığından emin olmak için kontrol edilmelidir.

5.8.4.2 Su Altı Betonlaması için Kontrol Listesi

Aşağıdaki kalite kontrol listesi, Norveç Beton Birliği tarafından önerilmiştir (N.C.A, 1980).

Betonlama işleminin planlanması:

- Müteahhit temsilcileri, ekip şefi ve denetleyiciler gibi kilit elemanların bilgilendirilmesi,
- Beton karışım tasarımının yapıp onaylanmış olması,
- Döküm tesisinin yeterli şekilde boyutlandırılmış olması,
- Şartname ve yönetmelikten olası sapmaların yetkililerce onaylanmış olması,
- Eğer talep edilirse; betonun işlenebilirliği ve platformun uygunluğunun kontrol edilmesi için dökümlerin test edilmesi,
- Döküm hızı, batık boru uzunluğu, alanın bölümlere ayrılmasının planlanması,
- Denetleme ve işler için uygun dalgıçlar seçilmesi,
- Müteahhit belirli metodu onaylıyor mu yoksa farklı alternatifler mi istiyor?,
- Olası gel-git durumlarının düşünülmesi.

Dökümden önce; beton teslimi:

- Agregası
- ✓ Kum ve çakılın elek analizi
- ✓ Tane şekli
- ✓ Yabancı maddeler
- ✓ Maksimum agrega boyutu

- Katkı maddeleri ve etkileri
 - ✓ Hava sürükleyici katkı maddeleri, özel boşluk miktarı
 - ✓ Akışkanlaştırıcı katkıları (işlenebilirlik)
 - ✓ Priz geciktirici katkıları (priz süresini geciktirme)
 - ✓ Yeterli miktarda uygun katkı maddesi
 - Çimento
 - ✓ Yeterli miktarda uygun çimento
 - ✓ Önerilmiş tip
 - ✓ Sert topraklar
 - Tesis
 - ✓ Beton dökümünün sürekliliği için yeterli kapasite
 - ✓ Ölçüler
 - ✓ Güvenilir su temini ve oranı
 - Taşıma Düzenlemeleri
 - ✓ Yeterli kapasite
 - ✓ Güvenilirlik (hava değişimleri vs.)
 - ✓ Esneklik
 - ✓ Taşıma mesafesi (segregasyon tehlikesi)
 - ✓ Boruların dolması için yeterli kapasite
 - Devamlı döküm için iş planı
 - Uygun elemanlar, ekip çalışması
 - Ek yedek ekipman
 - ✓ Yeterli kapasite
 - ✓ Operasyonel
- Site alanında:
- Tesis

- ✓ Temizlik kontrolü
- ✓ Taban çamurdan, bataktan arınmış olmalı
- Kalıp
 - ✓ Şekil uygun mu, betonun çıkışı güvenli mi?
 - ✓ Kalıp sızdırmamalı
 - ✓ Mukavemeti yeterli mi?
 - ✓ Tahta parçaları ve diğer atıklardan arınmış ve temiz olmalı
 - ✓ Çizime, özelliklere, uygun ankraj çubuklarına bağlı boyutlar
 - ✓ Kalıbın yer değiştirmesi
 - ✓ Üstte su çıkışı için açıklık
 - ✓ Yatay yüzeylerden mümkün olduğunca kaçınılmış mı?
 - ✓ Kesit değişiklikleri
- Donatı
 - ✓ Doğru yerleşim
 - ✓ Uygun bağlama ve sabitleme
 - ✓ Pas payı
- Tremi borusu
 - ✓ Boyutlar, mukavemet, su geçirmez mafsal ve vanaların kontrolü
 - ✓ Hortum kalitesi kontrolü
 - ✓ Kalıp içindeki tremie boru konumu, kalıptan uzaklık ve kaplanacak alanın kontrolü
 - ✓ Boru inşası, huni ve kaldırma düzenlemelerinin kontrolü

Betonlama süresince kontroller:

- Başlangıcın plana bağlı yapıldığının kontrolü
- ✓ Kapak ve kapak süspansiyonu
- ✓ Havalandırma için hortumlar
- ✓ Hunideki betonun yüksek akışkanlığına karşı koruma

- ✓ Döküme en derin borudan başlanması
- Beton kalitesi kontrolü
- ✓ Segregasyon işaretleri içeren betonların reddedilmesi
- ✓ Çökme kontrolü
- ✓ Hava kontrolü
- ✓ Basınç dayanımı kontrolü
- Tremi boruya beton dolununun bir tıkaç kontrolünde olması
- Borunun ölçülerek gömüldüğünün kontrolü
- Borunun içindeki ve dışındaki beton yüksekliğinin kritik değer üzerinde tutulduğunun kontrolü
- Boruya su girişi olmadığının kontrolü
- Çamurun doğru bir şekilde temizlenmesi ve başlama prosedürünün yapılması
- Donatının yukarı hareket etmemesinin kontrolü
- Döküm sona erdikten sonra yeterli beton yüksekliğinin kalması
- Borularda yanal deplasman olmaması
- Döküm işleminin tüm borularda başarıyla gerçekleşmesi

Beton dökümü sonrası:

- Beton döküldükten sonra, üst tabakanın yer değiştirmesinin kontrolü
- Boruların vs. sonraki kullanımlar için temizlenmesi
- Yer değiştirmeden sonra, yüzeyin sert bir objeyle test edilmesi
- Şüpheli alanlarda karot alınması
- Rapor hazırlanması

5.8.4.3 Hizmet Değerlendirmesi

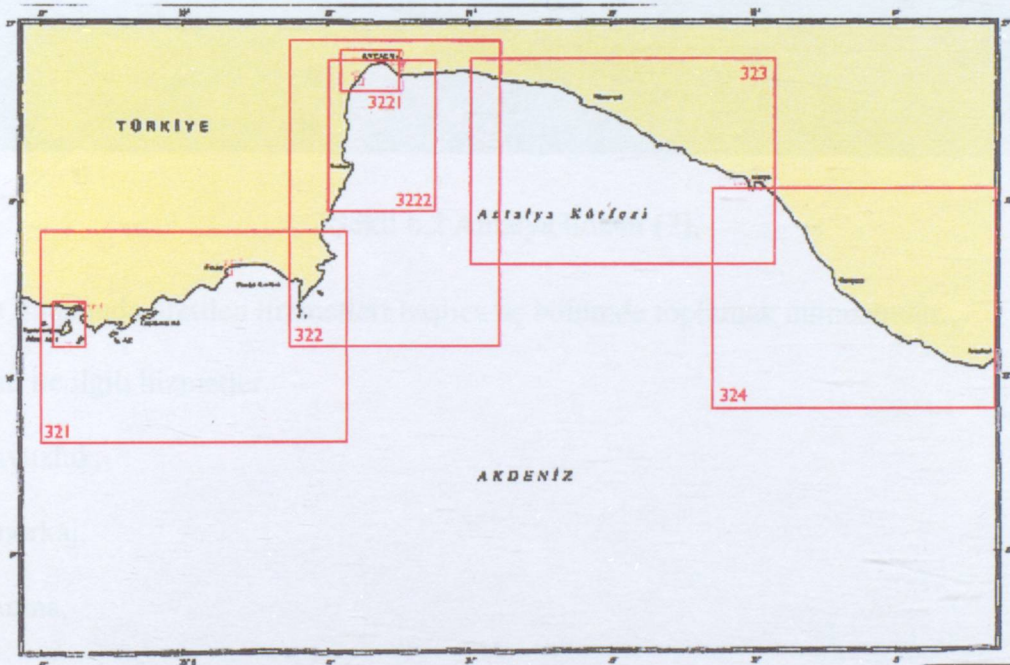
Tamamlanmış bir rıhtım yapısının hizmet değerlendirmesi her üç yılda bir mal sahibi tarafından yaptırılmalıdır. Bu araştırma, hem yapının koşullarına bir değerlendirme hem de eğer gerekliyse bir bakım prosedürü sağlar. Araştırmanın özel kısımları; sıçrama bölgesi, yapı derzleri, daha önce onarılmış alanlar ve hayati önem taşıyan alanlar olacaktır. Ayrıca elde

6. TÜRKİYE KIYILARINDA DEĞİŞİK TİPTE YAPILAR için HASAR ve TAMİR ÖRNEKLERİ

Bu bölümde, değişik tipte deniz yapıları (limanlar, iskeleler, balıkçı barınakları vs.) için hasar ve tamir örneklerine yer verilmiştir. Her biri farklı yerlerde olmak üzere gerek deprem gerek fırtına gerek korozyon gibi nedenlerle hasar görmüş ve sonrasında yapılan çeşitli çalışmalar ile elde edilen sonuçlar ışığında karar verilen yöntemlerle tamir edilmişlerdir.

6.1 Antalya Limanı

Bergama kralı Attolos tarafından M.Ö.11. yüzyılda liman kenti olarak kurulan Antalya, eski çağlarda bulunduğu bölgenin önemli bir kültür ve ticaret merkezi olmuştur. Cumhuriyetimizin kurulmasıyla birlikte kentimiz ve dolayısıyla da limanımız hızlı bir gelişme göstererek hem sanayi hem ticaret hem de kültür ve turizm açısından ülkemizin en önemli merkezlerinden biri haline gelmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Antalya limanı haritası (3221 numaralı kısım) [1].

Yapımı Cenevizliler tarafından gerçekleştirilen ve halen yat limanı olarak yararlanılan eski liman, gerek boyutları gerekse karayolu ulaşımı bakımından, bölge ihtiyaçlarına cevap veremez duruma geldiği için 1968 yılında şehir merkezinden 13 km uzaklıkta, batı yönünde yeni limanın inşaatına başlanmıştır.

1900 m rıhtım uzunluğu, 10 m derinliği ve tümü faal 5-35 ton kaldırma kapasiteli 13 adet vinç, 3-25 tonluk 10 adet forklift ve diğer liman ekipmanlarıyla Antalya limanı halihazırda

mevcut konvansiyonel yük taleplerini karşılayabilecek durumdadır (Şekil 6.2).



Şekil 6.2 Antalya limanı [2].

Antalya limanında üretilen hizmetleri başlıca üç bölümde toplamak mümkündür.

1) Gemi ile ilgili hizmetler,

- Kılavuzluk,
- Römorkaj,
- Barınma,
- Katı ve sıvı atık alma,
- Tatlı su verme,
- Yolcu.

2) Eşya ile ilgili hizmetler,

- Yükleme,
- Boşaltma,

- Aktarma,
- Limbo,
- Terminal,
- Ambarlama.

3) Motorlu veya motorsuz kara ve deniz araçları kiralama hizmetleri.

Aynı zamanda Antalya limanı, Mersin-İzmir arasındaki yaklaşık 500 deniz millik kıyı şeridi üzerinde ve bölgenin önemli sanayi merkezlerinden Denizli'ye 225 km, Daskiri'ye 190 km, Burdur'a 135 km, Isparta'ya 115 km, Afyon'a 285 km, Konya'ya 325 km, Seydişehir'e 200 km, Akşehir'e 200 km uzunluğunda muntazam karayolları ile bağlanmış bulunan, bölgenin en büyük organize limanıdır.

Limanda elleçlenen yükler arasında, çimento, şeker, mermer, işlenmiş su, ferrokrom en büyük ihraç kalemlerini, kömür, torf, suni gübre, klinker, alümina, sunta ve M.D.F ise en büyük ihraç kalemlerini oluşturmaktadır.

6.1.1 Antalya Limanı Ana Dalgakıranı Tarihçesi

Antalya limanı ana dalgakıranı 1971 senesi aralık ayının 10 ve 11. günleri, inşaatı henüz tamamlanmış iken, $H_{1/3} = 7$ m'ye varan bir fırtına sonrasında yıkılmış ve dalgakıran aksı liman tarafına doğru 10 m kaymıştır. Daha sonra bu hasarlı kesitin 1:3 dalgakıran eğiminde 2 m×2 m×5 m, 2 m×2 m×4 m ve 2 m×2 m×3 m ebatlı beton bloklarla, blokların birbirinin üzerine basacağı şekilde kaplanması ve en öndeki yastık bloğun önünün 15 tondan büyük taş kategorisiyle kaplanması düşünülmüştür. Tamirat sonrasında dalgakırandan alınmış kesitler, blokların 1:3'ten daha dik inşa edilmiş olduğunu göstermiş, ataşman notları ise 750 m dalgakıran boyunca, yastık blok önüne 15 tondan büyük toplam 2046 ton (toplam 138 adet) taş atıldığını göstermiştir. Şekil 6.3 yıkılmış, Şekil 6.4 tamiratu düşünülmüş dalgakıran kesitlerini göstermektedir. Dalgakıran tamiratu 1973 yılında tamamlanmıştır (Günbak vd., 1986).

Yıllar içinde özellikle 1985, 1986 yılları kış aylarında bloklarda hareketler görülmüştür. Bu hasar, blokların denize kayması, aralarının açılıp filtre taşlarının ortaya çıkması, bazı bloklar dikilmesi şeklinde su üzerinde gözlenmiştir. Dalgıç yardımıyla su altında yapılmış gözlemlerde ise dalgakıran boyunca yastık bloklarının yerlerinden çıktığı ve blokların altında oyulmalar meydana geldiği görülmüştür. Dalgıç gözlemleri Şekil 6.5'te verilmiştir.

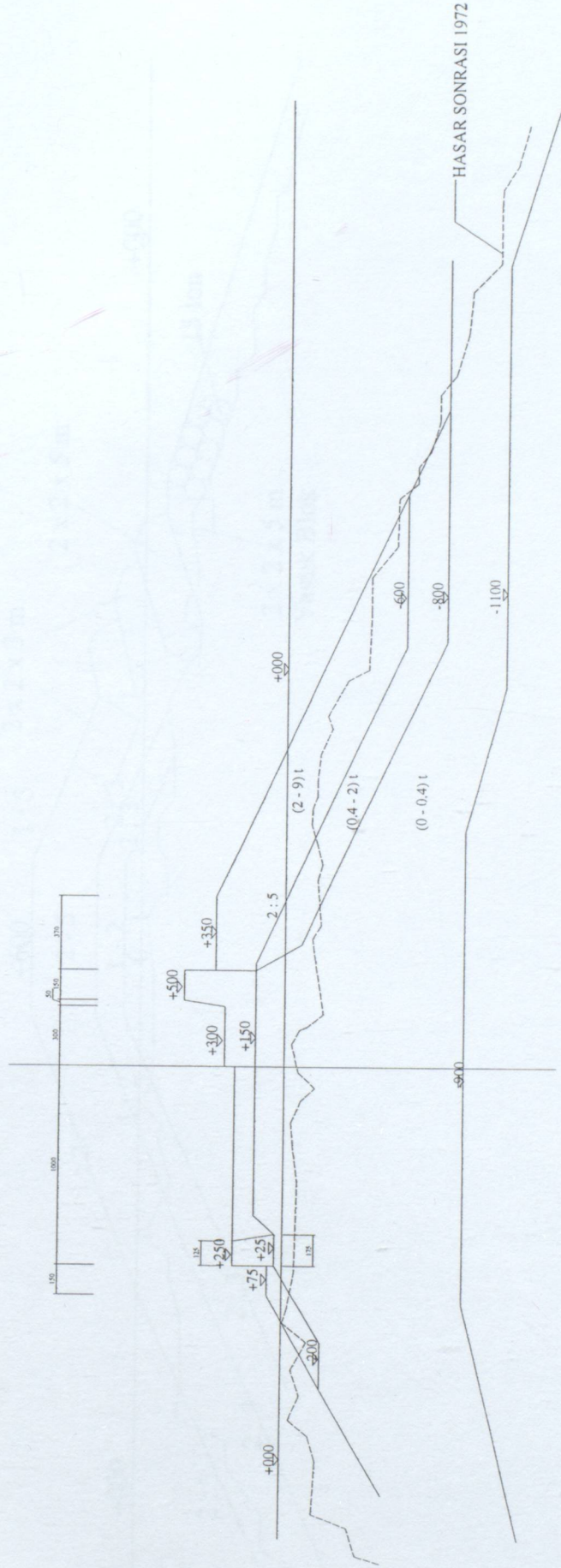
Dalgakıran boyunca her 10m'de bir, 1972, 1973, 1976 yıllarında kesitler alınmıştır. Bu kesitlerin karşılaştırılmasında 770 m'de alınmış kesitin, genel olarak tüm kesitleri temsil ettiği görülmüştür. 1973 ve 1976 kesitlerinin mukayesesinde, 1976 yılı kesitlerinin blok önlerinde sistematik olarak bir erozyona uğradığı gözlenmiştir.

1986 yılında, dalgakıran boyunca her 10 m'de bir kesitler alınmıştır. Bu ölçümler, dalgakıranın 1200 m uzantısına kadar dalgakıran kesitlerinin blok önünden su tabanına kadar

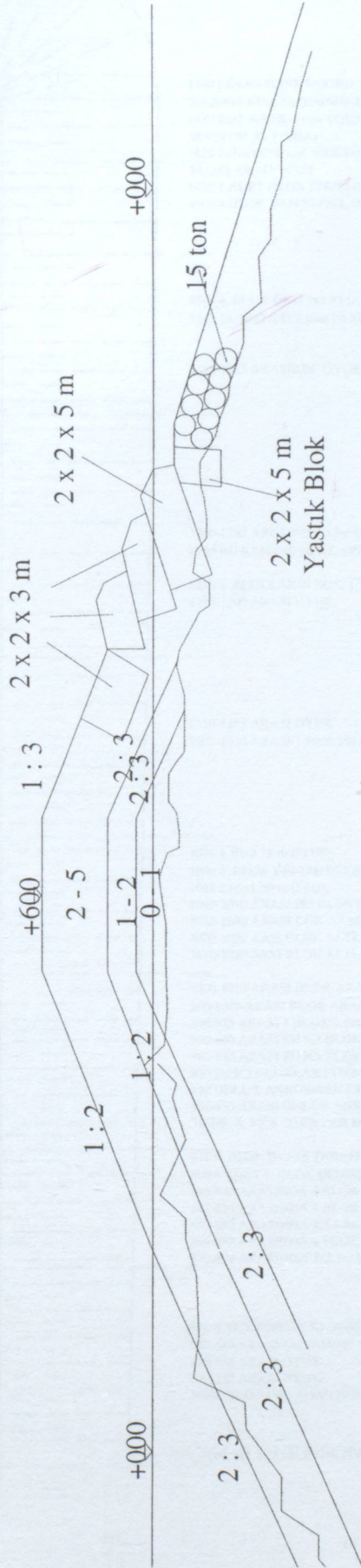
1972 yılında hasar sonrasında alınmış 770 m kesiti ile tamamen benzer olduğunu ve blok önlerinde herhangi bir taş koruma olmadığını göstermiştir. 1200-1400 m arası kesitleri ise kendi içlerinde benzer olmakla birlikte, 650-1200 m kesitlerinden çok daha dik bir blok önü sevi göstermiştir. 1986 senesinde alınmış bu iki kesit Şekil 6.6'da gösterilmiştir.

6.1.2 Probleme Genel Bakış

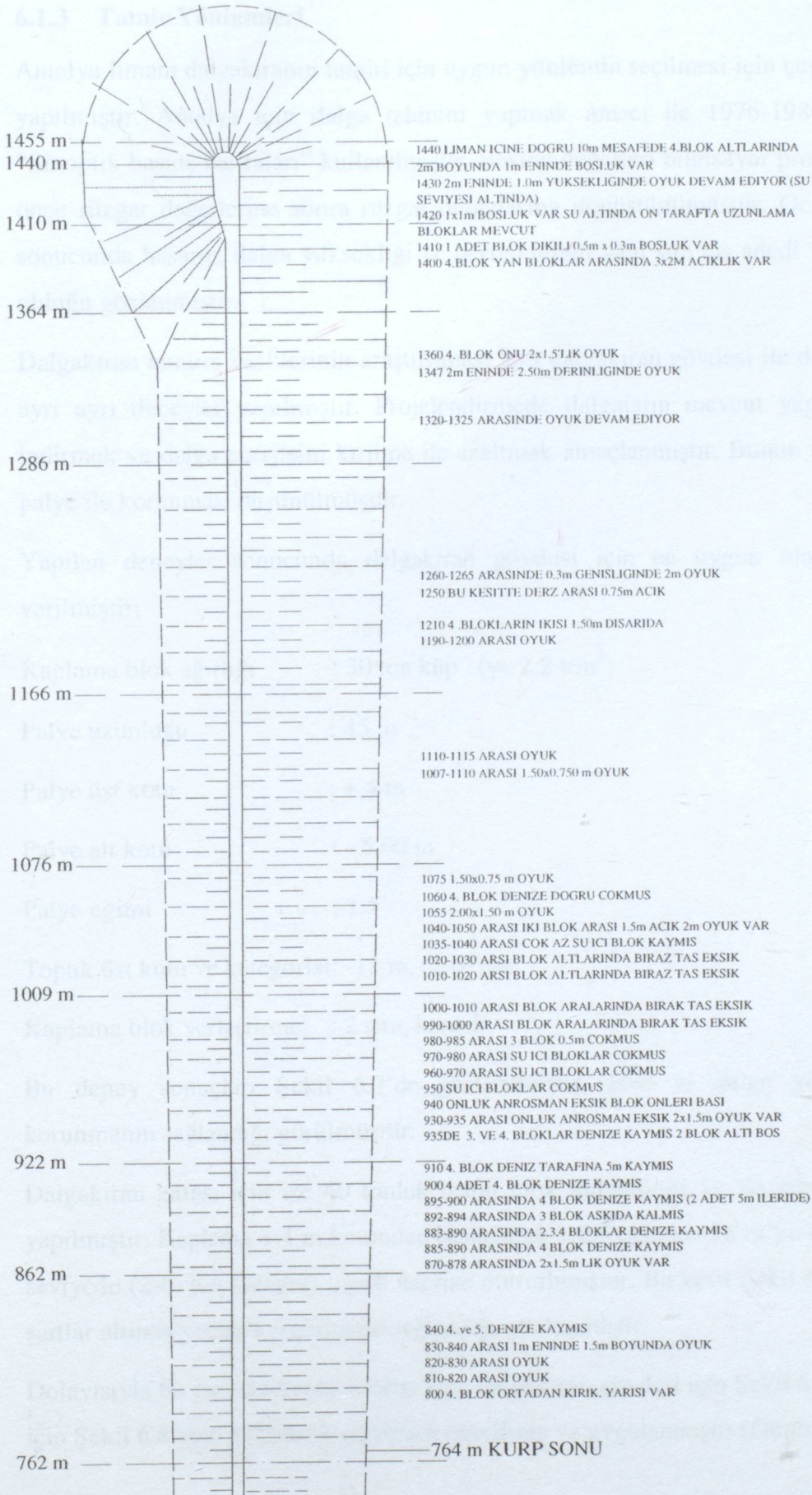
Antalya Limanı ana dalgakıranı 1973 yılında, 1971 senesi fırtınasında yıkılmış olan dalgakıran kesiti üzerine inşa edilmiştir. 1972 senesi fırtınası ise yaklaşık -3 m kotu üzerindeki tüm malzemeyi liman tarafına taşımış, fakat deniz tarafına önemli bir malzeme çekmemiştir. Tersine deniz tarafındaki kesit yüzeyi, dalgalar tarafından dövülerek sıkıştırılmış ve yüzeyi -6 m'nin üzerinde (2-9 ton) taşlarla örülmüş bir pere görüntüsü almıştır. 1972-1973 yıllarında bu kesitin üzerine Şekil 6.4'te gösterilmiş dalgakıran kesiti bloklarla inşa edilmiştir. Blokların önüne az sayıda büyük koruma taşı atıldıysa da, bunların miktarının az olması ve pere şeklinde düz yüzeyli bir sathın üzerine konmaları nedeniyle, bölgede oluşan orta şiddetli fırtına dalgalarında bu taşlar dalgakıran eğimi boyunca deniz tabanına yuvarlanmış ve bloklar eski kesit üzerinde duvar görünümünde korunmasız kalmıştır. Bu ise $H_{1/3}=4$ m ve üzerindeki fırtınalarda, yastık bloklarının yerlerinden çıkıp, eğim boyunca denize doğru kaymalarına sebep olmuştur. Yastık blokları çıkan üst bloklar, kendi ağırlıkları ve dalga kuvvetleri yardımıyla topyekün denize doğru dönmüş ve bu arada yer yer çıkan bloklar nedeniyle de aralarında boşluklar oluşmuştur. Bu hasarlar 1971 fırtınası gibi bir fırtına olmadan meydana gelmiştir. Dolayısıyla o şiddette bir fırtınada mevcut blokların da dağılması muhtemeldir. Bu nedenle en kısa sürede tamir edilmesi düşünülmüştür (Günbak vd., 1986).



Şekil 6.3 Yıkılma öncesi ve sonrası kesiti (Günbak vd., 1986).



Şekil 6.4 1972'de önerilmiş tamir kesiti (Günbak vd., 1986).



Şekil 6.5 Dalgıç gözlemleri (Günbak vd., 1986).

6.1.3 Tamir Yöntemleri

Antalya limanı dalgakıranının tamiri için uygun yöntemin seçilmesi için çeşitli model deneyleri yapılmıştır. Antalya için dalga tahmini yapmak amacı ile 1976-1986 yılları arasındaki "Sinoptik basınç haritaları" kullanılmıştır. Basınç değerleri bilgisayar programları yardımı ile önce rüzgar değerlerine sonra rüzgar dalgalarına dönüştürülmüştür. Gerçek kesit deneyleri sonucunda hasarın, dalga yüksekliği ve periyodunun yanı sıra taş adedi ve yerleşimine bağlı olduğu gözlenmiştir.

Dalgakıran tamirat kesitlerinin araştırılması için dalgakıran gövdesi ile dalgakıran kafası için ayrı ayrı deneyler yapılmıştır. Projelendirmede dalgaların mevcut yapıya etkisini en aza indirmek ve dalga enerjisini kırılma ile azaltmak amaçlanmıştır. Bunun için dalgakıranın bir palye ile korunması düşünülmüştür.

Yapılan deneyler sonucunda dalgakıran gövdesi için en uygun olan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

Kaplama blok ağırlığı : 30 ton küp ($\gamma = 2.2 \text{ t/m}^3$)

Palye uzunluğu : 45 m

Palye üst kotu : + 4 m

Palye alt kotu : - 5.00 m

Palye eğimi : 1:5

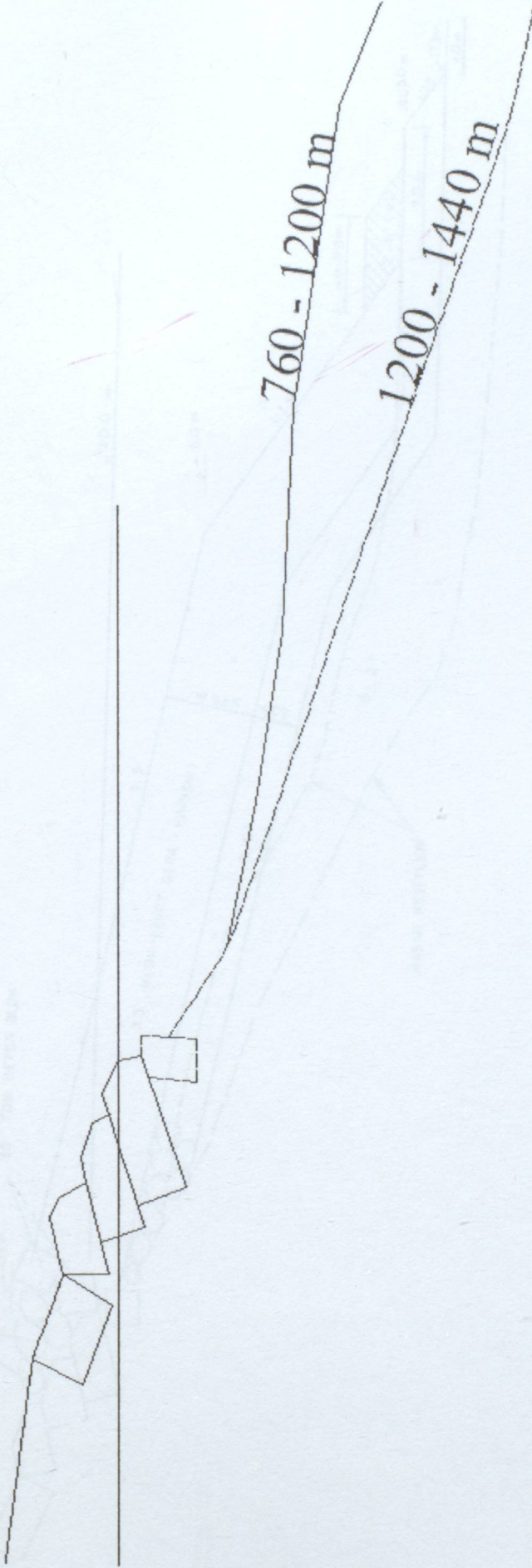
Topuk üst kotu ve kategorisi: -13 m, (2-6) ton

Kaplama blok yerleştirme : 2 sıra, karışık.

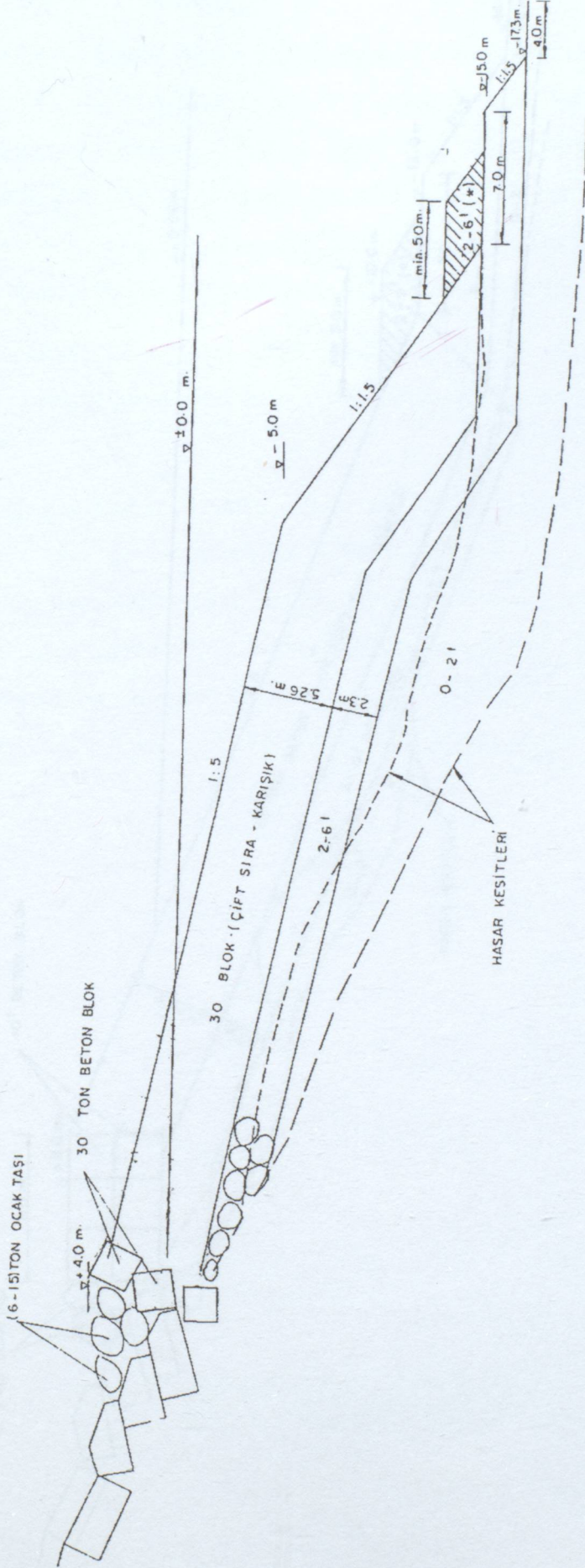
Bu deney sonuçları Şekil 6.7'de gösterilmiştir. H=9 m dalga yüksekliğinde gerekli korunmanın sağlandığı görülmüştür.

Dalgakıran kafası için ise 40 tonluk beton blok kullanılmış ve iki sıra düzenli yerleştirme yapılmıştır. Kaplama + 4 m kotundan başlayarak 1:2.5 eğimle -12 m'ye kadar uzatılmış ve bu seviyede (2-6) ton kategori topuk üzerine oturtulmuştur. Bu kesit Şekil 6.8'de verilmiştir. Bu şartlar altında yeterli korunmanın sağlandığı gözlenmiştir.

Dolayısıyla bu şartlar altında tamirat için, dalgakıran gövdesi için Şekil 6.7, dalgakıran kafası için Şekil 6.8'deki kesitlerin yapılması önerilmiş ve uygulanmıştır (Günbak vd., 1987).

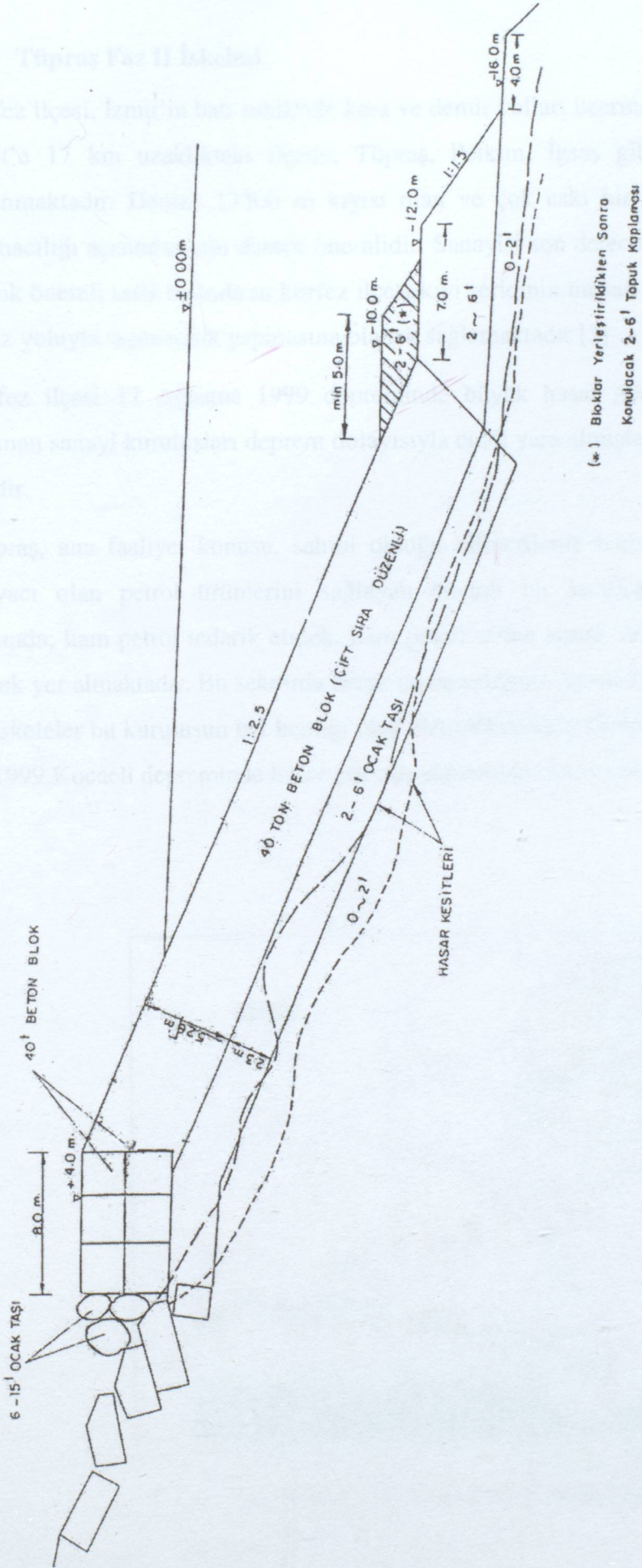


Şekil 6.6 1986 ölçümlerine göre tipik dalgakıran kesitleri (Günbak vd., 1986).



(*) Bloklar Yerleşimden Sonra
Kenulacak 2-6 Topuk Kapsaması

Şekil 6.7 Gövde deneylerine örnek kesit (Günbak vd., 1987).



Şekil 6.8 Dalgakıran kafası için örnek kesit (Günbak vd., 1987)

6.2 Tüpraş Faz II İskelesi

Körfez ilçesi, İzmit'in batı sahilinde kara ve demir yolları üzerinde yer almaktadır (Şekil 6.9). İzmit'e 17 km uzaklıktaki ilçede, Tüpraş, Petkim, İgşaş gibi büyük sanayi kuruluşları bulunmaktadır. Denize 13500 m kıyısı olan ve çok eski bir tarihe sahip olan ilçe deniz taşımacılığı açısından son derece önemlidir. Sanayisi son derece gelişmiş olan ve bünyesinde birçok önemli tesis barındıran körfez ilçesi kıyı şeridinin müsait olması sebebiyle fabrikaların deniz yoluyla taşımacılık yapmasına olanak sağlamaktadır [3].

Körfez ilçesi 17 Ağustos 1999 depreminde büyük hasar gören yerlerden biridir. İlçede bulunan sanayi kuruluşları deprem dolayısıyla ciddi yara almışlardır. Tüpraş da bu tesislerden biridir.

Tüpraş, ana faaliyet konusu, sahibi olduğu rafinerilerde ham petrolü işleyerek ülkemizin ihtiyacı olan petrol ürünlerini sağlayan önemli bir kuruluşumuzdur. Faaliyet konuları arasında; ham petrol tedarik etmek, ham petrol rafine etmek ve petrol ürünleri ithal ve ihraç etmek yer almaktadır. Bu sektörde deniz taşımacılığının önemi büyüktür. Dolayısıyla limanlar ve iskeleler bu kuruluşun bel kemiği olan elemanlardandır (Şekil 6.10). Tüpraş Faz II iskelesi de 1999 Kocaeli depreminde hasar görmüş yapılardan biridir (Şekil 6.11 ve 6.12).



Şekil 6.9 Körfez ilçesi haritası [4].

6.2.1 Probleme Genel Bakış

Meydana gelen deprem sonrasında yapılan incelemede Tüpraş Faz II iskelesinin belirli kısımlarının hasar gördüğü saptanmıştır. Yaklaşım köprülerinde, ana dolfenlerde ve platform köşesi ilave tamponlarda önemli bir hasara rastlanmamıştır. Bununla birlikte, platform önemli ölçüde hasara uğramıştır. Yaklaşım köprüsünün platforma geçtiği noktadaki başlık kirişi dağılmış, yatay yükleri alan meyilli kazıkların çoğu başlık kirişinden koparak ayrılmış ve kirişlerin kazıklarla bağlantı noktalarında çatlaklar oluşmuştur (Akın, 1999).

6.2.2 Tamir Yöntemleri

Ön inceleme sonrasında, daha detaylı tespitlerin yapılması amacıyla bir seri çalışma yapılmıştır. Hasarın tahmini portresi çıkarılıp yapılacak işin tarifi belirlenmiştir. Bu süreç esnasında;

Gemi yanaşmalarını düşük hızda tutarak azami dikkat gösterilerek sistemin işletmeye açılması,

İşletme anında platform altındaki kopan aşırı hasarlı ikili kazık gruplarının çelik profillerle geçici takviyesi,

Yanaşma anında aşırı dikkat gösterilerek platform yapısına herhangi bir yanaşma teması olmaması,

Sistemin deniz altı ve deniz üstü ciddi ve hassas kontrollerinin yapılıp hasarların tam olarak tespiti,

Tespit edilmiş hasar durumuna göre tamir ve takviye projesinin hazırlanması,

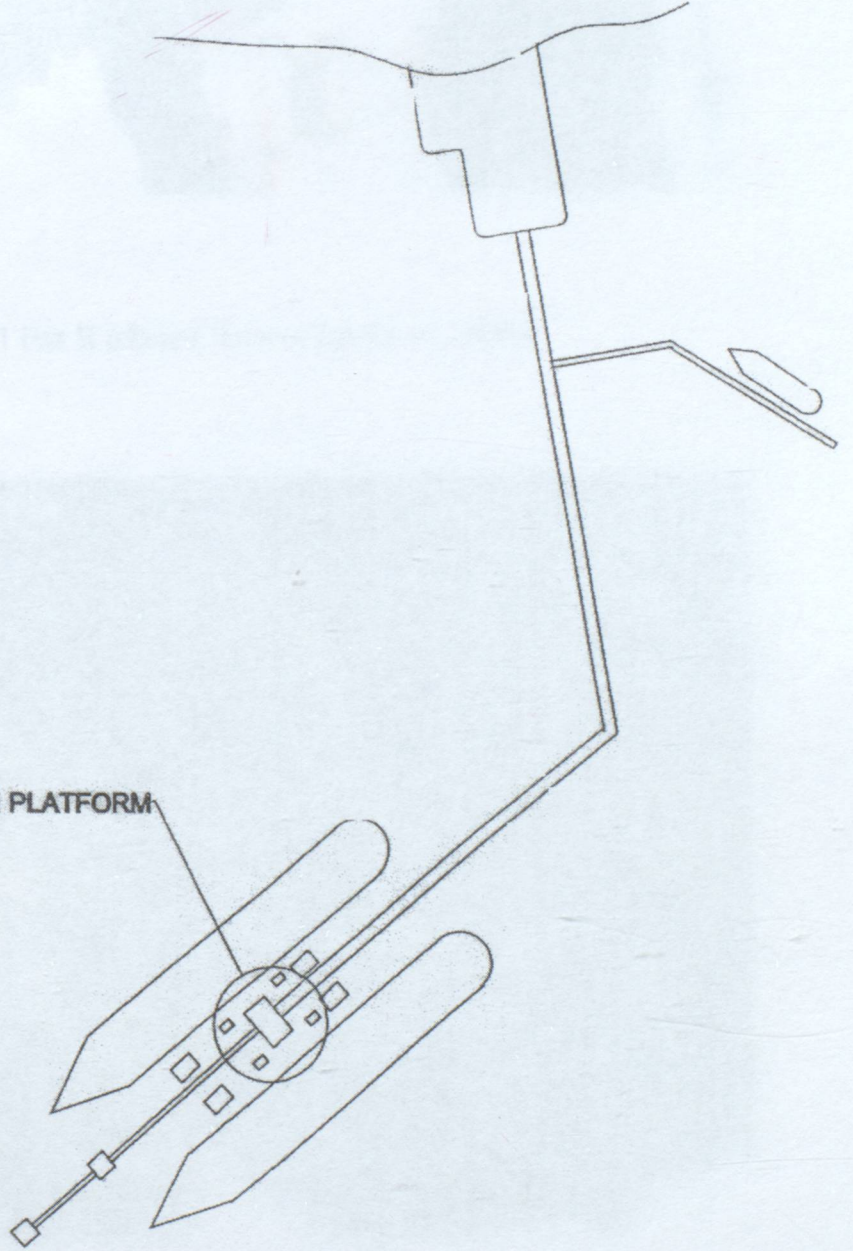
Tesisin yakınında deniz tabanında fay hatlarının oluşup oluşmadığının araştırılması tavsiye edilmiştir.

Çalışmada hasar onarımının tasarımı iki ana temel üzerinde yoğunlaşmıştır. Yatay itkilere karşı eğik kazık ilavesi ve hasarlı kazık başlık bağlantılarının takviyesidir. Yapılacak uygulama projesinin ilk aşamasında, 55 adet çelik boru kazıklı mevcut sistemin her iki yöndeki gerilmeleri hesaplanmıştır. Günümüz şartnamelerine göre hesaplanan deprem gerilmelerinin, emniyetin biraz üzerinde çıkması ilave kazık çakılmasını gerektirmiştir. Kazık ebadı $\phi 762/12\text{mm}$ (mevcutta kullanılan) olarak seçilmiştir. İlk etapta platformun kuzey-güney kenarlarına $\frac{1}{4}$ meyilli 16 adet kazık çakılması düşünülmüştür ancak hesap sonuçlarından sistemin doğu-batı yönünde zayıf kaldığı görülüp bu yönde ne yapılabileceği araştırılmıştır (Akın, 1999).

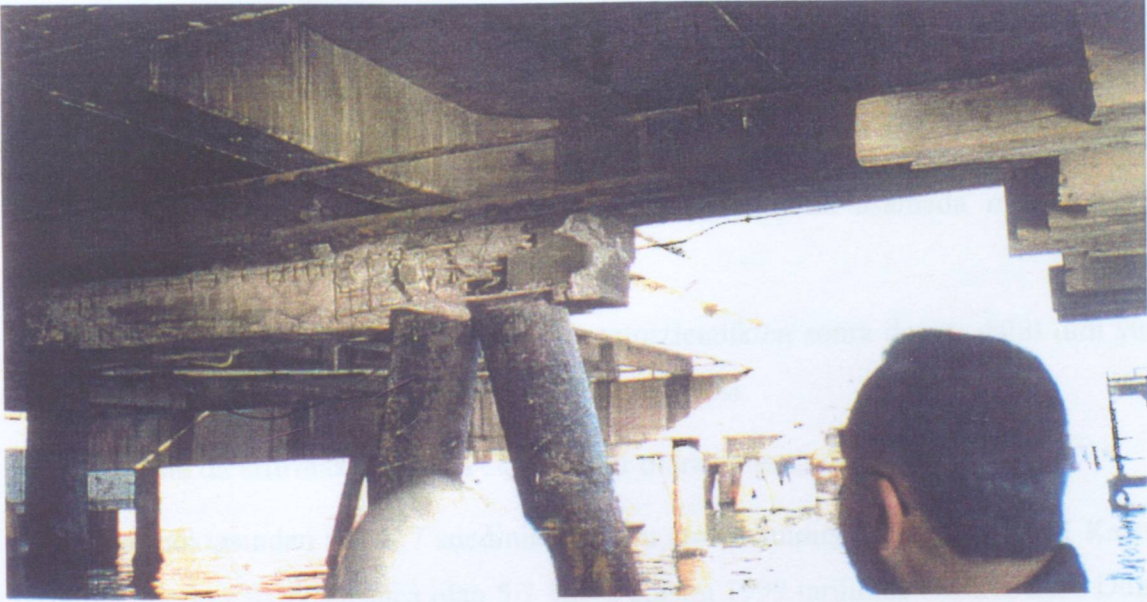
N



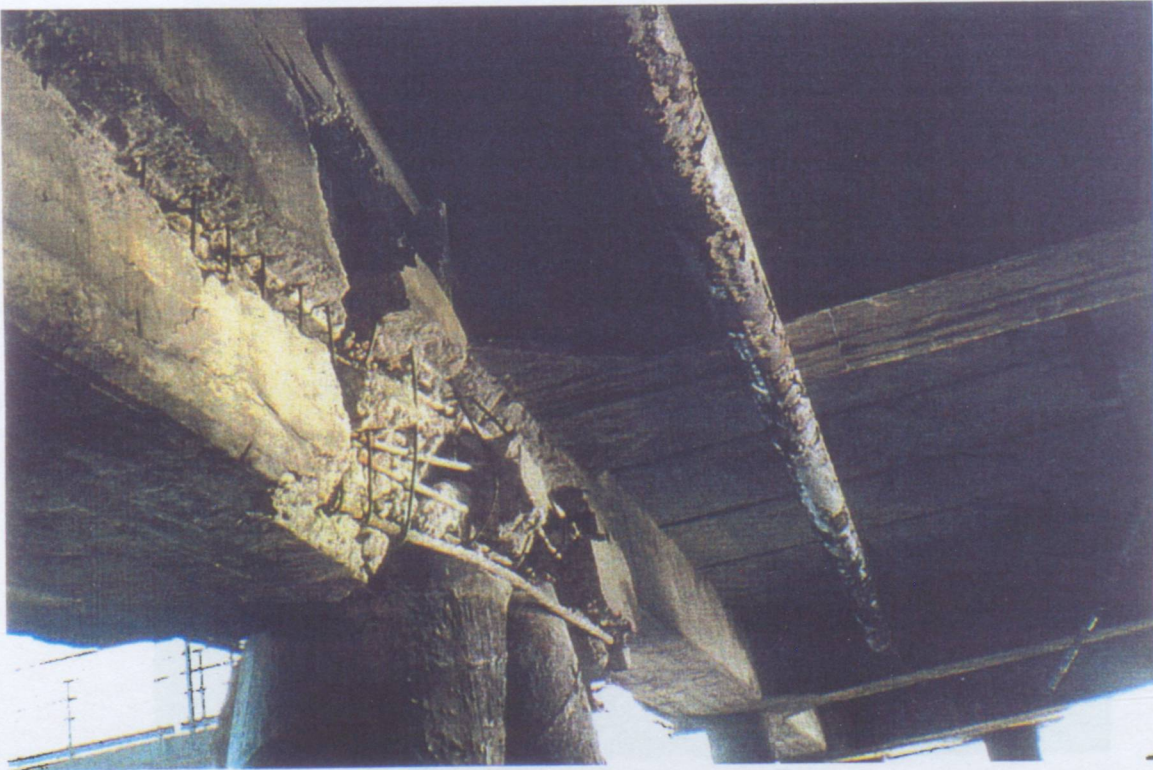
CİDDİ HASARLI PLATFORM



Şekil 6.10 Faz II iskelesi hasar krokisi (Akın, 1999).



Şekil 6.11 Faz II iskelesi hasarı (Yüksel vd., 2000)



Şekil 6.12 Faz II iskelesi hasarı (Yüksel vd., 2000)

Platformun devamındaki yanaşma ve bağlama dolfenleri arasındaki yürüme yolları kaldırıldığında, yüzer şahmerdanın doğu kenarına yaklaştırılmasının mümkün olduğu

ölçülmüştür. Buraya çakılacak 4 adet eğik kazıkla birlikte ilave kazık sayısı 20 olmuştur. Mevcutla birlikte toplam kazık sayısı 75 adet olan yeni sistem tekrar hesaplanıp sonuçlarının emniyetli olduğu bulunmuştur. Böylece kazıklar tasarıma uygun olarak yerleştirilmiştir.

Aynı zamanda, donatı yüzeylerinin temizliğinden sonra, ilk aşamada mevcut donatıların yüzeyine Araldite Primer 012 TU uygulanması,

Pürüzlendirilen ve pas payı kırılan betonlar temizlendikten sonra donatı dahil tüm yüzeylere Araldite Epoksibond uygulanarak yeni beton dökülmesi

aderansı daha da artırmak amacıyla ek tedbirler olarak önerilmiştir.

22 düğüm noktasından ancak 7 adedinin onarımı tamamlanmış durumda iken 11 Kasım 1999 tarihinde merkez üssü Sapanca olan 5.7 ve 12 Kasım 1999 tarihinde merkez üssü Düzce olan 7.2 büyüklüğünde iki deprem daha yaşanmıştır.

Deprem sonrası yükleme platformunun hasarsız olan 5 adet düğüm noktasında yeni çatlaklar oluşmuştur. Bu defaki çatlaklar; 17 Ağustos depreminde eğik kazıklı bütün düğüm noktaları hasar gördüğünden, onarımı tamamlanmış olan bölgenin aksi istikametindeki dik kazıklı düğüm noktalarında meydana gelmiştir. 5 adet düğüm noktasının mafsallaştığı kabul edilerek mevcut duruma göre hesaplar yeniden yapılmıştır (Şekil 6.13).



Şekil 6.13 Tüpraş Faz II İskelesi (2003).

6.3 Karamürsel Ereğli Balıkçı Barınağı

Karamürsel ilçesi İzmit Körfezi'nin güney kıyısında, İzmit-Yalova kıyı yolu üzerindedir

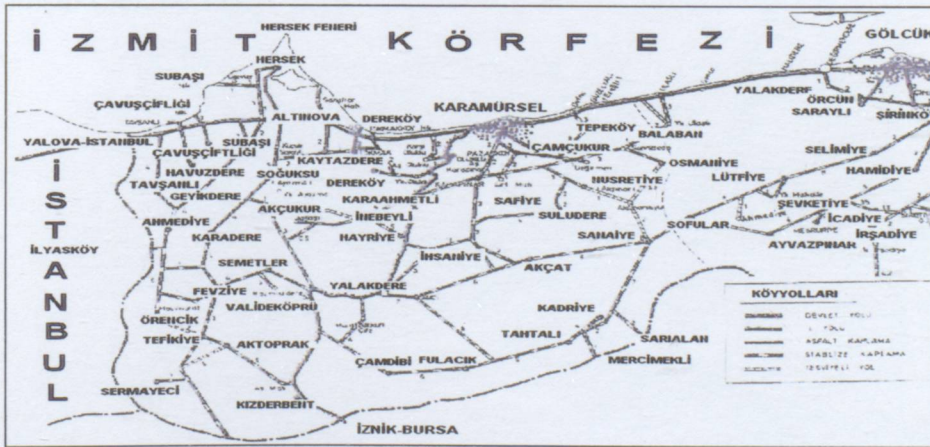
(Şekil 6.14). İzmit'e uzaklığı 34 km'dir. Kocaeli ilinin turizm açısından en gelişmiş ilçelerinden biridir (Şekil 6.15). Kocaeli'nin Karamürsel İlçesinin Ereğli beldesinde bulunan balıkçı barınağı 230m dalgakıran ve 75m uzunluğunda (-2 m) derinlikli rıhtımdan oluşmaktadır (Şekil 6.16).

İnşa edilmiş olan dalgakıran taş dolgu tipindedir. Dalgakıran gövdesi (0-2) ton malzeme ile çekirdek malzemesi (2-6) ton kategori anroşman ile koruyucu kaplama tabakası teşkil edilmiştir (Yüksel vd., 2000).

Rıhtımlar su içi beton tipinde inşa edilmiştir. Rıhtım altları (0-0.25) ton temel tabakası üzerine oturtulmuştur. Rıhtım arkası (0-0.4) ton kategorik malzeme ile doldurulmuştur.



Şekil 6.14 Karamürsel ilçesi haritası [5].



Şekil 6.15 Karamürsel ilçesi haritası [5].

1999 Kocaeli depreminde önemli derecede hasar görmüş ve kıyı şeridi denize göçmüştür. Ereğli beldesi ise ilçenin balıkçılık açısından önemli merkezlerindedir. Barındırdığı balıkçı

barınağı deprem sırasında hasar görmüştür.

6.3.1 Probleme Genel Bakış

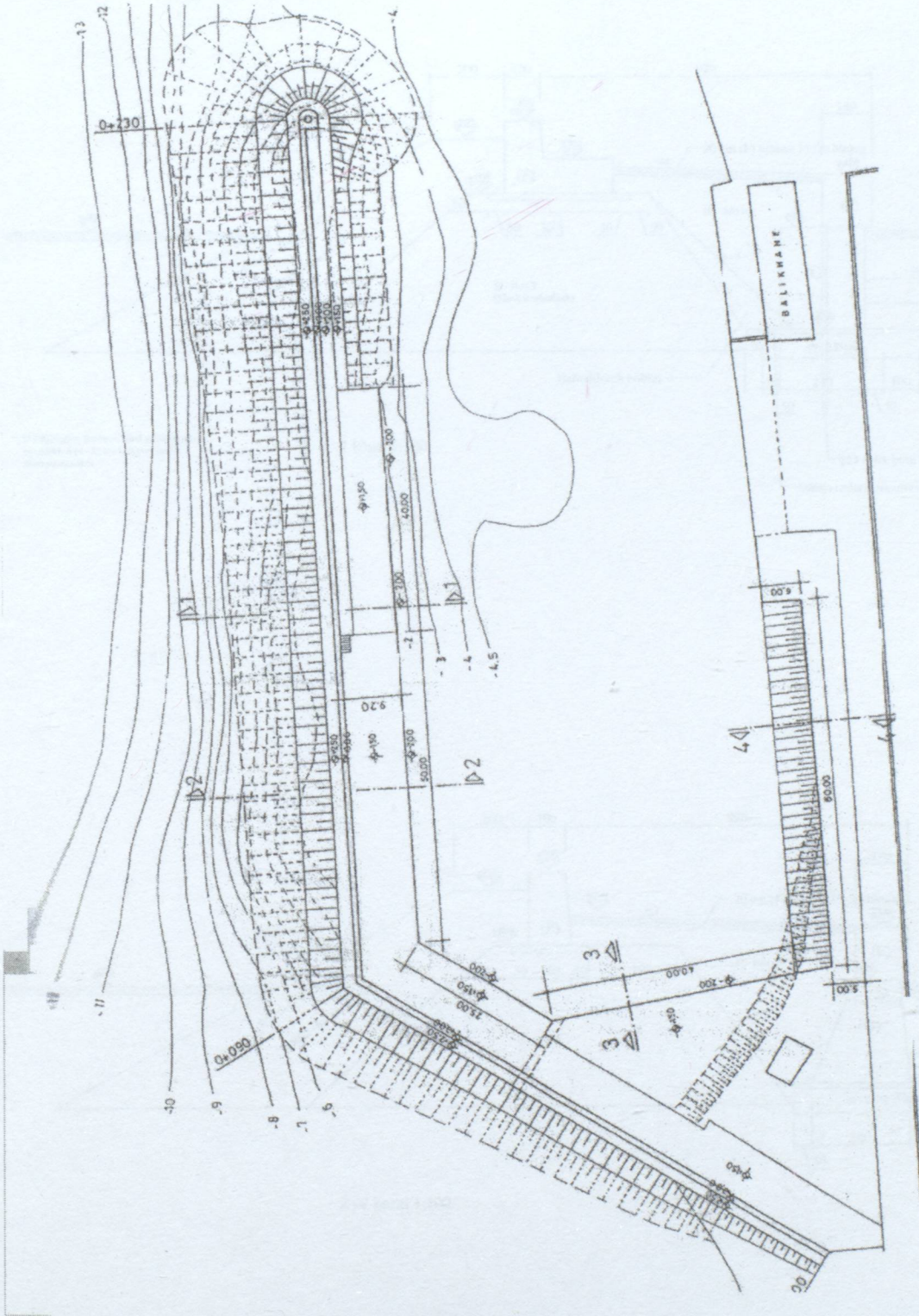
Karamürsel Ereğli Balıkçı Barınağı 1999 depreminde hasar görmüş ve yapılan hasar tespiti sonucunda aşağıdaki problemler ortaya çıkmıştır (Yüksel vd., 2000):

1. Dalgakıran kronman betonlarında anolar arası dilatasyon derzlerinden anoların birbirine göre ± 10 cm yatay yer değiştirme yaptığı görülmüştür.
2. Rıhtım geri sahalalarında 25 cm'ye varan çökmeler rıhtım ile saha betonu arasında 30 cm'ye varan açılmalar görülmüştür.
3. Rıhtım geri sahasında çöken kesimlerde dolgunun boşaldığı ve boşluklar oluştuğu görülmüştür.

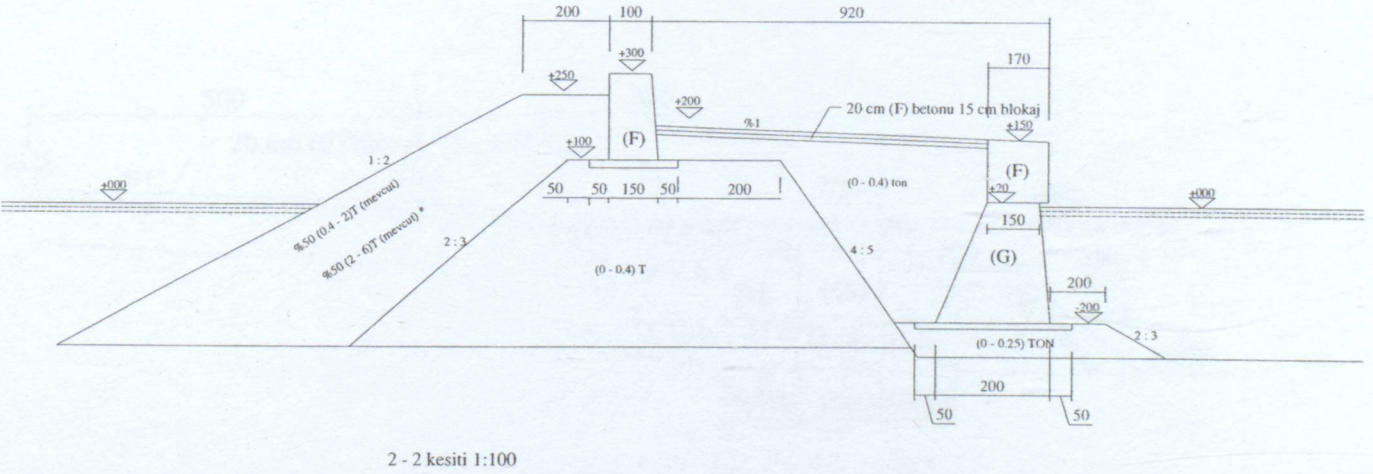
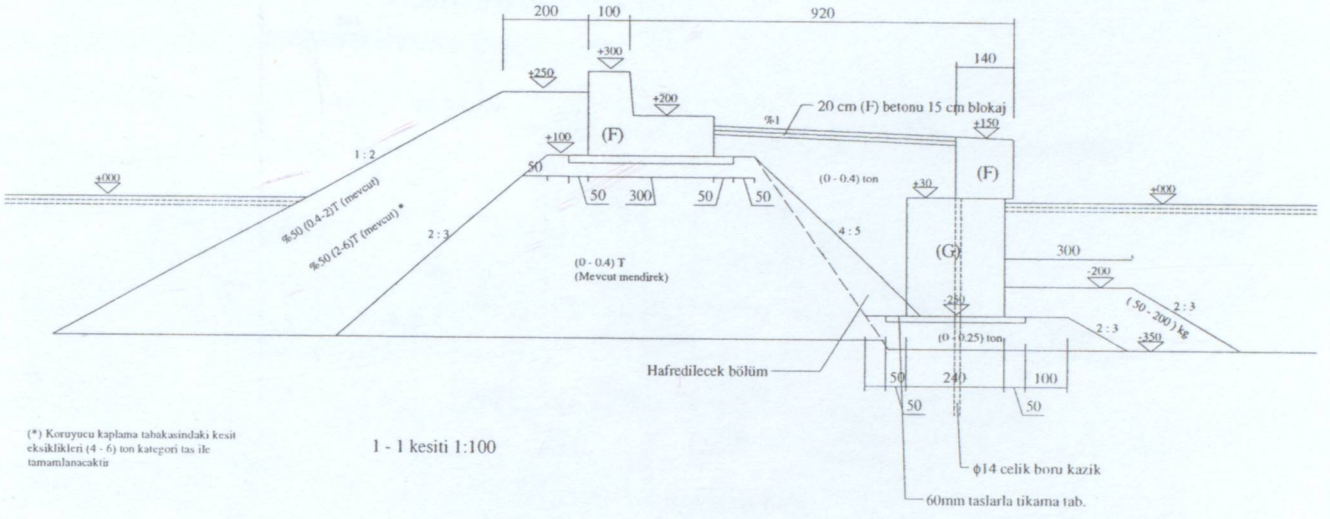
6.3.2 Tamir Yöntemleri

Yapılan incelemeler sonucunda ortaya çıkan tabloya göre çözümler üretilmiştir. Depremde hasar görmüş olan -2.00 m derinlikli rıhtım arkalarındaki hasarların onarımı için, rıhtım arkasında uygun olmayan nitelikli dolgu malzemesi ile kırılmış ve çatlamış kaplama betonlarının kazılarak çıkarılması ve bunun yerine uygun nitelikte (sıvılaşma potansiyeli bulunmayan) (0-0.4) ton kategorik malzeme ile dolgu yapılması ve sıkıştırılması, daha sonra temel altı malzeme ve kaplama betonu (F sınıfı beton) ile sahanın kullanıma hazır hale getirilmesi planlanmıştır (Yüksel vd., 2000).

Barınak içinde hasar gören çekek yerinin uygun bir kesitle yeniden oluşturulması da proje içinde yer almıştır (Şekil 6.17).



Şekil 6.16 Karamürsel Ereğli balıkçı barınağı (Yüksel vd.,2000).



Şekil 6.17 Tamir kesitleri (Yüksel vd, 2000).

6.4 Genel BP Terzileri

Genel BP Terzileri 32 km uzunluğunda olan ve denizden en az 10 m yükseklikte bulunan

kıyısında kurulmuştur. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

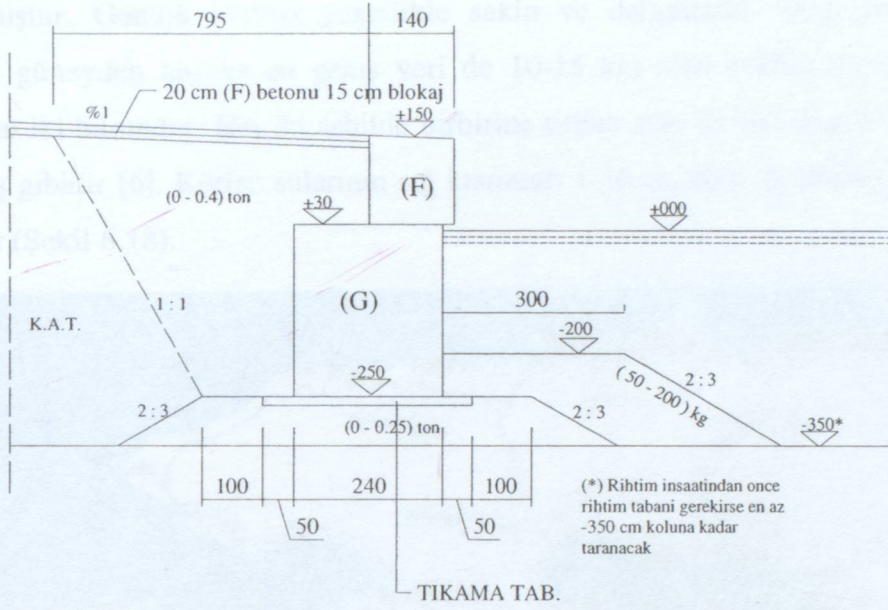
uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

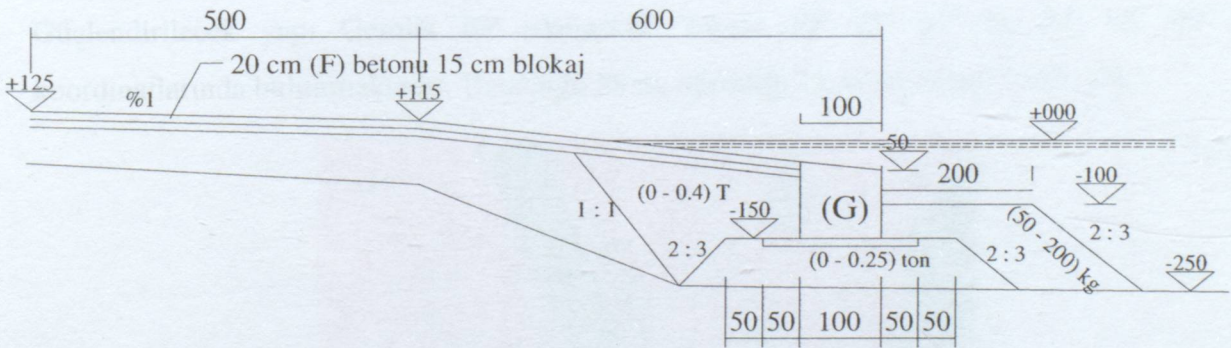
uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm

uzunluğunda 35 cm yüksekliğindedir. Genel BP Terzileri 10-15 m uzunluğunda ve 35 cm



3 - 3 Kesiti 1:100



4 - 4 Kesiti 1:100

Şekil 6.17 Devamı

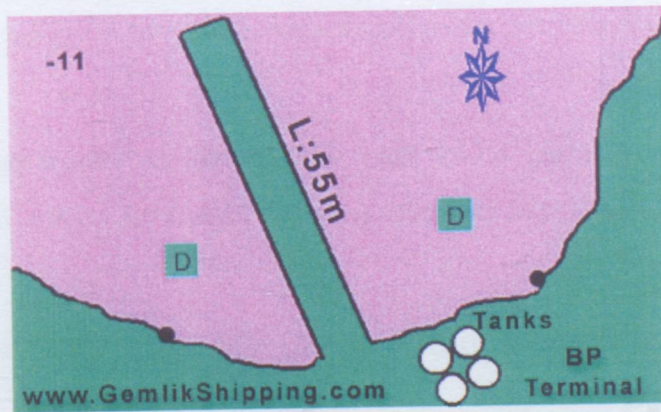
6.4 Gemlik BP Tesisleri İskelesi

Gemlik Bursa'nın 32 km kuzeybatısında, Marmara denizinin en sakin ve adını verdiği körfezi kıyısında kurulmuştur. Gemlik körfezi genellikle sakin ve dalgasızdır. Doğudan batıya uzunluğu 35 km, güneyden kuzeye en geniş yeri de 10-15 km olan körfez, daima sakin kalmasını sağlayan iki burundur. Her iki sahilde birbirine cephe alan bu burunlar körfezi bir kısıkaç içine almış gibidir [6]. Körfez sularının sığ kısımları 1-10 m, derin kısımları ise 100-150 m arasındadır (Şekil 6.18).



Şekil 6.18 Gemlik haritası [6].

Güçlendirilecek yapı Gemlik BP iskelesidir. İskele $40^{\circ} 25' 04''$ N, $29^{\circ} 06' 05''$ E koordinatlarında bulunmaktadır. Uzunluğu 55 m, derinliği 11 m'dir (Şekil 6.19) [7].



Şekil 6.19 Gemlik iskelesi krokisi [7]

6.4.1 Probleme Genel Bakış

İskelenin güçlendirmeden önceki hali iki aşamada inşa edilmiştir. İlk aşama 1965 yılında inşa edilen 8 adet ϕ 508 mm çelik boru kazıklardan oluşan (43.62×6.60 m) boyutunda yaklaşım köprüsü ve 9 adet ϕ 1117.6 mm çelik boru kazıklardan oluşan (9.75×10.20 m) boyutunda yanaşma kısmıdır. İkinci aşama ise yanaşma kısmının güçlendirilmesi amacıyla 1995 yılında inşa edilmiş, 16 adet ϕ 1016/12 mm çelik boru kazıklardan oluşan (28.70×13.80 m) boyutundaki yeni yaslanma kısmıdır (MAG Müh, 2003).

Yapılan incelemeler sonucunda, mevcut iskeledeki kazıkların, başlık kirişlerinin ve döşemelerin hasara uğradıkları görülmüştür. Hasar tespiti amacıyla; dalgıç vasıtasıyla su içinde video filmleri çekilmiş, iskelenin altına girilerek fotoğraf çekilmiş ve 3 boyutlu modelleme yapılmıştır. Bu işlemler sonucunda iskelenin daha fonksiyonel hale getirilmesi ve herhangi bir doğa olayına karşı dayanıklı olabilmesi için güçlendirilmesi gerektiğine karar verilmiştir.

6.4.2 Tamir Yöntemleri

Öncelikle ϕ 508 mm çelik boru kazıkların zamanla korozyona bağlı olarak üst bölgesinde çelik boru çeperinin hemen hemen tamamıyla yok olduğu, içindeki betonarme betonun ise özelliklerini yitirdiği görülmüştür. Bu kazıklar bu halleriyle sadece düşey yükleri taşıyabilmekte ve yatay yüklerde hasar görüp kırılabilecekleri yapılan hesaplarda görülmüştür.

Döşeme ve başlık kirişlerinde donatının korozyona uğramasından kaynaklanan pas payı dökülmeleri, taşıyıcı donatıların açığa çıkması ve korozyona uğrayarak çapının daralması gibi yapının taşıyıcılığını riske sokan durumlar tespit edilmiştir.

Yaslanma kısmındaki ϕ 1117.6 mm çelik boru kazıklarında üst bölgenin korozyona uğradığı görülmüştür.

İkinci aşamada yapılan başlık kirişlerinde de bazı kılcal çatlaklar gözlenmiştir. Ayrıca karadan denize bakışta sol ön kısımdaki babanın altındaki başlık kirişinde küçük bir hasar belirlenmiştir.

Bu hasarların düzeltilmesi için ϕ 508 mm çelik boru kazıklara güçlendirme yapılması gerekmektedir. Bu mantolama yapılarak veya yanlarına yeni kazık çakılarak yapılabilmektedir.

İlk yöntemin uygulanabilmesi için mantolamanın zeminin minimum 1.5-2 m altına kadar

inmesi gerekmektedir. Çünkü özellikle sığ bölgelerde kazık cidarındaki korozyon zemine kadar ilerlemiştir. Bu iskele şartları düşünüldüğünde uygulanması hem imkansız hem de çok pahalı bir yöntemdir. Bu nedenle ilave ϕ 508/10 mm çelik boru kazıklar çakılarak güçlendirme yapılması daha uygun olmaktadır.

Aynı zamanda başlık kirişi, prekast kirişler ve döşemelerin hasarlı kısımlarının temizlenerek pas payı alındıktan sonra, kum raspası yapılarak kir, toz ve pastan arındırılması, epoksi esaslı reçine ile korunarak tüm yüzeyin aderans köprüsünün temin edilmesi, tüm bu işlemlerden sonra yeni yapılacak başlık kirişi ile temas etmeyen yüzeylerin tamir harcı ile tesviye edilmesi gerekmektedir (MAG Müh., 2003).

Sonuç olarak mevcut iskelenin güçlendirilebilmesi için mevcut kazıkların 12 adet yeni ϕ 508 mm yeni kazık çakılarak takviye edilmesi ve döşeme ve başlık kirişlerindeki hasarların anlatıldığı şekilde onarılması uygun görülmüş ve önerilmiştir.

6.5 Karadeniz Sahil Yolu Tahkimatı (Bolaman-Giresun Arası)

Bolaman, Ordu ili Fatsa ilçesinin bir beldesidir. 41° kuzey paraleli ile $37-38^\circ$ doğu meridyeni üzerinde yer almaktadır. Doğusunda Perşembe, batısında Ünye, güneyinde Korgan, Çamaş, Çatalpınar ve Kumru ilçeleri, kuzeyinde ise Karadeniz ile çevrilidir. Bolaman beldesi, Fatsa'ya 5 km uzaklıkta, sahil kenarında yer almaktadır [8] (Şekil 6.20-6.21).



Şekil 6.20 Bolaman haritası [9].



Şekil 6.21 Bolaman uzay fotoğrafı [9].

6.5.1 Probleme Genel Bakış

Kıyıya yakın tesisler ve kıyuyu korumak üzere tasarlanan deniz-kıyı ve sahil koruma yapılarında öncelikli amaç fırtına koşullarına dayanıklı ve kıyı boyu taşınım dengesini de koruyan yapılar inşa etmektir. Bu dengeyi bozan yapılar birikim ve aşınma gibi etkenlerle kıyı boyunca istenmeyen sonuçlar doğurabilmekte ve hem yapının işlevini yerine getirmesine engel olmakta hem de arazi kaybına neden olmaktadır.

Kıyılarda, büyük ölçekli deniz yapılarının yanısıra ulusal ve bölgesel ulaşım ağlarının parçası olan yolların yapımı da gerekmektedir. Özellikle Karadeniz gibi arazinin son derece değerli olduğu yerlerde kıyı yollarının inşa edilmesi zorunluluğu, yapım açısından da büyük zorlukları ve büyük maliyetleri beraberinde getirmektedir. Yolların kıyıya yakın yerdeki bölümlerini deniz etkilerinden korumak için ise özel olarak tasarlanan kıyı koruma yapılarına ihtiyaç vardır. Ülkemizde hem yapım kolaylığı, hem de yeterli miktarda ve büyüklükte malzeme bulunabilmesi nedeniyle bu tip koruma yapılarının taş dolgu ya da beton üniteler kullanılarak dolgu biçiminde yapılar olarak inşa edilmesi daha ekonomik çözümler yaratmaktadır.

Dolgu tipi kıyı koruma yapılarının projelendirilmesinin birinci aşamasında, tasarım dalgasının, bölgenin uzun dönem dalga iklimi verileri analiz edilerek saptanması, yapının bu veriler ve kıyı koşulları dikkate alınarak sağlıklı yöntemlerle projelendirilmesi, hizmet süresi içinde oluşacak fırtına dalgalarına karşı dayanıklı olarak inşa edilmiş olması gereklidir. Yapının projelendirme aşamasında, model deneyleri yardımıyla yapılacak araştırmalar, inşaat maliyetlerinde çok önemli tasarruflar ve yapı niteliğinde de gelişmeler sağlayacaktır (Dedeoğlu, 2003).

Karayolları Genel Müdürlüğü, Karadeniz Sahil Yolu tahkimatı için iki tip kesit belirlemiştir. Bu kesitler Karadeniz kıyısı boyunca her yerde değiştirilmeden uygulanmaktadır. Uygulanan proje enkesitinin mevcut birim fiyat tarifinde yer alan makine ve ekipmanla oluşturulabilmesi; 3 m ve daha fazla su derinliği olan yerlerde mümkün olmadığından $d \geq 3$ m ve $d < 3$ m için iki kesit oluşturulmuştur. $d < 3$ m için aynı kesitin topuksuz hali kullanılmaktadır (TCK, 2000) (Şekil 6.24-6.25).

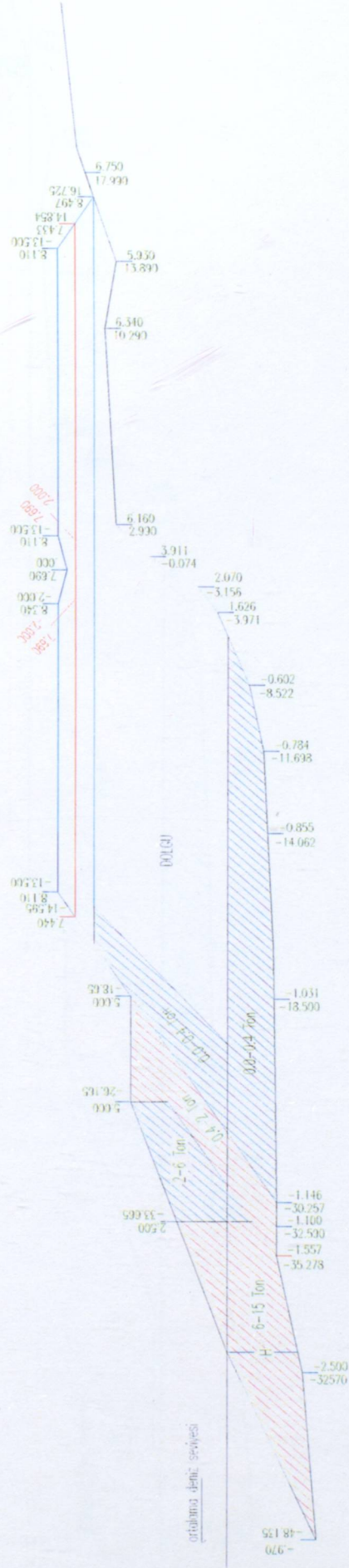
Bolaman-Giresun arası sahil yolu tahkimatı için de bu kesitler kullanılmıştır. Ancak şubat 2005'te meydana gelen fırtınada yapılar dayanım gösterememiş ve yıkılmıştır (Şekil 6.22-6.23).



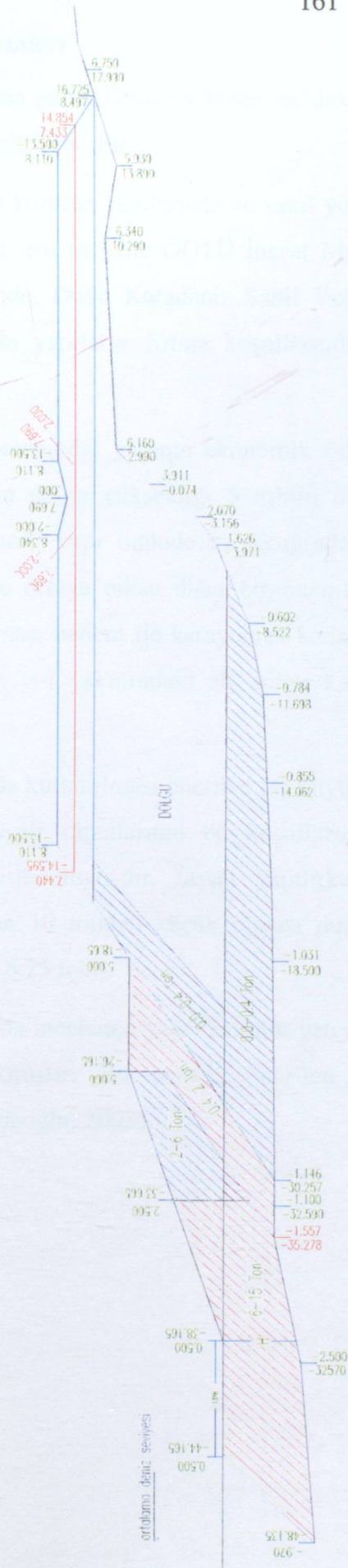
Şekil 6.22 Bolaman'daki hasarlı kesit fotoğrafı 1.



Şekil 6.23 Bolamandaki hasarlı kesit fotoğrafı 2.



Şekil 6.24 Karadeniz sahil yolu tahkimat kesiti d<3 m için (TCK, 2000).



Şekil 6.25 Karadeniz sahil yolu tahkimat kesiti d≥3 m için (TCK, 2000).

6.5.2 Tamir Yöntemleri

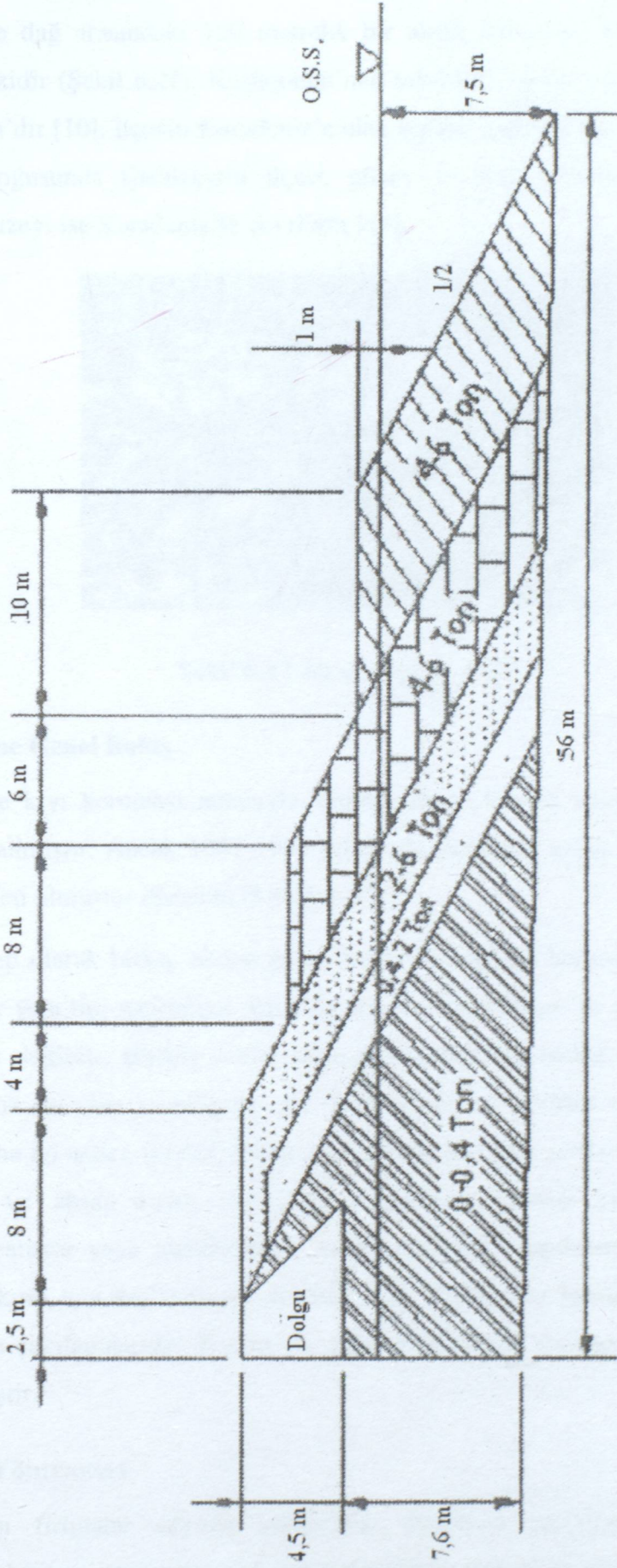
Şubat ayında meydana gelen fırtınada Bolaman'daki kesit tamamen yok olduğundan yerine yeni bir kesit uygun görülmüştür.

Doğu Karadeniz kıyı koruma yapılarında ve sahil yolunda fırtına etkisi ile hasar durumlarına sıkça rastlanmaktadır. Bu nedenle ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi'nde, Doğu Karadeniz Sahil Yolu Koruma Yapıları düşünülerek model deneyleri yardımı ile yapıların fırtına koşullarındaki denge durumlarının araştırılmasına başlanmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda, yapının ekonomik ömrü içinde yörede oluşma olasılığı çok yüksek olan, belirgin dalga yüksekliği 5 m'nin üzerindeki dalgaların, yapı önündeki su derinliğine bağlı olarak yapı önünde kırılacağından yapıya önemli etki yapacağı ortaya çıkmıştır. Deneylerde ortaya çıkan diğer bir önemli sonuç ise, fırtına durumlarında dalga tırmanması ve su aşması nedeni ile karayoluna kadar deniz etkisi olması, dolgu üzerinde su hareketleri nedeniyle yol yakınındaki alt dolgu katmanlarının oyularak yolun çökmesine neden olmasıdır.

Anroşman tabakasında kullanılması önerilen taş büyüklükleri 6-15 ton arasındadır. Taş dolgu kıyı yapılarının dengeli olmalarının ön koşullarından biri anroşman tabakasındaki taş büyüklüklerinin yeterli olmasıdır. İnşaat yapılırken anroşman tabakasında kullanılacak taşların çoğunluğunun 10 tondan küçük olması durumunda yapının hasar görme olasılığı artacaktır (Şekil 6.24-6.25 için).

Bu deneyler sonucunda incelenen yapı kesitinin yeterli görev yapamayacağı ve geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu amaçla önerilen kesit Şekil 6.26'da verilmiş ancak uygulanmamıştır (Dedeoğlu, 2003).



Şekil 6.26 Bolaman için önerilen kesit (Dedeoğlu, 2003).

6.6 Abana Sahil Tahkimatı

Abana deniz ve dağ arasındaki 150 metrelik bir alana kurulmuş Karadeniz kıyısında bir yerleşim merkezidir (Şekil 6.27). Kastamonu'nun sahildeki dört ilçesinden biridir ve buraya uzaklığı 100 km'dir [10]. İlçenin Karadeniz'e olan toplam sahil şeridi 11 km olup yüzölçümü 33 km²'dir. Doğusunda Çatalzeytin ilçesi, güney ve batısında Bozkurt ilçesi ile sınır komşusudur. Kuzeyi ise Karadeniz'le çevrilidir [11].



Şekil 6.27 Abana haritası [10].

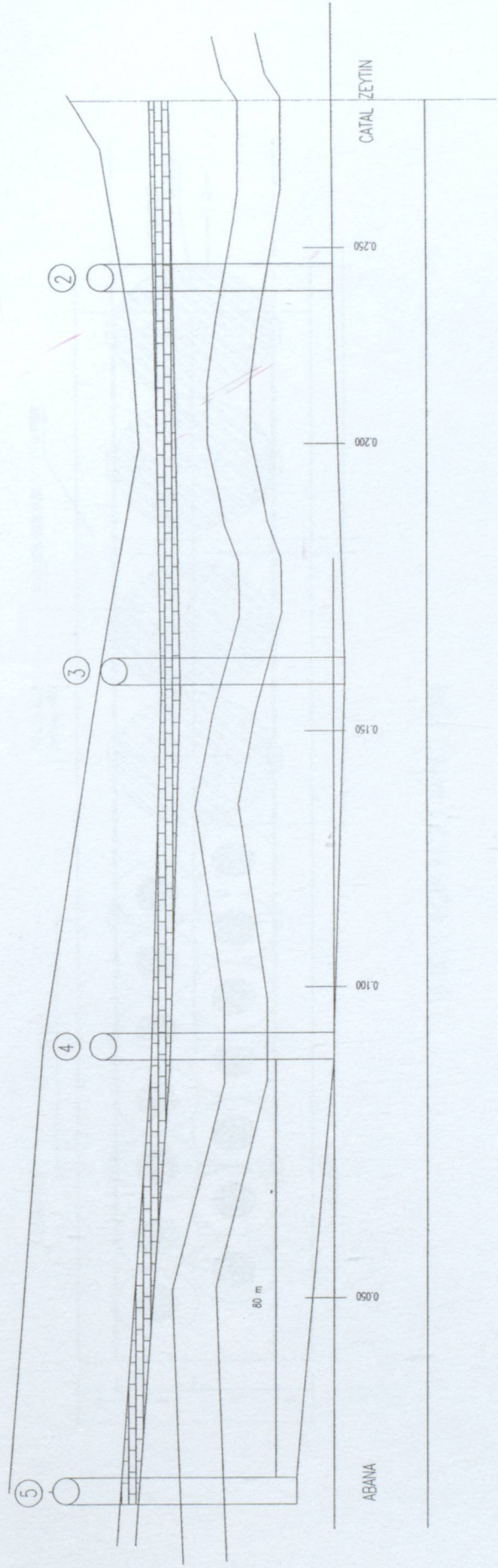
6.6.1 Probleme Genel Bakış

Abana sahilinde kıyı koruması amacıyla yapılan ahşap kazıklı mahmuzların inşaatı 1996 yılında tamamlanmıştır. Ancak 1997-1998 yıllarında meydana gelen fırtınalar mahmuzların yıkılmasına neden olmuştur (Şekil 6.28-6.29-6.30).

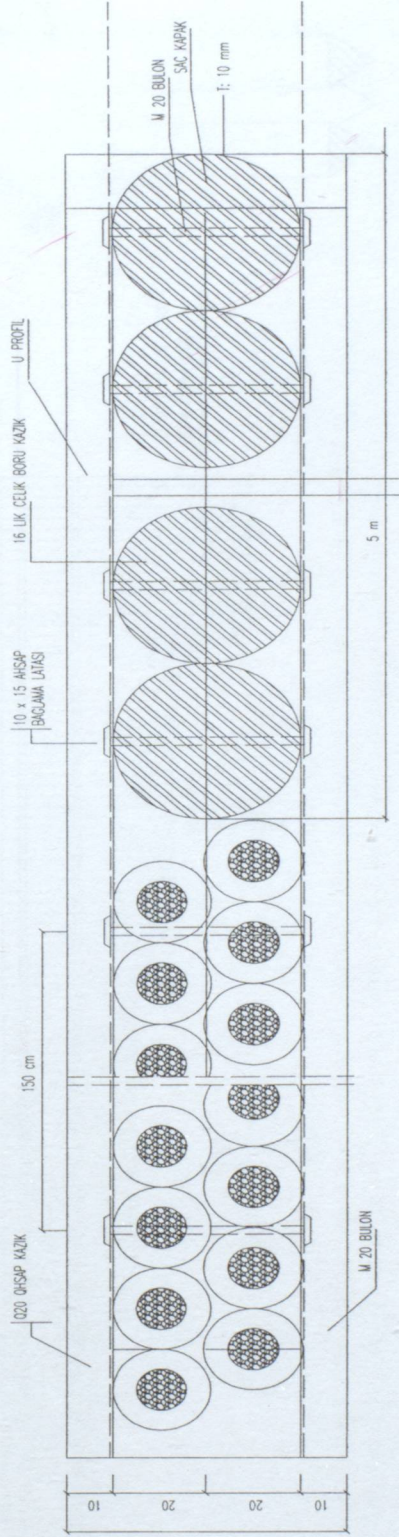
Bu yıkıma sebep olarak birkaç neden gösterilebilir. Öncelikle bölgenin doğal koşulları göz ardı edilerek bir yapı tipi seçilmiştir. Bu yapı tipi üzerine Türkiye'de yeterli bilgi birikimi ve tecrübe mevcut değildir. Bunun yerine mevcut koşullar karşısında sağlamlık ve dayanım bakımından daha iyi olan ve bölgede yer yer uygulaması görülen taş dolgu mahmuzların kullanılması daha iyi netice verebilecektir. Ayrıca projenin yöre şartlarına uygunluğu önceden araştırılmamış ve ahşap kazık mahmuzların projelendirilmesi esnasında, hiçbir ciddi araştırma, laboratuvar veya matematiksel model deneyleri yapılmamıştır. Bununla birlikte ahşap kazık çakımı için kullanılması gereken özel ekipmanlar kullanılmadığından kazıklar yeterli derinliğe çakılamamıştır. Bunlar da yapının fırtınalara dayanımını azaltmış ve yıkım meydana gelmiştir.

6.6.2 Tamir Yöntemleri

Meydana gelen fırtınalar sonrası mahmuzlar tamamen yıkıldığından, yeni sistemler tartışılabilir. Mahmuz sistemi veya açık deniz dalgakıran sistemi incelenebilir.

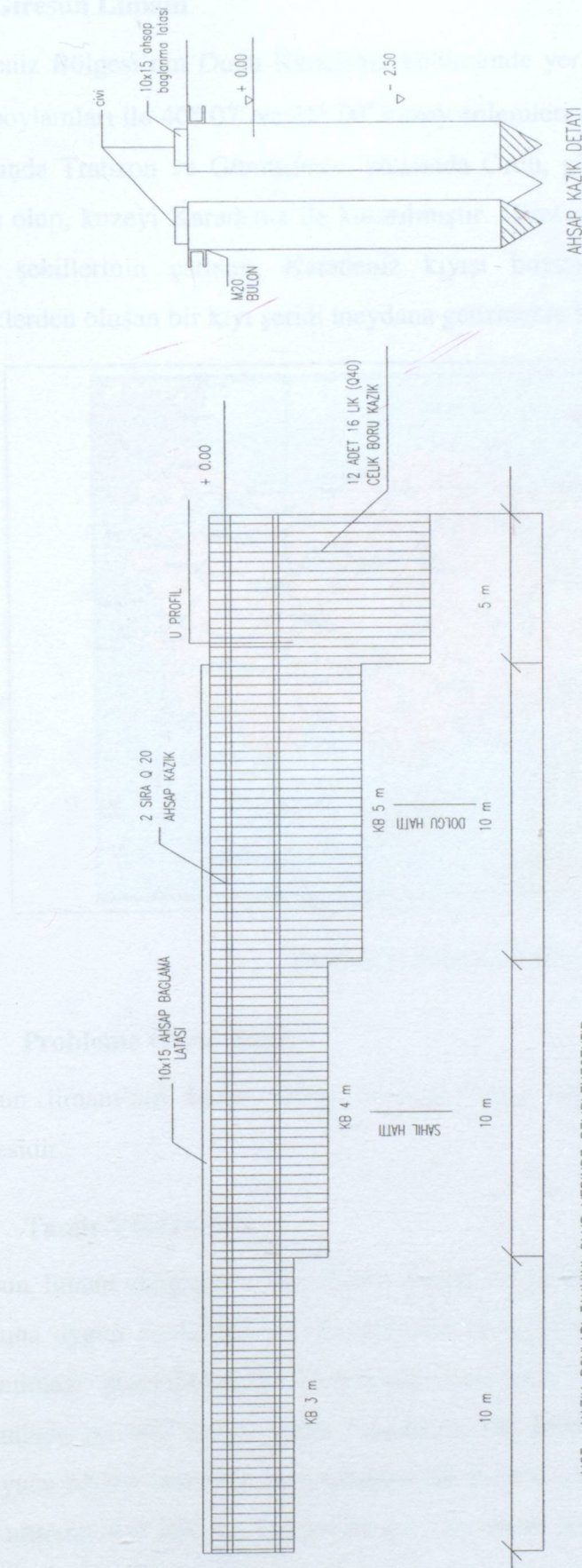


Şekil 6.28 Abana sahil yolu tahkimatı.



1:10 NOLU AHSAP KAZIKLI MAHMUZ PLANI

Şekil 6.29 Abana sahil yolu tahkimatı (kazıklar 1).



Şekil 6.30 Abana sahil yolu tahkimatı (kazıklar 2).

6.7 Giresun Limanı

Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz bölümünde yer alan Giresun ili, $37^{\circ} 50'$ ve $39^{\circ} 12'$ doğu boylamları ile $40^{\circ} 07'$ ve $41^{\circ} 08'$ kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır (Şekil 6.31). İl doğusunda Trabzon ve Gümüşhane, batısında Ordu, güneyinde Sivas ve Erzincan illeri ile komşu olup, kuzeyi Karadeniz ile kuşatılmıştır. Giresun ili kıyı şeridinde yer almaktadır ve yüzey şekillerinin çatısını, Karadeniz kıyısı boyunca uzanan oldukça dar ve alçak düzlüklerden oluşan bir kıyı şeridi meydana getirmektedir [12].



Şekil 6.31 Giresun haritası [13].

6.7.1 Probleme Genel Bakış

Giresun limanı'nın hasar nedeni tasarım dalga yüksekliğinden daha büyük dalgaların gelmesidir.

6.7.2 Tamir Yöntemleri

Giresun limanı dalgakıran inşaatında, ulusal ve uluslar arası standartlara göre dalgakıran inşaatına uygun özellikleri yeterli miktarda ve ağırlıkta en az 2.65 t/m^3 yoğunluğunda taş kullanılması gerekmektedir. Dalgakıran koruyucu tabakasında, $\frac{1}{4}$ eğimde kesitin her bölümünde iki sıra olmak üzere dalgakıran gövdesinde 15 ton beton blok kullanılmıştır. Koruyucu tabaka altındaki filtre tabakasında 2-4 ton kategori taş kullanılmıştır. Payede (-8 m kotu altında) 4-6 ton taş kullanılmıştır. Öncelikle topuk oluşturulmuş daha sonra bloklar topuktan başlayarak kronmana kadar vinçle yerleştirilmiştir (Şekil 6.32).

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Değişik yapı örneği yapılmış ve kullanımı ile ilgili edilen bu yapıya aşağıdaki öneriler elde edilmiştir:

1. Liman açıklığına göre yapılan yapıların genişliği 20 ile 30 m arasında olmaktadır. Ancak bu kullanım için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır. Bu yapılar için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır.

2. Liman açıklığına göre yapılan yapıların genişliği 20 ile 30 m arasında olmaktadır. Ancak bu kullanım için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır. Bu yapılar için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır.

3. Liman açıklığına göre yapılan yapıların genişliği 20 ile 30 m arasında olmaktadır. Ancak bu kullanım için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır. Bu yapılar için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır.

4. Liman açıklığına göre yapılan yapıların genişliği 20 ile 30 m arasında olmaktadır. Ancak bu kullanım için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır. Bu yapılar için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır.

5. Liman açıklığına göre yapılan yapıların genişliği 20 ile 30 m arasında olmaktadır. Ancak bu kullanım için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır. Bu yapılar için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır.

6. Liman açıklığına göre yapılan yapıların genişliği 20 ile 30 m arasında olmaktadır. Ancak bu kullanım için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır. Bu yapılar için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır.

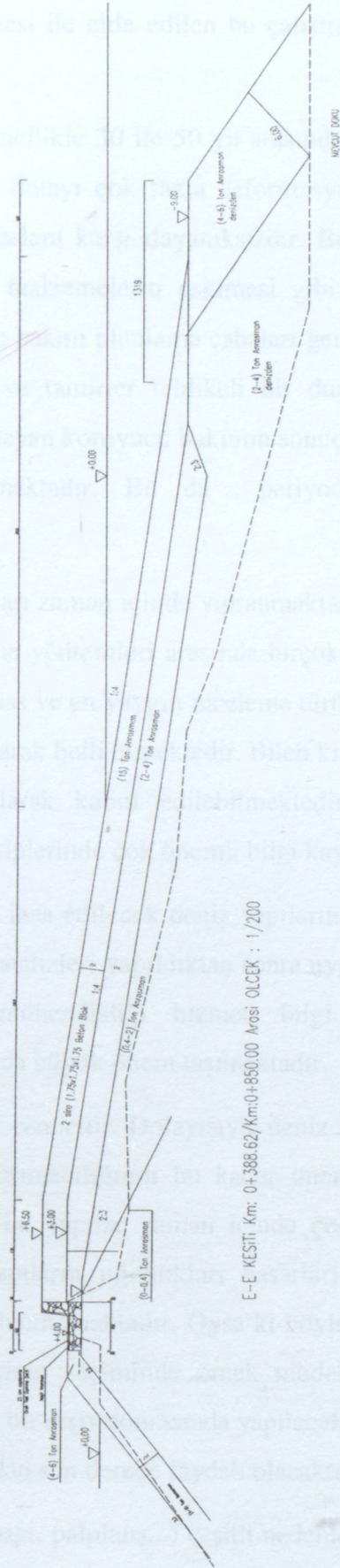
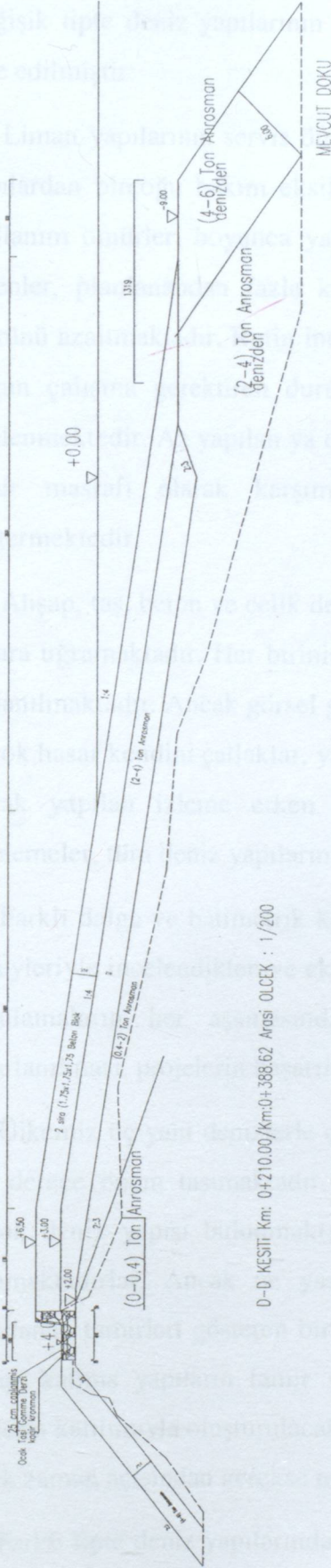
7. Liman açıklığına göre yapılan yapıların genişliği 20 ile 30 m arasında olmaktadır. Ancak bu kullanım için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır. Bu yapılar için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır.

8. Liman açıklığına göre yapılan yapıların genişliği 20 ile 30 m arasında olmaktadır. Ancak bu kullanım için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır. Bu yapılar için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır.

9. Liman açıklığına göre yapılan yapıların genişliği 20 ile 30 m arasında olmaktadır. Ancak bu kullanım için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır. Bu yapılar için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır.

10. Liman açıklığına göre yapılan yapıların genişliği 20 ile 30 m arasında olmaktadır. Ancak bu kullanım için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır. Bu yapılar için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır.

11. Liman açıklığına göre yapılan yapıların genişliği 20 ile 30 m arasında olmaktadır. Ancak bu kullanım için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır. Bu yapılar için yapıların açıklığına göre yapılar 30 m genişliğinde yapılmalıdır.



Şekil 6.32 Giresun limanı ana dalgırını onarım kesitleri (DLH tarafından uygulanan kesitler).

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Değişik tipte deniz yapılarının incelenmesi ile elde edilen bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Liman yapılarının servis ömürleri genellikle 30 ile 50 yıl arasında olmaktadır. Ancak bu yapılardan birçoğu bakım eksikliğinden dolayı çok fazla deformasyona uğrayabilmektedir. Kullanım ömürleri boyunca yapılar hasarlara karşı dayanıksızdır. Buna ek olarak çevresel etkenler, planlanandan fazla kullanım, malzemelerin eskimesi gibi sebepler de kullanım ömrünü azaltmaktadır. Rutin inceleme ve bakım planlama çabaları genellikle çok masraflı ve yoğun çalışma gerektiren durumlardır ve tamirler tehlikeli bir durum oluşuncaya kadar ertelenmektedir. Az yapılan ya da yapılmayan koruyucu bakımın sonuçları, kazalar veya artan tamir masrafı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu da periyodik bakımın önemini göstermektedir.
2. Ahşap, taş, beton ve çelik deniz yapıları zaman içinde yıpranmakta veya çeşitli nedenlerle hasara uğramaktadır. Her birinin inceleme yöntemleri arasında birçok test ve ölçüm metodu kullanılmaktadır. Ancak görsel gözlem esas ve en yaygın inceleme türü olmaktadır. Yapılarda birçok hasar kendini çatlaklar, yarıklar olarak belli etmektedir. Bilen kişiler tarafından düzenli olarak yapılan izleme erken teşhis olarak kabul edilebilmektedir. Bu nedenle görsel incelemeler, tüm deniz yapılarının bütün tiplerinde çok önemli bilgi kaynaklarıdır.
3. Farklı dalga ve batimetrik koşullarda inşa edilecek deniz yapılarının durumlarının model deneyleriyle incelendikten ve ekonomik analizleri yapıldıktan sonra uygulamaya geçilmesi ve uygulamaların her aşamasında kıyı mühendisliği hizmet, bilgi ve deneyimlerinden yararlanılması, projelerin başarılı olmasında büyük önem taşımaktadır.
4. Ülkemiz üç yani denizlerle çevrili bir cennettir. Dolayısıyla deniz taşımacılığı bizim için son derece önem taşımaktadır. Deniz taşımacılığının bu kadar önemli olduğu ülkemizde birçok deniz yapısı bulunmaktadır. Ve bu yapılar zaman içinde çeşitli sebeplerle hasara uğramaktadırlar. Ancak ne yazık ki yapıların uğradıkları hasarları ve bu hasarlar için uygulanan tamirleri gösteren bir arşiv bulunmamaktadır. Oysa ki böyle bir arşiv aynı hasara maruz kalmış yapıların tamir yöntemlerinin seçiminde örnek modeller içerebilir. Yetkili kişilerin katılımıyla oluşturulacak bu çeşit bir arşiv sonrasında yapılacak tamir çalışmaları için gerek zaman açısından gerekse maddi açıdan son derece faydalı olacaktır.
5. Farklı tipte deniz yapılarında (ağırlık tipi, palplanş...) çeşitli nedenlerden dolayı meydana gelmiş olan hasarlar için farklı tamir yöntemleri seçilmelidir. Bu yapıların fazla hasara

uğramadan uzun yıllar boyunca hizmet verebilmeleri için periyodik olarak bakımlarının yapılması gerekmektedir.

6. Deniz yapılarının bir kısmı suyun altında kalmaktadır. Bu nedenle su altı betonlaması deniz yapıları için oldukça önemlidir. Aynı zamanda su içinde beton dökmek çok zor ve masraflı bir iştir. Bundan dolayı deniz yapısı yapılırken su altı beton dökme tekniklerinin doğru bir şekilde uygulanması ilerde yapının hasara uğramasını geciktirecektir.

Berkely, K.G.C. ve Pathanapan, S., (1970), "Cathodic Protection of Reinforcement Steel in Concrete", Butterworths Co.

Bray, R.N. ve Tallam, P. F. B., (1992), "Old Waterfront Walls: Management, Maintenance and Rehabilitation", B&F.N. Spou.

British Standard BS 6349-1, (2000), Maritime Structures, London, BSI.

Browne, R.D. ve Robinson, J.L., (1987), "Surface Coatings for Reinforced Concrete: Practical Experience in the Testing of Coatings", Faywood Engineering Ltd (UK).

Budov, V.M., Rowghani, M. ve Weisman, M., (1996), "Evaluating Earthquake Damage to Concrete Wharves", Concrete International.

CIRIA Technical Note no. 130, (1987), "Protection of Reinforced Concrete by Surface Treatments", London, England.

Concrete Society, (2011), "Alkali Silica Reaction: Minimising the Risk of Damage - Guidance Notes: Model Specification", Technical Report, No.2011/01.

DeRogio, F., (2001), An Experimental Study on the Stability of Hapgen Steel Sea Coastal Structures Defence Structures, MSc Thesis, METU.

Desch, G.H. ve Lea, F.M., (1956), "The Chemistry of Cement and Concrete", Edward Arnold (Publishers) Ltd, P.

Erlingson, M.S., (1987), "Concrete and its Chemical Behavior", Thomas Telford Ltd.

Finions, P.H., (1990), "Concrete Repair and Maintenance Manual", R. S Means Company Inc., Massachusetts USA.

Fukuro, A., Kiyomiya, A. ve Mizuno, K., (1990), "Steel Structures in Port and Harbor Facilities: Actual Conditions of Corrosion and Control Measures", PIARC, Bulletin No.64, Brussels, Belgium.

Gall, R.W., (1986), "Prepping Concrete Surfaces for Coating", Concrete International, 6/86.

Geiswick, Holburt ve Judd, (1981), "Tropic Concrete for Bridge Piers and other Massive Underwater Structures", Berkeley.

Gubende, P., Morgan, D.R. ve Branner, T.W., (1988), "Degradation and Rehabilitation of North Pier in Tidal Zones at the Port of Saint John", Proceedings of the Second International Conference on Concrete in Marine Environment, SP-109, St. Andrews, Canada.

Günözü, A.R., Ergün, A., Güler, T., (1986), Anayasa Lisans ve Yüksek Lisans Tezleri, (DITÜ İncele Melihendisiği Bölümü, Kütüphane Müdürlüğü) 12. Cilt, Sayı: 20, 11-16 No lu Proje No: 86/01.

KAYNAKLAR

- Akın, M. Z., (1999), Tüpraş Faz II İskelesi Deprem Hasarı Onarımı İş Raporu, İstanbul.
- Akman, S. M., (1992), Deniz Yapılarında Beton Teknolojisi, İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, İstanbul.
- American Concrete Institute, (1985a), Corosion of Metals in Concrete, ACI 222R-85, Detroit.
- Bergh, H. ve Magnusson, N., (1987), "Propeller Erosion and Protection Methods Used in Ferry Terminals in the Port of Stockholm", Permanent International Association of Navigation Congress, Bulletin No: 58, Brussels, Belgium.
- Berkely, K.G.C. ve Pathamanaban, S., (1990), "Cathodic Protection of Reinforcement Steel in Concrete", Butterworth & Co.
- Bray, R.N. ve Tatham, P. F. B., (1992), "Old Waterfront Walls- Management, Maintenance and Rehabilitation", E& F.N. Spon.
- British Standard BS 6349-1, (2000), Maritime Structures, London, BSI.
- Browne, R.D. ve Robinson, H.L., (1987), "Surface Coatings for Reinforced Concrete- Practical Experience in the Testing of Coatings", Taywood Engineering Ltd (UK).
- Buslov, V.M., Rowghani, M. ve Weismar, M., (1996), "Evaluating Earthquake Damage to Concrete Wharves", Concrete International.
- CIRIA Technical Note No. 130, (1987), "Protection of Reinforced Concrete by Surface Treatments", London, England.
- Concrete Society, (2001), "Alkali-Silica Reaction, Minimising the Risk of Damage – Guidance Notes & Model Specification", Technical Report, No:30: p48.
- Dedeoğlu, R., (2003), An Experimental Study on the Stability of Eastern Black Sea Coastal Highways Defence Structures, Ms Thesis, METU.
- Desch, C.H. ve Lea, F.M., (1956), "The Chemistry of Cement and Concrete", Edward Arnold (Publishers) Ltd. P.
- Eglington, M.S., (1987), "Concrete and its Chemical Behaviour", Thomas Telford Ltd.
- Emmons, P.H., (1994), "Concrete Repair and Maintenance Illustrated", R S Means Company Inc., Massachusetts USA.
- Fukute, t., Kiyomiya, o. Ve Minami, K., (1990), "Steel Structures in Port and Harbour Facilities: Actual Conditions of Corrosion and Counter Measures", PIANC, Bulletin No:68, Brussels, Belgium.
- Gaul, R.W., (1984), "Preparing Concrete Surfaces for Coating", Concrete International, 6(7).
- Gerwick, Holland ve Juri, (1981), "Tremie Concrete for Bridge Piers and other Massive Underwater Placements", Berkely.
- Gilbride, P., Morgan, D.R. ve Bremner, T.W., (1988), "Deterioration and Rehabilitation of Berth Faces in Tidal Zones at the Port of Saint John", Proceedings of the Second International Conference on Concrete in Marine Environment-SP-109, St. Andrews, Canada.
- Günbak, A.R., Ergin, A., Gökçe, T., (1986), Antalya Limanı Ana Dalgakırımı Araştırması, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kıyı ve Liman Mühendisliği Laboratuvarı, 86-03-03-10 No'lu Proje Ara Raporu.

- Günbak, A.R., Ergin, A., Gökçe, T., (1987), Antalya Limanı Ana Dalgakıranı Araştırması, ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kıyı ve Liman Mühendisliği Laboratuvarı, 86-03-03-10 No'lu Proje Sonuç Raporu.
- Heron, (1973), Underwater Concrete, 19(3).
- Higgins, D., (2000), "Carbonation Induced Corrosion", Concrete, 34(6):40-42.
- Hobbs, D.W., (1988), "Alkali-silica Reaction in Concrete", Thomas Telford Ltd, London.
- Hoff, G.C., (1987), "Durability of Fiber Reinforced Concrete in a Severe Marine Environment", Catharine and Bryant Mather International Conference on Concrete Durability, Atlanta, Georgia
- Holmes, C.W. ve Brundle, S.G., (1987), "The Effect of an Arid Climate on Reinforced Concrete in Marine Environment", Proceedings of Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Vol. 1, China Ocean Press.
- Ingold T. S. and Miller K. S., (1988), Geotextiles Handbook, Thomas Telford, London.
- Ishiguro, K. Ve Miyata, Y., (1988), "Reinforcement of an Anchored Sheet Pile Wall with Additional Lower tie-Rods", PIANC, Bulletin No:61.
- JICA, (1994), Maintenance of Port and Harbour Facilities, Technical Report of Japan International Cooperation Agency.
- Johnson, S.M., (1965), "Deterioration, Maintenance and Repair of Structures", McGraw-Hill, New York.
- Khanna, J.,Seabrook, P., Gerwick, B. ve Bickley, j., (1988b), "Investigation of Distress in Precast Concrete Piles at Rodney Terminal", Saint John, New Brunswick, Proceedings of the Second International Conference on Concrete in Marine Environment SP-109, St. Andrews, Canada.
- Khayat, K.H., (1992), "In-Situ Properties of Concrete Piles Repaired Under Water", Concrete International, March.
- Kristensen M., (1987), "Seabed Erosion in Ferry Berths", PIANC Bulletin No. 58.
- Lamberton, B.A., (1989), "Fabric Forms for Concrete", Concrete International, December.
- Lauritzen, E.K. ve Petersen, M., (1991), "Partial Demolition by Mini- Blasting", ACI Concrete International, p. 43-46.
- Lin, T.Y. ve Burns, N.H., (1981), "Design of Prestressed Concrete Structures", Third Edition John Wiley & Sons, New York.
- Longe, M.J.P., Hergert, M.P. ve Bylk, M.R., (1987), "Problèmes d'érosion aux ouvrages de quai existants causés par les propulseurs d'étrave et les hélices principales des navires lors de leurs accostages au appareillages", PIANC, Bulletin No: 58.
- MAG Mühendislik Hizmetleri ve Tic. Ltd. Şti., (2003) , Gemlik Tesisleri İskele Güçlendirmesi Teknik Raporu, İstanbul.
- Matlin, A., Gelfer, V., (2004), "Protection of Steel Sheet Pile Bulkhead Using Precast Concrete Veneer", Port Development in the Changing World Ports Conference, 23-26 May 2004, Vol. 95, pp. 1-10.
- Mehta, P.K., (1986), "Concrete: Structure, Properties and Materials", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

- Mehta, P.K., (1988), "Durability of Concrete Exposed to Marine Environment- A Fresh Look", Proceedings of the Second International Conference on Concrete in Marine Environment SP-109, Canada.
- Morgan, D.R., (1988), "Recent Developments in Shotcrete Technology – A Materials Engineering Perspective", Worl of Concrete' 88, Las Vegas, Nevada.
- Oliver, A.C., (1974), "Timber for Marine and Fresh Water Construction", edited by W. H. Brown, TRADA, England.
- Onaran, K., (2000), Malzeme Bilimi, İTÜ.
- PIANC, (1987), "Guidelines for the Design and Construction of Flexible Revetments Incorporating Geotextiles for Inland Waterways", Report on Working Group 4 of the Permanent Technical Committe 1 Supplement to Bulletin No. 57, Brussels, Belgium.
- PIANC, (1990), Inspection, Maintenance and Repair of Maritime Structures Exposed to Damage and Material Degradation caused by a Salt Water Environment, PIANC/MarCom Report of Working Group 17.
- Ranga, A.V. ve Sundaravadivelu, R., (1997), "Aknowledge Based Expert System for Design of Berthing Structures", Ocean Engineering, 26(7): 653-676.
- Setzer, M.J. ve Auberg, R., (1997), "Frost Resistance of Concrete", RILEM Proceedings 34, edited by E&FN Spon.
- Society for the Cathodic Protection of Reinforced Concrete, SCPRC 00./95, (1995), "Cathodic Protection of Reinforced Concrete", Leighton Buzzard, UK.
- Spencer, T., (2004), "Concrete Sheet Pile Repair: Naval Station San Diego, California", Port Development in the Changing World Ports Conference, 23-26 May 2004, Vol. 120, pp. 1-18.
- TCK, (2000), Karadeniz Sahil Yolu (Piraziz-Sarp Arası) Tahkimat Yapım Metodu, TC Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü.
- The Norwegian Concrete Association, (1980), Guidelines for the Design and Construction for Underwater Concrete Structures, Publication No:5.
- Thoresen, C.A., (2003), "Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines".
- Treadaway, K.W.J. ve Russel, A.D., (1968), "Inhibition of the Corosion of Steel in Concrete", Building Research Establishment, Garston, England.
- Trend 2000 Ltd., (2001), "Degradation of Materials in Aggressive Environment", Programme Funded by Department of Trade and Industry UK, DME 5.1.
- Tsinker, G.P., (1989), "The Dock-in-Service", Evaluation of Load Carrying Capacity, Repair, Rehabilitation ASCE, Proceedings of Speciality Conference Ports'89, Boston, May.
- Tsinker, G.P., (1995), "Marine Structures Engineering", Inc.
- Tsinker, G.P., (2004), "Port Engineering", John Wiley& Sons, Inc.
- Uhlig, H.H., (1971), "Corosion and Corosion Control", Second Edition, John Wiley& Sons, New York.
- US Army Corps of Engineers, (1986), Evaluation and Repair of Concrete Structures, Engineering Manual, EM 1110-2-2002, Washington, DC.
- Van Noortwijk, J.M. ve Van Gelder, P.H.A.J.M., (1996), "Optimal Maintnace Decisions for Berm Breakwaters", Structural Safety, 18(4): 293-309.

Yüksel, Y. vd., (2000), Doğu Marmara Depreminin Deniz Yapıları ve Kıyı Alanları Üzerindeki Etkileri, Yıldız Teknik Üniversitesi - İnşaat Fakültesi.

Yüksel, Y., Alpar, B., Yalçiner, A.C., Çevik, E., Özgüven, O., Çelikoğlu, Y., (2003), "Effects of The Eastern Marmara Earthquake on The Marine Structures and Coastal Areas", ICE Water and Maritime Eng., 156, 147-163.

Yüzer, N., (1998), "Silis Dumanı Katkılı Betonarme Elemanlarda Klorür Etkisinin Hızlandırılmış Deneylerle Araştırılması", Doktora tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Yüzer, N., (2004), Betonarme Yapılarda Korozyon Ölçüm Yöntemleri ve Hasar Tespiti, Türkiye Mühendislik Haberleri, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 48/2003-4, S. 134-138.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] www.shodb.gov.tr
- [2] www.antalya.gov.tr
- [3] www.angelfire.com
- [4] www.korfez-bld.gov.tr
- [5] www.karamursel.net.tr
- [6] www.gemlikrehberi.com
- [7] www.gemlikshipping.com
- [8] www.fatsa.gen.tr
- [9] www.mabs.google.com
- [10] www.abana.8m.com
- [11] www.abana-bld.gov.tr
- [12] www.giresun-bld.gov.tr
- [13] www.giresun.net

